



Lidia 80 Digital (1)

Przystawka do odbiornika homodynowego na pasmo 80 m

Proste odbiorniki nasłuchowe są wciąż bardzo popularnymi urządzeniami wśród radioamatorów – krótkofalowców. Kosztują niewiele, zajmują mało miejsca i pozwalają przy tym z powodzeniem prowadzić dobre nasłuchy w różnych warunkach. Popularny, łatwy do wykonania odbiornik homodynowy „Lidia 80” wg Włodka SP5DDJ został skonstruowany tak, że można go z powodzeniem wykorzystywać w wersji podstawowej, ale daje się też rozbudowywać o kolejne funkcjonalności. Autor tego projektu, zachęcony pozytywnymi doświadczeniami z podstawową wersją odbiornika, postanowił dokonać jego rozbudowy o kolejne funkcje. Apetyt rósł w miarę jedzenia i dlatego ostatnia, prezentowana wersja urządzenia została wyposażona nie tylko w pomiar częstotliwości pracy, ale także w jej regulację i stabilizację z krokiem minimalnym 10 Hz, graficzny S-metr oraz automatyczną regulację wzmocnienia ARW w zakresie 12 dB (dwie jednostki „S”).

Rekomendacje: odbiornik jest przeznaczony dla osób, które chcą zająć się krótkofalarstwem. Prawidłowo zmontowany i zestrojony odbiornik umożliwia nasłuch stacji amatorskich telegraficznych i jednowstęgowych przy użyciu anteny dipolowej lub drutowej (Long-Wire).

Z projektem tego odbiornika na pasmo 80 metrów po raz pierwszy spotkałem się czytając czasopismo „Świat Radio” nr 06/2013. Znalazłem w nim krótki artykuł „Lidia 80 SP5DDJ”. Pełny artykuł opisywał projekt, który wydał mi się łatwy do wykonania

i przystępny, a przy tym ciekawy i obiecujący niezłe parametry użytkowe. Od dłuższego czasu konstruuję różne urządzenia elektroniczne i nabrałem w końcu apetytu na zrobienie jakiegoś urządzenia radiokomunikacyjnego. Pomysłów było wiele, ale

DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 07643, PASS: 332wwppm

W ofercie AVT*

AVT-5527 A, UK

Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

---	Odbiornik nasłuchowy na pasmo 80 m (EP 6/2015)
AVT-2970	Odbiornik SDR na pasmo 2 m (EdW 2/2011)
AVT-2960	Minitransceiver SP5AHT (80 m/SSB) (EdW 11/2010)
AVT-2934	Odbiornik na pasmo 80 m (EdW 2/2010)
AVT-2925	Odbiornik nasłuchowy „Cypisek” (EdW 12/2009)
AVT-2902	Wzmacniacz mocy na pasmo 80 m (EdW 6/2009)
AVT-2891	Prosty odbiornik nasłuchowy na pasmo 80 m (EdW 2/2009)
AVT-5151	Minitransceiver „Jędrzek” (EP 10/2008)
AVT-5127	Minitransceiver na pasmo 3,7 MHz TRX2008 (EP 3-4/2008)
AVT-967	Minitransceiver Junior (EP 2/2007)
AVT-962	Odbiornik nasłuchowy SSB/CW 80 m (EP 1/2007)
AVT-2810	Minitransceiver ZUCH (EdW 10/2006)
AVT-157_2	Odbiornik dwupasmowy 80/10 m na bazie AVT-157 (EdW 3/2005)
AVT-2479	Odbiornik RX-80 (EdW 4/2001)
AVT-2310	Transceivery SSB (EdW 9-10-11/1998)
AVT-157	Odbiornik nasłuchowy CW/SSB – 80/20 m (EP 12/1996)
AVT-179	Odbiorniki na UL1321. Część 2 – odbiornik nasłuchowy na pasmo 80 m (EP 7/1994)

* Uwaga:
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płyty drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.
AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można pobrać, klikając w link umieszczony w opisie kitu).
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://rsklep.avt.pl>

ten gwarantował szybką i pewną realizację – maksymalnie w jeden weekend. W sam raz na dobry początek!

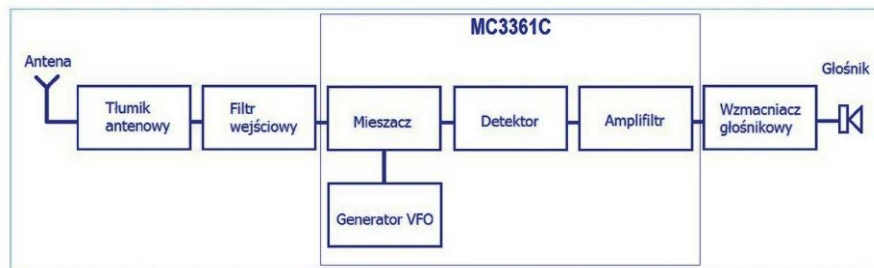
Szybko skontaktowałem się z Włodkiem SP5DDJ i zostałem szczęśliwym posiadaczem kilku mini-kitów „Lidii 80”. Po uzupełnieniu brakujących podzespołów i obudowy Kradex Z3J szybko zabrałem się do pracy. Wyczerpujące informacje i doskonała instrukcja montażu udostępnione na stronie internetowej <http://www.sp5ddj.pl> okazały się niezwykle pomocne. Budowa zakończyła się sukcesem i już wkrótce cieszyłem się pierwszymi nasłuchami.

Niestety, bardzo brakowało mi porządnej skali cyfrowej (pomiaru częstotliwości VFO homodyny), która pozwoliłaby precyzyjnie dostroić odbiornik i sprawnie kontrolować dryft częstotliwości. I tak to się właśnie zaczęło, a urządzenie stało się świetnym pretekstem do praktycznego rozwoju radiokomunikacyjnych pasji konstruktorskich.

Odbiornik „Lidia 80” w wersji oryginalnej

Na **rysunku 1** pokazano schemat blokowy urządzenia w wersji podstawowej, a na **rysunku 2** jego schemat ideowy. Wejście odbiornika jest dołączone do regulowanego tłumika antenowego zrealizowanego na potencjometrze liniowym o rezystancji 1 kΩ. Za tłumikiem znajdują się dwuobwodowe wejściowe filtry w.cz. ze sprzężeniami pojemnościowymi. W filtrach zastosowano popularne dławiki osiowe, umieszczone na płycie drukowanej „jeden za drugim” w tej samej osi, aby sprzężenie między nimi przez pole magnetyczne było jak najmniejsze. Elementy filtru dobrano w taki sposób, by zminimalizować wpływ rozrzutu ich wartości (zwłaszcza popularnych dławików osiowych o sporych tolerancjach) na jego pasmo przenoszenia i tłumienność. Co prawda, lepsze parametry mają filtry ze sprzężeniem indukcyjnym (najlepiej: transformatorowym), ale te w „Lidii 80” są skuteczne, a zwalniając mniej doświadczonych konstruktorów z konieczności własnoręcznego nawijania cewek.

Z filtru wejściowego sygnał jest podawany na wejście mieszacza-detektora odbiorczego (układ MC3361C) – w układzie o bardzo dużym wzmocnieniu. Na drugie wejście mieszacza podany jest sygnał z przestrajanego generatora VFO, zrealizowanego w układzie Colpittsa z wykorzystaniem aktywnych elementów wewnątrz struktury tego samego układu scalonego. Generator VFO jest przestrajany w całym paśmie 80 m za pomocą diody pojemnościowej BB104G, a zakres tego przestrajania ustalają: trymer ceramiczny (z ewentualnym dodatkowym kondensatorem stałym) oraz dwa potencjometry montażowe, przeznaczone do ustalenia zakresu napięcia strojenia warikapu. Częstotliwość VFO reguluje się potencjometrem liniowym



Rysunek 1. Schemat blokowy odbiornika RX-80 Lidia

10 kΩ, najlepiej wieloobrotowym lub wyposażonym w dodatkowy precyzer. Warto zwrócić uwagę na fakt, że w VFO zastosowano dławik SMD, co znacząco poprawiło termiczną stabilność generatora (po około 20-minutowym wygrzaniu poprawnie zmontowany układ ma stabilność częstotliwości nie gorszą od około 100 Hz na 0,5 godziny).

W strukturze kostki MC3361C za mieszaczem-detektorem zlokalizowano przedwzmacniacz m.cz., z przełączanym prostym filtrem CW/SSB, a cały układ scalony zasilany jest stabilizowanym napięciem 8 V z układu LM78L08. Sygnał m.cz. z przedwzmacniacza jest doprowadzony do potencjometru logarytmicznego 50 kΩ

Wykaz elementów

Rezystory: (0,25 W/5%):

R1: 10 Ω
R2: 100 Ω
R3, R6, R8, R13, R14, R72: 22 kΩ
R4: 3,9 kΩ
R5: 22 Ω
R7, R9, R19: 100 kΩ
R10...R12, R54, R55, R65, R67, R69...R71: 10 kΩ
R15: 47 kΩ
R16: 15 kΩ
R17, R60: 330 Ω
R18, R57: 1 kΩ
R20, R21, R23, R25, R27, R29, R31, R33, R35, R37, R39, R41, R43, R45, R47, R49, R51: 20 kΩ/1%
R22, R24, R26, R28, R30, R32, R34, R36, R38, R40, R42, R44, R46, R48, R50: 10 kΩ/1%
R52, R59: 150 Ω
R53: 5,1 kΩ
R56, R62: 47 Ω
R58, R61: 150 kΩ
R63: 470 Ω
R64: 3,3 kΩ
R66: 2,2 kΩ
R68: 4,7 kΩ
R73: 330 kΩ
R74: 470 kΩ
R75: 680 kΩ
PR1: 10 kΩ/A (montażowy)
PR2: 50 kΩ/A (montażowy)
PR3: 50 kΩ/C (obrotowy)

Kondensatory:

C1: 470 μF/16 V
C2, C6, C10: 330 nF
C3, C5, C8, C9: 100 μF/16 V
C4, C13...C15, C18, C20, C28, C32, C33, C35, C36, C38, C50: 100 nF
C7, C22, C25, C41: 470 nF
C11: 22 μF/16 V
C12, C19, C34: 10 μF/16 V
C16, C17: 22 pF
C21, C24, C27, C40: 47 nF
C23, C26, C45, C47: 1 μF/16 V
C29: 10 nF
C30: 4,7 pF
C31: 150 pF
C37: 4,7 μF/16 V
C39: 220 μF/16 V
C42, C48: 3,3 nF

C43: 680 nF

C44: 4,7 nF

C46: 2,2 μF

C49: 15 nF

Półprzewodniki

D1, D2: 1N4148

D3, D4: BAT85

Q1...Q9: BC547B

U1: LM7809

U2: LM7805

U3: LM78L05

U4: ATmega8A-PU (DIP-28)

U6: CD4093D

U7, U8: 74HC595

U9: LM358

Inne:

U5: wyświetlacz LCD 2×16 (HD44780)

Podstawki pod układy: DIP-28 (1 szt.), DIP-14

(1 szt.), DIP-16 (2 szt.), DIP-8 (1 szt.)

L1: dławik osiowy 10 μH

L2: dławik osiowy 33 μH

P1: złącza śrubowe ARK2/5 mm

P2: złącze „goldpin” męskie (5 pinów)

P3: złącze „goldpin” męskie (2 piny)

P4: złącze „goldpin” męskie (2 piny)

P5: złącze „goldpin” męskie (3 piny)

X1: 16 MHz (rezonator kwarcowy z podkładką izolacyjną)

Gniazdo antenowe koncentryczne 50 Ω typu UC-1 (przykręcane do panelu)

Gniazdo mini-jack (3,5mm) z odłączalnym obwodem głównym (3-stykowe)

Gniazdo zasilania zewnętrznego, np. koncentryczne 5,5/2,1 mm

Enkoder mechaniczny 20 imp./obrót z przyciskiem

Obudowa Kradex Z2 lub podobna

Włącznik zasilania „ON-OFF” min.

na 12V/0,2A,

Włącznik zwierny typu „ON-OFF” do przełączania filtru CW/SSB (na panel)

Potencjometr obrotowy 1 kΩ/A do regulacji

RF GAIN

Gałki na potencjometry i enkoder – stosowne

do wymiarów i rozmieszczenia elementów

Przewody montażowe i gotowe kabelki

do połączeń „goldpin” – wg opisu w tekście

Kółki typu „goldpin” do montażu na PCB

i ekranie LCD – wg opisu w tekście

Śrubki M2,5 z podwójnym zestawem nakrętek i podkładek – 12 kpl.

służącego do regulacji głośności odbioru. Rolę wzmacniacza głośnikowego pełni popularny układ LM386N. Do wyjścia audio można dołączyć głośnik 8-omowy

o niewielkiej mocy rzędu 0,5...1 W, słuchawki lubysterować z niego zewnętrzny wzmacniacz, np. wbudowany do głośników komputerowych.

Poprawności polaryzacji podłączonego zasilania +12 V urządzenia „pilnuje” szeregowo dioda prostownicza 1N4007, a jego obecność sygnalizuje zielona dioda LED. Urządzenie daje się zamontować w plastikowej obudowie Kradex Z3. Znacznie więcej informacji na temat konstrukcji, montażu i strojenia odbiornika „Lidia 80” można znaleźć w obszernej i wyczerpującej instrukcji, opracowanej przez Włodka SP5DDJ. Dlatego, na potrzeby tego projektu przyjmujemy, że mamy od czynienia z urządzeniem poprawnie zmontowanym, uruchomionym i zestrojonym.

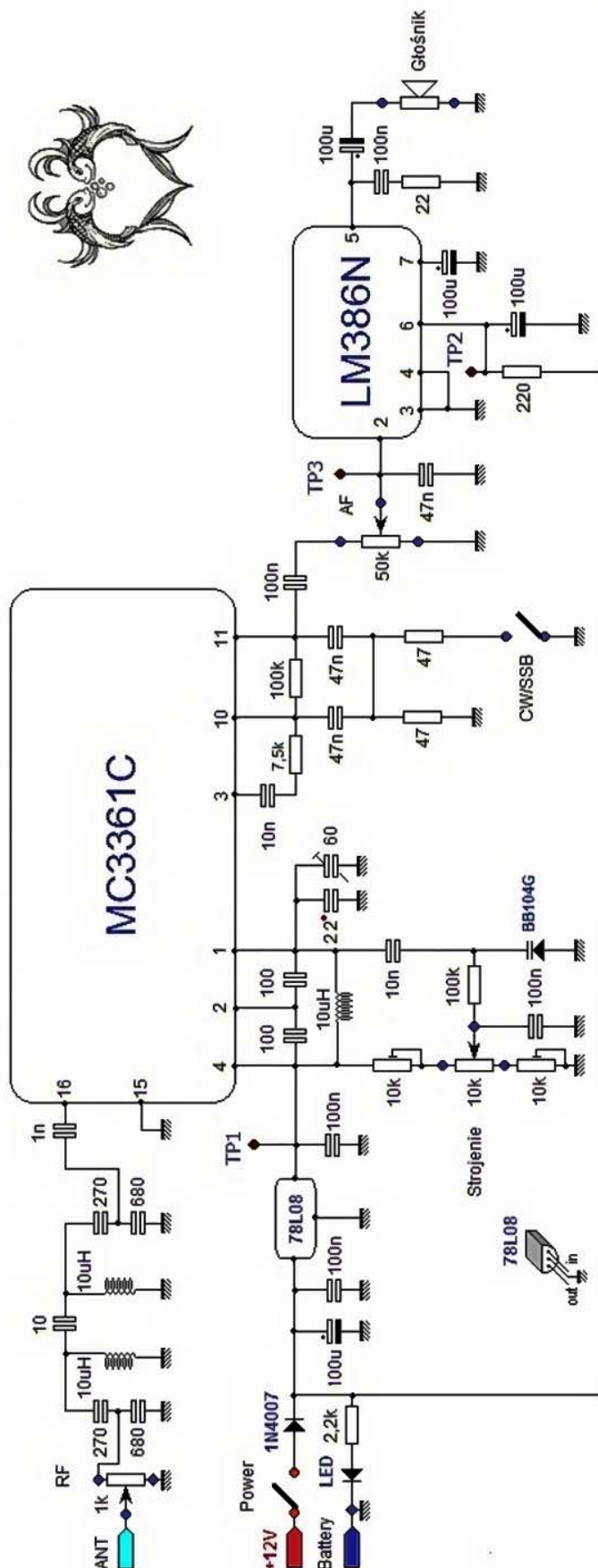
Możliwości rozwoju pierwotnego projektu

Jak nietrudno zauważyć, odbiornik „Lidia 80” nie należy do skomplikowanych. Warto jednak podkreślić, że dzięki stabilnemu (po wygrzaniu) VFO oraz dogodnie wyprowadzonym na portach potencjometrów regulacyjnych „otwartym interfejsom” torów: w.cz., m.cz. i regulacji częstotliwości, układ sam „zaprasza” do eksperymentów prowadzących do jego modyfikacji i rozbudowy.

Jak wspomniano, najbardziej chyba kusi możliwość dodania cyfrowego odczytu częstotliwości VFO (F_{VFO}), czyli tzw. „skali cyfrowej”, ponieważ potencjometr jednoobrotowy nie umożliwia dokładnego pokrycia i dostrojenia się w całym paśmie KF 80 m. Sytuacji nie poprawi także zastosowanie pośredniego pomiaru napięcia U_{vfo} sterującego warikapem np. za pomocą bargrafu diodowego, ponieważ zależność częstotliwości F_{VFO} od tego napięcia jest silnie nieliniowa. Jedyne rozsądne rozwiązanie, to cyfrowy pomiar częstotliwości, co powszechnie realizuje się za pomocą odpowiednio oprogramowanych mikrokontrolerów.

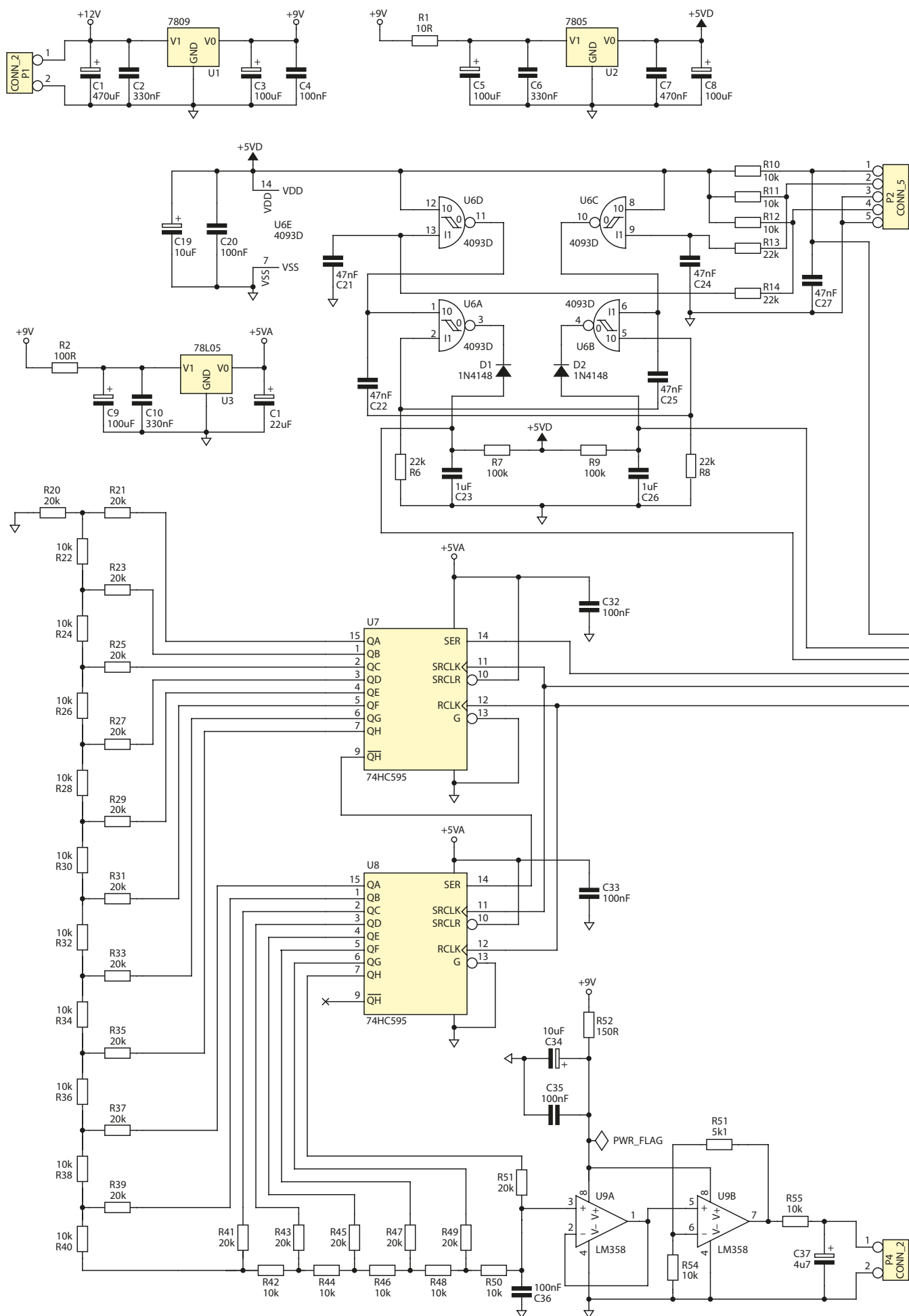
Sygnal do pomiaru częstotliwości F_{VFO} należy pobrać z generatora VFO. Można to zrobić na dwa sposoby. Pierwszy, to pobranie sygnału do pomiaru z wyprowadzenia 1 układu MC3361C, które jest wejściem wzmacniacza generatora VFO i dlatego zapewnia dobrze odfiltrowany z harmonicznych sygnał sinusoidalny. Należy tego obowiązkowo dokonać za pośrednictwem wtórnika-separatora najlepiej na tranzystorze polowym. Jeśli jednak nie zależy nam na czystości widmowej, to znacznie korzystniejszym rozwiązaniem będzie pobranie sygnału mierzonego z wyprowadzenia 2 będącego wyjściem wzmacniacza w generatorze VFO. Ten sygnał, co prawda nie jest „czysty” widmowo, ale ma za to większą amplitudę, a wyjście wzmacniacza VFO jest znacznie mniej podatne na dewiacje częstotliwości F_{VFO} spowodowane dołączeniem obwodu pomiarowego.

Po dodaniu bardzo dokładnego (rozdzielczość 1 Hz) pomiaru częstotliwości F_{VFO} w trakcie nasłuchów zacząłem obserwować

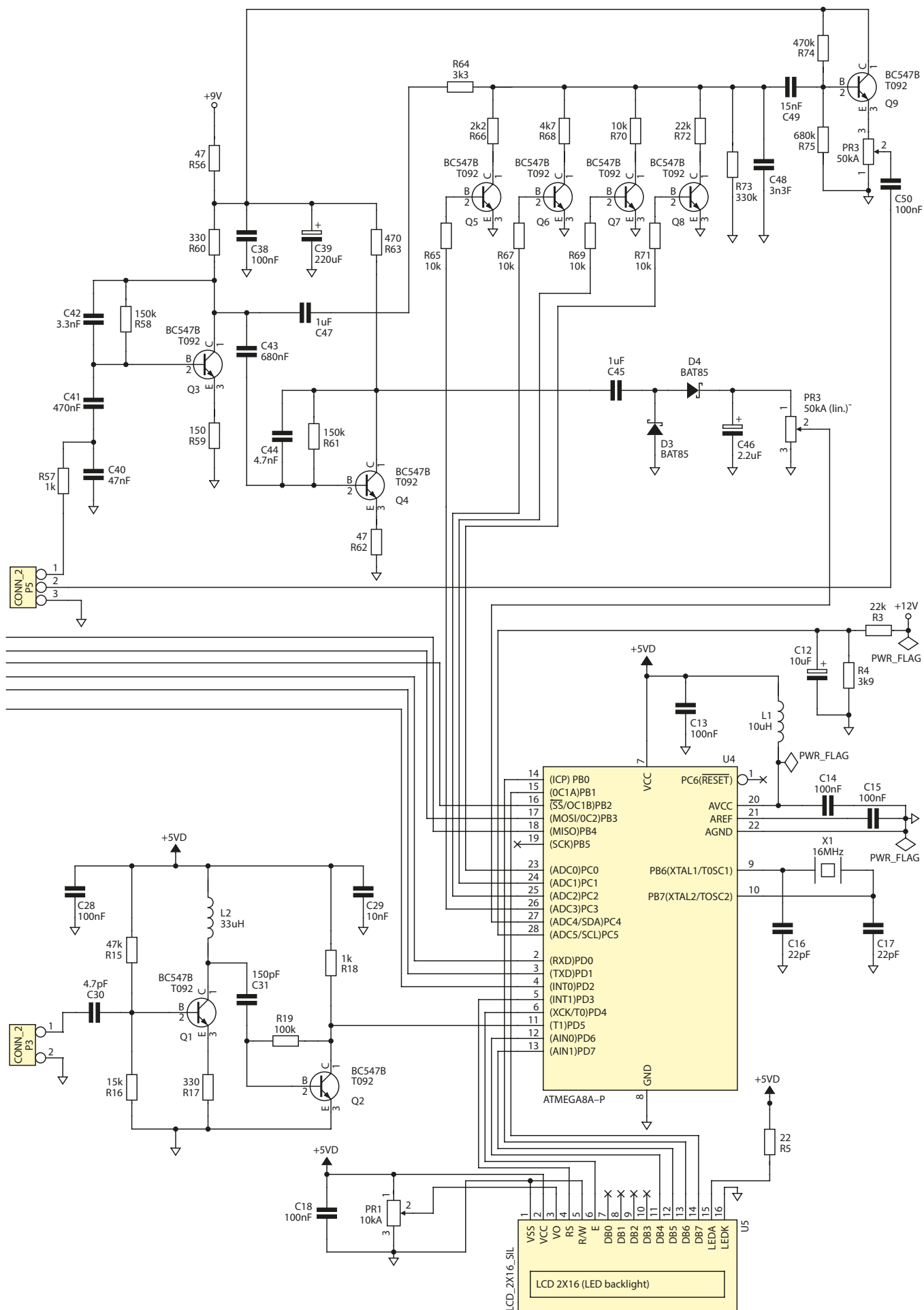


Rysunek 2. Schemat ideowy odbiornika RX-80 Lidia

Lidia 80
Direct Conversion CW/SSB Receiver
SP5DDJ 2013



Rysunek 3. Schemat ideowy przystawki do odbiornika RX-80 Lidia



stabilność VFO. Cały układ nie był jeszcze zabudowany (stał na dokręconych śrubkach na drewnianej podstawie) i przez to był bardziej podatny na zmiany temperatury. Nieco poirytowany takim stanem rzeczy postanowiłem dodać do układu automatyczną stabilizację częstotliwości VFO. Mając do dyspozycji dokładny pomiar częstotliwości F_{VFO} z góry odrzuciłem wszelkie pomysły oparte wyłącznie o jej termiczną stabilizację poprzez termostatyzację i/lub dogrzewanie generatora. Poważnie pobrażałem jedynie metody oparte o elektroniczną regulację (podstrajanie) VFO w zamkniętej pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, która będzie reagowała zmiany F_{VFO} względem zadanej częstotliwości nośnej F_c . W grę wchodziły dwie metody: z pętlą fazową PLL oraz z pętlą częstotliwościową FLL. Pętla fazowa PLL jest znacznie szybsza i dokładniejsza od FLL, jednak wymaga zastosowania: komparatora faz, programowanego dzielnika częstotliwości oraz wzorca częstotliwości do porównania. Uznałem ją za nieodpowiednią do tego zastosowania, ponieważ byłaby zbyt złożona i kłopotliwa.

Obserwując stabilność pracy VFO w odbiorniku „*Lidia 80*”, po dokonaniu bardzo prostych zabiegów, mających na celu jego stabilizację termiczną (zalenie elementów VFO stearyną we wspólnym bloczku oraz umieszczenie całego układu w zamkniętej obudowie) przyniosły optymistyczne wnioski. Generator VFO pracował ze stabilnością zgodną z deklaracjami konstruktora. Oznaczało to, że stabilizacja częstotliwości w prostej pętli FLL może okazać się zupełnie wystarczająca do skutecznej korekty powolnych zmian F_{VFO} .

Chociaż pierwsza wersja przystawki do „*Lidii 80*” nie była do końca udana, to pozwoliła na poczynienie kilku przydatnych spostrzeżeń konstruktorskich, sprawdzenie paru rozwiązań układowo-programowych i zastrzyła apetyt na więcej modyfikacji i rozszerzeń w odbiorniku – układ automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW) oraz powiązany z nim zwykle pomiar siły odbieranego sygnału, czyli tzw. „S-metr”. Oba te urządzenia stosunkowo łatwo jest zrealizować we wspólnym bloku, ponieważ wymagają pomiaru amplitudy sygnału odbieranego – zarówno w celu prezentacji dla operatora odbiornika, jak i do jego automatycznej regulacji. Dlatego realizując jeden z tych bloków szkoda jest rezygnować z drugiego. I tu pojawiło się istotne zagadnienie projektowe. Otóż, w klasycznych odbiornikach z pojedynczą przemianą, pomiar i regulację poziomu sygnału przeprowadza się zwykle za filtrem pośredniej częstotliwości. Tu mamy do czynienia z tzw. „homodyną”, w której pośrednia częstotliwość nie występuje (mówimy wtedy o tzw. zerowej czy bezpośredniej przemianie częstotliwości

odbieranego sygnału), zatem do pomiaru poziomu sygnału można w praktyce użyć tylko zdemodulowanego sygnału m.cz. Osobną kwestią pozostaje to, gdzie wtrącić regulację amplitudy sygnału? Najlepiej przed wzmacniaczem w.cz. i demodulatorem m.in. po to, aby zoptymalizować jego pracę (poprawa stosunku sygnału do szumu SNR przy słabych sygnałach odbieranych, ograniczenie ryzyka przesterowania przy sygnałach bardzo silnych). Niestety, z dwuobwodowym filtrem w.cz. dostępne są sygnały z całego odbieranego pasma 80 m, co czyni regulację poziomu sygnału w tym miejscu niezbyt pożyteczną, ponieważ wzmacniając słabutki sygnał pożądanym możemy przesterować wejście wzmacniacza w.cz. innym, „obcym”, ale za to mocnym sygnałem sąsiednim. Pozostaje do dyspozycji tylko ARW wyłącznie po stronie m.cz. A więc zarówno pomiar siły sygnału jak i korektę jego poziomu należy wykonać całkowicie po stronie częstotliwości audio – za demodulatorem i przed wzmacniaczem m.cz.

Budowa przystawki

Mając do dyspozycji opisane powyżej doświadczenia i przemyślenia projektowe zabrałem się do pracy nad kolejną wersją urządzenia, które z założenia miało z bardzo prostego odbiornika analogowego uczynić urządzenie funkcjonalne i wygodne w obsłudze. W ramach projektu opracowano przystawkę realizującą pomiar, regulację i stabilizację częstotliwości pracy VFO z dokładnością i krokiem minimalnym 10 Hz, graficzny S-metr oraz automatyczną regulację wzmocnienia ARW w zakresie 12 dB, czyli dwóch jednostek „S”. Teoretyczne prace projektowe zostały zwieńczone powstaniem działającego prototypu na płytce stykowej. Po skrupulatnym „przepisananiu” układu połączeń poszczególnych bloków urządzenia do schematu elektrycznego pokazanego na **rysunku 3**, zaprojektowano dwustronną płytkę drukowaną o szerokości zbliżonej do płytki odbiornika „*Lidia 80*”.

Pierwszym zaprojektowanym i uruchomionym blokiem urządzenia był wzmacniacz-separator, formujący sygnał pobierany z VFO, przeznaczony do pomiaru jego częstotliwości. Sygnał pobierany z wyprowadzenia 2 układu MC3361C w odbiorniku, poprzez port P3 płytki przystawki i dalej przez kondensator separujący C30 (4,7 pF) jest doprowadzony do wejścia pierwszego stopnia wzmacniającego z tranzystorem Q1 (BC547B). Ten stopień ma impedancję wejściową rzędu kilkunastu kiloomów i oprócz separacji od wyjścia VFO, zapewnia kilkudocybelowe wzmocnienie sygnału odbieranego z obciążenia indukcyjnego (dławik L2) w kolektorze Q1. Poziom tego sygnału jest wystarczający doysterowania drugiego stopnia wzmacniającego w układzie wspólnego emitera z tranzystorem Q2 (BC547B), który dalej wzmacnia sygnał F_{VFO}

i formuje go do postaci umożliwiającej odczyt i pomiar mikrokontrolerem ATmega8 (U4).

Uformowany do poziomów logicznych układów CMOS 0V/5V sygnał niosący informację o częstotliwości VFO jest wprowadzany na pin 11 mikrokontrolera, który jest wejściem zliczającym timera T1, a zmierzona z dokładnością do 10 Hz częstotliwość F_{VFO} jest następnie wykorzystywana do jej korekty względem zadanej wartości F_c należącej do przedziału 3,5...3,8 MHz.

Do mikrokontrolera dołączono elementy filtrujące zasilanie jego bloków (w tym przetwornika analogowo-cyfrowego ADC): kondensatory C13..C15 i dławik L1, rezonator kwarcowy X1 (16 MHz) z kondensatorami C16, C17, dzielnik do pomiaru napięcia zasilania urządzenia z elementami R3, R4, C12 oraz wyświetlacz alfanumeryczny LCD 16x2 znaki (U5) z elementami: R5 (ograniczenie jasności podświetlenia LED), PR1 (regulacja kontrastu LCD) i C18 (odprężenie napięcia zasilania).

Zmierzony sygnał F_{VFO} jest porównywany z zadaną wartością częstotliwości nośnej odbieranego sygnału F_c w celu przeprowadzenia jej ewentualnej korekty. Odbija się to za pomocą bloku sterowania częstotliwością VFO, którego zadaniem jest precyzyjne wysterowanie warikapu w podstawowej (analogowej) części odbiornika tak, by uzyskać zakres przestrajania 3,5...3,8 MHz z bezpiecznym zapasem i rozdzielczością lepszą niż 10 Hz. Z prostego oszacowania wynika, że podział zakresu częstotliwości 3,5...3,8 MHz, o szerokości 300 kHz z krokiem 10 Hz, wymaga dostępności co najmniej $(300 \text{ kHz}/10 \text{ Hz})+1 = 30001$ poziomów napięć. W praktyce należy założyć, że napięcie sterujące U_{VFO} powinno zmieniać się w zakresie 1,7...6,1 V (bezpieczniejsze 1,5...7 V). Dodatkowo, należy wziąć pod uwagę także to, że zależność częstotliwości F_{VFO} w funkcji napięcia sterującego U_{VFO} jest nieliniowa. Oznacza to, że liczba poziomów napięcia dostępnych na wyjściu przetwornika C/A sterującego pracą VFO powinna być większa o około 1,5 raza od szacowanych teoretycznie 30001 poziomów, co daje około 45 tys. poziomów. Jako właściwe i dogodne rozwiązanie praktyczne zastosowano przetwornik 16-bitowy mający 65 tys. poziomów napięć. Zrealizowano go za pomocą drabinki rezystorów R-2R. W tym projekcie oporność R wynosi 10 kΩ natomiast 2R, to 20 kΩ. Są to rezystancje korzystne z punktu widzenia zarówno parametrów wyjść sterujących układów cyfrowych CMOS, jak i szybkości oraz dokładności działania całego układu.

Wspomnianą drabinkę R-2R formują rezystory R20...R51. Jego wejścia są sterowane poziomami logicznymi z wyjść rejestrów przesuwanych U7, U8 (74HC595). Rejestry przesuwne są sterowane transmisją szeregową z wyprowadzeń 2...4 mikrokontrolera U4 (PD0...PD2). Napięcie zasilania +5 V układów U7 i U8 stanowi napięcie referencyjne

dla przetwornika C/A. Wobec potrzeby wysterowania U_{VFO} w zakresie od ok. 1,5 do 7 V napięcie wyjściowe z przetwornika C/A musi być wzmocnione. Po odfiltrowaniu kondensatorem C36 (100 nF) jest doprowadzane do wtórnika, a następnie wzmocnione około 1,5 raza w strukturze z podwójnym wzmacniaczem operacyjnym U9 (LM358). Na wyjściu wzmacniacza sterującego VFO, zasilanego napięciem +9 V, włączono się końcowy filtr dolnoprzepustowy RC (R55-C37), który zapewnia łagodne przejścia między poziomami wyjściowymi napięcia z C/A w trakcie przestrajania lub automatycznego dostrajania układu. Daje to nie tylko komfort odsłuchu, ale także gwarancję, że skoki napięcia U_{VFO} nie spowodują niestabilności kontroli częstotliwości. Warto dodać, że w przypadku eksperymentów z zastosowaną metodyką pomiaru częstotliwości, może być potrzebna zmiana wartości stałej czasowej R55/C37, jednak w prezentowanym układzie nie należy jej dalej zwiększać. Również eksperymentalnie potwierdzone zostało to, że większa stała czasowa wspomnianego układu niewątpliwie spowoduje problemy ze stabilnością pętli kontroli częstotliwości. Ta stała czasowa powinna wynosić nie więcej, niż około 0,33...1×okres cyklicznych pomiarów i kontroli częstotliwości, który wynosi tu około 100 ms. Finalnie, na wyjściu P4 układu przystawki otrzymujemy stabilny, pozbawiony zaburzeń sygnał sterujący warikapem w VFO odbiornika analogowego „Lidia 80”, który należy podać na jego wyprowadzenie, przeznaczone dla potencjometru regulacji częstotliwości F_{VFO} .

Do ręcznej zmiany częstotliwości VFO zastosowano enkoder. Ma on w tym projekcie dwa zadania: zmianę częstotliwości VFO oraz kroku jej regulacji. Częstotliwość zmienia się obracając pokrętką, natomiast krok przestrajania (10 k, 1 k 100 Hz lub 10 Hz) jest zmieniany przez naciśnięcie osi enkodera. Wykonano przetwórczy układ obsługi enkodera, aby odciążyć mikrokontroler. Składa się on z 4 bramek logicznych NAND z przerzutnikami Schmitta (CD4093). Rezystory R11...R14 z kondensatorami C21 i C24 są odpowiedzialne za filtrowanie drgań styków enkodera. Bramki U6C i U6D pracują jako proste inwertery NOT, których zadaniem jest formowanie impulsów o poziomach logicznych 0/5V do dalszego przetwarzania. Przetwarzanie to odbywa się w bramkach Schmitta NAND (U6A i U6B), które na jedno wejście otrzymują informację o stanie styku „A” enkodera, a na drugie o tym, czy w danej chwili nastąpiła zmiana poziomu z niskiego na wysoki styku „B” (różniczkowanie zboczy na elementach: R6, R8, C22, C25). Wykrycie takiego zdarzenia powoduje zmianę poziomu wyjściowego bramki U6A lub U6B na niski, a w konsekwencji rozładowanie pojemności C23 lub C26 normalnie naładowanych do poziomu +5 V przez rezystory R7 i R9, co jest

odnotowywane przez mikrokontroler U4 jako obrót enkodera w prawo lub w lewo. Z kolei pin 1 portu P2 przekazuje na wejście PB.4 (pin 18) mikrokontrolera ATmega8 (U4) informację o tym, czy został naciśnięty przycisk w enkoderze, co jest interpretowane jako potrzeba zmiany kroku strojenia (zmiany) częstotliwości VFO. Elementy R10 i C27 odpowiadają za polaryzację i filtrację drgań styku przycisku w enkoderze.

Rezystor R5 i kondensator C40 stanowią prosty filtr dolnoprzepustowy RC, którego zadaniem jest ograniczenie pasma przenoszenia toru audio. Podobną funkcję (ograniczenie pasma przenoszenia) pełni kondensator C42 w torze ujemnego sprzężenia zwrotnego kolektor-baza tranzystora Q3, który z elementami R58, R59, R60 jest wzmacniaczem wstępnym sygnału m.c.z. Wzmocnienie tego stopnia, równe około 6 dB, zostało wprowadzone po to, aby można było zrealizować automatyczną regulację wzmocnienia ARW, która może wprowadzać tłumienie sygnału audio maksymalnie do 12 dB, a więc wypadkowo za przedwzmacniaczem będzie to -6...+6 dB. Z przedwzmacniacza z tranzystorem Q3 sygnał rozdzielany podawany jest dalej na dwa bloki: przez kondensator C43 do kolejnego wzmacniacza z tranzystorem Q4 oraz przez pojemność C47 do regulowanego tłumika ARW z tranzystorami Q5..Q8.

Wzmacniacz z tranzystorem Q4 i elementami: R61, R62, R63 oraz C44 zapewnia dodatkowe wzmocnienie napięciowe na poziomie około 20 dB, co jest bardzo korzystne z punktu widzenia zakresu mierzonych poziomów sygnałów. Jest to szczególnie istotne, ponieważ za tym wzmacniaczem znajduje się prostownik szczytowy (w układzie podwajacza napięcia) z kondensatorami C45, C46, diodami D3, D4 i potencjometrem PR2. Gdyby nie było wzmacniacza z tranzystorem Q4, to pomiar najmniejszych sygnałów byłby bardzo zafałszowany lub wręcz niemożliwy z uwagi na konieczność przekroczenia wartości napięć progowych diod D3 i D4. Wyprostowane i odfiltrowane dolnoprzepustowo napięcie z detektora szczytowego jest podawane na potencjometr montażowy PR2, którego zadaniem jest właściwe wyskalowanie (kalibracja) S-metra. Sygnał napięciowy o odpowiednio wyregulowanym za pomocą PR2 poziomie jest podawany dalej na pin 27 w U4 (port PC.4), który jest skonfigurowany jako wejście przetwornika analogowo-cyfrowego ADC.4. Odczytane napięcie jest przetwarzane na skalę logarytmiczną i obrazowane w jednostkach „S” (z krokiem 6 dB) na wyświetlaczu LCD (U5) za pomocą zaaranżowanego programowo bargrafu (dokładniejsze informacje na ten temat są podane w dalszej części artykułu, przy omawianiu oprogramowania sterującego układem).

Zmierzone na potrzeby wyświetlania przez S-metr napięcie jest także wykorzystywane

do sterowania układem ARW, aby uzyskać na jego wyjściu napięcie o średniej wartości szczytowej zbliżonej do 250 mVp-p (przy około 500 mVp-p w punkcie pomiędzy wyjściem przedwzmacniacza audio w kostce MC3361C a wejściem wzmacniacza audio z układem LM386N obwody analogowej „Lidii 80” ulegają przesterowaniu, co jest niedopuszczalnym zjawiskiem). Cały układ ARW (wraz ze sterowaniem za pomocą mikrokontrolera U4) jest skonstruowany tak, że poziom napięcia na wyjściu analogowej części tego bloku (pin 2 w złączu P5), równy 250 mVp-p, jest automatycznie utrzymywany przy użytecznym sygnale wejściowym w.c.z. o poziomie w zakresie od 7 do 9 jednostek „S”, czyli od 12,5 do 50uV, mierzonych na standaryzowanej impedancji wejściowej, równej 50 Ω.

Układ ARW składa się z dzielnika rezystancyjnego, w którego górnej gałęzi pracuje rezystor R64 (3,3 kΩ), a w dolnej R73 (330 kΩ) oraz cztery przełączane rezystory: R66, R68, R70 i R72. Przełączanie tych rezystorów następuje za pomocą tranzystorów Q5...Q8, których bazy są sterowane poziomami logicznymi 0/5 V z wyjść PC.0...PC.4 (piny 23...26) mikrokontrolera U4 przez rezystory R65, R67, R69 i R71 ograniczające prądy baz tranzystorów. Obecność niskiego poziomu logicznego na wyjściu sterującym sprawia, że tranzystor jest zatkany, natomiast wysokiego wprowadza go w stan nasycenia. Wówczas klucz należy uznać za zamknięty, a dzielnik oporowy jest zwarty do masy przez rezystory: R66, R68, R70, R72. A zatem w dolnej gałęzi dzielnika rezystancyjnego realizującego funkcję ARW pracują połączone równolegle oporniki z grupy R66, R68, R70, R72, przy czym kombinację załączonych oporników ustalają poziomy logiczne na wyjściach PC.0...PC.4 układu U4.

Dla słowa sterującego $Nagc=0$ występuje najmniejsze tłumienie (rzędu 0,1 dB), a przy maksymalnej wartości $Nagc=15$ mamy tłumienie największe, równe około 12 dB. Skala tego tłumika nie jest idealnie liniowa. Największy krok regulacji wynosi 1,4 dB a najmniejszy, to 0,4 dB, co można uznać za wartości pozwalające na komfortową dla słuchającego pracę układu (praktycznie niezauważalne dla ucha zmiany głośności sygnału m.c.z.) Natomiast wartość Att równa około 6 dB (dokładnie: 5,8 dB), czyli połowa zakresu regulacji ARW jest osiągana przy wartości słowa sterującego $Nagc=5$. Tłumik jest regulowany przez mikrokontroler U4 w sposób deterministyczny, tzn. właściwa wartość słowa sterującego $Nagc$ jest wyliczana na podstawie zmierzonego (także na potrzeby realizacji funkcji S-metra) poziomu sygnału odbieranego w taki sposób, że ARW skutecznie pracuje z sygnałami o poziomach w zakresie od 7 do 9 jednostek „S”, czyli w zakresie 12 dB.

Adam Sobczyk SQ5RWQ
sq5rwq@gmail.com
<http://sq5rwq.pl/>

Lidia 80 Digital (2)

Przystawka do odbiornika homodynowego na pasmo 80 m

Proste odbiorniki nasłuchowe są wciąż bardzo popularnymi urządzeniami wśród radioamatorów – krótkofalowców. Kosztują niewiele, zajmują mało miejsca i pozwalają przy tym z powodzeniem prowadzić dobre nasłuchy w różnych warunkach. Popularny, łatwy do wykonania odbiornik homodynowy Lidia 80 wg Włodka SP5DDJ został skonstruowany tak, że można go z powodzeniem

wykorzystywać w wersji podstawowej, ale daje się też rozbudowywać o kolejne funkcjonalności. Autor tego projektu, zachęcony pozytywnymi doświadczeniami z podstawową wersją odbiornika, postanowił dokonać jego rozbudowy o kolejne funkcje. Apetyt rósł w miarę jedzenia i dlatego ostatnia, prezentowana wersja została wyposażona nie tylko w pomiar częstotliwości pracy, ale także w jej regulację i stabilizację z krokiem minimalnym 10 Hz, graficzny S-metr oraz automatyczną regulację wzmacnienia ARW w zakresie 12 dB (dwie jednostki „S”).

Rekomendacje: odbiornik jest przeznaczony dla osób, które chcą zająć się krótkofalarstwem. Prawidłowo zmontowany i zestrojony odbiornik umożliwia nasłuch stacji amatorskich telegraficznych i jednowstęgowych przy użyciu anteny dipolowej lub drutowej (Long-Wire).



Odpowiednio wyregulowany sygnał m.cz. jest podawany na wejście wzmacniacza wyjściowego z tranzystorem Q9 oraz elementami: C49, R74, R75 i potencjometrem logarytmicznym PR3 (50 kΩ/C). Wzmacniacz ten pracuje w układzie wtórnika emiterowego, a jego zadaniem jest separacja modułu dzielnika regulowanego ARW od dalszej części układu, aby nie obciążała ona dzielnika. Jako PR3 można użyć potencjometru, który służył jako regulator siły sygnału w oryginalnym odbiorniku Lidia 80. Powinien jednak być to podzespół o odpowiednio dobrej jakości, ponieważ przenosi on także składową stałą prądu emitera Q9, co w wypadku potencjometru starego lub zużytego może powodować trzaski przy regulacji głośności. Kondensator C50 separuje dalszą część układu od składowej stałej napięcia na suwaku PR3. Blok ARW i S-metra jest połączony z podstawową (analogową) częścią odbiornika Lidia 80 poprzez port P5, przez który pobierany jest sygnał m.cz. z mieszacza-detektora i przedwzmacniacza w układzie MC3361C (pin 1) a następnie za blokiem ARW

jest podawany na wejście wzmacniacza audio LM386N (pin 2).

Ostatnim, nieomówionym jeszcze blokiem przystawki do odbiornika Lidia 80 są moduły zasilania. Warto tu zwrócić uwagę na fakt, że cały prąd zasilania +12 V, nieprzekraczający wartości 150 mA, jest podawany na port P1 układu i przechodzi przez stabilizator U1 z układem LM7809 i pojemnościami C1...C4. Napięciem stabilizowanym +9 V są zasilane wprost tylko dwa bloki układu: blok ARW i wzmacniacza-detektora do S-metra oraz blok wzmacniacza napięcia sterującego częstotliwością VFO z układem U9 (LM358). Zastosowano stabilizator w obudowie TO-220, dzięki czemu uniknięto konieczności stosowania radiatora. Do wyjścia stabilizatora U1 dołączono równolegle stabilizatory napięcie +5 V (U2 i U3) w obudowach TO-220. Stabilizator U3, z uwagi na znikomy prąd roboczy, jest w obudowie TO-92.

Należy tu wyjaśnić, że połączenie równolegle dwóch stabilizatorów na to samo napięcie nie jest dziełem przypadku czy błędem

projektowym, ale ważnym, celowym zabiegiem konstruktorskim. Na etapie prototypowania układu autor czynił próby zasilania z tego samego stabilizatora U2 także układów U7 i U8 pracujących jako sterowane przez mikrokontroler U4 klucze dla drabinki oporowej R-2R. Niestety, drobne wahania napięcia zasilania +5 V wynikające z impulsowej

REKLAMA

Projekty na...
STM32

www.stm32.eu

ST life.augmented

KAMAMI

Listing 1. Definicje i deklaracje używane w programie

```
'RX Lidia 80 „DIGITAL” - program kontrolujący układ
'Autor: Adam Sobczyk SQ5RWQ 05-10/2015 (e-mail: sq5rwq@gmail.com)
'----- DEFINICJE I DEKLARACJE WSTĘPNE -----
$regfile = „m8def.dat”
$crystal = 16000000
$hwstack = 48 'default use 32 for the hardware stack
$swstack = 20 'default use 10 for the SW stack
$framesize = 40 'default use 40 for the frame space
'PORTY WYJŚCIOWE - STERUJĄCE PRZETWORNIKIEM DAC-16 - DEFINICJE I ALIASY
Config Portd.0 = Output 'DAC SERIAL (SER)
Dac16_serial Alias Portd.0
Config Portd.1 = Output 'DAC SRCLK (SRCLK)
Dac16_srclk Alias Portd.1
Config Portd.2 = Output 'DAC RCLK (RCLK)
Dac16_rclk Alias Portd.2
'PORTY WEJŚCIOWE - DO DETEKCJI KIERUNKU OBRACANIA I STANU PRZYCIŚNIKA ENKODERA
Config Portb.2 = Input : Portb.2 = 0 'ENCODER F+/R (no internal pull-up)
Config Portb.3 = Input : Portb.3 = 0 'ENCODER F-/L (no internal pull-up)
Config Portb.4 = Input : Portb.4 = 0 'ENCODER DF (no internal pull-up)
'PORTY WYJŚCIOWE - STERUJĄCE ARW (TŁUMIENIE WYŁĄCZONE PO ZDEFINIOWANIU PORTÓW)
Config Portc.0 = Output : Portc.0 = 0 'ARW Q8 DRV
Config Portc.1 = Output : Portc.1 = 0 'ARW Q7 DRV
Config Portc.2 = Output : Portc.2 = 0 'ARW Q6 DRV
Config Portc.3 = Output : Portc.3 = 0 'ARW Q5 DRV
'PORT WEJŚCIOWY DO POMIARU Fvfo - T1 (Timer/Counter1 external counter input)
Config Portd.5 = Input : Portd.5 = 0 'VFO POMIAR F (no internal pull-up)
'PORTY WEJŚCIOWE DO POMIARU POZIOMY SYGNAŁ W.CZ. (S-METR) I NAPIĘCIA ZASILANIA 12V - ADC4, ADC5
Config Portc.4 = Input : Portc.4 = 0 'ARW POMIAR „S” (no internal pull-up)
Config Portc.5 = Input : Portc.5 = 0 'POMIAR UZ=12V (no internal pull-up)
'KONFIGURACJA I START PRZETWORNIKA ANALOGOWO-CYFROWEGO ADC
Config Adc = Single, Prescaler = Auto, Reference = Internal 'single mode for GETADC() function
Start Adc
'KONFIGURACJA WYŚWIETLACZA ALFANUMERYCZNEGO LCD 16x2 ZNAKI
Config Lcd = 16 * 2
Config Lcdpin = Pin, Db4 = Portd.6, Db5 = Portd.7, Db6 = Portb.0, Db7 = Portb.1, E = Portd.4, Rs = Portd.3
'DEFINICJE WŁASNYCH ZNAKÓW DO WYŚWIETLACZA LCD
Deflcdchar 0, 20, 20, 28, 23, 21, 2, 4, 7 '„Hz”
Deflcdchar 1, 16, 24, 28, 25, 19, 7, 3, 1 '„DF” - SYMBOL KROKU PRZESTRAJANIA
Deflcdchar 2, 31, 25, 23, 27, 29, 19, 31, 32 'SPECJALNE „S” DO S-METRA
Deflcdchar 3, 21, 21, 21, 21, 21, 21, 31, 32 'ZNAK POSTĘPU DO S-METRA DLA 1..3 „S”
Deflcdchar 4, 27, 27, 27, 27, 27, 27, 32, 32 'ZNAK POSTĘPU DO S-METRA DLA 4..6 „S”
Deflcdchar 5, 31, 31, 31, 31, 31, 31, 32, 32 'ZNAK POSTĘPU DO S-METRA DLA 7..9 „S”
Deflcdchar 6, 32, 31, 27, 17, 27, 31, 32, 32 'SPECJALNY ZNAK „+” DO S-METRA DLA >9 „S”

'START EKRANU LCD I EKRAN POWITALNY
Cls
Cursor Off, Noblink
Upperline : Lcd „RX L80 „ ; Chr(34) ; „DIGITAL” ; Chr(34)
Wait 1
Lowerline : Lcd „SQ5RWQ 2015 v1.0”
Wait 3
Cls
'KONFIGURACJA I START LICZNIKA TIMER1 DO POMIARU CZĘSTOTLIWOŚCI VFO
Config Timer1 = Counter, Edge = Rising
On Timer1 Tlover
Enable Ovfl
Stop Timer1
Enable Interrupts
'DEFINICJE ORAZ INICJACJA ZMIENNYCH
Dim Ndac As Word, Dndac As Word 'SŁOWO STERUJĄCE DAC-16 ORAZ KROK JEGO ZMIANY
Ndac = 32768 : Dndac = 1 'NASTAWIENIA POCZĄTKOWE: 50% ZAKRESU DAC-16, MINIMALNY KROK ZMIANY
Dim F As Long 'WYNIK POMIARU CZĘSTOTLIWOŚCI Fvfo
Dim Fc As Long, Dfc As Word 'NASTAWIANA CZĘSTOTLIWOŚĆ ORAZ KROK JEJ STROJENIA
Fc = 3710000 : Dfc = 10000 'NASTAWIENIA POCZĄTKOWE: „POLSKIE” PASMO KF SSB, KROK STROJENIA 10kHz (ZMIENI SIĘ
NA 1kHz PO STARCIE PROGRAMU)
Dim Df As Long 'BŁĄD CZĘSTOTLIWOŚCI VFO
Dim Uz As Word, Uvolt As Single 'Uz - POMIAR NAP. ZAS. 12V, Uvolt - PRZELICZONA WARTOŚĆ DO WYŚWIETLENIA NA LCD
Dim S As Word, Sdb As Single, Sout As Byte 'S - POMIAR SIŁY SYGNAŁU W.CZ., Sdb - S W SKALI LOG. [dB], Sout - WARTOŚĆ
W JEDNOSTKACH „S”
Dim Sarw As Single, Arw As Byte 'Sarw - ZM. POMOCNICZA DO WYZNACZENIA SŁOWA „ARW”, STERUJĄCEGO TYM MECHANIZMEM
Dim Txt As String * 16 'CIĄG TEKSTOWY DO FORMATOWANIA WYŚWIETLANIA NASTAWIANEJ CZĘSTOTLIWOŚCI VFO Fc
(Z MIEJSCEM NA SPACJĘ NA KOŃCU)
Dim Delayword As Word 'ZMIENNA DO BRAMKOWANIA CZASU POMIARU Fvfo PRZEZ TIMER1
```

pracy mikrokontrolera U4 i wyświetlacza LCD (U5) skutecznie przenosiły się na zasilanie układów scalonych U7 i U8, które stanowi jednocześnie napięcie referencyjne Uref dla przetwornika C/A. Na skutek tego zjawiska impulsy prądu zasilania U4 i U5 przenoszące się na napięcie zasilania U7 i U8 przechodziły też na wyjście przetwornika C/A i silnie modulowały częstotliwość VFO (było to wyraźnie słyszalne w głośniku odbiornika). Próby całkowitego wyeliminowania opisanych zakłóceń za pomocą włączonego w tor zasilania układów U7 i U8 niewielkiego rezystora szeregowego, zablokowanego do masy po stronie odbioru prądu nawet bardzo dużymi pojemnościami (rzędu kilku tysięcy mikrofaradów), w ogóle nie pomagały zmierzyć się z opisanym problemem. Skutecznym

rozwiązaniem okazało się dopiero zastosowanie osobnego stabilizatora napięcia (U3), przeznaczonego wyłącznie do zasilania układów U7 i U8.

W trosce o całkowitą eliminację przenikania między poszczególnymi blokami układu przez tory ich zasilania zakłóceń impulsowych i w.cz. zastosowano dodatkowe elementy odprężające R-C. Są nimi rezystory R1, R2, R52 i R56 o wartościach dobranych tak, aby spadek napięcia na nich nie zaburzał pracy zasilanych bloków. Rezystory po stronie odbioru prądu zostały zablokowane do masy dla składowej zmiennej za pomocą odpowiedniego zestawu pojemności (kondensator elektrolityczny o większej wartości i ceramiczny lub foliowy o wartości mniejszej, skuteczny dla w.cz.).

Schemat ideowy połączenia w jedną całość odbiornika Lidia 80 z przystawką cyfrową będzie omówiony szczegółowo w części poświęconej montażowi i uruchomieniu urządzenia. W tym miejscu warto jeszcze podkreślić to, że płytka cyfrowej przystawki jest połączona z elementami zewnętrznymi za pomocą portów:

- P1 (zasilanie +12 V, podawane na złącze ARK-2).
- P2 (5-pinowe złącze „goldpin” do enkodera z przyciskiem).
- P3 (2-pinowe złącze „goldpin” do pobierania sygnału do pomiaru częstotliwości sygnału z generatora VFO).
- P4 (2-pinowe złącze „goldpin” do sterowania częstotliwością pracy generatora VFO).

- P5 (3-pinowe złącze „goldpin” przeznaczone do włączenia bloków ARW i S-metra w tor audio oryginalnego odbiornika Lidia 80).
- Wyprowadzenia do potencjometru PR3 (także 3-pinowe złącze „goldpin”), przeznaczonego do regulacji głośności odbioru.

Oprogramowanie mikrokontrolera sterującego

Program sterujący napisano w języku Bascom AVR. **Listing 1** zawiera definicje i deklaracje wstępne, niezbędne do dalszej pracy programu. Pierwsze linijki służą do konfigurowania pracy mikrokontrolera U4 (ATmega-8A-PU). Zdefiniowano typ i częstotliwość taktowania MCU zewnętrznym rezonatorem kwarcowym (16 MHz), a także rozmiary stosów i ramki programu. Następnie zdefiniowane zostały jako wyjściowe porty PD.0...PD.2, sterujące pracą przetwornika C/A z układami U7 i U8 za pomocą transmisji szeregowej. W kolejnym kroku określono jako wejściowe porty PB.2...PB.4, których zadaniem jest odczytywanie z bloku z układem scalonym U6 informacji o stanie przycisku oraz o kierunku obracania enkodera, ustalającego częstotliwość pracy generatora VFO. Kolejne definicje dotyczą portów wyjściowych PC.0...PC.3, sterujących kluczami elektronicznymi z tranzystorami Q5...Q8 w bloku automatycznej regulacji wzmocnienia ARW. Z kolei port PD.5 został określony jako wejście do pomiaru częstotliwości Fvfo z wykorzystaniem licznika TIMER1 („Timer/Counter1 external counter input”). Ostatnie zdefiniowane dwa porty to PC.4 i PC.5, które jako komutowane wejścia ADC4 i ADC5 wewnętrznego przetwornika A/C ATmega służą w tym układzie do pomiaru poziomu sygnału w.c. (na potrzeby S-metra i regulacji ARW) oraz do pomiaru napięcia zasilania układu Uz=12 V.

W kolejnych krokach następuje skonfigurowanie do pracy oraz uruchomienie (początek gotowości do użycia) przetwornika A/C. Z założenia ma on pracować w trybie pojedynczego wyzwalania pomiaru („on-demand”) – z automatycznym preskalarem zegara oraz z wykorzystaniem wewnętrznego źródła napięcia odniesienia Uref=2,56 V. W następnych liniach zdefiniowano sposób dołączenia wyświetlacza alfanumerycznego LCD oraz znaki specjalne dla tego ekranu. Zdefiniowano jednoznakowy symbol jednostki „Hz” (symbol o numerze 0), symbol kroku strojenia częstotliwości (1), symbol jednostki „S” dla bargrafu S-metra (2), a także cztery symbole (3...6), potrzebne do uformowania bargrafu na wyświetlaczu LCD (trzy rodzaje pionowych „beleczek” oraz specjalny symbol „+”).

Po wyświetleniu ekranu powitalnego w programie następuje konfiguracja licznika Timer1 (wykorzystywanego do pomiaru

częstotliwości VFO). Aktywowane zostaje także przerwanie wynikające z przepełnienia tego licznika – wraz z odpowiednią procedurą jego obsługi T1over, omówioną bliżej przy głównej procedurze pomiaru Fvfo.

Ostatni blok listingu 1 to definicje wszystkich używanych w programie zmiennych. W skrócie ich przeznaczenia są następujące:

- Ndac, Dndac – zmienne bezpośrednio wspierające proces sterowania przetwornikiem C/A.
- F, Fc, Dfc, Df, Txt, Delayword – zmienne wykorzystywane w zadaniach związanych z pomiarem, regulacją oraz wyświetlaniem częstotliwości pracy VFO.
- Uz, Uvolt – zmienne zaangażowane w pomiar i prezentację na wyświetlaczu LCD napięcia zasilania układu Uz.
- S, Sdb, Sout – zmienne pracujące w procesach pomiaru, przetwarzania i wizualizacji poziomu odbieranego sygnału w.c. na wejściu odbiornika.
- Sarw, Arw – zmienne bezpośrednio użyte w mechanizmie sterowania blokiem ARW.

Na **listingu 2** pokazano blok programu sterującego całym urządzeniem. Po zainicjowaniu przetwornika C/A za pomocą podprogramu *Dac16_set* (pierwsze nastawienie wartości wyjściowej – w połowie dostępnego zakresu napięć) oraz wyświetleniu informacji o nastawianej częstotliwości VFO i kroku jej regulacji (podprogramy: *Shownewfc* i *Changedfc*) następuje przejście do powtarzanej nieskończonej głównej pętli programu *Do-Loop*. W pętli tej cyklicznie powtarzane są zadania programu.

Pierwsze z nich to ciąg instrukcji warunkowych *If-Then-Elseif* wykrywających, czy występuje obracanie pokrętką enkodera. Jeśli tak i jeśli nastawiona częstotliwość nie znajduje się akurat na którymś z krańców pasma 3,5...3,8 MHz, to nastąpi zmiana wartości *Fc* o jeden krok *Dfc*. Dalej następuje pomiar (podprogram *Fmeasure*) i ewentualna korekta wartości *Fvfo* za pomocą podprogramu *Dac16_set*. W celu dokonania korekty częstotliwości *Fvfo* najpierw jest wyliczana różnica pomiędzy zmierzoną częstotliwością *F* a częstotliwością zadaną *Fc*. Następnie, na podstawie jej wartości bezwzględnej *Df*, obliczona zostaje wartość poprawki słowa *Ndac*, sterującego przetwornikiem C/A równa $Dndac = Df \setminus 10$ (dzielenie całkowitoliczbowe). Ostatecznie, w zależności od znaku rozbieżności częstotliwości, poprawka *Dndac* jest dodawana lub odejmowana od słowa sterującego *Ndac*, ładowanego następnie do przetwornika C/A podprogramem *Dac16_set*.

Na wyjaśnienie zasługuje sposób wyliczenia poprawki słowa sterującego $Dndac = Df \setminus 10$. Zależność $Ndac = f(Fvfo)$ przybliżono funkcją liniową $y = 0,1433 \cdot x - 487106$.

DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 11875, PASS: 6hhcxtt

W ofercie AVT*

AVT-5527 A, UK

Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-5527	Lidia 80 Digital (EP 1/2016)
---	Odbiornik nasłuchowy na pasmo 80 m (EP 6/2015)
AVT-2970	Odbiornik SDR na pasmo 2 m (EdW 2/2011)
AVT-2960	Minitransceiver SP5AHT (80 m/SSB) (EdW 11/2010)
AVT-2934	Odbiornik na pasmo 80 m (EdW 2/2010)
AVT-2925	Odbiornik nasłuchowy „Cypisek” (EdW 12/2009)
AVT-2902	Wzmacniacz mocy na pasmo 80 m (EdW 6/2009)
AVT-2891	Prosty odbiornik nasłuchowy na pasmo 80 m (EdW 2/2009)
AVT-5151	Minitransceiver „Jędrak” (EP 10/2008)
AVT-5127	Minitransceiver na pasmo 3,7 MHz TRX2008 (EP 3-4/2008)
AVT-967	Minitransceiver Junior (EP 2/2007)
AVT-962	Odbiornik nasłuchowy SSB/CW 80 m (EP 1/2007)

* Uwaga: Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach: AVT xxxx UK to zaprojektowany układ, tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych. AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych. AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprojektowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych. AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf. AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można pobrać, klikając w link umieszczony w opisie kitu). Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf. Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://shlep.avt.pl>

Odwrotność współczynnika proporcjonalności (przy zmiennej *x*) wynosi $1/0,1433 = 6,978$, czyli około 7. Oznacza to, że zgodnie z podanym przybliżeniem zmiana częstotliwości VFO o 7 Hz wymaga korekty słowa sterującego *Ndac* w przybliżeniu o jedność (zmiany ułamkowe z oczywistych powodów nie są możliwe). Jakkolwiek, z uwagi na niedoskonałość tej aproksymacji liniowej oraz chcąc zachować możliwie jak najmniejsze kroki korekt *Fvfo* ($Dndac = 1$ dla $Df = 10$ Hz, $Dndac = 2$ dla $Df = 20$ Hz, $Dndac = 3$ dla $Df = 30$ Hz itd.), ostatecznie postanowiono zwiększyć wykorzystany odwrotny współczynnik proporcjonalności z 7 do 10. Takie podejście gwarantuje wysoką stabilność i precyzję regulacji *Fvfo*, jednocześnie nie

REKLAMA



Projekty na...

STM32

www.stm32.eu

life.augmented

KAMAMI

powodując zauważalnego jej spowolnienia w trakcie normalnej pracy.

Kolejny krótki fragment kodu to instrukcja warunkowa *If-Then*, która w przypadku wykrycia naciśnięcia przycisku enkodera obrotowego wywoła podprogram *Changedfc* zmieniający 10-krotnie krok strojenia częstotliwości VFO Dfc w zakresie od 10 Hz do 10 kHz.

W następnym kroku realizowany jest pomiar wolnozmiennego napięcia, niezbędnego doysterowania modułów ARW i S-metra. Jest ono pobierane z suwaka potencjometru montażowego PR2, który służy do kalibracji (skalowania) wymienionych modułów. Zmierzona w przetworniku A/C wartość (w programie: zmienna S) jest zwiększana o 1, by uniknąć logarytmowania

z zera. Następnie, po rzutowaniu S (słowo 16-bitowe) na zmiennoprzecinkową zmienną *Sdb* następuje przeliczenie jej wartości na skalę logarytmiczną (decybele [dB]) i – finalnie – na skalę wartości „prawdzych” jednostek „S” w zmiennej *Sout* (jednostka „S” to około 6 dB). Przyjmując opisany sposób wyliczenia zmiennej *Sout*, otrzymujemy mapowanie pierwotnej zmiennej S (w zakresie od 0 do 1023 na wyjściu 10-bitowego przetwornika A/C) na zmienną *Sout* (w zakresie od 0 do 10 jednostek „S”), które po zaokrągleniu do najbliższej wartości całkowitej wygląda tak, jak na **rysunku 4** (dodatkowa linia przerywana, to logarymiczna linia trendu, obrazująca średnie wartości *Sout* przed zaokrągleniem).

Kolejny blok głównego programu przeznaczony jest do sterowania mechanizmem ARW w zakresie 12 dB (od 7 do 9 „S”). Mając na uwadze sposób wyliczenia zmiennej *Sout*, za dolny próg zadziałania ARW należy przyjmować wartość zmiennej S=128. Po przesunięciu „w dół” zmierzonego poziomu sygnału odbieranego w dB (zmienna *Sdb*) o około 42 dB, czyli 7 jednostek „S”, oraz po przełożeniu wartości otrzymanej różnicy na aproksymowaną funkcją $y = 0,0604 \cdot x^2 + 0,4926 \cdot x = x \cdot (0,0604 \cdot x + 0,4926)$ „odwróconą” charakterystykę sterowania ARW, otrzymujemy wstępną, zmiennoprzecinkową wartość słowa sterującego Sarw. Wartość zmiennej Sarw, po ograniczeniu do wartości akceptowalnych dla 4-bitowego sterowania blokiem ARW (0...15) oraz zaokrągleniu

Listing 2. Główny blok programu

```
Gosub Dac16_set 'INICJACJA PRZETWORNIKA DAC-16, PRESET VFO
Gosub Shownewfc : Gosub Changedfc 'INICJACJA WYŚWIETLANIA NASTAWY I KROKU ZMIANY CZĘSTOTLIWOŚCI VFO

'GŁÓWNA PĘTLA PROGRAMU
Do
  'ZMIANA USTAWIENIA Fc
  If Pinb.3 = 0 And Fc > 3500000 Then 'OBRÓT ENKODERA W LEWO, WARTOŚĆ Fc JEST W DOZWOLONYM ZAKRESIE
    Fc = Fc - Dfc
    Gosub Shownewfc
  ElseIf Pinb.2 = 0 And Fc < 3800000 Then 'OBRÓT ENKODERA W PRAWO, WARTOŚĆ Fc JEST W DOZWOLONYM ZAKRESIE
    Fc = Fc + Dfc
    Gosub Shownewfc
  End If

  'POMIAR I EWENTUALNA KOREKTA WARTOŚCI Fvfo
  Gosub Fmeasure 'POMIAR Fvfo
  Df = F - Fc : Df = Abs(df) 'WYZNACZENIE WARTOŚCI BEZWZGLĘDNEJ ODCHYLENIA CZĘSTOTLIWOŚCI
  Dndac = Df \ 10 'WYZNACZENIE KROKU REGULACJI
  If F > Fc Then
    Ndac = Ndac - Dndac
    Gosub Dac16_set
  ElseIf F < Fc Then
    Ndac = Ndac + Dndac
    Gosub Dac16_set
  End If

  'EWENTUALNA ZMIANA KROKU REGULACJI CZĘSTOTLIWOŚCI VFO dFc
  If Pinb.4 = 0 Then 'NACIŚNIĘTO PRZYCIŚK ENKODERA
    Gosub Changedfc
  End If

  'POMIAR NAPIĘCIA DLA ARW I S-METRA - DO DAJSZEJ KALIBRACJI POTENCJOMETREM PR2
  S = Getadc(4) : Incr S 'KOREKTA +1, BY UNIKNĄĆ DALEJ LOGARYTMOWANIA Z ZERA
  Sdb = S 'RZUTOWANIE ZMIENNEJ S Z TYPU WORD NA TYP SINGLE - DO OBLICZEŃ ZMIENNOPRZECINKOWYCH
  Sdb = 20 * Log10(sdb) 'PRZELICZENIE NA SKALĘ LOGARYTMICZNĄ [dB]
  Sout = Sdb / 6.0206 'ORAZ NA SKALĘ WARTOŚCI „S” DLA S-METRA (1S = ok. 6 dB)

  'STEROWANIE ARW W ZAKRESIE 12 dB (S7..S9)
  If S >= 128 Then 'PRZYJMujemy POZIOM 7 „S” (S=126) ZA PRÓG ZADZIAŁANIA ARW
    'ŚREDNI POZIOM 7 „S” (S=128 po dodaniu 1 do wartości zmierzonej w ADC), TO ok. 42 dB PONAD POZIOM S0
    'W ARW JEDNAK INTERESUJE NAS DELTA PONAD POZIOM 7 „S”)
    Sdb = Sdb - 42.144
    'APROKSYMACJA CHARAKTERYSTYKI STEROWANIA ARW WG FUNKCJI: y = 0.0604*X^2 + 0.4926*X = X*(0.0604*X + 0.4926)
    Sarw = 0.0604 * Sdb
    Sarw = Sarw + 0.4926
    Sarw = Sdb * Sarw
    'WYLICZENIE CAŁKOWITEGO 4-BITOWEGO SŁOWA STERUJĄCEGO ARW
    If Sarw > 15 Then
      Arw = 15
    Else
      Arw = Round(sarw)
    End If
  Else
    Arw = 0
  End If
  Portc = Arw 'WYSTEROWANIE BLOKU ARW

  'PREZENTACJA WARTOŚCI „S” NA LCD ZA POMOCĄ BARGRAFU Z RÓŻNYMI SYMBOLAMI POSTĘPU
  Lowerline
  Select Case Sout
    Case Is <= 0 : Lcd Spc(9) ; Chr(2)
    Case 1 To 3 : Lcd String(sout , 3) ; Spc(9 - Sout) ; Chr(2)
    Case 4 To 6 : Lcd String(3 , 3) ; String(sout - 3 , 4) ; Spc(9 - Sout) ; Chr(2)
    Case 7 To 8 : Lcd String(3 , 3) ; String(3 , 4) ; String(sout - 6 , 5) ; Spc(9 - Sout) ; Chr(2)
    Case 9 : Lcd String(3 , 3) ; String(3 , 4) ; String(3 , 5) ; Chr(2)
    Case Is > 9 : Lcd String(3 , 3) ; String(3 , 4) ; String(3 , 5) ; Chr(6)
    Case Else : Lcd String(sout , 45)
  End Select

  'POMIAR I PREZENTACJA NAPIĘCIA ZASILANIA Uz=12V
  Uz = Getadc(5)
  Uvolt = 0.0166026 * Uz 'SKALOWANIE Uz WZGLĘDEM Uref I WSP. PODZIAŁU DZIELNIKA R3-R4
  Locate 2 , 11 : Lcd „ „ ; Fusing(uvolt , „#.##”) ; „V „
Loop
```

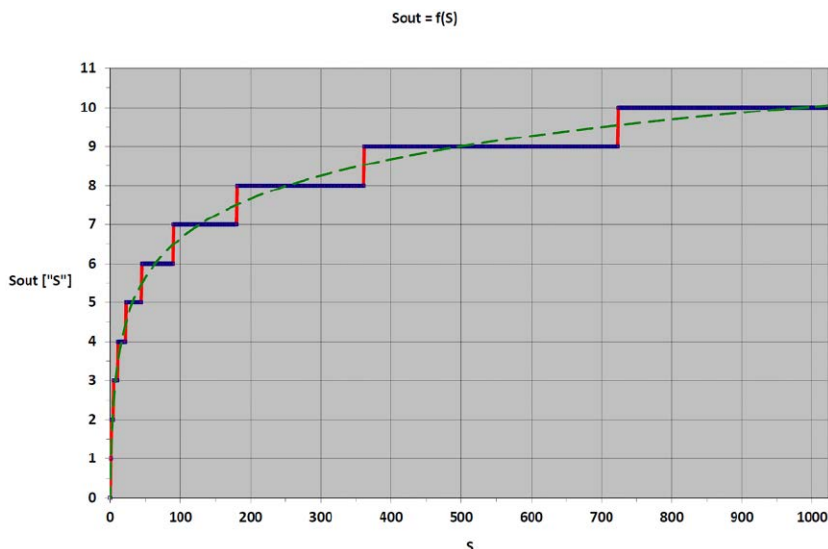

do najbliższych wartości całkowitych i rzutowaniu na zmienną typu *byte* (*Arw*), wpisujemy do czterech najmłodszych bitów portu C mikrokontrolera. W praktyce, dla przyspieszenia i uproszczenia działania programu, zrealizowano wpis całego bajtu do wszystkich dostępnych rejestrów portu C, jednak na to działanie zareagują tylko wskazane cztery najmłodsze bity, skonfigurowane jako wyjściowe.

Ostatnie dwa bloki głównej pętli programu kontrolującego układ to wizualizacja siły sygnału odbieranego oraz pomiar i prezentacja wartości napięcia zasilania *Uz*. Rezultaty obu tych działań zobaczymy w dolnej linijce wyświetlacza LCD.

Siła sygnału, reprezentowana przez zmienną *Sout*, wyrażoną w jednostkach „S”, jest wyświetlana za pomocą bargrafu, czyli ruchomego paska, którego długość zmienia się wraz z wartością *Sout*. Aby uatrakcyjnić wygląd i zwiększyć czytelność tej wizualizacji, zastosowano zaprojektowane we własnym zakresie znaki symbolizujące siłę sygnału. Za pomocą bloku instrukcji *Select-Case*, w zależności od wartości zmiennej *Sout* wyświetlana jest różna długość linijki poziomej, przy czym zastosowano odrębne symbole dla wartości „S” od 1 do 3, od 4 do 6 oraz od 7 do 9. Dodatkowo, po przekroczeniu wartości siły sygnału na poziomie 9 „S” na końcu linijki zamiast symbolu jednostki wyświetlany jest specyficzny symbol „+” (w negatywie), sygnalizujący fakt, że mamy do czynienia z silnym sygnałem – z tzw. „plusami” (9 „S” + N dB).

Na końcu głównej pętli *Do-Loop* następuje pomiar napięcia zasilania *Uz* (za dzielnikiem rezystancyjnym R3-R4). Pomiaru dokonuje przetwornik analogowo-cyfrowy w ATmedze poprzez multipleksowane wejście ADC5 (PORTC.5 mikrokontrolera). Zamiast uśredniania kilku pomiarów (co zwykle pomaga zwiększyć ich dokładność i stabilność) zastosowano rozwiązanie układowe, którym jest dodanie pojemności C12 (10 μ F), silnie filtrującej dolnoprzepustowo mierzony sygnał. Ostatecznie wynik pomiaru jest skalowany przez współczynnik proporcjonalności $A = (2,56 \text{ V}/1024) / [3,9 \text{ k}\Omega / (22 \text{ k}\Omega + 3,9 \text{ k}\Omega)] = 0,0166026 \text{ V/bit}$ i – po ograniczeniu do jednej cyfry po przecinku z użyciem wygodnej do tego celu funkcji *Fusing* – wyświetlany na wyświetlaczu LCD.

Listing 3 obejmuje wszystkie podprogramy, wykorzystywane przez program główny. Ich wywołanie następuje każdorazowo za pomocą instrukcji *Gosub* (skok z powrotem do miejsca wywołania). Dzięki takiemu podejściu całkowicie uniknięto problemu przekazywania danych wejściowych do podprogramów oraz zwracania rezultatów ich działania – wszystkie zmienne w całym programie mają charakter globalny i przez to są dostępne na jednakowych zasadach w każdej części omawianego kodu. Podprogramy zawsze zaczynają się po prostu nazwą etykiety, czyli identyfikatora miejsca w programie (ang. *label*), a kończą słowem



Rysunek 4. Mapowanie zmiennej S (w zakresie od 0 do 1023 na wyjściu 10-bitowego przetwornika A/C) na zmienną Sout

kluczowym *Return*, nakazującym powrót do miejsca swojego wywołania.

Pierwszy podprogram to *Dac16_set*, którego zadaniem jest ustawianie właściwej (aktualnej) wartości 16-bitowego słowa sterującego *Ndac* na wyjściu przetwornika DAC. Zadanie to na drodze transmisji szeregowej realizuje polecenie *Shiftout*, którego parametrami są kolejno: nazwa portu, na którego wyjście należy szeregowo przekazać dane binarne, nazwa portu, gdzie należy podać zegar (taktowanie) transmisji szeregowej, nazwa zmiennej (słowa binarnego) do przesłania oraz zastosowany tryb transmisji. W podprogramie skonfigurowano tryb transmisji numer 1. Po załadowaniu całego 16-bitowego słowa do rejestrów układów U7 i U8 na około 5 mikrosekund ich wejścia RCLK są podnoszone do logicznego poziomu wysokiego, co ma na celu przeładowanie świeżo załadowanych 16 bitów danych z wewnętrznego, szeregowego rejestru przesłanego do rejestru wyjściowego. Po wykonaniu tej operacji słowo *Ndac* przenosi się na 16 wyjść logicznych układów U7 i U8 i na drabinkę rezystorową R-2R, a finalnie na port P4 sterujący częstotliwością pracy VFO.

Kolejny podprogram nazwany *Fmeasure* służy do pomiaru częstotliwości *Fvfo* z rozdzielczością 10 Hz. W pierwszej kolejności jest zerowana zmienna *F* wykorzystywana do przechowywania obliczeń pośrednich oraz do przekazania poza tę procedurę końcowego rezultatu pomiaru. Następnie jest zerowany 16-bitowy licznik *Timer1*, który po inicjacji programu pozostaje w stanie zatrzymania. Następnie *Timer1* jest uruchamiany i zaczyna zliczać impulsy z wyjścia VFO uformowane do poziomów TTL. W tym momencie rozpoczyna się działanie bloku opóźniającego, którego zadaniem jest wstrzymanie na około 100 ms pracy całego mikrokontrolera – poza wspomnianym licznikiem impulsów i przerwaniem, które z nim współpracuje. Ten „czas martwy” mikrokontrolera stanowi niejako

wzorec czasu (bramkę) dla pomiaru z dokładnością do 10 Hz. Opóźnienie zrealizowano za pomocą pustej pętli *For-Next*, wewnątrz której nie są wykonywane żadne instrukcje. Doświadczalnie sprawdzono, że jedno wykonanie takiej pustej pętli, taktowanej 16-bitową zmienną całkowitoliczbową typu *Word*, zabiera dokładnie 33 cykle zegara procesora. Przy zastosowaniu taktowania zegara kwarcem o częstotliwości 16 MHz, w celu uzyskania opóźnienia 100 ms, jest konieczne wykonanie 48456 takich „pustych pętli”, a brakujący czas uzupełniono eksperymentalnie 27 jednocyfrowymi rozkazami mikroprocesora *NOP*. Warto podkreślić, że czysto deterministyczne (bez podejścia eksperymentalnego) liczby przejść „pustej” pętli *For-Next* oraz liczby uzupełniających rozkazu *NOP* nie jest możliwe bez dokładnej wiedzy o tym, ile czasu (cykli zegara) upłynie pomiędzy: faktycznym startem licznika *TIMER1* a zakończeniem komendy wykonującej to zadanie, inicjacją pętli *For-Next* a realną chwilą rozpoczęcia iteracji oraz rozpoczęciem wykonywania instrukcji zatrzymującej *TIMER1* a rzeczywistym jego zatrzymaniem. W trakcie zliczania impulsów każde przepełnienie 16-bitowego licznika wywołuje stosowne przerwanie *T1 overflow interrupt handling*, które obsługuje

REKLAMA

Projekty na...Texas

STM32

Przebieg St. Congress St. Franklin St.

Arrival 1:32

www.stm32.eu

ST life.augmented

KAMAMI

kolejny podprogram, umieszczony za etykietą T1over. Obsługa tego przerwania polega jedynie na zwiększeniu o jeden wyjściowej zmiennej F. Po zatrzymaniu licznika wartość zmiennej F jest mnożona przez 2^{16} dla uwzględnienia faktu, że każde przepełnienie tego licznika oznacza jednokrotne zliczenie takiej właśnie liczby impulsów. W tym konkretnym wypadku operację mnożenia dało się wygodnie zastąpić przesunięciem bitowym o 16 pozycji w lewo.

Na koniec podprogramu pomiaru częstotliwości do wartości F doliczane są impulsy zliczone w liczniku tuż przed zamknięciem wzorcowego okna czasu, a tak uzyskany wynik jest mnożony przez 10 (skalowanie niezbędne z uwagi na fakt, że zastosowany wzorec czasu trwa 1/10 sekundy). Należy w tym miejscu wyjaśnić, że do odmierzania czasu zliczania impulsów („bramki” licznika) nie użyto innego licznika-timera po to, aby uniknąć konfliktu przerwania od obu liczników, który mógłby skutkować błędami w pomiarze Fvfo.

Podprogram Changedfc obsługuje wciśnięcie przycisku zmiany kroku regulacji częstotliwości w enkoderze. Krok strojenia Dfc jest zmieniany w ramach pętli nieskończonej $\dots \rightarrow 10 \text{ kHz} \rightarrow 1 \text{ kHz} \rightarrow 100 \text{ Hz} \rightarrow 10 \text{ Hz} \rightarrow 10 \text{ kHz} \dots$. Funkcjonuje to poprzez podział wartości Dfc przez 10, a po napotkaniu minimalnej dozwolonej wartości (10 Hz) następuje powrót do najwyższej możliwej wartości 10 kHz. Aktualizacja wartości kroku strojenia VFO na wyświetlaczu LCD następuje z wykorzystaniem instrukcji Select-Case i specjalnie w tym celu zdefiniowanych symboli (patrz: listing 1) kroku strojenia oraz jednostki Hz. Na koniec opisywanej procedury wprowadzono opóźnienie 200 ms po to, by nieco zbyt długie naciśnięcie przycisku nie powodowało szybkiej cyklicznej zmiany kroku przestrajania.

Ostatni zdefiniowany podprogram Shownewfc służy do obsługi zmiany nastawienia częstotliwości VFO. W pierwszej kolejności realizowane jest sprawdzenie tego, czy

nie przekroczono dozwolonych granic częstotliwości VFO (3,5...3,8 MHz). Jeśli tak, to wartość częstotliwości Fc jest przywracana na dozwolone granice, co chroni także główny program przed próbą nastawienia w VFO niedozwolonej częstotliwości. Potem następuje uaktualnienie wartości częstotliwości Fc na wyświetlaczu LCD. W celu zwiększenia estetyki i czytelności tego odczytu zrezygnowano z dostępnych w kompilatorze gotowych funkcji formatujących na rzecz własnej prostej procedury. Dzięki tej prostej funkcji formatującej pozycje cyfr, oznaczające MHz, kHz i pojedyncze Hz, są oddzielone kropkami, a liczba cyfr dla pojedynczych herców została ograniczona do dwóch (tylko setki i dziesiątki), co odpowiada uzyskanej w urządzeniu dokładności pomiaru i regulacji częstotliwości VFO (10 Hz).

Adam Sobczyk SQ5RWQ
sq5rwq@gmail.com
<http://sq5rwq.pl>

Listing 3. Pozostałe funkcje pomocnicze

```
'PRZETWORNIK DAC-16 - USTAWIENIE WARTOŚCI WYJŚCIOWEJ (TRYB: „MSB shifted out first when clock goes high”)
Dac16 set:
    Shiftout Dac16_serial , Dac16_srclk , Ndac , 1
    Set Dac16_rclk : Waitus 5 : Reset Dac16_rclk      ': Waitus 5
Return

'POMIAR CZĘSTOTLIWOŚCI Fvfo Z ROZDZIELCZOŚCIĄ 10 Hz
Fmeasure:
    F = 0          'KASOWANIE WYNIKU ZLICZANIA Fvfo
    Timer1 = 0     'KASOWANIE LICZNIKA IMPULSÓW
    Start Timer1   'START LICZNIKA IMPULSÓW

    'BLOK OPÓŹNIAJĄCY (100ms) - BRAMKUJĄCY OKNO CZASOWE LICZNIKA IMPULSÓW
    'ZGRUBNE OPÓŹNIENIE W PUSTEJ PĘTLI FOR-NEXT (JEDNO WYKONANIE, TO OK. 33 CYKLE MCU Z ZEGAREM 16 MHz)
    For Delayword = 1 To 48456
    Next Delayword
    'PRECYZYJNE UZUPEŁNIENIE OKNA CZASOWEGO 27 „PUSTYMI” 1-CYKLOWYMI INSTRUKCJAMI NOP (NO OPERATION)
    NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP
    NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP
    NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP : NOP

    'PODSUMOWANIE CYKLU ZLICZANIA
    Stop Timer1   'ZATRZYMANIE ZLICZANIA
    Shift F , Left , 16 'SZYBKIE ODPOWIEDNIK POMNOŻENIA WYNIKU ZLICZANIA IMPULSÓW PRZEZ 65536
    F = F + Timer1 'UZUPEŁNIENIE WYNIKU ZLICZANIA O TO, CO POZOSTAŁO W LICZNIKU TIMER1
    F = F * 10     'PRZELICZENIE WYNIKU NA [Hz] - Z UWAGI NA ZASTOSOWANE CZASOWE OKNO BRAMKUJĄCE T=0.1sek.
Return

'OBŚŁUGA PRZERWANIA OD PRZEPEŁNIENIA LICZNIKA TIMER1 („T1 overflow interrupt handling”)
T1over:
    Incr F
Return

'OBŚŁUGA PRZYCIŚNIĘCIA PRZYCIŚNIKA ZMIANY KROKU REGULACJI CZĘSTOTLIWOŚCI W ENKODERZE
Changedfc:
    'Z ZASADY ZMNIEJSZAMY KROK 10X TAK DŁUGO, JAK TO TYLKO MOŻLIWE (ZAPĘTLENIE: ..->10 kHz->1 kHz->100 Hz->10 Hz->10 kHz..)
    If Dfc > 10 Then
        Dfc = Dfc \ 10
    Else
        Dfc = 10000
    End If
    'AKTUALIZACJA WARTOŚCI KROKU CZĘSTOTLIWOŚCI NA WYŚWIETLACZU LCD
    Locate 1 , 12 : Lcd Chr(1)
    Select Case Dfc
        Case 10 : Lcd „10” ; Chr(0) ; „ ”
        Case 100 : Lcd „100” ; Chr(0) ; „ ”
        Case 1000 : Lcd „1k” ; Chr(0) ; „ ”
        Case 10000 : Lcd „10k” ; Chr(0) ; „ ”
    End Select
    'OPÓŹNIENIE NIEZBEDNE, BY ZMIANA KROKU CZĘSTOTLIWOŚCI NIE NASTĘPOWAŁA KILKA RAZY ZA JEDNYM PRZYCIŚNIĘCIEM
    Waitms 200
Return

'OBŚŁUGA ZMIANY NASTAWY CZĘSTOTLIWOŚCI VFO
Shownewfc:
    'OBŚŁUGA PRZEKROCZENIA DOZWOLONYCH GRANIC DLA CZĘSTOTLIWOŚCI VFO
    If Fc < 3500000 Then
        Fc = 3500000
    ElseIf Fc > 3800000 Then
        Fc = 3800000
    End If
    'AKTUALIZACJA WARTOŚCI CZĘSTOTLIWOŚCI NA WYŚWIETLACZU LCD
    Uppeline
    Txt = Str(fc)
    Lcd Left(txt , 1) ; „.” ; Mid(txt , 2 , 3) ; „.” ; Mid(txt , 5 , 2) ; „M” ; Chr(0) ; „ ”
Return
```



Lidia 80 Digital (3)

Przystawka do odbiornika homodynowego na pasmo 80 m

Proste odbiorniki nasłuchowe są wciąż bardzo popularnymi urządzeniami wśród radioamatorów – krótkofalowców. Kosztują niewiele, zajmują mało miejsca i pozwalają przy tym z powodzeniem prowadzić dobre nasłuchy w różnych warunkach. Popularny, łatwy do wykonania odbiornik homodynowy „Lidia 80” wg Włodka SP5DDJ został skonstruowany tak, że można go z powodzeniem wykorzystywać w wersji podstawowej, ale daje się też rozbudowywać o kolejne funkcjonalności. Autor tego projektu, zachęcony pozytywnymi doświadczeniami z podstawową wersją odbiornika, postanowił dokonać jego rozbudowy o kolejne funkcje. Apetyt rósł w miarę jedzenia i dlatego ostatnia, prezentowana wersja urządzenia została wyposażona nie tylko w pomiar częstotliwości pracy, ale także w jej regulację i stabilizację z krokiem minimalnym 10 Hz, graficzny S-metr oraz automatyczną regulację wzmacnienia ARW w zakresie 12 dB (dwie jednostki „S”).

Rekomendacje: odbiornik jest przeznaczony dla osób, które chcą zająć się krótkofalarstwem. Prawidłowo zmontowany i zestrojony odbiornik umożliwia nasłuch stacji amatorskich telegraficznych i jednowstęgowych przy użyciu anteny dipolowej lub drutowej (Long-Wire).

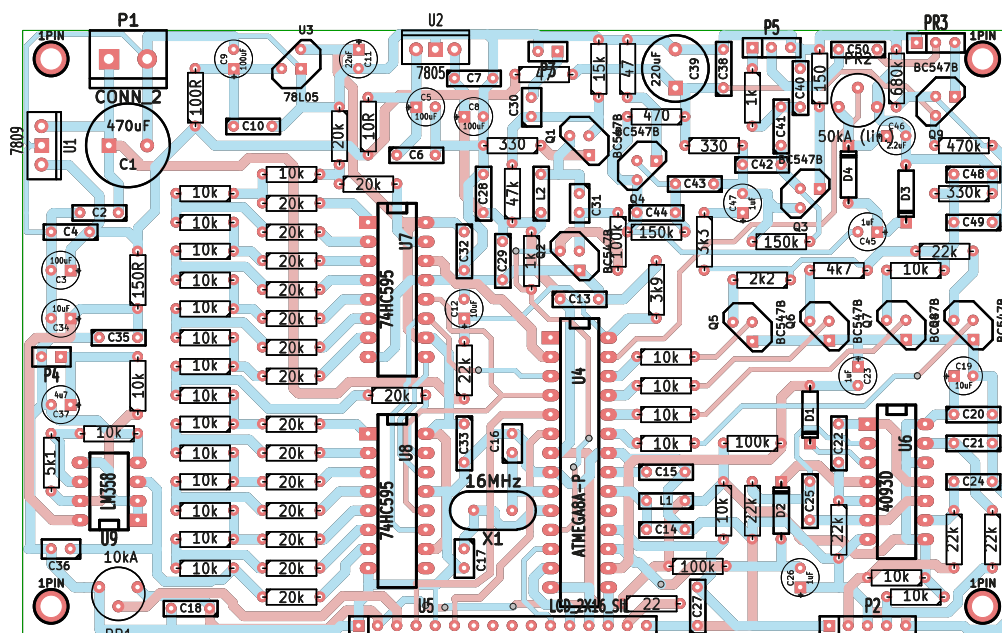
Montaż i uruchomienie

Montaż przystawki wykonujemy na dwustronnej płytce drukowanej – jej schemat montażowy pokazano na **rysunku 5**. Jeśli nie korzystamy z gotowego (zaprogramowanego) mikrokontrolera (U4, ATmega8A-PU), to układ należy zaprogramować w zewnętrznym gnieździe DIP-28 programatora. W pierwszym kroku należy ustawić bity konfiguracyjne zgodnie z **rysunkiem 6** (low fusebit: 3F, high fusebit: D7), a następnie wgrać do mikrokontrolera kod z pliku HEX (dostępny w materiałach dodatkowych).

Montaż elementów rozpoczynamy od podzespołów najmniejszych, kolejno montując elementy większe zwracając uwagę na to, by nie pomylić ich wartości i polaryzacji. Co prawda bardziej zdroworozsądkowo byłoby montować i uruchamiać kolejno poszczególne bloki urządzenia, ale wtedy stracimy wygodę montażu. Dlatego proponuję najpierw zamontować rezystory, diody, dławiki, rezonator kwarcowy i podstawki pod układy scalone. Potem należy zamontować potencjometry montażowe, wszystkie kondensatory inne, niż elektrolityczne oraz

tranzystory. Na końcu montujemy złącza, stabilizatory napięcia i wszystkie nieuwzględnione dotychczas elementy – w tym także kondensatory elektrolityczne. Jako rezystory w drabince „R-2R” przetwornika cyfrowo-analogowego DAC należy zastosować rezystory 10 kΩ i 20 kΩ.

Po zmontowaniu całej płytki przystawki doprowadzamy do niej na próbę zasilanie +12 V i sprawdzamy, czy napięcia +9 V oraz +5 V na wyjściach stabilizatorów: U1..,U3, na stosownych wyprowadzeniach układów scalonych U4...U9 oraz na wyprowadzeniach



Rysunek 5. Schemat montażowy przystawki do odbiornika RX80 Lidia

Fusebits	3F
Fusebit C	0.BODLEVEL 4.0V
Fusebit B	0.BODEN enabled
Fusebit KLA987	1.11111: Ext. Crystal/Resonator High Freq
Fusebits High	D7
Fusebit High M	1.PIN PC6 is RESET
Fusebit High J	1.WDT enabled by WDTCR
Fusebit High I	0.SPI enabled
Fusebit High H	1.CKOPT 1
Fusebit High G	0.Preserve EEPROM when chip erase
Fusebit High FE	1.128 Words/bit size , F80
Fusebit High D	1.Reset vector is 0000

Rysunek 6. Ustawienie fusebitów mikrokontrolera

zasilających bloki z tranzystorami Q1..Q9 są zgodne z opisami na schemacie układu. Jeśli wszystko jest w porządku, to po wyłączeniu zasilania wkładamy w podstawki wszystkie układy scalone i podłączamy do niej: alfanumeryczny 16×2 znaki, ze sterownikiem zgodnym z układem HD44780, enkoder z przyciskiem a na samym końcu ponownie zasilanie +12 V. Podłączenie ekranu LCD najlepiej wykonać taśmą z żeńskimi zakończeniami typu „goldpin” (16 pinów, z czego wykorzystano tylko dwa razy po sześć skrajnych). Można też wykonać bezpośrednie

lutowania przewodów do łączy „goldpin” – jednak zachowując przy tym koniecznie długości kabli, umożliwiające swobodny montaż w obudowie. Osobom, które obawiają się tego etapu montażu, polecam wykorzystanie 12 sztuk gotowych pojedynczych kabelków z żeńskimi zakończeniami „goldpin” o (odpowiednich) długościach między 10 a 15 cm. Dłuższe kabelki, z zasady kłopotliwe do zmieszczenia w obudowie, należy przed montażem skrócić w estetyczną wiązkę, której nadmiar łatwo będzie „zagospodarować” np. przez złożenie w pół i zaciśnięcie cienką opaską samozaciskową. Takie „zarobione”, pojedyncze kabelki są powszechnie stosowane m.in. w zestawach edukacyjno-rozwojowych z mikrokontrolerami (np. Arduino i wszelkimi podobnymi) – można je także niedrogo nabyć w sklepie AVT. Jeśli zdecydujemy się na takie właśnie proste i wygodne podłączenie wyświetlacza LCD, to docelowo grupy zakończeń żeńskich „goldpinów” (po 6 sztuk w grupie) dla wygody manipulacji

można delikatnie połączyć klejem, jednak uważając bardzo na to, by nie zalać niechący wnętrza styków (**fotografia 7**). Klejenie uprzednio odłuszczonych wsuwek „goldpin” wykonujemy tylko u nasady złączy – bardzo małą ilością kleju. Najwygodniej i najdokładniej można to zrobić po wciśnięciu grupy sześciu „goldpinów” żeńskich na niezalutowaną listewkę męskich „goldpinów” oraz częściowym zaciśnięciu takiego zestawu na czas klejenia w małym imadelku, aby każde z sześciu połączeń stykowych było jak najstaranniej wycentrowane i równoległe do pozostałych. Po wyschnięciu kleju i ustabilizowaniu się połączenia tak powstałe złącze uwalniamy z zacisku, a następnie delikatnie zsuwamy sklejoną szóstkę żeńskich „gold-

pinów” z tymczasowo wykorzystanej listwy męskiej. Podobnie należy postąpić z pozostałymi trzema grupami pojedynczych łączówek żeńskich, prowadzonych do wyświetlacza LCD. Analogicznie można też wykonać podłączenie do PCB enkodera i większość pozostałych połączeń kablowych, w których przynajmniej jeden koniec, to żeńska łączówka typu „goldpin”.

Po ustawieniu kontrastu wyświetlacza LCD za pomocą potencjometru PR1. Po wykonaniu tej regulacji należy zrestartować układ i zobaczyć czy komunikaty pokazywane na ekranie LCD są zgodne z oczekiwaniami (najpierw ekran powitalny, a potem start pracy pomiaru napięcia zasilania, wyświetlania zadanej częstotliwości F i kroku strojenia VFO oraz liniiki bargrafu od S-metra).

Wstępnie uruchomiony układ przystawki cyfrowej do odbiornika „Lidia 80” należy rozwaźnie przygotować do montażu w obudowie. W pełni profesjonalne rozwiązanie, to montaż w obszernej obudowie metalowej



Fotografia 7. Klejenie przewodów w zespoły po 6 szt.

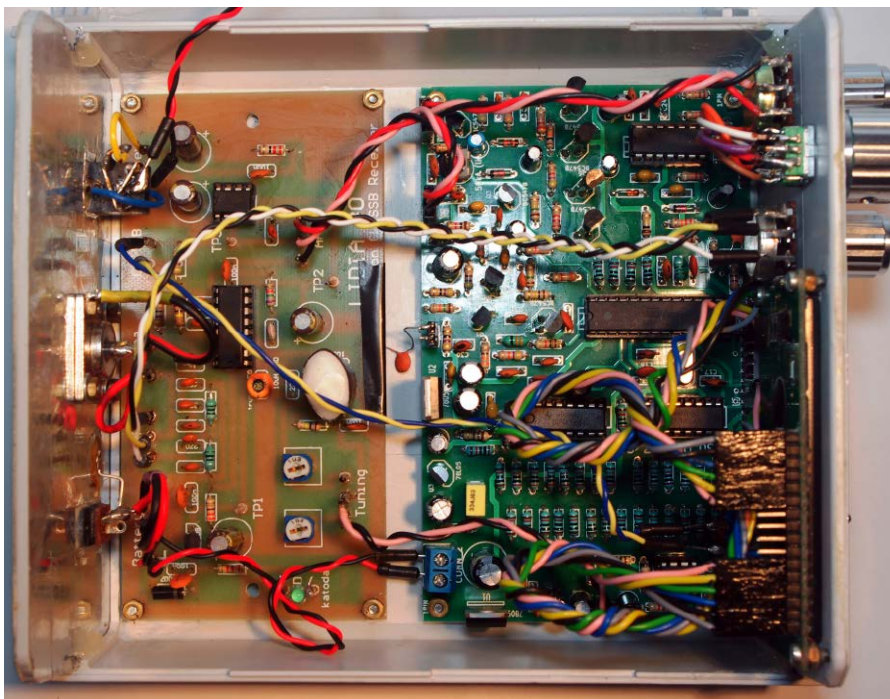


Fotografia 8. Montaż odbiornika Lidia-80 DIGITAL w obudowie Kradex Z2

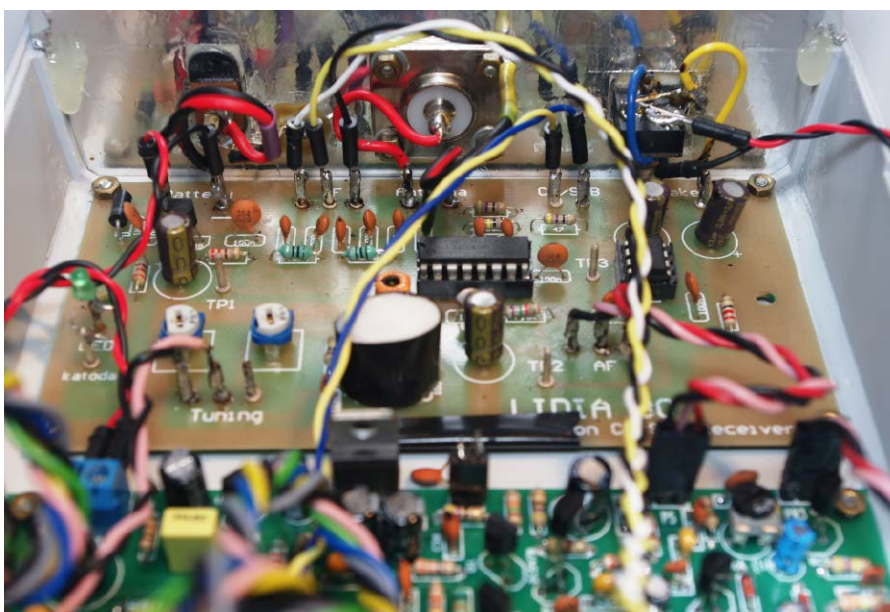
– o wymiarach znacznie większych od obu płytek (podstawowej – analogowej oraz przystawki cyfrowej), gwarantującej ochronę przed przenikaniem zakłóceń elektromagnetycznych z otoczenia konstruowanego urządzenia. Jakkolwiek, w zupełności wystarczające dla tego stosunkowo proste i niedrogi odbiornik nasłuchowy będzie zastosowanie taniej gotowej obudowy z tworzywa sztucznego. Niestety, montaż przystawki cyfrowej „na kanapkę” ponad płytką analogową w wykorzystanej obudowie Z3 został wykluczony z kilku powodów. Jednym z nich był brak dostatecznej ilości miejsca w obudowie, drugim potencjalne trudności praktyczne w montażu licznych połączeń kablowych pomiędzy obiema płytkami. Szukając w ofercie gotowych wyrobów takiej obudowy, która zmieści obie płytki i pozwoli na ich wygodny montaż obok siebie, jako najlepsze możliwe rozwiązanie znalazłem obudowę produkcji firmy „Kradex” typu Z2, która ma wysokość i szerokość niemal identyczną z obudową Z3, ale jest od niej znacznie głębsza. I tak, projektując płytkę drukowaną przystawki cyfrowej, brałem pod uwagę to, by zmieściła się ona razem z podstawową płytką analogową „Lidii 80” w tej obudowie.

Mocowanie obu płytek w obudowie Z2 pokazują **fotografie 8...11**. Konieczne okazało się usunięcie z obudowy kołków przeznaczonych do jej skręcania, a pozostałości usunięto za pomocą miniaturowej wiertarki i kamienia szlifierskiego. Montaż w obudowie należy rozpocząć od rozmieszczenia obu płytek tak, aby ich odległości od wyjmowanych paneli (czołowego i tylnego) pozwalała na dogodny montaż złączy (gniazda: antenowego, zasilania i słuchawkowego na tylnym panelu) oraz wyświetlacza LCD, potencjometrów głośności i tłumika w.c., enkodera regulacji częstotliwości i przełącznika filtru CW/SSB na przednim panelu. Nie należy także zapomnieć o zachowaniu stosownej odległości w poziomie pomiędzy obiema płytkami, wystarczającej do wyprowadzenia mierzonoego sygnału z generatora VFO na płytce analogowej do pomiaru w przystawce cyfrowej. W praktyce pole do manewru nie jest duże – zarówno odległości od paneli montażowych obudowy jak i ta między obiema płytkami drukowanymi mogą być rzędu co najwyżej kilku milimetrów.

Projekt przystawki cyfrowej pomyślano tak, że podstawową płytkę analogową odbiornika „Lidia 80” dogodniej jest zamontować w tylnej części obudowy, a bliżej panelu czołowego umieścić płytkę samej przystawki. Po znalezieniu właściwego rozmieszczenia podzespołów w obudowie można zamocować wstępnie obie płytki do dolnej części obudowy. Ja wywierciłem w dolnej części obudowy „Kradex” Z2 wiertłem o średnicy 2,5 mm po cztery otwory dla każdej z płytek i zamocowałem



Fotografia 9. Szczegóły połączenia obu płytek odbiornika



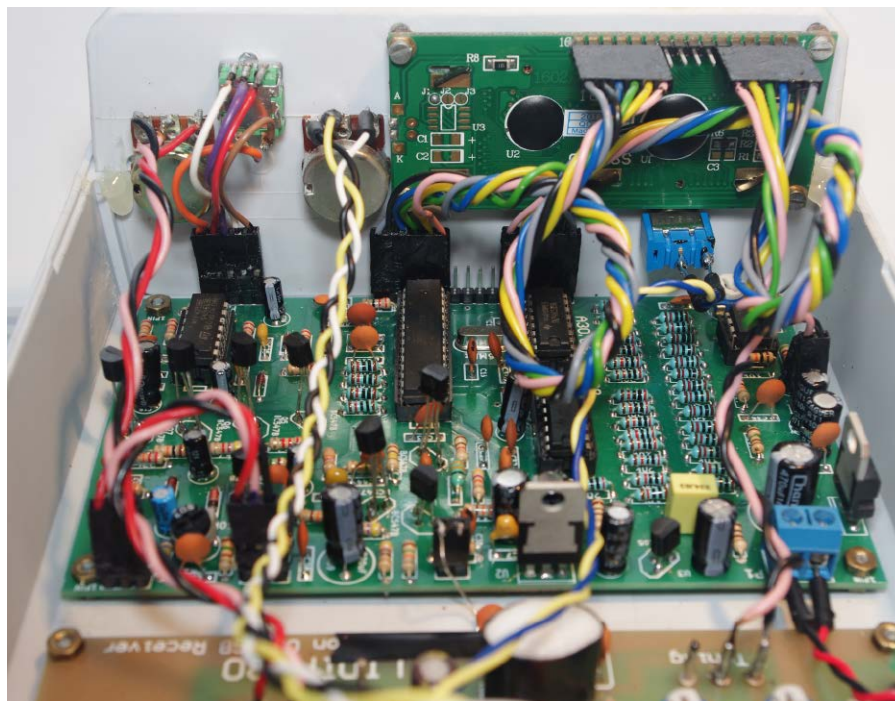
Fotografia 10. Szczegóły montażu analogowej płytki odbiornika

je do obudowy śrubami o takiej samej średnicy. Konieczne okazało się zastosowanie dodatkowych nakrętek, które pełniły funkcje małych „dystansów”. Wyświetlacz LCD został zamocowany do panelu czołowego klejem „na gorąco” za pośrednictwem przykręconych do niego czterech śrub dystansowych o średnicy 2,5 mm.

Następnie wykonujemy połączenia kablowe. W układzie nie występują bardzo wysokie częstotliwości ani znaczne prądy, więc grubości i rodzaje zastosowanych przewodów nie są tu krytyczne. Dla wielu konstruktorów kłopotliwe może wydawać się wykonanie połączeń przewodami prowadzonymi do złączy „goldpin”. Profesjonalnym rozwiązaniem jest przygotowanie wiązek przewodów o odpowiednich długościach,

„zarobienie” ich końcówek odpowiednim przyrządem do zaciskania w malutkich łączówkach i wciśnięcie do pustych gniazd żeńskich. Opisane czynności można także wykonać „na piechotę”, za pomocą zwykłych cienkich szczypiec monterskich – płaskich lub kątowych. Alternatywą może być także przylutowanie przewodów wprost do wyprowadzeń męskich „goldpin”, jednak nie polecam tego rozwiązania. Po pierwsze, zalutowane na stałe połączenia utrudnią wszelkie prace montażowe i serwisowe. Po drugie, uzyskanie odpowiedniej jakości, trwałości i estetyki takich połączeń może być co najmniej dyskusyjne.

Po przygotowaniu wszystkich kabli połączeniowych przychodzi pora na montaż elementów na panelach. Znacznym



Fotografia 11. Szczegóły montażu cyfrowej płytki odbiornika

ułatwieniem mogą być tu projekty „czołówek” dostosowanych do paneli obudowy (dostępne w materiałach dodatkowych).

Ostatnią czynnością, którą należy wykonać mając na stole zmontowane i uruchomione urządzenie jest kalibracja S-metra, którą przeprowadzamy potencjometrem montażowym PR2. Wbrew pozorom, w amatorskich warunkach nie jest to czynność łatwa. Aby właściwie ustawić mierzony poziom odbieranego sygnału w.cz. trzeba dysponować odpowiednio dokładnym wzorcem. Odpowiednio dokładnym, tzn. o odpowiedniej częstotliwości, czystości widmowej i – co w tym wypadku najtrudniejsze – odpowiedniej amplitudzie. Typowe generatory nie umożliwiają uzyskania sygnału o amplitudzie na poziomie pojedynczych mikrowoltów i dlatego trzeba stosować skuteczne, dokładne tłumiki (poziom aż 9 „S”, to tylko 50 μ V na dopasowanym wejściu o impedancji rzeczywistej 50 Ω). W takich dobrych tłumikach należy zadbać o zastosowanie rezystorów bezindukcyjnych i eliminację wszelkich pojemności pasożytniczych. Dodatkowym, dużym kłopotem jest konieczność bardzo dobrego ekranowania i uziemienia – zarówno kalibrowanego odbiornika jak i samego generatora, aby silne sygnały z wewnętrznych obwodów generatora nie przedostawały się drogami alternatywnymi do wnętrza obwodów odbiornika. Paradoksalnie, najprostszym i najsukuteczniejszym w amatorskich warunkach rozwiązaniem będzie dokonanie regulacji przez porównanie odczytu z innym odbiornikiem (transceiverem) pracującym w tym samym czasie, z tym samym sygnałem odbieranym i na tej samej antenie. W praktyce należy po prostu zadbać

o odbiór w dobrych, stabilnych warunkach propagacyjnych i – przełączając tak szybko, jak to tylko możliwe, antenę odbiorczą między oboma porównywanymi urządzeniami – sprawnie regulować potencjometr czułości ARW w odbiorniku „Lidia 80 Digital” (PR2) tak, by odczyty z S-metrów obu urządzeń były jak najbardziej zbliżone.

Podsumowanie projektu

W projekcie opisano to, jak nieskomplikowany odbiornik nasłuchowy na pasmo amatorskie KF można łatwo i niedrogo zamienić w urządzenie, które swoją funkcjonalnością przybliży nas do urządzeń fabrycznych. Przy okazji przemycono także i szczegółowo omówiono garść „autorskich” rozwiązań technicznych, które okazały się skuteczne w praktyce, a przy okazji mają spory walor edukacyjny. W tym miejscu chciałbym również wspomnieć o możliwościach dalszego rozwoju odbiornika „Lidia-80 Digital” oraz o możliwościach wykorzystania opisanych rozwiązań we własnych konstrukcjach. Zapewne najprościej będzie sięgnąć po rozwiązania czysto programowe – takie, które nie wymagają zmian sprzętowych. Należą do nich m.in.:

Pamięć częstotliwości (ostatnio używanej, na zasadzie przełączanych dwóch VFO A/B albo po prostu kilku niezależnych nastaw). Tu jednak najprawdopodobniej należałoby zastosować system menu, które pozwoliłyby skutecznie wykorzystać jedyny dostępny enkoder z przyciskiem.

Bardziej precyzyjny i czytelny S-metr – z poszerzoną „od góry” skalą mierzonych sygnałów oraz „drobniejszym” krokiem odczytu (np. co 0,5 jednostki „S” czyli co 3 dB).

Automatyczne skanowanie pasma w poszukiwaniu odbieranych sygnałów o poziomie nie niższym od zdefiniowanego progu.

Jeśli jednak chcielibyśmy popracować nad obecną (lub zupełnie nową) konstrukcją przystawki cyfrowej, to w zasięgu możliwości technicznych niewątpliwie znalazłyby się takie rozwiązania, jak:

Automatyczna regulacja wzmocnienia ARW – oparta o podobną technikę, ale o szerszym zakresie działania (co najmniej do 18 dB, czyli 3 jednostek „S”), lepszej dokładności i liniowości oraz z zaimplementowaną regulacją czasu narastania i opadania mechanizmu zadziałania (te ostatnie właściwości dotyczą także S-metra).

Dodatkowe lub inne (bardziej rozbudowane) filtry audio, znacznie lepiej kształtujące odbierane pasmo m.cz. (znacznie węższe i o ostrzej opadających zboczach).

Alternatywny moduł części analogowej – z zastosowaniem bardziej dostępnych i popularnych podzespołów (np. kluczy analogowo-cyfrowych, niskoszumnych wzmacniaczy operacyjnych i generatora VCO z kontrolą pętli częstotliwościową FLL albo fazową PLL – w miejsce klasycznych mieszaczy, wzmacniaczy w.cz. i analogowego VFO) oraz z obsługą dodatkowego pasma czy pasm (np. 40 i/lub 20 m).

Wersja jednowstęgowa SSB – z przetwarzaniem kwadraturowym I/Q, lecz bez użycia komputera (cel nieco ambitniejszy od wcześniej wymienionych).

Dodanie nadajnika, który uczyni z tej konstrukcji pełnowartościowy transceiver.

Tych Czytelników, których nie przekonałem jeszcze o tym, że warto jest zbudować odbiornik „Lidia-80” w wersji „Digital”, zapraszam na stronę historii projektu <http://sq5rww.pl/?p=159>, na której można dowiedzieć się nieco więcej o samym jego powstawaniu oraz obejrzeć filmy ukazujące jego działanie.

Na koniec chciałbym podziękować za cenne uwagi i wskazówki merytoryczne Kolegom konstruktorom: Włodkowi Salwie SP5DDJ, Jerzemu Mroszczakowi SQ7JHM oraz Lucjanowi Bryndzy SQ5FGB. Włodek był świadkiem i życzliwym współuczestnikiem moich licznych prób „rozebrania” podstawowej wersji odbiornika „Lidia 80” „na czynniki pierwsze”. Jurek udzielił mi przydatnych porad i wskazówek przy konstrukcji opisanej przystawki do odbiornika. Lucjan wsparł skutecznie swoją wiedzę fachową we wszystkich specjalistycznych aspektach, dotyczących oprogramowania.

Adam Sobczyk SQ5RWW
sq5rww@gmail.com
<http://sq5rww.pl/>