

Modułowy odbiornik nastuchowy na pasma 80 m i 40 m „Dosia” (6)

Moduł VFO

Szósta część publikacji o odbiorniku nastuchowym na pasma KF 40 m i 80 m „Dosia”, to kontynuacja opisu konstrukcji w wersji niemal całkowicie analogowej. Opisano w niej moduł dwupasmowego generatora VFO, który wraz z mieszaczem odbiorczym (AVT-3191) stanowi kluczowy moduł odbiornika. Układ ten niewątpliwie zainteresuje wszystkich tych czytelników, którzy do tej pory nie zdecydowali się uruchomić „Dosi” z zastosowaniem zewnętrznego generatora przestrajanego lub dążą do skonstruowania w pełni samodzielnego odbiornika.

Na rysunku 1 pokazano schemat blokowo-montażowy odbiornika „Dosia”, uzupełniony o moduł dwupasmowego generatora VFO. Opisano na nim sposób połączenia tego modułu do pozostałych części odbiornika.

Schemat ideowy samego generatora zamieszczono na rysunku 2. W dalszej części artykułu przedstawiono szczegóły montażu i uruchomienia, a także omówiono strojenie oraz metodykę optymalizacji parametrów prezentowanego tutaj modułu. Zarysowano też charakterystyki techniczne VFO oraz możliwości wykorzystania go w innych projektach.

Zasada działania i właściwości modułu generatora VFO

Na rysunku 2 przedstawiono schemat elektryczny generatora VFO. Cały układ jest zasilany dwoma napięciami: +5 V oraz +9 V, doprowadzanymi przez złącze P1 i filtrowany lokalnie przez pojemności: C1 i C2. Generatory analogowe są dość silnie wrażliwe na fluktuacje: temperatury otoczenia oraz napięcia zasilającego (zależy to jednak w znaczącym stopniu od przyjętej topologii układowej oraz od jakości zastosowanych podzespołów). Dlatego, aby maksymalnie

DODATKOWE MATERIAŁY DO POBRANIA ZE STRONY:

www.media.avt.pl

W ofercie AVT*

AVT-3195, 3199, 3192, 3193, 3194

Podstawowe informacje:

- Moduł uniwersalnego wzmacniacza m.cz. z ARW.
- Do zastosowania w dowolnych urządzeniach odbiorczych (i nie tylko).
- Próg zadziałania ARW około 9 „S”.
- Zakres regulacji progu zadziałania ARW około ± 10 dB.
- Dynamika ARW – lepsza niż 34 dB.
- Napięcie zasilające 9 V DC.

Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-2970	Odbiornik SDR na pasmo 2 m (EdW 2/2011)
AVT-2960	Minitransceiver SP5AHT (80 m/SSB) (EdW 11/2010)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawowy zestaw jest wersja [B] (nazwana potocznie KiTem (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] płytką drukowaną bez elementów i dokumentacją
- Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A*] zaprogramowany układ
 - wersja [UK] zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

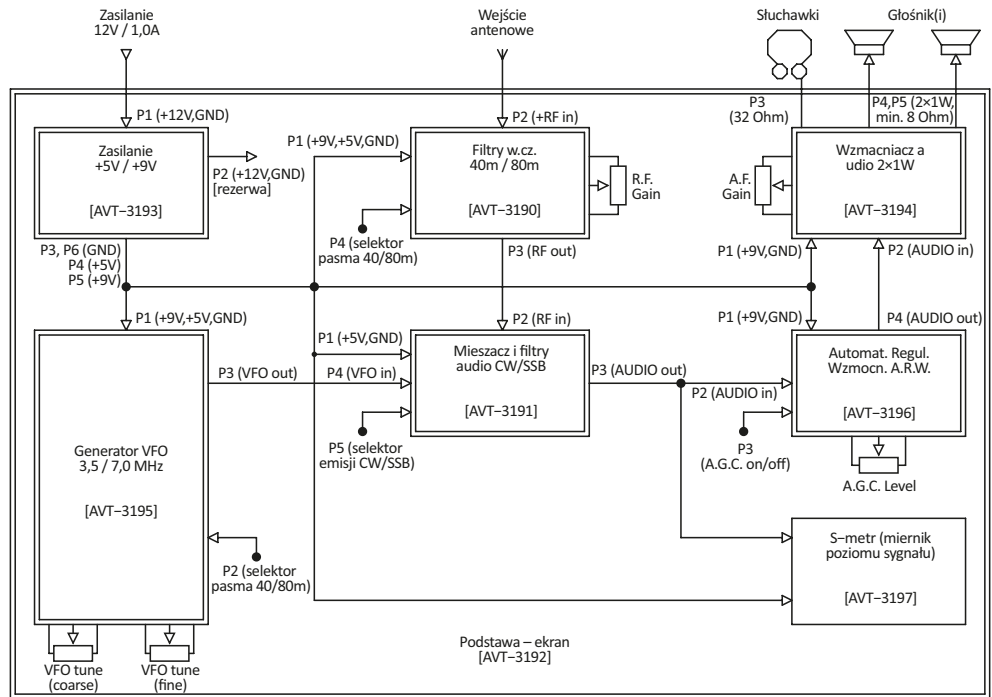
<http://shop.avt.pl>

zwiększyć częstotliwościową stabilność pracy właściwego generatora, zastosowano tu dodatkowe źródło napięcia zasilającego $VDDA$ o wartości ok. 8 V (dokładnie: 7,98 V maksymalnie $\pm 3,4\%$) Źródło to, zasilane z wejścia +9 V, pracuje w oparciu o wysokostabilne temperaturowo źródło napięcia odniesienia U1 (układ TL431 jako „programowalna dioda Zenera” z napięciem referencyjnym $U_{ref}=2,495$ V maksymalnie $\pm 2\%$) z tranzystorem Q1 (BC547B). Pełni on funkcję szeregowego elementu regulacyjnego i jednocześnie zmniejsza impedancję wyjściową całego stabilizatora. Rezystor R1 odpowiednio steruje bazę tranzystora Q1, natomiast rezystory R2 i R3 realizują dzielnik napięcia $VDDA$, którego wyjście pracuje w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, zapewniając utrzymywanie na wyjściu stabilizatora napięcia:

$$VDDA = U_{ref} * (1 + R2/R3) \quad (1)$$

Zastosowanie rezystorów R2 i R3 o tolerancji 1% (lub przynajmniej dokładnie dobranej wartości) jest o tyle istotne, że zbyt duży rozrzut ich wartości, ustalający zbyt wysokie wynikowe napięcie $VDDA$, praktycznie uniemożliwi pracę tego bloku stabilizatora poprzez zatkanie tranzystora Q1 (za małe napięcie U_{be} tego tranzystora). W najgorszym możliwym wypadku błąd napięcia U_{ref} z układu U1 wyniesie $\pm 2\%$, a błąd dzielnika R2/R3 (z rezystorami o tolerancji 1%) będzie równy $\pm 1,4\%$, co daje maksymalną niedokładność wartości napięcia $VDDA$ na poziomie maksymalnie $\pm 3,4\%$, gwarantującym poprawność pracy tego bloku. Kondensator C3 na jego wyjściu zapewnia dodatkową filtrację napięcia $VDDA$ a także zabezpiecza stabilizator przed pasożytniczymi samowzbudzeniami.

Sercem opisywanego tutaj modułu VFO jest analogowy generator, pracujący w układzie Seilera, dość popularnym w klasycznych amatorskich urządzeniach radiokomunikacyjnych. Jest on zasilany wysoce stabilnym temperaturowo napięciem $VDDA$. Funkcję elementu aktywnego (generacyjnego) pełni popularny tranzystor Q4 (BC547B), wraz z rezystorami R7, R8 i R9 (polaryzacja bazy i ujemne sprzężenie emiterowe) oraz pojemnościami C6 i C7, realizującymi pętlę sprzężenia zwrotnego. Wyjście generatora (emiter Q4) przez kondensator sprzęgający C8, o stosunkowo niewielkiej pojemności, jest podawane na stopień wtórniaka-bufora z tranzystorem Q5 (BC547B) i rezystorami: R10, R11 i R12. Kondensator blokujący zakłócenia C9 chroni cały układ przed pasożytniczymi podwzbudzeniami na wyższych niż pożądane częstotliwościach. Buforowany sygnał z analogowego

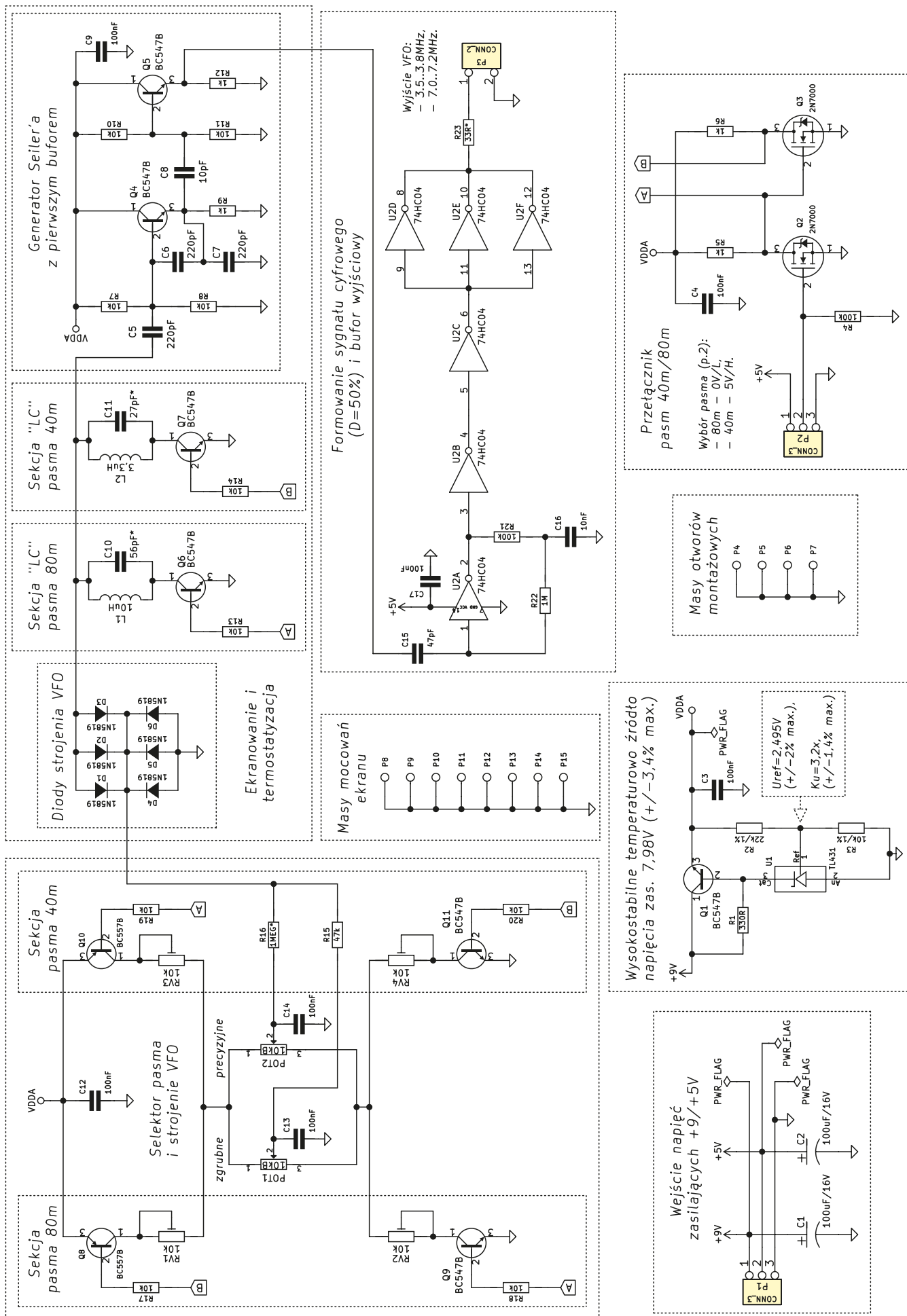


Rysunek 1. Schemat blokowo-montażowy odbiornika „Dosia” 40 m/80 m (podstawowa wersja analogowa)

generatora, poprzez pojemność sprzęgającą C15, jest kierowany na wejście bramki NOT U2A w układzie 74HC04. Bramka ta pracuje w układzie formowania przebiegu prostokątnego (o poziomach logicznych CMOS 0/+5 V), przy czym realizuje też dodatkową funkcję symetryzacji tego przebiegu – tak, by jego współczynnik wypełnienia był jak najbardziej zbliżony do wartości $D=50\%$. Na jej wyjściu dołączono prosty filtr dolno-przepustowy RC z elementami R21 i C16, którego zadaniem jest ustalenie wartości średniej formowanego przebiegu prostokątnego. Wartość ta, odłożona na kondensatorze C16, jest wprost proporcjonalna właśnie do wartości współczynnika wypełnienia D i powinna być jak najbardziej zbliżona do wartości: $5 V * 50\% = 2,5$ V. Rezystor R22 o relatywnie dużej wartości względem R21 (niezbyt obciążający wyjście filtru dolno-przepustowego z R21 i C16) pracuje w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego i podaje wartość średnią (odfiltrowaną dolnoprzepustowo) przebiegu prostokątnego na wejście bramki U2A – jako składową stałą (offset/BIAS) dla wejściowego przebiegu zmiennego z generatora Seiler’a. Zabieg ten ma na celu przesunięcie punktu pracy bramki U2A tak, aby uzyskać zamierzony efekt symetryzacji przebiegu prostokątnego ($D=50\%$), bowiem bramka-inwerter NOT w środkowej części swojej charakterystyki przejściowej zachowuje się podobnie, jak wzmacniacz odwracający o znacznym ujemnym wzmocnieniu. Kolejne bramki NOT (U2B oraz U2C) realizują funkcje regeneracji kształtu sygnału prostokątnego, a dalsze połączone równoległe inwertery U2D..U2F stanowią bufor wyjściowy o łącznej wypadkowej impedancji równej około 15 W. Szeregowy rezystor R23

(*) zapewnia zestandaryzowaną impedancję wyjściową modułu generatora VFO, widzianą na wyjściu P3, zbliżoną do wartości 50 W. Ma on istotne znaczenie (aspekt dopasowania impedancji) w przypadku, gdy sygnał prostokątny z modułu VFO będzie prowadzony dalej przewodem koncentrycznym o impedancji 50 W. Natomiast przy krótkim, bezpośrednim połączeniu do wejścia kolejnego modułu (np. tak, jak to ma miejsce w odbiorniku „Dosia”) można go po prostu pominąć (zastąpić zwórką, zrobioną np. z kawałka srebrzanki). Kondensator C17 odspręga do masy zasilanie omawianego bloku cyfrowego dla występujących w nim zakłóceń impulsowych.

O częstotliwości pracy generatora decydują przede wszystkim równoległe rezonansowe obwody LC, dołączane do aktywnego bloku generacyjnego za pośrednictwem pojemności sprzęgającej C5. Są to odpowiednio obwody: L1-C10 dla pasma 80 m oraz L2-C11 dla pasma 40 m. Może zaistnieć potrzeba skorygowania wartości pojemności C10 (*) lub C11 (*), co dokładniej omówiono dalej w dziale poświęconym montażowi i strojeniu urządzenia. Tranzystory Q6 i Q7 z rezystorami R13 i R14, przez które polaryzowane są ich bazy, służą naprzemiennej komutacji (przełączaniu) od strony masy obu alternatywnych obwodów rezonansowych LC. Dostrajanie stałych obwodów LC do wybranej częstotliwości odbywa się za pomocą bloku diod D1..D6 strojenia VFO. W tym celu wykorzystano dwie trójki popularnych diod prostowniczych małej mocy „Schottky” typu 1N5819, które okazały się dobrymi zamiennikami dla coraz trudniej dostępnych w sprzedaży diod pojemnościowych (warikapów) w wykonaniu THT. Obie



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu dwupasmowego generatora VFO

trójki równolegle połączonych diod są połączone: szeregowo i przeciwnie dla składowej zmiennej oraz równolegle dla składowej stałej napięcia. Dla składowej stałej napięcia: anody diod D4..D6 są dołączone do masy wprost, natomiast anody diod D1..D3 są dołączane do masy przez jeden z dławików L1/L2 oraz otwarte złącze kolektor-emiter jednego z tranzystorów Q6/Q7. Natomiast dla składowej zmiennej napięcia: diody D1..D3 oraz D4..D6 są połączone równolegle (w ramach danej trójki) oraz szeregowo względem siebie. Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania uzyskany został zwiększony zakres pojemności przestrajania Cd oraz poprawa symetrii pracy przestrajanego bloku diod pojemnościowych, skutkująca m.in. mniejszą zawartością pasożytniczych harmonicznych na wyjściu generatora. Jeśli przyjąć, że pojemność każdej spośród pojedynczych diod D1..D6, zależna od jej napięcia polaryzacji wstecznej Ur wynosi $Cj(Ur)$, to pojemność wypadkowa całego bloku strojenia wyniesie: $Cd(Ur) = [3 * Cj(Ur)] / 2 = 1,5 * Cj(Ur)$ (2)

Ostatecznie, uzyskiwana częstotliwość drgań zastosowanego w tym projekcie

generatora Seiler'a będzie określona popularnym wzorem Thomson'a:

$$Fvfo = 1 / [2 * P * \sqrt{L * C}] \quad (3)$$

w którym wartość indukcyjności L , w zależności od wybranego pasma częstotliwości, należy zastąpić przez: indukcyjności dławików L1 albo L2, a pojemność C jest wypadkową sumą równolegle połączonych pojemności: stałych C10 lub C11, przestrajanych $Cd(Ur)$ oraz wszystkich pozostałych pojemności pasożytniczych Cp , wyznaczonych dla całego obwodu rezonansowego omawianego generatora.

Dostrajanie bloku warikapów D1..D6 do pożądanej wartości $Cd(Ur)$ odbywa się za pomocą zmian ich napięcia polaryzacji wstecznej Ur , podawanego przez rezystory R15 i R16 (*) z potencjometrów: POT1 (przestrajanie zgrubne „coarse”) oraz POT2 (dokładne dostrajanie „fine”). Wartość rezystora R15 zapewnia prawidłową polaryzację wsteczną zestawu sześciu diod Schottky o dość znacznych prądach wstecznych. Natomiast oporność R16 (*) ma znacznie większą wartość, zapewniającą możliwość podstrajania generatora VFO w niewielkim zakresie (tzw. precyzer „fine” – dokładnie). **Wartość rezystancji R16 (*) można dobrać wg własnych upodobań w zakresie 220 kW-2,2 MW pamiętając jednak o tym, że zgodnie z elektrotechniczną zasadą superpozycji uzyskany zakres podstrajania dokładnego będzie w przybliżeniu równy takiemu ułamkowi pełnego pasma przestrajania $Bvfo$, ile wynosi stosunek oporności R15/R16.** W przypadku wartości zaproponowanych w projekcie będzie to 47 kW/1 MW, czyli około 5%, co dla pasma przestrajania $Bvfo=300$ kHz da ca. 15 kHz, czyli $\pm 7,5$ kHz możliwego zakresu dokładnego dostrajania generatora VFO. Pojemności C12..C14 zabezpieczają blok strojenia VFO przed pasożytniczymi zakłóceniami, wzbudzeniami i modulacjami częstotliwości generatora, natomiast pozostałe elementy: tranzystory Q8..Q11, potencjometry montażowe RV1..RV4 oraz rezystory R17..R20 są przeznaczone do ustalenia zakresów przestrajania w wybranym pasmie: 40 m lub 80 m. Dla pasma 80m zakres ten ustalają nastawy

potencjometrów montażowych RV1 i RV2, załączanych do napięcia zasilania $VDDA$ (RV1) oraz masy (RV2). Tranzystory Q8 (PNP) i Q9 (NPN) z rezystorami R17 i R18 pełnią funkcje przełączanych kluczy. Analogiczne zadania dla pasma 40 m realizują: potencjometry RV3, RV4, tranzystory Q10, Q11 oraz rezystory R19 i R20.

Przełączanie równoległych obwodów rezonansowych „LC” L1-C10 i L2-C11 oraz sekcji potencjometrów montażowych, sterujących zakresami strojenia VFO: RV1/RV2 oraz RV3/RV4 realizowane jest poziomami napięć w punktach oznaczonych na schemacie na **rysunku 2** etykietami „A” i „B”. Napięcia te są wytwarzane w bloku przełącznika pasm 40 m/80 m z dwoma prostymi inwerterami poziomów logicznych, opartymi o tranzystory NMOS Q2 i Q3 (2N7000), rezystory R4, R5 i R6 i kondensator C4, blokujący zakłócenia w napięciu zasilania $VDDA$. Zadaniem tych inwerterów jest wytworzenie poziomów sterujących 0 V/+ $VDDA$, odpowiednich do przełączania kluczy z tranzystorami: Q6..Q11, ponieważ napięcie sterujące wyborem pasma 40/80 m, podane na wejście P2 i o poziomach logicznych 0/+5 V, nie byłoby odpowiednio do wyłączania kluczy PNP z tranzystorami Q8 i Q10. Jeżeli na wejście sterujące P2 nie zostanie podane żadne napięcie, to rezystor R4 spowoduje ustalenie stanu właściwego do generowania sygnału VFO na pasmo 80 m. Można też (na roboczo) zewrzeć pin 2 wejścia P2 z pinem 1 lub 3, uzyskując tym samym ustalenie na stałe generacji odpowiednio dla pasma 40 m lub 80 m.

Montaż, uruchomienie i strojenie generatora VFO

Na **rysunku 3** przedstawiono widok montażowy płytki drukowanej zaprezentowanego w tej publikacji modułu. Jego montaż i uruchomienie należy rozpocząć od bloku stabilizowanego temperaturowo zasilania $VDDA$ z elementami: U1, Q1, R1..R3 oraz C1..C3. Prawidłowo zmontowany i zasilony napięciem +9 V stabilizator powinien dać na swoim wyjściu napięcie $VDDA=7,98$ V $\pm 3,4\%$, przy czym jego wartość nie powinna

Wykaz elementów:

Rezystory: (0,25 W/5%)

- R1: 330 Ω
- R2: 22 k Ω /1%
- R3: 10 k Ω / 1%
- R4, R21: 100 k Ω
- R5, R6, R9, R12: 1 k Ω
- R7, R8, R10, R11, R13, R14...R20: 10 k Ω
- R15: 47 k Ω
- R16*: 1 M Ω
- R22: 1 M Ω
- R23*: 33 Ω
- POT1, POT2: 10 k Ω /B (lin., obrot. 16 mm + złącza goldpin męskie, 3 piny)
- RV1...RV4: 10 k Ω (montażowy, leżący w obudowie RM-065)

Kondensatory:

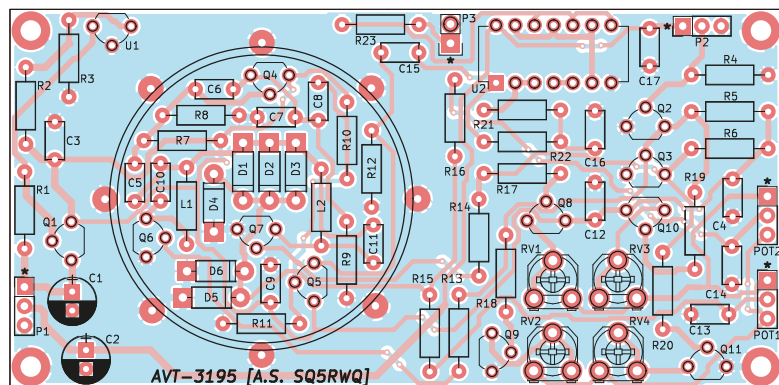
- C1, C2: 100 μ F/16 V
- C3, C4, C9, C12...C14, C17: 100 nF/50 V
- C5...C7: 220 pF/50 V
- C8: 10 pF/50 V
- C10*: 56 pF/50 V
- C11*: 27 pF/50 V
- C15: 47 pF/50 V
- C16: 10 nF/50 V

Półprzewodniki:

- D1...D6: 1N5819 (DO-41)
- Q1, Q4...Q7, Q9, Q11: BC547B (TO-92)
- Q2, Q3: 2N7000 (TO-92)
- Q8, Q10: BC557B (TO-92)
- U1: TL431 (TO-92)
- U2: 74HC04 (DIP-14)

Inne:

- L1: 10 μ H (osiowy, tol. 10% lub wg opisu w tekście)
- L2: 3,3 μ H (osiowy, tol. 10% lub wg opisu w tekście)
- P1, P2: złącza „goldpin” męskie (3 piny)
- P3: złącze „goldpin” męskie (2 piny)
- P4...P7: śruby M2,5/12 mm z nakrętkami (dystanse + dokręcenie)
- P8...P15: pola lutownicze mocowania ekranu



Rysunek 3. Schemat montażowy modułu dwupasmowego generatora VFO



Fotografia 4. Główna część generatora VFO przed zaekranowaniem

ulegać wyraźnym zmianom w szerokim zakresie zmian temperatury otoczenia.

Mając do dyspozycji zweryfikowane źródło napięcia zasilania $VDDA$ przystępujemy do montażu elementów właściwego generatora Seilera (elementy: Q4, R7..R9 i C5..C9) wraz z pierwszym buforem analogowym (Q5 z R10..R12). W poprawnie zmontowanym, ale jeszcze nie wytwarzającym drgań generatorze, na bazach tranzystorów Q4 i Q5 powinno odłożyć się napięcie równe około $VDDA/2$, a na emiterach tych tranzystorów napięcie niższe o około 0,65 V. W następnym kroku montujemy sekcje równoległych obwodów rezonansowych „LC” z elementami: L1, L2, C10, C11, Q6, Q7 oraz R13 i R14. Po dołączeniu „na roboczo” punktu oznaczonego na schemacie etykietą „A” do masy układu, a punktu „B” do zasilania ($VDDA$ lub +9 V) albo odwrotnie, generator powinien rozpocząć wytwarzanie sygnału harmonicznego, którego obecność można stwierdzić oscyloskopem na wyprowadzeniu emitera (wyjściu wtórnika) tranzystora Q5. Na tym etapie prac należy przejść do montażu, uruchomienia i sprawdzenia poprawności pracy bloku formowania i symetryzacji wyjściowego sygnału prostokątnego VFO z bramkami U2A..U2F, pojemnościami C15..C17 i rezystorami R21..R23. Poprawnie zmontowany i zasilony napięciem +5 V blok formujący powinien dostarczać na wyjściu P3 modułu generatora VFO przebieg prostokątny 0/+5 V o współczynniku wypełnienia maksymalnie zbliżonym do $D=50\%$. Jeśli nie dysponujemy przyrządem pozwalającym na precyzyjny pomiar wartości współczynnika D w przebiegu wyjściowym, to możemy sprawdzić go pośrednio przez pomiar napięcia na pojemności C16, które powinno wynosić około 2,5 V (a dokładniej: połowę napięcia zasilania +5 V).

W kolejnym kroku należy uruchomić blok przełącznika pasm z elementami: P2, Q2, Q3 oraz R4..R6. Prawdopodobnie zmontowany przełącznik pasm przy podawaniu poziomów logicznych 0 V/5 V na pin 2 wejścia P2 powinien ustawiać w punktach układu,

oznaczonych etykietami „A” i „B” (dreny tranzystorów Q2 i Q3) napięcia zbliżone do 0 V lub do $VDDA$. W trakcie uruchomienia generatora VFO wybór pasma można wykonywać roboczo poprzez zwieranie pinu 2 złącza P2 do pinu 1 (pasma 40 m) lub pinu 3 (pasma 80 m).

Następnie trzeba starannie wlutować diody strojące generator: D1..D6 zwracając uwagę na ich polaryzację. Analogowa część generatora VFO powinna wyglądać na tym etapie prac w przybliżeniu tak, jak to pokazano na fotografii 4. Widać na niej dławiki L1 i L2, dolutowane na roboczo do wlutowanych w miejsca otworów lutowniczych dla tych dławików czterech pojedynczych męskich „szpilek” goldpin. Jest to rozwiązanie opcjonalne, pozwalające jednak na dobieranie dławików o lepszych stabilnościach temperaturowych (aspekt ten został opisany w dalszej części artykułu).

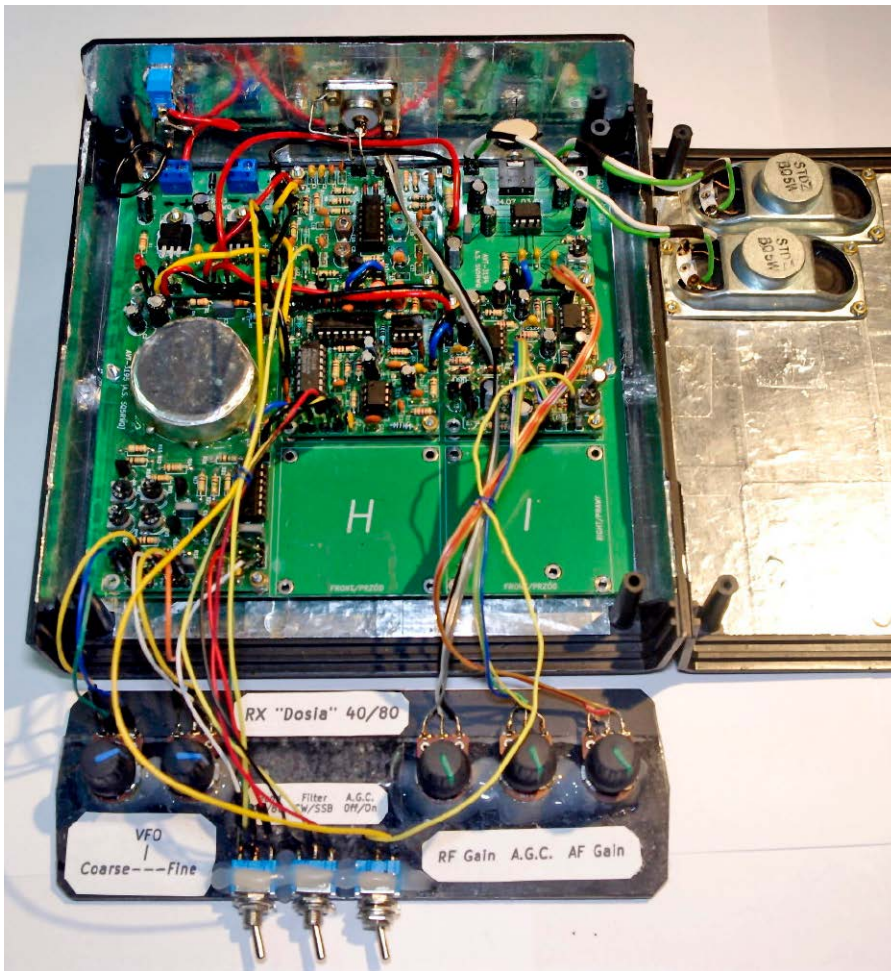
Mając wstępnie zmontowany i uruchomiony cały tor generatora przystępujemy do montażu bloku wyboru pasma i strojenia VFO. Potencjometry strojenia VFO zgrubnego (POT1) i precyzyjnego (POT2) wygodnie jest dolutować do męskich wyprowadzeń „goldpin” na PCB. Łączące kable nie muszą być ekranowane, ale dobrze, by nie były dłuższe, niż jest to absolutnie konieczne. Pojedyncze żyły należy skrócić ze sobą a wyprowadzenia suwaków potencjometrów (a także cały blok strojenia) zablokować dla zakłóceń do masy pojemnościami C12..C14. Strojenie VFO odbywa się za pośrednictwem rezystorów R15 i R16 (*). Ostatni z nich można wlutować na dłuższych wyprowadzeniach po to, by ewentualnie móc później łatwo wymienić go na taki, który zapewni zakres dostrajania precyzyjnego bardziej zbliżony naszym upodobaniom. Na koniec wlutowujemy elementy: R17..R20, RV1..RV4 oraz Q8..Q11.

Proces strojenia generatora VFO należy wykonać z pomocą miernika częstotliwości przebiegów logicznych (cyfrowych), pomocniczego generatora przestrajanego lub przynajmniej innego odbiornika czy transceiver’a na pasma 40 m i 80 m ze stabilnym generatorem i odczytem częstotliwości.

W pierwszym z tych przypadków miernik podłączamy do wyjścia P3 omawianego modułu. W drugim przypadku generator pomocniczy z wyjściem zbliżonym do wejścia antenowego „Dosi” posłuży jako pomocnicze źródło charakterystycznych „markerów częstotliwości” (np. 3,5 oraz 3,8 MHz dla pasma 80 m). W trzecim niezależny odbiornik na podobnej zasadzie może posłużyć do nasłuchu sygnału generowanego przez VFO „Dosi”. Jakkolwiek, zdecydowanie, jako najbardziej niezawodną i najwygodniejszą polecam metodę pierwszą, przy czym w roli miernika częstotliwości można użyć np. przyrządu LFCM-1 (AVT-5398, <http://bit.ly/2Mk5hyR>) lub oscyloskopu z odpowiednią funkcją pomiarową. Proces strojenia wykonujemy osobno dla każdego z obsługiwanych pasm, uprzednio wybierając je przez ustawienie zworki na wejściu P2 modułu. W pierwszej kolejności wszystkie potencjometry montażowe RV1..RV4 ustawiamy w skrajnych położeniach tak, aby na skrajnych wyprowadzeniach (1 i 3) potencjometrów regulacyjnych POT1 i POT2 pojawiły się napięcia: 0 V (potencjał masy) lub $+VDDA$. Potencjometr POT2 (strojenie precyzyjne) ustawiamy dokładnie w środkowym położeniu, natomiast potencjometr strojenia zgrubnego POT1 ustawiamy w położeniach skrajnych celem weryfikacji pomiarowej tego, czy możliwe jest pokrycie całych wymaganych pasm generacji z niewielkimi marginesami rzędu 20 kHz max. (tzn.: $F_{vfo} = F_{min}..F_{max} = 6,980,0..7,320,0$ MHz dla pasma 40 m oraz $F_{vfo} = 3,480,0..3,820,0$ MHz dla pasma 80 m). Jeśli pokrycie podanych zakresów nie jest możliwe, to należy dokonać eksperymentalnej korekty (doboru) wartości pojemności C10 (*) i/lub C11 (*) (vide: wzór (3) z dalszymi wyjaśnieniami) – tak, aby w środkowym położeniu potencjometru POT1 generowana F_{vfo} była maksymalnie zbliżona do środka danego pasma, a skrajne położenia POT1 dawały pokrycie obu pasm z dostatecznymi zapasami. Po osiągnięciu opisanego celu można przystąpić do dokładnego ustalenia zakresów przestrajania VFO, które realizujemy poprzez naprzemienne, iteracyjne



Fotografia 5. Moduł VFO z zaekranowanym właściwym generatorem



Fotografia 6. Wnętrze odbiornika z modułem VFO, panelem roboczym i głośnikami

regulacje par potencjometrów: RV1 i RV2 (pasmo 80 m) oraz RV3 i RV4 (pasmo 40 m) – oczywiście, osobno dla każdego pasma. Pojedyncza iteracja dla wybranego pasma polega na ustawieniu suwaka POT1 w skrajnym prawym położeniu i korekcie wartości RV1 (albo RV3) tak, by $F_{vfo} = F_{max}$, a następnie na ustawieniu suwaka POT1 w skrajnym lewym położeniu i korekcie wartości RV2 (albo RV4) tak, by $F_{vfo} = F_{min}$. Iteracje te powtarzamy tak długo, aż stwierdzimy, że skrajne wartości nastaw F_{vfo} nie wymagają dalszych korekt.

Należy w tym miejscu zaznaczyć fakt, że zaraz po włączeniu (tzw. „wygrzewanie się” VFO) oraz pod wpływem zmian temperatury otoczenia (uwaga: także w trakcie ustawiania zakresów przestrajania VFO) będzie następowało stosunkowo niewielkie, samorzutne odstawianie się generatora. Zmiany te będą miały wykładniczy charakter co w praktyce oznacza tyle, że ich dynamika będzie malała wraz z upływającym czasem (asymptotyczne dążenie do pewnej wartości ustalonej). Proces ten może trwać od kilku do kilkunastu minut od momentu włączenia odbiornika lub znacznej zmiany temperatury otoczenia. Optymalizacja stabilności termicznej analogowego generatora VFO może być realizowana na dwa główne sposoby: poprzez jego

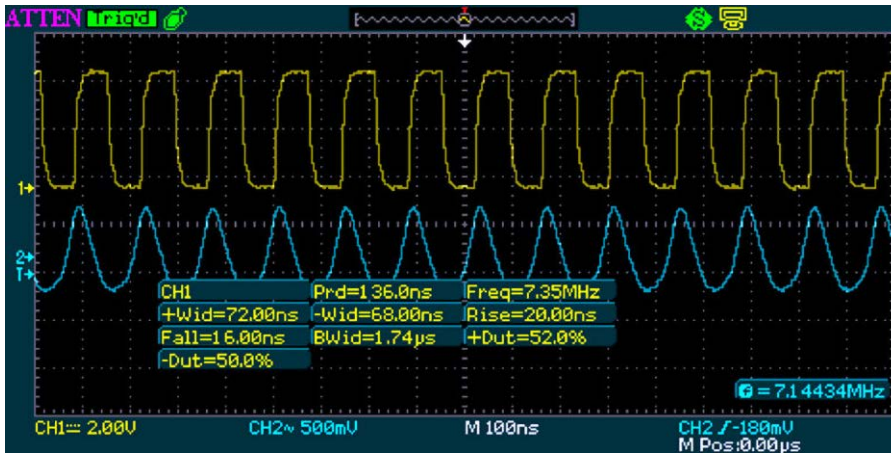
termostatyzację i podgrzewanie do ściśle określonej, stałej temperatury albo poprzez zastosowanie komponentów (głównie „LC”) o minimalnych lub wzajemnie kompensujących się współczynnikach zmian temperaturowych. Pierwsze z tych rozwiązań, testowane przez autora we wcześniejszym prototypie generatora VFO, okazało się nieco zbyt energochłonne dla przenośnego odbiornika a także zbyt skomplikowane do wykonania dla mniej doświadczonych odtwórców tego projektu. Drugie z kolei wymaga samodzielnego, doświadczalnego doboru elementów „LC” generatora (głównie: L1, L2, C10 (*) i C11 (*)). **Czytelnikom zainteresowanym podjęciu takiego optymalizacyjnego wyzwania konstruktorskiego przekazują poniższe wskazówki:**

- a. Jeśli chcemy eksperymentować z doбором elementów „LC” generatora, to zdecydowanie warto jest ten zabieg przeprowadzić jeszcze przed opisany dalej jego (opcjonalnym) zaekranowaniem.
- b. Największy wpływ na temperaturową stabilność częstotliwości F_{vfo} mają dławiki L1 i L2 – głównie z uwagi na mechaniczną rozszerzalność termiczną materiałów ich rdzeni oraz znaczną wrażliwość ich przenikalności magnetycznej

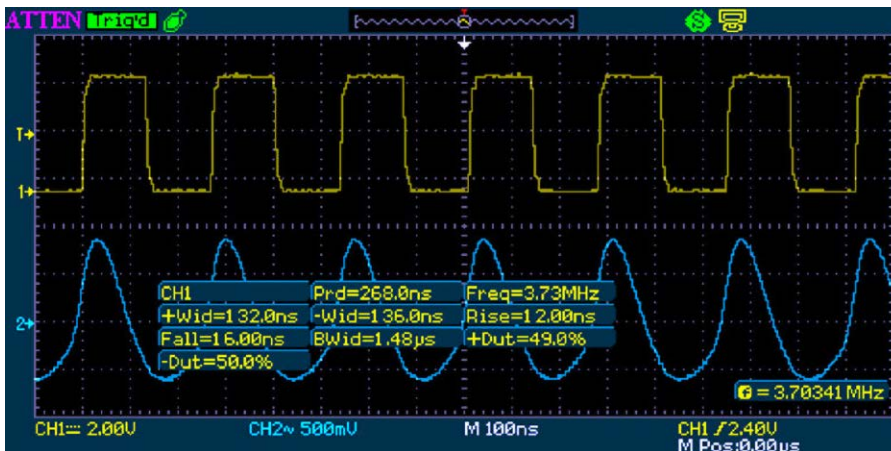
na temperaturę; dlatego warto w pierwszej kolejności skupić się na tych właśnie podzespołach.

- c. „Zwykle” (popularne, zielone) dławiki w wykonaniu THT dość znacznie różnią się sposobem i jakością wykonania (także pomiędzy różnymi producentami i partiami produktów), więc można eksperymentować ze stosowaniem elementów pozornie jednakowych, lecz o różnych własnościach; korzystne może okazać się także połączenie szeregowo dwóch dławików o mniejszych indukcyjnościach, np. $5,6 \mu\text{H} + 4,7 \mu\text{H}$ lub $2 \times 4,7 \mu\text{H}$ w miejsce dławika $L1 = 10 \mu\text{H}$ czy $2 \times 1,5 \mu\text{H}$ lub $1 \mu\text{H} + 2,2 \mu\text{H}$ w miejsce dławika $L2 = 3,3 \mu\text{H}$.
- d. Ze sprawdzonych opinii konstruktorów-praktyków wynika jednak, że najlepsze rezultaty udało się uzyskać stosując dławiki w wykonaniu SMD; szczególnie polecane są produkty firmy „TDK” w stosunkowo dużych obudowach typu 1210, które można dość łatwo wlutować w miejsce dławików THT – np. za pośrednictwem pojedynczych „goldpinów” czy odcinków cienkiej srebrzanki 0,5 mm.

Mając już do dyspozycji zmontowany, uruchomiony i wstępnie zestrojony moduł VFO, w tym miejscu trochę uwagi warto jest poświęcić jego zaekranowaniu. Na fotografii 1 widać (rozmessezone wokół bloku generatora analogowego i na planie okręgu) osiem dużych pól lutowniczych. Są one przeznaczone do zamontowania opcjonalnego metalowego ekranu ponad „sercem” opisanego w tym artykule modułu. Zastosowanie takiego ekranu znacznie poprawia stabilność pracy generatora VFO (niezależnie od wszelkich opisanych wcześniej działań optymalizacyjnych) w zakresie odporności na wpływ zewnętrznych pól elektromagnetycznych a także – częściowo – na fluktuacje temperatury otoczenia. Jakkolwiek, VFO pozbawione takiego dedykowanego ekranu także będzie funkcjonowało. Pewną poprawę stabilności temperaturowej VFO można osiągnąć również poprzez trwałe zalanie elementów generatora analogowego (praktycznie większość elementów wewnątrz podwójnego okręgu na PCB) staryną ze zwykłej świeczki, jednak autor tego projektu zdecydowanie preferuje rozwiązanie z dedykowanym ekranem metalowym. Na fotografii 2 pokazano w pełni zmontowany i zaekranowany moduł generatora VFO AVT-3195. W tym przypadku z zastosowano ekran metalowy, wykonany z metalowej podstawki – naczynia zaadoptowanego z popularnej świeczki typu „tea-light” (świeczki takie są dostępne w większości sklepów gospodarczych i supermarketów w cenie zbliżonej do 10 groszy za sztukę). Taką obudowę można łatwo uzyskać ze zużytej świeczki poprzez „wyparzenie” jej



Fotografia 7. Oscylogramy sygnałów generowanych dla pasma 40 m



Fotografia 8. Oscylogramy sygnałów generowanych dla pasma 80 m

we wrzółku (celem pozabawienia resztek staryny) i ostatecznym odłuszczeniu szmatką z rozpuszczalnikiem „nitro”. Optymalnym rozwiązaniem jest delikatne dolutowanie krawędzi ekranu do PCB w jak największej liczbie punktów lutowniczych – uważając jednak, by ich nie odparzyć zbyt długim lutowaniem. Prostsza alternatywą dla mocowania ekranu (zwłaszcza w przypadku napotkanych trudności z lutowaniem metalowego ekranu) może być przeciągnięcie „na krzyż” po średnicach walca ekranu a ponad nim czterech odcinków lekko napiętej srebrzanki o średnicy 0,5 mm – z końcami zalutowanymi w otworach przeznaczonych do zamocowania ekranu. Takie rozwiązanie zapewni wystarczające:

kontakt elektryczny ekranu z masą układu oraz jego stabilizację mechaniczną. Brzegi ekranu na PCB można dodatkowo uszczelnić za pomocą dowolnego kleju polimerowego, co zwiększy jeszcze jego stabilność mechaniczną i temperaturową. **Fotografia 3** ukazuje wnętrze rozbudowanego o moduł VFO odbiornika „Dosia”. Widać na niej także: ekranowanie wnętrza obudowy metalową folią samoprzylepną, dwa nieduże głośniki, zamocowane do górnej pokrywy oraz przedni panel operacyjny, na którym tymczasowo wyprowadzono wszystkie niezbędne potencjometry regulacyjne i przełączniki (projekt docelowej zabudowy przedniego panelu zostanie zaprezentowany razem z ostatnim

modułem tego projektu). Po ewentualnym dodaniu opisanego powyżej ekranu generatora oraz zamontowaniu i podłączeniu płytki VFO w obudowie należy ostatecznie zweryfikować poprawność i jakość generowanych przebiegów w punktach: na wejściu bramki U2A (za kondensatorem C15) oraz na wyjściu P3 modułu VFO. Powinny one wyglądać i mieć parametry jak najbardziej zbliżone do tego, co pokazano na oscylogramach pomiarowych na **fotografiach 4 i 5** (osobno dla obu pasm). W przypadku uzyskania prawidłowych rezultatów pomiarów i po zakończeniu wszelkich czynności montażowych, proces regulacji zakresów strojenia F_{vfo} należy raz jeszcze powtórzyć – koniecznie na „wygrzany” w temperaturze pokojowej generatorze VFO.

Podsumowanie

W tej odsłonie publikacji o odbiorniku nastuchowym „Dosia” zaprezentowano moduł analogowego generatora VFO. Projekt ten powstawał w kilku długich iteracjach, a wszystkie wprowadzane sukcesywnie modyfikacje są najlepszym dowodem na to, że wykonanie od podstaw nieskomplikowanego, analogowego generatora przestrzajanego w.c. o przyzwoitych parametrach nie jest trywialnym zadaniem. Przedstawiony moduł VFO można stosować także w innych konstrukcjach analogowych urządzeń radiokomunikacyjnych – także po przestrojeniu na nieco inne pasma częstotliwości. W następnych artykułach z tego cyklu przedstawione będą moduły: miernika poziomu odbieranego sygnału (S-metra) oraz bloku kontrolno-sterującego ze „skalą częstotliwości” (F-metrem). W ostatnim odcinku przedstawiony zostanie także projekt estetycznego i funkcjonalnego panelu czołowego, na którym swoje miejsce znajdą wszystkie elementy manipulacyjne i informacyjne odbiornika „Dosia”. Na koniec chciałbym podziękować serdecznie: Koledze Włodkowi Salwie SP5DDD za przydatne praktyczne porady konstruktorskie oraz Panu Krystianowi Borszczowi za zaangażowanie i współpracę przy równoległej realizacji drugiego modelu generatora VFO.

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

REKLAMA

Wydanie specjalne
„Raspberry Pi” to polski przekład
światowego bestsellera na temat
słynnego minikomputera

www.UlubionyKiosk.pl

