

Odbiornik SSB „DANIEL”

opis wykonania (v.0.1)

Piotrek SP8QEP 2017

Przedstawiam opis wykonania odbiornika nasłuchowego pracującego na wybranym paśmie amatorskim (80, 40 lub 20 m).



Odbiornik początkowo miał powstać w dwóch egzemplarzach: jeden jako prezent dla mojego syna Daniela a drugi dla mnie **J**. Ponieważ konstrukcja wzbudziła zainteresowanie kolegów, przygotowałem wersję łatwą do powielenia przez innych konstruktorów.

Podstawowe parametry i cechy odbiornika:

- konstrukcja na jednej płytce drukowanej wraz z syntezą i wszystkimi złączami, bez użycia żadnych przewodów połączeniowych
- przeszklona obudowa umożliwiająca wgląd we wnętrze konstrukcji
- wyświetlacz graficzny OLED o rozdzielczości 128x64
- zakres częstotliwości – wybrane pasmo amatorskie 80m, 40m, lub 20m
- emisja SSB
- stabilność częstotliwości – generator DDS na AD9833
- dwa VFO (A i B)
- SMETR pokazywany na wyświetlaczu
- automatyczna regulacja wzmacnienia (ARW)
- napięcie zasilania 9-15V
- pobór prądu 70-200mA

Opis układu

Sygnal z anteny podawany jest na filtr pasmowo-przepustowy (BPF) składający się z elementów C1-C6, L1, TR1, skąd trafia do pierwszego mieszacza zrealizowanego na układzie U1 (NE612). Na drugie wejście mieszacza podawany jest sygnał z przestrajanego generatora DDS. W wyniku mieszania otrzymujemy sygnał pośredniej częstotliwości (p.cz.) 10MHz, który kierowany jest do filtra kwarcowego zbudowanego z elementów X1-X5, C10-C15, R3,R4. Dopasowanie impedancji wyjściowej mieszacza do impedancji wejściowej filtra kwarcowego zapewnia transformator TR2. Z wyjścia filtra kwarcowego sygnał p.cz. kierowany jest do drugiego mieszacza zbudowanego na układzie U2 (NE612), gdzie mieszany jest z sygnałem fali nośnej wytworzonym w generatorze BFO składającym się z elementów X6, C17-C20 oraz elementów wchodzących w skład struktury układu scalonego U2. Na wyjściu mieszacza U2 otrzymujemy min. sygnał akustyczny (małej częstotliwości), który jest wzmacniany oraz filtrowany w układzie ze wzmacniaczem operacyjnym U3A i U3B (NE5532). Następnie poprzez potencjometr AF GAIN służący do regulacji głośności, sygnał akustyczny trafia do wzmacniacza m.cz. zbudowanego z wykorzystaniem układu U4 (TDA7052A).

Tranzystory T1 i T2 wraz z elementami pomocniczymi tworzą pętlę układu automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW). Sygnał akustyczny z U3B wzmocniony przez tranzystor T2 i prostowany w prostowniku dwupołówkowym na diodach D3, D4 wykorzystywany jest do ładowania kondensatora C31, który wraz z rezystorami R5 i R2 decyduje o stałej czasowej ARW. Tranzystor T1 pod wpływem napięcia z C31 powoduje zmniejszenie wzmocnienia układu U1. Potencjometr AGC służy do ustawienia progu działania układu ARW.

Sygnał m.cz. jest również kierowany za pośrednictwem potencjometru SMETR_SENS do procesora IC1 (Atmega328). Procesor IC1 realizuje kilka funkcji, min. steruje wyświetlaczem OLED (poprzez magistralę I2C) na którym wyświetlana jest min. siła sygnału. Procesor również steruje (za pomocą magistrali SPI) układem U5 (AD9833), który pełni rolę generatora VFO. Przebieg zegarowy dla AD9833 uzyskiwany jest z generatora kwarcowego OSC1 o częstotliwości 24MHz, natomiast procesor IC1 (Atmega328) jest taktowany z własnego, wewnętrznego generatora.

Układ U5 (AD9833) wytwarza na swoim wyjściu sygnał o przebiegu sinusoidalnym, jednak jego widmo zawiera szereg częstotliwości harmonicznych, dlatego zastosowałem filtr dolnoprzepustowy zbudowany z elementów C42, IND1, C43, IND2, C44, R21. Odfiltrowany sygnał z DDS jest wzmacniany za pośrednictwem tranzystora T3. Tak ukształtowany sygnał podawany jest na wejście pierwszego mieszacza U1 (NE612). Rezystory R25 i R26 tworzą tłumik, którym można zmniejszyć poziom sygnału, jeśli zajdzie taka potrzeba. Część radiowa układu zasilana jest poprzez stabilizator LDO LM2940-8. Można w tym miejscu zamontować również układ 7808 (układ wyprowadzeń oraz obudowa są identyczne), jednak wtedy minimalne napięcie zasilania będzie nieco wyższe. Również układ pomiaru napięcia będzie miał prawidłowe wskazania dla napięć >9V (przy LM2940-8 pomiar napięcia jest poprawny od 7V). Część cyfrowa zasilana jest poprzez oddzielny stabilizator LM1117-5.

Uwagi montażowe

Wartości oraz typy wszystkich elementów elektronicznych i mechanicznych przedstawia tabela 1.

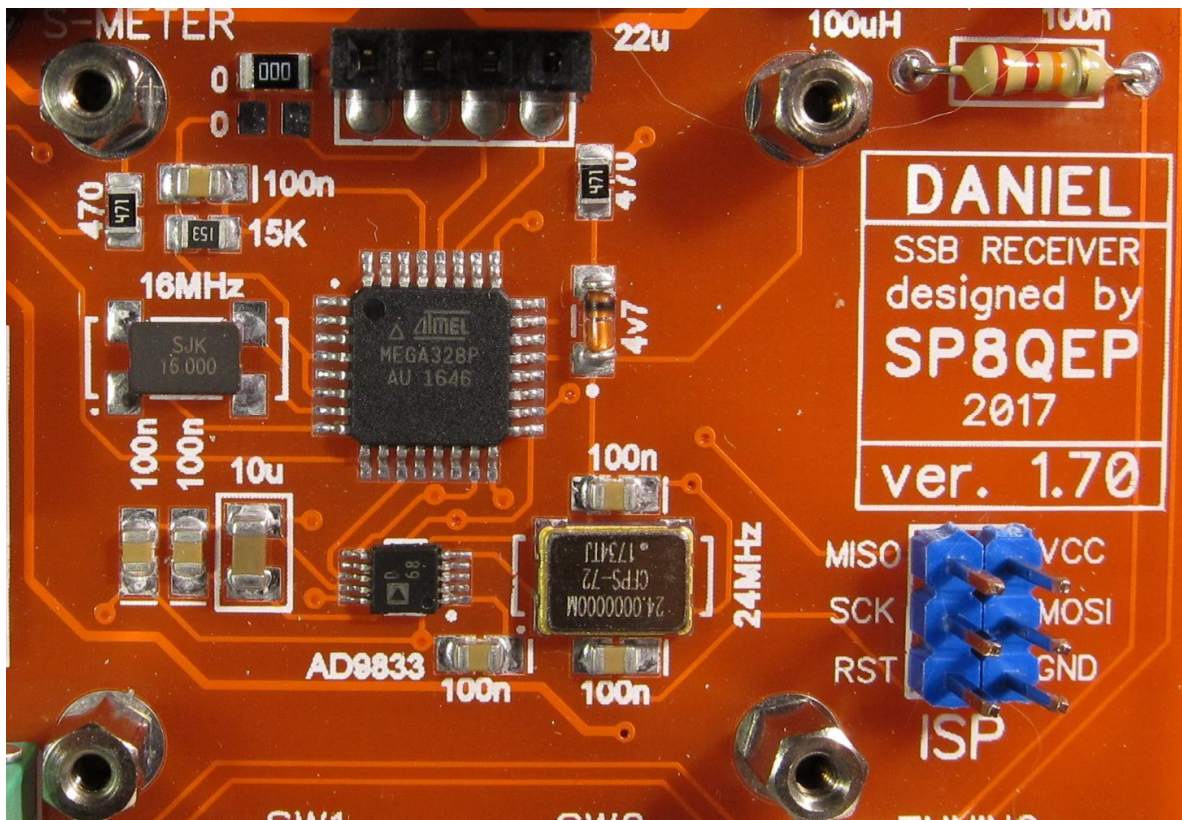
Elementy montujemy zgodnie z wartościami na PCB.

Uwaga! Potencjometr AF GAIN, enkoder oraz przyciski SW1 i SW2 proponuję montować na końcu, po dokładnym umyciu płytki w izopropanolu.

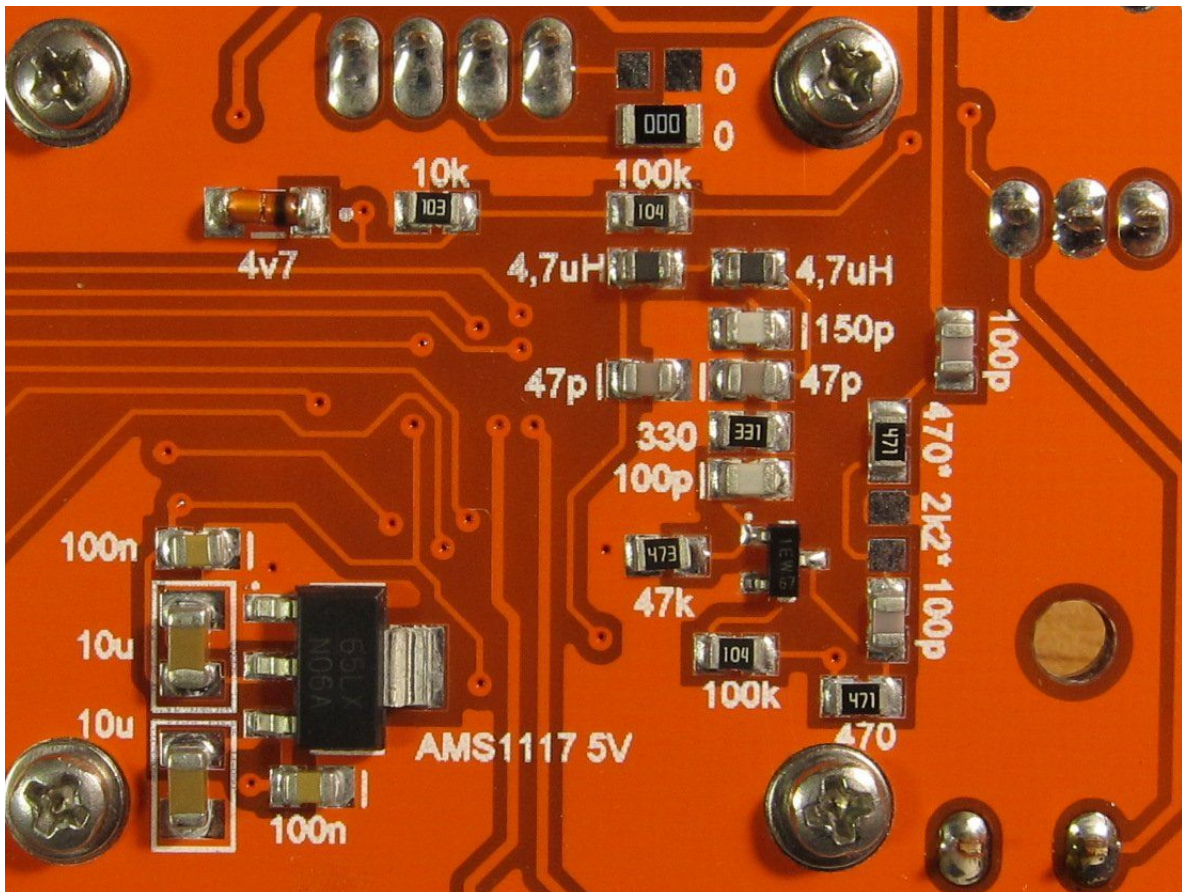
Cały układ odbiornika został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 75x120mm, która zawiera zarówno elementy SMD jak i przewlekane. Płytkę jest dostosowana do zamontowania w obudowie aluminiowej Hammond H-1455J1201. Obudowa posiada wysuwaną górną pokrywę, zamiast której została umieszczona pleksi o wymiarach 65x120,4 i grubości 2mm.

W pierwszej kolejności na płytce należy zamontować układ AD9833, wszystkie pozostałe elementy SMD części cyfrowej po obu stronach płytki oraz złącze do programowania ISP. Należy zwrócić szczególną uwagę na położenie układów scalonych oraz generatora OSC1. Przy montażu AD9833

należy nakładać bardzo małą ilość pasty lutowniczej na pady, tak aby nie powstały zwarcia pomiędzy końcówkami. Niewielki nadmiar spoiwa można zebrać dotykając delikatnie nóżki kynarem podczas podgrzewania elementu gorącym powietrzem.



Elementy SMD po stronie TOP

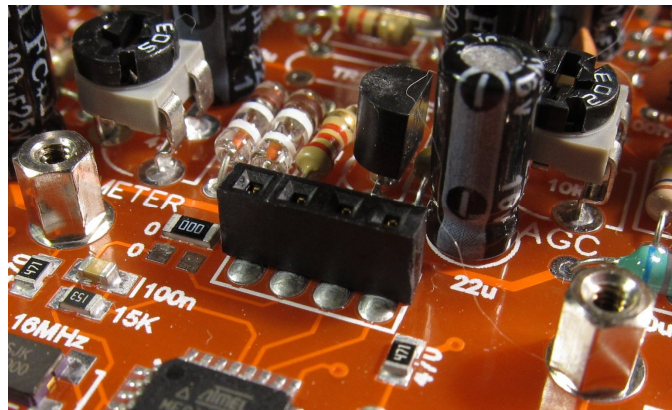


Elementy SMD po stronie BOTTOM

Przy montażu najmniejszych elementów pomocny może być mikroskop montażowy lub silna lupa. Ja używam w tym celu lupy zegarmistrzowskiej.



Następnie należy zamontować tulejki dystansowe wyświetlacza (M2x6). Wyświetlacz montujemy za pomocą złącza żeńskiego GOLDPIN o wysokości 5mm. Punkty lutownicze wyświetlacza mają podłużny kształt, ponieważ w niektórych wyświetlaczach piny mają nieco różne położenie.



Montaż złącza pod wyświetlacz

Należy zwrócić uwagę na zasilanie wyświetlacza. Większość gotowych modułów wyświetlaczy ma następujący układ pinów:

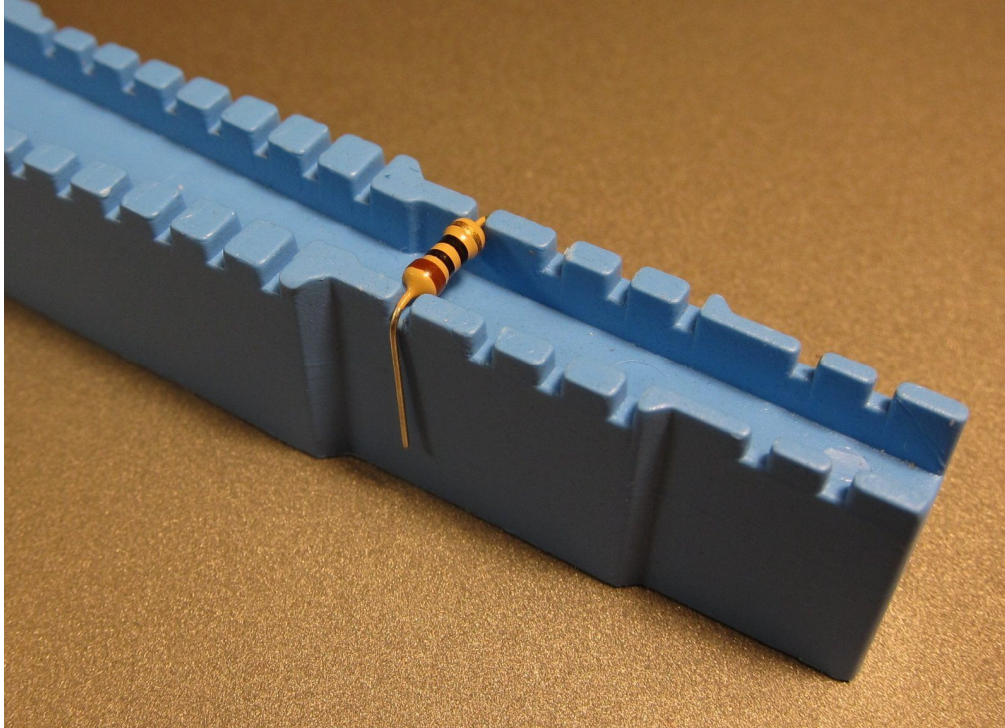
- 1 – Vcc lub GND
- 2 – GND lub Vcc
- 3 – SCK
- 4 – DATA

W zależności od sposobu wyprowadzenia pinów 1 i 2 należy wlutować odpowiednie zwory na płytce. Jako zwory można wlutować rezystory 0R w rozmiarze 0805. Miejsca na zwory znajdują się na płytce: na stronie TOP sygnał Vcc można skierować do pinu 1 lub 2, natomiast na stronie BOTTOM sygnał GND można skierować do pinu 1 lub 2.

Taki częściowo zmontowany układ można już zaprogramować podając zasilanie poprzez ISP z programatora. Należy ustawić fusebity: EXTEND 0xFF, HIGH 0xDA, LOW 0xFF. Po zaprogramowaniu układ powinien wytwarzać sygnał sinusoidalny, który najłatwiej zmierzyć na nóżce nr 6 układu U1. Amplituda sygnału (bez obciążenia) w zależności od częstotliwości powinna wynosić od 0,5 do 2 V.

Jeżeli część cyfrowa działa prawidłowo, możemy przystąpić do montażu pozostałych elementów. Proponuję jako pierwsze wlutować elementy najniższe, czyli rezystory, diody i kondensatory ceramiczne. Następnie można wlutować układy scalone, tranzystory, kondensatory elektrolityczne, elementy indukcyjne, trymery oraz złącza. Potencjometr AF GAIN i enkoder proponuję zostawić na później. Gdyby zaszła konieczność wymiany jakiegoś elementu, to wylutowujemy go podgrzewając grotem lutownicy końcówki a następnie oczyszczamy pady przy użyciu plecionki i dużej ilości topnika. Większe elementy jak układ scalony, potencjometr, czy enkoder można wylutować bez uszkodzenia podgrzewając pady od strony BOTTOM przy pomocy lutownicy na gorące powietrze (HOT AIR).

Przy montażu rezystorów warto użyć takiego przyrządu do wyginania nóżek. Niby drobiazg, ale takie drobiazgi wpływają na końcową estetykę wykonanego układu.



Kwarce w filtrze powinny być w wysokich obudowach, dobrane z dokładnością 50Hz. Pod kwarce należy zastosować podkładki izolacyjne, ponieważ metalowe obudowy rezonatorów mogą zwierać punkty lutownicze. Podkładki można kupić gotowe lub wykonać w kilka minut z kawałka cienkiej ale sztywnej folii (ewentualnie z papieru). Folia nie może być zbyt gruba, grubość powinna być zbliżona do kartki papieru. Jako szablonu do zaznaczenia otworów można użyć płytkę drukowaną odznaczając otwory w folii poprzez płytkę za pomocą cienkiej igły.

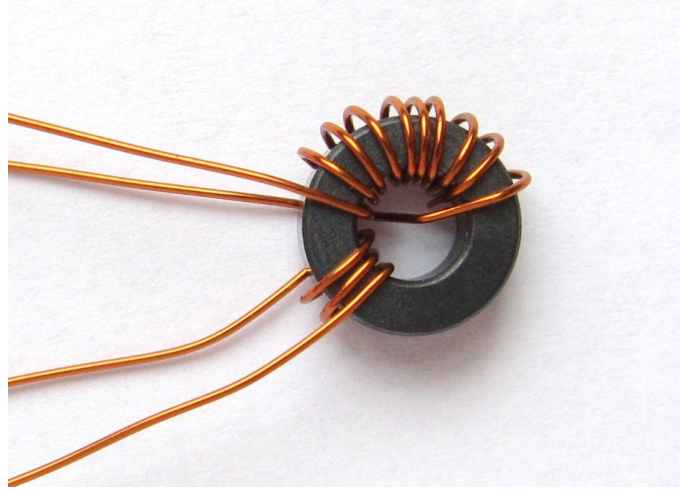
Trymery powinny być lutowane w taki sposób, aby rotor był połączony z masą układu – dzięki temu wkrętak używany do strojenia nie będzie rozstrajał obwodów.



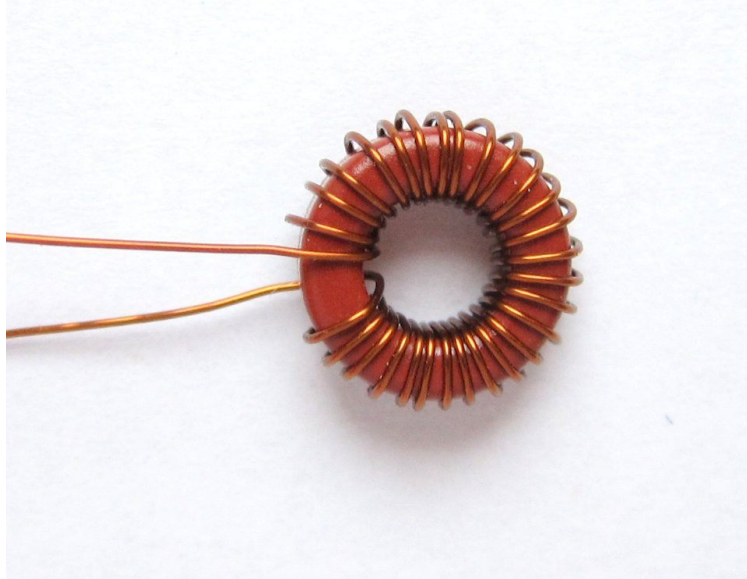
Sposób montażu trymerów w filtrze BPF

Sposób wykonania elementów indukcyjnych

Transformator TR2 nawinięty jest na rdzeniu toroidalnym Amidon FT37-43. Uzwojenie od strony mieszacza (P1,P2) zawiera 10 zwojów, a uzwojenie od strony filtra kwarcowego (S1,S2) 3 zwoje drutu nawojowego w emalii DNE 0,4. Sposób wykonania przedstawia fotografia.



Cewka L1 nawinięta jest na rdzeniu Amidon. Typ rdzenia i ilość zwojów są zależne od pasma.
Dla pasma 80m cewka ma 29 zwojów nawiniętych drutem DNE 0,3 na rdzeniu T37-2 (czerwony)
Dla pasma 40m cewka ma 19 zwojów nawiniętych drutem DNE 0,4 na rdzeniu T37-2 (czerwony)
Dla pasma 20m cewka ma 16 zwojów nawiniętych drutem DNE 0,4 na rdzeniu T37-6 (żółty)



Transformator TR1 nawinięty jest na rdzeniu Amidon. Typ rdzenia oraz ilość zwojów są zależne od pasma.

Najpierw nawijamy uzwojenie pierwotne (P1,P2), następnie na nim nawijamy uzwojenie wtórne (S1,S2).

Dla pasma 80m uzwojenie pierwotne ma 29 zwojów, uzwojenie wtórne 22 zwoje nawinięte drutem DNE 0,3 na rdzeniu T37-2 (czerwony)

Dla pasma 40m uzwojenie pierwotne ma 19 zwojów, uzwojenie wtórne 14 zwojów nawiniętych drutem DNE 0,3 na rdzeniu T37-2 (czerwony)

Dla pasma 20m uzwojenie pierwotne ma 16 zwojów, uzwojenie wtórne 12 zwojów nawiniętych drutem DNE 0,3 na rdzeniu T37-6 (żółty)



Jeżeli wszystko jest już wlutowane, to należy sprawdzić poprawność montażu pod kątem ewentualnych pomyłek, czy zwarć. Jeżeli wszystko jest prawidłowo, to pora na zabiegi kosmetyczne - myjemy płytkę z resztek topnika. Ja do tego celu używam izopropanolu oraz pędzelka ESD.



Płytkę umieszczam w niewielkiej kuwecie do której wlewam izopropanol tak, aby zakrył całą płytkę. Podczas takiej kąpieli przy pomocy pędzla ESD staram się usunąć resztki topnika. Po kilku minutach takiego mycia należy zmienić izopropanol na świeży (inaczej płytka może się „lepić”) i ponownie wypłukać płytkę, po czym pozostawić do wyschnięcia. Proces schnięcia można przyspieszyć umieszczając płytkę np. w pobliżu kaloryfera.

Uwaga! Izopropanol, a w zasadzie jego opary, to środek łatwopalny oraz trujący. Należy zachować ostrożność!

Po umyciu płytki można wlutować potencjometr AF GAIN oraz enkoder. Układ zmontowany ze sprawnych elementów powinien działać od razu po zmontowaniu i zaprogramowaniu. Zestrojenia wymaga filtr pasmowo-przepustowy oraz generator BFO. Przy odrobinie wprawy można to zrobić „na słuch”. Filtr BPF stroimy na największą siłę sygnału. BFO stroimy na najlepszą zrozumiałość odbieranych stacji.

W układzie zastosowano mieszanie różnicowe dla pasm 80m i 40m oraz sumacyjne dla pasma 20m. Oznacza to, że:

$$F_{\text{ODB.}} = F_{\text{BFO}} - F_{\text{VFO}} \text{ (dla pasm 80m i 40m)}$$

$$F_{\text{ODB.}} = F_{\text{BFO}} + F_{\text{VFO}} \text{ (dla pasma 20m)}$$

gdzie

$F_{\text{ODB.}}$ – częstotliwość odbierana

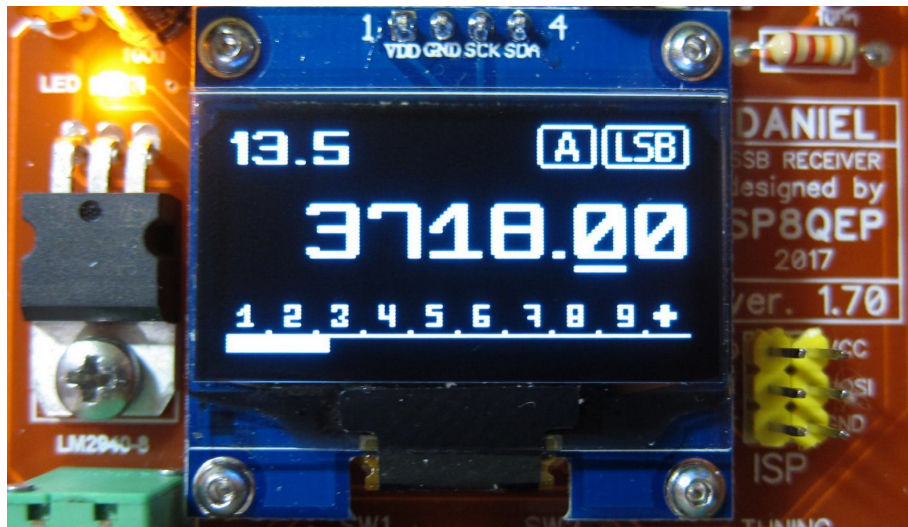
F_{BFO} – częstotliwość pośrednia (generatora BFO)

F_{VFO} – częstotliwość generatora VFO

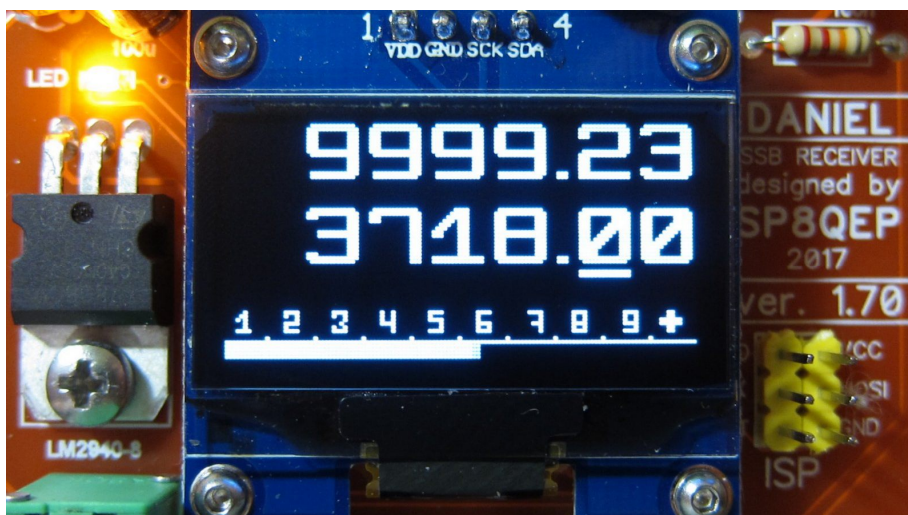
Aby wskazania wyświetlacza częstotliwości były precyzyjne należy wprowadzić wartość częstotliwości F_{BFO} do procesora. Można to zrobić np. tak: Dostrajamy się do odbieranej stacji amatorskiej w fonicznym wycinku pasma, dostrajamy BFO na najlepszy odbiór korygując jednocześnie odbieraną częstotliwość. Dobrze w tym celu użyć najmniejszego kroku przestrajania 50Hz. Po uzyskaniu prawidłowego odbioru stacji sprawdzamy przy pomocy odbiornika kontrolnego na jakiej częstotliwości

pracuje odbierana stacja. Następnie ustawiamy enkoderem tę częstotliwość na wyświetlaczu (w tym momencie prawdopodobnie lekko się odstroimy), po czym wchodzimy do trybu konfiguracji*, gdzie zmieniamy częstotliwość F_{BFO} . Zapisujemy ustawienia naciskając SW2.

*Wejście do trybu konfiguracji następuje poprzez ustawienie kroku przestrajania 50Hz a następnie dłuższe naciśnięcie przycisku SW2.



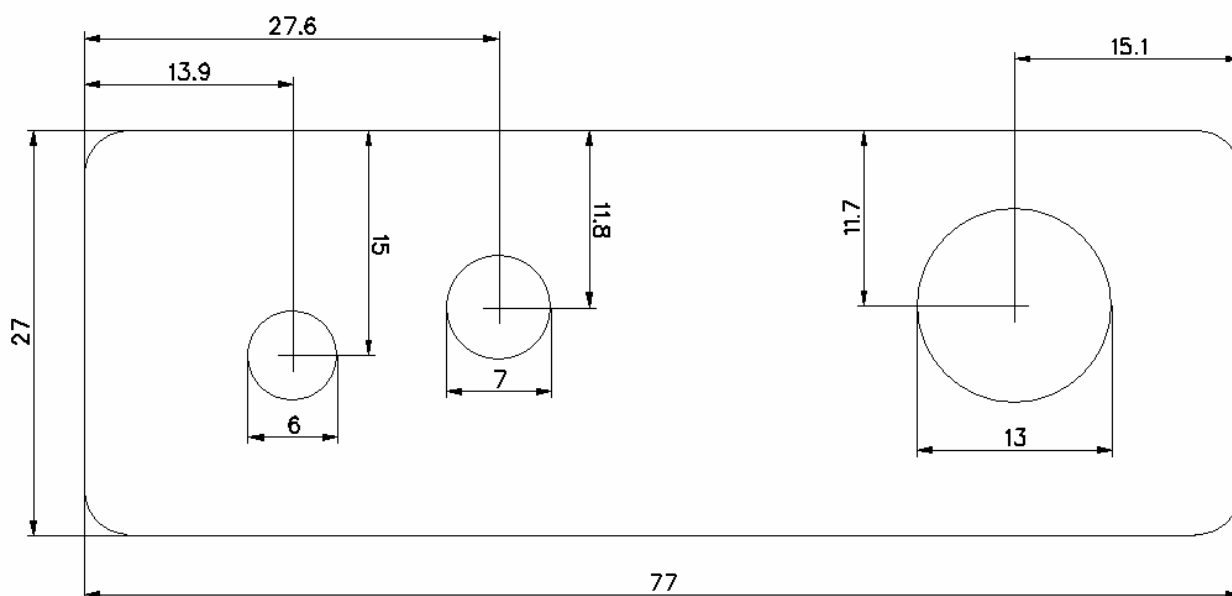
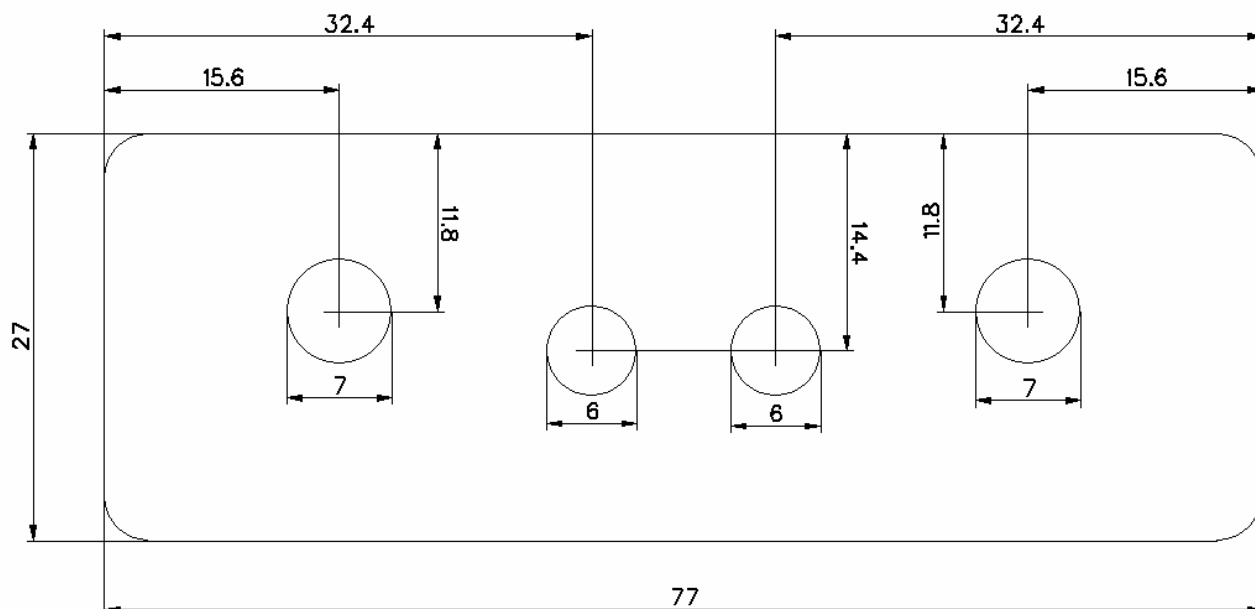
Wyświetlacz podczas normalnej pracy



Wyświetlacz w trybie konfiguracji

Obudowa i montaż mechaniczny

Po zmontowaniu i uruchomieniu układu można go zamontować w obudowie. Płytkę została przystosowana do obudowy metalowej Hammond, do której wystarczy ją wsunąć. W miejsce oryginalnej pokrywy aluminiowej wsuwamy szybkę z plexi o wymiarach 120,4x65mm i grubości 2mm. Z przodu i z tyłu obudowy montujemy oryginalne panele aluminiowe po uprzednim wykonaniu w nich otworów w/g rysunku.



Otwory należy wywiercić bardzo precyzyjnie. Proponuję najpierw wytrasować i zaznaczyć punktem środki otworów. W zaznaczonych punktach wywiercić otwór $\phi 1,5\text{mm}$, następnie rozwiercić wiertłem $\phi 3\text{mm}$. Dalsze rozwiercanie wykonywać wiertłem wielostopniowym, dzięki czemu środek otworu nie będzie przesunięty, otwór będzie idealnie okrągły, a krawędzie będą miały ładną fazę. Zalecam wiercenie otworów na wiertarce stołowej, jednak używając wiertel wielostopniowych można dobry efekt uzyskać również za pomocą ręcznej wiertarki.



Przy otworach o większej średnicy (np. otwór fi13 pod gniazdo antenowe) należy wiercony materiał solidnie zamocować w imadle. Aby nie zostawić żadnych niepotrzebnych odcisków i śladów, do szczęk imadła można przykleić kawałki skóry, natomiast obrabiany materiał zabezpieczyć dodatkowo kawałkiem taśmy malarskiej.

Obsługa odbiornika

Obracanie enkoderem skutkuje zmianą częstotliwości z początkowym krokiem 500Hz. Krok ten jest bardzo wygodny przy dostrajaniu się do stacji pracujących emisją SSB, gdyż większość stacji amatorskich pracuje właśnie z rastrem 1kHz lub 0,5kHz. Po naciśnięciu gałki enkodera lub przycisku SW2 krok przełączany jest na 50Hz, co umożliwi dokładniejsze dostrojenie. Ponowne naciśnięcie przycisku powoduje powrót do kroku 500Hz oraz zaokrąglenie generowanej częstotliwości do 500Hz, żeby przestrajanie było zgodne z rastrem. Np. jeśli używając kroku 50Hz ustawimy częstotliwość 3.705.150 po przełączeniu kroku na 500Hz częstotliwość zostanie zaokrąglona do wartości 3.705.000. Dalsze przestrajanie odbywa się z krokiem 500Hz.

Istnieje również możliwość szybkiego przestrajania z krokiem 5kHz. W tym celu należy wybrać krok 500Hz a następnie nacisnąć i przytrzymać przycisk enkodera lub przycisk SW2.

Przycisk SW1 przełącza pomiędzy VFO A i VFO B. Dla każdego ustawienia (A i B) zapamiętywana jest częstotliwość oraz krok przestrajania. Naciśnięcie i przytrzymanie przycisku SW1 spowoduje skopiowanie częstotliwości oraz kroku z bieżącego VFO do drugiego VFO. Wyświetlony zostanie napis A=B lub B=A.

Wszystkie parametry pracy odbiornika zapisywane są w pamięci EEPROM.

Tabela 1 – lista części (BOM)

Oznaczenie (schemat)	Opis	Wartość	Ilość
AFGAIN	9x11 z wyłącznikiem TRIM_POT 9M1RSHB-B-15K-A20K-16Y	20k	1
AGC, SMETR_SENS.	potencjometr montażowy	47k	2
C1		C1	1
C2	trymer	C2	1
C3		C3	1
C4		C4	1
C5		C5	1
C6	trymer	C6	1
C7, C9, C22, C25, C26, C29, C37, C50, C53, C56, C57, C58, C59, C60		100n	14
C8, C23, C35, C36	elektrolityczny	100u	4
C10, C12, C13, C15, C18, C19		100p	6
C11, C14		82p	2
C16, C17		1n	2
C20	trymer	60p	1
C21		20p*	1
C24		47n	1
C27, C30		220p	2
C31, C28	elektrolityczny	220u	2
C32, C33	elektrolityczny	22u	2
C34		680p	1
C38		10n	1
C46, C47	SMD 0805	100p	1
C39, C40, C41, C48, C49, C51, C61, C62	SMD 0805	100n	8
C42, C44	SMD 0805	47p	2
C43	SMD 0805	150p	1
C45	SMD 0805	100P	1
C52, C54, C55	SMD TME CL31A106KAHNNNE	10u MLCC	3
D5, D6	SMD 0805	4v7	2

IND1, IND2	TME SMD FERROCORE DL1206-4R7	4u7	2
D1, D2		1N4148	2
D3, D4		AAP158	2
L1	na rdzeniu Amidon	L1	1
L2	dławik osiowy	15uH*	1
L3	dławik osiowy	68uH	1
OLED1	wyświetlacz	OLED SH1106	1
R19, R20		10	2
R9		100	1
R3, R4		220	2
R16		100k	1
R14, R15		10k	2
R2, R17		150k	2
R1		1k	1
R5, R8, R11		220k	3
R10, R18		22k	2
R12		2k2	1
R13		47K	1
R6, R7		4k7	2
R22, R28	SMD 0805	100k	2
R21	SMD 0805	330	1
R23	SMD 0805	47k	1
R24, R27	SMD 0805	470	2
R25	SMD 0805	470*	1
R26	SMD 0805	2k2*	1
R30	SMD 0805	15k	1
R31	SMD 0805	4k7	1
R29	SMD 0805	10k	1
S8	TME EN11-VSM0AF20	ENCODER	1
SW1, SW2	TME B3F-3152	TACT	2
T1, T2		BC547	2
T3	SMD 0805	BC547	1
TR1	na rdzeniu Amidon	TR1	1
TR2	na rdzeniu Amidon	FT37-43 10/3T	1
U1, U2		NE602, NE612	2
U4		TDA7052A	1
U5	SMD	AD9833	1
IC1	TQFP32	ATMEGA328P	1
U3		NE5532	1
VR1	TO220	LM2940-8	1
VR2	TME NCP1117ST50T3G	AMS1117-5	1
X1, X2, X3, X4, X5, X6	HC49	10MHz	6
X7	TME SMD LF XTAL026392	16MHz	1
OSC1	TME SMD LFSPXO019082	24MHz	1
LED	SMD 0805	LED	1
Z1 gniazdo BNC	TME 1-1634613-0 lub BNC-206	ANT.	1
złącze wyświetlacza	TME ZL305-04	OLED CON	1
gniazdo SPEAKER	TME LUMBERG 1503 08	SPEAKER	1
gałki do enkodera i potencjometru	TME SR PASSIVES GMN-4RD		2
tulejka dystansowa	TME DREMEC 111X05		4
śrubka	TME M2X4/BN2845 ISO7048	M2x4	8
gniazdo zasilania	TME PC-GK2.1	5,5x2,1	1
obudowa	Maszczyk - HAMMOND H-1455J1201		1
szybka	plexi 2mm		1
PCB			1