



Modułowy odbiornik nastuchowy na pasma 80 m i 40 m „Dosia” (7)

Miernik poziomu sygnału S-meter

Przedostatnia już część publikacji o odbiorniku nastuchowym na pasma KF 40 m i 80 m „Dosia” obejmuje projekt tzw. S-metra, czyli przyrządu przeznaczanego do pomiaru siły odbieranego sygnału. Jak większość modułów w projekcie „Dosia”, jest on adresowany nie tylko do osób budujących transceiver, ale także do tych modernizujących istniejące urządzenia bądź realizujących własne, nowe konstrukcje. Na uwagę zasługuje fakt, że opisany dalej moduł S-metra AVT-3197 został zaprojektowany tak, aby prawidłowo odwzorowywać logarytmiczną skalę odbieranego sygnału – inaczej, niż w bardzo wielu analogicznych rozwiązaniach radioamatorskich.

Na rysunku 1 pokazano schemat blokowo-montażowy odbiornika „Dosia”, uzupełniony o moduł miernika poziomu sygnału odbieranego (S-metra), czyli AVT-3197 – razem z niezbędnymi połączeniami z pozostałymi modułami całego projektu. W dalszej części artykułu zaprezentowano inżynierskie podstawy budowy tego przyrządu pomiarowego, a także przedstawiono szczegóły montażu i uruchomienia oraz omówiono możliwości zastosowania go w innych projektach.

Zasada działania i właściwości modułu S-metra

Założenia techniczne funkcjonowania przyrządu przeznaczanego do pomiaru siły elektromotorycznej SEM odbieranego sygnału radiowego (w.cz.) dość wyczerpująco opisano na stronach WWW: <http://bit.ly/2mPLPPR> oraz <http://bit.ly/2M2V2Q4>. Skala „S” definiuje podstawowe poziomy od 1 „S” do 9 „S”, przy czym poziom 1 „S” odpowiada napięciu wysokiej częstotliwości o wartości skutecznej $0,2 \mu\text{V}$ (-121 dBm) na rzeczywistej

impedancji obciążenia $Z_{\text{load}} = 50 \Omega$. Każdy kolejny (wyższy) poziom odpowiada dwukrotnemu wzrostowi napięcia odbieranego sygnału (o 6 dB), co oznacza czterokrotny wzrost odbieranej mocy. W praktyce, dla bardzo silnych sygnałów odbieranych, wskaźniki profesjonalnych urządzeń radiokomunikacyjnych często pokazują także poziomy wyższe od 9 „S”, np. 9 „S” + 20 dB, 9 „S” + 40 dB oraz 9 „S” + 60 dB. W wymienionych źródłach informacji wyraźnie podkreślono fakt, że bardzo częstym mankamentem amatorskich S-metrów jest nie tylko brak prawdziwie logarytmicznego (decybelowego) odwzorowania mierzonych poziomów sygnałów, ale także całkowity brak odniesienia (kalibracji) względem rzeczywistego, referencyjnego poziomu odbieranego (np. 1 „S” czy 9 „S”). Ewentualnie, spełniany jest jakotako co najwyżej jeden z tych warunków poprawnego funkcjonowania S-metra.

W opisywanym projekcie podjęto starania mające na celu skonstruowanie przyrządu, który dokonuje faktycznego pomiaru w skali

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-3197

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

- AVT-3199 Modułowy odbiornik nasłuchowy na pasmo 40 i 80 m „Dosia” (EP 9_11/2017, 2_4/2018)
- 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)
- 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_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)

Wykaz elementów:

Rezystory: (0,25 W 5%)

- R1: 110 kΩ
- R2: 91 kΩ
- R3: 100 kΩ
- R4, R6: 10 kΩ
- R5: 330 kΩ
- R7: 360 kΩ
- R8: 2,2 kΩ
- R9: 47 kΩ
- R10: 12 Ω
- R11: 33 Ω
- R12: 91 Ω
- R13: 220 Ω
- R14: 470 Ω
- R15: 1 kΩ
- R16: 2 kΩ
- R17: 3,9 kΩ
- R18: 1,3 kΩ
- R19...R26: 2,2 kΩ

Kondensatory:

- C1, C5, C6: 100 μF/16 V
- C2: 47 μF/16 V
- C3: 100 nF/50 V
- C4: 330 nF/50 V
- C7...C9: 1 μF/50 V
- C10: 10 μF/16 V

Półprzewodniki:

- D1, D2: BAT48 (D035)
- D3: BAT85 (D035)
- U1: CD40106 (DIP14)
- U2: LM358 (DIP8)
- U3, U4: LM324 (DIP14)

Diody LED wskaźnika - 8 szt., kolorystyka wg opisu na schemacie lub własnego uznania

Pozostałe:

- P1, P2: złącza goldpin męskie (2 piny)
- P3: złącze goldpin męskie (9 pinów)

Uwagi! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

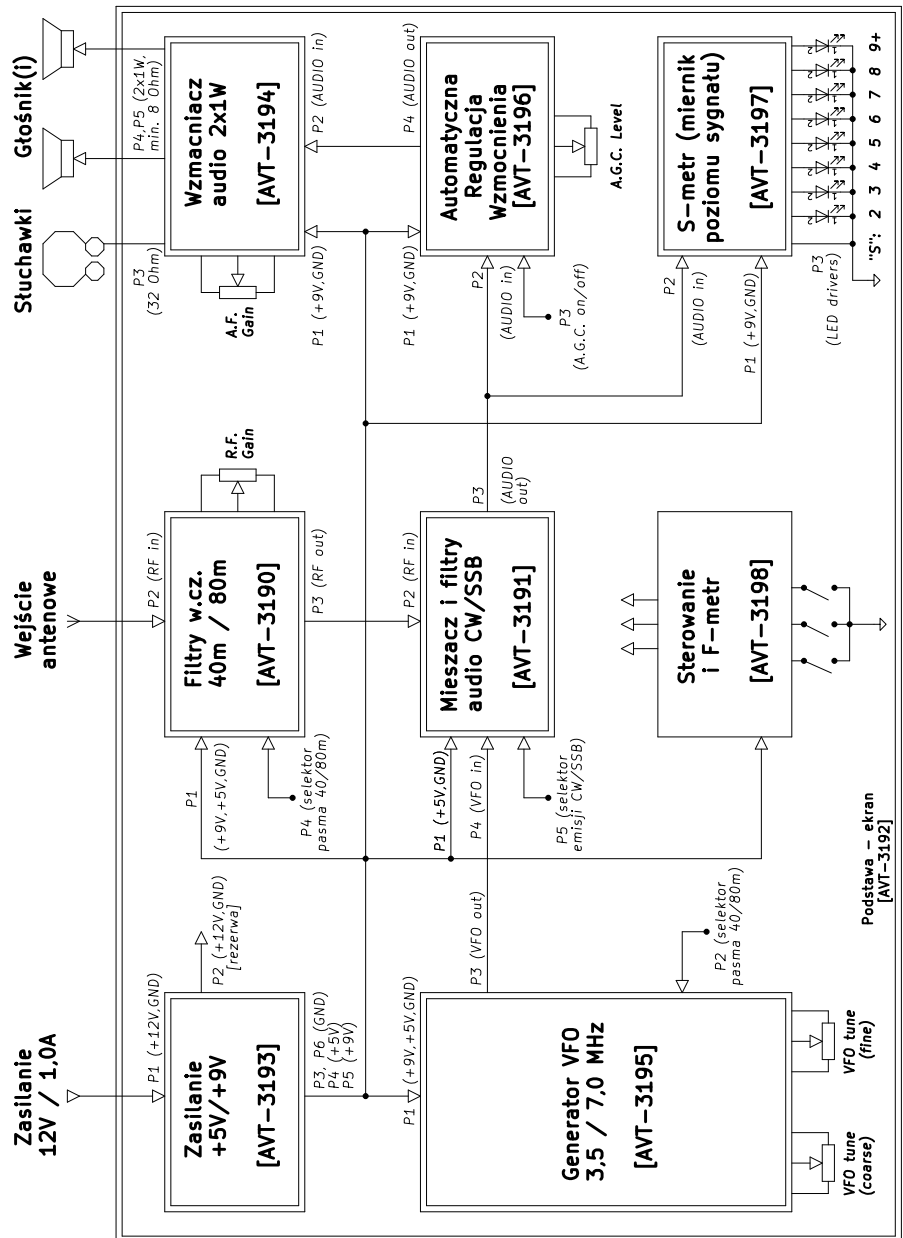
Wymagana umiejętności:

Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KITem (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] - jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować 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 wzlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] płytką drukowaną bez elementów i dokumentacja Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A*] płytką drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- 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://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB), prosimy o kontakt via email: kity@avt.pl.



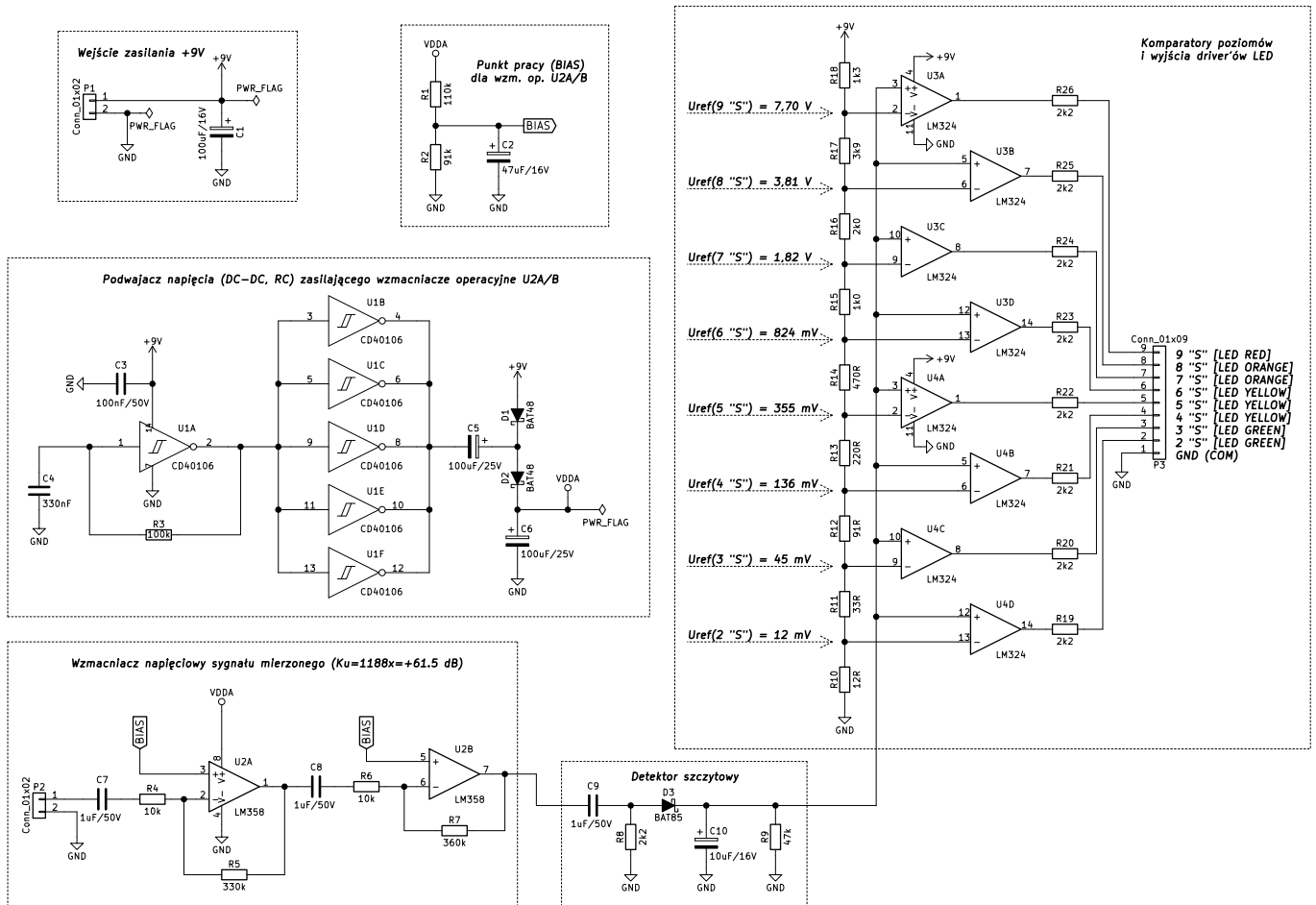
Rysunek 1. Schemat blokowo-montażowy odbiornika „Dosia” 40 m/80 m

logarytmicznej (skok o 1 „S”, to dokładnie 6 dB) oraz mierzy rzeczywiste poziomy odbieranych sygnałów. Pierwsze z tych założeń zrealizowano dzięki zastosowaniu progowych pomiarów wzmocnionego i wyprowadzonego odebranego sygnału m.cz., przy czym przyjęte progi indykacji poziomów dla najmniejszych poziomów zostały skorygowane o nieliniowe właściwości diodowego członu detekcyjnego. Natomiast drugie z nich zostało spełnione poprzez zastosowanie wzmocnienia członu analogowego, dostosowanego do nachylenia przemiany (wzmocnienia przy konwersji odbiorczej z m.cz. na m.cz.), charakterystycznego dla mieszacza odbiorczego z projektu „Dosia” (AVT-3191).

Na **rysunku 2** przedstawiono schemat elektryczny modułu S-metra. Cały układ jest zasilany pojedynczym napięciem +9 V doprowadzanym przez złącze P1 i lokalnie blokowanym dla zakłóceń impulsowych

pojemnością C1. Przetwornica pojemnościowa z układem U1 (CD40106) pracuje jako podwajacz napięcia zasilania VDDA potrzebnego dla bloku wzmacniania mierzonego sygnału zmiennego. Bramka U1A z pojemnością C4 i rezystancją R3 pracuje w układzie multiwibratora (przerzutnika) astabilnego, generującego sygnał zmienny, sterujący blokiem wykonawczym przetwornicy. Podłączone równolegle do jej wyjścia bramki U1B...U1F pracują jako prądowy stopień wyjściowy (o obniżonej wypadkowej impedancji wyjściowej). Do wyjścia tego stopnia podłączony jest blok podwajacza napięcia z diodami D1 i D2 oraz pojemnościami C5, i C6. Kondensator C3 niweluje zakłóceniaowy wpływ pików prądowych, powstających w chwili przełączania (przerzutów) bramki U1A w multiwibratorze.

Na **rysunku 3** pokazano przykładowy oscylogram pomiarowy przebiegu na wyjściu bramki U1A w multiwibratorze. Uzyskany



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu S-metra

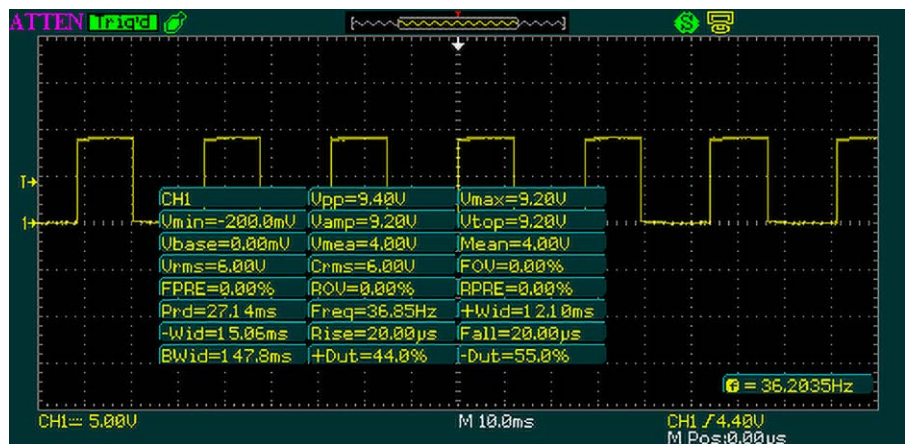
przebieg prostokątny oscyluje pomiędzy napięciami zbliżonymi do 0 V i +9 V, jego współczynnik wypełnienia wynosi około 50%, a częstotliwość Fgen, zależna od doboru elementów R3 i C4, wynosi około 36 Hz. Wybór wartości częstotliwości oscylacji Fgen jest efektem kompromisu pomiędzy efektywnością przetwornicy podwyższającej napięcie, a możliwością generowania przez nią zaburzeń lokalnych, oddziaływujących na wysokoczęstotliwościowy wzmacniacz wejściowy sygnału mierzonego. Trzeba zauważyć, że im jest wyższa przyjęta wartość Fgen, tym lepsza skuteczność przetwornicy, ale też i większa podatność modułu S-metra na lokalne zakłócenia. Składowa stała napięcia wyjściowego z przetwornicy VDDA powinna wynosić pod obciążeniem około 17 V.

Uzyskane z przetwornicy DC-DC podwyższone napięcie VDDA służy do zasilania wstępnego wzmacniacza mierzonego sygnału zmiennego, który jest wprowadzany na wejście modułu S-metra poprzez złącze P2. W tym celu wykorzystano dwa wzmacniacze operacyjne, zlokalizowane w układzie U2 (LM358). Co prawda, dość „leciwie” już wzmacniacze typu LM358 nie są niskoszumne, ale ich własności w tej dziedzinie można uznać za wystarczająco dobre w tym zastosowaniu. Natomiast o ich użyciu zaważyły: stosunkowo mały pobór prądu oraz szeroki zakres napięcia wyjściowego

(praktycznie od 0 V do VDDA-1,5 V). W tym miejscu należy wyjaśnić, że aby móc mierzyć sygnały o dynamice od 2 „S” do ponad 9 „S” (jak przyjęto w tym projekcie), należy dysponować dynamiką przetwarzania w zakresie co najmniej $(9-2) \cdot 6 = 42$ dB. Dynamikę tę „od góry” ogranicza wspomniany powyżej zakres możliwych napięć wyjściowych wzmacniacza sygnału mierzonego, a „od dołu” minimalny poziom sygnału, który jest w stanie prostowaniu detektor szczytowy. Jeśli przyjąć, że przy VDDA=17 V możemy uzyskać na wyjściu wzmacniacza wejściowego sygnał o maksymalnej wartości $17,0 - 1,5 = 15,5$ V_{p-p},

a najmniejszy dający się „zmierzyć” detektorem szczytowym (szeregowym z pojedynczą diodą Schottky) sygnał zmienny powinien mieć amplitudę około 100 mV_{p-p}, to uzyskujemy dynamikę przetwarzania na poziomie $20 \cdot \log_{10}(15,5 \text{ V} / 0,1 \text{ V}) = 43,8$ dB, co z niewielkim zapasem wypełnia założenia tego projektu (min. 42 dB).

Rezystory R1 i R2 oraz pojemność filtrująca C2 stanowią źródło napięcia polaryzującego wejścia nieodwracające wzmacniaczy operacyjnych U2A i U2B i ustalające ich punkty pracy (BIAS) na poziomie zbliżonym do wartości równej około 45% napięcia VDDA odpowiadającego tutaj połowie



Rysunek 3. Oscylogram przebiegu na wyjściu multiwibratora przetwornicy DC/DC

zakresu napięć wyjściowych wzmacniaczy operacyjnych U2A i U2B. Mierzony sygnał małej częstotliwości z wejścia P2 przez pojemność sprzęgającą C7 trafia na pierwszy stopień wzmacniającego U2A z rezystorami R4 i R5, ustalającymi jego wzmocnienie na poziomie około 33 razy. Następnie, poprzez pojemność sprzęgającą C8, sygnał z wyjścia U2A trafia na kolejny stopień wzmacniającego (ze wzmacniaczem U2B oraz rezystorami R6 i R7), dający wzmocnienie około 36 razy. Tak więc, wypadkowe łączne wzmocnienie obu stopni wynosi około (z dokładnością do wartości zastosowanych elementów R4...R7) $33 \cdot 36 = 1188$ razy, czyli +61,5 dB. Wzmocnienie to zostało celowo dobrane tak, aby jak najdokładniej zamapować poziomy sygnał na wyjściu modułu mieszacza „Dosi” na progi detekcji poziomów, mierzonych w skali jednostek „S”.

Za opisanym powyżej wzmacniaczem wstępnym znajduje się detektor szczytowy w tzw. układzie szeregowym z elementami: C9, R8, D3, C10 i R9. Kondensator C9 jest pojemnością sprzęgającą, separującą składową stałą obecną na wyjściu wzmacniacza U2B, natomiast rezystor R8 obciążający wyjście U2B dla składowej zmiennej, sprowadza potencjał anody diody detekcyjnej D3 (Schottky, BAT85) do potencjału masy dla składowej stałej. Elementy C9 i R8 są niezbędne do zapewnienia poprawnej pracy opisanego detektora szeregowego i nie wolno ich pomijać. Pojemność C10, ładowana przez diodę D3, stanowi element filtrujący i razem z rezystancją R9, która rozładowuje C10, definiuje stałą czasową rozładowania bloku detektora. W tym wypadku wynosi ona około 500 ms, co w praktyce oznacza tyle, że po zaniku sygnału sterującego wejście S-metra jego wskazania powinny całkowicie opaść do nowego (niższego) poziomu w ciągu około 1,5 sekundy (trzy stałe czasowe).

Z wyjścia detektora szczytowego (katoda diody D3) wyprostowane napięcie mierzone trafia na wejścia nieodwracające zestawu komparatorów, zrealizowanych w oparciu o osiem wzmacniaczy operacyjnych: U3A...U3D oraz U4A...U4D. W tej roli wykorzystano dwa popularne układy LM324, których kluczową zaletą jest możliwość pracy: zarówno ich wejść jak i wyjść w okolicach potencjału masy. Pierwsza z tych cech pozwala na porównywanie niewielkich napięć wyprostowanych z odpowiednio niskimi progami referencyjnymi. Natomiast druga z nich pozwala na dość wygodneysterowanie anod diod świecących LED (z katodami na masie), ponieważ, jeśli na wyjściach komparatorów U3A...U3D oraz U4A...U4D występuje poziom niski, to żadna z diod na pewno nie będzie się świeciła. Sterowanie diod LED od strony anod odbywa się poprzez jednakowe rezystancje ograniczające ich prądy R19...R26. Przy stosunkowo wysokim

napięciu sterującym diodami LED na poziomie około 9 V–1,5 V=7,5 V uzyskujemy efekt zbliżony do sterowania ze źródeł prądowych, co daje zbliżoną jasność świecenia poszczególnych LED-ów pomimo rozrzutu ich parametrów. Wyjścia sterujące diodami LED, wskazującymi poziomy odbieranego sygnału od 2 do 9 „S”, są dostępne na złączu P3 (piny 2...9), natomiast pin 1 tego złącza podaje potencjał masy, wspólny dla katod wszystkich potrzebnych ośmiu LED-ów.

O poziomach napięć referencyjnych, na podstawie których są indykowane poszczególne poziomy mierzonego sygnału radiowego w skali „S”, decyduje wielostopniowy dzielnik rezystancyjny z elementami R10...R18. Jest on zasilany stabilizowanym napięciem +9 V, pobieranym z głównego punktu zasilania, a jego odczepy są dołączone do kolejnych wejść odwracających ośmiu wzmacniaczy-komparatorów U3A...U4D. Wartości elementów dzielnika zostały tak dobrane, aby odzwierciedlić skalę logarytmiczną z krokiem co jedną jednostkę „S”, czyli 6 dB (2×). Dlatego właśnie podane na rysunku 2 wartości stałych napięć referencyjnych, począwszy od najwyższego (ok. 7,7 V) z każdym „krokiem w dół” maleją w przybliżeniu dwukrotnie. Ta reguła jest jednak zachwiana – tym silniej, im bardziej przesuwamy się w kierunku niższych poziomów referencyjnych. Jest to działanie zamierzone, które ma za zadanie skorygowanie wpływu nieidealnej, nieliniowej charakterystyki przetwarzania detektora szczytowego z rzeczywistą diodą półprzewodnikową.

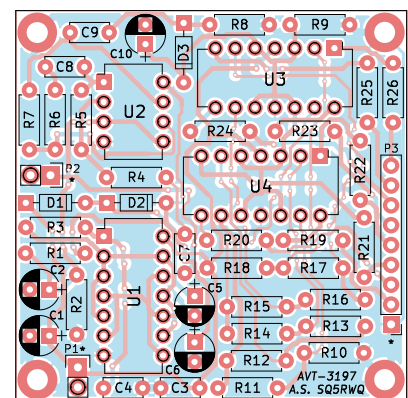
Należy podkreślić, że korekty progów napięć referencyjnych zostały wykonane w oparciu o wielokrotne symulacje pracy detektora szczytowego w dziedzinie czasu (dokładnie w układzie z tego projektu i z zastosowaną diodą BAT85), wykonane za pomocą bardzo dobrej jakości symulatora LTSpice. Na ich podstawie najpierw wyznaczono, w jaki sposób poszczególne poziomy sygnału zmiennego przekładają się na poziomy napięcia stałego na wyjściu detektora (korekty symulacyjne były istotne szczególnie przy najmniejszych sygnałach mierzonych), a następnie do tak ustalonych napięć stałych dobrano rzeczywiste wartości rezystancji R10...R18 przy założeniu, że całkowity prąd szeregowy dzielnika napięć referencyjnych powinien wynosić dokładnie 1 mA. W tym miejscu warto wspomnieć, że w typowym zastosowaniu amatorskim zastosowanie zarówno w dzielniku referencyjnym (R10...R18), jak i w rezystorach ustalających wzmocnienie wzmacniacza wstępnego (R4...R7) popularnych oporników o tolerancji 5% można uznać za całkowicie wystarczające. Jakkolwiek, jeśli zależy nam na uzyskaniu bardzo wysokiej dokładności pomiaru poziomu mierzonego sygnału radiowego, to należałoby zadbać o zastosowanie

wymienionych rezystorów metalizowanych (niskoszumnych, nie węglowych) o tolerancji 1%. Dodatkowo, wartości oporności R4...R7 (aspekt wzmocnienia bloku wejściowego) należałoby dobrać z zastosowaniem na wejściu odbiornika generatora z poziomem wzorcowym i ekranowanym dzielnikiem kalibrowanym.

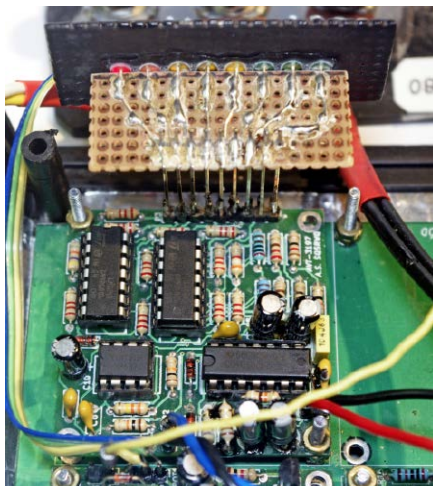
W tym miejscu należy wyjaśnić to, dlaczego opisany projekt oparto o stosunkowo złożoną (ale jednak tanią realizacyjnie) koncepcję, zamiast np. zaimplementować popularną kostkę LM3915. Otóż, projekt oparty o ten układ niekoniecznie finalnie okazałby się tańszy, prostszy i bardziej skuteczny od przedstawionego. Niewątpliwie i tak nie obeszłoby się bez wstępnego wzmacniacza dla bardzo małych sygnałów mierzonych, jaki ujęto w tym projekcie. Warto podkreślić, że układ LM3915 ma 10 punktów LED co 3 dB, co daje praktyczny zakres indykacji $9 \cdot 3 = 27$ dB, czyli tylko 4,5 jednostek „S”. Dodatkowo, w popularnym układzie LM3915 nie uwzględniono kompensacji nieliniowości wewnętrznego detektora szczytowego, która spowodowałaby znaczne błędy wskazań przy pomiarach najmniejszych napięć (przypadek bardzo realistyczny, gdybyśmy zdecydowali się np. na kaskadowanie dwóch kostek LM3915 celem poszerzenia skali pomiaru do $19 \cdot 3 = 57$ dB, czyli 9,5 jednostek „S”). Jak zatem widać, zastosowanie układów LM3915 nie rozwiązałoby opisanych problemów, związanych z dynamiką sygnałów mierzonych, a niewątpliwie podniosłoby koszt realizacji tego projektu. Jakkolwiek, w sytuacji gdybyśmy mieli do dyspozycji do pomiaru od razu sygnał m.c. o poziomie maksymalnym sięgającym kilkudziesięciu V_{p-p} , to użycie dwóch układów LM3915 mogłoby okazać się rozwiązaniem realnie konkurencyjnym.

Montaż, uruchomienie i przyłączenie S-metra

Montaż modułu S-metra wykonujemy zgodnie ze schematem montażowym pokazanym na **rysunku 4**. Standardowo rozpoczynamy od elementów najniższych (rezystory, diody) aż do coraz wyższych (kondensatory, układy



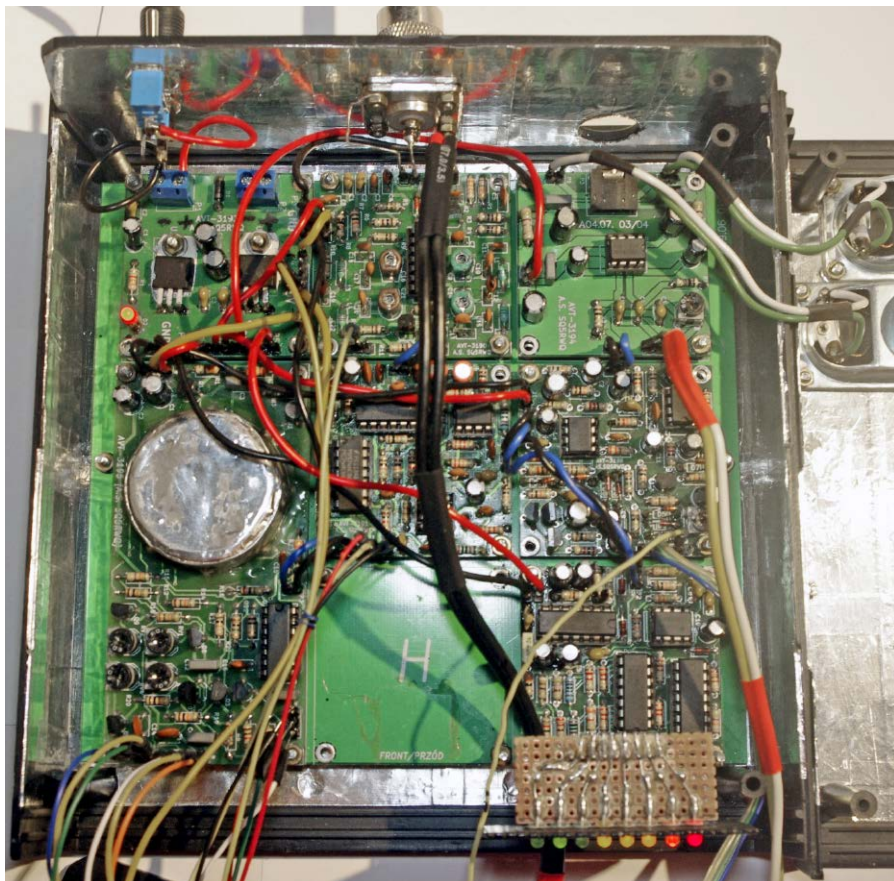
Fotografia 4. Schemat montażowy modułu S-metra



Fotografia 5. Zmontowany moduł S-metra z roboczym panelem indykatorów LED

scalone, złącza etc.) Prawidłowo zmontowany moduł (fotografia 5), przeznaczony do wykorzystania w odbiorniku „Dosia”, nie wymaga żadnych prac regulacyjnych. Montujemy go w odbiorniku zgodnie ze schematem montażowym (rysunek 1), przy czym wprowadzenie sygnału mierzonego z wyjścia mieszacza odbiorczego na wejście P2 S-metra w wypadku dłuższych połączeń warto jest wykonać odcinkiem cienkiego, ekranowanego przewodu mikrofonowego lub przynajmniej odcinkiem dwóch skręconych ze sobą przewodów.

Na fotografii tytułowej pokazano tymczasowy panel obsługowy odbiornika wraz z roboczo wyprowadzonymi diodami LED S-metra, natomiast na fotografii 6 wnętrze odbiornika w aktualnej wersji. Jeśli chcielibyśmy użyć moduł S-metra w innym urządzeniu odbiorczym, to wzmocnienie bloku ze wzmacniaczami operacyjnymi U2A/U2B należy dostosować do poziomów sygnału w danym urządzeniu (wartości rezystorów R5 i R7). Należy też mieć na uwadze fakt, że podłączenie S-metra za (a nie przed)



Fotografia 6. Wnętrze odbiornika z modułem S-metra i roboczym panelem LED

ewentualnym blokiem ARW (A.R.W./A.G.C.) lub za potencjometrem regulacji głośności odsłuchu niewątpliwie spowoduje błędne wskazania przyrządu.

Podsumowanie

W tej części publikacji o odbiorniku nastuchowym „Dosia” przedstawiono moduł miernika poziomu sygnału odbieranego, czyli S-metra (AVT-3197). Może on mieć zastosowanie również w innych odbiornikach radiokomunikacyjnych, jednak po dostosowaniu wzmocnienia wejściowego wzmacniacza

do poziomów sygnałów w modernizowanym urządzeniu. W kolejnym, ostatnim już odcinku z tego cyklu publikacyjnego, przedstawiony zostanie moduł bloku kontrolno-sterującego ze „skalą częstotliwości” (F-metrem) AVT-3198, uzupełniony o estetyczny projekt zagospodarowania panelu czołowego: ze wszystkimi elementami manipulacyjnymi i informacyjnymi prezentowanego urządzenia.

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

