

Ekonomiczna sonda logarytmiczna

Sondy pomiarowe stanowią grupę przyrządów, bez których trudno jest wyobrazić sobie pracownię elektronika-konstruktora. Pozwalają na mierzenie napięcia oraz (pośrednio) prądów i mocy w obwodach prądów zmiennych. Większość multimetrów pozwala na pomiar napięć i prądów zmiennych, jednak tylko w niewielkim zakresie częstotliwości i bez możliwości prześledzenia charakterystyk częstotliwościowych badanego podzespołu czy przyrządu. Opisana w tym artykule sonda logarytmiczna umożliwia dokonanie pomiarów w zakresie od małych częstotliwości (akustycznych) aż po w.cz. (około 40 MHz). Dużymi zaletami prezentowanego dalej przyrządu, pomimo prostoty i niskiego kosztu jego wykonania, jest szeroki zakres mierzonego napięcia wejściowego, kompensacja termiczna jej charakterystyk oraz możliwość pomiarów charakterystyk częstotliwościowych w czasie rzeczywistym (tryb wobuloskopu).

Rekomendacje: przedstawiony w tym artykule projekt niedrogiej w realizacji logarytmicznej sondy pomiarowej jest oparty na niewielkiej liczbie podzespołów, w większości dyskretnych. Stanowi uzupełnienie do projektu generatora-wobulatora AVT5580, opisanego w „Elektronice Praktycznej” 2–3/2017.

Prezentowany projekt sondy obejmuje trzy alternatywne tory sygnału: szerokopasmowego wzmacniacza liniowego o wzmacnieniu

$K_u = +20$ dB, toru „na wprost” (z zerowym wzmacnieniem napięciowym) oraz tłumika o $K_u = -20$ dB. Mają one postać osobnych

(rozdzielonych) bloków funkcjonalnych, przełączanych selektorami na jumperach. Z bloków tych można także zrezygnować według potrzeb – na etapie montażu urządzenia. Selektory na jumperach (goldpinach) można ustawić na stałe lub wyprowadzić na obudowę – jako zewnętrzne przełączniki. Wzmacniacz $+20$ dB można też odłączyć od zasilania, jeżeli nie jest wykorzystywany, co zapewni oszczędność ogniw zasilających.

Budowa

Schemat elektryczny urządzenia pokazano na **rysunku 1**. Serce układu stanowi blok detektora szczytowego i filtrów wygładzających z elementami: D3, C9...C16, R16...R19 oraz JP8...JP10. Dioda D3 jest popularną diodą Schottky'ego, na której odkłada się wyprostowane napięcie ujemne, podane przez kondensatory C9 i C10. Pozostałe elementy tego bloku stanowią rozdowany, kaskadowy trzystopniowy filtr dolno-przepustowy RC. Zwory JP8...JP10 pozwalają na załączenie dodatkowych pojemności C12, C14 i C16, które obniżają pasmo przenoszenia filtra przy pracy sondy z częstotliwościami

akustycznymi. Jeśli chcemy pracować wyłączenie w paśmie wysokich częstotliwości, to można po prostu pominąć te elementy. Odwrotnie, jeśli zamierzamy używać sondy tylko w paśmie akustycznym, to można pominąć zastosowanie pojemności C11, C13 i C15, a jumpery JP8...JP10 zastąpić stałymi zworami. Rezystory R19 i R20 wpływają na stałą czasową rozładowania pojemności zastosowanych w omawianym filtrze, ale kształtują też charakterystykę przetwarzania logarytmicznego i nie powinny być modyfikowane.

Wyprostowane i odfiltrowane dolnoprzepustowo napięcie ujemne jest podawane do bloku skompensowanego termicznie przetwornika logarytmującego. Zrealizowano go z użyciem popularnego, pomiarowego, podwójnego wzmacniacza operacyjnego U1A/B (MCP6002) typu rail-to-rail. Należy podkreślić, że ten wzmacniacz powinien być zasilany napięciem stałym z zakresu 1,8...6,0 V (maksymalnie 7,0 V), a zastąpienie go innym popularnym wzmacniaczem operacyjnym (np. LM358) nie przyniesie satysfakcjonujących rezultatów pomiarowych.

Zasilanie obu wzmacniaczy operacyjnych filtrują kondensatory C17 i C18. Wzmacniacz U1A pracuje w prostym układzie odwracającym – z potencjałami obu wejść zbliżonymi do potencjału masy. Zastosowanie w pętli sprzężenia zwrotnego diody krzemowej D4 czyni go przetwornikiem logarytmicznym napięcia wejściowego. Dioda D5 musi być tego samego typu co D4 i – najlepiej – o jak najbardziej zbliżonych parametrach (optymalnie: dwa egzemplarze pochodzące z tego samego „listka” – serii produkcyjnej), co w czasach powszechnej dostępności niedrogich podzespołów nie powinno być trudnym do spełnienia warunkiem (brak konieczności dobierania). Rezystor R21 o znacznej wartości pełni funkcję biernego źródła prądowego, przez które wypływa prąd diody D5. Kompensacja termiczna przetwarzanego napięcia, w przypadku zastosowania dwóch identycznych diod D4 i D5, w najprostszym słowach odbywa się zgodnie z następującym mechanizmem:

Napięcie wyjściowe wzmacniacza operacyjnego U1A jest równe napięciu przewodzenia diody D4, której katoda pracuje na potencjale wirtualnej masy wejścia odwracającego tego wzmacniacza operacyjnego z uwagi na zastosowane ujemne sprzężenie zwrotne.

Zmiany termiczne spowodują spadek napięcia na wyprowadzeniach D4, a zatem i na wyjściu U1A o pewną wartość napięcia.

Identyczny spadek napięcia wystąpi zatem także na D5, tym samym powodując wzrost napięcia wyjściowego przetwornika logarytmującego, podawanego dalej na wejście nieodwracające wzmacniacza U1B.

Wzmacniacz operacyjny U1B z rezystorami R22 i R23 oraz potencjometrem RV2 pracuje w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego, o wzmocnieniu napięciowym regulowanym

w zakresie od około 5,7 do 15,7 razy. Regulacja potencjometrem RV2 umożliwia uzyskanie pożądanej skali logarytmicznego przetwarzania napięcia, która w egzemplarzu modelowym ustawiona została na dość typową wartość 1 V/dekadę (20 dB) przy nastawionej sumarycznej rezystancji (R23+RV2) równej około 10,7 kΩ. Wyjście wzmacniacza U1B zostało obciążone dwójnikiem R32/C26, który stanowi dodatkowy filtr dolnoprzepustowy przeciwzakłócenia o 3-decybelowym paśmie przenoszenia równym około 420 Hz. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwala na wyprowadzenie z sondy sygnału o małej częstotliwości (port P2) i poprowadzenie go dalej zwykłym torem audio przy typowym dopasowaniu do około 600 W (nie jest wymagane połączenie kablem koncentrycznym 50 W, ale wskazane jest zastosowanie przewodu ekranowanego).

Kolejnymi blokami układu są: wzmacniacz +20 dB oraz tłumik –20 dB dla sygnału mierzonego, pobieranego z portu wejściowego P1 przez kondensatory C1 i C2 na pierwszy selektor poziomu ze zworami JP1...JP3. Tłumik rezystancyjny z elementami R24–R25 nie wymaga szczególnego komentarza. Przy zastosowanych elementach zapewnia on tłumienie 20 dB przy zachowanej rezystancji wejściowej sondy na poziomie około 100 kΩ. Również wzmacniacz szerokopasmowy z tranzystorami Q1...Q3, o paśmie przenoszenia –3 dB od około 40 Hz do około 35 MHz, ma rezystancję wejściową zbliżoną do 100 kΩ. Jego pierwszy stopień pracuje w konfiguracji wtórnika napięciowego – transformatora impedancji, a pozostałe dwa (o bardzo podobnej konfiguracji) zapewniają łącznie wymagane wzmocnienie napięciowe w całym paśmie przenoszenia. Potencjometr RV1 pozwala na dokładną regulację właściwego wzmocnienia napięciowego całego wzmacniacza. Punkty pracy wzmacniacza zostały dobrane dla jego napięcia zasilania równego +3,3 V, które zapewnia prosty stabilizator parametryczny z diodą Zenera D2 oraz z opornikiem szeregowym R15. Zasilanie wzmacniacza, blokowane do masy dla przebiegów zakłócających kondensatorami C7 i C8, jest sygnalizowane świeceniem diody LED D1, zasilanej przez opornik R14. Jeśli nie korzystamy ze wzmacniacza, to można go odłączyć od zasilania przez jumper JP7. Wybrany do pomiaru sygnał trafia na właściwy detektor logarytmiczny przez drugi selektor poziomu z jumperami JP4...JP6. Jeśli nie zamierzamy korzystać z tłumika albo ze wzmacniacza, to można po prostu nie montować wybranych elementów, a przy konfiguracji „na przelot” (Ku=0 dB) zrezygnować z jednej z par zdublowanych pojemności sprzęgających: C1–C2 oraz C9–C10.

Ostatnim, nieomówionym jeszcze blokiem sondy jest pojemnościowa (bezindukcyjna) przetwornica DC-DC, podwajająca napięcie zasilania. Jest to rozwiązanie wygodne przy zastosowaniu zasilania sondy w postaci dwóch stosunkowo niewielkich, bardzo tanich dziś

DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 92822, PASS: 37euo8qf

W ofercie AVT*

AVT-1962

Podstawowe informacje:

- Uzupelnienie do projektu generatora-wobulatora AVT5580 (EP2-3/2017).
- Zakres częstotliwości wejściowej od pasma akustycznego do 40 MHz.
- Wbudowany wzmacniacz +20 dB i tłumik –20 dB.
- Zakres –20 dB, dynamika: 52 dB, czułość: 1,5 Vpp.
- Zakres 0 dB (podstawowy), dynamika: 52 dB, czułość: 150 mVpp.
- Zakres +20 dB, dynamika: 23 dB, czułość: 15 mVp-p.

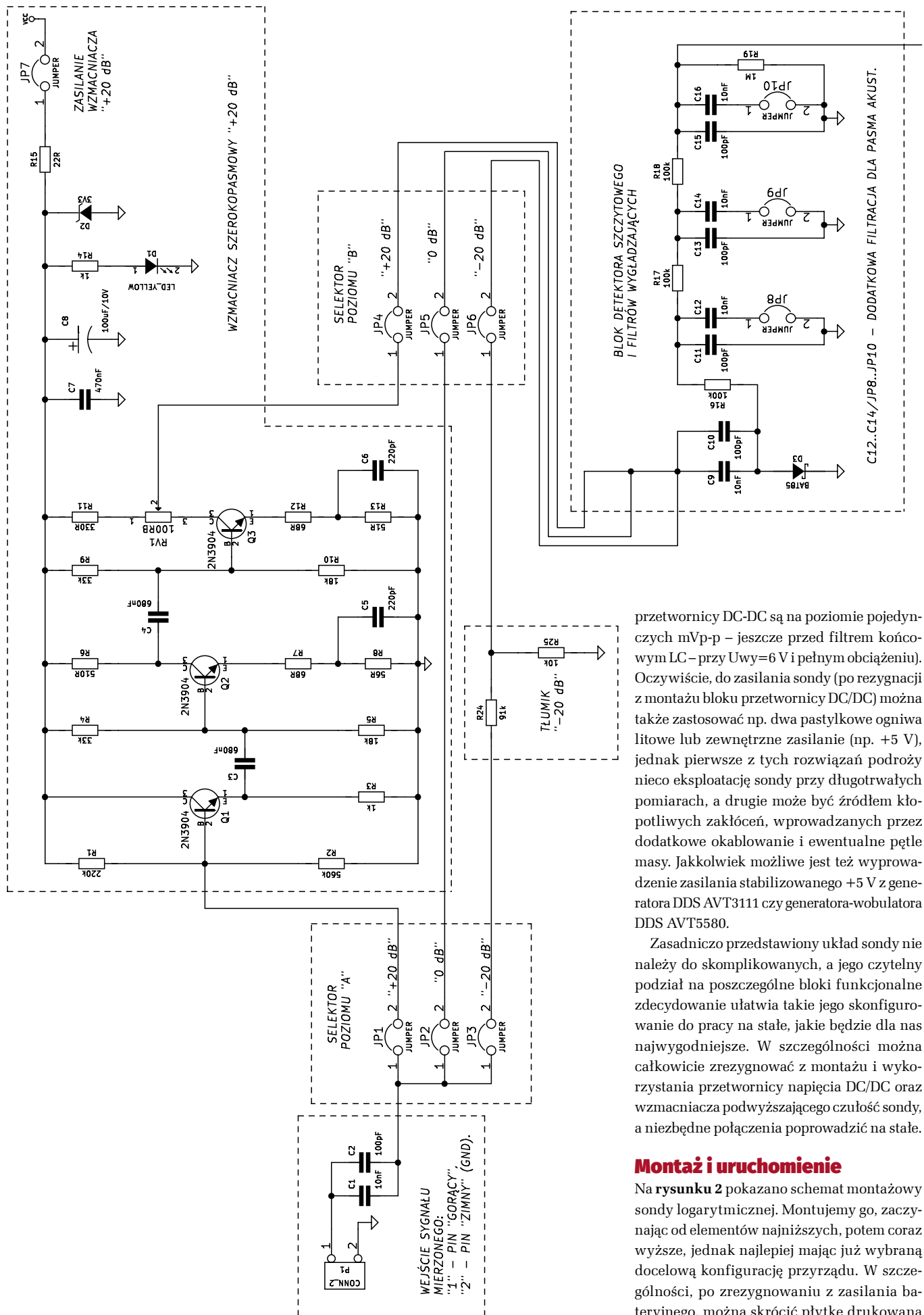
Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-5378	Różnicowa sonda pomiarowa z izolacją galwaniczną (EP 1/2013)
AVT-5179	SONAW-SP Synchronizowana sonda stanów logicznych (EP 3/2009)
AVT-748	Uniwersalna sonda do napięć stałych i zmiennych (EdW 6/2006)
AVT-810	Dwukanalowa sonda logiczna z pamięcią próbek (EP 5/1999)
AVT-2340	Uniwersalna sonda logiczna CMOS/TTL (EdW 4/1999)

* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutownia! Podstawową wersją 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 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 dodatkową wersję:
 ■ wersja [C] zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytce PCB)
 ■ wersja [A] płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacja
 Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:
 ■ wersja [A+] płytkę 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>

ogniów AAA, zamocowanych w koszyczku wprost do płytki drukowanej. Napięcie Vcc, wymagane do zasilania bloku przetwornika logarytmicznego oraz bloku wzmacniacza, nie powinno być niższe od 3,5 V (z uwagi na przyjęty zakres przetwarzania oraz na punkty pracy tranzystorów Q1...Q3) ani wyższe od 7,0 V (ze względu na bezpieczeństwo potocznie wzmacniaczy operacyjnych U1A/B). Dlatego podwojenie napięcia z dwóch ogniów alkalicznych lub akumulatorów NiMH w całym zakresie ich cyklu pracy wydaje się rozwiązaniem rozsądnym. Przetwornica pracuje w układzie przerzutnika astabilnego z tranzystorami Q4 i Q5, sterującego podwójną pompą ładunkową z tranzystorami Q6 i Q7, diodami D7...D12 oraz pojemnościami C23...C24, z częstotliwością około 30 kHz, leżącą niewiele powyżej pasma akustycznego. Ten blok funkcjonalny celowo nie został na płytce drukowanej PCB objęty wypełnieniem powierzchni masy, a dodatkową filtracją uzyskiwanego z niej napięcia Vcc zapewniają: kondensator C25 oraz dławik L1, który jest jedynym elementem indukcyjnym w całym układzie sondy (zakłócenia na wyjściu



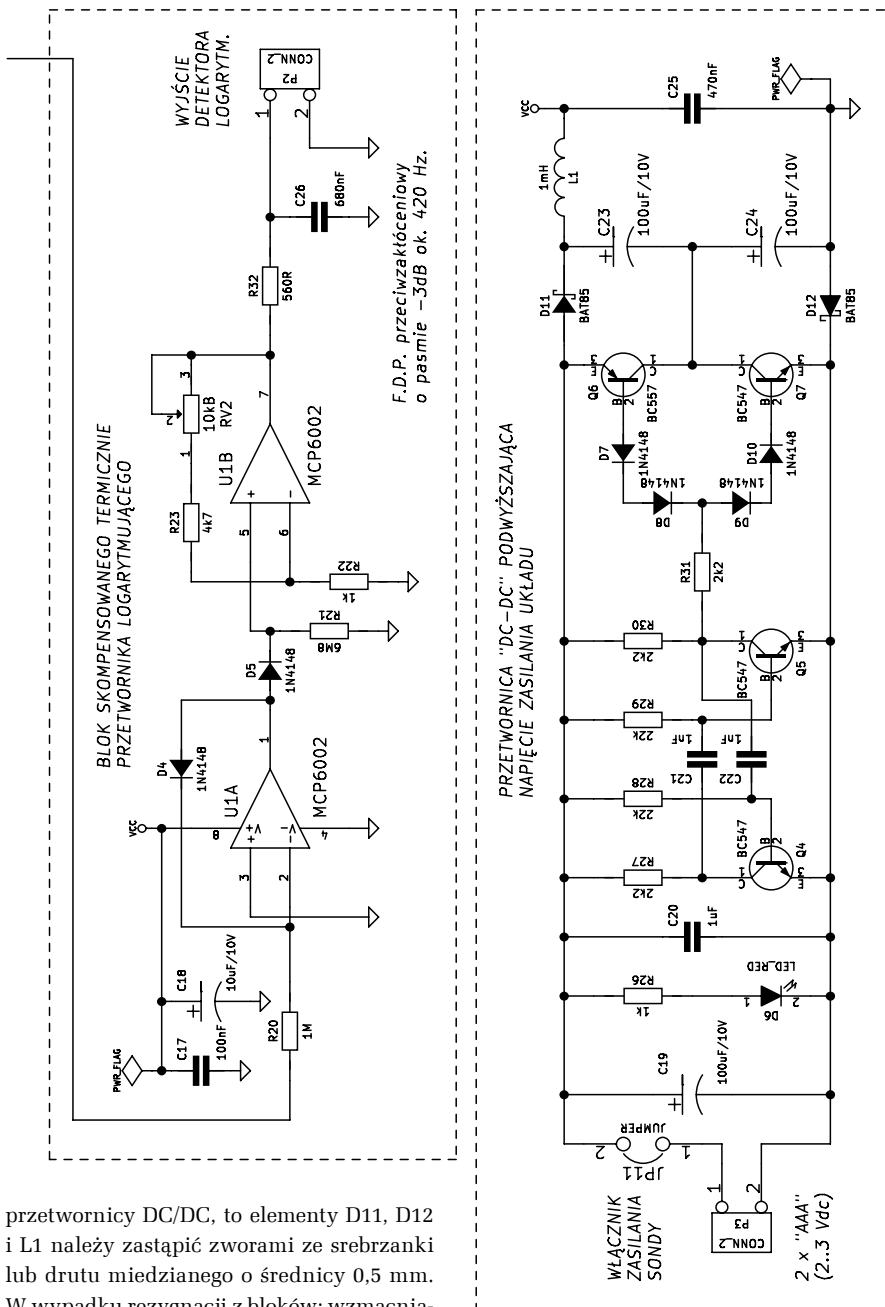
Rysunek 1. Schemat ideowy sondy logarytmicznej

przetwornicy DC-DC są na poziomie pojedynczych mVp-p – jeszcze przed filtrem końcowym LC – przy $U_{wy}=6V$ i pełnym obciążeniu). Oczywiście, do zasilania sondy (po rezygnacji z montażu bloku przetwornicy DC/DC) można także zastosować np. dwa pastylkowe ogniwa litowe lub zewnętrzne zasilanie (np. +5 V), jednak pierwsze z tych rozwiązań podroży nieco eksploatację sondy przy długotrwałych pomiarach, a drugie może być źródłem kłopotliwych zakłóceń, wprowadzanych przez dodatkowe okablowanie i ewentualne pętle masy. Jakkolwiek możliwe jest też wyprowadzenie zasilania stabilizowanego +5 V z generatora DDS AVT3111 czy generatora-wobulatora DDS AVT5580.

Zasadniczo przedstawiony układ sondy nie należy do skomplikowanych, a jego czytelny podział na poszczególne bloki funkcjonalne zdecydowanie ułatwia takie jego skonfigurowanie do pracy na stałe, jakie będzie dla nas najwygodniejsze. W szczególności można całkowicie zrezygnować z montażu i wykorzystania przetwornicy napięcia DC/DC oraz wzmacniacza podwyższającego czułość sondy, a niezbędne połączenia poprowadzić na stałe.

Montaż i uruchomienie

Na rysunku 2 pokazano schemat montażowy sondy logarytmicznej. Montujemy go, zaczynając od elementów najniższych, potem coraz wyższe, jednak najlepiej mając już wybraną docelową konfigurację przyrządu. W szczególności, po zrezygnowaniu z zasilania bateryjnego, można skrócić płytkę drukowaną o około 5 cm. Jeśli zrezygnujemy z bloku



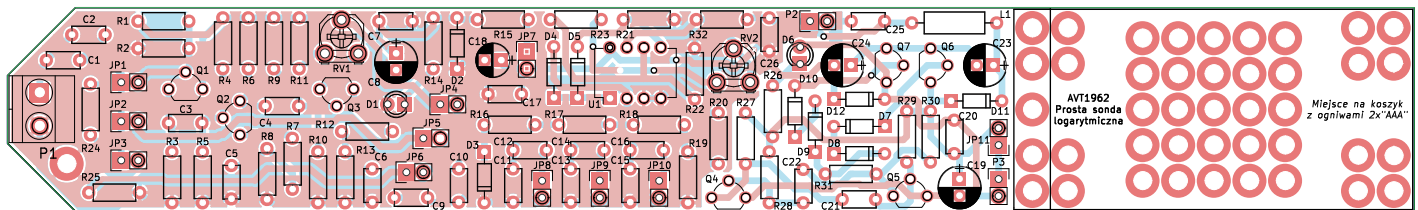
przetwornicy DC/DC, to elementy D11, D12 i L1 należy zastąpić zworami ze srebrzanki lub drutu miedzianego o średnicy 0,5 mm. W wypadku rezygnacji z bloków: wzmacniacza +20 dB lub tłumika -20 dB, można pominąć montaż odpowiednich zworek spośród JP1...JP7, a stosowne połączenia wykonać na stałe w formie mostków. W razie pełnej konfiguracji wykonania sondy poszczególne zworki można zastąpić łącznikami dwubiegunowymi ON-OFF pamiętając jednak o tym, że w wypadku jumperów JP1...JP3 oraz JP4...JP6 jednoczesne załączenie powinno mieć miejsce jedynie (alternatywnie) w parach: JP1-JP4, JP2-JP5 albo JP3-JP6, a optymalnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie podwójnego łącznika trójpozycyjnego albo przynajmniej trzech łączników podwójnych. Choć w prototypie zrezygnowano z takich złożonych rozwiązań, poprzestając na użyciu zwykłych zworek do styków goldpin – w celu obniżenia kosztów i poziomu złożoności testowanego przyrządu.

Jeśli montujemy wzmacniacz +20 dB, to wskazana będzie weryfikacja punktów pracy tranzystorów Q1...Q3. Przy

poprawnym zasileniu urządzenia (napięcie około 3,3 V na diodzie Zenera D2) prąd kolektora Q1 powinien wynosić około 1 mA, a prądy kolektorów Q2 i Q3 około 2,7 mA. Łatwo to ocenić po spadkach napięcia na rezystorach w gałęziach tranzystorów. Regulacja wzmacniacza polega na ustawieniu potencjometrem RV1 wzmocnienia $K_u=10$ razy (20 dB). W tym celu należy użyć generatora sygnału sinusoidalnego, ustawioną na dowolną częstotliwość ze środka pasma przenoszenia regulowanego wzmacniacza (np. $F=1$ MHz), z amplitudą napięcia w zakresie od 20 do 100 mVp-p (znaczne przekroczenie podanego zakresu w górę obniży dokładność regulacji z uwagi na możliwe przesterowanie). Można też posłużyć się wbudowanym w sondę tłumikiem 20 dB, który włączony (na roboczo) przed wzmacniacz pozwoli użyć do jego regulacji sygnału z generatora o 10-krotnie większej amplitudzie.

- Wykaz elementów:**
- Rezystory:** (wszystkie 0,25 W/5%):
R1: 220 kΩ
R11: 330 Ω
R13: 51 Ω
R15: 22 Ω
R16...R18: 100 kΩ
R2: 560 kΩ
R20, R19: 1 MΩ
R21: 6,8 MΩ
R23: 4,7 kΩ
R24: 91 kΩ
R25: 10 kΩ
R27, R30, R31: 2,2 kΩ
R28, R29: 22 kΩ
R3, R14, R22, R26: 1 kΩ
R32: 560 Ω
R4, R9: 33 kΩ
R5, R10: 18 kΩ
R6: 510 Ω
R7, R12: 68 Ω
R8: 56 Ω
RV1: 100 Ω (pot. liniowy, montażowy, RM-065)
RV2: 10 kΩ (pot. liniowy, montażowy, RM-065)
- Kondensatory:**
C1, C9, C12, C14, C16: 10 nF
C17: 100 nF
C18: 10 μF/10 V
C8, C19, C23, C24: 100 μF/10 V
C2, C10, C11, C13, C15: 100 pF
C20: 1 μF
C21, C22: 1 nF
C7, C25: 470 nF
C3, C4, C26: 680 nF
C5, C6: 220 pF
- Półprzewodniki:**
D1, D6: diody LED 3 mm
D2: dioda Zenera na 3,3 V
D3, D11, D12: BAT85
D4, D5, D7...D10: 1N4148
Q1...Q3: 2N3904
Q4, Q5, Q7: BC547B
Q6: BC557B
U1: MCP6002 (DIP-8)
- Inne:**
L1: 1 mH (osiowy)
JP1...JP11, P2, P3: łączy „goldpin” męskie 2 piny
P1: złącze śrubowe ARK-2 (raster 5 mm)
Obudowa, kable przyłączeniowe, przelączniki itp. – wg opisu w tekście

W kolejnym kroku należy wyregulować działanie bloku detektora logarytmicznego. Tu również będzie przydatny regulowany sinusoidalny generator. Należy wyregulować skalę przetwarzania detektora na pożądaną wartość. Wartością dogodną w praktycznych pomiarach (przy przyjętych parametrach sondy) wydaje się 1 V/dekadę zmian poziomu sygnału wejściowego sinusoidalnego (20 dB). Jest to wartość łatwa do zapamiętania i do wykorzystania w pracy chyba niemal z każdym oscyloskopem (ustawienie wzmocnienia osi „Y” w oscyloskopie na 0,5 V/działkę daje 100 dB zakresu obserwacji na 10 działkach ekranu). Regulacja potencjometrem RV2 daje tylko jeden stopień swobody, to znaczy, że nie można równocześnie niezależnie wyregulować zarówno skali przetwarzania logarytmicznego, jak i dokładnego mapowania w wybranym punkcie (np. takiego, że 1 Vp-p wejściowego



Rysunek 2. Schemat montażowy sondy logarytmicznej

napięcia sinusoidalnego da 1 V napięcia stałego na wyjściu sondy). Znacznie istotniejsze jest jednak wygodne skalowanie przetwarzania (np. 1 V/dekadę). Regulację wykonujemy iteracyjnie w następujący sposób:

Na wybranym zakresie pomiarowym sondy (najlepiej z załączonym torem 0 dB, czyli 1:1) podajemy na przemienn dwa napięcia sinusoidalne z generatora, różniące się poziomem dokładnie 10-krotnie, czyli o 20 dB.

Mierzmy za każdym razem napięcie na wyjściu sondy oraz wyliczamy różnicę zmierzonego napięcia.

Potencjometrem RV2 regulujemy tak, by ostatecznie różnica mierzonego napięcia była dokładnie równa przyjętej wartości skali przetwarzania (np. 1,00 V napięcia stałego).

Po przeprowadzeniu takiej regulacji warto zapisać napięcia referencyjne: podane na wejście oraz uzyskane na wejściu sondy – w celu późniejszego wykorzystania ich w pomiarach.

W wypadku konstrukcji modelowej sondy, kalibrowanej przy $F=1$ MHz, z łatwością w kilku krokach regulacji uzyskano następujące mapowanie sinusoidalnego napięcia wejściowego na stałe napięcie wyjściowe: 0,5 Vp-p → 0,7 Vdc, 1,0 Vp-p → 1,0 Vdc, 2,0 Vp-p → 1,3 Vdc, 4,0 Vp-p → 1,6 Vdc, 10 Vp-p → 2,0 Vdc itd.

Uruchomioną i wyregulowaną sondę warto zamontować w poręcznej obudowie – najlepiej ekranowanej. W rozwiązaniu modelowym, prezentowanym w tej publikacji, postawiono na kompromis pomiędzy wygodą testów i regulacji a późniejszą łatwością użytkowania sondy. Dlatego zastosowano w nim nieco obszerną, ale wygodną w montażu i przeróbkach obudowę KRADEX Z32B dostępną między innymi w sklepie AVT.

Płytkę drukowaną skrócono o część przeznaczoną do montażu koszyczka na ogniwa AAA, który znalazł swoje miejsce w komorze sondy. Usunięto też zbędne wsporniki plastikowe oraz wypunktowano i wykonano otwory pod śruby mocujące. Obudowę wyklejono od środka (dodatкова opcja) folią metalową samoprzylepną, która ma kontakt z masą przyrządu przez jedną ze śrub mocujących. Przy zastosowaniu ekranu z folii samoprzylepnej należy zapewnić dystans między PCB a ścianką obudowy (zabezpieczenie przed zwarcieniem),

np. poprzez nakręcenie na śruby poniżej PCB po dwie nakrętki. Następnie za pomocą wydruku rozmieszczenia elementów na PCB, wykonanego w skali 1:1, ustalono miejsca wiercenia otworów nad wszystkimi elementami manipulacyjnymi (potencjometry regulacyjne, diody LED, zwory i łączówki, śruby zaciskające złącza ARK2). W jednym z otworów obudowy umieszczono łącznik zasilania, a przez kolejny został przepuszczony kabel mikrofonowy ekranowany, przenoszący sygnał pomiarowy, zakończony wtykiem BNC do oscyloskopu (zastosowanie w tym przyrządzie kabla koncentrycznego o impedancji 50 Ω nie było konieczne, ale nie spowodowałoby problemów). W przypadku realizacji okrojonej wersji urządzenia wykonanie wszystkich możliwych wymienionych otworów może nie być potrzebne. Po zamknięciu i zakręceniu śrub obudowy poprawnie skonfigurowana jumperami sonda jest gotowa do podłączenia do portu P1 końcówek pomiarowych i do rozpoczęcia korzystania z przyrządu.

Uruchomienie

Opisane urządzenie zostało przewidziane przede wszystkim do współpracy z generatorem-wobulatorem AVT5580 oraz praktycznie dowolnym oscyloskopem, wyposażonym w tryb pracy X-Y lub przynajmniej w funkcję zewnętrznego wyzwalania. Obsługa sondy nie należy do skomplikowanych, a jej poprawna konfiguracja została szczegółowo wyjaśniono we wcześniejszych częściach tego artykułu. Po wyregulowaniu wzmacniacza w.cz. oraz przetwornika logarytmującego sonda jest gotowa do wykonywania pomiarów. Źródło sygnału sterującego (w tym przypadku generator-wobulator AVT5580) podłączamy kablem (najlepiej koncentrycznym) do badanego czwórnika, do którego wyjścia z kolei dołączamy sondę pomiarową. Wyjście sondy dołączamy do wejścia Y oscyloskopu, skonfigurowanego do pracy w trybie X-Y. Z wobulatora należy też doprowadzić połączenie piłkkształtnego sygnału odchylenia poziomego (wyjście „SYNCHRO”) do wejścia X oscyloskopu. Połączenia mas poszczególnych urządzeń, realizowane za pomocą kabli połączeniowych (najlepiej wyłącznie ekranowanych), powinny być jak najkrótsze i jak najsolidniejsze z uwagi na potencjalne zakłócenia (tzw.

pętle mas). Konfigurację posiadanego oscyloskopu do pracy w trybie X-Y należy wykonać zgodnie z jego instrukcją obsługi. Po załączeniu w wobulatorze sygnałów: odchylenia X oraz sterującego (przemiatająca sinusoida) na ekranie oscyloskopu powinien pojawić się przebieg odwzorowujący charakterystykę badanego czwórnika w zadanym zakresie częstotliwości. Konieczne będzie zapewne wyregulowanie poziomu sygnału sterującego z wobuloscopu a także poziomów wzmacnień i przesunięć (offsetów) w obu kanałach: X i Y oscyloskopu (dla obu sygnałów odbieranych: odchylenia poziomego oraz logarytmicznej charakterystyki badanego czwórnika).

Podsumowanie

W artykule opisano projekt prostej i niedrożej, ale w pełni funkcjonalnej sondy logarytmicznej, przeznaczonej do pomiarów wobuloskopowych w zakresie: od początku pasma akustycznego aż po krańce pasma wysokich częstotliwości radiowych (fale krótkie) – w dwóch przełączalnych podzakresach. Sonda ta umożliwi wykonanie przydatnych pomiarów charakterystyk częstotliwościowych, przy czym może zostać zaimplementowana zarówno jako przydatny przyrząd podręczny (przenośny), jak i jako urządzenie stacjonarne lub wbudowane w inny, większy system. Umożliwia to modułowość jej konstrukcji – z blokami funkcjonalnymi, z których można zrezygnować w zależności od różnych potrzeb aplikacyjnych. W przedstawionym materiale podano też reprezentatywne, czytelne przykłady zastosowania omówionej sondy, a w szczególności, w pomiarach warsztatowych z użyciem generatora-wobulatora AVT5580 i standardowego oscyloskopu z trybem pracy X-Y. W ocenie autora tego projektu, dla nieco mniej wymagających zastosowań może to być propozycja bardzo konkurencyjna cenowo względem projektów opartych na polecanych do podobnych celów układzie AD8307, który w oryginalnej wersji, w chwili publikacji tego materiału, kosztował w detalu kilkadziesiąt złotych (na rynku wtórnym pojawiło się ostatnio wiele układow o takim samym oznaczeniu, ale o nieznanym pochodzeniu i niezrozumiale niskiej cenie).

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