



Najważniejsze parametry:

- konstrukcja oparta na scalonym układzie AD8307,
- wbudowana przetwornica DC/DC o topologii podwajacza pojemnościowego,
- blok wejściowy z przełączanymi tłumikami 0/-20/-40 dB,
- impedancja wejściowa: 1 kΩ/10 kΩ/100 kΩ,
- impedancja wyjściowa: 50 Ω (złącze BNC),
- wzmocnienie regulowane potencjometrem (około 24,9 mV/dB ±9%),
- punkt przecięcia charakterystyki regulowany potencjometrem (±3dB),
- zasilanie: dwa ogniwa typu AAA.

* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować 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:

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

- AVT3257 Izolowana galwanicznie sonda oscyloskopowa 2,5 kV (EdW 10/2019)
- AVT3241 Różnicowa sonda oscyloskopowa 20 MHz (EdW 5/2019)
- AVT1962 Ekonomiczna sonda logarytmiczna (EP 8/2017)
- AVT5378 Różnicowa sonda pomiarowa z izolacją galwaniczną (EP 1/2013)

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB),
 - wersja [A] – płytką drukowaną bez elementów i dokumentacji.
- Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają 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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

W ofercie AVT*

AVT5991



Sonda logarytmiczna z układem AD8307 (1)

Szerokopasmowe sondy pomiarowe należą do przyrządów, których nie powinno zabraknąć w pracowni wszechstronnego elektronika-konstruktor, szczególnie jeśli jest on radioelektronikiem. Sondy logarytmiczne przydają się zwłaszcza do mierzenia napięć, a pośrednio – także prądów i mocy w obwodach prądów zmiennych. Do niezaprzeczalnych zalet tych przyrządów należy możliwość wykonywania dość precyzyjnych pomiarów sygnałów o bardzo dużej dynamice, w szerokim zakresie częstotliwości, przy czym – gdy w pomiarach zastosuje się generator-wobulator i oscyloskop – można prześledzić także charakterystyki częstotliwościowe badanego podzespołu czy urządzenia.

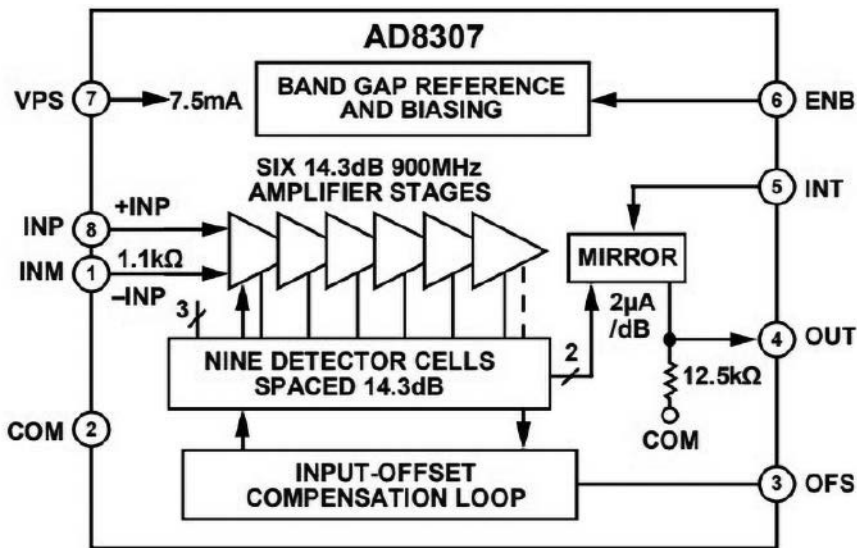
Prezentowany tutaj projekt sondy logarytmicznej jest rozwiniętą i znacznie ulepszoną wersją projektu prostej (ekonomicznej) poprzedniczki, zaprezentowanej w „Elektronice Praktycznej” 8/2017 (kit AVT1962), w której niemal całe przetwarzanie w torze sygnałowym zostało oparte o tanie elementy dyskretnie. Nowa odsłona sondy bazuje na specjalistycznym układzie scalonym AD8307 produkcji firmy Analog Devices i jest przystosowana do współpracy z generatorem-wobulatorem: AVT5580 (EP 2...4/2017) oraz jego nowszą wersją AVT5980 (EP 4...6/2023).

Zastosowanie i właściwości przyrządu

Jak wspomniano we wstępie do artykułu, opisana tutaj sonda logarytmiczna jest przyrządem przeznaczonym do bezpośredniego pomiaru napięć oraz pośredniego pomiaru prądów i mocy w obwodach prądów zmiennych w szerokim zakresie częstotliwości i o znacznej dynamice. W szczególności, przy włączeniu do pomiarów dodatkowo generatora-wobulatora i oscyloskopu z funkcjonalnością pracy w trybie XY, można również analizować charakterystyki częstotliwościowe badanych

czwórników. Motywacją do realizacji nowego projektu była chęć uzyskania parametrów użytkowych istotnie lepszych, niż w przypadku stosunkowo nieskomplikowanej sondy logarytmicznej AVT1962. Efekt ten osiągnięto przede wszystkim dzięki zastosowaniu specjalizowanego układu AD8307, zapewniającego znacznie szerszy zakres dynamiki i pasma częstotliwości dla mierzonych sygnałów, przy całkiem niezłej dokładności przetwarzania logarytmicznego.

Obok głównego pomiarowego bloku przyrządu, opartego o układ AD8307 wraz z dwoma potencjometrami przeznaczonymi do regulacji charakterystyki przetwarzania, w urządzeniu można wyróżnić: blok zasilania (z multiwibratorem astabilnym oraz z przetwornicą pojemnościową w układzie podwajającym napięcie), blok precyzyjnego stabilizatora regulowanego, blok wejściowy z dwoma opcjonalnymi tłumikami (wybieranymi zworkami) oraz blok wzmacniaczy wyjściowych. Zanim jednak przejdziemy do szczegółowego omówienia wymienionych fragmentów układu, warto zapoznać się bliżej z właściwościami układu AD8307.



Rysunek 1. Schemat blokowy układu AD8307

Właściwości i aplikacje układu AD8307

W tym rozdziale skorzystano przede wszystkim z informacji zawartych w karcie katalogowej układu AD8307. Blokowy schemat funkcjonalny układu pokazano na **rysunku 1**, natomiast opis i przeznaczenie jego poszczególnych wyprowadzeń zebrano w **tabeli 1**. Producent zdefiniował tę kostkę jako niskokosztowy, kompletny, wielostopniowy wzmacniacz logarytmiczny o zakresie dynamiki przetwarzania równym 92 dB, tj. od -75 dBm do $+17$ dBm – z możliwością obniżenia progu czułości aż do -90 dBm przy zastosowaniu odpowiedniego układu dopasowującego (przedwzmacniacza wstępnego). Układ AD8307 zawiera w pełni różnicową ścieżkę sygnału ze sprzężeniem prądu stałego. Dzięki temu, ze względu na symetryczny charakter odpowiedzi układu, piny INM (nr 1) oraz INP (nr 8) mogą być używane zamiennie: jako gorący – albo podłączony do masy (dla składowej zmiennej). Rezystancja wejściowa R_{in} , mierzona pomiędzy pinami INM oraz INP dla składowej stałej, wynosi $R_{in}=1,1$ k Ω . Typowe aplikacje

układu AD8307, jako konwertera poziomu sygnału na postać decybelową, to m. in.: pomiar mocy emitowanej do anteny przez nadajnik radiokomunikacyjny, wskaźnik siły sygnału odbieranego przez odbiornik (RSSI), niedrogi przetwornik sygnałów radarowych i sonarowych, a także przetwornik logarytmiczny w wektorowych analizatorach obwodów zmienoprądowych (VNA) i w analizatorach widma (o zakresie pomiaru do 120 dB). Warto podkreślić także możliwość zastosowania układu AD8307 do określania poziomu sygnałów zmiennych o częstotliwościach poniżej 20 Hz, co predestynuje tę kostkę do aplikacji w multimetrach z pomiarem napięć i prądów zmiennych w trybie „True RMS”.

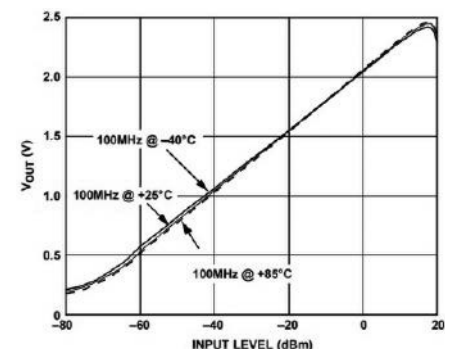
Układ scalony AD8307 jest jednym z pierwszych monolitycznych wzmacniaczy logarytmicznych dostępnych na rynku. Przetwarzanie logarytmiczne jest w nim oparte o technikę wieloetapowej, progresywnej kompresji z sukcesywnym wykrywaniem poziomu sygnału, zapewniającym podstawowy zakres dynamiczny aż do 92 dB (przy błędzie

przetwarzania nieprzekraczającym ± 3 dB) lub do 88 dB (przy błędzie przetwarzania nieprzekraczającym – zaledwie – ± 1 dB), przy częstotliwościach mierzonych sygnałów sięgających do 100 MHz. Ten fakt – w zestawieniu z niewygórowaną ceną w sprzedaży detalicznej – sprawia, że układ doskonale wpasowuje się we wszelkie zastosowania radioamatorskie, szczególnie krótkofalarskie. Układ AD8307 uchodzi za bardzo stabilny i łatwy w implementacji – w podstawowym zastosowaniu wymaga tylko kilku biernych elementów zewnętrznych, bez jakichkolwiek podzespołów regulacyjnych. Jest dostępny zarówno w obudowie DIP-8, przeznaczonej do ręcznego montażu THT, jak i w obudowie SOIC-8, przeznaczonej do montażu powierzchniowego SMT.

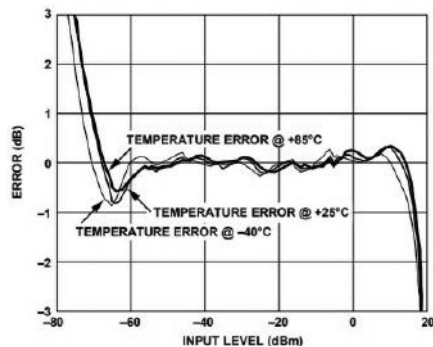
Układ scalony AD8307 jest zasilany pojedynczym napięciem w zakresie od 2,7 V do 5,5 V (7,5 V max.), przy typowym natężeniu prądu zasilania równym 7,5 mA, a dopuszczalny zakres temperatur jego pracy mieści się w przedziale od -40 do $+85^{\circ}\text{C}$. Deklarowany czas włączenia zasilania układu po przejściu pinu ENB (nr 6) ze stanu niskiego do wysokiego wynosi 100 ns, natomiast prąd uśpienia jest rzędu 150 μA . Zgodnie z deklaracjami producenta, omawiany przetwornik logarytmiczny umożliwia pracę w pasmie od 0 Hz (sygnały stałoprądowe) aż do 500 MHz z zachowaniem liniowości przetwarzania nie gorszej niż ± 1 dB, co w większości popularnych (a zwłaszcza amatorskich) zastosowań pomiarowych wydaje się być wysoko satysfakcjonującą wartością. Nominalne wartości (tzn. bez zewnętrznej regulacji dołączonymi potencjometrami) parametrów charakterystyki przetwarzania: nachylenia oraz lokalizacji teoretycznego punktu przecięcia z osią OX (tzn. nie osiąganego w praktyce, gdyż Uwy przetwornika nigdy nie wynosi dokładnie 0 V), wynoszą odpowiednio: 25 mV/dB oraz -84 dBm. Producent podkreśla znaczną odporność na zmiany temperatury otoczenia, a także wysoką stabilność temperaturową charakterystyk

Tabela 1. Opisy funkcji pinów układu AD8307

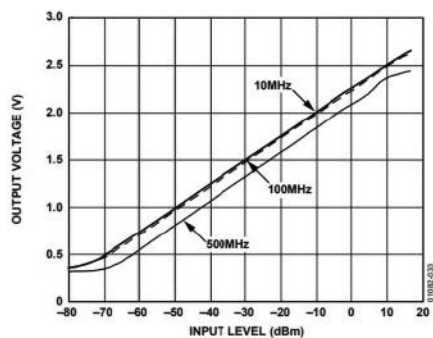
Nr pinu	Oznaczenie	Przeznaczenie pinu
1	INM	Wejście sygnału o polaryzacji ujemnej (wewnętrznie spolaryzowane do $U_{vps}/2$)
2	COM	Masa układu
3	OFS	Regulacja przesunięcia charakterystyki przenoszenia (rekomendowane podłączenie zewnętrznego kondensatora)
4	OUT	Wyjście napięcia reprezentującego zlogarytmowany sygnał wejściowy (RSSI). $R_{out}=12,5$ k Ω
5	INT	Regulacja lokalizacji teoretycznego punktu przecięcia charakterystyki przetwarzania z osią OX (zakres max.: ± 3 dB)
6	ENB	Załączanie (aktywacja) układu poziomem wysokim (kompatybilna z poziomami CMOS, tzn. 0 V/ U_{vps})
7	VPS	Zasilanie dodatnie w zakresie $U_{vps}=2,7...5,5$ V
8	INP	Wejście sygnału o polaryzacji dodatniej (wewnętrznie spolaryzowane do $U_{vps}/2$)

Rysunek 2. Wykres V_{out} w funkcji poziomu wejściowego w temperaturach -40°C , $+25^{\circ}\text{C}$ oraz $+85^{\circ}\text{C}$

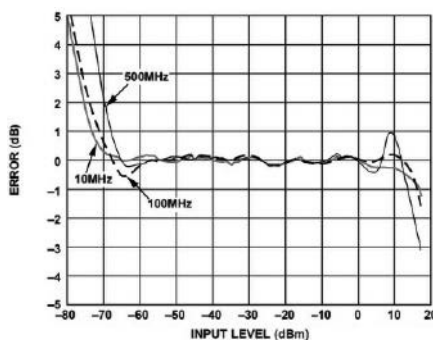
przetwarzania: V_{out} w funkcji poziomu wejściowego (rysunek 2) oraz logarytmicznej dokładności przetwarzania w funkcji poziomu wejściowego [dBm] (rysunek 3) – w temperaturach -40 , $+25$ oraz $+85^\circ\text{C}$.



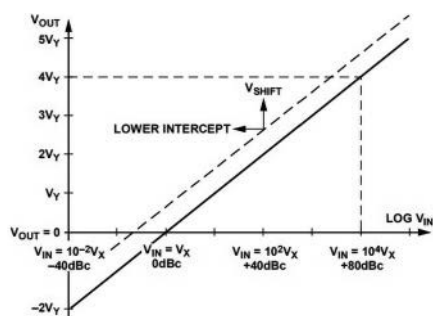
Rysunek 3. Wykres logarytmicznej dokładności przetwarzania w funkcji poziomu wejściowego [dBm] w temperaturach -40°C , $+25^\circ\text{C}$ oraz $+85^\circ\text{C}$



Rysunek 4. Wykres V_{out} w funkcji poziomu wejściowego dla częstotliwości 10, 100 oraz 500 MHz



Rysunek 5. Wykres logarytmicznej dokładności przetwarzania w funkcji poziomu wejściowego [dBm] dla częstotliwości 10, 100 oraz 500 MHz



Rysunek 6. Funkcja przenoszenia idealnego wzmacniacza logarytmicznego

Podobnie jest w przypadku wrażliwości charakterystyk przetwarzania na częstotliwość mierzonego sygnału: V_{out} w funkcji poziomu wejściowego (rysunek 4) oraz logarytmicznej dokładności przetwarzania w funkcji poziomu wejściowego [dBm] (rysunek 5) przy częstotliwości 10, 100 oraz 500 MHz. Jest ona znikoma praktycznie aż do około 100 MHz (producent deklaruje użyteczność aplikacyjną układu aż do częstotliwości rzędu 500 MHz, jednak należy mieć pełną świadomość faktu, że jej uzyskanie będzie możliwe jedynie przy bardzo przemyślanej realizacji projektu PCB i to najlepiej wyłącznie w technologii SMD). Wymienione właściwości, szczególnie w przypadku niedrogiego, popularnego układu scalonego, obecnego na rynku już od około 20 lat, należy uznać za istotne zalety tego produktu.

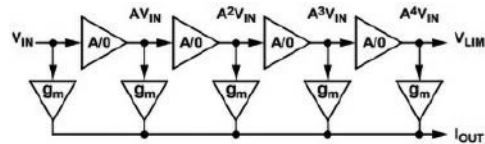
Wróćmy na chwilę do rysunku 1, czyli blokowego schematu funkcjonalnego układu AD8307. Jego „sercem” jest sześć stopni wzmacniaczy-ograniczników oraz powiązanych z nimi detektorów poziomów i sumator wyjściowego sygnału prądowego. Każdy z wymienionych wzmacniaczy ma wzmocnienie 14,3 dB i pasmo przenoszenia 900 MHz, natomiast całkowite wzmocnienie tego bloku wynosi około 86 dB przy szerokości pasma -3 dB równym 500 MHz. Różnicowe wyjścia prądowe detektorów są sumowane, a następnie przekształcane na wyjście (także prądowe), nominalnie wyskalowane na $2 \mu\text{A}/\text{dB}$. Logarytmiczne napięcie wyjściowe jest uzyskiwane na drodze przeniesienia prądu z wyjścia sumatora, poprzez wbudowane lustro prądowe, do wewnętrznego rezystora $12,5 \text{ k}\Omega$, co daje logarytmiczne nachylenie charakterystyki przenoszenia równe około $25 \text{ mV}/\text{dB}$, czyli 500 mV na dekadę. Napięcie to jest wyprowadzone na pinie OUT (nr 4) układu AD8307 – warto dodać, że nie jest ono buforowane, co pozwala na zastosowanie różnych interfejsów wyjściowych, w tym rezystancji korygującej nachylenie charakterystyki przenoszenia, a także filtra podmodulacyjnego i/lub wzmacniacza wyjściowego. Ostatni stopień detektora pełni także funkcję korekcji temperaturowej charakterystyki przetwarzania logarytmicznego.

Cały blok przetwarzania logarytmicznego powinien realizować idealną funkcję przenoszenia, określaną jako:

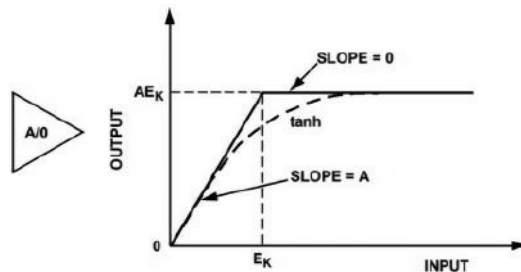
$$V_{OUT} = V_Y \times \log(V_{IN}/V_X), \quad (1)$$

gdzie:

- V_{OUT} – napięcie wyjściowe [V],
- V_Y – napięciowy współczynnik nachylenia [V],
- V_{IN} – napięcie wejściowe [V],
- V_X – napięcie dla punktu przecięcia [V].



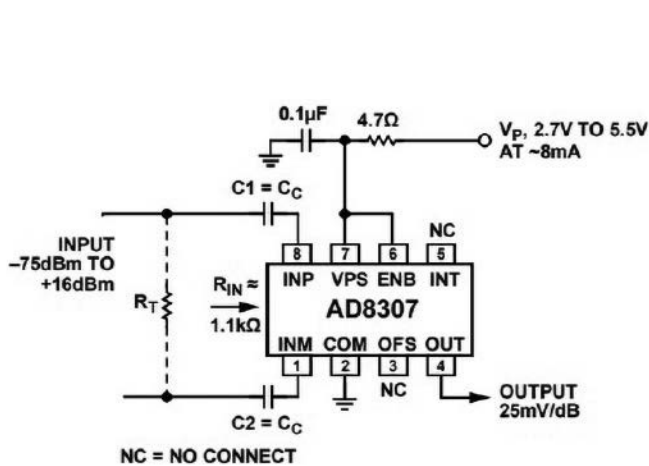
Rysunek 7. Wzmacniacz logarytmiczny korzystający ze stopni A/0 i pomocniczych komórek sumujących



Rysunek 8. Charakterystyki przejściowe wzmacniacza A/0 (idealna oraz $\tanh(x)$)

Na rysunku 6 pokazano wykres takiej właśnie funkcji przenoszenia w skali półlogarytmicznej. Na tym samym wykresie uwidoczniło także, w jaki sposób w aplikacjach układu AD8307 możliwa jest regulacja tzw. punktu przecięcia. W praktyce realizowana jest ona za pomocą pinu INT (nr 5), poprzez który jest dodawany lub odejmowany niewielki prąd do lustra prądowego odpowiedzialnego za wytwarzanie napięciowego sygnału wyjściowego. Na rysunku 7 przybliżone zostały szczegóły realizacji bloku przetwornika logarytmicznego, złożonego z połączonych szeregowo wzmacniaczy-ograniczników oraz włączonych przed, pomiędzy (jako odczepy) oraz za nimi wzmacniaczy transkonduktancyjnych, których prądy wyjściowe są sumowane. Każdy ze wzmacniaczy-ograniczników ma charakterystykę przejściową określaną skrótowo jako „A/0” (rysunek 8), z uwagi na teoretycznie odcinkowo-liniowy charakter przetwarzania. Jednak w rzeczywistości poszczególne wzmacniacze-ograniczniki realizowane są za pomocą tranzystorowych par różnicowych, co sprawia, że ich charakterystyki przejściowe są bliższe przebiegowi funkcji $\tanh(x)$, który – m. in. ze względu na swą gładkość – znacznie lepiej nadaje się do aproksymacji funkcji logarytmicznej w porównaniu do prostej realizacji odcinkowo-liniowej.

Na rysunku 9 pokazano podstawową aplikację układu AD8307. Mierzony sygnał jest podawany symetrycznie na wejścia INP oraz INM poprzez jednakowe pojemności sprzęgające C1 i C2. Oprócz tych pojemności, jedynymi elementami towarzyszącymi są tutaj: prosty dolnoprzepustowy filtr zasilania RC ($4,7 \text{ }\Omega/100 \text{ nF}$) oraz równoległa do wejścia ustroj pomiarowego rezystancja R_t , której zadaniem jest dopasowanie impedancji wejściowej układu do przyjętych założeń pomiarowych.



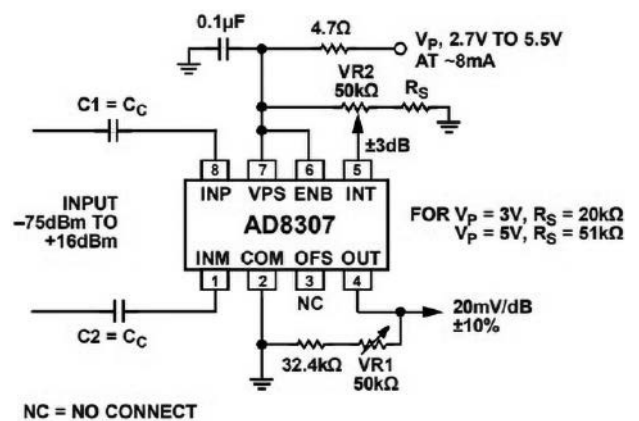
Rysunek 9. Podstawowa aplikacja układu AD8307

W tej prostej implementacji ustrój pomiarowy jest załączony na stałe (pin ENB podpięty do wyprowadzenia zasilania VPS), natomiast wyprowadzenia pozwalające na korektę offsetu (OFS) i punktu przecięcia charakterystyki przenoszenia (INT) nie zostają użyte – nachylenie wspomnianej charakterystyki przyjmuje nominalną wartość 25 mV/dB, zatem żaden z tych trzech parametrów nie może być w tej aplikacji modyfikowany wprost.

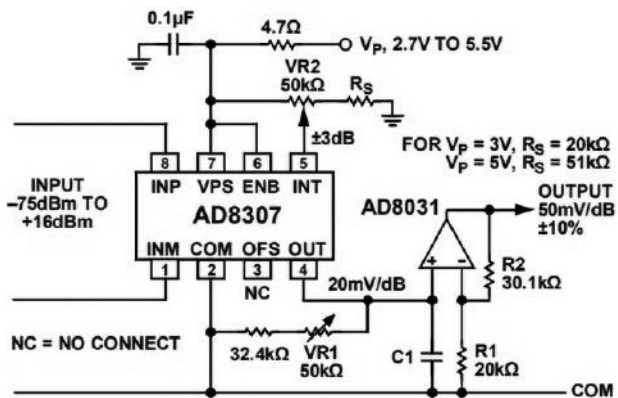
Z kolei na **rysunku 10** zaprezentowano realizację układu pomiarowego na bazie AD8307, w której możliwa jest regulacja nachylenia oraz punktu przecięcia logarymicznej funkcji przenoszenia, przy czym pierwszy z tych parametrów może przyjmować wartości 20 mV/dB $\pm 10\%$, a drugi ± 3 dB względem wartości nominalnej. Uzyskanie tych dodatkowych stopni swobody w regulacji parametrów układu pomiarowego wymagało jedynie dodania dwóch potencjometrów (VR1 i VR2) oraz dwóch rezystorów włączonych z nimi w szereg do masy układu.

Rysunek 11 pokazuje aplikację układu scalonego AD8307 z **rysunku 10** (czyli z możliwościami regulacyjnymi), jednak rozbudowaną o prosty filtr dolnoprzepustowy z pojemnością C1 oraz o wzmacniacz wyjściowy z układem AD8031, który zapewnia wzmocnienie (także dla przebiegów wolno-zmiennych i napięć stałych) bardzo zbliżone do 2,5 \times . Dzięki temu nachylenie logarymicznej funkcji przenoszenia układu pomiarowego zostało zwiększone do 50 mV/dB $\pm 10\%$. Takie rozwiązanie może być użyteczne np. w przypadkach, gdy zmiany poziomu sygnału mierzony są względnie małe, a rozdzielczość i/lub dokładność końcowego ustroju pomiarowego (np. przetwornika analogowo-cyfrowego ADC) okazuje się niewystarczająca do ich poprawnej interpretacji.

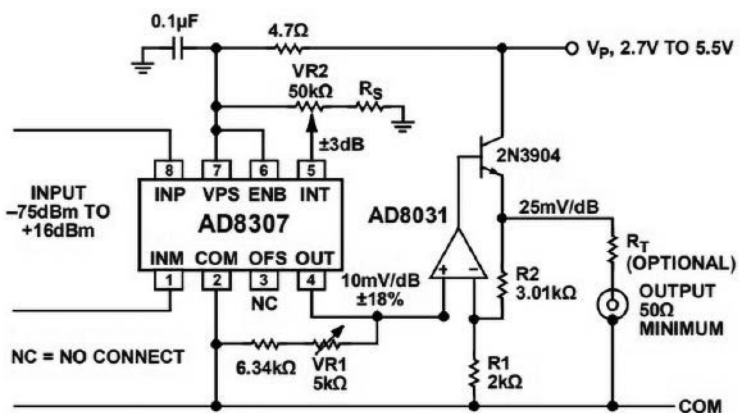
Na **rysunku 12** widzimy kolejne rozwiązanie układowe z zastosowaniem AD8307. Konceptyjnie jest ono bardzo zbliżone do implementacji z **rysunku 11**.



Rysunek 10. Aplikacja układu AD8307 z regulacją nachylenia i przecięcia logarymicznej funkcji przenoszenia



Rysunek 11. Aplikacja układu AD8307 z dodatkowym wzmacniaczem-buforem wyjściowym



Rysunek 12. Aplikacja układu AD8307 z dodatkowym wzmacniaczem do obsługi wyjścia koncentrycznego 50 Ω

Jednak wyjście wzmacniacza końcowego (także ze wzmacniaczem operacyjnym AD8031) wysterowuje wtórnik emiterowy (z tranzystorem 2N3904), którego zadaniem jest zwiększyć wydajność prądową wyjścia całego ustroju pomiarowego i – tym samym – umożliwić zastosowanie go do współpracy z innymi, nieco oddalonymi urządzeniami poprzez połączenie kablem koncentrycznym o impedancji 50 Ω. Uzyskane w tym rozwiązaniu nachylenie logarymicznej funkcji przenoszenia wynosi 25 mV/dB i również może być precyzyjnie regulowane w podanym na **rysunku 12** zakresie.

Na koniec tej części materiału warto odesłać wnikliwego Czytelnika do pełnej noty katalogowej układu scalonego AD8307. Podano

w niej znacznie więcej – zarówno – szczegółów technicznych, dotyczących tego ciekawego podzespołu, jak i możliwych rozwiązań układowych, dotyczących jego implementacji. Jakkolwiek, z uwagi na ograniczony rozmiar tej publikacji, przedstawione zostały w niej wyłącznie aspekty techniczne oraz rozwiązania układowe, które należy uznać za najbardziej przydatne w kontekście przedmiotowego projektu sondy logarymicznej.

Uzbrojeni w niezbędną wiedzę na temat układu AD8307 możemy przystąpić do opisu samego urządzenia – już za miesiąc omówimy zasadę działania, budowę układu oraz zagadnienia związane z montażem i uruchomieniem urządzenia.

Adam Sobczyk, EP



Najważniejsze parametry:

- konstrukcja oparta na scalonym układzie AD8307,
- wbudowana przetwornica DC/DC o topologii podwajacza pojemnościowego,
- blok wejściowy z przełączanymi tłumikami 0/-20/-40 dB,
- impedancja wejściowa: 1 kΩ/10 kΩ/100 kΩ,
- impedancja wyjściowa: 50 Ω (złącze BNC),
- wzmocnienie regulowane potencjometrem (około 24,9 mV/dB ±9%),
- punkt przecięcia charakterystyki regulowany potencjometrem (±3dB),
- zasilanie: dwa ogniwa typu AAA.

* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (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:

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

- AVT3257 Izolowana galwanicznie sonda oscyloskopowa 2,5 kV (EdW 10/2019)
- AVT3241 Różnicowa sonda oscyloskopowa 20 MHz (EdW 5/2019)
- AVT1962 Ekonomiczna sonda logarytmiczna (EP 8/2017)
- AVT5378 Różnicowa sonda pomiarowa z izolacją galwaniczną (EP 1/2013)

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB),
 - wersja [A] – płytką drukowaną bez elementów i dokumentacji.
- Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

W ofercie AVT*

AVT5991



Sonda logarytmiczna z układem AD8307 (2)

Pierwsza część artykułu znajduje się pod adresem: <https://ulubionykiosk.pl/media>

W pierwszej części opisu, którą opublikowaliśmy przed miesiącem, zaprezentowaliśmy najważniejsze informacje na temat budowy, zasady działania oraz parametrów układu AD8307 w kontekście zastosowania go do budowy logarytmującego toru pomiarowego. W drugiej części publikacji skupimy się na zagadnieniach związanych z konstrukcją, montażem, uruchomieniem i regulacją logarytmicznej sondy pomiarowej.

Zasada działania i koncepcja realizacji sondy

Schemat elektryczny urządzenia zaprezentowano na rysunku 13. Blok zasilania stanowi pojemnościowa (beziindukcyjna) przetwornica DC/DC, podwajająca napięcie zasilania. Jest to rozwiązanie wygodne w przypadku zasilania sondy z użyciem dwóch stosunkowo niewielkich, bardzo tanich dziś ogniw AAA, zamocowanych w koszyczku wprost do płytki drukowanej. Napięcie wymagane do zasilania układu AD8307 (U2) nie powinno być niższe od 2,7 V ani wyższe od 5,5 V – i właśnie dlatego podwojenie napięcia z dwóch ogniw alkalicznych lub akumulatorów NiMH w całym zakresie ich cyklu pracy wydaje się optymalnym rozwiązaniem. Przetwornica pracuje w układzie

multiwibratora astabilnego (z tranzystorami Q1 i Q2), który steruje podwójną pompą ładunkową z tranzystorami Q3 i Q4, diodami D2..D7 oraz pojemnościami C5..C6, z częstotliwością F równą około 30 kHz, leżącą niewiele powyżej pasma akustycznego. Teoretyczną częstotliwość pracy tak zbudowanej przetwornicy F określa wzór:

$$F=1/T\approx 1/[0,7\cdot(R3\cdot C4+R4\cdot C3)] \quad (2)$$

gdzie T jest czasem trwania pełnego cyklu (okresu) pracy zastosowanego przerzutnika astabilnego. W tym przypadku wynosi ono $1/[0,7\cdot(22\text{ k}\Omega\cdot 1\text{ nF}+22\text{ k}\Omega\cdot 1\text{ nF})]=32,47\text{ kHz}$ i oże być modyfikowana – najlepiej wyłączenie za pomocą wartości pojemności C3=C4, co gwarantuje zachowanie prawidłowych warunków pracy tranzystorów Q1 i Q2 oraz

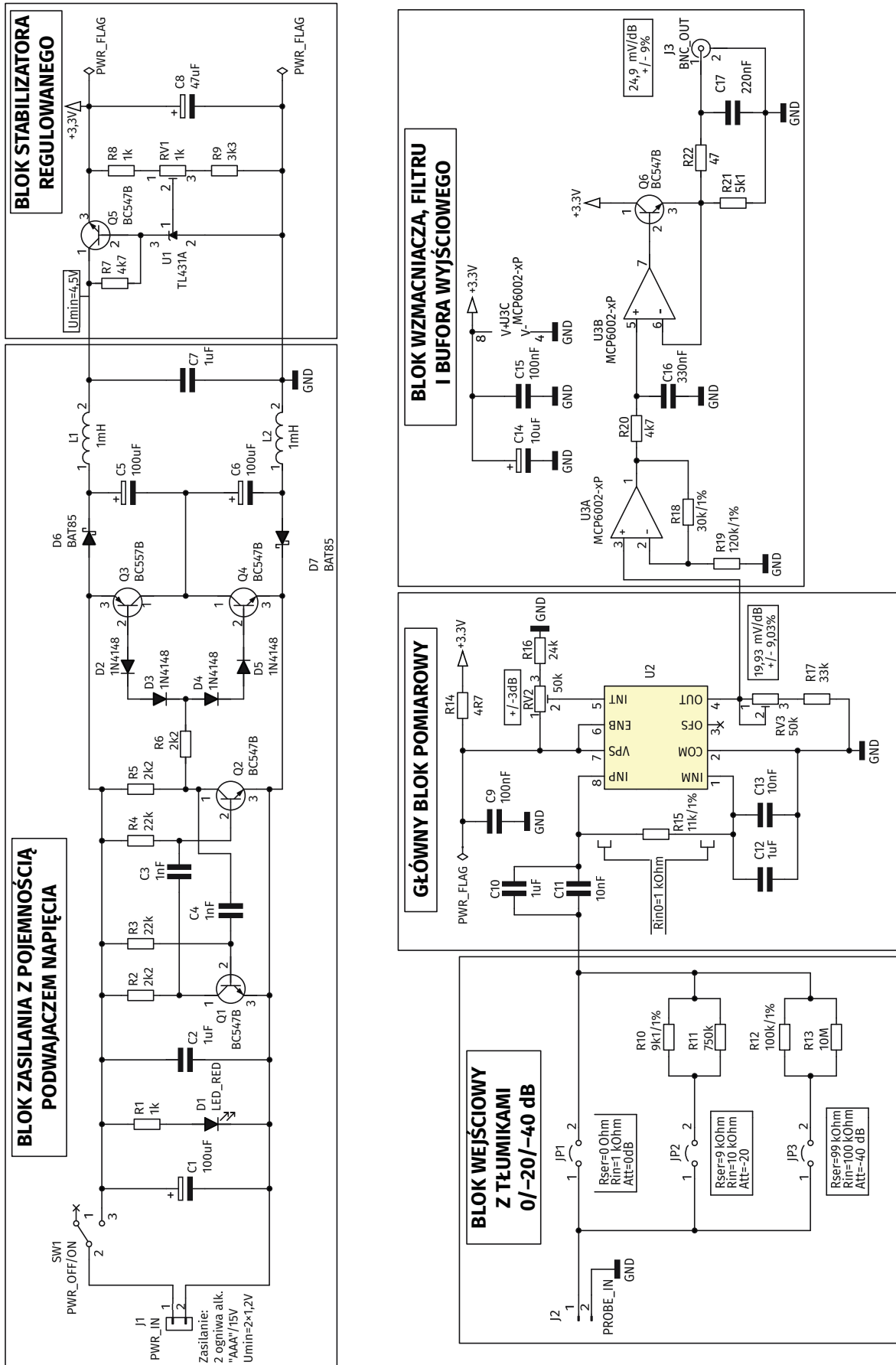
symetrię generowanego przebiegu (współczynnik wypełnienia $D\approx 50\%$). Diody D2..D5 gwarantują z kolei, że tylko jeden z tranzystorów Q3 i Q4 będzie w pełni otwarty, gdy drugi z nich pozostanie zatkany. Jako diody D6 i D7, „pompujące” pojemności C5 i C6, zastosowano diody Schottky’ego o napięciach przewodzenia znacznie niższych od zwykłych diod krzemowych, co pozwoliło zminimalizować straty wprowadzane podczas podwajania napięcia. Wyjście bloku zasilania przyrządu zamyka symetryczny filtr LC z elementami L1, L2 i C7, którego zadaniem jest ostatecznie odseparować ewentualne tętnienia na wyjściu podwójacza napięcia – zarówno od wejścia kolejnego bloku przyrządu, jak i od właściwej (sygnalowej) masy całego urządzenia.

Uzyskane z poprzedniego bloku zasilania, podwojone napięcie ogniw zasilających typu AAA – w przypadku ogniw, które nie są całkowicie wyeksploatowane – nie powinno być niższe od 4,5 V (w wyliczeniach należało wziąć pod uwagę spadki napięcia na diodach Schottky’ego D6 i D7, „pompujących” pojemności C5 i C6, które powinny wynosić łącznie nie więcej niż 0,4...0,6 V).

Takie napięcie powinno wystarczyć do zapewnienia poprawnej pracy bloku stabilizatora regulowanego, który został oparty na popularnym od lat, sprawdzonym układzie U1

(TL431A), potocznie nazywanym regulowaną diodą Zenera. Pełni on funkcję źródła napięcia odniesienia dla szeregowego elementu wykonawczego, czyli tranzystora Q5

(BC547B), którego baza jest sterowana poprzez rezystor R7 (4,7 kΩ). Wewnętrzne napięcie odniesienia układu scalonego TL431A wynosi $V_{ref}=2,5\text{ V}$ i jest w trybie ciągłym



Rysunek 13. Schemat elektryczny sondy

porównywane z napięciem uzyskanym na dzielniku rezystancyjnym z elementami R8-RV1-R9. Proces ten odbywa się w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, której działanie sprawia, że napięcie Vstab na emiterze tranzystora Q5 (i – tym samym – na wyjściu stabilizatora) wynosi dokładnie:

$$V_{stab} = (1 + R_a/R_b) \cdot V_{ref} \quad (3)$$

gdzie R_a i R_b są rezystancjami odpowiednio: górnej i dolnej gałęzi ciągu oporności R8-RV1-R9, a ich partykularne wartości są ustalane przez ustawienie suwaka potencjometru montażowego RV1. W szczególności, dla przyjętych w projekcie wartości wspomnianych wcześniej elementów rezystancyjnych, możliwe do osiągnięcia napięcia wyjściowe stabilizatora regulowanego mieszczą się w zakresie od:

$$V_{stab(min)} = [1 + 1 \text{ k}\Omega / (1 \text{ k}\Omega + 3,3 \text{ k}\Omega)] \cdot 2,5 \text{ V} \approx 3,08 \text{ V}$$

do

$$V_{stab(max)} = [1 + (1 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega) / 3,3 \text{ k}\Omega] \cdot 2,5 \text{ V} \approx 4,02 \text{ V}$$

W projekcie przyjęto wartość Vstab=3,3 V jako właściwe napięcie zasilania układów scalonych U2 (AD8307) i U3 (MCP6002) – i zarazem osiągalne w całym użytecznym zakresie napięć oferowanych przez parę sprawnych ogniw alkalicznych lub akumulatorów NiMH typu AAA. Warto w tym miejscu wspomnieć, że minimalne napięcie zasilające blok stabilizatora regulowanego powinno być większe od Vstab co najmniej o napięcie U_{be} pomiędzy bazą a emiterem tranzystora Q5 (ok. 0,7 V max.), powiększone o spadek napięcia na rezystorze R7, polaryzującym bazę Q5. Przy poborze prądu przez część pomiarową przyrządu na poziomie 10 mA i wzmocnieniu stałoprądowym tranzystora Q5 nie mniejszym niż 200 razy otrzymujemy wartość 3,3 V + 0,7 V + 10 mA / 200 = 4,7 kΩ = 4,235 V

Przy stratach szeregowych przetwornicy podwajającej napięcie na diodach D6 i D7 rzędu nawet 0,6 V oznacza to wymóg dotyczący napięcia pojedynczego ogniwa zasilającego „AAA” na poziomie

$$(4,235 \text{ V} + 0,6 \text{ V}) / 2 \approx 2,42 \text{ V}$$

co należy uznać za niewygodną wartość, maksymalizującą czas wykorzystania zastosowanych źródeł energii zasilania.

Sercem omawianej sondy logarytmicznej, tworzącym główny blok pomiarowy jest oczywiście układ scalony U2 (AD8307), wraz z garścią elementów towarzyszących. Należą do nich: prosty, dolnoprzepustowy filtr RC zasilania U2 (R14-C9), kondensatory separujące wejścia różnicowe U2 dla składowej (i zarazem sprzęgającej je z blokiem wejścia pomiarowego oraz z masą układu), rezystor R15 (sprowadzający podstawową rezystancję wejściową bloku pomiarowego do wartości 1 kΩ), potencjometr RV2 z rezystorem R16 (pozwalający na regulację punktu przecięcia logarytmicznej funkcji przenoszenia układu pomiarowego w zakresie około ±3 dB) oraz potencjometr RV3 z rezystorem R17. Ostatnie dwa wymienione elementy bierne służą do regulacji nachylenia logarytmicznej funkcji przenoszenia układu pomiarowego na wyjściu OUT układu U2. W przypadku przyjętych w projekcie wartości elementów oraz mając na uwadze fakt, że nachylenie charakterystyki wewnętrznego wyjściowego źródła prądowego wynosi 2 μA/dB, a wbudowana rezystancja – włączona między wyjście tego źródła a masę układu U2 (wyprowadzenie COM) – ma wartość 12,5 kΩ, uzyskujemy teoretyczną możliwość regulacji nachylenia logarytmicznej funkcji przenoszenia układu pomiarowego w zakresie od

$$K_{u0(min)} = 2 \mu\text{A/dB} \cdot [12,5 \text{ k}\Omega / |33 \text{ k}\Omega|] \approx 18,13 \text{ mV/dB}$$

do

$$K_{u0(max)} = 2 \mu\text{A/dB} \cdot [12,5 \text{ k}\Omega / |(33 \text{ k}\Omega + 50 \text{ k}\Omega)|] \approx 21,73 \text{ mV/dB}$$

czyli w przybliżeniu 19,93 mV/dB ± 9,03%. W praktyce istotne jest to, że możemy „operować” w bardzo blisko wartości K_{u0}=20 mV/dB z dość sporym marginesem regulacji rzędu ±9%.

Blok wzmacniacza, filtru i bufora wyjściowego został zrealizowany z zastosowaniem popularnego podwójnego wzmacnia-

cza operacyjnego MCP6002 (U3A/B) typu RRIO, czyli z wejściami i wyjściami pracującymi w pełnym zakresie pomiędzy potencjałami szyn zasilania. Należy podkreślić, że ten wzmacniacz powinien być zasilany napięciem stałym w zakresie od 1,8 do 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 C14 i C15. Wzmacniacz U3A pracuje w prostym układzie nieodwracającym, ze wzmocnieniem ustalonym przez wartości rezystorów R18 i R19 na poziomie (1+R18/R19)=1,25x. To dodatkowe wzmocnienie pozwala na przesunięcie zakresu regulacji nachylenia logarytmicznej funkcji przenoszenia układu pomiarowego z zakresu 18,13...21,73 mV/dB do zakresu 22,66...27,16 mV/dB, czyli około 24,9 mV/dB ± 9%. Za wzmacniaczem z układem U3A zaimplementowano prosty filtr dolnoprzepustowy z elementami R20 i C16 – jego zadaniem jest eliminowanie przenoszenia na wyjście sondy krótkotrwałych zakłóceń, które mogą wystąpić na jej wejściu. Wzmacniacz operacyjny U3B z tranzystorem Q6 (BC547B) oraz elementami R21, R22 i C17 realizują funkcję niskoimpedancyjnego bufora wyjściowego (z dodatkową eliminacją zakłóceń impulsowych w przetworzonym sygnale logarytmicznym), którego obecność pozwala na dalsze prowadzenie skonwertowanego sygnału w torze koncentrycznym o impedancji znamionowej 50 Ω. Ewentualne zakłócenia zasilania wzmacniaczy operacyjnych U3A i U3B są lokalnie blokowane do masy za pośrednictwem kondensatorów C14 i C15. Warto w tym miejscu wspomnieć, że zmieniając wartości rezystorów R18 i R19, można uzyskać nachylenie logarytmicznej funkcji przenoszenia układu pomiarowego inne niż 25 mV/dB, jednak w tym przypadku należałoby także zweryfikować, czy przyjęte napięcie zasilania układów U2 i U3 (tu: +3,3 V) wspiera takie alternatywne rozwiązanie.

Ostatnim, nieomówionym jeszcze blokiem przyrządu jest blok wejściowy z tłumikami 0/-20/-40 dB. Mierzony sygnał jest podawany na złącze J2 (zacisk

Wykaz elementów:

Rezystory: (0,25W/5% lub jak w opisie)
 R1, R8: 1 kΩ
 R2, R5, R6: 2,2 kΩ
 R3, R4: 22 kΩ
 R7, R20: 4,7 kΩ
 R9: 3,3 kΩ
 R10: 91 kΩ/1%
 R11: 750 kΩ
 R12: 100 kΩ/1%
 R13: 10 MΩ
 R14: 4,7 Ω
 R15: 11 kΩ/1%
 R16: 24 kΩ
 R17: 33 kΩ

R18: 30 kΩ/1%
 R19: 120 kΩ/1%
 R21: 5,1 kΩ
 R22: 47 Ω

Potencjometry:
 RV1: 1 kΩ w obudowie RM-065 („leżącej”)
 RV2, RV3: 50 kΩ w obudowie RM-065 („leżącej”)

Kondensatory: (elektrolityczne ≥10 V, ceramiczne ≥ 35 V)
 C1, C5, C6: 100 μF
 C2, C7, C10, C12: 1 μF

C3, C4: 1 nF
 C8: 47 μF
 C9, C15: 100 nF
 C11, C13: 10 nF
 C14: 10 μF
 C16: 330 nF
 C17: 220 nF

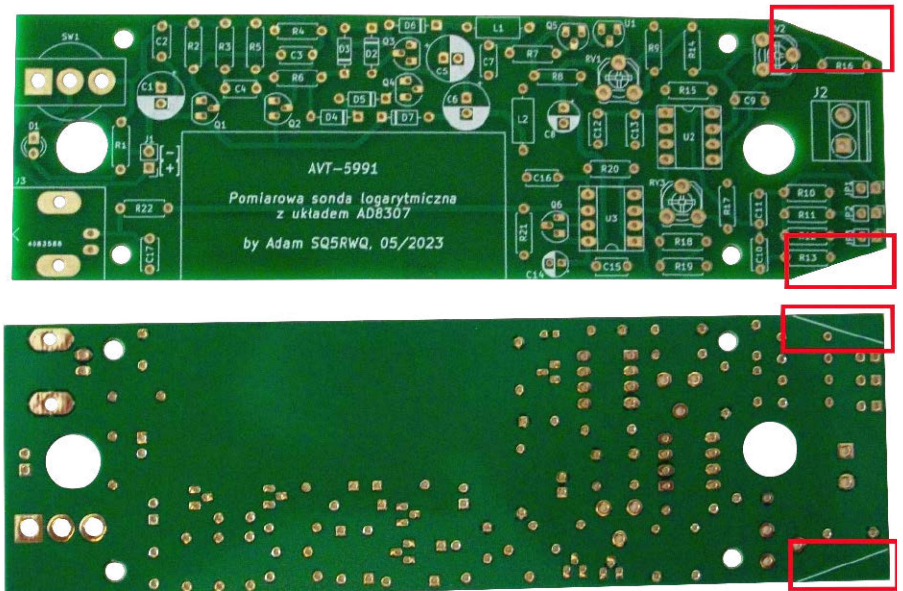
Półprzewodniki:
 D1: dioda LED Ø 3,0 mm
 D2...D5: 1N4148 (DO-35)
 D6, D7: BAT85 (DO-35)
 Q1...Q6: BC547B (TO-92)
 Q3: BC557B (TO-92)

U1: TL431A (TO-92)
 U2: AD8307 (DIP-8) + podstawka
 U3: MCP6002 (DIP-8) + podstawka

Pozostałe:
 L1, L2: 1 mH (osiowy)
 J1, J1...J3: złącza „goldpin” męskie (2 piny, raster 2,54 mm)
 J2: złącze śrubowe ARK-2 (2 piny, raster 5 mm)
 J3: gniazdo BNC (lutowane do druku)
 SW1: przełącznik trójkońcówkowy SPDT
 Obudowa, kable przyłączeniowe, śruby i nakrętki itp. – wg opisu w tekście

ARK2 na PCB sondy) i dalej rozgałęziany na zestaw trzech równoległych jumperów JP1...JP3, przy czym jeden ze styków złącza J2 jest stykiem „gorącym” (sygnałowym), natomiast drugi z nich został dołączony wprost do masy sygnałowej przyrządu pomiarowego. W trakcie regularnej pracy sondy oczywiście tylko na jeden z jumperów JP1...JP3 nałożona będzie zworka. Jumper JP1 prowadzi wprost na wejście głównego bloku pomiarowego i wobec tego nie wprowadza żadnego dodatkowego tłumienia ($Att=0$ dB). Jumper JP2 prowadzi sygnał mierzony na wejście głównego bloku pomiarowego poprzez parę równoległe połączonych rezystorów R10 i R11 o wypadkowej rezystancji równej $9,0$ k Ω . Ten tandem rezystorów – wraz z impedancją wejściową ustroju pomiarowego, sprowadzoną do wartości $R_{in0}=1$ k Ω – tworzy prosty dzielnik rezystancyjny o podziale 10:1 (i – tym samym – wprowadzający do mierzonego sygnału tłumienie $Att=-20$ dB oraz zwiększającą rezystancję wejściową sondy do wartości $R_{in}=10$ k Ω). Analogicznie, jumper JP3 prowadzi sygnał mierzony na wejście głównego bloku pomiarowego poprzez parę równoległe połączonych rezystorów R12 i R13 o wypadkowej rezystancji równej 99 k Ω . Z kolei ta para rezystorów – wraz z impedancją wejściową ustroju pomiarowego, sprowadzoną do wartości $R_{in0}=1$ k Ω – tworzy dzielnik rezystancyjny o podziale 100:1 (a jednocześnie – wprowadzający do mierzonego sygnału tłumienie $Att=-40$ dB oraz zwiększający rezystancję wejściową sondy do wartości $R_{in}=100$ k Ω). Warto w tym miejscu wspomnieć, że w typowych zastosowaniach audio (dla całego pasma akustycznego) może być konieczna korekta wartości elementów: R10...R13 i R15 – tak aby uzyskać $R_{in}=600$ Ω i pożądane poziomy tłumienia. Wskazana może okazać się także korekta wartości kondensatorów sprzęgających C10...C13 – by uzyskać dobre sprzężenie układu pomiarowego z mierzonymi obwodami już od częstotliwości rzędu 20 Hz i niższych.

Zasadniczo, zaprezentowany układ sondy nie należy do skomplikowanych, a czytelny podział na poszczególne bloki funkcjonalne zdecydowanie ułatwia takie jego skonfigurowanie do pracy na stałe, jakie będzie dla nas najwygodniejsze przy dłuższej eksploatacji. W szczególności można całkowicie zrezygnować z montażu i zastosowania przetwornicy napięcia DC/DC z filtrem LC oraz stabilizatora regulowanego, zapewniając odpowiednie zasilanie zewnętrzne. Można także zrezygnować z montażu wzmacniacza końcowego z filtrem i buforem wyjściowym, a niezbędne połączenia w bloku wejściowym poprowadzić na stałe.



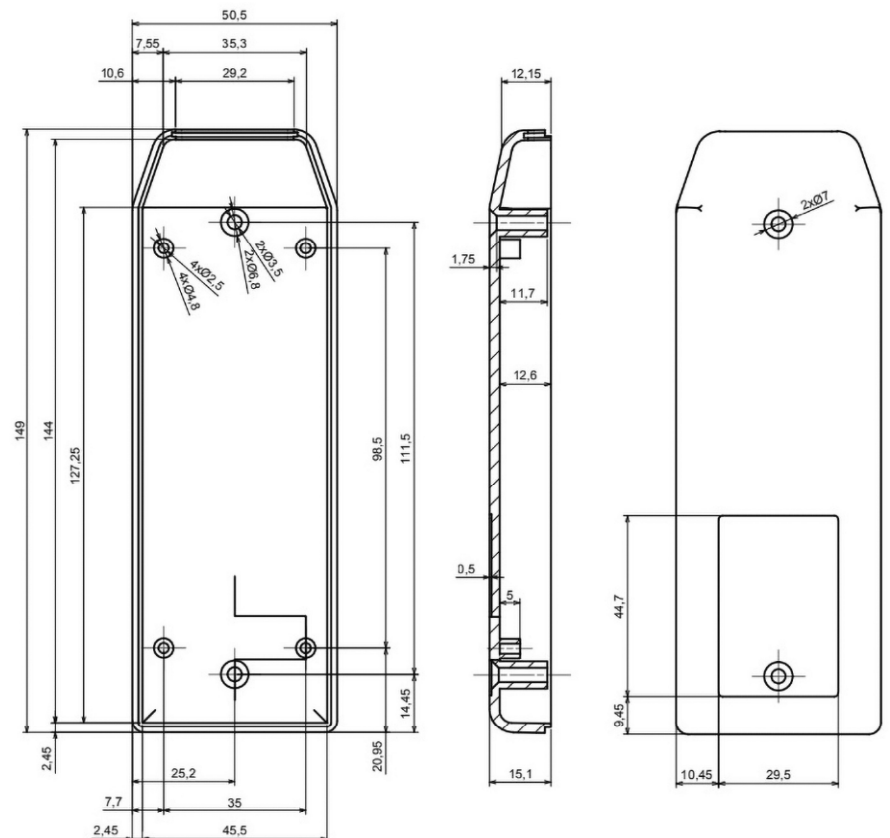
Fotografia 1. Płytką drukowaną sondy – widoki z obu stron

Montaż, uruchomienie i regulacja sondy

Na fotografii tytułowej pokazano zmontowaną sondę w obudowie Z121 produkującej firmy Kradox, do której obudowy została dokładnie dostosowana PCB omawianego przyrządu. Zazwyczaj zalecane jest rozpoczęcie montażu urządzenia od kompletacji podzespołów na płytce drukowanej – począwszy od elementów najniższych (względem powierzchni PCB) a skończywszy na najwyższych. Jednak w tym miejscu nieco bardziej doświadczonym

konstruktorom proponuję zgoła odmienne podejście, które pozwoli uniknąć uszkodzeń uruchomionego przyrządu na etapie wpasowywania go do dedykowanej obudowy. Innymi słowy, proponuję rozpocząć montaż od przygotowania obudowy oraz wpasowania w nią PCB sondy z zamontowanymi największymi podzespołami.

Na fotografii 1 widzimy dwa egzemplarze płytki drukowanej sondy, ujęte od góry oraz od spodu. Na PCB przyrządu, w węższym jej końcu, w którym będzie zamontowane wprowadzenie sygnału



Rysunek 14. Rysunek wymiarowy obudowy typu Z121

mierzonego na złącze J2, zostały fabrycznie namalowane linie – wzdłuż nich (jeszcze przed rozpoczęciem montażu jakichkolwiek podzespołów) należy dociąć płytkę drukowaną sondy tak, aby pasowała do obudowy Z121 (miejsca te na fotografii 1 wyróżniono czerwonymi prostokątnymi ramkami). Na **rysunku 14** pokazano kluczowe rysunki techniczne (z wymiarami) rekomendowanej obudowy Z121, natomiast **fotografia 2** podpowiada, jak należy tę obudowę przygotować do dalszego montażu. Aby ułatwić sobie zadanie, warto wydrukować wcześniej warstwę opisową PCB w skali 1:1 na grubszym papierze (lub ewentualnie podkleić takim papierem normalny wydruk), dociąć wydruk do wymiarów docelowej PCB oraz wykonać w nim i wyróżnić kolorem (albo przynajmniej wyznaczyć lokalizację) kluczowych otworów montażowych. Po odwróceniu takiego „wzornika” będzie znacznie łatwiej wyznaczyć od wewnątrz (w górnej części obudowy) miejsca do wykonania niezbędnych owiortów. Cztery otwory montażowe w każdej z połówek obudowy Z121 należy rozwiertić do wymiaru śrub M2,5/30, a następnie trwale zamocować takie śruby w dolnej części obudowy. Warto także wykleić od wewnątrz obie części obudowy metalową folią samoprzylepną (najlepiej miedzianą, ale ze względu na jej wysoką cenę można zastąpić ją dobrej jakości folią aluminiową, np. produkcji renomowanej firmy „3M”). Uzyskany w ten sposób prosty ekran powinien oczywiście zostać połączony galwanicznie z masą sygnałową przyrządu (dokonamy tego w końcowej fazie montażu).

Po wykonaniu w obudowie Z121 wszystkich niezbędnych otworów montażowych można przystąpić do wpasowywania w nią PCB sondy. Na **rysunku 15** pokazano schemat montażowy płytki drukowanej omawianego przyrządu, natomiast na **fotografii 3** zaprezentowano zmontowaną PCB sondy. Na zdjęciu wyróżniono największe elementy montażowe – w celu uniknięcia późniejszych problemów oraz niepotrzebnych rozczarowań na etapie zamykania uruchomionej sondy w obudowie rekomendowane jest rozpoczęcie montażu od tych właśnie elementów. Koszyczek na dwa ogniwa AAA należy trwale przykleić do PCB (np. klejem butapren lub innym o podobnych właściwościach), a pozostałe wyróżnione elementy trzeba po prostu starannie przylutować do płytki drukowanej. Tak przygotowaną wstępnie płytkę należy spróbować wpasować w dedykowaną obudowę i już na tym etapie



Fotografia 2. Obudowa sondy przygotowana do montażu

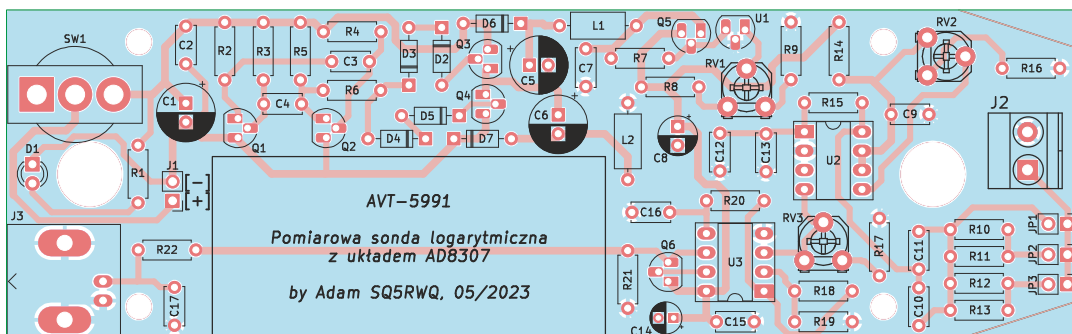
prac dokonać ewentualnych korekt otworów montażowych.

Mając w pełni przygotowaną obudowę sondy (mechaniczna część prac), możemy teraz skupić się na montażu i uruchomieniu właściwego układu elektronicznego. Na schemacie elektrycznym sondy, pokazanym na rysunku 13, został podkreślony podział przyrządu na poszczególne bloki funkcjonalne – i właśnie takimi blokami proponuję przeprowadzić dalszy montaż oraz uruchomienie. W pierwszej kolejności należy dokonać montażu i uruchomienia bloku zasilania z pojemnościowym podwajaczem napięcia. Poprawnie zmontowany obwód nie wymaga żadnego uruchomienia ani regulacji, a po załączeniu zasilania napięcie na jego nieobciążonym wyjściu (wyprowadzenia kondensatora C7) powinno być zbliżone do dwukrotnej wartości napięcia połączonych szeregowo ogniw zasilających AAA. W kolejnym etapie prac montujemy elementy bloku stabilizatora regulowanego, a następnie potencjometrem montażowym RV1 dokonujemy regulacji tak, by napięcie

na jego nieobciążonym wyjściu (wyprowadzenia kondensatora C8) było równe +3,3 V.

Następnie przechodzimy do montażu i uruchomienia kluczowej części przyrządu, czyli głównego bloku pomiarowego. Po jego zmontowaniu potencjometry RV2 i RV3 pozostawiamy w środkowych położeniach – do dalszej regulacji w końcowym etapie prac. Aby ułatwić sobie testowanie tego bloku, od razu montujemy próciutki blok wejściowy z tłumikami. Po zwarceniu jumpera JP1, załączeniu zasilania oraz podaniu sygnału testowego (np. o częstotliwości $F=1$ MHz i poziomie nieprzekraczającym 1,0 Vp-p) na wejście J2 sondy, powinno dać się zaobserwować zmiany napięcia na wyjściu OUT (pin nr 4) układu scalonego U2 (AD8307) w trakcie regulacji poziomu sygnału testowego. W ostatnim etapie prac montujemy blok wzmacniacza, filtru i bufora wyjściowego, który nie wymaga żadnych działań regulacyjnych.

Poprawnie zmontowany i uruchomiony układ wymaga dalszej, „całościowej”



Rysunek 15. Schemat montażowy PCB sondy



Fotografia 3. Zmontowany układ sondy

regulacji. W pierwszym etapie ustawiamy nachylenie logarytmicznej funkcji przeniesienia przyrządu, co wykonujemy iteracyjnie w następujący sposób:

- na zakresie pomiarowym sondy z założonym torem z tłumieniem $Att=0$ dB, (czyli 1:1 – przy zwartym jumperze JP1) podajemy na jej wejście na przemian dwa napięcia sinusoidalne o częstotliwości $F=1$ MHz z generatora, różniące się poziomem dokładnie dwukrotnie, czyli o 6 dB, np. 1,0 Vp-p oraz 0,5 Vp-p,
- mierzymy za każdym razem napięcie na wyjściu sondy oraz wyliczamy różnicę zmierzonych napięć,
- wyliczoną różnicę napięć [mV] dzielimy przez 6 [dB] i w ten sposób wyznaczamy aktualną wartość nachylenia logarytmicznej funkcji przeniesienia całego przyrządu (oczekiwaną wartością jest 25 mV/dB),
- potencjometrem RV3 regulujemy tak, by ostatecznie różnica mierzonych napięć wynosiła 6 dB/25 mV/dB=150 mV,
- cykl pomiarowo-regulacyjny powtarzamy, aż do osiągnięcia satysfakcjonującego rezultatu.

W kolejnym etapie należy potencjometrem montażowym RV2 dokonać

korekty punktu przecięcia logarytmicznej funkcji przeniesienia. Dogodnym podejściem wydaje się po prostu ustalenie takiego punktu pracy sondy, by przy „okrągłej” wartości poziomu mierzonego sygnału wejściowego uzyskać „okrągłą” wartość poziomu napięcia wyjściowego przyrządu. W przypadku przyrządu modelowego potencjometr RV2 ustawiono tak, że przy referencyjnym sinusoidalnym sygnale wejściowym o poziomie 1 Vp-p napięcie na wyjściu sondy wynosiło dokładnie 1,5 V. W praktyce pomiarowej wyznaczenie dokładnego poziomu konkretnego mierzonego sygnału sprawdzi się zatem do przeliczenia tego, o ile dB różni się on od ustalonego poziomu referencyjnego – mając na uwadze to, że każde ± 25 mV zmiany napięcia wyjściowego sondy to ± 1 dB zmiany poziomu sygnału wejściowego (skala półlogarytmiczna).

Podsumowanie projektu

W artykule opisano projekt stosunkowo prostej i niedrożej, półprofesjonalnej sondy logarytmicznej, która zapewne doskonale sprawdzi się w pracowni każdego konstruktora – miłośnika urządzeń elektroakustycznych i/lub radiowych. Sonda może być stosowana m.in. do pomiarów wobuloskopowych

w zakresie: od początku pasma akustycznego aż po krańce pasma wysokich częstotliwości radiowych (fale krótkie) – egzemplarz modelowy był z powodzeniem testowany w zakresie częstotliwości do 40 MHz. Opisany w artykule przyrząd umożliwia wykonanie przydatnych pomiarów charakterystyk częstotliwościowych, przy czym może zostać zaimplementowany zarówno jako urządzenie podręczne (przenośne), jak i jako przyrząd stacjonarny lub wbudowany w inny większy system. Chcę uczulić ambitnych (a nieco mniej doświadczonych) konstruktorów na potencjalne problemy, dlatego czuję się w obowiązku na koniec tej publikacji projektowej wspomnieć o smutnym fakcie, że na rynku dostępnych jest sporo „tanich wersji” scalonego układu pomiarowego AD8307. Ich wielce zachęcająca cena może świadczyć o tym, że parametry owych układów niekoniecznie w pełni utrzymują wysokie osiągi wersji oryginalnych, w tym m.in. deklarowanych: pasma oraz dokładności przetwarzania. Jest to jeden z powodów, dla których zaprezentowany tutaj projekt został zoptymalizowany do pracy na częstotliwościach od m.cz. aż do fal krótkich włącznie, czyli około 40 MHz.

Adam Sobczyk, EP

REKLAMA

Materiały termoprzewodzące

WACKER

ELECTROLUBE
THE SOLUTIONS PEOPLE



- Kleje i pasty termoprzewodzące
- Doskonała wytrzymałość na rozciąganie
- Pasty termoprzewodzące z przewodnością do 5,5 W/mK
- Szeroki zakres temperaturowy przy małych stratach na odparowanie
- Nie utwardza się, umożliwia naprawę elementów

Innowacyjne produkty
Innowacyjne technologie



Semicon Sp. z o.o.
ul. Zwoleńska 43/43a, 04-761 Warszawa | 22 615-73-71
www.semicon.com.pl | zamowienia@semicon.com.pl