



# Prosty generator szumu białego

**Generator szumu w warsztacie elektronika może mieć wiele zastosowań. Jednym z nich – bodaj najpopularniejszym – jest testowanie charakterystyki częstotliwościowej zbudowanych układów audio. Przy okazji można się przekonać, że bez układów scalonych też można zbudować wartościowy układ.**

## Do czego to służy?

Układ ten służy do wytwarzania szumu w paśmie akustycznym i nie tylko – jego pasmo sięga megaherców. Widmo generowanego szumu nie zawiera znaczących zafalowań, dlatego nadaje się do pomiaru charakterystyki częstotliwościowej filtrów i wzmacniaczy audio. Można też podać sygnał z niego na wejście przetwornika analogowo-cyfrowego, uzyskując w ten sposób generator liczb losowych.

## Jak to działa?

Schemat ideowy można zobaczyć na **rysunku 1**. Źródłem szumu jest... spolaryzowane zaporowo złącze baza-emiter tranzystora NPN (T1).

Jak dowodzą liczne badania na ten temat, prąd płynący przez takie złącze jest mocno zaszumiony tzw. szumem lawinowym. Powstaje on wskutek grupowego powielania nośników ładunku. Liczba tych nośników oraz moment dokonania się owego zdarzenia są losowe, stąd generowany w ten sposób sygnał możemy uznać za szum. Rezystor R1 oraz potencjometr P1 polaryzują to złącze odpowiednim prądem (rzędu mikroamperów) oraz przekształcają szum prądowy na napięciowy, zgodnie z prawem Ohma.

Impedancja takiego źródła szumu jest wysoka, dlatego nie można go znacząco obciążać. W roli wtórnika napięciowego najlepiej sprawdzi się tutaj tranzystor FET (T2), którego bramka przedstawia sobą niemal idealne rozwarście w szerokim zakresie częstotliwości. Ponieważ stabilizacja punktu pracy tego tranzystora nie jest krytyczna, prąd jego drenu ustala rezystor R2. W układzie prototypowym spadek napięcia na nim wyniósł 2,1V, czyli przez dren płynął prąd o natężeniu ok. 1mA. To w zupełności wystarczy, aby uzyskać odpowiednio niską rezystancję wyjściową i prawidłowoysterować następny stopień.

Tranzystor T3 zwiększa amplitudę szumu, aby można go było używać w wielu miejscach, bez dodatkowego wzmacniania. Pracuje w klasycznym układzie wspólnego emitera. Dzielnik rezystancyjny R3 i R4 polaryzuje bazę na potencjał ok. 2,8V, co z kolei wymusza bazę potencjał emitera ok. 2,1V. Spadek napięcia na R5 wymusza prąd emitera proporcjonalny do jego potencjału, czyli ok. 2,1mA (z prawa Ohma). Rezystor R7 stanowi obciążenie kolektora – na nim odkłada się wzmacniony sygnał.

W praktyce potencjał bazy T3 okazał się nieco niższy, ok. 2,4V, a to za sprawą prądu bazy T3, który pierwotnie został pominięty. Ponadto wzmacnienie tego stopnia było zbyt duże i dochodziło do jego silnego przesterowania. Dlatego został dodany rezystor R6, którego zadaniem jest zmniejszenie wzmacnienia przy zachowaniu niezmiennego punktu pracy. Na rezystorze R7 odkłada się ok. 3,7V, więc tranzystor może znacząco obniżyć potencjał swojego kolektora (bez ryzyka nasycenia), jak i go zwiększyć (bez obawy o zatkanie), przez co wartość chwilowa sygnału szumu może być wysoka. Rezystancja wyjściowa takiego układu byłaby nieakceptowal-



Rys. 2

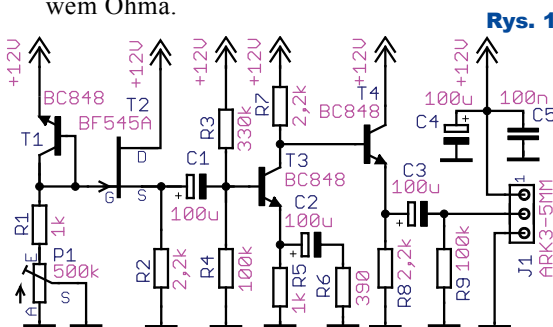
nie wysoka, bo wynosiłaby ponad 2kΩ. Dlatego dodano prosty wtórnik napięciowy na tranzystorze bipolarnym, którego prąd emitera wynosi ok. 3,5mA. Znacząco zmniejszyło to rezystancję wyjściową, do zaledwie kilkunastu omów.

Sygnał wyjściowy nie powinien zawierać składowej stałej, dlatego została ona odcięta przy użyciu zwykłego kondensatora elektrolitycznego.

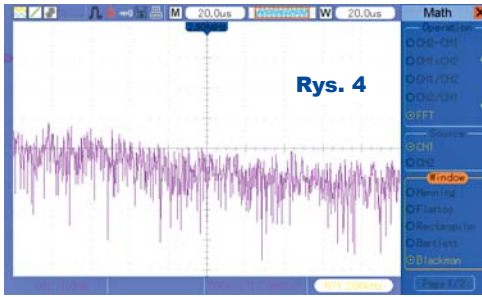
Zarejestrowany przebieg czasowy widać na **rysunku 2**. Ma on kształt przypominający piłę: relatywnie wolne zbocze narastające i stosunkowo szybkie zbocze opadające. Ma to swoje wyjaśnienie na schemacie ideowym: wyładowanie lawinowe powoduje gwałtowny wzrost prądu płynącego przez R1 i P1. Wzrost prądu przekłada się na wzrost napięcia, co wtórnik napięciowy przenosi na bazę tranzystora T3. Sygnał na jego kolektorze jest odwrócony w fazie, dlatego tam widzimy szybkie zbocza opadające – a nie narastające. Widmo amplitudowe obserwowane w paśmie akustycznym (do 25kHz) można zobaczyć na **rysunku 3**. Jest ono niemal



Rys. 3



Rys. 1



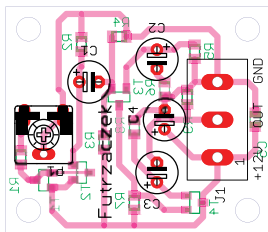
Rys. 4

plaskie, dlatego można je podać na wejście badanego wzmacniacza – widmo sygnału wyjściowego będzie odwzorowywać jego charakterystykę przenoszenia.

Obserwacja widma szumu w szerszym zakresie (rysunek 4) pozwala zauważyć jego powolny spadek powyżej częstotliwości ok. 1MHz. Składają się na to głównie ograniczenia pasma ze strony samego elementu szumiącego (obciążonego dużą rezystancją) oraz wzmacniacza na tranzystorze T3.

### Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na niewielkiej, jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 30x35mm, której wzór ścieżek oraz schemat montażowy przedstawia



Rys. 5

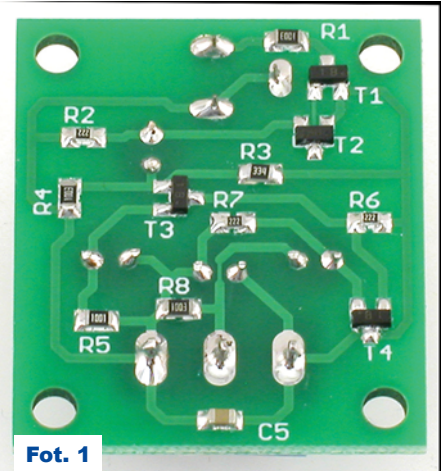
rysunek 5. Większość elementów jest przystosowana do montażu powierzchniowego, dlatego to od nich polecam rozpocząć montaż. Zmontowaną płytkę drukowaną od strony ścieżek przedstawia fotografia 1. Moc wydzielana na elementach nie jest znacząca, dlatego można użyć rezystorów w obudowach 0603, jeżeli ktoś akurat takowe ma.

Zmontowany układ jest od razu gotowy do działania. Wystarczy zasilić go napięciem stałym o wartości 12V, dobrze filtrowanym, niekoniecznie stabilizowanym. Pobór prądu wynosi ok. 6mA.

Na koniec kwestia potencjometru P1: jego położenie nie ma większego znaczenia dla prawidłowego działania układu, dlatego polecam ustawić go w połowie. Jednak regulując jego położenie, można zaobserwować subtelne zmiany w przebiegu czasowym generowanego szumu (zwiększenie/zmniejszenie częstotliwości wyładowań lawinowych), co może być pomocne w niektórych zastosowaniach.

**Michał Kurzela**

michal.kurzela@ep.com.pl



Fot. 1

### Wykaz elementów

R1, R5	1kΩ SMD0805
R2, R7, R8	2,2kΩ SMD0805
R3	330kΩ SMD0805
R4, R9	100kΩ SMD0805
R6	390Ω SMD0805
P1	500kΩ montażowy leżący
C1-C4	100μF/25V
C5	100nF SMD0805
T1, T3, T4	BC848 lub podobne
T2	BF545A
J1	ARK3 5mm

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3246