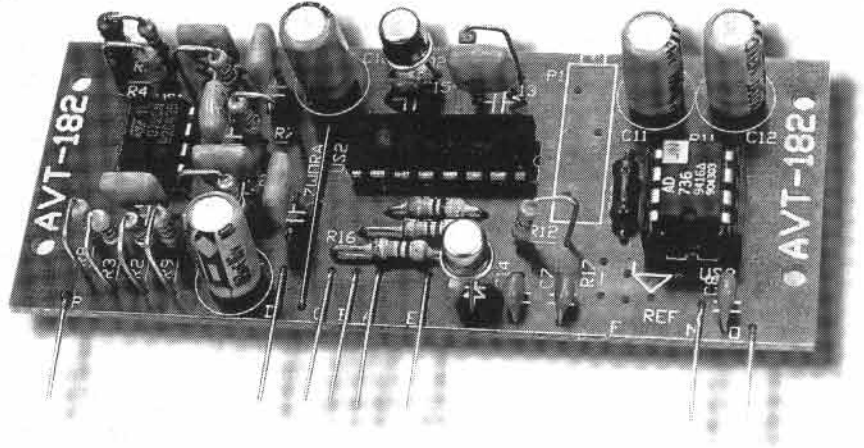


# Filtr psofometryczny A z przetwornikiem True RMS

## kit AVT-182

Filtr psofometryczny o charakterystyce typu A jest wyposażeniem niezbędnym przy pomiarach parametrów szumowych aparatury elektroakustycznej. W artykule przedstawiono interesujący układ zawierający filtr ważący A, zespół przełączników elektronicznych i przetwornik prawdziwej wartości skutecznej, wykorzystujący opisaną niedawno kostkę AD736. Dodatkową, bardzo istotną zaletą układu jest fakt, że nie wymaga on kalibracji i można go wykonać oraz uruchomić w najskromniejszej pracowni elektronika-amatora.



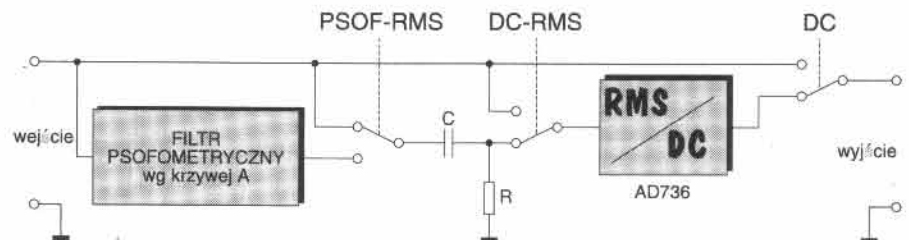
Przy konstruowaniu, testowaniu i naprawach aparatury elektronicznej musimy mierzyć różne przebiegi napięć i prądów. Chcielibyśmy, aby przyrząd wskazał prawdziwą wartość napięcia lub prądu w danym punkcie obwodu, tymczasem wiele czynników powoduje, że wartość wskazywana przez miernik może znacznie odbiegać od rzeczywistości. Jedną z poważniejszych wad mierników wskazówkowych (woltomierzy) jest mała rezystancja wejściowa, szczególnie przy pomiarach przebiegów zmiennych. Z kolei przy pomiarach prądu, na miernikach cyfrowych występuje stosunkowo duży spadek napięcia.

Mierniki wskazówkowe na zakresach napięcia i prądu zmiennego mierzą zwykle oprócz składowej zmiennej także składową stałą, natomiast mierniki cyfrowe tylko składową zmienną. Zakres mierzonych częstotli-

wości często jest wąski, nie obejmuje nawet pasma akustycznego. Wszystkie tanie przyrządy mają wbudowany prosty przetwornik napięcia zmiennego na stałe (prostownik jedno lub dwupołówkowy i układ uśredniający), co wiąże się ze znacznymi błędami przy pomiarach przebiegów innych niż sinusoidalne.

W związku z podanymi wadami należy mieć świadomość, że popularne, tanie mierniki uniwersalne mają ograniczoną przydatność w pracowni prawdziwego elektronika.

Przed opracowaniem modułu przyjęto następujące założenia:  
 - układ powinien realizować możliwie dużo funkcji pomiarowych,  
 - winien on sprostać różnorodnym wymaganiom spotykanym w praktyce zaawansowanego elektronika-hobbysty,  
 - nie może być przy tym drogi.  
 W efekcie opracowano moduł,



Rys. 1. Schemat blokowy układu.

Tabela 1. Charakterystyka tłumienia filtru psfometrycznego wg krzywej A.

częstotliwość Hz	wzmocnienie dB
10	-∞...-67,4
12,5	-∞...-60,4
16	-∞...-53,7
20	-53,5...-47,5
25	-50,2...-45,2
31,5	-40,9...-37,9
40	-36,1...-33,1
50	-31,7...-28,7
63	-27,7...-24,7
80	-24,0...-21,0
100	-20,1...-18,1
125	-17,1...-15,1
160	-14,4...-12,4
200	-11,9...-9,9
250	-9,8...-7,8
315	-7,6...-5,6
400	-5,8...-3,8
500	-4,2...-2,2
630	-2,9...-0,9
800	-1,8...+0,2
1000	-1,0...+1,0
1250	-0,4...+1,6
1600	0,0...+2,0
2000	+0,2...+2,2
2500	+0,3...+2,3
3150	+0,2...+2,2
4000	0,0...+2,0
5000	-1,0...+2,0
6300	-2,1...+1,4
8000	-4,1...+0,4
10000	-6,5...+2,5
12500	-10,3...-1,3
16000	-∞...-3,6
20000	-∞...-6,3

którego schemat blokowy pokazano na **rysunku 1**.

- Układ umożliwia pomiary:
- napięć stałych - DC,
  - wartości skutecznej napięć zmiennych wraz ze składową stałą - DC RMS,
  - wartości skutecznej napięć przemiennych (bez składowej stałej) - AC RMS,
  - wartości skutecznej napięć przemiennych z filtrem psfometrycznym według krzywej A - PSOF RMS.

Wszystkie przełączniki na **rysunku 1** pokazano w położeniu spoczynkowym. W takiej sytuacji moduł realizuje funkcję AC-RMS. Pozostałe funkcje są włączane jednym z trzech przełączników.

### Opis układu

Schemat ideowy modułu przedstawiono na **rysunku 2**.

W roli przełączników występuje tu popularny układ CMOS 4053 (US2), zawierający trzy niezależne klucze analogowe. Moduł przewidziany jest do zasilania napięciem ±15V, więc konieczne są obwody redukujące napięcie zasilania kostki US2 do bezpiecznej wartości ±9V. W obwodzie redukcji napięcia zasilającego pracują elementy R12, R13, D1, D2, C14, C15.

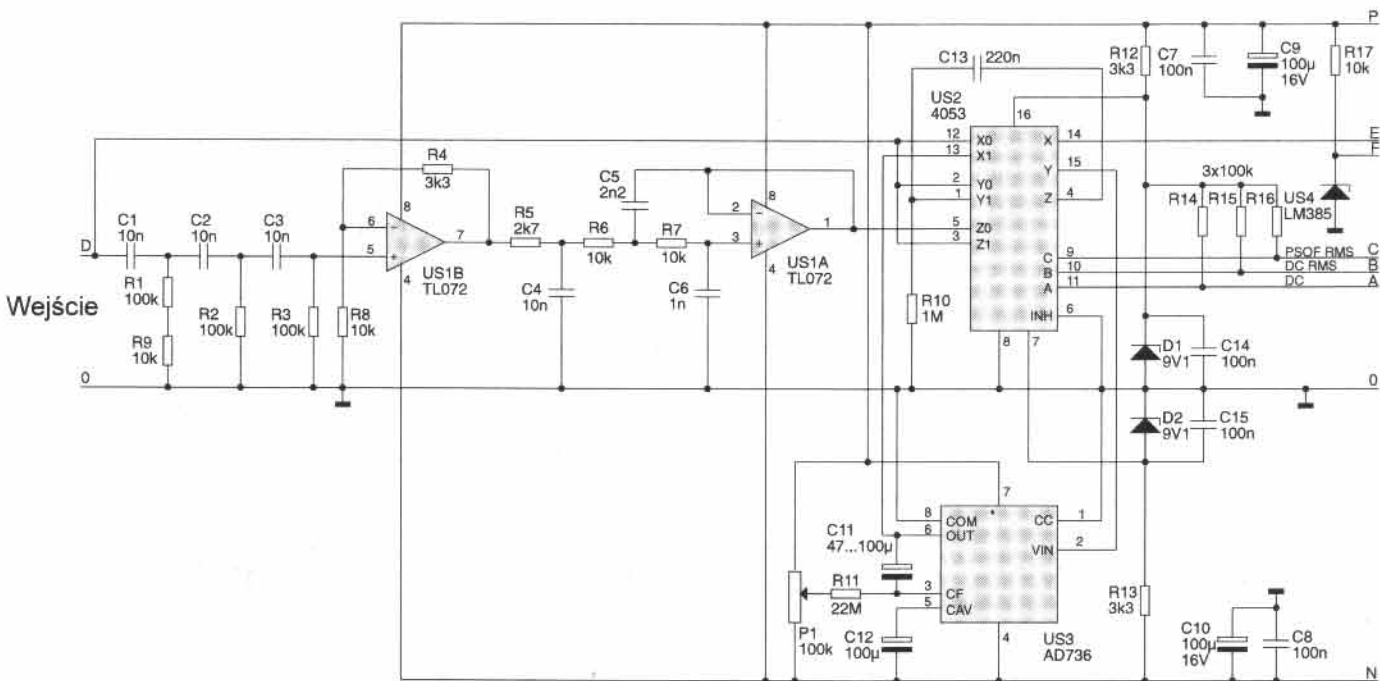
Poszczególne klucze-przełączniki sterowane są sygnałem napięciowym, doprowadzonym do nóżek 9, 10, 11 układu US2.

Warto zauważyć, że choć układ ten zasilany jest napięciem symetrycznym (nóżki 7, 16), to sygnały sterujące (n. 9...11) mają potencjał masy lub +9V.

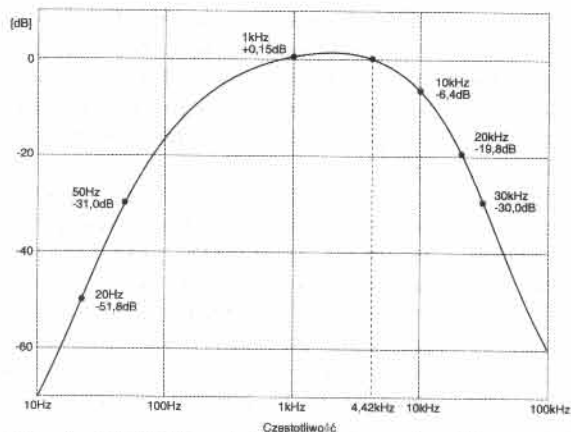
Gdy wejścia modułu „wiszą w powietrzu” układ realizuje funkcję AC RMS. Aby włączyć inną funkcję należy jedno z wejść A, B, C zewrzeć do masy.

Taki układ przełączników elektronicznych umożliwi zdalne sterowanie i może być sterowany sygnałami logicznymi z bramek z otwartym kolektorem (drenem), lub za pomocą tranzystorów, czy też przełączników mechanicznych.

Opisane rozwiązanie jest bardzo korzystne, uniknięto bowiem w torze sygnałowym przełączników mechanicznych i nieodłącznych przewodów połączeniowych, które są często źródłem zakłóceń. Opisany moduł w większości zastosowań będzie współpracować z programowanym wzmacniaczem opisanym w EP4/95. W obu modułach występują układy CMOS i obwody redukcji napięcia zasilającego. Nie należy jednak oszczędzać paru groszy i wykorzystywać jednego układu redukcji napięcia zasilającego dla dwóch lub więcej płytek. Przy opisywaniu wzmacniacza programowanego zwracaliśmy uwagę na sposób prowadzenia masy. I właśnie dla uniknięcia



Rys. 2. Schemat elektryczny układu.



Rys. 3. Charakterystyka przenoszenia filtru

ewentualnych kłopotów z masą należy w każdej płytce montować wspomniane elementy. Z podobnych względów nie należy rezygnować z kondensatorów odsprężających C7...C10.

Przetwornik prawdziwej wartości skutecznej zbudowany jest z użyciem opisanego niedawno układu AD736. Przewidziano użycie dodatkowych elementów P1 i R11 służących do korekcji wyjściowego napięcia niezrównoważenia układu scalonego US3. To napięcie niezrównoważenia według katalogu powinno wynosić typowo 0,1mV. Korekcja nie jest wówczas potrzebna. Jeśliby jednak wyjściowe napięcie niezrównoważenia było większe, można zastosować opcjonalne elementy P1 i R11. Wartość rezystancji P1 jest dowolna, natomiast R11 - możliwie duża. Wydaje się, że w warunkach amatorskich największą osiągalną wartość rezystancji wynosi 22MΩ (lub 2x10MΩ). Gdy R11 ma rezystancję 22MΩ zakres regulacji spoczynkowego napięcia wyjściowego wynosi około -6mV...+6mV.

Wartości pojemności C11 i C12 dobierane są stosownie do przewidywanego zakresu częstotliwości mierzonych przebiegów. Wartości podane na rysunku 2 umożliwiają pomiary przebiegów o częstotliwościach w zakresie całego pasma akustycznego, w tym sieci energetycznej 50Hz.

Filtr psfometryczny wykonany jest z elementów US1, C1...C6, R1...R9. Obwód z kondensatorami C1, C2 i C3 kształtuje charakterystykę w zakresie częstotliwości poniżej 2kHz. Filtr dolnoprzepustowy trzeciego rzędu z elementami

US1B, C4, C5, C6 obcina składowe o częstotliwościach powyżej 10kHz. Impedancja wejściowa modułu w zakresie częstotliwości akustycznych nie jest stała, wynosi jednak co najmniej kilkadziesiąt kiloomów.

Stosunkowo niewielka wartość impedancji wejściowej nie jest jednak wadą, bowiem w typowych zastosowaniach moduł będzie poprzedzony wspomnianym wzmacniaczem programowanym, pełniącym także rolę bufora. Jeśli taki wzmacniacz nie byłby stosowany, należy użyć jako bufora prostego wtórnika napięciowego z układem TL071, TL081 lub LF356. Obliczona charakterystyka filtru o wartościach elementów jak na rysunku 2 przedstawiona jest na **rysunku 3**.

Porównując tę charakterystykę z oryginalną krzywą A można dostrzec pewne różnice w zakresie częstotliwości powyżej 4kHz.

W naszym filtrze celowo zwiększyliśmy tłumienie składowych o wysokich częstotliwościach. W ten sposób, pozostając w granicach wyznaczonych w normie PN-79/T-06460, zmniejszyliśmy wrażliwość na ewentualne „śmieci“, takie jak resztki pilota stereo, czy tętnienia zasilaczy impulsowych.

Otrzymana przez nas charakterystyka mieści się przy tym w zakresie tolerancji wymaganych dla przyrządów klasy 1. W tabeli 1 podano przebieg charakterystyki dopuszczalny dla tej klasy przyrządów.

W układzie przewidziano też miejsce na źródło napięcia odniesienia R17, US4. Takie napięcie odniesienia będzie potrzebne, gdy w roli wskaźnika użyjemy modułu z kostką ICL7107 (np. zestaw AVT-104/2).

**Montaż i uruchomienie**

Montaż układu z rysunku 2 można wykonać na płytce drukowanej

**WYKAZ ELEMENTÓW:**

**Rezystory**

- R1...R3, R14...R16: 100kΩ
- R4, R12, R13: 3,3kΩ
- R5: 2,7kΩ
- R6...R9: 10kΩ
- R10: 1MΩ
- R11: 22MΩ \*
- R17: 10kΩ\*
- P1: 10kΩ...1MΩ \*

**Kondensatory**

- C1...C4: 10nF
- C5: 2,2nF
- C6: 1nF
- C7, C8, C14, C15: 100nF ceram.
- C9...C12: 100μF/16V
- C13: 220nF

**Półprzewodniki**

- D1, D2: dioda Zenera 9V1
- US1: TL072
- US2: CMOS 4053
- US3: AD736
- US4: LM385 1.2V \*

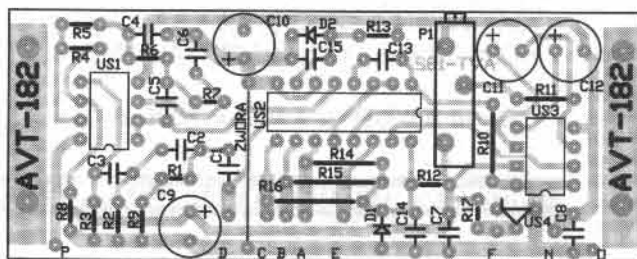
**Różne**

- płytka drukowana wg rysunku 4
- \* Uwaga! Elementy R11, R17, P1, US4 nie wchodzi w skład zestawu AVT-182

przedstawionej na **rysunku 4** oraz wkładce wewnątrz numeru. Jak zwykle w pierwszej kolejności należy zamontować jedyną zwrę, potem elementy bierne. Na końcu wlutować półprzewodniki.

Układy US1 i US2 montowane są wprost w płytce. Pod stosunkowo drogi układ US3 przewidziano podstawkę. Zastosowane w egzemplarzach modelowych elementy C1...C6 i R1...R9 były dobrane z dokładnością około 1%.

Do większości zastosowań amatorskich taka dokładność nie jest konieczna i można stosować typowe elementy o tolerancji 5...10%, a jedynie w szczególnych przypadkach, gdyby wymagana była więk-



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej filtru.

szą precyzją, elementy te należy dobrać we własnym zakresie. Przed dołączeniem napięć zasilających należy dokładnie sprawdzić prawidłowość montażu. Odwrotne włożenie układu US3 może spowodować jego uszkodzenie.

Niektórzy bardzo ostrożni elektronicy montują i uruchamiają układ etapami. W takim przypadku należy najpierw zmontować i sprawdzić obwody zasilania, następnie filtr psfometryczny, przełączniki, a na końcu przetwornik prawdziwej wartości skutecznej. Pobór prądu przy zasilaniu  $\pm 15V$  powinien wynosić około 5,5mA. Większość hobbystów nie ma dostępu do profesjonalnych przyrządów pomiarowych, ale w przypadku naszego modułu nie jest to przeszkodą.

Układ w zasadzie nie wymaga

uruchamiania, ale należy sprawdzić działanie filtra psfometrycznego, choćby tylko orientacyjnie za pomocą generatora i oscyloskopu, mierząc sygnały na jego wejściu i wyjściu i porównując je z danymi z tabeli 1. Działanie przetwornika prawdziwej wartości skutecznej można najprościej sprawdzić za pomocą źródła napięcia stałego o wartości 180...200mV. Napięcie to należy podać na wejście modułu (punkty D, O). Cyfrowy woltomierz na zakresie 200mV należy dołączyć do wyjścia modułu (punkty E, O). Przy zmianie biegunowości źródła napięcia 200mV i przy włączonej funkcji DC (pkt. A zwarty do masy) napięcie na wyjściu powinno być identyczne jak napięcie na wejściu. Przy włączeniu funkcji DC RMS (pkt. B zwarty do masy) wskazanie przyrządu powinno być

takie samo, co do wartości, jak poprzednio, tyle że zawsze dodatnie dla obydwu biegunowości napięcia wejściowego. Takie proste sprawdzenie całkowicie wystarczy.

Kto chciałby sprawdzić rzeczywiste pasmo przenoszenia przetwornika True RMS, przy różnych poziomach sygnału wejściowego musi użyć generatora i dobrego fabrycznego miernika poziomu. Nie jest to jednak konieczne - wyniki będą bardzo zbliżone do danych katalogowych zawartych we wspomnianym artykule omawiającym parametry układu AD736. Tak wykonany moduł może stanowić cenne uzupełnienie posiadanej aparatury. Wbudowany do istniejącego multimetru wzbogaci go o dodatkowe funkcje.

**Piotr Górecki, AVT**