



Wzmocniacz pomiarowy AC Przystawka-milivoltomierz do multimetru



AVT-616

Niniejszy artykuł jest kolejnym projektem w serii realizowanej na płytce wielofunkcyjnej PW-03. Opisuje układ wzmacniacza pomiarowego prądu zmiennego. Jest to przystawka do multimetru, pozwalająca mierzyć małe napięcia zmienne, w tym przebiegi o częstotliwościach akustycznych.

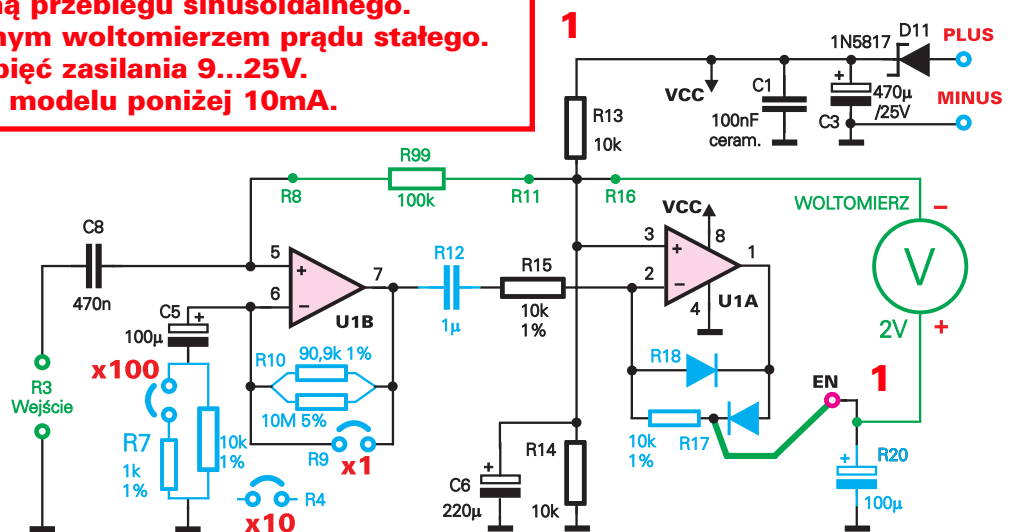
Na płytce wielofunkcyjnej można też zrealizować dziesiątki innych interesujących i pożytecznych układów, na przykład: selektor rytmu, wzmacniacz mocy audio – megafon, mikser audio, wyłącznik zmierzchowy, niskoszumny przedwzmacniacz mikrofonowy, regulator poziomu ciecży, uniwersalny odstraszacz szkodników, korektor RIAA, syrenę alarmową, migacz dużej mocy, przełącznik sterowany pilotem i wiele innych. Niektóre z nich zostaną zaprezentowane jako projekty w następnych numerach EdW, wiele innych można z powodzeniem zrealizować we własnym zakresie, korzystając z wyczerpującego opisu płytki i wskazówek zamieszczonych w EdW 6/2004 na stronach 18...20.

**Rewelacyjnie prosta przystawka,
genialnie rozszerza możliwości popularnego multimetru.
Mierzy małe i bardzo małe napięcia zmienne.
Znakomity układ do pomiaru sygnałów audio.
Trzy zakresy pomiarowe napięcia zmiennego:
0,1mV...2V (x1)
10uV...0,2V (x10)
1uV...20mV (x100)
Pokazuje wartość szczytową przebiegów, a opcjonalnie
wartość skuteczną przebiegu sinusoidalnego.
Współpracuje z dowolnym woltomierzem prądu stałego.
Zakres napięć zasilania 9...25V.
Pobór prądu modelu poniżej 10mA.**

Przystawka znajdzie zastosowanie przy pomiarach wszelkich urządzeń audio. Należy podkreślić, że w wersji podstawowej jest to milivoltomierz wartości **szczytowej**. Wartość szczytową przebiegu sinusoidalnego można łatwo przeliczyć na wartość skuteczną, dzieląc wskazanie przez 1,41. Opcjonalnie można też zmienić wartość wzmocnienia, by bezpośrednio uzyskać wskazanie w wartości skutecznej przebiegu sinusoidalnego.

Prezentowany układ to wzmacniacz pomiarowy prądu zmiennego z prostownikiem. Do wyjścia podłączony jest dowolny woltomierz napięcia stałego, który pokazuje wartość szczytową mierzonych napięć zmiennych. Przystawka ma trzy zakresy pomiarowe, pozwalające mierzyć nawet znikome napięcia zmienne o amplitudach rzędu mikrowoltów.

Zastosowany układ scalony pozwala mierzyć przebiegi w pełnym zakresie częstotliwości akustycznych.



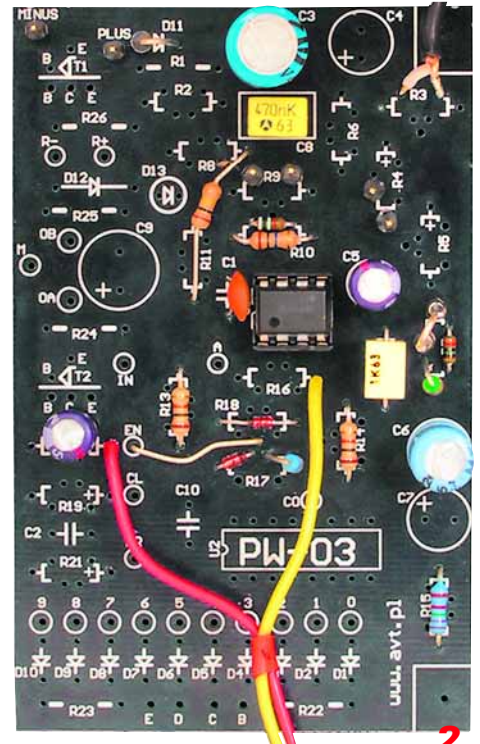
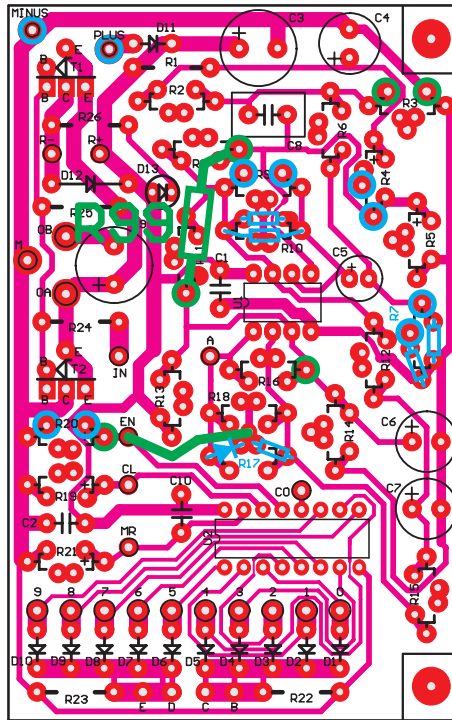
Schemat ideowy wzmacniacza pomiarowego pokazany jest na **rysunku 1**, przy czym kolorami niebieskim i zielonym zaznaczone są elementy montowane nietypowo. Układ zasilany jest pojedynczym napięciem, a elementy R13, R14 i C6 tworzą obwód sztucznej masy – napięcia spoczynkowe na wejściach wzmacniaczy są więc równe połowie napięcia zasilania. Do obwodu sztucznej masy jest też dołączony ujemny biegun współpracującego woltomierza.

W przystawce pracuje popularny wzmacniacz operacyjny NE5532. Układ U1A jest typowym prostownikiem aktywnym z obwodem filtrującym, dającym na wyjściu napięcie stałe odpowiadające wartości szczytowej prostowanego przebiegu. Przy jednakowych wartościach R15 i R17 wzmocnienie prostownika jest równe jedności, czyli dołączony woltomierz napięcia stałego pokazuje wartość szczytową przebiegu z wyjścia wzmacniacza U1B. Układ U1B jest nieodwracającym wzmacniaczem przebiegów zmiennych o wzmocnieniu ustalonym za pomocą zwór. Gdy żadna ze zwór nie jest założona, wzmocnienie wynosi 10 i wynika ze stosunku rezystancji R10 (90kΩ) i R7 (10kΩ). Gdy zwarta jest zwora w miejscu R9, wzmocnienie jest równe jedności. Natomiast gdy zwarta jest zwora w miejscu R7, wzmocnienie wynosi 100. Trzecia zwora w miejscu R4 nie jest podłączona i nie wpływa na układ. Dodana jest celowo, żeby jednoznacznie określić zakres pomiarowy i wzmocnienie – chodzi o to, żeby przy wzmocnieniu 10 też była zwarta jakaś zwora – właśnie ta „ślepa” w miejscu R4.

Dolna częstotliwość graniczna wyznaczona jest głównie przez kondensator wmontowany w miejsce R12 i przez współpracujący rezystor R15. Wynosi poniżej 20Hz przy spadku o 3dB. Górna częstotliwość graniczna zależy od parametrów zastosowanego wzmacniacza operacyjnego – kostka NE5532 nawet przy wzmocnieniu 100x zapewnia pomiary w zakresie całego pasma akustycznego. Wprawdzie na krańcach pasma charakterystyka nieco opada, ale w tak prostym przyrządzie jest to jak najbardziej dopuszczalne.

W układzie podstawowym przewidziano rezystory precyzyjne o tolerancji 1%, ale w praktyce śmiało można zastosować zwykłe rezystory 5-procentowe, przy czym jako R10 należy włutować rezystor o nominalie 91kΩ. Rezystory R15, R17 nie muszą mieć wartości 10kΩ, można zastosować jakiegokolwiek dwa jednakowe rezystory o wartości 7,5...15kΩ (w modelu pracują rezystory 11,5kΩ 1%).

Układ przewidziany jest zasadniczo do współpracy z multimetrem cyfrowym na zakresie 2V napięcia stałego. Nic nie stoi na przeszkodzie, żeby współpracował z dowol-



nym innym woltomierzem, nawet wskazówkowym i to na zakresie np. 5V. Maksymalne napięcie wyjściowe na wyjściu prostownika zależy od napięcia zasilania modułu. Przy zasilaniu napięciem 12V sięga ponad 4V. Kto chce zwiększyć zakres napięcia wyjściowego, może zwiększyć R13 do 15kΩ, a nawet do 18kΩ, co obniży potencjał obwodu sztucznej masy.

Montaż

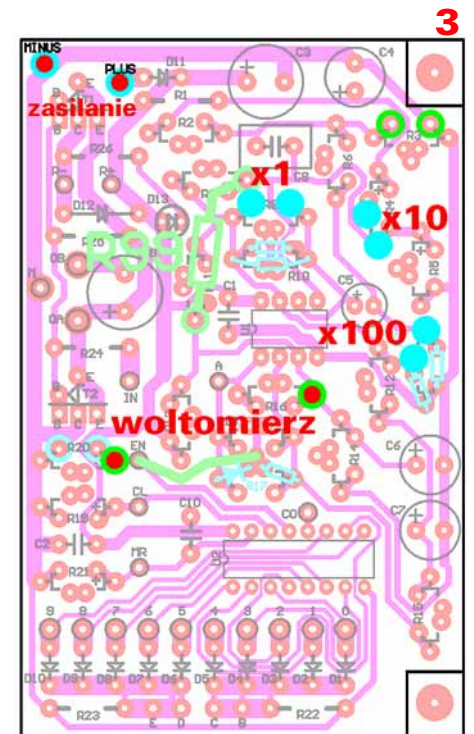
Na początek w płytkę należy włutować jedną zworę z kawałka drutu. Nietypowo łączy ona punkt EN ze „środkowym” punktem R17. W miejsce R17 i R7 należy włutować szeregowo dwa elementy, a w miejsce R10 – dwa rezystory równolegle. Na płytce do zmiany wzmocnienia przewidziano trzy pary kołków - goldpinów (w miejsce R9, R4 i R7), które będą alternatywnie zwierane jedną zworą wykonaną z kawałka drutu i dwóch nasadek (gniazd-nasadek – odwrotności goldpinów). Pomocą w montażu będzie **rysunek 2** (płytki z zaznaczonymi zworami, diodą i rezystorem w miejscu R10) oraz fotografie modelu.

Zalecana kolejność montażu podzespołów takich jak w modelu podana jest w wykazie elementów. Podczas montażu należy zwracać szczególną uwagę na sposób wlotowania elementów biegunowych: kondensatorów elektrolitycznych, diod oraz układu scalonego, którego wycięcie w obudowie musi odpowiadać rysunkowi na płytce drukowanej.

Po zmontowaniu układu trzeba bardzo starannie skontrolować, czy elementy nie zostały włutowane w niewłaściwym kierunku lub w niewłaściwe miejsca oraz czy podczas lutowania nie powstały zwarcia punktów lutowniczych.

Po skontrolovaniu poprawności montażu należy dołączyć zasilacz stabilizowany, najlepiej o napięciu 9...24V, ewentualnie alkaliczną baterię 9-woltową. Układ zmontowany prawidłowo ze sprawnych elementów od razu będzie pracował poprawnie i nie wymaga żadnej regulacji ani uruchamiania.

Do wyjścia należy dołączyć woltomierz napięcia stałego (DC) na zakresie 2V, a na wejście podać zmierzony sygnał. Wskazanie woltomierza należy podzielić przez współ-

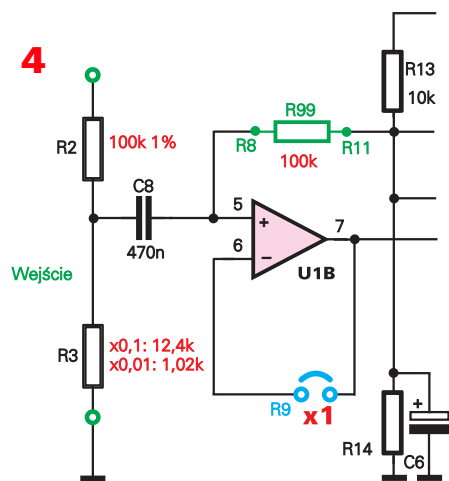


czynnik wzmocnienia przystawki, zależnie od ustawienia zwory – tu pomocą będzie rysunek 3.

Prezentowany prosty układ nie ma wprawdzie profesjonalnych parametrów, niemniej na najczulszym zakresie ma rozdzielczość sięgającą 1uV, co pozwala mierzyć napięcia zmienne na poziomie szumów termicznych, przynajmniej teoretycznie. Należy jednak pamiętać, że układ ma duże wzmocnienie i zmontowany na dość dużej płytce może zbierać rozmaite „śmieci”, w postaci brumu sieciowego i innych zakłóceń. Aby zmniejszyć czułość na takie „śmieci” moduł warto umieścić w metalowej obudowie i połączyć obudowę z masą.

Możliwości zmian

Układ można modyfikować na wiele sposobów. Na przykład można dodać dzielnik wejściowy R2/R3 wg rysunku 4, co pozwoli uzyskać zakres do 20V i do 200V. Wprawdzie takie zakresy ma multimetr, ale większość popularnych multimetrów nie mierzy prawidłowo przebiegów w zakresie całego pasma akustycznego, a jedynie częstotliwości w zakresie od 50Hz do co najwyżej 1kHz. Rezystory R2, R3 takiego dzielnika należy dobrać, uwzględniając oporność wejściową przystawki dla przebiegów zmiennych. A oporność ta jest praktycznie równa rezystancji R99, czyli 100kΩ, bo ogromną impedancję wejściową scalonego wtórnika U1B można pominąć. „Górny” rezystor tłumika (R2) nie powinien mieć zbyt dużej wartości – oporność 100kΩ wydaje się optymalna. Na rysunku podane są proponowane wartości elementów dla dzielników 1/10 i 1/100.



Wykaz elementów

(w kolejności lutowania)

- | | | | |
|---------------------------------------|---|-----------------------------|--|
| 1 <input checked="" type="checkbox"/> | zwora między punktem EN i „środkowym” punktem R17 | 16 <input type="checkbox"/> | dwie szpilki goldpin w miejsce R4 wg rysunku 2 |
| 2 <input type="checkbox"/> | w miejsce R18 wlutować diodę 1N4148 | 17 <input type="checkbox"/> | dwie szpilki goldpin w miejsce R7 wg rysunku 2 |
| 3 <input type="checkbox"/> | w miejsce R17 wlutować diodę 1N4148 wg rysunku 2 | 18 <input type="checkbox"/> | R7 – 1kΩ 1% nietypowo wg rysunku 2 |
| 4 <input type="checkbox"/> | R10 – 10MΩ wg rysunku 2 | 19 <input type="checkbox"/> | R17 – 10kΩ 1% nietypowo wg rysunku 2 |
| 5 <input type="checkbox"/> | R10 – 90,9kΩ wg rysunku 2 | 20 <input type="checkbox"/> | w miejsce R12 – kondensator 1uF stały |
| 6 <input type="checkbox"/> | R13 – 10kΩ | 21 <input type="checkbox"/> | C5 – 100uF/16V |
| 7 <input type="checkbox"/> | R14 – 10kΩ | 22 <input type="checkbox"/> | w miejsce R20 – kondensator 100uF/16V |
| 8 <input type="checkbox"/> | R15 – 10kΩ 1% | 23 <input type="checkbox"/> | C6 – 220uF/16V |
| 9 <input type="checkbox"/> | R99 – 100kΩ 5% nietypowo wg rysunku 2 | 24 <input type="checkbox"/> | C3 – 470uF/25V |
| 10 <input type="checkbox"/> | R7 – 10kΩ 1% nietypowo wg rysunku 2 | 25 <input type="checkbox"/> | włożyć na kołki zworę ustalającą wzmocnienie |
| 11 <input type="checkbox"/> | podstawka 8-pin pod układ scalony U1 | 26 <input type="checkbox"/> | w miejsce R3 dołączyć przewód wejściowy |
| 12 <input type="checkbox"/> | C1 – 100nF (może być oznaczony 104) | 27 <input type="checkbox"/> | do otworów R16, R20 dołączyć woltomierz wg rysunku 2 |
| 13 <input type="checkbox"/> | D11 – dioda 1A (np. 1N4001, 1N5817) | 28 <input type="checkbox"/> | U1 – włożyć układ scalony TL082 do podstawki |
| 14 <input type="checkbox"/> | C8 – 470uF | 29 <input type="checkbox"/> | do punktów PLUS, MINUS dołączyć zasilanie |
| 15 <input type="checkbox"/> | dwie szpilki goldpin w miejsce R9 wg rysunku 2 | | |

Komplet podzespołów jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-616. Płytkę wielofunkcyjną PW-03 należy zamówić oddzielnie.

Kto chce, może też zmienić rezystancję wejściową samej przystawki, zmieniając R99, przy czym w przypadku zmniejszania rezystancji R99 trzeba zwiększyć wartość C8

Należy jednak mieć świadomość, że zwiększenie R99 zwiększy spadek napięcia na tym rezystorze, wynikający z przepływu prądu polaryzacji wejścia wzmacniacza operacyjnego i wzmocnienia tego napięcia. W układzie podstawowym jest to w dużej części skompensowane przez rezystancję R10 (dla pełnej kompensacji R99 powinien mieć wartość dokładnie taką jak R10). Problem prądu wejściowego można łatwo wyeliminować, stosując wzmacniacz operacyjny TL072, który ma prądy polaryzacji wejść radykalnie mniejsze niż NE5532. Wzmacniacz TL072 ma jednak nieco gorsze parametry częstotliwościowe, co zmniejszy pasmo przenoszenia i dokładność przy pomiarze częstotliwości w pobliżu górnej granicy pasma akustycznego.

Jak wiadomo, wszystkie proste mierniki przebiegów zmiennych błędnie mierzą przebiegi o kształcie różniącym się od sinusoidy. Należy wyraźnie podkreślić, że już w założeniu przystawka miała być jak najprostszą i przy podanych wartościach elementów **pokazuje wartość szczytową mierzonego przebiegu**. Aby obliczyć wartość skuteczną przebiegu sinusoidalnego, należy odczytaną wartość podzielić przez 1,41 (pierwiastek z dwóch). Kto chciałby od razu uzyskiwać na dołączonym woltomierzu takie wartości skuteczne (dla sinusoidy), powinien zmniejszyć wzmocnienie U1A przez zastosowanie takich wartości rezystorów, żeby stosunek R15/R17 wynosił 1,41.

Piotr Górecki