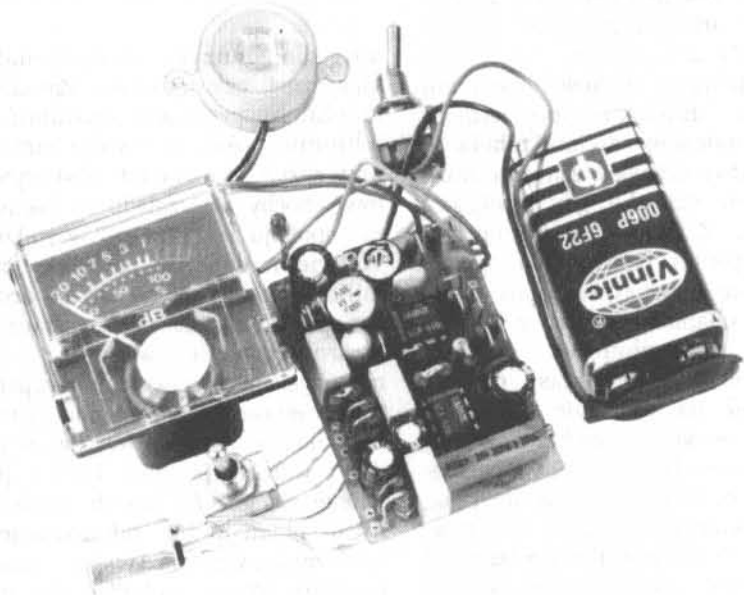


Prawie w każdym domu znajdziemy dziś przyzwoitej klasy aparaturę audio. Większość z nas zainwestowała sporo pieniędzy w sprzęt, każdy przecież chce mieć przyjemność słuchania muzyki wysokiej jakości. Niestety, zwykle mało uwagi poświęca się zagadnieniom czysto akustycznym, a przecież drogi sprzęt to nie wszystko. Wielu elektroników uważa, że pomiary akustyczne to sprawa skomplikowana, tylko dla specjalistów. Wcale tak nie jest. W artykule opisujemy prosty przyrząd, który będzie znakomitą pomocą dla każdego melomana i elektronika, zajmującego się choć trochę elektroakustyką. Prosty układ elektroniczny i duży zakres praktycznych zastosowań powinny zachęcić wszystkich naszych Czytelników do budowy tego użytecznego narzędzia. Miernik taki odda też nieocenione usługi przy badaniu charakterystyk zestawów głośnikowych i kolumn.

Każdy z nas - elektroników wykonał, próbował wykonać lub chciał wykonać jakieś urządzenie audio: wzmacniacz, korektor, radio, kolumny głośnikowe itd. Wielu elektroników występuje też w roli ekspertów przy wykonywaniu nagłośnienia różnych imprez okolicznościowych, takich jak choćby szkolne dyskoteki czy zebrania większych grup ludzi. Jeśli chodzi o sprzęt, to nie brakuje literatury opisującej najróżniejsze układy elektroniczne. Mniej, a może wręcz mało znana jest strona akustyczna. Powszechnie znane stwierdzenie, iż wszystko zależy od jakości kolumn, jest tylko częściowo prawdziwe. Odpowiadając na prośby Czytelników o szersze potraktowanie tematu elektroakustyki na łamach EP, zaczęliśmy opisywać „klocki” audio; żeby jednak kompleksowo omówić całość zagadnienia, począwszy od tego numeru poświęcimy trochę uwagi akustyce i pomiarom akustycznym, które mają ogromne znaczenie dla końcowego efektu.

# Miernik natężenia dźwięku

## kit AVT-183



### Odrobina koniecznej teorii

Fala dźwiękowa, rozchodząca się w środowisku, niesie pewną energię. Oznacza to, że każde źródło dźwięku ma pewną moc (można ją wyrazić w watach). Jeśli dźwięk rozchodzi się na wszystkie strony (tzw. fala kulista), to czym dalej od źródła dźwięku, tym energia (moc), przechodząca przez daną powierzchnię, jest mniejsza, bo ta sama moc jest rozłożona na coraz większą powierzchnię kulistą. Dla dowolnego punktu przestrzeni (fachowo: pola akustycznego) możemy więc mówić o mocy przypadającej na jednostkę powierzchni prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali. Wielkość ta, wyrażona w watach na metr kwadratowy, jest nazywana **natężeniem dźwięku** (oznaczana literką  $I$  lub  $J$ ) i jest jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących dźwięk. Dźwięki leżące w granicach słyszalności mają natężenie w zakresie o ogromnej rozpiętości

biliona razy, mianowicie  $10^{-12} \dots 1$   $W/m^2$ . Wyrażona liczbowo w  $W/m^2$  wartość natężenia dźwięku nie daje dobrego wyobrażenia o głośności ze względu na w przybliżeniu logarytmiczną charakterystyką czułości ludzkiego ucha. Dlatego dla większej jasności używa się w praktyce pojęcia **poziomu natężenia dźwięku**. Jest to w zasadzie ta sama wielkość, ale wyrażona w stosunku do przyjętego poziomu odniesienia i wyrażona w mierze logarytmicznej. Jako poziom odniesienia przyjęto wartość  $10^{-12} W/m^2$ , co w przybliżeniu odpowiada dolnej granicy słyszalności tonu 1kHz przez młodego człowieka o zdrowym słuchu.

Poziom natężenia dźwięku (często spotyka się też skrót angielskiej nazwy Sound Pressure Level - SPL) określa się więc w decybelach jako:

$$i = SPL = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

gdzie:  $I$  - natężenie dźwięku,  $I_0 = 10^{-12} W/m^2$  - wartość odniesienia.

Poziom natężenia dźwięku określa więc w przybliżeniu, na ile głośność danego dźwięku jest większa od poziomu słyszalności. Niestety, nie jest tu uwzględniona fizjologiczna charakterystyka czułości czyli zmniejszanie czułości ucha w zakresie największych i najmniejszych częstotliwości przy mniejszych poziomach natężenia dźwięku. Niektóre fabryczne mierniki dają możliwość włączania odpowiednich filtrów; w zakresie poziomów mierzonych przez nasz przyrząd nie ma to jednak większego znaczenia, szersze omówienie tego zagadnienia znajdą Czytelnicy w najbliższych artykułach cyklu „Notatnik Praktyka“.

Orientacyjne wartości poziomu natężenia dźwięku spotykanych w życiu hałasów zawiera **tabela 1**.

Przeciętny człowiek zauważa zmianę poziomu dźwięku, gdy przekracza ona 3dB. Z tego między innymi względu pasmo przenoszenia sprzętu określa się częstotliwościami, przy których charakterystyka wykazuje właśnie 3-decybelowy spadek. W sprzęcie wysokiej klasy określa się spadek na poziomie -1dB.

I tu pomalu przechodzimy do sedna sprawy. Nasz sprzęt wzmacniający ma, powiedzmy, idealnie płaską charakterystykę. Tak, ale charakterystyka kolumn jest już bardziej „poszarpana“. Ale to wcale nie jest jeszcze najgorsze. W pomieszczeniu odsłuchowym (nagłaśnianym) występują przecież pewne odbicia, w zależności od wymiarów obiektu powstaną więc mniej lub bardziej ostro zarysowane rezonanse. Nie znamy też zwykle charakterystyki pochłaniania dźwięku dla różnych częstotliwości. Wymiary, proporcje wymiarów pomieszczenia, meble, elementy wyposażenia, mają decydujący wpływ na efekt końcowy. Twarde powierzchnie i przedmioty, powodując odbicia w zakresie większych częstotliwości, spowodują zbytne uwydatnianie wyższych tonów, nadając dźwiękom ostrzejsze brzmienie. Z kolei obecność wielu miękkich obiektów (dywan, grube zasłony) spowoduje pochłanianie tonów wyższych i dominację niższych, co daje bardziej miękką, łagodny dźwięk. Miejsce ustawienia zestawów głośnikowych, ich odległość od ścian i mebli też mają wpływ na uzyskany obraz dźwiękowy.

Nieco inne parametry pomieszczenia odsłuchowego będą odpowied-

Tab. 1.

0dB	dolny próg słyszalności
10dB	normalny oddech (30cm), cichy szmer liści
20dB	przeciętny szept (1m), kroki po podłodze
30dB	cicha muzyka w tle, tykanie zegara ściennego
40...50dB	przeciętne mieszkanie, cicha ulica
60dB	cicha muzyka
65...70dB	rozmowa (1m)
80dB	głośna orkiestra
90dB	głośny krzyk (próg natężeń niebezpiecznych dla zdrowia)
100dB	piorun
110dB	głośna dyskoteka
120dB	młot pneumatyczny (5m)
130dB	silnik samolotu (10m), próg bólu

nie dla muzyki sentymentalnej, klasycznej, czy rockowej. Zasadniczo należałoby próbować wytłumić lub odtłumić pokój, ale wielu melomanów rezygnuje z takich eksperymentów, choćby ze względu na zachowanie spokoju społecznego w rodzinie. W wielu więc wypadkach grube miliony wyłożone na zakup drogiego sprzętu zostaną w rzeczywistości zmarnowane, bo w efekcie wcale nie uzyskamy oczekiwanej wypadkowej równomierności i naturalności obrazu dźwiękowego (chyba, że chodzi o wzrost ciśnienia krwi i pojawienie się jeszcze innych patologicznych objawów u odwiedzających nas znajomych na widok naszego sprzętu). W grę wchodzi nie tylko równomierność charakterystyki przenoszenia w funkcji częstotliwości, ale też - o czym się często zapomina - równomierność pokrycia dźwiękiem całego interesującego nas obszaru w pełnym pasmie akustycznym.

Tak więc osoba świadoma tego typu pułapek może przy pomocy względnie taniego sprzętu osiągnąć świetne efekty.

Całość tego zagadnienia jest jeszcze bardziej złożona; w zależności od treści przekazu (mowa, różne rodzaje muzyki) należy bowiem również uwzględnić czas pogłosu, kierunkowość zestawów głośnikowych i kolumn. Te sprawy omówimy w przyszłości. Niebagatelne znaczenie mają też subiektywne odczucia i upodobania melomana.

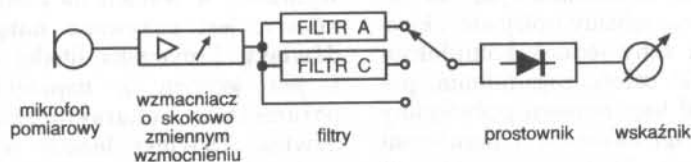
Powiedzmy też wyraźnie, że choć ogólne zasady są te same, to zupełnie inne oczekiwania mamy w stosunku do domowego zestawu audio, który ma zapewnić bliskie ideału odtwarzanie muzyki z płyt kompaktowych dla, powiedzmy, dwóch siedzących blisko siebie osób; zupełnie czego innego oczekujemy w sali, gdzie ma się odbyć interesujący wykład dla kilkuset osób.

### Zasada działania

Miernik poziomu dźwięku, bo tak w skrócie będziemy go nazywać, to prosty przyrząd, którego głównymi elementami są: mikrofon o kołowej charakterystyce i płaskim, szerokim pasmie częstotliwości, wzmacniacz o skokowo regulowanym wzmocnieniu, prostownik i wskaźnik; często przydatne będą również filtry kształtujące charakterystykę częstotliwościową. Blokowy schemat takiego miernika jest pokazany na **rysunku 1**.

### Analiza właściwości systemu elektroakustycznego

Analizę właściwości danego systemu akustycznego przeprowadzimy podając na jedno z liniowych wejść wzmacniacza sygnały pomiarowe o ustalonej, jednakowej amplitudzie. Przeprowadzimy analizę dwóch parametrów: (1) stopnia wytłumienia i (2) wypadkowej charakterystyki częstotliwościowej obiektu. Dla dużych obiektów, takich jak aule, sale zebrań, czy nawet hale sportowe i stadiony, zmierzmy też (3) równomierność pokrycia dźwiękiem.



Rys. 1. Schemat blokowy miernika natężenia dźwięku

W każdej sytuacji pierwszym krokiem do określenia i ewentualnej poprawy wypadkowej charakterystyki systemu będzie wykorzystanie naszego miernika poziomu.

(1) W przestrzeni otwartej i doskonale wytlumionym pomieszczeniu poziom natężenia dźwięku maleje monotonicznie wraz ze wzrostem odległości od źródła. W typowym pokoju, sali, czy innym audytorium, z uwagi na wspomniane wcześniej odbicia pojawią się fale stojące. Efekt będzie taki, że przesuwając mikrofon pomiarowy zaobserwujemy maksima i minima w odległościach rzędu długości mierzonej fali dźwiękowej. Przypomnijmy, iż zwykle przyjmuje się średnią prędkość dźwięku w powietrzu  $v = 340\text{m/s}$ , stąd długość fali dźwiękowej o częstotliwości  $f$  w powietrzu:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Różnica zmierzonych dla danej częstotliwości wartości maksymalnych i minimalnych daje wyobrażenie o stopniu wytlumienia pomieszczenia i występujących odbiciach. W większości przypadków chcielibyśmy osiągnąć dobre wytlumienie i brak odbić. Występowanie fal stojących może przy niektórych utworach muzycznych dać wrażenie zmian głośności podczas poruszania się. Tej niekorzystnej sytuacji nie poprawią najwymyślniejsze nawet regulacje w torze wzmacniającego. Jedynym ratunkiem może być zmiana ustawienia głośników oraz wytlumienie pomieszczenia przez wprowadzenie miękkich i porowatych powierzchni. Jest to jednak złożone zagadnienie; omówimy je bliżej przy innej okazji.

(2) Możemy zbadać charakterystykę częstotliwościową przenoszenia całego systemu. Użycie tu generatora pojedynczych tonów może wiązać się z trudnościami w określeniu średniego poziomu dźwięku (z uwagi na obecność fal stojących), dlatego do takich pomiarów używa się przestrajanego generatora przebiegów szumowych obejmujących wąskie pasmo częstotliwości. Wkrótce na ten temat napiszemy więcej. Jeśli nie mamy takiego generatora, to zastępczo możemy użyć generatora sterowanego napięciem (VCO), podając na jego wejście sterujące przebieg zmienny o częstotliwości kilku...kilkunastu herców i takiej amplitudzie, aby uzyskać dewiacje

częstotliwości w zakresie nie większym niż 0,7...1,4 interesującej nas częstotliwości. Dzięki zmianie częstotliwości i fazy fale stojące nie będą groźne i miernik poziomu pokaże wartość średnią, a o to przecież chodzi w tym pomiarze. Jeśli okaże się, iż taka uśredniona charakterystyka nie jest dostatecznie płaska i dla pewnych częstotliwości występują podbicia lub „dołki“, to należy zastosować equalizer, który jest przeznaczony - jak nazwa wskazuje - właśnie do tego celu.

Korekcję można przeprowadzić używając opisanego w tym numerze EP 9-punktowego equalizera, a jako źródła sygnału - modułu generatora-wobulatora. Wkrótce opublikujemy kolejny „klocek“ - zestaw 9 filtrów pasmowych, pozwalających uzyskać szumy wąkopasmowe przy użyciu opisanego w EP7/94 generatora szumu.

Przy tej okazji koniecznie należy wspomnieć o fizjologicznej charakterystyce czułości ucha ludzkiego. Jeśli w badanym systemie elektroakustycznym planujemy odtwarzanie głośniejszych dźwięków o poziomie 80...90dB (np. głośniejszej muzyki), to charakterystyka częstotliwościowa powinna być płaska. Gdyby chodziło np. o pokój do cichego odsłuchu muzyki kameralnej, to celowe może okazać się uwzględnienie krzywych jednakowego poziomu głośności (patrz Notatnik Praktyka).

(3) W większych obiektach należy sprawdzić równomierność pokrycia dźwiękiem całego obiektu - szerokopasmowo lub lepiej w kilku pasmach, a szczególnie w zakresie wyższych częstotliwości. Do tego celu znakomicie nadaje się prosty generator szumu (EP7/94). I znów, jeśli pokrycie nie będzie równomierne, to należy zmienić ustawienie głośników... ale to już inna historia.

#### Pozostałe zastosowania

Miernik poziomu będzie też doskonałą pomocą przy pomiarach głośników, zestawów głośnikowych i kolumn. Dla użytkownika ważna jest nie tylko charakterystyka częstotliwościowa, ale też charakterystyka kierunkowa dla różnych częstotliwości. Takie pomiary należałoby wykonywać na wolnym powietrzu, aby uniknąć odbić i fal stojących. O głośnikach i kolumnach będziemy pisać w EP systematycznie.

Miernik nasz może służyć też do

pomiaru hałasów w domu, w pracy, na dyskoteci itd. Dźwięki o poziomach ponad 90dB nie są obojętne dla zdrowia. Normy określają maksymalny dopuszczalny czas przebywania w środowiskach o dużym poziomie hałasu. Interesujące może być zmierzenie poziomu hałasu w miejscach, gdzie zdarza się nam przebywać. Do tego celu nasz miernik musi być dokładnie wyskalowany, najlepiej przy użyciu dobrej klasy fabrycznego miernika natężenia dźwięku.

Zauważmy tu przy okazji, że do wszystkich poprzednio opisanych pomiarów nasz miernik nie wymaga skalowania! Będziemy mierzyć różnice poziomów i wcale nie jest nam niezbędna znajomość rzeczywistej wartości poziomu mierzonego dźwięku. Dlatego nie proponujemy teraz konkretnej metody skalowania miernika, wykonalnej w amatorskich warunkach, a dostępnej dla wszystkich naszych Czytelników. Przedstawiany dziś prosty przyrząd jest projektowany na zakres około 60...90dB, co dla proponowanych celów całkowicie wystarczy. Gdyby nasi Czytelnicy byli zainteresowani konstrukcją bardziej precyzyjnego przyrządu o szerszych możliwościach i jego skalowaniem, to prosimy o listy. Wtedy wrócimy na łamach EP do tego tematu.

#### Inne uwagi praktyczne

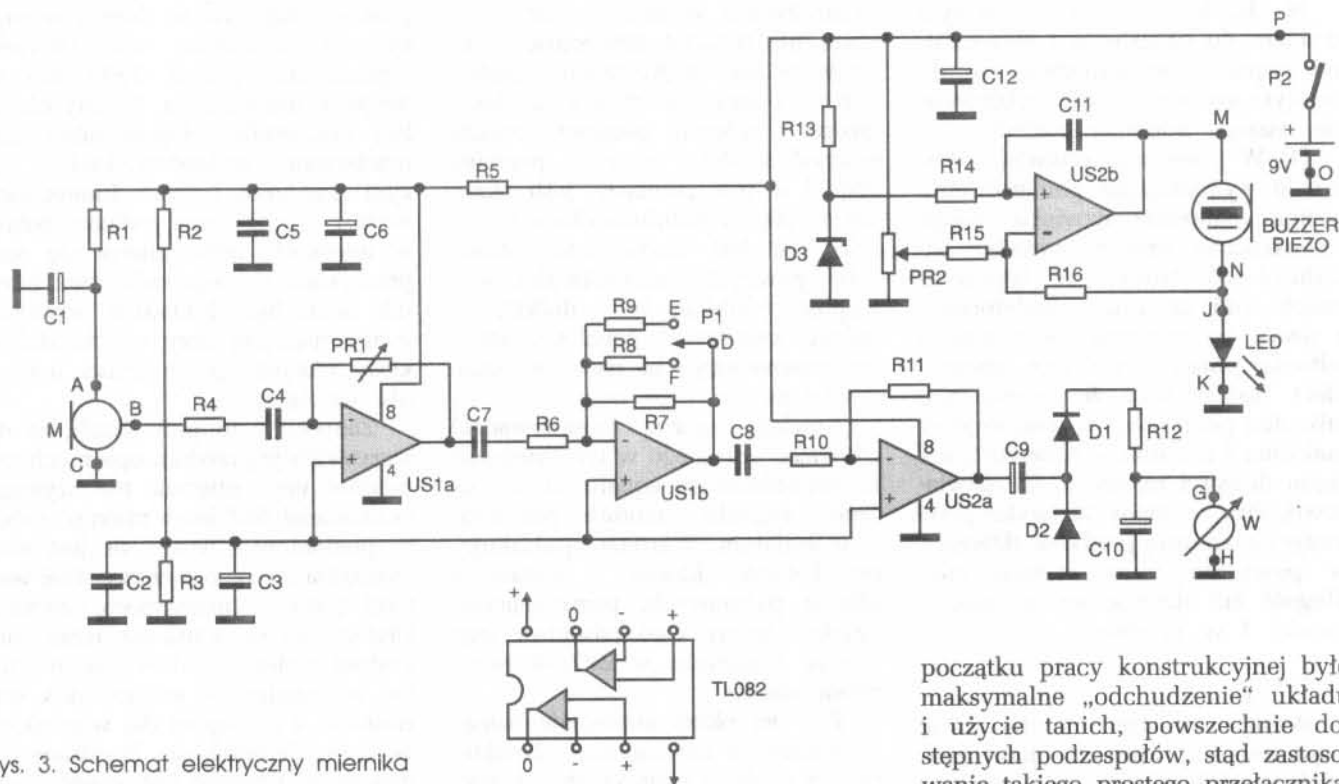
Dla osiągnięcia niezbędnej dokładności poziom mierzonych sygnałów musi być o ponad 10dB większy niż poziom szumów otoczenia.

Ponadto, jeśli osoba dokonująca pomiarów trzyma miernik tuż przed sobą i zwrócona jest twarzą w kierunku źródła dźwięku, to odbicia od ciała i ubrania mogą wprowadzić błąd nawet kilku decybeli. Właściwa pozycja przy dokonywaniu pomiarów jest pokazana na rysunku 2 (nasz redakcyjny model, w odróżnieniu od wielu fabrycznych mierników, jest do tego przystosowany „od urodzenia“).



Rys. 2. Właściwa pozycja osoby mierzącej natężenie dźwięku





Rys. 3. Schemat elektryczny miernika

Fabryczne mierniki mają przełączniki rodzaju pracy SLOW, FAST oraz kształtu charakterystyki częstotliwościowej A i C. W pozycji SLOW mierzymy poziom dźwięku uśredniony w czasie rzędu 1 sekundy - należy w ten sposób mierzyć np. hałasy. W pozycji FAST mamy możliwość zmierzenia wartości szczytowej, co niekiedy jest potrzebne.

Litera C oznacza tzw. krzywą C kształtu charakterystyki częstotliwościowej; praktycznie jest to charakterystyka płaska w zakresie częstotliwości około 50Hz...10kHz, natomiast oznaczenie i krzywa A odpowiada charakterystyce czułości ucha dla małych poziomów natężenia dźwięku, gdy czułość dla niskich i wysokich tonów jest zmniejszona. Upraszczając powiedzmy, iż przy poziomach mniejszych niż 70dB należałoby używać charakterystyki A, zaś przy większych poziomach - charakterystyki C.

### Opis układu miernika

Schemat elektryczny naszego miernika jest pokazany na **rysunku 3**.

Źródłem zasilania przyrządu jest bateria 9V. Mikrofon pomiarowy powinien mieć dookólną charakterystykę i przenosić szerokie pasmo częstotliwości. W miernikach tej klasy stosuje się powszechnie mikrofony elektretowe, spełniające poda-

ne wymagania. Nasz wybór padł na elektretowy mikrofon Me-061 z Ton-silu. Równomierność charakterystyki częstotliwościowej jest tu zadowalająca, a ewentualne błędy  $\pm 1...2$ dB nie mają większego znaczenia. Nie zalecamy stosowania dwukońcówkowych „elektretów“ z Dalekiego Wschodu z uwagi na niewiadomy kształt charakterystyk oraz rozrzut ich parametrów.

Wzmacniacz sygnału mikrofonowego składa się z trzech stopni. W zasadzie wystarczyłyby dwa stopnie wzmacnienia, ale w podanym układzie mamy gwarancję, że uzyskamy pasmo do 20kHz także przy użyciu popularnych i tanich wzmacniaczy operacyjnych TL072 (TL082), których pasmo jest ograniczone przez wewnętrzne obwody kompensacji.

Praca w konfiguracji wzmacniacza odwracającego wymaga najmniejszej liczby elementów zewnętrznych. Pierwszy stopień ma wzmacnienie regulowane za pomocą montażowego potencjometru wieloobrotowego PR1. Umożliwia to w razie potrzeby łatwą kalibrację. Drugi stopień ma wzmacnienie regulowane za pomocą popularnego trzypołożeniowego przełącznika skokowo w proporcji 2,2 : 6,9 : 22 co w wystarczającym przybliżeniu odpowiada proporcji 1 : 3,16 : 10, czyli 0dB : +10dB : +20dB. Założeniem przyjętym na

początku pracy konstrukcyjnej było maksymalne „odchudzenie“ układu i użycie tanich, powszechnie dostępnych podzespołów, stąd zastosowanie takiego prostego przełącznika. W środkowym, neutralnym położeniu dźwigni przełącznika stopień ma wzmacnienie 22 razy. W obu skrajnych położeniach dźwigni wzmacnienie maleje wskutek dołączenia równoległe do R7 odpowiednio R8 lub R9. Nie uzyskamy więc dla trzech kolejnych położeni dźwigni przełącznika kolejnych wartości wzmacnienia; za prostotę układu płacimy pewną niewygodą, ale jak widać na fotografii nie jest to jednak mylące. Trzeci stopień pracuje przy stałym wzmacnieniu i na jego wyjściu otrzymujemy sygnał o wartości międzyszczytowej około 3Vpp. Tak duży sygnał jest potrzebny dla uzyskania dobrej liniowości i dokładności pracy prostownika.

Najprostszym rozwiązaniem układu prostownika okazało się zastosowanie diod germanowych. Sposób dołączenia kondensatora filtra i jego wartość decydują o rodzaju odpowiedzi wskaźnika: szczytowej albo uśrednionej. W większości przypadków korzystniejsza jest odpowiedź uśredniona.

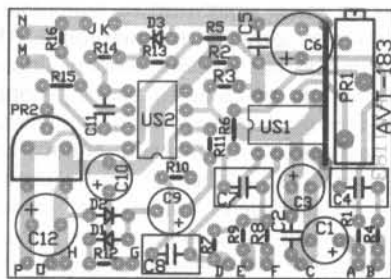
Układ ma rozbudowane obwody filtracji i odsprzęgania zasilania. Jest to niezbędne, ponieważ przy mniejszej czułości mikrofonu (wypróbowano też działanie z mniej czułymi mikrofonami) lub próbie pomiaru dźwięków o poziomach 55...60dB wzmacnienie układu musi być duże i może nastąpić samowzbudzenie.

Interesującą częścią układu jest blok kontroli napięcia zasilania z układem US2b. Suwak potencjometru PR2 należy ustawić w takim położeniu, aby dla napięć zasilających powyżej 7V dioda LED była wygaszona. Przy obniżaniu napięcia zasilającego (wskutek wyczerpywania baterii) poniżej 7V układ zacznie pracować jako generator. Migająca czerwona dioda LED i dźwięk brzęczyka piezo poinformują o konieczności wymiany baterii. Przy dalszym spadku napięcia dioda będzie świecić ciągle, wreszcie napięcie spadnie na tyle, że wszystkie układy przestaną funkcjonować. Przy włączaniu i wyłączaniu zasilania układ ten generuje krótkie sygnały dźwiękowe, co jest dodatkową zaletą uzyskaną niejako „przy okazji“.

Obwód kontroli napięcia zasilania w tego typu przyrządzie jest konieczny. Przy braku takiego obwodu, niesygnalizowany w żaden sposób spadek napięcia pod koniec „życia“ baterii spowodowałby zdecydowanie błędne wskazania. Inną, prostszą możliwością jest zastosowanie dodatkowego przełącznika i wykorzystanie wskaźnika wychyłowego także do kontroli zasilania.

### Montaż i uruchomienie

Montaż należy wykonać na płytce według rysunku 4. Pod układy US1 i US2 warto dać podstawki i ewentualnie wypróbować działania z jeszcze bardziej energooszczędnymi układami TL 062 (chodzi o pasmo i wyjściową wydajność prądową). Po zmontowaniu płytki, całość można umieścić w obudowie jak na fotografii. W tym celu należy dołączyć mikrofon, przełączniki, diodę LED, brzęczyk i wskaźnik. Rozmieszczenie tych podzespołów nie jest krytyczne, jednak z uwagi na indukowane zakłócenia przewody połączeniowe przełącznika i mikrofonu po-



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1: 2,2k $\Omega$   
 R2, R13: 22k $\Omega$   
 R3: 15k $\Omega$   
 R4, R6, R10: 10k $\Omega$   
 R5: 200 $\Omega$   
 R7: 220k $\Omega$   
 R8: 24k $\Omega$   
 R9, R11: 100k $\Omega$   
 R12: 4,7k $\Omega$   
 R14, R15, R16: 1M $\Omega$   
 PR1: 100k $\Omega$ , wieloobrotowy, montażowy  
 PR2: 100k $\Omega$ , mały węglowy

#### Kondensatory

C1, C3, C6: 100 $\mu$ F/16V  
 C2, C5: 100nF  
 C4, C7, C8: 1 $\mu$ F, unipolarny  
 C9: 10 $\mu$ F/10V  
 C10: 100 $\mu$ F/6,3V lub 10V  
 C11: 47nF  
 C12: 220 $\mu$ F/10V lub /16V

#### Półprzewodniki

US1, US2: TL082  
 D1, D2: diody germanowe, np. AAP153  
 D3: dioda Zenera 5V1 lub 4V7  
 LED: dowolna czerwona dioda LED

#### Różne

M: mikrofon Me-061  
 P1: przełącznik trzypozycyjny jednoobwodowy  
 P2: przełącznik dwupozycyjny jednoobwodowy  
 W: wychyłowy wskaźnikysterowania magnetofonu  
 BUZZER: przetwornik piezo z generatorem np. PCA-06  
 obudowa z tworzywa sztucznego

winny być jak najkrótsze (nie ma potrzeby stosowania przewodów ekranowanych).

Do uruchomienia i regulacji należy użyć zasilacza o płynnie regulowanym napięciu. Potrzebne będą napięcia z zakresu 6...9V. Pobór prądu całego układu nie powinien przekraczać 10mA (model pobierał 8,4mA). Na początek należy wyregulować blok kontroli napięcia (US2b). W tym celu należy podać napięcie zasilania równe 7V i tak ustawić suwak potencjometru PR2, aby generator (US2b) zaczynał pracować. Będzie to sygnalizowane przez diodę LED i brzęczyk. Przy zwiększaniu napięcia zasilającego powyżej 7,2V generator powinien się wyłączać.

Jak powiedzieliśmy wcześniej, do większości zastosowań przyrząd nie wymaga dokładnej kalibracji. Dobrze byłoby jednak za pomocą PR1 ustawić zgodnie z tabelą 1 poziom na wskaźniku mniej więcej 70dB przy normalnym mówieniu w odległości ok. 1m od mikrofonu. Byłoby to wskazanie 0dB przy maksymalnym wzmocnieniu drugiego stopnia - dźwignia przełącznika w środkowym, neutralnym położeniu. W takim wypadku otrzymamy pozostałe zakresy w „okolicach“ 80 i 90dB. Dźwięk o poziomie 90dB jest zdecydowanie głośny i do opisanych prób taka rozpiętość całkowicie wystarczy. W razie użycia odmiennego

mikrofonu, o zdecydowanie innej niż w modelu czułości, konieczna może się okazać zmiana R10 i R11. Ze względu na ewentualne kłopoty ze stabilnością przy dużych wartościach wzmocnienia lepiej stosować podany typ mikrofonu o dużej skuteczności i nie zwiększać zbyt mocno całkowitego wzmocnienia.

Piotr Górecki, AVT