



# Precyzyjny miernik głośności Psofometryczny miernik sygnału



W EdW 4/2002 przedstawiono prosty układ sonometru - miernika głośności. Niniejszy artykuł prezentuje precyzyjny wskaźnikysterowania i głośności z podwójnym wyświetlaczem o różnych charakterystykach dynamicznych. Opisywany wskaźnik przewidziany jest do wykorzystania zamiast typowego fabrycznego wskaźnika wbudowanego w mikser w systemach nagłośnienia „na żywo”.

Osoby mniej zorientowane mogą się dziwić, dlaczego nie wystarczy wskaźnik wbudowany w mikser lub bardziej dokładna klasyczna linijka pomiarowa.

Przyczyna jest prosta: W mikserach (i innych urządzeniach) z reguły stosowane są **mierniki wartości szczytowej sygnału**, nazywane PPM (Peak Power Meter). Taki wskaźnik szczytowy doskonale zdaje egzamin przy kontroli sygnału zapisywanego w postaci analogowej, a zwłaszcza cyfrowej. Głównym zadaniem wskaźników PPM jest pomoc w wykorzystaniu dynamiki toru zapisu, w szczególności ochrona przed przesterowaniem. Chodzi o to, by operator miksera utrzymywał możliwie wysoki poziom sygnału, ale nie dopuszczał do przesterowania i wynikających z tego zniekształceń.

O ile wskaźnik wartości szczytowej doskonale zdaje egzamin przy zapisie, o tyle okazuje się bardzo mało przydatny, a czasem wręcz przeszkadza, w systemach nagłośnienia „na żywo”, gdy program słowny przekazywany jest bezpośrednio na widownię w obiekcie.

Tu trzeba utrzymywać potrzebną głośność, co nie zawsze jest proste ze względu na różną odległość od mikrofonu oraz różne właściwości głosu występujących osób. Gdy stanowisko nagłośnienia ułożone jest na widowni, większego problemu nie ma, ponieważ osoba obsługująca mikser na bieżąco śledzi program. Często jednak stanowisko

nagłośnienia jest oddzielone od widowni. Półbiedy, gdy wyposażone jest w dobre monitory odsłuchowe, wyregulowane tak, by w miarę dokładnie odwziewiedlały warunki panujące na widowni. Gdy porządnym monitorów brak, albo gdy obsługa zmienia ich głośność, nie sposób kontrolować głośności programu w obiekcie.

W takich i podobnych przypadkach dobrym rozwiązaniem będzie wykorzystanie opisywanego urządzenia – precyzyjnego miernika sygnału audio. Przyrząd wyposażony jest w filtr uwzględniający charakterystykę ucha ludzkiego, przetwornik wartości skutecznej oraz, co bardzo ważne, dwie linijki wskaźnikowe. Jeden wskaźnik pokazuje wartość chwilową sygnału, drugi informuje o średniej głośności w dłuższym przedziale czasu.

Dzięki tym dwóm wskaźnikom przyrząd doskonale zdaje egzamin w różnorodnych systemach nagłośnienia „na żywo”. Może też być uzupełnieniem systemów studyjnych, przy czym trzeba lojalnie przyznać, że w systemach studyjnych podczas nagrań i produkcji audycji radiowych ważniejszą rolę odgrywa dobry wskaźnik szczytowy (PPM), pozwalający uniknąć przesterowania torów zapisu czy nadajnika. W systemach studyjnych opisywany miernik głośności w rękach świadomego operatora dźwięku również okaże się pożyteczny, zwłaszcza w przypadku stosowania kompresorów i limiterów. Pokaże, jak zmienia się średnia głośność przy różnych ustawieniach kompresora i limitera.

Stopień trudności projektu (dwie gwiazdki) wskazuje, że z jego zbudowaniem i uruchomieniem poradzą sobie nawet średnio zaawansowani elektronicy. Niemniej pełny pożytek z jego wskazań odniosą tylko ci, którzy mają do czynienia z systemami nagłośnienia „na żywo”. Aby wyrobić sobie szerszy obraz

sprawy, warto zajrzeć do artykułu pt. „Sonometr” w EdW4/2002 str. 50 oraz do końcowej części niniejszego artykułu.

## Opis układu

**Rysunek 1** pokazuje schemat blokowy przyrządu. Przyrząd ma dwa wejścia sygnałowe: A i B o różnej czułości. Sygnał po przejściu przez wzmacniacz o regulowanym wzmocnieniu podawany jest na filtr psofometryczny. Na przetwornik prawdziwej wartości skutecznej podawany jest przez przełącznik S albo sygnał z filtru, albo sygnał szerokopasmowy. Tętniący przebieg z przetwornika, wskazujący na chwilową wartość sygnału podawany jest na dodatkowy wzmacniacz i na wskaźnik wartości chwilowej. Ten sam sygnał po uśrednieniu w obwodzie RC o dużej stałej czasowej jest podawany na drugi wskaźnik, pokazujący przeciętny poziom głośności.

Pełny schemat ideowy miernika pokazany jest na **rysunku 2**. Część pomiarowa zasilana jest napięciem symetrycznym  $\pm 15V$  z transformatora TR1 i stabilizatorów U7, U7. Wskaźniki LED z kostkami LM391X zasilane są znacznie mniejszym napięciem, uzyskiwanym z transformatora TR2. To napięcie nie jest stabilizowane, bo wykorzystywane jest wyłącznie do zasilania diod świecących.

Sygnał akustyczny z miksera jest podawany na wejście A lub B. Wejście A ma znacznie większą czułość i może być wykorzystane do współpracy z zewnętrznym mikrofonem pomiarowym. Może to być dobrej klasy mikrofon pojemnościowy o charakterystyce dookólnej. Można też wykorzystać popularny mikrofon elektretowy, który też ma szeroką i płaską charakterystykę częstotliwościową. Do współpracy z „elektretem” i popularnymi niegdyś mikrofonami pojemnościowymi MCO52 przewidziano dodatkowy stabilizator

U1, którego napięcie wyjściowe jest dzięki diodzie D51 zwiększone do wartości ponad 6V.

Obwody ze wzmacniaczami U2C, U2D tworzą filtr psfometryczny o standardowej charakterystyce A. Pracują tu wzmacniacze z popularnej kostki TL074, która ma parametry absolutnie wystarczające do takich zastosowań. Sygnał filtrowany albo oryginalny jest podawany przez przełącznik S na wejście dość popularnego przetwornika wartości skutecznej (True RMS) typu AD736 firmy Analog Devices. Sygnał zmienny podawany na nóżkę 1 przetwornika U3 jest zamieniony na napięcie stałe, dodatnie względem masy,

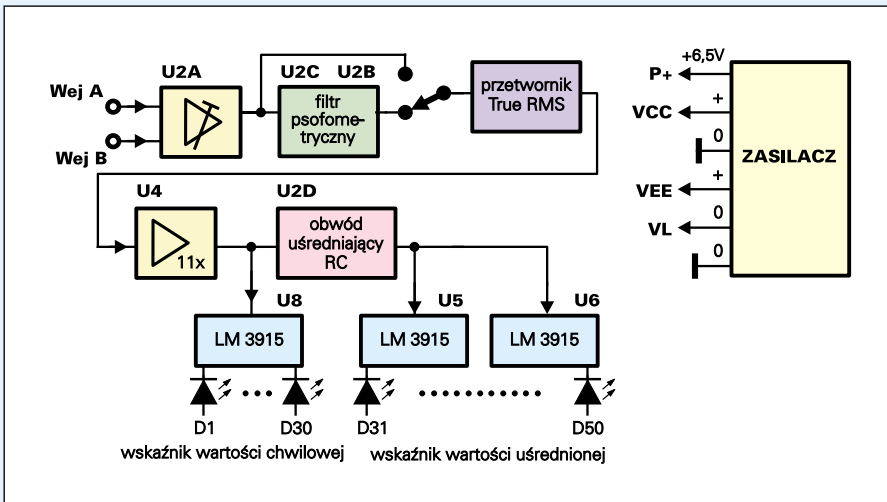
odpowiadające wartości skutecznej mierzonego przebiegu. Obecność przetwornika prawdziwej wartości skutecznej jest tu bardzo ważna, bo eliminuje błędy, które pojawiłyby się w przypadku zastosowania prostszych przetworników (prostowników) wartości szczytowej lub średniej. Tylko przetwornik True RMS pozwala zbudować dokładny przyrząd mierzący parametry sygnału audio, sygnału radykalnie różnego od kanonicznej sinusoidy.

Aby uniknąć przesterowania przetwornika w szczytach sygnału wprowadzono dodatkowy wzmacniacz sygnału stałego, zrealizowany ze wzmacniaczem operacyjnym U4 ty-

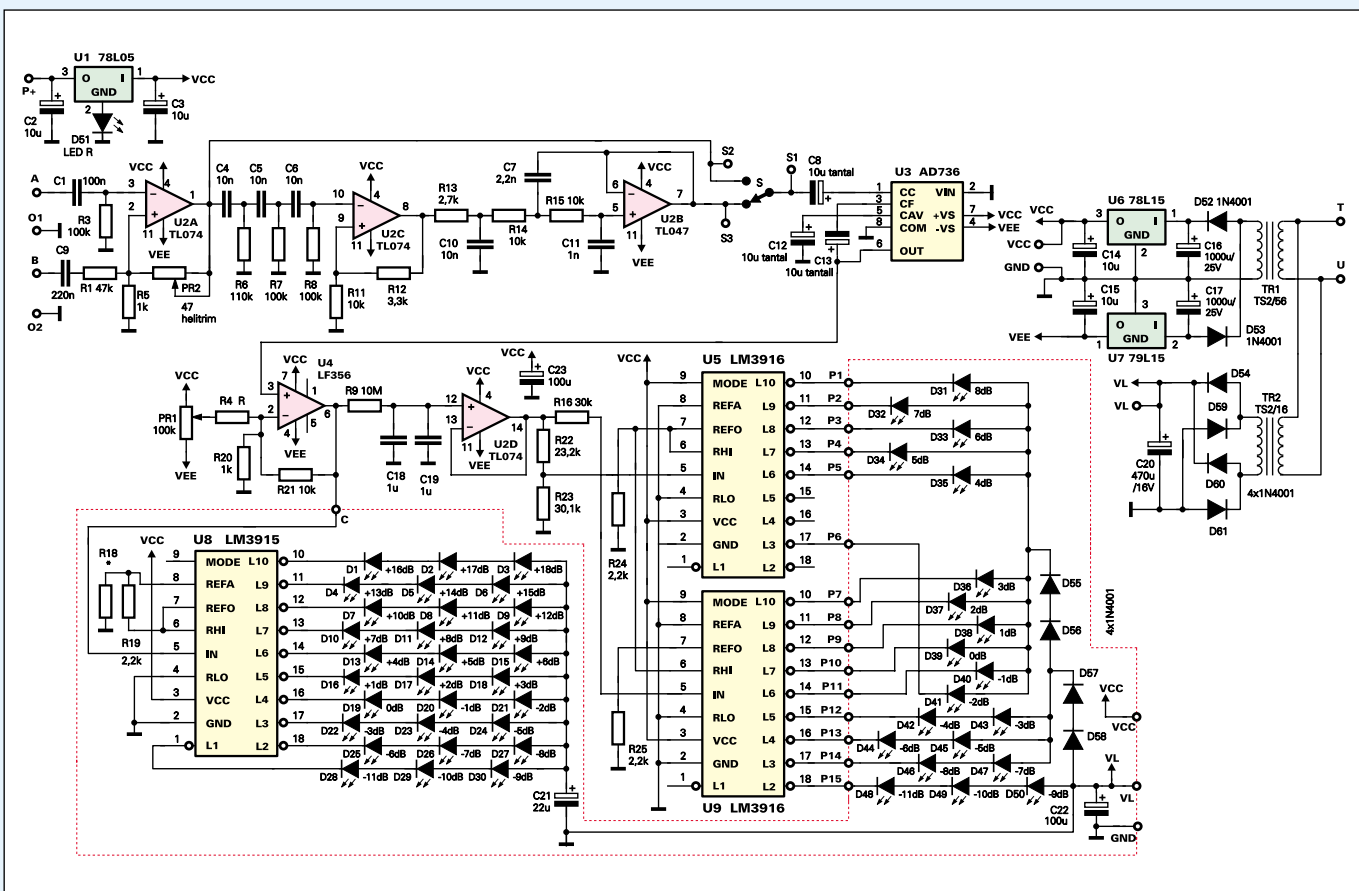
pu LF356. Wzmacnia on sygnał z przetwornika True RMS do poziomu wymaganego przez wskaźniki LM391X. Na wyjściu kostki U1 (w punkcie C) występuje przebieg tętniący, dokładnie odpowiadający chwilowej głośności. W układzie przetwornika U3 zastosowano kondensatory uśredniające C12, C13 o stosunkowo niedużej wartości. Dzięki temu układ reaguje szybko na zmiany poziomu sygnału i przebieg napięcia w punkcie C może być wykorzystany we wskaźniku wartości chwilowej. Sygnał ten jest podawany na wskaźnik z „logarytmiczną” kostką U8 typu LM3915. Jak wiadomo, układ ten ma logarytmiczny zakres wskazań obejmujący 30dB. Steruje on 30 diod LED D1...D30. Precyzja tego wskaźnika nie jest wprawdzie duża, ale całkowicie wystarczająca w praktyce. Trzy diody LED sterowane przez każde z wyjść

pozwalają w prosty sposób uzgodnić skalę wartości szczytowej ze skalą wartości uśrednionej. Skalę wartości uśrednionej w czasie realizują diody D31...D50. Są one sterowane przez dwa układy LM3916 U5, U9. Zaprezentowane niecodzienne połączenie układów U5, U9 i współpracujących LED-ów pozwala uzyskać wskaźnik od rozdzielczości 1dB z zakresie 11dB (diody D31...D41) i rozdzielczości 2...3dB z zakresie 9dB (D42...D50). Dodatkowe diody krzemowe

Rys. 1 Schemat blokowy



Rys. 2 Schemat ideowy



D55...D58 zmniejszają moc strat układów scalonych U5, U9.

Signal dla tego niecodziennego wskaźnika jest pobierany z wyjścia bufora U2D. Na wejściu tego bufora umieszczony jest obwód uśredniający sygnał tętniący z punktu C (R9, C18, C19).

Należy zwrócić uwagę, że skala wartości uśrednionych jest krótsza i obejmuje zakres od -9dB do +8dB, natomiast skala wartości szczytowej z oczywistych względów sięga dalej w górę i obejmuje zakres od -9...+18dB. W zakresie -2dB...+8dB wskaźnik wartości uśrednionej ma rozdzielczość 1dB, co zapewnia dużą precyzję pomiaru.

Wszystkie układy LM391X pracują w trybie słupkowym, co uzyskuje się przez dołączenie nóżek 9 do plusa zasilania. Warto zauważyć, że same kostki są zasilane napięciem +15V, natomiast diody świecące znacznie niższym napięciem niestabilizowanym z transformatora TR2.

W niniejszym opisie nie zawarto pełnego opisu układów AD736 oraz LM391X. Szeroki opis przetwornika AD736 można znaleźć w EdW 1/2000 i 2/2000 w cyklu „Najstyn-

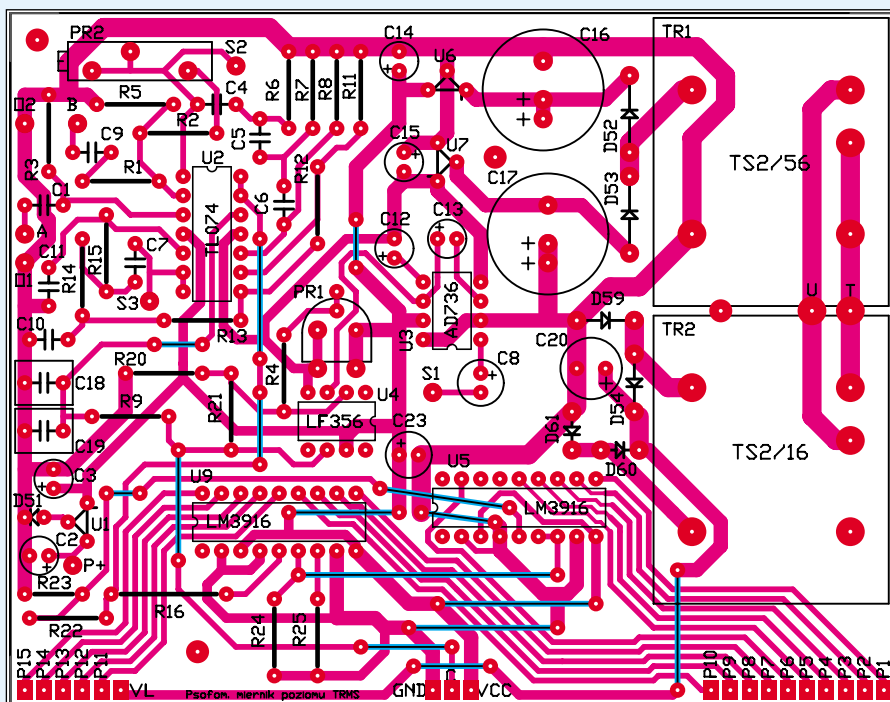
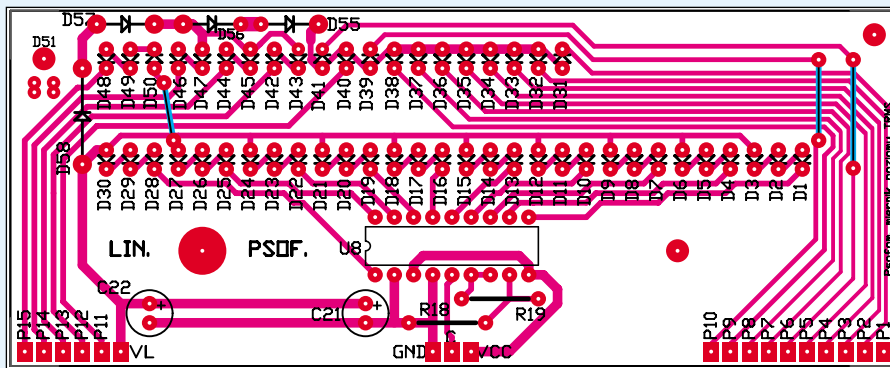
niejsze aplikacje”. Wiele pożytecznych informacji o sterownikach LED rodziny LM391X zawartych jest w EdW 2/1996 str. 11 i artykułach w Elektronice Praktycznej 6/96 str. 59...62 i 7/96 str. 57...60. Na życzenie Czytelników kostki LM391X mogą zostać wyczerpująco omówione w cyklu „Najstynniejsze aplikacje”. Prosimy o listy i zgłoszenia za pomocą Miniankiety.

## Montaż i uruchomienie

Układ miernika można zmontować na dwóch płytkach drukowanych, pokazanych na rysunkach 3 i 4. Pierwsza płytka zawiera wyświetlacz. Na drugiej zrealizowano zasilacz i większość „elektroniki”.

Pomocą w montażu będą fotografie modelu. Montaż jest klasyczny i nie powinien sprawić trudności. Najpierw warto włutować zwory i najmniejsze elementy, potem coraz większe. W trakcie testów okazało się, że nie jest potrzebny obwód korekcji z elementami PR1, R4.

Rys. 3 i 4 Schematy montażowe



## Wykaz elementów

### Rezystory

R1	.....	47kΩ
R2	.....	4,7kΩ
R3,R7,R8	.....	100kΩ
R4	.....	nie montować
R5,R20	.....	1kΩ
R6	.....	110kΩ
R9	.....	10MΩ
R11,R14,R15,R21	.....	10kΩ
R12,R19,R24,R25	.....	3,3kΩ
R13	.....	2,7kΩ
R16	.....	30kΩ
R18	.....	12kΩ
R22	.....	23,2kΩ 1%
R23	.....	30,1kΩ 1%
PR1	.....	nie montować
PR2	.....	47kΩ helitrim

### Kondensatory

C1	.....	100nF
C2,C3,C14,C15	.....	10μF/16V
C4-C6,C10	.....	10nF followy MKT
C7	.....	2,2nF followy MKT
C8,C12,C13	.....	10μF/16V tantal
C9	.....	220nF
C11	.....	1nF followy MKT
C16,C17	.....	1000μF/25V
C18,C19	.....	1μF followy MKT
C20	.....	470μF/16V
C21	.....	22μF/16V
C22,C23	.....	100μF/16V

### Półprzewodniki

D1-D30,D39-D50	.....	LED zielona 3mm kwadratowa
D31-D35	.....	LED czerwona 3mm kwadratowa
D36-D38	.....	LED żółta 3mm kwadratowa
D51	.....	LED czerwona 3mm
D52-D61	.....	1N4001
U1	.....	.78L05
U2	.....	.TL074
U3	.....	.AD736
U4	.....	.LF356
U5,U9	.....	.LM3916
U6	.....	.78L15
U7	.....	.79L15
U8	.....	.LM3915

### Pozostałe

S	.....	.SW SPDT
TR1	.....	.TS2/56
TR2	.....	.TS2/16

**Płytki drukowane są dostępne w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2647A**

Najtrudniejszym zadaniem okaże się zapewne równe wlutowanie kilkudziesięciu diod LED. W modelu wykorzystano zielone i żółte kwadratowe diody o wymiarach 3x3mm. Podczas montażu diod świecących warto stosować znaną zasadę, by najpierw lutować tylko jedną nóżkę każdej diody. Najpierw warto wlutować dwie lub trzy diody skrajne, włożyć w otwory resztę diod, a potem odwrócić płytkę i lutować po jednej nóżce każdej diody. Po wyrównaniu rzędów diod można przylutować pozostałe nóżki.

Uwaga! Obudowę warto przygotować i dopasować przed przystąpieniem do montażu płytek. W prezentowanym modelu wykorzystano niedużą plastikową obudowę, przy czym elementy montowane na pionowej, mniejszej płycie drukowanej wystają poza tę obudowę. Kolory diod mogą być dowolne – w wykazie elementów podana jest jedna z propozycji.

Układ zmontowany prawidłowo ze sprawnych elementów powinien pracować od razu. Podanie sygnału zmiennego na wejście A lub B powinno powodować zaświecanie rzędów diod LED. Działający układ należy skalibrować za pomocą wielobrotowego potencjometru montażowego PR2. Choć może się to wydać dziwne, nie ma ścisłej reguły, jaką czułość ma mieć przyrząd, dlatego nie sposób wyregulować go w warunkach laboratoryjnych. Niemniej regulacja jest bardzo prosta, należy ją przeprowadzić w warunkach normalnej pracy, po dołączeniu do wyjścia miksera w systemie nagłośnieniowym. Powinno to być jedno z nieregulowanych wyjść, można też podpiąć się do głównego wyjścia miksera, skąd podawany jest sygnał na dalsze elementy systemu. Sygnał o poziomie kilkuset miliwoltów z wyjścia miksera należy podać na wejście B miernika. Podczas normalnej pracy systemu należy utrzymywać potrzebną głośność, ocenioną niezawodną metodą na słuch i właśnie przy głośności uznanej subiektywnie za optymalną należy za pomocą PR1 ustawić wskazanie górnej, powolnej linijki świetlnej na 0dB. W systemach, gdzie dominują przekazy słowne, a poziom natężenia dźwięku jest rzędu 70...80dB, należy włączyć filtr psfometryczny. Gdy głośność jest większa niż 80dB i dominuje przekaz muzyczny, warto wykorzystać charakterystykę szerokopasmową.

Po takiej jednorazowej subiektywnej regulacji, w trakcie dalszego użytkowania systemu, najbardziej cenne będzie wskazanie powolnej linijki pokazującej, czy cały czas głośność w obiekcie jest optymalna. I takie właśnie jest główne zadanie przyrządu. Oczywiście, aby opisywany miernik, spełnił rolę kontrolera średniej głośności, system nagłośnieniowy powinien być wcześniej starannie wyregulowany, a po takiej regulacji nie wolno zmieniać wzmocnienia końcówek mo-

cy czy innych komponentów (korektorów parametrycznych, kompresora, itp.).

Uwaga! Jeśli ktoś zechce zmienić stałą czasową uśredniania, może zmieniać w szerokim zakresie wartości R9, C18, C19 (2,2k...10MΩ, 100nF...1μF). Można też dodać przełącznik i skokowo regulować szybkość zmian linijki powolnej.

Praktyczne testy modelu pokazały, iż szybka linijka, pokazująca wartość chwilową, także jest bardzo przydatna, gdy wystąpienie zaczyna kolejna osoba i zupełnie nie wiadomo, czy będzie mówić głośno, czy cicho i w jakiej odległości od mikrofonu. Wskaźnik wartości szczytowej pozwoli błyskawicznie skorygować ustawienie suwaka miksera dosłownie po pierwszym słowie wystąpienia.

### Dla dociekliwych

Jak wiadomo typowe mierniki dźwięku mają z reguły trzy rodzaje pracy: z filtrem A, z filtrem C i szerokopasmową. Charakterystyka C bardzo mało różni się od szerokopasmowej, więc w opisywanym przyrządzie zrezygnowano z charakterystyki C. Za pomocą przełącznika S można wybrać jedną z dwóch: z filtrem psfometrycznym A albo szerokopasmową. Charakterystyka z filtrem A odpowiada czułości ucha ludzkiego przy natężeniu dźwięku około 70dB i powinna być stosowana, gdy natężenie dźwięku w obiekcie wynosi 60...80dB. Przy większej głośności należy korzystać z charakterystyki szerokopasmowej.

Jak wspomniano, przyrząd, którego głównym zadaniem jest kontrola średniej głośności w systemie nagłośnieniowym, może być włączony na wyjściu miksera. Praktyka pokazuje, że dobrze pełni on swą rolę, niemniej po kalibracji miernika w systemie nagłośnie-

nia nie należy już nic zmieniać. Dla ścisłości należałoby dodać, że nawet takie czynniki jak zmiana temperatury, a zwłaszcza wzrost wilgotności, mają pewien wpływ na parametry akustyczne obiektu. Miernik głośności włączony na wyjściu miksera lub tuż przed wzmacniaczami mocy na pewno nie uwzględni takich zmian. Na szczęście zmiany takie są niewielkie, ledwo zauważalne dla przeciętnego odbiorcy.

Obecność czułego wejścia A pozwala dołączyć do miernika mikrofon (pojemnościowy lub elektretowy). Taki mikrofon, umieszczony na audytorium może być bardzo interesującym rozwiązaniem, bo pokaże rzeczywistą głośność. Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że miernik będzie wtedy reagował także na ewentualne hałasy i zakłócenia występujące w obiekcie.

W przyrządzie przewidziano filtr o standardowej charakterystyce według tak zwanej krzywej A. Odpowiada on w przybliżeniu właściwościom ucha przy natężeniu dźwięku 70dB. W zasadzie przy większym natężeniu należałoby stosować inny filtr, o bardziej płaskiej charakterystyce. Praktyka pokazała jednak, że takie subtelności nie odgrywają większej roli, i że dwie zaproponowane charakterystyki całkowicie wystarczają. Znacznie ważniejsze znaczenie ma fakt, że w przyrządzie zastosowano przetwornik wartości skutecznej, co zapewnia dobre odwzorowanie głośności, niezależnie od wartości szczytowej czy średniej sygnału audio.

Piotr Górecki

*Układy scalone AD736 można zakupić bezpośrednio u dystrybutorów Analog Devices.*

