



Sonometr

- precyzyjny przyrząd do pomiaru głośności

kit
2630
AVT

Jak wskazuje tytuł projektu, opisywany przyrząd służy do pomiarów głośności dźwięku. Często przy nagłaśnianiu pomieszczeń trzeba kontrolować głośność dźwięku. Dotyczy to szczególnie przekazu słownego, bowiem przy (głośnej) muzyce sprawa zwykle wygląda inaczej - tu, co najwyżej, trzeba sprawdzić, czy natężenie dźwięku nie przekracza przyjętych norm.

Wydawałoby się, że problem rozwiązuje fabryczny miernik poziomu dźwięku (Sound Level Meter), przyrząd w sumie dość popularny i często używany. Niestety, typowe mierniki tego typu praktycznie nie nadają się do kontroli średniej głośności sygnału mowy. Przyczyn jest kilka. Jedną z nich jest charakter sygnału mowy, a zwłaszcza cechy poszczególnych mówców. Niektórzy mówcy utrzymują mniej więcej jednakowy poziom głośności. Inni są „dynamiczni” - w ich wystąpieniach są fragmenty głośne oraz ciche. Taka modulacja siły głosu może pełnić funkcję artystyczną i zwiększać ekspresję przekazu, jednak często przysparza kłopotów reżyserowi dźwięku. W niektórych przypadkach operator miksera wręcz zmuszony jest ściszać fragmenty najgłośniejsze, by nie ogłuszyć słuchaczy, gdy mówca nie tylko zwiększa siłę głosu, ale dodatkowo (zazwyczaj nieświadomie) przybliża się do mikrofonu. Doświadczeni operatorzy zamiast ręcznej ingerencji stosują odpowiednio ustawione kompresor i limiter.

Tak czy inaczej, nie jest łatwo określić i utrzymać średnią głośność na poziomie optymalnym dla słuchaczy.

Zawodzą tu wspomnianie mierniki fabryczne. Pół biedy, gdy są to mierniki wskazówkowe albo cyfrowe z bargrafem - wtedy można „na oko” z grubsza ocenić średni poziom i średnią głośność dźwięku. Popularne obecnie mierniki ze wskaźnikiem cyfrowym okazują się całkowicie bezużyteczne do pomiaru średniej głośności przekazu mówionego. Owszem, nadają się dobrze do pomiarów szumów i hałasów oraz maksymalnego poziomu muzyki, ale nie do sygnału mowy.

Tymczasem dość często trzeba mierzyć i monitorować głośność na sali, gdzie przekazywany jest program słowny. Potrzeba taka zachodzi zwłaszcza podczas długiego, co naj-

mniej godzinowego programu. Ucho ludzkie ma wprawdzie znaczne możliwości adaptacyjne, jednak zarówno głośność zbyt duża, jak i zbyt mała po dłuższym czasie okazuje się męcząca dla słuchaczy, czego efektem jest trudność skupienia uwagi na przekazywanym materiale, a nawet uczucie znacznego dyskomfortu.

Aby wyeliminować takie błędy trzeba na bieżąco kontrolować głośność przekazu. Właśnie głośność, a nie natężenia dźwięku.

Osoby niezorientowane nie rozróżniają tych dwóch pojęć. Najprościej biorąc, natężenie dźwięku ściśle związane jest z ciśnieniem akustycznym, wytwarzanym przez źródło dźwięku. Jest to parametr obiektywny, który można stosunkowo łatwo zmierzyć. Natomiast głośność dźwięku jest parametrem subiektywnym. Chodzi o wrażenie głośności odczuwane przez człowieka. Natężenie dźwięku i głośność to nie to samo. Dźwięk o jakimś natężeniu i częstotliwości 2kHz zazwyczaj odbierany jest jako głośniejszy od dźwięku o takim samym natężeniu i częstotliwości 40Hz czy 12kHz. W grę wchodzi specyficzna charakterystyka słuchu ludzkiego. W literaturze można znaleźć tak zwane krzywe psfometryczne, pokazujące zależność czułości przeciętnego ucha ludzkiego od częstotliwości i od natężenia dźwięku. Szczegółowe omawianie tych specyficznych zależności nie mieści się w ramach niniejszego artykułu. Sporo dodatkowych informacji można znaleźć w artykułach *Bomba akustyczna czyli o nagłaśnianiu pomieszczeń* EdW 12/2000, 1/2001 oraz *Procesory dynamiki dźwięku* EdW 7-8/1998.

Wniosek z głębszych rozważań, potwierdzony obserwacjami jest następujący: aby zmierzyć przyrządem subiektywnie odczuwaną głośność, nie wystarczy zastosować mikrofon i zmierzyć wytwarzany przezeń sygnał elektryczny. Koniecznie trzeba uwzględnić charakterystyki psfometryczne stosując odpowiednie filtry oraz mierzyć wartość skuteczną sygnału. Pomiar wartości szczytowej lub średniej nie jest właściwy, bo może wiązać się z dużymi błędami.

Opisywany przyrząd przeznaczony jest do ciągłego monitorowania głośności na audytorium. Uwzględnia charakterystyki psfome-

tryczne ucha, mierzy wartość skuteczną, a ponadto pobiera bardzo mało prądu, dzięki czemu mała bateria starczy na wiele godzin pracy. Przetwarzana charakterystyka dynamiczna pozwala mierzyć nie tylko chwilową głośność, ale co bardzo ważne w praktyce - głośność uśrednioną w dłuższym odcinku czasu.

Opis układu

Schemat ideowy sonometru pokazany jest na rysunku 1.

Układ zasilany jest pojedynczym napięciem z baterii 9V, ale dla zapewnienia prawidłowej pracy układów wzmacniacz U2B z elementami R13, R16, C11 realizuje obwód sztucznej masy.

Sygnał z mikrofonu elektretowego jest wzmacniany przez kostkę U1B. Potencjometr PR1 pozwala uzyskać potrzebną czułość i dostosować się do parametrów użytego egzemplarza mikrofonu. Elementy C3...C5, R5...R8, R14 tworzą filtr, który realizuje charakterystykę bardzo zbliżoną do psfometrycznej krzywej odpowiadającej standardowej charakterystyce A. Filtr ten zapewnia charakterystykę odpowiadającą właściwościom ucha ludzkiego przy natężeniu dźwięku ok. 70dB, czyli głośności przeciętnej rozmowy.

Sygnał z filtru podawany jest na przetwornik wartości skutecznej (True RMS). Sygnał zmienny przetwarzany jest na napięcie stałe, którego wartość odpowiada wartości skutecznej mierzonego przebiegu. Wykorzystano tu stosunkowo tani przetwornik True RMS typu AD736 firmy Analog Devices.



Na wyjściu przetwornika występuje przebieg tętniący, którego wartość odpowiada chwilowej głośności. W praktyce okazuje się, że chwilowa czy szczytowa wartość głośności nie jest tak istotna w obiektach nagłaśnianych. Znacznie ważniejsza jest głośność średnia, zmierzona w dłuższym odcinku czasu.

W opisywanym przyrządzie przewidziano trzy charakterystyki dynamiczne, wybierane za pomocą przełącznika trzypozycyjnego S2. W pozycji środkowej stała czasowa uśredniania jest najmniejsza i wynosi około 1s. W pozycji oznaczonej A stała czasowa wynosi 5s. W pozycji B stała czasowa jest największa i wynosi około 20s. Rezystory R17 i R18 gwarantują poprawną pracę po przełączeniu przełącznika S2.

Uśredniony sygnał - napięcie stałe - jest wzmacniany przez kostkę U2A i doprowadzony przez rezystor R12 do miernika wskazówkowego. Wartość R12 zależy będzie od czułości użytego wskaźnika. Dioda D2 przewidziana jest do ochrony miernika wskazówkowego przed zbyt dużym napięciem.

W układzie przewidziano dodatkowy obwód do sprawdzania napięcia baterii zasilającej. Obwód taki jest wręcz konieczny - w przeciwnym wypadku, przy nadmiernym spadku napięcia baterii, przyrząd mógłby jeszcze pracować, ale wskazanie byłoby ewidentnie błędne. Obwód pomiaru napięcia baterii zrealizowany jest z elementami R11, D1 w jednej z pozycji przełącznika trzypozycyjnego S1.

Montaż i uruchomienie

Pierwszy układ modelowy, pokazany na fotografii wstępnej został zmontowany z wykorzystaniem kawałka płytki uniwersalnej i umieszczony w eleganckiej obudowie firmy Bopla. Drugi model (w obudowie Z36) powstał na płytce drukowanej, pokazanej na rysunku 2.

Montaż jest klasyczny, nie powinien sprawić trudności. Przyrząd zmontowany ze sprawnych elementów będzie od razu pracował, trzeba jednak wyregulować potencjometr PR1 oraz dobrać indywidualnie wartości rezystorów R11, R12. Nie sposób przewidzieć ich dokład-

nej wartości, bo zależy ona będzie od parametrów użytego miernika wskazówkowego.

Przyrząd trzeba wyposażyć w samodzielnie wykonaną skalę lub wykorzystać istniejącą. W modelowych przyrządach pokazanych na fotografiach wykorzystano wskaźniki wysterowania magnetofonu, wyskalowane w decybelach.

Wartość R12 nie jest krytyczna. Trzeba ją dobrać tak, by przy napięciu stałym na wyjściu U2A (n. 1) wynoszącym około 1V względem sztucznej masy, wskazówka pokazywała 0dB. Później ostateczną czułość przyrządu trzeba wyregulować za pomocą PR1.

W mierniku celowo wykorzystano tylko jeden zakres pomiarowy. Kto chce, może śmiało zmieniać wartość wzmocnienia całego toru, a wtedy uzyska przyrząd wielozakresowy. Praktyczne doświadczenia pokazują jednak, że przyrząd, który przeznaczony jest do ciągłej kontroli głośności w ustalonych warunkach nie tylko może, ale wręcz powinien mieć tylko jeden zakres. Wartość 0dB powinna odpowiadać optymalnej głośności. Co ciekawe, do kalibracji wcale nie jest potrzebny fabryczny miernik natężenia dźwięku czy inny przyrząd pomiarowy. Szczerze mówiąc, taki przyrząd może nawet przeszkadzać - użytkownicy wiedzą, że wskazania silnie zależą od ustawień (charakterystyki, A, C, SLOW, FAST) i, zwłaszcza w przypadku pomiaru programu słownego za pomocą mierników cyfrowych, interpretacja wskazań jest co najmniej utrudniona. Ostateczna kalibracja opisywanego miernika głośności powinna być wy-

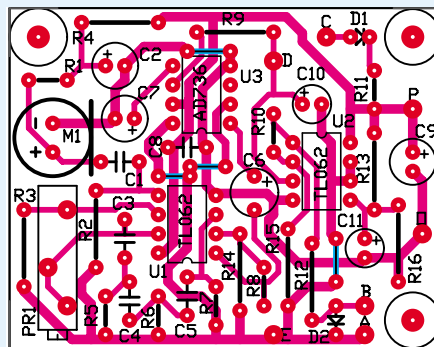
konana „na piechotę” w rzeczywistych warunkach, a poziom 0dB należy wybrać po dłuższym czasie słuchania programu, najlepiej na podstawie opinii kilku osób (co rzeczywiście będzie odpowiadać wrażeniu średniej głośności).

W modelach nie przewidziano dodatkowej skali do testowania baterii. Wartość R11 dobrano tak, żeby przy sprawnej baterii wskazanie było większe niż 0dB - wartości poniżej 0dB w pozycji TEST S1 wskazują na konieczność wymiany baterii.

Wymiana baterii będzie następować bardzo rzadko. Przyrząd pobiera w czasie pracy około 1,3mA prądu, więc alkaliczna bateria o pojemności ok. 400mAh wystarczy na wiele godzin nieprzerwanej pracy.

Piotr Górecki

Rys. 2



Wykaz elementów

Rezystory

R1	.....	2,2kΩ
R2,R7,R10,R13,R16	.....	100kΩ
R3,R4	.....	1kΩ
R5	.....	150kΩ
R6	.....	120kΩ
R8	.....	100kΩ
R9	.....	1MΩ
R11	.....	*
R12	.....	* (w modelu 10kΩ)
R14,R15	.....	10kΩ
R17,R18	.....	1MΩ (opcja)
PR1	.....	10...22kΩ helitrim

Kondensatory

C1	.....	100nF
C2,C9	.....	100μF/16V
C3-C5	.....	10nF
C6,C11	.....	10μF/16V tantal
C7	.....	47μF/16V tantal
C8	.....	100nF ceramiczny
C10	.....	1μF/16V tantal
C10A	.....	4,7μF/16V tantal (opcja)
C10B	.....	22μF/16V tantal (opcja)

Półprzewodniki

D1	.....	dioda Zenera 3V3
D2	.....	1N4148
U1,U2	.....	TL062
U3	.....	AD736

Pozostałe

M1	.....	mikrofon elektretowy
S1,S2	.....	przełącznik trzypozycyjny
WSK1	.....	miernik wskazówkowy
Włącznik zasilania	.....

Płytką drukowaną dostępną jest w sieci handlowej AVT jako kit szkolny

Rys. 1

