

Opisujemy proste przyrządy diagnostyczne będące przystawkami do komputera PC. Mogą one stanowić np. wyposażenie lekarza rodzinnego. Po spirometrze omawiamy audiometr. Komputer PC z odpowiednim oprogramowaniem, kartą dźwiękową oraz słuchawki audiometryczne wystarczą do diagnostyki słuchu na podstawie audiometrii tonalnej.

KOMPUTEROWY AUDIOMETR DLA LEKARZA RODZINNEGO

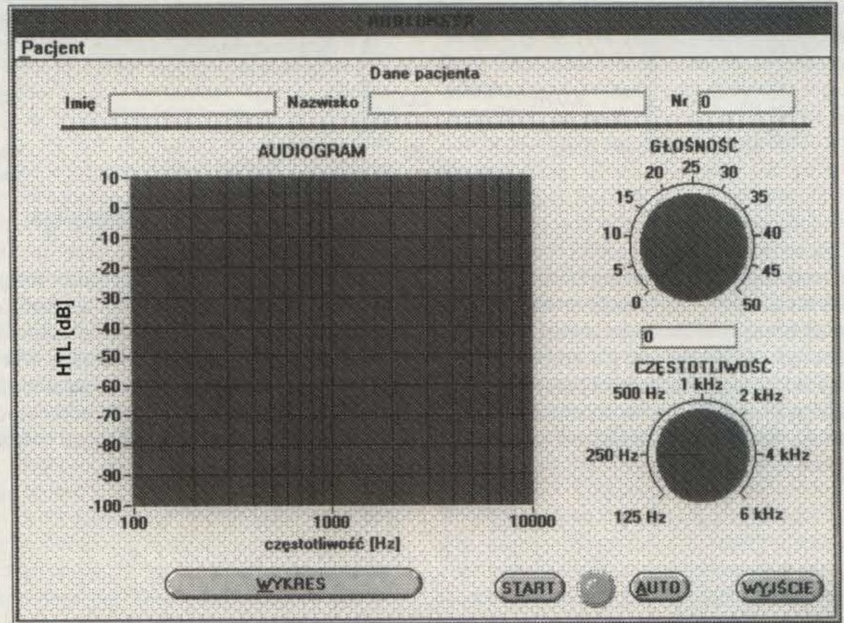
A

udiometr jest urządzeniem, które emituje sygnały akustyczne o ściśle określonych parametrach. Są one przekazywane do narządu słuchu

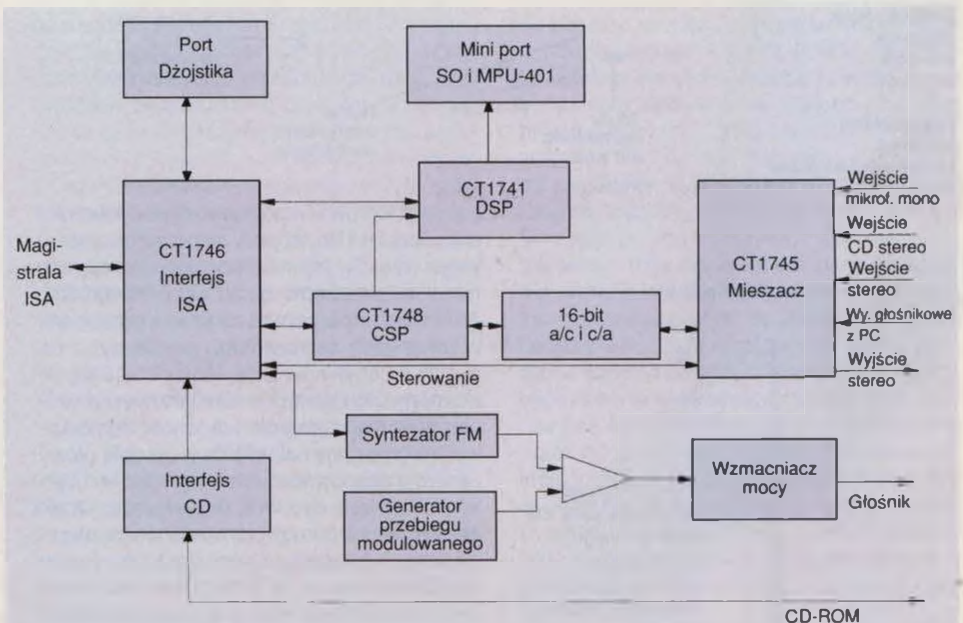
badanego człowieka za pomocą słuchawek audiometrycznych. Reakcja badanego na te sygnały stanowi podstawę oceny narządu słuchu. Do badania stosuje się sygnały sinusoidalne o częstotliwości zmienianej skokowo (125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Hz) i dopuszczalnym błędzie względnym częstotliwości mniejszym niż +1% oraz natężeniu dźwięku zmienianemu w zakresie -10 dB do 100 dB, ze skokiem nie większym niż 5 dB.

Wyniki badania są przedstawiane w postaci audiogramu (rys. 1). Na wykresie tym, na osi odciętych są podane częstotliwości, a na osi rzędnych - próg słyszalności HTL (*Hearing Threshold Level*). Wynikiem badania jest linia łącząca punkty odpowiadające reakcji badanego w momencie usłyszenia dźwięku. Badanie każdego ucha prowadzi się osobno, natomiast na drugie ucho podaje się w tym czasie szum maskujący. Sposób przedstawiania audiogramu został znormalizowany (Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 2/96, PN-90 Z-70053).

Wykreślone krzywe progowe porównuje się z krzywą wzorcową słuchu prawidłowego, która leży na linii zerowej. Do oznaczania punktów ucha prawego przyjęto symbole "o-o-o" lub kolor czerwony linii łączącej, dla ucha lewego symbole "x-x-x" lub kolor niebieski. Dodatkowo każdy audiogram powinien zawierać dane personalne badanego, nazwę ośrodka, w którym wykonano badania, datę badania oraz nazwisko badającego.



Rys. 3. Audiometr komputerowy



Rys. 2. Schemat blokowy karty dźwiękowej

Karta dźwiękowa jako źródło sygnału testowego audiometru

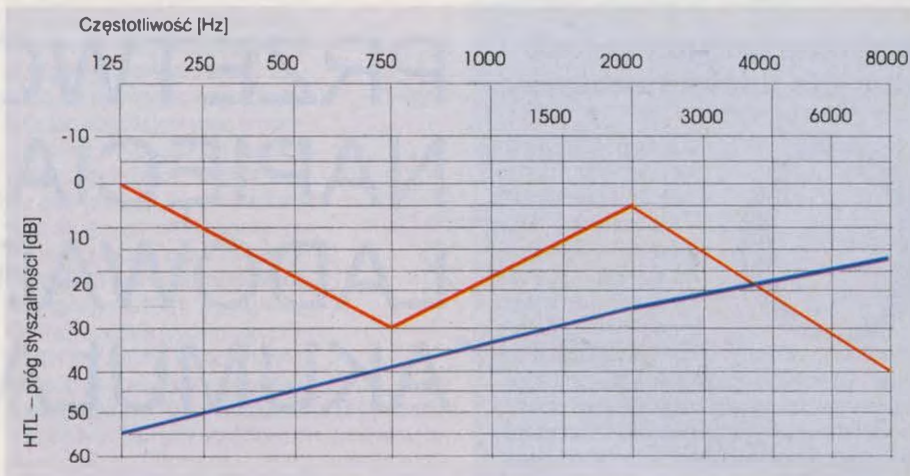
Klasyczna karta dźwiękowa idealnie nadaje się do budowy generatora testowego audiometru, ponieważ jest zaprojektowana do generacji skomplikowanych, programowalnych sygnałów akustycznych o dobrze zdefiniowanych i powtarzalnych parametrach. Wzmacniacze akustyczne, w które jest wyposażona karta dźwiękowa mogą bezpośrednio współpracować ze słuchawkami audiometrycznymi. Jedynym problemem jest wzorcowanie takiego zestawu. Ma on jednak tę podstawową zaletę, że jest niedrogi i po odpowiednim oprogramowaniu można rozszerzyć jego funkcje. Podstawową strukturę karty dźwiękowej przedstawiono na rys. 2.

Najprostszym sposobem oprogramowania karty dźwiękowej, by uzyskać generator sygnałów testowych audiometru jest wykorzystanie jej dwóch układów, generatora FM do generacji sygnałów o odpowiedniej częstotliwości i miksera do zmiany natężenia dźwięku. Podstawą układu FM są operatory. Składają się one z trzech bloków: oscylatora, generatora obwiedni, kontrolera natężenia. Złożony dźwięk zaś może być tworzony w procesie syntezy addytywnej lub syntezy modulacji częstotliwości. Mikser łączy wszystkie składowe, po wstępnym ustawieniu ich natężenia.

Programowanie karty dźwiękowej odbywa się przez ustawienie zmiennych zapisywanych w rejestrach. W tym celu wykorzystuje się port indeksu i port danych. Do portu indeksu jest wysyłana liczba reprezentująca wybór odpowiedniego rejestru, po jego wybraniu mogą być wpisane do niego dane poprzez port danych (data).

Sekwencja programowa wygląda następująco: out index, numer rejestru out data, dana wpisywana do rejestru wybranego poprzednią instrukcją. Dokładne dane o rejestrach i sposobie programowania kart dźwiękowych można znaleźć w literaturze [1, 4, 5, 6, 7]. Po odpowiednim oprogramowaniu miksera i układu FM, karta dźwiękowa może pełnić funkcje generatora bodźców akustycznych audiometru.

Do zbudowania audiometru można wykorzystać także inne sposoby oprogramowania karty dźwiękowej.



Rys. 1. Przykładowy audiogram: ucho prawe (wykres czerwony), ucho lewe (wykres niebieski)

Interfejs użytkownika

Graficzny interfejs użytkownika umożliwia prowadzenie badania w sposób przyjazny dla lekarza oraz prezentację i archiwizację jego wyników. Wygodnym narzędziem do tworzenia interfejsu użytkownika jest oprogramowanie LABWindows/CVI firmy National Instruments. Umożliwia ono średnio zaawansowanemu programiście stworzenie w bardzo krótkim czasie profesjonalnej aplikacji pomiarowej. Przykładowy interfejs użytkownika audiometru stworzony za pomocą tego oprogramowania przedstawiono na rys. 3.

Wzorcowanie

Ostatnią czynnością jest wzorcowanie całego zestawu, a ściślej mówiąc karty dźwiękowej wraz ze słuchawkami audiometrycznymi. Można to zrobić w wyspecjalizowanych placówkach np. ZTM (Zakład Techniki Medycznej).

W Zakładzie Pomiarowej i Medycznej Aparatury Elektronicznej Politechniki Wrocławskiej został wykonany audiometr z kartą Sound Blaster 16. Model został przebadany w pracowni wzorcowania audiometrów ZTM we Wrocławiu. Spełniał on wymogi audiometru czwartej klasy.

Do budowy audiometru wyższej klasy trzeba użyć karty dźwiękowej ze wzmacniaczami akustycznymi wyższej klasy, tzn. o zniekształceniach poniżej 0,1%, małych szumach, i przestuchach między kanałami poniżej 1 dB, lub skorzystać z sygnału dochodzącego do wejścia wzmacniacza i dobudować własny wzmacniacz spełniający wymogi audiometru. Karta dźwiękowa nadaje się także do automatyzowania innych badań stosowanych w audiologii, np. badania mową (audiometria słowna), audiometria obrazkowa stosowana w badaniach słuchu u dzieci itd. ■

Krzysztof Jellonek

LITERATURA

- [1] Audiometr przeznaczony dla lekarza rodzinnego. Praca dyplomowa Pol. Wr. T. Drozdowski 1996
- [2] Bystrzanowska: Audiologia kliniczna. Warszawa 1969
- [3] Frączkowski K.: Automatyzacja badań audiometrycznych w systemie komputerowym. Wrocław 1993
- [4] Wawrzyńczak: Programowanie kart dźwiękowych Ad Lib i Sund Blaster Help 1996
- [5] Sound Blaster Series Hardware Programming Guide Creative Technology 1996
- [6] Kllen N.: Programowanie kart dźwiękowych w T.P. Lynx SFT Warszawa 1995
- [7] Munik E. Osstendorp: Sound Blaster PLJ Warszawa 1995