

Badanie Urządzeń Audio

Systemy do pomiaru przetworników elektroakustycznych
i parametrów akustycznych wewnątrz na przykładzie CLIO firmy Audiomatica

Metody pomiarowe głośników i mikrofonów
w warunkach quasi-bezechowych

Agnieszka Pietrzak (laboratoria) - A.Pietrzak@ire.pw.edu.pl

Maciej Jasiński (dzisiejsza prezentacja) - M.Jasinski@ire.pw.edu.pl

Zastosowanie pomiarów akustycznych

- ▶ Charakterystyki czasowe, fazowe i częstotliwościowe mikrofonów i głośników
- ▶ Zniekształcenia w torze pomiarowym i urządzeniach
- ▶ Parametry akustyczne pomieszczeń
- ▶ Zakres częstotliwości słyszalnych

Współczesne narzędzia pomiarowe

- ▶ System CLIO (Audiomatica)
- ▶ System ONE & System Two (Audio Precision)

- ▶ PULSE & Dirac (Bruel & Kjaer)
- ▶ LMS (Siemens)
- ▶ LabView (National Instruments)
- ▶ ...

Pomiary przetworników w warunkach laboratoryjnych

- ▶ Przeprowadzane są w specjalistycznych pomieszczeniach (np. komora bezdechowa)
- ▶ Wykorzystywany jest sprzęt najwyższej klasy (kwestie wzorcowania, kalibracji)
- ▶ A to wiąże się z kosztami.

Pomiary parametrów akustycznych wnętrz

- ▶ Rejestracja odpowiedzi impulsowej wymaga szerokopasmowego pobudzenia pomieszczenia
 - ▶ Impuls (np. strzał z pistoletu)
 - ▶ Szum szerokopasmowy

Konieczne jest bardziej efektywne rozwiązanie

Pomiary odpowiedzi impulsowej

- ▶ Metody zaimplementowane w systemach pomiarowych:
- ▶ Z wykorzystaniem tonu przestrajanego
- ▶ Z wykorzystaniem sygnału MLS

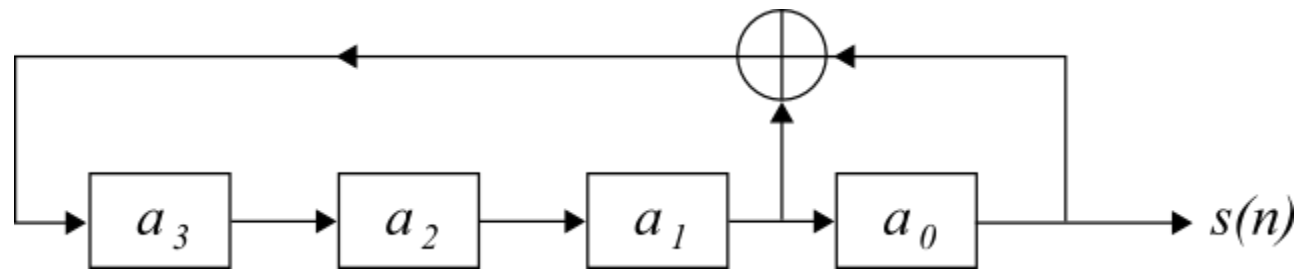
Ton przestrajany

(inne nazwy: chirp, sweep, swept sine...)

- ▶ Pobudzenie tonem przestrajającym (liniowo lub logarytmicznie)
- ▶ Odpowiedź częstotliwościowa uzyskiwana jest w procesie rozplotu sygnałów pobudzenia i zarejestrowanej odpowiedzi na to pobudzenie
- ▶ Odpowiedź impulsowa uzyskiwana jest przez IFFT

MLS (Maximum Length Sequence)

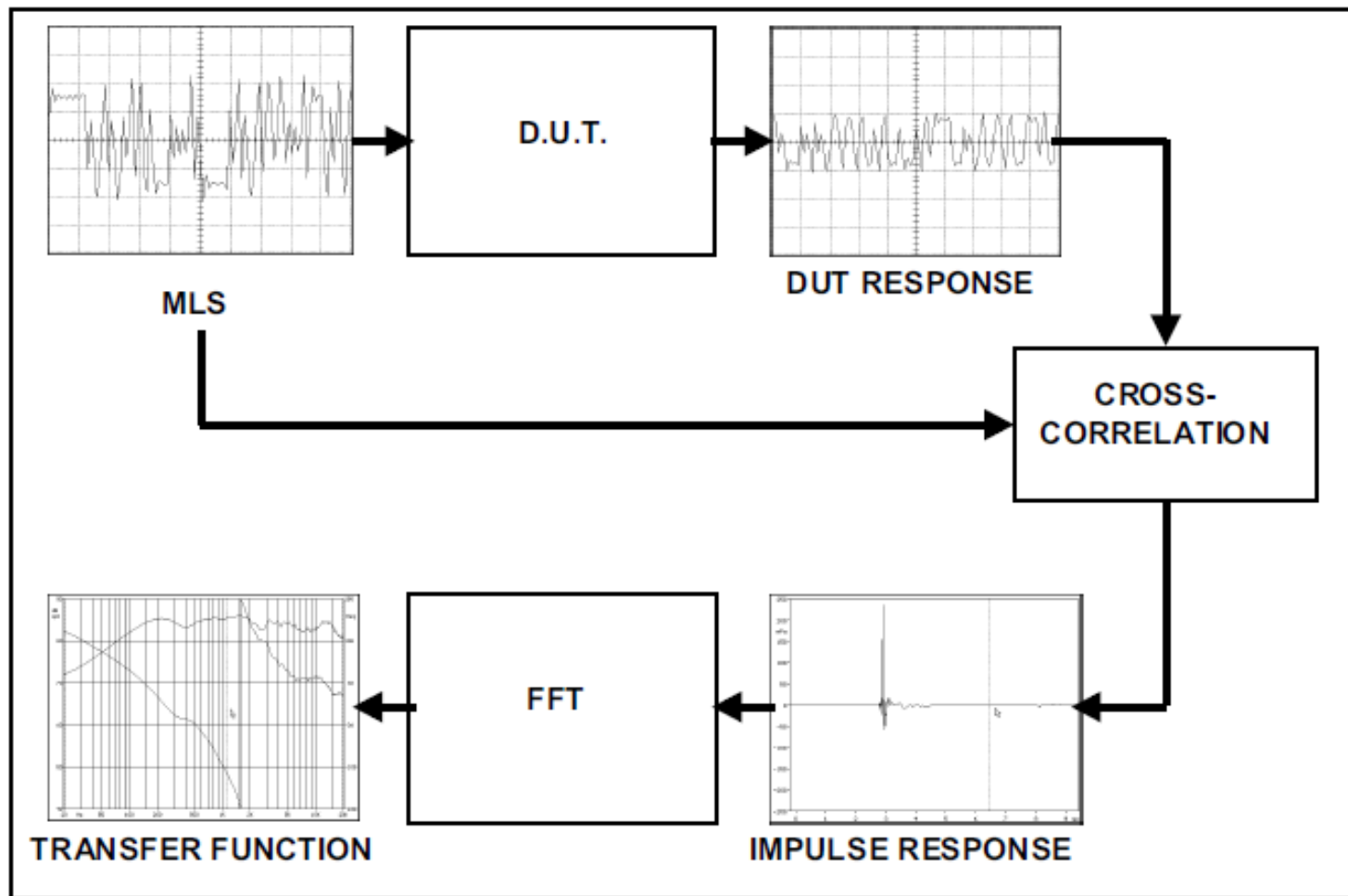
- ▶ Sekwencja pseudolosowa przyjmująca wartości -1 i 1
- ▶ Ciąg powtarza się z okresem $2^N - 1$, gdzie N to liczba stopni rejestru przesuwne (wielomianu)



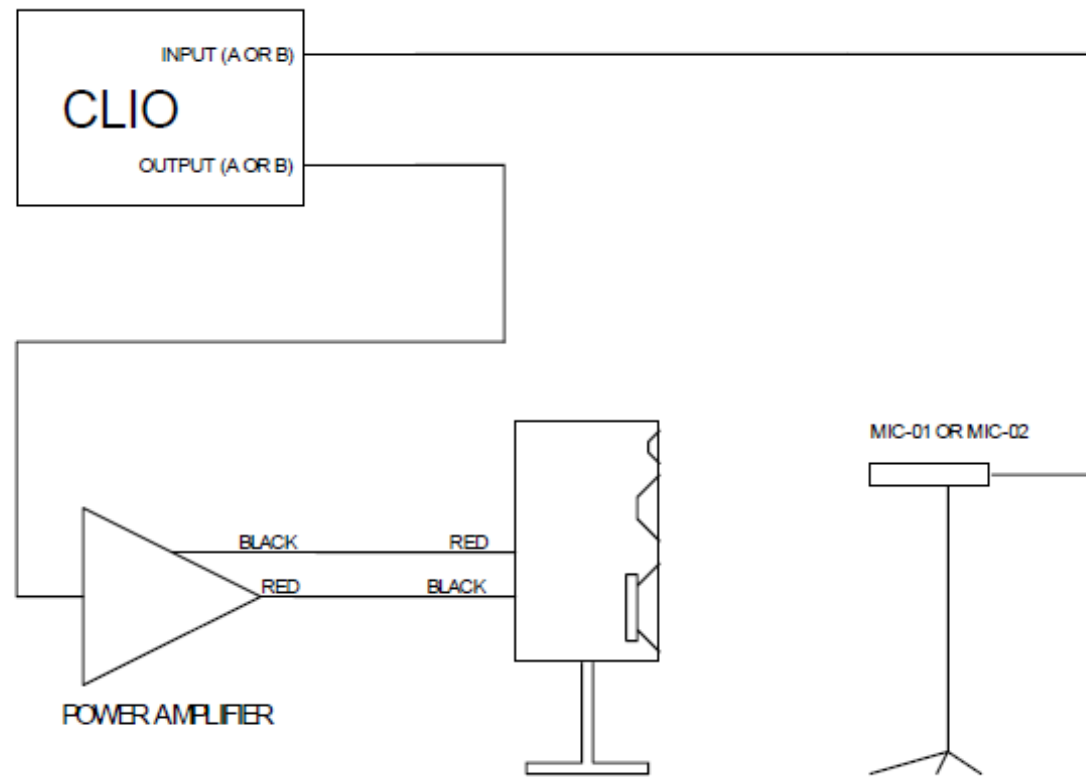
Zalety MLS jako sygnału pomiarowego

- ▶ Sygnał deterministyczny, ale posiada zalety szumu białego (płaskie widmo)
- ▶ Odporność na zewnętrzne szумы, która zwiększa się wraz ze wzrostem ilości powtórzeń
- ▶ Korelacja skrośna sygnału MLS (pobudzenia) z odpowiedzią badanego systemu na ten sygnał pozwala na łatwe obliczenie odpowiedzi impulsowej

Schemat pomiaru z użyciem MLS



Schemat pomiarowy z wykorzystaniem CLIO



Warunki quasi-bezechowe

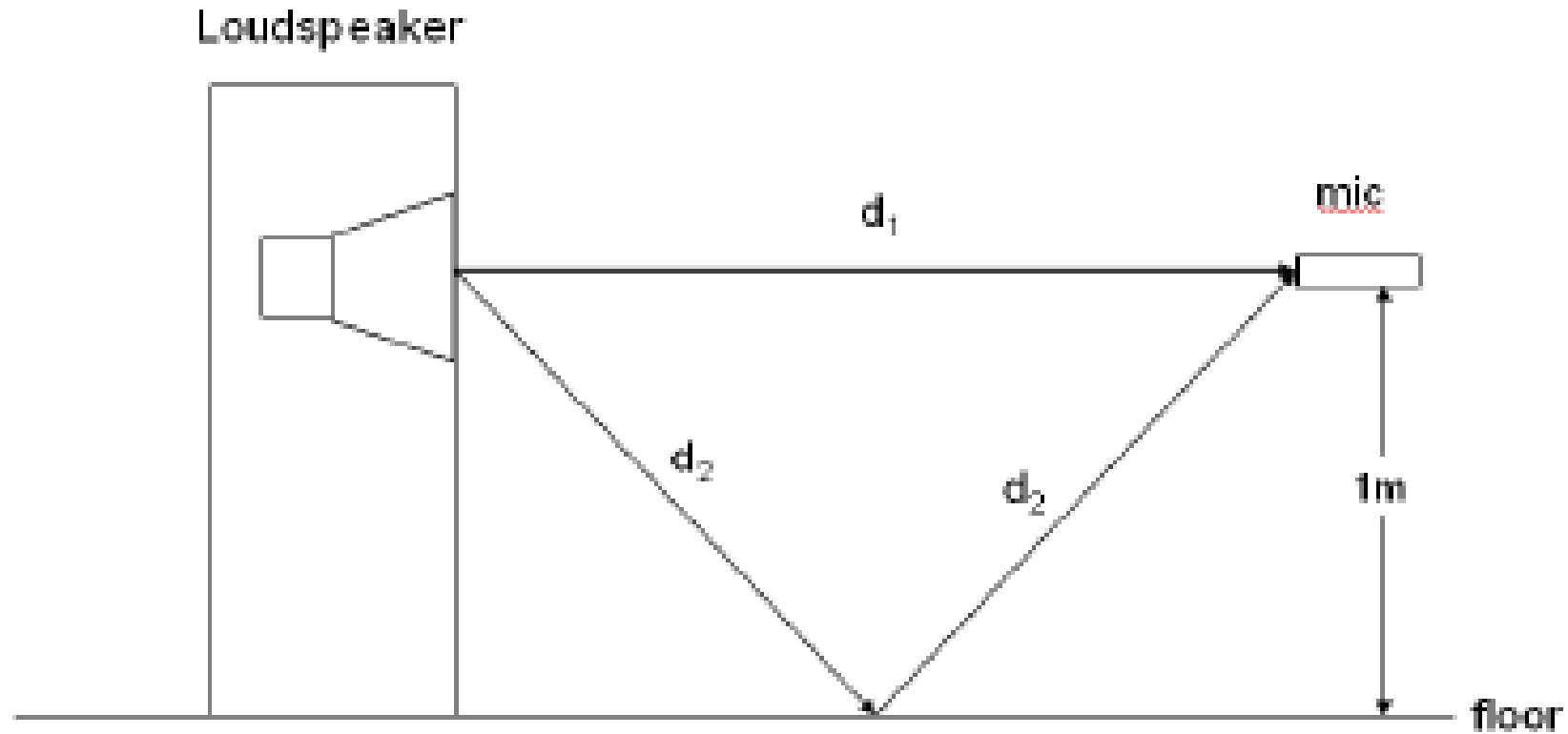
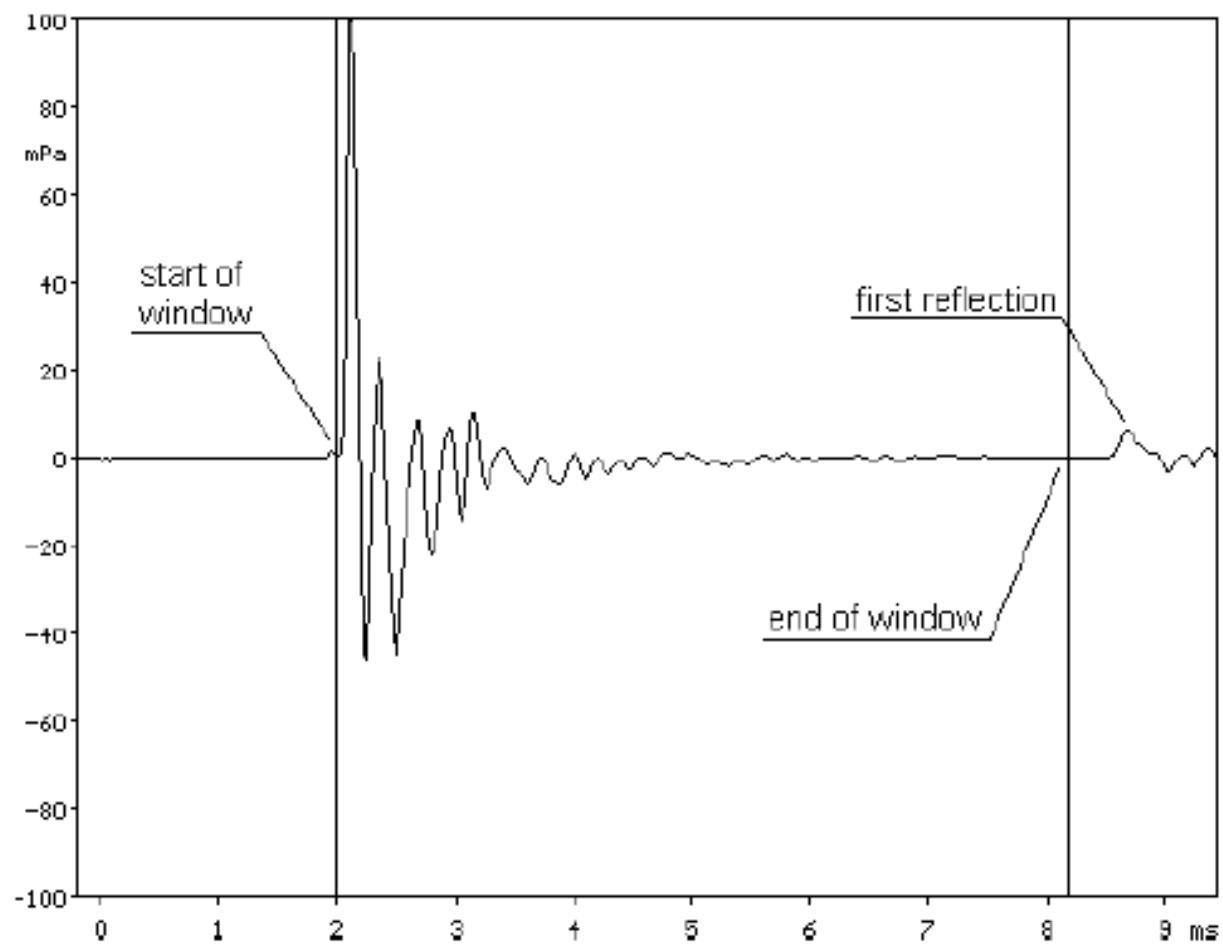
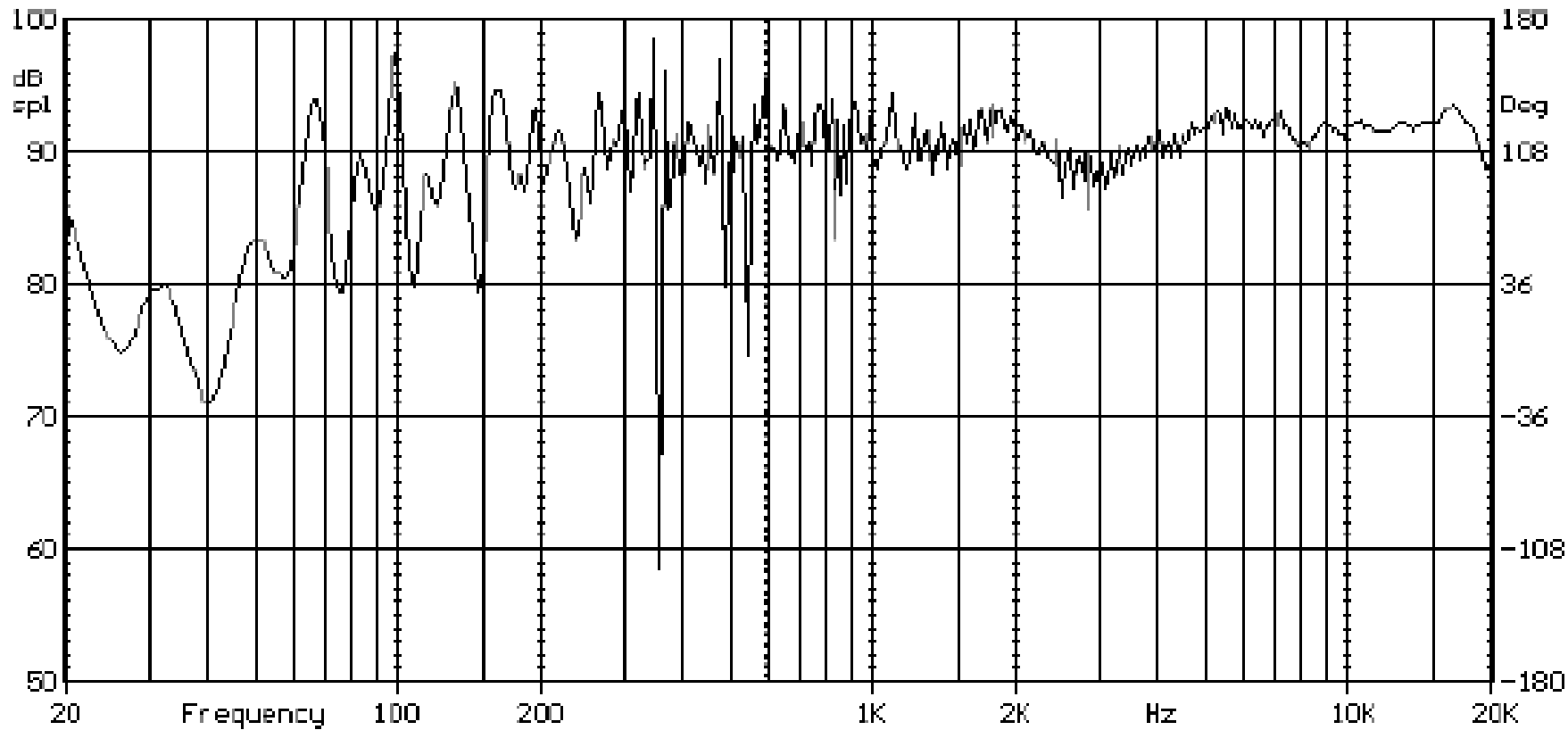


Fig 1 Floor reflection geometry

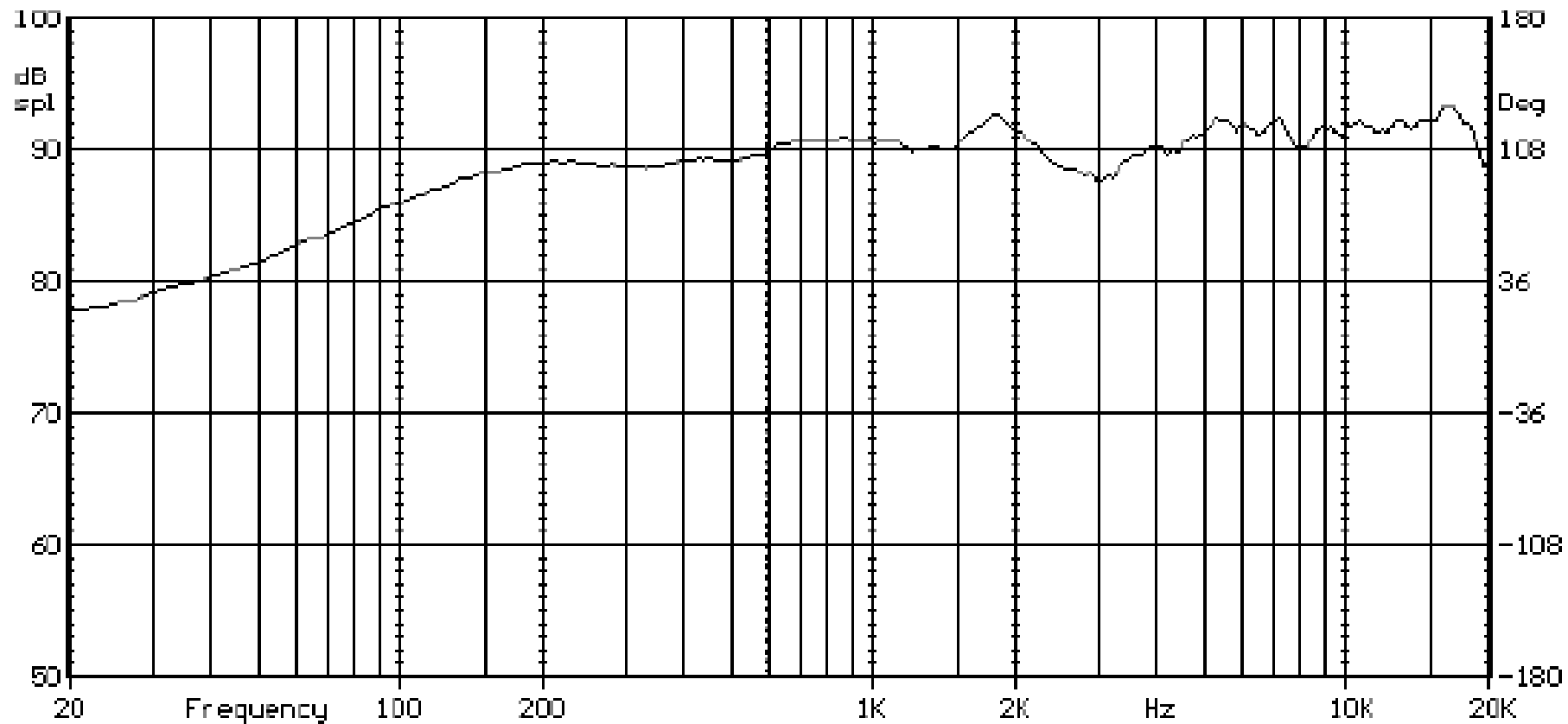
Zmierzona odpowiedź



Charakterystyka częstotliwościowa w pomieszczeniu



Charakterystyka częstotliwościowa w warunkach quasi-bezechowych



Dolne ograniczenie pasma MLS

$$f_{min} = \frac{1}{T_{okna}}$$
$$f_{min} = \frac{1}{0.0061} \approx 164 \text{ [Hz]}$$

A co dla niższych częstotliwości? (1)

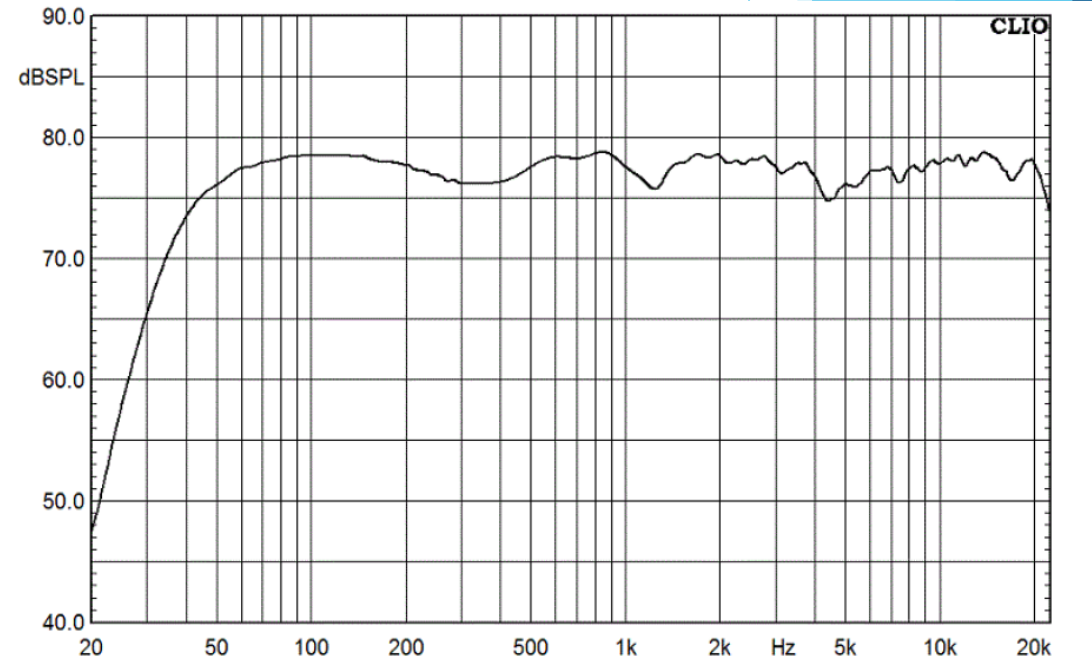
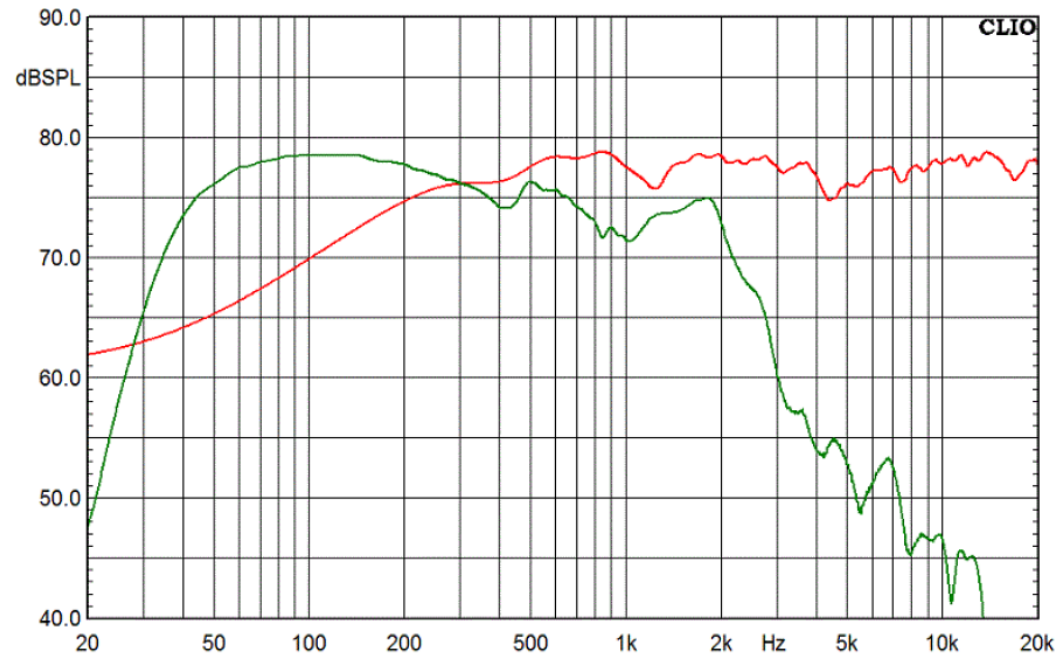
Pomiary w polu bliskim:

- ▶ Mikrofon umieszczony bardzo blisko membrany
- ▶ Charakterystyka głośnika w polu bliskim dla niskich częstotliwości jest zbliżona do charakterystyki pola swobodnego i jest niezależna od pomieszczenia

$$f_{max} = \frac{14311}{2,54 * D_{sk_membrany}}$$

D. B. Keele, “Low-Frequency Loudspeaker Assessment by Near-Field Sound Pressure Measurement”,
J. Audio Engineering Society, Vol. 22, pp. 154-162 (April 1974)

Wynik połączenia dwóch charakterystyk



Wykres czerwony - zmierzona charakterystyka w polu swobodnym, wykres zielony - ch-ka w polu bliskim.

Po prawo - wynik łączenia charakterystyk przy częstotliwości ok. 300 Hz.

A co dla niższych częstotliwości? (2)

- ▶ Istnieje zależność pomiędzy ciśnieniem wewnątrz obudowy głośnika, a ciśnieniem w po zewnętrznej stronie membrany

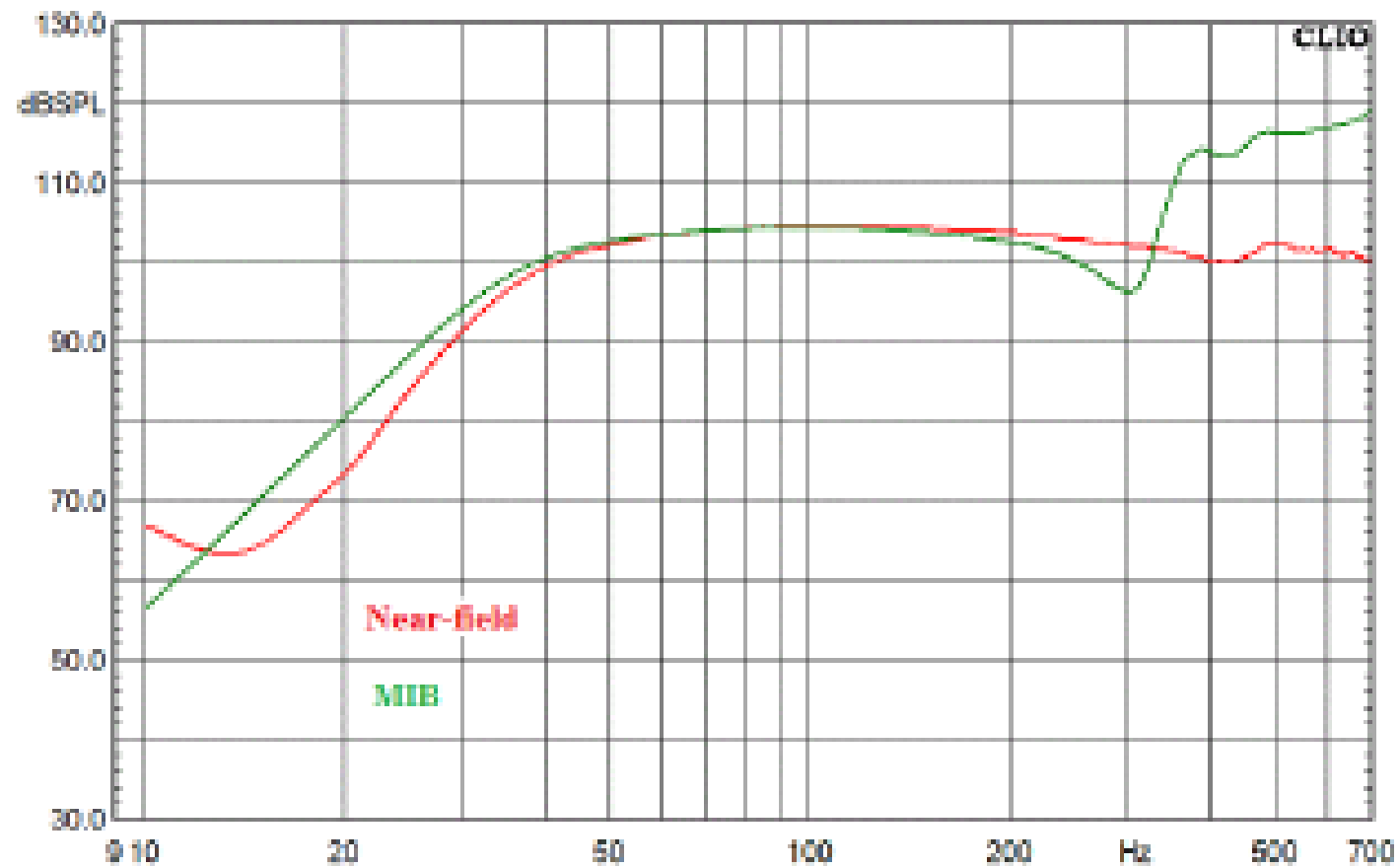
$$P_r = k \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 P_B$$

Gdzie: p_r - ciśnienie na zewnątrz membrany, p_b - ciśnienie w środku obudowy,
 k - stała

J.E. Benson, "Theory and Design of Loudspeaker Enclosures", Proc. IREE (Australia), vol. 30, p. 261 (Sept 1969)

R.H. Small, "Simplified Loudspeaker Measurements at low Frequencies", J. Audio Engineering Society, Vol. 20, pp. 28-33, (Jan/Feb 1972)

Porównanie metod (1) i (2)



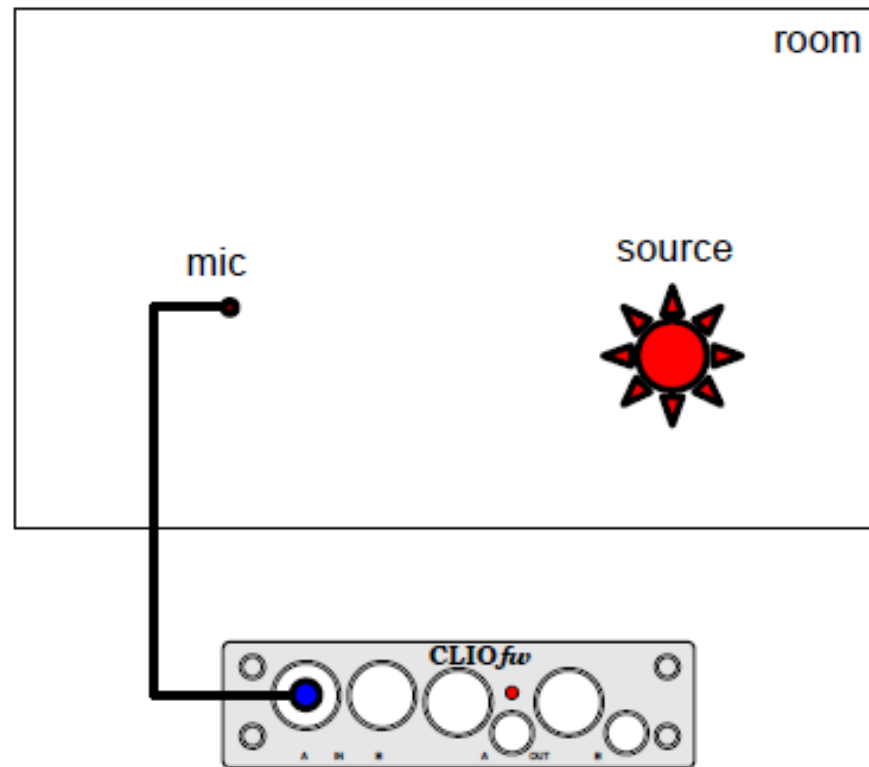
Zmierzyliśmy już charakterystykę
mikrofonu...

... i co dalej?

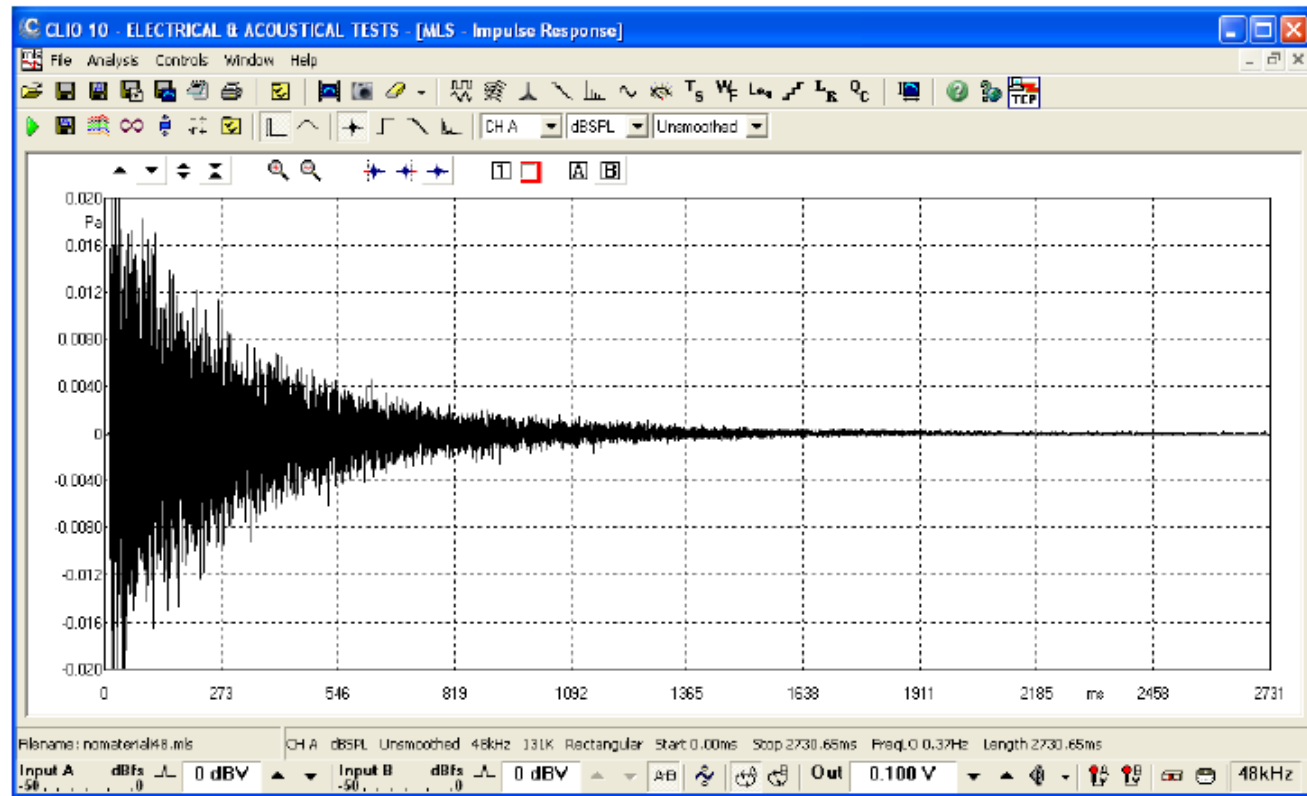
Eliminacja wpływu pomieszczenia na wynik pomiaru

- ▶ Zarejestrowana odpowiedź impulsowa zawiera wpływ nie tylko pomieszczenia, w którym dokonywany jest pomiar, ale także charakterystyk toru pomiarowego (wzmacniacz, głośnik...)
- ▶ Dlatego przy pomiarach mikrofonów stosuje się metodę porównawczą.
- ▶ CLIO umożliwia pomiar kolejno dwóch mikrofonów, testowego i referencyjnego, a następnie kompensację charakterystyk (UWAGA: jeśli mamy charakterystykę w decybelach - dzielimy)

Wykorzystanie odpowiedzi impulsowych przy pomiarach właściwości akustycznych pomieszczeń



Wykorzystanie odpowiedzi impulsowych przy pomiarach właściwości akustycznych pomieszczeń

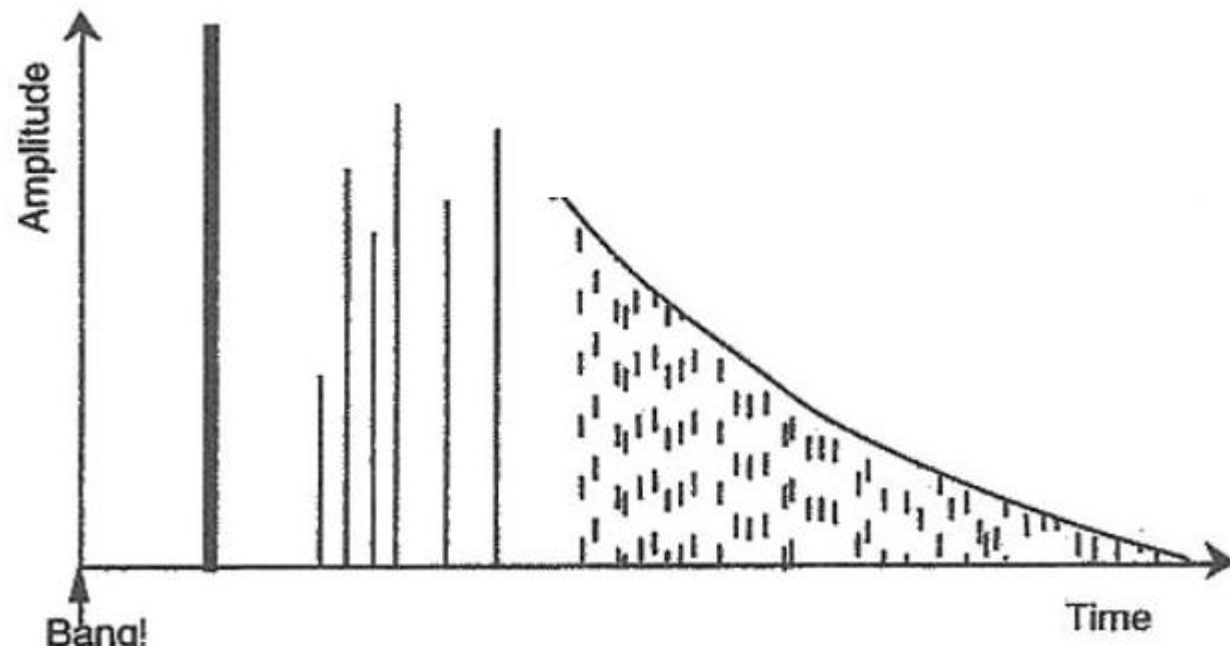


Echogram

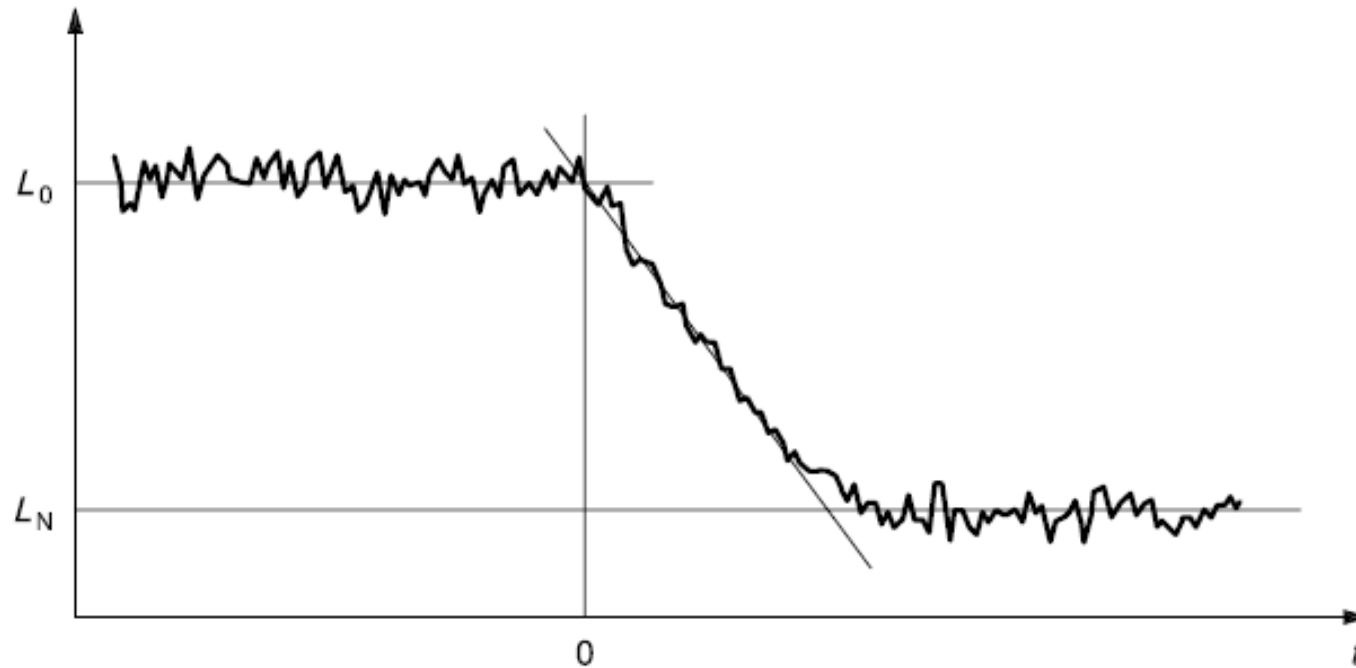
Dźwięk
bezpośredni

Wczesne
odbicia

Pogłos



Krzywa zaniku poziomu dźwięku w pomieszczeniu



Key

L_0 stationary noise level before the excitation is switched off

L_N background noise level

t time

NOTE The excitation is switched off at time $t = 0$.

Parametry wyznaczone z odpowiedzi impulsowej

- ▶ Czas wczesnego zaniku EDT
- ▶ Czas pogłosu T60
- ▶ Przejrzystość dźwięku (dla muzyki) C80
- ▶ Czytelność dźwięku (dla mowy) C50
- ▶ Siła dźwięku G
- ▶ Korelacja międzyuszna IACC
- ▶ Odstęp pomiędzy dźwiękiem bezpośrednim a odbiciami ITDG

Materiały

- ▶ Dostępne na serwerze studia
- ▶ www.audiomatica.com > Support > Knowledge base