

MODULUL A

FIZICA SUNETULUI

ANALIZA MEDIULUI DE CAPTARE A SUNETULUI

FIZICA SUNETULUI

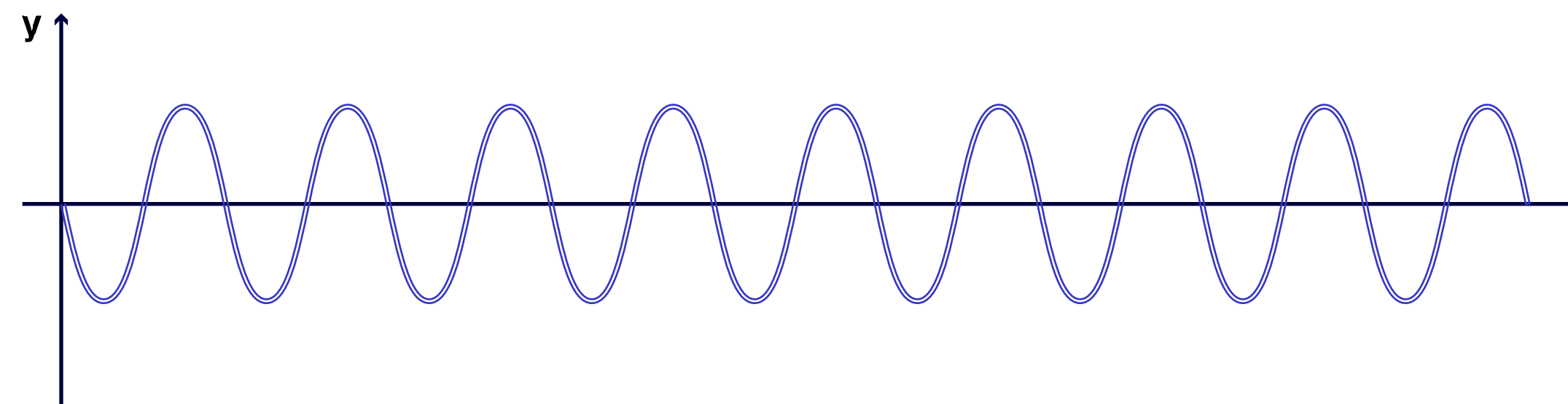
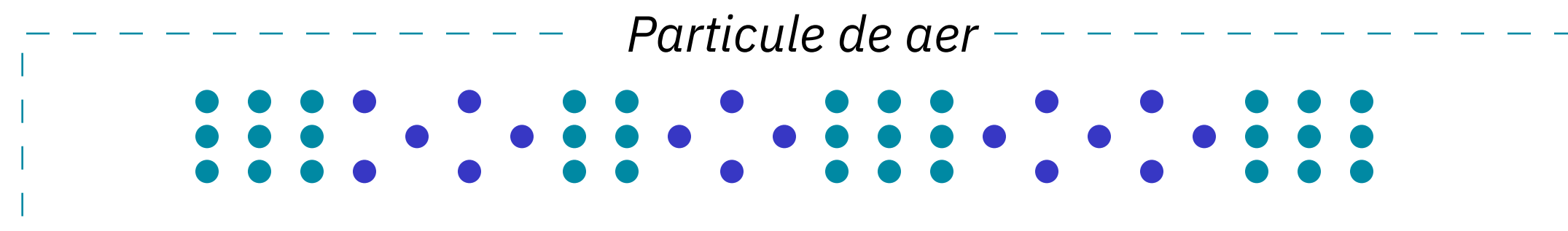
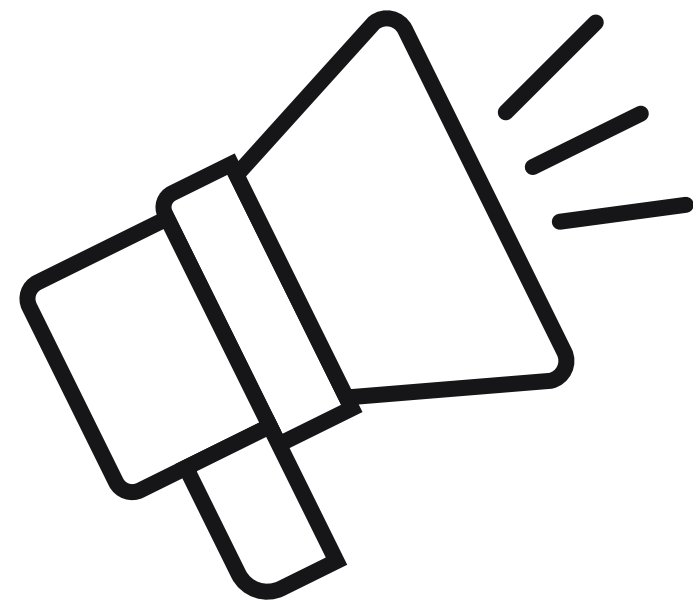
Sunetul este un fenomen fizic produs de interacțiunea dintre particulele puse în mișcare de vibrația materiei.

Când un obiect vibrează de un anumit număr de ori într-o perioadă definită, produce o mișcare care este transferată corpurilor din jur. Sunetul apare atunci când particulele (de aer) din mediul care înconjoară obiectul sunt supuse compresiei și rarefării.

Sunetul transportă informații care pot fi descrise printr-o funcție matematică care, la rândul ei, poate fi reprezentată grafic prin reprezentarea în timp (perioadă).

REPREZENTAREA ȘTIINȚIFICĂ A SUNETULUI

Propagarea direcțională afectează în principal particulele din mediul fluid cuprins între două corpuri, A și B și, în al doilea rând, particulele din jurul acestei regiuni.



FUNCTIA SINUȘOIALĂ

Următoarea formulă este o funcție care descrie matematic o undă sinusoidală.

În speță, reprezintă forma unui ton pur.

Funcția se extinde ca o serie de cicluri repetate identice, care pot fi măsurate finit prin alegerea unei ferestre definite pe axa domeniului timp (x).

$$y = A * \sin (\omega t + \varphi)$$

A este coeficientul de amplitudine care corespunde excursiei de vârf pe axa y .

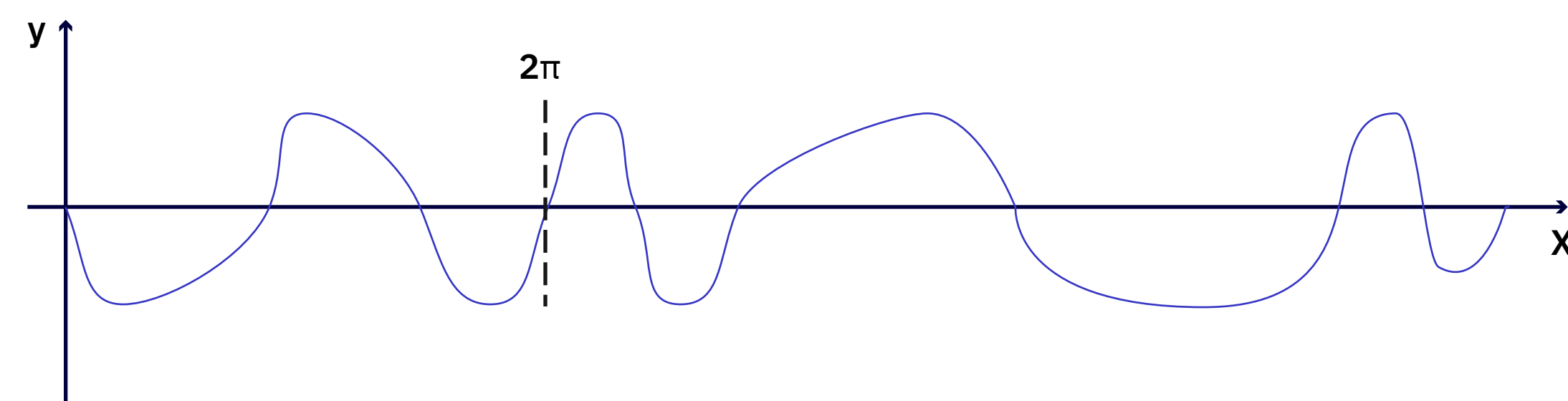
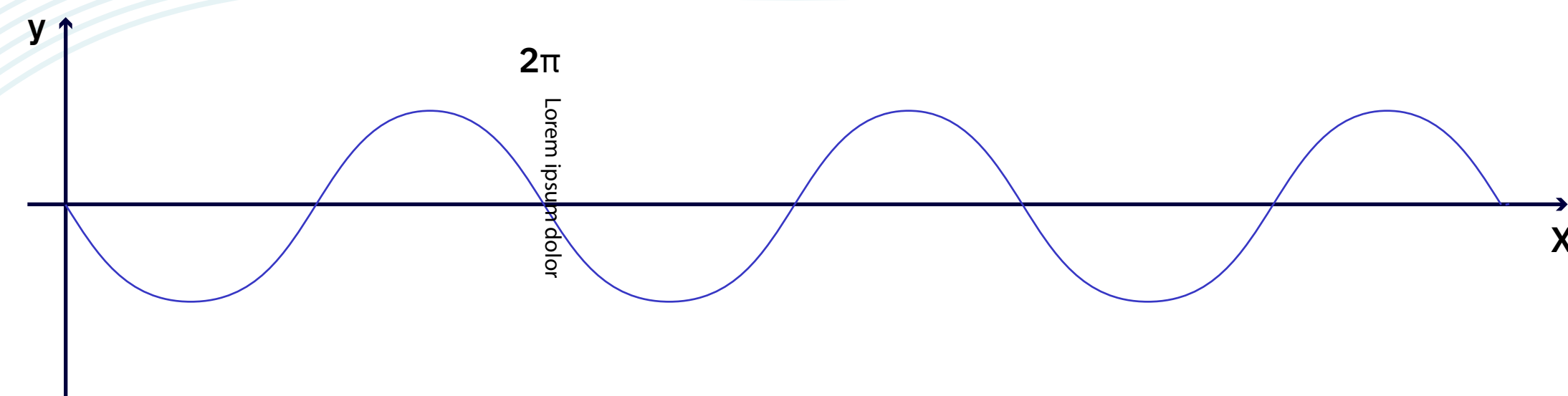
ω denotă variabila independentă de frecvență unghiulară (pe baza domeniului temporal reprezentat pe axa x), în timp ce constanta de fază φ indică defazarea funcției de pe graficul $[0-2\pi]$.

GRAFICUL FUNCȚIEI SINUSOIDALE

π

Graficul undelor sinusoidale din dreapta ilustrează un semnal periodic, respectiv evoluția semnalului sonor pe un ciclu complet cu perioada 2π .

Semnalele neperiodice (sau aperiodice), precum cel prezentat în graficul alăturat, au o formă de undă complexă sau neregulată. Aceste semnale prezintă evenimente compresie și rarefacție care nu pot fi ușor capturate și analizate în întregime într-un singur ciclu de perioadă de 2π .



AMPLITUDINE SEMNALE

Amplitudinea semnalului este de obicei afișată pe axa verticală (axa y).

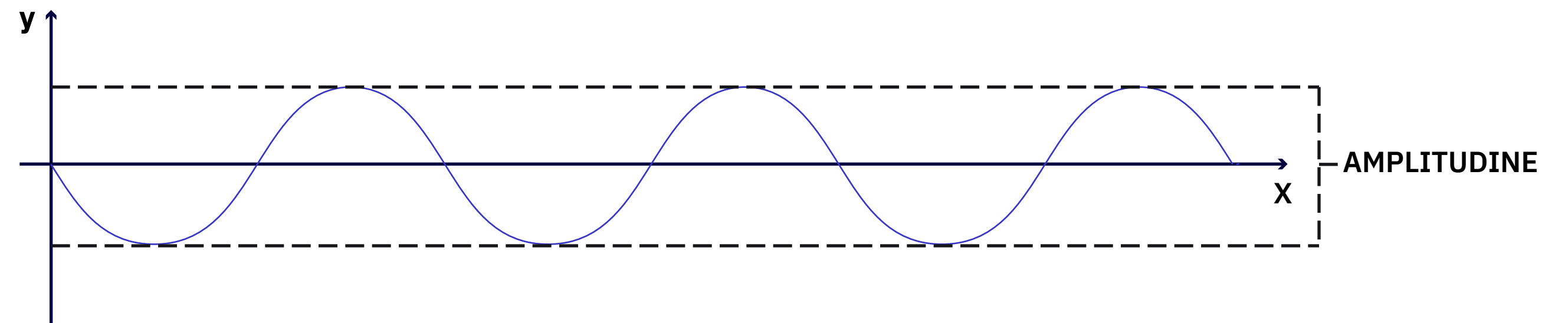
Această măsurătoare definește diferența de potențial electric generat prin traducerea sunetului dintr-un impuls mecanic într-o formă de undă electrică.

Se spune că punctele de pe forma de undă trasată a semnalului sonor au valoare pozitivă, „+”, atunci când sunt situate în regiuni ale formei de undă deasupra axei x ($y > 0$) și valoare negativă, „-”, atunci când sunt localizate sub axa x ($y < 0$).

Amplitudinea semnalului, sau puterea semnalului, poate fi definită ca distanța, măsurată pe axa y , între cel mai înalt punct „+” și cel mai mic punct „-”. Aceasta corespunde excursiei maxime a undei sonore (waveform).

AMPLITUDINE SEMNALE

În analiza electronică și procesarea semnalului audio, amplitudinea semnalului este exprimată în volți (V) sau milivolți (mV). În special, în domeniul procesării semnalului audio, unde ar putea fi nevoie să se compare câștigurile de tensiune pentru echipamente cu tensiuni diferite, se folosesc decibelii (dB). Această unitate permite compararea valorilor câștigului în timpul fazelor de amplificare și atenuare.



FORMULE AMPLITUDINE

Amplitudinea de la vârf la vârf (V_{pp}) este o măsură a distanței dintre vârful cel mai înalt și cel mai scăzut al formei de undă.

$$V_{pp} = V_{max} - V_{min} \quad [V]$$

Pentru a converti V_{pp} în gain, un raport logaritmice de bază 10 poate fi utilizat pentru a exprima valoarea ca mărime aditivă, A :

$$A = 20 \log_{10}(V_1 / V_2) \quad [dB]$$

PERIOADA UNEI FUNCTII

Axa orizontală (axa x) reprezintă timpul și servește drept axă de-a lungul căreia se propagă unda sonoră.

Astfel, putem afirma că informația transportată de semnal este dependentă de timp.

Frecvența este măsurarea numărului de ori pe care o perioadă (ciclu de undă complet sau oscilație) se desfășoară într-o unitate de timp, în acest caz o secundă. Este de obicei exprimat în Hertz.

$$f = 1 / T \quad [\text{Hz}]$$

(T este numărul de perioade într-o secundă)

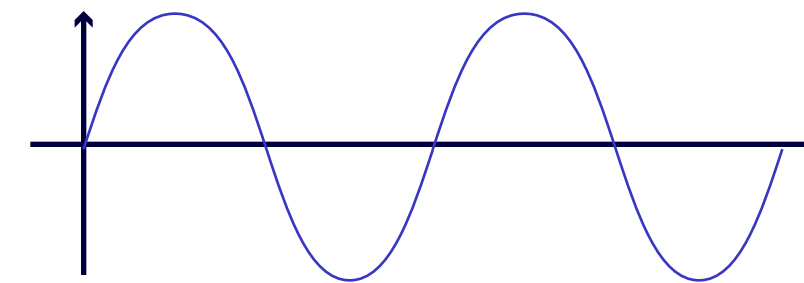
FORME DE UNDĂ

Sunetele naturale și sintetice prezintă forme de undă distincte.

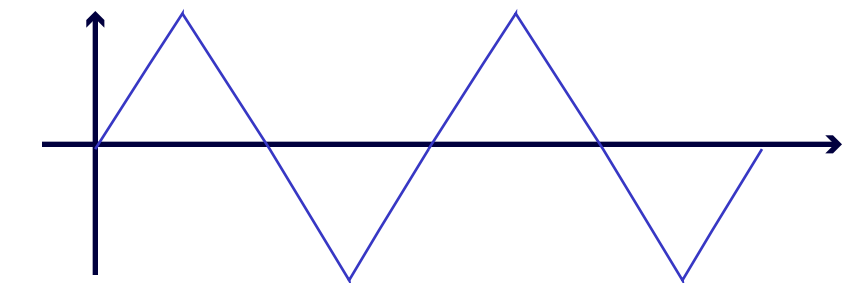
Modul în care sursa vibrează modelează unda sonoră, conferind caracteristici care pot fi analizate și folosite atât în scopuri tehnice, cât și artistice.

Semnălele cu aceste proprietăți pot fi generate fizic folosind oscilatoarele prezente în generatoarele de funcții sau în sintetizatoarele electronice.

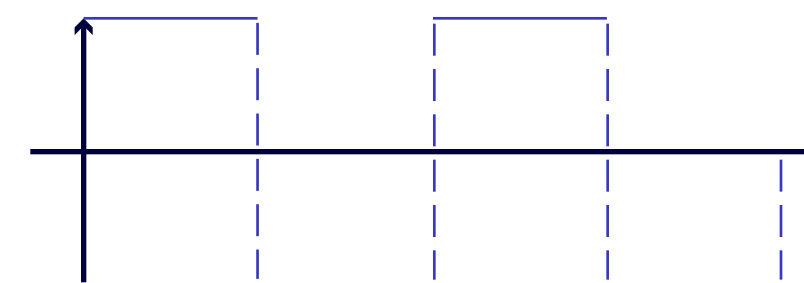
UNDĂ SINUSOIDALĂ



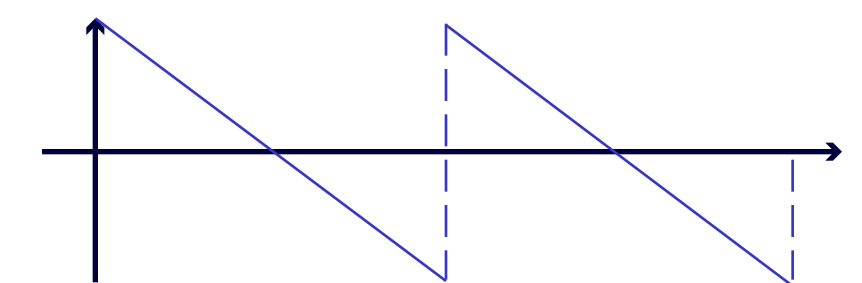
UNDĂ TRIUNGHIULARĂ



UNDĂ DREPTUNGHIULARĂ



UNDĂ DINTE DE FIERĂSTRĂU



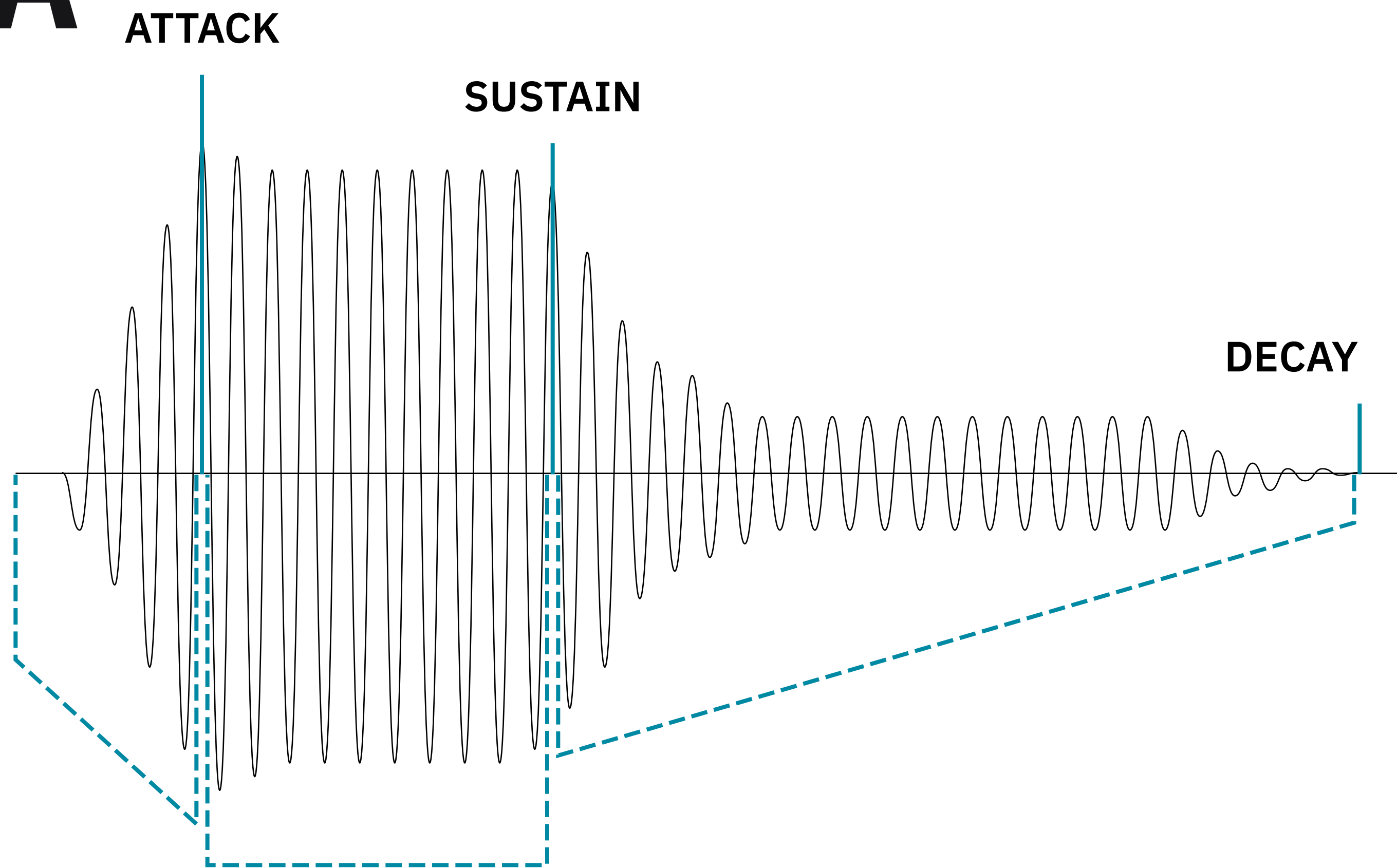
FORME DE UNDĂ COMPLEXE SI ANVELOPA ȘEMNALULUI

Majoritatea formelor de undă naturale – de exemplu cele produse de ființe umane – nu sunt periodice; de fapt, ele se caracterizează printr-o anumită mutabilitate care afectează fiecare tranzitoriu al unui semnal audio.

Aceste proprietăți ale transizotriilor sunt examinate în frecvență, permițând descrierea semnalului și compararea cu alte forme de undă.

Anvelopa semnalului reprezintă structura definită a modulelor care alcătuiesc forma de undă. În diapozitivul următor, enumerăm aceste componente. Porțiunea inițială a tranzitoriului se numește Attack; a doua parte este locul unde se desfășoară forma de unda și se numește Sustain; porțiunea de închidere a tranzitoriului este denumită Decay.

FORME DE UNDĂ COMPLEXE ȘI ANVELOPA SEMNALULUI



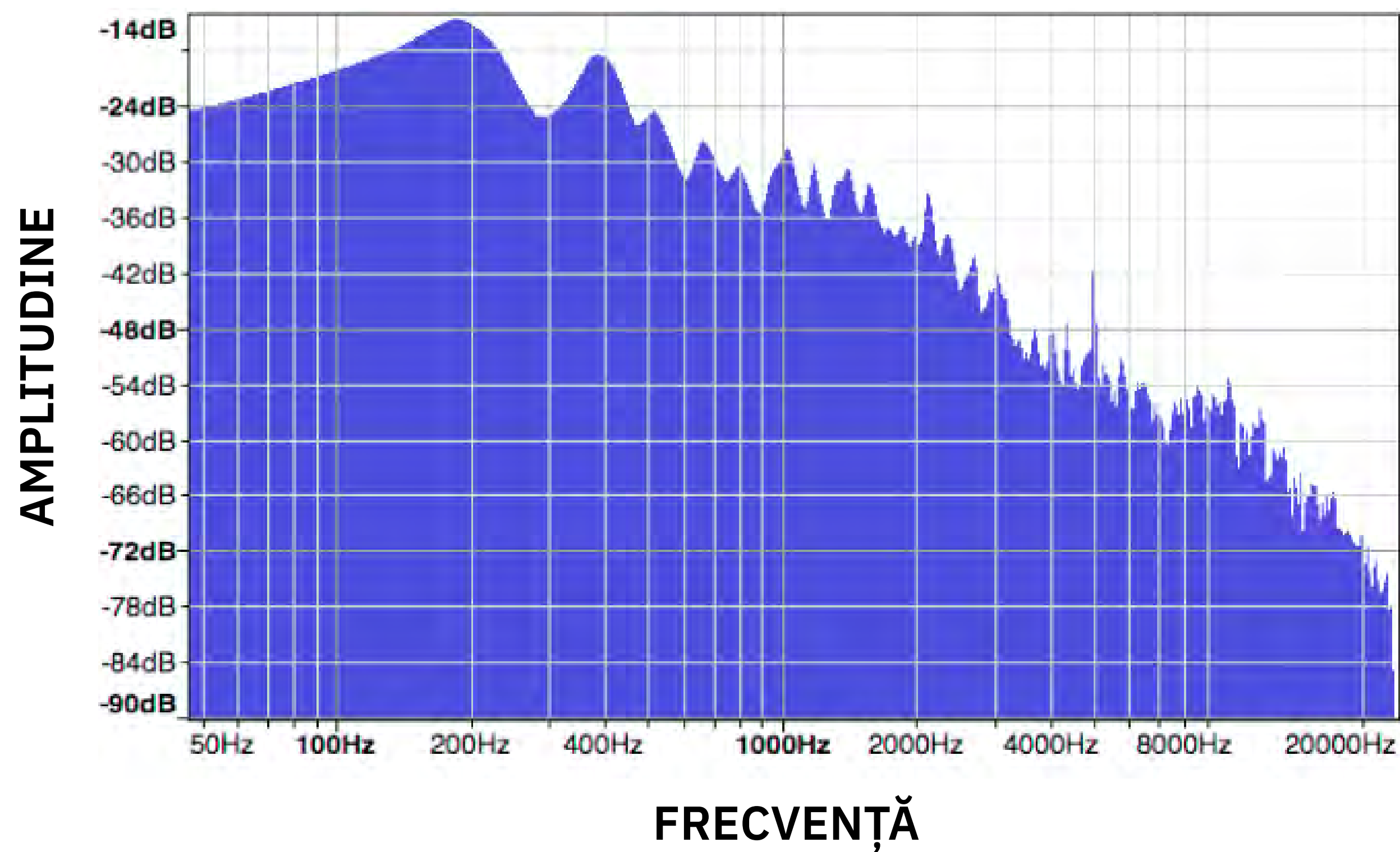
Semnălele sonore generate de sursele din lumea din jurul nostru au o serie de proprietăți naturale; undele cu frecvențe și amplitudini diferențiate, compunând forma de undă finală care definește unda rezultată: **tranzitoriul**.

Definiția spectrului acustic, sau spectrului audio, se referă la reprezentarea frecvențelor predominante în tranzitoriu pe axa x și amplitudinile lor corespunzătoare pe axa y.

Domeniul procesării audio studiază în principal spectrul de sunete în intervalul audibil de urechea umană – uzual de la 20 Hz la 20 kHz.

ANALIZA PROPIETĂȚILOR SEMNALELOR AUDIO

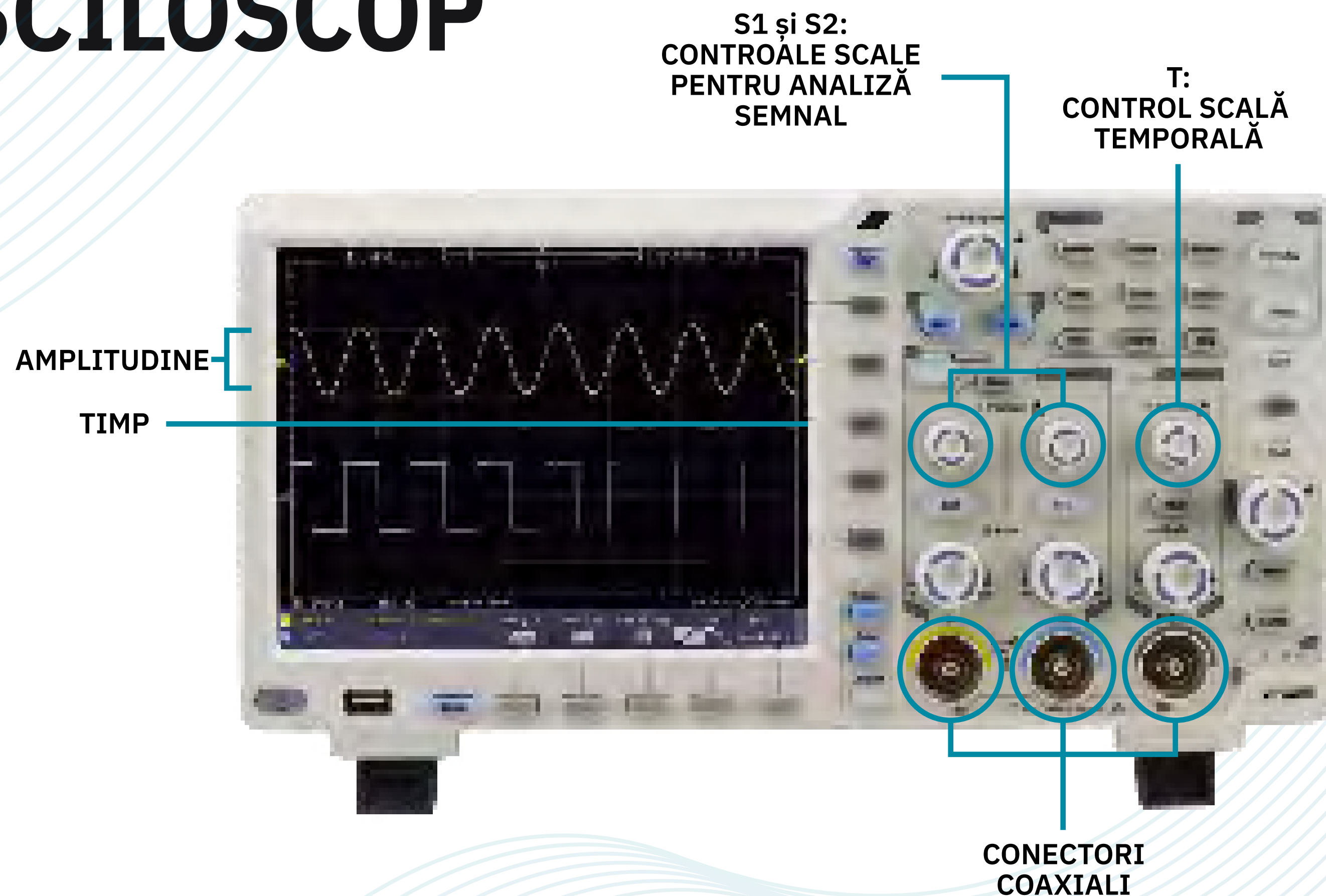
SPECTRUL SEMNALULUI AUDIO



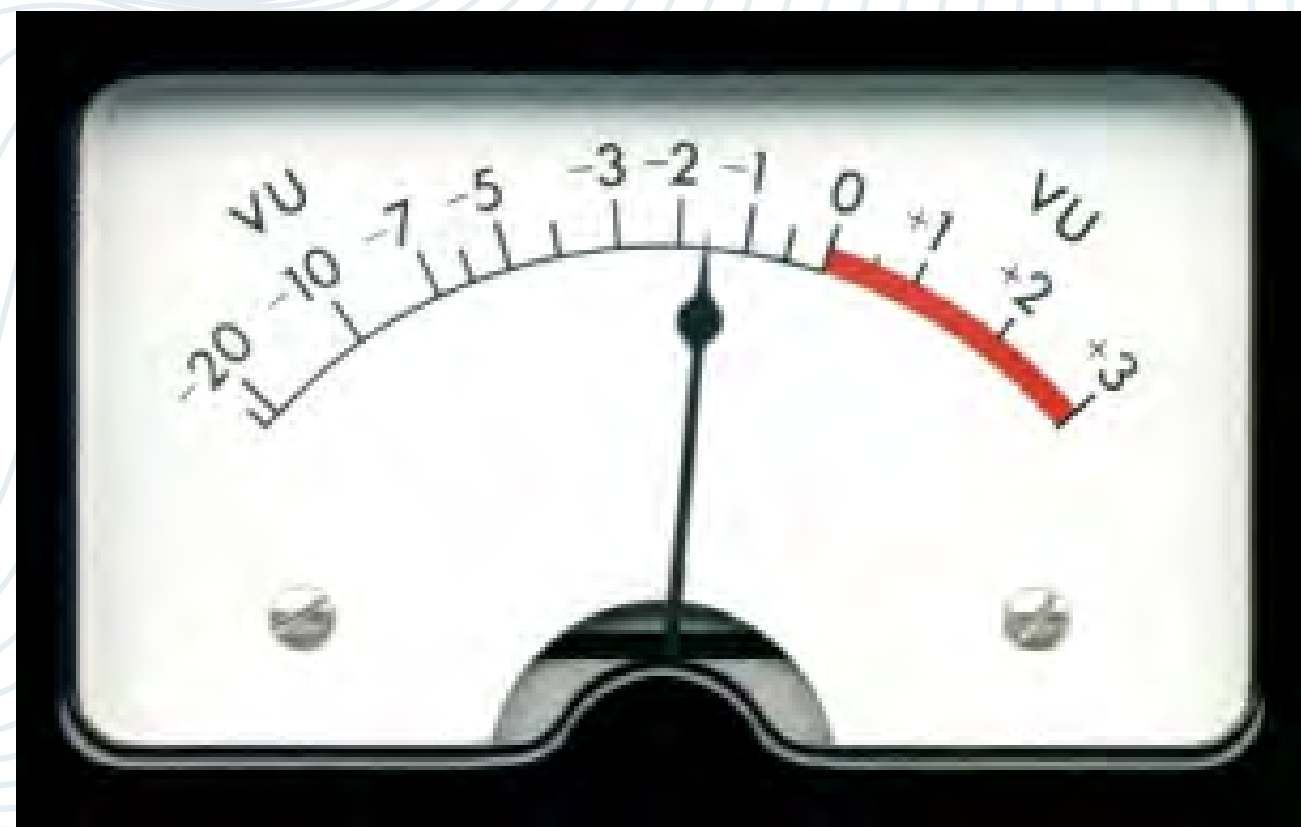
ANALIZA UNDELOR FOLOSIND UN OSCILOSCOP

Osciloscoapele sunt instrumente electronice utilizate pentru analiza semnalelor în generală și ale semnalelor audio în particular. Aceste dispozitive reprezintă formele de undă în manieră bidimensională: timp și amplitudine.

Putem controla vizualizarea ambelor măsurători pentru a compara caracteristicile diferitelor unde.



INSTRUMENTE MĂSURARE A AMPLITUDINII



VU-metru:

VU-metrele sunt componente electronice analogice care afișează valori pe o scară de măsurare (în procesarea audio, unitatea aleasă este dB).

Indicatorul este un ac magnetic care urmărește semnalul de intrare, raportând măsurătorile ca valoare pe scara contorului.

Acest instrument se găsește în mod obișnuit pe consolele de mixare mai vechi, unde a fost folosit pentru a monitoriza amplitudinea semnalului între vârfurile undei.

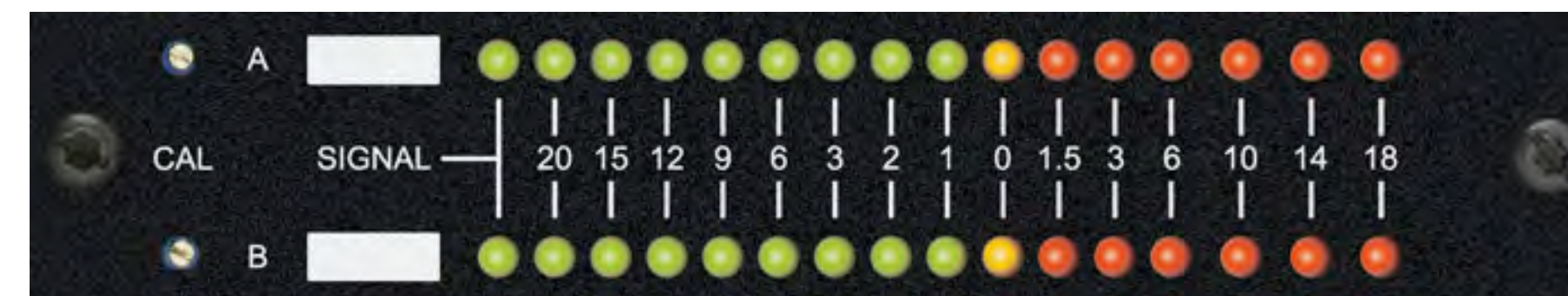
INSTRUMENTE MĂSURARE A AMPLITUDII

Banda LED:

Benzile LED sunt un set de lumini LED (Light Emmitting Diodes - diode emițătoare de lumină) care pot indica valoarea unui semnal (tensiune de intrare) în dB prin aprinderea într-o secvență specifică.

LED urile sunt aprinse de o serie de rezistențe și amplificatoare.

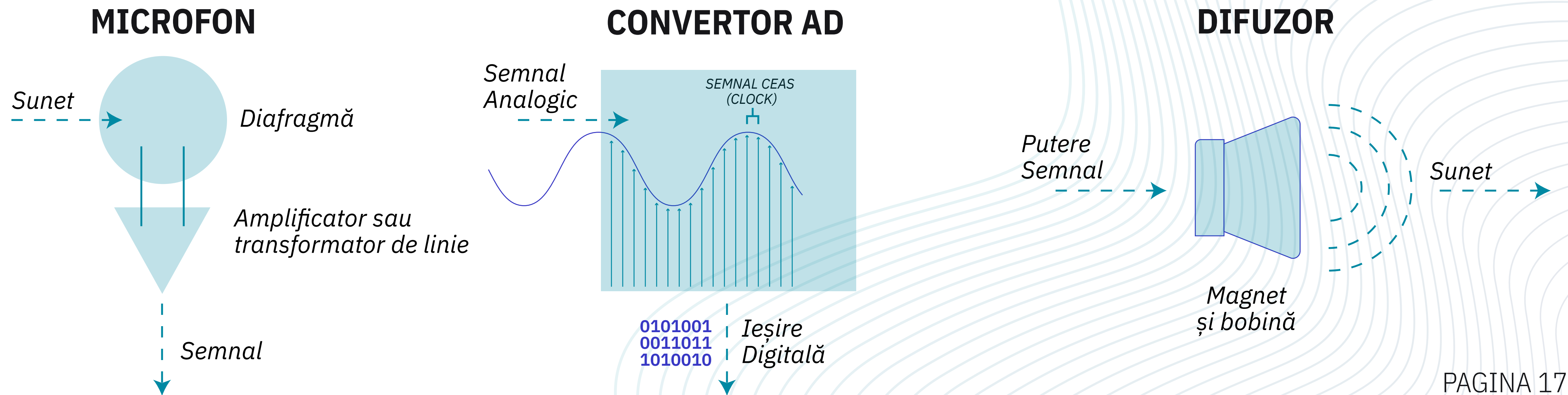
Multe programe software și instrumente de control digital au versiuni virtuale ale acestor benzi LED; pot produce de asemenea o vizualizare a vârfurilor semnalului (peak hold).



Termenul de transducție se referă la schimbarea stării energiei eliberate dintr-o sursă. Receptorul percepe această energie într-o stare fizică diferită.

În fizică și în ingineria sunetului, transducerea este utilizată în analiza fiecărui tip de semnal care este generat mecanic și poate deveni un semnal electric.

TRANSDUCEREA SEMNALULUI SONOR



EXEMPLE DE TRANSDUCTOARE AUDIO

Un osciloscop (instrument electronic de măsurare pentru reprezentarea grafică a funcțiilor semnalului) poate fi utilizat pentru a afișa grafic o undă pe axa orizontală a timpului. Această formă de undă este vizibilă pe ecranul dispozitivului.

Un microfon transformă mișcările unei membrane vibrante, diafragma, într-un semnal electric care urmează forma tranzitoriului captat.

Difuzoarele pun o membrană în mișcare datorită unei bobine situată într-un câmp magnetic constant traducând variațiile semnalului amplificat în deplasări ale bobinei.

EXEMPLE DE TRANSDUCTOARE AUDIO

Convertoarele audio efectuează eșantionarea valorilor de amplitudine ale unui semnal în timp (cod de timp). Aceste puncte, corespunzătoare diferitelor niveluri de amplitudine, reconstituie forma originală a tranzitoriului electric sau acustic.

Ele pot reproduce informațiile digitale cu acuratețe folosind un sistem de amplificatoare pentru a interpola valorile digitale și a reconverti ulterior semnalul electric într-un semnal acustic.

TRANSDUCTOARE: CUM ȘI DE CE

În diferite secțiuni ale unui circuit de procesare a semnalului audio, energia unei unde sonore este convertită din energie mecanică în energie electrică și viceversa. Semnalul audio poate fi și procesat - cum ar fi prin amplificare sau atenuare - înainte de a fi direcționat către alte părți ale circuitului.

Transectoarele, atât în procesarea audio, cât și în fluxul audio, joacă un rol esențial în definirea calității informațiilor transmise, începând chiar din etapele inițiale ale achiziției semnalului.

Un sistem adecvat de microfoane, o transmisie echilibrată la preamplificatoare și la convertoare și un mecanism robust de eșantionare digitală pentru semnale analogice vor contribui la captarea chiar și a celor mai fine detalii ale semnalului audio.

MICROFOANE

Microfonul este unul din dispozitivele cele mai importante de transformare a sunetului din unde mecanice din aer în energie electromagnetică.

Pe măsură ce sunetul se propagă, particulele de aer sunt puse în mișcare, generând o serie de evenimente de compresie și rarefacție. Proprietățile acestor evenimente depind de frecvența de vibrație a sursei.

Datorită diafragmei sale polarizate, microfoanele pot capta vibrația care se propagă printr-un mediu de la sursa de sunet.

Forma diafragmei și polarizarea acesteia definesc principalele utilizări ale diferitelor tipuri de microfoane. Împreună, aceste două proprietăți determină **diagrama polară** a microfonului.

Circuitul intern al microfonului poate afecta, de asemenea, modul în care funcționează și adecvarea acestuia la diferite setări de captare a sunetului. Aceste circuite constituie baza unei clasificări ulterioare a microfoanelor.

MICROFOANE

- TIPURI DE MICROFONE

1 Microfoane dinamice (sau cu bobină mobilă):

Tehnologia microfonului dinamic se bazează pe un sistem pasiv care transmite mișcarea captată dintr-o vibrație sonoră către un corp magnetic printr-o diafragmă cu bobină mobilă. Corpul magnetic magnet generează o variație a câmpului electromagnetic, care se traduce printr-semnal transmis la un transformator de la cei doi poli ai bobinei. Transformatorul reglează amplitudinea semnalului și impedanța circuitului înainte ca acesta să fie transmis mai departe preamplificatoarelor.

TRANSDUCTIA MICROFONULUI

- TIPURI DE MICROFONE

2 Microfoane cu condensator:

Microfoanele cu condensator captează semnalele acustice cu un nivel de detaliu sporit față de tipuri de microfoane. Această sensibilitate sporită se datorează materialului capacitiv din care este compusă membrana microfonului. Acest tip de microfon necesită în schimb un cablu pentru a alimenta un circuit situat în interiorul microfonului. Este folosit același cablu, care transporta semnalul sonor captat de diafragma microfonului. Circuitul de tip capacitiv poate defini modele polare în microfoanele cu mai multe diafragme.

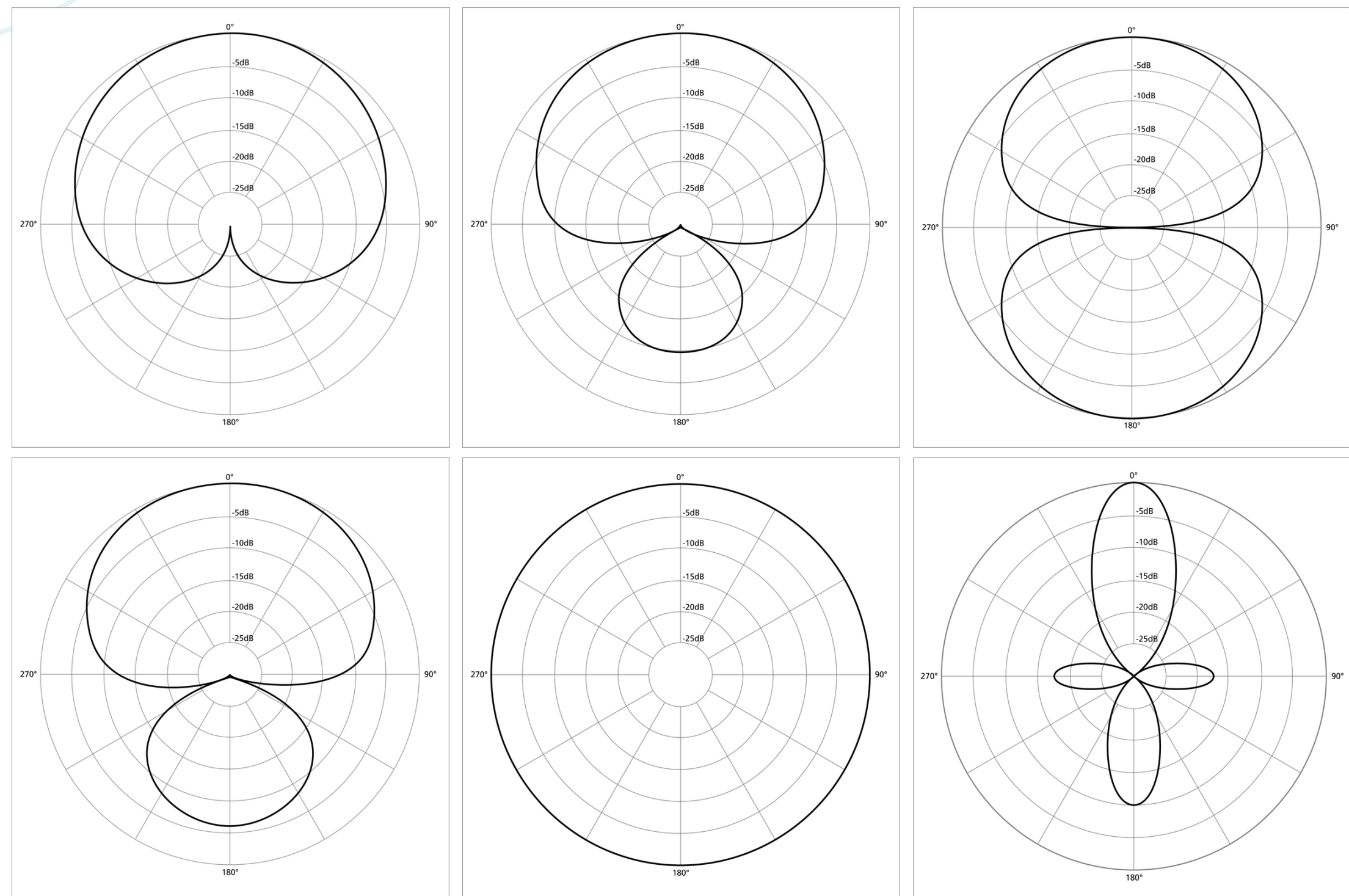
TRANSDUCTIA MICROFONULUI

- TIPURI DE MICROFONE

3 Microfoane cu panglică (ribbon):

În microfoanele de tip ribbon, o panglică reglată este suspendată într-un câmp magnetic. Aici, panglica acționează ca un traductor, permițând vibrațiilor undelor sonore să intre în contact cu suprafața panglicii metalice și astfel să interacționeze cu magnetul static din jur. Această interacțiune generează o variație a câmpului magnetic care este proporțională cu unda sonoră incidentă.

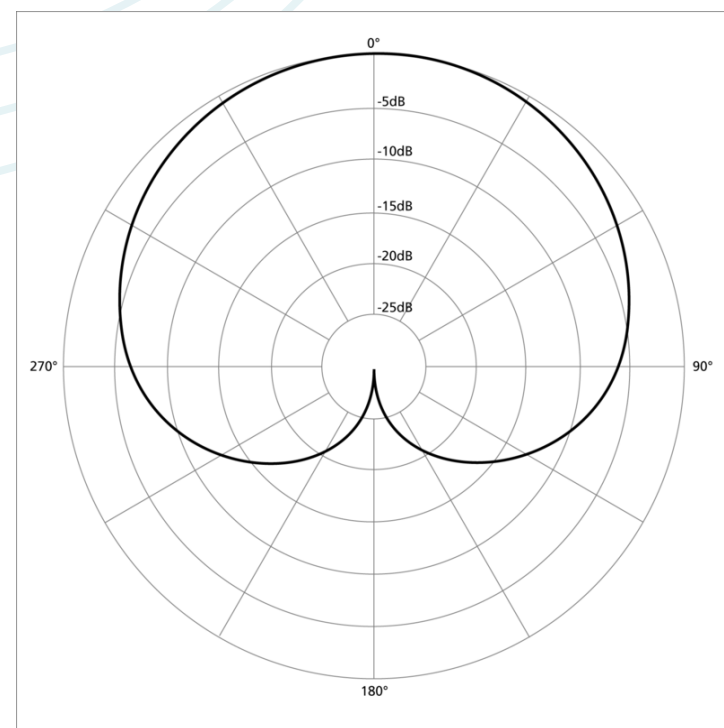
DIAGRAMME POLARE



În multe scenarii practice, este posibil să se utilizeze o combinație a modelelor polare enumerate pe baza poziției sursei de sunet.

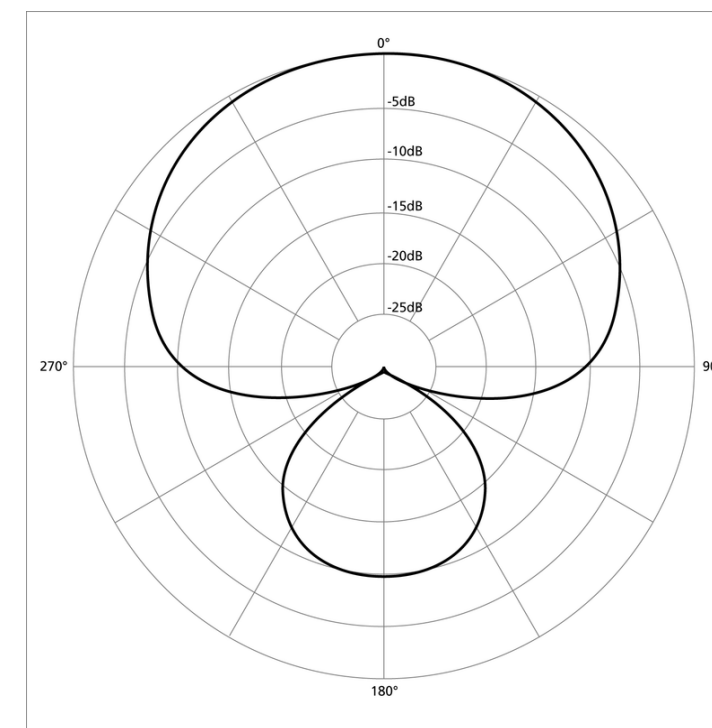
Toate microfoanele vin cu o fișă tehnică care specifică caracteristicile dispozitivului. Fișa descrie de asemenea, modelul polar al microfonului prin intermediul diagramelor polare precum cele prezentate în exemplele următoare.

DIAGRAMME POLARE



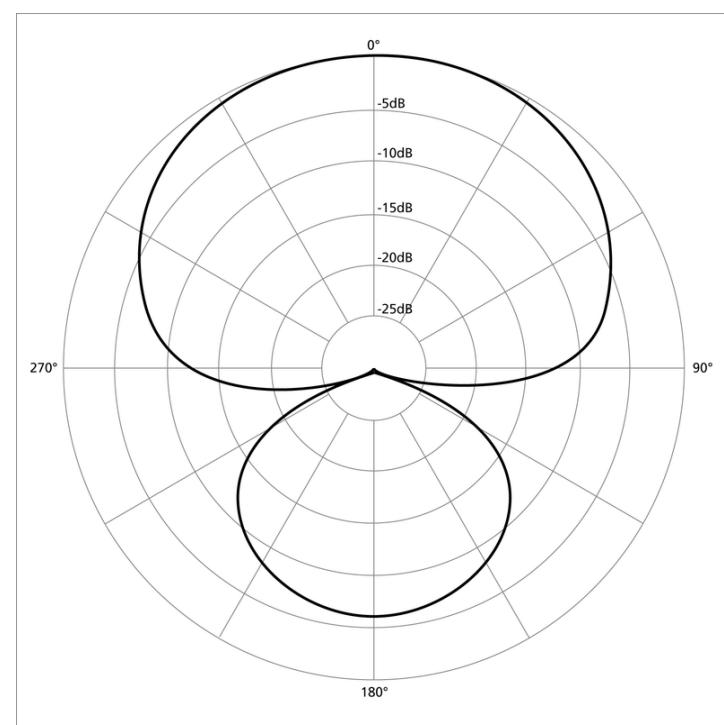
Cardioid

Sensibilitate frontală unilaterală, variind de la 0° la 180° pe axa verticală a diafragmei.



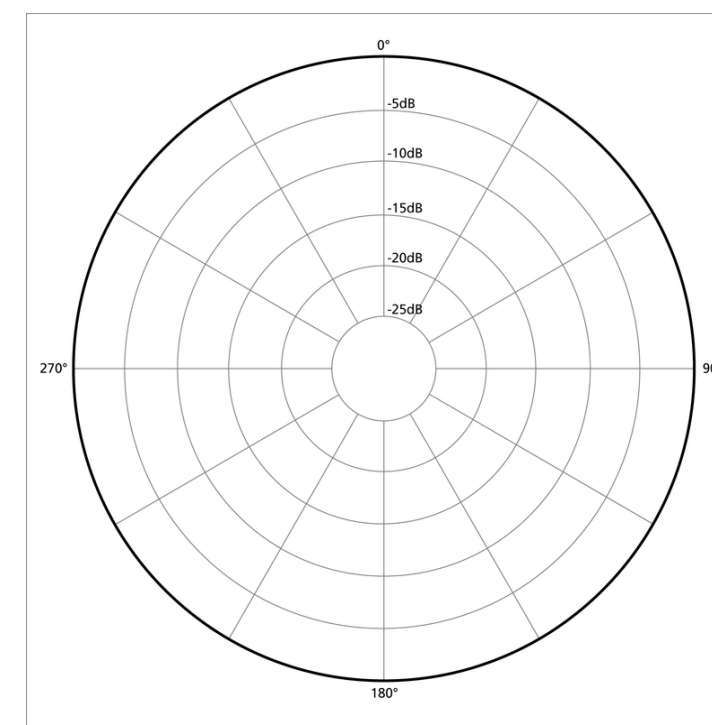
Supercardioid

Sensibilitate direcțională unilaterală orientată în față; acest model este mai puțin larg comparativ cu cardioid, variind de la 30° la 150° pe axa verticală a diafragmei.



Hipercardioid

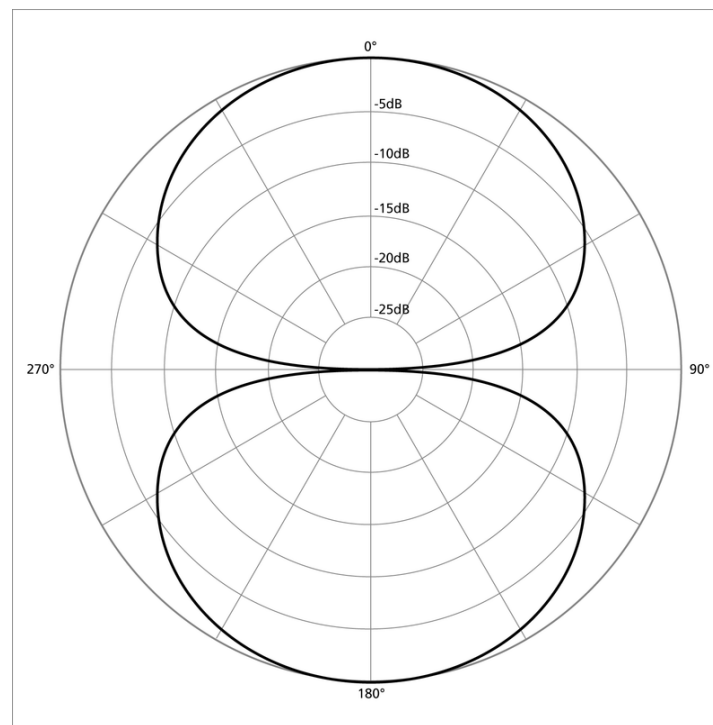
Sensibilitate direcțională unilaterală orientată în față; acest model este mai puțin larg comparativ cu cardioid, variind de la 45° la 135° pe axa verticală a diafragmei.



Omnidirecțional

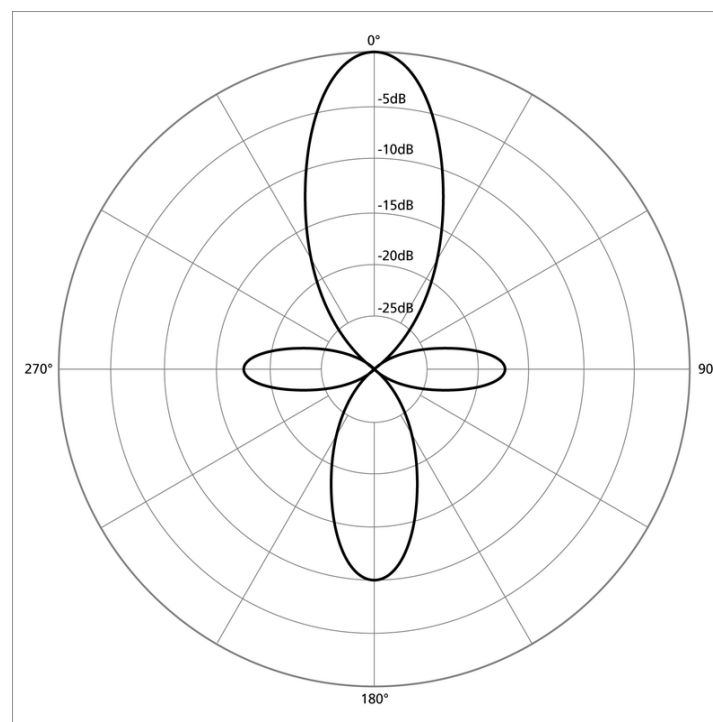
Sensibilitate în toate direcțiile, acoperind întreaga 360° pe axa verticală a diafragmei.

DIAGRAMME POLARE



Bidirecțională (Figura-8)

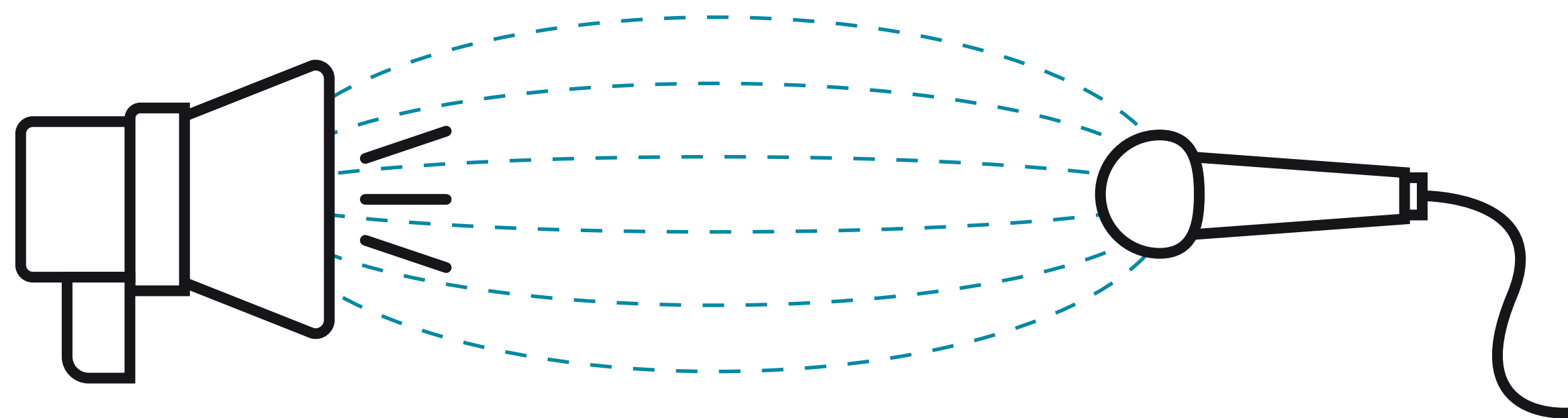
Sensibilitate direcțională față și spate, variind de la 30° la 150° și de la 210° la 330° pe axa verticală a diafragmei.



Shotgun

Sensibilitate direcțională față și spate, mai puțin largă decât intervalul de sensibilitate al microfonului figura 8 (60° - 120° și 240° - 300° pe axa verticală a diafragmei). Atenuarea de 10 dB de pe lobul posterior îmbunătățește direcționalitatea diafragmei, făcând-o și mai selectivă.

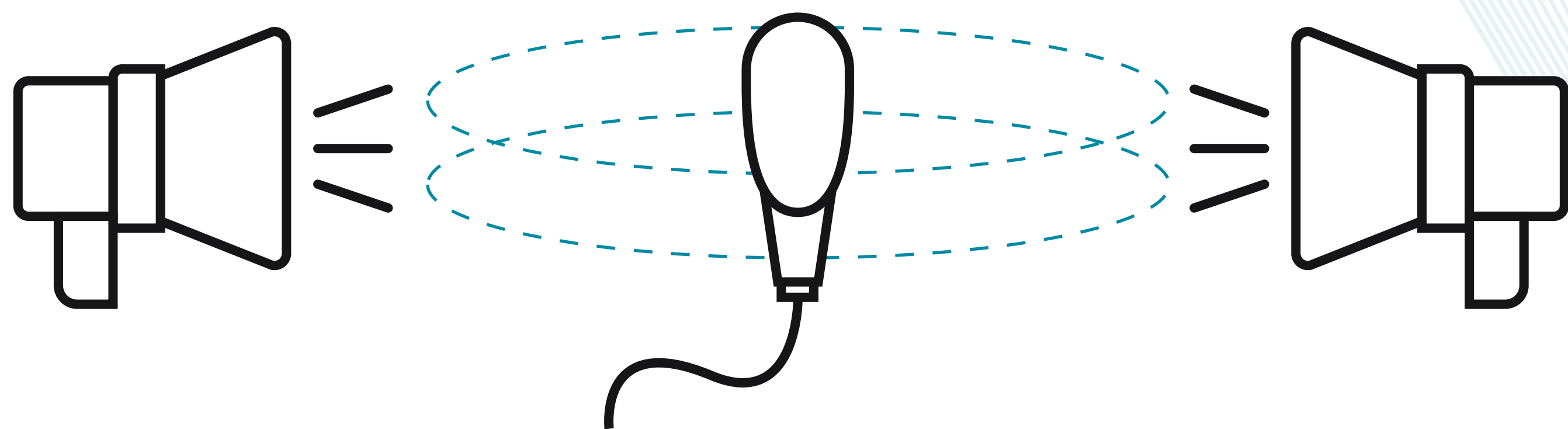
Dacă trebuie să captăm un semnal de la o sursă situată într-o anumită parte a unui mediu folosind un microfon, trebuie să alegem între cardioizi, supercardioizi, hipercardioizi sau shotgun pentru a izola partea relevantă a sunetului de zgomotul ambiental și alte surse care prezintă un interes mai mic (sau deloc).



UTILIZĂRI ALE MICROFONULUI

În special, dacă ne propunem să captăm semnale din mai multe surse situate în diferite poziții în același mediu, selecția noastră de microfon trebuie restrânsă la o alegere între microfoane bidirecționale și omnidirecționale. Acest lucru ne permite să captăm sunete din toate sursele, asigurându-ne că obținem cât mai multe informații posibil.

UTILIZĂRI ALE MICROFONULUI



CORELAȚIA DE FAZĂ ÎNTRE SURSĂ ȘI TRANSDUCTOR

Măsurând corelația de fază între două sau mai multe microfoane, putem înțelege relația dintre semnalele preluate de la aceeași sursă sonoră de către diferiți transductoare.

Când două sau mai multe microfoane sunt situate la aceeași distanță de o sursă, semnalele transduse vor avea o fază egală. Microfoanele pot fi însă plasate la diferite distanțe de sursa de sunet pentru a obține efecte sonore diferite.

Pentru a capta cu precizie faza unui semnal folosind mai multe microfoane, trebuie să luăm în considerare viteza sunetului în aer uscat la 20°C și o presiune de 1 bar, egală cu 343 m/s.

CORELAȚIA DE FAZĂ ÎNTRE SURSĂ ȘI TRANSDUCTOR

Această valoare numerică poate fi inserată în următoarea ecuație pentru a calcula lungimea de undă a undelor sonore, notate cu δ , în aer.

$$\delta = 343 / f \quad [\text{m}]$$

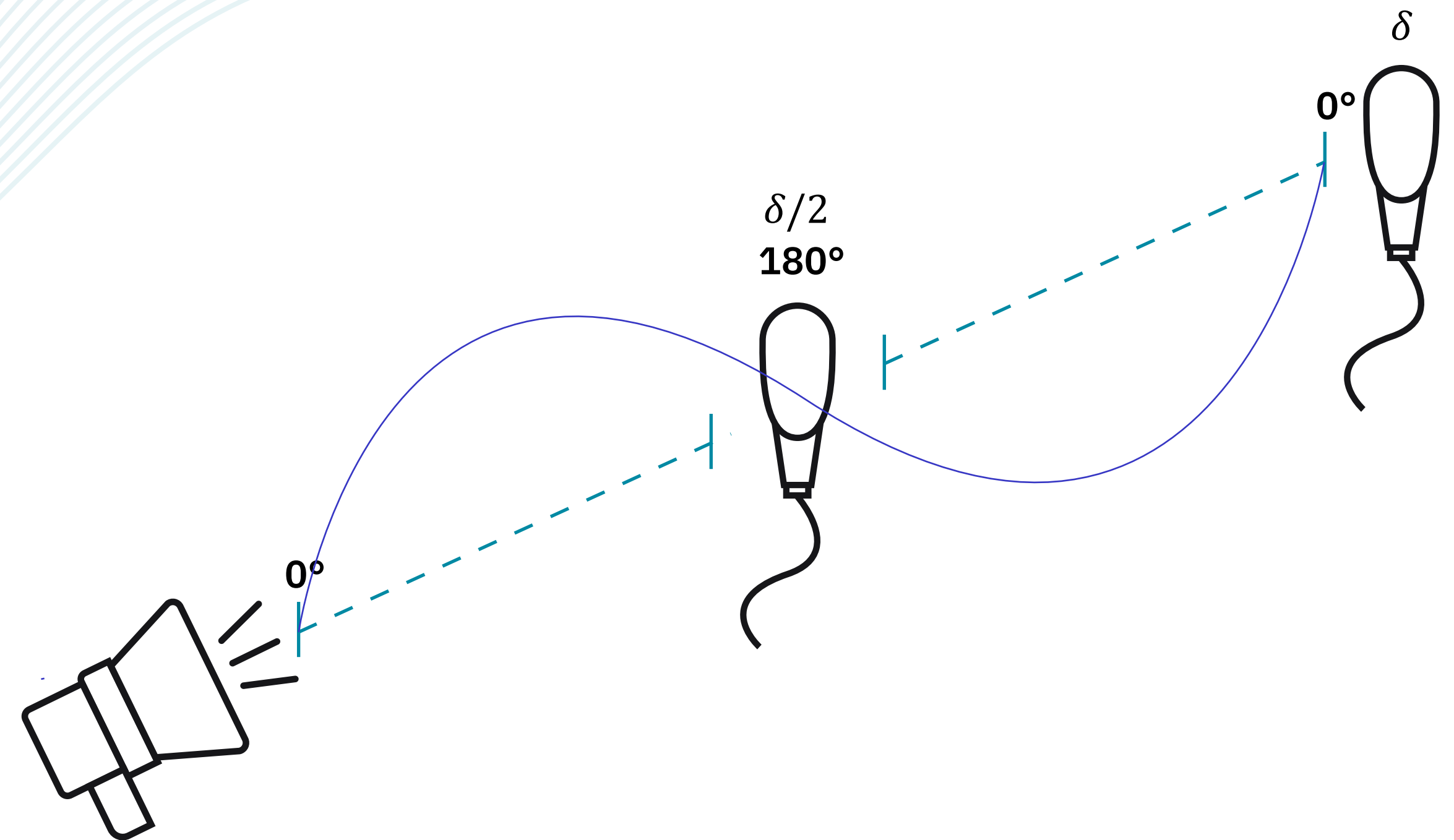
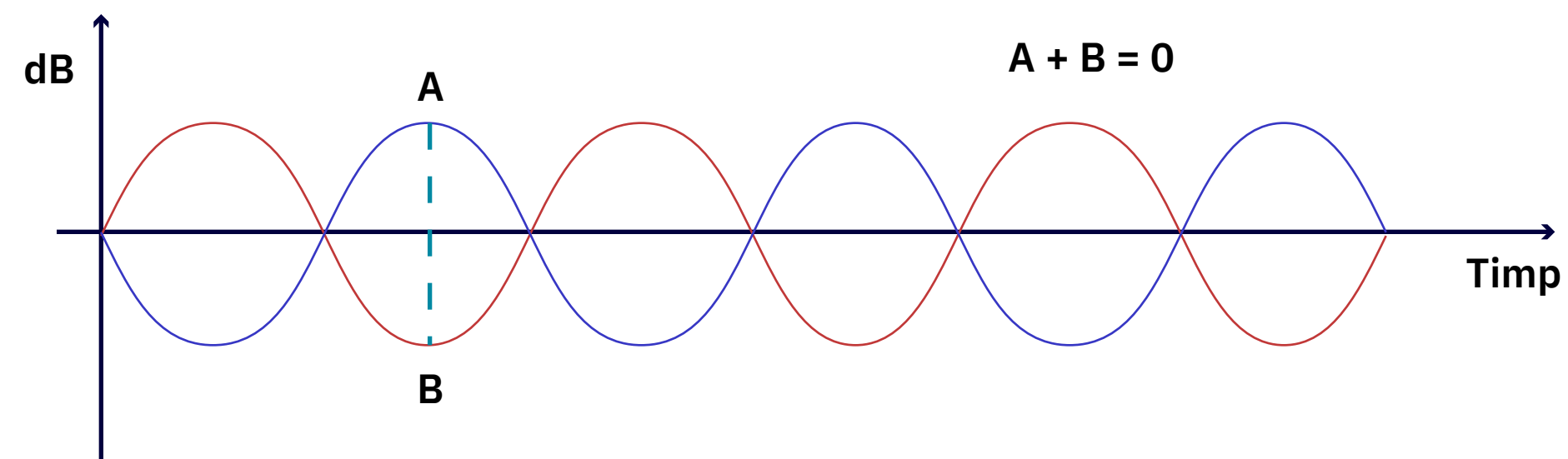
unde f desemnează frecvența centrală a tonului principal

Această ecuație ne ajută să determinăm amplasarea optimă pentru ca un microfon să obțină o fază de 0° . Un alt microfon poate fi adăugat la 180° , inversând electronic faza acestuia. Având în vedere că faza este egală cu 0° la distanța δ , punctul pentru inversarea fazei este la $\delta/2$.

Inversarea de fază este crucială; dacă două microfoane preiau aceleași semnale, dar unul este poziționat la o distanță care inversează unda sonoră cu 180° , neinversarea ulterioară a fazei acestei unde duce la interferențe distructive, provocând anularea celor două unde.

REPREZENTARE VIZUALĂ A CORELAȚIEI DE FAZĂ

Diagrama arată cum să creăm o stare în care putem obține suma a două unde identice cu fază opusă. Acest lucru se realizează prin inversarea mecanică a fazei la $\delta/2$.



STREAMING ȘI MICROFOANE PENTRU STREAMING

Activitățile de streaming sunt oarecum diferite de înregistrarea într-un cadru de studio și, prin urmare, au cerințe diferite. Atunci când selectați microfoanele de streaming, considerațiile includ calitatea captării vocii și a sunetului (instrument), sensibilitatea capsulei aproape de sursă și nivelurile de zgomot de fond.

Aceste trei proprietăți sunt enumerate și descrise în fișele tehnice pentru fiecare tip și marcă de microfon.

Cel mai potrivit model polar pentru streaming se încadrează între cardioid și hipercardioid. Directivitatea acestor modele permite separarea eficientă a mai multor surse în același mediu.

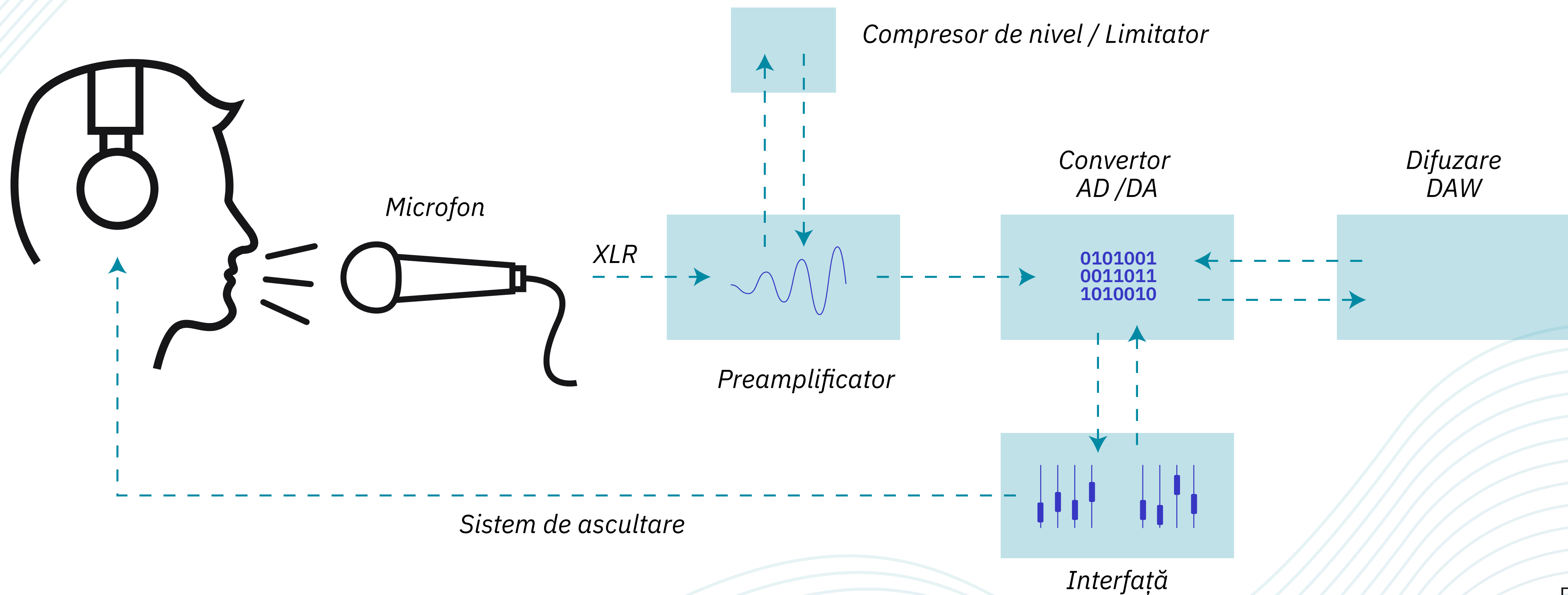
STREAMING ȘI MICROFOANE PENTRU STREAMING

Pentru preamplificarea semnalului sonor, este înțelept să se ia în considerare excursia completă a amplitudinii, de la valorile cele mai mari la cele mai mici.

Procedând astfel, tehnicienii pot înțelege dacă compresia ar trebui utilizată pentru a controla nivelurile mai multor voci înregistrate în același timp.

Diferențele mari de volum și înălțime pot cauza discrepanțe acustice substanțiale între diferitele surse.

EXEMPLU DE SISTEM DE STREAMING AUDIO (Patch-ul de streaming)



TRANSDUCTOARE DE TIP DIFUZOR SAU MONITOR

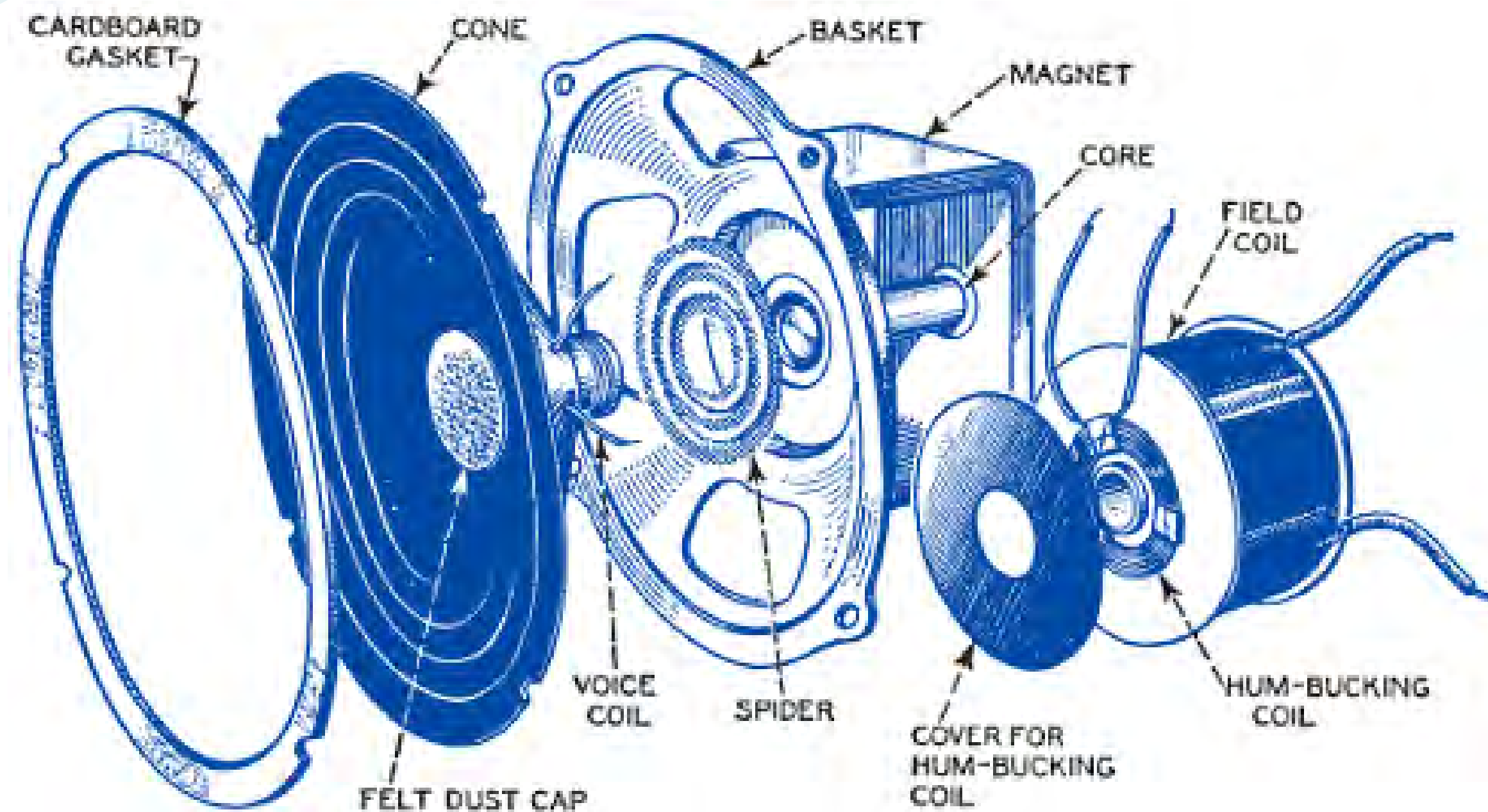
Cel mai frecvent tip de transductoare întâlnite în sistemele audio sunt cele care generează sunete permițând sunetiștilor și ascultătorilor să perceapă sunetele generate mecanic.

În acest proces, difuzoarele sunt componente integrante care se găsesc în diferite echipamente, inclusiv boxe, căști, căști, sisteme de difuzare și sisteme de sunet de diferite dimensiuni.

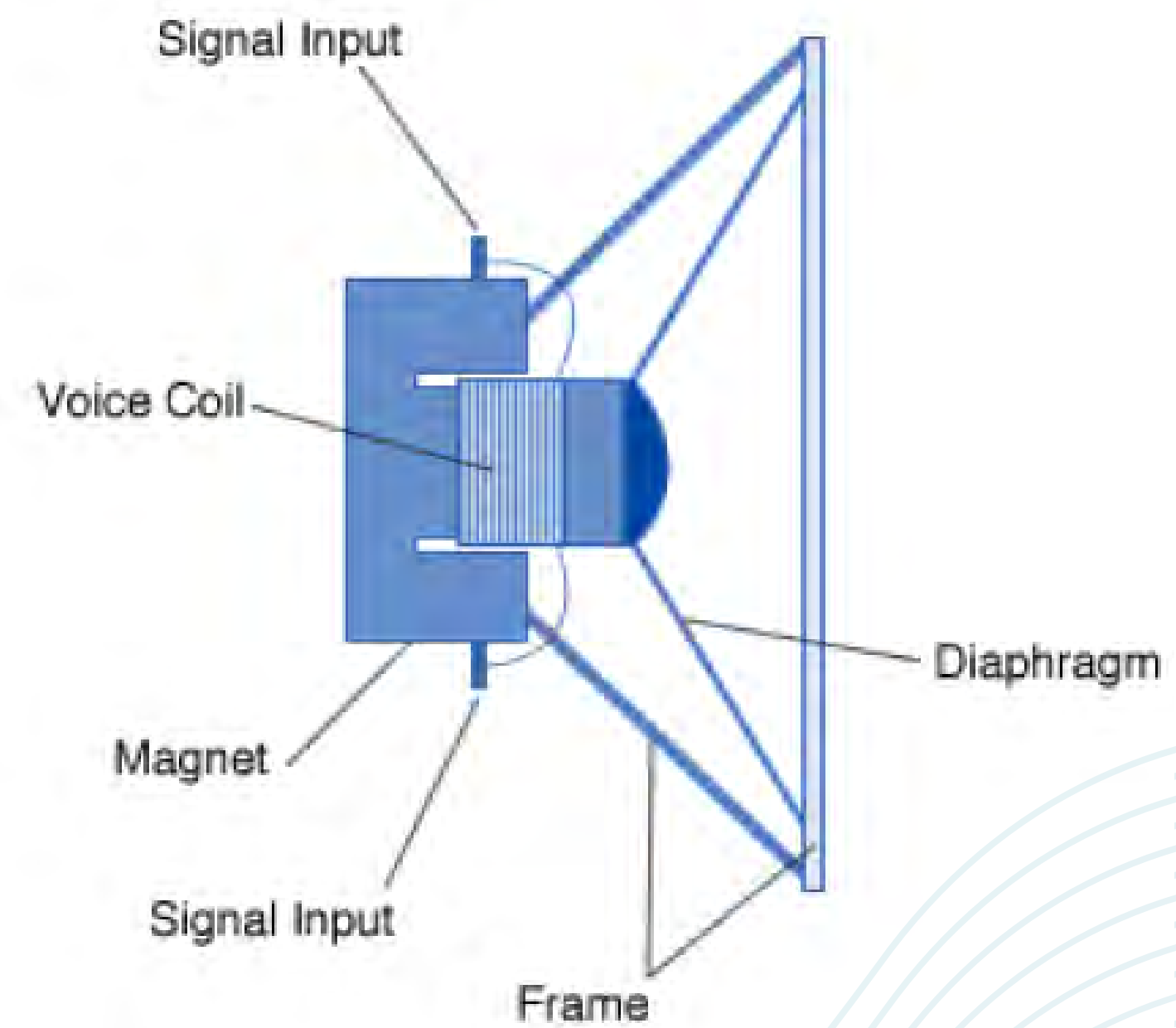
Pentru orice componentă capabilă să transforme un semnal electromagnetic într-o undă mecanică, este esențială o interacțiune directă cu un sistem de amplificare a puterii. Un sistem de amplificare de putere folosește tuburi electronice (lămpi) și tranzistoare de putere pentru a crește nivelurile de amplitudine (V) și curent (I) la valori care sunt multipli superiori ai semnalului de intrare.

CE SE AFLĂ ÎN INTERIORUL UNUI DIFUZOR?

Difuzor electro-dinamic



Difuzor magnetodinamic



CE SE AFLĂ ÎN INTERIORUL UNUI DIFUZOR?

Diapozitivul anterior ilustrează diferențele dintre difuzoarele de generație veche și cea nouă.

Ambele sisteme ambele sisteme se bazează pe transmisia electromagnetică a semnalului sonor către o bobină. Bobinele transferă mișcarea din câmpul electromagnetic, generată de undele de impuls amplificate în semnalul de intrare, către o membrană imprimată sau lipită (con).

În sistemele de difuzoare mai vechi, materialul înfășurat în jurul stratului cel mai exterior al miezului de transmisie avea polaritate activă datorită unui curent continuu stabilizat. În difuzoarele moderne, un magnet permanent rotund sau toroidal generează un câmp magnetic controlat, asigurând interacțiunea cu bobina electromagnetică în mișcare pentru transferul electrocinetic.

CE SE AFLĂ ÎN INTERIORUL UNUI DIFUZOR?

În ambele cazuri, însă, bobina mobilă funcționează prin interacțiunea cu un magnet sau cu o bobină fixă exterioară, respectând următorul principiu:

Când un obiect A cu un câmp magnetic variabil este poziționat în centrul axei magnetice a unui obiect B cu câmp magnetic fix, acesta va interacționa cu obiectul B urmând trenul de impulsuri de la semnalul sursă. Aceste impulsuri induc variații în câmp.

Această interacțiune dă naștere la o mișcare cinetică dacă obiectul A este liber să se deplaseze de-a lungul axei câmpului magnetic al obiectului B.

Pulsațiile semnalului de intrare (care în cazul nostru este un semnal audio) fac obiectul A să vibreze în timp ce interacționează cu câmpul magnetic al obiectului B. Acest fenomen este explicat prin apariția forței Lorentz.

SISTEME DE AMPLIFICARE SONORĂ ȘI SEMNALE AMPLIFICATE

Un sistem de amplificare a a sunetului cuprinde macro-componente electronice, cum ar fi amplificatoare, mixere audio, console de mixare și cablurile de legătură. Aceste componente sunt combinate și conectate pentru a forma o rețea de procesare a semnalului care răspunde nevoilor specifice, inclusiv:

- **Sisteme de sunet live;**
- **Sisteme de sonorizare PA ;**
- **Sisteme de sunet pentru producția muzicală;**
- **Sisteme de sunet pentru instrumente;**
- **Sisteme de sunet de radiodifuziune;**

În ciuda aplicațiilor lor diverse, fiecare tip de sistem aderă la același set de legi și principii electromecanice.

SISTEME DE SUNET PENTRU PRODUȚIA MUZICALĂ

Prima noastră categorie, sistemele de sunet de producție, cuprinde diverse camere de control de studio. Aceste camere de control sunt de obicei echipate cu:

- sursa de sunet;
- un sistem de amplificare;
- un sistem de difuzoare;
- un mediu neutru (ideal silențios).

Camerele de control servesc ca mediu principal pentru producerea multor muzicii pe care o auzim astăzi. În aceste spații, o varietate de difuzoare sunt folosite pentru a obține cea mai curată și mai detaliată reproducere acustică a semnalului sonor original.

Sursele de sunet includ de obicei sisteme de reproducere sau dispozitive de însumare a semnalului (de exemplu, birouri de mixare și console) care se găsesc în mod obișnuit în studiourile de înregistrare. În acest context, difuzoarele sunt denumite în mod obișnuit monitoare de studio.

CLASIFICAREA MONITOARELOR DE STUDIO BAZATĂ PE AMPLASAMENT

Nearfield: monitoare de dimensiuni mici până la mijlocii, concepute în principal pentru producția muzicală detaliată și pentru determinarea plasării microfonului. Ascultătorii trebuie să fie în imediata apropiere (70 cm – 1,5 m).

Midfield: monitoare de dimensiuni medii cu o formă și un circuit mai complexe. Aceste monitoare sunt adesea proiectate și reglate pentru a fi plasate în spatele unei console de mixare. Plasate la o distanță mai mare, ele îmbunătățesc mediul de ascultare. În ceea ce privește calitatea audio, monitoarele midfield se clasează la un nivel intermediar între dispozitivele pentru ascultare ocazională și sistemele Hi-Fi. Acest lucru permite producătorilor să compare versiunile de înregistrări și mixaje în timpul sesiunilor (1,5 m-2,5 m).

CLASIFICAREA MONITOARELOR DE STUDIO BAZATĂ PE PLASAMENT

Farfield: aceste monitoare sunt mai mari în comparație cu monitoarele nearfield și midfield. Sunt potrivite pentru răspândirea sunetului prin săli de control și medii mai mari, necesitând un control precis al spațiului acustic. În medii de sunet performante, monitoarele farfield excelează în amplificarea detaliilor mai fine din unda sonoră (> 2,5 m).

CLASIFICAREA MONITOARELOR DE STUDIO BAZATĂ PE AMPLASAMENT



Monitoare orizontale

Aceste monitoare sunt o alegere excelentă atunci când mai multe difuzoare trebuie plasate pe aceeași suprafață. Ele sunt de obicei poziționate pe o suprafață ridicată la aproximativ înălțimea urechii pentru tehnicianul de studio în poziția de lucru.

CLASIFICAREA MONITORELOR DE STUDIO BAZATĂ PE AMPLASAMENT



Monitoare verticale

Aceasta este poziția standard a monitorului pentru o ascultare detaliată la distanță apropiată.

CLASIFICAREA MONITOARELOR DE STUDIO BAZATĂ PE AMPLASAMENT



Monitoare cu deflector deschis

Aceste monitoare difuzează semnalul audio în mai multe direcții. Ele îmbunătățesc tranzitoriile în semnalul sonor, permițând o analiză mai aprofundată.

MONITTOARE PENTRU SPAȚII MARI

Monitoarele concepute pentru reproducere în timpul evenimentelor live și spectacolelor în spații mari sunt de obicei ceva mai mari ca dimensiuni și mai sofisticate în ceea ce privește calibrarea.

Aceste proprietăți precise – și anume dimensiunea și sistemele de calibrare/autocalibrare – sporesc calitatea audio și performanța acestor difuzoare. Aceste difuzoare pot fi grupate în categorii în funcție de popularitate și utilizare.

Stive

Stivele de difuzoare sunt poziționate strategic în fața unei scene pe fiecare parte, sprijinindu-se pe sol. Aranjamentul urmează o structură atentă: secțiunea inferioară a stivei cuprinde difuzoare de joasă frecvență (ULF - LF / 30 - 150 Hz); stratul mijlociu este de obicei alcătuit din difuzoare mid-low și mid-high (LMF - HMF / 150 Hz - 5000 Hz); și, în sfârșit, în vârful stivei găsim difuzoare de înaltă frecvență (HF - UHF / 5000 Hz - 20000 Hz).

MONITTOARE PENTRU SPAȚII MARI

MONITTOARE PENTRU SPAȚII MARI

Line Array

Jumătatea inferioară din față a acestor sisteme de monitorizare a sunetului este poziționată pe sol, aliniată cu scena. Această secțiune cuprinde difuzoare de joasă frecvență (ULF – LF). Partea superioară a unui line array are o serie de difuzoare medii și înalte interconectate care pot fi înclinate și ajustate în funcție de aspectul auditoriului, zonelor de relaxare sau oricărui spațiu în care este utilizat sistemul de sunet.

Umplere frontală

Difuzoare orientate spre centrul publicului de pe scenă. Acestea sunt poziționate strategic pentru a compensa golurile de sunet create de difuzoare la marginile exterioare ale unui sistem de sunet (LF – MF – HF).

Monitor de scenă

Aceste difuzoare sunt similare monitoarelor cu umplere frontală, diferă doar în direcție - de obicei îndreptează către scenă. Monitoarele de scenă pot trimite un set selectat de canale/instrumente în funcție de nevoile muzicienilor și interpreților.

MONITTOARE PENTRU SPAȚII MARI

AMPLIFICATOARE PT. MONITORE

Amplificatoarele joacă un rol crucial în transformarea semnalelor sonore surse în impulsuri electromecanice; această transformare face ca tranzitorii să genereze suficientă putere pentru a pune conul unui difuzor în vibrație.

Monitoare active: aceste monitoare sunt echipate cu un sistem de amplificare autonom.

Amplificatoarele sunt de obicei proiectate pentru asociere cu un alt amplificator de același model – acest lucru permite reproducerea stereofonică a sunetului cu o distribuție egală a sunetului pe cele două canale.

Monitoare pasive: monitoarele pasive se bazează pe amplificatoare externe pentru funcționare. Aceste amplificatoare dispun de obicei de două ieșiri echilibrate (și reglabile), făcându-le potrivite pentru sisteme de sunet stereofonice și surround (de exemplu Dolby).

POZIȚIONAREA , DIFUZORULUI

Alegerea standard a difuzoarelor pentru camerele de control implică de obicei monitoare e tip near și/sau mid-field. Aceste tipuri de difuzoare sunt adesea preferate pentru camerele cu pereți laterali de dimensiuni neuniforme.

Urmând regula "Raportul de Aur", așa cum a fost definit de Wes Lachot, poziția de ascultare ar trebui să fie orientată spre partea mai scurtă a camerei și ar trebui să fie poziționată de-a lungul liniei simetrice dintre cei doi pereți laterali. Distanța recomandată față de un anumit tip de monitor este de obicei în intervalul 0,50 m – 2,50 m. Lungimea părții mai lungi a camerei ar trebui apoi împărțită la 1,62.

POZIȚIONAREA , DIFUZORULUI

Valoarea rezultată reprezintă distanța dintre peretele din spate și poziția noastră de ascultare – care este de fapt doar un punct din spațiul din spatele capului ascultătorului corespunzând punctului de plecare al liniilor imaginare de la urechi până la centrul acustic al sunetului sursă.

De exemplu, ne aflăm într-o încăpăre de 5 metri lungime și 4 metri lățime, stând pe axa (aproape) simetrică a părții mai scurte a încăperii la o distanță de 2 metri de fiecare perete. Calculăm $5 \text{ m} / 1,62 = 3,08 \text{ m}$. Prin urmare, poziția noastră de ascultare ar trebui să fie situată la o distanță de 3,08 m de peretele din spatele nostru (1,92 m de peretele din față).

EȘANTIONAREA DIGITALĂ

În studiourile de înregistrare sau de radio și broadcasting online, semnalele sunt convertite din format analog într-un format digital. Această conversie, numită și eșantionare, implică translatarea unui semnal, compus inițial din valori infinite corespunzătoare unor puncte infinite într-o reprezentare grafică, într-un format în care valorile sunt stocate într-o secvență cu valori finite.

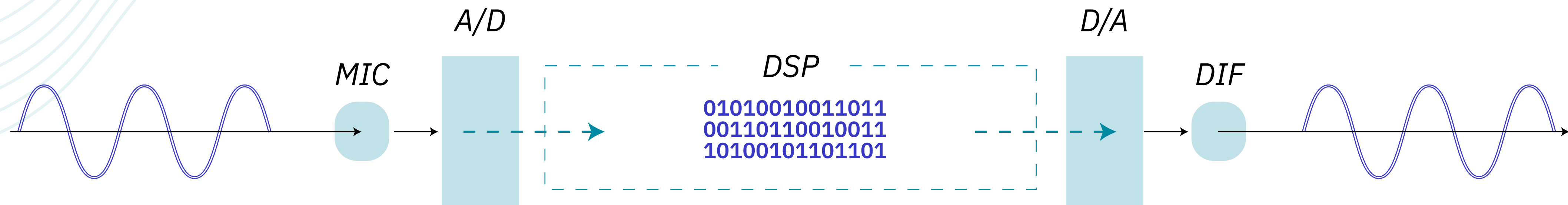
Acest mecanism permite sistemelor de înregistrare să reproducă fidel semnalul așa cum a fost captat, emulând complet proprietățile acestuia, în cazul în care se respectă anumiți parametri de eșantionare.

Eșantionarea digitală facilitează analiza aprofundată a semnalelor audio și permite transmisia sunetului în format digital, care este robustă la zgomotul care se poate infiltra în canalele de transmisie analogică.

Sistemele de transmisie digitală încorporează o componentă capabilă să efectueze o analiză de control al erorilor (în conformitate cu protocoalele de transmisie) în cazul în care apar erori la transmisia semnalului.

CONVERTOARE AD/DA

Rata de eșantionare este paramentru de bază al întregului sistem de conversie, fiind practic frecvența semnalului de ceas - o undă pătrată care guvernează unitatea de eșantionare.



A/D

În timpul procesului de conversie analog/digital (A/D), un semnal analogic este transformat într-o succesiune finită de valori, devenind astfel o reprezentare digitală a semnalului. Acesta poate fi procesat în timpul fazei DSP (Digital Signal Processing) utilizând software precum DAW, mixare digitală și sisteme de streaming.

D/A

În conversia digital/analogică (D/A), semnalul digital este reprodus și interpolat utilizând sisteme de adăugare de zgomot și tehnici de interpolare, care convertesc un semnal cu o frecvență periodică (de semnale digitale) într-un semnal cu o frecvență neperiodică (semnale analogice).

ESANTIONAREA ȘI CUANTIZARE TEOREMA LUI NYQUIST-SHANNON

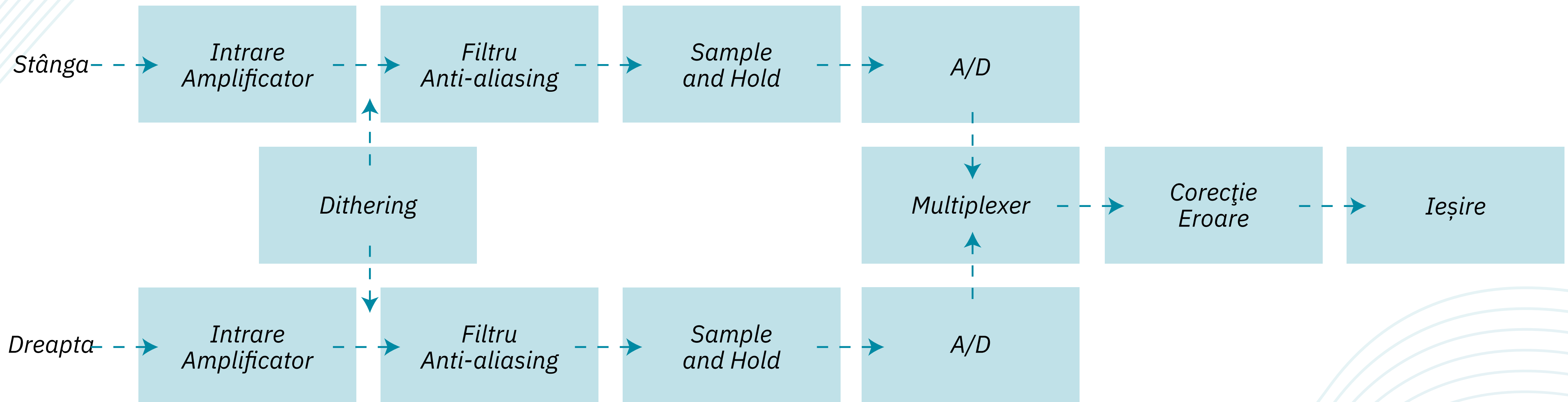
Teorema de eșantionare Nyquist-Shannon afirmă că rata de eșantionare trebuie să fie de cel puțin două ori lățimea de bandă a semnalului eșantionat pentru a putea stoca un semnal analogic în mediul digital fără pierderi.

Acest criteriu ne permite să definim mai multe puncte de eșantionare de-a lungul semnalului cu scopul de a obține cea mai detaliată reconstrucție posibilă a undei.

$$N \geq 2A$$

unde N desemnează frecvența de eșantionare și A reprezintă componenta de frecvență cea mai înaltă a semnalului eșantionat.

CONVERTOR A/D CIRCUIT LOGIC



CUANTIZARE

Sistemele digitale de transmisie a datelor se caracterizează prin numărul de biți pe care îi pot reprezenta la un moment dat.

Sistemele digitale oferă o reprezentare cuantificată discretă a valorilor de amplitudine cu un anumit număr de biți, care va determina numărul de valori discrete de amplitudine care poate fi reprezentat în format digital.

CUANTIZARE

Numărul de valori discrete N pentru un cuvânt binar de n biți, unde $N=2^n$

$2^1 = 2$	$2^7 = 128$	$2^{13} = 8.192$	$2^{19} = 524.288$
$2^2 = 4$	$2^8 = 256$	$2^{14} = 16.384$	$2^{20} = 1.048.576$
$2^3 = 8$	$2^9 = 512$	$2^{15} = 32.768$	$2^{21} = 2.097.152$
$2^4 = 16$	$2^{10} = 1.024$	$2^{16} = 65.536$	$2^{22} = 4.194.304$
$2^5 = 32$	$2^{11} = 2.048$	$2^{17} = 131.072$	$2^{23} = 8.388.608$
$2^6 = 64$	$2^{12} = 4.096$	$2^{18} = 262.144$	$2^{24} = 16.777.216$

CUANTIZARE

Folosind tabelul, putem deduce că un sistem de 8 biți dispune de un număr de pași de amplitudine (adică volum) egal cu 256, în timp ce cu un sistem de 16 biți are 65.536 de pași.

Având în vedere că valorile amplitudinii dintr-un semnal analogic sunt continue (și nu discrete), amplitudinea unui semnal eșantionat digital poate să nu se potrivească exact cu una dintre valorile de 2^n trepte de amplitudine disponibile în sistemul binar.

Valorile amplitudinii analogice „imprecise” din punct de vedere computațional sunt astfel rotunjite la cea mai apropiată valoare binară, fiind general rotunjite în sus. Această procedură se dovedește a fi corectă în majoritatea scenariilor; cu toate acestea, există cazuri marginale în care această operațiune poate duce la erori, așa cum se arată în diapozitivele următoare. Aceste erori se numesc erori de cuantizare.

FILTRE ANTI-ALIASING

Datorită limitelor impuse de teorema Nyquist, care necesită o rată de eșantionare de cel puțin două ori mai mare decât frecvența maximă a semnalului, înainte de a aplica tehnicile de eșantionare și salmpe and hold trebuie mai întâi să aplicăm un filtru trece-jos. Acest lucru va asigura că frecvențele peste jumătate din rata de eșantionare sunt excluse. Aceste frecvențe mai înalte, dacă nu sunt filtrate, pot cauza fenomenul de aliasing, unde frecvențele de peste jumătate din rata de eșantionare apar incorect ca frecvențe inferioare în semnalul eșantionat. De aceea filtrul trece/jos se mai numește și filtru anti-aliasing.

Frecvențele de peste jumătate din rata de eșantionare sunt considerate prea „rapide” pentru un interval de eșantionare și este posibil ca procesorul să nu poată identifica corect frecvența reală, ceea ce duce la înlocuirea frecvenței sursei cu submultipli, rezultând valori mai mici de jumătate din rata de eșantionare. Acest eveniment generează frecvențe de tip alias, adică alte frecvențe cu valori diferite la convertor. Rezultatul este o distorsiune armonică notabilă a semnalului eșantionat.

FILTRE ANTI-ALIASING

$$F_a = \pm NC \pm F$$

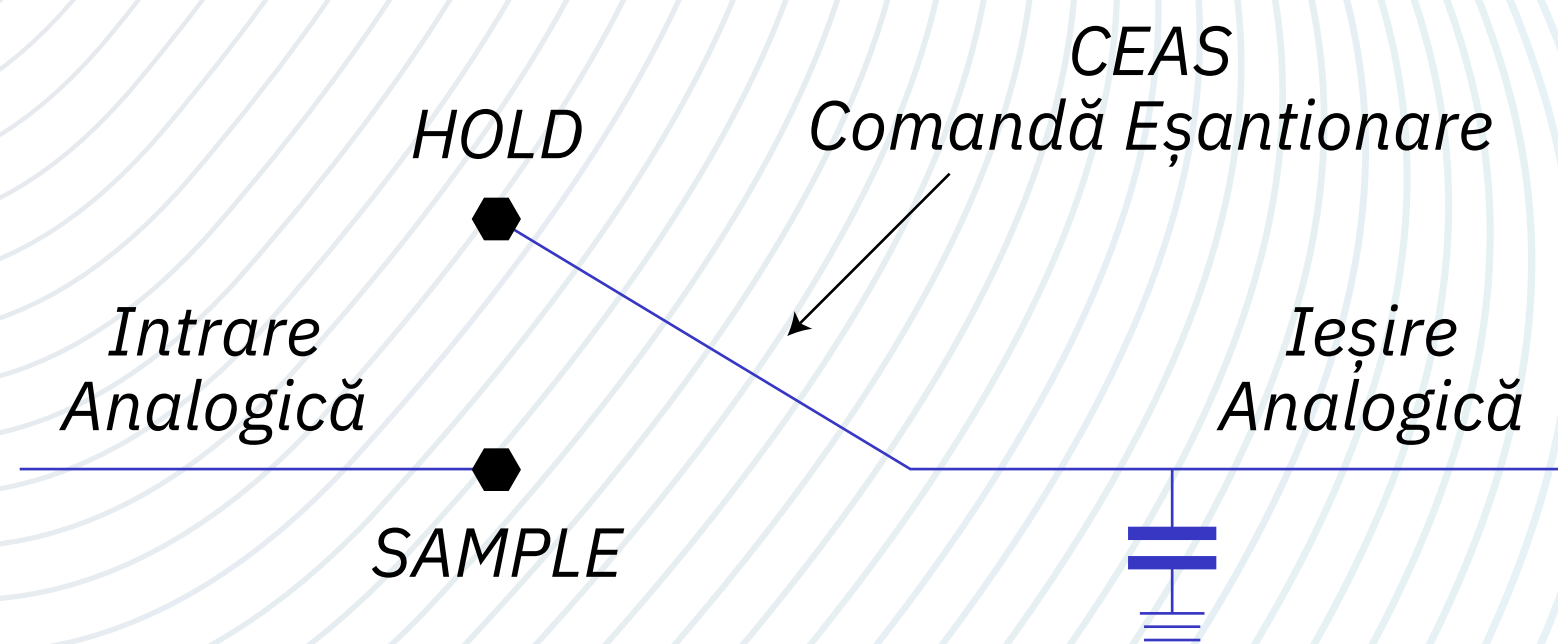
unde: C reprezintă rata de eșantionare, F reprezintă o valoare a frecvenței mai mare de jumătate din frecvența ratei de eșantionare, N este un număr întreg și F_a este noua frecvență eșantionată.

CIRCUITUL SAMPLE AND HOLD

Filtrele de eșantionare și menținere joacă un rol esențial în furnizarea unei înregistrări precise și precise a unui semnal la fiecare moment de eșantionare. Când o frecvență de eșantionare este setată la 44.100 Hz, timpul dintre două momente de eșantionare este echivalent cu $1/44.100$ de secunde. Este important ca sistemul să fie suficient de precis pentru a permite circuitului să aibă suficient timp de procesare. Fără această precizie, pot apărea erori grave de sincronizare, ceea ce duce la inexactități în semnalul eșantionat.

Circuitele de eșantionare și menținere (S/H pe scurt) constau de obicei dintr-un condensator și un comutator.

CIRCUITUL SAMPLE AND HOLD



O componentă esențială a circuitului de eșantionare și menținere (S/H) este comutatorul, activat de un ceas, care guvernează tranziția circuitului între starea „hold”, la care circuitul este setat pe toată fereastra de timp dintre două momente de eșantionare consecutive și starea „sample”, activată exclusiv în timpul momentului de eșantionare. Datorită naturii trecătoare a acestui interval de timp, funcționarea precisă a sistemului de ceas este fundamentală pentru funcționarea fără probleme a întregului circuit S/H.

În contextul S/H, erorile de sincronizare sunt denumite jitters. Aceste erori de sincronizare reprezintă o provocare semnificativă, deoarece introduc zgomot nedorit în semnal.

Pentru a preveni efecte audibile, aceste erori trebuie să aibă o durată mai mică de o nanosecundă.

MULTIPLEXOARE / DE-MULTIPLEXOARE

Multiplexoarele funcționează prin combinarea a două (sau mai multe, deși aceste cazuri nu sunt relevante pentru scopurile noastre) semnale digitale într-un singur semnal pentru transmisie. Un demultiplexor poate descifra apoi semnalul compozit și poate separa înapoi în componentele sale originale, păstrând astfel integritatea semnalului inițial.

CORECȚIE EROARE

Cea mai populară abordare a corectării erorilor implică introducerea redundanței. Biții de verificare a parității, adică datele redundante, sunt generați pe baza informațiilor din semnalul original și încorporați în semnal. În timpul procesului de citire, acești biți redundanți pot fi utilizați pentru a corecta potențiale erori. Pentru a preveni erorile fatale care ar putea distruge atât datele prețioase, cât și biții suplimentari rezervați pentru corecție, datele sunt „împrăștiate” într-o procedură cunoscută sub numele de intercalare (interleaving). Mecanismul rearanjează datele într-o ordine nesecvențială pe dispozitivul de stocare, iar aceste blocuri de date sunt dispersate în locații îndepărtate de pe dispozitivul însuși, minimizând riscul de a întâmpina erori necorectabile.

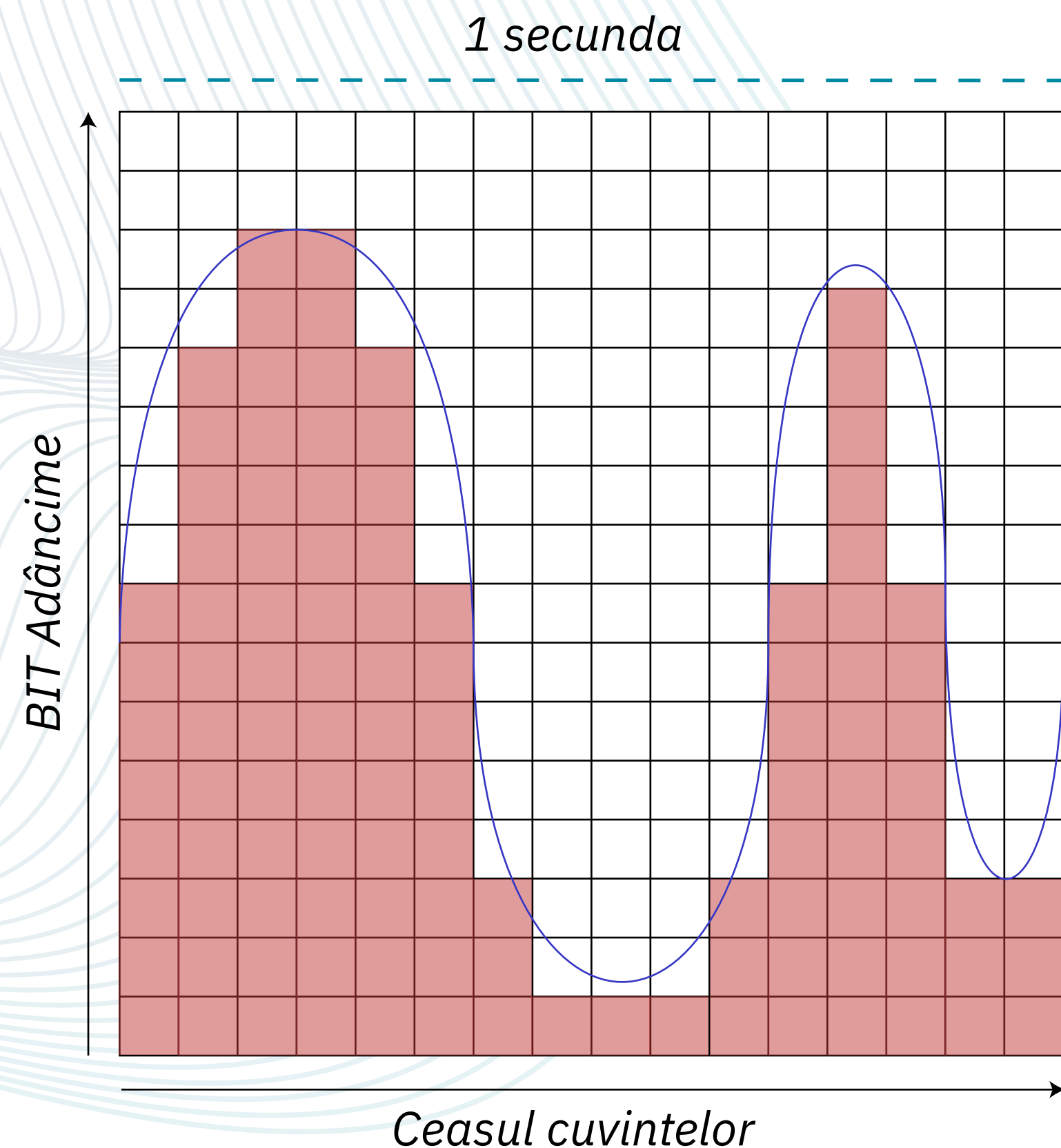
ADÂNCIME DE BIȚI ȘI RATA DE EȘANTIONARE

De-a lungul anilor, anumite frecvențe word clock au câștigat statut oficial în protocoalele internaționale de comunicații digitale și acum servesc adesea ca mijloc de a permite interacțiunea diferitelor dispozitive de eșantionare audio.

Adâncimea de biți este o valoare crucială în transmisia semnalului, deoarece determină presiunea sonoră în fiecare punct de-a lungul unde sursei analogice, deci continuă.

Această valoare este definită de valorile de amplitudine prezente pe magistrala de comunicație digitală a convertorului.

ADÂNCIME DE BIȚI ȘI RATA DE EȘANTIONARE



Frecvența de eșantionare
[Hz, 1/t]

44.100 Hz
48.000 Hz
88.200 Hz
96.000 Hz
176.400 Hz
192.000 Hz

Adâncime de biți
[pic]

16 biți
24 de biți
Float pe 32 de biți
(bit punct sau virgulă mobilă)

ACHIZIȚIA , SEMNALULUI AUDIO PENTRU STREAMING

Etapele microfonului (pick-up): subiectul angajat în streaming este poziționat acolo unde vocea sau instrumentul principal poate fi captat de un microfon sau conectat la un transformator de linie, conform cerințelor de achiziție a sunetului stabilite de tehnicianul de sunet.

Etapele de preamplificare (Gain): semnalul transdus de la microfoane și/sau transformatoarele de linie este transmis, de obicei printr-o conexiune XLR echilibrată (conector plus cablu ecranat), către preamplificatoarele din unitatea de procesare a semnalului (placă de sunet, convertor, mixer etc.). Această etapă ajustează semnalul la valorile corecte vârf la vârf, îmbunătățind detaliile semnalului.

ACHIZIȚIA SEMNALULUI AUDIO PENTRU STREAMING

Etapă de procesare: în unele cazuri are loc o procesare analogică a semnalului; acest lucru ajută la îmbunătățirea caracteristicilor semnalului prin intermediul egalizatoarelor și/sau compresoarelor. Aceste instrumente ajută la modelarea și rafinarea calității audio înainte de procesarea ulterioară.

Etapă de conversie digitală: un sistem de conversie analog-digital (AD) memorează un număr finit de puncte de digitale reprezentând semnalul original. Procesul urmează frecvența de eșantionare, cunoscută și sub denumirea de „word clock”. O frecvență mai mare de eșantionare are ca rezultat generarea mai multor eșantioane, contribuind la o rezoluție audio mai bună și o îmbunătățire generală a semnalului digital.

ANALIZA ACUSTICĂ A SUNETULUI MEDII PENTRU STREAMING

Mediul de achiziție a sunetului, cu caracteristicile sale de răspuns acustic, joacă un rol crucial în selecția microfoanelor și a setărilor de microfoane și a altor echipamente din lanțul analog-digital.

În acest context, mediile pot fi fie naturale, fie tratate acustic.

În ambele scenarii, sunetul se propagă la o viteză similară (340 m/s, 20°C), dar răspunsul, modelat de interacțiunea cu factori externi, poate varia semnificativ.

Aceste diferențe sunt legate de mediul sonor, și nu de sunetul în sine, și sunt în general determinate de trei proprietăți independente: adâncimea materialului, dimensiuni și geometrie.

ANALIZA ACUSTICĂ A SUNETULUI MEDII PENTRU STREAMING

Aceste caracteristici definitorii ne arată cum reacționează diferitele medii sonore la diferite niveluri de excitație fizică.

În condiții naturale, unda sonoră va interacționa cu caracteristicile acustice, indiferent de rezultatele pozitive sau negative ale interacțiunii sunet-suprafață asupra naturii originale a sunetului.

În mediile tratate acustic, semnalul sonor va interacționa cu o serie de suprafețe și materiale special configurate pentru a menține nealterate informațiile din semnalul sursă.

În 1922, Wallace Sabine a elaborat o formulă de calcul al coeficientului de reverberație, RT60.

Această valoare definește reverberația, măsurată în secunde, a unui sunet într-un spațiu și este obținută prin analizarea duratei de timp pentru ca sunetul să se degradeze cu 60 dB față de nivelul de la sursă.

$$\mathbf{RT60 = k * (V/Sa)}$$

[s; secunde]

k = constantă bazată pe sistem metric
[0,161 metri; 0,049 picioare]

V = volumul camerei analizate [m³]

Sa = însumarea coeficienților de absorbție acustică ai materiale folosite pentru suprafetele [Sa - Sabine].

RT60 TIMP / REVERBERAȚIE

ANALIZA CONVOLUȚIONALĂ A REVERBERAȚIEI

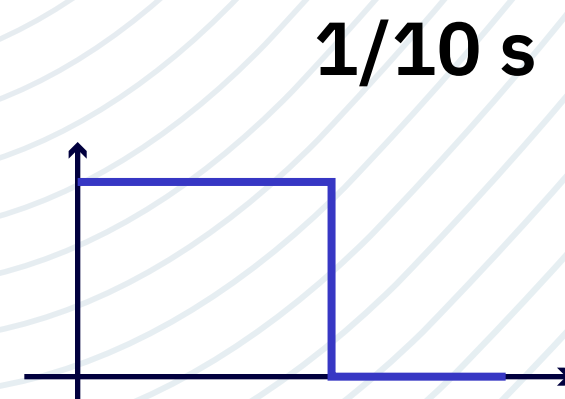
Experimentând în spațiul sonor, putem stabili proprietățile cheie ale mediilor de achiziție și control a sunetului (de exemplu, camerele de control).

În acustică, analiza convoluțională implică studiul diferiților pași în răspunsul unui semnal la o sursă standardizată de excitație acustică într-un spațiu. Se bazează pe un model matematic care măsoară reverberația.

ANALIZA CONVOLUȚIONALĂ A REVERBERAȚIEI

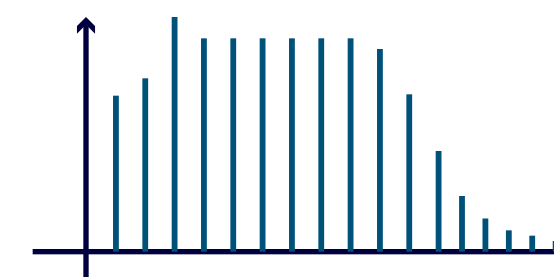
Emitând o undă sau un semnal într-un mediu, putem observa diferitele faze de reverberație:

- **Pre-întârziere:** Această fază inițială cuprinde momentele în care încep să se dezvolte primele efecte asupra atmosferei afectate de unda sonoră. În această etapă, putem determina primele răspunsuri ale suprafețelor înconjurătoare. Acestea se numesc „reflecții timpurii”
- **Hold:** Aceasta fază denotă cât timp un răspuns specific la impuls rămâne la un anumit volum
- **Coadă (tail):** Aceasta reprezintă faza de descompunere a reverberației în care putem captura reflexiile târzii emise de pe cele mai îndepărtate suprafețe de sursă.



Reproducerea unei anvelope scurte și agresive a semnalului de analiză convoluțională în spațiul analizat.

PRE | HOLD | TAIL



Histograma de răspuns reprezentând, pentru fiecare secțiune, diferitele etape ale evoluției reverberației generate de spațiul înconjurător.

RĂSPUNSUL ÎN FRECVENȚĂ

Diferite tipuri de medii sunt caracterizate prin reverberație specifică și răspunsuri tipice în frecvență.

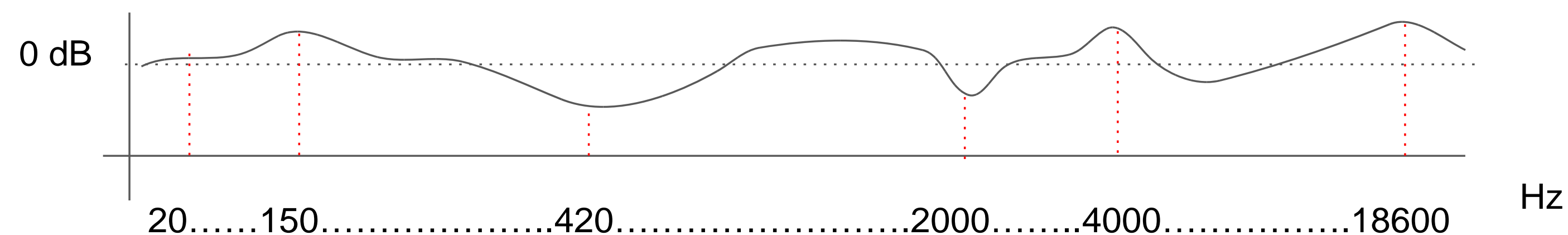
Această operație definește frecvențele care, în funcție de proprietățile acustice ale materialelor care alcătuiesc spațiul înconjurător și de forma mediului ambiant, sunt amplificate sau atenuate.

Testele sunt efectuate folosind un semnal cu frecvență variabilă de tip sweep care baleiază întregul spectrul audibil (de la 20 Hz la puțin peste 20.000 Hz).

RĂSPUNSUL ÎN FRECVENȚĂ

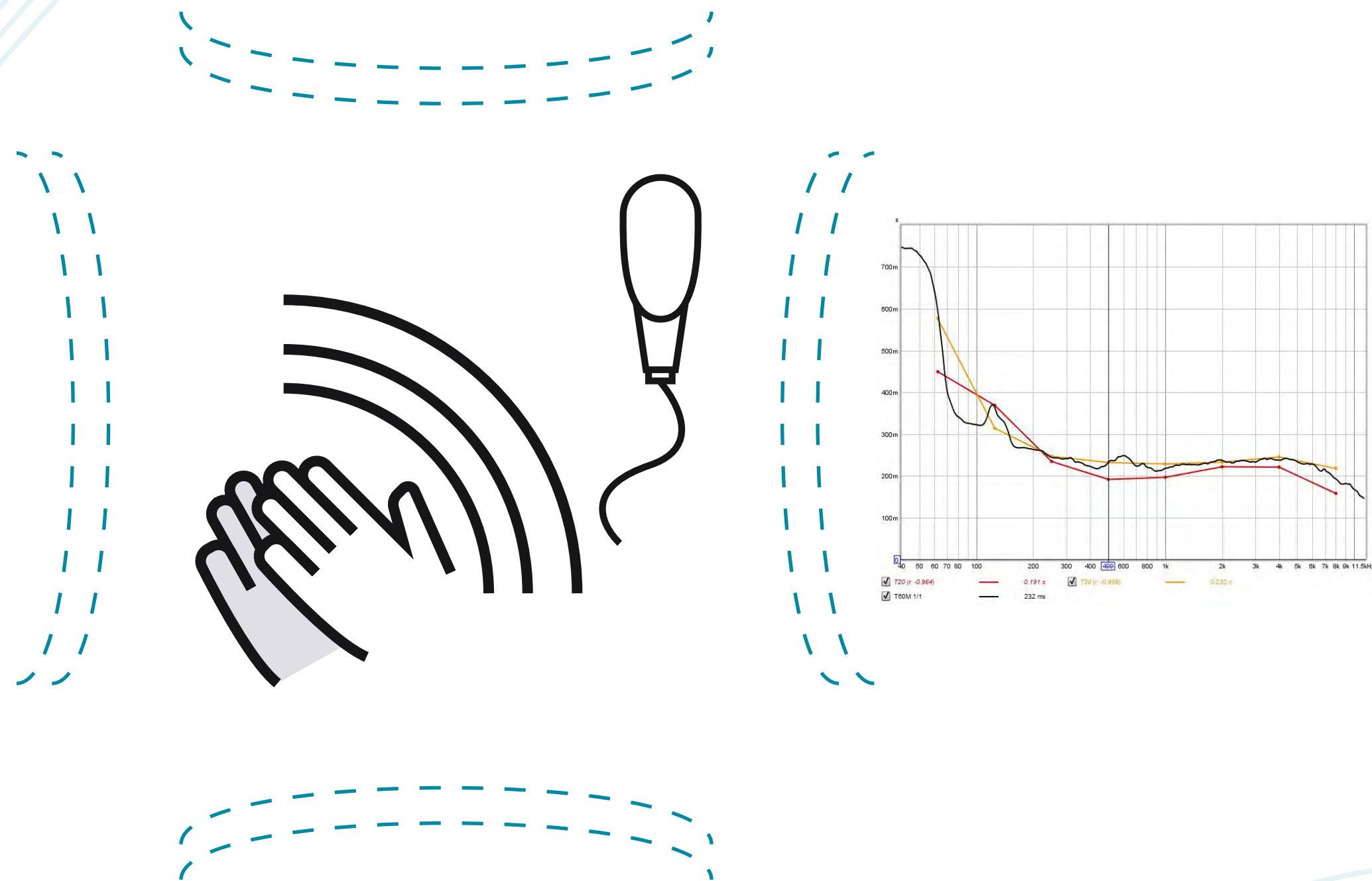
Aceste teste identifică frecvențele care sunt reproduse în spațiu la amplitudini diferite față de cele din semnalul sursă.

Microfoanele pentru această analiză sunt setate la un câștig de 0 dB în spațiul analizat; baleierea în frecvență durează în jur de 30 de secunde.

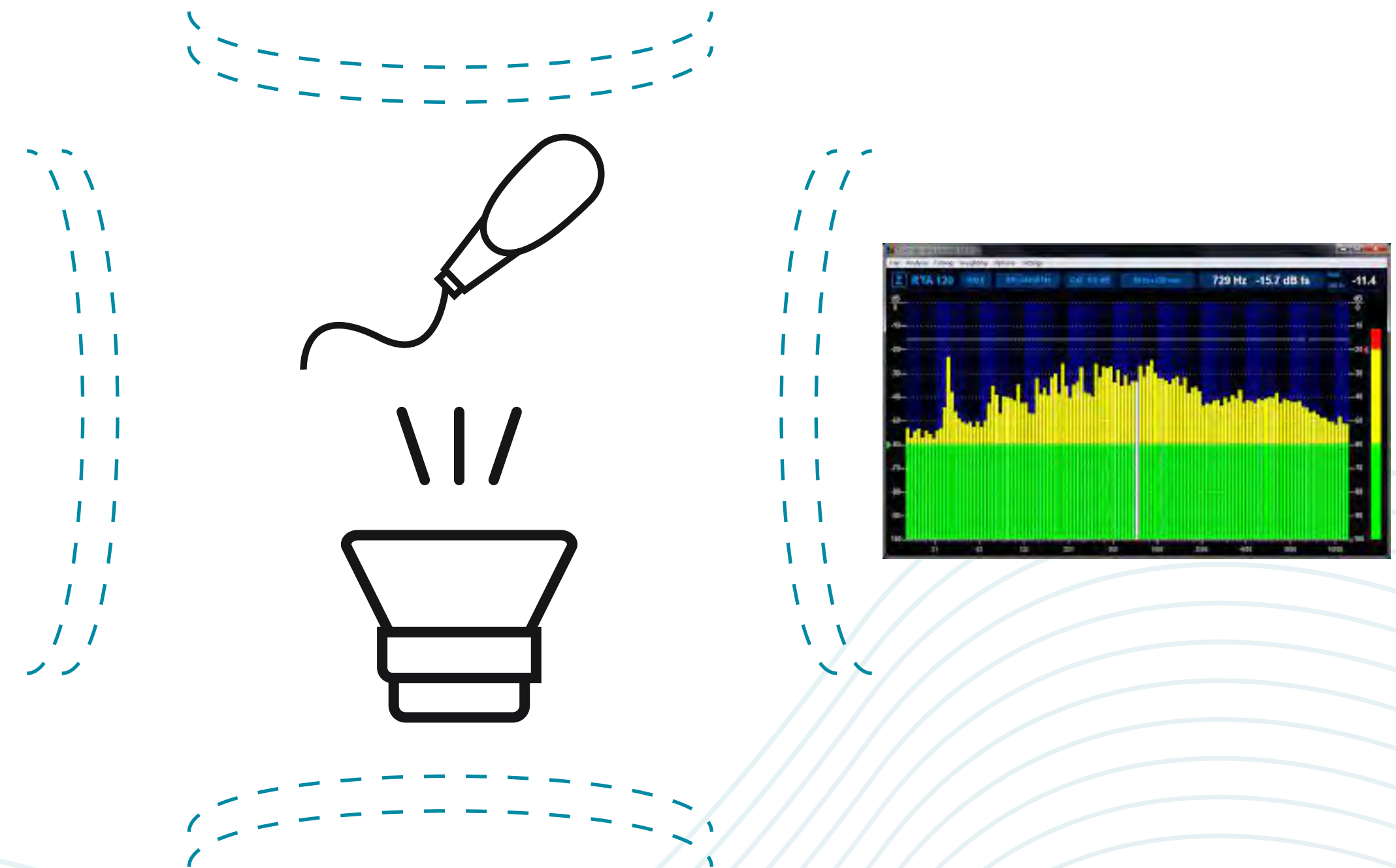


TESTAREA MEDIULUI ACUSTIC

Test RT60



Test de răspuns în frecvență

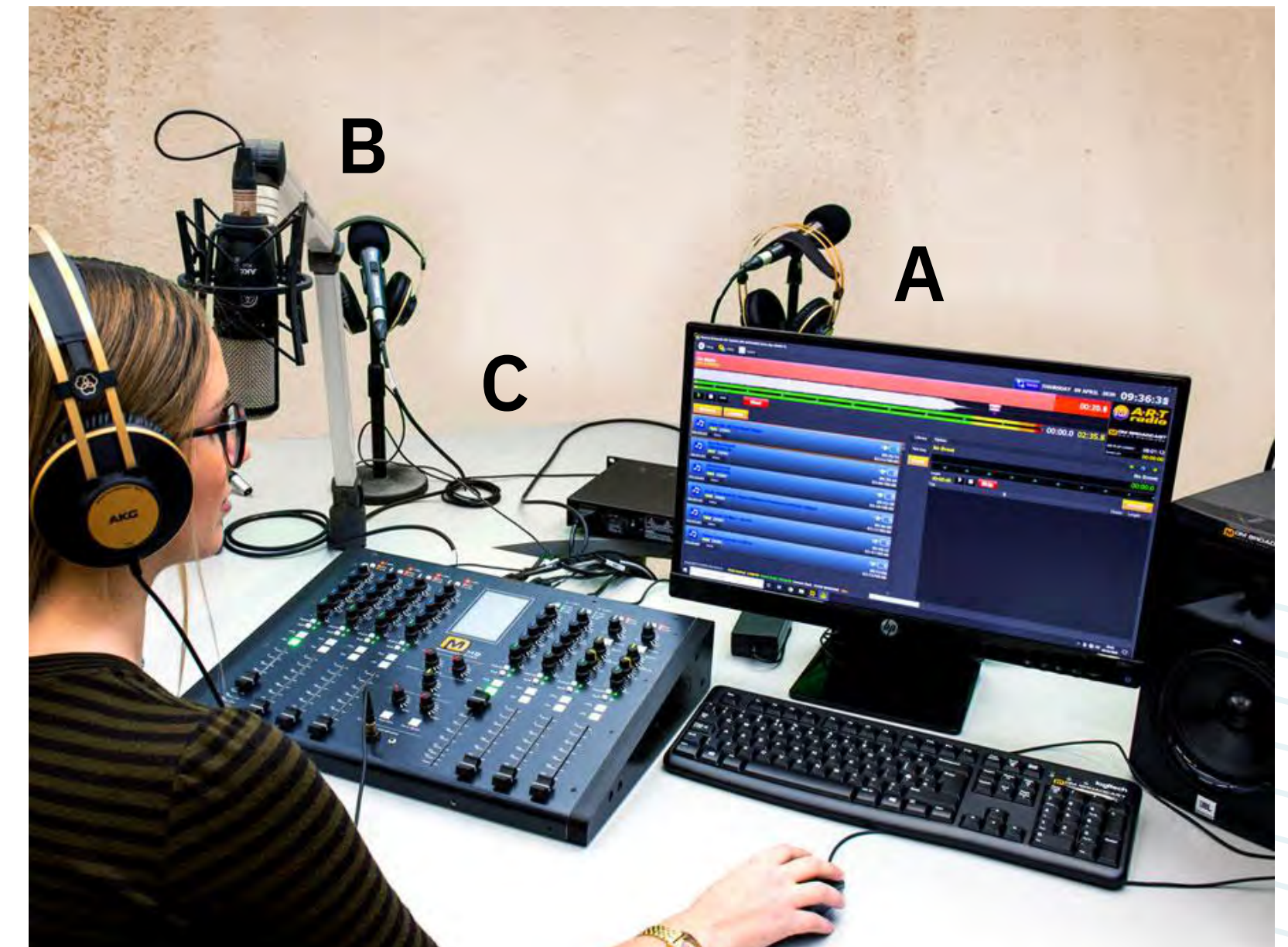


STUDIO DE DIFUZARE

Imaginea din stânga afișează componenta centrală a unui studio de streaming: o interfață digitală A (un computer în acest exemplu), echipată cu un DAW (digital audio workstation) configurat pentru transmisie audio.

Dispozitivul B, care servește ca sursă de sunet, îi permite operatorului să utilizeze un microfon pentru a capta semnalul de vocal în timp ce ascultă simultan fluxul audio prin căști. Acest semnal de ieșire (adică către căștile operatorului) este independent de semnalul difuzat.

Dispozitivul C, conceput pentru control și conversie, acționează ca o punte între sistemul digital (calculatorul) și echipamentul analogic. Acest echipament conține de obicei o unitate AD/DA, al cărei număr de intrări poate varia, împreună cu reglaje pentru fiecare canal.



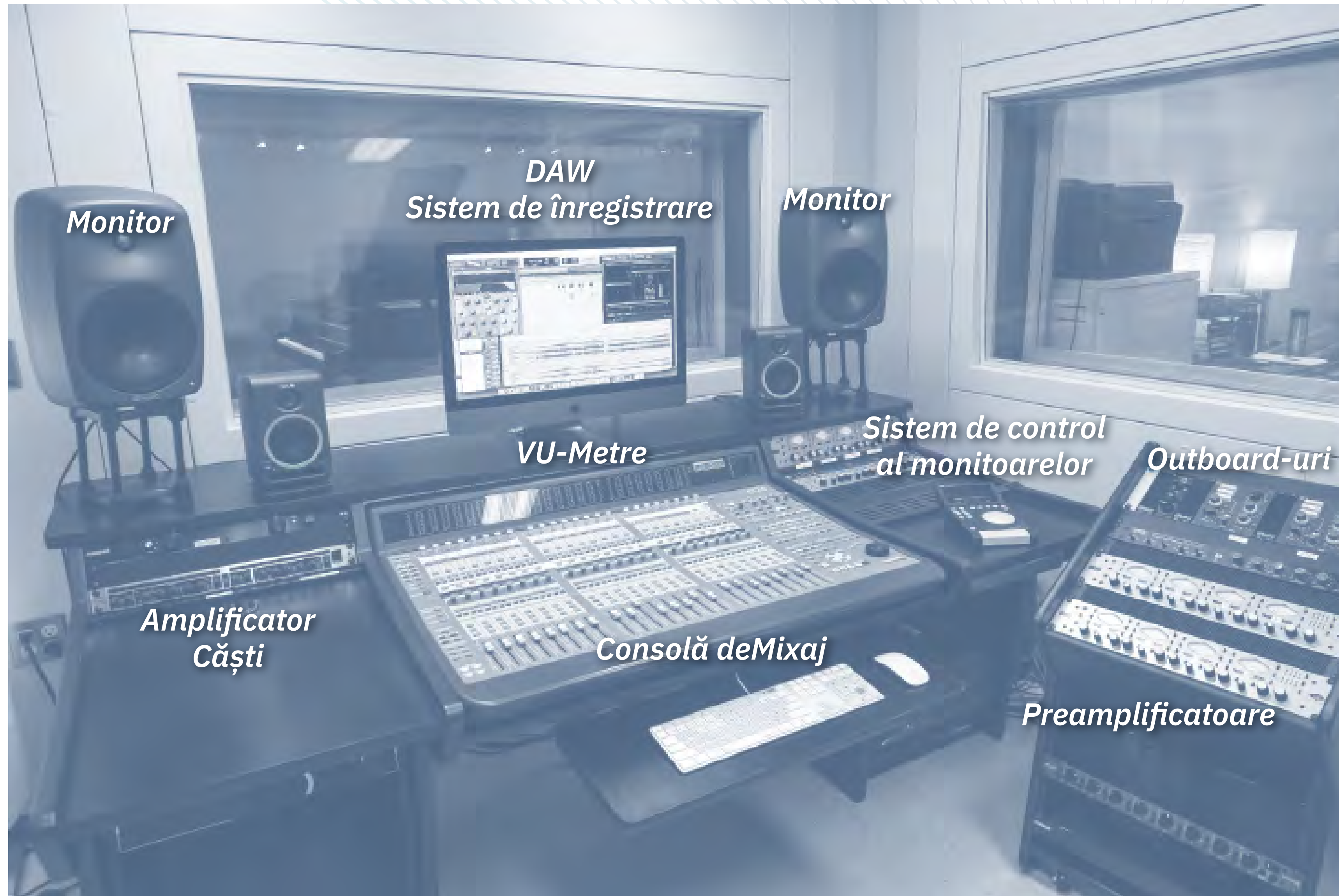
CAMERE DE CONTROL

Camerele de control sunt spații tratate acustic în care valoarea RT60 este menținută sub o secundă, asigurând un răspuns liniar în frecvență. În aceste medii, sunetul este perceput și captat într-un mod curat, lipsit de influențele externe din zona înconjurătoare.

Absorbția sunetului și reflexiile strategice sunt cruciale atunci când proiectați sălile de control. Dimensiunea camerei este atent selectată pe baza unui raport acustic "de aur" care ajută la determinarea proporțiilor optime.

Echipamentele din camerele de control includ dispozitive de captare a sunetului, sisteme de reproducere a sunetului și mufe pentru microfon utilizate pentru conectarea microfoanelor și a echipamentelor de procesare audio.

CAMERĂ DE CONTROL



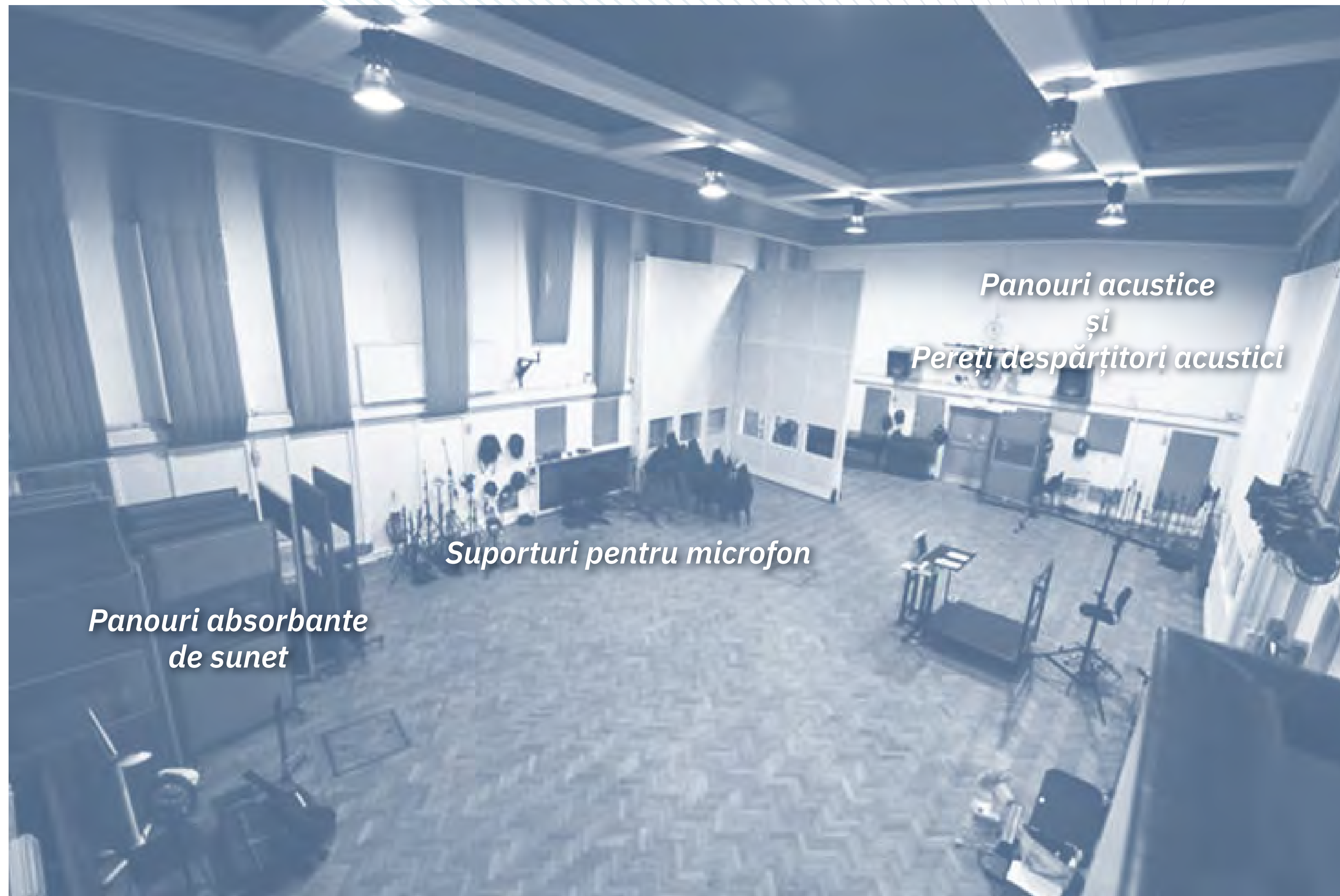
LIVE ROOM

Camerele live sunt zone din studiourile de înregistrare în care sunt amplasate microfoanele și se stabilesc conexiuni (fizice) cu dispozitivele electronice de generare a sunetului.

Nu toate camerele live trebuie să fie medii izolate fonic; Sălile live pot servi și ca spații pentru evenimente live, interviuri și transmisiuni.

Proprietățile acustice ale unui mediu dictează selecția microfoanelor și echipamentelor care permit operatorilor să obțină o eșantionare foarte detaliată, evitând în același timp interferențele din sursele externe de reverberație și zgomot.

LIVE ROOM



*Panouri acustice
și
Pereți despărțitori acustici*

Suporturi pentru microfon

*Panouri absorbante
de sunet*

DAVIDE CHIARI
Producator / Inginer de sunet