

MODULO A

FISICA DEI SEGNALI AUDIO

ANALISI DEGLI AMBIENTI DI ACQUISIZIONE

LA FISICA DEL SUONO

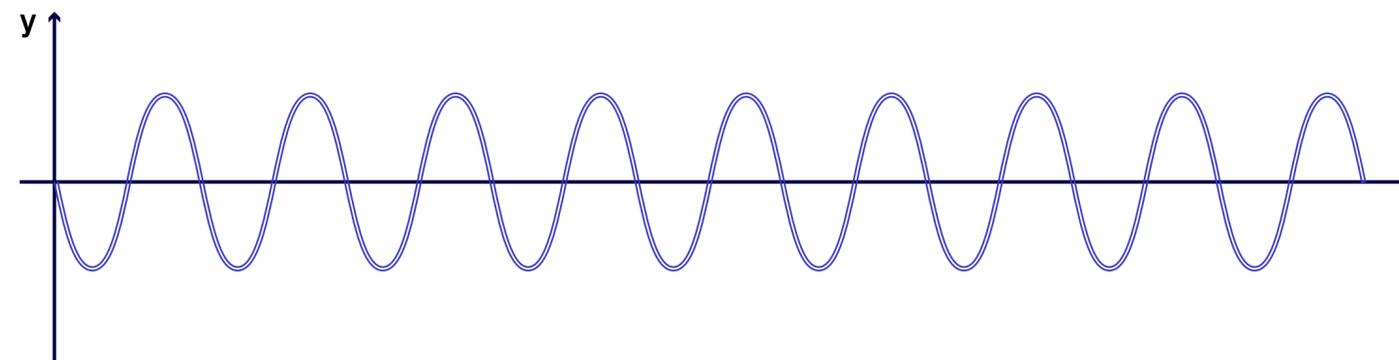
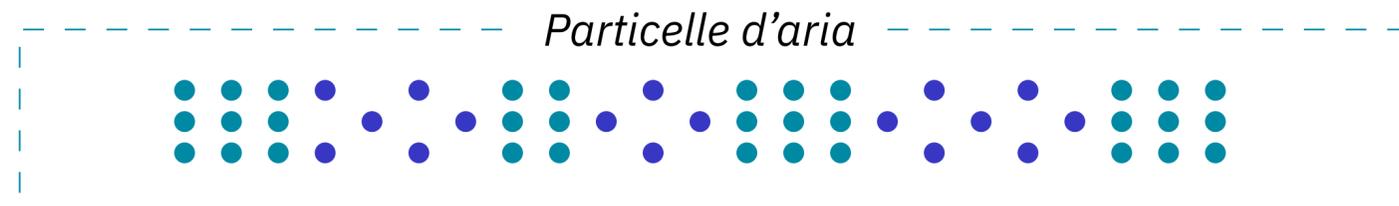
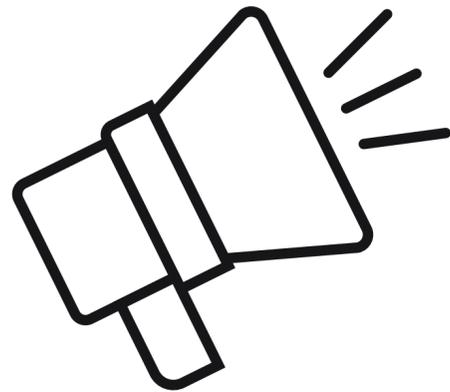
Il suono è un fenomeno fisico che agisce attraverso l'**interazione di particelle** interposte tra un corpo A che, vibrando un determinato numero di volte in un periodo temporale definito, **trasmette in maniera analoga la vibrazione** ai corpi circostanti.

Esso si manifesta attraverso la **compressione** e la **depressione** delle particelle (atmosfera) che separano il corpo A da ciò che lo circonda.

Il suono trasporta un'informazione la cui natura viene classificata da una **funzione matematica** rappresentabile graficamente lungo il periodo.

RAPPRESENTAZIONE EMPIRICA DEL SUONO

Direzionalità intenzionale che coinvolge maggiormente le particelle della porzione di atmosfera gassosa interposta tra A e B e conseguentemente il resto delle particelle tangenziali alla porzione.



La seguente funzione indica la **natura matematica** di una sinusoide e rappresenta la morfologia di un suono puro.

Il caso in analisi **sviluppa cicli di ripetizione identici**, quantificabili in un **numero finito lungo un periodo temporale** determinato sull'asse x.

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

A è il coefficiente di ampiezza che determina l'escursione dei picchi rispetto all'asse delle ordinate.

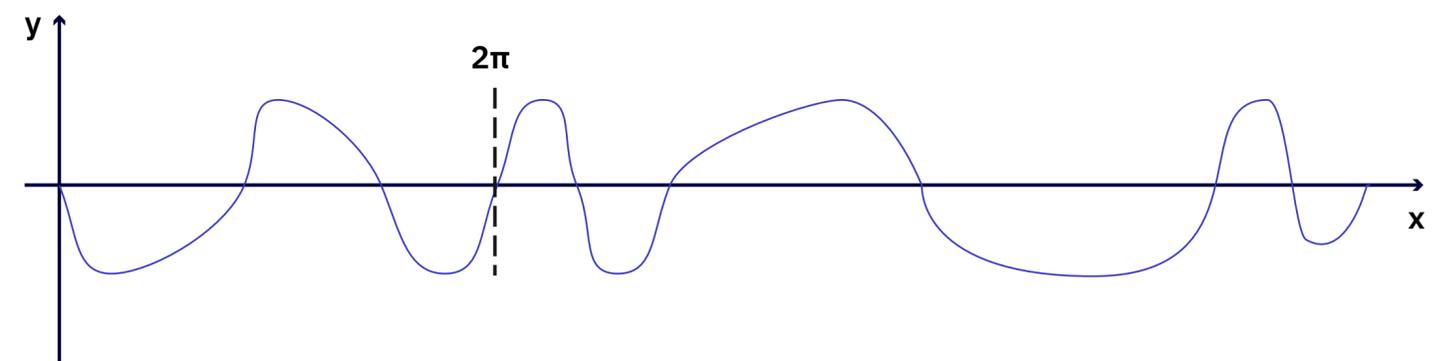
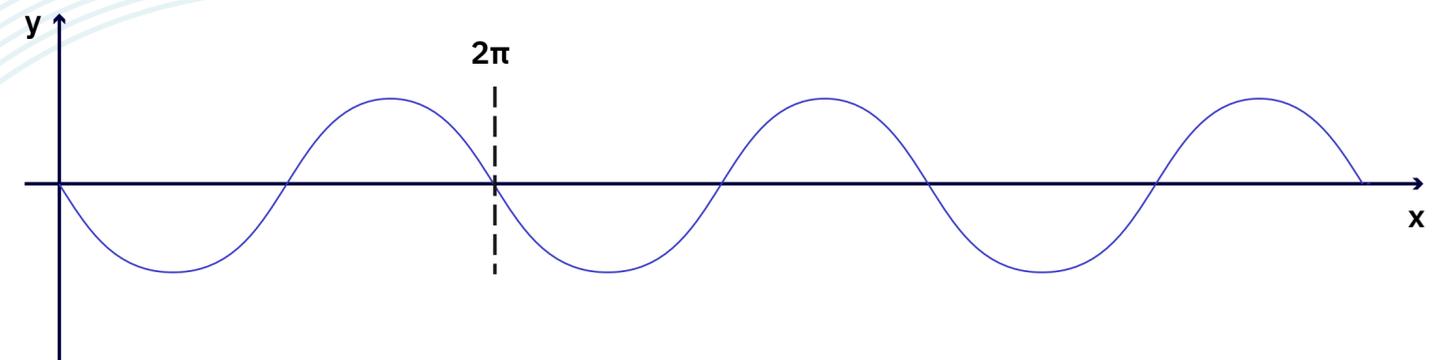
Con ω indichiamo la variabile indipendente di pulsazione lungo periodo rappresentato sull'asse delle ascisse e con φ indichiamo la **costante di traslazione di fase** che determina lo sfasamento della funzione sul grafico $[0-2\pi]$.

FUNZIONE MATEMATICA DI UN'ONDA SINUSOIDALE SEMPLICE

FUNZIONE SINUSOIDALE - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

Definiamo quindi come **segnale periodico** quello rappresentato nella funzione sinusoidale di sinistra rappresentante il suono che si sviluppa completamente in un ciclo di compressione e depressione per un periodo di 2π .

I segnali detti **non periodici**, come nel caso della funzione di destra, hanno uno sviluppo irregolare che definisce i cicli di compressione e depressione dell'aria non descrivibili in un solo segmento analizzato di 2π .



AMPIEZZA DEL SEGNALE

Sull'asse delle ordinate è convenzionalmente rappresentata l'**ampiezza del segnale**.

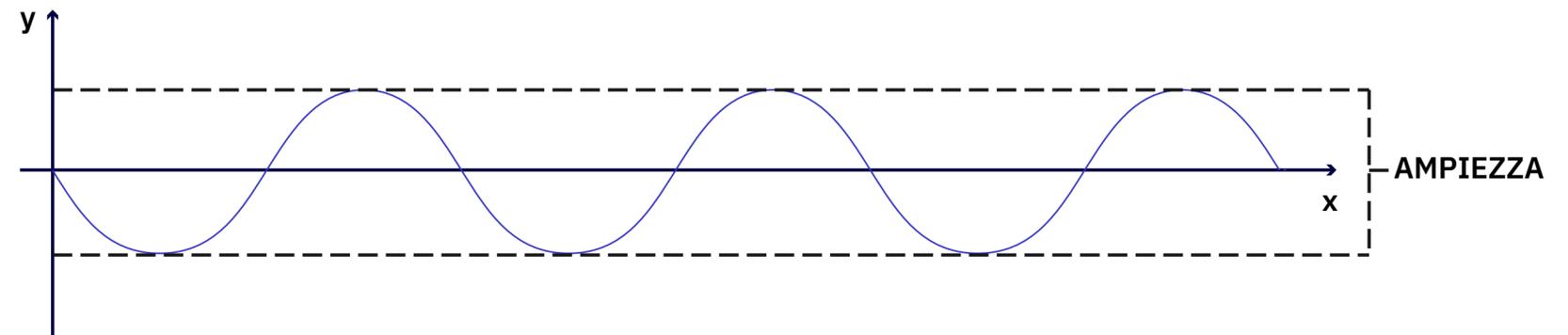
Essa è la grandezza che definisce la **differenza di potenziale** elettrico sviluppata in una **trasduzione** di un suono dalla natura meccanica ad elettrica.

Quando un punto dell'onda caratterizzante il segnale è sopra lo 0 delle y avrà valore positivo "+". Quando si trova sotto lo 0 delle y avrà un valore negativo "-".

Con ampiezza del segnale indichiamo la distanza lungo le y tra il più alto picco "+" ed il più basso "-" per definire il valore dell'escursione massima effettuata dal segnale.

AMPIEZZA DEL SEGNALE

In ambito di analisi elettronica viene utilizzata l'unità di misura del V (Volt) o del mV (millivolt) nell'elettronica legata all'audio. Quando in quest'ultima branca vi è la necessità di confrontare i rapporti di guadagno tra diverse strumentazioni che funzionano a voltaggi diversi, qui si introduce l'unità del **dB (decibel)** che confronta i guadagni delle fasi di amplificazione o attenuazione.



FORMULE DELLA AMPIEZZA

L'ampiezza picco - picco è il valore che indica la distanza tra i picchi estremi dell'onda:

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

Per trasformare la V_{pp} in guadagno, nell'ambito di misurazione fisica del suono si usa il **rapporto in ambito logaritmico in base 10** per trasformare il valore in **quantità additiva A**.

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

FORMULE DEL PERIODO

Sull'asse delle ascisse abbiamo rappresentata la linea del tempo lungo cui delineiamo la morfologia del segnale.

Deduciamo che quindi l'informazione portata dal segnale è dipendente dal tempo lungo cui si sviluppa la forma dell'onda che analizzeremo.

La frequenza è la grandezza che **indica quante volte un periodo (completa rivoluzione di fase di un segnale) si ripete in un secondo.**

L'unità di misura utilizzata per questa grandezza è **l'Hertz** o i suoi multipli.

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

T è la quantità di periodi del segnale contenuta nell'intervallo di un secondo all'asse delle ordinate.

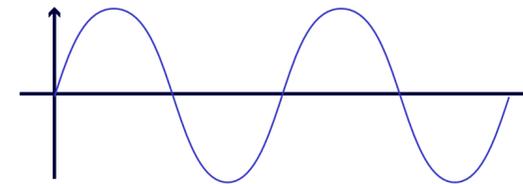
FORME D'ONDA NOTEVOLI DEL SEGNALE AUDIO

I segnali audio presenti in natura o generati da fonti sintetiche hanno una **morfologia specifica** che li classifica.

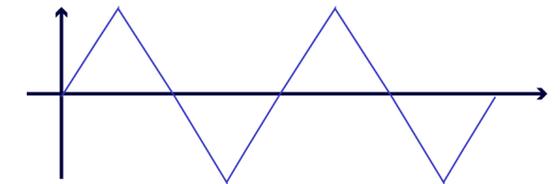
Il **modo di vibrare della sorgente imprime nell'onda le caratteristiche** che possono essere analizzate e utilizzate a scopi artistici o tecnici.

Segnali di queste caratteristiche possono essere ricreati in maniera empirica attraverso l'impiego di oscillatori contenuti in generatori di funzione o sintetizzatori elettronici.

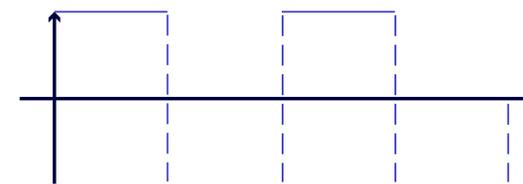
SINE WAVE



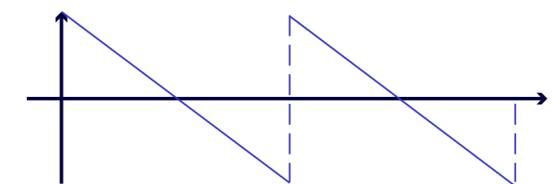
TRIANGLE WAVE



SQUARE WAVE



SAW-TOOTH WAVE



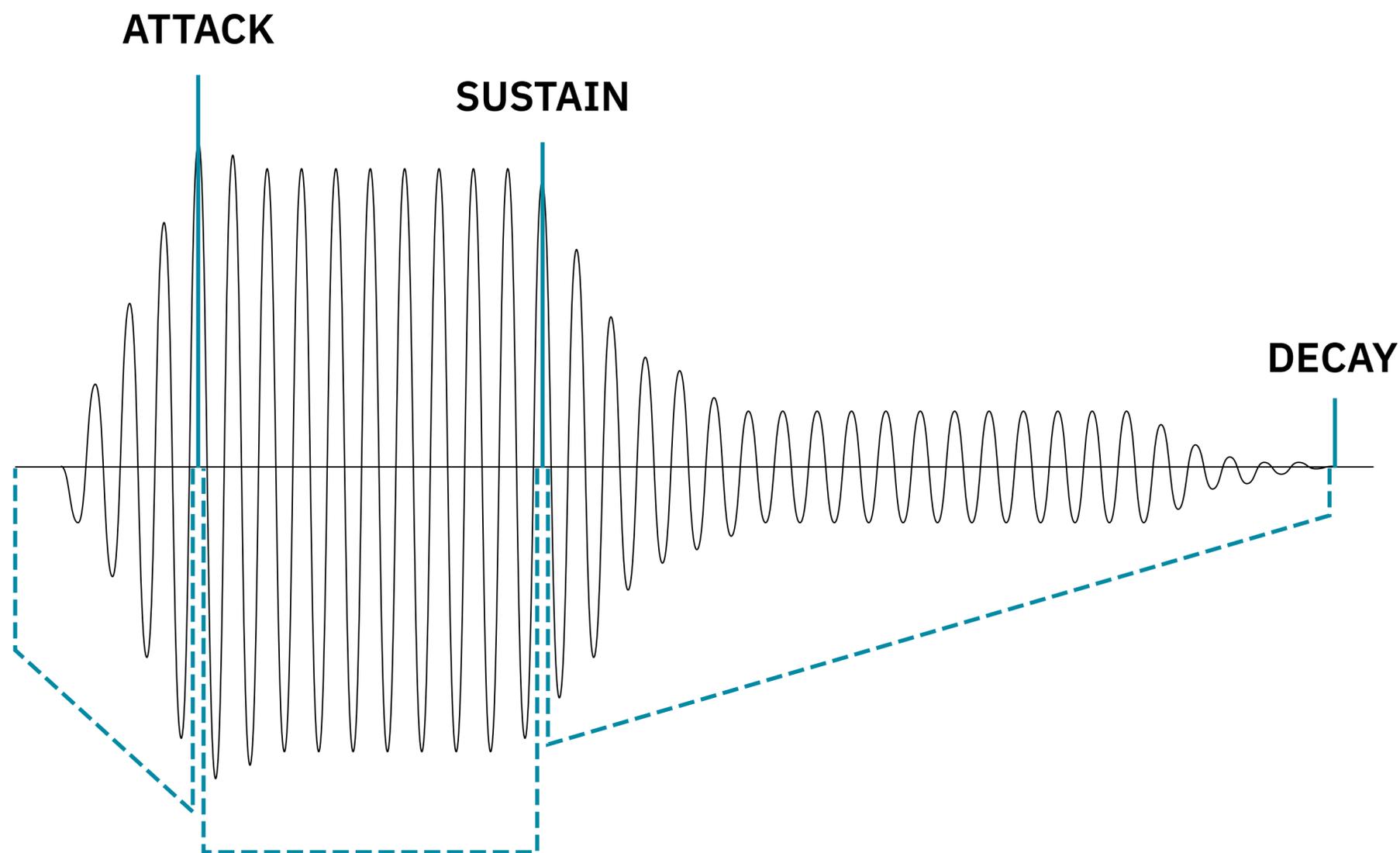
FORME D'ONDA COMPLESSE E LORO INVILUPPO

La maggior parte delle forme d'onda provenienti dal mondo naturale e dall'essere umano **non posseggono** una periodicità ma hanno dettagli mutevoli che caratterizzano ogni transiente prodotto dalla sorgente.

Essi vengono analizzati per punti per definire il comportamento e la comparabilità con altre onde in base alla morfologia.

L'**inviluppo** è la struttura definita in moduli che compongono la forma d'onda rappresentata fisicamente. Le porzioni elencate sono la parte in principio al transiente detta **Attack**. La seconda parte è lo sviluppo dell'onda chiamato **Sustain**. La conclusione del transiente invece è comunemente indicata come **Decay**.

FORME D'ONDA COMPLESSE E LORO INVILUPPO



I segnali prodotti dalle sorgenti acustiche del mondo che ci circonda posseggono una moltitudine di **caratteristiche naturali**.

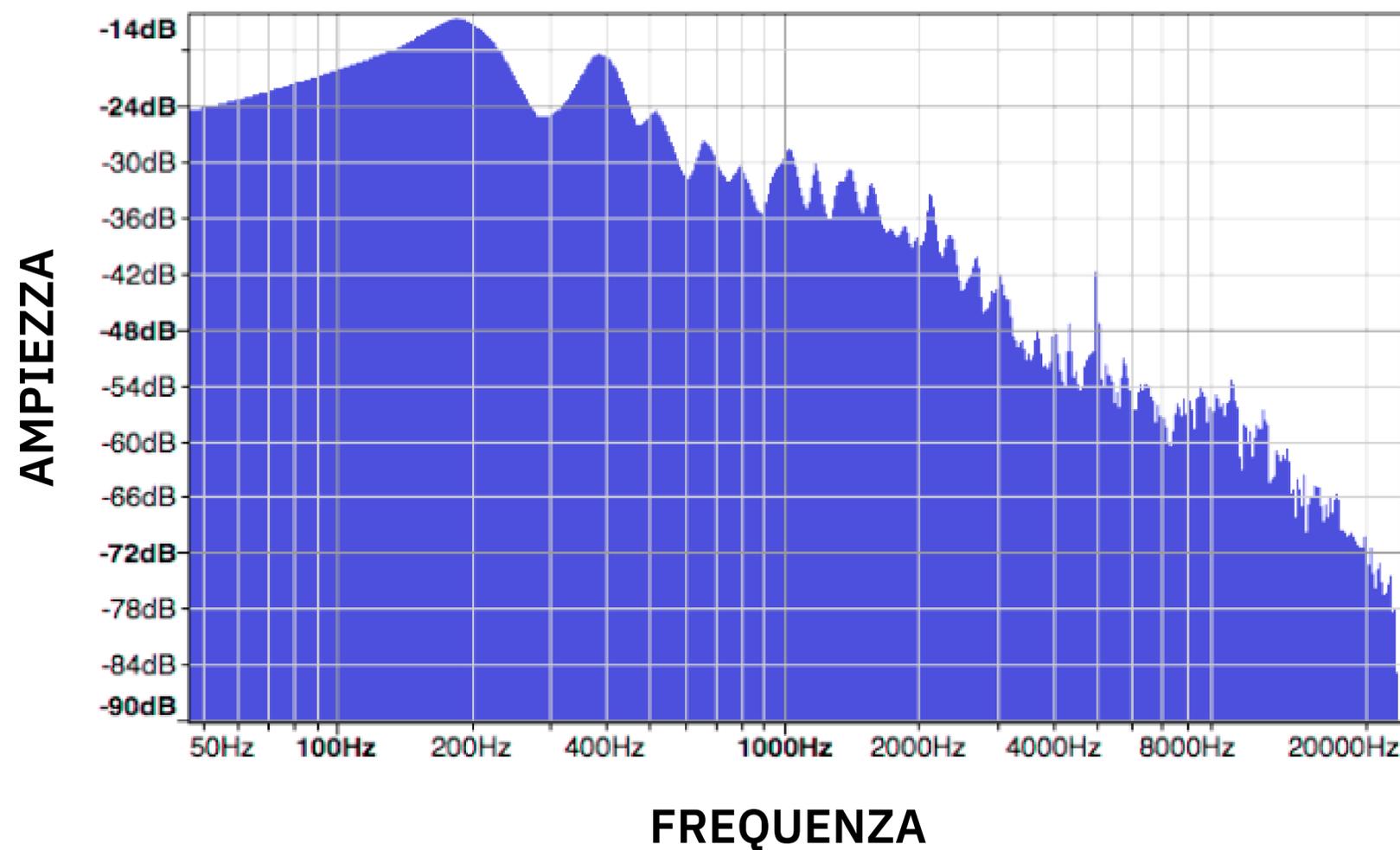
Queste si possono tradurre come onde di diversa frequenza e ampiezza dette **formanti**, che insieme vanno a caratterizzare la morfologia dell'onda risultante: il **transiente**.

Con la definizione di **spettro acustico** o **spettro audio** intendiamo la rappresentazione sull'asse delle ascisse delle prevalenze di frequenza nel transiente e delle loro ampiezze sulle ordinate.

Lo spettro che viene analizzato solitamente in ambito audio è quello **percepibile dall'orecchio** umano nel segmento selezionato dai 20Hz ai 20KHz.

CARATTERISTICHE DEL SEGNALE ACUSTICO IN ANALISI

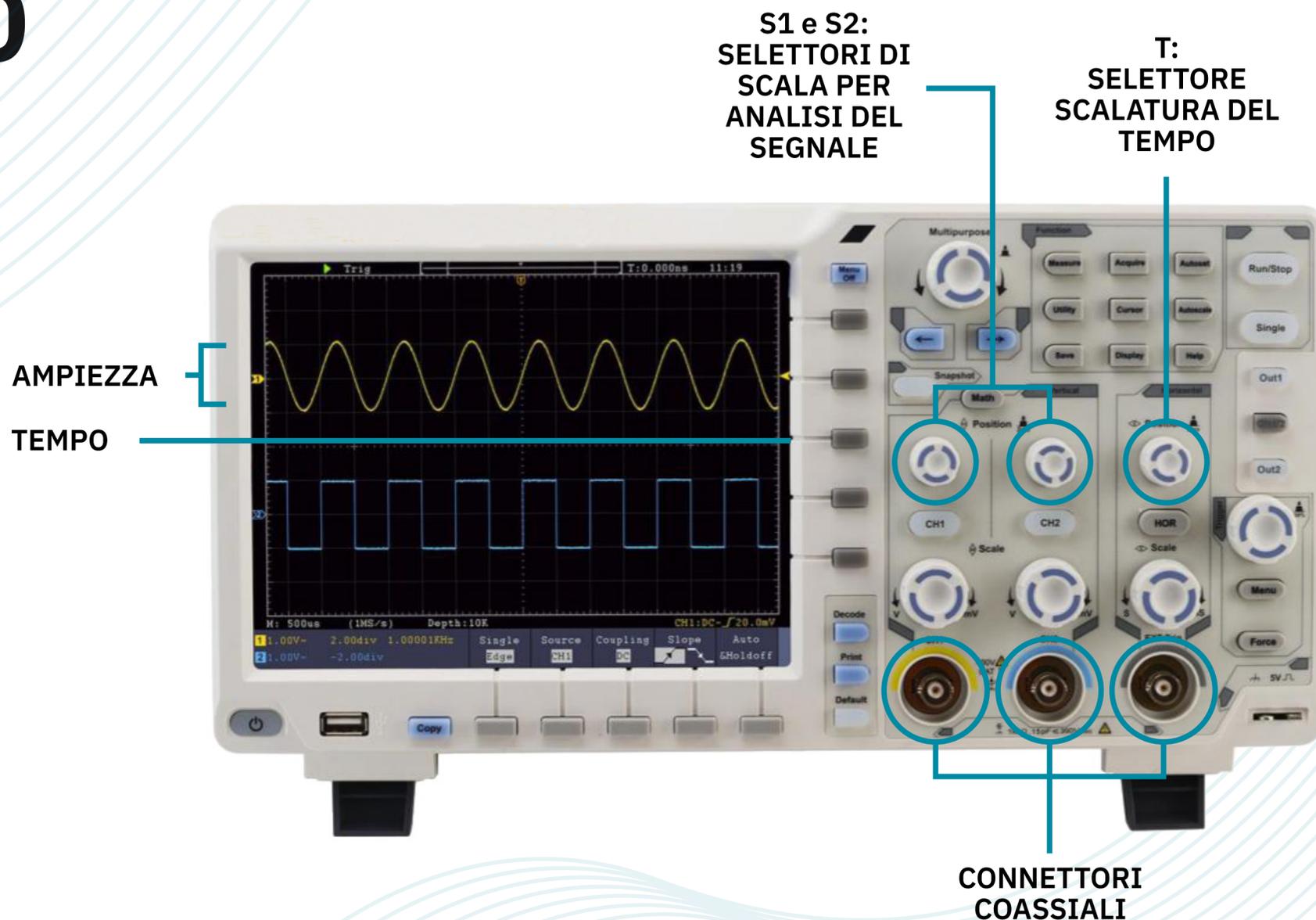
SPETTRO DEL SEGNALE ACUSTICO



ANALISI DELL'ONDA ATTRAVERSO L'OSCILLOSCOPIO

L'oscilloscopio è uno strumento di analisi del segnale e può rappresentare più di una forma d'onda contemporaneamente su due dimensioni: **tempo e ampiezza**.

Possiamo controllare la visualizzazione di entrambe le grandezze in funzione di una comparazione atta a paragonare le caratteristiche di più onde.

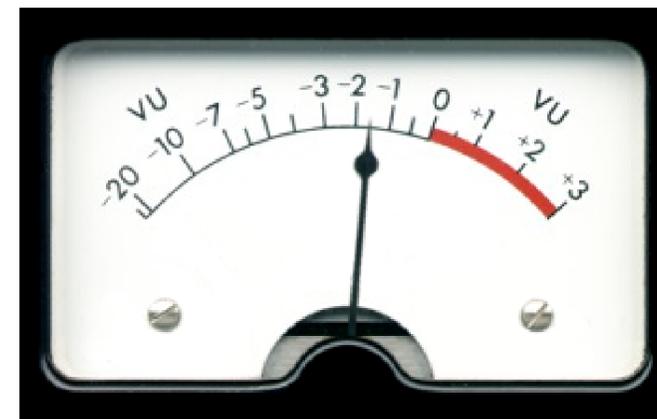


STRUMENTI DI ANALISI DELL' AMPIEZZA DI SEGNALE

VU meter:

I Vu meters sono **componenti elettronici analogici** dotati di una scalatura (nell'ambito audio è suddivisa in dB). Una lancetta montata su una bobina magnetica segue le pulsazioni del segnale in ingresso indicando il valore corrispondente.

Su diverse console di mixaggio meno recenti troveremo questo tipo di strumento per il monitoraggio dell'ampiezza di un segnale tra i picchi dell'onda.



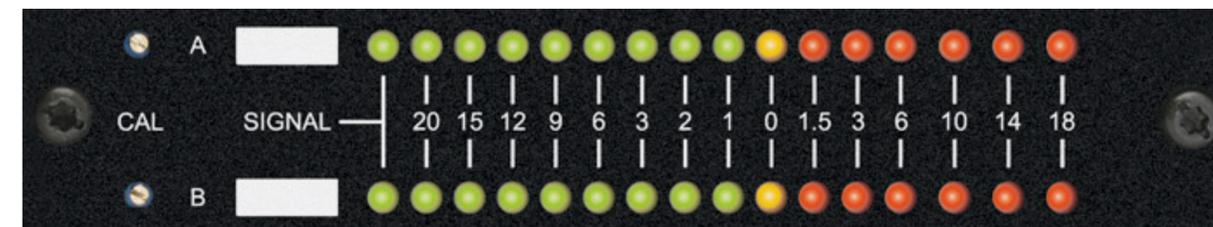
STRUMENTI DI ANALISI DELL' AMPIEZZA DI SEGNALE

LED strip:

Sono sequenze di LED (diodi luminescenti) che, illuminandosi in maniera sequenziale, **indicano il valore corrispondente in dB relativo ad un voltaggio in ingresso.**

Essi sono pilotati da sequenze di resistori e amplificatori.

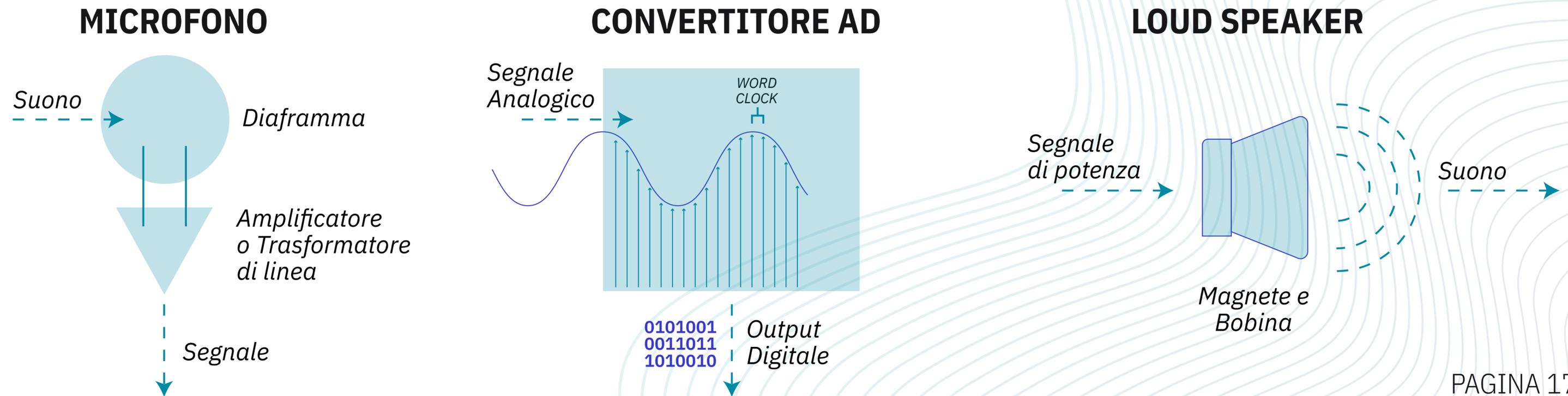
In molti software o strumenti di controllo digitali sono riprodotti in maniera virtuale e possono mantenere temporaneamente la visualizzazione dei picchi dell'onda (peak hold).



Con **trasduzione** si indica il **passaggio di stato** della forma di energia emessa da una sorgente in un'altra natura fisica, percepita in un punto di destinazione.

Nella fisica e ingegneria acustica si utilizza la trasduzione per analizzare ogni tipo di segnale, partendo da una sorgente di emissione meccanica e terminando con quella elettrica o viceversa.

TRASDUZIONE DEL SEGNALE ACUSTICO



Un **oscilloscopio** (strumento di analisi grafica della funzione relativa ad un segnale) riporta punti luminosi lungo una rivoluzione temporale di fase dell'onda rappresentando un'onda grafica su di uno schermo.

Un **microfono** traduce i movimenti di una membrana chiamata "diaframma" in segnale elettrico relativamente alla forma del transiente percepito.

Uno **speaker** eccita una membrana tramite l'impiego di una bobina mobile immersa in un campo magnetico stabile che interagisce con la variabilità del segnale amplificato che attraversa l'avvolgimento.

ESEMPI DI TRASDUTTORI DEL SEGNALE ACUSTICO

ESEMPI DI TRASDUTTORI DEL SEGNALE ACUSTICO

Un **convertitore audio** campiona per punti disposti in maniera sequenziale sulla linea del tempo (time code) i diversi valori di ampiezza che riproducono in maniera analoga la forma originale del transiente di origine elettrica o acustica.

Esso può riprodurre ordinatamente l'informazione digitale, interpolando i valori con un sistema di amplificatori per riconvertire il segnale elettrico in acustico.

PERCHÈ AVVIENE LA TRASDUZIONE?

In molte porzioni di circuito di trattamento di un segnale audio sorgente l'energia dell'onda che **prima si trovava nello stato meccanico** viene **trasformata in elettrica** o viene ulteriormente **attenuata o amplificata** quindi resa idonea per la porzione successiva di circuito.

I trasduttori, anche nell'ambito della trasmissione in streaming, giocano un ruolo fondamentale che **definisce la qualità dell'informazione** trasmessa sin dalle prime fasi di acquisizione.

Con una microfonaione adeguata della sorgente, una trasmissione bilanciata verso i preamplificatori del sistema di conversione e con l'impiego di un campionamento digitale solido dell'onda analogica, avremo una definizione approfondita in ogni dettaglio del segnale da trasmettere.

TRASDUZIONE MICROFONICA

La trasduzione microfonica è una delle principali metodologie di **trasformazione dell'energia meccanica del suono nell'atmosfera in energia elettromagnetica**.

La vibrazione trasmessa dal suono alle particelle dell'aria genera una sequenza di compressione e depressione distribuita e dipendente dalla frequenza di vibrazione della sorgente.

Il **microfono** è uno strumento che, grazie ad un diaframma polarizzato capta la vibrazione trasmessa dalla sorgente attraverso le particelle dell'atmosfera. La tipologia di diaframma e la sua caratteristica di polarizzazione scandiscono quale sia l'impiego principale di un microfono rispetto ad un altro, definendone il diagramma polare.

Anche la circuitazione contenuta nel microfono stesso può influire sulla tipologia di funzionamento permettendone una classificazione.

TRASDUZIONE MICROFONICA

- TIPOLOGIE DI MICROFONO

1 Microfoni dinamici o a bobina mobile:

Questa tecnologia microfonica è caratterizzata da un sistema passivo che trasmette, tramite un diaframma munito di bobina induttiva, il movimento captato dalla vibrazione generata dal suono ad una massa magnetica che per elettromagnetismo genera una variazione di campo utile a generare un segnale elettromagnetico trasmesso da due poli della bobina ad un trasformatore che adegua l'ampiezza ai circuiti successivi di preamplificazione

TRASDUZIONE MICROFONICA

- TIPOLOGIE DI MICROFONO

2 Microfoni a condensatore:

I microfoni più dettagliati nella percezione acustica sono detti “a condensatore”. Questa definizione deriva dal fatto che, per la caratteristica di isolamento delle correnti continue tipica del condensatore, possiamo tramite un solo cavo alimentare un circuito remoto posto all’interno di un microfono e contemporaneamente attraverso le stesse linee ottenere il suono captato dal diaframma posto nel microfono. Il circuito attivo contenuto nel microfono serve ad amplificare il segnale a discapito del livello di rumore presente nell’ambiente o dato dall’azione della parte attiva stessa, inoltre permette di agire sul tipo di figura polare in casi di microfoni a diagramma multiplo.

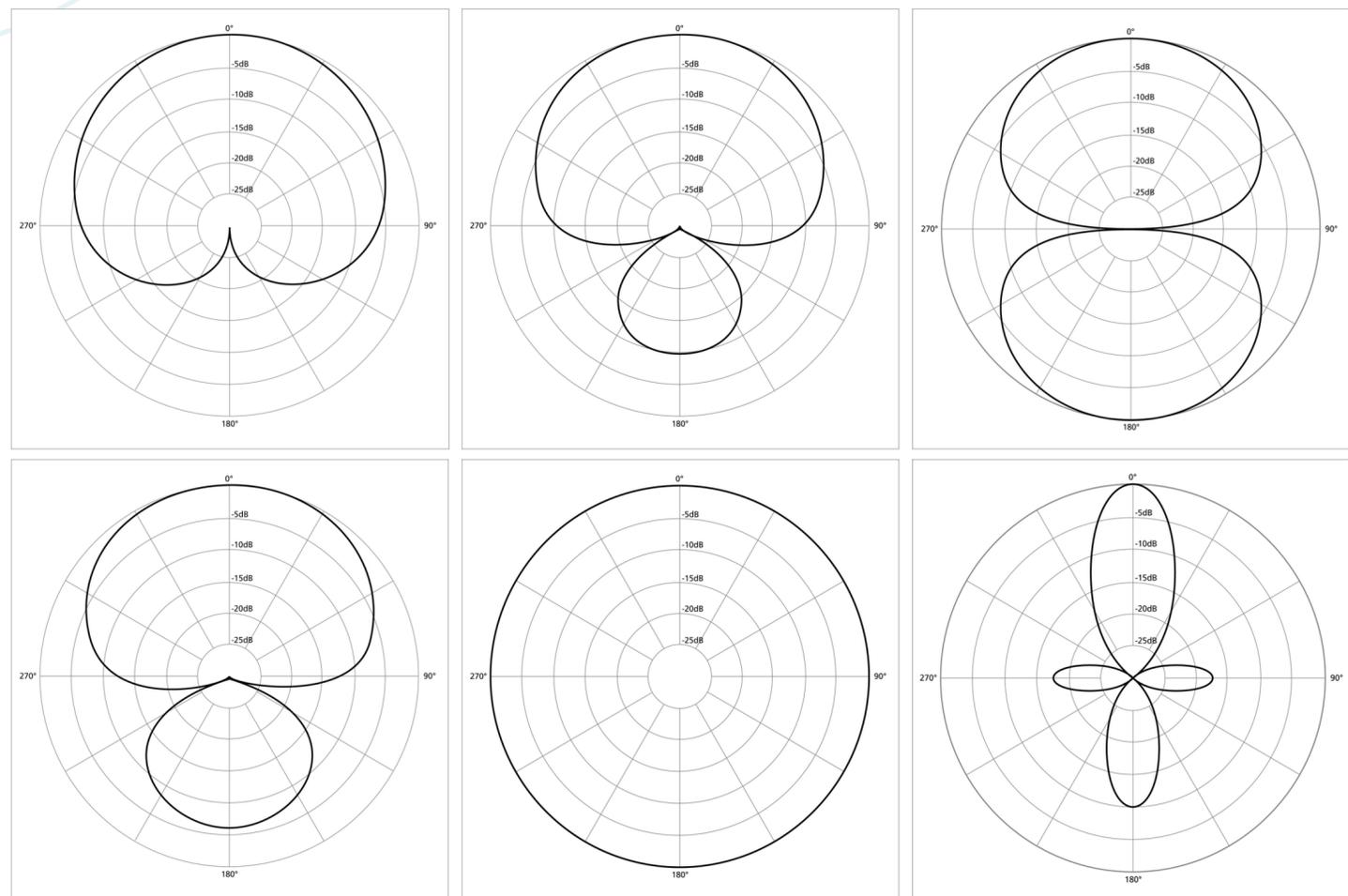
TRASDUZIONE MICROFONICA

- TIPOLOGIE DI MICROFONO

3 Microfoni a nastro:

In questi microfoni un nastro teso ed accordato in una struttura magnetica agisce da trasduttore, permettendo alla vibrazione dovuta al suono di agire sulla superficie della porzione di nastro metallico e interagire con il magnete statico circostante generando una variazione di campo proporzionale all'onda percepita.

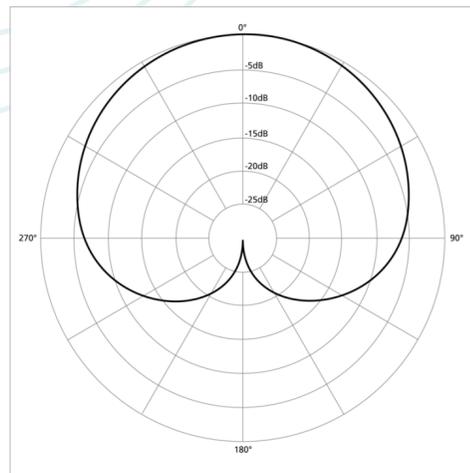
DIAGRAMMI POLARI



A seconda delle necessità pratiche in cui ci troviamo possiamo scegliere diverse di queste figure polari per un impiego adatto alla posizione della sorgente nell'ambiente.

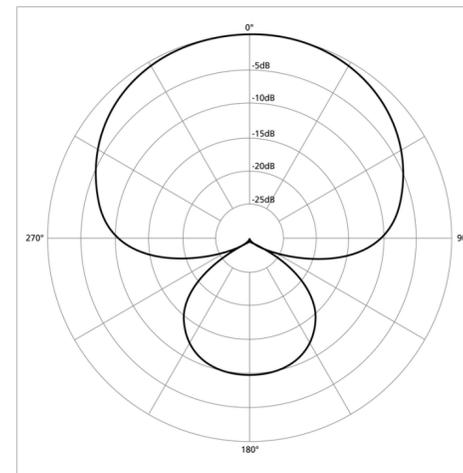
Ogni microfono ha una scheda tecnica o technical sheet che ci permette di verificare l'analisi del costruttore sullo stesso microfono. Esso descrive anche la tipologia di diagramma polare tramite rappresentazione radiante così come per questi esempi teorici.

DIAGRAMMI POLARI



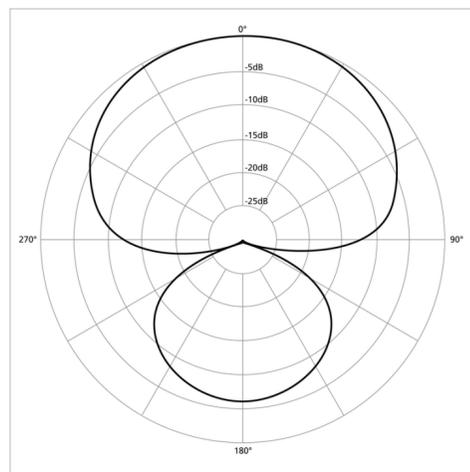
Cardioide

Percezione frontale e unilaterale, diffusa dagli 0° ai 180° dell'asse verticale del diaframma.



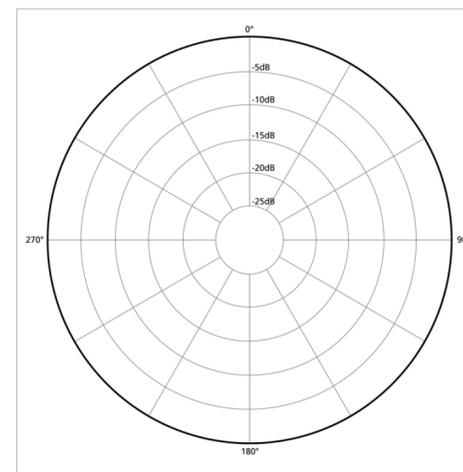
Supercardioide

percezione frontale e unilaterale direzionata, meno diffusa e collocabile dai 30° ai 150° dell'asse verticale del diaframma.



Ipercardioide

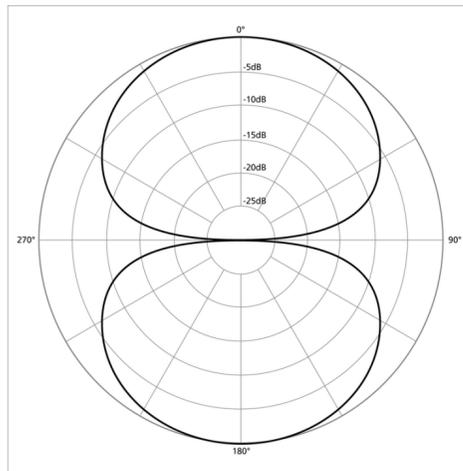
Percezione frontale e unilaterale direzionata, meno diffusa e collocabile dai 45° ai 135° dell'asse verticale del diaframma.



Omnidirezionale:

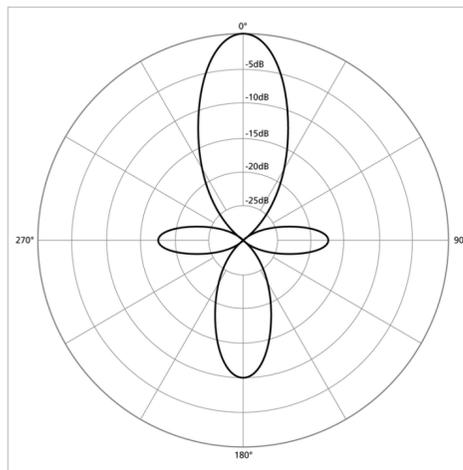
percezione radiale diffusa nei 360° intorno all'asse verticale del diaframma.

DIAGRAMMI POLARI



Bi-direzionale o “8 figure”

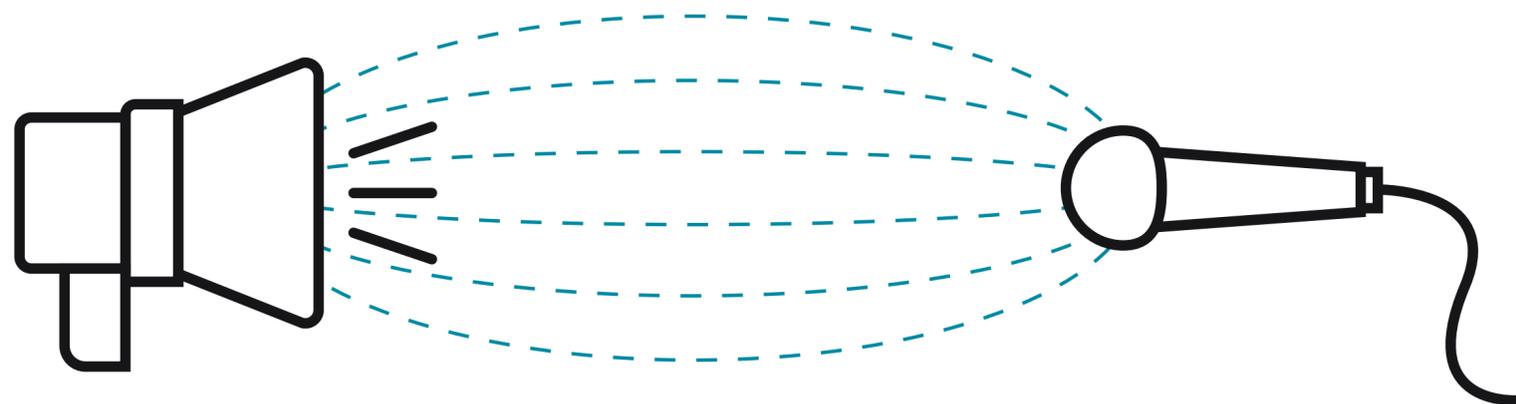
Percezione frontale e posteriore, collocabile dai 30° ai 150° e dai 210° ai 330° dell'asse verticale del diaframma.



Mezzo-fucile

Percezione frontale e posteriore direzionata, meno diffusa e collocabile dai 60° ai 120° e dai 240° ai 300° dell'asse verticale del diaframma. Un'attenuazione di circa 10 dB sul lato posteriore permette di rendere ancora più selettiva la direzionalità del diagramma.

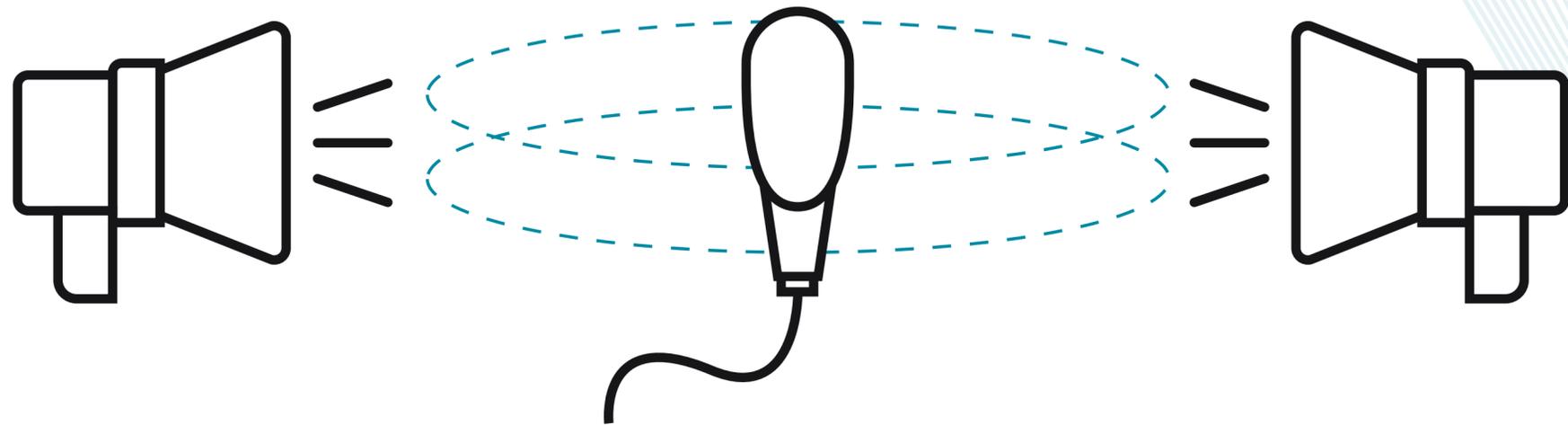
Se dovessimo microfonare **una sorgente posta in un punto specifico** dell'ambiente dovremmo scegliere tra i **cardioidi, supercardioidi, ipercardioidi o mezzo-fucile** per isolare la parte fondamentale del suono rispetto alle caratteristiche di riflessione dell'ambiente o rispetto ad altre sorgenti che non ci interessano.



IMPIEGHI MICROFONICI

Se dovessimo microfonare **più sorgenti poste in diversi punti dell'ambiente** dovremmo scegliere tra i **bidirezionali o omnidirezionali** per coinvolgere tutte le sorgenti in questione ed immagazzinare il maggior quantitativo di informazione diffusa.

IMPIEGHI MICROFONICI



CORRELAZIONE DI FASE TRA SORGENTE E TRASDUTTORE

La correlazione di fase tra due o più punti di microfonazione ci permette di capire qual'è il rapporto tra i segnali percepiti da più trasduttori rispetto alla stessa sorgente.

Quando due o più microfoni sono posti alla stessa distanza dalla sorgente, avremo i segnali trasdotti in fase l'uno rispetto all'altro.

Potremmo invece decidere di disporre i microfoni a distanze diverse dalla sorgente per ottenere caratteristiche fisiche del suono differenti.

Per cogliere perfettamente la fase di un segnale da più punti microfonici dobbiamo tenere in considerazione la velocità del suono a 343 m/s in una condizione di 1 bar di pressione dell'atmosfera e con una temperatura di 20°.

CORRELAZIONE DI FASE TRA SORGENTE E TRASDUTTORE

Potremo ottenere così la lunghezza dell'onda del suono nello spazio tramite atmosfera δ .

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

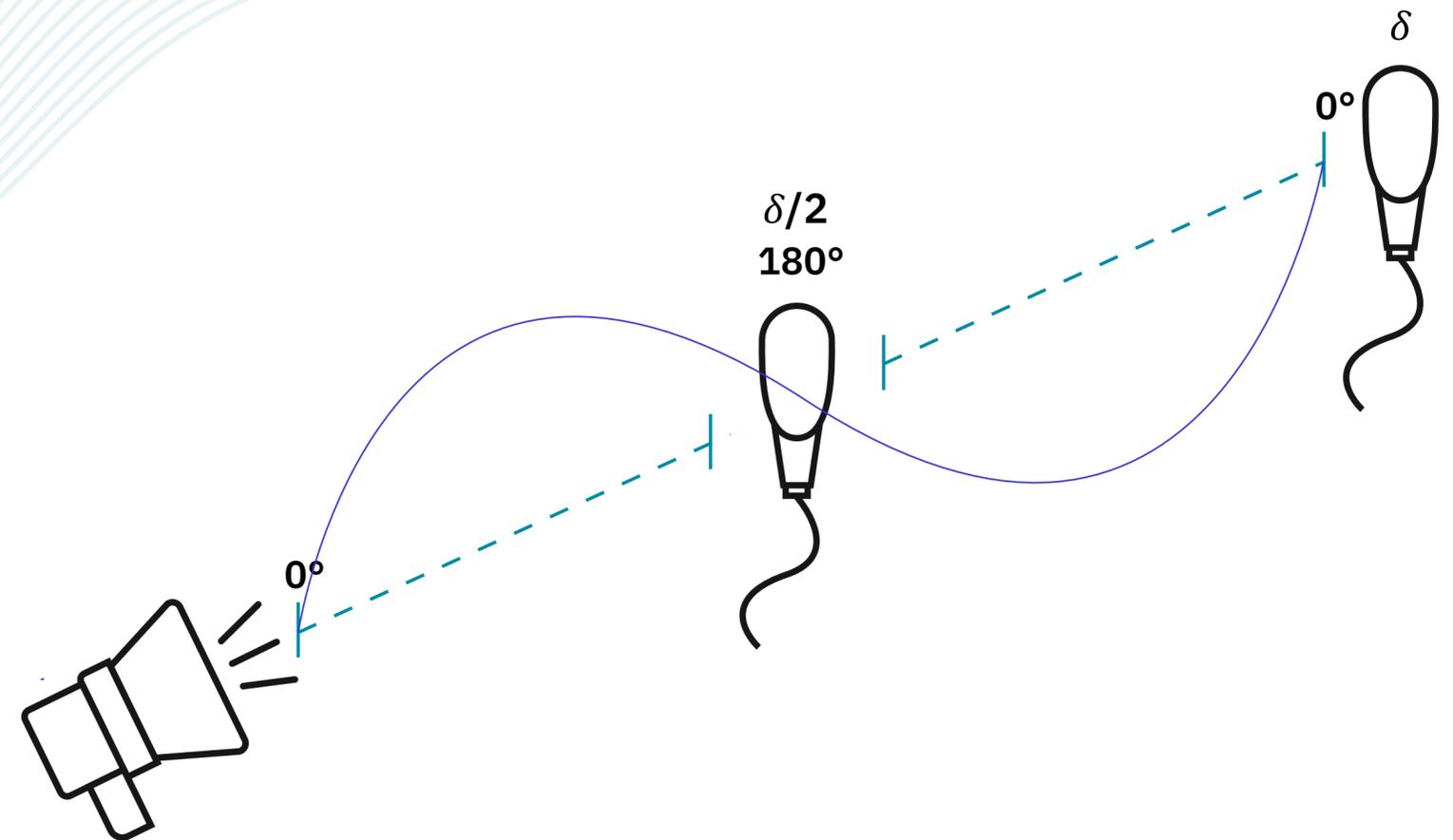
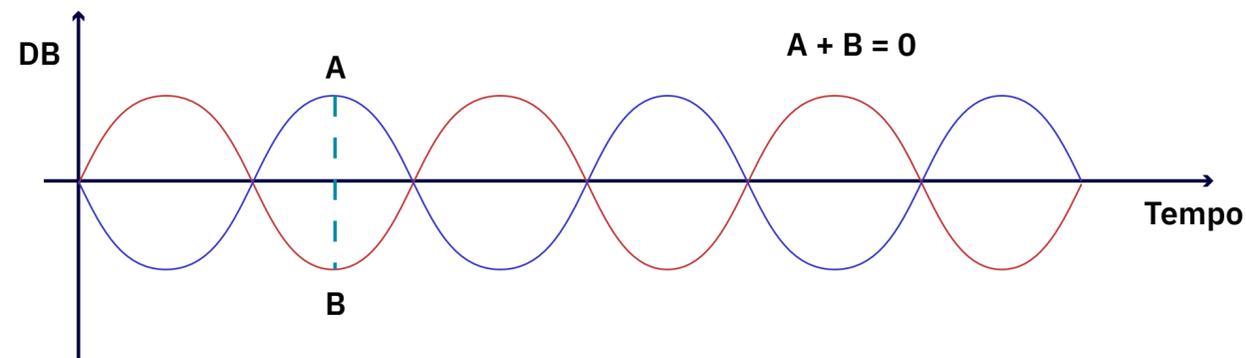
dove f è la frequenza centrale della **prevalenza tonale di sorgente**

Così agendo potremmo determinare dove porre un microfono per ottenere un punto di fase 0° e aggiungere, tramite un altro microfono, un punto di percezione a 180° che invertiremo di fase elettronicamente. Se la fase a 0° viene ottenuta a δ allora il punto di inversione lo determineremo a $\delta/2$.

Se percepissimo gli stessi segnali ad una distanza che ne inverte l'onda percepita di 180° senza invertire la fase di quest'ultimo, allora le onde si annullerebbero l'un l'altra dando così vita al fenomeno della **controfase**.

RAPPRESENTAZIONE EMPIRICA DELLA CORRELAZIONE DI FASE IN UN AMBIENTE

In questa rappresentazione grafica possiamo dimostrare che per sommare correttamente due segnali identici ma di fase opposta, dovremo applicare un'inversione meccanica della stessa sul segnale a $\delta/2$.



STREAMING E MICROFONI DEDICATI

A differenza delle situazioni in cui l'operatore potrebbe trovarsi in studio o sala di registrazione, durante le attività di broadcast selezioneremo i microfoni in base alle proprietà utili quali: **qualità della ripresa** vocale o specifica di uno strumento, **sensibilità della capsula** in prossimità della sorgente, **livello del rumore** di fondo.

Queste tre caratteristiche sono indicate nelle schede tecniche di ciascun modello di microfono.

Generalmente, **il diagramma più indicato nello streaming è compreso tra il cardioide e l'iper-cardioide**, dato che la direzionalità ci permette di ottenere una separazione di più sorgenti nello stesso ambiente.

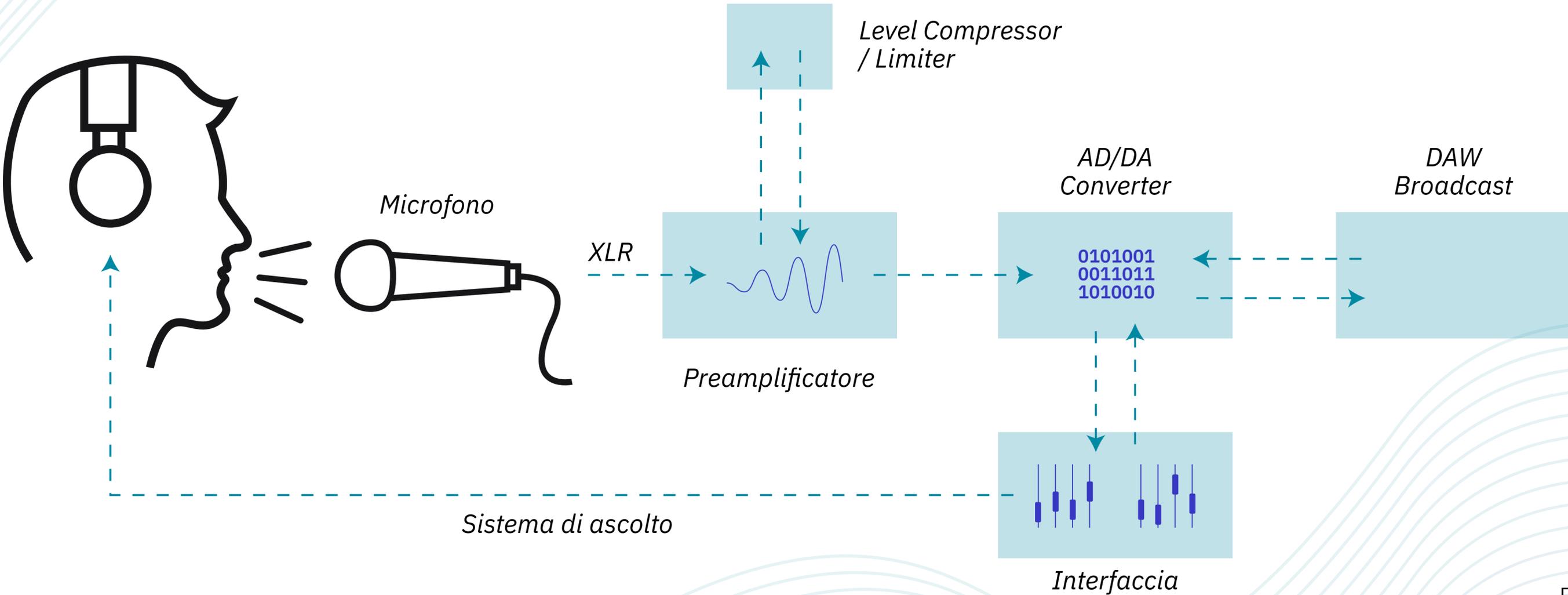
STREAMING E MICROFONI DEDICATI

La preamplificazione del segnale **deve tenere in considerazione l'espansione sonora** tra il picco più basso e quello più alto.

Questo accorgimento ci permette di capire se è necessaria una compressione utile al controllo di diverse voci da acquisire contemporaneamente.

Una discrepanza volumetrica e timbrica troppo elevata, infatti, potrebbe determinare una differenza acustica sostanziale tra le sorgenti.

ESEMPIO DI SISTEMA STREAMING AUDIO (STREAMING PATCH)



TRASDUZIONE TRAMITE SPEAKER O MONITOR OUTPUT

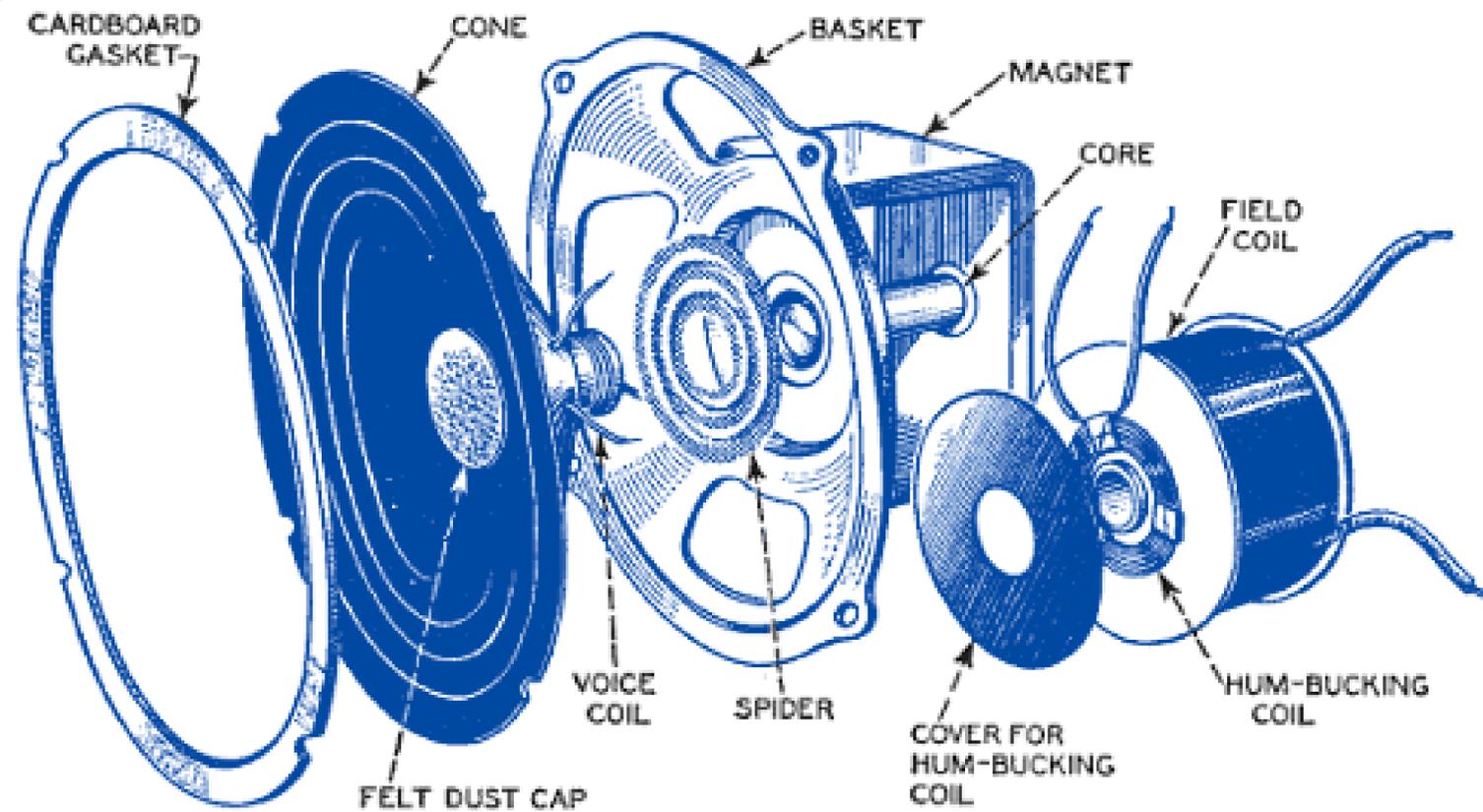
La trasduzione più diffusa è la cosiddetta trasformazione di output di “**emissione acustica**” che permette all’operatore o all’ascoltatore di percepire per mezzo dell’atmosfera circostante il suono nella sua natura meccanica.

Gli elementi di emissione vengono definiti **speakers** e possono essere installati su diverse tipologie di attrezzatura quali: **casce acustiche, cuffie, auricolari, sistemi di diffusione, impianti acustici di ogni calibro.**

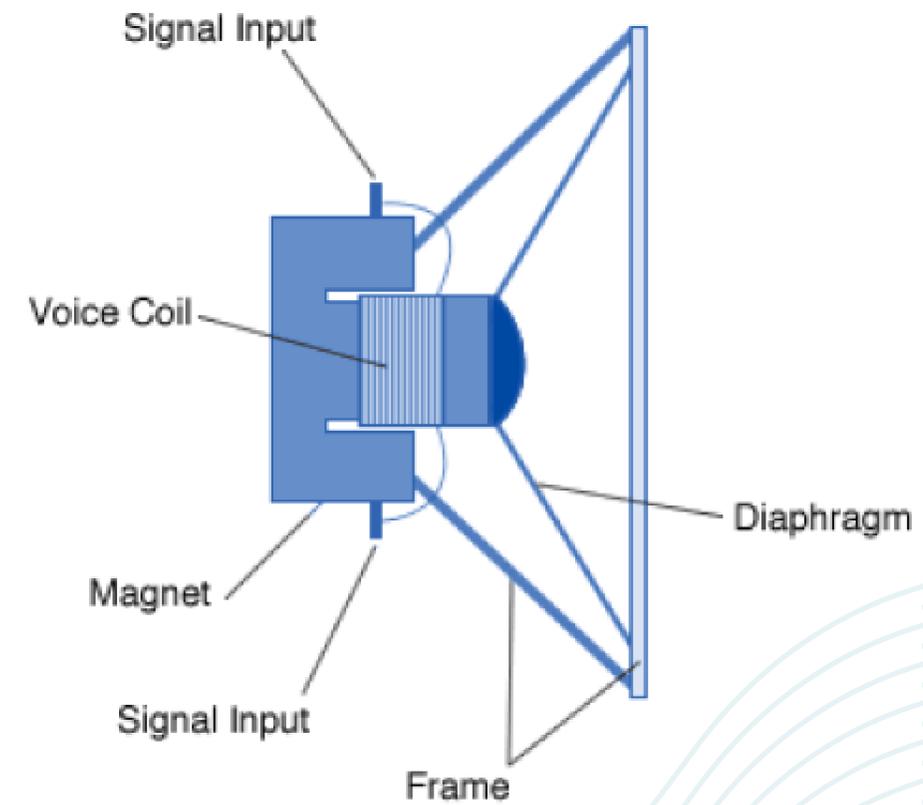
Ogni componente che permette l’emissione meccanica di un dato segnale elettromagnetico si relaziona direttamente con un sistema di amplificazione in potenza che, tramite valvole termoioniche in potenza o transistor in potenza, permette ad un segnale di input di raggiungere **valori relativi di ampiezza fisica (V) e corrente (I) superiori e multipli** in relazione ai valori d’ingresso.

COM'È FATTO UNO SPEAKER?

Electro-Dynamic Speaker



Magneto-Dynamic Speaker



COM'È FATTO UNO SPEAKER?

Nella precedente slide abbiamo notato alcune **differenze tra gli speaker di nuova e di vecchia generazione.**

Balza all'occhio immediatamente il sistema comune di trasmissione elettromagnetica tramite bobine (coils) che trasmettono ad una membrana stampata o incollata (**cone**) il moto di campo imposto dalle pulsazioni relativamente amplificate del segnale d'ingresso.

Nei sistemi speaker obsoleti il materiale conduttore avvolto nella parte più esterna alla core di trasmissione **era polarizzato attivamente tramite l'imposizione di una corrente continua stabilizzata,** mentre nei sistemi contemporanei abbiamo un **magnete permanente di forma circolare o toroidale che impone il suo campo magnetico controllato** e garantisce l'interazione con la moving coil o bobina mobile elettromagnetica di trasferimento elettrocinetico.

COM'È FATTO UNO SPEAKER?

In entrambi i casi il funzionamento della bobina mobile interagisce con il magnete o gli avvolgimenti fissi più esterni tramite lo stesso principio secondo cui:

Un corpo A il cui campo magnetico è variabile, se centrato sull'asse magnetica di un corpo B dal campo fisso, interagirà con esso in funzione delle pulsazioni imposte dal segnale sorgente che si tradurranno in variazioni di campo.

Questo genere di interazione può sviluppare movimento cinetico se il corpo A è libero di muoversi sull'asse del campo magnetico di B.

Si otterrà una vibrazione di A grazie alla pulsazione imposta dal segnale sorgente (audio nel nostro caso) che interagisce con il campo magnetico di B. La dimostrazione fisica viene data dalla Forza di Lorentz.

SISTEMI ACUSTICI ED IL SEGNALE AMPLIFICATO

Come sistema acustico intendiamo un **insieme di macro componenti elettronici** (amplificatori, mixer audio, console audio, connettori, etc.) interconnessi in una rete di processo del segnale in funzione di un bisogno acustico definito.

- **Sistemi audio per eventi**
- **Sistemi audio di segnalazione**
- **Sistemi audio di controllo**
- **Sistemi audio per strumenti**
- **Sistemi audio per comunicazione**

In tutti questi tipi di sistema avremo applicate le stesse leggi ed i principi di funzionamento dei sistemi elettromeccanici.

SISTEMI DI CONTROLLO

I sistemi acustici di controllo sono tutte le tipologie di regia (control room) nelle quali si trovano:

- **Una sorgente acustica**
- **Un sistema di amplificazione**
- **Un sistema di speakers**
- **Un ambiente acusticamente neutro** (condizione ideale)

Il luogo dove avviene la produzione della maggior parte delle opere musicali e dove si utilizzano speakers di tipologie svariate con lo scopo di ottenere la miglior riproduzione, la più dettagliata e neutra del segnale di sorgente.

La sorgente solitamente sono i sistemi di riproduzione o somma dei segnali (desk, console) di un comune studio audio. Il sistema di speakers qui prende il nome di Monitor o Altoparlante.

TIPOLOGIE DI MONITOR DA STUDIO PER POSIZIONE

Near field: monitor di piccolo-medio calibro studiato per la cura dei dettagli acustici sulla produzione o sulla determinazione dei processi effettuati in fase di microfonaione. Richiedono prossimità in fase di ascolto.
[70cm - 1,5m]

Mid Field: monitor di medie dimensioni più complessi nella circuitazione e nella forma, molto spesso sono sistemi studiati per poggiare sull'alzata delle console audio. Possono focalizzare un ascolto a distanze superiori per accentuare il coinvolgimento dell'ambiente circostante. Serve a mediare l'ascolto domestico di bassa qualità o avvicinarsi ad un Hi-Fi, potendo così paragonare durante le sessioni il risultato di una registrazione o di un mix.
[1,5m - 2,5m]

TIPOLOGIE DI MONITOR DA STUDIO PER POSIZIONE

Far Field: monitor di grandi dimensioni, servono a coinvolgere regie o ambienti pro-audio vasti e richiedono un'estrema precisione nell'equilibrio acustico circostante. In ambienti controllati al millesimo possono svelare dettagli altrimenti celati dai limiti delle altre tipologie.
[>2,5 m]

TIPOLOGIE DI MONITOR PER MORFOLOGIA



Monitor orizzontale

Per tenere i vari speakers sullo stesso piano, generalmente si posizionano su un piano elevato all'altezza delle orecchie dell'operatore nella posizione di lavoro.

TIPOLOGIE DI MONITOR PER MORFOLOGIA



Monitor verticale

Con disposizione standard degli speakers per un dettaglio per prossimità.

TIPOLOGIE DI MONITOR PER MORFOLOGIA



Monitor open baffle

Interagiscono pluri-direzionalmente con l'ambiente circostante. Servono per un coinvolgimento ed un'analisi approfondita dei transienti audio.

Alcuni monitor **possono superare i calibri standard** per adempiere compiti di diffusione durante **spettacoli e rappresentazioni in luoghi di dimensioni notevoli.**

Le loro dimensioni ed i sistemi che permettono loro di essere calibrati o di auto calibrarsi sono atti a rendere le performance acustiche al loro massimo livello.

Spiccano diverse tipologie differenziate per diffusione commerciale e applicabilità tecnica, elencate nella slide seguente.

MONITOR PER IMPIEGHI MASSIVI

Stack

Pila di diffusori posti ai lati della parte anteriore del palco, posizionati a terra. Raggruppano nella parte inferiore i monitor dedicati alla banda di frequenze basse (ULF - LF / 30 - 150 Hz), una sezione intermedia dedicata alla banda medio-bassa e medio-alta di frequenze (LMF - HMF / 150 Hz - 5000 Hz) ed una parte superiore dedicata alle frequenze alte (HF - UHF / 5000 Hz - 20000 Hz).

MONITOR PER IMPIEGHI MASSIVI

Line Array

Sistemi di monitoring composti nella parte bassa da una sezione frontale a terra, centrata rispetto al palco, di monitor dedicati alle basse frequenze (ULF - LF) e un sistema di moduli interconnessi dedicati alle medie ed alte frequenze inclinabili e regolabili in funzione della disposizione della platea, degli spalti o della galleria che costituiscono la struttura in cui il sistema di diffusione opera.

MONITOR PER IMPIEGHI MASSIVI

MONITOR PER IMPIEGHI MASSIVI

Front Fill

Sistema di monitor rivolti dal palco alla sezione centrale della platea per riempire il gap cieco creato dall'angolazione dei monitor laterali di diffusione (LF - MF - HF).

Stage Monitor

hanno le stesse caratteristiche dei front fill ma sono rivolti internamente alla zona dello stage di esibizione. Essi hanno la funzione di diffondere una selezione del mix di strumenti in base alle necessità dei musicisti o di chi si esibisce.

AMPLIFICATORI AUDIO PER MONITOR

Un monitor è reso funzionante e funzionale grazie all'interazione di un'apparecchiatura che pone il segnale sorgente in grado di trasformarsi in energia elettromeccanica rendendo il transiente abbastanza forte da indurre la vibrazione del cono dello speaker.

Monitor attivi: monitor che posseggono un sistema di amplificazione dedicato stand-alone di solito standardizzato per accoppiarsi con un altro esemplare dello stesso modello e riprodurre la stereofonia in maniera equa tra i 2 canali audio del panorama stereo.

Monitor passivi: sfruttano apparecchiature di amplificazione esterne che forniscono due uscite le quali si interfacciano in maniera equilibrata e regolabile ai monitor in configurazione stereofonica o in sistemi di environment ambientale acustico (Dolby, etc.).

COME SI DISPONGONO I MONITOR IN UN AMBIENTE?

Generalmente si utilizzano monitor nearfield e/o midfield in ambienti di controllo audio come regie (control rooms) e si cerca di operare con gli stessi in stanze le cui pareti laterali non siano equivalenti in dimensioni.

Nella regia della **Golden Ratio** utilizzata da Ws Lachot il nostro punto di ascolto sarà posizionato guardando il lato corto della sala in una posizione simmetrica rispetto alle due pareti laterali (consigliabile seguire la distanza in base allo standard stabilito dalla tipologia di monitor [0,50-2,5m]); si prende quindi la misura del lato lungo della sala e lo si divide per 1,62.

COME SI DISPONGONO I MONITOR IN UN AMBIENTE?

Il risultato ci dà la distanza tra la parete di fondo e il nostro punto di ascolto che altro non è che un punto posto dietro la nostra nuca e dal quale partono delle rette immaginarie che si collegano al centro acustico delle sorgenti passando per le nostre orecchie.

Esempio: abbiamo una sala lunga 5 metri e larga 4. Ci posizioniamo in modo (quasi) simmetrico rispetto al lato corto cioè a 2 mt circa tra le due pareti e calcoliamo $5 \text{ mt} \div 1,62 = 3,08 \text{ mt}$.

Il nostro punto di ascolto sarà distante 3,08 mt dalla parete alle nostre spalle (= 1,92 mt dalla parete frontale al punto d'ascolto).

TRASDUZIONE E CAMPIONAMENTO DIGITALE

Avviene spesso nelle strutture logiche presenti in uno studio o in un ambiente di trasmissione broadcast (radio o web) la trasformazione del **segnale analogico in segnale digitale**, non più composto da punti infiniti del grafico di rappresentazione, ma tradotto in valori immagazzinati sequenzialmente in numero finito.

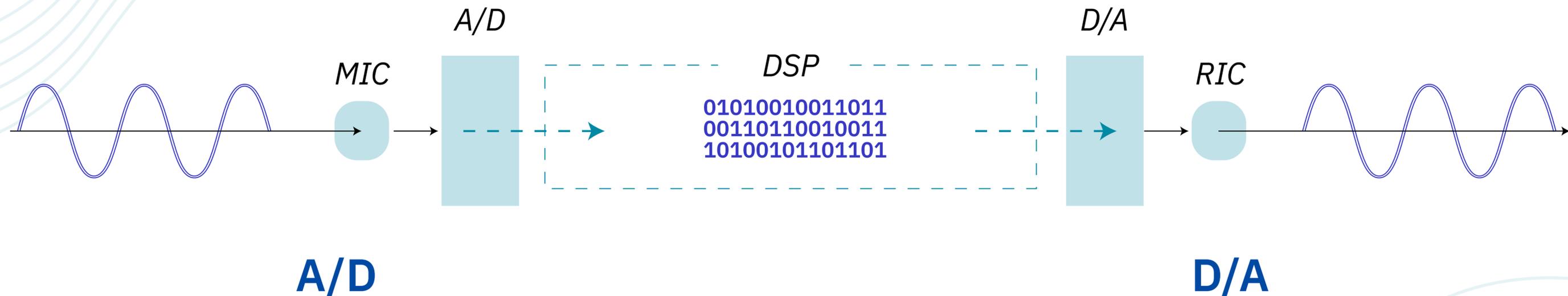
Questo garantisce ai sistemi di stoccaggio di dati di poter rievocare lo stesso segnale percepito inizialmente rispettando le sue caratteristiche.

La natura digitale del nuovo segnale permette un'analisi più approfondita ed una trasmissione priva delle problematiche relative al **rumore introdotto** dai mezzi analogici di trasmissione.

Ogni sistema ha una sezione, regolamentata dai protocolli di trasmissione, dedicata al **controllo degli errori** che possono affliggere il sistema conduttivo attraverso cui si trasmettono i valori sequenziali digitali.

CONVERSIONE AD/DA

La frequenza di campionamento regolerà l'intero sistema e sarà determinata da oscillatori dedicati alla generazione del Clock (onda quadra che definisce il passo dell'unità di campionamento) di controllo.



Il segnale analogico viene tradotto in valori definiti componendo una riproduzione digitale che sarà interpretabile nella fase di DSP (digital signal processing) gestita da software come DAW, sistemi di missaggio digitali e di trasmissione broadcast.

Il segnale digitale viene riprodotto ed interpolato per mezzo di sistemi controllati di introduzione del rumore e interpolatori a filtro "sample and hold" che trasformano una risposta in frequenza periodica (tipica dei segnali digitali) in una non periodica tipica dei segnali analogici.

TEOREMA DI NYQUIST-SHANNON E QUANTIZZAZIONE

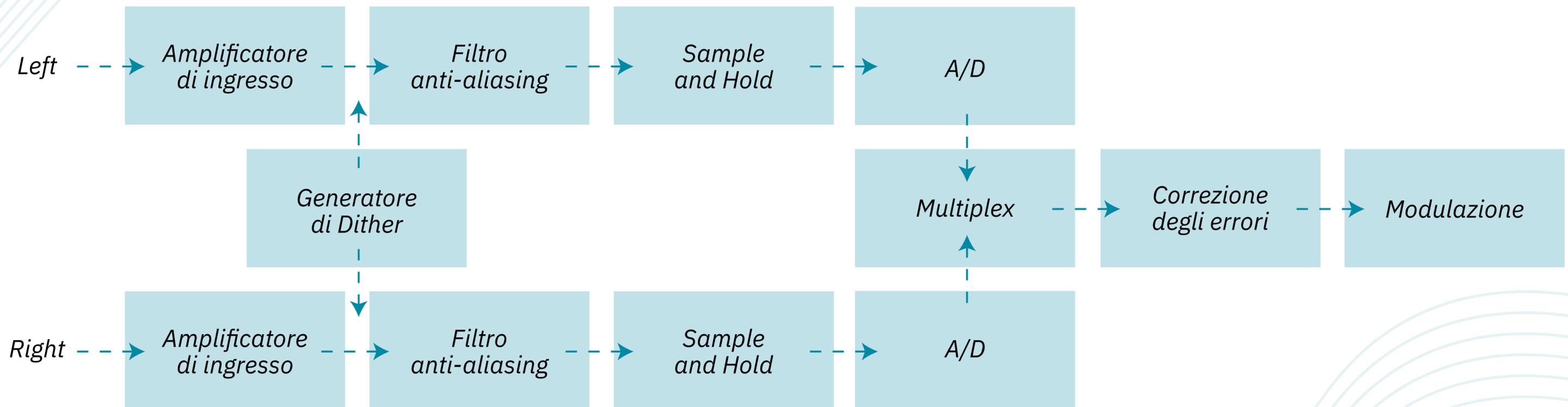
Il teorema dice che **la frequenza di campionamento** deve almeno avere **un valore doppio rispetto alla frequenza campionata**.

Questo è per determinare più punti di campionamento lungo l'onda e permetterne la più dettagliata ricostruzione.

$$N \geq 2A$$

N è la frequenza di campionamento e A è la frequenza più alta nello spettro del segnale da campionare

STRUTTURA LOGICA DI UN CONVERTITORE A/D



GENERATORE DI DITHER

Ogni struttura di trasmissione digitale possiede un determinato numero di bit rappresentabili contemporaneamente dal Bus di sistema, paralleli e dipendenti dallo slot temporale “**thread**” determinato dal **clock**.

Ricordiamo che il sistema digitale è caratterizzato dal fatto di utilizzare una **rappresentazione discreta dei valori di ampiezza**, per cui, sapendo quanti bit sono dedicati alla dinamica del sistema, possiamo stabilire quanti valori discreti di ampiezza può assumere il segnale.

GENERATORE DI DITHER

Numero di intervalli disponibili in una parola binaria di n bit $N=2^n$

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

GENERATORE DI DITHER

Ad esempio vediamo dalla tabella che in un sistema ad 8 bit avremo 512 "step" di ampiezza (ovvero di volume) disponibili, mentre con 16 bit ne avremo 65536, e così via.

Ovviamente, essendo nella realtà analogica l'ampiezza del segnale audio continua, può capitare che, nell'istante in cui il suono viene campionato, la sua ampiezza non sia esattamente pari ad una delle 2^n ampiezze possibili nel sistema binario.

Accadrà quindi che l'ampiezza analogica, "imprecisa" per il calcolatore, venga approssimata a quella binaria più vicina. In effetti in genere viene approssimata a quella superiore. Ciò, se può essere corretto nella maggioranza dei casi, può portare a degli errori in casi particolari, come è facile notare nei grafici che seguono.

FILTRO ANTI-ALIASING

A causa del limite posto dal teorema di Nyquist siamo costretti a porre un filtro passa-basso prima del Sample & Hold. Ciò impedirà l'introduzione di frequenze superiori alla metà di quella di campionamento. Le frequenze superiori a tale frequenza generano infatti delle frequenze estranee, dette di aliasing.

Le frequenze superiori alla metà di quella di campionamento sono troppo "veloci" perchè il sample & Hold possa intercettarne almeno due campioni ogni ciclo; ciò porterà **all'incapacità dell'elaboratore di stabilire quale sia la frequenza originale**, la quale sarà sostituita da frequenze che sono sottomultipli della frequenza originale ma inferiori alla metà della frequenza di campionamento. Si generano cioè frequenze che al convertitore sembrano ("alias") altre frequenze. Ciò provoca una **forte distorsione armonica del segnale campionato**.

FILTRO ANTI-ALIASING

$$F_a = \pm N C \pm F$$

La frequenza di alias introdotta è ottenibile tramite questo calcolo: se C è la frequenza di campionamento, F una frequenza più alta della metà della frequenza di campionamento, e N un numero intero, allora si crea una nuova frequenza campionata F_a .

FILTRO SAMPLE AND HOLD

Il circuito di Sample & Hold ha il compito di registrare in modo accurato il segnale per ogni istante di campionamento. Nel caso in cui a frequenza di campionamento è di 44.100 Hz, allora tra due istanti di campionamento intercorre $1/44.100$ di secondo.

E' quindi necessaria abbastanza accuratezza nel sistema da dare tempo al circuito, altrimenti in lettura con un altro dispositivo si possono avere dei gravi errori di temporizzazione.

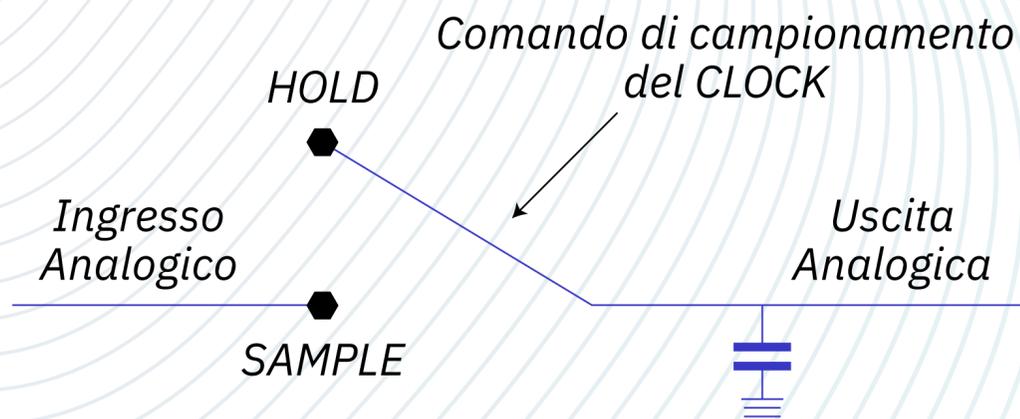
Il circuito Sample & Hold (brevemente S/H) è costituito in buona sostanza da **un condensatore e da un interruttore.**

FILTRO SAMPLE AND HOLD

L'interruttore viene attivato dal clock e pone il circuito in Hold per tutto l'intervallo tra un istante di campionamento ed un altro mentre scatta su Sample solo nell'istante di campionamento. Data la brevissima durata di questo intervallo, si capisce che è il sistema di clock ad essere di fondamentale importanza per il corretto funzionamento del circuito S/H.

Eventuali errori dovuti alla temporizzazione sono detti **jitter** e introducono rumore nel segnale.

Per evitare errori di jitter udibili, è necessario che eventuali errori siano inferiori al nanosecondo.



MULTIPLEXER / DE-MULTIPLEXER

Il multiplex ha il compito di ricevere due (o più, ma non è il nostro caso) segnali digitali e **incrociarli in modo da trasmetterli come uno solo**, e in modo che un de-multiplexer sia in grado di **separare di nuovo i segnali in fase di riproduzione**, mantenendo tutte le caratteristiche originali.

CORREZIONE DEGLI ERRORI

Il più diffuso sistema è quello della ridondanza: **vengono aggiunti dei bit di parità e di check, dati ridondanti, generati basandosi su quelli originali, allo scopo di utilizzarli in fase di lettura per correggere eventuali errori.** Inoltre, per prevenire l'eventualità che un difetto in un punto del supporto possa distruggere sia i dati che i bit destinati alla correzione, è previsto un processo di “sparpagliamento” dei dati chiamato interleaving. **Tale sistema fa sì che i dati non siano posti sequenzialmente sul supporto, ma le varie parti di essi siano poste in zone fisicamente distanti del supporto stesso, minimizzando così la possibilità di un errore incorreggibile.**

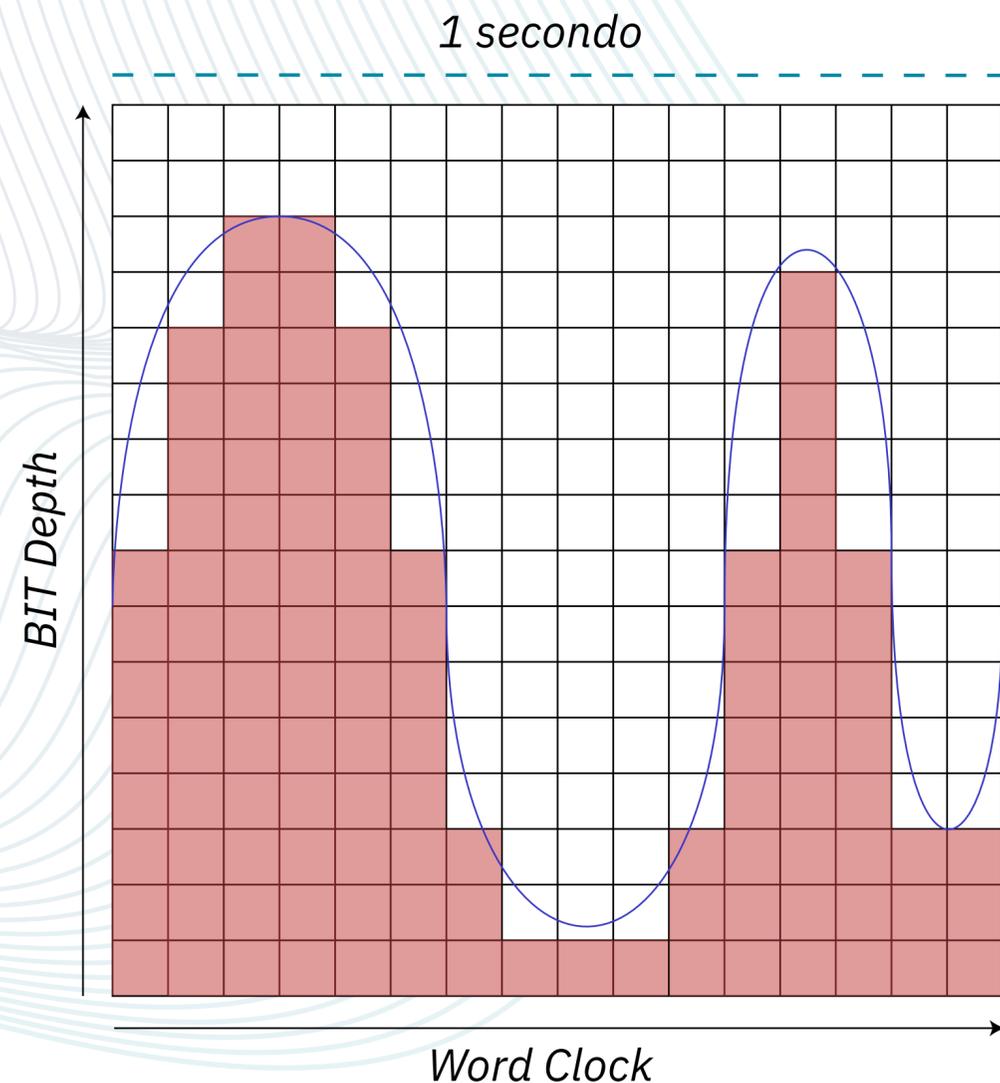
FREQUENZE DI CAMPIONAMENTO AUDIO E BIT-DEPTH

Vi sono frequenze di “word clock” definite come notevoli nei protocolli internazionali di comunicazione digitale e sono utilizzate nel campo audio per interfacciare diversi strumenti di campionamento del segnale audio.

Inoltre un valore fondamentale nella trasmissione di segnali digitali è la **Bit Depth**, la profondità di campionamento utile a definire la pressione sonora per ogni punto campionato lungo l’onda analogica di origine.

Questo valore è **definito dall’ampiezza del bus di comunicazione digitale utilizzato dal convertitore di acquisizione.**

FREQUENZE DI CAMPIONAMENTO AUDIO E BIT-DEPTH



**Freq. di campionamento
[Hz, 1/t]**

44100 Hz
48000 Hz
88200 Hz
96000 Hz
176400 Hz
192000 Hz

**Bit Depth
[bit]**

16 bit
24 bit
32 bit float
(point bit o virgola mobile)

PUNTI DI TRASDUZIONE DEL SEGNALE DENTRO UN SISTEMA PER LO STREAMING

Stadio di microfonazione o “pick-up”: il soggetto che effettua lo streaming è posizionato con la voce o il proprio strumento nelle vicinanze di un microfono o connesso ad un trasformatore di linea dipendentemente dalle necessità di acquisizione dettate dal tecnico del suono.

Stadio di preamplificazione o di “gain”: il segnale trasdotto dai microfoni o dai trasformatori di linea raggiunge tramite la connessione bilanciata “XLR” i preamplificatori dell’unità di smistamento del segnale (scheda audio, convertitore, mixer etc.) per assumere i valori fisici idonei picco-picco dell’onda a vantaggio del dettaglio di quest’ultima in ogni segmento analizzato.

PUNTI DI TRASDUZIONE DEL SEGNALE DENTRO UN SISTEMA PER LO STREAMING

Stadio di processing: in alcuni casi avviene un trattamento preventivo del segnale atto a migliorare le caratteristiche dello stesso tramite equalizzatori e/o compressor audio.

Stadio di conversione digitale: un sistema di conversione AD permette, in funzione di una frequenza di scansione dell'onda del segnale detta "word clock" o "frequenza di campionamento", di memorizzare punti finiti di correlazione digitale rappresentativi dell'onda di origine. Più alta è la frequenza del word clock e più punti di campionamento avremo a disposizione, aumentando la risoluzione audio e migliorando il segnale digitale ottenuto.

ANALISI ACUSTICA DEI DIVERSI AMBIENTI DELLO STEAMING AUDIO

Sarà soprattutto l'ambientazione di acquisizione a stabilire, grazie alle sue **caratteristiche di risposta acustica**, quale sarà la migliore via per operare nella **microfonazione e nella scelta della catena analogica e digitale dell'apparecchiatura coinvolta**.

Gli ambienti possono essere di due tipologie: **naturali e trattati**.

In ognuno dei due casi il suono avrà modo di propagarsi con una caratteristica di velocità simile (340 m/s a 20°C) ma con risposta, dovuta all'interazione dell'ambiente, profondamente diversa.

Questa differenza dovuta all'ambiente e non al suono è definita da tre caratteristiche variabili: **densità del materiale di realizzazione, dimensione e geometria**.

ANALISI ACUSTICA DEI DIVERSI AMBIENTI DELLO STEAMING AUDIO

Queste caratteristiche di definizione ci aiutano a capire come si comporterà un ambiente in funzione di un'eccitazione fisica derivata dall'azione di un suono.

Negli ambienti naturali il suono interagirà con le caratteristiche indipendentemente dall'esito positivo o negativo delle interazioni suono-superfici sulla natura del suono d'origine.

Negli ambienti trattati il suono interagirà con un sistema di superfici e materiali atto a preservare le caratteristiche dell'informazione contenuta nel suono d'origine.

CARATTERISTICHE DEL SEGNALE ACUSTICO IN ANALISI

Wallace Sabine, già nel 1922, sviluppò la formula per ottenere il coefficiente di riverberazione **RT60**.

Esso descrive il valore della riverberazione ambientale, in secondi, grazie allo studio del decadimento di un segnale acustico sorgente di 60dB dal momento della sua emissione tramite sistemi acustici in un ambiente.

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

[s; secondi]

k = costante per sistema metrico [0,161 metri; 0,049 piedi]

V = volume dell'ambiente in analisi [m³]

Sa = sommatoria dei coefficienti di fonoassorbenza dei materiali formanti le superfici [Sa - Sabine].

ANALISI CONVOLUTIVA

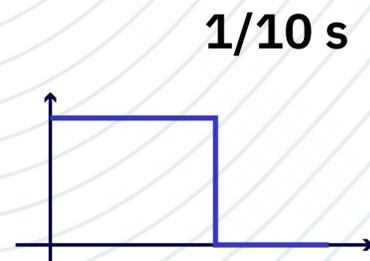
Sarà soprattutto l'ambito sperimentale a stabilire quali sono le caratteristiche di un ambiente di acquisizione o di controllo (nel caso di una regia).

Viene definito “convolutivo” lo **studio in ambito acustico delle varie fasi nello sviluppo della risposta a un'eccitazione sonora standardizzata di un ambiente**. La convoluzione ripropone il modello matematico del riverbero misurato.

ANALISI CONVOLUTIVA

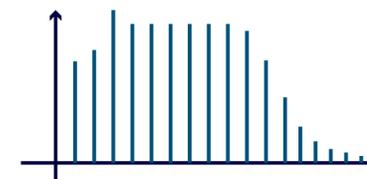
Nella pratica un impulso lanciato nell'atmosfera contenuta nell'ambiente ci aiuta a capire le fasi di sviluppo di un riverbero:

- **Pre-delay:** tempo iniziale di sviluppo dei primi effetti sull'ambiente colpito dall'impulso. Durante questa fase è possibile definire le prime risposte date dalle superfici, dette Early Reflections.
- **Hold:** tempo di permanenza a un determinato volume di risposta all'impulso.
- **Tail:** coda di decadimento del riverbero dove possono essere percepite le Late Reflections dalle superfici più distanti dal punto sorgente.



involuppo breve e violento del segnale di analisi per convoluzione riprodotto nell'ambiente analizzato

PRE | HOLD | TAIL



Istogramma di risposta che, per ogni fascia di analisi, censisce ogni punto di sviluppo del riverbero generato dall'ambiente

RISPOSTA IN FREQUENZA

Ogni tipologia di ambiente avrà una riverberazione oltre che una caratteristica risposta in frequenza.

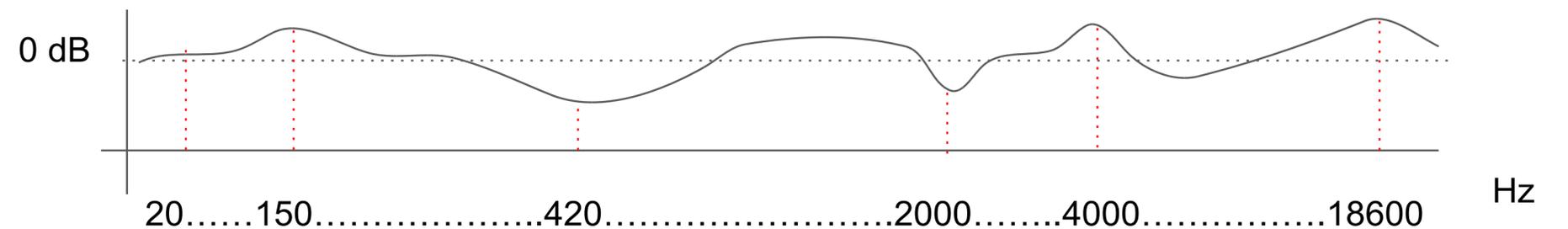
Questa operazione **definisce le frequenze che, in funzione delle caratteristiche acustiche dei materiali e della geometria dello spazio, possono acquisire volume quando interagiscono in maniera additiva o perdere volume in occasione di quelle che interagiscono in maniera sottrattiva.**

I test vengono effettuati tramite un sweep (glissato) di frequenze che percorrono in maniera scalare lo spettro udibile dall'uomo (da 20 Hz a 20000 Hz o poco oltre).

RISPOSTA IN FREQUENZA

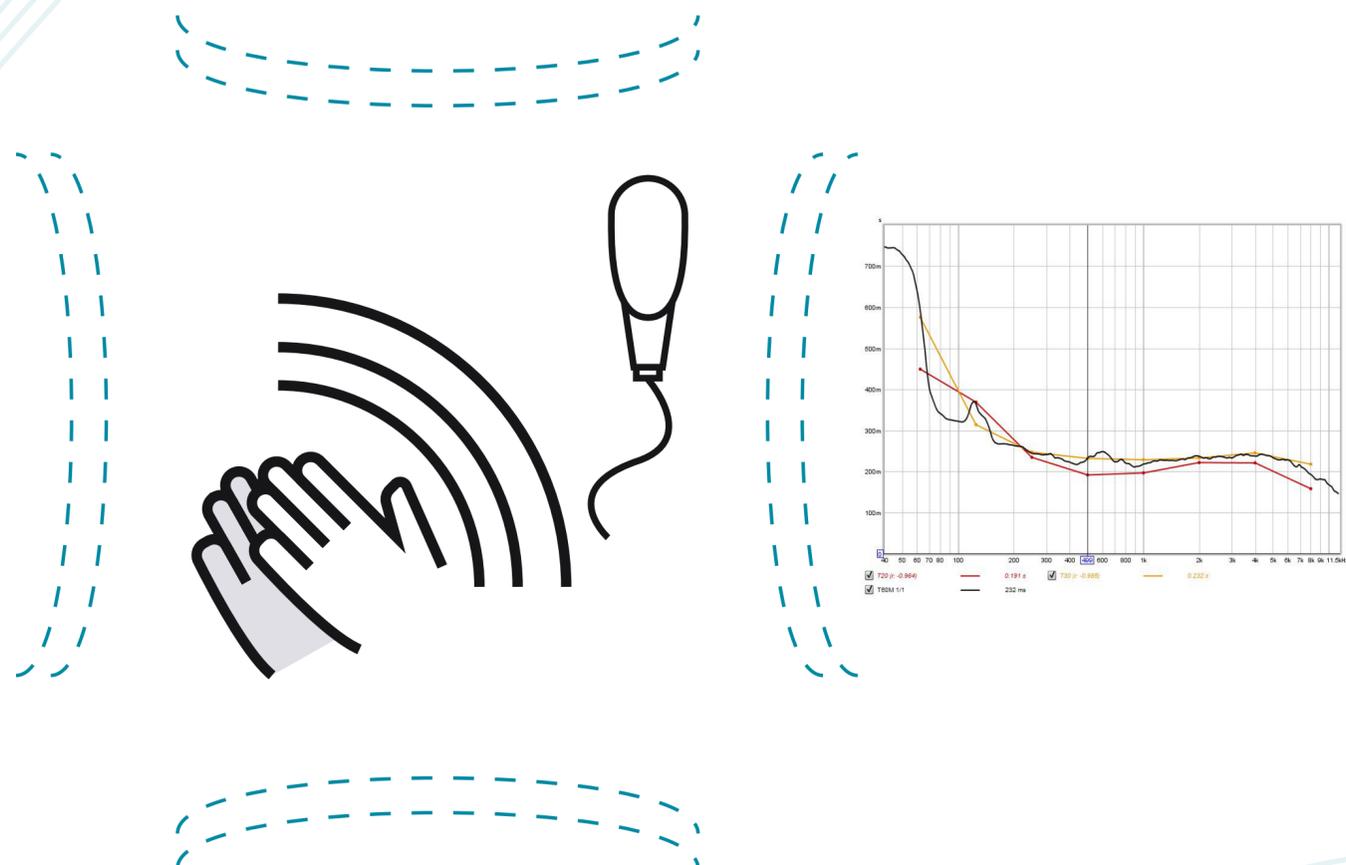
Il test individua quante sono le componenti in frequenza che non vengono rese dall'ambiente allo stesso volume di emissione alla sorgente.

I microfoni di misurazione vengono posti a 0 dB di guadagno nell'ambiente in analisi e **viene emesso un sweep per un test della durata di 30 secondi.**

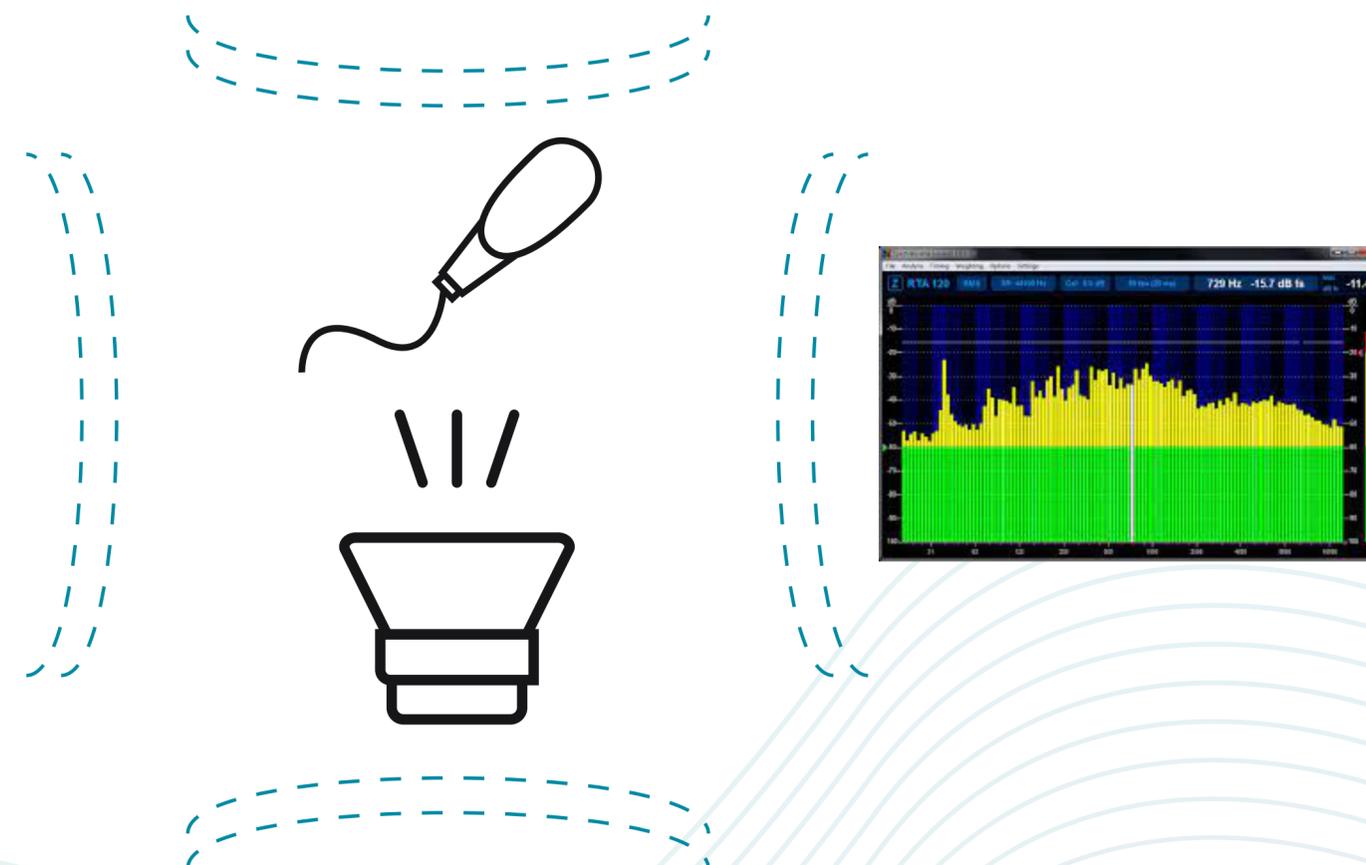


ESEMPI DI TEST ACUSTICO

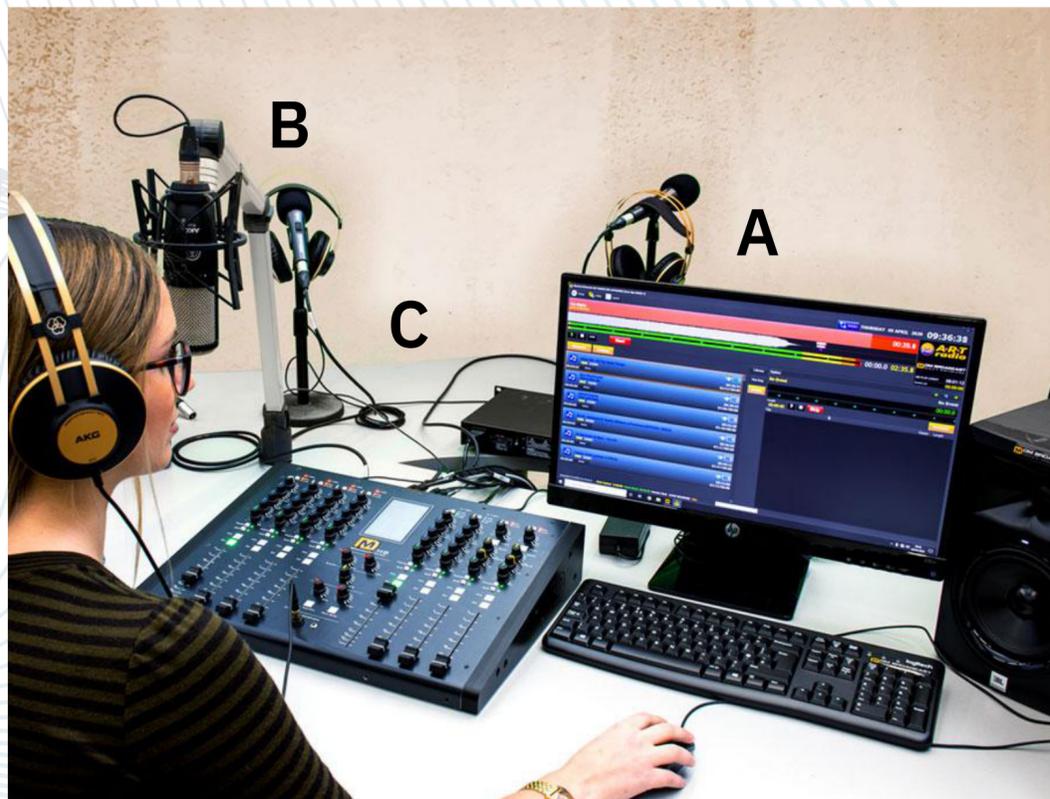
Test RT60



Test risposta in frequenza



STUDIO BROADCAST



Come ben visibile nella fotografia, il cuore dello streaming studio è sicuramente il sistema digitale **A** che comprende una DAW configurata in base alle necessità della trasmissione audio.

Il punto di sorgente e riproduzione per l'operatore **B** è la postazione da cui tramite il microfono si acquisisce l'informazione audio e contemporaneamente è possibile seguire l'audio attraverso cuffie il cui segnale riprodotto è indipendente dall'uscita audio da trasmettere.

A rendere possibile l'interconnessione tra il sistema informatico e la strumentazione analogica è il sistema di controller e conversione **C**, che comprende un'unità AD/DA di N ingressi e una riproduzione fisica degli slider di controllo di più tracce separate.

REGIA DI CONTROLLO AUDIO

Il locale designato a regia o control room è **un locale solitamente trattato acusticamente** il cui RT60 è inferiore ad 1 secondo e la risposta in frequenza presenta una linearità sul grafico che ci permette di percepire in maniera non contaminata da riflessioni o carenze dell'ambiente.

Questi ambienti vengono realizzati con l'ausilio di materiali fono-assorbenti e fono-riflettenti e le dimensioni vengono stabilite dal rapporto aureo che ci aiuta a definire la corretta proporzione delle dimensioni.

Sono contenuti nella regia i **sistemi di acquisizione, quelli di riproduzione e le terminazioni microfoniche** che ci permettono di collegare microfoni e strumenti alle apparecchiature di processing.

CONTROL ROOM



Monitor

*DAW
Recording System*

Monitor

Meter Bridge

*Monitor
control system*

Outboards

*Headphones
Amplifier*

Mxing Desk / Console

Preamps

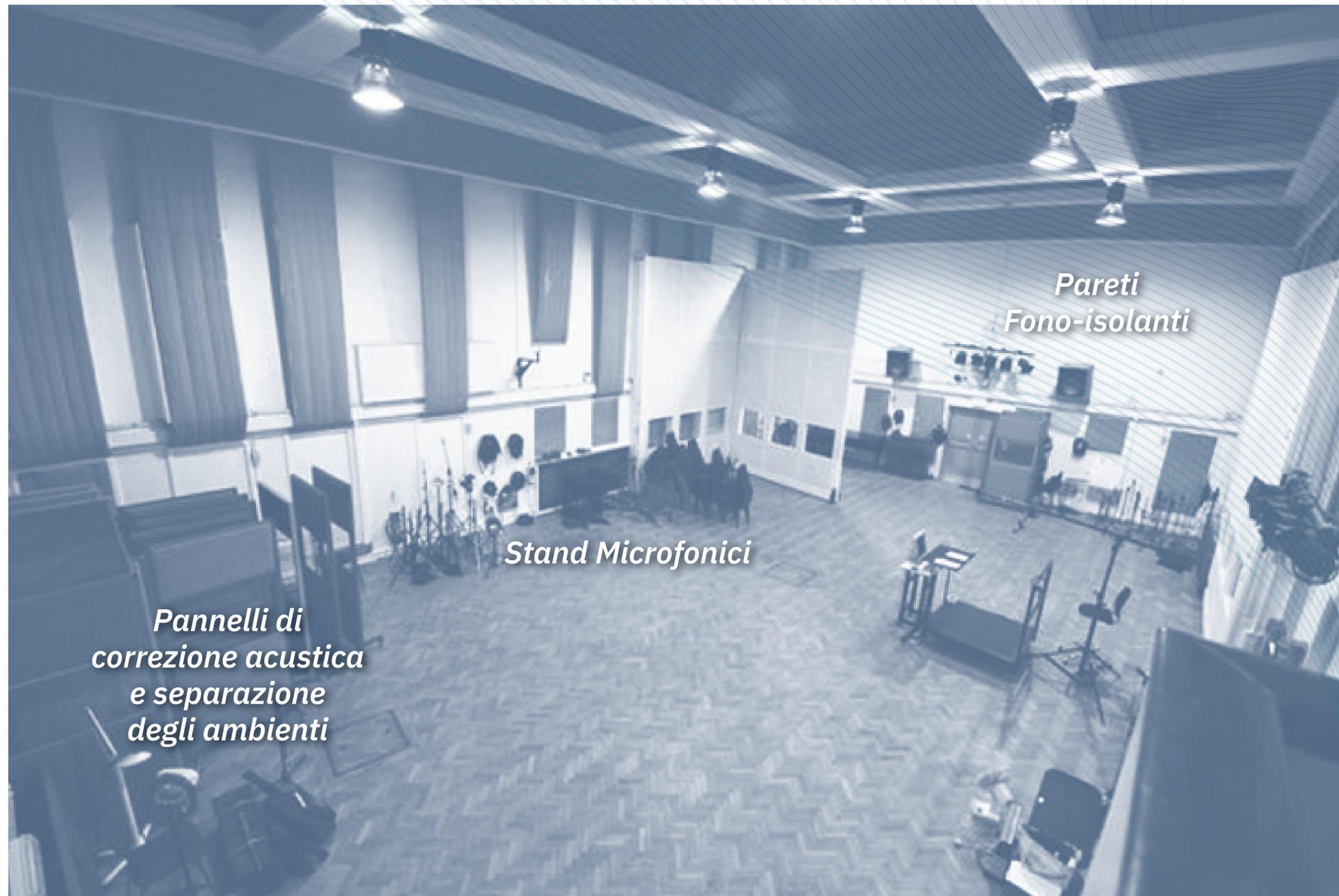
LIVE ROOM

Con Live room si intende la regione di studio dove sono collocati i microfoni per la registrazione della sorgente o le connessioni con sistemi elettronici di generazione del suono.

Esso può anche essere un ambiente non trattato acusticamente e designato ad un evento di rappresentanza, interviste e broadcast.

Le caratteristiche acustiche dell'ambiente ci permetteranno di definire quali tipologie di attrezzatura e microfoni impiegare per ottenere il miglior dettaglio nel campionamento senza interferenze ambientali dovute a riverberi o rumore esterno.

LIVE ROOM



*Pannelli di
correzione acustica
e separazione
degli ambienti*

Stand Microfonici

*Pareti
Fono-isolanti*

DAVIDE CHIARI
Producer / Sound Engineer