

Decibel

- Il **decibel** (simbolo dB) è un'unità di misura di tipo **logaritmico** che esprime il rapporto fra due livelli di cui uno, quello al denominatore, è preso come riferimento; è un sottomultiplo del poco usato **Bel** : $10 [\text{dB}] = 1 [\text{B}]$.

La differenza in dB fra due numeri , o due grandezze fisiche dello stesso tipo , come due potenze N1 e N2, è:

$$PowerRatio_{db} = 10 \log_{10} \left(\frac{N1}{N2} \right)$$

- Questa unità di misura è particolarmente comoda in molti casi. Quando si deve fare uso di formule che usano generalmente moltiplicazioni o divisioni con i decibel esse si trasformano in somme e sottrazioni, semplificando i calcoli ; inoltre quando si hanno in gioco grandezze che variano di **molti ordini** di grandezza la **scala logaritmica** permette di comprimere i valori , e quindi di parlare di **100 [dB]** invece che di un rapporto **1 a 10.000.000.000** ; infine ci sono fenomeni come quelli acustici per cui una scala logaritmica si adatta meglio alla nostra esperienza. In elettronica ed elettrotecnica, nel calcolo di tensioni o correnti elettriche, essendo la potenza proporzionale al **quadrato** della tensione o della corrente, si usa la formula :

$$Ratio_{db} = 10 \log_{10} \left(\frac{N1}{N2} \right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{N1}{N2} \right)$$

sfruttando le proprietà dei logaritmi.

- Il guadagno degli amplificatori viene spesso espresso in decibel, dal rapporto fra l'ampiezza del segnale in ingresso e quello in uscita.
- La dinamica di un segnale viene espressa in decibel, dal rapporto fra l'ampiezza massima e quella minima che assume lungo l'arco della sua durata.

- **Decibel assoluti**

Spesso si sceglie di misurare grandezze (tensioni, potenze ecc.) direttamente in decibel, ovvero riferendo la grandezza alla sua unità di misura.

- Usando la definizione sopra riportata scegliamo per N2 l' **unità di misura** appropriata, ad esempio **1 [V]** o **1 [A]** , specificando questo fatto nel simbolo dimensionale della misura:

decibel-Volt **dB V**

decibel-Watt **dB W**

decibel milliwatt **dB mW**

e poi si calcola il rapporto in dB fra la grandezza misurata e quella di riferimento

- Esempio: una tensione di **220 [V]** equivale a **46,8 [dBV]** , con V di riferimento **1 [V]** o a **106,8 [dB mV]** con V di riferimento **1 [mV]** .

In elettronica è diffuso l'uso - formalmente non corretto - di abbreviare la sigla dBmW in dBm, sottintendendo l'unità di misura.

- **Decibel relativi**

Quando si effettua il rapporto fra due grandezze misurate, ad esempio la potenza in uscita rispetto a quella in entrata in un apparato (la definizione di guadagno), allora si parla di decibel relativi. In questo caso la notazione non prevede l'inserimento dell'unità di misura, come nei dB assoluti, ma rimane adimensionale.

Ad esempio:

$$10 \log_{10} \left(\frac{100mW}{10mW} \right) = 10dB$$

- **VU-meter**

I VU-meter degli amplificatori audio e dei registratori a nastro magnetico riportano una scala in decibel dove il massimo è spesso **+3 o +6 [dB]**, e il minimo è un valore negativo che rappresenta la dinamica dell'amplificatore o del registratore: in questi casi, lo **zero della scala** (la grandezza di riferimento) è dato dall' **ampiezza massima** del segnale che può essere riprodotto senza che l'apparato introduca distorsione.

In acustica vengono usati i **dB_{SPL}** per indicare il livello di pressione sonora. La sigla SPL, infatti, sta ad indicare **Sound Pressure Level**. Si calcola in questo modo:

$$SPL = 20 \text{Log} \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

dove p_0 indica la **pressione sonora** corrispondente alla **soglia di udibilità**, pari a $20 \text{ [} \mu\text{Pa} \text{]} = 20 \times 10^{-6} \text{ [Pa]}$

Vengono definiti : il livello di **intensità acustica** (Intensity Level , IL) che si misura in **dB**

e l' intensità di un'onda sonora

che è definita come la quantità di energia che passa attraverso l'unità di area nell'intervallo di tempo unitario.

L'intensità acustica decresce come il reciproco del quadrato della distanza.

Il livello **L_w** di potenza acustica, riferito ad una potenza $W_0 = 10^{-12} \text{ [watt]}$, è :

$$L_w = 10 \log_{10} \left(\frac{W}{W_0} \right)$$

$$IL = 20 \text{Log} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Pressione sonora

- La pressione sonora è la variazione di pressione rispetto alla condizione di quiete causata da una perturbazione (**onda sonora**).
- La pressione sonora può essere misurata usando un microfono (misura in aria) o un idrofono (misura in acqua) .
- L'unità di misura del Sistema Internazionale della pressione sonora è il Pascal [*Pa*]
- Per un'onda sonora, la grandezza complementare alla pressione sonora è la velocità delle particelle.
Per piccoli segnali, la pressione sonora e la velocità delle particelle sono proporzionali
(legge di Ohm acustica) e il loro rapporto viene detto **impedenza acustica** .

L'impedenza acustica dipende dalle caratteristiche dell'onda e del mezzo.
Il prodotto della pressione sonora e della velocità delle particelle prende il nome di **intensità sonora istantanea**

Livello di pressione sonora

- Il livello di pressione sonora (SPL) o *livello sonoro* L_p è una misura logaritmica della pressione sonora efficace di un'onda meccanica (sonora) rispetto ad una sorgente sonora di riferimento. Viene misurata in decibel sonori (simbolo db_{SPL}) :

$$L_p = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right) \text{ dB}$$

dove p_0 è la pressione sonora di riferimento (è la soglia uditiva a 1000 [Hz]) e p è il **valore efficace** della pressione sonora che si vuole misurare.

La pressione di riferimento più comunemente utilizzata (in aria) è :

$$p_0 = 20 [\mu\text{Pa}] \quad (\text{RMS} \equiv \text{valore efficace})$$

Può essere utile esprimere la pressione sonora in termini di decibel sonori quando si ha a che fare con problemi legati all'udito, dal momento che

l' intensità percepita dall'orecchio umano è circa proporzionale al logaritmo della pressione sonora .

Misura del livello di pressione sonora

Se il mezzo di propagazione è l'aria (o altro mezzo gassoso), il livello di pressione sonora (SPL) è quasi sempre espresso in decibel rispetto alla pressione di riferimento di **20 [μPa]**, di solito considerata la **soglia di udibilità** per l'uomo medio (equivale all'incirca alla pressione sonora prodotta da una **zanzara che vola a tre metri di distanza**).

Le misure per strumentazione audio vengono quasi sempre effettuate in riferimento a tale valore.

Tuttavia, in altri mezzi, ad esempio in acqua, viene più spesso utilizzata una pressione di riferimento pari ad **1 [μPa]**.

Dato che l'orecchio umano ha una **risposta in frequenza non piatta**, si effettuano spesso delle compensazioni in frequenza, in modo che l'SPL misurato coincida con il livello sonoro percepito.

Quando si misura il livello sonoro prodotto da un oggetto, è importante misurare anche la distanza dalla sorgente sonora.

L' SPL è **inversamente proporzionale alla distanza** e non al quadrato della distanza (come succede con l'intensità sonora).

Nella maggior parte dei casi, inoltre, dipende anche dalla posizione rispetto alla sorgente, quindi potrebbe essere necessario effettuare numerose misure a seconda dei casi.

Nota la pressione sonora p_1 alla distanza r_1 , si ha alla distanza r_2 :

$$p \propto \frac{1}{r}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$p_1 = p_2 \cdot r_2 \cdot \frac{1}{r_1}$$

Sorgente sonora	Pressione sonora pascal	Livello di pressione sonora dB_{SPL} (rif. 20 [μPa])
Esplosione vulcano Krakatoa	$2 \cdot 10^45$	1000
All'interno di un tornado	$\approx 63.000.000$	250
Limite teorico per suono indistorto a 1 atmosfera di pressione ambientale	101.325	194
Lesioni istantanee al tessuto muscolare	50.000	\approx 185
Esplosione del Krakatoa a 160 km	20.000	180
Colpo di un fucile M1 Garand a 1 m	5.000	168
Motore di un jet a 30 m	630	150
Colpo di fucile a 1 m	200	140
Soglia del dolore	63	130
Danneggiamento dell'udito per esposizione a breve termine	20	\approx 120
Motore di un jet a 100 m	6 ↔ 200	110 ↔ 140
Martello pneumatico a 1 m; discoteca	2	\approx 100
Danneggiamento dell'udito per esposizione a lungo termine	0,6	\approx 85
Traffico intenso a 10 m	0,2 ↔ 0,6	80 ↔ 90
Treno passeggeri in movimento a 10 m	0,02 ↔ 0,2	60 ↔ 80
Ufficio rumoroso; TV a 3 m (volume moderato)	0,02	\approx 60
Conversazione normale a 1 m	0,002 ↔ 0,02	40 ↔ 60
Stanza silenziosa	0,0002 ↔ 0,0006	20 ↔ 30
Stormire di foglie, respiro umano rilassato a 3 m	0,00006	10
Soglia di udibilità a 2 kHz (uomo con udito sano)	0,00002	(rif.) 0

L' SPL nella strumentazione audio

- Gran parte dei produttori usano il livello di pressione sonora come indice dell' efficienza elettrica dei loro altoparlanti.

La modalità più comune consiste nel misurare l'SPL con il rilevatore posto centralmente e a **1 metro** di distanza dalla sorgente.

Viene poi fatto riprodurre un particolare tipo di suono (in genere **rumore bianco** o **rumore rosa**)

con un'intensità fissa e nota, in modo che la sorgente assorba una potenza pari ad **1 [watt]** .

Una misura di questo genere viene ad esempio espressa come “ **SPL : 93 [db 1W / 1m]** “ .

- Questa misura può anche essere un rigoroso rapporto di efficienza tra **la potenza sonora in uscita e la potenza elettrica in ingresso** , ma questo metodo è meno diffuso.
- Questo metro di giudizio per la qualità degli altoparlanti è spesso fuorviante, perché quasi tutti i trasduttori producono livelli di pressione sonora diversi a frequenze diverse, talvolta con variazioni anche di una decina di decibel nella banda di funzionamento (in altoparlanti di scarsa qualità)
- In genere, il produttore indica un valore medio in una certa banda.

Pressione

- La pressione è una grandezza fisica, definita come il rapporto tra la forza agente normalmente su una superficie e la superficie stessa. Il suo opposto (una pressione con verso opposto) è la tensione meccanica.
- La pressione è una grandezza intensiva e quindi si intende sempre riferita all' unità di superficie

$$p = \frac{F_{\perp}}{S}$$

Unità di misura

- **Pascal** (nel Sistema Internazionale) $1 [\text{Pa}] = 1 [\text{newton per metro quadrato}]$
- **Bar** → $1 [\text{Bar}] = 10^5 [\text{Pa}]$ (sono di larga diffusione anche alcuni dei sottomultipli del bar, in particolare il millibar è molto usato in meteorologia ed il microbar in acustica).
- torr , pressione esercitata da una colonna di mercurio alta 1 mm
- **at , atmosfera** $1 [\text{at}] = 1 [\text{kg} / \text{cm}^2]$
- **atmosfera standard** (abbreviata in **atm**) è un'unità di misura definita con precisione a sei cifre nel Sistema Internazionale, per approssimare una quantità che varia costantemente a seconda del luogo e del momento.
È all'incirca uguale alla pressione tipica dell' aria a livello del mare ed è definita come :

$$1 [\text{atm}] = 101\,325 [\text{pascal}]$$

Un esempio è la pressione dell'aria all'interno di uno pneumatico d'automobile, ad esempio una pressione di 2,2 atmosfere, in realtà significa 2,2 atmosfere oltre la pressione atmosferica

- Con la diffusione dell'uso del Sistema Internazionale anche in ambito meteorologico, la pressione atmosferica si misura in centinaia di Pascal o ettopascal, abbreviato con **hPa**.
- Dal momento che $1013,25 \text{ millibar} = 101\,325 \text{ Pa} = 1013,25 \text{ hPa}$, si ha una identità tra l' **ettopascal** ed il **millibar**.

Unità di pressione e fattori di conversione

	Pascal	bar	N/mm²	kg/m²	kg/cm² (=1 at)	atm	Torr
1 Pa (N / m²) =	1	10⁻⁵	10⁻⁶	0,102	0,102×10⁻⁴	0,987×10⁻⁵	0,0075
1 Bar (din / cm²) =	100 000	1	0,1	10 200	1,02	0,987	750
1 N / mm² =	10⁶	10	1	1,02×10⁵	10,2	9,87	7 501
1 kg / m² =	9,81	9,81×10⁻⁵	9,81×10⁻⁶	1	10⁻⁴	0,968×10⁻⁴	0,0736
1 kg / cm² (1 at) =	98 100	0,981	0,0981	10 000	1	0,968	736
1 atm (760 torr) =	101 325	1,013	0,1013	10 330	1,033	1	760
1 torr =	133	0,00133	1,33×10⁻⁴	13,6	0,00132	0,00132	1

Microfono

- Il microfono è un **trasduttore** di tipo elettro-meccanico in grado di convertire le onde di pressione sonora in segnali elettrici . Esistono diversi tipi di microfono che basano il proprio funzionamento su differenti tecnologie e metodi di conversione.

I microfoni vengono classificati principalmente secondo :

- **tipologia di funzionamento** (in pratica il tipo di trasduttore)
- **caratteristica direzionale** (ovvero la diversa sensibilità del trasduttore in relazione alla direzione di provenienza del suono).

Altre caratteristiche **tecniche** sono :

- **banda passante / risposta in frequenza**
- **dinamica e sensibilità**
- **impedenza**
- **necessità o meno di alimentazione.**

Vi sono poi le caratteristiche **psico-acustiche** :

- **trasparenza del suono**
- **risposta ai transienti**
- **selettività**
- **resa sulle armoniche ecc.**

Possano fare parte del sistema microfonico, a seconda del tipo :

- **trasduttori meccanici ed elettrici**
- **cavità di risonanza**
- **tubi ad interferenza**
- **filtri**
- **sospensioni**
- **alimentatori**
- **amplificatori.**

Il microfono a carbone

Praticamente non più utilizzato, il microfono a carbone sfrutta la variazione di resistività di granuli di carbone , sottoposti ad agitazione meccanica dalla sottile membrana che chiude la capsula che li contiene e che viene sollecitata dalle onde sonore che la investono .

Economico da costruire, può coprire un campo di frequenza molto limitata.

Erano di questo tipo i primi microfoni radiofonici (quelli stile anni '30, che si vedono nei vecchi film) , ma anche le capsule microfoniche adottate per i telefoni a cornetta , quelli con il disco combinatorio , in uso fino agli anni 80 ; agitando tra le dita la capsula, è percepibile il movimento dei granuli, simili a zucchero.



Il microfono dinamico (magnetico)

- Il **microfono dinamico** è strutturalmente simile ad un piccolissimo altoparlante, con funzionamento inverso: sfrutta la **legge di Lenz** per convertire il movimento di una membrana (la parte destinata a raccogliere le pressioni sonore) in **forza elettromotrice**, grazie ad un avvolgimento di filo conduttore sottilissimo meccanicamente fissato alla membrana stessa;

tale avvolgimento è immerso nel **campo magnetico** generato da un nucleo di un magnete permanente.

Il microfono a condensatore

- Il microfono a condensatore (electret) sfrutta le variazioni di capacità del **condensatore**, realizzato con una lamina metallica o di plastica metallizzata costituente l' **armatura fissa** del condensatore, ed una seconda armatura , mobile (la membrana).
- La capsula del microfono a condensatore, avendo caratteristiche di alta sensibilità, si presta a prelevare suoni anche a grande distanza: per tale uso è possibile accentuare le caratteristiche direzionali del microfono, montando la capsula all'interno di tubi progettati e calibrati per ottenere determinate interferenze additive e sottrattive.
- Viene spesso impiegato nella sonorizzazione di molti film.
Altri impieghi del microfono a condensatore sono: conferenze, televisione (microfoni a cella per cravatta) traduzioni simultanee....
- Il microfono a condensatore, il cui principio di funzionamento si basa sulla variazione di un campo elettrico, per funzionare ha bisogno di una **batteria di alimentazione** che viene utilizzata per generare il campo elettrico necessario.
Molto spesso tali microfoni, specialmente se di buona qualità, sono composti da due moduli separati: il modulo di alimentazione (con batteria da pochi volt , fino ai 48 volt dei microfoni professionali) ed il modulo microfono vero e proprio che può essere ad una, due o quattro celle, per distanze piccole, medie e grandi.
- La batteria può non essere necessaria nel caso in cui l'amplificatore al quale viene allacciato sia provvisto di alimentazione "fantasma" (*phantom*) : questo metodo permette di fornire l'energia necessaria al **preamplificatore** contenuto all'interno del microfono



Radiomicrofoni

- Per ovviare alla scomodità dei cavi di trasmissione del segnale elettrico utilizzati dai microfoni tradizionali, sono stati introdotti, e vengono utilizzati principalmente negli studi televisivi o in manifestazioni dal vivo, i cosiddetti **radiomicrofoni**, che incorporano, oltre ad una normale capsula microfonica (solitamente magnetica), un circuito trasmettitore che modula il segnale su un'onda **radio** ed una piccola antenna che trasmette il segnale ad un ricevitore, posto vicino alla consolle o comunque all'unità che si occupa dell'acquisizione del suono.
Il ricevitore si occupa quindi di riconvertire il segnale radio in un segnale audio e passarlo via cavo alla consolle.
- Tali microfoni sono capaci di funzionare anche a decine di metri dal ricevitore, soprattutto in ambienti privi di ostacoli (in particolare pareti in muratura). Data però la necessità di convertire il suono in frequenze radio e poi viceversa, oltre al rischio che si esaurisca la batteria durante la performance o che altre fonti di onde radio interferiscano con la comunicazione, nei concerti e tanto più negli studi di registrazione musicali vengono preferiti i tradizionali microfoni a cavo.