

# Fonometro

Microfono

Preamplificatore

Filtri di ponderazione

[Analisi in frequenza] eventuale

Rivelatore di RMS (valore efficace)

Costanti di tempo Fast, Slow, Impulse, Peak

Indicatori di lettura (fonometro istantaneo)

Circuito integratore (microprocessore) (fonometro integratore!)

Indicatori

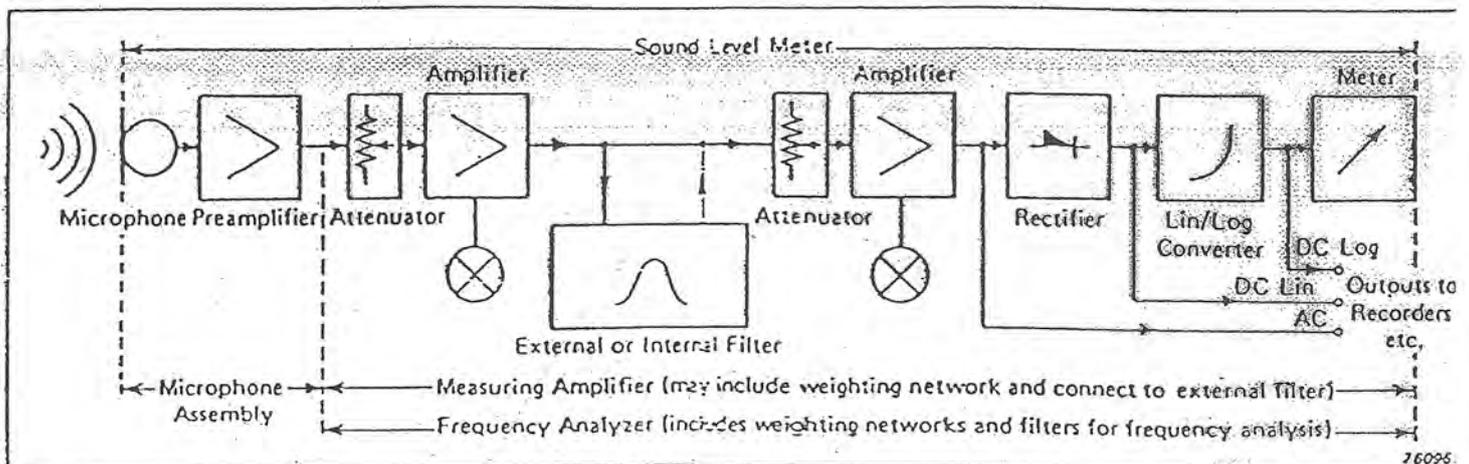
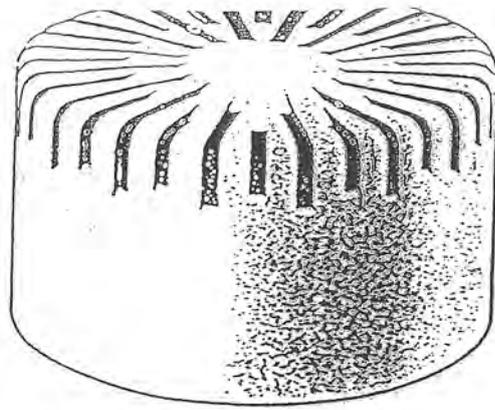
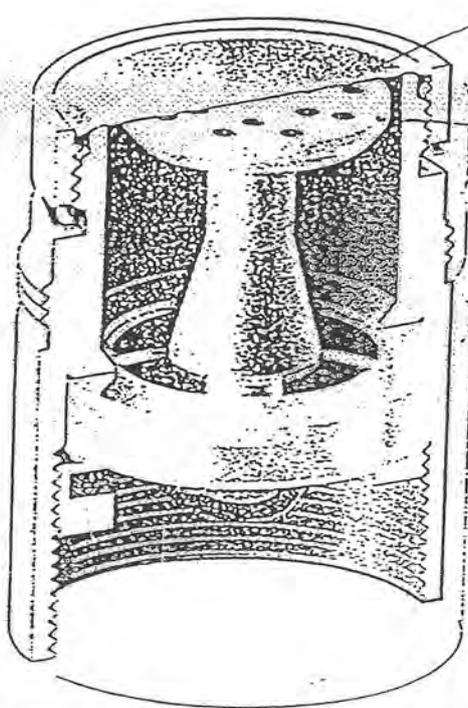


Fig. 4.1: Block diagram of a noise measuring system



Griglia di protezione



Diaphragma

Contro piatto

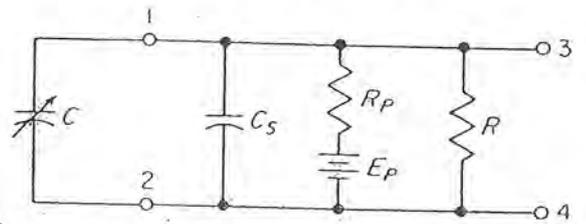
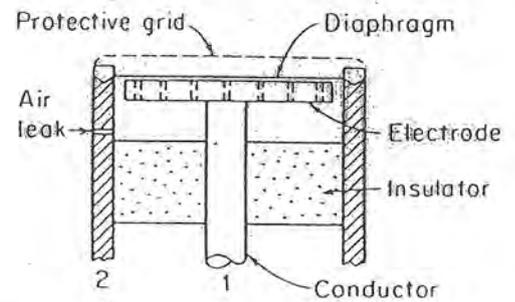
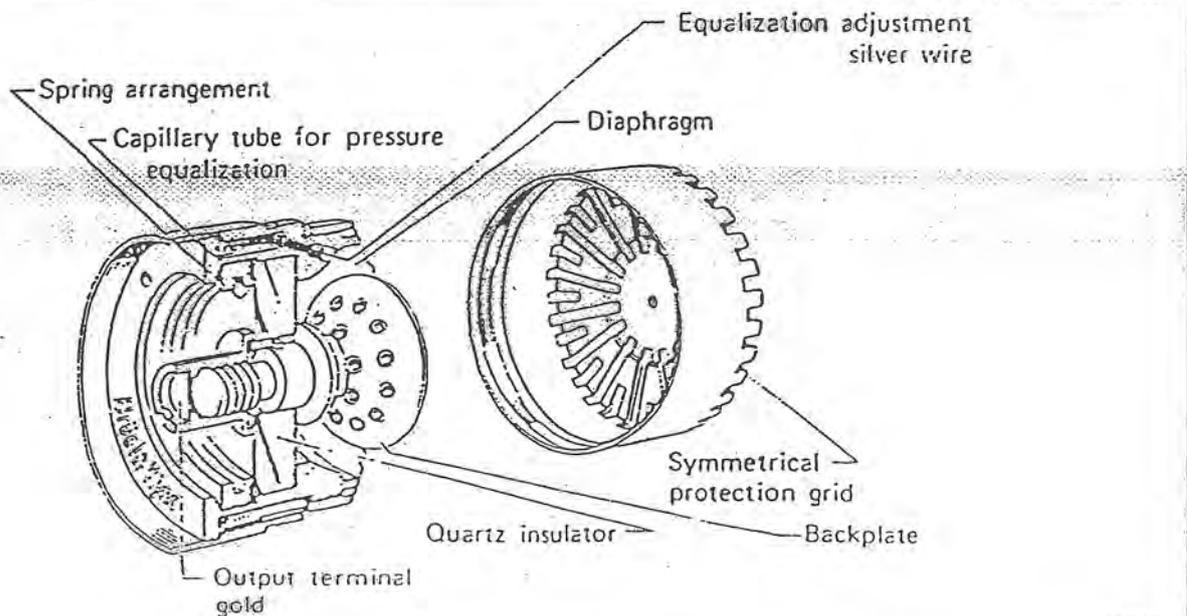


Fig.5.1. Half-inch Condenser Microphone Type 4165

- $C$  = microphone capacitance
- $C_s$  = stray capacitance
- $R_p$  = polarization resistor
- $E_p$  = polarization voltage
- $R$  = preamp. input resistance



170654

Fig 2 Sectional view of a 1" condenser microphone cartridge

# Microfoni

Trasduttore in grado di convertire energia acustica in elettrica.

Per le misure acustiche di precisione si usano generalmente i microfoni a condensatore, costituiti da:

- diaframma metallico in tensione
  - contropiatto di metallo rigido
  - griglia di protezione
  - involucro (o capsula)
  - isolatore
  - terminale di uscita
  - cavità interna con foro di compensazione
- } condensatore ad aria

## Principio di funzionamento

Il diaframma e il contropiatto formano le piastre parallele di un condensatore ad aria, polarizzato tramite una carica sul contropiatto, che varia la sua capacità quando il diaframma vibra.

## Polarizzazione

- Esternamente polarizzati (richiedono un alimentatore)
- Prepolarizzati (hanno la carica fissata sul contropiatto tramite un sottile strato dielettrico)

Preamplificatore microfonico: riduce l'impedenza del segnale in modo da ridurre il rumore elettrico nel cavo.

Alimentatore microfonico: alimenta il preamplificatore e fornisce la tensione di polarizzazione del microfono

# Caratteristiche dei microfoni

## Sensibilità (a circuito aperto)

• rapporto tra la tensione di uscita e la pressione acustica in ingresso:

$$\text{mV/Pa} \quad (10 \div 50)$$

• Influenza delle dimensioni

## Risposta in frequenza

variazione della sensibilità alle varie frequenze

• Influenza delle dimensioni

## Direzionalità

• Influenza dell'orientamento

## Gamma dinamica

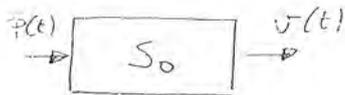
• differenza tra i più alti e i più bassi livelli di pressione sonora misurabili

- Microfoni con risposta in pressione, in campo libero e ad incidenza casuale
- Correzione Frontal/Random

- Microfoni accoppiati in fase per intensità sonora

- simile sensibilità

- simile risposta in fase e in frequenza

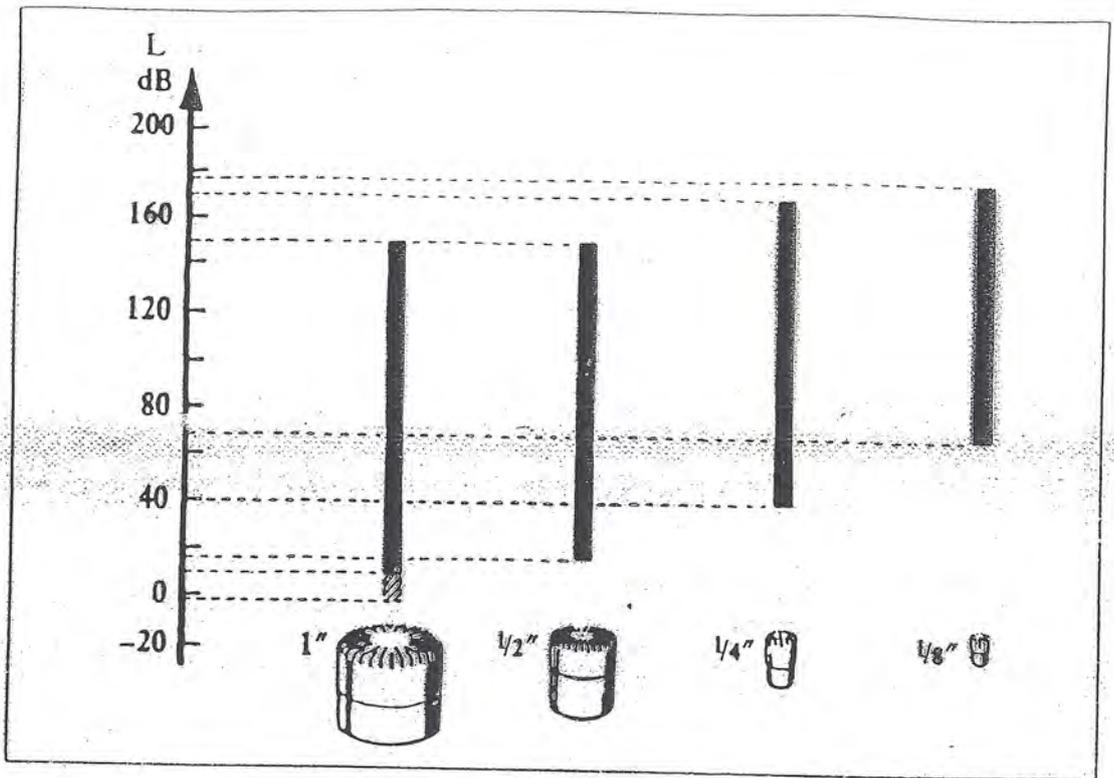


$$v(t) = S_0 p(t)$$

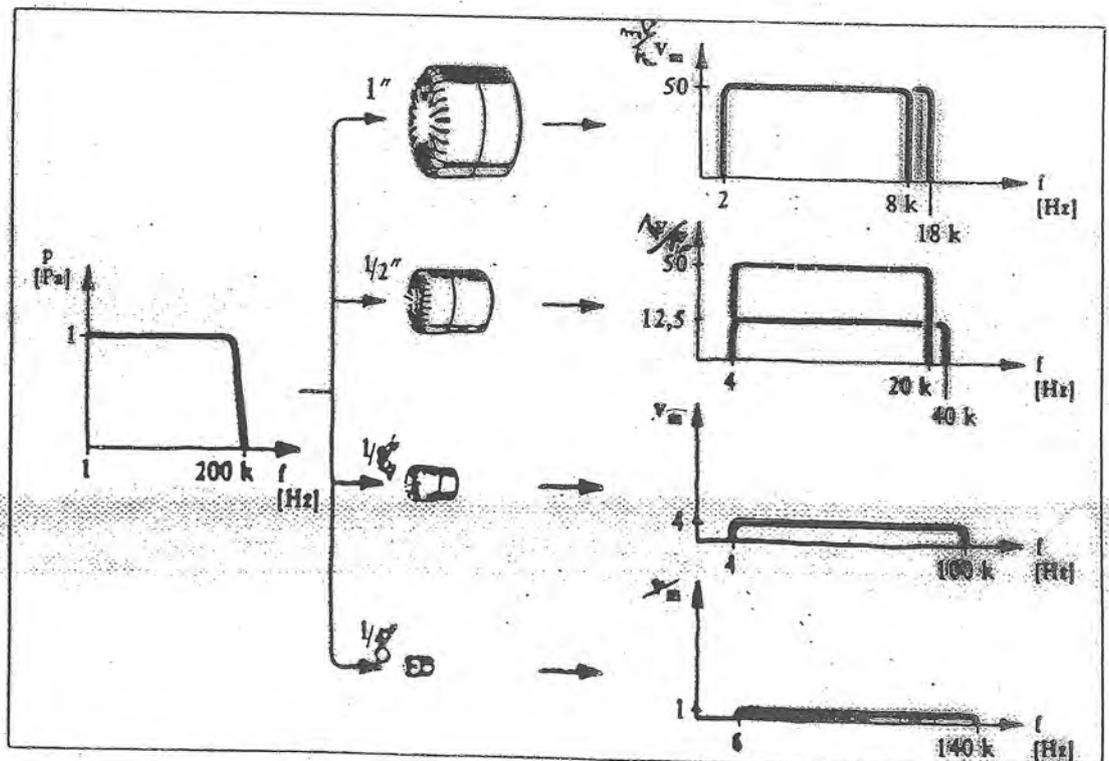
$$v = \frac{v(t)}{p(t)} \text{ mV/Pa}$$

Specification	Type 4188	Type 4189	Type 4190	Type 4191	Type 4192	Type 4193
Description	Prepolarized Free-field	Prepolarized Free-field	Low Noise Free-field	Free-field	Pressure-field	Infrasound, Pressure-field
Nominal Open-circuit Sensitivity	31.6 mV/Pa	50 mV/Pa	50 mV/Pa	12.5 mV/Pa	12.5 mV/Pa	12.5 mV/Pa
Polarization Voltage	0	0	200	200	200	200
Optimized Frequency Response	±1 dB: 12.5 Hz to 8 kHz ±2 dB: 8 Hz to 12.5 kHz	±1 dB: 10 Hz to 8 kHz ±2 dB: 6.3 Hz to 20 kHz	±1 dB: 5 Hz to 10 kHz ±2 dB: 3.15 Hz to 20 kHz	±1 dB: 5 Hz to 16 kHz ±2 dB: 3.15 Hz to 40 kHz	±1 dB: 5 Hz to 7 kHz ±2 dB: 3.15 Hz to 20 kHz	±1 dB: 0.12 Hz to 7 kHz ±2 dB: 0.07 Hz to 20 kHz
Main Standards	IEC 651 Type 1, ANSI S1.4 1983	IEC 651 Type 1	IEC 651 Type 0 and Type 1	IEC 651 Type 0 and Type 1, ANSI S1.12 Type M	ANSI S1.4 Type 1, ANSI S1.12 Type M	ANSI S1.4 Type 1, ANSI S1.12 Type M
Lower Limiting Freq. (-3 dB)	1 to 5 Hz	2 to 4 Hz	1 to 2 Hz	1 to 2 Hz	1 to 2 Hz	10 to 50 mHz
Diaphragm Resonance Frequency	9 kHz	14 kHz	14 kHz	34 kHz	23 kHz	23 kHz
Inherent Noise	14.2 dB (A) 14.5 dB (Lin)	14.6 dB (A) 15.3 dB (Lin)	14.5 dB (A) 15.5 dB (Lin)	20.0 dB (A) 21.4 dB (Lin)	19.0 dB (A) 21.3 dB (Lin)	19.0 dB (A) 21.3 dB (Lin)
3% Distortion Limit	146 dB	146 dB	148 dB	162 dB	162 dB	162 dB
Maximum SPL (Peak)	157 dB	158 dB	159 dB	171 dB	171 dB	171 dB
Nominal Capacitance	12 pF	14 pF	16 pF	18 pF	18 pF	18 pF
Equivalent Volume	65 mm <sup>3</sup>	46 mm <sup>3</sup>	46 mm <sup>3</sup>	11.6 mm <sup>3</sup>	8.8 mm <sup>3</sup>	8.8 mm <sup>3</sup>
Calibrator Load Volume	208 mm <sup>3</sup>	260 mm <sup>3</sup>	250 mm <sup>3</sup>	190 mm <sup>3</sup>	200 mm <sup>3</sup>	200 mm <sup>3</sup>
Pistonphone 4228 Correction (with DP 0776)	+0.02 dB	0.00 dB	0.00 dB	+0.02 dB	+0.02 dB	+0.02 dB
Operating Temperature Range	-30 to 125 °C (-22 to 257 °F) (up to 70 °C with corrector)	-30 to 150 °C (-22 to 302 °F)	-30 to 150 °C (-22 to 302 °F) (can be used up to +300 °C (572 °F) but with a permanent sensitivity change of typically +0.4 dB which stabilises after one hour)			
Temp. Coefficient	+0.005 dB/°C	-0.001 dB/°C	-0.007 dB/°C	-0.002 dB/°C	-0.002 dB/°C	-0.002 dB/°C
Pressure Coefficient	-0.021 dB/kPa	-0.010 dB/kPa	-0.010 dB/kPa	-0.007 dB/kPa	-0.007 dB/kPa	-0.005 dB/kPa
Operating Humidity Range	0 to 100% RH (without condensation)					
Effect of Humidity	<0.1 dB/100% RH					
Effect of Vibration (SPL with axial 1 m/s <sup>2</sup> )	63.5 dB	62.5 dB	62.5 dB	65.5 dB	65.5 dB	65.5 dB
Effect of Magnetic Field (SPL with 80 A/m, 50 Hz field)	7 dB	6 dB	4 dB	16 dB	16 dB	16 dB

Table 1.2 Comparison of main specifications for the different microphones in the Falcon™ Range



790604/1



790603/1

# RISPOSTA IN FREQUENZA



Brüel & Kjær

## Prepolarized Free-field 1/2" Microphone Type 4189

Calibration Chart

Serial No: 2048610

Open-circuit Sensitivity\*,  $S_0$ : -26.6 dB re 1V/Pa

Equivalent to: 46.8 mV/Pa

Uncertainty, 95 % confidence level 0.2 dB

Capacitance: 13.6 pF

### Valid At:

Temperature: 23 °C

Ambient Static Pressure: 101.3 kPa

Relative Humidity: 50 %

Frequency: 251.2 Hz

Polarization Voltage, external: 0 V

### Sensitivity Traceable To:

DPLA: Danish Primary Laboratory of Acoustics

NIST: National Institute of Standards and Technology, USA

IEC 1094-4: Type WS 2 F

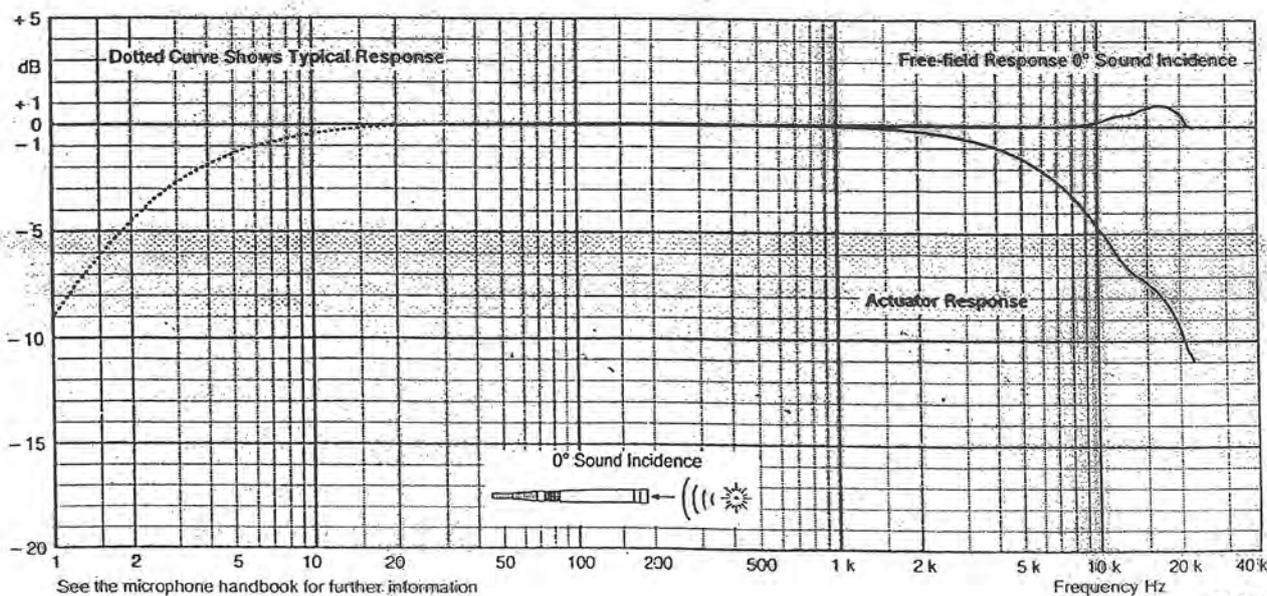
### Environmental Calibration Conditions:

102.1 kPa 24 °C 41 % RH

Procedure: 704215 Date: 26. Feb. 1998 Signature:

\* $K_0 = -26 - S_0$  Example:  $K_0 = -26 - (-26.2) = +0.2$  dB

BC 0224 - 12



# LIMITE BASSA FREQUENZA

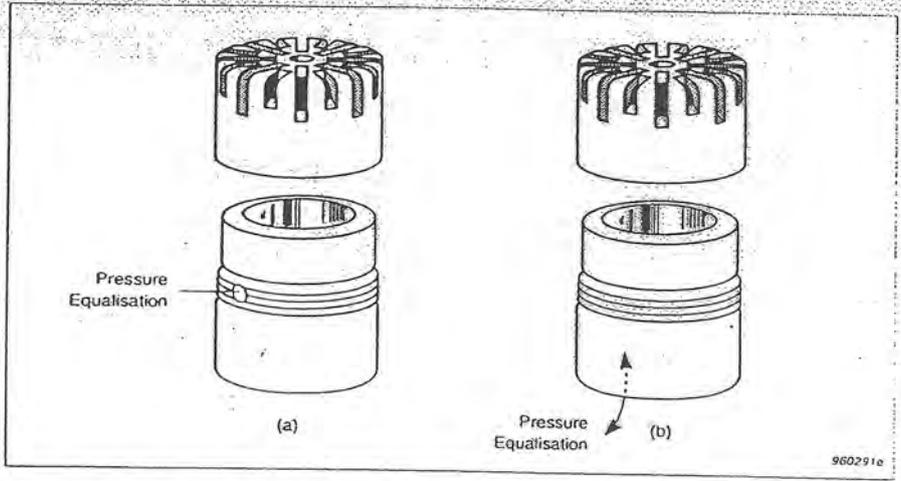
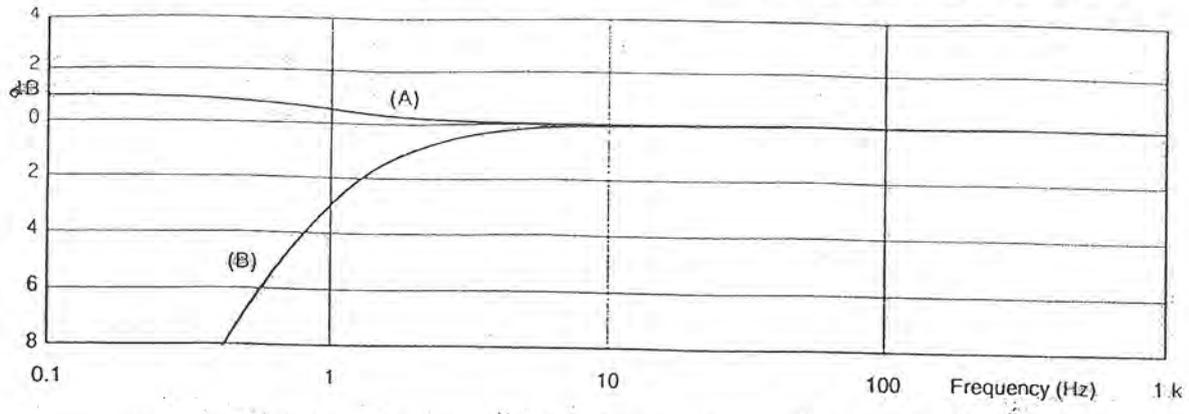


Fig.2.5 Side and Rear Vented Microphones

## 2.3.7 Low Frequency Response and Vent Position

The time constant of the microphone's pressure equalisation system is typically 0.1s. This is a good practical compromise, as the equalisation is generally fast enough to eliminate any disturbance from changing static pressure. It also gives the microphone a flat magnitude response down to less than 5 Hz, which is sufficient for most applications.

Below 10 Hz the frequency response of the microphone is greatly influenced by the pressure equalisation time constant and by the position of the external vent opening. The vent opening might either be exposed to, or be outside the sound field, see Fig.2.6. The response is very different in the two cases.

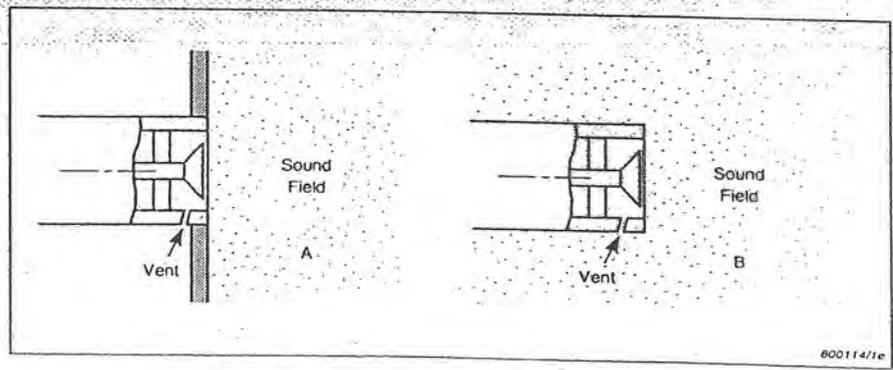


Fig.2.6 Pressure Equalisation Vent positioned inside (B) and outside (A) the sound field. The different situations lead to different microphone responses at low frequencies

# LIMITE ALTA FREQUENZA

È DOVUTO ALL'INTERAZIONE DI  
TRE FENOMENI DIVERSI :

- RISONANZA DELLA MEMBRANA
- ALTERAZIONE DEL CAMPO ACUSTICO DOVUTA ALLE DIMENSIONI DEL MICROFONO.
- NON OMNIDIREZIONALITÀ DEL MICROFONO



## RISONANZA

The damping is caused by the movement of air in the slit between the diaphragm and the back-plate. Diaphragm movements lead to air movements in the slit which cause viscous loss. The damping resistance may be controlled by holes in the back-plate. By changing the number and size of holes and by varying the back-plate's distance to the diaphragm, various degrees of damping may be obtained.

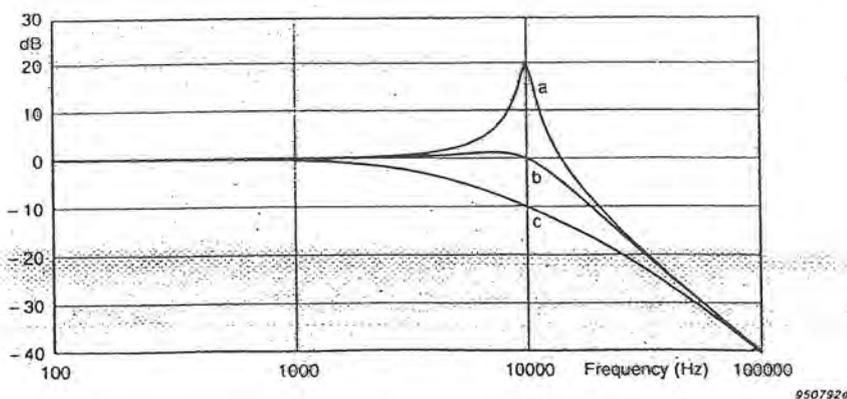


Fig.2.10 Influence of damping on the high frequency microphone response (magnitude). The damping is due to movement of the air in the slit between the diaphragm and back-plate. The damping depends on the microphone design. Examples of a low (a), critical (b) and a high (c) damping are shown

# ALTERAZIONE CAMPO ACUSTICO

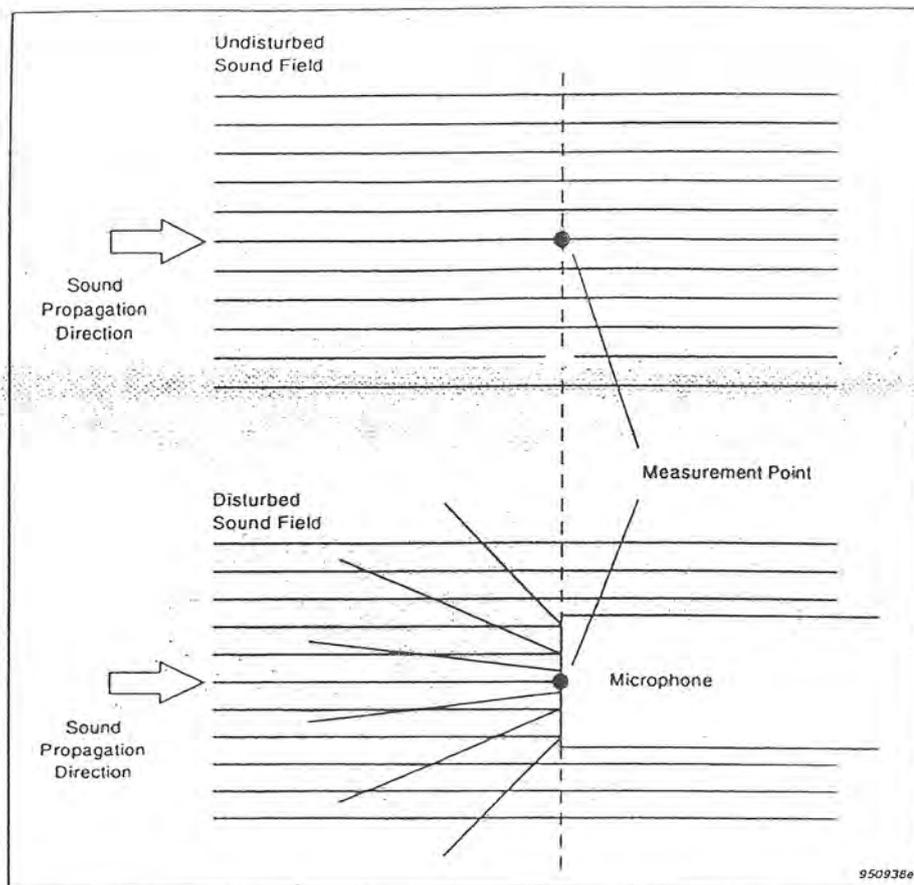
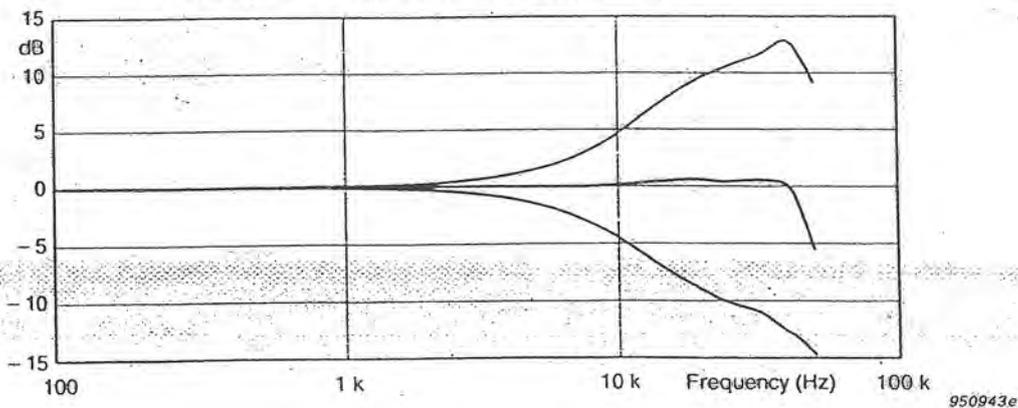


Fig.2.27 Simplified illustration of the disturbance of a plane sound wave caused by a microphone body. The pressure at the position of the diaphragm deviates significantly from that of the undisturbed field at higher frequencies. This effect must be taken into account to avoid large and unacceptable measurement errors



ig.2.30 Pressure at diaphragm position referred to the pressure of the undisturbed field including influence of protection grid, 0° incidence (upper curve). The free-field response of the microphone (middle curve) is flat as the microphone is designed to have a pressure response (lower curve) which falls with frequency and compensates for the increase of pressure. The curves of the example approximate those valid for a 1/2" microphone

# NON OMNI DIREZIONALITÀ

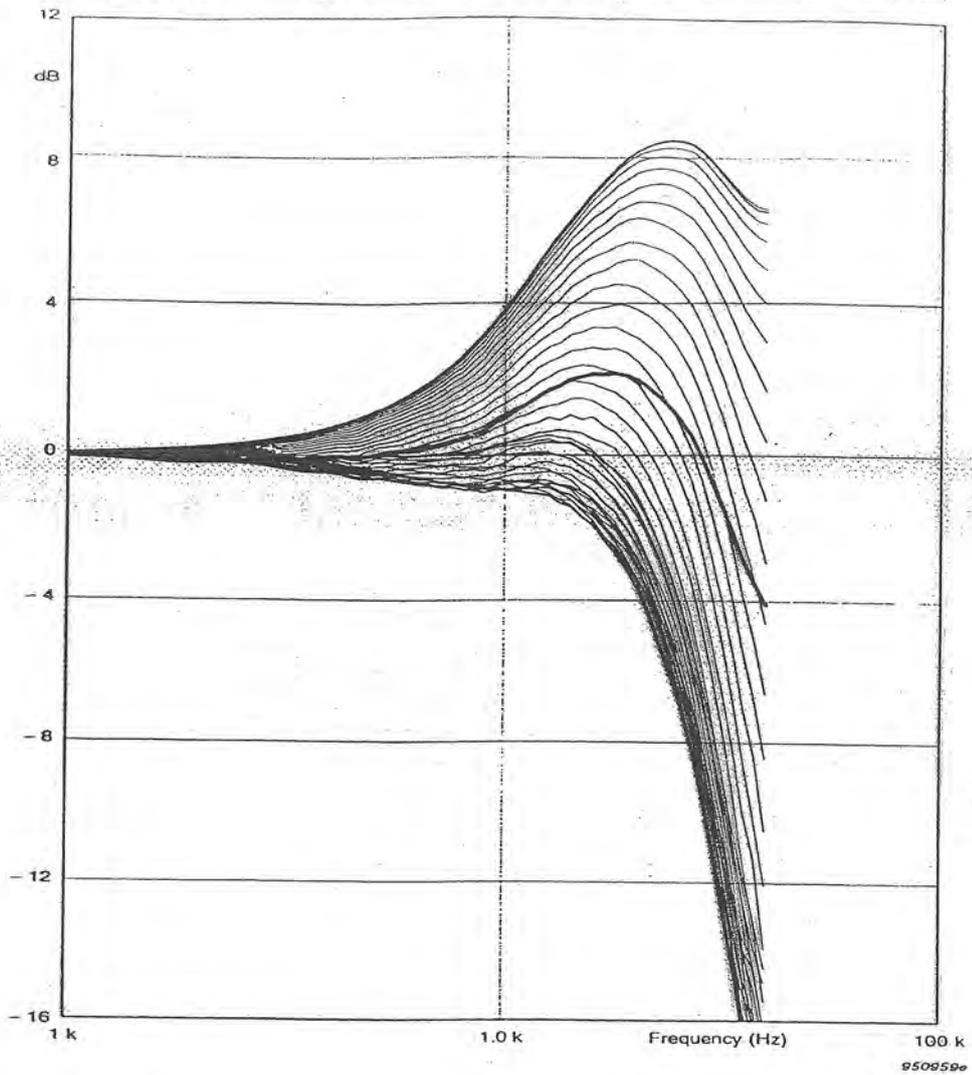
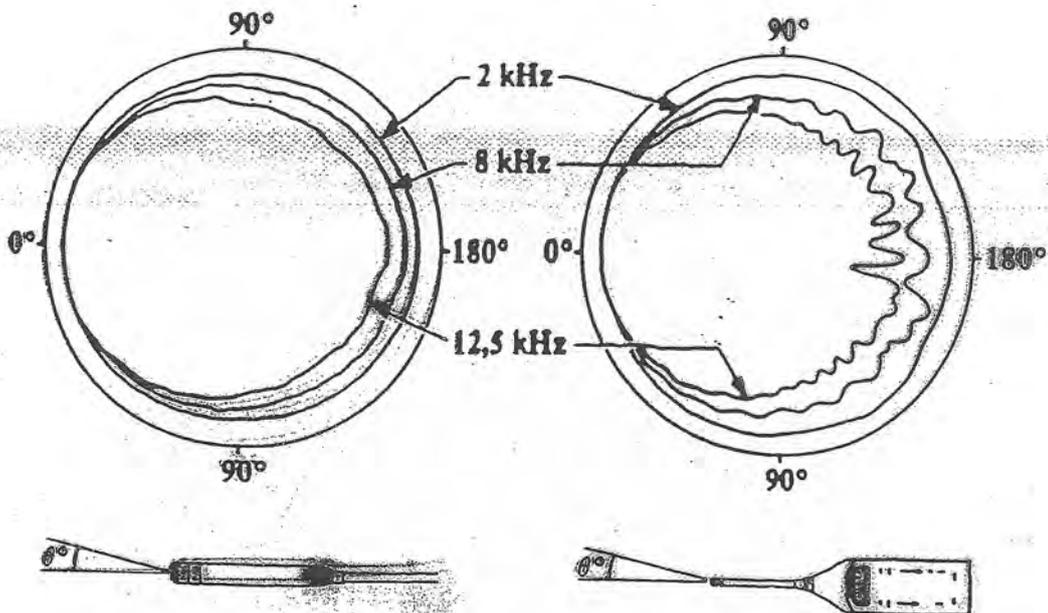


Fig.2.31 Free-field corrections ( $0^\circ$  to  $180^\circ$  in  $5^\circ$  steps) valid for a  $1/2''$  microphone without protection grid. The diffuse-field correction (bold curve) is calculated according to IEC 1183

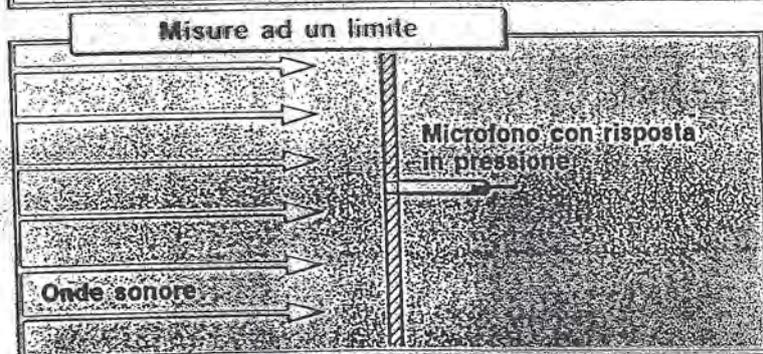


# CONCLUSIONI

PER OGNI TIPO DI CAMPO ACUSTICO ESISTONO MICROFONI "DEDICATI", CARATTERIZZATI DA DIFFERENTI PARAMETRI COSTRUTTIVI. SOLO IN QUESTO MODO LA RISPOSTA IN FREQUENZA RIMANE ENTRO I LIMITI FINO A 20 KHz.

- MICROFONI DA CAMPO LIBERO
- MICROFONI DA CAMPO DIFFUSO
- (MICROFONI PER CAMPO DI PRESSIONE)

CON ALCUNE ATTENZIONI SI PUÒ MISURARE IN CAMPI DIVERSI CON LO STESSO MICROFONO:



# CLASSE DI PRECISIONE

CLASSE	TOLLERANZA	UTILIZZO
0	$\pm 0,4$ dB	Riferimento Laboratorio
1	$\pm 0,7$ dB	Laboratorio - Opera
2	$\pm 1$ dB	Opera
3	$\pm 1,5$ dB	Prima indagine

## Procedure :

### OMOLOGAZIONE

A carico del costruttore per ogni modello di fonometro, svolta da enti pubblici.

### TARATURA

A carico del misuratore, va eseguita sul singolo fonometro ogni 2 anni presso laboratori accreditati.

### CALIBRAZIONE

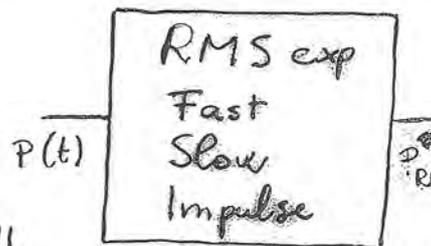
Viene eseguita <sup>in opera</sup> prima e dopo ogni serie di misure con calibratori acustici.

# MEDIA TEMPORALE ESPONENZIALE

QUESTA OPERAZIONE TRAE ORIGINE DALLA STRUMENTAZIONE ANALOGICA!

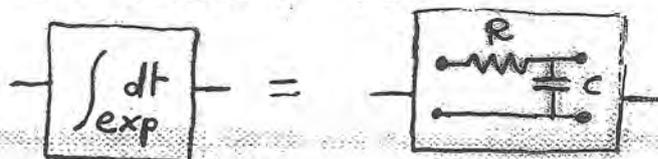
PERMETTE DI "SMORZARE" LE OSCILLAZIONI DELLA LANCETTA (INDICATORE ANALOGICO) IN MODO DA RENDERLO LEGGIBILE.

ANCHÉ L'ORECCHIO ESÉGUE UNA OPERAZIONE DI MEDIA TEMPORALE QUINDI TALI PARAMETRI SONO SIGNIFICATIVI PER LA VALUTAZIONE DEL DISTURBO DA RUMORE.



$$P_{RMS}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t P^2(\xi) e^{-\frac{(t-\xi)}{\tau}} d\xi}$$

$\tau$  è la costante di tempo del circuito, ottenuta con un circuito RC



- FAST (F)

$$\tau_1 = \tau_2 = 125 \text{ ms}$$

- SLOW (S)

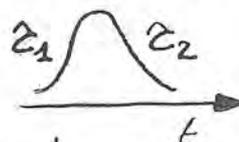
$$\tau_1 = \tau_2 = 1000 \text{ ms}$$

- IMPULSE (I)

$$\tau_1 = 35 \text{ ms}$$

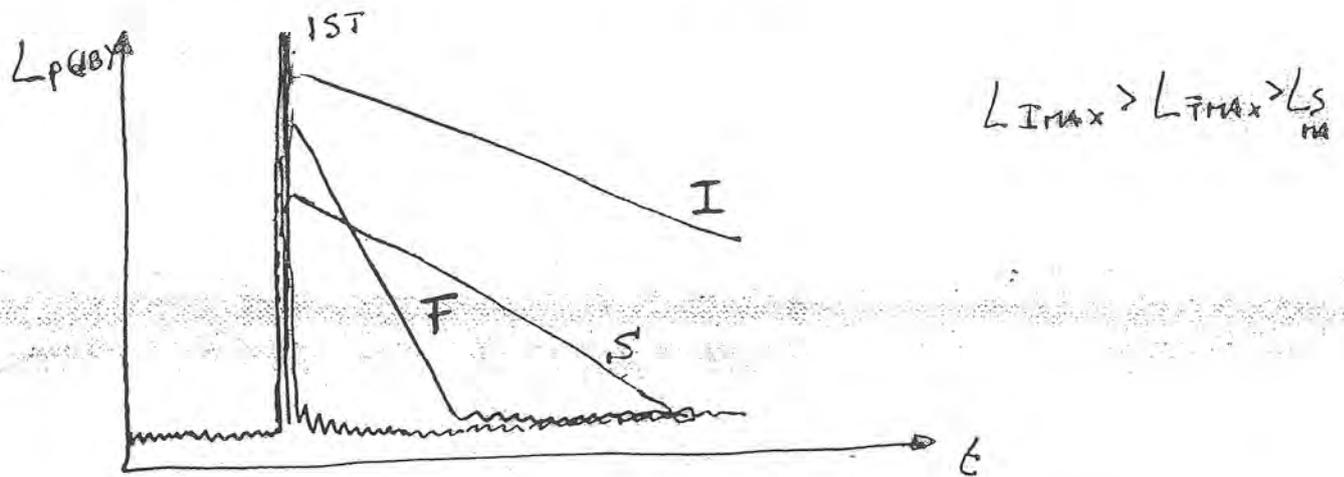
$$\tau_2 = 1500 \text{ ms}$$

la pressione sonora viene mediata nel tempo con una pesatura esponenziale

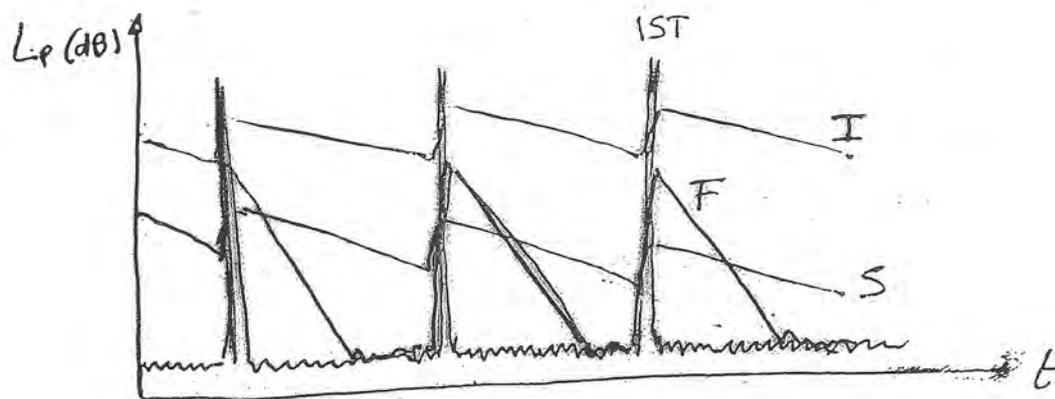


il circuito acquisisce e "dimentica" il disturbo

## MEDIA ESPONENZIALE TEMPORALE DI UN IMPULSO



## MEDIA ESPONENZIALE TEMPORALE DI PIÙ IMPULSI



N.B.

La media esponenziale temporale non altera l'energia dell'evento ma la distribuisce in modo non uniforme.

Se integro l'energia su tempi  $\gg t_s$  (L'eq) il valore finale è indipendente dalla costante di tempo.

# LIVELLO DI PICCO

$$L_{PK} = 10 \log \frac{P_{max}^2(t)}{P_0^2}$$

È IL VALORE MASSIMO ISTANTANEO, DA NON CONFONDERE CON I LIVELLI RMS CON COSTANTI DI TEMPO.

IN PRATICA VIENE REALIZZATO CON UN CIRCUITO RC DIVERSO DAI PRECEDENTI, CON UNA COSTANTE DI TEMPO RAPIDISSIMA IN SALITA ( $\ll 35ms$  DI IMPULSE).

TALE VALORE VIENE UTILIZZATO PER PREVENIRE I DANNI DA RUMORE, LIVELLI MASSIMI TROPPO ELEVATI POSSONO DANNEGGIARE IL TIMPANO DELL'ORECCHIO.

NON È ASSOCIATO AL DISTURBO PERCHÉ IL NOSTRO ORECCHIO "INTEGRA" L'ENERGIA DI PICCO COME MEDIA ESPONENZIALE.

→ D.L. 277 AMBIENTI DI LAVORO:  $L_{PK} < 140 dB$

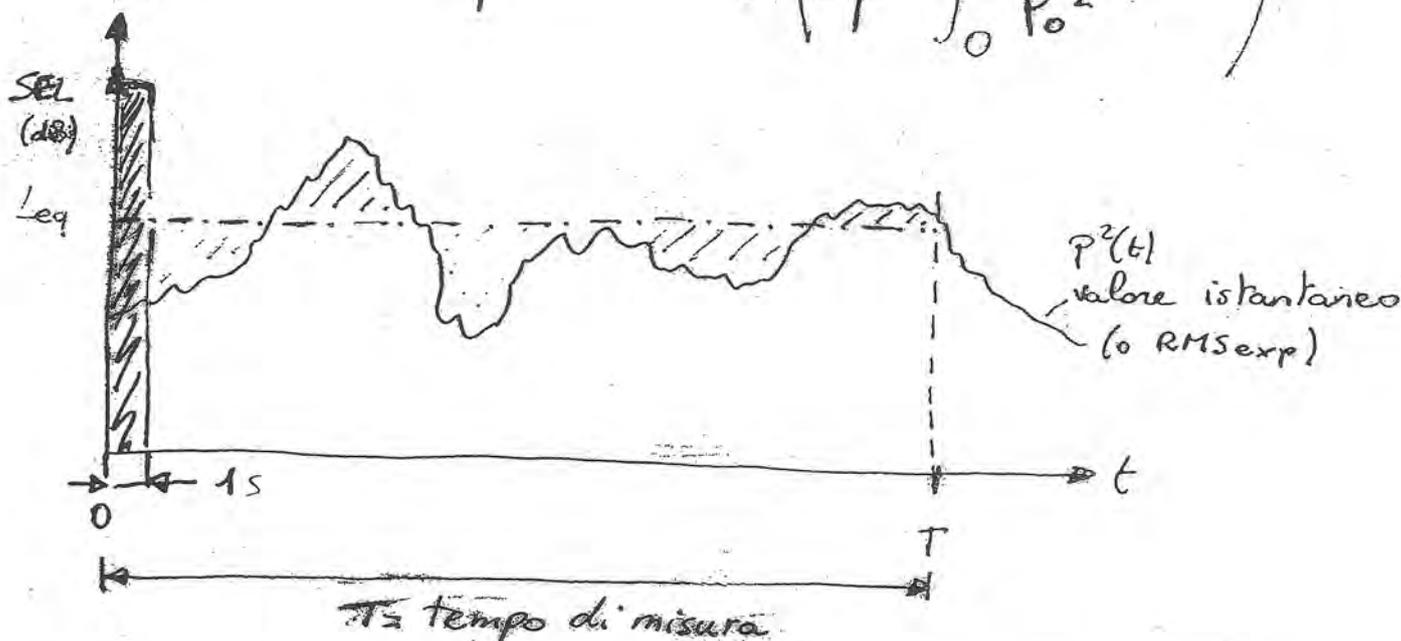
$$L_{PK} > L_{AI_{max}} > L_{AF_{max}} > L_{AS_{max}}$$

# CIRCUITO INTEGRATORE

INTEGRA L'ENERGIA SONORA DURANTE UN TEMPO DI MISURA DECISO DALL'OPERATORE PER VALUTARE L'EMISSIONE SONORA DI UNA SORLENTE

LIVELLO EQUIVALENTE

$$L_{eq} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \right)$$



EQUIVALENZA ENERGETICA TRA LIVELLO  $L_{eq} = \text{cost}$  DI DURATA T E IL FENOMENO SONORO MISURATO

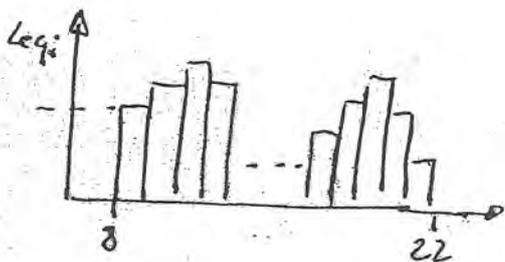
PER ~~BUONI~~ EVENTI BREVI (PASSAGGIO TRENO, PRESSA, ecc.) SI PREFERISCE RIFERIRSI AL SEL (Single Event Level) CHE "CONCENTRA" L'ENERGIA MISURATA IN  $T_0 = 1 \text{ sec}$  INVECE CHE IN  $T =$  durata misura

$$SEL = 10 \log \left( \frac{1}{T_0} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \right)$$

# ESEMPI $L_{eq}$

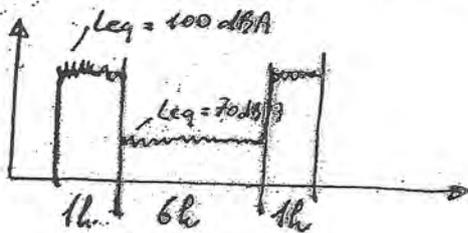
- $SEL = L_{eq} + 10 \log t$  con  $t$  [s]

- RICOSTRUZIONE  $L_{eq}$  DIURNO DA MISURE DI  $L_{eq}$  ORARIE



$$L_{eq,d} = 10 \log \left( \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n 10^{L_{eq_i}/10} \right)$$

- RICOSTRUZIONE  $L_{EP,d}$  DI UN CANTORATORE



$$L_{EP,d} = 10 \log \left( \frac{1}{8} \cdot \left( 2 \cdot 10^{100/10} + 6 \cdot 10^{70/10} \right) \right)$$

$$= 94 \text{ dBA}$$

## PARAMETRI FONOMETRICI "INTEGRATI"

- $L L_{eq}$
- $L A_{eq}$
- SEL (LE)
- SELA (LAE)