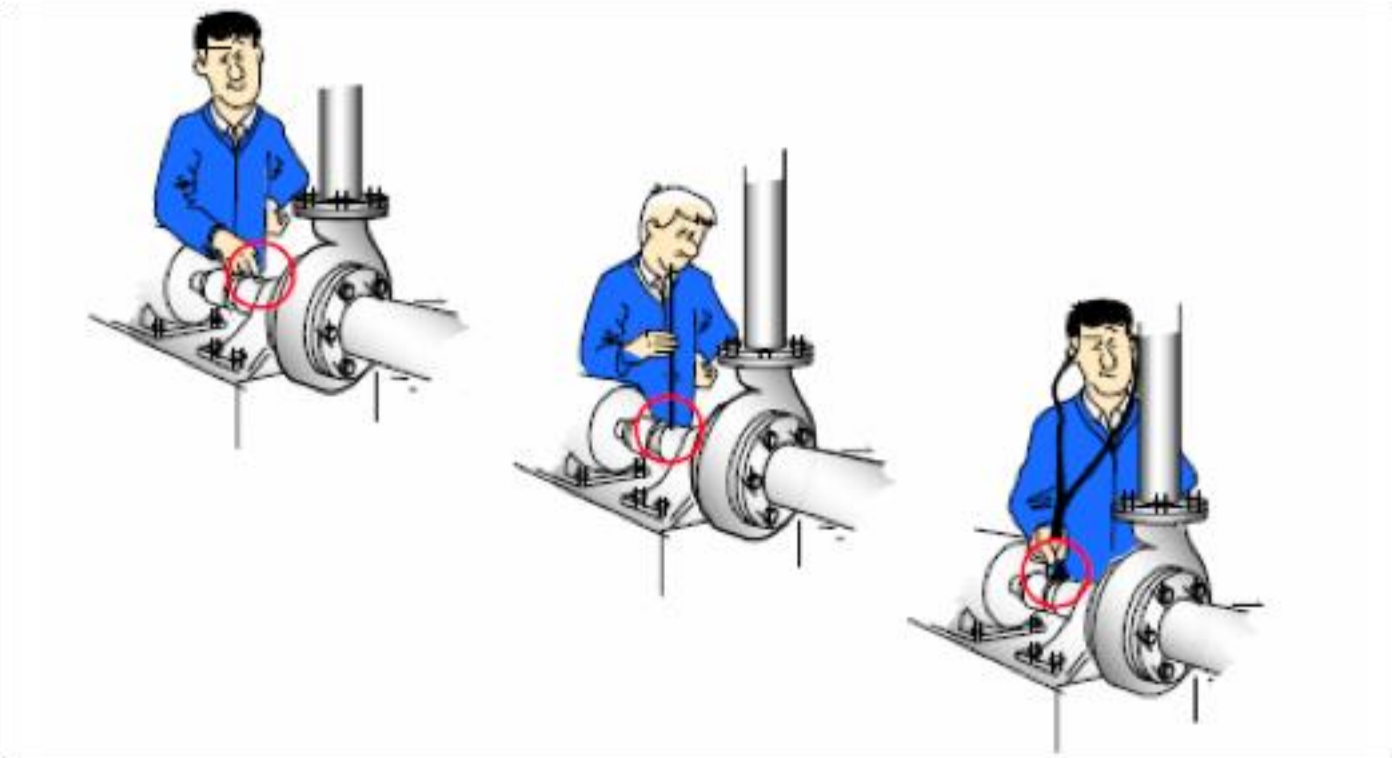
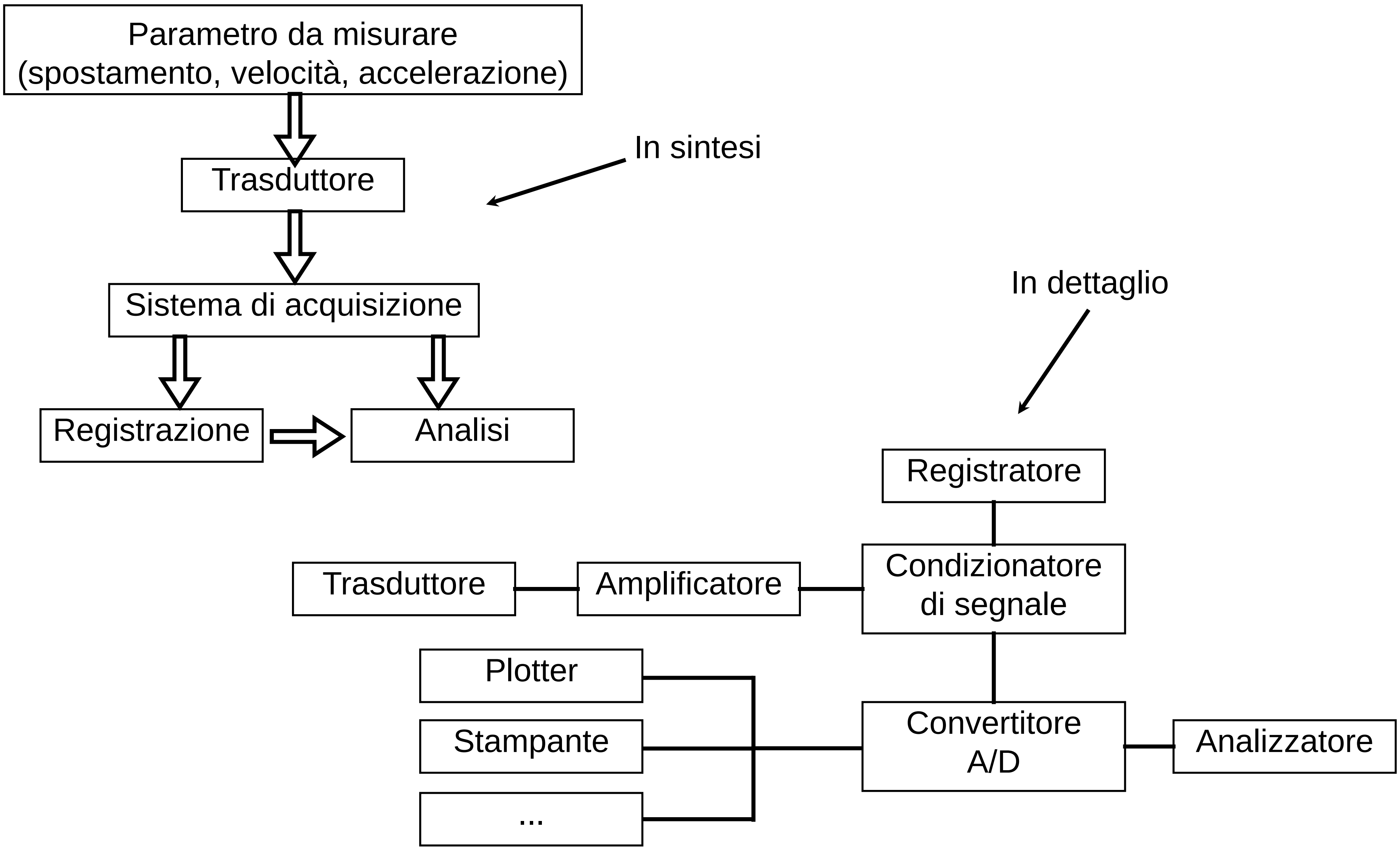
Primi metodi di “misura” delle vibrazioni

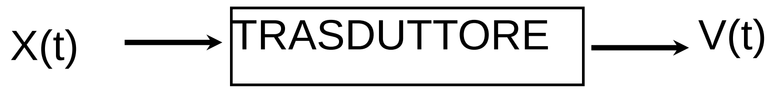
A causa dell’assenza di strumenti opportuni, le vibrazioni venivano “valutate” semplicemente toccando la macchina; il trasferimento del segnale di vibrazione dalla fonte alle orecchie veniva effettuato attraverso un’asta o mediante uno stetoscopio. In ogni caso il segnale di vibrazione veniva valutato in funzione dell’esperienza dell’operatore senza alcun sussidio per comparare le vibrazioni della macchina.



Catena di misura

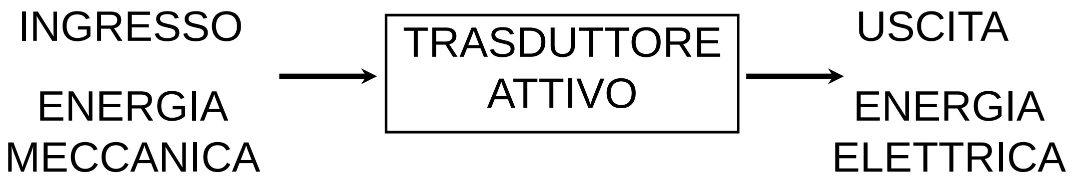


Trasduttori



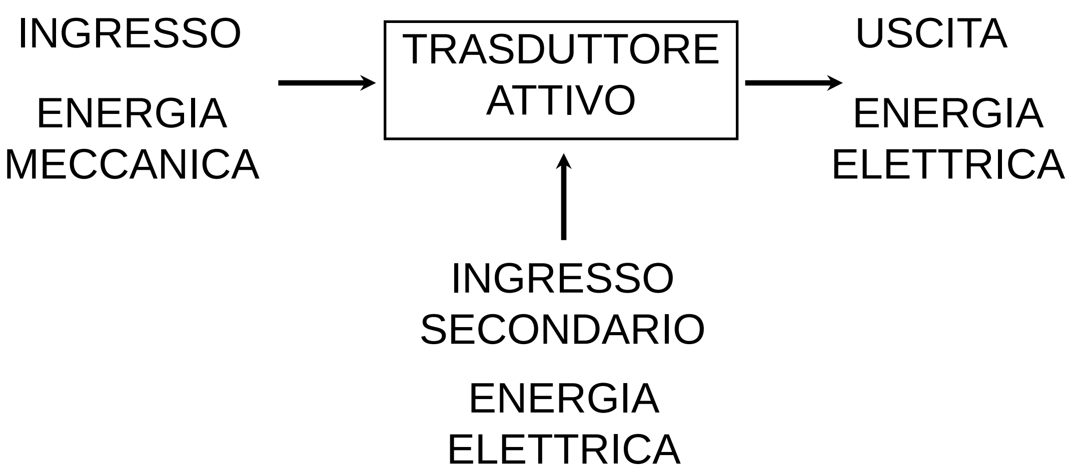
Attivi:

Convertono l'energia meccanica in ingresso in energia elettrica, senza bisogno di alcuna altra sorgente di energia esterna



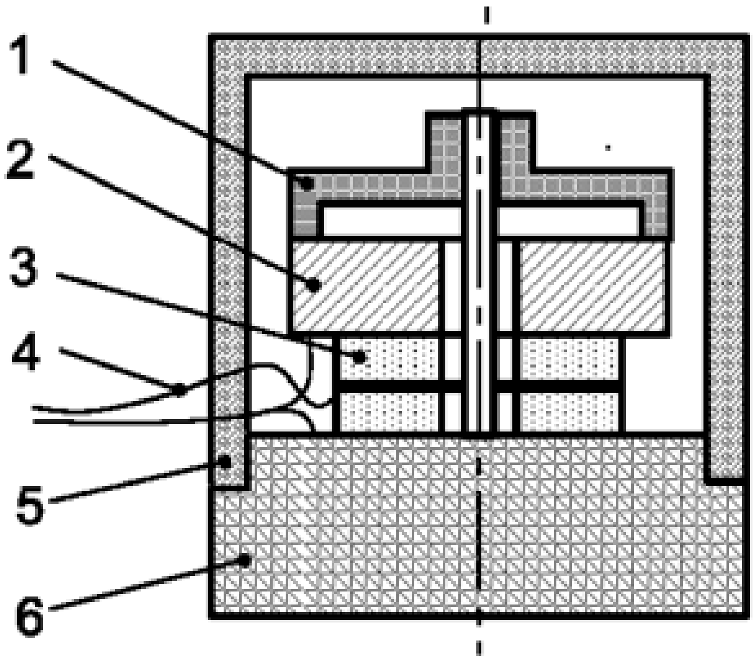
Passivi:

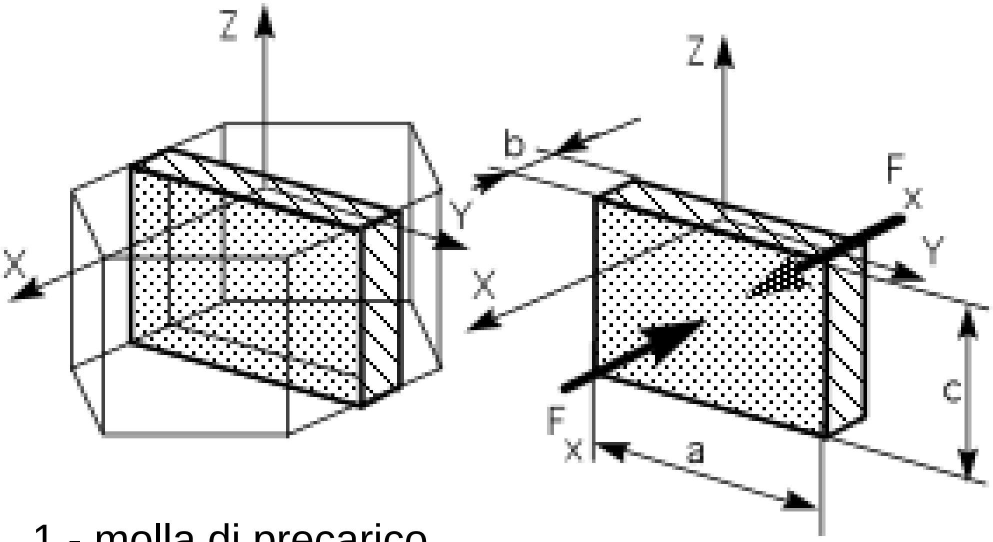
Hanno bisogno di una sorgente di energia esterna



Trasduttori di accelerazione (attivi piezzoelettrici)

- Alcuni materiali, naturali o ceramici, hanno la proprietà di generare cariche elettriche quando vengono sottoposti a sollecitazioni meccaniche.
- I trasduttori operanti in base a questa proprietà vengono indicati con il termine di trasduttori piezoelettrici.





1 - molla di precarico
2 - massa sismica
3 - dischi piezzoelettrici
4 - terminali
5 - involucro
6 - base

Accelerometro piezoelettrico

L’accelerometro piezoelettrico è considerato, attualmente, il miglior trasduttore disponibile per la misura assoluta delle vibrazioni.

Il suo largo impiego è giustificato dalle seguenti proprietà:

- può essere usato in campi di frequenza molto ampi;
- ha una buona linearità su un campo dinamico esteso;
- il segnale di accelerazione può essere integrato elettronicamente per ottenere la velocità e lo spostamento;
- può essere usato in varie condizioni ambientali mantenendo una buona accuratezza;
- è un trasduttore attivo e quindi non necessita di alimentazione;
- non ha parti in movimento e quindi è estremamente robusto;
- ha un ingombro molto contenuto.

Effetto piezoelettrico: la piezoeletricità è la proprietà di alcuni materiali dielettrici di generare una differenza di potenziale quando sono soggetti a duna deformazione meccanica. Quando al cristallo viene applicata una deformazione, appaiono sulle facce opposte cariche elettrico di segno contrario.

Differenti tipologie di accelerometro

Compression Type Design

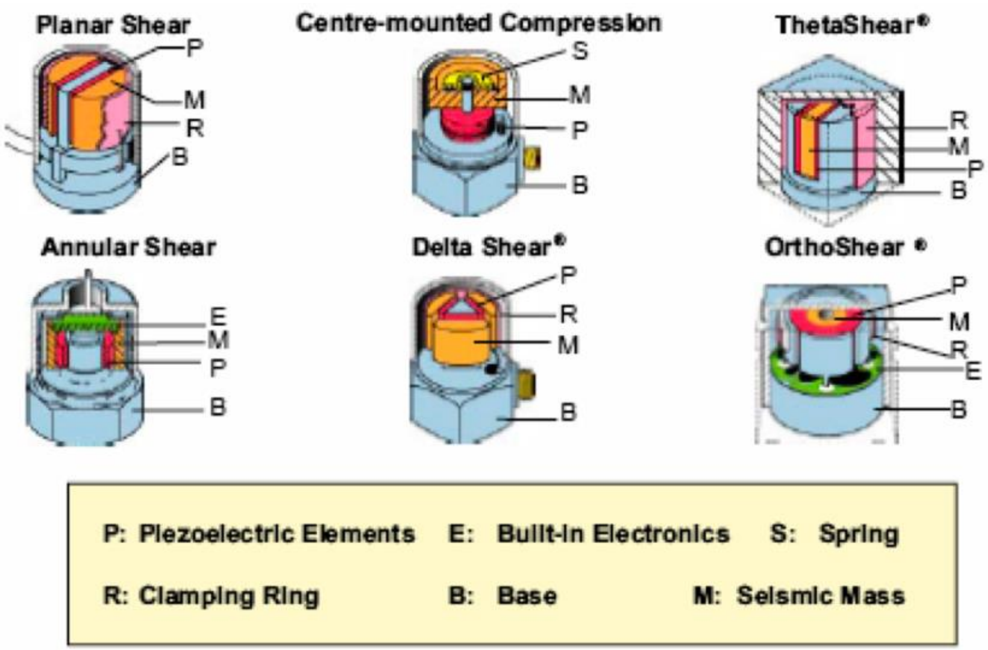
This traditional, simple construction gives a moderately high sensitivity-to-mass ratio. In the Centre-mounted configuration shown, the piezoelectric element-spring-mass system is mounted by means of a cylindrical centre post attached to the base of the accelerometer.

The design is very stable, but even with careful design the influence from environmental parameters is higher than for the other construction types.

Therefore this design is especially used for accelerometers which are intended for measurement of very high shock levels and special purpose accelerometers.

Shear Type Design

Shear type accelerometers have the advantage that they intrinsically are rather insensitive to environmental parameters like temperature transients and base strain. A high sensitivity-to-mass ratio can be obtained, and this helps to create miniature accelerometers as well as high performance general purpose accelerometers. The piezoelectric elements are arranged such a way that they are subjected to shear forces from the seismic mass when accelerated.



Accelerometro piezoelettrico: sensibilità

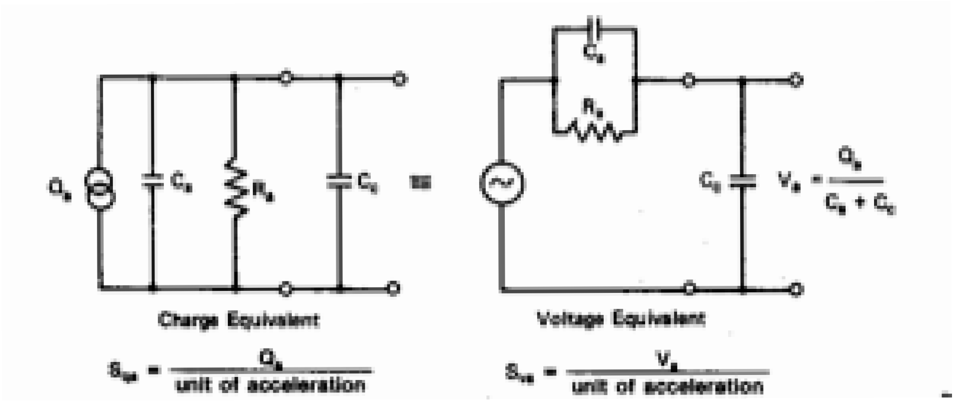
L'accelerometro piezoelettrico può essere considerato sia come generatore di cariche elettriche, sia come generatore di tensione:

- Nel primo caso, la sensibilità dell'accelerometro, indicata con Sq, viene espressa come la quantità di carica generata per unità di accelerazione e misurata in pC/ms^{-2}.

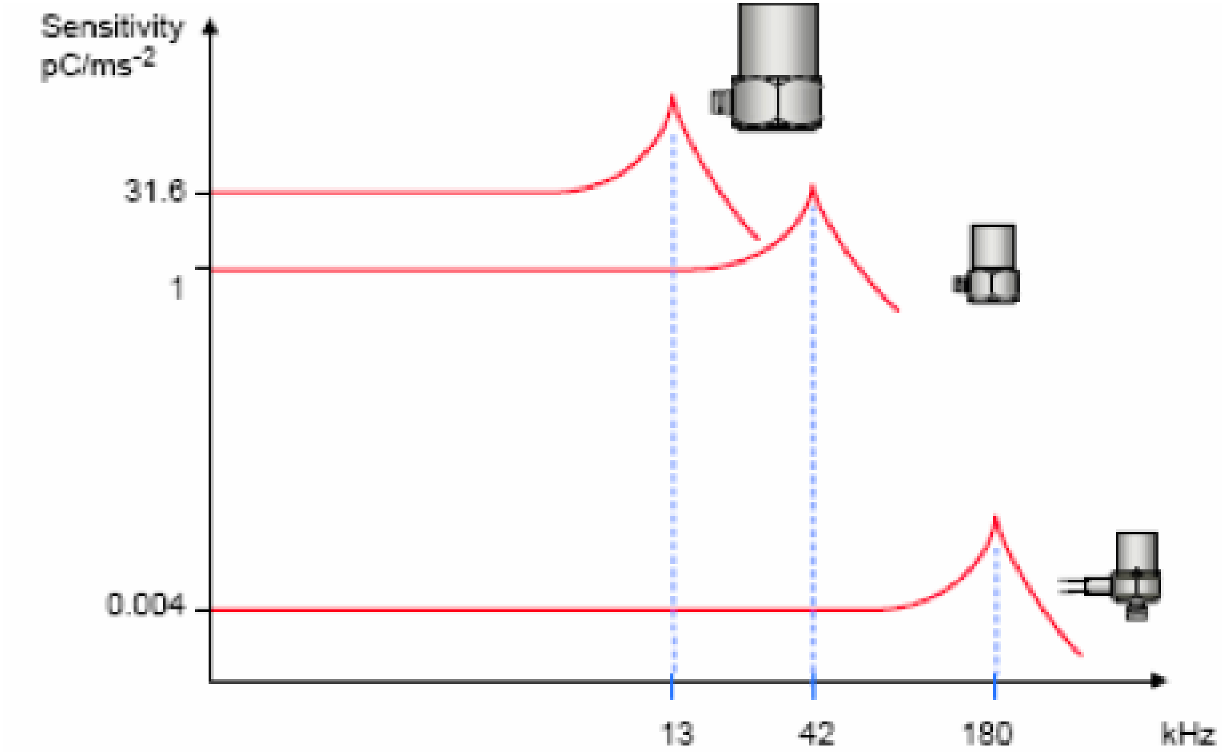
- Nel secondo caso, la sensibilità, indicata con Sv, viene espressa come la tensione generata per unità di accelerazione e misurata in mV/ms^{-2}.

Generalmente è conveniente considerare l'accelerometro come generatore di carica ed amplificare il segnale con un amplificatore di carica perché in tal caso una variazione della lunghezza dei cavi di collegamento non comporta una variazione della sensibilità complessiva del sistema di misura.

ICP DELTATRON

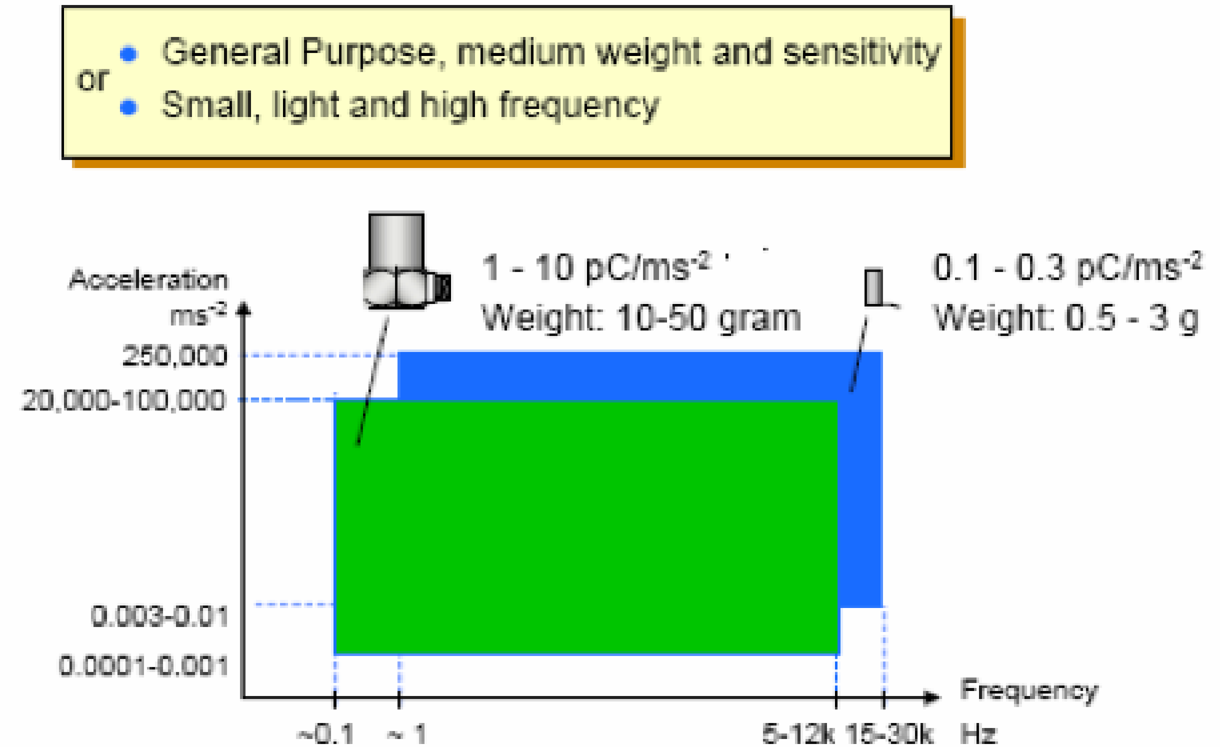


Accelerometro piezoelettrico: range utile di frequenza dipendenza dalla massa



When the accelerometer is exposed to a constant level of acceleration it will give a constant output signal over a very wide frequency range up to frequencies near its resonance frequency. The sensitivity and frequency range of an accelerometer are related: in general the bigger the accelerometer the higher its sensitivity, and the smaller is its useful frequency range, and vice versa.

Accelerometro piezoelettrico: scelta dell'accelerometro



Accelerometri grandi hanno m alta e k bassa, perciò son molto sensibili, hanno un piccolo valore di picco ed una bassa risonanza:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Selection of an Accelerometer

The range of operation is the first to be considered when selecting an accelerometer.

The graph shows two typical groups of accelerometers with typical specifications:

- General Purpose Type Accelerometers
- Small (miniature) Accelerometers

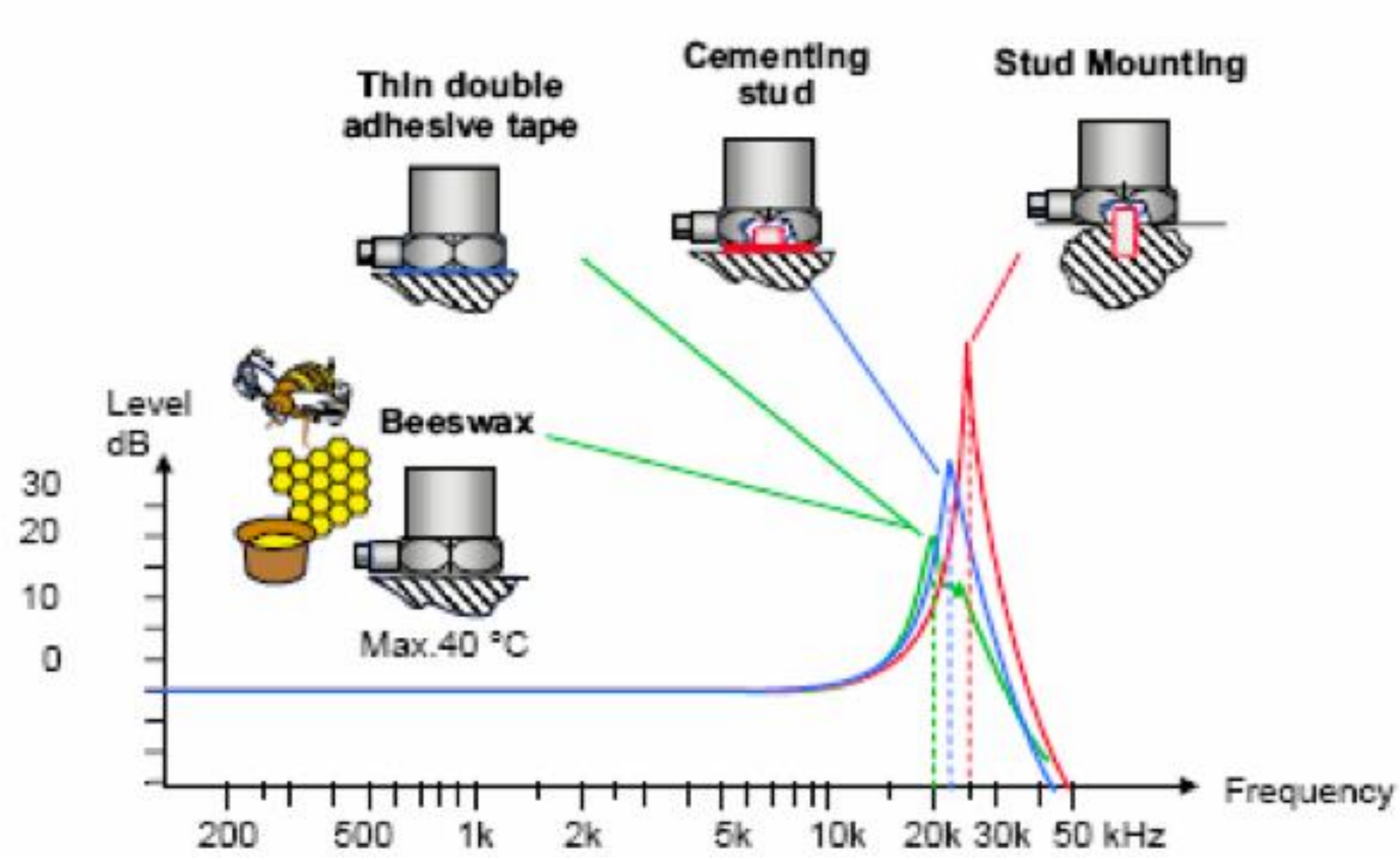
Accelerometro piezoelettrico: montaggio

- Il metodo di montaggio dell'accelerometro sul punto di misura rappresenta uno dei fattori più critici per l'accuratezza della misura.

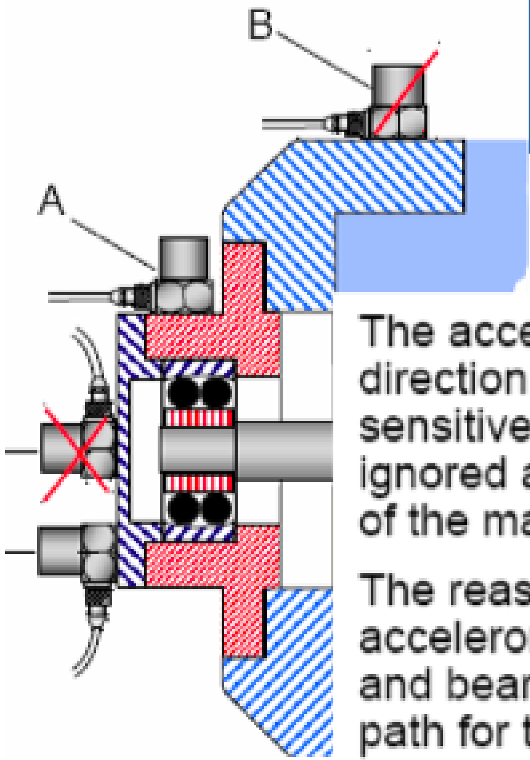
- Un montaggio non corretto dà luogo ad una riduzione della frequenza di risonanza del trasduttore montato, che può limitare notevolmente il campo di frequenza utile dello strumento.

- Tipologie di montaggio:
- Grano filettato
- Cera d'api
- Grano filettato e rondella di mica
- Base metallica incollata
- Foglio biadesivo
- Magnete
- Asta appuntita
- Collanti
- ….

Accelerometro piezoelettrico: montaggio fisso



Posizionamento



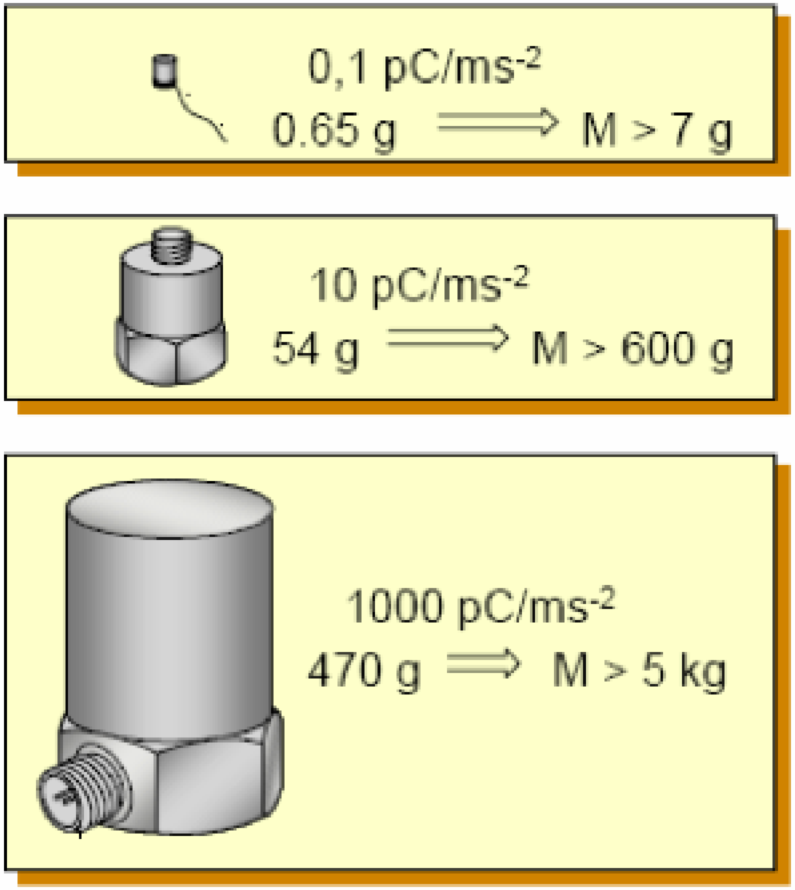
The accelerometer should be mounted so that the desired measuring direction coincides with the main sensitivity axis. Accelerometers are slightly sensitive to vibrations in the transverse direction, but this can normally be ignored as the maximum transverse sensitivity is typically only a few percent of the main axis sensitivity.

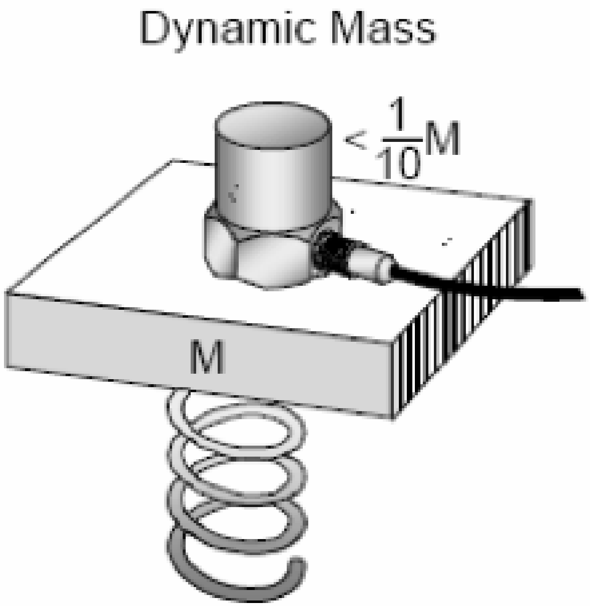
The reason for measuring vibration will normally dictate the position of the accelerometer. In the figure the reason is to monitor the condition of the shaft and bearing. The accelerometer should be positioned to maintain a direct path for the vibration from the bearing.

Accelerometer "A" thus detects the vibration signal from the bearing predominant over vibrations from other parts of the machine, but accelerometer "B" receives the bearing vibration modified by transmission through a joint, mixed with signals from other parts of the machine. Likewise, accelerometer "C" is positioned in a more direct path than accelerometer "D".

It is very difficult to give general rules about placement of accelerometers, as the response of mechanical objects to forced vibrations is a complex phenomenon, so that one can expect, especially at high frequencies, to measure significantly different vibration levels and frequency spectra, even on adjacent measuring points on the same machine element.

Caricamento dell'oggetto in studio

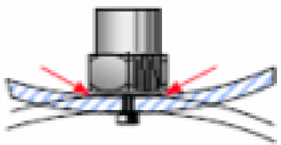




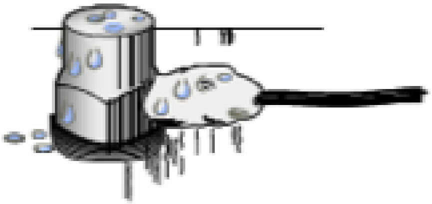
When the accelerometer is mounted on the test object it will increase the mass of the vibrating system, and thereby influence the mechanical properties of the test object. As a general rule the accelerometer mass should be no more than one-tenth of the "local" dynamic mass of the vibrating part onto which it is mounted.

Effetti ambientali

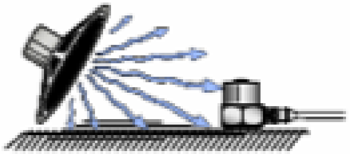
- Base Strain



- Humidity

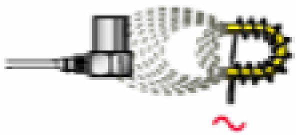


- Acoustic noise

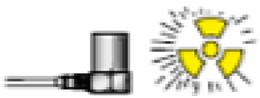


- Corrosive substances

- Magnetic fields



- Nuclear radiation



Base Strain: Base strain sensitivity has been reduced by the use of a very thick base in the accelerometers. Delta Shear accelerometers are best in this respect as the elements are not in direct connection with the base.

Humidity: The accelerometer itself is sealed, so moisture can only enter the connector. In wet conditions this effect can be prevented by the use of a silicon rubber sealant.

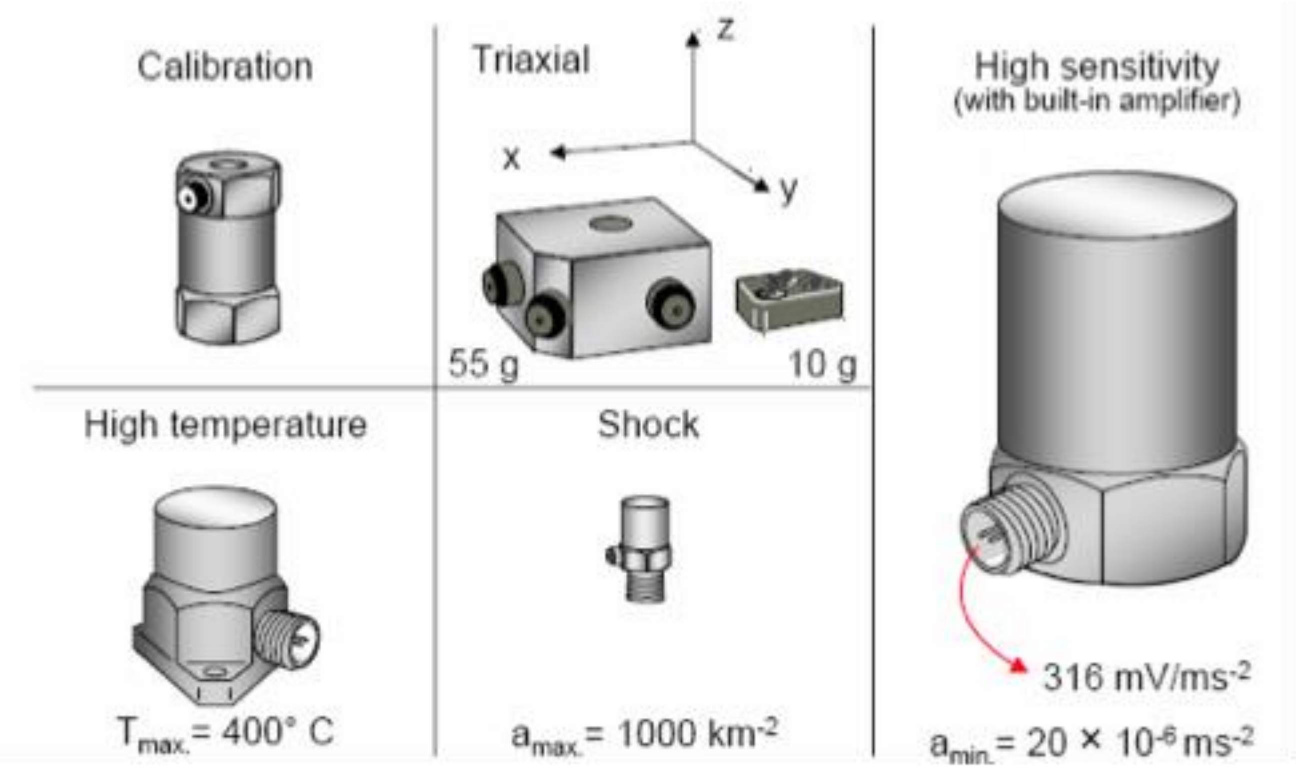
Acoustic Noise: Has normally negligible influence on the vibration signal from the accelerometer.

Corrosive Substances: Special materials which are resistant to most corrosive substances are used in the construction of the accelerometer.

Magnetic Fields: The magnetic sensitivity is typically in the range

0.5 to 30 ms^{-2}/Tesla and thus normally not causing any problems.

Accelerometri per applicazioni particolari



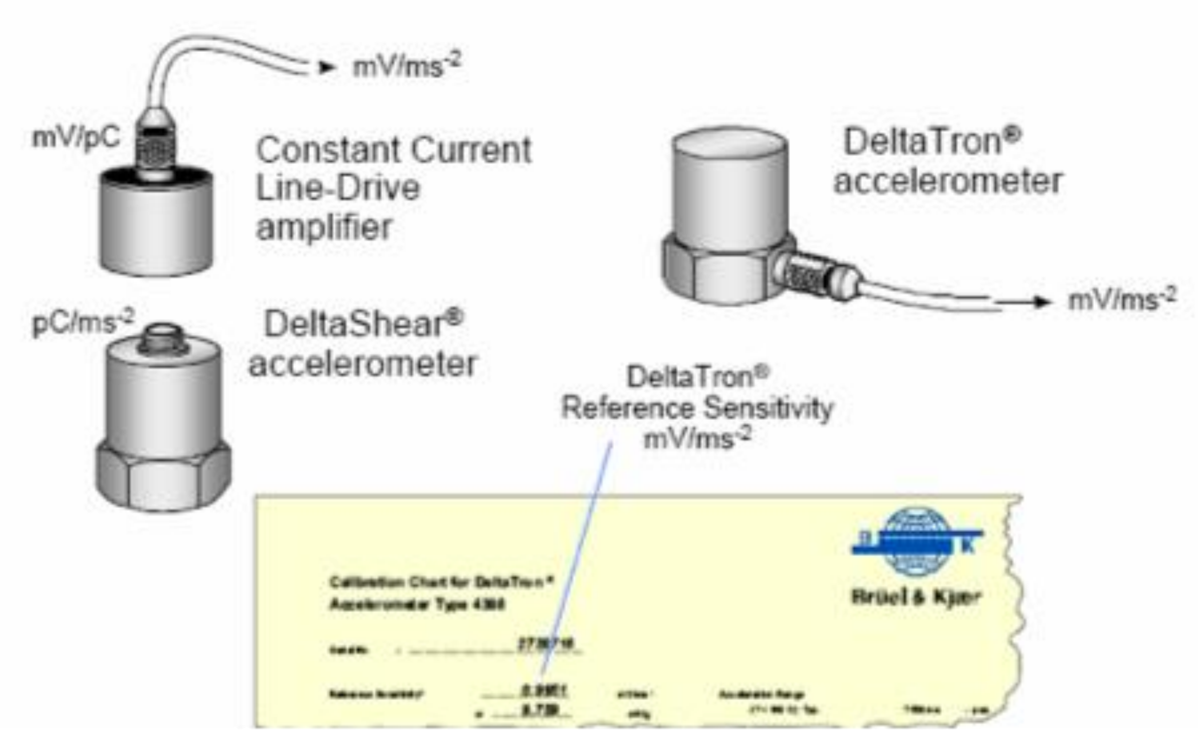
Special Type Accelerometers

A number of accelerometers have been specially designed for specific purposes. For example, calibration references, high temperature, triaxial, high shock and very low levels as shown in the above figure.

Accelerometro piezoelettrico: sensibilità

		 Enlarge	 Enlarge	 Enlarge	 Enlarge
		Product Data	Product Data	Product Data	Product Data
Product Type		2273A	2273AM1	2273AM20	2276
Order No		EE 0019	EE 0019-002	EE 0019-003	EE 0020
Description		Side Connector	Side Connector	Top Connector	Side Connector
Sensitivity		3 pC/g	10 pC/g	10 pC/g	10 pC/g
Frequency Range	Hz	0.5 to 8000	0.5 to 6000	10 to 6000	0.5 to 7000
Resonance Frequency	kHz	30	27	27	27
Residual Noise Level in Spec Freq Range (rms)	mg	0.21	0.11	0.12	0.12
Temperature Range (C)	C	-184 to 399	-55 to 399	-55 to 399	-55 to 482
Temperature Range (F)	F	-300 to 750	-67 to 750	-67 to 750	-67 to 900
Maximum Operational Level (peak)	'g'	1000	500	500	500
Maximum Shock Level (± peak)	'g'	10000	3000	3000	3000
Weight	gram	25	32	32	30
Connector, Electrical		10-32 UNF	10-32 UNF	10-32 UNF	10-32 UNF
Mounting		Stud	Stud	Stud	Stud
Accessory Included (Selected)		3075M6-120	3075M6-120	3075M6-120	3075M6-120
Clip/Stud/Screw included		2981-12	2981-12	2981-12	2981-12
Output		Charge/PE	Charge/PE	Charge/PE	Charge/PE

Preamplificatori



Built-in preamplifiers and screw-on types

To reduce problems due to cable noise and to reduce system price, small built-in preamplifiers and also screw-on type preamplifiers have become very popular.