

23/09/2010

P2/1

Q vado dei dati:

PA - preamplificatore differenziale

$$A = 1000$$

$$f_p = 1,6 \text{ MHz} \quad (T_p = 100 \text{ ns})$$

$$S_v = 8 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$$

$$S_i = 4 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$$

SG - Strain Gauge

$$R_s = 200 \text{ } \Omega$$

$$G = 2$$

$$P_d \ll P_{dL} = 1 \text{ } \mu\text{W}$$

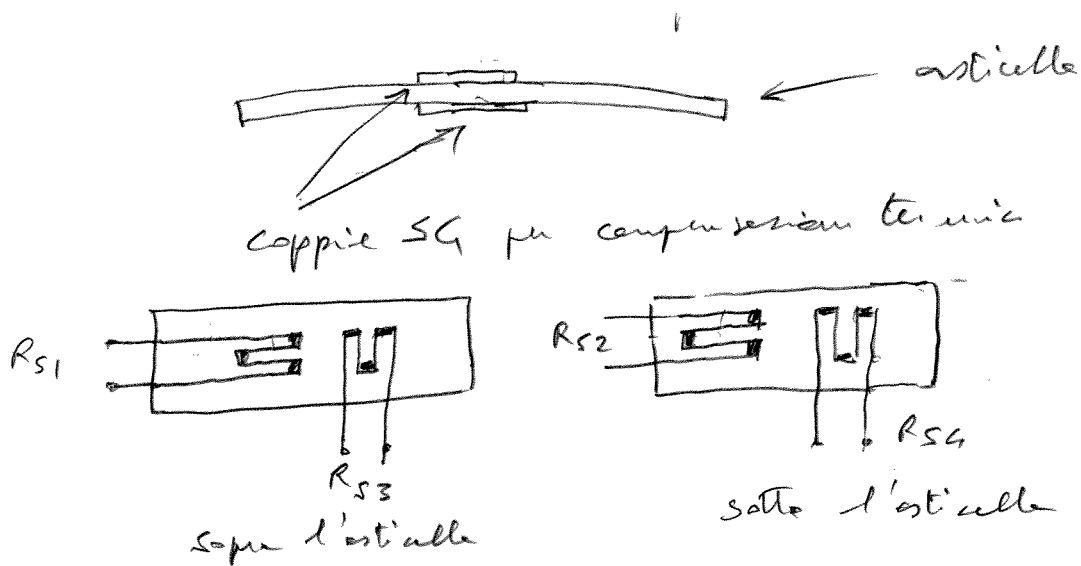
$\epsilon$  Deformation

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

misurato in microstrain

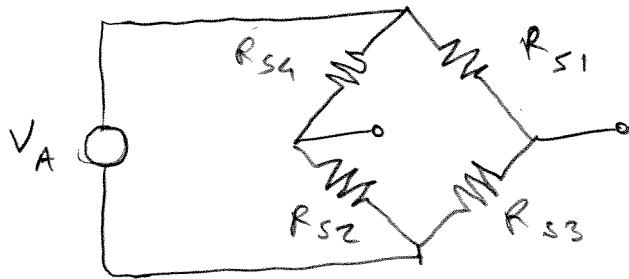
$$\frac{\Delta L}{L} = 10^{-6} = 1 \text{ } \mu\text{strain}$$

a) configurazione risoni



- Ponte di Wheatstone con SG disposti in modo che
- deformazioni simili collaborano a sbilanciare
  - deformazioni di flessione si contrastino annullando sbilanciamento.

Varie configurazioni possibili. Esempio:



con alimentazione continua  $V_A$

$$\left(\frac{V_A}{2}\right)^2 \frac{1}{R_S} \leq P_{dL}$$

$$V_A \leq 2 \sqrt{P_{dL} R_S} = 2 \sqrt{10^{-6} \cdot 200} = 28 \text{ mV}$$

sulle  $V_A = 25 \text{ mV}$

Fattore di risoluzione

$$V_S = \frac{1}{4} V_A G \epsilon \cdot 2 = 25 \text{ mV } \epsilon$$

$$\frac{\partial V_S}{\partial \epsilon} = \frac{V_A G}{2} = 25 \text{ mV/strain} = 25 \text{ mV}/\mu\text{strain}$$

(b) Misura delle deformazione oscillanti (alim. continua)

b) Combinazione di filtri semplici

• per un alto CR taglia a  $f_i$  il rumore a basse freq.

$$f_i = \frac{f_0}{10} = 10 \text{ Hz}$$

• per un basso RC taglia a  $f_s$  il rumore ad alte freq.

$$f_s = 10 f_0 = 1 \text{ KHz}$$

Se ci fosse solo rumore bianco (\*)

$$\sqrt{u_B^2} = S_V^{1/2} \sqrt{(f_s - f_i)} \approx S_V^{1/2} \sqrt{f_s} = 250 \text{ nV}$$

corrispondenti a

$$E_m = \frac{\sqrt{u_B^2}}{\frac{dV_S}{dE}} = 10 \text{ } \mu\text{ strain}$$

ma nella banda 10 Hz  $\rightarrow$  1 KHz c'è un po' di rumore 1/f  
più forte del rumore bianco. Con approssimazione  
a tagli basso si vedute

$$\sqrt{u_T^2} = \sqrt{u_B^2} \sqrt{1 + \frac{f_c}{f_s} \ln \frac{f_s}{f_i}} \approx 5 \sqrt{u_B^2} = 1,25 \text{ } \mu\text{V}$$

corrispondenti a

$$E'_m = 50 \text{ } \mu\text{ strain}$$

(\*) Dato che le resistenze di sorgente date  
del ponte e base ( $R_S = 200 \text{ } \Omega$ )  
l'effetto di  $S_i$  risulta trascurabile rispetto  
a quello di  $S_V$

23/09/2010

P2/4

2) Filtro passabanda risonante a  $f_0$  1 MHzCon  $f_0 = 100 \text{ kHz}$  si può avere  $Q \approx 5$ bande di rumore  $\Delta f_n = \frac{\pi}{2} \frac{f_0}{Q} \approx 30 \text{ Hz}$ 

$$S_T^{1/2}(f_0) = S_V^{1/2} \sqrt{1 + \frac{f_c}{f_0}} = 9 S_V^{1/2}$$

$$\sqrt{M_T^2} = S_T^{1/2}(f_0) \sqrt{\Delta f_n} \approx 400 \text{ mV}$$

Corrispondenti a

$$\varepsilon_m'' = 16 \mu \text{ strain}$$

Il filtro risonante permette di avere una banda di rumore più stretta e perciò ottenere un risultato migliore.

3) Filtro a parametri variabili

Si può usare un lock-in usando come riferimento il segnale ausiliario disponibile.

Il filtro potrebbe entro il lock-in può avere bande di rumore  $f_n \approx 5 \text{ Hz}$ , dato che l'ampiezza dell'oscillazione varia lentamente.

Si ha

$$\left(\frac{S}{N}\right) = \frac{V_s}{\sqrt{2 S_T(f_0) f_n}} \quad (V_s \text{ ampiezza del segnale sinusoidale})$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ min}} &= \sqrt{M_L^2} = \sqrt{2 S_T(f_0) f_n} = \\ &= S_T^{1/2}(f_0) \sqrt{2 f_n} = 227 \text{ mV} \end{aligned}$$

$$\text{Corrisp. a } \varepsilon_m''' = 9 \mu \text{ strain}$$

Il risultato è migliore del filtro risonante perché le bande di rumore è più stretta

(c) Misure delle deformazioni oscillanti (olim. alternate)

Frequenza di alimentazione  $f_A$

$$f_A \gg f_0$$

$$f_A \gg f_c$$

P.es.  $f_A = 100 \text{ KHz}$

Il segnale viene modulato prima che si aggiunge il rumore  $1/f$  (del preamp) e partono fuori delle zone spettrali della  $1/f$ .

Si usa poi un lock-in usando come riferimento l'alimentazione del ponte. Il filtro potrebbe entro il lock-in deve avere banda  $f_L \gg |f_0| = 1 \text{ kHz}$  in modo da recuperare il segnale in banda base.

$$\left(\frac{S}{N}\right) = \frac{V_S}{\sqrt{2 S_T(f_A) f_L}} = \frac{V_S}{\sqrt{2 S_V f_L}}$$

$$V_{S_{\min}} = \sqrt{n_L^2} = \sqrt{2 S_V f_L} = S_V^{1/2} \sqrt{2 f_L}$$

con  $f_L = 1 \text{ KHz}$

$$V_{S_{\min}} \approx 360 \text{ mV}$$

corrisp. a

$$\epsilon_{\text{m}} = 14 \text{ } \mu\text{-strain}$$

23/09/2010

P2/6

Rispetto al caso in (b) con lock-in alla  
frequenza di oscillazione  $f_0$  e limitazione corrente:

1) la densità di rumore in banda  $S_V$  è minore  
(trascurabile rumore  $1/f \approx f_A$ )

2) la banda di filtraggio è migliore  
(può fare pensare il segnale a  $f_0$ )

in complesso il risultato è praticamente uguale

- Si può però alzare la tensione di alimentazione  $V_A$   
di un fattore  $\sqrt{2}$  (la limitazione di potenza  
riguarda il valore efficace) e quindi  
migliorare di  $\sqrt{2}$  il fattore di trasduzione  
ottenendo  $E_m = 10 \mu\text{strain}$

- Si può migliorare ulteriormente filtrando  
per banda attorno a  $f_0$  l'uscita del  
lock-in

23/09/2010

P2/7

d) Misure delle defamazioni continue

Con alimentazione del ponte in continua il segnale finisce in pieno nelle zone spettrali dominate dal rumore  $1/f$  e la suscettibilità viene conseguentemente fortemente limitata.

Con alimentazione del ponte in alternata (come visto in (c)) il segnale viene portato fuori delle zone dello  $1/f$ . Quindi può essere raccolto efficientemente usando un lock-in (come detto in (c)) arrivando anche più facilmente alle angosce minime calcolate in (c).

Per misurare la continua si può anche stringere ulteriormente la banda  $f_z$  del passabasso del lock-in, con la conseguente ulteriore diminuzione del rumore e aumento di suscettibilità.