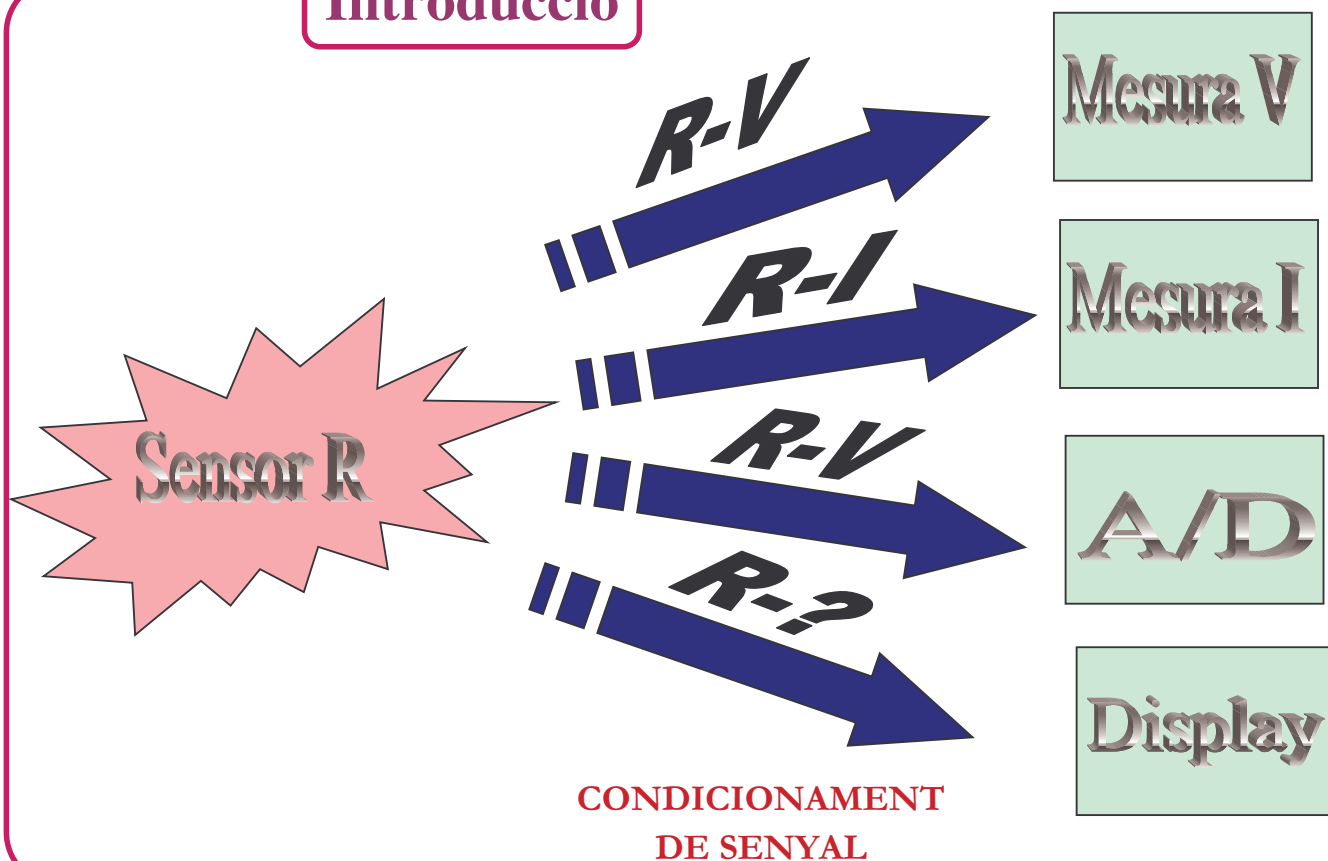


Tema 4 : Condicionament de Senyal per Sensors Resistius

Introducció

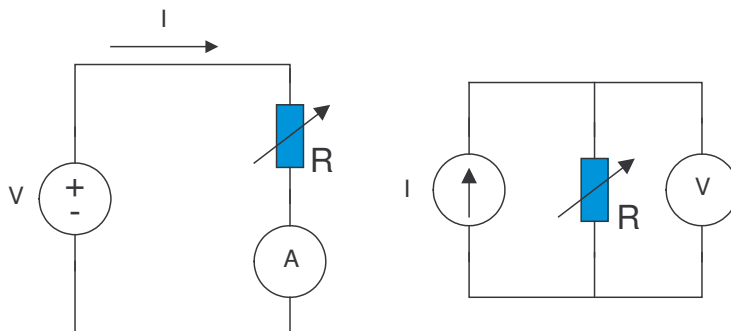


Mesura de Resistències

- Linealitat : $R=R_0(1+x)$
 - Marge variació x depèn del sensor
 - Galgues : de 10^{-5} a 10^{-3}
 - Potenciòmetres : de 0 a 1
- No linealitat: $R=R_0f(x)$ amb $f(0)=1$
- Necessitat d'alimentar el circuit
 - Requereix alimentació fitada: variacions R no desitjades
 - Problema dissipació potència
 - Problema augment de temperatura
- Mètodes de mesura
 - Deflexió : mesura de V o I a una R
 - Comparació : ponts de mesura

Mesura de Resistències

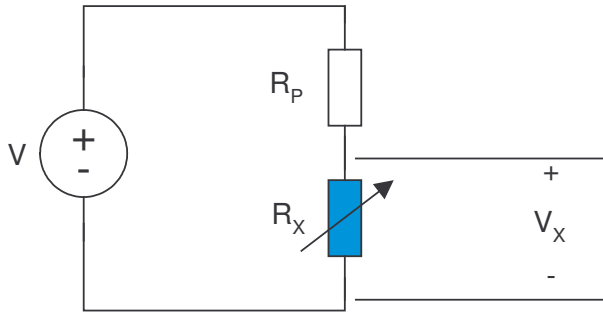
- Alimentar el circuit
 - Cal limitar l'alimentació (evitar problema d'auto escalfament)



✓ OK per variacions de R importants

- ✗ R no lineal: Problema per linealitzar
- ✗ Problema de derives a l'alimentació
- ✗ Problema per mesurar sistemes amb variació de R molt petites (V i A de molta precisió)

Divisor de tensió



$$V_X = \frac{R_X}{R_P + R_X} V$$

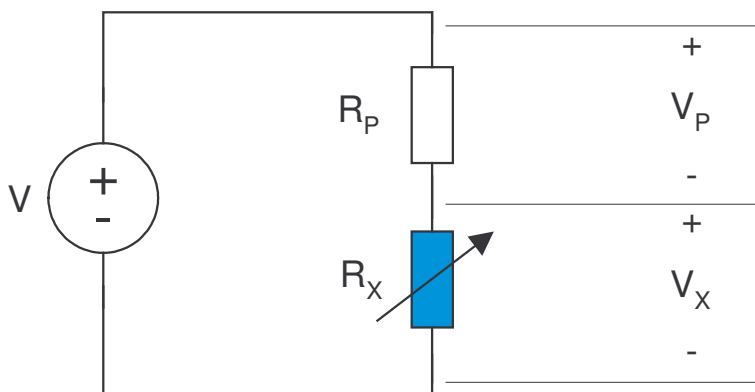


$$R_X = \frac{V_X R_P}{V - V_X}$$

- Problema
 - Si en repòs quan $V = 0$, degut a a error $V_x = V_{x0}$, llavors $V_{x\text{final}} = V_x + V_{x0}$ (error de zero pot ser important)
- Solució: ponts de Wheatstone (ho veurem + envant)
 - dos divisors de tensió en paral.lel, mesura de dues branques, cancel.lació d'error de zero

Divisor de tensió

- Mètode de doble lectura

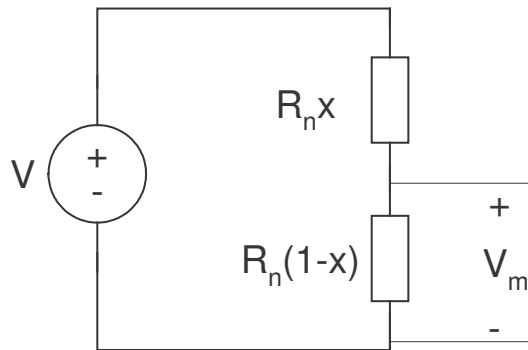


$$R_X = R_P \frac{V_X}{V_P}$$

- ✓ Soluciona problemes de derives
- ✗ Necessitat de realitzar dues mesures

Divisor de Tensió

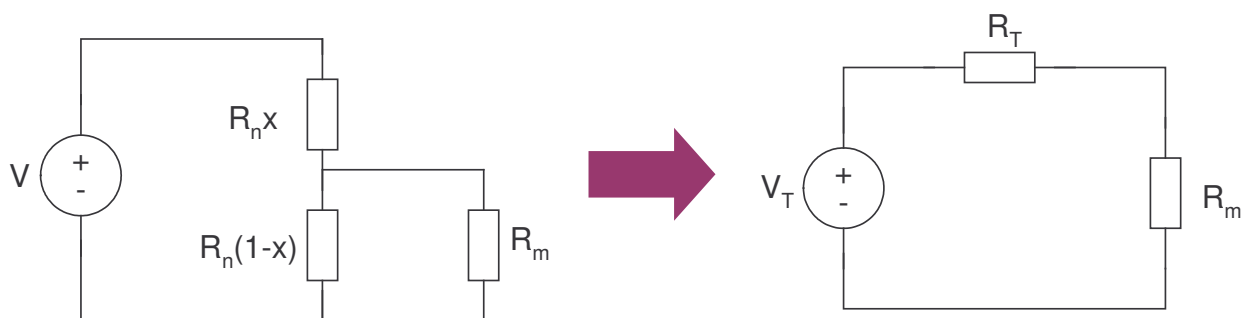
- Cas de sensors potenciomètrics



$$V_m = V(1 - x)$$

Divisor de Tensió

- Error introduïts per la impedància d'entrada (R_m) del voltímetre



$$V_T = V(1 - x)$$

$$R_T = R_n x(1 - x)$$

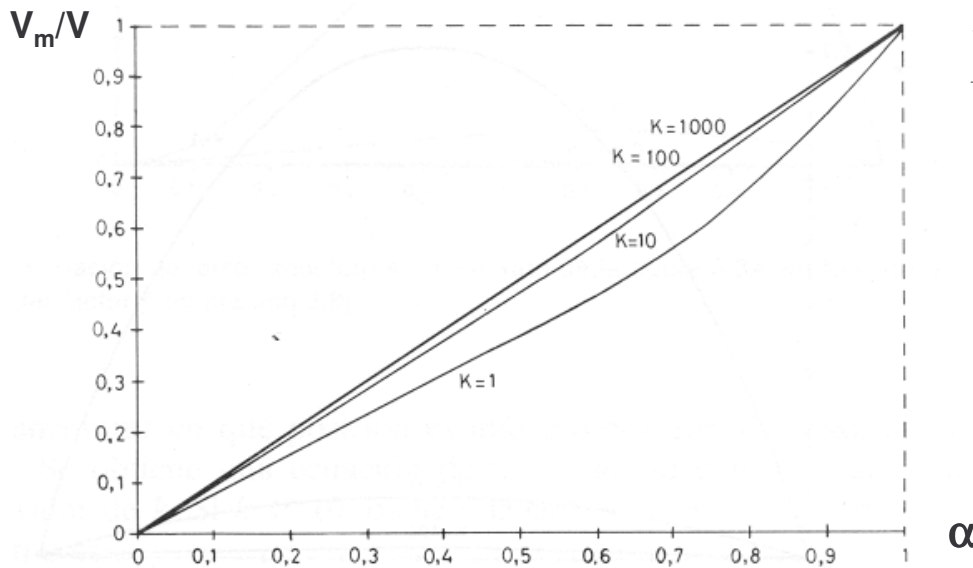
$$V_m = \frac{V(1 - x)R_m}{R_m + R_n x(1 - x)}$$

$$\alpha \equiv 1 - x$$

$$K \equiv \frac{R_m}{R_n}$$

$$\frac{V_m}{V} = \frac{\alpha}{\frac{\alpha(1 - \alpha)}{K} + 1}$$

Divisor de Tensió



$$\frac{V_m}{V} = \frac{\alpha}{\frac{\alpha(1-\alpha)}{K} + 1}$$

$$\alpha = 1 - x$$

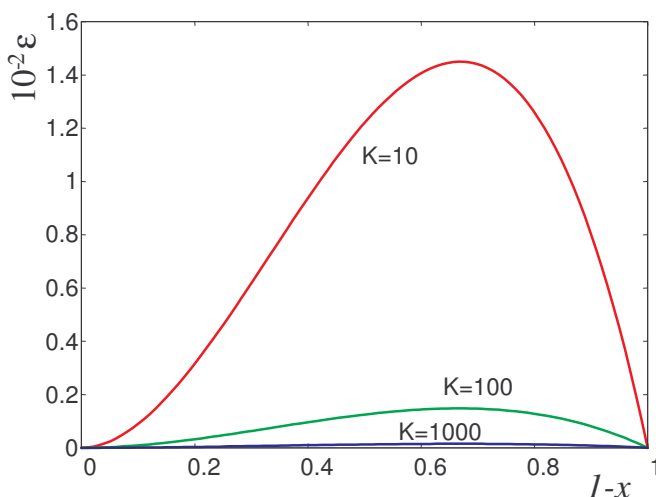
$$K = \frac{R_m}{R_n}$$

- Linealitat quan K gran
 - Impedància entrada voltímetre $\gg$ Impedància potenciòmetre

Divisor de Tensió

- Anàlisi de l'error absolut respecte al fons d'escala

$$\varepsilon = \frac{V_m - V_T}{V} = \frac{-x(1-x)^2}{K + x(1-x)}$$



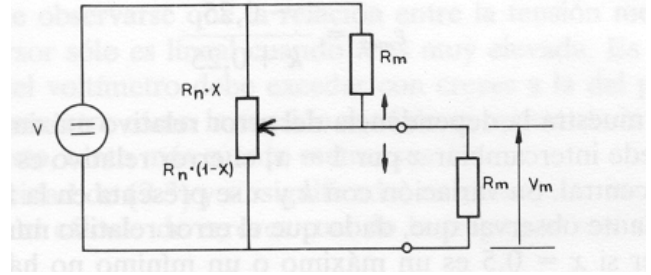
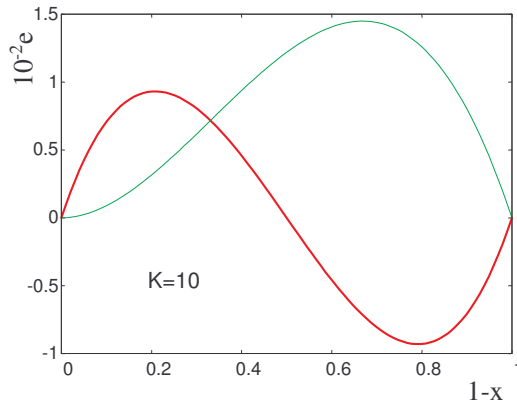
1- Màxim NO centrat

2- Augmenta quan K disminueix
(R_m disminueix)

3- NO Simètric respecte del
punt central

Divisor de Tensió

- Minimització de l'error (1)
 - Afegir nova resistència igual a R_m
 - $V_m = V/2$ a $x = 0.5$
 - error nul a $x = 0.5$
 - posició central del Pot.



$$V_m = V \frac{(1-x)(K+x)}{2x(1-x)+K}$$

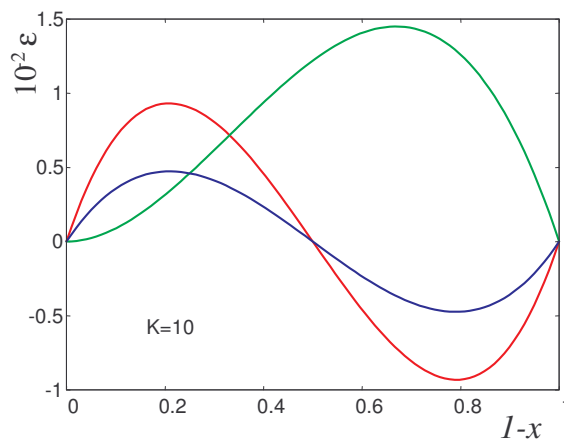
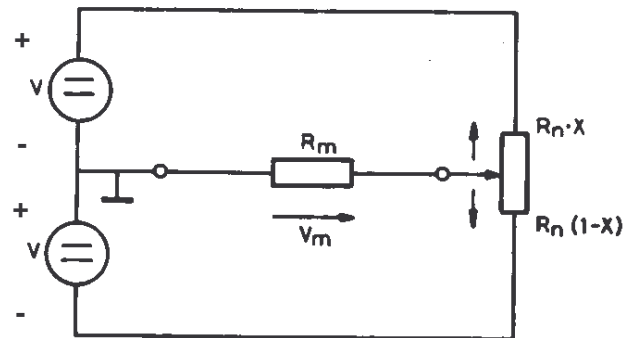
$$e = \frac{x(1-x)(2x-1)}{K+2x(1-x)}$$

- Si es posàs una R distinta de R_m , error mínim al voltant d'un altre punt
 - ✓ Important per casos en els que el marge de desplaçament a mesurar sigui conegut

Divisor de Tensió

- Minimització de l'error (2)
 - Font d'alimentació simètrica

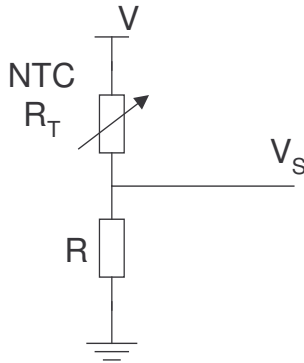
$$\varepsilon = \frac{1}{2} \frac{x(1-x)(2x-1)}{K+x(1-x)}$$



Aplicació a Termistors

- Per tal d'obtenir una resposta lineal amb la temperatura, s'haurà de linealitzar la NTC. Aquí resistència R en sèrie (paral.lel vist a tema III)

$$R_T = R_o e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}\right)} = R_o f(T)$$



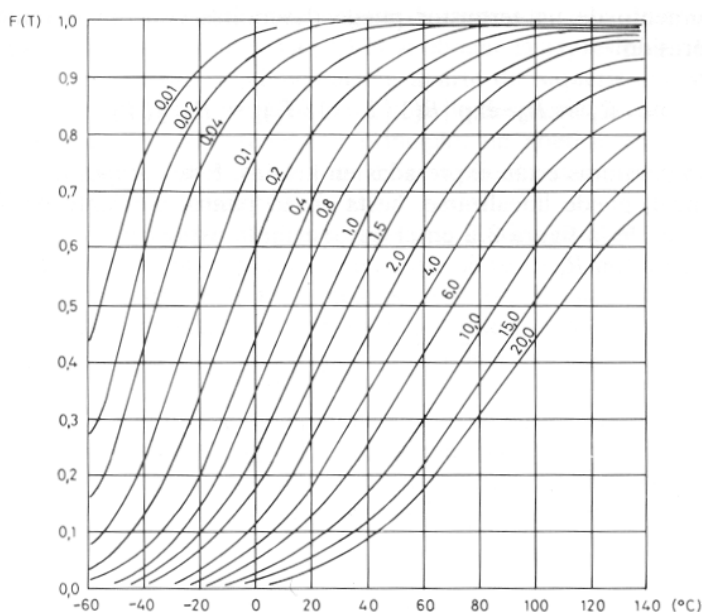
$$V_S = V \frac{R}{R_T + R} = \frac{V}{1 + \frac{R_T}{R}}$$

$$\frac{R_T}{R} = \frac{R_o}{R} f(T) = sf(T)$$

$$V_S = \frac{V}{1 + sf(T)} = VF(T)$$

- F(t) depèn de cada NTC i del valor de s (quocient R_o/R)
- Linealitat implica V_S lineal amb T $\Rightarrow F(T)$ una recta

Corbes s



- Corbes s: F(T) per un escombrat de valors de s
- 10°C-50°C agafar s=1.5
- 100°C-120°C agafar s=20
- Per un model de termistor, depenent del marge de temperatures de treball
 - Valor de s = R_o/R apropiat



valor de R a col.locar en sèrie amb el termistor

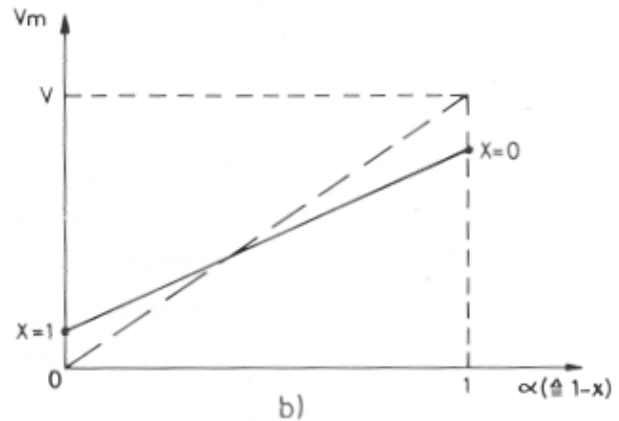
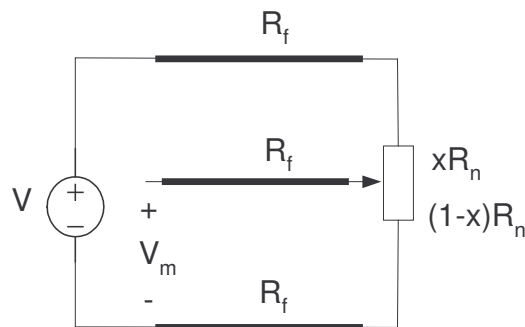
Errors degut a la resistència dels fils

• Problema :

- El potenciòmetre està “lluny” de la font d'alimentació i del dispositiu de mesura. Influència de la resistència dels fils

$$\text{Si } x=0 \quad V_{m0} = V \frac{R_n + R_f}{R_n + 2R_f}$$

$$\text{Si } x=1 \quad V_{m1} = V \frac{R_f}{R_n + 2R_f}$$

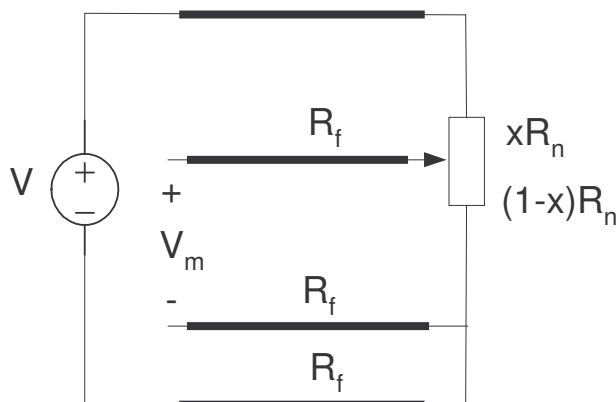


Influència de la resistència dels fils

- a $x = 1$ no es mesura $V_m = 0$
- pendent de la recta no ideal

Errors degut a la resistència dels fils

• Solució: Mesures a 4 fils



$$\text{Si } x=0 \quad V_{m0} = V \frac{R_n}{R_n + 2R_f}$$

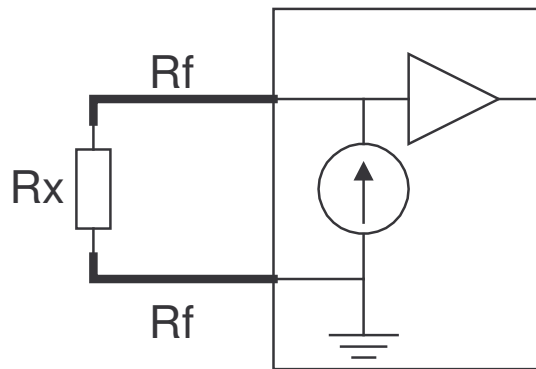
$$\text{Si } x=1 \quad V_{m1} = 0$$

- Eliminam l'error de 0, i ens queda només l'error de sensibilitat

Mesures 2 fils vs. mesures 4 fils

- Cas excitació per corrent : per ex multímetre digital mesurant resistències: Mesuram la caiguda de tensió a R_x

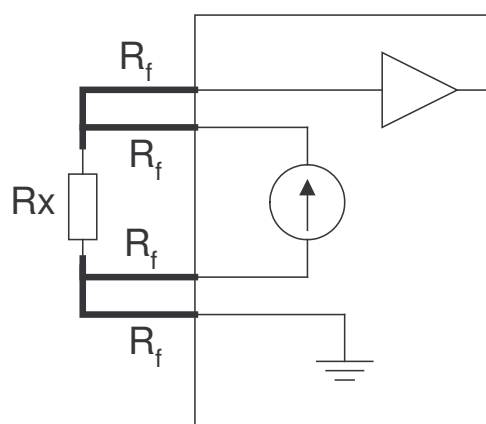
$$V_{ideal} = R_x I \quad \longrightarrow \quad V_{mes} = R_x I + 2R_f I$$



Mesures 2 fils vs. mesures a 4 fils

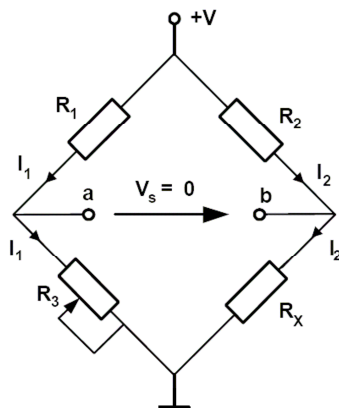
- Hi ha multímetres preparats per a mesures a 4 fils
 - Eliminació del problema de resistència del fils.
- Si l'amplificador té impedància d'entrada infinita s'està mesurant només la caiguda de tensió a R_x

$$V_{mes} = R_x I$$



Pont Wheatstone: Mesures per Comparació

- Objectiu: Conèixer el valor de R_x
- Mètode: equilibrar el pont $\rightarrow V_s = 0$



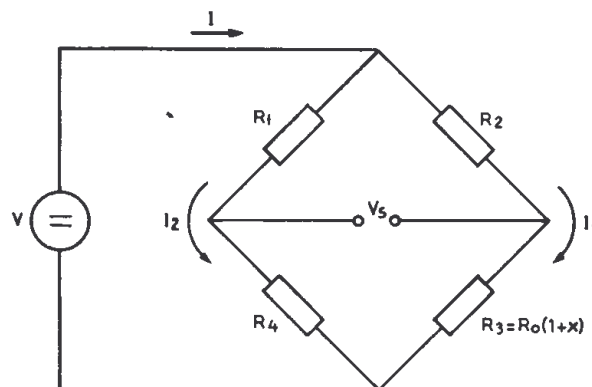
en equilibri

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

- ✓ La mesura de R_x no depèn de V (ni de les seves possibles variacions)
- ✗ Necessitat de conèixer amb precisió R_3

Pont Wheatstone per deflexió

- Objectiu: obtenir una tensió V_s proporcional a x
- Pont equilibrat ($V_s=0$ per $x=0$) $\rightarrow R_1/R_4 = R_2/R_0 = K$



$$V_s = V \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} - \frac{R_4}{R_1 + R_4} \right) = V \frac{Kx}{(K+1)(K+1+x)}$$

Pont Wheatstone per deflexió

$$V_s = V \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} - \frac{R_4}{R_1 + R_4} \right) = V \frac{Kx}{(K+1)(K+1+x)}$$

- Linealitat $\rightarrow K \gg x$

$$V_{s,L} = V \frac{Kx}{(K+1)^2}$$

- Error de linealitat: $K \uparrow \Rightarrow$ linealitat $\uparrow$

$$\varepsilon_r(\%) \equiv \frac{|V_s - V_{s,L}|}{V_s} \cdot 100\% = \frac{x}{1+K} \cdot 100\%$$

Pont Wheatstone per deflexió

- Definim la sensibilitat del sistema:

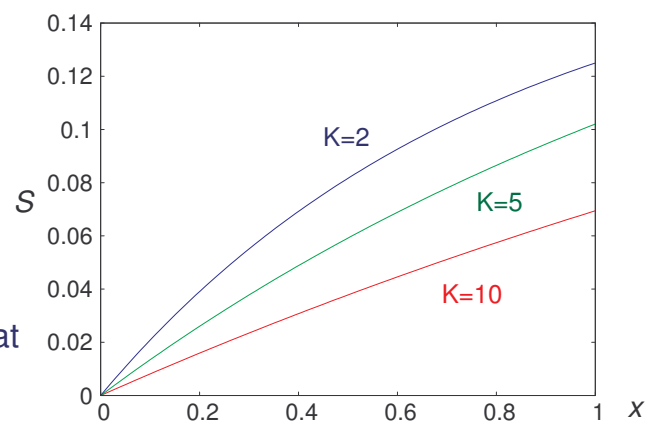
$$S \equiv \frac{dV_s}{dx} = Vx \frac{K}{(K+1+x)^2}$$

- Depen de V , K i x

- Augmenta amb x
- Disminueix amb K
- Compromís Sensibilidad vs. Linealitat

- Alternatives:

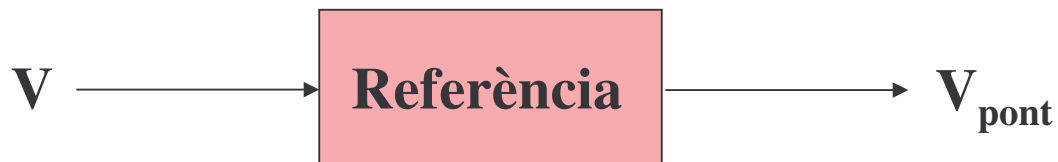
- Perdre sensibilitat (amplificació posterior)
- Perdre linealitat (posterior linealització analògica o digital de la sortida del pont)



Alimentació del Pont

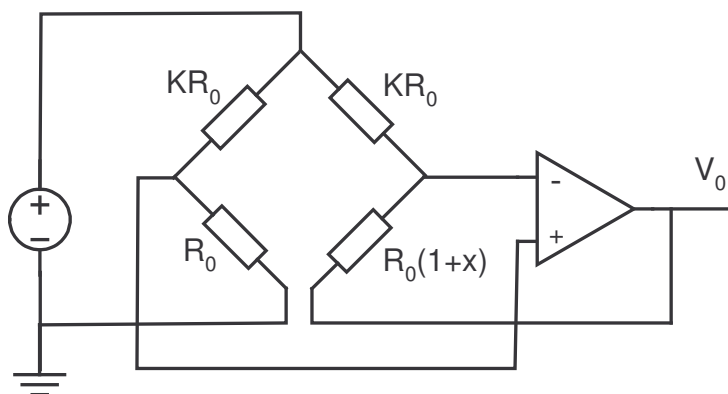
$$V_s = V \frac{Kx}{(K+1)(K+1+x)}$$

- Condició 1 :
 - Estable front a variacions de temperatura
- Condició 2
 - Estable en front al temps
- Necessitat d'estabilitzadors de tensió
 - Ref01 $5 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ $12 \cdot 10^{-5}/\text{V}$
 - AD580 $30 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ $50 \cdot 10^{-6}/\text{V}$ $25 \cdot 10^{-6}/1000\text{h}$



Linealització del Pont

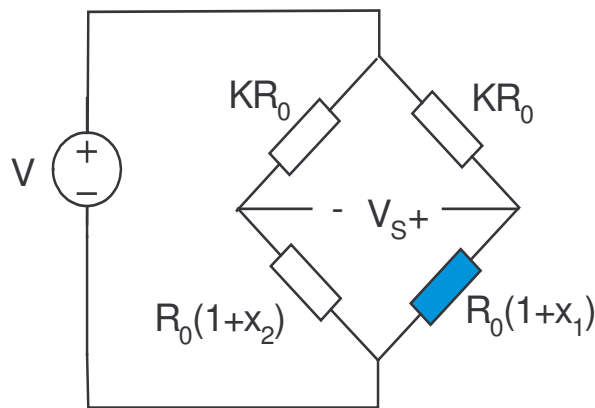
- Pont “obert”, sortida lineal amb x.



$$V_s = -\frac{V}{(1+K)}x$$

Mesures diferencials

- El pont de Wheatstone permet realitzar mesures diferencials



$$V_s = V \frac{K(x_1 - x_2)}{(K+1+x_1)(K+1+x_2)}$$

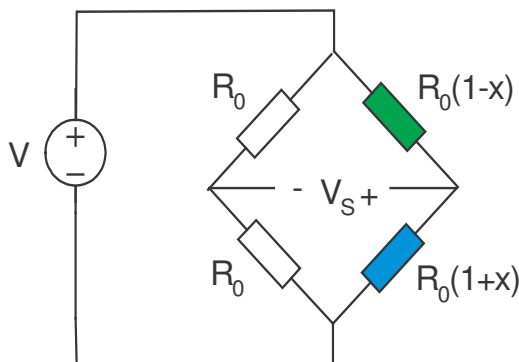
Si x_1 i $x_2 \ll K+1$

$$V_s \approx \frac{VK}{(K+1)^2} (x_1 - x_2)$$

- Mesura de diferències de temperatura
 - aplicació per mesurar pèrdues de calor, fluxes, etc, ...

Mesures diferencials

- Aplicació al cas de galgues
 - Connexió de dues galgues que experimenten deformacions iguals però de signe contrari.

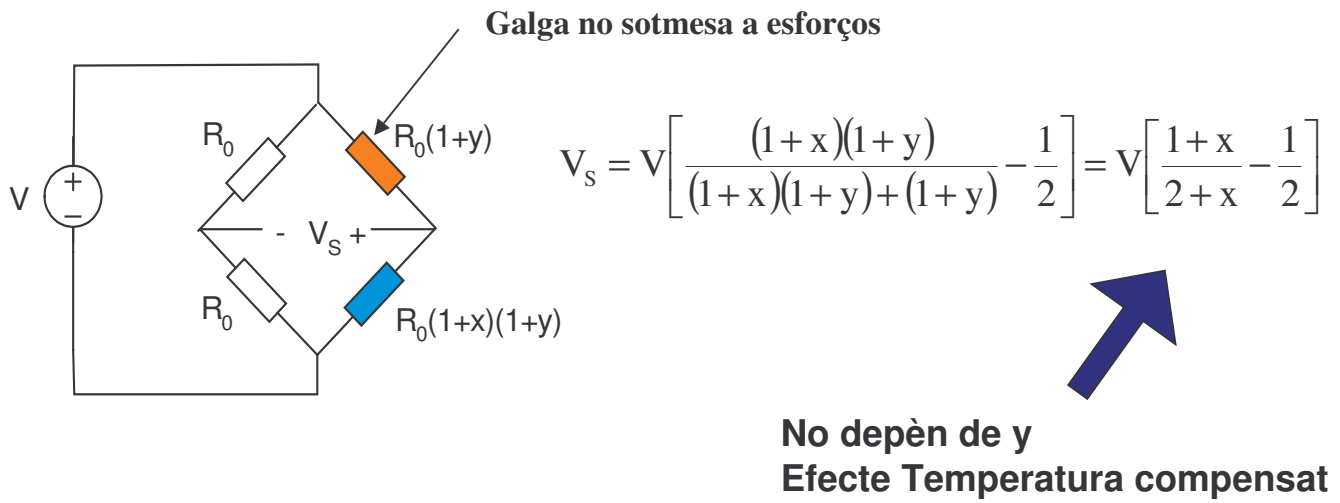


$$V_s = V \frac{x}{2}$$

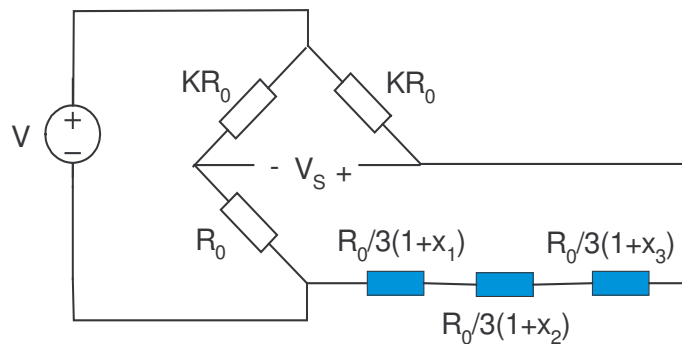
- Aconseguem LINEALITAT i s'ha perdut SENSIBILITAT

Mesures diferencials

- Compensació d'efectes de Temperatura (y)



Promijos



$$V_s = V \frac{K \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}}{\left(K + 1 + \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} \right) (K + 1)}$$

- Si $K+1$ és prou gran, V_s és el promig (escalat) de x_1 , x_2 i x_3