UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
E.T.S. INGENIERÍA Y DISEÑO INDUSTRIAL

INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

TRANSPARENCIAS TEMA 2: Acondicionamiento de Sensores Resistivos (2ª PARTE)

Sensores resistivos. Objetivos (II)

- Saber realizar medidas usando divisores de tensión.
- Conocer las limitaciones del puente de Wheatstone.
- Describir el método de medidas por comparación usando puentes de Wheatstone.
- Realizar ejemplos de medidas por deflexión usando puentes de Wheatstone.
- Conocer los distintos tipos de amplificadores de

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Acondicionamiento de señal para sensores resistivos.

1. Medida de resistencias.
2. Divisores de tensión.
3. Puente de Wheatstone. Medidas por comparación.
4. Puente de Wheatstone. Medidas por deflexión.
5. Amplificadores de instrumentación.

Instrumentación Electrónica

Acondicionamiento de señal para sensores resistivos.

1. Medida de resistencias.
2. Divisores de tensión.
3. Puente de Wheatstone. Medidas por comparación.
4. Puente de Wheatstone. Medidas por deflexión.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

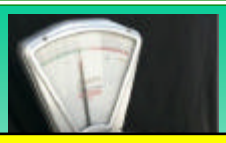
Medida de resistencias

- Los sensores resistivos están basados en la variación de la resistencia eléctrica.
- Medir la resistencia del sensor puede no ser trivial:
  - Es necesario alimentar el sensor. Es necesaria una fuente de energía externa (de valor y estabilidad adecuados).
  - La variación de resistencia puede ser muy pequeña, lo que implica una tensión "fija" alta, alrededor de la cual se ha de medir una "variable" pequeña.
- Los métodos de medida se clasifican en dos grupos: de deflexión y de comparación.

Medida de resistencias

- Medida por comparación:
  - Se compara la variación de la magnitud con un valor conocido hasta compensar.

- Medida por deflexión:
  - Se deja que la magnitud provoque una variación y se



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

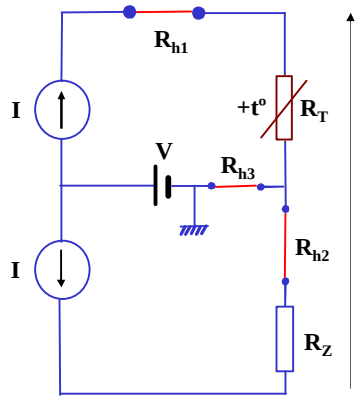
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Medida de resistencias

- Medida con fuentes de corriente

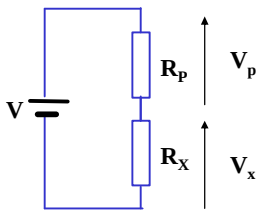


$V_m = I(R_T - R_Z)$

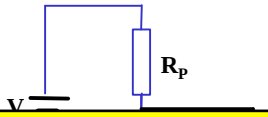
Medida de resistencias

- Medida con doble lectura

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



- Divisor de tensión



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

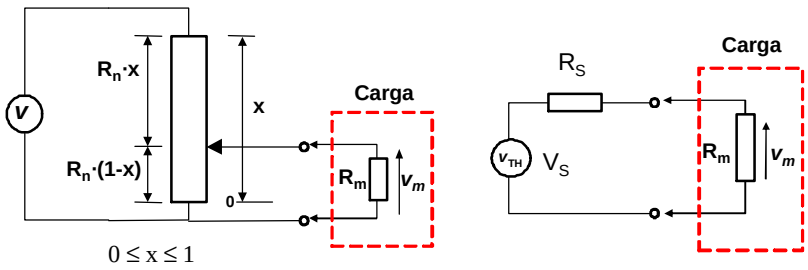
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Acondicionamiento de señal para sensores resistivos.

1. Medida de resistencias.
2. Divisores de tensión.
   1. - Potenciómetros.
   2. - Aplicación a termistores.
3. Puente de Wheatstone. Medidas por comparación.
4. Puente de Wheatstone. Medidas por deflexión.
5. Amplificadores de instrumentación.

Divisores de tensión

- Uso de potenciómetros



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

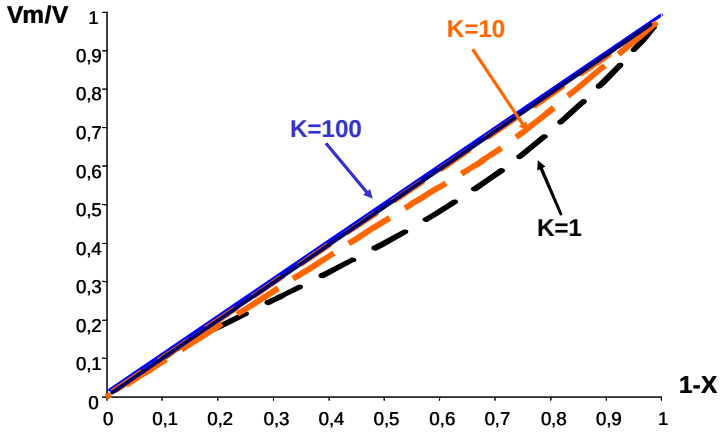
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

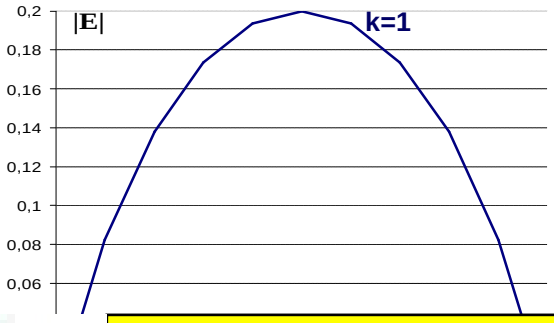
Divisores de tensión

- Variación de la tensión entre contacto móvil y el fijo para distintos valores de k



Divisores de tensión

- Error relativo



$$E = \frac{-x(1-x)}{k + x(1-x)}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

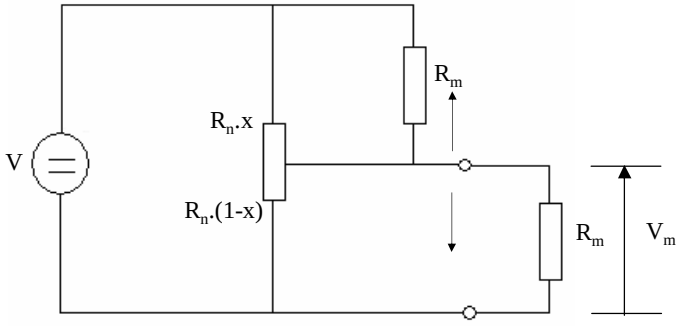
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

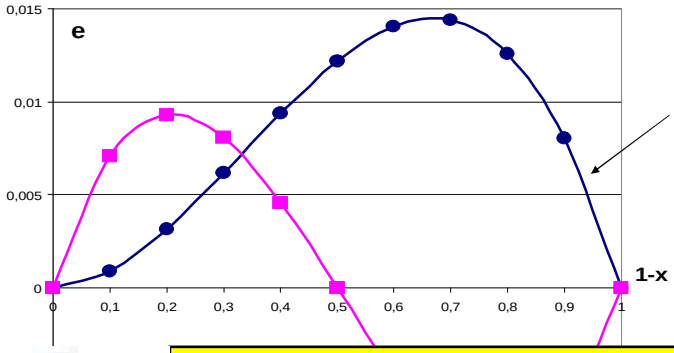
Divisores de tensión

- Reducción del error de carga



Divisores de tensión

- Error absoluto



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

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

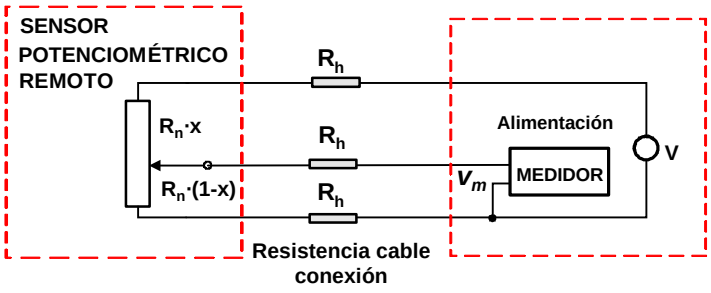
- - -

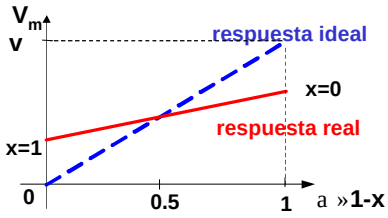
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Divisores de tensión

Influencia de los hilos de conexión





x=0 error de sensibilidad

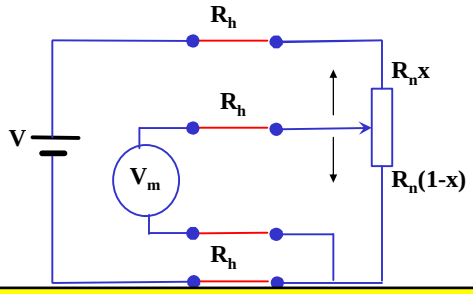
x=1 error de cero

Divisores de tensión

Circuito de medida de 4 hilos

$$x = 0 \Rightarrow V_m = \frac{R_n}{R_n + 2R_h}$$

$$x = 1 \Rightarrow V_m = 0$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

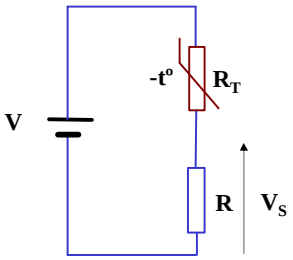
Aplicación a termistores

- Termistor en divisor de tensión

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

$$\frac{R_T}{R} = \frac{R_0}{R} f(T) = s\, f(T)$$

$$V_s = \frac{V}{1+s\, f(T)} = V\, F(T)$$



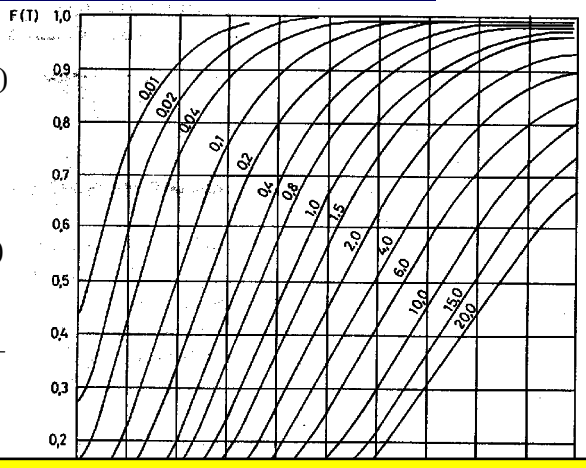
Curvas s de un termistor

$$R_T = R_0\, e^{B\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)} = R_0\, f(T)$$

$$\frac{R_T}{R} = \frac{R_0}{R} f(T) = s\, f(T)$$

$$V_s = \frac{V}{1+s\, f(T)} = V\, F(T)$$

$$R_p = R_T \,//\, R = \frac{R_T\, R}{R_T + R}$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

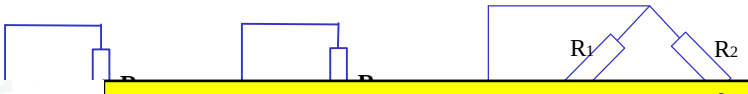
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Acondicionamiento de señal para sensores resistivos.

1. Medida de resistencias.
2. Divisores de tensión.
3. Puente de Wheatstone. Medidas por comparación.
4. Puente de Wheatstone. Medidas por deflexión.
5. Amplificadores de instrumentación.

Medida con puentes

- ¿Qué es un puente de Wheatstone?:
  - Es un circuito con dos divisores de tensión.
- ¿Qué ventaja presenta?:
  - El brazo fijo genera una tensión constante que cancela el valor de reposo del sensor. Se obtiene una señal que varía sólo con la magnitud a medir.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Medida con puentes

- Medida por comparación:
  - Se compara la variación de la magnitud con un valor conocido hasta compensar.

- Medida por deflexión:
  - Se deja que la magnitud provoque una variación y se intenta averiguar el valor correspondiente a dicha variación.

Puente de Wheatstone.

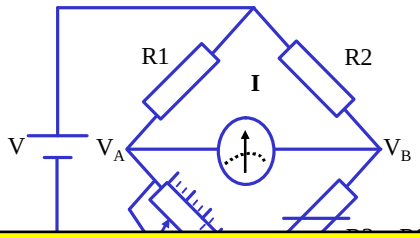
Medidas por comparación.

Circuito básico.

- En el equilibrio:

$$V_A = V_B \; ; \; I = 0$$

$$R_3 = R_4 \frac{R_2}{R}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

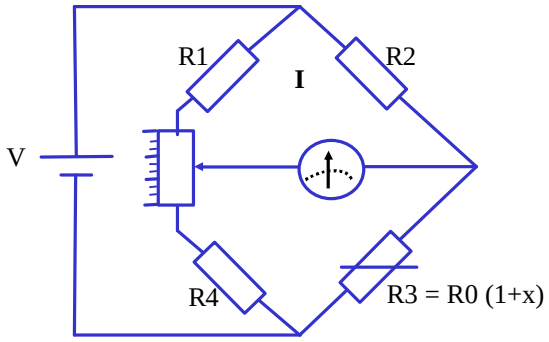
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Puente de Wheatstone.

Medidas por comparación.

- Disposición para eliminar la influencia en la medida de la resistencia de contacto en el brazo ajustable.



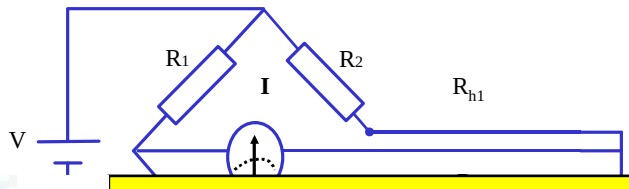
Puente de Wheatstone.

Medidas por comparación.

- Influencia de los hilos de conexión (I)

$$R_3' = R_4 \frac{R_2'}{R_1} \begin{cases} R_2' = R_2 + R_{h1} \\ R_3' = R_3 + R_{h3} \end{cases} \qquad Si\ R_{h1} = R_{h3} = R_h$$

$$R_3 = R_4 \frac{R_2 + R_h}{R_1} - R_h$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

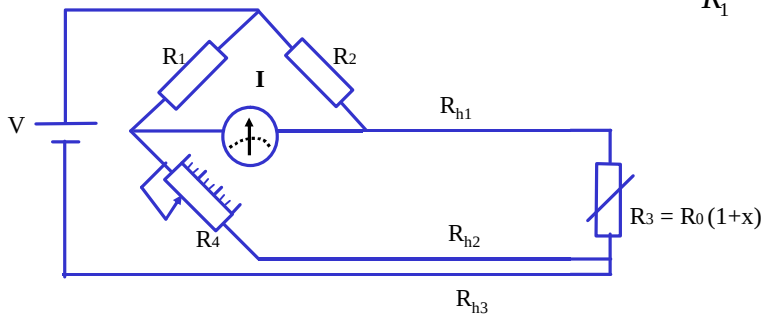
Puente de Wheatstone.

Medidas por comparación.

- Influencia de los hilos de conexión (II)

$$R_3' = R_4' \frac{R_2}{R_1} \begin{cases} R_3' = R_3 + R_{h1} \\ R_4' = R_4 + R_{h2} \end{cases} \qquad Si\ R_{h1} = R_{h2} = R_h$$

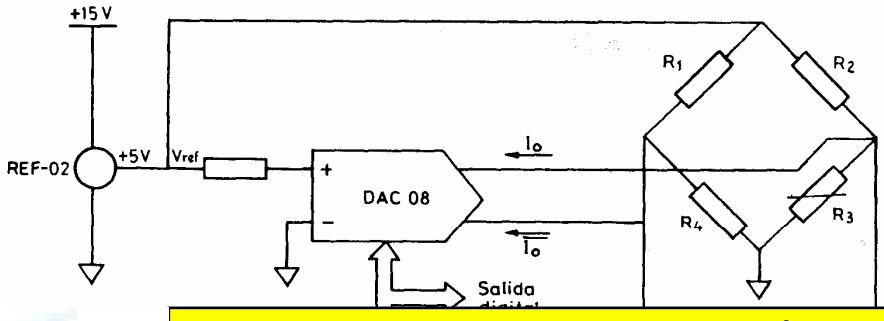
$$R_3 = (R_4 + R_h)\frac{R_2}{R_1} - R_h$$



Puente de Wheatstone.

Medidas por comparación.

- Ajuste rápido del cero



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

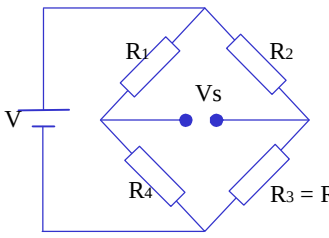
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Acondicionamiento de señal para sensores resistivos.

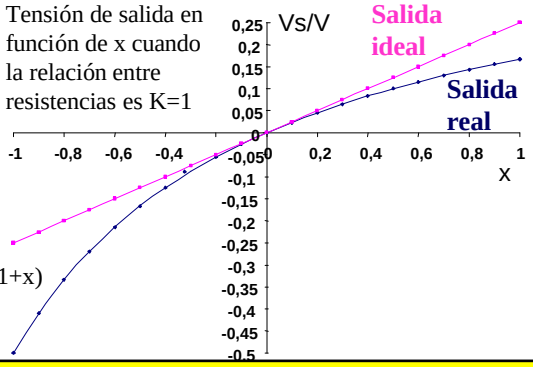
1. Medida de resistencias.
2. Divisores de tensión.
3. Puente de Wheatstone. Medidas por comparación.
4. Puente de Wheatstone. Medidas por deflexión.
   1. - Sensibilidad y linealidad.
   2. - Linealización analógica.
   3. - Calibración y ajuste.
   4. - Medidas diferenciales y medias.
   5. - Alimentación de puentes de Wheatstone.
   6. - Alternativas para la detección
5. Amplificadores de instrumentación.

Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión. Linealidad



Tensión de salida en función de x cuando la relación entre resistencias es K=1



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

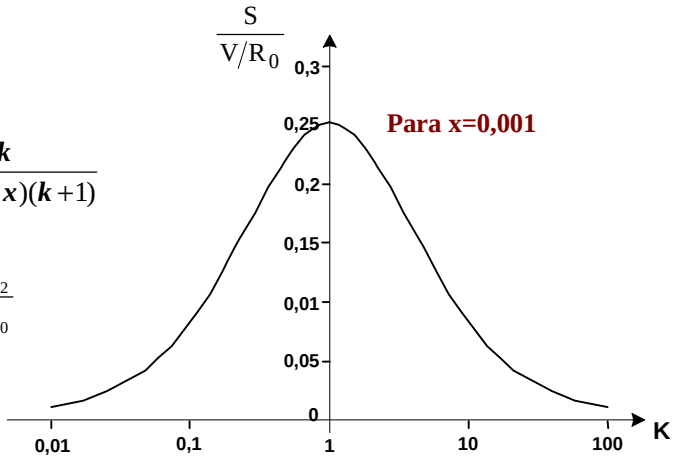
Puente de Wheatstone.

Variación de la sensibilidad en función de K

$$S = \frac{V_s}{x\,R_0}$$

$$S = \frac{V}{R_0}\,\frac{k}{(k+1+x)(k+1)}$$

$$con\ k = \frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_0}$$



Sensibilidad máxima en K=1

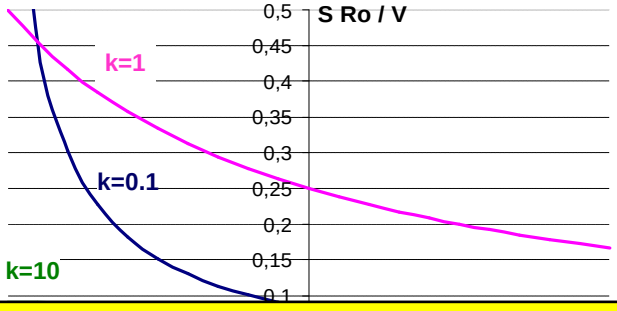
Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Sensibilidad para diferentes valores de k

$$S = \frac{V_s}{x\,R_0}$$

$$S = \frac{V}{R_0}\,\frac{k}{(k+1+x)(k+1)}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

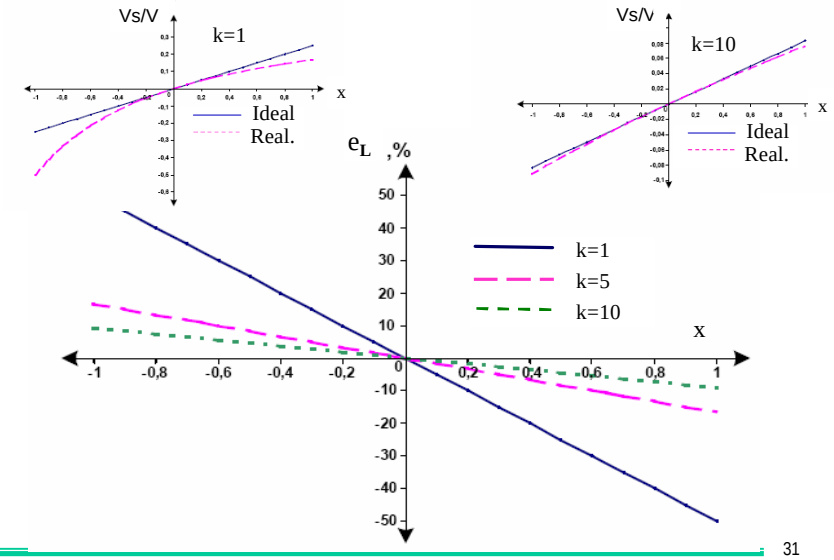
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Puente de Wheatstone.

Error relativo de linealidad en función de K

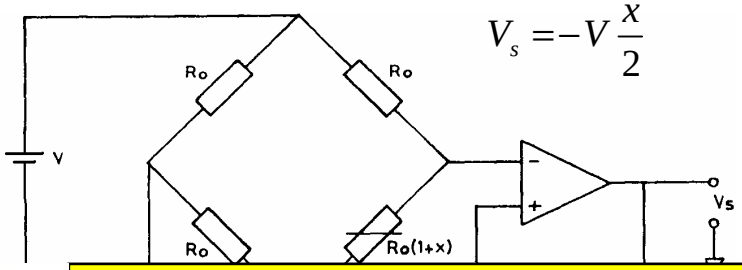


Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Linealización analógica

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



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

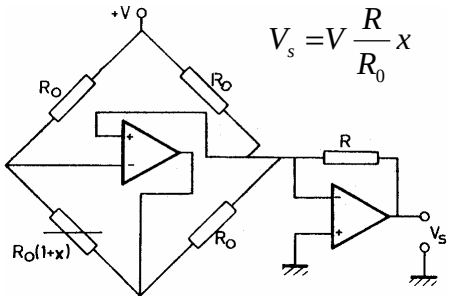
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

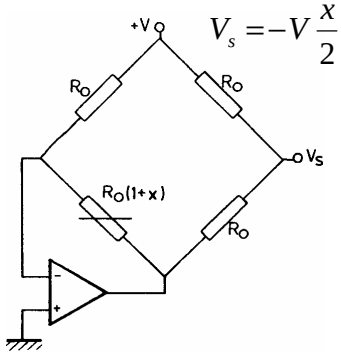
Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Linealización analógica



$$V_s = V\frac{R}{R_0}x$$



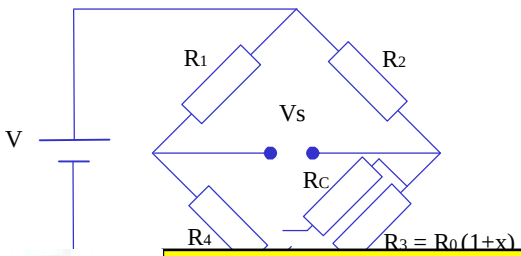
$$V_s = -V\frac{x}{2}$$

- **Circuito 2**
- **Circuito 3**

Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Calibración



Si interpretamos :

$$\frac{R_0 R_C}{R_0 + R_C} = R_0(1+x)$$

$$x = -\frac{R_0}{R_0 + R_C}$$

entonces :

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

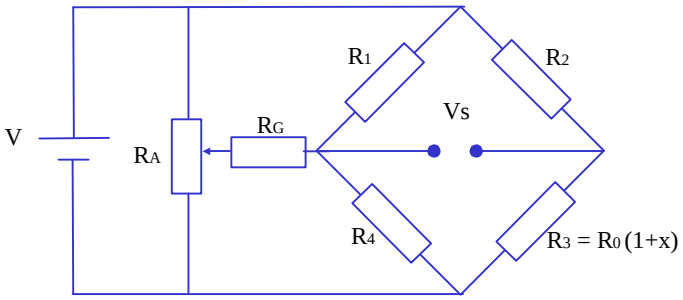
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

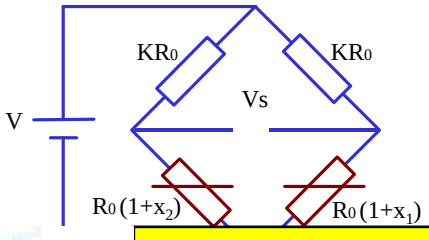
- Ajuste de k



Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Medidas diferenciales



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

$si\ x_1, x_2 \langle\langle k+1:$

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

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

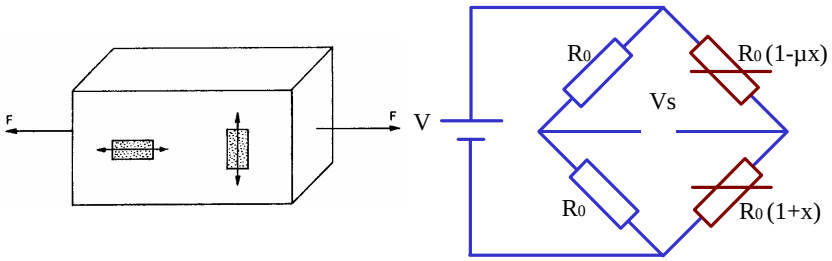
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Aumento de sensibilidad

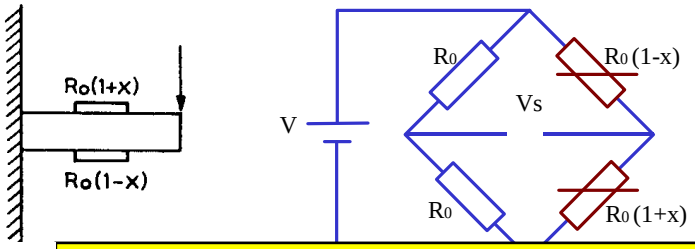


$$V_s = V\frac{x(1+\mu)}{2[2+x(1+\mu)]} \Rightarrow V_s \approx V\frac{x(1+\mu)}{4}$$

Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Aumento de sensibilidad y linealidad



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

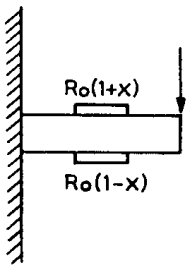
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

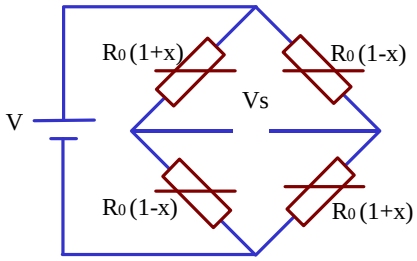
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Aumento de sensibilidad y linealidad (II)



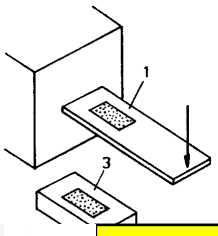


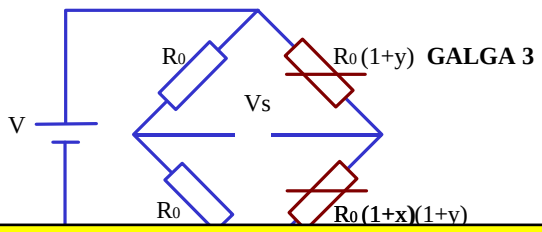
$$V_s = V\,x$$

Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Compensación de temperatura





CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

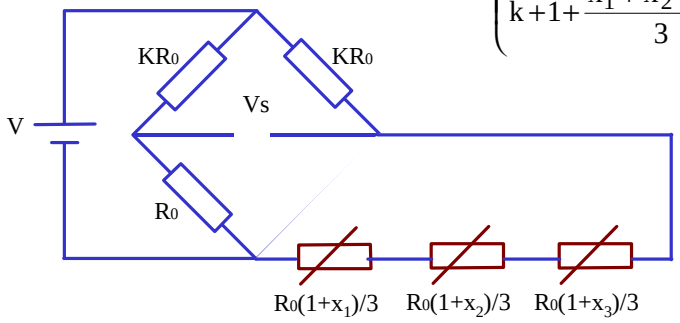
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Puente de Wheatstone.

Medidas por deflexión

- Medida de valores medios

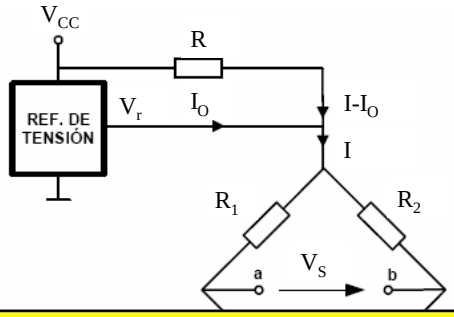
$$V_s = V \frac{k\frac{x_1+x_2+x_3}{3}}{\left(k+1+\frac{x_1+x_2+x_3}{3}\right)(k+1)}$$



Puente de Wheatstone.

Alimentación

- Aumento de la corriente de alimentación



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

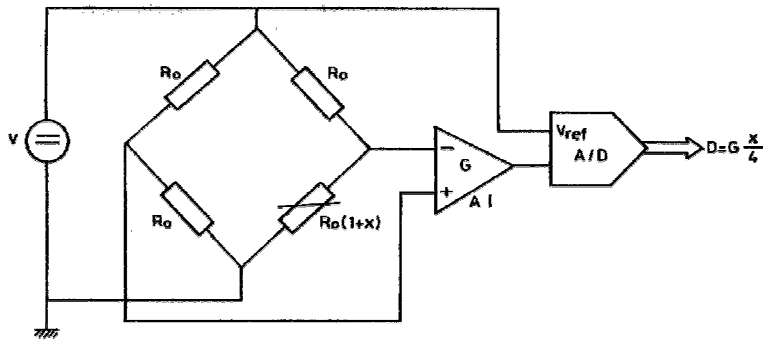
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Puente de Wheatstone.

Alimentación

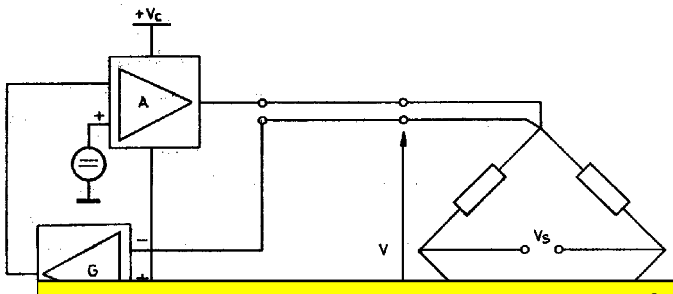
- Medidas por relación o radiométricas



Puente de Wheatstone.

Alimentación

- Medidas a cuatro hilos



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Acondicionamiento de señal para sensores resistivos.

1. Medida de resistencias.
2. Divisores de tensión.
3. Puente de Wheatstone. Medidas por comparación.
4. Puente de Wheatstone. Medidas por deflexión.
5. Amplificadores de instrumentación.
   1. - Amplificadores diferenciales.
   2. - Amplificador de instrumentación con dos operacionales.
   3. - Amplificador de instrumentación con tres operacionales.

Acondicionamiento General

- Amplificador adecuado para la salida de un puente:
  - El puente tiene dos salidas, el amplificador ha de tener dos terminales de entrada.
  - Como la alimentación del puente tiene un terminal a masa, el amplificador no puede tener una de las entradas a masa.
  - La impedancia de las entradas ha de ser alta e

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

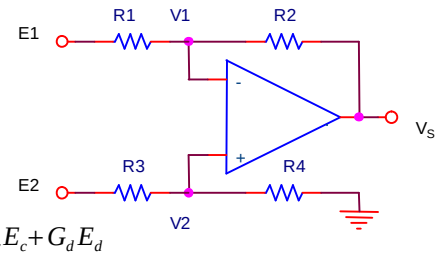
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Acondicionamiento General

- Amplificador diferencial con un único operacional.

$$V_S = -\frac{R_2}{R_1}E_1 + \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\frac{R_4}{R_3+R_4}E_2$$



$$Si\ sustituimos: \begin{cases} E_d = E_2 - E_1 \\ E_c = \dfrac{E_1+E_2}{2} \end{cases}$$

$$la\ tensión\ de\ salida\ vale: V_S = G_c E_c + G_d E_d$$

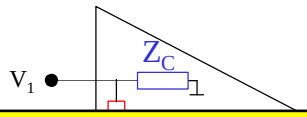
$con:$

$$G_c = \left.\frac{V_s}{E_c}\right|_{E_d=0} = \frac{R_1R_4 - R_2R_3}{R_1(R_3+R_4)} \qquad G_d = \left.\frac{V_s}{E_d}\right|_{E_c=0} = \frac{1}{2}\left[\frac{R_2}{R_1} + \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\frac{R_4}{R_3+R_4}\right]$$

Acondicionamiento General

- Modelo con las propiedades diferenciales
  - El término Gc se denomina ganancia en modo común.
  - El término Gd se denomina ganancia en modo diferencial.
- El CMRR es la capacidad del circuito de rechazar la señal en modo común.

$$CMRR = \frac{G_d}{G_c}$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

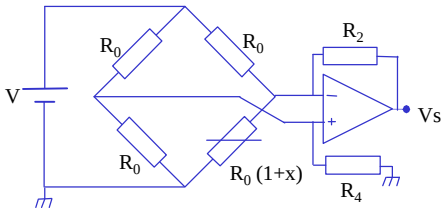
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

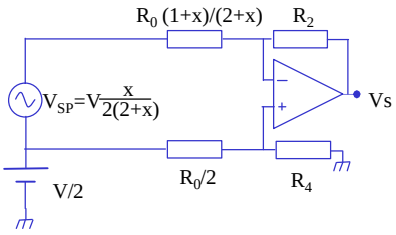
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Acondicionamiento General

- Puente con amplificador diferencial



Esquema



Circuito equivalente

$$CMRR \approx \frac{1+2\frac{R}{R_0}}{\frac{x}{2}} \quad si\ R_2 = R_4 = R$$

Acondicionamiento General

Amplificador de instrumentación

- Es un circuito que cumple:
  - Alta impedancia de entrada
  - Alto rechazo del modo común
  - Ganancia estable y variable con un resistor
  - Sin contraposición de ganancia y ancho de banda

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

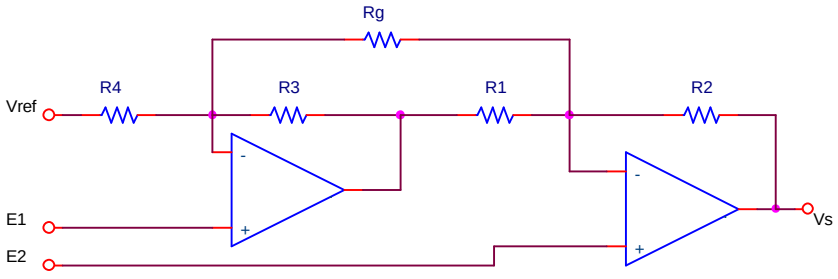
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Acondicionamiento General

- Amplificador de instrumentación con dos operacionales



$$V_S = E_d\left(1 + k + \frac{R_2 + R_4}{R_g}\right) + E_{ref} \qquad con\, k = \frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$$

Acondicionamiento General

- Amplificador de instrumentación con tres operacionales

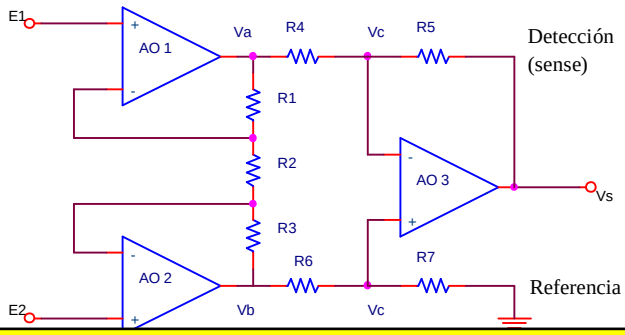
Si hacemos $k = \frac{R_5}{R_4} = \frac{R_7}{R_6}$

G_c *vale*

$$G_c = \frac{k}{1+k}$$

y si se cumple que

$$\frac{2R_1}{R_-} = \frac{2R_3}{R_-} = G$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.