

The background of the slide features a large, faint watermark of the Damascus University logo. The logo is circular, with the university's name in Arabic 'جامعة دمشق' and English 'Damascus University' around the perimeter. In the center is a stylized sunburst or star symbol.

القياسات الكهربائية والميكانيكية

Electrical & Mechanical Measurements

السنة الثانية – قسم الميكاترونكس

أستاذ المقرر : م.يامن تركماني

الفصل الأول : مقدمة عن الواحدات وأنظمة القياس

General Introduction “ measurement units and systems”

النظام العالمي أو المتري للوحدات يُعرّف النظام العالمي للوحدات International System of Units بأنه نظام عشري من الوحدات يعتمد على المتر وحدة للطول والكيلوغرام وحدة للكتلة والثانية وحدة للزمن، ويشار له كذلك باسم النظام المتري، ويُعرف عمومًا باسم SI يُستخدم هذا النظام في العديد من الدول كأستراليا، وكندا، وفرنسا، والهند، وإيطاليا، واليابان، والمكسيك، وجنوب أفريقيا، وإسبانيا، والمملكة المتحدة. وفيما يأتي قائمة بكميات القياس الأساسية ووحداتها في النظام العالمي للوحدات.

الكمية	وحدة القياس
الطول	متر
الزمن	ثانية
الحرارة	كلفن
التيار الكهربائي	أمبير
الشدة الضيائية	شمعة أو قنديلة
الكتلة	كيلوغرام
كمية المادة	المول

يُعرّف النظام الإمبريالي Imperial System بأنه نظام قياس استُخدم في المملكة المتحدة ودول الكومنولث وعددها 54 دولة، ويتألف من وحدات كالْبوصة والميل والرطل، ويُشار له بالنظام البريطاني أو الإنجليزي، واستُخدم في بريطانيا في الفترة 1824-1965م، ويستخدم حاليًا فقط في ليبيريا، وميانمار، والولايات المتحدة الأمريكية.

وفيما يأتي، قائمة بالوحدات الأساسية المُعتمدة في النظام الإمبريالي

الكمية	وحدة القياس
الكتلة	أونصة، رطل، سبيكة، طن
الطول	بوصة، قدم، ياردة، ميل
الزمن	ثانية، دقيقة، ساعة، يوم
القوة	باوند قوة

النظام العرفي للولايات المتحدة يستند النظام العرفي للولايات المتحدة **US Customary System** إلى النظام البريطاني . وهو النظام الرئيسي للأوزن والمقاييس في الولايات المتحدة وعدد قليل من الدول، ويعتمد على الفدان وحدة للطول، والرطل وحدة للوزن، والجالون وحدة لحجم السائل.



تاريخ وحدات القياس ونشأتها

لم يكن هناك أي نظام قياس موحد حتى القرن الثامن عشر، وبذلت الدول جهودًا كبيرة لتقليص عدد وحدات القياس المُستخدمة، ولا سيما في فرنسا، إذ كانت أكثر الدول ابتكارًا للوحدات وأكثرها فوضى، وشاعت وحدات القياس المُستعارة من تكوينات بنية الإنسان التي تشير إلى أجزاء الجسد، كالذراع، والشبر، والقدم. لم تكن قياسات الحجم والطول مرتبطة، وكان لكل منها وحدته الخاصة، واستُحدثت وحدات فرعية عشوائية، فكان ذلك سببًا في جعل عملية الحساب والقياس أمرًا شاقًا، علاوة على كونها مصدرًا للخطأ والاحتياال في المعاملات التجارية، ومع توسع التجارة والصناعة، برزت الحاجة إلى ابتكار نظام موحد للقياسات ووحداتها.

النظام المتري مجموعة من الوحدات تستخدم للقيام بأي من عمليات القياس؛ كقياس الطول أو الحرارة أو الزمن أو الوزن. وهو نظام لا يضاهيه من حيث البساطة أي نظام قياس استخدم حتى الآن. فيقوم العاملون في حقل العلوم بقياساتهم مستخدمين الوحدات المترية مثلما يفعل بقية الناس في معظم البلدان. تم استحداث هذا النظام على أيدي مجموعة من العلماء الفرنسيين في العقد الأخير من القرن الثامن عشر



مضاعفات وأجزاء النظام المتري

البادئة	الرمز	القيمة	قيمة العامل الاسي
exa	E	1000000000000000000	10^{18}
peta	P	1000000000000000	10^{15}
tera	T	1000000000000	10^{12}
giga	G	1000000000	10^9
mega	M	1000000	10^6
kilo	k	1000	10^3
hecto	h	100	10^2
deka	da	10	10^1
deci	d	0.1	10^{-1}
centi	c	0.01	10^{-2}
milli	m	0.001	10^{-3}
micro		0.000001	10^{-6}
nano	n	0.000000001	10^{-9}
pico	p	0.000000000001	10^{-12}
femto	f	0.000000000000001	10^{-15}
atto	a	0.000000000000000001	10^{-18}

أنواع أخطاء القياس

خطأ القياس. أثناء قياس أي كمية مادية ، من المستحيل عمليا العثور على قيمتها الحقيقية. يسمى الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة المقاسة للكمية المادية الخطأ في قياسها. بمعنى آخر ، يمكننا القول ، أن نتيجة كل قياس بواسطة أي أداة قياس تحتوي على بعض عدم اليقين وهذا الارتياح يسمى الخطأ.

الدقة : دقة القياس هي الإعفاء النسبي من الأخطاء. أي أن الدقة هي مقياس مدى قرب القيمة المقاسة من القيمة الفعلية للكمية.

العدد الأدنى : لكل أداة حد أدنى للقيمة التي يمكن قياسها بدقة. هذا يسمى أقل عدد لتلك الأداة.

ما هي أنواع الأخطاء المختلفة في القياس؟

يمكن تصنيف الأخطاء التي قد تحدث في قياس الكمية المادية إلى ستة أنواع: خطأ ثابت ، خطأ منهجي ، خطأ عشوائي ، خطأ مطلق ، خطأ نسبي وخطأ نسبة مئوية. يتم شرح كل نوع من أنواع الخطأ في القياس أدناه.

1- خطأ ثابت : يشير إلى تلك الأخطاء التي تؤثر على النتيجة بنفس المقدار.

على سبيل المثال: إذا كانت قراءة مقياس الحرارة ، عند وضعه في الماء المقطر بحالة الغليان عند الضغط العادي ، هي 110 درجة مئوية ، فإن الجهاز به خطأ بمقدار 10 درجة مئوية.

2- خطأ منهجي : تنجم الأخطاء المنهجية عن بعض الأسباب المعروفة وفقاً لقانون محدد وتميل إلى أن تكون في اتجاه واحد ، سواء كانت إيجابية أو سلبية. يمكننا تقليل الأخطاء المنهجية عن طريق اختيار أدوات أفضل ، عن طريق تحسين التقنيات أو الإجراءات التجريبية وإزالة الأخطاء الشخصية قدر الإمكان.

أنواع أخطاء القياس

هناك أربعة مصادر أو أنواع للخطأ المنتظم: الخطأ الآلي ، والخطأ الجسيم ، والخطأ لأسباب خارجية ، والخطأ الناتج عن العيوب.

1- **الخطأ الآلي** : الأخطاء الآلية هي أخطاء ناتجة عن الجهاز أو أدوات القياس المستخدمة. قد تكون أخطاء بسبب التصميم غير الكامل أو معايرة أداة القياس ، خطأ صفري في الجهاز وما إلى ذلك. يعتمد ذلك على حد أو دقة أداة القياس. على سبيل المثال ، باستخدام مقياس متر مع تدرجات بفاصل واحد مم ، فإن دقة القراءة تقتصر على مم واحد. يعتبر الخطأ في قراءة مقياس العداد من رتبة نصف أصغر تقسيم على المقياس ؛ أي بترتيب 0.5 مم.

2- **الخطأ الجسيم** : هو نوع آخر من الأخطاء المنهجية التي يتم ارتكابها بسبب الخصائص الشخصية للتجربة مثل الإهمال في أخذ الملاحظات دون مراعاة الاحتياطات اللازمة أو عدم الإعداد المناسب لأدوات القياس ، إلخ. يسمى الخطأ الجسيم أيضاً باسم الخطأ الشخصي أو خطأ في الملاحظة. على سبيل المثال ، أثناء أخذ القراءة من جهاز القياس ، قد يقرأ المراقب 41 على أنه 47.

أنواع أخطاء القياس

3- **الخطأ لأسباب خارجية** : تنشأ هذه الأخطاء بسبب تغير الظروف الخارجية مثل درجة الحرارة ، وسرعة الرياح ، والضغط ، والرطوبة ، والمجال الكهربائي أو المجال المغناطيسي ، إلخ. على سبيل المثال: خلال الصيف ، يصبح طول مقياس عداد الحديد أكثر من متر واحد.

4- **الخطأ بسبب النقص في التقنية** أو الإجراء التجريبي تحدث بعض الأخطاء بسبب النقص في الترتيب التجريبي. على سبيل المثال ، أثناء تحديد درجة حرارة الإنسان ، فإن مقياس الحرارة الذي يوضع تحت الإبط سيعطي دائماً درجة حرارة أقل من القيمة الفعلية لدرجة حرارة الجسم. مثال آخر: فقدان الحرارة بسبب الإشعاع في المسعر.

5- **الخطأ العشوائي** : هو الخطأ الذي يسببه الفرد الذي يقيس الكمية. يعتمد الخطأ العشوائي على صفات شخص القياس والعناية التي يتم اتخاذها في عملية القياس. من أجل تقليل الأخطاء العشوائية ، يتم تكرار القياسات عدة مرات ويتم أخذ القيمة المتوسطة (الوسط الحسابي) على أنها القيمة الصحيحة للكمية المقاسة.

$$a_{mean} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

أنواع أخطاء القياس

الأخطاء المطلقة والنسبية

الخطأ المطلق :

$$\Delta a_1 = a_{\text{mean}} - a_1$$

$$\Delta a_2 = a_{\text{mean}} - a_2$$

$$\Delta a_{\text{mean}} = \frac{|\Delta a_1| + |\Delta a_2| + \dots + |\Delta a_n|}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta a_i|$$

$$a_{\text{mean}} \pm \Delta a_{\text{mean}}$$

أنواع أخطاء القياس

$$\text{Relative error, } \delta a = \frac{\Delta a_{\text{mean}}}{a_{\text{mean}}}$$

الخطأ النسبي:

$$\text{Percentage error} = \frac{\Delta a_{\text{mean}}}{a_{\text{mean}}} \times 100\%$$

الخطأ المئوي:

أنواع أخطاء القياس



Example:

When the diameter of a wire is measured using a screw electronic gauge, the successive readings are found to be 1.10 mm, 1.12 mm, 1.14 mm, 1.08 mm, 1.16mm and 1.17mm. Calculate the absolute errors and the relative error in the measurement.

$$a_{\text{mean}} = \frac{1.10 + 1.12 + 1.14 + 1.08 + 1.16 + 1.17}{6} = 1.128\text{mm}$$

جدول أخطاء القياس

<i>Difference between a_{mean} and measured value</i>	<i>Magnitude of errors</i>
$1.128 - 1.10 = 0.028 \text{ mm}$	0.028 mm
$1.128 - 1.12 = 0.008 \text{ mm}$	0.008 mm
$1.128 - 1.14 = -0.012 \text{ mm}$	0.012 mm
$1.128 - 1.08 = 0.048 \text{ mm}$	0.048 mm
$1.128 - 1.16 = -0.032 \text{ mm}$	0.032 mm
$1.128 - 1.17 = -0.042 \text{ mm}$	0.042 mm

أخطاء القياس المطلقة والنسبية والمئوية على التوالي

$$\Delta a_{mean} = \frac{0.028 + 0.008 + 0.012 + 0.048 + .032 + .042}{6} = 0.028mm$$

$$Relative\ error, \delta a = \frac{\Delta a_{mean}}{a_{mean}} = \frac{0.028}{1.128} = 0.0248$$

$$Percentage\ error = \frac{\Delta a_{mean}}{a_{mean}} \times 100\% = \frac{0.028 \times 100}{1.128} = \pm 2.48\%$$

أخطاء القياس عند اجراء العمليات الحسابية على الكميات المقاسة

1- الجمع والطرح

$$Z = A + B$$

$$A \pm \Delta A \text{ and } B \pm \Delta B$$

$$Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A) + (B \pm \Delta B)$$

$$= A + B \pm \Delta A \pm \Delta B$$

$$\Delta Z = \Delta A + \Delta B$$

أخطاء القياس عند اجراء العمليات الحسابية على الكميات المقاسة

2- الضرب

$$Z = A \cdot B$$

$$A \pm \Delta A \text{ and } B \pm \Delta B$$

$$Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A) \cdot (B \pm \Delta B)$$

$$\Delta Z \approx A \Delta B \pm B \Delta A \pm \Delta A \Delta B$$

$$1 \pm \frac{\Delta Z}{Z} = 1 \pm \frac{\Delta B}{B} \pm \frac{\Delta A}{A} \pm \frac{\Delta A \Delta B}{AB}$$

$$\boxed{\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{\Delta A}{A} \pm \frac{\Delta B}{B}}$$

أخطاء القياس عند اجراء العمليات الحسابية على الكميات المقاسة

3- القسمة

$$Z = A / B$$

$$A \pm \Delta A \text{ and } B \pm \Delta B$$

$$Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A) / (B \pm \Delta B)$$

$$\boxed{\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{\Delta A}{A} \pm \frac{\Delta B}{B}}$$

أخطاء القياس عند اجراء العمليات الحسابية على الكميات المقاسة

4- القوة

$$Z = A^n$$

$$A \pm \Delta A$$

$$\frac{\Delta Z}{Z} = n \frac{\Delta A}{A}$$

$$\frac{\Delta Z}{Z} \times 100 = n \times \frac{\Delta A}{A} \times 100$$

أخطاء القياس عند اجراء العمليات الحسابية على الكميات المقاسة

4- القوة (الحالة العامة)

$$Z = \frac{A^P \cdot B^Q}{C^R}$$

$$\frac{\Delta Z}{Z} \times 100 = P \frac{\Delta A}{A} \times 100 + Q \frac{\Delta B}{B} \times 100 + R \frac{\Delta C}{C} \times 100$$

For example:- The volume V of a cube of side L is given by

$$V = L^3 = L.L.L$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta L}{L}$$

$$\boxed{\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta L}{L}}$$

1. A physical quantity p is related to four observations a , b , c and d as follows $p = \frac{a^2 b^3}{c \sqrt{d}}$. The percentage error in the measurements in a , b , c and d are 2 %, 3 %, 1 % and 4 % respectively. Calculate the percentage error in p ?

$$p = \frac{a^2 b^3}{c \sqrt{d}}$$

$$\therefore \frac{\Delta p}{p} \times 100 = 2 \frac{\Delta a}{a} \times 100 + 3 \frac{\Delta b}{b} \times 100 + \frac{\Delta c}{c} \times 100 + \frac{1}{2} \frac{\Delta d}{d} \times 100$$

ie, % error in $p = 2 \times (\% \text{ error in } a) + 3 \times (\% \text{ error in } b) + (\% \text{ error in } c) + \frac{1}{2} \times (\% \text{ error in } d)$.

$$= 2 \times 2 \% + 3 \times 3 \% + 1 \% + \frac{1}{2} \times 4 \%$$

$$= 16 \%$$

2. Period of oscillations of a simple pendulum is measured in an experiment to be 2.01 s, 2.03 s, 1.99 s, 1.98 s, 2.05 s and 2.04 s.

Calculate (1) Mean time period of the pendulum, (2) Absolute error in each measurements (3) Average absolute error (4) Relative error and (5) Percentage error.

Ans:

Let $T_1 = 2.01$ s, $T_2 = 2.03$ s, $T_3 = 1.99$ s, $T_4 = 1.98$ s, $T_5 = 2.05$ s, $T_6 = 2.04$ s

$$T_{\text{mean}} = \frac{2.01+2.03+1.99+1.98+2.05+2.04}{6} = 2.01667\text{s}$$

<i>Absolute errors = Difference between T_{mean} and measured value</i>	<i>Magnitude of errors</i>
$\Delta T_1 = T_{mean} - T_1 = 2.02 - 2.01 = 0.01 \text{ s}$	0.01 s
$\Delta T_2 = T_{mean} - T_2 = 2.02 - 2.03 = -0.01 \text{ s}$	0.01 s
$\Delta T_3 = T_{mean} - T_3 = 2.02 - 1.99 = 0.03 \text{ s}$	0.03 s
$\Delta T_4 = T_{mean} - T_4 = 2.02 - 1.98 = 0.04 \text{ s}$	0.04 s
$\Delta T_5 = T_{mean} - T_5 = 2.02 - 2.05 = -0.03 \text{ s}$	0.03 s
$\Delta T_6 = T_{mean} - T_6 = 2.02 - 2.04 = -0.02 \text{ s}$	0.02 s

$$(\Delta T)_{mean} = \frac{|\Delta T_1| + |\Delta T_2| + |\Delta T_3| + |\Delta T_4| + |\Delta T_5| + |\Delta T_6|}{6}$$

$$ie, (\Delta T)_{mean} = \frac{0.01+0.01+0.03+0.04+0.03+0.02}{6} = 0.02 \text{ s}$$

$$Relative\ error, \delta T = \frac{\Delta T_{mean}}{T_{mean}} = \frac{0.02}{2.02} = 0.01$$

$$Percentage\ error = \frac{\Delta T_{mean}}{T_{mean}} \times 100\% = \frac{0.02 \times 100}{2.02} \approx 1\%$$

3. Calculate the maximum percentage error in P if $p = \pi r^2 \frac{X}{L}$. Given that $r = (0.32 \pm 0.03)$ cm; $X = (19 \pm 1)$; $L = (72 \pm 0.2)$ cm; π is a constant.

Ans:

Given $p = \pi r^2 \frac{X}{L}$

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{2\Delta r}{r} + \frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta L}{L} = 0 + 2 \times \frac{0.03}{0.32} + \frac{1}{19} + \frac{0.2}{72} = 0.244$$

Maximum percentage of error in p $= 0.244 \times 100 = 24.4 \%$

4. Two resistances $(80 \pm 3)\Omega$ and $(130 \pm 4)\Omega$ are connected in series. Calculate the effective resistance with error limit and percentage error?

Ans:

$$\text{Let } R_1 = 80 \Omega, \Delta R_1 = 3 \Omega, R_2 = 130 \Omega, \Delta R_2 = 4 \Omega$$

Effective resistance of this series connection

$$R = R_1 + R_2 = 80 + 130 = 210 \Omega$$

$$\Delta R = \Delta R_1 + \Delta R_2 = 3 + 4 = 7 \Omega$$

$\therefore$ Effective resistances with error limit = $(210 \pm 7)\Omega$

$$\text{Percentage error} = \frac{\Delta R}{R} \times 100\% = \frac{7}{210} \times 100 = 3.33\%$$

5. The time period of oscillation of a simple pendulum is $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. The length of the pendulum is measured with a scale of least count 1 mm is 60 cm. If the time for 20 oscillations is measured with a stop watch of resolution 0.1 s is 50 s, what is the percentage error in the determination of g ?

Ans:

Given $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

ie, $T^2 = 4\pi^2\frac{l}{g}$

or $g = 4\pi^2\frac{l}{T^2}$

Given $\Delta l = 1 \text{ mm} = 0.1 \text{ cm}$

$l = 60 \text{ cm}$

Time for 20 oscillations $= 50 \text{ s}$

$\Delta T = 0.1 \text{ s}$

Percentage error in $g = \frac{\Delta l}{l} \times 100\% + 2 \times \frac{\Delta T}{T} \times 100\%$

$= \frac{0.1}{60} \times 100\% + 2 \times \frac{0.1}{50} \times 100\%$

$= 0.167 + 0.4$

$= 0.567\%$

توصيف أجهزة القياس

1- **دقة القياس: Accuracy** وهي مقدرة الجهاز على إعطاء قراءة أقرب إلى القراءة الحقيقية العيارية، وكلما أعطى الجهاز قراءة قريبة من المقدار الحقيقي العياري للكمية التي يتم قياسها كلما كان الجهاز دقيقاً.

2- **ضبط القياس: Precision** وهي مقدرة الجهاز على إعطاء نفس القراءة عند تكرار عملية القياس بنفس الجهاز. وكلما كان الجهاز مضبوطاً كلما كانت القراءات التي يعطيها لنفس الكمية عند تكرار عملية القياس متقاربة جداً مع بعضها.

3- **حساسية القياس: Sensitivity** وهي نسبة الإشارة الخارجة إلى التغير في الإشارة الداخلة. ويختلف تعريف الحساسية حسب نوع الجهاز.

4- **سرعة استجابة جهاز القياس:** السرعة التي تستجيب بها أداة القياس للتغيرات في الكمية المقاسة.

5- **خطأ القياس: Error** وهو الفرق بين مقدار الكمية المقاسة والمقدار الحقيقي أو العياري للكمية. ومن المهم معرفة مصادر الخطأ وكيفية التقليل من آثارها. وقد تتطلب القياسات الدقيقة اختيار الأجهزة المناسبة وإجراء العديد من القياسات للتوصل إلى نتائج دقيقة.

➤ جسر واتستن في دارات
التيار المستمر

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

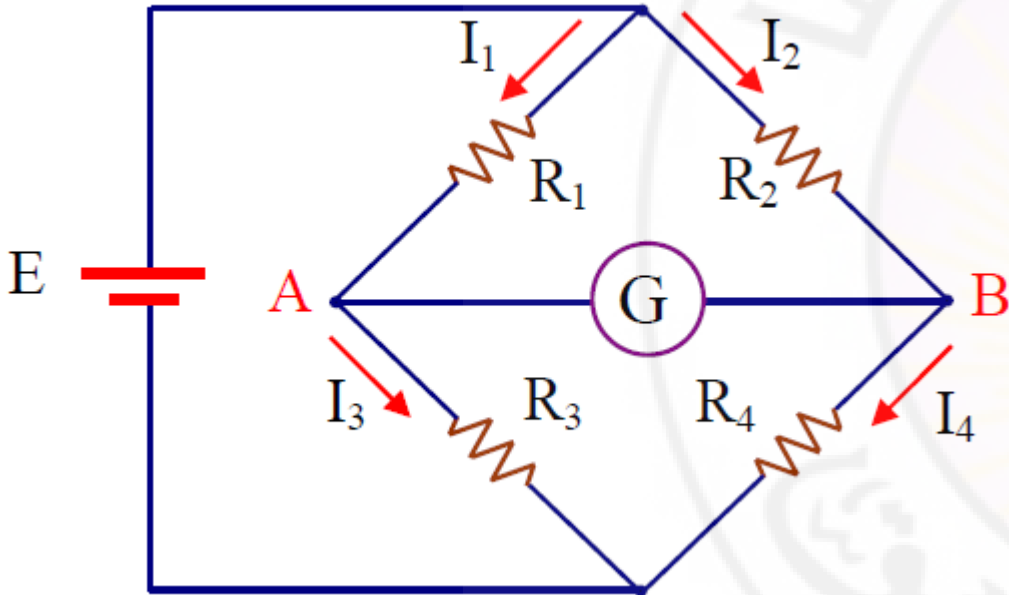
$$I_3 R_3 = I_4 R_4$$

$$I_1 = I_3 , \quad I_2 = I_4$$

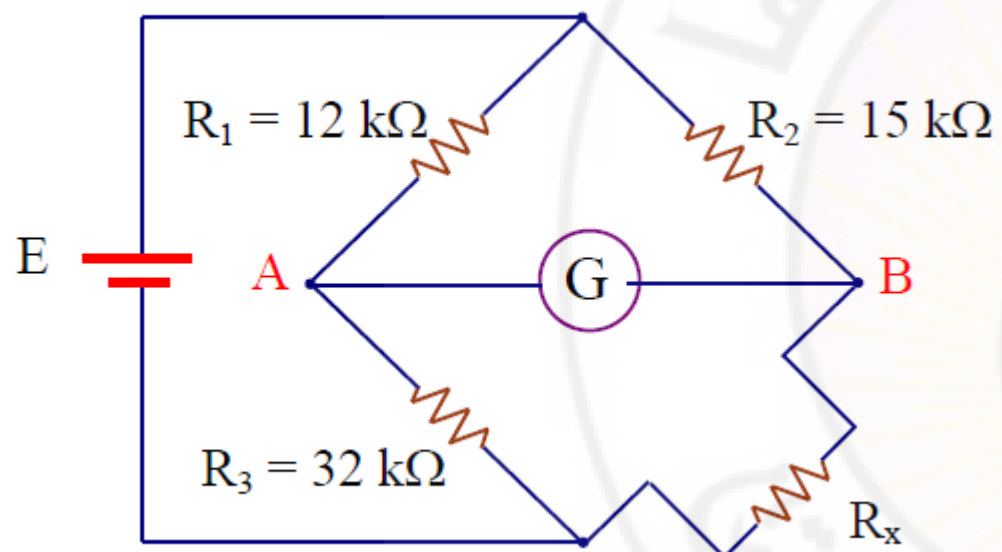
$$\frac{I_1 R_1}{I_3 R_3} = \frac{I_2 R_2}{I_4 R_4}$$

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$



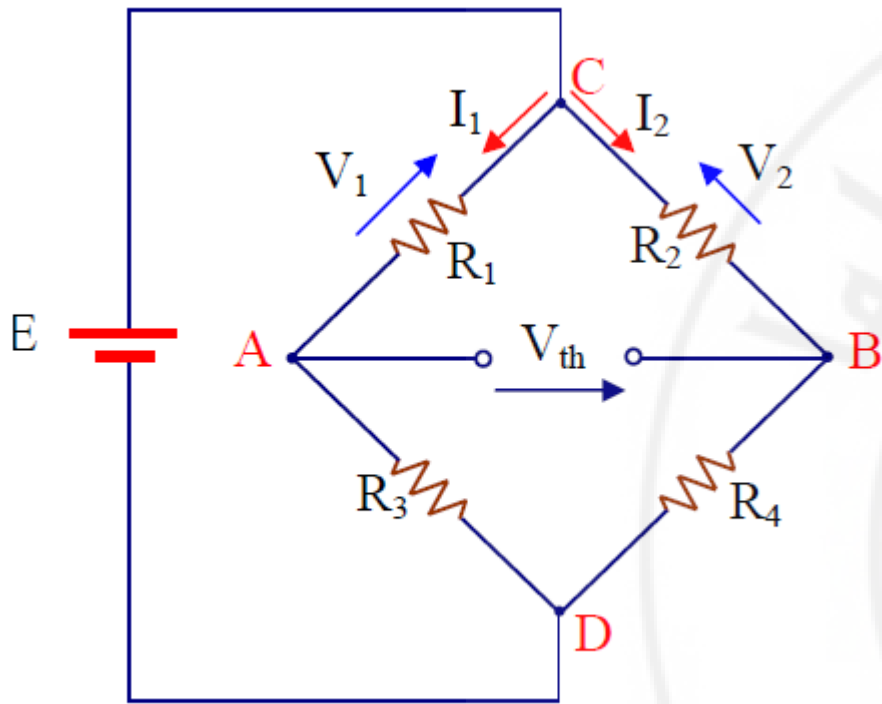
➤ مثال : حساب قيمة المقاومة المجهولة



$$R_1 R_x = R_2 R_3$$

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{15\text{ k}\Omega \cdot 32\text{ k}\Omega}{12\text{ k}\Omega} = 40\text{ k}\Omega$$

➤ الحالة العامة لجسر وتستن غير المتزن - حساب توتر ثيفينين

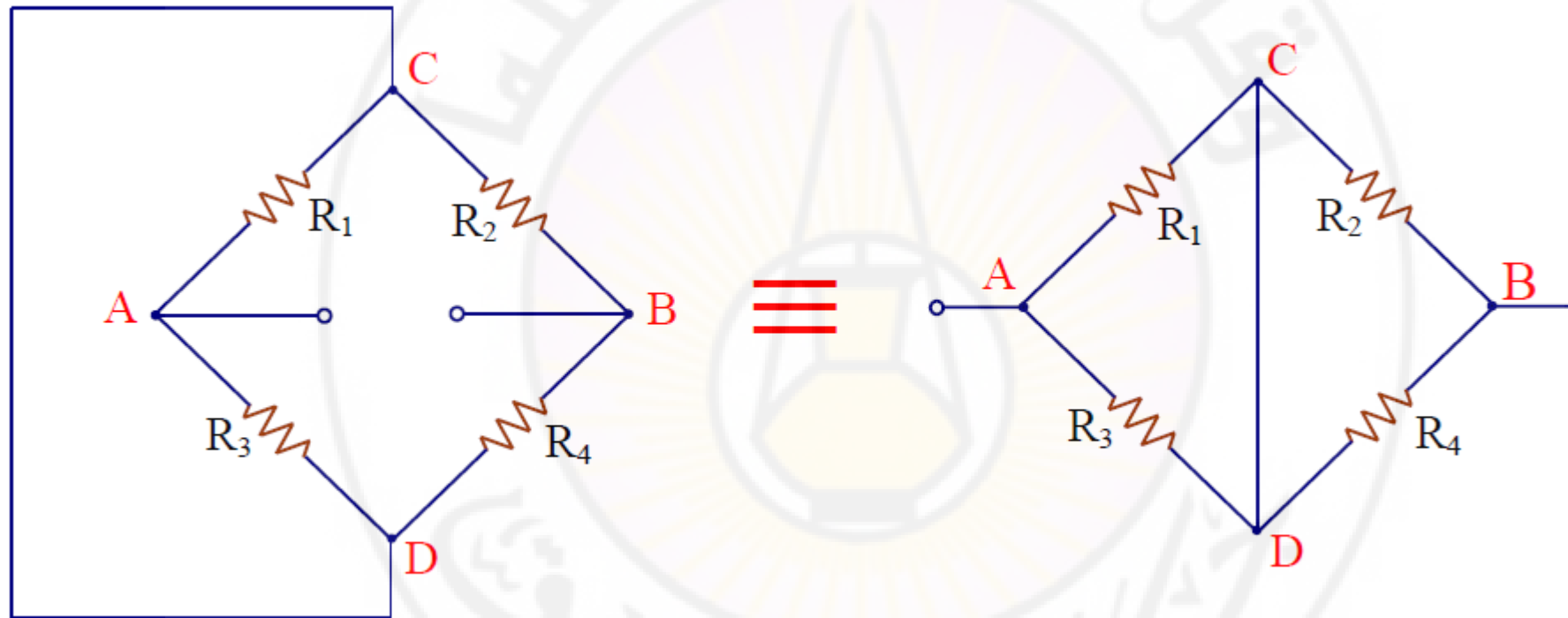


$$I_G = \frac{V_{th}}{r_{th} + R_G}$$

$$V_{th} = V_1 - V_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$$

$$V_{th} = \frac{E}{R_1 + R_3} R_1 - \frac{E}{R_2 + R_4} R_2 = E \left(\frac{R_1}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right)$$

➤ الحالة العامة لجسر وتستن غير المتزن – حساب مقاومة ثيفينين



➤ مثال عددي – حساب تيار المقياس G

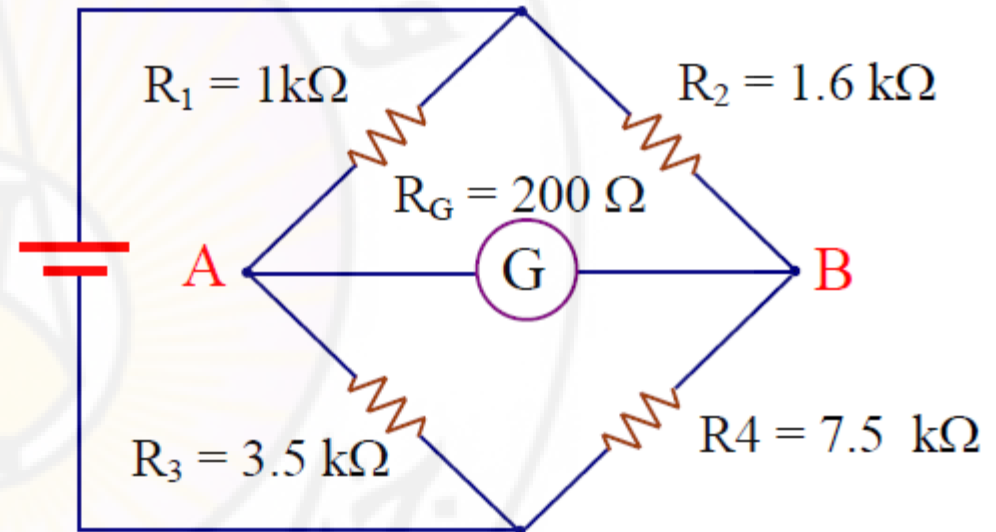
$$V_{th} = E \left(\frac{R_1}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right)$$

$$V_{th} = 6 \times \left(\frac{1\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega + 3.5\text{k}\Omega} - \frac{1.6\text{k}\Omega}{1.6\text{k}\Omega + 7.5\text{k}\Omega} \right) = 0.278\text{V}$$

$$r_{th} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}$$

$$r_{th} = \frac{1\text{k}\Omega \times 3.5\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega + 3.5\text{k}\Omega} + \frac{1.6\text{k}\Omega \times 7.5\text{k}\Omega}{1.6\text{k}\Omega + 7.5\text{k}\Omega} = 2.096\text{k}\Omega$$

$$I_G = \frac{V_{th}}{r_{th} + R_G} = \frac{0.278\text{V}}{2.096 \times 10^3 \Omega + 200 \Omega} = 121.4 \mu\text{A}$$



الطريقة التقريبية لحساب تيار المقياس

بشرط ألا تتجاوز المقاومة المجهولة عتبة 5% عن باقي المقاومات المتساوية

$$V_{th} = E \times \left(\frac{R_1}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right)$$

$$V_{th} = E \times \left(\frac{R}{2R} - \frac{R}{2R + \Delta R} \right) = E \times \left(\frac{1}{2} - \frac{R}{2R + \Delta R} \right)$$

$$V_{th} = E \times \left(\frac{2R + \Delta R}{2 \times (2R + \Delta R)} - \frac{2 \times R}{2 \times (2R + \Delta R)} \right)$$

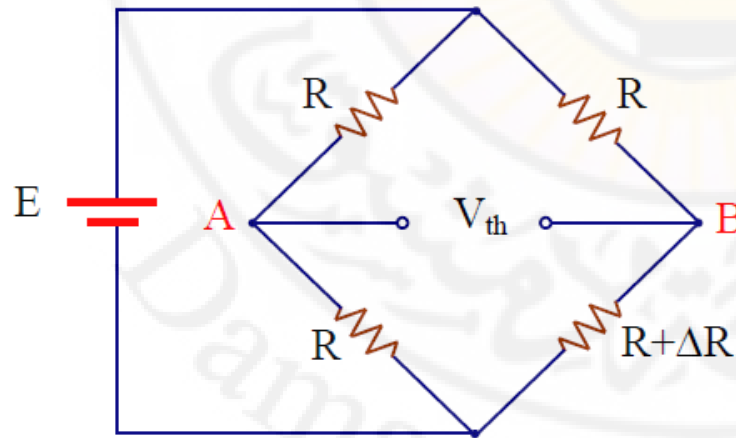
$$V_{th} = E \times \left(\frac{\Delta R}{2 \times (2R + \Delta R)} \right)$$

$$V_{th} = E \times \left(\frac{\Delta R}{4R} \right)$$

$$r_{th} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{R \cdot R}{R + R} + \frac{R \cdot (R + \Delta R)}{R + R + \Delta R}$$

$$r_{th} = \frac{R}{2} + \frac{R \cdot (R + \Delta R)}{2R + \Delta R}$$

$$r_{th} = \frac{R}{2} + \frac{R \cdot (R)}{2R} = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = R$$



مثال - مقارنة بين الطريقة التقريبية والدقيقة

أولا - الحسابات الدقيقة

$$V_{th} = E \times \left(\frac{R_1}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right)$$

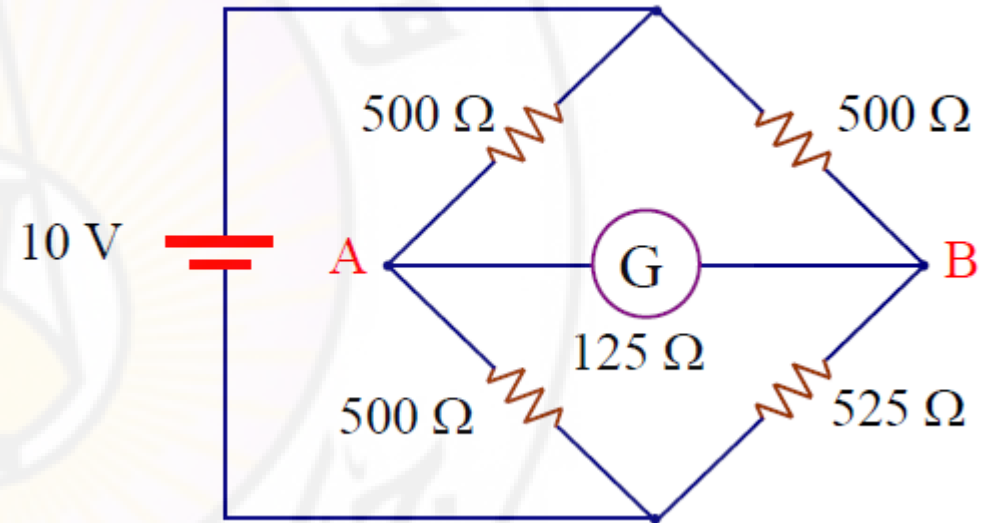
$$V_{th} = 10 \text{ V} \times \left(\frac{500 \Omega}{1000 \Omega} - \frac{500}{1025} \right) = 0.122 \text{ V}$$

$$r_{th} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}$$

$$r_{th} = \frac{500 \Omega \cdot 500 \Omega}{500 \Omega + 500 \Omega} + \frac{500 \Omega \cdot 525 \Omega}{500 \Omega + 525 \Omega} = 506.1 \Omega$$

$$I_G = \frac{V_{th}}{r_{th} + R_G}$$

$$I_G = \frac{0.122 \text{ V}}{506.1 \Omega + 125 \Omega} = 193.3 \mu\text{A}$$



مثال - مقارنة بين الطريقة التقريبية والدقيقة

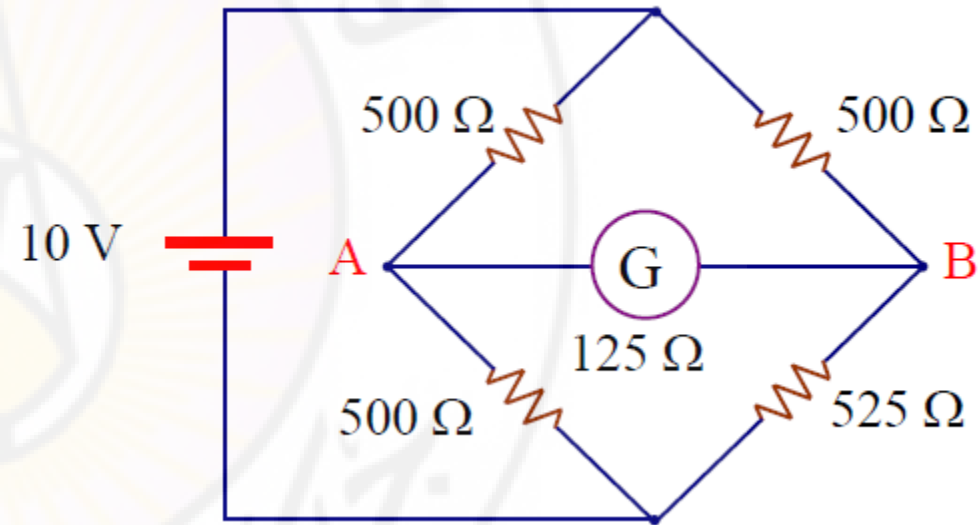
$$V_{th} = E \times \left(\frac{\Delta R}{4R} \right)$$

$$V_{th} = 10 \text{ V} \times \left(\frac{25 \Omega}{4 \times 500 \Omega} \right) = 0.125 \text{ V}$$

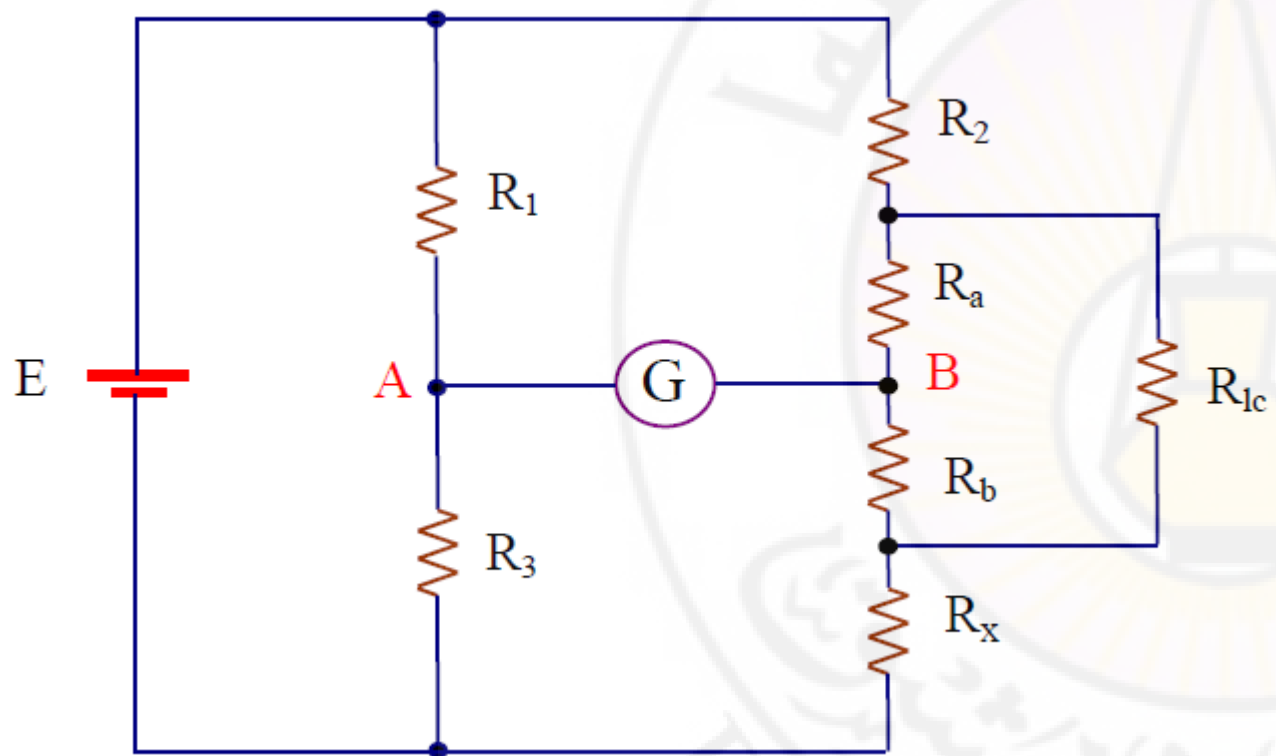
$$r_{th} = R = 500 \Omega$$

ثانياً- الحسابات التقريبية.

$$I_G = \frac{V_{th}}{r_{th} + R_G} = \frac{0.125 \text{ V}}{500 \Omega + 125 \Omega} = 200 \mu\text{A}$$



➤ جسر كالفن



$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} = \frac{R_a}{R_b}$$

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

$$R_x = \frac{R_2 \times R_3}{R_1} = \frac{R_2 \times R_b}{R_a}$$

➤ مثال على جسر كالفن

احسب قيمة R_x لقنطرة كالفن، إذا كانت النسبة بين R_a إلى R_b تساوي 1000، وكانت قيمة $R_1=5\Omega$ وقيمة $R_1 = 0.5 R_2$.

الحل

بما أن قيمة $R_1=5\Omega$ وقيمة $R_1 = 0.5 R_2$ ، إذن:

$$R_2 = \frac{R_1}{0.5} = \frac{5 \Omega}{0.5} = 10 \Omega$$

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_b}{R_a}$$

إذن:

$$R_x = \frac{R_2 \times R_b}{R_a} = \frac{10 \Omega \times 1}{1000} = 0.01 \Omega$$

➤ دائرة موراي لتحديد مكان العطل.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_a + (R_b - R_x)}{R_x}$$

$$R_2 R_x = R_1 R_a + R_1 R_b - R_1 R_x$$

$$R_2 R_x + R_1 R_x = R_1 R_a + R_1 R_b$$

$$R_x (R_1 + R_2) = R_1 (R_a + R_b)$$

وهكذا يمكن حساب قيمة المقاومة R_x

$$\therefore R_x = \frac{R_1 (R_a + R_b)}{(R_1 + R_2)}$$

وبتطبيق القانون العام لحساب المقاومة

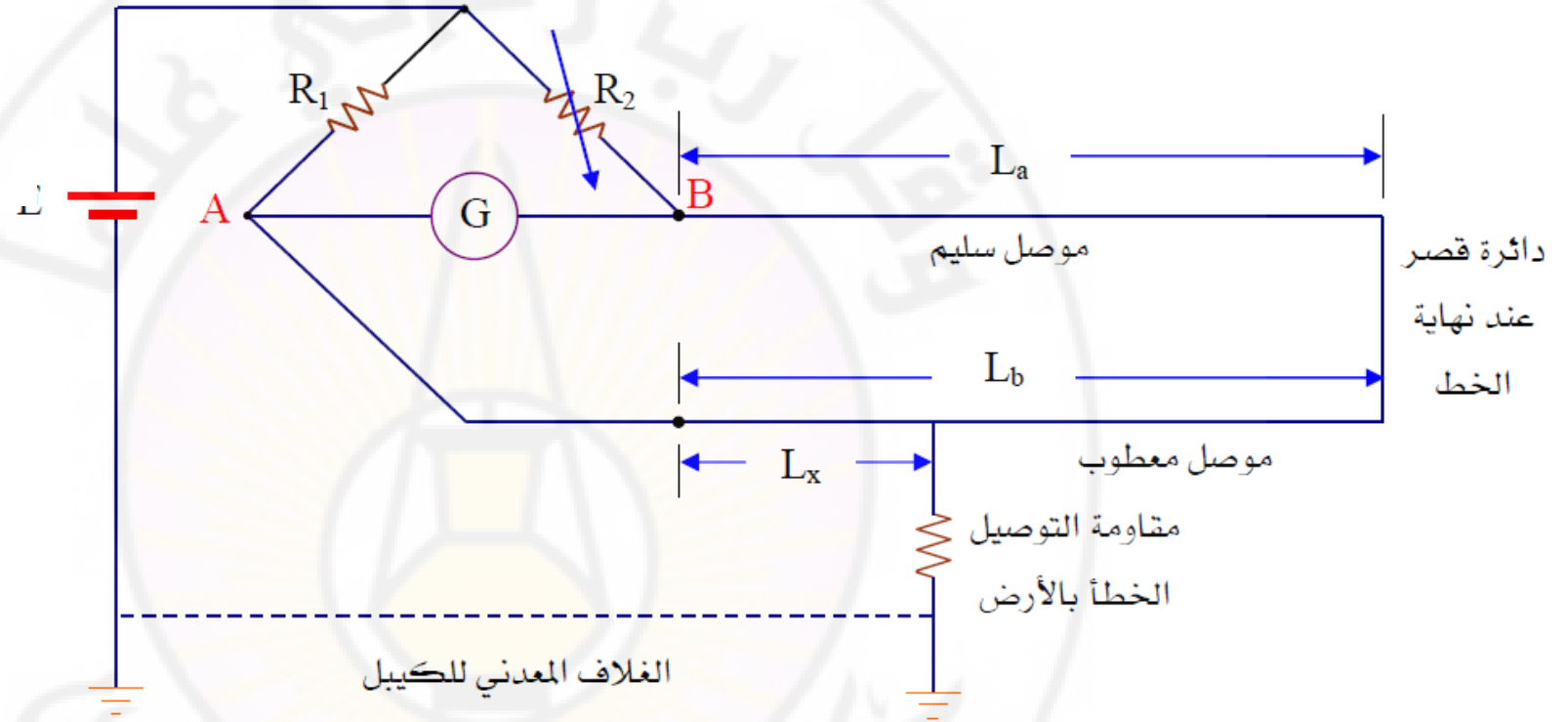
$$R = \frac{\rho L}{a}$$

حيث:

ρ : المقاومة النوعية لمادة الموصل

L : طول الموصل

a : مساحة مقطع الموصل



$$\therefore \frac{\rho_x L_x}{a_x} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \left(\frac{\rho_a L_a}{a_a} + \frac{\rho_b L_b}{a_b} \right)$$

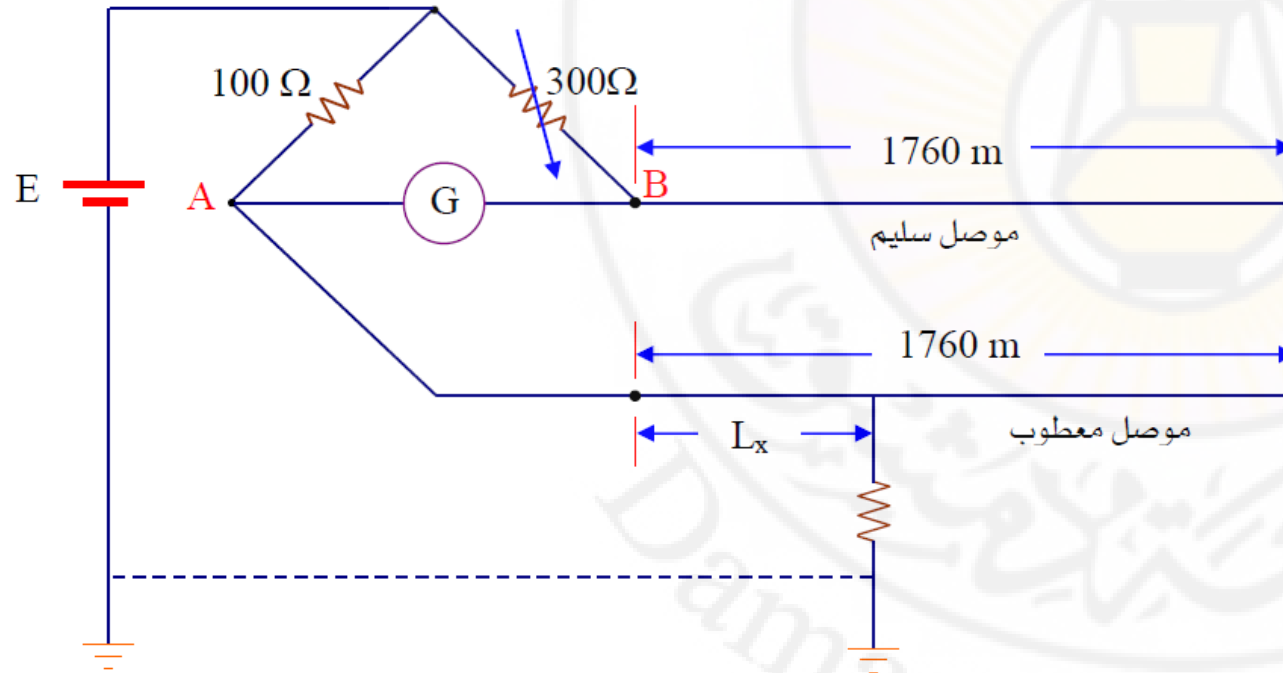
$$\therefore L_x = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (2L) = \frac{2R_1 L}{R_1 + R_2}$$

➤ مثال على دائرة موراي لحديد مكان العطل.

كان الموصلان متطابقين في

الطول ومساحة المقطع ومصنعين من نفس المادة. فإذا كان الطول يساوي 1760 m حتى نهاية الخط، وكانت قيمة مقاومة الذراع الأولى

تساوي 300 Ω ، احسب المسافة



$$L_x = \frac{2 R_1 L}{R_1 + R_1} = \frac{2 \times 100\ \Omega \times 1760\text{ m}}{100\ \Omega + 300\ \Omega} = 880\text{ m}$$

✓ جسر واتستن في دارات التيار المتناوب

$$\frac{Z_1}{Z_3} = \frac{Z_2}{Z_4}$$

$$I_3 Z_3 = I_4 Z_4$$

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

$$I_1 = I_3$$

$$I_2 = I_4$$

$$\frac{Z_1 \angle \theta_1}{Z_3 \angle \theta_3} = \frac{Z_2 \angle \theta_2}{Z_4 \angle \theta_4}$$

$$\frac{I_1 Z_1}{I_3 Z_3} = \frac{I_2 Z_2}{I_4 Z_4}$$

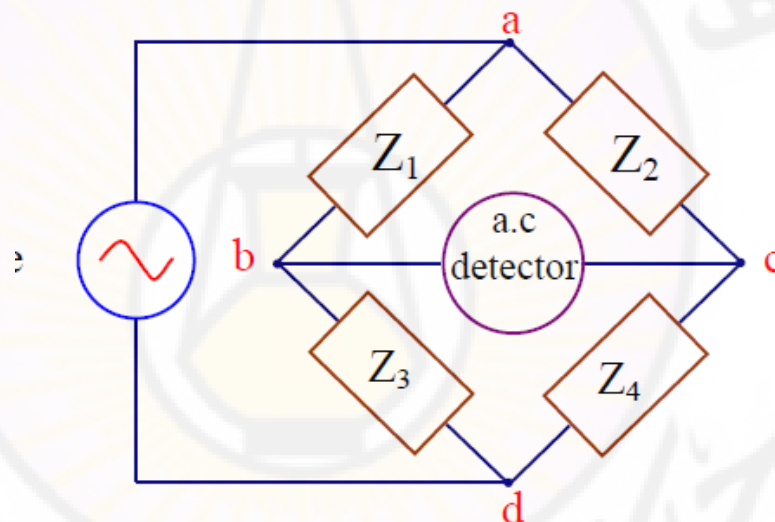
$$(Z_1 \angle \theta_1)(Z_4 \angle \theta_4) = (Z_2 \angle \theta_2)(Z_3 \angle \theta_3)$$

$$\frac{Z_1}{Z_3} = \frac{Z_2}{Z_4}$$

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

$$\angle \theta_1 + \angle \theta_4 = \angle \theta_2 + \angle \theta_3$$

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$



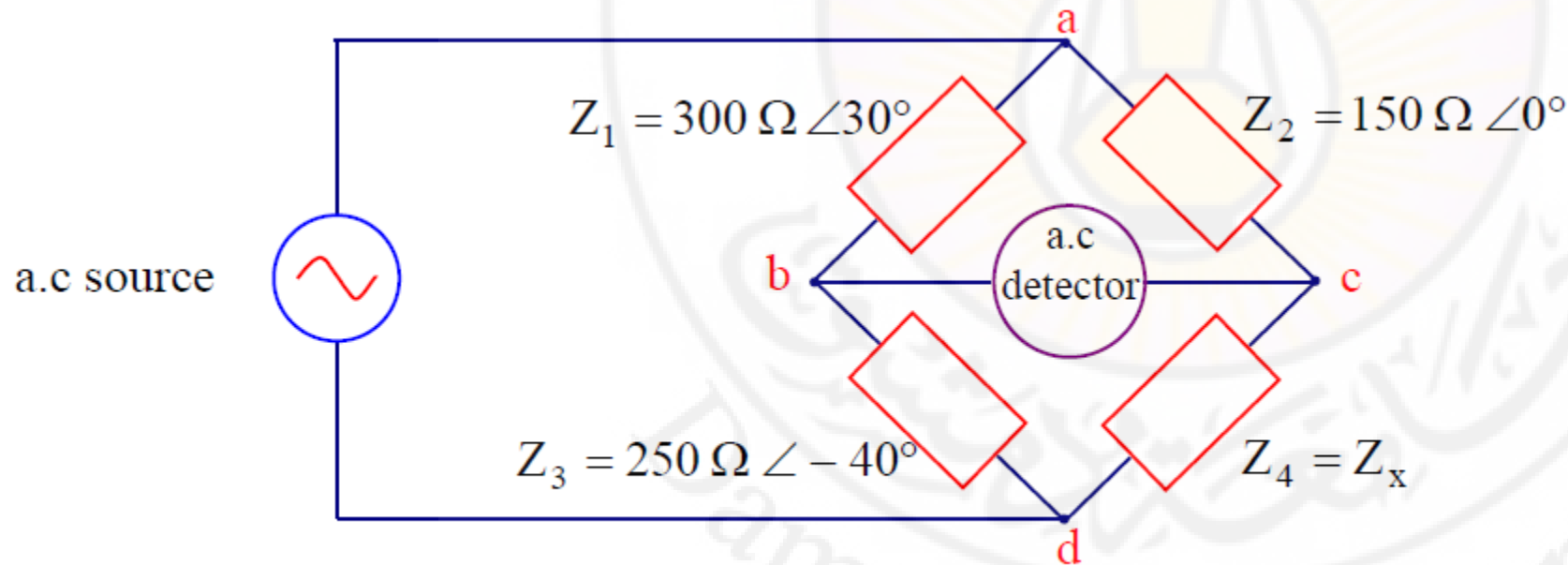
✓ مثال احسب الممانعة المجهولة مع تحديد مكوناتها –
بحالة توازن الجسر

$$Z_1 = 300 \Omega \angle 30^\circ$$

$$Z_2 = 150 \Omega \angle 0^\circ$$

$$Z_3 = 250 \Omega \angle -40^\circ$$

احسب قيمة الممانعة المجهولة Z_x .



✓ مثال احسب الممانعة المجهولة مع تحديد مكوناتها -
بحالة توازن الجسر

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

$$Z_x = Z_4 = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1} = \frac{150 \Omega \times 250 \Omega}{300 \Omega} = 125 \Omega$$

$$\angle \theta_4 = \angle \theta_2 + \angle \theta_3 - \angle \theta_1 = 0^\circ + (-40^\circ) - 30^\circ = -70^\circ$$

إذن الممانعة المجهولة يمكن كتابتها على الصورة الآتية:

$$\bar{Z}_x = 125 \Omega \angle -70^\circ$$

ولمعرفة مكوناتها يجب تحليلها إلى كمية حقيقية وكمية تخيلية كما يلي:

$$\bar{Z}_x = 125 \Omega \angle -70^\circ = 125 \cos(-70^\circ) \Omega + j125 \sin(-70^\circ)$$

$$\bar{Z}_x = 42.75 \Omega - j117.5$$

إذن مكونات الممانعة المجهولة هي مقاومة مقدارها 42.75Ω على التوالي مع معاوقة سعوية مقدارها $X_C = 117.5 \Omega$ ، أي مكثف يمكن حساب سعته كالآتي:

$$X_C = 117.5 \Omega = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega \times 117.5 \Omega}$$

وبعرفة تردد الدائرة يمكن حساب قيمة السعة ، فمثلاً لتردد قيمته 60 Hz تكون السعة كالآتي:

$$C = \frac{1}{2 \times \pi \times 60 \times 117.5 \Omega} = 22.58 \mu\text{F}$$

✓ مثال 2 احسب الممانعة المجهولة مع تحديد مكوناتها – بحالة توازن الجسر

الممانعة Z_1 :

$$Z_1 = 400 \Omega + j0 = 400 \Omega \angle 0^\circ$$

الممانعة Z_2 :

$$Z_2 = R_2 + j \omega L_2 = 200 \Omega + j \omega \times 15.92 \times 10^{-3}$$

احسب الممانعة المجهولة Z_x

ونحسب ω كالتالي:

$$\omega = 2 \pi f = 2 \times \pi \times 1000 = 6283.19 \text{ rad/sec}$$

ثم نطبق في معادلة الممانعة Z_2 :

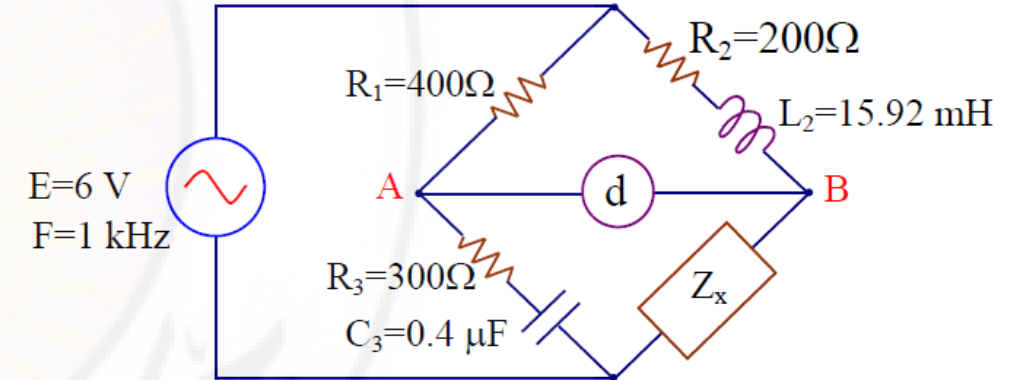
$$Z_2 = 200 \Omega + j \times 6283.19 \times 15.92 \times 10^{-3} = 200 \Omega + j100 \Omega$$

$$Z_2 = 200 \Omega + j100 \Omega = 223.6 \Omega \angle 26.6^\circ$$

الممانعة Z_3 :

$$Z_3 = R_3 - j \frac{1}{\omega C_3} = 300 \Omega - j \frac{1}{6283.19 \times 0.4 \times 10^{-6}} \Omega$$

$$Z_3 = 300 \Omega - j400 \Omega = 500 \Omega \angle -53.13^\circ$$



$$Z_x = Z_4 = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1} = \frac{223.6 \Omega \times 500 \Omega}{400 \Omega} = 279.5 \Omega$$

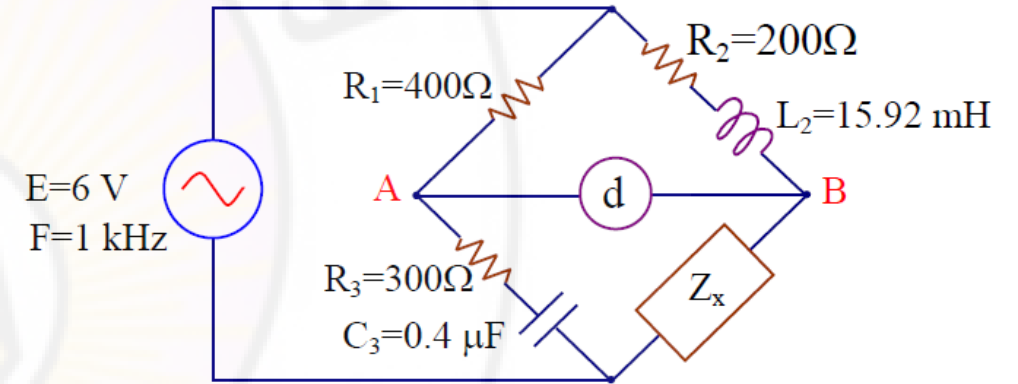
احسب الممانعة المجهولة Z_x

$$\angle \theta_4 = \angle \theta_2 + \angle \theta_3 - \angle \theta_1 = 26.6^\circ + (-53.13^\circ) - 0^\circ = -26.53^\circ$$

$$Z_x = 279.5 \angle -26.53^\circ = 250 \Omega - j124.8 \Omega$$

$$X_C = 124.8 \Omega = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{6283.19 \times 124.8} = 1.28 \mu\text{F}$$



✓ جسور الزوايا المتماثلة (حالة من حالات التيار المتناوب)

$$R_1 (R_x - j X_{Cx}) = R_2 (R_3 - j X_{C3})$$

$$R_1 R_x - j R_1 X_{Cx} = R_2 R_3 - j R_2 X_{C3}$$

$$R_1 R_x = R_2 R_3$$

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

$$-j R_1 X_{Cx} = -j R_2 X_{C3}$$

$$R_1 X_{Cx} = R_2 X_{C3}$$

$$X_{Cx} = \frac{R_2 X_{C3}}{R_1}$$

$$\frac{1}{\omega C_x} = \frac{R_2}{R_1 \omega C_3}$$

$$C_x = \frac{R_1 C_3}{R_2}$$

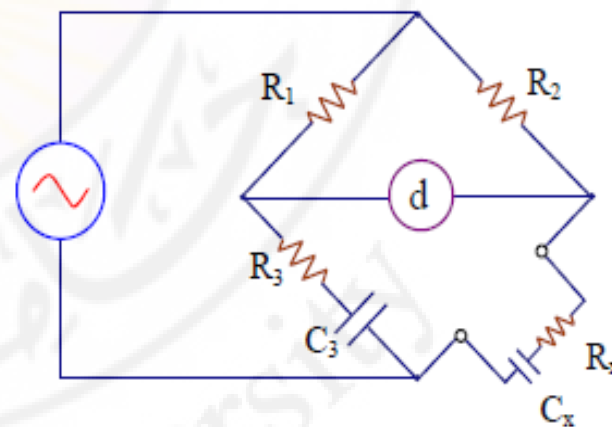


$$Z_1 = R_1$$

$$Z_2 = R_2$$

$$Z_3 = R_3 - j X_{C3}$$

$$Z_4 = R_x - j X_{Cx}$$

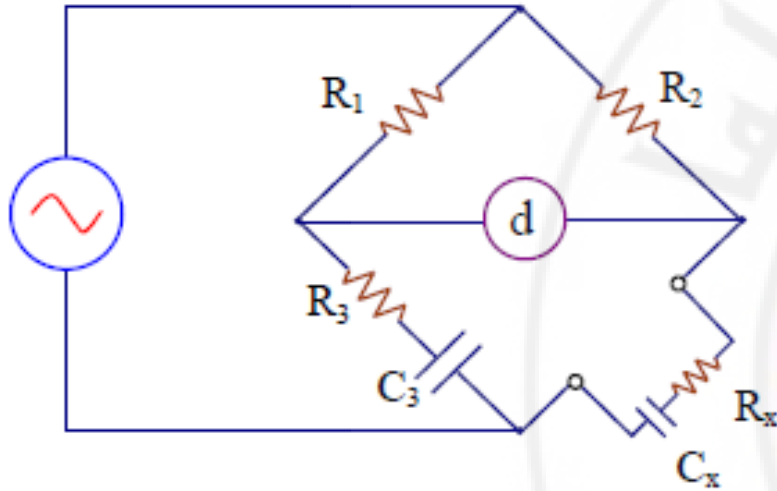


✓ مثال على جسور الزوايا المتماثلة

$$C_3 = 100 \mu\text{F} \text{ \& } R_3 = 100 \text{ k}\Omega, R_2 = 50 \text{ k}\Omega, R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

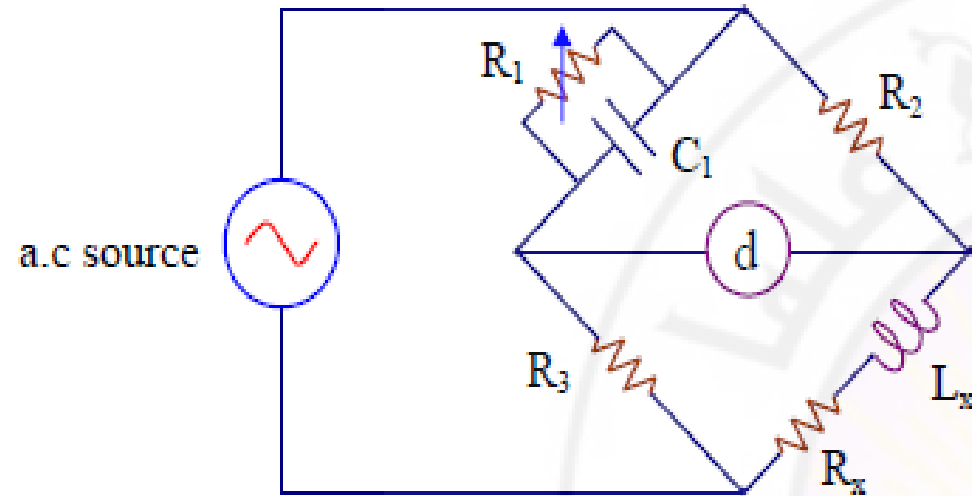
احسب الدائرة المكافئة للممانعة السعوية المجهولة.

الحل



$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{50 \text{ k}\Omega \times 100 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} = 500 \text{ k}\Omega$$

$$C_x = \frac{R_1 C_3}{R_2} = \frac{10 \text{ k}\Omega \times 100 \mu\text{F}}{50 \text{ k}\Omega} = 20 \mu\text{F}$$



$$Z_1 = \frac{R_1 \left(-\frac{j}{\omega C_1} \right)}{R_1 - \frac{j}{\omega C_1}} = \frac{-\frac{j R_1}{\omega C_1}}{\frac{R_1 \omega C_1 - j}{\omega C_1}}$$

$$Z_1 = \frac{-j R_1}{R_1 \omega C_1 - j} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + j \omega C_1}$$



$$Z_2 = R_2$$

$$Z_3 = R_3$$

$$Z_4 = R_x + j X_{Lx}$$

$$\left(\frac{1}{\frac{1}{R_1} + j \omega C_1} \right) (R_x + j X_{Lx}) = R_2 R_3$$

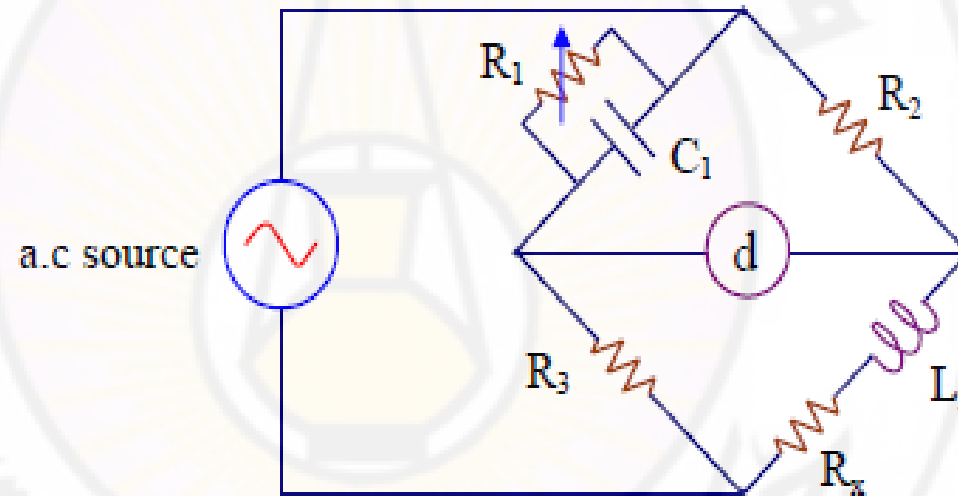
$$(R_x + j X_{Lx}) = \left(\frac{R_2 R_3}{R_1} + j \omega R_2 R_3 C_1 \right)$$

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

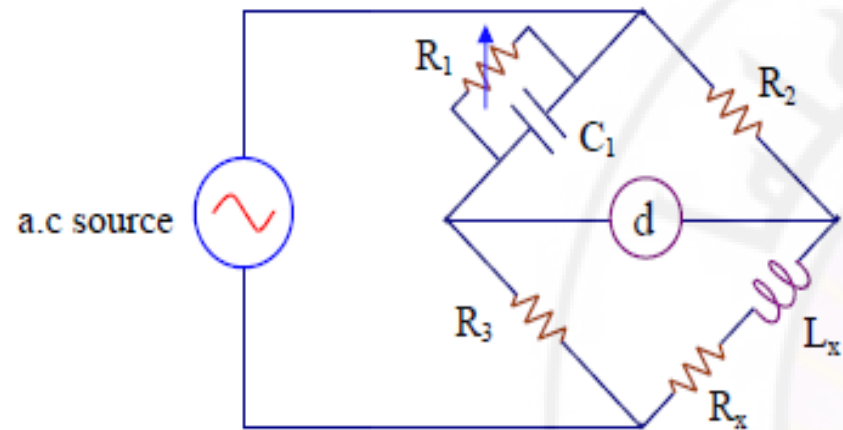
$$jX_{Lx} = j\omega R_2 R_3 C_1$$

$$X_{Lx} = \omega R_2 R_3 C_1$$

$$L_x = R_2 R_3 C_1$$



✓ مثال عن جسر مكسويل



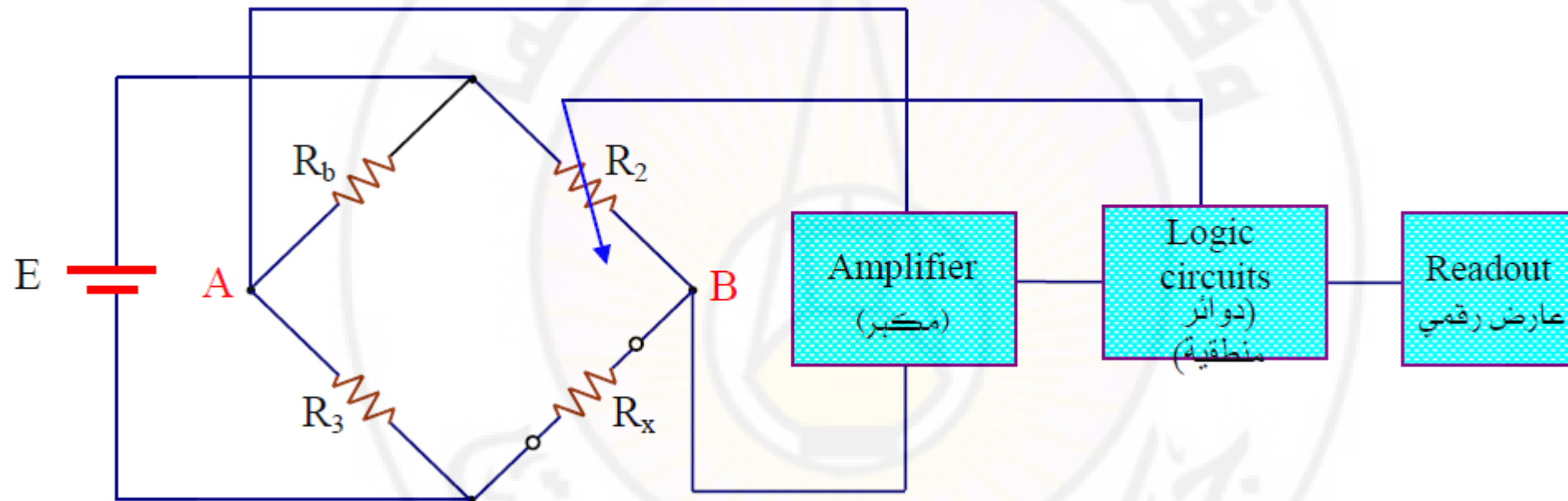
$$R_3 = 100 \text{ k}\Omega \text{ \& } R_2 = 5.1 \text{ k}\Omega , C_1 = 0.01 \text{ }\mu\text{F} , R_1 = 470 \text{ k}\Omega$$

احسب قيم مكونات الدائرة المكافئة.
الحل

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{5.1 \text{ k}\Omega \times 100 \text{ k}\Omega}{470 \text{ k}\Omega} = 1.085 \text{ k}\Omega$$

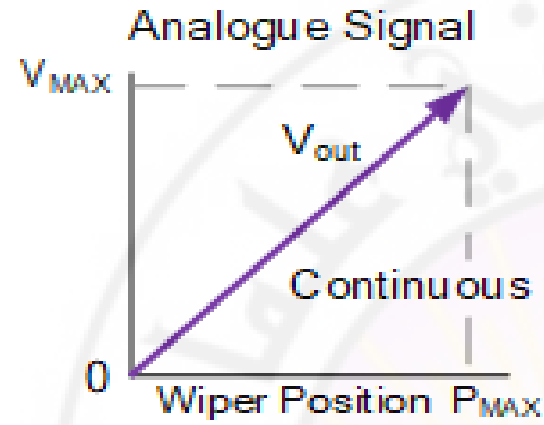
$$L_x = R_2 R_3 C_1 = 5.1 \text{ k}\Omega \times 100 \text{ k}\Omega \times 0.01 \text{ }\mu\text{F} = 5.1 \text{ H}$$

✓ المخطط الوظيفي لجسور القياس الرقمية

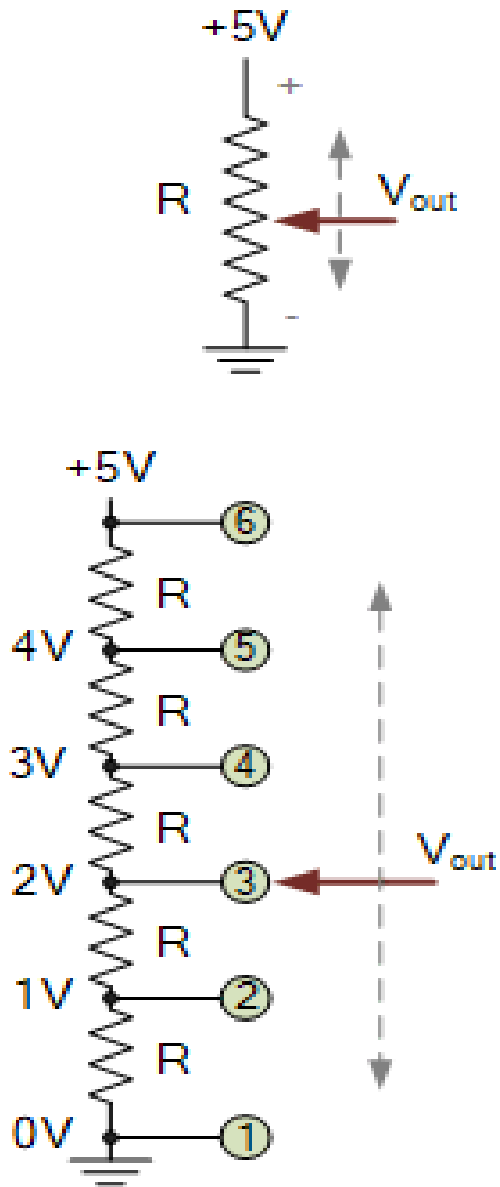
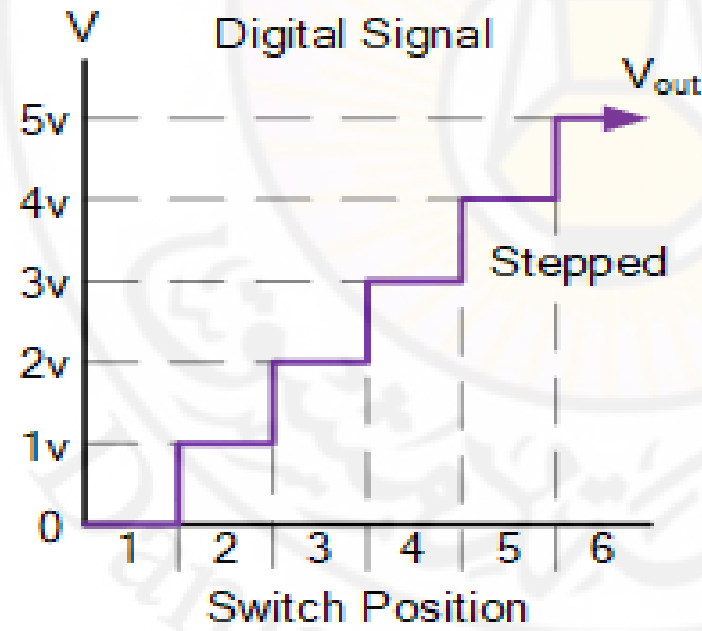


✓ أنواع الإشارات

□ التماثلية (لها مجال مستمر)

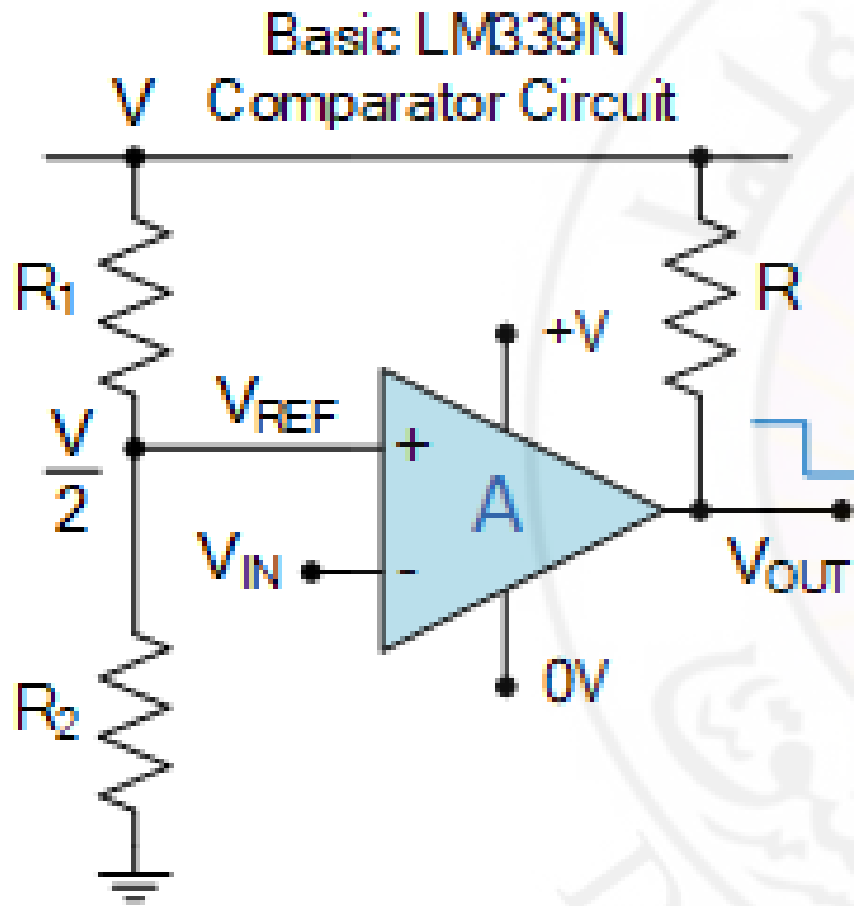


□ الرقمية (تكون متدرجة / متقطعة)

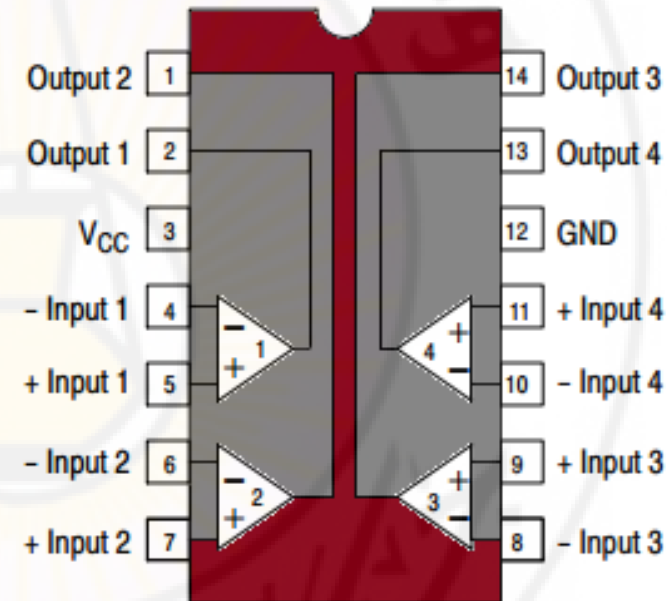


✓ تشكيلة مكبر العمليات المقارن

أحد أشهر المكبرات المستخدمة في هذه التشكيلة هو المكبر LM339N



مخطط تشكيلة المقارن



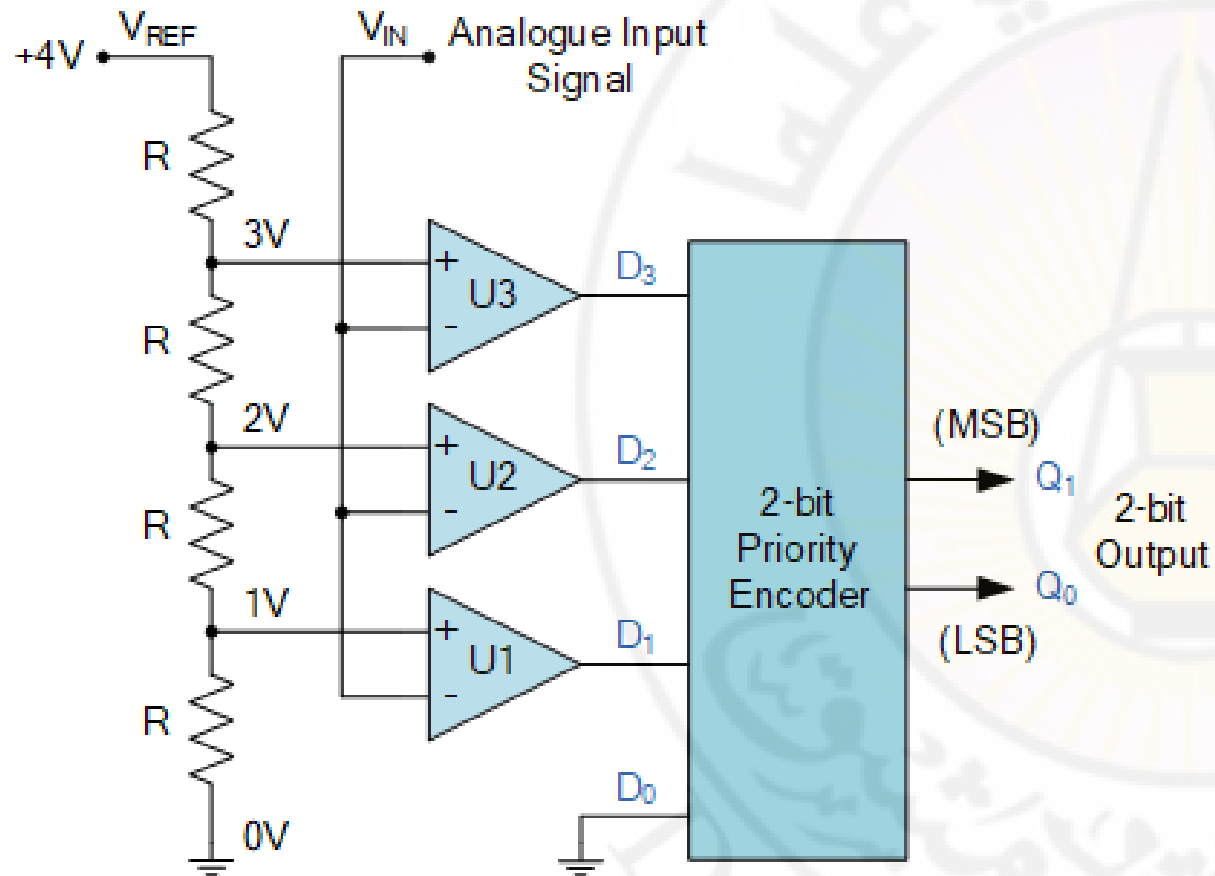
Symbolic Form



LM339

شكل المكبر / توزيع الأطراف

✓ محول تماثلی - رقمی A/D 2 bit



Analogue Input Voltage (V_{IN})	Comparator Outputs				Digital Outputs	
	D_3	D_2	D_1	D_0	Q_1	Q_0
0 to 1 V	0	0	0	0	0	0
1 to 2 V	0	0	1	X	0	1
2 to 3 V	0	1	X	X	1	0
3 to 4 V	1	X	X	X	1	1

The diagram illustrates a 3-bit priority encoder circuit. On the left, a vertical resistor ladder is connected between a $+4V$ supply (labeled V_{REF}) and ground ($0V$). The ladder consists of eight resistors, each labeled R , creating voltage levels of $3.5V$, $3.0V$, $2.5V$, $2.0V$, $1.5V$, $1.0V$, and $0.5V$. An **Analogue Input Signal** (V_{IN}) is applied to the non-inverting input (+) of seven comparators, labeled $U1$ through $U7$. The inverting input (-) of each comparator U_i is connected to the i -th voltage level of the ladder. The outputs of the comparators are labeled D_1 through D_7 . These signals, along with a ground connection labeled D_0 , are fed into a **3-bit Priority Encoder** block. The encoder produces a **3-bit Output** consisting of three signals: Q_2 (labeled **(MSB)**), Q_1 , and Q_0 (labeled **(LSB)**).

[illegible]

أجهزة القياس العملية

تصنيف أجهزة القياس الكهربائية

ويتم تصنيف أجهزة القياس الكهربائية حسب الكمية الكهربائية أو الخصائص المقاسة. كما يتم تصنيفها وفقًا لنوع وظيفة القياس، أو نوع جهاز القياس المستخدم. وكل الأنواع التي سنقوم بشرحها تنطبق على الأجهزة التي تقيس التيار المستمر والمتردد وتنطبق أيضًا على النوعين الرقمي والتناظري فلا فرق بينهما من حيث الوظيفة.

1- أجهزة القياس التناظرية Analog

في العقود الماضية، كانت أجهزة القياس الأكثر استخدامًا هي التناظرية. وإذا احتجت إلى قياس كمية كهربائية على سبيل المثال التيار الكهربائي، فهناك جهاز يحتوي على ملف متحرك يحتوي على مؤشر يتحرك في مقياس متدرج. كلما زاد مدى المؤشر في المقياس، زاد تدفق التيار في الدائرة. وبالمثل، عملت جميع أنواع أجهزة القياس التناظرية الأخرى بطريقة مماثلة. حاليًا ماتزال تستخدم ولكن بشكل أقل.

2- أجهزة القياس الرقمية Digital

في الوقت الحاضر، تستخدم جميع أنواع التقنيات أو الشركات أدوات القياس الرقمية لأنها تتمتع بمزايا أكثر مقارنة بالأنظمة الأخرى. في نظام القياس هذا مهما كانت كمية الإدخال، فإنه ببساطة يحول المخرجات بصورة أرقام. وبهذا نحصل على قراءات دقيقة.

□ أنواع أجهزة القياس الكهربائية العملية

1- الأميتر Ammeter

مقياس التيار أو الأميتر هو جهاز كهربائي يستخدم لقياس شدة التيار المار في حمل أو في دائرة، ويتم توصيل الأميتر على التوالي مع الحمل الذي يراد حساب شدة لتيار المار فيه ويوجد إما بشكل رقمي Digital أو تماثلي (تناظري) Analogue

2- الفولتميتر Voltmeter

مقياس الجهد أو الفولتميتر يُستخدم لقياس فرق الجهد بين نقطتين، وذلك بتوصيل الجهاز على التوازي مع الحمل أو المقاومة التي يراد قياس فرق الجهد عبرها، وهو جهاز شائع الاستخدام في الأجهزة الكهربائية لقياس الجهد.

ويجب أن تكون مقاومة الفولتميتر كبيرة جدًا بالنسبة لمقاومة الحمل الذي سيوصل الجهاز بين طرفيه وذلك حتى لا يمر تيار كبير في الفولتميتر ويتسبب بخطأ في القياس. وعند القياس يتم توصيل الطرف الموجب للفولتميتر بالقطبية الموجبة للمصدر والجهد السالب متصل بالقطبية السالبة.

3 – الأوميتير Ohmmeter

الأوميتير أو مقياس المقاومة هو أداة تستخدم لقياس المقاومة الكهربائية ويمكنه قياس قيمتها بدقة. و يتم تصنيف هذا الجهاز إلى نوعين توالي وتوازي. حيث يتم استخدام الأوميتير من نوع التوالي لقياس قيم المقاومة العالية، بينما يتم استخدام نوع التوازي لقياس قيم المقاومة المنخفضة.



جهاز ملتي ميتر مع مقياس تيار بتأثير الحقل المغناطيس (clamp meter)



مقياس ملتميمتر متعدد رقمي / تماثلي

4 – الوات ميتر Wattmeter

يستخدم مقياس القدرة الكهربائية الواطميتر لقياس قدرة مصدر التيار المتردد أو المستمر، ولقياس القدرة المفقودة في مقاومة كهربائية. ويحتوي الواط ميتر على ملفين هما ملف تيار وملف جهد.

5 – الملتيميتر Multimeter

الملتيميتر هو جهاز قياس كهربائي متعدد القياس، حيث يمكن استخدامه لقياس جهد التيار المتردد والمستمر، ولقياس التيار المتردد والمستمر، والمقاومة. ويُعرف باسم Multimeter لأنه يمكنه القيام بوظائف أجهزة قياس مختلفة مثل الفولتميتر، والأميتر، والاووميتر. ويوجد الملتيميتر إما كجهاز تناظري أو رقمي،

الملتيميتر التناظري له مؤشر يتحرك في مقياس متدرج وهو أقل دقة، في حين أن الملتيميتر الرقمي يظهر القيم بشكل أرقام وهو أكثر دقة.



مقياس استطاعة تماثلي



مقياس استطاعة رقمي

6- جهاز قياس الطاقة الكهربائية

يستخدم جهاز قياس الطاقة (Energy Meter) لقياس كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال فترة زمنية معينة، وهي أجهزة ذات أهمية كبيرة يعتمد عليها لمحاسبة المستهلكين على كمية الطاقة المستهلكة في فترة زمنية محددة، ولذا يجب أن تكون ذات دقة عالية. وتعطي قيمة الطاقة غالبًا بالكيلو واط ساعة (kW حيث إن kWh) هي الطاقة التي يستهلكها حمل قدرته واحد kW خلال ساعة من الزمن. وهناك أنواع مختلفة من العدادات، وأكثر هذه الأنواع شيوعًا واستعمالًا هي العدادات الحثية.

7- جهاز قياس معامل القدرة power factor

تقيس أجهزة قياس معامل القدرة النسبة بين القدرة الفعالة والقدرة الظاهرية، ولأنها لا تقيس كمية معينة فإن درجة دقتها ليست عالية، ومن بين هذه الأجهزة الجهاز الكهروديناميكي والالكتروني.



مقياس قدرة تماثلي



kWh

kW

Volt

Amps

Hz

PF

مقياس قدرة رقمي

8- جهاز قياس التردد

يوجد نوعان من أجهزة قياس التردد (frequency meter) الأول يعمل على نظرية التعادل الميكانيكي (الرنين)، حيث يتكون من شرائط معدنية رفيعة يتوقف عددها على سعة الجهاز. تتأثر كل منها بذبذبة خاصة. وفي حالة مرور تيار كهربى في الملف المثبت فوق هذه الشرائط بذبذبة معينة. فإن المجال المغناطيسى الناشئ من هذا التيار يؤثر فقط على إحدى هذه الشرائط التي يتوافق رنينها مع ذبذبة التيار فتتهتز بسرعة تلك الذبذبة مشيرة بذلك إلى مقدار التردد للتيار المار في الملف.

أما النوع الثانى فيعمل على نظرية التعادل الكهربى (الرنين)، ويتكون من ملف ملفوف حول قلب حديدي ذي شكل خاص، ويتصل الملف إلى الدائرة الكهربائية المراد قياس تردددها، ويوضع ملف حث يرتكز متحرك غير مثبت معه، بل ينزلق عليه، على محور الدوران الذي يتصل مع مؤشر الجهاز. ويتصل مع الملف المتحرك دائرة رنين تتكون من ملف ومكثف، وعند مرور تيار كهربى في الملف الثابت، يتكون في القلب الحديدي مجال مغناطيسى متردد ينتقل إلى الملف الثانى مكونا فيه قوة دافعة.

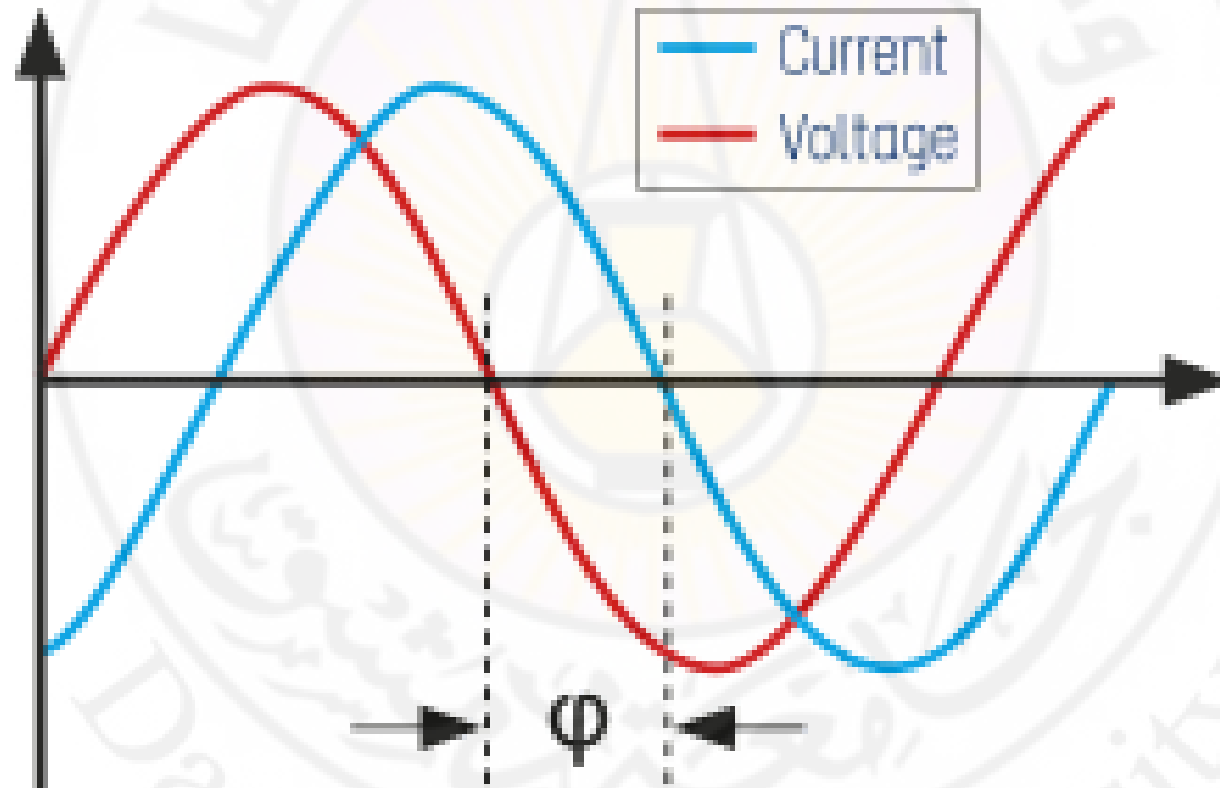


مقياس تردد تماثلي



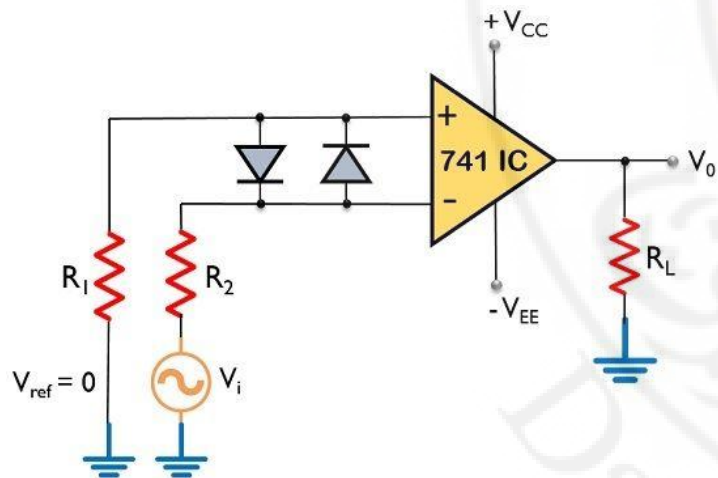
مقياس تردد رقمي

مقياس معامل الاستطاعة الرقمي
DIGITAL POWER FACTOR METER



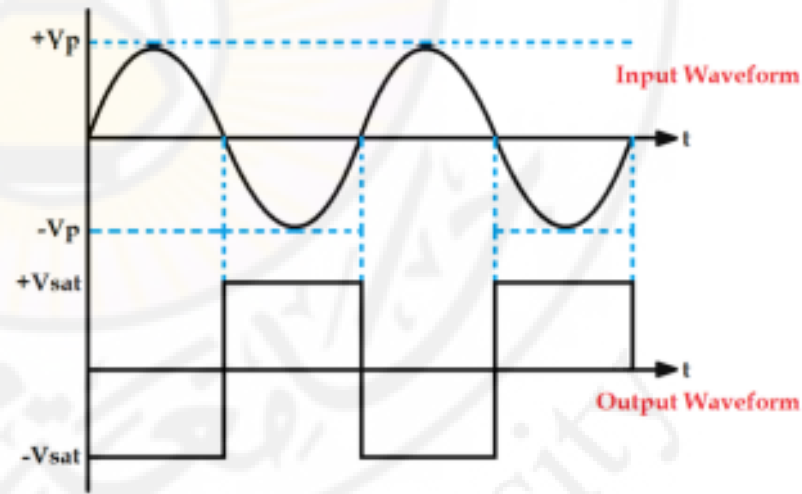
مبدأ تصميم وعمل مقياس معامل الاستطاعة الرقمي

يتألف مقياس معامل الاستطاعة الرقمي بشكل أساسي من دارتي كشف العبور بالصفر ZCD لكلا موجتي التوتر والتيار ، والتي على سبيل المثال يتم بناءها باستخدام المكبر العملياتي 741 ، من خلال دارتي كشف العبور بالصفر يتم تحويل الموجات الجيبية للتوتر والتيار لموجات مربعة ذات جهود اعظمية تساوي جهود الاشباع لدارة المكبر ، بعد ذلك يتم تمرير خرج دارات ZCD على بوابة منطقية من نوع XOR لكشف مناطق عدم التكافؤ الزمنية التي تدل على زمن التأخير بين موجتي التوتر والتيار وبذلك يتم ادخال هذا الزمن لمعالج خاص يقوم بتحويل هذا الفرق الزمني لزاوية طور

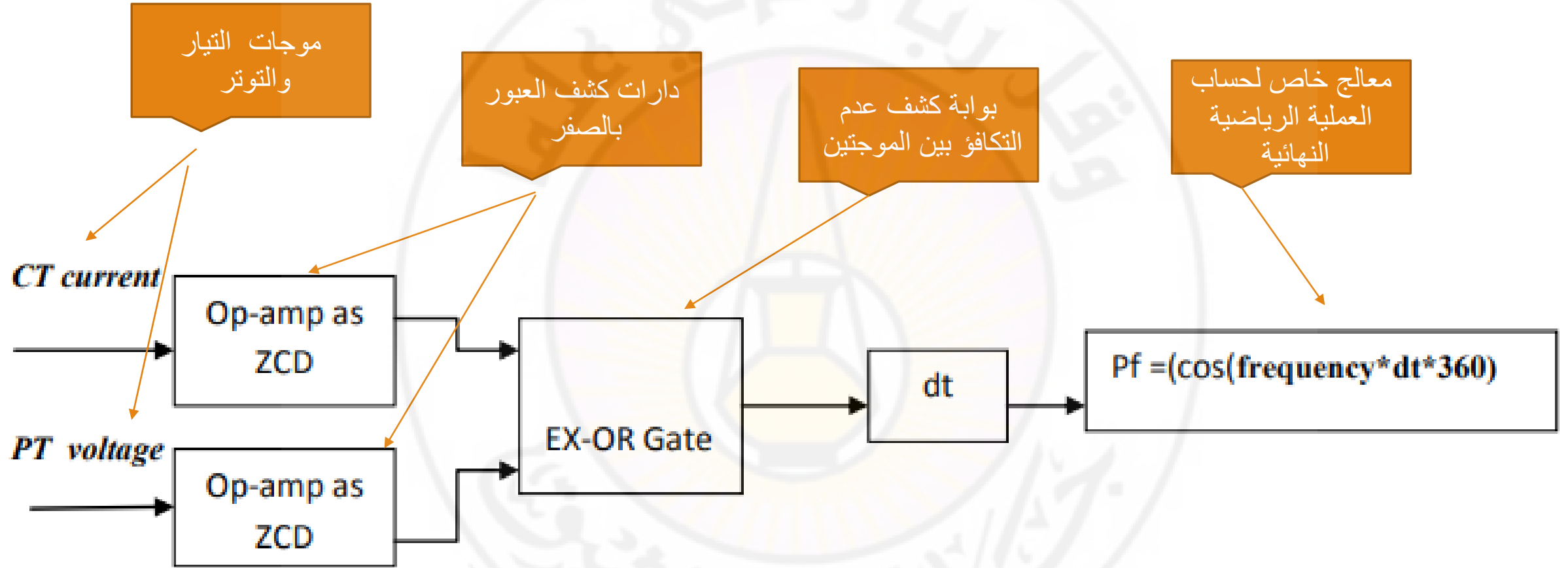


Circuit Diagram of Zero-Crossing Detector

Electronics Coach



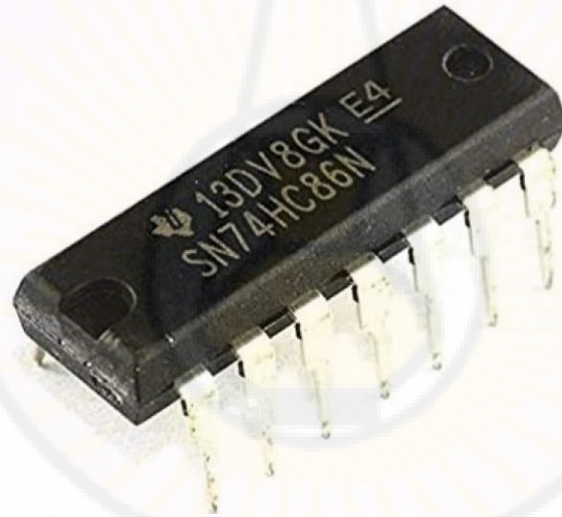
مبدأ تصميم وعمل مقياس معامل الاستطاعة الرقمي



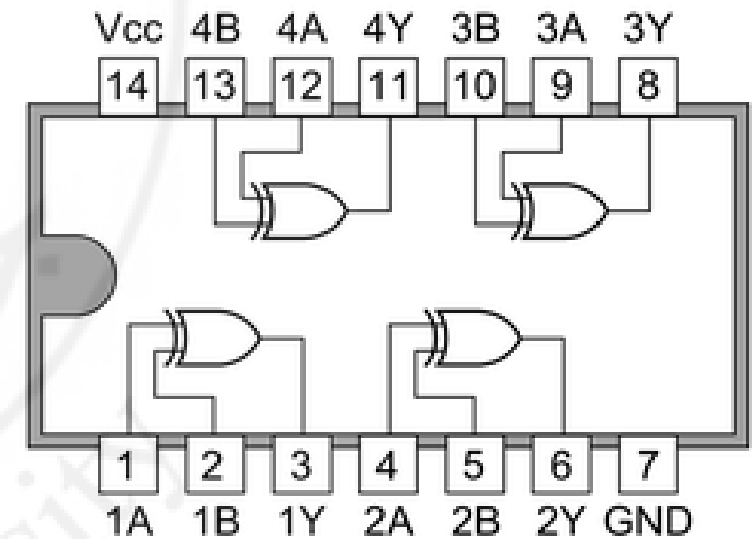
XOR بوابة



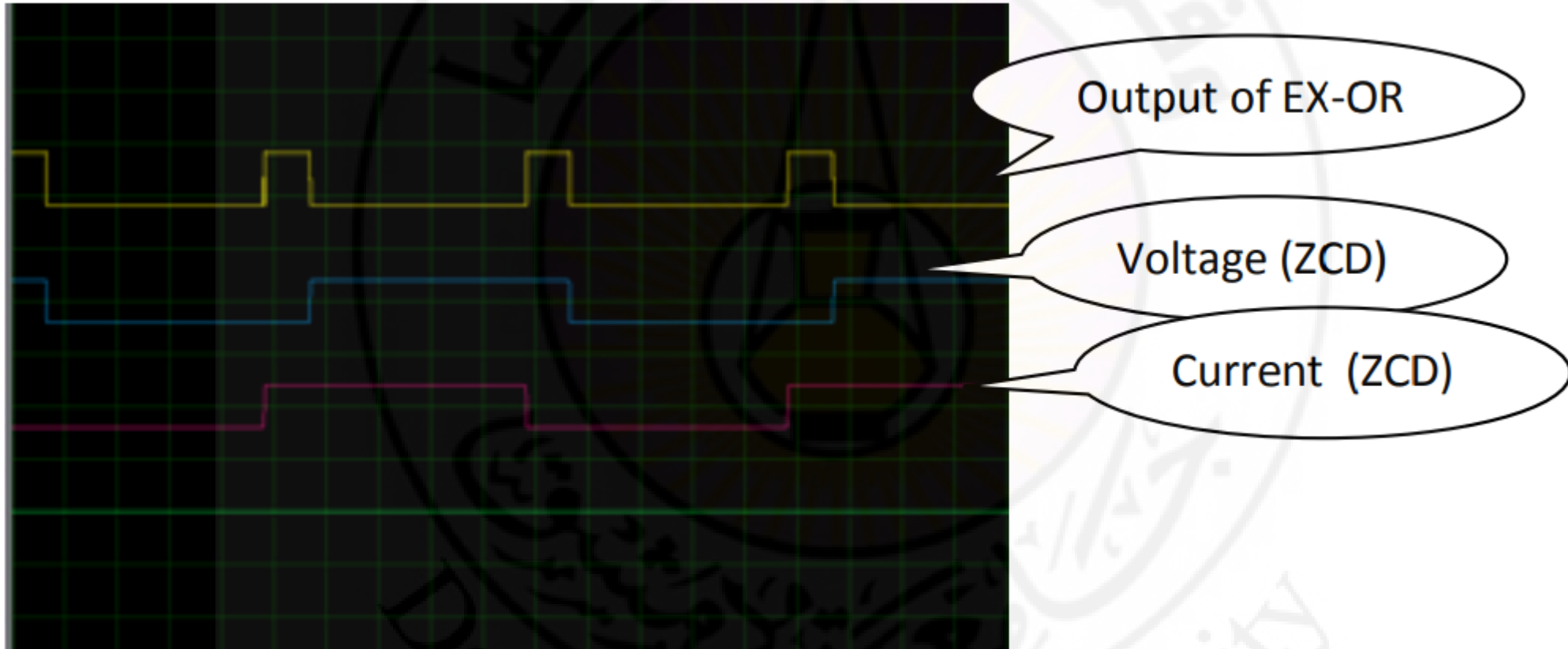
A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



7486 Quad 2-input ExOR Gates



- مبدأ تصميم وعمل مقياس معامل الاستطاعة الرقمي
خرج دائرة XOR



أجهزة قياس العازلية الكهربائية

تُستخدم أجهزة اختبار العزل الكهربائي ، المعروفة أيضًا باسم " meggers" ، لقياس مقاومة العزل للمكونات والأنظمة الكهربائية لضمان سلامتها. يقوم مختبرو مقاومة العزل بتقييم سلامة العزل الكهربائي من خلال تقييم تيارات التسرب الحالي.

عادة ما تكون أدوات محمولة ومتوفرة بأحجام وقدرات مختلفة لتناسب التطبيقات المختلفة. يقيس اختبار العزل (meggers) مقاومة العزل بين موصلين للإشارة.

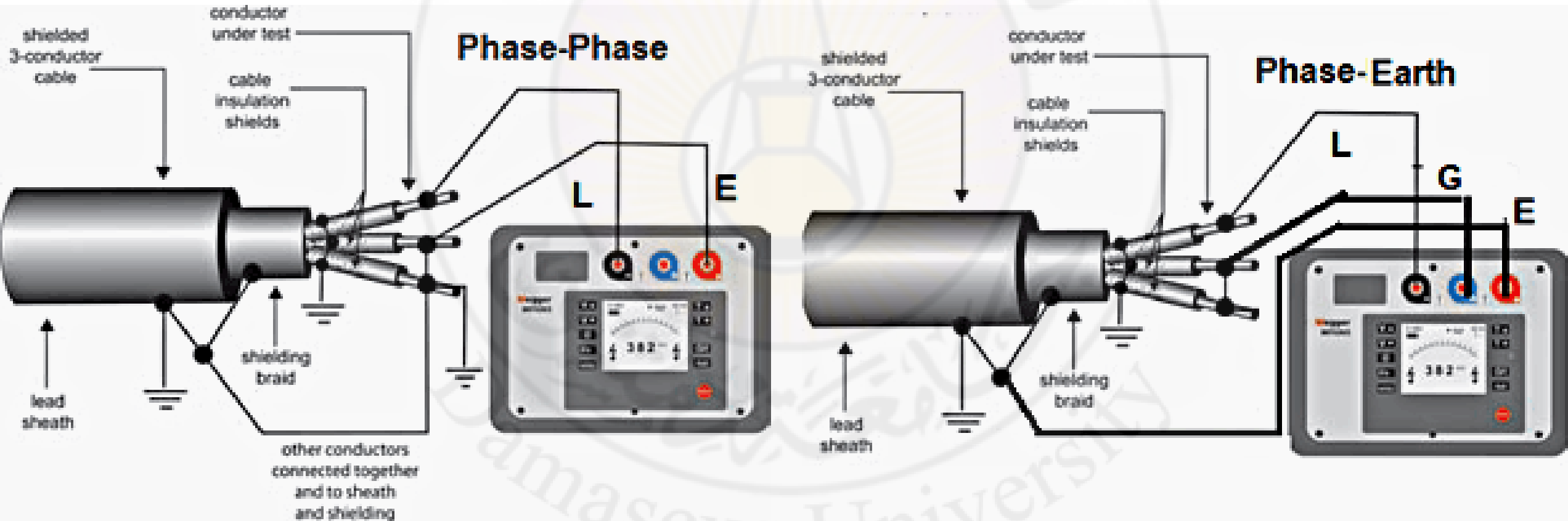
يمكن استخدام جهاز اختبار العزل لاختبار مجموعة متنوعة من المعدات الكهربائية ، بما في ذلك الكابلات والمحولات والمحركات. تم تجهيز العديد من أجهزة اختبار العزل الكهربائي (megger) أيضًا بميزات متقدمة مثل التفريغ التلقائي للجهد ومؤشرات التحذير وقدرات تخزين البيانات. تعتبر أجهزة اختبار العزل (meggers) أدوات أساسية للصيانة الكهربائية وتستخدم على نطاق واسع في الصناعة الكهربائية.

شكل عملي لأحد أجهزة قياس العازلية

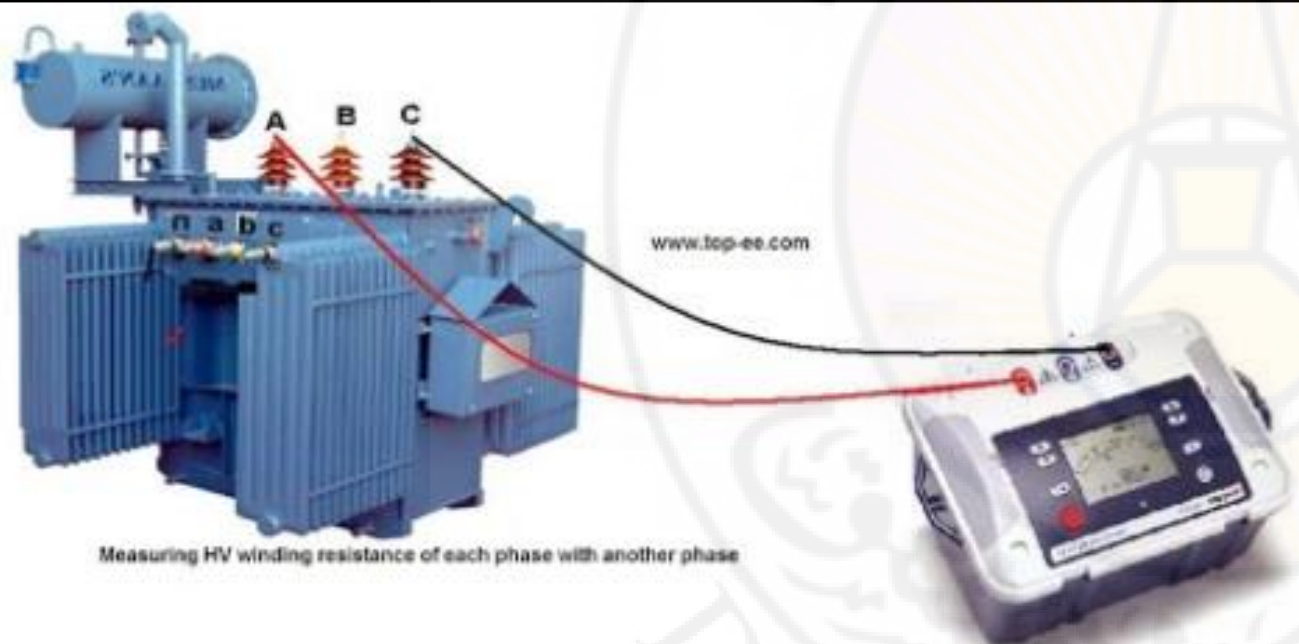


أجهزة قياس العازلية الكهربائية

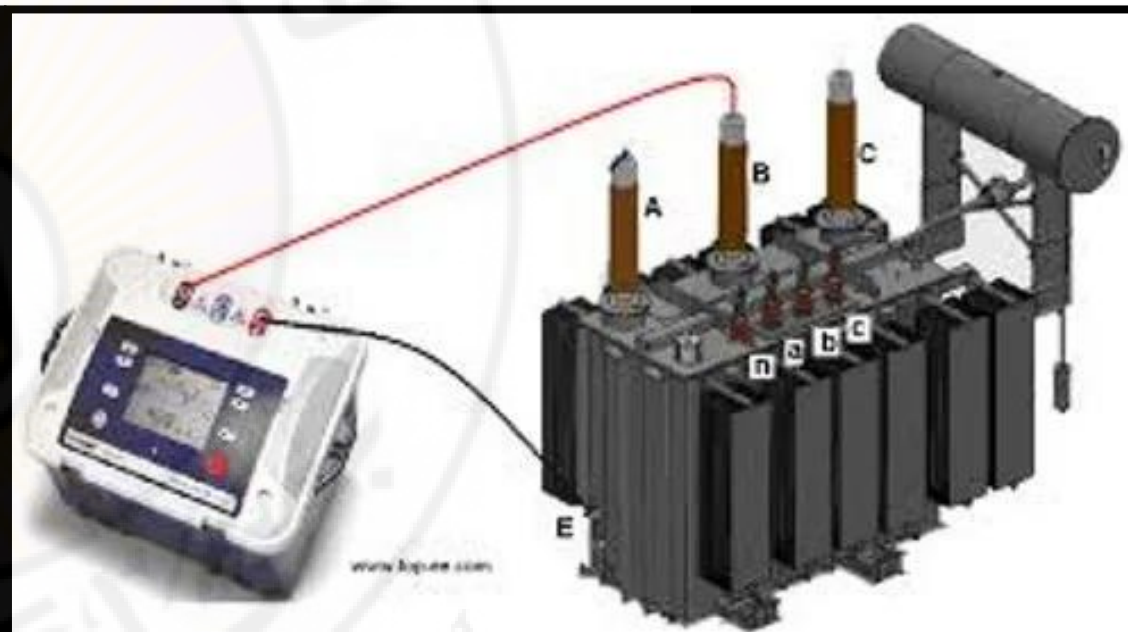
اختبار عازلية الكابلات : يمكن اختبار مقاومة العزل للكابلات بين طورين ناقلين (phase – phase) أو بين الأطوار كلا على حدة والأرض (phase – earth).



اختبار عازلية المحولات

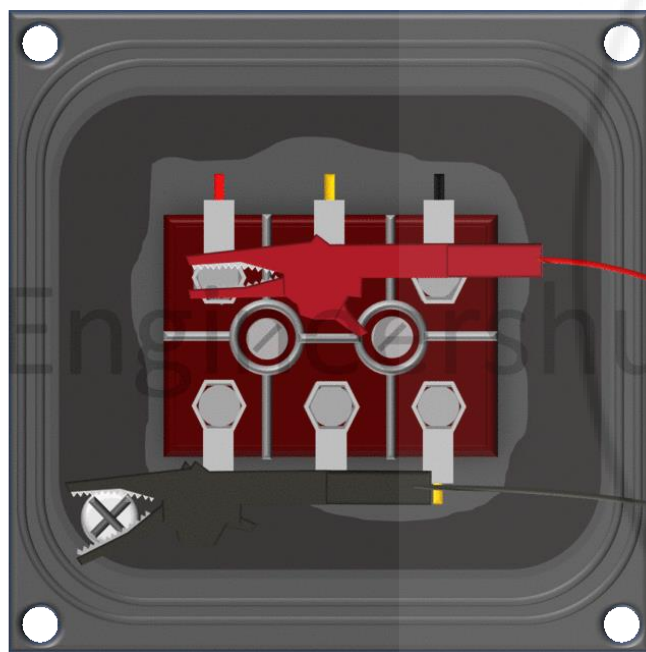


قياس عازلية ملفات المحول بين بعضها

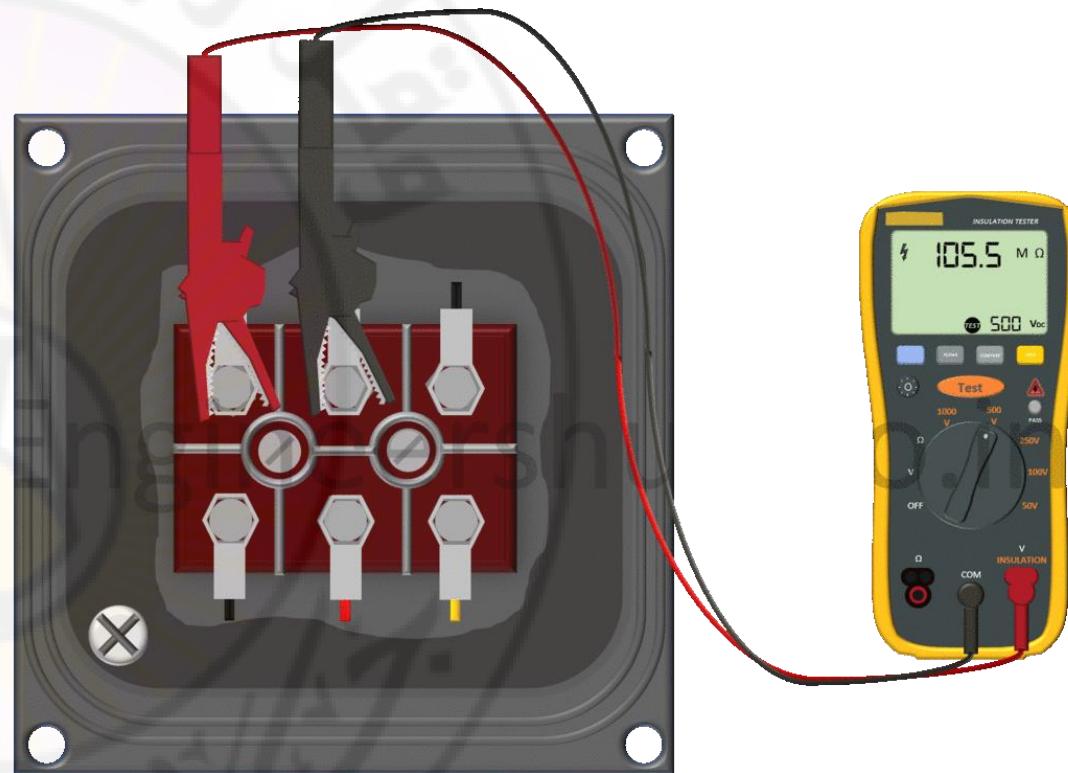


قياس عازلية ملفات المحول مع الأرضي

اختبار عازلية المحركات



قياس عازلية ملفات المحرك مع الأرض



قياس عازلية ملفات المحرك مع بعضها

جدول قيم مقاومات العزل المتوقعة للتجهيزات الكهربائية بناء على توترها الاسمي

التوتر الاسمي للتجهيزة	مقاومة العزل الصغرى المتوقعة بالميغا اوم
250	25
600	100
1000	100
5000	1000
15000	5000

أجهزة تحليل القدرة الكهربائية الرقمية









أجهزة قياس متحولات العمليات الصناعية

ماهي الأجهزة الدقيقة؟

تُعرف الأجهزة بأنها فن وعلم القياس والتحكم في المتغيرات الفيزيائية داخل منطقة الإنتاج أو التصنيع.

المتغيرات الفيزيائية المستخدمة في الصناعات هي المنسوب والضغط ودرجة الحرارة والرطوبة والسريان ودرجة الحموضة والقوة والسرعة إلخ.

ما هو مبدأ عمل الأجهزة الدقيقة؟

يستند مبدأ عمل الأجهزة الدقيقة على ثلاث محاور هما

- 1- القياس
- 2- التحكم
- 3- الحماية

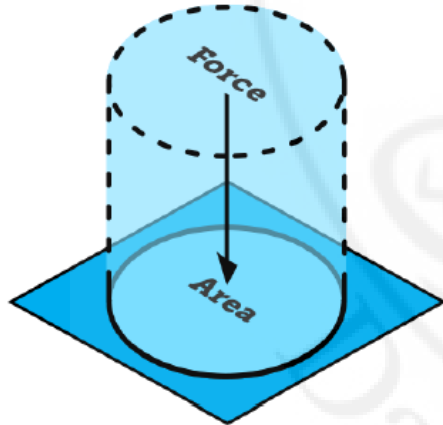
أجهزة قياس متحولات العمليات الصناعية

ما أمثلة الكميات الفيزيائية ؟

كل ما يمكن قياسه يطلق عليه كمية فيزيائية مثل الطول - الوزن - ضغط الدم - معدل ضربات القلب - درجة الحرارة - السريان - المنسوب وإلخ

أولا - تقنيات قياس الضغط

$$P = \frac{F}{A}$$



Pressure

الضغط هو عبارة عن مقدار القوة الموجهة من المادة على وحدة المساحة.

مثال على الضغط



إذا كان وزن الكتلة = 60 نيوتن وهي تترقد على جانب مساحة 6 متر مربع ، ما هو الضغط الموجود على السطح؟

$$\text{الضغط} = \text{القوة} \div \text{المساحة} \quad \text{الضغط} = 60 \text{ نيوتن} \div (2 \text{ متر} \times 3 \text{ متر})$$

$$\text{الضغط} = 60 \text{ نيوتن} \div 6 \text{ متر مربع} = 10 \text{ باسكال}$$



إذا كانت نفس الكتلة = 60 نيوتن وهي تترقد على نهايتها مساحة 1 متر مربع ، ما هو الضغط الموجود على السطح؟

$$\text{الضغط} = \text{القوة} \div \text{المساحة} \quad \text{الضغط} = 60 \text{ نيوتن} \div (2 \text{ متر} \times 0.5 \text{ متر})$$

$$\text{الضغط} = 60 \text{ نيوتن} \div 1 \text{ متر مربع} = 60 \text{ باسكال}$$



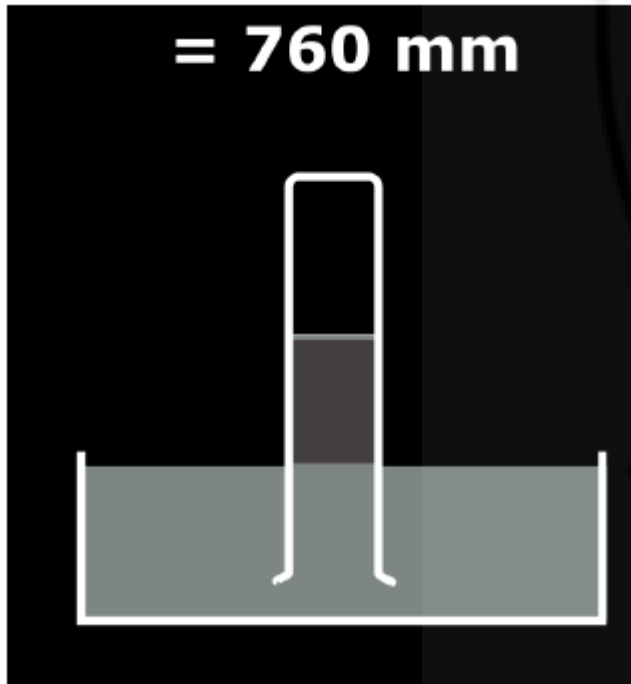
زيادة المساحة تؤدي لنقصان الضغط
كما نشاهد في الصورة

البالون لا ينفجر بسبب زيادة المساحة

الضغط الجوي Atmospheric Pressure

هو الضغط الذي يوجهه الهواء الجوى على أي جسم في الغلاف الجوي ويسمى بالضغط البارومتري .

وقياس الضغط الجوي يعادل وزن عمود من الزئبق بطول 76 سم في أنبوب زجاجي مقفل من أعلى ومفرغ من الهواء أما الطرف السفلي للأنبوب فهو مفتوح وموضوع في وعاء يحتوى على زئبق.



والضغط الجوي يتناقص بالارتفاع عن سطح البحر.

ويبلغ عند سطح البحر 1 atm أو 1.0132 بار.

المانومتر

هو جهاز يستخدم لقياس ضغط غاز محبوس في أناء أو لقياس الفرق بين ضغطين
(الغاز المحبوس والضغط الجوي)

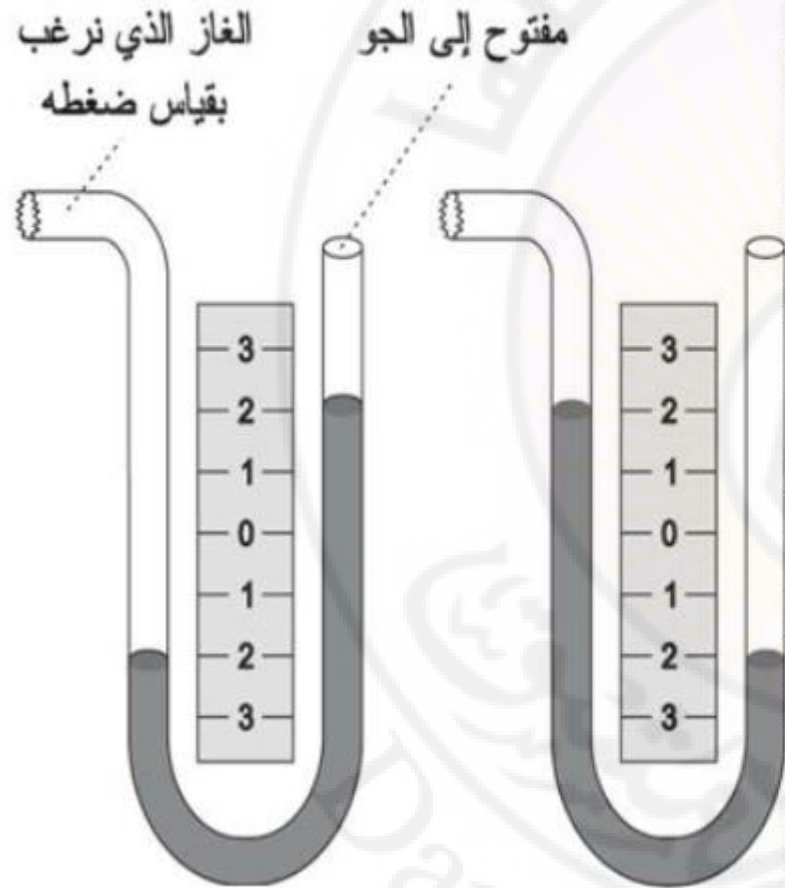
أو بمعنى أدق هو أنبوب على شكل حرف U له ساقين و به سائل له كثافة معلومة .

إذا كانت فتحتين الساقين معرضة لنفس الضغط فان

مستوى السائل في الساقين سيكون واحد أما في حالة تغير الضغط فإن مستوى السائل سوف يتغير على
حسب قيمة الضغط المطبق عليه .

U- Tube Manometer

المانومتر



أجهزة قياس الضغط الغشائية

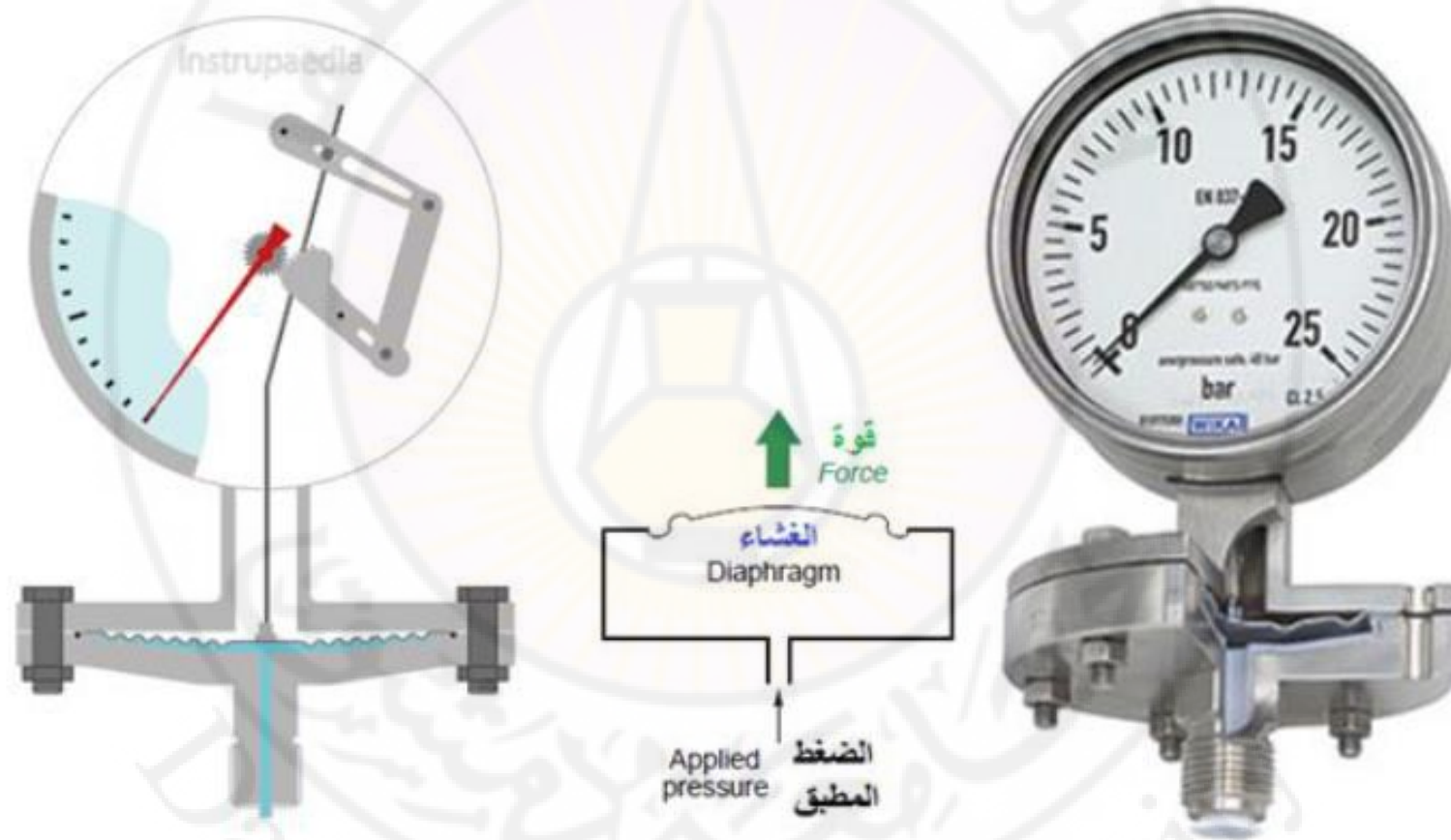
يتكون الغشاء من طبقة رقيقة من مادة مدعومة بإطار صلب .

عندما يتم تطبيق ضغط علي الغشاء فإنه ينحني بانحراف يتناسب مع كمية الضغط المطبق عليه وهناك أنواع عديدة من المواد المستخدمة في الغشاء مثل المطاط في الضغوط القليلة والسليكون في الضغوط المتوسطة وكذلك الفولاذ لمقاوم للصدأ في حالة الضغوط المرتفعة ويتميز هذا النوع بسرعة الإستجابة والدقة .

ومن خواصه ايضا عزل جهاز قياس الضغط عن التلامس المباشر مع المادة المطلوب قياس ضغطها وذلك لحماية الجهاز من أضرار ناتجة من التلامس مع المادة أو من حرارتها.

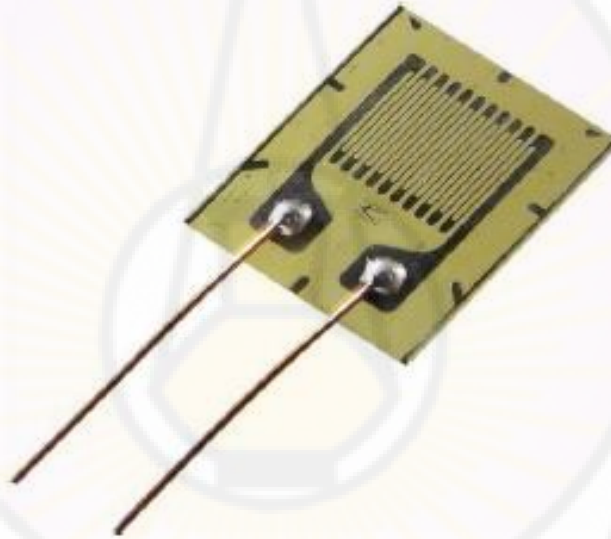
ويتم نقل الضغط من الغشاء إلي جهاز قياس الضغط بملء الفراغ بينهما بوسائل مناسبة .

أجهزة قياس الضغط الغشائية



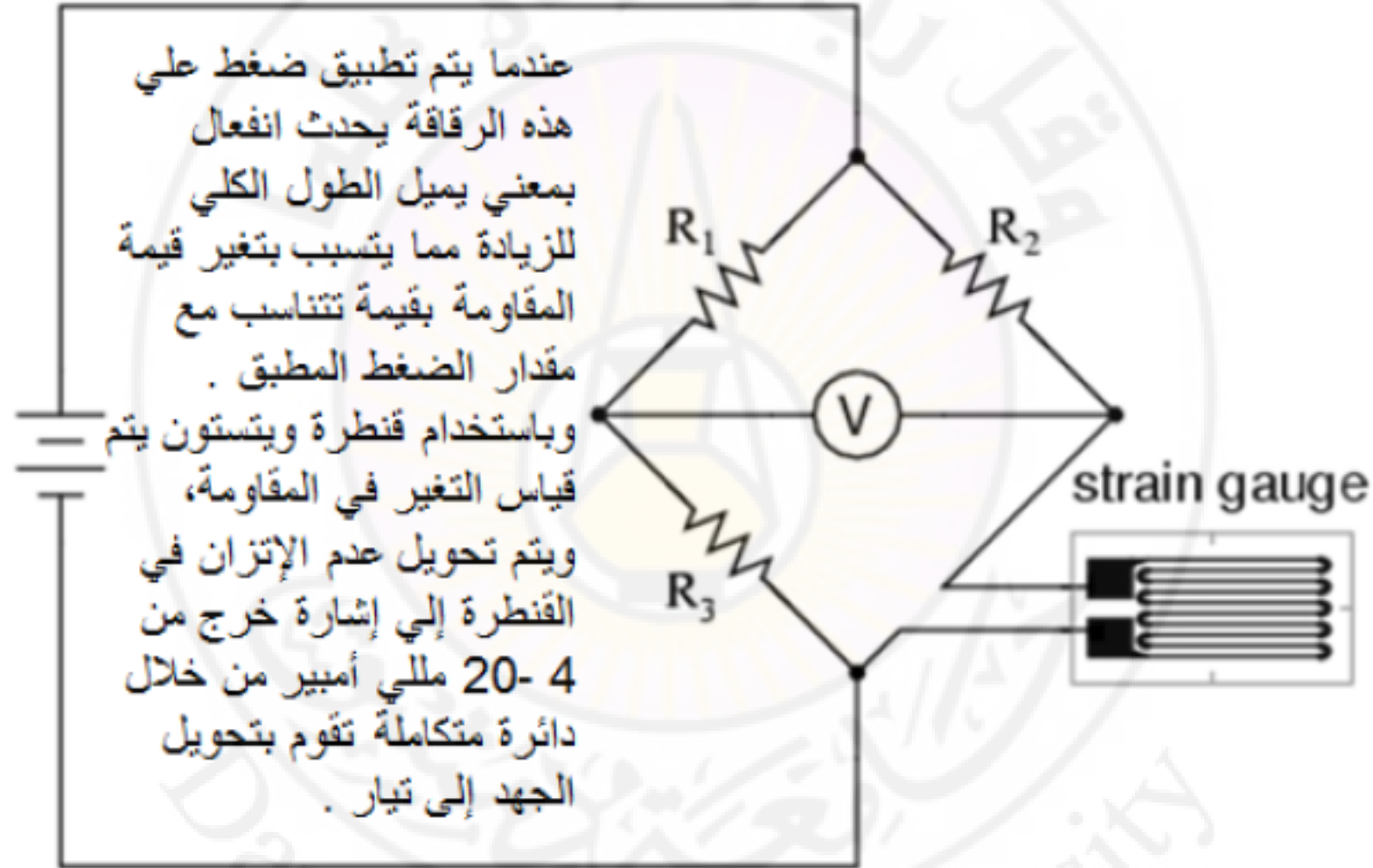
عناصر قياس الضغط الكهربائية – المقاومة الحساسة للضغط

Piezoresistive (strain gauge) sensors

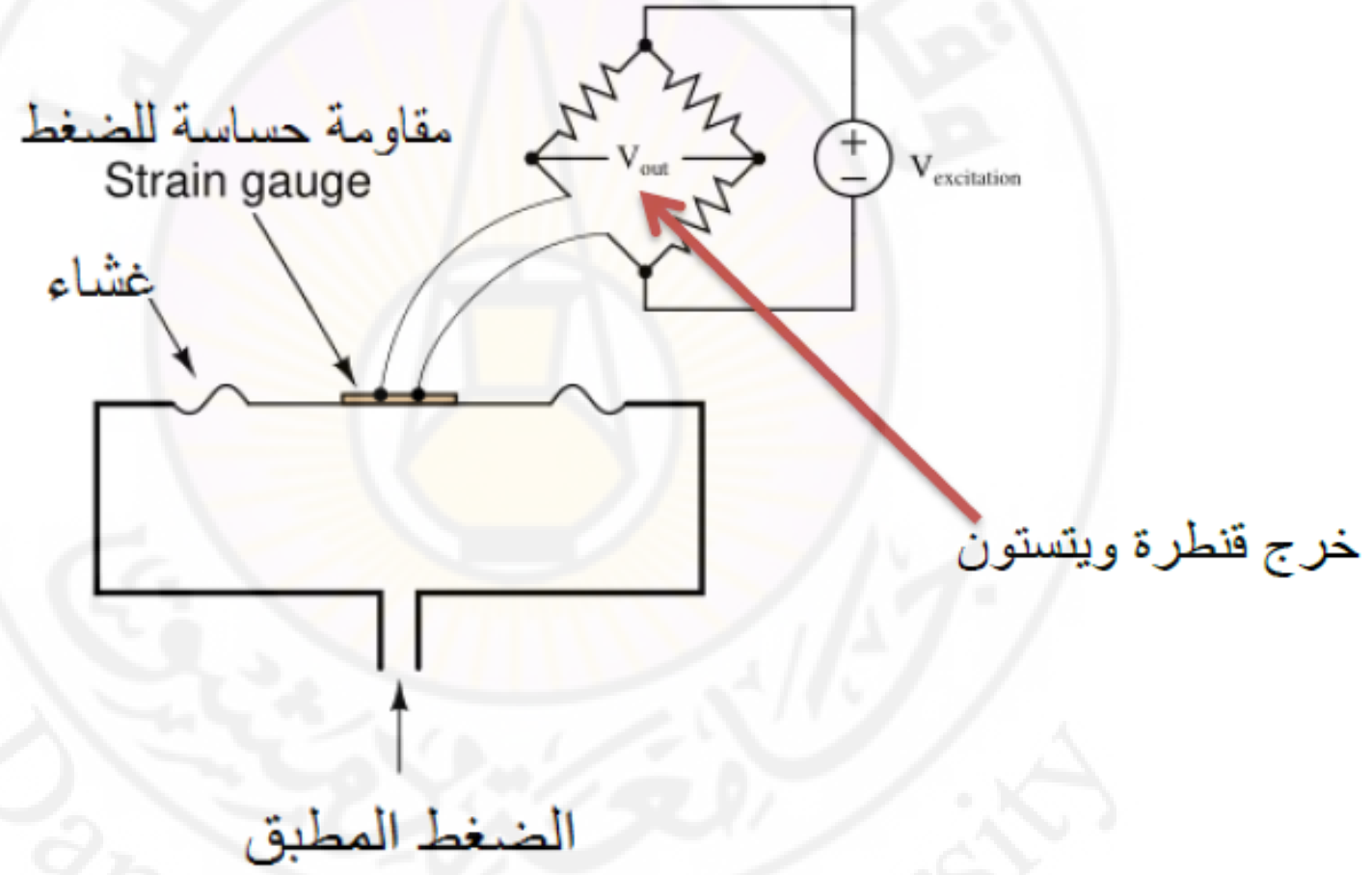


كلمة (Piezoresistive) تعني "مقاومة حساسة للضغط" أو المقاومة التي تتغير قيمتها بتغير الضغط المطبق عليها

عناصر قياس الضغط الكهربائية – المقاومة الحساسة للضغط



وهذا النوع يستخدم سلك معدني أو رقاقة من أشباه الموصلات لقياس التغيرات في الضغط .
حيث يتسبب تغير الضغط علي الرقاقة في تغير المقاومة نتيجة حدوث تشوه (إنفعال) للمعدن .



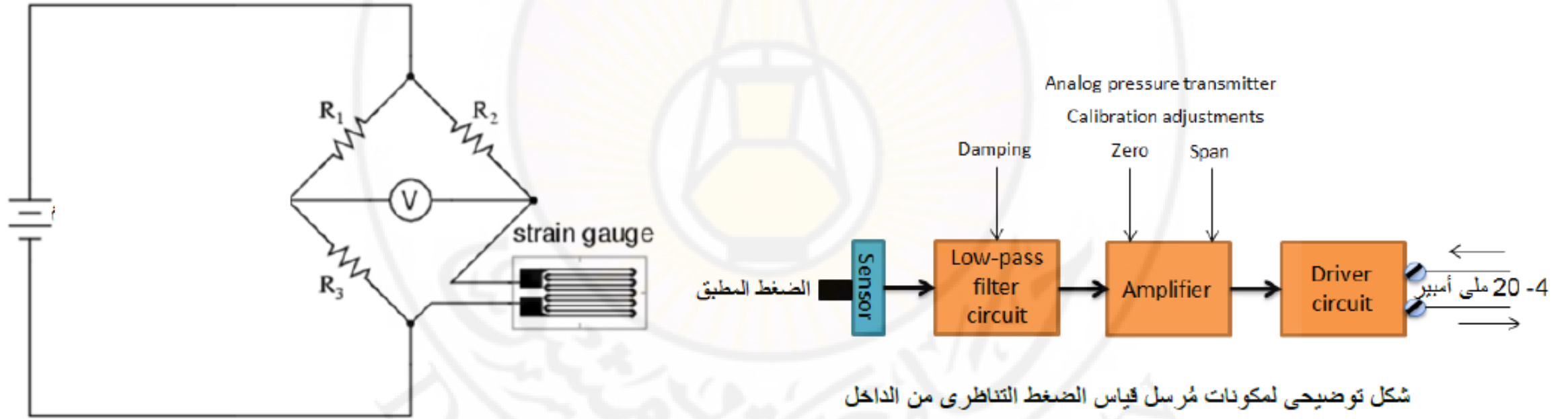
المرسل Transmitter

المرسل هو جهاز يحول المتغير الفيزيائي إلى إشارة خرج كهربائية من 4 – 20 ملي أمبير أو إشارة هوائية من 3 – 15 PSI وذلك للتمييز بين صفر الجهاز وإنقطاع مصدر التغذية



فكرة عمل المُرسِل

يعمل المُرسِل من خلال دائرة متكاملة تقوم بتحويل المتغير الفيزيائي سواء كان (ضغط – حرارة – منسوب – سريان – إلخ...) إلى إشارة خرج من 4 – 20 ملي أمبير وذلك من خلال الحساسات الخاصة بكل متغير فعلى سبيل المثال وليس الحصر حساس قياس الضغط بمقاومة الإنفعال



حساس قياس الضغط (Strain gauge)

خرج المرسل في حال كان لدينا جهاز ضغط بمجال بين 0-30 bar

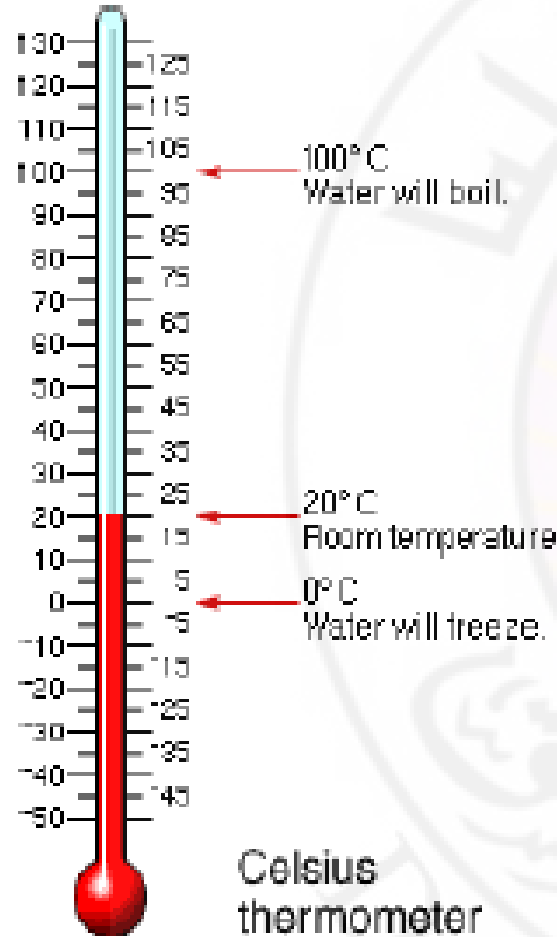
خرج المرسل (mA)	الضغط (قيمة الضغط المطبق)	النسبة المئوية للضغط
4mA	0 بار	0%
8mA	7.5 بار	25%
12mA	15 بار	50%
16mA	22.5 بار	75%
20mA	30 بار	100%

ثانيا - تقنيات قياس الحرارة



Thermometer

الترمومتر



تعتمد نظرية عمله على طول عمود الزئبق في أنبوب شعيرية .

وهو عبارة عن أنبوب شفاف ومدرج يحتوي بداخله على سائل إما أن يكون من الكحول ويسمى بالترمومتر الكحولي أو من الزئبق ويسمى بالترمومتر الزئبقي ويوجد هذا السائل في بصيلة في قاعدة الأنبوب بحيث إذا ارتفعت درجة الحرارة يتمدد هذا السائل ليصل إلى تدريج معين وبهذا يعطينا قياس درجة حرارة وفي حال انخفاض درجة الحرارة فإن السائل يتقلص عائداً إلى البصيلة ليعطينا بذلك قياس درجة حرارة أخرى وعادةً ما يستعمل الترمومتر الزئبقي بشكل أكبر من الترمومتر الكحولي ومن أشهر أمثلة هذه الترمومترات هو ترمومتر الحرارة الزئبقي الطبي والمخصص لقياس درجة حرارة الجسم.

قياس الحرارة بواسطة العناصر الكهربائية – المقاومات الحرارية

المقاومة الكهربائية في سلك البلاتين

Resistance Temperature Detectors

المقاومة الكاشفة للحرارة



RTD

المقاومة البلاتينية الكاشفة للحرارة

هي مقاومة حرارية تتغير قيمتها خطياً طبقاً للتغير في درجة الحرارة و بالتالي تقوم بإرسال إشارة تبين درجة الحرارة الموجودة و من أشهر الأنواع إستخداماً من هذه التقنية هي (PT-100)

كلمة (PT) هي إختصار لمادة البلاتينوم الحراري (Platinum Temperature) التي تستخدم في صنع المقاومة (PT) أما رقم 100 فهو يشير إلى أن هذه المقاومة تبدأ بقيمة 100 أوم عند درجة حرارة صفر.

لا يقتصر الأمر على (PT-100) فقط بل يوجد العديد من الأنواع ولكن أكتفينا بذكر هذا النوع نظراً لأنه شائع الإستخدام وفكرة عمله لا تختلف عن البقية في شيء.

$$C = \frac{\Omega - 100}{38.5} 100$$

يتم استخدام المعادلة التالية للتحويل من أوم لدرجة الحرارة بالدرجة المئوية

Thermistor

المقاومة الحرارية



هي مقاومة تتغير قيمتها بتغير درجة الحرارة ويستخدم هذا النوع من المقاومات في دوائر تحكم ودوائر قياس درجة الحرارة وأجهزة الإنذار.

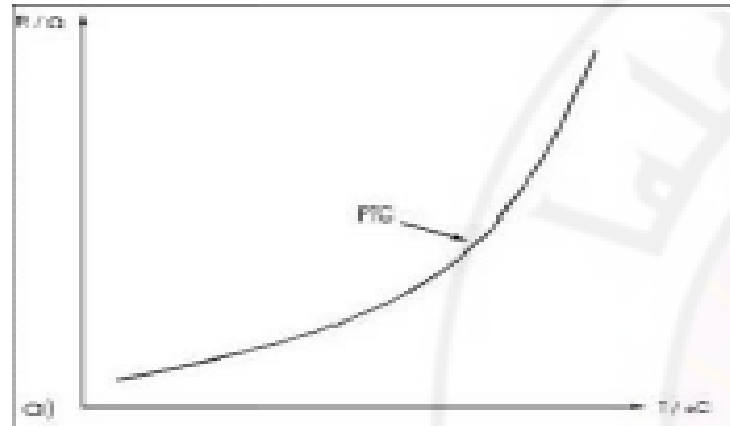
ويوجد منها نوعان :

PTC

Positive Temperature Coefficient

المقاومة ذات معامل الحرارة الموجب

في هذا النوع قيمة مقاومة تزيد قيمتها بزيادة درجة الحرارة وتقل قيمتها بانخفاض درجة الحرارة

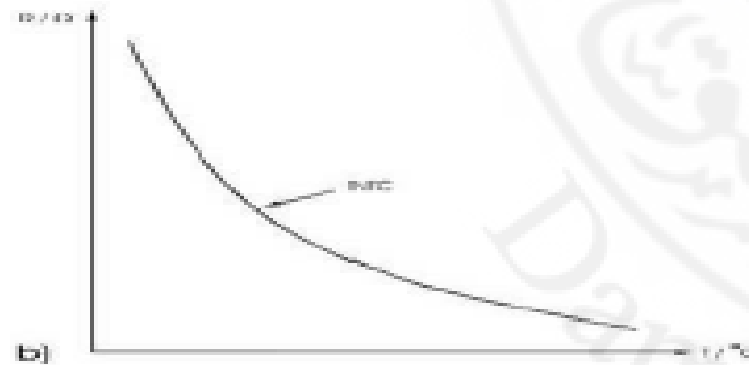


NTC

Negative Temperature Coefficient

المقاومة ذات معامل الحرارة الموجب

أما هذا النوع قيمة مقاومة تقل بزيادة درجة الحرارة وتزيد قيمة المقاومة بانخفاض درجة الحرارة

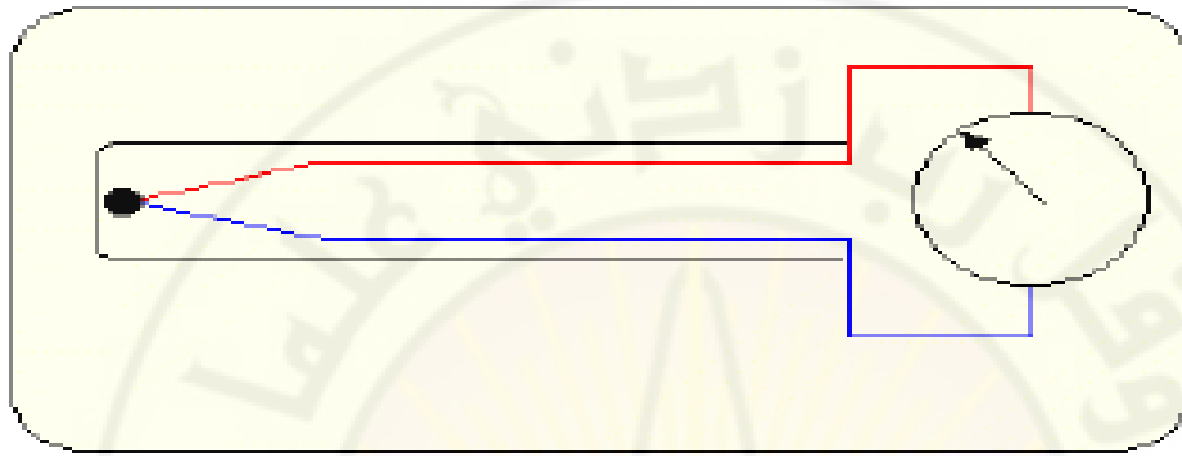


Thermocouple

الإزدواج الحراري



هو عبارة عن معدنين مختلفين متصلين من الأطراف ونتيجة لتغير درجة الحرارة تنتقل الإلكترونات الحرة من معدن الى آخر منتجة قوة دافعة كهربائية.



نظرية العمل

عندما تتغير حرارة معدن ما تتحرك إلكتروناته بطريقة أسرع.

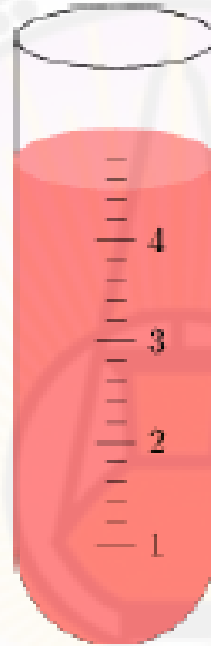
وعند اختلاف سرعة الإلكترونات في المعدنين المتصلين ببعضهما البعض في المزدوجة الحرارية تتداخل الإلكترونات ببعضها حيث التقاء المعدنين.

وهذا يحصل فائض إلكترونات في جهة ونقص إلكترونات في الجهة الأخرى (يتكون فرق جهد).

هذا الاختلاف يولد تياراً كهربائياً متعلقاً بنوع المعدنين من جهة وبالحرارة من جهة أخرى.

ويُسمى هذا التيار بالتيار الكهروحراري

ثالثا – تقنيات قياس المستوى



قياس مستويات السوائل في الخزانات

هناك حاجة ماسة في بعض المصانع والأماكن لمعرفة مستوى السوائل داخل الخزانات التي لا يمكن الوصول إليها بسهولة أو لصعوبة في قياس المستوى أو لإستخدام المقياس في نظام التحكم الآلي (Automation Control)

Hydrostatic Pressure

الضغط الهيدروستاتيكي

وهو من أكثر الطرق إستخداما وفيما يلي سوف نستعرض أجهزة وطرق قياس المنسوب بواسطة الضغط الهيدروستاتيكي.

فكرة العمل



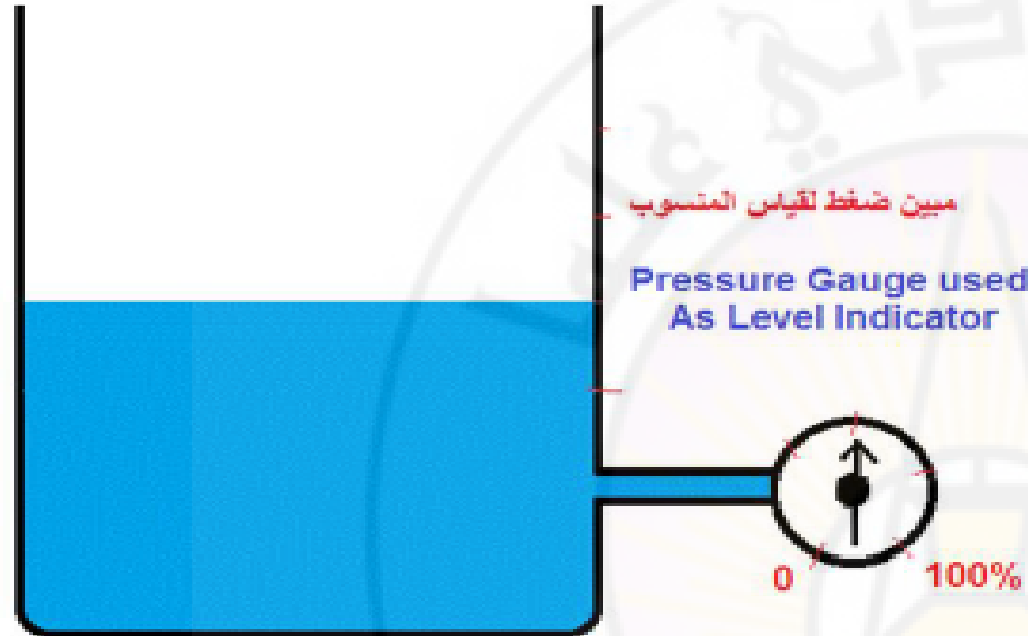
من المعلوم هو وجود علاقة طردية بين الضغط الناتج من عمود سائل وإرتفاعه أي على سبيل المثال إذا تضاعف المنسوب تضاعف الضغط وهذا هو المبدأ الذي تعمل عليه كافة الأجهزة الهيدروستاتيكية لقياس المنسوب .

قانون الضغط عند نقطة في باطن سائل

يعرف الضغط عند نقطة بالقوة المتوسطة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات المحيطة بهذه النقطة.

ضغط السائل عند نقطة في باطنه يزداد كلما زاد عمق النقطة تحت سطح السائل و كلما زادت كثافة السائل.

$$p = \rho g h$$



قيمة الضغط	Pressure	p
كثافة السائل	Density	ρ
عجلة الجاذبية الأرضية	Gravity	g
ارتفاع عمود السائل	Level	h

الضغط = كثافة السائل x عجلة الجاذبية الأرضية x ارتفاع عمود السائل

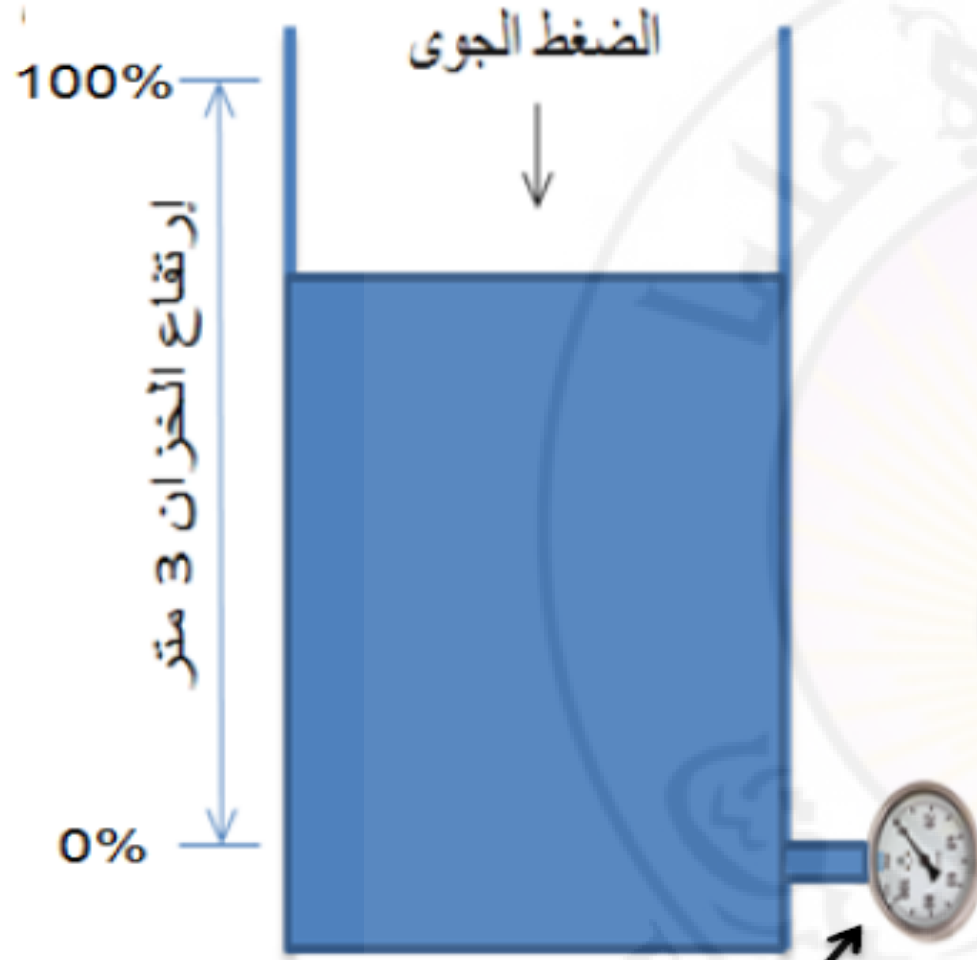
سؤال : إحسب الضغط الهيدروستاتيكي لخزان مياه
إرتفاعه 3 أمتار علما بأن

كثافة المياه = $1000 \text{ (كج/م}^3\text{)}$.

وعجلة الجاذبية الأرضية = 9.8

ملحوظة الخزان معرّض للضغط الجوي (Open Tank)

الحل



عجلة الجاذبية الأرضية

إرتفاع الخزان

$$29400 = 9.8 \times 1000 \times 3 \text{ باسكال}$$

الضغط الهيدروستاتيكي

كثافة المياه

مبين الضغط الهيدروستاتيكي
مبين المنسوب

وبالتحويل من باسكال الى ملي بار $100 \div$

$29400 \div 100 = 294$ ملي بار

Hydrostatic Level Transmitter

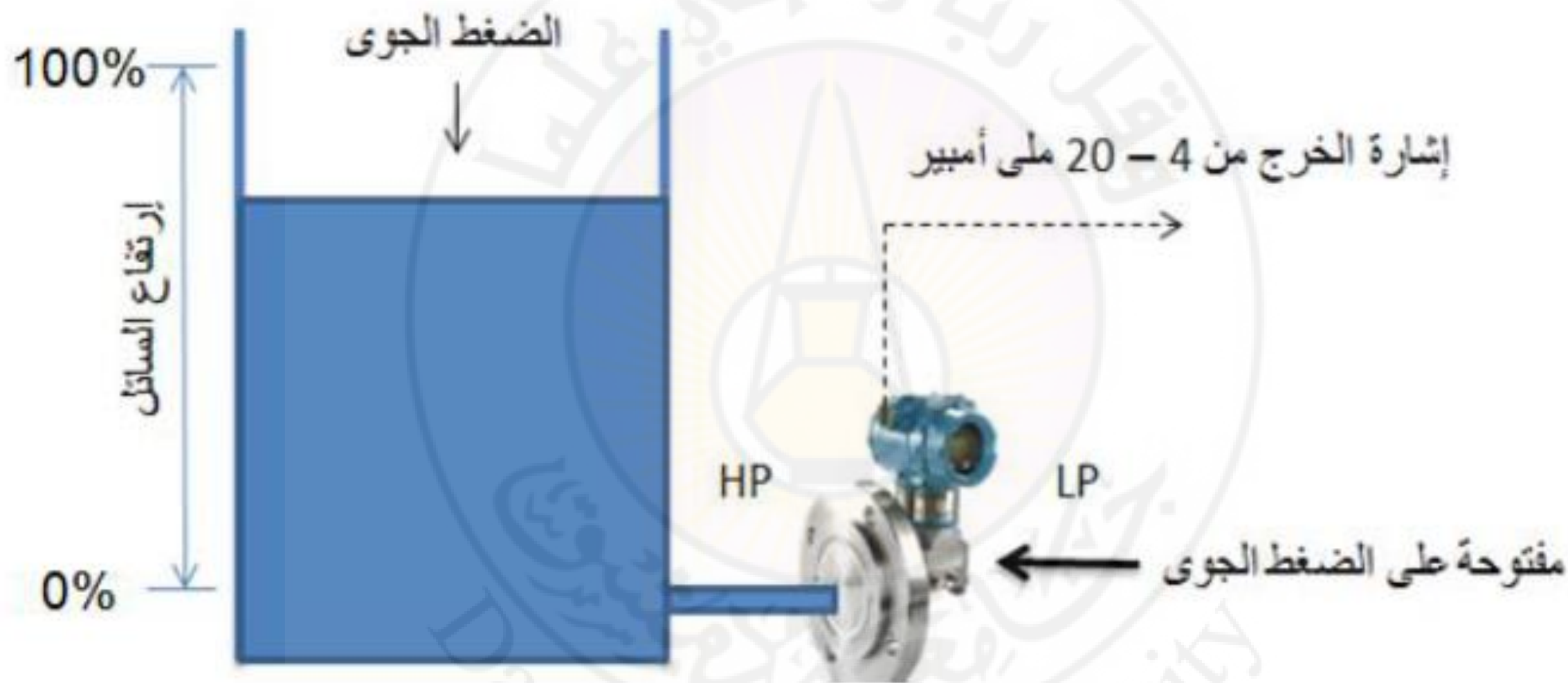
المُرسل الهيدروستاتيكي للمنسوب



بإختصار هو مُرسل لقياس الضغط مصمم خصيصاً لقياس المنسوب من خلال الضغط الهيدروستاتيكي .

عنصر قياس الضغط عبارة عن غشاء من جهة الضغط المرتفع أما جهة الضغط المنخفض فهي مفتوحة على الضغط الجوي ويستخدم

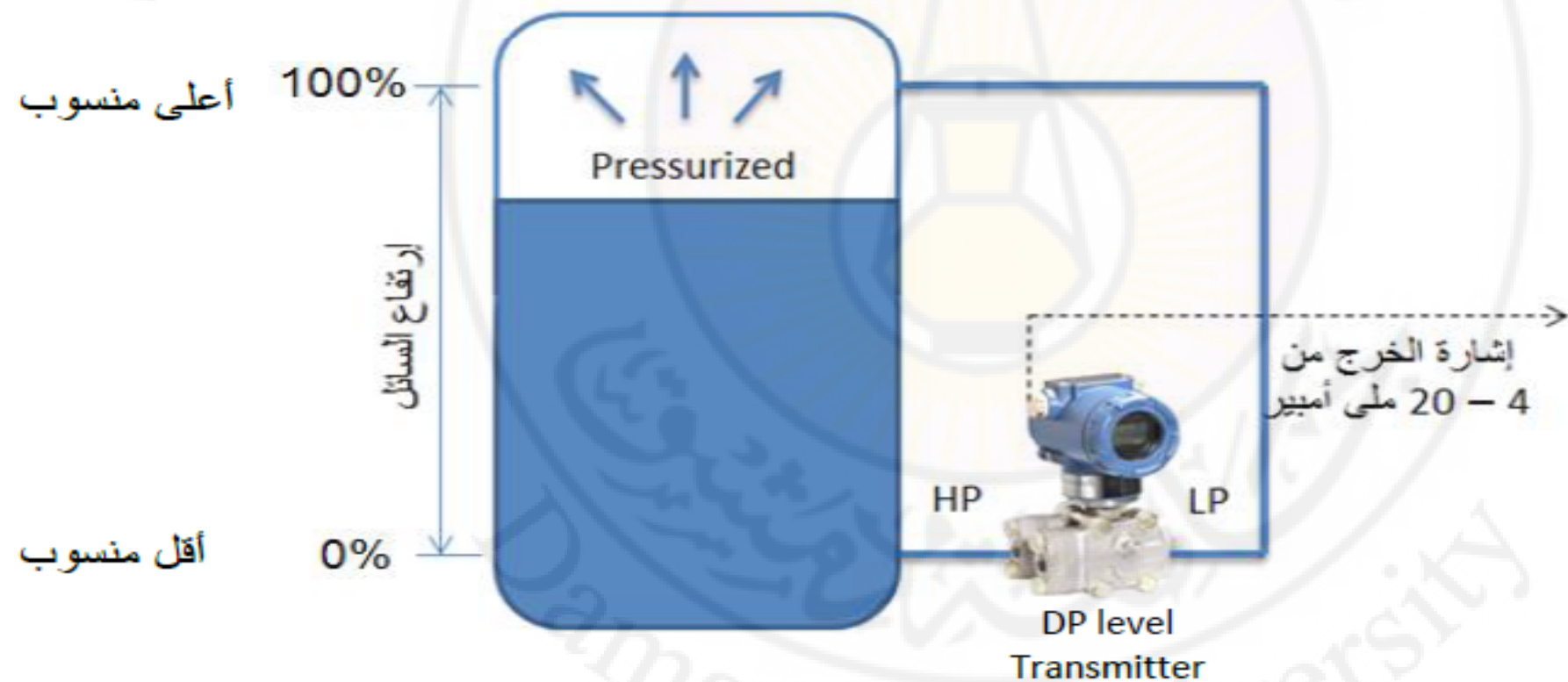
هذا النوع مع الخزانات المفتوحة (Open Tank).





أما النوع الآخر هو مرسل لقياس فرق الضغط يتم توصيلة من خلال أنابيب حيث تُستخدم جهة الضغط المرتفع والمنخفض وذلك في الخزانات المغلقة

(Closed Tank) حسب التطبيق المطلوب



مثال تطبيقي

على مرسل قياس المنسوب الهيدروستاتيكي

سؤال : احسب الضغط الهيدروستاتيكي لخزان مياه ارتفاعه 2 متر علما بأن

كثافة المياه = $1000 \text{ (كج/م}^3\text{)}$.

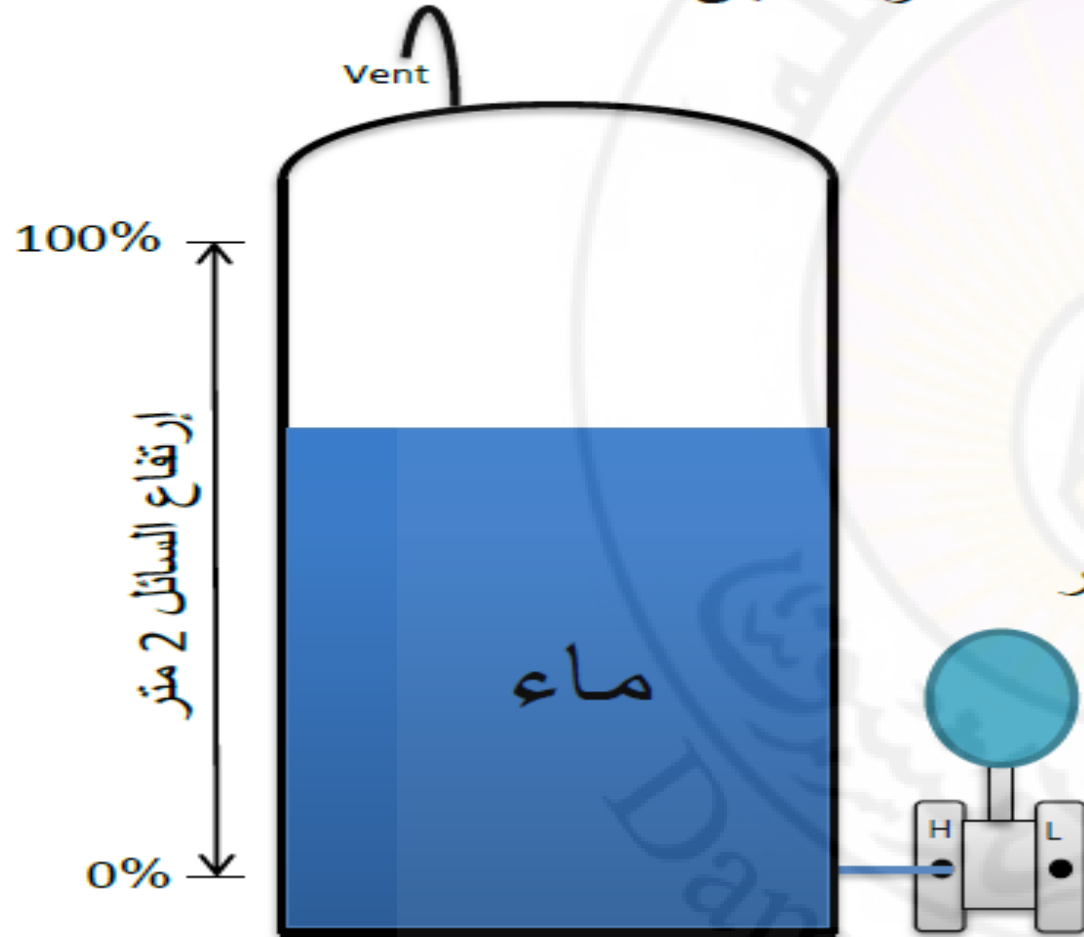
وعجلة الجاذبية الأرضية = 9.8

ملحوظة الخزان معرض للضغط الجوي (Open Tank)

الحل

$$19600 = 9.8 \times 1000 \times 2 \text{ باسكال}$$

وبالتحويل من باسكال الى ملي بار $196 = 100 \div 19600$ ملي بار



قياس المنسوب بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic Level Measurement

المقصود بكلمة (Sonic) هو الصوت الذي يمكننا سماعه.

أما (Ultrasonic) الموجات فوق الصوتية هي الصوت ما فوق نطاق السمع البشري.

أو بمعنى أكثر دقة هي أصوات ذات ترددات أعلى من مدى السمع البشري.

ويقصد بالتردد عدد موجات الصوت التي يصدرها جسم يهتز في الثانية الواحدة.

ويقاس التردد بوحدة تسمى الهرتز حيث يساوي الهرتز الواحد دورة (اهتزازًا) واحدة في الثانية.

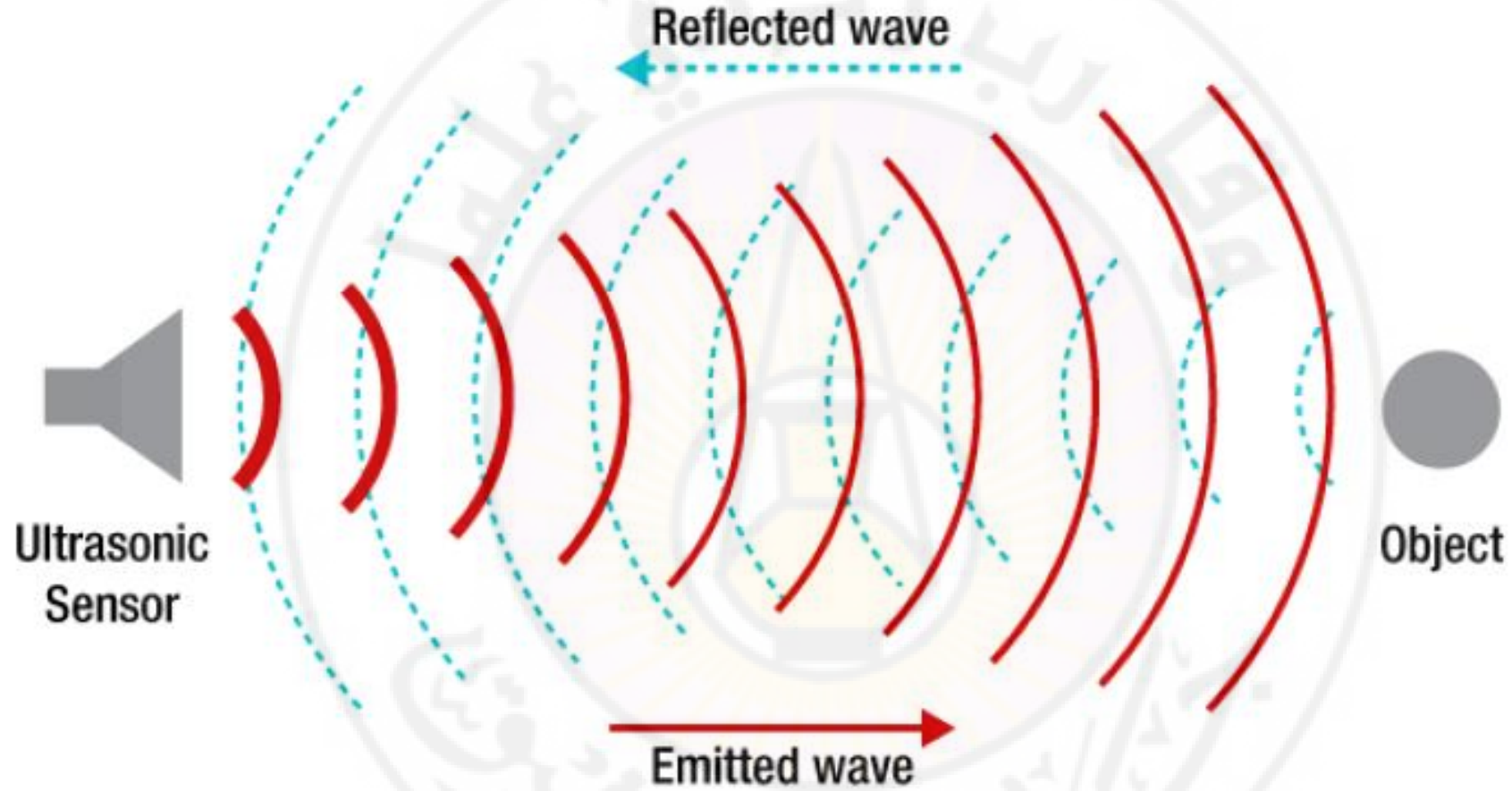
ويتمكن أغلب الناس من سماع الأصوات التي تقع تردداتها بين 20 و 20,000 هرتز.

ويبلغ مقدار تردد الموجات فوق الصوتية أكثر من 20,000 هرتز.

تستخدم الموجات فوق الصوتية لقياس مستوى السوائل والأجسام الصلبة في الصناعات.

قياس المنسوب بالموجات فوق الصوتية مبني على مبدأ عدم التلامس وهو أكثر ملاءمة لقياس مستوى السوائل الساخنة و المسببة للتآكل والغليان.

نطاق التردد العادي المستخدم لقياس المنسوب بالموجات فوق الصوتية يقع ضمن نطاق 40 كيلو هيرتز (40,000 هرتز).



ارسال وانعكاس واستقبال الأمواج فوق الصوتية – وهي موجات ذات طبيعة ميكانيكية

نظرية عمل أجهزة قياس المنسوب بالموجات فوق الصوتية

تُستخدم الموجات فوق الصوتية لتحديد الأشياء بنفس طريقة عمل الرادار.

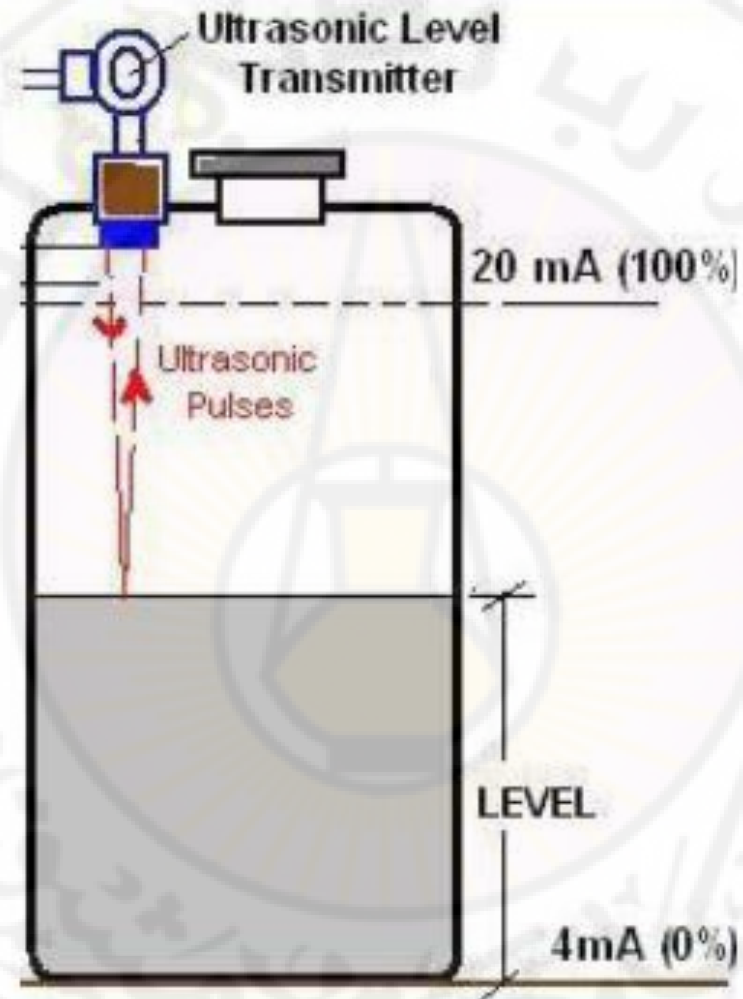
تستخدم الموجات فوق الصوتية الصوت ويستخدم الرادار موجات الراديو.

عندما تستهدف نبضة فوق صوتية هدفاً ما تنعكس على الهدف وتعود إلى المرسل مرة أخرى.

يتم تحديد المسافة بين الهدف والمصدر من خلال زمن وصول النبضة.

تستخدم الخفافيش نفس المبدأ لقياس المسافة أثناء السفر وتحديد أماكن الطعام .

كما يُستخدم مبدأ قياس المنسوب بالموجات فوق الصوتية لاكتشاف مواقع الأسماك في المحيط وتحديد موقع الغواصات تحت مستوى المياه.



المستوى = سرعة الصوت في الهواء $\times$ التأخير الزمني / 2

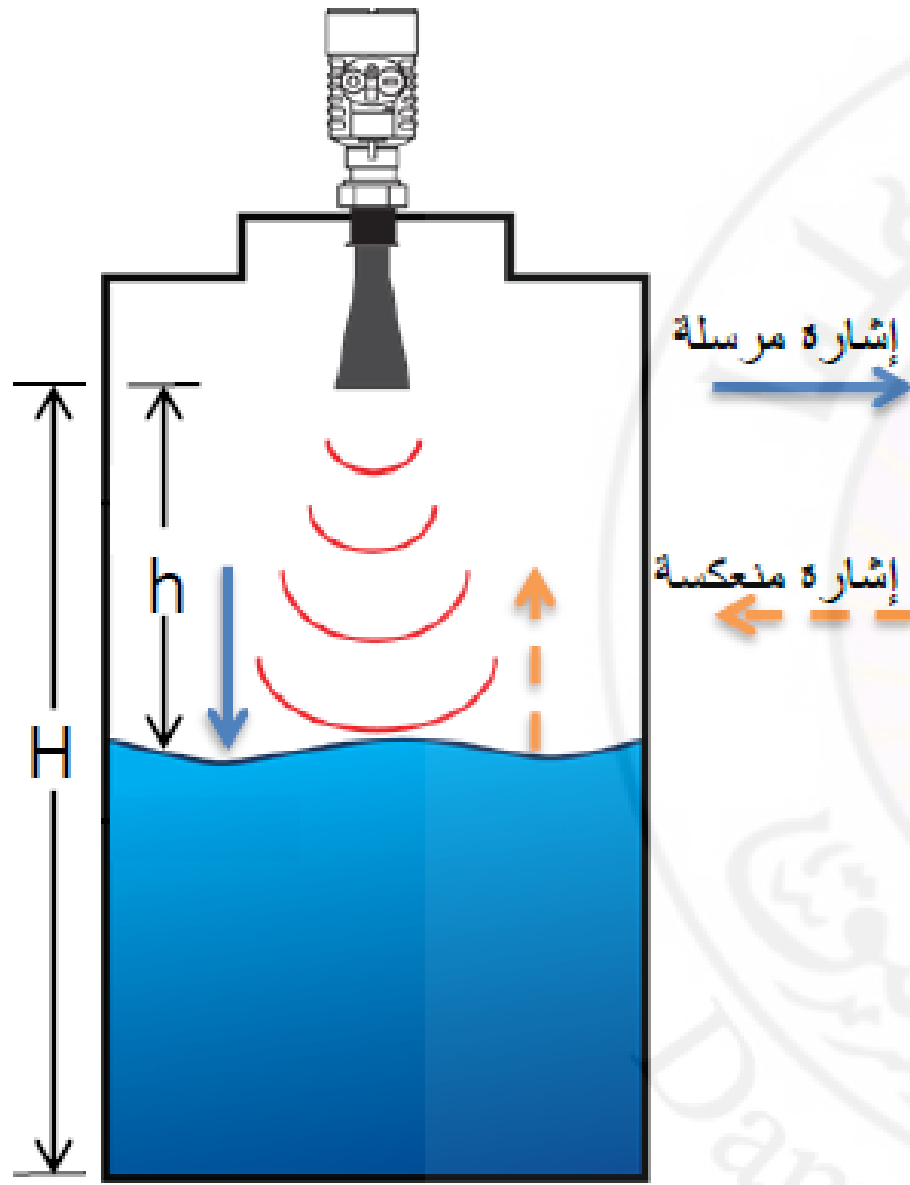
Radar Level Measurement

أجهزة قياس المنسوب الرادارية

تقيس أجهزة المنسوب الرادارية المسافة من المرسل / المستشعر (الموجود بأعلى نقطة بالخران) إلى سطح المادة المراد قياسها الموجوده في الأسفل وهو نفس فكرة عمل أجهزة الموجات فوق الصوتية وذلك بقياس زمن رحلة الموجة المتنقلة التي يتم من خلالها تحديد المنسوب بشكل مستمر.

الفرق الأساسي بين أجهزة قياس المنسوب الرادارية وأجهزة قياس المنسوب فوق الصوتية هو نوع الموجة المستخدمة. تستخدم أجهزة قياس المنسوب الرادارية موجات الراديو بدلاً من الموجات الصوتية المستخدمة في أجهزة الموجات فوق الصوتية.

الموجات الراديوية ذات طبيعة كهرومغناطيسية (تتكون من تيار كهربائي متناوب ومجال مغناطيسي) بتردد عالٍ للغاية في مدى تردد الميكروويف - GHz.



يقيس المرسل التأخير الزمني بين إشارة الصدى المرسل والمستقبل
ويحسب المعالج الدقيق المدمج مع المرسل المسافة إلى سطح السائل
باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{المسافة} = [\text{سرعة الموجة} * \text{التأخير الزمني}] / 2$$

لحساب مستوى السائل يتم برمجة أو (تهيئة) المرسل على الارتفاع
المرجعي للتطبيق (H كما هو موضح بالشكل) - عادةً أسفل الخزان.

ثم يتم حساب مستوى السائل بواسطة المعالجات الدقيقة المدمجة مع
المرسل لتكون النتيجة عبارة عن إشارة خرج تعبّر عن المنسوب إما أن
تكون إشارة رقمية (smart) أو إشارة تناظرية من 4 - 20 ملي
أمبير.

رابعاً - تقنيات قياس التدفق

Magnetic Flow Meter

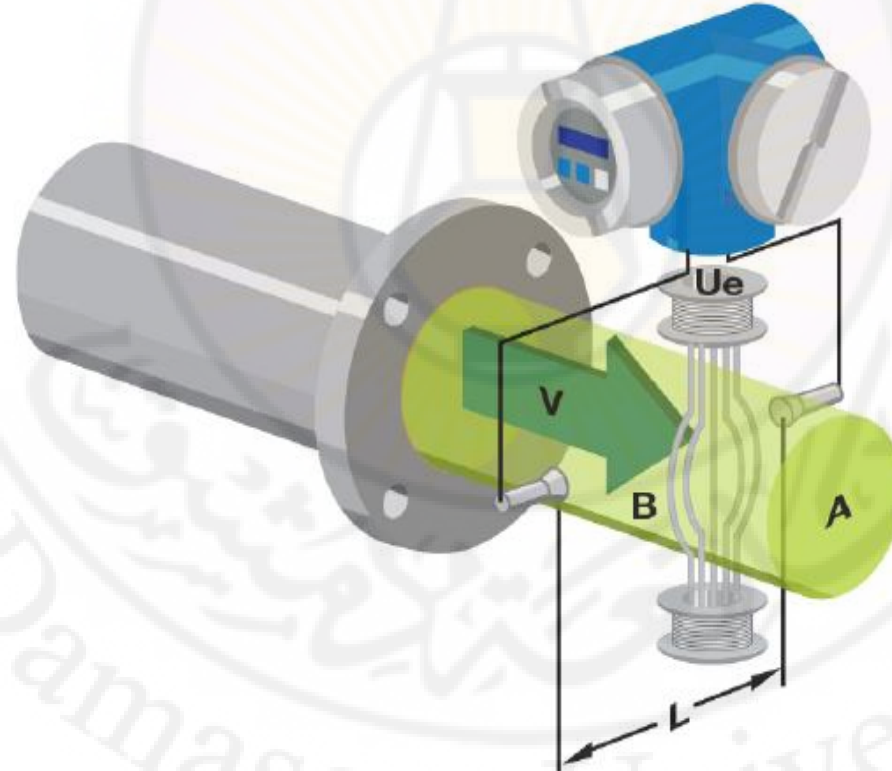
1- جهاز التدفق الكهرومغناطيسي



جهاز السريان الكهرومغناطيسي Electromagnetic Flow Meter

يشبه في عمله مولد الكهرباء أو الدينامو والذي تعتمد فكرته علي موصل يتحرك عموديا علي مجال مغناطيسي فيقطعه فيتولد علي طرفي الموصل جهد كهربى .

وفي جهازنا الحالي يكون الموصل الكهربى هو السائل المطلوب قياس معدل سريانه وبالتالى يُشترط في هذا النوع من الأجهزة استخدامه مع سوائل موصلة كهربيا وليست عازلة كهربيا مثل الماء المقطر .

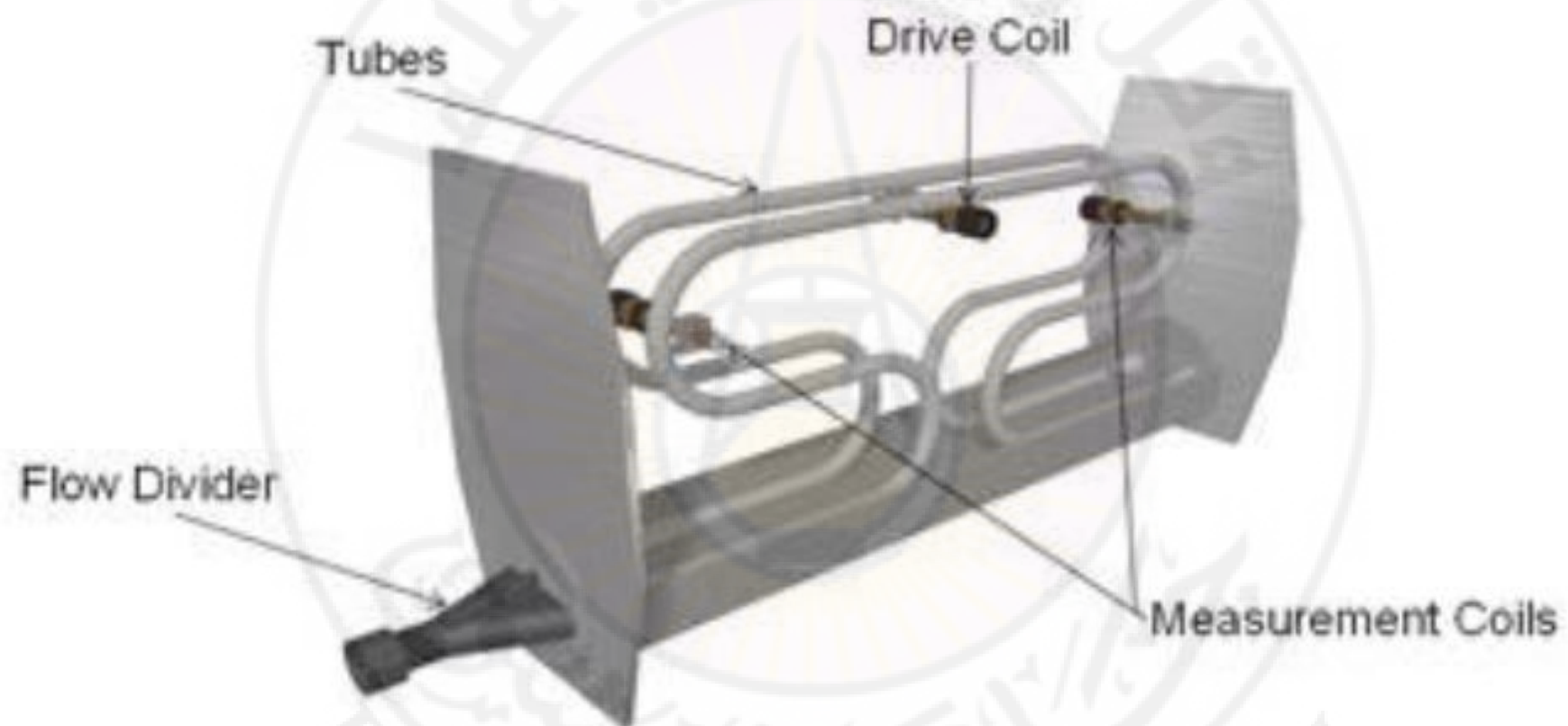


2- جهاز قياس التدفق الكتلي كوريولس



العداد الكتلي (كوريوليس)

عداد قياس التدفق الكتلي ويعرف أيضا باسم عداد التدفق بالقصور الذاتي حيث يقيس معدل تدفق كتلة الموائع المارة من خلال أنبوب و معدل تدفق الكتلة = كتلة من السائل المار بنقطة ثابتة لكل وحدة من الزمن.



لال أنبوب المتحسس المتذبذب فإن قوة كوريوليس
ية (إلتواء) لأنبوب متحسس السريان حيث يزاح
التالى .

حركة التذبذب المطبقة على أنبوب فردى

تذبذب الأنبوب

القوة المؤثرة على الأنبوب نتيجة لتدفق المائع

تذبذب الأنبوب

زاوية
إلتواء

يحدث إلتواء للحلقة بشكل مباشر وخطى وفقاً لمعدل
تدفق المائع

لال أنبوب المتحسس المتذبذب فإن قوة كوريوليس
ية (إلتواء) لأنبوب متحسس السريان حيث يزاح
التالى .

حركة التذبذب المطبقة على أنبوب فردى

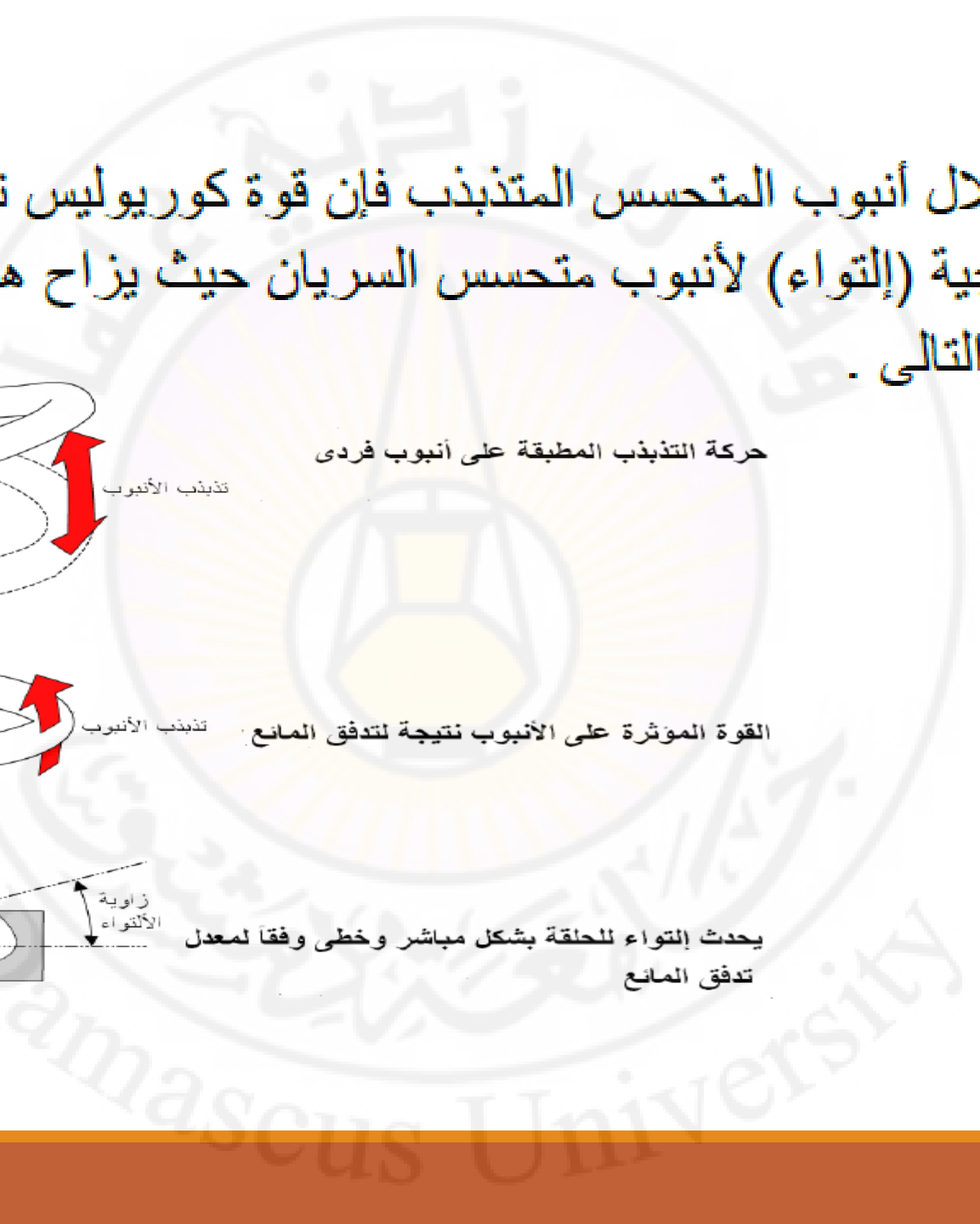
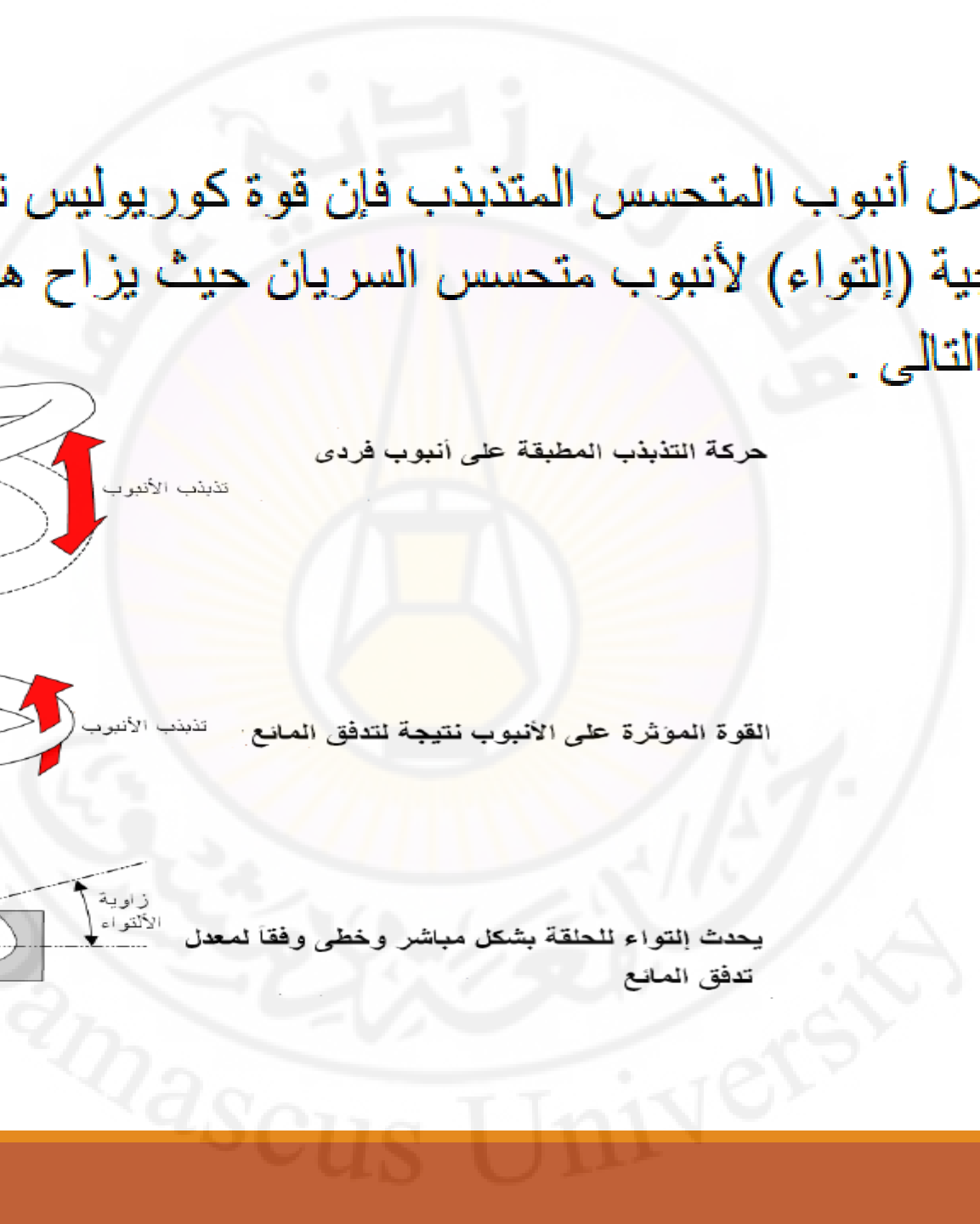
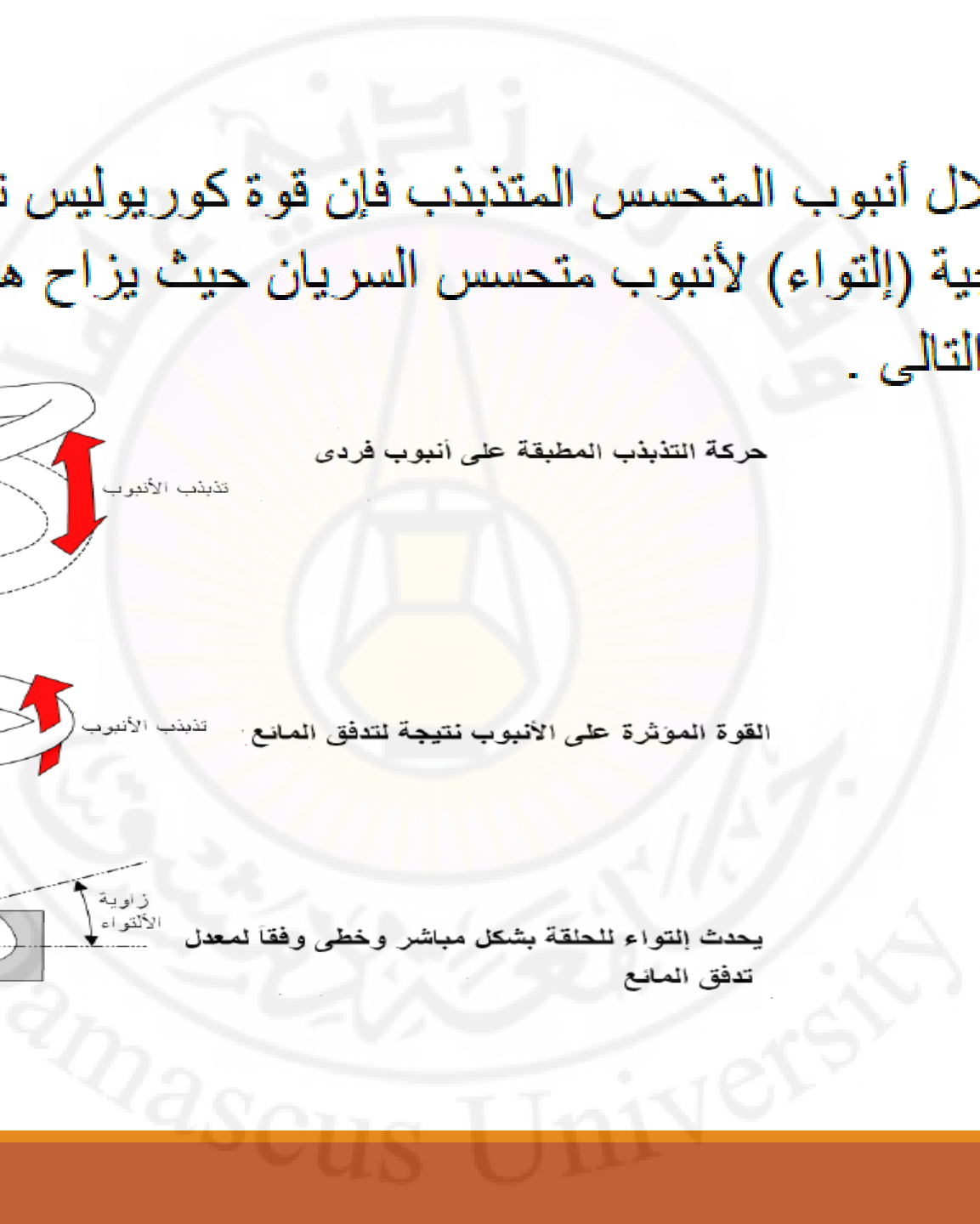
تذبذب الأنبوب

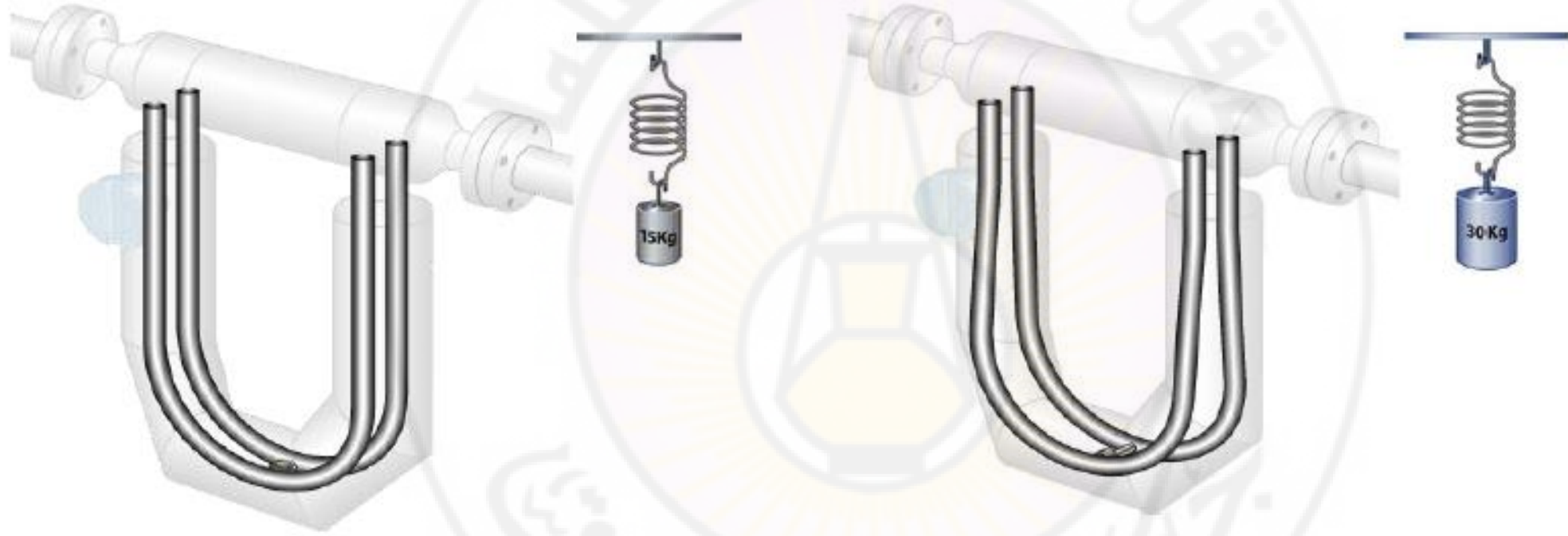
القوة المؤثرة على الأنبوب نتيجة لتدفق المائع

تذبذب الأنبوب

زاوية
إلتواء

يحدث إلتواء للحلقة بشكل مباشر وخطى وفقاً لمعدل
تدفق المائع





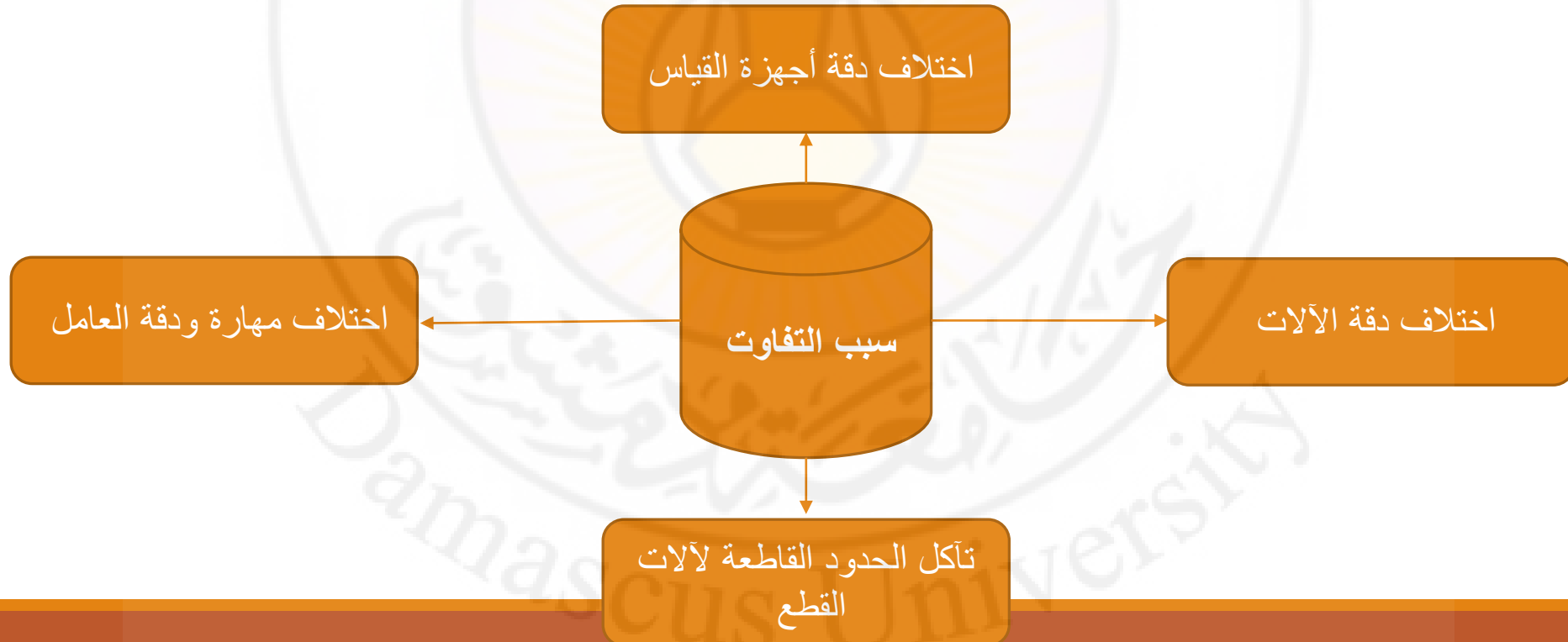
مع إزدياد الكتلة يقل التردد الطبيعي للنظام. مع انخفاض الكتلة يزداد التردد الطبيعي للنظام.

القياسات الميكانيكية

التفاوتات على الرسوم الهندسية Tolerances on engineering drawings

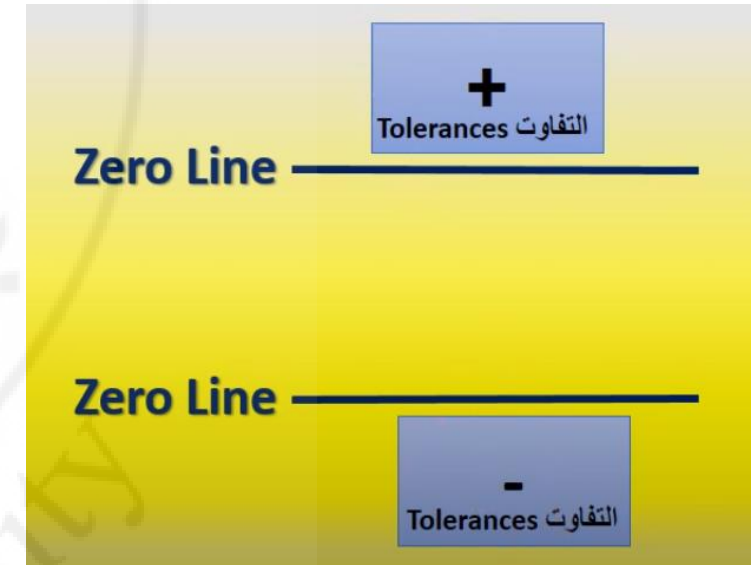
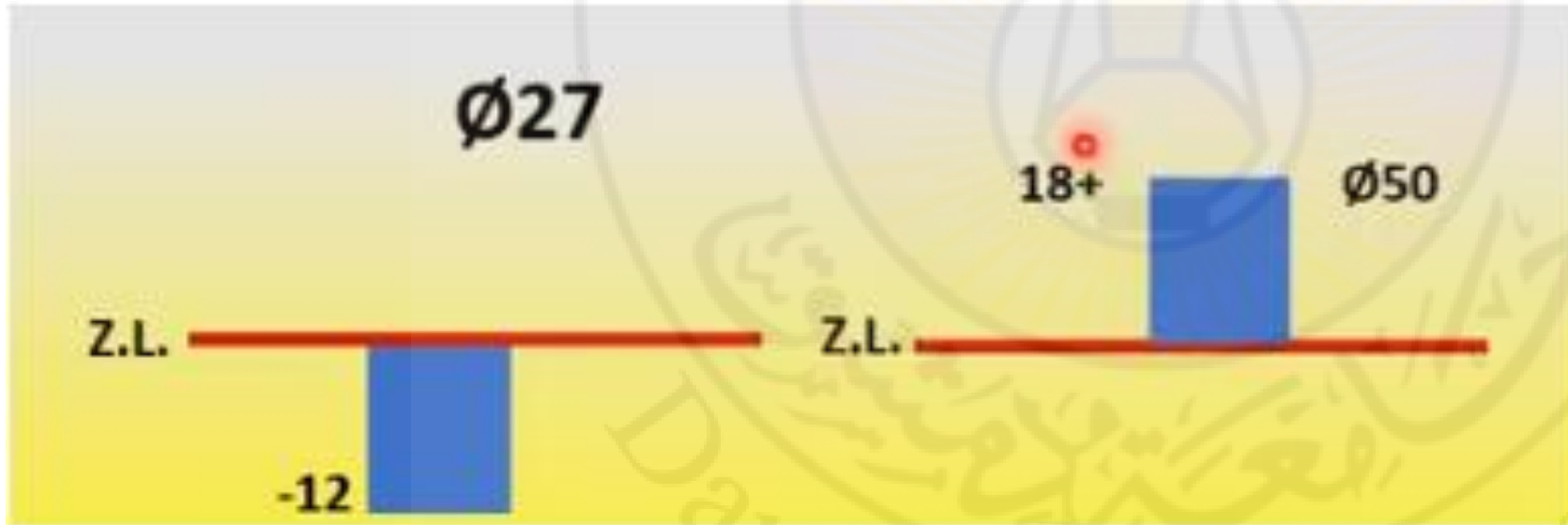
تشير أنواع التفاوتات المستخدمة في الرسم الفني بشكل أساسي إلى المقدار المسموح به من الانحرافات عن البعد الأصلي.

يُعرف الانحراف المسموح به للبعد الحقيقي دون إعاقة أي دقة وظيفية ومفيد للعمل الفعلي باسم التسامح.



أنواع التسامحات

1- التسامح أحادي الجانب: في التسامح الأحادي ، لا يُسمح بالاختلاف عن المظهر الجانبي الأصلي إلا في اتجاه واحد ، أي أن حدود التسامح تقع فقط فوق أو أسفل الحجم الأساسي. هنا يُسمح بالاختلاف في الأبعاد في اتجاه واحد فقط ، وليس في كلا الاتجاهين.





التسامح الأحادي



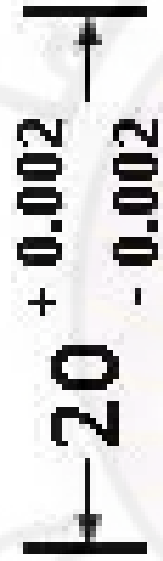
$$25^{+0.02}_{+0.01}$$

الحد الأعلى: $25.02 = 02. + 25$
الحد الأدنى: $25.01 = 01. + 25$

التسامح الأحادي

2- التسامح الثنائي: في التسامح الثنائي ، يختلف حجم الجزء أعلى وأسفل الحجم الأساسي ، أي أن الاختلاف في الأبعاد يكون في كلا الاتجاهين.



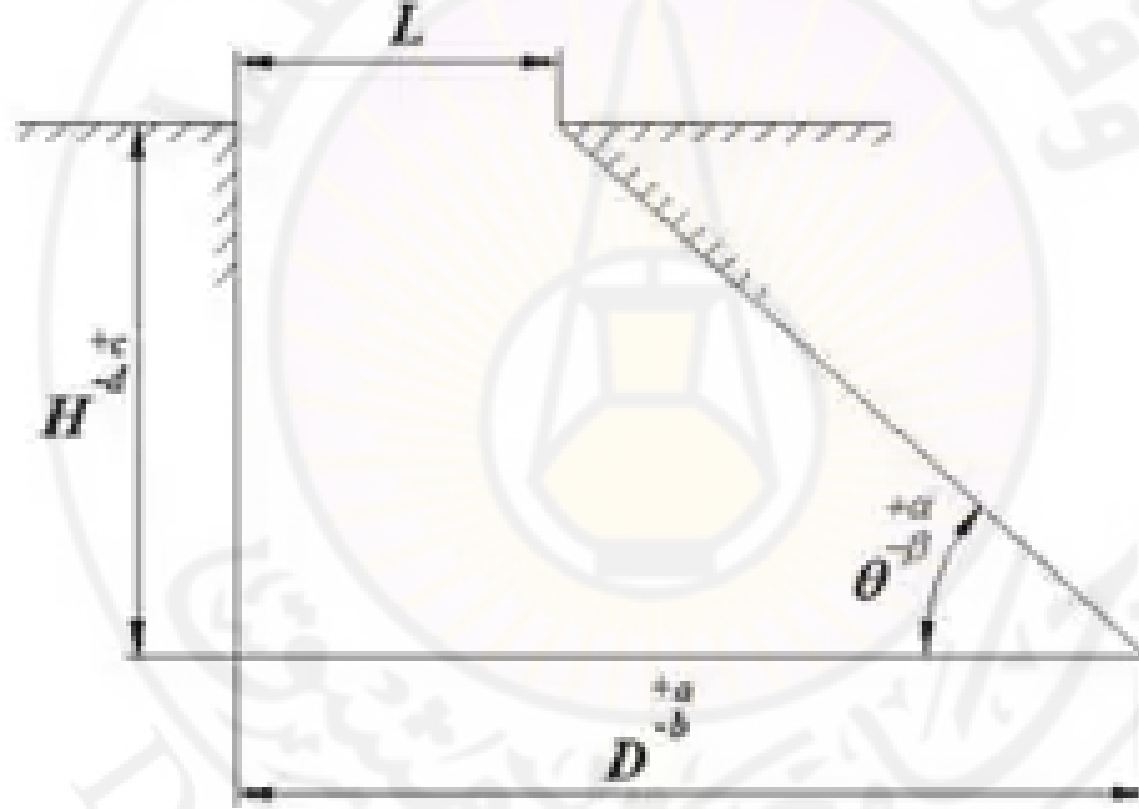

$$20 \begin{matrix} + 0.002 \\ - 0.002 \end{matrix}$$

الحد الأعلى: $20 + 0.002 = 20.002 \text{ mm}$

الحد الأدنى: $20 - 0.002 = 19.998 \text{ mm}$

التسامح الثنائي

3- التسامح المركب: يمكن حساب التسامح المركب عن طريق إضافة أو طرح تفاوتات متعددة مرتبطة بأبعاد مختلفة. (الجانبى والزاوي وما إلى ذلك).



التسامح المركب

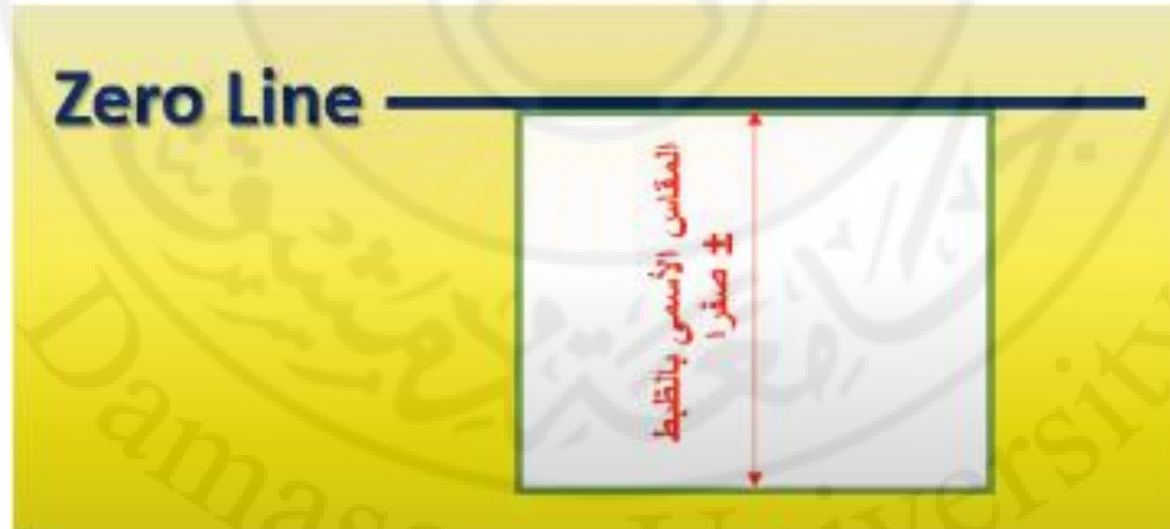
تعريف هامة

البعد الإسمي : هو مقياس المنتج إلى أقرب رقم صحيح ، وينسب إليه التفاوت.

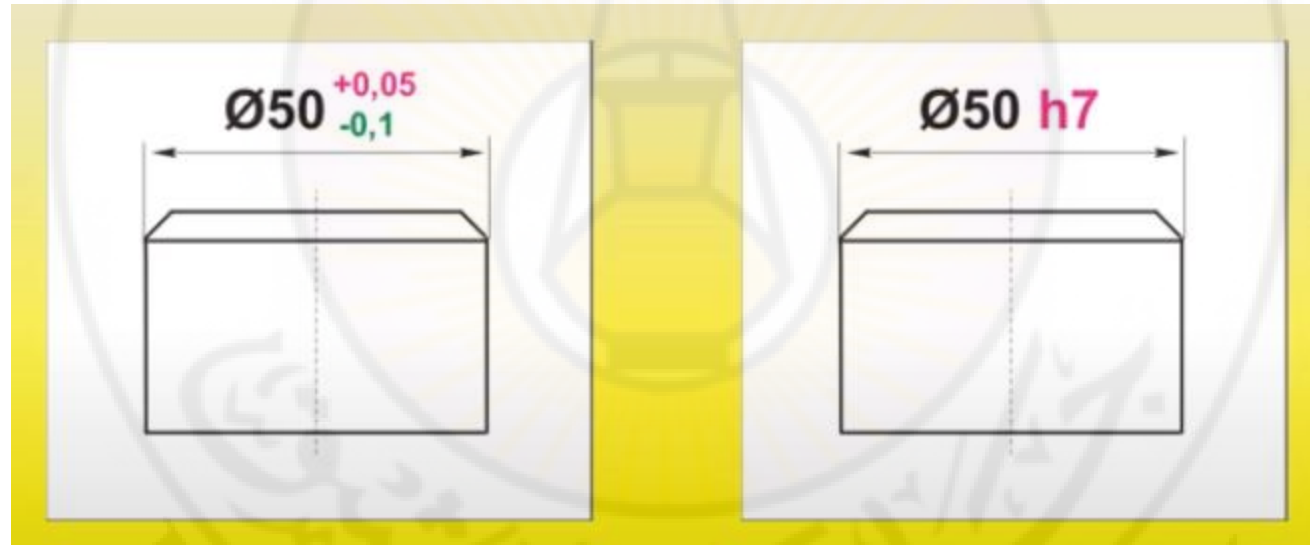
خط الصفر : هو حد المقياس الاسمي بالضبط دون زيادة أو نقصان

البعد الفعلي : هو مقياس المنتج بعد إتمام تشغيله او انتاجه ، على أن يكون ضمن حدود التفاوت المسموح به.

الخلوص : هو مجموع التفاوت بين القطعتين المراد توافقهما أي الفرق بين أدنى و اعلى حد للقياس.



الحدود : يقع المنتج بين أعلى حد للبعد upper limit وأقل حد للبعد lower limit



$\overset{+12}{\underset{-10}{\text{Ø75}}}$

فمثلا البعد

البعد الاسمي له 75 mm

Ø max.Limit = 75.012 mm الحد الأعلى للبعد

Ø min.Limit = 74.990 mm الحد الأدنى للبعد

Ø min.Limit = 74.990 mm الحد الأدنى للبعد

Tol. = 75.012 – 74.990 = 0.022 mm التفاوت

Upper deviation = 75.012 – 75 = 0.012 mm انحراف الحد الأعلى

Lower deviation = 75 – 74.990 = 0.01 mm انحراف الحد الأدنى

أنواع الأزواج أو التوافقات Fits and Tolerances

