

وحدات القياس الأساسية :

Quantity	المعنى	Usual Symbol	Unit	Unit Symbol
Resistance	المقاومة	R	Ohm	Ω
Capacitance	السعة	C	Farad	F
Current	التيار	I	Amper	A
Voltage	الفولتية	V	Volt	V
Charge	الشحنة	Q	Colom	C
Impedance	الممانعة	Z	Ohm	Ω
Inductance	المحثة	L	Ohm	Ω
Reactance	الرادة	X	Ohm	Ω
Power	القدرة	P	Watt	W
Energy	الطاقة	E	Joule	J
Frequency	التردد	F	Hertz	Hz
Time	الزمن	T	Second	Sec

جدول مضاعفات وحدات القياس :

الاسم	الرمز	المعنى	معامل الاساس
Tera	T	تيرا	10^{12}
Gega	G	جيكا	10^9
Mega	M	ميكا	10^6
Kilo	K	كيلو	10^3
Milli	M	ميلي	10^{-3}
Micro	μ	مايكرو	10^{-6}
Nano	N	نانو	10^{-9}
Pico	P	بيكو	10^{-12}

أجهزة القياس

تعريف ومفهوم اجهزة القياس : هي الاداة التي تعمل على كشف الكميات الكهربائية واطهارها بشكل مقروء للمستخدم . وتكون اما :

1. مؤشر يتحرك على تدريج قياس كما في اغلب اجهزة القياس .
2. على شكل مخطط كما في راسم الاشعة الكاثودية (الاوسلسكوب) .
3. اعداد رقمية تبين مقدار الكمية المقاسة كما في اجهزة القياس الحديثة .

المبادئ الكهربائية للقياسات : جميع اجهزة القياس الكهربائية تعتمد في عملها على احد التأثيرات الفيزيائية التالية :

1. التأثير المغناطيسي . **Magnetic Effect**
2. التأثير الكهروديناميكي . **Electrodynamic Effect**
3. التأثير الكهرومغناطيسي . **Electromagnetic Effect**
4. التأثير الحراري . **Thermal Effect**
5. التأثير الكيميائي . **Chemical Effect**
6. التأثير الكهروستاتيكي . **Electrostatic Effect**

اجهزة التأثير الكهروميكانيكية: جميع اجهزة التأثير الكهروميكانيكي تعمل بتأثير ثلاث عزوم رئيسية وهي :

1. عزم الانحراف . **Deflecting Torque**
2. عزم السيطرة . **Controlling Torque**
3. عزم التضاؤل . **Damping Torque**

انواع اجهزة القياس : **Types of instruments measurements**

1. الاجهزة الكهروميكانيكية : وتصمم على اساس حركة المؤشر الميكانيكية والمستمدة من تأثير القوة الدافعة الكهرومغناطيسية حيث عند مرور تيار كهربائي في موصل يولد مجال مغناطيسي وبدوره يولد مغناطيسية تولد عزم الانحراف للمؤشر في الكلفانومتر .
2. الاجهزة الالكترونية : تحتوي ايضا على كلفانومتر الا ان تركيبها الداخلي يحتوي على قطع الكترونية مثل الدوائر المتكاملة والترانزيستور التي تجعل اجهزة القياس اكثر دقة وسرعة , والقسم الاخر لا يحتوي على جهاز تأشير متحرك ولكن تظهر نتائج القياس على شكل منحنيات على شاشة كما في راسم الاشعة الكاثودية (الاوسلسكوب) .
3. الاجهزة الرقمية : وتصمم على اساس اظهار القيمة المقاسة مباشرة على شكل اعداد رقمية ولا تحتوي هذه الاجهزة على اجزاء متحركة كما في النوعين السابقين .

Errors of measurements

اخطاء القياسات :

الخطأ : عبارة عن تقدير نتيجة الشك في القراءة من جهاز القياس , وهو فرق القيمة الحقيقية عن القيمة المقاسة . يمكن تقسيم الأخطاء الى قسمين :

1. **الأخطاء النظامية :** وتسمى ايضا بالأخطاء النمطية , وهذه الأخطاء يمكن تصحيحها , وتنتج هذه الأخطاء بسبب سوء القراءة , او خلل في الجهاز , او تأثير البيئة عليه مثل تغير درجة الحرارة .
2. **الأخطاء العشوائية :** تنتج هذه الأخطاء بسبب تداخلات في منظومة القياس داخل الجهاز ولا تخضع لقواعد معينة ويمكن التغلب عليها بطرق احصائية , ومنها :

Absolute error

أ. **الخطأ المطلق :**

وهو عبارة عن الفرق بين القراءة الحقيقية والقراءة المقاسة بواسطة الجهاز .

$$\Delta v = \Delta t - \Delta m$$

Δv : الخطأ المطلق

Δt : القراءة الحقيقية الصحيحة

Δm : القراءة المقاسة بواسطة الجهاز

Percentage error

ب. **الخطأ النسبي :**

وهو عبارة عن النسبة المئوية بين الخطأ المطلق والقراءة الحقيقية .

P_{er} _ الخطأ النسبي

Relative error

ج. **الخطأ المنسوب :**

يستعمل لتقييم دقة اجهزة القياس ذات المؤشرات وهو عبارة عن النسبة المئوية بين الخطأ المطلق وبين الحد الاقصى لقراءة الجهاز .

Re _ الخطأ المنسوب

Δmax _ الجهد الاقصى لقراءة الجهاز

مثال : جهاز فولتميتر ربط مع دائرة تيار مستمر فكانت قراءة الجهاز (200v) للدائرة , احسب المقدار الحقيقي

للفولتية اذا علمت ان الخطأ النسبي (5%) .

الحل :

$$Per = \frac{\Delta v}{\Delta t} \%$$

$$0.05 = \frac{\Delta t - 200}{\Delta t}$$

$$0.05 * \Delta t = \Delta t - 200$$

$$0.95 * \Delta t = 200$$

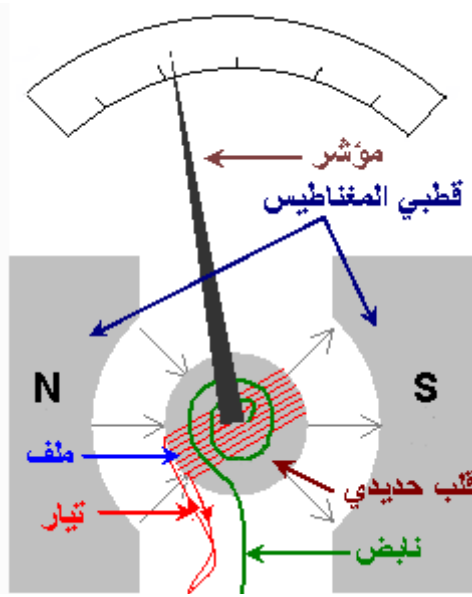
$$\Delta t = \frac{200}{0.95} =$$

Galvanometer

الكلفانومتر :

يستخدم لقياس شدة التيارات الصغيرة التي تصل الى (1 نانو امبير) ويتركب الجهاز من مغناطيس على شكل حرف (U) (قلب حديدي & ملف قابل للدوران & نابض خفيف & مؤشر متصل بالملف المتحرك , فعندما يمر التيار بالملف ينشأ عزم الانحراف بسبب تأثير المجال المغناطيسي يقوم بإدارة الملف وينشأ بالمقابل عن النابض عزم السيطرة يقاوم دوران الملف فيتزن الملف ويتوقف عن الدوران عند تساوي هذين العزمين الاول الناتج عن مرور التيار الكهربائي والثاني الناتج عن النابض وعند التساوي تكون ابرة المؤشر مشيرة الى قراءة التيار .

لكن اذا مر تيار كبير فان عزم الانحراف يفوق بكثير عزم السيطرة فيدور الملف دورة كبيرة فيتلف النابض ويتلف الجهاز . والكلفانومترات أنواع عديدة تشمل ذات الملف المتحرك او ذات المغناطيس المتحرك , لكن اغلبية الكلفانومترات المستخدمة حاليا هي ذات المغناطيس الثابت والملف المتحرك والتي غالبا ما تسمى (دي ارسنفال) كلفانومتر .



تركيب الكلفانومتر



كلفانومتر

المميزات :

- __ انتظام التدريج .
- __ عدم تأثرها بالمجالات المغناطيسية .
- __ حساسية كبيره حيث عزم الانحراف كبير بسبب شدة المجال المغناطيسي .
- __ اكثر اجهزة القياس دقة , حيث يمكن تصنيع اجهزة تصل دقتها الى (0.1) ويمكن بواسطتها قياس الشحنات والتيارات الكهربائية الضعيفة .
- __ صغر القدرة المستهلكة في الملفات حيث تتراوح بين (0.5 _ 3) واط .
- __ تعدد اغراض الاستخدام حيث يعمل كأميتر , فولتميتر وأوميتر.

العيوب :

- __ تأثير الثابت والزنبرك بعامل الزمن ويسبب اخطاء .
- __ التأثير بالتغير في درجة الحرارة الخارجية .
- __ عدم تحملها للتيارات الزائدة .
- __ ارتفاع تكاليف التصنيع مقارنة بالأجهزة الأخرى نظرا للدقة المطلوبة في صناعيتها وتجميع اجزائها .

Torques

العزوم :

Deflecting torque (Td)

1. عزم الانحراف :

يتم انتاج عزم الانحراف بواسطة احدى التأثيرات الفيزيائية (المغناطيسية , الحرارية , الكيمياءية , الكهرومغناطيسية , الكهروستاتيكية , الكهروديناميكية) .
يسبب عزم الانحراف في حركة المؤشر من موقع الصفر عند ربط الجهاز للقياس .

$$F=N*\beta * I * L$$

$$Td=N*\beta * I * L * w$$

$$A=L*w$$

$$Td=N*\beta * I * A$$

$$Td = Tc \text{ معادلة الاستقرار}$$

F_ القوة الكهرومغناطيسية (N)

W_ عرض الملف (m)

N_ عدد اللفات

β _ كثافة الفيض المغناطيس (wb/m²)

I_ التيار المار خلال الملف (A)

L_ طول الملف (m)

A_ مساحة المقطع العرضي للملف (m²)

Controlling torque

2. عزم السيطرة :

وهو يعاكس عزم الانحراف اي يحدد حركة المؤشر لكي يستقر على التدريج الذي يماثل مقدار القيمة المقاسة , ان عدم وجود عزم السيطرة يجعل حركة المؤشر غير محددة .

والوظيفة الثانية لعزم السيطرة هي ارجاع المؤشر الى موقع الصفر بعد ازالة الربط .

يتم انتاج عزم السيطرة من خلال :

– السيطرة بواسطة النابض **spring control**

– السيطرة بواسطة الوزن (ثقل صغير) **gravity control (small weight)**

قانون عزم السيطرة بواسطة النابض :

$$Tc = Ks * \theta$$

ثابت السيطرة للنابض **Ks** : **Control constant**

E _ ثابت يونك $= 12 \times 10^9 \text{ kg / m}^2$

b _ عرض النابض (**m**)

L _ طول النابض (**m**)

t _ سمك النابض

θ _ زاوية انحراف المؤشر وتقاس بالزوايا النصف القطرية

قانون عزم السيطرة بواسطة الوزن :

W*L _ ثابت التعجيل الارضي (**Kg*m**)

W _ وزن الثقل (**Kg**)

L _ المسافة بين الثقل ومحور الحركة (**m**)

θ _ زاوية الانحراف وتقاس بالدرجات

Damping torque

3. عزم التضاؤل :

يمنع من تذبذب المؤشر حول موقع الانحراف (التأشير) النهائي الذي يسببه عزم السيطرة ولجعل المؤشر في حالة سكون بسرعة .

طرق الحصول على عزم التضاؤل هي (احتكاك الهواء , احتكاك السائل والتيار الدوامي) .

مثال 1 : اذا كانت مقاومة جهاز الملف المتحرك (20Ω) وحصل انحراف كلي للمؤشر مقداره (120 درجة) عند تسليط جهد ($100mV$) عبر طرفي الجهاز وكانت الابعاد للملف ($2.6*3.1$) سم وعدد لفاته (120) لفة وكثافة الفيض المغناطيسي ($0.15 wb/m^2$) احسب ثابت السيطرة للناقص في حالة الاستقرار .
الحل :

$$T_d = N\beta WLI = 120*0.15*3.1*10^{-2}*2.6*10^{-2}*0.005$$

$$= 72.54*10^{-6} N.m$$

$$72.54*10^{-6} = K_s*120$$

$$K_s = \frac{72.54*10}{120} = 6.045 * 10^{-7} N.m^2/^\circ$$

مثال 2: في جهاز ذو سيطرة بواسطة الوزن , عزم الانحراف ($1.2*10^{-4} kg.m$) وزاوية انحراف المؤشر (90 درجة) , احسب قيمة وزن السيطرة الذي يؤثر على بعد (2 سم) من محور النظام المتحرك في حالة الاستقرار .
الحل :

$$T_d = T_c \text{ في حالة الاستقرار}$$

$$T_c = w*L*\sin \theta$$

$$1.2*10^{-4} = w*2*10^{-2}*\sin 90$$

$$w = 0.6*10^{-2} kg = 6 w$$

ملاحظة :

عبارة في حالة الاستقرار في تمارين العزوم تعني :

$$T_d = T_c = N\beta WLI = W*L*\sin \theta = K_s * \theta$$

فيلاحظ الطالب أي من هذه القوانين يمكن الاستفادة منها في الاجابة .

مثال 3 :

إذا كانت أبعاد الملف لجهاز الملف المتحرك ذي المغناطيس الدائم ($2.5\text{cm} \times 4\text{cm}$) وعدد لفاته (80 لفة) وكثافة الفيض المغناطيسي في الفجوة الهوائية (150mwb/m^2) , احسب عزم الانحراف الناتج من تسليط جهد مقداره (300v) إذا علمت ان مقاومة الجهاز ($15\text{k}\Omega$) .

الحل :

$$I = v / R = 300 / 15000 = 0.002\text{A}$$

$$A = 4 \times 2.5 = 10 \text{ cm}^2 = 10 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$T_d = N \times \beta \times I \times A = 80 \times 150 \times 10^{-3} \times 0.002 = 24 \times 10^{-3} \text{ N.m}$$

H.W

مثال 1: جهاز فولتميتر الملف المتحرك ذي المغناطيس الدائم , احسب عزم الانحراف وفق المعطيات التالية :

$$N=100\text{t} , A=8\text{cm} \times 2.5\text{cm} , \beta=200\text{mwb/m}^2 , R=5\text{k}\Omega , V= 400\text{v}$$

$$(\text{Ans} : T_d=32 \times 10^{-3} \text{ N.m})$$

مثال 2 : جهاز فولتميتر الملف المتحرك ذي المغناطيس الدائم , احسب كثافة الفيض المغناطيسي وفق المعطيات التالية :

$$A=2\text{cm} \times 2.5\text{cm} , R=10\text{k}\Omega , V=300\text{v} , T_d=0.4 \times 10^{-8} , N=100\text{t}$$

$$(\text{Ans} : \beta = 0.26 \times 10^{-5} \text{ wb / m}^2)$$

0

Resistance Measurement

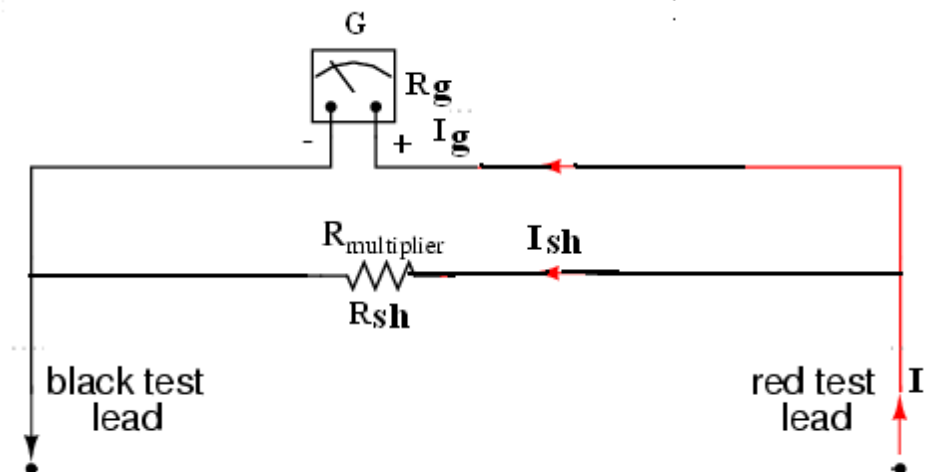
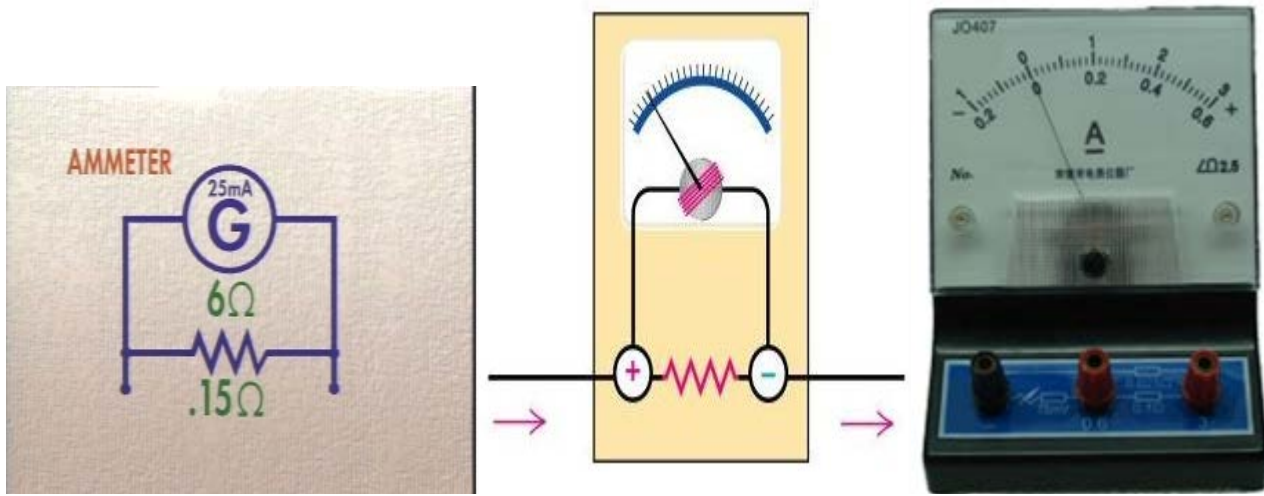
طرق قياس المقاومة :

1. بواسطة الأميتر :

وهو جهاز يستخدم لقياس شدة التيارات الكبيرة في الدوائر الكهربائية .

تركيبه :

وهو عبارة عن كلفانومتر مضافا اليه مقاومة صغيرة جدا توصل مع ملف الكلفانومتر على التوازي تسمى (مجزئ التيار) ليحدث تفرع للتيار المراد قياسه , حيث يمر جزء صغير من التيار عبر ملف الكلفانومتر والجزء الكبير من التيار يمر عبر المقاومة الصغيرة (ان العلاقة بين شدة التيار والمقاومة هي عكسية حسب قانون اوم) .



ولحساب مقاومة التوازي (المجزئ) :

$-R_m$ - المقاومة الداخلية للملف $-R_{sh}$ - مقاومة التوازي

I - تيار انحراف القياس الكامل للمقياس I_m - تيار انحراف المقياس الكامل للحركة

$-I_{sh}$ - تيار التوازي

بما ان المقاومة مربوطة على التوازي مع ملف المقياس لذا يجب ان يكون هبوط الفولتية متساويا :

$$V_{sh} = V_m$$

$$I_{sh} * R_{sh} = I_m * R_m$$

$$R_{sh} = I_m * R_m \setminus I_{sh}$$

$$I_{sh} = I - I_m \text{ بما ان}$$

$$R_{sh} = I_m * R_m \setminus I - I_m \text{ اذن}$$

مثال : يراد تحويل مقياس انحرافه الكلي (1mA) ومقاومته الداخلية (100Ω) الى أميتر يقرأ (0 – 100 mA) .
احسب قيمة مقاومة التوازي اللازمة .

الحل :

$$I_{sh} = I - I_m = 100 - 1 = 99 \text{ mA}$$

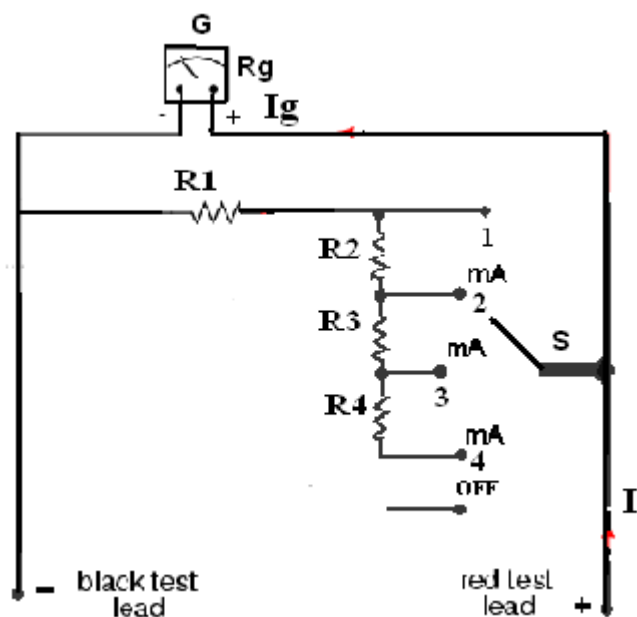
$$R_{sh} = I_m * R_m \setminus I_{sh}$$

$$R_{sh} = 1 * 100 \setminus 99 = 1.01 \Omega$$

Multirange Ammeter

أميتر متعدد المديات

يمكن توسيع مدى التيار لمقياس التيار المستمر ثنائية بربط عدد من توازيات التيار التي يتم اختيارها بواسطة مفتاح المدى . يسمى مثل هذا المقياس بالمقياس المتعدد المدى او (توازي آيرون) .



مثال : صمم توازي آيرون للحصول على مقياس له مديات (1A , 5A , 10A) اذا تم استعمال مقياس ذات مقاومة داخلية ($R_m = 50 \Omega$) و تيار انحراف المقياس الكامل (1mA) في ترتيب الدائرة . احسب قيمة المقاومات اللازمة .

الحل :

1 - على المدى (1A) تكون المقاومات ($R_a + R_b + R_c$) على التوازي مع المقاومة (R_m) . بما ان المقياس يحتاج (1mA) لانحراف المقياس الكامل فانه يتطلب من التوازي امرار تيار مقداره :

$$1A - 1mA = 999mA$$

$$R_a + R_b + R_c = 1 * 50 \setminus 999 = 0.05 \Omega$$

$$R_a + R_b + R_c = 0.05 \quad (1)$$

2 - على المدى (5A) تكون ($R_a + R_b$) على التوازي مع ($R_c + R_m$) في هذه الحالة يكون تيار التوازي هو :

$$5A - 1mA = 4999mA$$

$$R_a + R_b = 1 * (R_c = 50) \setminus 4999$$

$$4999R_a + 4999R_b - R_c = 50 \quad (2)$$

3 - على المدى (10A) تعمل الان المقاومة (R_a) كتوازي , وتكون ($R_b + R_c$) على التوالي مع (R_m) ويكون تيار التوازي :

$$10A - 1mA = 9999mA$$

$$R_a = 1 * (R_b + R_c + 50) \setminus 9999$$

$$9999R_a - R_b - R_c = 50 \quad (3)$$

وبحل المعادلات الثلاث انيا نحصل على قيم المقاومات الثلاثة :

$$R_a = 0.005 \Omega \quad , \quad R_b = 0.005 \Omega \quad , \quad R_c = 0.004 \Omega$$

تبين هذه الحسابات بان قيمة مقاومة التوازي تصبح صغيرة جدا للتيارات العالية .

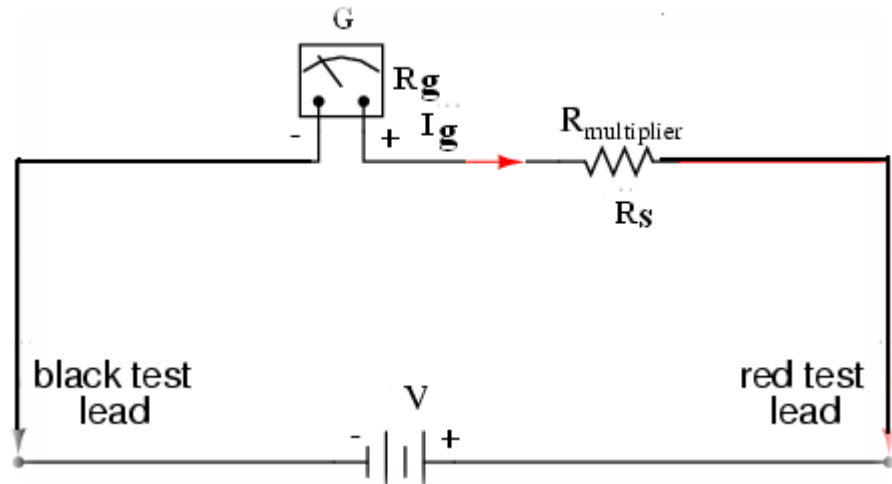
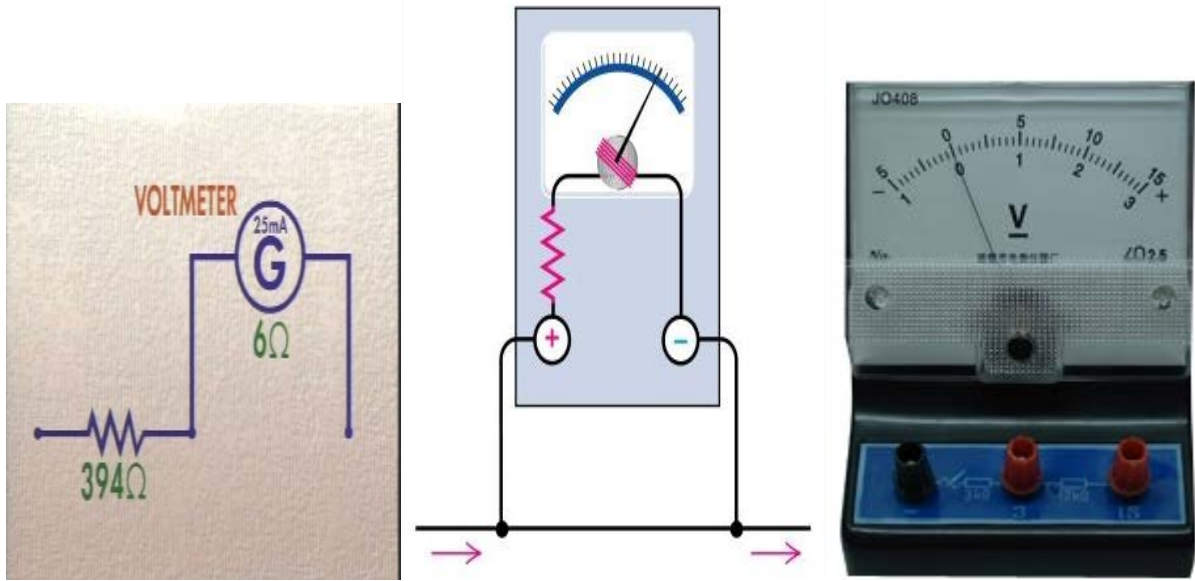
H.W

مقياس تاشيري ذو الملف المتحرك تبلغ مقاومة ملفه ($R_m = 75\Omega$) يحتاج الى تيار (1mA) لتأشير كامل التدرج . اوجد مقدار مقاومة التوازي الذي يمكن المقياس قياس تيارات لغاية (100mA) .

Voltmeter

2. بواسطة الفولتميتر :

وهو جهاز يستخدم لقياس فرق الجهد بين نقطتين في الدائرة الكهربائية .
تركيبه : وهو عبارة عن كلفانومتر مضافا له مقاومة كبيرة توصل مع ملف الكلفانومتر على التوالي تسمى (مضاعف الجهد) ,
وذلك لتقليل كمية التيار كمية التيار المار في ملف الكلفانومتر حتى لا يؤثر على شدة التيار المار في الدائرة الرئيسية ويحافظ
على سلامة الكلفانومتر .



يمكن حساب قيمة المضاعف اللازمة لزيادة مدى الفولتية من الشكل :

I_m - تيار الانحراف للمقياس

$-R_m$ المقاومة الداخلية للمقياس

R_s - مقاومة المضاعف

V - مدى الفولتية الكامل للجهاز

$$V = I_m * (R_s + R_m) ; V_m = I_m * R_m$$

$$V_s = V - V_m = V - (I_m * R_m) ; V_s = I_m * R_s$$

$$R_s = V_s \setminus I_m = V - (I_m * R_m) \setminus I_m = (V \setminus I_m) - R_m$$

مثال 1: مقياس ذو ملف متحرك مقاومته الداخلية (2000Ω) يحتاج الى ($100\mu A$) لتحقيق كامل التاشير . اوجد مقدار المقاومة التي يجب ربطها على التوالي مع المقياس لتمكينها قياس فولتية لغاية ($10v$) .

الحل :

يجب ان نحسب الفولتية (V_m)

التي تسبب تاشير كامل التدريج

$$V_m = 100 * 10^{-6} * 2000 = 0.2 v$$

$$V_s = V - V_m = 10 - 0.2 = 9.8 v$$

$$R_s = V_s \setminus I = 9.8 \setminus 100 * 10^{-6} = 98 k\Omega$$

مثال 2: مقياس ذو ملف متحرك مقاومته الداخلية (10Ω) وله تاشيرة كامل التدريج مقدارها ($5mA$) , بين كيف يمكن استخدامه لقياس فولتيات لغاية ($750v$) و تيار لغاية ($100A$) .

الحل :

1 - كمقياس للتيار

$$I_s = I - I_m = 100 - 0.005 = 99.995 A$$

$$I_s * R_s = I_m * R_m$$

$$99.995 * R_s = 10 * 0.005 , R_s = 0.0005\Omega$$

2- كمقياس للفولتية :

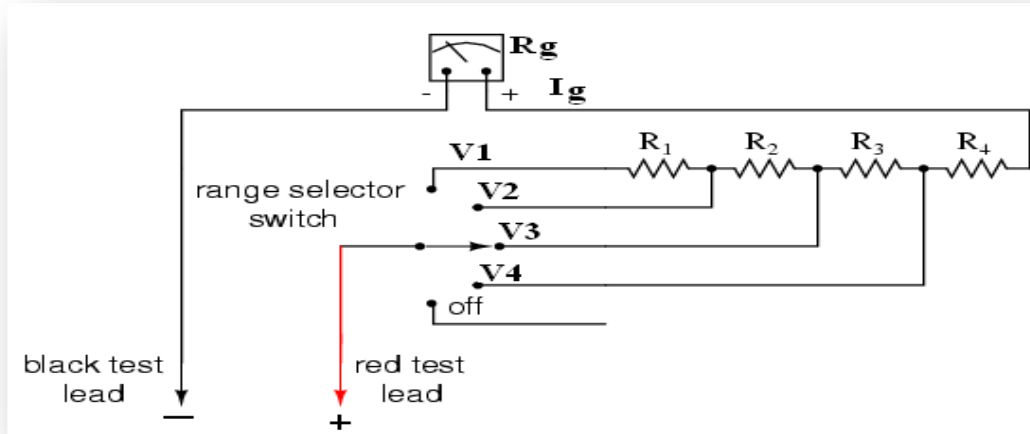
$$V_s = V - (10 * 0.005) = 750 - 0.05 = 749.95 v$$

$$R_s = 749.95 \setminus 0.005 = 149990\Omega = 149.99 \text{ k}\Omega$$

Multirange Voltmeter

فولتميتر متعدد المدى

يمكن الحصول على جهاز يحتوي على عدد من مديات الفولتية باضافة عدد اخر من المضاعفات سوية مع مفتاح المدى .



مثال: يراد تحويل حركة مقياس ذات مقاومة داخلية (100Ω) و تيار انحراف المقياس الكامل (1mA) الى فولتميتر مستمر متعدد المديات له المديات التالية :

($0-10\text{v}$) , ($0-50\text{v}$) , ($0-250\text{v}$) , ($0-500\text{v}$)

كما في الشكل اعلاه ، اوجد قيم مقاومات المضاعف اللازمة .

الحل :

1 - للمدى (10v) موضع المفتاح (V_4) تكون المقاومة الكلية للدائرة :

$$R_T = 10 \setminus 1 \times 10^{-3} = 10\text{k}\Omega$$

$$R_4 = R_T - R_m = 10000 - 10 = 9900\Omega$$

2- للمدى (50v) موضع مفتاح المدى (V_3) :

$$R_T = 50 \setminus 1 \times 10^{-3} = 50000\Omega$$

$$R_3 = R_T - (R_4 + R_m) = 50000 - (9900 + 100)$$

$$R_3 = 40\text{k}\Omega$$

2 - للمدى (250v) موضع مفتاح المدى (V_2) :

$$R_T = 250 \times 10^{-3} = 250k\Omega$$

$$R_2 = R_T - (R_3 + R_4 + R_m) = 250 - 50 = 200k\Omega$$

4 - للمدى (500v) موضع المفتاح (v_1) :

$$R_T = 500 \times 10^{-3} = 500k\Omega$$

$$R_1 = R_T - (R_2 + R_3 + R_4 + R_m) = 500 - 250 = 250k\Omega$$

Voltmeter Sensitivity

حساسية الفولتميتر

من الملاحظ من المثال السابق انه كان حاصل قسمة المقاومة الكلية على مدى الفولتية المستعمل لجميع

المديات هو دائما ($1000\Omega \setminus v$) ، يسمى هذا الرقم بالحساسية

(S) او مقدار الاوم لكل فولت للفولتميتر .

ان الحساسية (S) هي اساسا مقلوب تيار انحراف المقياس الكامل الاساسية :

$$S = 1 \setminus I_m$$

او يمكن استعمال حساسية الفولتميتر S كميزة لحساب قيمة مقاومة المضاعف في فولتميتر التيار المستمر بطريقة الحساسية ،
تأمل الشكل في المثال السابق .

$$R_T = S * V$$

$$R_s = R_T - R_m = (S * V) - R_m$$

S - حساسية الفولتميتر

V - مدى الفولتية

R_m - المقاومة الداخلية للمقياس

R_s - مقاومة المضاعف

مثال : أعد حل المثال السابق باستخدام طريقة الحساسية لحساب قيم مقاومات المضاعف .

الحل :

$$S = 1 \setminus I_m = 1 \setminus 1mA = 1000\Omega \setminus v$$

$$R_4 = (S * V) - R_m = (1000 * 10) - 100 = 9900\Omega$$

$$R_3 = (1000 * 50) - 10000 = 40k\Omega$$

$$R_2 = (1000 * 250) - 50000 = 200k\Omega$$

$$R_1 = (1000 * 500) - 250 = 250k\Omega$$

Loading effect

ظاهرة التحميل :

عند توصيل الفولتميتر عبر نقطتين في دائرة ذات مقاومة عالية ، فإنه يربط على التوازي لذلك الجزء من الدائرة وبالتالي يقلل من قيمة المقاومة المكافئة عبر ذلك الجزء من الدائرة . عندئذ سوف يقرأ المقياس قيمة اقل هبوط للجهد من القيمة الحقيقية التي تظهر قبل توصيل المقياس ، تسمى هذه الظاهرة بـ ((ظاهرة التحميل)) للجهاز ، وتسببها بصورة اساسية الاجهزة ذات الحساسية الواطئة .

مثال :

- يراد قياس الفولتية عبر المقاومة ($50k\Omega$) ، يتوفر فولتميتران لهذا القياس ، حساسية الفولتميتر الاول ($1000\Omega \setminus v$) ، وحساسية الفولتميتر الثاني ($20000\Omega \setminus v$) وقد تم استعمال كلا الجهازين على المدى ($50v$) أحسب :
1. قراءة كل من الجهازين
 2. الخطأ لكل قراءة معبرا عنها كنسبة مئوية من القيمة الحقيقية .

الحل :

من معاينة الدائرة يتبين بان الفولتية عبر المقاومة ($50v$) تساوي

$$50k\Omega * 150v \setminus 150k\Omega = 50v$$

هذه هي القيمة الحقيقية للفولتية عبر المقاومة ($50k\Omega$)

1 - مقاومة الفولتميتر الاول ($S = 1000\Omega \setminus v$) على المدى ($50v$) تساوي

$$50v * 1000\Omega \setminus v = 50k\Omega$$

ربط هذا الفولتميتر عبر المقاومة ($50k\Omega$) بسبب نقصان مقاومة التوازي المكافئة الى ($25k\Omega$) ، والمقاومة الكلية

للدائرة هي ($125k\Omega$) ، ويكون فرق الجهد عبر مجموعة المقياس والمقاومة ($50k\Omega$) مساويا

$$V_1 = 25k\Omega * 150v \setminus 125k\Omega = 30v$$

عليه سوف يقرأ الفولتميتر ($30v$)

اما مقاومة الفولتميتر الثاني

$$50v * 20k\Omega \setminus v = 1M\Omega$$

عند ربط هذا المقياس عبر المقاومة ($50k\Omega$) تصبح مقاومة التوازي المكافئة ($47.6k\Omega$) وهذا الربط ينتج الفولتية

$$V_2 = 47.6k\Omega * 150v \setminus 147.6k\Omega = 48.36v$$

والتي يقرأها الفولتميتر الثاني

2 - الخطأ في الفولتميتر الاول

$$Per = (50v - 30v \setminus 50v) * \% = 40\%$$

الخطأ في الفولتميتر الثاني

$$Per = (50v - 48.36v \setminus 50v) * \% = 3.28\%$$

المقارنة بين الأميتر والفولتميتر :

ت	الأميتر	ت	الفولتميتر
1	يستخدم لقياس شدة التيارات الكهربائية الكبيرة والصغيرة .	1	يستخدم لقياس فرق الجهد بين نقطتين (بين طرفي مقاومة كهربائية)
2	تغلق الدائرة ويوصل الأميتر على التوالي في اي جزء من اجزاء الدائرة الكهربائية	2	تغلق الدائرة ويوصل الفولتميتر على التوازي بين طرفي المقاومة المراد قياس فرق الجهد عليها
3	عبارة عن كلفانومتر ذو ملف متحرك ومقاومة صغيرة توصل معه على التوازي تسمى مجزئ التيار	3	عبارة عن كلفانومتر ذو ملف متحرك ومقاومة كبيرة توصل معه على التوالي تسمى مضاعف الجهد

Ohmmeter measurement

3. مقياس الاوميتير

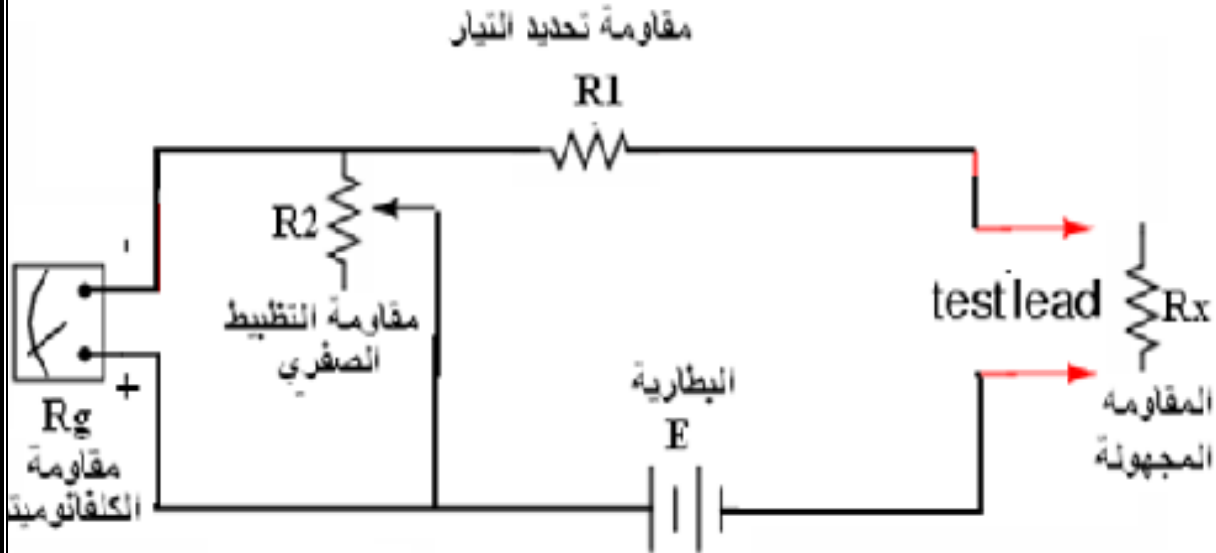
Series – type ohmmeter

أ. اوميتير نوع التوالي

يتألف اوميتير نوع التوالي بصورة رئيسية من حركة دي آر سونفال (الكلفانوميتر) موصولة على التوالي مع مقاومة وبطارية الى زوج من الاطراف التي يربط بها العنصر المجهول لذا يعتمد التيار خلال الحركة على مقدار المقاومة المجهولة .

$-R_1$ مقاومة تحديد التيار

$-R_2$ مقاومة ضبط الصفر



الشكل 7 مقياس مقاومة (اوميتير) بسيط نوع التوالي

E - البطارية الداخلية

$-R_m$ المقاومة الداخلية للحركة

$-R_x$ المقاومة المجهولة

عندما تكون المقاومة المجهولة ($R_x = 0$) (دائرة قصر بين النهايتين a & b) يسري اعظم تيار في الدائرة , في هذه الحالة يتم ضبط مقاومة التوازي (R_2) حتى تؤثر الحركة على تيار انحراف المقياس الكامل (I_{fs}) ويرقم موضع انحراف المقياس الكامل بالمقدار (0Ω) على المقياس . وبصورة مماثلة عندما تكون ($R_x = \infty$) النهايات a & b مفتوحة) يهبط التيار بالدائرة الى الصفر , وتؤشر الحركة الى التيار صفرا والتي ترقم (∞) على المقياس , يمكن وضع ارقام وسطية على المقياس بتوصيل قيم مختلفة معلومة للمقاومة (R_x) مع الجهاز .

القيمة الملائمة للاستعمال في تصميم اوميتير التوالي هي قيمة (R_x) التي تسبب نصف انحراف المقياس الكامل وتعرف المقاومة بين النهايتين (a & b) في هذا الموضع بانها مقاومة موضع نصف الانحراف (R_h) .

يمكن تحليل الدائرة أي معرفة قيم (R_1, R_2) من معرفة قيم تيار انحراف المقياس الكامل (I_{fs}) والمقاومة الداخلية للحركة (R_m) وفولتية البطارية (E) والقيمة المرغوبة لمقاومة موضع نصف الانحراف (R_h) .

يمكن الوصول الى التصميم من معرفة ان توصيل (R_h) يسبب هبوط تيار المقياس الى النصف ($1/2 I_{fs}$) وهذا يعني ان المقاومة المجهولة يجب ان تساوي المقاومة الداخلية الكلية

للاوميتير اي:

$$R_h = R_1 + \frac{R_2 * R_m}{R_2 + R_m} \dots\dots\dots(1)$$

عليه فان المقاومة الكلية الظاهرة للبطارية تساوي ($2R_h$) و تيار البطارية اللازم لتجهيز نصف انحراف المقياس يساوي :

$$I_h = \frac{E}{2R_h} \dots\dots\dots(2)$$

لإنتاج انحراف المقياس الكامل يجب ان يتضاعف تيار البطارية . لذا فان :

$$\frac{E}{R_h} \quad I_t = 2I \dots\dots\dots(3)$$

تيار التوازي خلال (R_2) يساوي :

$$I_2 = I_t - I_{fs} \dots\dots\dots(4)$$

تكون الفولتية عبر التوازي (E_{sh}) مساوية للفولتية عبر الحركة

$$E_{sh} = E_m \quad \text{or} \quad I_2 * R_2 = I_{fs} * R_m$$

$$\frac{I_{fs} * R_m}{I_2} R_2 = \dots\dots\dots(5)$$

بتعويض المعادلة (4) في المعادلة (5) نحصل على :

$$R_2 = \frac{I_{fs} * R_m}{I_t - I_{fs}} = \frac{I_{fs} * R_m * R_h}{E - I_{fs} * R_h} \dots\dots\dots(6)$$

بحل المعادلة رقم (1) بالنسبة للمقاومة (R_1) ينتج :

$$R_1 = R_h - \frac{R_2 * R_m}{R_2 + R_m} \dots\dots\dots(7)$$

بتعويض المعادلة (6) بالمعادلة (7) وحلها بالنسبة للمقاومة (R_1) ينتج :

$$R_1 = R_h - \frac{I_{fs} * R_m * R_h}{E} \dots\dots\dots(8)$$

مثال : يستعمل الأوميتير الحركة الاساسية ذات مقاومة (50Ω) و تيار انحراف مقياس كامل ($1mA$) فاذا كانت فولتية

البطارية ($3V$) وكانت قيمة المقاومة المرغوبة لانحراف نصف المقياس (2000Ω) أحسب :

1. قيم (R_1) & (R_2)
2. أعظم قيمة للمقاومة (R_2) للتعويض عن هبوط الفولتية بمقدار (10%)
3. خطأ المقياس في موضع نصف الانحراف المرقم (2000Ω) عند وضع (R_2) كما مبين في (2) .

الحل : (1) : التيار الكلي للبطارية لانحراف المقياس الكامل يساوي

$$I_T = E \setminus R_h = 3 \setminus 2000 = 1.5 \text{ mA}$$

عليه فان التيار في مقاومة ضبط الصفر يساوي

$$I_2 = I_T - I_{fs} = 1.5 - 1 = 0.5 \text{ mA}$$

وتكون قيمة (R_2) تساوي

$$R_2 = \frac{R_m \cdot I_{fs}}{I_2} = \frac{50 \cdot 1}{0.5} = 100 \Omega$$

وتكون قيمة التوازي المكافئة (R_{p1}) لمقاومة الحركة ومقاومة التوازي مساوية للقيمة

$$R_{p1} = \frac{R_2 \cdot R_m}{R_2 + R_m} = \frac{50 \cdot 100}{50 + 100} = 33.3 \Omega$$

قيمة مقاومة تحديد التيار (R_1)

$$R_1 = R_h - R_{p1} = 2000 - 33.3 = 1966.7 \Omega$$

(2) : عند هبوط فولتية البطارية بمقدار 10%

$$E = 3 - 0.3 = 2.7 \text{ v}$$

يصبح تيار البطارية الكلي

$$\frac{2.7}{2000} = 1.35 \text{ mA} \quad I_T = \frac{E}{R_h} =$$

$$I_2 = I_T - I_{fs} = 1.35 - 1 = 0.35 \text{ mA}$$

ويكون تيار مقاومة التوازي

اما مقاومة ضبط الصفر (R_2) تصبح

$$R_2 = \frac{I_{fs} \cdot R_m}{I_2} = \frac{1 \cdot 50}{0.35} = 143 \Omega$$

(3) : تصبح مقاومة التوازي المكافئة لمقاومة الحركة والقيمة الجديدة للمقاومة (R_2) تساوي

$$R_{p2} = \frac{R_2 \cdot R_m}{R_2 + R_m} = \frac{143 \cdot 50}{143 + 50} = 37 \Omega$$

بما ان مقاومة نصف انحراف المقياس الكامل (R_h) تساوي المقاومة الداخلية الكلية للدائرة لذا تزداد (R_h) الى

$$R_h = R_1 + R_{p2} = 1966.7 + 37 = 2003.7 \Omega$$

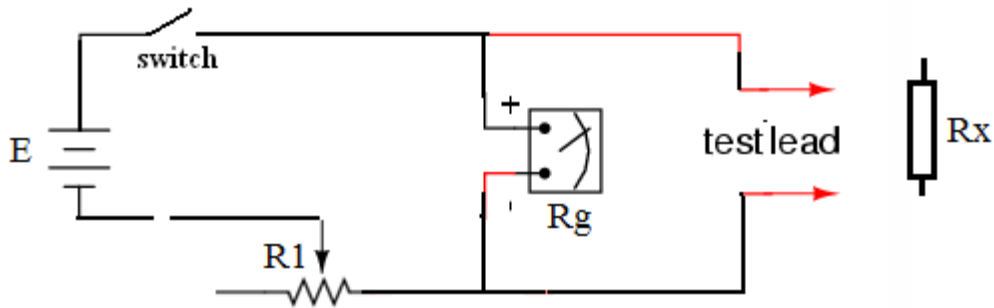
اذن تصبح القيمة الحقيقية لترقيم نصف المقياس على الجهاز (2003.7Ω) بينما كانت القيمة الاصلية (2000Ω) لذا

$$P_{er} \% = \frac{2000-2003.7}{2000} * \% = - 0.185 * \%$$

وتدل الاشارة السالبة على قراءة المقياس اوطأ .

ب. اوميتير نوع التوازي Shunt – type ohmmeter

التوازي من بطارية على التوالي مع مقاومة قابلة للضبط (R_1) وحركة دي ارسونفال (كلفانوميتر) . توصل المقاومة المجهولة بين النهايتين (a & b) على التوازي مع المقياس , ويكون من الضروري في هذه الدائرة وجود مفتاح توصيل - قطع لفصل البطارية من الدائرة في حالة عدم استعمال الجهاز . يكون قياس المقياس صفرا عندما تكون قيمة المقاومة المجهولة صفرا ايضا ($R_x = 0$) (دائرة قصر بين النهايتين a & b) , بينما يجد التيار طريقه الوحيد خلال المقياس عندما تكون قيمة المقاومة المجهولة ما لانهاية ($R_x = \infty$) (دائرة مفتوحة بين a & b) وبالاختيار المناسب لقيمة (R_1) يمكن جعل المؤشر يقرأ انحراف المقياس الكامل . يلائم اوميتير نوع التوازي بصورة خاصة قياس المقاومات الواطنة .



مثال : تستعمل دائرة الشكل اعلاه حركة دي آرسونفال الاساسية ذات (10mA) ومقاومة داخلية (5Ω) وكانت فولتية البطارية ($E = 3\text{V}$) من المؤمل تعديل هذه الدائرة بإضافة مقاومة ملائمة (R_{sh}) عبر الحركة لكي يؤشر الجهاز على (0.5Ω) في نقطة المنتصف لقياسه , إحسب :

(1) قيمة مقاومة التوازي (R_{sh})

(2) قيمة مقاومة تحديد التيار (R_1)

الحل : (1) : عند انحراف نصف المقياس

$$I_m = 0.5 I_{fs} = 0.5 * 10 = 5 \text{ mA}$$

تكون الفولتية عبر الحركة مساوية

$$E_m = 5 \text{ mA} * 5 \Omega = 25 \text{ mV}$$

بما ان هذه الفولتية تظهر عبر المقاومة (R_x) اذن يكون التيار المار خلالها

$$= 50 \text{ mA} \quad I_x = \frac{25\text{mV}}{0.5\Omega}$$

يجب ان يكون التيار المار خلال الحركة (I_m) مضافا اليه التيار المار خلال التوازي (I_{sh}) مساويا للتيار المار في المقاومة (R_x) , إذن

$$I_{sh} = I_x - I_m = 50 - 5 = 45 \text{ mA}$$

إذن تكون مقاومة التوازي

$$R_{sh} = \frac{Em}{I_{sh}} = \frac{25}{45} = \frac{5}{9} = 0.55 \Omega$$

(2)

تيار البطارية الكلي يساوي

$$I_T = I_m + I_{sh} + I_x = 5 + 45 + 50 = 100 \text{ mA}$$

هبوط الفولتية عبر (R_1) يساوي

$$3V - 25 \text{ mV} = 2.975 \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{2.975}{100 \text{ mA}} = 29.75 \Omega$$

Multimeter or VOM

متعدد المقاييس او (VOM) :

تستعمل اجهزة الاميتر والفولتميتر والامميتر جميعا حركة دي آرسونفال . والفرق بين هذه الاجهزة هي الدائرة التي تستخدم مع الحركة الاساسية لذلك تكون واضحة جدا امكانية استعمال جهاز واحد بتصميم معين لانجاز وظائف القياس الثلاثة هذه , يسمى هذا الجهاز والذي يحتوي على مفتاح الاختيار لتوصيل الدائرة المناسبة الى حركة دي آرسونفال بـ (المتعدد المقاييس او فولت - اوم - مللي اميتر VOM) .



Decibel

الديسيبل (dB) :

وهو وحدة قياس لوغاريتمية للتعبير عن التكبير (الربح او الكسب) ولقياس النسب للصوت والقدرة والفولتية والتيار .

Gain of power

- كسب (ربح) القدرة (Gp)

$$G_p = NdB = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$P = I * V \text{ (wat)} , \quad P = V^2 \setminus R , \quad P = I^2 * R$$

Gain of voltage

- كسب (ربح) الفولتية (Gv) :

$$G_v = NdB = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Gain of current

- كسب (ربح) التيار (Gi) :

$$G_i = NdB = 20 \log \frac{I_{out}}{I_{in}}$$

ثوابت لوغاريتمية ...

$$\log 1 = 0 \rightarrow \log 10^0$$

$$\log 10 = 1 \rightarrow \log 10^1$$

$$\log 100 = 2 \rightarrow \log 10^2$$

$$\log 1000 = 3 \rightarrow \log 10^3$$

مثال (1) : ربح الفولتية لمكبر عند تغذيته لحمل ممانعة مقدارها (1 kΩ) يساوي (40dB)

اوجد اتساع فولتية وقدرة الاشارة في الحمل حينما تكون الاشارة الداخلة (10mv) .

الحل :

$$G_v = NdB$$

$$= 40 \quad 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$= 10^2 = 100 = 2 \rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{out} = 1 \text{ v} = 100 \rightarrow \frac{V_{out}}{10 \cdot 10^3}$$

$$= \frac{1^2}{1 \cdot 10^3} P_{out} = \frac{V_{out}^2}{Z_{out}} = 0.001 \text{ w}$$

مثال (2) : مضخم قدرة بالمعطيات التالية : $P_{out} = 2 \text{ w}$, $P_{in} = 0.02 \text{ w}$

. G_v , G_p جد , $Z_{in} = Z_{out} = 50 \Omega$

الحل :

$$= 10 \log \frac{2}{0.02} = 10 \log 100$$

$$G_p = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$G_p = 10 *$$

$$V_{out}^2 = 10$$

$$V_{out}^2 = 10$$

$$\rightarrow V_{in}^2 = 1 \rightarrow V_{in} = 1 \text{ v}$$

$$0.02 = \frac{V_{in}^2}{50} \rightarrow P_{in} = \frac{V_{in}^2}{Z_{in}}$$

$$G_v = 20$$

$$= 20 \log 10 = 20 * 1 = 20 \text{ dB} \quad G_v = 20 \log \frac{10}{1}$$

Thermocouple meter

جهاز المزدوج الحراري :

تسمى مجموعة المزدوج الحراري وحركة دي آرسونفال التي يمكن استعمالها لقياسات التيار المستمر والمتناوب بجهاز المزدوج الحراري , لكون عملها مبني على عمل عنصر المزدوج الحراري . عندما يكون معدنان غير متماثلين متماسين تبادليا , تتولد فولتية عند نقطة اتصال المعدنين وتناسب هذه الفولتية طرديا مع درجة حرارة نقطة الاتصال .

يمثل $ce \& de$ معدنين غير متماثلين يتصلان عند النقطة e يعتمد فرق الجهد بين $c \& d$ على درجة حرارة ما يسمى بنقطة الاتصال e . يشكل عنصر التسخين ab الذي يكون على تماس مع نقطة اتصال المعدنين e جزءا من الدائرة التي يراد قياس التيار فيها , وتسمى aeb بنقطة الاتصال الحارة . ترفع الطاقة الحرارية المولدة من قبل التيار المار في عنصر التسخين درجة حرارة نقطة الاتصال الباردة وتسبب زيادة في الفولتية المتولدة بين النقطتين $c \& d$, يسبب فرق الجهد هذا سريان تيار مستمر في جهاز التأشير . الشكل التالي يمثل دائرة مبسطة لجهاز المزدوج الحراري .

I - التيار المار بدائرة المزدوج الحراري

V_m - قراءة مقباس الفولتميتر

V - الجهد الحراري المتولد بالمزدوج الحراري

R_{th} - مقاومة المزدوج الحراري

R_c - مقاومة الاسلاك

R_i - المقاومة الداخلية لمقباس الجهد

$$I = \frac{V}{R_{th} + R_c + R_i}$$

$$Vm = \frac{V \cdot Ri}{Ri + R_{th} + R_c}$$

مثال : مزدوج حراري عند درجة حرارة 1000°C بالمعطيات التالية :

$$V=9.57\text{v} , \quad R_i=100\Omega , \quad R_{th}=0.2\Omega , \quad R_c=10\Omega$$

ولتغير مكان جهاز التأشير إزدادت مقاومة الموصلات بمقدار 4.8Ω . إحسب مقدار الخطأ المطلق والنسبي للجهد المقاس .

الحل :

$$Vm1 = \frac{V \cdot Ri}{Ri + R_{th} + R_c} = \frac{9.57 \cdot 100}{100 + 0.2 + 10} = 8.68\text{mv}$$

$$Vm2 = \frac{V \cdot Ri}{Ri + R_{th} + R_c + 4.8}$$

$$\Delta v = Vm1 - Vm2$$

$$Per \% = \frac{\Delta v}{Vm1} = \frac{0.36}{8.68} * \% = 4.1\%$$

Bridges and there application

القناطر وتطبيقاتها :

تستعمل دوائر القنطرة بشكل واسع لقياس قيم المكونات مثل المقاومات او المحاثات او السعات .
بما ان القياس يتم بمقارنة قيمة المكونة المجهولة مع مكونة معلومة عالية الدقة (قياسية) في دائرة القنطرة تكون دقة قياسها بالتاكيد عالية جدا . لان قراءة القياس بالمقارنة والمبنية على تأشيرة الصفر عند اتران القنطرة لا تعتمد اساسا على خصائص الكاشف الصفري .
ترتبط دقة القياس مباشرة بدقة مكونات القنطرة لا بدقة المؤشر ذاته .

Wheatstone bridge

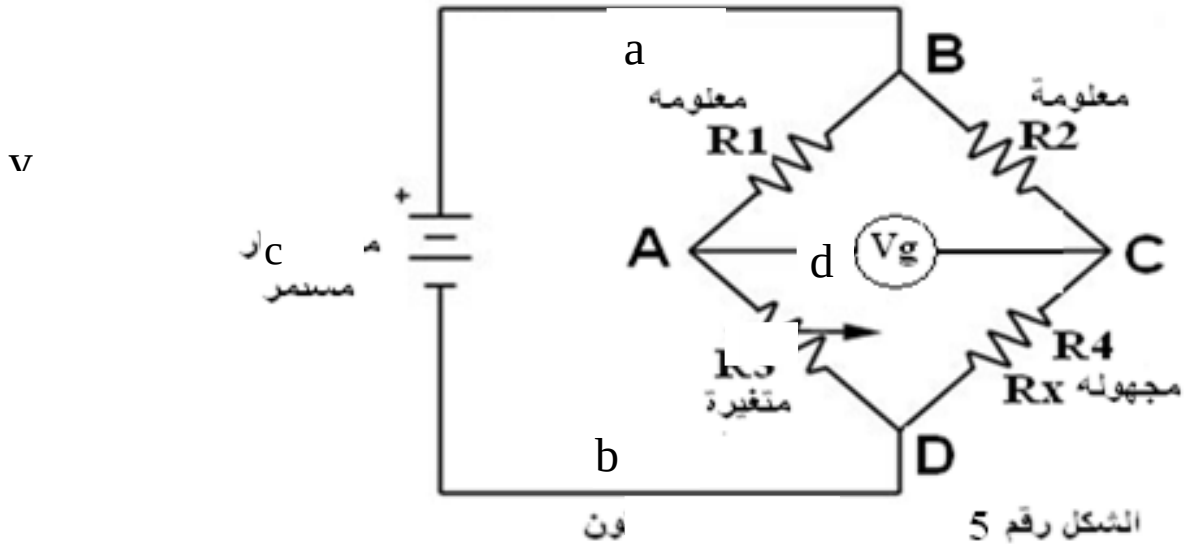
قنطرة وتستون :

تتكون القنطرة من اربع اذرع مقاومة ومصدر قوة دافعة كهربائية (بطارية) وكاشف صفري , ويكون الكاشف عبارة عن كلفانومتر او اي مقباس حساس للتيار , يعتمد التيار المار في الكلفانومتر على فرق الجهد بين النقطتين (c & d) , ويقال عن القنطرة بانها متزنة عندما يكون فرق الجهد عبر الكلفانومتر مساويا للصفر بحيث لا يسري اي تيار في الكلفانومتر , تحدث هذه الحالة عندما تكون الفولتية من نقطة c الى نقطة a مساوية للفولتية من نقطة d الى نقطة a .

R_1, R_2 _ مقاومات معلومة القيم

R_3 _ مقاومة متغيرة

R_x _ المقاومة المجهولة المراد قياسها



اشتقاق معادلة الاتزان لقنطرة وتستون :

من الرسم التوضيحي للقنطرة :

$$V_{R1} = V_{R2} \text{ Parallel}$$

$$\frac{V \cdot R1}{R1 + R3} = \frac{V \cdot R2}{R2 + R_x} \quad (v. d. r.)$$

$$R_1 R_2 + R_1 R_x = R_1 R_2 + R_2 R_3$$

بتبسيط المعادلة نحصل على معادلة الاتزان $R_1 R_x = R_2 R_3$ يمكننا ايجاد المقاومة المجهولة R_x من معادلة الاتزان :

$$R_x = \frac{R2 \cdot R3}{R1}$$

في حالة عدم الاتزان يتم حساب تيار الكلفانومتر باستخدام دائرة ثفنن :

$$V_{th} = v \left(\frac{R1}{R1 + R3} - \frac{R2}{R2 + R_x} \right)$$

$$R_{th} = \left(\frac{R1 \cdot R3}{R1 + R3} + \frac{R2 \cdot R_x}{R2 + R_x} \right) \quad \text{مقاومة ثفنن :}$$

$$I_g = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_g} \quad \text{التيار المار في الكلفانومتر :}$$

مثال 1 : يبين الشكل التالي الرسم التخطيطي لقنطرة وتستون مع قيم مكونات القنطرة فاذا كانت فولتية البطارية (5v) مع اهمال مقاومتها الداخلية وكانت حساسية التيار للكلفانومتر ($10\text{mm}/\mu\text{A}$) ومقاومته الداخلية (100Ω) . احسب انحراف الكلفانومتر الذي تسببه مقاومة عدم الاتزان مقدارها (5Ω) في الذراع bc .
الحل :

يحدث اتزان القنطرة عندما تكون قيمة مقاومة الذراع bc (2000Ω) بينما يبين الشكل بان الذراع bc مقاومته مقدارها (2005Ω) تمثل حالة عدم اتزان .

تتضمن الخطوة الاولى تحويل دائرة القنطرة الى دائرة ثفنن المكافئة لها وذلك بالنظر عبر طرفي الكلفانومتر b & d حيث يمثل فرق الجهد عبر b & d عند رفع الكلفانومتر من الدائرة فولتية ثفنن .

$$V_{th} = V_{ad} - V_{ab} = 5 \cdot \left(\frac{100}{100 + 200} - \frac{1000}{1000 + 2005} \right) = 5 \text{ mv}$$

تتضمن الخطوة الثانية من الحل ايجاد مقاومة ثفنن المكافئة بالنظر عبر الطرفين b & d .

$$R_{th} = \left(\frac{100 \cdot 200}{100 + 200} + \frac{1000 \cdot 2005}{1000 + 2005} \right) = 734 \, \Omega$$

والان عند توصيل الكلفانومتر الى طرفي اخراج دائرة ثفنن المكافئة , فان التيار المار في الكلفانومتر يكون :

$$I_g = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_g} = \frac{5}{734 + 100} = 5.99 \, \mu A$$

عليه فان انحراف الكلفانومتر d يكون :

$$d = 5.99 \mu A \cdot 10 \, mm \setminus \mu A = 59.9 \, mm$$

مثال 2 : اتزنت قنطرة وتستون بالقيم التالية للمقاومات وجميعها مقاسة بوحدة الاوم :

$$R_1 = 5\Omega, \quad R_2 = 8\Omega, \quad R_3 = 10\Omega$$

1. ارسم المخطط التوضيحي لقنطرة وتستون .
2. احسب مقدار المقاومة الرابعة المجهولة .

الحل : (1)

(2)

The rule for (R_x) :

$$R_x = \frac{R_2 * R_3}{R_1} = \frac{8 * 10}{5} = 16 \Omega$$

تمرين : لقنطرة وتستون المعطيات التالية :

$$R_1 = 1k\Omega , R_2 = 10k\Omega , R_3 = 3k\Omega , R_4 = 30k\Omega$$

1. ارسم المخطط التوضيحي لقنطرة وتستون .
2. هل القنطرة متزنة ام غير متزنة , برهن ذلك رياضيا .

A.C. Bridges

قناطر التيار المتناوب

شروط إتران القنطرة :

تعتبر قنطرة التيار المتناوب تطورا طبيعيا لقنطرة التيار المستمر , ويتكون الشكل الاساسي للقنطرة من اربع أذرع ومصدر الاثارة والكاشف الصفري . يجهز مصدر القدرة فولتية متناوبة للقنطرة بالتردد المطلوب . حيث تم تمثيل أذرع القنطرة (Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4) بممانعات غير محددة القيمة تحصل حالة الاتزان للقنطرة عندما تكون إستجابة الكاشف مساوية للصفر .

ينطلب شرط الاتزان للقنطرة ان يكون فرق الجهد بين A & C مساويا للصفر , تحدث هذه الحالة عندما يكون هبوط الجهد من B الى A مساويا لهبوط الجهد من B الى C في المقدار والطور يمكن تمثيل ذلك بالتمثيل المركب كما يلي :

$$E_{BA} = E_{BC} \quad \text{or} \quad I_1 Z_1 = I_2 Z_2 \quad (1)$$

عندما يكون تيار الكاشف صفرا (حالة الاتزان) تكون التيارات :

$$I_1 = \frac{E}{Z_1 + Z_3} \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{E}{Z_2 + Z_4} \quad (3)$$

بتعويض المعادلتين 2 & 3 في المعادلة 1 ينتج :

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3 \quad (4)$$

وعند استعمال المسامحات بدلا من الممانعات :

$$Y_1 Y_4 = Y_2 Y_3 \quad (5)$$

تعتبر المعادلة (4) هي المعادلة العامة لاتزان قنطرة التيار المتناوب , والتي تنص على ان حاصل ضرب زوج الممانعات للذراعين المتقابلين يساوي حاصل ضرب الزوج الاخر من الممانعات للذراعين المتقابلين الاخرين عند تمثيل الممانعات بالصيغة المركبة . وعند تمثيل الممانعات بالصيغة القطبية ($Z = Z \angle \theta$) حيث تمثل Z مقدار الممانعة و θ زاوية الطور

للممانعة , يمكن كتابة المعادلة بالصيغة :

$$(Z_1 \angle \theta_1) (Z_4 \angle \theta_4) = (Z_2 \angle \theta_2) (Z_3 \angle \theta_3) \quad (6)$$

بما انه عند ضرب الاعداد المركبة في بعضها , تضرب المقادير وتجمع زوايا الطور مع بعضها البعض , لذا يمكن كتابة المعادلة 6 بالشكل التالي :

$$Z_1 Z_4 (\theta_1 + \theta_4) = Z_2 Z_3 (\theta_2 + \theta_3) \quad (7)$$

تبين المعادلة (7) بأنه يجب تحقيق شرطين بصورة متزامنة لموازنة قنطرة التيار المتناوب , الشرط الاول يجب ان تحقق مقادير الممانعات العلاقة التالية :

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3 \quad (8)$$

او بعبارة اخرى ((يجب ان يكون حاصل ضرب مقادير ممانعات الاذرع المتقابلة متساوية)) .
يتطلب الشرط الثاني ان تحقق زوايا الطور للممانعات العلاقة التالية :

$$(\theta_1 + \theta_4) = (\theta_2 + \theta_3) \quad (9)$$

او بعبارة اخرى ((يجب ان يكون مجموع زوايا الطور لممانعات الاذرع المتقابلة متساويا)) .

مثال 1 : اذا كانت قيم ممانعات قنطرة التيار المتناوب الاساسية كما يلي :

$$Z_1 = 100 \Omega \angle 80^\circ, \quad Z_2 = 250 \Omega, \quad Z_3 = 400 \Omega \angle 30^\circ$$

اوجد قيم ثوابت الذراع الرابع $Z_4 = ?$

الحل :

يتطلب الشرط الاول لاتزان القنطرة ان يكون :

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

$$= 1000 \Omega Z_4 = \frac{250 \cdot 400}{100}$$

يتطلب الشرط الثاني لاتزان القنطرة ان يكون مجموع زوايا طور الاذرع المتقابلة متساوية أي :

$$(\theta_1 + \theta_4) = (\theta_2 + \theta_3)$$

بتعويض زوايا الطور المعلومة وحل المعادلة لاييجاد θ_4 نحصل على :

$$\theta_4 = 0 + 30 - 80 = -50^\circ$$

عندئذ يمكن كتابة الممانعة المجهولة Z_4 بالصيغة القطبية كما يلي :

$$Z_4 = 1000 \Omega \angle -50^\circ$$

مثال 2 : تكون القنطرة في الشكل التالي في حالة اتزان مع القيم التالية :

$$L_3 = 15.9 \text{ H}, R_1 = 300\Omega, R_2 = 450\Omega, C_1 = 0.265 \mu\text{F}, R_3 = 200 \Omega$$

إذا كان تردد المصدر يساوي (1KHz) , اوجد ثوابت الممانعة (Z_4) .

الحل :

تنص المعادلة العامة لاتزان القنطرة على ان : $Z_1Z_4 = Z_2Z_3$

$$Z_2 = R_2 = 450 \Omega$$

$$= (300 - j600) \Omega Z_1 = R_1 - \frac{j}{\omega C_2}$$

$$Z_3 = R_3 + j\omega L_3 = (200 + j100) \Omega$$

$$Z_4 = ?$$

نعوض عن القيم المعلومة في معادلة الاتزان نحصل على :

$$= j150 \Omega \quad Z_4 = \frac{450 \cdot (200 + j100)}{(300 - j600)}$$

تبين النتيجة بان الممانعة (Z_4) عبارة عن محاثة نقية مفاعلتها الحثية تساوي (150Ω) عند التردد (1KHz) .

بما ان المفاعلة الحثية (X_L) تساوي :

$$X_c = 2\pi fL$$

$$150 = 2 \cdot 3.14 \cdot 1000 \cdot L$$

$$= 0.0239 \text{ H} = 23.9 \text{ mHL} = \frac{150}{6280}$$

H.W

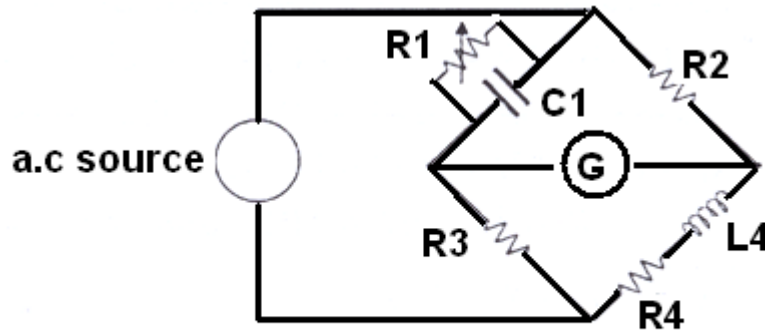
في المثال السابق برهن ان القنطرة متزنة باستخدام شرط التوازن وفق زوايا الطور .

$$(\theta_1 + \theta_4) = (\theta_2 + \theta_3)$$

Maxwell bridge

قنطرة ماكسويل :

تقيس قنطرة ماكسويل قيمة المحاثة المجهولة بدلالة متسعة معلومة , يتكون احد اذرع النسبة من مقاومة ومتسعة على التوازي , ويكون من السهل كتابة معادلة الاتزان باستعمال مسامحة الذراع الاول بدلالة ممانعته .



قنطرة ماكسويل

الشكل رقم 2

بإعادة ترتيب المعادلة العامة لاتزان قنطرة التيار المتناوب $Z_1 Z_x = Z_2 Z_3$ نحصل على :

$$Z_x = Z_2 Z_3 Y_1 \quad (1)$$

حيث ان :

$$Y_1 = \frac{1}{R_1} + j\omega C_1$$

$$Z_2 = R_2$$

$$Z_3 = R_3$$

$$Z_x = R_x + j\omega L_x$$

بتعويض هذه القيم بالمعادلة رقم (1) نحصل على :

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

بفصل المقادير الحقيقية والمقادير الخيالية عن بعضها البعض ينتج :

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

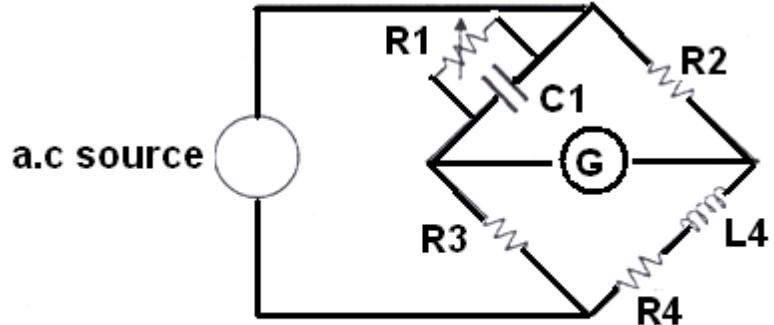
$$j\omega L_x = R_2 R_3 j\omega C_1 \Rightarrow L_x = R_2 R_3 C_1$$

مثال : تم استخدام قنطرة ماكسويل لقياس محاثة مجهولة لملف ومقاومته الداخلية , وقد اتزنت القنطرة عند القيم التالية :

$$R_1 = 1000 \, \Omega \quad , \quad C_1 = 0.5 \, \mu F \quad . \quad R_2 = 600 \, \Omega \quad , \quad R_3 = 400 \, \Omega$$

1. ارسم المخطط التوضيحي للقنطرة .
2. احسب قيمة المحاثة المجهولة ومقاومتها الداخلية .
3. احسب زاوية طور الذراع المجهول اذا كان تردد المصدر 1KHz .

الحل : (1)



أنشكـل رـقـم 2 قنطرة ماكسويل

(2) . عند اتران قنطرة ماكسويل يمكننا ايجاد المقاومة المجهولة من المعادلة التالية :

$$= 240 \, \Omega = \frac{600 \cdot 400}{1000} R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

اما قيمة المحاثـة L_x فيمكن ايجادها من المعادلة :

$$L_x = R_2 R_3 C_1 = 600 \cdot 400 \cdot 0.5 \cdot 10^{-12} = 0.12 \, H$$

(3) . لحساب زاوية الطور θ :

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X_{Lx}}{R_x}$$

$$X_L = 2\pi f L = 2 \cdot 3.14 \cdot 1000 \cdot 0.12 = 753.6 \, \Omega$$

$$\Rightarrow \theta = 72.33^\circ \frac{753.6}{240} \theta = \tan^{-1}$$

H.W

اترنت قنطرة ماكسويل بالقيم التالية :

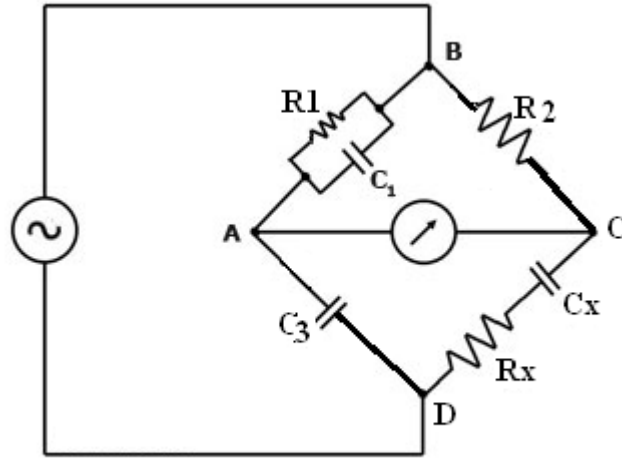
$$R_1 = 30K\Omega \quad , \quad C_1 = 1000pF \quad , \quad R_2 = 5K\Omega \quad , \quad R_3 = 1K\Omega$$

جد قيم : R_x, L_x, θ

Schering bridge

قنطرة شيرنغ

تستعمل قنطرة شيرنغ التي تعتبر احدى من اهم قناطر التيار المتناوب بصورة واسعة في قياس المتسعات .



الشكل رقم 2 قنطرة شيرنغ للتيار المتناوب

يتم اشتقاق معادلة الاتزان بالاسلوب الاعتيادي او بتعويض قيم الممانعات والمسامحات في المعادلة العامة نحصل على :

$$Z_x = Z_2 Z_3 Y_1$$

$$R_x - \frac{j}{\omega C_x} =$$

$$+ R_2 \frac{\omega C_1}{\omega C_3} R_x - \frac{j}{\omega C_x} = R_2 \frac{-j}{\omega C_3 R_1}$$

$$= \frac{R_2 C_1}{C_3} R_x - \frac{j}{\omega C_x} = \frac{j R_2}{\omega C_3 R_1}$$

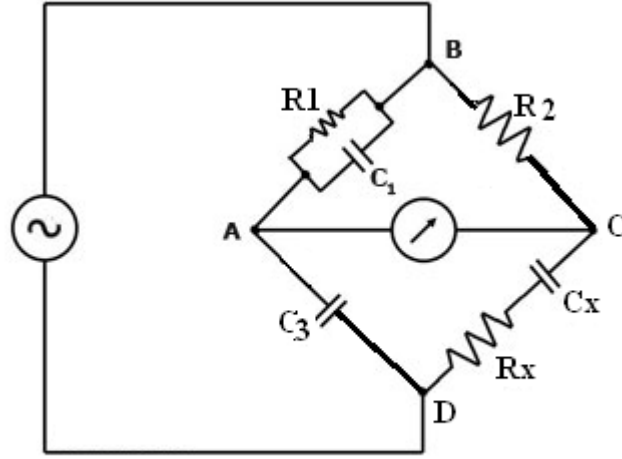
بمساوات المقادير الحقيقية والخيالية مع بعضها البعض نحصل على :

$$, \quad C_x = C_3 \frac{R_1}{R_2} R_x = \frac{R_2 C_1}{C_3}$$

مثال 1 : تتحقق حالة الاتزان في قنطرة شيرنغ تحت الشروط التالية :

$R_1 = 10K\Omega$, $C_1 = 100pF$, $R_2 = 1K\Omega$, $C_3 = 500pF$
جد قيم R_x , C_x وزاوية الطور θ علما ان تردد الاشارة الداخلة 1KHz .

الحل :



الشكل رقم 2 قنطرة شيرنغ للتيار المتناوب

$$= 200 \Omega = 10^3 * \frac{100 * 10^{-12}}{500 * 10^{-12}} R_x = R_2 \frac{C_1}{C_3}$$

$$= 5000 pF * \frac{10 * 10^3}{10^3} = 500 * 10^{-12} C_x = C_3 \frac{R_1}{R_2}$$

$$= \frac{1}{2 * 3.14 * 1000 * 5000 * 10^{-12}} = \frac{1}{2\pi C_x} X_{C_x} = \frac{1}{\omega C_x}$$

$$X_{C_x} = 31847 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{31847}{200} = \tan^{-1} 159 =$$

مثال 2: اترنت قنطرة شيرنگ بالمكونات التالية :

$$R_1 = \frac{1000}{\pi}, \quad C_1 = 0.5 \mu F, \quad R_2 = 260 \Omega, \quad C_3 = 106 \text{ pF}$$

اوجد قيمة سعة المتسعة المجهولة ومقاومتها (C_x, R_x) .

الحل :

لايجاد قيمة المقاومة المجهولة نستخدم المعادلة التالية :

$$R_2 = \frac{0.5 * 10^{-6}}{106 * 10^{-12}} * 260 = 1.23 \text{ M}\Omega \quad R_x = \frac{C_1}{C_3}$$

اما لايجاد قيمة المتسعة المجهولة نستخدم المعادلة التالية :

$$*106 * 10^{-12} = 130 \text{ pF} \quad C_3 = \frac{1000 / \pi}{260} C_x = \frac{R_1}{R_2}$$

H.W

قنطرة شيرنگ متزنة وفق المعطيات التالية :

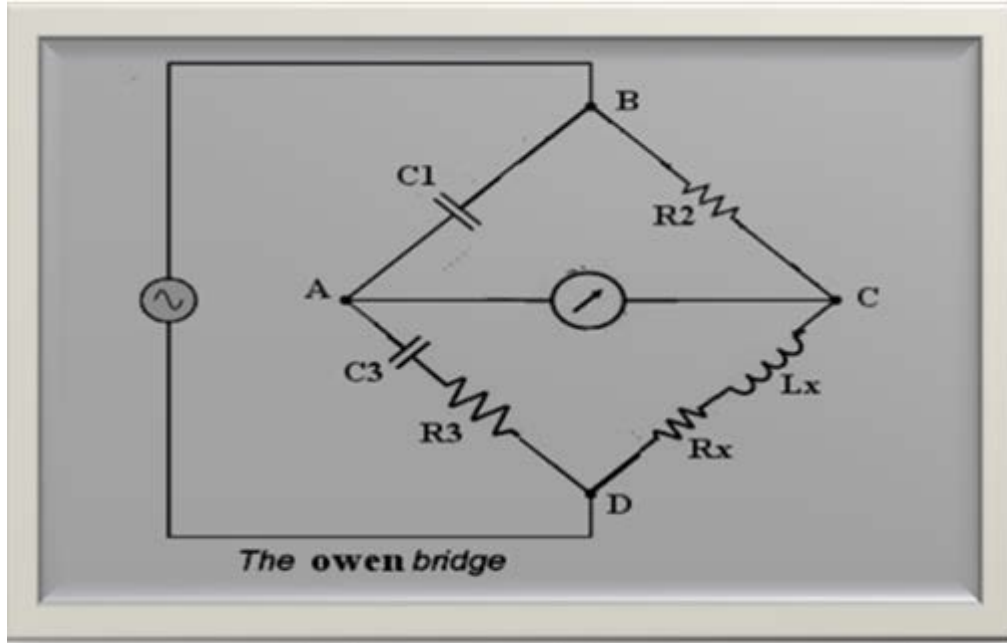
$$R_1 = 5 \Omega, \quad R_2 = 10 \Omega, \quad C_1 = 2 \mu F, \quad C_3 = 5 \text{ pF}$$

احسب C_x, R_x

Owen bridge

قنطرة أون :

تستخدم قنطرة أون في قياس المحاثة المجهولة بدلالة المقاومة والتمسعة .



قنطرة اون لقياس المحاثة

الشكل رقم 2

لاشتقاق معادلات الاتزان نعوض قيم ممانعات اذرع القنطرة بصيغتها المركبة في المعادلة العامة لاتزان قناطر التيار المتناوب

والتي تنتج :

$$\frac{-j}{\omega C_1} (I_x + I_g) = \frac{-jR_x}{\omega C_1} + \frac{L_x}{C_1}$$

$$\frac{-jR_x}{\omega C_1} + \frac{L_x}{C_1} = \frac{-jR_x}{\omega C_1} + \frac{L_x}{C_1}$$

والان نفصل المقادير الحقيقية والخيالية عن بعضها البعض نحصل على :

$$L_x = R_2 R_3 C_1$$

$$\frac{-jR_x}{\omega C_1} = \frac{-jR_x}{\omega C_1}$$

$$, \quad Z = \sqrt{R_x^2 + X_L^2} = 2\pi fL$$

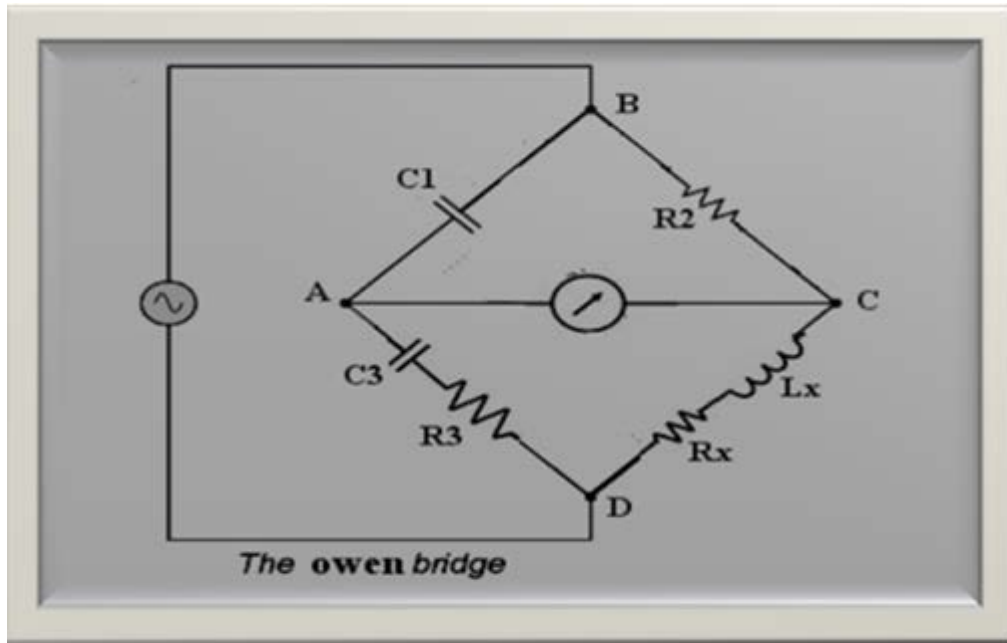
مثال : اتزنت قنطرة أون عند القيم التالية :

$$0.124\mu F C_1 = 0.1 \mu F , \quad R_2 = 100 \Omega , \quad R_3 = 834 \Omega , \quad C_3 =$$

1 . ارسم القنطرة .

2 . احسب قيمة الممانعة المجهولة عند التردد 2KHz .

الحل : (1)



قنطرة اون لقياس المحاثه

الشكل رقم 2

(2) الممانعة المجهولة عبارة عن مقاومة على التوالي مع محاثه . يمكن ايجاد المحاثه المجهولة من المعادلة :

$$L_x = R_2 R_3 C_1 = 100 * 834 * 0.1 * 10^{-6} = 8.34 \text{ mH}$$

وكذلك ايجاد المقاومة من المعادلة :

$$R_x = R_2 \frac{C_1}{C_3}$$

قيمة المفاعلة الحثية عند التردد 2KHz :

$$X_L = 2\pi fL = 2 * 3.14 * 2 * 10^3 * 8.34 * 10^{-3} = 104.8 \Omega$$

$$= \sqrt{(80.7)^2 + (104.8)^2} Z_x = \sqrt{R_x^2 + X_L^2} = 132.3 \Omega$$

H.w

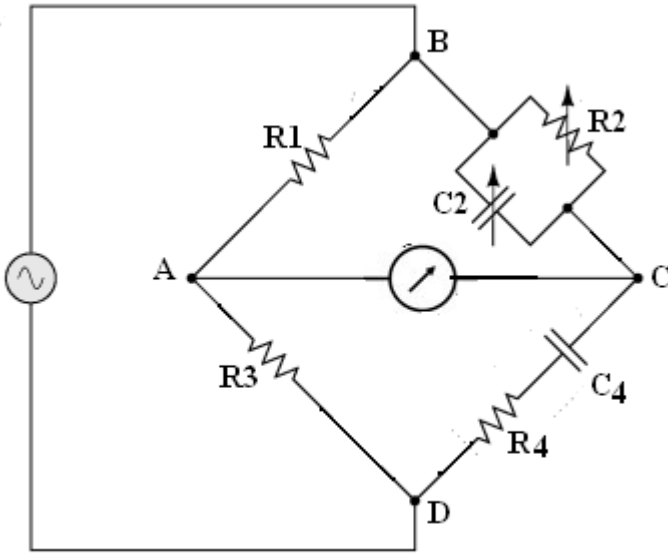
اثبت رياضيا مع الرسم ان:

$$\& \quad L_x = R_2 R_3 C_3 R_x = R_2 \frac{C_1}{C_3}$$

Wien bridge

قنطرة وين :

تستخدم قنطرة وين لقياس الترددات الواطئة لاشارة معينة وذلك بقياس السعة والمقاومة المجهولة , ويمكن استخدام هذه القنطرة لقياس الترددات السمعية بدلالة المقاومة والسعة .



The Wien bridge

الشكل رقم 1

بتعويض قيم ممانعات القنطرة بصيغتها المركبة , واستعمال مسايرة الذراع الثالث بدلا من ممانعته لكونه يحتوي على عناصر موصولة على التوازي في المعادلة العامة لاتزان قنطرة التيار المتناوب نحصل على :

$$R_2 = \left(R_1 - \frac{1}{\omega^2 C_2 C_4} \right) \frac{R_3}{R_4}$$

$$R_2 = \frac{1}{\omega^2 C_2 C_4} \frac{R_3}{R_4} + R_1 \frac{R_3}{R_4}$$

بمساوات المقادير الحقيقية والمقادير الخيالية مع بعضها البعض نحصل على :

$$R_2 = \frac{1}{\omega^2 C_2 C_4} \frac{R_3}{R_4} + R_1 \frac{R_3}{R_4}$$

$$\frac{R_2}{R_4} = \frac{R_1}{R_3} + \frac{C_3}{C_1} \quad (1)$$

$$\omega C_3 R_1 R_4$$

$$= \frac{1}{\sqrt{C_1 C_3 R_1 R_3}} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{C_1 C_3 R_1 R_3}$$

$$\omega = 2\pi f \quad \text{حيث ان}$$

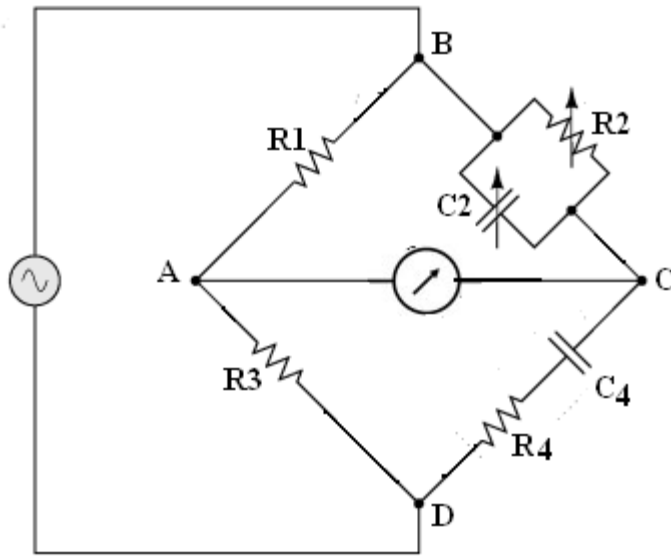
$$\therefore f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_3 R_1 R_3}} \quad (2)$$

يعتبر احد شرطي اتزان القنطرة عن ايجاد النسبة المقاومة المطلوبة (R_2/R_4) , بينما يعتبر الشرط الثاني عن معادلة تردد فولتية المصدر . بعبارة اخرى اذا تم تحقيق المعادلة رقم (1) وتم تجهيز القنطرة بمصدر تردده كما مبين في المعادلة رقم (2) عندئذ تكون القنطرة في حالة اتزان .

مثال : إتزن قنطرة وين بالقيم التالية :

$$= 400 \, \Omega , C_1 = 1\mu F , R_2 = 100 \, \Omega , R_3 = 800 \, \Omega , C_3 = 0.5 \, \mu F$$

احسب قيمة تردد فولتية المصدر (f) و قيمة المقاومة (R_4) .



The Wien bridge

الشكل رقم 1

الحل :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_3 R_1 R_3}}$$

معادلة ايجاد التردد هي :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_3 R_1 R_3}}$$

اما لايجاد المقاومة (**R4**) نستخدم المعادلة التالية :

$$\Rightarrow \frac{100}{R_4} = \frac{400}{800} + \frac{0.5 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-6}} \frac{R_2}{R_4} = \frac{R_1}{R_3} + \frac{C_3}{R_1}$$

$$R_4 = 100 \, \Omega$$

أجهزة تأشير التيار المتناوب Alternating – Current indicating instrument

يستجيب الكلفانوميتر نوع دي آرسونفال لقيمة التيار المستمر الذي يمر خلال الملف المتحرك . أما التيار المتناوب فانه يتسبب في توليد عزم للانحراف باتجاه معين خلال النصف الموجب من الموجة وعزم للانحراف باتجاه معاكس للأول خلال النصف السالب من الموجة وبذلك فان مؤشر الكلفانوميتر يتأرجح نحو الامام والخلف حول نقطة الصفر على مرآة التدريج عند الترددات الواطئة . اما عند الترددات العالية فان عزم الانحراف للملف الدوار يكون عاليا جدا بحيث لا يتمكن المؤشر من الاستجابة لانقلاب اتجاه عزم الانحراف ويبقى المؤشر مترددا لمسافة قصيرة جدا حول نقطة الصفر على المرآة .

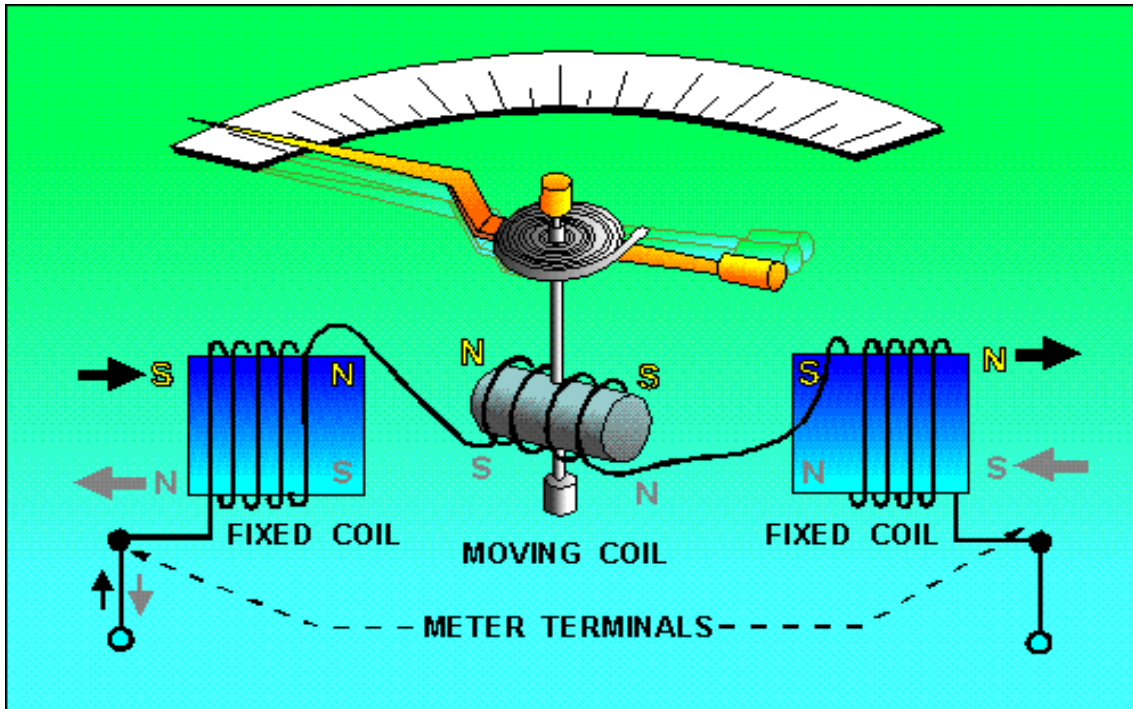
لذا عند قياس التيار المتناوب بواسطة كلفانوميتر نوع دي آرسونفال يجب الحصول على عزم احادي الاتجاه لا يتغير بانقلاب طور الموجة .

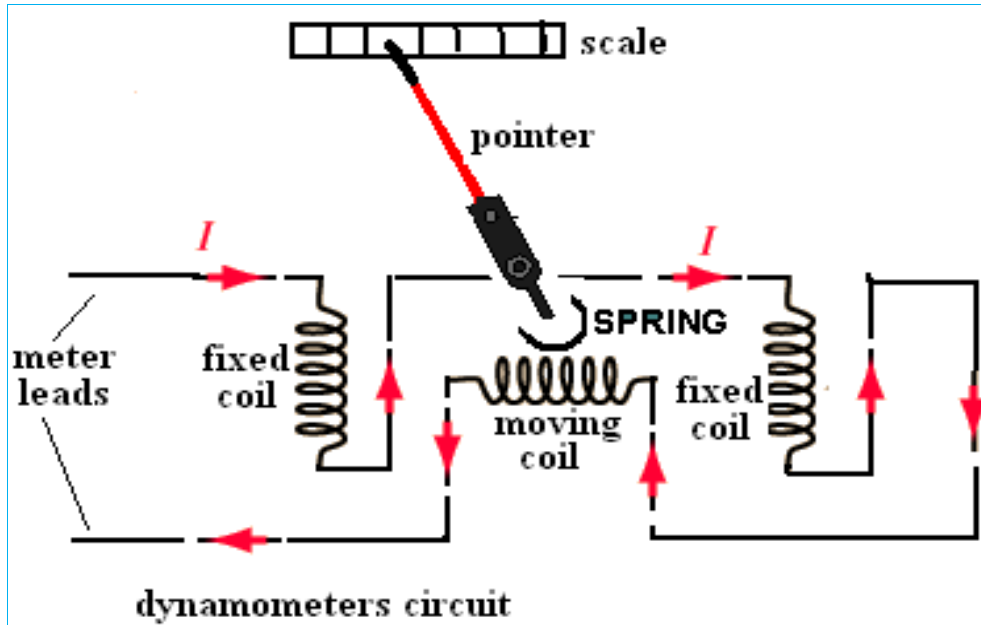
Electrodynamometer

الداينموميتر الكهربائي

يعتبر الداينموميتر الكهربائي إحدى أهم حركات التيار المتناوب . يستعمل عادة في مقاييس الفولتية ومقاييس التيار البالغة الدقة للتيار المتناوب .

بينما تستعمل حركة دي آرسونفال المغناطيس الدائم لتجهيز المجال المغناطيسي الذي يدور فيه الملف المتحرك , يستعمل الداينموميتر الكهربائي التيار المراد قياسه لإنتاج الفيض الضروري للمجال . يجهز ملف الفيض المقسم الى نصفين متساويين المجال المغناطيسي الذي يدور فيه الملف المتحرك ويربط هذين النصفين على التوالي مع الملف المتحرك لتتم تغذيتهم بواسطة التيار المراد قياسه يوضع الملفان الثابتة متباعدة عن بعضها بحيث تسمح لمحور الدوران بالمرور بينهما





يمكن فهم عمل الجهاز بالرجوع الى علاقة العزم الناتج من تعليق ملف في مجال مغناطيسي.

$$T_d = N \cdot \beta \cdot I \cdot A$$

لقد تم توضيح نص المعادلة والتي تبين بان العزم الذي يحرف الملف المتحرك يتناسب طرديا مع ثوابت الملف (N , A) وشدة المجال المغناطيسي الذي يتحرك خلاله الملف (β) والتيار المار خلال الملف (I) . تعتمد كثافة الفيض β () في الداينومومتر الكهربائي على التيار المار خلال الملف الثابت وبدورها فإنها تتناسب طرديا مع تيار الانحراف (I) . بما ان ابعاد الملف وعدد لفاته كميات ثابتة لجهاز معين فإن العزم الناتج يصبح دالة لمربع التيار (I^2) .

تصبح الخواص التحويلية للداينومومتر الكهربائي واضحة عند مقارنة القيمة الفعالة للتيار المتناوب مع التيار

المستمر بدلالة تأثير التسخين او تحويل القدرة لكل منهما . يملك التيار المتناوب الذي ينتج حرارة في مقاومة معينة بنفس

معدل التيار المستمر (I) ، بواسطة تعريف قيمة (I) أمبير ، يكون متوسط معدل إنتاج الحرارة بواسطة التيار المستمر (I) (أمبير المار خلال المقاومة (R) مساويا لمقدار ($I^2 R$) واط . أما متوسط معدل إنتاج الحرارة بواسطة التيار المتناوب (i)

(أمبير خلال دورة واحدة والمار في نفس المقاومة (R) فإنه يساوي $\int_0^T i^2 R \frac{1}{T}$ لذلك ومن التعريف

$$I^2 R = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 R dt$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

يسمى هذا التيار (I) بقيمة جذر متوسط التربيع (r.m.s.) او القيمة الفعالة للتيار المتناوب الذي يشار اليه بالقيمة المكافئة للتيار المستمر .

يملك الداينومومتر الكهربائي بعض المساوئ :

1. الاستهلاك العالي للقدرة التي تعتبر نتيجة مباشرة لتركيبه , لان التيار المراد قياسه لا يمر خلال الملف المتحرك فحسب , ولكن يجب ان يجهز فيض المجال أيضا .
2. إضافة الى استهلاك القدرة العالية , يكون المجال المغناطيسي أضعف بكثير عند مقارنته مع حركة دي آرسونفال بسبب عدم وجود الحديد في الدائرة , اي يتألف المسار الكلي للفيض من الهواء فقط .
3. إن إضافة مقاومة على التوالي مع الداينومومتر الكهربائي تحوله الى فولتمتر يمكن إستعماله لقياس فولتيات التيار المستمر والمتناوب , للأسباب سالفه الذكر تكون حساسية فولتمتر الداينومومتر الكهربائي واطئة (10-30 Ω/v) (قارن هذه الحساسية مع حساسية مقباس دي آرسونفال $20k\Omega/v$) .
4. يمكن اعتبار الداينومومتر الكهربائي كأمتير , ولكن يكون من الصعب جدا تصميم الملف المتحرك الذي يمكن ان يحمل تيارا اكثر من (100 mA) تقريبا . اما التيارات العالية فيجب حملها الى الملف المتحرك خلال الرصاص - الثقيل في الاسلاك التي سوف تفقد مرونتها .

أجهزة نوع - الموحد

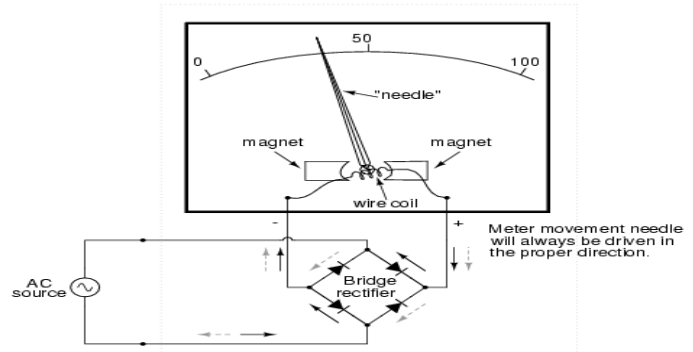
Rectifier – Type Instruments

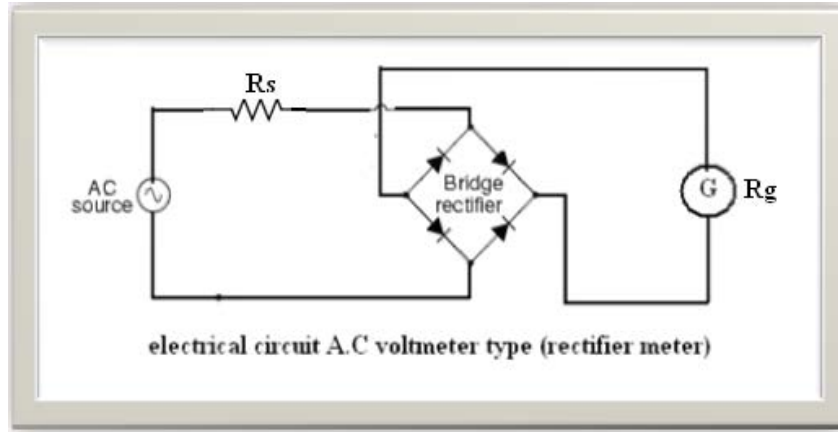
يمكن ايجاد الجواب الواضح على سؤال قياسات التيار المتناوب باستعمال الموحد لتحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر ذي اتجاه واحد ثم استعمال حركة التيار المستمر لتأشير قيمة التيار المتناوب الموحد . تعتبر هذه الطريقة جذابة لان حركة التيار المستمر تملك حساسية اعلى مما للداينومومتر الكهربائي او اجهزة الحديد - المتحرك .

في هذا النوع من الاجهزة يتم قياس التيار والجهد في دوائر التيار المتناوب بتوحيد اتجاه موجة التيار المتناوب الى تيار مستمر احادي الاتجاه ومن ثم استخدام الكلفانوميتر ذات الملف المتحرك والمغناطيس الثابت (PMMC) الذي يولد انحرافا مناسباً مع متوسط قيمة التيار المستمر المار .

في الشكل التالي اوسط دائرة لقياس الجهد المتناوب حيث تولد قنطرة الموحدات تيارا نبضيا متغير القيمة احادي الاتجاه يمر خلال الملف المتحرك ويسبب عزم الانحراف للملف المتحرك فان المقياس يؤشر انحرافا مستقرا للمؤشر متناسبا مع متوسط قيمة التيار المار . ان الجهود والتيارات المتناوبة توصف عادة بالقيم المؤثرة لها (r.m.s. Values) عليه يتم تدريج المقياس على ضوء القيم المؤثرة وليس متوسط القيم وذلك باستخدام المعادلات التالية :

$$E_{dc} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E_{r.m.s}$$





الدائرة الكهربائية لفولتميتر التيار المتردد نوع (موحد الموجة)

مثال : إحسب قيمة المقاومة (R_s) لمقياس الجهد لدوائر التيار المتردد ليقراً الجهاز جهداً مؤثراً مقداره (10 v) عند الانحراف الكلي . علماً بأن المقاومة الداخلية للكلفانوميتر هي (100 Ω) والتيار الانحراف الكلي هو (2 mA) اعتبر الموحدات المستخدمة في القنطرة مثالية (المقاومة الامامية صفراً والمقاومة العكسية مالانهاية) .

الحل :

$$E_{dc} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

$$E_{dc} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

المقاومة الكلية (R_T) تساوي حاصل جمع المقاومة (R_s) مع مقاومة الكلّفانوميتر (R_m)

$$R_T = R_s + R_m = \frac{9v}{2mA} = 4.5 k\Omega$$

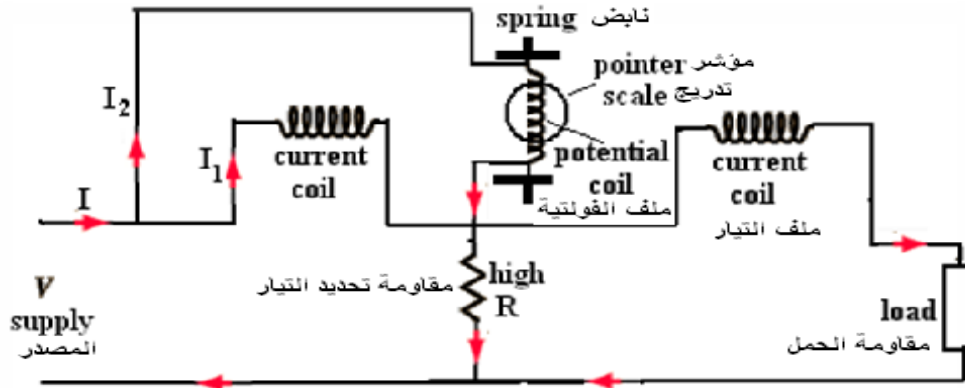
$$R_s = 4500 - 100 = 4.4 k\Omega$$

Single – phase Wattmeter

مقياس القدرة (واطميتر) احادي الطور

تستعمل حركة الدائناموميتر الكهربائي بصورة واسعة في قياسات القدرة , ويمكن استعمالها لبيان قدرة التيار المتناوب والمستمر ولأية موجة للفولتية والتيار ولا يقتصر عملها على الموجة الجيبية فقط .

يبين الشكل التالي طريقة ربط ملفات الدائناموميتر عند استعماله كمقياس قدرة احادي الطور , حيث تختلف عن طريقة ربطها عند استخدامه كأميتر او كفولتميتر . توصل الملفات الثابتة أو ملفات المجال والمبينة كعنصرين مستقلين على التوالي لتحمل تيار الخط الكلي (I_1) بينما يربط الملف المتحرك الموضوع في المجال المغناطيسي للملفات الثابتة على التوالي مع مقاومة تحديد التيار (R) عبر خط القدرة ويحمل تيار صغير (I_2) .

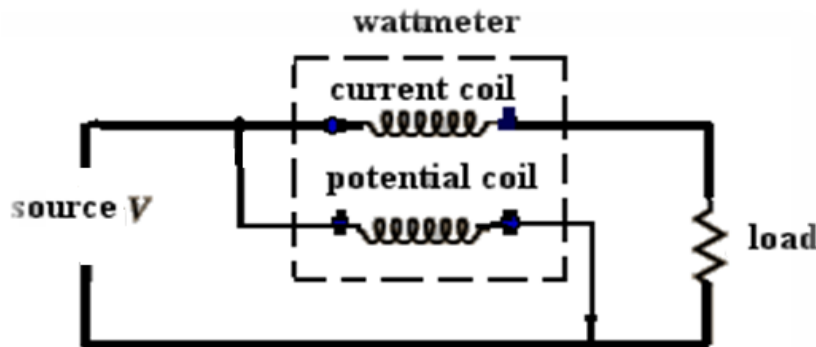


الشكل 3 الدائرة الكهربائية لمقياس قدرة نوع الدائناموميتر الكهربائي
electrical circuit connection of wattmeter type electro-dynamometer

Wattmeter Construction

مكونات الواطميتر

1. ملفي التيار الثابتة
2. ملف الفولتية المتحرك
3. ملف نابضي
4. المؤشر
5. تدرج المقياس



الشكل 4 الدائرة المكافئة للواطميتر
equivalent diagram of wattmeter

يعمل مقياس القدرة (الواطميتر الدائناموميتر) مع التيار المستمر وكذلك مع التيار المتناوب .

دوائر التيار المستمر :

القدرة في دوائر التيار المستمر هي حاصل ضرب التيار في الفولتية ...

$$P = V * I$$

$$T_d \propto I * V$$

عزم الانحراف ...

$$T_d = K * I * V$$

حيث ان :

K - ثابت الجهاز

I - التيار المار في الملف الثابت (ملف التيار)

V - الفولتية خلال الملف المتحرك (ملف الفولتية)

دوائر التيار المتناوب :

القدرة لجهاز واطميتر تيار متناوب احادي الطور ...

$$P_i = I^2 * R_i$$

حيث ان :

P_i - القدرة الضائعة في ملف التيار

R_i - مقاومة ملف التيار

$$P_L = V * I * \cos \theta$$

P_L - القدرة الحقيقية على الحمل (قراءة الواطميتر)

$$P.F. =$$

معامل القدرة (Power Factor)

$$\cos \theta$$

$$S = V * I \text{ (VA)}$$

القدرة الظاهرة

$$\cos \theta = \frac{P_L}{S}$$

القدرة الضائعة في ملف الفولتية

$$P_v = \frac{V^2}{R_v}$$

R_v - مقاومة ملف الفولتية

عزم الانحراف :

$$T_d \propto E * I * \cos \theta$$

$$T_{av} = K * E * I * \cos \theta$$

حيث ان :

T_{av} - عزم الانحراف , معدل الانحراف الزاوي للملف المتحرك (ملف الفولتية)

K- ثابت الجهاز

E - القيمة الفعالة للفولتية (r.m.s.)

I- القيمة الفعالة للتيار (r.m.s.)

θ - زاوية الطور بين التيار والفولتية

مثال 1 : جهاز واطميتر لقياس القدرة احادي الطور يعمل على (200 v) و تيار (2 A) ومقاومة ملف التيار (0.9 Ω)

إحسب القدرة الضائعة في ملف التيار والقدرة الحقيقية المصروفة على الحمل اذا علمت ان عامل القدرة (P.F = 0.8).

الحل :

$$P_i = I^2 * R_i = 2^2 * 0.9 = 36 \text{ w}$$

$$P_L = V * I * P.F = 200 * 2 * 0.8 = 320 \text{ w}$$

مثال 2 : اذا كانت قراءة جهاز الوااطميتر لقياس القدرة احادي الطور (400 w) ويعمل على فولتية (120 v) (وتيار)

(4 A) إحسب زاوية الطور بين التيار والفولتية .

الحل :

$$P_L = V * I * P.F = 120 * 4 * \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{40}{48}$$
$$\theta = 33.9^\circ$$

H.W.

اذا كانت قراءة جهاز واطميتر لقياس القدرة احادي الطور (600 w) ويعمل على فولتية (220 v) , إحسب مقدار التيار

اذا علمت ان زاوية الطور ($\theta = 65^\circ$) .

$$\text{Ans} = 6.462 \text{ A}$$

القيمة العظمى لموجة التيار المتناوب وجهاز الكلامبميتير

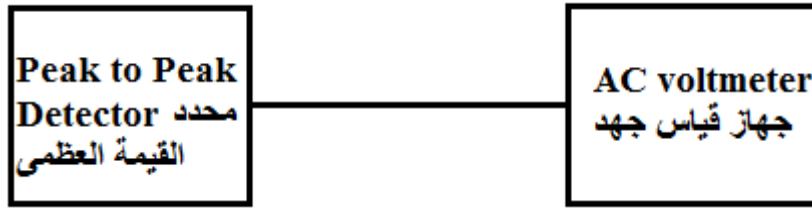
المقدمة

سنتطرق في هذه الوحدة الدراسية الى موضوعين ,الاول هو مقياس القيمة العظمى لموجة التيار المتناوب peak to peak . والموضوع الثاني في هذه الوحدة الدراسية هو جهاز الكلامبميتير لقياس التيار المتناوب لما له من اهمية في الحياة العملية لمن يمارسون ويعملون في المجال الكهربائي والالكتروني.

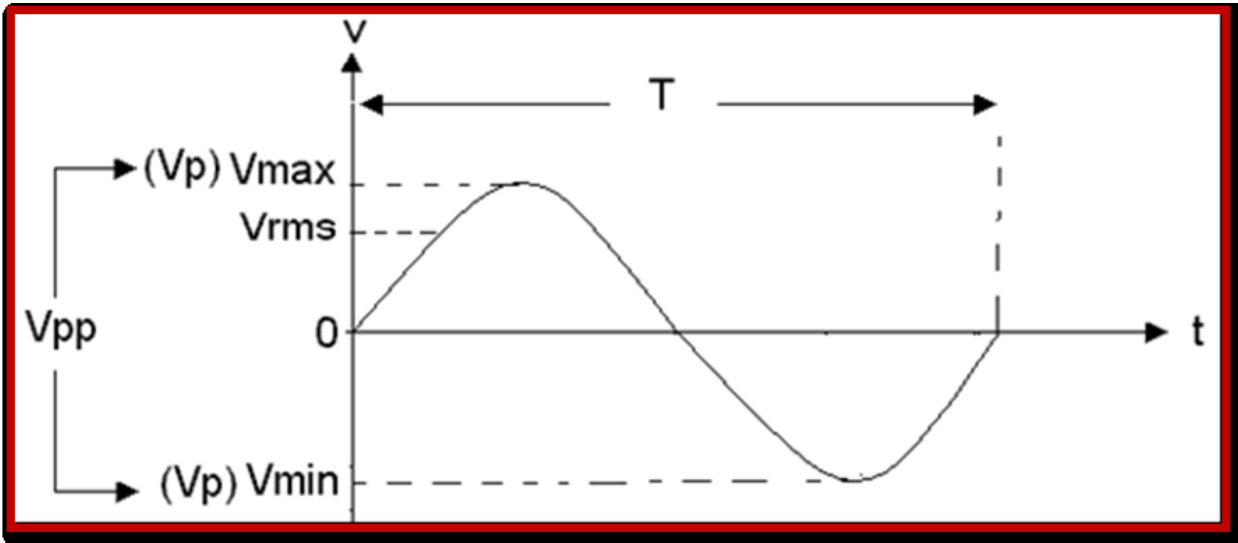
Peak to peak meters

أجهزة قياس القيمة العظمى (قمة-قاع)

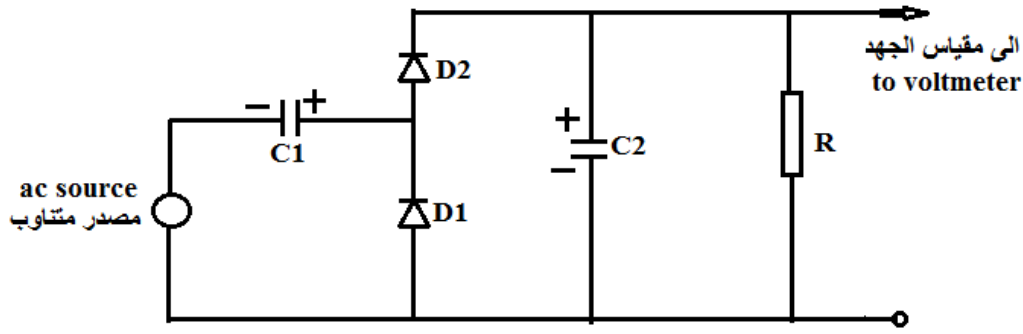
تصمم هذه الاجهزة لقياس القيمة العظمى لاشارات التيار المتناوب والشكل رقم (2) يوضح المخطط الكتلي لهذه الاجهزة .



الشكل رقم (2)



والدائرة العملية لهذا الجهاز مبينة بالشكل رقم (3)



الشكل رقم (3)

مبدأ العمل

خلال نصف الموجة السالب يكون الدايود D1 منحاز انحيازاً امامياً ويتم شحن المكثف C1 وخلال النصف الموجب للموجة يكون الدايود D2 منحاز انحيازاً امامياً وبالتالي فإن المكثف C2 يتم شحنه بالنصف الموجب للموجة بالإضافة الى شحنه المكثف C1 عبر الدايود D2. وبالتالي فإن الجهد المطبق على المكثف C2 يمثل جهد القمة – قاع Peak to Peak وهذا الجهد يمكن قياسه بواسطة جهاز قياس الجهد المتناوب الموصول على طرفي الدائرة .

Clampmeter

جهاز الكلامبميتر لقياس التيار المتناوب

الكلامبميتر هو من الأجهزة التي توضح مقدار الأمبير التيار " المسحوب بواسطة اي جهاز كهربائي و اي اختلاف في القراءة عن الأمبير المقرر أي ان دقة وسلامة الاجهزة الكهربائية تعتمد عليه كأنه يوضح بأن هناك عطل معين يجب البحث عنه وإصلاحه. وكذلك في بعض الاجهزة ايضاً وجود جهاز متعدد القياسات كما مبين بالشكل رقم 4. والشكل رقم 5



الشكل 4 : جهاز متعدد القياسات ويظهر في الطرف اليسر الكلامب ميتر



الشكل رقم 5

المكونات

وكما موضح بالشكل رقم 6 فإن جهاز الكلامبميتر يتكون من :

(Transformer jaws)

(Jaws trigger)

(Rang selector)

(Frequency selector)

(Data hold button)

(Display)

(Safety hand strap)

1- محولة تيار على شكل فكين

2- زنناد الفكين المتحكم بفتح وغلق الفكين

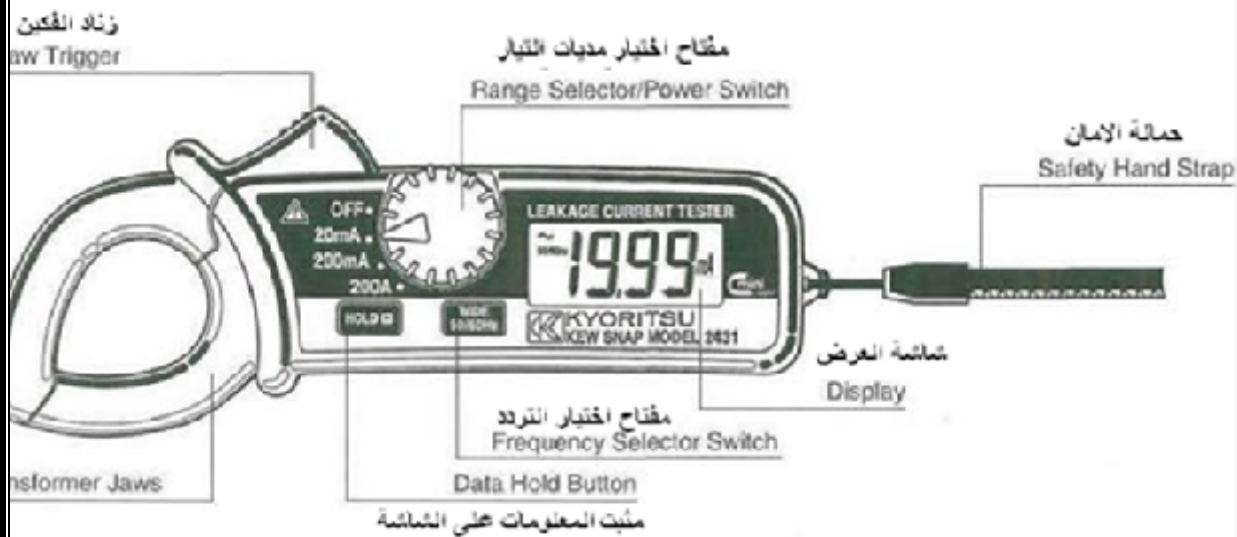
3- مفتاح اختيار مديات التيار

4- مفتاح اختيار التردد

5- مثبت المعلومات على الشاشة

6- شاشة العرض (مقياس قراءة التيار)

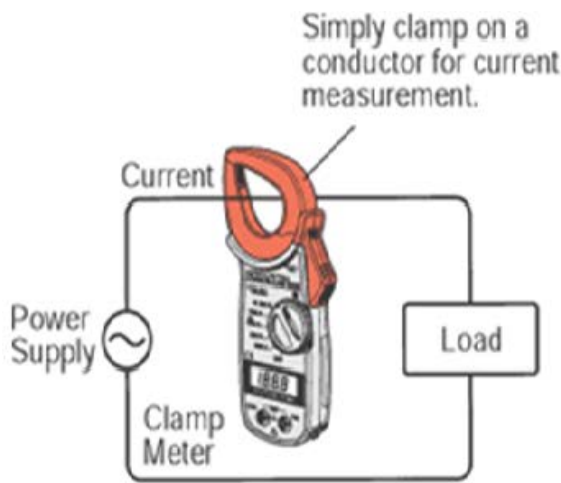
7- حمالة الامان



الشكل رقم 6 مكونات جهاز الكلامبميتر لقياس التيار الكهربائي

مبدأ العمل

الكلابميتير جهاز قياس يتكون من فكين يكون في داخلها الموصل الذي يحمل التيار الكهربائي، ويتم قياس التيار بدون اي اتصال فيزيائي للفكين مع الموصل. وكما موضح بالشكل رقم 8 .



مخطط توضيحي



صورة واقعية

الشكل رقم 8 طريقة استخدام الكلابميتير لقياس التيار

عموما الكلابميتير للتيار المتناوب يستند في مبدأ عمله على محول التيار الذي يستخدم قاعدة ان كل موصل يمر فيه تيار يولد فيض مغناطيسي .

الفكين عبارة عن محول تيار وكأي محول يحتوي على ملف ابتدائي وملف ثانوي ولا يعمل الا على التيار المتناوب ولأي تردد ويصل الى مديات الميكاهرتز. وهنا يمثل الموصل المراد قياس التيار فيه الملف الابتدائي. وكما موضح من خلال الشكل رقم (8) فإن تيار الموصل المراد قياسه I يكون هو التيار الابتدائي لمحول التيار ذو الفكين ومن الطبيعي ان كل موصل يمر فيه تيار يولد حوله فيض مغناطيسي. هذا الفيض بطريقة الحث ينتقل الى الملف الثانوي الذي يقطع ملفات محول التيار CT فيتولد تيار كهربائي بالملف الثانوي هو التيار i تيار الملف الثانوي لانه كل فيض مغناطيسي يقطع ملف يولد فيه تيار . حيث ان من عدد لفات الملف الثانوي N يمكن حساب التيار بالمعادلة التالية

I : Current under Test (Primary Current)

N : Number of Turns on CT Winding

i : Secondary Current on CT

$$i = \frac{I}{N} \text{ (A)}$$

$$I = i * N$$

Electronic Voltmeter

الفولتميتر الالكتروني

يعتبر الفولتميتر الالكتروني من أهم أجهزة القياس الالكترونية ولهذا الجهاز ميزات كثيرة بالنسبة لأجهزة قياس الفولتية الاعتيادية فمقاومته الداخلية وحساسيته عالية جدا ومنطقة التردد التي يشتغل فيها واسعة وتم الاستعاضة عن الصمام بالترانزستور أو الدوائر المتكاملة. لذا فإن تسمية الفولتميتر الالكتروني تشمل كل طرق التكبير والتعديل (التوحيد) او كلاهما لقياس فولتية التيار المتناوب أو فولتية التيار المستمر. تصمم الفولتميترات الالكترونية لقياس الفولتيات العالية بحدود مئات الفولتات أو آلاف الفولتات. الفولتميتر الالكتروني له استجابة سريعة ومرونة لقراءة القياس.

تصنيف الفولتميتر الالكتروني

يصنف الفولتميتر الالكتروني (الشكل رقم 1) من حيث توليد العزم أو التكبير لعزم الانحراف في الملف المتحرك والمغناطيس الثابت إلى :

1. الفولتميتر الالكتروني الترانزستوري
2. الفولتميتر الالكتروني بأستخدام مكبر العمليات.

يعمل الفولتميتر الالكتروني على التيار المستمر والتيار المتناوب . سابقا تم استخدام الصمام المفرغ في ترقية الفولتميتر الالكتروني وسمي الفولتميتر الالكتروني ذو الصمام المفرغ (VTVM) وهي مختصر (Vacuum Tube Voltmeter Measurement) . ولكن بعد اكتشاف الالكترونيات الجديدة مثل الترانزستور والمكبرات والدوائر المتكاملة تم الاستغناء عن الصمام المفرغ . وحاليا أغلب الفولتميترات الالكترونية هي النوع الترانزستوري (TVM) وهي مختصر

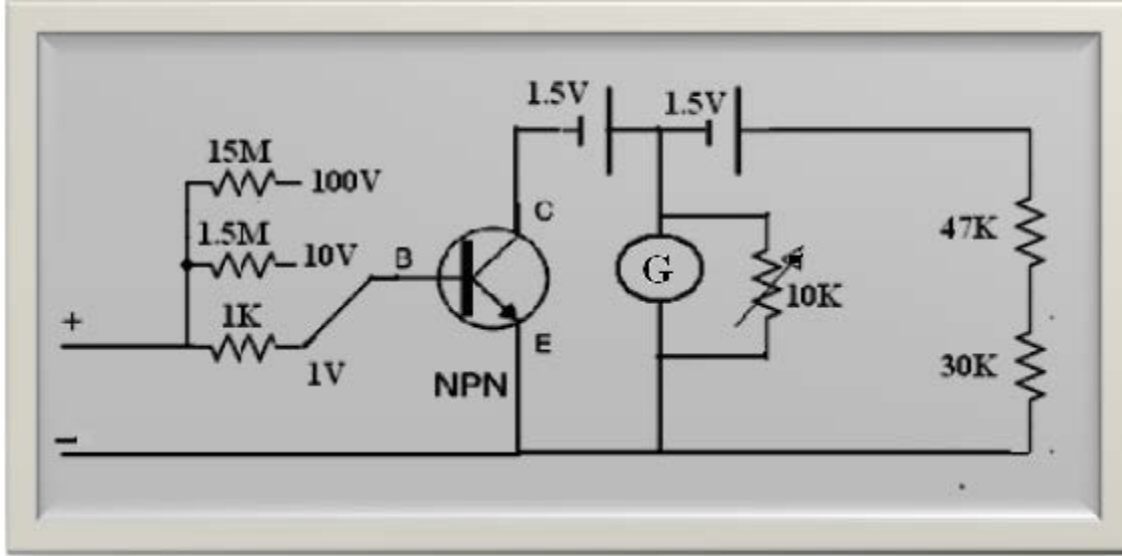
(Transistorized Voltmeter Measurement) .



الفولتميتر الالكتروني

الشكل رقم 1

عبارة عن فولتميتر ترانزستوري بسيط للتيار المستمر يحتوي في تركيبه على ترانزستور نوع والدائرة الالكترونية موضحة بالشكل رقم 2 .



الدائرة الالكترونية للفولتميتر الترانزستوري

الشكل رقم 2

ويمكن فهم اشتغال الدائرة بتذكر توصيلة الباعث المشترك, حيث يتطلب الترانزستور كمية قليلة من التيار الداخل.

يكون اكبر مدى لمقاومة الداخل ($15 M\Omega$) .

قبل استعمال الجهاز يجب ضبط الصفر, ويمكن ضبط حساسية الجهاز عن طريق توصيل فولتية معلومة بإطراف الداخل وذلك لحساسية الترانزستور حيال درجات الحرارة.

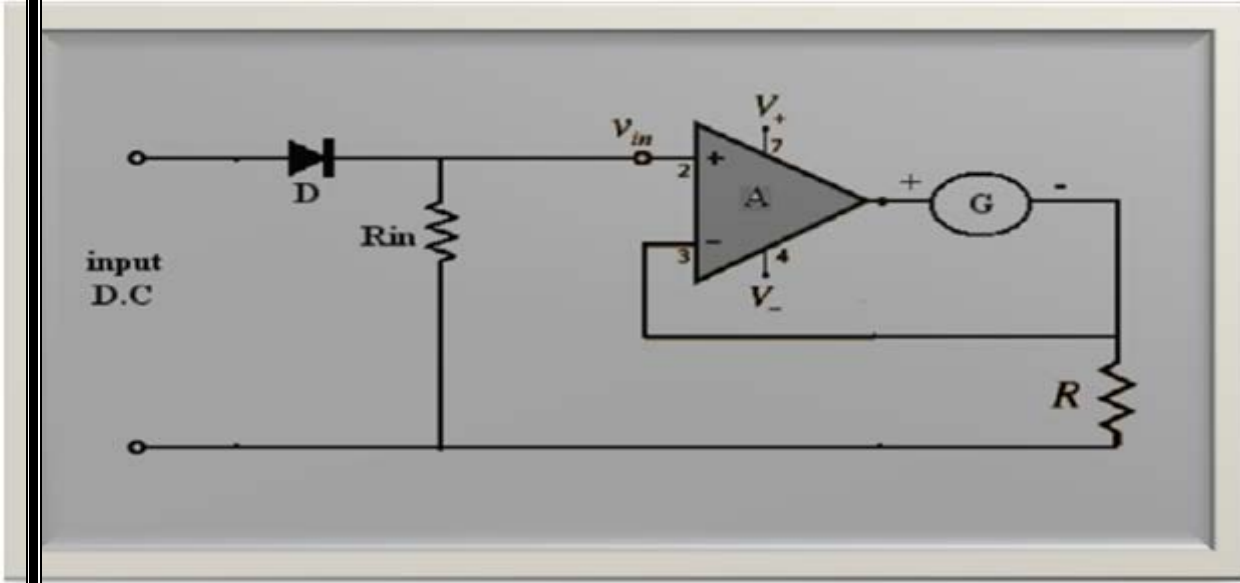
ويمكن تثبيت ماص الحرارة (Heat Sink) وبخلافه فان التغير بدرجات الحرارة يسبب انعدام التوازن في المقياس نتيجة توليد تيار التسرب (Leakage Current) .

يمكن إن يأخذ ماص الحرارة شكل زعنفة تبريد معدنية تثبت حول الترانزستور والتي تكون موصلًا حراريًا جيدًا مع كمية كبيرة من المعدن المبرد أو يمكن تثبيت الترانزستور في ثقب محفور في قضيب من النحاس الأصفر.

إن استعمال الترانزستور في درجة حرارة أعلى من حرارة الغرفة أمر غير مرغوب فيه لأنه يؤدي إلى إتلاف الترانزستور .

الفولتميتر الالكتروني باستخدام مكبر العمليات.

المقياس الالكتروني للجهد المتناوب يشابه المقياس الالكتروني للجهد المستمر على إن توحيد موجة التيار المتناوب إلى تيار مستمر وذلك باستخدام ثنائي توحيد قبل دائرة المكبر والكلفانوميتر. يمكن قراءة القيمة المؤثرة للموجة الجيبية بواسطة هذا المقياس الذي يتناسب انحراف مؤشره مع متوسط القيمة للموجة. (الشكل رقم 3) يمثل الدائرة الالكترونية للفولتميتر الالكتروني باستخدام مكبر العمليات.



الشكل رقم 3 الدائرة الالكترونية للفولتميتر الالكتروني باستخدام مكبر العمليات

Electronic Multimeter

متعدد القياسات الالكتروني (الملتيميتر)

ويوجد نوعين من مقياس متعدد القياسات (الملتيميتر) (الشكل رقم 4) :

النوع الاول : المقاييس التماثلية (Analog Multimeter) وهي تبين القيمة المقاسة عن طريق ابرة مؤشر تتحرك لتشير على قيمة معينة بشكل تقريبي نسبي .

النوع الثاني : المقاييس الرقمية (Digital Multimeter) وهذا النوع يظهر لنا قيمة القياس على شاشة على هيئة أرقام وبذلك تكون نتيجة القياس دقيقة جدا .

مكونات متعدد القياسات الالكتروني

يتألف متعدد القياسات من دوائر لقياس الجهد والمقاومة والتيار ويتألف بصورة عامة كجهاز قياس

من:

- I. مكبر التيار المستمر ذي القنطرة المتزنة مع كلفانوميتر.
- II. مجزئ جهد عند الإدخال مع مفتاح المديات لتحديد قيمة الجهد المطلوب قياسه ونوع المدى الملائم .
- III. دائرة موحدات لتقويم الإشارات المتناوبة إلى جهد مستمر عند استخدامه في قياس الجهود المتناوبة.

- IV. بطارية داخلية مع دوائر إضافية لاستخدامه في قياس المقاومات.
- V. مفتاح اختيار نوع القياس لاختيار نوع القياس المطلوب كمقياس جهد ,مقاومة ,تيار,.....الخ.



الشكل رقم 4

المليمتير من الأجهزة الهامة جدا بالنسبة لأي ورشة أجهزة الكترونية وبالنسبة لأي معمل الكترونيات حيث بإمكانه قياس الجهد المستمر من صفر الى آلاف الفولتات والجهد المتغير من صفر الى آلاف الفولتات .

الاعتبارات في اختيار الفولتميتر الالكتروني

عند اختيار مقياس الجهد المتناوب الالكتروني (الفولتميتر) لقياس جهد في دائرة ما يجب ان تؤخذ العوامل التالية بنظر الاعتبار:

1. ممانعة الإدخال : يجب ان تكون ممانعة الإدخال لمقياس الجهد أعلى من ممانعة الدائرة المطلوب قياس جهدها ' لأبعاد تأثير الحمل على الدائرة مثلاً يمكن قياس الجهد على مقاومة مقدارها ($10k\Omega$) بواسطة فولتميتر ذو مقاومة ادخال ($10M\Omega$) دون ان يكون لتأثير الحمل دور كبير على القياس .

2. مدى الجهد (مديات الفولتية): ان تدرج المقياس له أهمية كبيرة لأنه يحقق الدقة المطلوبة في القياس .

لذا يجب ان تكون أجزاء التدرج مجزأة بصورة دقيقة مثلاً لكل 1 فولت له 100 جزء على التدرج بحيث يمكن قراءة 1 / 100 من الفولت.

3 . حساسية الجهاز: تتناسب شدة الضوضاء مع عرض الحزمة حيث يمكن لمقياس ذو مدى ترددي عالي أن يلتقط إشارات الضوضاء ويعمل على قياسها ' مثلاً الفولتميتر ذو المدى الترددي من (10Hz) الى (10 MHz) يكون حساساً لقياس (1mv) ويمكن أن تتحسن الحساسية الى (100Mv)

للمقياس ذو المدى الترددي (10Hz - 5MHz) .

4.البطارية : من الضروري اختيار أجهزة قياس الجهد (الفولتميتر) تعمل بالبطارية حيث يمكن استخدامها وحملها الى اي مكان.

قياس زاوية الطور وأشكال ليساجوس

المقدمة

يعرف جهاز راسم الإشارة بأنه نوع من أنواع أنبوب أشعة المهبط (CRT) (Tube Cathode Ray). وهو من الأجهزة الهامة في مجال القياسات الكهربائية و الالكترونية (الشكل رقم 1) حيث انه يمكن الشخص من تقييم شكل موجة الإشارة بطريقة بصرية حيث تظهر صورة موجة الإشارة على شاشة أنبوبة المهبط (CRT) . وفي مجال دوائر التيار المتناوب يمكن للشخص من اختيار شكل الموجة عند نقاط عديدة في الدائرة الكهربائية و كذلك قياس قيمة الإشارة من قيمة عظمى إلى قيمة دنيا (Peak to Peak) . ويمكن للشخص أيضا استخدام الجهاز في قياس قيمة التردد (frequency) و زاوية الطور (phase angle) وكذلك ملاحظة اتزان دوائر القناطر .



الشكل رقم 1 جهاز راسم الإشارة (الاوسكوب)

Lissajous Figures

أشكال ليساجوس

وهي أشكال تظهر على شاشة جهاز الاوسكوب تتكون عندما يتم تسليط موجات (فولتيات) جيبية إلى ألواح الانحراف العمودي والأفقي للجهاز . والتردد في الإشارة الأفقية هو نصف التردد في الإشارة العمودية. وتستخدم لقياس زاوية الطور والتردد

Phase Shift Measurement

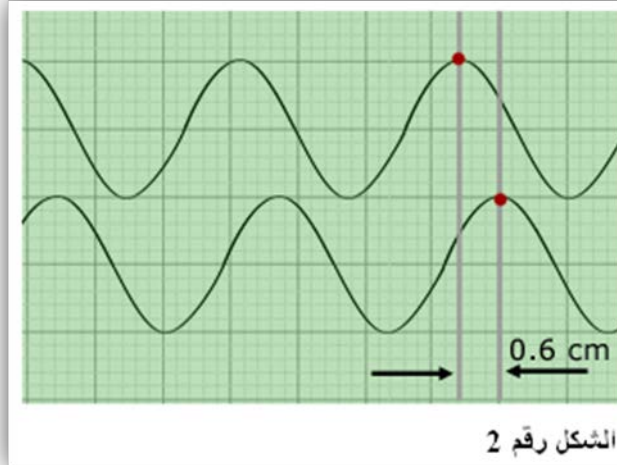
قياس زاوية الطور

1. في الحالة الاعتيادية لقياس زاوية الطور بواسطة الاوسكوب وبظهور موجتي إشارة على شاشة الجهاز والمراد قياس زاوية الطور بينهما . نقيس على محور الزمن الفرق بينهما بالسنتيمترات phase difference, ثم نقيس مقدار طول الموجة (period) (wavelength) وبتطبيق القانون التالي نحصل على زاوية الطور

بوحدة القياس (radian):

$$\text{phase diff. (rads.)} = \frac{\text{phase diff. (cm)}}{\text{wavelength (cm)}} \times 2\pi$$

مثال 1 : موجتان جيبية ظهرت على شاشة الاوسلوسكوب كما في (الشكل رقم 2) وكان فرق الطور بينهما 0.6 cm والطول الموجي 3.1 cm احسب زاوية الطور بينهما مقاسة بوحدة الراد .



Solution

The phase difference is 0.6 cm

The wavelength is 3.1 cm

$$\text{phase diff. (rads.)} = \frac{\text{phase diff. (cm)}}{\text{wavelength (cm)}} \times 2\pi$$

$$\theta = (2 \pi \times 0.6)/3.1 = 1.2 \text{ rads.}$$

2 يمكن الاستعانة بصيغة التشغيل المتعامد لقياس زاوية الطور بين إشارتي فولتية ذات تردد متشابه وذلك عند ربطهما الى مضخمات الانحراف العمودية والأفقية ونتيجة لذلك نحصل على شكل اهليلجي (elliptical pattern) أو خط مستقيم لأشكال ليساجوس (الشكل رقم 3, 4) وبتطبيق القانون التالي :

$$\sin \theta = \frac{OB}{OA}$$

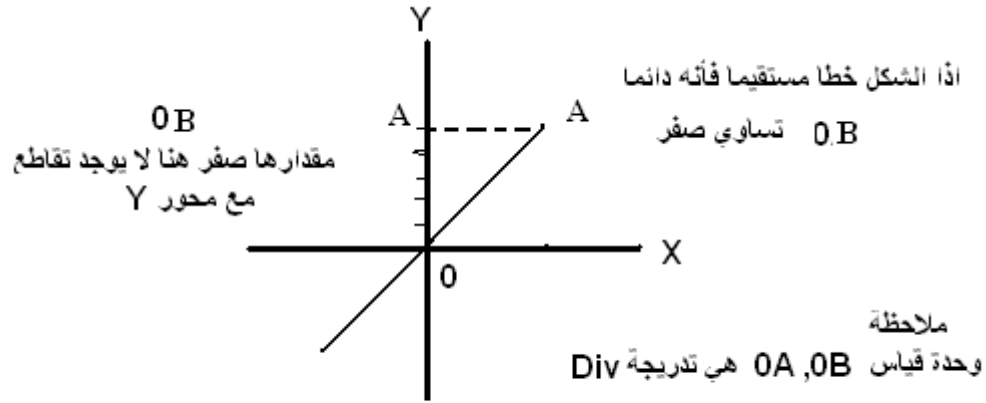
إذا كان الشكل يقع في المربع الاول والثالث

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{OB}{OA}\right)$$

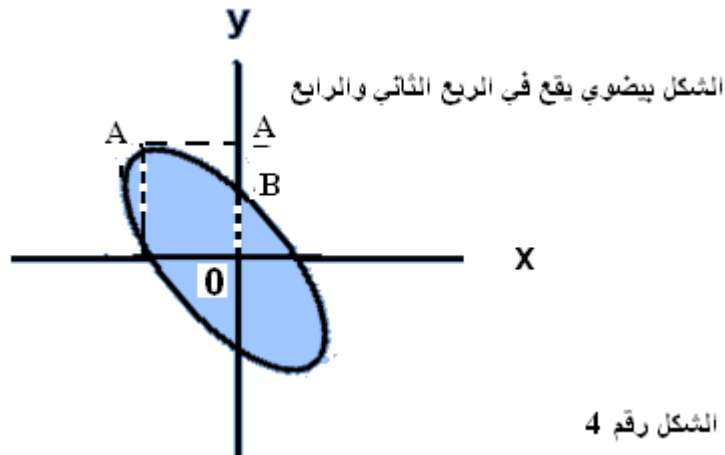
إذا كان الشكل يقع في المربع الثاني والرابع

$$\theta = 180 - \sin^{-1}\left(\frac{OB}{OA}\right)$$

حيث أن OB تقاطع شكل ليساجوس مع محور y (محور الفولتية او التيار) ويمثل عدد التدريجات من نقطة الصفر 0 .
بينما OA يمثل المسافة (التدريجات) من الصفر الى اعلى نقطة بالشكل.



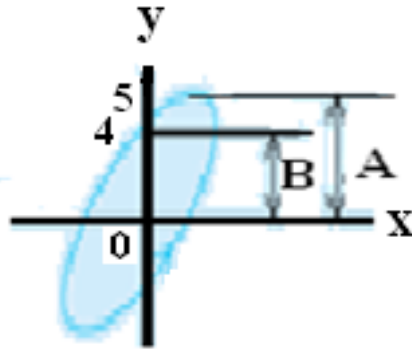
الشكل رقم 3



الشكل رقم 4

مثال 2

عند تشغيل الراسم بصيغة التشغيل النتعامد لقياس زاوية الطور بين اشارتين لهما تردد متشابه ظهر شكل اهليلجي على الشاشة (الشكل رقم 5) وعند القراءة ($0B = 4 \text{ Div}, 0a = 5 \text{ Div}$) أحسب زاوية الطور.



الشكل رقم 5

Solution

شكل ليساجوس يقع بالمربع الاول والثالث

$$\theta =$$

إذا كان الشكل يقع في المربع الاول والثالث

$$\sin^{-1}\left(\frac{OB}{OA}\right)$$

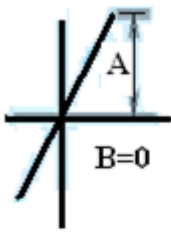
$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{4}{5}\right)$$

$$\theta = \sin^{-1} 0.8$$

$$\theta = 53.13^\circ$$

3. يمكن قياس زاوية الطور بين فولتيتين جيبيتية وذلك بتسليطهما على صفائح (X) و (Y) لجهاز الاوسكوب ويكون الشكل الناتج هي أشكال ليساجوس Lissajous Figures الخاصة ويمكن ايضا تطبيق القوانين اعلاه عليها. (الشكل رقم 6)

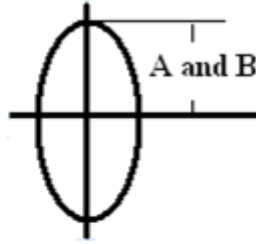
phase
difference = 0



phase
difference = 45°



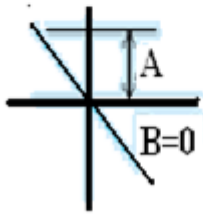
phase
difference = 90°



phase
difference = 135°



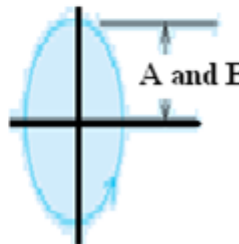
phase
difference = 180°



phase
difference = 225°



phase
difference = 270°



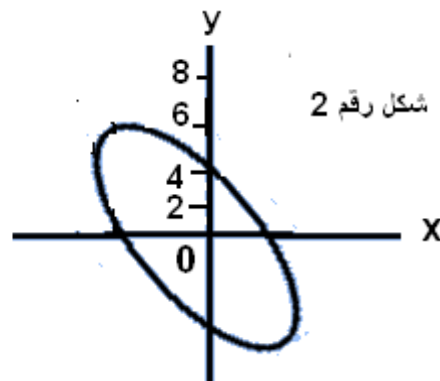
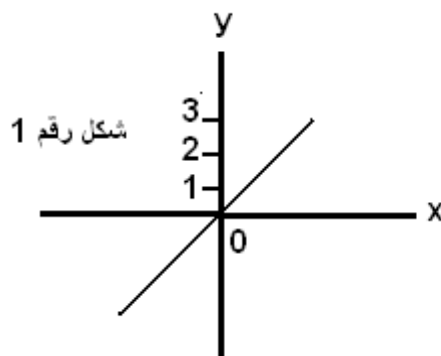
phase
difference = 315°



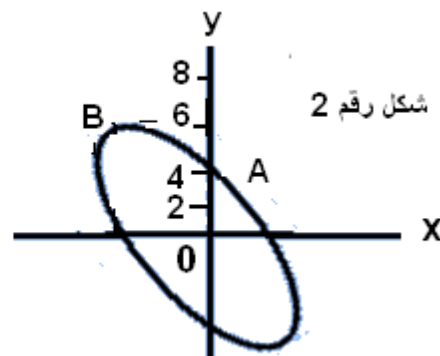
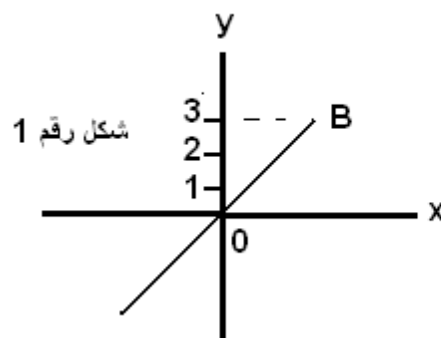
الشكل رقم 6

مثال 3 :

عند تشغيل الراسم لقياس زاوية الطور بين اشارتين ظهرت الأشكال التالية, جد فرق الطور لكل حالة.



Solution



$$\theta = \rightarrow \theta = \sin^{-1}\left(\frac{0}{3}\right) \rightarrow \theta = \sin^{-1}0 \quad 1/ \quad \theta = \sin^{-1}\left(\frac{0A}{0B}\right) \quad 0^\circ$$

$$2/ \quad \theta = 180 - \sin^{-1}\left(\frac{0A}{0B}\right) \rightarrow \theta = 180 - \sin^{-1}\left(\frac{4}{6}\right) \rightarrow \theta = 138.71$$

Measurement of frequency

قياس التردد

I. في الحالة الاعتيادية لايجاد تردد الموجة بواسطة راسم الاشعة الكاثودية (الاوسلوسكوب) يتم ايجاد الزمن الدوري للموجة (T) على شاشة الجهاز. وبعد ذلك نجد التردد (مقلوب الزمن)

ويتم ايجاد T على المحور الافقي للشاشة (X) محور الزمن (عدد المربعات لموجة كاملة مضروباً في تدريجة مقسط الزمن) .

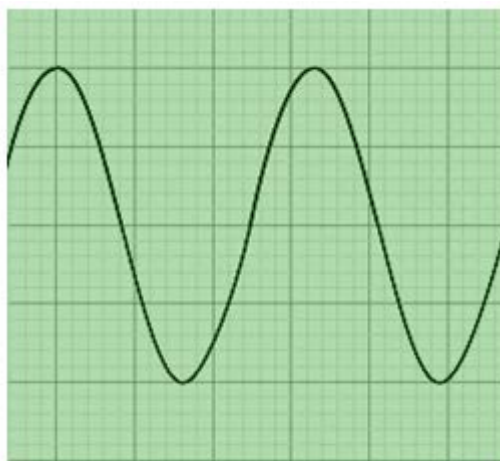
$$T = (\text{horizontal dist. on screen in cm}) \times (\text{time-base setting})$$

التردد F هو مقلوب الزمن T ويقاس بالثانية S والتردد يقاس بوحدة الهرتز Hz

$$T = \frac{1}{f}$$

مثال 3

أحسب مقدار التردد للشكل رقم 7 لموجة جيبية على شاشة الراسم (لكل مربع 1cm) فكانت مسافة الموجة الكاملة على محور الزمن 3.3cm وقسط الزمن للجهاز على وضع 2ms/cm .



الشكل رقم 7

Solution

الزمن الدوري للموجة T يقاس بوحدة الثانية لذا يجب تحويل التدريج من ملي ثانية إلى الثانية

If the time-base is 2ms/cm (2×10^{-3} sec./cm), then the period (T) is:

$$T = 3.3 \times 2 \times 10^{-3} = 6.6 \times 10^{-3} \text{ sec.}$$

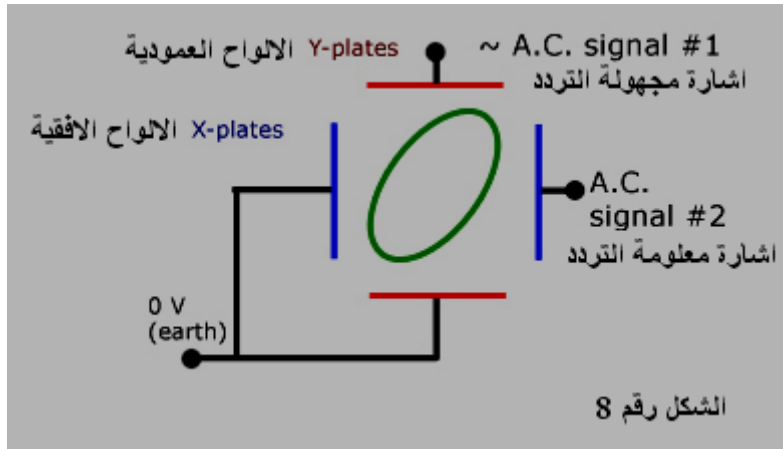
$$F = 1 / T$$

$$F = 1 / 6.6 \times 10^{-3}$$

Hence the frequency (f) is:

$$F = 151.5 \text{ Hz}$$

4 . الطريقة الاخرى لايجاد التردد وهي بواسطة أشكال ليساجوس التي تظهر على شاشة جهاز راسم الأشعة الكاثودية (الاوسلوسكوب) .حيث تربط الإشارة التي ترددها مجهول (إشارة تيار متناوب) إلى مدخل الألواح العمودية للراسم (Y) (الشكل رقم 8) , وتربط إشارة ترددها متغير معلوم مأخوذة من مولد تردد معتمد إلى مدخل الألواح الأفقية (X) , سوف يظهر شكلا مستقلا على الشاشة (أشكال ليساجوس) مبينا إن تردد الإشارتين متساوي.

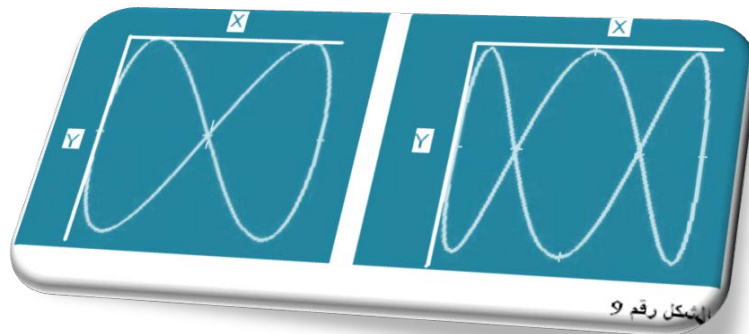


أما في حالة وجود نسبة بين الترددين فإن شكلا من أشكال ليساجوس يظهر على الشاشة وتكون على شكل ثمانية باللغة الانكليزية (كما في الشكل رقم 9) .
او أشكال أخرى (كما في الشكل رقم 10) فنطبق العلاقة التالية بين الترددين ونسب الحلقات العمودية والأفقية.

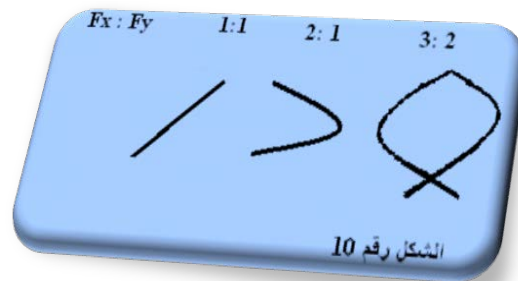
$$\frac{Y}{X} = \frac{f_x}{f_y}$$

f_x = تردد الإدخال الأفقي

المقاطع = عدد المماسات الأفقية x = عدد المماسات العمودية (المقاطع) y = تردد الإدخال العمودي f_y



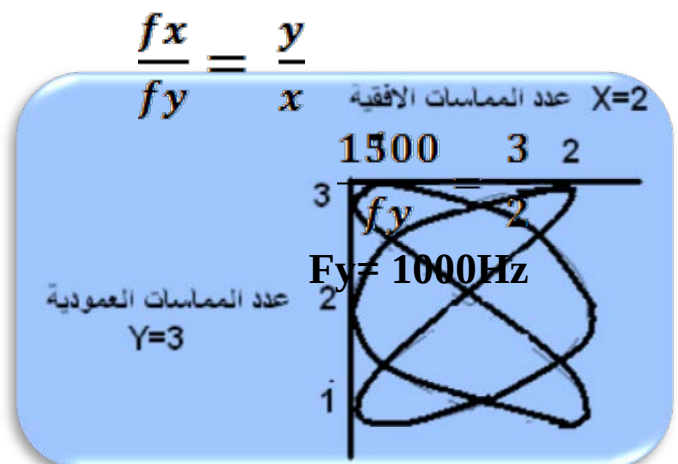
تعطي النسب المختلفة للتردد صوراً مختلفة وبهذه الطريقة يمكن تمييز التردد المجهول بنسب بسيطة عن التردد المعلوم الأول.



مثال 4 :

يملك أحد أشكال ليساجوس ثلاثة مقاطع في الاتجاه العمودي ومقطعين الاتجاه الأفقي , إذا علمت إن تردد الإدخال الأفقي 1500Hz أحسب التردد في الإدخال العمودي. موضحاً بالرسم.

Solution



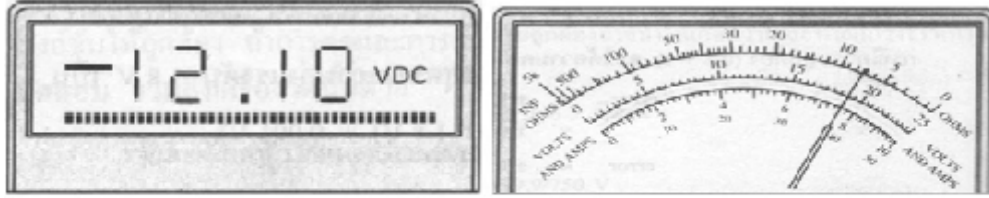
Digital Voltmeter

Introduction

الفولتميتر الرقمي

المقدمة

أجهزة القياس الالكترونية تكون على نوعين وهما :
أجهزة القياس الالكترونية التناظرية و تستعمل مقاييس طريقة التأشير (أي وجود تدريج ومؤشر) .
والنوع الثاني هو الأجهزة الرقمية وهي الشائعة الاستعمال بسبب الدقة الكبيرة وسرعة القراءة (وجود
عداد رقمي مباشر لإظهار مقدار القياس). (أنظر الشكل رقم 1)



جهاز قياس الكتروني رقمي

جهاز قياس الكتروني تناظري

الشكل رقم 1

المقاييس الرقمية

يمكن بواسطة المقاييس الرقمي قراءة الجهود والتيارات المستمرة والمتناوبة كما يمكن قياس المقاومة
ايضا. يعمل المقاييس الرقمي على عرض الكمية المقاسة بشكل رقم عددي أفضل بكثير من قراءة انحراف
المؤشر على لوحة التدريج.

مميزات أجهزة القياس الرقمية

- 1 - الدقة المطلقة : نسبة الخطا قليلة جدا .
- 2 - الاستقرار في العمل ودقة القراءة لا تتأثر بالتأثيرات الخارجية .
- 3 - مقاومة الإدخال تقل عن 10 مايكرواوم وسعة الإدخال لا تزيد عن 40 بيكوفاراد .
- 4 - تتم معايرة الجهاز ذاتيا .
- 5 - إمكانية ربطه بالحاسوب .
- 6 - ذات حجم ووزن مناسب بسبب التطور الحاصل في تصنيع الدوائر المتكاملة.

Digital Voltmeter

الفولتميتر الرقمي

هو جهاز قياس الكتروني شائع الاستعمال بسبب دقته العالية وسهولة وسرعة قراءته, حيث تظهر نتيجة
القياس بشكل أرقام متسلسلة على العارضة الرقمية.

إن أساس عمل الفولتميتر الرقمي (مثل بقية الاجهزة الرقمية) يعتمد على مبدأ التحويل وتكون عملية
اشتغاله على أساس تحويل الفولتية المراد قياسها من اشارة تناظرية إلى اشارة رقمية ثم يتم التعامل معها
بواسطة دوائر مصممة خصيصا لحساب مقدار الجهد الذي تمثله الإشارة الرقمية.

يعتبر مقياس الجهد الرقمي الأساس في المقاييس الرقمية بعد إجراء بعض التحويلات عليه يمكن
استخدامه في قياس التيار أو المقاومة أو بعض الكميات الفيزيائية الأخرى , وهو ما يعرف بجهاز المولتيميتر
الرقمي (الشكل رقم 2) من الأجهزة الشائعة الاستخدام اليوم وكلفته تعتبر قليلة. ولابد وان لاحظ
الطالب مثل هذا الجهاز وخاصة في المختبرات الدراسية خلال سنوات دراسته , او بالورش الكهربائية

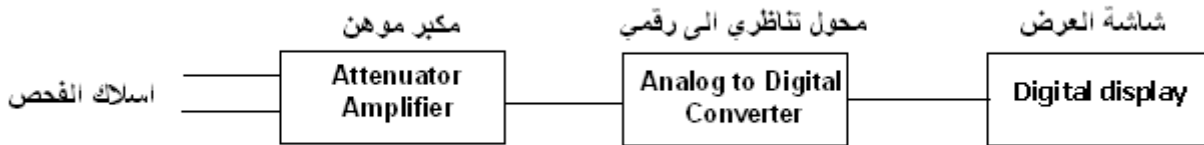


جهاز متعدد القياسات الرقمي Digital Multimeter
الشكل رقم 2

المخطط الكتلي للفولتميتر الرقمي

من خلال أسلاك الفحص تدخل الفولتية المطلوب قياسها إلى مكبر (amplifier) (انظر الشكل رقم 3) ثم إلى محول تناظري يعمل على تحويل الإشارة التناظرية إلى إشارة رقمية مكافئة ومن أبسط طرق التحويل طريقة التحويل الآني وتعتمد على عدد من دوائر المقارنة، وتقبل هذه المنظومة إدخالاً تناظرياً بين الصفر و (+V) فولت. إن عدد دوائر المقارنة يزداد بزيادة عدد الأرقام الثنائية المطلوبة. ثم بعد ذلك يتم عرض القراءة على شكل أرقام على شاشة العرض .

Digital voltmeter



المخطط الكتلي للفولتميتر الرقمي

الشكل رقم 3

أنواع من المقياس الرقمي للجهد (الفولتميتر الرقمي)

- 1 - المقياس الرقمي للجهد ذو الإشارة الخطية المائلة.
- 2 - المقياس الرقمي للجهد المتكامل.
- 3 - المقياس الرقمي للجهد ذي الاتزان المستمر.

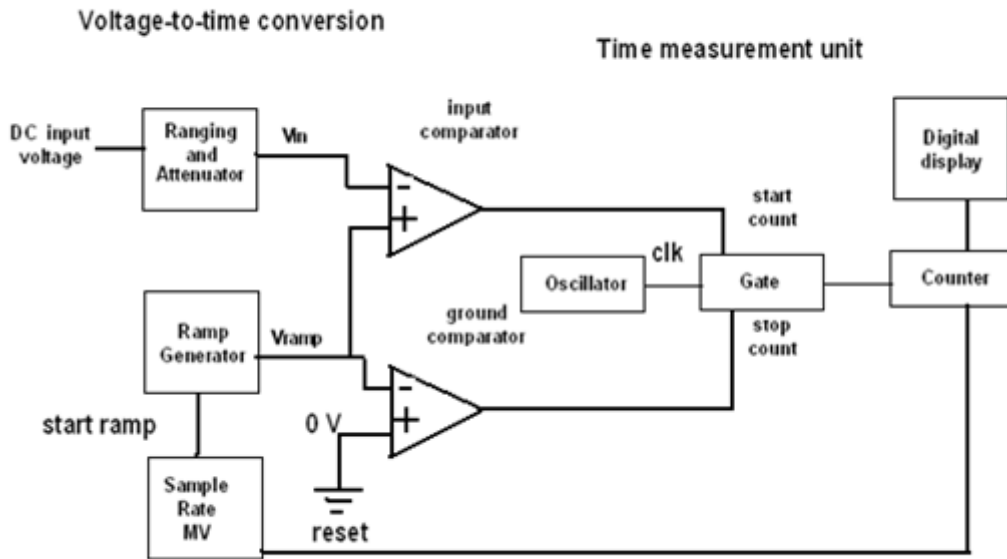
المقياس الرقمي للجهد ذو الإشارة الخطية المائلة.

Digital Voltmeter with linear Ramp Signal ان مبدأ عمل هذا النوع من المقياس يعتمد على قياس الزمن الذي تستغرقه موجة خطية مائلة لترتفع من الصفر الى مستوى جهد الإدخال . او انتحدر من جهد الإدخال الى مستوى الصفر. يتم قياس هذا الزمن بما يسمى بمعداد وصلة الزمن الالكتروني.

كيف يعمل المقياس الرقمي للجهد ذو الإشارة المائلة

عند بدأ القياس تسلط موجة خطية مائلة (صاعدة او نازلة) تقارن بصورة مستمرة مع جهد الإدخال المجهول اي الفولتية المطلوب معرفة قيمتها بواسطة دائرة مقارنة جهد الإدخال. في اللحظة التي يتساوى فيها جهد الإدخال المجهول مع جهد الإشارة المائلة تولد دائرة المقارنة نبضة تعمل على فتح بوابة معينة. (انظر المخطط الكتلي للمقياس الشكل رقم 4) تستمر الموجة الخطية المنحدرة بالانخفاض مع الزمن حتى يصل جهدها الى الصفر فولت (او جهد الأرضي) فتعمل دائرة مقارنة الجهد الأرضي على توليد نبضة أخرى تعمل على غلق البوابة. يعمل المهزاز على توليد نبضات توقيت تمر من خلال البوابة الى دائرة المعداد (المؤلفة من عدد من المعدادات العشرية) التي تحسب عدد النبضات المارة من خلال البوابة وتعرضها بواسطة وحدة القراءة الرقم المقروء يمثل جهد الإدخال المطلوب قياسه . لاحظ ان المخطط الكتلي لمقياس الجهد الرقمي ذو الإشارة الخطية المائلة (الشكل رقم 4) يتكون من جزأين هما محول الفولتية الى زمن (voltage to time conversion) والجزأ الاخر هو وحدة قياس الزمن (Time measurement unit).

Ramp-type Digital Voltmeter



المخطط الكتلي لمقياس الجهد الرقمي نوع الإشارة الخطية المائلة

الشكل رقم 4

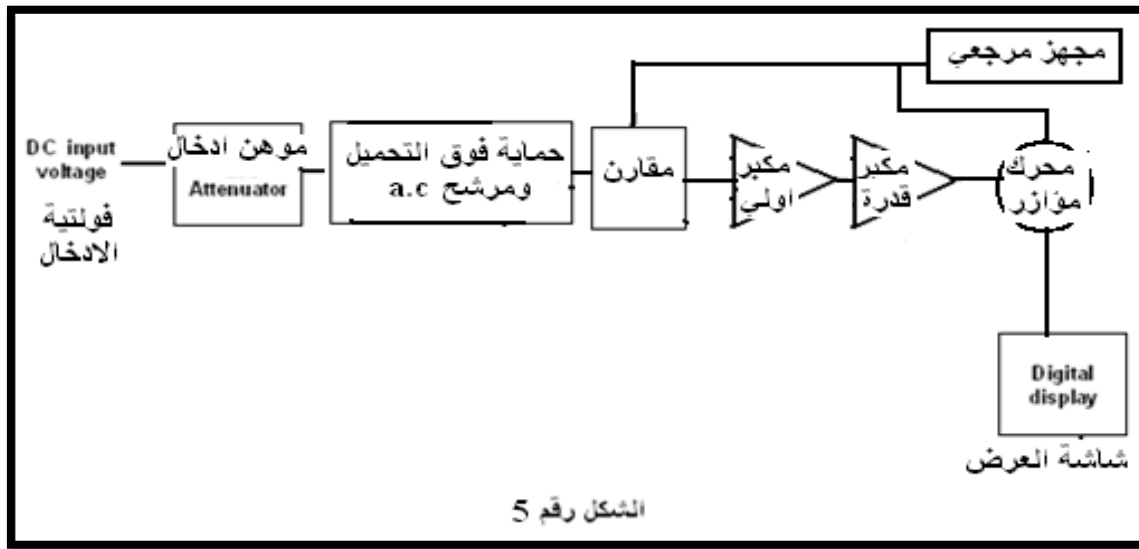
Integral Digital Voltmeter

المقياس الرقمي للجهد نوع المتكامل

يستخدم هذا المقياس لأداء وظيفته كمحول من الجهد الى تردد والذي يستخدم كدائرة تغذية عكسية للسيطرة على معدل توليد النبضات بشكل يتناسب مع جهد الادخال (الفولتية المطلوب قياسها) .

المقياس الرقمي للجهد نوع ذو الاتزان المستقر

(الشكل رقم 5) يبين المخطط الكتلي لهذا المقياس ,حيث يطبق جهد الإدخال أولاً على دائرة المضائلة ثم يمر الجهد المطلوب قياسه خلال دائرة حماية من إفراط الجهد ودائرة ترشيح الجهد المتناوب ثم إلى أحد طرفي المقارن التي إخراجها موجة مربعة ,
بينما الطرف الآخر من المقارن يوصل إلى محرك موازر ومجهز مرجعي. يتم تضخيم الموجة المربعة بواسطة المكبر الأولي ثم بواسطة مكبر القدرة لكبح الترددات الرنينية التي قد تظهر في إخراجها لتتناسب مع الإدخال المطلوب للمحرك الموازر.
عند استلام المحرك الموازر الموجة المربعة يعمل على تحريك مؤشر عشري (0 - 9) إن موقع إدارة المحرك يتناسب مع جهد الإدخال وعليه فأن قراءة المؤشر العشري تمثل جهد الإدخال المستمر (قراءة الفولتية المجهولة).
يمتاز هذا النوع بمقاومة إدخال عالية ($10M\Omega$) , قلة تكاليفه , نسبة الخطأ بحدود (0.1 %).



الشكل رقم 5

يستعمل ثنائيان فقط في هذه الدائرة لتكوين موحد الموجة الكاملة وترتبط الحركة بحيث تستقبل نصف التيار الموحد فقط . يوصل الشنائي (D_1) خلال نصف الدورة الموجب لموجة الإدخال فقط , وبسبب انحراف المقياس بصورة تتناسب مع القيمة المتوسطة لنصف الدورة هذه . تربط مقاومة التوازي (R_{sh}) مع الحركة بحيث يسحب تيار أكثر خلال الشنائي (D_1) ويسحب بدوره نقطة إشتغال الشنائي الى الجزء الخطي من منحنى الخواص . في غياب الشنائي (D_2) , يجهز نصف الدورة السالب لفولتية الادخال فولتية عكسية عبر الشنائي (D_1) , مسببا بذلك تيارا تسرييا صغيرا في الاتجاه المعاكس وتكون القيمة المتوسطة للدورة الكاملة اقل مما تكون عليه في توحيد نصف الموجة . يتعامل الشنائي (D_2) مع هذه المشكلة ويوصل (D_2) خلال نصف الدورة السالب بقوة ويمر التيار المار خلال دائرة القياس الذي يكون في الاتجاه المعاكس في هذه الحالة .

بما ان مركبة التيار المستمر لنصف الدورة الموحدة للموجة الجيبية تساوي (0.45) من القيمة الفعالة (r.m.s.) ولذا تظهر مشكلة مباشرة . لغرض الحصول على نفس الانحراف على مديات الفولتية المستمرة والمتناوبة , يجب خفض مضاعف مدى الفولتية المتناوبة بنفس النسبة .

مثال : لحركة المقياس مقاومة داخلية قيمتها (100Ω) وتحتاج الى تيار مستمر قيمته (1mA) لانحراف المقياس الكامل . وضعت مقاومة توازي (R_{sh}) قيمتها (100Ω) عبر الحركة . فاذا كان معدل المقاومة الامامية لكل من الشنائين (D_1 & D_2) يساوي (400Ω) مع افتراض مقاومة قيمتها ما لانهاية في الاتجاه العكسي . لمدى الفولتية (10 v) إحسب :

1. قيمة مقاومة المضاعف (R_s) .

2. حساسية الفولتميتر لمدى الفولتية المتناوبة .

الحل : (1) بما ان المقاومة (R_m) والمقاومة (R_{sh}) قيمة كل منهما (100Ω) اذن التيار الكلي المسحوب من المصدر للحصول على الانحراف الكامل يجب ان يساوي :

$$I_t = 2 \times 1mA = 2 mA$$

في دائرة موحد نصف الموجة تعرف مركبة الجهد المستمر (E_{dc}) بدلالة القيمة الفعالة من المعادلة التالية :

$$E_{dc} = 0.45 E_{r.m.s.} = 0.45 \times 10 = 4.5 v$$

المقاومة الكلية والمنظورة من المصدر هي (R_t) حيث :

$$R_t = \frac{4.5}{2mA} = 2250 \Omega$$

ولكن المقاومة الكلية للدائرة تكافئ :

$$R_t = R_s + R_{D1} + \frac{R_m \times R_s}{R_m + R_s}$$

$$2250 = R_s + 400 + \frac{100 \times 100}{100 + 100}$$

$$R_s = 1800 \Omega$$

(2) تكون حساسية الفولتميتر على مدى (10 v) فولتية متناوبة :

$$S = \frac{2250\Omega}{10V}$$

عند استعمال نفس الحركة في فولتمتر التيار المستمر فانه يعطي حساسية قيمتها ($1000\Omega/V$)

الحساسات (Sensors)

تعريف الحساس: هو أداة التحويل التي تقوم بتحويل الكميات الطبيعية والكيميائية المتغيرة إلى كميات كهربائية و الكميات الطبيعية هذه يمكن تسميتها بمتغيرات التحكم (Controlled Variables) و هي الضغط، درجة الحرارة، السرعة، الموضع، العجلة، معدل السريان، وشدة الإضاءة... وغيرها. والشكل رقم (1/7) يوضح العلاقة بين جهاز الإحساس والكميات الطبيعية والكيميائية والكميات الكهربائية

أهمية الحساسات : القدرة على قياس الكميات الطبيعية أو ما يسمى بالمتغيرات الطبيعية بسرعه و بدقة لكي نتمكن من التحكم فيها و بالتالى فى جميع العمليات الصناعية أو عمل مراقبة لهذه العمليات و أفضل الطرق لقياس هذه الكميات الطبيعية هو تحويلها إلى إشارة كهربية ومن ثم قياس (أو كشف) هذه الإشارة بعنصر قياس كهربى مناسب و لكن لماذا يفضل تحويل الكميات الطبيعية إلى إشارة كهربية عن تحويلها إلى إشارة ميكانيكية ؟؟

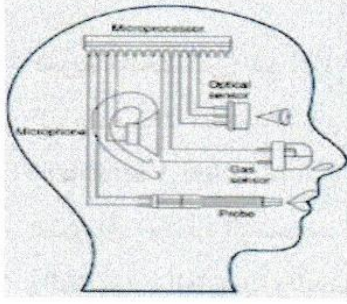
ذلك لأن تحويل الكميات الطبيعية إلى إشارة كهربية لها المميزات الآتية:

- 1 / الإشارة الكهربائية يمكن تكبيرها بسهولة ويسر وذلك يجعل القياسات ذات حساسية ودقة عالية.
- 2 / يمكن نقل الإشارة الكهربائية بسهولة من مكان لآخر (بعكس الإشارة الميكانيكية).
- 3 / الإشارة الكهربائية يمكن معالجتها بسرعة عالية باستخدام الكمبيوتر .
- 4 / فضلاً عن ذلك فالحساسات أو أجهزة القياس الكهربائية صغيرة، خفيفة الوزن، سهلة التداول.



الشكل رقم (1/7) جهاز الإحساس

الحواس البشرية وأجهزة الإحساس المتنوعة:



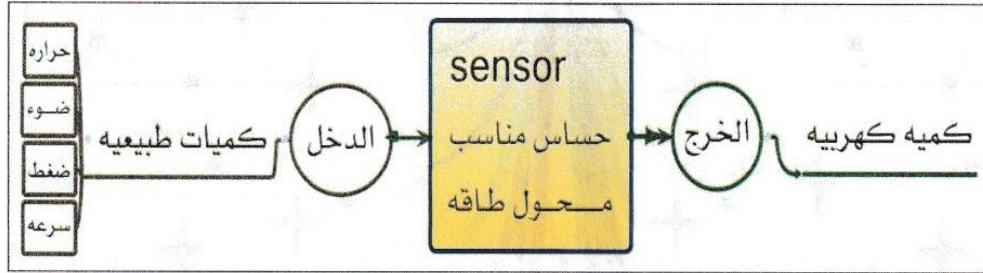
الشكل (2/7)

يمكن ذكر أجهزة الإحساس بالمقارنة مع الحواس البشرية، و الشكل (2/7) يوضح أماكن الإحساس لدى الإنسان، ويبين الجدول التالي الحواس البشرية مثل السمع والبصر ويبين أجهزة الإحساس الأخرى

جهاز الإحساس	الظاهرة الطبيعية	العضو البشري	الحاسة
♦ بطارية ضوئية ♦ موصل ضوئي ♦ ترانزستور ضوئي ♦ ثنائي ضوئي	عنصر تحويل ضوئي	العين	البصر
♦ مقاومة إجهادية ♦ ثنائي إجهادي	كهربائي إجهادي	الأذن	السمع
♦ ممانعة مغناطيسية ♦ ثنائي مغناطيسي	كهرومغناطيسي	الجلد	اللمس
♦ موصل ضوئي ♦ ترانزستور ضوئي ♦ ثنائي ضوئي	كهرو ضوئي	الجلد	الإحساس بالحرارة
♦ ثرميستور ♦ مزدوج حراري ♦ مقاومة حرارية	كهرو حراري	الجلد	درجة الحرارة

مثلاً إحساس البصر يكون باستخدام العين كمستقبل ويحدث بواسطة إثارة الطاقة الضوئية لخلايا الشبكية في العين. جهاز الإحساس لهذه الحاسة البشرية هو جهاز إحساس ضوئي مثل الخلايا الضوئية التي تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية وبخلاف جهاز الإحساس الضوئي هناك أجهزة إحساس أخرى متنوعة تم تطويرها لتتأثر الحواس البشرية مثل السمع والإحساس بالحرارة .

ملاحظة: مصطلح أو كلمة الحساس (Sensor) لا تعني عنصر التحويل الفعلي فقط والذي يكشف المتغيرات الطبيعية ولكن أيضاً الدوائر الإلكترونية والمكبرات التي يحتاجها الحساس لأداء عمله، والشكل رقم (3/7) يبين مخطط العلاقة بين دخل الحساس الكهربائي وخرجه .



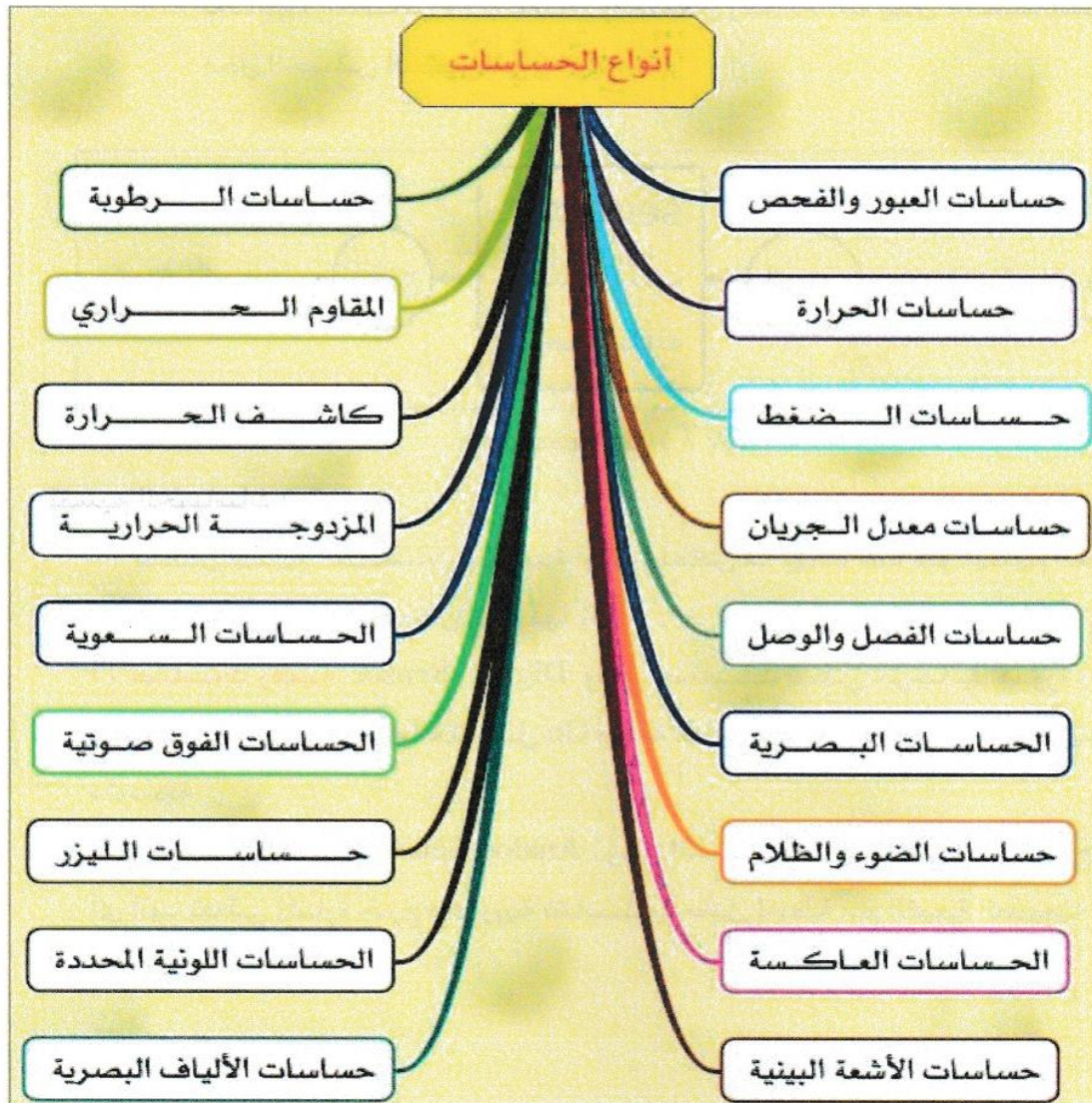
الشكل رقم (3/7)

تقسيم الحساسات:

يمكن تقسيم الحساسات من عدة أوجه ولكن ما يهمنا هنا هو تقسيم الحساسات طبقاً لإشارة خرجها حيث يمكن تقسيمها إلى:

أ/ حساسات رقمية Digital Sensor . وهي حساسات تعطي خرجاً في صورة رقمية أي ببساطة لها حالتان هما: حالة توصيل On وحالة قطع Off ولا يمكن أن يوجد بينهما قيم متوسطة.

ب/ حساسات تناظرية Analog Sensor . وهي الحساسات التي تعطي إشارة خرج تناظري أي أنها تعطي إشارة خرج كهربية تتناسب في كل لحظة مع القيمة الطبيعية المطلوب قياسها.



الحساسات التقاربية proximity sensor :

يمكن تقسيم الحساسات التقاربية إلى قسمين :

1-القسم الاول تعمل من دون تلامس non-contact

2- القسم الثاني تعمل بالتلامس contact

القسم الاول التي تعمل بدون تلامس non-contact :

و يمكن تقسيم هذا النوع إلى عدة 4 انواع :

1- Inductive proximity sensor الحساس التقاربي الحثي (ملف)

2- Capacitive proximity sensor الحساس التقاربي السعوي (مكثف)

3- Optical proximity sensor الحساس التقاربي الضوئي (دايود)

4-Ultrasonic sensor الحساس التقاربي الفوق السمعية(يعمل بالموجات فوق الصو)

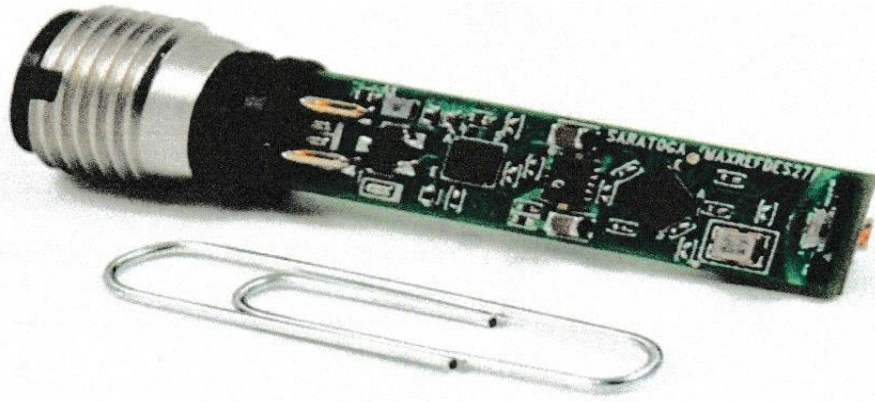
5- Infra red sensor حساس الموجات تحت الحمراء

1- Inductive proximity sensor الحساس التقاربي الحثي (ملف):

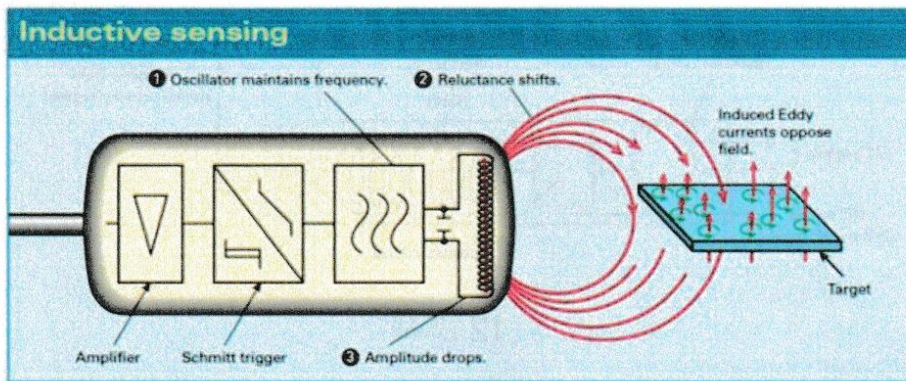
الاشكال 8,9,10,11,12,13,14,15,



الشكل 8

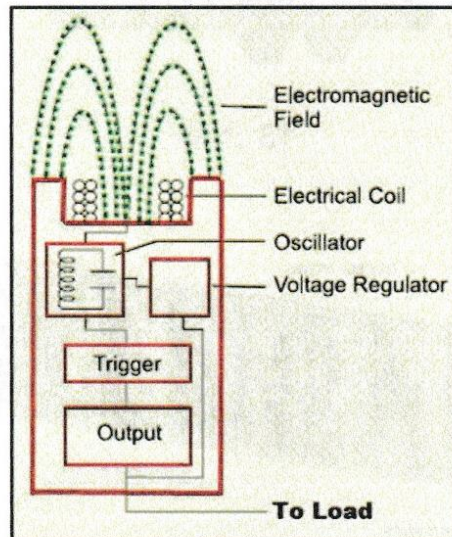


الشكل 9

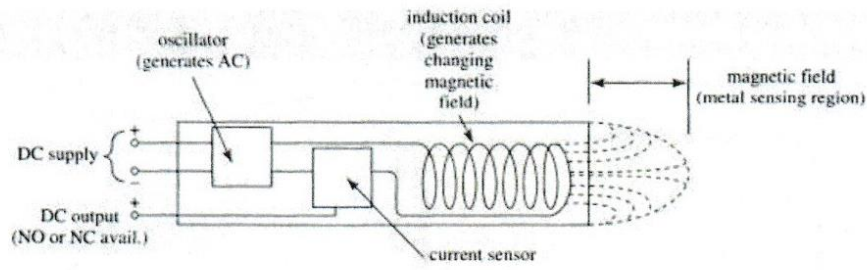


Ferrous targets change the reluctance of the magnetic circuit; system oscillation frequency, which gets left behind when the natural frequency shifts, then loses amplitude.

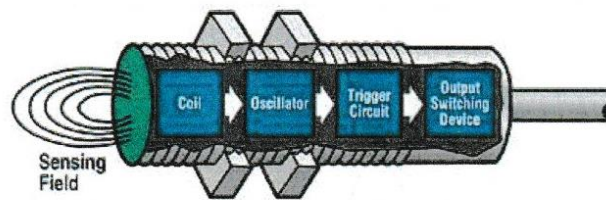
الشكل 10



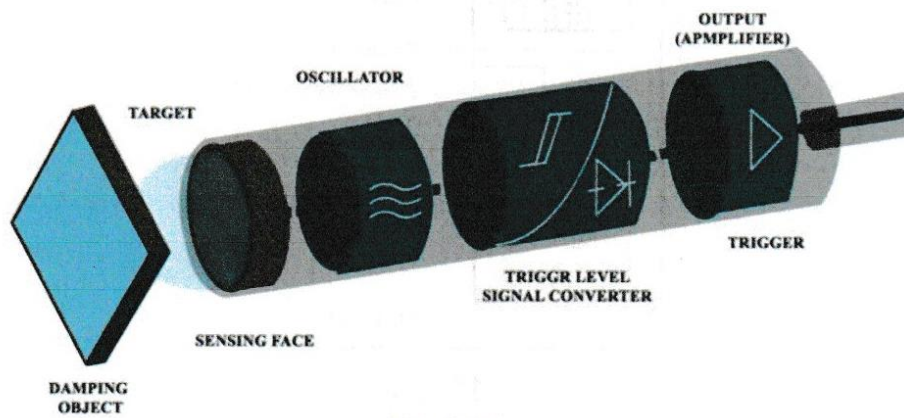
الشكل 11



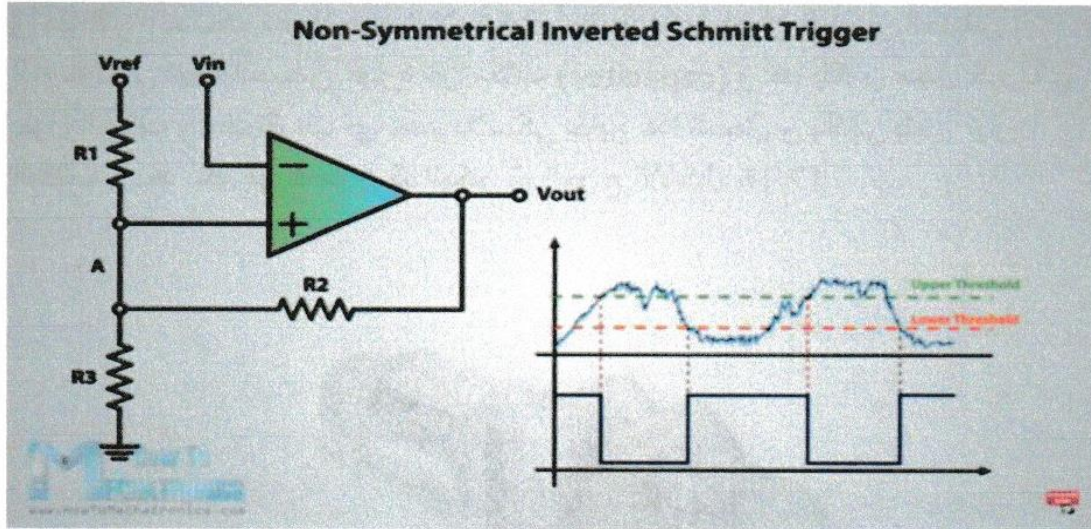
الشكل 12



الشكل 13



الشكل 14



الشكل 15

من الصور نلاحظ أن هذا الحساس مكون من عدد من المراحل او الا الدخل عبارة عن 24 فولت DC و في نهاية الحساس يوجد ملف (Coil) و هذا الملف يجب أن يمر فيه تيار متردد لذلك كان لابد من تحويل التيار المستمر القادم من المصدر إلى تيار متردد و يتم ذلك عن طريق المتذبذب (Oscillator) و المتذبذب هذا مكون مكثف و ملف منه نحصل على تيار متردد و يتم التحكم في تردد هذا التيار عن طريق قيم المكثف و الملف و المرحلة التالية بعد التحويل إلى تيار متردد ذو تردد عالي يذهب التيار إلى الملف (Coil) الموجود في نهاية الحساس و عند مرور هذا التيار في الملف سيكون مجال مغناطيسي (نظرية فاراداي) حول الملف كما بالاشكال و عند تقريب اي جسم معدني و ملامسة الجسم المعدني لهذا مجال فإنه سيتولد تيار كهربائي في الجسم المعدني (نظرية فاراداي) و بعد تحويل طاقة هذا المجال إلى تيار في المعدن فإن المجال يصبح قليلا و بالتالي التيار الاصلي الموجود في الملف المولد لهذا المجال ايضا سيقبل و من ثم قيمة تيار الملف يختلف حسب وجود جسم قريب او لا و من إدخال هذا التيار إلى مقارن (trigger comparator) و هو عبارة عن مكبر تشغيلي (operation amplifier) يقوم بتقريب الجهد المدخل إما صفر أو الجهد العالي و من ثم بعد ذلك يوجد مكبر اخر و يقوم بتحسين التكبير و هذا النوع من الحساسات يستخدم مع الاجسام المعدنية .

2- Capacitive proximity sensor الحساس التقاربي السعوي (مكثف)

و هذا النوع يستخدم مع الاجسام البلاستيكية و الفرق بينها هو أن العنصر الحساس الموجود في نهاية الحساس عبارة عن مكثف (capacitor) و هنا يتكون مجال كهربائي حول المكثف و عند تقريب اي جسم بلاستيكي يتغير هذا المجال و بالتالي يتغير تيار المكثف و بعد ذلك إلى المقارن ثم المكبر ثم الخرج الاشكال 16,17



الشكل 16

$$C_{\text{electrode}} = \frac{C_1 C_x}{C_1 + C_x} \approx C_1 \text{ (when } C_x \gg C_1 \text{)}$$

$$C_{\text{electrode}} = \frac{C_1 C_x}{C_1 + C_x} \approx C_x \text{ (when } C_1 \gg C_x \text{)}$$

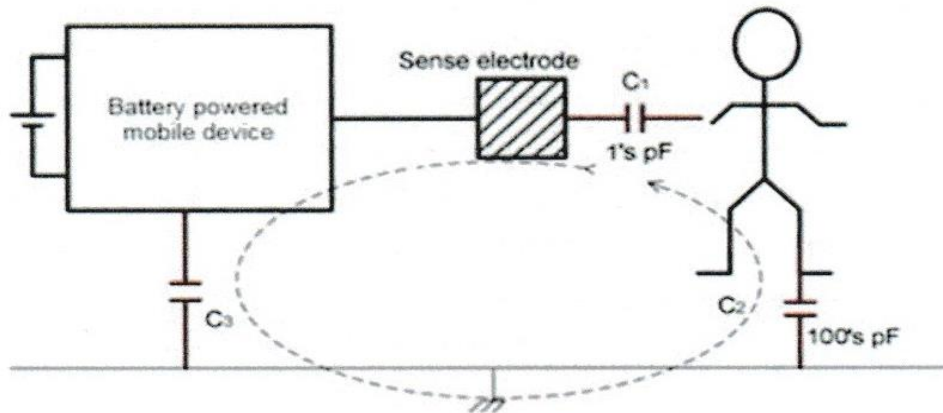


Figure 1: A simplified diagram of the main capacitive elements that influence sensitivity

الشكل 17

3- Optical sensor الحساس التقاربي الضوئي (دايود):

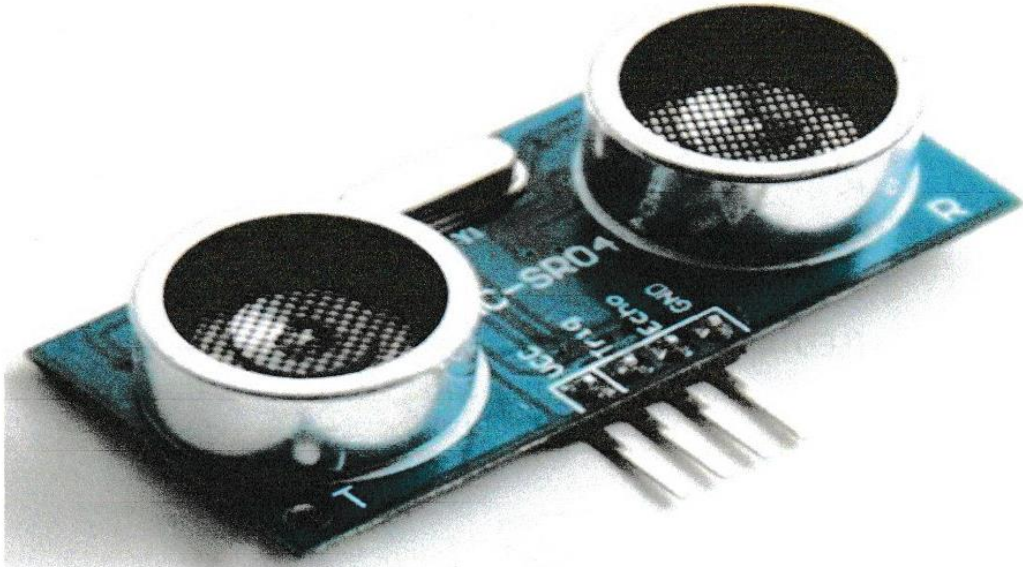
و ينقسم هذا النوع إلى نوعين :

الاول و هو وجود المرسل و الهدف في نفس المكان (يعمل كالمرآة بنعكاس الضوء).
الثاني و هو وجود المرسل في طرف و المستقبل في طرف اخر (الاول يرسل الضوء و الاخر يستقبل).

و في كلا النوعين يستخدم دايود الاول ينتج ضوء عند تزويده بالجهد(LED) و أما الاخر فيعطي جهد عند تسليط الضوء عليه (Photo diode) و كلا الدايودتين مصنوعين من مواد اشباه موصلات حساسة للضوء او منتج للضوء الاشكال 18,19



4-Ultrasonic proximity sensor الحساس التقاربي فوق السمعية (يعمل بالموجات فوق الصوتية) الشكل 20



الشكل 20

زي السماعه و الميكروفون لكن تردد الموجات غير تردد الصوت العادي و غالبا اصغر من 4 هيرتز أو اكبر من 20 كيلو هيرتز
الاول يرسل الموجات وإذا إصدمت بجسم ترجع و إذا لم تصدم بجسم لا ترجع .

5- Infra red sensor حساس الموجات تحت الحمراء:

و هذا النوع ينقسم إلى قسمين :

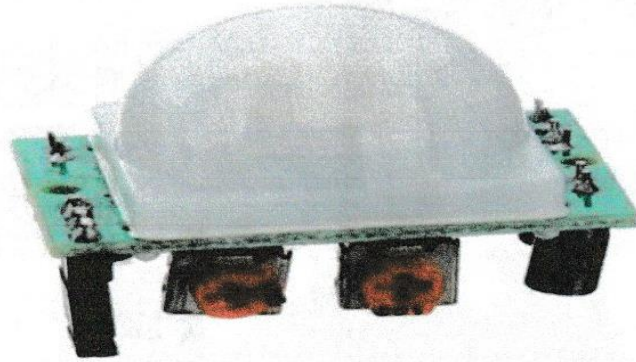
Infra red IR -1

passive Infra red PIR-2

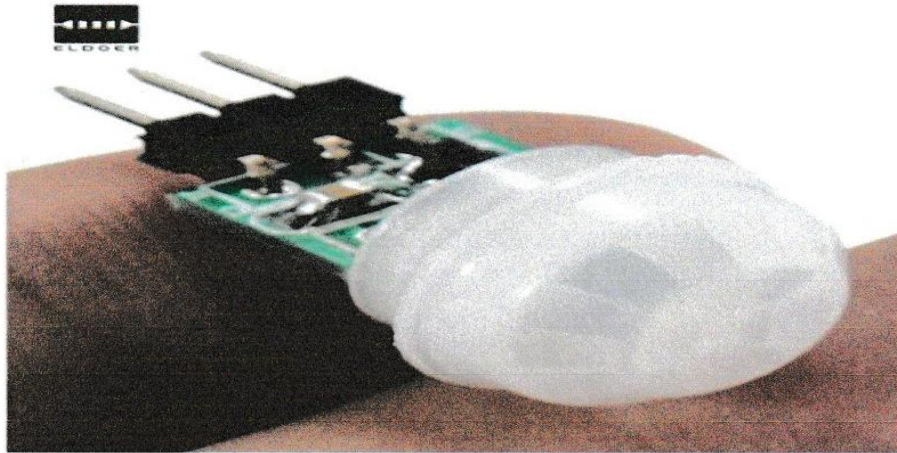
كلا النوعين بهما مستقبل للموجات تحت الحمراء و لكن ال IR احيانا يسمى active
Infra red به مصدر للموجات و مستقبل

و اما PIR به مستقبل فقط و ليس به مرسل و إنما يستقبل الموجات تحت الحمراء القادمة من الانسان أو الحيوانات.

و يمكن إستخدام هذا الحساس لمعرفة البعد بالضبط و لكن بعد عمل معايرة للحساس (calibration) الاشكال 21,22



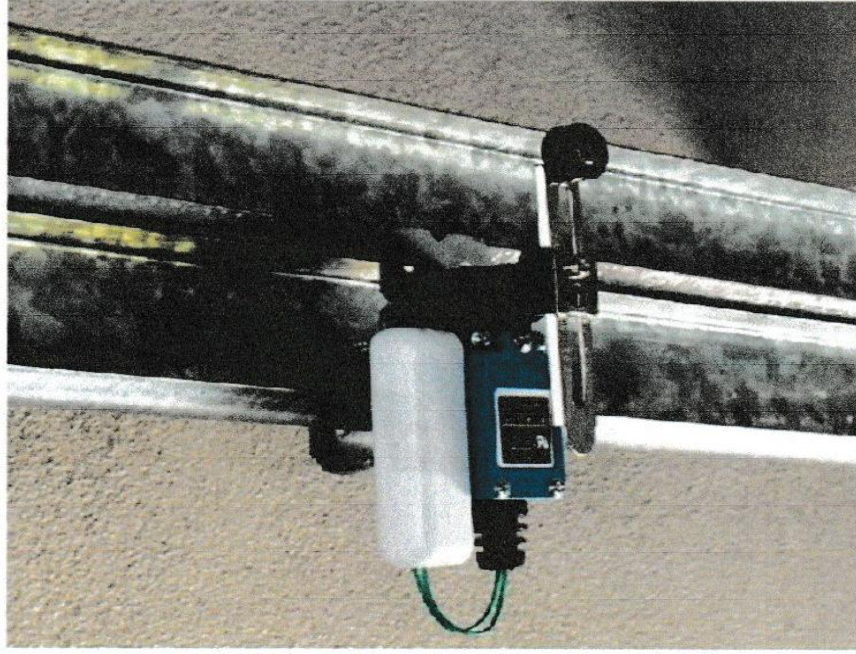
الشكل 21



الشكل 22

2- القسم الثاني تعمل بالتلامس contact:

وهذا تعمل كمفتاح الكهرباء العادي إذا لامست الجسم توصل الكهرباء أو العكس و
اشهر Limit switch الاشكال 23,24,25,26

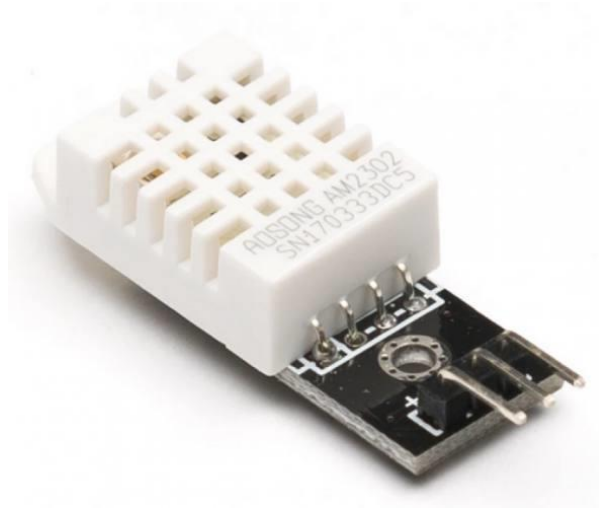


الشكل 23

- حساس درجة الحرارة والرطوبة نوع DHT22

على الرغم من تصميمه الصغير جدا يمكن لحساس ال DHT22 استشعار درجة الحرارة والرطوبة وأرسال إشارات رقمية قابلة للتعبير. ويكون هذا الحساس ذات كلفة منخفضة ويتمتع باستجابة سريعة ومضاد للتشويش. يمكنه قياس درجة حرارة تصل الى (50) درجة مئوية والرطوبة ما بين (0_100 %)
يحتوي DHT22 Module على ثلاث منافذ حيث يتم استخدام منفذين لتغذية الحساس بالطاقة VCC و GND. المنفذ الأوسط يستخدم لنقل البيانات للأردوينو .

مبدأ عمل الحساس: يرسل الأردوينو إشارة الى الحساس للبدء (وضع التشغيل)، فيعمل الحساس ويبدأ في قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في المكان، ثم يأتي الدور على الأرسال الى الأردوينو وتكون على شكل إشارة مكونة من 40بت مجموعة من (صفر) و (واحد). تتألف البيانات القادمة من الحساس من 40 بت: 8 بت للقيمة الصحيحة للرطوبة، 8 بت للقيمة العشرية للرطوبة، 8 بت للقيمة الصحيحة للحرارة، 8 بت للقيمة العشرية للحرارة، 8 بت للتحقق من صحة الإرسالChecksum . فيبدأ الأردوينو في قراءة قيم الإشارة ومعالجتها.



مثال:

لنفترض أن البيانات الواصلة من الحساس هي كالتالي

00100101 00000000 00011001 00000000 00111110

يمكن تقسيم البيانات إلى الأقسام التالية كما ذكرنا سابقا

00100101 00000000 00011001 00000000 00111110

High Humidity

Low Humidity

High Temperature

Low Temperature

Checksum (Parity)

للتأكد من صحة البيانات نقوم بعملية حسابية بسيطة. نقوم بجمع الأقسام الصحيحة والعشرية لكل من الرطوبة والحرارة، والتأكد إذا ما كانت مساوية لقيمة بت التحقق من الإرسال (البتات الثمانية الأخيرة)

$00100101 + 00000000 + 00011001 + 00000000 = 00111110$

القيمة مساوية لبايت التحقق، ومنه فالبيانات المستقبلية صحيحة.

وللحصول على قيم الرطوبة والحرارة نقوم بتحويل البيانات الثنائية إلى عشرية.

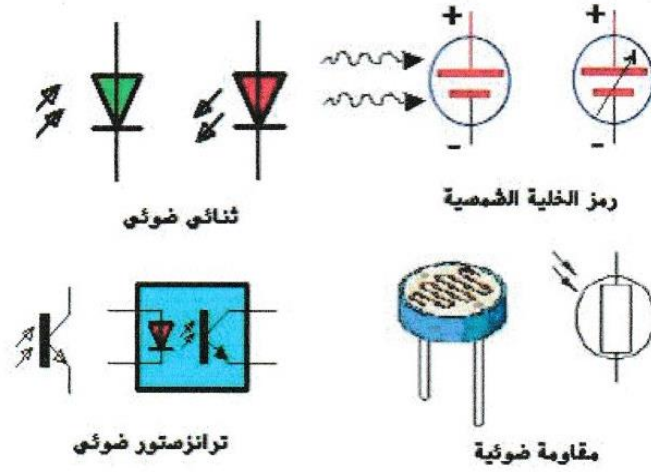
الرطوبة النسبية = (RH) التحويل العشري لـ 00100101 = 37%

الحرارة = التحويل العشري لـ 00011001 = 25 deg C

حساسات قياس شدة الإضاءة : sensors to measure light intensity

الأجهزة شبه الموصلة الإلكترونية البصرية هي دايودات و ترانزستورات مصنوعة . بشكل خاص والتي تتفاعل مع الضوء إلى حد مفيد . والتأثير الضوئي (photo effect) : والمصنوع من بعض مواد أشباه الموصلات لها القدرة على تحويل الطاقة الضوئية الساقطة عليها إلى طاقة كهربائية يتناسب مع شدة الإضاءة ويمكن تصنيع عناصر إلكترونية من أشباه الموصلات هذه وعندئذ يمكن تسمية هذه العناصر باسم الحساسات الضوئية أو مبدلات الطاقة الضوئية . إن كافة الدايودات والترانزستورات تتفاعل مع الضوء إلى درجة ما - واحد وظائف رزماتها هي قطع الضوء - لكن الأجهزة الإلكترونية البصرية مصممة لتحقيق استعمالاً كافياً لهذه الظاهرة .

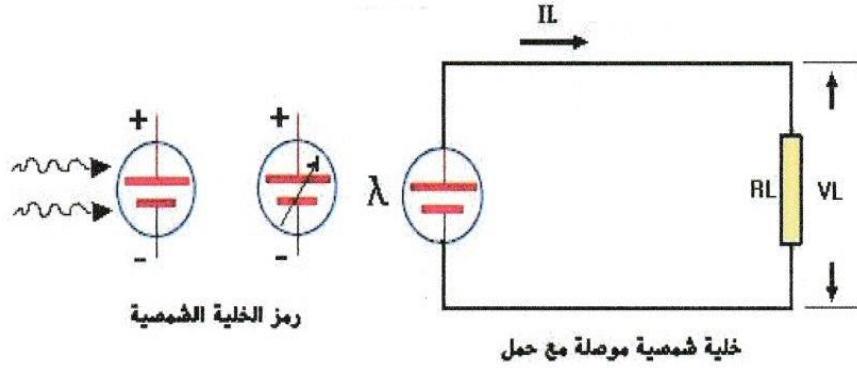
توجد فئتان مهمتان للأجهزة الإلكترونية البصرية : مجسات الضوء وهي دايودات و ترانزستورات تحول الضوء إلى تيار كهربائي . وباعثات الضوء هي دايودات تحول الطاقة الكهربائية إلى ضوء (العكس تماماً) . إن الشكل (4 - 9) يبين رموز هذه العناصر . الدايدو الضوئي والترانزستور الضوئي هما مجسات والدايدو الضوئي (أو LED) وهو باعث ضوئي ، ورمز الترانزستور الضوئي هو ظاهر بشكل واضح . والحساسات الضوئية photo sensors (photocelles) هي عناصر صغيرة يحدث في تغير استجابتها الكهربائية بتغير شدة الضوء الساقط عليها .



الشكل (4 - 9)

وأهم الحساسات الضوئية هي الخلية الشمسية والمقاومة الضوئية. وأيضاً هناك الترانزستور الضوئي
والثنائي الضوئي .

1) الخلايا الشمسية **Solar cell** : الخلية الشمسية هي ببساطة دايود ضوئي كبير يحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية والتي نحصل عليها من أشعة الشمس أو من اللامبات، أو المصابيح المتنوعة والشكل (9-5) يبين الرمز التخطيطي وهو موصل إلى مقاومة حمل R_L ، والتيار الحمل الموجب I_L ، وهو التيار العكسي خلال الوصلة PN.

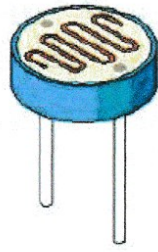


الشكل (٩ - ٥)

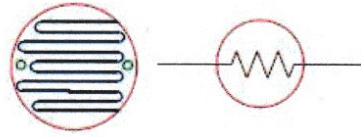
والخلية الشمسية مساحة سطحية كبيرة كي تجمع ما أمكن من الضوء ، ويسقط الضوء على الخلية الشمسية ذات الوصلة PN على المنطقة الناضبة مما يؤدي إلى تحطيم روابط التكافؤ وتوليد مزيد من الثقوب والالكترونات الحرة .

2) الموصل الضوئي (المقاومة الضوئية) **Photoresistor** :

هو عنصر ضوئي غير فعال (أي لا يولد طاقة) ولكن تتغير مقاومته بما يتناسب مع شدة الضوء الساقط عليه . ويسمى هذا النوع الخلية الضوئية الموصلة مثل كبريتيد الكاديوم وهي تصنع من مواد نصف ناقلة حساسة للضوء ، وهي تزيد قيمة مقاومتها في الظلام ، وتنخفض في الضوء ولذلك فهي تستخدم في دوائر التحكم الضوئي ولها تطبيقات كثيرة منها : تحويل العلامات المصورة إلى إشارات كهربائية ، وفي فتح الأبواب تلقائياً ، بمجرد قطع شعاع من الضوء المرئي ، أو غير المرئي - أشعة تحت الحمراء ، وكذلك في تشغيل صنابير المياه فور وضع اليد أسفلها ، وفي تشغيل أجهزة الإنذار ، وفي الآلات الميكانيكية الضخمة - كالقواطع - حتى لا يصاب العامل ، إذ يتوقف النصل القاطع عن العمل إذا وضع يده بالقرب منه أثناء التشغيل ، إلى آخر ما يمكن استخدامها ويرمز لهذه المقاومة بالأحرف LDR اختصاراً للعبارة (Light Dependent Resistor) ، وأحياناً يرمز لها بالأحرف Cds والشكل (9-6) يوضح رمز أحد الموصلات الضوئية وهي المقاومة الضوئية.



circuit symbol

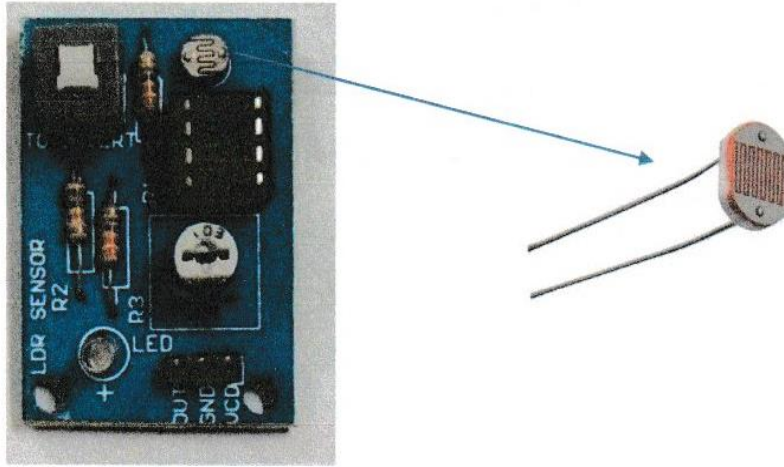


شکل (9 - 6)

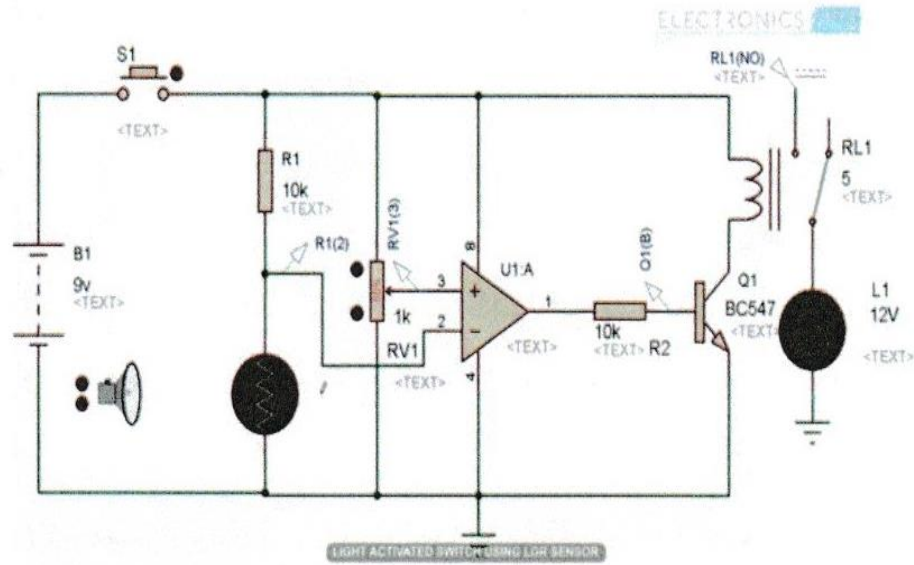
-المقاومة الضوئية حساس LDR: المقاومة الضوئية مشتقة من الكلمتين الفوتون (جسيمات الضوء) والمقاومة، وبالتالي وبمعنى آخر يمكن القول بأن المقاومة الضوئية هي مقاومة تعتمد على شدة الضوء، ولهذا السبب تُعرف أيضاً بالاختصار التالي (LDR (Light Dependent Resistor) التي تعتمد على الضوء وهي المقاومة المتغيرة التي تتناسب قيمتها عكسياً مع شدة الضوء المسلط عليها.

من البديهيات معرفتنا بالعلاقة بين المقاومة (القدرة على مقاومة تدفق الالكترونات) والناقلية (القدرة على السماح بتدفق الالكترونات) بأنها علاقة قطبين متعاكستين، وبذلك يمكننا القول بأنه تنخفض قيمة المقاومة عندما تزداد شدة الضوء، مما يعني زيادة الناقلية بازدياد شدة الضوء الذي يسقط على المقاومة الضوئية (LDR) ، وهذا ما يعبر عنه بخاصية تدعى بالناقلية الضوئية للمادة، وبالتالي تعرّف هذه المقاومات الضوئية باسم خلايا الناقلية الضوئية أو باختصار الخلايا الضوئية.

تم تطوير فكرة المقاومة الضوئية عندما اكتشفت الناقلية الضوئية في عنصر السيلينيوم (Selenium) من قبل العالم Willoughby Smith وذلك عام 1873، ومن خلال هذا الاكتشاف تم اختراع العديد من الأجهزة التي تعتمد في عملها على خاصية الناقلية الضوئية.



مبدأ العمل:



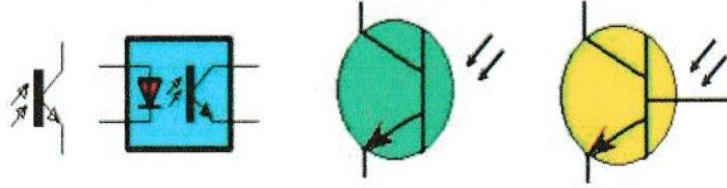
يعتمد عمل مستشعر LDR على أشعة الشمس. يستخدم أيضا LM358 Op-Amp لتضخيم الجهد، أو يمكننا القول إنه يعمل مثل المقارن في هذه الدائرة. في الدائرة أعلاه، أن كلا من op-Amp يعطيان مخرجات فردية ومتعارضة لكل من دبابيس مفتاح الدفع في حين أن الأوسط هو دبوس الإخراج النهائي.

الترانزستور الضوئي Phototransistor :

وهو يشبه تماماً الترانزستور العادي في التركيب حيث يتكون من وصلتين وثلاث مناطق من نوع PNP من مادة السليكون. والشكل (9-9) يبين رمز الترانزستور الضوئي ويوجد نموذجان منه .

أولاً : ترانزستور ضوئي ثلاثي الأطراف وهي القاعدة B والمجمع C والباعث E .

ثانياً : أن يكو للترانزستور الضوئي طرفان وهما الباعث E والمجمع C وهو الأكثر استخداماً.



ترانزستور ضوئي

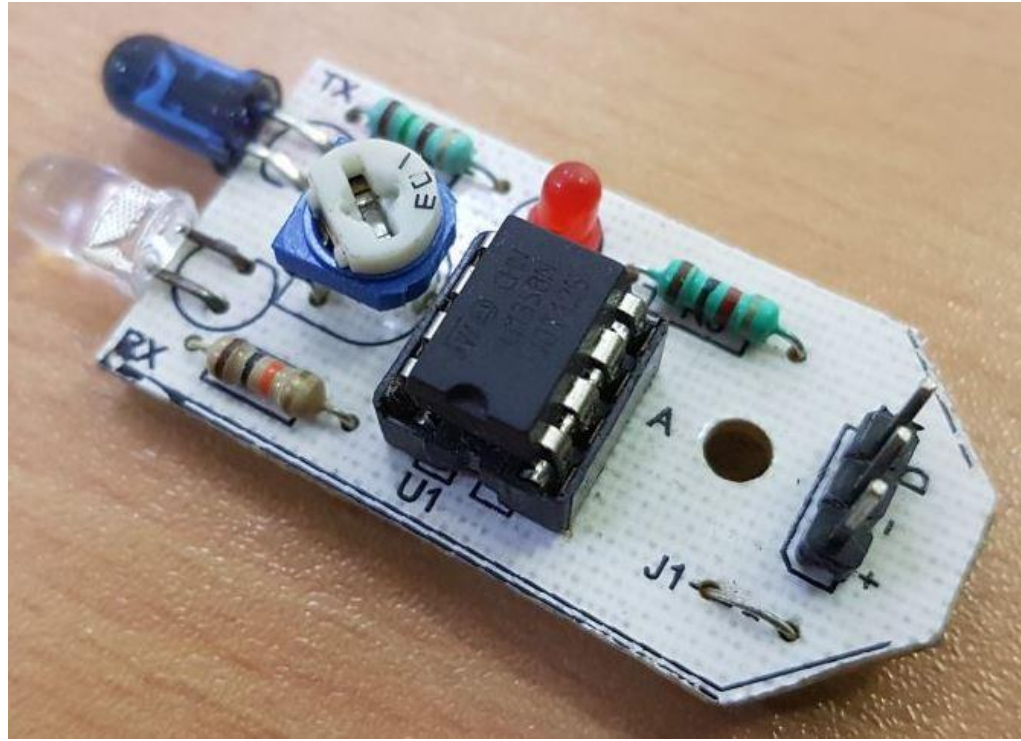
الشكل (٩ - ٩)

نظرية العمل:

عند سقوط الضوء على وصلة المجمع - القاعدة الموصلة في انحياز عكسي سيتولد زوج من الإلكترونات والفجوات بسبب الطاقة الضوئية الساقطة ويزداد تيار المجمع بزيادة شدة الإضاءة والترانزستور الضوئي يكون أكثر حساسية للضوء لوجود خاصية التكبير في الترانزستور .

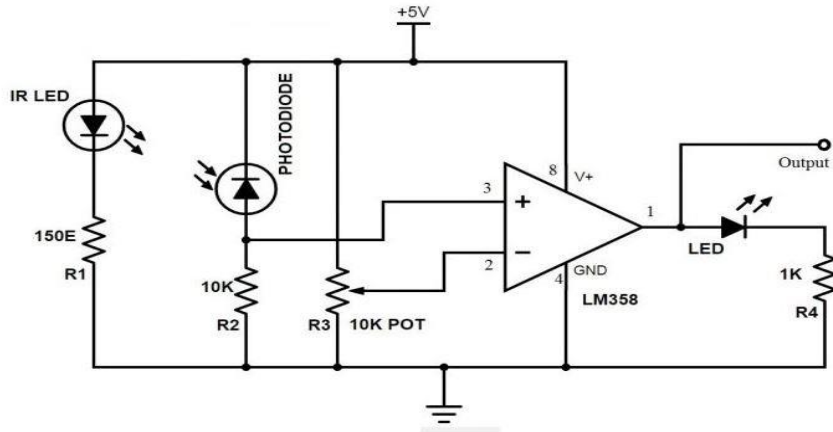
حساس الأشعة تحت الحمراء IR (Infrared Rays)

تعد وحدة استشعار الأشعة تحت الحمراء أو مستشعر الأشعة تحت الحمراء (IR) من أجهزة الاستشعار الأساسية والأكثر شيوعًا في مجال الإلكترونيات. يتم استخدامه في التكنولوجيا اللاسلكية مثل وظائف التحكم عن بعد والكشف عن الأشياء (العوائق المحيطة). تتكون مستشعرات الأشعة تحت الحمراء بشكل أساسي من مصباح LED للأشعة تحت الحمراء (IR) وثنائي ضوئي، ويسمى هذا الزوج عمومًا زوج الأشعة تحت الحمراء. إن IR LED عبارة عن LED للأغراض الخاصة، ويمكنه إصدار أشعة تحت الحمراء تتراوح من 700 نانومتر إلى 1 مم. هذه الأنواع من الأشعة غير مرئية لأعيننا. في المقابل، يكتشف الصمام الثنائي الضوئي أو جهاز استقبال الأشعة تحت الحمراء الأشعة تحت الحمراء.



الشكل (2-4) يوضح الحساس IR

يمكن إنشاء مستشعر IR Sensor باستخدام الدائرة التالية:



الشكل (5-2) يوضح الدائرة الالكترونية للحساس

تتيح هذه الدائرة استخدام الأشعة تحت الحمراء لرصد التغيرات في البيئة وتحويلها إلى إشارات كهربائية قياسية قابلة للتفسير والاستخدام في التطبيقات المختلفة.

مكونات دائرة حساس IR تتضمن:

1. LED الإرسال (Transmitter LED): يُستخدم لإرسال أشعة تحت الحمراء إلى الجسم المستهدف أو المنطقة المستهدفة.
2. مستشعر IR (IR Sensor): يتم استخدامه لاستقبال الإشارات الأشعة تحت الحمراء المرسلّة وتحويلها إلى إشارات كهربائية قابلة للقراءة.
3. دوائر تحكم إلكترونية: تحتوي على دوائر للتحكم في إرسال واستقبال الإشارات وقد تشمل مكبرات إشارة ومرشحات.
4. مكونات إلكترونية إضافية: مثل مقاومات ومكثفات وترانزستورات قد يتم استخدامها لتحسين أداء الدائرة.

و يمكن أن نقسم الحساسات التماثلية إلى :

- 1_ حساس الحرارة temperature sensor
- 2_ حساس الضغط pressure sensor
- 3_ حساس المستوى (الإرتفاع) level sensor
- 4_ حساس الإنسياب (التدفق) flow sensor
- 5_ حساس البعد (المسافة, الإزاحة) displacement sensor
- 6_ حساس السرعة speed sensor

1 حساس الحرارة temperature sensor :

معروف أن لتغير درجة الحرارة أثر كبير على بعض المواد و كمثال لذلك تغير حجم الزئبق بتغير درجة الحرارة و هو ما يستخدم في الثيروميتر و كذلك أيضا للحرارة تآثير على مواد أخرى لكن قد يتخلف شكل و نوع التآثير من مادة إلى أخرى فمثلا يمكن أن تآثر في قيمة مقاومة المواد ... إلخ .

يمكن تصنيف حساسات الحرارة إلى :

- 1_ المقاومة الحرارية Resistance thermometers
- 2_ المزدوجي الحراري Thermocouple
- 3_ البيرومتر الإشعاعي Radiation pyrometer
- 4_ وصلة شبه الموصل Junction semiconductor sensor

1 مقاومة الحرارة Resistance thermometers :

كما ذكرنا سابقا أن تغير درجة الحرارة قد يوتر في مقاومة بعض المواد مثل البلاتين و الكوبر و النيكل و ... إلخ .

و معروف أيضا أن المواد الموصلة تزيد قيمة مقاومة بزيادة الحرارة و أن المواد الشبه موصلة تقل مقاومتها بزيادة الحرارة و يستعمل للمواد الموصلة في قياس درجة الحرارة

إسم RTD إختصار ل Resistance Temperature Detector و تعني المقاومة الحساسة للحرارة , و أيضا يستعمل للمواد شبه الموصلة في قياس درجة الحرارة Thermistors , و يتميز ال RTD عن Thermistor بأن التغير فيه يكون خطي (linear) و لكنه أقل حساسية (sensitivity) من ال Thermistor.

RTD Resistance Temperature Detector-1

معادلة تغير المقاومة مع الحرارة هي :

$$R_t = R_0[1 + \alpha(t - t_0) + \beta(t - t_0)^2 + \dots]$$

حيث :

$R_t \equiv$ قيمة المقاومة عند الزمن t

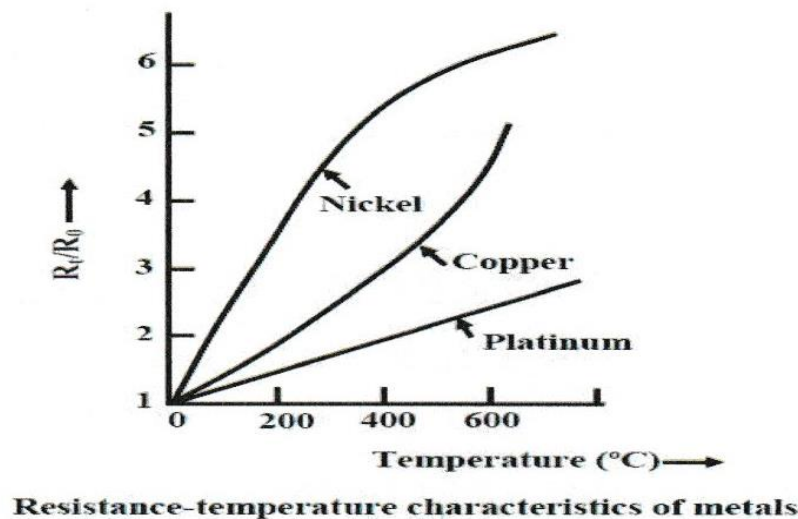
$R_0 \equiv$ قيمة المقاومة عند الزمن t_0

α و β ثوابت تختلف حسب مادة الحساس

و إذا كان المدى صغير يمكن إختصار المعادلة كالتالي :

و للكوبر (copper) $\alpha = 0.00427$

و معظم المواد المستخدمة في RTD هي الكوبر و النيكل و البلاتين و الشكل التالي يوضح تغير قيمة المقاومة للمواد الثلاثة اعلاه مع درجة الحرارة.

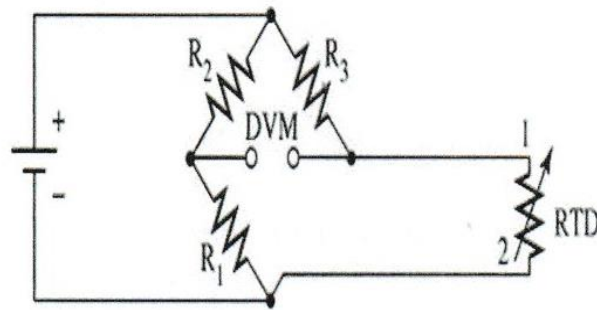
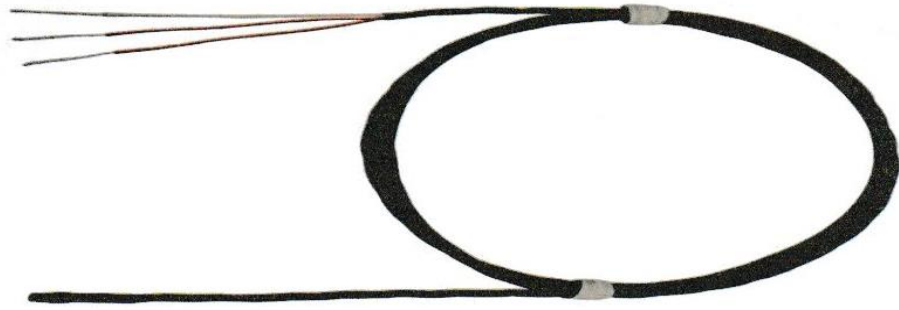


ملاحظات في عمل ال RTD :

- لقياس قيمة المقاومة (RTD) المتغيرة في ارض الواقع يتم استخدام قنطرة هيستون لقياس قيمتها .

- أحيانا يوجد أثر لمقاومة الاسلاك فتاثر في قيمة المقاومة و يمكن التخلص منها بتوصيل ال RTD بعدة طرق يمكن توصيلها باستخدام سلكين أو 3 أسلاك أو 4 أسلاك .

- و نسبة للمخاطر الميكانيكية يتم وضع ال RTD داخل فولاذ مقاوم للتصادم و أيضا لسهولة الصيانة .





مثال :

إذا كان لدينا $PT-100$ و نوع من البلاتينيم مستخدم في RTD إذا كان قيمة المقاومة عند درجة حرارة صفر مئوية هي 100 أوم و كان معامل المقاومة الحرارية للبلاتينيم 3.91×10^{-3} , أحسب قيمة المقاومة عند درجة الحرارة 100 درجة مئوية ؟

الحل

$$R_t = 139 \text{ ohm}$$

: Thermistor

الثيرمستر شبه موصل من نوع المقاومة الحرارية, و معروف أيضا بحساسيته العالية (sensitivity) و للثيرمستر نوعان و هما :

1- Negative temperature coefficient (NTC)

2- Positive temperature coefficient (PTC)

و الشكل التالي يبين خصائص كل نوع من النوعين أعلاه .

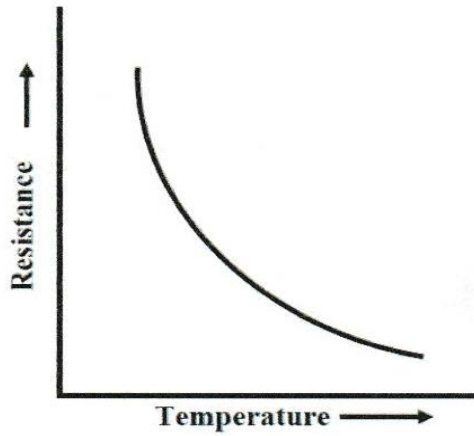


Fig. 4(a) Characteristics of a NTC thermistor

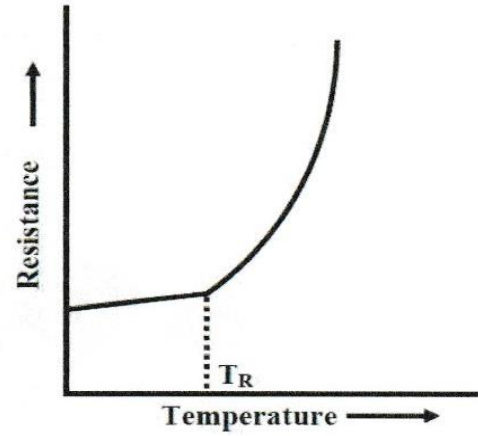


Fig. 4(b) Characteristics of a PTC thermistor

و النوع (NTC) مصنوع من أكاسيد المواد الحديد و المنجنيز و المغانزيوم و النيكل و الكوبالت, و خصائصه يمكن تمثيلها بالمعادلة :

$$R_t = R_0 e^{\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$$

حيث :

$R_t \equiv$ قيمة المقاومة عند الزمن T (K)

$R_0 \equiv$ قيمة المقاومة عند الزمن T_0 (K)

$T_0 \equiv$ هي درجة الحرارة المرجعية و غالبا 25 °C

و β ثابت يختلف حسب خصائص مادة الحساس و غالبا ما تكون 4000

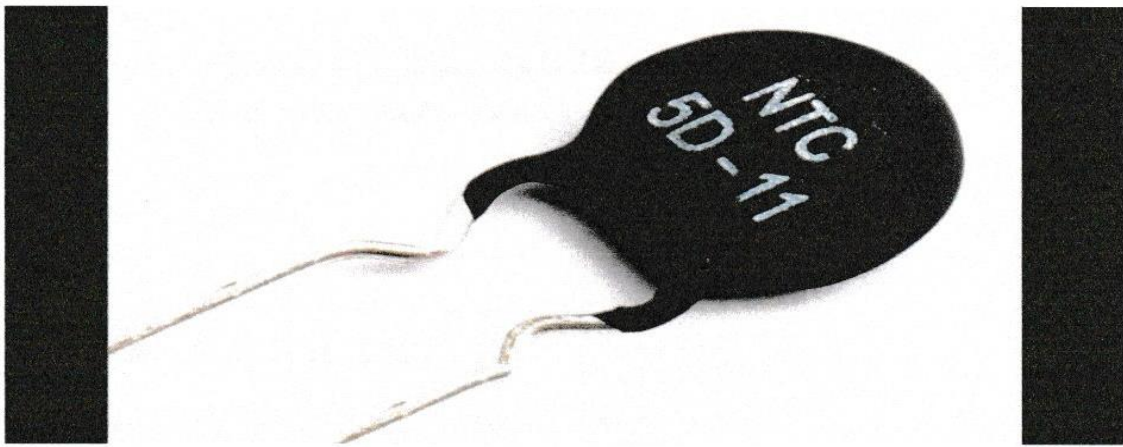
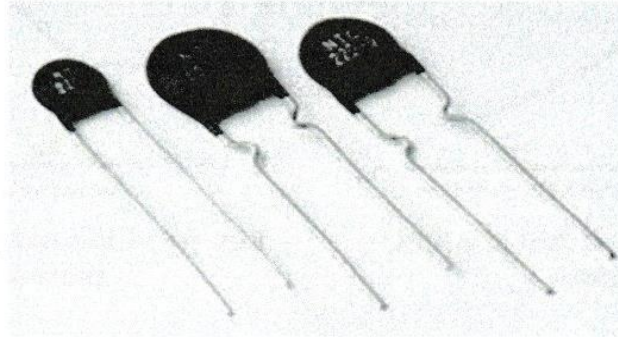
و المعامل (NTC) يمكن حسابه كما يلي:

$$\alpha_T = \frac{1}{R_T} \frac{dR_T}{dT} = -\frac{\beta}{T^2}$$

الحجم الصغير للحساس يجعله متكافئ مع القياس و أيضا الثابت الزمن له قليل .

و لمشكلة عدم الخطية يمكن التحكم فيها عن طريق توصيل مقاومة على التوازي مع مقاومة الحساس.

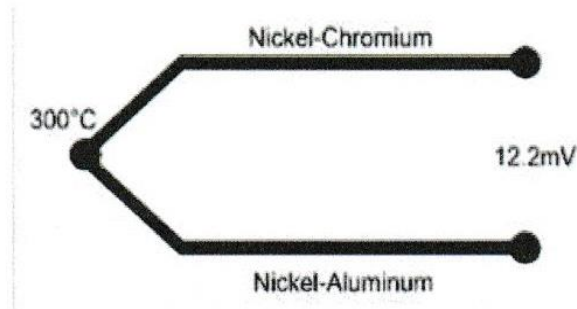
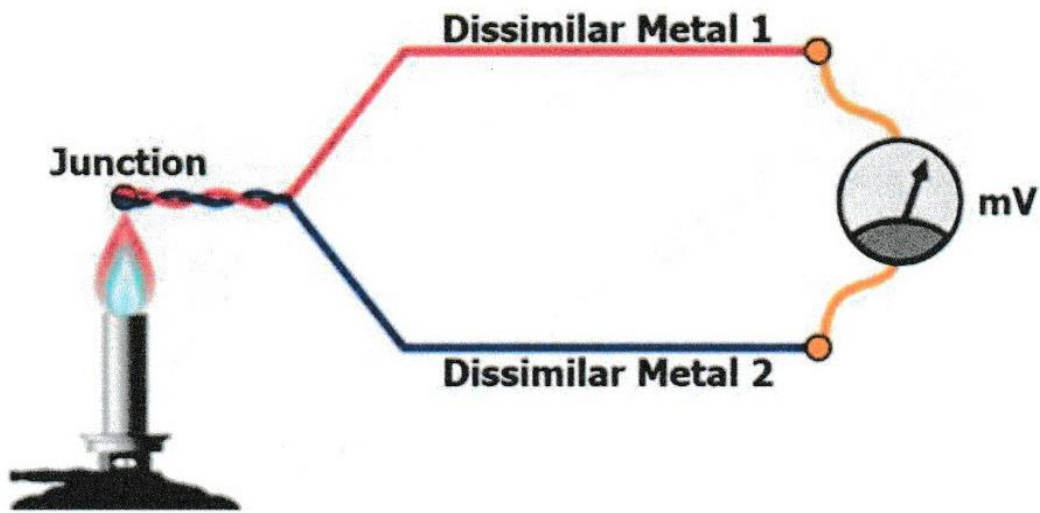
و الحساس من النوع (PTC) يظهر من الشكل التغير الكبير الذي يحدث فيه لذلك و هذا المدى القليل لذلك هو يستخدم في الحماية حماية الموتورات (motors) و المحولات (transformer) كأنما يستخدم كحساس ديجتل . و هو مصنوع من مركب الباريوم، الرصاص والسترونتيوم تيتانات

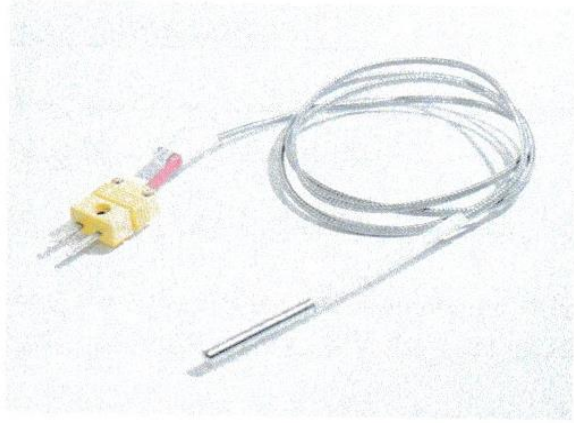


2 المزدوجي الحراري Thermocouple :

هو عبارة عن وصلة من سبيكتين من معدنين مختلفين و عند تعريض كل سبيكة لدرجة حرارة معينة و مختلفة ينتج عن ذلك قوة دافعة كهربائية.

إكتشف توماس جوهان في عام 1821 أن الطاقة الحرارية يمكن أن تنتج تيارا كهربائي. و ذلك عند توصيل معدنين مختلفين و تعريض كل منهما لدرجة حرارة مختلفة فإنه سوف يتولد جهد كهربائي و يختلف هذا الجهد باختلاف فرق الحرارة و المادتين .





و معادلة الثيروموكبل هي :

$$e_0 = C_1(T_1 - T_2) + C_2(T_1^2 - T_2^2) \quad \mu V$$

حيث T_1 و T_2 هما درجتي حرارة الوسط الساخن و الوسط البارد و C_1 و C_2 هما ثابتين المادتين الموصلتين

و من خصائص الثيرموكوبل أنها ذات متانة عالية و قراءات متانسقة و لها نطاق واسع للقياس ($rang$) و لها خصائص خطية مع دقة تقريبا 0.05% و القصور الوحيد الذي بها هو الحساسية المنخفضة مقارنة مع الاجهزة الاخرى ($RTD, Thermistor$).

و الجدول التالي يبين الانواع المختلفة للثيروموكيل و المواد و المدى و الحساسية لكل نوع .

Type	Positive lead	Negative lead	Temperature range	Temperature coeff.variation $\mu v/^{\circ}C$	Most linear range and sensitivity in the range
R	Platinum-Rhodium (87% Pt, 13% Rh)	Platinum	0-1500 $^{\circ}C$	5.25-14.1	1100-1500 $^{\circ}C$ 13.6-14.1 $\mu v/^{\circ}C$
S	Platinum-Rhodium (90% Pt, 10% Rh)	Platinum	0-1500 $^{\circ}C$	5.4-12.2	1100-1500 $^{\circ}C$ 13.6-14.1 $\mu v/^{\circ}C$
K	Chromel (90%Ni, 10% Cr)	Alumel (Ni ₉₄ Al ₂ Mn ₃ Si)	-200-1300 $^{\circ}C$	15.2-42.6	0-1000 $^{\circ}C$ 38-42.9 $\mu v/^{\circ}C$
E	Chromel	Constantan (57%Cu, 43%Ni)	-200-1000 $^{\circ}C$	25.1-80.8	300-800 $^{\circ}C$ 77.9-80.8 $\mu v/^{\circ}C$
T	Copper	Constantan	-200-350 $^{\circ}C$	15.8-61.8	nonlinear
J	Iron	Constantan	-150-750 $^{\circ}C$	21.8-64.6	100-500 $^{\circ}C$ 54.4-55.9

و في الشكل (c) نلاحظ أن إذا وجدت درجة حرارة مشتركة فإن مجموع الفولتية الكلية يساوي مجموع الفولتيتين .

مثال :

Example-1

The following table has been prepared from the calibration chart of *iron-constantan* thermocouple, with reference temperature at 0°C .

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	15	30	40		180	190	200	208	210
emf (mv)	0.778	1.56	2.11		9.64	10.25	10.74	11.20	11.32

Suppose, the temperature of the hot junction is measured with a *iron-constantan* thermocouple, with the reference junction temperature at 30°C . If the voltage measured is 9.64mv, find the actual temperature of the hot junction.

Solution

Referring fig. 6(c), for this problem, T_1 is the unknown temperature, $T_2 = 30^{\circ}\text{C}$, $T_3 = 0^{\circ}\text{C}$. The voltages are $e_1 = 9.64\text{mv}$ (measured) and $e_2 = 1.56\text{mv}$ (from chart). Therefore, $e_3 = e_1 + e_2 = 11.20\text{mv}$. Hence, from the calibration chart, the actual hot junction temperature is $T_1 = 208^{\circ}\text{C}$.

مثال :

A thermocouple has a linear sensitivity of $30\mu\text{v}/^{\circ}\text{C}$, calibrated at a cold junction temperature of 0°C . It is used measure an unknown temperature with the cold junction temperature of 30°C . Find the actual hot junction temperature if the emf generated is 3.0 mv.

Answer 130 $^{\circ}\text{C}$.

تعويض الوصلة المرجعية :

بما أن فرق الجهد الناتج يختلف حسب فرق درجتي الحرارة لكن في الواقع قد يكون هنا اختلاف في درجة حرارة الوسط البارد , فيمكن أن تكون درجة حرارة الوسط البارد 30 درجة مئوية بينما درجة حرارة المعايرة لهذا الوسط كان صفر و إذا افترضنا أن

الثيرموكبل يستخدم في القياس عند درجة حرارة عالية لو افترضنا أنها كانت 1500 درجة مئوية فإن نسبة الخطأ تكون أقل من تساوي 2 % و أحيانا تكون 1% و لكن هناك طرق عملية لحل هذه المشكلة و منها كما هو موضح بالشكل التالي يتم إضافة جهد مستمر مكافئ لهذا الجهد و يتم أيضا تضخيم جهد الثيرموكبل عن طريق المكبر التشغيلي .

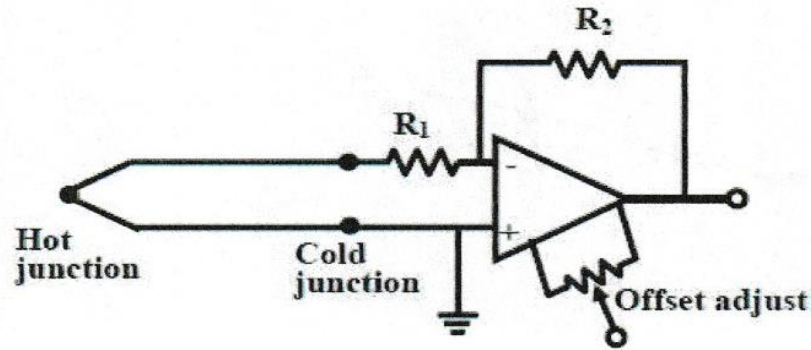


Fig.7 Simple method for reference junction compensation

و هناك ايضا طريقة أخرى بوضع حساس RTD و قيمة مقاومته متغيرة حسب درجة الحرارة و منه يتم ملامة الجهد المافئ للوسط البارد كما بالشكل .

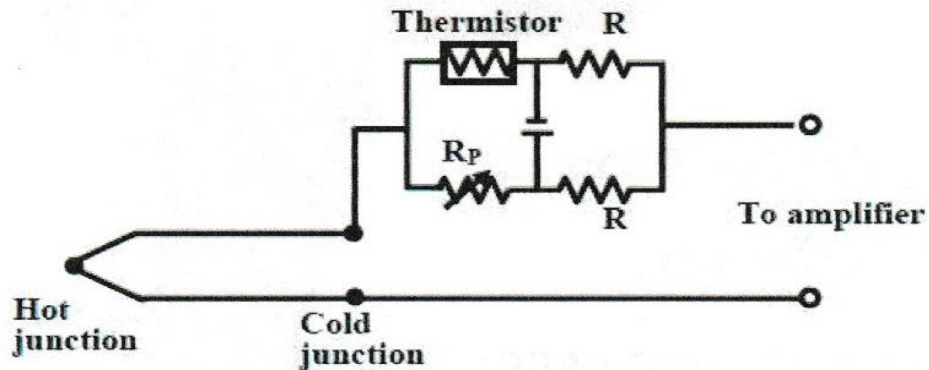
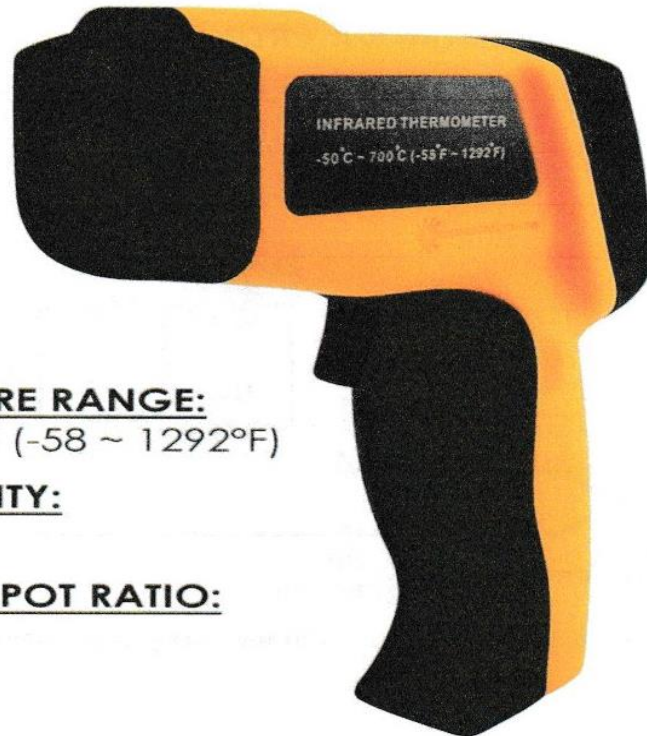


Fig. 8 Compensation scheme using wheatstone bridge

3 البيرومتر Pyrometer:

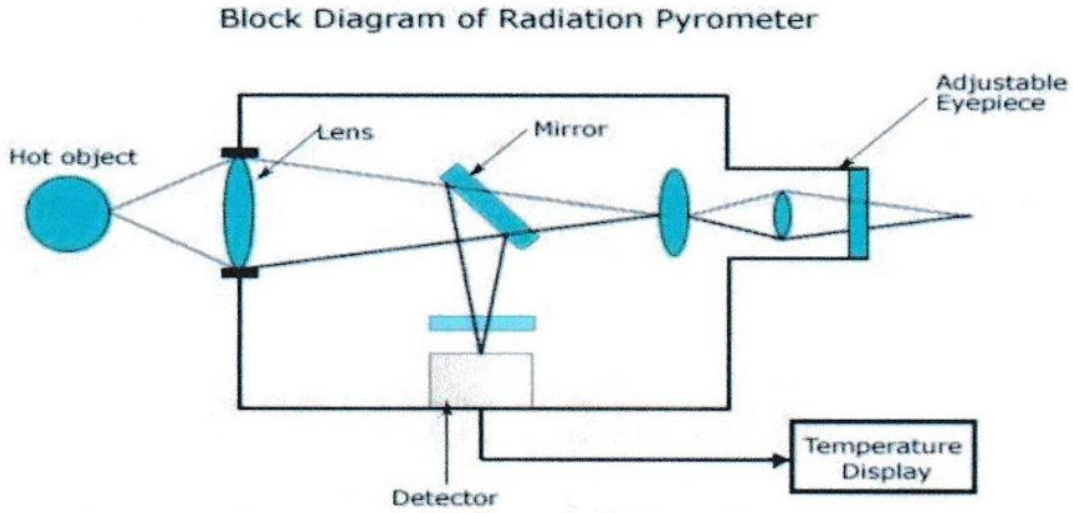
البيرومتر هو جهاز لقياس درجة الحرارة عن بعد و يوجد منه نوعين البيرومتر الإشعاعي Radiation و البيرومتر الضوئي Optical و لهما نفس نظرية العمل مع اختلاف المكونات لكل نوع .



TEMPERATURE RANGE:
-50 ~ 700°C (-58 ~ 1292°F)

REPEATABILITY:
1% or 1°C

DISTANCE SPOT RATIO:
12:1



و طريقة عمله :

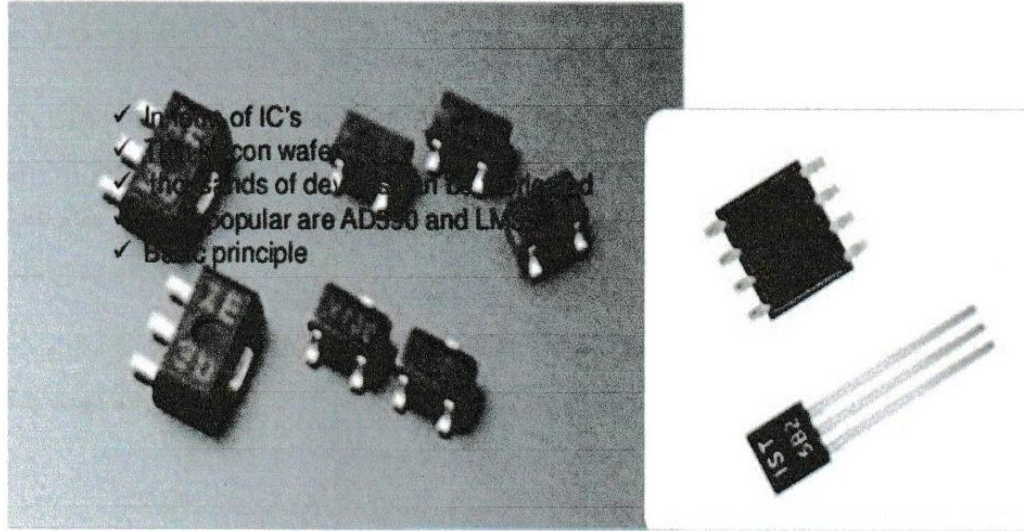
يقوم بإطلاق موجات تحت الحمراء و لهذه الموجات تردد معين و مقدار معين و بعد إصدام هذه الموجات بالحرارة فإنه يحدث تغير فيها (تأثير الموجات على بعضها البعض) و عند رجوعها للمستقبل يقوم بقراءة الموجة المنعكسة و تحليلها و من ذلك يستطيع معرفة مقدار درجة الحرارة.

و اما إذا كان البيرومتر ضوئي فإنه يطلق موجات ضوئية و أيضا يحدث فيها تغير بعد تعرضها للحرارة .

4 وصلة شبه الموصل Junction semiconductor sensor:

هذه الوصلة يمكن أن تكون دايود (ثنائي) أو ترانزستور و طريقة عمله نفسه طريقة اشباه الموصلات الحساسة للضوء و لكن هنا تنتج كهرباء (فولت) عند تعرضها للحرارة و بعد قياس هذا الفولت يمكن معرفة مقدار درجة الحرارة و في الغالب تستخدم كحساسات ديجتال للحرارة .

Semiconductor Temperature Sensors



2 حساس الضغط : pressure sensor

الضغط : pressure

إن مفهوم الضغط هو نفسه مفهوم القوة إلا أن الضغط يأخذ تأثير المساحة المؤثر عليها في الحساب .

و الضغط يتناسب طرديا مع القوة و عكسيا مع المساحة .

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

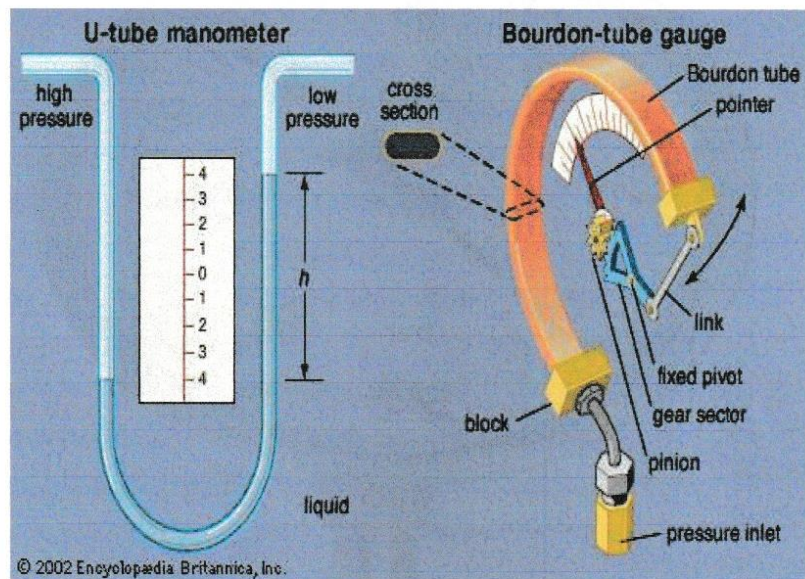
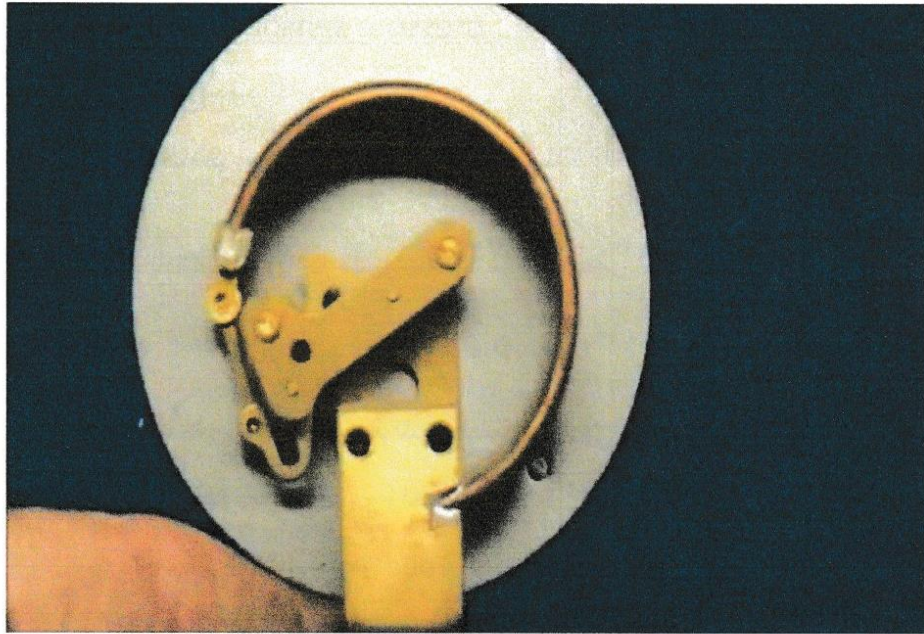
و توجد وحدات كثيرة لقياس الضغط أشهر الباسكال (Pa) و N/m^2 و هما متساويتين .

و أيضا هنالك وحدة البار (bar) و واحد بار يساوي 10^5 باسكال .

و من أشهر أجهزة قياس الضغط هو Bourdon Tube

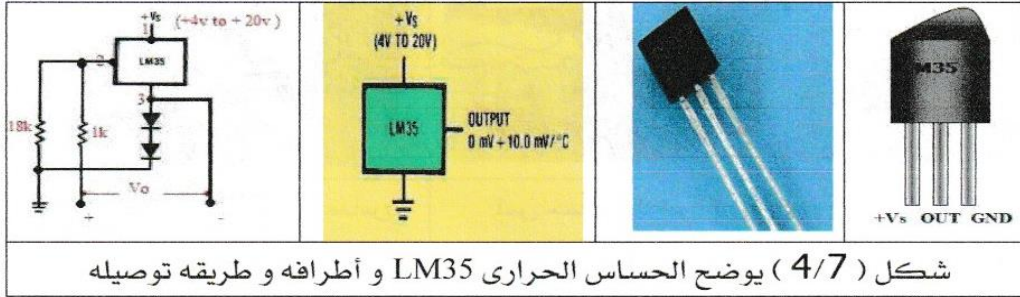
أنبوب بوردون : Bourdon Tube





الحساس الحرارى LM 35

تعريف : هو عبارة عن دائرة متكاملة IC تعطي تغيراً في الجهد يتناسب مع التغير في درجة الحرارة حيث تعطي 10ميللى فولت لكل درجة مئوية ($10\text{mV} / 1^{\circ}\text{C}$)



مواصفات الحساس LM35 (LM35 SPECIFICATIONS)

1 / دقة هذا الحساس 0.5 درجة مئوية (0.5°C) و هي جيدة بالنسبة لمعظم التطبيقات (نسبة الخطأ مقبولة)

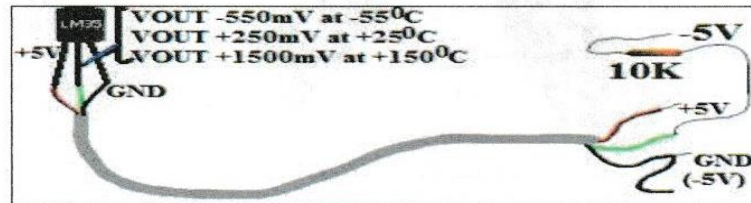
2 / جهد تغذيته يتراوح من 4 فولت إلى 20 فولت

3 / درجات الحرارة التي يتعامل معها تتراوح من 55 تحت الصفر إلى 150 درجة مئوية

4 / العلاقة بين درجة الحرارة و خرج الحساس خطية (10ميللى فولت لكل 1 درجة مئوية)

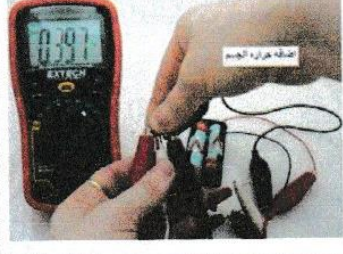
طريقة اختبار حساس الحرارة LM 35 (HOW TO TEST LM35)

يمكنك اختبار الحساس بتوصيل الطرف رقم 1 إلى الجهد +5 فولت (الموجب) و الطرف رقم 3 إلى الأرضي (السالب) أما الطرف رقم 2 و هو في المنتصف و يمثل خرج الحساس و يتم توصيل مقاومة حمل 10 كيلو أوم بينه و بين الأرضي (- 5 فولت) ثم يتم قياس جهد الخرج من على طرفي المقاومة و يكون مجس الفولتميتر الموجب على الطرف (2) و المجس السالب على الأرضي و نطاق القياس على الجهد المستمر (VDC) فإذا كانت الحرارة 36 درجة مئوية ستقرأ على الفولتميتر 360ميللى فولت أما إذا كانت الحرارة 18 درجة مئوية ستقرأ على الفولتميتر 180ميللى فولت و هكذا



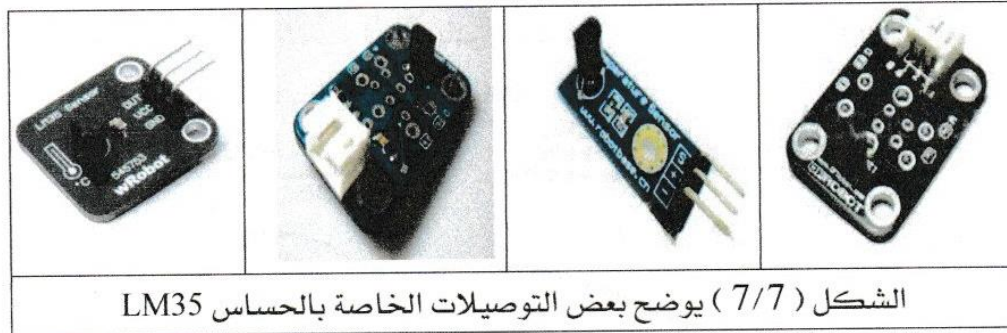
الشكل (5/7)

يمكن اختبار الحساس LM35 مباشرة هكذا :

		
وضع ثلج لأختبار التغير (لاحظ الجهد ينخفض)	لمس حساس الحرارة ليكتسب حرارة الجسم لاحظ تغير القراءة	اختبار و فحص الحساس عند درجة حراره 36°م
الشكل (6/7)		

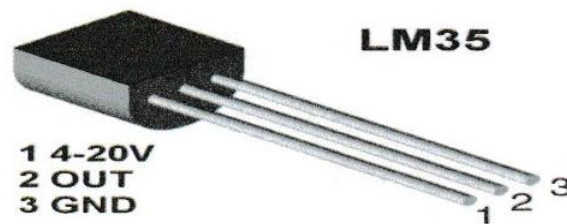
ملاحظة هامة : لقياس درجة الحرارة يمكن استخدام المقاومات الحرارية PTC, NTC التي تتغير مقاومتها سلباً أو إيجاباً مع تغير الحرارة ، كما يمكن استخدام المزودج الحراري و لكن الحساس LM35 ذو دقة أكبر و من السهل جداً التعامل معه لدرجة أنه يعد ميزان حرارة مستقل بحد ذاته يعطي درجة الحرارة على شاشة الفولتميتر بكل بساطة و هذا ما لا تجده في المقاومات الحرارية

تعليمات هامة : يفضل عند توصيل الحساس LM35 أن لا يوصل مباشرة بالدائرة و يتم توصيله بسلك يبعده عن الدائرة مسافة مناسبة و ذلك لضمان دقة و كفاءة قياس الحرارة و عدم تأثرها بحرارة عناصر الدائرة أو بالتيار المار بها و لذلك تم عمل توصيلات جاهزة لهذا الحساس خصيصاً و الشكل (7/7) يوضح بعضها

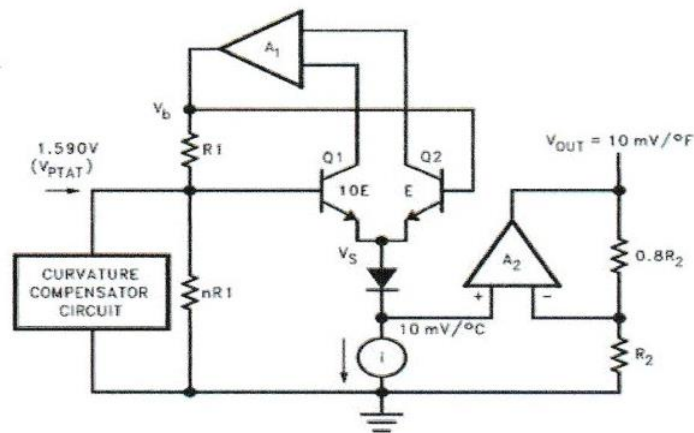


الحساس LM35

LM35 عبارة عن مستشعر درجة حرارة تناظري خطي يتغير جهد الخرج خطياً مع تغير درجة الحرارة. LM35 عبارة عن مستشعر درجة حرارة خطي ثلاثي الأطراف من شركة أشباه الموصلات الوطنية. يمكنه قياس درجة الحرارة من -55 درجة مئوية إلى +150 درجة مئوية. يزيد خرج الجهد الكهربائي لـ LM35 بمقدار 10 ملي فولت لكل درجة مئوية ترتفع في درجة الحرارة. يمكن تشغيل LM35 من مصدر 5 فولت ويكون التيار الاحتياطي أقل من 60 uA. يظهر الدبوس خارج LM35 في الشكل أدناه.



ويحتوي على دائرة داخلية لتحويل الإشارة الكهربائية الناتجة عن درجة الحرارة إلى جهد تناظري للدائرة الداخلية لمستشعر LM35



يستخدم مستشعر LM35 المبدأ الأساسي للديود، حيث تزداد درجة الحرارة، ويزداد الجهد عبر الصمام الثنائي بمعدل معروف. من خلال تضخيم تغيير الجهد بدقة، من السهل توليد إشارة تناظرية تتناسب طرديًا مع درجة الحرارة.

يوجد ترانزستوران في وسط الدائرة. أحدهما لديه عشرة أضعاف مساحة الباعث للآخر. وهذا يعني أن كثافته تبلغ عُشر كثافة التيار، نظرًا لأن التيار نفسه يمر عبر كلا الترانزستورين. يؤدي هذا إلى جهد عبر المقاومة R1 يتناسب مع درجة الحرارة المطلقة، ويكون خطيًا تقريبًا عبر النطاق الذي نهتم به. تتم العناية بالجزء "تقريبًا" بواسطة دائرة خاصة تعمل على تقويم الرسم البياني المنحني قليلاً للجهد مقابل درجة الحرارة.

يضمن مكبر الصوت الموجود في الأعلى أن الجهد عند قاعدة الترانزستور الأيسر (Q1) يتناسب مع درجة الحرارة المطلقة من خلال مقارنة خرج الترانزستورين. يقوم مكبر الصوت الموجود على اليمين بتحويل درجة الحرارة المطلقة (المقاسة بالكلفن) إلى فهرنهايت أو مئوية، اعتمادًا على الجزء (LM35). الدائرة الصغيرة التي تحتوي على "أ" هي دائرة مصدر تيار مستمر.

تتم معايرة المقاومين في المصنع لإنتاج مستشعر درجة حرارة عالي الدقة. تحتوي الدائرة المتكاملة على العديد من الترانزستورات - اثنان في المنتصف، وبعضها في كل مضخم، وبعضها في مصدر التيار الثابت، وبعضها في دائرة تعويض الانحناء.