المملكة العربية السعودية

المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني

الكلية التقنية بتبوك

قسم الالكترونية

الحساسات والمبدلات

١٤٤٢هـ

إعداد: م. جابر محمد محزري
Jaber.m@tvtc.gov.sa

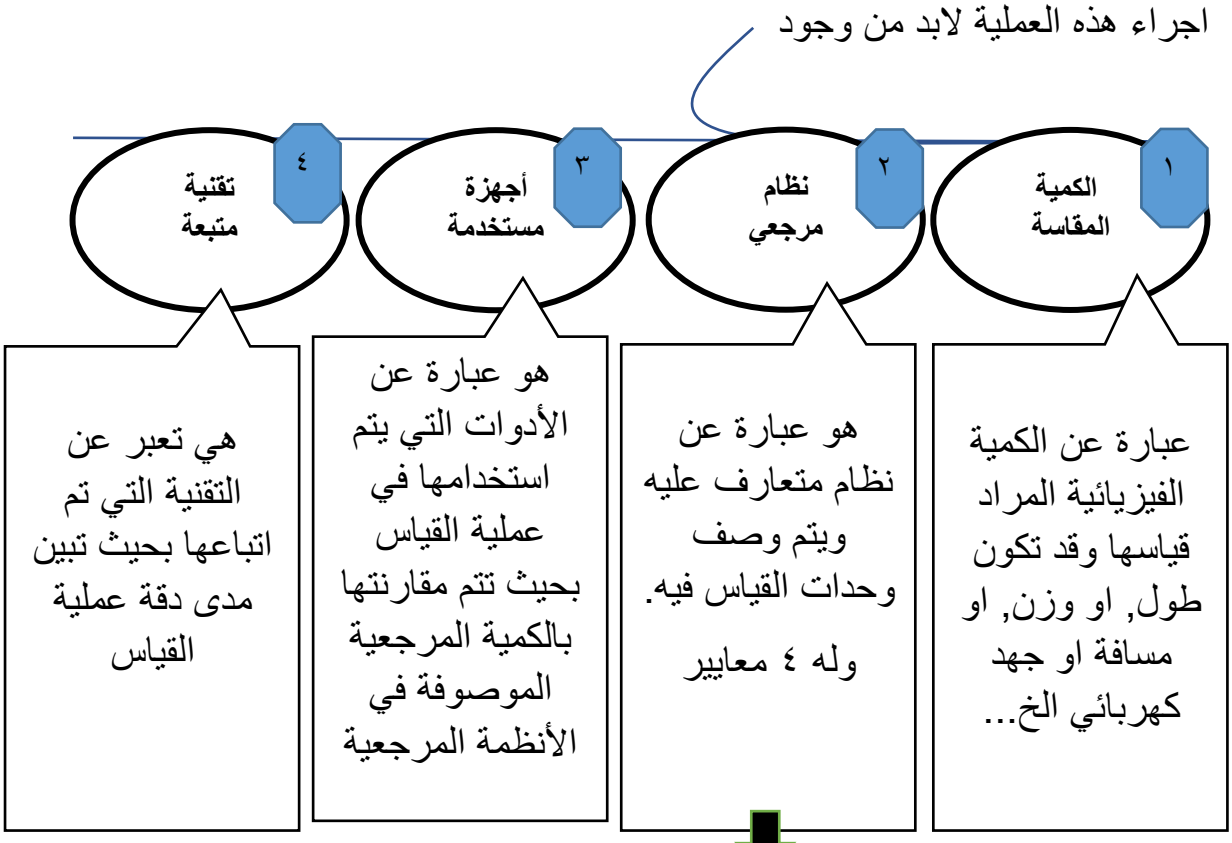
الوحدة الأول
مقدمة عن الحساسات والمبدلات

مقدمة

قبل التعرف على ماهية الحساسات والمبدلات سنتعرف على المعايير القياسية الخاصة بعمليات القياس مثل التعرف على أدوات عملية القياس و مصادر الأخطاء وطرق تحليلها, ولذلك يجب التطرق لمجموعة من المفاهيم ;

١ عملية القياس

وتعرف بأنها عملية يتم فيها التقييم لكمية مقاسة بالنسبة لمرجعية محددة, وعند اجراء هذه العملية لابد من وجود



١	**النظام المرجعي المعياري الدولي:** عبارة عن نظام يتم التعارف عليه دوليا وفيه يتم وصف الوحدات الوحدات المتفق عليه دولياو تراجع بشكل دوري عن طريق مكتب الاوزان والقياسات في باريس.
٢	**النظام المرجعي المعياري الابتدائي:** عبارة عن نظام يتم التعارف عليه قوميا وهو قابل ي حدود دولة واحدة او مجموعة دول مرتبطه قوميا.
٣	**النظام المرجعي المعياري الثانوي:** مرجع معياري أساسي في الصناعة بحيث يكون كل مصنع مسؤول كليا عن نظامه.
٤	**النظام المرجعي المعياري للعمل:** عبارة عن نظام يتم وضعه بمعزل لكل معمل حسب الأدوات المطلوبة فيه.

عمليات القياس تعتمد على عدة عوامل منها :-

١ عوامل تعتمد على جهاز القياس مثل;

١) نوع الجهاز (كهربائي – الكتروني – رقمي)
٢) دقة الجهاز (مدى دقة القياس بالقيمة الواقعية)
٣) حالة الجهاز.
٤) عمر الجهاز.

٢ عوامل تعتمد على المستخدم الفاحص مثل;

١) دقة نظر الشخص
٢) اعتناء الشخص بعملية القياس
٣) مناسبة المدى في القياس

٣ عوامل خارجية مثل;

١) العوامل الجوية مثل درجة الحرارة او نسبة الرطوبة او الضغط الجوي
٢) ظروف التشغيل كقربه من مجال مغناطيسي او كهربائي او مقاومة اسلاك التوصيل ونحوه.

{٢} معرفة نسبة الأخطاء في عمليات القياس

كما تم توضيحه سابقا بوجود عوامل تؤثر على عملية القياس مما يتسبب في وجود اختلاف بين القيمة المقاسة والقيمة الواقعية وتسمى هنا (القيمة المتوقعة) ويمكن الحصول على نسبة الخطأ بينهم باستخدام التالي :

أولا : **الخطأ المطلق** e_{ab}

وهو عبارة عن الفارق بين القيمة المتوقعة للقياس Yn والقيمة المقاسة فعليا Xn.

$$e_{ab} = Y_n - X_n$$

ثانيا: **الخطأ النسبي er**

وهو عبارة عن النسبة بين الخطا المطلق e_{ab} والقيمة المتوقعة للقياس Yn.

$$er = \frac{eab}{Yn}$$

ثالثا: **النسبة المئوية للخطأ e%**

وهو عبارة عن النسبة بين الخطأ المطلق والقيمة المتوقعة للقياس كنسبة مئوية.

$$e\% = \frac{eab}{Yn} \times 100\%$$

مثال ١

في مختبر هندسة كهربائية قام متدرب بقياس جهد على طرفي مقاومة فكانت القيمة المقاسة 49V , اذا كانت القيمة المتوقعة للقياس حسب الحسابات النظرية 50V , احسب كلا الخطأ المطلق و النسبة المئوية للخطأ :

١) الخطأ المطلق

$$e_{ab} = Y_n - X_n = 50 - 49 = 1 \text{ volt}$$

٢) النسبة المئوية للخطأ

$$e_{\%} = \frac{e_{ab}}{Y_n} \times 100\ \% = \left|\frac{50\ V - 49\ V}{50\ V}\right| \times 100\ \% = 2\ \%$$

٣ معرفة نسبة الدقة في عمليات القياس

تعرف دقة القياس بأنها مدى تطابق القيمة المقاسة مع القيمة المتوقعة , ويمكن التأكد من خلال الاتي:

أولا : **الدقة النسبية Ar**

هي النسبة بين القيمة المقاسة والقيمة المتوقعة للقياس وتمثل رياضيا بالشكل التالي :

$$A_r = \frac{X_n}{Y_n} = 1 - e_r$$

ثانيا : **النسبة المئوية لدقة القياس a%**

$$a_{\%} = \frac{X_n}{Y_n}\ \%$$

مثال ٢

في مختبر هندسة كهربائية قام متدرب بقياس جهد على طرفي مقاومة فكانت القيمة المقاسة 49V , اذا كانت القيمة المتوقعة للقياس حسب الحسابات النظرية 50V , احسب كلا الدقة النسبية و النسبة المئوية للدقة :

$$(e_r) = \frac{e_{ab}}{Y_n} = \frac{1}{50} = 2$$

١) الدقة النسبية

$$A_r = 1 - e_r = 1 - \frac{1}{50} = 0.98$$

٢) النسبة المئوية للدقة

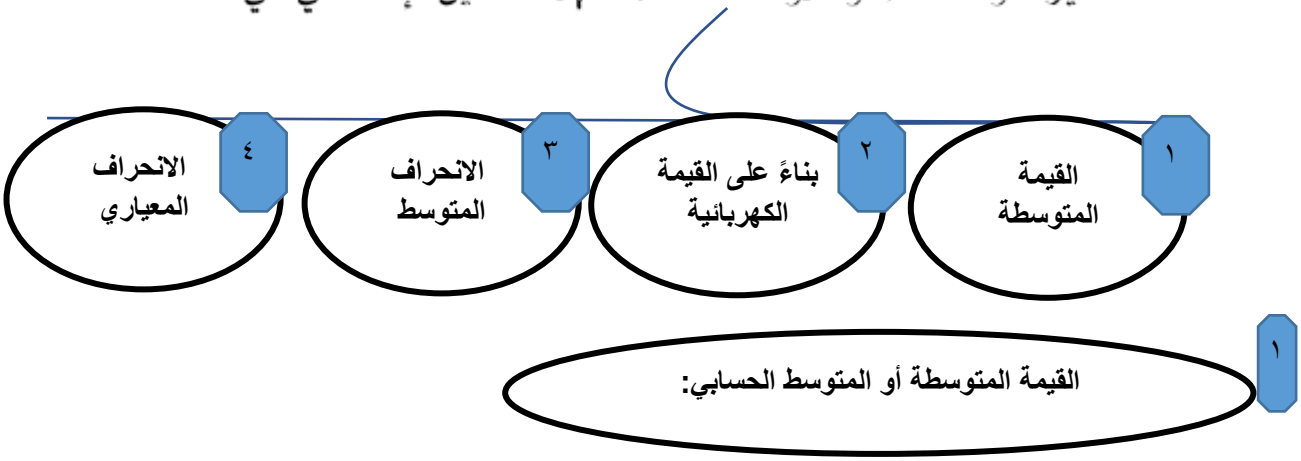
$$a_{\%} = \frac{X_n}{Y_n}\ \% = \frac{49}{50} \times 100\ \% = 98\ \%$$

{٤} التحليل الاحصائي للأخطاء في عمليات القياس

عند إجراء عملية قياس لأي كمية فيزيائية ، فإن عملية القياس تتأثر بالعديد من العوامل المختلفة. كمثال، حين إجراء عملية قياس للمقاومة الكهربائية لموصل ما (قطعة من السلك مثلا) ، فإن العديد من العوامل سوف تؤثر على القيمة التي سوف نحصل عليها. (بعض هذه العوامل ذات أهمية أكبر من العوامل الأخرى). والعوامل المأخوذة في الاعتبار تتضمن: عوامل ثابتة مثل: درجة نقاء المادة المصنوع منها الموصل، طول الموصل ومساحة مقطعة ، العوامل الميكانيكية المؤثرة على الموصل أثناء عملية تصنيعه مثل الشد الذي تعرض له الموصل أو المعالجة الحرارية أثناء عملية التصنيع، وعوامل متغيرة مثل: درجة حرارة الموصل، توزيع التيار على مسار طول الموصل.

وإذا كان معلوماً ، بأي درجة يؤثر كل من هذه العوامل بمفرده على قيمة القياس، يمكن تفسير الاختلافات التي تحدث بين القراءات في حالة تكرار القياس عدة مرات وكيف أنه من الصعب تثبيت هذه العوامل كلها أثناء تكرار القياس.

وتغير هذه العوامل بطريقة عشوائية وقت القياس يؤدي إلى نتائج قياس مختلفة. وتكون الاحتمالات متساوية أن تكون القياسات أقل من القيمة المتوقعة أو أكثر منها. ولهذا لابد من تحليل بيانات القياس تحليلاً إحصائياً لإجراء تقييم كمي لعملية القياس، ولإعطاء تصور أو حكم دقيق على المتغيرات والأخطاء. والأدوات المستخدمة لهذا التحليل الإحصائي هي:



١ القيمة المتوسطة أو المتوسط الحسابي:

القيمة المتوسطة أو المتوسط الحسابي $\overline{X}$ لمجموعة n من القراءات $(X_1, X_2, X_3 ..... X_n)$ هي مجموع هذه القراءات مقسوماً على عددها n. وتعرف رياضياً كما يلي:

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_n}{n}$$

٢ انحراف القيمة:

يعرف انحراف القراءة i ويرمز له بالرمز (d_i) لمجموعة من القراءات، بأنه الفارق بين القراءة X_i والقيمة المتوسطة لمجموعة القراءات $\overline{X}$. وتعرف رياضياً كما يلي:

$$d_i = X_i - \overline{X}$$

ويلاحظ أن المجموع الجبري لهذه الانحرافات لابد أن يساوي صفراً. ويعرف رياضيا كما يلي:

$$d_1 + d_2 + d_3 + \ldots + d_n = 0$$

حيث:

$$\sum_{i=1}^{n} d_i = X_1 - \overline{X} + X_2 - \overline{X} \ldots\ldots + X_n - \overline{X} = X_1 + X_2 + \ldots - X_n - \overline{X} - \overline{X} - \ldots\ldots - \overline{X}$$

$$\sum_{i=1}^{n} d_i = \sum_{i=1}^{n} X_i - n\overline{X = 0}$$

ويمكن وضع المعادلة السابقة على الصورة المختصرة:

$$\sum_{i=1}^{n} d_i = 0$$

وذلك لأن الانحراف قد يكون سالباً كما أنه يمكن أن يكون موجباً.

٣ الانحراف المتوسط:

الانحراف المتوسط (D) هو المتوسط الحسابي للقيم المطلقة للانحرافات. وتعرف رياضياً كما يلي:

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + \ldots + |d_n|}{n}$$

٤

الانحراف المعياري:

الانحراف المعياري (S) لمجموعة من القيم هو مقياس لاختلاف هذه القيم عن القيمة المتوسطة.

ويعرف رياضيا كما يلي:

$$S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + ... + d_n^2}{n \text{ or } (n-1)}}$$

وطبقاً لعلم الإحصاء، إذا كان عدد القراءات ($n < 30$) يؤخذ في المقام القيمة (n-1) وإذا كان عدد القراءات ($n \geq 30$) يؤخذ في المقام القيمة n، حيث أنه في هذه الحالة لن تختلف النتيجة بالقسمة على n أو n-1.

مثال ٣

من الجدول التالي، احسب:

(أ) المتوسط الحسابي للقراءات $\overline{X}$.

(ب) انحراف كل قيمة d_i.

(ج) المجموع الجبري للانحرافات $\sum_{i=1}^{n} d_i$.

(د) الانحراف المعياري S.

المتغير	القيمة
X_1	50.1
X_2	49.7
X_3	49.6
X_4	50.2

الحل:

(أ) المتوسط الحسابي $\overline{X}$:

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_n}{}$$

$$\overline{X} = \frac{50.1 + 49.7 + 49.6 + 50.2}{4} = 49.9$$

(ب) انحراف كل قيمة d_i :

$$d_i = X_i - \overline{X}$$

$$d_1 = X_1 - \overline{X} = 50.1 - 49.9 = 0.2$$

$$d_2 = X_2 - \overline{X} = 49.7 - 49.9 = -0.2$$

$$d_3 = X_3 - \overline{X} = 49.6 - 49.9 = -0.3$$

$$d_4 = X_4 - \overline{X} = 50.2 - 49.9 = 0.3$$

(ج) المجموع الجبري للانحرافات $\sum_{i=1}^{n} d_i$:

$$\sum_{i=1}^{4} d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$\sum_{i=1}^{4} d_i = 0.2 - 0.2 - 0.3 + 0.3 = 0$$

(د) الانحراف المعياري S:

$$S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0.2^2 + 0.2^2 + 0.3^2 + 0.3^2}{4 - 1}} = 0.294$$

٥ الحساسات والمبدلات:

يمكن تعريفها بأنها عناصر الكترونية قادرة على استشعار الكميات الفيزيائية المختلفة وتحويلها لقيم كهربائية, مما يعني أنها عناصر تعطي ناتج قابل للاستعمال.

في البداية يجب ان نتعرف على معنى كمية فيزيائية فهو مصطلح يطلق على كل جزء من الطبيعة يمكن تحديد كميته بالقياس أو بالحساب، ويشمل جميع القيم المعبر عنها بقيمة عددية مرفقة عادة بوحدة قياس مثل الطول أوالوزن أوالسرعة او الضوء او الحرارة الخ.

أما الكميات الكهربائية فأنه يقصد بها هي التيار والجهد والمقاومة الكهربائية إضافة الى السعة والحث.
في النقاط أدناه سيتم ذكر أهمية الحساسات ومميزاتها وكذلك مقارنة بين الحساسات البشرية وبين ما يقابلها من حساسات الكترونية اعتماداً على الظواهر الفيزيائية, كذلك سيتم ذكر بعض أنواع الحساسات وطرق تقسيمها.

١

أهمية الحساسات :

أصبحت الحساسات في وقتنا الحاضر ضرورة أساسية في التطبيقات الصناعية ، فهي تعتبر بمثابة أعضاء الحواس لنظام التحكم و بدونها يكون نظام التحكم عاجز لأنه يكون بمعزل عن الوسط الخارجي و تغيرات النظام المتحكم به.

حيث كان العامل هو المصدر لكل المعلومات حول عملية المعالجة وكان عليه أن يعرف فيما إذا كانت هناك قطع متوفرة ، أو أي من القطع كانت جاهزة ، وهل هي صالحة أم فاسدة ، وهل الأدوات في حالة جيدة ، وهل مكان التثبيت مفتوح أم مغلق ، و هكذا ... وبالتالي فإنه كان يتوجب عليه أن يتحسس المشكلات بنفسه في العملية الإنتاجية .

وهكذا كان العامل يستطيع أن يرى أو أن يشعر و حتى أن يكتشف المشكلات بنفسه .

لكن الحساسات الإلكترونية في الحقيقة ، تنجز مهام بسيطة وبكفاءة عالية وبدقة أكبر مما يمكن أن يفعله الأشخاص ، وإن الحساسات أكثر سرعة كما أن الأخطاء المرتكبة فيها تكون قليلة .

٢

مميزات الحساسات :

(1) الإشارة الكهربائية يمكن تكبيرها بسهولة مما يجعل القياسات ذات دقة عالية .

(2) يمكن نقلها بسهولة من مكان إلى آخر .

(3) يمكن معالجتها بسرعة عالية .

(4) صغيرة الحجم ، خفيفة الوزن ، سهلة التداول.

٣

الحواس البشرية والحساسات الإلكترونية :

يمكن ذكر الحساسات الإلكترونية بالمقارنة مع الحواس البشرية و يبين الجدول التالي الحواس البشرية مثلا السمع والبصر ، كما يبين المقابل لها من الحساسات الإلكترونية .

الحاسة البشرية	العضو البشري	الظاهرة الطبيعية	الحساس الإلكتروني
البصر	العين	الضوء	عنصر تحويل ضوئي
السمع	الأذن	الصوت	عنصر صوتي
اللمس	الجلد	الإزاحة الضغط	كهرومغناطيسي
الإحساس بالحرارة	الجلد	درجة الحرارة	كهرو ضوئي
			كهرو حراري
الشم	الأنف اللسان	امتصاص الجزيء	رطوبة غاز

٤

تقسيم الحساسات:

عملية تقسيم الحساسات تتم من عدة أوجه فقد يتم تقسيمها بناء على خرجها او تتم عن طريق القيمة الفيزيائية التي يتم استشعارها أو حتى بناء على القيم الكهربائية التي تنتجها.

بناءً على نوع الخرج

بحيث يتم تقسيمها كالتالي :

١. **حساسات رقمية وهي الحساسات التي يكون خرجها بقيم رقمية بمعنى أن تكون حالتها إما On (١) او Off (0) ولا يمكن ان يكون بينهما حالة متوسطة.**
٢. **حساسات تماثلية وهي الحساسات التي تعطي اشرة كهربائية في كل لحظة بمعنى انه يمكن أن تتفاوت قيمة الخرج باستمرار.**

تابع تقسيم الحساسات:

بحيث يتم تقسيمها كالتالي :

٣. **حساسات حرارية بناءً على استشعارها للحرارة .**
٤. **حساسات ضوئية بناءً على استشعارها للضوء .**
٥. **حساسات ميكانيكية بناءً على استشعارها للحركة الميكانيكية .**
٦. **حساسات مسافة بناءً على استشعارها للمسافة .**
٧. **حساسات حيوية بناءً على استشعارها للقيم الحيوية . الخ;**

فيتم تقسيمها بناءعلى المقادير الكهربائية مثل الممانعة او السعة او الحث او حساسات مولدة للجهد او التيار.

تدريبات على الوحدة الأولى

١ إذا مر تيار كهربائي في مقاومة كهربائية مقداره 1.5 A ، وعند قياسه أظهر جهاز القياس قيمة تعادل 1.46 A . احسب قيمة الخطأ المطلق (e_{ab}) والنسبة المئوية للخطأ($e_{\%}$).

٢ إذا كانت قيمة مقاومة كهربائية طبقاً لكود الألوان تساوي 2 kΩ ، إلا أن القياسات أظهرت قيمة تعادل 1.93 kΩ ، احسب:

(أ) الدقة النسبية للقياس.

(ب) النسبة المئوية لدقة القياس.

٣ إذا كانت دقة مقياس للجهد توصف بمقدار 98% من القيمة العظمى لقراءاته:

(أ) كم تبلغ قيمة الخطأ المطلق لقراءة مقدارها 175 V على مدى قياس قيمته 300 V

(ب) كم تبلغ النسبة المئوية لهذا الخطأ في الجزء (أ)

٤ إذا كان المطلوب هو الحصول على دقة لقراءة الجهد بمقدار وحدة واحدة في جهاز للقياس يحتوي على 300 وحدة. فما هي دقة الجهاز المستخدم؟

٥ عند مراجعة علامات الترقيم الملونة لثمانية مقاومات كهربائية متطابقة ، وجد أن قيمتها تساوي 5.6 kΩ لكل مقاومة ، وعند إجراء عمليات قياس لهذه المقاومات الثمانية كانت النتائج كالآتي:

رقم المقاومة	قيمة المقاومة (kΩ)
1	5.75
2	5.60
3	5.65
4	5.50
5	5.70
6	5.55
7	5.80
8	5.55

احسب الانحراف المعياري لهذه القراءات.

الوحدة الثانية
أنواع الحساسات المختلفة

الفصل الأول

الحساسات الحرارية

مقدمة

تعّد الحرارة نوعاً من أنواع الطاقة، وهي بدء تحرّك الذرات أو الجزيئات الداخلة في تركيب مادة ما، ويتزامن مع هذه الحركة توليد الطاقة ويكون ذلك بإحدى الطرق الرئيسية لتوليد الطاقة،

وهي:

- التفاعلات الكيميائية، والتي تتمثّل بتولّد الطاقة كيميائياً كالاحتراق مثلاً.
- التفاعلات النووية، كما هو الحال في الاندماج النووي الذي يحدث فوق سطح كوكب الشمس.
- الاشعاع الكهرطيسي، ويحدث هذا النوع من توليد الحرارة في المواقد الكهرطيسية.
- الحركة، وتتمثل ببدء توليد الحرارة عند احتكاك جزيئات الجسم أو الآلة ببعضها البعض.

تعتمد الحرارة على عدة طرق تنتقل فيها من جسم لآخر، ومن هذه الطرق التوصيل بالإشعاع والتوصيل الحراري والحمل الحراري، ومن المتعارف عليه فإن الحرارة تنتقل من درجة الحرارة العليا إلى الدنيا، ويطلق مسمى السعة الحرارية على كمية الحرارة المطلوبة لزيادة درجة حرارة أي جسيم بنسبة درجة مئوية واحدة مثلاً، وتعتبر السعة الحرارية قيمةً معروفةً بالنسبة لكل مادة، أما فيما يتعلق بالحرارة المطلوبة لزيادة درجة حرارة الكتلة لأيّ مادة بنسبة درجة واحدة فيطلق عليها مصطلح الحرارة النوعية، وتعتمد بدورها على التركيب الكيميائي للمادة والحالة التي تكون عليها المادة.

درجة الحرارة

تُعرف درجة الحرارة بأنها المؤشّر على الكمية التي يحتويها أي جسم من الطاقة الحرارية ويختزنها، كما يمكن تعريفها أيضاً بأنها ذلك المؤشر الذي يكشف عن مدى الحركة التي يمتلكها جسم بين ذراته، وتستخدم وحدات قياس الحرارة التالية لتحديد مدى برودة الجسم أو سخونته، وتلعب دوراً مهماً في تحديد الاتجاه الذي تنتقل فيه الحرارة بشكل تلقائي.

وحدات قياس الحرارة

يُعتمد فيزيائياً وكيميائياً على وحدات قياس معينة لقياس الحرارة وفقاً للمنظومة العالميةSI ، ومن هذه الوحدات:

- الكلفن، K وهي الوحدة الأكثر استخداماً في المجالات العلمية بمختلف أنواعها، وهي ذاتها درجة الحرارة المطلقة.
- سيلسيوس، ويرمز لها بالرمزC ، وتستخدم في الحياة اليومية لحياة الأفراد، وغالباً في حالة الطقس اليومية.
- الفهرنهايت، ويرمز لها بالرمزF ، وتستخدم عادة في الولايات المتحدة الأمريكية.

الفرق بين الحرارة ودرجة الحرارة

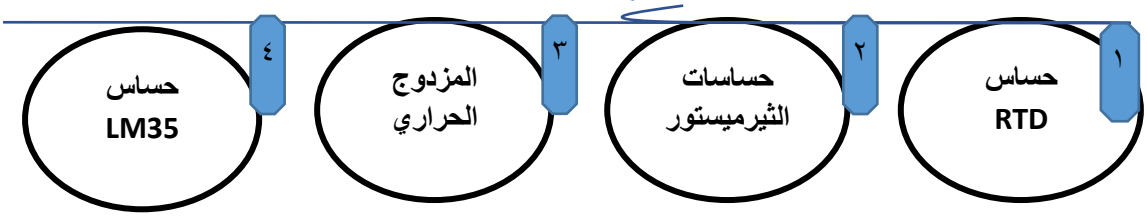
يكمن الاختلاف بين الحرارة ودرجة الحرارة بما يلي:

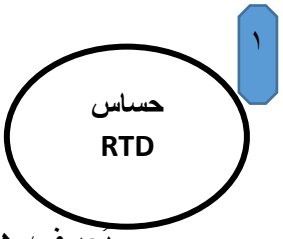
- في علم الفيزياء تستخدم وحدة القياس الجول لقياس الحرارة ، وتعبر عن الكمية التي تمتلكها الحرارة من الطاقة عند نقلها، ويشار إلى أن كل واط يساوي جول/ الثانية، أما درجة الحرارة فإنها تقاس بالكلفن والسليسيوس، الفهرنهايت.
- تقيس الحرارة ما يمتلكه جسم ما من طاقة كلية بما فيها الطاقة الحركية وطاقة الوضع وغيرها، أما درجة الحرارة فإنها تقيس فقط الطاقة الحركية التي يمتلكها جسم ما عند تحرك جزيئاته.
- تخضع الحرارة ودرجتها إلى قوانين الديناميكا الحرارية.

الحساسات الحرارية

يمكن تعريف الحساسات الحرارية على أنها عناصر الكترونية تستشعر الحرارة وتعطي قيمة كهربائية مقابلة.

بعض أنواع الحساسات الحرارية





يُعرف هذا الحساس بـ حساس الحرارة RTD أو كاشف درجة حرارة المقاومة, و يمكن تعريفه بأنه عبارة عن مقاومة متغيرة عند استشعارها للحرارة تتغير قيمتها.

ويمكن توضيح عملها بحيث أن المقاومة الكهربائية للمعادن ترتفع مع زيادة الحرارة عند زيادة سخونة المعادن ، بينما تنخفض مقاومتها الكهربائية مع انخفاض الحرارة وتكون المعادن أكثر برودة.

يتكون حساس الـ RTD من معادن نقية مثل البلاتين والنيكل والنحاس وما إلى ذلك. لأنها معادن قيمتها الاومية معروفة.

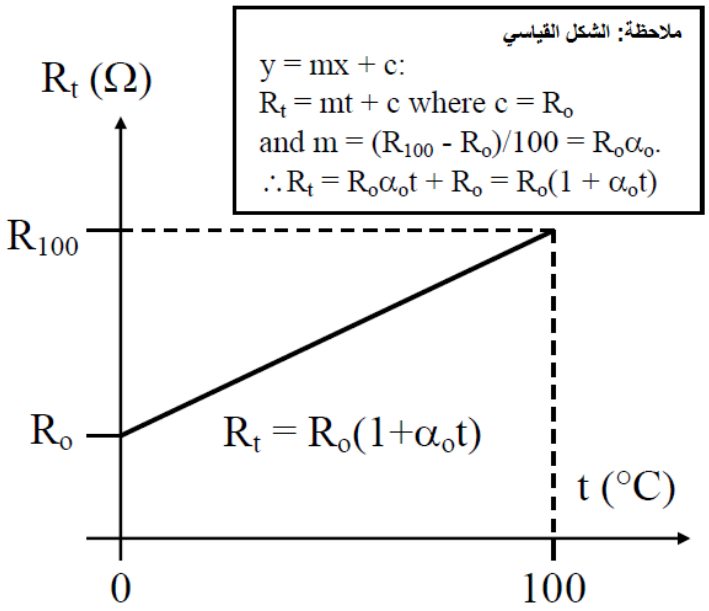
ويعتبر هذا الحساس من أكثر حساسات الحرارة استخداما نظر لدقته التي تصل الى 0.1 درجة مئوية ويوجد العديد من انواعه المستخدمة مثل (RTD PT100) و (SPRT/RTD) والذي تصل دقته الى 0.0001 درجة مئوية.

ويمكن التعرف على معامل درجة الحرارة لنوع RTD PT100 باستخدام المعادلة التالية;

$$\alpha_o = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \times 100}$$

بحيث:

α_o	معامل درجة الحرارة
R_0	قيمة مقاومة RTD عند 0 درجة مئوية (أوم)
R_{100}	قيمة مقاومة RTD عند 100 درجة مئوية (أوم)



من الشكل السابق ، يمكن التعبير عن العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة على النحو التالي :

$$R_t = R_o(1 + \alpha_o t),$$

بحيث:

R_t	قيمة مقاومة RTD عند درجة حرارة محددة (اوم).
R_o	قيمة مقاومة RTD عند 0 درجة مئوية (أوم)
α_o	معامل درجة الحرارة للمقاومة عند 0 درجة مئوية (لكل درجة مئوية)
t	درجة الحرارة المحددة.

مثال ١

حساس RTD PT100 مصنوع من البلاتين قيمة مقاومته هي 100 Ω عند 0 درجة مئوية , وقيمة مقاومتها 139.1 Ω عند 100 درجة مئوية.

١. احسب معامل درجة الحرارة للمقاومة للبلاتين.
٢. احسب قيمة مقاومة RTD عند درجة 50 مئوية.
٣. احسب درجة الحرارة عندما تكون قيمة المقاومة 139.1 Ω .

الحل:

1

$$\alpha_o = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \times 100} = \frac{139.1 - 100}{100 \times 100} = 0.00391\ /°C$$

2

t=50

$R_{50} = R_o(1 + \alpha t) = 100(1 + 0.00391 \times 50) = 119.55\Omega$

3

$R_t = Ro(1 + \alpha t) \Rightarrow 110 = 100(1 + 0.00391t)$

$R_t = 1 + 0.00391t = 1.1 \Rightarrow 0.00391t = 0.1 \Rightarrow t = 25.58\ °C.$

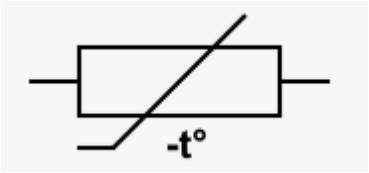
٢

حساسات الثيرميستور

هذا النوع من الحساسات عبارة عن مقاومات متغيرة غير خطية تتغير مع درجة الحرارة . ويمكن تعريفها أيضا بأنها مقاومات لها القدرة على استشعار الحرارة مما يؤثر على قيمة مقاومتها بارتفاع او انخفاض.

أنواع حساسات الثيرميستور

الثيرميستور سلبي المعامل الحراري	الثيرميستور إيجابي المعامل الحراري
NTC	PTC



١. الثيرميستور سلبي المعامل الحراري (NTC):

هذا الثيرميستور يعمل بشكل عكسي مع الحرارة بحيث تتغير قيمة مقاومته بعكس التغير في درجة الحرارة، بمعنى انه عندما تكون درجة الحرارة عادية (٢٥ درجة مئوية) مثلا فتكون مقاومته كبيرة، وعند ارتفاع درجة الحرارة تبدأ قيمة المقاومة في الانخفاض.

يعتبر هذا النوع من أكثر الأنواع استخداماً في دوائر الحماية ضمن دوائر تغذية الأجهزة الكهربائية. وذلك بسبب قدرتها على العمل على منع او تقليل تيار الاندفاع.

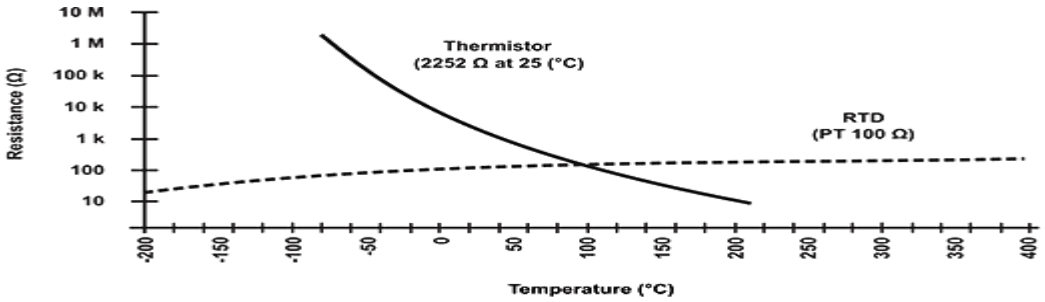
كما هو معروف بان جميع الأجهزة الكهربائية عند بداية عملها يندفع التيار الداخل لها بأضعاف التيار الطبيعي وهوما يسمى بتيار الاندفاع وقد تصل زيادة التيار من ٥ الى ١٠ اضعاف قيمة التيار الطبيعي. مثلا إذا كان الجهاز يسحب ٣,٥ أمبير في وضع الاستقرار فانه عند بداية تشغيله يسحب حوالي ١٠ أمبير لمدة قصيرة جدا (أجزاء من الثانية) مما يؤذي بعض العناصر الإلكترونية الموجودة داخل الجهاز، خصوصا مع تكرار حدوثه مع كل مرة يتم فيها تشغيل الجهاز.

ولذا يستخدم الحساس NTC للحماية من هذا التيار بحيث نستطيع التخلص أو على الأقل تقليل الضرر بنسبة كبيرة لان الثيرميستور NTC في حالة عدم تعرضه لحرارة فأن مقاومته كبيرة وبالتالي يقوم بمنع تيار الاندفاع من المرور أو على الأقل يقوم بخفض قيمته إلى درجة تتحملها العناصر الإلكترونية ومع مرور فترة زمنية بسيطة بسبب مرور التيار فأن حرارة الحساس سترتفع مما يعني أن قيمته

تنخفض ليسمح بمرور التيار الطبيعي عند الاستقرار. من هنا يُطلق في بعض الأحيان على الثيرميستور NTC اسم آخر هو مُحدد تيار الاندفاع Inrush Current Limiter وتُختصر إلى ICL

معامل حساسية هذا الحساس لـ درجة الحرارة أكبر بحوالي خمس مرات من ذلك الخاص بأجهزة استشعار درجة حرارة السيليكون وحوالي عشر مرات أكبر من تلك الخاصة بأجهزة كشف درجة الحرارة المقاومة (RTDs).

و عادة ما تكون معظم الثرميستورات NTC مناسبة للاستخدام في نطاق درجة حرارة بين -٥٥ درجة مئوية و ٢٠٠ درجة مئوية، حيث تعطي قراءاتها الأكثر دقة ، وهناك مجموعات خاصة من الثرميستورات NTC التي يمكن استخدامها في درجات حرارة تقترب من الصفر المطلق (-٢٧٣,١٥ درجة مئوية وكذلك بعضها مصممة خصيصًا للاستخدام فوق ١٥٠ درجة مئوية.



ويمكن إيجاد قيمة المقاومة عند تعرضها للحرارة من خلا استخدام المعادلة التالية:

$$R = R_0 \times e^{\beta\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

بحيث:

R	قيمة مقاومة الثيرميستور NTC عند درجة حرارة محددة
R_0	قيمة مقاومة الثيرميستور NTC عند درجة حرارة مرجعية
e	إحدى الدوال الرياضية (الدالة الأسية) ولها قيمة ثابتة تساوي 2.718281828
β	(بيتا) إنه المؤشر الذي يمثل العلاقة بين المقاومة ودرجة حرارة ثيرميستور معين. وعادة ما تكون قيمتها بين 3000 و 5000 .
T	درجة الحرارة بوحدة كلفن عند قيمة المقاومة المطلوبة
T_0	درجة الحرارة بوحدة كلفن عند قيمة المقاومة المرجعية

ويمكن إيجاد قيمة البيتا (β) باستخدام المعادلة التالية:

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{R_{T_O}}{R_T}\right)}{\left(\frac{1}{T_O} - \frac{1}{T}\right)}$$

ويمكن تحويل وحدة الحرارة من درجة حرارة مئوية (C^o) الى وحدة كلفن (K) باستخدام المعادلة التالية:

$$T_{(K)} = T_{(°C)} + 273.15$$

مثال ٢

مقاومة حرارية NTC قيمتها ٢٢٠ كيلو اوم عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية، فما هي قيمتها عند درجة حرارة ٩٠ درجة مئوية اذا علمت بأن β =3000 .

الحل:

$Ro= 220K\Omega = 220 \times 10^3\ \Omega = 220000\ \Omega$

$T_o= 25^0$

$T=90^0$

$\beta=3000$

R= ?

أولا : تحويل وحدة الحرارة من درجة حرارة مئوية (C^o) الى وحدة كلفن (K)

$T_o =25+273.15= 298.15\ (k)$

$T =90+273.15= 363.15\ (k)$

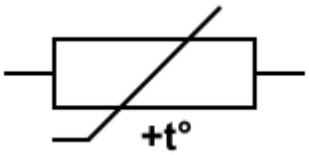
ثانيا : التعويض في معادلة إيجاد مقاومة NTC :

$$R = R_0 \times e^{\beta\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_o}\right)}$$

$$R = 220000 \times e^{3000\left(\frac{1}{363.15}-\frac{1}{298.15}\right)}$$

$R= \mathbf{36041.57\Omega} = 36.04K\Omega$

٢. الثيرميستور إيجابي المعامل الحراري (PTC):



هذا الثيرميستور علاقته طردية مع الحرارة بحيث تتغير قيمة مقاومته مع التغير في درجة الحرارة، بمعنى انه عندما ترتفع درجة الحرارة فإن مقاومته ترتفع كذلك وعند انخفاض درجة الحرارة تبدأ قيمة المقاومة في الانخفاض.

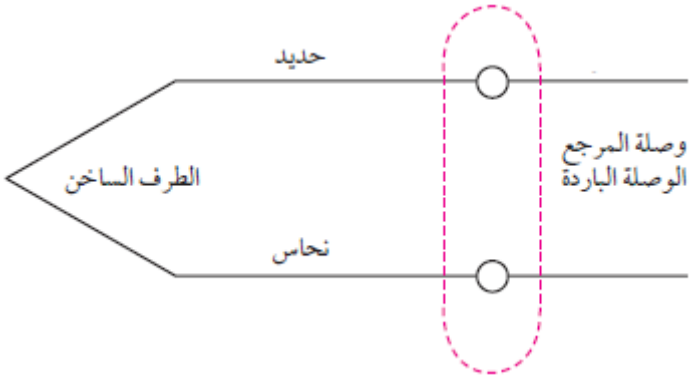
عادة ما تكون مقاومات PTC مصنوعة من مواد خزفية متعددة البلورات وشديدة المقاومة في حالتها الأصلية وهذه المواد يتم استخدامها في الغالب كسخانات ذاتية التنظيم. وتتراوح درجة حرارة التحول لمعظم حساسات PTC بين ٦٠ درجة مئوية و١٢٠ درجة مئوية. ومع ذلك، هناك أجهزة تطبيق خاصة مصنعة يمكنها التبديل حتى درجة حرارة منخفضة تصل إلى ٠ درجة مئوية أو تصل إلى ٢٠٠ درجة مئوية.

أحد الاستخدامات لـ PTC تتمثل في العمل على إيقاف دائرة ازالة مغناطيسية الشاشة عند بدء التشغيل. وذلك عن طريق دائرة متصلة مع عنصر PTC هذه الدائرة تولّد تيار شديد متناوب الأطوار عبر حلقة أو ملف ازالة المغناطيسية مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي ترتفع قيمة مقاومة PTC إلى أعلى مستوى مما ينتج عنه انخفاض التيار إلى مستواه الأدنى و بذلك تتوقف دائرة ازالة مغناطيسية بعد التشغيل مباشرة.

٣ المزدوج الحراري

قطعة كهربائية تستخدم في استشعار درجات الحرارة. وتتألف من اثنين من الموصلات الكهربائية غير المتماثلة التي تشكل تقاطع كهربائي باستخدام نقطة لحام، عند تعرضها لحرارة فإنه يتكون حول الموصلات توتر كهربائي تناسبي بسبب اختلاف موادهما وكلما ارتفت درجة الحرارة كلما اختلف هذا التوتر الكهربائي مما ينتج عنه فرق جهد كهربائي يمكن قراءته او معالجته.

ويمكن ان تكون الموصلات من معادن مثل النحاس , الكونستنتان , حديد, او فضة . وفي الشكل التالي طريقة ربط الموصلات مع بعضهما. مع توضيح الطرف الساخن والطرف البارد (المرجعي)



جدول ميزات الأنواع المشهورة من الازدواج الحراري

النوع	المدى الحراري C	نسبة الخطأ	مادة التصنيع و القطبية	EMF (mv)	الحساسية ميكروفولت / درجة	الأوساط المناسبة للعمل
J	0 – +750	0.75%	+ حديد – كونستانتان	0 to 42.28	25.6	الخاملة والاختزالية والفراغ
K	- 200 – +1250	0.75%	+ كروميل – ألوميل	-5.97 to 50.63	38.8	النظيفة والمؤكسدة والخاملة
E	-200 – +900	0.5%	+ كروميل – كونستانتان	-8.82 to 68.78	67.9	المؤكسد والخامل
T	-200 – +350	0.75%	+ نحاس – كونستانتان	-5.60 to 17.82	40.5	الرطبة ومعتدلة الأكسدة والاختزالية والفراغ

مميزات المزدوج الحراري:

غير مكلفة، وهي قابلة للتبديل ويتم توفيرها مع الموصلات القياسية، ويمكنها قياس مجموعة واسعة من درجات الحرارة، وعلى عكس معظم الطرق الأخرى لقياس درجة الحرارة، فإن المزدوج يعمل بالطاقة الذاتية ولا تتطلب أي شكل خارجي للطاقة ، و تستخدم على نطاق واسع في العلوم والصناعة، وتشمل التطبيقات التي تستخدم فيها : قياس درجة الحرارة للأفران، وعادم التوربينات الغازية، ومحركات الديزل، والعمليات الصناعية الأخرى، وتستخدم المزدوجات الحرارية أيضا في المنازل والمكاتب والشركات كمستشعرات للحرارة في منظمات الحرارة، وأيضا كأجهزة استشعار للهب في أجهزة الأمان للأجهزة التي تعمل بالغاز .

العيوب:

١- عند قياس درجة الحرارة باستخدام المزدوج الحراري يجب قياس درجتي حرارة، الوصلة الساخنة، والوصلة الباردة، ولتجنب الخطأ يتم تعويض درجة حرارة الوصلة الباردة بشكل عام في الأجهزة الإلكترونية عن طريق قياس درجة الحرارة في الكتلة الطرفية باستخدام أشباه الموصلات، الثرمستور، أو RTD.

٢- تعتبر الأنشطة الحرارية ذات المصادر المحتملة للخطأ معقدة نسبيا، والمواد التي تنتج منها الكابلات الحرارية غير خاملة ويمكن للتآكل أن يؤثر على الجهد الكهربي الحراري الناتج على طول الأسلاك الحرارية للمزدوج.

٣- يجب إجراء معايرة المزدوجات الحرارية أثناء الاستخدام، وإذا تمت إزالة المزدوج الحراري ووضعه في نظام المعايرة، فإنه أحيانا لا يعيد إنتاج نفس الناتج بالضبط.

كيفية إيجاد قيمة جهد الخرج من المزدوج الحراري:

العلاقة الرياضية التالية تصف العلاقة بين الجهد الكهربائي الناتج ودرجات الحرارة

$$V_{out} = c\,(T_1 - T_2) + k\,(T_1^2 - T_2^2) = \ldots.mV$$

بحيث :

V_{out} : الجهد الكهربائي الناتج ويقاس بوحدة المللي فولت

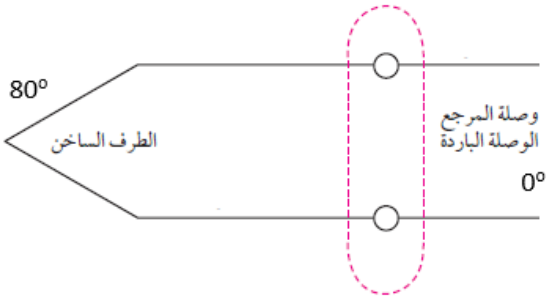
c & k: ثوابت تعتمد على مادة المزدوج

T1: درجة حرارة الطرفين الموصلين معا (الوصل الساخنة)

T2: درجة حرارة الطرفين الموصلين معا (الوصل الباردة)

مثال ٣

احسب الجهد الكهربائي الناتج من مزدوج حراري مصنع من مادتي النحاس و الكونستنتان , اذا كان الثابت $C= 3.75*10^{-2}$ و الثابت , $K=4.5*10^{-5}$ حيث وضعت الوصلة الساخنة بدرجة 80° مئوية والوصلة الباردة بدرجة 0° مئوية.



الحل:

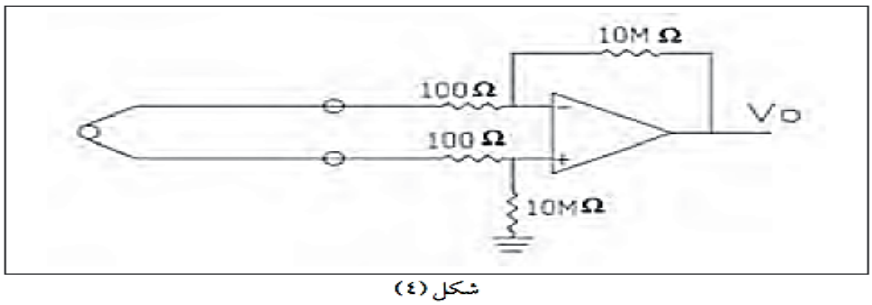
$$V_{out} = c\,(T_1-T_2) + k\,(T_1^2 - T_2^2) =$$

$$V_{out} = 3.75*10^{-2}\,(80 - 0) \;+\; 4.5*10^{-5}\,(80^2 - 0^2) =$$

$$V_{out} = 3.288\ mV$$

مثال ٤

تحويل درجة الحرارة إلى جهد كهربائي :



شكل (٤)

من الناحية النظرية عند استخدام ازدواج حراري من نوع K مثلاً نلاحظ أنه من الجدول يعطي 38.3 ميكرو فولت لكل درجة حرارة، في هذا المثال نفرض أن درجة الحرارة تغيرت من 100 - 0 درجة مئوية (على فرض أن العلاقة خطية على الفترة المختارة وفرق الجهد على درجة حرارة الصفر يساوي صفراً) .

يكون فرق الجهد الناتج : $V = 100 \times 38.8\ \mu v = 0.388\ mV$

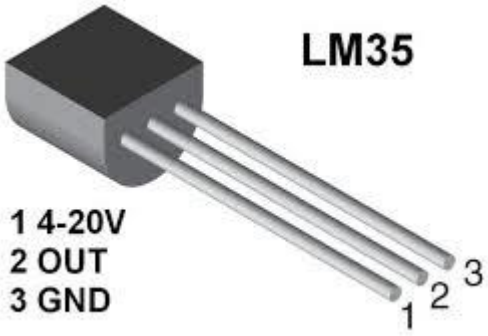
إذن نحتاج إلى دارة مضخم لتكبير الإشارة الناتجة من الازدواج الحراري، ونختار مضخماً ذا معامل تكبير عالٍ وليكن 10^4 فيكون التغير في الجهد من 3.38 V – 0 .

دارة المضخم التي تم اختيارها في هذا المثال مضخم العمليات الطارح مع معمل تكبير 10^4 لاحظ الشكل (٤) حيث تكون $R_f / R_{in} = 10^4$ إذا كانت $R_{in} = 100\Omega$ تكون $R_f = 1M\Omega$.

ممكن استخدام فرق الجهد الناتج من الدارة في عمل دارة ميزان حراري إلكتروني أو ممكن استخدامه في التحكم بالعمليات الصناعية .

٤
حساس
LM35

يعتبر من الحساسات الحرارية المنتشرة وهو عبارة عن دائرة متكاملة تعطي تغير في الجهد عند كل درجة حرارة مئوية. بحيث تعطي 10mV لكل درجة مئوية واحدة.



من مواصفاته ان دقته 0.5 درجة مئوية ويمكن تغذيته بجهد من 4V إلى 30V إضافة أن درجات الحرارة التي يتعامل معها تتراوح بين من 55^0- الى 150^0.

مثال ٥

احسب الجهد الكهربائي الناتج من حساس Lm35 إذا علمت بأن درجة الحرارة هي 30^O درجة.
الحل:

$$Vout = C * 10mV$$

$$Vout= 30 * 10 = 300\ mV$$

مثال ٦

كم هي درجة الحرارة التي اثرت على حساس Lm35 إذا علمت بأن الناتج من هذا الحساس جهد بمقدار 40mV.

$$C= \frac{Vout}{10mV} = \frac{40mV}{10mV} = 4^0$$

الفصل الثاني

الحساسات الميكانيكية

مقدمة

تعرف الحركة الميكانيكية على أنها تغيير من اتجاه أو موقع الجسم مع الزمن، وتسمى الحركة على طول خط أو منحنى بالحركة الانتقالية، وتسمى الحركة التي تغير من اتجاه الجسم بالحركة الدورانية، في كلتا الحالتين كل نقاط الجسم لها نفس السرعة والتسارع، وتخضع جميع الأجسام لقوانين نيوتن في الحركة ، ومع ذلك يجب معاملة الحركة بسرعات قريبة من الضوء باستخدام النظرية النسبية، وحركة الأجسام الصغيرة جداً؛ مثل الإلكترونات بواسطة ميكانيكا الكم.

تعريف الحساسات الميكانيكية

مكن تعريف الحساسات الميكانيكية على أنها عناصر الكترونية تستشعر الحركة الميكانيكية وتعطي قيمة كهربائية مقابلة.

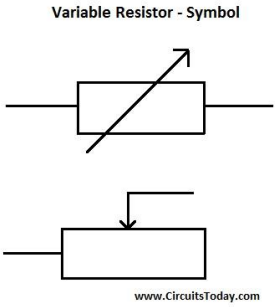
بعض أنواع الحساسات الميكانيكية

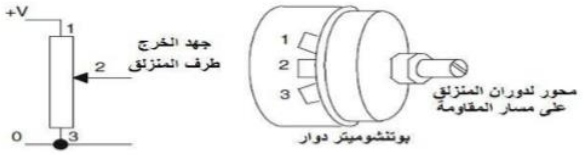
١

حساس المقاومة
الخطية والزاوية

هي مقاومة متغيرة لها محور قابل للحركة وعند تحريك موضعه تتغير قيمة المقاومة.
له عدة تسميات مثل المقاومة المتغيرة , البوتنشوميتر (POT) , الدوار.

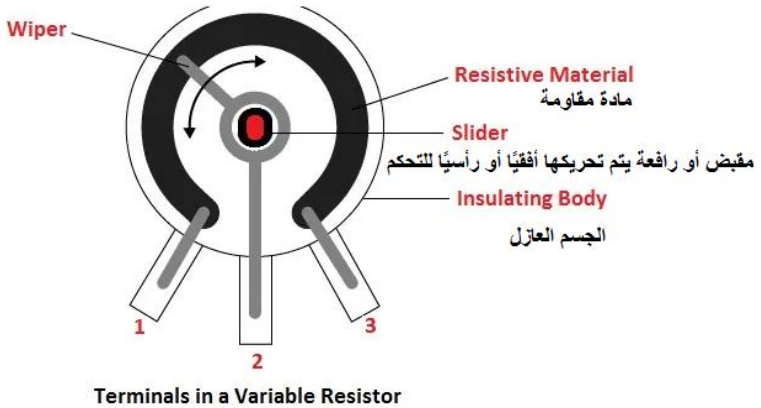
رمزها في الدوائر الالكترونية:





مبدأ عمل المقاومة المتغيّرة وبنيتها:

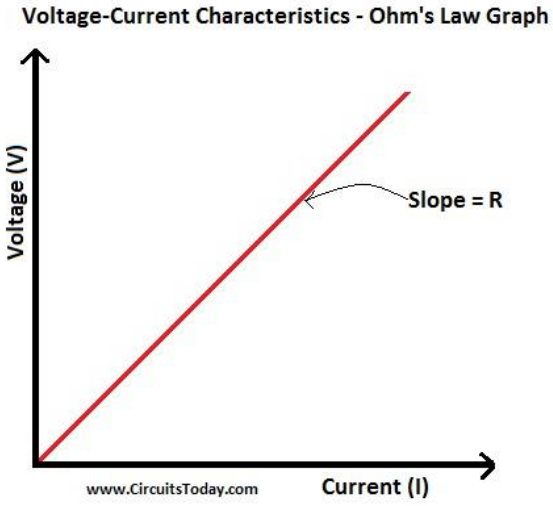
عندما نستخدم مصطلح المقاومة المتغيّرة يعني أنّنا نتعامل بشكل افتراضي مع المقاومات الخطيّة، وهي المقاومات التي تبقى مقاومتُها ثابتةً حتّى إذا تغيَّر الجهد أو التّيّار عبرها حيث يخضع الجهد والتيار لقانون أوم، وهما متناسبان معاً. و تملك المقاومة المتغيّرة التقليدية ثلاثة أطراف مصنوعة من معدن موصل، اثنان منهما ثابتان في نهاية المسار المقاوِم بينما الطرف المتبقي هو الطرف المتحرّك ويدعىwiper، يحدِّد موقع الطرف المتحرك على المسار المقاوِم قيمة المقاومة المتغيّرة.



Terminals in a Variable Resistor

تُقدِّم المقاومات المتغيّرة قيماً مختلفة، وبالتّالي يمكن ضبطها حسب قيمة الجهد أو التّيّار المطلوبة.

أحد المبادئ الأساسية للمقاومة ينصّ على أنّ قيمة مقاومة المادّة تتناسب مع طولها، وهذا المبدأ مستخدم هنا.



يُعتبَر الجزء الأهمُّ في المقاومة المتغيِّرة التقليديّة هو المادّة المقاوِمة، ولها عدّة أنواع:

١ مركَّب كربونيّ Carbon Composition:

أحد الأنواع الأكثر شيوعاً، ويُصنَع من حبيبات الكربون، وتكلفة هذه الأنواع منخفضةٌ وذاتُ ضجيج مقبول، وتكون أقلَّ احتكاكاً من بقيّة الموادّ ممّا يجعلها أكثرَ المكوِّنات شعبيّةً لدى الشّركات المصنِّعة، ولكن أخطاء التّشغيل جعلَتْ المصنِّعين يبحثون عن بدائلَ أخرى.

٢ سلك ملفوف Wire wound:

طبقة عازلة تلَفّ على سلك من النكروم nichrome (نيكروم هي عائلة مكونة من سبائك النيكل والكروم)، تُستخدَم غالباً في تطبيقات الاستطاعة العاليةِ طويلةِ الأمد والدقيقة، مشكلتُها الوحيدة هي محدوديّة الدقّة.

٣ البلاستيك النّاقل Conductive plastic:

يُستخدَم عادةً بسبب جودته في طرفيات التّطبيقات السمعيّة، لكنّ استخدامَه محدود بسبب كلفته العالية، ويُستخدَم أيضاً في تطبيقات الاستطاعة المنخفضة فقط.

٤ سيرميت Cermet:

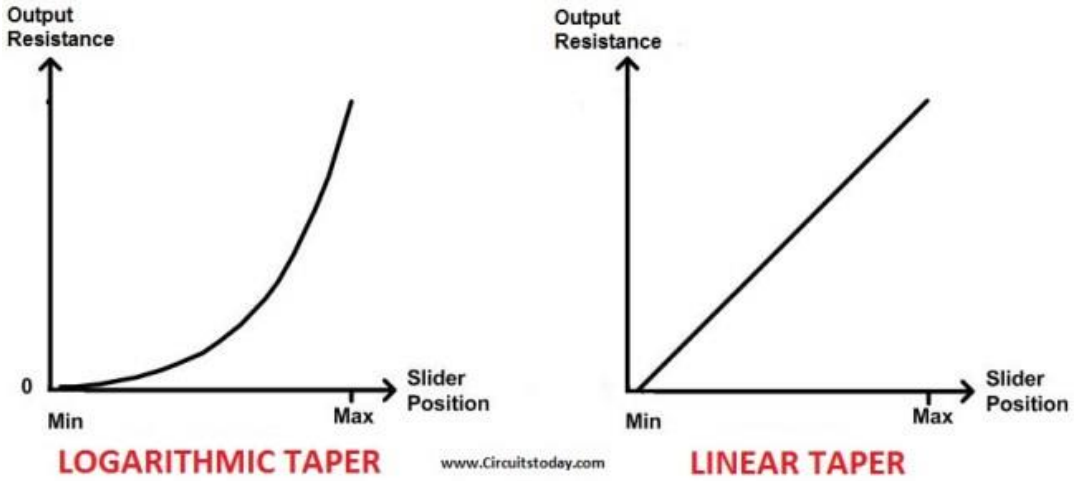
(Cermet) هي مادة مركبة تتكون من السيراميك ومعادن، وهي اختصار للكلمتين الإنجليزيتين met . عند استخدام هذ النوع نجد انه يتميّز بمعامل حراريّ منخفض، ومقاومة عاليةٌ للحرارة، ولكنّ زمن حياتِه قصير ويمكن أن يشكِّل خطراً على الشّخص.

خصائص المقاومات المتغيّرة:

تعدّ العلاقة بين الموضع الميكانيكيّ للطّرف المتحرّك ونسبة المقاومة resistance ratio الخاصيّة الأكثر أهميّة في المقاومات المتغيّرة. يتمّ تمثيل هذه الخاصيّة بمنحنٍ بيانيّ خطيّ أو لوغاريتميّ.

يشير المنحني الخطيّ إلى أنّ العلاقة خطيّة، أي أنّ نسبة المقاومة متناسبة طرداً مع الموضع الميكانيكيّ، وهذا يتمّ تمثيلُه بيانيّاً بخطٍّ مستقيم بميل ثابت.

المنحني الآخر لوغاريتميّ وهنا تكون العلاقة لوغاريتميةّ، و يُستخدم هذا النّمط من المقاومات في التحكّم بالأجهزة الصوتيّة والسمعيّة.



و نحتاج قبل اختيار المقاومة المناسبة لتطبيق معيّن إلى معرفة خاصيّة مهمّة ألا وهي دقّة المقاومة resolution of the resistor. و تُعرَف دقّة المقاومة بأنّها قيمة التغيُّر الأصغريّ للمقاومة المتغيَّرة.

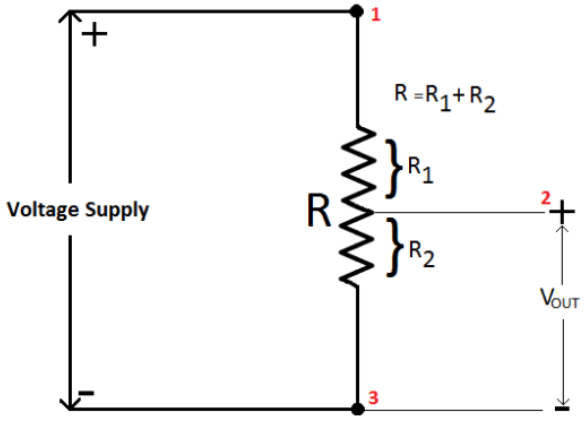
على سبيل المثال، لدينا مقاومة متغيّرة ذات دقّة 0.005، هذا يعني أنّ أصغرَ قيمة تتغيّر بها قيمة المقاومة هي 0.005Ω وتعدّ الدقّة العالية أحد الخصائص المفضّلة للمقاومة المتغيّرة.

أنواع المقاومات المتغيّرة:

تُحدِّد كلّاً من طريقة التّوصيل والهدف من المقاومة المتغيّرة أنواع المقاومات المتغيّرة وهي:

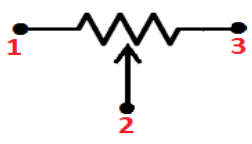
١ المقاومة المتغيّرة التي تعمل كمقسم جهد Potentiometer:

عندما نستخدم الأطراف الثّلاثة في دارة ونحصل على جهد الخَرْج من الطّرف المتحرّك عندها تُعرّف المقاومة على أنها Potentiometer ، وتبدو كأنّها دارة مقسّم جهد.



يتّصل هنا الطّرفين الثابتَين مع منبع الجهد، أي أنّ هبوط الجهد على كامل مسار المقاومة مساوٍ لقيمة جهد المنبع، أمّا دارة الخَرْج فتوصَل مع الطّرف المتحرّك، ويؤدي تغيير موضع الجزء المتحرّك إلى تغيير قيمة المقاومة وكذلك الجهد على الحمل.

يمكن أن يأخذَ المسارُ المقاوِم شكلَ قوس أو شكل خطّ، وتُحدِّد بنيةُ المقاومة هذا الشّكل.



Potentiometer Symbol

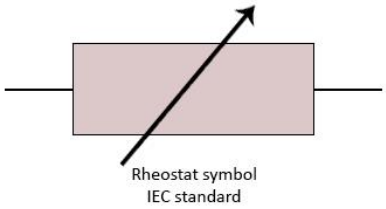
٢ ريوستات Rheostat :

عندما نستخدم المقاومة المتغيّرة للتحكّم بتدفُّق التّيّار تُعرَف باسم ريوستات . نستخدم هنا واحداً من الأطراف الثّابتة مع الطّرف المتحرّك فقط ، أمّا الثّالث فيبقى حرّاً غيرَ مستخدم.

يساعد التّوصيل بهذه الطريقة على زيادة وإنقاص التّيّار في الدّارة عبر تغيير موضع الطّرف المتحرّك، حيث كلّما تغيّرت المقاومة يتغيّر التّيّار بشكل عكسيّ، أي كلّما زادت المقاومة ينقص تدفُّق التّيّار في الدّارة.

طالما أنّ المقاومات عليها تحمّل مقدار كبير من التّيّار، فلابدّ أن تمتلك قوّةً ميكانيكيّةً كافية لتحمّل تغيّرات تدفّق التّيّارعبرها، ولذلك فإنّ المقاومة المصنوعة من سلك ملفوف wire-wound هي الخيار الأكثرُ شيوعاً عندما تعمل المقاومة كـ ريوستات.

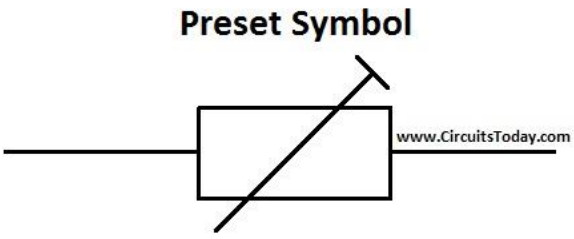
يمكن توصيل أيّ مقاومة متغيّرة بثلاثة أطرافٍ لتصبح ريوستات عبر قصر الطّرف الثّابت غير المستخدَم مع الطّرَف المتحرّك ليشكِّلا سويةً طرفاً وحيداً.



٣ المقاومة المعدّة مسبقاً Presets:

تُعَدّ نسخةً مصغَّرةً من المقاومات المتغيّرة، و لها ثلاثة أطراف.

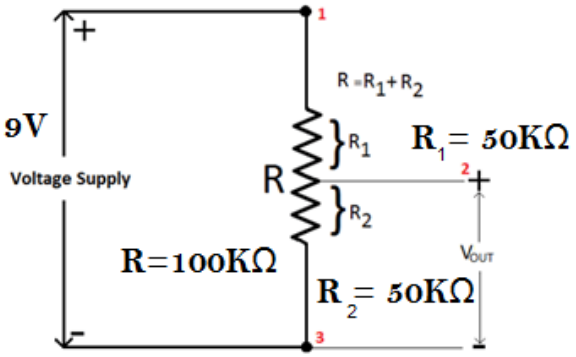
يمكن أن تركَّب على الدائرة مباشرةً، وغالباً تُضبَط قيمتُها مرةً واحدةً فقط عند عملية معايرة الدائرة.



لها برغي يمكن تدويرُه باستخدام مفكّ البراغي للحصول على المقاومة المطلوبة، وتتغيَّر المقاومة هنا بشكل لوغاريتميّ.

مثال ١

من الشكل التالي أوجد جهد الخرج للمقاومة المتغيرة:



الحل:

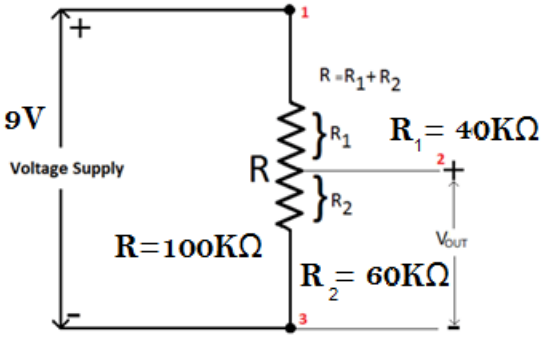
$$V_{Out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times Vs$$

$$V_{Out} = \frac{50 \times 10^3}{50 \times 10^3 + 50 \times 10^3} \times 9$$

$$V_{Out} = 4.5\ V$$

تمرين ١

من الشكل التالي أوجد جهد الخرج للمقاومة المتغيرة:



٣

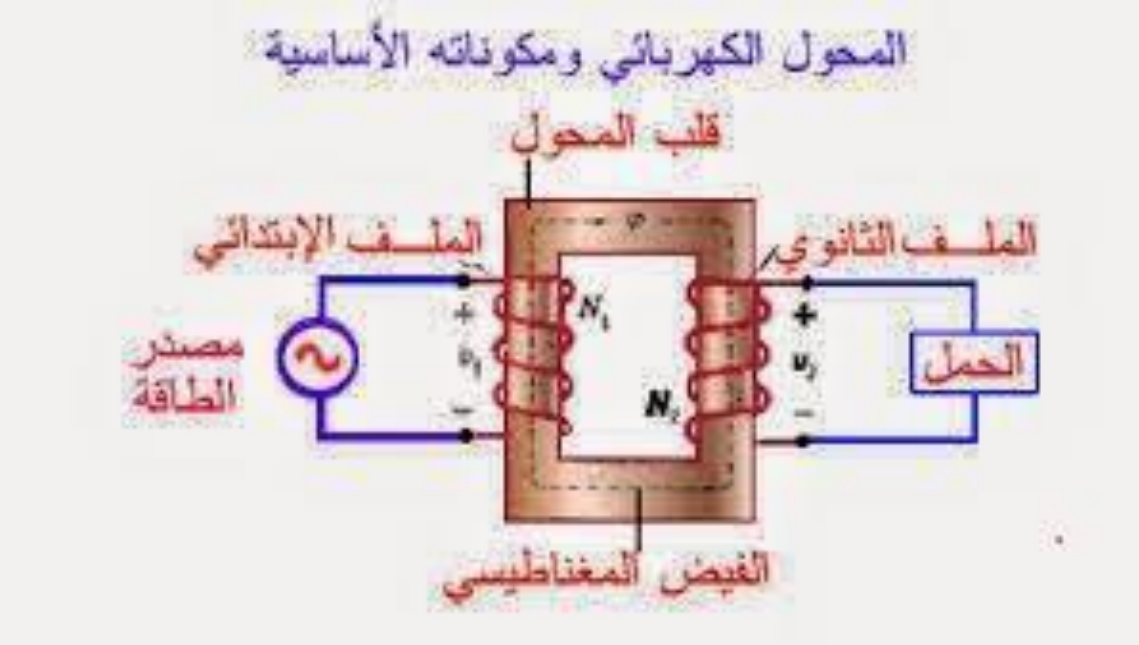
المحول الخطي الفرقي

مقدمة:

للتعرف على المحول الخطي الفرقي لابد من التعرف او بالاصح استرجاع بعض معلومات عنصر المحول.

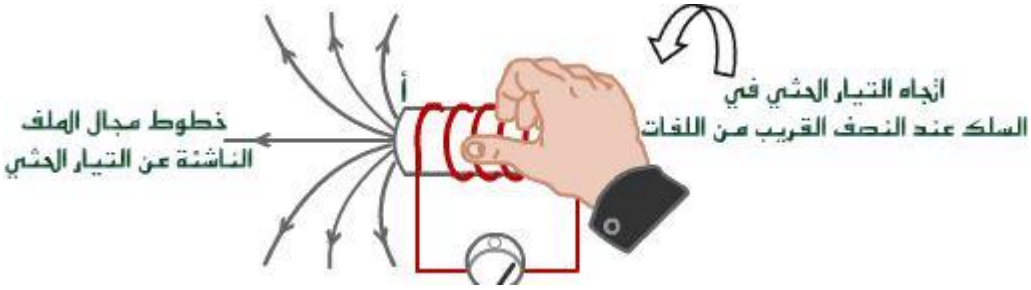
المحول : هو عنصر كهربائي يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية المترددة ac electric power من مستوى جهد إلى مستوى جهد آخر دون تغيير التردد frequency , وتتم عملية التحويل من خلال استخدام المجال المغناطيسي Magnetic field.

و يتكون المحول الكهربائي من قلب حديدي Iron core ويتم تصنيعه من عدة شرائح فولاذية laminated core لزيادة كفاءة المحول, وملفين من الأسلاك ملفوفه على جانبي القلب الحديدي إحداهما متصل بمصدر الطاقة الكهربائية ويسمى الملف الابتدائي Primary winding ويتكون من عدد معين من اللفات (NP Turns), والآخر متصل مع الحمل المراد توصيل الطاقة إليه ويسمى الملف الثانوي Secondary winding ويتكون أيضاً من عدد معين من اللفات (NS Turns).

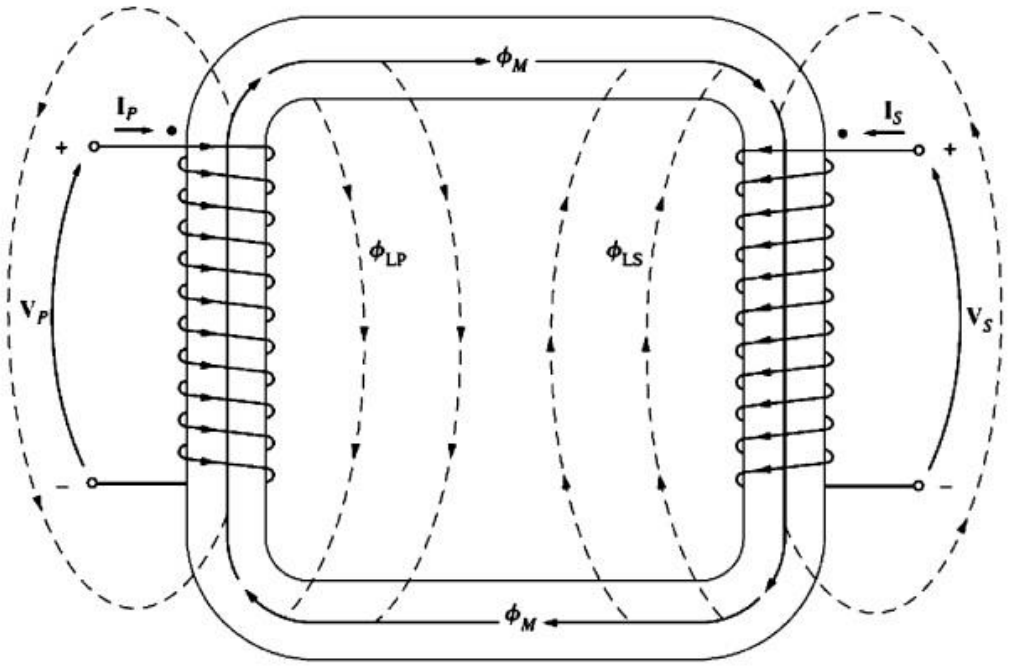


المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي :

عند مرور تيار كهربائي مستمر dc current في موصل ما فإنه ينشأ حوله مجالاً مغناطيسياً ثابتا, أما في حالة مرور تيار كهربائي متردد ac current فإنه ينشأ حوله مجالا مغناطيسياً متغير, ففي المحولات الموصل هو عبارة عن ملفات لولبية, لذا لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في ملف لولبي نطبق قاعدة قبضة اليد اليمنى كما في الصورة التالية:



الجهد الناشئ بالحث المغناطيسي: إذا وضع موصل ما تحت تأثير مجالاً مغناطيسياً بحيث يقطع الموصل خطوط المجال المغناطيسي بشكل مستمر فسيتولد جهد حثي بين اطراف الموصل مسؤول عن توليد تيار حثي إذا كان الموصل ضمن دائرة مغلقة. ولفهم مبدأ عمل المحول الكهربائي, انظر الصورة التالية:



عند توصيل الملف الابتدائي مع مصدر الطاقة الكهربائية المتردد Primary voltage, يتم توليد تيار كهربائي متناوب بواسطة المصدر الرئيسي Primary current, و عند مرور هذا التيار المتردد ac current خلال الملف الابتدائي ينشأ مجال مغناطيسي متغير ينتقل عبر القلب الحديدي بواسطة القوة الدافعة المغناطيسية magneto motive force – MMF ليخترق الملف الثانوي, لينتج من خلال اختراق المجال المغناطيسي المتغير للملف الثانوي جهد حثي بين أطراف الملف الثانوي secondary voltage ومن ثم يتم توليد تيار حثي يسمى secondary current لينتقل إلى الحمل المراد توصيل الطاقة إليه.

و يعرف الفيض أو التدفق المغناطيسي magnetic flux (Ø) أنه عدد خطوط المجال المغناطيسي الذي يخترق ملف ما, كما نلاحظ في الصورة السابقة ليست جميع خطوط المجال المغناطيسي تخترق الملفين الابتدائي والثانوي, حيث يمكن تقسيم الفيض المغناطيسي الكلي إلى ثلاثة اقسام كالآتي:

١. الفيض المتبادل $Øm$ – mutual flux وهو المجال المغناطيسي الذي يخترق الملفين الابتدائي والثانوي.
٢. الفيض المتسرب في الملف الابتدائي $ØLP$ – leakage flux primary وهي خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الملف الابتدائي دون إختراق الملف الثانوي.
٣. التدفق المتسرب في الملف الثانوي $ØLS$ – leakage flux secondary.

نسبة التحويل Turns Ratio:

يمكن حساب قيمة الجهد بين أطراف الملف الابتدائي الناشئ من الفيض المغناطيسي المتبادل من خلال قانون فارداي التالي:

$$v_p = N_P . \frac{dØ_m}{dt}$$

حيث إن:

vp: الجهد على اطراف الملف الابتدائي.

NP: عدد لفات الملف الابتدائي.

$dØm/dt$: معدل التغير الزمني للفيض المغناطيسي المتبادل.

ويتم حساب الجهد بين أطراف الملف الثانوي بنفس الطريقة:

حيث إن:

v_S: الجهد على اطراف الملف الثانوي.

N_S: عدد لفات الملف الثانوي.

ومنه نستنتج قانون فارادي ٢:

$$\frac{d\emptyset_m}{dt} = \frac{v_p}{N_p} = \frac{v_s}{N_s}$$

$$\frac{v_p}{v_s} = \frac{N_p}{N_s} = a$$

مثال ٢

محّول كهربائي عدد لفات ملفه الابتدائي 100لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 400 لفة .وصل طرفا ملفه الابتدائي بمصدر كهربائي يعطي قوة دافعة كهربائية مقدارها 55 فولت.

١. أما مقدار القوة الدافعة الكهربائية التي تحصل عليها من الملف الثانوي ؟
٢. ما نوع المحول المستخدم ؟ ولماذا ؟

$$\frac{v_p}{v_s} = \frac{N_p}{N_s} = a \quad \Rightarrow \quad \frac{v_p}{v_s} \times \frac{N_p}{N_s} = a \qquad (1)$$

$$v_s \times N_p = v_p \times N_s \quad \Rightarrow \quad \frac{v_s \times \cancel{N_p}}{\cancel{N_p}} = \frac{v_p \times N_s}{N_p}$$

$$\therefore \; v_s = \frac{v_p \times N_s}{N_p} \quad \Rightarrow \quad v_s = \frac{55 \times 400}{100} = 220V$$

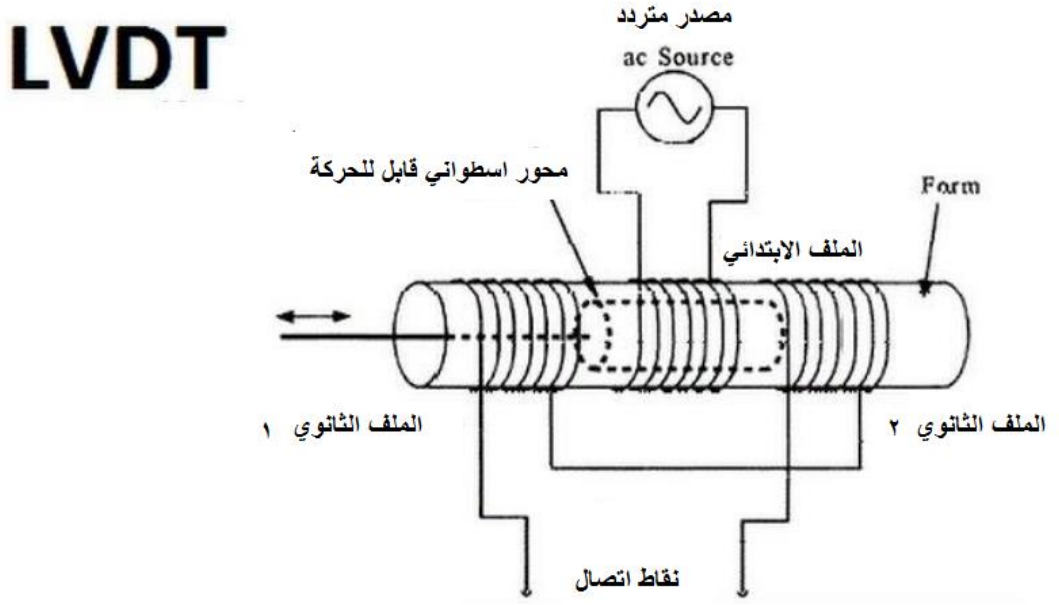
(2) هذا المحول هو محول رافع ، لأن قيمة الجهد الثانوي أعلى من الإبتدائي

تمرين ٢

إذا كان عدد لفات الملف الابتدائي لمحول كهربائي (٥٠٠ لفة)، وعدد لفات ملفة الثانوي(٥٠ لفة). ما مقدار فرق الجهد الناتج عند وصل المحول بمصدر جهد يعطي (٢٥٠ فولت)؟

المحول الخطي الفرقي LVDT :

يمكن تعريف هذا العنصر على أنه محول ذو ملف ابتدائي وملفان ثانويان بينهما محور اسطواني قابل للحركة (يطلق عليه أيضا القلب المتحرك), عدد اللفات في كلا الملفين الثانويين متساويان ، لكنهما معاكسان لبعضهما البعض ، أي إذا كانت اللفات الثانوية اليسرى في اتجاه عقارب الساعة ، فإن اللفات الثانوية اليمنى ستكون في عكس اتجاه عقارب الساعة ،في حالة وجود جهد على الملف الابتدائي فبناء على حركة المحور الاسطواني ينشأ فرق جهد بين الملفين الثانويين .



توضيح طريقة عمل LVDT:

يعمل المحول الخطي الفرقي بناءً موضع المحور الاسطواني القابل للحركة :

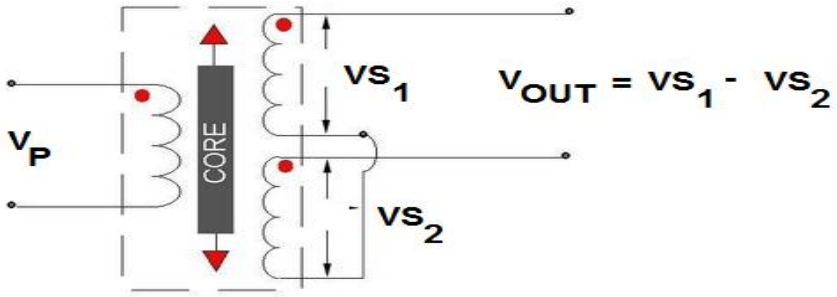
الحالة ١: عند تطبيق قوة خارجية وهي الإزاحة ، إذا كان موضع المحور الاسطواني القابل للحركة نفسه ، فإن الجهد الناتج في كلا الملفين الثانويين يكون متساويًا مما ينتج عنه صافي خرج يساوي الصفر

أي VS1-VS2 = 0

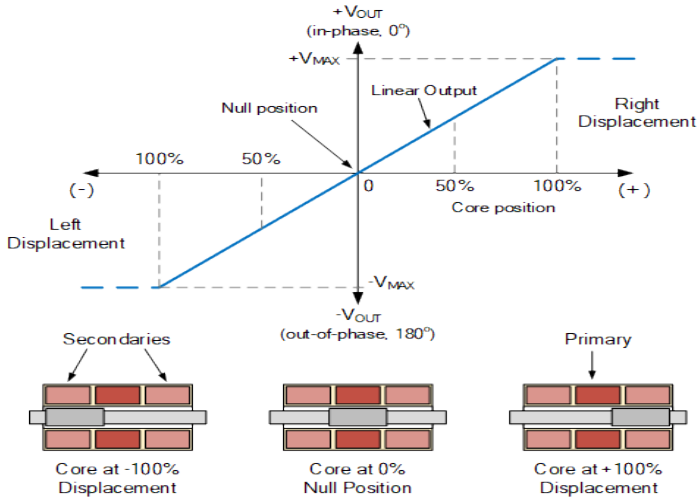
الحالة ٢: عندما يتم تطبيق قوة خارجية وإذا كان موضع المحور الاسطواني القابل للحركة يميل إلى التحرك في اتجاه الجانب الأيسر ، فإن الجهد الناتج في الملف الثانوي ١ يكون أكبر عند مقارنته بـ الجهد المستحث في الملف الثانوي ٢.

لذلك سيكون الناتج الصافي هو VS1-VS2 =

الحالة ٣: عندما يتم تطبيق قوة خارجية وإذا موضع المحور الاسطواني القابل للحركة يتحرك في اتجاه الجانب الأيمن ، فإن الجهد المستحث في الملف الثانوي ٢ يكون أكبر عند مقارنته بالجهد المستحث في الملف الثانوي ١. وبالتالي صافي الناتج سيكون الجهد هو VS2-VS1=



جهد الخرج للمحول الخطي الفرقي (LVDT Output Voltage):



أن الرسم البياني: يبين العلاقة بين موضع المحور الاسطواني القابل للحركة و الجهد , بحيث أنه بينما يتحرك من أحد طرفي نطاقه إلى الآخر عبر الموضع المركزي يحدث ارتباط مغناطيسي أكبر بين الملف البتدائي والملفان الثانويان. ولذلك تتغير قيمة الجهد الناتجة من الحد الأقصى إلى الصفر والعودة إلى الحد الأقصى مرة أخرى في الاتجاه المعاكس بمقدار مرتبط بمدى إزاحة النواة من الصفر. مما يتيح ذلك لـ LVDT إنتاج إشارة خرج تيار متردد يمثل حجمها مقدار الحركة من موضع المركز "الفارغ" والتي تمثل زاوية طورها اتجاه حركة القلب المتحرك.

مثال ٣

محول خطي فرقي LVDT يبلغ طول المحور الاسطواني القابل للحركة ± ١٥٠ ميللي متر وينتج جهد بمقدار دقة 40mV/mm (٤٠ ميللي فولت لكل ميللي متر).

أوجد :

أ) أقصى جهد خرج لـ LVDT

ب) جهد الخرج عندما يتحرك القلب ١٢٠ مم من موضعه الخالي

ت) موضع القلب من المركز عندما يكون جهد الخرج ٣,٧٥ فولت (3.75mV).

د) التغيير في جهد الخرج عندما يتم نقل النواة من + ٨٠ مم إلى -٨٠ مم.

الحل :

أ- إذا كان ١ مم من الحركة تنتج 40mV/mm ، فإن ١٥٠ مم من الحركة تنتج:

$$V_{OUT} = 40mV \times 150mm = 0.04 \times 150 = \pm 6 \text{ Volts}$$

ب- إذا كانت الإزاحة الأساسية ١٥٠ مم تنتج ٦ فولت ، فإن الإزاحة ١٢٠ مم تنتج:

$$V_{OUT} = \frac{\text{Core Displacement} \times V_{MAX}}{\text{Length}}$$

$$V_{OUT} = \frac{120\,\text{mm} \times 6\,\text{V}}{150\,\text{mm}} = \frac{120 \times 6}{150} = 4.8\,\text{Volts}$$

ت- موضع القلب من المركز عندما يكون جهد الخرج ٣,٧٥ فولت (3.75mV).

$$V_{OUT} = \frac{\text{Core Displacement} \times V_{MAX}}{\text{Length}}$$

$$\therefore \text{Displacement} = \frac{V_{OUT} \times \text{Length}}{V_{MAX}}$$

$$D = \frac{3.75\,V \times 150\,mm}{6\,V} = \frac{3.75 \times 150}{6} = 93.75\,mm$$

ث- التغيير في جهد الخرج عندما يتم نقل النواة من + ٨٠ مم إلى -٨٠ مم.

$$V_{CHANGE} = \frac{+80\,mm - (-80\,mm) \times 6\,V}{150\,mm} = \frac{80 - (-80) \times 6}{150} = 6.4\,Volts$$

مثال ٤

محول خطي فرقي LVDT مصدر جهده 12V , اوجد جهد الخرج إذا علمت بأن الجهد في الملف الثانوي الأول هو 6V والجهد في الملف الثانوي الثاني 6V . وحدد موقع القلب المتحرك.

الحل :

VS1-VS2 = 6-6= 0

اذا: موقع القلب المتحرك هو في المنتصف وذلك لتساوي جهد الملفان الثانويان

مزايا LVDT:

١. حساسية عالية
٢. تباطؤ منخفض
٣. ستهلاكًا منخفضًا للطاقة.

عيوب LVDT:

١. مطلوب إزاحة عالية جدًا لتوليد الفولتية العالية.
٢. يجب تغليفها لانه حساس للمجال المغناطيسي.
٣. يتأثر أداء محول الطاقة بالاهتزازات
٤. يتأثر بشكل كبير بالتغيرات في درجات الحرارة.

تطبيقات LVDT:

يستخدم LVDT لقياس الإزاحة التي تتراوح من جزء المليمتر إلى السنتيمتربصفته محولًا ثانويًا ، يمكن استخدام LVDT كجهاز لقياس القوة والوزن والضغط ، إلخ.

تمرين ٣

محول خطي فرقي LVDT يبلغ طول المحور الاسطواني القابل للحركة ± ٢٠٠ ميللي متر وينتج جهد بمقدار دقة 60mV/mm (٦٠ ميللي فولت لكل ميللي متر).

أوجد :

أ) أقصى جهد خرج لـ LVDT

ب) جهد الخرج عندما يتحرك القلب ١٢٠ مم من موضعه الخالي

ج) موضع القلب من المركز عندما يكون جهد الخرج ٢ فولت (2mV).

د) التغيير في جهد الخرج عندما يتم نقل النواة من + ٧٠ مم إلى -٧٠ مم.

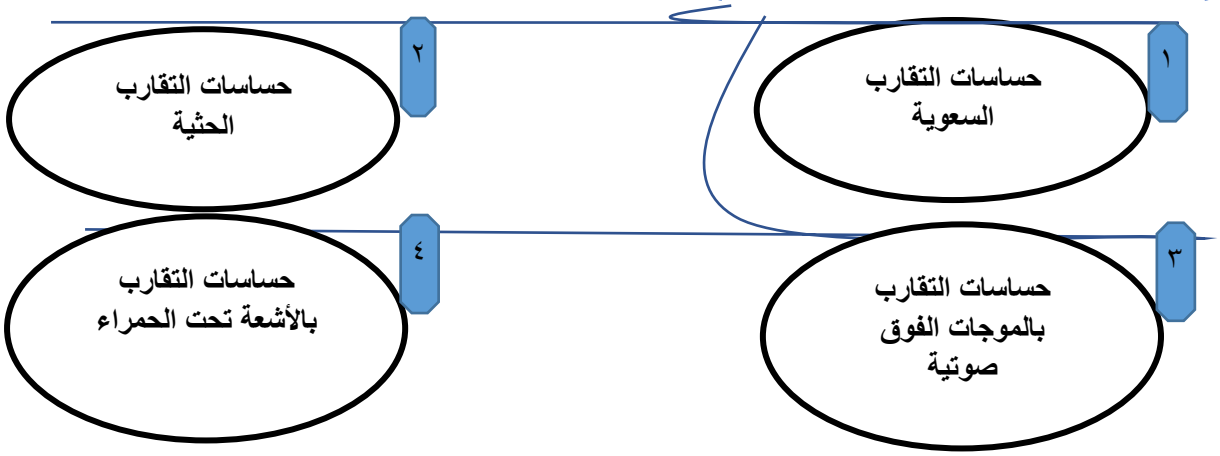
الفصل الثالث

حساسات التقارب

حساسات التقارب

يمكن تعريف حساسات التقارب على أنها عناصر الكترونية تستشعر وجود الأجسام القريبة من دون أي اتصال او حدوث تلامس وتعطي قيمة كهربائية مقابلة.

بعض أنواع حساسات التقارب



سيتم ذكر ٣ أنواع في هذا الفصل (حساسات التقارب السعوية، حساسات التقارب الحثية، حساسات التقارب بالموجات الفوق صوتية) بينما النوع الأخير (حساسات التقارب بالأشعة تحت الحمراء) سيتم شرحة مع نظيراته من الحساسات الضوئية.

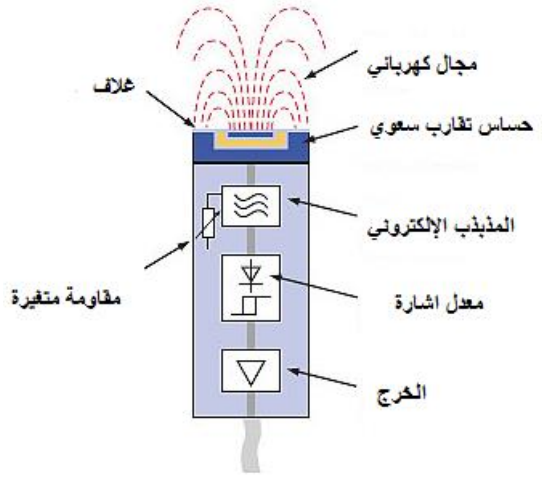
بالنسبة لـ حساسات التقارب السعوية ، حساسات التقارب الحثية من أشهر حساسات التقارب الرقمية مما يعني أن هذه الحساسات تعطي خرج رقمي 1 (ON) أو 0 (OFF) ولا تعطي قيم تماثلية.

١ حساسات التقارب السعوية

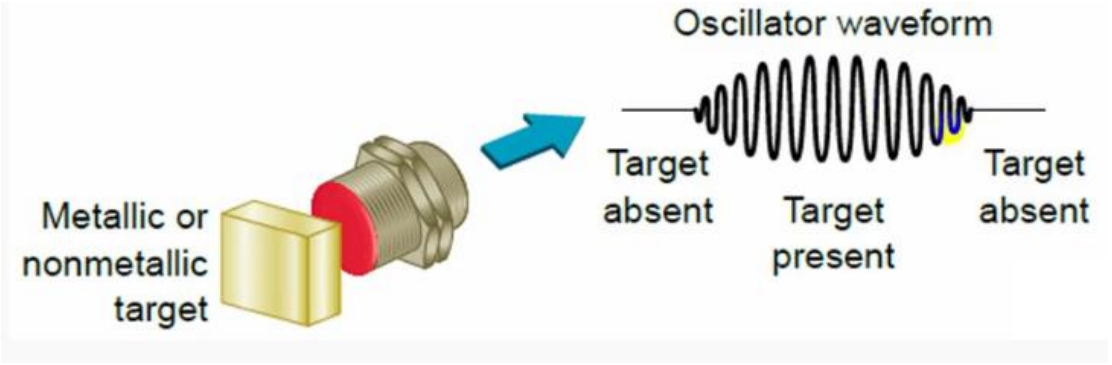
يعد مستشعر التقارب السعوي أحد أكثر أنواع المستشعرات شيوعًا. كما يوحي الاسم، تعمل مستشعرات التقارب السعوية من خلال ملاحظة التغيير في السعة التي يقرأها المستشعر.

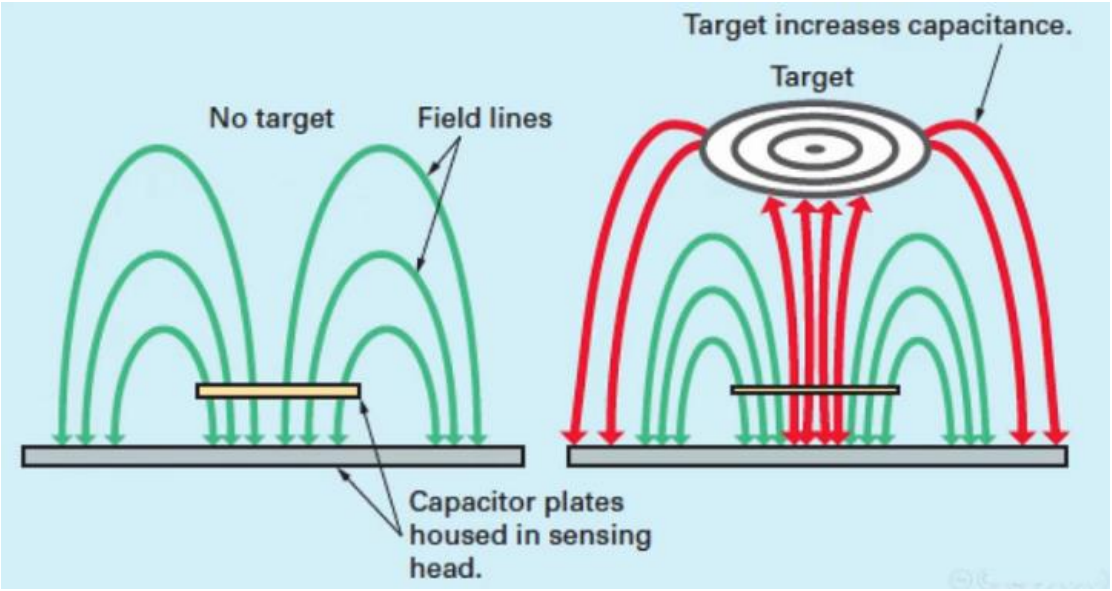
بحيث يتكون من عنصرين موصلين (يطلق عليهما أحيانًا لوحات) مفصولة بنوع من المواد العازلة التي يمكن أن تكون واحدة من المواد التالية: السيراميك، أو البلاستيك أو الورق أو مواد أخرى.

الطريقة التي يعمل هي أن أحد العناصر الموصلة ، أو الألواح ، موجود داخل المستشعر بينما الآخر يكون على أعلى غلاف الحساس . اللوحة الداخلية متصلة بدائرة مذبذب تولد مجالًا كهربائيًا. تعمل فجوة الهواء بين اللوح الداخلي والجسم الخارجي كعازل أو مادة عازلة. عند وجود جسم ما ، فإن ذلك يغير قيمة السعة .



بالجانب الشكل : يوضح الرسم التخطيطي للبناء الداخلي لمستشعر التقارب السعوي مع اللوحة الداخلية المتصلة بالمذبذب.





من الشكل على اليسار نلاحظ وجود أحد الالواح باللون الرمادي وهو بداخل جهاز التقارب السعوي بينما اللوح الاخر في رأس الجهاز وموضح باللون الأصفر , عند عدم وجود جسم قريب من الحساس نجد أن المجال المغناطيسي ثابت والسعة ثابتة. وتكون الحالة **OFF**.

أما من الشكل على اليمين, نلاحظ أنه عند وجود جسم قريب من الحساس نجد أن المجال المغناطيسي في ازدياد مم يتسبب في ازدياد قيمة السعة لتكون الحالة **ON**.

المواد التي يمكن للحساس استشعارها:

لا تقتصر مستشعرات التقارب السعوية على المواد المعدنية لكنها قادرة على اكتشاف أي شيء يمكن أن يحمل شحنة كهربائية. فلذلك تستخدم أجهزة الاستشعار السعوية بشكل شائع في الكشف عن مستوى السائل. وكذلك تشمل المواد المحتملة لأجهزة

الاستشعار بالسعة على سبيل المثال لا الحصر: الزجاج والبلاستيك والماء والخشب والمعادن وعدد لا يحصى من أهداف المواد الأخرى.

كيفية اختيار الحساس السعوى capacitive proximity sensor :

وجد بعض العوامل الواجب اخذها فى الاعتبار اهمها

١. مسافة الحس sensing distance : و هى اقصى مسافة يستطيع الحساس من خلالها الاحساس بالمادة و يغير من وضع نقاطه وتعتمد على عدة عوامل هى

٢. قطر الحساس فكلما زاد قطر الحساس زادت مسافة الحس الخاصة به

٣. نوع المادة و حجمها : فكلما زاد حجم المادة زادت مسافة الحس و ايضا نوع المادة هام جدا فى تحديد مسافة الحس حيث كما نعلم لكل مادة ثابت عزل dielectric constant معين, و كلما زاد هذا الثابت زادت مسافة الحس اذا قبل شراء الحساس يجب تحديد المادة التى سيقوم بـ استشعارها و ما ثابت العزل الخاص بها.

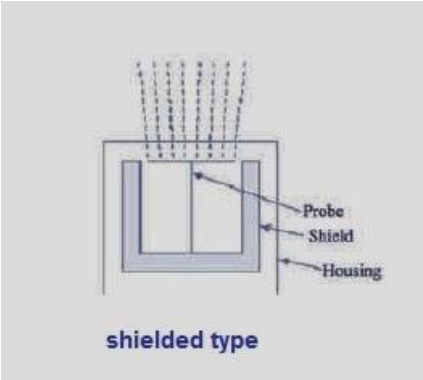
٤. يجب تحديد زمن الاستجابة response time و هو الزمن الذى يستغرقه الحساس فى تغيير وضع نقاطه عند اقتراب مادة ما من نطاق عمله و هذا الزمن هام جدا فى التطبيقات السريعة (مثل سير فى خط انتاج)

٥. جهد المصدر الذى يعمل عليه الحساس نوعه (DC ام AC) و غالبا يكون DC و ايضا تحديد قيمته و تردده اذا كان AC.

٦. نوع الحساس shielded ام unshielded

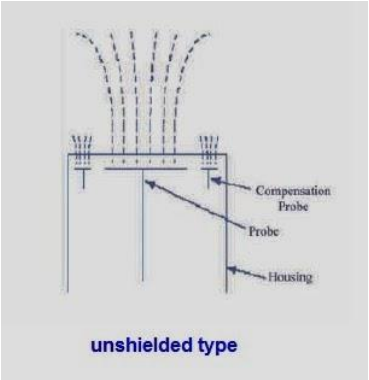
(shielded type) : يحتوى هذا النوع على طبقة معدنية رفيعة تغطى الجزء المسئول عن توليد المجال الكهربى و يسمى probe فيعمل ذلك على تركيز المجال الكهربى على وجه الحساس المقابل للمادة المراد الكشف عنها. و اكبر ميزة لهذا النوع انه يمكن وضعه على اى سطح معدنى دون خوف من تأثير السطح المعدنى على عملية كشف المواد

انظر تركيبه فى هذه الصورة :



أما (unshielded type) فلا يحتوى على هذه الطبقة المعدنية فيكون المجال الكهربائى غير مركز على وجه الحساس المقابل للمادة المراد كشفها لذلك عادة يتم وضع ما يسمى compensation probe الذى يعمل على زيادة كفاءة الحساس فى الكشف عن المواد

انظر التركيب :

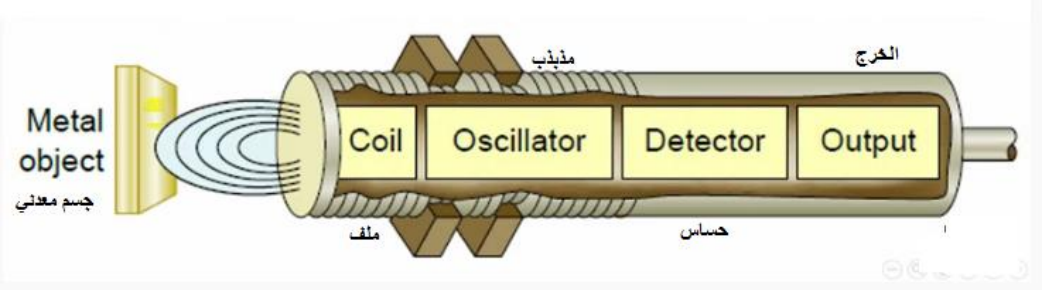


ملاحظة:

- تعتبر مسافة الحس فى النوع unshielded type اكبر من مسافة الحس فى النوع shielded type و ذلك عند تساوى قطر الحساسين و ايضا تطابق حجم و نوع المادة المطلوب الاحساس بها.
- رابط لشرح توضيحي لعمل الحساس:
https://www.youtube.com/watch?v=IpB1TCwxlCg

٢ حساسات التقارب الحثية

يمكن لمستشعر التقارب الحثي أن يكتشف الأهداف المعدنية فقط. هذا لأن المستشعر يستخدم مجالًا كهرومغناطيسيًا. فعندما يدخل هدف معدني إلى المجال الكهرومغناطيسي ، فإن الخصائص الاستقرائية للمعدن تغير خصائص المجال ، وبالتالي تنبه مستشعر التقارب بوجود هدف معدني. و اعتمادًا على خصائص المعدن قد يتغير معدل الاكتشاف على مسافات مختلفة فقد تكون معدن على مسافة أكبر أومعدن اخر علة مساقة أقصر.



ينتج الملف الموجود في الطرف الأمامي للمستشعر مجالًا مغناطيسيًا عالي التردد كما هو موضح في الشكل أعلاه. و عندما يقترب جسم (معدني) من هذا المجال المغناطيسي ، تتدفق التيارات المستحثة في المعدن ، مما يتسبب في فقد حراري ويؤدي إلى تقليل أو إيقاف التذبذبات.

يتم الكشف عن هذا التغيير في الحالة من خلال دائرة استشعار حالة التذبذب والتي تقوم بعد ذلك بتشغيل دائرة الإخراج.

شكل الاشارة عند عدم وجود معدن

شكل الاشارة عند وجود معدن

رابط لشرح توضيحي لعمل الحساس:
https://www.youtube.com/watch?v=IpB1TCwxlCg

٣

حساسات التقارب بالموجات الفوق صوتية

مقدمة

الصوت عبارة عن موجة ميكانيكية تنتقل عبر الوسائط ، والتي قد تكون صلبة أو سائلة أو غازية. ويمكن أن تنتقل الموجات الصوتية عبر الوسائط بسرعة محددة تعتمد على وسيط الانتشار. كما يمكن أن تنعكس الموجات الصوتية ذات التردد العالي من الحدود وتنتج أنماط صدى مميزة.

الموجات فوق الصوتية هي موجات ذو تردد صوت عالية لدرجة أنه لا يمكن للأذن البشرية سماعها و تعتبر الترددات فوق ١٨ كيلوهرتز عادةً فوق صوتية.

قوانين فيزياء الموجات الصوتية

الموجات الصوتية لها ترددات محددة أو عدد من التذبذبات في الثانية. يمكن للبشر اكتشاف الأصوات في نطاق تردد من حوالي ٢٠ هرتز إلى ٢٠ كيلو هرتز. ومع ذلك ، فإن نطاق التردد المستخدم عادة في الكشف بالموجات فوق الصوتية هو ١٠٠ كيلو هرتز إلى ٥٠ ميجا هرتز. سرعة الموجات فوق الصوتية في وقت معين ودرجة الحرارة ثابتة في الوسط.

$$W = CT \text{ (أو) } W = C / F$$

بحيث:

W = طول الموجة

C = سرعة الصوت في الوسط

F = تردد الموجة

T = الفترة الزمنية

تستخدم أكثر طرق الفحص بالموجات فوق الصوتية شيوعًا إما الموجات الطولية أو موجات القص. الموجة الطولية هي موجة انضغاطية تكون فيها حركة الجسيم في نفس اتجاه موجة الانتشار. موجة القص هي حركة موجية تكون فيها حركة الجسيم

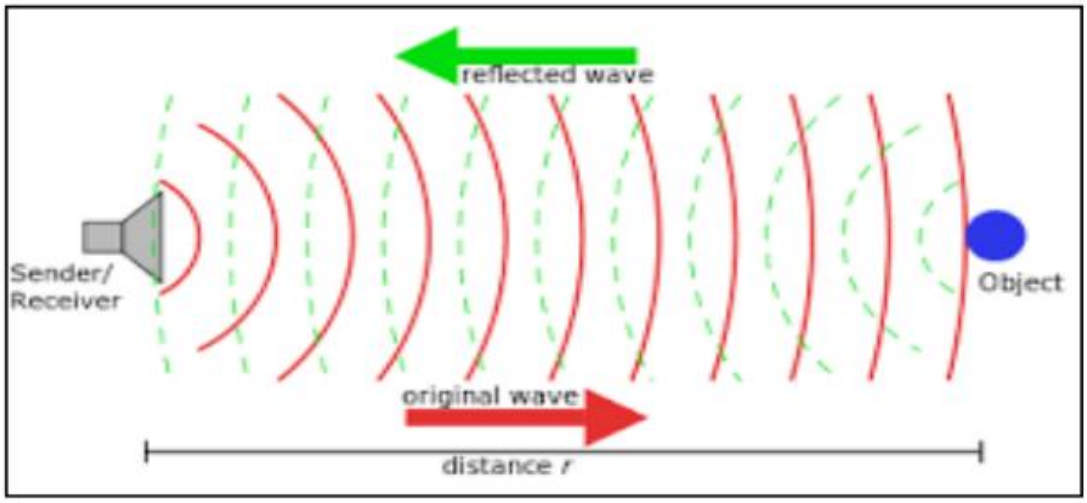
عمودية على اتجاه الانتشار. يقدم الكشف بالموجات فوق الصوتية موجات صوتية عالية التردد إلى جسم ما وذلك للحصول على معلومات حوله دون تغييره أو إتلافه بأي شكل من الأشكال.

يمكن حساب مقدار الوقت الذي يستغرقه الصوت للانتقال عبر وسيط وسعة الإشارة المستقبلة. بناءً على السرعة والسماكة الزمنية.

سمك المادة = سرعة صوت المادة X الزمن المستغرق

استشعار بالموجات فوق الصوتية

مبدأ عمل حساس الموجات الفوق الصوتية ، مرتكزة على إطلاق موجات عالية التردد و التي عند اصطدامها بجسم ما ترتد هذه الموجات على شكل صدىEcho كما هو موضح بالشكل



لذا تُستخدم أجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية لاكتشاف وجود الأهداف وقياس المسافة إلى الأهداف في العديد من التطبيقات و تتوفر العديد من المستشعرات ذات الإخراج الرقمي ON أو OFF لاكتشاف وجود الأشياء وأجهزة الاستشعار مع الإخراج التناظري الذي يتغير بالنسبة للمستشعر لاستهداف مسافة الفصل المتاحة تجارياً.

بعض أنواع لحساسات الموجات الفوق صوتية

١ XL MaxSonar EZL0

يعتبر من أكثر عناصر الاستشعار بالموجات الصوتية خصوصا داخل المباني ، لأنه ينشر موجات بشكل واسع ويكتشف جميع المواد المعزولة مهما كان حجها ومهما كان نوعها ، فتجد أنع يستشعر الكائنات الحية او الجمادات ويستشعر المواد الصغيرة والكبيرة على حد سواء ، وقد يصل المدى الى1068 سم. ويتكون من وحدة واحدة تعمل على ارسال الموجات الصوتية واستقبالها والتحكم بالخرج

خصائص العنصر

1. **يقرأ من 1 سم (تقريبا لا منطقة ميتة).**
2. **خفيف الوزن.**
3. **يندمج مع أي مشروع فيعمل مع مداخل الخرج التماثلية او حتى مع مدخلRS232 .**
4. **يتحمل درجة حرارة من صفر مئوي وحتى32 درجة مئوية .**
5. **المدى الطويل ، منطقة الكشف واسعة .**
6. **جهد الدخل 5 فولت.**

RS-SR04 ٢

يعتبر من أكثر عناصر الاستشعار بالموجات الصوتية استخداماً مع الدوائر المبرمجة باستخدام الاردوينو ، يعتبر المدى نوعا اقل من النوع السابق و هو 2 سنتيمتر إلى 400 سنتيمتر. وهذا النوع يتكون من وحدتين ، الوحدة الأولى تتضمن الإرسال بالموجات فوق الصوتية، والوحدة الثانية للاستقبال ودائرة التحكم.

خصائص العنصر

1. يقرأ من 2 سم (يوجد منطقة ميتة قدرها 2 سم)
2. خفيف الوزن.
4. يستخدم بشكل اكبر مع الاردوينو .
5. المدى المتوسط ، من 2 سم إلى 400 سم .
6. جهد الدخل 5 فولت

كيفية حساب المسافة عند استخدام هذا العنصر:

في حالة تم استخدام هذا العنصر لقياس المسافة لمادة ما ، فإن هذا العنصر يعمل على إرسال موجات فوق صوتية (t) عن طريق الوحدة الأولى ثم يتلقى ويستقبل عن طريق الوحدة الثانية (t) ولمعرفة سرعة الصوت والفرق الزمني لدينا هذه المعادلة .

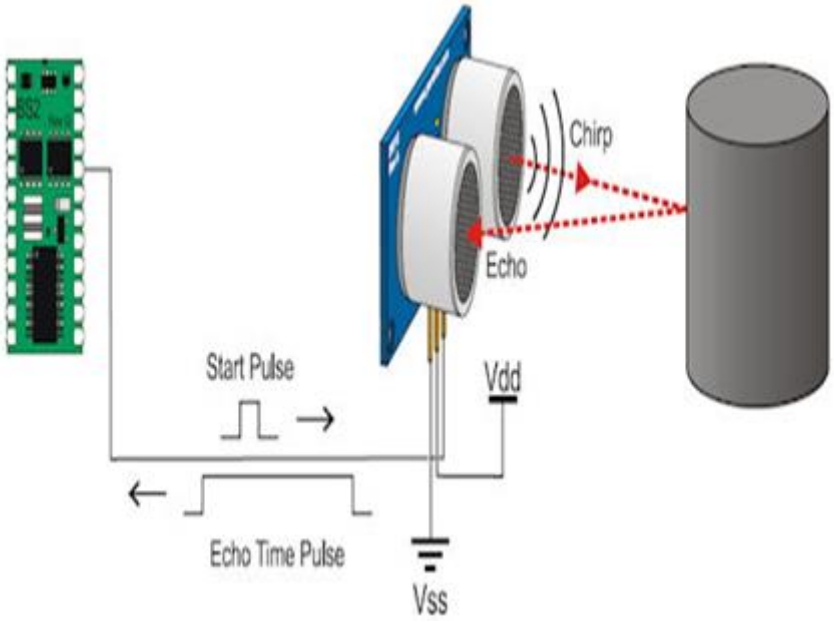
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$D = \frac{\Delta t}{2} \times C$$

بحيث:

Δt= الفرق الزمني بين موجة الستقبال والارسال. , D = المسافة

t1= زمن الاستقبال , t2= زمن الاستقبال , C = درجة حرارة الوسط



مثال ١

اوجد المسافة بين الحساس والجسم المستشعر اذا علمت بأن الموجة استغرقت 20ms في الارسال و 30ms في الاستقبال وكانت درجة حرارة الوسط ٢٠ درجة مئوية.

الحل :

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad =30+20=10ms$$

$$D = \frac{\Delta t}{2} \times C \quad = \quad \frac{10 \times 10^{-3}}{2} \times 20$$

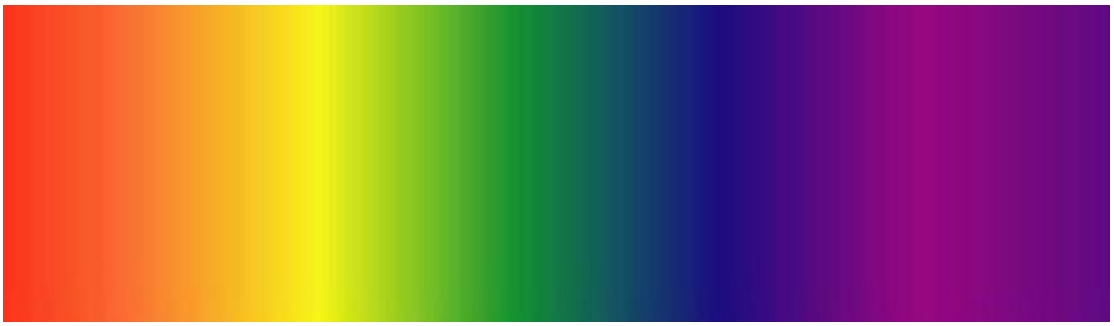
$$D = 0.125m$$

الفصل الرابع

الحساسات الضوئية

مقدمة

الإشعاع الكهرومغناطيسي، هو نوعٌ من الطاقة يُحيط بنا من كل مكان، ويتَّخذ أشكالًا عديدة، مثل: الموجات الراديَوية، (الموجات الصغرى – Microwaves)، والأشعة السينية، وأشعة جاما، ويُعد ضوء الشمس أيضًا شكلًا من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية، أما الضوء المرئي، فيُعدّ جزءًا صغيرًا من الطيف الكهرومغناطيسي، ويحتوي على نطاق واسع من الأطوال الموجية الكهرومغناطيسية.



طيف الضوء المرئي

النظرية الكهرومغناطيسية.

كان الاعتقاد في السابق، أنّ الموجات الكهربائية، والمغناطيسية، قوى مُنفصلة، ومع ذلك، طوّر الفيزيائي الأسكتلندي (جيمس كلارك ماكسويل)، عام ١٨٧٣م، نظريّةً مُوحَّدةً للكهرومغناطيسية، إذ تختص دراسة الكهرومغناطيسية، بكيفية تفاعل الجزيئات المشحونة كهربائيًا مع بعضها، ومع المجالات المغناطيسية، وهُناك ٤ أنواع تفاعلات كهرومغناطيسية، رئيسة، هي:

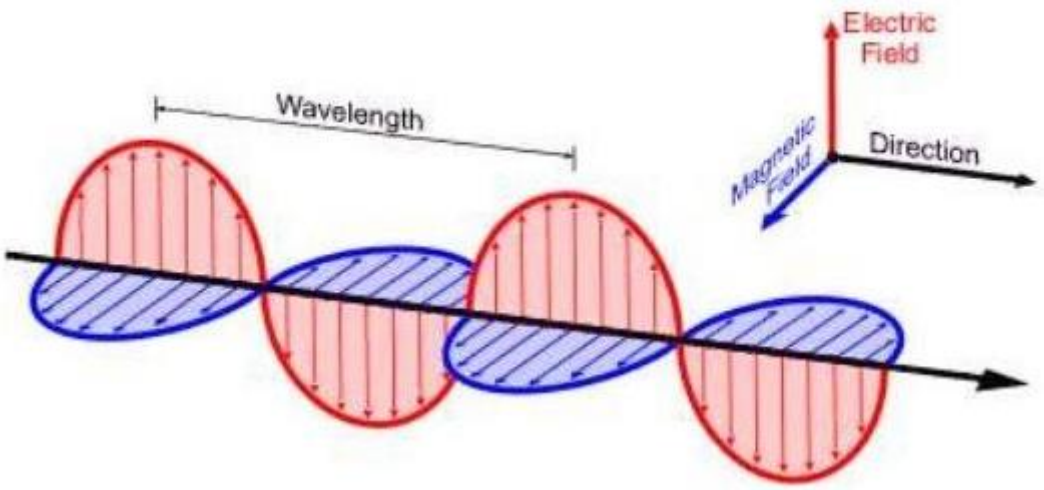
١	تتناسب قوة التجاذب أو التنافر بين الشُحنات الكهربائية عكسيًا مع مُربّع المسافة بينها.
٢	الأقطاب المغناطيسية، تكون في هيئة أزواج تجاذب وتتنافر مع بعضها، ومُشابهة كثيرًا لما تفعله الشُحنات الكهربائية.
٣	التيار الكهربائي المار في سِلك، يُنتِج مجالًا مغناطيسيًا يعتمد اتجاهه على اتجاه التيار.
٤	يُنتِج المجال الكهربائي المُتحرِّك مجالًا مغناطيسيًا، والعكس صحيح.

وقد طوّر ماكسويل أيضًا، مجموعة من القوانين؛ لشرح هذه الظواهر، تُسمّى: (مُعادلات ماكسويل).

الموجات والمجالات.

ينشأ الإشعاع الكهرومغناطيسي عندما يتم تسريع جُسيم ذريٍ، مثل: الإلكترون، بواسطة مجال كهربائي، مُحرِّكًا إياه، وتُنتِج تِلك الحركة مجالات كهربائية، ومغناطيسية مُتذبذِبة، تتحرك في اتجاهات عمودية على بعضها البعض، في صورة حزمة من الطاقة الضوئية، تُدعى فوتونات، وهذه الفوتونات تتحرك في صورة

موجات مُتجانِسةٍ بأقصى سرعةٍ مُمكِنة في الكون: ١٨٦,٢٨٢ ميل في الثانية، (٢٩٩,٧٩٢,٤٥٨ مترًا في الثانية) في الفراغ، وتُعرف تلك السرعة أيضًا بسرعة الضوء، وللموجات خصائص مُعيّنة تتمثّل في التردد، والطول الموجي أو الطاقة.



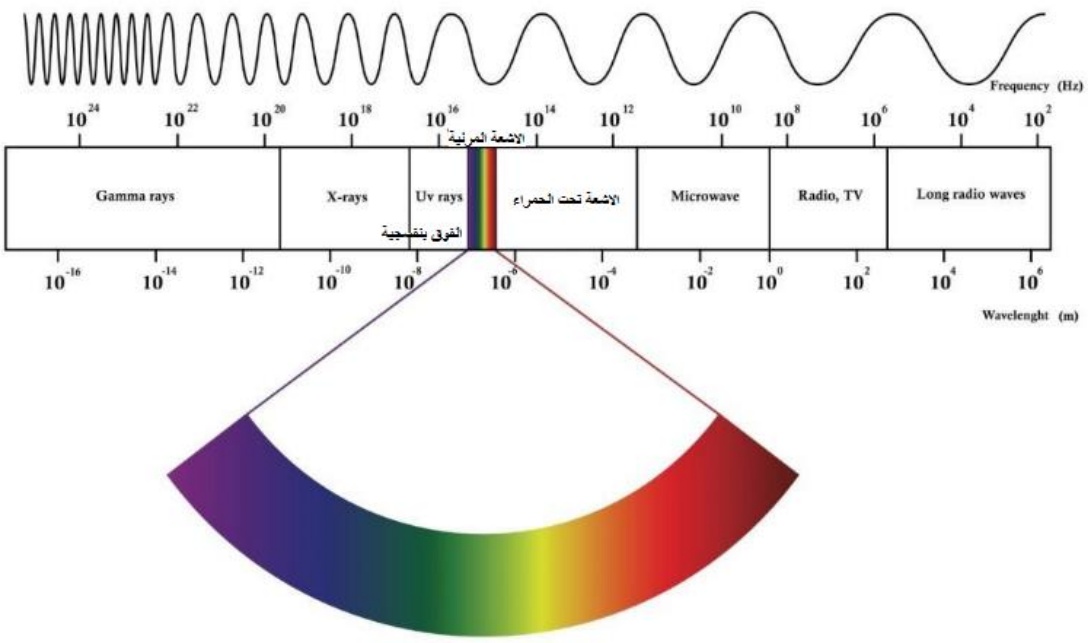
(تنشأ الموجات الكهرومغناطيسية عندما يتّحِد مجالًا كهربائيًا (السهم الأحمر) مع مجال مغناطيسي (السهم الأزرق)، ويوجد المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي لموجة كهرومغناطيسية في وضعٍ عمودي مع بعضهما البعض ومع اتجاه الموجة).

بينما الطول الموجي، هو المسافة بين قمتين متتالين للموجة، وتُقاس تلك المسافة بوحدة المتر، والتردد هو عدد الموجات المُتكوّنة في زمن مُعيّن، ويُقاس عادةً بعدد الدورات في الثانية، أو الهرتز Hz، والطول الموجي الصغير يعني أنّ التردد سيكون أعلى؛ لأنّ دورة واحدة ستكتمل في زمن أقل، وبالمِثل، الطول الموجي الأطول، له تردد أقل؛ لأنّ الدورة ستأخذ وقتًا أطول لتكتمِل.

الطيف الكهرومغناطيسي (EM spectrum).

يعرِض الإشعاع الكهرومغناطيسي مدى ضخمًا من الأطوال الموجية، والترددات، ويُعرف هذا المدى، بالطيف الكهرومغناطيسي، ويُقسَّم الطيف المغناطيسي عامةً على ٧ مناطق، وذلك حسب ترتيب تناقص الطول الموجي، وزيادة الطاقة والتردد، والتسميات الشائعة، هي: الموجات الراديوية، والموجات الصغرية، والأشعة تحت الحمراء، والضوء المرئي، والأشعة ما فوق البنفسجية، والأشعة السينية، وأشعة جاما، وعادةً، ما يتم الإشارة إلى الإشعاع الأقل في الطاقة، مثل: الموجات الراديوية، والأشعة تحت الحمراء، والضوء المرئي، والأشعة ما فوق البنفسجية، بالطول

الموجي، ويُشار إلى الإشعاع الأعلى في الطاقة، مثل: الأشعة السينية، وأشعة جاما، على أنّها الطاقة لكل فوتون.



الموجات الراديوية.

توجد الموجات الراديوية في النطاق الأقل للطيف الكهرومغناطيسي، بترددات تصل إلى حوالي ٣٠ مليار هرتز، أو ٣٠ جيجا هرتز (GHz)، وأطوال موجية أطول من حوالي ١٠ ملليمتر (٠,٤ بوصة)، ويُستخدم الراديو (المذياع)، في الأساس في مجال الاتصالات التي تتضمّن صوتًا، وبيانات ووسائل ترفيه.

الموجات الصغرى (Microwaves).

تقع في نطاق الطيف الكهرومغناطيسي بين الموجات الراديوية، والأشعة تحت الحمراء، ولها ترددات تبلغ فيما بين ٣ جيجا هرتز، و٣٠ تريليون هرتز، أو ٣٠ تيرا هرتز (THz)، وأطوالٌ موجية تقع بين ١٠ ملليمتر (٠,٤ بوصة)، و١٠٠ مايكرومتر (٠,٠٠٤ بوصة)، وتُستخدم الموجات الصغرية في الاتصالات ذات النطاق الترددي العالي، والرادار، وكمصدر حراري في أفران المايكروويف، والتطبيقات الصناعية.

الأشعة تحت الحمراء.

تقع الأشعة تحت الحمراء في نطاق الطيف الكهرومغناطيسي بين موجات (Microwaves)، والضوء المرئي، ولديها ترددات تبلغ فيما بين ٣٠ تيرا هرتز، إلى حوالي ٤٠٠ تيرا هرتز، وأطوال موجية تبلغ فيما بين ١٠٠ مايكرومتر (٠,٠٠٤ بوصة)، إلى ٧٤٠ نانومتر (٠,٠٠٠٠٣ بوصة)، والأشعة تحت الحمراء، غير مرئيةٍ للعين البشرية، ولكننا نشعر بها كحرارة، إذا كانت الكثافة كافية.

الضوء المرئي.

يقع الضوء المرئي، في مُنتصف الطيف الكهرومغناطيسي، بين الأشعة تحت الحمراء، وما فوق بنفسجية، وله ترددات تبلغ فيما بين ٤٠٠ تيرا هرتز، إلى ٨٠٠ تيرا هرتز، وأطوال موجية تبلغ فيما بين ٧٤٠ نانومتر (٠,٠٠٠٠٣ بوصة)، إلى ٣٨٠ نانومتر (٠,٠٠٠٠١٥ بوصة)، وبشكل عام، يُعرف الضوء المرئي بأنّه الأطوال الموجية المرئية لمُعظم أعين البشر.

الأشعة ما فوق البنفسجية.

تقع الأشعة ما فوق البنفسجية في نطاق الطيف الكهرومغناطيسي بين الضوء المرئي، والأشعة السينية، ولها ترددات تبلغ فيما بين ٨*١٠١٤ هرتز، إلى ٣*١٠١٦ هرتز، وأطوال موجية تبلغ فيما بين ٣٨٠ نانومتر (٠,٠٠٠٠١٥ بوصة)، إلى ١٠ نانومتر (٠,٠٠٠٠٠٠٤ بوصة)، ويكون الضوء ما فوق البنفسجي، مكونًا من ضوء الشمس، ومع ذلك، فهو غير مرئي للعين البشرية، وبرغم وجود تطبيقات طبية واصطناعية عديدة له، إلا أنّه يُمكنه تدمير الأنسجة الحية.

الأشعة السينية.

تُصنّف الأشعة السينية إلى نوعين: أشعة سينية خفيفة، وأشعة سينية حادة، تشغل الأشعة السينية الخفيفة نطاق الطيف الكهرومغناطيسي بين الأشعة ما فوق البنفسجية، وأشعة جاما، ولها ترددات تبلغ فيما بين ٣*١٠١٦ هرتز، إلى ١٠١٨ هرتز، وأطوال موجية تبلغ فيما بين ١٠ نانومتر (٠,٠٠٠٠٠٠٤ بوصة)، إلى ١٠٠ بيكومتر (٤*١٠-٩ بوصة)، بينما تشغل الأشعة السينية الحادة حيّز الطيف الكهرومغناطيسي نفسه كأشعة جاما، والفرق الوحيد بينهما، هو مصدر كل منهما: إذ تتولّد الأشعة السينية عن طريق تسريع الإلكترونات، بينما تتولّد أشعة جاما بالنواة الذريّة.

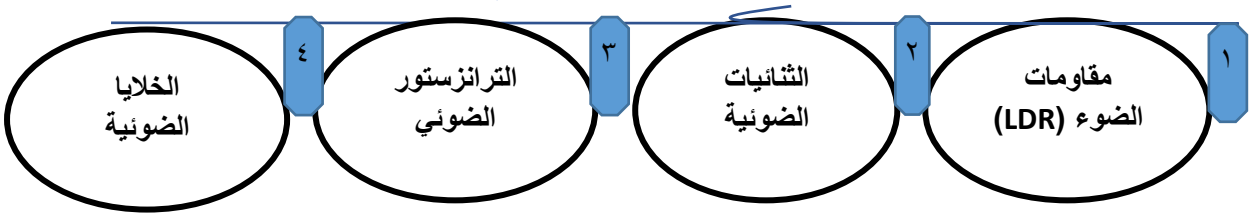
الحساسات الضوئية

هي عناصر الكترونية قادرة على استشعار الضوء (الاشعاع الكهرمغناطيسي) و تحويل قيمته الى قيمة كهربائية مقابلة.

ما هي أنواع حساسات الضوء

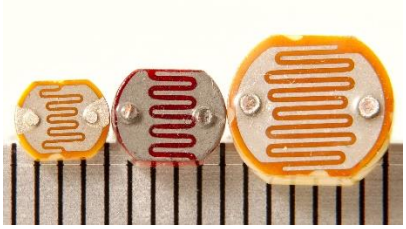
تتوفر أنواع مختلفة من حساسات استشعار الضوء ؛ بشكل أساسي بناءً على نوع الطيف الكهرومغناطيسي مثل: الموجات الراديوية، والأشعة تحت الحمراء، والضوء المرئي، والأشعة ما فوق البنفسجية،والأشعة السينية، وأشعة جاما.

بعض أنواع حساسات الضوء ذات الطيف المرئي



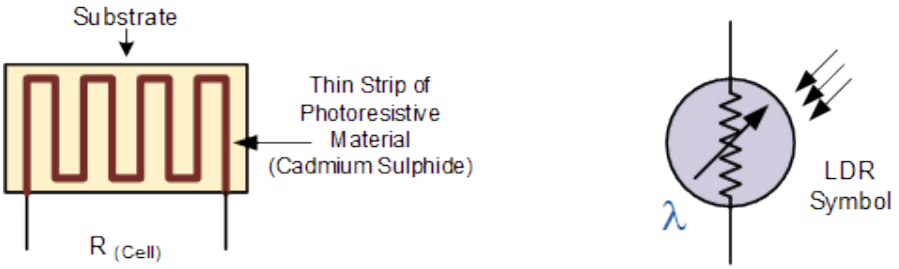
١

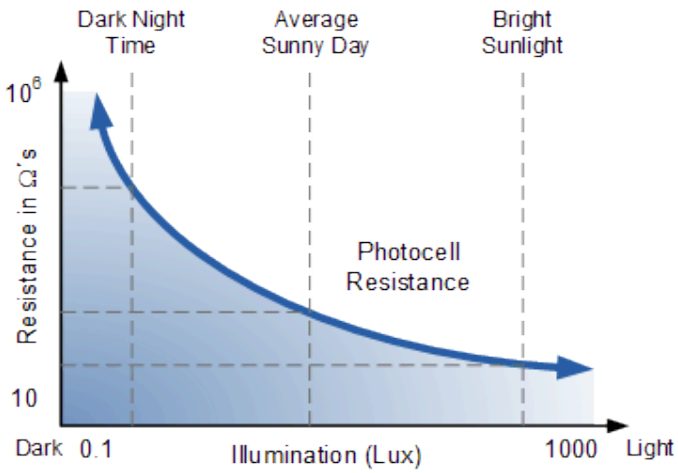
المقاومات الضوئية (LDR)



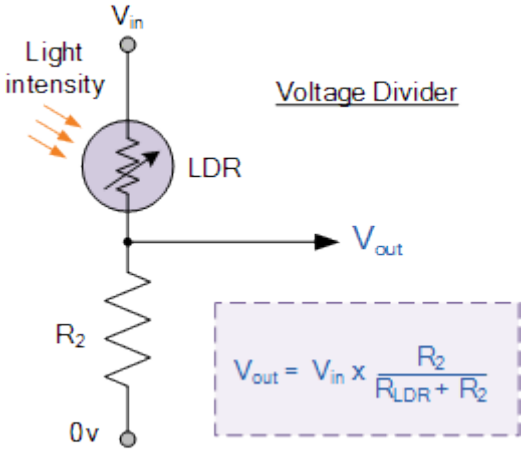
المقاومات الضوئية (LDR) (Photoresistors) من أكثر أنواع مستشعرات الضوء شيوعًا ، وتعرف أيضًا باسم المقاومة المعتمدة على الضوء. ويمكن تعريفها بأنها مقاومة متغيرة تتغير قيمتها بناء على ما تستشعره من ضوء.

هي مصنوعة من مادة شبه موصلة مكشوفة مثل كبريتيد الكادميوم والتي تغير مقاومتها الكهربائية من عدة آلاف أوم في الظلام إلى بضع مئات أوم فقط عندما يسقط الضوء عليها عن طريق تكوين أزواج ثقب الإلكترون في المادة. فنجد أن قيمتها في الظلام تصل الى 2MΩ بينما تصل قيمتها في حالة وجود ضوء شديد عليها لـ 100Ω.





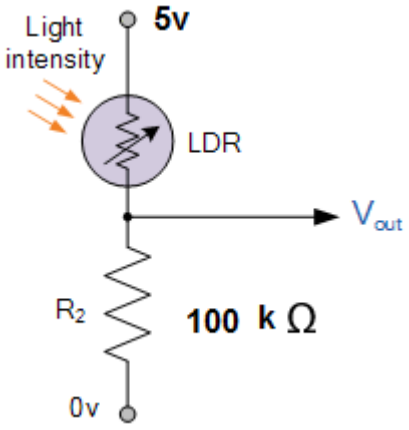
يمكن رؤية مبدأ العمل هذا في تطبيقات مثل توصيل المقاومة الضوئية مع مقاومة قياسية على التوالي (دائرة مجزئ الجهد) ، مما سيظهر جهد مختلف عند تعرض لمستويات مختلفة من الضوء.



يتم تحديد مقدار انخفاض الجهد عبر المقاومة المتسلسلة (R_2) من خلال القيمة المقاومة للمقاومة المعتمد على الضوء (R_{LDR})

مثال ١

اوجد قيمة جهد الخرج للدائرة التالية بافتراض انه لا يوجد أي ضوء مسلط على المقاومة الضوئية ، ثم أوجدها في حالة تم تسليط ضوء شديد على المقاومة الضوئية:



الحل:

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_{LDR} + R_2}$$

أ) بما أن المقاومة الضوئية في الظلام فإن قيمتها الاومية تساوي 2MΩ تقريباً.

$$V_{out} = 5 \times \frac{100 \times 10^{3}}{2 \times 10^{6} + 100 \times 10^{3}}$$

$$V_{out} = 0.238V$$

ب) عند تسليط ضوء شديد على المقاومة الضوئية فإن قيمتها الاومية تساوي 100Ω تقريباً.

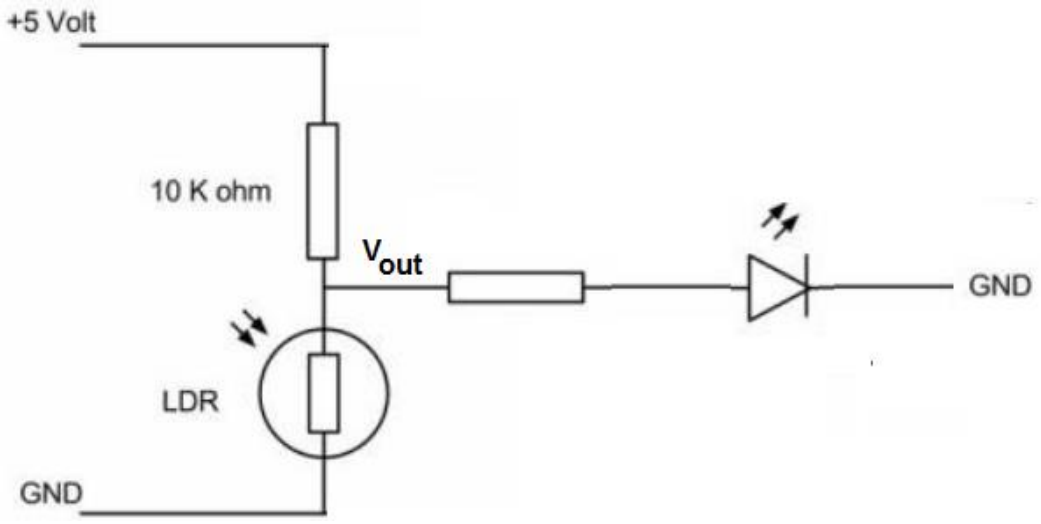
$$V_{out} = 5 \times \frac{100 \times 10^{3}}{100 + 100 \times 10^{3}}$$

$$V_{out} = 4.9\ V$$

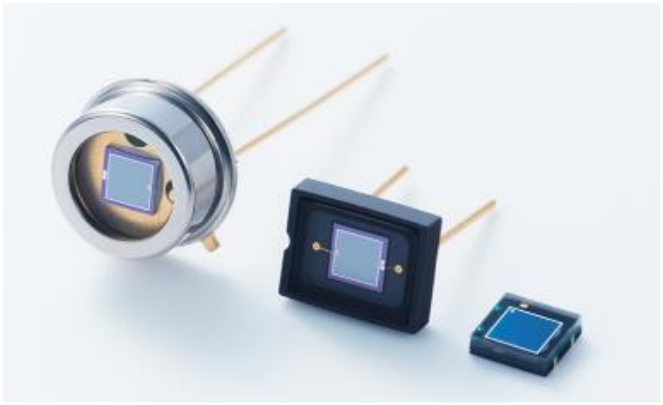
نلاحظ من هذا المثال أنه بسبب تغير قيمة المقاومة الضوئية بفعل شدة الضوء تغيرت قيمة الجهد الخارج من الدائرة.

تمرين ١

اوجد قيمة جهد الخرج لدائرة مجزئ الجهد بافتراض انه لا يوجد أي ضوء مسلط على المقاومة الضوئية ، ثم أوجدها في حالة تم تسليط ضوء شديد على المقاومة الضوئية ووضح في الحالتين وضع عنصر LED :



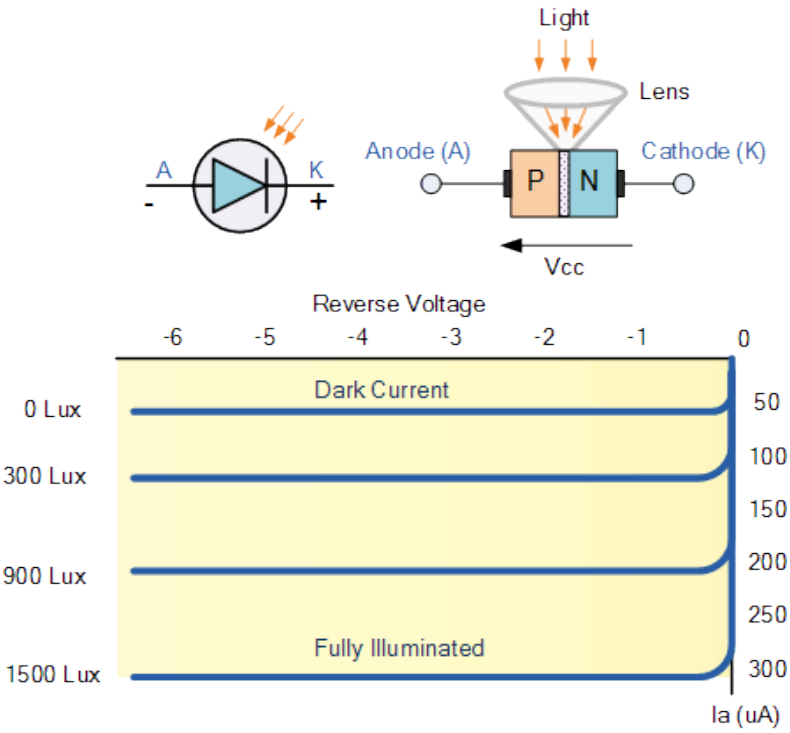
٢ الثنائيات الضوئية



يُطلق على الثنائي الضوئي أيضًا كاشف ضوئي أو جهاز استشعار ضوئي أو كاشف ضوئي يستخدم الضوء لإنتاج التيار.

الثنائي الضوئي هو أداة إلكترونية تستخدم لتحويل الضوء إلى تيار. يرجع إنتاج التيار إلى امتصاص فوتون من الضوء.

يتشابه بناء الثنائي الضوئي مع تصميم الصمام الثنائي PN-junction التقليدي فيما عدا أن الغلاف الخارجي للثنائيات يكون إما شفافًا أو يحتوي على عدسة واضحة لتركيز الضوء على تقاطع PN لزيادة الحساسية.



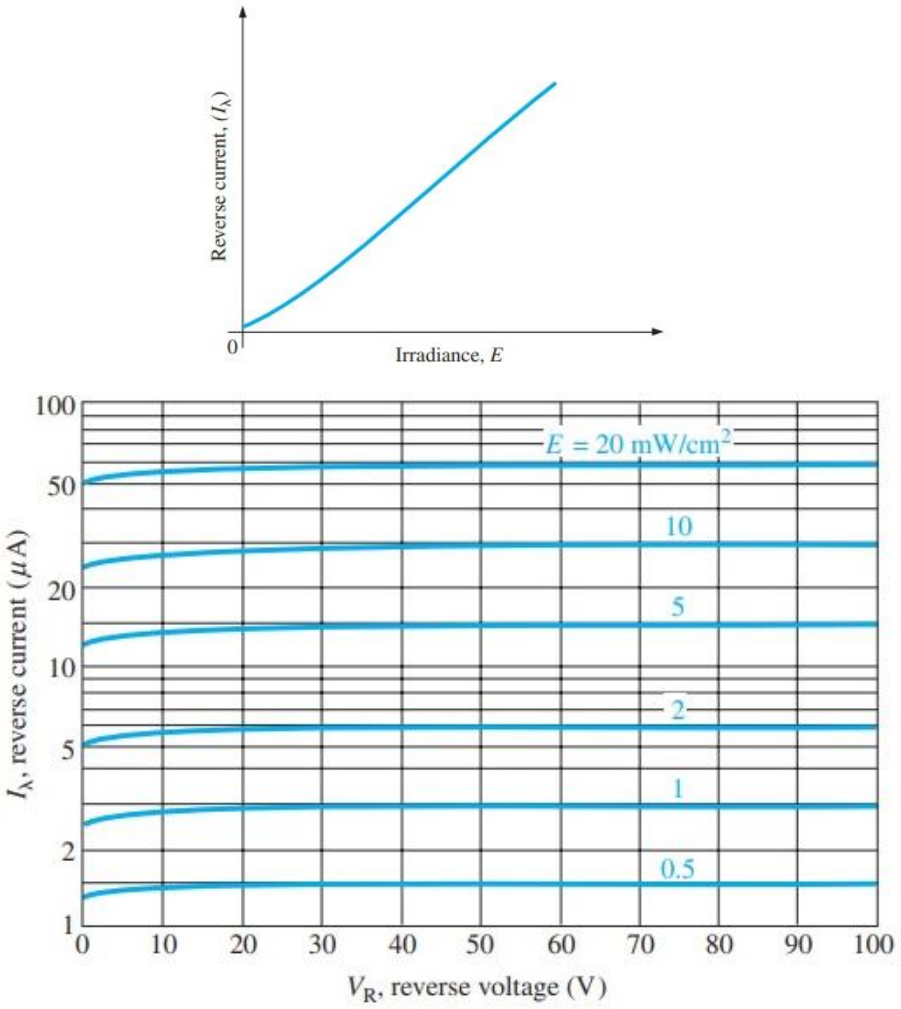
يمكن أيضًا استخدام مصابيح LED كصمامات ثنائية ضوئية حيث يمكنها أن تنبعث وتكتشف الضوء من تقاطعها. جميع الوصلات PN حساسة للضوء ويمكن استخدامها في وضع جهد غير متحيز موصل للصور مع تقاطع PN للديود الضوئي دائمًا "منحازًا عكسيًا" بحيث لا يمكن أن يتدفق سوى تسرب الثنائيات أو التيار المظلم.

إن خاصية الجهد الحالي (منحنيات I / V) للديود الضوئي مع عدم وجود ضوء على تقاطعها (الوضع المظلم) تشبه إلى حد بعيد الإشارة العادية أو الصمام الثنائي

المعدل. عندما يكون الثنائي الضوئي متحيزًا للأمام ، فهناك زيادة أسية في التيار ، مثلها مثل الصمام الثنائي العادي. عند تطبيق انحياز عكسي ، يظهر تيار تشبع عكسي صغير يؤدي إلى زيادة منطقة النضوب ، وهي الجزء الحساس من التقاطع.

إذا سلوك الثنائي الضوئي يختلف عن الصمام الثنائي العادي هو أنه عندما يحصل تقاطع PN للديود الضوئي على أشعة الضوء ، تزداد قيمة التيار العكسي مع زيادة شدة الضوء.و عندما يكون الضوء الساقط على الثنائي الضوئي صفرًا ، يكون التيار العكسي تقريبًا صفراً والذي يُعرف بالتيار المظلم.

تُعرف الزيادة في شدة الضوء بالإشعاع ويتم قياسها بـ (ميغاواط / سم ٢) بسبب تيار عكس الإشعاع كما هو موضح في الشكل أدناه.



من الرسم البياني ، يمكنك ملاحظة أن التيار العكسي هو ١,٤ uA للجهد المنحاز العكسي بعشرة فولت وقيمة الإشعاع ٠,٥ ميجاوات / سم ٢

يمكن حصول على مقاومة الثنائي الضوئي عن طريق

$R_R = V_R / I\lambda$

بحيث:

V_R	جهد الانحياز العكسي
$I\lambda$	تيار الانحياز العكسي

$R_R = V_R / I\lambda =$

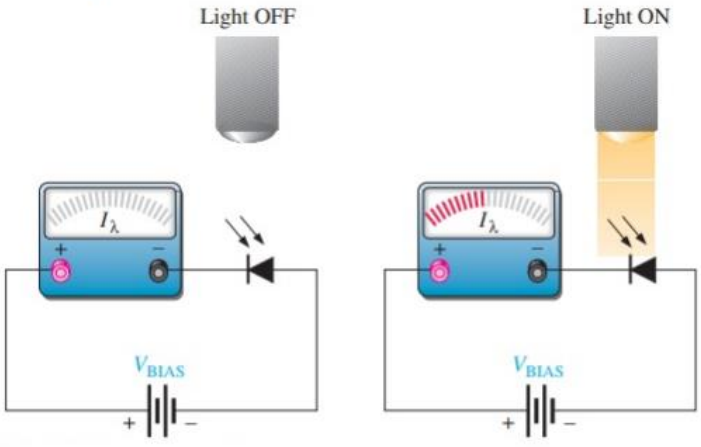
$=10\ V/1.4\ \mu A = 7.14 M\Omega$

وعندما كانت قيمة الاشعاع عند ٢٠ ميغاواط / سم ٢ ، يكون التيار حوالي ٥٥ مللي أمبير عند 10 فولت.

$R_R = V_R / I\lambda =$

$=10\ V/55\mu A = 182\ k\Omega$

من القياسات المذكورة أعلاه ، يمكننا أن نستنتج أنه يمكن أيضًا استخدام الثنائي الضوئي كمقاومة متغيرة مع شدة الضوء. ويوضح الشكل أدناه أنه لا يوجد تيار عكسي في حالة عدم وجود ضوء على الصمام الثنائي. بينما عندما يسقط الضوء على الصمام الثنائي يتدفق التيار العكسي بشكل مباشر مع شدة الضوء.

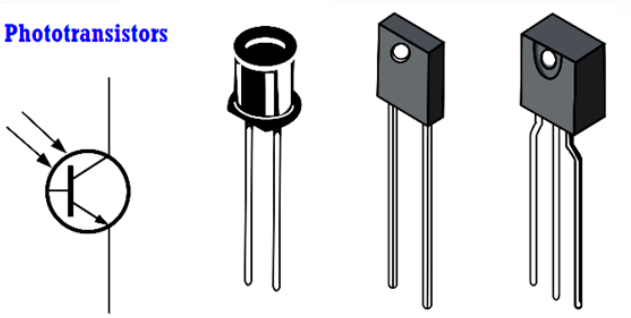


عن عدم وجدو ضوء فلا يوجد تيار

عند وجود ضوء نلاحظ وجود التيار

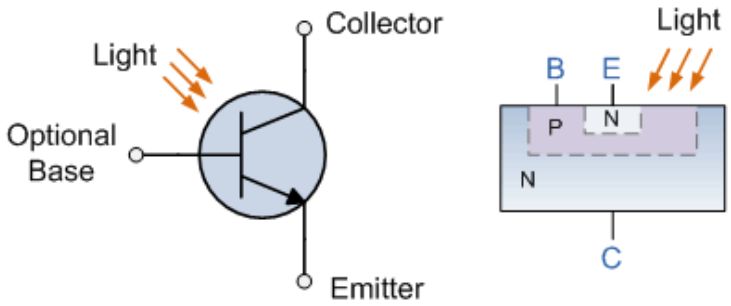
٣ الترانزستور الضوئي

يمكن وصف مستشعر الضوء الترانزستور بأنه ثنائي ضوئي + مضخم. مع التضخيم الإضافي ، تكون حساسية الضوء أفضل بكثير على الترانزستورات الضوئية. يقوم الترانزستور الضوئي بتحويل الفوتونات إلى الشحن مباشرة ، تمامًا مثل الثنائي الضوئي ، وبالإضافة إلى ذلك ، يوفر الترانزستور الضوئي أيضًا كسبًا حاليًا



الترانزستور الضوئي يشبه الترنزستور BJT العادي فيما عدا أن التيار الأساسي يتم إنتاجه والتحكم فيه بواسطة الضوء بدلاً من مصدر الجهد. فيقوم الترانزستور الضوئي بتحويل الطاقة الضوئية بشكل فعال إلى إشارة كهربائية. كذلك الترنزستور BJT العادي يحتوي على ٣ أطراف (القاعدة- الباعث - الجامع) بينما الترانزستور الضوئي (الباعث - الجامع) و لا يوجد بها توصيل كهربائي بالقاعدة.

الترانزستور الضوئي يعمل كمفتاح ، فإنه يتم إنتاج يتم إنتاج تيار أساسي ، IA ، يتناسب طرديًا مع شدة الضوء ، لذلك عندما يتم تسليط الضوء على منطقة القاعدة (التي تحتوي على مستقبلات للضوء) فيتم الاتصال بين من المجمع إلى الباعث مما يعني سريان التيار بينهما. و عندما لا يكون هناك ضوء ، فإنه لا يوجد تيار يتسرب من المجمع إلى الباعث .



مزايا الترانزستور الضوئي

- بسيط وصغير وأقل تكلفة.
- تيار أعلى ، كسب أعلى وأوقات استجابة أسرع مقارنة بالديودات الضوئية.
- ينتج عنه جهد الخرج على عكس المقاومات الضوئية.
- أقل ضوضاء بالمقارنة مع الثنائيات الضوئية الانهيار الجليدي.

عيوب الترانزستور الضوئي

- لا يمكن التعامل مع الفولتية العالية إذا كانت مصنوعة من السيليكون.
- تتأثر بالطاقة الكهرومغناطيسية.
- استجابة ضعيفة للترددات العالية بسبب سعة كبيرة لمجمع القاعدة.

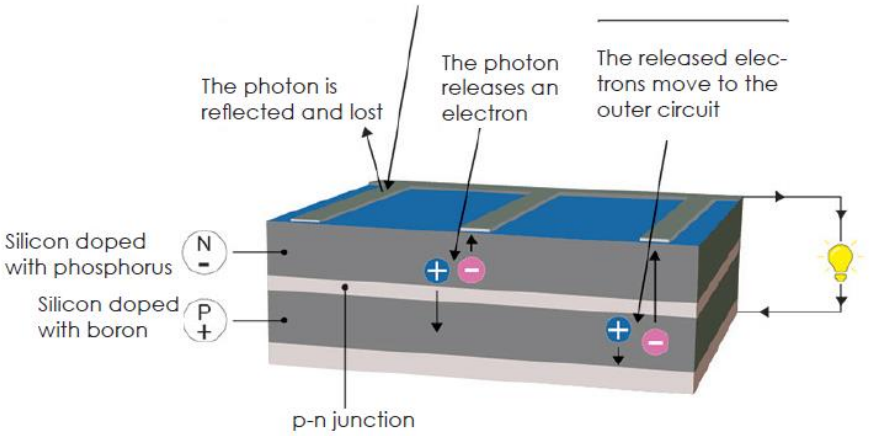
٤ الخلايا الضوئية

الخلية الكهروضوئية (PV) ، والمعروفة أيضًا باسم الخلية الشمسية أو الخلية الضوئية ، هي مكون إلكتروني يولد الكهرباء عند تعرضه للفوتونات أو جزيئات الضوء. و يُطلق على هذا التحويل اسم التأثير الكهروضوئي ، الذي اكتشفه الفيزيائي الفرنسي إدموند بيكريل في عام ١٨٣٩.

تتكون الخلية الكهروضوئية من مواد شبه موصلة تمتص الفوتونات المنبعثة من الشمس وتولد تدفقًا للإلكترونات. (الفوتونات هي جسيمات أولية تحمل الإشعاع الشمسي بسرعة ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية) .

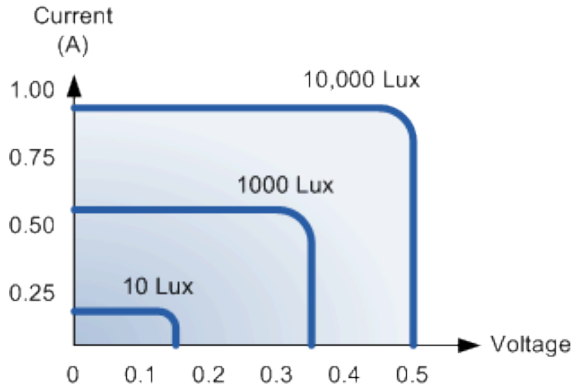
مع ذلك ، لإنتاج تيار كهربائي ، تحتاج الإلكترونات إلى التدفق في نفس الاتجاه. يتم تحقيق ذلك باستخدام نوعين من السيليكون. طبقة السيليكون المعرضة للشمس مغطاة بذرات الفوسفور ، و تحتوي على إلكترون واحد أكثر من السيليكون تصبح الطرف السالب (n)، بينما الجانب الآخر مغطى بذرات البورون ، و تحتوي على إلكترون واحد أقل يصبح الطرف الموجب (p).

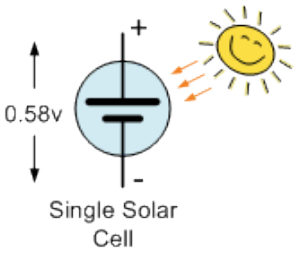
عندما تتعرض لـ فوتونات (ضوء) ، تتدفق الكترونات الى نقاط التلامس الكهربائية المطبقة على كلا الجانبين قبل أن تتدفق إلى الدائرة الخارجية في شكل طاقة كهربائية. مما ينتج تيار مستمر . و تتم عادة إضافة طلاء مضاد للانعكاس إلى الجزء العلوي من الخلية لتقليل فقد الفوتون بسبب انعكاس السطح.



ويمكن لخلية شمسية فردية أن تولد جهدًا دائريًا مفتوحًا يبلغ حوالي ٠,٥٨ فولت (٥٨٠ مللي فولت). و يمكن توصيل الخلايا الشمسية الفردية معًا في سلسلة لتشكيل الألواح الشمسية التي تزيد من قيمة جهد الخرج أو متصلة ببعضها البعض بشكل

متوازٍ لزيادة التيار المتاح. و يتم تصنيف الألواح الشمسية المتاحة تجاريًا بالقدرة، وهو نتاج جهد الإخراج والتيار (قانون أوم) عند الإضاءة الكاملة.



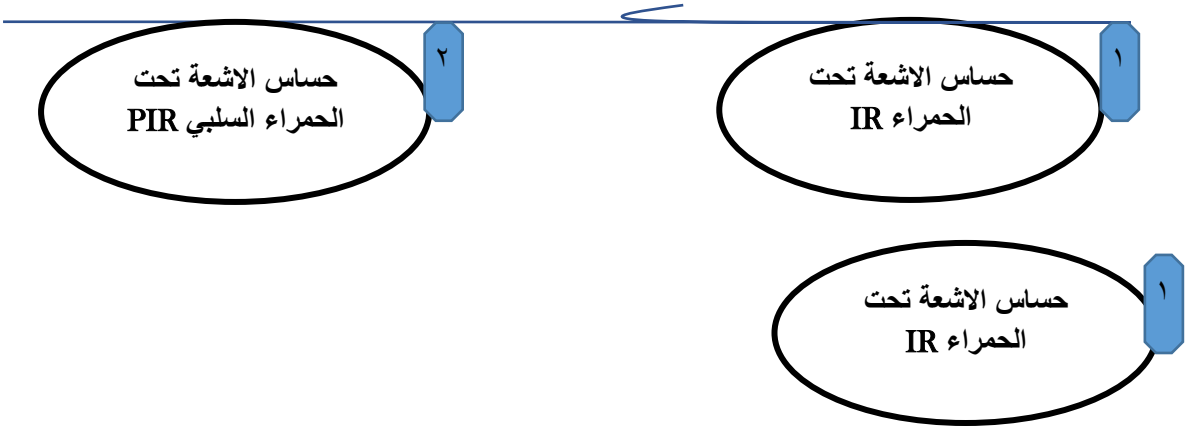


تعتمد كمية التيار المتاح من الخلية الشمسية على شدة الضوء وحجم الخلية وكفاءتها التي تكون منخفضة جدًا بشكل عام عند حوالي ١٥ إلى ٢٠٪. لزيادة الكفاءة الكلية للخلية ، يستخدم عادة السيليكون متعدد الكريستالات أو السيليكون غير المتبلور ، والذي لا يحتوي على بنية بلورية ، ويمكن أن يولد تيارات تتراوح بين ٢٠ إلى ٤٠ مللي أمبير لكل سم ٢.

تمرين ٢

استخدم احد الحساسات الضوئية لتنفيذ دائرة إطفاء مصباح في النهار وتشغيله في الليل.

بعض أنواع حساسات الضوء (الاشعة تحت الحمراء)



يطلق عليه مستشعر الأشعة تحت الحمراء النشط و يتكون من وحدتين: الأولى هي مصدر الأشعة تحت الحمراء (وحدة ارسال) وهي عبارة عن الصمام الثنائي للأشعة تحت الحمراء IR LED بينما الثانية كاشفات الأشعة تحت الحمراء (وحدة استقبال) وهي عبارة عن موحدات ضوئيةIR Photodiode أو ترانزستورات الضوئية IR Phototransistor.

هناك أنواع مختلفة من حساسات الأشعة تحت الحمراء حسب أطوالها الموجية وطاقة الخرج ووقت الاستجابة. وكما تم ذكره سابقا يتكون مستشعر الأشعة تحت الحمراء من IR LED و IR Photodiode ، ويطلق عليهم معًا اسم PhotoCoupler أو OptoCoupler.

- وحدة الارسال IR LED

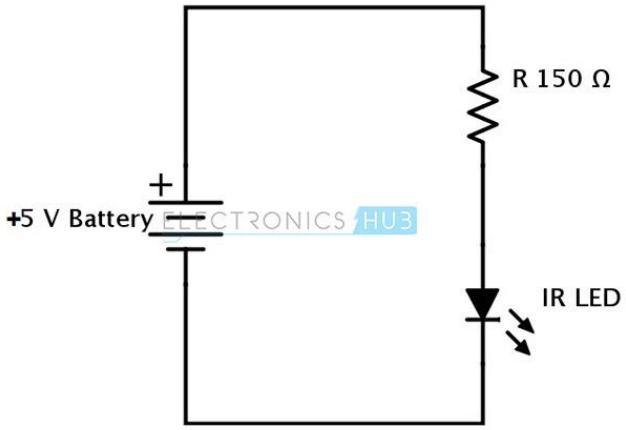
على الرغم من أن IR LED يبدو وكأنه مصباح LED عادي ، إلا أن الإشعاع المنبعث منه غير مرئي للعين البشرية. ينبعث منه إشعاعات الأشعة تحت الحمراء.

- وحدة الاستقبال IR Photodiode

تأتي مستقبلات الأشعة تحت الحمراء على شكل ثنائيات ضوئية او ترانزستورات ضوئية. تختلف الثنائيات الضوئية تحت الحمراء عن الثنائيات الضوئية العادية لأنها تكتشف الأشعة تحت الحمراء فقط.

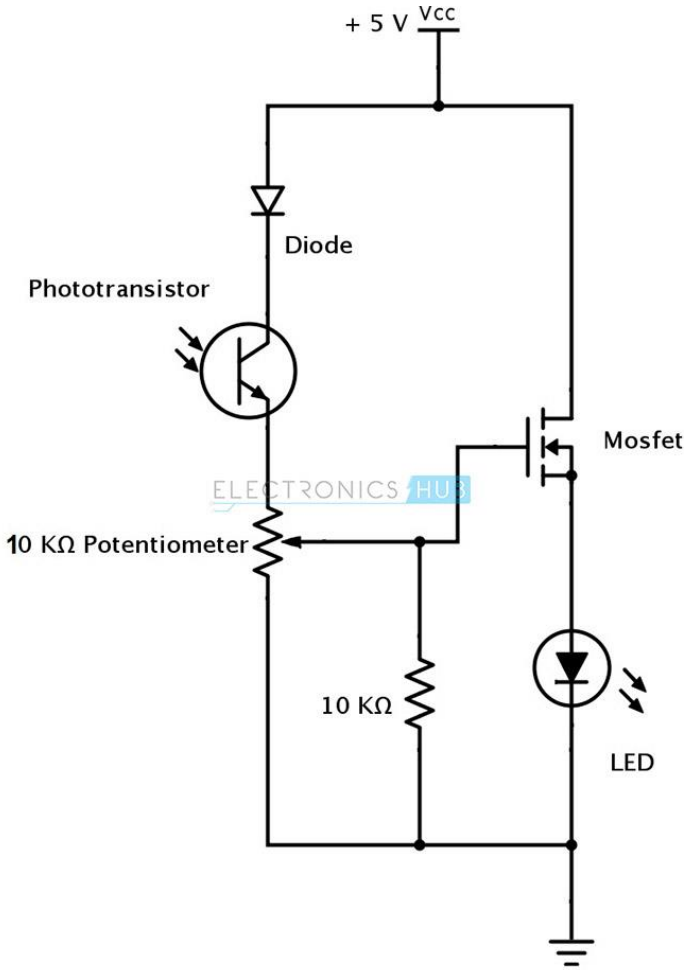
١. يمكن تصميم دائرة حساس اشعة تحت حمراء نشط .

أولا وحدة الارسال :



وهو يتألف من بطارية ٥ فولت و IR LED عند تشغيله يستهلك IR LED حوالي ٣ إلى ٥ مللي أمبير من التيار لاطلاق اشعة تحت حمراء غير مرئية.

ثانيا وحدة الاستقبال :

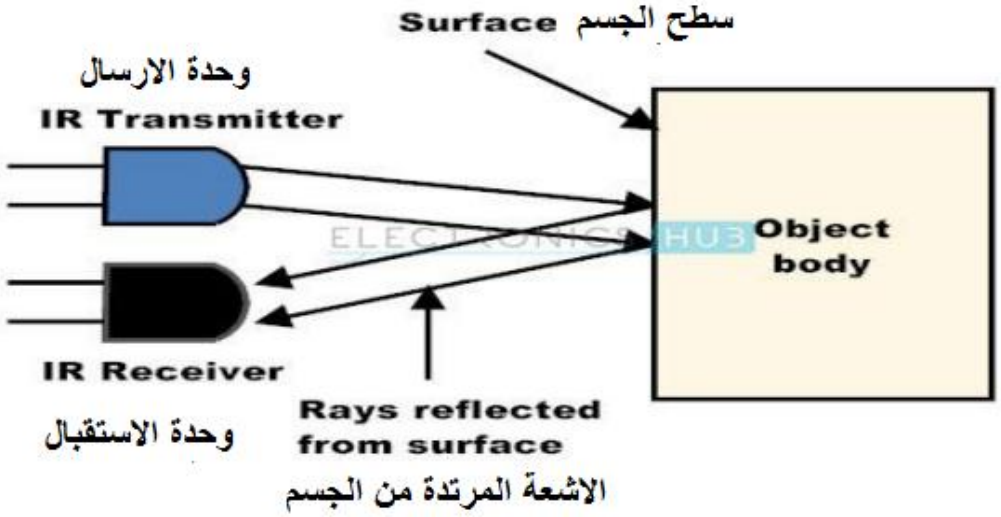


وهو يتألف من ترانزستور ضوئي IR وصمام ثنائي و MOSFET ومقياس جهد و LED. عندما يستقبل الترانزستور الضوئي أي إشعاع تحت أحمر ، يتدفق التيار خلاله ويتم تشغيل MOSFET. هذا بدوره يضيء الصمام الذي يعمل كحمل. يستخدم مقياس الجهد للتحكم في حساسية الترانزستور الضوئي.

٢. دوائر مصممة للقيام بعملية الاستشعار للاشعة تحت الحمراء

أ- حساس IR لاستشعار الاجسام القريبة

يستخدم هذا الحساس لاستشعار الأجسام القريبة، حيث أنه يحتوي على مرسل ومستقبل للأشعة تحت الحمراء ويقوم بإرسال الموجات واستقبالها وحساب الوقت الفاصل بين الإرسال والاستقبال، وبهذا يستطيع معرفة المسافة التي تفصل الجسم عن الحساس. يمكن استخدام هذا الحساس في الروبوت لتساعده على تخطي العقبات. ويستخدم عادة مع الاردوينو.

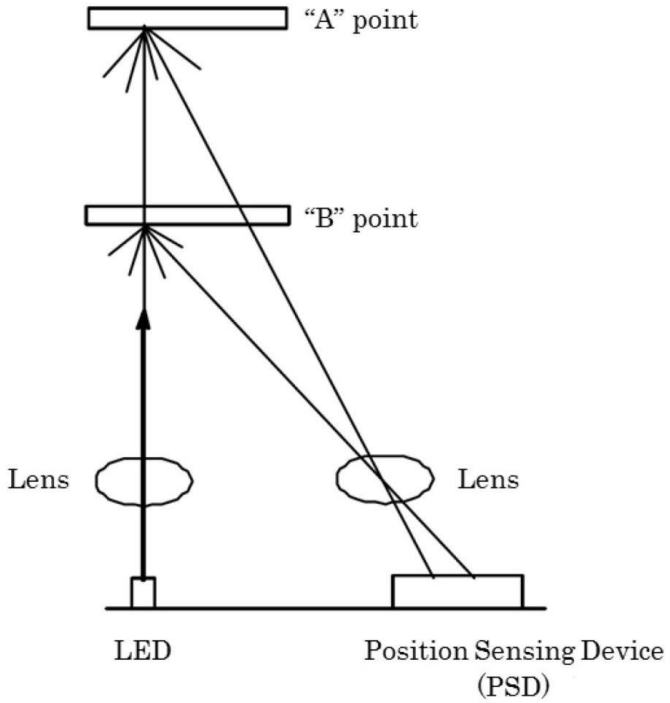


ب- حساس IR لاستشعار الاجسام القريبة (GP2Y0A710K0F)

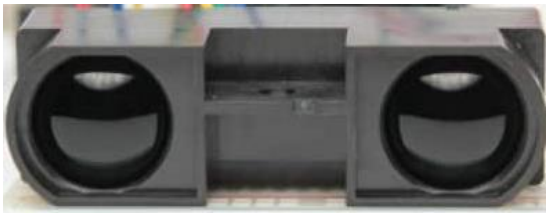
يستخدم هذا الحساس وحدتي الارسال والاستقبال لقياس المسافة. ويتم حساب المسافة باستخدام تثليث شعاع الضوء. وبه يتكون المستشعر من IR LED وكاشف الضوء

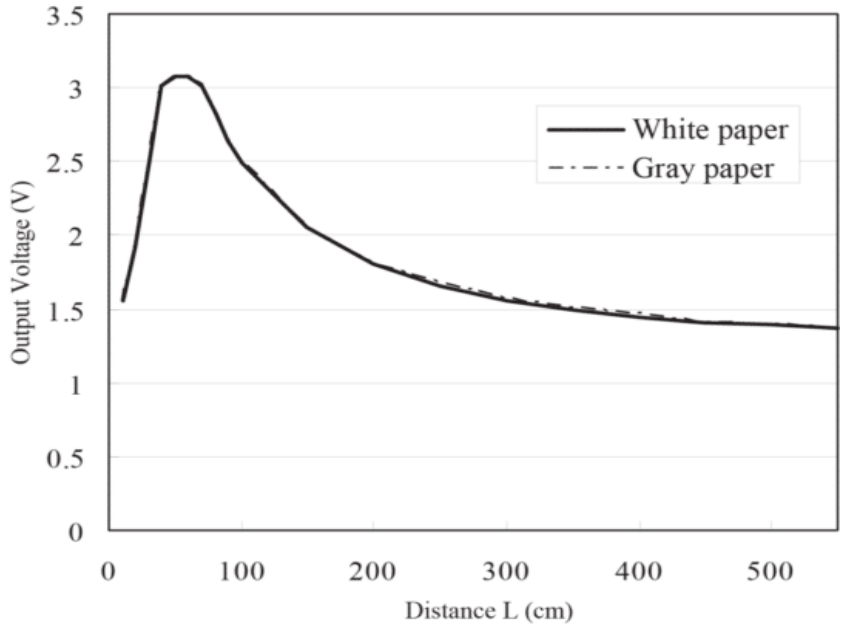
أو PSD (جهاز استشعار الموضع). عندما ينعكس شعاع الضوء بواسطة جسم ما ، سيصل الشعاع المنعكس إلى كاشف الضوء (جهة الشعاع المستقبل) وستتشكل "بقعة بصرية" على PSD.

عندما تصدم الإشارة المرسلة بـ جسم ما ، تتغير أيضًا زاوية الحزمة المنعكسة وموضع البقعة على PSD.



يحتوي المستشعر على دائرة معالجة إشارة مدمجة. تعالج هذه الدائرة موضع البقعة الضوئية على PSD لتحديد موضع (مسافة) الجسم العاكس. ثم يقوم بإخراج إشارة تناظرية تعتمد على موضع الكائن أمام المستشعر.





من الرسم البياني من كتيب البيانات نلاحظ عيوب هذه المستشعرات بحيث نجد انه لا يوجد تغير كبير في جهد الخرج دائمًا مع تغيير كبير في النطاق (الاستجابة غير خطية). من أجل تحديد المسافة بين المستشعر والجسم ، تحتاج إلى العثور على وظيفة تحول جهد الخرج إلى قيمة نطاق. واقصى جهد ٣ فولت عن مسافة ١٠٠ سنتيميتر ونجد أن الجهد يبدأ بالانخفاض كلما استشعر مسافة ابعد.

واستنادًا إلى كتيب البيانات للعنصر ، يمكنك حساب الدالة الخطية:

$$y = 137500x + 1125$$

حيث:

y : جهد الخرج بوحدة ميللي فولت

x : يساوي ١ / مسافة بالسنتيمتر

ينتج عن هذا الصيغة التالية للمسافة بين المستشعر والجسم

$$D = 1 \div \frac{V_{out} - 1225}{137500}$$

D: رمز المسافة ووحدتها هنا بسنتيمتر

Vout: جهد الخرج ووحدته هنا بالميللي فولت

ملاحظة: تنطبق هذه المعادلة فقط على هذا النوع من (SHARP)

مثال ٢

اوجد المسافة بين الحساس IR من نوع (SHARP GP2Y0A710K0F)
إذا علمت بأن جهد خرجه هو1.4V.

الحل :

تحويل الجهد من الفولت الى ميللي فولت وذلك بقسمته على 10^{-3}

اذاً :

$$Vout= \frac{1.4}{10^{-3}} = 1400mv$$

$$D= 1 \div \frac{V_{out} - 1225}{137500}$$

$$D= 1 \div \frac{1400 - 1225}{137500}$$

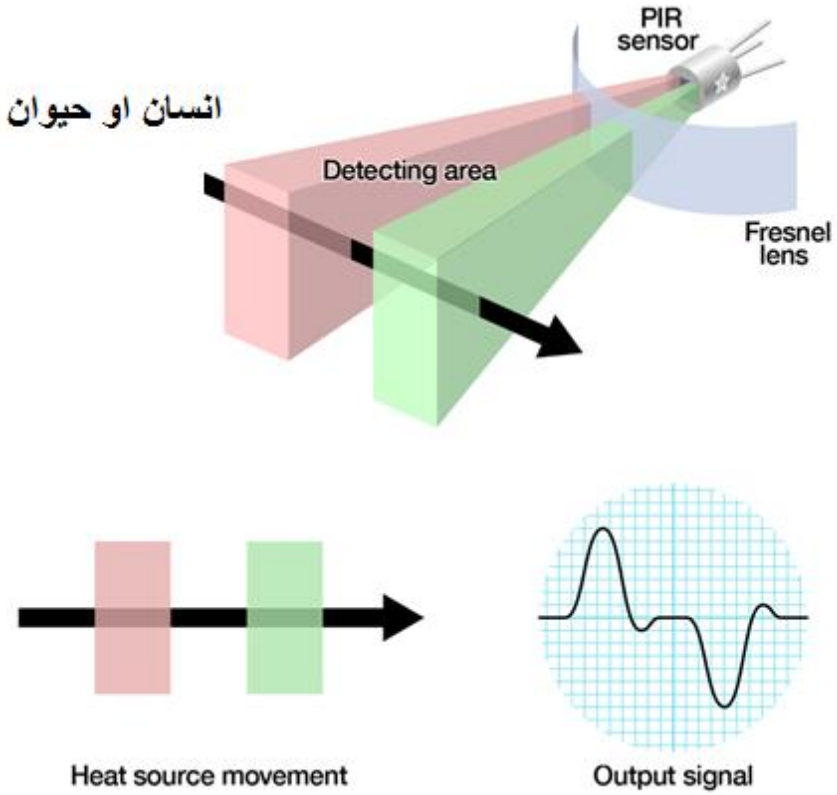
D= 785.7cm

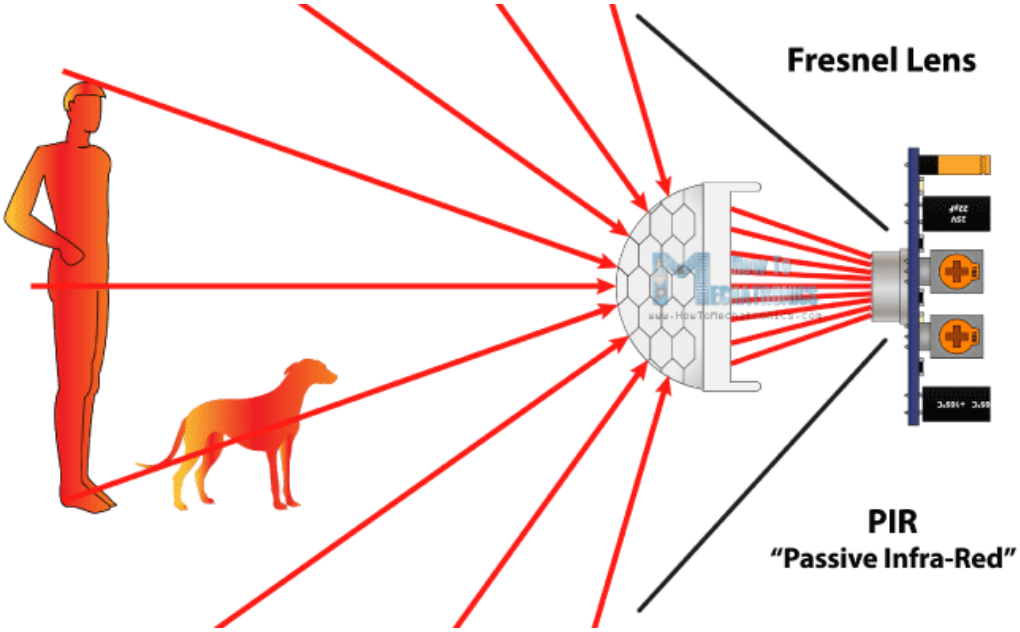
٢ حساس الاشعة تحت الحمراء السلبي PIR

تعد مستشعرات PIR أكثر تعقيدًا من العديد من المستشعرات الأخرى نظرًا لوجود متغيرات متعددة تؤثر على إدخال وإخراج أجهزة الاستشعار.

يحتوي مستشعر PIR على نافذتين ، كل نافذة مصنوعة من مادة خاصة حساسة للأشعة تحت الحمراء. عندما يكون المستشعر خاملاً ، تكتشف كلتا النافذتين نفس كمية الأشعة تحت الحمراء ، أو الكمية المحيطة التي تشع من الغرفة أو الجدران أو في الخارج وعند اختلافهما يعطي المستشعر تغير في القيمة الكهربائية.

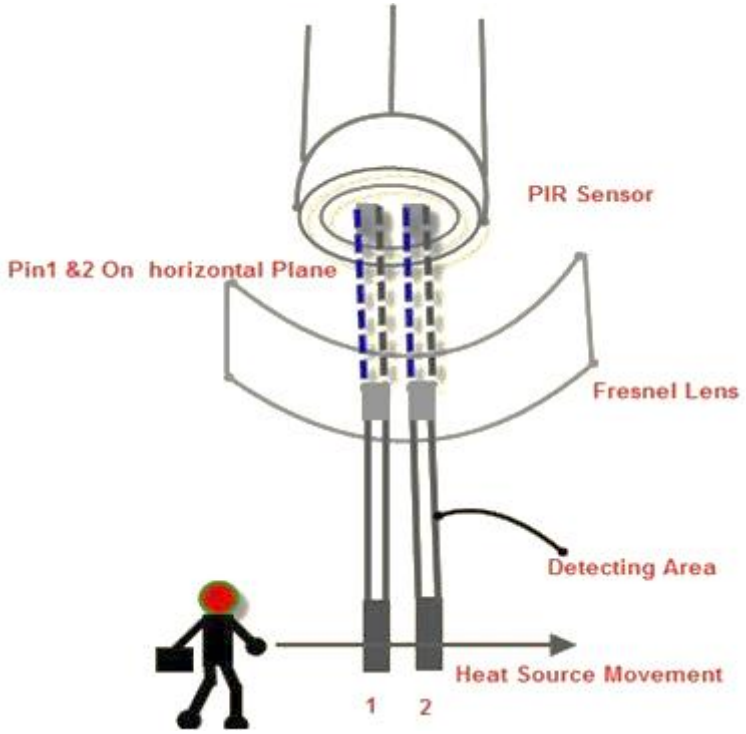
فلذلك عندما يمر جسم دافئ مثل الإنسان أو الحيوان ، فإنه بسبب الحرارة يحدث تغير في الاشعة الحمراء بين النافذتين ، بينما عندما يغادر الجسم الدافئ منطقة الاستشعار ، يحدث العكس ، حيث يولد المستشعر تغيرًا تفاضليًا سلبيًا.





مبدأ عمل مستشعر PIR

لا يشع مستشعر الأشعة تحت الحمراء السلبية أي اشعة بينما يكون عمله فقط في تلقى الأشعة تحت الحمراء الموجودة في الغرفة أو الجدران أو في الخارج ، وعند وجود مؤشر حراري يتسبب تغير الاشعة في المكان مثل وجود جسم الانسان فانه يقوم بمعالجة التغير في الاشعاعات الملتقطة. من المعلوم انه تتراوح درجة حرارة جسم الإنسان بين ٣٦ درجة مئوية و ٢٧ درجة مئوية مما يعني وجود طاقه إشعاعية تحت حمراء في نطاق طول موجي يبلغ ٨ ميكرومتر -١٢ ميكرومتر.



الفصل الخامس

حساسات الضغط

مقدمة

يعرف الضغط بأنه القوة العمودية المؤثرة في وحدة المساحة، ويعبر عنه بالعلاقة الرياضية الآتية: (الضغط (P) = القوة(F) / المساحة التي تؤثر فيها القوة(A))

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

وبالتالي فإن وحدة الضغط هي نيوتن/م٢، وتسمى الباسكال حسب النظام العالمي للوحدات، كما أنّ الضغط كمية قياسية يعبر عنه مقداراً وليس اتجاهاً، وكلما كانت المساحة أقل فإن مقداراً صغيراً من القوة يمكنه أن يسبب ضغطاً أكبر كما هو الحال في السكين، لذلك فإن العلاقة بين الضغط والمساحة عكسية.

حساسات الضغط

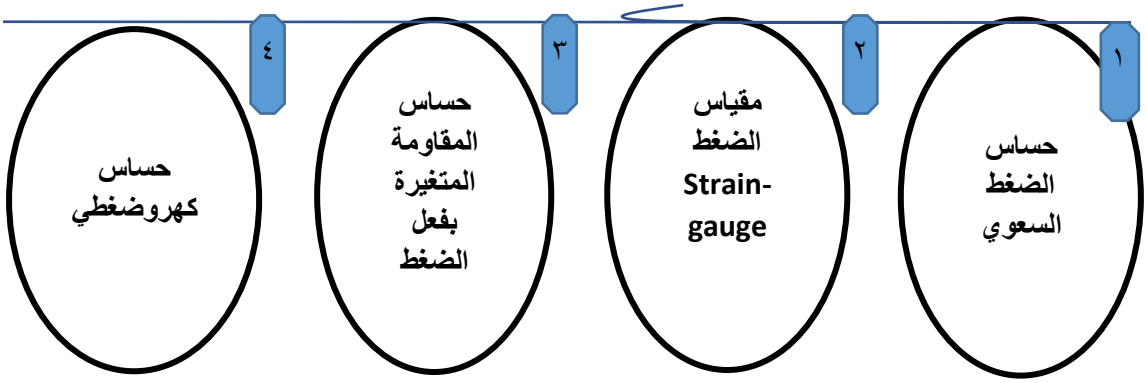
هناك العديد من أنواع المستشعرات المتاحة مع مجموعة متنوعة من الخصائص ، سواء كانت للبيئات القاسية أو المسببة للتآكل أو المعدات الطبية أو الأجهزة المحمولة. يعني اختيار مستشعر الضغط الاختيار من بين مجموعة واسعة من التقنيات والحزم ومستويات الأداء والميزات من أجل تلبية المتطلبات المتعددة لقياس الضغط بدقة ، مثل:

١. ضغط الغاز داخل الخزان ، مثل خزان ضاغط صناعي
٢. قياس مستوى أو حجم السائل المحتوي عن طريق استشعار الضغط في قاع الوعاء
٣. قياس فروق الضغط بين نقطتين في النظام كوسيلة لمراقبة أو قياس تدفق السوائل أو الغازات
٤. الضغط الجوي: تغير في الضغط الجوي حسب الأحوال الجوية أو مع الارتفاع. مفيد في محطات الطقس أو المراقبة البيئية أو للمساعدة في حساب الموتى للملاحة جنبًا إلى جنب مع GPS أو تثليث الخلية

وبالتالي يعتمد حساس الضغط على رد فعل مادي للضغط المطبق ، ثم يقيس التغير النسبي الناتج ليعطي قيمة كهربائية.

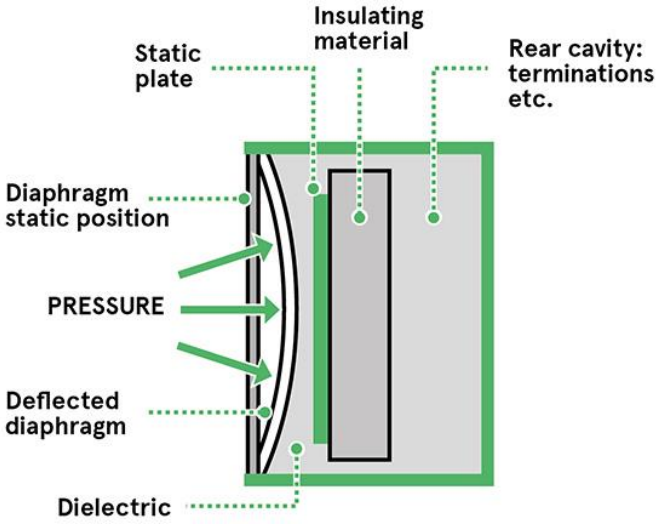
أنواعها تشمل الظواهر الشائعة الاستخدام مثل التغييرات في السعة ، أو التغيرات في المقاومة الأومية لمقياس الإجهاد أو عناصر كهرضغطية ، والتي تتناسب مع حجم الانحراف عند تطبيق الضغط.

بعض أنواع حساسات الضغط



١ حساس الضغط السعوي

(Capacitive pressure sensors) يحتوي مستشعر الضغط السعوي على مكثف مع لوح صلب واحد وغشاء مرن كأقطاب كهربائية. مساحة هذه الأقطاب الكهربائية ثابتة ، بينما نجد أن السعة تتناسب مع المسافة بين الأقطاب الكهربائية. يتم تطبيق الضغط المراد قياسه على جانب الغشاء المرن ، ويسبب الانحراف الناتج تغيرًا في السعة التي يمكن قياسها باستخدام دائرة كهربائية.



مثال ١

احسب سعة حساس ضغط سعوي إذا كانت :

المساحة المشتركة بين اللوحين $5 \times 10^{-3}\ m^2$

المسافة بين اللوحين $.1 \times 10^{-3}\ m$

ثابت العزل 1

سماحية المساحة الحرة $\epsilon_0 \approx 8.8542 \times 10^{-12}$

الحل:

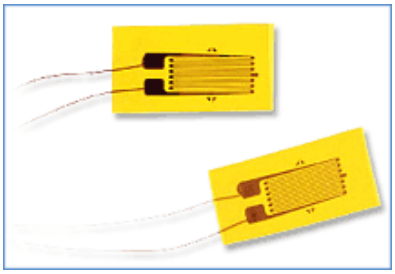
$$C = \frac{kA\varepsilon_0}{d} \quad \text{(Farads)}$$

$$C = \frac{1 \times (5 \times 10^{-3}\ m^2)(8.854 \times 10^{-12}\ F/m)}{1 \times 10^{-3}\ m} = 44.25 \times 10^{-12}\ F$$

$$C = 44.25\ pF$$

٢

مقياس الضغط Strain-gauge



(Strain-gauge pressure sensors) هو جهاز استشعار تختلف مقاومته باختلاف القوة المطبقة ؛ إنه يحول القوة ، والضغط ، والتوتر ، والوزن ، وما إلى ذلك ، إلى تغيير في المقاومة الكهربائية التي يمكن قياسها بعد ذلك.

فعندما يتم تطبيق قوى خارجية على جسم ثابت ، فإن النتيجة هي الإجهاد والانفعال. يتم تعريف الإجهاد على أنه قوى المقاومة الداخلية للكائن ، ويتم تعريف الإجهاد على أنه الإزاحة والتشوه الذي يحدث.

يعد مقياس الإجهاد أحد أهم أجهزة الاستشعار في تقنية القياس الكهربائية المطبقة على قياس الكميات الميكانيكية. كما يتم استخدامها ايضا لقياس الانفعال.

كمصطلح تقني "strain" يتكون من إجهاد شد وضغط ، يتميز بعلامة موجبة أو سلبية. وبالتالي ، يمكن استخدام مقاييس الإجهاد لالتقاط التمدد وكذلك الانكماش.

٣ حساس المقاومة المتغيرة بفعل الضغط

(piezoresistive sensor) يتمثل المبدأ الأساسي لهذا الحساس في استخدام مقياس ضغط مصنوع من مادة موصلة تتغير مقاومتها الكهربائية عندما يتم شدها.

يتم توصيل هذا المقياس بغشاء يتعرف على التغيير في المقاومة عندما يتشوه عنصر المستشعر بفعل الضغط.

فيما يلي تأثيرات منفصلة تساهم في تغيير مقاومة الموصل:

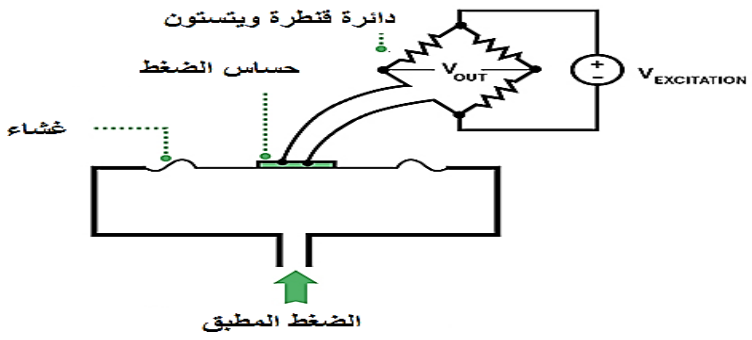
- تتناسب مقاومة الموصل مع طوله ، لذا فإن التمدد يزيد المقاومة.
- أثناء شد الموصل ، تقل مساحة المقطع العرضي ، مما يزيد أيضًا من المقاومة.
- تزداد المقاومة الكامنة لبعض المواد عند شدها.

تأثير مقاومة الضغط ، يختلف اختلافًا كبيرًا بين المواد. يتم تحديد الحساسية بواسطة عامل القياس ، والذي يتم تعريفه على أنه تغيير المقاومة النسبي مقسومًا على الضغط

$$GF = \frac{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)}{\epsilon}$$

حيث يتم تعريف الضغط على أنه التغيير النسبي في الطول.

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



عادة ما يتم قياس التغيير في المقاومة في المستشعر باستخدام دائرة جسر ويتستون (Wheatstone) مما يمكن من الحصول على تغير بالجهد عند أي تغييرات صغيرة في مقاومة المستشعر.

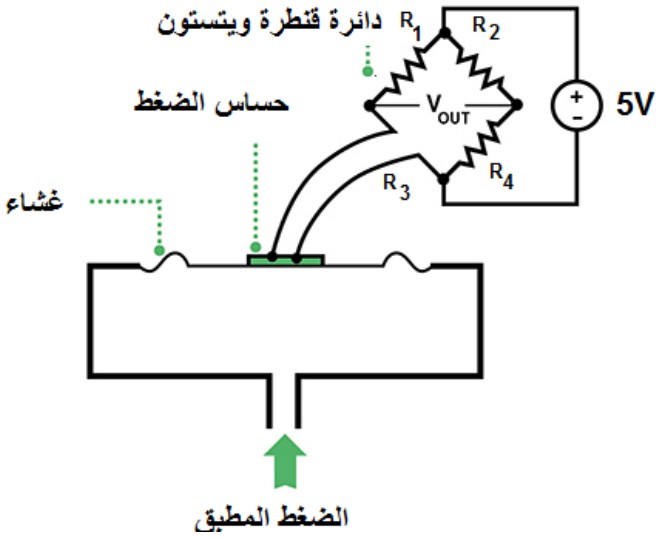
يجب توفير جهد لدائرة القنطرة يطلق عليه ($V_{EXCITATION}$) وذلك عندما لا يكون هناك إجهاد او ضغط مطبق ويجب وتكون جميع المقاومات في القنطرة متوازنة ، فالبتالي الناتج سيكون صفر فولت. وعند وجود ضغط سيؤدي التغيير في الضغط إلى تغيير في المقاومة في القنطرة مما يؤدي إلى جهد أو تيار ناتج مقابل. ويمكن ان يتم عرض كيفية حساب هذا في الصيغة أدناه.

$$V_o = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{ex}$$

و يمكن تحسين الأداء باستخدام عنصرين أو أربعة عناصر استشعار في القنطرة ، مع تعرض العناصر الموجودة في كل زوج لإجهاد مساوٍ. مما يؤدي ذلك إلى زيادة إشارة الخرج ويمكن أن يقلل من تأثيرات درجة الحرارة على عناصر المستشعر.

مثال ٢

اوجد جهد الخرج من الدائرة التالية اذا علمت بأن المقاومات بقيمة ثابتة وتساوي 10KΩ ، بينما قيمة مقاومة حساس الضغط 12KΩ وجهد دائرة قنطرة ويتستون 5V .



الحل :

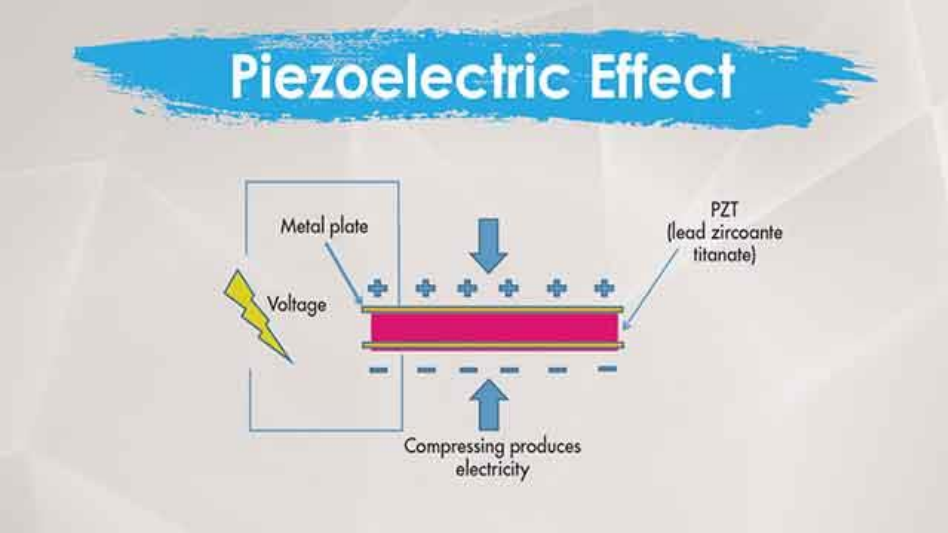
$$V_o = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{ex}$$

$$V_o = \left[\frac{12K}{12K+10K} - \frac{10K}{10K+10K} \right] \times 5$$

$$V_o = 0.227\ V$$

٤

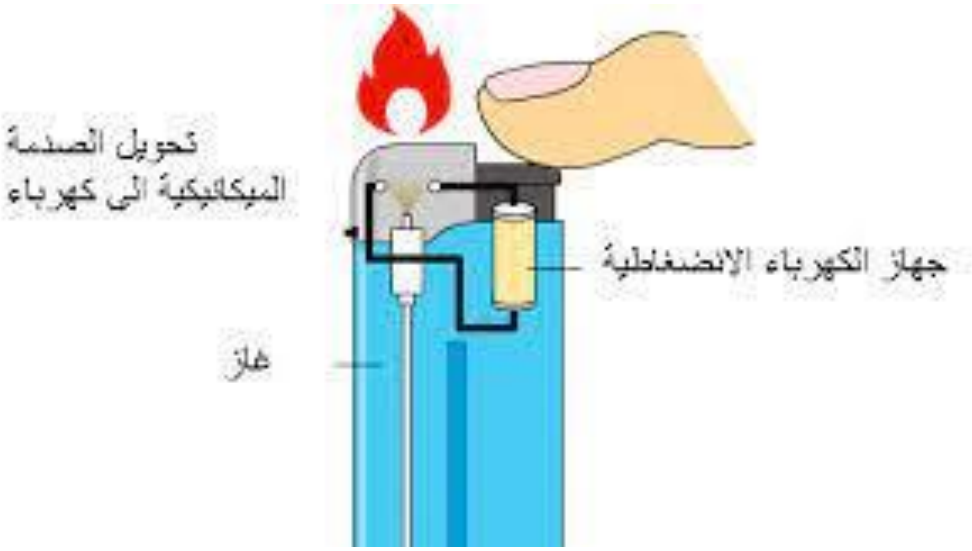
حساس كهروضغطي



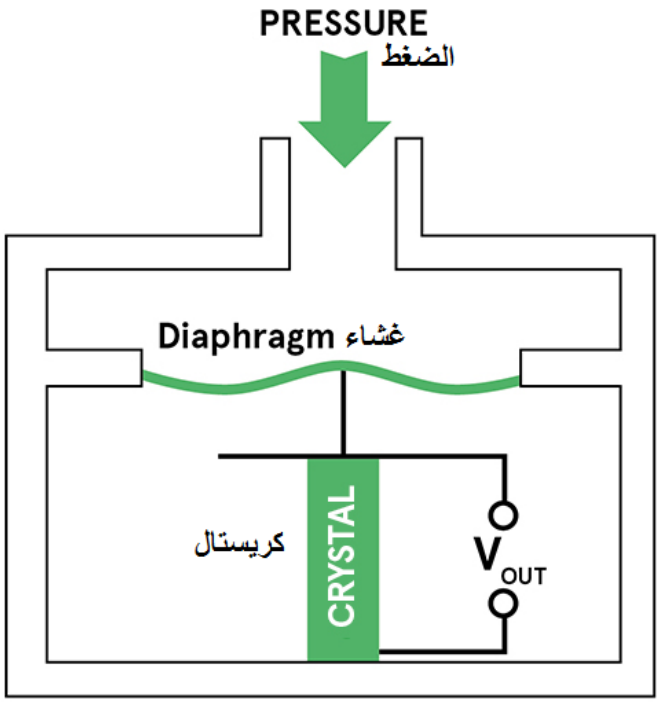
تستخدم **ظاهرة الكهرباء الانضغاطية** التي هي ظاهرة تمثل قدرة بعض المواد (وخصوصا الكريستال، وبعض المواد السيراميكية) على توليد جهد كهربائي استجابة لتطبيق إجهاد ميكانيكي. هذا قد يأخذ شكل لفصل الشحنة الكهربائية عبر البنية البللورية. إذا كانت هذه المواد غير مقصورة الدارة، فإن الشحنة المطبقة ستولد جهد كهربائي في المادة. تأثير الكهرباء الانضغاطية هو تأثير عكسي، بحيث يتولد إجهاد ميكانيكي في المادة عند إخضاعها لفرق جهد كهربائي.

هذه الظاهرة كانت محل اعجاب وشغف الكثير من العلماء فنجد مثلا العالم الفيزيائي فولديمار فويغت في عام ١٩١٠ نشر كتاب عن البلوات ووصف فيه ٢٠ بلورة لها القدرة على إنتاج الكهرباء وتمكن من حساب ثابت الكهرباء الإنضغاطية بواسطة التحليل الرياضي . واستمر تحليلها مراحل أخرى حتى اكتشاف الكهرباء الفيروكهربائية والتي هي إحدى خصائص بعض المواد التي لها استقطاب كهربائي تلقائي يمكن عكسه عن طريق تطبيق مجال كهربائي خارجي، مما يعني أن لها القدرة لتوليد طاقة كهربائية اكبر من البلورات.

لهذا الأثر تطبيقات مفيدة مثل إنتاج واستشعار الصوت، وتوليد جهد كهربائي عالي، توليد تردد إلكتروني، الموازين الدقيقة والولاعات.



لذا يتم تصميم الحساس ليستغل هذا التأثير عن طريق قياس الجهد عبر عنصر كهرضغطي ناتج عن الضغط المطبق.



كما تم التوضيح مسبقاً، أنه عندما يتم تطبيق قوة على مادة كهرضغطية ، فإنه يتم توليد شحنة كهربائية عبر وجوه البلورة، وبذلك يمكن قياسه كجهد يتناسب مع الضغط.

يوجد أيضًا تأثير كهرضغطية معكوس حيث يؤدي تطبيق جهد على المادة إلى تغيير شكلها.

و ينتج عن قوة ثابتة معينة شحنة مقابلة عبر المستشعر. ومع ذلك ، سوف يتسرب هذا بعيدًا بمرور الوقت بسبب العزل غير الكامل ، ومقاومة المستشعر الداخلي ، والإلكترونيات المرفقة ، إلخ. نتيجة لذلك ، لا تكون المستشعرات الكهرضغطية مناسبة عادة لقياس الضغط الساكن. ستنخفض إشارة الخرج تدريجياً إلى الصفر ، حتى في ظل وجود ضغط ثابت. ومع ذلك ، فهي حساسة للتغيرات الديناميكية في الضغط عبر نطاق واسع من الترددات والضغوط.

و هذه الحساسية الديناميكية جيدة في قياس التغيرات الصغيرة في الضغط ، حتى في بيئة الضغط العالي جدًا.

مميزاتها:

- تتمثل إحدى المزايا الرئيسية لأجهزة استشعار الضغط الكهرضغطية في قوتها. هذا يجعلها مناسبة للاستخدام في مجموعة متنوعة من البيئات القاسية.
- بصرف النظر عن الأجهزة الإلكترونية المرتبطة ، يمكن استخدام أجهزة الاستشعار الكهرضغطية في درجات حرارة عالية. ستعمل بعض المواد عند درجة حرارة تصل إلى ١٠٠٠ درجة مئوية. قد تتغير الحساسية مع درجة الحرارة ولكن يمكن تقليل ذلك عن طريق الاختيار المناسب للمواد.
- يتم إنشاء إشارة الخرج بواسطة عنصر كهرضغطية نفسه ، لذا فهي بطبيعتها أجهزة منخفضة الطاقة.
- عنصر الاستشعار نفسه غير حساس للتداخل الكهرومغناطيسي والإشعاع.
- يمكن تصنيع المستشعرات الكهرضغطية بسهولة باستخدام مواد غير مكلفة (على سبيل المثال الكوارتز أو التورمالين) ، حتى تتمكن من توفير حل منخفض التكلفة لقياس الضغط الصناعي.

الفصل السادس

حساسات اللمس

مقدمة

حاسة اللمس هي قناة حسية مهمة في كثير من الحيوانات وبعض النباتات. تخبرنا حواسنا عندما تلمس أيدينا شيئًا ما.

أجهزة إدخال الكمبيوتر غير مبالية بالاتصال البشري حيث لا يوجد رد فعل من البرامج في حالة الاتصال الجسدي مثل اللمسات أو الإصدارات.

وبالتالي ، توفر أجهزة أو عناصر الاستشعار باللمس إمكانيات عديدة لتقنيات تفاعل جديدة. فتعمل تقنية مستشعر اللمس على استبدال الادوات الميكانيكية ببطء مثل الماوس ولوحة المفاتيح. نجد أجهزة الاستشعار التي تعمل باللمس في العديد من التطبيقات مثل الهواتف المحمولة وأجهزة التحكم عن بعد ولوحات التحكم وما إلى ذلك. و يمكن لأجهزة استشعار اللمس الحالية أن تحل محل الأزرار والمفاتيح الميكانيكية.

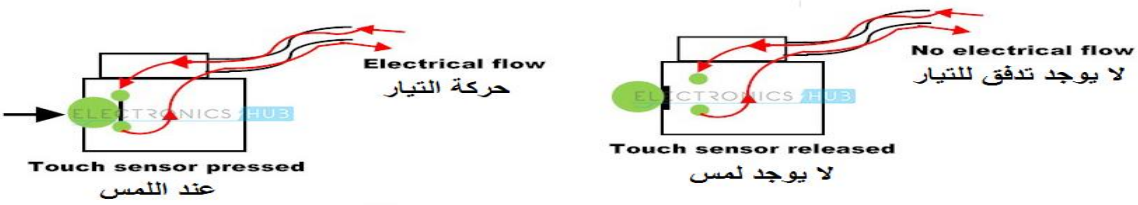
استخدام أجهزة الاستشعار التي تعمل باللمس توفر حرية كبيرة لمصمم النظام ويساعد في تقليل التكلفة الإجمالية للنظام. يمكن أن يكون المظهر العام للنظام أكثر جاذبية ومعاصرة.

مبدأ حساسات اللمس

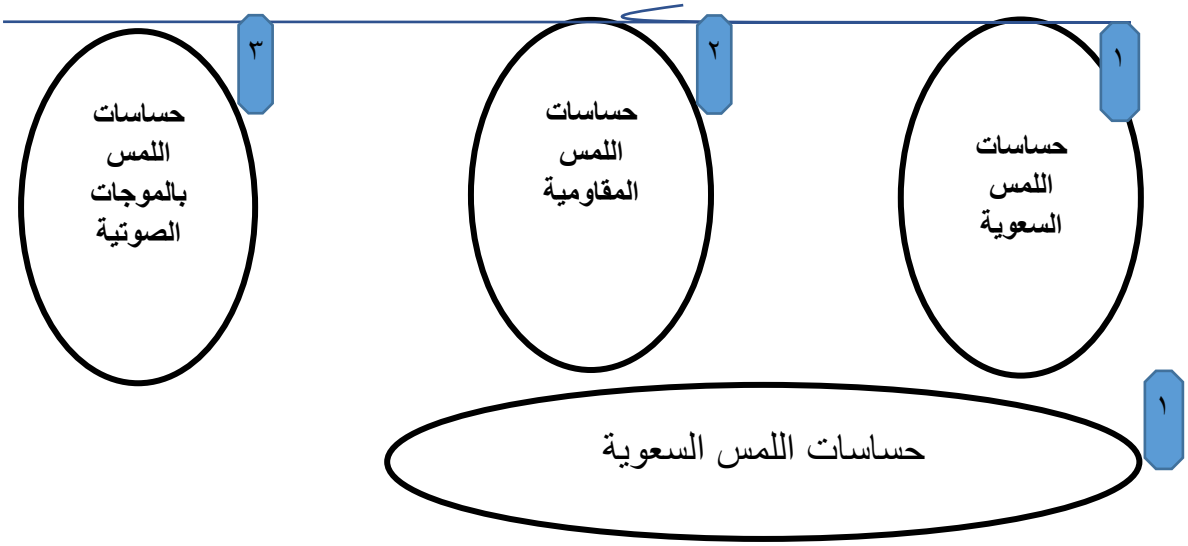
أجهزة الاستشعار التي تعمل باللمس تكون حساسة للمس أو القوة أو الضغط و يشبه عمل مستشعر اللمس عمل مفتاح بسيط.

عندما يكون هناك اتصال بسطح مستشعر اللمس ، يتم إغلاق الدائرة داخل المستشعر ويكون هناك تدفق للتيار. و عندما لا يكون هناك اتصال ، يتم فتح الدائرة ولا يتدفق التيار.

على عكس الأجهزة الميكانيكية لا تحتوي مستشعرات اللمس ، ، على أجزاء متحركة. وبالتالي ، فهي أكثر متانة من أجهزة الإدخال الميكانيكية. أجهزة الاستشعار التي تعمل باللمس قوية حيث لا توجد فتحات لدخول الرطوبة والغبار.



أنواع حساسات اللمس



تستخدم مستشعرات اللمس السعوية على نطاق واسع في معظم الأجهزة المحمولة مثل الهواتف الذكية ومشغلات MP3. و يمكن العثور على مستشعرات اللمس السعوية حتى في الأجهزة المنزلية والسيارات والتطبيقات الصناعية.

يمكن صنع أبسط شكل من أشكال حساسات اللمس السعوية عن طريق موصلين يفصل بينهما عازل (المكثفات). يمكن اعتبار الألواح المعدنية موصلات. معادلة السعة موضحة أدناه.

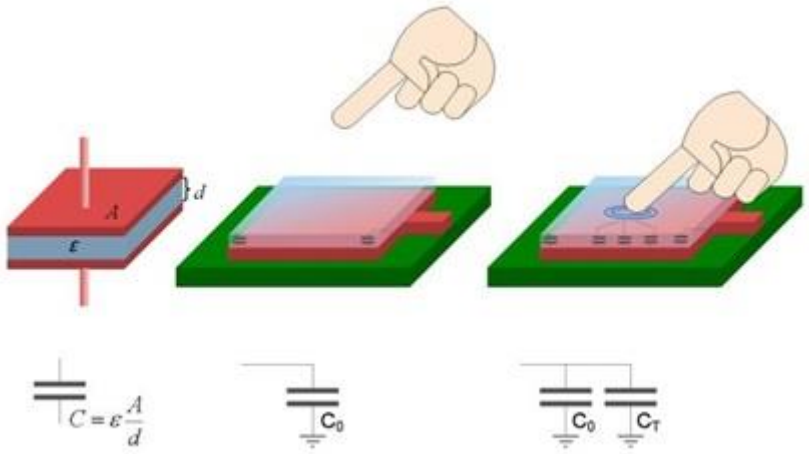
$$C = \frac{\varepsilon_0 \times \varepsilon_r \times A}{d}$$

حيث:

ε0	(سماحية المساحة الحرة) هو ثابت فيزيائي يستخدم غالبًا في الكهرومغناطيسية. يمثل قدرة الفراغ على السماح بالمجالات الكهربائية . $\epsilon_0 \approx 8.8542 \times 10^{-12}$
εr	هو السماحية النسبية أو ثابت العزل
A	مساحة الألواح (منطقة الاصبع او منطقة اللمس)
d	المسافة بين الالواح التي تم لمسها.

السعة تتناسب طرديا مع المساحة وتتناسب عكسيا مع المسافة. مستشعرات اللمس السعوية ، تمثل بواسطة مكثفين : أحدهما C_0 والآخر مكثف اللمس C_T وهو عبارة عن مكثف يتم توصيله عند لمس الإصبع البشري .

يتم توصيل قطب المستشعر بدائرة قياس ويتم قياس السعة بشكل دوري. ستزداد سعة الخرج إذا لامس جسم موصل قطب المستشعر أو اقترب منه. ستكتشف دائرة القياس التغير في السعة وتحولها إلى قيمة كهربائية.



إذا كانت مساحة قطب المستشعر أكبر وكانت سماكة مادة الغطاء أقل ، فإن السعة اللمسية C_T كبيرة أيضًا. نتيجة لذلك ، فإن فرق السعة بين لوحة اللمس ولوحة المستشعر التي لم يتم لمسها كبيرة أيضًا. هذا يعني أن حجم قطب المستشعر ومواد التغطية ستؤثر على حساسية المستشعر.

في حالة عناصر استشعار اللمس السعوية ، فإن وجود مادة موصلة يكفي لتحريك الحمل ولا يتطلب أي قوة. ومن ثم ، فإن خطر وجود محفزات خاطئة أو غير مقصودة يكون أعلى في حالة مستشعرات اللمس السعوية. هذه المشكلة أكثر في وجود الرطوبة أو الماء.

للتمييز بين اللمسات المقصودة والخطأ ، يتم استخدام منصات استشعار إضافية أو خوارزميات برمجية.

هناك نوعان من مستشعرات اللمس السعوية:

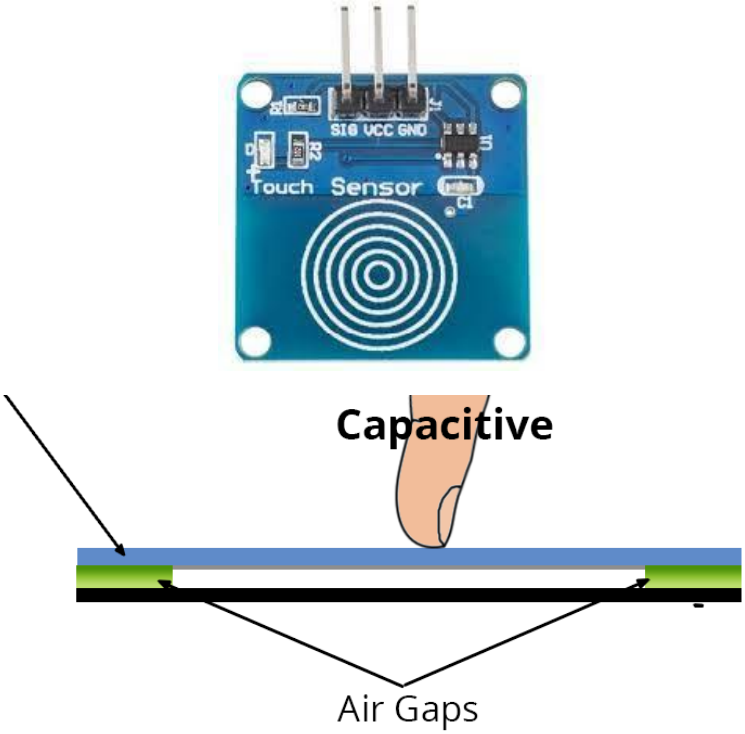
- الاستشعار بالسعة السطحية
- الاستشعار السعوي المسقط.

في الاستشعار **بالسعة السطحية** ، يتم تطبيق عازل بطبقة موصلة على جانب واحد من سطحه. فوق هذا الموصّل يتم تطبيق طبقة رقيقة من العازل. يتم تطبيق التيار على جميع زوايا الموصل.

فعندما يتلامس موصل خارجي مثل إصبع الإنسان مع السطح ، تتشكل سعة بينهما وتجذب مزيدًا من التيار من الزوايا. يتم قياس التيار في كل زاوية وستحدد نسبتهم موضع اللمس على السطح.

في **الاستشعار السعوي المسقط** ، لا يتم شحن السطح بالكامل ، ولكن يتم وضع شبكة مصفوفات X - Y من مادة موصلة بين مادتين عازلة. غالبًا ما تكون الشبكة مصنوعة من النحاس أو الذهب على ثنائي الفينيل متعدد الكلور أو أكسيد القصدير و يتم استخدام دائرة متكاملة تقوم بشحن ومراقبة الشبكة.

فعندها يتم سحب الشحنة بواسطة لمسها بموصل خارجي مثل إصبع (أصابع) من منطقة على الشبكة ، وتقوم الدائرة المتكاملة بحساب موقع الإصبع على سطح اللمس. يمكن استخدام مستشعرات اللمس ، المصنوعة من تقنية سعوية الإسقاط ، لاستشعار إصبع عند الاقتراب من سطحه (أي قبل ان يتم لمسه). مما يعني انها قد تعمل كعناصر استشعار تقاربية.



مثال ١

احسب سعة حساس لمس سعوي إذا كانت :

- منطقة الإصبع (المساحة) : ٨ مم
- تغطية اللمس (مسافة ما تم لمسه): ١ مم
- εr السماحية النسبية = ٢
- سماحية المساحة الحرة $\epsilon_0 \approx 8.8542 \times 10^{-12}$

الحل:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \times \varepsilon_r \times A}{d}$$

$$C = \frac{(8.8542 \times 10^{-12}) \times 2 \times (8 \times 10^{-3})}{(1 \times 10^{-3})} = 2.0238171 \times 10^{-14}\ F = 0.020238\ pF$$

٢ حساسات اللمس المقاومية

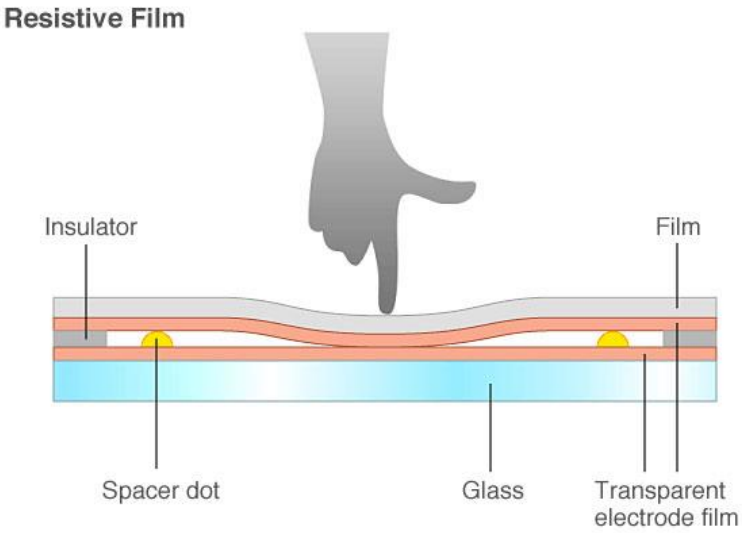
تستخدم مستشعرات اللمس المقاومية بشكل اكبر من الحلول السعوية لأنها دوائر تحكم بسيطة. لا يعتمد مستشعر اللمس المقاوم على الخاصية الكهربائية للسعة. وبالتالي ، يمكن أن تستوعب مستشعرات اللمس المقاومية المواد غير الموصلة مثل القلم والإصبع الملفوف بالقفازات.

على عكس مستشعرات اللمس السعوية التي تقيس السعة ، فإن مستشعرات اللمس المقاومية تستشعر الضغط على السطح.

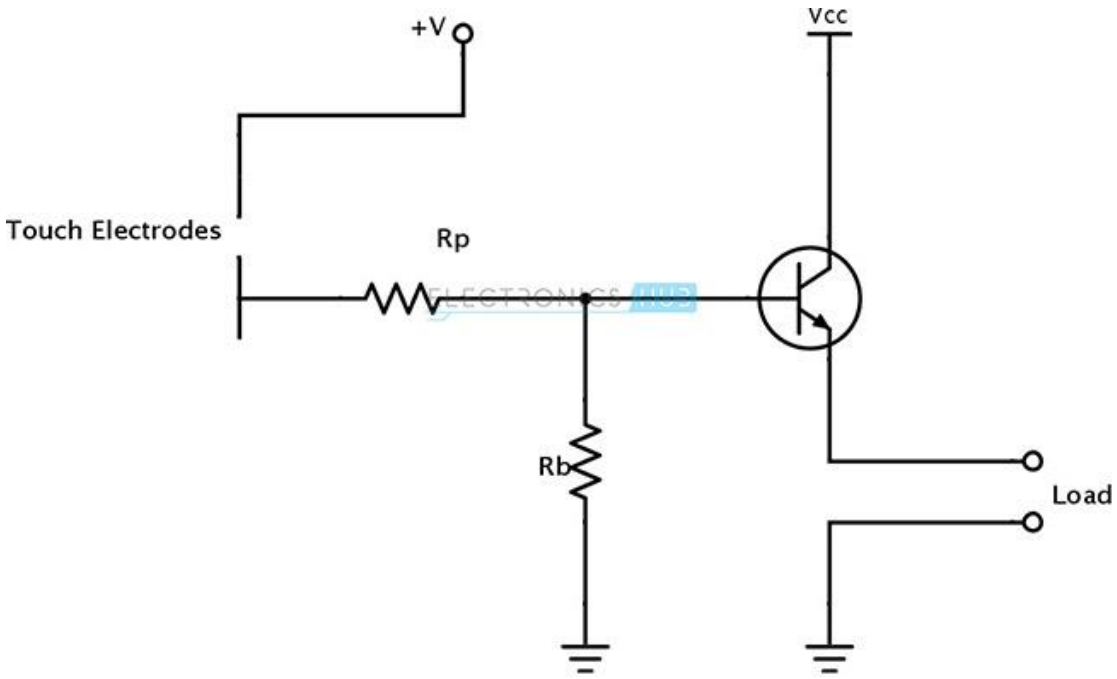
يتكون مستشعر اللمس المقاوم من طبقتين موصلة تفصل بينهما نقاط مباعدة صغيرة. المواد الموصلة مغلفة بطبقة معدنية (أكسيد القصدير) وشفافة بطبيعتها. يتم تطبيق الجهد عبر سطح الموصل.

عند استخدام أي مسبار مثل الإصبع أو القلم الإلكتروني أو القلم وما إلى ذلك للضغط على الطبقة العلوية للمستشعر ، فإنه ينشط المستشعرمما يسبب انثناء في الطبقة ويحدث تلامس مع الطبقة السفلية. ينتج عن هذا انخفاض في الجهد وتؤدي نقطة الاتصال إلى إنشاء اتصال في المصفوفة X - Y.

يتم الكشف عن هذا الجهد والتغيرات في الجهد بواسطة وحدة تحكم وحساب موضع اللمس حيث يتم تطبيق الضغط بناءً على إحداثيات اللمس في المصفوفة X - Y.



يمكن شرح عمل مستشعر اللمس المقاوم باستخدام الشكل التالي.



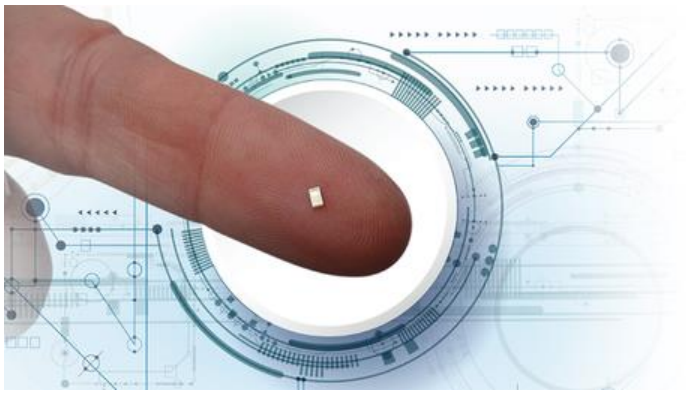
عندما يلمس الإصبع السطح ، فإن المقاومة الصغيرة للإصبع تسمح لبعض التيار بالتدفق خلاله ، مما يكمل الدائرة. و يعمل الترانزستور كمفتاح. بينما تستخدم المقاومة Rp لحماية الترانزستور. بينما تستخدم المقاومة Rb للحفاظ على القاعدة عند الأرضي عندما تكون الدائرة مفتوحة ، أي لا يوجد إصبع.

فعندما يتم لمس كلا القطبين ، يتدفق تيار صغير عبر الإصبع ويتحول الترانزستور إلى وضع التشغيل ، ونتيجة لذلك يصبح الحمل نشطًا.

٣ حساسات اللمس بالموجات الصوتية

يعتبر احد احدث التثنيات في المستشعرات التي تعمل باللمس. هذا هو المستقبل الذي تصوره UltraSense ، وهي شركة ناشئة جديدة في الولايات المتحدة الامريكية ، كاليفورنيا و تعمل على نوع جديد من أجهزة الاستشعار لتقنيات شاشات اللمس. تعتقد UltraSense أن مستشعرها الجديد يمكنه تحسين طريقة تفاعلنا مع العالم بشكل كبير ، من مقابض أبواب السيارة إلى "الأزرار" الافتراضية على الهاتف أو حتى الأجهزة المنزلية الذكية.

ذلك لأن المستشعر الصغير ، (أصغر من حجم رأس قلم حبر جاف) ، يمكن أن يجعل أي شيء تقريبًا شاشة تعمل باللمس - بما في ذلك الأسطح غير المناسبة تقليديًا للتقنية ، مثل المعدن والزجاج والخشب والبلاستيك والسيراميك.



يسمى بـ "TouchPoint" ، يتخذ المستشعر نهجًا جديدًا للاستشعار اللمسي ، باستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد لاكتشاف كيفية تحرك الموجات الصوتية الدقيقة عبر سطح معين. يمكن للموجات الصوتية اكتشاف ما إذا كان الإصبع يلمس سطحًا معينًا ويمكنه التمييز بين أنواع اللمسات المختلفة ، مما يفتح إمكانية الإيماءات متعددة الوظائف.

قد يعني الاعتماد الشامل لتقنية الشاشة التي تعمل باللمس - سواء كانت تأتي من UltraSense أو شركة أخرى تعمل على أساليب جديدة للمس اللمسي - أننا لم نعد بحاجة إلى مفاتيح أو أزرار ميكانيكية لتشغيل وإيقاف تشغيل هواتفنا أو لتغيير درجة حرارة ثلاجة. هذا يعني أن الأجهزة الذكية يمكن أن تصبح أصغر حجمًا وربما تفتح إمكانات جديدة تمامًا.

داخل النظام ، توجد دائرة متكاملة خاصة بالتطبيق (ASIC) ، ومتحكم دقيق ، وذاكرة على النظام ، ومحول طاقة فوق صوتي في رقاقة من السيليكون. ويشتمل كل مستشعر

على نسخة من خوارزمية تصنيف الكشف عن المدخلات في UltraSense ، والتي يمكنها اكتشاف التغييرات في الخصائص الصوتية التي تحدث عندما يلمسها إصبعك. تساعد الخوارزمية أيضًا في تصنيف مواد الإدخال ويمكن أن تتكيف ديناميكيًا مع الاختلافات الصغيرة في التصنيع أو بيئتها.

تستخدم المستشعرات طاقة قليلة جدًا ولا تضع أي ضغط إضافي على الحوسبة على المعالج الرئيسي للنظام ، وفقًا لـ UltraSense. وحتى إذا كنت ترتدي قفازات أو كان السطح مغطى ، فلا يزال يتم الكشف عن اللمسات الخاصة بك.

UltraSense ليست الجهة الوحيدة في هذا المجال. في عام ٢٠١٧ ، استحوذت Google على شركة مقرها المملكة المتحدة تسمى Redux ، والتي تستخدم الموجات الصوتية او الاهتزازات لتحويل شاشات الجهاز إلى مكبرات صوت وردود فعل لمسية لتقليد الشعور بالأزرار والمنزلقات والأقراص. في هذه الأثناء ، تستخدم شركة Tanvas Haptics في شيكاغو الكهرباء الساكنة لإنشاء أبعاد جديدة للاستشعار باللمس ، مثل القدرة على الشعور بحافة المفاتيح أو تمرير صفحة مقلوبة على جهاز Kindle. و أيضًا تستفيد منصة Tanvas من الموجات الصوتية فوق الصوتية ، والتي يتم إرسالها إلى شاشة لتقديم ملاحظات للمستخدم عن طريق تغيير الاحتكاك وفقًا لذلك.

الفصل السابع

حساسات الموائع

مقدمة

تعرف الموائع على أنها أي سائل أو غاز ، فهو أي مادة قابلة للانسياب تحت تأثير إجهاد القص وتأخذ شكل الإناء الحاوي لها. الموائع اسم شامل للسوائل والغازات والهيولات وأحيانا الأصلاب اللدنة.

تصنف الموائع عادة إلى:

- موائع قابلة للانضغاط وهي الموائع التي تتغير كثافتها بتغير الضغط الواقع عليها مثل الغازات.
- موائع غير قابلة للانضغاط وهي الموائع التي لا تتغير كثافتها بتغير الوضع الواقع عليها مثل السوائل.

موائع قابلة للانضغاط (الغازات)

يحتوي أنف الإنسان النموذجي على ٤٠٠ نوع من مستقبلات الرائحة التي تمكننا من شم حوالي ١ تريليون رائحة مختلفة. لكن لا يزال الكثير منا لا يملك القدرة على تحديد نوع أو تركيز الغاز الموجود في غلافنا الجوي.

من هذا المنطلق تأتي المستشعرات ، فهناك العديد من أنواع المستشعرات لقياس الغاز و هو أحد الأنواع التي تكون مفيدة في التطبيقات حيث يتعين علينا اكتشاف التباين في تركيز الغازات السامة من أجل الحفاظ على النظام آمنًا وتجنبه / والحذر من أي تهديدات غير متوقعة.

وهناك العديد من مستشعرات الغاز للكشف عن الغازات مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والميثان وما إلى ذلك ، ويمكن أيضًا العثور عليها بشكل شائع في الأجهزة المستخدمة للكشف عن تسرب الغازات الضارة ومراقبة جودة الهواء في الصناعات والمكاتب وما إلى ذلك.

مستشعرات الغاز من النوع MQ شائعة الاستخدام وشائعة على نطاق واسع ، لذا هي ما يتم التركيز عليه.

مستشعر الغاز هو جهاز يكتشف وجود أو تركيز الغازات في الغلاف الجوي. بناءً على تركيز الغاز ، ينتج المستشعر فرق جهد مقابل عن طريق تغيير مقاومة المادة داخل المستشعر ، والتي يمكن قياسها كجهد خرج. بناءً على قيمة الجهد هذه ، يمكن تقدير نوع وتركيز الغاز.

يعتمد نوع الغاز الذي يمكن أن يكتشفه المستشعر على مادة الاستشعار الموجودة داخل المستشعر. عادة ما تكون هذه المستشعرات متاحة كدوائر متكاملة جاهزة كما هو موضح في الصورة بالاعلى. يمكن تعيين هذه المقارنات لقيمة معينة لتركيز الغاز. عندما يتجاوز تركيز الغاز هذه العتبة ، يعطي قيمة فرق جهد كهربائي من الطرف التماثلي او الرقمي.

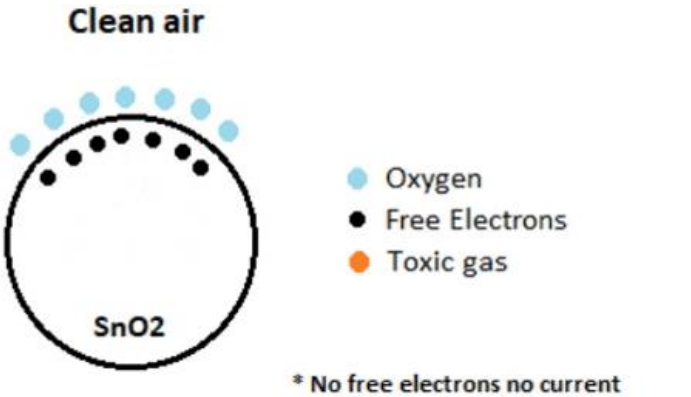
أنواع مختلفة من حساسات الغاز

عادةً ما يتم تصنيف مستشعرات الغاز إلى أنواع مختلفة بناءً على نوع عنصر الاستشعار الذي تم إنشاؤه به. يوجد أدناه تصنيف لأنواع مختلفة من أجهزة استشعار الغاز بناءً على عنصر الاستشعار المستخدم عمومًا في تطبيقات مختلفة:

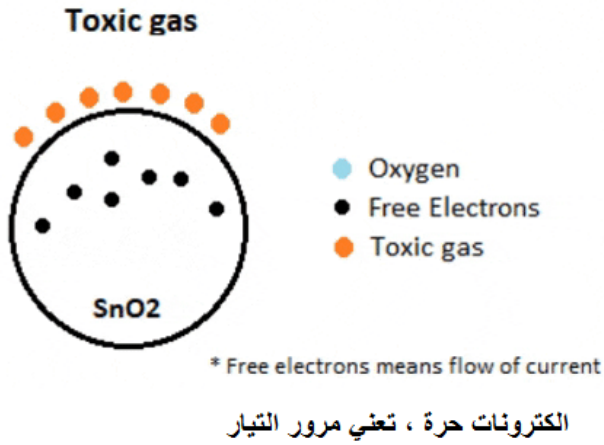
- مستشعر الغاز عن طريق الاكسدة. (Metal Oxide based gas Sensor)
- مستشعر الغازات الكهروكيميائية. (Electrochemical gas Sensor)
- مستشعر الغاز سعوي .(Capacitance-based gas Sensor)
- مستشعر الغازات الصوتي.(Acoustic based gas Sensor)

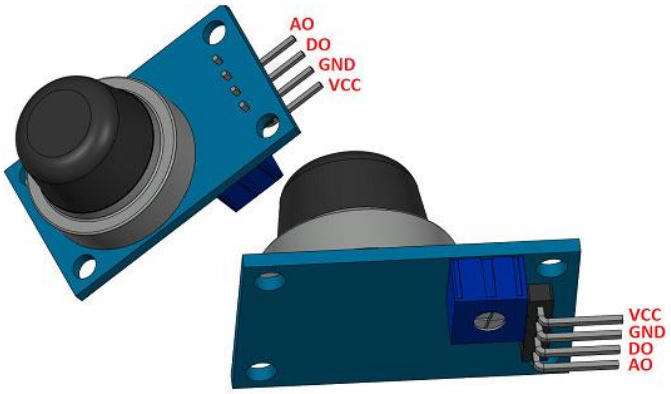
مبدأ عمل مستشعر الغاز

تعتمد قدرة مستشعر الغاز على اكتشاف الغازات على المواد الكيمائية الموصلة للتيار. مثل المقاومة الكيميائي التي تستخدم ثاني أكسيد القصدير (SnO2) الذي هو الأكثر شيوعًا وهو عبارة عن شبه موصل من النوع n يحتوي على إلكترونات حرة . عادةً ما يحتوي الهواء على أكسجين أكثر من الغازات الاخرى. فنجد ان جزيئات الأكسجين تجذب الإلكترونات الحرة الموجودة في SnO2 مما يدفعها إلى سطح SnO2. و نظرًا لعدم وجود إلكترونات حرة متاحة ، سيكون تيار الخرج صفرًا.



عندما يتم وضع المستشعر في بيئة الغازات السامة أو القابلة للاحتراق ، فإن هذا الغاز المختزل يتفاعل مع جزيئات الأكسجين الممتصة ويفكك الرابطة الكيميائية بين الأكسجين والإلكترونات الحرة وبالتالي يتسبب بحرية الإلكترونات. و نظرًا لعودة الإلكترونات الحرة إلى موقعها الأولي ، مما يمكنها من توصيل التيار ، سيكون هذا التوصيل متناسبًا مع كمية الإلكترونات الحرة المتاحة في SnO2 ، وكلما كان الغاز عالي السمية ، فستتوفر المزيد من الإلكترونات الحرة.





MQ-4 Module Pinout

MQ-4 Sensor Pinout

تتوفر هذه المستشعرات عادةً كوحدات متكاملة. و تتكون بشكل أساسي من ٤ أطراف و تستخدم بشكل عام مع Arduino.

Vcc – جهد التغذية

GND - الأرضي

DO- Digital output - الإخراج الرقمي - يعطي هذا الطرف خرجا منطقيا فإما (٠ أو ١) مما يعني أنه يعرض وجود أي غازات سامة أو قابلة للاحتراق بالقرب من المستشعر.

AO- Analog output - الإخراج التناظري - يعطي هذا الطرف خرجا تماثلي يختلف في الجهد بشكل مستمر بناءً على تركيز الغاز المطبق على مستشعر الغاز.

سيكون ناتج مستشعر الغاز وحده صغيرًا جدًا (الميلي فولت) لذلك يجب استخدام دائرة مكبر خارجية للحصول على ناتج جهد مرتفع .

تطبيقات لحساسات الغاز

- تستخدم في الصناعات لرصد تركيز الغازات السامة.
- تستخدم في المنازل للكشف عن الغازات.
- تستخدم في مواقع منصات النفط لمراقبة تركيز الغازات التي يتم إطلاقها.
- تستخدم في المواقع لمنع الاشخاص من التدخين.
- تستخدم في فحص جودة الهواء في المكاتب.
- تستخدم في مكيفات الهواء لمراقبة مستويات ثاني أكسيد الكربون.
- يستخدم فى كشف الحريق.
- تستخدم للتحقق من تركيز الغازات في المناجم.

- **قائمة ببعض حساسات الغاز مع الغازات التي يتم استشعارها**

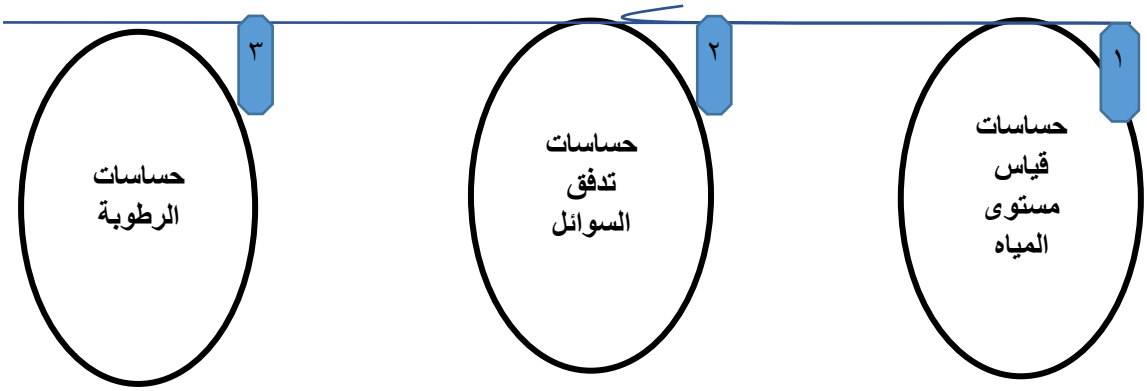
م	اسم حساس الغاز	الغازات التي يتم استشعارها من خلاله
1	MQ-2	الميثان ، البيوتان ، غاز البترول المسال ، الدخان
2	MQ-3	الكحول والإيثانول والدخان
3	MQ-4	غاز الميثان والغاز الطبيعي المضغوط
4	MQ-5	الغاز الطبيعي وغاز البترول المسال
5	MQ-6	غاز البترول المسال ، البوتان
6	MQ-7	أول أكسيد الكربون
7	MQ-8	غاز الهيدروجين
8	MQ-9	أول أكسيد الكربون والغازات القابلة للاشتعال
9	MQ131	الأوزون
10	MQ135	جودة الهواء
11	MQ136	غاز كبريتيد الهيدروجين
12	MQ137	غاز الأمونيا
13	MQ138	البنزين، التولوين، الكحول ، البروبان ، غاز الفورمالديهايد ، الهيدروجين
14	MQ214	الميثان والغاز الطبيعي
15	MQ216	الغاز الطبيعي وغاز الفحم
16	MQ303A	الكحول والإيثانول والدخان
17	MQ306A	غاز البترول المسال، البوتان
18	MQ307A	أول أكسيد الكربون
19	MQ309A	أول أكسيد الكربون والغاز القابل للاشتعال

موائع غير قابلة للانضغاط (السوائل)

هنالك مجموعة واسعة من أنظمة قياس مستشعرات السوائل ، وتختلف بسب احتياجاتها ومتطلباتها.

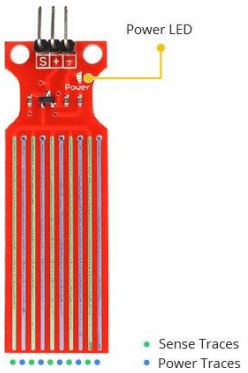
يُطلق اسم مستشعرات السائل على أي المستشعرات المستخدمة للكشف عن السوائل مثل الماء أوالزيت و يمكن أيضًا تعريف هذه المستشعرات على أنها عناصر لها القدرة على استشعار السوائل وإعطاء قيمة كهربائية مقابلة. و يعد هذا النوع من أجهزة استشعار التي لها دورًا حيويًا في مجموعة متنوعة من التطبيقات الصناعية والاستهلاكية.

بعض أنواع حساسات السوائل

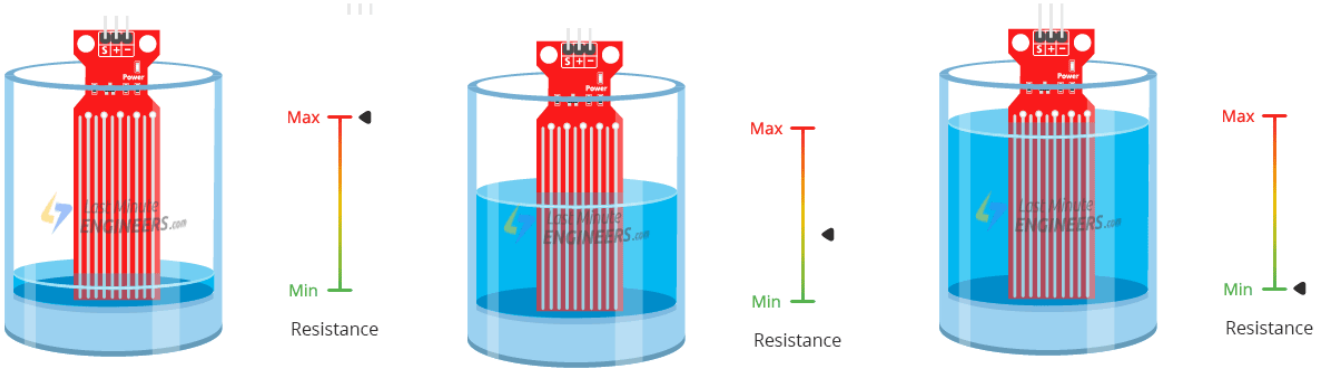


١

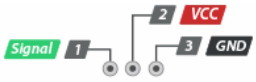
حساسات قياس مستوى المياه



إن عمل مستشعر قياس مستوى الماء واضح ومباشر بحيث تعمل سلسلة من الموصلات المتوازية المكشوفة معًا كمقاومة متغيرة وبالتالي تختلف مقاومته وفقًا لمستوى الماء.



المقاومة تتناسب عكسيا مع ارتفاع الماء ، فكلما زاد الماء الذي يغمر فيه المستشعر، ينتج عنه توصيل أفضل وينتج عنه مقاومة أقل. و كلما قل الماء الذي تم غمر المستشعر فيه ، ينتج عنه توصيل ضعيف وسيؤدي إلى مقاومة أعلى. مما يتسبب في اخراج جهد كهربائي وفقًا للمقاومة ، و من خلاله يمكن تحديد مستوى الماء.ويحتوي مستشعر قياس مستوى على ٣ أطراف فقط للتوصيل. وهو من الاحساسات التي تستخدم بشكل أكبر مع الدوائر المبرمجة مثل الاردوينو.



S (Signal)	جهد خرج تماثلي
+ (VCC)	جهد الدخل
– (GND)	الارضي

٢

حساسات تدفق السوائل

تتطلب المنشآت الصناعية الضخمة والمباني التجارية والسكنية كمية كبيرة من إمدادات المياه و يتم استخدام نظام إمداد المياه العام لتلبية هذا المطلب. و لمراقبة كمية المياه التي يتم توفيرها واستخدامها ، يستخدم حساس قياس معدل تدفق المياه. بحيث يتم تثبيت مستشعرات تدفق المياه في مصدر المياه أو الأنابيب لقياس معدل تدفق المياه وحساب كمية المياه المتدفقة عبر الأنبوب. و يقاس معدل تدفق المياه باللتر في الساعة أو بالمتر المكعب.

يتكون مستشعر تدفق المياه من صمام بلاستيكي يمكن للماء أن يمر منه. ويقيس تدفق المياه عن طريق مستشعر يعمل بتأثير هول بحيث يوجد دوار مغناطيسي مع شاشة.

تأثير هول (hall effect)

تأثير هول هو تأثير يمثل ميل حاملات الشحنة سواء كانت موجبة أو سالبة للانزياح نحو الأطراف في الموصلات الكهربائية بسبب المجال المغناطيسي المطبق أو المتعرض له. و ينشأ عن ذلك فرق جهد **(يسمى جهد هول)** بين الأقطاب المتعاكسة في موصل كهربائي تعتمد قطبيته على إشارة هذه الحاملات، هذه القوة التي تحرف التيار عن مساره تسمى **قوة لورنتز**.

إذا وضع موصل في مجال مغناطيسي عمودياً على اتجاه التيار الكهربائي فإن مجالاً كهربياً وفرق جهد سوف يتولد ويسمى فرق الجهد المتولد بجهد هول و يعطى بالعلاقة:

$$V_H = \frac{IB}{ned}$$

بحيث:

B = المجال المغناطيسي

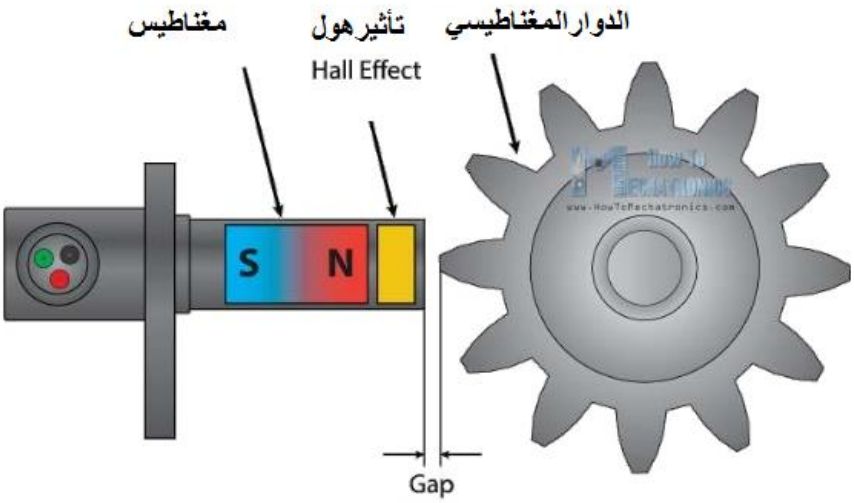
I = التيار الكهربي المار في الشريحة

d = سمك الموصل

e = شحنة الإلكترون

n = كثافة الشحنات الحرة

مبدأ عمل حساس التدفق



مبدأ العمل الرئيسي وراء عمل هذا المستشعر هو تأثير هول. وفقًا لهذا المبدأ، عندما يتدفق الماء عبر الصمام ، فإنه يدور الدوار. من خلال هذا ، يمكن ملاحظة التغيير في سرعة المحرك. يتم حساب هذا التغيير كإخراج كإشارة نبضية بواسطة مستشعر تأثير هول. وبالتالي ، يمكن قياس معدل تدفق المياه.

٣

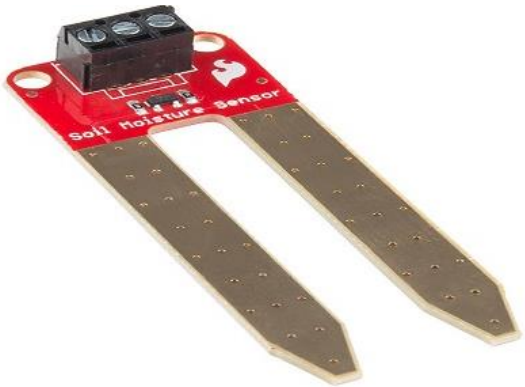
حساسات الرطوبة

تلعب رطوبة التربة دورًا أساسيًا في مجال الري وكذلك في حدائق النباتات. حيث أن العناصر الغذائية في التربة توفر الغذاء للنباتات لنموها. و يعد توفير المياه للنباتات ضروريًا أيضًا لتغيير درجة حرارة النباتات. كما يتم تطوير أنظمة جذر النبات بشكل أفضل عند ارتفاع الرطبة داخل التربة. و يمكن أن تؤدي مستويات الرطوبة الشديدة في التربة إلى مواقف مختلفة مثل أن تشجع نمو النبات أو النباتات.

حساس رطوبة التربة

هو أحد أنواع أجهزة الاستشعار المستخدمة لقياس المحتوى الحجمي للمياه داخل التربة. و يستخدم بشكل أساسي لقياس محتوى الماء في التربة (سماحية العزل الكهربائي). ويعمل عن طريق إدخال هذا المستشعر في الأرض ليستشعر حالة محتوى الماء في التربة في شكل نسبة مئوية.

يجب تعديل العلاقة بين الخاصية المحسوبة بالإضافة إلى رطوبة التربة التي قد تتغير بناءً على العوامل البيئية مثل درجة الحرارة ونوع التربة والتوصيل الكهربائي.



لها ٤ اطراف وهي : جهد الدخل VCC ،جهد الخرج التماثلي A0 ، جهد الخرج الرقمي D0 ، الارضي GND.

الفصل الثامن

الحساسات الحيوية

مقدمة

في الوقت الحالي، إذا أراد الإنسان أن يقوم بإجراء طبيّ فانه سيستخدم الحساسات والتي هي احد تجد طريقها للاستخدام في المجال الطبي. فيمكن للحساسات إعطاء العديد من المفاهيم المتعلقة بالرعاية الصحية والتشخيص الطبي. حالياً، معظم عمليات التشخيص الطبي تتطلب أجهزة وتقنيات تخصصية إضافة الى وجودها ببعض الاجهز الذكية مثل الجوالات او الساعات الذكية وعن طريق هذه الحساسات من الممكن أن يصبح الإنسان قادراً على مراقبة العديد من المؤشرات الحيوية والطبية حتى بدون الحاجة للذهاب بشكلٍ دوريّ إلى العيادات أو المراكز الصحية.

الحساسات الحيوية

المستشعر الحيوي هو جهاز أو عنصر يقوم تحليل بالكشف عن اقيمة حيوية باستخدام كاشف القيمة الفيزيائي ويعطي قيمة كهربائية مقابلة.

بالتالي يمكن استخدام أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار في التطبيقات الطبية الحيوية. ويمكن تصنيف المستشعرات الطبية الحيوية إلى أجهزة استشعار فيزيائية . يتم قياس الكميات مثل المتغيرات الهندسية والميكانيكية والحرارية والهيدروليكية. عن طريق التطبيقات الطبية الحيوية التي يمكن أن تشمل مجموعة من المتغيرات مثل إزاحة العضلات وضغط الدم ودرجة حرارة الجسم الأساسية وتدفق الدم وضغط السائل النخاعي وسرعة نمو العظام. هناك نوعان من أجهزة الاستشعار الفيزيائية: أجهزة استشعار الظواهر الكهربائية في الجسم ، والمعروفة عادة باسم الأقطاب الكهربائية ، تلعب دورًا خاصًا نتيجة لتطبيقاتها العلاجية التشخيصية. أكثر هذه الأجهزة شيوعًا هي أجهزة الاستشعار المستخدمة لالتقاط مخطط كهربية القلب ، وهي إشارة كهربائية يصدرها القلب. النوع الآخر هو المستشعر البصري. يمكن لهذه المستشعرات استخدام الضوء لجمع المعلومات .

أحد الحساسات الحيوية (حساس نبضات القلب)

نبضات قلب الشخص هي صوت قلبه التقلص و التمدد في قلبه لأنها تدفع الدم من منطقة إلى أخرى. النبض هو عدد ضربات القلب في الدقيقة (BPM) ، و هو معدل ضربات القلب الذي يمكن الشعور به في أي شريان قريب من الجلد.

طريقتان لقياس نبضات القلب

١. **الطريقة اليدوية**: يمكن فحص نبضات القلب يدويًا عن طريق فحص نبضات الشخص في موقعين - الرسغ (النبض الشعاعي) والرقبة (النبض السباتي). و هو عن طريق وضع إصبعين (السبابة والإصبع الأوسط) على الرسغ (أو الرقبة أسفل القصبة الهوائية) وعد عدد النبضات لمدة ٣٠ ثانية ثم ضرب هذا الرقم في ٢ للحصول على معدل ضربات القلب. ومع ذلك ، يجب تطبيق الضغط في حده الأدنى ، كما يجب تحريك الأصابع لأعلى ولأسفل حتى يتم الشعور بالنبض.
٢. **باستخدام الحساس:** هناك أربع طرق رئيسية لقياس معدل نبضات القلب: مخطط كهربية القلب ، وموجة النبض الكهروضوئية ، وقياس ضغط الدم ، وتخطيط القلب الصوتي.

سيتم التركيز على المستشعرات التي تستخدم الطريقة الكهروضوئية. وبها يمكن قياس نبضات القلب بناءً على تباين الطاقة الضوئية حيث يتشتت الضوء أو يمتص أثناء مساره عبر الدم مع تغير ضربات القلب.

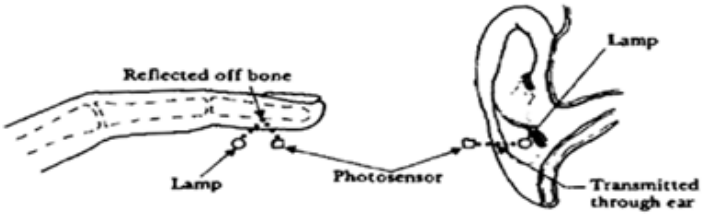
مبدأ حساس نبضات القلب

يعتمد مستشعر نبضات القلب على مبدأ التصوير الضوئي. بحيث يقيس التغير في حجم الدم من خلال التغير في شدة الضوء. في حالة التطبيقات التي يتم فيها مراقبة معدل ضربات القلب ، يكون توقيت النبضات أكثر أهمية. و يتم تحديد تدفق حجم الدم من خلال معدل نبضات القلب ، وبما أن الدم يمتص الضوء ، فإن نبضات الإشارة تعادل نبضات القلب.

هناك نوعان من التصوير الضوئي:

الارسال Transmission: تقيس أنواع الإرسال موجات النبض عن طريق إصدار ضوء أحمر أو الأشعة تحت الحمراء من سطح الجسم واكتشاف التغير في تدفق الدم أثناء دقات القلب كتغير في كمية الضوء التي تنتقل عبر الجسم.

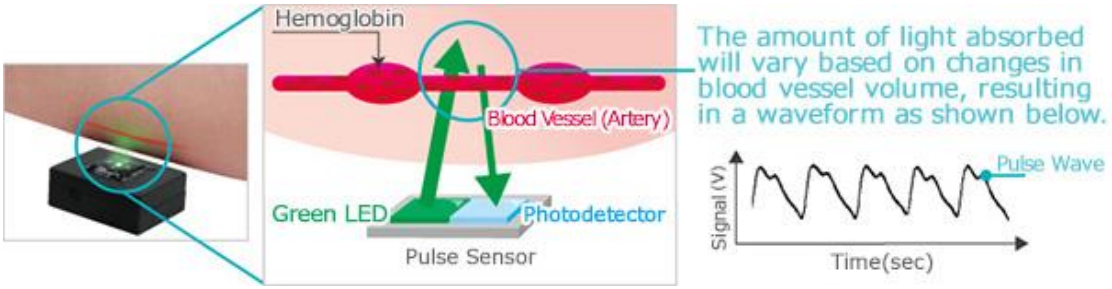
الانعكاس Reflection: تقتصر هذه الطريقة على المناطق التي يمكن للضوء اختراقها بسهولة ، مثل طرف الإصبع أو شحمة الأذن.



تبعث مستشعرات النبض من نوع الانعكاس (المستشعرات الضوئية لرصد معدل نبضات القلب) الأشعة تحت الحمراء أو الحمراء أو الضوء الأخضر (~ ٥٥٠ نانومتر) باتجاه الجسم وتقيس كمية الضوء المنعكس باستخدام الثنائي الضوئي أو الترانزستور الضوئي. يتميز الهيموغلوبين الموجود في دم الشرايين بامتصاص الضوء الساقط ، لذلك من خلال استشعار معدل تدفق الدم (التغير في حجم الأوعية الدموية) الذي يتغير بعد انقباضات القلب بمرور الوقت ، يمكننا قياس إشارة موجة النبض.

أيضًا ، نظرًا لأنه يتم قياس الضوء المنعكس ، فإن نطاق المناطق المناسبة غير محدود كما هو الحال مع مستشعرات النبض من نوع الإرسال.

مستشعر النبض من نوع الانعكاس (مستشعر بصري لمراقبة معدل ضربات القلب) - آلية التشغيل



يمكن أن يتأثر قياس موجة النبض باستخدام الضوء الأحمر أو الأشعة تحت الحمراء بالأشعة تحت الحمراء الموجودة في ضوء الشمس (أي في الهواء الطلق) ، مما يمنع التشغيل المستقر. لهذا السبب ، يوصى بالاستخدام في الأماكن المغلقة أو شبه الداخلية.

بالنسبة لقياس موجة النبض في الهواء الطلق (على سبيل المثال عن طريق الساعات الذكية) ، يُفضل مصدر الضوء الأخضر الذي يحتوي على معدل امتصاص مرتفع في الهيموجلوبين وقابلية أقل للضوء المحيط ، لذلك تستخدم ROHM مصابيح LED الخضراء كمصادر ضوء الإرسال.

تطبيقات مستشعر النبض (المستشعر البصري لرصد معدل ضربات القلب):

بشكل عام ، من خلال النظر إلى فترة التذبذب من شكل الموجة التي تم الحصول عليها عن طريق قياسات مستشعر موجة النبض ومراقبة النبض (الاختلاف) باستخدام معدل نبضات القلب مع كل من الموجات الحمراء والأشعة تحت الحمراء ، فمن الممكن قياس تشبع الدم الشرياني بالأكسجين (SpO2).

بالإضافة إلى ذلك ، من المتوقع أن يؤدي استخدام البيانات من حساسات النبض إلى تمكين حساب العلامات الحيوية المختلفة مثل تحليل HRV (مستوى الإجهاد) وعمر الأوعية الدموية من خلال أخذ عينات عالية السرعة وقياس عالي الدقة.

أنواع أخرى للحساسات الحيوية

١. تخطيط كهربائية القلب (يُشار إليه اختصارًا ECG)
٢. تخطيط كهربائية العضلات (يُشار إليه اختصارًا EMG)
٣. تخطيط كهربائية الدماغ (يُشار إليه اختصارًا EEG)
٤. حساس تدفق الدم
٥. حساس ضغط الدم ، الخ ...

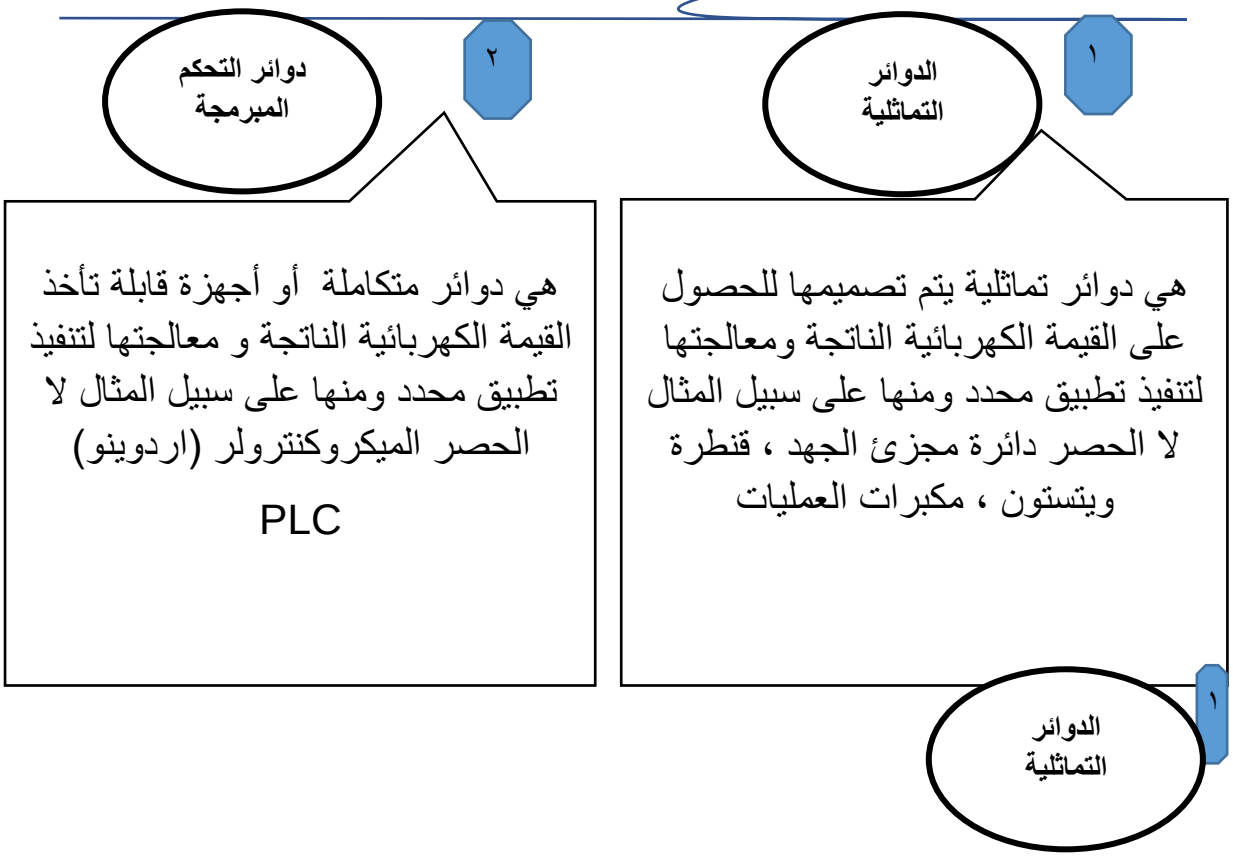
الوحدة الثالثة

ربط الحساسات والمبدلات بالدوائر الإلكترونية

مقدمة

كما ذكر سابقا بأن الحساسات والمبدلات عبارة عن دوائر الكترونية تقوم باستشعر القيم الفيزيائية وتحويلها لقيم كهربائية فبالتالي تحتاج العديد من الدوائر المساعدة لتنفيذ بعض التطبيقات سنتعرف على بعضها في هذه الوحدة.

طرق ربط الحساسات بالدوائر الالكترونية

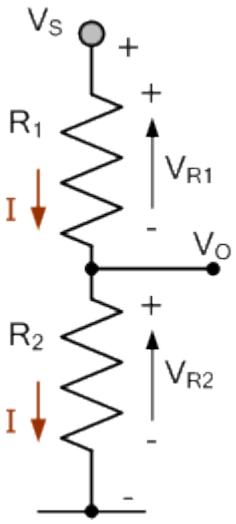


دائرة مجزئ الجهد (Voltage Divider)

هي عبارة عن دائرة كهربائية بسيطة تقوم بتجزئ الجهد العالي إلى جهد أقل. عن طريق استخدام جهد دخل (input voltage) ومقاومين متصلين على التوالي، يمكن الحصول على جهد خرج (output voltage) عبارة عن جزء من جهد الدخل.

وتعتبر مجزئات الجهد أحد الدوائر الكهربائية الأساسية المستخدمة في الإلكترونيات. فإذا كان قانون أوم (Ohm's law) يمثل أساس التعامل مع الإلكترونيات فإن دراسة مجزئات الجهد تعد أول تطبيق على ذلك الأساس. بحيث

بالتالي يمكن استخدام دوائر مجزئات الجهود مع الحساسات والمستشعرات التي تتأثر مقوامتها بناء على التأثير الفيزيئ الذي تم استشعاره. مثل NTC ، PTC ، RTD ، LDR وغيرها.

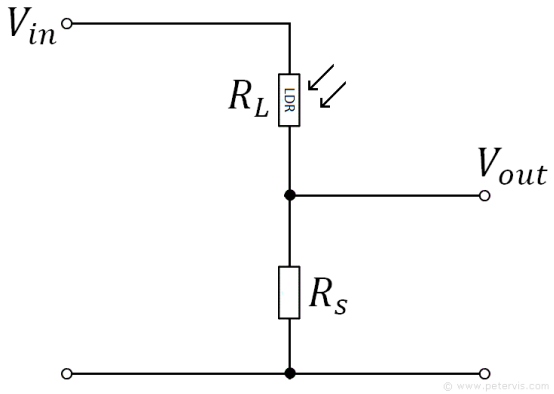


لاحظ أنه إذا استخدمنا مقاومتين بقيمة متساوية ، أي R1 = R2 ، فإن جهد الخرج سيكون بالضبط نصف جهد الدخل لأن نسبة مقسم الجهد ستساوي ٥٠٪.

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

مثال ١

أوجد جهد الخرج للدائرة التالية : اذا علمت بأن قيمة المقاومة الثابتة 10KΩ بينما قيمة مقاومة الحساس الضوئي LDR تساوي تقريبا 1KΩ. اذا كان جهد الدخل 5V



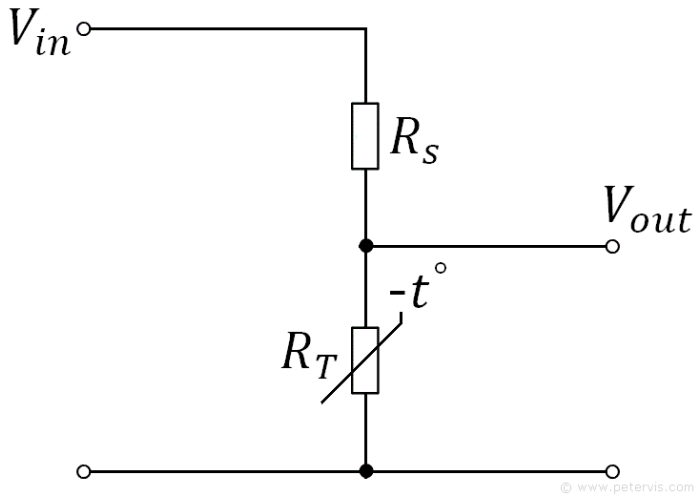
الحل:

$$V_{out} = 5 \times \frac{10 \times 10^3}{1 \times 10^3 + 10 \times 10^3} = 4.54\,V$$

بالتالي تم استخدام دائرة مجزئ الجهد مع الحساس الضوئي ليعطي تغير بالجهد عند أي تغير بقيمة المقاومة.

مثال ٢

أوجد جهد الخرج للدائرة التالية : اذا علمت بأن قيمة المقاومة الثابتة 10KΩ بينما قيمة مقاومة الحساس الحراري NTC تساوي تقريبا 1KΩ. اذا كان جهد الدخل 5V



الحل:

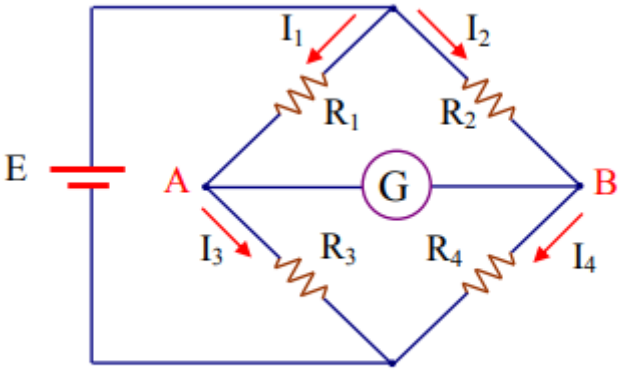
$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{out} = 5 \times \frac{1 \times 10^3}{10 \times 10^3 + 1 \times 10^3} = 0.454\,V$$

بالتالي تم استخدام دائرة مجزئ الجهد مع الحساس الحراري ليعطي تغير بالجهد عند أي تغير بقيمة المقاومة.

قنطرة ويتستون Wheatstone Bridge

هي دائرة كهربائية تتكون من فرعين (عادةً بالتوازي مع بعضهما البعض) يتم التوصيل بينهما بفرع ثالث يربط بين منتصف الفرعين، صُممت القناطر الكهربية في الأصل لأغراض القياس المعملي، و تستخدم قنطرة ويتستون لقياس المقاومات المجهولة، حيث تتكون من أربعة مقاومات: ثلاثة معلومة ، ومقاومة متغيرة تمثل الحساس عند ربطه معه (الحساسات التي تتغير قيمة مقاومتها عند استشعارها قيمة فيزيائية)، و يتم توصيل نقطتين متقابلتين بالمصدر الكهربي أو البطارية، و يتم توصيل الجلفانومتر بين النقطتين الأخريتين.

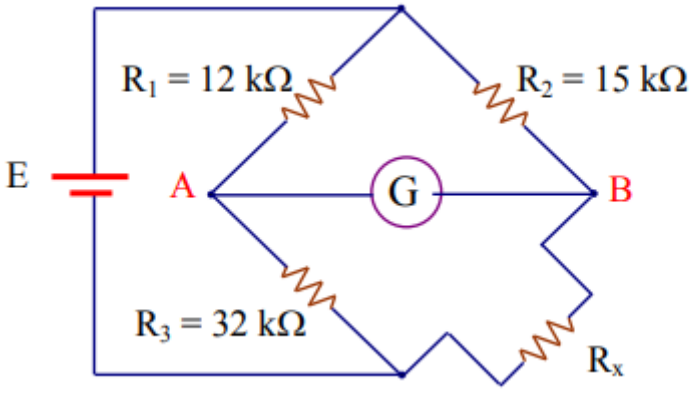


الدائرة الكهربائية لقنطرة ويتستون.

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

مثال ٣

احسب قيمة مقاومة PTC مجهولة بفرض ان القنطرة في حالة اتزان:



الحل

بما أن القنطرة في حالة اتزان، إذن :

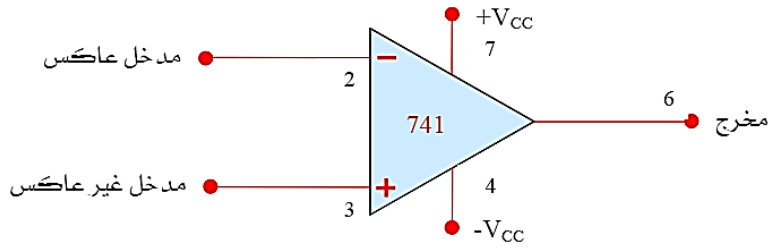
$$R_1 R_x = R_2 R_3$$

إذن يمكن حساب قيمة المقاومة المجهولة R_x كما يلي:

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

مكبر العمليات

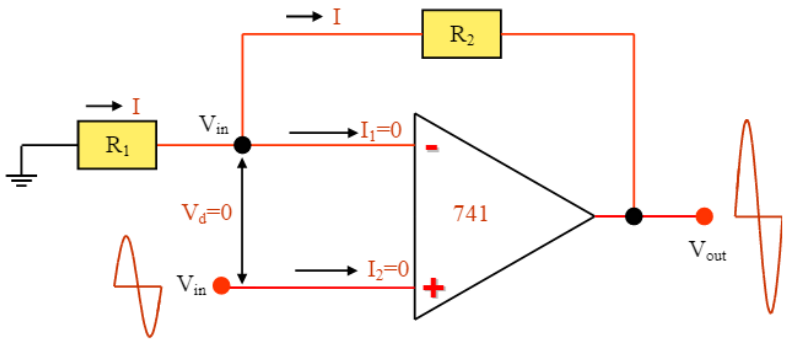
عنصر الكتروني يستخدم لتكبير وتضخيم الجهود المستمرة والاشارات المتناوبة، إضافة الى تطبيقات مختلفة مثل المقارنة.



رمز مكبر عمليات

أحد الأسباب لاستخدامه مع الحساسات بغرض تكبير او تضخيم إشارة خرج الحساس اذ كانت صغير و كمثال على ذلك تكبير جهد خرج الحساس الحراري LM35 والذي سبق وان تم شرحة في الوحدة الثانية. بحيث تم التوضيح بأن الحساس يعطي 10 m V لكل درجة مئوية مما يعني أن عند درجة 100^0 سيكون جهد الخرج 1V. وهذا الجهد صغير لربطه بدوائر تطبيقية أخرى.

لذلك يستخدم هنا أحد تطبيقات مكبر العمليات و هو **المكبر الغير عاكس**:

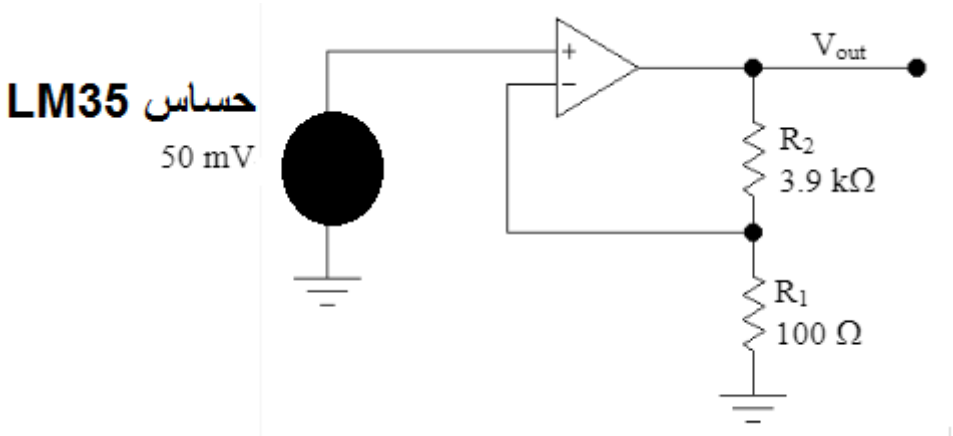


يمكن الحصول على الكسب والجهد من المعادلة التالية:

$$A_{(V)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = 1 + \frac{R_F}{R_2}$$

مثال ٣

اوجد جهد حساس حراري LM35 اذا كانت درجة الحرارة المستشعرة 5mV و تم ربطه مع دائرة المكبر الغير عاكس الموضحة ادناه:



الحل :

بما أن لكل درجة مئوية يعطي الحساس جهد بمقدر 10mV فإذا قيمة خرج الحساس هي 50mV .

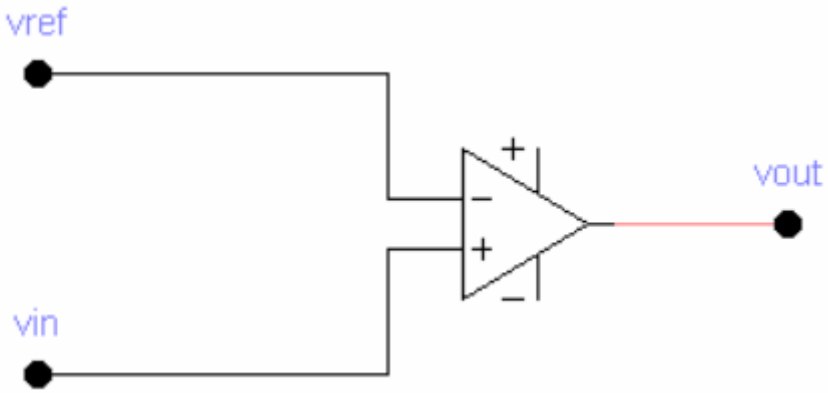
كسب الجهد :

$$A_{CL} = \frac{R_2}{R_1} + 1 = \frac{3.9k\Omega}{100\Omega} + 1 = 40$$

إذا:

$$V_{out} = A_{CL} V_{in} = 40 \times (50mV\ ) = 200mV$$

أحد أنواع مكبر العمليات المستخدمة مع الحساسات هو **تطبيق المكبر المقارن**



لاحظ أن مقاومة التغذية الخلفية لا تستخدم في هذه الدائرة.

الاستخدام الأساسي لدائرة مفتوحة باستخدام مكبر عمليات هي مقارنة جهدي الدخل. بدون استخدام التغذية الخلفية يقوم المكبر بمقارنة جهد الدخل المطابق بجهد الدخل العاكس ويجد الفرق بينهما ويقوم بتكبيره بنسبة كسب الدائرة المفتوحة للمكبر. الخرج الناتج هو خرج التكبير إذا لم يصل لجهد الإشباع فإذا وصل جهد الإشباع يصبح جهد الإشباع هو الخرج. أحد التطبيقات التي تستخدم هذه الحقيقة هو كاشف جهد الموضح بالشكل2-20 . نستخدم لهذا التطبيق جهداً ثابتاً نسميه جهد المرجع V_{REF}.

عندما يكون جهد الدخل أقل من جهد المرجع يكون الجهد الفرقي سالبا وتكون إشارة الخرج هي جهد الإشباع السالب. عندما تكون إشارة الدخل أكبر من جهد المرجع يكون الجهد الفرقي موجبا وتكون إشارة الخرج هي جهد الإشباع الموجب .

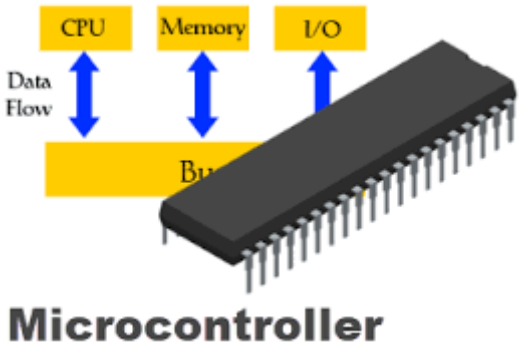
٢ دوائر التحكم المبرمجة

هذه الدوائر المبرمجة يتم برمجتها بناء على مدخلات محددة وهذه المدخلات قد تكون مستشعرات او حساسات. ولها أنواع عديدية منها:

الميكروكنترولر

عبارة عن دائرة مدمجة (IC) تُستخدم من أجل التحكم في أجزاء أخرى من نظام إلكتروني، غالبا بواسطة معالج دقيق (microprocessor)، وذاكرة وبعض الأجهزة المحيطية (peripherals) الأخرى. تكون المتحكمات الدقيقة محسنة من أجل تطبيقات الأنظمة المدمجة التي تتطلب معالجة سريعة للبيانات وتجاوبًا مع العناصر الرقمية والتماثلية والإلكتروميكانيكية.

يُعتبر الميكروكنترولر اسمًا على مسمى، فالجزء الأول من اسمه "ميكرو" يُشير إلى صغر حجمه بينما الجزء الثاني "كنترولر" يُشير إلى قدرته المثالية على القيام بمهام التحكم.



بعبارة أخرى وبصورة أبسط نستطيع القول بأن الميكروكنترولر أو المتحكم الدقيق عبارة دائرة مدمجة (integrated circuit) تضم جميع العناصر الأساسية للكمبيوتر، أي أن هذه الدائرة المدمجة تحتوي على وحدة معالجة مركزية (central processing unit CPU)، ذاكرة قراءة فقط (read only memory ROM)، ذاكرة وصول عشوائي (random access memory RAM)، مولد نبضات (clock) وواجهة المدخلات والمخرجات (I/O interface).

ومن اشكاله أيضا جهاز **الاردوينو** :

يتكون الأردوينو من لوح دوائر كهربية قابل للبرمجة (يطلق عليه المتحكم الدقيق (microcontroller))، بالإضافة لجزء يتعلق بالبرمجة عبارة عن بيئة تطوير متكاملة ((Integrated Development Environment (IDE) تعمل على الكمبيوتر، ويتم استخدامها لكتابة وتحميل الأكواد البرمجية من الكمبيوتر إلى لوح الأردوينو.

على عكس جميع ألواح الدوائر الإلكترونية القابلة للبرمجة السابقة للأردوينو، فإن الأردوينو لا يحتاج إلى قطعة مستقلة من العتاد (تسمى المبرمج) لتحميل الأكواد البرمجية إلى اللوح- يمكنك استخدام وصلة USB للقيام بذلك.

بالإضافة لذلك تستخدم بيئة التطوير المتكاملة الخاصة بالأردوينو نسخة مبسطة من لغة C++ مما يسهل تعلم عملية البرمجة. وأخيراً يقدم الأردوينو تصميم شكلي قياسي يقوم بتقسيم وظائف المتحكم الدقيق على شكل حزمة يسهل الحصول عليها واستخدامها.

PLC

جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (بالإنجليزية: Programmable Logic Controller) أو اختصارا PLC، هو حاسوب رقمي يستعمل في أتمتة العمليات الكهروميكانيكية.

يختلف الحاسوب المستخدم في التحكم الصناعي PLC عن الحاسوب الشخصي PC في تركيزه على إدارة عمليات الإدخال والإخراج المنطقي وعمليات القياس والتحكم التماثلي وذلك بفضل وحدات الإدخال والإخراج المختلفة. في الحاسوب العادي عادة تكون وحدات الإدخال والإخراج مخصصة للغرض الشخصي مثل لوحة المفاتيح، الفأرة، الشاشةأو الطابعة وغيرها. أما في البي إل سي (PLC) فإن وحدات أخرى هي التي تكون أكثر أهمية وتختلف تماما عن الوحدات السابقة.

في التطبيقات الصناعية الصغيرة توجد وحدة متكاملة شبيهة بجهاز التحكم المنطقي وتدعى رقاقة بي اي سي PIC Chip أو PIC microcontroller وتستخدم عادة في الأجهزة الإلكترونية لتنفيذ عدد محدود من التعليمات البرمجية.

المراجع

Akshai. (بلا تاريخ). *LM35*. تم الاسترداد من Akshaim: https://akshaim.github.io/IoT/Sensors/LM35.html

Application Note How to use PTC thermistors as current protection. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من TDK : https://product.tdk.com/de/techlibrary/applicationnote/howto_ptc-limiter.html

Avnet Abacus . (بلا تاريخ). *Pressure sensors*. تم الاسترداد من https://2u.pw/ERRWf

Calculate Temperature Coefficient of RTD. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من instrumentationtools: /https://instrumentationtools.com/calculate-temperature-coefficient-of-rtds

Capacitive Proximity Sensor. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من Electrical Engineering: http://electricalengineering-eg.blogspot.com/2014/02/capacitive-proximity-sensor.html

Celsius to Kelvin formula. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من RapidTables: https://www.rapidtables.com/convert/temperature/how-celsius-to-kelvin.html

COURTNEY LINDER. (٢٦ December, 2019). *This New Tech Can Turn Any Surface Into a Touchscreen*. تم الاسترداد من Popular Mechanics: https://www.popularmechanics.com/technology/design/a30286225/ultrasound-/touchscreen-sensor

Danny Jost. (٩ Jul, 2019). *proximity sensor*. تم الاسترداد من Fierce Electronics : https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-a-proximity-sensor

Electrical4U. (٢٨ October , 2020). *Phototransistors*. تم الاسترداد من https://www.electrical4u.com/phototransistor

Gaofeng Zhou, Yannian Wang and Lujun Cui (July 8th 2015). Biomedical Sensor, Device and Measurement Systems, Advances in Bioengineering, Pier Andrea Serra, IntechOpen, DOI: 10.5772/59941. Available from: https://www.intechopen.com/books/advances-in-bioengineering/biomedical-sensor-device-and-measurement-systems

Henry. (٥ February, 2020). *Introduction to Photodiode*. تم الاسترداد من The Engineering Knowledge: https://www.theengineeringknowledge.com/introduction-to-/photodiode

Introduction to Gas Sensors: Construction Types and Working. (٠٣ June, 2019). تم الاسترداد من Components101: https://components101.com/articles/introduction-to-gas-sensors-types-working-and-applications

Introduction to Touch Sensors . (٢٠ April , 2019). تم الاسترداد من Electronics Hub: /https://www.electronicshub.org/touch-sensors

Jim Lucas. (١٣ March , 2015). *Electromagnetic Radiation*. تم الاسترداد من Live Science: https://www.livescience.com/38169-electromagnetism.html

lady ada. (٢٨ January, 2014). *How PIRs Work*. تم الاسترداد من learn.adafruit: https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/how-pirs-work

Light Sensors. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من Electronics Tutorials: https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_4.html

Linear Variable Differential Transformer. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من Electronics Tutorials: https://www.electronics-tutorials.ws/io/linear-variable-differential-transformer.html

Microchip. (بلا تاريخ). *Capacitive Touch Sensor Design Guide*. تم الاسترداد من Microchip: https://www.microchip.com/content/dam/mchp/documents/TXFG/ApplicationNotes/ApplicationNotes/Capacitive-Touch-Sensor-Design-Guide-DS00002934-B.pdf

MILES BUDIMIR. (١٤ FEBRUARY, 2019). *Capacitive Proximity Sensors*. تم الاسترداد من Motion Control tips: https://www.motioncontroltips.com/what-are-capacitive-proximity-sensors/

NTC Thermistor Resistance Calculator. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من Electro Tech: https://www.electro-tech-online.com/tools/thermistor-resistance-calculator.php

Phototransistor Working Principle. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من Inst Tools: https://instrumentationtools.com/phototransistor-working-principle/

Photovoltaic Cell. (٠٨ APRIL, 2019). تم الاسترداد من Planete Energies: https://www.planete-energies.com/en/medias/close/how-does-photovoltaic-cell-work

Piezoelectricity . (بلا تاريخ). تم الاسترداد من Marefa: https://www.marefa.org/%D9%83%D9%87%D8%B1%D8%A8%D8%A7%D8%A1_%D8%A7%D9%86%D8%B6%D8%BA%D8%A7%D8%B7%D9%8A%D8%A9

Priyanka Dixit. (١٩ May , 2020). *IR Sensor Working and Applications*. تم الاسترداد من Robu.In: https://robu.in/ir-sensor-working/

PTC thermistor. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من EEPower: https://eepower.com/resistor-guide/resistor-types/ptc-thermistor/

Pulse Sensor. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من Rohm: https://www.rohm.com/electronics-basics/sensor/pulse-sensor

Rishabh Mishra. (١٢ JULY, 2012). *LVDT: Basic Principle*. تم الاسترداد من Learn Protocols: https://learnprotocols.wordpress.com/2012/07/21/lvdt-basic-principle-theory-working-explanation-diagram-linear-variable-differential-transformer/

Sarah. (٢٠ فبراير , ٢٠٢٠). *معلومات عن الازدواج الحراري*. تم الاسترداد من almrsal: https://www.almrsal.com/post/895900

Shawn. (٢٠٢٠). *Light Sensor*. تم الاسترداد من Seeed Studio: https://www.seeedstudio.com/blog/2020/01/08/what-is-a-light-sensor-types-uses-arduino-guide/

The Secret To Successful Thermistor Beta Calculations. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من ametherm: https://www.ametherm.com/blog/thermistors/thermistor-beta-calculations

Touch Sensor Working and Its Appplications. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من El Pro Cus: /https://www.elprocus.com/touch-sensor-working-and-its-appplications

Ultrasonic Detection. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من El Pro Cus: /https://www.elprocus.com/ultrasonic-detection-basics-application

Water Flow Sensor Working and Its Applications. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من El Pro Cus: /https://www.elprocus.com/a-memoir-on-water-flow-sensor

أسماء واصف. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من schoolarabia: http://www.schoolarabia.net/msael/physics/level3/unit3_2/tmareen4.htm

الثرمستور Thermistor. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من qariya: https://www.qariya.info/electronics/Thermistor.htm

الفرق بين RTD والثرمستور. (بلا تاريخ). تم الاسترداد من illustrationprize: https://illustrationprize.com/ar/69-difference-between-rtd-amp-thermistor.html

بسام محمد عبد الفتاح. (٢ أكتوبر , ٢٠١٧). *ما هو الإشعاع الكهرومغناطيسي*. تم الاسترداد من I believe In Sci: https://www.ibelieveinsci.com/?p=37946

محمد رائد. (٢٠٢٠). *المحولات الكهربائية: مكوناتها , مبدأ عملها , أنواعها*. تم الاسترداد من Electricalcity: https://www.electricalcity.net/%d8%a7%d9%84%d9%85%d8%ad%d9%88%d9%84%d8%a7%d8%aa-%d8%a7%d9%84%d9%83%d9%87%d8%b1%d8%a8%d8%a7%d8%a6%d9%8a%d8%a/9-transformers