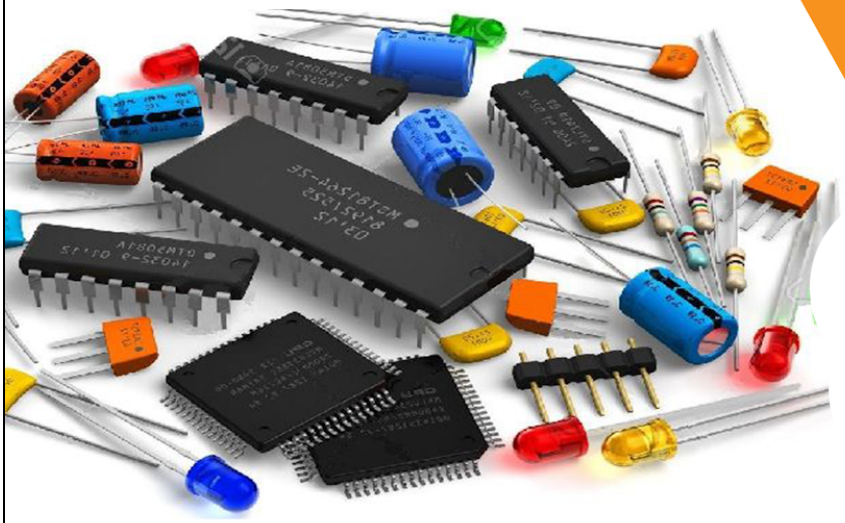
jeem2.com

العناصر الالكترونية



فائدتها وطريقة عملها
رموزها واختبارها

م.سامي قرامي

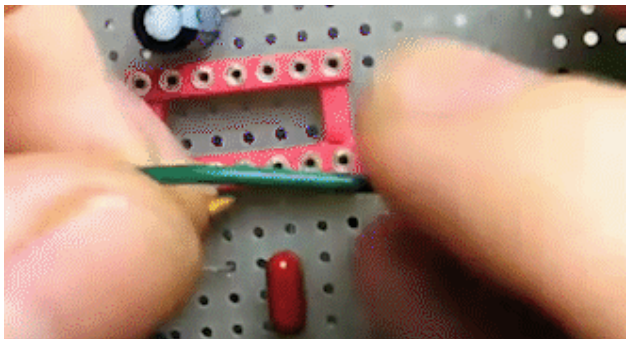
فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
تمهيد	3
تصنيفات العناصر الإلكترونية	4
العناصر الغير فعالة Passive components	5
الفيوز Fuse	6
المقاومة Resistor	7
جدول مضاعفات الكميات	8
المقاومة المتغيرة Potentiometer	9
المكثف Capacitor	11
المكثف المتغير Variable Capacitor	12
الملف Coil	13
المحول Transformer	14
الكريستالة Crystal	15
المقاومة المتغيرة بالجهد Memristor	16
العناصر الكهروميكانيكية Electromechanical Components	17
المفتاح Switch	17
المرحل Relay	19
السماعة Speaker	20
المحركات (المستمر ، السيرفو ، الخطوة) Motors	21
العناصر الفعالة Active components	23
الموحد (الثنائي) Diode	24

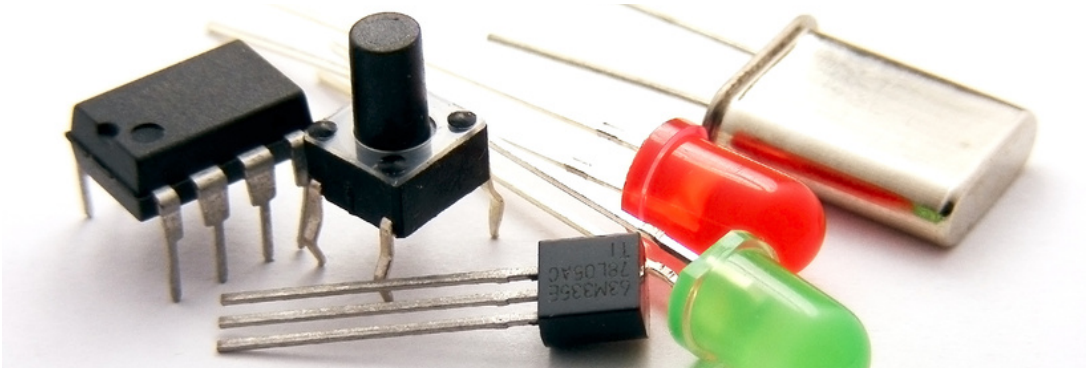
قنطرة الموحدات rectifying Bridge	26
موحد الزينر Zener	26
أنواع إضافية من الموحدات (نادرة الاستخدام) الفاراكتور ، النفقي	28
الترانزيستور ثنائي الوصلة BJT	29
ترانزيستور تأثير المجال FET	32
ترانزيستور أحادي الوصلة UJT	33
الثايريستور SCR	34
الدياك Diac	36
الترياك Triac	37
العناصر الكهروضوئية	38
الدايود الباعث للضوء LED	38
المقاومة الضوئية LDR	40
الثنائي الضوئي photo diode	41
الخلية الشمسية solar cell	42
الترانزيستور الضوئي photo Transistor	43
شريحة العزل الضوئي optocoupler	44
الدوائر المتكاملة (الشرائح) ICs	45
مثبت الجهد Voltage regulator	45
المكبر التشغيلي op/amp	47
المؤقت 555	49
ايجاد زرقة المواصفات datasheet	51
الختام	52

تمهيد :: الإلكترونيات عالم كبير و شيق بالتأكيد 😊...

و توجد مستويات عديدة وتخصصات كثيرة في دراسة الإلكترونيات
فبعض المستويات تركز على الدوائر المتكاملة (الشرائح) بالأنظمة الرقمية، و بعضها تركز على الصيانة و استبدال الوحدات ، و بعضها تركز على الاتصالات و البرمجة و هكذا.



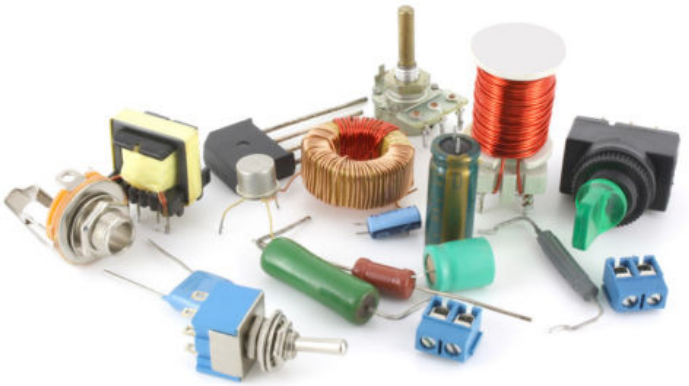
من المستويات الأساسية و الهامة في علم الإلكترونيات ؛ معرفة العناصر الإلكترونية .
ماهي؟ و ماعملها ؟ ماهو رمزها و وحدة قياسها؟ كيف يمكن اختبارها و الاستفادة منها ؟



في هذا المنهج لن أتعمق في صناعة العناصر والهندسة و الحسابات خلف كل عنصر . سوف نتعرف على العناصر الإلكترونية بشكل مختصر: عملها ، رمزها ، وحدة قياسها و أمثلة على استخدامها.
أتمنى أن تستفيد و تستمتع بهذا الكتاب.

م.سامي قرامي (كتبه في 2017-3-25)
jeem2.com

قبل أن نبدأ ...



العناصر الإلكترونية كثيرة ويصعب حصرها جميعاً في كتاب واحد . سوى أننا سندرس العناصر الهامة وأكثرها استخداماً. 😊 بالتوفيق ! ...

يمكن تقسيم العناصر الإلكترونية إلى مجموعات :

العناصر الغير فعالة	**passive components**	عناصر أساسية و هامة سوى أنها لا تتمكن من تكبير الجهد الكهربائي
العناصر الكهروميكانيكية	**Electromechanical**	عناصر تحتوي أجزاء متحركة
العناصر الفعالة	**Active Components**	عناصر يمكنها عادة تكبير الجهد و تسمى أيضاً أشباه الموصلات
العناصر الكهروضوئية	**Optoelectronics**	عناصر تشع بالضوء أو تستقبله
الدوائر المتكاملة	**IC integrated circuits**	شرائح إلكترونية تحتوي دوائر كاملة مصنعة بتقنيات عالية.

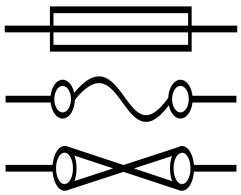
وسنبدأ بشرح العناصر الغير فعالة :-

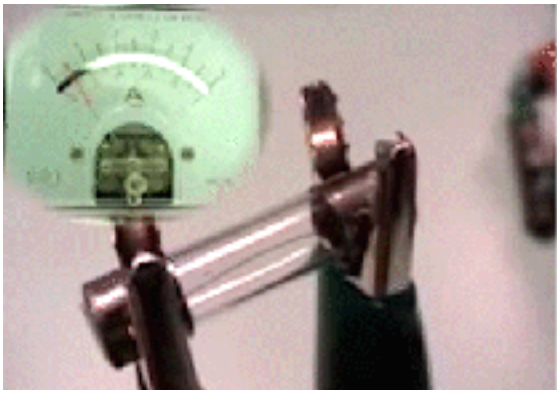
أولاً : العناصر الغير فعالة passive components

تعتبر العناصر الغير فعالة **Passive components** عناصر سهلة التكوين، و تعتمد في تشغيلها على خصائص كهربائية و مغناطيسية بسيطة. هذه العناصر أساسية في أي دائرة إلكترونية تقريباً وهي (أي العناصر الغير فعالة) لا يمكنها تكبير الجهد والتحكم به كما تفعل معظم العناصر الفعالة التي سندرسها لاحقاً.

لعل أهم هذه العناصر هي: **المقاومة R** ، **المكثف C** ، **الملف L** ...

الفيوز F Fuse



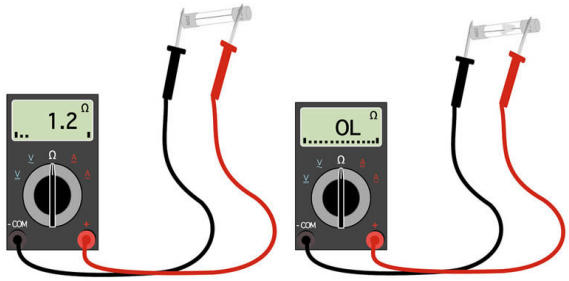


العمل: يعمل الفيوز على حماية الدائرة من زيادة التيار ، فهو يحتوي على سلك حساس ، ينقطع إذا زاد التيار عن المقدار المحدد للفيوز.

وحدة القياس : يقاس الفيوز بوحدة الأمبير **Ampere A** ، و هو أقصى تيار يتحمله الفيوز قبل أن ينقطع.

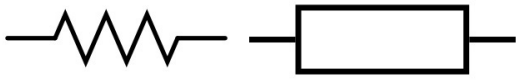
الخصائص: يعتبر الفيوز من العناصر كثيرة التلف، و يوجد منه أشكال و أحجام مختلفة ، و بعضها بطيء القطع.

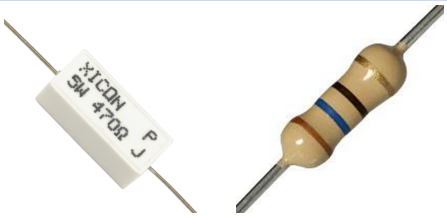
علامات التلف: حرق داخلي ، تغير اللون ، انقطاع السلك الداخلي.



طريقة الاختبار: يستخدم جهاز الملتيميتر لاختبار الفيوز ، و الطريقة سهلة و هي أن تضبط الملتيميتر على وضع الزنان أو قياس المقاومة ثم توصل أطراف الملتيميتر إلى أطراف الفيوز ، يكون الفيوز الجيد موصلاً بينما الفيوز التالف يكون مقطوعاً.

المقاومة R Resistor





العمل: تعمل المقاومة على معاوقة مرور التيار الكهربائي

وحدة القياس : تقاس المقاومة بوحدة الأوم ohm

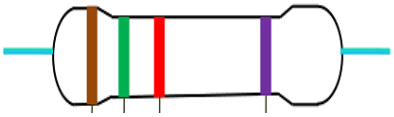
الخصائص : تختلف المقاومات حسب القيمة و تحمل القدرة (بالوات) و الحجم و نسبة الخطأ

علامات التلف: الإحتراق ، التهشـّـم ، تغير اللون.

طريقة الاختبار : يستخدم الملتيميتر لقراءة قيمة المقاومة واختبارها . ضع المؤشر على خيار الأوم و وصل الملتيميتر إلى أطراف المقاومة .

كود الألوان في المقاومات : بسبب صغر حجم المقاومات تكتب قيمة المقاومة عادة على شكل ألوان وفي الجدول التالي ستجد طريقة قراءتها.

Value : 62 x 1 = 62Ω
Tolerance = 4%



Value : 15 x 100 = 1.5KΩ
Tolerance : +- 0.1%

Color	Value	Multiplier	Tolerance
Black	0	$x 10^0$	±20%
Brown	1	$x 10^1$	± 1%
Red	2	$x 10^2$	± 2%
Orange	3	$x 10^3$	± 3%
Yellow	4	$x 10^4$	-0,+100%
Green	5	$x 10^5$	± 0.5%
Blue	6	$x 10^6$	± 0.25%
Violet	7	$x 10^7$	± 0.10%
Gray	8	$x 10^8$	± 0.05%
White	9	$x 10^9$	± 10%
Gold	-	$x 10^{-1}$	± 5%
Silver	-	$x 10^{-2}$	± 10%
None	-	-	±20%

جدول مضاعفات الكميات الفيزيائية

كثيرا ما نتعامل مع أعداد كبيرة جداً أو صغيرة جداً في الفيزياء و الكهرباء ، لذا يتم استخدام مضاعفات هذه الوحدات كثيراً لغرض تسهيل قراءتها و نطقها.

T	Tera	تيرا	10^{12}
G	Giga	غيغا	10^{9}
M	Mega	ميغا	10^{6}
K	Kilo	كيلو	10^{3}
الوحدة الأساسية (فولت أو أمبير أو أي وحدة قياس أخرى)			
m	milli	ميللي	10^{-3}
µ	Micro	مايكرو	10^{-6}
n	nano	نانو	10^{-9}
p	pico	بيكو	10^{-12}

تمرين : اجمع المسافتين التاليتين :

d1=2.3Km d2=325m

الجواب: ترمز الـ m لوحدة قياس الطول (المتر) بينما ترمز الـ K للمضاعفة كيلو

يجب وضع قيمة الكيلو مكانها لإجراء العملية الحسابية...

Dt = 2.3*10^3 + 325 الناتج

Dt= 2625m

تمرين 2: لديك مكثفين قيمة أحدهما C1=220pF و الآخر C2=3µF

الجواب: وحدة قياس المكثف هي : فاراد F

والمضاعفات p و µ يجب استبدالهما بقيمتهما

يكون الحل:-

Ct = 220*10^-12 + 3*10^-6

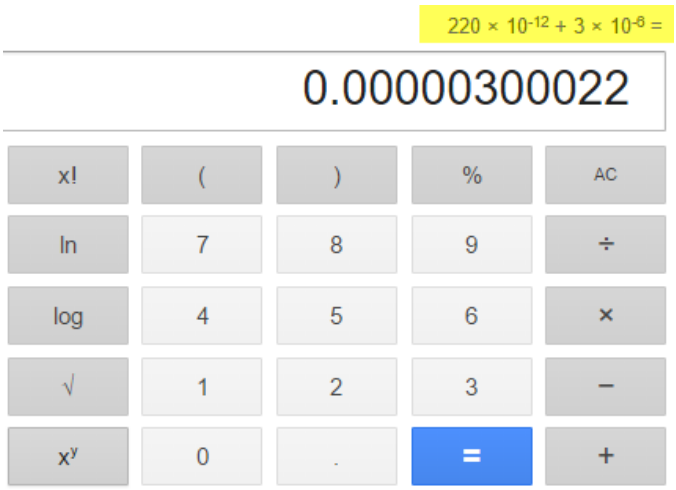
وباستخدام آلة حاسبة علمية نحصل على ...

Ct=0.00000300022F

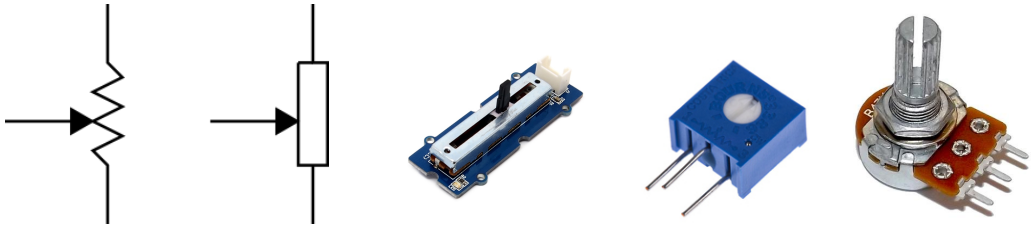
هذا الجواب صحيح ، لكن من السيء عرضه بهذه الطريقة و الأفضل عرضه هكذا:

Ct=3.00022 * 10^-6 F

أو Ct=3.00022µF



المقاومة المتغيرة variable resistor ، potentiometer



العمل : تعمل المقاومة المتغيرة على معاوقة مرور التيار (مثل المقاومة العادية) ، سوى أنه يمكن تغيير قيمتها يدوياً

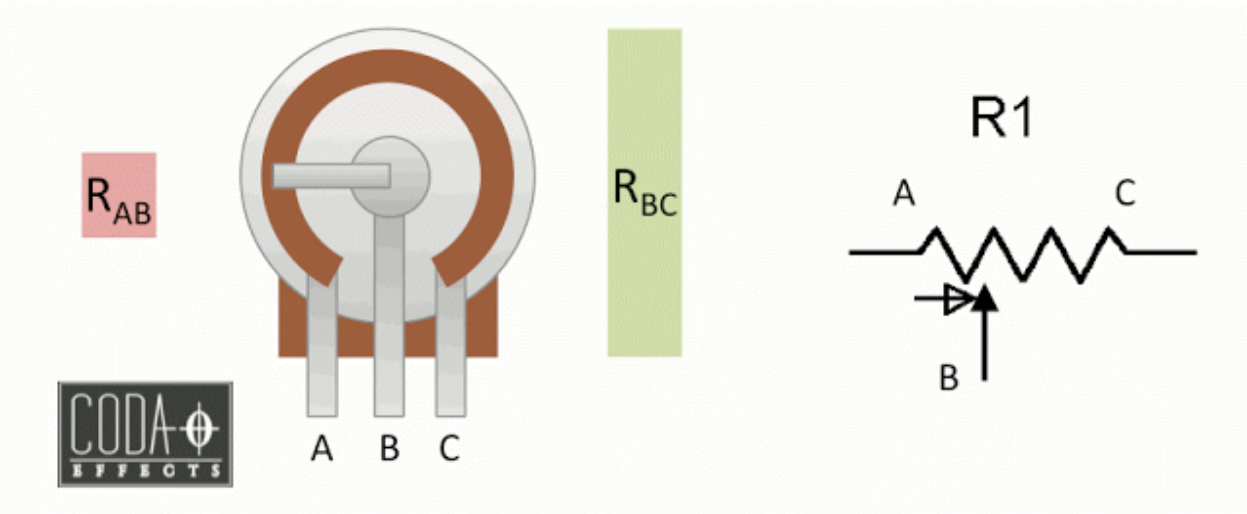
وحدة القياس: الأوم Ω ohm

الأنواع : -

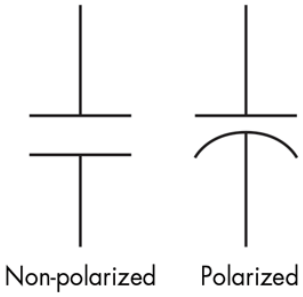
1- النوع الذي يتغير حسب الحركة الدورانية و يسمى potentiometer

2- النوع الذي يتغير حسب الحركة الخطية slider variable resistor

طريقة الاختبار : ضع الملتيميتر على قياس المقاومة ، و ضع طرف على الرجل المتغيرة (الوسطى) و الطرف الآخر على أي طرف آخر (كما يظهر بالصورة) ، حرك المؤشر من أقصى اليمين لأقصى اليسار ، يجب أن تتغير قراءة المقاومة من صفر إلى قيمة المقاومة القصوى المسجلة عليها.



Capacitor C المكثف



يعمل المكثف على تخزين شحنة كهربائية صغيرة ، يقوم بتفريغها إذا قلّ الجهد بين طرفيه.

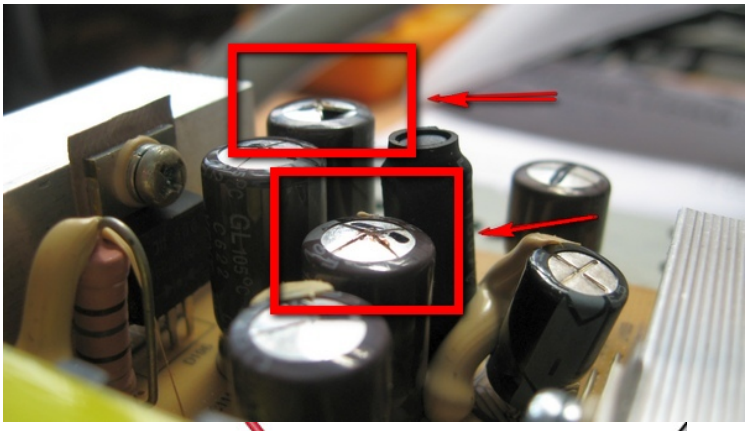
وحدة القياس : الفاراد F Farad

الأنواع: يوجد نوعين رئيسيين من المكثفات

1- المكثف الكيميائي electrolytic capacitor وله قطبية (+ -)

2- المكثف السيراميكي ceramic capacitor وليس له قطبية.

في العادة يكون مكتوب على **المكثف الكيميائي** جميع المعلومات الهامة ، مثل السعة (الفاراد)، أقصى جهد يتحمله و أقصى درجة حرارة. بينما المكثف السيراميكي سنشرحه بعد قليل.



علامات التلف: انتفاخ المكثف، خروج مادة شمعية منه ، رائحة قوية.

طريقة الاختبار : معظم أجهزة الملتيميتر الحديثة تحتوي خيار قياس المكثف وهي طريقة سهلة للاختبار.

ملاحظة : أحيانا تكون المكثفات مشحونة بشحنة عالية وينبغي تفريغ الشحنة بواسطة مقاومة -كما بالشكل-

طريقة قراءة قيمة المكثف السيراميكي

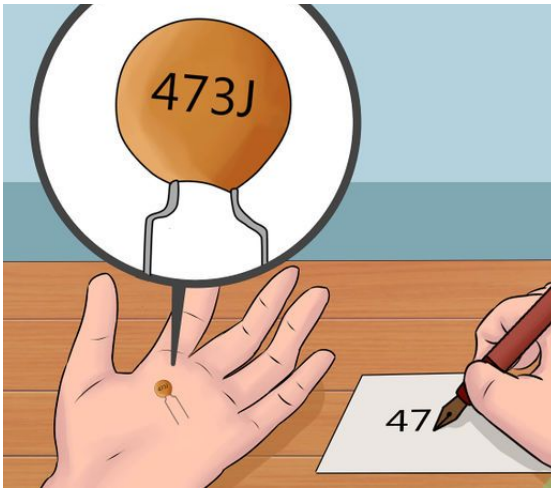
يكتب على المكثف السيراميكي ثلاثة أرقام و حرف عادة. و يمكن قراءة سعة المكثف بالطريقة التالية:
اكتب الرقمين الأول و الثاني كما هما ،
الرقم الثالث (تجد المكافئ من الجدول)
اضربه في الخانتين الأولى و الثانية
ويكون الناتج بالبيكو فاراد (ليس بالفاراد)

الحرف يدل على نسبة الخطأ وتجده في الجدول.

Capacitor Value Codes — Fig. 2

3rd Digit	Multiplier	Letter	Tolerance
0	1	D	0.5 pF
1	10	F	1 %
2	100	G	2 %
3	1,000	H	3 %
4	10,000	J	5 %
5	100,000	K	10 %
6,7	Not Used	M	20 %
8	.01	P	+100, -0 %
9	.1	Z	+80, -20 %

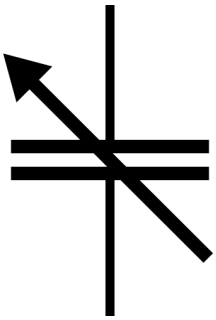
مثال: مكثف مكتوب عليه 473J كم سعته بالفاراد ، و كم احتمالية الخطأ في المكثف؟

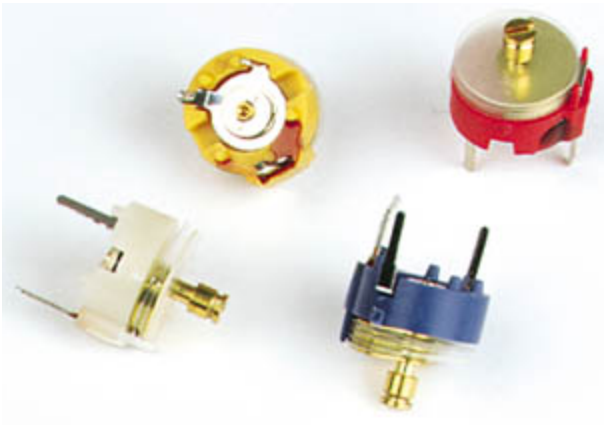


الحل: 47 *1000
و يساوي : 47000pF
ويستحسن كتابة القيمة هكذا 47nF
نسبة الخطأ : 5%

تمرين : مكثف مكتوب عليه 309P
كم سعته ؟ و ماهي احتمالية الخطأ ؟
الحل: 30 * 0.1 = 3pF
نسبة الخطأ : +100% -0%

المكثف المتغير variable capacitor



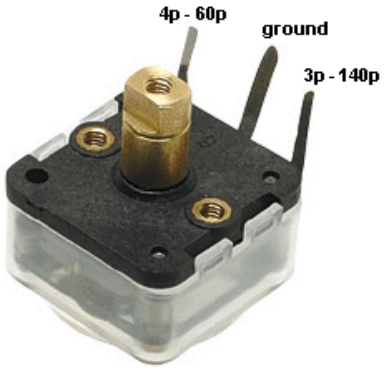


مثل المكثف العادي ؛ يعمل المكثف المتغير على تخزين شحنة كهربائية ، و يختلف المكثف المتغير بأنه يمكن تغيير سعته يدوياً

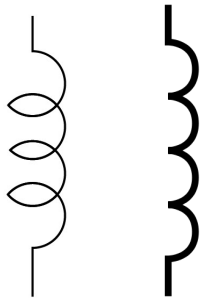
وحدة القياس: الفاراد **Farad F**

الخصائص: المكثف المتغير نادر الاستخدام ، و يستخدم في دوائر الاتصالات عادة.

طريقة الاختبار: ضع الملتيميتر على قياس السعة (اختبار المكثف) و وصل طرفي الملتيميتر على الطرف الأوسط في المكثف و أي طرف آخر، ثم قس السعة مع تدوير ذراع المكثف. ينبغي أن تتغير سعة المكثف من صفر فاراد إلى أعلى قيمة مسجلة عليه.



الملف : L Coil



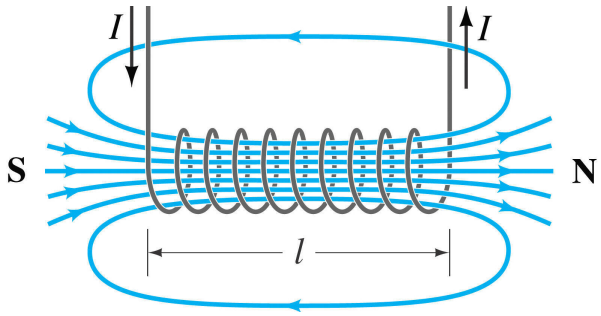
العمل: يعمل الملف على توليد مجال مغناطيسي عندما يمر تيار كهربائي فيه.

وحدة القياس : الهنري **Henry H**

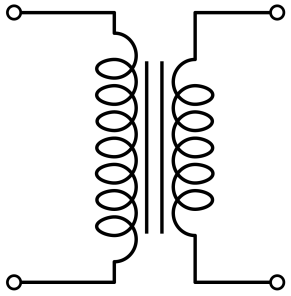
الخصائص: الملف قليل الاستخدام في الدوائر الإلكترونية وتختلف الملفات عن بعضها بعدد اللفات ونوع المادة التي تلتف حولها الحلقات

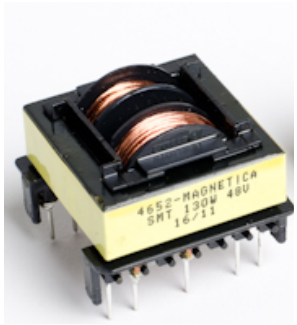
ملف بقلب هوائي، قلب معدني ، قلب ورقي.

طريقة الاختبار : الملف الطبيعي تكون له مقاومة صغيرة جداً و لذلك يمكن استخدام الملتيميتر و قياس مقاومة الملف من طرفيه. بعض الملفات المعطوبة تحتوي قطع و تكون مقاومتها كبيرة جداً. و بعض الملفات يحدث داخلها إلتماسات بين الحلقات و يصعب اكتشاف هذا النوع من الأعطال بواسطة الملتيميتر ـ لذا نستخدم أجهزة أخرى مثل **LCR meter** و **RingTester**

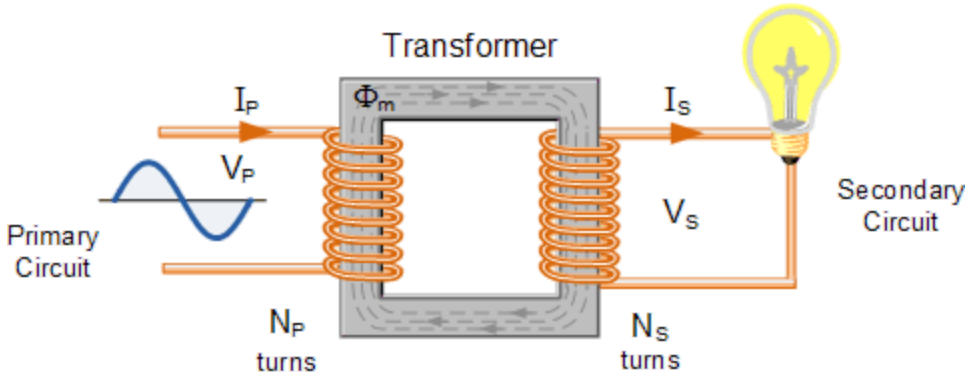


المحول T Transformer





العمل: يعمل المحول على رفع أو خفض الجهد المتردد . وذلك بتحويل الكهرباء إلى مجال مغناطيسي في الملف الإبتدائي، ثم تحويل المجال المغناطيسي إلى طاقة كهربائية في الملف الثانوي.



وحدة القياس: لا يوجد للمحول وحدة قياس سوى أنه يمكن تحديد عمله بمعرفة جهد الدخل و جهد الخرج المناسبين عند تشغيل المحول بالفولت.

الخصائص: يعمل المحول على رفع أو خفض الجهد ، سوى أنه لا يغير القدرة (الوات) فالقدرة الداخلة تساوي القدرة الخارجة ، و يكون التغيير بعلاقة عكسية بين التيار و الجهد (إذا رفعت الجهد ؛ يقل التيار ، و العكس بالعكس).

من خصائص المحولات أيضاً أنها قد تحتوي على أكثر من سلكين لملف الدخل أو ملف الخرج ؛ و ذلك لإمكانية التحكم بقيم الجهود.

طريقة الاختبار: يمكن أولاً ً قياس مقاومة الملفين (ملف الدخل وملف الخرج) باستخدام الملتيميتر . يفترض أن تكون لهما مقاومة صغيرة. ثم يستحسن تجربة المحول بتوصيل جهد دخل مناسب له ؛ ثم قياس جهد الخرج له.

الكريستالة Crystal

العمل: تعمل الكريستالة على توليد ترددات ثابتة حسب تصنيعها .

وحدة القياس : تقاس الكريستالة بقيمة التردد التي تولده ، و يقاس التردد بوحدة الـ هيرتز **Hertz Hz**

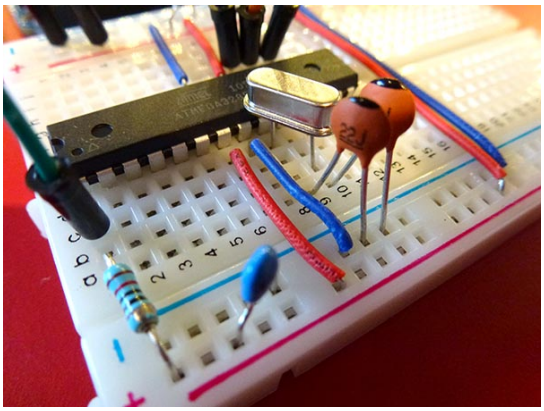
الخصائص: الكريستالة قليلة الإستخدام عادة، و قد تتلف عند تعرضها لصدمات قوية و تعمل عادة في الدوائر المعقدة التي تحتوي على معالجات (مثل الماذر بورد ، التلفزيون، الألعاب الرقمية)

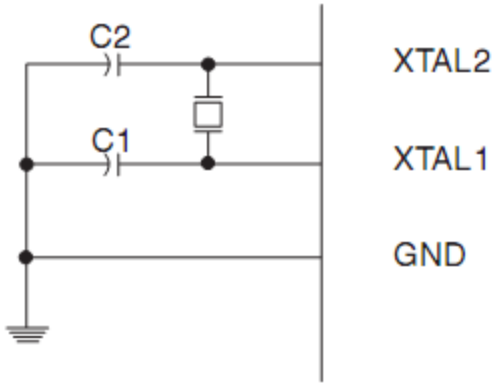
طريقة الاختبار : اختبار الكريستالة ليس سهلاً . ينصح بتشغيل الجهاز الذي فيه الكريستالة المراد اختبارها و وضع الملتيميتر على وضع قياس التردد ، ضع السلك الأسود على أرضي الدائرة و الأحمر على أحد أطراف الكريسالة. هنا ينبغي مقارنة التردد المقاس بالتردد المكتوب على الكريستالة.

استخدام الكريستالة:-

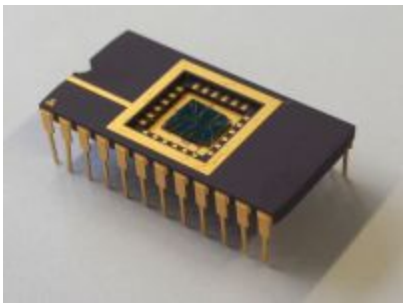
من أشهر استخدامات الكريستالة هو ضبط تردد شريحة الـ Atmega والتي هي القلب للأردوينو.

لتعمل شريحة الـ أردوينو يجب توصيل كريستالة معها كما يظهر بالصورة.





المقاومة المتغيرة بالجهد Memristor



يعمل هذا العنصر على تغيير مقاومته حسب صدمات الجهد الموجهة إليه، و هي تقنية حديثة قد تغير صناعة الإلكترونيات بدرجة كبيرة في المستقبل ، سوى أن هذا العنصر لا يستخدم في الأجهزة المعروفة لدينا حتى الآن، فهو لايزال تحت التطوير.

وحدة القياس: الأوم Ohm

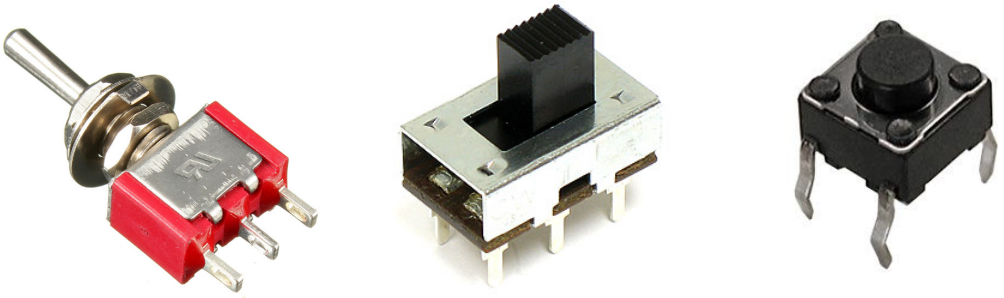
المجموعة الثانية من العناصر الإلكترونية

العناصر الكهروميكانيكية

electro-mechanical components

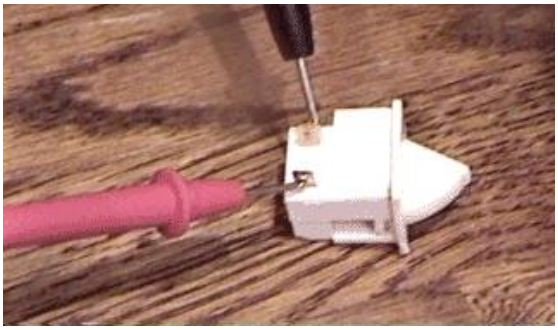
العناصر الإلكترونية (الكهروميكانيكية) هي عناصر تعتمد في عملها على الحركة أو الاهتزاز. ومن هنا جاءت التسمية (كهروميكانيكية) فـ كلمة ميكانيكا تعني : حركة بينما "كهرو" ترمز لـ ... ☹

المفتاح SW Switch

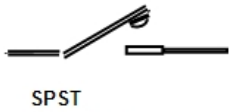
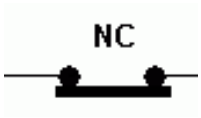
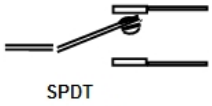
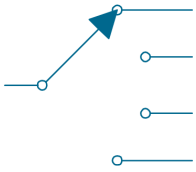


العمل: يعمل على توصيل الكهرباء أو قطعها عن الدائرة أو مسار في الدائرة.

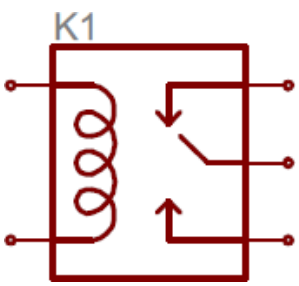
اختبارها: سهل إذا عرفت توصيلها الداخلي. ستحتاج ملتيميتر على وضع الزنان (الصوت فقط)

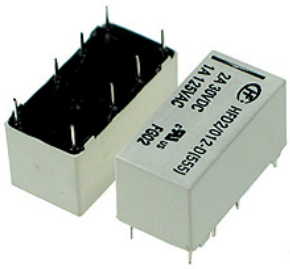


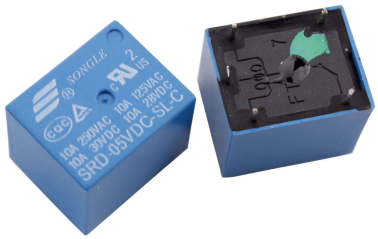
أشهر أنواع المفاتيح: switches types

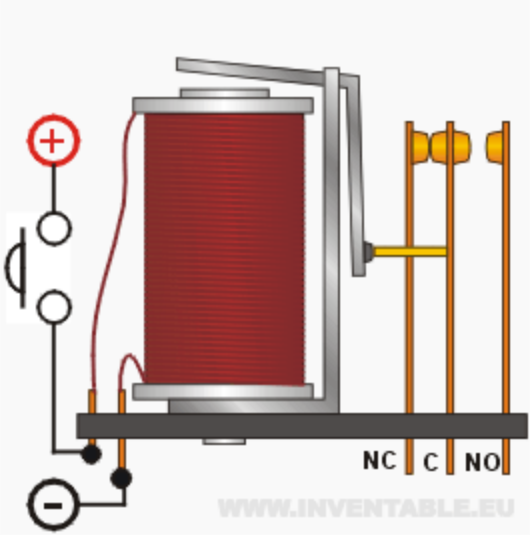
	ON/OFF SPST Single pole Single throw	مفتاح تشغيل و إطفاء
	Push button /normal open	مفتاح ضاغط وصل
	Push to break sw	مفتاح ضاغط فصل
	SPDT sw (single pole Double throw)	مفتاح اتجاهين
	Selector switch SP4T	مفتاح اتجاهات متعددة
	Electromechanical sw SPDT لا يختلف عن المفاتيح العادية سوى أنه مصمم أن يستشعر حركة أجسام وليس ضغطة من يد إنسان.	مفتاح كهروميكانيكي

المرحـّـل Relay





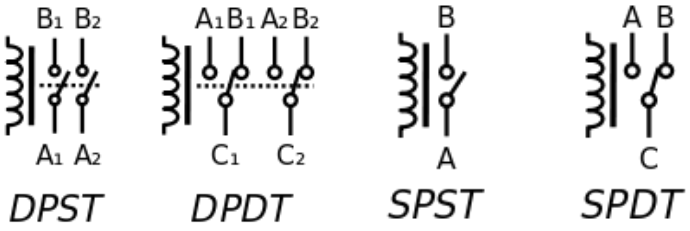




العمل: يعمل الريلاي على التحكم بمفتاح بطريقة مغناطيسية. فعندما يمر تيار كهربائي في الملف فإن المفتاح المجاور يغير حالته من القطع إلى التوصيل و العكس. و هذا يجعله مفيد جدا في التحكم. فبجهد صغير على الملف، يمكن إيصال جهد عالي جدا بين أطراف المفتاح.

وحدة القياس: جهد الملف يقاس بالفولت Volt بينما أقصى تيار يمر عبر المفتاح يقاس بالأمبير Ampere.

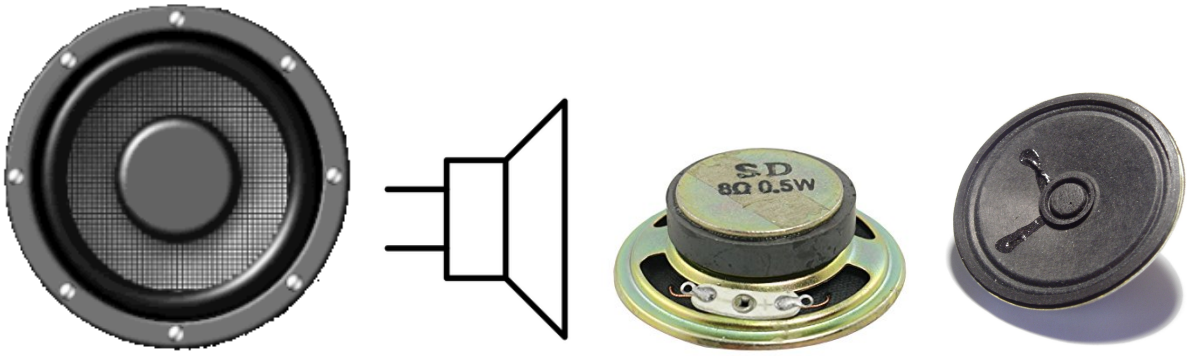
الخصائص: تختلف المرحلات من ناحية عدد و نوعية المفاتيح الموجودة بداخله ، و النوع الشائع من المرحلات له 5 أطراف هي : طرفين للملف ، طرف مشترك للمفتاح يسمى C و طرف متصل مع C بدون تطبيق جهد يسمى NC و طرف منفصل عن C في حال عدم تطبيق جهد و يسمى NO .



عيوب الريلاي: يعتبر الريلاي عنصر كبير الحجم ، و يصدر صوتاً عند تغيير حالته ، و يستهلك مقداراً كبيرا من الطاقة ، و يولد مجالا مغناطيسياً كبيراً .

طريقة الاختبار: اختبار الريلاي عملية سهلة . ستحتاج إلى ملتيميتر على وضع الزنان (الصوت لاختبار التوصيلية) و مصدر جهد يناسب الملف (بطارية أو مصدر قدرة) ؛ قبل توصيل الجهد إلى الملف يجب أن يكون الطرف C متصل مع NC و منفصل عن NO و بعد توصيل الجهد المناسب إلى الملف ، ستسمع صوتاً و عندها ستجد أن طرف C يصبح متصل مع NO و أيضاً C منفصل عن NC .

السماعة SP Speaker

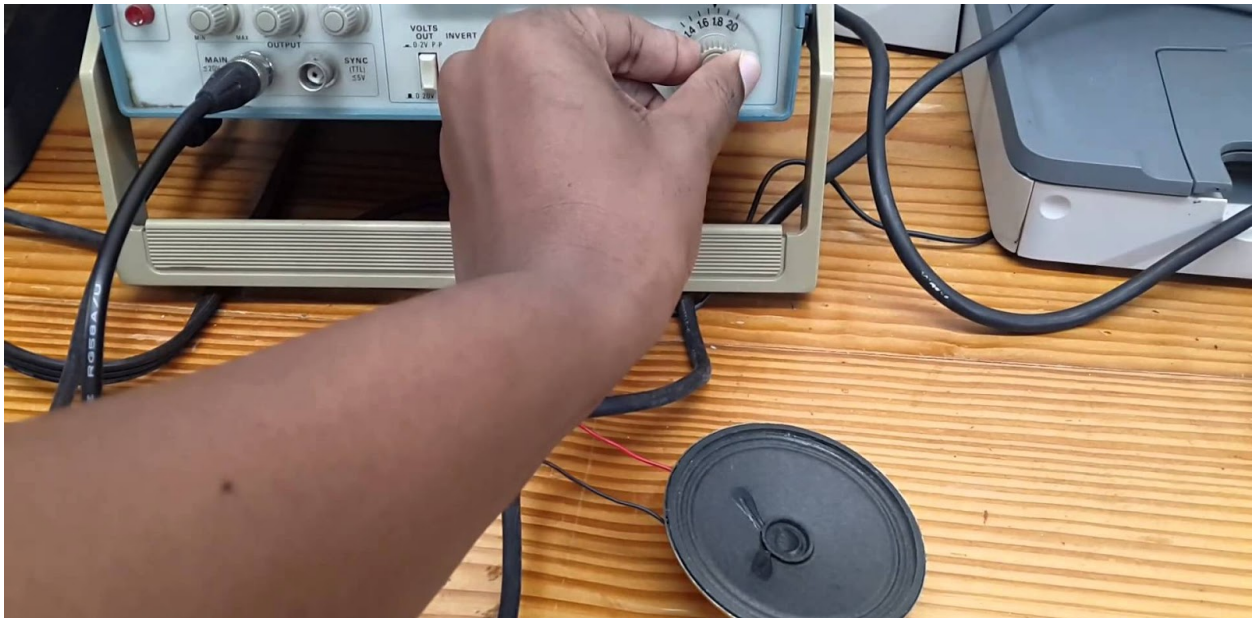


العمل: تعمل السماعة على تحويل الإشارات الكهربائية (المترددة) إلى صوت. و ذلك بالإهتزازات التي تحدث بسبب تجاذب و تنافر الملف الداخلي مع مغناطيس طبيعي.

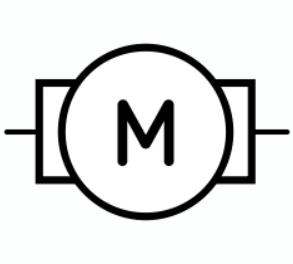
وحدة القياس: تقاس المقاومة بوحدتين هما المقاومة الداخلية تـقاس بالأوم ohm و القدرة المستهلكة و تقاس بالوات watt

الخصائص: تختلف السماعات حسب حجمها و شكلها وجودة الصوت الذي تصدره.

طريقة الاختبار : استخدم الملتيميتر لقياس مقاومة الملف الداخلي في السماعة أولاً . ثم استخدم جهاز مولد الإشارات لتوليد موجة جيبية بتردد مثل 1000 Hz و استمع إلى الصوت .



المحرك M Motor



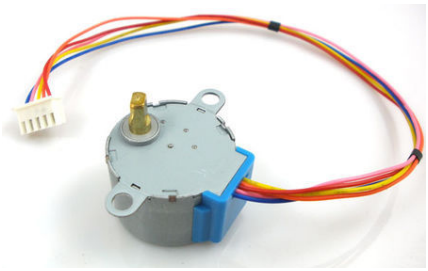
العمل : يعمل المحرك على تحويل الطاقة الكهربائية إلى حركة دورانية.

الأنواع: يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من المحركات الكهربائية الصغيرة و المستخدمة في الإلكترونيات و الروبوت:

محرك دي سي Dc motor أبسط الأنواع و يمكن تغيير اتجاه الدوران بتغيير قطبية التغذية، له طرفين فقط.

محرك الخطوة Stepper motor يمكن التحكم بسرعته و زاوية دورانه بدقة ، و له عادة 5 أسلاك.

محرك سيرفو servo motor تطوير على محرك الـ دي سي فهو يحتوي على حساس و تروس و له ثلاثة أطراف عادة.



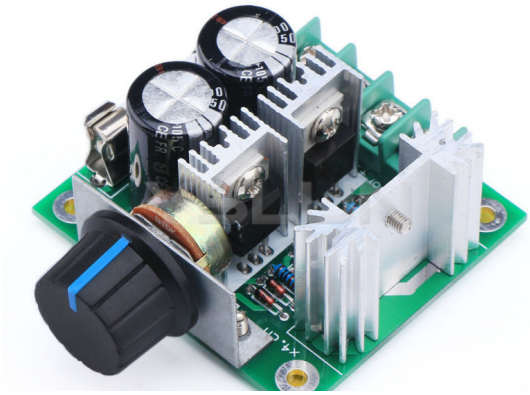
طريقة الاختبار: اختبر الملفات الداخلية باستخدام الملتيميتر . أو وصل الدخل المناسب و شاهد حركة المحرك.

الخصائص: تقاس سرعة المحرك بعدد الدورات في الدقيقة rpm و يمكن زيادة قوة المحرك باستخدام التروس gearbox و لكن سرعة الدوران ستنخفض كثيراً .

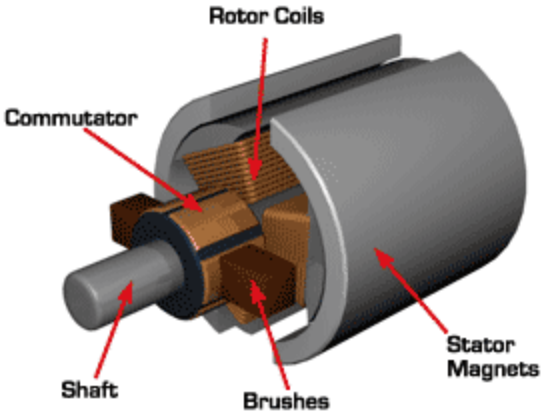
انتبه : يسحب المحرك تيار عالي عادة ، و قد يتسبب في إتلاف العناصر الإلكترونية التي تمده بالطاقة.

يجب التأكد أن العناصر التي تتحكم بالمحرك تتحمل التيار و الحرارة العالية.

لاحظ مشتتات الحرارة في العناصر الفعالة التي تتحكم بسرعة المحرك في دائرة التحكم التالية.



دائرة تحكم بسرعة محرك

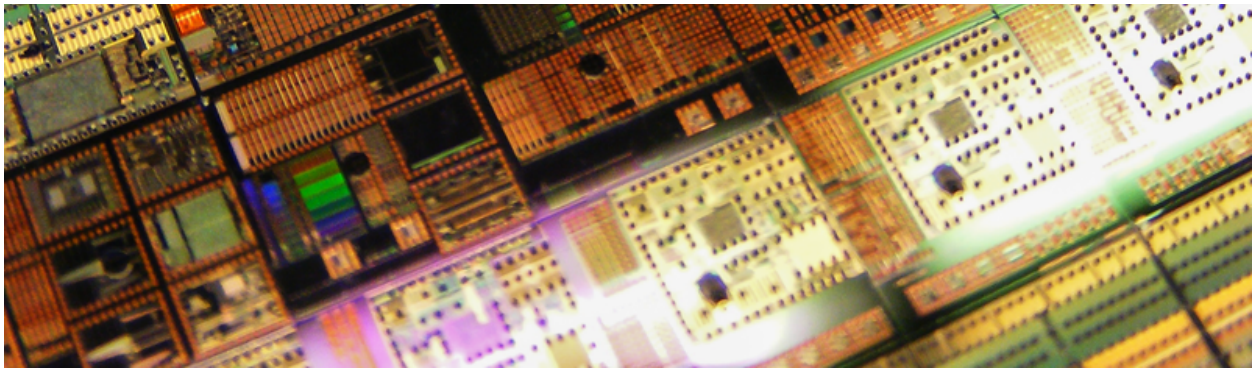


مكونات محرك DC

الجزء الثالث

العناصر الفعالة Active components

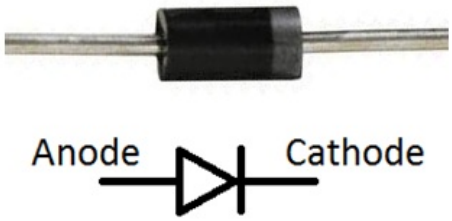
و تسمى أيضاً : أشباه الموصلات semiconductors



مقدمة عن أشباه الموصلات: توجد مواد موصلة للكهرباء مثل النحاس و الألمونيوم و بعض السوائل. و توجد مواد عازلة مثل الخشب ، البلاستيك و المطاط. بينما توجد مواد توصل الكهرباء بدرجة ضئيلة ؛ تسمى أشباه الموصلات. أكثر هذه المواد استخداماً لصناعة العناصر الإلكترونية هي : السيليكون و الجرمانيوم. لمشاهدة فيديو يعرض العمليات المعقدة لتصنيع السيليكون : اضغط هنا

يوجد السيليكون في الطبيعة في الرمال بكميات كبيرة. و قد لاحظ العلماء أن مقاومة السيليكون للكهرباء عالية؛ لذا فقد قاموا بإضافة مواد أخرى على السيليكون ليتحكموا بمقاومته... فبإضافة مواد مثل الفسفور أو الآرسينيك ؛ تقل مقاومة السيليكون و يتحول إلى مادة ذات شحنة سالبة ، و يسمى في الإلكترونيات (n) و إذا أضفنا إلى السيليكون مادة مثل البورون أو القاليوم ؛ تقل مقاومة السيليكون و يتحول إلى مادة ذات شحنة موجبة و يسمى في الإلكترونيات (p) و ببناء العناصر الإلكترونية بتركيبات مختلفة من هذين النوعين (n و p) استطاع علماء الالكترونيات بناء الكثير من العناصر الإلكترونية و التي قادت لثورة صناعية في الإلكترونيات و الإتصالات و الحاسب.

الثنائي – الموحّد Diode D



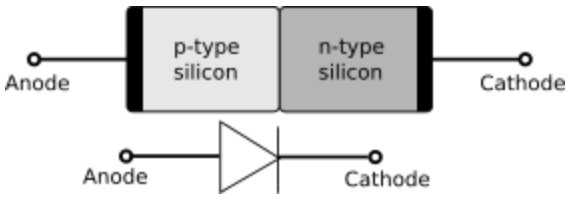
العمل: يعمل الدايود على السماح بمرور التيار في اتجاه واحد (عندما يتصل الموجب بالأنود ، و السالب على الكاثود) و يمنع التيار في حالة التوصيل بالعكس.

وحدة القياس : لا يوجد

الخصائص: تختلف الموحدات حسب قدرتها على تحمل تيار عالي، وتقاس بالوات (0.5 وات أو 2 وات)

طريقة الاختبار: يوجد في أجهزة الملتيميتر الحديثة خيار لاختبار الدايود. الدايود السليم سيعطيك قراءة إذا وصلت طرف الملتيميتر الأحمر على الآنود والأسود على الكاثود. ولن يعطيك اي قراءة إذا وصلته بالعكس.

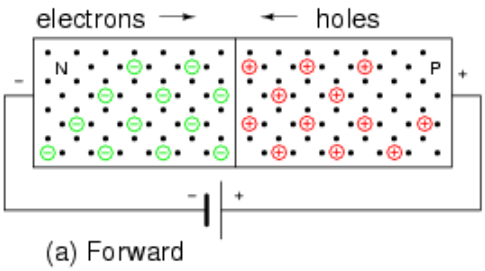
شرح مختصر للتكوين الداخلي للدايود و كيف يعمل:-



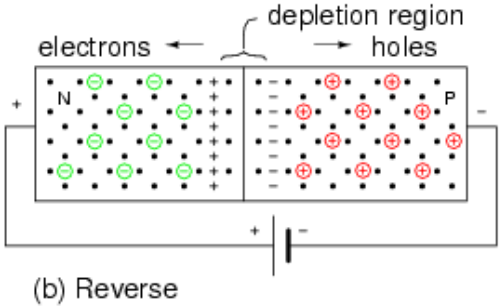
التكوين الداخلي للدايود بسيط، فهو عبارة عن قطعتين من السيليكون ، سوى أن واحدة سالبة (n) و الأخرى موجبة (p)

من خصائص السيليكون أنه إذا لم يكن به شحنات حرة (موجبة أو سالبة) فإن مقاومته تكون كبيرة جداً.

إذا وصلنا الدايود بحيث يتصل الموجب على الـ p (آنود) والسالب على الـ (n) فإن التنافر بين الشحنات المتشابهة يدفع الشحنات إلى المنطقة الفاصلة (الوصلة) مما يجعل المقاومة الكلية للدايود صغيرة و يسمح بمرور التيار. هذه الحالة تسمى الإنحياز الأمامي Forward Bias



إذا وصلنا الدايود بالعكس (الموجب للـ n والسالب للـ p) ستتجاذب الشحنات المختلفة مما يترك مساحة خالية من الشحنات الحرة. هذا يجعل المقاومة عالية جدا و يمنع مرور التيار الكهربائي . هذه الحالة تسمى الانحياز العكسي. Backward bias

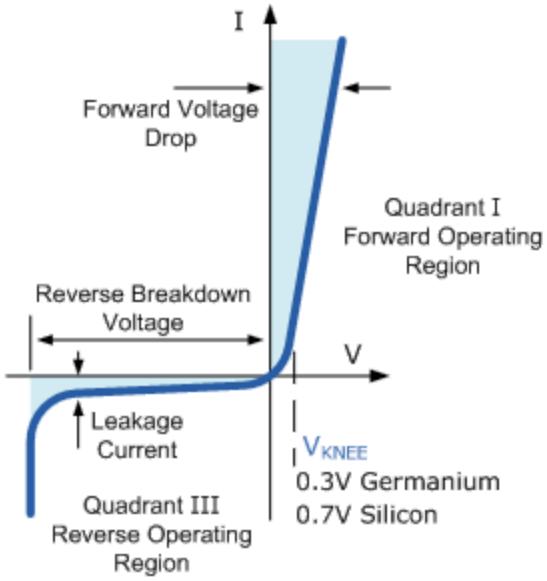


منحنى الخواص: characteristic

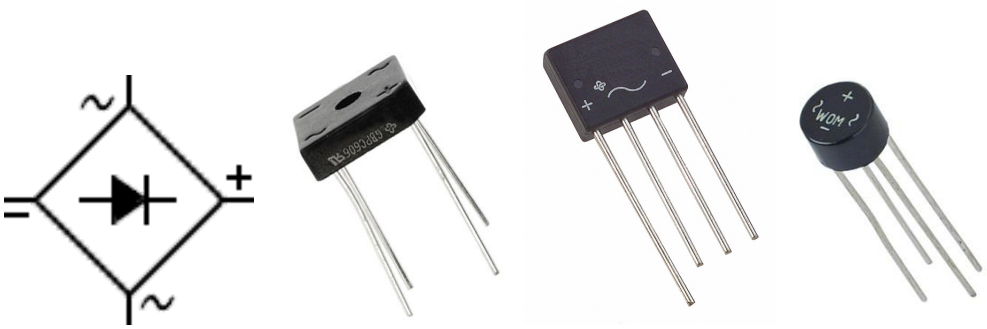
يجب فهم طريقة عمل العناصر الفعالة بشكل رسومي بياني. هذا يساعد مصممي الدوائر كثيرا عند تصميم دائرة إلكترونية، فالرسم يشرح لك العلاقة بين الجهود والتيارات على أطراف العنصر.

الجهة اليمنى من الرسم ترمز للإنحياز الأمامي
لاحظ: لم يسمح الدايود للتيار الأمامي بالمرور إلا بعد تجاوز الجهد 0.7v ويسمى جهد الحاجز
هذا يعني أنه في الإنحياز الأمامي سوف يقل جهد الخرج عن جهد الدخل بحوالي 0.7v

في الجهة اليسرى (يرمز للانحياز العكسي) نجد أن التيار لا يمرّ إلا عند جهد عالي (تقريباً 50v) وهنا يحصل تلف للدايود عادة.



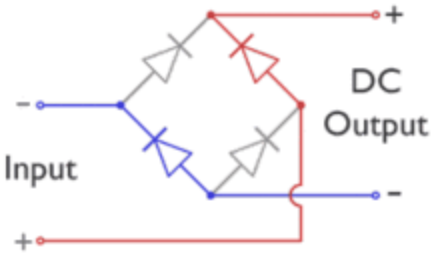
قنطرة الموحدات rectifying bridge



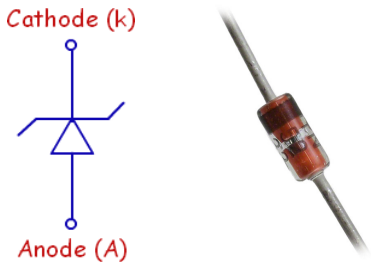
العمل: تعمل القنطرة على تحويل الكهرباء المترددة إلى مستمرة . و تتكون داخلها من أربع موحدات متصلة ببعضها.

وحدة القياس: لا يوجد ، لكن لكل قنطرة تيار أقصى يمكنها تحمله (قدرة)

طريقة الاختبار: إذا تخيلت القنطرة كأربع موحدات سيكون من السهل تتبع الأطراف واختبارها بنفس طريقة اختبار الدايود.



موحد الزينر Z Zener Diode



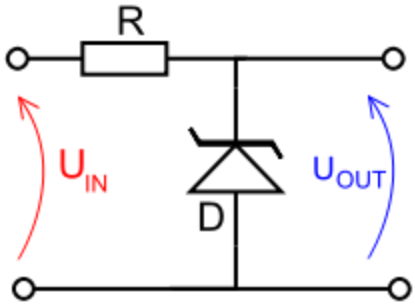
العمل : يعمل دايود الزينر على قطع الجهد الزائد عن جهد الزينر (المحدد حسب تصنيعه) ويستخدم عادة لتثبيت الجهد عند نقطة معينة على قيمة معينة.

وحدة القياس: جهد الزينر يقاس بالفولت (Vz Zener volt)

الخصائص: ليس جميع الموحدات الزجاجية تكون موحدات زينر ، فبعضها موحدات عادية زجاجية. أنصح باستخدام مواقع الانترنت لمعرفة نوع الموحد و معرفة جهد الزينر الخاص به حسب الرقم المطبوع عليه.

طريقة الاختبار:

الطريقة الأولى: على لوحة الاختبار (test board) وصل الدائرة كما يظهر في الشكل ثم غير جهد الدخل من صفر إلى أعلى جهد (مثلا 24v) اذا كان الزينر يعمل بشكل جيد. سيرتفع الجهد من صفر إلى أن يصل إلى جهد الزينر (مثلاً 9v) و لا يزيد أعلى من ذلك.



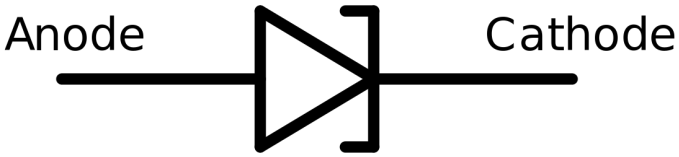
طريقة ثانية : استخدم الملتيميتر التماثلي، ضع المؤشر على قياس المقاومة العالية (مثلاً 10k) ثم قس مقاومة الزينر بالإتجاهين، ستجد أن أحد الاتجاهين له مقاومة أعلى بكثير من الأخرى (مثلا 10Ωو 100KΩ)

أنواع إضافية من الموحدات (لكنها نادرة الاستخدام)

الثنائي متغير السعة (الفاراكتور) varactor diode or Varicap

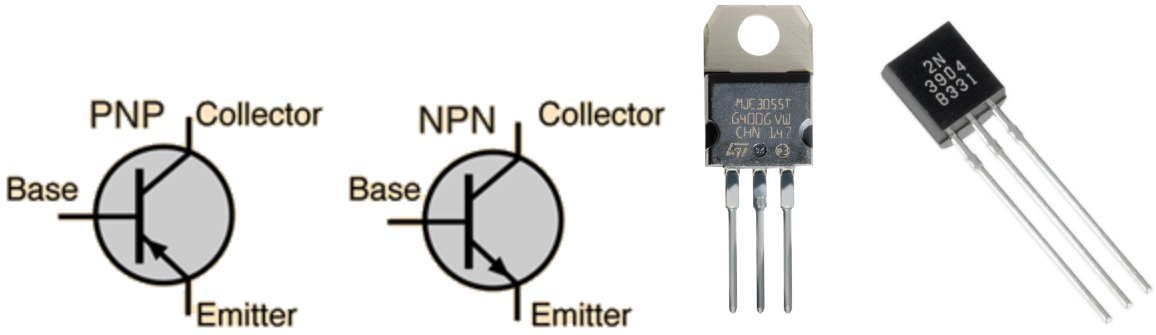
العمل: يعمل الثنائي متغير السعة كمكثف في الإنحياز العكسي ، سوى أن سعته تتغير حسب جهد الإنحياز المطبق بين طرفيه. وهو نادر الاستخدام.

الثنائي النفقي Tunnel diode



العمل : يعمل الثنائي النفقي بسرعات عالية جداً و طريقة عمله تختلف كثيرا عن الدايود العادي سوى أننا في هذا المنهج لن نتعمق في دراسته ؛ فهو نادر الاستخدام.

الترانستور ثنائي الوصلة BJT Bipolar , Bi-junction



مقدمة: يعتبر الترانستور أهم اختراع في القرن الماضي، فاختراعه قاد لتقدم الإلكترونيات بشكل مذهل.

العمل: يعمل الترانستور على تكبير الإشارات الكهربائية أو توصيلها و قطعها (كمفتاح بتحكم إلكتروني).

أطراف الترانستور ثنائي القطبية من نوع BJT

E : Emitter : الباعث

B : Base : القاعدة

C : Collector : المُجمـّع

الخصائص: في الترانستور ثنائي القطبية تعتمد التوصيلية بين الطرفين C و E على قيمة التيار المار في الطرف B فإذا كان التيار المار في B يساوي صفر ؛ تكون مقاومة الترانستور عالية جداً و عندما يصل التيار Ib إلى قيمة محددة فإن مقاومة الترانستور تصبح صغيرة جداً .

ترانستور BJT تتغير مقاومته بشكل خطي ؛ لذا فهو مناسب لتكبير الإشارات التماثلية.

يعمل الترانستور في واحدة من ثلاث حالات تشغيل:

1-حالة القطع cut off region و فيها تكون المقاومة بين C و E عالية جداً (كأنه مفتاح مفتوح)

2-حالة التوصيل saturation region وفيها تكون المقاومة بين C و E كبيرة جداً (كأنه مفتاح مغلق)

3-الحالة الفعالة active region و فيها تكون المقاومة بين C و E متوسطة القيمة

العيوب: مع عيوب ترانستور BJT أنه لا يتحمل الجهود العالية أو درجات الحرارة العالية.

كما أنه يستهلك مقداراً من الطاقة أعلى من الأنواع الأخرى من الترانسيستورات.

طريقة الاختبار: يعتبر عنصر الترانستور عموماً من العناصر المعقدة و ذلك لأن منه أنواع كثيرة تختلف اختلافات في مواصفات عديدة مثل: المقاومة الداخلية و نسبة التكبير، و تحمل التيار و القدرة. لذلك ننصح باستخدام أجهزة متطورة لتحليل و اختبار أنواع الترانستور المختلفة (مثل الجهاز الظاهر في الصورة)

الطريقة الثانية: يمكن باستخدام الملتيميتر اختبار الترانستور، وهي طريقة طويلة نوعاً ما . لكن يمكن تتبعها إذا اعتبرنا أن الترانستور ثنائي القطبية مكون (افتراضاً) من دايودين كما يظهر بالشكل.

ملاحظة: المقاومة بين B و E أكبر بقليل من المقاومة بين B و C .

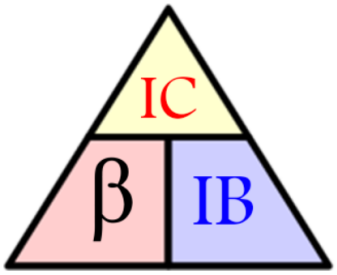
معادلات الترانستور: بسبب أهمية الترانستور القصوى في تكوين الدوائر الإلكترونية المتقدمة فإنه يجب دراسته و تحليله بشكل دقيق ، و قد توصل العلماء إلى عدد من المعادلات التي تحدد خصائص كل ترانستور.

معادلة حساب التيارات في الترانستور ثنائي القطبية:--

$$IE = IC + IB$$

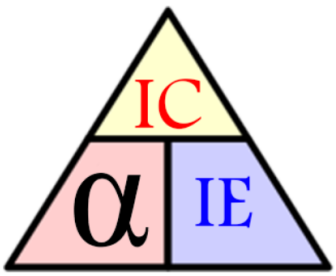
مع ملاحظة أن IB يكون صغير جدا عادةً (بالمايكرو أمبير)

معامل كسب التيار بيتا (β) و يسمى أيضاً h_FE



و تتراوح في معظم الترانستورات بين 20 إلى 200 ... و تصل أحياناً إلى 10000 في أنواع نادرة من الترانستورات.

معامل كسب التيار ألفا (α)



و تتراوح ألفا عادة بين 0.9 إلى 0.995

التحويل بين α و β

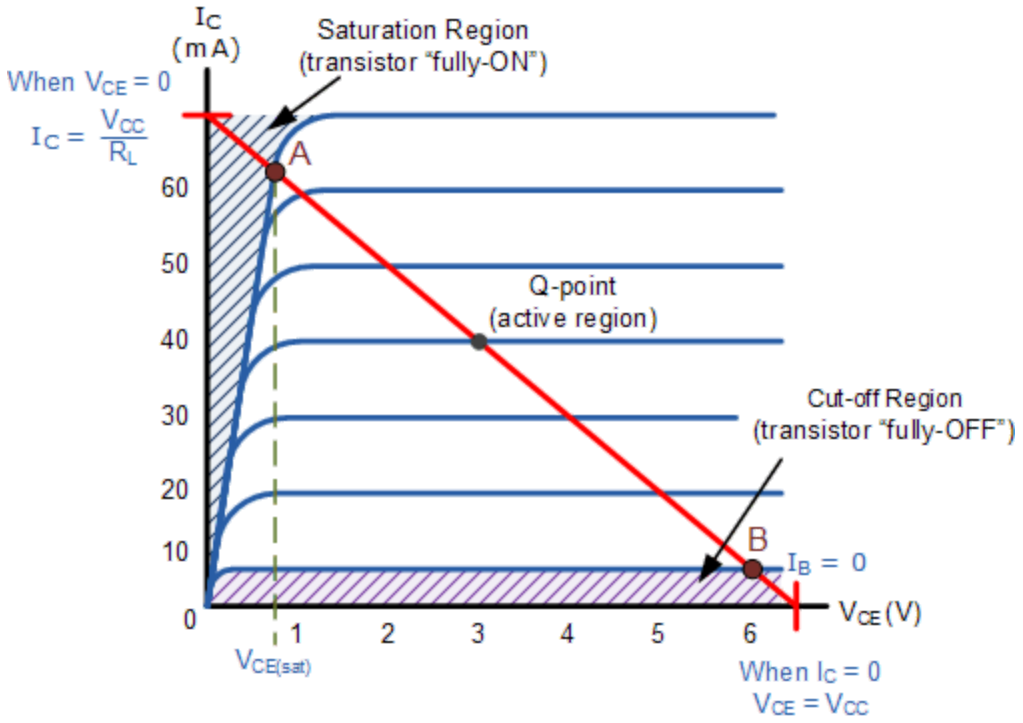
$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$	$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

تمارين حسابية:

سأضيفها لاحقاً ...

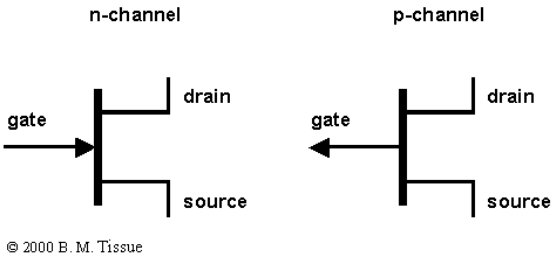
منحنى خصائص عمل الترانزيستور :

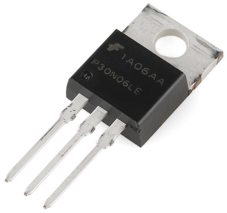
لكل ترانزيستور رسم بياني يبين طريقة عمل الترانزيستور . و يوجد في ورقة مواصفات خاصة بالعنصر.
سيظهر المنحنى بشكل يشبه الشكل التالي.



في هذا الكتاب لن نتعمق كثيرا في تحليل منحنى الخصائص ، فالهدف هو التعرف على العناصر و فائدتها

ترانستور تأثير المجال FET Field Effect Transistor





العمل: يعمل ترانستور FET مثل الترانستور العادي (BJT) ، سوى أن توصيليته تعتمد على قيمة الجهد عند الطرف G و ليس على التيار IB كما في النوع السابق. و من ترانستور الـ FET يتفرع أنواع كثيرة لا يتسع المجال هنا لدراستها جميعاً.

أطراف الترانستور تأثير المجال : FET

D : Drain : المصرف

S : Source : المصدر

G : Gate : البوابة

مميزات: سهولة تصنيعه في الدوائر المتكاملة

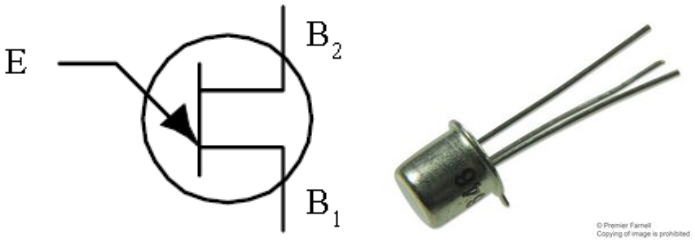
مقاومة الدخل عالية و بالتالي يستهلك قدرة أقل، و يصدر حرارة أقل

يتحمل درجات حرارة أعلى من ترانستور BJT

يمكنه العمل مع إشارات رقمية أسرع من الـ BJT ويصدر ضوضاء أقل.

العيوب: لا يعمل على التكبير بشكل خطي (لا يناسب تكبير الإشارات التماثلية)

ترانستور أحادي الوصلة Unijunction Transistor UJT

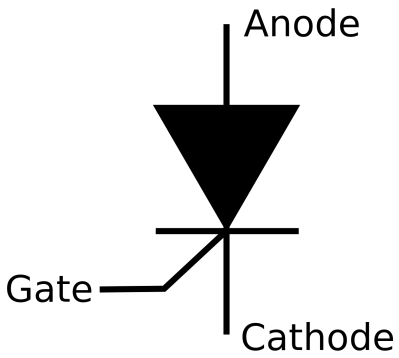


العمل : يشبه كثيراً ترانستور من نوع الـ JFET سوى أنه يختلف في الحجم ومادة التصنيع. يمكن تصنيع دوائر مذبذبات (دوائر توليد الإشارات) بسهولة بالغة بهذا النوع. مثل الشكل التالي:

الخصائص: لا يمكنه تكبير إشارة تماثلية لأنه لا يتغير بشكل خطي.
مناسب لتوليد النبضات ذات التردد المنخفض أو المتوسط .
ترانستور الـ UJT أصبح نادر الوجود و تم تطويره إلى PUT أو Programmable UJT

3- مجموعة أشباه الموصلات الأخرى

الثايرستور (الموحد السيليكوني المحكوم) thyristor SCR



العمل : يشبه عمل الدايود العادي فهو لا يوصل إلا في الانحياز الأمامي. سوى أنه لا يوصل حتى تطبق نبضة موجبة على طرف G عندها يبدأ التوصيل.

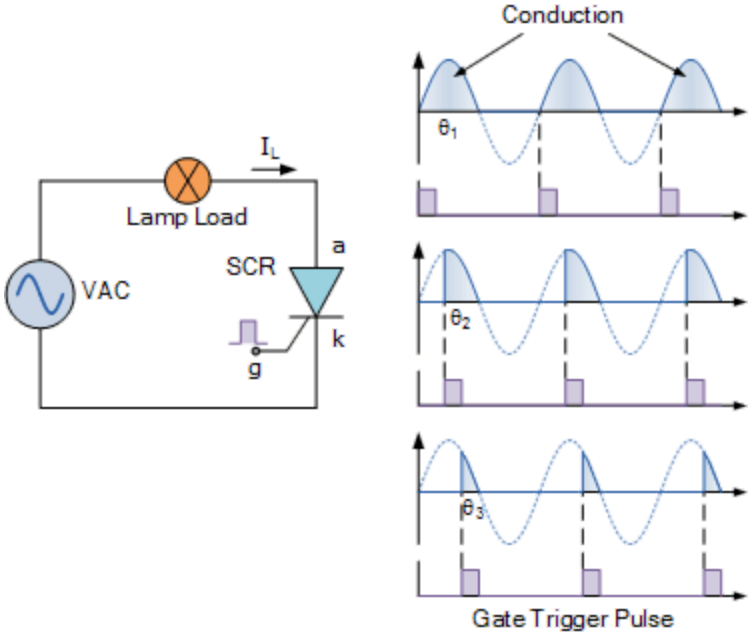
وحدة القياس : لا يوجد

الخصائص: عندما يكون الثايرستور موصلاً فإنه يحافظ على حالة التوصيل. و لا يعود إلى حالة القطع إلا إذا :

1- انقطع التيار المار بين الآنود و الكاثود

2- تم تطبيق جهد سالب على الآنود (بالنسبة للكاثود)

شكل يوضح تطبيق لعمل الثايرستور

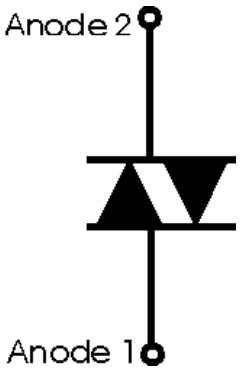


طريقة الاختبار: ينصح باستخدام الجهاز المتقدم semiconductor analyzer لاختبار الثايرستور بكل سهولة. فهو سيحدد لك مكان الأطراف و باقي خصائص الثايرستور.

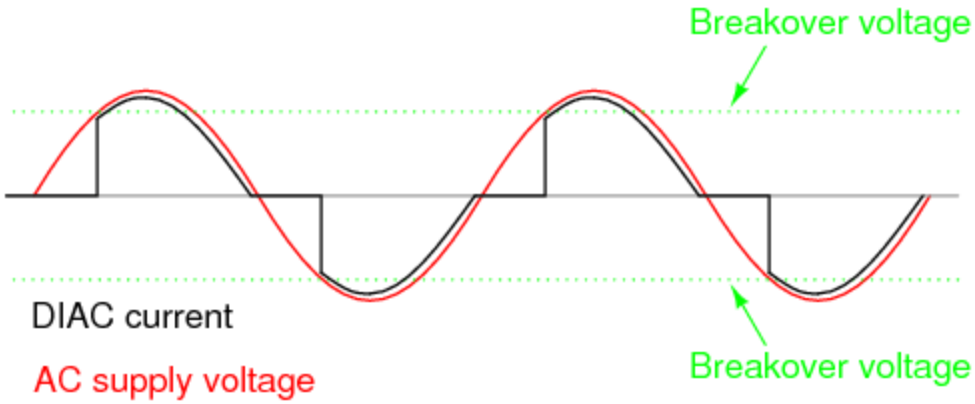
طريقة2: ضع الملتيميتر على وضع اختبار الدايود ، ضع السلك الأحمر على الأنود و الأسود على الكاثود ، هنا يجب أن تكون المقاومة عالية جداً (OL) . ثم وصل سلكا آخراً و اجعله يوصل بين السلك الأحمر و طرف الـ G و وصله للحظة قصيرة. هنا يجب أن تتحول مقاومة الثايرستور إلى مقاومة صغيرة جدا و تبقى على ذلك حتى تعيد الإختبار.

في حال إعادة التجربة بعكس القطبية (الأحمر على الكاثود) يجب ألا تقل المقاومة أبدا .

الدياك Diac



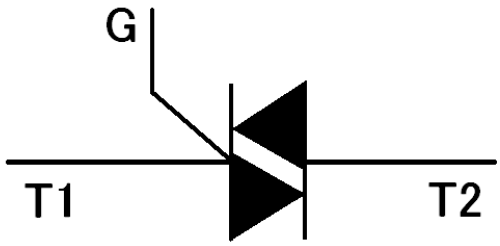
العمل : يعمل الدياك على توصيل التيار في الاتجاهين و لكن بعد أن يتجاوز الجهد بين طرفيه جهد الحاجز VBO لحظياً . ثم يحافظ على حالة التوصيل حتى لو نقص الجهد عن جهد الحاجز.



وحدة القياس : جهد الحاجز VBO و يتراوح بين 7 فولت و 140 فولت

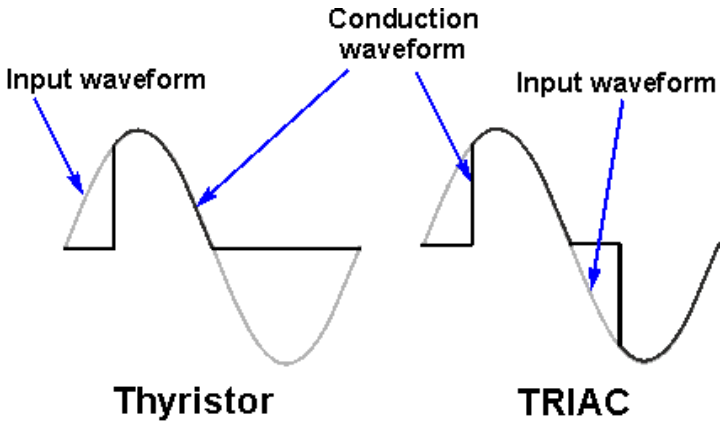
طريقة الاختبار: يجب استخدام مصدر جهد مستمر يمكن التحكم بقيمة الجهد به، و مبين ضوئي و مقاومة مناسبة. قم بزيادة الجهد حتى تتجاوز جهد الحاجز للدياك VBO عندها يجب أن يضيء المبين الضوئي. و يجب أن يستمر بالإضاءة حتى لو أخفضنا الجهد لما دون جهد الحاجز.

التريـاك Triac



العمل : يعمل التريـاك بشكل يشبه الثايرستور سوى أن بإمكانه توصيل التيار في الاتجاهين.

وحدة القياس: جهد الحاجز VBO



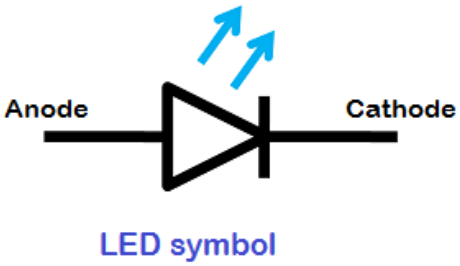
طريقة الاختبار: ضع الملتيميتر على وضع اختبار الدايود، وصل السلك الأحمر إلى T1 و الأسود إلى T2 . ستظهر مقاومة عالية أو (OL) عندها ضع أصبعك كموصل بين السلك الأحمر و طرف الـ G عندها يجب أن تقل مقاومة التريـاك. عندما ترفع اصبعك ؛ يجب أن تبقى مقاومة التريـاك صغيرة جداً . كرر العملية مع تبديل الأسلاك على T2 و T1 و يجب أن تجد نفس النتيجة.

الباب الثاني الجزء الرابع

العناصر الكهروضوئية Optoelectronic devices

يقصد بالعناصر الكهروضوئية هي العناصر الالكترونية التي تحول الطاقة الكهربائية إلى ضوئية أو العكس يمكن استخدام العناصر كمبينات ضوئية بأشكال مختلفة (إشارة مرور) أو وحدة عرض أرقام (7seg)

الثنائي باعث الضوء LED

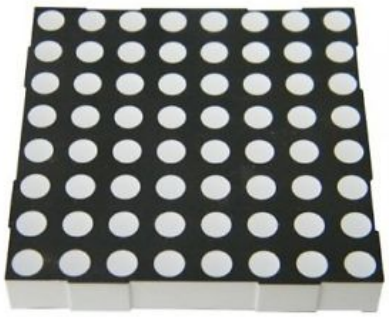


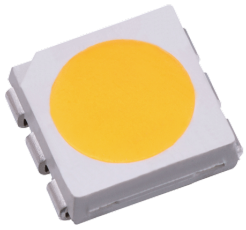
LED symbol

العمل: يعمل على تحويل جهد مستمر صغير إلى ضوء.

وحدة القياس: جهد التشغيل و يكون عادة 3 فولت

خصائص: تختلف الـ LEDs في أحجامها و أشكالها و قدرتها و جهد تشغيلها . اذا أردت تشغيلها بجهد أعلى من جهد التشغيل ، لا بأس لكن يجب معرفة قيمة المقاومة المناسبة و توصيلها مع الـ LED .



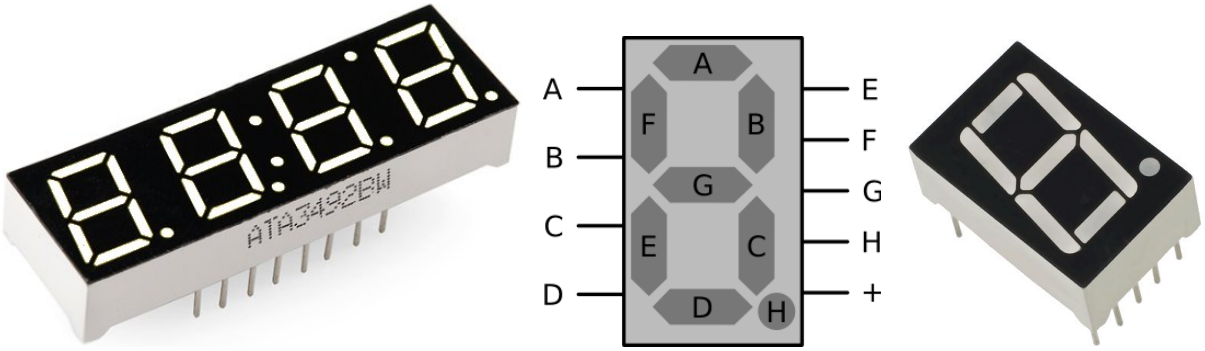


المميزات: يستخدم جهد منخفض بكفاءة عالية، منه ألوان و أشكال و أحجام عديدة، يوجد منه أنواع تولد شعاع ليزر.

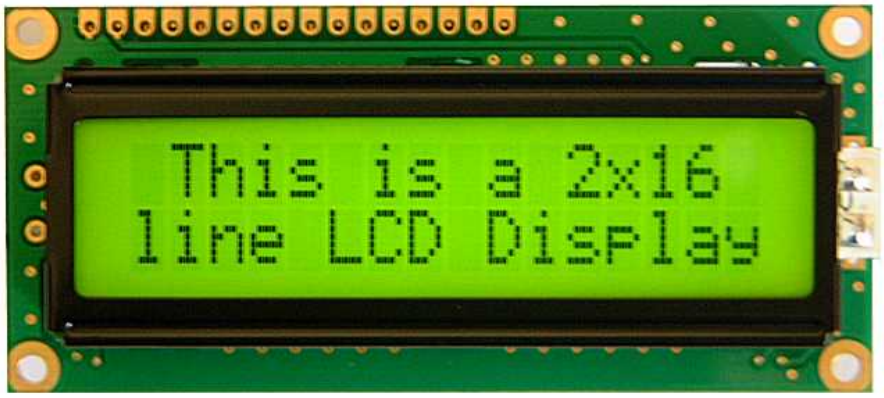
طريقة الاختبار: ضع الملتيميتر على وضع اختبارالدايود ، وصل السلك الأحمر إلى الأنود و الأسود إلى الكاثود يفترض أن يضيء الـ LED ، اذا استخدمت ملتيميتر تماثلي ؛ ضعه على قياس المقاومة و وصل الأسلاك عكس الوضع السابق (الأحمر إلى الكاثود)

من الـ LED تم عمل تشكيلات مختلفة لها تطبيقات عديدة

الإشارات السبع seven segment

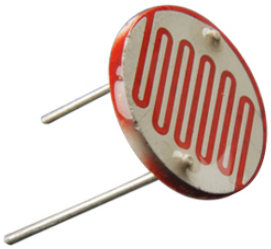
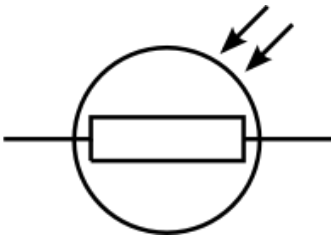
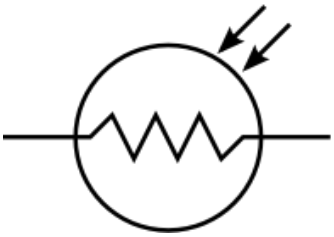


شاشة العرض البسيطة LCD display



في هذا الكتاب لا يتسع المجال لشرح تكوين و استخدام كل واحدة من هذه العناصر. لذا سنتركها لك ...

المقاومة الضوئية LDR

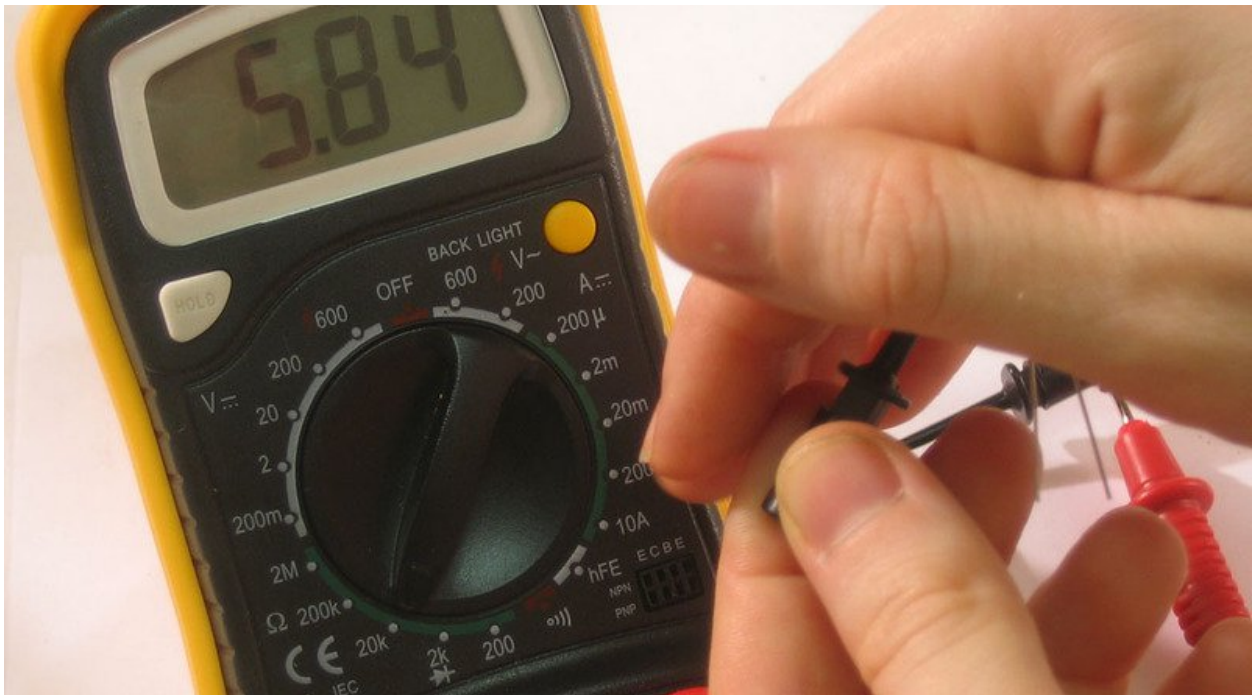
أبسط العناصر التي تستخدم لقياس شدة الضوء في مكان.

العمل: هي مقاومة تتغير قيمتها (الأوم) حسب شدة الإضاءة. فتقل قيمة المقاومة كلما كان الضوء أعلى.

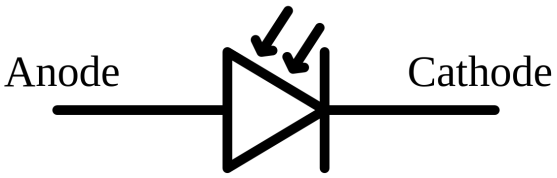
وحدة القياس : يمكن قياس المقاومة بوحدة الأوم. ولكن الـ LDR ليس لها قيمة ثابتة.

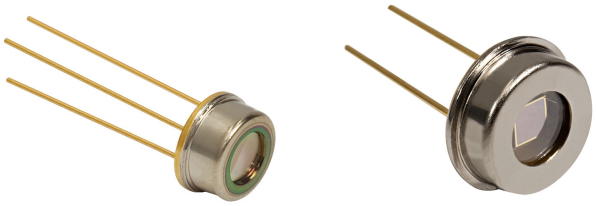
الخصائص: توجد أحجام مختلفة من المقاومات الضوئية تناسب تطبيقات مختلفة.

الاختبار: جرب قياس مقاومة المقاومة الضوئية عندما تكون المقاومة في مكان عالي الإضاءة ثم غطيها، يجب أن تزيد قيمة المقاومة في الظل.



الثنائي الضوئي (المستقبل للضوء) photodiode

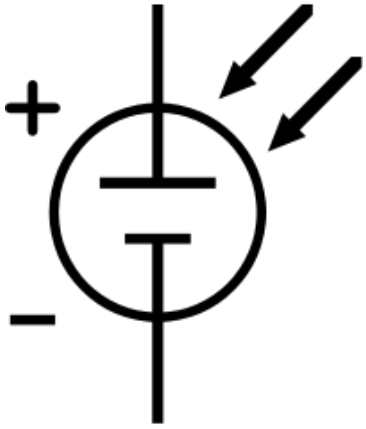


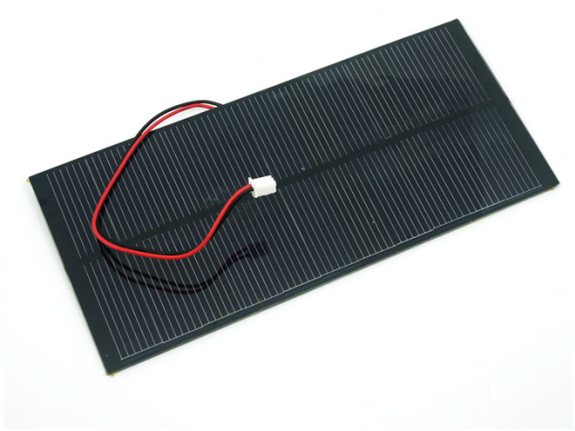


العمل : يعمل الثنائي الضوئي على تمرير التيار في الاتجاه العكسي فقط عندما يتم تسليط ضوء على المنطقة الحساسة فيه.

الاختبار: قم بوضع جهاز الملتيميتر على وضع اختبار الدايود و وصل الثنائي الضوئي بالإتجاه العكسي (الأحمر على الكاثود) يجب أن يوصل في حال وجود ضوء قوي على العدسة و ألا يوصل في حال تغطية العدسة عن الضوء.

الخلية الشمسية Solar cell





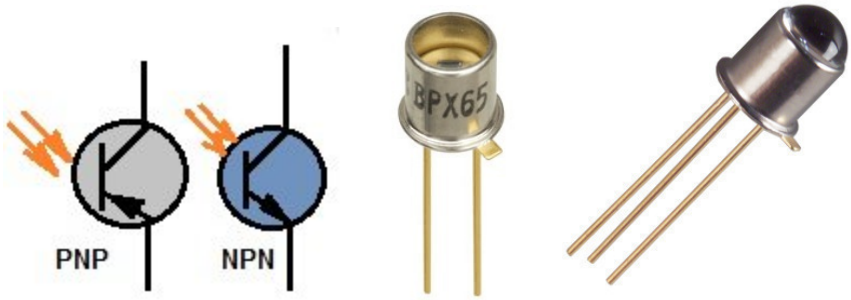
العمل: تعمل الخلية الشمسية على توليد طاقة كهربائية مستمرة DC (جهد و تيار و قدرة) من طاقة الضوء.

وحدة القياس : الجهد و القدرة watt + Volt

الخصائص : تعتبر الخلية الشمسية عنصر ذو كفاءة منخفضة في تحويل الطاقة (efficiency) فمعظم الخلايا الشمسية لا تتجاوز كفاءتها في تحويل الطاقة 25% بينما أعلى كفاءة تم تصنيعها في خلية شمسية 45%

طريقة الاختبار: ضع الخلية الشمسية تحت ضوء ساطع، و قس الجهد باستخدام الملتيميتر _ يجب أن يصل الجهد إلى الجهد المبين في مواصفات الخلية.

الترانستور الضوئي Photo transistor



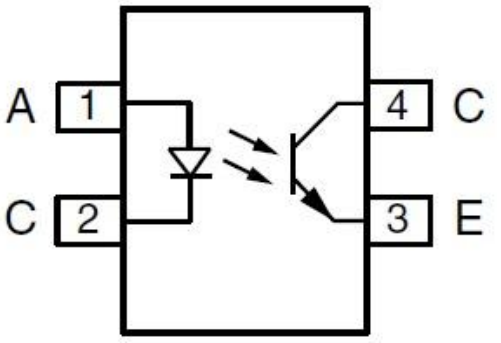
العمل : يعمل الترانستور الضوئي على تغيير مقاومته الداخلية (بين طرفي C و E) اعتماداً على شدة الضوء عند العدسة أو الجهد المطبق على طرف الـ B

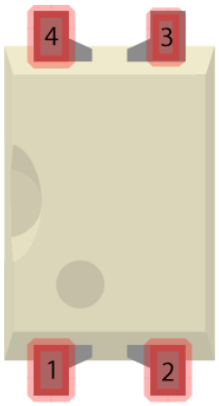
وحدة القياس: لا يوجد ، لكن لكل ترانزيستور منحنى خصائص كما درست في الترانزيستورات السابقة.

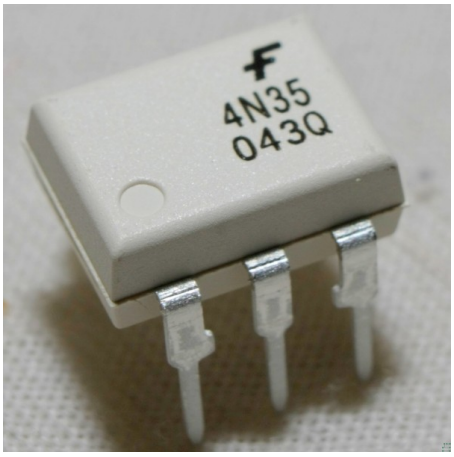
الخصائص: الترانستور الضوئي منه أنواع pnp-npn وبعض أنواع الترانستور الضوئي لها 3 أطراف وبعضها لها طرفين فقط ولا تحتوي طرف القاعدة B

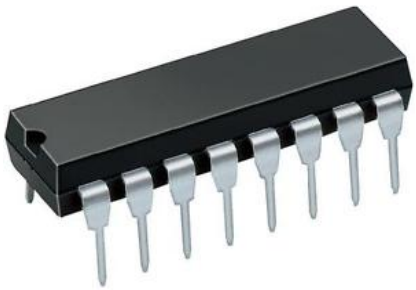
طريقة الاختبار: (npn) ضع الملتيميتر على قياس المقاومة – الأحمر على C و الأسود على E كلما تعرضت العدسة على ضوء أكثر ستقل المقاومة.

شريحة العزل الضوئي optocoupler opto-isolator









العمل: تعمل دائرة العزل الضوئي على ربط دائرتين إلكترونيتين بحيث تنتقل الإشارة الكهربائية من دائرة التحكم إلى دائرة التشغيل. والفائدة هي حماية دائرة التحكم من أي مشاكل قد تحدث في دائرة التشغيل.

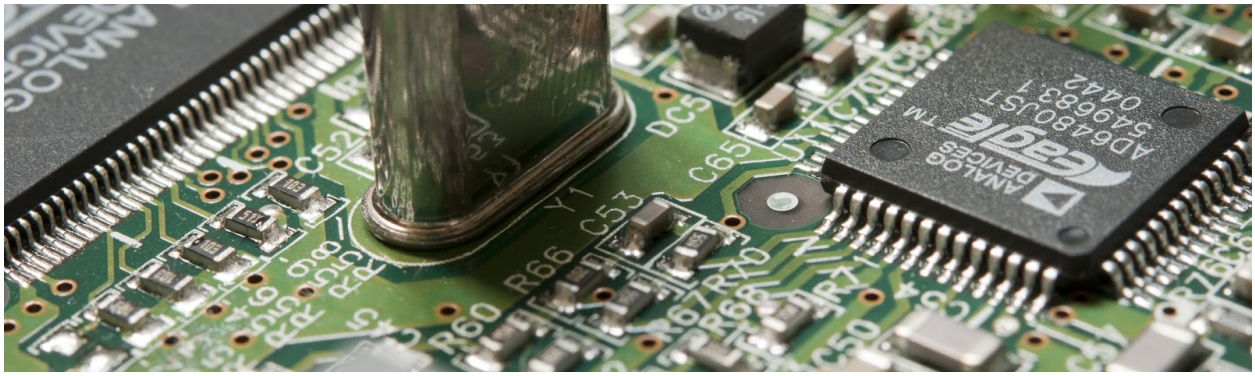
وحدة القياس: لا توجد وحدة قياس محددة، سوى أن شرائح العزل تختلف من ناحية عدد القنوات (الإشارات) التي يمكن توصيلها و عزلها.

الخصائص: توجد مقاسات مختلفة من شرائح العزل الضوئي بعضها تحتوي 4 أطراف و بعضها 6 و بعضها تحتوي مصفوفة كبيرة من المداخل و المخارج لتعزل عدد من الإشارات في شريحة واحدة.

طريقة الاختبار: يجب الاطلاع على ورقة مواصفات دائرة العزل. ثم يجب تطبيق دخل على المدخل (الثنائي الضوئي) و مراقبة تغير المقاومة بين طرفي المخرج (C,E) للترانستور. يجب أن تقل مقاومة الخرج عند تطبيق جهد الدخل.

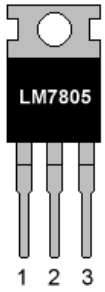
الباب الثاني _ الجزء الخامس

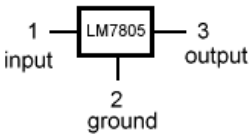
الدوائر المتكاملة IC Integrated circuits

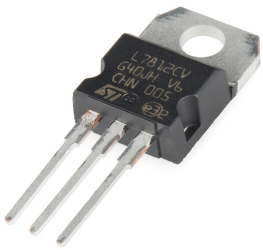


مقدمة: مع التقدم السريع في صناعة الدوائر الإلكترونية لم يعد تركيب الدوائر الإلكترونية من عناصر منفصلة مجدياً من ناحية الحجم أحياناً. فنشأت فكرة تصنيع دوائر كاملة تتكون من عشرات أو آلاف العناصر في شريحة واحدة. لكل شريحة رقم و ورقة مواصفات تشرح توصيل و عمل الدائرة المتكاملة. و عدد الدوائر المتكاملة كبير جداً لذا ؛ سندرس 3 فقط من أشهر أنواع الدوائر المتكاملة.

مثبت الجهد Voltage regulator







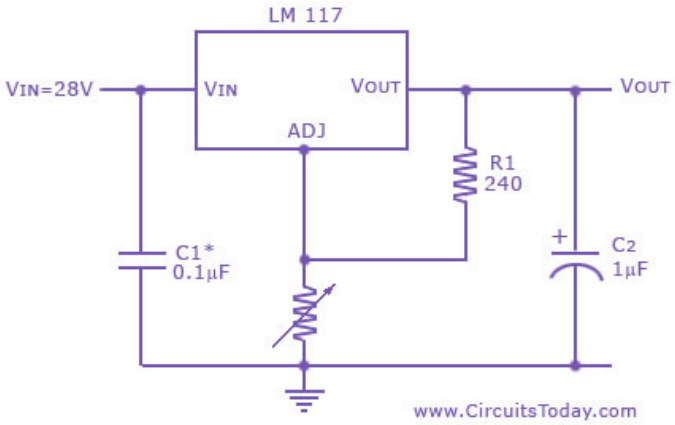
العمل: تعمل الدوائر المتكاملة المثبتة للجهد (كما يظهر في اسمها) على تثبيت قيمة الجهد على قيمة محددة. و هذه الدوائر أفضل من ثنائي الزينر في هذا العمل.

وحدة القياس: الجهد الذي سيثبت عليه الخرج و يقاس بالفولت Volt

الأنواع: يوجد أنواع تعمل على تثبيت الجهد على قيمة ثابتة موجبة مثل : LM7805 يعمل على تثبيت الجهد على 5v dc

بينما بعض الأنواع تعمل على تثبيت الجهد على قيمة سالبة مثل: LM7909 يثبت الجهد على -9v dc

كما توجد أنواع يمكنها تثبيت الجهد على قيمة تحددها العناصر المتصلة مع المثبت مثل LM317



معظم مثبتات الجهد يتم توصيلها مع مكثفين كما يظهر بالشكل لتحسين استقرار الخرج.

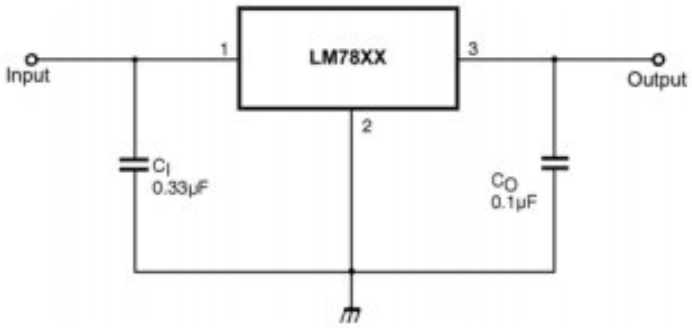
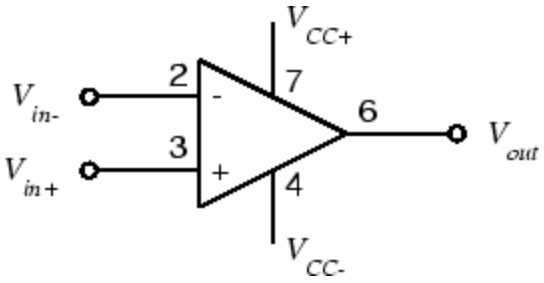
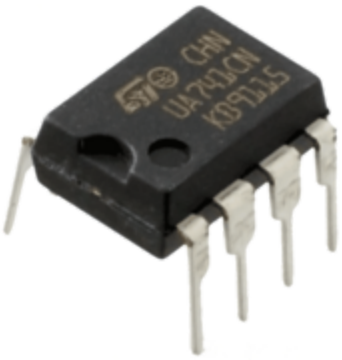


FIGURE 5. DC Parameters

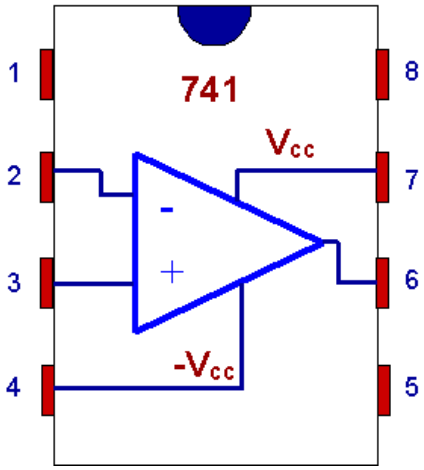
الخصائص: عادة تسخن مثبتات الجهد أثناء التشغيل ؛ لذا يجب ربطها بقطع معدنية مشتتة للحرارة.

المكبر التشغيلي operational amplifier op/amp





العمل: يمكن استخدام المكبر التشغيلي لتنفيذ الكثير من المهام اللازمة في الدوائر الإلكترونية ، فله دوائر عديدة و مفيدة مثل



المكبر العاكس: تكبير الإشارة و عكس قطبيتها

المكبر الغير عاكس: تكبير الإشارة بدون عكس قطبيتها

المكبر العازل: ربط دائرتين مع عزل التيار عن الانتقال بينهما

المكبر الجامع: جمع مجموعة جهود واخراجها على طرف واحد

المكبر كمذبذب: دائرة المذبذب لتوليد إشارة جيبية

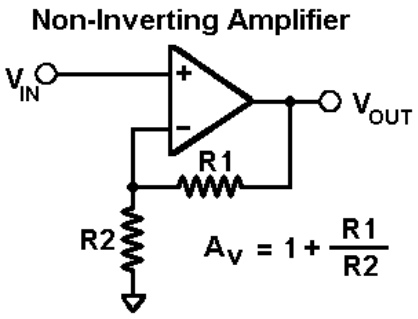
دائرة المقارن : لعمل مقارنة دقيقة بين قيمتي جهد

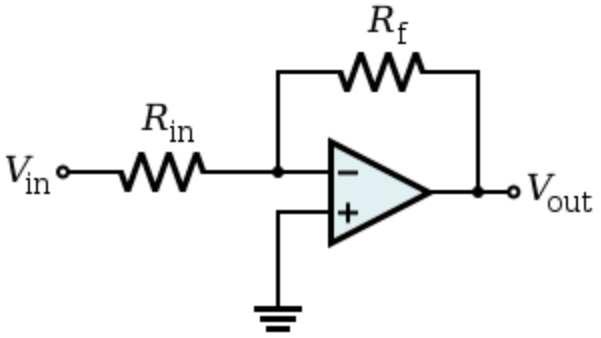
دوائر الفلتر : لتمرير أو منع بعض الترددات

دائرة المفاضل: يعرض إشارة تماثلية تعبر عن تفاضل إشارة الدخل.

دائرة المكامل: يعرض إشارة تماثلية تعبر عن تكامل إشارة الدخل.

طريقة توصيل المكبر العاكس و المكبر الغير عاكس.

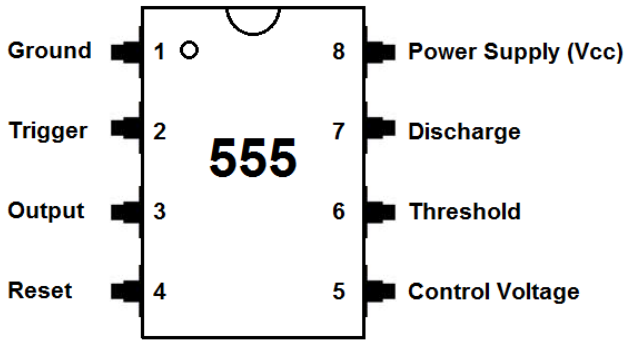


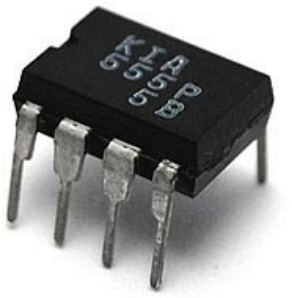


الأنواع: يوجد المكبر التشغيلي في شرائح مختلفة بتوصيلات مختلفة ، سوى أن أشهرها الشريحة 741 ذات الثماني أرجل و تحتوي على مكبر تشغيلي واحد . بينما بعض الشرائح تحتوي مكبرين اثنين أو أكثر في نفس الشريحة.

الخصائص: حتى يعمل المكبر بشكل جيد يجب أن توصل جهود التغذية على طرفي V+ و V- و ذلك بـ +20v و -20v عادة. الأطراف 1 ، 5 ، 8 ليست ضرورية للتشغيل.
بعض الدوائر الشائعة التي تعتمد على المكبر التشغيلي:

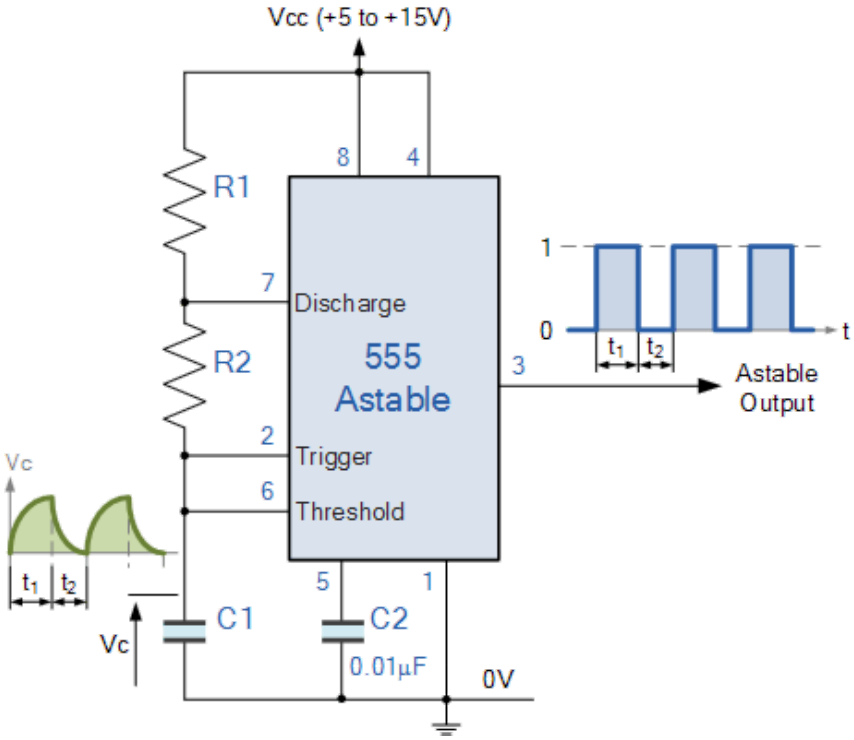
المؤقت 555 Timer555





المؤقت 555 هو دائرة متكاملة يمكن استخدامها في تطبيقات رقمية عديدة . سوى أن لها استخدامين رئيسيين.

دائرة عديم الاستقرار astable و هنا يعمل المؤقت على توليد نبضات (مربعة الشكل) بتردد يحدده العناصر المتصلة معه، و تستخدم هذه النبضات لضبط التزامن في الدوائر الرقمية.



$$T_1 = 0.7(R_1+R_2)C$$

and

$$T_2 = 0.7R_1C$$

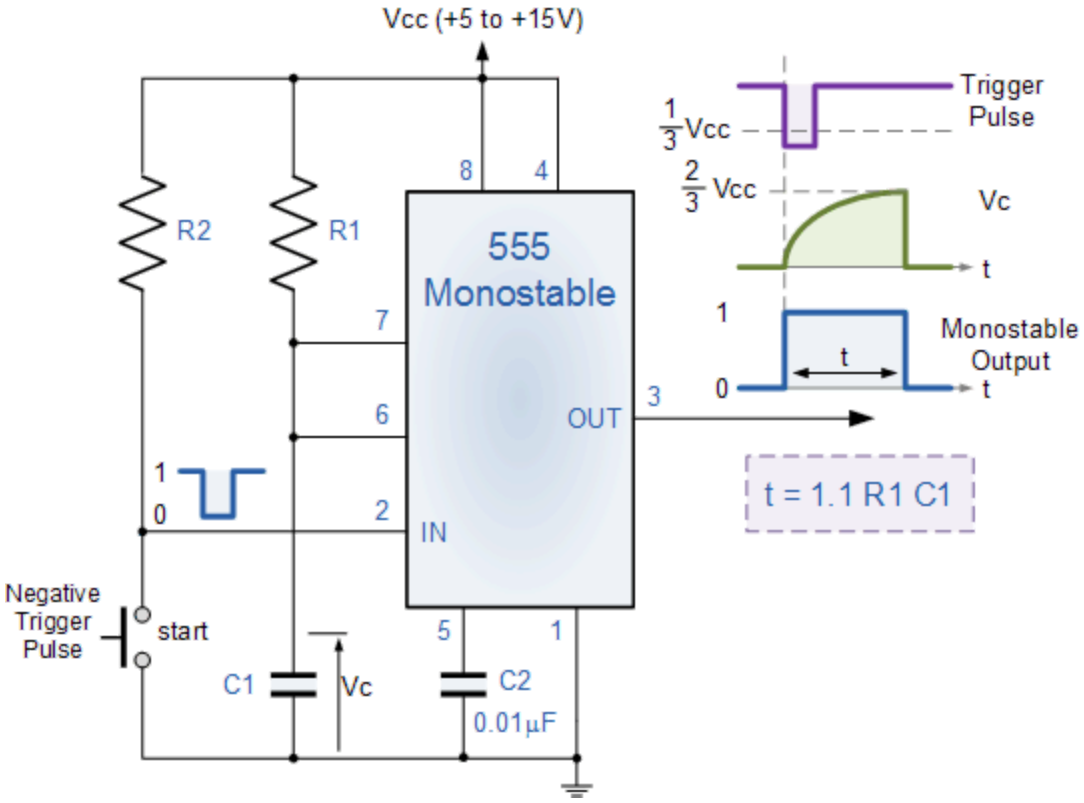
so

$$T = 0.7(R_1+2R_2)C$$

or

$$f = \frac{1.45}{(R_1+2R_2)C}$$

أحادي الاستقرار monostable و هنا يعمل المؤقت على ضبط عرض النبضات ذات العرض الغير ثابت.



طريقة الاختبار: ينصح بتوصيل المؤقت 555 في دائرة المذبذب (عديم الاستقرار)

ورقة المواصفات Datasheet

تختلف العناصر الإلكترونية عن بعضها في المواصفات بدرجات متفاوتة ، فليس كل ترانستور يؤدي عمل أي ترانستور آخر . لذلك يجب على المتخصص في الإلكترونيات إيجاد ورقة المواصفات (datasheet) لبعض العناصر الدقيقة مثل التارنستورات و الدوائر المتكاملة.

لإيجاد ورقة مواصفات عنصر من الإنترنت استخدم مواقع الانترنت:

www.Digikey.com

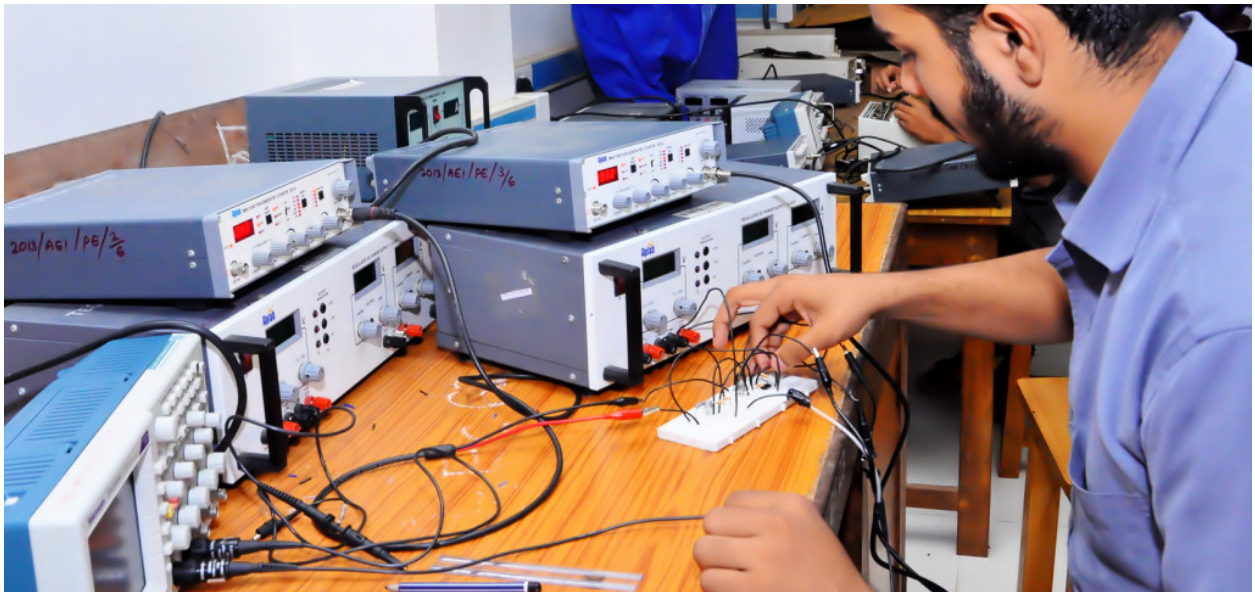
موقع شهير و كبير يعمل على بيع العناصر الإلكترونية ويحتوي أوراق المواصفات (datasheet) و أكثر من ذلك عبر الإنترنت. كما أنه يقدم برامج مجانية جيدة لرسم الدوائر الإلكترونية.

موقع : www.alldatasheet.com

موقع معروف و متخصص بجمع أوراق المواصفات datasheet للعناصر الإلكترونية المختلفة من جميع المصنعين.

خاتمة:

علم الإلكترونيات علم جميل متجدد متسارع ... هو علم تطبيقي تتحول فيه الأفكار إلى واقع ملموس.



معرفة العناصر الإلكترونية خطوة هامة في مسارك نحو تميزك في المجال الحي. ستنقسم الإلكترونيات إلى تخصصات كثيرة مثل: الدوائر التماثلية ، الدوائر الرقمية، التحكم ، الاتصالات، صناعة الحساسات ، صناعة الدوائر المتكاملة ، الأنظمة الكمبيوترية الصغيرة embedded systems . نتمنى لك النجاح و التميز.

م. سامي قرامي

jeem2.com