برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي مهندس صيانة كهرباء – الدرجة الثانية

الكروت الإلكترونية

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

المحتويات

مقدمة ٢
أولا مكونات الكروت الاليكترونيه ٢
المقاومة RESISTOR ٢
الملفات COILS ١١
الحث الذاتي: ١٢
أنواع الملفات Types Coils: ١٣
أولاً: من حيث القلب ١٣
ثانيا من حيث التردد ١٦
المكثف CAPACITOR OR CONDENSER ١٩
المكثّفات الالكتروليتية (مكثّفات نوع كهروكيميائية): ٢١
اشباه الموصلات Semiconductor ٢٩
أنواع الثنائيات (الدايود) Diode Types: ٣٣
الرموز المعبرة عن الثنائيات: ٤٠
الثنائيات الجسرية: ٤٠
دارات التقويم والترشيح: ٤٠
الترشيح: ٤١
مراحل دارة تقويم موجة كاملة ٤٢
الترانزستور Transistor ٤٢
وصف الترانزستور: ٤٣
هناك مساران للتيار في دوائر الترانزستور: ٤٦
الترانزستور كقاطع إلكتروني: ٤٩
أطراف الترانزستورات الشائعة ٥٠
مقوم التحكم The Silicon – Controlled Rectifier (SCR) ٥٢
تعريف الثايرستور (Thyristors): ٥٢
ويمكن تلخيص عمل الثايرستور بشكل عام (بأنه يشبه عمل الديود): ٥٣
بعض استخدامات الثايرستورات: ٥٤
أنواع الثايرستورات: ٥٥
المواصفات الفنية للثايرستور: ٦٠
الترياك (Triak) ٦٠
الطرق المباشرة لنقل المسارات ٦٧
العزل: ٧٦
مقدمة عامة لعمليات اللحام ٨٣
عناصر ومتطلبات اللحام: ٨٣
اللحام Disordering: ٨٤
أسباب تلف العناصر الإلكترونية ٩٣
كيف تنقذ البطاريات: ٩٥

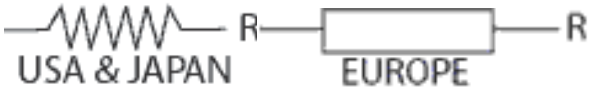
مقدمة

الكروت الاليكترونية اصبحت تدخل فى معظظم اجهزة التحكم والقياس واصبحت ضرورية لافراد الصيانة التعرف على مكونات الكروت وكيفية اكتشاف الاعطال الموجودة بها وإصلاحها

أولا مكونات الكروت الاليكترونيه

المقاومة RESISTOR

من أهم وأكثر القطع الإلكترونية شيوعاً واستخداماً، وتستخدم للتحكم في فرق الجهد (الفولت) – كمقسم جهد، وشدة التيار (الأمبير) – كمقسم تيار، وتقاس المقاومة بوحدة الأوم Ohm، وترمز بالرمز R.



1 Ω	1 Ohm
1 K Ω	1000 Ohms = 1 K Ohm
1 M Ω	1000000 Ohms = 1 M Ohm

وتختلف نوعيتها على حسب كيفية صنعها، والمواد المركبة منها، وأهم أنواع المقاومات هي:

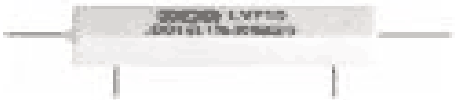
١. المقاومة الثابتة.
٢. المقاومة المتغيرة.
٣. المقاومة الضوئية.
٤. المقاومة الحرارية.

أولاً المقاومة الثابتة R:

تتميز هذه المقاومات بثبات قيمتها وتختلف في استخدامها على حسب قدرتها في تمرير التيار الكهربائي فهناك مقاومات ذات أحجام كبيرة تستخدم في التيارات الكبيرة وأخرى صغيرة للتيارات الصغيرة.

مقاومة (وصلة) صفرية Jumper (Zero Ohm)

مقاومة مغطاة بألمنيوم Aluminum Housed



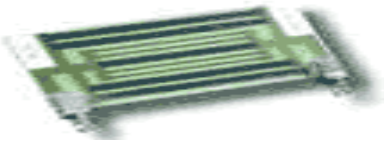
مقاومة ذات أوم منخفض Low Ohm

مقاومة كربونية Carbon Comp

مقاومة شبكية Network

مقاومة سيراميكية Ceramic Encased

مقاومة فلمية ذات جهد عالي Power Film

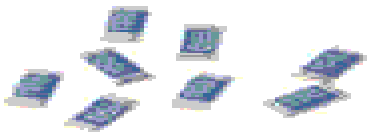


مقاومة فلمية Film

مقاومة خاصة

مقاومة غطائية

مقاومة سطحية Surface Mount



مقاومة مصهرية Fusible

لامقاومة حساسة للحرارة Temp. Sensitive

مقاومة ذات جهد عالي High Voltage

مقاومة سلكية Wire wound

مقاومة ذات أوم عالي High Ohm

Fig. 1.1b: High-power resistors and rheostats

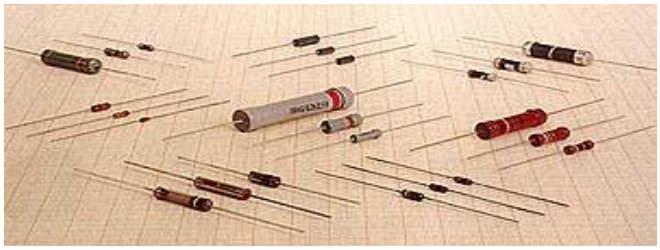


Fig. 1.1a: Some low-power resistors

ثانيا المقاومة المتغيرة (Potentiometer or Variable Resistor VR):

هي مقاومة يمكن تغيير قيمتها، حيث تتراوح قيمتها بين الصفر وأقصى قيمة لها.

فمثلا: عندما تقول أن قيمة المقاومة 10KΩ، يعني أن قيمة المقاومة تتراوح بين الصفر أوم وتزداد بالتدريج يدويا حتى تصل قيمتها العظمى 10KΩ (0-10KΩ)، ويمكن تثبيتها على قيمة معينة.

ويمكن مشاهدة المقاومة المتغيرة في كافة الأجهزة الصوتية، فعندما نريد رفع صوت الجهاز "الراديو" أو نخفضه فإننا نغير في قيمة المقاومة المتغيرة، فعندما تصل قيمة المقاومة أقصاها فإن الصوت ينخفض إلى أقل شدة والعكس عند رفع الصوت.

هناك عدة أنواع من المقاومات المتغيرة نذكر منها:

المقاومة المتغيرة الدورانية.

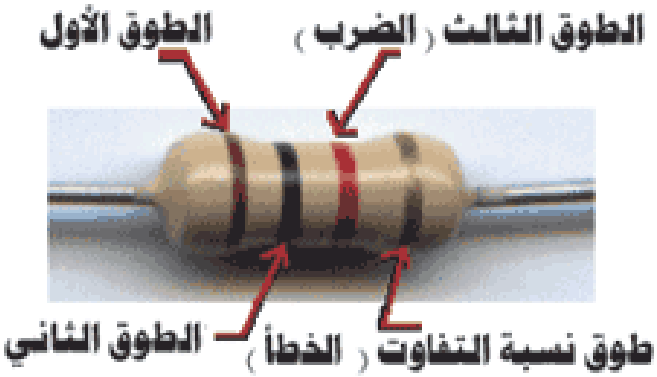
المقاومة المتغيرة الخطية.

المقاومة المتغيرة الدائرية المستخدمة في الألواح الالكترونية

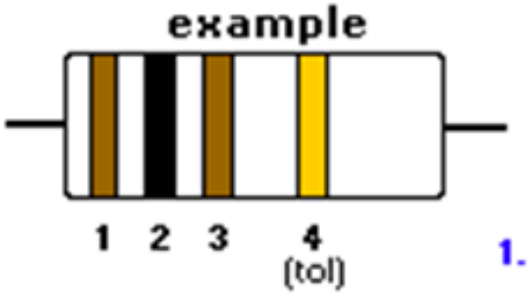
قراءة قيمة المقاومة:

يوجد على المقاومة أطواق ملونة لمعرفة قيمتها.

ولمعرفة قيمة المقاومة أنظر إلى الطوق الذهبي أو الفضي "وهو الطوق الذي يحدد نسبة التفاوت أو الخطأ في المقاومة"، واجعل الطوق الذهبي أو الفضي على يمينك وأبدا القراءة من اليسار إلى اليمين". هناك بعض المقاومات ليس لها طوق ذهبي أو فضي فبدأ القراءة من الطوق الأقرب لأي طرف من السلك".

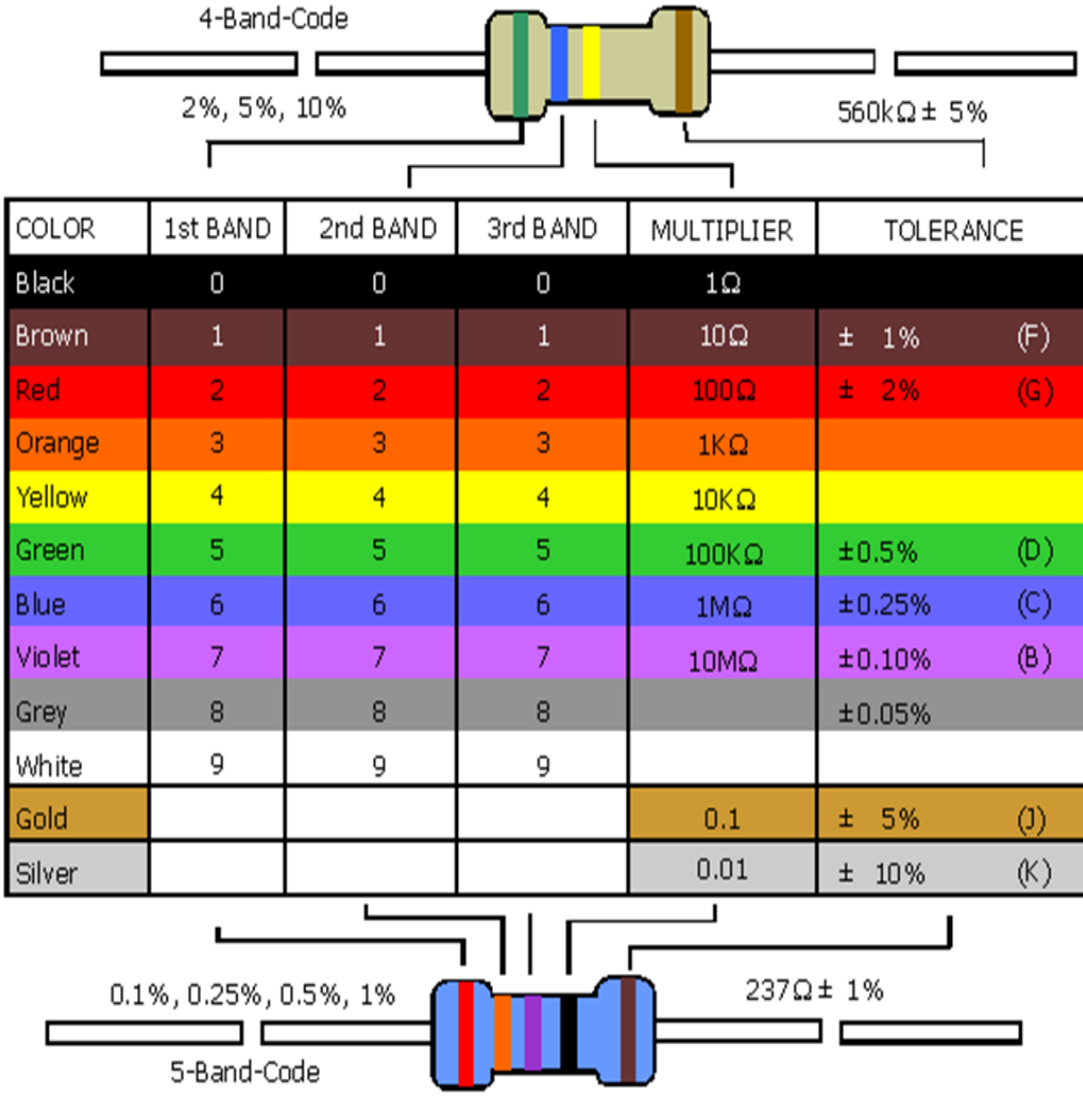


مثلاً: مقاومة لونها بني اسود بني:



أبدأ من اليسار إلى اليمين، أنظر للطوق الأول وحدد لونه وأكتب رقمه على حسب الجدول الموضوع، اللون بني ويساوي ١،ثم أنظر للطوق الثاني وحدد لونه وأكتب رقمه على حسب الجدول الموضوع، اللون أسود ويساوي صفر، ثم أنظر للطوق الثالث والأخير وحدد لونه وأكتب رقمه عدد أصفار على حسب الجدول الموضوع، اللون بني ويساوي ١، فتصبح قيمة المقاومة ١٠٠ ohms، ونلاحظ اللون الرابع الذي هو ذهبي يحدد نسبة التفاوت والتي هي حسب الجدول ٥%.

الجدول التالي يوضح الألوان المستخدمة لتعريف المقاومات وقيمها



COLOR	1st BAND	2nd BAND	3rd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE	
Black	0	0	0	1Ω		
Brown	1	1	1	10Ω	± 1%	(F)
Red	2	2	2	100Ω	± 2%	(G)
Orange	3	3	3	1KΩ		
Yellow	4	4	4	10KΩ		
Green	5	5	5	100KΩ	±0.5%	(D)
Blue	6	6	6	1MΩ	±0.25%	(C)
Violet	7	7	7	10MΩ	±0.10%	(B)
Grey	8	8	8		±0.05%	
White	9	9	9			
Gold				0.1	± 5%	(J)
Silver				0.01	± 10%	(K)

عادة الترميز بخمسة أحزمة لونية يستخدم في المقاومات ذات الدقة ±١% و±٢%. النموذج الأكثر توفراً هو ±٥% يأتي عادة بأربعة أحزمة لونية.

في حال المقاومات بخمسة أطواق:

الأمر مماثل تماماً للحالة السابقة ولكن اللون الأول والثاني والثالث أرقام أما اللون الرابع فهو عدد الأصفار والخامس كما سبق نسبة التفاوت.

ملاحظة:

المصانع لا تضع قيمة المقاومة كالقيمة الفعلية بالضبط، لكن هناك نسبة خطأ أو تفاوت في الخطأ Tolerance، لذلك وضعت المصانع الطوق الأخير "الذهبي أو الفضي" لمعرفة دقة المقاومة، وهي ببساطة تقاس على حسب لون الطوق، فاللون الذهبي يعني أنه هناك نسبة خطأ قدره ٥% والفضي ١٠% و٢٠% للمقاومة من غير طوق أخير. بعض المقاومات تكتب عليها قيمتها كتابةً.

مثال:

احسب قيمة المقاومة بني اسود برتقالي ذهبي مع نسبة خطأها؟

- المقاومة تكون نسبة خطأها ٥% لأن اللون الرابع هو ذهبي وقيمتها ما بين ٩٥٠ ohm إلى ١٠٥٠ ohm.
- وإذا المقاومة كانت ذات طوق فضي تكون نسبة خطأها ١٠% وقيمتها ما بين ٩٠٠ ohm إلى ١١٠٠ ohm.
- وإذا المقاومة كانت بدون طوق تكون نسبة خطأها ٢٠% وقيمتها ما بين ٨٠٠ ohm إلى ١٢٠٠ ohm.

أنواع المقاومات:

١. **المقاومات الثابتة (كربونية – سلكية):** وهي المقاومة التي لها قيمة ثابتة لا تتغير، وتكون هذه القيمة مكتوبة عليها بشكل مباشر (أرقام) أو غير مباشر (ألوان).
٢. **المقاومات الكربونية:** وتكون المادة الناقلة فيها مصنوعة من الكربون، ويكون لها قيم أومية كبيرة ولكن استطاعتا صغيرة.
٣. **المقاومات السلكية:** وتكون المادة الناقلة فيها سلك يكون ملفوف على جسم المقاومة عدد معين من اللفات حسب قيمة المقاومة ويحب أن يكون هناك مسافة بين كل لغة، ويكون لها قيم أومية صغيرة نوعا ما، ولكن الاستطاعة تكون كبيرة.
٤. **المقاومات المتغيرة:** تتغير قيمة هذه المقاومة ميكانيكيا بواسطة وصلة متحركة (منزلقة) أو ضوئياُ (ضوئية) أو حراريا (حرارية).
٥. **المقاومة الضوئية (LDR):**

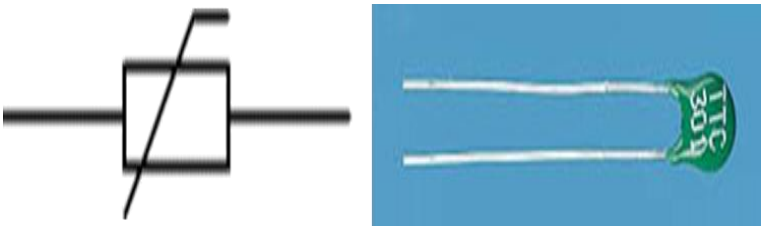
وهي تقوم على تحويل الضوء إلى مقاومة. تصنع هذه المقاومات من سلفيد الكاديوم (CDS)، تنخفض قيمتها الأومية عند ازدياد شدة الإضاءة، وتزداد قيمتها عند انخفاض الضوء. تصل قيمتها الأعظمية في الظلام إلى (2M ohm). وفي الضوء الشديد الناصع تصل قيمتها إلى (100 ohm). وتعتبر المقاومة الضوئية حساسة جداً للنور وسهلة الاستخدام.

٦. **الثارمستور (Thermistor):**

وهو عنصر إلكتروني يحول الحرارة إلى مقاومة تتغير قيمتها طبقاً لدرجة الحرارة المحيطة. مقاومة هذا العنصر تنقص بازدياد درجة الحرارة.

تحدد القراءات التالية التجريبية مقاومة العنصر عند درجات الحرارة:

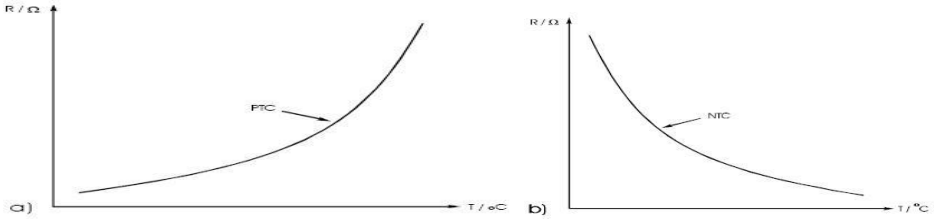
- في الماء المتجمد (0°C) تكون المقاومة عالية (12K ohm).
- في درجة حرارة الغرفة (25C°) تكون المقاومة (5K ohm).
- في الماء المغلي (100C°) تصبح المقاومة (400 ohm)..



٧. **المقاومة الحرارية الموجبة (PTC) [Positive Temperature Coefficient Thermistor]:** تزداد قيمتها الأومية عند أرتفع درجة الحرارة، وتختلف قيم هذه المقاومة بحسب نوعها.

٨. **المقاومة الحرارية السالبة (NTC) [Negative Temperature Coefficient Thermistor]:** تنقص قيمتها الأومية عند أرتفع درجة الحرارة، وتختلف قيم هذه المقاومة بحسب نوعها.

٩. **CTR [Critical Temperature Resister Thermistor]:** تنقص قيمة المقاومة فجأة عندما درجة الحرارة ترتفع فوق نقطة معيّنة.



إن العلاقة بين درجة الحرارة وقيمة مقاومة نوع NTC يمكن أن يحسبا باستعمال الصيغة التالية:

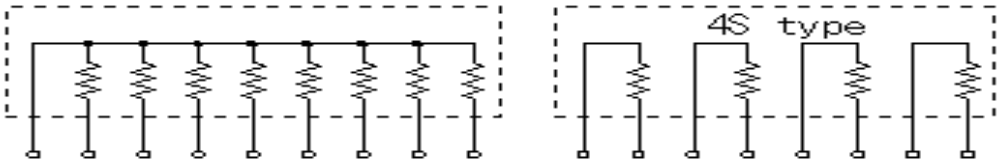
$$R = R_0 \cdot \exp^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

R	: The resistance value at the temperature T
T	: The temperature [K]
R_0	: The resistance value at the reference temperature T_0
T_0	: The reference temperature [K]
B	: The coefficient

وذلك من أجل درجة حرارة قياسية مستعملة 25°C.

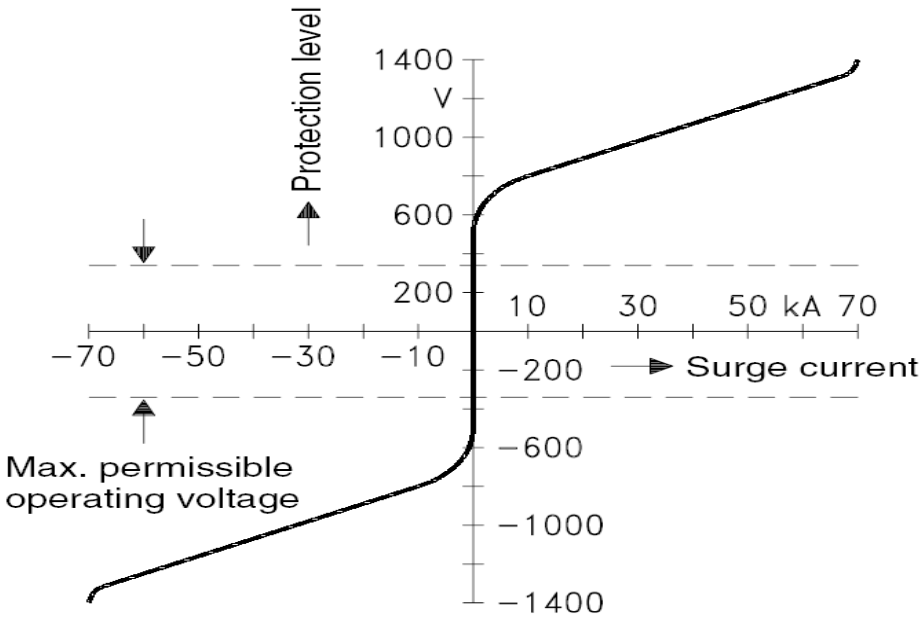
١٠. **المقاومة الشبكية:** هذا النوع من المقاومات تكون موضوعة في غلاف واحد أسود اللون بأرجل عمودية وتكون المقاومات موصولة من نهاياتها بنقطة واحدة مشتركة وبداياتها حرة، وتتوفر بسبع مقاومات وثمانية وأربعة كما في الأشكال، وفي بعض الأنواع تكون عبارة عن عدد من المقاومات في غلاف دارة متكاملة وتكون حرة البداية والنهاية.

تستخدم هذه المقاومات الشبكية لتستغل مساحة أصغر على الدارة في دارات قيادة اللدات وأيضاً كمقاومات رفع.

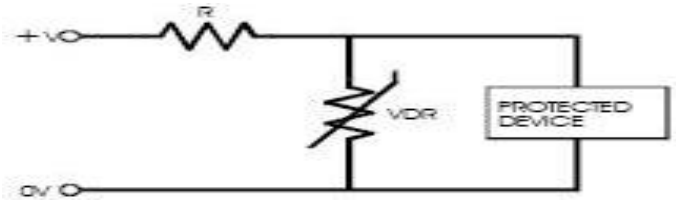


١١. **مقاومة الكمون المتغير (VDR) الفايرستور:** وهو عنصر يغير قيمته طبقاً للجهد المطبق على طرفيه حيث أنه تنقص قيمة هذه المقاومة كلما ازداد فرق الكمون المطبق على طرفيها، كما أن القطبية غير مهمة بالنسبة إلى هذا العنصر.

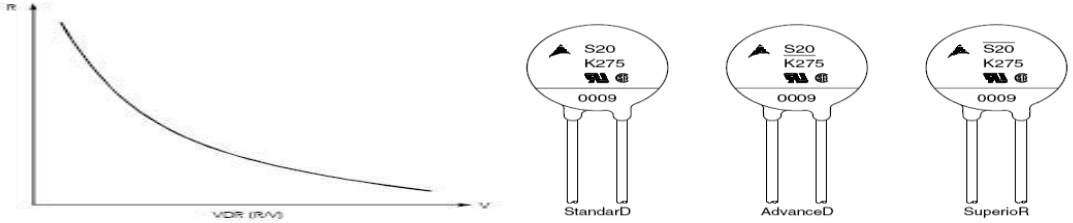
الرمز الإلكتروني



الشكل السابق يبين المنحني المميز للفايرستور في الاتجاهين. نلاحظ من الشكل: أنه عند عتبة معينة للجهد فإن التيار يزداد بشكل كبير، وقبل ذلك يكون الجهد مستقراً وثابتاً.

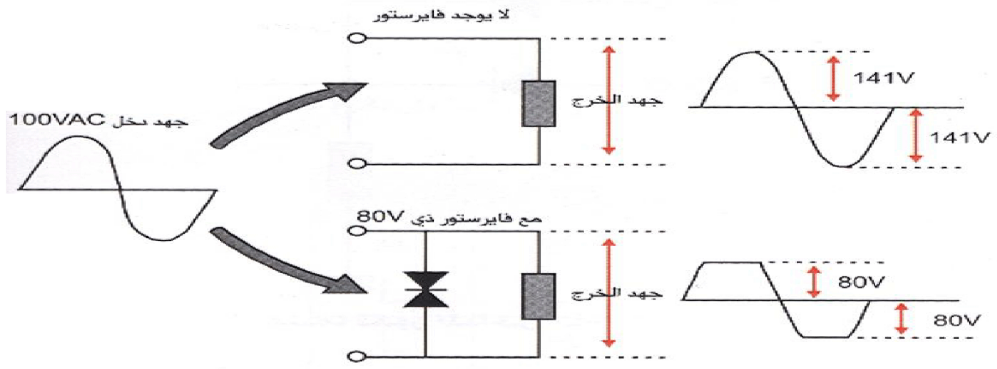


استخدام المقاومة VDR في حماية عناصر الدارات الكهربائية.

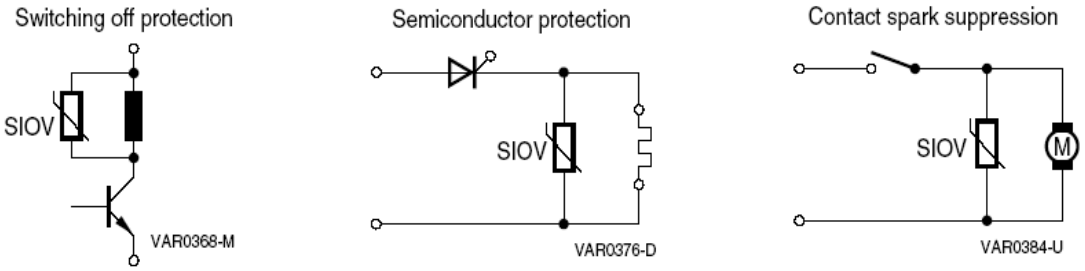


الأشكال المختلفة للعلامات المطبوعة للفايرستور

يستخدم الفايرستور في الدارات للحماية من ارتفاع الجهد فوق عتبة معينة في دارات التيار المتناوب والمستمر وهو يوصل دائماً على التوازي مع العناصر والأحمال المراد حمايتها.



الشكل السابق يبين توصيل الفايرستور مع الحمل من أجل الحد من مستوى التيار المتناوب.



يبين الشكل السابق بعض تطبيقات الفايرستور

- الشكل الأول: حماية المحرك من خطر زيادة الجهد على طرفيه.
- الشكل الثاني: حماية وشيعة سخان حراري من ارتفاع مستوى الجهد وبالتالي اختلاف المعامل الحراري.
- الشكل الثالث: حماية الترانزستور من الحقل الكهربائي المخزن في ملف الريليه الذي سوف يفرغ في الترانزستور بعد إغلاقه.

هذا في الدارات البسيطة.

الفايرستور يستخدم بشكل كبير في التطبيقات الصناعية التي تعمل على جهود عالية تصل حتى 2KV وتيارات عالية تصل حتى 1000A.

الملفات COILS

تركيب الملف: يتركب الملف من سلك معزول ملفوف على إطار من مادة عازلة former ويمكن أن تكون على عدة أشكال منها:

١. على شكل أسطوانة أو مكعب أو متوازي مستطيلات.

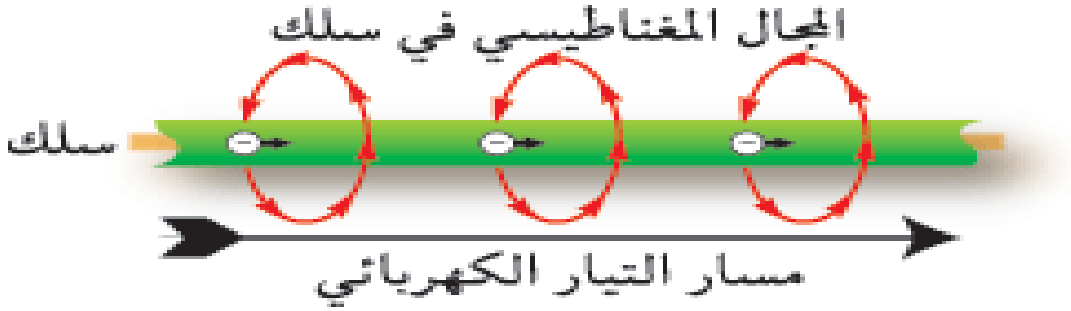
٢. على شكل قلب مجوف وفارغ، ويمكن أن يكون قلب الإطار مشغولاً بشرائح حديدية أو مسحوق حديد أو مادة الفيريت ferrite أو أن يكون الهواء.

٣. يمكن أن يغلف الملف بغلاف من الحديد وذلك عند الرغبة في ألا يتأثر الملف بالمجالات المغناطيسية الخارجية وقد يغلف بغلاف من البلاستيك لحمايته، وقد يترك بدون تغليف.

مقدمة نظرية هامة:

مرور تيار في سلك:

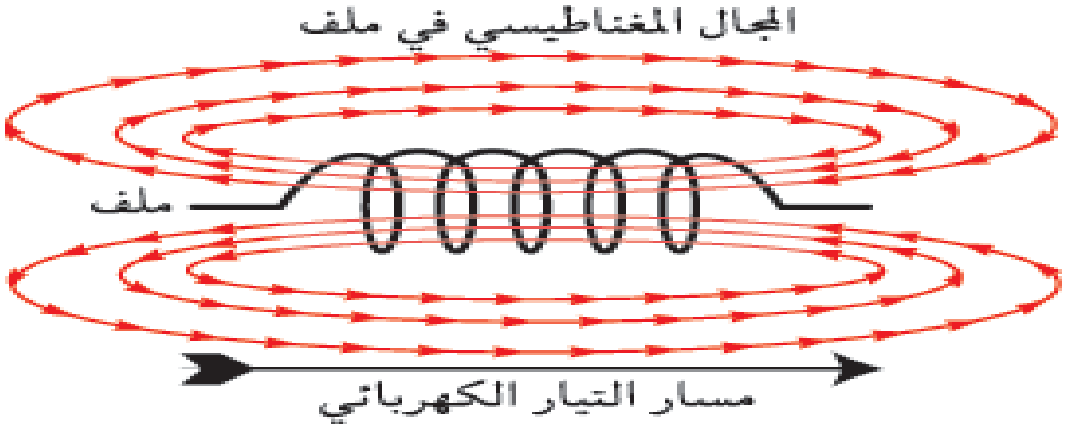
عندما يمر تيار في سلك ينشأ حول هذا السلك مجال مغناطيسي، يتزايد هذا المجال بتزايد التيار المار في السلك.



مرور تيار في ملف:

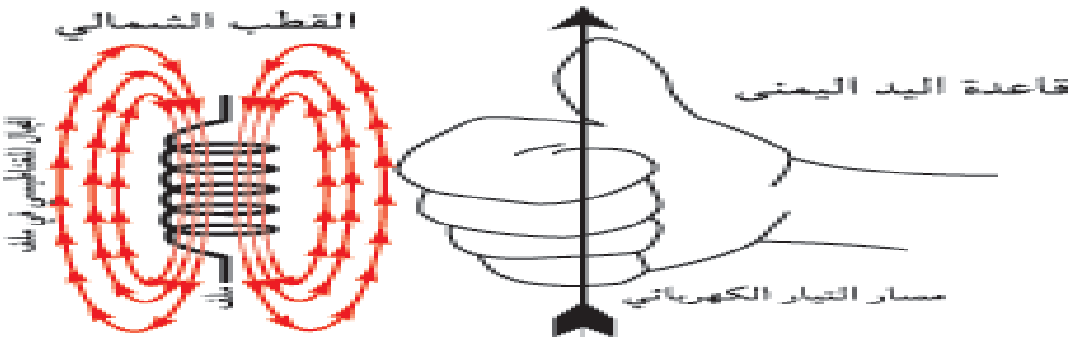
يلف السلك بطريقة معينة ليعطي مجالاً مغناطيسياً في اتجاه معين محدد مسبقا من قبل المصمم.

وتخضع اتجاهات التيار واللف والمجال المغناطيسي لقاعدة اليد اليمنى.



قاعدة اليد اليمنى:

إذا وضع الملف في يدك اليمنى بحيث تلتف أصابعك حول الملف في نفس اتجاه مرور التيار فان أصبع الإبهام يشير إلى اتجاه المجال داخل الملف والى القطب الشمالي للمغناطيس المؤقت الذي يصنعها هذا الملف.



الحث الذاتي:

إذا كانت قيمة التيار المار في الملف تتغير زيادةً أو نقصاً كما هو الحال مع التيار المتناوب، فان قيمة المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار تتغير أيضاً زيادةً أو نقصاً، وفي هذه الحالة يتولد على طرفي الملف جهد يعارض الزيادة والنقص في التيار المار في الملف، وكلما زاد معدل تغير التيار كلما زادت قيمة هذا الجهد المعارض لحدوث التغيير، وخاصية المعارضة هذه تسمى "الحث الذاتي".

يسمى الجهد العارض لحدوث التغير: جهد مستحث أو جهد مستنتج أو جهد مولد بالحث الذاتي.

وحدات قياس الحث الذاتي:

يقاس الحث الذاتي لملف بوحدة (الهنري) أو (الميلي هنري) 1H = 10^3mH = 10^6 µH.

ممانعة الملفات:

$$X_L = 2\pi fL,$$

يزداد الحث الذاتي لملف إذا:

١. زادت مساحة مقطعة وقل طوله.
٢. زاد عدد لفاته.
٣. كان للملف قلب من مادة مغناطيسية كالحديد أو مسحوق الحديد أو من مادة الفيريت.

والعكس صحيح.

تزيد ممانعة الملف:

١. بزيادة تردد الإشارة المارة بالملف.
٢. بزيادة حث الملف.
٣. بكليهما.

For example, if f equals 684 kHz, while L=0.6 mH, coil reactance will be:

$$X_L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 684000 \cdot 0{,}6 \cdot 10^{-3} = 2\,577\ \Omega.$$

أنواع الملفات Types Coils:

أولاً: من حيث القلب

تصنف الملفات وفقاً للمادة التي تشغل الحيز داخل الإطار الداخلي للملف إلى:

١. ملفات ذات قلب هوائي:

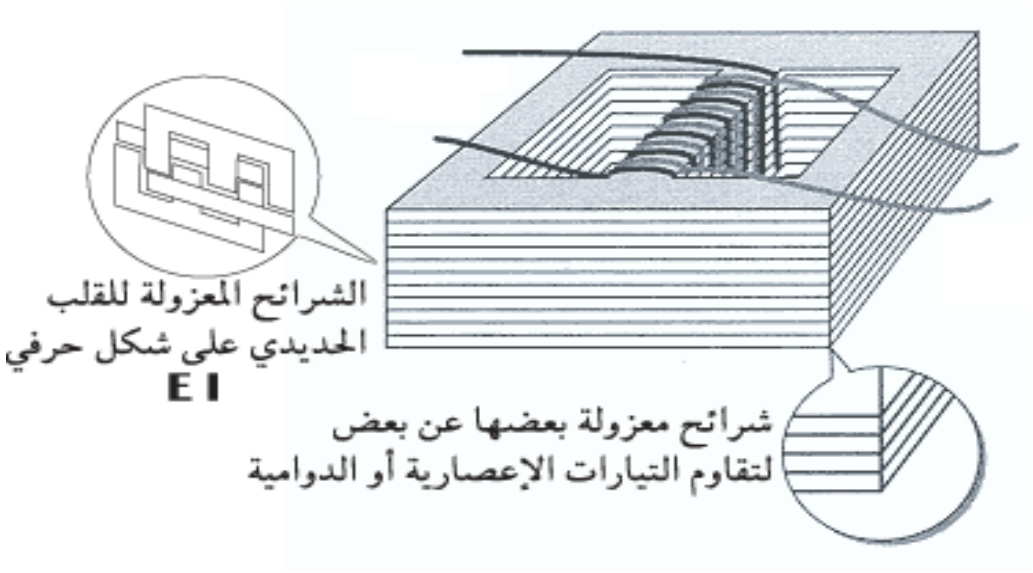
وهى تلك الملفات التي يشغل الهواء ما بداخل إطارها الداخلي (ما بداخل قلبها) والحث الذاتي لمثل هذه الملفات صغير.

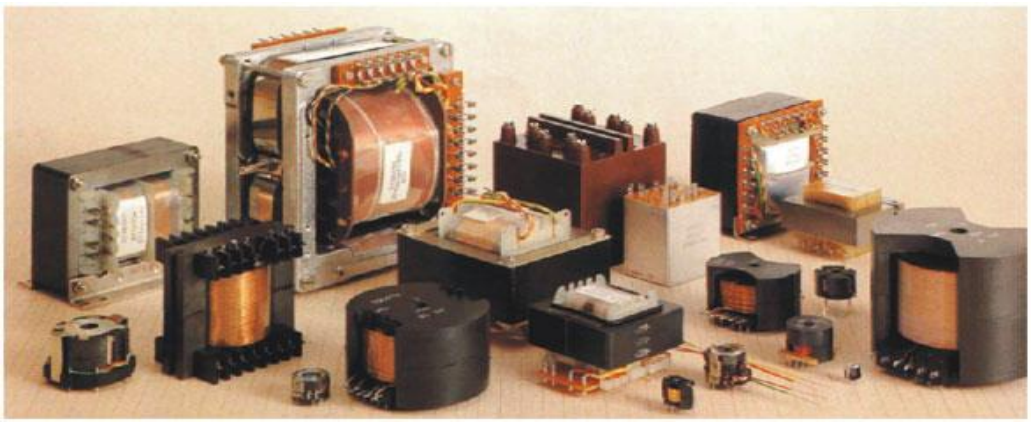
٢. ملفات ذات قلب حديدي:

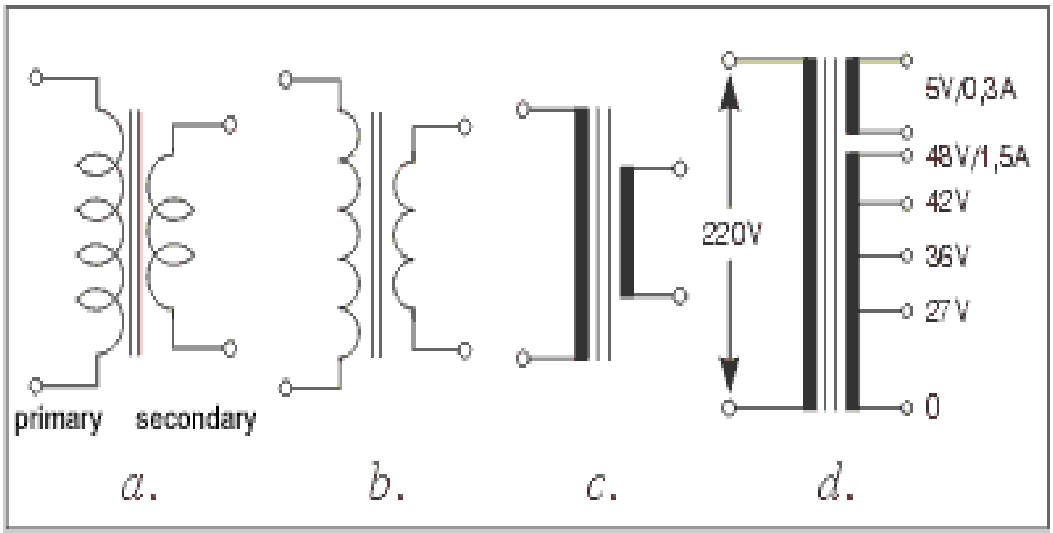
إذا وضع داخل الملف قلب حديدي، فان المجال المغناطيسي يتركز داخل وحول الملف ولا يشرد كثيراً خارجه، وبالتالي يزيد من حث الملف. قد يصل حث مثل هذا النوع من الملفات إلى ١٠ هنري.

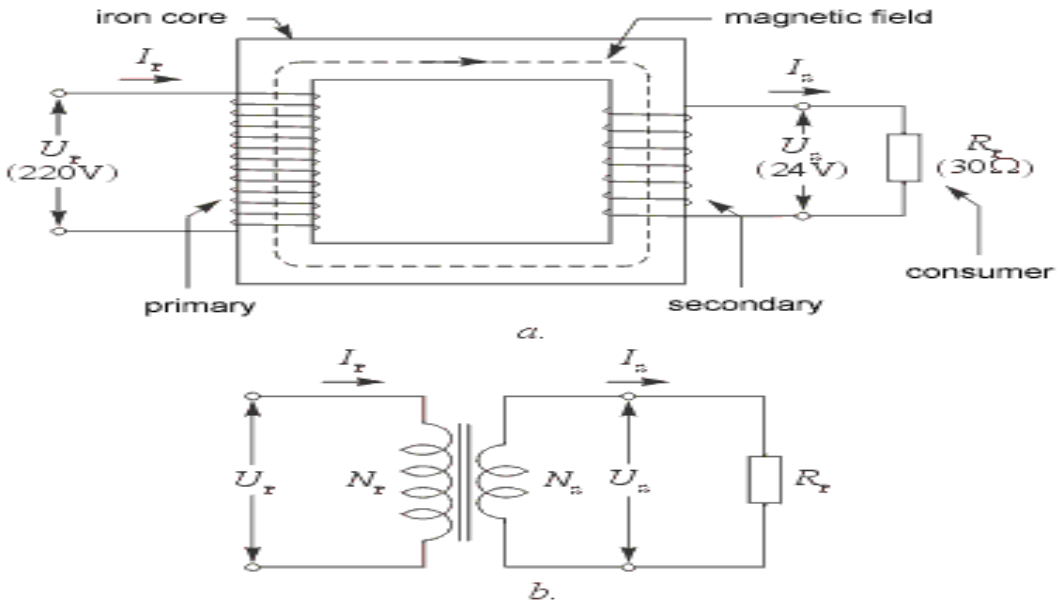
ولكن يعيب على مثل هذا النوع من الملفات، أن تيارات متولدة بالحث الذاتي داخل القلب الحديدي تسمى بالتيارات الإعصارية أو التيارات الدوامية، تتحرك في اتجاهات عشوائية داخل هذا القلب مما يسبب ارتفاع درجة حرارة القلب المغناطيسي وفقد في الطاقة. ولذلك يقسم القلب الحديدي إلى شرائح معزولة عن بعضها البعض لتقاوم التيارات الإعصارية أو الدوامية.

وتستخدم الملفات ذات القلب الحديدي في التنعيم في دوائر تقويم التيار المتناوب كما تستخدم في دوائر المصابيح الفلورسنتية.







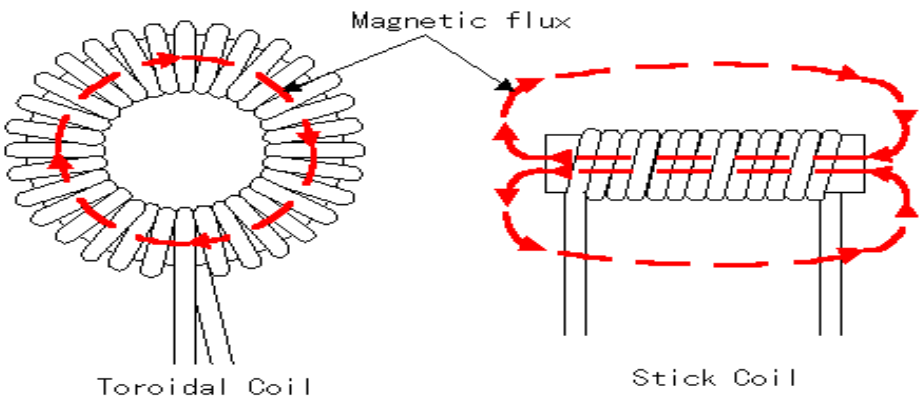


$\frac{U_S}{U_P} = \frac{N_S}{N_P}$,	$\frac{I_P}{I_S} = \frac{N_S}{N_P}$.
$P = U_S \cdot I_S = U_P \cdot I_P$.	$\eta = \frac{P_S}{P_P}$.

٣. ملفات ذات قلب من مسحوق الحديد:

وهي الملفات التي يوضع بداخل قلبها مسحوق من الحديد، حيث يخلط مسحوق الحديد بمادة عازلة ويضغط ليعطي قلب مغناطيسي ذو مقاومة كهربية عالية، وبالتالي تقليل التيارات الدوامية أو الإعصارية إلى حد كبير.

لذلك هذا النوع من الملفات يملك كفاءة عالية وله تأثير صغير على المكوّنات الأخرى.



٤. ملفات ذات قلب من مادة الفيرريت:

وهى تلك الملفات التي يوضع بداخل قلبها مادة الفيريت، ومادة الفيريت مادة مغناطيسية مقاومتها الكهربية عالية جداً ،وبذلك نضمن عدم سريان التيارات الإعصارية داخلها.

ثانيا من حيث التردد

١. ملفات التردد المنخفض low Frequency Coils

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات الصوتية، ومن المعروف أن الترددات الصوتية تتراوح من ٢٠ هرتز إلى ٢٠ كيلو هرتز. وملفات التردد المنخفض من الملفات ذات القلب الحديدي.

٢. ملفات التردد المتوسط:

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات المتوسطة، والتردد المتوسط في أجهزة الراديو ذات التعديل السعوي AM يساوي ٤٦٥ كيلو هرتز.

وملفات التردد المتوسط من الملفات ذات القلب المصنوع من مسحوق الحديد أو مادة الفيرريت.

٣. ملفات التردد العالي High Frequency Coils

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات العالية التي تزيد عن ٢ ميجا هرتز، مثل دوائر التنعيم في أجهزة الراديو.

وملفات التردد العالي من الملفات ذات القلب الهوائي.

في حالة التردد العالي تكون ممانعة الملفات كبيرة، وفى حالة التردد المنخفض تكون ممانعة الملفات صغيرة وهذا يمكننا من فصل الترددات الصوتية عن الترددات العالية في الدوائر التي يقترن فيها التردد العالي مع التردد المنخفض.

بالإضافة لبعض هذه الملفات التي يكون قلبها مصنوع من الفيريت أو مسحوق الحديد التي تعمل كدارات توليف عند ترددات 70MHz to 100MHz.

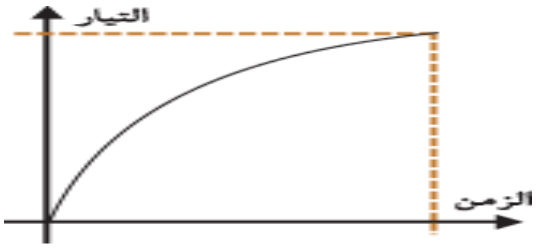
1µH, 2.2µH, 3.3µH, 3.9µH, 4.7µH, 5.6µH, 6.8µH, 8.2µH, 10µH, 15µH, 18µH, 22µH, 27µH, 33µH, 39µH, 46µH, 56µH, 68µH, 82µH, 100µH other.

رموز الملفات:

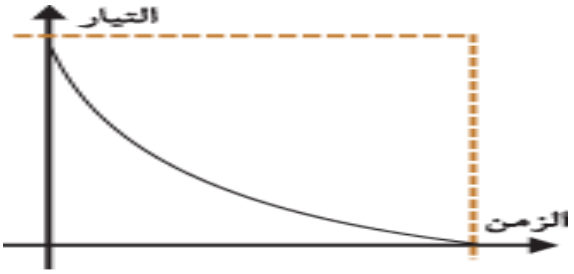
الملف في دوائر التيار المستمر:

إذا سلط جهد مستمر على ملف، فان التيار الذي سيمر بالملف لا يصل إلى قيمته العظمى منذ اللحظة الأولى وذلك بسبب تولد جهد مستنتج بالحث الذاتي يعارض مرور التيار في الملف.

التيار يتزايد تدريجياً في الملف عند توصيلة بالتيار المستمر، وإذا فصل الجهد المستمر عن الملف، فان الجهد المستنتج بالحث الذاتي يعارض تناقص التيار في الملف، لذا فان تيار الهبوط لا يصل إلى الصفر بمجرد فصل الجهد المستمر عن الملف. بل يستمر إلى حين.



يتزايد التيار تدريجيا من الملف عند وصله مع التيار المستمر



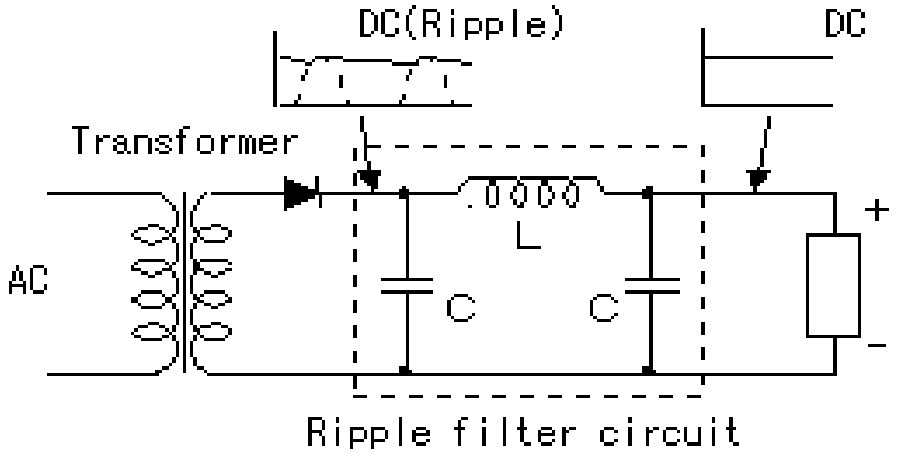
يتناقض التيار تدريجيا من الملف عند فصله من التيار المستمر

الملفات في دوائر التيار المتناوب:

بما أن التيار المتناوب يتغير باستمرار في قيمته واتجاهه، لذلك فان الملفات يتولد فيها جهد مستنتج بالحث الذاتي يعارض الزيادة أو النقص أو تغيير الاتجاه عندما توصل تلك الملفات في دوائر التيار المتناوب.

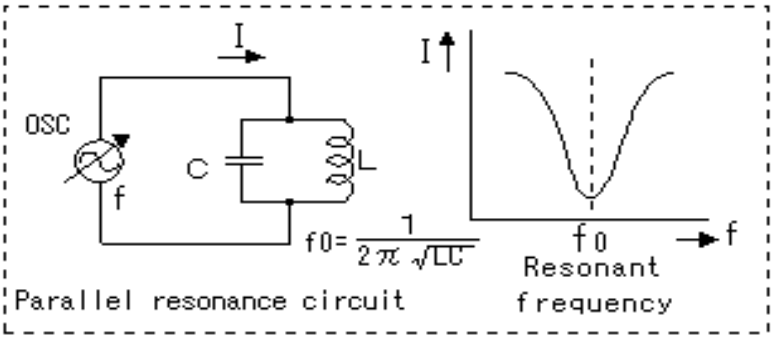
بعض التطبيقات البسيطة للملفات:

من الشكل التالي يتضح لنا استخدام الملف في ترشيح الإشارات بعد عملية التقويم، حيث أن الإشارة بعد التقويم من التيار المتناوب إلى المستمر فإنها تحوي على ترددات عالية تستطيع أن تتجاوز مكثف الترشيح، حيث يقوم الملف بحجز هذه الترددات لنحصل في الخرج على إشارة مستمرة تماماً.

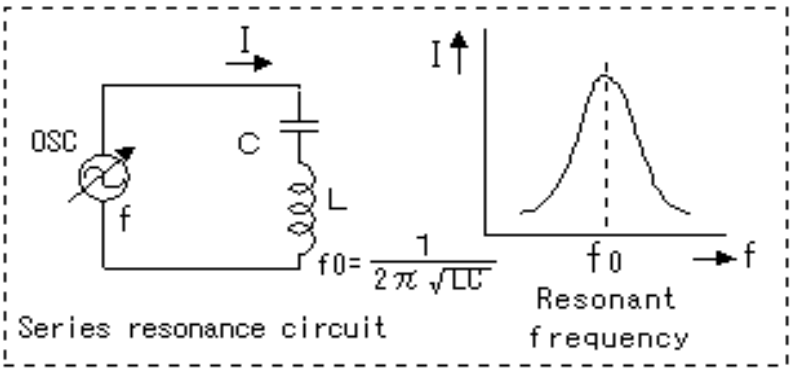


طبعاً وهناك دارات الطنين التي أكثر ما نجدها في دارات الهزازات والاتصالات، كذلك يكون الملف والمكثف هم دارة الطنين الأساسية والبحث في ذا الأمر يطول ولنا في مرحلة متقدمة وليست في البعيدة حديث طويل، وأكتفي بالشكل التالي:

دارة طنين تفرعيه

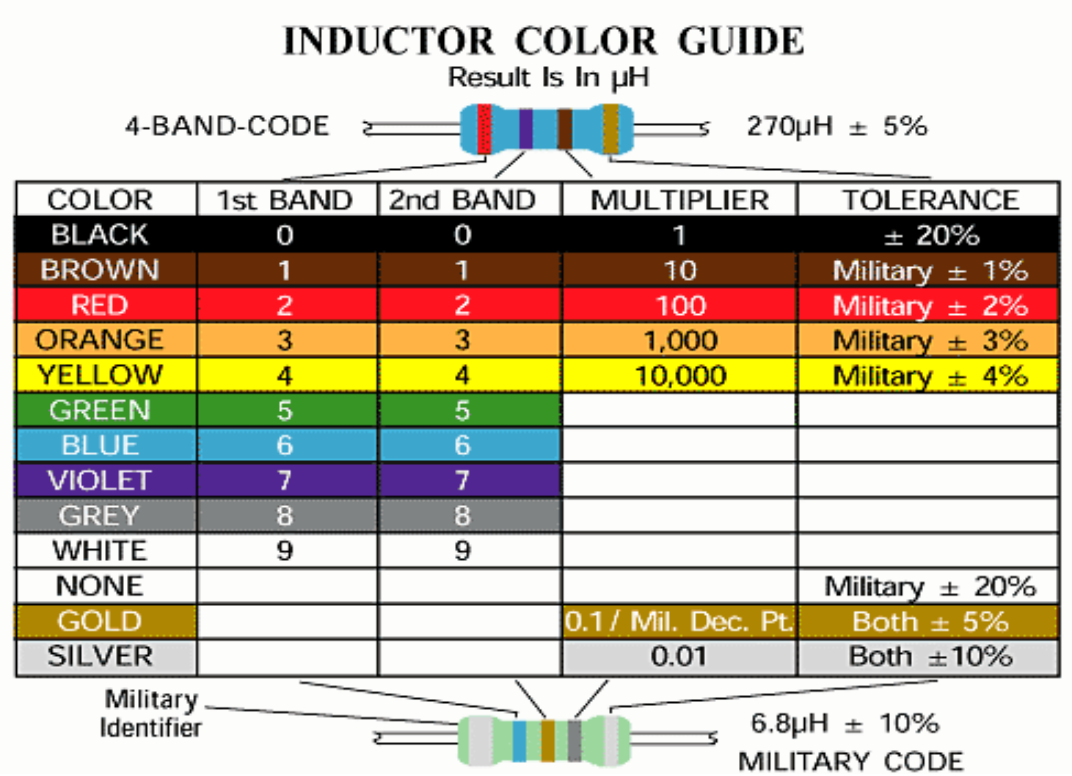


دارة طنين تسلسلية



قراءة وحساب الملفات عملياً:

١. **الملفات الجاهزة:** وهي تشبه المقاومات وتحوي على حلقات لونية أيضاً وتكون قيمها ثابتة. يمكن معرفة قيمها باستخدام الجدول التالي وبنفس الطريقة المستخدمة مع المقاومات.



COLOR	1st BAND	2nd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
BLACK	0	0	1	± 20%
BROWN	1	1	10	Military ± 1%
RED	2	2	100	Military ± 2%
ORANGE	3	3	1,000	Military ± 3%
YELLOW	4	4	10,000	Military ± 4%
GREEN	5	5		
BLUE	6	6		
VIOLET	7	7		
GREY	8	8		
WHITE	9	9		
NONE				Military ± 20%
GOLD			0.1 / Mil. Dec. Pt.	Both ± 5%
SILVER			0.01	Both ±10%

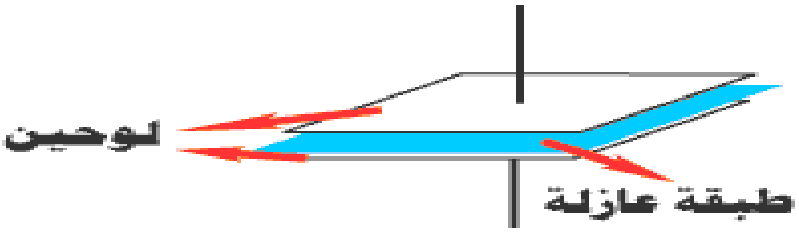
٢. **حساب الملفات المعرفة بقيم:** في الدارات الإلكترونية وخصوصاً في دارات الاتصالات اللاسلكية تكون الملفات من الناحية التطبيقية مجهولة الهوية وتستلزم عملية حسابية.

فمثلاً: ملف بقيمة 1uH غير متوفر في السوق، أو أن المطلوب أن يكون قلبه من الهواء حصراً، فما العمل!!؟

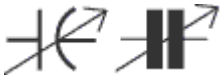
من خلال الأسطر التالية سوف نتعلم كيفية حساب الملفات ذات القلب الهوائي.

المكثف CAPACITOR OR CONDENSER

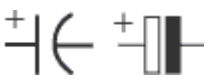
يصنع المكثف من لوحين متوازيين يفصل بينهم فراغ، وهذا الفراغ يسمى الطبقة العازلة، وتختلف أنواع المكثفات على حسب نوع الطبقة العازلة، منها مكثفات السيراميك، الميكا، البوليستر، الورق، هوائي إلى أخره.



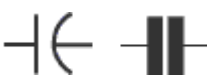
رمز المكثف:



مكثف متغير

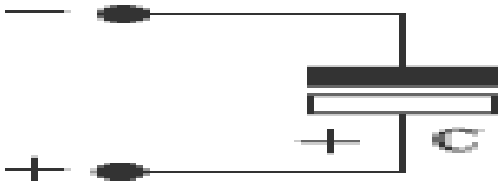


مكثف مستقطب



مكثف عادي

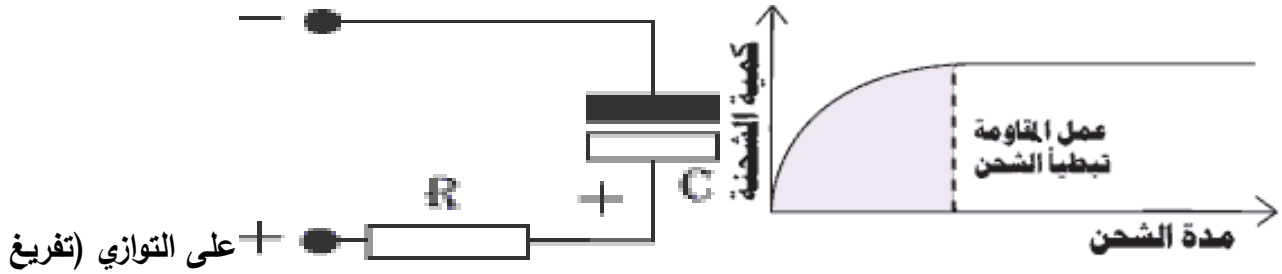
يستخدم المكثف في شحن الشحنات الكهربائية وهي مشابهة لعمل البطارية ولكن الفرق إنها تكون خطرة إذا شحنت أعلى من جهدها ويتم تفريغها بواسطة مقاومة لتحديد عملية التفريغ.



وتتم عملية التفريغ والشحن بطريقتين:

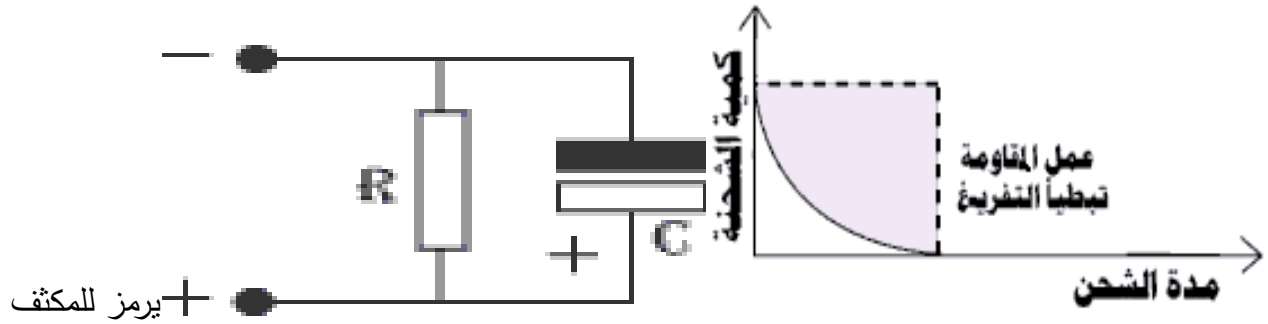
على التسلسل (شحن المكثف):

يتم الشحن تدريجيا وتعمل المقاومة على عملية إبطاء شحن المكثف كما هو موضح على المنحني.



على التوازي (تفريغ المكثف):

توصل المكثف والمقاومة على التوازي ويتم التسريب أو التفريغ تدريجيا وتعمل المقاومة على إبطاء عملية التفريغ للمكثف كما هو موضح.



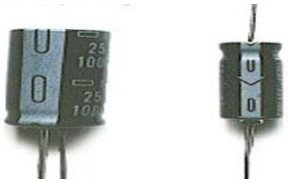
بالرمز C ووحدة قياسها الفاراد FARAD.

والفاراد: وحدة كبيرة جداً في المكثف، ولقياس قيمة المكثف قسمت إلى وحدات أصغر.

uF	Micro Farad	10	−6	F
nF	Nano Farad	10	−9	F
pF	Pico Farad	10	−12	F

تصنع المكثفات بأحجام وأشكال متنوعة وعادة تكتب القيم عليها أو تكون عليها الأطواق كما في المقاومة.

وهناك شكلين للمكثفات بشكل عام جداً:



مكثفات تشبه المقومات ويخرج منها سلكين AXIAL.

مكثفات تخرج من أسفلها نهاية أطراف الأسلاكRADIAL.

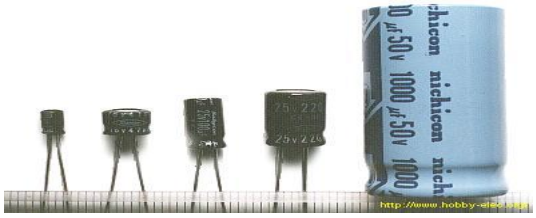
أنواع المكثفات:

١. مكثفات ثابتة ولها أشكال مختلفة.
٢. مكثفات مستقطبة مثل المكثف الإلكتروني، ومكثف التيتانيوم، وتتميز بوجود قطب موجب وسالب.
٣. مكثفات متغيرة وتستخدم في ضبط الترددات كما الموجودة في الراديو.

المكثّفات الالكتروليتية (مكثّفات نوعِ كهروكيميائية):

تَتراوحُ المكثّفاتُ الاليكتروليتيةُ في القيمةِ مِنْ حوالي ١ µF إلى آلافِ µF ، وهي تستخدم في دارات الترشيح وتمتاز بسعاتها العالية.

- 1µF (50V) [diameter 5 mm, high 12 mm]
- 47µF (16V) [diameter 6 mm, high 5 mm]
- 100µF (25V) [diameter 5 mm, high 11 mm]
- 220µF (25V) [diameter 8 mm, high 12 mm]
- 1000µF (50V) [diameter 18 mm, high 40 mm]



مكثّفات متعددة الطبقة الخزفية:

هذه المكثفات يكون لها عازل من عدة طبقات ومع ذلك تمتاز بصغر الحجم ودرجة حرارة جيدة وخصائص تردد مستقرة. كما أنها ليس لها قطبية.

وهي تستخدم في ترشيح إشارات التردد العالي الرقمية من خلال إمرار الترددات العالية غير المربعة على القطب الأرضي.

مكثّفات Tantalum:

وهي أيضاً عبارة عن مكثّفات أليكتروليتية ولها قطبية يشار إليها بـ + وتمتاز هذه المكثفات بأنها مستقرة لذا تستخدم في الدارات التي تحتاج استقرار عالي في قيم السعة

مكثفات السيراميك:

المكثّفات الخزفية مبنية بمواد مثل باريوم التيتانيوم الحامضي وتستخدم في تطبيقات الترددات العالية. سعتهم صغيرة نسبياً وليس لها قطبية.

المكثّفات الخزفية لا يجوز أن تستخدم في الدارات التشابهية لأنهم يمكن أن يشوهوا الإشارة.

Mica Capacitors:

- تستعمل هذه المكثّفات مادة Mica كعازل.
- تمتاز بأن لها استقرار جيد، لأن معامل درجة حرارتها صغير، ولأن خاصية ترددها ممتازة.
- هي تستعمل في دارات الرنينِ، ومرشحات التذبذب العالي أيضاً.
- وهي معزولة جيدُاً، ولذا يُمْكِنُ أَنْ تستعمل في دارات الجهد العالية. ليس لها قطبية.

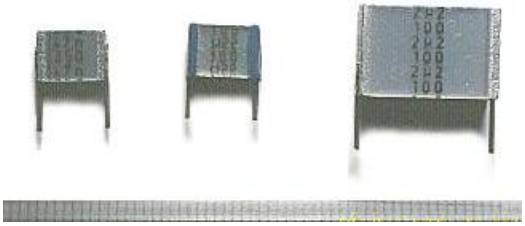
مكثّفات الطبقة المضاعفة الكهربائية (ممتازة):

هذه المكثفات تعتبر من أفخر الأنواع وأكثرها استقراراً بالإضافة لسعاتها العالية رغم صغر حجمها.

Poly propylene Capacitors:

هذه المكثفات تستخدم في مجال ترددات 100KHZ ومادون.

Metallized Polyester Film Capacitors:



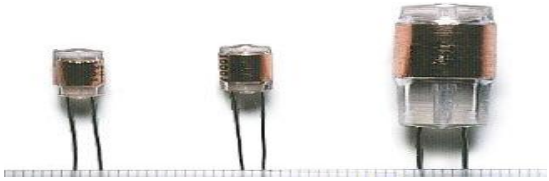
Polyester Film Capacitors:

تستخدم هذه المكثفات مادة Polyester Film كعازل

مكثفات Polystyrene Film:

سميت كذلك لأن العازل فيها هم من المادة Polystyrene Film.

هذا النوعِ مِنْ المكثّفات لَيسَ للاستعمال في دارات التذبذب العالي، لأنهم يَبْنونَ حلزون في داخله. هي مستعملة في دوائرِ الترشِيحِ أَو التوقيت.



المكثّفات المتغيّرة Variable Capacitors:

المكثفات المتغيرة تستخدم في دارات التعديل الترددي، وتملك هذه المكثفات برغي يدور بالاتجاهين لتغيير قيمة السعة ولكن ويجب الانتباه عند تعديل قيمة المكثف باستخدام مفك أن قيمة السعة يمكن أن تتأثر بقطبية يدك أو الشحنات على المفك.

إن قيم هذه المكثفات يتعرف إليها من خلال عدة ألوان على الشكل التالي:

- **Blue**: 7pF (2 – 9).
- **white**: 10pF (3 – 15).
- **green**: 30pF (5 – 35).
- **brown**: 60pF (8 – 72).

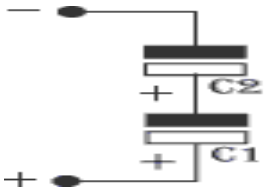
تكتب القيمة العليا لفرق الجهد على المكثف والتي ممكن أن يعمل بـها.

وفي بعض المكثفات كإليكترونية التنتانيوم تكون مقطبة، وهذا يعني إنها يجب أن توضع بالشكل الصحيح، وتكتب عليها عادة هذه الأقطاب إذا كانت موجبة أو سالبة. بعض المكثفات لها أطواق من الألوان لمعرفة قيمتها كالموجودة في المقاومات.

توصيل المكثفات:

التوالي:

وتتم ربط المكثفات بشكل متسلسل كما بالشكل.



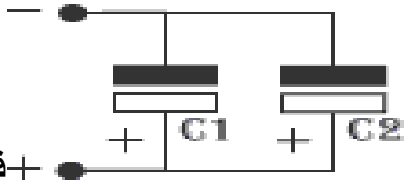
وتكون القيمة النهائية للمكثف تساوي:

- $1/Ct=1/c1+1/c2$
- $Ct=1/(1/C1+1/C2)$

التوازي:

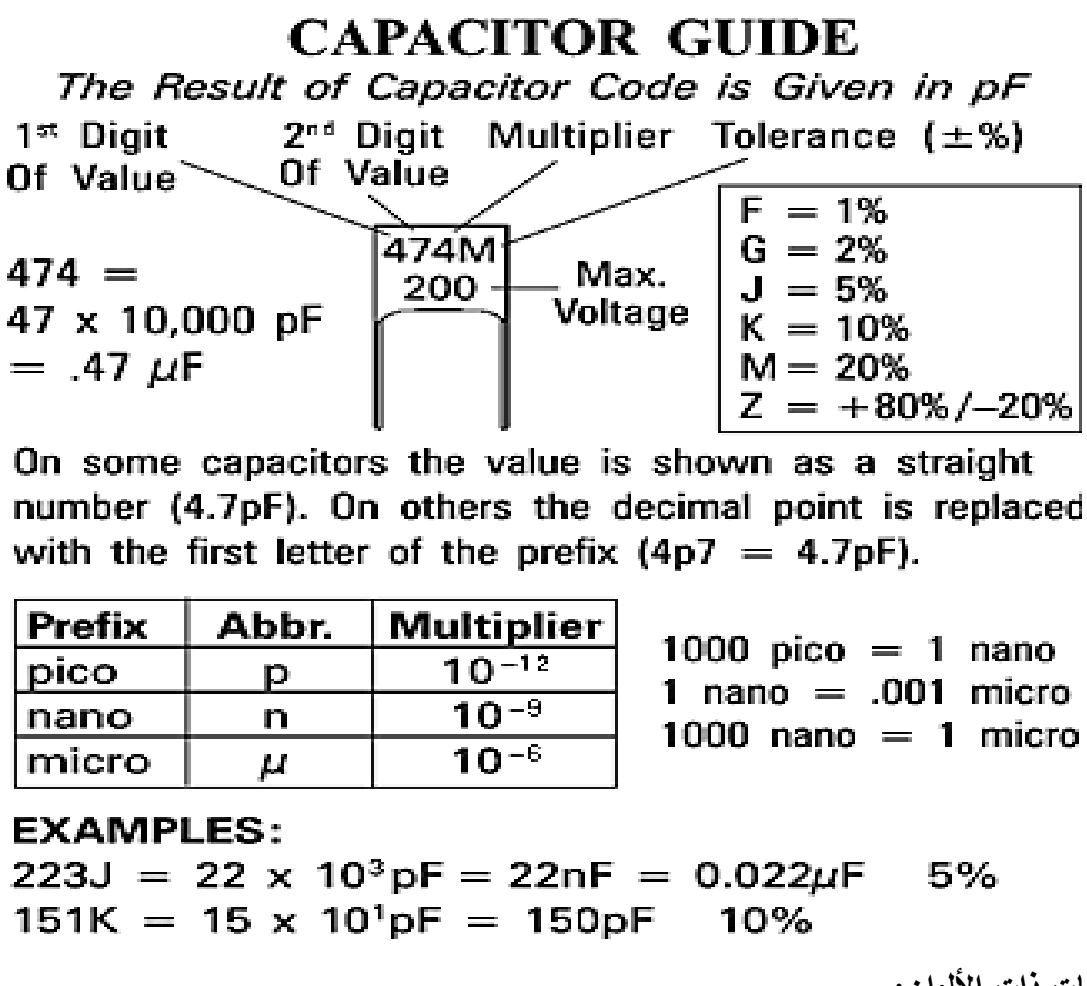
وتتم ربط المكثفات بشكل متوازي كما بالشكل..

وتكون القيمة النهائية للمكثف تساوي: $Ct=C1+C2$



قراءة قيم المكثفات:

uF	Micro Farad	**Micro=** $\frac{1}{1,000,000}$	**10^(-6) F**
nF	Nano Farad	**Nano=** $\frac{1}{1,000,000,000}$	**10^(-9) F**
pF	Pico Farad	**Pico=** $\frac{1}{1,000,000,000,000}$	**10^(-12) F**



قراءة مكثفات ذات الألوان:

- بعض القيم تقاس بالبيكو فاراد Pico Farad.
- مثلا مكثف بلون بني أسود أحمر قيمتها تكون: 102=1000pF.
- مثلا مكثف بلون بني أسود أصفر قيمتها تكون: 0.1uf =100nF= 100000pF.

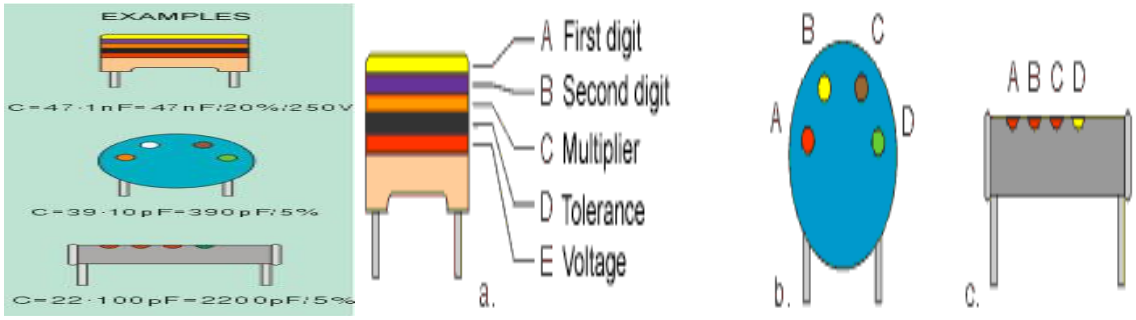
قراءة المكثف ذو الغلاف البلاستيكي:

أغلب هذه القطع تكون مطبوعة القيم حيث تشمل سعة المكثف وجهدها ودقتها، تكون السعه بالمايكرو فاراد microfarad إلا إذا وجد الرمز n فغن السعة تكون بالنانو فاراد.

ويعطى الجهد كرقم يتبع الحرف V وفي بعضها لا يكتب الحرف V، وتحدد الدقة على حسب الرموز التالية:

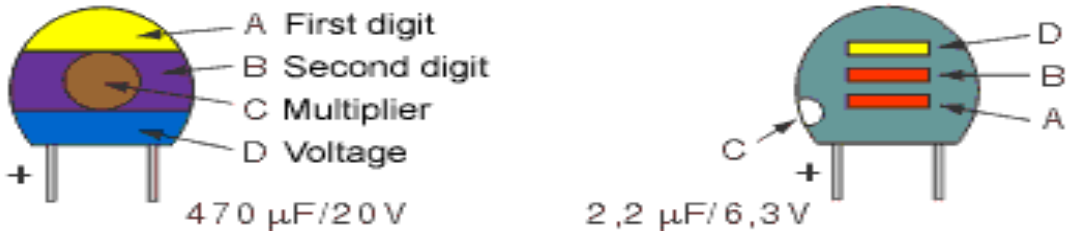
الرمز	الدقة
M	%20
K	%10
J	%5
H	%2.5
F	1 pF بالموجب أو السالب

جدول قراءة قيم المكثفات عن طريق الألوان



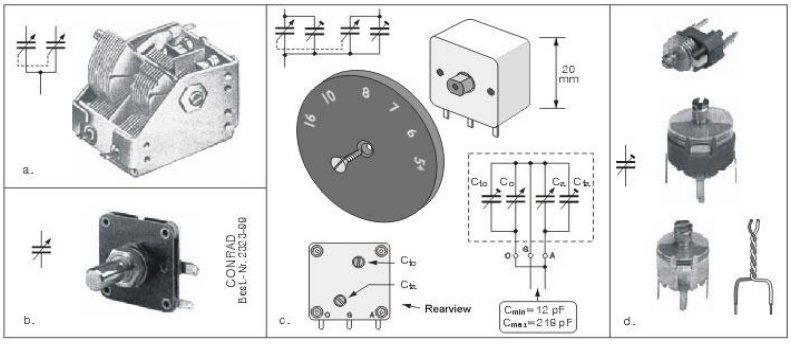
COLOR	DIGIT	MULTIPLIER	TOLERANCE	VOLTAGE
Black	٠	x 1 pF	±20%	
Brown	١	x 10 pF	±1%	
Red	٢	x 100 pF	±2%	250V
Orange	٣	x 1 nF	±2.5%	
Yellow	٤	x 10 nF		400V
Green	٥	x 100 nF	±5%	
Blue	٦	x 1 µF		
Violet	٧	x 10 µF		
Grey	٨	x 100 µF		
White	٩	x 1000 µF	±10%	

جدول قراءة مكثفات التيتانيوم الإلكتروليتية

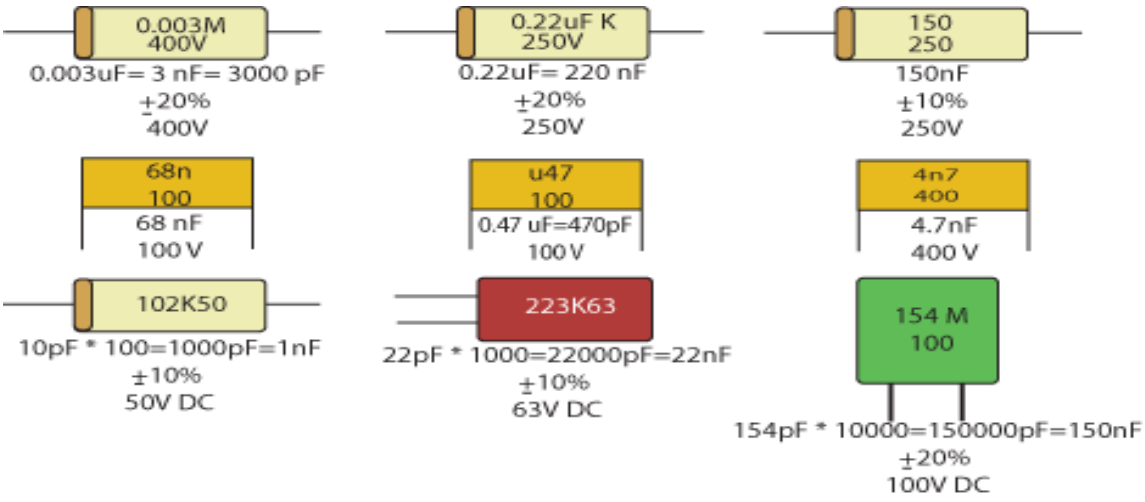


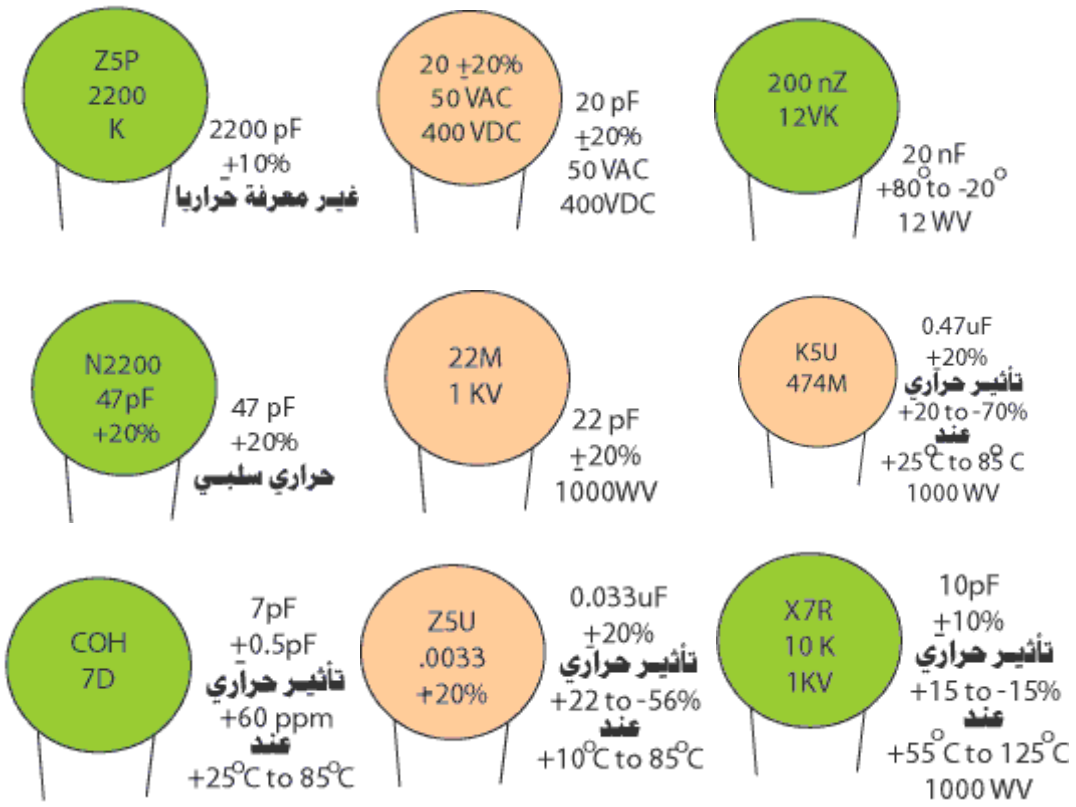
COLOR	DIGIT	MULTIPLIER	VOLTAGE
Black	٠	x 1 µF	10V
Brown	١	x 10 µF	
Red	٢	x 100 µF	
Orange	٣		
Yellow	٤		6.3V
Green	٥		16V
Blue	٦		20V
Violet	٧		
Grey	٨	x.01 µF	25V
White	٩	x.1 µF	3V
Pink			35V

مكثفات التيتانيوم الالكتروليتية



a, b, c. Variable capacitors, d. Trimmer capacitors





Capacitor	Ceramic	Electrolytic	Metal Film	Mica	Polyester	Polycarbon-ate	Polystyrene	Tantalum	Polypropy-lene
Cacacitance Range(F)	2.2p to 100n	100n to 47000µ	1µ to 16µ	2.2p to 10n	1n to 10µ	10n to 10µ	10p to 10n	100n to 100µ	100p to 470n
Typical toler-ance (%)	± 2 to ± 80	-10 to +50	± 20	± 1	± 5 to ± 20	± 20	± 1, ± 2.5,± 1, ± 2.5,	± 20	± 5 to ± 20
Typical volt-age rating (DC)	50V to 15kV	6.3V to 450V	250V to 600V	350V (typical)	63V to 400V	63V to 630V	50V to 630V	6.3V to 35V	100V to1.5kV
temperature cofficient (ppm/degC	+100 to -4700	+1000 (typical)	+100 to +200	+35 to +70	-200	+60	-150 to +80	+100 to+1000	-200 (typical)
Stability	Fair	Poor	Fair	Excellent	Fair	Good	Good	Fair	Fair/Good
Ambient temperature range (degC)	-35 to +85	-40 to +85	-25 to +85	-40 to +85	-40 to +100	-55 to +100	-40 to +70	-40 to +85	-55 to +100

Table 1. Capacitor varieties and their typical characteristics.

اشباه الموصلات Semiconductor

المواد الموصلة:

وهي المواد التي يمكن لإلكترونات المدار الخارجي فيها أن تتحرر من ذرّاتها وتتحرك حركة عشوائية بين الذرات، وإذا تعرضت لفرق جهد (أي الالكترونات) يتشكل تيار كهربائي. من أمثلة المواد الموصلة كهربائياً: الفضة، النحاس، الألمنيوم وعموم المعادن.

المواد العازلة:

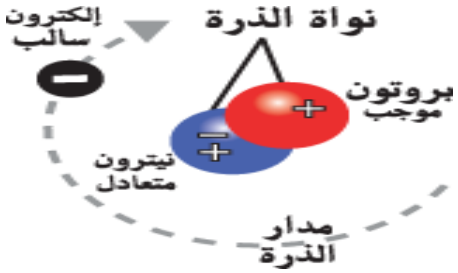
وهي المواد التي تشتد فيها قوة جذب النواة لإلكترونات المدار الخارجي فلا تستطيع الخروج من الذرة. ومن أمثلة المواد العازلة للكهرباء: الورق ،الزجاج ،الميكا، البلاستيك، المطاط وغيرها.

المواد شبه الموصلة:

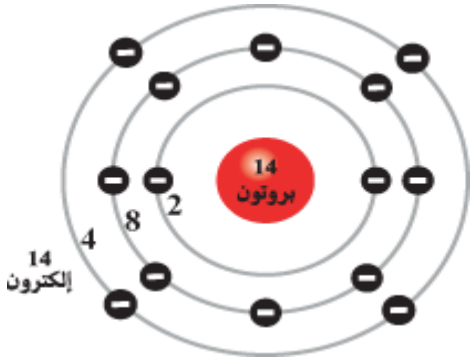
من المعروف أن الذرة هي أصغر جزء في العنصر، وطبقاً لنظرية (بوهر) التقليدية فان الذرة تحتوى على نواة مركزية محاطة بسحابة من الالكترونات سالبة الشحنة تدور في مدارات بيضاوية حول النواة.

تكوين الذرة:

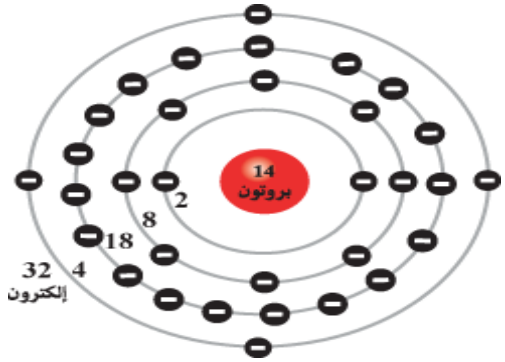
تحتوي النواة على نوعين من الأجسام، أحدها موجب الشحنة ويطلق عليها (بروتونات)، والثاني متعادل الشحنة يطلق عليها (نيوترونات) ويدور حول النواة (إلكترونات) سالبة الشحنة في مدارات ثابتة.



تنتمي مادتي السليكون والجرمانيوم إلى عائلة أشباه الموصلات، تحتوي كل من ذرتي السليكون والجرمانيوم على أربعة الكترونات تكافؤ، (الكترونات التكافؤ هي الكترونات المدار الخارجي للذرة وتساهم في التفاعلات الكيميائية) والاختلاف بينهما هو أن ذرة السليكون تحتوي على ١٤ بروتون في النواة بينما ذرة الجرمانيوم تحتوي على ٣٢ بروتون، ويوضح الشكل التركيب الذري لمادة السليكون والتركيب الذري لمادة الجرمانيوم.



البناء الذري للسليكون

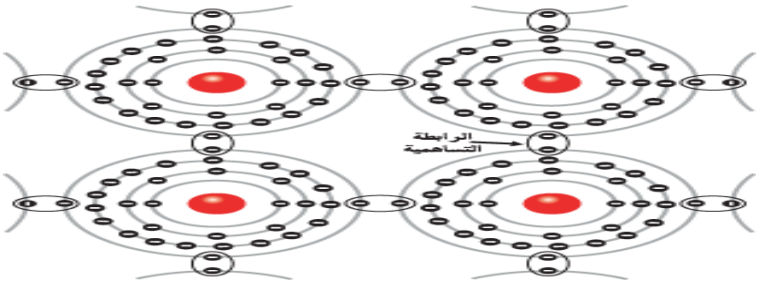


البناء الذري للجرمانيوم

الرابطة التساهمية في أشباه الموصلات:

تحتوي ذرة الجرمانيوم على أربعة الكترونات في المدار الخارجي، وحتى يكتمل نطاق التكافؤ للجرمانيوم فإنه لابد من وجود ثمانية الكترونات في المدار الخارجي وعلى ذلك فان كل ذرة تشارك الذرات الأربع التي حولها بالصورة الموضحة في الشكل والتي يطلق عليها (الرابطة التساهمية)، وفي هذه الرابطة تبدو الذرة وكأنها محاطة بثمانية الكترونات (الأربع ذرات الأصلية وأربع ذرات أخرى بواسطة الرابطة التساهمية)، وبالتأكيد فان الذرة في هذه الحالة لا تكون قابلة للتوصيل حيث أنه لا يوجد الكترونات حرة لنقل الطاقة، ويطلق على هذا البناء (البناء البلوري).

إن السليكون والجرمانيوم في صورتيهما النقية أقرب إلى المواد العازلة، ولكن بعد أن تضاف إليهما بعض الشوائب يصبحان من أشباه الموصلات.

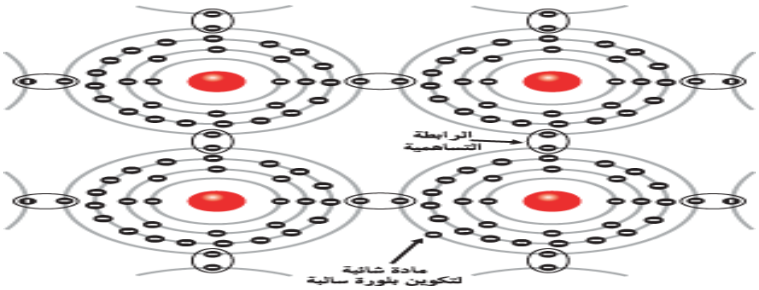


الرابطة التساهمية في ذرات الجرمانيوم

البلورة السالبة N:

لكي تتحول البلورة النقية إلى مادة قابلة للتوصيل فانه يتم تطعيمها بأحد المواد التي يطلق عليها (مواد شائبة)، ومن أمثلة المواد الشائبة المستخدمة في تكوين البلورة السالبة، مادة الفسفور (P) والزنك (AS) والانتيمون (SB)، وتشترك هذه المواد في خاصية احتوائها على خمسة الكترونات خارجية.

ويظهر الشكل أسلوب تكوين البلورة السالبة (N) حيث نجد أن كل أربعة الكترونات تكافؤ من الكترونات المادة الشائبة (الزنك) ترتبط في روابط تساهمية مع ذرة جرمانيوم ليكتمل المدار الخارجي لذرة الجرمانيوم، ويتبقى إلكترون زائد من الزنك يصبح حر الحركة خلال البلورة، بهذا الأسلوب يزداد عدد الإلكترونات (السالبة) الحرة، وتتحول المادة إلى بلورة سالبة ويرمز لها بالرمز (N).



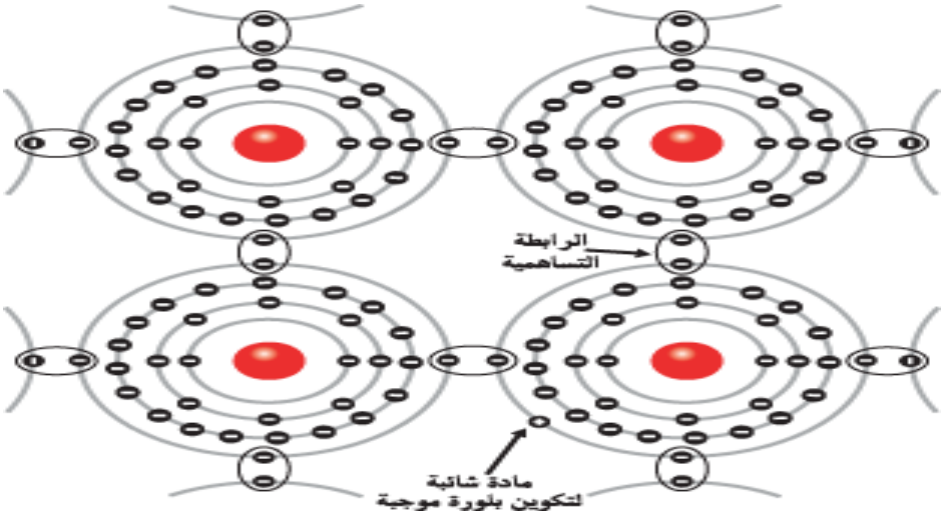
التطعيم بالشوائب خماسية التكافؤ لتكوين البلورة السالبة N

البلورة الموجبة P:

بنفس الأسلوب يتم إضافة مادة شائبة إلى الجرمانيوم أو السليكون، ولكن في هذه الحالة يستخدم مادة شائبة ثلاثية التكافؤ مثل الأنديوم (IN) أو الغاليوم (GA) أو البورون (B).

إن إلكترونات التكافؤ الثلاثة للأنديوم كما في الشكل ترتبط مع ذرات الجرمانيوم برابطة تساهمية وهنا نجد أن ذرة الجرمانيوم ينقصها إلكترون واحد حتى يكتمل البناء الترابطي التساهمي وهذا يعني وجود فجوة (HOLE) والتي تمثل شحنة موجبة لها قدرة قوية على جذب الإلكترون.

بهذه الصورة يزداد عدد الفجوات، أي عدد الشحنات الموجبة وتزداد معها ايجابية المادة وتصبح هذه الفجوات الموجبة مسئولة عن توصيل التيار في المادة ولهذا يطلق على المادة (بلورة موجبة) ويرمز لها بالرمز P.



التطعيم بالشوائب ثلاثية التكافؤ لتكوين البلورة الموجبة.

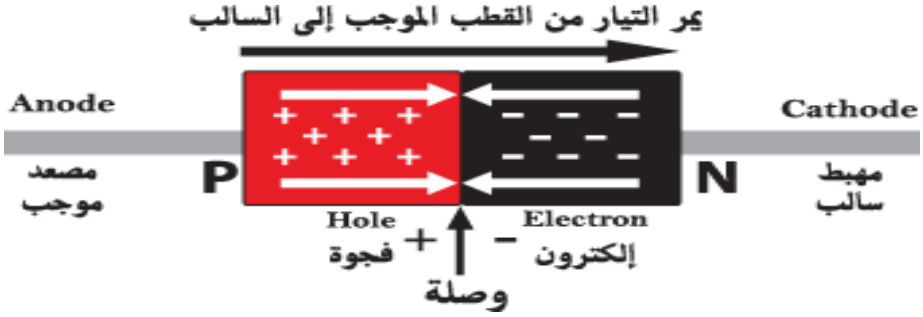
الثنائي (الديود) Diode

تركيب الثنائي:

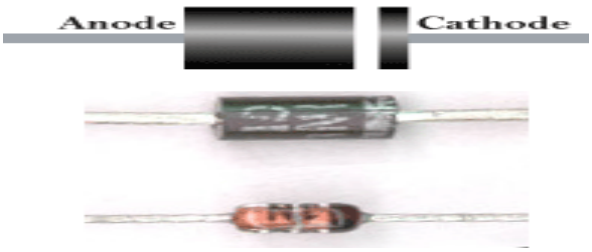
الثنائي عنصر إليكتروني يحتوي على طرفين (المصعد والمهبط)، يسمح الثنائي بمرور التيار الكهربي في اتجاه واحد وذلك عندما يكون جهد المصعد موجب بالنسبة للمهبط (توصيل أمامي)، ولا يمر إلا تيار ضئيل جداً عندما يكون جهد المصعد سالباً بالنسبة للمهبط (توصيل عكسي)، وهكذا يمكن اعتبار الديود كمفتاح جهد يوصل في أحد الاتجاهات ولا يوصل في الاتجاه الآخر.

يتكون الثنائي من شريحتين من مواد نصف ناقلة إحداهما سالبة والأخرى موجبة.

يفصل الشريحة الموجبة (P) والتي تحتوي على الفجوات الموجبة كحاملات للشحنة، عن الشريحة السالبة (N) والتي تحتوي على الالكترونات السالبة كحاملات للشحنة، بمنطقة فاصلة تدعى المنطقة المجردة، وتشير الأسهم الموضحة إلى اتجاه حركة كل من تيار الفجوات وتيار الإلكترونات.



الشكل الخارجي للثنائي:



رمز الثنائي:

تجد دائماً خط دائري حول الثنائي وهي علامة توضيحية تدل على مسار التيار من المصعد إلى المهبط

خواص الثنائي:

يمرر الثنائي تياراً عندما يكون موصلاً في الاتجاه الأمامي، ولا يمرر تياراً عندما يكون موصلاً في الاتجاه العكسي.

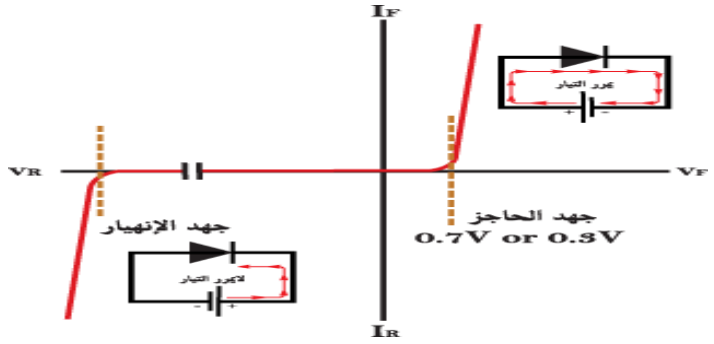
ويوضح الشكل منحنى خواص الثنائي في الحالتين والذي يمكن إيجازه في النقاط التالية:

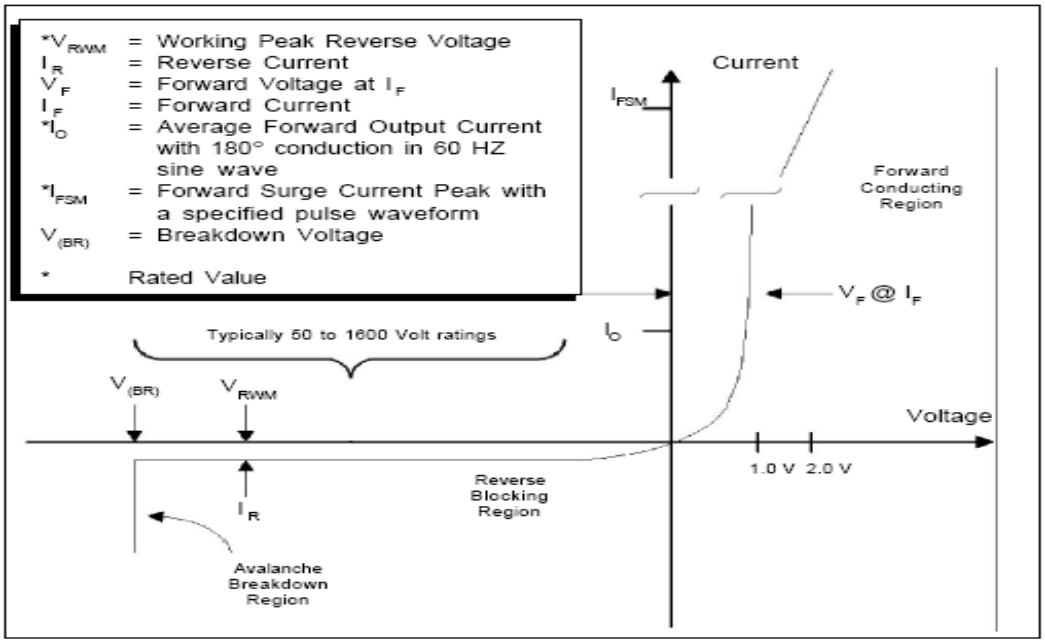
- **يمرر التيار الكهربائي:**

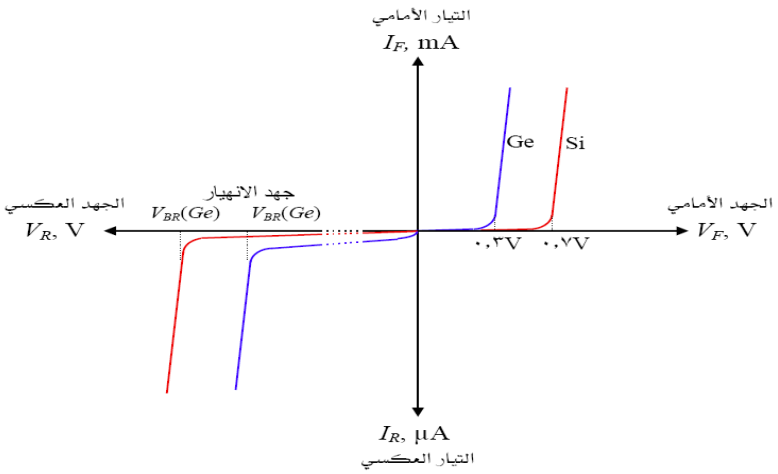
– يسمح الثنائي للتيار بالمرور في الاتجاه الأمامي عندما يتعدى الجهد الأمامي ما يسمى بالجهد الحاجز والذي يبدأ بعده الثنائي في التوصيل، وتكون قيمتا الجهد الحاجز ٠,٧ فولت في ثنائيات السليكون و٠,٣ فولت في ثنائيات الجرمانيوم.

- **لا يمرر التيار الكهربائي:**

– الجزء السفلي من المنحنى يمثل حالة التوصيل العكسي حيث يبقى التيار تقريبا مساويا للصفر إلى أن يصل الجهد إلى جهد الانهيار حيث يمر تيار عكسي شديد إذا لم يحد يمكنه أن يتلف الثنائي.





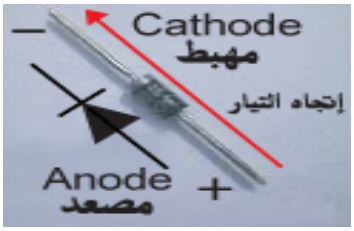


أنواع الثنائيات (الدايود) Diode Types:

ثنائي الجرمانيوم Ge Diode:

هو الثنائي المصنوع من الجرمانيوم ومحقون بشوائب تكون ذات بلورة موجبة مع شوائب أخرى تكون ذات بلورة سالبة، بحيث تكون البلورتان الموجبة والسالبة متجاورتين.

هذا ثنائي الجرمانيوم من القطع المشهورة وتستعمل دائما في دوائر القدرة مثل دوائر التقويم Bridge ومن أشهرها (1N4001) والخط الفضي دائما يدل على المهبط.

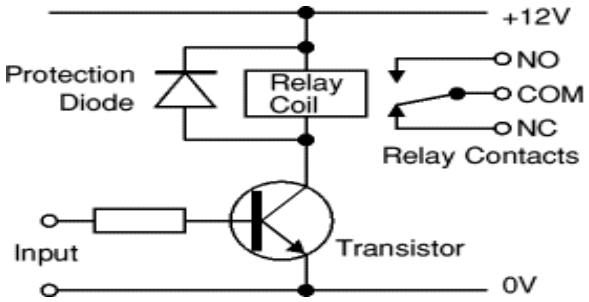


ثنائي السليكون Se Diode:

هو الثنائي المصنوع من السليكون ومحقون بشوائب تكون ذات بلورة موجبة مع شوائب أخرى تكون ذات بلورة سالبة، بحيث تكون البلورتان الموجبة ولسالبة متجاورتين.

جدول يبين مواصفات بعض الثنائيات الشائعة الاستخدام

Diode	Maximum Current	Maximum Reverse Voltage
1N4001	1A	50V
1N4002	1A	100V
1N4007	1A	1000V
1N5401	3A	100V
1N5408	3A	1000V



دارة الحماية بواسطة الثنائي

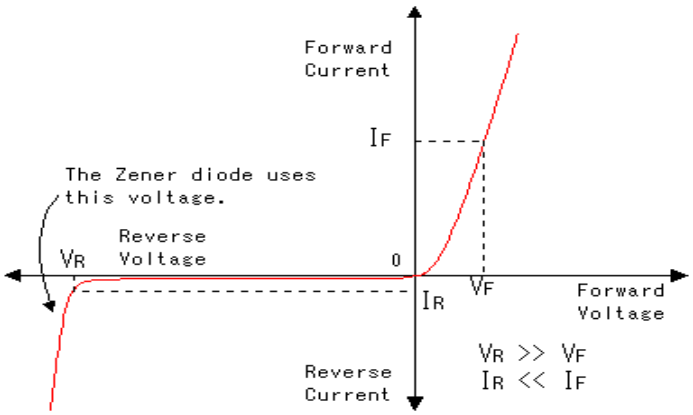
ثنائي زينر:

منحنى خصائص ثنائي الزينر:

يعمل الزينر كثنائي عادي إذا تم توصيله أمامياً أما إذا وصل توصيلاً عكسياً فانه عند قيمة معينة في الجهد العكسي سوف يزداد التيار العكسي بصورة مفاجئة وشديدة، ويسمى الجهد العكسي الذي يتسبب في حدوث تيار عكسي "جهد الانهيار" أو "جهد الزينر"، ويعتمد جهد الانهيار أو جهد الزينر أساساً على كمية الشوائب التي طعمت بها المادة التي صنع منها ثنائي الزينر.

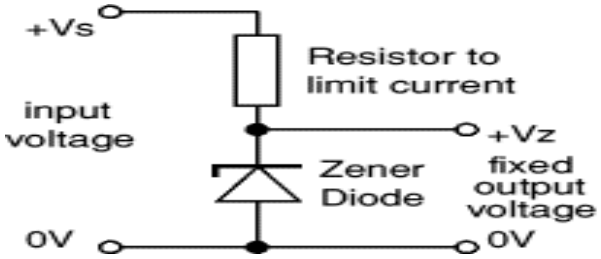
والنقاط التالية جديرة بالذكر:

- يُستغل جهد الانهيار العكسي لثنائي الزينر كجهد مرجعي في دوائر تثبيت الجهد.
- يوصل ثنائي الزينر دائما عكسياً أما إذا وصل توصيلاً أمامياً فان خواصه تكون مثل الثنائي العادي.
- عند دخول ثنائي الزينر منطقة الانهيار فإنه لن يتلف أو يحترق حيث أن الدارة الخارجية الموصلة به تحد التيار ليكون أقل من القيمة التي تسبب تلفه.

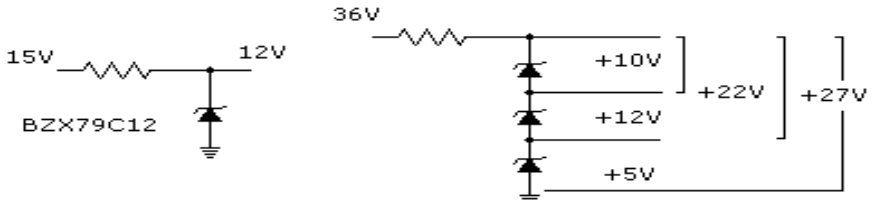


تنظيم الجهد بواسطة ثنائي زينر:

يوضح الشكل دائرة بسيطة تشرح كيفية استخدام ثنائي الزينر في تنظيم الجهد.



المقاومة R تحد من قيمة التيار، جهد الخرج ثابت ويساوي جهد انهيار الزينر، بغض النظر عن تغير جهد الدخل أو تغير التيار المسحوب بواسطة الحمل.



Example: output voltage required is 5V, output current required is 60mA.

1. **Vz** = **4.7V** (nearest value available)
2. **Vs** = **8V** (it must be a few volts greater than Vz)
3. **Imax** = **66mA** (output current plus 10%)
4. Pz > 4.7V × 66mA = 310mW, choose **Pz** = **400mW**
5. R = (8V − 4.7V) / 66mA = 0.05kΩ = 50Ω, choose **R** = **47Ω**
6. Resistor power rating P > (8V − 4.7V) × 66mA = 218mW, choose **P** = **0.5W**

دارة تنظيم تستخدم ثنائي زينر:

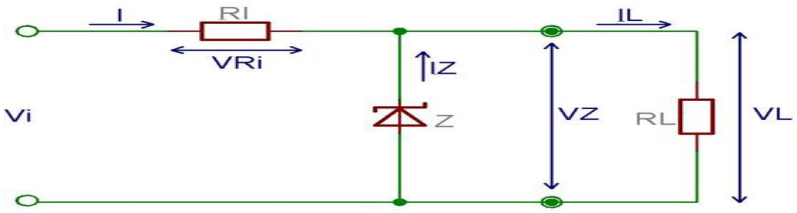
نحن نعلم أن ثنائي زينر يستخدم في التوصيل العكسي لتثبيت الكمون، فعندما يكون فرق الكمون بين طرفيه أقل من الكمون زينر (كمون الانهيار) يكون فرق الكمون بين طرفي مقاومة الحمل معطى بالعلاقة:

- Rv .I – VL = Vz = Vs – Vrv = Vs
- I = IL +IZ

حيث:

- IL : تيار الحمل.
- IZ :التيار المار في ثنائي الزينر ويساوي في هذه الحالة الصفر.

- VL = Vs – (IL+ Iz) Rv
- VL = Vs – IL. Rv



ومع ازدياد الكمون الداخل يزداد فرق الكمون بين طرفي ثنائي الزينر حتى يصبح مساوياً إلى كمون زينر (كمون الانهيار VZ) فعندها يمر تيار عكسي (IZ) في الزينر، ويزداد التيار العكسي بازدياد فرق الكمون المطبق على ثنائي زينر، لذلك يبقى فرق الكمون بين طرفي ثنائي الزينر مساوياً للكمون المطبق زينر، ويساوي هذا الكمون فرق الكمون بين طرفي مقاومة الحمل ويعطى بالعلاقة:

VL = VS – (IL + IZ) RV

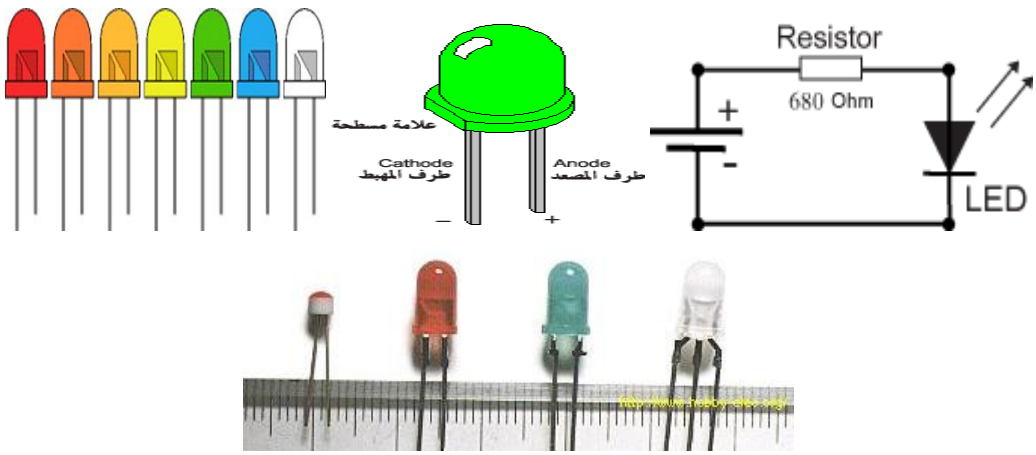
تستخدم المقاومة (RV) لحماية ثنائي الزينر من التلف وذلك بالحد من التيار الأعظمي الذي يمر فيه وذلك عند تغير كمون الداخل بين أقل وأعلى قيمة له.

ثنائي الانبعاث الضوئي Light Emitting Diode (LED):

يشع الضوء عندما يثار بإشارة كهربائية.

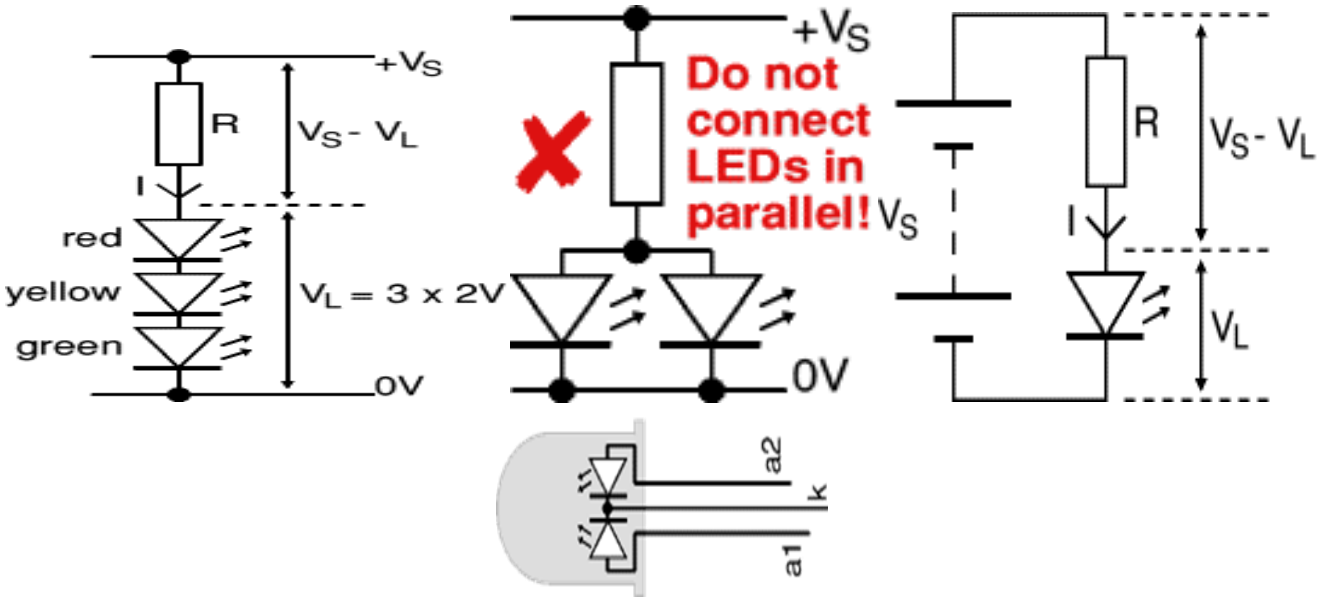
ويوصل ثنائي الانبعاث الضوئي كما في الشكل في الاتجاه الأمامي وتعتمد نظرية عمل هذا الثنائي على أن الطاقة الكهربائية المعطاة له بالتوصيل الأمامي تعمل على تحريك حاملات الشحنة مما يؤدي إلى توليد فوتونات حرة تنبعث في كل الاتجاهات مسببة إشعاع الضوء.

وتوصل دائما مقاومة قيمتها ما بين ٦٨٠ أوم إلى ١ كيلو أوم لتحمي الثنائي الباعث للضوء LED.



الثنائي ثلاثي الألوان: + − + −

وهو مبين في الشكل جانباً. حيث أنه يصدر الألوان (الأحمر والأخضر والأصفر)، وهو في داخله يتكون من لدين (أحمر وأخضر) وعند اشتعال الاثنين معاً يعطي لوناً ثالثاً وهو الأصفر. النقطة الوسطى هي المهبط المشترك و(a1) للون الأحمر و(a2) للون الأخضر.



$$R = (V_S - V_L) / I$$

Type	Colour	I_F max.	V_F typ.	V_F max.	V_R max.	Luminous intensity	Viewing angle	Wavelength
Standard	Red	30mA	1.7V	2.1V	5V	5mcd @ 10mA	60°	660nm
Standard	Bright red	30mA	2.0V	2.5V	5V	80mcd @ 10mA	60°	625nm
Standard	Yellow	30mA	2.1V	2.5V	5V	32mcd @ 10mA	60°	590nm
Standard	Green	25mA	2.2V	2.5V	5V	32mcd @ 10mA	60°	565nm
High intensity	Blue	30mA	4.5V	5.5V	5V	60mcd @ 20mA	50°	430nm
Super bright	Red	30mA	1.85V	2.5V	5V	500mcd @ 20mA	60°	660nm
Low current	Red	30mA	1.7V	2.0V	5V	5mcd @ 2mA	60°	625nm

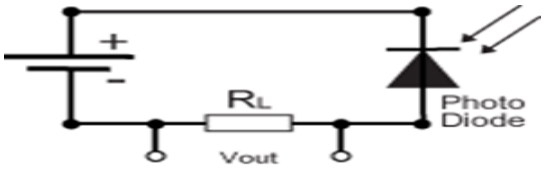
- **I_F max**: التيار الأعظمي الأمامي المار في الثنائي..
- **V_F typ**: الجهد الأمامي النموذجي من اجل تشغيل الثنائي..
- **V_F max**: الجهد الأمامي الأعظمي الذي يمكن للثنائي أن يتحمله..
- **V_F max**: الجهد العكسي الأعظمي الذي يمكن للثنائي أن يتحمله..
- **Luminous intensity**: شدة السطوع للثنائي mcd = millicandela..
- **Viewing angle**: زاوية انعكاس الرؤية للإضاءة..
- **Wavelength**: طول موجة الضوء الصادر nm = nanometer.

الثنائي الضوئي Photo Diode:

يتكون الثنائي الضوئي من شبه موصل موجب P وآخر سالب N ونافذة شفافة منفذة للضوء كما يتضح من الشكل.

يوصل الثنائي الضوئي توصيلاً عكسياً كما في الشكل:

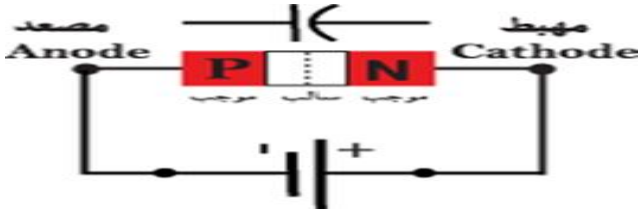
عندما يسقط الضوء على الثنائي الضوئي، يقوم الضوء بكسر الروابط البلورية ويتحرر عدد من الشحنات التي تسمى بشحنات الأقلية، ويزداد هذا العدد بزيادة الضوء الساقط مكوناً تياراً يسمى بتيار التسريب ويستخدم في الدارات الالكترونية.



الثنائي السعوي Varactor:

تستخدم الثنائيات السعوية كمكثفات متغيرة اعتماداً على الجهد الواقع عليها.

والثنائي السعوي أساساً عبارة عن وصلة ثنائية (PN) من السيليسيوم موصلة في الاتجاه العكسي وذلك كما في الشكل.



وتلعب السعة الذاتية التي تتشكل في منطقة الكمون الحاجز دوراً كبيراً في استخدام الثنائي السعوي، وقد تصل قيمة السعة الذاتية إلى (٢٥٠٠ pF).

يلعب الكمون العكسي المطبق من منبع خارجي الدور الرئيسي في تحديد قيمة السعة الذاتية، فمع ازدياده تزداد سماكة منطقة الكمون الحاجز (d) فتنقص السعة الذاتية (cd). إن السعة الذاتية (cd) تتناقص بازدياد الكمون العكسي المطبق، ويجب ملاحظة عدم الوصول إلى كمون الانهيار العكسي وإلا تلف الثنائي السعوي

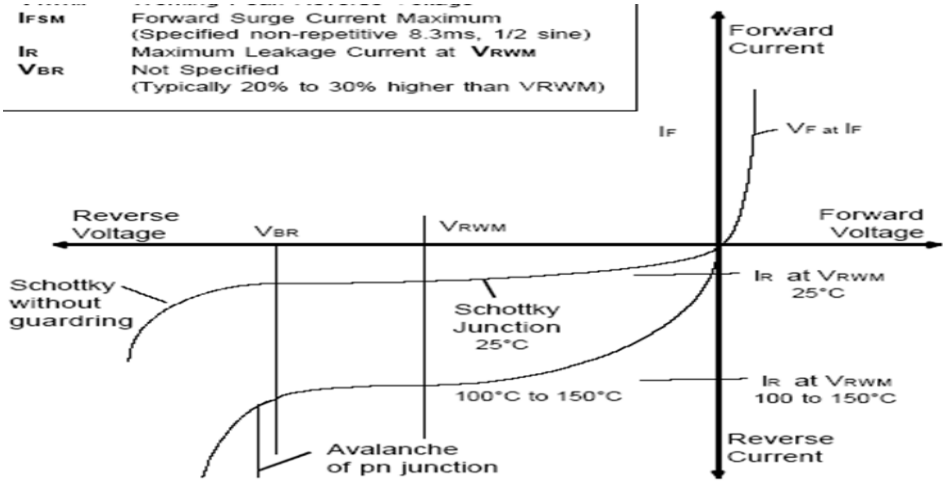
تتأثر قيمة السعة الذاتية (cd) بارتفاع درجة الحرارة حيث تزداد مع صغر الكمون العكسي المطبق وتقل مع كبره.

تستخدم الثنائيات السعوية في دارات رنين أجهزة الاستقبال العاملة على التعديل الترددي (FM) وفي دارات الترددات فوق العالية (UHF) وخاصة في أجهزة التلفزيون كما يمكن استخدامه كأي ثنائي عادي.

ثنائي شوتكي:

هذه الثنائيات تُستَعملُ لتقويم التيار المتناوبِ إلى التيارِ المستمر. وذلك عندما يكون ترددَ التيار المتناوبِ عالي جدا

PARAMETERS SPECIFIED AT 25°C	
V_F	Forward Voltage at I_F
I_F	Forward Current
V_{RWM}	Working Peak Reverse Voltage
I_{FSM}	Forward Surge Current Maximum (Specified non-repetitive 8.3ms, 1/2 sine)
I_R	Maximum Leakage Current at V_{RWM}
V_{BR}	Not Specified (Typically 20% to 30% higher than VRWM)

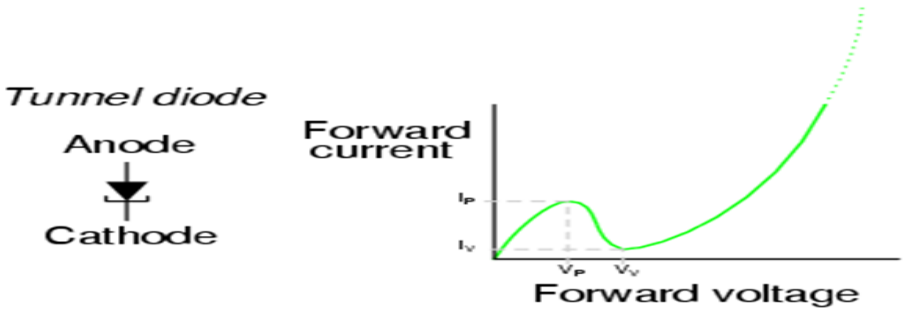


الثنائي النفقي Tunnel diodes:

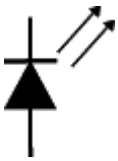
يصنع الثنائي النفقي بشكل عام من الجرمانيوم وتكون مساحة الوصلة في منطقة الكمون الحاجز صغيرة. يتصرف الثنائي النفقي في التوصيل العكسي تماماً كالثنائي العادي، أما في التوصيل العكسي فانه يتصرف بطريقة مختلفة يبينها منحني الخواص.

ضمن مجال محدد يتناقص التيار الأمامي مع ازدياد الكمون الأمامي المطبق أي أن الثنائي النفقي يبدي مقاومة سالبة ضمن هذا المجال المحدد.

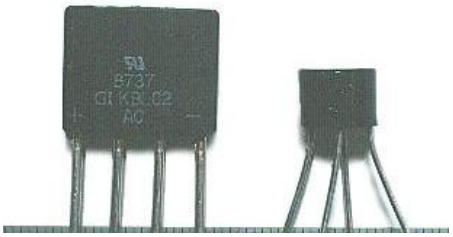
يستخدم الثنائي النفقي كثيراً في دارات المذبذبات ذات الترددات العالية جداً ويكون دائماً في التوصيل الأمامي، وتراعى كثيراً قيمة الكمون العكسي المطبق للحصول على مقاومة سالبة.

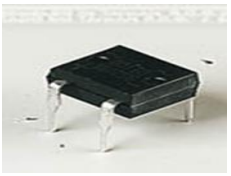


الرموز المعبرة عن الثنائيات:

General Diode	Zener Diode	Tunnel Diode	Schotky Diode	Varactor Diode	Gun Diode	Light Emitting Diode LED	Photo Diode	Photo Diode
								
ثنائي عام	ثنائي الزينر	ثنائي النفق	ثنائي شوتكي	ثنائي سعوي	ثنائي جان	ثنائي مشع	ثنائي ضوئي	ثنائي ضوئي

الثنائيات الجسرية:





14 A/ 400 V **6 Amp** **4 Amp** **1 Amp**

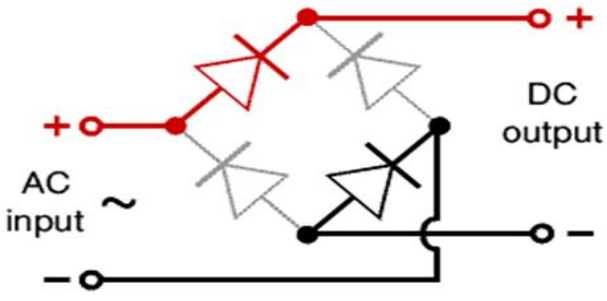
يتكون الثنائي الجسري (جسر التقويم) من أربعة ثنائيات عادية موصلة مع بعضها بشكل جسري.

يحتوي الثنائي الجسري على أربعة نقاط يكون مشاراً عليها بالرموز التالية (+، − ، ~).

إشارة (~) الموجودة على القطبين هي مدخل المقوم الجسري (تيار متناوب)..

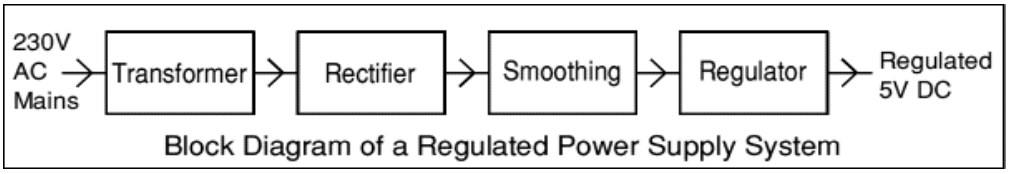
إشارتي (+، −) هي مخارج المقوم.

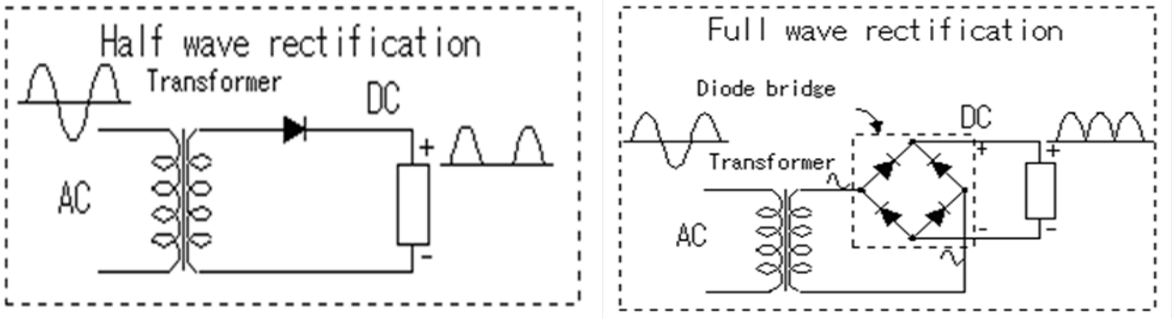
يتم فحص المقوم الجسري كما لو أننا نفحص الثنائي المقوم بأخذ كل نقطتين بالنظر إلى الشكل السابق، أي أننا سنفحص الثنائيات الأربعة (باستخدام الآفومتر). تستخدم هذه الثنائيات في دارات التقويم.

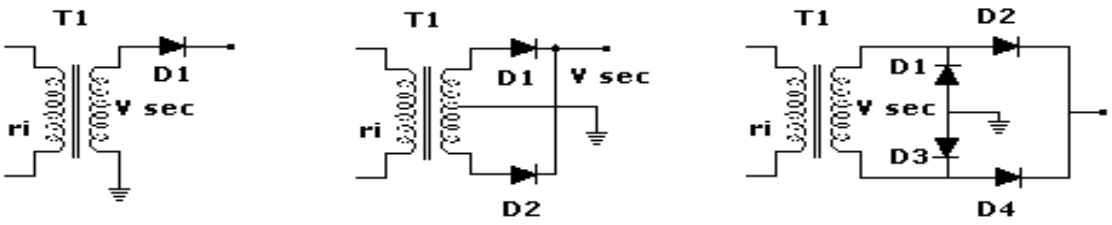


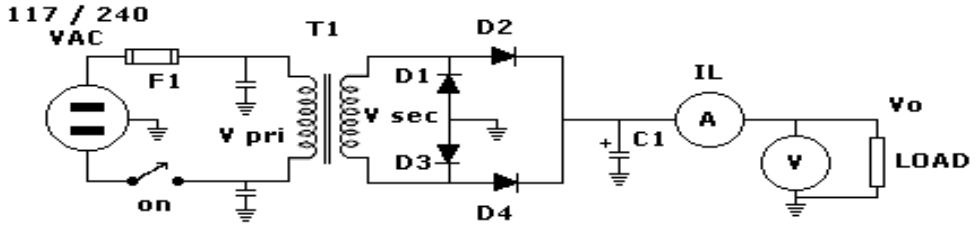
دارات التقويم والترشيح:

المخطط الصندوقي لتصميم دارت تقويم متكاملة.









Vo (no load) = V sec X 1.414
Po = Vo X IL
Load (RL) = Vo / IL

C1 (Vmin) = Vo X 1.414
F1 (A) = (2 X I) / N (N = turns ratio)
Vsec = Vo / 1.414

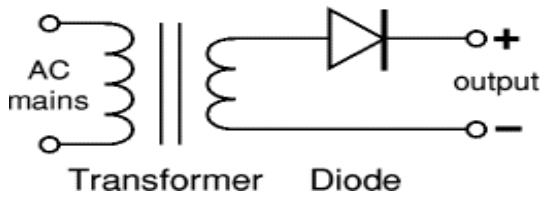
The formula for C1 is:

C1 (uF)=[(I_L* t)/Vrip] X10 ^{6}

C1 =[(0.5A X 0.00833) / 0.92V]X10 ^{6}

C1 = 0.00453 X 10 ^{6} = 4529 uF

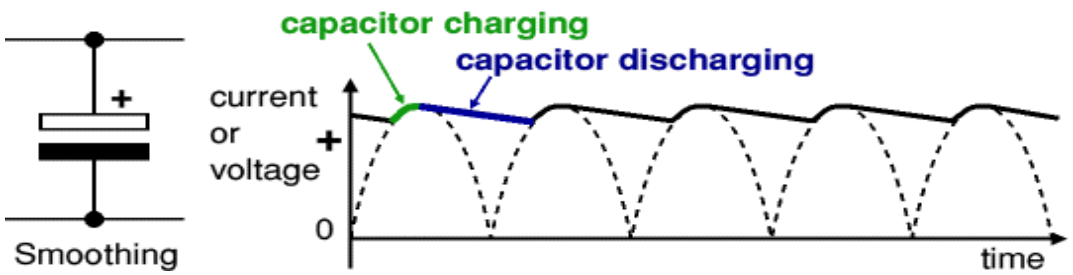
دارة تقويم نصف موجة.



Single diode rectifier

Output: half-wave varying DC

الترشيح:



Smoothing capacitor for 10% ripple, C = 5 × Io

Vs × f

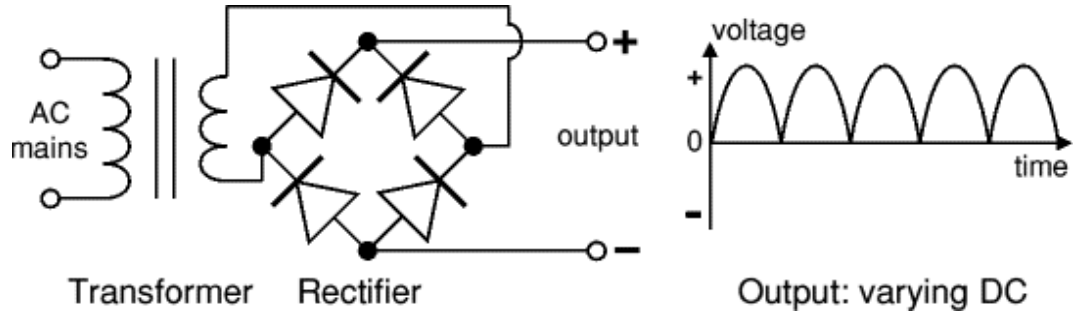
Io = output current from the supply..

Vs = supply voltage (peak value of unsmoothed DC)..

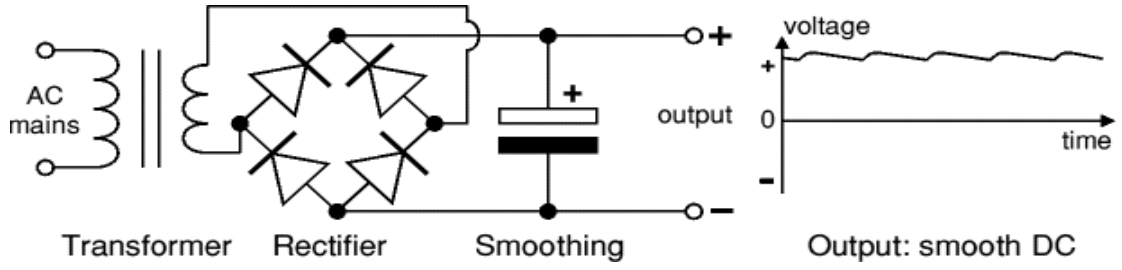
f = frequency of the AC supply (50Hz in UK)..

مراحل دارة تقويم موجة كاملة

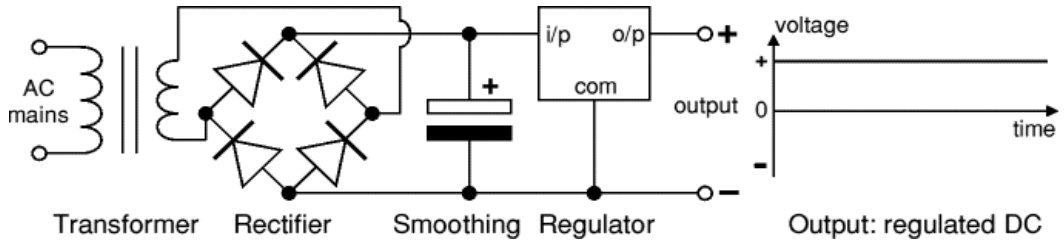
Transformer + Rectifier



Transformer + Rectifier + Smoothing

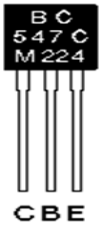


Transformer + Rectifier + Smoothing + Regulator



الترانزستور Transistor

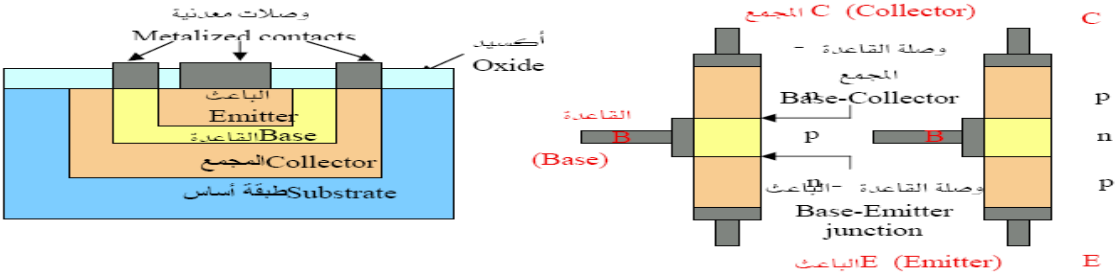
عندما تضاف طبقة ثالثة للثنائي بحيث يتشكل لدينا وصلتين، فان الناتج هو عنصر جديد يطلق علية "الترانزستور"، ويتمتع الترانزستور بقدرة عالية على تكبير الإشارات الالكترونية، وهذا بالرغم من حجمه الصغير.



وصف الترانزستور:

الترانزستور هو عنصُر لهُ ثلاثة أطراف تخرُج منهُ. وهي القاعدة B والمجمّع C والباعث E. فيما يلي رسم لترانزستور من النوع BC547 مكبّر أربع مرات.

البنية الداخلية الأساسية:



أنواع الترانزستور BJT:

هناك نوعين من الترانزستور يختلف كل واحد في تركيبه وهما كالتالي:

١. الترانزستور PNP:

يحتوى الترانزستور PNP على ثلاثة طبقات، اثنتان موجبتان P وبينهما طبقة سالبة N ليتكون بذلك الترانزستور PNP.

شكل الترانزستور PNP

٢. الترانزستور NPN:

يحتوى الترانزستور NPN على ثلاثة طبقات اثنتان سالبتان N وبينهما واحدة موجبة P ليتكون بذلك الترانزستور NPN.

شكل الترانزستور NPN

يحتوى كل ترانزستور على ثلاث أطراف وهي كما يلي:

١. **المشع Emitter:** وهو الجزء المختص بإمداد حاملات الشحنة وهي الفجوات في حالة الترانزستور PNP والالكترونات في الترانزستور NPN ويوصل المشع أماميا (forward) بالنسبة للقاعدة وبذلك فهو يعطي كمية كبيرة من حاملات الشحنة عند توصيلة.

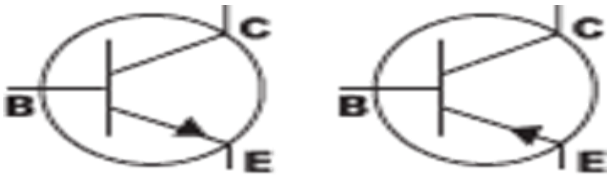
٢. **المجمع Collector:** ويختص هذا الجزء من الترانزستور بتجميع حاملات الشحنة القادمة من المشع، ويوصل عكسيا (reverse) مع القاعدة

٣. **القاعدة Base:** وهي عبارة عن الجزء الأوسط بين المشع والمجمع ويوصل أماميا (forward) مع المشع، وعكسيا (reverse) مع المجمع.

رموز الترانزستور:

هناك رمزين للترانزستور والسهم يدل على نوعه كما بالشكل:

يدل السهم على نوع الترانزستور فالسهم الخارج يدل على ترانزستور NPN ، والداخل يدل على ترانزستور PNP



NPN PNP

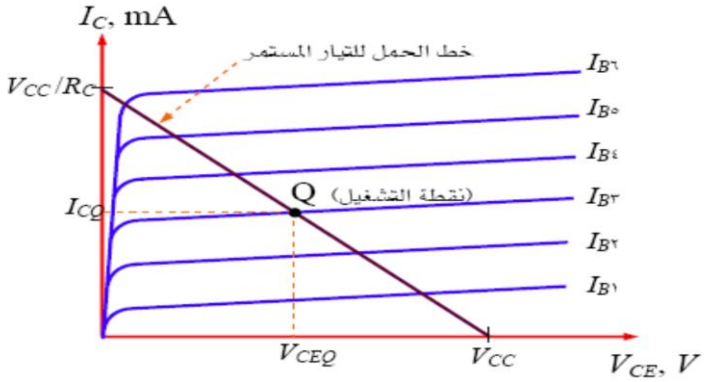
2	S	C		1815
تشير إلى أن العنصر هو ترانزستور	للإشارة إلى أن العنصر هو نصف ناقل	A	ترانزيستور نوع PNP لتطبيقات الترددات العالية	رقم مضاف بغرض تمييز المنتج
		B	ترانزيستور نوع PNP لتطبيقات الترددات المنخفضة	
		C	ترانزيستور نوع NPN لتطبيقات الترددات العالية	
		D	ترانزيستور نوع NPN لتطبيقات الترددات المنخفضة	

خصائص الترانزستور:

يوصل الترانزستور تيارا في الاتجاه الأمامي ولا يوصل تيارا في الاتجاه العكسي ومنطقة التوصيل تنقسم إلى ثلاث مناطق:

- **المنطقة الأولى:** وهى منطقة القطع التي لا يمر فيها تيار في مجمع Base الترانزستور.
- **المنطقة الثانية:** وهى منطقة التكبير أو المنطقة الفعالة أو منطقة التشغيل الخطية للترانزستور.
- **المنطقة الثالثة:** وهى منطقة التشبع التي يمر فيها أكبر تيار في مجمع Base الترانزستور

في المنطقة الأولى والثالثة يعمل الترانزستور كمفتاح، وفي المنطقة الثانية يعمل الترانزستور كمكبر.

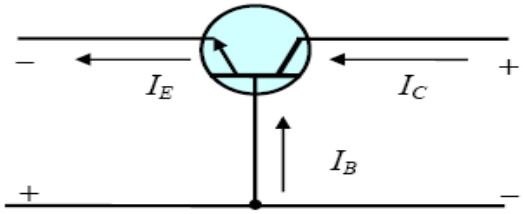


طرق توصيل الترانزستور:

يوصل أحد أطراف الترانزستور بإشارة الدخل والطرف الثاني يوصل بإشارة الخرج ويشترك الطرف الثالث بين الدخل والخرج، ولهذا يوصل الترانزستور في الدوائر الالكترونية بثلاث طرق مختلفة.

القاعدة المشتركة Common Base:

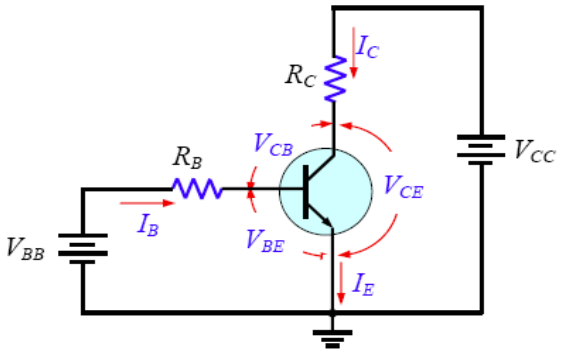
يتم توصيل إشارة الدخل بين المشع والقاعدة Emitter and Base، وتوصل إشارة الخرج بين المجمع والقاعدة Base Collector and ويلاحظ أن طرف القاعدة Base مشتركاً بين الدخل والخرج، ولهذا سميت طريقة التوصيل هذه بالقاعدة المشتركة Common Base.



المشع المشترك Common Emitter:

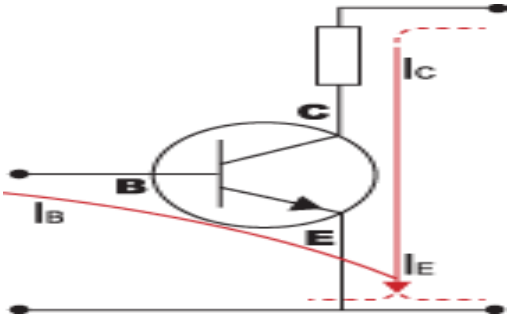
توصل إشارة الدخل بين القاعدة والمشع Emitter and Base، وتوصل إشارة الخرج بين المجمع والمشع Base and Emitter ويلاحظ أن طرف المشع Emitter مشتركا بين الدخل والخرج، ولهذا سميت طريقة التوصيل هذه بالمشع المشترك Common Emitter.

الشكل يبين ترانزستور موصل بطريقة المشع المشترك Common Emitter



بعض الحقائق عن الترانزستور:

- طبقة القاعدة Base في الترانزستور تكون رقيقة جدا يليها المشع Emitter أكبرهم المجمعCollector .
- يكون المشع Emitter مشبعا بحاملات الشحنة بحيث يمكنه إمداد عدداً هائلا منها أما القاعدة Base فتكون خفيفة التشبع وتعمل على إمرار غالبية الشحنات القادمة من المشعEmitter إلى المجمع Collector ويكون المجمع متوسط التشبع.
- وصلة المشع مع القاعدة Base – Emitter تكون أمامية Forward دائما أما وصلة المجمع مع القاعدة Base – Collector فتكون عكسية Reverse.
- يتميز المشع Emitter عن بقية أطراف الترانزستور بوجود سهم علية، يشير السهم إلى اتجاه التيار (الفجوات)، ففي نوع PNP نجد أن التيار (الفجوات) يتدفق خارجا من المشعEmitter أما في النوع NPN نجد أن التيار يتجه داخلا إلى المشعEmitter.

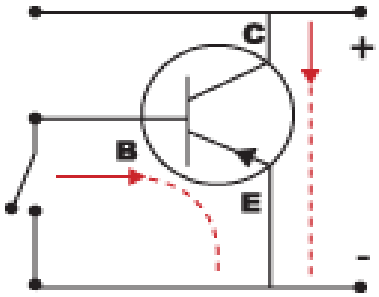


الشكل يبين اتجاهات التيار (الفجوات) في الترانزستور NPN

هناك مساران للتيار في دوائر الترانزستور:

المسار الأول المجمع Collector – المشع Emitter.

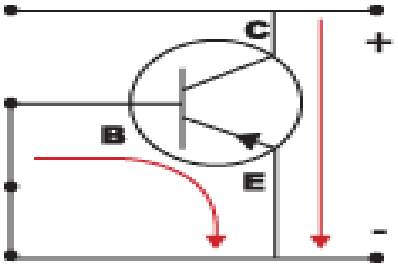
فاذا سلط فرق جهد بين مجمع Collector ومشع Emitter ترانزستور من النوع PNP بحيث يكون المجمع Collector موجبا بالنسبة للمشع Emitter وتركت دائرة القاعدة Base – المشع Emitter مفتوحة فسوف لا يمر تيار لا في دائرة المجمع Collector – المشع Emitter ولا في دائرة القاعدة Base – المشع Emitter.



المسار الثاني: القاعدة Base – المشع Emitter.

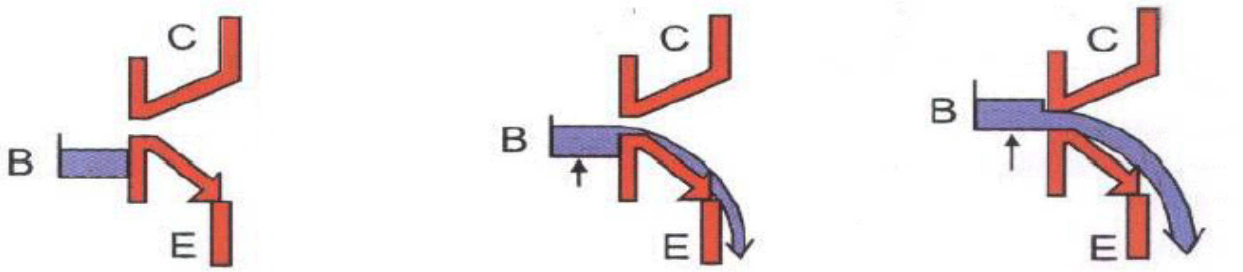
إذا سلط جهد انحياز أمامي على دائرة القاعدة Base – المشع Emitter قيمته (0,7) فولت فان عدد من الالكترونات تترك المشع Emitter بسبب جهد الانحياز الأمامي بين القاعدة Base والمشع Emitter متجهة نحو القاعدة Base.

وحيث أن القاعدة Base غير مشبعة بالشحنات ورقيقة جدا (1 1000 من الميلي متر)، لذلك فان عدد الالكترونات التي تتحد بالفجوات في القاعدة Base يكون قليلا جدا لا يتعدى 1 % من الكترونات المشع Emitter التي تتجه نحو القاعدة Base.

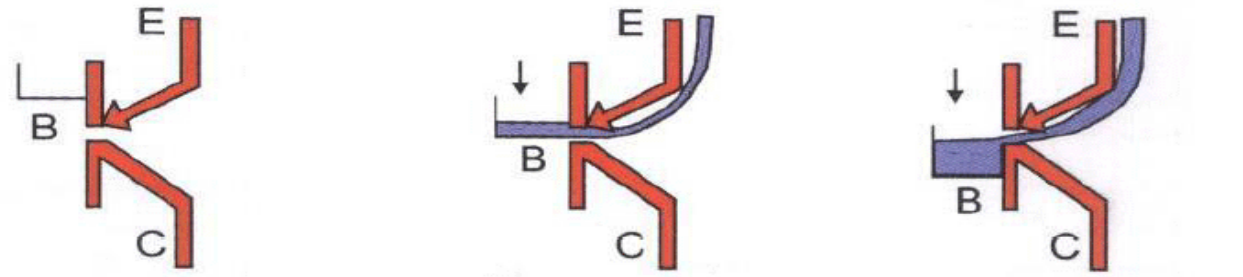


يقوم الجهد الموجب للمجمع Collector بجذب هذه الالكترونات نحوه لتكون التيار المار في دائرة المجمع Collectorالمشع.Emitter

ترانزستورات NPN... ارفع الوعاء (القاعدة) والذي يحوي الماء، عندما يصبح مستواه أعلى من جدار (حاجز) الباعث فإن الماء سيتدفق نحو الباعث. وسيتدفق تيار المجمع أيضا بشكل تناسبي.

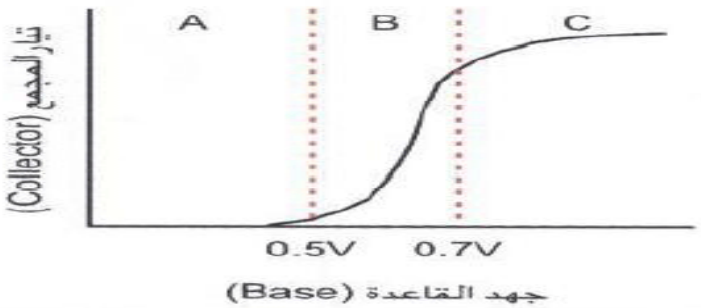


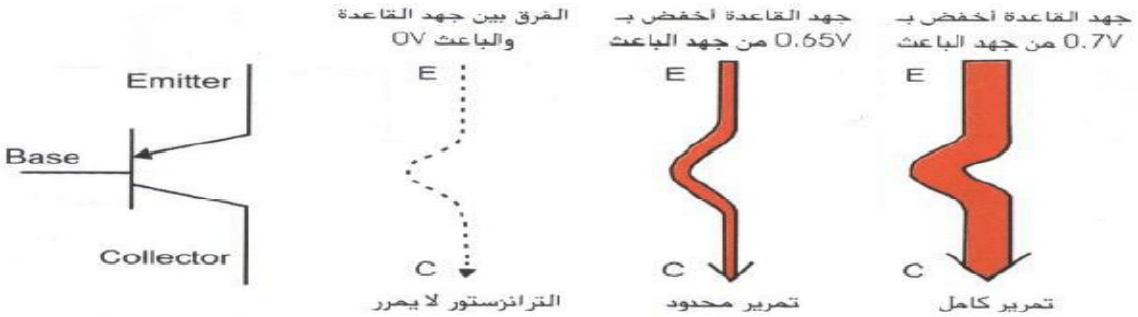
ترانزستورات PNP... قم بتخفيض الوعاء (القاعدة) الخالي من الماء. عندما يصبح مستواه أخفض من جدار الباعث فإن الماء سيتدفق إلى الوعاء من الباعث. سيتدفق تيار المجمع بشكل تناسبي أيضا.



مما سبق نستنتج أن:

- يكون الترانزستور في حالة قطع إذا كان جهد القاعدة – المشع أقل من 0.7 فولت في حالة ترانزستورات السيلكون، 0.3 فولت في حالة ترانزستورات الجرمانيوم.
- في الوقت الذي يكون فيه جهد القاعدة – المشع يساوى من 0.7 فولت في ترانزستورات السيلكون يتزايد تيار المجمع بتزايد تيار القاعدة.
- تيار القاعدة أصغر بكثير من تيار المجمع ولكنه يتحكم فيه، أي أن النقص القليل في تيار القاعدة يناظره نقص كبير في تيار المجمع والزيادة القليلة في تيار القاعدة يناظرها زيادة كبيرة في تيار المجمع.
- ولهذا تدخل الإشارة صغيرة إلى دائرة القاعدة، المشع وتخرج كبيرة من دائرة المجمع، المشع





وظيفة الترانزستور:

يستعمل الترانزستور كعنصر كهربائي فعال وذلك كمكبر أو مفتاح وهناك نوعان منه:

الأول وهو أكثر استعمالاً – ترانزستور ثنائي القطبية (bipolar)، حيث يسري تيار الحمل خلال عدة مناطق به.

والنوع الثاني هو أحادي القطبية (unipolar)، والذي يسري به التيار خلال منطقة واحدة فقط كترانزستور FET مثلا، أي ترانزستور تأثير المجال. ويتأثر فيه مجالاً كهربائياً عن طريق قناة نصف موصلة للتيار.

ويتكون ثنائي القطبية من ثلاثة طبقات تحد قريباً على بعضها البعض للمواد النصف ناقلة حيث إذا مر تيار في أحد هذه الطبقات فيؤثر على الطبقة الأخرى.

وهناك ما يسمى بتقنية الترانزستورات أو منطق الترانزستور – ترانزستور (TTL) التي تستعمل في "تقنية الرقميات" (DIGITAL) في الحاسب مثلا، وهي تسلسل من الترانزستورات تعمل كمفاتيح منطقية رقمية أو لتخزين المعلومات الرقمية.

كيفيّة استخدامه:

- إذا وصلتَ منبع جهد بين الطرفين C وE فلن يسمح الترانزيستور بمرور أي تيّار (لشكل١)
- لكِن يوجد وصلة بين B وE، فإذا أراد أحدهُم جعل التيّار يسري بين B وE فلا بُدَّ أن يستخدِم هذا الشخص منبع للجهد ومقاومة (الشكل ٢)
- إذا جعلتَ التيّار Ib يسري بين B وE، عندئذٍ ستسمح المقاومة بتمرير التيّار Ic=β. Ib بين C وE (الشكل ٣)، في هذِهِ الحالة تكون β بحدود ١٠٠.

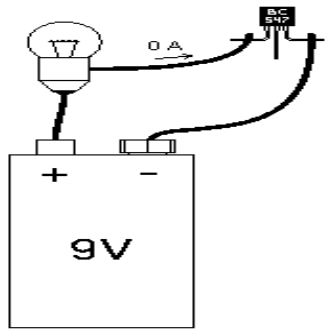


Fig. 1

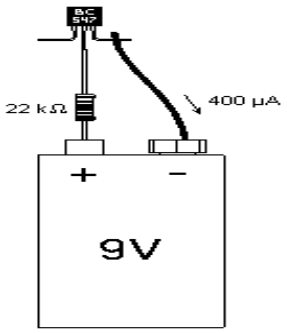


Fig. 2

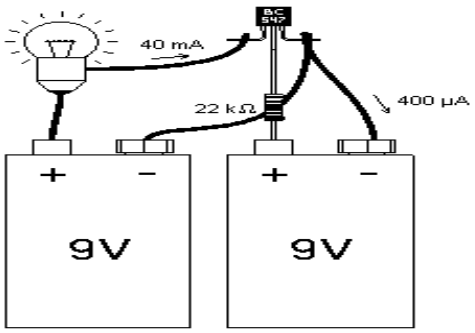


Fig. 3

المخطّطات الكهربائية الموافقة للأشكال ١ و٢ و٣ هي الأشكال ٤ و٥ و٦.

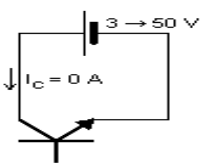


Fig. 4

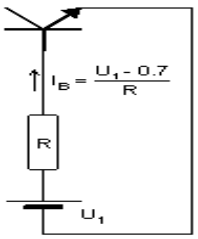


Fig. 5

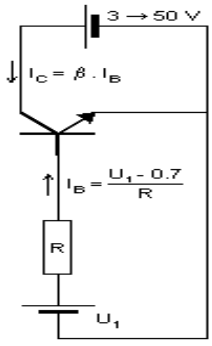


Fig. 6

ملاحظة:

إذا أردتَ تجريب هذِهِ الدارات يمكنكَ استخدام بطاريّة ٩V واحدة بدلاً من اثنتين (الأشكال ٧ و٨).

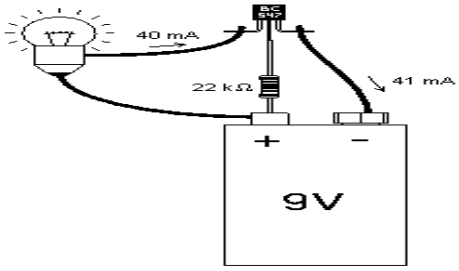


Fig. 7

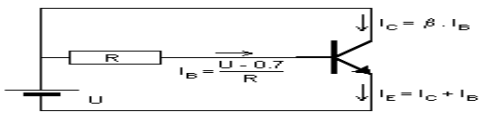


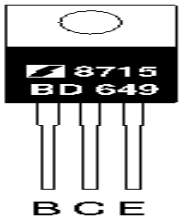
Fig. 8

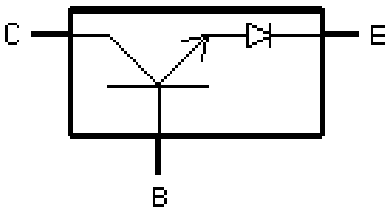
انتبِه للقطبية: ضع الأسلاك الموجبة والسالبة في مواقِعها الصحيحة، فاتجاه التيّار هام جداً في الترانزستور.

الترانزستور BC547 ضعيفٌ إلى حد ما لجعل مصباح يُضيء، ستحصَل على نتائِج أفضل باستخدام ترانزستور أقوى، مثل BD649. وفيما يلي رسم له مكبَّر مرتين.

في البداية، قد تحصَل معكَ أخطاء في توصيلات الأسلاك ستؤدي إلى جعل الترانزستور يبدِّد الكثير من الحرارة، وقد تحرِق العديد من الترانزستورات، هذا أمرٌ طبيعي.

والسبب في إنقاص ٠,٧Volt من الجهد (UBE) هو أنَّ الترانزستور ثُنائي القطبيّة يحوي بداخلِهِ ديود "طفيلي". ومقدار الجهد الذي ينبغي طرحُهُ يعتمِد على نوع نصف الناقِل: ٠,٧V من أجل السيلكون، و٠,٢V من أجل الجرمانيوم.

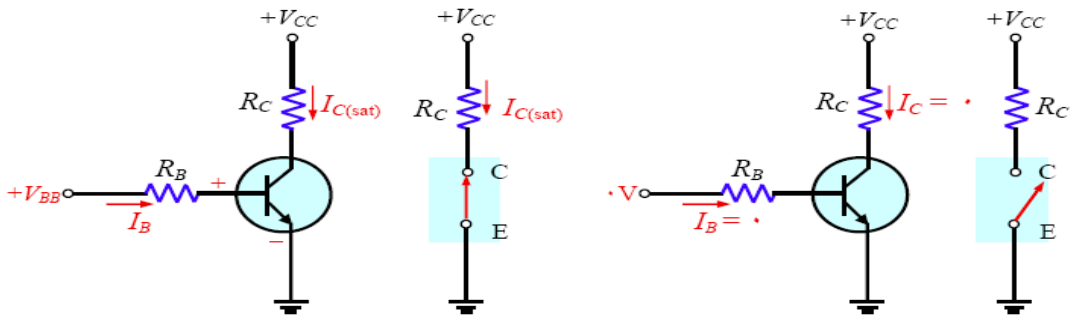




الترانزستور كقاطع إلكتروني:

يتم توصيل الترانزستور في الدارات الإلكترونية ليستخدم كمفتاح لقيادة الأحمال التي هي في خرجه وذلك كوسيط بن مرحلة التحكم بالحمل والحمل.

في هذه الحالة يعمل الترانزستور بين القطع والإشباع فقط، وتتعلق استطاعة الترانزستور باستطاعة التيار الذي يستهلكه الحمل المستمر.



يوجد تصنيفان للترانزستور بشكل عام وهما:

١. Bipolar Junction Transistor

ويطلق عليه اختصارا BJT والكلمة معناها أن كلا من الإلكترونات والفجوات holes تستخدم كحاملات للتيار.

وهذا النوع أيضا يعتبر من العناصر الذي يتحكم فيها بواسطة تيار الدخل Current Controlled أي أن تيار الخرج يعتمد على تيار الدخل.

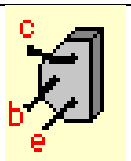
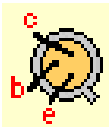
٢. Unipolar Junction Transistor

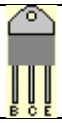
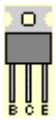
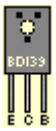
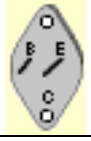
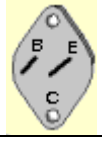
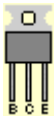
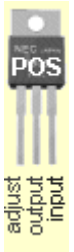
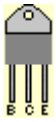
ويطلق عليه أيضا FET اختصارا لـField Effect Transistor أي أن التيار المار خلاله يتحكم فيه بالجهد المسلط على البوابة gate (أحد أطراف الترانزستور من هذا النوع).

وفيه تكون الإلكترونات أو الفجوات (أحدهما) هي حاملة التيار.

أطراف الترانزستورات الشائعة

يمكن الرجوع إلى الأشكال الموضحة بالجدول التالي من اجل معرفة تسلسل أقطاب الترانزستور وفقاً لنوعه:

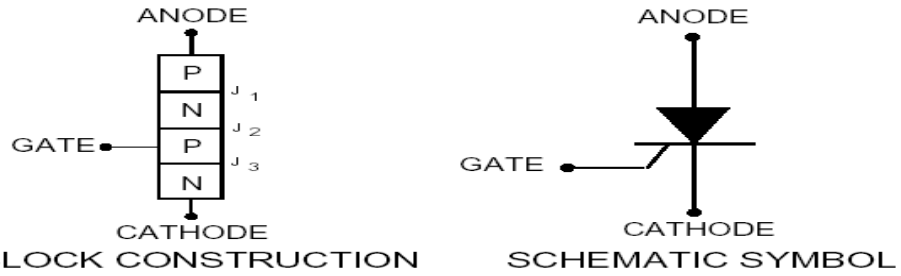
الشكل	PNP	NPN	الشكل	PNP	NPN
	BC157 BC158 BC159	BC147 BC148 BC149		BC177 BC178 BC179	BC107 BC108 BC109
	BC251 BC252 BC253 BC212 BC213 BC214	BC171 BC172 BC173 BC182 BC183 BC184		BC257 BC258 BC259	BC167 BC168 BC169
	BC307 BC308 BC309	BC237 BC238 BC239		BC204 BC205 BC206	BC207 BC208 BC209
	BC417 BC418 BC419	BC407 BC408 BC409		BC320 BC321 BC322 BC327 BC350 BC351 BC352	BC317 BC318 BC319 BC337 BC347 BC348 BC349 BC382 BC383 BC384

		BC437 BC438 BC439		BC415 BC416	BC413 BC414
	BC557 BC558 BC559 BC512 BC513 BC514	BC547 BC548 BC549 BC582 BC583 BC584			BC467 BC468 BC469
	2N3905 2N3906	2N3903 2N3904		BC261 BC262 BC263	
	TIP2955	TIP3055		9012 9015	9013 9014
	MJE 2955T BD266A TIP32A TIP42A	MJE 3055T BD267A TIP31A TIP41A		BD132 BD140 BD262	BD131 BD139 BD263
		2N3054		MJ2955	2N3055
	Darlington TIP126 TIP137	Darlington TIP121 TIP132			2N2222A
		Negative Voltage Regulator 1amp 7905 7912		Positive Voltage Regulator1amp 7805 7812 LM2940	
		Positive Voltage Regulator 100mA 78L05 78L12		Positive Voltage Regulator Adjustable LM317(1.5amp) LM350(3amp)	
	Darlington TIP146	Darlington TIP141			Negative Voltage Regulator 100mA 79L05 79L12

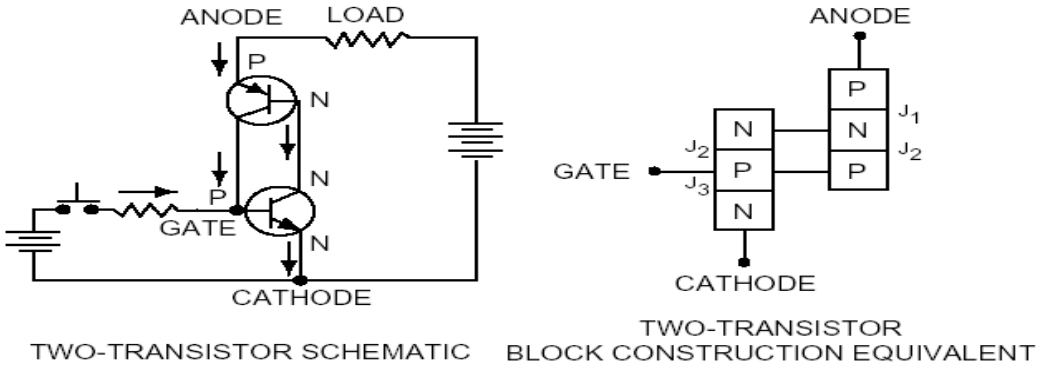
مقوم التحكم The Silicon – Controlled Rectifier (SCR)

تعريف الثايرستور (Thyristors):

إن كلمة الثايرستور لها أصل يوناني والتي تعنى الباب. هذا في اللغة، أما عند الانتقال إلى المفهوم الالكتروني فإن الثايرستور هو عنصر إلكتروني مصنوع من مواد نصف ناقلة وتتألف من أربع طبقات وهي على التسلسل P1، N1، N2، وله ثلاثة أقطاب (مصعد A ومهبط K وبوابة G).



يمكن توضيح عمل SCR عن طريق تمثيله بترانزستورين احدهما من نوع NPN والأخر من نوع PNP موصولين على التوازي والتعاكس كما في الشكل التالي:



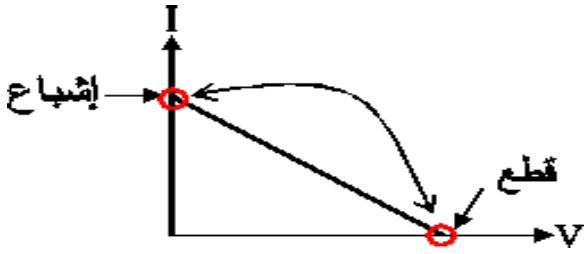
نلاحظ أن هذه التوصيلة للترانزستورين تعتمد مبدأ يسمى بالتغذية العكسية الموجبة Positive Feedback وبالتالي يتوارد للذهن. ما هي التغذية العكسية الموجبة؟

يمكن تلخيصها إلكترونياً بأنها توصيلة معينة بين خرج ودخل دارة إلكترونية تقوم بزيادة ربح الدارة (سواء جهد أو تيار) بشكل كبير.

بتطبيق هذا على الدارة المجاورة، فإنه عند مرور تيار في قاعدة الترانزيستور Q1 فإن هذا التيار سيظهر أثره مضخماً على مجمع Q1 الموصول مع قاعدة الترانزستور Q2 وبالتالي عند مرور التيار في قاعدة Q2 يفتح الترانزستور Q2 ويمرر التيار من باعث Q2 إلى مجمع الترانزستور نفسه والموصول مع قاعدة Q1 وبالتالي يزداد تيار القاعدة للترانزستور Q1 وهكذا نلاحظ أن الترانزستورين ينتقلان بسرعة كبيرة نحو الإشباع.

إذاً ماذا نستنتج مما سبق؟

- أن الثايرستور يُعامَل مُعَامَلة المفتاح، أي يأخذ وضعيتين (قطع أو إشباع) يبقى فيهما إذا لم تؤثر علية أي قوة خارجية.
- حتى يمر تيار في الترانزستور Q2 يجب أن يكون الجهد المطبق عليه أكبر من جهد المتصل المحيّز عكسياً (P2–N1) وبالتالي يسمى الجهد الذي يفتح عنده الثايرستور بجهد الفتح وعندها ينتقل الترانزستورين إلى حالة الإشباع بسرعة كبيرة.



لو ترك الطرف الثالث دون توصيله في الدارة فإن العنصر SCR يعمل كثنائي رباعي الطبقات.

يستعمل الثايرستور كقاطع الكتروني للتيار المتناوب وهو يمرر في اتجاه واحد فقط وله قطب تحكم، يتم قدح الثايرستور بجهد من 0.5 إلى 2 فولت، وله ثلاثة أقطاب :A المصعد، K: المهبط، G: البوابة / قطب التحكم /.

ويمكن تلخيص عمل الثايرستور بشكل عام (بأنه يشبه عمل الديود):

- عندما يكون محيز أمامياً: لا يمرر الثايرستور أي تيار إلاّ عندما يكون الجهد المطبق عليه أكبر من جهد الفتح.
- عندما يكون محيز عكسياً: يكون في حالة قطع ولا يمرر أي تيار.
- هناك ثايرستورات نفتح بواسطة الإشعاع الضوئي وهذا النوع من العناصر يعرف بـLASCR.
- بعض الثايرستورات ثنائية الاتجاه أي تمرر في كلا الاتجاهين في نظام الوصل مثل الترياك TRIAC.

إن تيار SCR يمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية:

$$I = \frac{I_{CBO1} + I_{CBO2}}{1 - \alpha_1 - \alpha_2} V$$

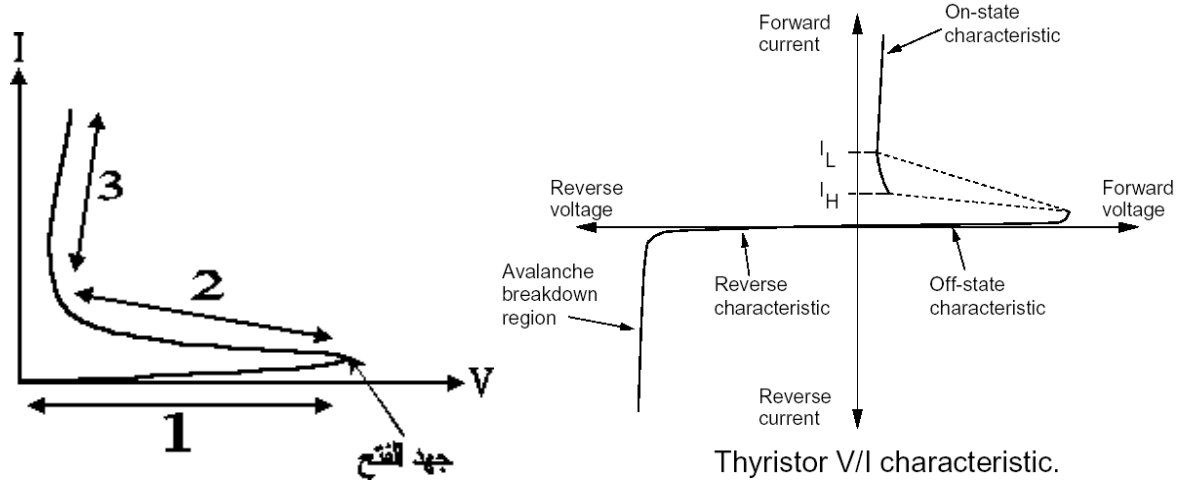
خلال القطع تكون مقاومة الثايرستور بين المهبط والمصعد عالية جداً، وعندما تطبق الإشارة على البوابة فان SCR يصبح في نظام الوصل ويكون قادر على تمرير تيار عالي (ضمن حدود مجال الاستطاعة) في اتجاه واحد فقط من المصعد إلى المهبط..

ونلاحظ على مميزة الفولت – أمبير ثلاث مناطق:

١. **منطقة القطع:** نلاحظ عند ازدياد الجهد لا يمر أي تيار حتى قيمة جهد الفتح.

٢. **منطقة المقاومة السالبة:** نلاحظ انخفاض الجهد بشكل كبير مع زيادة التيار ولا يمكن أن تكون نقطة العمل في هذه المنطقة لأنها حالة عابرة بين القطع والإشباع وعادة ترسم في كثير من المراجع بخط منقط.

٣. **منطقة العمل:** وهي منطقة الإشباع يمر عندها التيار في الثايرستور وهي المنطقة المرغوب العمل فيها.



Thyristor V/I characteristic.

لا يعمل الثايرستور إلا في حال:

- تطبيق نبضة قدح ٢ فولت على البوابة
- رفع الجهد على طرفيه إلى قيمة أكبر من جهد الفتح
- التغير السريع في الجهد بين المصعد والمهبط.
- زيادة درجة الحرارة.

بعد إعطاء نبضة القدح يعمل الثايرستور ولا يتوقف إلا في حال قطعه بإحدى الطريق:

- فصل التغذية نهائيا عن أقطابه.
- قصر المصعد والمهبط بواسطة مقاومة وصل.
- تطبيق نبضة قدح معاكسة للنبضة السابقة.

يملك الثايرستور نظامي عمل هما:

- **نظام الوصل:** وفيه تكون مقاومة الثايرستور بين المهبط والمصعد صغيرة جداً بمقدار عدة أومات أو أقل، وفي هذا النظام يعمل الثايرستور كقاطع مغلق.
- **نظام القطع:** وفيه تكون مقاومة الثايرستور بين المهبط والمصعد عالية جداً تتراوح من عشرات إلى مئات الميغا أوم، وفي هذا النظام يعمل الثايرستور كقاطع مفتوح.

يتميز الثايرستور عن غيره من القواطع بما يلي:

- يتحمل الاهتزازات القوية والضجيج بعكس القاطع الآلي.
- عند فصله ووصله لا يصدر أي شرارة كهربائية.
- لا يصدر أي صوت.
- سرعات عالية جداً تصل حتى النانو ثانية وخاصة في المبدلات الترددية.
- تحمل جهود كبيرة وتيارات عالية تصل حتى ٢٠٠٠ أمبير مع العلم أن حجمه صغير.
- سهولة التحكم به وذلك عن طريق نبضة قدح.

بعض استخدامات الثايرستورات:

١. زواجل التحكم.
٢. دارات التأخير الزمني.
٣. مغذيات الاستطاعة.
٤. دارات الحماية.
٥. شواحن البطاريات.
٦. المبدلات (التبديل بين DC، DC، AC، DC، DC، AC، AC، AC).

عملياً فإن استخدامات SCR تتوقف على مخيلة ومقدرة المصمم، كما أن التطبيقات الأكثر شيوعاً عديدة وسيكون كافيا إذا ذكرنا العناصر الالكترونية والكهربائية التي استطاع SCR إن يحل محلها في معظم التطبيقات وهي كما يلي:

١. استطاع SCR بنجاح إن يحل محل الصمام الالكتروني الثلاثي والصمام المفرغ أو ترانزستور الاستطاعة في الدارات الالكترونية.
٢. في الدارات الكهرومغناطيسية حل SCR محل كل أنواع المفاتيح والزواجل والمقاومات المتغيرة.
٣. في دارات الحماية حل محل الفواصل وقواطع الدارة.
٤. حل محل المضخمات المغناطيسية في دارات تضخيم الاستطاعة.
٥. ولاشك إن الاستخدام الرئيسي لـSCR اليوم في حقول التحكم بالطاقة وأيضا كعنصر تفرعي أو تسلسلي، وتكمن أفضليته في المردود العالي الناتج عن التبديد المنخفض للطاقة.مثل: التحكم بالطاقة المقدمة لتسخين العناصر، تعيين سرعة الموتورات الكهربائية، تعتيم الضوء، الخ...

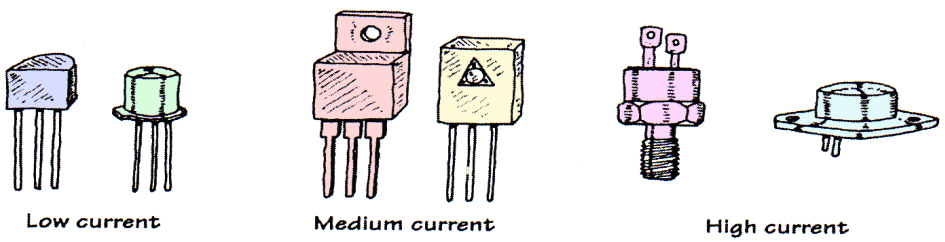
ملاحظات هامة:

- أحد عيوب الثايرستور أنه عند الانتقال إلى الإشباع لا يمكن التحكم فيه وبالتالي لا يمكن إيقاف تمريره للتيار إلاّ عند انخفاض التيار المار فيه إلى الصفر وعندها يقطع، فنلجأ عادةً إلى دارة مساعدة (عادة مؤلفة من مكثفة ومقاومة) تقوم هذه الدارة بتمرير التيار باتجاه معاكس وبالتالي قطع الثايرستور.
- تتميز الثايرستورات باستطاعتها الكبيرة وتحملها للتيارات الكبيرة فلذلك تستخدم في التطبيقات الصناعية والتي تحتاج إلى استطاعات كبيرة.

أنواع الثايرستورات:

تصمم بعض الثايرستورات خصيصاً من أجل تطبيقات التحكم الصفحي، أما بعضها الآخر فيصمم من أجل تطبيقات الفتح والإغلاق (التقطيع) عالي السرعة. ربما تكون أهم ميزة في الثايرستور هي التيار الذي يتحمله الثايرستور.

تتوفر ثايرستورات منخفضة التيار بمعدلات تيار/جهد لا تتجاوز 100/1A فولت. أما الثايرستورات المتوسطة التيار فتتوفر بمعدلات تيار/جهد بحدود 10A/100V. تبلغ المعدلات الأعظمية للتيار والجهد في الثايرستورات عالية التيارات عدة آلاف الأمبير وعدة آلاف الفولت. يُصنع غلاف الثايرستورات منخفضة التيارات من البلاستيك أو المعدن، أما الثايرستورات متوسطة وعالية التيارات فإنها تكون مزودة بمبدد حرارة ذاتي (مصنوع مع الثايرستور)، وقد لا يكفي هذا المبدِّد بمفرده أثناء الاستخدام، وعندها لا بد من استخدام مبدِّد حرارة خارجي إضافي.

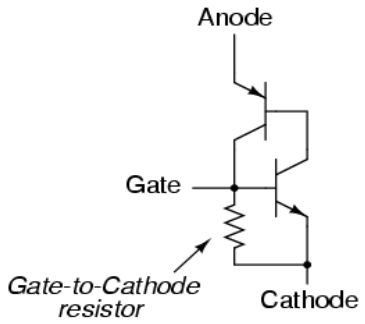


أشكال الثايرستورات.

فحص الثايرستور بمقياس الأوم يكون:

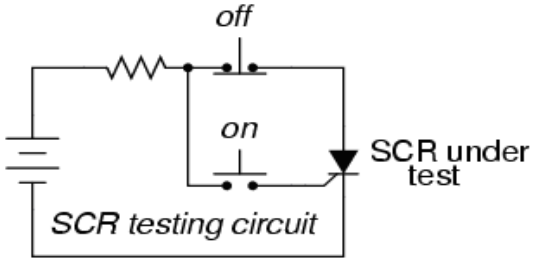
- بين G، K يمرر في الاتجاه الأمامي ولا يمر في الاتجاه العكسي.
- بين K، A: لا يمرر في الاتجاهين.
- بين G، K: لا يمرر في الاتجاهين.

إذا فكرت في قياس الوصلة بوابة–مهبط على إنها وصلة N–P (كالدايود العادي) فبذلك جزء من الخطأ وخصوصاً في الثايرستورات الكبيرة والتي تستخدم مع الجهود العالية، حيث تضاف مقاومة بين طرفي الوصلة (بوابة – مهبط) أثناء صناعة الثايرستور.



وهذه المقاومة فائدتها جعل الثايرستور أقل تأثرا بالنبضات الخاطئة التي ربما تصله عن طريق شرارة كهربية أو ضوضاء كهربية أو تفريغ لشحنة ستاتيكية. وكما ذكرنا فهذه المقاومة (في الثايرستورات الكبيرة فقط ستمنعنا من قياس الوصلة Gate–Cathode على أنها ديود عادي).

أما الثايرستورات التي لا تحتوى هذه المقاومة (غالباً التي تعمل في دارات ذات جهود صغيرة) تسمى sensitive gate SCRs وذلك لحساسيتها للإشعال Triggered بجهود صغيرة جداً. والدارة العملية المستخدمة لفحص الـ SCR هي كالتالي:



بمجرد غلق المفتاح (الموجود في حالة فتح طبيعيا Normally opened) يصل لطرف البوابة تيار يكفي لجعل التيار يمر بين المهبط والمصعد.

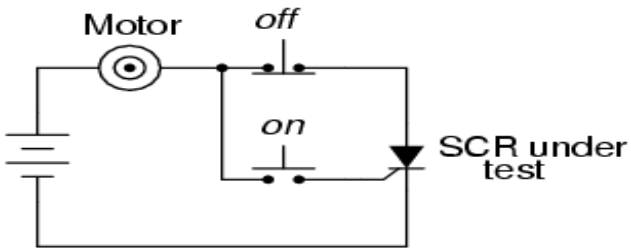
وعندما نترك هذا المفتاح released فإن الثايرستور سيظل في حالة العمل latched وسيظل التيار يمر بالدارة.

وبالضغط على المفتاح (الموجود في حالة غلق طبيعياً Normally closed) فإن التيار سيتوقف عن المرور في الدارة مجبرا الثايرستور على الدخول في حالة فتح OFF.

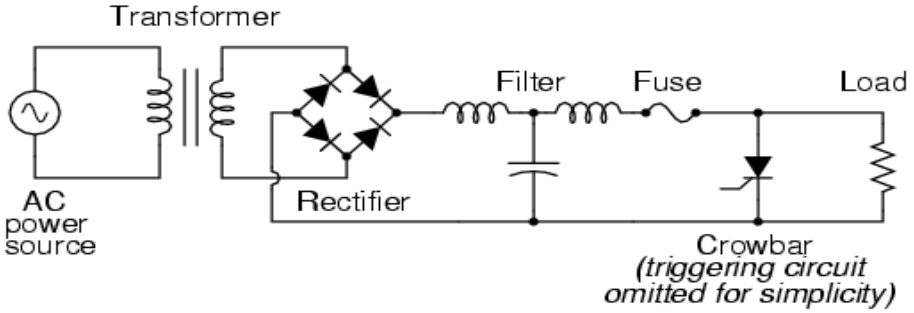
إذا لم يستطع الثايرستور الدخول في حالة العمل Latched بعد ضغط المفتاح (الموجود في حالة فتح طبيعيا Normally opened) فذلك لا يعنى بالضرورة عطل الثايرستور ولكن ربما المقاومة (أو الحمل) كبيرة مما يجعلها لا تستطيع إمرار تيار كافي لبدأ عملية الإشعال.

والتيار اللازم لبدأ عملية الإشعال Firing يسمى holding current وهو في الأغلب يقع بين ١ ملي أمبير إلى ٥٠ ملي أمبير أو أكبر للثايرستورات الأكبر.

وأحد الاستخدامات للثايرستور هو استخدامه كمفتاح On / Off (للتحكم في محرك كهربائي) كما يلي:



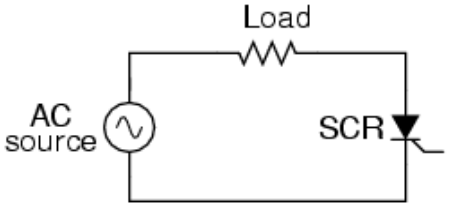
وفي تطبيق عملي أخر يستخدم الثايرستور كعتلة crowbar للحماية من الجهد الزائد وخصوصا في دارات مصادر التغذية المستمرة DC. حيث يقوم بعمل دارة قطع Short Circuit في حالة زيادة الجهد عن مستواه الطبيعي فيمنعه من الوصول للحمل وإيقاع الضرر به.



ويوضع قبل الثايرستور منصهر Fuse لحماية الثايرستور ودارة التغذية من التيار في حالة القطع Short Circuit.

أما عن البوابة Gate (والتي لم توضح الدارة المتصلة بها في الرسم السابق للتسهيل) فإن الدارة المتصلة بها تقوم بتغذية الثايرستور بنبضة في حالة ارتفاع الجهد عن الحد المسموح وعندها يصبح الثايرستور كوصلة سلكية Short Circuit بين طرفي الدارة مانعا التيار من المرور في بقية الدارة (الحمل). وبالطبع فإن الثايرستور SCR هو عنصر وحيد الاتجاه Unidirectional ولاستخدامه في دارات التيار المتردد AC فإننا نستخدم زوج من الثايرستورات ولكن بالإضافة إلى شرط الوصول لجهد الانهيار يجب أن توفر نبضة على البوابة gate كلما أردنا من الثايرستور العمل وتوصيل التيار عبر طرفيه المهبط والمصعد.

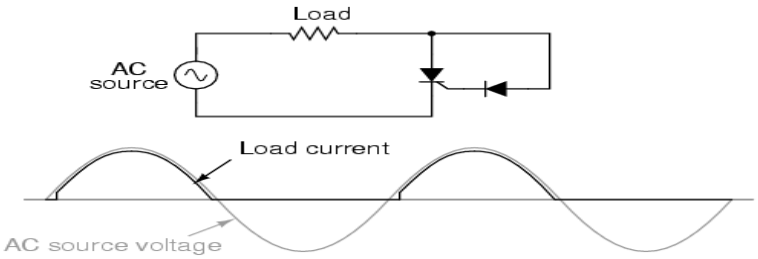
وإليك هذا المثال: حيث وصل الثايرستور في دارة تيار متناوب للتحكم في القدرة الواصلة للحمل.



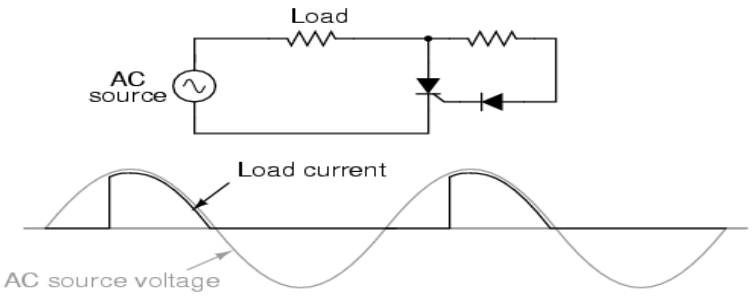
ولأن الثايرستور عنصرا وحيد الاتجاه (يوصل في طريق ذو اتجاه واحد) فإنه في أحسن حال سيوفر نصف القدرة التي يعطبها المصدر للحمل.

إذا لم توضع نبضة على بوابة الثايرستور أو لم يصل الجهد المسلط على طرفيه (المهبط والمصعد) إلى جهد الانهيار فإنه لن يعمل.

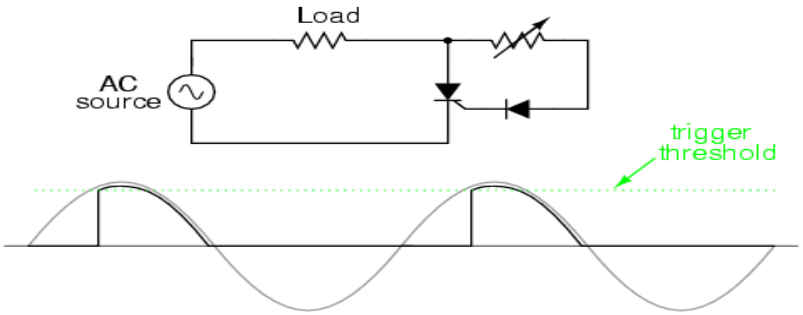
وبتوصيل طرف البوابة gate بالمصعد عن طريق موحد diode (لمنع التيار من المرور بالعكس في حالة وجود مقاومة داخلية – كما ذكر من قبل – داخل الثايرستور) فإن ذلك سيجعل الثايرستور يعمل في بداية كل نصف موجة موجبة.



وبإمكاننا عمل تأخير لتلك النبضة بوضع مقاومة في دارة البوابة مما يزيد من قيمة الجهد اللازمة حتى يحدث إشعال للثايرستور وستكون النتيجة على الشكل التالي:

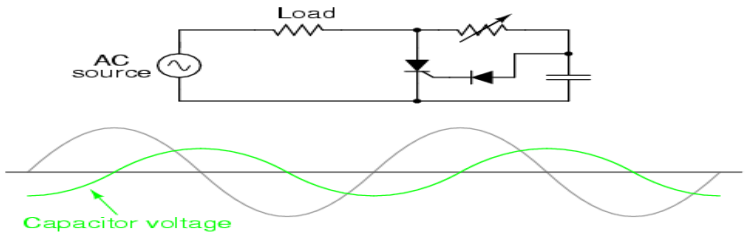


وبطريقة التأخير تلك يتم التحكم في زاوية القطع للموجة الجيبية المدعومة من المصدر مما يمكننا من التحكم في القيمة المتوسطة للقدرة average power الواصلة للحمل.وبوضع مقاومة متغيرة بدلا من المقاومة الثابتة يمكننا التحكم في زاوية القطع (وبالتالي متوسط القدرة على الحمل).

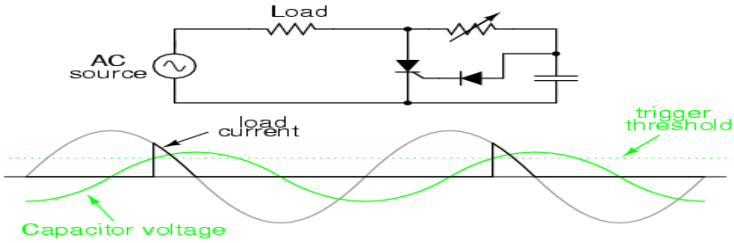


وللأسف فإن هذا النوع من التحكم له حد مسموح به (عند التعامل مع التيار المتردد) وهو النصف الأول لنصف الموجة الموجب فقط. ولكن برفع الـ trigger threshold أكثر من ذلك (وضع تأخير أكبر بمقاومة أكبر) فإن ذلك لن يحدث أي إشعال للثايرستور ولن يصبح هناك خرج واصل للحمل.

ولكن هناك حل ذكي لهذه المشكلة وذلك بإضافة مكثف (مرحل للطور phase–shifting) للدارة كما يلي:



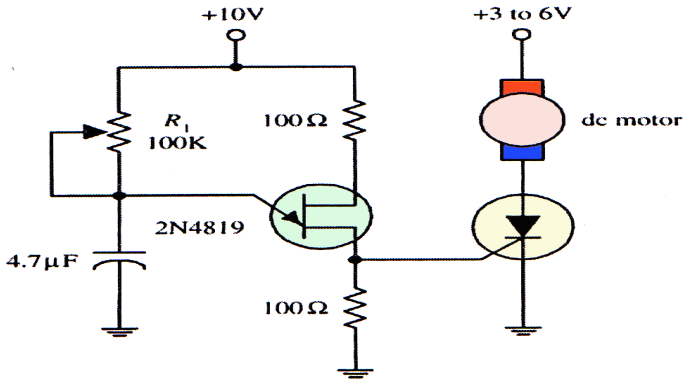
الجهد المرسوم باللون الأخضر يمثل الجهد الموجود على المكثف. (لتوضيح عملية ترحيل الطور تم وضع المقاومة بقيمة كبيرة بحيث لن يحدث إشعال للثايرستور كما سبق) وسيتم شحن المكثف بذلك التيار البسيط المار في المقاومة (والذي لا يكفى لإشعال الثايرستور) مما ينتج عنه ذلك الجهد المرحل في الطور (عن طور منبع التغذية) بقيمة تتراوح من ٠ إلى ٩٠ درجة. وعندما يصل ذلك الترحيل phase-shifting إلى قيمة مناسبة سيبدأ المكثف في التفريغ ليدعم تيار المقاومة البسيط لإشعال الثايرستور وتشغيله.



ولكن الدارة السابقة نظرية إلى حد كبير حيث (في الحقيقة) يتشوه المنحنى الممثل للجهد على المكثف عندما يدخل الثايرستور في مرحلة العمل Latched ولن يكون جيبي الشكل تماما. رغم أن الدارات السابقة لإشعال الثايرستور كافية وقابلة للعمل في الدارات البسيطة كالتحكم في مصباح أو محرك صناعي كبير إلا أنه يمكن إشعالها fired بدارات أكثر تعقيدا تحقيقا لمطالب بعض التطبيقات.

متحكم بسرعة محرك تيار مستمر : إن إستخدام ثايرستور (SCR) وترانزستور (UJT) مع مكثف ومجموعة مقاومات لتشكيل دائرة تحكم بسرعة دوران محرك تيار مستمر (كما بالشكل التالي) فإن الدائرة المكونة من UJT والمكثف والمقاومات هي عبارة عن دارة مولد نبضات وهذه النبضات تطبق علي بوابة الثايرستور . عندما يتجاوز الجهد المطبق علي البوابة عتبة القدح ينتقل الثايرستور إلي حالة (on) فيمر تيار عبر المحرك . يمكن تغيير تردد إهتزاز مولد النبضات بتغيير المقاومة (R1) ويتغير مع تغير التردد عدد المرات التي تقدح بها بوابة الثايرستور وتتغير سرعة دوران المحرك . أثناء العمل يبدو أن المحرك يدور بإستمرار علي الرغم من أن جهد التغذية يطبق علي المحرك بشكل نبضى (on) و(off) وتتحدد سرعة المحرك بمتوسط عدد الحالات التي يكون فيها المحرك (on) خلال فترة زمنية

ولكن بإستخدام مقاومة متغيرة علي التسلسل مع المحرك للتحكم بسرعة دورانه غيرمؤثر لضياعات الإستطاعة علي هذه المقاومة



المواصفات الفنية للثايرستور:

نبيِّن فيما يلي بعض البارامترات التي يستخدمها المنتجون لوصف ثايرستوراتهم:

V_T: الجهد على الثايرستور في حالة (on) (in state voltage) وهو هبوط الجهد بين مصعد الثايرستور ومهبطه عندما يكون في حالة نقل (on).

I_{GT}: تيار قدح البوابة (gate trigger current) وهو تيار القدح الأصغري اللازم لنقل الثايرستور إلى حالة (on).

V_{GT}: جهد قدح البوابة (gate trigger voltage) وهو جهد القدح الأصغري اللازم لتأمين التيار الأصغري الضروري لقدح الثايرستور.

IH: تيار المسك (Holding Current) وهو التيار الأصغري الذي يجب أن يمر بين المصعد والمهبط كي يبقى الثايرستور في حالة on.

P_{GM}: تبديد الاستطاعة الأعظمي على البوابة (peak gate power dissipation)، الاستطاعة الأعظمية التي يمكن أن تبدد بين البوابة والمهبط في الثايرستور.

V_{DRM}: جهد حالة القطع الأعظمي التكراري (Repetitive peak off-state voltage)، القيمة اللحظية الأعظمية للجهد على الثايرستور عندما يكون في حالة قطع متضمناً كافة الجهود العابرة التكرارية وغير متضمن للجهود العابرة غير التكرارية.

I_{DRM}: تيار حالة القطع الأعظمي التكراري (Repetitive peak off-state current)، القيمة اللحظية العظمى لتيار حالة القطع والذي ينتج عن تطبيق جهد قطع أعظمي تكراري على الثايرستور.

V_{RMM}: جهد عكسي أعظمي تكراري (Repetitive peak reverse voltage)، القيمة اللحظية العظمى للجهد العكسي الذي ينشأ على الثايرستور متضمنة كافة الجهود العابرة التكرارية، دون أن تتضمن الجهود العابرة غير التكرارية.

I_{RMM}: التيار العكسي الأعظمي التكراري (Repetitive peak reverse current)، القيمة اللحظية العظمى للتيار العكسي الناتج عن تطبيق جهد عكسي أعظمي تكراري على الثايرستور.

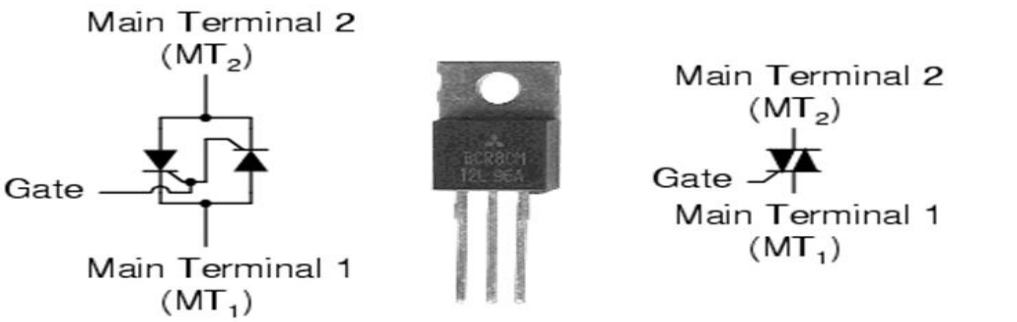
في الجدول تعطى قيم هذه البارامترات لثايرستور محدَّد.

الجدول عينة من جدول مواصفات الثايرستورات.

MNFR#	V_{DRM} (MIN) (V)	I_{DRM} (MAX) (mA)	I_{RRM} (MAX) (mA)	V_T (V)	I_{GT} (TYP/MAX) (mA)	V_{GT} (TYP/MAX) (V)	I_H (TYP/MAX) (mA)	P_{GM} (W)
2N6401	100	2.0	2.0	1.7	5.0/30	0.7/1.5	6.0/40	5

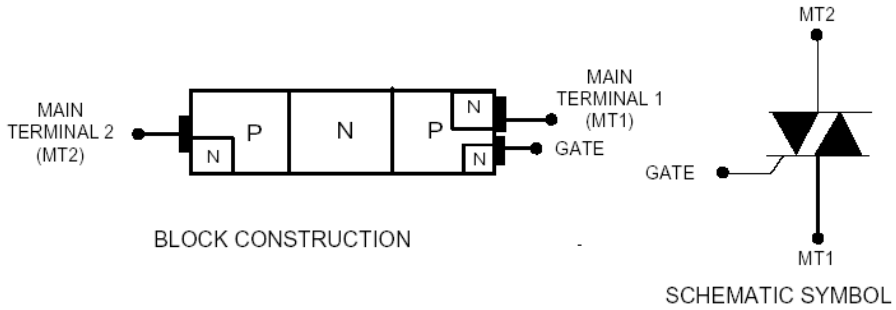
الترياك (Triak)

لأن الثايرستورات SCRs أحادية الاتجاه فهي تستخدم في دارات التحكم التي تعمل بالتيار المستمر. ولكن بوضع زوج منها بطريقة معاكسة (مثلما فعلنا مع الدياك سابقا) سيتكون لدينا عنصرا جديدا يسمى الترياك TRIAC.

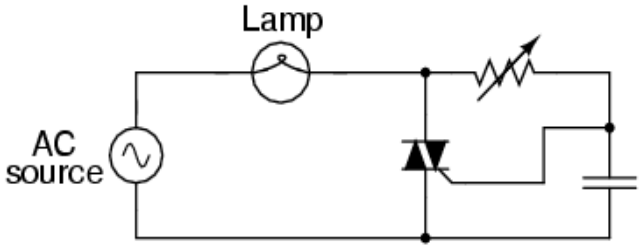


TRIAC equivalent circuit *TRIAC schematic symbol*

وهذا العنصر الجديد قادر على التعامل مع نصفى الموجة المترددة AC (كما حدث مع الدياك).



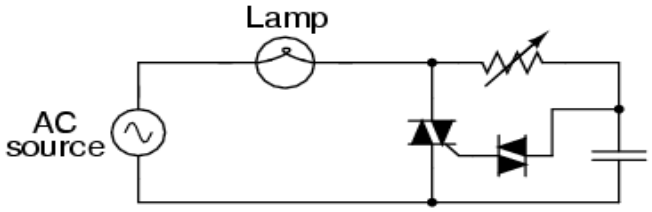
ولكننا نلاحظ أن الثايرستور SCR يستخدم بكثرة في دارات التحكم (مثل دارات التحكم في المحركات) بينما يستخدم التريالك كعنصر في التطبيقات التي لا تتطلب قدرات عالية عند عملها مثل التحكم في المصابيح الصغيرة لتغيير شدة الإضاءة كما بالشكل التالي:



وطبعاً الجزء المكون من المقاومة المتغيرة والمكثف هو الذي يحدد الزاوية التي يحدث عندها التشغيل (مما يحدد متوسط الجهد الذي سيشغل المصباح).

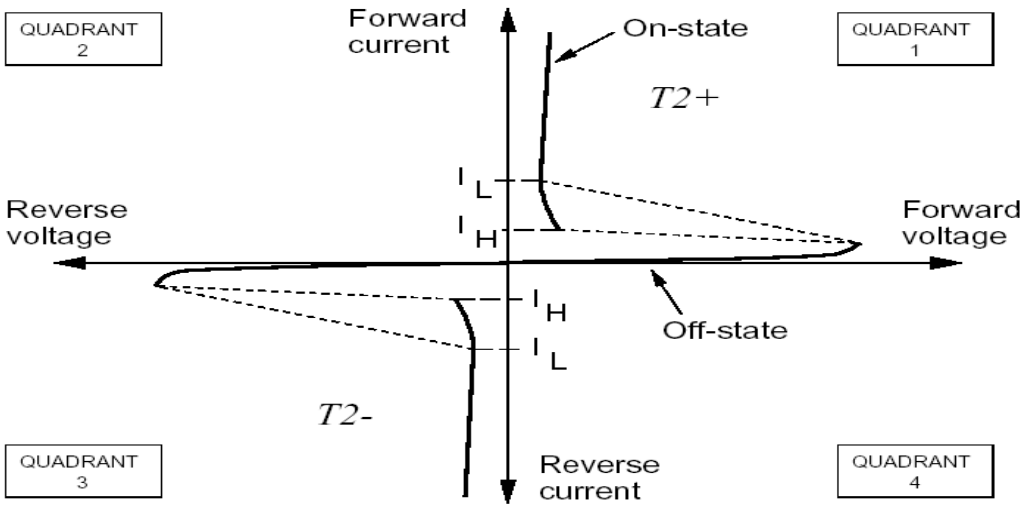
والتريالك له سمعة سيئة في الدارات العملية حيث أن جهد الإشعال في النصف الموجب يختلف عن جهد الإشعال للنصف السالب في معظم الأحيان. وخاصية عدم التماثل في جهد الإشعال تعتبر غير مرغوب فيها لأنها تنتج توافقيات harmonics (ترددات) غير مرغوب فيها.

ولجعل تيار التريالك أكثر تماثلية (وأقل في التوافقيات الغير مرغوبة) نستخدم عنصرا لضبط توقيت الإشعال (وهو في الدارة التالية الدياك DIAC):

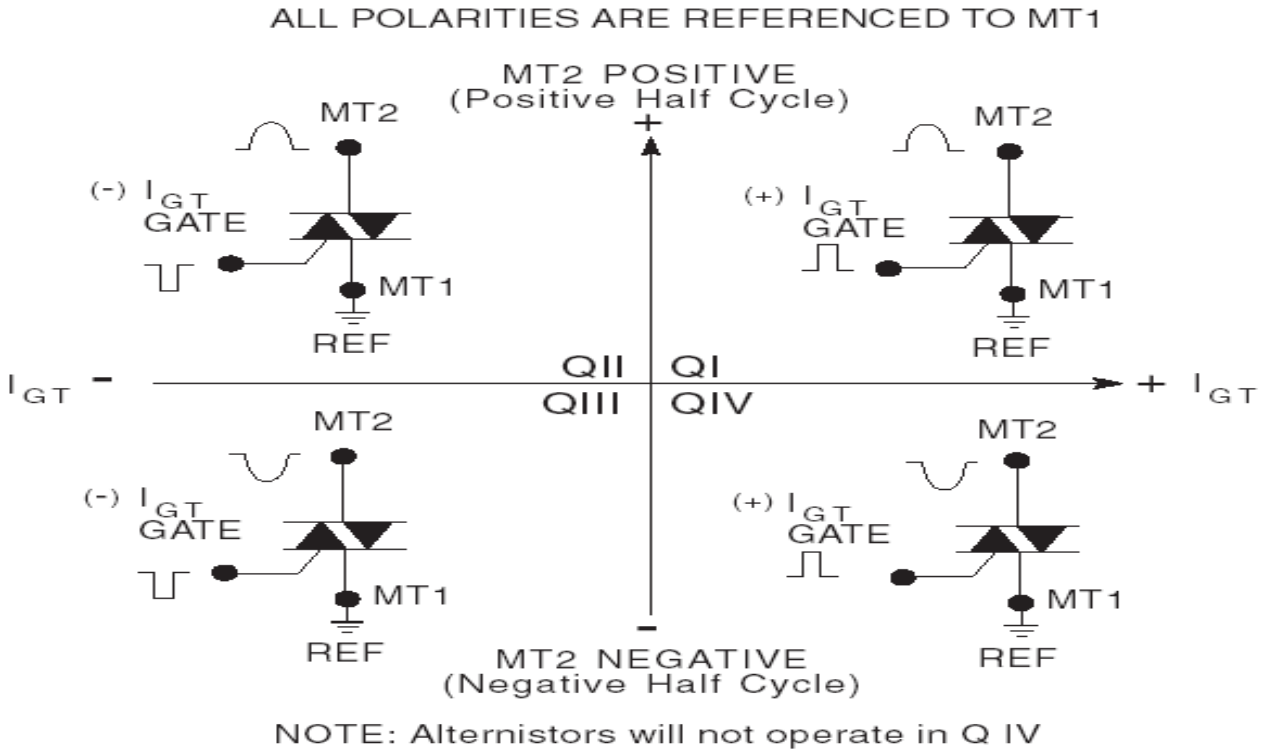


إن استعمال الدياك سيجعل التيار المار في الدارة أكثر تماثلية بين نصفي الموجة السالب والموجب وذلك لأن الدياك سيمنع أي وصول للتيار إلى بوابة التريالك حتى يصل إلى جهد الانهيار اللازم لتشغيله.

مميزة الفولت أمبير للترياك:



Triac V/I characteristic.



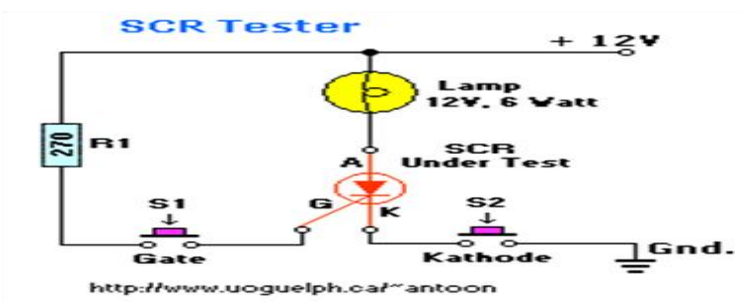
NOTE: Alternistors will not operate in Q IV

طريقة الفحص:

- A1، G: يمرر باتجاه واحد فقط / الأمامي/.
- A2، G: يمرر باتجاه واحد فقط / الأمامي/.
- A2، A1: لا يمرر.

هناك طرق أخرى لفحص الترياك أدق من استخدام جهاز أوم متر تماثلي.. وأفضل الطرق وأسهلها باستخدام الدارة التالية.. والتي تستخدم لفحص الترياك أو الثايرستور..

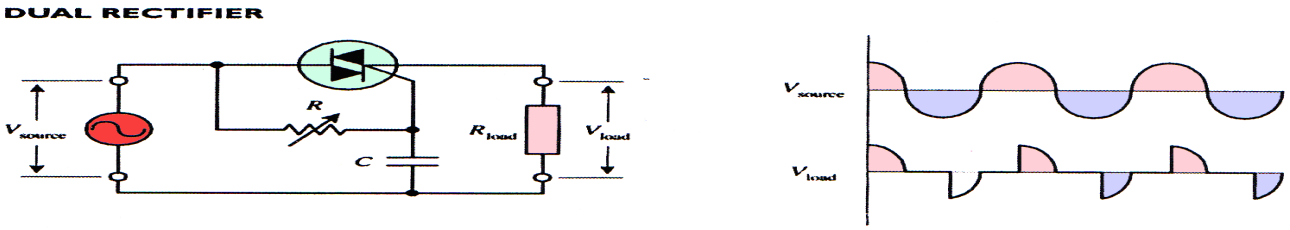
لإجراء الاختبار يجب أن ينير المصباح عن الضغط على المفتاحين، وتبقى مضيئة حتى بعد ترك المفتاح الأول والإبقاء فقط على المفتاح الثاني مضغوط.



دارة تحكم بالاستطاعة:

يستخدم في هذا الشكل ترياك ومقاومة متغيرة مع مكثف لتكوين دارة يتم فيها تمرير تيار إلي الحمل خلال فترات من أنصاف الدور الموجب والسالب (أي لا يمر التيار عبر الحمل خلال كامل نصف الدور الموجب وكذلك الأمر بالنسبة لنصف الدور السالب) المقاومة المتغيرة R هي التي تتحكم بلحظة انتقال الترياك إلي حالة on لان المكثف يشحن عبر هذه المقاومة وعندما يصبح جهد المكشف مساويا لجهد القدح يطلق الترياك الي حالة on ويمرر تيارا عبر الحمل وفي الشكل التالي يوضح جهد الحمل ويلاحظ انه تم قص أجزاء من جهد الدخل في نصفي الدور الموجب والسالب وكلما زادت قيمة المقاومة R يتأخر إطلاق الترياك ويزداد الجزء المقصوص وبالطبع يؤثر المكثف ايضا علي لحظة الإطلاق لان الجهد علي المكثف يتاخر بالصفحة عن جهد الدخل المطبق بين MT2 و MT1 يمر بالصفر عندها لن يحدث قدح وسوف يتاخر القدح حتي يتجاوز الجهد قيمة الصفر .

كلما زاد القص في موجة الدخل تنخفض القدرة المقدمة إلي الحمل وطبعا إذا قورنت هذه الدارة التي تتحكم بالقدرة المقدمة الي الحمل مع دارة تحوي حملا علي التسلسل مع مقاومة متغيرة بسيطة تلاحظ ان دارتك هنا لا تضيع اي استطاعة

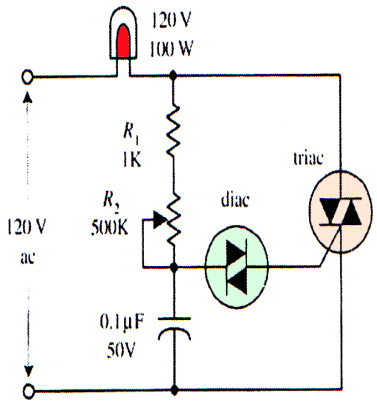


دارة متحكم بالاستطاعة وأشكال جهود الدخل والحمل.

دارة تحكم بالاستطاعة المتناوبة:

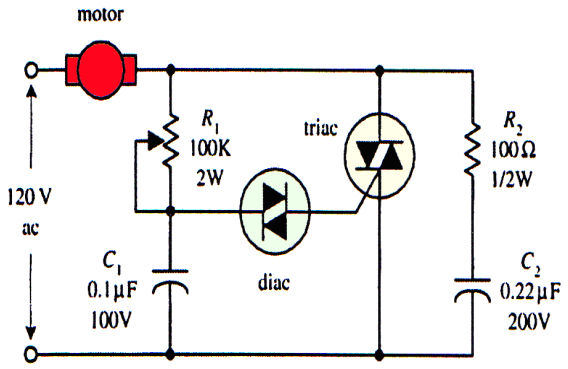
تستخدم هذه الدارة في العديد من مفاتيح وصل الإنارة في المنازل فالدياك (diac) الذي سنتعرف عليه في الفقرة التالية يستخدم لضمان القدح الدقيق للترياك . يعمل الدياك علي توصيل تيار بين طرفيه عند تجاوز الجهد المطبق عليه لجهد انهياره . وفور وصول الجهد علي طرفي الدياك الي قيمة جهد الانهيار فانه يمرر نبضه تيار الي الترياك . وفي لحظة ما يكون الدياك في حالة قطع وعندما يصل جهد المكثف الذي يشحن عبر المقاومات R1 و R2 الي قيمة تساوى جهد انهيار الدياك فإن الدياك يمرر تيارا الي بوابة الترياك فيقدح الترياك الي حالة نقل ويمر تيار عبر المصباح وعندما يفرغ المكثف الي جهد اقل من جهد قدح الدياك فإن الدياك يعود الي حالة off ويقطع الترياك ويعود المصباح الي حالة off وتتكرر الدورة ويظهر لك ان المصباح في حالة on لكن اضاءته تنخفض

وذلك لان حالات on وoff في المصباح تحدث بشكل سريع جدا ، ويتم التحكم بإضاءة المصباح بواسطة المقاومة R2



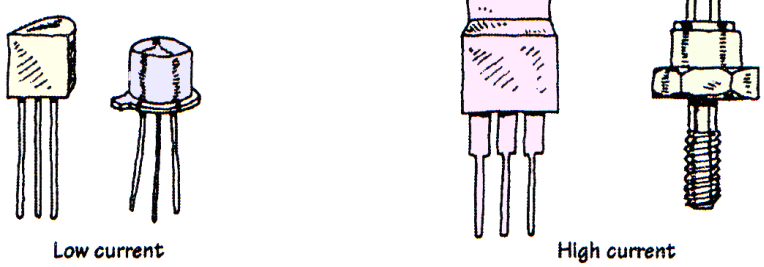
دارة تحكم بإضاءة مصباح ac.

التحكم بمحرك تيار متناوب: هذه الدارة تشبه من حيث الشكل دارة التحكم بإضاءة المصباح ولكن أضيف إليها فرع مكون من R2 و C2 لكبت الحالة العابرة . حيث يتم التحكم بسرعة دوران محرك التيار المتناوب بواسطة المقاومة المتغيرة R1



دارة تحكم بمحرك تيار متناوب.

أنواع وأشكال الترياكات:تتوفر الترياكات لتيارات منخفضة ومتوسطة والترياكات منخفضة التيار تكون عادة ذات قدرة علي تمرير تيار لا يتجاوز 1A وتتحمل جهدا يبلغ عدة مئات الفولت . اما الترياكات متوسطة التيارات فتتحمل تيارات حتي 40A وجهودا حتي عدة آلاف الفولت . والترياكات لا تستطيع التحكم بفتح وإغلاق دارات ذات تيارات عالية وعالية جدا كما الحال في الثايرستورات



المعطيات الفنية للترياك:

نتعرف فيما يلي على بعض المعطيات الفنية التي يستخدمها المنتجون لوصف تراياكاتهم.

$I_{TRMS,max}$: القيمة الفعالة (RMS) لتيار حالة on، وهي القيمة العظمى المسموحة للتيار الذي يمر بين MT1 وMT2.

$I_{GT,min}$: تيار مستمر (dC) لقدح البوابة، تيار البوابة المستمر الأصغري اللازم لنقل الترياك إلى حالة (on).

$V_{GT,min}$: جهد مستمر (dC) لقدح البوابة، الجهد المستمر الأصغري اللازم لقدح البوابة بحيث يمر عبرها التيار الأصغري اللازم لنقل الترياك إلى حالة (on).

I_H: تيار المسلك (dC) وهو التيار المستمر الأصغري الذي يجب أن يمر بين MT1 وMT2 كي يبقى الترياك في حالة (on).

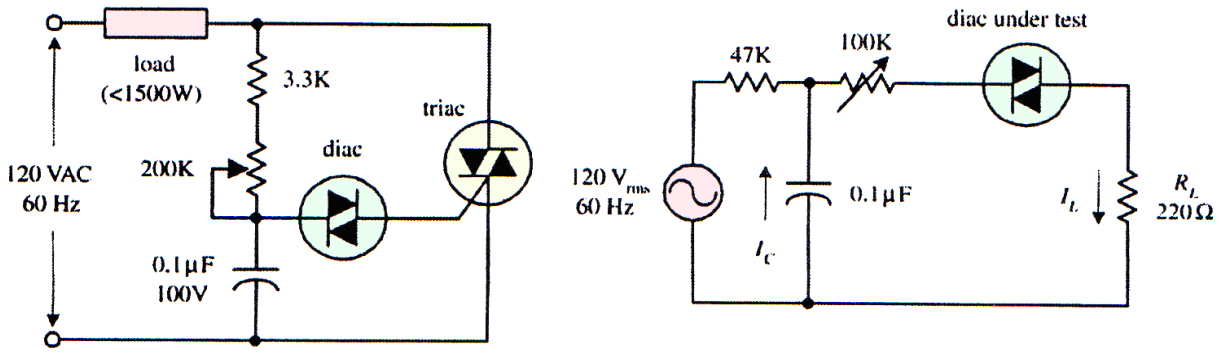
P_{GM}: تبديد الاستطاعة الأعظمي على البوابة (peake gate power dissipation)، وهو الاستطاعة الأعظمية المبدَّدة بين البوابة وMT1.

Isurge: تيار اندفاعي (مفاجئ)، وهو التيار الاندفاعي (المفاجئ) الأعظمي المسموح.

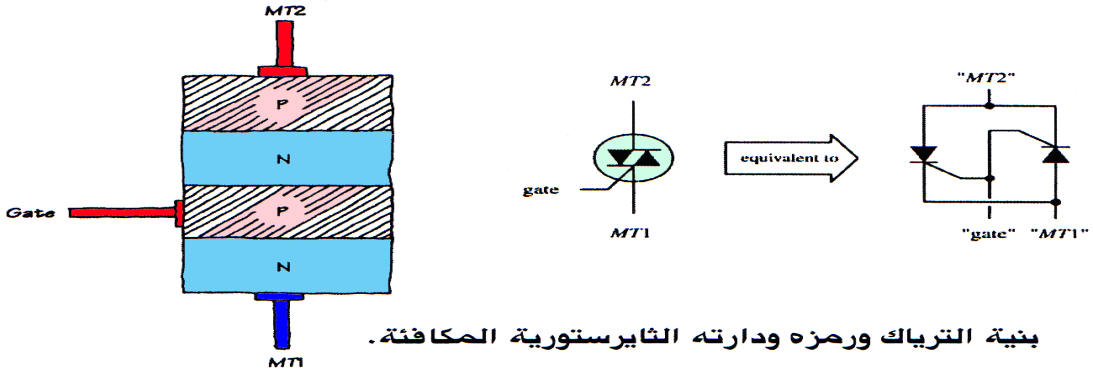
يبيِّن الجدول (5.4) عينة من جدول مواصفات ترياك، والغاية من هذا الجدول هي إعطاء فكرة عن القيم المتوقعة لبارامترات الترياك.

الجدول (5.4): عيّنة من جدول مواصفات ترياك.

MNFR#	$I_{T,RMS}$ MAX (A)	I_{GT} MAX (mA)	V_{GT} MAX (V)	V_{FON} (V)	I_H (mA)	I_{SURGE} (A)
NTE5600	4.0	30	2.5	2.0	30	30



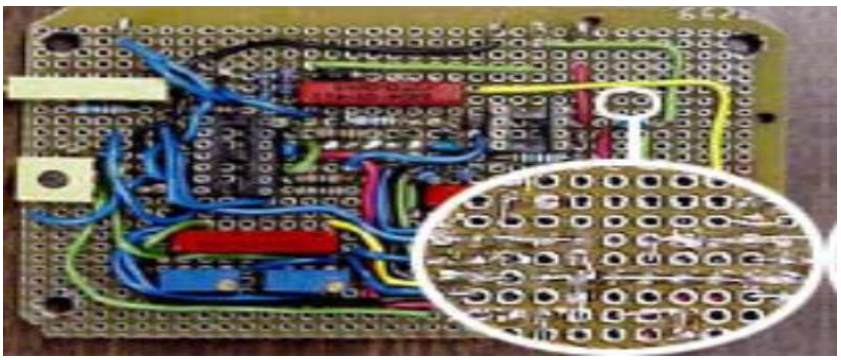
دارة قياس مواصفات الدياك ودارة تحكم صفحي كامل الموجة.



بنية الترياك ورمزه ودارته الثايرستورية المكافئة.

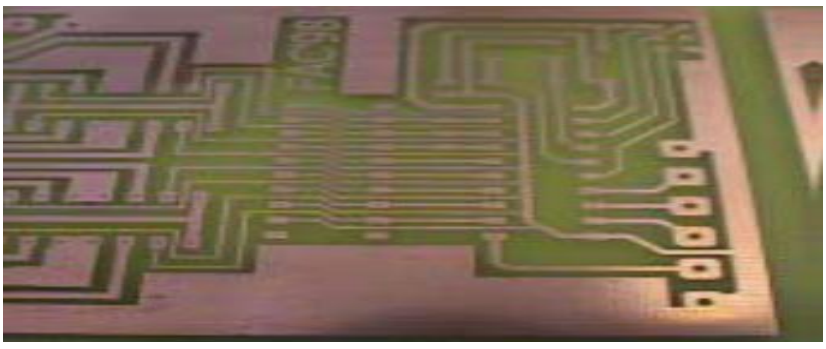
اللوحات الالكترونية المطبوعة Printed Circuit Board – PCS-

لقد أصبحت اللوحات الالكترونية المطبوعة بالنسبة لمن يعمل في مجال الالكترونيات سواء كان من الهواة أو المتخصصين شيء أساسي لا غنى عنه وخاصة إذا زاد حجم التصميم الالكتروني وبالتالي مسارات التوصيل. في بادئ الأمر كان على من يرغب في تطبيق تصميم لدائرة الكترونية أن يستخدم قطعة من مادة عازلة كالكرتون أو الابلكاج ويثقبها ويثبت مكونات الدائرة عليها ثم يلجأ إلى الأسلاك لإتمام عملية التوصيل، كانت هذه العملية صعبة ومعقدة وغير مرنة فاتجهت بعض الشركات لإنتاج لوحات يطلق عليها اللوحات المثقبة كالموضحة في الشكل ولابد أيضا من استخدام الأسلاك لإتمام عملية التوصيل ولكن بشكل أيسر.



بعد ذلك ظهرت اللوحات المقلمة Strip Boards كالموضحة بالشكل وهي عبارة عن لوحة من مادة عازلة مثقبة وظهرها مطبوع عليه وصلات نحاسية تربط صف من الثقوب ببعض وواضح أن هذه الطريقة أيسر كثيرا في تنفيذ التصميمات من ذي قبل، وما زالت هذه اللوحات واللوحات المثقبة أيضا متوفرة بالأسواق ويستخدمها البعض ولكن على نطاق ضيق.

بعد ذلك ظهرت لوحات معزولة أحد سطحيها ملصق عليه رقاقة نحاسية، وعن طريق إتباع مجموعة عمليات يمكننا حفر هذه الطبقة النحاسية ونترك فقط المسارات التي تقوم بالتوصيل بين العناصر الالكترونية وتكون الدائرة النهائية كما بالشكل ويطلق عليها Printed Circuit Board (PCB) أحيانا يطلق عليها PC – والاسم التي اشتهرت به (هنا في مصر) باسكولينا



يمكن عمل اللوحات المطبوعة بطريقة مباشرة عن طريق استخدام طابعات تستخدم أحبار موصلة للكهرباء تطبع المسارات مباشرة على رقاقة عازلة (كما هو الحال في معظم الآلات الحاسبة)، أو عن طريق استخدام رقاقات احد أسطحها أو السطحين معا من طبقة نحاسية ثم تتم عملية نقل المسارات علي السطح النحاسي وإزالة باقي النحاس الغير مرغوب فيه والذي لا يحوي أي مسارات وتسمى هذه العملية بالحفر Etching وقد تستخدم لعمل الدائرة الواحدة عدة رقاقات ذو سمك أقل يتم تجميعها ببعضها عن طريق الضغط ليتكون ما يسمى باللوحات متعددة الطبقات Multilayer Board ولقد أصبحت عملية حفر اللوحات المطبوعة أمرا ميسورا وبسيطا ويتم بعدة طرق.

بالنسبة للرقاقة العازلة فقد كانت تصنع سالفاً من رقائق ورقية تخلط مع بعض المركبات الصمغية يتم ضغطها تحت حرارة مرتفعة وثقلها بالشريحة النحاسية تحت ضغط عالي ويطلق على هذه الرقاقات SRBP وهي اختصار للمسمى synthetic resin bonded paper ومازالت هذه المادة مستخدمة من قِبل بعض المصنعين نظرا لرخص تكلفتها ويعيب هذه الرقاقات أنها تمتص الرطوبة وسهلة الكسر.

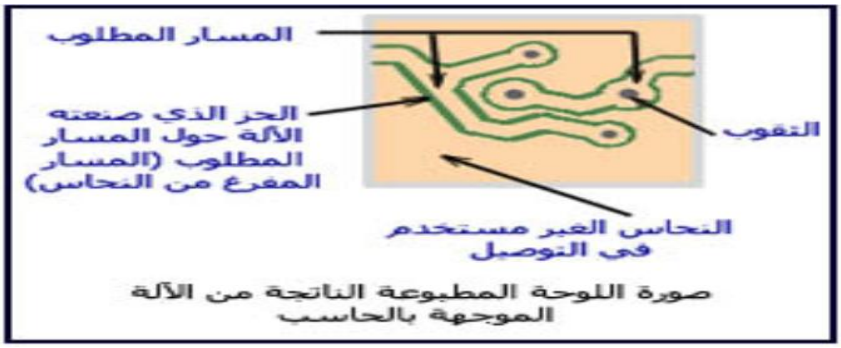
نظراً للعيوب السابقة اتجه المصنعون لاستخدام مادة جديدة مصنعة من ألياف زجاجية مخلوطة بأصماغ مقاومة للرطوبة تعرف بالأصماغ الإبوكسية وتنتج هي الأخرى تحت ضغط مرتفع وحرارة عالية لتُكون نوع الرقائق الشائع حاليا من الفيبر أو الفيبر جلاس والتي يطلق عليه epoxy fiberglass ويميز هذه الرقاقات عزلها العالي جدا للكهرباء بجانب قوتها ومرونتها، ويكون سمكها في الغالب 1.5 مليمتر وفي بعض التطبيقات تستلزم سمك أكبر حوالي 3 مليمتر لتحمل ظروف العمل التي يستلزمها هذا التطبيق.

تغطى بعد ذلك بطبقة من المعدن الموصل وهي غالبا النحاس ويكون سمكها 0.035 مليمتر ويطلق عليه الرقاقة الأوقية 1-Ounce foil لأن القدم المربع من الرقاقة المعدنية بهذا السمك يزن أوقية أي ما يعادل 28.35 جر ام، وفي بعض التطبيقات يلزم أن يكون سمك الموصل 0.07 مليمتر ليتحمل تيارات عالية ويطلق عليه في هذه الحالة رقاقة الأوقيتين 2-Ounce foil وهناك تطبيقات أخرى تستلزم أن تكون الرقاقة المعدنية بالغة الرقة حيث تصل في بعض التطبيقات إلى0.01 و 0.02 مليمتر.

الطرق المباشرة لنقل المسارات

ويتم تطبيق الرسم الخاص بالمسارات مباشرة إلى اللوحة المطبوعة واليك بعض الطرق المتبعة لذلك:

١. آلة الحفر الموجهة بالحاسوب Computer- controlled End milling/routing machine



وفي هذا النوع تقوم الآلة بصنع حَز حول كل مسار موجود في التصميم لعزله عن باقي النحاس فتنتج الدائرة المرغوبة معزولة عن النحاس الغير مستخدم بواسطة الفراغ الذي صنعته الآلة كما هو موضح في الشكل ثم تقوم بعمل الثقوب الموجودة بالتصميم، ويتم عمل التصميم على البرنامج المرفق مع الآلة أو على أي برنامج لرسم الدوائر المطبوعة ثم نقله للآلة في صورة ملف PCB CAD ويعيب هذه الآلة أنها مكلفة جدا جدا وغير صالحة بشكل عملي للإنتاج الكمي والفاقد الكبير في عدد المثاقيب (البنط) التي تتكسر أثناء عملية الحفر، وهذا يجعلها غير منتشرة بشكل واسع حيث لا تكاد تجدها إلا في مراكز البحوث العلمية وبعض الجامعات والمؤسسات الصناعية

٢. قلم الطلاء (الدوكو) Dalo pens

ويعرف بهذا الاسم لأن أول ما ظهرت هذه الأقلام كانت تحمل الاسم التجاري Dalo وانتشرت بهذا الاسم ويجب أن تكون الأحبار المستخدمة في هذه الأقلام مقاومة للحامض الذي سيتولى عملية الحفر حتى تحافظ على المسار سليما دون أي تشوهات، ويجب اقتناء هذا القلم حتى لو استخدمنا أي طريقة أخرى من طرق الحفر وذلك لأنه مفيد في عملة تصيح المسارات المشوهة وتغطية الأماكن التي لم تغطى جيدا نتيجة الأخطاء وذلك قبل وضعها في الحامض الحفار

وتتلخص الطريقة التي تستخدم القلم كالتالي:

١. نقوم أولا بتصميم الدائرة التي نرغب في تطبيقها على ورقة عادية يدويا أو باستخدام البرامج المتخصصة في ذلك مثل Eagle أو Pcad او غيرها، أو برامج الرسوميات العامة مثلPaint أو PhotoShop ولكنها ستستغرق وقتا أطو ل من البرامج المتخصصة بالإضافة إلى الصعوبة في التصميم لو كانت الدائرة كبيرة قليلا.

٢. نقوم بعد ذلك بعكس الدائرة كاملة كالعملية التي تقوم بها المرآة حتى يصبح ما في اليمين يساراً ويصبح ما في اليسار يميناً وذلك لأن المسارات ستكون على الرقاقة النحاسية وهذه الرقاقة هي ظهر اللوحة الالكترونية وليست وجهها ونحن نصمم الدائرة باعتبار أن المكونات ستركب على وجهها فلابد من عكس الدائرة قبل نقلها أما إذ ا كانت صورة المسارات هي الصورة النهائية فلا تعكسها بعد أن أصبح لديك الآن صورة الدائرة المعكوسة على ورقة عادية، قم بنقلها إلى السطح النحاسي عن طريق ورق الكربون وذلك بوضع ورقة الكربون (وهي ورقة تستخدم لعمل نسخ من المستندات وغالباً تكون زرقاء اللون) بين الورقة التي تحوي صورة الدائرة واللوحة النحاسية ثم المرور على المسارات بأي قلم فترى أن ورقة الكربون تركت أثرا على السطح النحاسي يبين نفس المسارات في الدائرة

٣. أصبح السطح النحاسي يحتوي المسارات الآن، قم بعد ذلك بإعادة رسم المسارات باستخدام قلم الدوكو فتنتج لديك المسارات النهائية العازلة للحمض على السطح النحاسي.

٤. ضع اللوحة في احد الأحماض المستخدمة في عملية الحفر لمدة كافية)(حسب نوع وتركيز الحمض كما سيأتي لاحقا) ستجد أن الحمض أزال النحاس الغير مغطى بالقلم وبقي النحاس المغطى بطلاء القلم المقاوم للحمض، بعد ذلك انزع اللوحة من الحمض ثم نظفها باستخدام الاسيوتون أو التنر لازالة آثار القلم فتظهر لك المسارات النحاسية النهائية.

٥. قم بثقب الأماكن التي تحتوي على ثقوب باستخدام مثقاب مناسب، ومن الأفضل أن تتم عملية الثقب قبل وضع اللوحة في الحامض حتى لا يتفكك أي جزء من المسارات بسبب المثقاب أو غيره

٣. ورق الباستيل

هذا النوع من الورق عند الضغط عليه من أعلى الورقة بأي سن مدبب (قلم مثلا) فإنه يترك آثراً مشابه للمسار الذي ضغطه القلم وهذه المسار مقاوم للحمض مثل قلم الدودكو تماما

ولعمل الدائرة بهذه الطريقة نتبع التالي:

١. نقوم برسم الدائرة وعكسها كما بالمثال السابق
٢. بعد أن أصبحت الدائرة جاهزة على ورقة عادية نقوم بنقلها إلى السطح النحاسي باستخدام ورقة الباستيل وليس ورقة الكربون آما بالمثال السابق أي نضع ورقة الباستيل بين الورقة العادية التي تحتوي رسم المسارات وبين السطح النحاسي ثم نمر بالقلم على المسارات على السطح النحاسي
٣. بعد ذلك نضع اللوحة في الحمض ونكرر الخطوات السابقة للحصول على الدائرة النهائية

الطرق الغير مباشرة لنقل المسارات

يمكن عمل المسارات العازلة للحمض عن طريق الحبر المستخدم في طابعات الليزر (التونر Toner) والذي يحتوى على مواد بلاستيكية يمكنها تكوين طبقة عازلة للحمض ولكن المشكلة هي عدم امكانية تطبيق المسارات من الطابعة الى اللوحة مباشرة وذلك لأن الطابعة حينما تكون صورة معينة على الورق العادي فأنها تقوم برسم المسارات على الورقة في صورة شحنات كهربية ثم تمريرها على التونر والذي يحتوي على مسحوق حديدي يجعل التونر يلتصق بالأماكن المشحونة فقط وهكذا تتكون الصورة على الورق العادي، أما في اللوحات المطبوعة فان السطح المراد الطباعة عليه هو سطح نحاسي موصل للكهرباء فإذا قامت الطابعة بنقل الشحنات عليه فسيحدث لها تسريب ولا تتكون المسارات، لكن هناك طريقة تمكننا من نقل الصورة إلى اللوحة بطريقة غير مباشرة يتم فيها رسم المسارات باستخدام الطابعة على ورقة معينة ثم نقل المسارات من على الورقة إلى اللوحة المطبوعة بتطبيق سطح الورقة الحاوي للرسم إلى السطح النحاسي ثم الضغط بسطح ساخن (كالمكواة مثلا) يؤدي إلى ذوبان التونر مرة أخرى وملاصقته للسطح النحاس وبعد ذلك نزيل الورق المتبقي عدة أنواع من الورق المستخدم لهذه العملية وهي:

١. الورقة الزرقاء Press N Peel

وهي اشهر الأنواع المستخدمة لهذا الغرض ويطلق عليها اختصارا PNP أي ورقة الضغط والتقشير وطريقة تطبيقها سهلة جدا وذات نتائج مرضية.

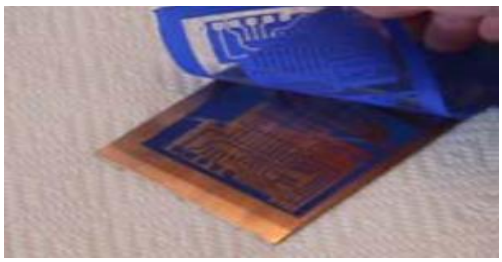
ولعمل المسارات على اللوحة بهذه الطريقة يُتبع التالي:

١. قم بتنظيف السطح النحاسي جيداً وأفضل الطرق لذلك هو استخدام صوفة غسيل الصحون المعدنية (سلك الصحون) في حك السطح النحاسي حتى يصبح لامعا واجعل الحك في الاتجاه الراسي والأفقي معا ثم نظفه جيدا من البرادة بقطعة قطن جافة مثلا ليتكون لديك سطح نحاسي نظيف مستعد للالتصاق بالسطح النحاسي بيدك مرة أخرى

٢. قم بطباعة الصورة التي تحتوي المسارات النهائية على السطح الباهت الغير لامع من الورقة الزرقاء ولاحظ أن تكون صورة المسارات النهائية معكوسة قبل أن تشرع في عملية الطباعة ثم قم بقص الجزء الذي يحتوي المسارات من الورقة الزرقاء.

٣. ضع اللوحة على منضدة مثلا واجعل السطح النحاسي لأعلى ثم طبق السطح الذي يحوي المسارات المرسومة من الورقة الزرقاء إلى السطح النحاسي، بعد أن وضعت الورقة الزرقاء فوق السطح النحاسي ضع قطعة من الورق العادي أو القماش لتغطي كامل الورقة الزرقاء لتفادي التصاق الورقة الزرقاء بالمكواة اضبط المكواة المنزلية على أعلى درجة حرارة (ينبغي أن تكون الحرارة بين 130 إلى 160 درجة سيليزيس) ثم قم بالضغط على السطح الورقي جيدا ومحركا المكواة أثناء الضغط لتوزيع الحرارة بشكل متساوي على جميع أجزاء الورقة لمدة ثلاث أو اربع دقائق.

٤. بعد ذلك اغمس اللوحة الملاصقة للورقة الزرقاء في ماء بارد واحترس وأنت تمسكها من درجة حرارة اللوحة بعد رفع الدائرة من الماء انزع (قَشر) الورقة الزرقاء من احد أطرافها برفق ستجد أنها خلفت المسارات على السطح النحاسي



٥. لاحظ انه في بعض الأحيان تكون هناك بعض الأجزاء التي لم تلتصق بالتونر لعدم وصول الحرار ة إليها بشكل كافي فقم بترقيعها بقلم ذو حبر مقاوم للحمض (قلم دوكو) قبل عملية الغمس في الحمض، ثم اغمسها في الحمض

٦. بعد انتهاء عملية الحفر قم بتنظيف الدائرة من التونر المتخلف لتحصل على المسارات النحاسية المطلوبة ثم قم بثقبها.

٢. ورق التونر Toner Transfer Paper

وهي نفس الطريقة السابقة غير انك إذا استخدمت هذا النوع من الورق وبعد إتمام عملية الكي ضعه في الماء حتى يتحلل الورق بأكمله مخلفا التونر فقط ملاصقا للسطح النحاسي أي انك لن تضطر لعملية التقشير ويعيبها هذه الورقة عن سابقتها أن العزل الذي يقوم به التونر فقط ضد الحمض اقل من عزل الورقة الزرقاء

٣. ورقة الكلاي Clay Coated Paper

وهي هي نفس الطريقة في ورقة التونر غير انك لابد أن تضعها في ماء وصابون (ماء ومسحوق غسيل) لتتم عملية التحلل

٤. قلم المزج Plender Pen

قلم المزج أو الخلط هو قلم يستخدم لنقل الصور على القمصان والملابس من الصور الورقية العادية وفي هذه الطريقة لا نستخدم أي ورق خاص وإنما ورق عادي جدا، وطريقة تطبيقه كالآتي:

- قم أولا بطباعة الدائرة المعكوسة إلى ورقة بيضاء عادية
- قم بتطبيق السطح الورقي الذي يحوي الصورة المطبوعة إلى السطح النحاسي
- باستخدام قلم المزج قم بالمرور من الخلف على الأماكن التي تحتوي مسارات مطبوعة
- ارفع الورقة بعد أن تنتهي ستجد المسارات تحللت وسقطت على السطح النحاسي، بعد ذلك ضعها في الحمض

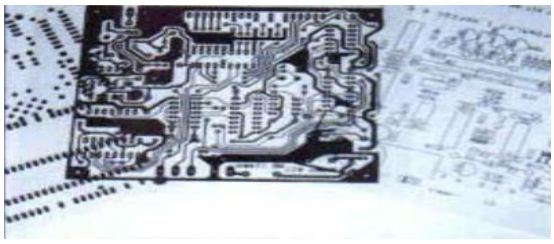
٥. النقل الضوئي

- نقوم بجلب لوحة اليكترونية سطحها النحاسي مغطى بطبقة من مادة حساسة للضوء، واشهر هذه المواد وأكثرها انتشار الرستون Riston وتباع اللوحات جاهزة ومغطاة بطبقة من هذه المادة وتكون محكمة الغلق حتى لا تتعرض للضوء.
- تتم طباعة النموذج المطلوب باللون الأسود (لاحظ أن الصورة التي سيتم طباعتها إذا استخدمنا الرستون هي الصورة السلبية للمسارات، أي صورة النيجاتيف آما بالشكل وسنعرف لما فعلنا ذلك بعد قليل) على ورقة شفافة، ويفضل استخدام طابعة رشاشة للحبر، فإذا سلطنا الضوء (يستخدم أي مصدر ضوئي يشع أشعة فوق بنفسجية بدرجة كافية) على هذه الورقة الشفافة فان الضوء يعبر فقط من الاماكن التي لم يطبع عليها وتمنع الأجزاء المطبوع عليها الضوء من المرور، أي أن الضوء يعبر من المسارات فقط ويغير الخواص الكيميائية لمادة الرستون تحت المسارات.

- هناك تقنية أعلى دقة لصناعة النموذج الشفاف الذي يحوي المسارات تسمى الرسم الضوئي Photo plot ودقة الرسم بهذه الطريقة 6000 pdi
- أي 6000 نقطة في البوصة الواحدة على اقل تقدير، ولكنها غالية الثمن لذا لا تستخدم إلا على نطاق المصنعين، ويتم عمل النموذج على شريحة فلمية كتلك التي تستخدم في التصوير الفوتوغرافي يتم الرسم على هذه الشريحة باستخدام رسام Plotter
- يستخدم أقلام هي في الغالب ألياف ضوئية يكون مصدر تغذيتها إما الليزر أو الأشعة فوق البنفسجية أو قد يستخدم نظام توجيه بالمرايا المستخدم في طابعات الليزر.
- الآن وبعد أن أصبحت المسارات موجودة على اللوحة في صورة الرستون الذي اثر عليه الضوء، نضعه في محلول مظَهر مثل هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) حيث تقوم هذه المادة المظهرة بالتفاعل مع مادة الرستون التي لم تتأثر بالضوء وتقشرها (وهذا هو سبب استخدام الصورة السلبية بدلا من الصورة الأصلية للمسارات، لاحظ انه توجد بعض المواد التي لا تحتاج لعمل الصورة السلبية هذا يعتمد على اختيارك للوحة التي ترغب في استخدامها أثناء شرائها)، بعدما ينتهي المظهر من عمله يصبح لديك لوحة معزولة المسارات بمادة الرستون ومستعدة للوضع في الحمض.

- لا يفضل البعض استخدام هذه اللوحات الجاهزة (المغطاة بمادة الرستون) نظرا لارتفاع ثمنها النسبي.
- لذلك تستخدم مادة أخرى تباع في صورة سائلة على هيئة عبوات ذات بخاخ رزاز، هذه المادة اسمها Positive 20 وهي مشهورة جدا بهذا الاسم، حيث تستخدم في رش الأسطح النحاسية للوحات العادية ثم تترك لتجف، وسنشرح هذه الطريقة بالتفصيل فيما يلي:

- قم أولا بتنظيف اللوحة ذات السطح النحاسي جيدا وحاول ألا تلمسها بيدك بعد عملية التنظيف ويفضل أن تتم العملية التالية في مكان شبه مظلم وخالي من الأتربة والتيارات الهوائية
- وجه بخاخ الرزاز ل20 Positive إلى السطح النحاسي وعلى بعد 20 سم منه ثم ابدأ بالرش حتى تتكون طبقة مناسبة من السائل، وحاول أن تكون متجانسة بقدر الإمكان
- اترك اللوحة المرشوشة لتجف في درجة حرارة 20 مئوية لمدة24 ساعة (إذا وضعت اللوحة في درجة حرارة 70 مئوية ستجف خلال 15 دقيقة وتعطي نتائج جيدة)



- قم بطباعة المسارات للتصميم الخاص بك على ورقة بلاستيك ذات شفافية عالية (شريحة بلاستيك شفافة)ولاحظ أن الصورة في هذه الحالة ايجابية Positive image أي لن تحتاج إلى عكس لألوان كما في الرستون
- بعد أن جفت تماما، ثم ضع الورقة الشفافة عليه بدقة في المكان المناسب لك على اللوحة ثم قم بتثبيتها جيدا عن طريق وضع لوح زجاجي شفاف رقيق عليهما وضعهم داخل صندوق أشعة فوق بنفسجية لمدة تتراوح بين ٢٠ – ٤٠ دقيقة.

- وهذا الجهاز يباع جاهزا، ويمكنك الاستغناء عنه باستخدام مصابيح الماغنسيوم أو المصابيح السوداء Black Light أو حتى المصابيح الفلوريسنت (النيون) العادية (يمكنك عمل صندوق يحتوي على عدد من 2إلى 3 مصابيح بطول 60 سم وتوضع اللوحة على بعد 5 سم من المصابيح لمدة نصف ساعة أو أكثر)، ويمكنك أيضا تعريضها لضوء الشمس المباشر ولكن اختار يوم مشمس جدا.
- قم بعد ذلك بعمل المحلول المطهر (وهو محلول يقوم بالتفاعل مع المادة التي تعرضت للأشعة فوق البنفسجية ثم تقشيرها) ويتم ذلك بإضافة ملعقة شاي صغيرة من هيدروكسيد الصوديوم– الصودا الكاوية – إلى لتر ماء (الكمية القياسية من 7 الى 10 جم في لتر ماء)، ثم اغمس اللوحة التي تعرضت للضوء في هذا المحلول وينبغي ارتداء قفازات جلدية أثناء هذه العملية والانتباه أثناء التعامل مع الصودا الكاوية (ينبغي أن تتم عملية التظهير في مكان معتم او به ضوء خافت)

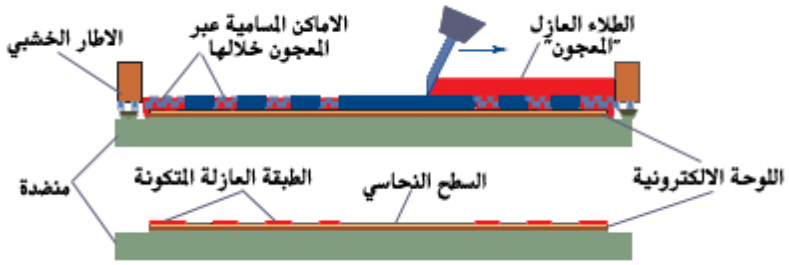
- قم بتحريك اللوحة أثناء وضعها في المظهر برفق (لاحظ أن هذه العملية لن تستغرق سوى دقائق حسب تركيز المحلول) وبعد أن تظهر المسارات انزع اللوحة واشطفها تحت الماء العادي
- الآن اصبحت اللوحة جاهزة للوضع في الحمض الحفار Etchant، ضعها في الحمض وبعد أن تتم عملية الحفر انزعها من الحمض ونظف المادة المتخلفة على المسارات باستخدام احد المذيبات العضوية الأسيتون أو التنر مثلا ثم ابدأ بالتثقيب.

٦. اطار الحرير Silk Screen

- وتستخدم هذه الطريقة في الانتاج الكمي لعمل المسارات النحاسية وأيضا لرسم المكونات والكتابة على السطح الغير نحاسي آما نرى في معظم اللوحات الجاهزة، آما تستخدم أيضا للطباعة على أسطح العبوات والصفائح المعدنية، وتشبه هذه الطريقة السابقة إلى حد ما وسنتناولها بالتفصيل فيما يلي:

- نقوم بإعداد التصميم للدائرة المرغوبة على احد البرامج المتخصصة ثم نطبعه على كالك شديدة الشفافية
- نقوم بجلب قطعة مناسبة من الحرير ذات عقد مناسب في البوصة المربعة ومن الافضل زيادة عدد العقد في البوصة كلما زادت دقة المسارات وينبغي ان تكون نظيفة وجافة وذات حجم مناسب اكبر من حجم التصميم بعض الشيء حتى نتمكن من تثبيته على الاطار.
- نقوم بعد ذلك برش هذه القطعة الحريرية بالمادة الحساسة للضوء (وهي في هذه الحالة ليست Positive 20 ولكنها مادة اخرى تباع في محلات بيع مستلزمات السيلك سكرين – اسمها الدارج في مصر مادة الحساس) حتى تتشبع تماما وينبغي ان تتم هذه العملية في مكان خافت الاضاءة ثم تترك لتجف تماما في مكان مظلم
- بعد أن تجف القطعة نفردها ونضع الورقة الشفافة التي تحتوي التصميم عليها ثم نضع لوح زجاجي رقيق فوقهما للتثبيت ثم نعرضهم لمصدر غني بالأشعة فوق البنفسجية لفترة كافية.
- بعد ذلك نعد المظهر كما في الطريقة السابقة ثم نغمس قطعة الحرير فيه وندعها لفترة كافية لتتآكل الماكن التي لم تتعرض للأشعة فوق البنفسجية.

- الآن أصبحت مسام قطعة الحرير على احدى حالتين اما مسدودة بطبقة من ال20 Positive الذي كانت مسارات ورقة شفافية تغطيه ولم يتفاعل مع الضوء، أو غير مسدودة بعد أن قشر المظهر ال 20 Positive الذي يتفاعل مع الضوء وكان يسد هذه المسام كما بالشكل
- الان وبعد ان اصبحت قطعة الحرير تحوي المسارات المطلوبة على هيئة مسام مفرغة (منفذة للسوائل)، قم بعمل اطار خشبي بحجم قطعة الحرير ثم ثبت قطعة الحرير عليه جيدا (بمسامير او دبابيس او لاصق...) الآن أصبح إطار الحرير جاهز تماما لبدء العمل



- نحضر بعد ذلك طلاء مقاوم للحمض الحفار وقادر على اختراق المسام (يكون على شكل معجون) ويوزع داخل الإطار بشكل منتظم حتى يغطي الإطار من الداخل
- نضع اللوحة الالكترونية التي نرغب في رسم المسارات عليها تحت النموذج
- باستخدام سطح ذو حافة مستوية (مسطرة مثلا) يكون بالعرض الداخلي للإطار بحيث يتيح اطار الحرير داخله، نقوم بسحب المعجون الموجود داخل الإطار من أول الإطار إلى أخره، فيتخلل المعجون ويعبر المسام الغير مسدودة ويكون طبقة على السطح النحاسي بنفس شكل المسارات للدائرة التي طبعناها من قبل تترك اللوحة حتى تجف ثم توضع في الحمض الحفار

Etchant الحمض الحفار

الحمض الحفار هو المادة التي ستتفاعل مع النحاس المغطى لسطح اللوحة ويطرده عنها، وتوجد العديد من الأحماض والمحاليل لهذا الغرض (يفضل استخدام وعاء زجاجي أو بلاستيك لعملية الحفر وليس وعاء معدني لتجنب التفاعل معه)، ولكل منها مميزاته وعيوبه نتناول بعضها الآن ثم نتناول أحد هذه الأنواع بشيء من التفصيل:

حمض النيتريك:

ويميز هذا الحمض أنه سريع جدا في عملية الحفر وشفاف مما يسهل مراقبة عملية الحفر ولكن يعيبه أنه يحفر بسرعة وقسوة مما يؤدي إلى تآكل غير منتظم، وقد يسبب أيضا تآكل العازل في بعض المناطق بسبب قسوة التفاعل، ويمكن تفادي هذه الآثار بتقليل تركيز الحمض ولكن على حساب سرعة التفاعل.

ويعيبه أيضا أنه خطر في الاستعمال لكونه يؤثر علي البشرة وغيرها لذلك يجب استعماله بحذر جدا وبتركيز منخفض نسبيا

Ammonium persulphate كبريتات الأمونيا

ويميزه أنه آمن وشفاف وسريع وليس هناك خطر من تعرض الملابس له، ولكنه يستلزم التسخين من50 إلى 60 درجة أثناء الحفر، ولكن أثناء التسخين تتصاعد أبخرة الأمونيا التي تسبب نزول الدموع من العين لذلك يجب أن تتم عملية الحفر في مكان جيد التهوية

كلوريد الحديديك:

وهذا هو ما سنتناوله بشيء من التفصيل هنا نظرا لتوفره ورخصه والأمان التام في استعماله، ولكن كن حذرا لأنه يسبب بقع صعبة جدا إذا ما لامس الملابس أو الأغراض!

ويعيبه أنه بطيء نسبيا ولكن سنتعرض هنا لبعض الطرق التي تزيد من سرعة التفاعل حتى أنه قد تصل إلى 10 دقائق.

تباع هذه المادة في محلات المستلزمات الكيميائية وهي رخيصة ويكون شكلها عبارة عن أحجار صلبة برتقالية اللون الموضحة بالشكل، وهي تتحل إذا ما تعرضت للرطوبة أو ارتفعت درجة حرارتها.

يمكنك تكوين محلول ذو تركيز مناسب بإذابة 250 جم في ٢/١ لتر ماء وضع عليه ملعقة من ملح الطعام (يؤدي إلى تكوين FECL4) ويمكن استعمال هذا المحلول عدة مرات (قد تصل إلى 10 مرات وأكثر) ويمكن زيادة نسبة المادة إلى الماء لو أردت أن تزيد من سرعة الحفر (يلجأ البعض أيضا لإضافة كمية قليلة من حمض النيتريك لتسريع عملية الحفر).

عند كل مرة تريد استعمال المحلول قم بتسخينه إلى درجة حرارة 40 سليزيس، ويعيب هذا المحلول أنه ليس شفاف مما يعسر ملاحظة عملية الحفر.

بعد أن تضع اللوحة في الوعاء الذي يحوي المحلول قم بتحريكه من حين لأخر حتى لا تترسب جزيئات الحديد الناتجة من التفاعل على سطح اللوحة.

٧. حمض الهيدروكلوريك:

ويتم خلط حمض الهيدروكلوريك إلى ماء الأوكسجين بنسبة ٤:١ أحد الزملاء نصحني به وقال انه يعطي نتائج جيدة وسريعة

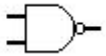
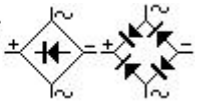
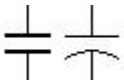
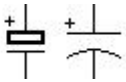
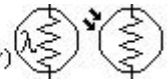
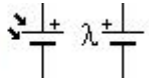
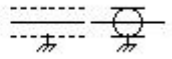
العزل:

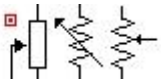
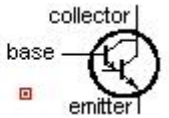
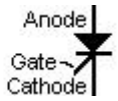
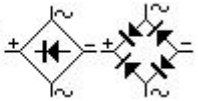
بعد أن تتم عملية الحفر ونحصل على اللوحة المطبوعة النهائية يتم تنظيفها جيدا ثم تغطى بمادة عازلة لحماية المسارات من العوامل الجوية أو أي مؤثرات أخرى قد تضر بها في الغالب يكون لون هذا العازل أخضر، وهو عبارة عن ورنيش خاص يتم تلوينه ويطلق عليه protective lacquer ويباع في عبوات جاهزة ذات بخاخ، ومن مميزات هذا النوع الذي يباع جاهزا أن القصدير يخترقه أثناء عملية اللحام، أي انك لست في حاجة لإزالة من مواضع التوصيل قبل عملية اللحام، ولكنه غالي الثمن.

في الغالب نستخدم الورنيش العادي بعض إضافة كمية من المذيب العضوي (البنزين هو الأفضل) وتلوينه باللون الذي تريد (توجد ألوان خاصة لتلوين الورنيش يستخدمها الرسامين) إن كنت تريد ذلك ثم يوضع في بخاخ عادي ورشه على سطح اللوحة الذي يحوي المسارات.

رموز العناصر الكهربائية والالكترونية

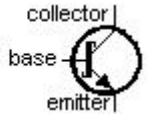
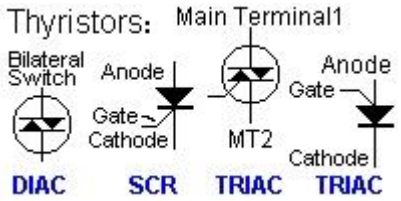
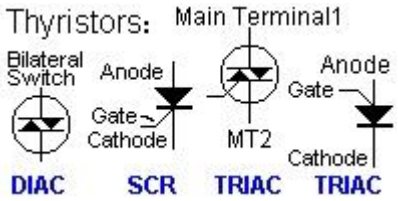
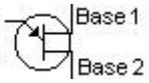
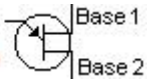
Ammeter (amp meter)	جهاز لقياس شدة التيار	Lamp - Neon	مصباح نيون
AND Gate	بوابة آند المنطقية	LASCR (Light Activated Silicon Controlled Rectifier)	ترانزستور ضوئي
AND Gate	بوابة آند المنطقية	LASER diode (laser diode, photo diode)	ديود ليزر
Antenna balanced	هوائي	LDR (Light Dependent Resistor)	مقاومة ضوئية
Antenna Loop, Shielded	هوائي	Light Emitting Diode (LED)	ثنائي ضوئي
Antenna Loop, Unshielded	هوائي	Mercury Switch	مفتاح زئبقي
Antenna unbalanced	هوائي	Micro-amp meter (micro-ammeter)	مقياس ميكرو أمبير
Attenuator, fixed (see Resistor)	مقاومة ثابتة	Microphone (see Electret Mic)	ميكرفون
Attenuator, variable (see Resistor)	مقاومة متغيرة	Milliamp meter (milli-ammeter)	مقياس ميلي أمبير
Battery	بطارية	Motor	محرك

Bilateral Switch (DIAC)	مفتاح ثنائي الاتجاه يستخدم دياك	NAND Gate 	بوابة ناند
Bridge Rectifier (Diode Bridge) 	جسر توحيد	NAND Gate	بوابة ناند
BUFFER (Amplifier Gate)	عازل	NOR Gate	بوابة نور
BUFFER (Amplifier Gate)	عازل	NOR Gate	بوابة نور
Capacitor feedthrough	مكثف	NOT Gate Inverter	بوابة NOT
Capacitor non-polarised 	مكثف	NOT Gate Inverter	بوابة NOT
Capacitor polarised (see electrolytic) 	مكثف قطبي	Operational Amplifier (Op Amp)	مضخم عملياتي
Capacitor Variable	مكثف متغير	Photo Cell (photo sensitive resistor) 	خلية ضوئية
Cavity Resonator	تجويف رنين	Photo Transistor	ترانزستور ضوئي
Cell	خلية كهربائية	Photovoltaic Cell (Solar Cell) 	خلية كهربائية ضوئية
Coaxial Cable 	كابل محوري	Piezo Tweeter (Piezo Speaker)	زمور
Crystal Microphone (Piezoelectric)	ميكرفون كريستالي	Positive Voltage Connection	مصدر تغذية موجب

Crystal Piezoelectric	هزاز كريستالي	Potentiometer (variable resistor) 	مقاومة متغيرة
Darlington Transistor 	ترانزستور دارلنكتون	Rectifier Semiconductor	ثنائي مقوم
Delay Line	خط تأخير	Rectifier Silicon Controlled (SCR) 	ثايرستور
DIAC (Bilateral Switch)	دياك	Relay - spst	ريلية
Diode	ديود	Relay - spdt	ريلية
Diode - Gunn	ديود غن	Relay - dpst	ريلية
Diode - Light Emitting (LED)	ديود ضوئي	Relay - dpdt	ريلية
Diode Photo Sensitive	ديود مستقبل للضوء	RFC Radio Frequency Choke	ملف راديوي
Diode Photovoltaic		Saturable Reactor	
Diode Bridge (Bridge Rectifier) 	جسر تقويم	Schmitt Trigger (Inverter Gate)	قادح شميث
Diode - Pin	ثنائي بن	Schottky Diode	ثنائي شوتكي

Diode - Varactor	ثنائي الفاراكتور	Signal Generator	مولد إشارة متناوبة
Diode - Zener	ثنائي زينر	Speaker 8R	بفلات
Electret Microphone (Condenser mic)	ميكرفون	Switch - push (Push Button)	مفتاح ضاغط
Electrolytic (Polarised Capacitor)	مكثف إلكتروليتي	Switch - Rotary	مفتاح دوار
Exclusive-OR Gate (XOR Gate)	بوابة OR	Thermal Probe NTC: as temp rises, resistance decreases t°= ? NTC	مقاومة NTC
Exclusive-OR Gate (XOR Gate)	بوابة OR	Thermocouple	مزدوجة حرارية
Ferrite Bead	فاصمة حرارية	Voltage Regulator (7805 etc) in 7805 out common	منظم جهد
Field Effect Transistor (FET) n-channel Gate Drain Source	ترانزستور حقلي سالب القناة	Voltmeter V	جهاز قياس الجهد
Field Effect Transistor (FET) p-channel Gate Drain Source	ترانزستور حقلي موجب القناة	Wattmeter W P	جهاز قياس القدرة
Fuse	فيوز حراري	Wires	أسلاك
Galvanometer G	غلفانومتر	Wires Connected	أسلاك متصلة

Ground Chassis	أرضي	Wires Not Connected	أسلاك غير متصلة
Ground Earth	أرضي	Tunnel Diode	دايود نفقي
Headphone	سماعة رأس	Inverter (NOT Gate)	عاكس
Inductor Air Core	ملف بقلب هوائي	INVERTER (NOT Gate)	عاكس
Inductor Iron Core or ferrite core	ملف بقلب حديدي	Jack Co-axial	قابس
Inductor Tapped	ملف ذاتي	Jack Phone (Phone Jack)	قابس تليفون
Inductor Variable	ملف متغير	Jack Phone (Switched)	قابس تليفون
Integrated Circuit	دارة متكاملة	Jack Phone (3 conductor)	قابس تليفون
Transformer Iron Core	Transformer Iron Core	Transformer Air Core	Transformer Air Core
Transistor Bipolar - PNP (emitter, base, collector)	Transistor Bipolar - PNP (emitter, base, collector)	Transistor Bipolar - NPN (collector, base, emitter)	Transistor Bipolar - NPN (collector, base, emitter)
Transistor p-channel Field Effect (Gate, Drain, Source)	Transistor p-channel Field Effect (Gate, Drain, Source)	Transistor n-channel Field Effect (Gate, Drain, Source)	Transistor n-channel Field Effect (Gate, Drain, Source)

Transistor Metal Oxide Single Gate	Transistor Metal Oxide Single Gate	Transistor Metal Oxide Dual Gate	Transistor Metal Oxide Dual Gate
Transistor Photosensitive	Transistor Photosensitive	Transistor Schottky - NPN	Transistor Schottky - NPN 
XOR Gate (exclusive OR)	XOR Gate (exclusive OR)	XOR Gate (exclusive OR)	XOR Gate (exclusive OR)
Thyristors: 	Thyristors: 	Transistor Unijunction - UJT 	Transistor Unijunction - UJT 

فك العناصر الإلكترونية ولحامها في الدائرة المطبوعة

مقدمة عامة لعمليات اللحام

اللحام من المهارات المهمة بل الأساسية للعاملين أو الهواة على حد سواء في مجال الالكترونيات. والهدف منه ربط العناصر أو المكونات ببعضها البعض لكى تكون في النهاية دائرة الكترونية يمكن الاستفادة منها.

وتعتبر عليات فك اللحام واعادته من المهارات الأساسية التي يجب أن يتقنها جيدا من يقوم بالعمل في الأجهزة والدوائر الالكترونية، لأنه غالبا بدون فك العنصر التالف في أي جهاز ولحام اخر صالح عوصا عنه لا يمكن اصلا الأجهزة المعطلة.

مهارة اللحام والفك ليست صعبة بل يمكن اكتسابها بسهولة عند التدرب عليها واتباع قواعدها بدقة ومعرفة عيوب اللحام وممارسة العمل به باستمرار ولإجراء عملية لحام أو فك للعناصر بصورة جيدة لابد من معرفة عناصر وأدوات اللحام وكيفية اشتراكها مع بعض لإنتاج نقطة لحام جيدة أو فك عنصر واعادة تركيبه بشكل متقن.

لذلك سوف نعرض في هذا الباب العناوين التالية:

- عناصر ومتطلبات اللحام
- تجهيز عناصر اللحام.
- أنواع اللحام.
- خطوات اللحام.
- فك اللحام.

عناصر ومتطلبات اللحام:

يحتاج المحترف وهاوي الالكترونيات لبعض العدد والادوات الضرورية لبناء الدوائر الإليكترونية وفيما يلى أهم هذه الأدوات:

١. كاوية لحام حيدة ومناسبة:

يعتبر اللحام من العمليات الأساسية في الإلكترونيات وعملية لحام القطع الالكترونية حساسة جدا حيث أن القطع الالكترونية يمكن أن تتعرض للتلف اذا تعرضت للحرارة العالية. لذلك فان اختيار الكاوية المناسبة مهم والمقصود بتعبير مناسب من حيث:

- الطاقة المستهلكة فيها.
- ومن حيث مساحة مقطع سنها.

وتتوفر الكاويات بعدة أنواع وتصنف بحسب قدرتها على انتاج الحرارة ويجب اختيار الكاويات ذات الرأس الجيد حيث أن عملية اللحام أو فكه تتم عن طريق رأس الكاوية لذلك يجب المحافظة عليه وتنظيفه اولا بأول.

٢. سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح وأطراف المكونات المراد لحامها

يجب أن سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح خاليا من أي مواد شمعية أو زيتية وأن يكون خاليا من الأكاسيد والأتربة وكذلك أطراف المكونات الإلكترونية المراد لحامها أو فكها.

٣. سلك اللحام:

يتكون سلك أو مادة اللحام من مادتي الرصاص أو القصدير تكون عادة بنسبة ٤٠% من الرصاص و٦٠% من القصدير ويبدأ اللحام بالذوبان عند درجة حرارة بين ١٨٣ و١٩٠ درجة مئوية. وهي الدرجة التي تساعد على لحام أو فك العناصر الالكترونية.

٤. ساحب اللحام (الشفاط):

تستخدم هذه الأداة لسحب أو شفط مادة اللحام بعد تسخينها عند الرغبة بإزالة أو فك قطعة اليكترونية أو سلك تم تلحيمه.

اللحام Disordering:

فك اللحام له نفس أهمية اللحام، لأنه من العليات الضرورية لإزالة العناصر العالقة في الدوائر الالكترونية ، وتستخدم له أدوات فك اللحام، ،سواء كانتالكاوية ذات السن المجوف وبها مخلخل الهواء أو كاوية اللحام العادية ومخلخل هواء منفصل.

تمرين على فك اللحام أحضر لوحة دوائر الكترونية قديمة وحاول فك العناصر الموجودة بها ، حافظ على أن تبقى الدائرة المطبوعة سليمة بعد الفك، علية فك العناصر من الدوائر تتم اما لاختبار صلاحيتها خارج الدائرة واعادة تركيبها

مرة اخرى، أو عند التأكد من تلفها قبل الفك في حالة الفك للاختبار يجب أن تراعى الدقة في أثناء عملية الفك لأنه يمكن أن يكون العنصر المراد فكه صالها ولكن يتلف عند الفك نتيجة التسخين لدرجة حرارة عالية، لذلك ينصح باستخدام المسربات الحرارية عند الفك وعند اللحام.

ويتم ذلك بأتباع الخطوات التالية:

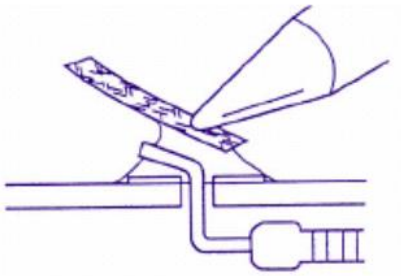
- اضغط المكبس لتكون الأداة جاهزة.
- ضع طرف الكاوية الحار على اللحام حتى يذوب.
- عندما يذوب اللحام ضع طرف أداة سحب اللحام قريبا من اللحام ثم أضغط زر أطلاق المكبس.
- ستقوم الأداة بسحب اللحام الذائب.
- كرر العملية عند الحاجة ولكن كن حريصا على أن تؤثر الحرارة الزائدة على القطعة الالكترونية.

٥. شريط ازالة اللحام:

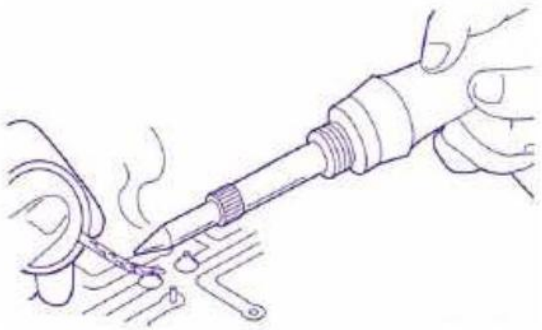
وهو مصنوع من شبكة نحاسية تقوم بامتصاص اللحام الذائب.

ويكون استخدامه لإزالة اللحام حسب الخطوات التالية:

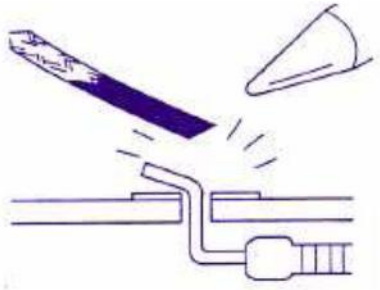
- ضع الشريط فوق اللحام ثم ضع طرف الكاوية فوق الشريط مباشرة.



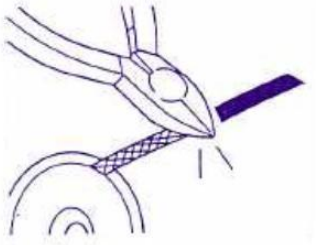
- سوف يبدأ اللحام الذائب بالسريان في الشريط.



- بعد الانتهاء ارفع طرف الكاوية والشريط بنفس الوقت.



- كرر العملية عند الحاجة ولكن كن حريصا على أن لا تؤثر الحرارة الزائدة على قطعة الالكترونية.
- بعد الانتهاء من عملية سحب اللحام أقطع الجزء المستخدم من الشريط النحاسي.



٦. الزرادية ذات الاطراف المدببة

وتستخدم لتثبيت أو فك الأجزاء الإلكترونية كما أنها مفيدة لحمل الأجزاء في المناطق الضيقة وتستخدم أيضا لتعديل أطراف القطع الالكترونية.

ملاحظة: عند اختيارك لهذا النوع من الزراديات قم باختيار المقاس المناسب.

٧. قطاعة السلك.

وهي ضرورية لقطع الأسلاك وكذلك لقطع أطراف القطع الالكترونية.

٨. مفكات البراغي.

لا يمكن الاستغناء عنها لذلك حاول أن يكون لديك تشكيلة من المفكات المتنوعة.

٩. الملقاط.

وهو مفيد لحمل الأجزاء والقطع الصغيرة.

١٠. المثقاب أو الدريل

ويستخدم لعمل فتحات البراغي لتثبيت الدائرة في علبتها الخارجية وكذلك لعمل الفتحات الضرورية لمرور الأسلاك وفتحات المفاتيح وغير ذلك وحيث أن هذه الفتحات متنوعة المقاس فيجب أن يكون لديك تشكيلة من الأطراف بمقاسات مختلفة للمثقاب.

١١. العدسة المكبرة

وهي ضرورية للتأكد من سلامة وصلات اللحام وكذلك للتأكد من عدم تلامس الأجزاء المختلفة من الدائرة.

١٢. جهاز قياس ملتيميتر

يمكن بهذا الجهاز قياس الجهد والمقاومة والتيار في أجزاء الدائرة الالكترونية للتأكد من سلامة توصيلاتها

تجهيز عناصر اللحام:

١. تجهيز كاوية اللحام:

- نظف سن الكاوية جيدا من أي شوائب عالقة أو أكاسيد باستخدام مبرد أو ورقة سنفرة أو فرشاة من السلك أو نصل سكين حتى يصبح سطح السن لامعا.
- وصل التيار الكهربي للكاوية حسب جهد التشغيل الخاص بها وأترك الكاوية حتى تسخن.
- قرب سلك الحام من سن الكاوية حتى ينصهر عليه ويكون طبقة فضية لامعة على سن الكاوية ويكون كرة من القصدير المنصهر على مقدم السن ،هذه الكرة تساعد على تريب الحرارة من السن وعلى جودة نقطة اللحام عند اللحام
- قبل البدء اللحام مرر سن الكاوية على قطعة من الإسفنج الطبيعي موضوعة في وعاء مناسب ومبللة بالماء وذلك لإزالة أي أكاسيد وتصغير كرة القصدير المنصهرة على سن الكاوية.

٢. تجهيز أطراف المكونات والأسلاك:

أ. يجب أن تكون أطراف المكونات خالية من أي أكاسيد أو أتربة أو مواد شحمية أو زيتية.

ب. اذا كان الطرف المراد لحامه سلكا سواء سلكا مصمتا أو مكونا من عدة شعرات فيجب القيام بالخطوات التالية لتجهيزه لعملية اللحام:

- إزالة المادة العازلة عن طرفه بطول مناسب باستخدام أداة تقشير مناسبة لقطر السلك ، وراعى الدقة عند إزالة الطبقة العازلة عند التقشير الأسلاك لأن أي جزء في السلك المصمت أو قطع لعدة شعيرات يؤدى الى ضعف السلك ميكانيكيا مما يؤدى لقطعه بعد اللحام نتيجة لحركة السلك وهذه العيب من العيوب التي يصعب اكتشافها عند الفحص ويوضح الشكل التالي الجهيز الصحيح للأسلاك والتجهيز الخاطئ لها.

- لاحظ أنه يجب قصدرة السلك المكون من الشعيرات قبل اللحام ليسهل ادخاله في ثقوب الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح، ويتم ذلك بوضع الجزء القشر من السلك بعد جدل شعيراته باستخدام الزرادية على سن كاوية اللحام الساخن بين السلك المراد قصدرته، ثم يبعد كل من السلك وسلك اللحام عن سن الكاوية ويترك الى أن تتجمد سبيكة اللحام المنصهرة على السلك.
- يراعى عدم تسخين السلك المراد قصدرته لفترة طويلة لأن ذلك يؤدى الى احتراق أو جفاف المادة العازلة حول السلك وبالتالي نقص العزل الكهربي لها قرب طرف السلك..

٣. تجهيز سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح:

ويقصد بلوحة الدائرة المطبوعة هي لوحة تشبه لوحة الشرائح النحاسية الا أن المسارات النحاسية بها لا تكون متوازية مثل لوحة الشرائح ويمكن مشاهدتها في جميع الأجهزة الالكترونية، ويتم تجهيزها قبل عملية وذلك بالتأكد من خلو السطح المراد اللحام فيه من الأكاسيد والأتربة والمواد الشمعية والشحمية والزيتية، ويتم ذلك بمسح السطح بقطعة قماش مبللة بمادة طيارة مثل الكحول.

أنواع اللحام:

تصنيف عمليات اللحام الى ثلاثة أنواع هي:

١. لحام أطراف المكونات مع بعضها أو في عروات (Tag SOLDER)

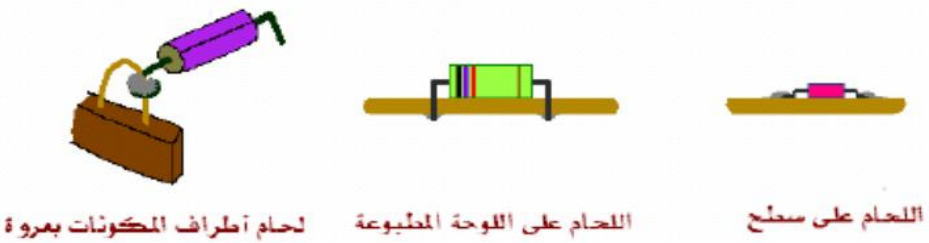
في هذه النوع من اللحام تجهز أطراف المكونات على شكل منحنيات دائرية ليسهل عملية ربطها ولحامها مع بعضها أو مع العروات.

٢. لحام أطراف العناصر في لوحة الدوائر المطبوعة:

في هذا النوع من اللحام تمرر أطراف المكونات في ثقوب بلوحة الشرائح أو الدائرة المطبوعة، وتكون المكونات في الجهة الخالية من الشرائح في اللوحة وتلحم أطراف المكونات في جهة الشرائح النحاسية.

٣. لحام أطراف العناصر على سطح:

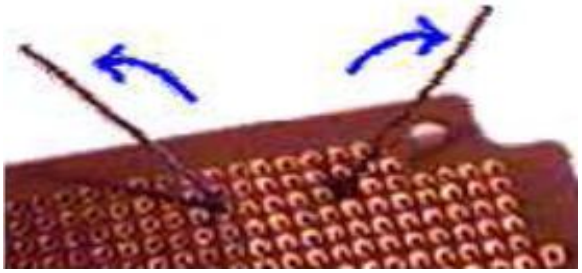
في هذا النوع من اللحام يلحم طرف العنصر على سطح النحاس دون المرور في ثقوب باللوحة ويوضح الشكل التالي الأنواع الثلاثة المذكورة.



خطوات اللحام:

لإجراء عملية اللحام اتبع الخطوات التالية:

١. صل الكاوية بمصدر الكهرباء وضعها على حامل بحيث لا تكون ملامسة لأى شطح حتى لا تؤدى الى تلفيات نتيجة حرارتها المرتفعة.
٢. جهز العناصر واللوحات المراد لحامها كما ذكر سابقا وضعها بترتيب أولوية اللحام.
٣. أحضر سلك اللحام وضعه في متناول يدك على الطاولة.
٤. جهز قطعة من الإسفنج الطبيعي وبللها بالماء في وعاء مناسب لتنظيف سن الكاوية قبل وبعد كل نقطة لحام.
٥. ثبت العناصر المراد لحامها مع بعضها تثبيتا جيدا، بحيث لا يتحرك أي عنصر من عناصر اللحام أثناء أو بعد اللحام ،ويتم ذلك بثني أطراف القطعة الإلكترونية بعد ادخالها في اللوحة حتى لا تتحرك ثم لحامها.



٦. أمسك بالكاوية كما تمسك القلم بينما تمسك باليد الاخرى قطعة اللحام.

٧. **اجر عملية اللحام كما هو موضح بالأشكال التالية**

- نظف الكاوية بقطعة الاسفنج المبلل بالماء.

- ضع سن الكاوية بحيث يلامس طرف المكون المراد لحامه وسطح اللوحة ويصنع زاوية مقدارها ٤٥ درجة مع سطح اللوحة المراد اللحام فيها ،وانتظر قليلا (حوالى ثانية) حتى يسخن الطرف.

- قرب سلك اللحام من نقطة اللحام بحيث يكون طرف المكون بينه وبين سن الكاوية.

- انتظر حتى ينصهر سلك اللحام ويحيط بالعنصر المراد لحامه وتتبخر المادة المساعدة على اللحام.

- بعد الحصول على نقطة لحام كما بالشكل الاخير أبعد سلك اللحام ثم أبعد الكاوية بحذر عن نقط اللحام حتى لا تؤدى لسحب القصدير المنصهر مما قد يؤدى الى أحداث قنطرة بين تلك النقطة ونقط اخرى بالدائرة.
- اترك نقطة اللحام تتجمد تلقائيا أي بدون دفع هواء بأي وسيلة عليها، لأن التبريد التلقائي يؤدى الى تشقق سطح اللحام وأضعافها ولا تحرك القطعة الالكترونية الا بعد أن يبرد اللحام وذلك يستغرق ثوان قليلة فقط.

٨. قم بقص الأطراف الزائدة للقطعة الالكترونية.

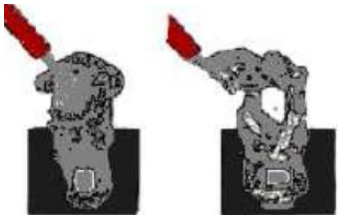
٩. نظف طرف الكاوية من اللحام باستخدام قطعة من الاسفنج المبللة بالماء

عيوب اللحام:

تتصف نقطة اللحام الجيدة بأنها تكون ملساء لامعة، واذا لم تظهر النقطة بهه الصفة عندها يمكن القول بأن هذه النقطة يوجد بها عيب في اللحام وتصنف عيوب اللحام الى عدة أصناف هي:

١. نقطة اللحام الباردة:

يكون مظهر نقطة اللحام غير لامع، وغير أملس وينتج ذلك عن عدم الانتظار حتى تصل درجة حرارة سطح الدائرة أو العروة الى درجة انصهار سلك اللحام أو عن عدم وضع سلك اللحام في المكان المناسب من باقي عناصر اللحام ويوضح الشكل التالي نقطة لحام بها هذا العيب من عيوب اللحام.



ويمكن أن تنتج نقطة اللحام الباردة كذلك عن حركة أي عنصر من عناصر نقطة اللحام قبل تجمد سبيكة اللحام أو عن تبريد نقطة اللحام بدفع هواء عليها بأي مسيلة وعدم تركها تبرد تلقائيا وقد تنتج أيضا من كون سن الكاوية غير نظيف مما يؤدى الى تسرب الشوائب العالقة به الى نقطة اللحام ولإصلاح هذا العيب تزال نقطة اللحام تماما بواسطة الكاوية وشفاط اللحام ، ثم تعاد العملية مرة ثانية بطريقة صحيحة.

٢. وجود طبقة من القلفونيا (مساعد اللحام) بين طرف المكون وسبيكة اللحام:

وينتج عن هذا العيب وجود مقاومة كبيرة بين طرف المكون ونقطة اللحام قد تصل الى ما لا نهاية في بعض الاحيان وذلك لان مساعد اللحام يعتبر مادة عازلة ويوضح هذا الشكل التالي هذا العيب.

وينتج هذا العيب عن حطأ في وضع سن كاوية اللحام أو عن عدم ترك الكاوية لفترة كافية على نقطة اللحام حتى يتم تبخر المادة المساعدة للحام ولإصلاح هذا العيب توضع كاوية اللحام على نقطة اللحام مرة اخرى الى أن يتم تبخر مادة مساعد اللحام من نقطة اللحام.

٣. عدم احاطة سبيكة اللحام بطرف المكون المراد لحامه أو عدم التصاق نقطة اللحام بسطح اللوحة المراد اللحام بها:

ينتج هذا العيب عن نقص كمية سبيكة اللحام المنصهرة لنقطة اللحام بسبب ابعاد سلك اللحام عن نقطة اللحام قبل اتمامها أوعن عدم انصهار سبيكة اللحام جيدا أوعن الوضع الخطأ لكاوية اللحام وقد يؤدى الى وجود طبقة من مساعد اللحام كعازل بين نقطة اللحام وسطح المراد اللحام بها والعروة ،ويوضح الشكل التالي هذا العيب.

لأصلح هذا العيب تسخن نقطة اللحام مرة اخرى وتضاف كمية من سبيكة اللحام المنصهرة وينتظر حتى يتم تبخر المادة المساعدة للحام.

٤. قنطرة اللحام:

يحدث هذا العيب نتيجة لعدم العناية عند أبعاد كاوية اللحام عن نقطة اللحام، ويؤدى ذلك الى توصيل نقطة اللحام أو الشريحة التي أجرى اللحام عليها بنقطة لحام اخرى وغالبا ما يؤدى هذا العيب الى أضرار كبيرة بالدوائر ان لم يكتشف ذلك قبل التشغيل.

٥. قطع الكون المراد لحامه قبل اللحام بحيث يكون قصيرا:

من الصعب اكتشاف هذا العيب لذلك يستحسن دائما قطع أطراف المكونات بعد اجراء عملية اللحام وليس قبلها ويوضح هذا الشكل التالي هذا العيب.

أن اجراء نقطة لحام جيدة لا يستغرق أكثر من ٢ الى ٥ ثواني تقريبا ويمكن الوصول الى ذلك عن طريق كثرة التدريب على اللحام للوصل الى تحقيق نقطة لحام جيدة في أقصر وقت ممكن ويوضح هذا الشكل التالي صورا لنقطة لحام جيدة تفحصها جيدا من حيث حجم كمية القصدير وانتشاره حول الطرف المراد لحامه.

أسباب تلف العناصر الإلكترونية

عند اكتشاف بعض العناصر في الدوائر الالكترونية يتعين علينا عدم الاكتفاء باستبدال هذه العناصر بأخرى جديدة بل يجب التعرف على الأسباب المحتملة التي قد أدت الى تلفها وبصفة عامة يمكن تقسيم أسباب تلف العناصر الالكترونية كما يلى:

١. أسباب داخلية:

تتعلق بجودة تصنيع العنصر ذاته وبالتالي قدرته على الاستمرار في أداء وظائفه لفترة زمنية لا عن عمره النظري أو الافتراضي.

٢. أسباب خارجية:

تتمثل في مجموعة الدوائر المساعدة والمحيطة بالعنصر والتي تقوم بتحديد قيم الجهد وشكل التيارات الواصلة الى هذا العنصر وبالتالي تحديد نقطة تشغيله كما وردت في التصميم النظري لهذه الدائرة.

وكما نرى فان من أسس الصيانة والاصلاح بالنسبة للدوائر الالكترونية هو ضرورة تتبع ومعرفة الاسباب المحتملة لتلف العناصر الالكترونية.

١. المقاومة الكربونية Carbon resistance

عند مرور تيار كبير في المقاومة الكربونية بحيث يتعدى قيمة القدرة المقننة Rating Power لعملها فان المقاومة تحترق ويظهر هذا عليها بوضوح. في هذه الحالة وقبل تغيير المقاومة بأخرى لها نفس القيمة ونفس القدرة يجب التأكد من عدم وجود قصر Short Circuit بين طرف دخول التيار الى هذه المقاومة وبين الارضي ويتم ذلك باستخدام جهاز الأفوميتر بعد ضبطه على الأوم.

٢. مكثفات الربط Coupling Capacitor:

عادة يكون تلف مكثفات الربط نتيجة عملها لمدة طويلة وتأثرها بارتفاع درجة الحرارة وفي هذه الحالة يكتفى بتغيير المكثف التالف بأخر له نفس القيمة.

٣. المكثف الكيميائي Coupling Capacitor

تتأثر المكثفات بارتفاع درجة الحرارة وكذلك بارتفاع قيمة الجهد الواصل اليها. في هذه الحالة يتم تغيير المكثف التالف باخر له نفس القيمة ونفس جهد التشغيل والذى نجده مدون على جسم المكثف ثم يتم قياس قيمة جهد الواصل اليه اثناء التشغيل وذلك باستخدام جهاز الأفوميتر بعد ضبطه على وضع قياس الجهد المستمر واختيار مقاس الجهد المناسب.

٤. ثنائي شبه الموصل لتوحيد التيار Semi-Conductor Rectification Diode

يحدث تلف ثنائيات شبه الموصل عند مرور تيار كبير بها يتعدى القيمة المقننة لتشغيلها. في هذه الحالة يتم فك الثنائيات من الدوائر المطبوعة ثم التأكد من عدم وجود قصر بين أطراف خرجها(الموجودة على الدائرة المطبوعة) وبين الأرضي فاذا تأكدنا من عدم وجود قصر يتم تركيب ثنائيات جديدة لها نفس الأرقام أو أرقام بديلة ثم نقوم بقياس جهد خرج الثنائيات أثناء عملها والتأكد من تطابقه مع القيمة المدونة على الدائرة.

٥. ثنائي زنر Zener Diode

يحدث تلف الزينر عند زيادة الجهد الواصل اليه عن القيمة المسموح بها في هذه الحالة يتم تغيير الزينر بأخر له نفس الرقم ثم التأكد من أن الجهد الواصل اليه يقع في حدود المسموح بها

٦. محول خفض أو رفع التيار

تتأثر المحولات الكهربية بارتفاع درجة حرارتها اثناء التشغيل مما يؤدى الى تلف عازل الملفات بها وبالتالي حدوث قصر بين ملفاتها من ناحية اخرى عند حدوث ارتفاع في جهد مصدر التيار الكهربي فان هذا قد يؤدى الى انصهار وبالتالي قطع في احدى الملفات الملف الابتدائي الواصل الى المنبع في هذه الحالة يتعين:

- فصل دخل المحول عن التيار الكهربي.
- فصل خرج المحول

قياس قيم مقاومات الملف الابتدائي وكذلك الملفات الثانوية فاذا تبين قصر Short أو قطع Open في احدى الملفات يتم تغيير المحول باخر له نفس الجهد والتيار المقننة وذلك بعد اجراء الخطوات التالية:

- قياس جهد المنبع والتأكد من أن قيمته تقع في الحدود المسموحة.
- التأكد من عدم تلف ثنائيات (أو قنطرة) التوحيد.
- التأكد من عدم تلف مكثف التنعيم الكيميائي.
- التأكد من عدم وجود قصر بين طرف خرج الجهد المستمر و بين الارضي.

٧. الترانزستور:

يحدث تلف الترانزستور اما بسبب العوامل الداخلية التي ذكرنها من قبل أو نتيجة لاختلال في وجهود الانحياز الواصلة اليه عن طريق المقاومات المتصلة به .كذلك نجد أن حدوث قصر في دائرة حمل الترانزستور تؤدى ايضا لتلفه في هذه الحالة يجب فك اطراف الترانزستور وقياس المقاومة بين أطرافه باستخدام جهاز الافوميتر حيث يجب أن تتطابق هذه القياسات مع قياسات الثنائيات الوضحة في الشكل. فاذا تأكدنا من تلف الترانزستور فيجب التأكد اولا من سلامة عناصر دائرة الانحياز الخاصة بهذا الترانزستور المستبدل له نفس الرقم البديل.

٨. الدوائر المتكاملة:

عند ظهور أعراض ظاهرية للتلف علي دائرة متكاملة في هذه الحالة يجب فحص دائرة حملها وكذلك من عدم وجود قصر أو قطع في هذه الدوائر فاذا تأكدنا من ذلك فانه من الراجح أن يكون سبب تلفها هو سبب داخليا وعلنا باستبدالها بأخرى لها نفس الرقم.

كيف تنقذ البطاريات:

لنفرض أن لديك انائين بهما ماء. احداهما مملوء والاخر نصف مملوء وأنك أحضرت ماسورة بلاستيكية صغيرة لتصل بين الاثنين. ستلاحظ أن الماء سيمر من الاناء المملوء خلال الماسورة (وهذا هو التيار الكهربي) وسيستمر ذلك حتى يتعادل الضغط على طرفي الانبوب (فرق الضغط=0) وهو ما يعادل فرق الجهد في البطارية وعندما يحدث الاتزان فان البطارية قد ماتت.

والوحدة المستخدمة لقياس هذه الفرق في الجهد هو الفولت (وهو فرق الجهد اللازم لتحريك شحنة مقدارها واحد كولوم لتبذل شغل مقداره واحد جول (JOULE).

المراجع

- **تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ**
- **و مشاركة السادة :-**

➢ **مهندس/ أشرف لمعي توفيق**	**شركة صرف صحي القاهرة**
➢ **مهندس/ السيد رجب شتيا**	**شركة مياه وصرف صحي البحيرة**
➢ **مهندس/ أيمن النقيب**	**شركة صرف صحي الاسكندرية**
➢ **مهندس/ خالد سيد أحمد**	**شركة مياه القاهرة**
➢ **مهندس/ طارق ابراهيم**	**شركة صرف صحي القاهرة**
➢ **مهندس/ علي عبد الرحمن**	**شركة صرف صحي الاسكندرية**
➢ **مهندس/ علي عبد المقصود**	**شركة صرف صحي القاهرة**
➢ **مهندس/ محمد رزق صالح**	**شركة مياه وصرف صحي البحيرة**
➢ **مهندس/ مصطفي سبيع**	**شركة صرف صحي القاهرة**
➢ **مهندس/ وحيد أمين أحمد**	**شركة مياه القاهرة**
➢ **مهندس/ يحي عبد الجواد**	**شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**