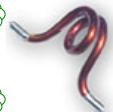
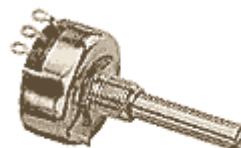


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

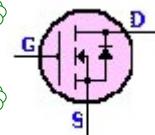
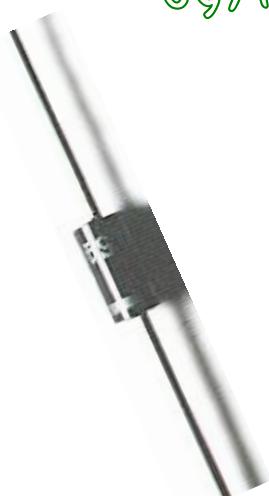
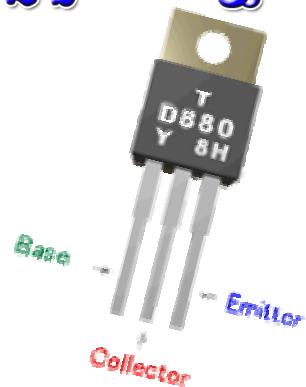
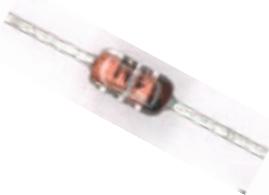


Emitter → Base  
Collector



## الايكرونيات الميكانيكية

الجزء الأول



wedoaya @hotmail.com

# المقاومة Resistor



من أهم وأكثر القطع الإلكترونية شيوعا واستخداما ، وتستخدم للتحكم في فرق الجهد (الفولت) ، وشدة التيار (الأمبير) ، وتقاس المقاومة بوحدة الأوم Ohm ، وترمز بالرمز 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 لتيارات الصغيرة .

1 Ohm

1000 Ohms = 1 K Ohm

1000000 Ohms = 1 M Ohm

1 Ω

1 K Ω

1 M Ω

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



<http://www.hobby-q.com>

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

## أولا : المقاومة الثابتة R : (Resistor)

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

	مقاومة مغطاة بألミニوم Aluminum Housed		مقاومة(وصلة) صفرية Jumper (Zero Ohm)
	مقاومة كربونية Carbon Comp		مقاومة ذات أوم منخفض Low Ohm
	مقاومة سيراميكية Ceramic Encased		مقاومة شبكيّة Network
	مقاومة فلمية Film		مقاومة فلمية ذات جهد عالي Power Film
	مقاومة غطائية		مقاومة خاصة

	مقاومة مصهرية Fusible		مقاومة سطحية Surface Mount
	مقاومة ذات جهد عالي High Voltage		مقاومة حساسة للحرارة Temp. Sensitive
	مقاومة ذات أوم عالي High Ohm		مقاومة سلكية Wire wound

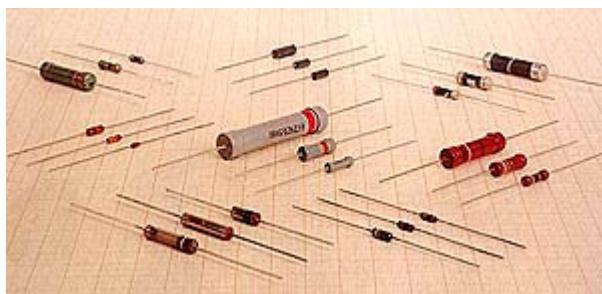


Fig. 1.1a: Some low-power resistors



Fig. 1.1b: High-power resistors and rheostats

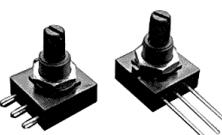
### ثانياً: المقاومة المتغيرة (Potentiometer or Variable Resistor VR)

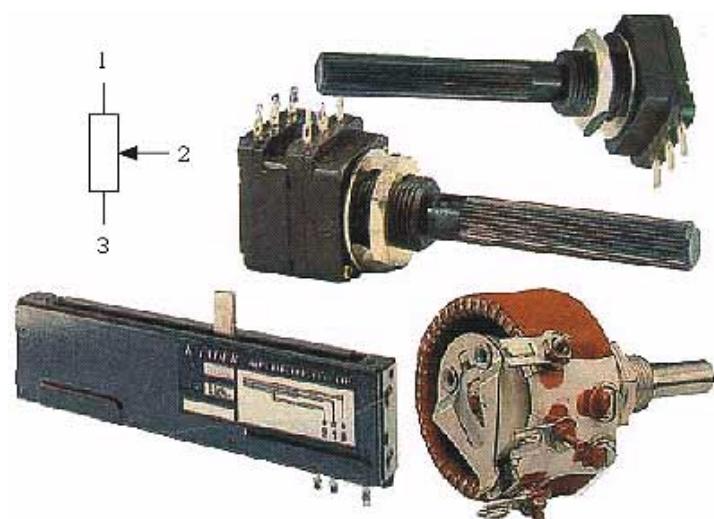
هي مقاومة يمكن تغيير قيمتها ، حيث تتراوح قيمتها بين الصفر وأقصى قيمة لها . فمثلا : عندما تقول أن قيمة المقاومة  $10\text{K}\Omega$  ، يعني أن قيمة المقاومة تتراوح بين الصفر أوم وتزداد بالتدريج يدويًا حتى تصل قيمتها العظمى  $10\text{K}\Omega$  (0- $10\text{K}\Omega$ ) ، ويمكن تثبيتها على قيمة معينة .

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 ذكر منها :

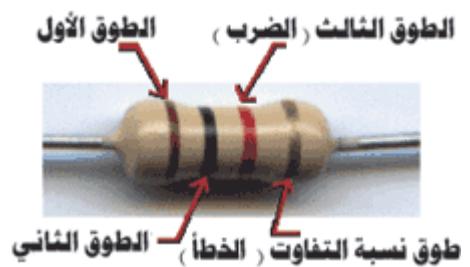


	المقاومة المتغيرة الدورانية
	المقاومة المتغيرة الخطية
	المقاومة المتغيرة المستخدمة الدائرية في الألواح الالكترونية

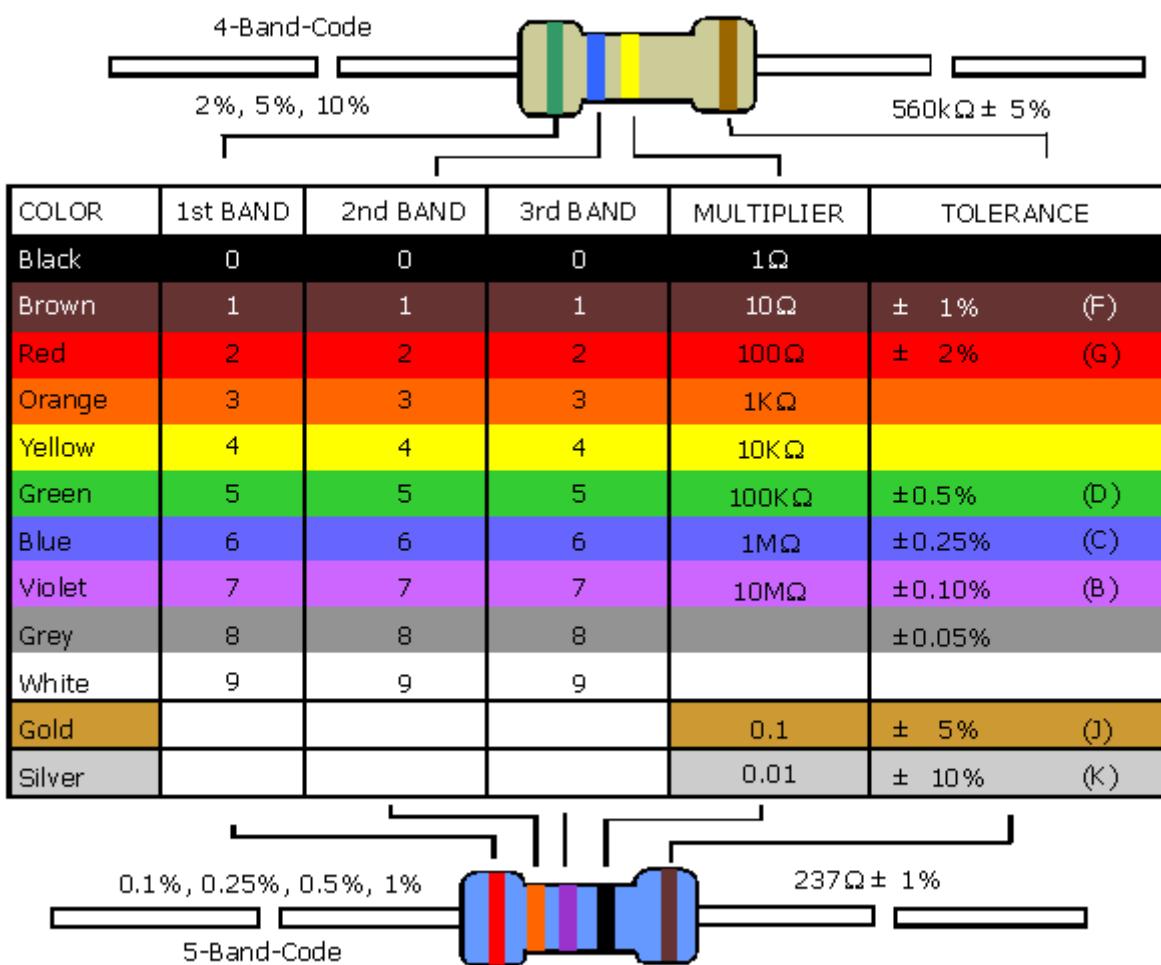


## قراءة قيمة المقاومة :

ميزت المقاومة بأطواق ملونة لمعرفة قيمتها .  
وإلاخراج 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 وأبدأ 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 برتقالي :  
أبدأ من اليسار إلى اليمين ، أنظر للطوق الأول وحدد لونه وأكتب رقمه على حسب الجدول الموضوع ، اللون بني ويساوي 1 ، ثم أنظر للطوق الثاني وحدد لونه وأكتب رقمه على حسب الجدول الموضوع ، اللون بني ويساوي صفر ، ثم أنظر للطوق الثالث والأخير وحدد لونه وأكتب رقمه على حسب الجدول الموضوع ، اللون برتقالي ويساوي 2 ، غير العدد في الطوق الأخير إلى أرقام مثلاً ٣ يساوي ٣ أصفار ، فتصبح قيمة المقاومة  $1000\text{ }\Omega$  وعند تقريبها تصبح  $10\text{ Kohm}$



عادة الترميز بخمسة أحزمة لونية يستخدم في المقاومات ذات الدقة  $\pm 1\%$  و  $\pm 2\%$  . النموذج الأكثر توفرًا هو  $\pm 5\%$  يأتي عادة بأربعة أحزمة لونية .

ملاحظة: المصانع لا تضع قيمة المقاومة كالقيمة الفعلية بالضبط ، لكن هناك نسبة خطأ أو تفاوت في الخطأ . Tolerance لذلك وضع المصانع الطوق الأخير "الذهب أو الفضي" لمعرفة دقة المقاومة ، وهي ببساطة تقاس على حسب لون الطوق ، فاللون الذهبي يعني أنه هناك نسبة خطأ قدره  $5\%$  والفضي  $10\%$  و  $20\%$  للمقاومة من غير طوق آخر .

**مثال:** احسب قيمة المقاومةبني اسود برتقالي ذهبي مع نسبة خطأها ؟  
المقاومة تكون نسبة خطأها 5% وقيمتها مابين :  
ohm 950 إلى 1050 .

وإذا المقاومة كانت ذات طوق فضي تكون نسبة خطأها 10% وقيمتها مابين:  
ohm 900 إلى 1100 .

وإذا المقاومة كانت بدون طوق تكون نسبة خطأها 20% وقيمتها مابين:  
ohm 800 إلى 1200 .

### أنواع المقاومات :

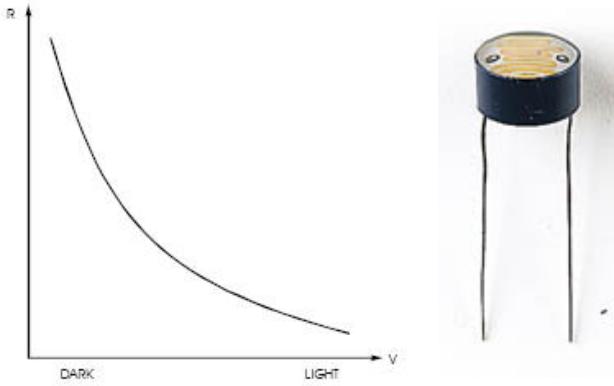
**١. المقاومات الثابتة (كريونية - سلكية) :** وهي المقاومة التي لها قيمة ثابتة لا تتغير ، وتكون هذه القيمة مكتوبة عليها بشكل مباشر (أرقام) أو غير مباشر (الوان) .

**٢. المقاومات الكريونية :** وتكون المادة الناقلة فيها مصنوعة من الكريون ، ويكون لها قيم أومية كبيرة ولكن استطاعتنا صغيرة .

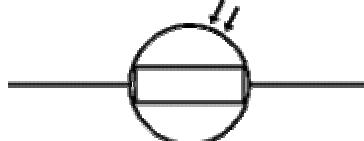
**٣. المقاومات السلكية :** وتكون المادة الناقلة فيها سلك يكون ملفوف على جسم المقاومة عدد معين من اللفات حسب قيمة المقاومة ويجب أن يكون هناك مسافة بين كل لفة ، ويكون لها قيم أومية صغيرة نوعا ما ، ولكن الاستطاعنة تكون كبيرة .

**٤. المقاومات المتغيرة :** تتغير قيمة هذه المقاومة ميكانيكيا بواسطة وصلة متحركة (منزلقة) أو ضوئياً (ضوئية) أو حرارياً (حرارية) .

**٥. المقاومة الضوئية (LDR) :**

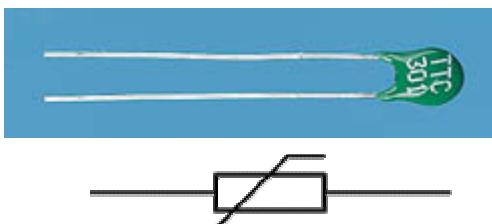


وهي تقوم على تحويل الضوء إلى مقاومة ..  
تصنع هذه المقاومات من سلفيد الكاديوم (CDS)  
تنخفض قيمتها الأومية عند ازدياد شدة الإضاءة ، وتزداد  
قيمتها عند انخفاض الضوء ..  
تصل قيمتها الأعظمية في الظلام إلى (2M ohm) ..  
وفي الضوء الشديد الناصع تصل قيمتها إلى (100 ohm) ..



**٦. الثارمستور (Thermistor) :**

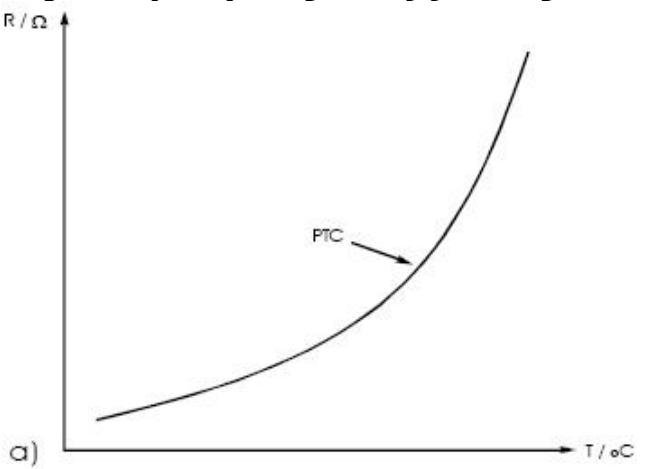
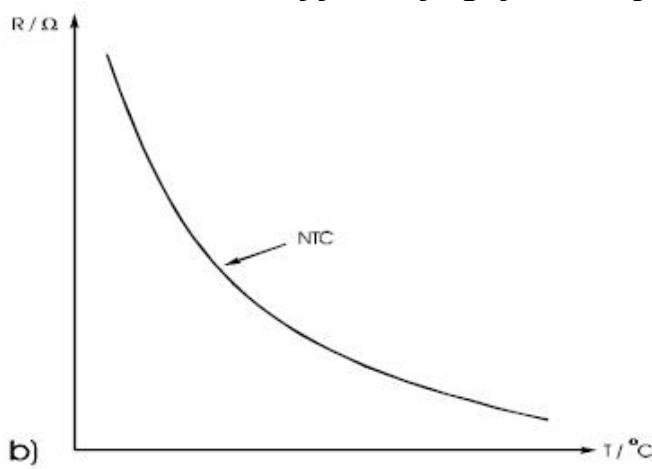
وهو عنصر إلكتروني يحول الحرارة إلى مقاومة تتغير قيمتها طبقاً لدرجة الحرارة المحيطة ..



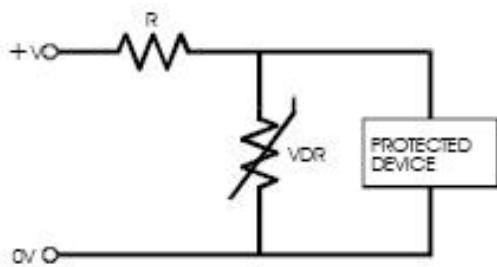
مقاومة هذا العنصر تنقص بازدياد درجة الحرارة ..  
تحدد القراءات التالية التجريبية مقاومة العنصر عند درجات الحرارة :  
- في الماء المتجمد (0°C) تكون المقاومة عالية (12K ohm) ..  
- في درجة حرارة الغرفة (25°C) تكون المقاومة (5K ohm) ..  
- في الماء المغلي (100°C) تصبح المقاومة (400 ohm) ..

**٧. المقاومة الحرارية الموجبة (PTC) :** تزداد قيمتها الأومية عند ارتفاع درجة الحرارة .

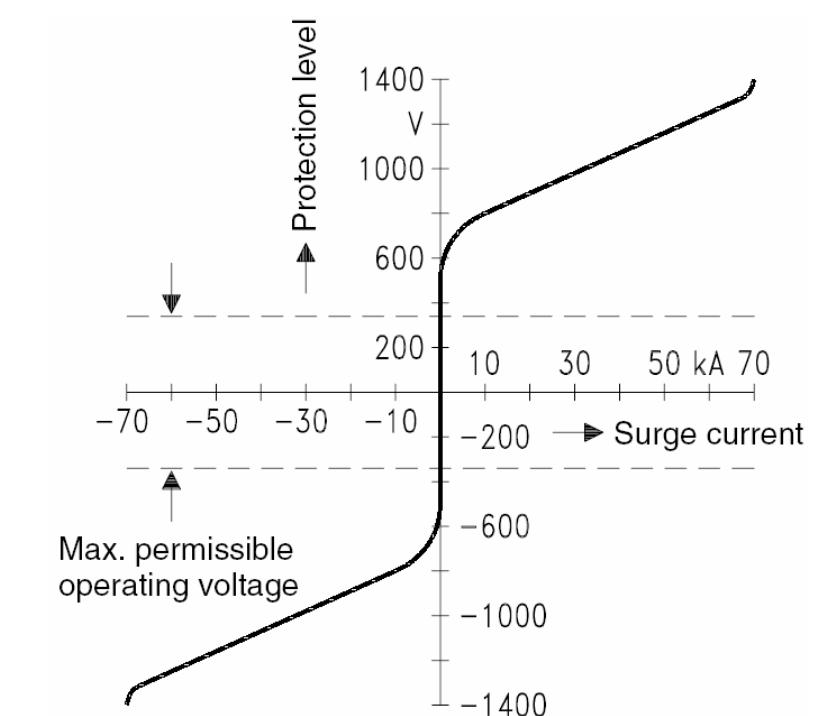
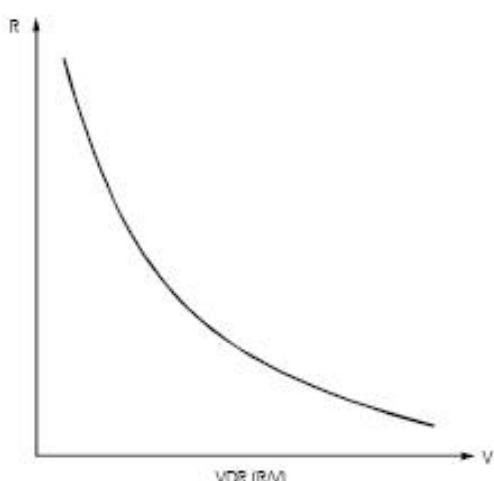
**٨. المقاومة الحرارية الموجبة (NTC) :** تنقص قيمتها الأومية عند ارتفاع درجة الحرارة .



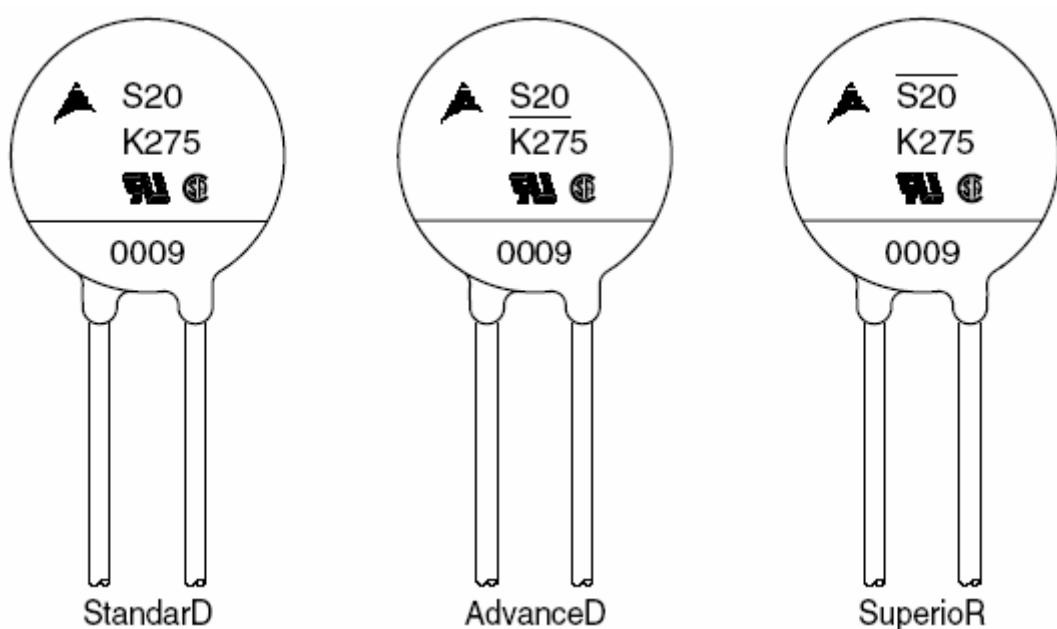
**٩. مقاومة الكمون المتغير (VDR) الفاييرستور** : وهو عنصر يغير قيمته طبقاً للجهد المطبق على طرفيه حيث أنه تنقص قيمة هذه المقاومة كلما ازداد فرق الكمون المطبق على طرفيها ، كما أن القطبية غير مهمة بالنسبة إلى هذا العنصر ..



استخدام المقاومة VDR في حماية عناصر الدارات الكهربائية ..



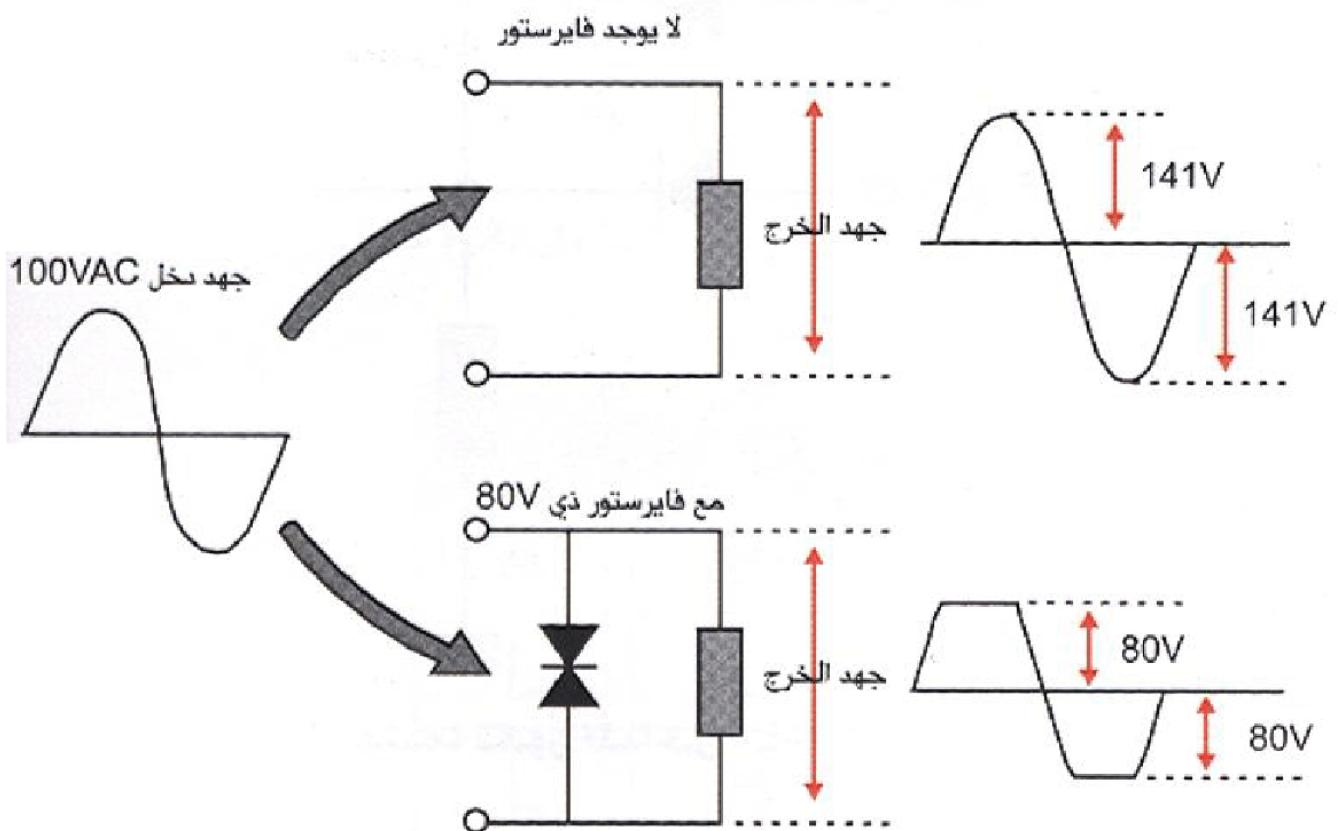
الشكل السابق يبين المميز المميز للفاييرستور في الاتجاهين ..  
نلاحظ من الشكل : أنه عند عتبة معينة للجهد فإن التيار يزداد  
بشكل كبير ، وقبل ذلك يكون الجهد مستقرأً وثابتأً ..



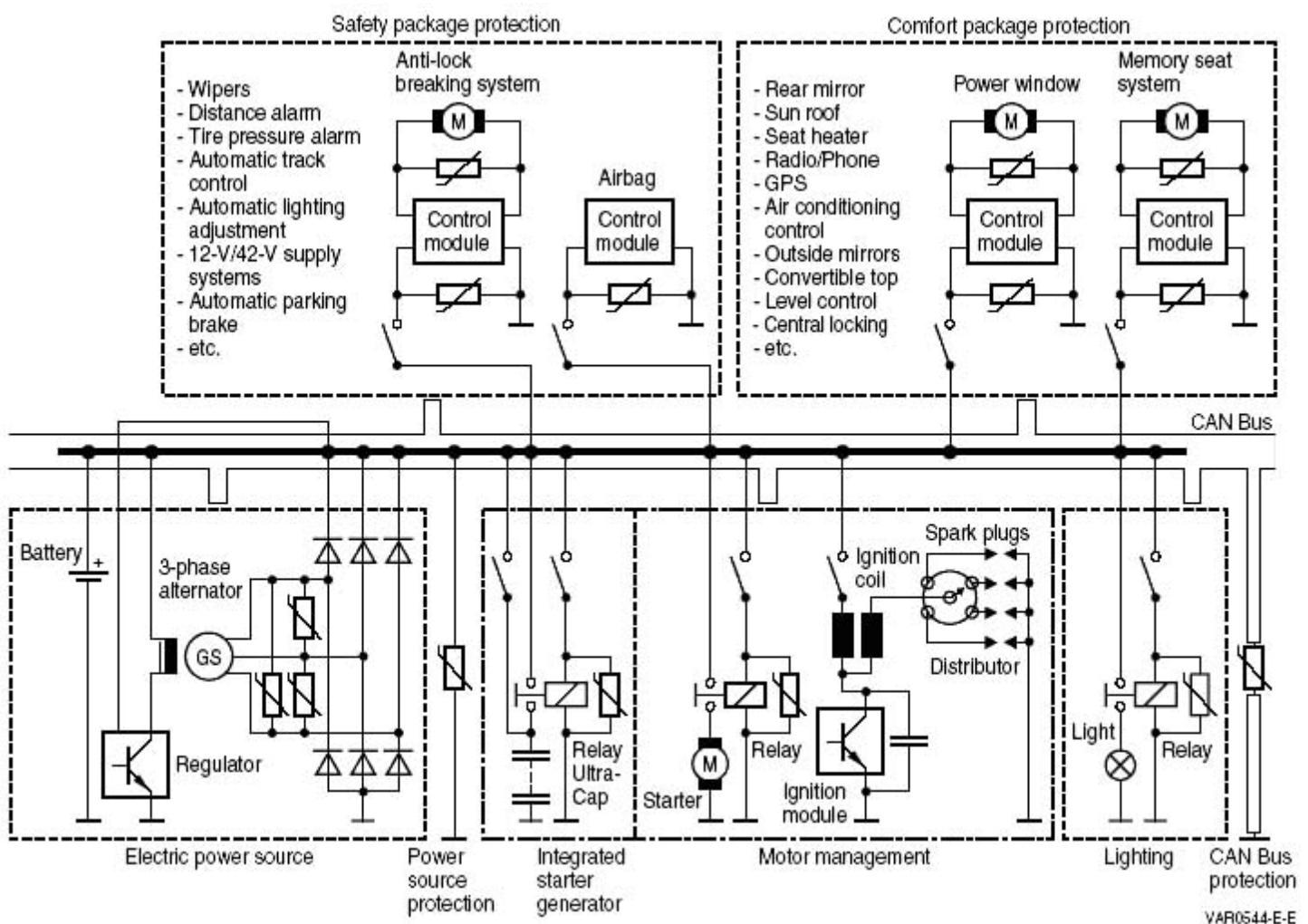
الأشكال المختلفة للعلامات المطبوعة للفاييرستور



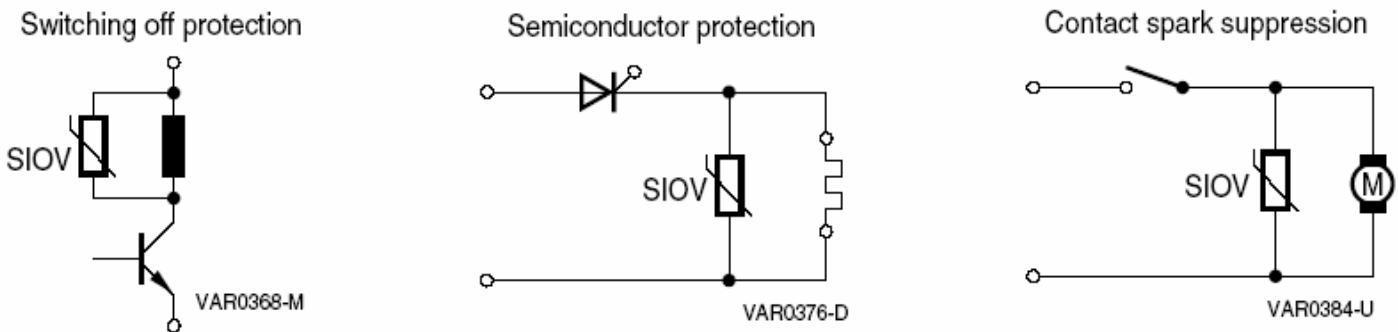
الرمز الإلكتروني



الشكل التالي يبين توصيل الفايرستور مع منظومة تحكم كاملة (لاحظ الفايرستور في كل جزء منها) ..



الشكل التالي يبين توصيل الفايرستور مع منظومة تحكم كاملة (لاحظ الفايرستور في كل جزء منها) ..



يبين الشكل السابق بعض تطبيقات الفايرستور

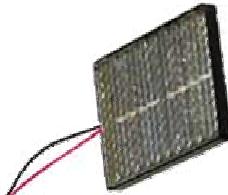
### المقاومة الضوئية (Photoresistor) :



تصنع المقاومة الضوئية عادة من مادة كبريتيد الكادميوم (Cadmium Sulfide) أو CdS ، تكون المقاومة الكهربائية للمقاومة الضوئية في الظلام عالية جدا قد تصل إلى أكثر من ٢ ميجا أوم ولكن عندما تتعرض للنور تنخفض مقاومتها إلى بضع مئات من الأوم . وتعتبر المقاومة الضوئية حساسة جداً للنور وسهلة الإستخدام .

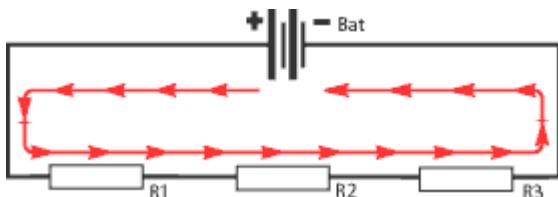


**الترانزستور الضوئي (Phototransistor) :**  
جميع أنواع الترانزستورات حساسة للضوء وقد صمم هذا النوع ليستغل هذه الخاصية .  
الترانزستور العادي يكون له ثلاثة أطراف بينما الترانزستور الضوئي قد لا يحتوي على طرف القاعدة ولذلك يحتوي على طرفيين فقط .



**الخلية الشمسية (Solar Cell)**  
تصنع الخلايا الشمسية بعدة أشكال وأحجام و يعرف عنها أنها تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية من نور الشمس . ولكنها تستخدم أيضا كمجسات للضوء المرئي . حيث يمكن استخدامها لالتقاط الموجات الضوئية المضمنة للصوت

### توصيل المقاومة على التوالى والتوازي :

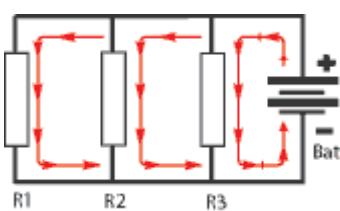


**دائرة التوالى:** أي أن المقاومة تلي المقاومة التالية حتى يصل طرفيها لمصدر الجهد بمعنى أن التيار يمر باتجاه واحد .

**المقاومة:** تكون قيمة المقاومة الكلية هي مجموع قيم المقاومات .  
**التيار:** قيمة التيار متساوية في أي نقطة .

وعن طريق قانون أوم نستطيع الحصول على قيمة التيار المار في الدائرة .

**الجهد:** تفقد دائرة التوالى من جهدها على حساب قيمة المقاومات ، وتكون قيمتها الكلية هي مجموع قيم الجهد المفقودة ، وتختلف قيمتها على حساب قيمة المقاومات .

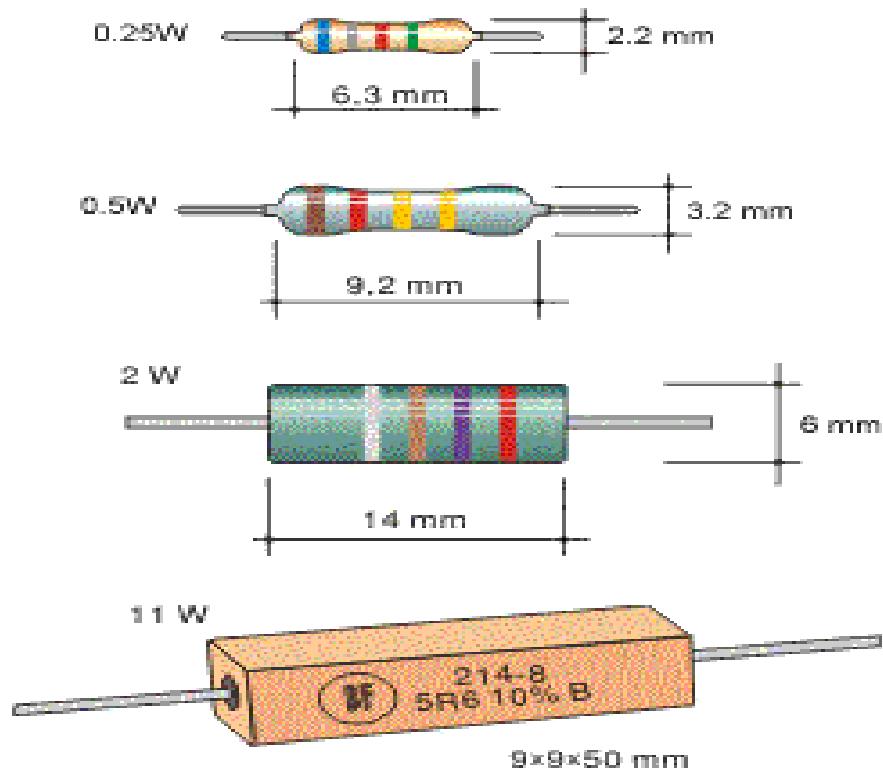


**دائرة التوازي:** أي أن المقاومة توازي المقاومة التالية حتى يصل طرفيها لمصدر الجهد بمعنى أن التيار يمر في اتجاهين أو أكثر بقدر عدد الممرات في الدائرة .

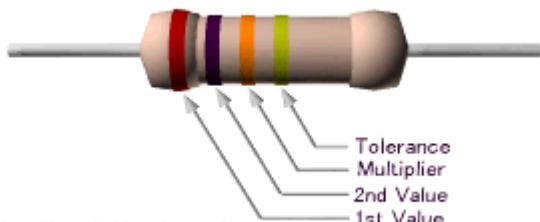
**المقاومة:** تكون قيمة المقاومة الكلية هي  $R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$  .

**التيار:** ينقسم التيار الكهربائي على حساب الممرات الموجودة .

**الجهد:** يكون فرق الجهد ثابت في كل أطراف الدارة .

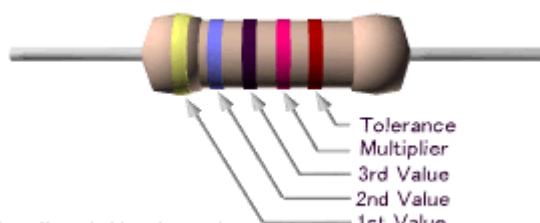


## Resistor color code



<http://www.hobby-elec.org/>

Example 1  
 (Brown=1),(Black=0),(Orange=3)  
 $10 \times 10^3 = 10\text{k ohm}$   
 Tolerance(Gold) =  $\pm 5\%$



<http://www.hobby-elec.org/>

Example 2  
 (Yellow=4),(Violet=7),(Black=0),(Red=2)  
 $470 \times 10^2 = 47\text{k ohm}$   
 Tolerance(Brown) =  $\pm 1\%$

Color	Value	Multiplier	Tolerance (%)
Black	0	0	-
Brown	1	1	$\pm 1$
Red	2	2	$\pm 2$
Orange	3	3	$\pm 0.05$
Yellow	4	4	-
Green	5	5	$\pm 0.5$
Blue	6	6	$\pm 0.25$
Violet	7	7	$\pm 0.1$
Gray	8	8	-
White	9	9	-
Gold	-	-1	$\pm 5$
Silver	-	-2	$\pm 10$
None	-	-	$\pm 20$

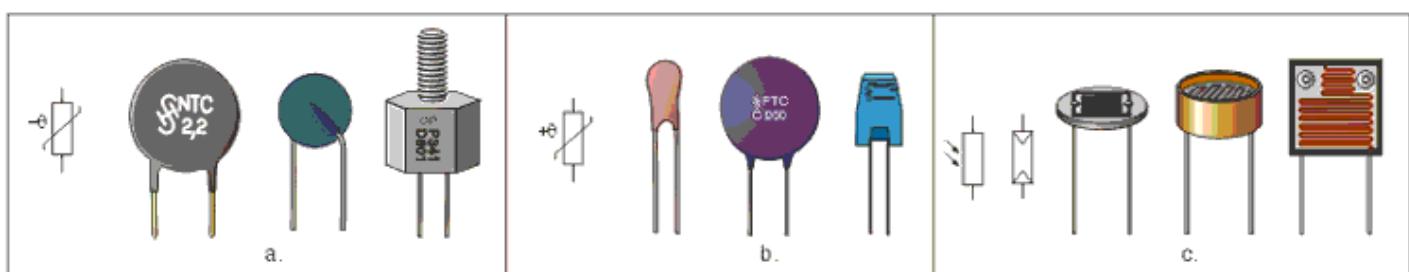
silver  $\pm 10\%$ , gold  $\pm 5\%$ , red  $\pm 2\%$ , brown  $\pm 1\%$ , If no fourth band is shown the tolerance is  $\pm 20\%$ .

The following shows all resistors from 1R to 22M:

1R0	10R	100R	1k0
1R2	12R	120R	1k2
1R5	15R	150R	1k5
1R8	18R	180R	1k8
2R2	22R	220R	2k2
2R7	27R	270R	2k7
3R3	33R	330R	3k3
3R9	39R	390R	3k9
4R7	47R	470R	4k7
5R6	56R	560R	5k6
6R8	68R	680R	6k8
8R2	82R	820R	8k2
10k	100k	1M0	10M
12k	120k	1M2	22M
15k	150k	1M5	
18k	180k	1M8	
22k	220k	2M2	
27k	270k	2M7	
33k	330k	3M3	
39k	390k	3M9	
47k	470k	4M7	
56k	560k	5M6	
68k	680k	6M8	
82k	820k	8M2	

..

ملاحظة :



Nonlinear resistors - a. NTC, b. PTC, c. LDR

$$P = I^2 \times R$$

Or

$$P = V^2 / R$$

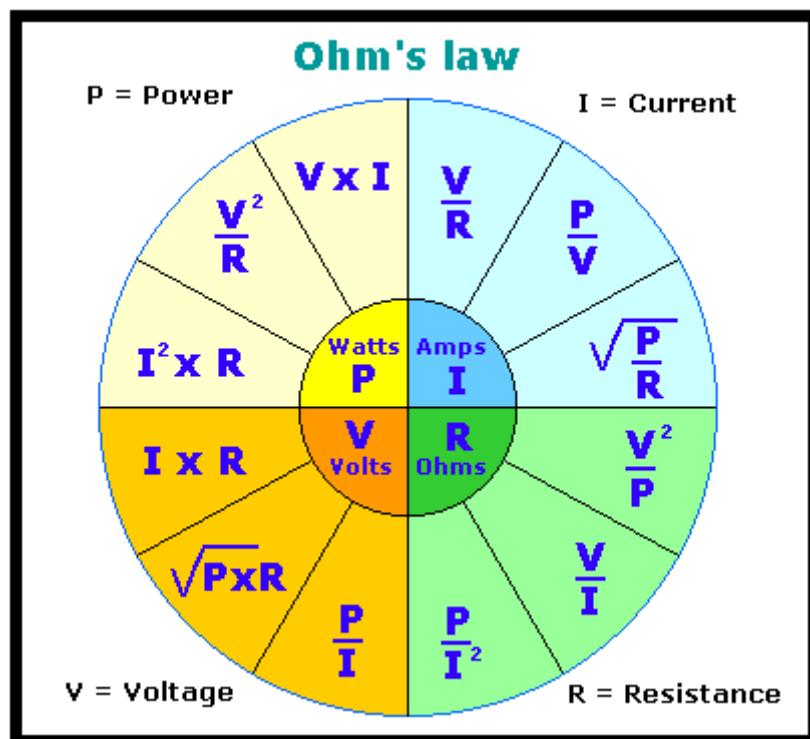
where:

P = power developed in the resistor in watts (W)

I = current through the resistor in amps (A)

R = resistance of the resistor in ohms ( $\Omega$ )

V = voltage across the resistor in volts (V)



<b>example</b>  1. <b>100 ohm, 5%</b>	 2. <b>22000 ohm, 5%</b>	 3. <b>2200 ohm, 5%</b>	 4. <b>2700 ohm, 5%</b>
 5. <b>47 K ohm, 2%</b>	 6. <b>470 K ohm, 5%</b>	 7. <b>560 ohm, 5%</b>	 8. <b>5600 ohm, 5%</b>
 9. <b>330 K ohm, 5%</b>	 10. <b>10 M ohm, 5%</b>	 11. <b>39 M ohm, 5%</b>	 12. <b>1 M ohm, 5%</b>
 13. <b>860 ohm, 5%</b>	 14. <b>10 ohm, 5%</b>	 15. <b>1200 ohm, 1%</b>	 16. <b>2200 ohm, 2%</b>
 17. <b>75 ohm, 20%</b>	 18. <b>100 K ohm, 5%</b>	 19. <b>1000 ohm, 10%</b>	 20. <b>27 M ohm, 20%</b>
 21. <b>100 K ohm, 2%</b>	 22. <b>270 K ohm, 1%</b>	 23. <b>560 K ohm, 5%</b>	 24. <b>1940 ohm, 1%</b>

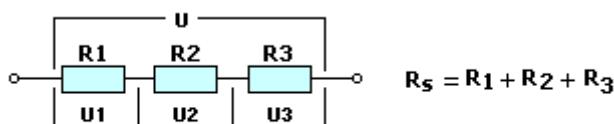
## Standard Series Values (5%)

1.0	10	100	1.0K (1K0)	10K	100K	1.0M (1M0)	10M
1.1	11	110	1.1K (1K1)	11K	110K	1.1M (1M1)	11M
1.2	12	120	1.2K (1K2)	12K	120K	1.2M (1M2)	12M
1.3	13	130	1.3K (1K3)	13K	130K	1.3M (1M3)	13M
1.5	15	150	1.5K (1K5)	15K	150K	1.5M (1M5)	15M
1.6	16	160	1.6K (1K6)	16K	160K	1.6M (1M6)	16M
1.8	18	180	1.8K (1K8)	18K	180K	1.8M (1M8)	18M
2.0	20	200	2.0K (2K0)	20K	200K	2.0M (2M0)	20M
2.2	22	220	2.2K (2K2)	22K	220K	2.2M (2M2)	22M
2.4	24	240	2.4K (2K4)	24K	240K	2.4M (2M4)	
2.7	27	270	2.7K (2K7)	27K	270K	2.7M (2M7)	
3.0	30	300	3.0K (3K0)	30K	300K	3.0M (3M0)	
3.3	33	330	3.3K (3K3)	33K	330K	3.3M (3M3)	
3.6	36	360	3.6K (3K6)	36K	360K	3.6M (3M6)	
3.9	39	390	3.9K (3K9)	39K	390K	3.9M (3M9)	
4.3	43	430	4.3K (4K3)	43K	430K	4.3M (4M0)	
4.7	47	470	4.7K (4K7)	47K	470K	4.7M (4M7)	
5.1	51	510	5.1K (5K1)	51K	510K	5.1M (5M1)	
5.6	56	560	5.6K (5K6)	56K	560K	5.6M (5M6)	
6.2	62	620	6.2K (6K2)	62K	620K	6.2M (6M2)	
6.8	68	680	6.8K (6K8)	68K	680K	6.8M (6M8)	
7.5	75	750	7.5K (7K5)	75K	750K	7.5M (7M5)	
8.2	82	820	8.2K (8K2)	82K	820K	8.2M (8M2)	
9.1	91	910	9.1K (9K1)	91K	910K	9.1M (9M1)	

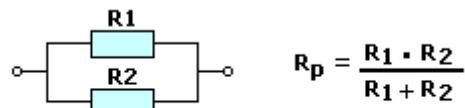
$$R = \frac{V}{I}$$

Ohm's Law. R is Resistance, V is Volt, I is Current.

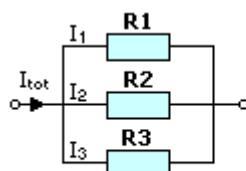
$$R = \rho \frac{A}{l} \quad (\rho = \frac{1}{4} \pi d^2) \quad \rho \text{ is called 'Rho'}$$



Resistors in series; just count them up!



Two resistors in parallel



$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{1}{R_p} : \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

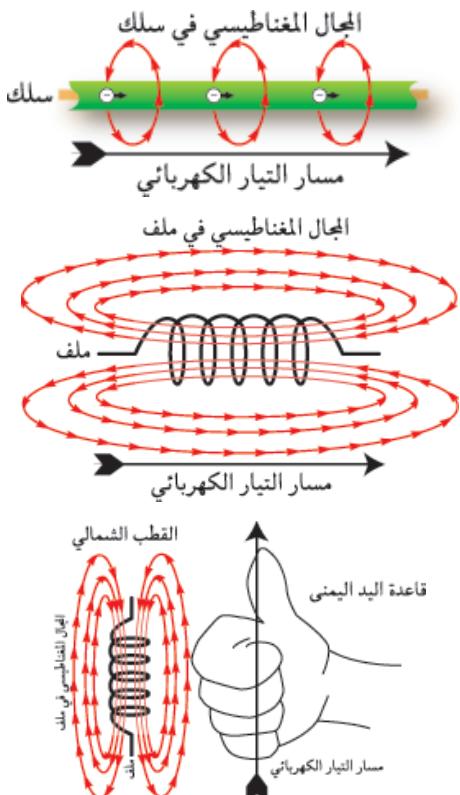
Multiple resistors in parallel

# الملفات Coils



**تركيب الملفات :** يتراكب الملف من سلك معزول ملفوف على إطار من مادة عازلة former وممكن أن تكون على عدة أشكال منها:

- ١- على شكل أسطوانة أو مكعب أو متوازي مستطيلات .
- ٢- على شكل قلب إطار مجوفاً وفارغاً ، وممكن أن يكون قلب الإطار مشغولاً بشرائح حديدية أو مسحوق حديد أو مادة الفيريت ferrite .
- ٣- ممكن أن يغلف الملف بغلاف من الحديد وذلك عند الرغبة في ألا يتآثر الملف بالمجالات المغناطيسية الخارجية وقد يغلف بغلاف من البلاستيك لحمايته ، وقد يترك بدون تغليف .



## 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 ليعطى مجالاً مغناطيسياً في اتجاه معين محدد مسبقاً من قبل المصمم . وتختضن اتجاهات التيار واللف والمجال المغناطيسي لقاعدة اليد اليمنى .

## قاعدة اليد اليمنى :

إذا وضعت 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 زيادة أو نقصاً كما هو الحال مع التيار المتناوب ، فإن قيمة المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار تتغير أيضاً زيادة 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" . وبسمى الجهد العارض لحدوث التغيير: جهد مستحدث أو جهد مولود بالحث الذاتي .

## وحدات قياس الحث الذاتي :

يقيس الحث الذاتي لملف بوحدة (الهنري) أو (الميلي هنري) .

$$1H = 1000mH = 10^6 \mu H$$

## مانعة الملفات :

مانعة الملف =  $2 \times \text{ط} \times \text{التردد} \times \text{حث الملف}$  . حيث : ط = ٢,١٤

## 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 .

## تزييد ممانعة الملف :

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

For example, if  $f$  equals 684 kHz, while  $L=0.6 \text{ mH}$ , coil reactance will be:

$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 684000 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 2577 \Omega.$$

## 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 :

وهي تلك الملفات التي يشغل الهواء ما داخل إطارها الداخلي (ما بداخل قلبها) والثت الذاتي لمثل هذه الملفات صغير .

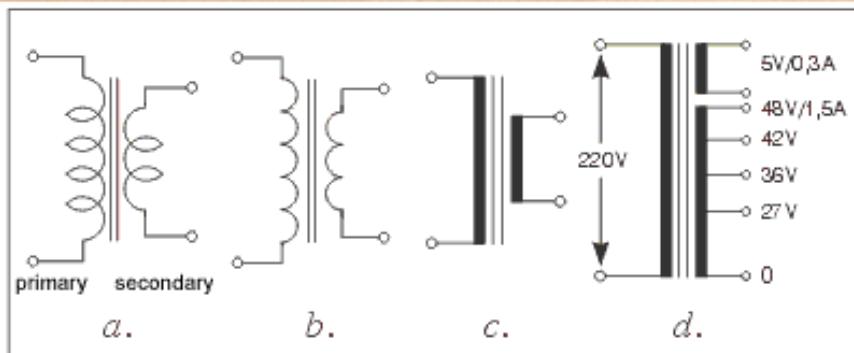
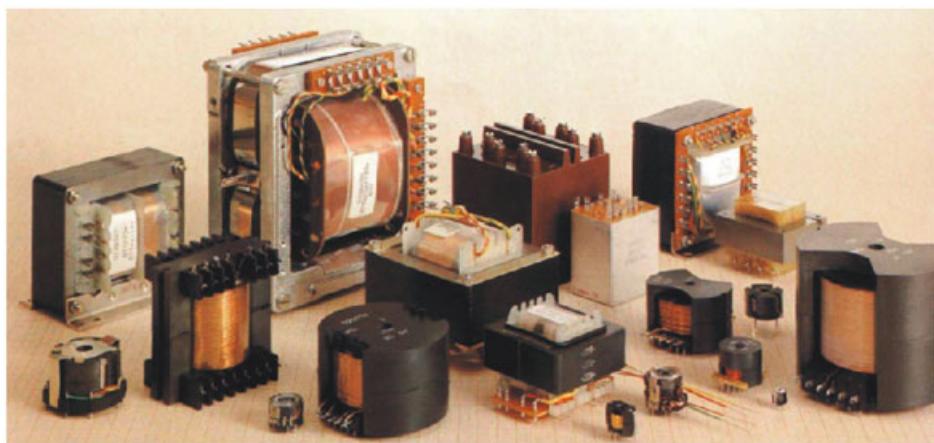
#### ٢- ملفات ذات قلب حديدي :

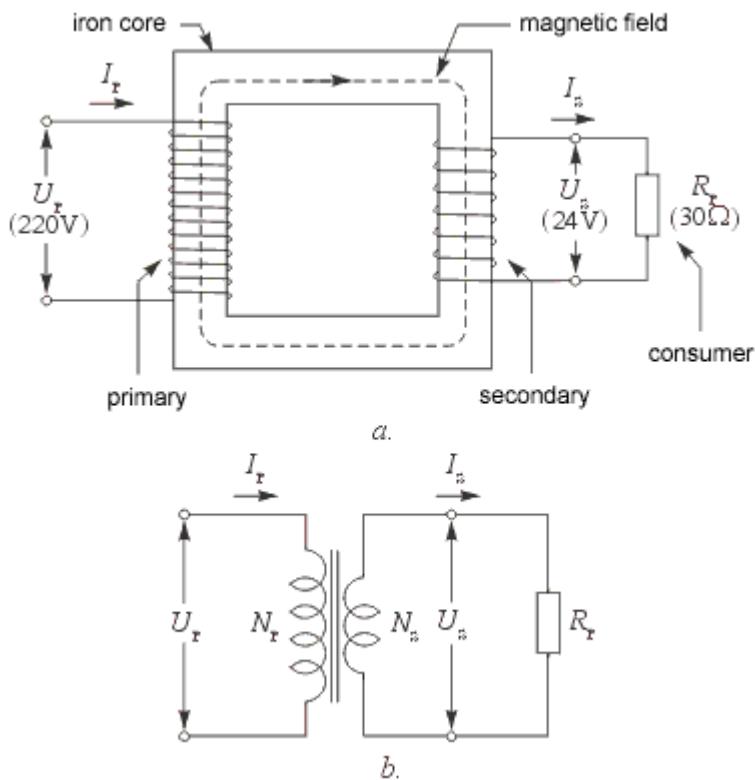
إذا وضع داخل الملف قلب حديدي ، فان المجال المغناطيسي يتتركز داخل وحول الملف ولا يشرد كثيراً خارجه ، وبالتالي يزيد من حث الملف . قد يصل حث مثل هذا النوع من الملفات إلى ١٠ هنري .



ولكن يعيّب على مثل هذا النوع من الملفات ، أن تيارات متولدة بالثت الذاتي داخل القلب الحديدي تسمى بتيارات الإعصارية أو التيارات الدوامية ، تتحرك في اتجاهات عشوائية داخل هذا القلب مما يسبب ارتفاع درجة حرارة القلب المغناطيسي وقد في الطاقة . ولذلك يقسم القلب الحديدي إلى شرائط معزولة عن بعضها البعض لتنقاص التيارات الإعصارية أو الدوامية .

وستستخدم الملفات ذات القلب الحديدي في التعيم في دوائر تقويم التيار المتناوب كما تستخدم في دوائر المصابيح الفلورسنتية .





### 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 كهربائية عالية ، وبالتالي تقليل التيارات الدوامية أو الإعصارية إلى حد كبير .



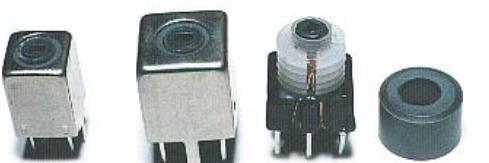
### ٤- ملفات ذات قلب من مادة الفيرريت :

وهي تلك الملفات التي يوضع بداخل قلبها مادة الفيرريت ، ومادة الفيرريت مادة مغناطيسيّة مقاومتها الكهربائية عالية جداً ، وبذلك نضمن عدم سرمان التيارات الإعصارية داخلها .

#### ثانياً: من حيث الترددات:

##### 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 .



<http://www.hobby-elec.org/>

##### ٢- ملفات التردد المتوسط :

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات المتوسطة ، والتردد المتوسط في أجهزة الراديو ذات التعديل السعوي A M 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

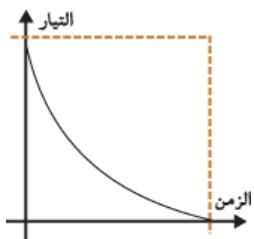
وهي الملفات التي تستخدم في الترددات العالية التي تزيد عن ٢ ميجا هرتز ، مثل دوائر التنعيم في أجهزة الراديو .

وملفات التردد العالي من الملفات ذات القلب الهوائي . في حالة التردد العالي تكون ممانعة الملفات كبيرة ، وفي 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 .

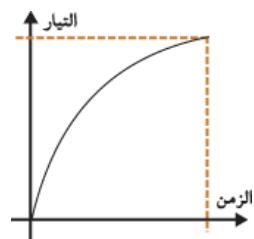


### الملف في دائرة التيار المستمر :

إذا سلط جهد مستمر على ملف ، فإن التيار الذي سيمر بالملف لا يصل إلى قيمته العظمى منذ اللحظة الأولى وذلك بسبب تولد جهد متناسب بالحث الذاتي يعارض مرور التيار في الملف .  
التيار يتزايد تدريجياً في الملف عند توصيله بالتيار المستمر ، وإذا فصل الجهد المستمر عن الملف ، فإن الجهد المتناسب بالحث الذاتي يعارض تناقص التيار في الملف ، لذا فإن تيار الهبوط لا يصل إلى الصفر بمجرد فصل الجهد المستمر عن الملف . بل يستمر إلى حين .



يتناقص التيار تدريجياً من الملف عند فصله من التيار المستمر



يتزايد التيار تدريجياً من الملف عند وصله مع التيار المستمر

### الملفات في دائرة التيار المتناوب :

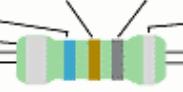
بما أن التيار المتناوب يتغير باستمرار يتغير في قيمته واتجاهه ، لذلك فإن الملفات يتولد فيها جهد متناسب بالحث الذاتي يعارض الزيادة أو النقص أو تغيير الاتجاه عندما توصل تلك الملفات في دوائر التيار المتناوب .

### INDUCTOR COLOR GUIDE

Result  $I_s$  In  $\mu\text{H}$

4-BAND-CODE             $270\mu\text{H} \pm 5\%$

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

Military Identifier             $6.8\mu\text{H} \pm 10\%$   
MILITARY CODE

$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{N_S}{N_P},$$

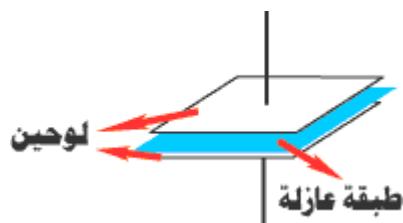
$$P = U_S \cdot I_S = U_P \cdot I_P.$$

$$\frac{I_P}{I_S} = \frac{N_S}{N_P}.$$

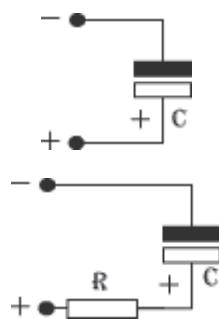
$$\eta = \frac{P_S}{P_P}.$$

# المكثف أو الكوندنسير Capacitor or Condenser

من الشكل نلاحظ أن المكثف مصنوع من لوحين موازيين يفصلهم فراغ ، وهذا الفراغ يسمى الطبقة العازلة ، وتحتاج أنواع المكثفات على حسب نوع الطبقة العازلة ، منها مكثفات السيراميك ، الميكا ، البوليستر، ورق ، هوائي إلى آخره .



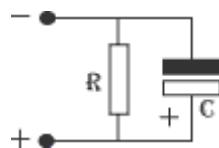
مكثف متغير	مكثف مستقطب	مكثف عادي
------------	-------------	-----------



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 . وتنفذ عملية التفريغ والشحن بطريقتين:

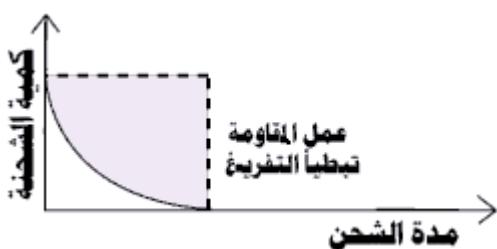
## على التوالى (شحن المكثف):

توصيل المكثف والمقاومة على التوالى ويتم الشحن تدريجياً وتعمل المقاومة هنا على عملية تبطيئ شحن المكثف كما هو موضح .



## على التوازي (تفريغ المكثف):

توصيل المكثف والمقاومة على التوازي ويتم التسريب أو التفريغ تدريجياً وتعمل المقاومة على تبطيئ عملية التفريغ للمكثف كما هو موضح .

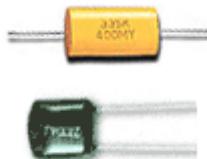


يرمز للمكثف بالرمز  $C$  ووحدة قياسها الفاراد FARAD .

الفاراد وحدة كبيرة جداً في المكثف ولقياس قيمة المكثف قسمت إلى وحدات أصغر :

$\mu F$	Micro Farad	$10^{-6} F$
$pF$	Pico Farad	$10^{-9} F$
$nF$	Nano Farad	$10^{-12} F$

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



مكثفات تشبه المقومات ويخرج منها سلكين AXIAL .

مكثفات تخرج من أسفلها نهاية أطراف الأسلاك RADIAL .

## أنواع المكثفات :

- ١- مكثفات ثابتة ولها أشكال مختلفة .
- ٢- مكثفات مستقطبة مثل المكثف الإلكتروني ، ومكثف التنتانيوم ، وتميّز بوجود قطب موجب وسالب .
- ٣- مكثفات متغيرة وتستخدَم في ضبط الترددات كما الموجودة في الراديو .

**المكثفات متعددة الطبقة الخزفية :** مكثف متعدد الطبقة الخزفي له عازل ذو طبقات كثيرة . هذه المكثفات صغيرة في الحجم ، ولها درجة حرارة جيدة وخصائص تردد .



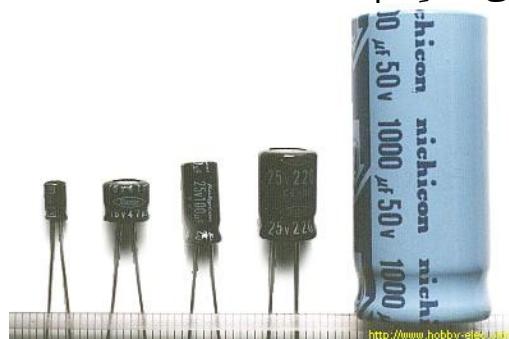
<http://www.hobby-elec.org/>

مكثفات السيراميك :



<http://www.hobby-elec.org/>

**المكثفات الأليكترونيتية (مكثفات نوع كهر وكيميائية) :** تتراوح المكثفات الأليكترونيتية في القيمة من حوالي ١  $\mu\text{F}$  إلى ألف  $\mu\text{F}$  .



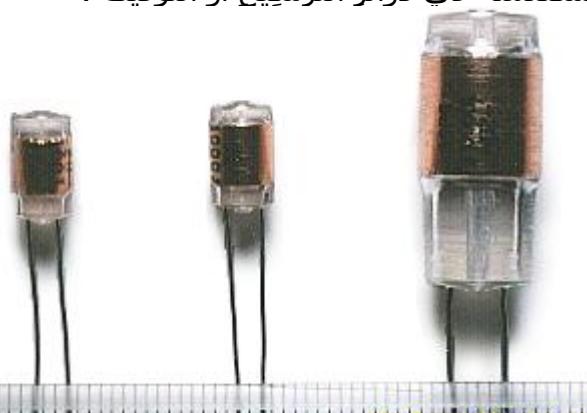
مكثفات : Tantalum



<http://www.hobby-elec.org/>

: Polyester Film Capacitors

**مكثفات Polystyrene Film** :  
هذا النوع من المكثفات ليس للاستعمال في دارات التذبذب العالي ، لأنهم يبنون حلزون في داخله . هي مستعملة في دوائر الترشيح أو التوقيت .



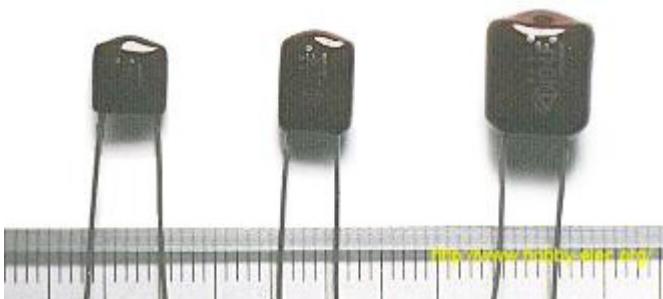
<http://www.hobby-elec.org/>

: Poly propylene Capacitors



<http://www.hobby-elec.org/>

مكثفات الطبقة المضاعفة الكهربائية (ممتازة) :

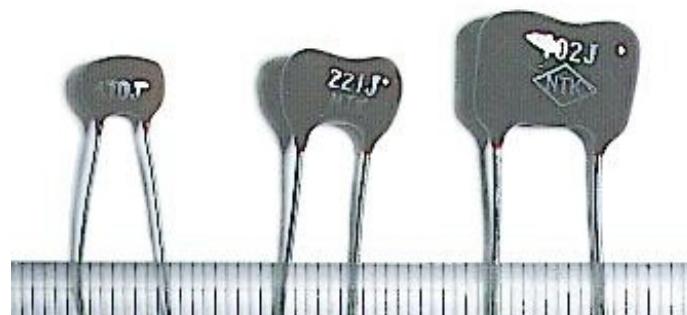


<http://www.hobby-elec.org/>

**المكثفات المتغيرة :**  
مستعملة للتعديل تردد بشكل رئيسي.



: Metallized Polyester Film Capacitors



Trimmer Capacitor



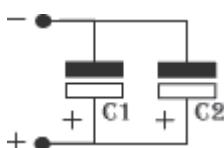
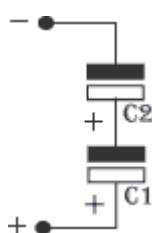
Variable Capacitor



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

وفي بعض المكثفات كإليكترونيات التيتانيوم 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 كال الموجودة في المقاومات .



**توصيل المكثفات:**  
**التوازي:**

وتحتمل المكثفات بشكل متسلسل كما بالشكل ..  
وتكون القيمة النهائية للمكثف تساوي :

$$1/C_t = 1/C_1 + 1/C_2$$

$$C_t = 1/(1/C_1 + 1/C_2)$$

**التوازي:**

وتحتمل المكثفات بشكل متوازي كما بالشكل ..  
وتكون القيمة النهائية للمكثف تساوي :

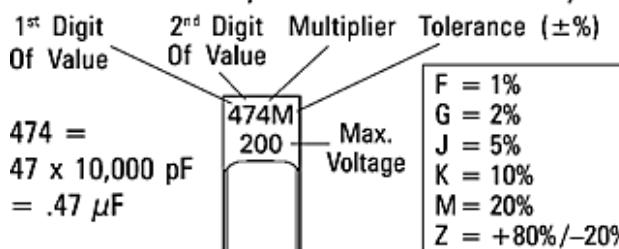
$$C_t = C_1 + C_2$$

## قراءة قيم المكثفات :

<b>uF</b>	Micro Farad	<b>Micro= <math>\frac{1}{1,000,000}</math></b>	<b><math>10^{-6}</math> F</b>
<b>nF</b>	Nano Farad	<b>Nano= <math>\frac{1}{1,000,000,000}</math></b>	<b><math>10^{-9}</math> F</b>
<b>pF</b>	Pico Farad	<b>Pico= <math>\frac{1}{1,000,000,000,000}</math></b>	<b><math>10^{-12}</math> F</b>

### CAPACITOR GUIDE

The Result of Capacitor Code is Given in pF



On some capacitors the value is shown as a straight number (4.7pF). On others the decimal point is replaced with the first letter of the prefix (4p7 = 4.7pF).

Prefix	Abbr.	Multiplier	
pico	p	$10^{-12}$	1000 pico = 1 nano
nano	n	$10^{-9}$	1 nano = .001 micro
micro	μ	$10^{-6}$	1000 nano = 1 micro

#### EXAMPLES:

$$223J = 22 \times 10^3 \text{ pF} = 22\text{nF} = 0.022\mu\text{F} \quad 5\%$$

$$151K = 15 \times 10^1 \text{ pF} = 150\text{pF} \quad 10\%$$

### قراءة مكثفات ذات الألوان:

بعض القيم تفاس بالبيكو فاراد Pico Farad

مثلاً مكثف بلون بني اسود احمر قيمتها تكون:  $102 = 1000 \text{ pF}$

مثلاً مكثف بلون بني اسود اصفر قيمتها تكون:  $100000 \text{ pF} = 100 \text{ nF} = 0.1 \mu\text{F}$

### قراءة المكثف ذو الغشاء بلاستيكي:

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

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

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

## جدول قراءة قيم المكثفات عن طريق الألوان

**EXAMPLES**

COLOR	DIGIT	MULTIPLIER	TOLERANCE	VOLTAGE
Black	0	x 1 pF	±20%	
Brown	1	x 10 pF	±1%	
Red	2	x 100 pF	±2%	250V
Orange	3	x 1 nF	±2.5%	
Yellow	4	x 10 nF		400V
Green	5	x 100 nF	±5%	
Blue	6	x 1 μF		
Violet	7	x 10 μF		
Grey	8	x 100 μF		
White	9	x 1000 μF	±10%	

$C = 47 \cdot 1 \text{ nF} = 47 \text{ nF} / 20\% / 250V$

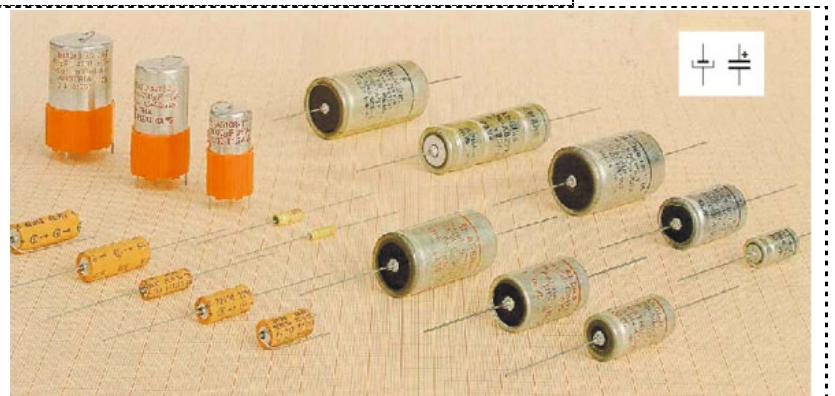
$C = 39 \cdot 10 \text{ pF} = 390 \text{ pF} / 5\%$

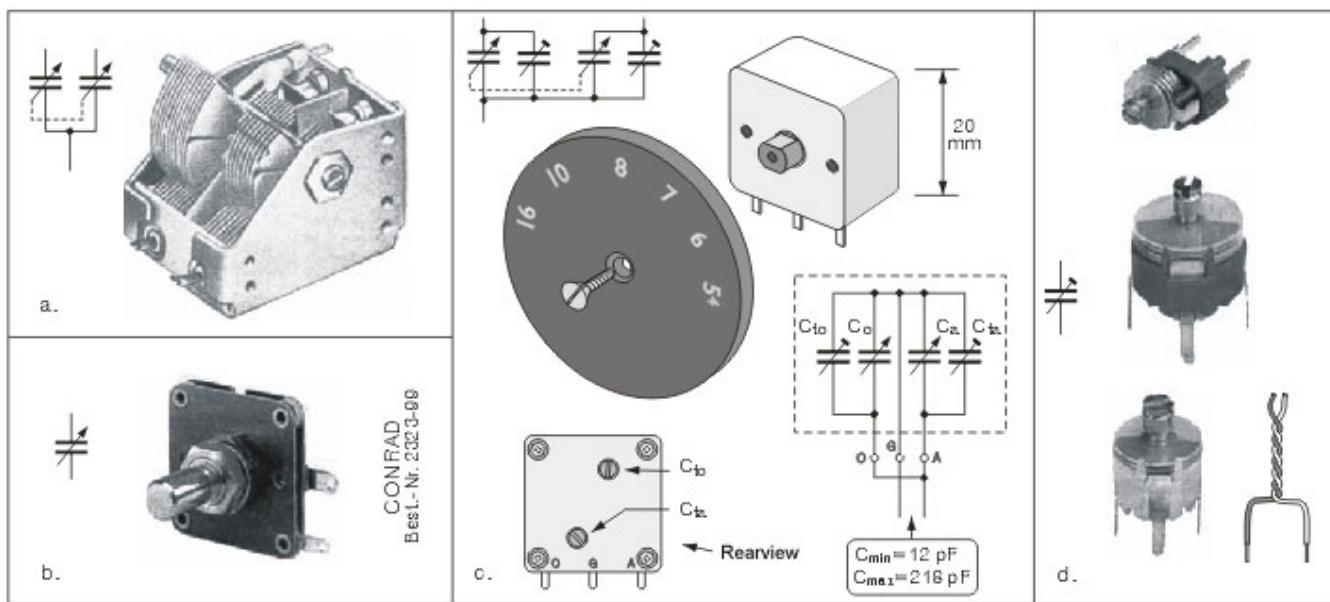
$C = 22 \cdot 100 \text{ pF} = 2200 \text{ pF} / 5\%$

## جدول قراءة مكثفات التيتانيوم الإلكترولية

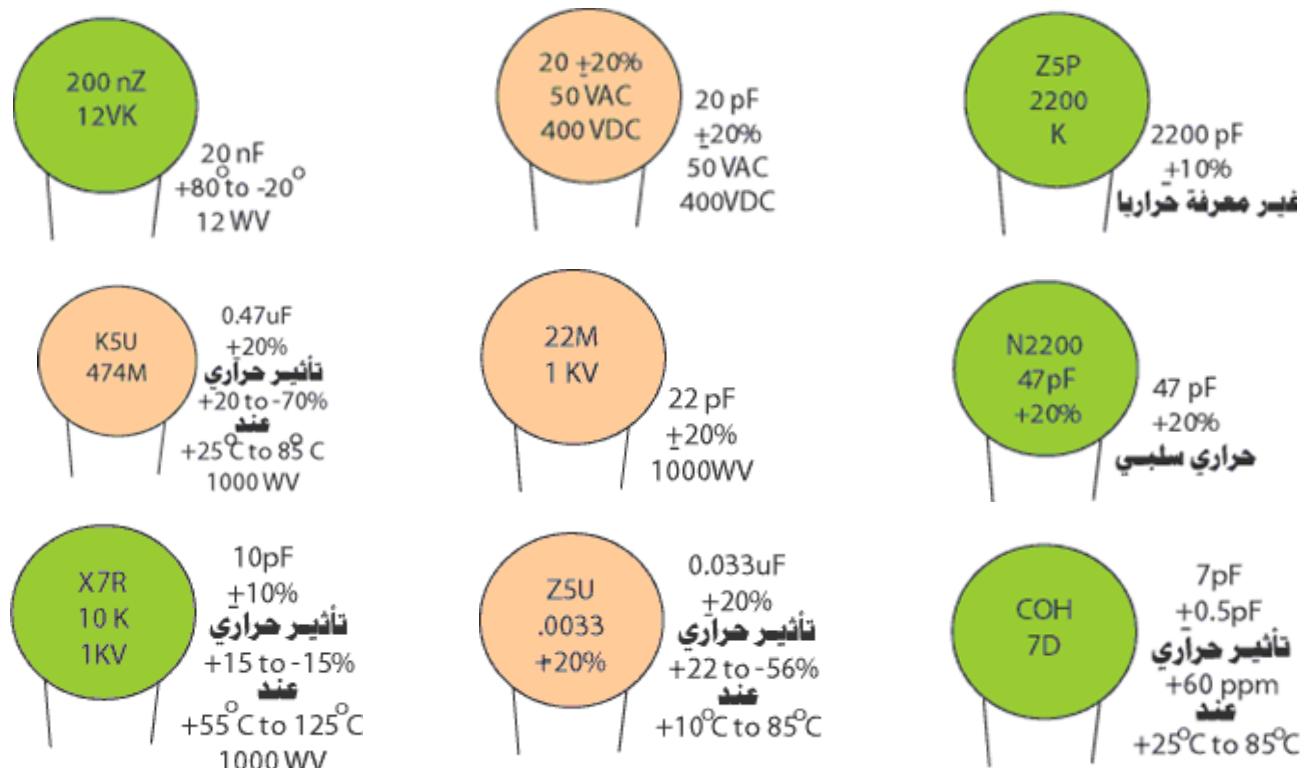
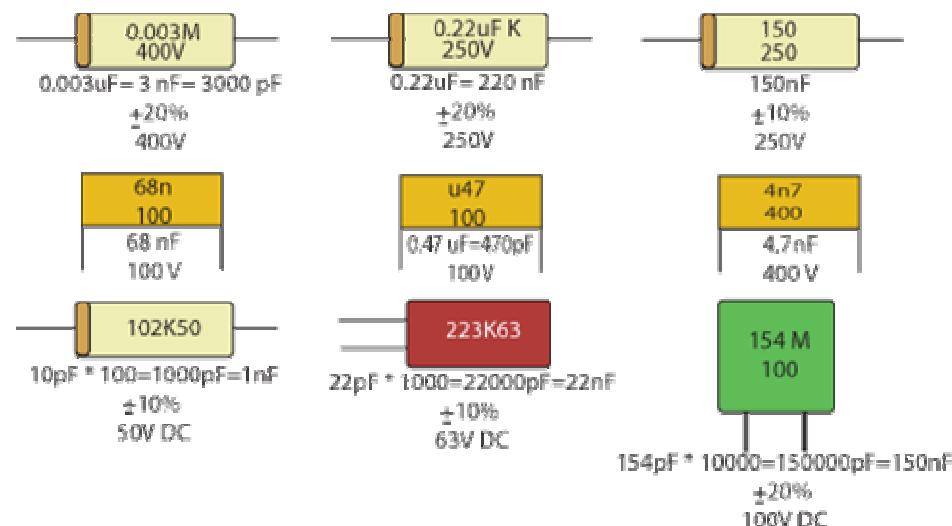
COLOR	DIGIT	MULTIPLIER	VOLTAGE
Black	0	x 1 μF	10V
Brown	1	x 10 μF	
Red	2	x 100 μF	
Orange	3		
Yellow	4		6.3V
Green	5		16V
Blue	6		20V
Violet	7		
Grey	8	x .01 μF	25V
White	9	x .1 μF	3V
Pink			35V

مكثفات التيتانيوم الأليكترونية





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



Capacitor	Ceramic	Electrolytic	Metal Film	Mica	Polyester	Polycarbonate	Polystyrene	Tantalum	Polypropylene
Capacitance Range(F)	2.2p to 100n	100n to 47000 $\mu$	1 $\mu$ to 16 $\mu$	2.2p to 10n	1n to 10 $\mu$	10n to 10 $\mu$	10p to 10n	100n to 100 $\mu$	100p to 470n
Typical tolerance (%)	$\pm 2$ to $\pm 80$	-10 to +50	$\pm 20$	$\pm 1$	$\pm 5$ to $\pm 20$	$\pm 20$	$\pm 1, \pm 2.5, \pm 1, \pm 2.5,$	$\pm 20$	$\pm 5$ to $\pm 20$
Typical voltage 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 to 1.5kV
temperature coefficient (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.

## العناصر الكهروضوئية : Opto Electronic Devices

قبل أن نتعرف على العناصر الكهروضوئية لا بد لنا أن نعرف ما هو الضوء . من حيث المبدأ يعتبر الضوء شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي يرى بالعين البشرية و هو لا يختلف عن بقية أصناف الإشعاعات الكهرومغناطيسية مثل الأشعة الكونية وأشعة غاما وأشعة إكس والترددات الراديوية إلا من حيث قيمة التردد frequency و يمتد التردد الضوئي من 300GHz إلى 300 مليون GHz (غيغا هيرتز) يبدأ من الأشعة تحت الحمراء و ينتهي بالأشعة فوق البنفسجية أما الضوء الذي تراه العين البشرية و يقصد هنا ضوء الشمس و مكون من عدة ألوان (أحمر- برتقالي - أصفر - أخضر - سماوي - أزرق - بنفسجي ) يقع مجال تردداته بين حوالي 400GHz إلى ما يقارب 750GHz . وللضوء خاصية مزدوجة فهو ينتشر في الفضاء كالأمواج الراديوية و يسلكه كما لو كان مكوناً من العديد من الجسيمات الدقيقة .

### تقسيم للمجال الترددي :

التردد السمعي : 16 KHz إلى 50 Hz و يمتد من

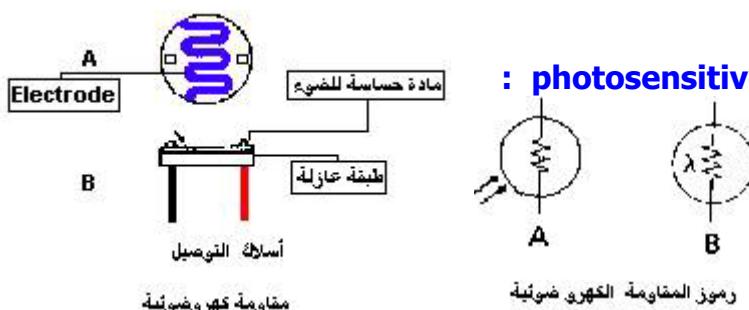
الترددات الراديوية (RF) : إلى 16 KHz و يمتد من 30,000 MHz تقريباً

الترددات الضوئية : و تمتد من 300 GHz إلى 300,000,000GHz تقريباً ..

وتبدء من الأشعة تحت الحمراء و تنتهي بالأشعة ما فوق البنفسجية حيث تبدأ أشعة إكس

## العناصر الحساسة للضوء : Light Sensitive Devices

إن العناصر الحساسة للضوء تستجيب للتغيرات التي تطرأ على شدة الضوء و ذلك بتغيير مقاومتها الداخلية (أي تقل قيمة مقاومتها بزيادة شدة الضوء ) و تسمى مقاومة ضوئية (photosensitive resistance) .. أو بتوليد تيار كهربائي و يزداد شدة التيار الكهربائي بزيادة شدة الضوء وتدعى الخلايا الضوئية وتسماى أيضاً الخلايا الشمسية ( photo sensitive cells ) ..



### المقاومة الكهروضوئية : photosensitive resistance

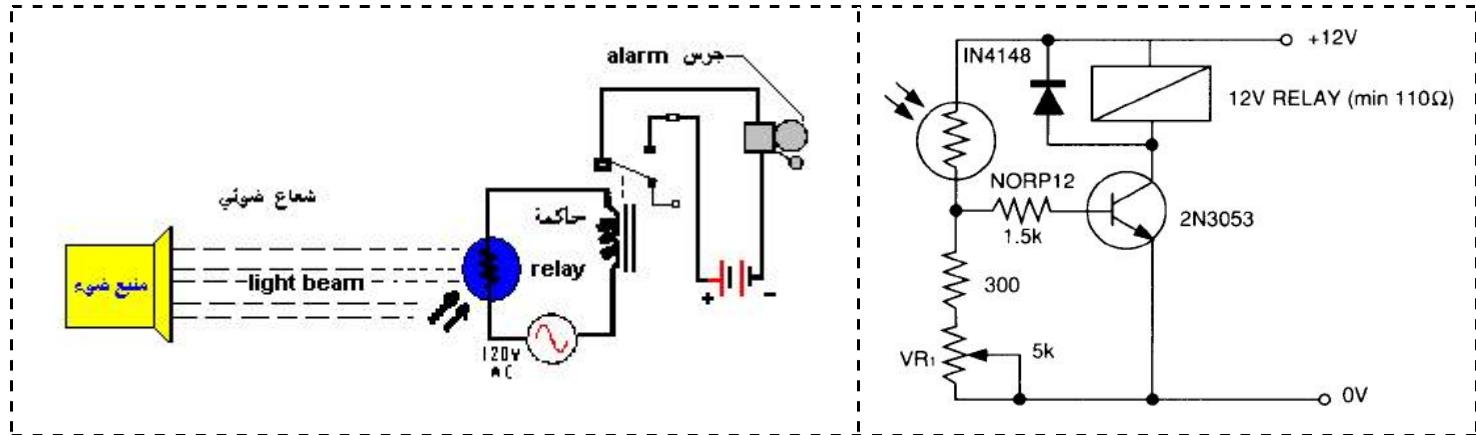
رموز المقاومة الكهروضوئية

المقاومة الكهروضوئية واحدة من أقدم العناصر الكهروضوئية وهذه المقاومة تتناقص قيمتها بازدياد شدة الضوء الساقط عليها وتصنع المقاومة الكهروضوئية من مواد حساسة للضوء مثل (سلفید الكاديوم) (Cds) أو (سلیتید الكاديوم) (Cdse) ، بالرغم من أن مواد أخرى مثل (سلفید الرصاص) قد استخدمت .

كما يمكن لهذه المواد أن تعمر بمواد أخرى كالنحاس أو الكلور و ذلك لتحسين عمل المقاومة الكهروضوئية وذلك لضبط الطريقة الصحيحة التي تتغير بها قيمة المقاومة وفقاً لشدة الضوء .

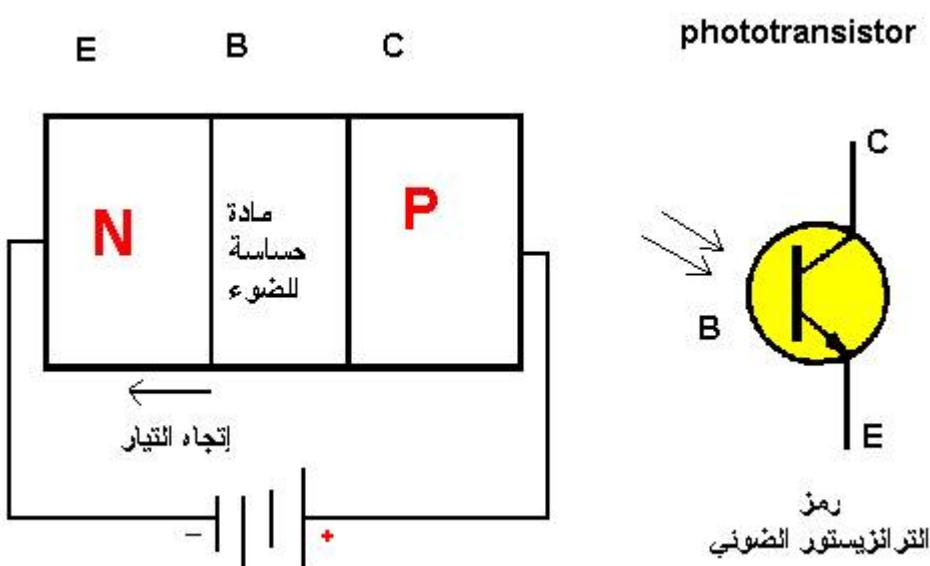
إن معظم المقاومات الكهروضوئية تستطيع أن تحمل فولت يتراوح ما بين 100v و 200v و 300v ولكن استهلاك القدرة العظمى لهذه العناصر يتراوح ما بين 30 ملي واط و 300 ملي واط .

للمقاومة الكهروضوئية تطبيقات عديدة في الإلكترونيات فعلى سبيل المثال ، تستعمل غالباً في أحذية الإنذار وفتح الأبواب الآلية حيث يتطلب الأمر الإحساس بوجود ضوء أو غيابه و يبين الشكل التالي إبسط التطبيقات لهذا العنصر .



ومع تطور العلوم الإلكترونية تم تصنيع عنصر كهروضوئي من مادة السيليكون تشبه من حيث التركيب الترانزistor. وهو الترانزistor الضوئي phototransistor إلا أنه يختلف عنه بأن قاعدة الترانزistor مادة حساسة للضوء تحكم بكمية التيار الذي يمر من C إلى E

**ومن استخداماته :**  
أجهزة الإنذار ، فاتح الأبواب الآلي ، و دوائر إغلاق الستائر عند غياب الشمس أو العكس ، و دوائر أخرى يتطلب عملها الإحساس بالضوء . كما أنه يستخدم في أجهزة التلفزيون كوحدة استقبال لجهاز التحكم ...  
و يمتاز الترانزistor بإمكانية عمله مع الضوء الغير مرئي مثل الأشعة تحت الحمراء حيث يمكن استخدامه في أجهزة إنذار ضد اللصوص .

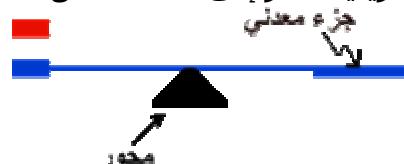


# الريليه

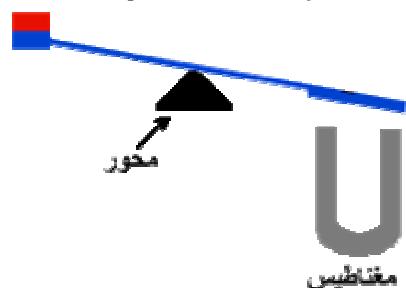
**الريليه الكهروميكانيكي:** هو ببساطة عبارة عن مفتاح ميكانيكي يمكن التحكم به كهربائياً وهذه بعض أشكاله..



**كيف ي عمل الريليه :** لفهم طريقة عمل الريليه انظر إلى هذا الشكل :



لو افترضنا أن هناك ذراعاً معدنياً مستقر في وضعه الطبيعي على محور وافترضنا أن هذا الذراع يمكنه التحرك بحرية على هذا المحور فماذا سيحدث عندما نقرب مغناطيساً إلى هذا الذراع كما هو موضح هنا؟



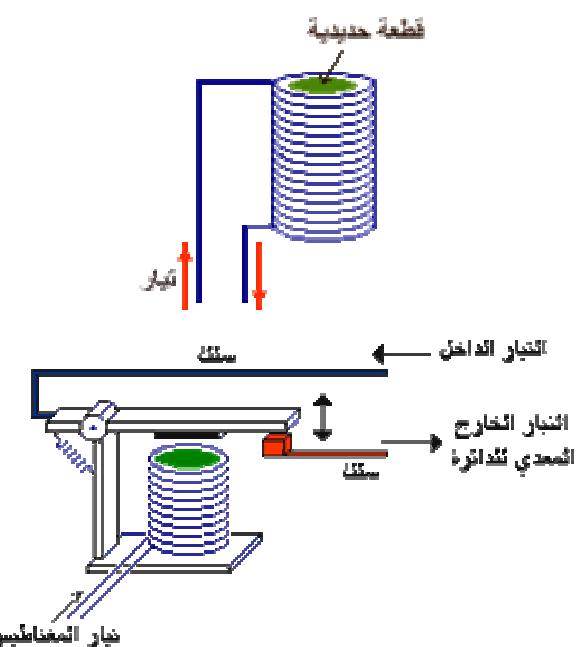
لاشك أن الذراع سيتراك وضعه الطبيعي وسيتحرك إلى الأسفل باتجاه المغناطيس مما يجعل طرفه الآخر يلامس النقطة الحمراء وبذلك يكون هناك اتصال بين النقطة الحمراء والذراع. هذه ببساطة هي طريقة عمل الريليه.

**أجزاء الريليه :** الريليه إذا يتكون من جزئين رئيسيين وهما:

**الملف الوليبي :** و مثلناه سابقاً بالمغناطيس. ولكن بدلاً من المغناطيس العادي فإن الريليه يستخدم المغناطيس الكهربائي وهو عبارة عن قطعة حديدية ملفوف حولها سلك. فعندما يمر تياراً كهربائياً في السلك يتكون هناك مجالاً مغناطيسيّاً وتحتل القطعة الحديدية إلى مغناطيس.

**المفتاح** ومثلناه سابقاً بالذراع في وضعه الطبيعي: غير ملامس (فهو مطفأ) وملامس (فهو موصل).

فعند ما يمر تيار ثابت في الملف ويبدأ المغناطيس الكهربائي بالعمل ينجدب الذراع المعدني إلى الأسفل وتكتمل الدائرة فيبدأ التيار في السريان إلى الدائرة.

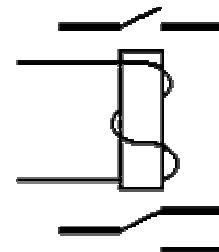


وعندما نفصل التيار الثابت عن الملف يتلاشى المجال المغناطيسي ويرجع الذراع إلى وضعه الطبيعي مما يقطع الدائرة فلا يصل التيار للدائرة.

**أنواع الريليهات :** هناك أنواع مختلفة من الريليهات تصنف بعدد الأذرع وعدد نقاط التلامس في هذه الأذرع .  
فعدد الأذرع يحدد عدد ما يسمى بالأقطاب وعدد نقاط التلامس يحدد ما يسمى بالتحوليات ، وهذه أهم هذه الأنواع:

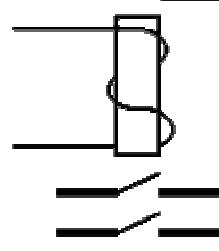
#### الريليه ذو القطب الواحد والتحويلة الواحدة (SPST)

في هذا الريليه يكون هناك ذراع واحد (أي قطب واحد) وتكون لهذا الذراع نقطة واحدة للتلامس.



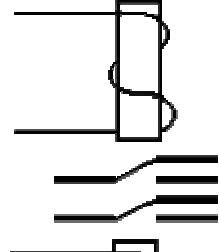
#### الريليه ذو القطب الواحد والتحولتين (SPDT)

في هذا الريليه تكون هناك ذراع واحدة (قطب واحد) ولها نقطتين للتلامس تكون مرتبة بحيث عندما يتحرك الذراع تقوم إحدى النقاط بالتوصل بينما تكون النقطة الأخرى في وضع الفصل.



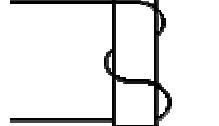
#### الريليه ذو القطبين والتحويلة الواحدة (DPST)

في هذا الريليه يوجد هناك ذراعان تتحركان بنفس الوقت ولكل ذراع نقطة تلامس واحدة.



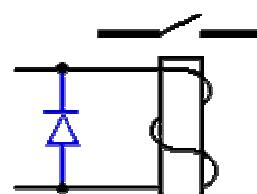
#### الريليه ذو القطبين وتحويلتين (DPDT)

في هذا الريليه يكون هناك ذراعان تتحركان بنفس الوقت ولكن لكل ذراع نقطتي تلامس.



**حماية الدوائر المغذية عند استخدام الريليهات :** هناك ظاهرة مهمة وهي أنه عندما ينقطع التيار الساري في الملف فإن المجال المغناطيسي المتلاشي ينتج جهداً عالياً في الملف. هذا الارتفاع في الجهد قد ينتج عنه عطب في الدائرة المغذية للملف. إذا يجب علينا حماية الدائرة ولكن كيف؟

باستخدام صمام ثانوي (دايود) موصل مع الريليه كما هو موضح هنا يمكننا حماية الدائرة حيث أنه في الحالة العادية فإن التيار الذاهب إلى الملف لن يمر في الصمام الثنائي حيث يسمح الصمام بمرور التيار فيه باتجاه واحد فقط. في حالة فصل التيار عن الملف وتكون الجهد المرتفع فإن هذه الطاقة سوف تمر في الصمام الثنائي وتتبدد كحرارة وبذلك تكون قد وفرنا الحماية للدائرة للملف.



# المحولات

تستخدم **المحولات** لرفع أو خفض الجهد أو التيار في الدوائر الكهربائية. وتعتمد المحولات على ما يسمى بخاصية **الحث التبادلي** (Mutual Inductance) في عملها ولذلك سنعطي شرحاً للحث التبادلي قبل أن نعطي تفاصيل المحول لأنه لا يمكن فهم عمل المحول بدون الاستيعاب الكامل للحث التبادلي.

## الحث التبادلي (Mutual Inductance) :

شرحنا سابقاً في قسم الأساسيات بأن **الملف** (inductor) هو أداة تقوم بمقاومة التغير في التيار بغض النظر عن اتجاه هذا التيار. وعرفنا **الحث الذاتي** للملف بأنه قدرة الملف على إيجاد جهد فيه ليقاوم أي تغير في التيار الساري فيه.

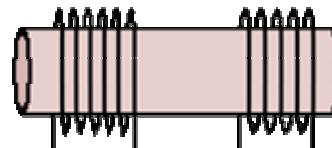


كما أنه عندما يمر تيار متعدد (AC) في الملف فإنه سينتج مجال مغناطيسي حول هذا الملف. فإذا ارتفع التيار ازدادت مسافة المجال المغناطيسي حول الملف وإذا قل التيار قلت المسافة حول الملف.

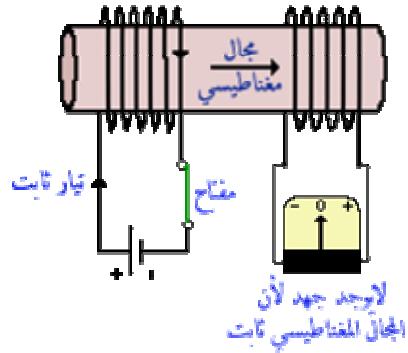
عندما نضع ملفاً آخر داخل هذا المجال المغناطيسي الذي يزداد وينقص فإن هذا المجال المغناطيسي سوف يولد تياراً في الملف الثاني وهذه الخاصية تسمى **بالحث التبادلي** (Mutual Inductance)

لاحظ أن التيار المتناوب الذي يصل إلى بيونا هو ذو تردد يبلغ ٥٠ أو ٦٠ هيرتز. معنى ذلك أن هذا التيار عندما يمر في ملف فإنه يرتفع ويقل ٥٠ أو ٦٠ مرة في الثانية. وبالتالي فإن المجال المغناطيسي في الملف سيزداد وينقص ٥٠ أو ٦٠ مرة في الثانية فهو إذا مجال مغناطيسي متغير.

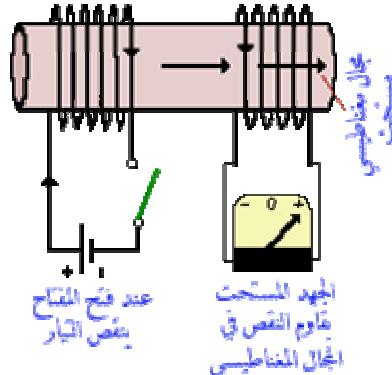
ولإيضاح هذه الخاصية تخيل الملفين التاليين كما هو موضح بالصورة



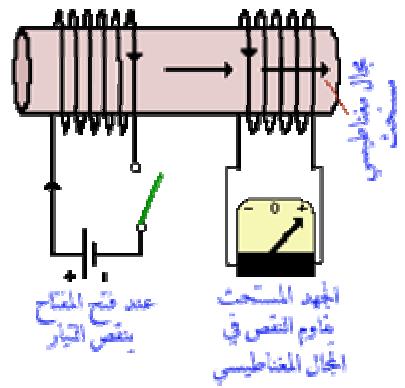
لو مررنا تياراً ثابتاً (DC) في الملف الأيسر فسينتج مجالاً مغناطيسيًا في الملف الأيمن ولكن هذا المجال المغناطيسي مجال ثابت غير متغير لأنه ناتج عن تيار ثابت. ولذلك لن ينبع عن ذلك أي جهد في الملف الأيمن.



الآن لو فتحنا المفتاح لإيقاف التيار فإن المجال المغناطيسي سيتغير في الملف الأيمن وسينبع عن ذلك جهد يسمى **بـالجهد المستحدث** (induced voltage) مما يتسبب في سريان تيار في الملف الأيمن. وكما ذكرنا سابقاً فإن الملف يقاوم أي تغير ولذلك فإن اتجاه هذا التيار سوف يكون بطريقة بحيث يحاول إبقاء المجال المغناطيسي كما هو بدون تغيير.



والآن ماذا سيحدث لو أغلقنا المفتاح مرة أخرى بعد أن يتوقف التيار؟ سيزداد التيار في الملف الأيسر طبعاً وسيحاول الملف الأيمن إبقاء المجال المغناطيسي كما هو ولذلك سيتولد فيه تيار معاكس ينتج عنه إيجاد مجال مغناطيسي معاكس وذلك لمقاومة الزيادة في المجال المغناطيسي.

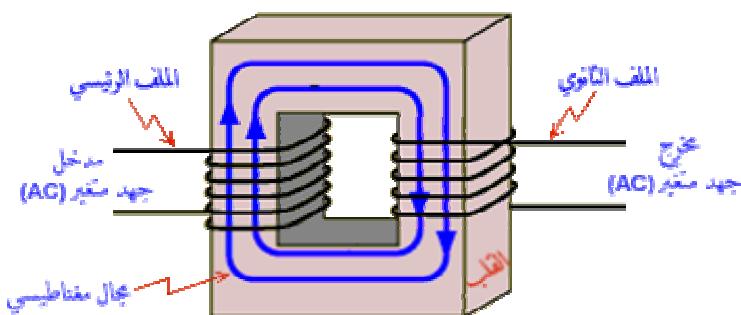


حقيقة أن أي تغيير في التيار في الملف الأيسر يؤثر في التيار والجهد في الملف الأيمن هي في الواقع ما يسمى بالحث التبادلي (Mutual Inductance).

إذا يمكن أن نعرف الحث التبادلي بأنه الخاصية الكهربائية التي تمكن التيار الساري في سلك أو ملف من إيجاد تيار في سلك أو ملف آخر قريب منه.

وهذه الخاصية هي التي يعتمد عليها المحول في عمله.

### مكونات المحول :



يتكون المحول من الأجزاء الرئيسية التالية:

**القلب** : وهو عبارة عن قطعة من الحديد

**الملف الرئيسي** : ويمثل مدخل المحول

**الملف الثانوي** : ويمثل مخرج المحول

والملفان الرئيسي والثانوي عبارة عن سلكين ملفوفين على القلب ولا يلامسان بعضهما البعض.

### كيف يعمل المحول :

يعمل المحول فقط مع التيارات المتناوبة (AC) وليس التيارات الثابتة (DC). فعندما يدخل التيار المتناوب عبر الملف الرئيسي ينتج عنه مجال مغناطيسي يكون مركزاً في القلب. هذا المجال المغناطيسي المتغير يقطع لفات الملف الثانوي وي 自动生成 عن ذلك تيار يسري فيه.

**ولكن كيف نحدد الجهد والتيار الصادرين من المحول ؟**

الجهود والتياres الداخلة والخارجة من المحول تعتمد على عدد لفات الملفين الرئيسي والثانوي. وهي تخضع للقوانين التالية:

علاقة الجهد بعد اللفات تخضع لهذا القانون:

$$\frac{\text{الجهد الرئيسي}}{\text{الجهد الثانوي}} = \frac{\text{لرات الملف الرئيسي}}{\text{لرات الملف الثانوي}}$$

أما علاقة التيار بعدد اللفات فتتضح لهذا القانون :

$$\frac{\text{التيار في الملف الرئيسي}}{\text{التيار في الملف الثانوي}} = \frac{\text{نوات الملف الرئيسي}}{\text{نوات الملف الثانوي}}$$

إذا كان عدد لفات الملف الثانوي أكبر من عدد لفات الملف الرئيسي فإن الجهد الخارج من المحول سوف يكون أكبر من الجهد الداخل ، بينما التيار الخارج يكون أصغر من التيار الداخل. في هذه الحالة يستخدم المحول لتكبير الجهد .

أما إذا كان عدد لفات الملف الثانوي أقل من عدد لفات الملف الرئيسي فإن الجهد الخارج من المحول سوف يكون أقل من الجهد الداخل ، بينما التيار الخارج يكون أكبر من التيار الداخل. في هذه الحالة يستخدم المحول لخفض الجهد .

**مثال:**

محول ١٢-٢٢٠ فولت عدد لفات ملفه الرئيسي هي ٣١٠ لفة فما هي عدد لفات ملفه الثانوي ؟  
**الإجابة:**

عندما نقول أن المحول ١٢ - ٢٢٠ فولت فذلك يعني أن:

الجهد الرئيسي = ٢٢٠ فولت

الجهد الثانوي = ١٢ فولت

عندما نطبق القانون التالي :

$$\frac{\text{الجهد الرئيسي}}{\text{الجهد الثانوي}} = \frac{\text{نوات الملف الرئيسي}}{\text{نوات الملف الثانوي}}$$

$$\frac{٢٢٠}{١٢} = \frac{٣١٠}{\text{نوات الملف الثانوي}}$$

$$\text{نوات الملف الثانوي} = \frac{١٢ \times ٣١٠}{٢٢٠}$$

$$= ١٧ \text{ لفة}$$

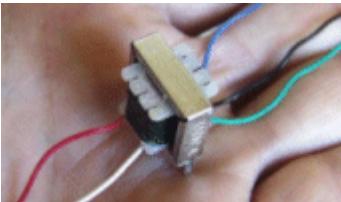
## المحول والدوائر الإلكترونية

ذكرنا سابقاً أن المحول يعمل فقط مع الجهدود و التيارات المتناوبة (AC) بينما معظم الدوائر الإلكترونية تعمل مع الجهدود الثابتة (DC). المحول إذا لا يصلح للاستعمال المباشر لتغذية الدوائر الإلكترونية حيث يجب تحويل الجهد الثاني الصادر من المحول إلى جهد ثابت (DC)

### أنواع المحولات :

تتوفر المحولات بأشكال وأحجام عديدة بحسب الاستخدام فمنها الضخم جداً ومنها الصغير جداً ومن أهم أنواعها محولات القدرة ، ومحولات الصوت .

هذه بعض أشكال المحولات التي قد تشاهدتها :

		
محول قدرة	محول قابس	محول ذو جهد متغير
		
محول صوتي	محول مع دي سي	محول لوحات الإلكترونية

يكتب على المحول جهده وتياره ولكن في حال عدم الكتابة يمكن معرفة ذلك من ألوان الأسلاك كالتالي :  
أسود = ٠ فولت ، أصفر = ٣ فولت ، أبيض = ٤,٥ فولت ، أزرق = ٦ فولت ، أحمر = ٧,٥ فولت ، أحمر = ٩ فولت ، برتقالي = ١٢ فولت ..

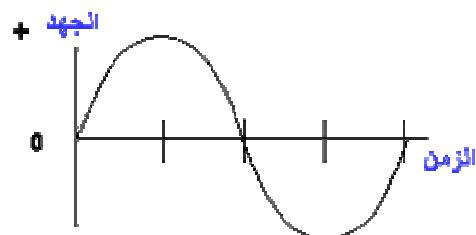
# waves الموجات

أي نمط ينكرر مع الوقت يسمى بالموجة. فمثلاً أمواج البحر تتنكرر بنمط معين. أيضاً فإن الموجات الصوتية و موجات الجهد هي موجات نمطية متكررة .

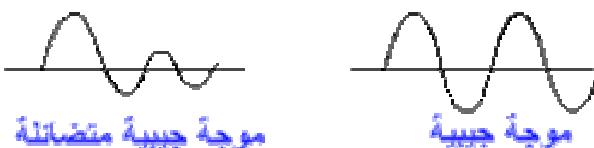
**دورة الموجة (cycle) :**  
دورة الموجة هي الجزء من الموجة الذي يتكرر .

**الشكل الموجي (waveform) :**  
الشكل الموجي هو الرسم البياني الذي يمثل الموجة فمثلاً الشكل الموجي للجهد يرينا الوقت على المحور الأفقي والجهد على المحور العمودي .

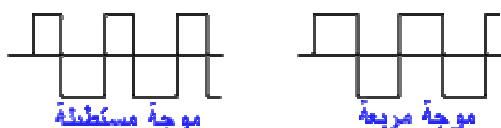
**ملاحظات :**  
عندما تلاحظ تغيراً في ارتفاع الموجة في الرسم البياني فهذا يدل على أن الجهد تغير .  
الخط الأفقي المستقيم يعني أنه لا يوجد تغير في الجهد لهذه الفترة الزمنية .  
الخط القطري المائل يعني أن الارتفاع والانخفاض في الجهد يحدث بمعدل ثابت .  
الزوايا الحادة في شكل الموجة تدل على حدوث تغير مفاجئ .



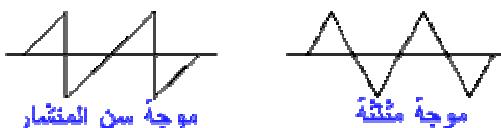
**الموجات الجيبية (sine waves) :**  
وهي من الموجات الأساسية. فمثلاً معظم مصادر التيار المتناوب تعطي موجات جيبية .  
هناك نوع خاص من الموجات الجيبية تسمى الموجات الجيبية المتضائلة (damped sine wave) وهذه كما هو واضح بالشكل قد تراها في الدوائر المتذبذبة التي تتوقف عن الذبذبة بعد فترة من الوقت.



**الموجات المرقطة والمستطيلة (square & rectangular waves) :**  
الموجة المرقطة تدل على وجود جهد يرتفع وينخفض بفترات ثابتة أما الموجة المستطيلة فتعني أن فترات الارتفاع والانخفاض غير متساوية .  
وستعمل الموجات المرقطة لاختبار المضخمات وكذلك فإن الدوائر المستخدمة في التلفزيون والراديو والكمبيوتر تستخدم الموجات المرقطة كإشارات توقيت .  
أما الموجات المستطيلة فستستخدم لتحليل الدوائر الرقمية .

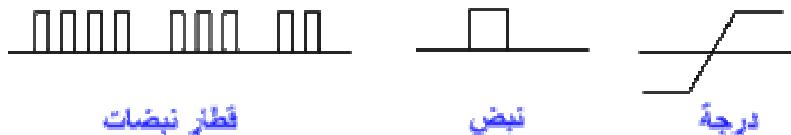


**الموجات المثلثية وموحات سن المنشار (triangular and sawtooth waves) :**  
هذه الموجات تنتجه الدوائر المصممة للتحكم بالجهد ويحدث الانتقال بين مستويات الجهد في هذه الموجات بمعدلات ثابتة.



## الموجات الدرجية والموجات النبضية ( step & pulse waves) :

توجد الموجات النبضية في الكمبيوتر حيث تتحاطب أجزاء الكمبيوتر الرقمية مع بعضها باستخدام النبضات. كذلك يمكن أن نجد الموجات النبضية في أجهزة الاتصالات . الدرجة في هذه الموجات تعني تغيير مفاجئ في الجهد فالنبض يمثل ما يمكن أن نراه عندما نشغل ثم نطفئ المفتاح الكهربائي . يطلق على مجموعة نبضات تتحرك سوياً: بقطار نبضات



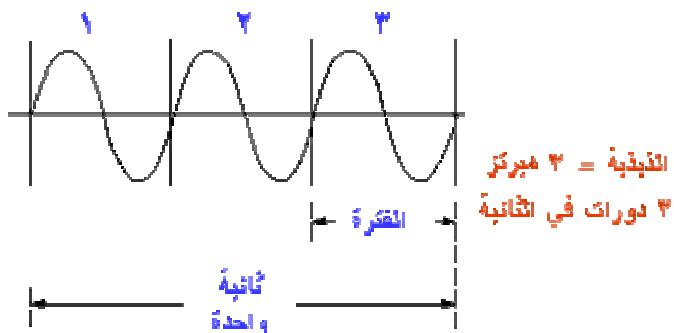
## قياسات الموجات :

### الذبذبة (frequency) :

إذا كانت الموجة متكررة فهذا يعني أن لها ذبذبة. وهذه الذبذبة تفاسس بوحدة تسمى بالهيرتز . وتساوي الذبذبة عدد المرات التي تكرر فيها الموجة نفسها في كل ثانية أي عدد الدورات في الثانية .

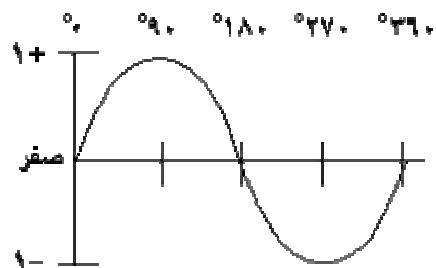
### الفترة (period) :

الفترة هي الزمن الذي تحتاجه الموجة لإكمال دورة واحدة. وتساوي  $1 / \text{الذبذبة}$



### الطور (phase) :

لو نظرنا إلى الموجة الجيبية لوجدنا أنها تعتمد على حركة دائيرية. طبعاً هناك ٣٦٠ درجة في الدائرة. إذا فدورة واحدة من الموجة الجيبية تحتوي على ٣٦٠ درجة كما هو موضح بالشكل التالي.

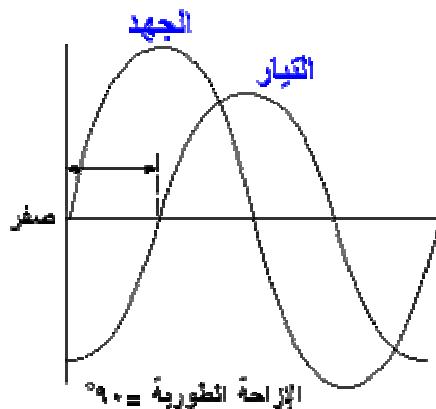


### زاوية الطور (phase angle) :

زاوية الطور للموجة السينية تكون بالدرجات وتوضح الجزء الذي انتهى من فترة الموجة .

### الإزاحة الطورية (phase shift) :

الإزاحة الطورية تمثل الفرق في التوقيت بين موجتين متتشابهتين. وفي الشكل التالي نجد أن الإزاحة الطورية بين موجة الجهد و موجة التيار هي ٩٠ درجة أي أن الموجتين تصلان إلى نفس النقطة في دورتهما بعد ربع دورة أو  $360 / 4 = 90$  درجة.



## بعض أنواع الموجات :

### ١- موجات الراديو :

تنشأ موجات الراديو عن اهتزاز الالكترونات في الهوائي تُرسل موجات الراديو بطريقة خاصة توضح استخدامها كموجات للراديو أو للتلفاز وكيفية استخدامها لتكوين الصور أو الأصوات .

### الموجات الطويلة والمتوسطة :

هذا النوع من الموجات يتميز بأنه يستطيع أن يحيد حول التلال بحيث تتمكن أجهزة الراديو من التقاطها حتى في أخفض الأودية .

### الموجات ذات التردد العالي Very High Frequency Waves VHF :

تستخدم في أنظمة الراديو الصوتية المجمسة ذات الجودة العالية .

### الموجات ذات التردد فائق العلو Ultra High Frequency Waves UHF :

تستخدم هذه الموجات في التلفاز . وهذه الموجات لا تحيد جيداً حول التلال . لذلك فإنك لا تستطيع الحصول على استقبال جيد لها إلا إذا كان هوائي التلفاز أو المذياع على طريق مستقيم من محطة الإرسال .

### الموجات الدقيقة Micro Waves :

هي موجات راديوية قصيرة الطول الموجي يتراوح طولها بين (  $٨٠ \times ٣$  نانو متر ) إلى (  $١٠$  نانو متر ) ويمكن توليدتها بوساطة أجهزة الكترونية خاصة . ولقصر طولها الموجي فإنها تستثمر في أنظمة البث الإذاعي وفي التلفاز والرادار وملاحة الطيران وأنظمة الاتصالات من مثل أجهزة الهاتف النقال . ومن التطبيقات العملية لهذه الموجات أيضاً أفران الميكروويف إذ تؤمن عمليات الطبخ المنزلي بوقت قصير .

### ٢- الموجات تحت الحمراء : Infrared Waves :

تطلق الأجسام الحارة هذا النوع من الإشعاع . وفي الحقيقة فإن كل الأجسام تطلق الأشعة تحت الحمراء بنسب متفاوتة حيث ينبع هذا الإشعاع عن اهتزاز الجزيئات السريع . وكلما زادت حرارة الجسم فإن الموجات تحت الحمراء تصبح أقصر .

### ٣- الموجات فوق البنفسجية : Ultraviolet Rays :

لا تستطيع العين الكشف عن الإشعاعات فوق البنفسجية على الرغم من توافرها بكثرة في الإشعاع الشمسي . وهذا النوع من الأشعة هو المسؤول عن تلوين جلدك باللون الذي تراه . ولكن التعرض بكثرة للإشعاعات فوق البنفسجية يؤدي إلى حروق في الجسم وضرر كبير على العينين .

بعض المواد الكيميائية عندما تتصبّع الإشعاع فوق البنفسجي فإنهما تطلق الضوء . وهو ما يعرف بظاهرة التهيج "الفلوريستن" ( النور الاستشعاعي ) . وهذا هو سر "الأكثر بياضاً من اللون الأبيض" لمساحيق الغسيل ، حيث تتصبّع هذه المواد الموجات فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس . وتصبح بعد ذلك أكثر اشعاعاً مما يجعل الملابس تبدو أكثر نضارة مما قبل .

### ٤- الأشعة السينية : X - Rays :

يستخدم أنواع خاص لإنتاج هذا النوع من الموجات حيث تُقذف الالكترونات السريعة جداً على هدف معدني مما ينتج عنه انطلاق أشعة قصيرة الموجة وتتميز بقدرة عالية على الاختراق . وتستطيع هذه الأشعة الانتقال عبر المواد عالية الكثافة مثل الرصاص . وكلما كان الطول الموجي للأشعة السينية كبيراً كلما قلت قدرتها على الاختراق وعندئذ تستخدم لاختراق اللحم داخل جسم الإنسان ولكنها لا تستطيع اختراق العظام . ولذلك فإن الصورة باستخدام الأشعة السينية تظهر صورة العظام واضحة . وجميع أنواع الأشعة السينية ضارة حيث أنها تتلف الخلايا الحية في جسم الإنسان .

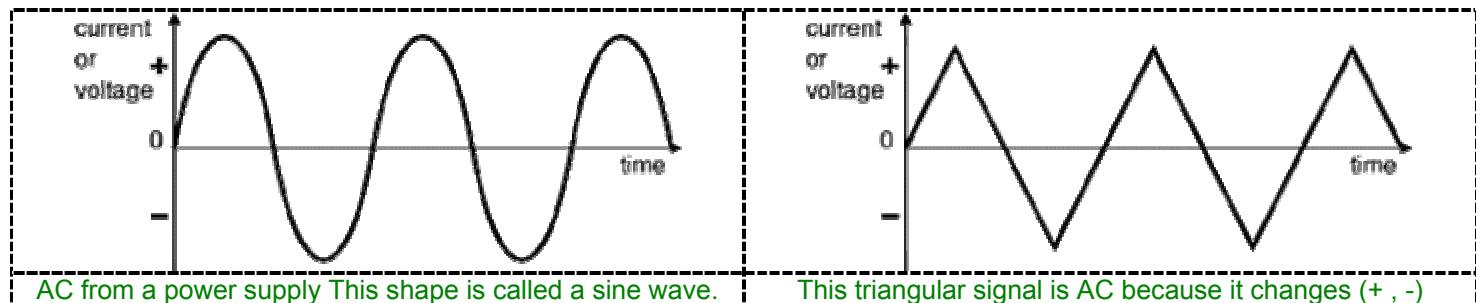
### ٥- أشعة جاما : g- Rays :

موجات كهرومغناطيسية عالية التردد ذات طاقة عالية جداً لها آثار مدمرة على الأنسجة والخلايا الحية وتستخدم في الطب لعلاج الأورام السرطانية .

تصدر عن الأنوية المشعة للمواد المشعة في الطبيعة عندما تعود هذه الأنوية من حالة التهيج إلى وضع الاستقرار .

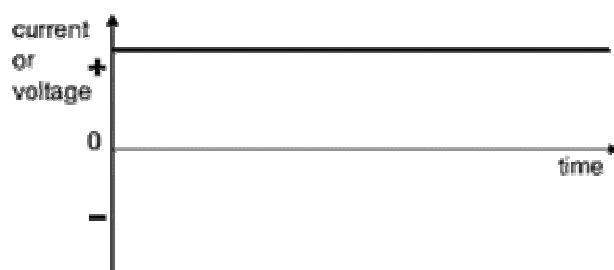
## التيار المتناوب :

حيث في التيار المتناوب فإن التيار يمر في النصف الأول من الموجة باتجاه ، ويمر في النصف الثاني من الموجة بالاتجاه المعاكس ..  
ومنه فإن مستوى الجهد للتيار المتناوب يتغير بين إيجابية (+) وسلبية (-) ، وهذا التغير يدعى بالتردد ، وهو في الشبكة العامة (50HZ) وهو يقاس بواحدة الهرتز (وهو عدد مرات تغير الموجة في الثانية) ..



## التيار المستمر :

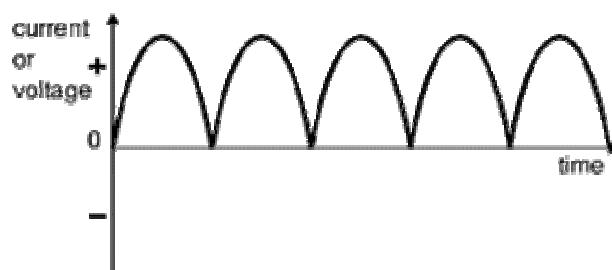
وفيه يمر التيار باتجاه واحد فقط ، ويكون مستوى الجهد إما موجب ، أو سالب ، دائماً ..  
يتم الحصول عليه من خلال تحويل التيار المتناوب بواسطة محول وجسر تقويم إلى تيار وحيد الغتاجه ومن ثم تنعيم هذا التيار باستخدام مكثفات ..



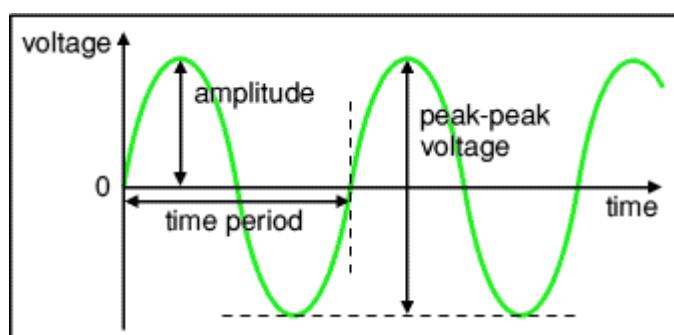
**Steady DC**  
from a battery or regulated power supply



**Smooth DC**  
from a smoothed power supply



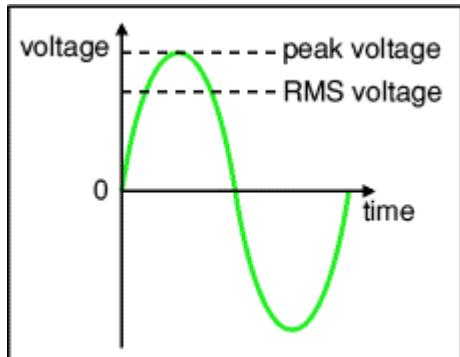
**Varying DC**  
from a power supply without smoothing



**خصائص الإشارة الكهربائية :**

- Amplitude : هو أعلى مستوى للإشارة..
- Peak voltage : وهو نفسه المطال الأعظمي ..
- Peak-peak voltage : وهو الجهد من القمة لـ القمة ..
- Time period : وهو زمن دورة كاملة للإشارة ..
- Frequency : وهو عدد دورات الإشارة في الثانية ..

$$F=1/T \text{ (HZ)} , \quad T=1/F \text{ (S)}$$



$$V_{\text{RMS}} = 0.7 \times V_{\text{peak}}$$

And

$$V_{\text{peak}} = 1.4 \times V_{\text{RMS}}$$

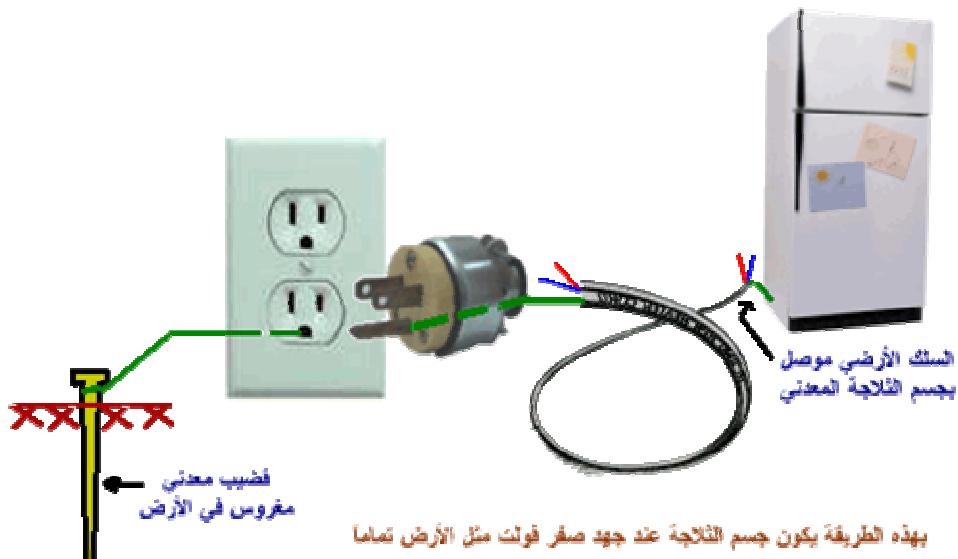
## الأسماء العلمية لمجالات التردد

رمز النطاق	اسم النطاق	التردد
<b>ELF</b>	Extremely Low Frequency	تردد منخفض جداً <b>3</b> كيلوهيرتز - <b>30</b> كيلوهيرتز
<b>LF</b>	Low Frequency	تردد منخفض <b>30</b> كيلوهيرتز - <b>300</b> كيلوهيرتز
<b>MF</b>	Medium Frequency	تردد متوسط <b>300</b> كيلوهيرتز - <b>3</b> ميجا赫يرتز
<b>HF</b>	High Frequency	تردد عالي <b>3</b> ميجا赫يرتز - <b>30</b> ميجا赫يرتز
<b>VHF</b>	Very High Frequency	تردد عالي جداً <b>30</b> ميجا赫يرتز - <b>300</b> ميجا赫يرتز
<b>UHF</b>	Ultra High Frequency	تردد فوق العالى <b>300</b> ميجا赫يرتز - <b>3</b> جيجا赫يرتز
<b>SHF</b>	Super High Frequency	تردد فوق العالى <b>3</b> جيجا赫يرتز - <b>30</b> جيجا赫يرتز
<b>EHF</b>	Extremely High Frequency	تردد بالغ العلو <b>30</b> جيجا赫يرتز - <b>300</b> جيجا赫يرتز

# ما هو الأرضي ؟

كلمة أرضي مأخوذة من الأرض. والأرض الحقيقة التي نعيش عليها تعتبر محايضة كهربائياً أي أنها تعتبر عند جهد كهربائي يساوي صفر. ولذلك لا يمكن شحن أي شيء موصلاً بها .

بسبب ذلك فقد تكون قد لاحظت أن الفتحة الثالثة في الفيش الكهربائي يكون موصلاً إلى الأرض كما هو موضع في الصورة. هذه التوصيلة إلى الأرض تكون مربوطة بالجسم المعدني من الأجهزة الكهربائية حتى لا يحصل هناك مخاطر على المستخدم عند حدوث أي التماس .



عند تفحص رسوم الدوائر الإلكترونية ستجد هناك عدة أشكال لتمثيل التوصيل إلى الأرضي مثل ما هو موضع هنا:



عملياً كل شكل من هذه الأشكال يعني شيئاً مختلفاً ولكن حتى لا يحصل لديك التباس تذكر دائماً أن كل هذه الرموز تعني أن **الجهد عند تلك النقطة يساوي صفر فولت** ..

والآن دعونا نوضح معنى كل رمز:



١) هذا الرمز يعني أن هذه النقطة في الدائرة موصولة فعلياً في الأرض التي نعيش عليها عن طريق الفيش الكهربائي أو توصيلها بالأرض عن طريق سلك يكون مربوطاً بقضيب معدني يكون مغروساً في الأرض كما تم توضيحه سابقاً.



٢) هذا الرمز يعني أن هذه النقطة في الدائرة تعود إلى وحدة التغذية الذي تغذي الدائرة بالكهرباء. دائماً اعتبر أن تلك النقطة في وحدة التغذية موصولة بالأرض.



٣) هذا الرمز يعني أن هذه النقطة في الدائرة تكون مربوطة بالصندوق المعدني الذي يحتوي على الدائرة ولذلك يعتبر هذا الصندوق هو النقطة التي يقاس منها فرق الجهد عند أي نقطة من الدائرة. ولكن لاحظ أن هذا الصندوق قد لا يكون موصلاً بالأرض الحقيقة ولذلك قد يكون الجسم المعدني مشحوناً بالكهرباء إذا ما قارناه بالأرض الحقيقة.

فمثلاً تغذي بطارية السيارة الأجهزة الكهربائية التي بداخل السيارة بجهد ١٢ فولت. أي لو قسنا الجهد بالنسبة إلى الجسم المعدني للسيارة لوجدنا أن الجهد يساوي ١٢ فولت فالجسم المعدني للسيارة يمثل الأرضي بالنسبة للدوائر الإلكترونية الموجدة بالسيارة.

في هذه الحالة الأرضي لا يعني التوصيل بالأرض الحقيقة لأن الجسم المعدني للسيارة غير موصل بالأرض حيث أن السيارة معزولة عن الأرض بعجلات السيارة البلاستيكية. ولذلك فقد يكون هناك اختلاف في الجهد أو ما يسمى بفرق جهد بين جسم السيارة والأرض الحقيقة .

# أشباه الموصلات Semiconductor

## المواد الموصلة :

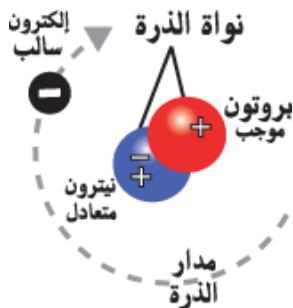
تلك المواد التي يمكن لالكترونات المدار الخارجي فيها أن تتحرر من ذراتها وتتحرك حرفة عشوائية بين الذرات وإذا تعرضت لفرق جهد - أي الالكترونات - كونت تياراً كهربائياً.  
من أمثلة المواد الموصلة كهربائياً : الفضة ، النحاس ، الألمنيوم وعموم المعادن .

## المواد العازلة :

تلك المواد التي تشتد فيها قوة جذب النواة للكترونات المداري الخارجي فلا تستطيع الإفلات من الذرة .  
ومن أمثلة المواد العازلة للكهرباء : الورق ، الزجاج ، الميكا ، البلاستيك ، المطاط وغيرها .

## المواد شبه الموصلة :

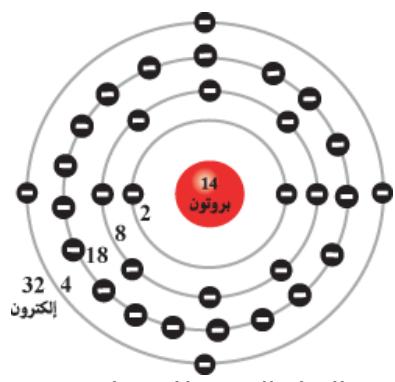
من المعروف أن الذرة هي أصغر جزء في العنصر ، وطبقاً لنظرية (بوهر) التقليدية فإن الذرة تحتوى على نواة مركبة محاطة بسحابة من الالكترونات سالبة الشحنة تدور في مدارات بيضاوية حول النواة .



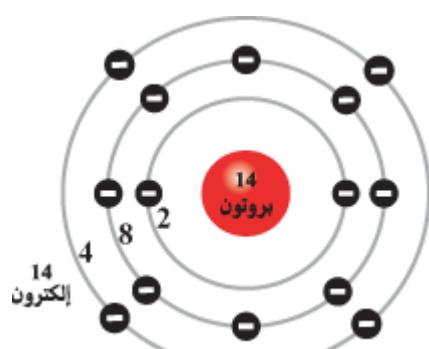
## تكوين الذرة

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

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



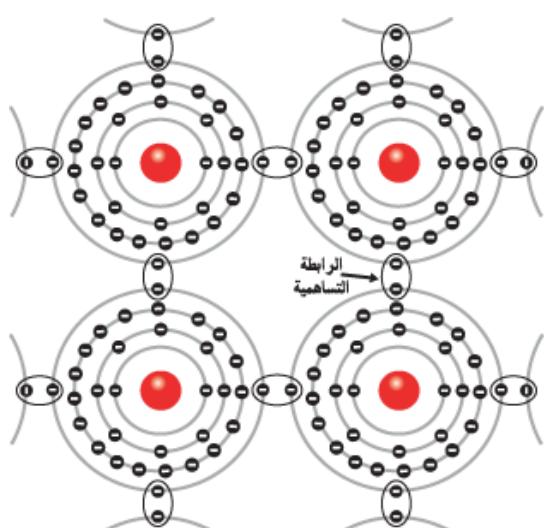
البناء الذري للجرمانيوم



البناء الذري للسليكون

## الرابطة التساهمية في أشباه الموصلات :

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



الرابطة التساهمية في ذرات الجرمانيوم

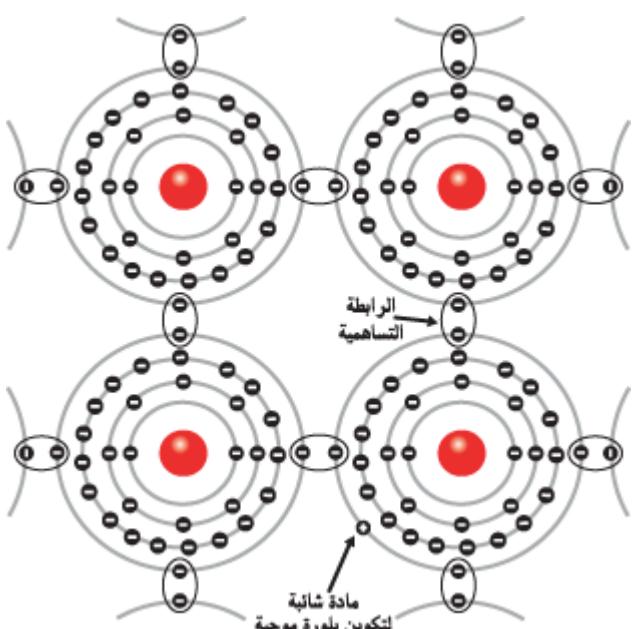
السليكون والجرمانيوم في صورتهما النقية أقرب إلى المواد العازلة ، ولكن بعد أن تضاف إليهما بعض الشوائب يصبحا من أشباه الموصلات .

### **البلورة السالبة : N**

لكي تتحول البلورة النقية إلى مادة قابلة للتوصيل فانه يتم تعديمها 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 الألكترونات (السالبة) الحرة ، وتتحول المادة إلى بلورة سالبة ، ويرمز لها بالرمز (N)

الطعم بالشوائب خمسية التكافؤ لتكوين البلورة السالبة N



الطعم بالشوائب ثلاثية التكافؤ لتكوين البلورة الموجبة .

### **البلورة الموجبة : P**

بنفس الأسلوب يتم إضافة مادة شائبة إلى الجرمانيوم أو السليكون ، ولكن في هذه الحالة يستخدم مادة شائبة ثلاثة التكافؤ مثل الانديوم (N) أو الجاليوم (GA) أو البورون (B) .

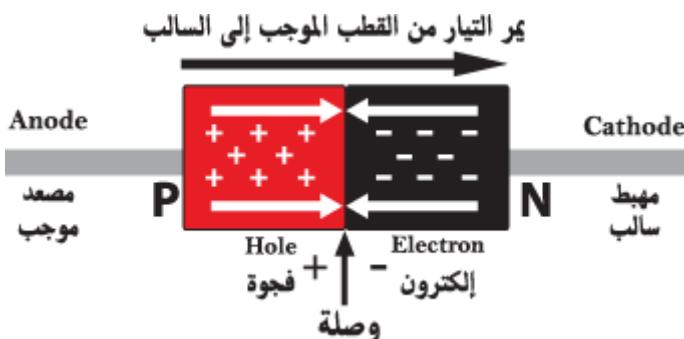
الكترونات التكافؤ الثلاثة للانديوم كما في الشكل ترتبط مع ذرات الجرمانيوم برابطة تساهمية وهنا نجد أن ذرة الجرمانيوم ينقصها إلكترون واحد حتى يكتمل البناء الترابطي التساهمي وهذا يعني وجود فجوة HOLE والتي تمثل شحنة موجبة لها قدرة قوية على جذب الإلكترون . بهذه الصورة يزداد عدد الفجوات ، أي عدد الشحنات الموجبة وتزداد معها ايجابية المادة وتصبح هذه الفجوات الموجبة مسؤولة عن توصيل التيار في المادة ولهذا يطلق على المادة (بلورة موجبة) ويرمز لها بالرمز P .

# الثنائي أو الموحد (دايود) Diode

## تركيب الثنائي :

الثنائي عنصر الاليكتروني يحتوي على طرفين ( الأنود والكافود ) ، يسمح الثنائي بمرور التيار الكهربائي في اتجاه واحد وذلك عندما يكون جهد الأنود موجب بالنسبة للكافود ( توصيل أمامي ) ، ولا يمر إلا تيار ضئيل جداً عندما يكون جهد الأنود سالباً بالنسبة للكافود ( توصيل عكسي ) وهكذا يمكن اعتبار الموحد كمفتاح جهد يوصل في أحد الاتجاهات ولا يوصل في الاتجاه الآخر . يتكون الثنائي من بلورتين ، أحدهما سالبة والأخرى موجبة .

توصيل البلورة الموجبة ( P ) والتي تحتوي على الفجوات الموجبة كحاملات للشحنة ، مع البلورة السالبة ( N ) والتي تحتوي على الالكترونات كحاملات للشحنة ، ويطلق على الخط الفاصل بينهما ( وصلة ) ، وتشير الأسهم الموضحة إلى اتجاه حركة كل من تيار الفجوات وتيار الالكترونات .

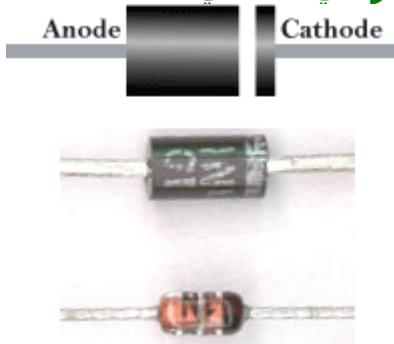


## رمز الثنائي :



يمر التيار من القطب الموجب إلى السالب

## الشكل الخارجي للثنائي:



تحد دائما خط دائري حول الثنائي وهي علامة توضيحية تجد خط في رمز الثنائي وهو أيضا دلالة على مسار التيار من الأنود إلى الكافود تدل على مسار التيار من الأنود إلى الكافود

## خواص الثنائي :

يوصل الثنائي تيارا عندما يكون موصلاً في الاتجاه الأمامي ، ولا يوصل تيارا عندما يكون موصلاً في الاتجاه العكسي .

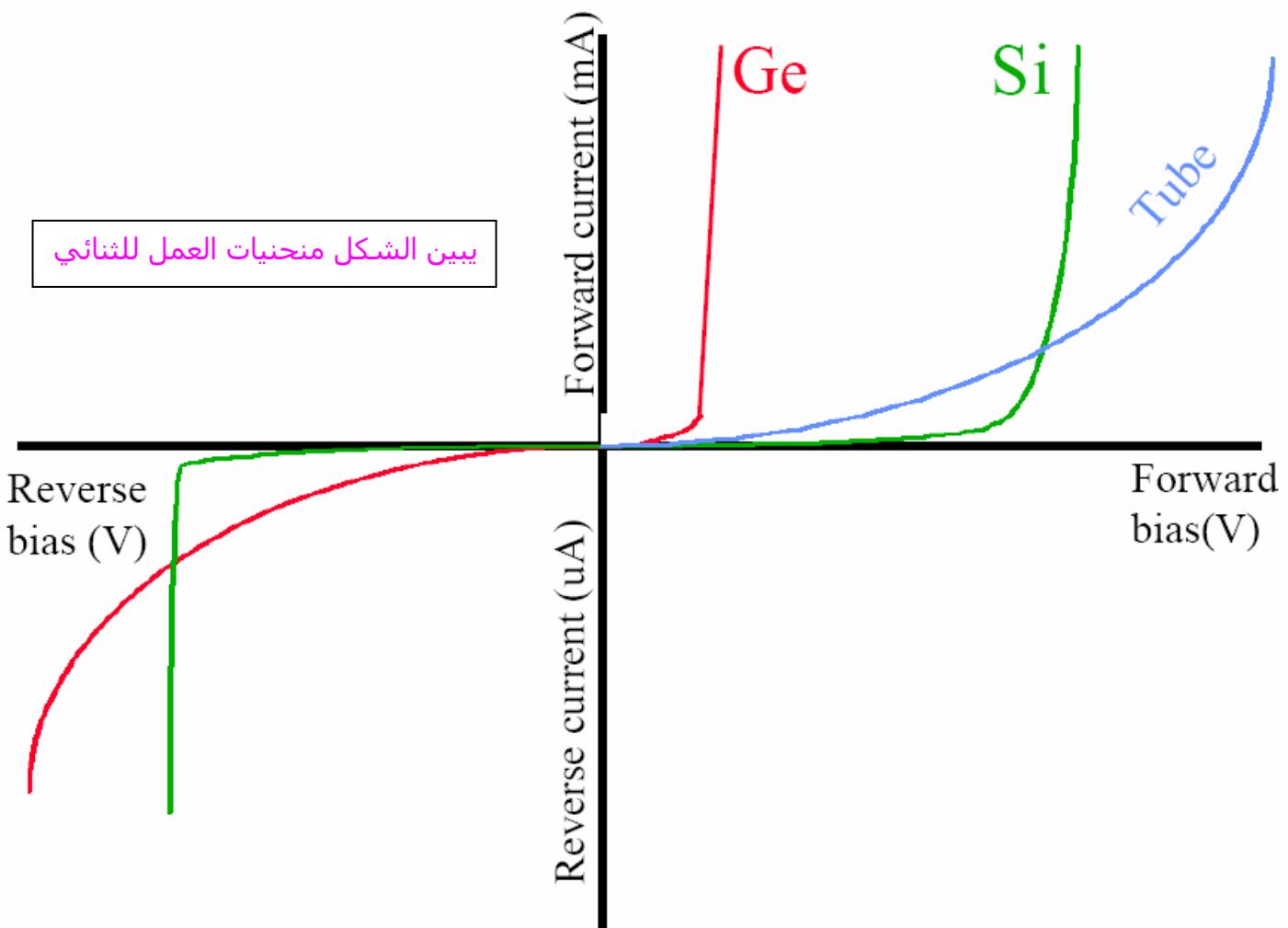
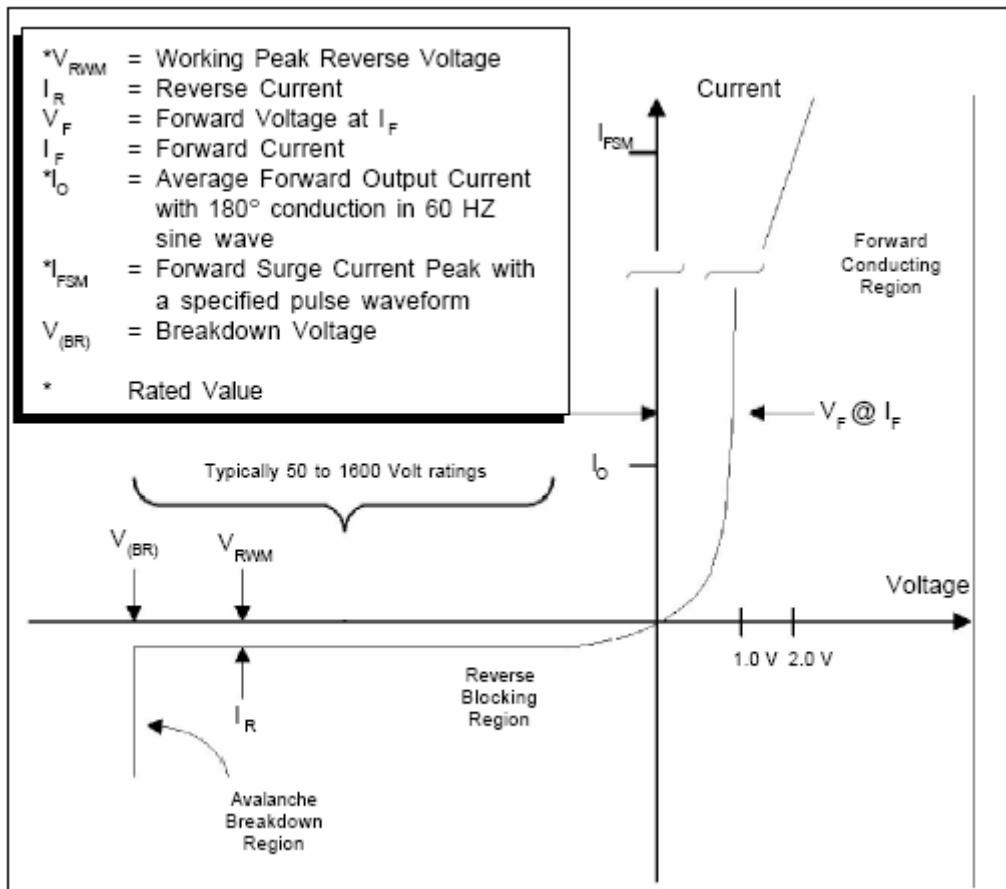
ويوضح الشكل المنحنى خواص الثنائي في الحالتين والذي يمكن إيجازه في النقاط التالية :

## 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 قيمتاً الجهد الحاجز  $0.7V$  or  $0.3V$  فولت في ثنائيات السليكون و  $3V$  فولت في ثنائيات الجermanium .

## لا يمرر التيار الكهربائي :

- الجزء السفلي من المنحنى يمثل حالة التوصيل العكسي حيث يظل التيار تقريباً مساوياً للصفر إلى أن يصل الجهد إلى جهد الانهيار حيث يمر تيار عكسي شديد إذا لم يجد يمكنه أن يتلف الثنائي .



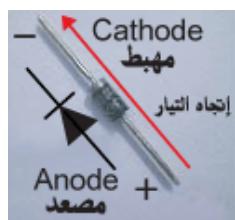
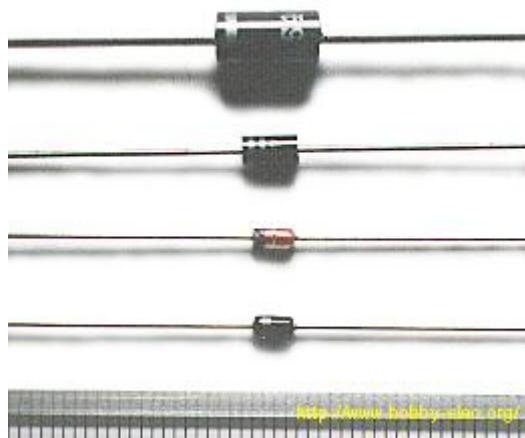
## أنواع الثنائيات (الدايود) : Diode Types

### ثنائي الجرمانيوم :Ge Diode

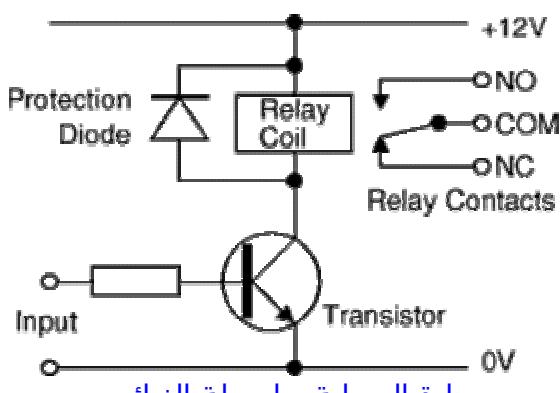
هو الثنائي المصنوع من الجرمانيوم ومحفون بشوائب تكون بلورة موجبة مع شوائب أخرى تكون بلورة سالبة ، بحيث تكون البلورتان الموجبة والسالبة متباينتين .

### ثنائي السليكون :Se Diode

هو ذلك الثنائي المصنوع من السليكون ومحفون بشوائب تكون بلورة موجبة مع شوائب أخرى تكون بلورة سالبة ، بحيث تكون البلورتان الموجبة والسالبة متباينتين .



هذا الثنائي الجرمانيوم من القطع المشهورة وتستعمل دائمًا في دوائر القدرة مثل دوائر التقويم Bridge ومن (N4001) Power Diode (أشهرها) والخط الفضي دائمًا يدل على الكاثود.



دارة الحماية بواسطة الثنائي

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

جدول يبين مواصفات بعض الثنائيات الشائعة الاستخدام

### مت特وي خصائص الثنائي الزيبر :

يعمل الزيبر الثنائي عادي إذا وصل توصيلاً أمامياً أما إذا وصل توصيلاً عكسيًا فإنه عند قيمة معينة في الجهد العكسي سوف يزداد التيار العكسي بصورة مفاجئة وشديدة ، يسمى الجهد العكسي الذي يتسبب في حدوث تيار عكسي "جهد الانهيار" أو "جهد الزيبر" ، ويعتمد جهد الانهيار أو جهد الزيبر أساساً على كمية الشوائب التي طعمت بها المادة التي صنع منها الثنائي الزيبر ..

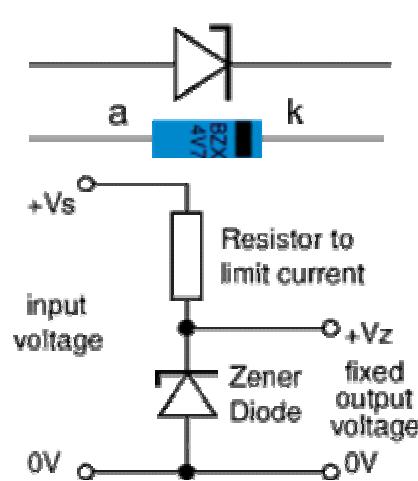
والنقاط التالية جديرة بالذكر:

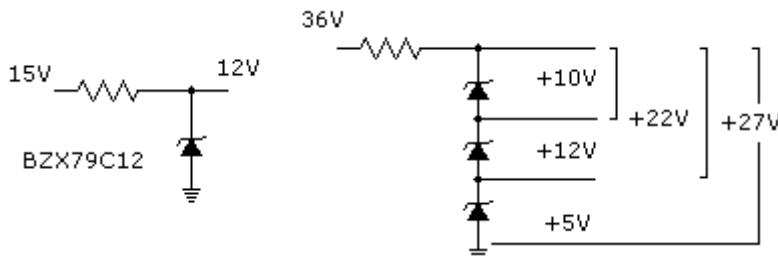
- يستغل جهد الانهيار العكسي لثنائي الزيبر كجهد مرجعي في دوائر تثبيت الجهد .
- يوصل ثنائي الزيبر دائمًا عكسيًا أما إذا وصل توصيلاً أمامياً فإن خواصه تكون مثل الموحد العادي .
- عند دخول ثنائي الزيبر منطقة الانهيار فإنه لن يتلف أو يحترق حيث أن الدائرة الخارجية الموصولة به تحد التيار ليكون أقل من القيمة التي تسبب تلفه .

### تنظيم الجهد بواسطة موحد زينر :

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

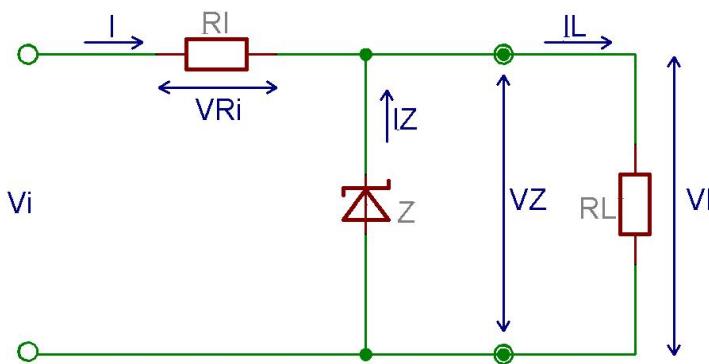
المقاومة  $R$  تحدد قيمة التيار ، جهد الخرج ثابت ويتساوى جهد انهيار الزيبر ، بغض النظر عن تغير جهد الدخل أو تغير التيار المنسوب بواسطة الحمل .





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

1.  $V_z = 4.7V$  (nearest value available)
2.  $V_s = 8V$  (it must be a few volts greater than  $V_z$ )
3.  $I_{max} = 66mA$  (output current plus 10%)
4.  $P_z > 4.7V \times 66mA = 310mW$ , choose  $P_z = 400mW$
5.  $R = (8V - 4.7V) / 66mA = 0.05k\Omega = 50\Omega$ , choose  $R = 47\Omega$
6. Resistor power rating  $P > (8V - 4.7V) \times 66mA = 218mW$ , choose  $P = 0.5W$



### دارة تنظيم تستخدم ثانوي زينر:

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

$$VL = V_z = V_s - V_{rv} = V_s - I \cdot R_v$$

$$I = IL + IZ$$

حيث :

$IL$  : تيار الحمل .  
 $IZ$  : التيار المار في ثانوي الزينر ويساوي في هذه الحالة الصفر .

$$VL = V_s - ( IL + IZ ) \cdot R_v$$

$$VL = V_s - IL \cdot R_v$$

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

$$VL = V_s - ( IL + IZ ) \cdot R_v$$

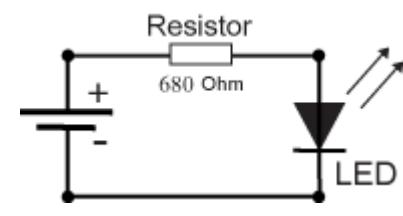
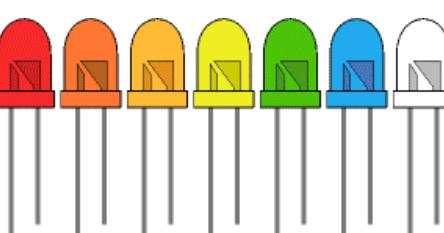
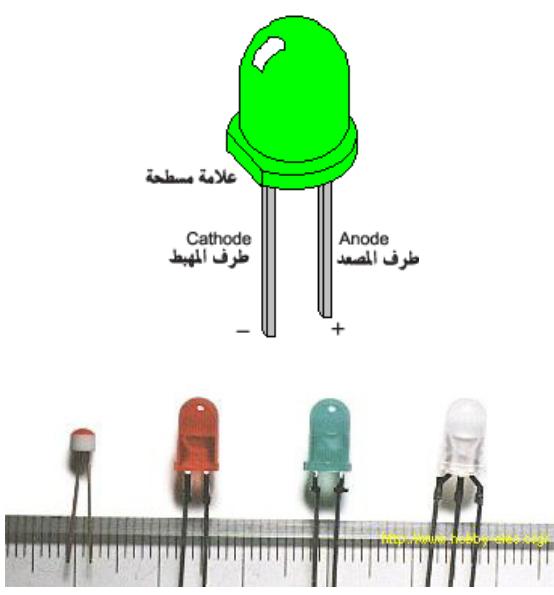
تستخدم المقاومة ( $R_v$  ) لحماية ثانوي الزينر من التلف وذلك بالحد من التيار الأعظمي الذي يمر فيه وذلك عند تغير كمون الداخلي بين أقل وأعلى قيمة له .  
من أهم مساوئ دارة تنظيم الكمون بواسطة ثانوي الزينر هو عدم إمكانية تنظيم الكمونات التي تقل عن كمون زينر ..

### ثانوي الانبعاث الضوئي (LED) : Light Emitting Diode (LED)

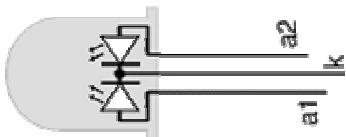
يشع الضوء عندما يثار بإشارة كهربائية.

ويوصل ثانوي الانبعاث الضوئي كما في الشكل في الاتجاه الأمامي وتعتمد نظرية عمل هذا الثنائي على أن الطاقة الكهربائية المعطاء له بالتوصيل الأمامي تعمل على تحريك حاملات الشحنة مما يؤدي إلى تولد فوتونات حرة تبعث في كل الاتجاهات مسبيبة إشعاع الضوء .

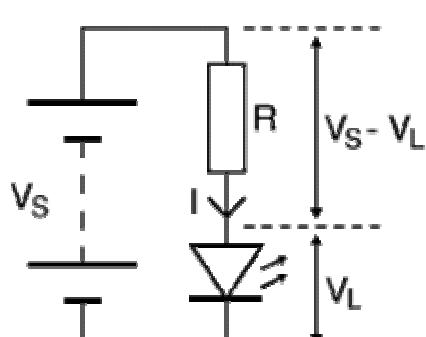
وتصل دائمًا مقاومة قيمتها ما بين  $680\text{ }\Omega$  إلى  $1\text{ k}\Omega$  لتحمي الثنائي البعد للضوء LED



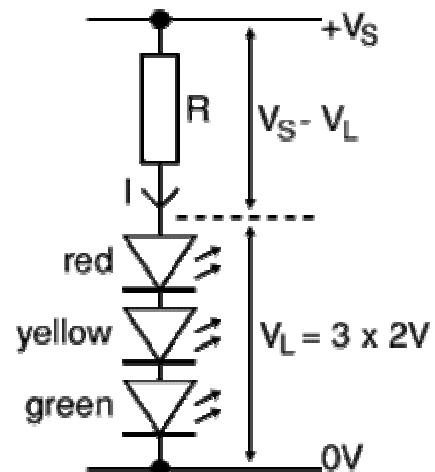
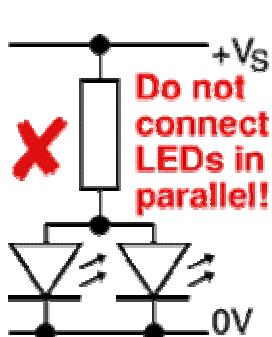
## الثائي ثلاثي الألوان :



وهو مبين في الشكل جانبياً ..  
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 المhibit المشترك (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

: التيار الأعظمي الأمامي المار في الثنائي ..

: الجهد الأمامي النموذجي من أجل تشغيل الثنائي ..

: الجهد الأمامي الأعظمي الذي يمكن للثنائي أن يتحمله ..

: الجهد العكسي الأعظمي الذي يمكن للثنائي أن يتحمله ..

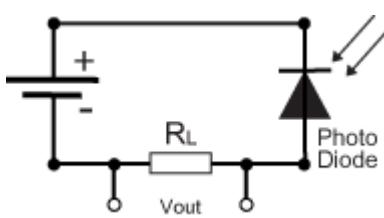
.. mcd = millicandela : شدة السطوع للثنائي ..

: زاوية انعكاس الرؤية للإضاءة ..

.. nm = nanometer : طول موجة الضوء الصادر ..

## الثائي الضوئي : Diode Photo

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



عندما يسقط الضوء على الثنائي الضوئي ، يقوم الضوء بكسر الروابط اليلوية ويتحرر عدد من الشحنات التي تسمى بشحنات الأقلية ، يزداد هذا العدد بزيادة الضوء الساقط مكوناً تياراً يسمى بتيار التسريب يستخدم في الدوائر الالكترونية .

## الثائي السعوي : Diode Varactor

تستخدم الثنائيات السعوية كمكثفات متغيرة اعتماداً على الجهد الواقع عليها. والثانوي السعوي أساساً عبارة عن وصلة ثنائية (PN) من السيليسيوم موصولة 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 ( 2500 pF ) .

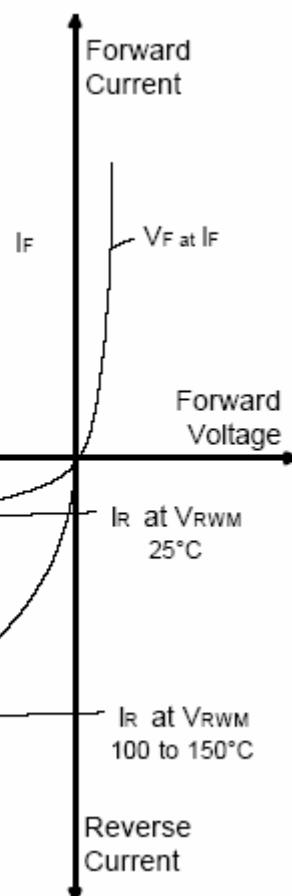
يلعب الكمون العكسي المطبق من منبع خارجي الدور الرئيسي في تحديد قيمة السعة الذاتية ، فمع اردياده تزداد ثخانة (سماكة) منطقة الكمون الحاجز (d) فتنقص السعة الذاتية (cd) .

إن السعة الذاتية (cd) تتناقص بازدياد الكمون العكسي المطبق ، ويجب ملاحظة عدم الوصول إلى كمون الانهيار العكسي و إلا 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 التردد (FM) وفي دارات الترددات فوق العالية (UHF) وخاصة في أجهزة التلفزيون كما يمكن استخدامه كأي ثانوي عادي .

### 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 $V_{RWM}$ )

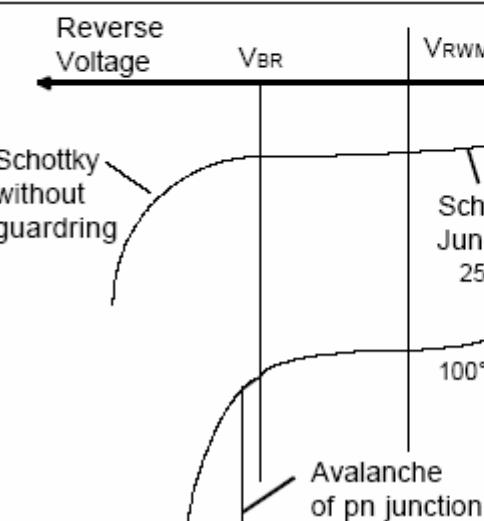


## ثائي شوتكي : Schottky diode

هذه الثنائيات تُستعمل لتقويم التيار المتناوب إلى التيار المستمر . وذلك عندما يكون تردد التيار المتناوب عالي جداً .

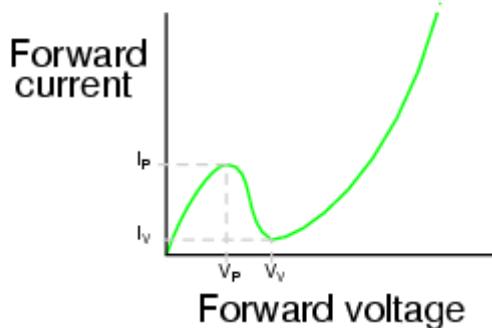


Anode  
Cathode



## Tunnel diode

Anode  
Cathode



يصنع الثنائي النفقي بشكل عام من الجرمانيوم وتكون مساحة الوصلة في منطقة الكمون الحاجز صغيرة .

يتصرف الثنائي النفقي في التوصيل العكسي تماماً كالثانوي العادي ، أما في التوصيل العكسي فإنه يتصرف بطريقة مختلفة يبينها منحني الخواص .

ضمن مجال محدد يتناقص التيار الأمامي مع اردياد الكمون الأمامي المطبق أي أن الثنائي النفقي يبني 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 .

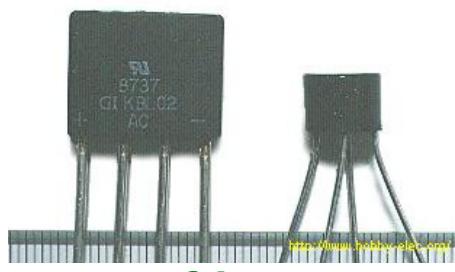
## الرموز المعبرة عن الثنائيات :

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

## الثنائيات الجسرية :



14 A / 400 V



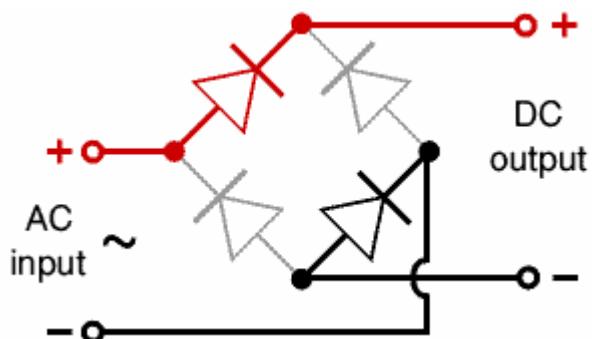
6 Amp



4 Amp



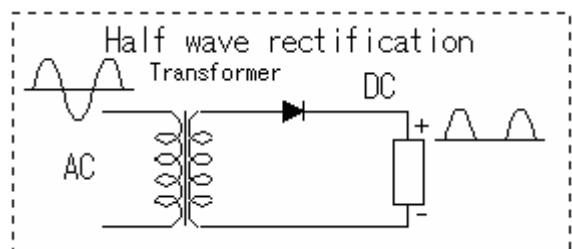
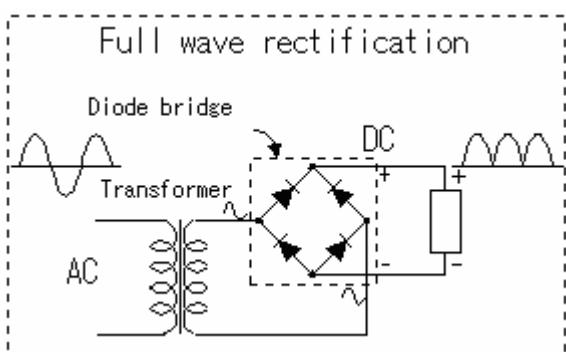
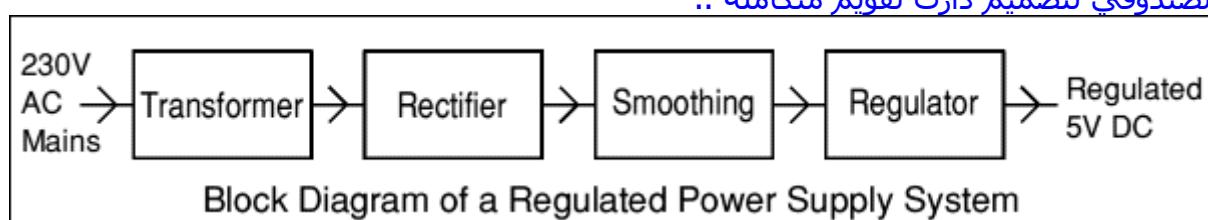
1 Amp

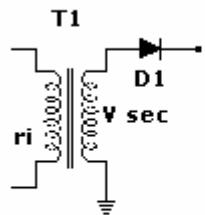


يتكون الثنائي الجسرى (جسر التقويم) من أربعة ثنائيات عادية موصولة مع بعضها بشكل جسرى .. يحتوى الثنائي الجسرى على أربعة نقاط يكون مشاراً عليها بالرموز التالية (~ - +) .. إشارة (~) الموجودة على القطبين هي مدخل المقوم الجسرى (تيار متناوب) .. إشارتي (- +) هي مخارج المقوم .. يتم فحص المقوم الجسرى كما لو أنها نفحص الثنائي المقوم بأخذ كل نقطتين بالنظر إلى الشكل السابق ، أي أنها سنفحص الثنائيات الأربع (باستخدام الأفومتر) .. تستخدم هذه الثنائيات في دارات التقويم ..

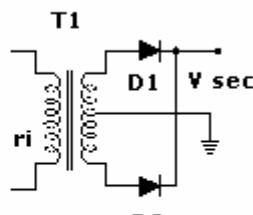
## دارات التقويم والترشيم :

المخطط الصندوقى لتصميم دارت تقويم متكاملة ..

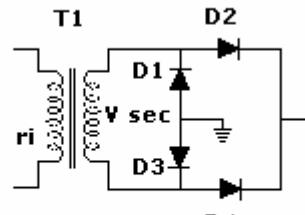




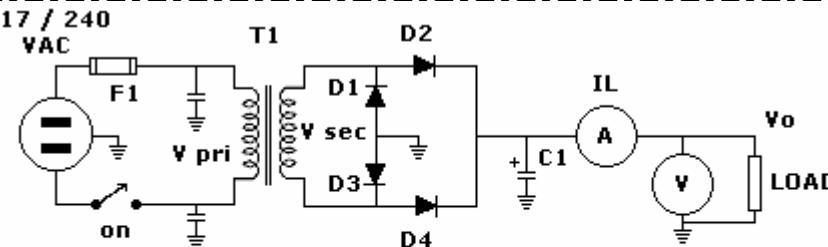
half wave  
rectifier



full wave  
rectifier



bridge  
rectifier



$$V_o \text{ (no load)} = V_{\text{sec}} \times 1.414$$

$$P_o = V_o \times I_L$$

$$\text{Load (RL)} = V_o / I_L$$

$$C_1 \text{ (Vmin)} = V_o \times 1.414$$

$$F_1 \text{ (A)} = (2 \times I) / N \quad (N = \text{turns ratio})$$

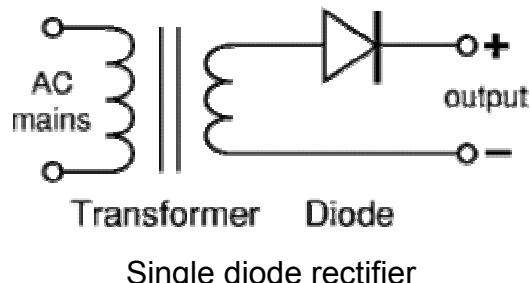
$$V_{\text{sec}} = V_o / 1.414$$

The formula for C1 is:

$$C_1(\mu\text{F}) = [(I_L \times t) / V_{\text{rip}}] \times 10^6$$

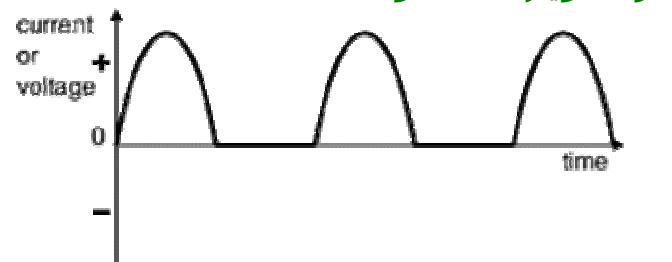
$$C_1 = [(0.5A \times 0.00833) / 0.92V] \times 10^6$$

$$C_1 = 0.00453 \times 10^6 = 4529 \mu\text{F}$$



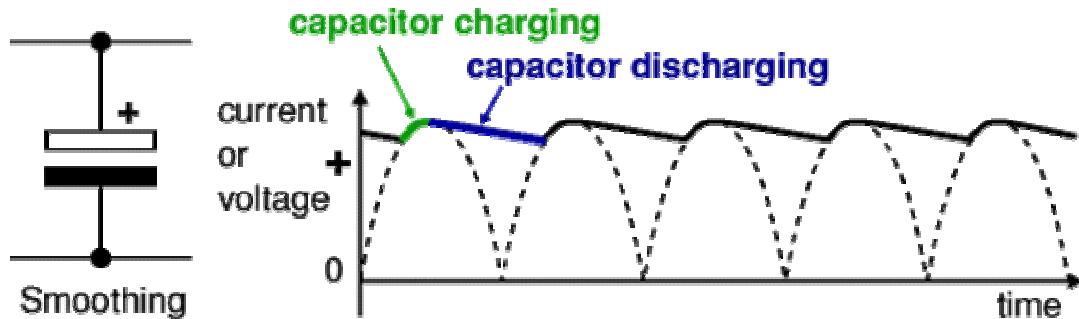
Transformer Diode

Single diode rectifier



Output: half-wave varying DC

التوضيح :



**Smoothing capacitor for 10% ripple,**

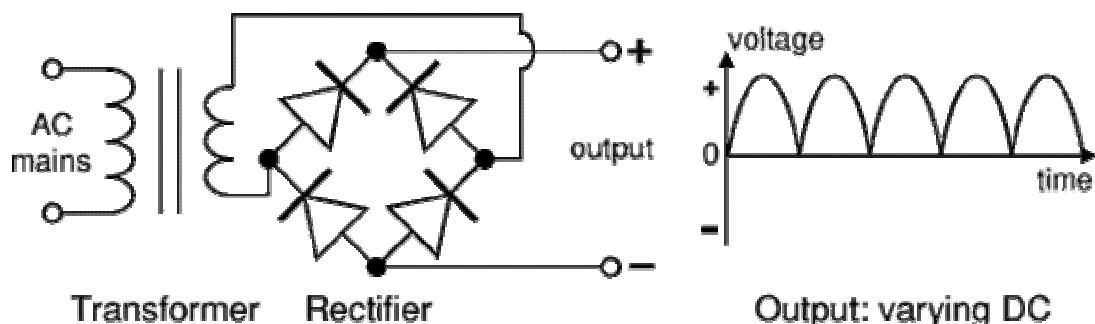
$$C = \frac{5 \times I_o}{V_s \times f}$$

**I<sub>o</sub>** = output current from the supply ..

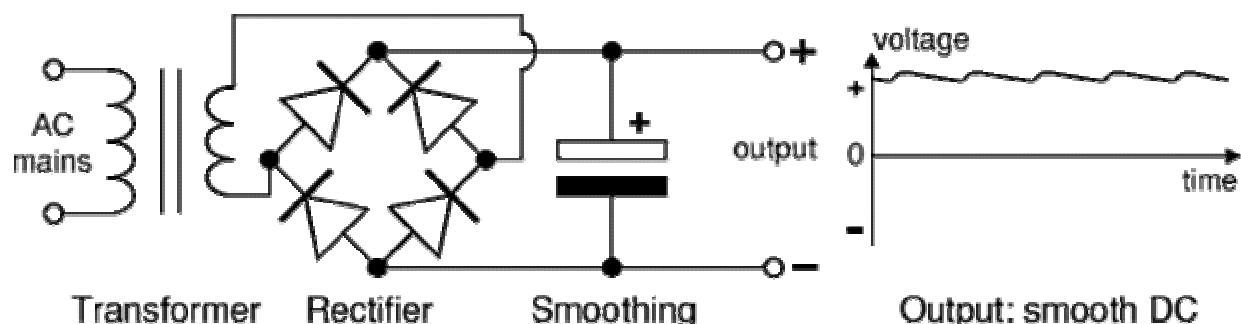
**V<sub>s</sub>** = supply voltage (peak value of unsmoothed DC) ..

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

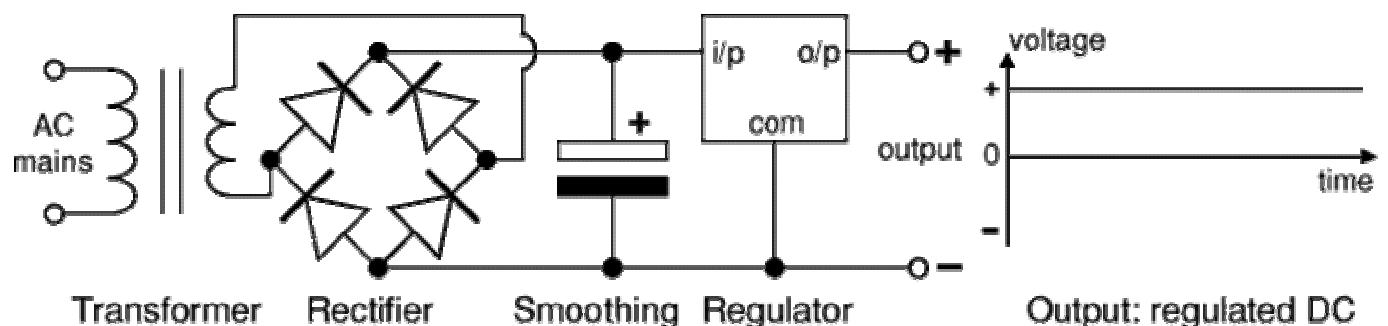
### Transformer + Rectifier



### Transformer + Rectifier + Smoothing



### Transformer + Rectifier + Smoothing + Regulator

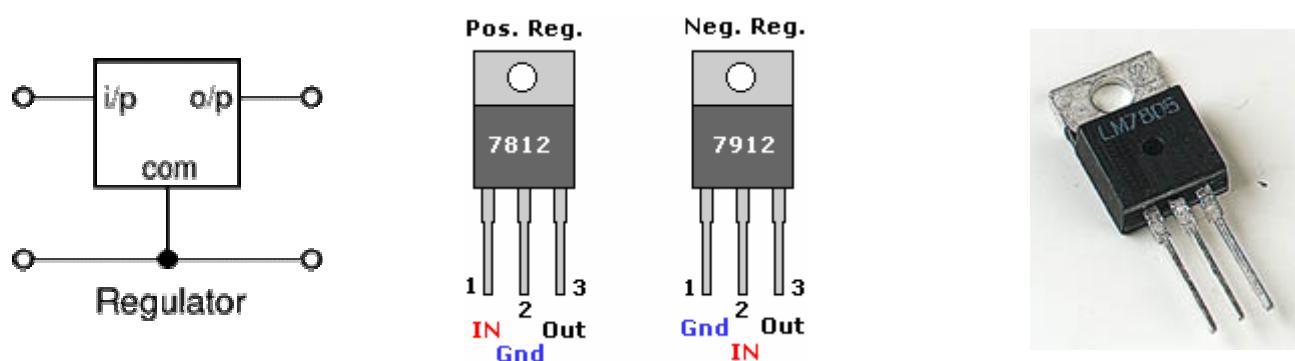


### نظمات الجهد وتطبيقاتها :

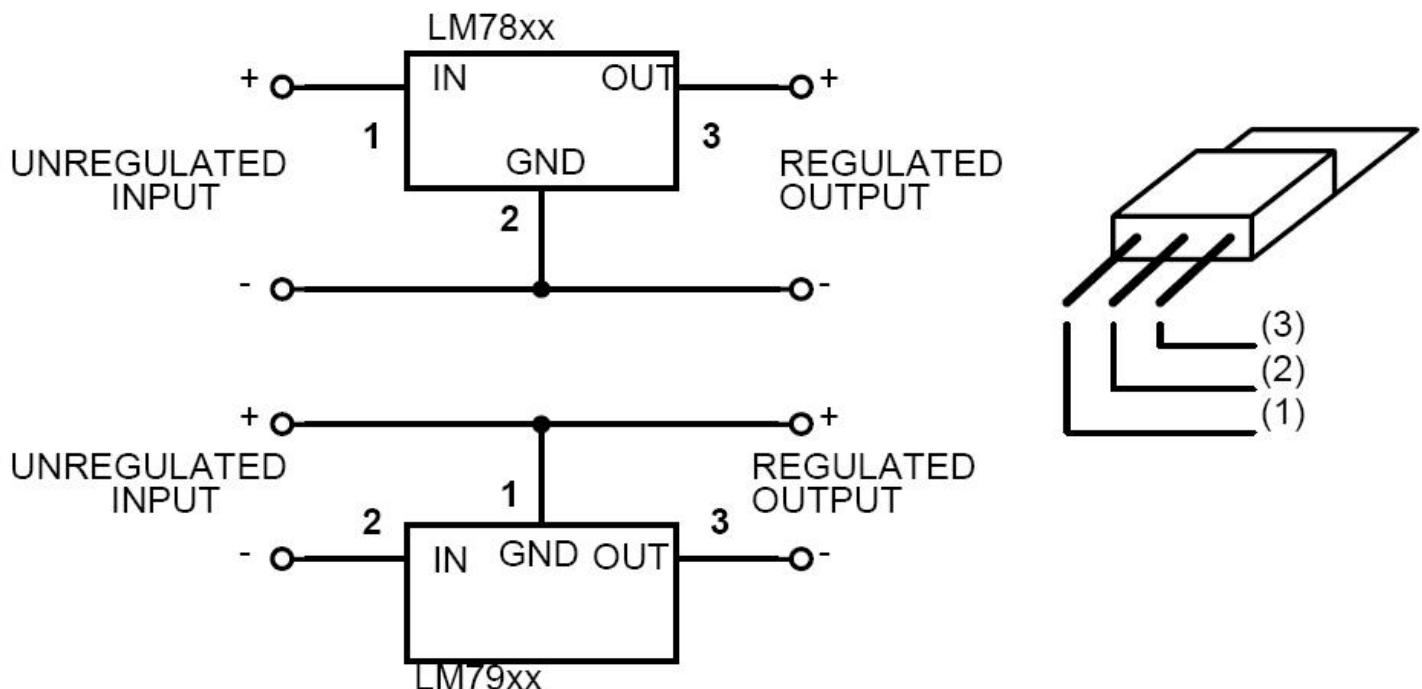
تستخدم منظمات الجهد في الدارات الإلكترونية عندما تحتاج جهود خرج ثابتة ودقيقة .. إن أشهر أنواع هذه المنظمات هي العائلة (78XX ، 79XX) ، حيث تستخدم العائلة (78XX) من أجل تنظيم الجهد الموجبة ، وتستخدم العائلة (79XX) من أجل تنظيم الجهد السالبة ..

إن لمنظم الجهد ثلاث نقاط (مدخل ، ومخرج ، وأرضي) ..

**ملاحظة هامة :** دائمًا نضع على مدخل ومخرج المنظم مكثفات من رتبة النانوفاراد من أجل حماية المنظم من ارتفاع الجهد المفاجئ ومن الحالات العابرة للتيار ..

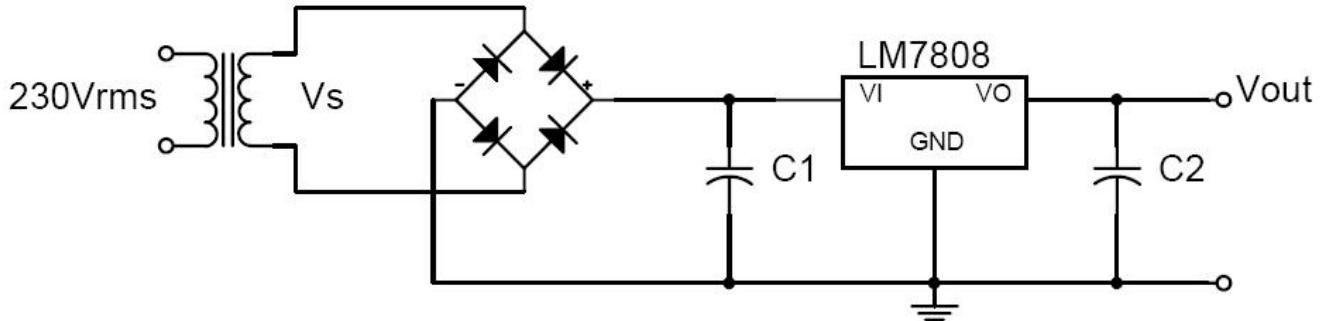


## Fixed Voltage Regulators (7800, 7900 series)



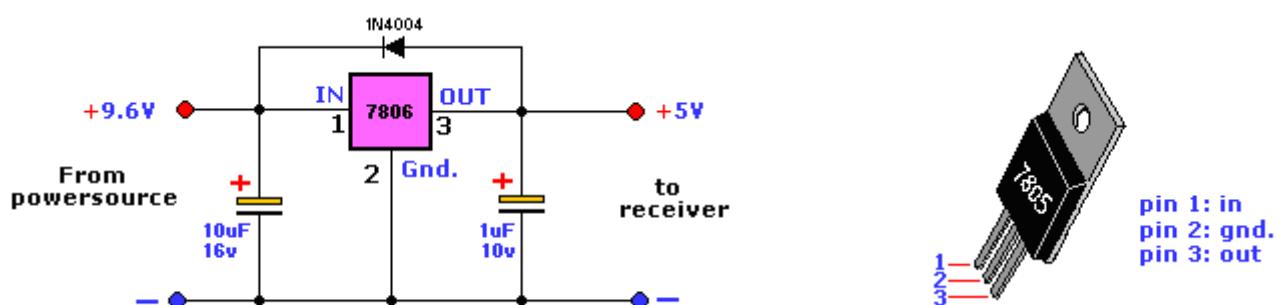
الجدول التالي يبين جهود التنظيم للعائلة (78XX ، 79XX ..)

IC Part Number	Output Voltage	Minimum $V_{in}$ Required
7805	+5V	7.3V
7806	+6V	8.35V
7808	+8V	10.5V
7810	+10V	12.5V
7812	+12V	14.6V
7815	+15V	17.7V
7818	+18V	21V
7824	+24V	27.1V
7905	-5V	-7.3V
7906	-6V	-8.35V
7908	-8V	-10.5V
7910	-10V	-12.5V
7912	-12V	-14.6V
7915	-15V	-17.7V
7918	-18V	-21V
7924	-24V	-27.1V



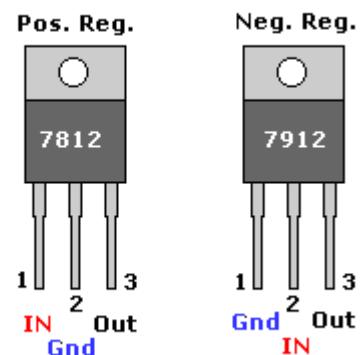
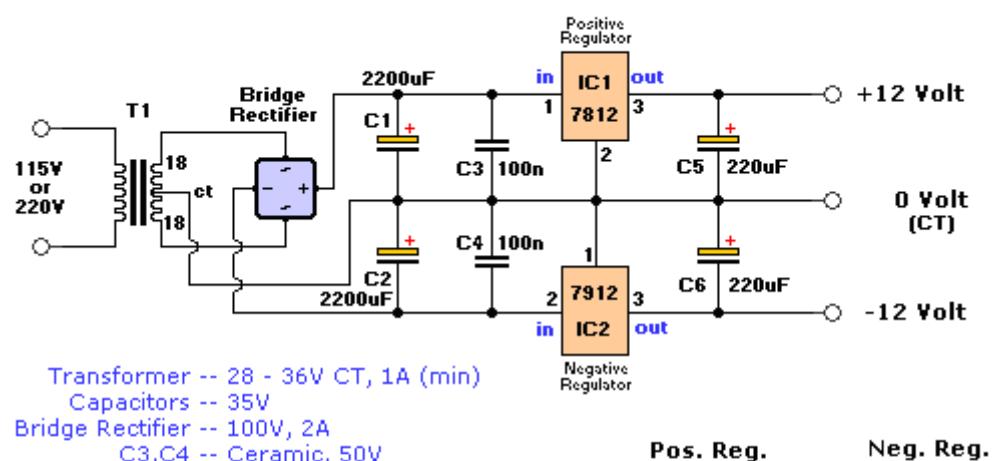
الدارة السابقة تحوي منظم جهد ٨ فولت تيار مستمر ، كما أن الجهد تعطى بالعلاقات التالية :  
من الجدول السابق فإن المنظم (7808) يحتاج في دخله إلى جهد أصغر (10.5V) ، بالإضافة إلى هبوط الجهد على المقوم الجسري (0.7+0.7) وبالتالي فالجهد الثانوي من القمة للقمة للمحول (10.5+0.7+0.7=11.9V) ..  
أما القيمة الفعلية للجهد على الطرف الثانوي (11.9 / 1.41 = 8.145 Vrms) ..  
بالإضافة إلى العائلة (78XX , 79XX) يوجد عائلات أخرى تتنظم جهود متغيرة مثل المنظمات (LM317) ..

### دارات تغذية عملية :



الثاني (1N4004) يظل منحازاً أثناء التشغيل الطبيعي وهو يستخدم لحماية المنظم في حال تم توصيل جهد بقطبية معكosa إلى الخرج .

### Dual Voltage Power Supply



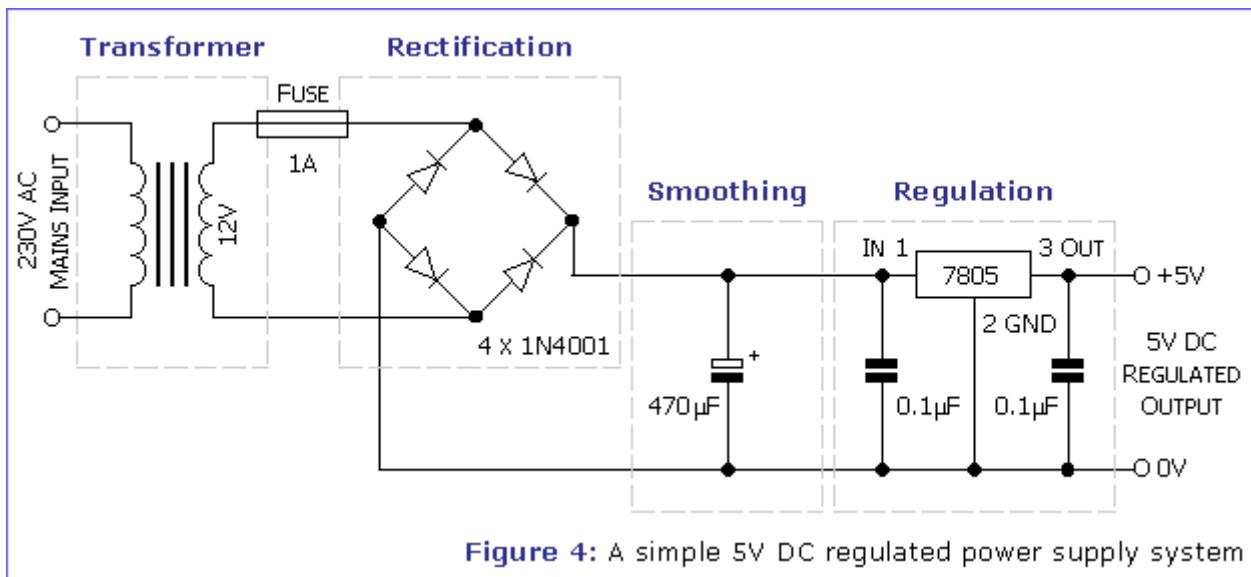
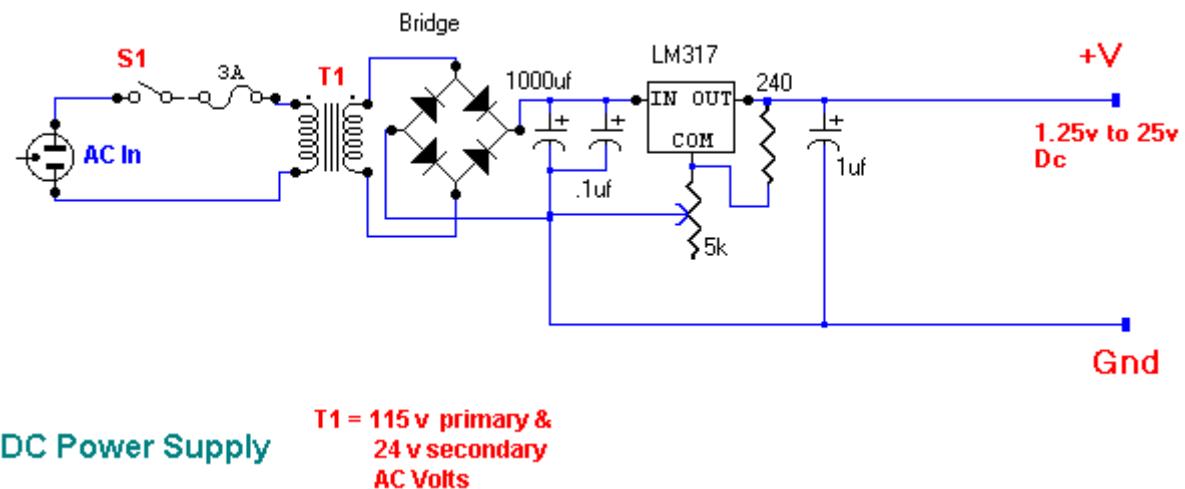


Figure 4: A simple 5V DC regulated power supply system

## Variable DC Power Supply

الدارة التالية عبارة عن دارة تغذية منظمة من (LM317) ، ومن اجل تغيير الجهد في الخرج ندور المقاومة المتغيرة (5K) ، ومن اجل الحصول على جهد ٢٥ فولت في الخرج فإنه يجب ان يكون الجهد على دخل المنظم ٢٨ فولت ..



DC Power Supply

T1 = 115 v primary &  
24 v secondary  
AC Volts

## وحدة تغذية متغيرة موجبة

شرح الدارة :

ال الثنائيات D1-D4 تكون جسر تقويم بهدف تحويل جهد الدخل المتناوب AC إلى جهد مستمر DC .. المكثف C1 يقوم بترشيح وتنعيم جهد خرج جسر التقويم المستمر ، في حين المكثف C2 يمنع مرور الترددات العالية ..

ال دائرة LM317 هي دارة تنظيم جهد قابل للضبط بهدف الحصول على جهد الخرج المطلوب . الثنائي D5 يظل منحازاً أثناء التشغيل الطبيعي وهو يستخدم لحماية المنظم في حال تم توصيل جهد بقطبية معكوسه إلى الخرج .

يقدم المنظم جهازاً مرجعياً اسميّاً قدره ١,٢٥ V بين الخرج وماخذ الضبط ، يتم تطبيق هذا الجهد عبر المقاومة R1 وهو يسبب مرور تيار ثابت .

يمر هذا التيار الثابت عبر المقاومة المتغيرة VR1 ، ومن خلال ضبط المقاومة VR1 ستتغير قيمة الجهد وبالتالي يتم ضبط جهد الخرج .

ووجه الخرج يعطى بالمعادلة :

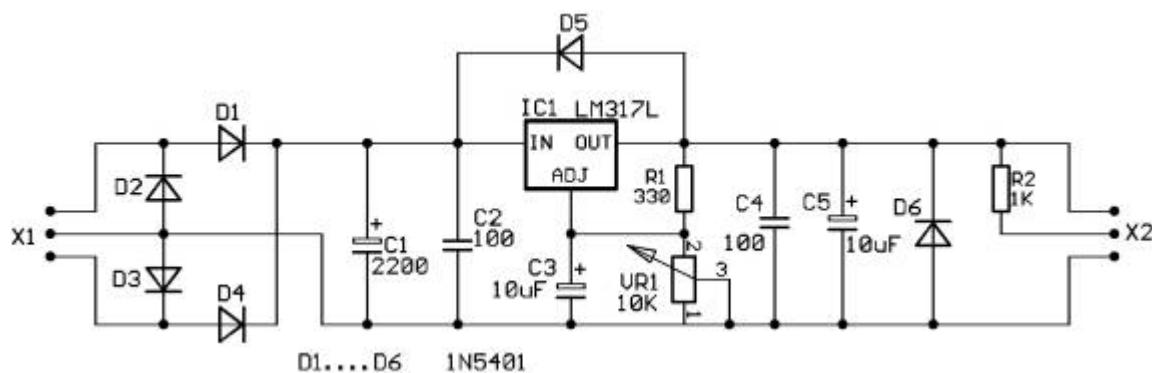
$$V_{OUT} = 1.25 \left( 1 + \frac{VR1}{R1} \right)$$

يتحسس المكثف C3 من ممانعة الإشارة للمنظم في حين يؤمن المكثفات C4 و C5 منعاً لمرور الترددات العالية والمنخفضة على التوالي .

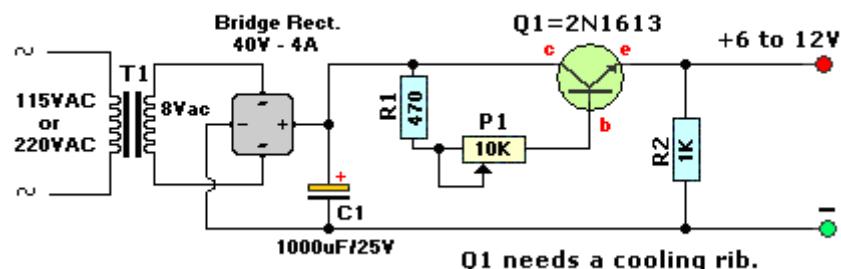
يشير الثنائي الضوئي إلى وجود الجهد على الخرج ، التيار المار عبر هذا الثنائي الضوئي يجب أن يكون بين 5mA و 20mA ويتم تحديده من خلال R2 ، وقيمة R2 تتغير تبعاً لقيمة جهد الخرج المطلوبة وتحسب بالعلاقة :

$$R2 = (V_{OUT} - V_{LED}) / (10 \times 0.001)$$

حيث :  $V_{LED} \approx 2V$

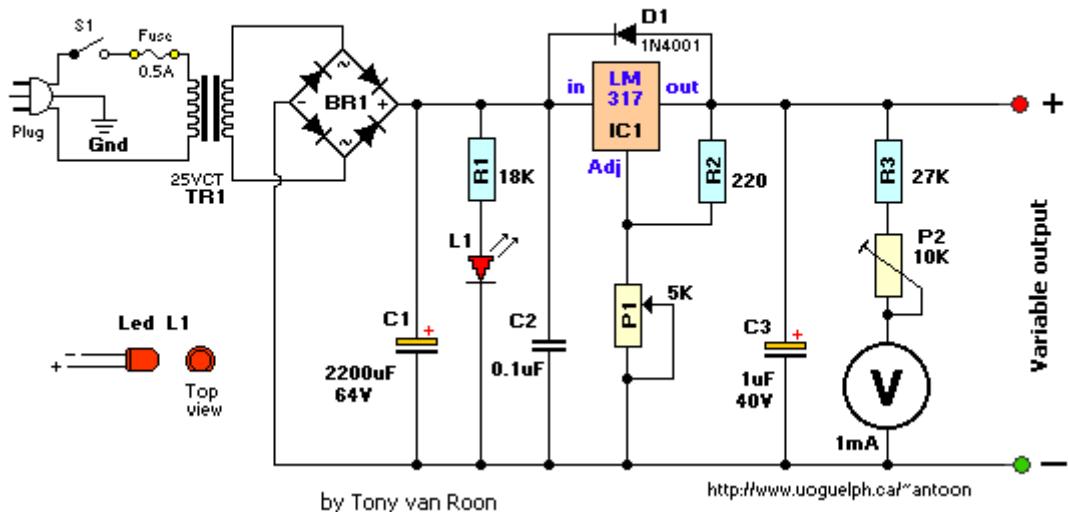


Mini-drill Adjustable Powersupply (c) Tony van Roon



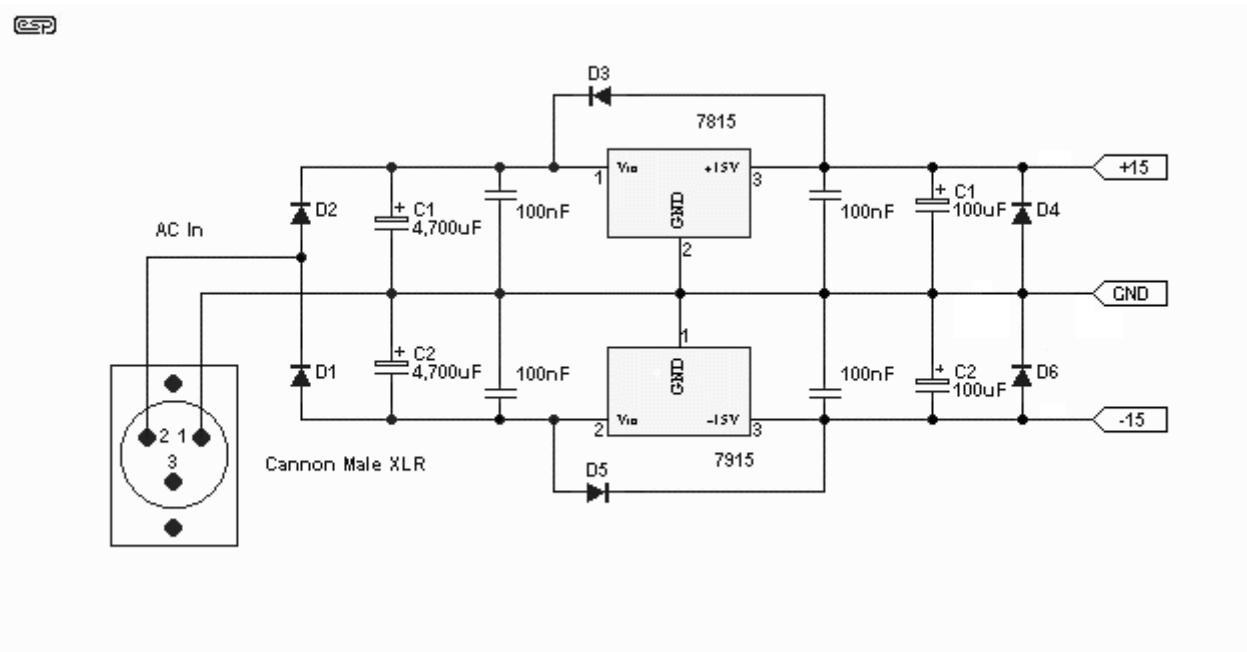
## Variable Regulated Power Supply

1.2 to 30Volts @ 1.5 Amps.

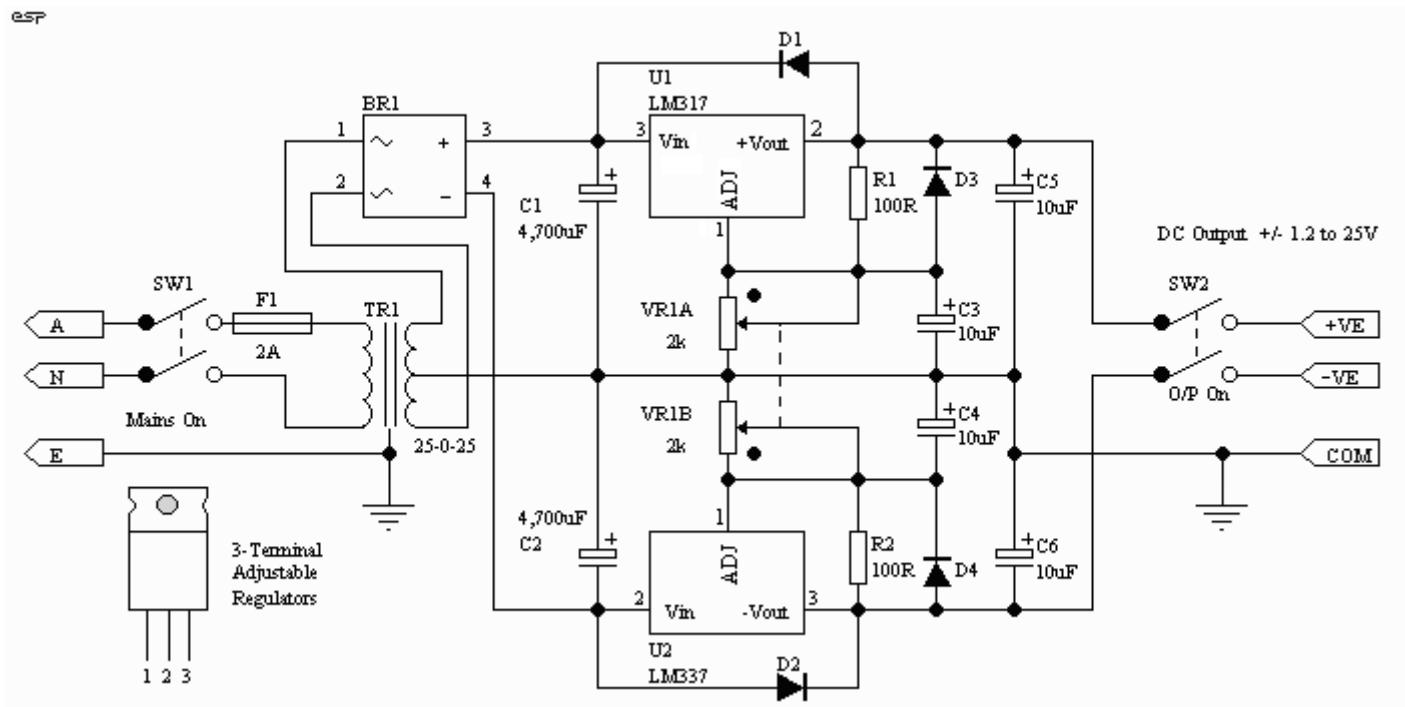


قابل للتعديل من ١,٢ فولت إلى حوالي ٣٠ فولت ، والتيار الأقصى حوالي ١,٥ أمبير

## +/-15V Preamplifier Power Supply



## وحدة تغذية متغيرة ( 1.2 To 25 V ) ثنائية القطبية



**دارة تقويم موجة كاملة جسرية**

$$V_{dc} = \frac{2Vm}{\pi}$$

$$V_{rms} = \frac{Vm}{\sqrt{2}}$$

$$V_{dc} = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi}$$

$$V_{Diode} = Vm$$

$$I_{Diode} = 0.5IL$$

**دارة تقويم موجة كاملة نقطة مشتركة**

$$V_{dc} = \frac{2Vm}{\pi}$$

$$V_{rms} = \frac{Vm}{\sqrt{2}}$$

$$V_{dc} = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi}$$

$$V_{Diode} = 2Vm$$

$$I_{Diode} = 0.5IL$$

**دارة تقويم نصف موجة**

$$V_{dc} = \frac{Vm}{\pi}$$

$$V_{rms} = \frac{Vm}{2}$$

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}V}{\pi}$$

$$V_{Diode} = Vm$$

$$I_{Diode} = IL$$

# الترانزستور Transistors

عندما تضاف طبقة ثالثة للثاني بحيث يكون وصلتين فان الناتج هو عنصر جديد يطلق عليه " الترانزستور "، ويتمتع الترانزستور بقدرة عالية على تكبير الاشارات الالكترونية ، هذا بالرغم من حجمة الصغير .

## أنواع الترانزستور :

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



## ١- الترانزستور PNP :

يحتوى الترانزستور PNP على ثلاثة بلورات اثنان موجبات P وبينهما واحدة سالبة N ليكون بذلك الترانزستور PNP .

## ٢- الترانزستور NPN :

يحتوى الترانزستور NPN على ثلاثة بلورات اثنان سالبتان N وبينهما واحدة موجبة P ليكون بذلك الترانزستور NPN .

**يحتوى كل ترانزستور على ثلاث أطراف وهي كما يلى :**

١- **المشع Emitter :** وهو الجزء المختص بإمداد حاملات الشحنة ( الفجوات في حالة الترانزستور PNP والالكترونات في الترانزستور NPN ) ويوصى المشع أماميا (forward) بالنسبة لقاعدة وبذلك فهو يعطي كمية كبيرة من حاملات الشحنة عند توصيله .

٢- **المجمع Collector :** ويختخص هذا الجزء من الترانزستور بتجميع حاملات الشحنة القادمة من المشع ، ويوصى عكسيًا (reverse) مع القاعدة .

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

## رموز الترانزستور :

هناك رموز للترايزستور والسهيم يدل على نوعه كما بالشكل:

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

الرمز		الشكل التجاري
NPN	 	
PNP	 	



## أشكال الترانزستور:



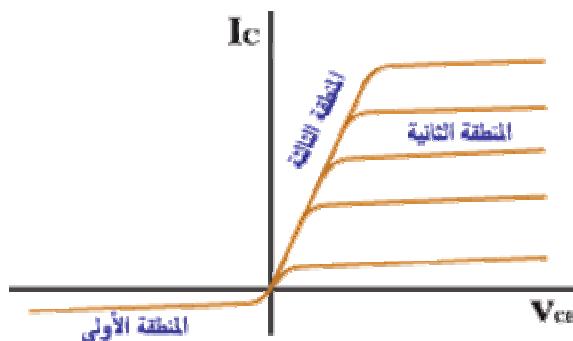
ترانزستور معدني



ترانزستور عادي

2	S	C	1815
ترانزistor إلى المخرج	لإشارة إلى المدخل	A ترانزistor نوع PNP لتطبيقات الترددات العالية	رقم المتن
ترانزistor	نافذ	B ترانزistor نوع PNP لتطبيقات الترددات المنخفضة	مضاف بغرض تغيير
		C ترانزistor نوع NPN لتطبيقات الترددات العالية	
		D ترانزistor نوع NPN لتطبيقات الترددات المنخفضة	

## خصائص الترانزistor :

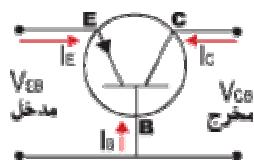


يوصل الترانزistor تيارا في الاتجاه الأمامي ولا يوصل تيارا في الاتجاه العكسي ومنطقة التوصيل تنقسم إلى ثلاث مناطق : **المنطقة الأولى**: وهي منطقة القطع التي لا يمر فيها تيار في مجمع Base الترانزistor .

**المنطقة الثانية**: وهي منطقة التكبير أو المنطقة الفعالة أو منطقة التشغيل الخطية للترانزistor .

**المنطقة الثالثة**: وهي منطقة التشبع التي يمر فيها أكبر تيار في مجمع Base الترانزistor في المنطقة الأولى والثالثة يعمل الترانزistor كمفتاح ، وفي المنطقة الثانية يعمل الترانزistor كمكبر .

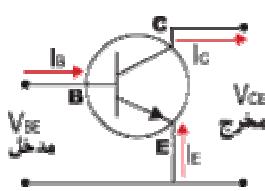
**طرق توصيل الترانزistor :** يوصل أحد أطراف الترانزistor بإشارة الدخل والطرف الثاني يوصل بإشارة الخرج ويشترك الطرف الثالث بين الدخل والخرج ، ولهذا يوصل الترانزistor في الدوائر الالكترونية بثلاث طرق مختلفة .



الشكل يبين ترانزistor موصى بطريقة القاعدة المشتركة Common Collector

### القاعدة المشتركة :Common Base

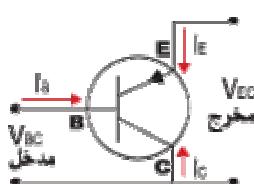
توصيل إشارة الدخل بين المشع والقاعدة Emitter and Base ، وتوصيل إشارة الخرج بين المجمع والقاعدة Base Collector and Base ولاحظ أن طرف القاعدة مشتركا بين الدخل والخرج ، ولهذا سميت طريقة التوصيل هذه بالقاعدة المشتركة Common Base .



الشكل يبين ترانزistor موصى بطريقة المشع المشتركة Common Emitter

### المشع المشتركة :Common Emitter

توصيل إشارة الدخل بين القاعدة والمشع Emitter and Base ، وتوصيل إشارة الخرج بين المجمع والمشع Base and Emitter ولاحظ أن طرف المشع Emitter مشتركا بين الدخل والخرج ، ولهذا سميت طريقة التوصيل هذه بالمشع المشتركة Common Emitter .

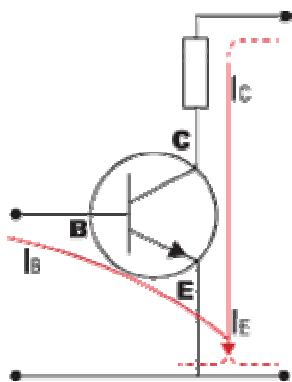


الشكل يبين ترانزistor موصى بطريقة المجمع المشتركة Common Collector

### المجمع المشتركة :Common Collector

توصيل إشارة الدخل بين القاعدة والمجمع Collector and Base ، وتوصيل إشارة الخرج بين المشع والمجمع Collector and Emitter ولاحظ أن طرف المجمع Collector مشتركا بين الدخل والخرج ، ولهذا سميت طريقة التوصيل هذه بالمجمع المشتركة Common Collector .

## بعض الحقائق عن الترانزستور :



الشكل يبين اتجاهات التيار (الفجوات) في الترانزستور NPN

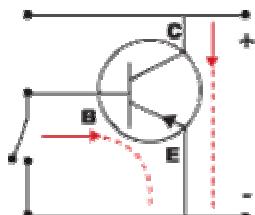
طبقة القاعدة Base في الترانزستور تكون رقيقة جداً يليها المشع Collector أكبدهم المجمع Emitter.

يكون المشع Emitter مشبعاً بحملات الشحنة بحيث يمكنه إمداد عدداً هائلاً منها أما القاعدة Base فتكون خفيفة التشبع وتعمل على إمرار غالبية الشحنات القادمة من المشع Emitter إلى المجمع Collector ويكون المجمع متوسط التشبع.

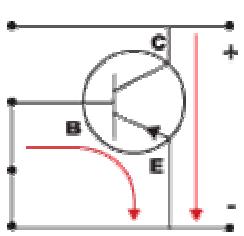
وصلة المشع مع القاعدة Forward تكون أمامية دائماً أما وصلة المجمع مع القاعدة Collector-Base فتكون عكسية Reverse.

يتميز المشع Emitter عن بقية أطراف الترانزستور بوجود سهم عليه، يشير السهم إلى اتجاه التيار (الفجوات)، ففي نوع PNP نجد أن (التيار) الفجوات (يتدفق خارجاً من المشع Emitter أما في النوع NPN نجد أن التيار يتوجه داخلاً إلى المشع Emitter).

## هناك مساران للتيار في دوائر الترانزستور:



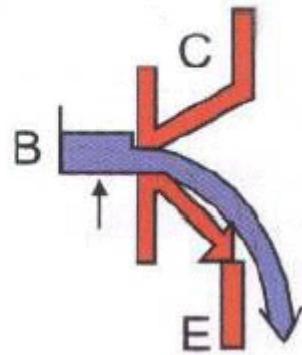
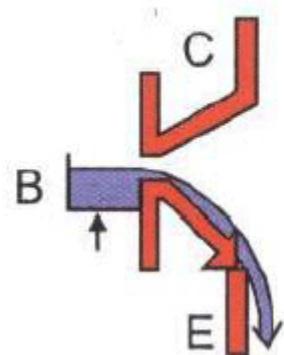
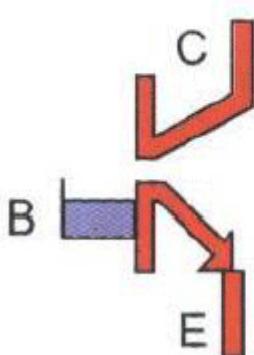
**المسار الأول:** المجمع Collector – المشع Emitter .  
إذا سلط فرق جهد بين مجمع Collector ومشع Emitter من النوع PNP بحيث يكون المجمع Collector موجباً بالنسبة للمشع Emitter وتركت دائرة القاعدة Base – المشع Emitter مفتوحة فسوف لا يمر تيار لا في دائرة المجمع Collector – المشع Emitter ولا في دائرة القاعدة Base – المشع Emitter .



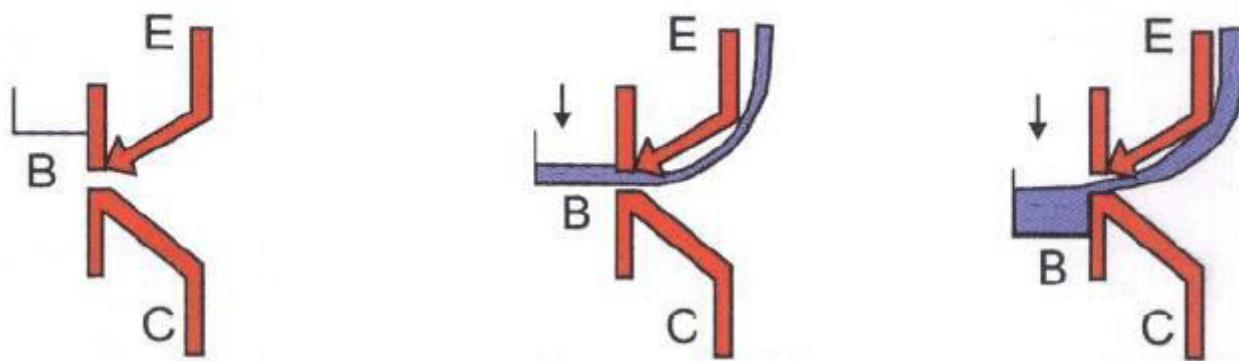
**المسار الثاني:** القاعدة Base – المشع Emitter .  
إذا سلط جهد انحياز أمامي على دائرة القاعدة Base – المشع Emitter قيمته (0,7 فولت) فإن عدد من الالكترونات تترك المشع Emitter بسبب جهد الانحياز الأمامي بين القاعدة Base والمشع Emitter متوجهة نحو القاعدة Base .  
وحيث أن القاعدة Base غير مشبعة بالشحنات ورقيقة جداً (1000 من الميلي متر)، لذلك فإن عدد الالكترونات التي تتحدد بالفجوات في القاعدة Base يكون قليلاً جداً لا يتعدي 1% من الالكترونات المشع Emitter التي تتجه نحو القاعدة Base .

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

**ترانزستورات NPN ...** ارفع الوعاء (القاعدة) والذي يحوي الماء، عندما يصبح مستوى أعلى من جدار (حاجز) الباعث فإن الماء سبّتفق نحو الباعث. وسيتدفق تيار المجمع أيضاً بشكل تناسبي.

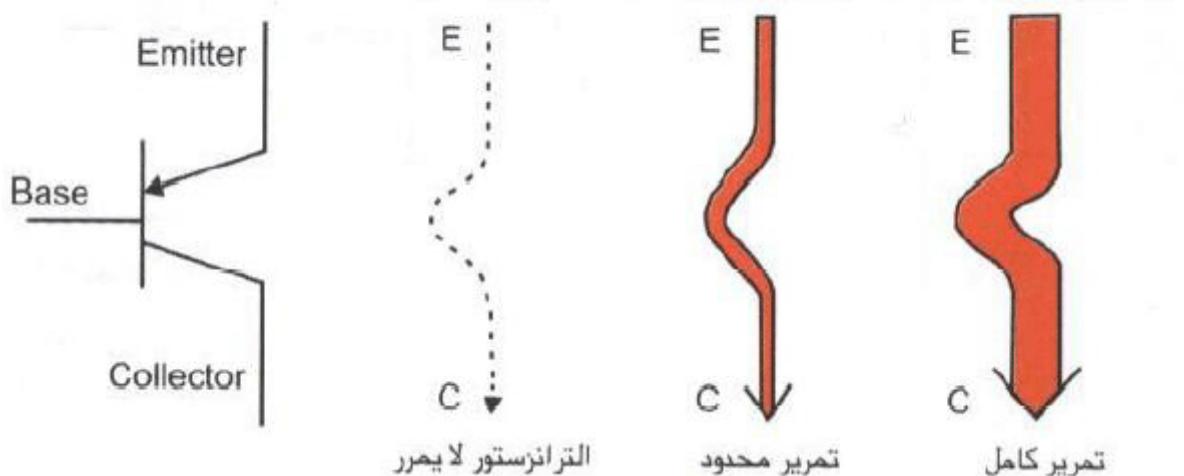
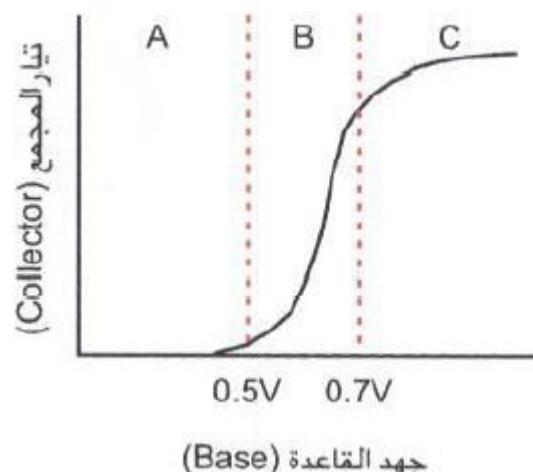


**ترانزستورات PNP** ... قم بتحفيض الوعاء ( القاعدة ) الحالى من الماء، عندما يصبح مستوى أخفض من جدار الباعث فإن الماء سيتدفق إلى الوعاء من الباعث. سيتدفق تيار المجمع بشكل تناسبي أيضاً.



**ما 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 الجermanium.
- 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 وتحرج كبيرة من دائرة المجمع - المشع



## يوحد تصنیفان للترانزستور بشکل عام وهمما :

### Junction Transistor Bipolar - ١

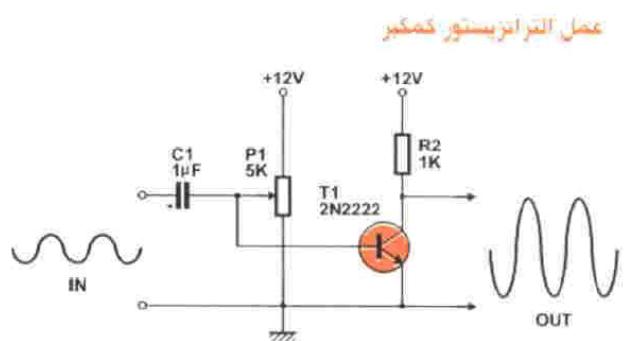
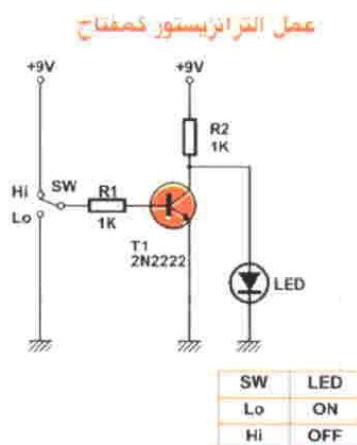
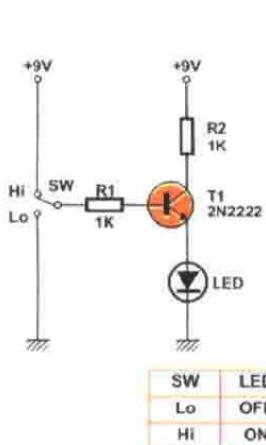
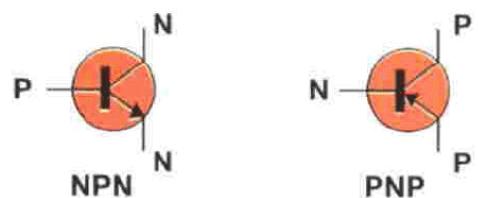
ويطلق عليه اختصارا BJT والكلمة معناها أن كلا من الإلكترونات والفجوات holes تستخدم كحاملات للتيار . وهذا النوع أيضا يعتبر من العناصر الذي يتحكم فيها بواسطة تيار الدخل Current Controlled أي أن تيار الخرج يعتمد على تيار الدخل.

### Junction Transistor Unipolar - ٢

ويطلق عليه أيضا FET اختصارا لـ Field 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 (أحددهما) هي حاملة التيار.

## ترانزستورات ثنائية الوصلة (BJT)

الترانزستور ثنائية الوصلة هو عنصر نصف ناقل يملك ثلاثة أرجل بحيث يمكن لتيار صغير مطبق على أحدي هذه الأرجل أن يتحكم بتيار أكبر بكثير يمر فيما بين الطرفين الآخرين . أي أن الترانزستورات من هذا النوع يمكن أن تعمل كعنصر في آن معاً (مكثف ومفتاح) . تصنف الترانزستورات ذات الوصلتين إلى صنفين NPN أو PNP وذلك حسب نوع الشوارد المتواجدة في مناطق الترانزستور الثلاثة . ■



## أطراف الترانزستورات الشائعة

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 Regulator 1amp 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

## مدخل إلى الترانزistor بالتوظيم الكهربائي

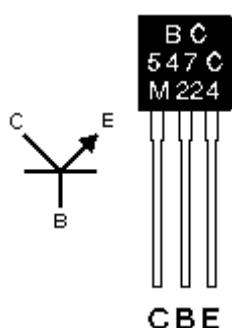
**وظيفة الترانزistor :** يستعمل الترانزistor كعنصر كهربائي فعال وذلك كمكّر أو مفتاح وهناك نوعان منه :

الأول وهو أكثر استعمالا - **ترانزistor 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 كترانزistor FET مثلا ، أي ترانزistor تأثير المجال . ويتأثر فيه مجالا كهربائيا عن طريق قناة نصف موصلة للتيار .

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

وهناك ما يسمى بـ **تقنيات الترانزistورات أو منطق الترانزistor - ترانزistor TTL** (التي تستعمل في "تقنية الرقميات DIGITAL") في الحاسب مثلا ، وهي تسلسل من الترانزistورات تعمل كمفاتيح منطقية رقمية أو لتخزين المعلومات الرقمية .



### وصف الترانزistor :

الترانزistor هو عنصر له ثلاثة أطراف تخرج منه . و هي القاعدة B والمجمّع C والباعث E .. فيما يلي رسم لترانزistor من النوع BC547 مكّر أربع مرات .

### كيفية استخدامه :

- إذا وصلتَ منبع جهد بين الطرفين C و E فلن يسمح الترانزistor بمرور أي تيار (الشكل ١) لكن يوجد وصلة بين B و E ، فإذا أراد أحدهم جعل التيار يسري بين B و E فلا بد أن يستخدم هذا الشخص منبع للجهد و مقاومة (الشكل ٢)
- إذا جعلتَ التيار Ib يسري بين B و E ، عندئذٍ ستسمح المقاومة بتمرير التيار  $Ic = \beta Ib$  بين C و E (الشكل ٣) ، في هذه الحالة تكون  $\beta$  بحدود ١٠٠ ..

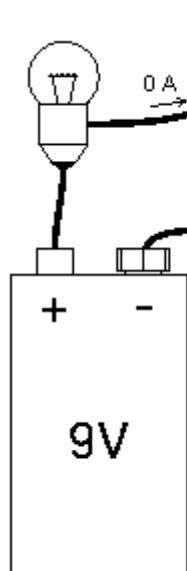


Fig. 1

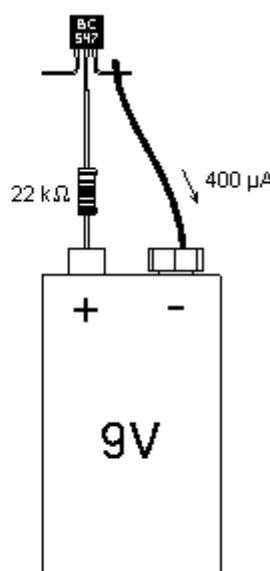


Fig. 2

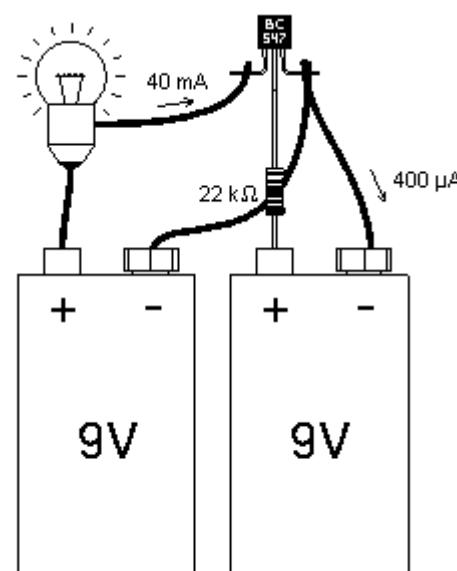


Fig. 3

المخططات الكهربائية الموافقة للأشكال ١ و ٢ و ٣ هي الأشكال ٤ و ٥ و ٦ ..

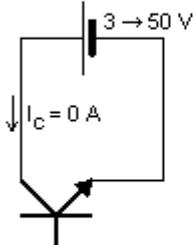


Fig. 4

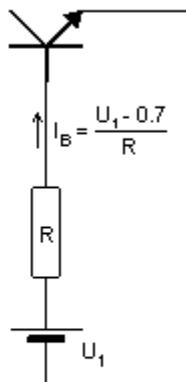


Fig. 5

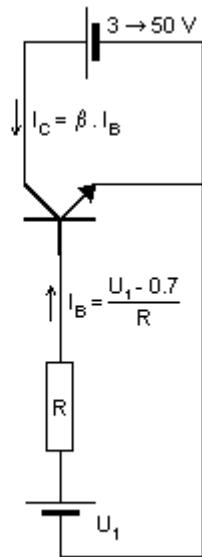


Fig. 6

**ملاحظة :** إذا أردتَ تجرب هذه الدارات يمكنك استخدام بطارية ٧٩ واحدة بدلاً من اثنتين ( الأشكال ٧ و ٨ ) .

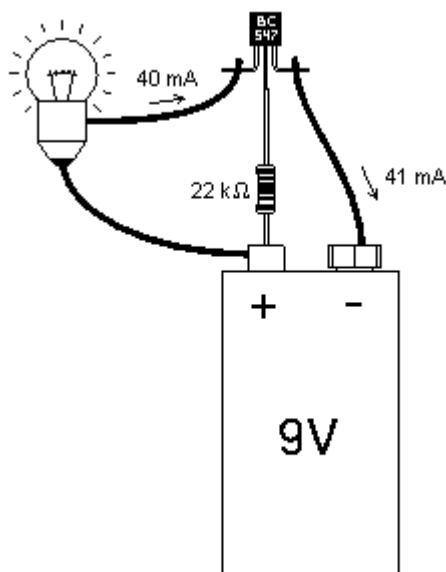


Fig. 7

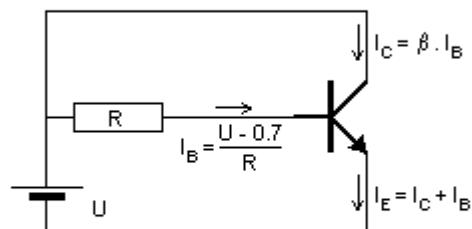


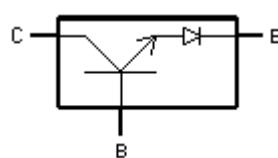
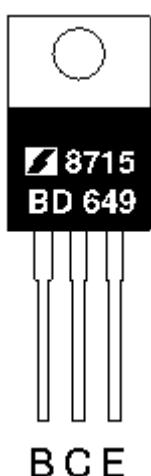
Fig. 8

**انته للقطبية :** ضع الأسلك الموجبة و السالبة في مواقعها الصحيحة ، فاتجاه التيار هام جداً في الترانزistor ..

الترانزistor BC547 ضعيفٌ إلى حد ما لجعل مصباح يضيء ، ستحصل على نتائج أفضل باستخدام ترانزistor أقوى ، مثل BD649 . و فيما يلي رسم له مكبر مرتين ..

في البداية ، قد تحصل معك أخطاء في توصيلات الأسلاك ستؤدي إلى جعل الترانزistor يبديد الكثير من الحرارة ، وقد تحرق العديد من الترانزistors ، هذا أمر طبيعي ..

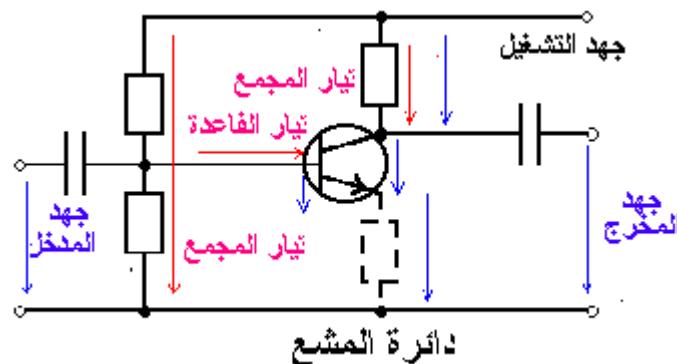
والسبب في إنفاص ٧ Volt من الجهد (UBE) هو أنّ الترانزistor ثنائي القطبية يحوي بداخله دiod "طفيلي" .. ومقدار الجهد الذي ينبغي طرحه يعتمد على نوع نصف الناقل : ٧٠,٧٠,٢٠ من أجل السيليكون ، و ٢٠ من أجل الجيرمانيوم .



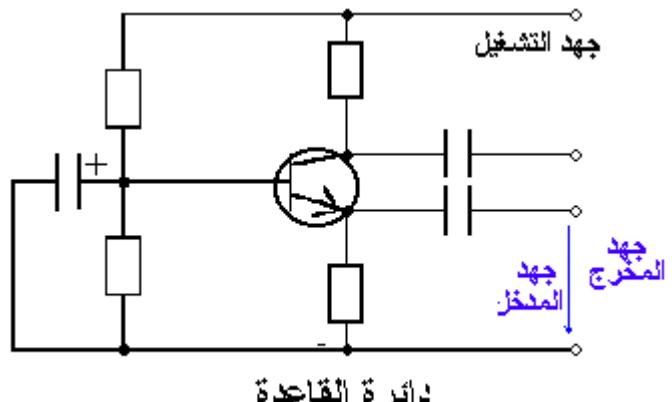
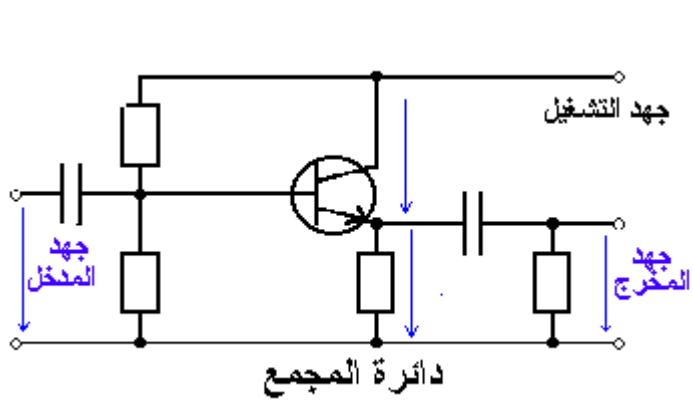
## الدوائر الأساسية للمكبرات

لأسباب التكبير و"الملازمة" بين المراحل (ملائمة قدرة ، ملائمة جهد ، ملائمة تيار ، ملائمة مقاومة ...) تستعمل الدوائر الأساسية للمكبرات .

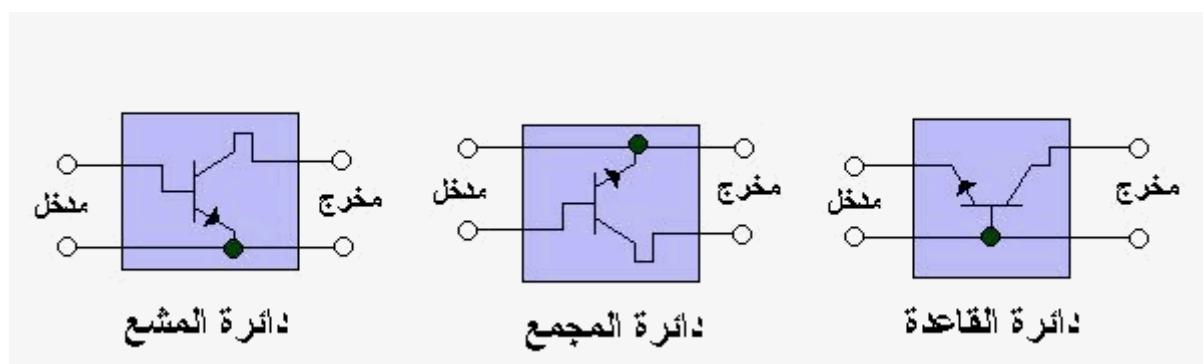
وهناك ثلاثة وصلات مكبرة : "**وصلة المشع**" ، و**وصلة المجمع**" وهي لا تكبر الجهد وعامل تكبيرها للجهد من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ ، و"**وصلة القاعدة**" وأقوى ما تكبره هي التيار ثم الجهد ، و تستغل لملازمة المقاومة ، و**وصلة المخرج**" و تستغل في الترددات العالية .



**الدوائر الأساسية للمكبرات**



ولتتميز بينهم (تخطيطيا) فكل مكبر له ثلاثة وصلات : وصلتان للمدخل ووصلتان للمخرج ، و لكن الترانزistor له ثلاثة وصلات ، والوصلتان المشتركتان له للمدخل وللمخرج هي الذي تعطي الدائرة الاسم .



وبسبب اختلافات التوصيل في هذه الدوائر الأساسية تتميز كل دائرة خصائص معينة . وهذه الخصائص توصف بالمعطيات التالية :

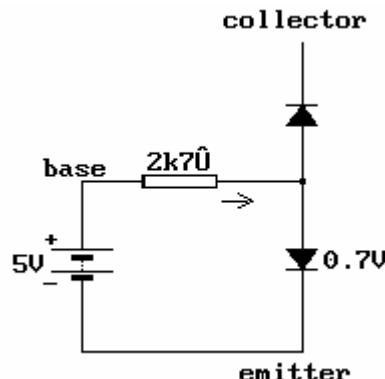
## محطيات الوصلات الأساسية للترانزistorات

قاعدة	مجمع	مشع	
من ١٠٠ أوم إلى ١٠ كيلوأوم	من ١٠ إلى ١٠٠ كيلوأوم	من ١٠٠ أوم إلى ١٠ كيلوأوم	مقاومة التيار المتردد للمدخل
من ١٠ إلى ١٠٠ كيلوأوم	من ١٠٠ أوم إلى ١٠ كيلوأوم	من ١ كيلوأوم إلى ١٠ كيلوأوم	مقاومة التيار المتردد للمخرج
من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ ضعف	١	من ٢٠ إلى ١٠٠ ضعف	عامل تكبير الجهد
١<	من ١٠ إلى ٤٠٠٠ ضعف	من ١٠ إلى ٥٠ ضعف	عامل تكبير التيار
٥٠	٥٠	٥١٨٠	دوران طور الموجة
صغير	صغير	كبير جداً	عامل تكبير القدرة
صغير	صغير	كبير	التأثير بالحرارة
مكبرات عالية التردد	ملائمة ، معاوقة	المكبرات السمعية ، مكبرات عالية التردد ، مكبرات القدرة مفتاح	استعمال

- المعاوقة : (مفاعله حثيه + مفاعله سعة + مقاومة أومية ) ..

## ترانزستور BJT كمكثف

إذا أوصلنا بطارية بين القاعدة Base والباعث Emitter في ترانزستور NPN سيممر تيار (يسمى تيار القاعدة) من البطارية إلى الباعث من خلال موحد القاعدة السفلية . ولكن من خواص الموحد أنه لن يمرر التيار إلا إذا كان فرق الجهد عليه (بين القاعدة والباعث) أكبر من جهد يسمى barrier voltage وهو في حالة السليكون يساوى 0.7 فولت. لذا يمكننا حساب التيار الذي سيممر في مقاومة القاعدة بالحسابات التالية :

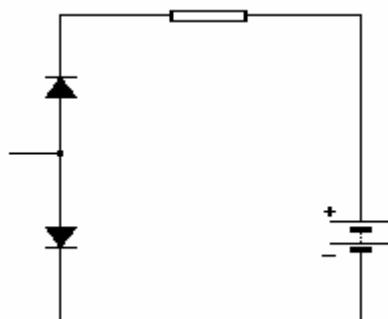


$$I = \frac{V}{R} \quad (\text{Ohm's Law})$$

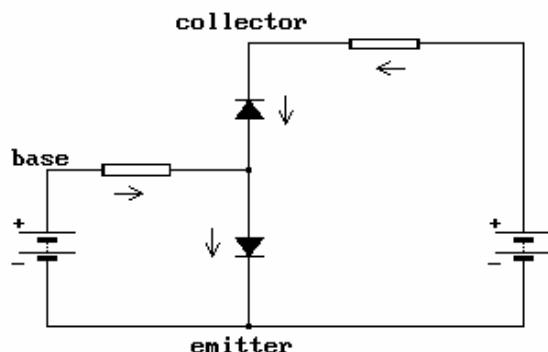
$$I_{\text{Base}} = \frac{5 - 0.7}{2700} = \frac{4.3}{2700} = .0016 \text{ amps}$$

or 1.6mA

لاحظ أن مقاومة القاعدة فائدتها ترشيد التيار المار خلال الترانزستور لأنه لو كان كبيراً سيدمّر الترانزستور. والآن لنتخير دارة أخرى:



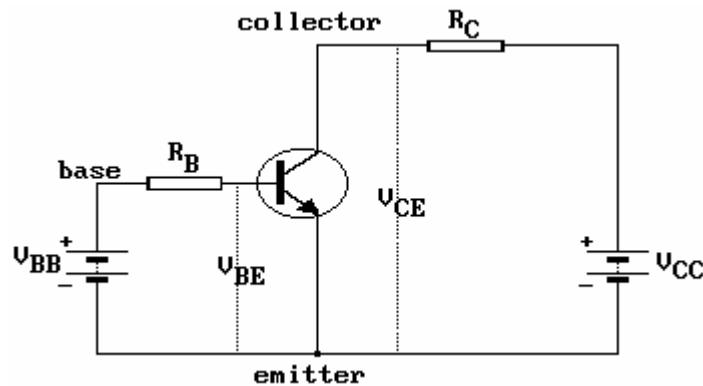
لن يمر التيار في هذه الدارة لأنها تحتوي على موحدين متعاكسيين (لن يتحقق جهد barrier لكليهما في نفس الوقت) وإذا ضممنا الدارتين كما بالشكل التالي :



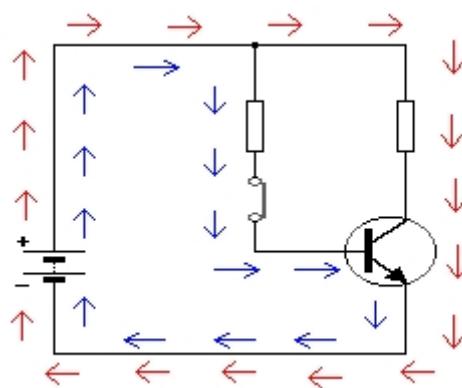
حيث المجمع Collector أعلى جهداً من جهد القاعدة base فإن التيار سيممر رغمما عن الدياود العلوي (دياود المجمع) ..

وينشأ في هذه الدارات ثلاث تيارات هم : تيار القاعدة  $I_b$  وتيار الباعث  $I_c$  وتيار المجمع  $I_e$  وحسب نص قانون كيرشوف (مجموع التيارات الخارجة سيساوي مجموع التيارات الداخلة للترانزستور) فإذا  $I_e = I_b + I_c$

كما يرتبط تيار القاعدة بتيار المجمع بالعلاقة  $I_C = B \cdot I_B$  حيث  $B$  هو معامل التكبير (الكسب) للترانزستور ونسمى أحياناً  $h_{FE}$  وقيمتها في حدود ٣٠٠ - ١٠٠ ..

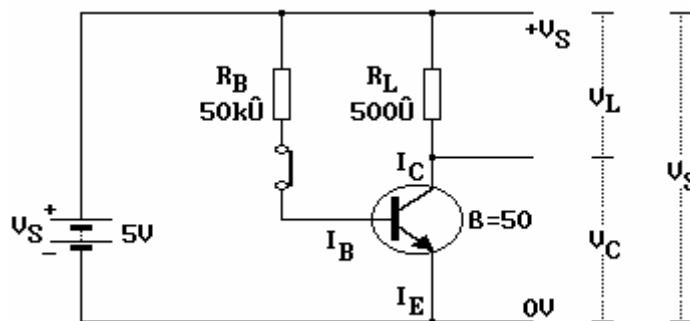


التوصيلة التي تكلمنا عليها والمبينة في الشكل السابق تسمى وصلة الباعث المشترك Common-Emitter . حيث الباعث موصى بالأرضي لكلا البطاريتين . و يجب أن يكون  $V_{BB} > V_{BE}$  حتى يمرر موحد الباعث التيار . ويتم التحكم في تيار القاعدة بتغيير المقاومة  $R_B$  وعندما يتغير تيار القاعدة يتغير بالتبعية تيار المجمع بالقانون  $I_C = B \cdot I_B$  . وبإعادة رسم الدارة باستخدام بطارية واحدة فيها بدلاً من  $V_{BB}$  و  $V_{CC}$  تصبح على الشكل التالي:



حيث تم تمثيل مسار تيار القاعدة بالأسهم الزرقاء ومسار تيار المجمع بالأسهم الحمراء . هكذا ببساطة يعمل الترانزستور كمفتاح .

**حالة 1 :**



في الدارة السابقة قمنا بفرض بعض القيم لحساب جهد الخرج ( جهد المجمع  $V_C$  ) حيث :  $I_B$  هو تيار القاعدة ،  $I_C$  هو تيار المجمع ،  $R_B$  هو مقاومة الباعث ،  $R_L$  هو مقاومة الحمل  $V_S$  هو جهد بطارية الدخل ،  $V_C$  هو جهد المجمع ،  $V_L$  هو جهد الحمل ..

وتنتمي الحسابات بالشكل التالي:

$$I_B = \frac{V_S}{R_B} = \frac{5}{50000}$$

$$= 0.0001A \text{ or } 0.1mA$$

$$I_C = \beta \times I_B$$

$$= 50 \times 0.0001$$

$$= 0.0050A \text{ or } 5mA$$

$$V_L = I_C \times R_L$$

$$= 0.005 \times 500$$

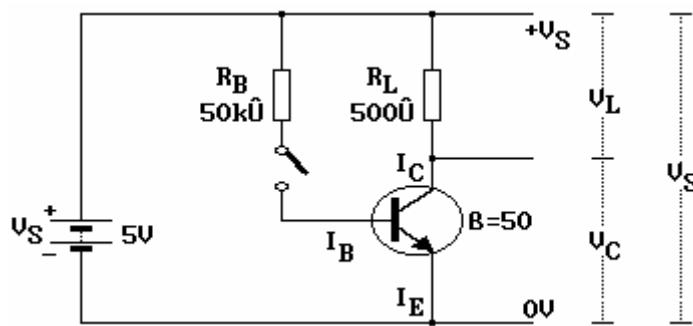
$$= 2.5V$$

$$\text{So, } V_C = V_S - V_L = 5 - 2.5 = 2.5V$$

ومن الحسابات السابقة نجد أنه عندما يكون هناك تيار كافي عند قاعدة الترانزستور يكون الخرج  $V_C$  مساوياً لـ 2.5 فولت.

### حالة 2 :

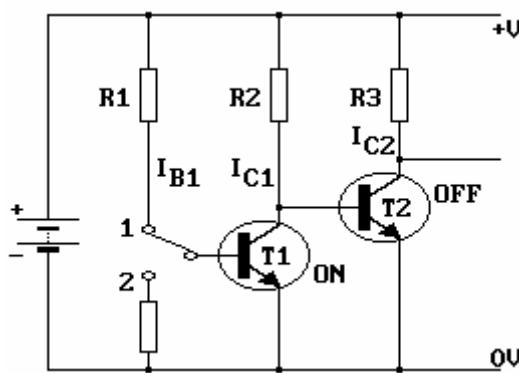
أما إذا فتحنا المفتاح الموجود عند القاعدة فسيكون تيار القاعدة مساوياً للصفر .



وبإجراء نفس الحسابات سنجد أن جهد الخرج سيصبح مساوياً لجهد المصدر  $V_S$ . ولاستخدام هذه الدارة كمفتاح يجب أن نختار مقاومة الحمل  $R_L$  التي تضمن لنا وجود صفر فول特 تقريباً عندما يمر التيار في القاعدة . أما عندما لا يمر تيار في القاعدة (كما في الحالة الثانية) فإن جهد الخرج سيصل إلى قيمته القصوى وهو  $V_S$  .

وبذلك تتحقق لنا حالتين مختلفتين للخرج فنحصل بهما على مفتاح يمكن فتحه وغلقه لملايين المرات في الثانية الواحدة بواسطة التحكم في تيار القاعدة.

كما يمكن استخدام أكثر من ترانزستور في دارة واحدة تعمل كمفتاح كما بالشكل التالي:



عندما يكون المفتاح الموجود على القاعدة في الحالة 1 فإن التيار يسرى إلى قاعدة الترانزستور T1 خلال مقاومة القاعدة  $R_1$  ويجعل الترانزستور T1 في حالة تشغيل ON وبذلك فإن التيار  $I_{C1}$  يمر خلال الترانزستور إلى الأرضي ويصبح الخرج = صفر فولت .

وهذا الخرج مرتبط بقاعدة الترانزستور الثاني الذي لا يمر بقاعدته تيار ويصبح الترانزستور T2 في حالة قطع OFF ويصبح الخرج حينها مساوياً لجهد التغذية +7V .

بالمثل يمكنك استنتاج حالة الخرج عندما يكون المفتاح في الحالة 2 .

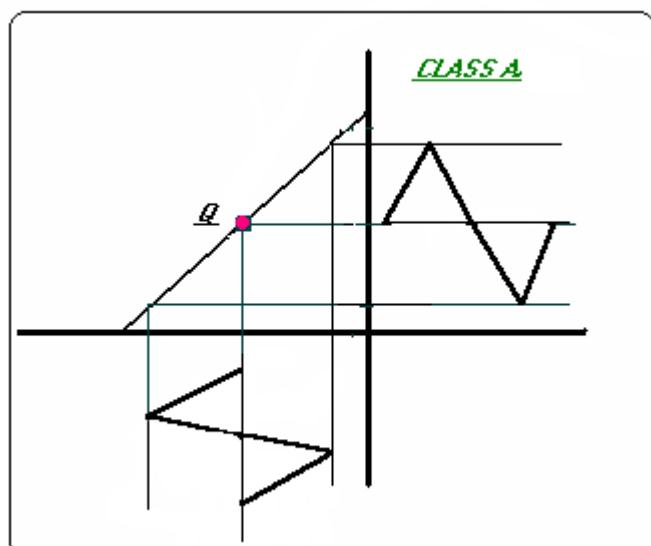
## تصنيف المضخمات

غالبا ما تظهر الحاجة من أجل تضخيم إشارة ذات تشويه أصغر ، تحت هذه الظروف فان العناصر الفعالة تستوجب العمل بشكل خطى .  
إن المجال الترددى للمضخمات يمتد على بضع دورات في الثانية ( وهو ما يسمى بالهرتز) أو من المحتمل إن يمتد من الصفر حتى عشرات الميغا هرتز.  
إن الدافع الرئيسي لدراسة مضخمات ذات حزمة عريضة بسبب حاجتها لتضخيم النبضات التي تحدث في إشارة التلفزيون لذلك فان مضخمات كهذه غالبا ما يشار إليها بمضخمات الفيديو .  
وصفت المضخمات بعدة طرق وذلك وفقا : لل المجال الترددى، وطريقة العمل، والاستخدام الأساسي ونوع الحمل، وطريقة الربط الداخلى بين المراحل الخ.....

يتضمن التصنيف الترددى ما يلى:

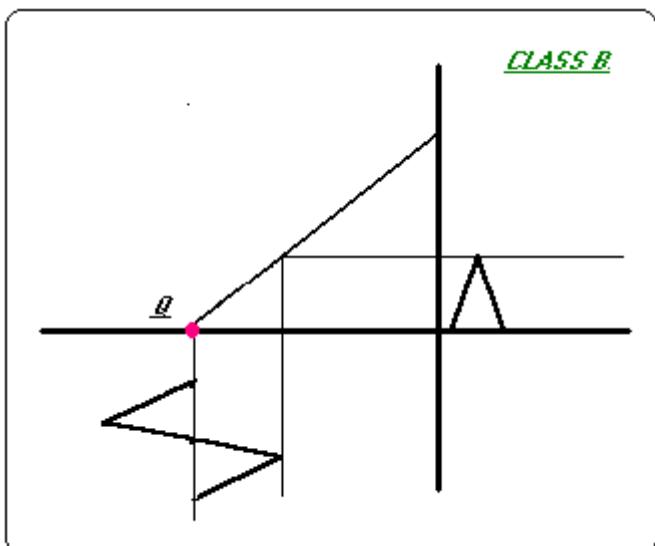
- مضخمات التردد المستمر (أى التردد الصفرى)
- مضخمات الترددات السمعية ( ٢٠ HZ to 20 KHZ ) ويرمز لها AF
- مضخمات الترددات الفيديوية والنبضية ( تصل حتى بضعة ميغا هرتز ) ويرمز لها VF
- مضخمات التردد الراديو ( KHZ TO HUNDRED OF MHZ ) ويرمز لها RF
- مضخمات الترددات فوق العالية ( مئات أوآلاف MHZ ) ويرمز لها UHF

إن موقع النقطة الساكنة ومجال الميزات المستخدمة يحدد طريقة العمل ، فيما إذا كان الترانزستور أو الصمام يعمل كمضخم من صنف A OR B OR AB OR C ويتحدد ذلك من خلال نقاط التعارف التالية :



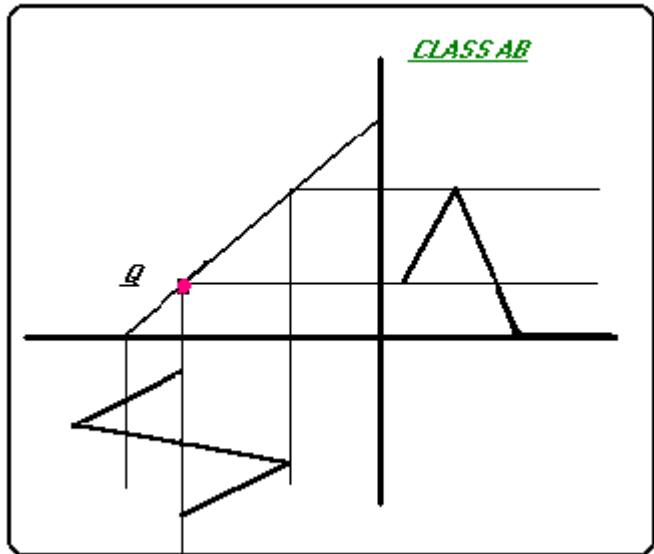
**الصنف A :**

وهو مضخم تكون فيه نقطة العمل ( في المنتصف ) وإشارة الدخل مستمرة مع الزمن ، وهي مثل دارة الخرج ( في المجمع ، الصمام ، المصرف ) ،المضخم صنف A يعمل بشكل أساسى على الجزء الخطى من الميزة حسب الشكل :



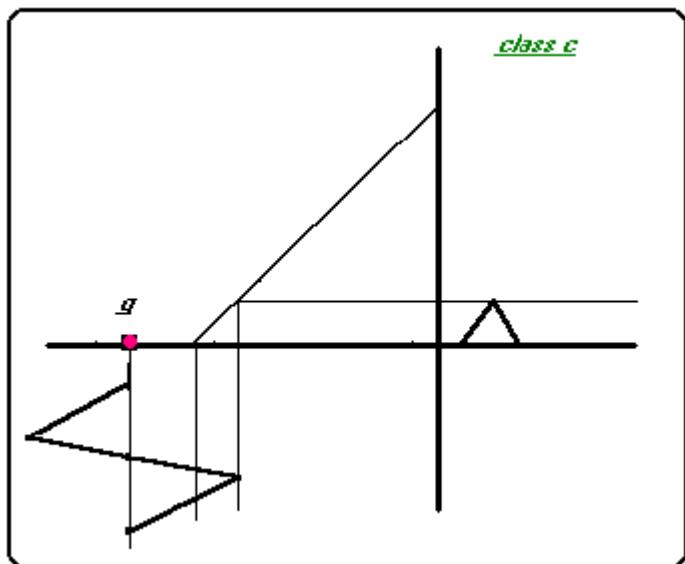
**الصنف B :**

وهو مضخم تكون فيه نقطة العمل في النهاية القصوى من الميزة لذلك فان الاستطاعة تكون صغيرة جدا لذلك فإن التيار الساكن أو الجهد الساكن تقريبا معدوم ، فإذا كانت إشارة الجهد جيبيه فان التضخيم سيتم على نصف دورة فقط . حسب الشكل:



### الصنف : AB

تكون فيه نقطة العمل بين نقطتي العمل في التعريفين السابقين لذلك فان إشارة الخرج معدومة من أجل جزء اقل من نصف الإشارة الجيبية للدخل حسب الشكل:



### الصنف : C

وهو مضخم يتم فيه اختيار نقطة العمل بحيث يكون تيار أو جهد الخرج فيه معدوم من أجل مقدار اكبر من نصف إشارة الدخل الجيبية حسب الشكل:

### تطبيقات المضخمات :

إن التصنيف وفقاً للاستخدام يتضمن الجهد ، التيار ، والمضخمات ذات الأهداف العامة ..  
شكل عام فان حمل المضخم عبارة عن ممانعة ، والحالتين الخاصتين الأكثر أهمية هما:

حمل مقاوم مثالي ... ودارة مولفة تعمل قرب تردد الطنين ...

تستخدم مضخمات من صنف B AND AB في مضخمات الاستطاعة غير المولفة بينما عمل مضخم صنف C مستخدم في مضخمات الترددات الراديوية المولفة.  
العديد من الوظائف الهامة للتغيير شكل الموجة يمكن إنجازها بواسطة مضخمات سريعة من صنف C .. B OR C

### التشويف في المضخمات :

إن تطبيق إشارة جيبية على دخل مضخم مثالي صنف A سينتج عنه موجة خرج جيبية ، وبشكل عام فان شكل موجة الخرج ليس نسخة طبق الأصل عن شكل موجة الدخل:

- بسبب النماذج المتنوعة للتشويف التي يمكن أن تظهر .
- بسبب عدم الخطية المتآصلة في ميزات الترانزستور .
- بسبب تأثير الدارة المتعلقة بالمضخم .

إن أنماط التشويف التي ربما توجد بشكل منفرد أو مع بعضها وتدعى بالتشويف اللاخطي ، التشويه التردددي، التشويه الناتج عن التأخير الزمني....

**التشویه اللاخطی** : ينتج عن وجود ترددات جديدة في الخرج والتي لم تكن موجودة في إشارة الدخل ، وهذه الترددات الجديدة أو التوافقيات ناتجة عن وجود المحنن الديناميكي اللا خطی للعناصر الفعالة..

**التشویه الترددی** : يظهر هذا التشويه عندما تضخم ترددات مكونات الإشارة بشكل مختلف ، إن هذا التشويه في الترانزستور يمكن أن ينتج عن السعات الداخلية للعنصر أو قد يظهر بسبب رد فعل الدارة المتعلقة بالمضخم (ربط العناصر ، الحمل) ، تحت هذه الظروف فإن الربح A يكون عدد عقدي له طولية وزاوية تعتمد على تردد الإشارة المطبقة ، الرسم البياني للربح  $\text{Vs}$  تردد المضخم يدعى بميزة الاستجابة التردیدية المطالیة . إذا لم يكن هذا الرسم البياني خط مستقيم أفقي على مجال الترددات المعتبرة فإن الدارة تبدي تشويه ترددی على هذا المجال .

**التشویه الناتج عن التأخیر** : يدعى بتشويه الإزاحة الطوریة ، وهو ينتج عن الإزاحات الطوریة غير المتساوية لـإشارات ذات ترددات مختلفة. يعود هذا التشويه إلى حقيقة إن زاوية الطور للربح المعقد A تعتمد على التردد .

## مكبرات التيار المستمر والمتناوب

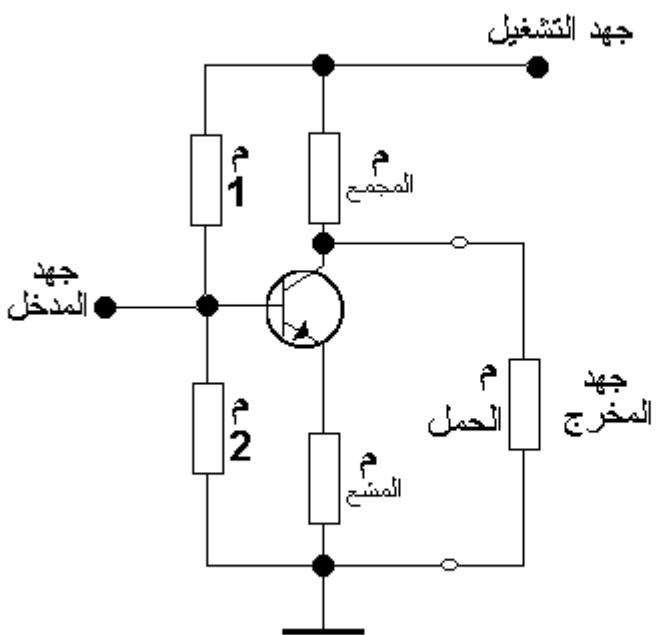
الدوائر المكثرة : رغم التقدم السريع للدوائر المتكاملة فإن الترانزistor ثنائي القطبية لم يزال وسيظل كمكون مفرد مهم وضروري في الدوائر الإلكترونية ، خاصة في حل مشاكل الملائمة بين مداخل ومخروج الدوائر المتكاملة . ويستعمل الترانزistor كثيرا في الدوائر المكثرة المختلفة ، وهي تنقسم إلى :

مكبرات جهد مستمر ..... مكبرات جهد متعدد ..... مكبرات قدرة ..... مكبرات تعشيق ..

تستعمل "مكبرات الجهد المتناوب" لتكبير إشارات التردد وذلك من بداية سلم التردد وحتى نطاق فوق جيجا هرتز أما "مكبرات الجهد المستمر" فتستعمل لنقل الجهد وتكون دون مكونات تتأثر بالتردد كال抵抗 والمكثف والملف . وتستعمل "مكبرات القدرة" (ذو تيارات مجمع عالية) للإشارة ذات القدرة العالية ، أما "مكبرات التعشيق" (ذو التيارات العالية وسرعة التعشيق) تستعمل لتوجيه إشارة جهد مربع الشكل (أي أيضاً ما يستعمل في الدوائر الرقمية مثل الحاسب) .

### مكبر الجهد المستمر :

#### مكبر الجهد المستمر

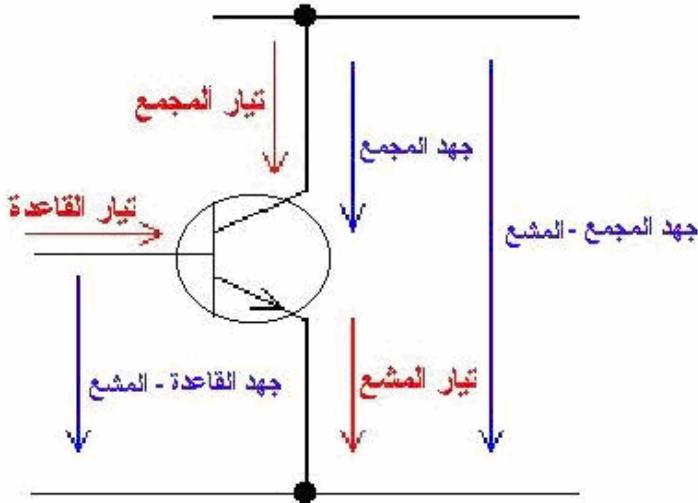


$$\text{عامل تكبير التيار القصري (h21e)} \times \text{مقاومة المجمع}$$

$$= \frac{\text{عامل تكبير الجهد}}{\text{مقاومة القصر للمدخل (h11e)} + \text{مقاومة المجمع}}$$

يتم تقسيم الجهد المطلوب للقاعدة عن طريق المقاومات  $M_1$  و  $M_2$  ، ولكي تستتب وتحتفظ نقطة التشغيل حرارياً فتستعمل لهذا السبب مقاومة المشع ، ولا يوضع مكثف حول أو بدل مقاومة المشع لسبب عدم تأثير المكثف بالتردد .

إن عامل التكبير للجهد المستمر هو ضئيل وأقل بكثير من الجهد المتناوب وبينفس المكثف، ولا يتبقى لرفع عامل التكبير إلا توصيل عدداً من المراحل المتتالية . وهنا تبدأ إحدى المشاكل المهمة للإلكترونيات ، وهي "الملاءمة" حيث أنه عندما تتوالى مراحل التكبير واحدة تلو الأخرى تكون فروق في الملاءمة للطاقة بين المدخل والمخرج بالإضافة للمؤثرات الحرارية التي تأثر على "نقطة التشغيل" . ولاحقاً سوف يتم معالجة مراحل التكبير ذو التوصيل المختلف .



$$\text{جهد المجمع والمشع} = \text{جهد القاعدة والمشع} + \text{الجهد بين المجمع والقاعدة}$$

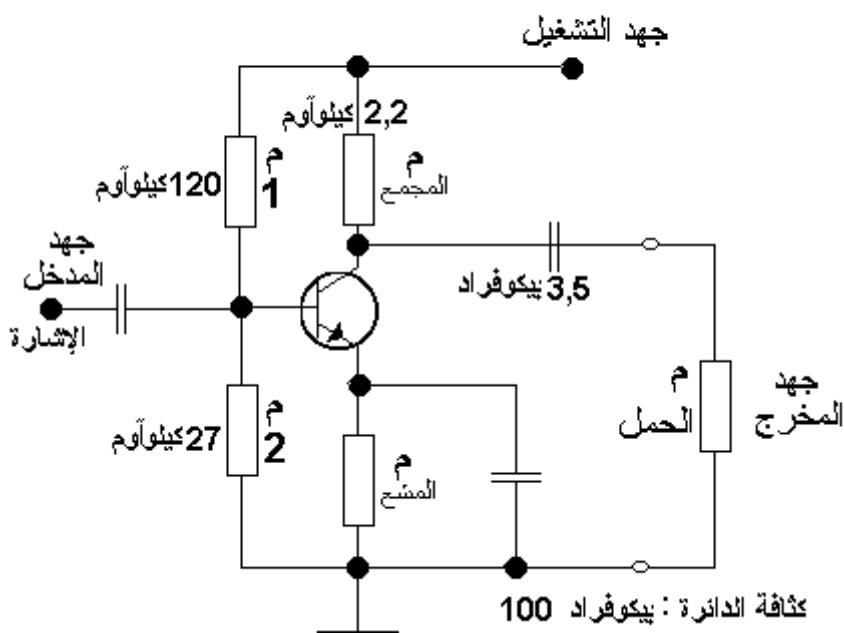
$$(-) \text{تيار المشع} = \text{تيار المجمع} + \text{تيار القاعدة}$$

### مكير الجهد المتناوب :

تصنف مكبرات الجهد المتناوب إلى نوعان : الأول "مكير الحزمة العريضة" والذي يكبر نطاق كبير من الترددات ، أي مثل "المكير السمعي" الذي يكبر جميع الترددات التي تستطيع الأذن البشرية سماعها (من ٢٠ هرتز إلى ٢٠ كيلو هرتز ، ٢٠ ألف هرتز تقريبا) ، والنوع الثاني هو "مكير محدد التردد" وكما يعرف الاسم فهو يكبر حزمة رفيعة للتردد ٧٠٠ ميجا هرتز مثلا، ويستعمل في التردد العالي .

### مكير الجهد المتردد

#### المكير السمعي



ولحسب تردد الإشارة الملتقطة معادلة التردد :

$$\text{التردد} = \frac{1}{\pi \cdot 2 \cdot \text{المقاومة} \cdot \text{المكثف}}$$

ولمكير الحزمة العريضة (من ٢٠ هرتز إلى ٢٠ كيلو هرتز) ، أي خلال التصميم أو الحساب يجبأخذ ترددان يعين الاعتبار "الحد الأسفل لتردد" و"الحد الأعلى للتردد" ، وبناءاً على ذلك يتم حسب ما يسمى بدائرة "المرشحات" وهي عبارة عن دائرة مكثف ومقاومة مثلاً ، تدخل حزمة التردد المطلوب إلى مرحلة التكبير ، فتتملاً "مرشح الترددات العالية" يدخل الترددات العالية فقط ويحجز الترددات المنخفضة، بينما "مرشح الترددات المنخفضة" يدخل الترددات المنخفضة ويحجز الترددات العالية.

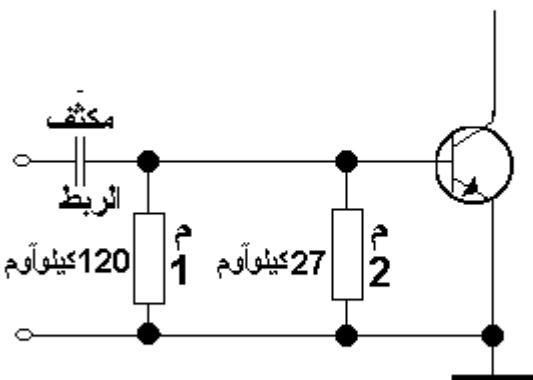
وفي حالة المكير أعلاه يتتشكل "مرشح الترددات العالية" في مدخل المكير من المقاومة والكتافة في المدخل ، أي أن "الحد الأسفل لتردد المرشح" وهي (٢٠ هرتز) تتتشكل من مكثف المدخل (الذي يسمى مكثف المدخل أو اللقط ، لأنه يلتقط الإشارة) والمقاومة ١ بالإضافة لمقاومة مدخل الترانزistor (مدخ) ولتحديد قيمة مكثف المدخل مثلاً :

**معادلة التردد :**

### الحد الأسفل للتردد

**١**

$$\text{التردد} = 2 \cdot \pi \cdot \text{المقاومة} \cdot \text{المكثف}$$



$$\text{الحد الأسفل لتردد} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \text{مقاومة المدخل} \cdot \text{مكثف المدخل}}$$

$$\text{مكثف المدخل} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \text{مقاومة المدخل} \cdot \text{الحد الأسفل لتردد}}$$

$$\text{مكثف المدخل} = \frac{1}{2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 3,3 \text{ ميكرو فراد}$$

**والملامة ثلاثة أنواع :**

**ملامة الجهد :** تكون فيه مقاومة الحمل أكبر من مقاومة الداخلية للمصدر ..

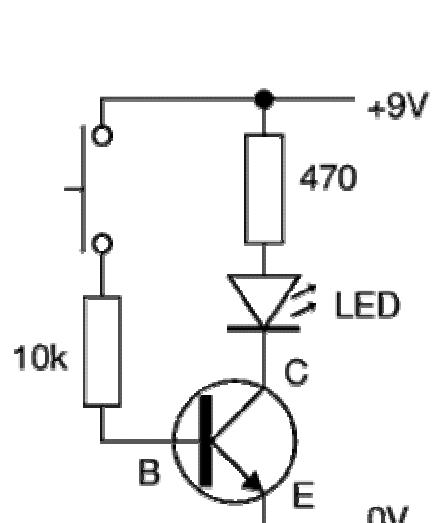
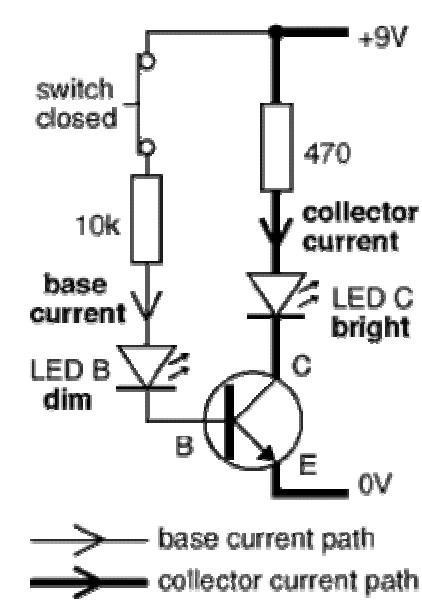
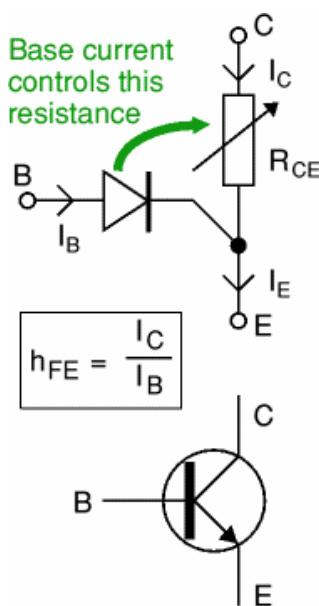
**ملامة التيار:** تكون فيه مقاومة الحمل أصغر من مقاومة الداخلية للمصدر ..

**ملامة القدرة :** تكون فيه مقاومة الحمل متساوية مع المقاومة الداخلية للمصدر ..

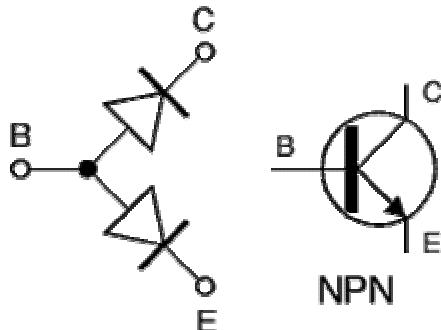
**ضبط نقطة التشغيل في الترانزistor :**

هي الوصول إلى الشكل المثالى للموجة في مخرج الترانزistor ..

وتتشكل نقطة التشغيل من الجهد التالية للترانزistor : جهد القاعدة - المشرع وجهد المجمع - المشع ، ويكون الجهد بين المجمع والمشرع فرق الجهد بين جهد التشغيل وبين ما ينحدر من جهد في المقاومتين ، أي يكبر نصف الموجة فقط ، عندما تكون نقطة تشغيل الترانزistor بالضبط عند انطواء المنحنى الخاص له .



## طريقة فحص الترانزستور ومعرفة نوعه :

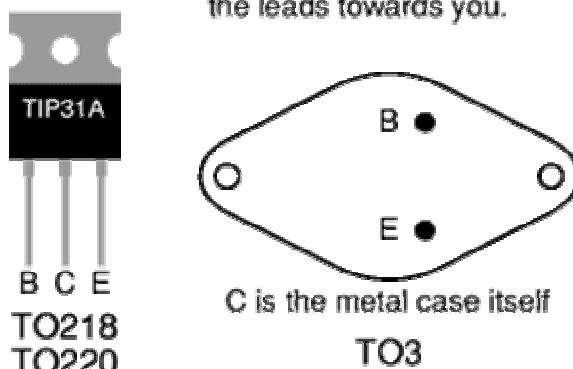
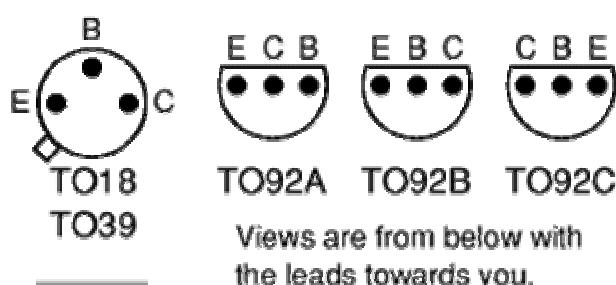
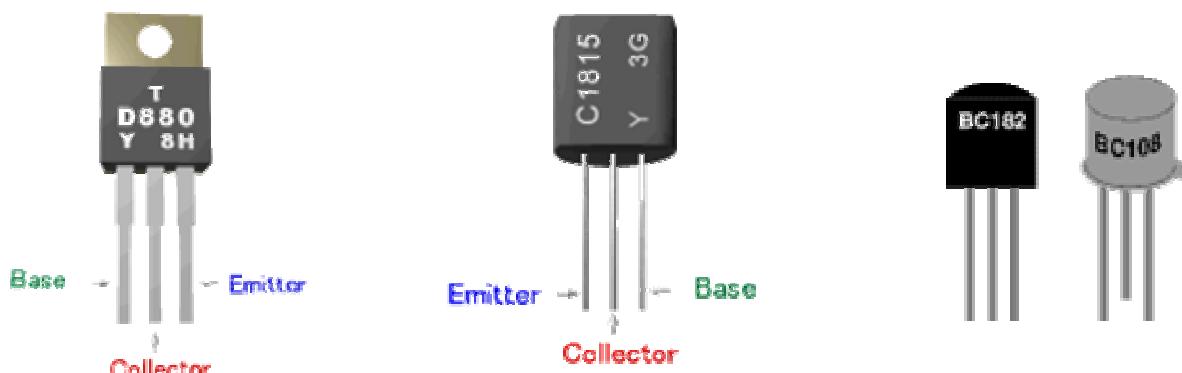


الترانزستور كما رأينا على نوعين :  
 ١. NPN : ويكون سهم الباعث متوجه نحو الخارج .  
 ٢. PNP : ويكون سهم الباعث نحو الداخل .  
 يمثل الترانزستور بديودين موصولين على التضاد ..  
 قبل فحص الترانزستور يجب علينا معرفة أقطابه ويمكننا ذلك من خلال مقياس الأفومتر على مجال الأوم كمائي :

- بين القاعدة وكل من المجمع والباعث مقاومة منخفضة / في حال التوصيل الأمامي / أي يؤشر المؤشر أما إذا عكستنا الأقطاب فيشير إلى مقاومة لا نهاية أي لا يؤشر المؤشر .
- بين الباعث والمجمع مقاومة مرتفعة في كلا الحالتين ..  
كما يمكننا معرفة نوعه (NPN , PNP) وذلك :
- إذا كان القطب الموجب للمقياس موجوداً على القاعدة عندما تعطي مقاومة منخفضة مع المجمع والباعث فالترانزستور نوع (NPN) ..
- أما إذا كان القطب السالب للمقياس موجوداً على القاعدة عندما تعطي مقاومة منخفضة مع المجمع والباعث فالترانزستور نوع (PNP) ..

## ملاحظات على الترانزستور :

- يوجد لدينا نوع من الترانزستورات المعدنية مثلاً ( BC140 أو BC107 ) يكون فيها الطرف الذي يحوي نتوء هو المشع ، والطرف الموصول مع الجسم هو المجمع ، والطرف الثالث هو القاعدة ..
- الترانزستور الضوئي يكون له مجمع و باعث ونافذة ضوئية ، فالمجموع هو الذي وصل مع الجسم إن كان معدنياً ..
- يوجد نوع من الترانزستورات المعدنية يحوي على طرفان هما الباعث و القاعدة أما المجمع فيكون هو جسم الترانزستور المعدني كالترانزستور (2N3055) ..



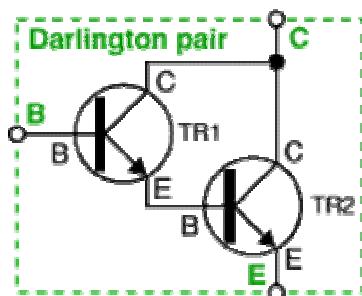
## NPN transistors

Code	Structure	Case style	I <sub>c</sub> max	V <sub>CE</sub> max	h <sub>FE</sub> min	P <sub>tot</sub> max	Category (typical use)	Possible substitutes
<b>BC107</b>	<b>NPN</b>	TO18	100mA	45V	110	300mW	Audio, low power	BC182 BC547
<b>BC108</b>	<b>NPN</b>	TO18	100mA	20V	110	300mW	General purpose, low power	BC108C BC183 BC548
<b>BC108C</b>	<b>NPN</b>	TO18	100mA	20V	420	600mW	General purpose, low power	
<b>BC109</b>	<b>NPN</b>	TO18	200mA	20V	200	300mW	Audio (low noise), low power	BC184 BC549
<b>BC182</b>	<b>NPN</b>	TO92C	100mA	50V	100	350mW	General purpose, low power	BC107 BC182L
<b>BC182L</b>	<b>NPN</b>	TO92A	100mA	50V	100	350mW	General purpose, low power	BC107 BC182
<b>BC547B</b>	<b>NPN</b>	TO92C	100mA	45V	200	500mW	Audio, low power	BC107B
<b>BC548B</b>	<b>NPN</b>	TO92C	100mA	30V	220	500mW	General purpose, low power	BC108B
<b>BC549B</b>	<b>NPN</b>	TO92C	100mA	30V	240	625mW	Audio (low noise), low power	BC109
<b>2N3053</b>	<b>NPN</b>	TO39	700mA	40V	50	500mW	General purpose, low power	BFY51
<b>BFY51</b>	<b>NPN</b>	TO39	1A	30V	40	800mW	General purpose, medium power	BC639
<b>BC639</b>	<b>NPN</b>	TO92A	1A	80V	40	800mW	General purpose, medium power	BFY51
<b>TIP29A</b>	<b>NPN</b>	TO220	1A	60V	40	30W	General purpose, high power	
<b>TIP31A</b>	<b>NPN</b>	TO220	3A	60V	10	40W	General purpose, high power	TIP31C TIP41A
<b>TIP31C</b>	<b>NPN</b>	TO220	3A	100V	10	40W	General purpose, high power	TIP31A TIP41A
<b>TIP41A</b>	<b>NPN</b>	TO220	6A	60V	15	65W	General purpose, high power	
<b>2N3055</b>	<b>NPN</b>	TO3	15A	60V	20	117W	General purpose, high power	

## PNP transistors

Code	Structure	Case style	I <sub>c</sub> max	V <sub>CE</sub> max	h <sub>FE</sub> min	P <sub>tot</sub> max	Category (typical use)	Possible substitutes
<b>BC177</b>	<b>PNP</b>	TO18	100mA	45V	125	300mW	Audio, low power	BC477
<b>BC178</b>	<b>PNP</b>	TO18	200mA	25V	120	600mW	General purpose, low power	BC478
<b>BC179</b>	<b>PNP</b>	TO18	200mA	20V	180	600mW	Audio (low noise), low power	
<b>BC477</b>	<b>PNP</b>	TO18	150mA	80V	125	360mW	Audio, low power	BC177
<b>BC478</b>	<b>PNP</b>	TO18	150mA	40V	125	360mW	General purpose, low power	BC178
<b>TIP32A</b>	<b>PNP</b>	TO220	3A	60V	25	40W	General purpose, high power	TIP32C

## الترايستور دارلنكتون (Darlington)



وهو عبارة عن ترانزستورين بغلاف واحد وفقط بثلاث أطراف خارجية ، ويتميز بربح تيار على (10000) ، وباستقرارية عالية ..

إن القيمة الفعالة لـ ( $h_{FE}$ ) أكبر بكثير من ( $h_{FE}$ ) لترانزستور واحد ولذلك نحصل على ربح تيار عالي ..  
يتوفر هذا الترانزستور بالنواعين (D-npn) و(D-pnp) ..

يمكن الحصول على ترانزستور دارلنكتون من ترانزستورين ، وكمثال على ذلك :

- For TR1 use BC548B with  $h_{FE1} = 220$ .
- For TR2 use BC639 with  $h_{FE2} = 40$ .

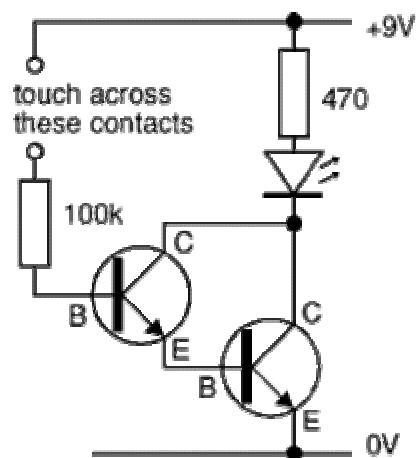
وبالتالي فإن الربح العام لهذا الترانزستور هو :

$$h_{FE} = h_{FE1} \times h_{FE2} = 220 \times 40 = 8800.$$

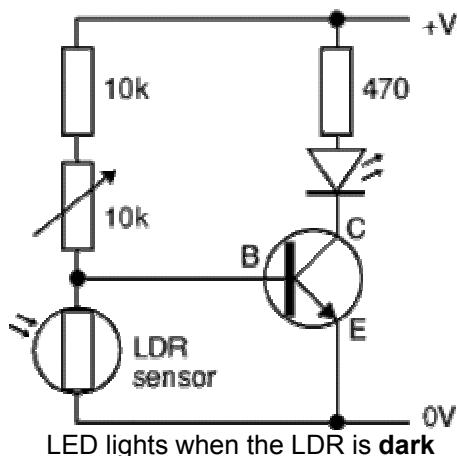
وإن استطاعة تيار الخرج الأعظمي للترانزستور الجديد هي نفسها تيار المجمع للترانزستور الثاني TR2 ..

إن ححد القاعدة اللازم لفتح هذا الترانزستور هو ( $0.7 + 0.7 = 1.4$ ) ..

إن هذا الترانزستور يمكن أن يستخدم كمفتاح حساس جداً ، بما فيه الكفاية للاستجابة لتيار صغير جداً يمكن ان يكون ناتجاً عن ملمس الجلد البشري وكمثال عليه الدارة التالية (مفتاح يعمل بالمس) :



المقاومة (100K) تحمي الترانزستور عن حصول تلامس مباشر مع منبع التغذية نتيجة قصر سلك ..



## Choosing a suitable NPN transistor :

- The transistor's maximum collector current  $I_C(\text{max})$  must be greater than the load current  $I_C$ .  

$$\text{load current } I_C = \frac{\text{supply voltage } V_s}{\text{load resistance } R_L}$$
- The transistor's minimum current gain  $h_{FE}(\text{min})$  must be at least **five** times the load current  $I_C$  divided by the maximum output current from the chip.  

$$h_{FE}(\text{min}) > 5 \times \frac{\text{load current } I_C}{\text{max. chip current}}$$
- Choose a transistor which meets these requirements and make a note of its properties:  $I_C(\text{max})$  and  $h_{FE}(\text{min})$ .
- Calculate an approximate value for the base resistor:**  

$$R_B = 0.2 \times R_L \times h_{FE} \quad \text{or} \quad R_B = \frac{V_s \times h_{FE}}{5 \times I_C}$$
- and choose the nearest standard value.**
- Finally, remember that if the load is a motor or relay coil a protection diode is required.**

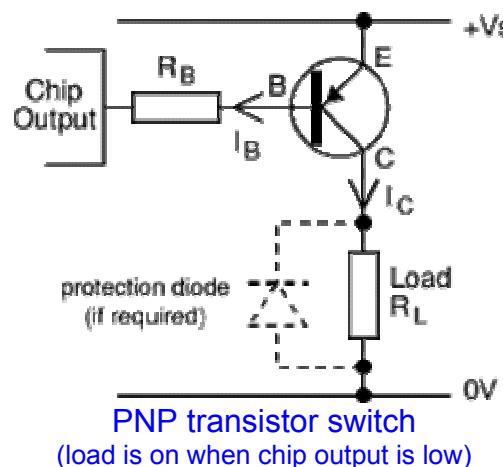
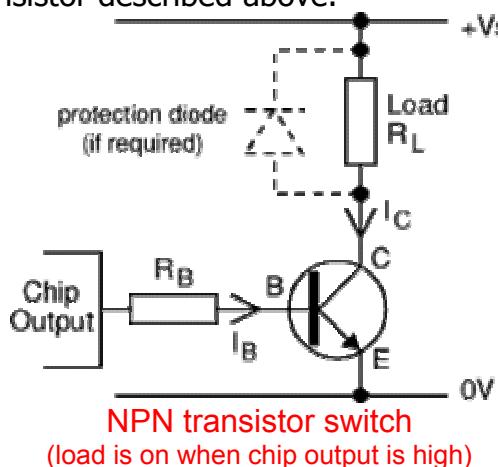
### Example

The output from a 4000 series CMOS chip is required to operate a relay with a  $100\Omega$  coil. The supply voltage is 6V and the chip can supply a maximum current of 5mA.

- Load current =  $V_s/R_L = 6/100 = 0.06A = 60mA$ , so transistor must have  $I_C(\text{max}) > 60mA$ .
- The maximum current from the chip is 5mA, so transistor must have  $h_{FE}(\text{min}) > 60$  ( $5 \times 60mA/5mA$ ).
- Choose general purpose low power transistor BC182 with  $I_C(\text{max}) = 100mA$  and  $h_{FE}(\text{min}) = 100$ .
- $R_B = 0.2 \times R_L \times h_{FE} = 0.2 \times 100 \times 100 = 2000\Omega$ . so choose  $R_B = 1k8$  or  $2k2$ .
- The relay coil requires a **protection diode**.

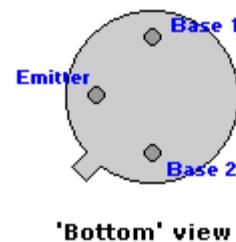
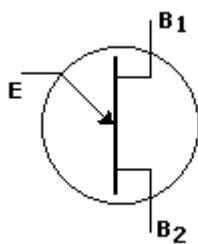
## Choosing a suitable PNP transistor :

The procedure for choosing a suitable PNP transistor is exactly the same as that for an NPN transistor described above.

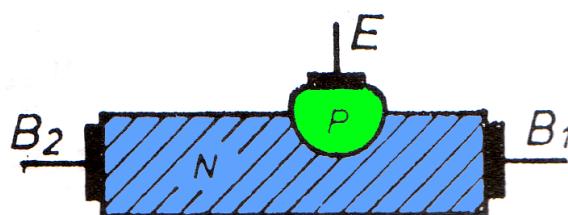


## الترانزistor وحيد الوصلة (U.J.T)

بنية الترانزistor وحيد الوصلة :

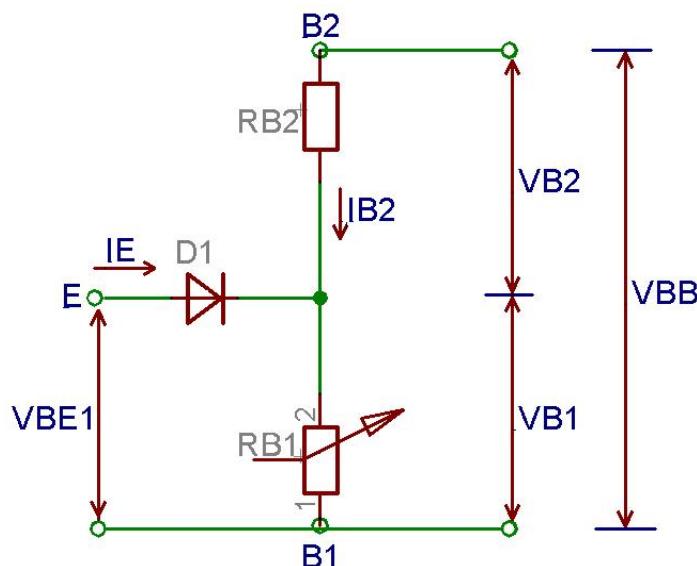


يعتبر الترانزistor وحيد الوصلة (U.J.T) من العناصر الهامة الشائعة الاستعمال في دارات توليد النبضات ودارات التوقيت ودارات كشف المستوى ، كما أنه يستخدم كمفاتيح متتحكم بها جهدياً ولا يستخدم كمضخم .. وكلمة (U.J.T) مشتقة من الكلمة الانكليزية ( Unijunction Transistor ) .  
يتكون ترانزistor وحيد الوصلة من قضيب من السيليسيوم نصف الناقل نوع (N) ، يوضع وصلتان في نهايتيه لتشكيل القاعدتين (B1 - B2) ، لذلك يسمى أحياناً بالترانزistor ذو القاعدتين ، وتوضع طبقة سيليسيوم نصف ناقل نوع (P) في نقطة متوسطة بين القاعدتين أقرب إلى (B1) منها إلى (B2) لتشكل مشع الترانزistor .



الدارة المكافئة لترانزistor وحيد الوصلة :

- يبين الشكل ، الدارة المكافئة لترانزistor وحيد الوصلة حيث يمكن اعتباره مبدئياً مكوناً من :
- مقاومة (RB1) تتشكل من القسم بين المشع (E) والقاعدة (B1) .
  - مقاومة (RB2) تتشكل من القسم بين المشع (E) والقاعدة (B2) .
  - ثبائي بين المشع (E) الذي يشكل المنطقة (B) للثبائي وجسم الترانزistor الذي يشكل المنطقة (N) للثبائي .



يطبق كمون التغذية (VBB) بين القاعدتين على أن يكون انحياز (استقطاب) (B2) موجباً بالنسبة إلى (B1) وعلى ذلك يصبح كمون الوصلة (VB1) بين المشع (E) والقاعدة (B1) عبارة عن جزء من كمون التغذية (VBB) ويعطى بالعلاقة :

$$V_{B1} = \frac{1}{2} V_{BB}$$

وتأخذ ( $\frac{1}{2}$ ) قيمة أقل من الواحد دائماً ، وتتوقف على موقع المشع على قضيب السيليسيوم .

نميز الآن الحالتين التاليتين :

١. كمون المشع (E) أصغر من (VB1) : تصبح الوصلة بين (E) و (B1) في حالة توصيل عكسي ويمر في الوصلة تيار تسريب صغير وتصبح المقاومة بين القاعدتين كبيرة .
٢. كمون المشع (E) أكبر من (VB1) : تصبح الوصلة بين (E) و (B1) في حالة توصيل أمامي ويمر تيار كبير من الفراغات من المنطقة (P) باتجاه المنطقة (N) ومن الالكترونات الحرة من المنطقة (N) باتجاه المنطقة (P) فتصغر بذلك المقاومة بين القاعدتين كثيراً ، لذلك يمكن اعتبار الوصلة بين المشع (E) والقاعدة (B1) مقاومة متغيرة تعتمد في قيمتها على انحياز (استقطاب) المشع .

تتراوح قيمة المقاومة بين القاعدتين في الترانزistor وحيد الوصلة من (K5) إلى (10 K) ويمكن حساب قيمة الكمون (VB1) بالاستعانة بقانون أوم كما يلي :

$$V_{B1} = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot V_{BB}$$

إن الكمون اللازم حتى يصبح الترانزistor وحيد الوصلة في حالة توصيل يساوي الكمون (الساكن المستمر) على المقاومة (RB1) مضافاً إليه كمون الانحياز الأمامي والذي يساوي لثنائيات السيليسيوم حوالي (VD=0.7V) .. إذا :

$$V_P = V_D + \eta \cdot V_{BB}$$

يسمى الكمون (VP) كون القمة أو التشغيل ..

**مثال :** في الدارة المكافئة السابقة إذا كان كمون التغذية (VBB=30V) ، وكمون الانحياز الأمامي للثاني (VD=0.7V) ، وإذا علمت أن ( $\eta=0.6$ ) ، أحسب قيمة كمون القمة (VP) .. **الحل :**

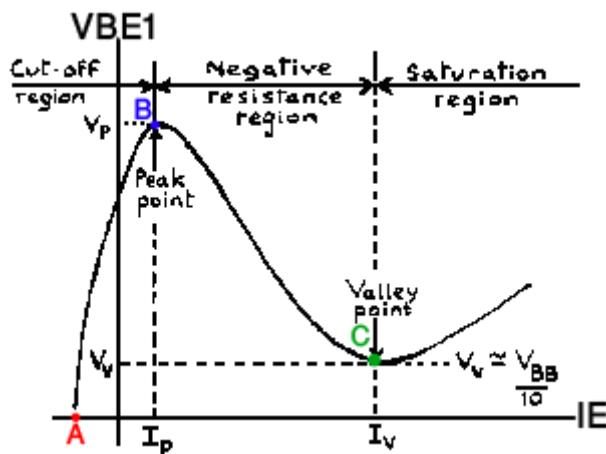
$$VP = VD + \eta \cdot VBB = 0.7 + (0.6 \times 30)$$

$$VP = 0.7 + 18 = 18.7V$$

### منحنيات الخواص المميزة للترانزستور وحيد الوصلة :

إذا جعلنا كمون دخل الترانزستور (VEB1) في الدارة المكافئة السابقة يتغير بدءاً من الصفر بقيم متزايدة .. عندما يكون كمون الدخل (VEB1) مساوياً الصفر ، فإنه يمر في الترانزستور تيار تسريب عكسي تحدد قيمته على المنحني بالنقطة (A) ..

إن الزيادة المستمرة في الكمون (VEB1) تؤدي إلى نقصان تيار التسريب . وعندما يصبح كمون الدخل مساوياً فرق الكمون بين طرفي المقاومة (RB1) يصبح تيار التسريب مساوياً الصفر ويكون الترانزستور مازال مغلقاً وتحدد هذه النقطة بتقطيع منحني الخواص مع المحور (VEB1) .



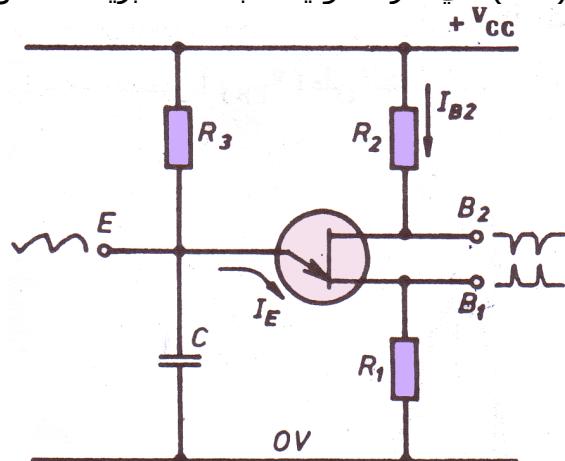
تؤدي الزيادة المستمرة في الكمون (VEB1) إلى مرور تيار في الاتجاه الأمامي ، وعندما يصبح الكمون (VEB1) مساوياً كمون القمة (VP) يفتح الترانزستور ، وعندها ينخفض فرق الكمون بين المشع (E) والقاعدة (B1) ويمر تيار كبير في الترانزستور .

تؤدي الزيادة في التيار إلى نقصان فرق الكمون بين المشع والقاعدة (B1) لذلك يمثل الترانزستور في المنطقة الوصلة بين النقطتين (B) و (C) على المنحني بالمقاومة السالبة . تسمى النقطة (C) ب نقطة الانعطاف ، ويسمى الكمون (V\_V) بكمون الانعطاف .

تشبه خواص الترانزستور وحيد الوصلة في نقطة الانعطاف خواص الثنائي العادي حيث يكون (من عند نقطة الانعطاف وما بعدها) كل زيادة في الكمون يقابلها زيادة في التيار .

### مولد نبضات أبيرة :

يستخدم الترانزستور وحيد الوصلة (JFET) في دارات توليد النبضات الأبرية الشكل ذات اتجاهين موجب وسالب ..



تمثل المقاومة (R2) حمل قاعدة الترانزستور (B1)، والمقاومة (R1) حمل القاعدة (B2). يتم توصيل كمون التغذية لمشع الترانزستور وحيد الوصلة عن طريق دارة التكامل المؤلفة من المقاومة (R3) والمكثف (C).

عند وصل كمون التغذية ، يكون تيار المشع مساوياً الصفر بالبدء ، ويمر في قضيب السيليسيوم بين القاعدتين تيار صغير مقداره (IB2) فيصبح كمون القاعدة (B1) :

$$V_{B1} = I_{B2} \cdot R_1$$

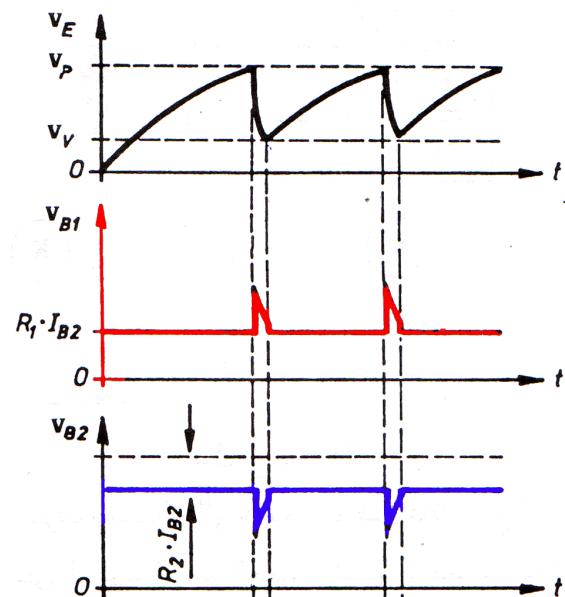
وكذلك يصبح كمون القاعدة (B2) :

$$V_{B2} = V_{CC} - I_{B2} \cdot R_2$$

حيث يكون كمون كل من القاعدتين مستمر .

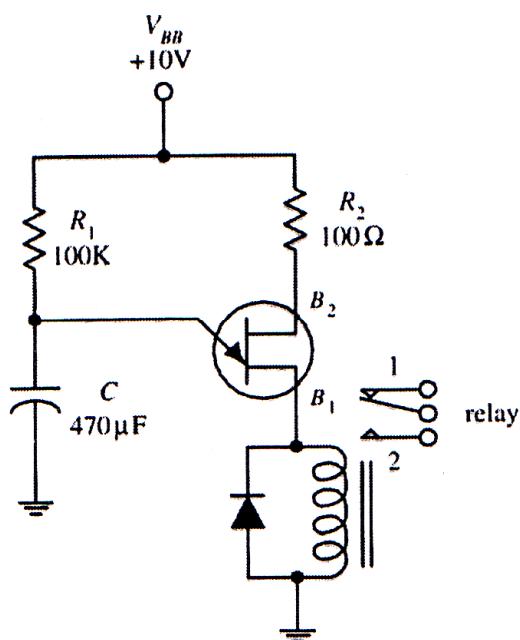
يكون فرق الكمون بين طرفي المكثف (C) في لحظة توصيل كمون التغذية مساوياً الصفر ولكنه لا يستمر هكذا وإنما يبدأ المكثف بالشحن ويزداد فرق الكمون بين طرفيه بشكل غير خططي (منحن)، وعندما يصبح فرق الكمون بين طرفي المكثف (C) مساوياً كمون (VP) يفتح الترانزستور ، إذ يصبح التوصيل أمامياً بين المشع والقاعدة (B1) ، لذلك يبدأ المكثف (C) بتغير شحنته بشكل مفاجئ وسريع في المشع ، ويزداد التيار المار في الترانزستور بشكل مفاجئ وسريع أيضاً ، وينخفض كمون (B2) أيضاً بشكل مفاجئ وسريع ، وبما أن تيار التغير يتناقص بسرعة كبيرة لذلك يأخذ كمون القاعدة (B1) شكل نبضات أبيرة محملة على الكمون المستمر ، ويأخذ كمون القاعدة (B2) أيضاً شكل نبضات أبيرة .

عندما يصبح كمون المكثف مساوياً إلى كمون الانعطاف (Vv) يقطع الترانزستور ويبدأ المكثف بالشحن من جديد وتتكرر العملية السابقة .



يمكن التخلص من الكمون المستمر وذلك بأخذ من كل من القاعدتين عن طريق مكثف ربط يمنع مرور المركبة المستمرة ، ونحصل فقط على نبضات أبيرة الشكل .

### دارة قيادة حاكمة/مؤقت



تقود الدارة المعطاة في الشكل (86.4) الحاكمة وتجعلها تغيّر وضعيات قまさها بشكل متتالي ومتكرر. يُشحن المكثف (C) عبر المقاومة (R1) من مصدر الجهد (V<sub>BB</sub> = 10V) وعندما يصبح جهد المكثف مساوياً جهد القدر تردد ناقلة الوصلة (E) إلى (B1) (B1) ويمر تيار عبر ملف الحاكمة وتغيّر الحاكمة وضع التماس إلى الموقع (2)، وعندما يفرّغ المكثف ينخفض الجهد على الباعث (E) إلى ما دون مستوى القدر ويُقطع الترانزستور (يعود إلى حالة off) وتعود الحاكمة إلى حالة الراحة ويرجع تماس الحاكمة المتحرك إلى الوضع (1). تتحكم المقاومة (R1) بمعدل شحن المكثف كما يتحدد مقدار جهد القدر بسعة المكثف (C). إذن (C) يؤثر أيضاً على معدل الشحن.

### فحص ترانزستور وحيد الوصلة UJT :

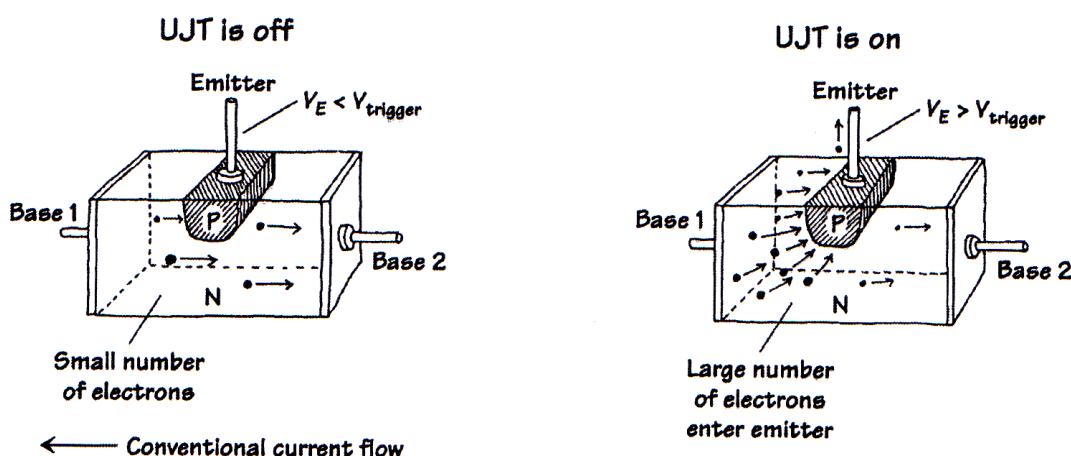
نجري عمليات الفحص باستخدام مقياس آفو رقمي على مجال قياس الأوم . الشكل الأكثر استخداماً هو 2N2646 الذي تصنّعه شركة Motorola ..

عملية فحص UJT سهلة إذا عرفت كيفية إجراؤها ..

ضع مقياس الآفو الرقمي على وضع قياس الأوم ، اقرأ المقاومة بين القاعدة الأولى Base1 والقاعدة الثانية Base2 ، ثم اعكس وضع الأسلاك وخذ قراءة أخرى ، لا بد أن تتساوى القراءتين تقريرياً على قيمة مقاومة مرتفعة .

وصل الآن السلك السالب (-) من مقياس الآفو إلى باعث الترانزستور ، وباستخدام السلك الموجب (+) قم بقياس المقاومة من الباخت إلى القاعدة Base1 و من الباخت إلى القاعدة Base2 ، لا بد أن تتساوى القراءتان تقريرياً على قيمة مقاومة مرتفعة .

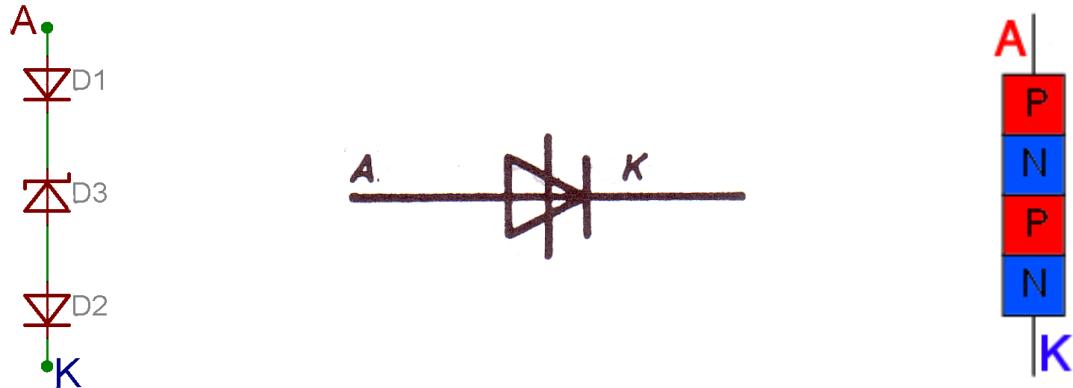
وصل السلك الموجب إلى الباخت بدلاً من السالب ، وقم بقياس المقاومة بين الباخت وكل من القاعدتين Base1 و Base2 ، لا بد أن تتساوى القراءتين تقريرياً على قيمة مقاومة منخفضة .



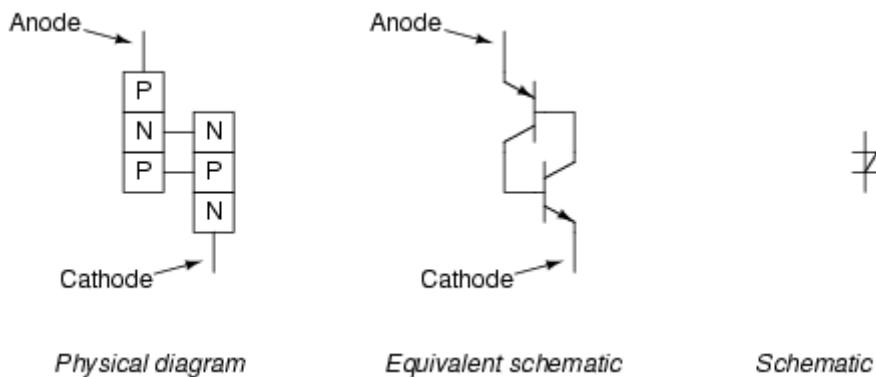
## الثنائي رباعي الطبقات

**بنية ثنائي رباعي الطبقات:**

يسمى ثنائي رباعي الطبقات أيضاً باسم ثنائى إعادة الوضع يصنع من السيليسيوم وترتب الطبقات نصف الناقلة كما في الشكل :



يسمى الطرف الموصول إلى شريحة نصف الناقل من نوع P بالمصعد ، وأما الطرف الموصول إلى شريحة نصف الناقل من نوع N بالمهبط ..  
 تكون الدارة المكافئة لثنائي رباعي الطبقات عبارة عن ثلاث ثنائيات موصولة مع بعضها البعض على التسلسل كما في الشكل السابق ..  
 كما يرمز لثنائي رباعي الطبقات بالرمز :



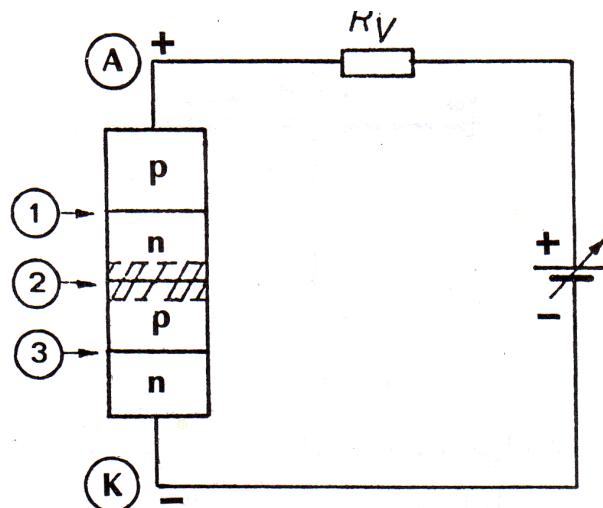
Physical diagram

Equivalent schematic

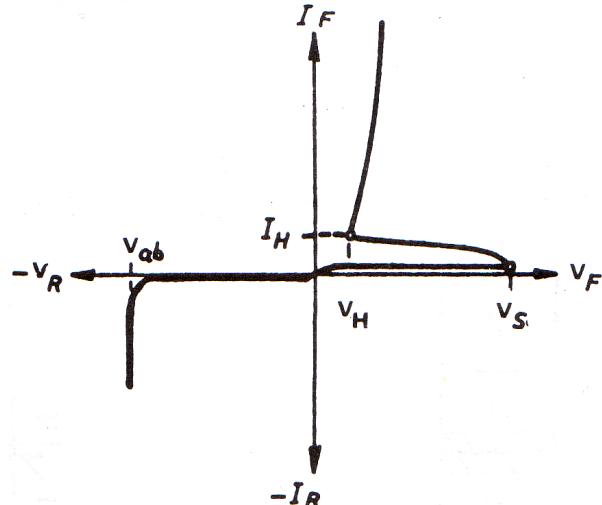
Schematic symbol

**متحنيات حواص ثنائي رباعيات الطبقات :**

نصل القطب الموجب لمنبع التغذية عن طريق المقاومة  $R_V$  إلى مصعد الثنائي والقطب السالب إلى المهبط ..



يكون الثنائيان عندها D1 و D3 موصولان أمامياً لذلك تزول منطقة الفصل بين الشرائح ، ويكون D2 محيز عكسيًا ، ومع زيادة الكمون تزداد منطقة الفصل ، وعندما يصبح فرق الكمون بين طرفي الثنائي D2 مساوياً إلى كمون الانهيار  $V_s$  يفتح الثنائي ويسمح بمرور التيار من خلاله ، عندها ينخفض فرق الكمون بين طرفي الثنائي إلى القيمة  $V_H$  ويمر فيه تيار  $I_H$  . إن أي زيادة بسيطة في الكمون أعلى من  $V_H$  سيعاشرها زيادة كبيرة في التيار الأمامي  $I_H$  ، وبقى الثنائي موصلاً إلى أن ينخفض فرق الكمون بين طرفيه إلى أقل من  $V_H$  لذلك يسمى الكمون  $V_H$  كمون التوقف ، و  $I_H$  تيار التوقف ..



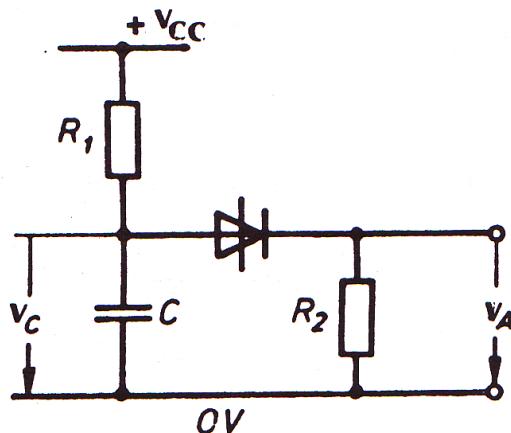
أما إذا عكسنا توصيل منبع التغذية يكون الثنائي D1 و D3 في حالة توصيل عكسي و D2 في حالة توصيل أمامي وإذا زادت قيمة الكمون العكسي إلى القيمة  $V_{ab}$  ينهاه الثنائي مما يؤدي إلى مرور تيار كبير فيه يؤدي إلى تلفه .

### مجال استخدام ثنائي رباعي الأقطاب :

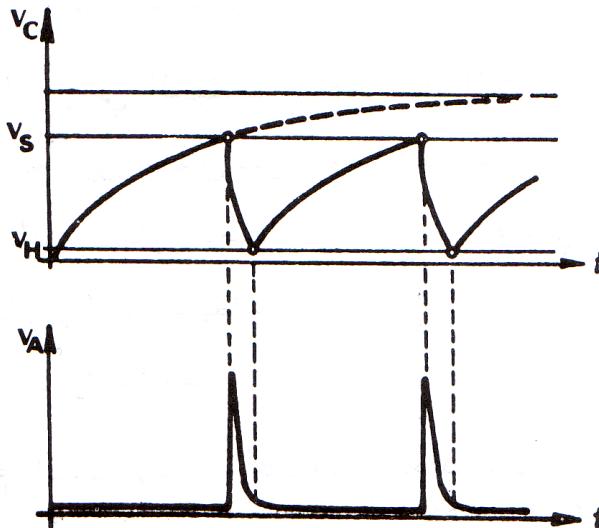
١. يستخدم ثنائي رباعي الطبقات كمفتاح لتيار المتناوب ذو اتجاه واحد ، إذ عندما يصبح فرق الكمون بين طرفيه مساوياً يفتح ويمر تيار في الاتجاه الأمامي ، ويكون مغلقاً في الاتجاه المعاكس .
٢. يستخدم في دارات توليد الإشارات الأبرية والمثلثية والنبضية في دارات التحكم .

### مولد نبضات أبالية باستخدام الثنائي رباعي الطبقات :

يوصل كمون التغذية ( $V_{CC}$ ) في الدارة المبينة في الشكل إلى مصد الثنائي رباعي الطبقات عن طريق دارة تكامل مكونة من المقاومة ( $R_1$ ) والمكثف (c) .



يكون فرق الكمون بين طرفي المكثف في بدء التوصيل مساوياً الصفر، ثم يبدأ المكثف بالشحن ويأخذ فرق الكمون بين طرفيه شكل منحن أسي كما في الشكل ، وعندما يصبح فرق الكمون بين طرفي المكثف (c) مساوياً كمون الانهيار الأمامي ( $V_s$ ) ، يفتح الثنائي رباعي الطبقات وتتصبح مقاومته الأمامية صغيرة وينتهي المكثف (C) بتفرغ شحنته ، حيث يكون تيار التفريغ كبيراً في البداية ، ويمر في المقاومة ( $R_2$ ) مشكلاً بين طرفيها فرق كمون ذو قيمة كبيرة ، وبعدها تبدأ قيمة التيار بالتناقص بسرعة كبيرة ، فيتناقص فرق الكمون بين طرفي المقاومة ( $R_2$ ) بسرعة كبيرة أيضاً .



يعتمد الزمن اللازم لشحن المكثف على قيمة المقاومة ( $R_1$ ) وسعة المكثف ( $C$ ) ، فكلما كانت قيمة المقاومة ( $R_1$ ) كبيرة كلما كان الزمن اللازم حتى يصل فرق الكمون بين طرفي المكثف ( $C$ ) إلى القيمة ( $V_s$ ) أكبر ، وكذلك يعتمد زمن التفريغ على قيمة المقاومة ( $R_2$ ) ، فعندما تكون قيمتها صغيرة يكون زمن التفريغ صغيراً .

تأخذ إشارة الخرج ( $V_A$ ) بين طرفي المقاومة ( $R_2$ ) شكل نبضات أبالية ، وللحصول على نبضات أبالية حادة يجب أن تكون قيمة المقاومة ( $R_2$ ) أصغر بكثير من المقاومة ( $R_1$ ) .

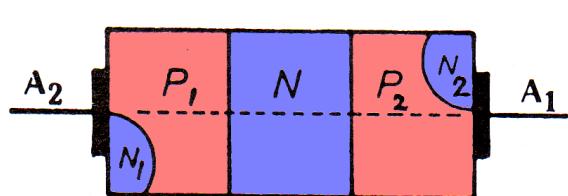
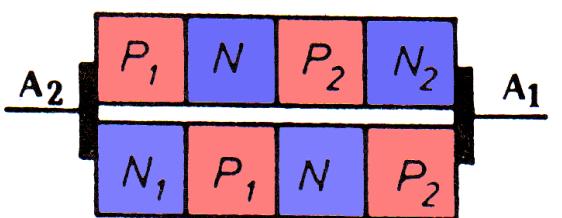
عندما يصبح فرق الكمون بين طرفي المكثف ( $C$ ) مساوياً ( $V_H$ ) يقطع الثنائي رباعي الطبقات وتصبح مقاومته كبيرة جداً ويتوقف المكثف ( $C$ ) عن التفريغ ويبداً بالشحن من جديد وتتكرر العملية السابقة .

تستعمل مثل هذه النبضات الأبالية للتحكم بعم التاييرستور أو الترياك .

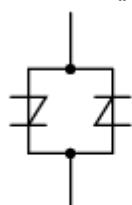
## الدياك (DIAC)

**بنية الدياك :**

يسمى الدياك أيضاً بالثنائي خماسي الطبقات ، إذ أنه يتكون من خمسة طبقات نصف ناقلة (N1-P1-N2-P2) .. ونلاحظ أنه لا يوجد مصعد أو مهبط للدياك ، ولكن له مريطان (A1) & (A2) ..



كلمة دياك مشتقة من اختزال التسمية الانكليزية (Diode alternating current switch) وتعني مفتاح ثقلي للتيار المتناوب (مفتاح باتجاهين). ويمكن اعتباره وكأنه يتكون من ثنائين رباعي الطبقات موصلين على التوازي المتعاكش .



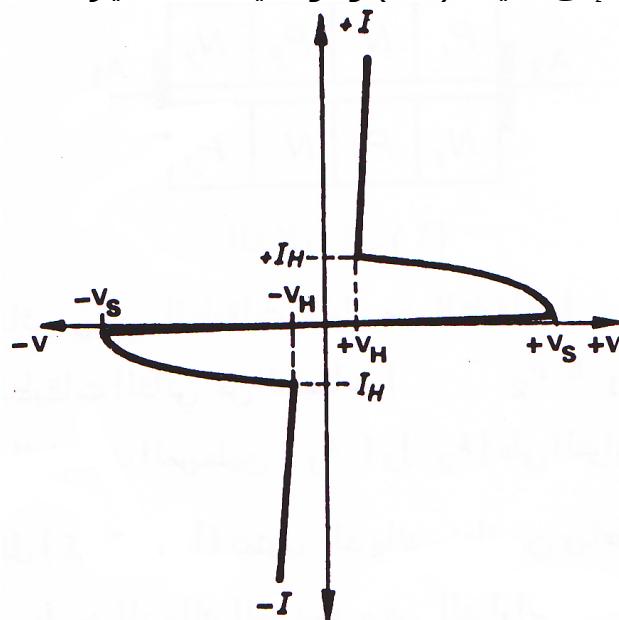
*DIAC equivalent circuit*



*DIAC schematic symbol*

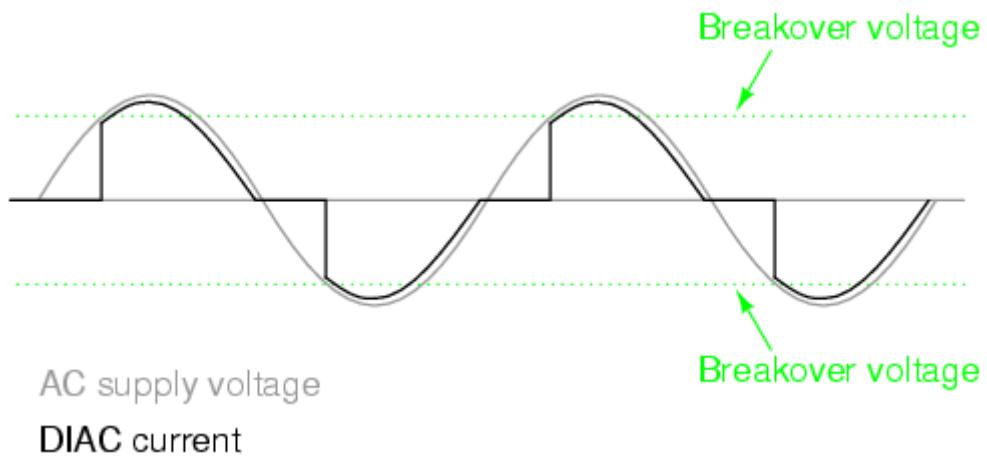
**مميزات الدياك :**

نتيجة لزيادة الكمون الموجب على الدياك إلى القيمة ( $V_s$ ) يحدث الانهيار الأمامي ويفتح الدياك وينخفض فرق الكمون بين طرفيه إلى القيمة ( $+V_H$ ) وتكون قيمة التيار عندها ( $+I_H$ ). وكذلك عند زيادة الكمون السالب على الدياك إلى القيمة ( $-V_s$ ) يحدث الانهيار العكسي ويفتح الدياك وينخفض فرق الكمون العكسي بين طرفيه إلى القيمة ( $-V_H$ ) وتكون قيمة هذا التيار عندها ( $-I_H$ ) .



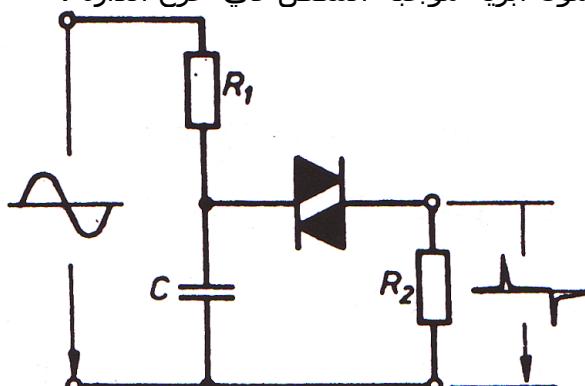
**مجال استخدام الدياك :**

١. يستخدم كمفتاح للتيار المتناوب باتجاهين .
٢. يستخدم في دارات التحكم الالكتروني كعنصر مساعد للتحكم في إقلاع الثيرستور والتربياك .
٣. يستخدم في دارات توليد النبضات .



### مولد نبضات باستخدام الدياك :

يمكن توليد نبضات أبيرة ذات اتجاهين موجب وسالب باستخدام الدياك . حيث يطبق على الدارة التالية كمون متناوب جيبي فيبدأ المكثف بالشحن عند نصف الموجة الموجب إلى أن يصبح فرق الكمون بين طرفيه مساوياً لكمون الانهيار الأمامي ، فيفتح الدياك وتتحفظ مقاومته فيفرغ المكثف في المقاومة ( $R_2$ ) ويكون التيار في بدء التفريغ كبيراً ثم يتناقص بسرعة وذلك تبعاً لفرق الكمون بين طرفي المقاومة ( $R_2$ ) وهذا يؤدي لتشكيل نبضة كمون أبيرة موجبة الشكل في خرج الدارة .



عند وصول الكون بين طرفي المكثف إلى القيمة ( $V_H$ ) يقطع الدياك وتصبح مقاومته كبيرة جداً ويتوقف المكثف عن التفريغ .

يشحن المكثف من جديد ولكن بقطبية معاكسة عند نصف الموجة السالبة ، وعندما يصبح فرق الكون بين طرفي المكثف مساوياً لكمون الانهيار العكسي ( $-V_S$ )-يفتح الدياك وتصبح مقاومته العكسية صغيرة وببدأ المكثف بالتفريغ حيث يكون تيار التفريغ كبيراً ومعاكساً بالاتجاه لتيار التفريغ في الحالة السابقة ويمر في المقاومة ( $R_2$ ) مشكلاً بين طرفيها فرق كمون ذو قيمة كبيرة ، وبعدها تبدأ قسمة التيار بالتناقص بسرعة كبيرة فيتناقص فرق الكون بين طرفي المقاومة ( $R_2$ ) بسرعة كبيرة ونحصل في الخرج على نبضة أبيرة سالبة .

يعتمد الزمن اللازم لشحن المكثف على قيمة المقاومة ( $R_1$ ) وسعة المكثف ( $C$ ) ، فكلما كانت قيمة المقاومة ( $R_1$ ) كبيرة كلما كان الزمن اللازم حتى يصل فرق الكمون بين طرفي المكثف ( $C$ ) إلى القيمة ( $V_S$ ) أكبر ، وكذلك يعتمد زمن التفريغ على قيمة المقاومة ( $R_2$ ) ، فعندما تكون قيمتها صغيرة يكون زمن التفريغ صغيراً .

تأخذ إشارة الخرج ( $V_A$ ) بين طرفي المقاومة ( $R_2$ ) شكل نبضات أبيرة ، وللحصول على نبضات أبيرة حادة يجب أن تكون قيمة المقاومة ( $R_2$ ) أصغر بكثير من المقاومة ( $R_1$ ) .

يتم معرفة جهد الفتح للدياك إما من جدول الموصفات أو من حلقة لونية موجودة في وسطه مرمرة كماملي :

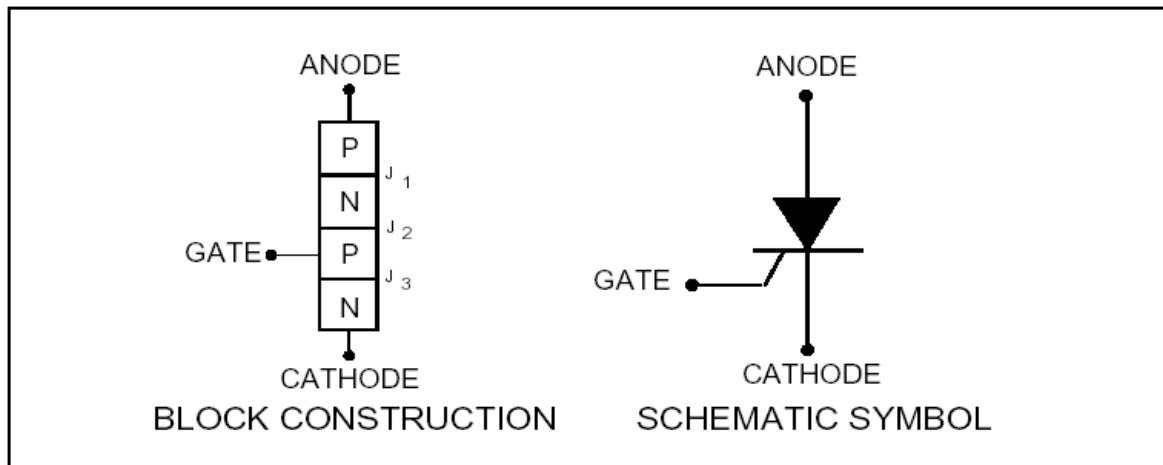
القيمة	اللون
٣٠ فولت	برتقالي
٤٠ فولت	أصفر
٥٠ فولت	أخضر
٦٠ فولت	أزرق

# مقدمة في التحكم السيليكوني

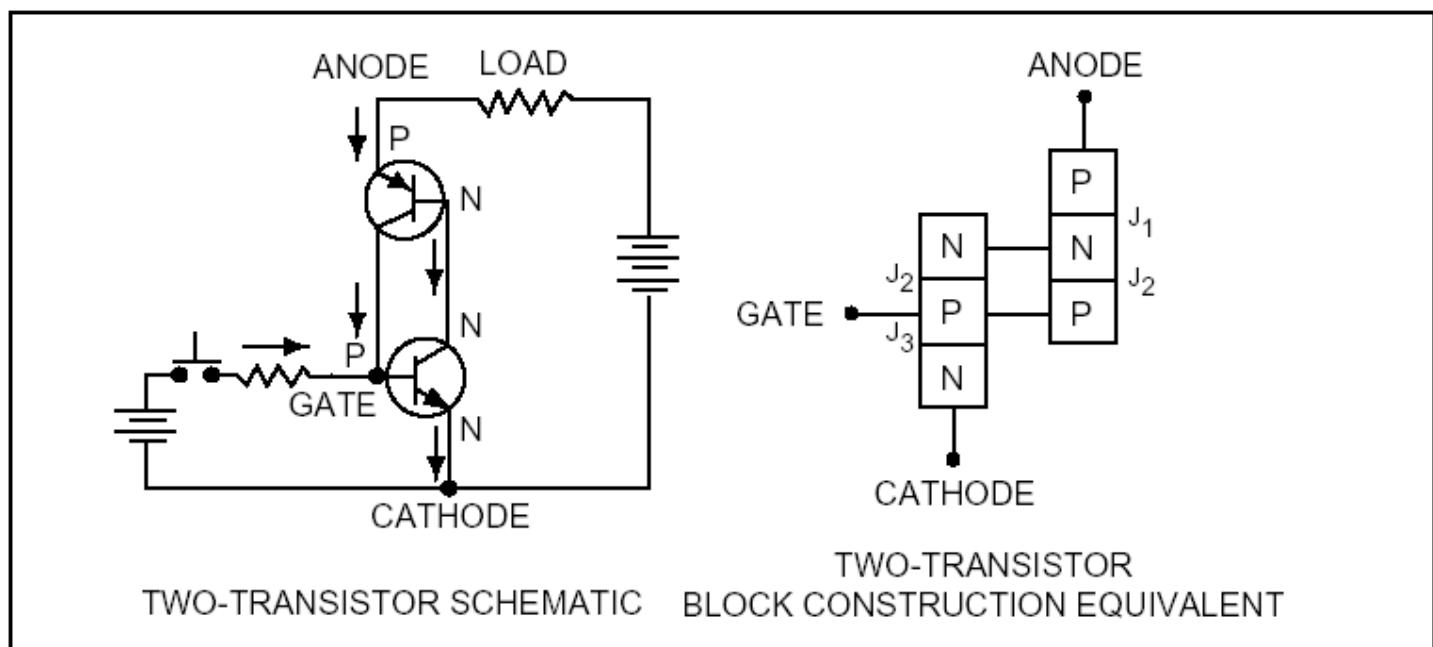
## The Silicon-Controlled Rectifier

### تعريف الثايرستور (Thyristors)

إن الكلمة الثايرستور لها أصل يوناني والتي تعنى الباب....هذا في اللغة ، أما عند الانتقال إلى المفهوم الإلكتروني فإن الثايرستور هو عنصر إلكتروني مصنوع من مواد نصف ناقلة ويتكون من أربع طبقات وهي على التسلسل P1 N1 , P2 , N2 ، و له ثلاثة أقطاب (مصدر A ومحبط K وبواية G) .



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



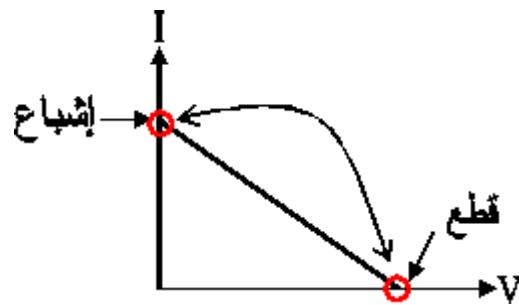
نلاحظ أن هذه التوصيلة الغريبة للترانزستورين تعتمد مبدأ يسمى بالـ**التغذية العكسية الموجبة** Positive Feedback

وبالتالي يتواتر للذهن...ما هي **التغذية العكسية الموجبة**؟

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

يمكن تطبيق هذا الكلام على الدارة المجاورة ، عند مرور تيار في قاعدة الترانزستور Q1 فإن هذا التيار سيظهر أثره مضخماً على مجموع Q1 الموصول مع قاعدة الترانزستور Q2 وبالتالي عند مرور التيار في قاعدة Q2 يفتح الترانزستور Q2 ويمرر التيار من باعث Q2 إلى مجموع 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 التايرستور يُعامل مُعاملة المفتاح، أي يأخذ وضعيتين (قطع أو إشباع) ببيهما إذا لم تؤثر عليه أي قوة خارجية.
- حتى يمر تيار في الترانزستور Q2 يجب أن يكون الجهد المطبق عليه أكبر من جهد المتصل المحيز عكسيًا (P2-N1) وبالتالي يسمى الجهد الذي يفتح عنده التايرستور بجهد الفتح وعندها ينتقل الترانزستورين إلى حالة الإشباع بسرعة كبيرة.

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

يستعمل التايرستور كقطاع الكتروني للتيار المتناوب وهو يمرر في اتجاه واحد فقط قوله قطب تحكم ، يتم قدر التايرستور بجهد من 0.5 إلى 2 فولت ، قوله ثلاثة أقطاب A : الأنود ، G : الكاثود ، K : البوابة / قطب التحكم / .

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

- عندما يكون محيز أمامياً : لا يمر التايرستور أي تيار إلا عندما يكون الجهد المطبق عليه أكبر من جهد الفتح .
- عندما يكون محيز عكسيًّا : يكون في حالة قطع ولا يمر أي تيار .

هناك تايرستورات تتحضر بواسطة الإشعاع الضوئي وهذا النوع من العناصر يعرف بـ LASCR ..  
بعض التايرستورات ثنائية الاتجاه أي تمرر في كلا الاتجاهين في نظام الوصل مثل الترياك TRIAC ..

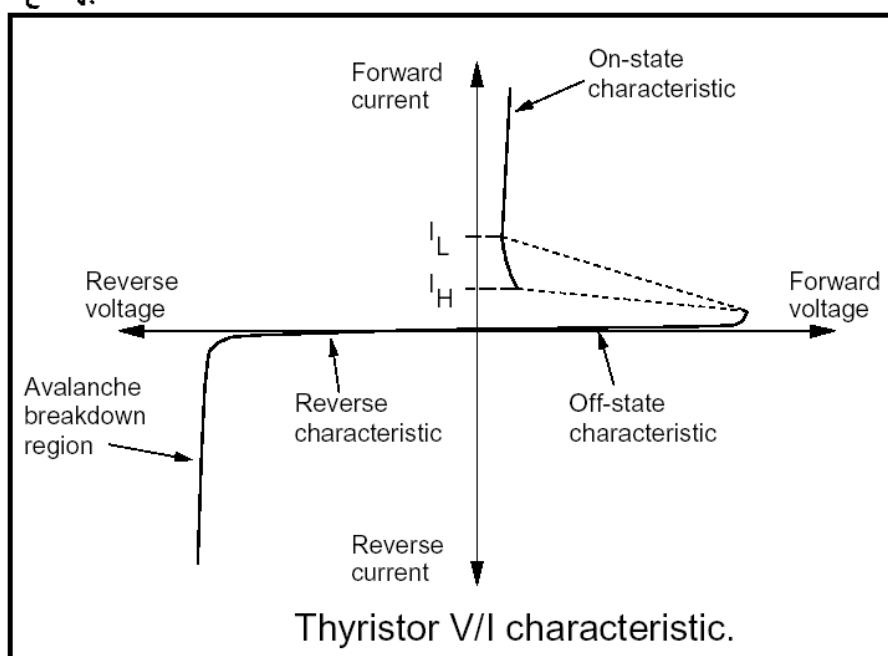
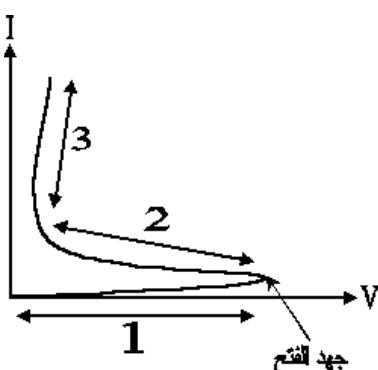
إن تيار SCR يمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية :

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

خلال القطع تكون مقاومة التايرستور بين المھبطة و المصدع عالية جداً ، وعندما تطبق الإشارة على البوابة فإن SCR يصبح في نظام الوصل ويكون قادر على تمرير تيار عالي ( ضمن حدود مجال الاستطاعة ) في اتجاه واحد فقط من المصدع إلى المھبطة ..

**ونلاحظ على مميزة الفولت- أمبير ثلاث مناطق:**

- منطقة القطع: نلاحظ عند ارتفاع الجهد لا يمر أي تيار حتى قيمة جهد الفتح .
- 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 .
- منطقة العمل : وهي منطقة الإشباع يمر عندها التيار في التايرستور وهي المنطقة المرغوب العمل فيها .



لا يعمل التايرستور 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 التايرستور ولا يتوقف إلا في حال قطعه بإحدى الطريقتين :

- فصل التغذية نهائيا عن أقطابه .
- قصر الأنود و الكاثود بواسطة مقاومة وصل .
- تطبيق نبضة قدح معاكسة للنبضة السابقة .

يملك التايرستور نظامي عمل هما:

**نظام الوصل :** وفيه تكون مقاومة التايرستور بين المهبط والمصعد صغيرة جداً بمقدار عدة أومات أو أقل ، وفي هذا النظام يعمل التايرستور كقاطع مغلق ..

**نظام القطع :** وفيه تكون مقاومة التايرستور بين المهبط والمصعد عالية جداً تتراوح من عشرات إلى مئات الميلا

أوم ، وفي هذا النظام يعمل التايرستور كقاطع مفتوح ..

يتميز التايرستور 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 التايرستورات:

- 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 :

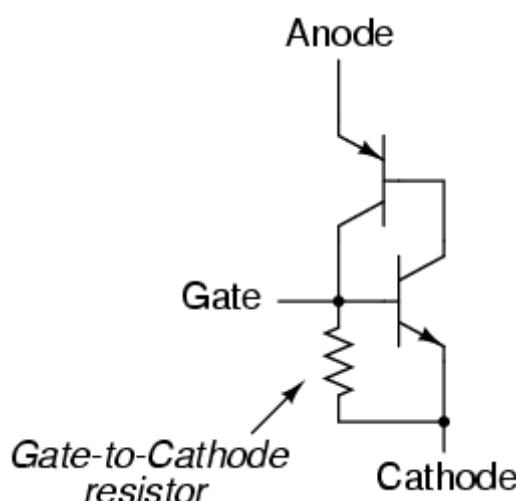
- (١) استطاع SCR بنجاح إن يحل محل الصمام الالكتروني الثلاثي والصمام المفرغ أو ترانزستور الاستطاعة في الدارات الالكترونية .
- (٢) في الدارات الكهرومغناطيسية حل SCR محل كل أنواع المفاتيح والزواجل والمقاومات المتغيرة .
- (٣) في دارات الحماية حل محل الفواصيم وقواطع الدارة .
- (٤) حل محل المضخمات المغناطيسية في دارات تضخيم الاستطاعة .
- (٥) ولاشك إن استخدام الرئيسي لـ SCR اليوم في حقول التحكم بالطاقة وأيضاً كعنصر تفرعي أو تسلسلي ، وتكون أفضليته في المردود العالي الناتج عن التبديل المنخفض للطاقة ... مثل : التحكم بالطاقة المقدمة لتسخين العناصر ، تعين سرعة المotorات الكهربائية ، تعليم الضوء ، الخ.....

- أحد عيوب الثنائيستور أنه عند الانتقال إلى الإشباع لا يمكن التحكم فيه وبالتالي لا يمكن إيقاف تمريره للتيار إلا عند انخفاض التيار المار فيه إلى الصفر وعندها يقطع ، فنلجاً عادةً إلى دارة مساعدة (عادةً مؤلفة من مكثفة و مقاومة) تقوم هذه الدارة بتمرير التيار باتجاه معاكس وبالتالي قطع الثنائيستور.
- تميز الثنائيستورات باستطاعتها الكبيرة وتحملها للتيارات الكبيرة فلذلك تستخدم في التطبيقات الصناعية والتي تحتاج إلى استطاعات كبيرة.

**فحص الثنائيستور:** بمقاييس الأوم يكون :

- بين K , G : 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-كاثود على إنها وصلة N-P (كالدایود العادي) فيذلك جزء من الخطأ وخصوصاً في الثنائيستورات الكبيرة والتي تستخدم مع الجهد العالي ، حيث تضاف مقاومة بين طرفي الوصلة (بوابة-كاثود) أثناء صناعة الثنائيستور.

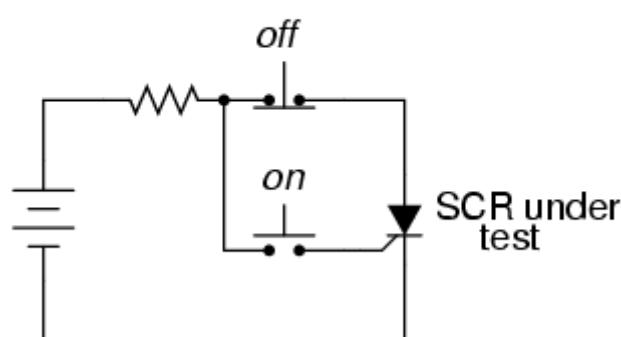


وهذه المقاومة فائدتها جعل الثنائيستور أقل تأثيراً بالنسبات الخاطئة التي ربما تصله عن طريق شرارة كهربائية أو ضوضاء كهربائية أو تفريغ لشحنة ستاتيكية . وكما ذكرنا فهذه المقاومة (في الثنائيستورات الكبيرة فقط ستمنعنا من قياس الوصلة Gate-Cathode على أنها دیود عادي ) .

أما الثنائيستورات التي لا تحتوي هذه المقاومة (غالباً التي تعمل في دارات ذات جهد صغيرة) تسمى sensitive gate SCRs وذلك لحساسيتها للإشعال Triggered بجهود صغيرة جداً .

والدارة العملية المستخدمة لقياس الـ SCR هي كالتالي :

*SCR testing circuit*



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

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

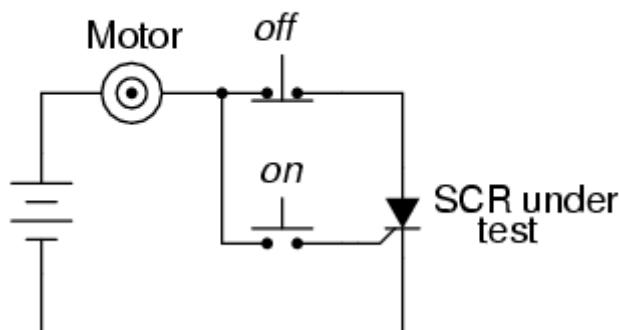
وبالضغط على المفتاح (الموجود في حالة غلق طبيعيا Normally closed) فإن التيار سيتوقف عن المرور في الدارة مجبراً الثاييرستور على الدخول في حالة OFF .

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

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

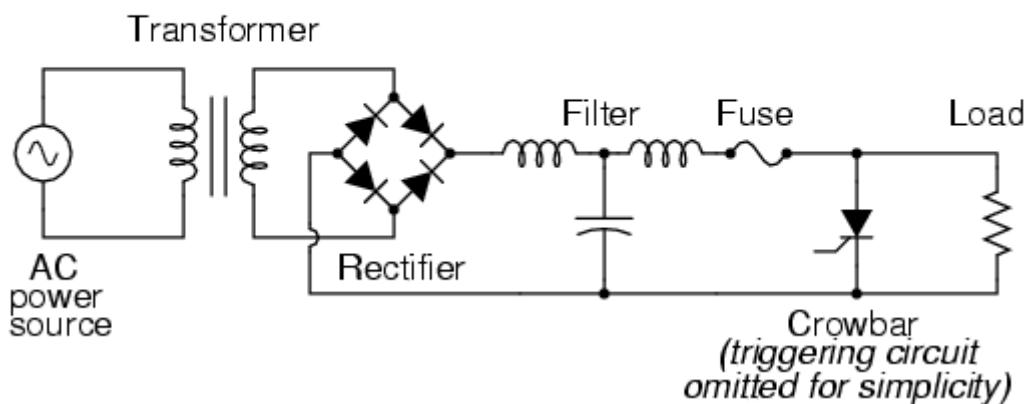
وأحد الاستخدامات للثاييرستور هو استخدامه كمفتاح On/Off (للحكم في محرك كهربائي) كما يلي :

*DC motor start/stop control circuit*



وفي تطبيق عملي آخر يستخدم الثاييرستور 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 مستوى الطبيعي فيما يمنعه من الوصول للحمل وإيقاع الضرر به .

*Crowbar as used in an AC-DC power supply*

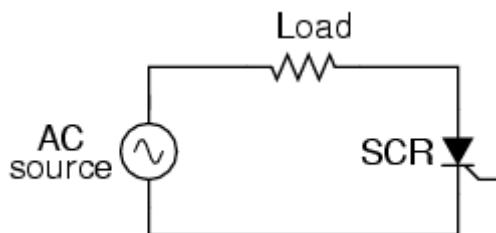


. Short Circuit Fuse لحماية التايرستور ودارة التغذية من التيار في حالة القطع

أما عن البوابة Gate (والتي لم توضح الدارة المتصلة بها في الرسم السابق للتيسيل) فإن الدارة المتصلة بها تقوم بتغذية التايرستور بنبضة في حالة ارتفاع الجهد عن الحد المسموح وعندها يصبح التايرستور كوصلة سلكية Circuit Short بين طرفي الدارة مانعاً التيار من المرور في بقية الدارة (الحمل).

وبالطبع فإن التايرستور SCR هو عنصر وحيد الاتجاه Unidirectional ولاستخدامه في دارات التيار المتردد AC فإننا نستخدم زوج من التايرستورات ولكن بالإضافة إلى شرط الوصول لجهد الانهيار يجب أن توفر نبضة على البوابة gate كلما أردنا من التايرستور العمل وتوصيل التيار عبر طرفية الكاثود والأنود .

**وإليك هذا المثال :** حيث وصل التايرستور في دارة تيار متناوب للتحكم في القدرة الواسعة للحمل .

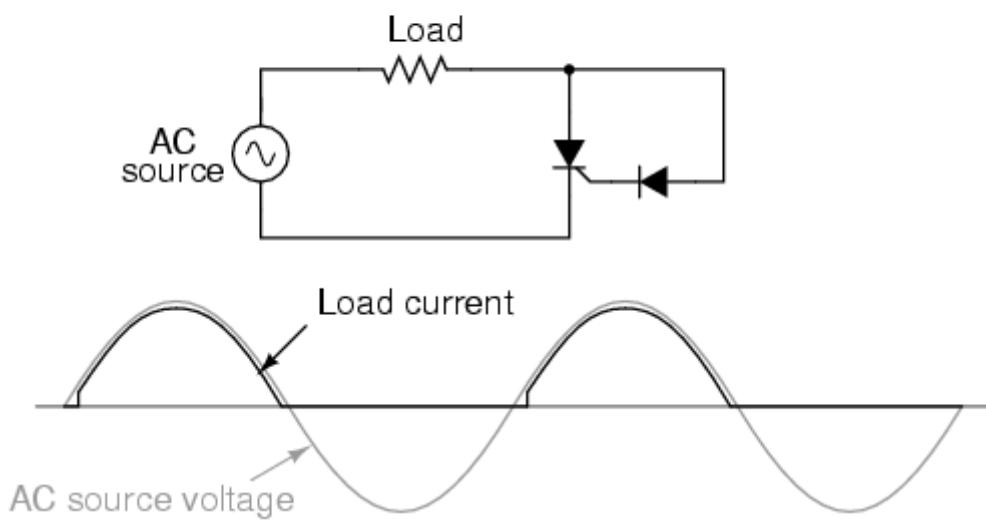


ولأن التايرستور عنصراً وحيد الاتجاه (يُوصل في طريق ذو اتجاه واحد ) فإنه في أحسن حال سيوفر نصف القدرة التي يعطيها المصدر للحمل .

إذا لم توضع نبضة على بوابة التايرستور أو لم يصل الجهد المسلط على طرفية (الكاثود والأنود) إلى جهد الانهيار فإنه لن يعمل .

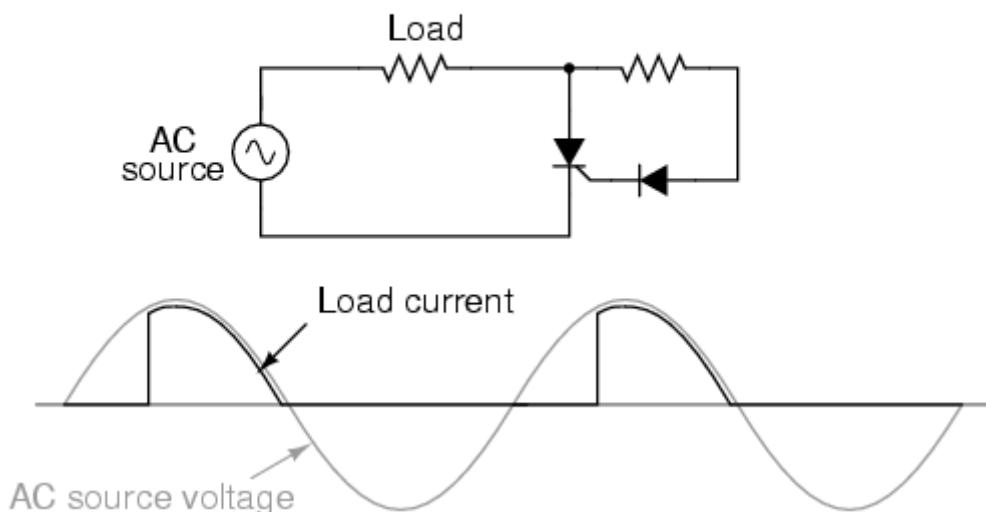
ويتوصيل طرف البوابة gate بالأنود عن طريق موحد diode (لمنع التيار من المرور بالعكس في حالة وجود مقاومة داخلية - كما ذكر من قبل- داخل التايرستور) فإن ذلك سيجعل التايرستور يعمل في بداية كل نصف موجة موجة.

*Gate connected directly to anode through a diode;  
nearly complete half-wave current through load*



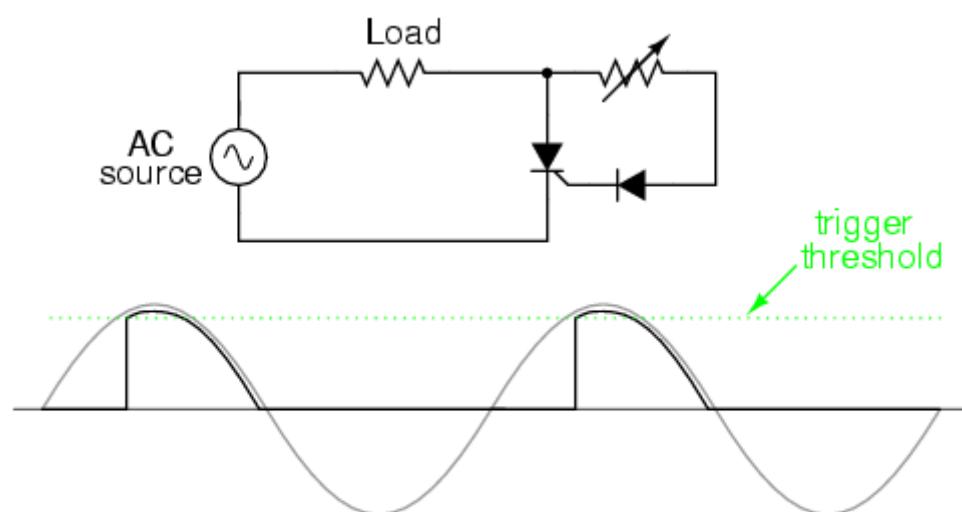
ويمكننا عمل تأخير لتلك النبضة بوضع مقاومة في دارة البوابة مما يزيد من قيمة الجهد اللازمة حتى يحدث إشعال للتايرستور وستكون النتيجة على الشكل التالي :

*Resistance inserted in gate circuit;  
less than half-wave current through load*



وبطريقة التأخير تلك يتم التحكم في زاوية القطع للموجة الجيبية المدعومة من المصدر مما يمكننا من التحكم في القيمة المتوسطة للقدرة average power الواسطة للحمل .

ويوضع مقاومة متغيرة بدلاً من المقاومة الثابتة يمكننا التحكم في زاوية القطع (وبالتالي متوسط القدرة على الحمل).



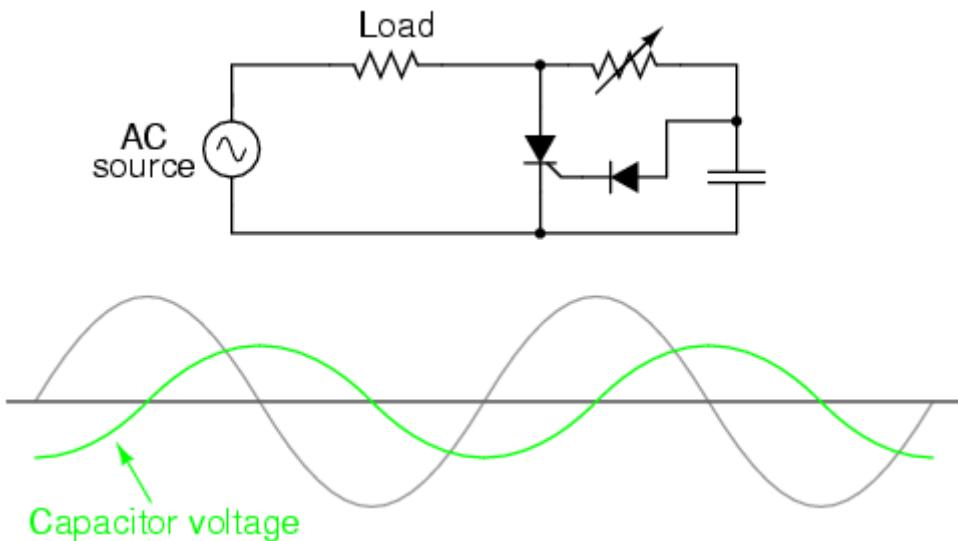
*Increasing the resistance raises the threshold level,  
causing less power to be delivered to the load.*

*Decreasing the resistance lowers the threshold level,  
causing more power to be delivered to the load.*

وللأسف فإن هذا النوع من التحكم له حد مسموح به (عند التعامل مع التيار المتردد) وهو النصف الأول لنصف الموجة الموجب فقط .

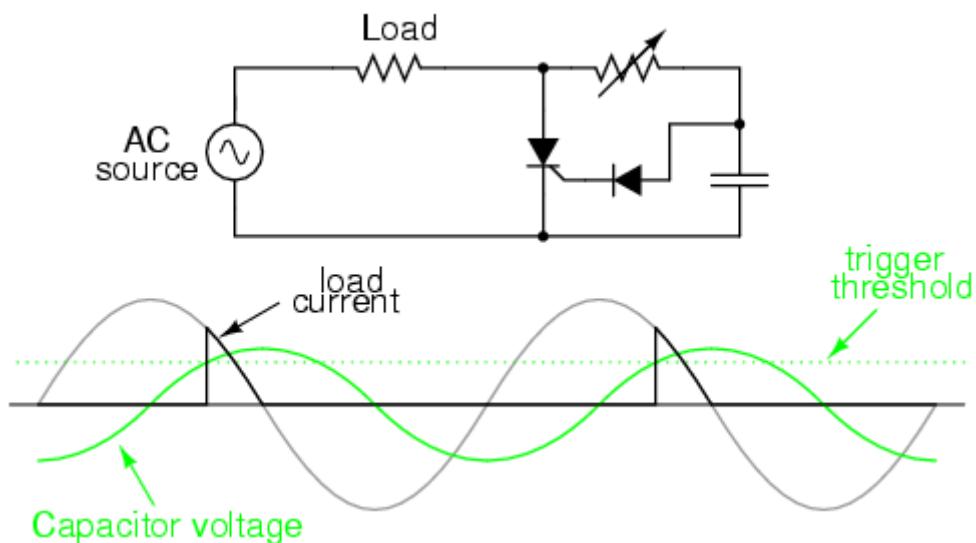
ولكن برفع الـ trigger threshold أكثر من ذلك (وضع تأخير أكبر بمقاومة أكبر) فإن ذلك لن يحدث أي إشعال للثايристور ولن يصبح هناك خرج واسط للحمل .

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



الجهد المرسوم باللون الأخضر يمثل الجهد الموجود على المكثف . (لتوسيع عملية ترحيل الطور تم وضع المقاومة بقيمة كبيرة بحيث لن يحدث إشعال للثاييرستور كما سبق) وسيتم شحن المكثف بذلك التيار البسيط المار في المقاومة (والذى لا يكفى لإشعال الثاييرستور) مما ينتج عنه ذلك الجهد المرحل في الطور (عن طور منع التغذية) بقيمة تتراوح من ° إلى ٩٠ درجة.

وعندما يصل ذلك الترحيل phase-shifting إلى قيمة مناسبة سيبدأ المكثف في التفريغ ليدعم تيار المقاومة البسيط لإشعال الثاييرستور وتشغيله.



ولكن الدارة السابقة نظرية إلى حد كبير حيث (في الحقيقة) يتثنى الممثل للجهد على المكثف عندما يدخل الثاييرستور في مرحلة العمل Latched ولن يكون جيبي الشكل تماما .

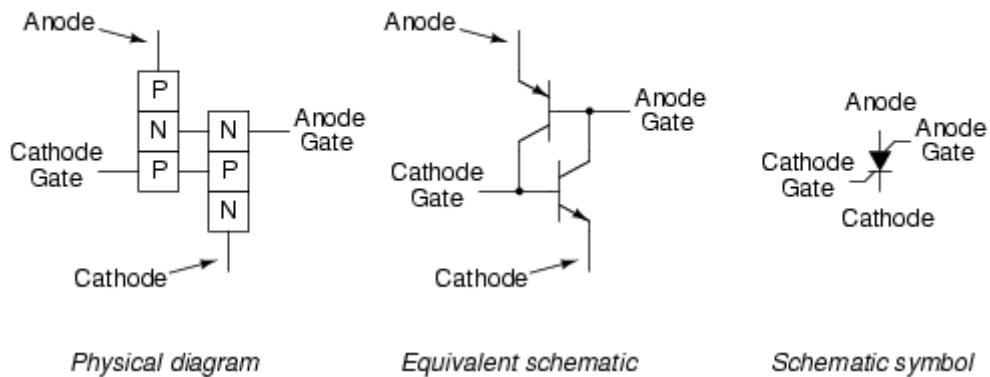
رغم أن الدارات السابقة لإشعال الثاييرستور كافية وقابلة للعمل في الدارات البسيطة كالتحكم في مصباح أو محرك صناعي كبير إلا أنه يمكن إشعالها fired بدارات أكثر تعقيدا تحقيقا لمطالب بعض التطبيقات .

# مفتاح التحكم السيالكوني SCS

## The Silicon-Controlled Switch

بإضافة طرف آخر إلى نموذج التايرستور (عند قاعدة الترانزستور العلوي) سينتج لنا عنصراً جديداً هو .. SCS

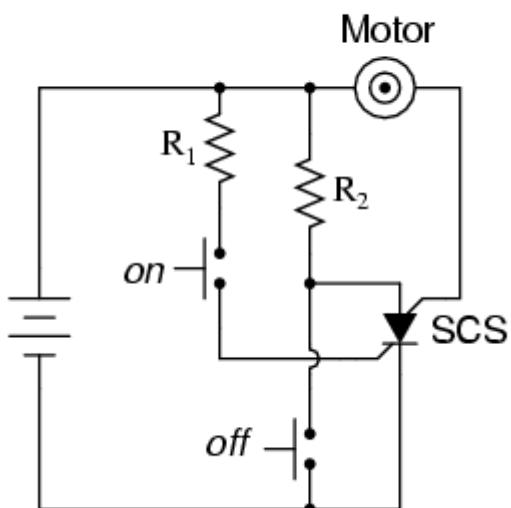
*The Silicon-Controlled Switch (SCS)*



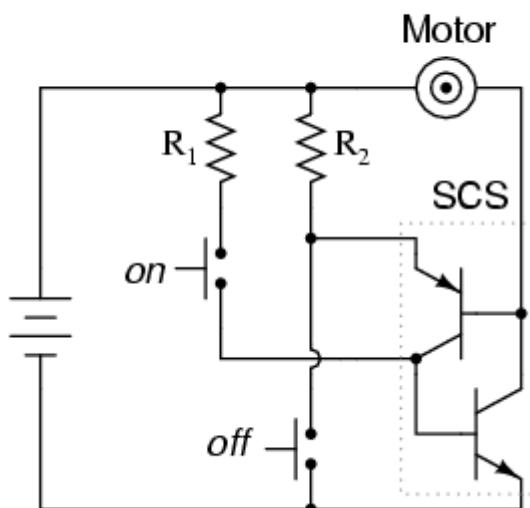
والطرف المضاف يوفر قدرات إضافية للتحكم في هذا العنصر .

لاحظ الدارتين التاليتين :

*DC motor start/stop circuit using an SCS*



*Equivalent schematic with two transistors*

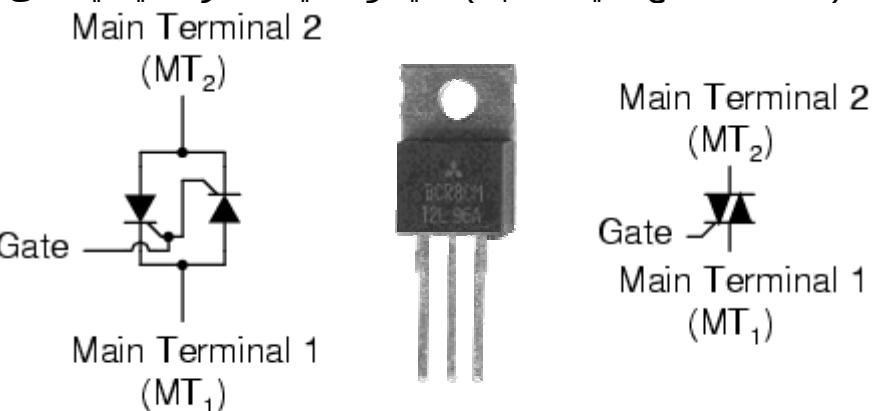


عندما نضغط على المفتاح المكتوب عليه ON فإن ذلك سيوضع جهداً على الوصلة بوابة الكاثود- الكاثود مما يدفع التايرستور للعمل وإمداد التيار بين الأنود والكاثود عبر المقاومة  $R_2$  ومن ناحية أخرى سيمر تيار خلال المحرك مما يجعله يعمل.

وطبعاً يمكن إيقاف المحرك بفصل منبع التغذية (تعرف تلك الطريقة بـ natural commutation). وأيضاً يوفر لنا الـ SCS طريقة أخرى لإيقافه عن العمل وهي forced commutation وذلك بتوصيل الأنود بالكاثود وهذا ما يفعله المفتاح OFF .

## الтриاك (Triak)

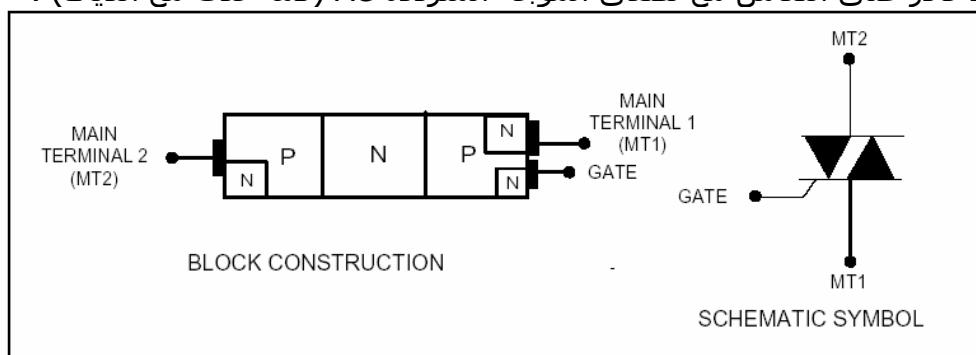
لأن التايرستورات SCRs أحادية الاتجاه فهي تستخدم في دارات التحكم التي تعمل بالتيار المستمر . ولكن بوضع زوج منها بطريقة معاكسة (مثلاًما فعلنا مع الدياك سابقاً) سيتكون لدينا عنصراً جديداً يسمى الترياك TRIAC



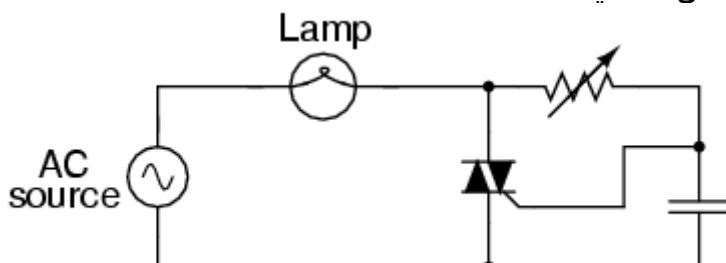
*TRIAC equivalent circuit*

*TRIAC schematic symbol*

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



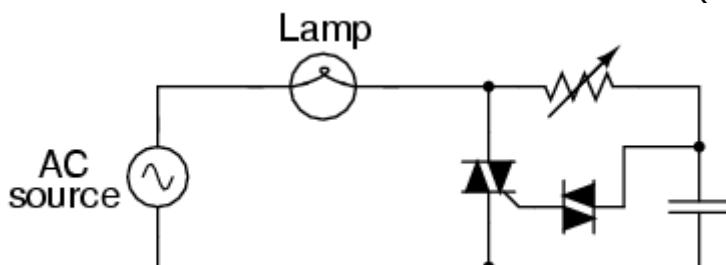
ولكننا نلاحظ أن التايرستور SCR يستخدم بكثرة في دارات التحكم (مثل دارات التحكم في المحركات) بينما يستخدم الترياك كعنصر في التطبيقات التي لا تتطلب قدرات عالية عند عملها مثل التحكم في المصايب الصغيرة لتغيير شدة الإضاءة كما بالشكل التالي :



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

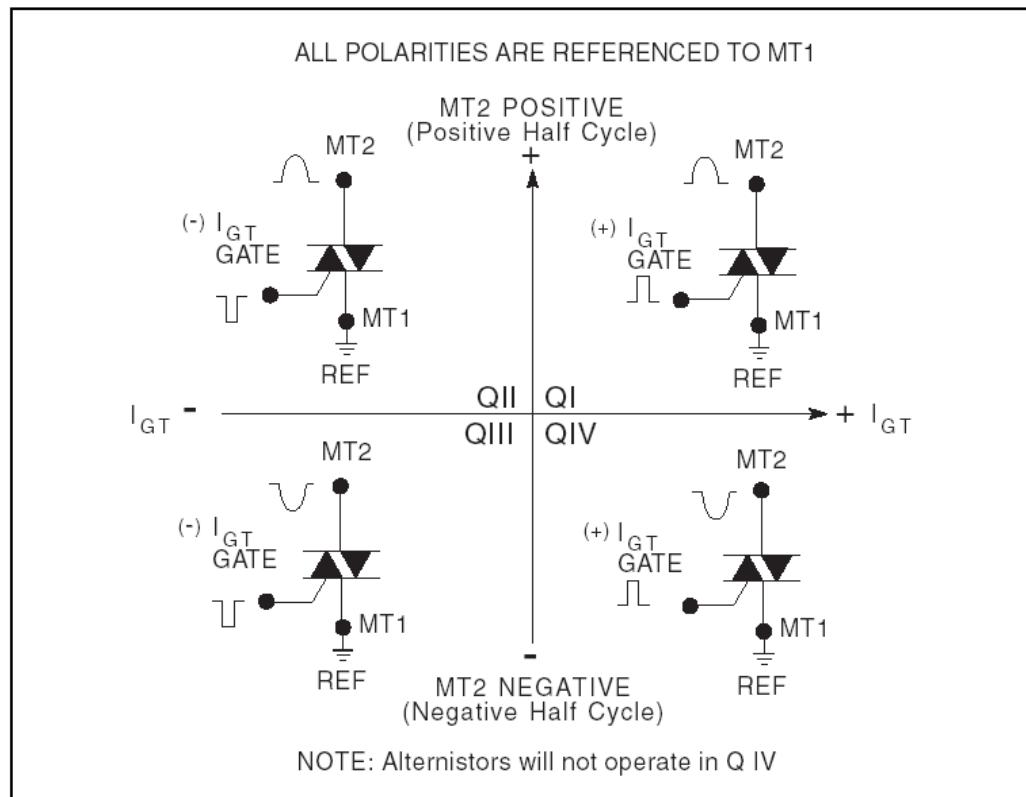
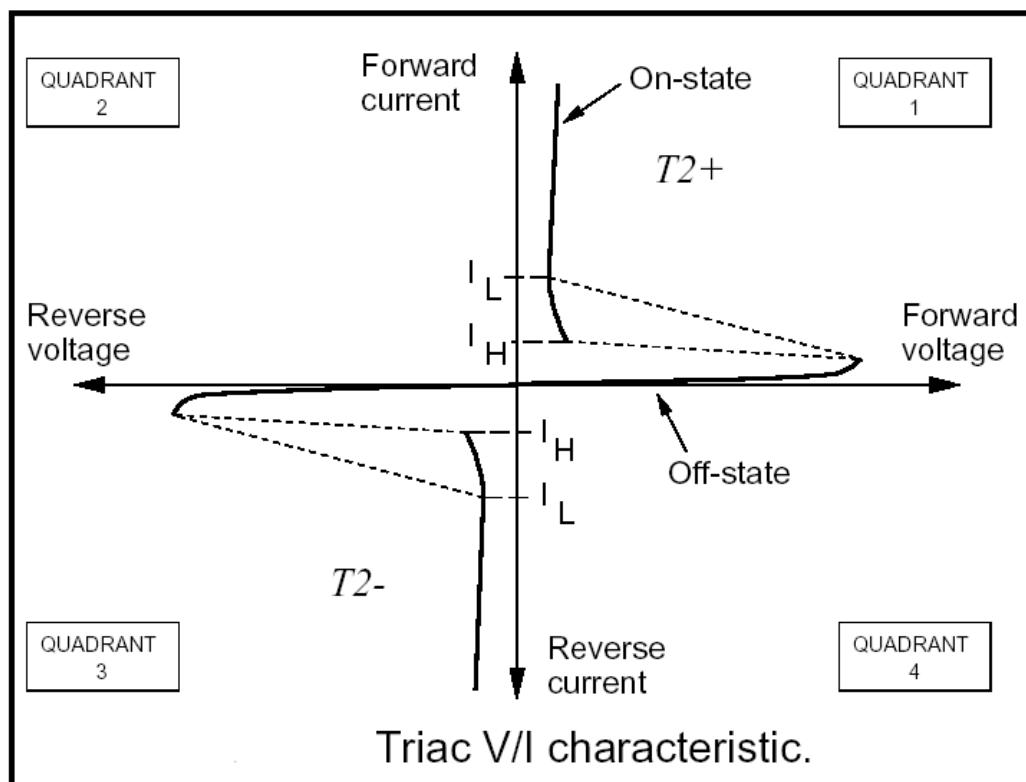
والтриاك له سمعة سيئة في الدارات العملية حيث أن جهد الإشعال في النصف الموجب يختلف عن جهد الإشعال للنصف السالب في معظم الأحيان . وخاصية عدم التماثل في جهد الإشعال تعتبر غير مرغوب فيها لأنها تنتج توافقيات harmonics (ترددات) غير مرغوب فيها .

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



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

### مميزة الغولت أمبير للترياك :

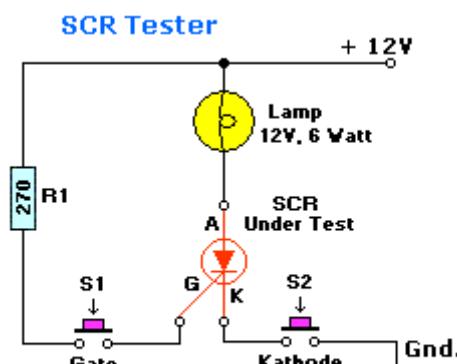


### طريقة الفحص :

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

هناك طرق أخرى لفحص الترياك أدق من استخدام جهاز أوم متر تماضي .. وأفضل الطرق وأسهلهما باستخدام الدارة التالية .. والتي تستخدم لفحص الترياك أو الثنائيistor ..

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



<http://www.uoguelph.ca/~antoon>

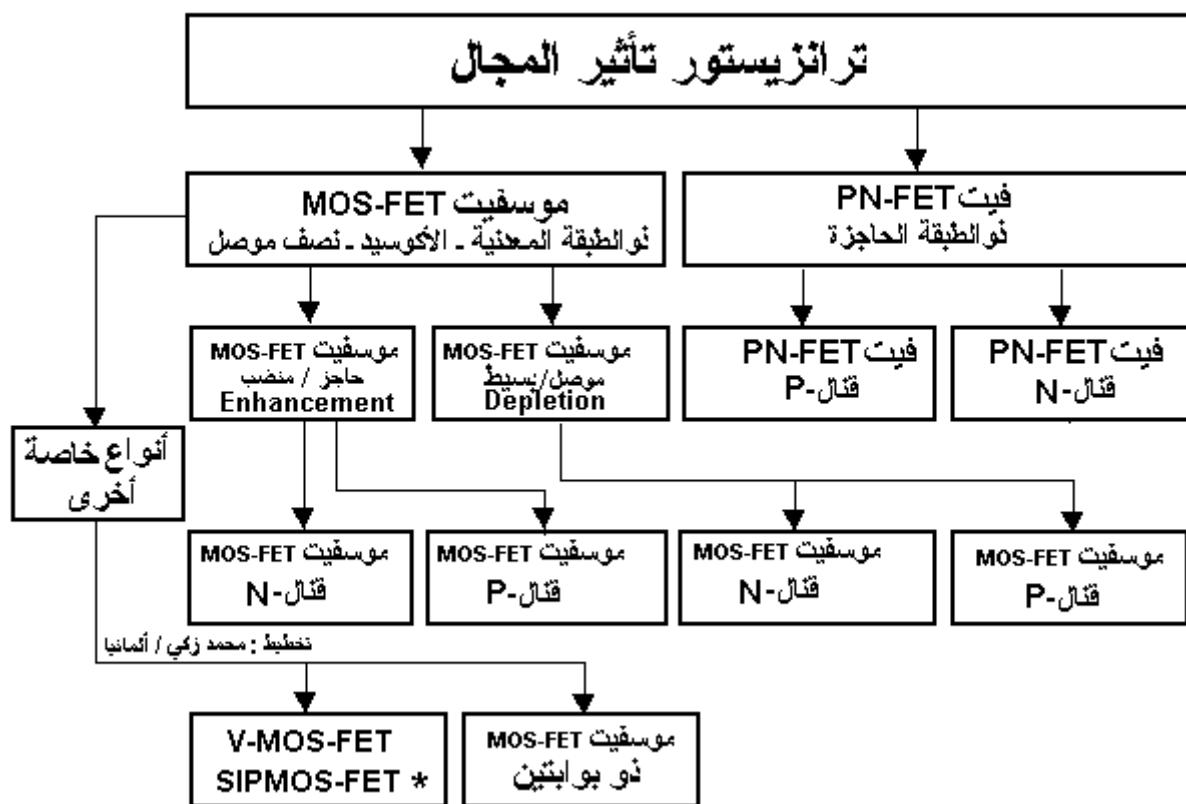
# الترانزستورات أحادية القطبية

ترازنيستور تأثير المجال (FET) :

هو عنصر كهربائي يفضل استعماله كمفتاح أو كمكابر للإشارات الصغيرة ..

**أنواعه** : يشكل ترانزستور "FET" مجموعتين :

- ذو الطبقة الحاجزة (PN-FET) ..
  - ذو الأكسيد المعدني (MOSFET) ..
- وتنقسم المجموعتين إلى صنفين :
- موجب القناة (P) ..
  - سلبي القناة (N) ..



## البنية الداخلية وطريقة العمل :

يعكس التركيب الداخلي للترازنيستور "ثنائي القطبية" والذي يتكون من طبقتين للشحنات (إلكترونات وثقوب) أو (سلب ووجب) ..

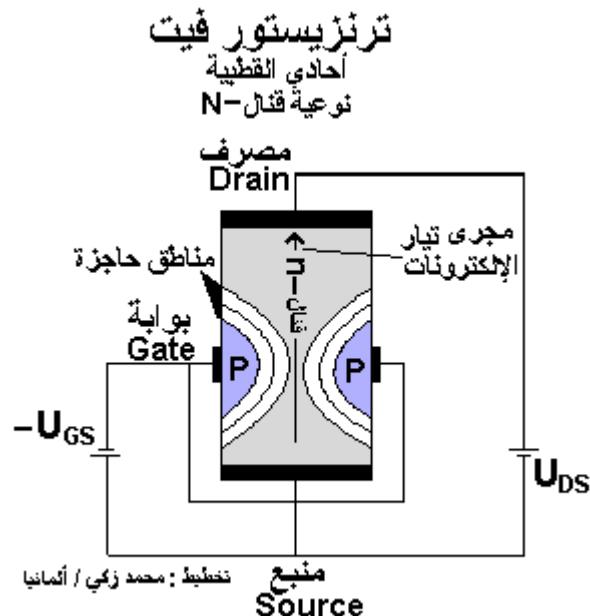
يتكون ترانزستور "FET" من طبقة واحدة إما (P) أو (N) ، ومن هنا ترجع تسميته بأحادي القطبية ..

تتكون بنية ترانزستور "FET" من مساحة نصف موصولة بشكل القضيب وهي من مادة السيليكون ، وعلى يمين ويسار القضيب تتكون مناطق حاجزة ، وبين أعلى وأسفل هذا القضيب تتكون "قنال" الاتصال (مادة N موصولة دون طبقة حاجزة) وتشكل هذه القناة المصرف (Drain) والمنبع (Source) ..

وعلى جوانب القضيب تم مزج "مناطق" من مادة P موصولتين ومرتبتين بعضهما البعض ، وتشكلان البوابة (Gate) ومن هنا تأتي تسمية "الترازنيستور PN-FET" ..

إذا تم توصيل جهد بمساحة بلورية موصولة من مادة السيليكون N أي المصرف (Drain) والمنبع (Source)، فيسري بها تيار كهربائي (ID) عبر قنال في هذه المساحة ، وذلك بحكم الجهد والمقاومة في هذه المساحة . وفي حالة توصيل جهد سلبي بين البوابة (Gate) والمنبع (Source) ، فت تكون قطبية طبقتي PN باتجاه حاجز، وت تكون بذلك داخل الطبقتين "مناطق حاجزة" بحيث تمنع مرور التيار بهذا الاتجاه . وتتوسع "المناطق الحاجزة" بينما يضيق قطر ممر التيار في القنال .

وكل ما أرتفع الجهد السلبي (UGS) كل ما توسيع "المناطق الحاجزة". والنتيجة لذلك أن قطر القناة (ممر التيار) يصبح أضيق فأضيق ، أي أن قيمة المقاومة (RDS) في ممر التيار بين المصرف (N-FET) والمنبع (Source) تتعلق بقيمة الجهد السلبي للبوابة (Gate) ، وبذلك يمكن التحكم بقيمة المقاومة وذلك على مستوى واسع . واستناداً لقوانين أوم يمكن التحكم بالجهد أو التيار لو تم استبدال قطبية الجهد .

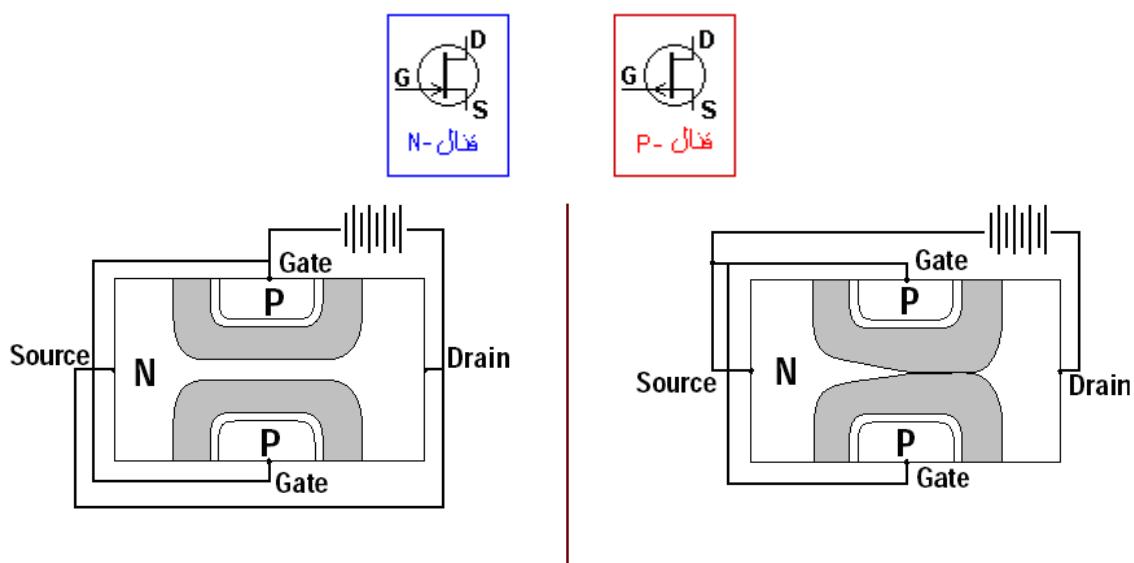


بعبارات أخرى : القناة من صنف - N هي المجال الموصل لهذا FET ، ويوجه تيار المجال هذا بجهد البوابة (في هذه الحالة جهد سالب) .

و إذا أرتفع الجهد السالب في البوابة ، فتتمدد الطبقة الحاجزة ، وينخفض تيار هذا المجال .  
والاستنتاج: أن تغيير عرض الطبقة الحاجزة يجري دون قدرة (تقريباً) ..

بالمقارنة مع الترانزistor ثانوي القطبية المعتمد فلترانزistor الأحادي القطبية ميزات إيجابية كثيرة :

١. اقتصادي أكثر ..
٢. يعمل بجهد تشغيل منخفض ..
٣. أحجام صغيرة وتركيبه يتواافق مع ترانزistor ثانوي القطبية ..
٤. يكفي توجيهه بالجهد باختلاف ثانوي القطبية الذي يوجه بقدرة ..
٥. مقاومة المدخل عالية ما بين  $(10^8\text{--}10^{15})\text{ }\mu\text{A}$  FET ذو الطبقة العازلة و  $(10^{15}\text{--}10^{16})\text{ }\mu\text{A}$  MOSFET ..
٦. ليس هناك أهمية لقطبية التوجيه ..
٧. صفاء ونقاء عالي في تقنية الموجات لا يصلها ثانوي القطبية المألوف ..



currents of the circuit.

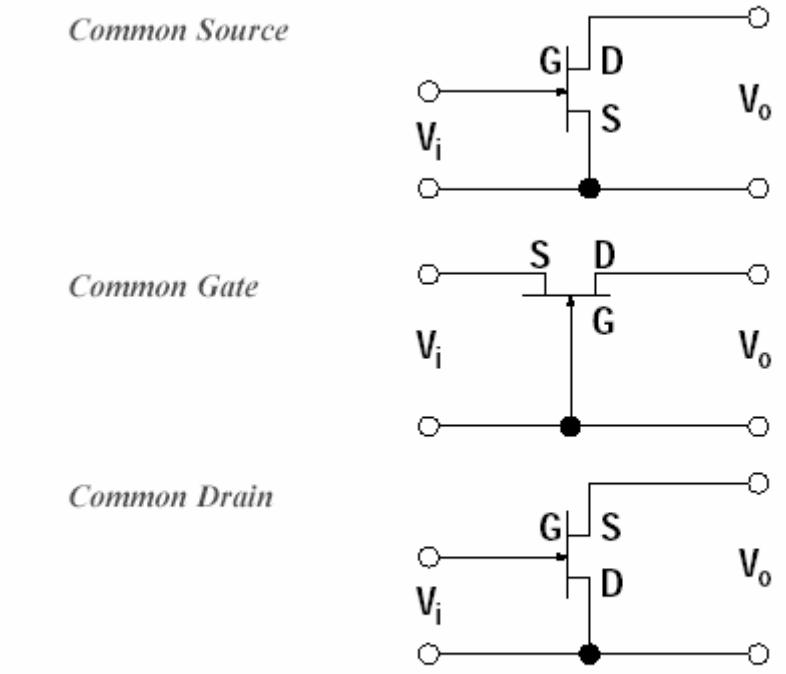
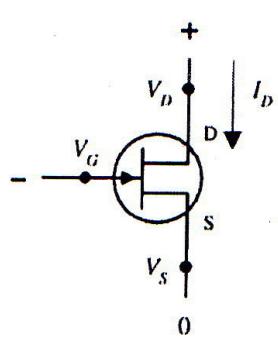


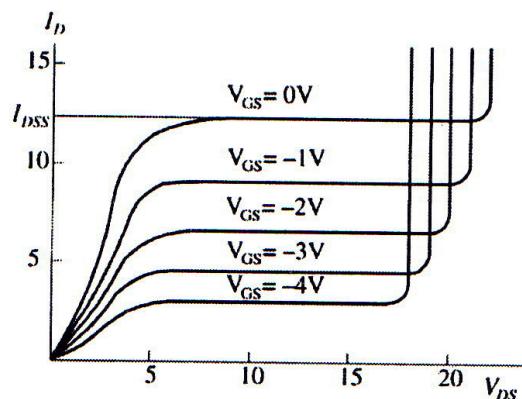
Figure 1

Basic JFET Amplifier Circuit Configurations

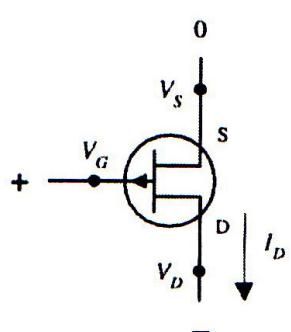
N-CHANNEL JFET



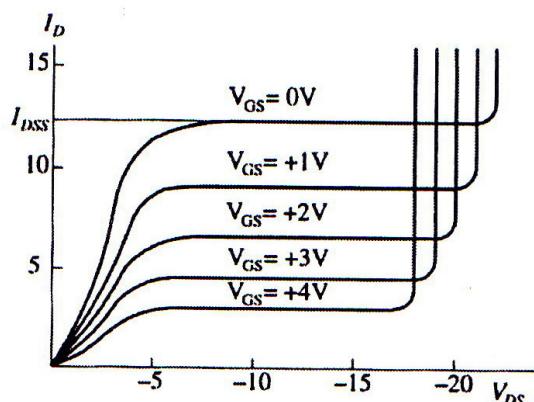
N-CHAN CURVES



P-CHANNEL JFET



P-CHAN CURVES

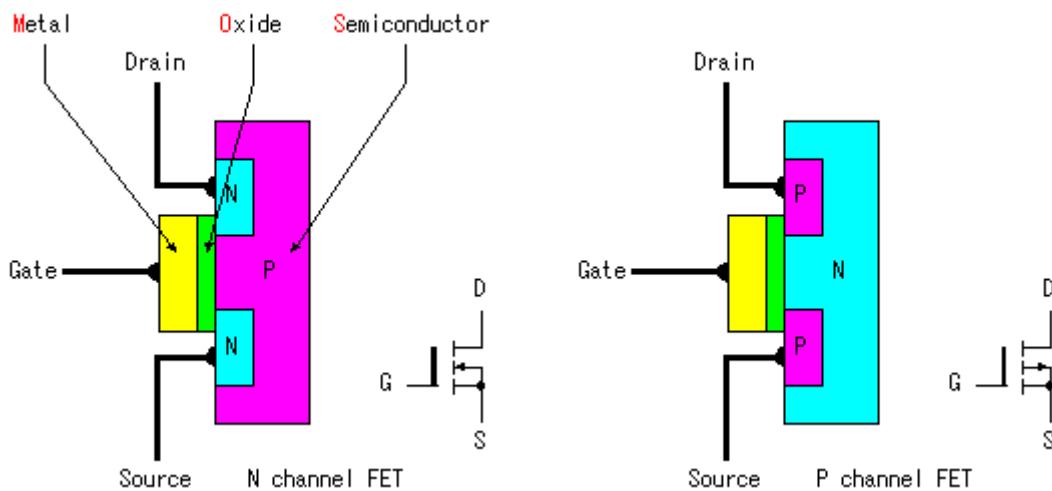


## ترازستور التأثير المجالي والمصنوع من أشباه الموصلات وأكسيد المعادن MOSFET

يتربّك ترازستور التأثير المجالي من :

١. طبقة سفلية Substrate وهي إما من النوع N كما يمين الشكل أو من النوع P كما بيسار الشكل ..
٢. منطقين من بلورتين من نفس النوع بعكس الطبقة السفلية P <=> N ويمثلان طرفي من أطراف الترازستور وهما المصرف Drain والمنبع Source ..
٣. طبقة من الأكسيد (ثاني أكسيد السليكون SIO<sub>2</sub>) وهي مادة غير موصلة للتيار الكهربائي (عزلة) ..
٤. طبقة من المعدن وتمثل الطرف الثالث للترازستور وهو البوابة Gate ..

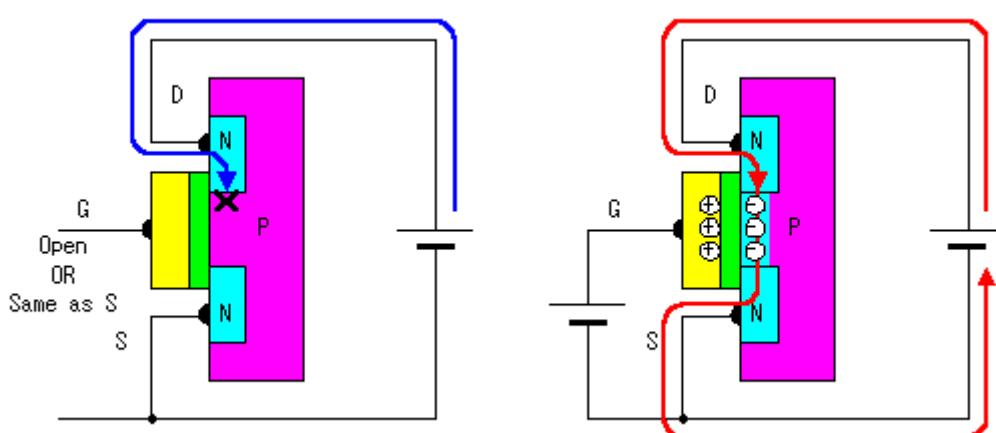
ونجد أيضاً من الشكل أن هذا الترازستور له نوعان هما - (N-Channel) والـ (P-Channel) بحسب اختيار نوع الطبقة السفلية والبلورتين الجانبيتين (المصرف والمنبع) ..



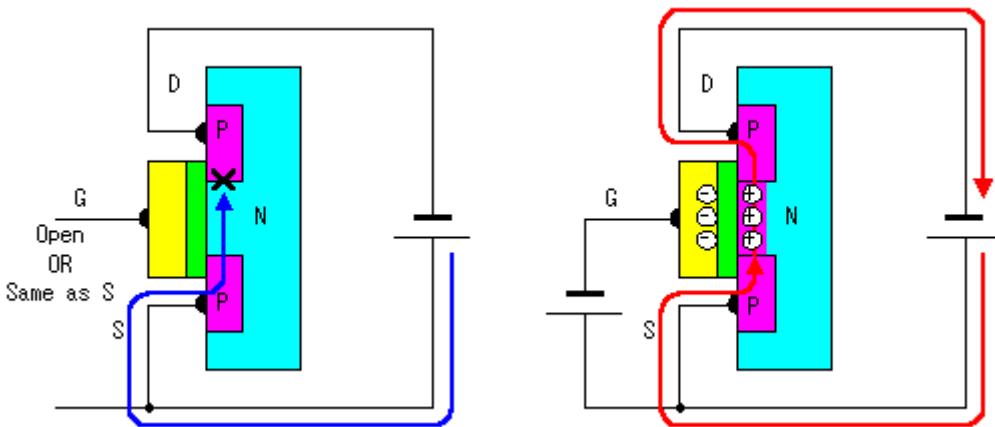
### فكرة عمل ترازستور MOSFET

في هذا النوع من الترازستورات يتم التحكم بتيار الخرج عن طريق جهد (المجال الكهربائي) الدخل . فكيف ذلك ؟  
أنظر الشكل التالي (حيث تم توصيل المصرف بالطرف الموجب لبطارية والمنبع بالطرف السالب لها) .

١. في حالة عدم وضع جهد على البوابة Gate فإنه لن يمر أي تيار بين المنبع والمصرف (الشكل الأيسر) ..
  ٢. في حالة وضع جهد موجب على البوابة (في الشكل الأيمن) لاحظ أن الترازستور من نوع القناة N فإن الإلكترونات الحرة الموجودة في بلورتي المنبع والمصرف ستتجذب للمجال الكهربائي الموجب المتكون عند البوابة مكونة قناة لمرور التيار بين المنبع والمصرف .
- ويتغير حجم هذه القناة تبعاً لقوة المجال الكهربائي عند البوابة وبالتالي تتغير قيمة التيار المار بين المنبع والمصرف .



٣. في حالة وضع جهد سالب على البوابة (في الشكل الأيمن) لاحظ أن الترانزستور من نوع القناة P فإن الفجوات الموجودة في بلورتي المنبع والمصرف ستتجذب للمجال الكهربائي السالب المتكون عند البوابة مكونة قناة لمرور التيار بين المنبع والمصرف. وبالتالي يتغير حجم هذه القناة تبعاً لقوة المجال الكهربائي عند البوابة ويتأثر قيمه التيار المار بين المنبع والمصرف.



لاحظ أنه لوجود مادة الأكسيد العازلة بين البوابة وبقية الترانزستور فإن التيار لا يمر بينهما وفقط يتم التحكم بالتيار المار بين المنبع والمصرف عن طريق الجهد (المجال الكهربائي) الموجود على البوابة ..

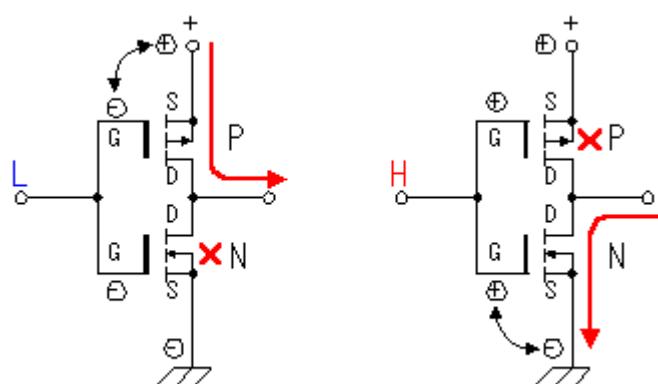
### ترانزستور MOSFET المتمم : (CMOS)

مصطلح الـ CMOS هو اختصار للجملة :  
Complementary Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

وهو عبارة عن دارة تجمع بين ترانزستورين من نوع (N-Channel , P-Channel) ويكون عمله كالتالي :

- عندما يكون مستوى الدخل منخفضاً على البوابة (LOW) يعمل الترانزستور ذو القناة P على تمرير التيار من مصدره لمصرفه ، ولا يعمل الترانزستور الآخر .
- عندما يكون مستوى الدخل مرتفعاً على البوابة (High) يعمل الترانزستور ذو القناة N على تمرير التيار من مصدره لمصرفه ، ولا يعمل الترانزستور الآخر .

أي أنه في دارة الـ CMOS يعمل الـ NMOS و الـ PMOS بصورة عكssية (أحدهما يمرر والآخر لا). ويستفاد من هذه الحالة عند التعامل مع تيارات عالية (قدرات عالية) فيخفف ذلك من تسخين كل من الترانزستورين حيث يعمل كلاً منها نصف الوقت بينما يريح الآخر مع الحفاظ على حالات الخرج وذلك بإدخال نسبة ساعة على البوابة .



## الأنواع الخاصة :

### : Dual-Gate MOSFET

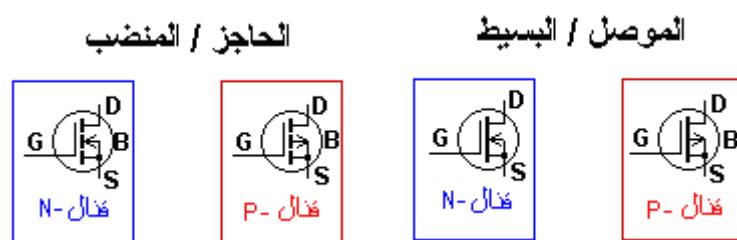
الترانزستور MOSFET ذو البوابتين ، وهو من التصميمات الخاصة لترانزستور تأثير المجال ذو الطبقة المعدنية ، وهو من النوعية الموصلة ، وكما تعبر التسمية فله وصلتين للبوابة ، وذلك لكي يدخل تيار التوجيه بواطئه على التوالى (بالسلسل) وتكون مستقلتين عن بعضهن البعض .. أي يمكن تغيير كفاءة أو قدرة التوصيل بين المصرف (D) والمنبع (S) كلًا على حدا . يستعمل هذا النوع في الراديو ..

### : (Vertical Metal-Oxide-Semiconductor) VMOSFET

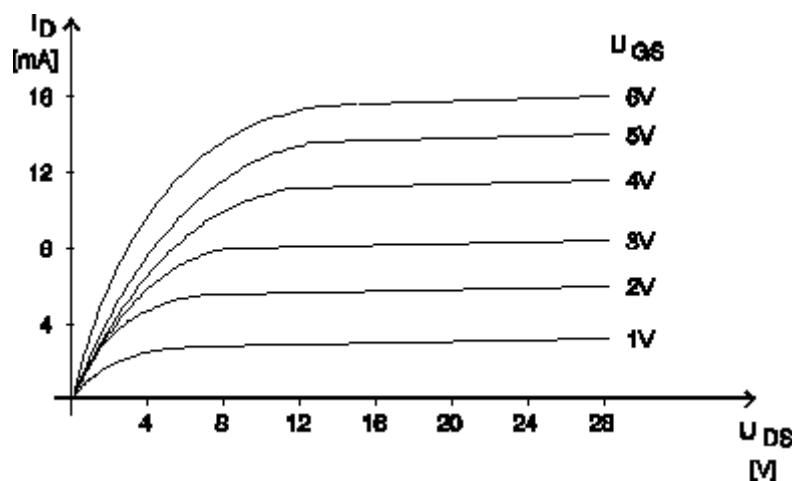
جميع أنواع ترانزستور "FET" التي عالجتها حتى الآن تصلح للقدرات المنخفضة نسبياً وذلك يرجع للمسافة الطويلة نسبياً في "القناة" (5 ميكرو متر تقريباً) ، حيث تكون مقاومة الاختراق فيه (من 1 كيلو أوم حتى 10 كيلو أوم) ولذلك تبقى محدودة القدرة .. أما الإمكانيات الحاضرة لتقنية التصنيع فتسمح بجهد وتيار أكبر ، وبناء طبقة عمودية بالإضافة للطبقات الأفقية المتّعة ، فيصل التيار فيه إلى 10 أمبير ويصل الجهد بين المصرف (D) والمنبع (S) إلى 100 فولت ..

### : (Vertical Metal-Oxide-Semiconductor Siemens Power) SIPMOS-FET

وهو يشابه تركيب VMOS-FET باختلاف أن تكنية بنائه المسطحة ، ويكون من النوع المنصب أي حاجز . تتراوح مقاومة الاختراق به بحدود الميلي أوم ، كما يتراوح توقيت التعشيق به في حدود النانو ثانية ، وغالباً يستعمل كمفتاح قدرة سريع ..



منحنى خصائص المخرج من النوع الموصل وصنف قنال N :



**خاتمة:**

تعتبر الترانزستورات من نوع MOSFET خليفة الترانزستورات BJT حيث تدخل في معظم الدارات الحديثة وخصوصاً في بناء الدارات المتكاملة والدارات الرقمية خاصة لما تتميز به من سرعة في الأداء خصوصاً عند استخدامها كمفافي .

## طريقة فحص ترانزistor MOSFET :

الترانزستورات MOSFET وخصوصاً القناة n كثيرة الاستخدام في دارات التغذية العاملة في نمط التقطيع سواء كانت بشكل فردي (أي بشكل ترانزستور مستقل) أو ترانزستور مبني ضمن دارة متكاملة مثل عائلة الـ STR في التلفزيونات والشاشات وغيرها من وحدات التغذية .. و من المهم أن نتعرف على طريقة الفحص الستابيكى لهذا الترانزستور عندما يكون خارج الدارة وبواسطة مقاييس الأوم ..

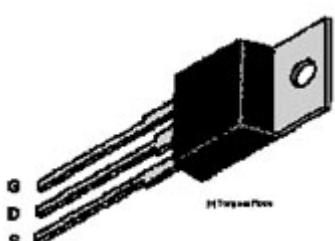
المبدأ بسيط و هام جداً ، لأن الكثير لا يعرفون طريقة فحص هذه الترانزستورات الشائعة في الأجهزة الحديثة ..

- نصل الطرف الموجب للمقياس إلى المصرف و الطرف السالب إلى المصدر ، بينما نترك البوابة حرة وبالتالي يجب أن تكون الممانعة عالية جداً أو لا نهاية ..
- الآن نصل الطرف الموجب للمقياس إلى البوابة مع المحافظة على الطرف السالب للمقياس على المصدر أي سوف نشحن مكثفة البوابة ..
- الآن نعيد الاختبار في الخطوة الأولى يجب أن نحصل على ممانعة صغيرة للغاية ..
- نفرغ البوابة بلمس قطبي المصدر و البوابة فيعود الترانزستور لحالته الأساسية ..

## فحص ترانزistor MOSFET (طريقة ثانية):

يجري هذا الفحص باستخدام مقاييس آفو رقمي موضوع على مجال فحص الديود وعلى مجال يُطبق فيه جهد أكبر من ٣,٣ فولت ..

- وصل "المنبع" في الترانزستور إلى الطرف السالب من المقياس ..
- أمسك الترانزستور من غلافه و لا تلمس الأجزاء المعدنية من محسّات القياس بأي من أطراف الترانزستور إلا عند الحاجة لذلك و لا تجعل الترانزستور يلامس ملابسك أو الأشياء المصنوعة من البلاستيك .. لأن هذه المواد تولد جهود ساكنة مرتفعة ..
- في البدء إلمس سلك المحس الموجب بـ"بوابة" الترانزستور ثم ضع المحس السالب على "المصرف" يجب أن يعطي المقياس قراءة منخفضة ، وبهذا تكون المكثفة الداخلية على بوابة الترانزستور قد شحنت عن طريق المقياس ويكون الترانزستور "مشغلاً" ..
- حافظ على وضع السلك الموجب للمقياس على المصرف ، و ضع إصبعك بين المنبع و البوابة والمصرف أيضاً ، إذا أردت ، ستفرغ البوابة عن طريق إصبعك وستكون قراءة المقياس مرتفعة تعنى هذه القراءة أن الجسم غير ناقل ..

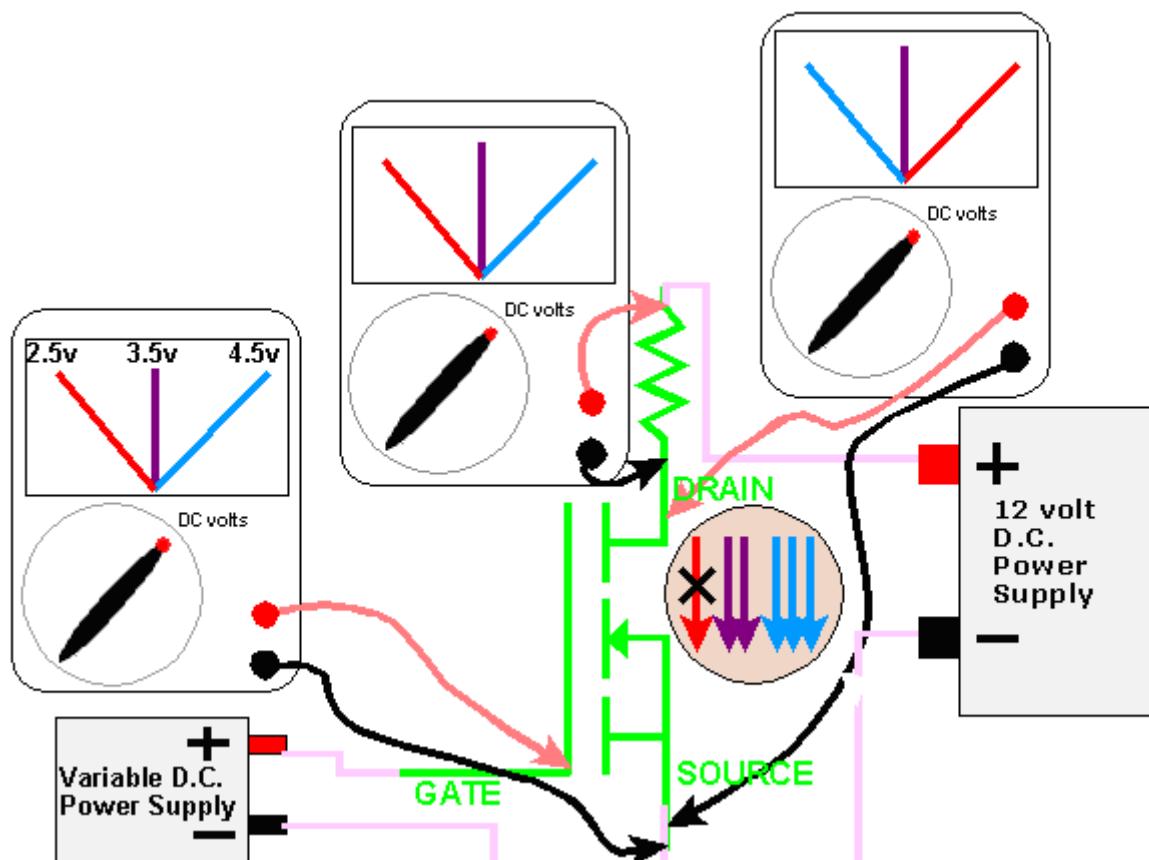
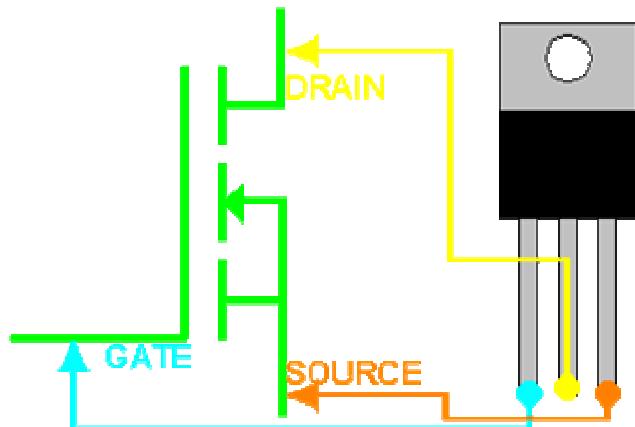


القياس السابق هو عبارة عن فحص جهد القطع في الترانزستور ، الذي يكون في العادة أكبر جهد يُطبق على البوابة بدون أن تُصبح ناقلة .  
هذا الإجراء ليس دقيقاً ١٠٠٪ إلا أنه كافٍ ..

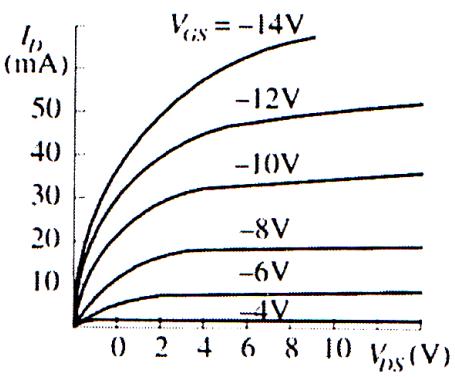
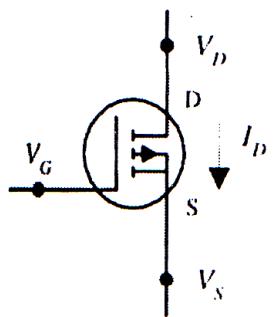
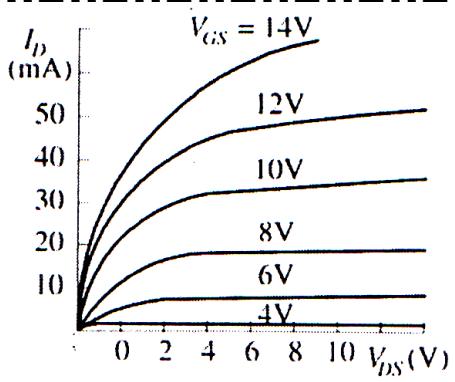
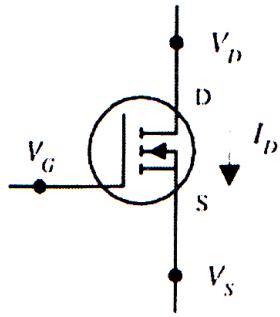
عندما يتتعطل ترانزستور MOSFET فعادةً يكون السبب هو قصر المصرف إلى البوابة ، وهذا يؤدي إلى إعادة جهد المصرف إلى البوابة ومنها إلى التغذية التي تأتي عن طريق مقاومة البوابة ، وقد تؤدي إلى تخريب منع التغذية وأي ترانزستورات MOSFET مربوطة بواباتها معاً على التفرع .. لهذا عندما يتتعطل ترانزستور MOSFET يفضل فحص منع التغذية أيضاً ، لهذا السبب يضاف عادةً دiod زينر بين البوابة والمنبع ، سوف يعمل هذا الترانزستور قصر دائرة و يحد من الأخطار الناتجة عن الأعطال .. يمكن أيضاً إضافة مقاومات صغيرة إلى القاعدة التي س تعمل دائرة مفتوحة عندما تتتعطل (مثل عمل الفاصل المتصهرة) بنتيجة تعرضها لجهد مرتفع و بالتالي تؤدي إلى فصل بوابة الترانزستور ..

عادةً يعطي ترانزستور MOSFET ناراً أو ينفجر عندما يتتعطل حتى في دارات الهوا ، و هذا يعني أن الترانزستور المطلوب يمكن كشفه بالنظر ، حيث سيكون مكان الثقب فيه على لوحة الدارة محروقاً أو ستلاحظ وجود السواد في مكان ما حوله ، لقد رأيت هذه الأشكال كثيراً في وحدات التغذية التي لا تقطع UPS التي قد تحوي أكثر من ثمانية ترانزستورات MOSFET على التوازي ، وعادةً ما نحتاج إلى استبدالهم جميعاً بالإضافة إلى دارة قيادتهم ..

أبداً.. لا تستخدم كاوي لحام عادي في لحام ترانزستورات MOSFET ، بل استخدم منصة لحام احترافية  
خاصة محمية ..

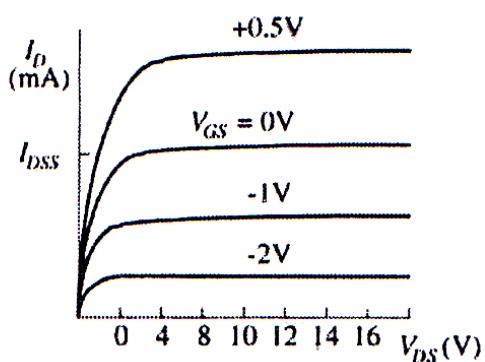
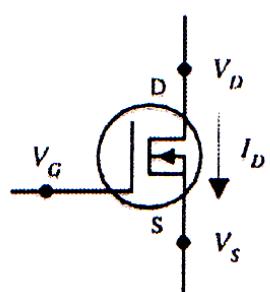


Voltage applied to gate	Voltage across resistor	Voltage across transistor
2.5 volts	no voltage	approximately 12 volts
3.5 volts	less than 12 volts	less than 12 volts
4.5 volts	approximately 12 volts	virtually no voltage

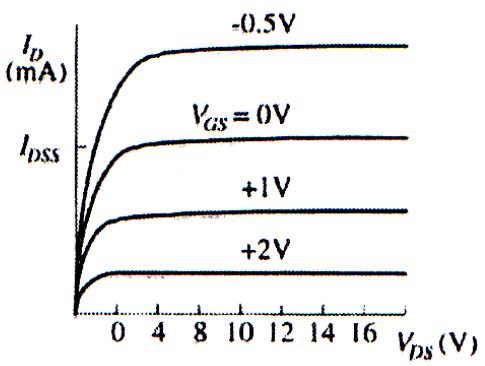
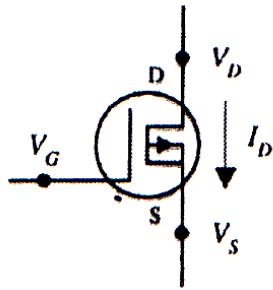


### رموز ومميزات خرج ترانزستورات MOSFET نوع معزز

#### N-CHANNEL DEPLETION-TYPE MOSFET



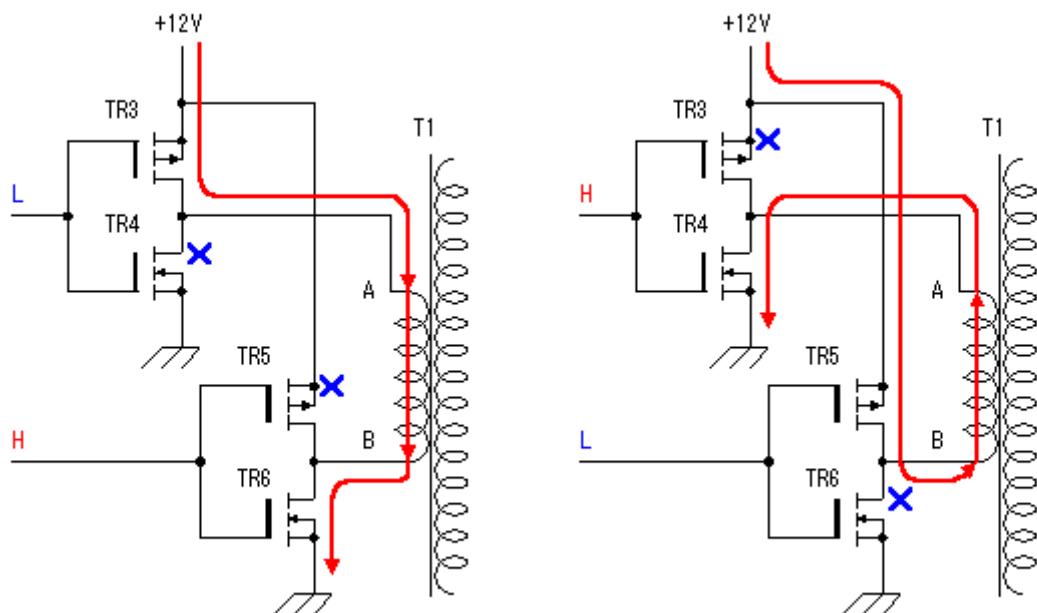
#### P-CHANNEL DEPLETION-TYPE MOSFET



### رموز ومميزات خرج ترانزستورات MOSFET نوع مقلل

## The power MOS FET switching circuit

الدارة التالية تحوي على ترانزستورات (MOS FET) استطاعية ، حيث تقوم هذه الدارة بتحويل التيار المستمر (DC) إلى تيار متناوب (AC) .. إن المحول يقوم على تحويل التيار المقطوع بواسطة الترانزستورات من (12V) إلى (220V) .. تجري عملية التبديل بالتناوب بين مجموعتين من الترانزستورات حيث :

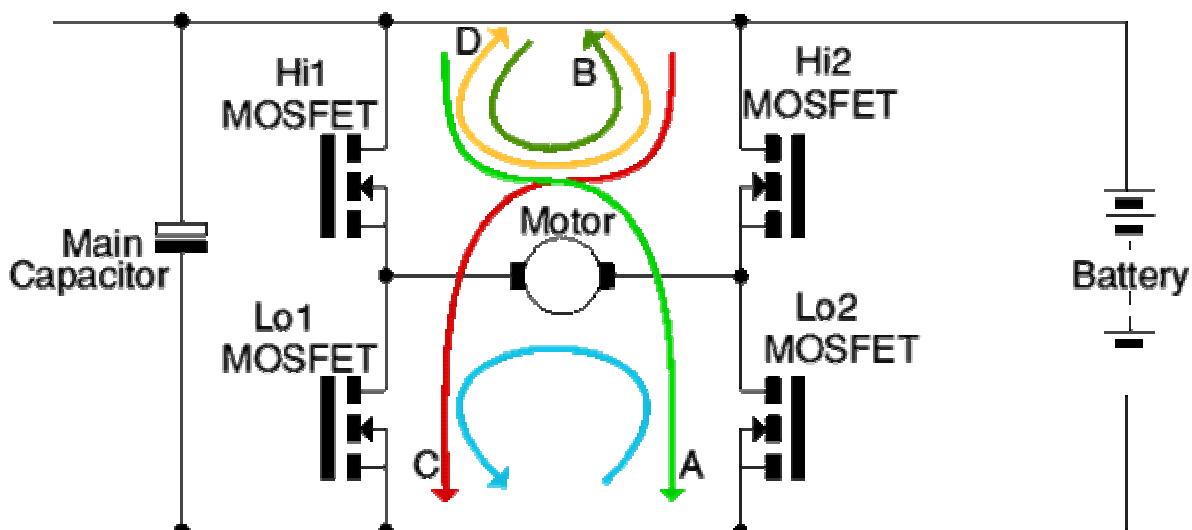


يعمل الترانزستوران (TR3 and TR6) عندما تكون إشارة التحكم (L) على (TR3 and TR6) ..  
يعمل الترانزستوران (TR4 and TR5) عندما تكون إشارة التحكم (H) على (TR4 and TR5) ..

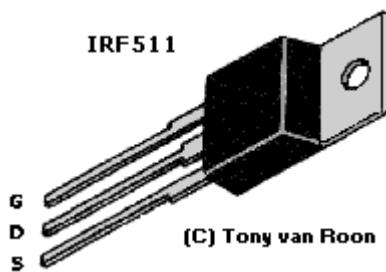
## H Bridge Motor control

الدارة التالية تستخدم للتحكم بسرعة محركات التيار المستمر ، وتسمى بجسر H ..  
تحوي الدارة على أربعة ترانزستورات MOSFET تشكل الجسر ..

في الحالة الأولى يمر التيار من البطارية ثم خلال (Lo2) ثم المحرك إلى (Hi1) ثم إلى القطب السالب للبطارية وهو السهم الأخضر A ..  
في الحالة الثانية يمر التيار من البطارية ثم خلال (Hi2) ثم المحرك إلى (Lo1) ثم إلى القطب السالب للبطارية وهو السهم الأحمر C ..

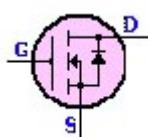


## IRF511 TMOS Power FET Data sheet



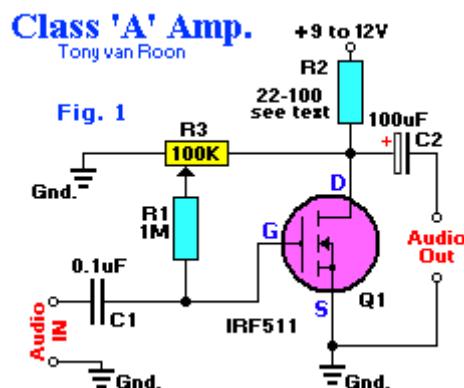
الترانزستور (IRF511) هو من نوع (N-Channel) ذو بوابة مصنوعة من السليكون من أجل سرعات عالية في التحويل وفي غلاف من الشكل (TO-220) مصمم للجهود المنخفضة من أجل تطبيقات تحتاج لسرعات تحويل عالية مثل المنظمات بالإضافة لاحتواه على ثنائي داخلي بين المنبع والمصرف من أجل حماية الترانزستور في حالة الأحمال التحريرية ..

Device	Vds	rds(on)	Id
<b>IRF510</b>	100V	0.6 Ohm	4.0 A
<b>IRF511</b>	60V	0.6 Ohm	4.0 A
<b>IRF512</b>	100V	0.8 Ohm	3.5 A
<b>IRF513</b>	60V	0.8 Ohm	3.5 A

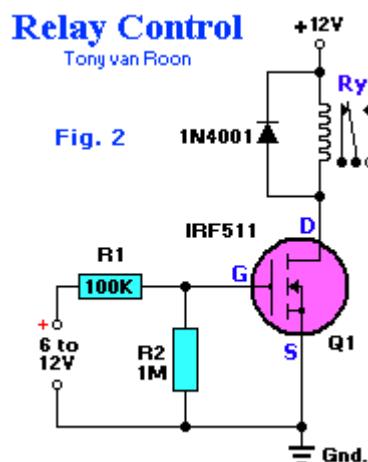


### بعض التطبيقات التي تستخدم الترانزستورات IRF511

الدارة التالية عبارة عن مضخم سمعي صنف (A) ، فعند وجود إشارة في الدخل فإن الترانزستور سوف يقوم بتضخيمها ..



الدارة التالية هي دارة قيادة حمل (ريليه) ، حيث تعمل الريليه عند تطبيق جهد على البوابة من (6 to 12 فولت ، وتحتاج قاعدة الترانزستور حتى يعمل تياراً أقل من (10uA) ..



الدارة التالية عبارة عن هزاز عديم الاستقرار يعمل فيه المصباحان بالتناوب على نحو متقطع ..

### "Lamp Flasher"

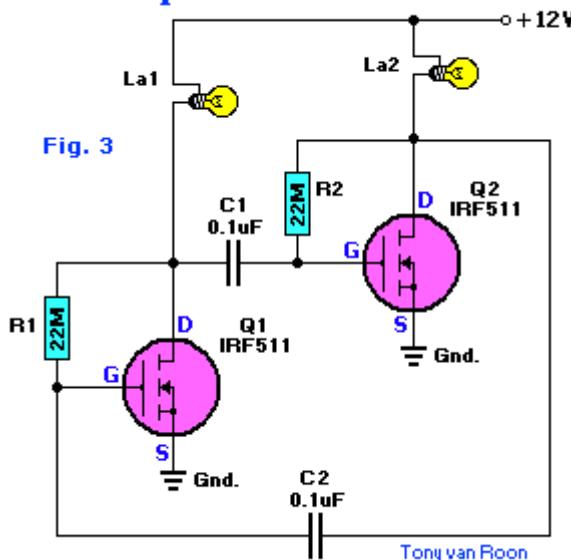


Fig. 3

Tony van Roon

الدارة التالية هي دارة مفتاح يستغل المعاوقة الداخلية العالية للترانزستور وقابلية المعالجة الكهربائية لعمل دارة بسيطة ولكن حساسة وهي دارة حساس اقتراب وجرس إنذار السائق .

### Proximity Switch

Tony van Roon

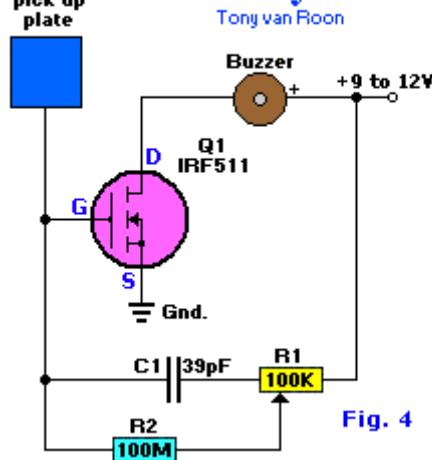


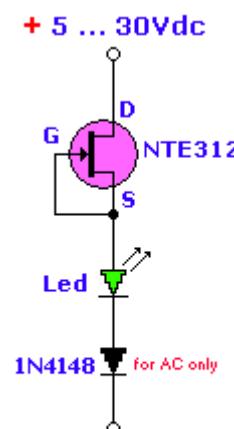
Fig. 4

A 3x3-inch piece of circuit board (or similar size metal object), which functions as the pick-up sensor, is connected to the gate of Q1. A 100 Mega Ohm resistor, R2, isolates Q1's gate from R1, allowing the input impedance to remain very high. If a 100-MegaOhm resistor cannot be located, just tie 5 22-MegaOhm resistors in series and use that combination for R2. In fact, R2 can be made even higher in value for added sensitivity.

Potentiometer R1 is adjusted to a point where the piezo buzzer just begins to sound off and then carefully backed off to the point where the sound ceases. Experimenting with the setting of R1 will help in obtainin the best sensitivity adjustment for the circuit. Potentiometer R1 may be set to a point where the pick-up must be contacted to set of the alarm sounder. A relay or other current-hungry component can take the place of the piezo sounder to control almost any external circuit.

## تشغيل ثنائي صوئي بمحال جهد من 5 فولت دون الحاجة إلى تغيير قيمة المقاومة ..

الدارة التالية يقوم فيها الترانزستور FET بوظيفة منبع مثالى للتيار ، حيث يكون التيار في هذه الحالة بحدود (15mA) ، والديود (1N4148) يحمي الدارة من عكس القطبية ..



(C) www.uoguelph.ca/~antoon  
Tony van Roon



## ملحق هام جداً

# الثايرستور والتریاک وتطبیقاتهم

## 4.4 الثايرستورات

### 1.4.4 مقدمة

تحوي عائلة الثايرستورات على مجموعة من العناصر الإلكترونية والتي لها أرجل تتراوح بين (2) و(4)، وتستخدم هذه العناصر على الأغلب كمفارات إلكترونية. ولا تستخدم نهائياً في التضخيم. في الثايرستور الذي له ثلاثة أرجل يستخدم تيار منخفض عبر إحدى الأرجل والتي تسمى رجل التحكم أو جهد منخفض يُطبق على رجل التحكم من أجل التحكم بتيار عالٍ يمر بين القطبين الآخرين للثايرستور. في الثايرستورات التي لها طرفان فقط لا يوجد طرف للتحكم ويصمم العنصر بحيث ينتقل إلى حالة (on) إذا زاد الجهد المطبق بين طرفيه عن مستوىً محدد يسمى جهد الاهياء، أما إذا كان الجهد بين طرفي العنصر أقل من جهد الاهياء فإن العنصر يبقى في حالة (off).

ربما تتساءل متعجباً هنا، لماذا لا نستخدم الترانزستور بدلاً من الثايرستور في تطبيقات الفتح والإغلاق؟ حسناً في بعض التطبيقات يمكن استخدام الترانزستورات كمفارات، ولكن بمقارنة الترانزستور بالتریاک تلاحظ أن الترانزستورات تحتاج إلى تيارات أو جهود تحكم مضبوطة بدقة كي تعمل كمفارات وإذا كان جهد التحكم أو تياره لا يساوي القيمة الدقيقة المناسبة فإن الترانزستور يعمل في منطقة بين القطع (off) والوصل (on) وهذه الحالة غير مناسبة عند تشغيل الترانزستور كمفتاح، أما الثايرستورات فلا تصمم أصلاً بحيث تنشأ فيها مثل هذه الحالة فهي أثناء التشغيل إما (on) أو (off).

أما من ناحية التطبيقات فإن الثايرستورات تستخدم في تطبيقات عديدة منها:

- دارات التحكم بالسرعة (speed control circuits).
- دارات وصل وفصل القدرة (power switching circuits).
- دارات بدائل الحواكم.
- دارات المؤقتات منخفضة الكلفة.
- دارات المهزازات.
- دارات كواشف المستوى.
- دارات قالبات الجهد المستمر إلى متناوب (inverter circuits).
- دارات المقطعات (chopper circuits).
- الدارات المنطقية (logic circuits).
- دارات التحكم بالإضاءة (light dimming circuits).
- دارات التحكم بسرعة دوران المحركات (motor speed control).
- وفي تطبيقات أخرى عديدة.

#### الجدول (3.4): الأنواع الرئيسية للثايرستورات.

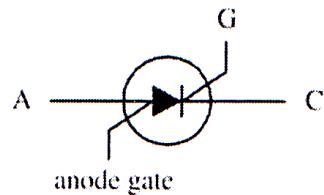
نوع العمل	الرمز	Type
في الوضع الطبيعي يكون هذا العنصر في حالة (off)، وعندما يمر تيار صغير عبر البوابة (G) ينتقل العنصر إلى حالة (on) وحتى لو تم فصل تيار البوابة فإن الثايرستور يبقى في حالة (on)، وإعادة الثايرستور إلى حالة (off) يجب توقف التيار بين المصد والمهبط عن المرور ويمكن تحقيق ذلك بجعل جهد المصد أقل إيجابية من جهد المهبط. يمر التيار عبر الثايرستور باتجاه واحد فقط من المصد (A) إلى المهبط (C).		مقدّم سيلكوني متحكم به (silicon-controlled rectifier)
هذا العنصر يشبه الثايرستور ولكن يمكن نقله إلى حالة (off) بتطبيق نبضة جهد موجب على رجل رابعة تسمى بوابة المصد (anode gate) ويمكن جعل هذا العنصر ينتقل إلى حالة (on) عند تطبيق جهد سالب على بوابة المصد. يمر التيار عبر العنصر باتجاه واحد من المصد (A) إلى المهبط (C).		مفتاح سيلكوني متحكم به (silicon-controlled switch)
هذا العنصر مشابه للثايرستور ولكنه يمر التيار في الاتجاهين وهذا يعني أنه يمكن استخدامه كمفتاح للتيار المستمرة (dc) والمتناوبة (ac). يبقى الترياك في حالة (on) فقط إذا مر تيار عبر البوابة وينتقل إلى حالة (off) فور فصل تيار البوابة. يمر التيار في الاتجاهين عبر MT1 وMT2.		الترياك Triac
لهذا العنصر طرفاً فقط وعند وضع هذا العنصر بين نقطتين في دارة فإنه يعمل كمفتاح حساس للجهد وطالما بقي الجهد بين طرفيه أقل من جهد محدد وخاصة به (ويسمى جهد الانهيار) فإنه يبقى في حالة (off)， أما عند تجاوز الجهد بين طرفيه لجهد الانهيار فإنه ينتقل إلى حالة (on) ويمر التيار باتجاه واحد من المصد إلى المهبط.		الديود رباعي الطبقات four layer diode
عنصر مشابه للديود رباعي الطبقات ولكنه يمر في الاتجاهين. مصمم بحيث يمر تيار مستمر (dc) أو متناوب (ac).		الدياك Diac

يقدم الجدول (3.4) ملخصاً للأنواع الأساسية للثايرستورات (عناصر عائلة الثايرستور). عندما تم معلم عباره (turns it on) فإنها تعني أن مساراً ناقلاً للتيار يتم تأمينه بين الأطراف الناقلة للعنصر، على سبيل المثال بين مصد الثايرستور ومهبطه أو بين MT1 وMT2 في الترياك، أما عباره (Normally off) والتي تعني أن العنصر في حالة off (قطع) فإن ما يجب أن تفهمه منها هو أنه لا يوجد جهد مطبق على البوابة (البوابة دارة مفتوحة). سوف نقدم معلومات أكثر عن هذه العناصر في الفقرات التالية.

#### 2.4.4 المقومات السيلكونية المتحكم بها

يسمي المقدّم السيلكوني المتحكم به اختصاراً باسم ثايرستور ويرمز له بـ (SCR) والثايرستورات (SCRs) هي عناصر إلكترونية لها ثلاثة أرجل (أطراف) وتستخدم بشكلٍ أساسي كمفارات متحكم بها كهربائياً.

عند تطبيق جهد موجب محدد على بوابة الثايرستور (أو عند مرور تيار محدد عبرها) تتشكل قناة ناقلة للتيار بين المصد (A) والمهبط (C)، وتمر تيار باتجاه واحد عبر SCR من المصد (A) إلى المهبط (C)، تماماً كما هي الحال في الديود.

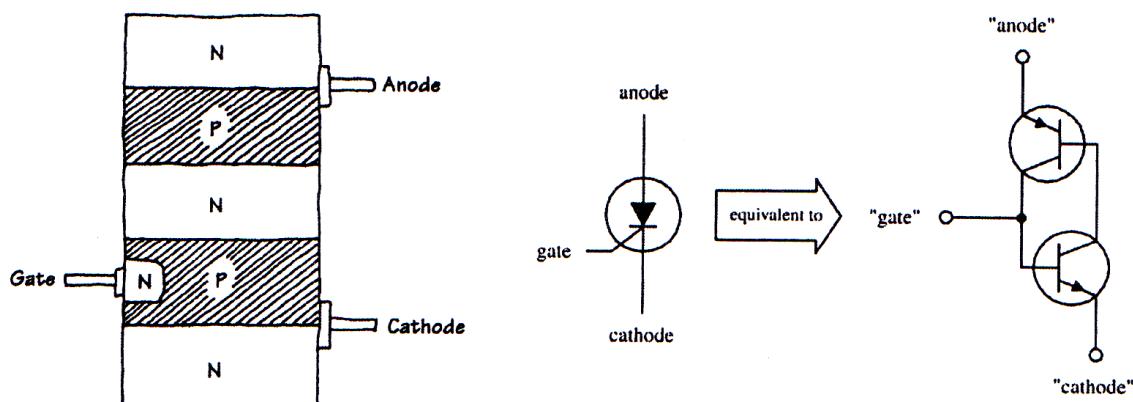


الشكل (89.4): رمز الثايرستور.

هناك ميزة فريدة للثايرستور، إضافة إلى عمله كمفتاح متتحكم به، وهذه الميزة تتعلق بحالة النقل في الثايرستور بعد قطع تيار البوابة. بعد قطع الثايرستور إلى حالة نقل، فإن الثايرستور يبقى في حالة نقل حتى لو تم قطع تيار البوابة، أو فصل جهد التحكم عن طرف البوابة. الطريقة الوحيدة لنقل الثايرستور إلى حالة قطع هي قطع التيار المار بين المصعد والمهبط أو عكس قطبية الجهد على المصعد والمهبط. يستخدم الثايرستور في تطبيقات عديدة منها دارات الفتح والإغلاق، دارات التحكم الصفيحي، دارات قوالب الجهد المستمر إلى متناوب وفي دارات القص وفي دارات قيادة الحواكم وغيرها.

### كيف تعمل الثايرستورات

يمكن اعتبار الثايرستور كترانزستورين (pnp) و(npn) موصولين مع بعضهما كما في الشكل (90.4) وتستخدم دارة الترانزستورات المكافئة للثايرستور فقط من أجل شرح مبدأ عمل الثايرستور.



الشكل (90.4): بنية الثايرستور والدارة الترانزستورية المكافئة له.

### الثايرستور في حالة Off

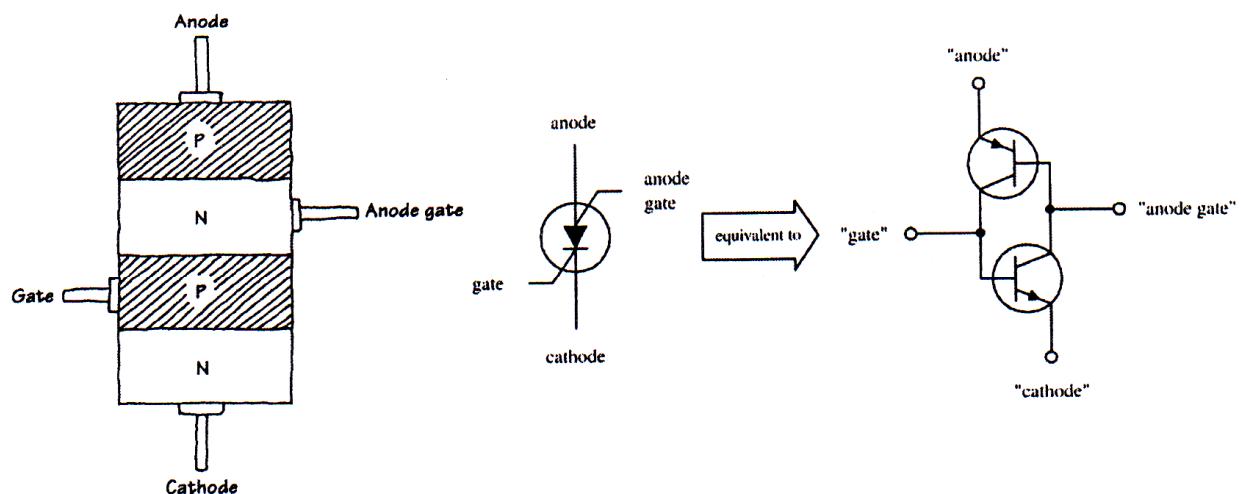
تلاحظ من الدارة المكافئة الترانزستورية أنه إذا لم يطبق جهد قدر موجب مناسب على البوابة (G) والموصولة مع قاعدة الترانزستور (n-p-n)، فإن الترانزستور (n-p-n) يبقى في حالة قطع ولا يمر تيار عبر مجتمعه وبالتالي لا يمر تيار عبر قاعدة الترانزستور (p-n-p)، لأن تيار مجتمع ترانزستور (n-p-n) هو تيار قاعدة ترانزستور (p-n-p) ويكون الترانزستور (p-n-p) أيضاً في حالة قطع ولا يمر تيار من المصعد إلى المهبط.

### الثايرستور في حالة on

إذا طبق جهد موجب على البوابة، أي إذا كانت قاعدة ترانزستور (p-n-p) مستقطبة بالشكل المناسب، فإن هذا الترانزستور يتنتقل إلى حالة (on) وعندها يمر تيار عبر قاعدة ترانزستور (p-n-p) وعبر مجتمعه فينتقل هذا الترانزستور إلى حالة

## كيف يعمل المفتاح السيليكوني

في الشكل (96.4) بنية مفتاح سيليكوني SCS ودارته الترانزستورية المكافئة، وكما تلاحظ فإن الدارة الترانزستورية المكافئة تبدو مشابهة كثيراً للدارة الترانزستورية المكافئة للثاييرستور وقد أُضيف إليها طرف لبوابة المصعد. عند تطبيق نبضة قدرح موجبة على البوابة ينتقل الترانزستور (nnp) إلى حالة (on) إلى حالات (on) وينقل بذلك الترانزستور (pnp) إلى حالة (on) وعندما يمكن أن يمر التيار من المصعد إلى المهبط ونقول إن المفتاح SCS قد انتقل إلى حالة (on). ويبقى المفتاح SCS في حالة (on) حتى لو تم فصل جهد القدر عن البوابة. بعكس قطبيات المصعد والمهبط أو بتطبيق جهد سالب على بوابة المصعد يمكن أن يُنقل المفتاح SCS إلى حالة قطع لأن تطبيق جهد سالب على بوابة المصعد قد يؤدي إلى انخفاض تيار استقطاب الدعم الذاتي (self sustaining biasing current).



الشكل (96.4): بنية مفتاح SCS والدارة الترانزستورية المكافئة له.

## مواصفات المفتاح SCS

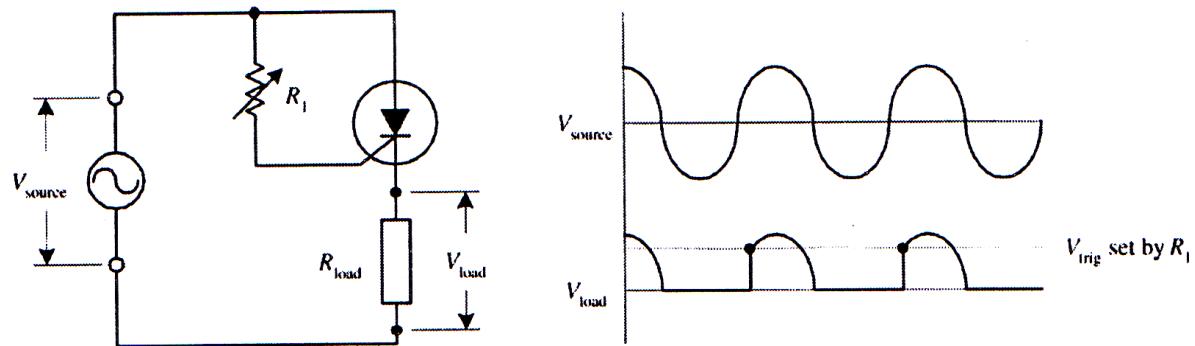
عند شراء SCS تأكد من اختيار عنصر له جهد الأهيا، وتيار، ومعدل تبديل قدرة مناسبة. في جدول مواصفات المفتاح السيليكوني نجد الأمور التالية:  $BV_{CE}$ ,  $BV_{EB}$ ,  $BV_{CB}$ ,  $I_C$ ,  $I_E$ ,  $I_H$  (تيار المسك) و  $P_D$  (استطاعة التبديل)، وفي هذه الرموز تم اعتماد التسميات البديلة لأقطاب المفتاح فالحرف (C) يدل على بوابة المصعد والحرف (E) على المهبط والحرف (B) على البوابة.

## 4.4.4 الترياكات

الترياكات هي عناصر مشابهة للمقومات السيليكونية (الثاييرستورات SCRs) وتعمل كمفاتيح متتحكم بها كهربائياً، ولكنها بعكس الثاييرستورات مصممة لتمرير التيار في الاتجاهين وهذا يجعلها مناسبة للاستخدام في دارات التيار المتناوب.

للترياك ثلات أرجل (أطراف)، طرف بوابة وطرفان ناقلان MT1 و MT2. يكون الترياك في حالة قطع (off) عند عدم تطبيق جهد أو تيار على البوابة، ولكن وعند تطبيق جهد (تيار) على البوابة وتحاوزه لحد معين ينتقل الترياك إلى حالة (on) ولقطع الترياك يكفي فصل جهد البوابة. تستخدم الترياكات في دارات التحكم بمحركات التيار المتناوب، وفي دارات التحكم الصناعي وفي دارات وصل وفصل القدرة المتناوبة (ac) وغالباً ما تستخدم الترياكات كبدائل للحوافم الميكانيكية.

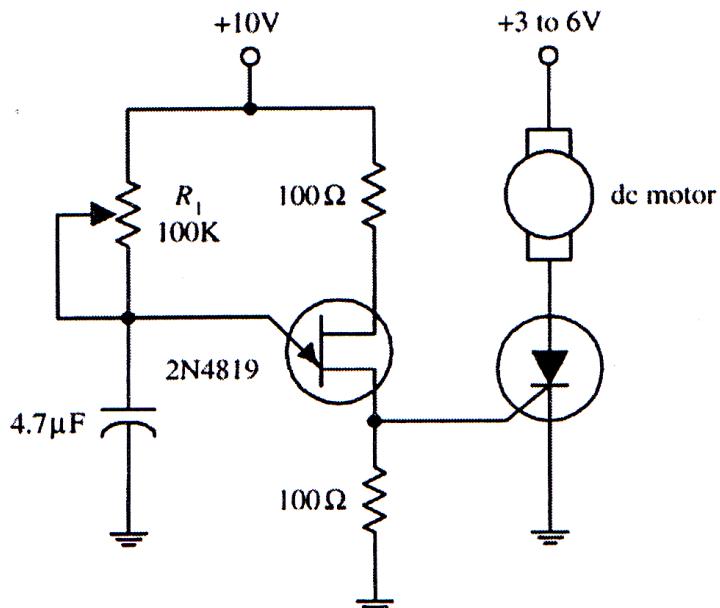
### ADJUSTABLE RECTIFIER



الشكل (92.4): دارة مقوّم قابل للضبط.

### متحكم بسرعة محرك تيار مستمر

يمكن وكما هو واضح في الشكل (93.4) استخدام ثايرستور (SCR) وترانزستور (BJT) مع مكثف وجموعة مقاومات لتشكيل دارة تحكم بسرعة دوران محرك تيار مستمر. الدارة المكونة من BJTs والمكثف والمقاومات هي عبارة عن دارة مولد نبضات وهذه النبضات تُطبق على بوابة الثايرستور. عندما يتتجاوز الجهد المطبق على البوابة عتبة القدح ينتقل الثايرستور إلى حالة (on) فيمر تيار عبر المحرك. يمكن تغيير تردد اهتزاز مولد النبضات بتغيير المقاومة ( $R_1$ ) ويتحدد مع تغير التردد عدد المرات التي تُنْدَحْ بـها بوابة الثايرستور وتتحدد سرعة دوران المحرك. أثناء العمل يبدو لك أن المحرك يدور باستمرار على الرغم من أن جهد التغذية يُطبق على المحرك بشكل نبضي (on) و(off). تتحدد سرعة المحرك بمتوسط عدد الحالات التي يكون فيها المحرك (on) خلال فترة زمنية. قد يخطر ببالك استخدام مقاومة متغيرة على التسلسل مع المحرك للتحكم بسرعة دورانه، ولكن تذكر دوماً ضياعات الاستطاعة على هذه المقاومة.

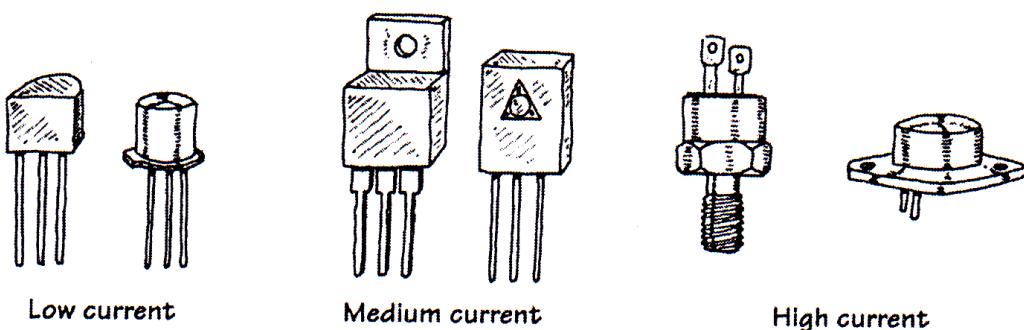


الشكل (93.4): متحكم بسرعة دوران محرك تيار مستمر.

## أنواع الثنایرستورات

تصمم بعض الثنایرستورات خصيصاً من أجل تطبيقات التحكم الصناعي، أما بعضاها الآخر فيصمم من أجل تطبيقات الفتح والإغلاق (التقطيع) عالي السرعة. ربما تكون أهم ميزة في الثنایرستور هي التيار الذي يتحمله الثنایرستور.

توفر الثنایرستورات منخفضة التيار بمعدلات تيار/جهد لا تتجاوز  $100/1A$  فولت. أما الثنایرستورات المتوسطة التيار فتوفر بمعدلات تيار/جهد بحدود  $10A/100V$ . تبلغ المعدلات الأعظمية للتيار والجهد في الثنایرستورات عالية التيارات عدة آلاف الأمبير وعدها آلاف الفولت. يُصنع غلاف الثنایرستورات منخفضة التيارات من البلاستيك أو المعدن، أما الثنایرستورات المتوسطة وعالية التيارات فإنها تكون مزودة بمبدل حرارة ذاتي (مصنوع مع الثنایرستور)، وقد لا يكفي هذا المبدل بمفرده أثناء الاستخدام، وعندما لا بد من استخدام مبدل حرارة خارجي إضافي.



الشكل (94.4): أشكال الثنایرستورات.

## البارامترات الأساسية للثانایرستور

ننّ فيما يلي بعض البارامترات التي يستخدمها المتجرون لوصف الثنایرستوراتهم:

$V_T$ : الجهد على الثنایرستور في حالة (on) وهو هبوط الجهد بين مصدع الثنایرستور ومهبطه عندما يكون في حالة نقل (on).

$I_{GT}$ : تيار قدر البوابة (gate trigger current) وهو تيار القدر الأصغرى اللازم لنقل الثنایرستور إلى حالة (on).

$V_{GT}$ : جهد قدر البوابة (gate trigger voltage) وهو جهد القدر الأصغرى اللازم لتأمين التيار الأصغرى الضروري لقدر الثنایرستور.

$I_H$ : تيار المسك (Holding Current) وهو التيار الأصغرى الذي يجب أن يمر بين المصدع والمهبط كي يبقى الثنایرستور في حالة on.

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

$V_{DRM}$ : جهد حالة القطع الأعظمي التكراري (Repetitive peak off-state voltage)، القيمة اللحظية الأعظمية للجهد على الثنایرستور 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 الثنایرستور.

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

: التيار العكسي الأعظمي التكراري ( $I_{RMM}$ )، القيمة اللحظية العظمى للتيار العكسي الناتج عن تطبيق جهد عكسي أعظمي تكراري على الثاييرستور.

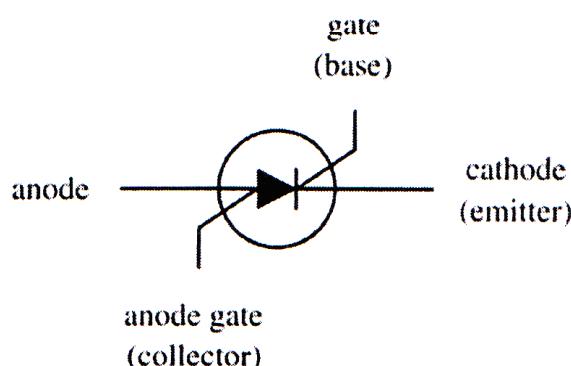
في الجدول 4.4 تعطى قيم هذه البارامترات لثاييرستور محدد.

**الجدول (4.4): عينة من جدول مواصفات الثاييرستورات.**

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

### 3.4.4 المفاتيح السيليكونية المتحكم بـ SCS

المفتاح السيليكوني المتحكم به هو عنصر مشابه للمقوم السيليكوني SCR ولكنه مصمم بحيث ينتقل إلى حالة (off) عند تطبيق نبضة جهد أو تيار موجبة على طرف إضافي فيه يسمى بوابة المصعد (anode gate). يمكن أن ينتقل العنصر إلى حالة التمرير بتطبيق نبضة جهد سالب على نفس الطرف المسمى بوابة المصعد وفيما عدا ذلك فإن عمل وسلوك المفتاح السيليكوني في التطبيقات يشبه تماماً عمل المقوم السيليكوني SCR (انظر الفقرة الأخيرة لمزيد من التفاصيل). يبين الشكل (95.4) رمز المفتاح السيليكوني SCS ومن الجدير بالذكر هنا أن تسميات أرجل هذا العنصر قد لا تظهر كمصدر (anode) ومهبط (cathode) وبوابة (gate) بوابة المصعد وإنما قد تسمى بأسماء: باعث (emitter) بدلاً من المهبط ومجموع (collector) بدلاً من بوابة المصعد وقاعدة (base) بدلاً من البوابة.

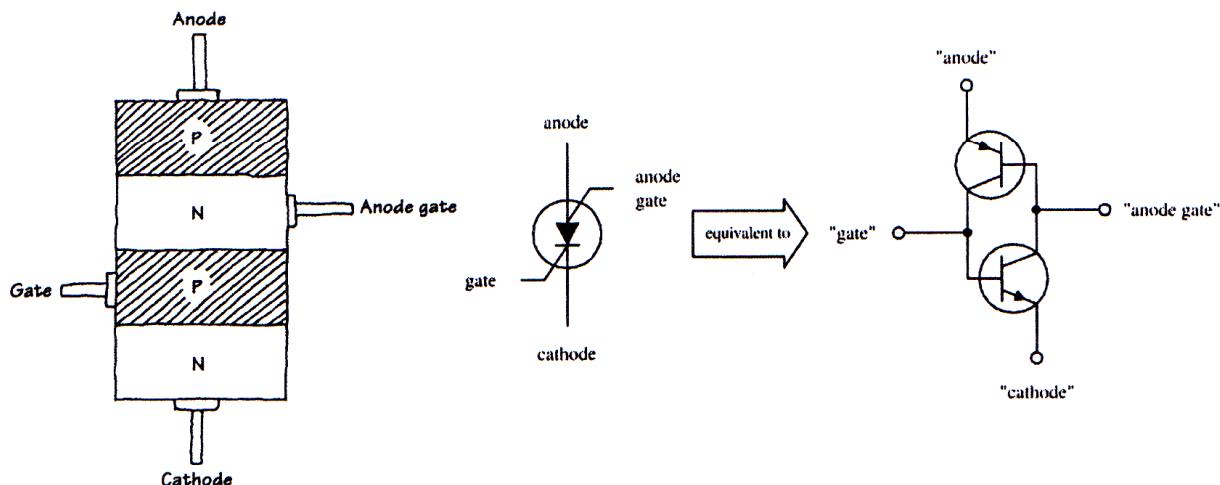


**الشكل (95.4): رمز المفتاح السيليكوني SCS.**

تستخدم المفاتيح السيليكونية (SCSs) في العدادات، ودورات قيادة المصايد (lamp drivers)، وفي دارات وصل وفصل القدرة، وفي الدارات المطقية، وكذلك في أية دارة تحتاج مفتاحاً يُنقل إلى حالات (on) و(off) بنسبات مختلفة.

## كيف يعمل المفتاح السيلكوني

يبيّن الشكل (96.4) بنية مفتاح سيلكوني SCS ودارته الترانزستورية المكافحة، وكما تلاحظ فإن الدارة الترانزستورية المكافحة تبدو مشابهة كثيراً للدارة الترانزستورية المكافحة للثاييرستور وقد أضيف إليها طرف لبوابة المصعد. عند تطبيق نبضة قدح موجبة على البوابة ينتقل الترانزستور (npn) إلى حالة (on) وينقل بذلك الترانزستور (pnp) إلى حالة (on) وعندها يمكن أن يمر التيار من المصعد إلى المهبط ونقول إن المفتاح SCS قد انتقل إلى حالة (on). ويقى المفتاح SCS في حالة (on) حتى لو تم فصل جهد القدح عن البوابة. بعكس قطبيات المصعد والمهبط أو بتطبيق جهد سالب على بوابة المصعد يمكن أن يُنقل المفتاح SCS إلى حالة قطع لأن تطبيق جهد سالب على بوابة المصعد قد يؤدي إلى انخفاض تيار استقطاب الدعم الذاتي (self sustaining biasing current).



الشكل (96.4): بنية مفتاح SCS والدارة الترانزستورية المكافحة له.

## مواصفات المفتاح SCS

عند شراء SCS تأكّد من اختيار عنصر له جهد انحراف، وتيار، ومعدّل تبديد قدرة مناسبة. في جدول مواصفات المفتاح السيلكوني نجد الأمور التالية:  $I_A$ ،  $I_C$ ،  $I_E$ ،  $BV_{CE}$ ،  $BV_{EB}$ ،  $BV_{CB}$  (تيار المسك) و  $P_D$  (استطاعة التبديد)، وفي هذه الرموز تم اعتماد التسميات البديلة لأقطاب المفتاح فالحرف (C) يدل على بوابة المصعد والحرف (E) على المهبط والحرف (B) على البوابة.

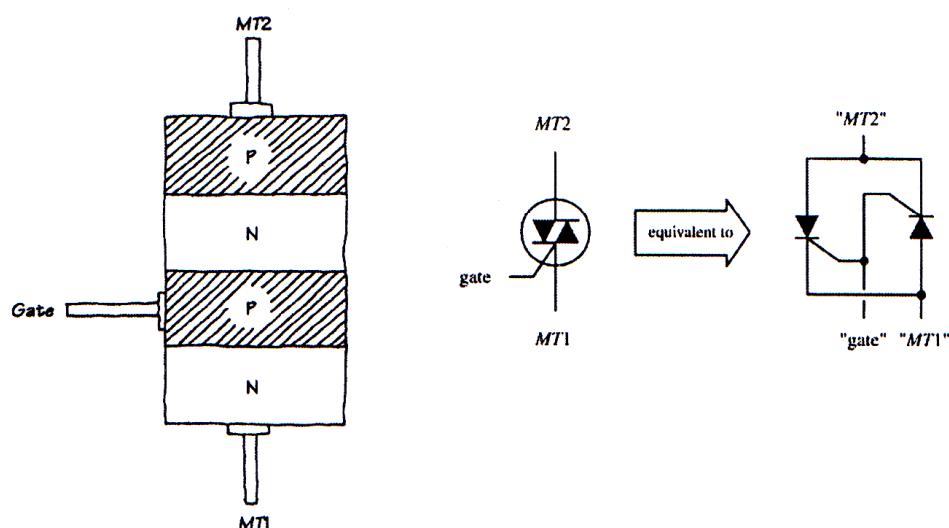
### 4.4.4 الترياكات

الترياكات هي عناصر مشابهة للمقومات السيلكونية (الثاييرستورات SCRs) وتعمل كمفاهيم متتحكم بها كهربائياً، ولكنها بعكس الثاييرستورات مصممة لتمرير التيار في الاتجاهين وهذا يجعلها مناسبة للاستخدام في دارات التيار المتناوب.

لترياك ثلات أرجل (أطراف)، طرف بوابة وطرفان ناقلان MT1 وMT2. يكون الترياك في حالة قطع (off) عند عدم تطبيق جهد أو تيار على البوابة، ولكن وعند تطبيق جهد (تيار) على البوابة وتجاوزه حد معين ينتقل الترياك إلى حالة (on) ولقطع الترياك يكفي فصل جهد البوابة. تستخدم الترياكات في دارات التحكم بمحركات التيار المتناوب، وفي دارات التحكم الصفيحي وفي دارات وصل وفصل القدرة المتناوبة (ac) وغالباً ما تستخدم الترياكات كبدائل للحوافم الميكانيكية.

## كيف تُعمل الترياكات

يُبيّن الشكل (98.4) بنية الترياك والدارة الثايرستورية المكافأة له، والترياك يشبه ثايرستورين موصولين على التوازي والتعاكس (reverse-parallel) وتوضح الدارة الثايرستورية المكافأة كيفية عمل الترياك حيث ينقل الترياك اليساري في الدارة المكافأة التيار من MT1 إلى MT2 عند تطبيق نبضة قدح موجب على بوابته وطبعاً إذا كانت MT1 أكثر إيجابية من MT2 (في نصف الدور الموجب لwave جيبيّة مثلًا) ولكنه ينتقل إلى القطع إذا أصبح جهد MT1 أصغر من جهد MT2 ولكن في هذه الحالة ينقل الثايرستور اليميني التيار من MT2 إلى MT1 وطبعاً إذا طبق على بوابته جهد قدح موجب. لاحظ أن البوابات موصولة مع بعضها بحيث تظهر طرفيّة بوابة واحدة للعنصر إلى العالم الخارجي.



الشكل (98.4): بنية الترياك ورموزه ودارته الثايرستورية المكافأة.

### الترياك في حالة off

في حال عدم تطبيق قدح على البوابة يكون الثايرستوران في حالة قطع ولا يمرر أي من الثايرستورين التيار في أي اتجاه ويقى الترياك قاطعاً.

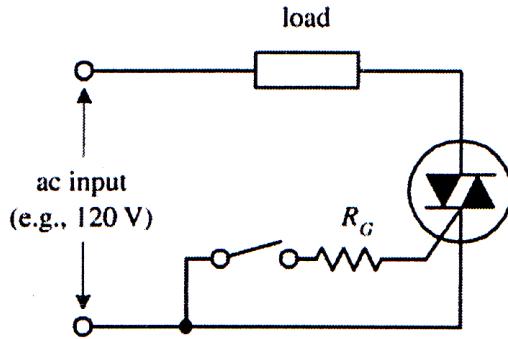
### الترياك في حالة on

عند تطبيق جهد/تيار قدح موجب ينتقل كل ثايرستور إلى حالة (on) إذا كان جهد مصعده أكبر من جهد المبهط وينقل التيار من MT1 إلى MT2 أو بالعكس. عند فصل جهد القدح ينتقل الثايرستوران إلى حالة قطع عندما يعبر الجهد المتناوب المطبق على طرفي الترياك بالصفر.

### تطبيقات أساسية

#### مفتاح بسيط

تُعطى هنا دارة بسيطة تبيّن كيفية استخدام الترياك لتمرير أو قطع تيار عن حمل في دارة. عندما يكون المفتاح الميكانيكي مفصولاً لا يُطبق على بوابة الترياك أي جهد ولا يمر بها تيار ولا يحصل قدح للترياك فيبقى مقطوعاً ولا يمر التيار عبر الحمل. عند وصل المفتاح الميكانيكي يمر تيار صغير عبر  $R_G$  ويُقدح الترياك إلى حالة النقل (conduction)، وذلك بفرض أن جهد القدح وتياره يحققان متطلبات القدح اللازمة للترياك، فيمر تيار عبر الحمل. عند فتح المفتاح الميكانيكي ثانية ينتقل الترياك إلى حالة قطع ويُمنع التيار من المرور عبر الحمل.



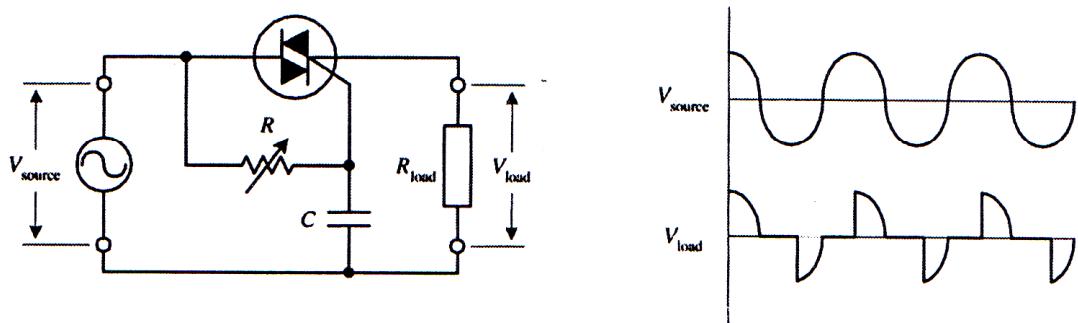
الشكل (99.4): دارة مفتاح بسيط.

### دارة تحكم بالاستطاعة

يُستخدم في هذا الشكل ترياك ومقاومة متغيرة مع مكثف لتكون دارة يتم فيها تمرير تيار إلى الحمل خلال فترات من أنصاف الدور الموجب والسلب (أي لا يمر التيار عبر الحمل خلال كامل الدور الموجب وكذلك الأمر بالنسبة لنصف الدور السالب). المقاومة المتغيرة  $R$  هي التي تتحكم بلحظة انتقال الترياك إلى حالة on لأن المكثف يشحن عبر هذه المقاومة وعندما يصبح جهد المكثف مساوياً لجهد القدح يُطلق الترياك إلى حالة (on) ويمر تياراً عبر الحمل وفي الشكل (100.4) يُعطى شكل جهد الحمل ومنه تلاحظ أنه يتم قص أجزاء من جهد الدخل في نصف الدور الموجب والسلب وكلما زادت قيمة المقاومة  $R$  يتأنّر إطلاق الترياك ويزداد الجزء المقصوص وبالتالي يؤثر المكثف أيضاً على لحظة الإطلاق لأن الجهد على المكثف يتأنّر بالصفحة عن جهد الدخل المطبق بين MT2 و MT1، فمثلاً إذا كان جهد المكثف كافياً للقدح ولكن الجهد بين طرفي MT1 و MT2 يمر بالصفر عندما لن يحدث قدح وسوف يتأنّر القدح حتى يتجاوز الجهد قيمة الصفر.

كلما زاد القص في موجة الدخل تنخفض القدرة المقدمة إلى الحمل وطبعاً إذا ما قورنت هذه الدارة التي تحكم بالقدرة المقدمة إلى الحمل مع دارة تحوي حملًا على التسلسل مع مقاومة متغيرة بسيطة تلاحظ أن دارتكم هنا لا تضيع أي استطاعة.

### DUAL RECTIFIER



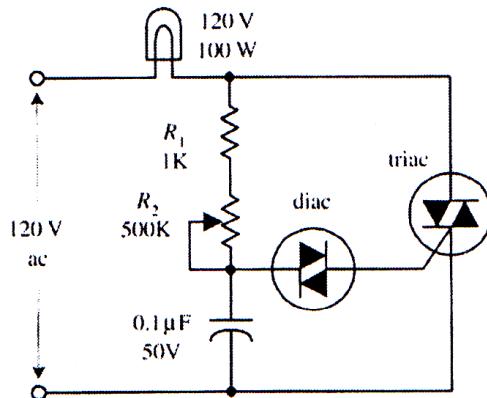
الشكل (100.4): دارة متحكم بالاستطاعة وأشكال جهود الدخل والحمل.

### دارة متحكم بالإضاءة AC

تستخدم هذه الدارة (الشكل 101.4) في العديد من مفاتيح الإنارة في المنازل فالدياك (diac) - الذي سنتعرف عليه في الفقرة التالية - يُستخدم لضمان القدح الدقيق للترياك. يعمل الدياك على توصيل تيار بين طرفيه عند تجاوز الجهد المطبق عليه لجهد الاهتزاز. وحالما يصل الجهد على طرفي الدياك إلى قيمة جهد الاهتزاز فإنه يمرر نبضة تيار إلى الترياك. في لحظة ما يكون الدياك في حالة قطع وعندما يصل جهد المكثف الذي يُشحن عبر المقاومات (R1) و (R2) إلى قيمة تساوي جهد

أهياً الدياك فإن الدياك يمرر تياراً إلى بوابة الترياك فيقذح الترياك إلى حالة نقل ويمر تيار عبر المصباح وعندما يفرّغ المكثف إلى جهد أقل من جهد قذح الدياك فإن الدياك يعود إلى حالة (off) ويقطع الترياك ويعود المصباح إلى حالة (off) وتتكرر الدورة ويظهر لك أن المصباح في حالة (on) لكن إضاءته تنخفض وذلك لأن حالات (on) و (off) في المصباح تحدث بشكل سريع جداً، ويتم التحكم بإضاءة المصباح بواسطة المقاومة R2.

**AC LIGHT DIMMER**

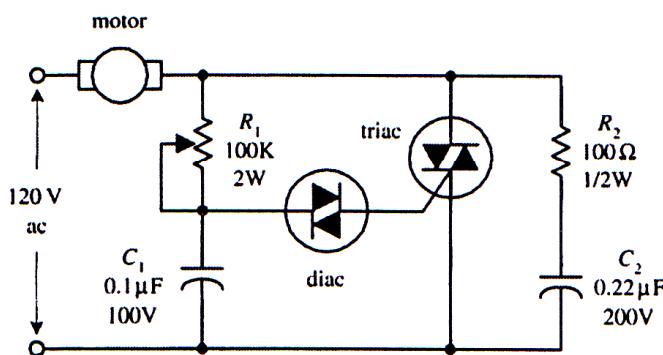


الشكل (101.4): دارة تحكم بإضاءة مصباح ac.

### متحكم بمحرك تيار متناوب

هذه الدارة تشبه من حيث الشكل دارة التحكم بإضاءة المصباح ولكن أضيف إليها فرع مكون من R2 و C2 لكتب الحالة العابرة. يتم التحكم بسرعة دوران محرك التيار المتناوب بواسطة المقاومة المترددة (R1).

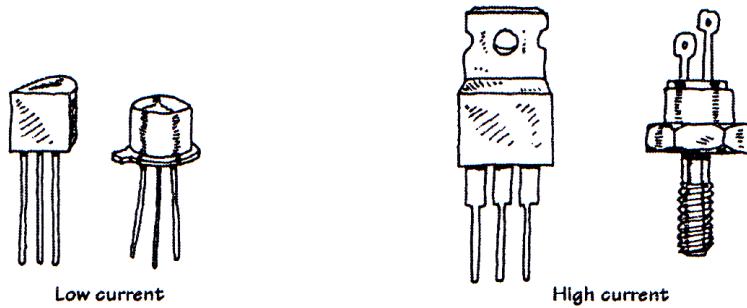
**AC MOTOR CONTROLLER**



الشكل (102.4): دارة تحكم بمحرك تيار متناوب.

### أنواع الترياكات

تتوفر الترياكات لتيارات منخفضة ومتوسطة والترياكات منخفضة التيار تكون عادة ذات قدرة على تمرير تيار لا يتجاوز (1A) وتتحمل جهداً يبلغ عدة مئات الفولت. أما الترياكات متوسطة التيار فتحمل تيارات حتى 40A وجهوداً حتى عدة آلاف الفولت. ومن الجدير بالذكر هنا أن الترياكات لا تستطيع التحكم بفتح وإغلاق دارات ذات تيارات عالية وعالية جداً كما هي الحال في الثاييرستورات.



الشكل (103.4): أشكال بعض الترياكات.

### المعطيات الفنية

نعرف فيما يلي على بعض المعطيات الفنية التي يستخدمها المتوجهون لوصف ترياكاًهم.

- $I_{TRMS,max}$ : القيمة الفعالة (RMS) لتيار حالة (on)، وهي القيمة العظمى المسموحة للتيار الذي يمر بين MT1 و MT2.
- $I_{GT,min}$ : تيار مستمر (dC) لقذح البوابة، تيار البوابة المستمر الأصغرى اللازم لنقل الترياك إلى حالة (on).
- $V_{GT,min}$ : جهد مستمر (dC) لقذح البوابة، الجهد المستمر الأصغرى اللازم لقذح البوابة بحيث يمر عبرها التيار الأصغرى اللازم لنقل الترياك إلى حالة (on).
- $I_H$ : تيار المسلك (dC) وهو التيار المستمر الأصغرى الذي يجب أن يمر بين MT1 و MT2 كي يبقى الترياك في حالة (on).
- $P_{GM}$ : تبديد الاستطاعة الأعظمى على البوابة (peak gate power dissipation)، وهو الاستطاعة الأعظمية المبددة بين البوابة و MT1.
- $I_{surge}$ : تيار اندفاعى (مفاجئ)، وهو التيار الاندفاعى (المفاجئ) الأعظمى المسموح.

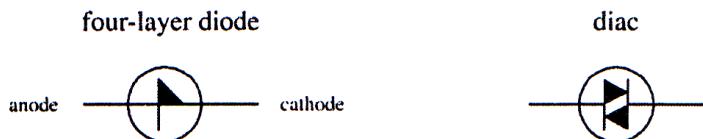
يبين الجدول (5.4) عينة من جدول مواصفات ترياك، والغاية من هذا الجدول هي إعطاء فكرة عن القيم المتوقعة لبارامترات الترياك.

الجدول (5.4): عينة من جدول مواصفات ترياك.

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

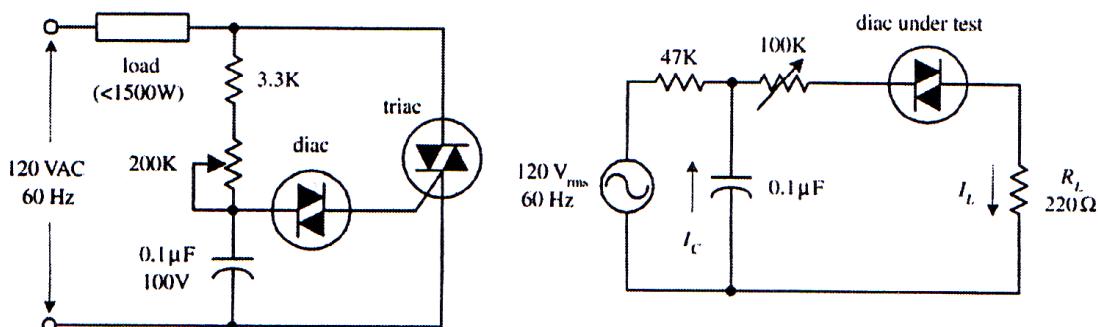
### 5.4.4 الديودات رباعية الطبقات والدياكات

الديودات رباعية الطبقات والدياكات هي عناصر لها طرفان (رجلان) ولا تحتاج إلى إشارة بوابة، وبدلًا من ذلك فإن هذه العناصر تنتقل إلى حالة (on) عندما يصل الجهد بين طرفيها إلى قيمة خاصة تسمى جهد الانهيار (breakdown voltage) أو (breakover voltage). والديود رباعي الطبقات يشبه الثاييرستور SCR ولكن بدون بوابة وهو مصمم فقط للعمل مع الجهد والتيارات المتناوبة.



الشكل (104.4): رموز الديود رباعي الطبقات والدياك.

تستخدم الديودات رباعية الطبقات والدياكات من أجل قطع التاييرستورات والترياكات فمثلاً عند استخدامك لدبياك من أجل قطع ترياك كما في الشكل (105.4)، فإنك تتجنب القطع غير الموثوق الذي قد ينبع عن عدم الاستقرار الذي تسببه تغيرات درجة الحرارة لعناصر دارة القطع. وعندما يتتجاوز الجهد على طرف الدياك بقليل قيمة جهد الأهيا، فإن الدياك يعطي نبضة تيار إلى بوابة الترياك فيطلق الترياك إلى حالة (on).



الشكل (105.4): دارة قياس مواصفات الدياك ودارة تحكم صفيحي كامل الموجة.

تستخدم الدارة اليمينية من الشكل (105.4) لقياس مواصفات الدياك وتضبط المقاومة المتغيرة ( $100\text{k}\Omega$ ) بحيث يُقطع الدياك مرة في كل نصف دور.

### مواصفات الدياك

نبين في الجدول (6.4) جزءاً نموذجياً من مواصفات الدياك.

الجدول (6.4): عينة من جدول مواصفات دياك.

MNFR#	$V_{BO}$ (V)	$I_{BO}$ MAX ( $\mu\text{A}$ )	$I_{PULSE}$ (A)	$V_{SWITCH}$ (V)	$P_D$ (mW)
NTE6411	40	100	2	6	250

وفي هذا الجدول ترى الرموز التالية:

$V_{BO}$ : يعني جهد الأهيا (breakover voltage).

$I_{BO}$ : يعني تيار الأهيا (breakover current).

$I_{PULSE}$ : يعني التيار الأعظمي النبضي (maximum peak pulse current).

$P_D$ : تبديد الاستطاعة الأعظمي.

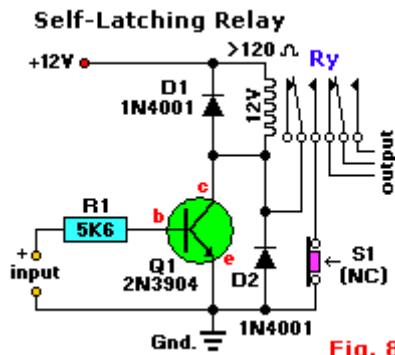


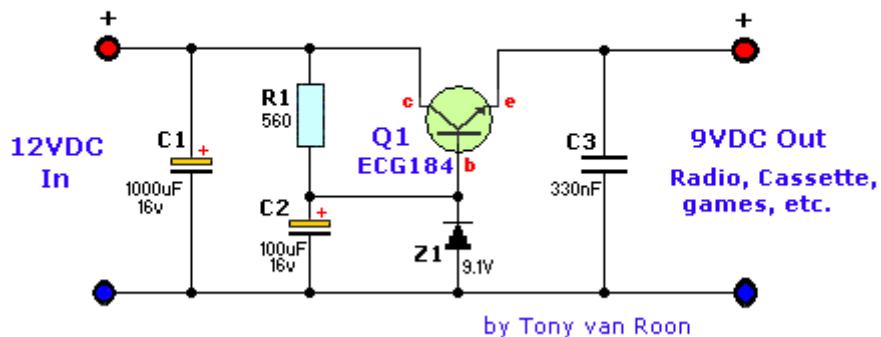
Fig. 8

This relay driver is **Self-Latching** which means that once it activates it will stay in remain in that state until S1 is pressed and momentarily disrupts power to the latch.

---

## 12Volt to 9Volt DC Converter

<http://www.uoguelph.ca/~antoon>



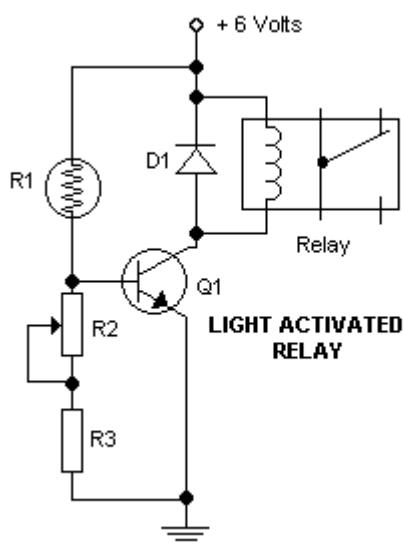
by Tony van Roon

### Notes:

To get a more precise output voltage, replace zener diode Z1 with 10V and R1 with a 1Kilo ohm potentiometer. A Coolrib for Q1 is optional. Simple circuit to power your 9 volt cassette recorder and other stuff.  
Q1 = ECG184, NTE184

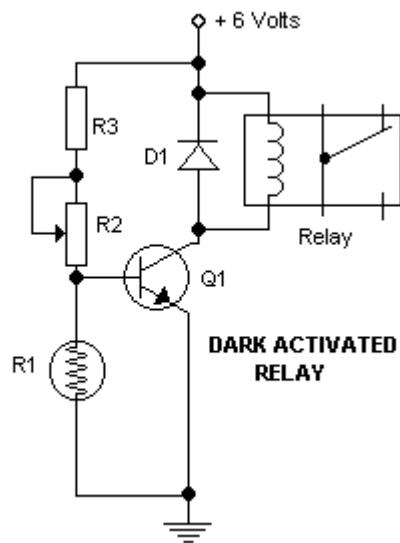
---

## Dark/Light Activated Relay

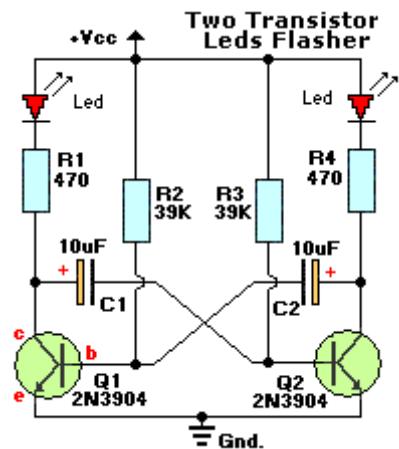


### Parts List

D1 = 1N914 diode  
Q1 = 2N2222 or similar NPN transistor  
R1 = photoresistor  
R2 = 50k variable resistor  
R3 = 1K  
Relay = 5 to 6 volt relay.

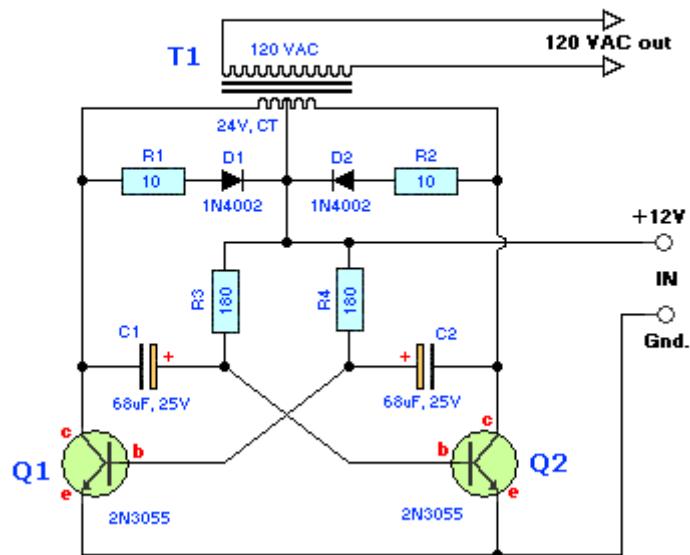


## Tow Transistor Led Flasher

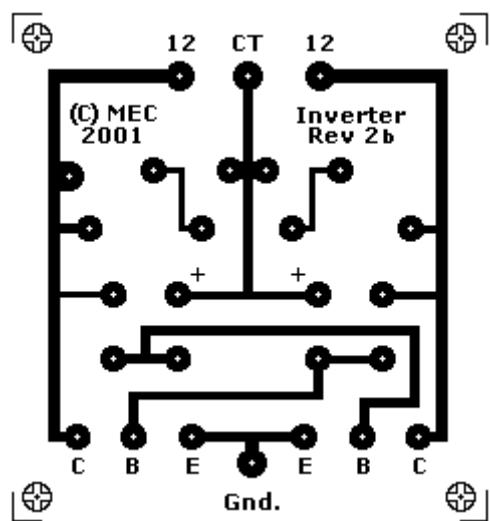


تحويل الجهد المستمر ١٢ فولت إلى ١٢٠ أو ٢٢٠ فولت متناولي

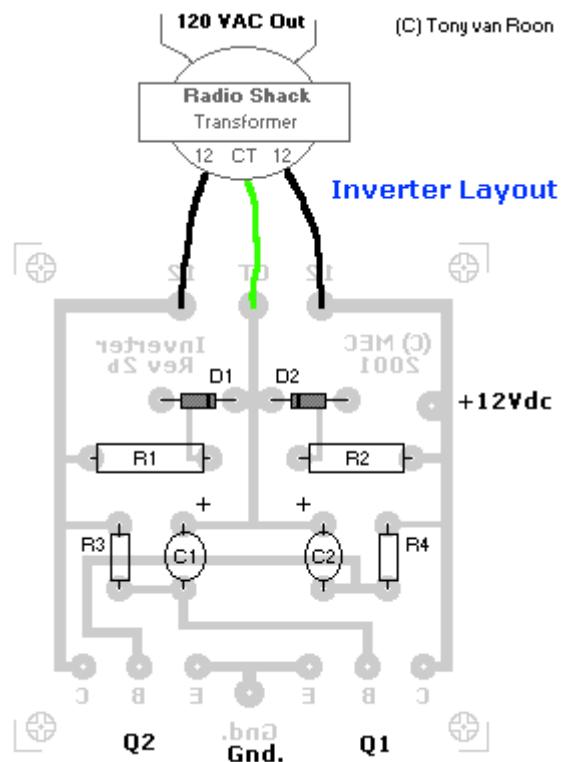
## Inverter



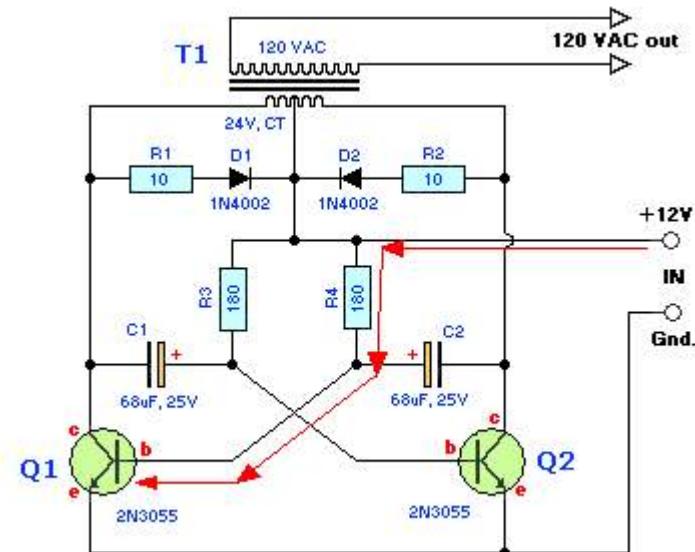
الدارة المطبوعة



## شكل الدارة بعد التنفيذ

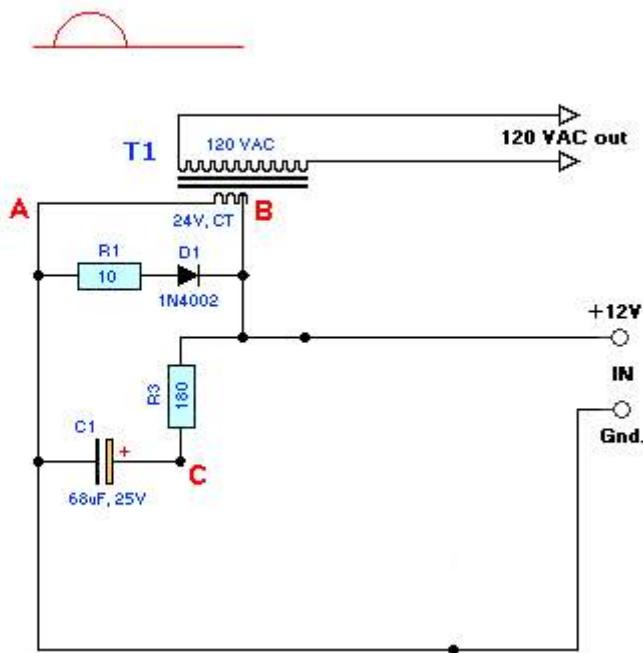


وإذا كان الجهاز لديك يعمل على ٢٢٠ فولت فعليك باستبدال المحول إلى آخر ٢٤ / ٢٠ .  
رغم أن الدائرة متماثلة تماماً فإن أحد الترانزستورين سوف يصل إلى جهد الانحياز قبل الآخر مما سيجعله في حالة تشغيل ..  
ولنفرض أن Q1 هو من وصل إلى جهد الانحياز المناسب أولاً وذلك عبر المقاومة R4 ..



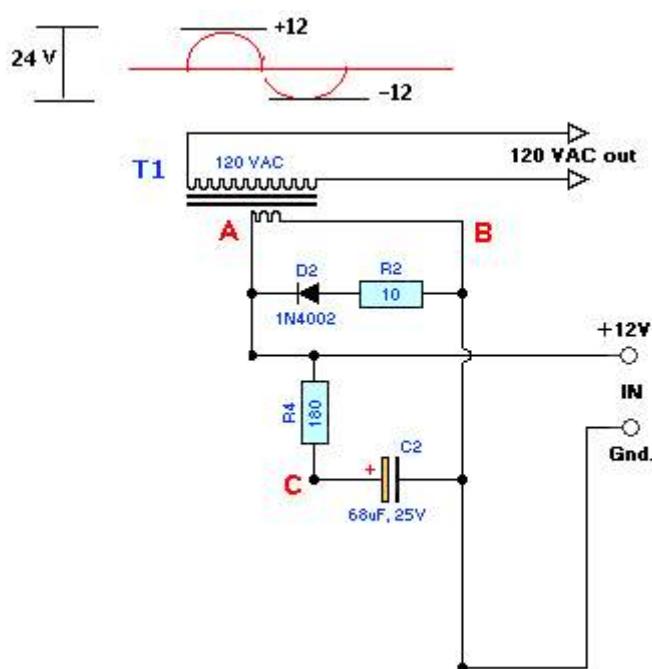
ويمكننا القول بأن الترانزistor Q1 يعمل الآن كمفتاح مغلق. (ON) أي أن جهد النقطة c مساوياً لجهد النقطة e وفي الحقيقة ٢,٠ فولت تقربياً ..

ويمكننا اختصار الدارة لتكون كالتالي:



لاحظ أننا حذفنا الترانزستور Q2 حيث أنه يعمل كمفتاح مفتوح (OFF) لعدم وجود جهد الانحياز المناسب له .  
والآن لاحظ أن جهد النقطة A يساوي جهد الأرضي ، أما جهد النقطة B فيساوي ١٢ فولت ، مما سيكون النصف الأول من الموجة المتناوبة .  
والآن يقوم المكثف C1 بالشحن حتى يصل جهد النقطة C إلى قيمة جهد الانحياز المناسب للترانزستور Q2 وعندتها يتتحول Q2 إلى مفتاح مغلق (ON) ليسحب معظم التيار الآتي من المصدر ويتتحول Q1 إلى مفتاح مفتوح (OFF) ..

ويمكن اختصار الدائرة كالتالي :



جهد النقطة A تساوي ١٢ فولت وجهد النقطة B موصلاً بالأرضي ، وهي حالة معاكسة للحالة الأولى (معكوسة في الطور) مما سيكون النصف الآخر من الموجة المتناوبة .  
ثم يقوم المكثف C2 بالشحن حتى يصل جهد النقطة C إلى جهد الانحياز المناسب للترانزستور Q1 وتستمر هذه العملية.... وتسمى هذه الدارة في بعض الأحيان (Flip-Flop) ..

## وامض ضوء يعمل بالصوت

هل يمكن تصوير باللون أو رصاصة لحظة خروجها من فوهة المسدس ؟

أجل..وذلك باستخدام دائرة تحويل الصوت إلى ضوء حي ، حيث يوضع الشيء المراد تصويره في غرفة مظلمة فيها كاميرا مفتوحة العدسة ، وفي لحظة الانفجار يعمل وامض الضوء وينير الغرفة لـ ٢ ملي ثانية كافية لالتقطان الصورة.

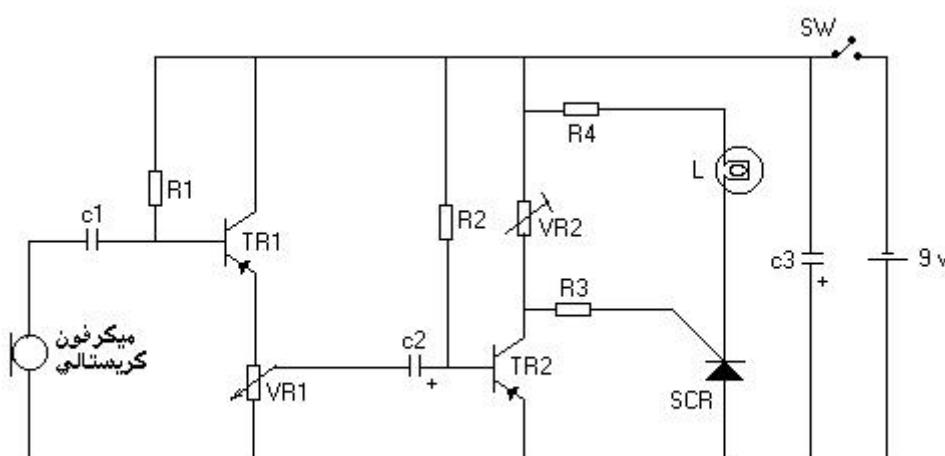
يوضع في مدخل الدائرة ميكروفون كريستالي يقوم بتحويل صوت الانفجار إلى نبضة كهربائية . يوصل الترانزistor الأول TR1 بوصلة مجمع مشترك التي لها ممانعة دخل عالية وممانعة خرج منخفضة وذلك لتواافق الممانعة العالية للميكروفون الكريستالي.

يقوم الترانزistor الثاني TR2 بتكبير الإشارة المأخوذة من باعث الترانزistor الأول TR1 وهو موصل بشكل دائرة باعث مشترك.

تعمل المقاومة المتغيرة VR1 كحمل باعث الترانزistor الأول ، بينما تعمل المقاومة المتغيرة VR2 كحمل مجمع الترانزistor الثاني ، وتقوم كل من المقاومتين بتحديد قوة الصوت الذي يشغل الدائرة . يقوم كلا الترانزistورين بتكبير النبضة الكهربائية المتولدة في الميكروفون ، ويسحب الترانزistor الثاني أكبر تيار عند قمة النبضة مما يؤدي إلى انخفاض جهد مجموعه المتصل ببوابة التاييرستور وبالتالي يشتغل التاييرستور .. حيث يمر تيار عبر المصباح ٦ فولت المتصل بالتسلاسل مع مقاومة ٣٣ أوم ..

### العناصر المستخدمة لهذه الدائرة:

- R1 مقاومة ١ ميجا أوم .
- R2 مقاومة ١٥٠ كيلو أوم .
- R3 مقاومة ١٨٠ أوم .
- R4 مقاومة ٣٣ أوم .
- C1 مكثف ١،٠ ميكرو فاراد .
- C2 مكثف كيميائي ٥ ميكرو فاراد ١٢ فولت .
- C3 مكثف كيميائي ٥٠ ميكروفاراد ١٢ فولت .
- TR1 - TR2 - ترانزistor نوع ٢ N3702 .
- SCR ثاييرستور نوع ٤٠٠ فولت ١ أمبير .
- RV1 مقاومة متغيرة لوغاريتمية ١٠ كيلو أوم .
- RV2 مقاومة متغيرة خطية ١ كيلو أوم .
- SW مفتاح .
- ميكروفون كريستالي .
- مصباح ٦ فولت و ٤٠٠ ميلي أمبير .
- بطارية ٩ فولت .

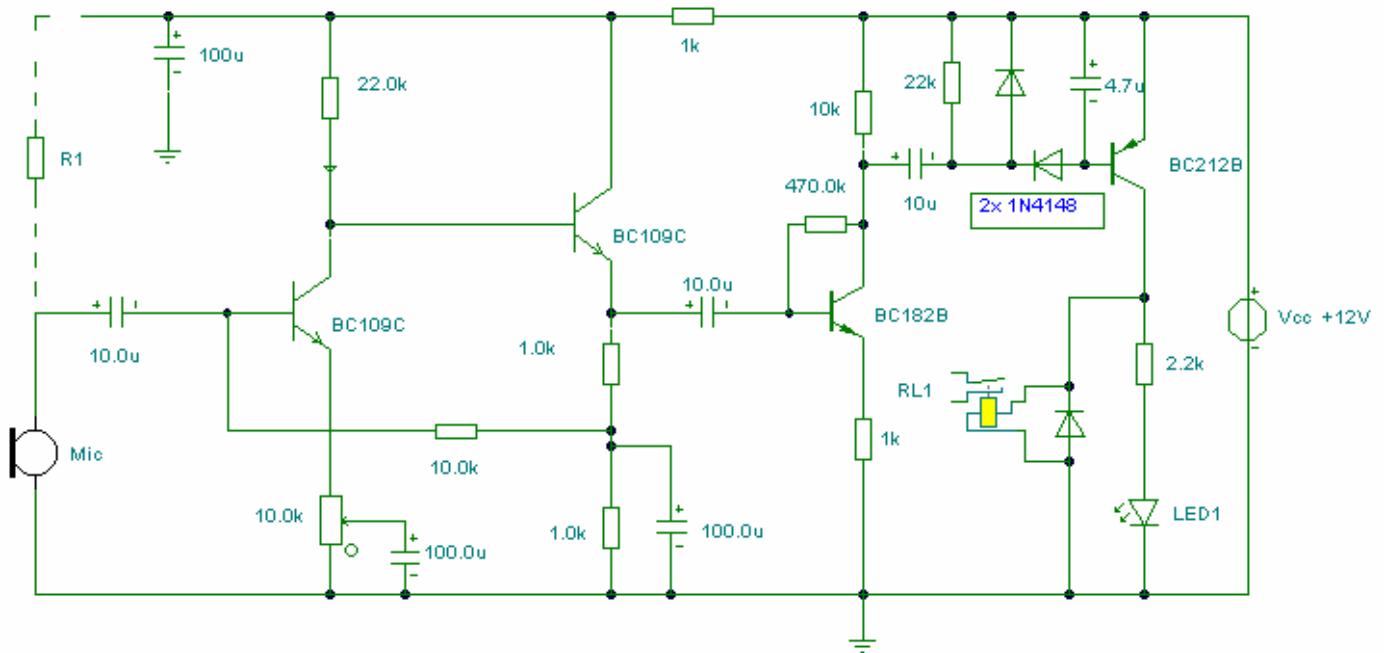


## مفتاح يعمل بالصوت Operated Switch Sound

في هذه الدارة يتم تشغيل حاكمة - ريليه - بالصوت ويمكن الاستفادة منها في أجهزة الإنذار أو في تشغيل الإنارة طالما أنه في الوسط المحيط يصدر صوتاً. كذلك للتحكم بالأجهزة لتعمل على الصفرة أو الصفة ...

## المخطط : Diagram

يمتاز هذا الجهاز بكونه حساساً جداً للأصوات المحيطة ويمكّنا أن نستخدم فيه ميكروفوناً ديناميكياً ذو ملف متحرك ، كما هو مبين في المخطط ..  
كما يمكننا استخدام ميكروفوناً سعوياً ولكن في هذه الحالة يجب إضافة المقاومة  $R1$  التي تؤمن تغذيته (رسمت بشكل منقط) ، والقيمة المناسبة لها يمكن أن تكون أي قيمة تقع ضمن المجال (2.2K----10K) ..



شرح طريقة العمل :

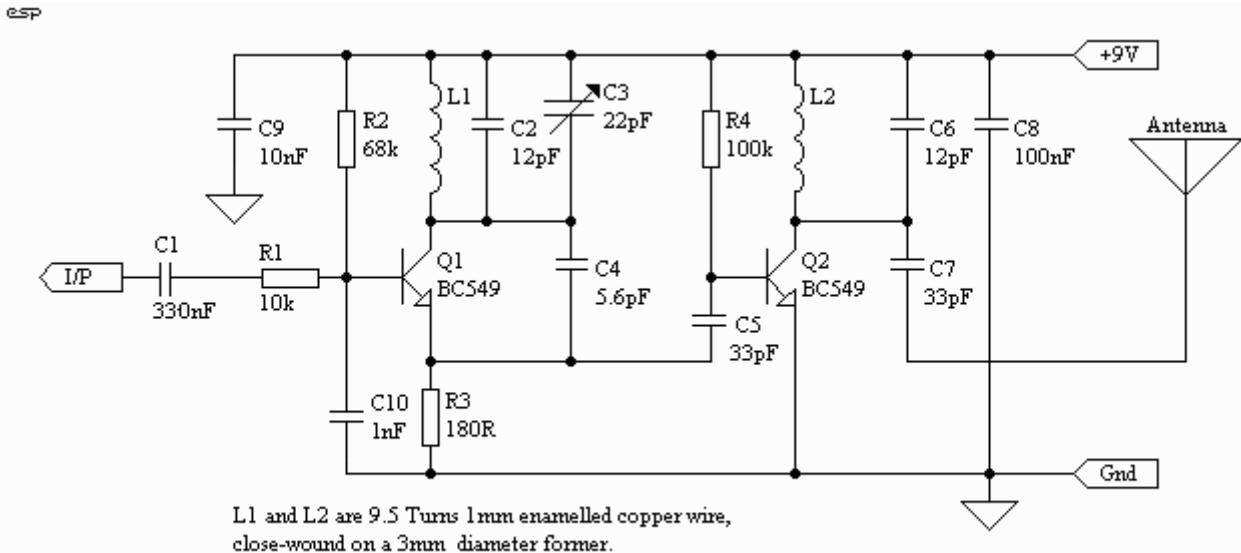
الترانزستوران BC109C يشكلان مكبر سمعي أولي للإشارة الميكروفونية ، وهو مكبر ذو حلقة مغلقة والذي ربيه يكون محكوماً بقيمة المقاومة القابلة للضبط (10K) ..  
نعود فننكر الإشارة الخارجة من هذه المرحلة بمكبر إضافي مشكل من الترانزستور BC182B ..  
لمنع عدم الاستقرار في المكبر فإن المكبر الأولى تمت تغذيته عبر المقاومة والمكثف ١٠٠ uF ، 1K .  
بعدها فإن الإشارة عند مجمع الترانزستور BC182B تقوم بواسطة دiodين (1N4148) والمكثف (4.7uF) لينتج  
تياراً مستمراً يقود الترانزستور BC212B ويشغل الريليه والديود الضوئي ..  
يجب ملاحظة أن هذه الدارة ستتعود إلى التوقف عند توقف الصوت المحيط ، وأنه في حال الحاجة لحفظ الريليه  
لحالة العمل يمكن الاستفادة من تماساتها لعمل ذلك ..

## Low power FM transmitter

مقدمة :

إن دارة المرسل المبينة في الشكل هي دارة بسيطة جداً ..

المرحلة الأولى من هذه الدارة هي دارة الهفاز التي تعمل على توليد إشارة الحامل ، والمرحلة الثانية هي مرحلة المضخم المولف الذي يعمل على تضخيم الإشارة المعدلة لإيصالها إلى المستوى المطلوب من أجل الإرسال ..



كما سبق و ذكرنا فإن الترانزستور Q1 هو عبارة عن دارة الهفاز التي تشكل المرحلة الأولى من دارة الإرسال ، ودارة الهفاز هنا هي عبارة عن هفاز كوليبيتس التقليدية ذات الترانزستور الثنائي القطبية ..  
وكما نعرف فإن دارة هفاز كوليبيتس هي عبارة عن هفاز مكون من ترانزستور ثنائي القطبية موصول بوصلة القاعدة المشتركة ..  
وتعمل كل من المكثفات C2 و C3 والوشيعة L1 على تحديد تردد الاهتزاز المرسل ، والذي سوف يكون تردد الحامل الذي سوف تعمل عليه الدارة ..

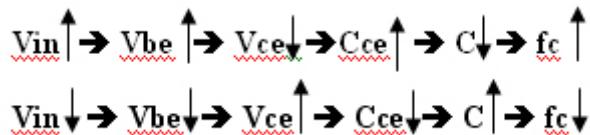
ملاحظة:

المكثفة C1 في هذه الدارة تعمل على منع مرور التيار المستمر المرافق للإشارة المراد إرسالها ، وتعمل هذه المكثفة مع المقاومة R1 على تخفيض الاستجابة التردية للدائرة حتى 50 Hz حيث أن هذه الاستجابة تعتمد على قيمة المقاومة R1 ، ويمكن الحصول على استجابة أفضل وأخفض وذلك باستخدام مكثفة ذات سعة أكبر 10 uF مثلاً أو 1 uF وبفضل أن تكون مكثفة قطبية ..  
المكثفة C10 التي تصل بين قاعدة الترانزستور Q1 والأرض تعمل على تأمين عمل الترانزستور بوصلة القاعدة المشتركة وقيمتها محددة بـ 1 nF وهي قيمة مناسبة جداً وهامة من أجل تحديد استجابة الدارة للترددات العالية بـ 15 KHz ..  
المرحلة الثانية هي عبارة عن مضخم استطاعة بوصلة باعث مشترك من النوع Class A ومضخم الاستطاعة هذا مؤلف للعمل عند ترددات محددة حيث أن الوشيعة L2 والمكثف C6 تحددان التردد المركزي الذي ينبع من المضخم المولف يعطي أكبر قدر ممكן من التضخيم ويعيداً عنه يعطي أكبر قدر من التخميد ..  
كما وأنه يوجد أفضليات أخرى لاستخدام هذا النوع من المضخميات وذلك بسبب مردودها العالي نسبة إلى مضخميات من النوع Class A التقليدية ..

يؤخذ الخرج من مجمع Q2 عبر المكثفة C7 والتي تعمل على تمرير المركبات المتباينة فقط ..  
المكثفة C2 هي عبارة هنا عن مكثفة حماية وذلك لمنع حدوث أي قصر بين التغذية المستمرة والأرض ..  
المكثفة C5 هي مكثفة تمرير بين المرحلة الأولى والمرحلة الثانية وذلك لمنع أي تسرب للتيار المستمر ..

كيفية عمل هذه الدارة:

إن مبدأ عمل هذه الدارة بسيط جداً ، فعندما تغذى قاعدة الترانزستور Q1 بإشارة متغيرة فإن هذا سوف يؤدي لتغيير السعة Cce بين المجمع والباعث تبعاً لما يلي :

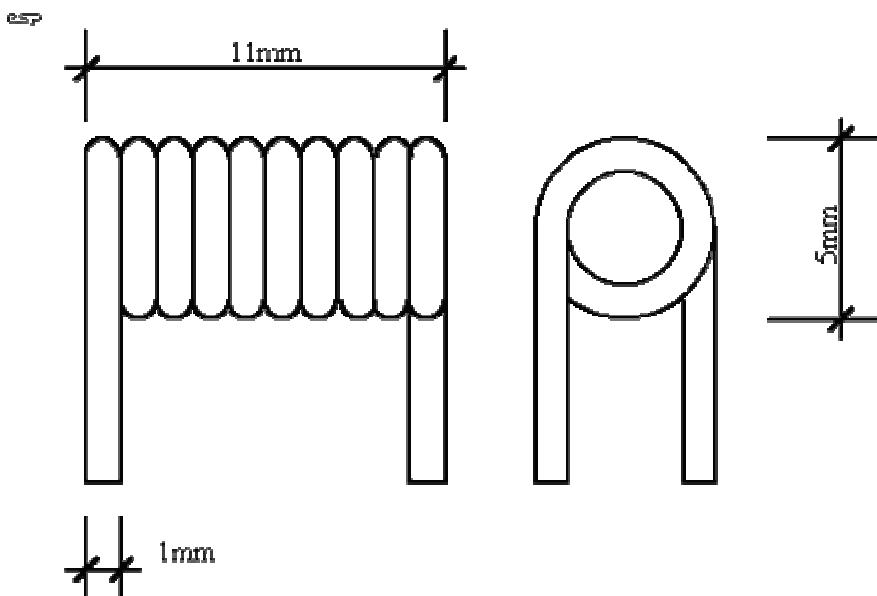


حيث أن تغير  $C_{ce}$  سوف يؤثر على السعة  $C$  والتي بدورها سوف تؤثر على تردد عمل المزدوج وبالتالي سوف نحصل على الإشارة المعدلة ترددياً عند باعث  $Q_1$  والتي تضخم بواسطة المضخم الملحني  $Q_2$  وترسل ..

**ملاحظة:** المكثف  $C_4$  بين الباخت و المجمع  $L$   $Q_1$  تقييد في زيادة حساسية التعديل ..

#### اعتبارات تصميمية:

- ١- التقييد بقيم المكثفات  $C_{10}$  و  $C_1$  والمقاومة  $R_1$  المعطاة لتحقيق أفضل استجابة للدارة ..
- ٢- يمكن الاستعاضة عن الترانزستورين  $BC549$  بالترانزستورين  $BC548$  (الاثنتين معاً) ..
- ٣- المقاومة  $R_3$  يجب أن تكون  $180 \Omega$  و  $R_2 = 68 \Omega$  ..
- ٤- الملفين يجب أن يكونا متشابهين :  $10$  لفات (تماماً  $9.5$ ) بطول ( $11\text{mm}$  )  $>>>$   $10\text{mm}$  ، قطر اللفة  $(1\text{mm})$  ، قطر السلك ( $3\text{mm}$  )  $>>> 5\text{mm}$  ..



**ملاحظة هامة :** يجب أن يلف الملف كما وصف تماماً وإلا لن تعمل الدارة ، وسيتغير التردد ..

- ٥-  $C_2$  يجب أن تكون محصورة في المجال ( $10\text{pf} >>> 15\text{pf}$ ) و  $C_6$  مشابهة لها تماماً ..
- ٦-  $C_8$  يجب أن تكون صغيرة قدر الإمكان ..

#### ملاحظة:

في حال سماع أزيز مزعج في طرف الاستقبال ، فإنه يمكن التخلص منه بتوصيل مكثف  $25\text{nf}$  على التفرع مع  $C_4$  ، وتعديل تردد الإرسال في المجال ( $10.2\text{MHz} >>> 10.3\text{MHz}$ ) وهو التردد المثالي لعمل الدارة بشكل مستقر..

تعطى مفأولة الملف وهي تقرباً ( $130\text{uH}$ ) بالعلاقة التالية :

$$L = N^2 * r^2 / (228 * r + 254 * l)$$

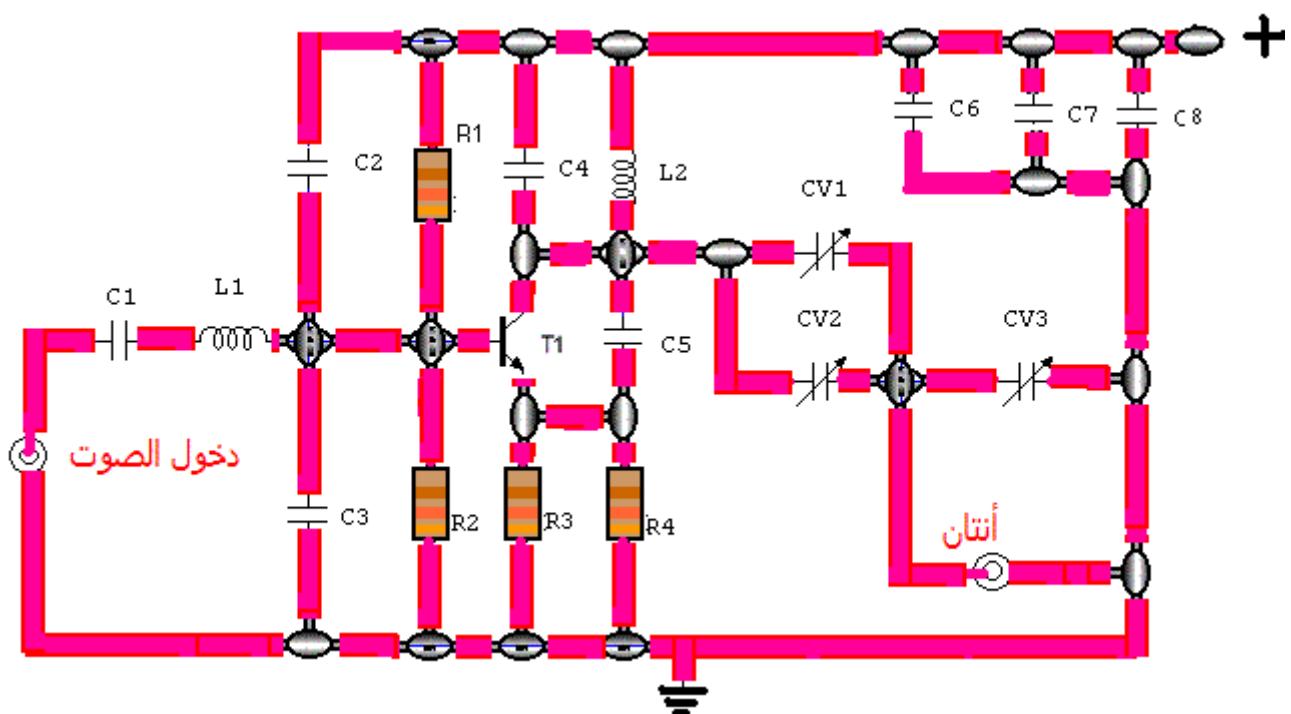
$N$  : عدد اللفات ..

$r$  : نصف قطر اللفة المتوسط ..

$I$  : طول الملف ..

## التحكم عن بعد لاسلكياً

دائرة إرسال بسيطة وذات قدرة عالية ، يصل مداها إلى عشرة كيلومتر تقريبا ..



قلب الدارة وسبب قدرتها العالية هو الترانزistor T1 (2N6084) الذي يعمل كمذبذب يتحكم به من خلال الجهد لإنتاج إشارة FM ..

**ملاحظة مهمة :**  
لتركيب الدارة ، الترانزistor T1 يجب وصله على لوحة عازلة للحرارة ، وعدم تشغيل الجهاز على الإطلاق بدون الهوائي ( أنتان ) ، لأن الترانزistor يحترق وهذا من المؤكدات ..

المقاومات:

$$R1=1,2K - 1/8W$$

$$R2= 22K - 1/8W$$

بدون حت ذاتي       $R3=10 \text{ ohm } 2W$  ( NO INDUCTIVE )

$$R4= R3$$

مكونات : جميعها من نوع السيراميك

$$C1=470nF$$

$$C2=2.2nF$$

$$C3=2.2nF$$

$$C4=C5=C6=4,7pF$$

$$C7=10nF$$

$$C8=22nF$$

$$CV1=CV2=CV3=3-30Pf$$

وغيرهم :

- ملف ( L1 ) عبارة عن 200 دورة من سلك نحاسي عيار 28 مع لب صلب ( ferrite ) بقطر واحد سنتметр وطول اثنين سنتم.

- ملف ( L2 ) دائرتين من سلك نحاسي 14 بدون لب ، بقطر واحد سنتم .

- مصدر طاقة : من ٢٠ إلى ٢٣ فولت --- ثلاثة أمبير .

- مدخل BNC(plug)

# رموز العناصر الكهربائية والالكترونية

	Lamp - Neon			Ammeter (amp meter)	
	LASCR (Light Activated Silicon Controlled Rectifier)			AND Gate	
	LASER diode laser diode photo diode			AND Gate	
	LDR (Light Dependent Resistor)			Antenna balanced	
	Light Emitting Diode (LED)			Antenna Loop, Shielded	
	Mercury Switch			Antenna Loop, Unshielded	
	Micro-amp meter (micro-ammeter)			Antenna unbalanced	
	Microphone (see Electret Mic)			Attenuator, fixed (see Resistor)	
	Milliamp meter (milli-ammeter)			Attenuator, variable (see Resistor)	
	Motor			Battery	
	NAND Gate			Bilateral Switch (DIAC)	
	NAND Gate			Bridge Rectifier (Diode Bridge)	
	NOR Gate			BUFFER (Amplifier Gate)	
	NOR Gate			BUFFER (Amplifier Gate)	
NOT	NOT Gate Inverter			Capacitor feedthrough	
NOT	NOT Gate Inverter			Capacitor non-polarised	
	Operational Amplifier (Op Amp)			Capacitor polarised (see electrolytic)	
	Photo Cell (photo sensitive resistor)			Capacitor Variable	
	Photo Transistor			Cavity Resonator	
	Photovoltaic Cell (Solar Cell)			Cell	
	Piezo Tweeter (Piezo Speaker)			Coaxial Cable	
	Positive Voltage Connection			Crystal Microphone (Piezoelectric)	

	Potentiometer (variable resistor)			Crystal Piezoelectric	
	Rectifier Semiconductor			Darlington Transistor	
	Rectifier Silicon Controlled (SCR)			Delay Line	
	Relay - spst			DIAC (Bilateral Switch)	
	Relay - spdt			Diode	
	Relay - dpst			Diode - Gunn	
	Relay - dpdt			Diode - Light Emitting (LED)	
	RFC Radio Frequency Choke			Diode Photo Sensitive	
	Saturable Reactor			Diode Photovoltaic	
	Schmitt Trigger (Inverter Gate)			Diode Bridge (Bridge Rectifier)	
	Schottky Diode			Diode - Pin	
	Signal Generator			Diode - Varactor	
	Speaker			Diode - Zener	
	Switch - push (Push Button)			Electret Microphone (Condenser mic)	
	Switch - Rotary			Electrolytic (Polarised Capacitor)	
NTC	Thermal Probe <b>NTC:</b> as temp rises, resistance decreases		OR	Exclusive-OR Gate (XOR Gate)	
	Thermocouple		OR	Exclusive-OR Gate (XOR Gate)	
	Voltage Regulator (7805 etc)			Ferrite Bead	
	Voltmeter			Field Effect Transistor (FET) n-channel	
	Wattmeter			Field Effect Transistor (FET) p-channel	
	Wires			Fuse	
	Wires Connected			Galvanometer	

	Wires Not Connected			Ground Chassis	
	Tunnel Diode			Ground Earth	
	Inverter (NOT Gate)			Headphone	
	INVERTER (NOT Gate)			Inductor Air Core	
	Jack Co-axial			Inductor Iron Core or ferrite core	
	Jack Phone (Phone Jack)			Inductor Tapped	
	Jack Phone (Switched)			Inductor Variable	
	Jack Phone (3 conductor)			Integrated Circuit	
	Transformer Air Core			Transformer Iron Core	
	Transistor Bipolar - NPN			Transistor Bipolar - PNP	
	Transistor n-channel Field Effect			Transistor p-channel Field Effect	
	Transistor Metal Oxide Single Gate			Transistor Metal Oxide Dual Gate	
	Transistor Photosensitive			Transistor Schottky - NPN	
	XOR Gate (exclusive OR)			XOR Gate (exclusive OR)	
	Thyristors: Main Terminal1			Transistor Unijunction - UJT	
	DIAC				
	SCR				
	TRIAC				
	TRIAC				

انتهى الجزء الأول بعون الله وتوفيقه

wedoaya @hotmail.com