

## الباب الثانى

العناصر الالكترونية المستخدمة  
فى الدوائر الرقمية



## العناصر الالكترونية المستخدمة فى الدوائر الرقمية

### ١ / ٢ - المقاومات Resistors :

تعتبر المقاومات من أهم العناصر المستخدمة فى الدوائر الرقمية ، وتصنع المقاومات من مواد مختلفة علماً بأن نوع المادة المقاومة يحدد الخواص الفنية للمقاومة .

وتنقسم المقاومات بصفة عامة إلى :

١ - مقاومات خطية Linear Resistors .

٢ - مقاومات غير خطية Non Linear Resistors .

### ١ / ٢ - المقاومات الخطية :

وهى المقاومات التى تخضع لقانون أوم مثل :

أ - مقاومات بنقط تفرع Tapped Resistors وهذه المقاومات تتيح فرصة الحصول على مقاومات مختلفة عند نقاط تفرعها .

ب - الريوستات Rheostat وهى مقاومة متغيرة بطرفين ، حيث تتغير المقاومة بين طرفيها بتغير وضع ذراع ضبطها .

ج - مجزئ الجهد Potentiometer ويكون له ثلاثة أطراف 1, 2, 3 بحيث إن المقاومة بين الطرفين 1, 3 تمثل المقاومة الكلية للمجزئ وهى ثابتة ولا تتغير بتغير وضع ذراع ضبط المجزئ، وتساوى مجموع المقاومة بين الطرفين 1, 2 والمقاومة بين الطرفين 2 و 3 ، وهما مقاومتان متغيرتان تتغيران تبعاً لتغير وضع ذراع ضبط المجزئ .

د- المقاومات الثابتة القيمة ، وتوجد عدة طرق لتشفير قيمة المقاومة الثابتة وهى كما يلى :

١ - طريقة التشفير الحرفية ( الطريقة الإنجليزية ) حيث تستخدم الأحرف التالية كمضاعفات :

$$M = 10^6 \quad k = 10^3 \quad R = 1$$

والحروف التالية لبيان التفاوت :

$$F = \pm 1\% , G = \pm 2\% , J = \pm 5\% , k = \pm 10\% , M = \pm 20\%$$

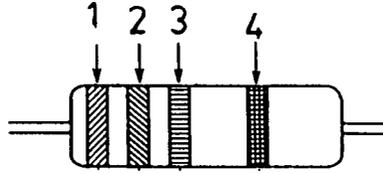
فمثلا :

المقاومة 100 Rk تعنى مقاومة  $100 \Omega \pm 10\%$

والمقاومة 10 k2 G تعنى مقاومة  $10.2 k\Omega \pm 2\%$

والمقاومة 1M 3k تعنى مقاومة  $1.3 M\Omega \pm 10\%$

٢ - طريقة التشفير بالألوان : وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الصغيرة ، والتي تتراوح قدرتها ما بين ( 0.25 : 2 w ) ويرسم على المقاومة أربع أو خمس حلقات ملونة قريبة من أحد جانبيها ، وعادة ترقم هذه الحلقات الملونة من اليسار (الجهة القريبة من الحلقات) إلى اليمين وهذا موضح بالشكل (٢ - ١) .



الشكل (٢ - ١)

فبالنسبة للمقاومات ذات الأربع حلقات الملونة فإن :

الحلقة الأولى : تعطى الرقم الأول .

الحلقة الثانية : تعطى الرقم الثانى .

الحلقة الثالثة : تعطى المضاعف أو الجزء .

الحلقة الرابعة : تعطى التفاوت .

وبالنسبة للمقاومات ذات الخمس حلقات الملونة فإن :

الحلقة الأولى : تعطى الرقم الأول .

الحلقة الثانية : تعطى الرقم الثانى .

الحلقة الثالثة : تعطى الرقم الثالث .

الحلقة الرابعة : تعطى المضاعف أو الجزء .

الحلقة الخامسة : تعطى التفاوت .

والجدول (٢ - ١) يعطى مدلول الألوان المختلفة للحلقات المختلفة .

## الجدول (٢ - ١)

بدون لون	فضي	ذهبي	أبيض	رمادي	بنفسج	أزرق	أخضر	أصفر	برتقالي	أحمر	بنّي	أسود	اللون
—	—	—	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	الرقم
	0.01	0.1	$10^9$	$10^8$	$10^7$	$10^6$	$10^5$	$10^4$	$10^3$	$10^2$	10	1	المضاعف أو الجزء
$\pm 15$	$\pm 10$	$\pm 5$								$\pm 2$	$\pm 1$		التفاوت كنسبة مئوية

فمثلاً : إذا كانت ألوان الحلقات الأربع لمقاومة كربونية .

الحلقة الأولى : بنّي ويكافئ 1

الحلقة الثانية : أسود ويكافئ 0

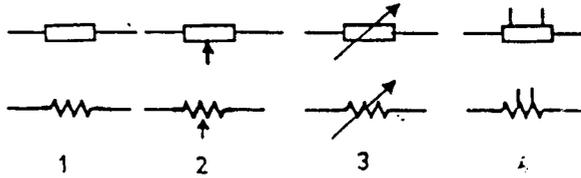
الحلقة الثالثة : أزرق ويكافئ  $10^6$

الحلقة الرابعة : ذهبي ويكافئ  $\pm 5\%$

فإن قيمة المقاومة يساوي :  $10 \times 10^6 \pm 5\%$  أى  $(10M \pm 5\%)$  .

وفيما يلي الرموز الكهربائية للمقاومات الخطية حيث إن الرمز 1 لمقاومة بنقطتين تفرع،

والرمز 2 لريوستات ، والرمز 3 لمجزئ جهد ، والرمز 4 لمقاومة ثابتة .



## ٢ / ١ / ٢ - المقاومات غير الخطية :

وهي مقاومات لا تخضع لقانون «أوم» ؛ لأن قيمتها تتغير تبعاً لمؤثرات خارجية مثل :

١ - المقاومة الحرارية Thermistor ، وهناك نوعان من المقاومات الحرارية وهما : المقاومة

الحرارية PTC ، وهي مقاومة تزداد قيمتها بزيادة درجة حرارتها والمقاومة الحرارية

NTC ، وهى مقاومة تقل قيمتها بزيادة درجة حرارتها .

ب - المقاومة الضوئية ( حساسة للضوء ) LDR ، وتقل مقاومتها عند تعرضها للضوء من

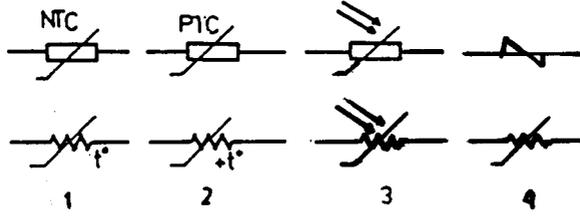
عدة ميجا أوم فى الظلام إلى عدة مئات من الأوم فى ضوء النهار .

ج - مقاومة معتمدة على الجهد VDR ، وتقل قيمتها بزيادة الجهد المسلط عليها .

وفيما يلي رموز هذه المقاومات ، فالرمز 1 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى سالب NTC .

والرمز 2 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى موجب PTC . والرمز 3 لمقاومة ضوئية LDR .

والرمز 4 لمقاومة معتمدة على الجهد VDR .

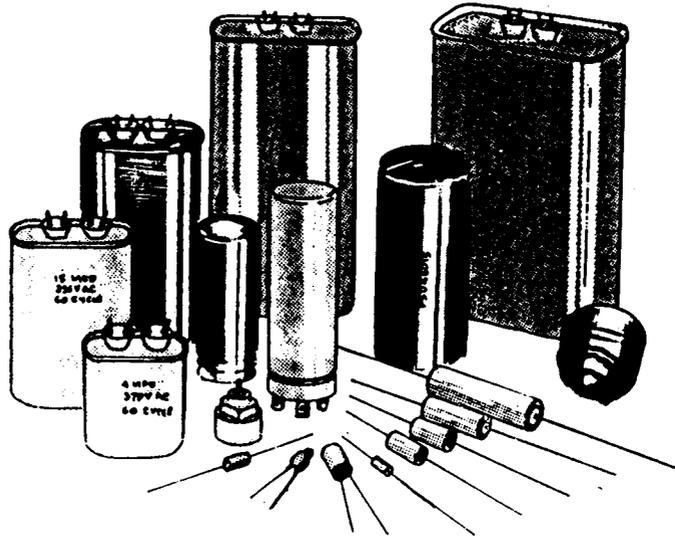


## ٢/٢ - المكثفات Capacitors :

يقوم المكثف بتخزين الشحنة الكهربائية أثناء تعرضه لفرق جهد بين طرفيه ، وتتوقف عملية الشحن عندما يتساوى الجهد المتشكل على أطراف المكثف مع جهد المصدر ، ويقوم المكثف بتفريغ شحنته عند انخفاض جهد المصدر عن فرق الجهد بين طرفى المكثف أو انعدامه ، ويسمى المكثف عادة تبعاً لنوع العازل المستخدم فيه مثل الورقة والميكا والسيراميك والمحاليل الكيميائية .. إلخ ، والشكل ( ٢ - ٢ ) يعرض أشكالاً مختلفة للمكثفات .

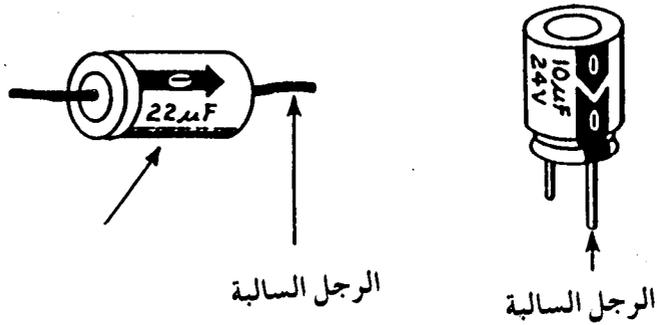
وتوجد عدة طرق لتشفير المعلومات الفنية للمكثفات تختلف باختلاف نوع المكثف ،

أهمها :



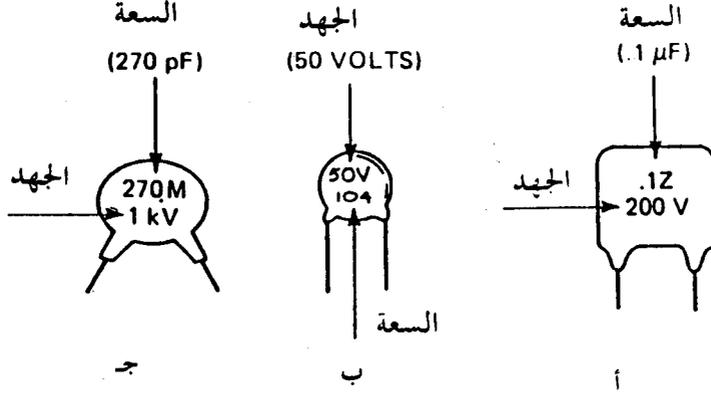
الشكل (٢ - ٢)

١ - طريقة العرض المباشر : حيث تكتب المعلومات الفنية مباشرة على الغلاف المعدني للمكثف الكيميائي ، فتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد  $\mu\text{F}$  وجهد التشغيل بالقولت (V) ، وكذلك توضع قطبية أحد طرف المكثف ، سواء الطرف الموجب + أو الطرف السالب - وهذا موضح بالشكل (٢ - ٣) حيث توضع إشارة حمراء عند القطب الموجب وسوداء أو زرقاء عند القطب السالب .



الشكل (٣ - ٢)

٢ - طريقة التشفير الحرفية : وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات الصغيرة التي تكون على شكل قرص Disc حيث تكتب عليها السعة وجهه التشغيل بأكواد مبسطة كما بالشكل ( ٢ - ٤ ) .



الشكل ( ٢ - ٤ )

فالسعات تكتب بأكواد حرفية، فالحرف Z يعنى ميكروفاراد  $\mu f$  ، والحرف M يعنى

بيكوفاراد Pf

. فبالشكل (أ) مكثف سعته Z .1 أى  $0.1 \mu f$  ، وبالشكل (ج) مكثف سعته 270

M أى سعته 270 pf .

٣ - طريقة التشفير العددية : وتستخدم فيها ثلاثة أعداد ، حيث يمثل العدد الثالث أعداد

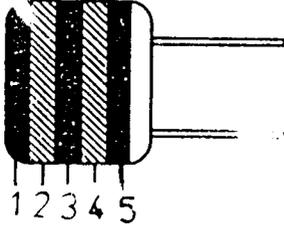
الأصفر بعد العددين الأول والثانى ، ففى الشكل ( ٢ - ٤ ب) مكثف سعته يعبر عنها

بالشفرة 104 أى 100000 pf ، أما الجهد فيكتب مباشرة على المكثف .

٤ - طريقة التشفير بالألوان : حيث يرسم عدة شرائط ملونة على غلاف المكثف كما

بالشكل ( ٢ - ٥ ) ، وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات البولى إستير الراتنجية Resin

. Dipped polyester capacitors



والجدول ( ٢ - ٢ ) يبين مدلول الألوان المختلفة  
للشروط المختلفة .

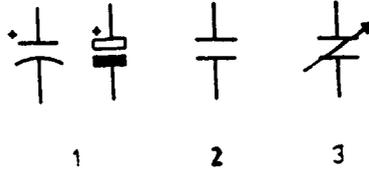
الشكل ( ٢ - ٥ )

الجدول ( ٢ - ٢ )

اللون	أسود	بني	أحمر	برتقالي	اصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض
الشريط الأول والثاني ( الرقم المقابل )	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الشريط الثالث ( المضاعف )				$10^3$	$10^4$	$10^5$				
الشريط الرابع ( التفاوت )	$\pm 20\%$									$\pm 10\%$
الشريط الخامس ( الجهد المستمر )			250V		400V					

مثال :

- إذا كان لون الشريط الأول بنياً ويكافىء 1 .
- الشريط الثانى أسود ويكافىء 0 .
- الشريط الثالث برتقالياً ويكافىء  $10^3$  .
- الشريط الرابع أسود ويكافىء  $\pm 20\%$  .
- الشريط الخامس أحمر ويكافىء 250 VDC .
- أى أن سعة المكثف تصبح مساوية  $10^4 \text{ pF} = 10 \times 10^3$  مع تفاوت مقداره  $\pm 20\%$
- وجهد تشغيل مستمر يساوى 250 VDC .
- وفيما يلى رموز المكثفات : فالرمز 1 لمكثف كيميائى . والرمز 2 لمكثف عادى والرمز 3 لمكثف متغير السعة .



### ٣ / ٢ - عناصر متنوعة :

سنتناول فى هذه الفقرة مجموعة من العناصر التى كثيراً ما تستخدم فى الدوائر الالكترونية  
مثل : المصهرات - المفاتيح - الضواغط - ريلاهات التحكم - المحولات .

### ١ / ٣ / ٢ - المصهرات Fuses :

عادة يتم حماية الدوائر الالكترونية من الزيادة المفرطة للتيار الكهربى عند حدوث قصر  
بالدائرة أى : تلامس الطرف الموجب + مع الطرف السالب - أو مع أرضى الدائرة وذلك  
باستخدام المصهرات .

وعادة تكون المصهرات على شكل أنبوبة مصنوعة من الزجاج أو السيراميك له قاعدتان  
معدنيتان متصلتان معاً من الداخل بسلك رفيع من النحاس أو الرصاص ، وهذا السلك مصمم  
لكى ينقطع عند زيادة قيمة التيار المار بالمصهر عن الحد المقتن للمصهر بقيمة كبيرة ، وهناك  
أنواع متعددة من المصهرات حسب سرعة فصلها ، وفيما يلى الأنواع المختلفة للمصهرات تبعاً  
لسرعة الفصل :

١ - مصهرات سريعة الفصل بدرجة كبيرة (FF) Super-quick-Acting وتستخدم لحماية  
العناصر الالكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات ، ويرمز لها بالرمز FF والجدول (٢ - ٣)  
يبين خواص هذا النوع .

الجدول (٢ - ٣)

10 In	4 In	2.75 In	2 In	1.2 In	شدة التيار
—	2 mS	4 mS	10 mS	60 min	أدنى زمن للفصل
2 mS	15 mS	50 mS	2S	—	أقصى زمن للفصل

حيث إن :

In التيار المقنن للمصهر

min دقيقة

S ثانية

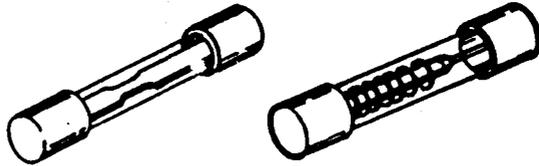
mS مللى ثانية

٢ - مصهرات سريعة الفصل (F) quick acting

٣ - مصهرات تتحمل قفزات التيار المفاجئة (T) Anti-surge

وهي تتحمل تياراً يساوي 10 مرات من التيار المقنن لها بدون أن تنهار ، وذلك خلال فترة زمنية تساوي 20 mS ، وتستخدم لحماية المحولات .

والشكل (٢ - ٦) يعرض نموذجاً لمصهر نوع T . الشكل (١) وآخر لمصهر سريع الفصل F الشكل (ب) .



ب

أ

الشكل (٢ - ٦)

وفيما يلي الرموز المختلفة للمصهرات :

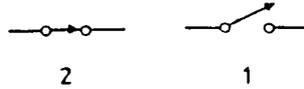


## ٢ / ٣ / ٢ - المفاتيح اليدوية Switches :

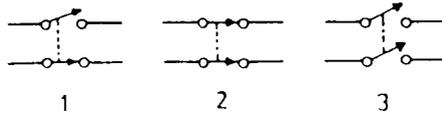
تعد المفاتيح اليدوية هي وسيلة الوصل والفصل اليدوية في الدوائر الالكترونية ، وتوجد أنواع مختلفة للمفاتيح تبعاً لوظيفتها مثل :

١ - مفتاح قطب واحد سكة واحدة (SPST) ، وهذا المفتاح يحتوى على ريشة واحدة ، إما مغلقة أو مفتوحة ، فعند تشغيل المفتاح تفتح ريشته المغلقة NC ، أو تغلق ريشته المفتوحة NO .

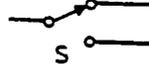
وفيما يلي رمز مفتاح SPST بريشة مفتوحة NO: (الرمز 1) ، وبريشة مغلقة NC (الرمز 2) .



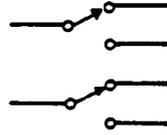
٢ - مفتاح قطبين سكة واحدة (DPST) وهذا المفتاح يحتوى على ريشتين مفتوحتين NO 2 أو مغلقتين NC 2 أو إحداهما مفتوحة والأخرى مغلقة (NO+ NC) ، وعند تشغيل هذا المفتاح يدوياً تنعكس حالة ريش المفتاح ، فتغلق الريشة المفتوحة NO وتفتح الريشة المغلقة NC ، وفيما يلي رمز مفتاح DPST بريشتين مفتوحتين NO 2 (الرمز 1) وبريشتين مغلقتين NC 2 (الرمز 2) وبريشة مفتوحة وأخرى مغلقة NO + NC (الرمز 3) .



٣ - مفتاح قطب واحد سكتين (SPDT)، وهذا المفتاح له ريشة قلاب CO، ويكون للمفتاح ثلاثة أطراف أحدهما مشترك والثاني مفتوح والثالث مغلق. فعند تشغيل هذا المفتاح تنعكس حالة هذا المفتاح فيغلق الطرف المفتوح، ويفتح الطرف المغلق، وفيما يلي رمز هذا المفتاح :



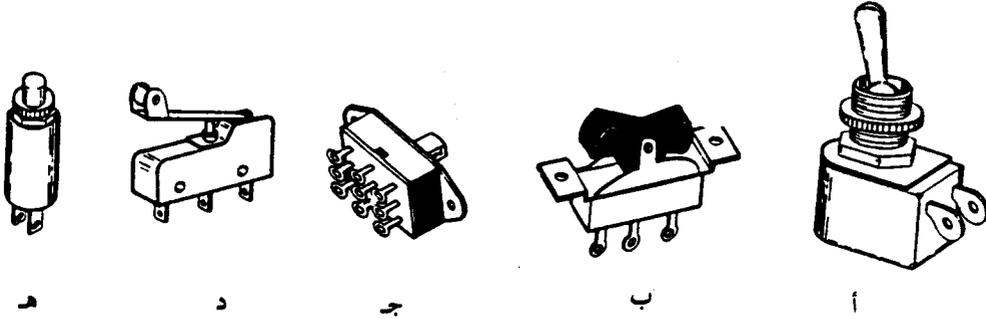
٤ - مفتاح قطبين سكتين (DPDT)، وهذا المفتاح مزود بريشتى قلاب كالموجودة في المفتاح SPDT، وفيما يلي رمز هذا المفتاح :



علماً بأن الأنواع الأربعة السابقة - تتواجد في عدة صور تبعاً لطريقة تشغيلها مثل :

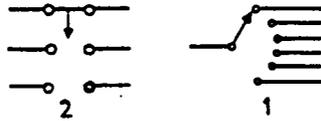
Toggle switch	١ - مفتاح بذراع يدوى
Rocker Switch	ب - مفتاح قلاب
Slide Switch	ج - مفتاح منزلق
Limit Switch	د - مفتاح نهاية مشوار
Pushbutton Switch	هـ - مفتاح انضغاطى

ويتم تشغيل هذه الأنواع باليد عدا أن مفتاح نهاية المشوار يتم تشغيله عند دفعه بجسم متحرك أو كاماة متحركة . والشكل ( ٢ - ٧ ) يبين صوراً توضيحية لهذه الأنواع بالترتيب من اليمين لليساار .



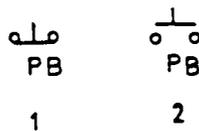
الشكل (٢ - ٧)

٥- مفاتيح الاختيار ذات المواضع المتعددة ، وهذه المفاتيح تحتوى على قطب واحد أو أكثر ويكون لها عدة أوضاع تشغيل ، وهناك نوعان من هذه المفاتيح تبعاً لطريقة تشغيلها مثل: المفاتيح الدوارة Rotary Switches وهذه المفاتيح لها يد تشغيل دوارة ، والمفاتيح المنزلقة Slide Switches والمفاتيح الدوارة العاملة بالمفك Dip Rotary Switches . وفيما يلي رمز لفتح اختيار دوار بثلاثة مواضع ، ورمز لفتح اختيار منزلق بثلاثة مواضع .



٣ / ٣ / ٢ - الضواغط Push buttons :

هناك فرق جوهري بين الضواغط ، والمفتاح الانضغاطي ، فالأول تتغير حالة ريشه أى المغلقة تصبح مفتوحة والمفتوحة تصبح مغلقة أثناء الضغط على زرهما فقط ، أما المفتاح الانضغاطي فتتغير حالة ريشه أى : تصبح الريشة المغلقة مفتوحة والريشة المفتوحة مغلقة عند الضغط عليه ، ويظل كذلك إلى أن يتم الضغط عليه مرة أخرى ، فتعود الريش لحالتها الطبيعية . وفيما يلي رموز أنواع مختلفة من الضواغط ، فالرمز 1 لضاغط بريشة مغلقة NC والرمز 2 لضاغط بريشة مفتوحة NO .



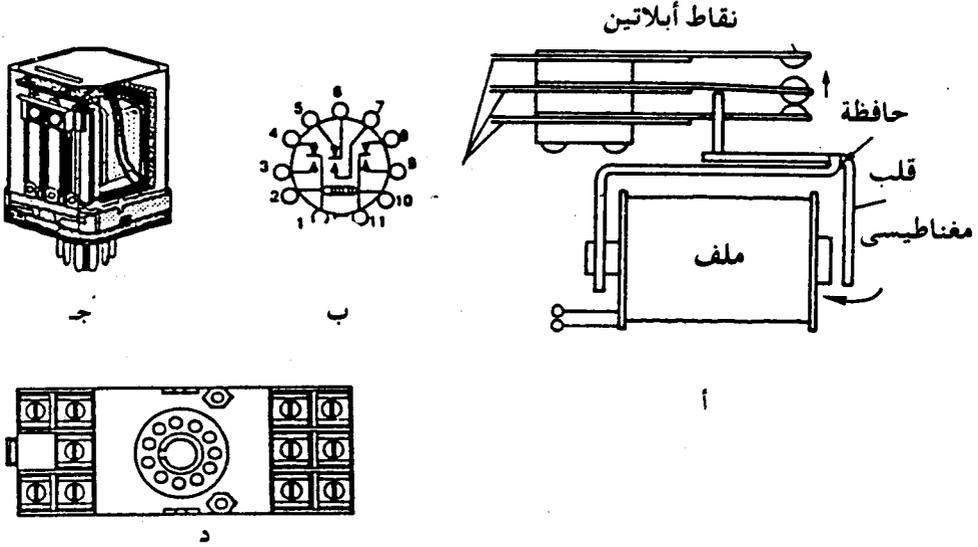
## ٤/٣/٢ - ريلاهات التحكم Control Relays :

الريلاي هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصول وفصل الدوائر الالكترونية ، والشكل (٢ - ١٨) يعرض التركيب الداخلى لاحد الرليهات الكهرومغناطيسية ، فعند وصول التيار الكهربى للملف يتكون مجال مغناطيسى قادر على جذب القلب المغناطيسى فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريش التلامس للريلاي ، فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة والعكس بالعكس ، ولكن بمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الريلاي تعود ريش الريلاي لوضعها الطبيعى ، وهناك نوعان من الرليهات :

**الأول :** يثبت على اللوحة المطبوعة PB ، والتي تثبت عليها العناصر الالكترونية .

**والثاني :** يثبت على قاعدة تثبيت .

والشكل (٢ - ٨ب) يعرض نموذجاً لاحد رليهات التحكم ، وبالشكل (٢ - ٨ج) مسقط أفقى للريلاي ، يبين نقاط توصيله ، وبالشكل (٢ - ٨د) مسقط أفقى لقاعدة الريلاي .

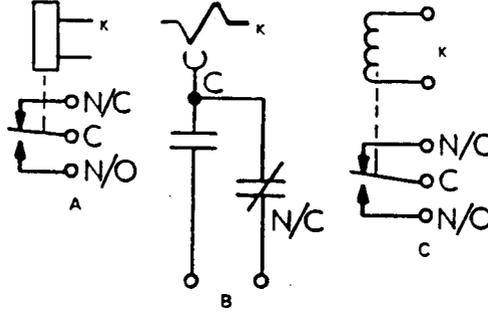


الشكل (٢ - ٨)

ويلاحظ من مخطط أطراف التوصيل للريلاي الشكل (٢ - ٢٠ب) أن هذا الريلاي يحتوى على ثلاث ريش قلاب CO .

- 1-3-4 أطراف الريشة القلاب الأولى  
 6-7-5 أطراف الريشة القلاب الثانية  
 11-9-8 أطراف الريشة القلاب الثالثة  
 2-10 أطراف الملف هي

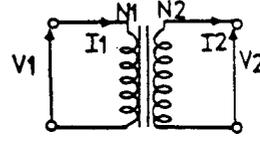
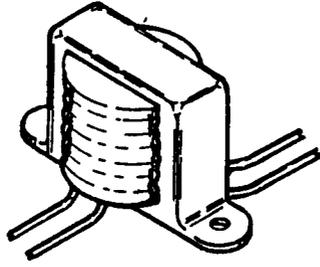
وفيما يلي الرموز المختلفة للريليات :



## ٥ / ٣ / ٢ - المحولات Transformers :

المحولات هي أجهزة تقوم بخفض أو رفع الجهد المتردد ، وتستخدم المحولات في بناء مصادر التيار المستمر بخفض الجهد المتردد من 220 v أو 120 v إلى 5 v أو 12 v أو 24 v ، وتستخدم المحولات أيضاً في دوائر إشعال الثايرستور والترياك ، وللمحولات استخدامات أخرى متعددة في الدوائر الإلكترونية .

ويتكون المحول في العادة من ملفين أحدهما يسمى بالملف الابتدائي ، والثاني يسمى بالملف الثانوي، والشكل (٢-٩) يعرض نموذجاً لأحد المحولات والدائرة المكافئة لمحول له ملف ابتدائي عدد لفاته  $N_1$  ، ومسلط عليه جهد متردد  $V_1$  ، ويمر به تيار  $I_1$  ، وله ملف ثانوي عدد لفاته  $N_2$  ، ويمر به تيار  $I_2$  ويوجد جهد على أطرافه  $V_2$  .



الشكل ( ٢ - ٩ )

والمعادلة 2.1 تسمى بمعادلة المحول :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \rightarrow 2.1$$

وعادة يختار المحول تبعاً للجهود المطلوبة في الابتدائي والثانوي ، وكذلك تبعاً لسعة المحول

(VA) والتي نحصل عليها من المعادلة 2.2 :

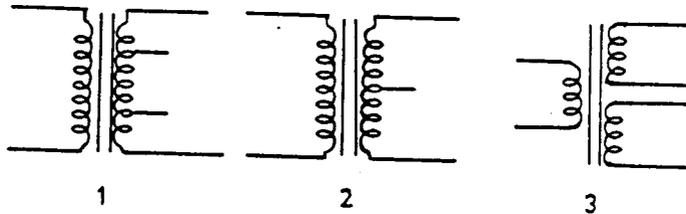
$$VA = V_2 I_2 = V_1 I_1 \quad (VA) \rightarrow 2.2$$

وبعض المحولات تحتوي على أكثر من ملف ثانوي للحصول على أكثر من جهد من الجانب

الثانوي، والآخر يحتوى على ملف ثانوي بنقطة منتصف أو أكثر .

وفيما يلي رموز بعض أنواع من المحولات ، فالرمز 1 لمحول بعدة نقاط تفرع ، والرمز 2 لمحول

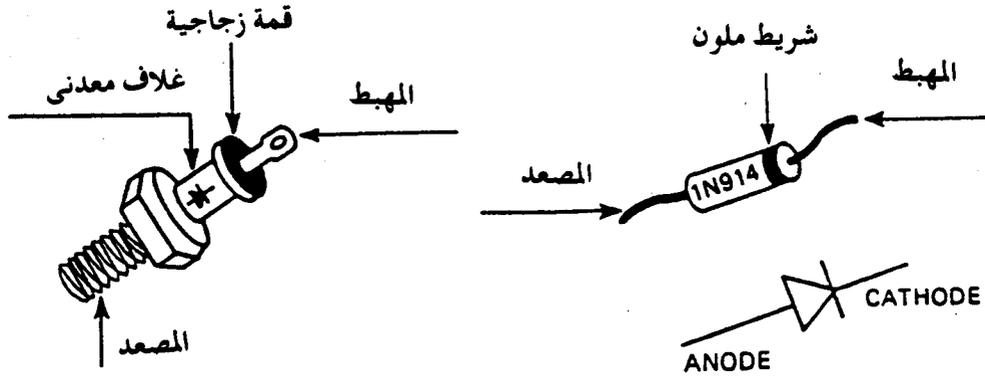
بملف ثانوي بنقطة منتصف (نقطة تفرع) ، والرمز 3 لمحول بملفين ثانويين .



أما محولات النبضات فتستخدم لعزل دائرة إشعال الثايرستور أو الترياك عن دائرة القدرة ،  
وعادة فإن محولات النبضات تكون لها نسبة تحويل  $N_1 : N_2$  ومساوية 1 : 1 هذا يعنى أن  
عدد لفات الملف الابتدائى يساوى عدد لفات الملف الثانوى ، ولكن هذا لا يعنى أن عدد لفات  
كل منهما لفة واحدة .

#### ٤/٢ - الثنائيات (الموحدات) Diodes :

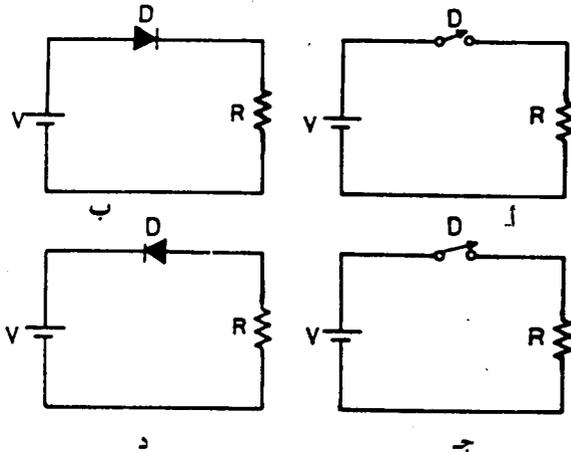
يتكون الثنائى عادة من وصلة ثنائية P - N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل السليكون  
(Si) أو الجرمانيوم (Ge) ، ويتواجد الثنائى عادة فى الأسواق على شكل اسطوانة مرسوم عليها  
شريط ملون على أحد جانبيه للدلالة على مكان المادة السالبة (N) والتي تمثل المهبط  
Cathode ، أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة (P) والتي تمثل المصعد Anode . والشكل  
( ٢ - ١٠ ) يعرض نموذجاً لثنائى صغير طراز 1N 914 ورمزه ، وكذلك صورة لثنائى كبير .



الشكل ( ٢ - ١٠ )

ويعتبر الثنائى فى الوضع الطبيعى كمفتاح مفتوح، وبمجرد تعريضه لانحياز أمامى  
Forward bias أى ارتفاع جهد المصعد A عن المهبط K بمقدار 0.7v تقريباً وذلك لثنائى  
السليكون يصبح كمفتاح مغلق ويكون اتجاه مرور التيار الكهربى من المصعد للمهبط، ويقال  
إن الثنائى فى حالة وصل ON أما عند تعريض الثنائى لانحياز عكسى Reverse bias أى  
تعريض المهبط Cathode لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد Anode يمر تيار صغير جداً  
يسمى بتيار التسرب Leakage Current ، ويعمل الثنائى كمفتاح مفتوح، ويقال إن الثنائى

في حالة قطع OFF .



الشكل (١١-٢)

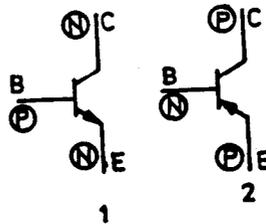
والشكل (٢ - ١١) يبين طريقة عمل الثنائي . ففي الشكل (ب) دائرة تحتوي على ثنائي وبطارية ومقاومة ، ويكون الثنائي في حالة انحياز أمامي ، والشكل (أ) يبين الدائرة المكافئة للشكل (ب) . وفي الشكل (د) دائرة تحتوي على ثنائي وبطارية ومقاومة، حيث يكون الثنائي منحازاً عكسياً،

والشكل (ج) يبين الدائرة المكافئة للشكل (د) . علماً بأن المقاومة تمثل الحمل .

والجدير بالذكر أن ثنائي السليكون يوصل عند جهد أمامي  $0.7V$  ، بينما يوصل ثنائي الجرمانيوم عند جهد أمامي  $0.3V$  ، لذلك يقال إن فقد الجهد في ثنائي السليكون عندما يكون منحازاً أمامياً مساوياً تقريباً  $0.7V$  ، في حين أن فقد الجهد في ثنائي الجرمانيوم عندما يكون منحازاً أمامياً يساوي تقريباً  $0.3V$  .

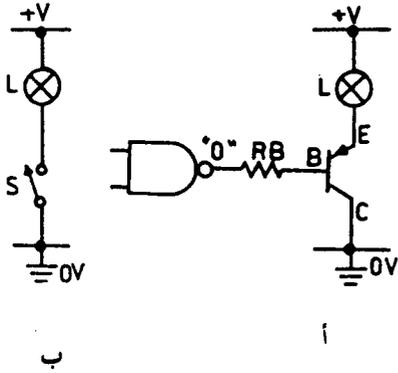
## ٢ / ٥ - الترانزستور ثنائي القطبية Bipolar transistor :

يتكون الترانزستور ثنائي القطبية من وصلة ثلاثية ، إما أن تكون NPN أو PNP وله ثلاثة أطراف ، الطرف الأول يسمى المجمع (C) ، والطرف الثاني يسمى القاعدة (B) ، والطرف الثالث يسمى الباعث (E) ، وفيما يلي رموز الترانزستورات ثنائية القطبية . فالرمز 1 لترانزستور NPN ، والرمز 2 لترانزستور PNP ، ويبين اتجاه السهم الموضوع عند الباعث نوع الترانزستور ، فالسهم الداخل للقاعدة يعني ترانزستور PNP والسهم الخارج من القاعدة يعني ترانزستور NPN .



ويستخدم الترانزستور عادة كمفتاح لوصل وقطع التيار الكهربى فى الدوائر الرقمية ، كما يستخدم فى رفع مستوى تيار البوابات المنطقية . فالشكل (٢- ١٢) يبين طريقة توصيل ترانزستور NPN ، كمفتاح فى دوائر التيار المستمر (أ) والدائرة الكهربائية المكافئة باستخدام المفتاح اليدوى S (ب) . فعندما يكون خرج البوابة المنطقية عالياً فإن جهد القاعدة B يصبح

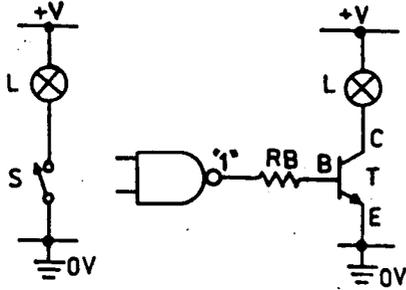
أعلى من جهد الباعث E فيمر تيار القاعدة  $I_B$  ، ويتحول الترانزستور من حالة القطع Cut off إلى حالة الوصل ON ، ويمر تيار المجمع  $I_C$  فتضىء اللمبة  $I_1$  ، وعندما يصبح خرج البوابة منخفضاً يتحول الترانزستور لحالة القطع ، أى يصبح تيار المجمع  $I_C$  مساوياً للصفر.



الشكل (٢ - ١٢)

والشكل (٢ - ١٣) يوضح طريقة

استخدام ترانزستور PNP كمفتاح فى دوائر التيار المستمر (أ) ، والدائرة المكافئة الكهربائية باستخدام المفتاح اليدوى S (ب) ، فعندما يكون خرج البوابة المنطقية منخفضاً ، فإن الترانزستور T سيتحول لحالة الوصل ، وذلك لأن جهد القاعدة B أصبح منخفضاً عن جهد الباعث E ، ويمر تيار سالب فى القاعدة ويتحول



الشكل (٢ - ١٣)

الترانزستور لحالة الوصل ويمر تيار الباعث فيضىء المصباح  $I_1$  ، وعندما يصبح خرج البوابة

عالياً يتحول الترانزستور T لحالة القطع أى يصبح تيار الباعث  $I_E$  مساوياً الصفر .  
وحتى يعمل الترانزستور كمفتاح مغلق يجب أن تتحقق العلاقة التالية :

$$I_B \geq 2.5 \frac{I_C}{h_{FE}} \rightarrow 2.3$$

حيث إن :

$I_B$  تيار القاعدة .

$I_C$  تيار المجمع .

$H_{FE}$  معامل كسب التيار . وتعرف من ورقة البيانات للترانزستورات Data sheet

ويمكن تعيين قيمة المقاومة  $R_B$  من المعادلة التالية :

$$R_B = \frac{V_i - 0.7}{I_B} \rightarrow 2.4$$

حيث إن :

$R_B$  المقاومة التى توصل بقاعدة الترانزستور .

$V_i$  الجهد الداخلى على قاعدة الترانزستور من البوابة المنطقية .

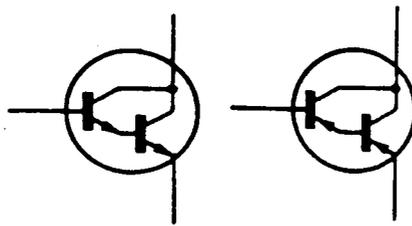
وتعرف النسبة بين تيار المجمع  $I_C$  ، وتيار القاعدة  $I_B$  بمعامل كسب التيار Current gain

وتعرف من ورقة البيانات للترانزستور بالمعامل  $\beta$  أو المعامل  $H_{FE}$  ويساوى :

$$H_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \rightarrow 2.5$$

ويتراوح هذا المعامل ما بين 100 : 300 ، ويمكن زيادة معامل كسب التيار للترانزستور

بقيم تصل إلى 1000 : 2000 بربط عدد 2 ترانزستور معاً كما بالشكل ( ٢ - ١٤ ) . والجدير



NPN

PNP

الشكل ( ٢ - ١٤ )

بالذكر أنه يوجد ترانزستورات

" دارلنجتون " وهى تحتوى - داخلياً - على

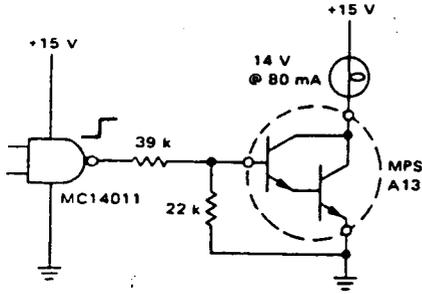
ترانزستورين موصلين معاً كما هو مبين

بالشكل ( ٢ - ١٤ ) ويكون معامل كسب

التيار لهذه الترانزستورات مساوياً حاصل

ضرب معامل كسب التيار للترانزستورين

المكافئين .

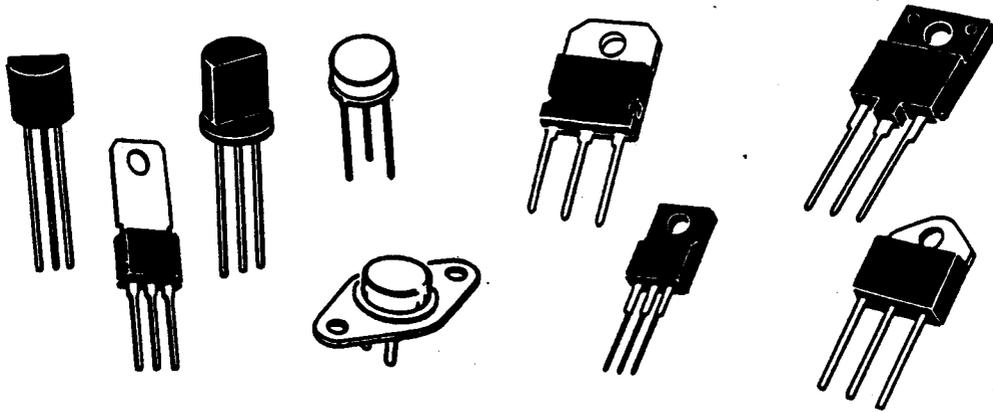


الشكل (٢ - ١٥)

والشكل (٢ - ١٥) يبين طريقة استخدام ترانزستور « دار لنجتون » نوع NPN طراز MPS-A13 كمفتاح فعندما تصل إشارة رقمية عالية من دائرة CMOS طراز MC 14011 يتحول ترانزستور « دار لنجتون » لحالة الوصل فتضيء اللمبة، وعندما تصل إشارة رقمية

منخفضة من دائرة CMOS طراز MC14011 يتحول ترانزستور « دار لنجتون » لحالة القطع، وتنطفئ اللمبة .

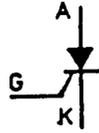
والجدير بالذكر أن جهد تشغيل اللمبة هو 15 VDC وتيار تشغيلها هو 80 mA . وباستبدال ترانزستور « دار لنجتون » نوع NPN بآخر PNP طراز MPS-A65 فإن اللمبة سوف تضيء عند الحالة المنخفضة بدلاً من الحالة العالية لخرج البوابة MC 14011 . والشكل (٢ - ١٦) يعرض نماذج مختلفة للترانزستورات المتوفرة بالأسواق .



الشكل (٢ - ١٦)

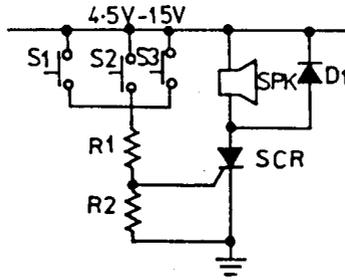
## ٦/٢ - الثايرستور SCR :

يستخدم الثايرستور كمفتاح فى دوائر التيار المستمر وكموحد فى دوائر التيار المتردد، وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية ، وللثايرستور ثلاثة أطراف وهى المهبط K ، والمصعد A ، والبوابة G . وعند وجود فرق جهد موجب بين البوابة والمهبط يتحول الثايرستور لحالة الوصل ويصبح مكافئاً لمفتاح مغلق ، ويظل على هذا الحال حتى بعد انعدام فرق الجهد بين البوابة والمهبط إلى أن ينخفض التيار المار فيه عن الحد الأدنى اللازم لإبقاء الثايرستور فى حالة الوصل والذى يسمى بتيار الإمساك .



وفيما يلى رمز الثايرستور

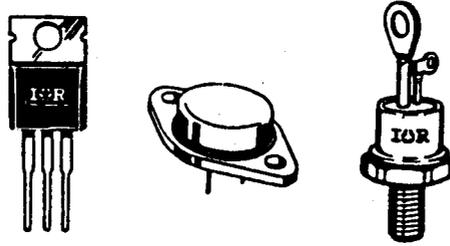
والشكل ( ٢ - ١٧ ) يبين فكرة عمل الثايرستور لتشغيل سماعة SPK



الشكل ( ٢ - ١٧ )

فعند الضغط على أحد الضواغط  $S_1, S_2, S_3$  فإن الجهد  $+15V$  سوف يقسم بالتساوى على المقاومتين  $R_1, R_2$  لأنهما متساويتان ، وبالتالي يصبح فرق الجهد بين البوابة والمهبط  $7.5V$  فيتحول الثايرستور لحالة الوصل ON ويمر تيار كهربى عبر السماعة ماراً بالمصعد A والمهبط k .

وعند إزالة الضغط عن الضاغط فإن الثايرستور سيظل في حال ON وتظل السماعة في حالة ON إلى أن يتم الضغط على الضاغط  $S_4$  ، فينخفض التيار المار في الثايرستور عن الحد الأدنى اللازم لإبقائه في حالة توصيل ( تيار الإمساك ) ويتحول الثايرستور لحالة القطع Turn off .  
 والمجدير بالذكر أن الثنائي  $D_1$  يعمل على خمد القوة الدافعة الكهربائية المتولدة عن انقطاع التيار عن ملف بوق الإنذار ، وبالتالي يمنع تلف الثايرستور .  
 والشكل ( ٢ - ١٨ ) يعرض نماذج مختلفة للثايرستورات المتوفرة بالأسواق .



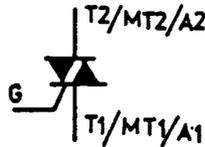
الشكل ( ٢ - ١٨ )

#### ٧ / ٢ - الترياك Triac :

يستخدم الترياك كمفتاح في دوائر التيار المتردد وذلك في الاستخدامات التي تحتاج لتيارات عالية .

وللترياك ثلاثة أطراف وهي القاعدة  $T_1$  ، والقاعدة  $T_2$  ، والبوابة G ، وفي الوضع الطبيعي يكون الترياك في حالة قطع cut off ويعمل كمفتاح مفتوح ، وبمجرد تسليط فرق جهد بين البوابة G والقاعدة  $T_2$  يتحول الترياك لحالة الوصل ON ويمر التيار الكهربى في الترياك طالما يوجد فرق جهد مستمر بين البوابة والقاعدة  $T_2$  .

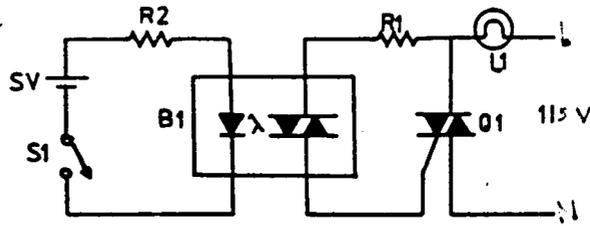
وفيما يلي رمز الترياك :



والشكل (٢ - ١٩) يوضح فكرة عمل الترياك فى دوائر التيار المتردد لتشغيل اللمبة  $L_1$ .

عناصر الدائرة :

$R_1$	مقاومة كربونية $47\Omega$
$R_2$	مقاومة كربونية $360\Omega$
$Q_1$	ترياك طراز 2N 6342A
$B_1$	وحدة ارتباط ضوئية MOC 3011
$S_1$	مفتاح قطب واحد ، سكة واحد



الشكل (٢ - ١٩)

نظرية التشغيل :

فعند غلق المفتاح  $S_1$  فإن وحدة الارتباط الضوئى  $B_1$  سوف تعمل نتيجة مرور تيار كهربى فى الثنائى المشع لها ، وبالتالي يتحول ترياك وحدة الارتباط الضوئى لحالة الوصل ، ويصبح كما لو كان مفتاحاً مغلقاً ، وينشأ عن ذلك تولد فرق جهد بين البوابة G والقاعدة  $T_2$  للترياك الرئيسى  $Q_1$  ، فيتحول الترياك الرئيسى لحالة الوصل وتضىء اللمبة  $L_1$  ، وتظل اللمبة  $L_1$  مضيئة طالما أن المفتاح  $S_1$  مغلق ، ولكن بمجرد فتح المفتاح  $S_1$  يتحول ترياك وحدة الارتباط الضوئى لحالة القطع مما يؤدي إلى اختفاء فرق الجهد بين البوابة G والقاعدة  $T_2$  للترياك الرئيسى ، فيتحول هو الآخر لحالة القطع وينطفئ المصباح  $L_1$ .

والجددير بالذكر أن الترياك يعمل عند وصول نبضة إشعال للبوابة G ويوجد أربعة أوجه

مختلفة لنبضة الإشعال وهى كما يلى :

- ١ - نبضة إشعال لها جهد موجب و تيار موجب ، حيث تكون قطبية كل من  $T_2$  و  $G$  موجبة و يطلق على هذه الحالة بحالة الإشعال  $I+$  .
  - ٢ - نبضة إشعال لها جهد سالب ، و تيار سالب حيث تكون قطبية  $T_2$  موجبة و قطبية  $G$  سالبة و يطلق على هذه الحالة بحالة الإشعال  $I-$  .
  - ٣ - نبضة إشعال لها جهد سالب ، و تيار سالب ، حيث تكون قطبية  $T_2$  سالبة و قطبية  $G$  موجبة ، و يطلق على هذه الحالة بحالة الإشعال  $III+$  .
  - ٤ - نبضة إشعال لها جهد سالب و تيار سالب ، حيث تكون قطبية  $T_2$  سالبة و قطبية  $G$  سالبة و يطلق على هذه الحالة بحالة الإشعال  $III-$  .
- علماً بأن حساسية الترياك تكون أفضل ما يمكن في حالة الإشعال  $I+$  ،  $III-$  ، و تكون أقل قليلاً في حالة الإشعال  $I-$  و تكون أقل ما يمكن في حالة الإشعال  $III+$  .

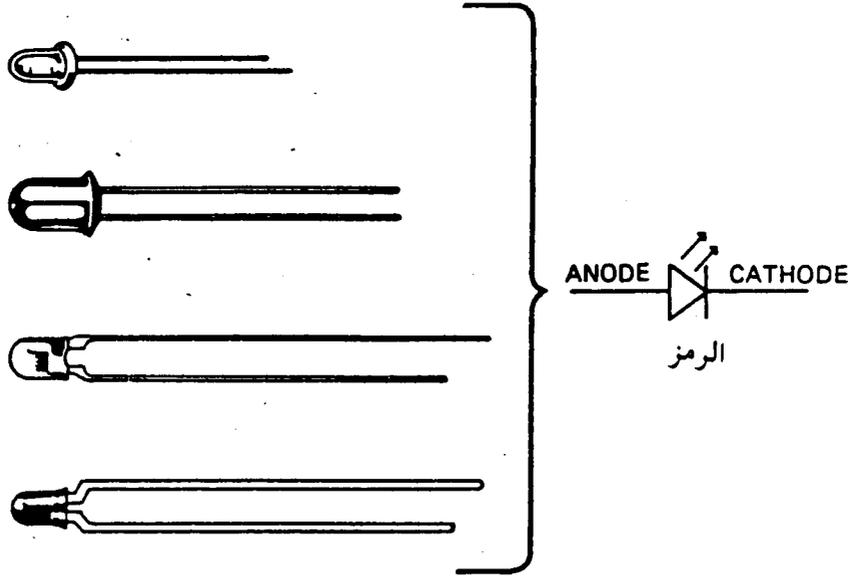
## ٢ / ٨ - الالكترونيات الضوئية :

إن جميع أشباه الموصلات تتفاعل مع الضوء لحد ما ، مما دفع المصممين لتصميم بعض العناصر الالكترونية ، لتعمل كحساسات ضوئية أو باعثات للضوء ، وسوف نتناول العناصر الالكترونية الضوئية في الفقرات التالية :

### ٢ / ٨ / ١ - الثنائي الباعث للضوء LED :

يشبه الثنائي الباعث للضوء LED لحد كبير اللمبات الصغيرة ، ويتواجد باللون مختلفة ، وهو يستخدم كلمبة إشارة ، والشكل ( ٢ - ٢٠ ) يعرض أشكالاً مختلفة للثنائيات الباعثة للضوء ورمزها .

وعادة لا ينبعث ضوء من LED إلا عندما يكون منحازاً أمامياً بجهد أكبر من 2V ، أما عندما يكون LED منحازاً عكسياً فإنه لا يمرر تيار وبالتالي لا يضيئ .



الشكل (٢ - ٢٠)

ويوجد ألوان مختلفة من الثنائيات الباعثة للضوء مثل : الأحمر والأصفر والبرتقالي والأخضر والأزرق ، وتعتمد شدة إضاءة LED على شدة التيار المار فيه والتي تتراوح ما بين ( 5 : 25 mA ) .

وهناك نوعان من الثنائيات الباعثة للضوء تبعاً لنوع الضوء المنبعث وهما :  
ثنائيات باعثة للضوء المرئي VLED .

ثنائيات باعثة للضوء الغير مرئي مثل : الأشعة تحت الحمراء IRLED .

وعادة توصل مقاومة على التوالي مع LED لتحديد شدة التيار المار . والجدول ( ٢ - ٤ ) يبين قيم المقاومة التي توصل بالتوالي مع LED عند الجهود المختلفة علماً بأنه يوجد ثلاثة أنواع من الثنائيات الباعثة للضوء :

الأول منخفض القدرة تيارها ( 5 mA ) .

والثاني قياسي ، وتياره ( 10 mA ) .

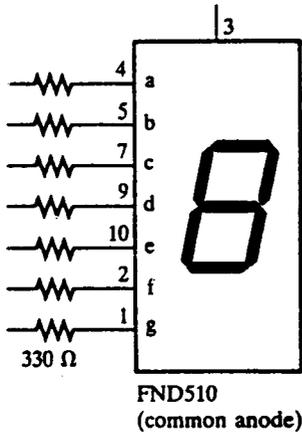
والثالث عالي القدرة ، وتياره ( 20 mA ) .

الجدول (٢ - ٤)

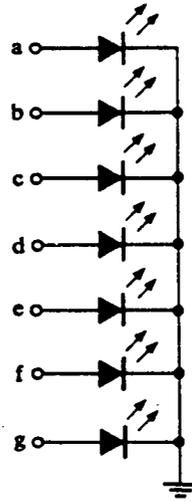
جهد الإمداد (V)	ثنائي منخفض	ثنائي قياسي	ثنائي عالي القدرة
3 V	220 Ω	180 Ω	56 Ω
5 V	680 Ω	270 Ω	150 Ω
6 V	820 Ω	390 Ω	220 Ω
9 v	1.5 kΩ	680 Ω	390 Ω
12 V	2.2 kΩ	1.0 kΩ	560 Ω
15 V	2.7 kΩ	1.2 kΩ	680 Ω
18 V	3.3 kΩ	1.5 kΩ	820 Ω
24 V	4.7 kΩ	2.2 kΩ	1.2 kΩ

وتستخدم الثنائيات الباعثة للضوء على نطاق واسع في صناعة وحدات العرض الرقمية ذات السبع شرائح Seven segment displays والتي تستخدم في أجهزة القياس والحاسبات الالكترونية والساعات الرقمية ... إلخ .

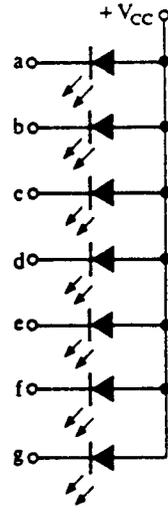
وتتكون وحدة العرض الرقمية من 7 ثنائيات باعثة للضوء مبططة وهي تتواجد في صورتين: إما بمصعد مشترك Common Anode ، أو مهبط مشترك Common Cathode . والشكل (٢ - ٢١) يعرض شكل دائرة وحدة عرض رقمية بمصعد مشترك (أ) ، ودائرة وحدة عرض رقمية ذات مهبط مشترك (ب) ، وشكلاً تخطيطياً لوحدة عرض رقمية بمصعد مشترك طراز FND 510 ، بحيث توصل مهبط الثنائيات السبعة بمقاومات 330 Ω لتحديد التيار . عندما يكون جهد الإمداد 5V + .



ج



ب



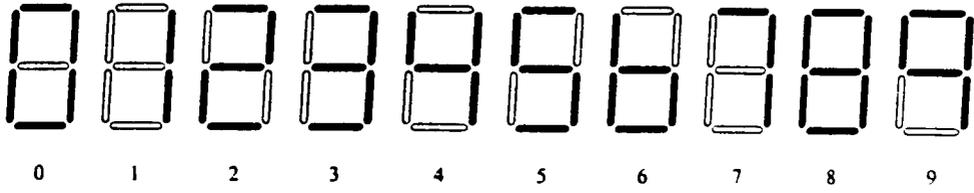
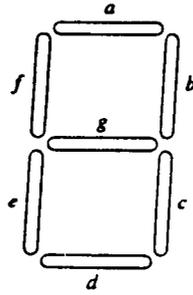
ا

الشكل (٢ - ٢١)

والجدول (٢ - ٥) يبين طريقة استخدام وحدات العرض ذات الشرائح السبعة ذات المصعد المشترك والمهبط المشترك .

جهد أطراف الثنائيات المضيئة		الثنائيات المضيئة	الرقم الظاهر
مهبط مشترك	مصعد مشترك		
أرضي	+ Vcc	a, b, c, d, e, f	0
أرضي	+ Vcc	b, c	1
أرضي	+ Vcc	a, b, g, c, d	2
أرضي	+ Vcc	a, b, c, d, g	3
أرضي	+ Vcc	b, c, f, g	4
أرضي	+ Vcc	a, c, d, f, g	5
أرضي	+ Vcc	c, d, e, f, g	6
أرضي	+ Vcc	a, b, c	7
أرضي	+ Vcc	a, b, c, d, e, f, g	8
أرضي	+ Vcc	a, b, c, f, g	9

والشكل ( ٢ - ٢٢ ) يبين كيفية الحصول على الأعداد 0 - 9 على وحدة عرض رقمية .



الشكل ( ٢ - ٢٢ )