الباب الثانى

العناصر الالكترونية المستخدمة
فى الدوائر الرقمية

obeikandl.com

obeikandl.com

العناصر الالكترونية المستخدمة فى الدوائر الرقمية

٢/ ١ – المقاومات Resistors :

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

وتنقسم المقاومات بصفة عامة إلى :

١ – مقاومات خطية Linear Resistors .

٢ – مقاومات غير خطية Non Linear Resistors .

٢/١/ ١ – المقاومات الخطية :

وهى المقاومات التى تخضع لقانون أوم مثل :

أ – مقاومات بنقط تفرعTapped 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 .

جـ – مجزىء الجهد Potentiometer ويكون له ثلاثة أطراف 1, 2, 3 بحيث إن المقاومة بين الطرفين 1, 3 تمثل المقاومة الكلية للمجزىء وهى ثابتة ولا تتغير بتغير وضع ذراع ضبط المجزىء، وتساوى مجموع المقاومة بين الطرفين 1, 2 والمقاومة بين الطرفين 3 و 2 ، وهما مقاومتان متغيرتان تتغيران تبعا لتغير وضع ذراع ضبط المجزىء.

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 :

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

والحروف التالية لبيان التفاوت :

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

obeikandi.com

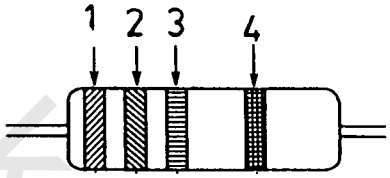
فمثلا :

المقاومة 100 Rk تعنى مقاومة 10% ± 100 Ω

والمقاومة 10 k2 G تعنى مقاومة 2% ± 10.2 kΩ

والمقاومة 1M 3k تعنى مقاومة 10% ± 1.3 MΩ

٢ – طريقة التشفير بالألوان : وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الصغيرة ، والتى 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 .

obeikandl.com

الجدول (٢ - ١)

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

فمثلا : إذا كانت ألوان الحلقات الأربع لمقاومة كربونية .

الحلقة الأولى : بنى ويكافىء 1

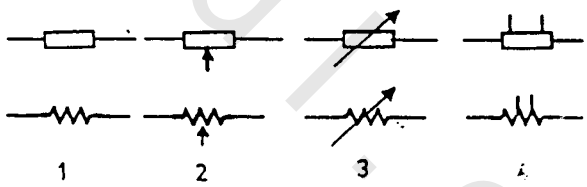
الحلقة الثانية : أسود ويكافىء 0

الحلقة الثالثة : أزرق ويكافىء 10^6

الحلقة الرابعة : ذهبى ويكافىء ± 5%

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

وفيما يلى الرموز الكهربية للمقاومات الخطية حيث إن الرمز 1 لمقاومة بنقطتين تفرع، والرمز 2 لريوستات ، والرمز 3 لمجزىء جهد ، والرمز 4 لمقاومة ثابتة .



٢/١/٢ - المقاومات غير الخطية :

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

أ - المقاومة الحرارية Thermistor ، وهناك نوعان من المقاومات الحرارية وهما : المقاومة الحرارية PTC ، وهى مقاومة تزداد قيمتها بزيادة درجة حرارتها والمقاومة الحرارية

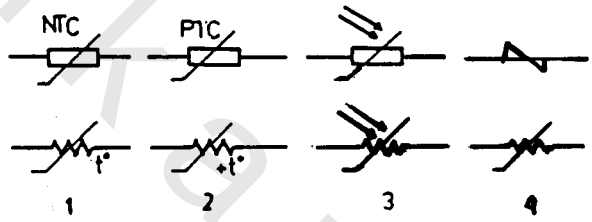
obeikandl.com

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 .

جـ – مقاومة معتمدة على الجهد VDR ، وتقل قيمتها بزيادة الجهد المسلط عليها.

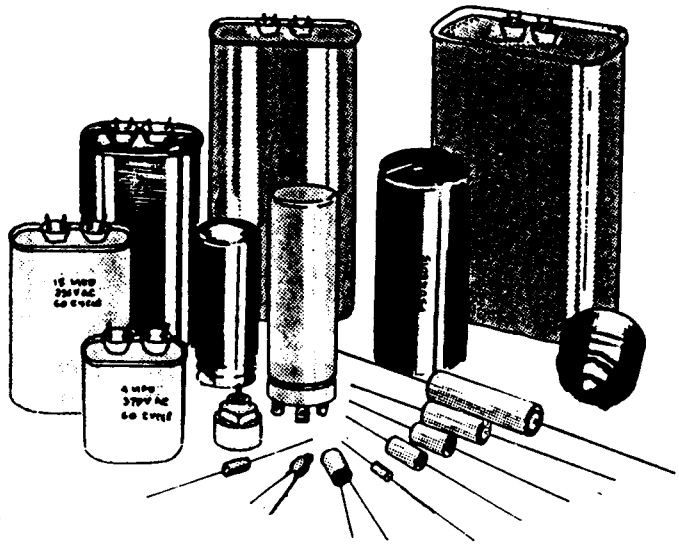
وفيما يلى رموز هذه المقاومات ، فالرمز 1 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى سالب NTC. والرمز 2 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى موجب PTC . والرمز 3 لمقاومة ضوئية LDR . والرمز 4 لمقاومة معتمدة على الجهد VDR .



٢/٢ – المكثفات Capacitors :

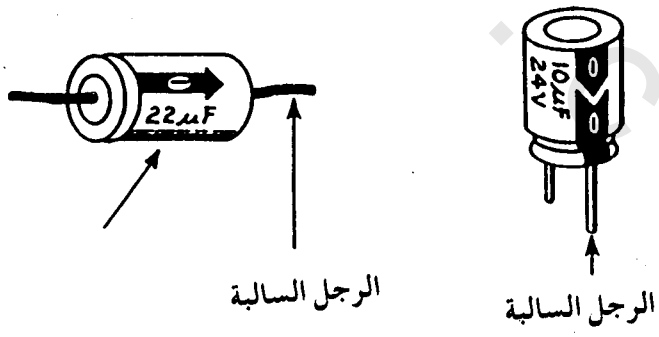
يقوم المكثف بتخزين الشحنة الكهربية أثناء تعرضه لفرق جهد بين طرفيه ، وتتوقف عملية الشحن عندما يتساوى الجهد المتشكل على أطراف المكثف مع جهد المصدر ، ويقوم المكثف بتفريغ شحنته عند انخفاض جهد المصدر عن فرق الجهد بين طرفى المكثف أو انعدامه، ويسمى المكثف عادة تبعاً لنوع العازل المستخدم فيه مثل الورقة والميكا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

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



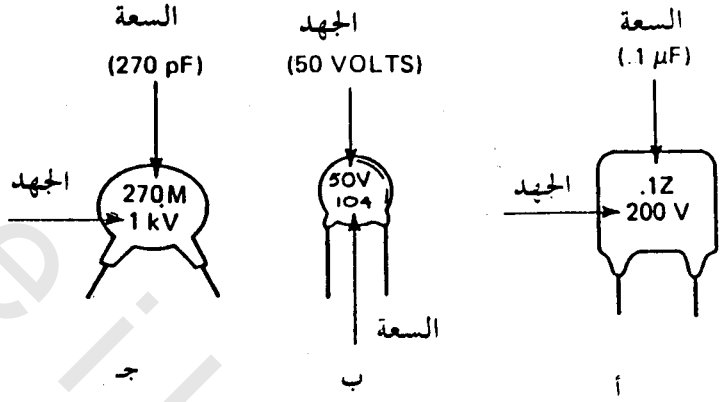
الشكل (٢ – ٢)

١ – **طريقة العرض المباشر** : حيث تكتب المعلومات الفنية مباشرة على الغلاف المعدنى للمكثف الكيميائى ، فتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد µf وجهد التشغيل بالڤولت (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 (٢ – ٣)

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



الشكل (٢ – ٤)

فالسعات تكتب بأكواد حرفية، فالحرف Z يعنى ميكروفاراد μf ، والحرف M يعنى بيكوفاراد Pf

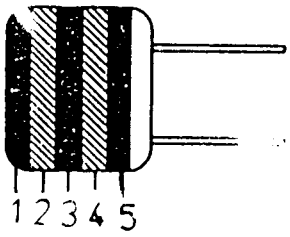
.فبالشكل (أ) مكثف سعته Z 1. أى 0.1 μf ، وبالشكل (جـ) مكثف سعته 270 M أى سعته 270 pf .

٣ – **طريقة التشفير العددية** : وتستخدم فيها ثلاثة أعداد ، حيث يمثل العدد الثالث أعداد الأصفار بعد العددين الأول والثانى ، ففى الشكل (٢ – ٤ب) 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 .

obeikandl.com

والجدول (٢ – ٢) يبين مدلول الألوان المختلفة للشرائط المختلفة .



الشكل (٢ – ٥)

الجدول (٢ – ٢)

اللون	أسود	بني	أحمر	برتقالي	اصفر	أخضر	أزرق	بنفسجي	رمادي	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)	±20%									±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 .

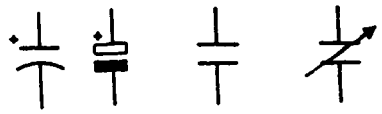
الشريط الرابع أسود ويكافىء ±20% .

الشريط الخامس أحمر ويكافىء 250 VDC .

أى أن سعة المكثف تصبح مساوية $10 \text{ X } 10^3 = 10^4$ pF مع تفاوت مقداره ± 20 % وجهد تشغيل مستمر يساوى 250 VDC .

وفيما يلى رموز المكثفات : فالرمز 1 لمكثف كيميائى . والرمز 2 لمكثف عادى والرمز 3 لمكثف متغير السعة .

obeikandl.com



1 2 3

٢/ ٣ – عناصر متنوعة :

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

٢/٣/ ١ – المصهرات Fuses :

عادة يتم حماية الدوائر الالكترونية من الزيادة المفرطة للتيار الكهربى عند حدوث قصر بالدائرة أى : تلامس الطرف الموجب + مع الطرف الســـالب – 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 المقنن للمصهر بقيمة كبيرة ، وهناك أنواع متعددة من المصهرات حسب سرعة فصلها ، وفيما يلى الأنواع المختلفة للمصهرات تبعا لسرعة الفصل :

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

obeikandi.com

الجدول (٢ – ٣)

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

حيث إن :

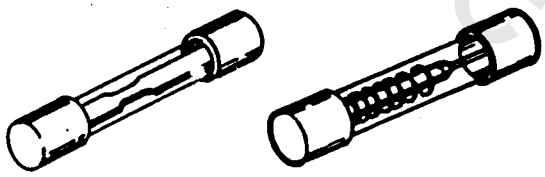
التيار المقنن للمصهر	In
دقيقة	min
ثانيـــة	S
ملى ثانيـــة	mS

٢ – مصهرات سريعة الفصل quick acting (F)

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

وهى تتحمل تياراً يساوى 10 مرات من التيار المقنن لها بدون أن تنهار ، وذلك خلال فترة زمنية تساوى 20 mS ، وتستخدم لحماية المحولات .

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

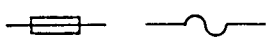


ب أ

الشكل (٢ – ٦)

obeikandl.com

وفيما يلى الرموز المختلفة للمصهرات :

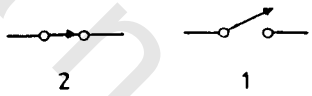


٢/٣/٢ – المفاتيح اليدوية Switches :

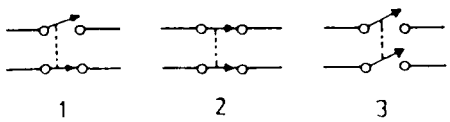
تعد المفاتيح اليدوية هى وسيلة الوصل والفصل اليدوية فى الدوائر الالكترونية ، وتوجد أنواع مختلفة للمفاتيح تبعاً لوظيفتها مثل :

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

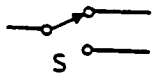


٢– مفتاح قطبين سكة واحدة (DPST) وهذا المفتاح يحتوى على ريشتين مفتوحتين 2 NO أو مغلقتين 2 NC أو إحداهما مفتوحة والأخرى مغلقة (NO+ NC) ، وعند تشغيل هذا المفتاح يدوياً تنعكس حالة ريش المفتاح ، فتغلق الريشة المفتوحة NO وتفتح الريشة المغلقة NC ، وفيما يلى رمز مفتاح DPST بريشتين مفتوحتين 2 NO (الرمز 1) وبريشتين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

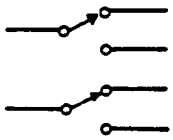


obeikandl.com

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



٤ – مفتاح قطبين سكتين (DPDT) ، وهذا المفتاح مزود بريشتى قلاب كالموجودة فى المفتاح SPDT ، وفيما يلى رمز هذا المفتاح :

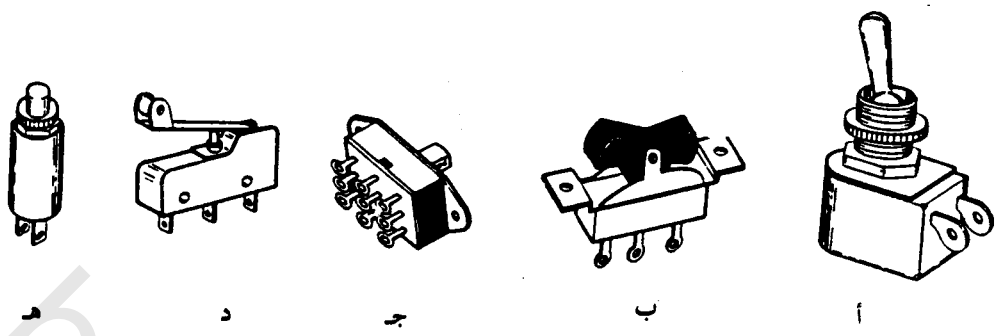


علماً بأن الأنواع الأربعة السابقة – تتواجد فى عدة صور تبعاً لطريقة تشغيلها مثل :

أ – مفتاح بذراع يدوى	Toggle switch
ب – مفتاح قلاب	Rocker Switch
جـ – مفتاح منزلق	Slide Switch
ء – مفتاح نهاية مشوار	Limit Switch
هـ – مفتاح انضغاطى	Pushbutton Switch

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

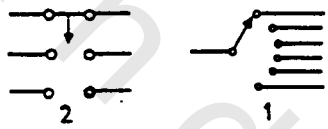
obeikandl.com



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 .

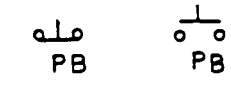
وفيما يلى رمز لمفتاح اختيار دوار بثلاثة مواضع ، ورمز لمفتاح اختيار منزلق بثلاثة مواضع .



٢/٣/٣ – الضواغط Push buttons :

هناك فرق جوهرى بين الضاغط ، والمفتاح الانضغاطى، فالأول تتغير حالة ريشه أى المغلقة تصبح مفتوحة والمفتوحة تصبح مغلقة أثناء الضغط على زرها فقط ، أما المفتاح الانضغاطى 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 يلى رموز أنواع مختلفة من الضواغط ، فالرمز 1 لضاغط بريشة مغلقة Nc والرمز 2 لضاغط بريشة مفتوحة NO .



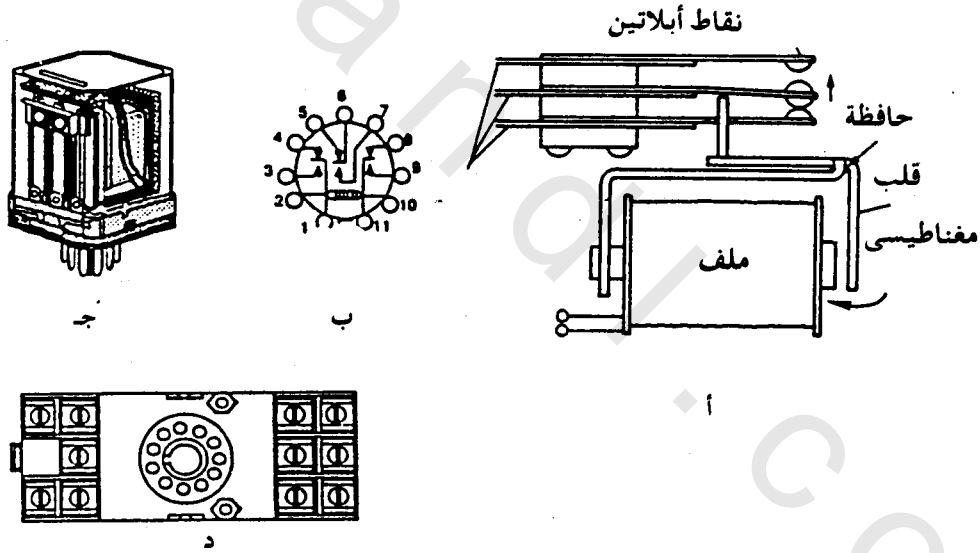
٤/٣/٢ – ريلاهات التحكم Control Relays :

الريلاى هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصل وفصل الدوائر الالكترونية ، والشكل (٢ – ٨أ) يعرض التركيب الداخلى لأحد الرليهات الكهرومغناطيسية ، فعند وصول التيار الكهربى للملف يتكون مجال مغناطيسى قادر على جذب القلب المغناطيسى فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريش التلامس للريلاى ، فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة والعكس بالعكس، ولكن بمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الريلاى تعود ريش الريلاى لوضعها الطبيعى ، وهناك نوعان من الرليهات :

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

والثاني : يثبت على قاعدة تثبيت .

والشكل (٢ – ٨ب) يغرض نموذجاً لأحد رليهات التحكم ، وبالشكل (٢ – ٨جـ) مسقط أفقى للريلاى ، يبين نقاط توصيله، وبالشكل (٢ – ٨د) مسقط أفقى لقاعدة الريلاى.

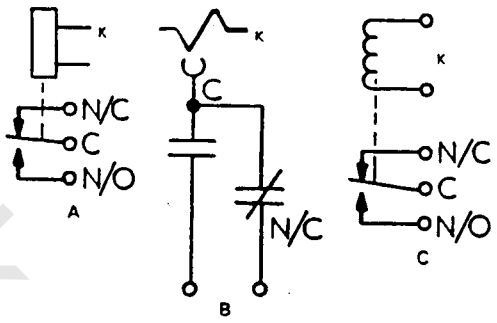


الشكل (٢ – ٨)

ويلاحظ من مخطط أطراف التوصيل للريلاى الشكل (٢ – ٢٠ب) أن هذا الريلاى يحتوى على ثلاث ريش قلاب CO .

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

وفيما يلى الرموز المختلفة للرليهات :

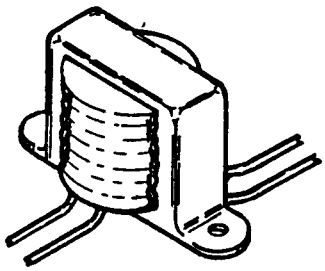


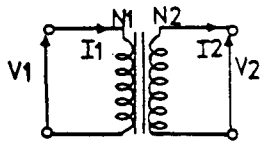
٢/٣/ ٥ – المحولات Transformers :

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

ويتكون المحول فى العادة من ملفين **أحدهما** يسمى بالملف الابتدائى ، **والثانى** يسمى بالملف الثانوي، والشكل (٢–٩) يعرض نموذجاً لأحد المحولات والدائرة المكافئة لمحول له ملف ابتدائى عدد لفاته N_1 ، ومسلط عليه جهد متردد V_1، ويمر به تيار I_1، وله ملف ثانوى عدد لفاته N_2، ويمر به تيار I_2 ويوجد جهد على أطرافه V_2 .

obeikandi.com





الشكل (٢ – ٩)

والمعادلة 2.1 تسمى بمعادلة المحول :

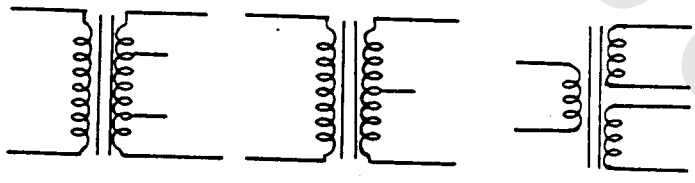
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \rightarrow \quad 2.1$$

وعادة يختار المحول تبعاً للجهود المطلوبة فى الابتدائى والثانوى ، وكذلك تبعاً لسعة المحول (VA) والتى نحصل عليها من المعادلة 2.2 :

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

وبعض المحولات تحتوى على أكثر من ملف ثانوى للحصول على أكثر من جهد من الجانب الثانوى، والآخر يحتوى على ملف ثانوى بنقطة منتصف أو أكثر .

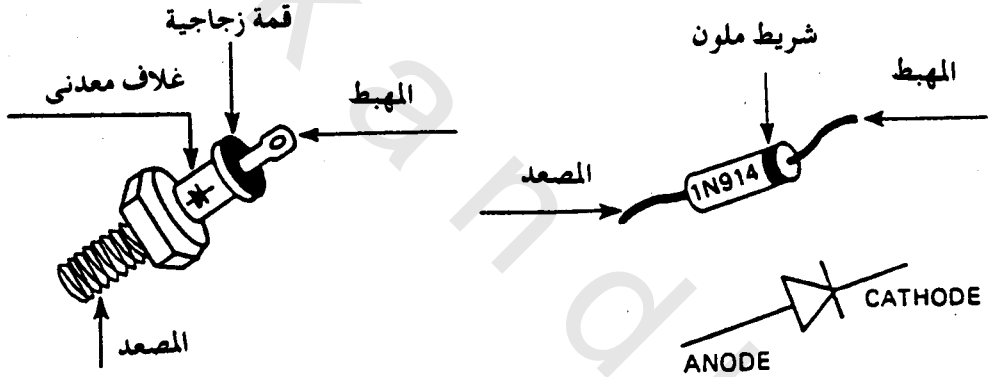
وفيما يلى رموز بعض أنواع من المحولات ، فالرمز 1 لمحول بعدة نقاط تفرع ، والرمز 2 لمحول بملف ثانوى بنقطة منتصف (نقطة تفرع) ، والرمز 3 لمحول بملفين ثانويين .



أما محولات النبضات فتستخدم لعزل دائرة إشعال الثايرستور أو الترياك عن دائرة القدرة ، وعادة فإن محولات النبضات تكون لها نسبة تحويل $N_2 : N_1$ 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 :

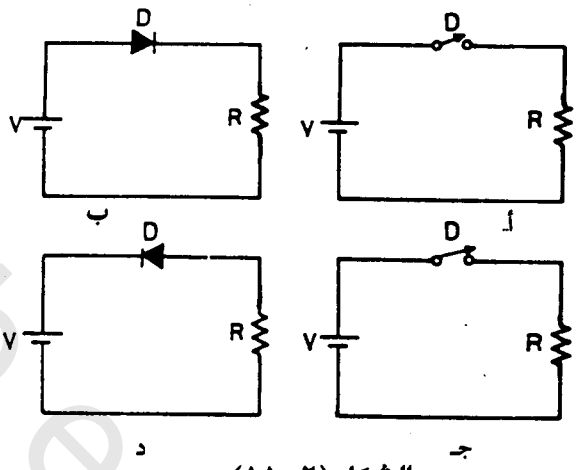
يتكون الثنائى عادة من وصلة ثنائية P - N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل السليكون (Si) أو الجرمانيوم (Ge) ، ويتواجد الثنائى عادة فى الأسواق على شكل اسطوانة مرسوم عليها شريط ملون على أحد جانبيه للدلالة على مكان المادة السالبة (N) والتى تمثل المهبط Cathode، أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة (أ) والتى تمثل 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

فى حالة قطع OFF .



الشكل (٢-١١)

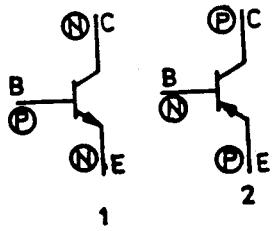
والشكل (٢ – ١١) يبين طريقة عمل الثنائى . ففى الشكل (ب) دائرة تحتوى على ثنائى وبطارية ومقاومة ، ويكون الثنائى فى حالة انحياز أمامى ، والشكل (أ) يبين الدائرة المكافئة للشكل (ب) .

وفى الشكل (د) دائرة تحتوى على ثنائى وبطارية ومقاومة، حيث يكون الثنائى منحازاً عكسياً، والشكل (جـ) يبين الدائرة المكافئة للشكل (د) . علماً بأن المقاومة تمثل الحمل .

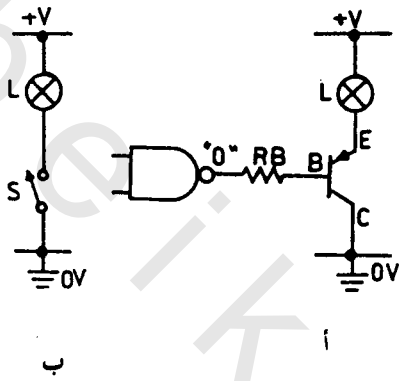
والجدير بالذكر أن ثنائى السليكون يوصل عند جهد أمامى 0.7V ، بينما يوصل ثنائى الجرمانيوم عند جهد أمامى 0.3V ، لذلك يقال إن فقد الجهد فى ثنائى السليكون عندما يكون منحازاً أمامياً مساوياً 0.7V تقريباً ، فى حين أن فقد الجهد فى ثنائى الجرمانيوم عندما يكون منحازاً أمامياً يساوى 0.3V تقريباً .

٢/ ٥ – الترانزستور ثنائى القطبية Bipolar transistor :

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

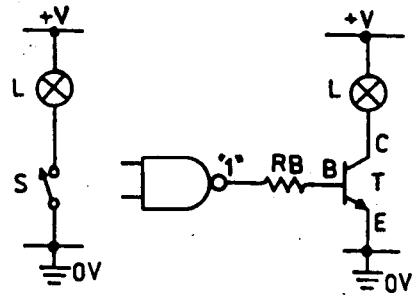


ويستخدم الترانزستور عادة كمفتاح لوصل وقطع التيار الكهربى فى الدوائر الرقمية ، كما يستخدم فى رفع مستوى تيار البوابات المنطقية. فالشكل (٢- ١٢) يبين طريقة توصيل ترانزستور NPN ، كمفتاح فى دوائر التيار المستمر (أ) والدائرة الكهربية المكافئة باستخدام المفتاح اليدوى S (ب) . فعندما يكون خرج البوابة المنطقية 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 L_1 ، وعندما يصبح خرج البوابة منخفضاً يتحول الترانزستور لحالة القطع ، أى يصبح تيار المجمع I_C مساوياً الصفر.



الشكل (٢ - ١٢)

والشكل (٢ - ١٣) يوضح طريقة استخدام ترانزستور PNP كمفتاح فى دوائر التيار المستمر (أ) ، والدائرة المكافئة الكهربية 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 الترانزستور لحالة الوصل ويمر تيار الباعث فيضىء المصباح L_1. ، وعندما يصبح خرج البوابة



الشكل (٢ - ١٣)

عالياً يتحول الترانزستور T لحالة القطع أى يصبح تيار الباعث I_E مساوياً الصفر .

وحتى يعمل الترانزستور كمفتاح مغلق يجب أن تتحقق العلاقة التالية :

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

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 :

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

حيث إن :

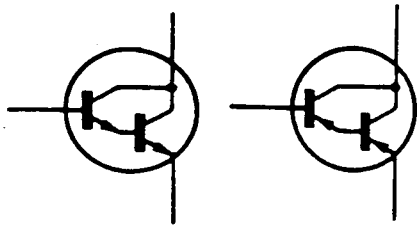
R_B المقاومة التى توصل بقاعدة الترانزستور .

V_i الجهد الداخل 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 β أو المعامل H_{FE} ويساوى :

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

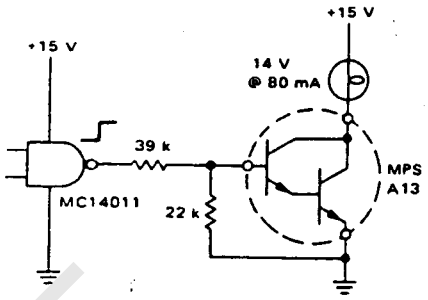
ويتراوح هذا المعامل ما بين 300 : 100 ، ويمكن زيادة معامل كسب التيار للترانزستور بقيم تصل إلى 2000 : 1000 بربط عدد 2 ترانزستور معاً كما بالشكل (٢ – ١٤) . والجدير بالذكر أنه يوجد ترانزستورات "دارلنجتون" وهى تحتوى – داخلياً – على ترانزستورين موصلين معاً كما هو مبين بالشكل (٢ – ١٤) ويكون معامل كسب التيار لهذه الترانزستورات مساوياً حاصل ضرب معامل كسب التيار للترانزستورين



الشكل (٢ – ١٤)

obeikandl.com

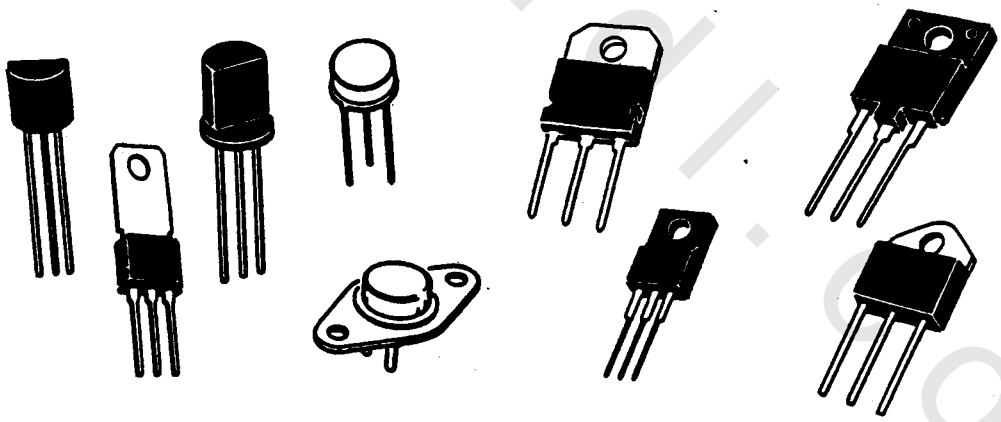
المكافئين .



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 « دارلنجتون » لحالة الوصل فتضيء اللمبة، وعندما تصل إشارة رقمية منخفضة من دائرة CMOS طراز MC14011 يتحول ترانزستور « دار لنجتون » لحالة القطع ، وتنطفيء 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 .

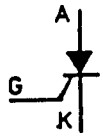


الشكل (٢ – ١٦)

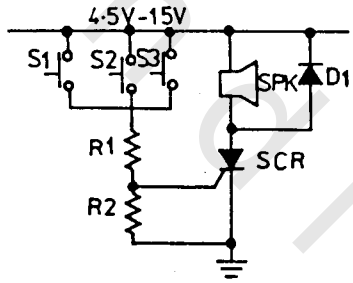
٦/٢ – الثايرستور SCR :

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



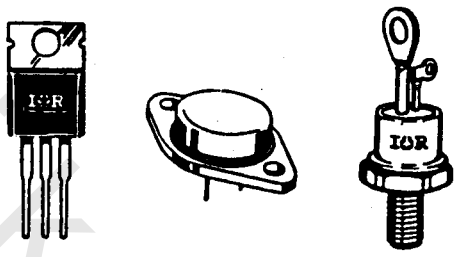
الشكل (٢ – ١٧)

فعند الضغط على أحد الضواغط S_3 , S_2, S_1 فإن الجهد 15V+ سوف يقسم بالتساوى على المقاومتين R_2, R_1 لأنهما متساويتان ، وبالتالى 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 فى حال ON وتظل السماعة فى حالة ON إلى أن يتم الضغط على الضاغط S_4 ، فينخفض التيار المار فى الثايرستور عن الحد الأدنى اللازم لإبقائه فى حالة توصيل (تيار الإمساك) ويتحول الثايرستور لحالة القطع Turn off .

والجدير بالذكر أن الثنائى D_1 يعمل على خمد القوة الدافعة الكهربية المتولدة عن انقطاع التيار عن ملف بوق الإنذار ، وبالتالى يمنع تلف الثايرستور .

والشكل (٢ – ١٨) يعرض نماذج مختلفة للثايرستورات المتوفرة بالأسواق .



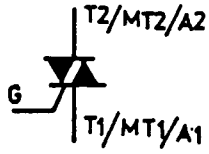
الشكل (٢ – ١٨)

٢/ ٧ – التريك Triac :

يستخدم التريك كمفتاح فى دوائر التيار المتردد وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية .

وللتريك ثلاثة أطراف وهى القاعدة T_1 ، والقاعدة T_2 ، والبوابة G، وفى الوضع الطبيعى يكون التريك فى حالة قطع cut off ويعمل كمفتاح مفتوح ، وبمجرد تسليط فرق جهد بين البوابة G والقاعدة T_2 يتحول التريك لحالة الوصل ON ويمر التيار الكهربى فى التريك طالما يوجد فرق جهد مستمر بين البوابة والقاعدة T_2 .

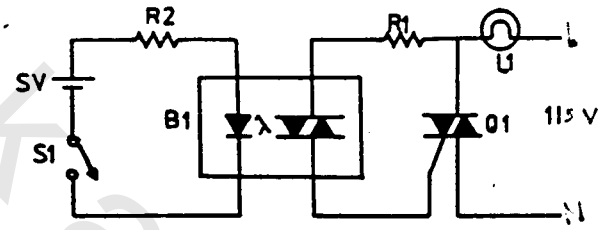
وفيما يلى رمز التريك :



والشكل (٢ – ١٩) يوضح فكرة عمل التريـاك فى دوائر التيار المتردد لتشغيل اللمبة L_1 .

عناصر الدائرة :

R_1	مقاومة كربونية 47Ω
R_2	مقاومة كربونية 360 Ω
Q_1	تريـاك 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 لمرور تيار كهربى فى الثنائى المشع لها ، وبالتالى يتحول تريـاك وحدة الارتباط الضوئى لحالة الوصل ، ويصبح كما لو كان مفتاحاً مغلقاً، وينشأ عن ذلك تولد فرق جهد بين البوابة G والقاعدة T_2 للتريـاك الرئيسى Q_1 ، فيتحول التريـاك 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 تريـاك وحدة الارتباط الضوئى لحالة القطع مما يؤدى إلى اختفاء فرق الجهد بين البوابة G والقاعدة T_2 للتريـاك الرئيسى ، فيتحول هو الآخر لحالة القطع وينطفىء المصباح L_1 .

والجدير بالذكر أن التريـاك يعمل عند وصول نبضة إشعال للبوابة G ويوجد أربعة أوجه مختلفة لنبضة الإشعال وهى كما يلى :

١ – نبضة إشعال لها جهد موجب وتيار موجب ، حيث تكون قطبية كل من T_2 و G موجبة ويطلق على هذه الحالة بحالة الإشعال +I .

٢ – نبضة إشعال لها جهد سالب ، وتيار سالب حيث تكون قطبية T_2 موجبة وقطبية G سالبة ويطلق على هذه الحالة بحالة الإشعال -I .

٣ – نبضة إشعال لها جهد سالب ، وتيار سالب ، حيث تكون قطبية T_2 سالبة وقطبية G موجبة ، ويطلق على هذه الحالة بحالة الإشعال +III .

٤ – نبضة إشعال لها جهد سالب وتيار سالب ، حيث تكون قطبية T_2 سالبة وقطبية G سالبة ويطلق على هذه الحالة بحالة الإشعال -III .

علماً بأن حساسية التريك تكون أفضل ما يمكن فى حالة الإشعال - III ، +I ، وتكون أقل قليلاً فى حالة الإشعال -I وتكون أقل ما يمكن فى حالة الإشعال + III .

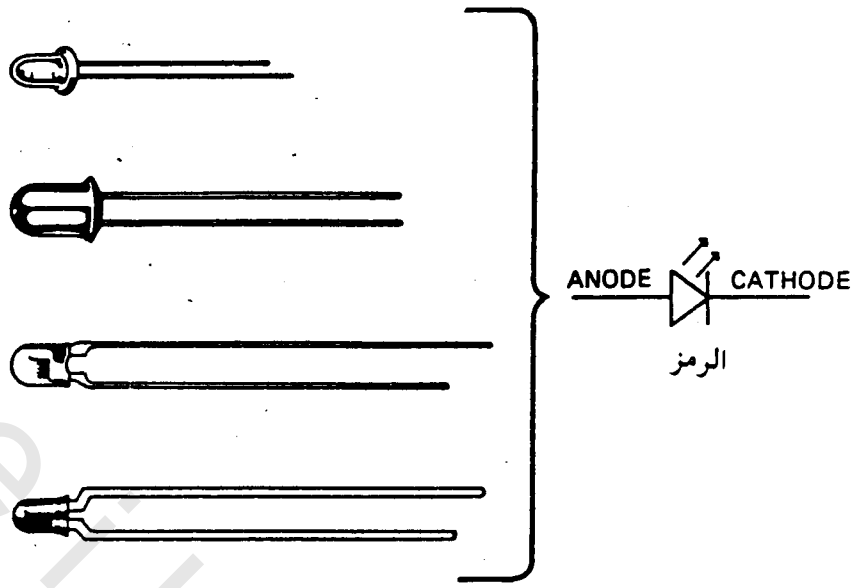
٢/ ٨– الالكترونيات الضوئية :

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 فى الفقرات التالية :

١/٨/٢ – الثنائى الباعث للضوء LED :

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

وعادة لاينبعث ضوء من LED إلا عندما يكون منحازاً أمامياً بجهد أكبر من 2V ، أما عندما يكون LED منحازاً عكسياً فإنه لا يمرر تيار وبالتالى لا يضئ .



الشكل (٢ – ٢٠)

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

وهناك نوعان من الثنائيات الباعثة للضوء تبعاً لنوع الضوء المنبعث وهما :

ثنائيات باعثة للضوء المرئى VLED .

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

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

الأول منخفض القدرة تيارها (5 mA) .

والثانى قياسى ، وتياره (10 mA) .

والثالث عالى القدرة ، وتياره (20 mA) .

obeikandi.com

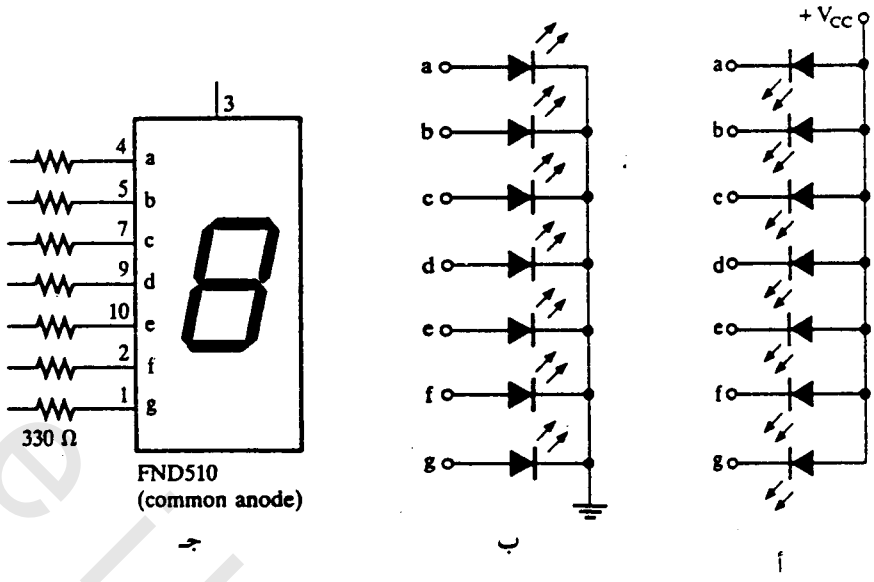
الجدول (٢ – ٤)

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

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

وتتكون وحدة العرض الرقمية من 7 ثنائيات باعثة للضوء مبططة وهى تتواجد فى 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 تخطيطاً لوحدة عرض رقمية بمصعد مشترك طراز FND 510 ، بحيث توصل مهابط الثنائيات السبعة بمقاومات 330 Ω لتحديد التيار . عندما يكون جهد الإمداد 5V +.



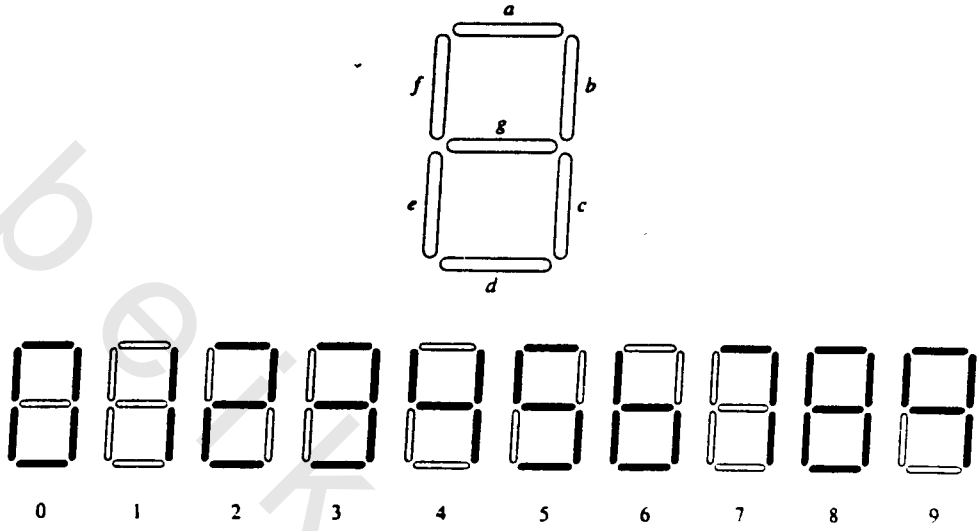
الشكل (٢ – ٢١)

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

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

obeikandl.com

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



الشكل (٢ – ٢٢)

obeikandl.com