الباب الثانى

العناصر الإلكترونية المستخدمة
فى الدوائر الإلكترونية

العناصر الإلكترونية المستخدمة

فى الدوائر الإلكترونية

٢ / ١ - المقاومات Resistors

تعتبر المقاومات من أهم العناصر المستخدمة فى الدوائر الإلكترونية. وتصنع المقاومات من مواد مختلفة؛ علماً بأن نوع مادة المقاومة يحدد الخواص الفنية لها.

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 بنقطة تفرع Topped Resistors وهذه المقاومات تتيح فرص الحصول على مقاومات مختلفة من نقاط تفرعها.

ب- الريوستاتRheostat وهى مقاومات متغيرة بطرفين حيث تتغير المقاومة بين طرفيها بتغير وضع ذراع ضبطها.

جـ - مجزىء الجهد Potentiameter 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 2,3 ، وهما مقاومتان متغيرتان يتغيران تبعاً لتغير وضع ذراع ضبط المجزئ.

د- المقاومات الثابتة القيمة ويوجد عدة طرق لتشفير قيمة المقاومة الثابتة وهم كما يلى:

١- طريقة التشفير الحرفية (الطريقة الإنجليزية):

حيث تستخدم الأحرف التالية كمضاعفات

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

والحروف التالية لبيان التفاوت

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

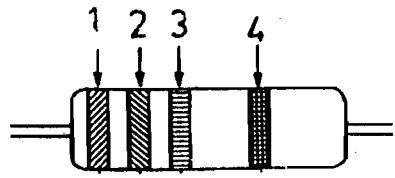
فمثلاً: المقاومة 100RK تعنى مقاومة $100\Omega \pm 10\%$

والمقاومة 10K2G تعنى مقاومة $10.2\ K\Omega \pm 2\%$

والمقاومة 1M3K تعنى مقاومة $1.3\ M\Omega \pm 10\%$

٢ - طريقة التشفير بالألوان:

وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الصغيرة والتى تتراوح قدرتها ما بين (0.25:2W) ، ويرسم على المقاومة أربع أو خمس حلقات ملونة قريبة من أحد جانبيها، وعادة ترقم هذه الحلقات الملونة من اليسار إلى اليمن وهذا موضح بالشكل (٢-١).



الشكل (٢-١)

فالبنسبة 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)

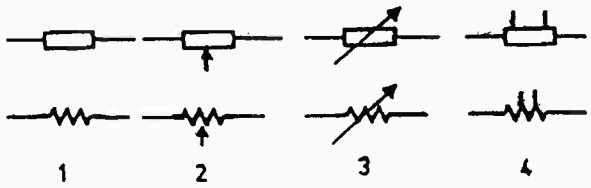
اللون	أسود	بنى	أحمر	برتقالى	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض	ذهبى	فضى	بدون لون
الرقم	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	-	-
المضاعف أو الجزء	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	0.1	0.01	-
التفاوت كنسبة مئوية	-	± 1	± 2								± 5	± 10	

فمثلاً : إذا كانت ألوان الحلقات الأربعة 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 $10X\ 10^6 \pm 5\%$ أى ($10M\Omega \pm 5\%$) .

وفيما يلى الرموز الكهربية للمقاومات الخطية ، حيث إن الرمز 1 لمقاومة بنقطتى تفرع ، والرمز 2 لريوستات ، والرمز 3 لمجزئ 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 :

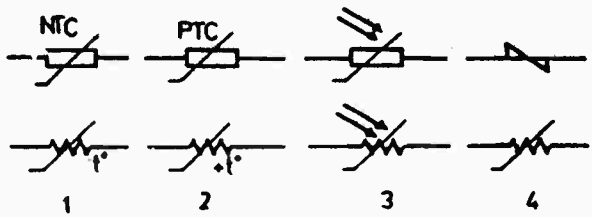
– المقاومة الحرارية P.T.C وهى مقاومة تزداد قيمتها بزيادة درجة حرارتها .

– المقاومة الحرارية N.T.C وهى مقاومة تقل قيمتها بزيادة درجة حرارتها .

ب– المقاومة الضوئية (حساسة للضوء) L.D.R وتقل مقاومتها عند تعرضها للضوء من عدة ميجا أوم فى الظلام إلى عدة مئات من الأوم فى ضوء النهار .

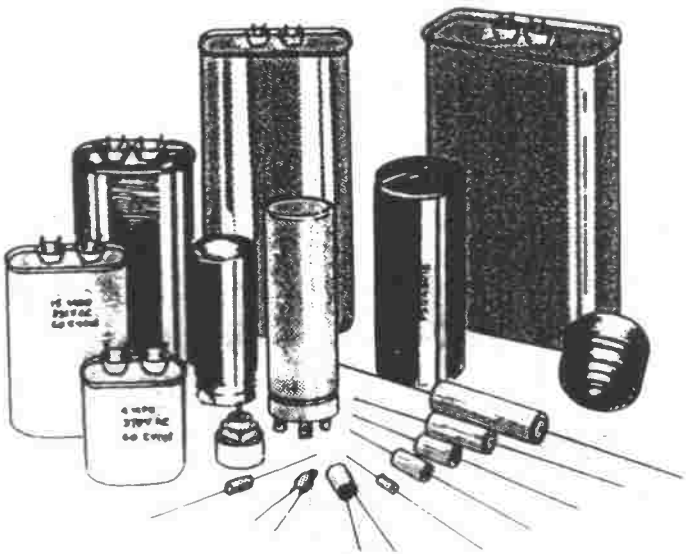
جـ – مقاومة معتمدة على الجهد V.D.R وتقل قيمها بزيادة الجهد المسلط عليها .

وفيما يلى رموز هذه المقاومات : الرمز 1 لمقاومة ذات معامل حرارى سالب N.T.C، والرمز 2 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى موجب P.TC، والرمز 3 لمقاومة ضوئية LDR . والرمز 4 لمقاومة تعتمد على الجهد V.D.R .



٢ / ٢ - المكثفات Capacitor's

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

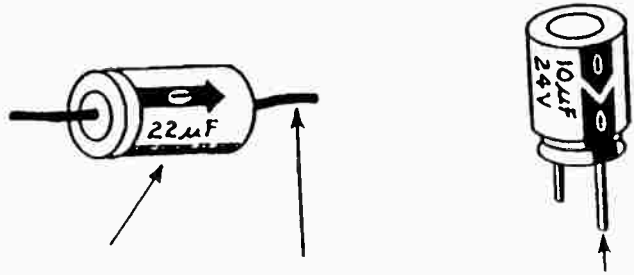


الشكل (٢-٢)

يوجد عدة طرق لتشغير المعلومات الفنية للمكثفات تختلف باختلاف نوع المكثف أهمها :

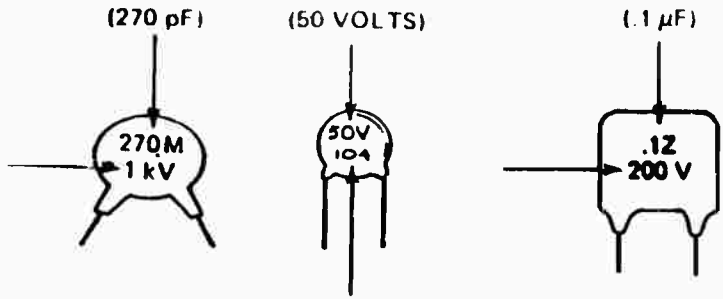
١- **طريقة العرض المباشر**: حيث تكتب المعلومات الفنية مباشرة على الغلاف المعدنى للمكثف الكيميائى فتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد (μF)، وجهد التشغيل بالفولت (v).

وكذلك توضع قطبية أحد أطراف المكثف سواء الطرف الموجب (+)، أو الطرف السالب (-)، وهذا موضح بالشكل (٢-٣) حيث توضع إشارة حمراء عند القطب الموجب، أو سوداء 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 يكتب عليه االسعة وجهد التشغيل بأكواد مبسطة كما بالشكل (٢-٤) .



الشكل (٢-٤)

فالسعات تكتب بأكواد حرفية، فالحرف Z يعنى ميكروفاراد µF

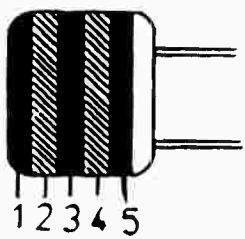
والحرف M يعنى بيكوفاراد PF

فالشكل (أ) مكثف سعته 0.1Z أى 0.1µF، والشكل (جـ) مكثف سعته 270M أى مكثف سعته 270 PF

٣ - طريقة التشفير العددية: ويستخدم فيها ثلاثة أعداد، حيث يمثل العدد الثالث عدد الأصفار بعد العددين الأول والثانى. ففى الشكل (٢-٤ب) مكثف سعته يعبر عنها بالشفرة 104 أى 10.0000PF ، 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 إستر الراتنجية Resin Dipped Polyester Capacitor .

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



الشكل (٢-٥)

الجدول (٢-٢)

اللون	اسود	بنى	احمر	برتقالى	اصفر	أخضر	ازرق	بنفسجى	رمادى	أبيض
الشريط الأول والثانى 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			250 V		400V					

مثال: إذا كان لون الشريط الأول بنى يكافىء 1

والشريط الثانى اسود يكافىء 0

الشريط الثالث	برتقالى	يكافئ	10^3
الشريط الرابع	أسود	يكافئ	±20%
الشريط الخامس	أحمر	يكافئ	250VDC

أى أن سعة المكثف تصبح ساوية $10X10^3=10^4$ PF مع تفاوت مقداره ±20% ، وجهد تشغيل مستمر يساوى 250DC .

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

1 2 3

٢ / ٣ - عناصر متنوعة

سنتناول مجموعة من العناصر التى كثيراً ما تستخدم فى الدوائر الإلكترونية **مثل**: المصهرات – المفاتيح – الضواغط – ريلاهات التحكم- المحولات .

٢ / ٣ / ١ - المصهرات FUSES

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

وعادة يكون المصهر 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 له بقيمة كبيرة. وهناك أنواع متعددة من المصهرات حسب سرعة فصلها وفيما يلى الأنواع المختلفة للمصهرات حسب سرعة فصلها.

١- مصهرات سريعة الفصل بدرجة كبيرة [Sapper Quick Acting(FF)]

وتستخدم لحماية العنصار الإلكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات، ويرمز لها بالرمز FF، والجدول (٢-٣) يبين خواص هذا النوع .

الجدول (٢-٣)

شدة التيار	1.2 I_n	$2I_n$	2.75In	$4I_n$	$10I_n$
أدنى زمن للفصل	60 min	10ms	4ms	2ms	-
أقصى زمن للفصل	-	2s	50ms	15ms	2ms

حيث إن :

In التيار المقنن للمصهر

min دقيقة

S ثانية

ms ملى ثانية

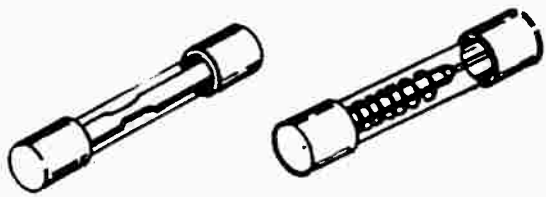
٢- مصهرات سريعة الفصل (F) quick acting

٣- مصهرات تتحمل قفزات التيار المفاجئة (T) Anti - Surge .

وهى تتحمل تيار يساوى 10 مرات التيار المقنن لها بدون ان تنهار وذلك خلال فترة زمنية تساوى 20ms، وتستخدم لحماية المحولات.

والشكل (٢ - ٦) يعرض نموذجاً لمصهر نوع T (أ)، وآخر لمصهر سريع

الفصل (ب) .



الشكل (٢-٦)

وفيما يلى الرمز الكهربى للمصهرات :

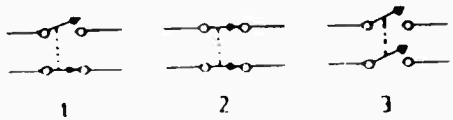
٢ / ٣ / ٢ - المفاتيح اليدوية Swithes

تعد المفاتيح اليدوية وسيلة الوصل والفصل اليدوية فى الدوائر الإلكترونية، **ويوجد أنواع مختلفة للمفاتيح تبعاً لوظيفتها مثل :**

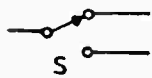
١- مفتاح قطب واحد سكة واحدة (SPST) : وهذا المفتاح يحتوى على ريشة واحدة، إما مغلقة أو مفتوحة . فعند تشغيل المفتاح تفتح ريشته المغلقة N.C، أو تغلق ريشته المفتوحة (N.O) . وفيما يلى رمز مفتاح SPST بريشة مفتوح N.O الرمز (1) ، وبريشة مغلقة N.C الرمز (2) .

٢- مفتاح قطبين سكة واحدة (DPST): وهذا المفتاح يحتوى على ريشتين مفتوحتين 2N.O، أو مغلقتين 2N.C، أو أحدهما مفتوحة والأخرى مغلقة . (N.O+NC)

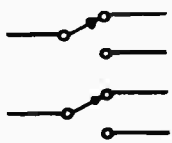
وعند تشغيل هذا المفتاح يدوياً تنعكس حالة ريش المفتاح، فتغلق الريشة المفتوحة N.O وتفتح الريشة المغلقة N.C وفيما يلى رمز المفتاح DPST بريشتين مفتوحتين 2N.O(3)، وبريشتين مغلقتين 2NC(2)، وبريشة مفتوحة وأخرى مغلقة N.O+N.C(1).



٣- **مفتاح قطب واحد سكتين (SPDT):** وهذا المفتاح له ريشه قلابه C.O ويكون للمفتاح ثلاثة أطراف، أحدهما مشترك، والثانى مفتوح، والثالث مغلق، وعند تشغيل هذا المفتاح تنعكس حالة هذا المفتاح، فيغلق الطرف المفتوح ويفتح الطرف المغلق، وفيما يلى رمز المفتاح (SPDT):



٤- **مفتاح قطبين سكتين (DPDT):** وهذا المفتاح مزود بريشتى قلاب كالتى فى المفتاح (SPST)، وفيما يلى رمز هذا المفتاح:



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

أ – مفتاح بذراع يدوى Toggle Switch

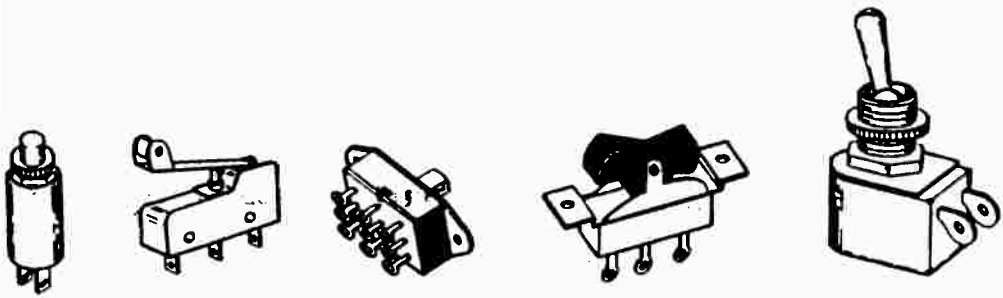
ب– مفتاح قلاب Rocker Switch

جـ– مفتاح منزلق Slide Switch

د– مفتاح نهاية مشوار Limit Switch

هـ– مفتاح انضغاطى Pash button Switch

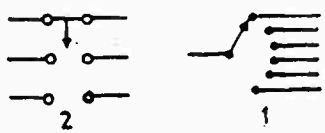
ويتم تشغيل هذه الأنواع عادة باليد ما عدا مفتاح نهاية المشوار فيتم تشغيله بدفعة بجسم متحرك أو كامة متحركة. والشكل (٢-٧) يوضح صوراً توضيحية لهذه الأنواع بالترتيب من اليمين إلى اليسار.



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 Switchs، وهذه المفاتيح لها يد تشغيل دوارة والمفاتيح المنزلقة Slide Switchs، والمفاتيح الدوارة العاملة بالمفك Dip Rotary Switches . وفيما يلى رمز لمفتاح اختيار دوار بستة مواضع (1)، ورمز لمفتاح اختيار منزلق بثلاثة مواضع (2).

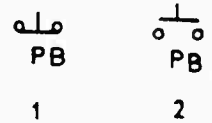


٢ / ٣ / ٣ - الضواغط Push buttons

هناك فرق جوهرى بين الضاغط والمفتاح الانضغاطى، فالأول تتغير حالة ريشه، فالمغلقة 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 عليها، ويظل كذلك إلى أن يتم الضغط عليها مرة أخرى فتعود الريشة لحالتها الطبيعية.

وفيما يلى رمز لضاغط بريشة مفتوحة (2) وأخر بريشة مغلقة (1).



٢ / ٣ / ٤ - ريليهات التحكم Control Relays

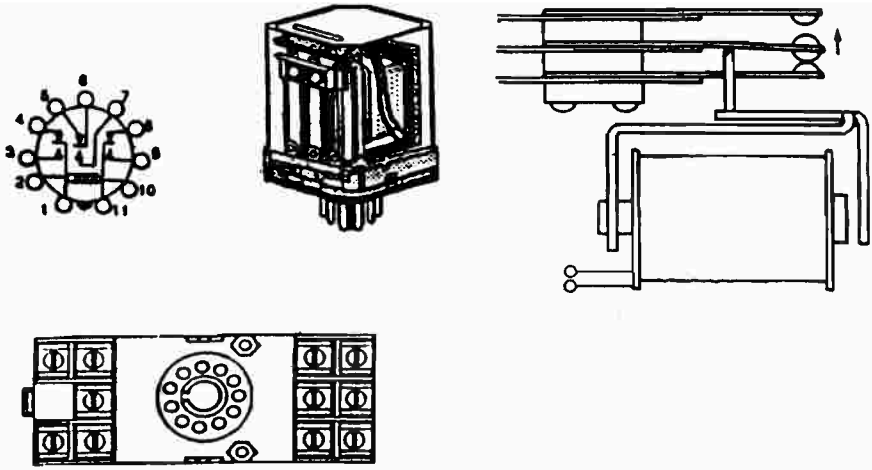
الريلاى هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصل وفصل الدوائر الإلكترونية، والشكل (٢-٨أ) يعرض التركيب الداخلى لأحد الريليهات الكهرومغناطيسية. فعند وصول التيار الكهربى للملف يتكون مجال مغناطيسى يكون قادراً على جذب القلب المغناطيسى، فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريشة التلامس للريلاى، فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة والعكس بالعكس. ولكن بمجرد انقطاع التيار الكهرى عن ملف الريلاى تعود ريشة الريلاى لوضعها الطبيعى.

وهناك نوعان من الريليهات:

الأولى: يثبت على اللوحة المطبوعة والتى تثبت عليها العناصر الالكترونية.

والثانى: يثبت على قاعدة تثبيت.

والشكل (٢-٨ب) يعرض نموذجاً لأحد ريليهات التحكم. وبالشكل (٢-٨جـ) مسقط أفقى للريلاى يبين نقاط توصيله، والشكل (٢-٨د) مسقط أفقى لقاعدة الريلاى.



الشكل (٢-٨)

ويلاحظ من مخطط أطراف التوصيل للريلاى الشكل (٢-٨ب) أن هذا الريلاى يحتوى على ثلاث ريش قلاب :

فأطراف الريشة القلاب الأولى 1,3,4

وأطراف الريشة القلاب الثانية 5,6,7

أما أطراف الريشة القلاب الثالثة 8,9,11

أطراف الملف هى 2,10

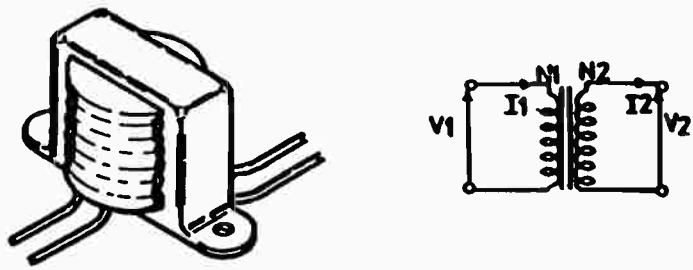
وفيما يلى الرموز المختلفة للريليهات :

٢ / ٣ / ٥ - المحولات Transformers

المحولات هى أجهزة تقوم بخفض أو رفع الجهد المتردد، وتستخدم المحولات فى بناء مصادر التيار المستمر وذلك بخفض الجهد المتردد من 220V,120V إلى الجهد المطلوب. وتستخدم المحولات أيضاً فى دوائر إشعال الثايرستور والترياك. وللمحولات استخدامات أخرى متعددة فى الدوائر الالكترونية.

ويتكون المحول فى العادة من ملفين، أحدهما يسمى بالملف الابتدائى، والثانى يسمى بالملف الثانوى.

والشكل (٢-٩) يعرض نموذجاً لأحد المحولات والدائرة المكافئة لمحول له ملف ابتدائى عدد لفاته N1، ومسلط عليه جهد متردد V1، ويمر به تيار I1، وملفه الثانوى عدد لفاته N2، ويمر به تيار I2، والجهد على طرفيه V2.



الشكل (٢-٩)

والمعادلة 2-1 تسمى بالمعادلة العامة للمحولات.

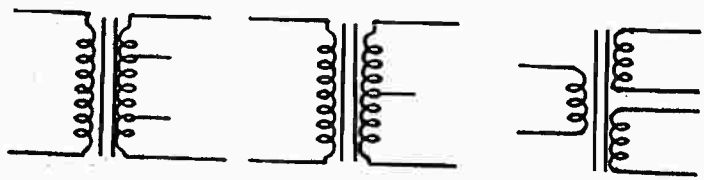
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow 2\text{-}1$$

وعادة يختار المحول تبعاً للجهود المطلوبة للملف الابتدائى والثانوى وكذلك تبعاً لسعة المحول (VA) والتى تعطى بالمعادلة 2.2.

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

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.

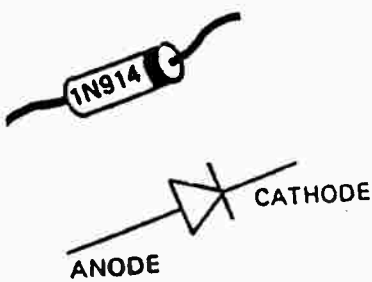


٢ / ٤ - الموحدات Diodes

يتكون الموحد من وصلة ثنائية P-N، مصنوعة من أشباه الموصلات مثل: السليكون (Si) ، أو الجرمانيوم (Ge).

ويتواجد الموحد فى الأسواق على شكل أسطوانة مرسوم عليها شريط ملون على أحد جانبيها للدلالة على مكان المادة السالبة N والتى تمثل المهبط Cathode ، أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة P، والتى تمثل المصعد Anode. والشكل (٢-١٠) يعرض نموذجاً لثنائى صغير طراز 1N914 ورمزه.

ويعتبر الموحد فى الوضع الطبيعى كمفتاح مفتوح، وبمجرد تعريضه لانحياز أمامى Forward bias ، أى ارتفاع جهد المصعد A عن جهد المهبط K بمقدار 0.7V فى حالة الموحد السليكونى يصبح كمفتاح مغلق، ويكون اتجاه مرور التيار الكهربى من المصعد للمهبط ويقال إن الموحد فى حالة وصل ON. أما عند تعريض الموحد لانحياز عكسى



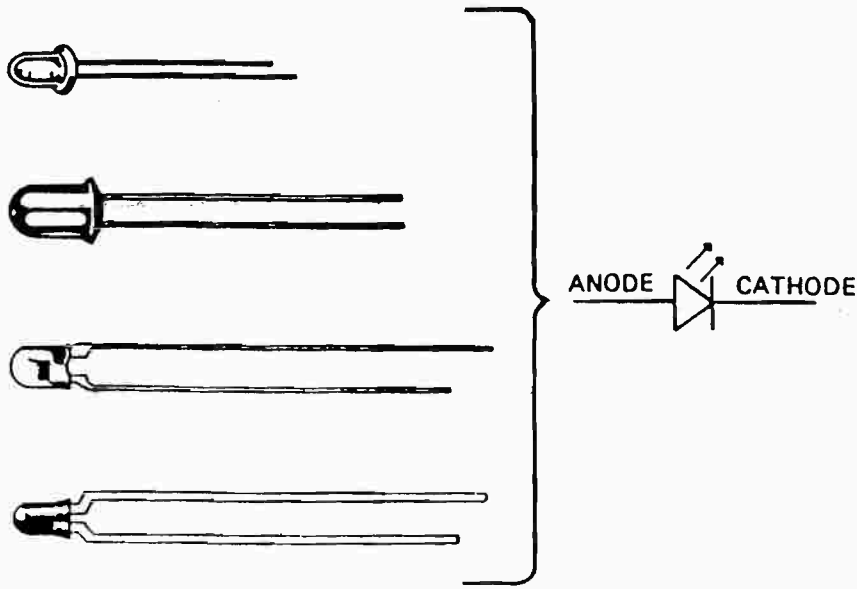
الشكل (٢-١٠)

Reverse bias، أى تعريض المهبط K لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد A يمر تيار صغير جداً يسمى بتيار التسرب، ويعمل الموحد كمفتاح مفتوح ويقال إن الموحد فى حالة قطع OFF.

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

٢ / ٤ / ١ - الموحد الباعث للضوء LED

يشبه الموحد الباعث للضوء LED لحد كبير اللمبات الصغيرة، ويتواجد بألوان مختلفة وهو يستخدم كلمبة إشارة. والشكل (٢-١١) يعرض رمزاً وأشكالاً مختلفة لموحدات باعثة للضوء.



الشكل (٢-١١)

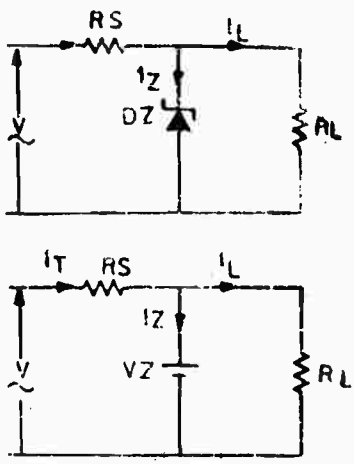
فعادة لا ينبعث ضوء من LED إلا عندما يكون منحازاً أمامياً بجهد أكبر 2Vأما عندما يكون LED منحازاً عكسياً فإنه لا يمرر تيار وبالتالى لا يضيء. ويوجد ألوان

مختلفة من الموحدات الباعثة للضوء مثل الأحمر والأصفر والبرتقالى والأخضر والأزرق. وتعتمد شدة إضاءة LED على شدة التيار المار والذى يتراوح ما بين (5:25mA). وعادة توصل مقاومة على التوالى مع LED لتحديد شدة التيار المار.

والجدير بالذكر أنه يوجد ثلاثة أنواع للموحدات الباعثة للضوء الأول منخفض القدرة وتيارها (5mA) والثانى قياسى وتياره (10mA) والثالث عالى القدرة وتياره (20mA).

٢ / ٤ / ٢ - موحد الزينر Zener Diode

إن موحد الزينر هو موحد سليكونى له خواص تسمح بإمرار جهد ثابت القيمة فى الإنحياز العكسى وهو يشبه فى الشكل الموحد القياسى. فعندما يتعرض موحد الزينر لإنحياز أمامى Forward bias يعمل كموحد عادى ويتحول لحالة الوصل ON ويمر التيار الكهربى ويكون فرق الجهد بين طرفيه مساوياً (0.6:0.7V) تقريباً. وعند تعريض موحد الزينر لإنحياز عكسى Revers bias فإنه موحد الزينر يكون فى حالة قطع فى بادىء الأمر وبمجرد زيادة الجهد عن جهد الانهيار للموحد يتحول لحالة الوصل ويمر تيار كبير فيه ويكون فرق الجهد على طرفى موحد الزينر مساوياً جهد الزينر. ويستخدم موحد الزينر لتنظيم الجهد والشكل (٢-١٢) يبين دائرة تستخدم موحد زينر لتنظيم الجهد على أطراف المقاومة R_L بحيث لا يزيد الجهد على أطرافها عن V_Z (جهد الزينر) الشكل (أ) أما الشكل (ب) فيعرض الدائرة المكافئة وذلك باستبدال موحد الزينر ببطارية جهدها يكافىء V_Z.



الشكل (٢-١٢)

والجدير بالذكر أن المقاومة R_s تستخدم لمنع تعدى التيار المار فى موحد الزينر I_Z الحد المسموح به والذى يعين من العلاقة

$$P_Z = I_Z V_Z \rightarrow 2.3$$

حيث إن:

P_Z قدرة موحد الزينر والمدونة

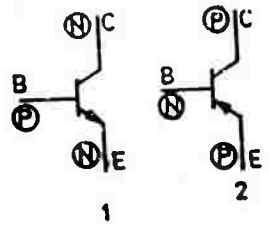
فى مواصفاته الفنية.

I_Z أقصى تيار يسمح له بالمرور فى موحد الزينر.

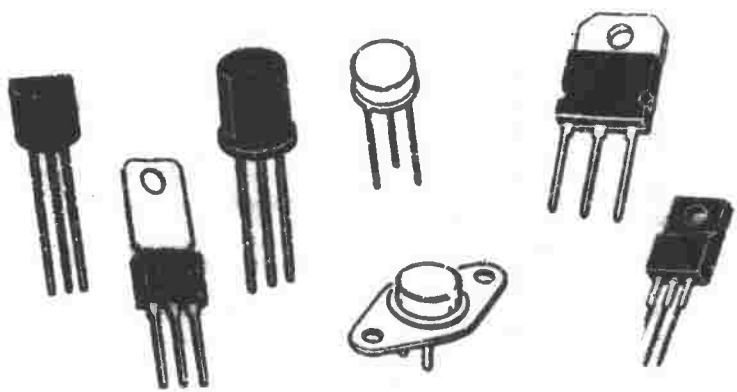
V_Z جهد الزينر.

٢ / ٥ - الترانزستور الثنائى القطبية BJT

للترانزستور الثنائى القطبية ثلاثة أرجل وهى القاعدة Base والباعث Emitter والمجمع Collector. ويصنع الترانزستور من ثلاثة طبقات من أشباه الموصلات وهذه الطبقات بعضها سالب N، والآخر موجب B وتقسم الترانزستورات حسب قطبية هذه الطبقات إلى ترانزستورات NPN وترانزستورات PNP. وفيما يلى رموز هذه الترانزستورات فالرمز 1 لترانزستور NPN والرمز 2 لترانزستور PNP.



والشكل (٢-١٣) يعرض نماذج مختلفة للترانزستورات سواء كانت ترانزستورات إشارة أو قدرة.

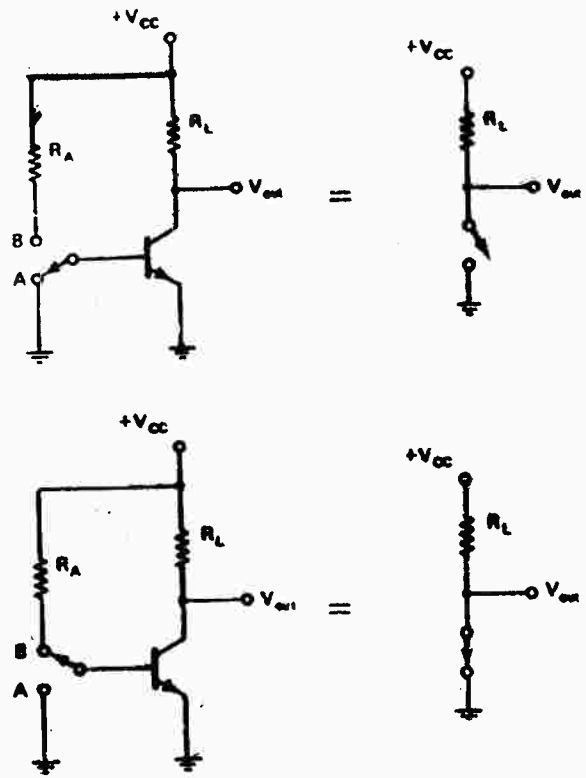


الشكل (٢-١٣)

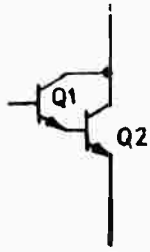
ويعمل الترانزستور كمفتاح Switch وأيضاً كمكبر Amplifier.

والشكل (٢-١٤) يوضح فكرة عمل الترانزستور NPN كمفتاح. فعند توصيل قاعدة الترانزستور بالأرضى يعمل الترانزستور كمفتاح فى حالة فصل OFF الشكل (أ). وعند توصيل قاعدة الترانزستور بجهد المصدر VCC يعمل كمفتاح فى حالة وصل ON. ويعمل الترانزستور أيضاً كمكبر ويعين معامل كسب التيار Cur-rentgain للترانزستور من المعادلة التالية :

$$\beta = \frac{IC}{IB} \rightarrow 2.4$$

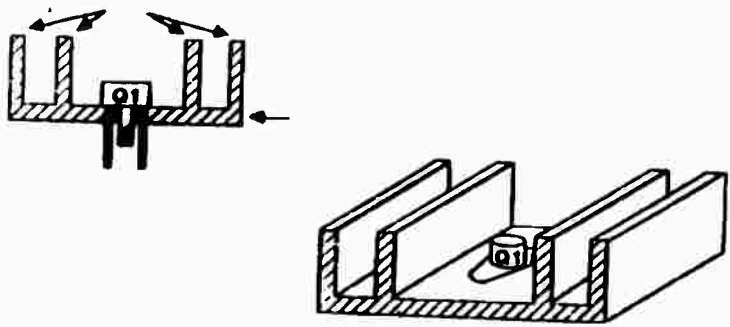


الشكل (٢-١٤)



الشكل (٢-١٥)

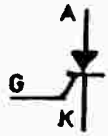
ويساوى معامل كسب التيار β النسبة بين تيار المجمع IC وتيار القاعدة IB وتتراوح قيمة β ما بين 35:300 والقيمة الطبيعة لها 100 . ويمكن زيادة معامل كسب التيار للترانزستور بتوصيل ترانزستورين كما هو مبين بالشكل (٢-١٥) وتسمى هذه اتوصيلة بتوصيلة دارلنجتون و كون معامل التكبير الكلى مساوياً حاصل ضرب معاملات تكبير Q_1, Q_2. ويوجد ترانزستورات تحتوى على ترانزستورين فى قالب واحد تسمى بترانزستور دارلنجتون، وتستخدم عادة كترانزستورات قدرة، وتحتاج لتثبيتها على مشتت حرارى Heatsink لتبريدها كما هو مبين بالشكل (٢-١٦) .



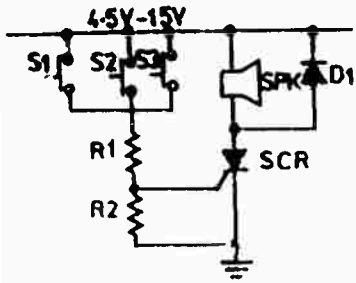
الشكل (٢-١٦)

٢ / ٦- الثايرستور SCR

يستخدم الثايرستور كمفتاح فى دوائر التيار المستمر وكموحد فى دوائر التيار المتردد، وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية . وللثايرستور ثلاثة أطراف وهم: 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 عند الحد الأدنى اللازم لإبقاء الثايرستور فى حالة الوصل والذى يسمى بتيار الإمساك . وفيما يلى رمز SCR :



والشكل (٢-١٧) يبين فكرة عمل الثايرستور لتشغيل سماعة SPK . فعند الضغط على أحد الضواغط S1,S2,S3 فإن الجهد 15V+ سوف يقسم بالتساوى على المقاومتين R1,R2 لأنها متساويتين، وبالتالى يصبح فرق الجهد بين البوابة والمهبط 7.5V، فيتحول الثايرستور لحالة الوصل ON، ويمر تيار كهربى عبر السماعة ماراً بالمصعد A والمهبط K .



الشكل (٢-١٧)

وعند إزالة الضغط عن الضاغط فإن الثايرستور سيظل فى حالة ON، وتظل السماعة SPK فى حالة ON إلى أن يتم قطع التيار الكهربى عن الدائرة فينقطع التيار المار فى الثايرستور، ويتحول الثايرستور لحالة القطع Turn Off .

والجدير بالذكر أن الموحد D1 يعمل على خمد القوة الدافعة الكهربية المتولدة عند انقطاع التيار الكهربى عن ملف السماعة SPK، وبالتالى تمنع تلف الثايرستور .

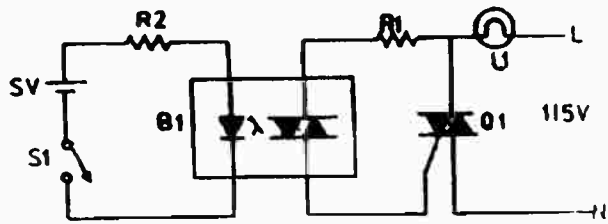
والشكل (٢-١٨) يعرض نماذج مختلفة للثايرستورات المتوفرة فى الأسواق .

الشكل (٢-١٨)

٢ / ٧ - التريـاك Triac

يستخدم التريـاك كمفتاح فى دوائر التيار المتردد وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية. وللتريـاك ثلاثة أطراف وهم: الطرف الأول T_1 الطرف الثانى T_2 والبوابة G. وفى الوضع الطبيعى يكون التريـاك فى حالة قطع Cutoff ويعمل كمفتاح مفتوح. وبمجرد تسليط فرق جهد بين البوابة G والطرف T_2 يتحول التريـاك لحالة الوصل ON، ويعمل كمفتاح مغلق، ويمر التيار الكهربى من الطرف T_1 إلى الطرف T_2 طالما يوجد فرق جهد بين البوابة والطرف T_2. وفيما يلى رمز التريـاك:

والشكل (٢-١٩) يوضح فكرة عمل التريـاك فى دوائر التيـار المتردد لتشغيل اللمبة L1.



الشكل (٢-١٩)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 47Ω	R_1	وحدة ارتباط ضوئية طراز Moc 3011	B_1
مقاومة كربونية 360Ω	R_2	مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
تريـاك طراز 2N6342A	Q_1	لمبة تعمل عند جهد 115V	L_1

فعند غلق المفتاح S_1، فإن وحدة الارتباط الضوئى B_1 سوف تعمل لمرور تيار كهربى فى الموحد الباعث للضوء الخاص بها، وبالتالى يتحول التريالك الضوئى لوحدة الارتباط لحالة الوصل ويصبح كما لو كان مفتاحاً مغلقاً، وينشأ عن ذلك فرق جهد بين البوابة G، والطرف T_2 للتريالك الرئيسى Q_1 ، فيتحول لحالة الوصل وتضىء اللمبة L_1 وتظل اللمبة L_1 مضيئة طالما أن المفتاح S_1 مغلق ولكن بمجرد فتح المفتاح S_1 يتحول التريالك لوحدة الارتباط الضوئى B1 لحالة القطع، ويصبح كمفتاح مفتوح فيختفى فرق الجهد بين البوابة G والطرف T_2 للتريالك الرئيسى Q_1، ويتحول هو الآخر لحالة القطع وينطفىء المصباح L_1.

والجدير بالذكر أن شكل التريالك لا يختلف عن شكل الشايرستور، ولكن الرمز بالطبع يختلف.

٢ / ٨ - مكبر العمليات Op- Amp

يعتبر مكبر العمليات دائرة متكاملة خطية، ويتميز مكبر العمليات بالقدرة العالية فى تكبير إشارات المداخل المستمرة أو المترددة. كما أنه يمكن استخدام مكبر العمليات لأداء العديد من الوظائف باستخدام مجموعة قليلة من العناصر الخارجية.

والشكل رقم (٢-٢٠) يعرض نموذجاً لمكبر عمليات طراز 741، وكذلك مسقطاً أفقياً لأطرافه ووظيفة كل منها. كما يلاحظ وجود تجويف نصف دائرى على أحد جانبى مكبر العمليات وحتى يمكن معرفة أرقام أرجل المكبر يمسك باليد، بحيث يكون التجويف النصف دائرى لأعلى فتكون النقطة المميزة إلى اليسار وتكون أول الأرجل إلى أعلى تجاه اليسار هى رقم (١)، ويكون العد بعد ذلك فى اتجاه عكس عقارب الساعة.

التعريف بأرجل مكبر العمليات:

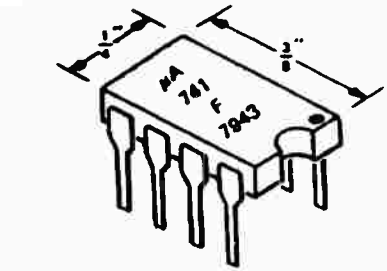
الرجل 1 ضبط الخرج عند الصفر

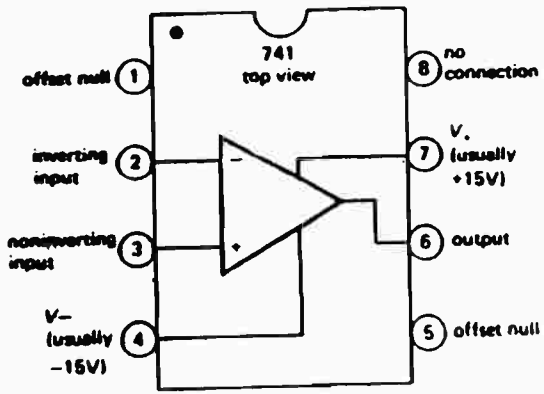
2 المدخل العاكس

3 المدخل غير العاكس

4 طرف التغذية السالبة للمكبر ويوصل بمنبع جهد 15V-

5 ضبط الخرج عند الصفر





الشكل (٢-٢٠)

6 طرف الخرج

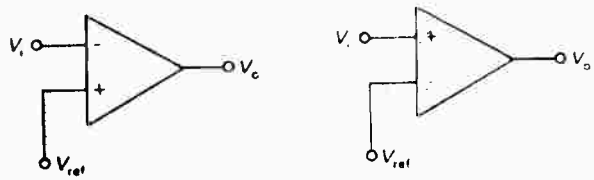
7 طرف التغذية الموجبة للمكبر ويوصل بمنبع جهد +15V

8 طرف لا يوصل N.C

وسوف نتناول عمل مكبر العمليات كمقارن للجهد

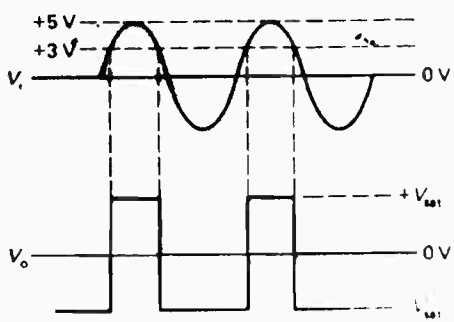
الشكل (٢-٢١) يعرض دائرة مقارن جهد بسيط .

(أ) مقارن غير عاكس . (ب) مقارن عاكس .



الشكل (٢-٢١)

والشكل (٢-٢٢) يوضح نظرية عمل المقارن غير العاكس، حيث يكون الدخل على الطرف غير العاكس موجة جيبية جهدها Vmax=5V ويوصل على الطرف العاكس بطارية جهدها 3V+ . فيلاحظ إنه عندما يكون جهد الدخل على الطرف غير العاكس أكبر من 3V+ فإن خرج المكبر يكون عبارة عن جهد التشبع الموجب لمكبر Vsat+ والذى يساوى 15V+ فى حين أنه عندما يكون الجهد على الطرف غير العاكس أقل من 3V+ ، فإن خرج المكبر يكون عبارة عن جهد التشبع السالب للمكبر والذى يساوى Vsat-، ويساوى جهد المصدر السالب 15V- تقريباً.



الشكل (٢-٢٢)

٢ / ٩ - الدوائر المتكاملة الرقمية:

تنقسم الدوائر المتكاملة الرقمية إلى عائلتين تبعًا لتركيبها الداخلي وهما:

- عائلة TTL ويندرج تحتها عدة سلاسل مثل: سلسلة.. 74.
- عائلة CMOS ويندرج تحتها عدة سلاسل مثل: سلسلة.. 40.

ولا يختلف شكل الدوائر المتكاملة الرقمية عن شكل مكبرات العمليات، ولكن عدد أرجلها لا يقل عادة عن 14 رجلا.

وتتعامل الدوائر الرقمية مع الإشارات الرقمية والتى لها حالتان: عالية **high** أو (1)، ومنخفضة Low أو (0). وتختلف قيم جهود (0,1) تبعًا لنوع العائلة. فبالنسبة لعائلة TTL فإن الحالة (1) تقابل جهداً أكبر من 2V+، والحالة (0) تقابل جهداً أصغر من 0.8V. وتغذى هذه العائلة بجهد مصدر يساوى 5V+، وبالنسبة لعائلة **CMOS** فإن الحالة (1) تقابل جهداً أكبر من 2/3 جهد المصدر، والحالة المنخفضة تقابل جهداً أقل من 1/3 جهد المصدر، حيث إن جهد المصدر يتراوح ما بين (3:15V+).

وتعتبر البوابات المنطقية والقلابات من أبسط الدوائر الرقمية.

١- البوابات المنطقية Logic gates: ويكون لها عدة مداخل ومخرج واحد؛ ولكل بوابة جدول حقيقة يبين عمل البوابة والشكل (٢ - ٢٣) يعرض رمز بوابة NOT (العاكس)؛ وجدول الحقيقة لها، ويلاحظ أن حالة خرج البوابة هو معكوس حالة دخلها.

خرج	دخل
1	0
0	1

الشكل (٢ - ٢٣)

وهناك أربع بوابات أساسية أخرى مبينة بالشكل (٢ - ٢٤) وهم كما يلى:

بوابة OR ويكون خرجها (1) إذا كان حالة أحد مدخليها على الأقل (1).

بوابة NOR ويكون خرجها (0) إذا كان حالة أحد مداخلها على الأقل (1).

بوابة AND ويكون خرجها (1) إذا كان حالة جميع مداخلها (1).

بوابة NAND ويكون خرجها (0) إذا كان حالة جميع مداخلها (1).

دخل		خرج
A	B	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

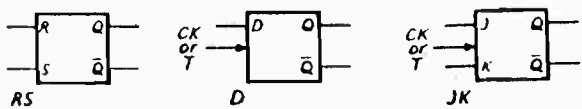
دخل		خرج
A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

دخل		خرج
A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

دخل		خرج
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

الشكل (٢ – ٢٤)

٢– **القلابات Flipflops** : ويعتبر القلاب البنية الأساسية للذاكرة ويمكن بناء القلاب من البوابات المنطقية والشكل (٢ – ٢٥) يعرض رموز أهم القلابات.



الشكل (٢ – ٢٥)

وهم: ١– قلاب R - S ٢– قلاب D ٣– قلاب J - K

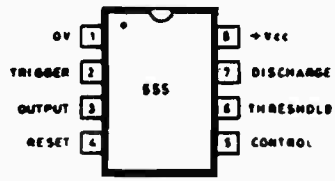
ولكل قلاب مخرجين متعاكسين هم $Q, \bar{Q}$. فبالنسبة للقلاب RS فإن حالة Q تكون عالية عندما تصل إشارة 1 للمدخل S وحالة $\bar{Q}$ تصبح عالية عندما تصل إشارة عالية للمدخل R. وبالنسبة للقلاب D فإن حالة المخرج Q تكون عالية عند وصول نبضة لمدخل النبضات CK بشرط أن تكون حالة مدخل البيانات D عالية (1) .

وبالنسبة للقلاب JK يكون حالة المخرج Q عالية (1) عند وصول نبضة لمدخل النبضات CK بشرط أن تكون حالة المدخل J عالية (1) والمدخل K منخفضة (0).

وهناك دوائر رقمية أخرى مثل للعدادات Counters ومسجلات الإزاحة Registers.

٢ / ١٠ - المؤقت الزمني 555

الشكل (٢ - ٢٦) يبين مسقطًا أفقيًا للدائرة المتكاملة 555



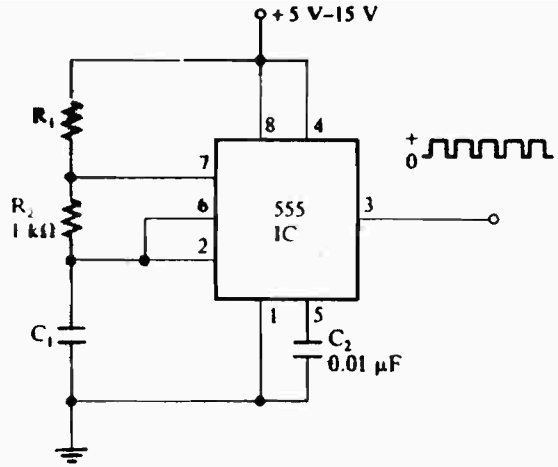
الشكل (٢ - ٢٦)

حيث إن :

الأرضى	(الرجل 1)	مدخل التحكم	(الرجل 5)
مدخل الإشعال	(الرجل 2)	مدخل جهد العتبة	(الرجل 6)
طرف الخرج	(الرجل 3)	مدخل التفريغ	(الرجل 7)
مدخل التحرير	(الرجل 4)	طرف التغذية الموجبة	(الرجل 8)

والشكل (٢ - ٢٧) يبين طريقة استخدام المؤقت 555 كمذبذب لا مستقر ويمكن الحصول على تردد النبضات الخارجة من المعادلة

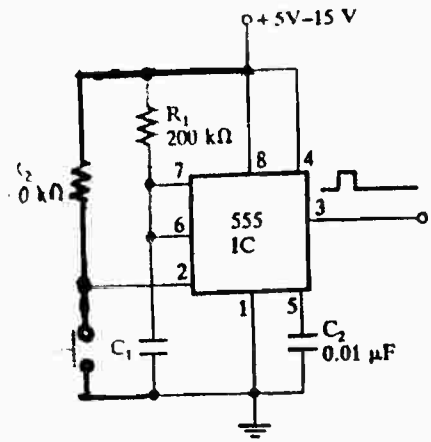
$$F = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)\,C_1}\ (HZ) \rightarrow 2.5$$



الشكل (٢ – ٢٧)

والشكل (٢ – ٢٨) يبين طريقة توصيل المؤقت 555 ليعمل كمذبذب أحادى الاستقرار ونحصل على زمن النبضة الخارجة على الرجل 3 عند الضغط على الضاغط S1 من المعادلة التالية .

$$T = 1.11\ C_1\ R_1\ (S) \rightarrow 2.6$$



الشكل (٢ – ٢٨)

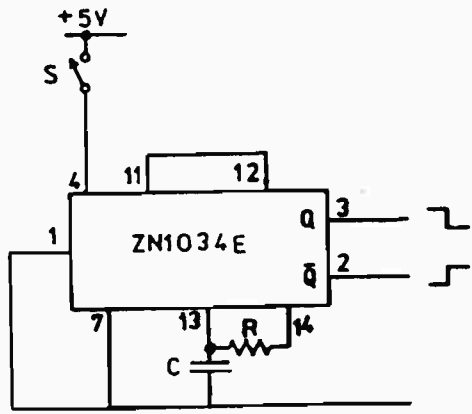
والجدير بالذكر أن تيار خرج المؤقت 555 القياسى يصل إلى 200 mA فى حين أن جهد التشغيل يتراوح ما بين (4.5 : 18V).

٢ / ١١ - المؤقت الدقيق ZN 1034E

استطاع المؤقت ZN 1034 E أن يحل مشاكل المؤقت 555 فله زمن تأخير يتراوح ما بين خمسون ملى ثانية إلى 22 أسبوعًا وله دقة عالية وتيار خرجه يصل إلى 25 mA، وجهد تغذيته 5V+ بتفاوت 0.25V ±.

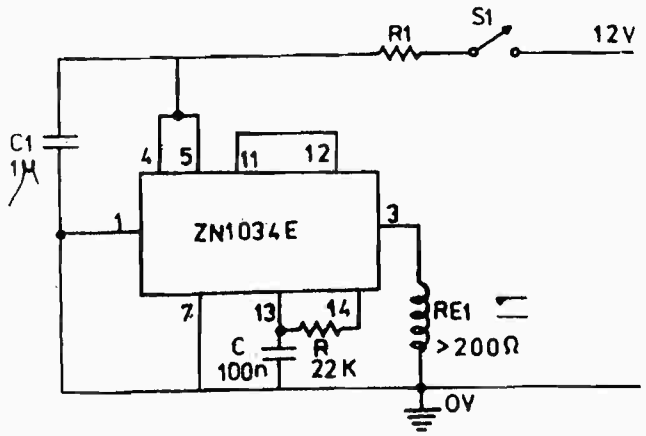
والشكل (٢ - ٢٩) يبين طريقة توصيل المؤقت ZN 1034 E للحصول على تأخير زمنى من لحظة غلق المفتاح S1 يساوى.

$$T = 2735\ CR\ (S) \rightarrow \quad 2.7$$



الشكل (٢ - ٢٩)

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام المؤقت ZN 1034 E ليعمل عند جهد أكبر من 5V بالطريقة المبينة بالشكل (٢ - ٣٠) حيث توصل مقاومة R1 بالتوالى مع جهد المصدر؛ علمًا بأن تيار الدخل للمؤقت يساوى 25 mA أيضًا.



الشكل (٢ - ٣٠)

٢ / ١٢ - مصادر القدرة المنتظمة :

أكثر الأجهزة الالكترونية تستخدم مصادر قدرة خطية وهى تتكون من :

١- مصدر قدرة غير منتظم .

٢- منظم جهد

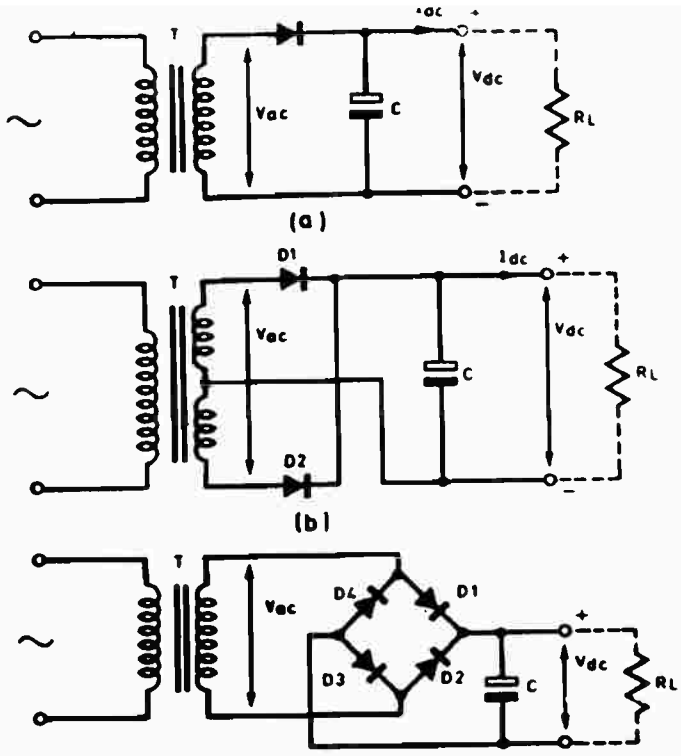
ويتكون مصدر القدرة غير المنتظم من :

- محول لخفض جهد مصدر التيار المتردد .

- دائرة توحيد لتوحيد التيار المتردد .

- مرشح (مكثف فى العادة) للحصول على خرج مستمر ناعم بدون ذبذبات .

والشكل (٢ - ٣١) يعرض ثلاث دوائر لمصادر القدرة غير المنتظمة تختلف فيما بينها فى دائرة التوحيد، فيستخدم فى الشكل (أ) موحد D وفى الشكل (ب) يستخدم موحدان وفى الشكل (جـ) يستخدم فنطرة توحيد تتكون من D1 - D4 .



الشكل (٢ – ٣١)

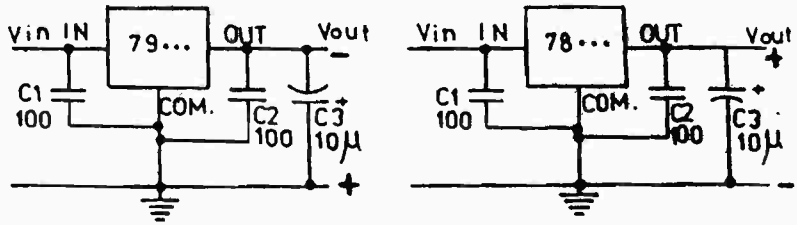
وهناك ثلاثة أنواع من الدوائر المتكاملة لمنظمات الجهد وهم كما يلى:

١– منظمات جهد ذات خرج ثابت غير قابل للمعايرة مثل: عائلة ..78 وعائلة ..79.

٢– منظمات جهد ذات جهد خرج قابل للمعاير مثل: الدوائر 338 K, 317K.

٣– منظمات جهد ذات جهد خرج قابل للمعايرة وتيار خرج أقصى قابل للمعايرة مثل: الدائرة المتكاملة 200 C L.

والشكل (٢–٣٢) يعرض طريقة توصيل العائلة ..78 مع خرج مصدر القدرة غير المنتظم (الشكل أ) وطريقة توصيل العائلة ..79 مع خرج مصدر القدرة غير المنتظم؛ علمًا بأن عائلة ..78 تعطى جهد خرج موجب مثل: 7805 تعطى جهد 5V+ وتيار 1A وعائلة ..79 تعطى جهد خرج سالب مثل: 7912 تعطى جهد 12V- وتيار 1A.

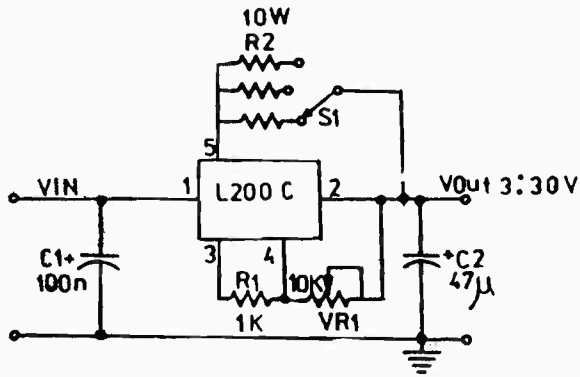


الشكل (٢ – ٣٢)

أما الشكل (٢ – ٣٣) فيبين طريقة توصيل الدائرة المتكاملة L200C . وفيما يلى علاقات جهد الخرج وتيار الخرج الأقصى Vout, Iout لهذه الدائرة :

$$Vout = 2.77\ (1 + \frac{VR_1}{R_1})\ (V) \rightarrow \qquad 2.8$$

$$Iout = \frac{0.45}{R_2}\ (A) \rightarrow \qquad 2.9$$



الشكل (٢ – ٣٣)