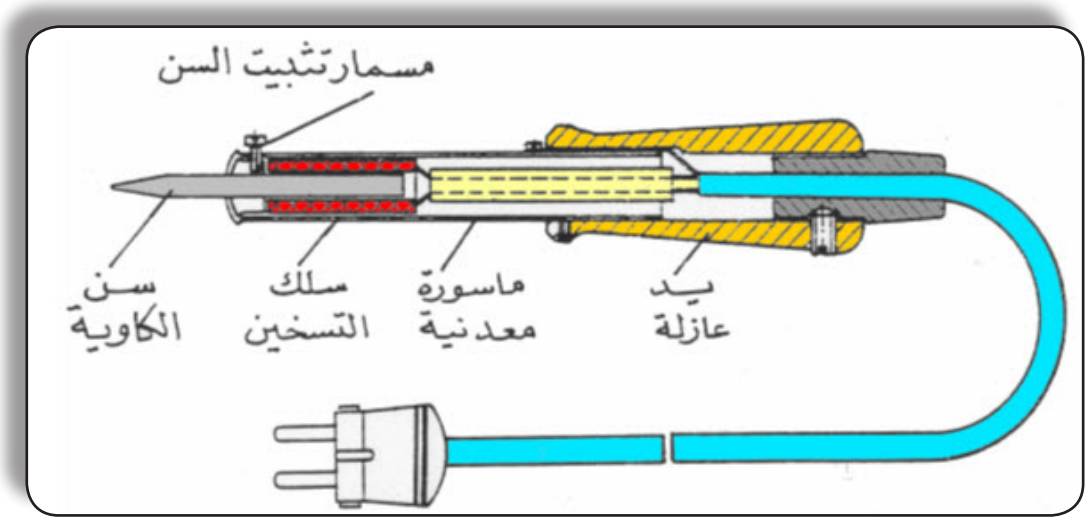
الفصل الثالث

تكنولوجيا الإليكترونيات

أولا : العدد والأدوات المستخدمة فى مجال الالكترونيات :

١ – كاوية اللحام Soldering Iron

معظم كاويات اللحام بالقصدير تغذى من مصدر التغذية العمومى (220V) أما الانواع التى تغذى بجهد منخفض (12V أو 24V) فتكون جزء من وحدات اللحام التى بها منظم للحرارة . وتتراوح القدرة للكاويات المستخدمة فى مجال لحام المكونات الالكترونية ما بين 15 و30W كما توجد كاويات لحام تعمل بالغاز وتستخدم فى حالة عدم توفر مصدر للتغذية بالتيار ، ولكن هذا النوع غير مناسب للاستخدام اليومى والشكل (١) يبين التركيب لكاوية لحام تعمل على مصدر التغذية العمومى ، حيث تتكون من ثلاثة اجزاء رئيسية : الاول هو سن الكاوية ويصنع من النحاس الاحمر ، و الجزء الثانى عبارة عن ماسورة معدنية مجوفة مثبت بطرفها العلوى السن وبداخل هذه الماسورة الجزء الثالث وهو ملف التسخين ، ويصنع من سلك النيكل كروم ، أما الطرف الأخر للماسورة فيوجد به يد الكاوية التى تصنع من مادة عازلة يخرج منها سلك التوصيل لتغذية الكاوية بالتيار الكهربى . والشكل (٢) يبين صورة لكاوية لحام من هذا النوع .



الشكل (١) تركيب كاوية اللحام

الشكل (٢) صورة لكاوية لحام

٢- كاوية اللحام بالهواء الساخن Hot Air Soldering Iron

عبارة عن وحدة بها مضخة هواء صغيرة تضغط الهواء حيث يمر عن طريق خرطوم ينتهى بمسدس اللحام Soldering Gun الذى به سخان كهربى ، فعند مرور الهواء خلال السخان أو من فوقه تنتقل طاقة الحرارة من السخان إلى الهواء الذى يخرج من فتحة (فنية Nozzle) مسدس اللحام .

وفى الأنواع الجيدة لهذا النوع من كاويات اللحام يكون هناك تحكم فى درجة الحرارة ومعدل مرور الهواء . والشكل (٣) يبين صورة لمثل هذا النوع من كاويات اللحام ، والتى تستخدم فى لحام وفك لحام المكونات الإلكترونية التى تجمع على سطح اللوحة .

الشكل (٣)

٣- حامل الكاوية :

يجب أن يكون هناك حامل للكاوية أثناء عدم إستخدامها ، ويحتوى هذا الحامل على قطعة إسفنج مبلل بالماء لتنظيف سن الكاوية .

الشكل (٤)

٤- شفاط لحام :

الشفاط عبارة عن أداه لشفط القصدير (وهو فى حالة الانصهار) من نقط اللحام عندما يراد إصلاح عطل أو استبدال أى عنصر .

الشكل (٥)

٥- شريط إزالة اللحام :

الشكل (٦)

وهو مصنوع من شبكة نحاسية تقوم بامتصاص القصدير المنصهر ، ويستخدم كبديل لعمل الشفاط المستخدم عند فك اللحام .

٦- قصافة جانبية :

الشكل (٧)

وهى ضرورية لقطع أو تقشير الاسلاك وكذلك لقطع أطراف العناصر الالكترونية.

٧- زرادية ذات فك ملفوف :

الشكل (٨)

تستخدم فى عمل نهايات الاسلاك وثنى الأسلاك على شكل دوائر حتى يسهل ربطها فى نقط التوصيل الخاصة بالمفاتيح .

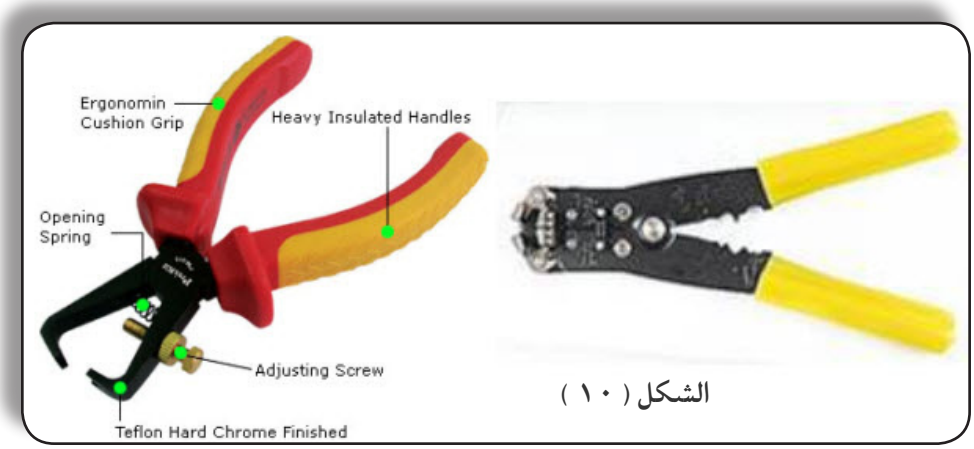
٨- زرادية ذات الاطراف المدببة "بوز تمساح" :

الشكل (٩)

تستخدم لتثبيت أو فك الاجزاء الالكترونية كما أنها مفيدة لحمل هذه الاجزاء فى المناطق الضيقة ، وتستخدم أيضاً لتعديل أو ثنى أطراف العناصر الالكترونية .

٩- قشارة أسلاك :

تستخدم فى تقشير الأسلاك ، ويوجد بها أداه لضبط فتحة الفكين حسب قطر السلك المراد تقشيره ، وتوجد أنواع عديدة من قشارات الأسلاك كما فى الشكل



الشكل (١٠)

١٠- مفكات :

تستعمل المفكات فى فك وربط المسامير وتصنع من الصلب ، ولها يد من البلاستيك ، ويوجد منها أشكال وأنواع مختلفة فى الطول والنوع .

الشكل (١١)

١١- طقم أدوات مساعدة Soldering Aids :

الشكل (١٢)

١٢- منظف اللوحات المطبوعة PCB Rubber :

عبارة عن قطعة من المطاط (القاشط) لتنظيف المسارات النحاسية أو نقط اللحام باللوحات ذات الموصلات المطبوعة وذلك لتنظيفها من الأكاسيد والأتربة والمواد الشمعية ...الخ .

الشكل (١٣)

١٣- جفت :

يستخدم لحمل الأجزاء والقطع الصغيرة وكذلك تثبيت الأسلاك وأطراف العناصر الالكترونية أثناء اللحام.

الشكل (١٤)

١٤-مثقاب كهربى صغير :

من الأفضل أن يثبت على حامل ، ويستخدم لعمل فتحات المسامير لتثبيت اللوحات الالكترونية فى الهيكل المعدنى أو صندوق الجهاز ، وكذلك عمل الفتحات الضرورية لمرور الأسلاك وفتحات المفاتيح وغير ذلك . وحيث أن هذه الفتحات متنوعة المقاس فيجب أن يكون معه تشكيلة من "البنط" .

الشكل (١٥)

ثانيا : تقنية اللحام بالقصدير :

عملية اللحام من المهارات المهمة بل و الأساسية للعاملين أو الهواة على حد سواء فى مجال الإلكترونيات، لأنها وسيلة ربط المكونات الإلكترونية ببعضها البعض لكى تكون فى النهاية دائرة الكترونية يمكن الاستفادة منها .

ويعتبر اللحام و فك اللحام من المهارات الأساسية التى يجب أن يتقنها جيدا من يقوم بالعمل فى الأجهزة والدوائر الإلكترونية، لأنه غالبا بدون فك العنصر التالف فى أى جهاز ولحام آخر صالح محله لا يمكن إصلاح الأجهزة العاطلة.

مهارة اللحام والفك ليست صعبه بل يمكن اكتسابها بسهولة عند التدريب عليها وإتباع قواعدها بدقة، ومعرفة عيوب اللحام وممارسة العمل به باستمرار.

لإجراء عملية لحام جيدة لابد من معرفة عناصر وأدوات اللحام وكيفية اشتراكها مع بعضها لإنتاج نقطة لحام جيدة.

عناصر ومتطلبات اللحام :

أ – كاوية لحام جيدة ومناسبة :

المقصود بتعبير مناسبة هو أن تكون الكاوية مناسبة من حيث الطاقة المستهلكة فيها ومن حيث مساحة مقطع سنها.

ب- سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح وأطراف المكونات المراد لحامها:

يجب أن يكون سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح خاليا من أى مواد شمعية أو شحميه أو زيتية وأن يكون خاليا من الأكسيد و الأتربة وكذلك أطراف المكونات الإلكترونية المراد لحامها.

جـ- سلك اللحام:

الشكل (١٦)

يتكون قصدير اللحام أو على الأصح سبيكة اللحام من مادتى القصدير والرصاص بنسب مختلفة وكلما ذادت نسبة القصدير تكون الجودة أكبر ،وعادة ما تكون هذه النسبة ٤٠٪رصاص و ٦٠٪ قصدير، وفى هذه الحالة تبدأ مادة اللحام فى الانصهار عند درجة حرارة مابين ١٨٣ و ١٩٠ درجة مئوية.

ويتوفر سلك اللحام بعدة أقطار ويفضل فى أغراض اللحام بالدوائر الالكترونية سلك قطره ٠,٥mm ،كما يفضل أن يكون من النوع الذى يحتوى على مادة مساعدة للحام (فلكس) بداخلة . وحيث أن قصدير اللحام يحتوى على نسبة من الرصاص كما سبق أن أشرنا ، فقد يتسبب عند استنشاق أبخرته فى أمراض خطيرة ، لهذا ينصح بغسيل اليدين بعد التعامل معه والمحاولة قدر المستطاع تجنب استنشاقه.

تجهيز عناصر اللحام:

أ – تجهيز كاوية اللحام:

نظف سن الكاوية جيدا من أى شوائب عالقة أو أكاسيد باستخدام مبرد أو ورقة سنفره أو فرشاة من السلك حتى يصبح سطح السن لامعا. وصل التيار الكهربى للكاوية حسب جهد التشغيل الخاص بها. اترك الكاوية حتى تسخن، قرب سلك اللحام من سن الكاوية حتى ينصهر عليه ويكون طبقة فضية لامعة على سن الكاوية ويكون كرة من القصدير المنصهر على مقدم السن.

هذه الكرة تساعد على تسريب الحرارة من السن وعلى جودة نقطة اللحام عند اللحام. قبل بدء اللحام مرر سن الكاوية على قطعة من الإسفنج الطبيعى موضوعة فى وعاء مناسب ومبلله بالماء وذلك لإزالة أى أكاسيد وتصغير كرة القصدير المنصهرة على سن الكاوية.

ب- تجهيز أطراف المكونات والأسلاك:

يجب أن تكون أطراف المكونات خالية من أى أكاسيد أو أتربة أو مواد شحميه أو زيتية، وإذا كان الطرف المراد لحامه سلكا سواء كان سلكا مصمتا أو مكونا من عدة شعرات، أزل المادة العازلة عن طرفه بطول مناسب باستخدام أداة تقشير مناسبة لقطر السلك، وراعى الدقة عند إزالة الطبقة العازلة عند تقشير الأسلاك لأن أى حز فى السلك المصمت أو قطع لعدة شعرات يؤدى إلى ضعف السلك ميكانيكيا مما يؤدى لقطعه بعد اللحام نتيجة لحركة السلك، وهذا العيب من العيوب التى يصعب اكتشافها عند فحص اللحام.

جـ- تجهيز سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح :

يجب التأكد من خلو السطح المراد اللحام فيه من الأكاسيد والأتربة والمواد الشمعية والشحمية والزيتية، ويتم ذلك بمسح السطح بقطعة قماش مبلله بمادة طيارة مثل الكحول أو باستخدام ما يسمى Rubber Block

الشكل (١٧)

أنواع اللحام : تصنف عمليات اللحام إلى ثلاثة أنواع هى :

أ – لحام أطراف المكونات مع بعضها أو فى عروات (Tag Solder) :

فى هذا النوع من اللحام تجهز أطراف المكونات على شكل خيات للحامها مع بعضها أو مع العروات.

ب- لحام أطراف العناصر فى لوحة الشرائح أو لوحة الدوائر المطبوعة:

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

جـ- لحام أطراف العناصر على سطح :

فى هذا النوع من اللحام يلحم طرف العنصر على سطح النحاس دون المرور فى ثقوب باللوحة.

لإجراء عملية لحام اتبع الخطوات التالية :

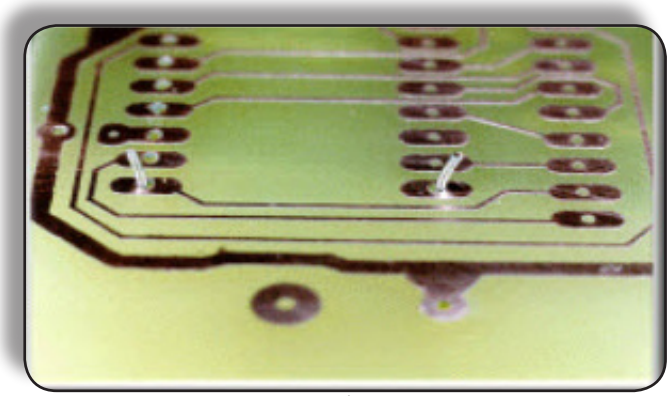
١- صل الكاوية بمصدر الكهرباء وضعها على حامل بحيث لا تكون ملامسه لأى سطح حتى لا تؤدى إلى تلفيات نتيجة حرارتها المرتفعة.

الشكل (١٨)

٢- ننظف سن الكاوية بامراره على قطعة من الإسفنج الطبيعى موضوعة فى وعاء مناسب ومبللة بالماء وذلك لإزالة أى أكاسيد .

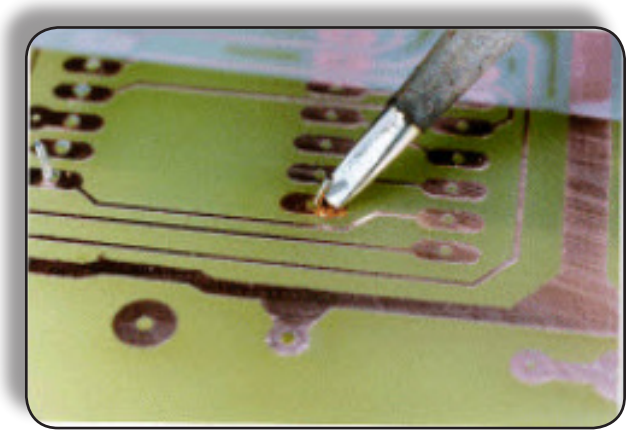
الشكل (١٩)

٣- أدخل أطراف العنصر فى ثقوب اللوحة المطبوعة مع ثنى الأطراف قليلا لزيادة التثبيت.



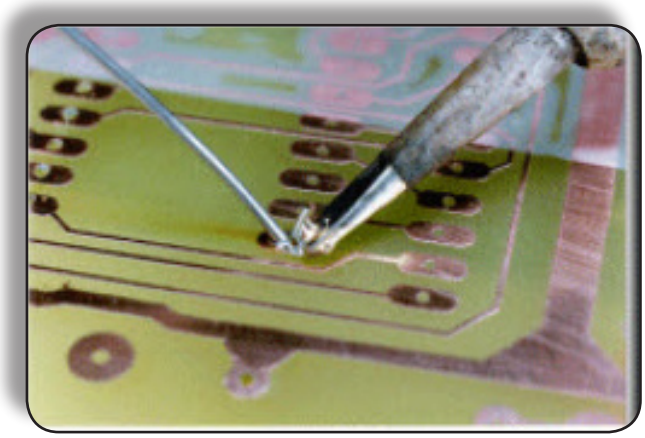
الشكل (٢٠)

٤- ضع سن الكاوية على جانب طرف العنصر المراد لحام أطرافه وذلك لعدة ثوان



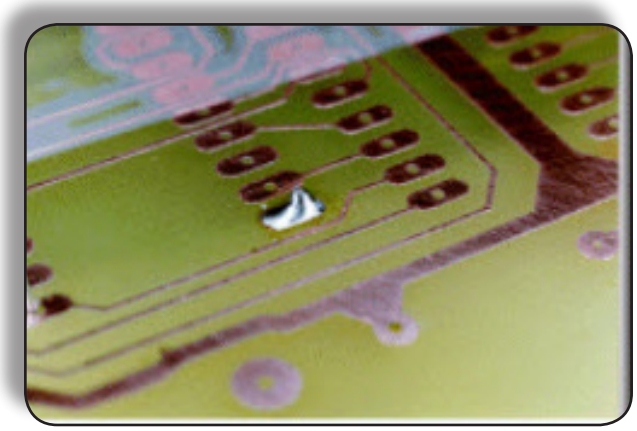
الشكل (٢١)

٥- استمر فى وضع سن الكاوية مع وضع سلك القصدير من الجانب الأخر لطرف العنصر حتى ينصهر من سلك القصدير عدة ملليمترات وبحيث يحيط بنقطة اللحام من كل جانب ، ثم ارفع سن الكاوية واترك وقتا كافيا لنقطة اللحام كى تبرد طبيعيا قبل أن تحرك العنصر .



الشكل (٢٢)

٦- قد يستغرق الأمر من الوقت ثانية أو اثنين وتحصل بعدها على نقطة لحام جيدة وملساء ولامعة كما فى الشكل المقابل.



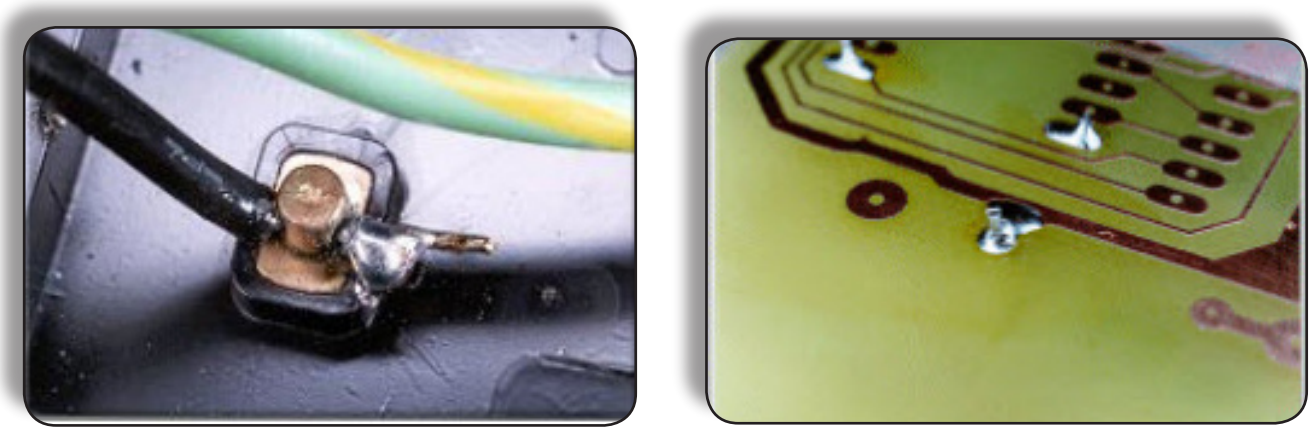
الشكل (٢٣)

عيوب اللحام :

تصنف عيوب اللحام إلى عدة أصناف هى :

أ- نقطة اللحام الباردة:

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



الشكل (٢٤)

ويمكن أن تنتج نقطة اللحام الباردة كذلك عن حركة أى عنصر من عناصر نقطة اللحام قبل تجمد سبيكة اللحام المنصهرة، أو عن تبريد نقطة اللحام بدفع هواء عليها بأى وسيلة وعدم تركها لتبرد تلقائيا. وقد تنتج أيضا من كون سن كاوية اللحام غير نظيف مما يؤدى إلى تسرب الشوائب العالقة به إلى نقطة اللحام. ولإصلاح هذا العيب تزال نقطة اللحام تماما بواسطة الكاوية ومخلخل هواء مناسب، ثم تعاد عملية اللحام مرة ثانية بطريقة صحيحة.

ب- وجود طبقة من القلفونيا (مساعد اللحام) بين طرف المكون وسبيكة اللحام :

وينتج عن هذا العيب وجود مقاومة كبيرة بين طرف المكون ونقطة اللحام قد تصل إلى ما لانهاية فى بعض الأحيان وذلك لأن مساعد اللحام يعتبر مادة عازلة.

وينتج هذا العيب عن خطأ فى وضع سن كاوية اللحام أو عدم الانتظار بها على نقطة اللحام حتى يتم تبخر المادة المساعدة للحام، ولإصلاح هذا العيب توضع كاوية اللحام على نقطة اللحام مرة أخرى إلى أن يتم تبخر مادة مساعد اللحام من نقطة اللحام.

جـ- عدم إحاطة سبيكة اللحام بطرف المكون المراد لحامه أو عدم التصاق نقطة اللحام بسطح اللوحة المراد اللحام بها:

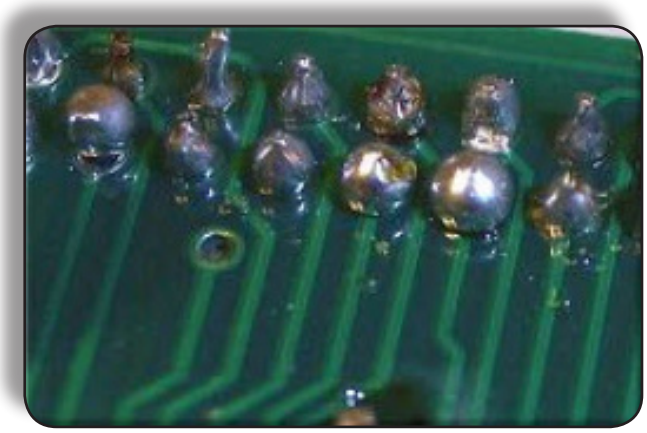
ينتج هذا العيب عن نقص كمية سبيكة اللحام المنصهرة لنقطة اللحام بسبب إبعاد سلك اللحام عن نقطة اللحام قبل إتمامها أو عن عدم انصهار سبيكة اللحام جيدا أو عن الوضع الخطأ لكاوية اللحام. وقد يؤدى كذلك إلى وجود

طبقة من مساعد اللحام كعازل بين نقطة اللحام والسطح المراد اللحام به أو العروة. يوضح الشكل التالى هذا العيب.

لإصلاح هذا العيب تسخن نقطة اللحام مرة أخرى ويزاد كمية سبيكة اللحام المنصهرة وينتظر حتى يتم تبخر المادة المساعدة للحام.

د- قنطرة اللحام:

يحدث هذا العيب نتيجة لعدم العناية عند إبعاد كاوية اللحام عن نقطة اللحام، ويؤدى ذلك إلى توصيل نقطة اللحام أو الشريحة التى أجرى اللحام عليها بنقطة لحام أخرى. ويوضح الشكل التالى هذا العيب من عيوب اللحام. وغالبا ما يؤدى هذا العيب إلى أضرار كبيرة بالدوائر إن لم يكتشف قبل التشغيل.

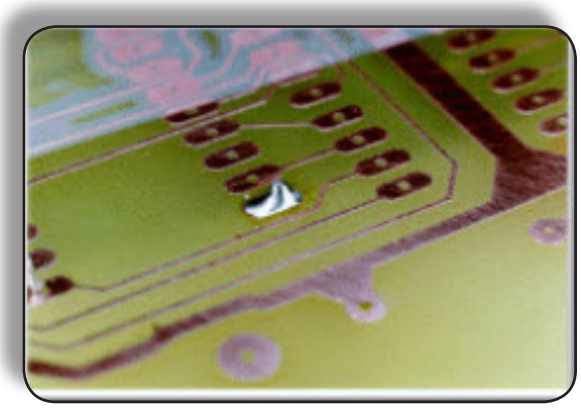


الشكل (٢٥)

هـ- قطع طرف المكون المراد لحامه قبل اللحام بحيث يكون قصيرا:

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

إن إجراء نقطة لحام جيدة لا يستغرق أكثر من ٢ إلى ٥ ثانية تقريبا. ويمكن الوصول إلى ذلك عن طريق كثرة التدريب على اللحام للوصول إلى تحقيق نقطة لحام جيدة فى أقصر وقت ممكن . يوضح الشكل التالى صورا لنقط لحام جيدة. تفحصها جيدا من حيث حجم كمية القصدير وانتشاره حول الطرف المراد لحامه.



الشكل (٢٦)

فك اللحام Desoldering:

عملية فك اللحام لها نفس أهمية اللحام، لأنها من العمليات الضرورية لإزالة العناصر التالفة فى الدوائر الإلكترونية. وتستخدم لها أدوات فك اللحام، وسواء كانت الكاوية ذات السن المجوف وبها شفاط للهواء أو كاوية اللحام العادية وشفاط هواء منفصل.

للتمرين على فك اللحام أحضر لوحة دوائر الكترونية قديمة وحاول فك العناصر الموجودة بها، حافظ على أن تبقى الدائرة المطبوعة سليمة بعد الفك. عملية فك العناصر من الدوائر تتم إما لاختبار صلاحيتها خارج الدائرة وإعادة تركيبها مرة أخرى، أو عند التأكد من تلفها قبل الفك. فى حالة الفك للاختبار يجب أن تراعى الدقة فى أثناء عملية الفك لأنه

يمكن أن يكون العنصر المراد فكه صالحا ولكنه يتلف عند الفك نتيجة التسخين لدرجة حرارة عالية، لذلك ينصح باستخدام المسربات الحرارية عند الفك وعند اللحام.

وسوف نقدم مثال لفك لحام أحد العناصر الإلكترونية من لوحة مطبوعة حيث يوضح الشكل نقطتى لحام يراد فك لحاميهما من اللوحة المطبوعة لاستبدال أحد المكثفات الالكترونية التالفة .

الشكل (٢٧)

١ - اجعل سن الكاوية يلامس نقطة اللحام الأولى لمدة تتراوح ما بين ثانية أو اثنين حتى ينصهر قصدير اللحام.

الشكل (٢٨)

٢- استخدم شفاط القصدير لشفط القصدير المنصهر من نقطة اللحام بعد رفع سن الكاوية،قد يحتاج الأمر إلى تكرار هذه العملية بعد إضافة قصدير جديد فى كل مرة إلى نقطة اللحام

٣- سوف يتم فك لحام النقطة الثانية باستخدام شريط إزالة اللحام :

أ- ضع الشريط فوق نقطة اللحام مباشرة ثم ضع سن الكاوية الساخن فوق الشريط مباشرة

ب- سوف يبدأ القصدير المنصهر بالسريان خلال نسيج الشريط

جـ – بعد الانتهاء من العملية ارفع الشريط والكاوية فى نفس الوقت. قد يحتاج الأمر إلى تكرار العملية، ولكن يجب الحرص على ألا تؤثر الحرارة الزائدة على العنصر الالكترونى الذى يفك لحامه.

د - بعد الانتهاء من عملية سحب القصدير اقطع الجزء المستخدم من الشريط.

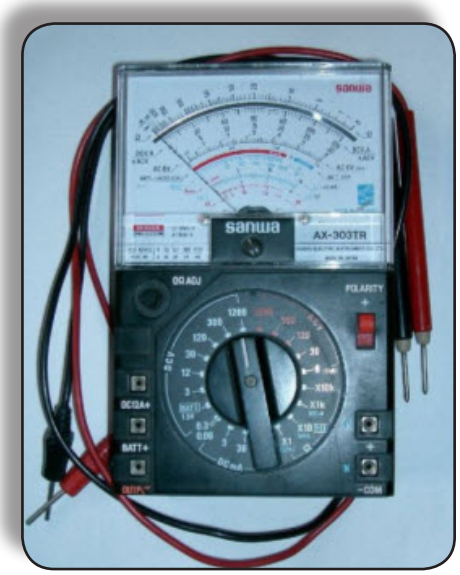
الشكل (٢٩)

ثالثا: الملتميترات Multimeters

مقدمة :

الملتميترات هى أجهزة متعددة القياسات ، وتعد أجهزة اختبار مفيدة جداً ، حيث بها مفتاح متعدد الأوضاع يمكن عن طريقة بسهولة ضبط الجهاز ليعمل كفولتميتر أو أميتر أو أوميتر ، والأنواع الحديثة منها بها إمكانية اختبار الثنائيات والترانزستور وسعة المكثفات أيضاً . وسوف نتناول هنا الملتميترات من حيث كيفية التعامل معها واستخدامها فى التطبيقات العملية .

الملتميترات التماثلية Analogue Multimeters :



شكل (٣٠) صورة لملتيميتر تماثلى

الملتميترات التماثلية أو التناظرية (ذات المؤشر) تأخذ جزء صغير من قدرة الدائرة موضوع القياس وذلك لتشغيل المؤشر ، ويجب عند اختيارها أن تكون لها حساسية عالية (على الأقل 20kΩ/V) و إلا يحدث تحميل على دائرة القياس ونحصل على قراءة خاطئة .

والبطارية التى تكون موجودة بداخل الملتيميتر التماثلى توفر القدرة فى حالة قياس المقاومة . ويجب عدم ترك الجهاز مضبوطاً على وضع قياس المقاومة (فى حالة عدم إستخدامه) فربما يتلامس طرفى الجهاز دون قصد لمدة طويلة ويؤدى ذلك إلى تلف البطارية .

الملتميترات الرقمية Digital Multimeters :

تقدم أجهزة القياس الرقمية مزايا عديدة بالمقارنة مع غيرها من أجهزة القياس التماثلية ويمكن تلخيص هذه المرايا كالأتى :

١ - يمكن قراءة القيم المقاسة مباشرة من شاشة العرض الرقمية وبهذا تكون القراءة دقيقة (أنظر الشكل .

٢ - يمكن توصيلها إلى دائرة القياس بقطبية صحيحة أو معكوسة دون تلف الجهاز ، فقط سوف تظهر علامة (-) على الشاشة عندما يكون التوصيل معكوس .

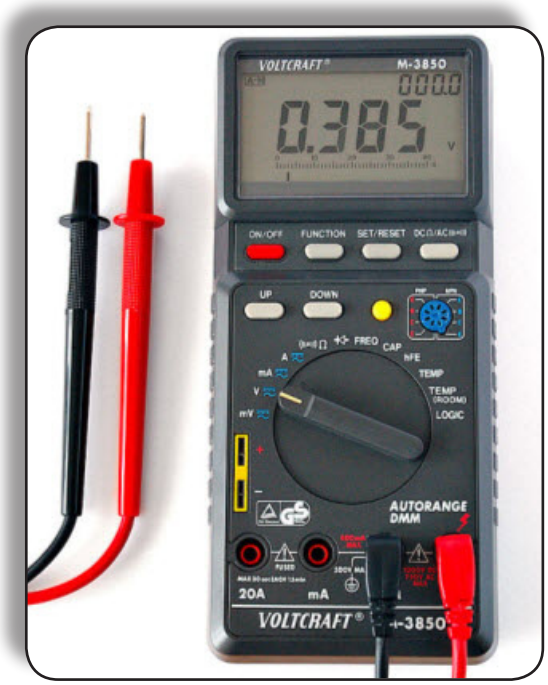
٣ - فى حالة التحميل الزائد فأن معظم خانات شاشة العرض تظهر غالباً بيضاء Blank (بدون قراءة) مع ظهور [1] ناحية اليسار وذلك دون تلف الجهاز .

شكل (٣١) صورة لملتميتر رقمي

٤ - تحتوى هذه الأجهزة على بطارية لتغذية شاشة العرض ، ولهذا فأنها عملياً لا تسحب قدرة من الدائرة موضوع القياس . وهذا معناه أن تدريج القياس للجهد المستمر يكون مقاومة عالية جداً (أكبر من 1MΩ) وبهذا لا يحدث تحميل على دائرة القياس .

وتصنف أجهزة القياس الرقمية متعددة القياسات حسب عدد الخانات الكلية للمبين الرقمى . وعامة تضاف خانة للزائد عن مدى القياس بالنسبة للخانات الكلية للمبين الرقمى لتسمح لمستخدم الجهاز بقراءة قيمة تكون أعلى من مدى القياس الكلى .

وتسمى هذه الخانة غالباً بخانة "النصف" أو خانة الرقم الجزئى ، وهى تعرض "0" أو "1" فقط وعلى ذلك يوصف الجهاز الرقمى بعدد معين "×" من الخانات الكلية بالإضافة إلى ½ وهو الخاص بما يزيد عن مدى القياس ، فمثلا نقول جهاز قياس له مبين رقمى 3½ Digits أى ثلاث خانات كلية بالإضافة إلى خانة إضافية للزائد عن مدى القياس وهذه الخانة تزيد من مزايا أجهزة القياس الرقمية حيث تحافظ على التباين إلى ما بعد نطاق القياس الكلى . ويكون موقع هذه الخانة يسار خانات المبين الرقمى .



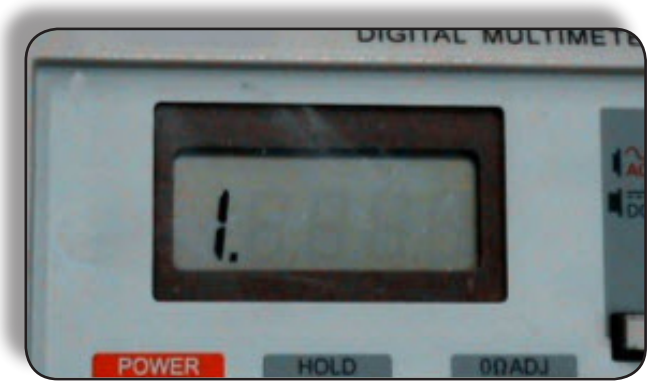
شكل (٣٢)

وعامة يعبر عن هذه الخانة بنسبة مئوية من النطاق الكلى للقياس وعلى سبيل المثال فأن الجهاز الذى مبينة الرقمى 3½ Digits مع 20٪ Over ranging يمكنه إظهار جهود حتى 1.199V فى حالة ضبطه على مدى قياس (1V)

وتوجد أيضاً أنواع من الملتميترات الرقمية بها إمكانية اختيار مدى القياس الصحيح أتومايكياً Auto-rang Multimeters كما فى الشكل .

قياس المقاومة باستخدام الملتميتر الرقمى :

١ - اضبط الجهاز على مدى قياس للمقاومة أكبر من المتوقع بالنسبة لقيمة المقاومة المقاسة لأنه إذا كانت قيمة المقاومة المجهولة أكبر من مدى القياس المضبوط عليه الجهاز فان شاشة العرض سوف تظهر كما فى الشكل .



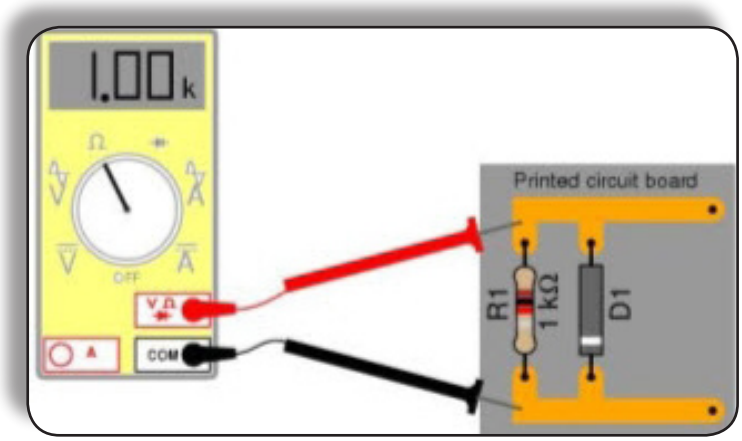
شكل (٣٣)

٢ - اجعل طرفى الجهاز يتلامسان للتأكد من أن قراءة الجهاز "صفر" ، فإذا لم يكن الأمر كذلك اضبط مفتاح Set Zero (إذا كانت هذه الخاصية متوفرة) .

٣ - وصل طرفى الجهاز عبر المقاومة أو العنصر المراد قياس مقاومته ثم اقرأ القيمة من شاشة العرض .

فى حالة قياس المقاومات عالية القيمة (أكثر من ١٠٠٠٠Ω) لابد من الحرص على عدم توصيل جسم الإنسان بين طرفى الجهاز أى بالتوازى مع المقاومة المقاسة حتى لا نحصل على نتيجة قياس خاطئة .

ويجب ألا تكون المقاومة موصلة بالدائرة بل يفك لحام أحد طرفيها وذلك حتى لا تتأثر النتيجة بوجود عناصر أخرى متصلة معها بالتوازى كما فى الشكل ويؤدى ذلك إلى الحصول على قراءة خاطئة.



شكل (٣٤)

قياس الجهد والتيار باستخدام الملتميتر :

١ - اضبط الجهاز على الأوضاع التى تناسب نوع الكمية المقاسة من أنها فرق جهد أو شدة تيار وكذلك تيار متردد أو مستمر .

٢ - اختر مدى قياس أكبر من المتوقع أن تصل إلية القيمة المقاسة .

٣ - وصل الجهاز بقطبية صحيحة فى دائرة القياس (فى الملتميتر الرقمى يمكن التوصيل بقطبية معكوسة بأمان) .

٤ - لا تترك الجهاز مضبوط على وضع قياس التيار إلا فى حالة القياس الفعلى للتيار ، حيث أن مقاومة الجهاز فى هذه الحالة تكون منخفضة .

٥ - عند اختبار الدوائر الالكترونية يتطلب الأمر قياس الجهود عند نقط قياس مختلفة ، ولتحقيق ذلك يتم ضبط الملتميتر على وضع قياس الجهد بعد ضبط الجهاز على مدى القياس الأعلى ثم النزول تدريجيا حتى نحصل على القراءة بدقة .

تمرين : استخدم جهاز الملتميتر الرقمى المتوفر بالمدرسة لقياس الآتى:

(أ) مصدر التغذية بالتيار العمومى.

(ب) مجموعة مقاومات مختلفة القيم .

رابعا : المكونات الالكترونية الأساسية

مقدمة :

تتكون جميع الدوائر الالكترونية من مكونات موصلة معاً حسب الرسم النظرى ، ويقوم كل مكون (عنصر) بدور معين بهذه الدائرة ، وتنقسم هذه المكونات إلى نوعين أساسيين :

١ - مكونات غير فعالة Passive Components (أو المكونات المساعدة) .

٢ - مكونات فعالة Active Components (أو المكونات الرئيسية) .

المكونات غير الفعالة هى تلك العناصر التى يقاس تأثيرها فى الدائرة بقيمة واحدة مثل المقاومة فى المقاوم والسعة فى المكثف والحث فى ملف الحث .

أما المكونات الفعالة فتشمل الترانزستور والدوائر المتكاملة ICs وكذلك أنبوبة أشعة المهبط التى تنتمى للصمامات الالكترونية .

المقاومات :

تستخدم المقاومات فى الدوائر الالكترونية إما للتحكم فى كمية التيار الذى يمر بالدائرة أو التحكم فى الجهد عن طريق تجزئ الجهد ، وتنقسم المقاومات إلى نوعين رئيسيين :

١- مقاومات خطية وهذه تخضع لقانون أوم .

٢- مقاومات غير خطية وهى تنقسم إلى ثلاثة أنواع :

أ- المقاومات الحرارية Thermistors وهى حساسة للحرارة .

ب- المقاومات الضوئية Photo Resistors وهى حساسة للضوء .

جـ- المقاومات المعتمدة على الجهد VDR .

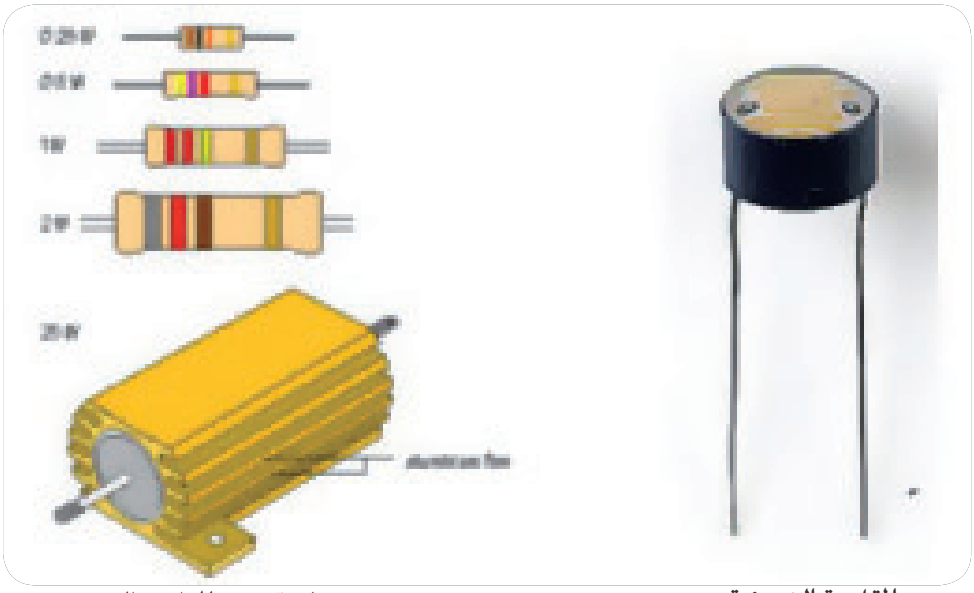
المواصفات الفنية للمقاومات :

للمقاومات ثلاث مقننات هامة جداً ، وهى :

١ - **قيمة المقاومة :** يعبر عن القيمة المطلوبة بالأوم (Ω) أو الكيلو أوم (KΩ) أو الميجا أوم (MΩ) .

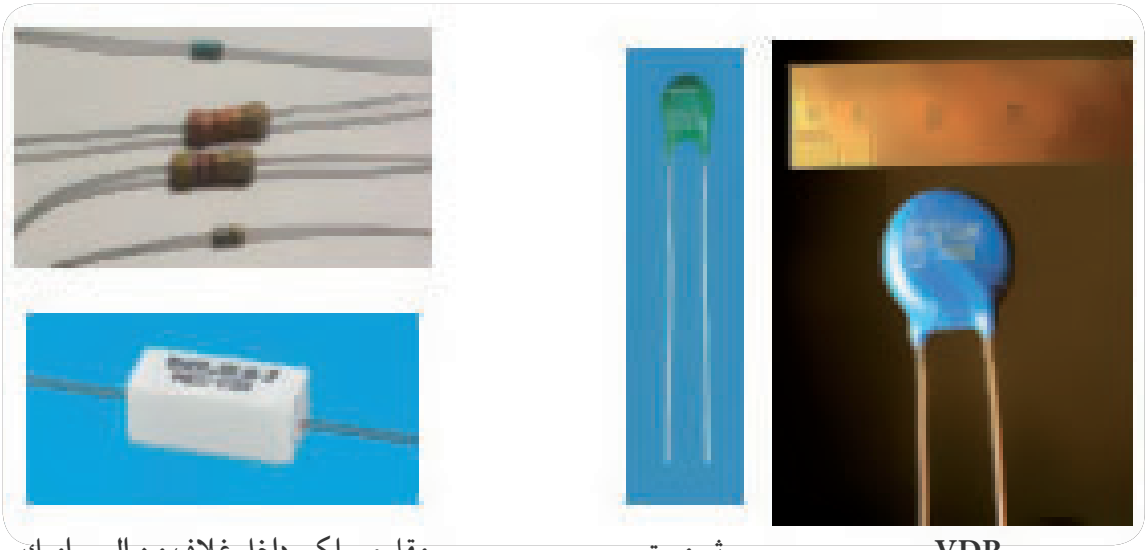
٢ - **التفاوت Tolerance :** هو أقصى انحراف مسموح به عن القيمة الاسمية (المقننة) للمقاوم ، ويعبر عنه بالنسبة المئوية .

٣ - **القدرة الاسمية :** هى القدرة القصوى التى يبددها المقاوم ، وتعتمد إلى حد كبير على أبعاد المقاومة حيث أن هذه الأبعاد هى التى تحدد مساحة السطح المتاحة للإشعاع الحرارى .



علاقة حجم المقاوم بالقدرة

المقاومة الضوئية



مقاوم سلكى داخل غلاف من السيراميك

ثيرمستور

VDR

شكل (٣٥)

أنواع مختلفة من المقاومات

ويمكن معرفة قيمة المقاومة وكذلك النسبة المئوية للتفاوت عن طريق الأرقام والحروف المكتوبة على جسم المقاوم

مثل :

$4700\Omega = 4.7k\Omega = 4K7$

$3300\ 000\Omega = 3.3M\Omega = 3M3$

$6.8 = 6R8$

ويستعمل نظام الحروف لبيان النسبة المئوية للتفاوت فى القيمة مثل :

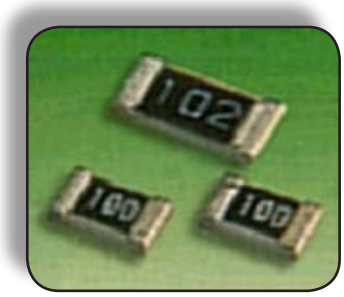
G = ± 2 %	F = ± 1 %
J = ± 5 %	K = ± 10 %
	M = ± 20 %

مثال :

هذا يعنى أن قيمة المقاومة 1.8KΩ ونسبة التفاوت ± 5%

قيم المقاومات التى تجمع على سطح اللوحة:

يوجد نوع من المقاومات يتم تجميعه على سطح اللوحة بتكنولوجيا خاصة Surface Mount Technology (SMT) وتطبع قيمة هذا النوع من المقاومات على جسم المقاوم على هيئة كود رقمى ، عبارة عن ثلاث خانات ، الخانة الأولى رقم والخانة الثانية رقم والثالثة تعبر عن معامل الضرب كما فى الأمثلة الآتية :



"334" = 33 × 10 000 ohms = 333 kΩ

"222" = 22 × 100 ohms = 2.2 kΩ

"105" = 10 × 100 000 ohms = 1 MΩ

"100" = 10 × 1 = 10 Ω

"220" = 22 × 1 = 22 Ω

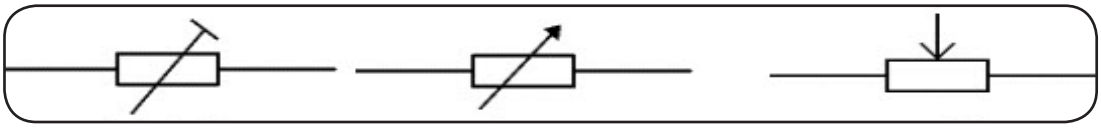
أما المقاومات التى قيمتها أقل من 10 Ω فان قيمة المقاومة تحتوى على حرف R بدلا من العلامة العشرية ، مثل:

0R 01 = 0.01 Ω 0R 22 = 0.22 Ω 4 R 7 = 4.7 Ω

المقاومات المتغيرة Variable Resistors :

تستخدم المقاومات المتغيرة كاريوستات Rheostat بطرفين حيث يوصل الطرف المتحرك مع أحد الطرفين الآخرين أو كابوتنشيوميتر بثلاثة أطراف والأجيال الصغيرة من هذه المقاومات تسمى مقاومات ضبط ، حيث تستخدم لضبط مقاومات الدوائر على قيم معينة أثناء التجميع ، ويتم ذلك بواسطة مفك أو آداه مشابهة .

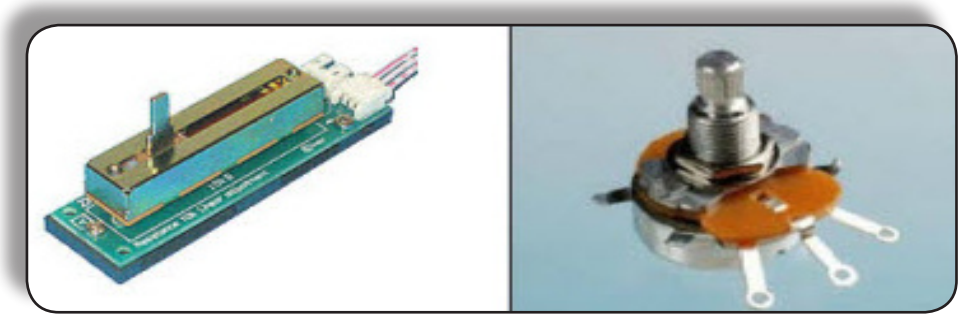
والريوستات يستخدم لتغيير التيار بالدائرة مثل استخدامه للتحكم فى شدة إضاءة مصباح أو معدل شحن أحد المكثفات . أما البوتنشيوميتر فيستخدم لتغيير الجهد بالدائرة مثل حالة التحكم فى شدة الصوت بالمكبرات .



بوتنشيوميتر ريوستات مقاومة ضبط

شكل (٣٦)

رموز المقاومات المتغيرة



شكل (٣٦)
أنواع مختلفة من البوتنشيوميتر

وتوصف المقاومات المتغيرة بالقيمة الكبرى لمقاومتها ، سواء كانت خطية أو غير خطية . وتكتب القيمة والنوع على جسم المقاوم ، فمثلاً :

4k7LIN يعنى هذا أن المقاومة خطية وقيمتها 4.7k .

1MLOG يعنى هذا أن المقاومة غير خطية وقيمتها 1MΩ .

شكل (٣٨) أشكال عملية لمقاومات الضبط

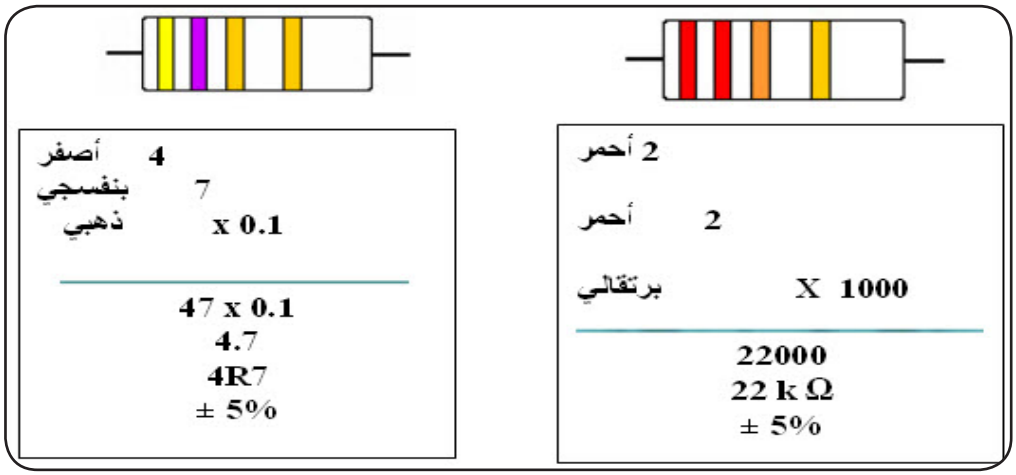
الرموز الاصطلاحية لألوان المقاوم :

فى هذه الطريقة يقسم الرقم الذى يمثل قيمة مقاومة إلى ثلاثة أجزاء ، ويمثل كل جزء بأحد الألوان ، أما اللون الرابع – إن وجد – فيعبر عن التفاوت المسموح به فى قيمة المقاومة ، وفى حالة عدم وجوده يفهم من ذلك أن التفاوت المسموح به هو ± ٢٠٪ . أنظر الجدول

اللون	الحلقة الأولى والثانية الرقم الأول والثاني	الحلقة الثالثة معامل الضرب	الحلقة الرابعة التفاوت (٪)
اسود	0	1	
بنى	1	10	±1
احمد	2	100	±2
برتقالي	3	1000	
أصفر	4	10000	
أخضر	5	100000	
أزرق	6	1000000	
بنفسجي	7	10000000	
رمادى	8	100000000	
ابيض	9	1000000000	
ذهبى	-	0.1	±5
فضى	-	0.01	±10
بدون لون	-		±20

جدول رموز ألوان المقاوم

أمثلة على معرفة قيم المقاومات عن طريق الرموز اللونية :



بالنسبة للمقاومات التى عليها خمس حلقات لونية فان الحلقات الثلاث الأولى يعبر عنها بالأرقام أما اللون الرابع فيرمز إلى معامل الضرب والخامس يعبر عن التفاوت .

أسئلة

١ - أوجد قيم المقاومات وكذلك التفاوت للمقاومات الموضحة بالشكل :

٢ - ما هى وظيفة المقاومات بالدوائر الالكترونية؟

٣ - اذكر ثلاثة من أهم المواصفات الفنية للمقاومات.

٤ - أكمل الآتى بالنسبة للمقاوم بكلمات مناسبة :

أ- القدرة المقننة هى قدرة ..... المقاوم ، بينما التفاوت هو

(أقصى - مسموح به عن القيمة - للمقاوم .

ب - كلما ..... التفاوت فى قيمة مقاومة المقاوم كلما كان الثمن غاليا .

جـ – توصف المقاومات بالقيمة ..... لمقاومتها .

٥ – ماهى قيم المقاومات الآتية ؟

تمرين تطبيقى :

الهدف من التمرين :

١-اكتساب مهارة قراءة قيم المقاومات عن طريق الرموز اللونية .

٢- اكتساب مهارة قياس المقاومات باستخدام الأوميتر .

٣-التمرين على لحام المكونات الالكترونية .

٤-التمرين على حساب القيمة الكلية لعدة مقاومات موصلة على التوالى والتوازى والتضاعف .

العدد والأجهزة والمكونات :

١-جهاز رقمى متعدد القياسات .

٢-كاوية لحام ٣٠ w .

٣-زرادية .

٤-قصدير محشو فلكس .

٥-عدد (٥) خمس مقاومات مختلفة القيمة كالأتى :

المقاومة	R1	R2	R3	R4	R5
القيمة	100Ω	100Ω	10K	470K	1K

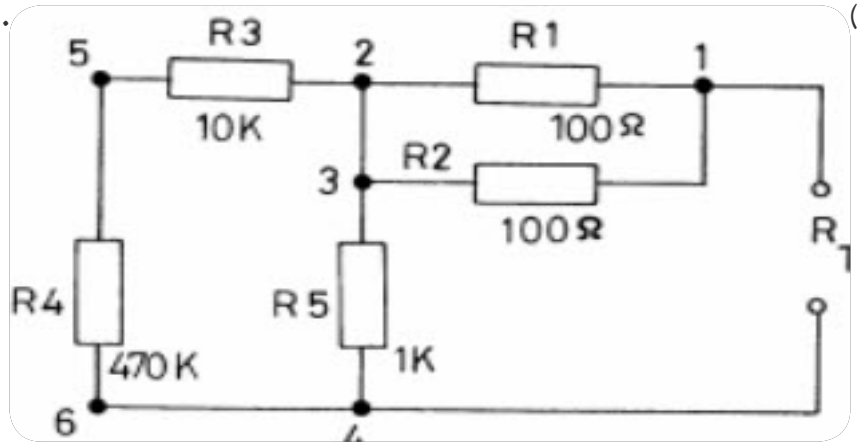
خطوات التنفيذ :

١-عن طريق الرموز اللونية للمقاومات تحقق من القيم الاسمية للمقاومات الخمس ثم سجل هذه القيم بالجدول الآتى:

رقم المقاومة	قيمة المقاومة		التفاوت
	الاسمية	بالقياس	
R1			
R2			
R3			
R4			
R5			

٢- باستخدام الملتميتر (على وضع الأوميتر) قس المقاومات الخمس ثم ضع النتائج بالجدول السابق ، وأيضا سجل قيم التفاوت .

٣- رتب المقاومات الخمس على هيئة شبكة مقاومات ثم قم بلحام نقط تلاقى الأطراف مع بعضها ، فتحصل على (٦) نقط لحام كما بالشكل (٣٩).

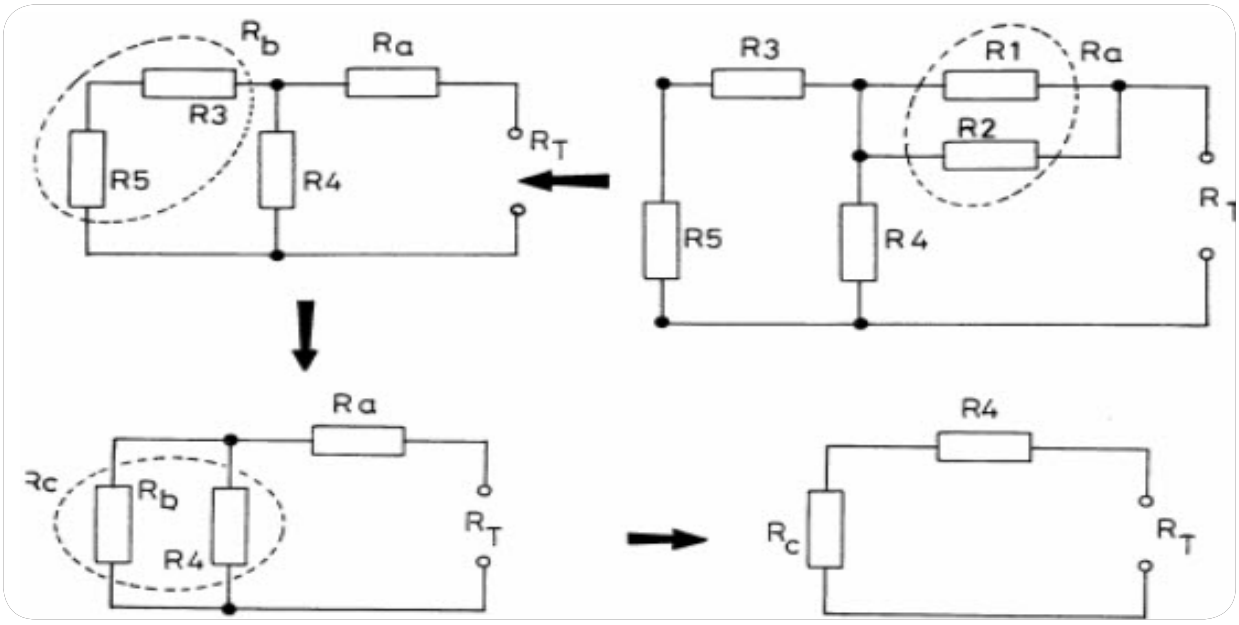


شكل (٣٩) توصيل المقاومات على هيئة شبكة

٥- افحص نقط اللحام وقارن بين النقطة الأولى والأخيرة .

٦- باستخدام الملتميتر قس المقاومة الكلية RT لشبكة المقاومات .

٧- أوجد المقاومة الكلية RT حسابياً لشبكة المقاومات مستعيناً بالأشكال الآتية الموضحة بشكل (٤٠) :



شكل (٤٠)

٨- ضع النتائج المتحصل عليها حسابياً وبالقياس فى الجدول الآتى :

المقاومة الكلية RT	بالقياس	بالحساب

هل هناك فرق بين القيمتين ؟ .. وإن وجد .. علل السبب

المكثفات :

تستخدم المكثفات فى مجال الالكترونيات فى أغراض عديدة مثل ربط الاشارات بين المكبرات وتنعيم Smoothing التيار النابض فى دوائر التغذية بالتيار وكذلك تستخدم مع المقاومات فى دوائر التوقيت . وتقاس سعة المكثفات بالفاراد ، وهى وحدة كبيرة جداً لذلك يستخدم عملياً الميكرو فاراد µF والنانو فاراد nF والبيكو فاراد PF . والجدول الآتى يبين التحويلات بين هذه القيم :

microFarads (µF)		nanoFarads (nF)		picoFarads (pF)
0.000001µF	=	0.001nF	=	1pF
0.00001µF	=	0.01nF	=	10pF
0.0001µF	=	0.1nF	=	100pF
0.001µF	=	1nF	=	1000pF
0.01µF	=	10nF	=	10,000pF
0.1µF	=	100nF	=	100,000pF
1µF	=	1000nF	=	1,000,000pF
10µF	=	10,000nF	=	10,000,000pF
100µF	=	100,000nF	=	100,000,000pF

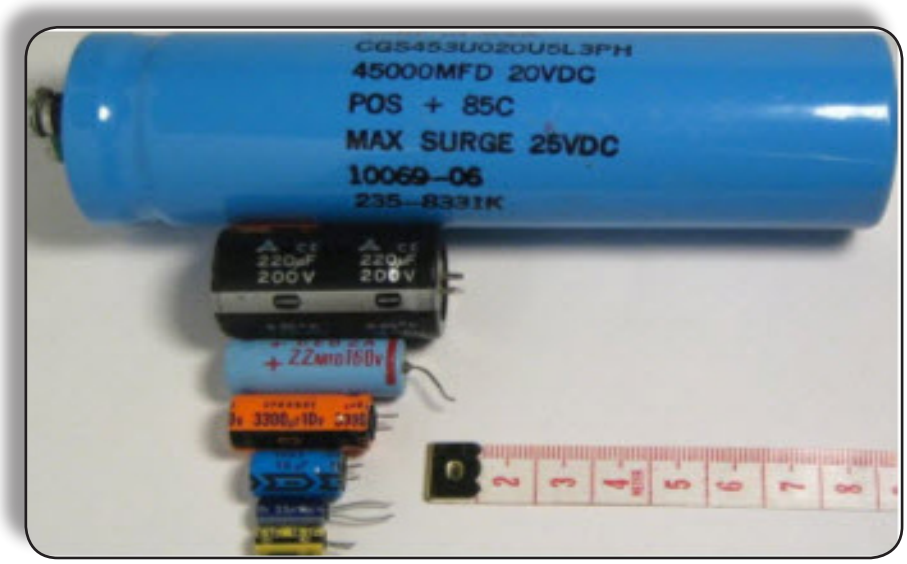
توجد أنواع مختلفة من المكثفات ولكن يمكن بشكل عام تقسيمها إلى مجموعتين :

أولاً : المكثفات التى لها قطبية Polarised Capacitor :

(لها طرف موجب وأخر سالب) . لهذه المكثفات سعات كبيرة تبدأ من ١µF فما فوق وتنقسم إلى :

١- المكثفات الكيماوية :

يجب توصيل هذه المكثفات فى الدائرة بقطبية صحيحة ، وهى لا تتلف من الحرارة الناتجة من عملية لحام أطرافها بالقصدير . ويطبع على جسم المكثف كل قيمة السعة وجهد التشغيل وأيضاً بيان قطبية الاطراف والشكل يوضح أمثلة للأشكال التى تكون عليها هذه المكثفات .

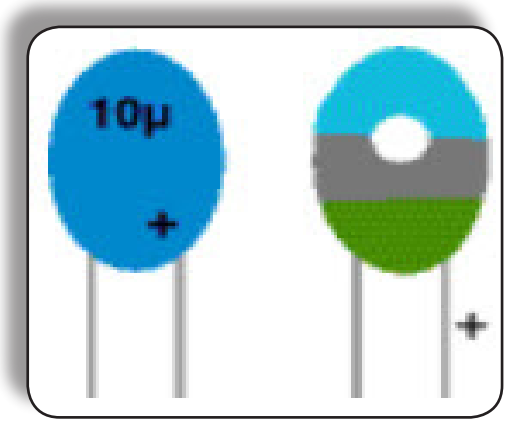


شكل (١ ٤) أشكال مختلفة من المكثفات الكيماوية مكثفات التنتاليوم :

٢- مكثفات التنتاليوم Tantalum

هى مكثفات حجمها صغيراً جداً ، وتستخدم عندما يراد الحصول على سعات كبيرة بأحجام صغيرة ولهذا فهى غالية الثمن . ولكن جهد التشغيل لها منخفض .

وفى النوع الحديث من هذه المكثفات يطبع على الجسم بيان بالسعة وجهد التشغيل والقطبية أيضاً .



شكل (٤٢) مكثفات التنتاليوم

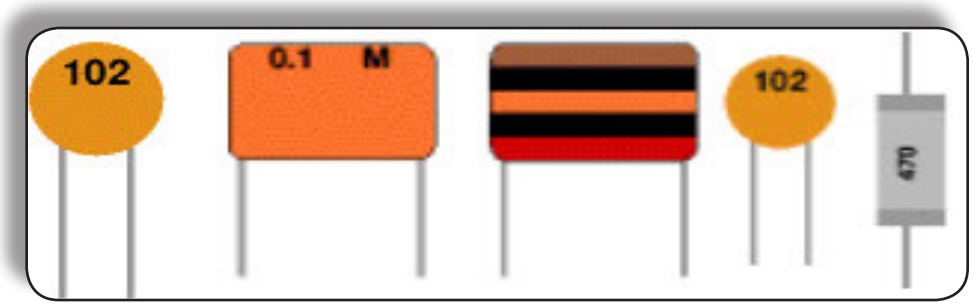
ثانياً : المكثفات التى ليس لها قطبية Unpolarised Capacitor :

هذه المكثفات لها سعات صغيرة حتى 1µF . ويمكن توصيل أطرافها فى أى اتجاه ، وهى لا تتلف من الحرارة الناتجة من عملية لحام أطرافها بالقصدير (عدا مكثفات البوليسترين) وجهود التشغيل لهـذا النـوع من المكثفـات عالية وأقلها 50V . و كثير من المكثفات ذات السعات الصغيرة يكون مطبوع عليها قيمة السعة بدون معامل الضرب ، فمثلاً :

0.1 يعنى 100nF = 0.1µF

وفى بعض الأحيان يستخدم معامل الضرب مكان النقطة العشرية ، فمثلاً :

4n7 = 4.7nF



شكل (٤٣)
مكثفات ليس لها قطبية

١- المكثفات المتغيرة :

تستخدم المكثفات المتغيرة غالباً فى دوائر التنغيم Tuning Circuits فى مجال الاتصالات اللاسلكية ، وسعة هذه المكثفات تكون صغيرة ، تتراوح ما بين 100PF – 500PF والنوع الموضح بالشكل (١٥-٤) يكون معه تريمر (مكثف ضبط) .

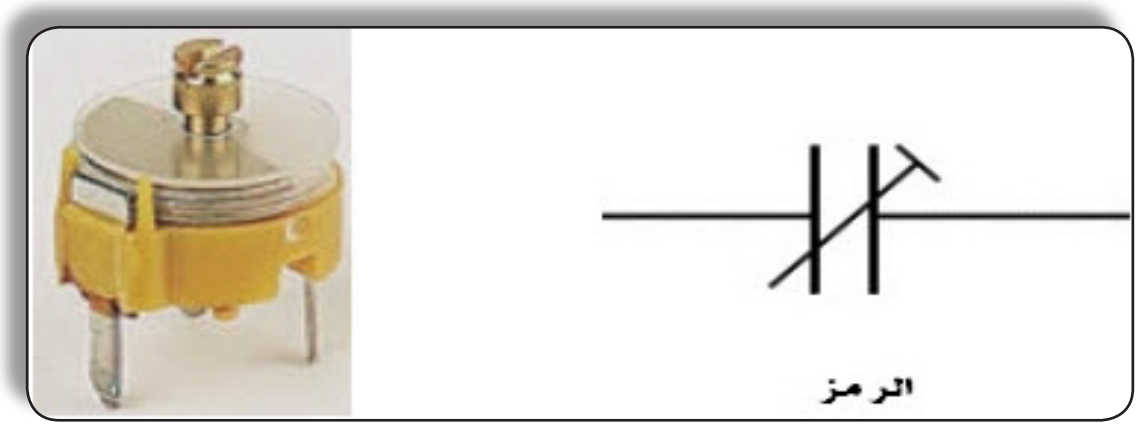
أحد الأشكال

شكل (٤٤) المكثفات المتغيرة

٢- مكثفات الضبط (تريمر Trimmer) :

مكثفات التريمر عبارة عن مكثفات متغيرة مصغرة ، وهى تصمم لتجمع مباشرة على اللوحة المطبوعة وتضبط فقط أثناء التجميع ، ويتم ضبط التريمر بواسطة مفكات غير معدنية حتى لا تؤثر اليد للشخص الذى يقوم بعملية الضبط – وأيضاً سلاح المفك –على قيمة السعة بالدائرة التى بها التريمر .

وتكون سعة التريمر أقل من 100PF وعادة تذكر أقل وأقصى قيمة للسعة مثل : تريمر سعته 2 - 10PF



شكل (٤٥) مكثفات الضبط (تريمر)

أسئلة

١- أكمل الآتى بكلمات مناسبة :

(أ) وحدة قياس السعة هى ..... .

(ب) تستخدم مكثفات التنتاليوم عندما يراد الحصول على سعات ..... بأحجام ..... .

٢ - ماهو الاحتياط الواجب ملاحظته عند توصيل المكثف الكيماوى ؟

٣- ماهو نوع المكثف الذى يستخدم لتحقيق الآتى ؟

(أ) ضبط قيمة السعة لدائرة تنغيم .

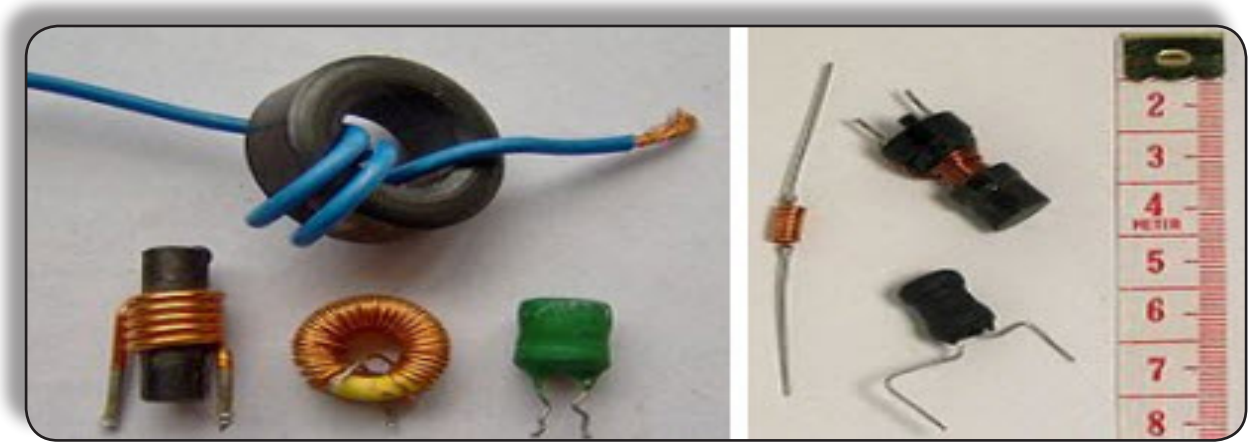
(ب) تنغيم جهاز استقبال .

(جـ) تنعيم التيار النابض الموحد الاتجاة .

الملفات :

ملفات الحث هى إحدى العناصر المستخدمة بكثرة فى الدوائر الالكترونية ، كما أن لها تطبيقات عدة فى مجال القوى الكهربية . ويتركب الملف من سلك من النحاس معزول وملفوف على هيكل عازل له شكل يناسب الغرض الذى يستخدم فيه الملف ،، وقد يكون قلب الملف هوائى أو حديدى أو فرايت Ferritte . ووحدة قياس الحث هى الهنرى ويرمز لها بالحرف H .

وتتراوح قيم الحث للملفات المستخدمة فى الحياة العملية ما بين الميكرو هنرى للملفات المستخدمة بالدوائر الالكترونية إلى مئات الهنرى للملفات المستخدمة فى شبكات القوى الكهربية .



شكل (٤٦)

وشكل (٤٦) بين أنواع مختلفة من الملفات ذات الحث الثابت ، كما توجد ملفات ذات حث متغير حيث تستخدم بكثرة فى دوائر تنغيم أجهزة الاستقبال اللاسلكية .

المحولات :

يمكن تصنيف المحولات المستخدمة فى الدوائر الالكترونية إلى :

١- محول قدرة Power Transformer :

يعمل هذا النوع من المحولات عند ترددات ما بين 50Hz إلى 60Hz ويستخدم لخفض أو رفع جهد مصدر التغذية العمومى كى يناسب الجهد الذى تعمل علية الدوائر الالكترونية .

وعند طلب شراء مثل هذه المحولات يجب ذكر جهد الابتدائى والثانوى (أو جهود الملفات الثانوية) وكذلك قيمة التيار الذى يمكن أن يسحب من الملف الثانوى عند قيمة الجهد المقنن .

٢- محولات التردد السمعى :

وهى محولات مصممة لكى تعمل على مدى الترددات السمعية 20Hz - 20kHz ، وتستخدم هذه المحولات للربط بين مراحل الدوائر الالكترونية المختلفة التى تعمل فى نطاق التردد السمعى .

٣- محولات التردد العالى :

تلف هذه المحولات حول هيكل من مادة عازلة ويكون القلب هوائى أو من الفرايت وعادة يكون القلب هوائى عند ترددات أعلى من 2MHz .

شكل (٤٧) أشكال لمحولات القدرة فى مجال الالكترونيات

أسئلة

١ – أكمل الآتى بكلمات مناسبة :

(أ) تصنف المحولات المستخدمة فى الدوائر الالكترونية إلى :

١- ..... ٢- ..... ٣- .....

(ب) تعمل محولات القدرة عند ترددات مابين ...إلى .... ، بينما محولات التردد السمعى تعمل عند مدى تردد مابين ..... الى ..... .

(جـ) تلف محولات التردد العالى حول هيكل من مادة عازلة ويكون القلب .... أو من ..... .

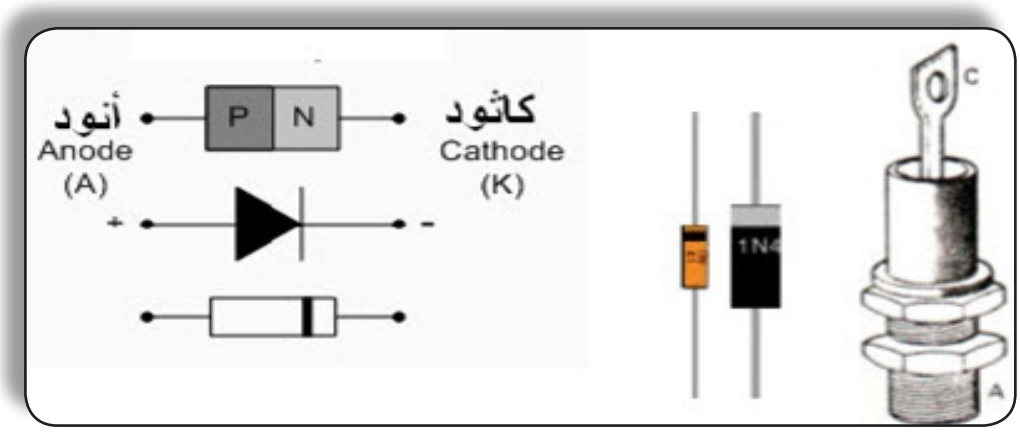
٢- ماهى المواصفات الفنية التى يجب أن تذكر عند طلب محول قدرة ؟

ثنائيات أشباه الموصلات Semiconductors diodes

يتكون الثنائى البللورى من بلوة نوع p ،وأخرى نوع N تربطهما وصلة pN ولهما طرفان كما فى شكل (٤٨) وكما نعلم فأن الثنائيات تسمح بمرور التيار فى اتجاه واحد ، وان هبوط الجهد الأمامى يكون حوالى 0.7 V بالنسبة لثنائيات السيليكون ، وحوالى 0.3v بالنسبة لثنائيات الجرمانيوم . وعند توصيل الثنائى عكسياً يتسرب تيار صغير جداً (بالميكرو أمبير) ، ويمكن تجاهل قيمته فى معظم الدوائر ، وجميع الثنائيات لها قيمة قصوى للجهد العكسى . وإذا تم تخطى هذه القيمة فأن الثنائى يمرر تياراً كبيراً فى الاتجاه العكسى اى يصل إلى حالة الانهيار Breakdown ، ويمكن تقسيم الثنائيات المتداولة إلى نوعين :

١- ثنائيات الأشارات والتى يمر بها تيار صغير (10 mA أو أقل).

٢- الثنائيات التى تعمل فى توحيد التيار ، حيث يمكن أن يمر بها تيارات كبيرة ، هذا بالأضافة إلى ثنائيات الزينر والثنائيات المشعة للضوء.



شكل (٤٨) ثنائيات أشباه الموصلات

يجب تركيب الثنائيات ذات القدرة العالية على مشتت حرارى لأمتصاص وإشعاع الحرارة الناتجة عن القدرة المبددة نتيجة مرور التيار المقنن . ويصنع المشتت الحرارى من النحاس أو الألومنيوم ، ويكون شكله بحيث يستطيع إشعاع الحرارة الناتجة بالثنائى.

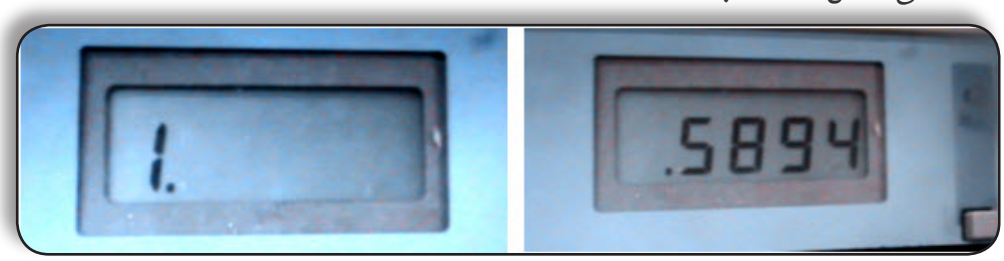
اختبار الثنائيات باستخدام الملتميتر الرقمى :

١- يوجد بأجهزة الملتميترات الرقمية وضع خاص لأختبار الثنائيات وغالباً ما يميز برمز الثنائى ( ).

٢- يوصل طرف الملتميتر الأحمر (+) إلى الأنود والطرف الأسود (-) إلى الكاثود ، وعلى ذلك يكون الثنائى فى وضع الانحياز الامامى ويصبح موصلاً ، وتوضح شاشة العرض قيمة معينة (عادة قيمة الجهد عبر الثنائى بالمللى فولت) . أنظر شكل (٤٩ - أ) .

٣- أعكس طرفى الجهاز فيصبح الثنائى فى وضع الانحياز العكسى ولا يمرر تيار فينعدم التوصيل وتظهر شاشة العرض بدون قراءة كما فى شكل (٤٩ - ب) .

٤- إذا كانت نتيجة الاختبار غير ما سبق فهذا معناه أن الثنائى تالف .

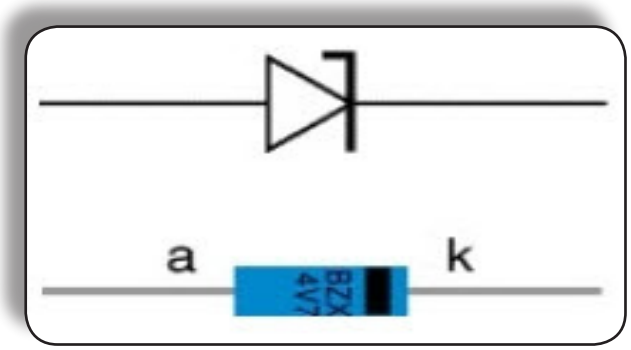


(ب) (أ)

شكل (٤٩)

ثنائيات الزينر :

تستخدم ثنائيات الزينر بكثرة فى عملية تنظيم الجهد المستمر ، ويمكن تمييز ثنائى الزينر عن الثنائى العادى عن طريق الكود وكذلك جهد الانهيار (جهد التنظيم) الذى يكون مطبوع على جسم ثنائى الزينر ، ويوضع حرف [V] مكان العلامة العشرية . فمثلاً 4V7 يعنى 4.7V ، ويبدأ كود ثنائيات الزينر BZX... أو BZY... .



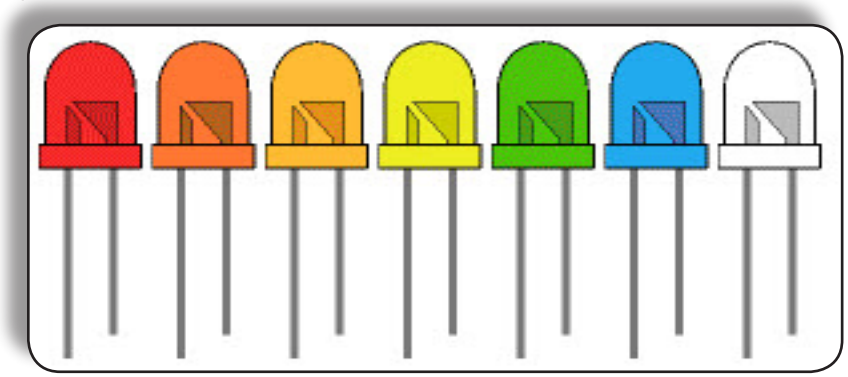
شكل (٥٠) ثنائى الزينر

اختبار ثنائى زينر :

يمكن عمل إختبار لثنائى زينر باستخدام الأوميتر ، وذلك بقياس مقاومته فى كل من الإتجاه الأمامى والعكسى كما فى حالة الثنائى العادى ، ولكن هذه الطريقة لا تختبر نقطة الانهيار للثنائى للتأكد من أنه يقوم بتنظيم الجهد فى حدود القيمة المقننة له .

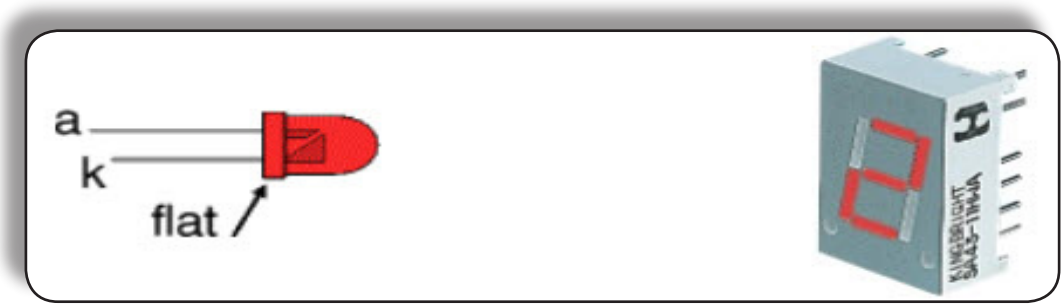
الثنائيات المشعة للضوء Light Emitting Diode

الثنائى المشع للضوء LED هو ثنائى له نفس الخصائص الكهربية مثل الثنائى العادى ولكنه يمتاز بأنه يشع ضوء مرئى فى وضع الانحياز الأمامى ، وأكثر الالوان المتاحة فى المدى المرئى هى الاحمر – البرتقالى – الاخضر وحديثاً توجد أنواع ألوانها أزرق وأبيض وهى الأغلى ثمناً . أنظر الشكل (٥١) .



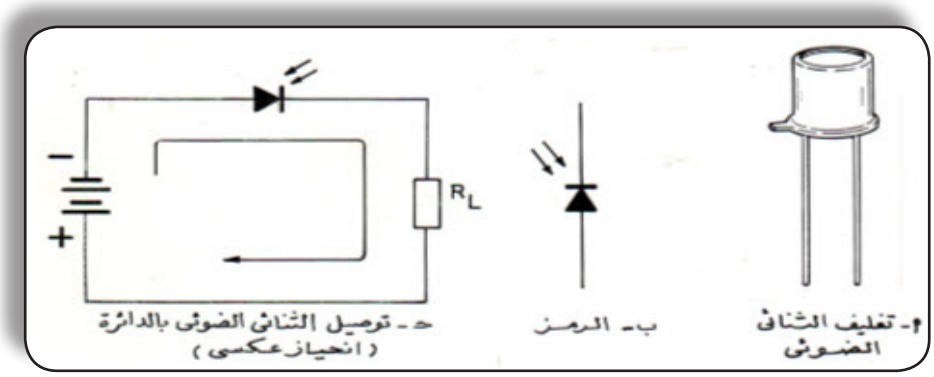
شكل (٥١)

ويستعمل الـLED غالباً كمبين ضوئى بسيط (لمبة بيان) ، ويستهلك تياراً صغيراً (غالباً ٢٠ mA فقط) بالمقارنة مع لمبات البيان العادية ، كما يمكن ترتيب مجموعة منه بشكل معين لعمل نموذج يستخدم فى العرض الرقمى فى عديد من الأجهزة مثل أجهزة القياس (أنظر الشكل (٥٢))



شكل (٥٢)

وأحياناً يحدث خلط بين الثنائى المشع للضوء والثنائى الضوئى Photo diode (أنظر الشكل ٥٣) ، والذى يصنع عادة من السليكون داخل غلاف به فتحه أو عدسة لكى تسمح بسقوط الضوء على وصلة PN فيسبب ذلك مرور تيار فى الدائرة الخارجية للثنائى .



شكل (٥٣)

ويستعمل الثنائى الضوئى فى وحدات قارئ الصوت بالأفلام السينمائية ، وفى وحدات عد Counting المنتجات ....الخ .

أسئلة

١ – عند توصيل وصلة ثنائى pn فى حالة الانحياز العكسى فانه :

(أ) لايمر أى تيار. (ب) يمر تيار صغير جدا.

(جـ) يمر تيار كبير. (د) سوف يتلف الثنائى.

٢ – بالنسبة لثنائى شبه الموصل الموضح بالشكل يكون اتجاه مرور التيار بسهولة:

(أ) من A إلى B (ب) من Bإلى A

(جـ) من Bإلى B أو من Aإلى Bبالتساوى

٣ – تستخدم ثنائيات السليكون فى ..... التيار ..... وهبوط الجهد الأمامى فى حدود ..... فولت .

٤ – اذكر أهم الأغراض التى تستخدم فيها الثنائيات الآتية :

أ- ثنائى الزينر. ب- الثنائى المشع للضوء.

جـ – الثنائى الضوئى.

تمرين :

باستخدام جهاز الملتميتر الرقمى قم بالآتى :

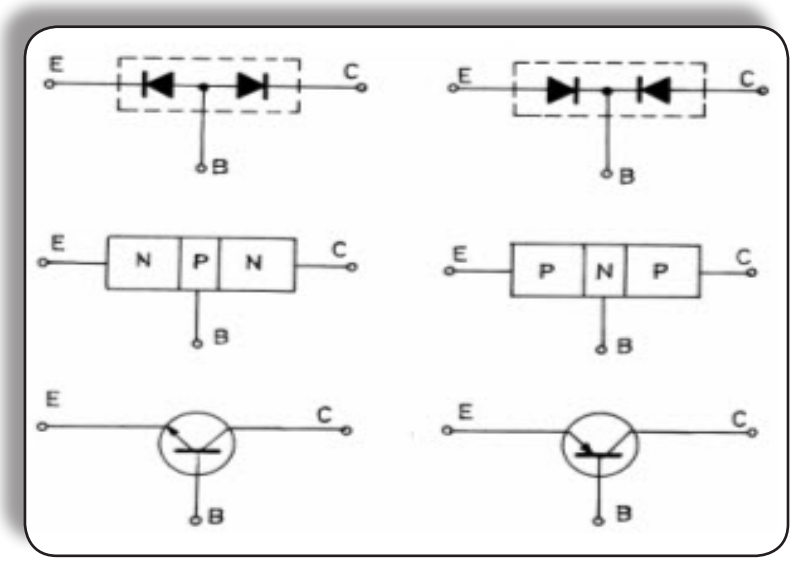
(أ) اختبار صلاحية ثنائيات أشباه الموصلات المتوفرة بالمدرسة.

(ب) تحديد طرف الأنود والكاثود لكل .

الترانزستور :

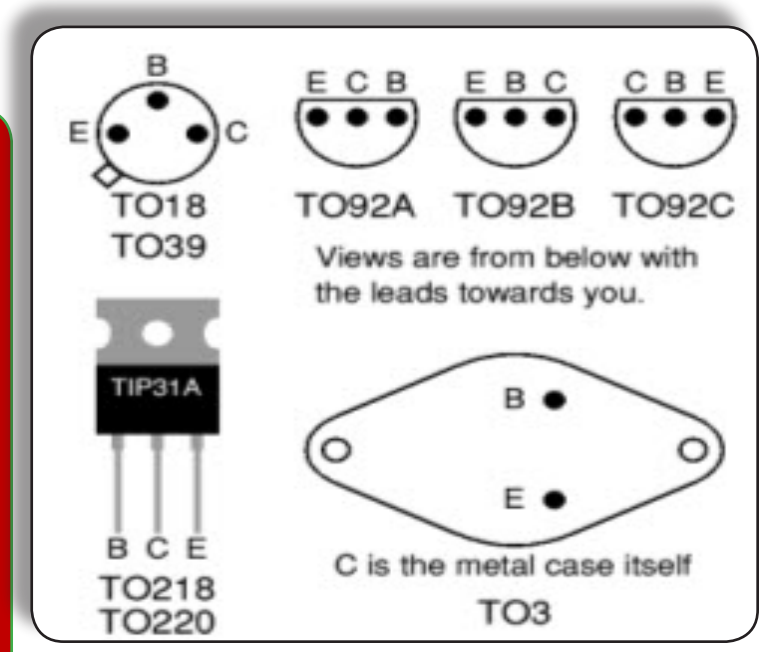
يعمل الترانزستور على تكبير التيار ، فمثلاً يستخدم لتكبير تيار الخرج الصغير لدائرة متكاملة منطقية لكى يشغل لمبة أو ريلاى أو أى عنصر أخر يحتاج لتيار كبير ، وفى دوائر كثيرة تستخدم المقاومات لتحويل تغيرات التيار إلى تغيرات فى الجهد وبهذا يصبح الترانزستور مستخدماً لتكبير الجهد ، وتسمى كمية تكبير التيار "كسب التيار" ويرمز له بالرمز hFE .

ويوجد نوعان من الترانزستور المسمى بالترانزستور ثنائى القطب Bipolar-transistor ، هما PNP و NPN كما فى شكل (٥٤) . ومعظم الترانزستورات المستخدمة حالياً من نوع NPN لأنه النوع الأسهل لصناعته من السليكون . ويمكن تمثيل الترانزستور بثنائيين عكس بعضهما وذلك من حيث التركيب فقط وليس الأداء ، ويؤخذ هذا فى الاعتبار عند اختبار صلاحيته.

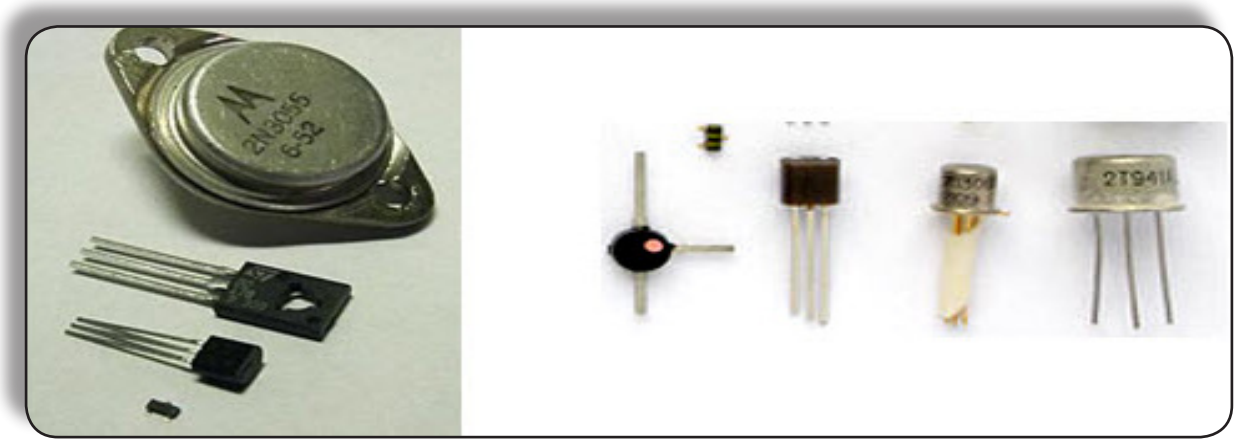


شكل (٥٤) الترانزستور PNP و NPN

وقبل توصيل الترانزستور إلى الدائرة يجب تمييز أطرافة حتى لا يتلف إذا ما وصل طرف مكان آخر . والشكل (٥٥) يبين أشكال للتعرف على أطراف الترانزستور .



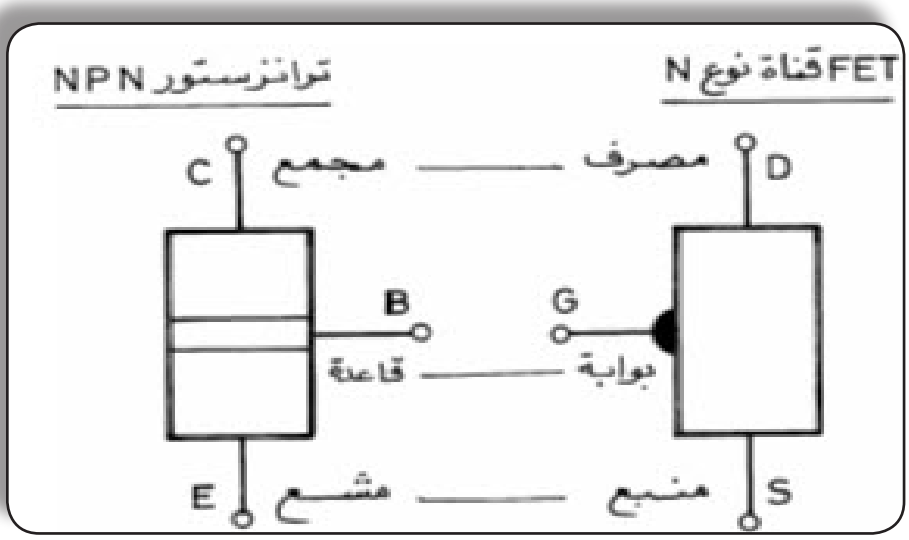
شكل (٥٥) تمييز أطراف الترانزستور



شكل (٥٦) أشكال مختلفة من الترانزستور

ترانزستور تأثير المجال Field Effect Transistor (FET) :

ترانزستور تأثير المجال عبارة عن نبيطة من أشباه الموصلات تتكون أساساً من قناة حاملة للتيار يتم التحكم فى مقاومتها بواسطة المجال الكهربى ، وبالتالى يتم التحكم فى مرور التيار فى القناة . ولترانزستور تأثير المجال ثلاث أقطاب هى : المنبع Source ويرمز له بالحرف (S) ، البوابة Gate ويرمز لها بالحرف (G) ، والمصرف Drain ويرمز للها بالحرف (D) . وهذه الأقطاب تعادل كل من المشع والقاعدة والمجمع على الترتيب بالنسبة للترانزستور ثنائى القطب أنظر الشكل (٥٧).



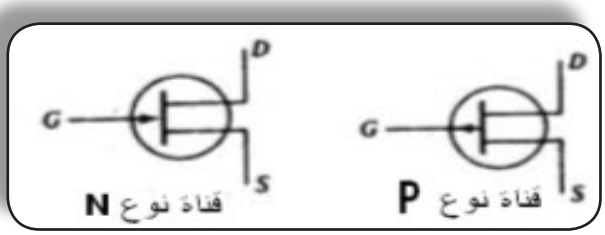
شكل (٥٧) مقارنة أقطاب ترانزستور تأثير المجال مع ثنائى القطب

يقوم ترانزستور تأثير المجال بتكبير الإشارات الكهربية مثل الترانزستور ثنائى القطب ، ولكنه يعمل بأسلوب مختلف عنه حيث يتم التحكم فى الترانزستور ثنائى القطب بالتيار ، بينما يتم التحكم فى ترانزستور تأثير المجال بالجهد.

ويوجد أساساً نوعين من ترانزستور تأثير المجال ، الأول يعرف بترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة Junction FET أو ببساطة JFET . أما النوع الثانى فهو ترانزستور تأثير المجال ذو البوابة المعزولة Insulated Gate FET أو ببساطة IGFET ، ويعرف هذا النوع أيضاً بترانزستور تأثير المجال من شبه الموصل الأكسيد والمعدن MOSFET وهى اختصار للكلمات:

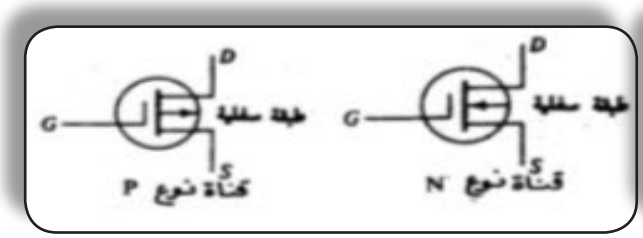
Metal – Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

ومن أهم مزايا ترانزستور تأثير المجال أن له معاوقة دخل عالية جدا ، كما أنه أقل حساسية لتغير درجة الحرارة .



شكل (٥٨)

رمز ترانزستور تأثير المجال



شكل (٥٩)

ترانزستور MOSFET

أسئلة

١ - أكمل الآتى بكلمات مناسبة :

أ) يعمل الترانزستور على تكبير .... ، وتسمى كمية تكبير التيار

ب) " .... " ويرمز له بالرمز .... .

جـ) عند اختبار صلاحية الترانزستور، يتم ذلك على أساس أنه ..... متصلين عكس بعضهما .

٢ - وضح بالرسم أهم طرق تمييز أقطاب الترانزستور .

٣ - قارن بالرسم بين أقطاب لكل من ترانزستور تأثير المجال والترانزستور ثنائى القطب.

٤ - اذكر أهم مزايا ترانزستور تأثير المجال .

تمرين تطبيقى:

يتم تنفيذ التمرين رقم (٢) الخاص بدائرة جرس منزل والموضح بالصفحات (٨٤ و ٨٥)

الثايرستور :

تضم عائلة الثايرستور كل النبائط التى تتكون من أربع طبقات من شبه الموصل ، ويعتبر الموحد السليكونى المتحكم فيه SCR أهم عناصر عائلة الثايرستور .

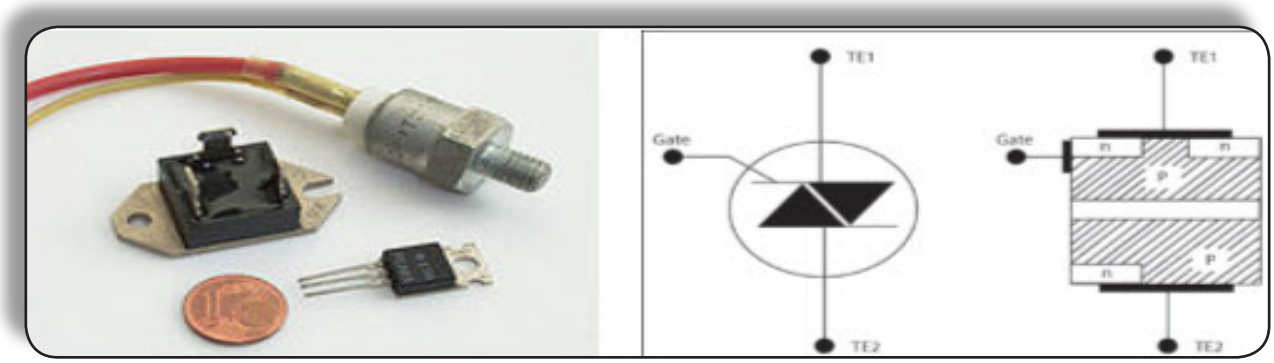
ويتكون الموحد السليكونى المتحكم فيه من أربع طبقات من شبه الموصل وله ثلاثة أقطاب هى الأنود A والكاثود K ثم البوابة G التى تؤثر كقطب تحكم حيث يمكن التحكم عن طريق قيمة صغيرة جداً لتيار البوابة فى قيمة تيار الأنود (حمل) عالى جداً .ويستخدم الـ SCRعلى نطاق واسع كمفتاح الكترونى ذات سرعة وكفاءة عاليتين .

التركيب والرمز أشكال مختلفة

شكل (٦٠) الموحد السليكونى المتحكم فيه

الترياك Triac :

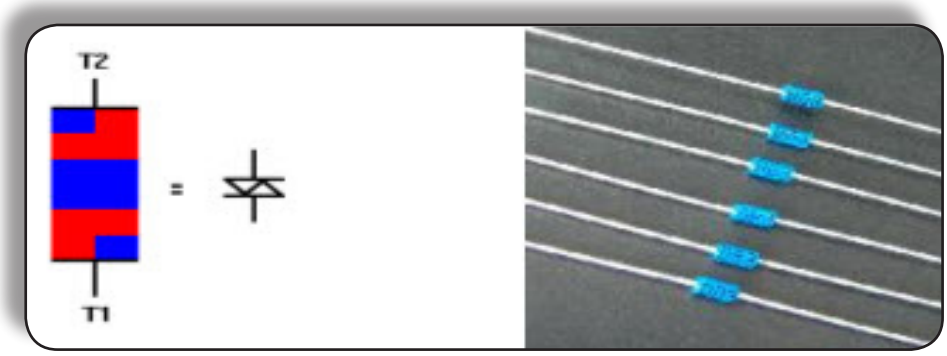
الترياك له ثلاث أطراف هى T1 و T2 والطرف G والشكل (٦١) يبين قطاع مبسط لتركيب الترياك وكذلك الرمز وبعض أشكاله .ويمكن أن يطلق الترياك للتوصيل بواسطة إشارة البوابة التى أما أن تكون سالبة أو موجبة القطبية . ويستخدم الترياك للتحكم فى قيمة قدرة التيار المتردد الموصلة إلى حمل معين .



شكل (٦١) الترياك

الدياك Diac :

يستخدم الدياك أساساً عنصر قدح Triggering لكل من الموحد السليكونى المتحكم فيه والترياك ، ويتكون الدياك من ثلاث طبقات PNP وله طرفان T1وT2 . أنظر الشكل (٦٢).



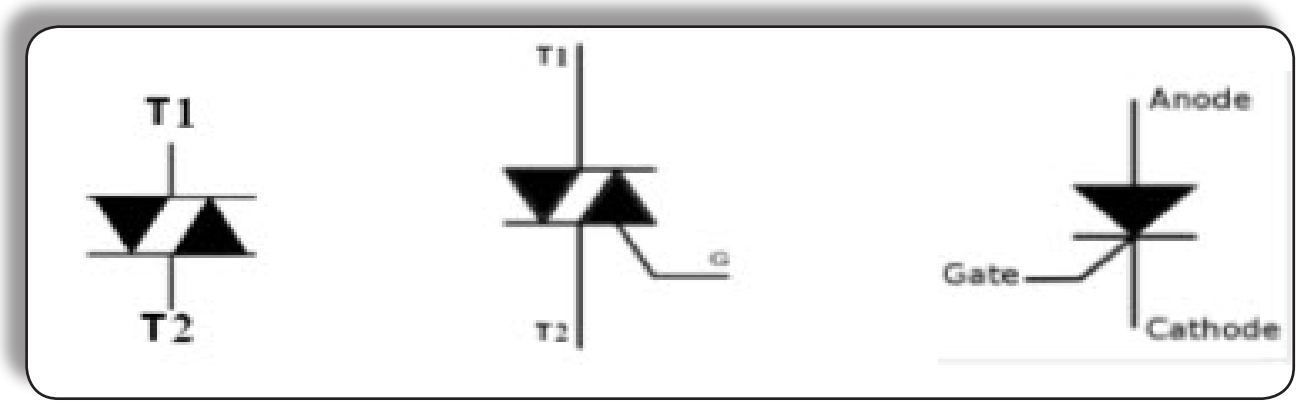
الرمز و التركيب للدياك

مجموعة من الدياك

شكل (٦٢)

أسئلة

١ - اكتب على الرسم اسم كل عنصر من الآتية مع ذكر أحد الاستخدامات لكل منها .



تمرين تطبيقى :

يتم تنفيذ التمرين رقم (١) الخاص بمفتاح خافض للضوء الموضح بالصفحات من ٨١ إلى ٨٣.

الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) ICs :

الدائرة المتكاملة عبارة عن دائرة الكترونية كاملة تحتوى على العناصر الضرورية الكاملة لعمل هذه الدائرة مثل : الترانزستور – الثنائيات- المقاومات هذه بالإضافة إلى التوصيلات الخاصة بهذه المكونات ، وتغلف الدائرة المتكاملة بغلاف تخرج منه أطراف بأشكال وأبعاد قياسية (2.54mm) .

تغليف الدوائر المتكاملة :

شكل (٦٣) التغليف ذو الأطراف على الجانبين

توضع الدوائر المتكاملة داخل أغلفة لحمايتها من الرطوبة الأتربة ومن بعض مصادر التلوث الأخرى ، وتخرج من هذه الأغلفة أطراف توصيل بمسافات بينية قياسية مما يسهل تثبيتها فى قواعد خاصة بها ، أو تلحم مباشرة باللوحة المطبوعة ، توجد عدة أنواع متداولة من الأغلفة للدائرة المتكاملة ، وكل نوع من هذه الأغلفة له ميزته وعيوبه ، ومن أشهر هذه الأغلفة :

١- التغليف ذو الأطراف على الجانبين DIP :

هذا النوع من أكثر أنواع التغليف انتشارا ، وفية يخرج صفان من أطراف التوصيل لها عدد زوجى كما فى شكل (٦٣) وتكون المسافة بين كل طرفين 2.5mm لكى تسمح بتركيب الدوائر المتكاملة مباشرة فى اللوحات القياسية للدوائر المطبوعة . ويكون الغلاف من البلاستيك أو السيراميك حيث يعمل غلاف البلاستيك حتى درجة حرارة تصل إلى 70°C ، أما غلاف السيراميك فيعمل عند درجات حرارة أعلى تصل إلى 125°C . وعدد الأطراف الشائعة لهذا النوع هو ٢٤ ، ١٦ ، ١٤ ، ٨ طرف ، كما يمكن أن يكون العدد أكبر من ذلك فى حالة الاستخدام بالدوائر الأكثر تعقيداً مثل دوائر أجهزة الكمبيوتر .

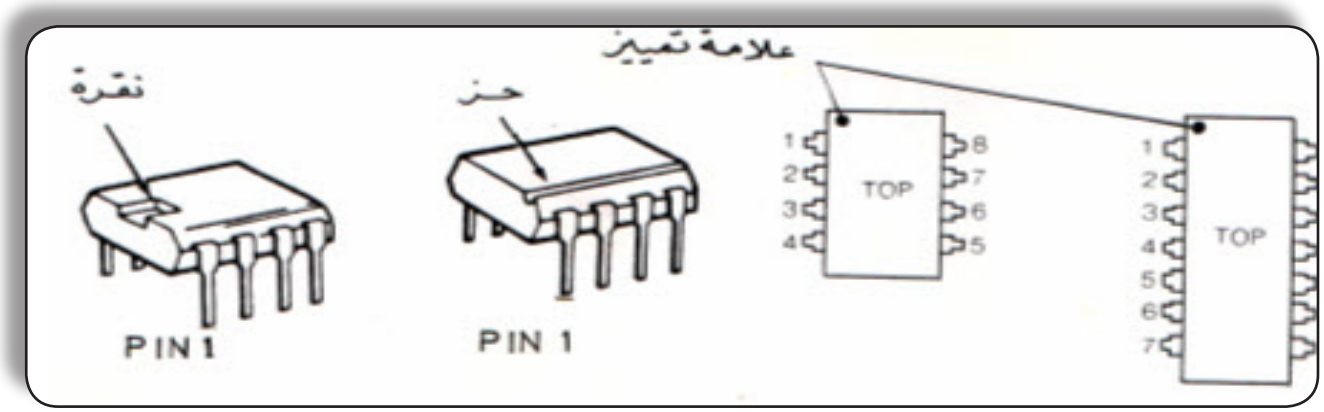
٢- التغليف ذو الأطراف المسطحة Flat – pack :

هذا النوع من التغليف مشابه للتغليف ذو الأطراف على الجانبين ، ولكن أصغر حجماً وأرفع سمكاً ، وتخرج منه الأطراف بشكل أفقى كما فى الشكل (٦٤) وتلحم أطراف هذا النوع مباشرة بموصلات اللوحة المطبوعة . ويصنع الغلاف فى هذا النوع من السيراميك أو المعدن، ويستخدم هذا النوع فى حالة المساحات المحدودة .

شكل (٦٤) التغليف ذو الأطراف المسطحة

٣- التغليف فى علبة معدنية :

فى هذا النوع توضع الدائرة المتكاملة فى غلاف معدنى مثل بعض الترانزستورات وأطراف التوصيل فى هذا النوع تكون طويلة وهذا يسمح بتوصيلها بالدائرة بعدة طرق . لتحديد أطراف الدوائر المتكاملة يكون هناك دليل موضح بالغلاف ليميز الطرف رقم ١ ثم يتم العد من اليسار إلى اليمين فى اتجاه ضد عقارب الساعة . والشكل يوضح أمثلة مختلفة لدليل التعرف على الطرف رقم ١ بأطراف التوصيل للدوائر المتكاملة .



شكل (٦٥) أمثلة لدليل التعرف على أطراف الدوائر المتكاملة

تقسيم الدوائر المتكاملة :

يمكن تقسيم الدوائر المتكاملة بصفة عامة من حيث نمط التشغيل إلى مجموعتين رئيسيتين هما :

١- الدوائر المتكاملة الخطية Linear ICs :

يتناسب خرج هذا النوع مع إشارة الدخل له ، ويستخدم أساساً بدوائر معالجة الإشارات (المكبرات ، المذبذبات ..... ألخ) فى مجال الكترونيات هندسة الاتصالات مثل أجهزة الراديو ، التليفزيون ، والأجهزة السمعية ذات أمانه النقل العالية .

الشكل (٦٦) يبين الرسم التخطيطى لدائرة متكاملة خطية فى غلاف DIP (دائرة مكبر تشغيلى 741) ، ويظهر الرمز العام للدوائر المتكاملة المستخدمة فى التكبير . فى الدائرة المكافئة لدائرة المكبر التشغيلى المتداولة فى شكل دائرة متكاملة .

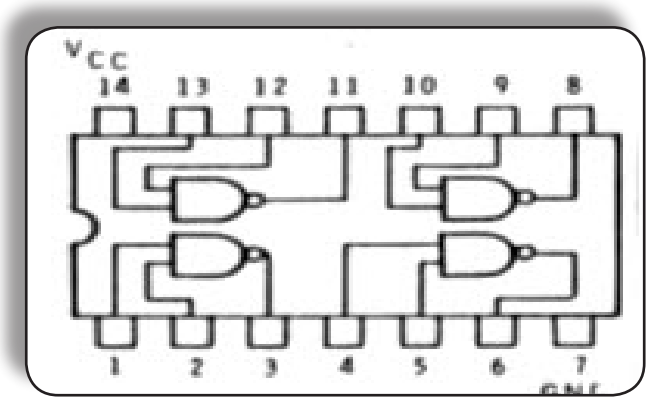
(أ)الرسم التخطيطى لدائرة متكاملة خطية (ب) الرسم العام لدائرة خطية مستخدمة فى التكبير

شكل (٦٦)

٢- الدوائر المتكاملة الرقمية Digital ICs :

يعمل هذا النوع فى حالتين منطقيتين فقط بالنسبة للدخل هما "1" و"0"، وتستخدم الدوائر المتكاملة الرقمية فى أنواع مختلفة من الدوائر المنطقية Logic Circuits وأجهزة الكمبيوتر الرقمية والآلات الحاسبة المتنقلة ... الخ .

ويوضح شكل (٦٧) الرسم التخطيطى لدائرة متكاملة رقمية عبارة عن أربع دوائر منطقية "NAND" فى غلاف DIP وكذلك الدائرة المكافئة.



شكل (٦٧) الرسم التخطيطى لدائرة متكاملة

أسئلة

١- ما هو المقصود بالدائرة المتكاملة ؟

٢- أكمل العبارات الآتية بكلمات مناسبة :

أ) تصنع وتغلف الدوائر المتكاملة بثلاث أشكال مختلفة هى :

١- ..... ٢- ..... ٣- .....

ب) تصنف الدوائر المتكاملة من حيث نمط التشغيل الى دوائر متكاملة ..... ودوائر متكاملة .....

جـ) الدائرة المتكاملة الخطية تعطى خرج .....مع دخلها ، بينما الدائرة المتكاملة الرقمية تعمل فى حالتين ..... فقط هما " ..." و "...".

٣ – بين بالرسم أهم الطرق لتمييز أطراف الدوائر المتكاملة.

تمرين تطبيقى:

يتم تنفيذ التمرين رقم (٣) وهو عبارة عن دائرة مؤقت قابل للضبط وذلك بالصفحات من (٨٦) إلى (٨٧).

خامسا : تطبيقات حياتية

مقدمة :

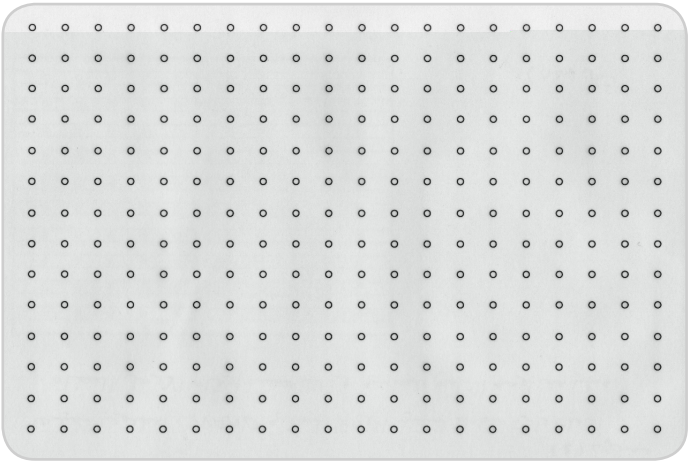
قبل الوصول إلى تنفيذ دوائر الكترونية كتطبيقات نافعة، سوف نقدم فكرة سريعة عن طرق تجميع مكونات الدائرة مع بعضها، حيث توجد عدة طرق لتجميع هذه الدوائر ، وأحدث هذه الطرق هى باستخدام لوحة تجميع الدوائر الالكترونية وتسمى Bread Board والتى تتكون من مستطيلات بلاستكية تحوى ثقوب كثيرة . وفى أسفل كل ثقب يوجد ناقل معدنى "موصل" وكل مجموعة من الثقوب تتصل فيما بينها وفق نظام معين .

شكل (٦٨) لوحة تجارب

وهذه اللوحات لا تحتاج إلى استخدام اللحام ، إذاً يكفى إدخال أطراف العنصر فى الثقوب الموافقة لترتيب العناصر فى الدائرة المطلوب تجميعها.

مما سبق نرى أنه لا يمكن استخدام هذه اللوحات لتجميع الدوائر الالكترونية بشكل نهائى ، وإنما هى لوحات للتجارب أو الاختبار Test Board .

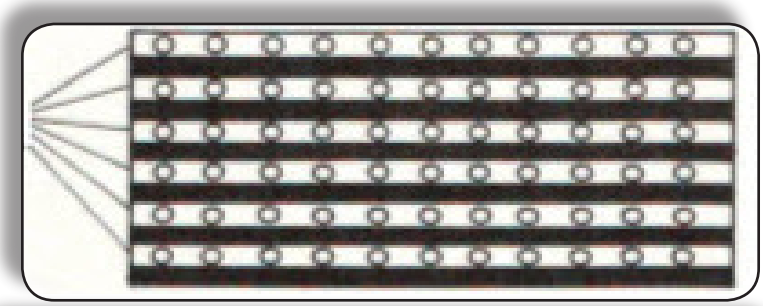
وبنفس الطريقة يتم تجميع الدوائر الالكترونية على لوحة فيبر أو باكسولين مثقبة Matrix Board وليست بها مسارات نحاسية مطبوعة ، ويتم التوصيل بين المكونات باستخدام الأسلاك النحاسية المقصدرة أو أسلاك معزولة .



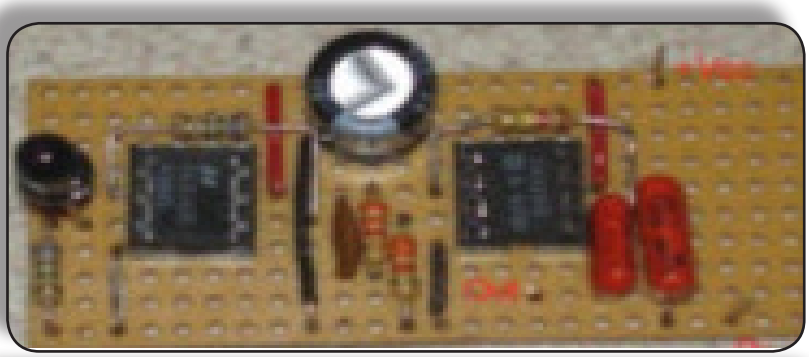
شكل (٦٩) لوحة مثقبة

اللوحات ذات الشرائح النحاسية Strip Boards

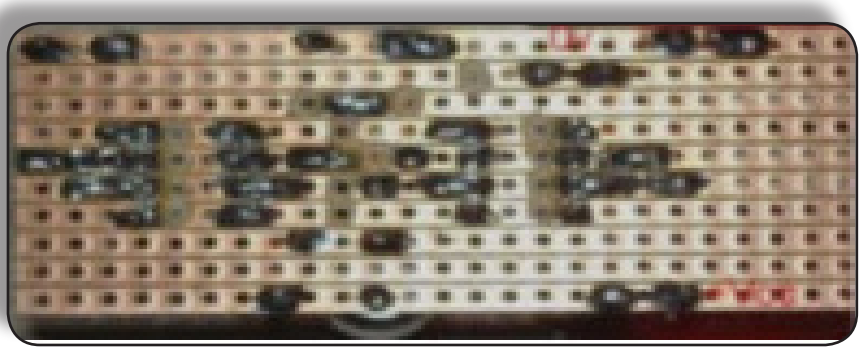
هذه اللوحات تكون مثقبة بمصفوفة ثقوب تفصل بينها مسافة قياسية (2.54mm) حتى يمكن تجميع دوائر متكاملة على هذه اللوحات ، والفارق المهم بين هذه اللوحات واللوحات المثقبة فى أن هذه اللوحات بها شرائح نحاسية على سطحها تربط صفوف الثقوب معاً على طول اللوحة ، وتعتبر هذه اللوحات حلاً وسطاً بين اللوحات المثقبة واللوحات ذات المسارات النحاسية المطبوعة Printed Boards.



شرائح نحاسية



سطح اللوحة من
جهة المكونات

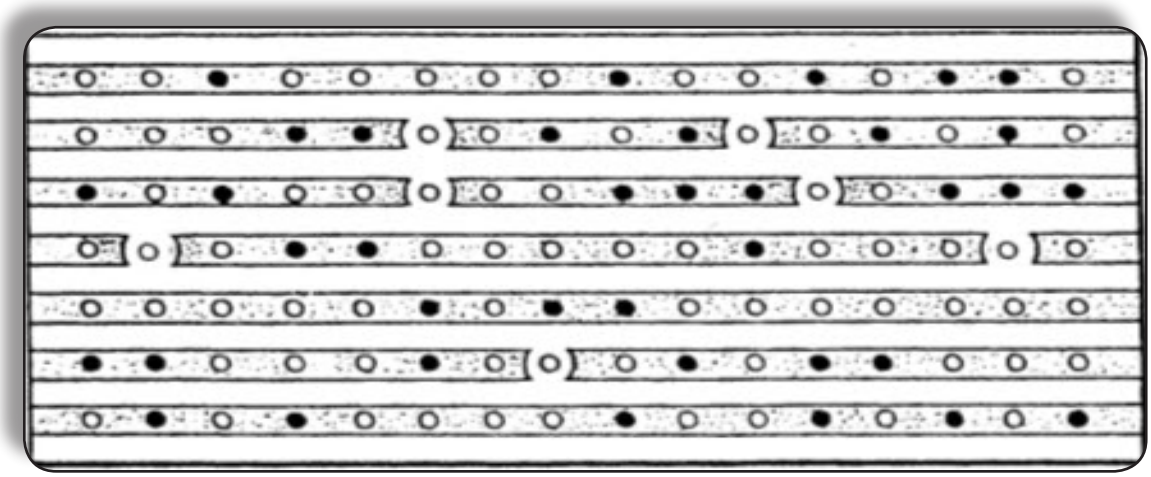


سطح اللوحة من
جهة الشرائح

شكل (٧٠) لوحة ذات شرائح نحاسية

وبشكل عام لا يمكن اعتبار اللوحات ذات الشرائح النحاسية مناسبة للدوائر المعقدة نسبياً ، ولكن يوجد أنواع منها تتميز بشرائح مرتبة فى مجموعات تسمح بتثبيت دوائر متكاملة مزدوجة الصفوف .

ويمكن وضع تصميم لشكل الشرائح بحيث يتم تقسيم الشرائح لأكثر من جزء ، واعتبار كل جزء شريحة مستقلة ، وتؤدى عملية التقسيم للشرائح النحاسية إلى تصغير مساحة اللوحة . أنظر شكل (٧١)



شكل (٧١)

تقنيات توزيع المكونات على اللوحة ذات الشرائح النحاسية :

١ - ادرس مخطط الدائرة النظرية بعناية وحدد المكونات التى يجب تثبيتها خارج اللوحة (مثل المحولات والمقاومات المتغيرة ...الخ) وأيضاً حدد نقط إتصال هذه المكونات باللوحة .

٢ -اجعل المداخل والمخارج على طرفين متقابلين على اللوحة لأن هذا يساعد على التوزيع المنطقى للمكونات على اللوحة .

٣ - قم بإعداد مخطط تقريبى لتوزيع المكونات على اللوحة وذلك بالاستعانة بورق رسم بيانى .

٤ - قلل عدد التوصيلات اللازم عملها بين الشرائح قدر الامكان ، حيث تكون هذه التوصيلات جهة المكونات .

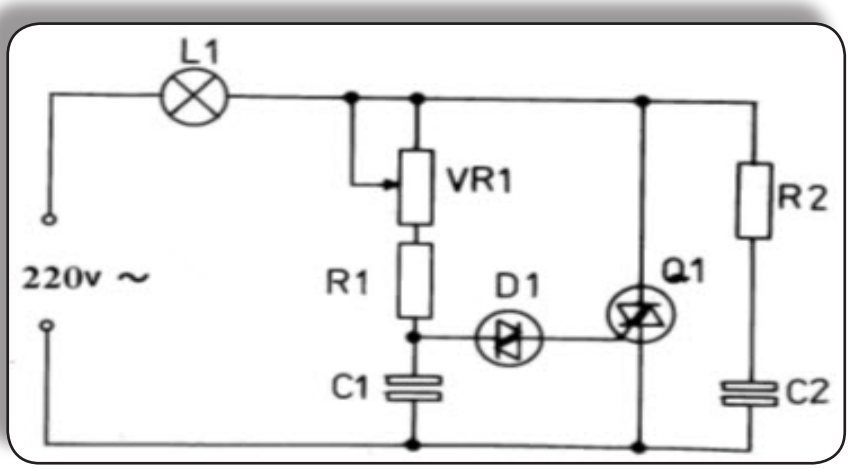
٥ -جرب وضع العناصر الفعالة (الترانزستور و الدوائر المتكاملة) حتى تقلل من عدد التوصيلات والشرائح المستعملة .

٦ - عند الانتهاء من مخطط توزيع المكونات ينبغى التحقق بعناية من مطابقة المخطط التنفيذى مع الدائرة النظرية.

تطبيق رقم (١)

تنفيذ دائرة مفتاح خافض للضوء Dimmer Switch

الشكل (٧٢) يبين الدائرة النظرية لمفتاح يتحكم فى شدة إضاءة مصباح كهربى ذو قدرة حتى ٢٠٠ وات ، يعمل على مصدر التغذية العمومى (٢٢٠ فولت) ، ويستخدم فيها ترياك BT136 وداياك DB3 لقدح بوابة الترياك ، ويتم التحكم فى شدة الإضاءة- عن طريق تحريك مقبض المقاومة المتغيرة VR1 . أما المقاومةR2 والمكثفC2 فهما لكبت ضوضاء تداخل التردد العالى الناتج عن سرعة التحول من حالة الفصل إلى التوصيل للترياك .



شكل (٧٢) الدائرة النظرية

قائمة المكونات :

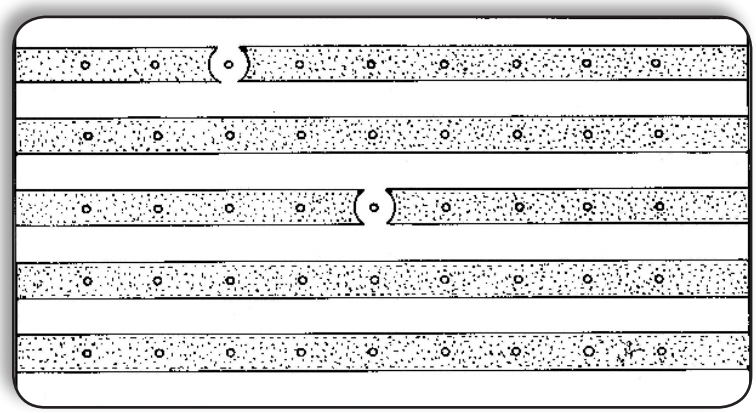
م	الاسم	م	الاسم
١	لوحة ذات شرائح نحاسية	٦	مقاومة 100 Ω /0.5w
٢	ترياك BT136	٧	مكثف C1=0.33 μ F
٣	دياك DB3	٨	مكثف C2=o.1 μ F
٤	مقاومة متغيرةVR1= 500k	٩	مصباح فى حدود100W
٥	مقاومة R1=10k Ω	١٠	قاعدة تثبيت للمصباح

خطوات العمل :

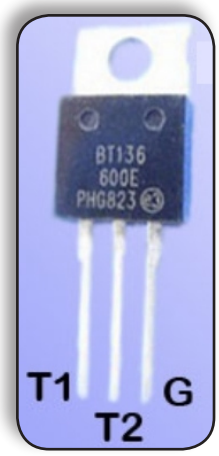
١- يتم إعداد الشرائح النحاسية للوحة كما فى الشكل (٧٣) وأيضا تنظف الشرائح النحاسية باستخدام ممحاة (أستيكة) .

٢- تثبت المكونات على سطح اللوح المقابل للشرائح مع ثنى الأطراف من جهة الشرائح بزاوية ٤٥ درجة حتى لا تسقط المكونات من اللوحة أثناء عملية اللحام .

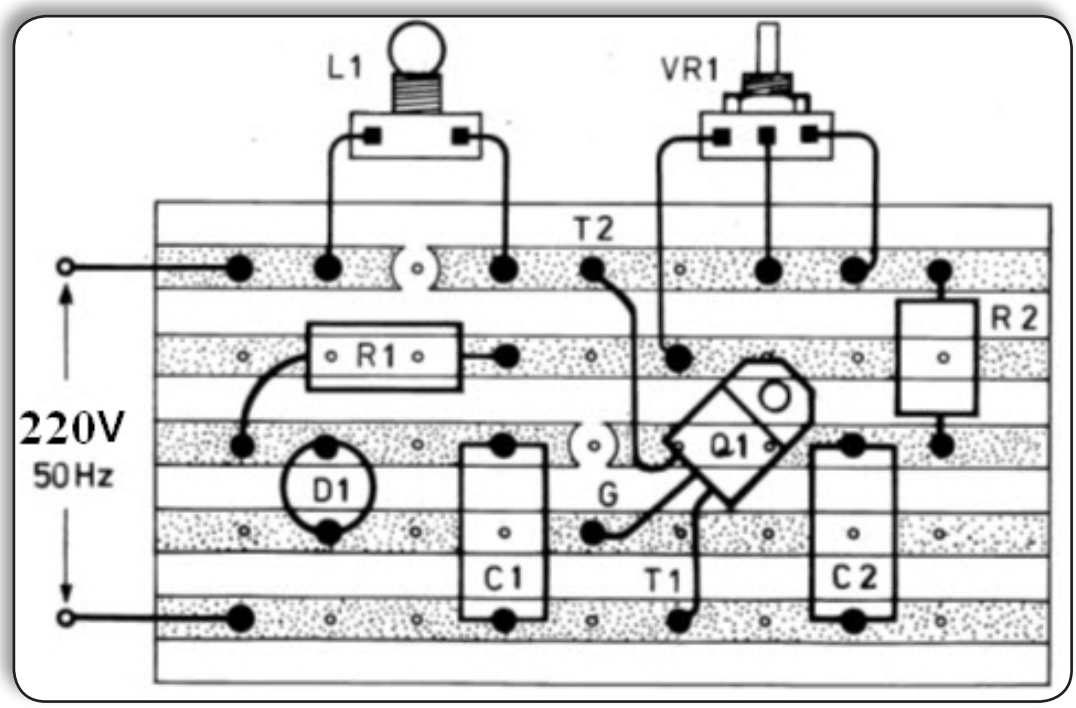
٣- لحام الأطراف بكاوية لحام ٣٠ وات مع استخدام قصدير نوع جيد (لا تقل نسبة القصدير عن ٦٠٪) .ثم تقص الأطراف الزائدة للمكونات .كما فى شكل (٧٤)



شكل (٧٣) تجهيز اللوحة



أطراف الترياك

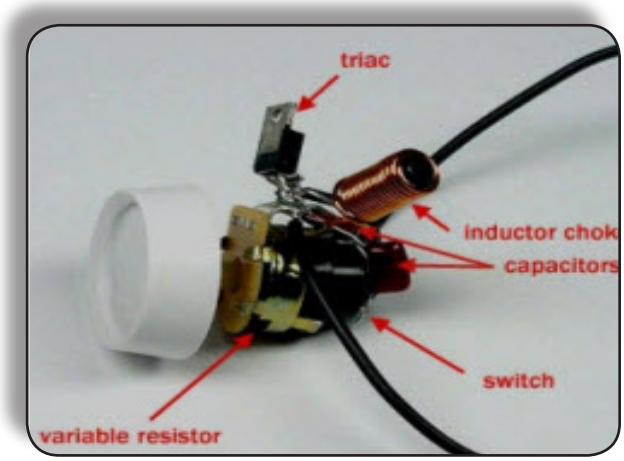


شكل (٧٤) تجميع المكونات على اللوح

٤- يتم اختبار الدائرة بعد تثبيت المصباح على القاعدة الخاصة به ، وتوصيل طرفى الدخل إلى مصدر التغذية العمومى ، ثم يتم تحريك مقبض المقاومة المتغيرة مع ملاحظة تأثير ذلك على شدة إضاءة المصباح .

يراعى عدم ملامسة سطح اللوحة من جهة الشرائح النحاسية تجنبا لحدوث صدمات كهربية .

٥- فى الحياة العملية يتم تجميع مكونات الدائرة على هيكل مفتاح كهربى يشبه مفتاح on/off ويثبت مكان المفتاح العادى كما فى شكل (٧٥) . وأيضا يمكن تثبيت اللوحة المجمع عليها مكونات الدائرة بقاعدة أباجورة بعد عمل منفذ لمقبض المقاومة المتغيرة للتحكم شدة الإضاءة .



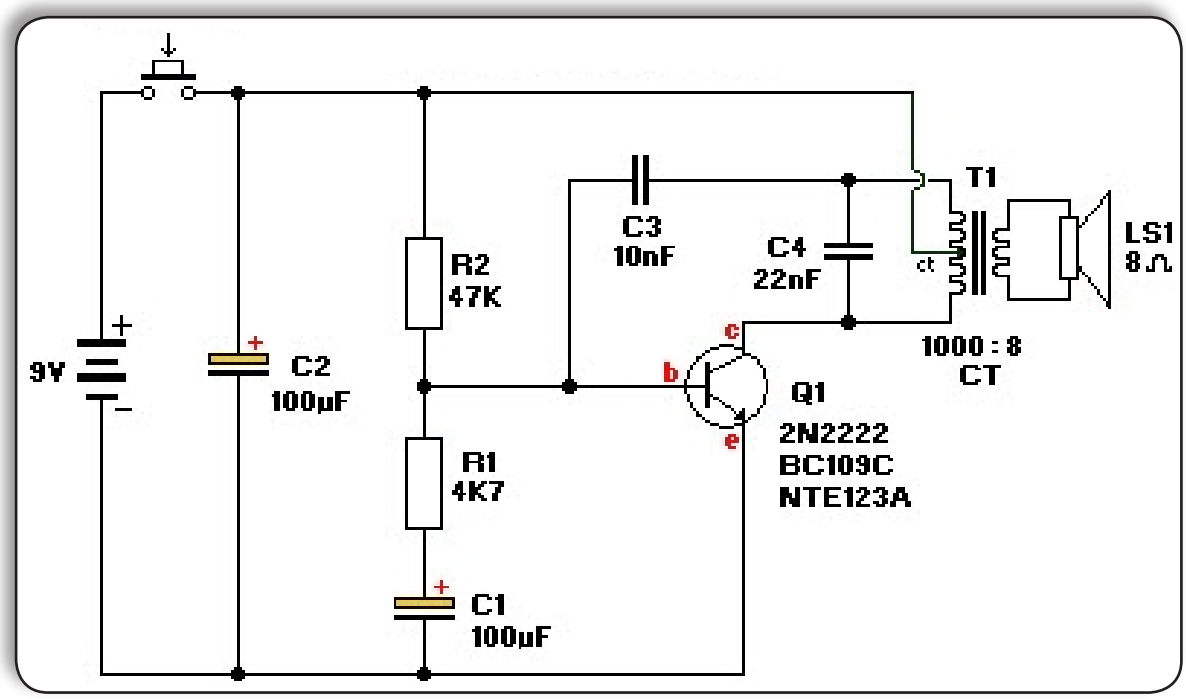
التركيب

الشكل الخرجى

شكل (٧٥) الشكل العملى للمفتاح خاض للضوء

تطبيق رقم (٢)

تنفيذ دائرة جرس منزل تعطى نغمة صوت "عصفور الكنارى"



شكل (٧٦) الدائرة النظرية

شكل (٧٦) يبين الدائرة النظرية لدائرة الجرس ، وهى عبارة عن تعديل لمذبذب هارتلى . وتتحدد نغمة الصوت عن هذه الدائرة بقيم لك من المكثف C1 والمقاومة R1 . وعموما أى تغيير فى قيم مكونات الدائرة سوف يؤثر على نغمة الصوت الصادر عنها .

قائمة المكونات :

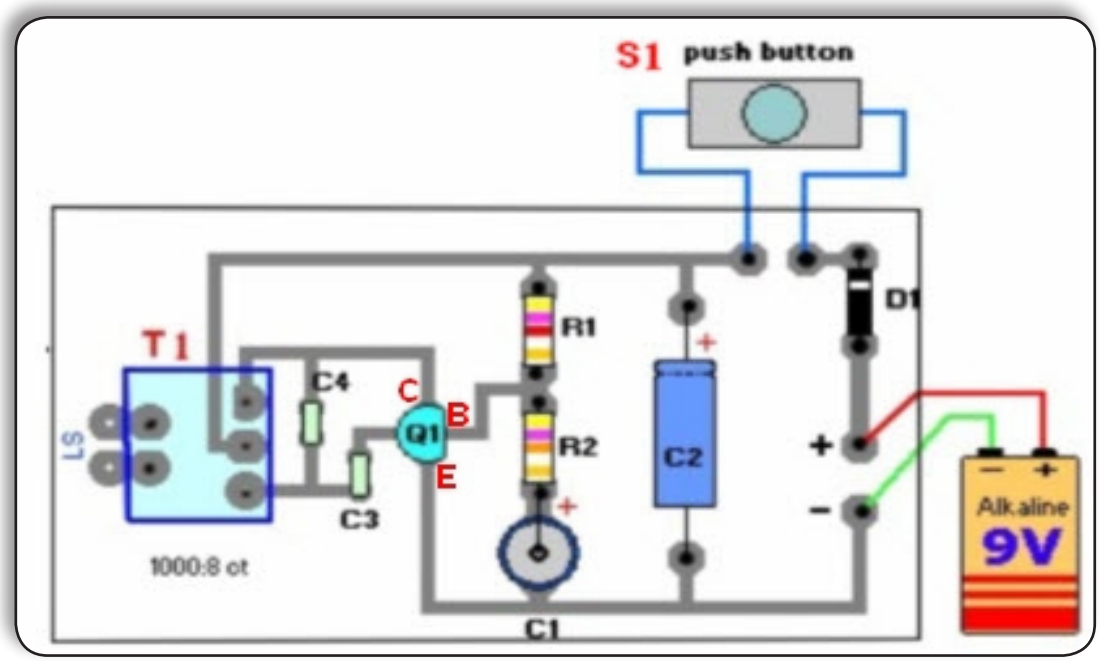
م	الاسم	م	الاسم
١	ترانزستور BC109C	٧	مقاومة R2= 47k
٢	مكثف C1 = 100 µF	٨	سماعة 8Ω
٣	مكثف C2 = 100 µF	٩	مفتاح ضاغط
٤	مكثف C3 =10nF	١٠	لوحة مثقبة
٥	مكثف C4 = 22nF	١١	محول له خمسة أطراف الابتدائى 1000 لفة والثانوى 8 لفات *
٦	مقاومة R1 = 4k7		

خطوات العمل :

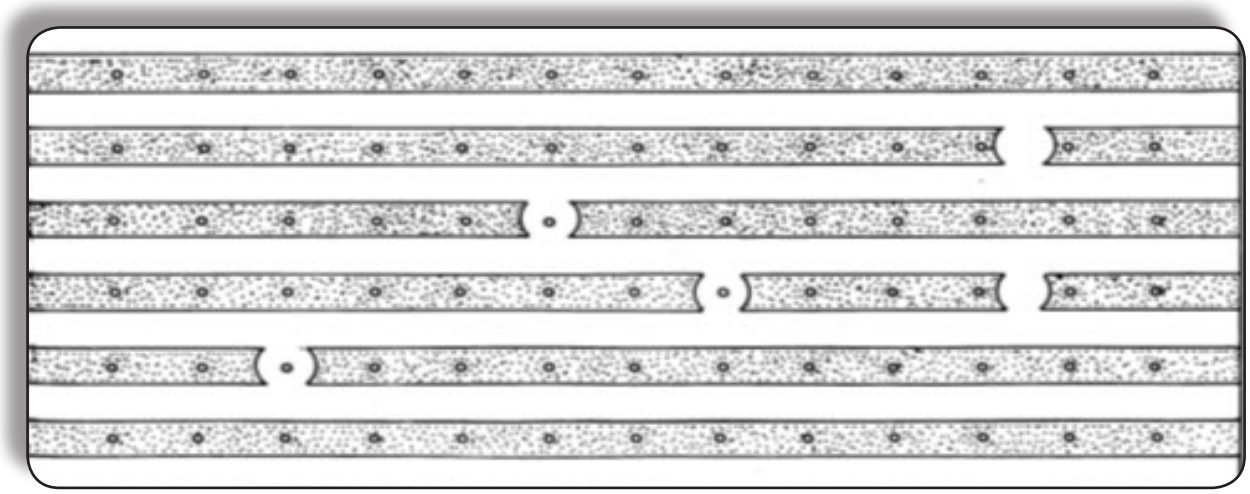
يمكن تنفيذ هذه الدائرة كما فى شكل (٧٧) حيث يتم توزيع وتثبيت المكونات على لوحة مثقبة ثم عمل توصيلات بين أطراف المكونات عن طريق لحام أسلاك بينها حسب رسم الدائرة .

كما يمكن تنفيذ الدائرة على لوحة ذات شرائح نحاسية كما فى شكل (٧٩).

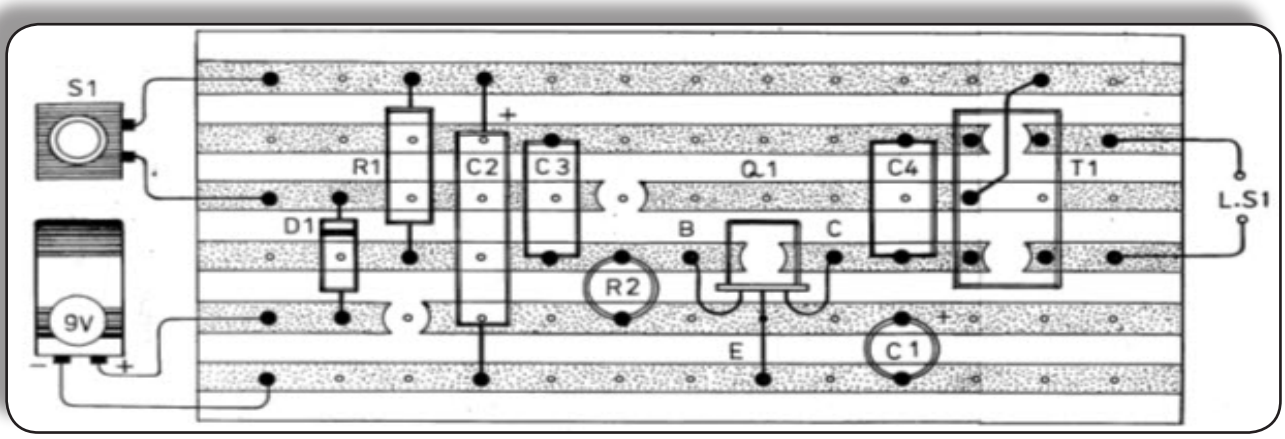
* يمكن إستخدام محول خرج الصوت بأجهزة الراديو الترانزستور



شكل (٧٧) الدائرة التنفيذية للجرس



شكل (٧٨) تجهيز اللوحة

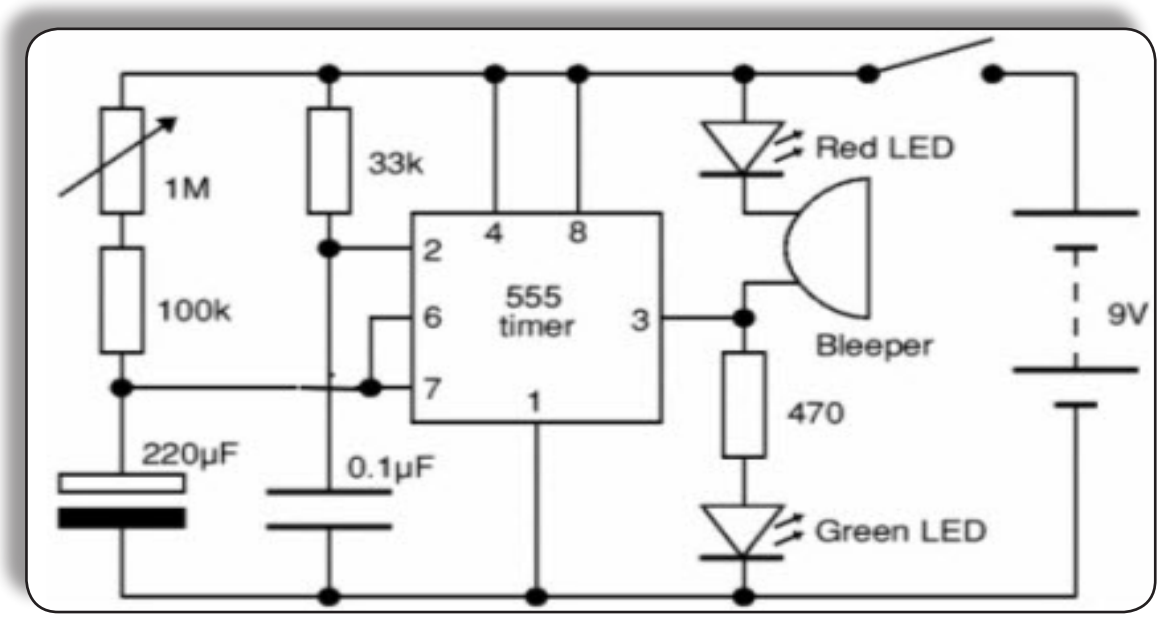


شكل (٧٩) الدائرة التنفيذية للجرس على لوحة ذات شرائح نحاسية

تطبيق رقم (٣)

تنفيذ دائرة مؤقت Timer قابل للضبط .

الشكل (٨٠) يبين الدائرة النظرية لمؤقت قـابل للضبط ، يعطى صـوت (نغمة) فى مدى زمنى من دقيقة إلى عشر دقائق ، ويمكن استخدامه فى المسابقات التى تتم فيها الإجابة فى زمن محدد أو تحديد زمن طهى طعام معين . قائمة المكونات :



شكل (٨٠) الدائرة النظرية

م	اسم المكون	م	اسم المكون
١	لوحة ذات شرائح نحاسية مناسبة	٧	مقاومة 100k
٢	دائرة متكاملة ٥٥٥	٨	مقاومة 33k
٣	ثنائى مشع للضوء LED (أحمر)	٩	مكثف 0.1µF
٤	ثنائى مشع للضوء LED (أخضر)	١٠	مكثف 220µ
٥	مقاومة متغيرة ١MΩ	١١	مفتاح on/off
٦	مقاومة 470Ω	١٢	بطارية 9 فولت

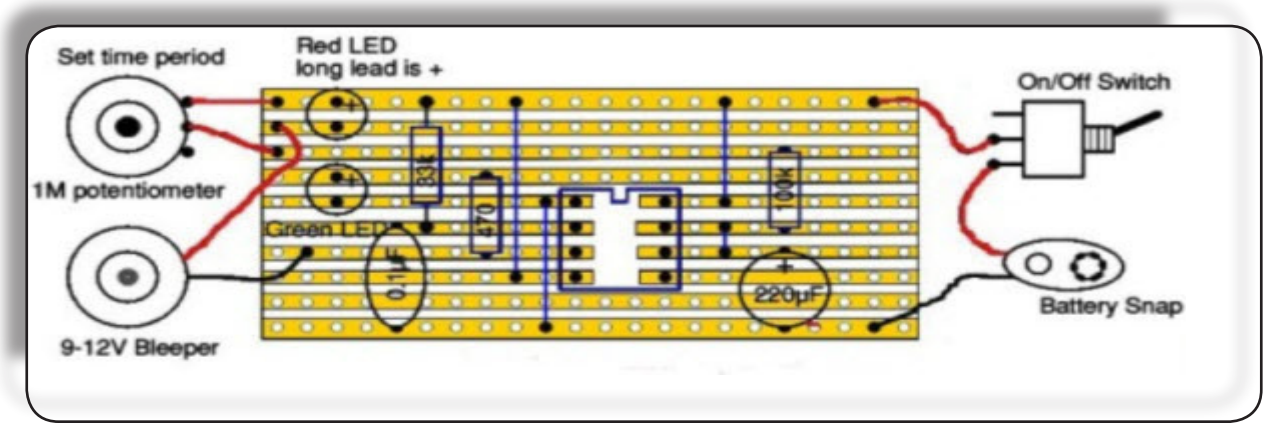
خطوات العمل :

١- تنظيف الشرائح النحاسية للوحة باستخدام ممحاة (أستيكة) ، ثم عمل فتحات فى الشرائح النحاسية باستخدام أداة لها سن حاد (قطر) وذلك كما فى شكل (٨١) وكذلك لحام أسلاك بين الشرائح لتكون اللوحة مناسبة لتنفيذ هذه الدائرة .

٢- تجميع مكونات الدائرة لحامها كما سبق إيضاحه فى التطبيق السابق ، وكذلك توصيل بطارية التغذية بالتيار الكهربى .

٣- اختبار الدائرة بإدارة مقبض المقاومة المتغيرة فى وضع أقصى اتجاه مع عقرب الساعة ثم نحركه قليلا فى عكس اتجاه عقرب الساعة ، ونجعل المفتاح on/ffعلى وضع on وننتظر بعض الوقت ، فعند الوقت المحدد فان الـ LEDالأخضر يطفىء ويضىء الـ LEDالأحمر وتصدر نغمة صوت من السماعة .

٤- نكرر الخطوة السابقة عدة مرات فى حالة تغيير أوضاع مقبض المقاومة المتغيرة ونلاحظ علاقة ذلك بالزمن الذى يصدر بعده صوت النغمة وإضاءة الـ LED .



شكل (٨١) الدائرة التنفيذية للمؤقت

المراجع

١. هانى أحمد منيب ، عادل حسين ابو زيد وآخرون : توصيف المحتوى العلمى لمادة تكنولوجيا الصناعة للمرحلة الثانوية ، ورشة عمل بالتعاون مع مكتب مستشار التعليم الاساسى والمجال الصناعى ، والادارة العامة للتعليم الثانوى - ٢٠١٠م

٢. وزارة التربية والتعليم : قطاع التعليم الفنى : الامان الصناعى ، الكتاب المقرر على طلاب الصف الأول الثانوى الصناعى ، نظام السنوات الخمس ، ٢٠١١ .

٣. وزارة التربية والتعليم ، قطاع التعليم الفنى : الأمن الصناعى والسلامة المهنية ، الكتاب المقرر على طلاب الصف الأول الصناعى ، نظام السنوات الثلاث ٢٠١٠ .

٤. وزارة التربية والتعليم ، قطاع التعليم الفنى : تكنولوجيا الكتاب المقرر على شعبة الالكترونيات والحاسبات ، الصف الثانى الصناعى نظام الخمس سنوات ٢٠١١ .

5. Electronics For Works Electricians Noel M Morris

6. Electronic Circuits Handbook William Heinemann Ltd - London

7. http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AE%D8%B4%D8%A8

8. http://www.manpower.gov.om/ar/vt_im_pp/vt_im_02.pdf

9. http://www.manpower.gov.om/ar/vt_instructional_materials.asp