جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي / الاجهزة الطبية - الثاني

تأليف

حبيب حسن شهاب
كاظم جواد أحمد
عصام حيدر جاسم
علي هاشم جبر
شروق محمود محمد
علي عبد الحسين علي

الطبعة الحادية عشر
1446 هـ -2024م

المقدمة

يتميز إختصاص الأجهزة الطبية بكثرة تطبيقاته التي تهدف الى كشف الحالات المرضية لجسم الإنسان. لذلك تنوعت مبادئ هذه الأجهزة وأصبح لكل منها مبدأ عمل خاص به، بالإضافة الى تطورها المستمر، حيث تم إعداد وتأليف كتاب العلوم الصناعية – الصف الثاني – المكون من سبعة عشر فصلا، تضمنت المبادئ الكهربائية والإلكترونية، ومبادئ النظام الرقمي، ومبادئ الاتصالات، ومبادئ توليد الموجات الكهرومغناطيسية، حيث أنواع هذه الموجات وخصائصها وتطبيقاتها الطبية كما في جهاز الاشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء، وضم الفصل الأخير بعض أنواع الأجهزة الطبية المختبرية كجهاز المجهر، والميزان، وجهاز الطرد المركزي، الطيف الضوئي، وجهاز قياس نسبة الهيموكلوبين وقياس نسبة الحامضية.

تناولت بعض الفصول مواد تطبيقية في الأجهزة الطبية كما في فصل الكترونيات القدرة، والمكبرات الكهروحياتية، والتضمين، وفصل أجهزة التوقيت، وقد حرصنا على إعداد الكتاب بما يتلائم مع المستوى العلمي لطلبتنا الأعزاء، راجين منهم الاستفادة من المواد العلمية بأقصى ما يمكن، والتعاون مع الهيئة التدريسية لتحقيق الفائدة المطلوبة منها، متمنين من الله التوفيق في تقديم هذا العمل، وآملين من الأساتذة والمدرسين والمختصين أن يرفدونا بملاحظاتهم ومقترحاتهم حول الكتاب للإستفادة منها في الطبعات اللاحقة.

ومن الله التوفيق

المؤلفون

المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
المقدمة	3
الفصل الاول- الثنائي	17 – 5
الفصل الثاني – انواع الثنائيات واستخداماتها	28 – 18
الفصل الثالث – الترانزستور ثنائي القطبية	37 – 29
الفصل الرابع – تطبيقات الترانزستور	49 – 38
الفصل الخامس – ترانزستور تأثير المجال	56 – 50
الفصل السادس – مكبرات القدرة	64 – 57
الفصل السابع – استجابة المكبر للترددات والمكبرات المنغمة	71 – 65
الفصل الثامن – المذبذبات	81 – 72
الفصل التاسع – الدوائر المتكاملة	88 – 82
الفصل العاشر – المكبرات الكهروحياتية	104 – 89
الفصل الحادي عشر- المرشحات الفعالة	113 – 105
الفصل الثاني عشر – التضمين وإزالة التضمين	124 – 114
الفصل الثالث عشر- الكترونيات القدرة	133 – 125
الفصل الرابع عشر – الموجات الكهرومغناطيسية وتطبيقاتها	151 – 134
الفصل الخامس عشر – مبادئ الحاسوب الالكتروني	175 – 152
الفصل السادس عشر – اجهزة التوقيت	181 – 176
الفصل السابع عشر – الاجهزة الطبية المختبرية	204 – 182

الفصل الأول
الثنائي Diode

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل إلى التعرف على استخدام الثنائي في التطبيقات الالكترونية.

الاهداف الخاصة: بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

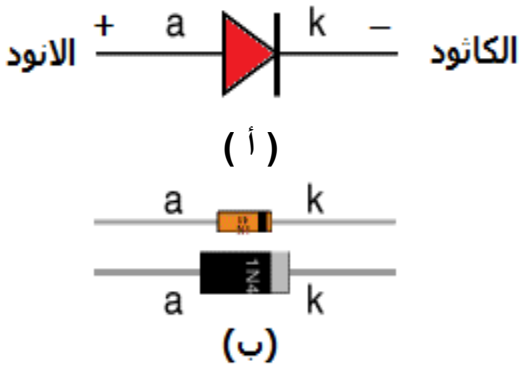
1- يتعرف على تطبيقات الثنائي وهي المقومات بانواعها ، مثل تقويم الموجة الكاملة،وتقويم نصف الموجة.
2- يتعلم حساب عامل التموج.
3- يدرس كيفية ترشيح الموجة وانواع المرشحات.
4- يدرس مضاعف الفولتية بانواعه.
5- يدرس دائرة قطع الفولتية بانواعه.

الفصل الأول

الثنائي Diode

1–1 مراجعة عامة للثنائي

لقد علمت من خلال دراستك لموضوع الثنائي في الصف الأول، ان الثنائي له طرفان هما الانود (a) وهو الطرف الموجب، والكاثود (k) وهو الطرف السالب كما موضح في الشكل (1-1).



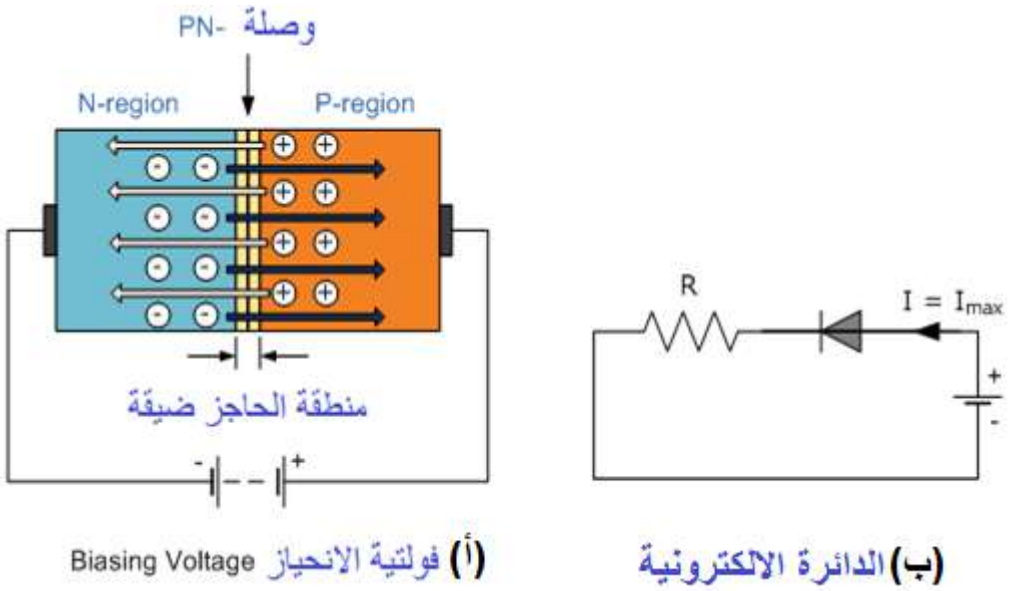
شكل 1-1 الثنائي (أ) رمز الثنائي (ب) شكل الثنائي

شكل 1-2 اشكال مختلفة من الثنائيات

يوجد احتمالان لتوصيل الثنائي مع مصدر التيار الكهربائي وهما:

أ- التوصيل بالأنحياز الأمامي (Forward Bias)

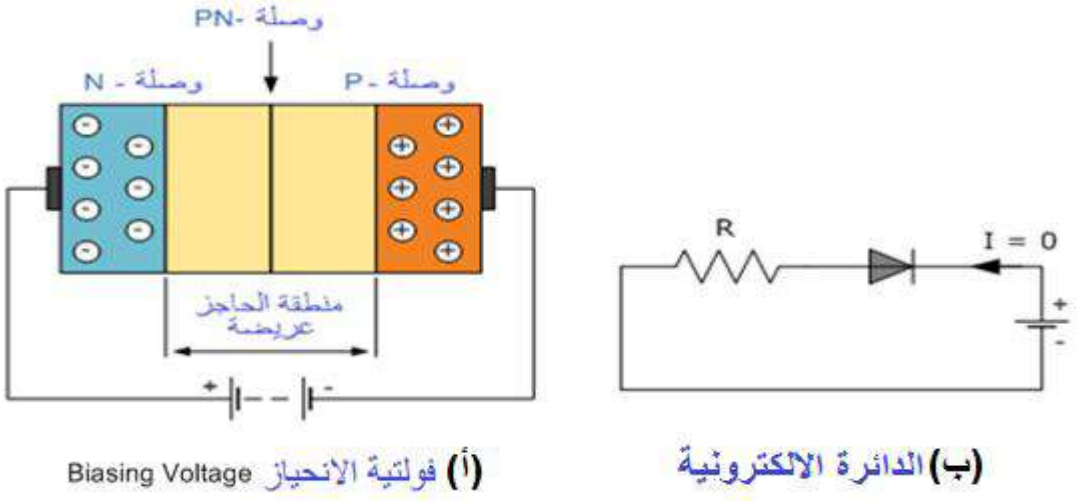
وفيه يوصل انود الثنائي إلى الطرف الموجب من البطارية أو المصدر،ويوصل كاثود الثنائي إلى الطرف السالب من البطارية أو المصدر، في هذه الحالة يمر تيار بسهولة وتكون مقاومة الثنائي قليلة والشكل (1-3) يوضح الأنحياز الأمامي للثنائي.



شكل 1- 3 الأنحياز الأمامي للثنائي

ب – التوصيل بالأنحياز العكسي (Reverse Bias)

في هذا الأنحياز يوصل انود الثنائي إلى الطرف السالب للبطارية، ويوصل كاثود الثنائي إلى الطرف الموجب للبطارية. في هذه الحالة يتصرف الثنائي كدائرة مفتوحة (Open Circuit)، ويمنع مرور التيار لان مقاومته ستكون عالية جدا، والشكل (1-4) يوضح الأنحياز العكسي للثنائي.



شكل 1-4 الأنحياز العكسي للثنائي

2-1 تطبيقات الثنائي (Diode Applications)

ان من اهم تطبيقات الثنائي هو استخدامه في الدوائر الآتية:

ا - دوائر تقويم نصف الموجة Half- Wave Rectifiers

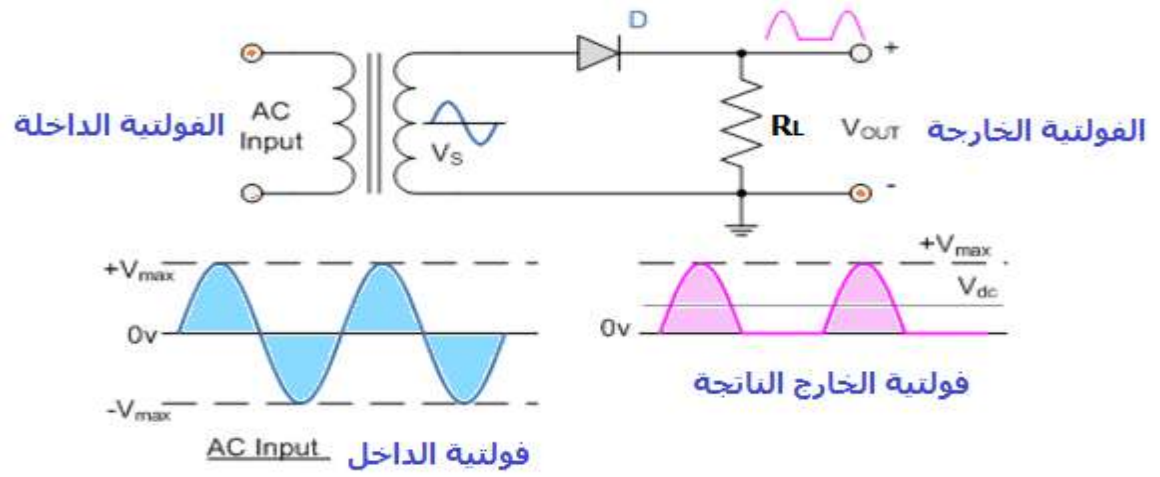
ب - دوائر تقويم الموجة الكاملة Full- Wave Rectifiers

وقبل البدء بشرح هذه التطبيقات لابد لنا ان نفهم ماهو التقويم ولاي اغراض يستخدم. ان معظم الاجهزة الالكترونية تحتاج لاداء عملها إلى مصدر للتيار المستمر، وتعتبر البطاريات من اشهر مصادر التيار المستمر النقي، وكما نعلم ان الاجهزة الالكترونية كالتلفزيون، والعقول الالكترونية تغذى من مصادر التيار المتناوب (A.C) ذات الفولتية (220 V) وبتردد (50 Hz). ولتغذية مراحل هذه الاجهزة بالتيار المستمر تستعمل خاصية (سماح الثنائي لمرور التيار في اتجاه واحد). فالثنائي هنا يقوم بتحويل الموجة الخالية من مركبة التيار المستمر إلى موجة ذات قيمة متوسط، اي لها مركبة تيار مستمر.

تسمى هذه العملية بالتقويم أو التوحيد (Rectification)، ويطلق على الثنائي هنا بالمقوم (Rectifier).

3-1 تقويم نصف الموجة (Half-Wave Rectifier)

يوضح الشكل (1-5) دائرة تقويم نصف موجة، حيث يوصل الثنائي بمصدر التيار المتناوب عن طريق محول:



شكل1-5 تقويم نصف الموجة

يظهر الثنائي مقاومة قليلة بالأتجاه الأمامي، وبدخول النصف الموجب من الموجة الداخلة(v_i) فانها ستؤدي إلى سريان تيارخلال الثنائي.

$$I = I_m \text{ Sin wt} \quad \ldots\ldots \quad (1\text{-}1).$$

حيث يمثل I_m اعظم قيمة للتيار.

أما عند دخول النصف الثاني من الموجة (النصف السالب) فلا يسري تيارفي الثنائي خلال زمن هذه الموجة ويكون الثنائي عندئذٍ منحازا عكسيا.

توجد مركبة للتيار المتناوب في موجة التيار.يمكن ايجاد قيمتها الفعالة (Effective Value) التي تسمى عادةً بجذر متوسط التربيع (Root Mean Square)

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \qquad \ldots\ldots\ldots(2\text{-}1)$$

تمثل I_{rms} القيمة الفعالة للتيار والتي تحتوي على مركبتين (AC) و(DC)

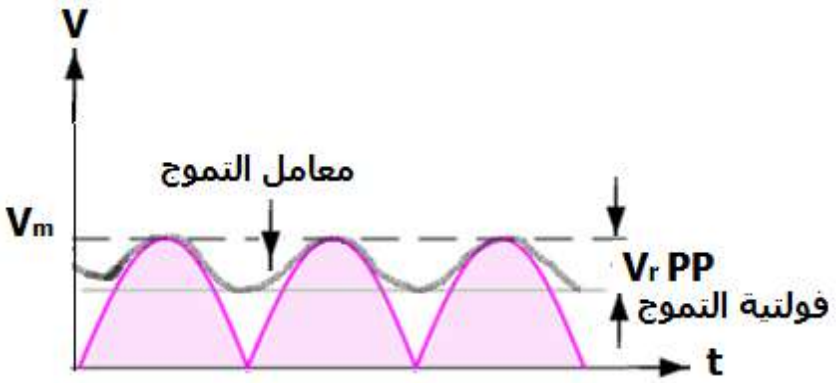
وبما ان V_o تمثل الفولتية المستمرة الخارجة لتقويم نصف الموجة ويمكن حسابها بالقانون الاتي:

$$V_o = V_{dc} = \frac{V_{max}}{\pi} \quad \ldots\ldots (3\text{-}1)$$

حيث ان π = النسبة الثابتة = 3.14

1- 4 معامل التموج (Ripple Factor)

من ملاحظة الموجة الخارجة من مقوم نصف الموجة في الشكل (1-5) نجد ان التيار لا يكن مستمرا تماما انما يحتوي على مركبة متناوبة، وفي حقيقة الأمر لاتوجد دائرة تقويم مهما كانت معقدة الا واحتوت على مركبة متناوبة كما موضح بالشكل (1-6).



شكل 1-6 معامل التموج

ويمكن معرفة كمية المركبة المتناوبة في خارج دائرة التقويم بحساب معامل التموج (Ripple Factor) الذي يساوي:

$$r = \frac{\text{القيمة الفعالة للمركبة المتناوبة من الموجة}}{\text{القيمة المستمرة للموجة}}$$

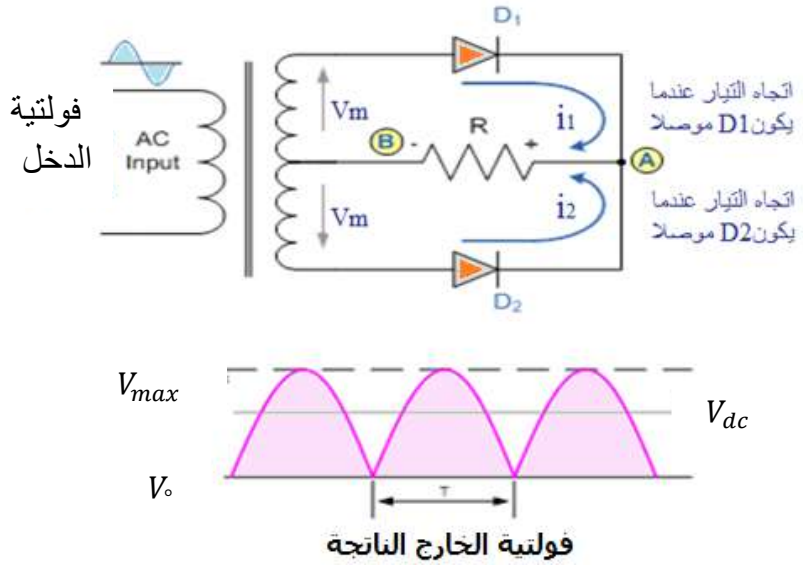
$$r = \frac{I_{ac}}{I_{dc}} = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} \quad \ldots\ldots (4\text{-}1)$$

ان مركبة التيار المتناوب في مقوم نصف الموجة يزيد على مركبة التيار المستمر مما يعني عدم صلاحية هذه الدائرة في كثير من التطبيقات. ومن الجدير بالذكر انه يمكن تقليل عامل التموج (r) في هذه الدائرة باضافة دوائر ترشيح (Filters)، كما سياتي شرحها لاحقا.

1-5) تقويم موجة كاملة (Full-Wave Rectifier) وانواعه :-

1) تقويم موجة كاملة باستخدام محول ذو نقطة وسطية (Full-Wave Rectifier)

يلاحظ من دائرة تقويم نصف الموجة ان الحمل يجهز بالتيار خلال نصف الموجة فقط أما النصف الثاني فيذهب سدىً، ومن الممكن استغلال النصف الاخرايضا لزيادة كفاءة التقويم. وللحصول على قدرة ذات تيار مستمر أكبر وذات معامل تموج افضل، وتسمى الدائرة التي تستغل كأمل الموجة بتقويم موجة كاملة (Full- Wave Rectifier) والشكل (1-7) يوضح دائرة بسيطة لهذا النوع.



شكل 1-7 مقوم موجة كاملة باستخدام ثنائيين

تحتوي هذه الدائرة على ثنائيين يقوم كل منهما بعمل مقوم نصف موجة، وتتم عادةً عملية تقويم الموجة الكاملة باستعمال محول ذي نقطة وسطية (Centre Tap).

هناك فرق في الطور قدره (180°) بين النصف الاعلى والاسفل للملف،ولذلك فان الثنائي (D_1) سوف يسمح بمرور التيار خلال نصف الموجة الموجب من فولتية (V_m) في النصف العلوي، بينما لايسمح الثنائي (D_2) بمرور التيار وذلك لان الفولتية (V_m) في النصف السفلي ستكون سالبة في تلك الفترة. أما خلال فترة النصف الثاني من الموجة، فان (D_1) سيمنع مرور التيار (i_1) بينما يسمح (D_2) بمرور التيار (i_2). وهكذا يتناوب الثنائيان في امرار التيار، وبما ان التيار (i) المار خلال مقاومة الحمل يساوي مجموع التيارين (i_1) و (i_2)، فانه سيكون موجودا في كلا نصفي الموجة كما موضح بالشكل (1-7). لذلك يكون تيار الحمل المستمر في هذه الحالة ضعف ماهو عليه في دائرة تقويم موجة كاملة. ومما يجدر ملاحظته ان في دائرة تقويم موجة كاملة، عندما يكون احد الثنائيين موصلا يكون الاخر في حالة أنحياز عكسي. ان الفولتية عبرالثنائي تكون:

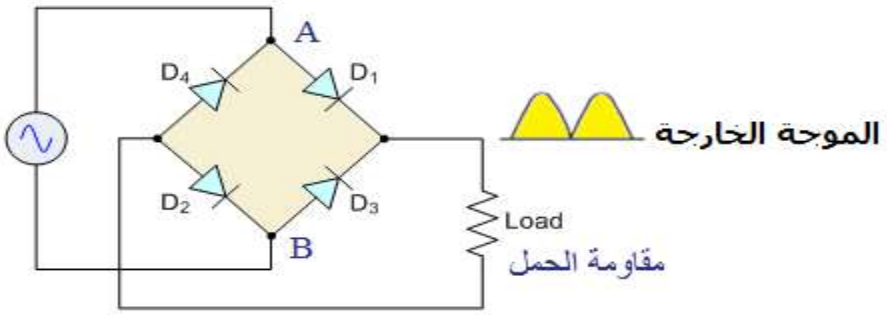
$$V = V_m + V_m = 2V_m \quad \text{..... (5-1)}$$

وهذا يعني ان فولتية الذروة العكسية هي ضعف ماهي عليه في دائرة تقويم نصف موجة لذلك يجب اختيار الثنائي هنا بحذر أكبر.

عامل التموج: يكون اقل مماهو عليه في تقويم نصف موجة، لذلك ستكون عملية الترشيح اسهل خاصةً وان التردد في خارج تقويم موجة كاملة يساوي ضعف التردد الاساسي لتقويم نصف موجة.

2) تقويم موجة كاملة استخدام توصيلة القنطرة (Bridge Rectifier)

ان هذا النوع من المقومات يستغني عن استخدام محول ذي نقطة وسطية. يتكون المقوم القنطري من اربع ثنائيات، وتربط بالطريقة المبينة بالشكل (1-8).



شكل 1-8 المقوم القنطري

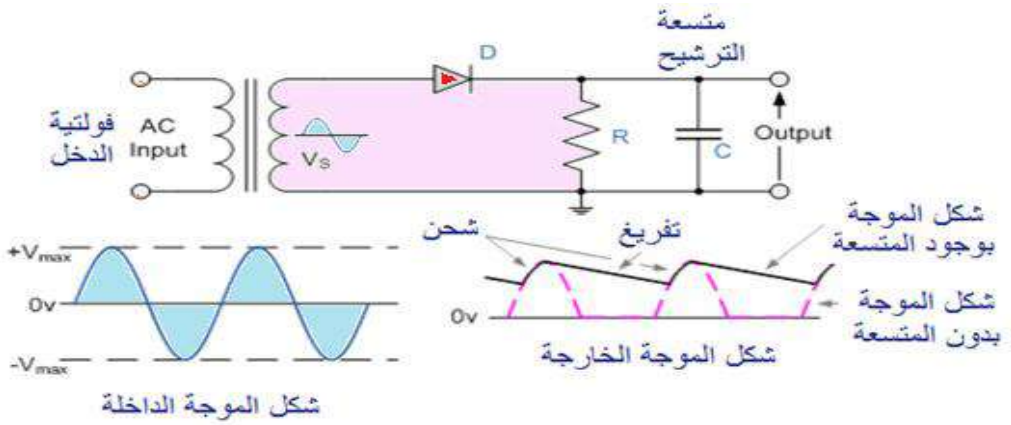
تسلط الفولتية المتناوبة بين (A وB) فان التيار يسري من (A) موجبا بالنسبة إلى (B) فان التيار يسري من (A) خلال الثنائي (D_1) إلى مقاومة الحمل ويكمل دورته راجعا إلى النقطة (B) عن طريق (D_2). وعندما يكون جهد (B) موجبا بالنسبة إلى (A) فان التيار سيسري إلى الحمل من (B) عن طريق الثنائي (D_3) ويكمل دورته راجعا إلى النقطة (A) عن طريق (D_4)، وهكذا يسري تيارخلال الحمل في كلا نصفي الموجة.

مزايا تقويم القنطرة

1- فولتية الذروة العكسية تكون نصف ماهو عليه في دائرة تقويم موجة كاملة باستخدام ثنائيين.
2- تستعمل القنطرة نصف عدد لفات الملف الثانوي المطلوب استعماله مع دائرة تقويم موجة كاملة بثنائيين.

6-1 المرشحات (Filters)

تحتوي الموجة الخارجة من دوائر المقوم على نسبة تموج يجب تقليلها إلى اقل مايمكن، ويتم ذلك باضافة اداة ترشيح (smoothing)، ومن ابسط انواعها هي المتسعة. ويبين الشكل (1- 9) دائرة تقويم نصف موجه مع متسعة (C) مربوطة على التوازي مع الحمل R (Shunt Capacitor).

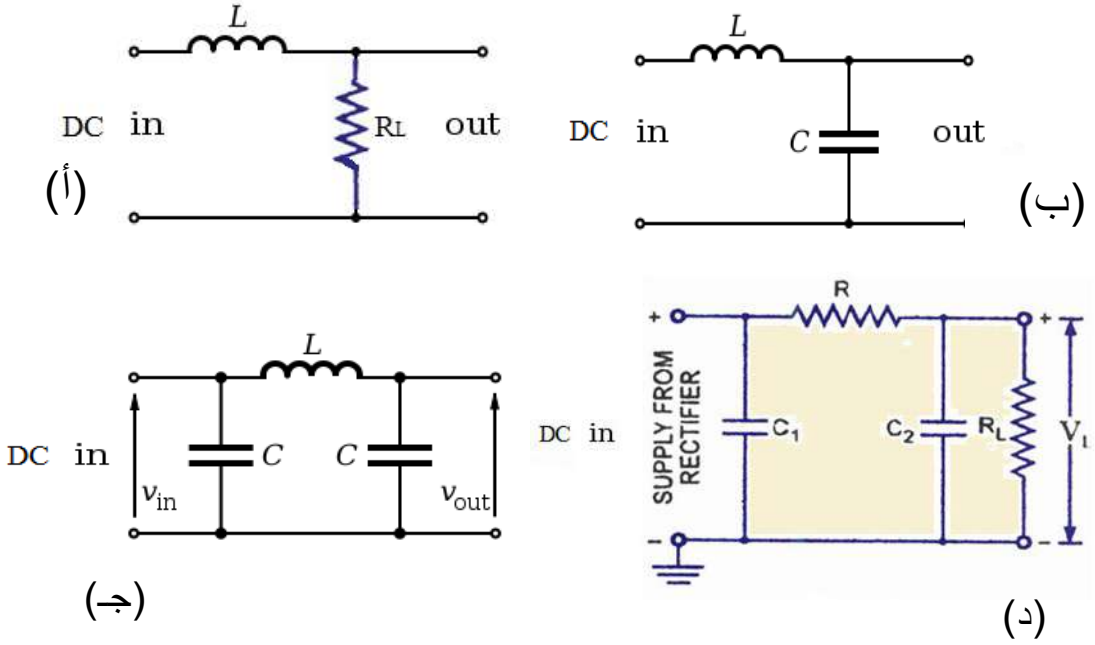


شكل 1-9 ثنائي تقويم نصف موجه مع مرشح متسعة

ان المتسعة (C) تشحن اثناء مرور التيار خلال الثنائي، وعند وصول الفولتية عبر المتسعة إلى القيمة العظمى (V_m). وتتوقف عملية الشحن عندما ينحاز الثنائي عكسيا، حينئذٍ تبدا المتسعة بتفريغ شحنتها خلال مقاومة الحمل (R) حتى اللحظة التي ينحاز فيها الثنائي أماميا مرة اخرى.

ومن ملاحظة شكل الموجة الخارجة من دائرة الترشيح، نجد ان نسبة التموج للاشارة قد قلت بشكل كبير، وهكذا ساعدت المتسعة (C) على تقليل المركبة المتناوبة.

وبما ان مقاومة الحمل ثابتة فان تقليل المركبة المتموجة تتم بزيادة قيمة المتسعة (C) ويجب ملاحظة ان قيمة المتسعة المستخدمة هي بالمايكروفاراد، ومن النوع الكيمياوي (Electrolytic) وتكون مستقطبة (Polarized) مما تتطلب الحذر عند ربطها، وذلك بربط طرفها الموجب إلى طرف الاخراج الموجب. ويبين الشكل (1- 10) انواع اخرى من دوائر الترشيح.



شكل 1-10 انواع المرشحات

وفيما يلي شرح لكل دائرة:

ا- الشكل (ا): استعمل ملف بالتوالي مع دائرة التقويم، يبدي الملف ممانعة عالية اتجاه التيارالمتناوب (حيث الممانعة $X_L = 2\pi FL$)، ومن مميزات هذا النوع من المرشحات ان عامل التموج لفولتية الخرج يكون اقل بكثير من (مرشح المتسعة)، وكذلك يمنع الملف حدوث التيارات العالية التي تحدث لفترة قصيرة في مرشح المتسعة. وبذلك يقوم الملف بحماية ثنائيات التقويم. ويفضل استخدام مرشح الملف عندما يكون تيار الحمل عاليا، حيث يكون عامل التموج قليلا كلما زاد تيار الحمل (اي عكس ماهو عليه في مرشح المتسعة)، ولذلك يستعمل هذا المرشح مع تقويم الموجة الكاملة فقط.

ب- الشكل (ب): يوضح مرشحا يجمع بين فائدة مرشح الملف،عندما يكون تيار الحمل كبيرا وبين مرشح المتسعة الذي يلائم الدوائر ذات تيار حمل قليل. عامل التموج في هذا المرشح هو افضل من المرشحين السابقين، ولكن لوجود الملف في طريق ثنائيات التقويم فان فولتية الخرج لاتكون عالية.

ج- الشكل (ج): في هذا النوع تضاف متسعة عبر دائرة التقويم ماقبل الملف، وذلك لزيادة فولتية الخرج، أما عامل التموج في دائرة الترشيح فهو الاحسن.

د- الشكل (د): يمكن استخدام مقاومة بدلا من الملف الذي يكون حجمه كبيرا وغاليا بالكلفة، وفي هذه الحالة ستكون مقاومة خارج المرشح عالية، لذلك يستعمل هذا النوع من المرشح مع تيارات ثابتة وقليلة. وهناك أمكانية تسلسل مقاطع من هذه المرشحات مع بعضها البعض لنحصل على معامل تموج افضل.

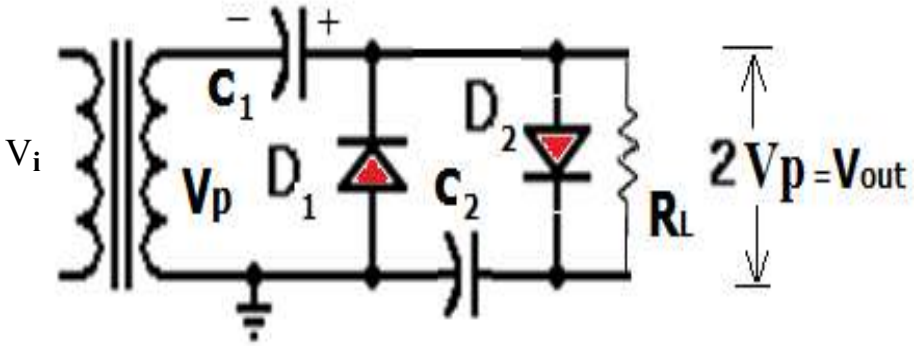
7-1 مضاعف الفولتية (Voltage Multiplier)

من تطبيقات الثنائي مضاعف الفولتية، وهو عبارة عن مقومي فولتية أو اكثر، ويقوم بانتاج فولتية مستمرة تساوي اضعاف فولتية الداخل ($2V_P$)، ($3V_P$)، أو ($4V_P$)، وهكذا.....

ويستخدم هذا النوع من الدوائر في التطبيقات التي تحتاج إلى فولتية عالية وتيار قليل مثل انبوبة الاشعة المهبطية (Cathode Ray Tube) (وهو صمام الصورة في جهاز التلفزيون)، وفي راسم الاشارة Oscilloscope وفي عارضات الحاسبة الالكترونية.

8-1 مضاعف الفولتية إلى الضعف (Voltage Doubler)

مضاعف الفولتية إلى الضعف نحصل عليه من ربط ثنائيين معا عند مرور النصف السالب من اشارة الدخل ينحاز (D_1) أماميا و (D_2) ينحاز عكسيا، فتنشحن المتسعة (C_1) إلى الفولتية العظمى (V_P) وبالقطبية المبينة بالشكل (1-11).

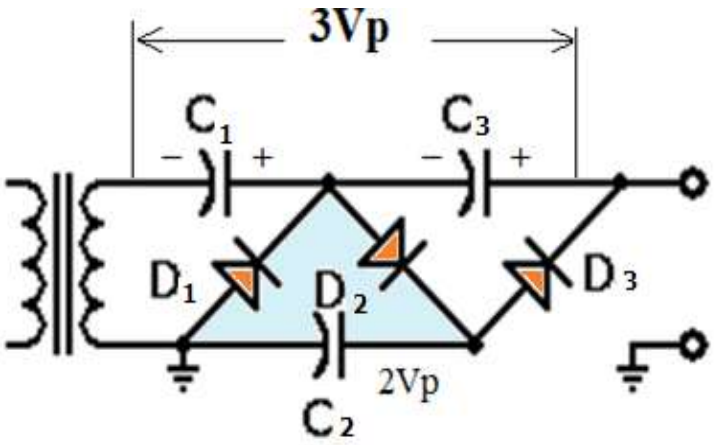


شكل 1-11مضاعف الفولتية إلى الضعف

وعند وصول النصف الموجب من اشارة الدخل يكون (D_1) منحازا عكسيا و(D_2) منحازا أماميا. وبما ان المصدر والمتسعة (C_1) مربوطان على التوالي لذلك ستنشحن المتسعة (C_2) إلى ($2V_P$) اي ضعف الفولتية الداخلة. ان الفولتية على مقاومة الحمل (R_L)هي ($2V_P$)، وهذا يعني ان فولتية الخرج هي ضعف فولتية الدخل للدائرة.

9-1 مضاعف الفولتية إلى ثلاث مرات (Voltage Tripler)

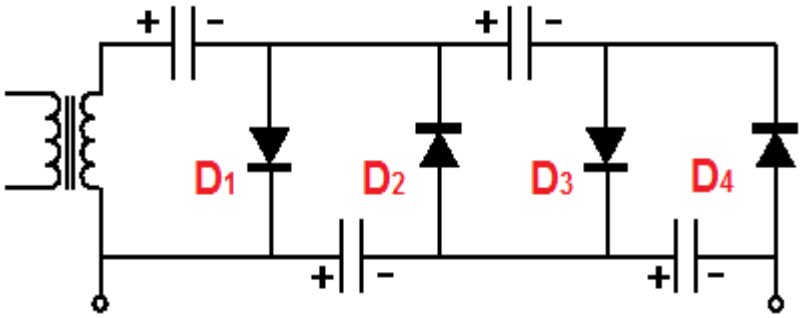
عند اضافة ثنائي اخر ومتسعة إلى الدائرة السابقة نحصل على تكبير فولتية ثلاثة اضعاف (Voltage Tripler). ان الثنائيين الأوليين يعملان عمل مضاعف فولتية إلى الضعف وعند مجيء النصف السالب من الموجة سيكون (D_3) منحازا أماميا وهذا يعمل على شحن (C_3) إلى ($2V_P$) بالقطبية المبينة بالشكل (1-12). خرج الدائرة يؤخذ على اطراف (C_1) و(C_3).



شكل 1-12 مضاعف فولتية ثلاثة اضعاف

1- 10 مضاعف الفولتية إلى اربع مرات (Voltage Quadrupler)

وهو عبارة عن اربع منظومات متسلسلة، الثلاثة الأولى منها تمثل مضاعف فولتية إلى (3) اضعاف، واضافة الثنائي الرابع (D_4) إلى الدائرة الكلية يتكون مضاعف فولتية إلى اربعة اضعاف وكما مبين بالشكل (1- 13). اي ان فولتية الخارج هنا تساوي (4) اضعاف فولتية الداخل.



شكل 1-13 مضاعف الفولتية اربعة اضعاف

ويمكن اضافة عدد غير محدد من المقاطع للحصول على مضاعف فولتية لـ (س) من المرات ولكن في هذه الحالة سيكون تنظيم الفولتية (Voltage Regulation) رديئاً.

1-11 دائرة تقليم (قطع أو تحديد) الموجة Clipper

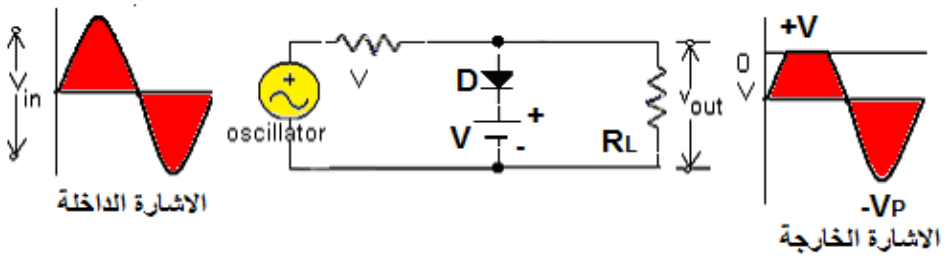
تستعمل دائرة القطع في تطبيقات الكترونية كثيرة مثل الرادار والحاسبات وغيرها، حيث نحتاج إلى ازالة فولتية الاشارة فوق أو تحت مستوى معين.

12-1 تقليم الموجة المنحاز (Biased clipper)

يمكن الحصول على مستوى تحديد بالأتجاه الموجب أو السالب وذلك باستخدام المحدد المنحاز (Biased Clipper). وفي الدائرة الموضحة بالشكل (1- 14) يكون الثنائي في حالة أنحياز فقط اذا كانت فولتية الإدخال أكبر من V (فولتية البطارية).

أما عندما تقل فولتية الإدخال عن V يصبح الثنائي دائرة مفتوحة (Open) لانه سيكون منحازا عكسيا، فيظهر النصف السالب على طرفي مقاومة الحمل كاملا.

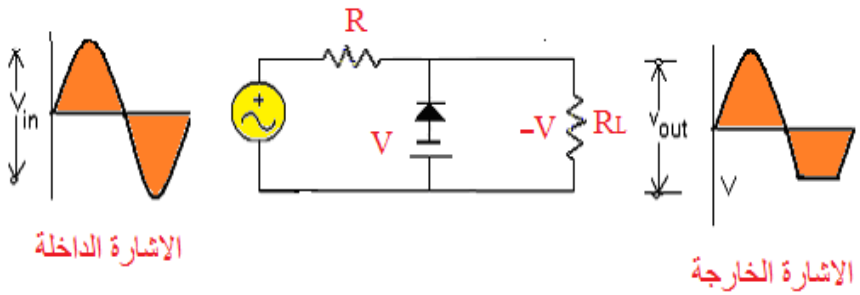
$$V_o = V_{in} - V_D - V$$



شكل 1-14 دائرة تقليم منحازة نوع موجب

أما الدائرة الموضحة بالشكل (1- 15)، فتبين دائرة تقليم منحازة بالأتجاه السالب.عندما تكون فولتية الإدخال (V_{in}) اكثر سالبية (–V)، يكون الثنائي في حالة توصيل لذلك نحصل على فولتية خرج مقدارها (–V) على اطراف مقاومة الحمل، وتبقى هذه الحالة طالما ان فولتية الإدخال اكثر سالبية من (–V).

$$V_o = -V_{in} + V_D + V$$



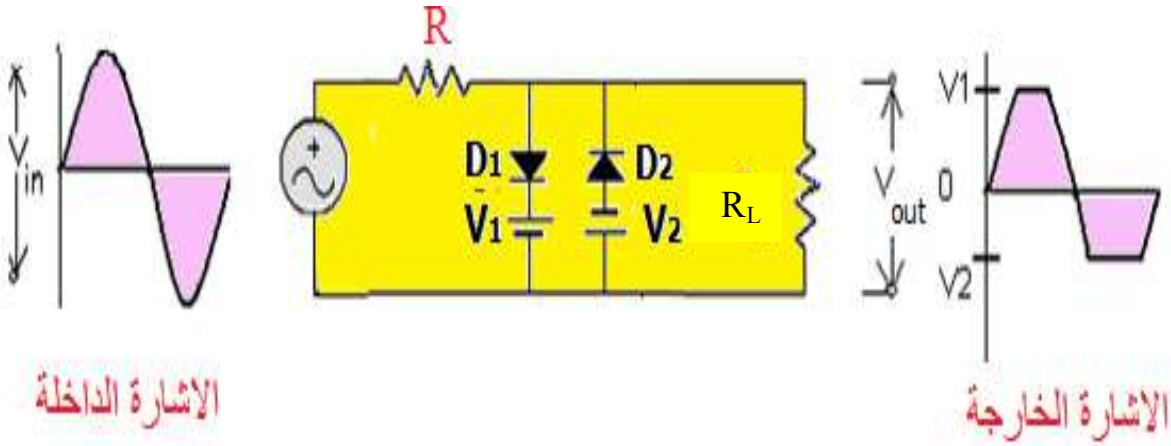
شكل 1-15 مقلم منحاز بالأتجاه السالب

13-1 التقليم المركب

يمكن الحصول على خصائص دائرة التقليم الموجب و التقليم السالب بجمع الدائرتين معا وكما موضح بالشكل (1-16). نحصل على اشارة خارجة تشبه موجة مربعة.

$V_{o1} = V_{in} - V_D - V$ للجزء الموجب

$V_{o2} = -V_{in} + V_D + V$ للجزء السالب



شكل 1-16 التقليم المركب

اسئلة الفصل الأول

1- مم يتكون مقوم نصف الموجة؟ وما مبدا عمله؟

2- ما انواع مقومات الموجة الكاملة؟ وكيف يكون شكل موجة الاخراج في موحد موجة كاملة قياسا بشكل موجة الاخراج في موحد نصف موجة؟

3- اي المقومات اكثر شيوعا ولماذا؟

4- كيف يتم تقليل المركبة المتناوبة لموجة الخارج في دائرة التقويم نصف موجة؟ وضح ذلك.

5- عدد انواع المرشحات مع بيان مزايا كل نوع.

6 - اي المرشحات الاكثر شيوعا وهل يجب زيادة مقاطع الترشيح إلى اكثر من مقطعين؟

7- ماذا يقصد بمضاعف الفولتية؟ اذكر انواعه ومزايا كل نوع؟

8- هل يمكن مضاعفة الفولتية إلى عدد غير معروف من المرات؟ وما هي عيوب هذه الطريقة؟

9- ماذا يقصد بتقليم الموجة؟ وفي اي الدوائر تستخدم هذه العملية؟

10- عدد انواع دوائر تقليم الموجة مع ذكر مزايا كل نوع.

الفصل الثاني
انواع الثنائيات واستخداماتها

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل إلى التعرف على انواع الثنائيات.

الاهداف الخاصة: بعد انتهاء هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1- يدرس الثنائي السعوي وتطبيقاته العملية، خصائصه وتركيبه وطريقة ربطه بالدائرة.
2- يفهم الثنائي الباعث للضوء (LED)، تركيبه، خصائصه وطبيقاته العملية.
3- يدرك الثنائي الضوئي (Photo diode)، تركيبه وخواصه وتطبيقاته العملية فضلا عن دراسة الخلية الشمسية .
4- يعرف خواص وتركيب عمل الثنائي الليزري وتطبيقاته، العملية في الدوائر الالكترونية وفي الاجهزة.

الفصل الثاني
انواع الثنائيات واستخداماتها

1-2 تمهيد

ان خواص الثنائي اللاخطية جعلته مفيدا في كثير من التطبيقات الالكترونية، مثل التقويم والكشف وفي الدوائرالمنطقية (Logic Circuits)، وهناك ثنائيات اخرى شبه موصلة لها تطبيقاتها الخاصة، ويوضح الشكل (2-1) بعض منها.

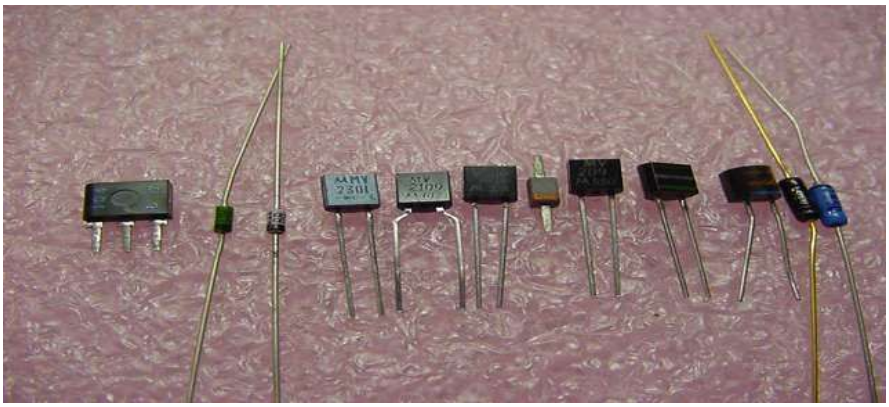
شكل 2-1 انواع الثنائيات

1- الثنائي السعوي Varactor Diode.
2- الثنائي الضوئي Light Emitting Diode.
3- الثنائي المستقبل للضوء Photo Diode.
4- الثنائي الليزري Laser Diode.

كما ان ثنائي الزينر الذي تم دراسته في المرحلة السابقة، فيعتبر من اهم انواع الثنائيات المستخدمة في التطبيقات الالكترونية، حيث يعمل كمرجع لفرق الجهد (Voltage Reference)، أو كمنظم لفرق الجهد (Voltage Regulator).

2-2 الثنائي السعوي Varactor Diode

الثنائي السعوي ويسمى ايضا (varicap diode) وتختصر إلى (varicap)، وتعني متسعة متغيرة (Variable Capacitance). يستخدم الثنائي السعوي بكثرة في دوائر الاتصالات الرقمية، وفي اجهزة المذياع، واجهزة استقبال المحطات الفضائية التي تقوم بالبحث عن المحطات بصورة تلقائية، والشكل (2-2) يوضح الثنائيات السعوية.



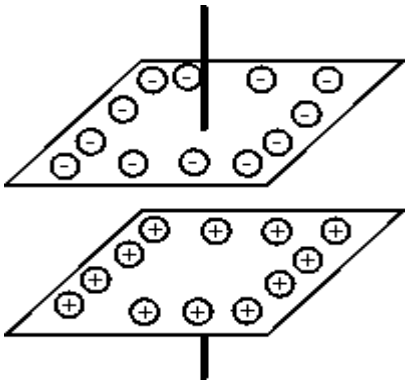
شكل 2-2 الثنائيات السعوية

2-2-1 انواع الثنائيات السعوية

ان مبداعمل الثنائي السعوي مشابه لعمل المتسعة، فكما علمت ان المتسعة عبارة عن لوحين يفصلهما عازل حيث تعتمد قيمة سعة المتسعة على ثلاثة عوأمل هي: مساحة اللوح الموصل (A)، والمسافة بين الموصلين (d)، ونوع المادة العازلة (€) كما موضح بالعلاقة الآتية:

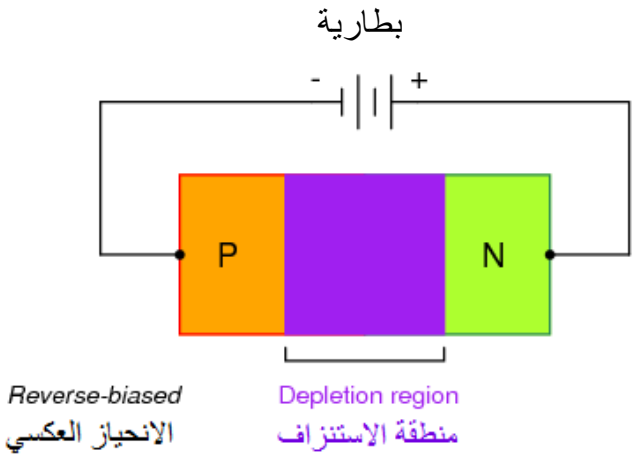
$$C = \frac{A€}{d} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1\text{-}2)$$

ويمكن التحكم بسعة المتسعة بتغيير احدى هذه المتغيرات، والطريقة المعتادة هي تغيير المسافة بين الموصلين، والشكل (2-3) يوضح لوحي متسعة مشحونين.



شكل 2-3 لوحي متسعة مشحونة

هذه الحالة مشابهة لما يحدث للدايود في حالة الأنحياز العكسي، في منطقة الأستنزاف (هي التي تعد منطقة عازلة بين موصلين)، وهي المتسعة، فعند تغيير الجهد العكسي المسلط عليها، فان عرض هذه المنطقة سوف يتغير تبعا لتغير قيمة الجهد، فتتغيرسعة المتسعة الناتجة عن وجود موصلين (الجزء السالب والجزء الموجب)، والعازل بينهما (منطقة الأستنزاف). كما مبين بالشكل (2-4).



شكل 2-4 الثنائي في حاله انحياز عكسي

تمت الاستفادة من هذه الخاصية اعلاه بتصنيع ثنائي خاص يسمى ثنائي سعوي، والشكل (2- 5) يوضح الرمز العام لهذا الثنائي،حيث يعمل في حالة الأنحياز العكسي كمتسعة متغيرة يمكن التحكم بقيمة سعة هذه المتسعه، عن طريق التحكم بالجهد العكسي الواقع عليه.

شكل 2-5 الرمز العام للثنائي السعوي

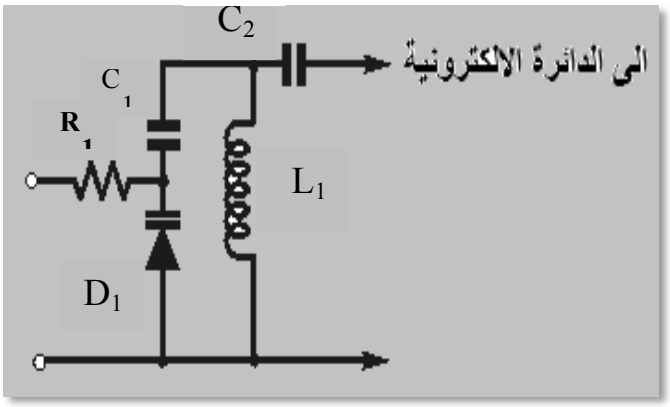
2-2-2 فولتية الأنحياز للثنائي السعوي

يعمل الثنائي السعوي عادةً بفولتية أنحياز عكسي تتراوح بين (2-20) فولت أو اكثر، وقد تصل في بعض الانواع إلى (60) فولت. وبذلك فانه يمكن استخدام هذا النوع من الثنائي كمتسعة تتغير قيمتها كهربائيا وليس ميكانيكيا كما هو الحال في المتسعات المتغيرة الاعتيادية.

2-2-3 استخدامات الثنائي السعوي

من اهم استخدامات الثنائي هو: في التوليف دوائر الرنين (Tuning) ذات التردد العالي، ويستعمل في بعض المكبرات الخاصة. ومن الجدير بالذكر انه بالأمكان استخدام الثنائي العادي كثنائي سعوي، وذلك في أنحيازه العكسي...الخ أما السعة التي يمكن الحصول عليها من الثنائي المنحاز عكسيا فتتراوح بين بيكو فاراد واحد إلى عشرات البيكو فاراد.

وكما ان للمتسعة في الثنائي فائدة كبيرة، وذلك عند استعمال الثنائي كمتسعة متغيرة، فان لها ضررا في التطبيقات الاخرى كالكشف والتقويم...الخ وخاصةً في الدوائر المنطقية أو الدوائر ذات الترددات العالية، اذ تجد الاشارة ذات التردد العالي في متسعة الثنائي طريقا سهلا للعبور، فيعجز الثنائي عن اداء وظيفته، ولذلك تستعمل في الترددات العالية ثنائيات خاصة ذات سعة صغيرة. والشكل (2- 6) يوضح دائرة رنين تستخدم الدايود السعوي لعملية التنغيم.



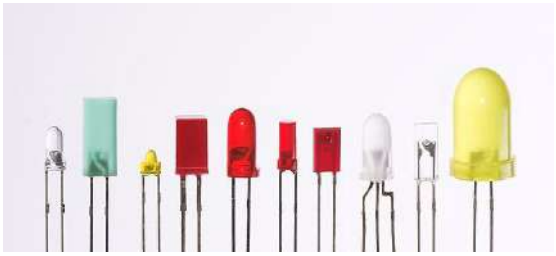
شكل 2-6 دائرة الكترونية تستخدم الثنائي السعوي في عملية التنغيم

4-2-2 خصائص الثنائي السعوي

ان من اهم خصائص الثنائي هي مدى التغيير بالسعة التي يمكن الحصول عليها منه، فعند اختيار الثنائي السعوي يجب ان يكون مدى تغييرالسعة له يناسب مدى تغيير الفولتية المسلطة عليه، حيث يمثل الحد الاعلى للفولتية هو اعلى فولتية أنحياز عكسي الواجب عدم اجتيازها والا سوف ينهار الثنائي.

3-2 الثنائي المشع للضوء (Light Emitting Diode) (LED)

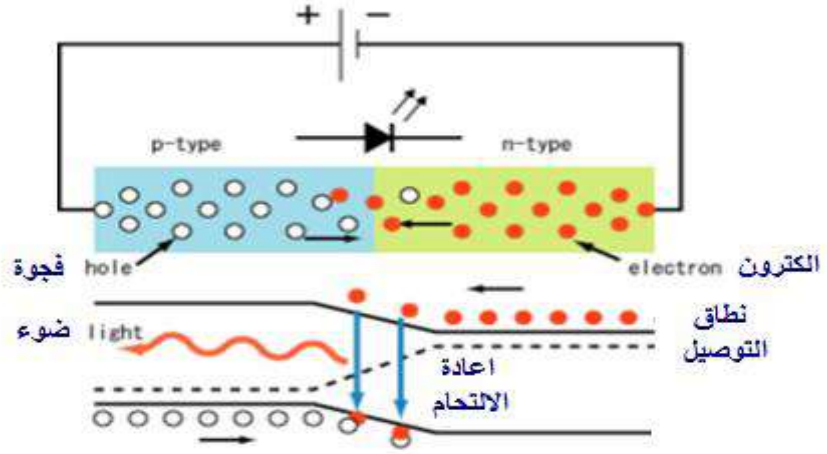
في الشكل (2-7) الذي يوضح انواع الثنائيات المشعة للضوء، حيث تعتمد فكرة الانبعاث الضوئي على حقيقة انبعاث اشعاعات كهرومغناطيسية عند الانتقال من مستوى طاقة عالية إلى مستوى طاقة اقل.



شكل 2-7 انواع الثنائيات المشعة للضوء

وعند تسليط أنحياز أمامي على الثنائي، يسري تيار فيه نتيجة الالتحأم الناتج عن حركة الألكترونات من الجهة السالبة إلى الجهة الموجبة، وحركة الفجوات من الجهة الموجبة إلى الجهة السالبة، واثناء انتقال هذه الشحنات تطلق طاقة نتيجة التحأم الالكترون مع الفجوة.

هذه الطاقة تكون بشكل حرارة في ثنائيات الجرمانيوم والسيليكون، لكن عند استخدام اشباه موصلات اخرى، مثل (زرخنيد الغاليوم Gallium Arsenide)، تكون الطاقة المتولدة على شكل فوتونات ضوئية كما موضح بالشكل (2-8).



شكل 2-8 التحأم الكترون بفجوة يولد فوتونات

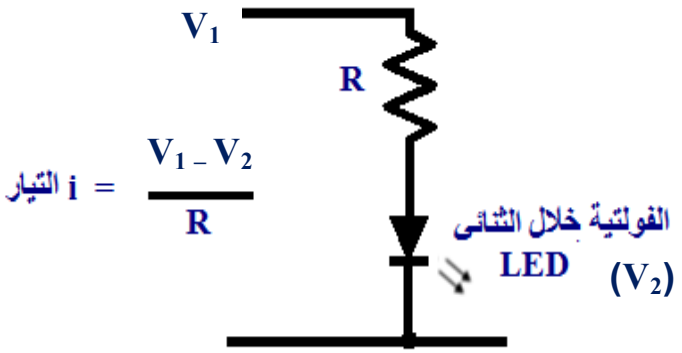
ويسمى الثنائي الباعث للضوء احيانا بمصباح الحالة الصلبة (Solid State Lamp)، وتكون هذه الثنائيات متوفرة بالوان مختلفة حسب مادة شبه الموصل المستعمل. فزرخنيد الغاليوم GaAs ينتج شعاع غير مرئي وهي الاشعة تحت الحمراء (Infrared)، بينما تنتج مادة زرخنيد- فوسفيد الغاليوم GaAsP - اللون الاحمر أو البرتقالي، أما فوسفيد الغاليوم GaP فينتج اللون الاصفر أو الاخضر. وتسمى هذه المجموعة باشباه الموصلات المركبة، والشكل (2-9) يوضح بعض الوان هذه الثنائيات.

شكل 2-9 الوان الثنائي الباعث للضوء

2-3-1 خصائص الثنائي الباعث للضوء

ان اضاءة هذه الثنائيات تزداد بزيادة التيار الأمامي الساري فيه، وهناك انواع من الثنائيات يتغير لونها مع شدة التيار.

ان خواص هذه الثنائيات تشبه خواص الثنائي الاعتيادي الا ان فرق الجهد في الثنائي الضوئي في الأنحياز الأمامي يزيد عن (1) فولت. ويتراوح قيمة الأنحياز الأمامي بين (1.2 V) و (3.2 V) حسب انواع الثنائي بينما عامل قيمة الجهد العكسي بين (3 V) و (10 V)، وتعد هذه الجهود صغيرة لذلك فان هذا الثنائي سريع التلف اذا زاد الجهد الواقع عليه عن الحد المسموح به. ولحمايته من التلف لابد من توصيل مقاومة (R) على التوالي معه لضمان عدم زيادة التيار المار فيه عن الحد المسموح به كما، موضح بالشكل (2-10) ومن مميزاته يشع ضوء بفولتية دخل قليلة جدا.



شكل 2-10 مقاومة تحديد التيار للثنائي الباعث للضوء

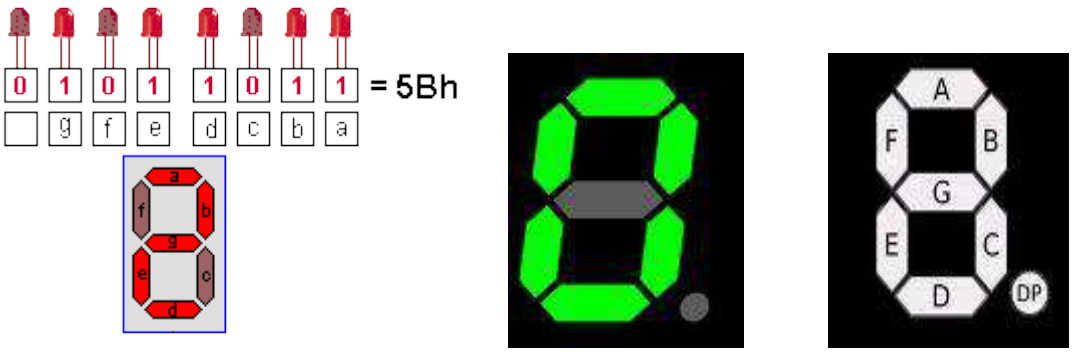
مثال (2-1)

يحتاج ثنائي باعث للضوء إلى تيار مقداره (20 mA) لكي يعمل، احسب قيمة المقاومة اللازمة لحمايته علما انه يستهلك (2 V) اذا كانت فولتية الداخل تساوي (5 V).

$$R = \frac{V_{in} - V_D}{I_D} = \frac{5-2}{20mA} = \frac{3}{0.02} = 150\ \Omega$$

2-3-2 استخدامات الثنائي الباعث للضوء

يستخدم الثنائي المشع للضوء كمصباح بيان في معظم الاجهزة الالكترونية، ومن اهم استخداماته في لوحة العرض ذات الشرائح السبع (7- segment display)، حيث يتم توصيل سبع موحدات ضوئية لتشكيل الرقم 8، حيث يمكن توليد اي رقم من 0 إلى 9 بإضاءة بعض الوحدات المشكلة لذلك الرقم ، كما موضح بالشكل (2-11).

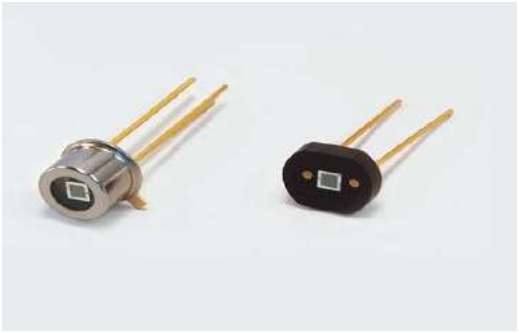


شكل 2-11 وحدة العرض ذات الشرائح السبع(7- segment display)

أما الثنائي الباعث للضوء غير المرئي فمن تطبيقاته يستعمل في اجهزة الانذار عن اللصوص ومجالات اخرى تتطلب الاشعاع غير المرئي. ان ميزة ثنائي (LED) عن المصباح هي طول العمر وصغر الفولتية (1-2 V)، وسرعة الفتح والغلق (بضع نانو ثانية).

4-2 الثنائي الضوئي (Photo Diode)

يعد الثنائي الضوئي احد انواع الكواشف الضوئية، له القابلية على تحويل الضوء إلى تيار أو فولتية. واساس عمل هذا الثنائي هو استعمال الضوء في ايصالية بعض المواد الشبه موصلة والتي احداها الثنائي الضوئي، لذلك فهو يستخدم بشكل واسع في صناعة الالكترونيات. والشكل (2-12) يوضح الرمز العام لهذا الثنائي.

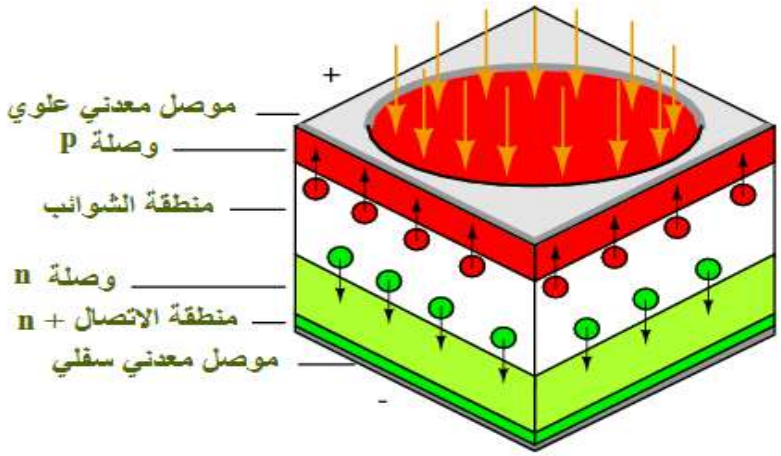


شكل 2-12 الرمز العام للثنائي الضوئي

1-4-2 تركيب الثنائي الضوئي

ان مبدا عمل الثنائي الاعتيادي P-N يستخدم كاساس لعمل الثنائي الضوئي، لكن من المفضل استخدام وصلة (P-I-N) لهذا الثنائي. وعند تصنيع الثنائي تضاف طبقة شوائب سميكة مابين وصلة P-N. وقد تكون هذه الطبقة عبارة عن شوائب بالكامل أو عالية التشويب. ان من اهم متطلبات عمل الثنائي هو تأمين وصول اعلى حد ممكن من الضوء لمنطقة الشوائب ومن اجل تحقيق ذلك توضع الموصلات الكهربائية على جانب الثنائي ونافذة شفافة منفذة للضوء هذا يسمح لأكبر كمية ممكنة من الضوء من الوصول إلى المنطقة الفعالة.

يراعى اختيار سمك طبقة الشوائب ان يكون مناسبا، فاية زيادة في السمك فوق الحد المعتاد تقلل من سرعة اداء الثنائي، وعامل السرعة مطلوب وحيوي في معظم التطبيقات الإلكترونية، والشكل (2- 13) يوضح تركيب الثنائي الضوئي.



شكل 2-13 التركيب الداخلي للثنائي الضوئي (Photo Diode)

2-4-2 خصائص الثنائي الضوئي

يعمل الثنائي في الأنحياز العكسي، وفي حالة عدم وجود ضوء تكون منطقة الأستنزاف خالية من حوأمل التيار فلا يسري تيار خلال الثنائي، وعند دخول الضوء إلى منطقة الشوائب فإنه يصيب ذرة في التركيب البلوري ويحرر الكترونا وبهذه الطريقة تتكون ازواج من الكترون- فجوة داخل منطقة الأستنزاف وبذلك تتحرك الألكترونات إلى جهة، والفجوات إلى الجهة المعاكسة بتاثير من المجال الكهربائي خلال طبقة الشوائب ويلاحظ سريان تيار قليل. ان كمية التيار تتناسب مع كمية الضوء الساقط على منطقة الأستنزاف، اذ كلما ازدادت كمية الضوء ازدادت ازواج الألكترونات، والفجوات المتحررة، وبالتالي يزداد التيار.

ان زيادة الأنحياز العكسي للثنائي يتسبب في زيادة المنطقة الفعالة للثنائي الضوئي، ويزيد ما يسمى (بتيار الضوء) (Photo Current).

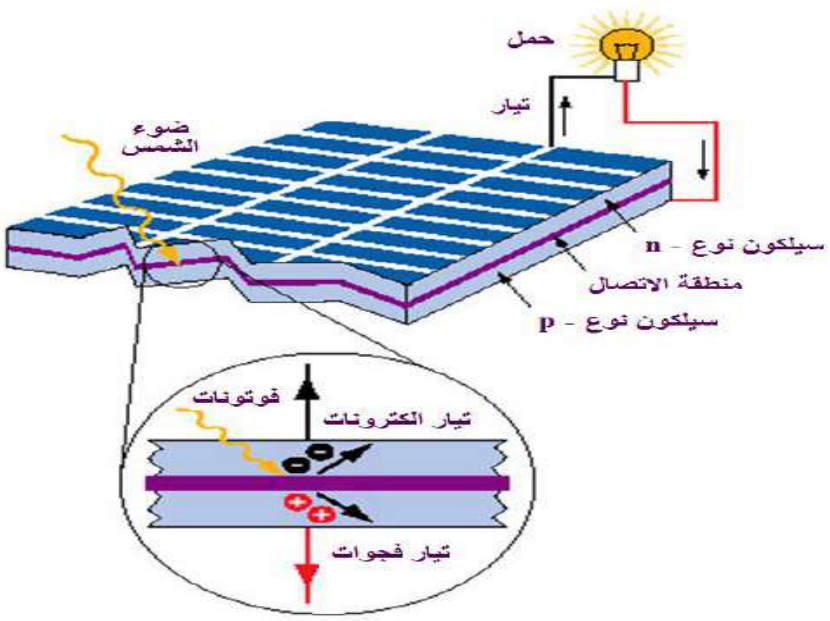
2-4-3 الخلية الضوئية (Photovoltaic Mod)

تحدث نمط الخلية الضوئية (Photovoltaic Mod) عندما تكون فولتية الأنحياز المسلط على الثنائي صفر فولت يتحدد سريان تيار الضوء (Photo Current) في الدائرة وتزداد الفولتية.

يصبح الثنائي منحازا أماميا ويبدا ما يسمى (بتيار الظلام) (Dark Current) بالسريان خلال الموصل ويكون اتجاهه معاكسا لاتجاه تيار الضوء (Photo Current)، وهنا يحدث (تاثير الخلية الضوئية) وهي اساس عمل الخلايا الشمسية. ولذلك يمكن بناء خلية شمسية باستخدام عدد كبير من الثنائيات الضوئية. تصنع الثنائيات المخصصة لاغراض الخلايا الشمسية بحجم أكبر، وذلك لزيادة المنطقة الفعالة، وبالتالي الحصول على تيار أكبر، وعند عدم تعريض الثنائي للضوء فانه يعمل كثنائي اعتيادي، والشكل (2-14) يوضح الخلية الشمسية.

شكل 2-14 الخلية الشمسية

ان المواد المصنع منها الثنائي هي التي تحدد خصائصه الحساسة مثل طول الموجة التي يستجيب لها الثنائي ونسبة الضوضاء يعدان عاملان حاسمان على اساسهما تحدد المواد التي يصنع منها الثنائي الضوئي، والشكل (2-15) يوضح مخطط لخلية شمسية.



شكل 2-15 مخطط كتلوي لخلية شمسية

2-4-4 استخدامات الثنائي الضوئي

يستخدم الثنائي الضوئي بشكل واسع في التطبيقات الألكترونية، فهو يستخدم في مشغل الاقراص المضغوطة، ومشغل الأقراص (DVD)، وفي سواقة القرص المضغوط في الحاسوب، كما ويستعمل في أنظمة الأتصالات البصرية، و كواشف الاشعاع.

2-5 ثنائي الليزر (Laser Diode)

تستخدم ثنائيات الليزر على نطاق واسع الأن، ان ميزة الليزر عن سواه تكمن في اتجاهيته العالية، فهو مصدر لضوء متماسك (Coherent) وذو قدرة عالية جدا، ومن صفاته ايضا ان سرعة الفتح والغلق (Switching) تكون عالية، وهذا يجعله مناسبا لاستخدامه في الأتصالات البصرية.

يقوم الليزر بتوليد نوع مميز من الضوء يختلف في خصائصه عن الضوء الطبيعي الذي نحصل عليه من الشمس والنجوم، والضوء الأصطناعي الصادر من المصابيح الكهربائية. وسيتم دراسة خصائص أشعة الليزر في الفصل الثالث عشر، والشكل (2- 16) يوضح الثنائي الليزري.

شكل 2-16 ثنائي الليزر

اسئلة الفصل الثاني

1- ما التشابه بين المتسعة والثنائي السعوي؟ أشرح ذلك مع الرسم.

2- كيف يمكن التحكم بسعة الثنائي السعوي؟

3- ما اهمية الثنائي السعوي في دوائر التنغيم؟وضح ذلك.

4- على اية حقيقة يعتمد مبدأ عمل الدايود المشع للضوء LED؟

5- كيف تحصل على الوان مختلفة للثنائيات الباعثة للضوء؟

6- ما خصائص ثنائي LED، وكيف يتم الحفاظ عليه من التلف؟

7- اين يستخدم ثنائي LED، وما هي تطبيقاته؟

8- ما تركيب الثنائي الضوئي photo diode؟ وما الشروط الواجب توفرها لعمل هذا الثنائي؟

9- باية طريقة يؤثر زيادة سمك منطقة الشوائب في الثنائي الضوئي photo diode؟

10- في اي أنحياز يعمل الثنائي الضوئي؟وما هي علاقة كمية الضوء الساقط عليه بالتيار؟

11- عرف الخلية الشمسية وأشرح حسب اي مبدا هي تعمل.

12 - اين يستخدم الثنائي الضوئي Photo Diode في التطبيقات العملية؟

13- عرف تيار الظلام، وأشرح كيف يحصل.

14- ما الخلية الضوئية؟ وما تاثيرها؟ وكيف يمكن ان يحصل هذا التاثير؟

الفصل الثالث
الترانزستور ثنائي القطبية

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل إلى التعرف على انوع الترانزستورات واستعمالاتها

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1. يتعرف على تركيب الترانزستور PNP,NPN.
2. يفهم شروط عمل الترانزستور.
3. يتعرف على معاملات الترانزستور.
4. يحل اسئلة عامة حول هذا الموضوع.

الفصل الثالث
الترانزستور ثنائي القطبية
(Bipolar Junction Transistor)

1-3 تمهيد

أكتشف العالمان باردين وبراتن سنة 1947 انه لو وصل ثنائي منحاز أماميا مع ثنائي اخر منحاز عكسيا بشرط ان يكون احد نوعي الجهتين مشتركة بين الثنائيين، فاننا نحصل على عنصر الكتروني جديد اطلق عليه اسم (Transfer Resistor) ومعناها (مقاوم الأنتقال)، وأختصر إلى (Transistor). ويُعدّ الترانزستور من الأختراعات المهمة في عالم الألكترونيات، فلا تخلو اي دائرة الكترونية منه، فهو يوجد في دوائر المكبرات، والمذبذبات والحاسبات، ودوائر الأتصالات، والشكل (1-3) يوضح انواع مختلفة من الترانزستورات.

ومن اهم استخدامات الترانزستور هي:

1- يستخدم الترانزستور كمفتاح.

2- يستخدم الترانزستور كمكبر للاشارات الصغيرة.

شكل 1-3 انواع مختلفة من الترانزستورات

2-3 تركيب الترانزستور

يتكون الترانزستور من بلورة سليكون، أو جرمانيوم ذات ثلاث طبقات يكون فيها نوع الطبقه الوسطى عكس نوع الطبقتين الأخريتين فإذا كانت:

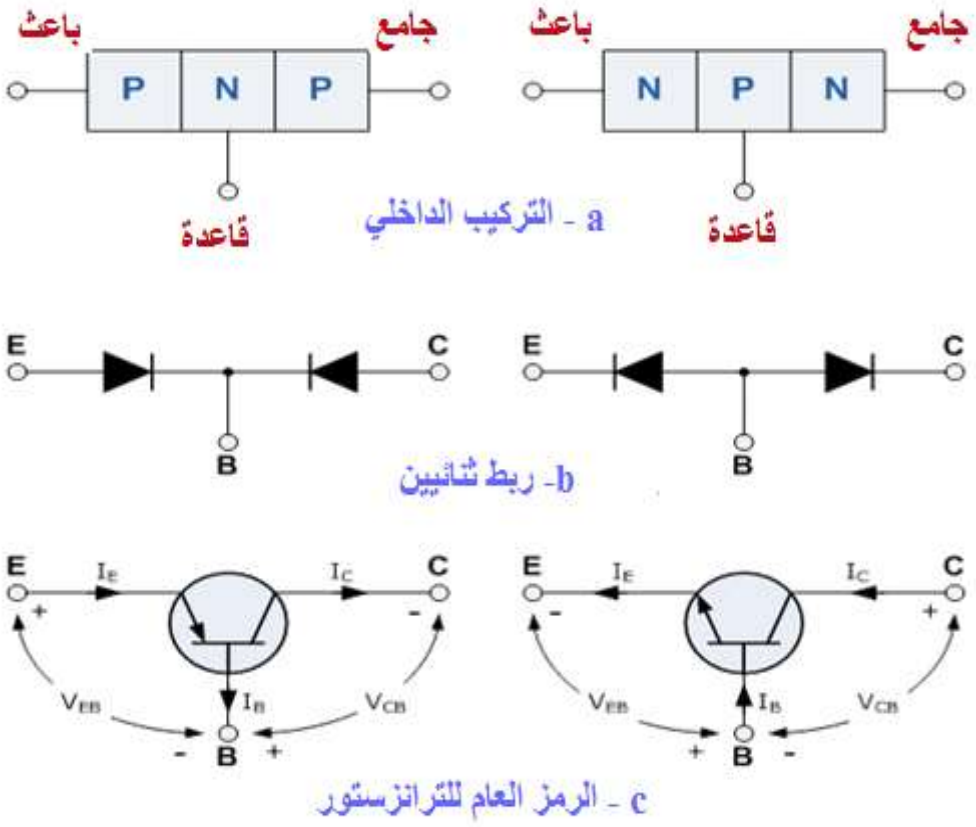
أ- الطبقة الوسطى سالبة (N) فتكون محاطة بطبقتين من المادة ذات النوع الموجب (P) ويعرف الترانزستور حينئذٍ بالنوع (NPN).

ب- واذا كانت المادة من نوع موجب (P) موضوعة بين طبقتين من نوع سالب N، يكون الترانزستور من نوع (NPN). وفي كلا النوعين يتركب الترانزستور من الاجزاء الآتية:-

1- القاعدة (Base): وهي منطقة مركزية تقع بين وصلتين من نفس النوع، وتكون خفيفة التطعيم ورقيقة وتقوم بتمرير معظم الألكترونات إلى الجامع.

2- الباعث(Emitter): ويميز بسهم الذي يشير اتجاهه إلى اتجاه التيار الحقيقي ويطعم بغزارة، ووظيفته بعث الألكترونات إلى القاعدة.

3- الجامع (Collector): ويمثل الطرف الثالث من الترانزستور، ويكون متوسط التطعيم، وسمي بهذا الاسم لانه يقوم بجمع الألكترونات من القاعدة. والشكل (2-3) يوضح اجزاء نوعي الترانزستور.



شكل 2-3 تركيب واجزاء الترانزستور(NPN, PNP) والرمزالعام لهم

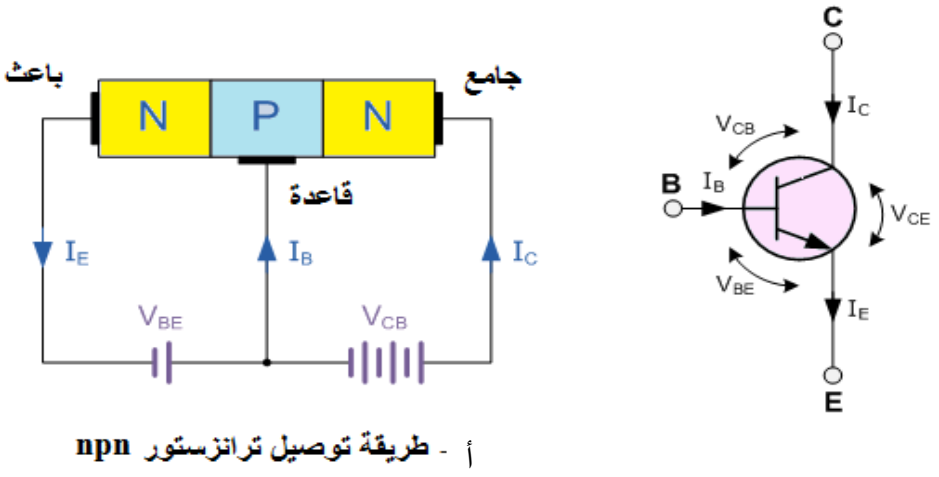
3-3 شروط عمل الترانزستور

يجب توفر شرطين لكي يعمل الترانزستور وهما:

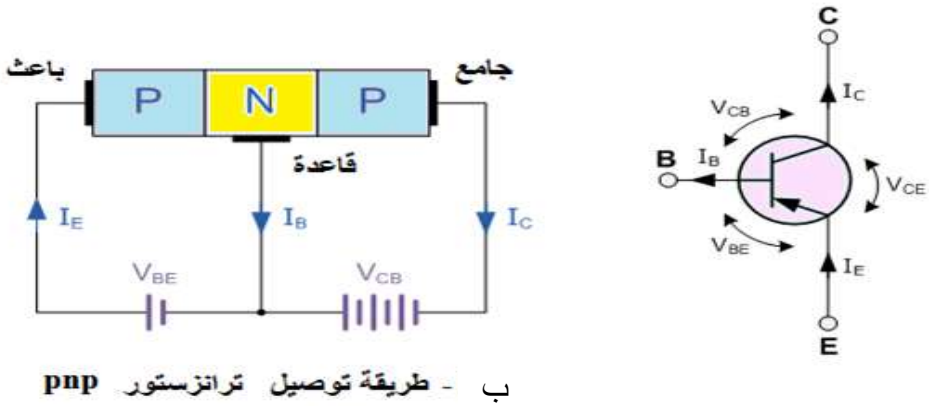
1- يجب ان تزود الوصلة بين القاعدة والباعث بالأنحياز الأمامي.

2- يجب ان تزود الوصلة بين الجامع والقاعدة بالأنحياز العكسي.

والشكل (3-3) يوضح طريقة توصيل الترانزستور لتحقيق هذين الشرطين.



أ - طريقة توصيل ترانزستور npn



ب - طريقة توصيل ترانزستور pnp

كل 3-3 طريقة أنحياز الترانزستور (NPN, PNP)

ففي الترانزستور (PNP) مثلا بعد ربط المصدرين، يعمل الأنحياز الأمامي على خفض جهد الحاجز بين الباعث والقاعدة بمقدار (V_{EB})، بينما يرتفع جهد الحاجز بين الجامع والقاعدة إلى (V_{CB})، لان الأنحياز عكسيا، فيزداد تيار الباعث وهو تيار فجوات، أما القاعدة وهي سالبة هنا فتصنع عمدا بسمك اقل وبذلك لاتجد الفجوات التي وصلت من الباعث إلى القاعدة الألكترونات اللازمة للالتحأم معها، فتنتشر نحو الجامع الذي يقوم بدوره بجمع معظم الفجوات.هذا بالنسبة للترانزستور (PNP) أما بالنسبة لترانزستور من نوع (NPN) فان اقطاب المصدرين (V_{EB} و V_{CB}) يعكسان، ولا يختلف عمل الدائرة عن سابقتها سوى كون ان التيار هنا هو تيار الكترونات بدلا من الفجوات. ان نسبة 95% من فجوات الباعث تذهب للجامع ولا يذهب للقاعدة سوى 5% منها.

4-3 تيارات الترانزستور

تختلف قيم التيارات واتجاهاتها في الترانزستور كما موضح بالشكل (3-2)، ونلاحظ ان اتجاه سهم الباعث يشير إلى اتجاه التيار الحقيقي.
ودائما يكون تيار القاعدة صغير جدا مقارنة مع تيار الجامع والباعث.
وبتطبيق قانون كيرشوف للتيار على الترانزستور، نجد ان تيار الباعث يكون مسأويا لمجموع تيار القاعدة والجامع.

$$I_E = I_B + I_C \quad \ldots.(1\text{-}3)$$

حيث ان I_E : تيار الباعث
I_C : تيار الجامع
I_B : تيار القاعدة

5-3 معاملات الترانزستور

أ- معامل ربح التيار β (Beta)

وهو النسبة بين تيار الجامع إلى تيار القاعدة

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \ldots. \quad (2\text{-}3)$$

وتختلف هذه النسبة حسب نوع الترانزستور وتصنيعه، ويمكن الحصول عليها من جداول الترانزستور المرفقة معه، ويرمز لهذا المعامل ايضا بالرمز h_{FE}، وتتراوح قيمة β بين 10 -500 باستثناء بعض الترانزستورات التي تصل فيها بيتا إلى 10000. وقد تتغير قليلا متاثرة بدرجة الحرارة.

مثال (3-1)

اذا كانت قيمة بيتا (β) لترانزستور تساوي 130، وكان تيار القاعدة $I_B = 100\mu A$، احسب تيار الجامع وتيار الباعث.

الحل:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$130 = \frac{I_C}{100\mu}$$

$$I_C = \beta.\ I_B = 130 \times 100\mu A = 0.013\ mA$$

$$I_E = I_B + I_C = 100\mu + 13000\ m = 13100\ \mu A$$

ملاحظة مهمة: تيار القاعدة هو الذي يتحكم بتيار الجامع، فتيار القاعدة هو الذي يتحكم بالترانزستور في عمله كمفتاح أو مكبر.

ب - معامل ربح التيار α (Alpha)

وهو العلاقة بين التيار الجامع I_C إلى التيار الباعث I_E:

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad \ldots.(3\text{-}3)$$

وتتراوح قيمة α عادةً بين 0.90 إلى 0.995 اي اقل من 1.

ج - العلاقة بين α وβ:

يتم حساب العلاقة بين الفا وبيتا كالآتي:

$$I_E = I_C + I_B$$

وبقسمة الطرفين على C

$$\frac{I_E}{I_C} = \frac{I_C}{I_C} = \frac{I_B}{I_C}$$

وبما ان $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ و $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ نحصل على العلاقة الآتية:

$$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$$

ومن هذه العلاقة نستطيع ان نجد (α) بدلالة (β).

كما ويمكن ان نحصل على علاقة لايجاد β بدلالة α من العلاقة السابقة

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} \quad \ldots\ldots (4\text{-}3)$$

$$\beta = \alpha(\beta+1)$$

$$\alpha = \beta - \alpha\beta$$

$$\alpha = \beta(1-\alpha)$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad \ldots\ldots (5\text{-}3)$$

مثال (3-2)

اذا كانت $I_{C=4.9\ mA}$، $I_{E=5\ mA}$، أوجد قيمة المعامل α:

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{4.9mA}{5mA} = 0.98$$

مثال (3-3)

جد قيمة المعامل (β) اذاكانت α =0.98.

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad \frac{0.98}{1-0.98} = 49$$

مثال (3-4)

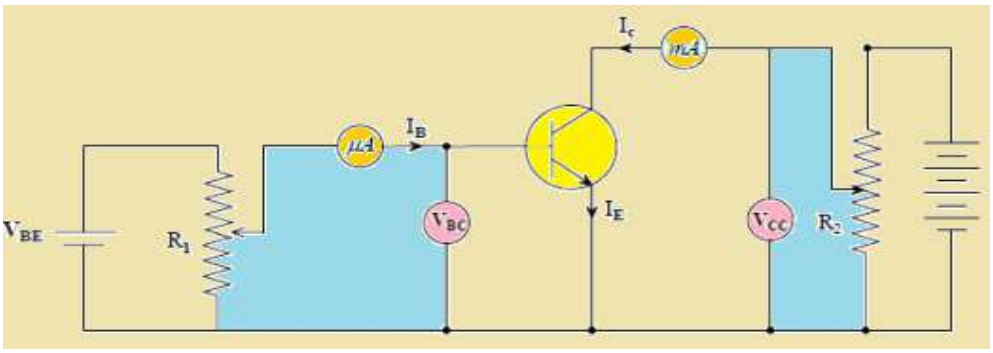
جد قيمة المعامل α اذا كانت β =100.

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{100}{100+1} = 0.99$$

6-3 منحنيات خواص الترانزستور

منحنيات خواص الترانزستور هي منحيات ترسم بواسطة تجارب معملية، وهي توضح العلاقة بين تيار وجهد الترانزستور. والشكل (3-4) يبين دائرة عملية مربوطة بطريقة الباعث المشترك لدراسة خواص الترانزستور. فائدة المقاومة (R_2) هي لحماية الترانزستور من التيار العالي المار خلال القاعدة. والخواص الواجب دراستها هي: -

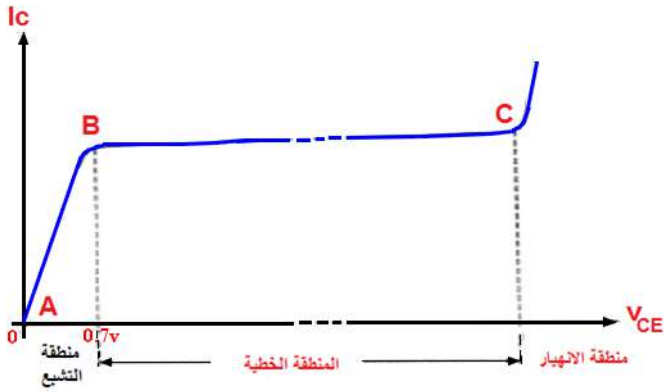
- خواص الداخل I_B ، V_{BE}
- خواص الخارج I_C ، V_{CE}



شكل 3-4 خواص الترانزستور

ا- خواص الداخل للترانزستور

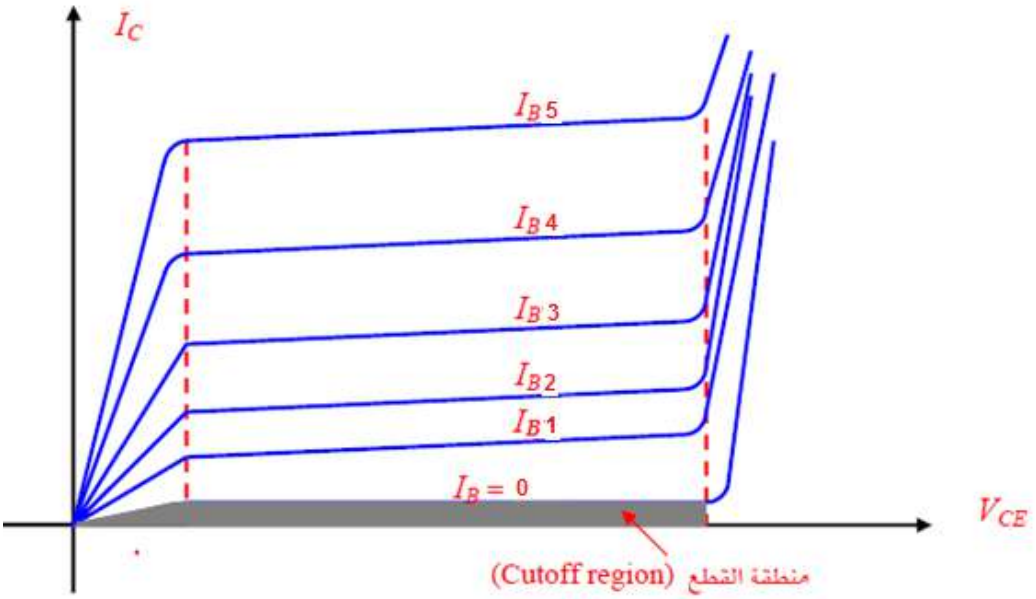
في هذه الخواص تثبت قيمة جهد الباعث – الجامع V_{CE} مثلا على قيمة البطارية 6 V وتقاس قيمة الجهد لقيم مختلفة لتيار القاعدة (I_B)، والشكل (3-5) يوضح خواص الدخل لترانزستور نوع سليكون.



شكل 3-5 خواص الدخل لترانزستور سيليكون

ب- خواص الخرج للترانزستور

هنا يثبت تيار القاعدة ويقاس تيار الجامع (I_C)عندما تتغير قيمة الجهد (V_{CE}) بتغيير المقاومة المتغيرة (R_3)،وتكرر هذه العملية لقيم مختلفة لتيار القاعدة لتكون عددا من المنحنيات كما في الشكل (3-6)، كما ان التيار (I_C) يعتمد اساسا على قيمة الداخل (I_B)، ولايعتمد على قيمة الجهد(V_{CE}) الا في المرحلة الأولى من المنحنى.



شكل 3-6 خواص الخرج للترانزستور

يوصل الترانزستور تيارا في الاتجاه الامامي ولا يوصل بالاتجاه العكسي وتقسم مناطق توصيل الترانزستور الى ثلاثة مناطق هي :-

1- **منطقة الاشباع : وهي المنطقة التي يمر فيها اكبر تيار في الترانزستور**
2- **المنطقة الخطية : وهي منطقة التكبير او تشغيل التي يعمل فيها الترانزستور**
3- **منطقة القطع : وهي المنطقة التي لا يمر فيها تيار الترانزستور**

اسئلة الفصل الثالث

1- ما انواع الترانزستورات حسب التركيب البلوري؟

2- عرف الأطراف الثلاثة للترانزستور.

3- ما شروط عمل الترانزستور؟

4- ما أكبر التيارات قيمةً في الترانزستور؟

5- هل منطقة القاعدة اعرض أم اضيق من الباعث والجامع؟ ولماذا؟

6- هل قيمة تيار القاعدة اصغر أم أكبر من تيار الباعث؟

7- اذا كانت قيمة تيار الجامع لترانزستور هي I_C = 1mA وتيار القاعدة I_B =10μA جد قيمة تيار الباعث

8- ترانزستور قيمة معامل بيتا له β=100، جد قيمة تيار الجامع I_C عندما يكون تيار القاعدة I_B = 40 μ A، واحسب قيمة المعامل α.

9- عرف كل من α وβ.

10- اذا كان معامل الربح لتيار ترانزستور 100، جد كل من α وβ.

11- ما قيمة I_C عندما يكون I_E = 5.30 mA، I_B =470 mA؟

12- ما المتغيرات الموجودة على منحني الخواص للجامع ؟

13- عرف منطقة الاشباع ، المنطقة الخطية ، منطقة القطع.

الفصل الرابع

تطبيقات الترانزستور

الاهداف:

الهدف العام: يهدف الفصل الرابع إلى التعرف على استخدامات الترانزستور.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1- يتعرف على كيفية تنظيم الفولتية باستخدام الترانزستور.
2- يتعرف على عمل الترانزستور كمفتاح الكتروني.
3- يتعلم مكبرات الاشارة الصغيرة بانواعها.
4- يتعرف على طرق ربط المكبرات.

الفصل الرابع

تطبيقات الترانزستور

1-4 تمهيد

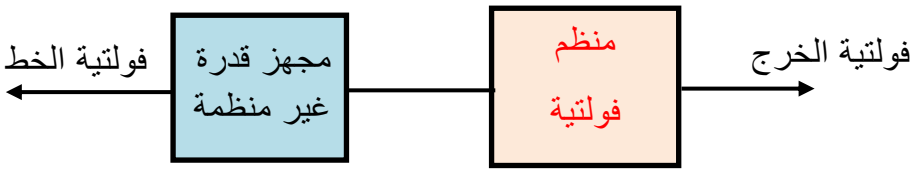
ان للترانزستور تطبيقات وأستعمالات كثيرة جدا، وسنتطرق إلى شرح قسم منها في هذا الفصل، كمنظم الفولتية، المفتاح الالكتروني، مكبرات الاشارة الصغيرة.

2-4 منظم الفولتية (Voltage Regulator)

ان تنظيم الفولتية (جعل فولتية الخرج ثابتة)، والفكرة الاساسية موضحة بالمخطط في الشكل (1-4)، فحين تمرر فولتية الخط الغير منظمة إلى منظم الفولتية تكون فولتية الخرج ثابتة لا تتغير مع تغييرات فولتية الخط، ولا مع تيار الحمل في المنظمات العملية، وتكون فولتية الخرج ثابتة تقريبا. وحسب نوع التنظيم وهناك نوعان هما:

1- منظم التوالي.
2- منظم التوازي.

وسوف نتطرق إلى شرحهما في هذا الفصل.



شكل 4-1 مخطط يوضح الفكرة الاساسية لتنظيم الفولتية

2-4-1 منظم التوالي (Series Regulator)

وهو اكثر انواع منظمات الفولتية استخداما، والشكل (2-4) يوضح دائرة منظم فولتية توالي، فولتية الحمل (V_L) هي نفس قيمة فولتية الزنير دايود (V_Z) مطروح منها هبوط الفولتية عبر الترانزستور (T) من القاعدة إلى الباعث (V_{BE}) حيث ان:

$$V_L = V_Z - V_{BE} \qquad \ldots\ldots(1\text{-}4)$$

أما تيار الحمل (I_L) فهو نفس تيار الباعث (I_E) في الترانزستور، والذي غالبا ما يسمى بترانزستور الامرار (Pass Transistor) وبناءً على ذلك فان:

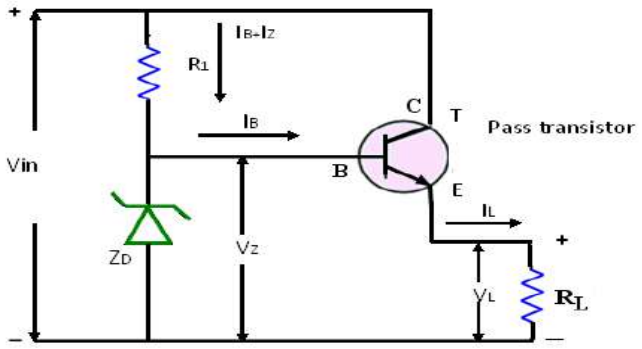
$$I_L = I_E = (1 + \beta)\, I_B \qquad \ldots\ldots(2\text{-}4)$$

وبذلك يكون التيار عبر المقاومة (R_1) كالآتي:

$$I_R = I_Z + I_B = \frac{V_{in} - V_z}{R_1} \quad ...(3\text{-}4)$$

تبدا قيمة تيار الزنير دايود (I_Z) عند حدود مدى التيار الاعتيادي له، فعندما تقل فولتية الحمل (V_L) وحسب المعادلة (4-1)، يجب ازدياد تيار الحمل (I_L)، وبذلك يقل تيار الزنير دايود (I_Z) بنفس المقدار. ويكون مدى تيار الحمل (I_L) الذي يمكن ان ينظم معتمدا على مدى تيار الزنير دايود (I_Z)، وعلى محددات تيار الترانزستور (T).

طالما يكون الزنير دايود في حالة أنحياز عكسي، يمكن ان يكون التغيير في تيار الحمل أكبر (I_L) مع التغيير المسموح به لتيار الزنير دايود (I_Z)، ويحدد التغير في تيار الحمل (I_L) من قبل تيار الباعث (I_E) المسموح به.



شكل 4-2 دائرة منظم فولتية توالي

2-4-2 منظم التوازي (Parallel Regulator)

يستخدم الترانزستور بربطه على التوازي مع الزنير دايود لتنظيم الفولتية وكما موضح بالشكل (4-3)، ان اي زيادة أو نقصان في فولتية الحمل (V_L) تقابله زيادة أو نقصان في الفولتية عبر الترانزستور (T) من القاعدة إلى الباعث (V_E)، علما ان فولتية الزنير دايود (V_Z) اعتبرت ثابتة. فلو فرضنا ان فولتية الحمل (V_L) ازدادت، فان الفولتية (V_{BE}) سوف تزداد ايضا وحسب الاتي:

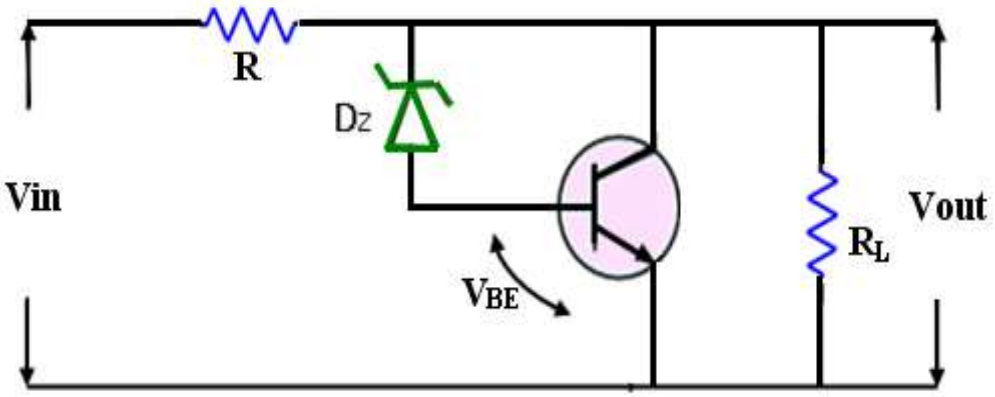
$$V_L \ \alpha \ V_{BE} \quad .....(4\text{-}4)$$

وبذلك سوف تزداد قيمة تيار القاعدة (I_B)، وهذا يؤدي إلى ان قيمة تيار الجامع (I_C) سوف تزداد ايضا وحسب المعادلة الآتية:

$$I_C = \beta \times I_B \quad .....(5\text{-}4)$$

وكذلك فان فولتية المقاومة (V_R) تزداد وبذلك تقل فولتية الحمل (V_L) وحسب المعادلة الآتية:

$$V_L = V_{in} - V_R \quad ....(6\text{-}4)$$

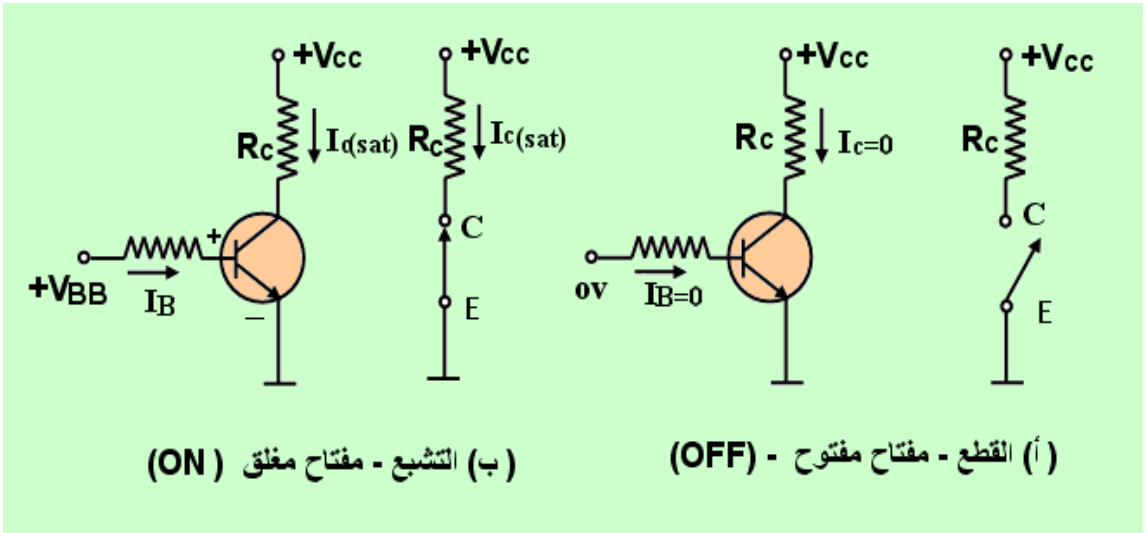


شكل 4-3 يوضح دائرة منظم فولتية توازي

4-3 الترانزستور كمفتاح الكتروني (Transistor as a switch)

لدراسة الترانزستور كمفتاح الكتروني يجب تحليل الترانزستور كدائرة تحويل للقطع (OFF) والتشبع (ON)، ووصف الشروط التي تؤدي إلى حالة القطع (OFF)، ووصف الشروط التي تؤدي للتشبع: (التوصيل) (ON).

الترانزستور في منطقة القطع (OFF)، لان وصلة (القاعدة – الباعث) ليست في حالة أنحياز أمامي، وتمثل هذه الحالة بمفتاح في حالة فتح (OFF)، كما موضح بالشكل (4-4)(أ). وفي الجزء (ب)الترانزستور يعمل في منطقة التشبع (ON)، لان وصلة (القاعدة – الباعث) ووصلة (القاعدة – الجامع) في حالة أنحياز أمامي، وتيار القاعدة (I_B) يكون عاليا بما يكفي لوصول تيار الجامع (Ic) إلى التشبع وتمثل هذه الحالة بمفتاح مغلق (ON) .



شكل 4-4 الترانزستور كمفتاح الكتروني

3-4-1 شروط القطع (Conditions in Cut off)

كما نعلم ان الترانزستور يصل إلى منطقة القطع (OFF)، عندما يكون وصلة (القاعدة – الباعث) في حالة أنحياز عكسي، وباجمال تيار التسرب فان جميع التيارات تساوي صفرا وفولتية (V_{CE}) تساوي فولتية المصدر (V_{CC}).

$$V_{CE}\ (\text{cut off}) = V_{CC} \qquad \text{.....(7-4)}$$

3-4-2 شروط التشبع (Conditions in Saturation)

ان الترانزستور يصل إلى منطقة التشبع (ON) اذا كانت وصلة (القاعدة – الباعث) في حالة أنحياز أمامي وقيمة تيار القاعدة (I_B) عالية بما يكفي لمرور تيار الجامع (Ic) إلى اعلى قيمة، وتيار التشبع يحسب وفقا للاتي:

$$I_c\ (\text{sat}) = \frac{V_{CC} - V_{CE}(\text{sat})}{R_C} \qquad \text{.....(8-4)}$$

* ان قيمة الفولتية V_{CC} (sat) تكون صغيرة جدا بالمقارنة مع قيمة فولتية المصدر (V_{CC}) وغالبا ما يتم اهمالها. والقيمة الصغرى لتيار القاعدة $I_{B\ (min)}$ التي ينتج عندها التشبع يمكن حسابها بالعلاقة الآتية:

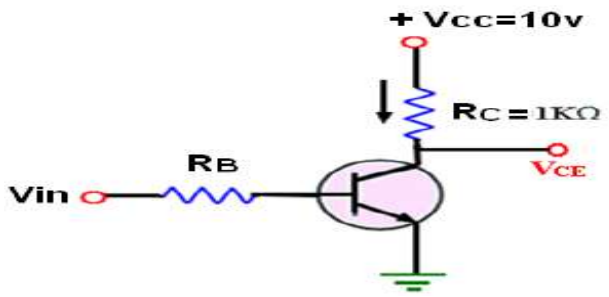
$$I_{B(min)} = \frac{I_C\ (\text{sat})}{\beta dc} \qquad \text{.....(9-4)}$$

للتاكد من الوصول إلى منطقة التشبع (Saturation Region) لابد ان يكون تيار القاعدة (I_B) أكبر من القيمة الصغرى لتيار القاعدة $I_{B\ (min)}$.

مثال (4-1) للدائرة الموضحة في الشكل (4-5) احسب:

أ- قيمة V_{CE} عندما تكون فولتية الدخل (V_{in} =0V) تساوي صفرا.

ب- القيمة الصغرى لتيار القاعدة I_B (min)، المطلوبة لتشبع الترانزستور عندما يكون βdc = 200 مع اهمال قيمة V_{CE} (sat).



الشكل 4-5 دائرة المثال (4-1)

الحل:

ا– عندما تكون V_{in} = oV يصبح الترانزستور في منطقة القطع (OFF) وبالتالي يعمل كانه مفتاح مفتوح اي ان:

$V_{CE} = V_{CC} = 10V$

ب – حيث ان $V_{CE}(sat)$ مهملة اي تساوي صفرا فان:

$$I_C\,(sat) = \frac{vcc}{Rc} = \frac{10v}{1000} = 0.01A$$

$$I_B\,(min) = \frac{Ic(sat)}{\beta dc} = \frac{0.01}{200} = 50\mu A$$

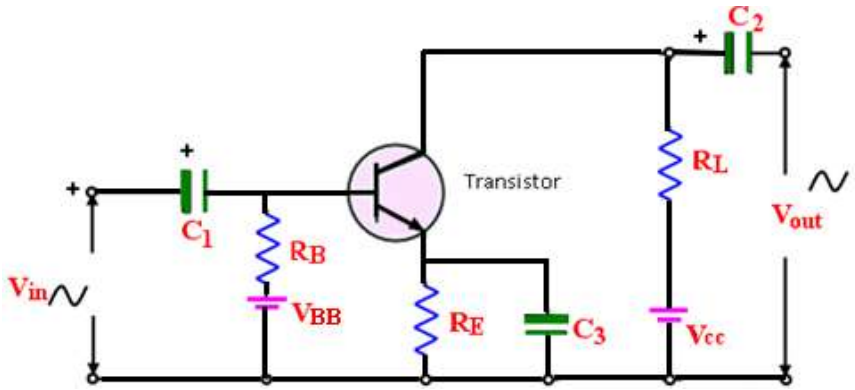
4-4 مكبرات الترانزستور للاشارة الصغيرة(Transistor Small-signal Amplifiers)

ان الترانزستور المستخدم في مكبرات الاشارة الصغيرة يطلق عليه اسم ترانزستور الاشارة الصغيرة (Small Signal Transistor)، وكاساس له يكون تبديد القدرة اقل من نصف واط.

في دوائر تكبير الاشارة الصغيرة تكون سعة الاشارة المراد تكبيرها صغيرة مقارنة مع فولتيات تيارات الأنحياز (فولتيات تغذية الترانزستور المستمرة)، ويمكن تعريف الاشارة بانها الإشارة التي تقل سعتها عن (10 mv)، وتستخدم مكبرات الاشارة الصغيرة عادة في المراحل الأولى للمستقبلات وفي أجهزة القياس. ان دراسة المكبرات معتمدة نوعا ما؛ لان تيارا مستمرا (DC) وتيارا متنأوبا (AC) يوجدان في نفس الدائرة وفي نفس الوقت.

4-4-1 مكبر الباعث المشترك (Common – Emitter Amplifier)

في الشكل (4-6) دائرة مكبر الباعث المشترك، حيث الباعث (E) مشترك بين اشارة الدخل (V_{in}) واشارة الخرج (V_{out}). وان المتسعة (C_1) تعمل لمنع مرور التيار المستمر (V_{BB}) إلى مصدر الاشارة، ولكن تسمح له بالمرور إلى قاعدة الترانزستور. المتسعة (C_2) تمنع مرور التيار المستمر (V_{CC}) مع اشارة الخرج. المتسعة (C_3) فهي متسعة التسريب من الباعث إلى الارضي.



شكل 4- 6 دائرة مكبر الباعث المشترك

ان المقاومة (R_B) هي التي تحدد تيار الأنحياز الأمامي بين الباعث والقاعدة وان خصائص دائرة مكبر الباعث المشترك هي:-

1- مقاومة الداخل كبيرة.
2- مقاومة الخرج صغيرة.
3- ربح الفولتية كبير، وهو نسبة الفولتية الخارجة (V_{out}) إلى فولتية الدخل (V_{in}).
4- ربح التيار كبير، ويساوي قيمة (βdc).
5- زاوية فرق الطور بين اشارة الخرج واشارة الدخل زاوية مقدارها (180º)، اي متعاكسان.

ولحساب ربح الفولتية نستخدم المعادلة الآتية:-

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \qquad \text{.....(10-4)}$$

حيث ان:
ربح (كسب) الفولتية :AV
فولتية الخرج: V_{out}
فولتية الدخل: V_{in}

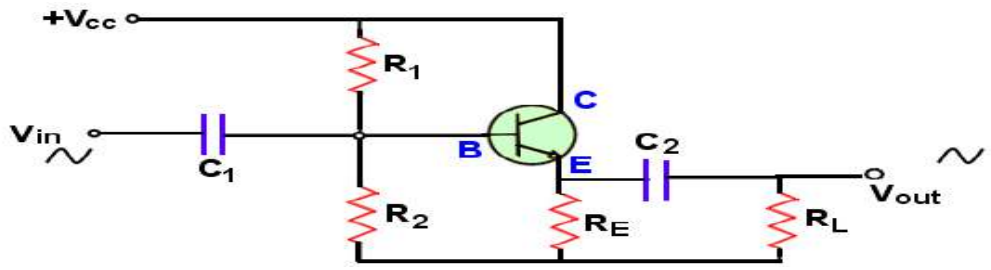
ولحساب ربح التيار فان:

$$AI = \beta = \frac{I_C}{I_B} \qquad \text{.....(11-4)}$$

حيث ان:
ربح التيار: AI
نسبة تيار الجامع إلى تيار القاعدة، وهي أكبر بكثير من تيار القاعدة وتتراوح قيمتها (20-200)
تيار الجامع: I_C
تيار القاعدة: I_B

2-4-4 مكبر الجامع المشترك (Common–Collector Amplifier)

في الشكل (4-7) دائرة مكبر الجامع المشترك، ويسمى عادة باسم (تابع الباعث Follower-Emitter)، حيث ان الجامع مشترك بين اشارة الدخل واشارة الخرج، ان إشارة الدخل عبر المتسعة (C_1) على القاعدة (B)، واشارة الخرج عن طريق الباعث (E).



شكل 4-7 دائرة مكبر الجامع المشترك (تابع الباعث)

يمتازمكبر الجامع المشترك بالخصائص الآتية:

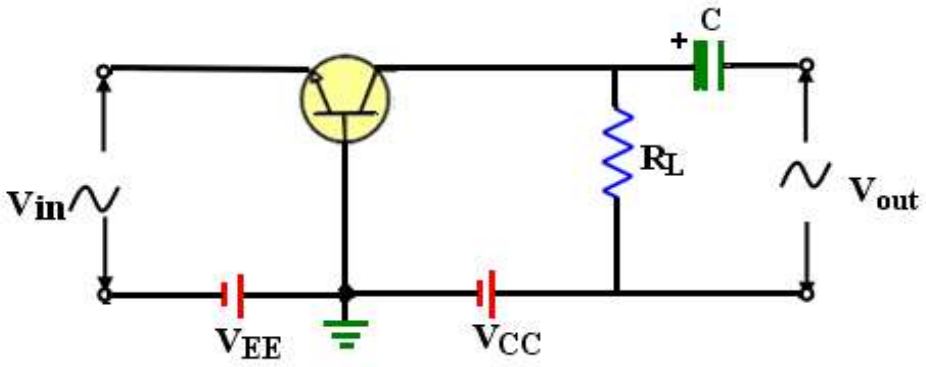
1. مقاومة الدخل كبير جدا.
2. مقاومة الخرج صغيرة.
3. ربح الفولتية يساوي واحد تقريبا، اذا ما اهملت قيمة V_{BE} فهي تساوي 0.7V للسليكون حيث ان:

$$V_{in} = V_{BE} + V_{out}$$

4. كسب التيار كبير جدا ويساوي βd_c.
5. زاوية فرق الطور بين اشارة الداخل واشارة الخارج تساوي صفرا، اي الاشارتين في نفس زاوية الطور.

3-4-4 مكبر القاعدة المشتركة (Common –Base Amplifier)

الشكل (4-8) يوضح دائرة مكبر القاعدة المشتركة، حيث القاعدة هي الطرف المشترك بين اشارة الداخل واشارة الخرج. وان المصدر للتيار المستمر (V_{EE}) يعمل للأنحياز الأمامي بين (الباعث إلى القاعدة) وبذلك يكون الباعث سالب قياسا إلى القاعدة، ومصدر التيار المستمر (V_{CC}) يعمل للأنحياز العكسي بين (الجامع إلى القاعدة)، وبذلك يكون الجامع موجبا قياسا إلى القاعدة. ان المتسعة (C) تمنع مرور التيار المستمر مع اشارة الخرج.



شكل 4-8 دائرة مكبر القاعدة المشتركة

من خصائص مكبر القاعدة المشتركة:

1. مقاومة الدخل صغيرة.
2. مقاومة الخرج كبيرة.
3. ربح الفولتية كبير.
4. ربح التيار اقل من واحد ويساوي (dc).
5. زاوية فرق الطور بين اشارة الدخل واشارة الخرج تساوي صفر، اي لا يحدث تغيير.

وبنفس الطريقة يحسب ربح الفولتية اي:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \qquad \text{..... .....(12 – 4)}$$

ولحساب ربح التيار فان:

$$Ai = a\ dc \qquad \text{.....(13-4)}$$

$$Ai = \frac{I_C}{I_E} \qquad \text{.....(14-4)}$$

حيث ان a :
وهي نسبة تيار الجامع إلى تيار الباعث، وتكون اقل من واحد وتتراوح قيمتها (0.95-0.99).
تيار الجامع: I_C
تيار الباعث: I_E

مثال (4-2)

احسب مقدار ربح الفولتية وربح التيار لدائرة مكبر باعث مشترك، اذا علمت ان قيمة فولتية الدخل (2V) وفولتية الخرج (40V) وتيار الجامع (60 mA) وتيار القاعدة (1mA).

الحل:

ربح الفولتية (AV)

$$Av = \frac{Vout}{Vin} = \frac{40v}{2v} = 20$$

ربح التيار (Ai)

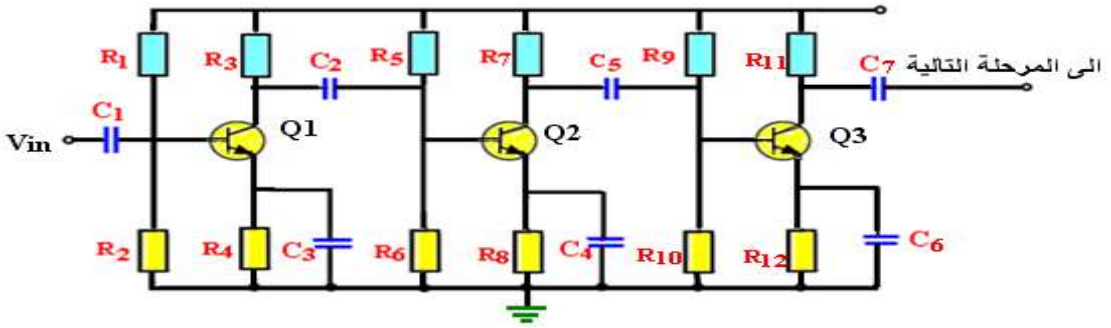
$$Ai = \beta dc = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\mathbf{60mA}}{1\ mA} = 60$$

5-4 طرق ربط مراحل الترانزستور كالمكبرات

سوف نوضح ثلاثة موضوعات رئيسة، نناقش فيها طرق ربط مراحل الترانزستور، متضمنا الربط المباشر والربط بالمتسعة، والمقاومة، والثالث الربط بالمحولة.

1-5-4 ربط مقاومة – متسعة (Resistance-Capacitance (RC) Coupling)

يوضح الشكل (4-9) ربط (مقاومة – متسعة)، وهي الطريقة الأوسع انتشارا في الدوائر المنفصلة بهذه الطريقة تقرن الاشارة عبر مقاوم الجامع (R_C) في كل مرحلة إلى قاعدة المرحلة الآتية (B). بذلك تكبر المراحل المتسلسلة - واحدة تلو الاخرى - الاشارة. الربح الكلي يساوي حاصل ضرب ربح المراحل كافة.



شكل 4-9 مكبر ذو ربط مقاومة – متسعة (R-C)

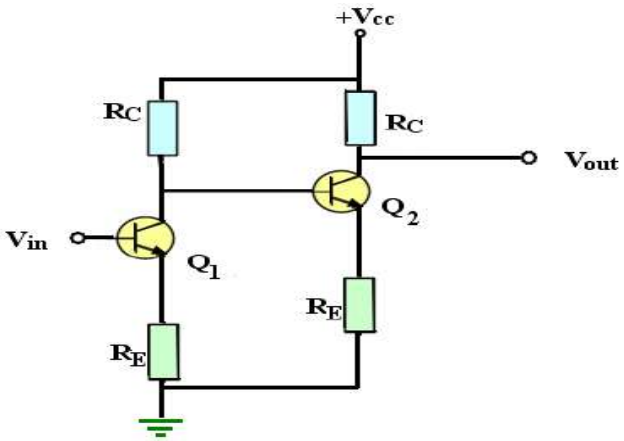
متسعات الربط تمرر التيار المتناوب (AC) لكنها تحجر التيار المستمر (DC). فتنعزل مرحلة عن اخرى اذا اخذنا التيار المستمر بنظر الاعتبار، وهذا مهم لمنع تداخل التيار المستمر، ولكن من عيوب هذه الطريقة هو تحديد التردد الواطئ المفروض من قبل متسعات الربط، ومتسعة الربط هي المتسعة التي تمرر الاشارة المتناوبة من نقطة غير مؤرخة إلى نقطة اخرى ايضا غير مؤرخة، ويجب ان تكون ذات رادة سعوية (XC) صغيرة جدا. وايضا نحتاج إلى متسعات الامرار لان بدونها سيضيع ربح الفولتية (AV) في كل مرحلة.

لو اردنا تكبير اشارات متناوبة ذات تردد أكبر من (10 Hz)، فمكبر الربط مقاومة – متسعة (R-C) هو الطريق الأمثل لذلك. ويعتبر بناء مكبر متعدد المراحل احسن الطرق الملائمة، واقلها ثمنا بالنسبة للدوائر المنفصلة.

4-5-2 الربط المباشر (Direct Coupling)

ان كل المكبرات التي نوقشت لحد الان كانت مقرنة بمتسعة وسعة امرار، وهذه تؤدي إلى تحديد استجابة التردد الواطئ، وبمعنى اخر، يقل كسب المكبرات عند الترددات الواطئة، والطريقة الوحيدة لتجنب هذا هو بالربط المباشر، وهذا يعني تأمين طريق لمرور التيار المستمر ايضا بين المراحل.

فتحت (10Hz) تصبح متسعات الربط والامرار كبيرة جدا كهربائيا وفيزيائيا، ولكن حاجز الترددات الواطئة تستطيع ان تعود إلى الربط المباشر، وبذلك يربط التيار المستمر (DC) كما يقرن التيار المتناوب (AC)، وبهذه الطريقة لا يوجد حد ادنى للترددات الواطئة، فالمكبر يكبر الاشارات بغض النظر عن ترددها وبضنها (DC) م أو التردد صفر، والشكل (4-10) يوضح مكبر ذو ربط مباشر.

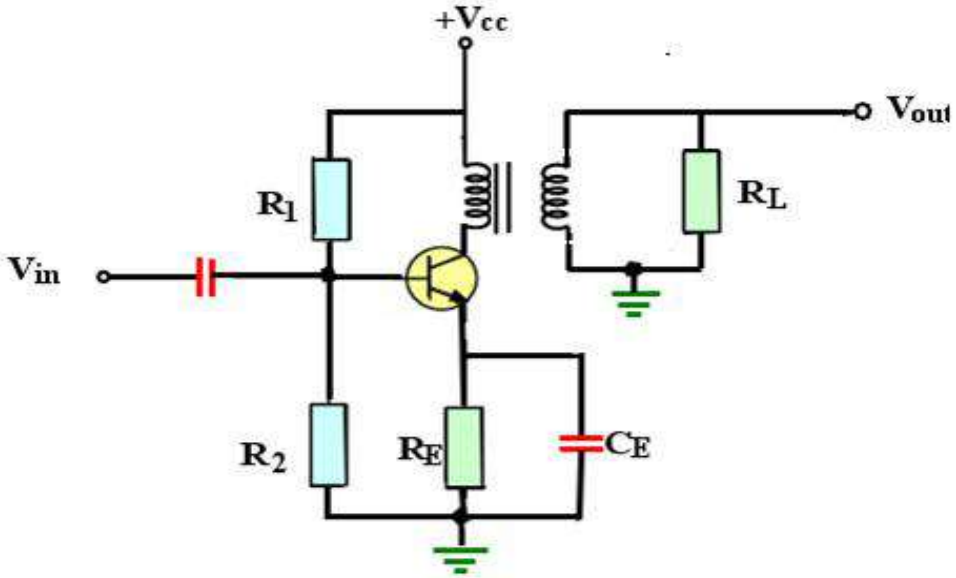


شكل 4-10 مكبر ذو ربط مباشر

3-5-4 الربط بالمحول (Transformer Coupling)

يبين الشكل (4-11) الربط بالمحول. فبالأمكان دفع مقاومات الحمل (AC) الصغيرة إلى مستويات ممانعة اعلى. وهذا يؤدي إلى تحسين كسب الفولتية وزيادة على ذلك بما انه ليس هناك ضياع في قدرة الاشارة في مقاومة الجامع (R_C)، فان كل القدرة المتناوبة تجهز إلى الحمل النهائي.
وكان الربط بالمحولة فيما مضى شائعا عند الترددات الصوتية (20 kHz-20 Hz)، لكن الكلفة والحجم الكبير للمحولات التي تعمل عند الترددات الصوتية كان عائقا كبيرا لهذا الاستخدام.

ان احد المجالات التي بقي فيها الربط بالمحول مستخدما هو مكبرات الترددات اللاسلكية (RF). والترددات اللاسلكية هي تلك الترددات التي تكون أكبر من (20 kHz). وفي مستقبلات الراديو (AM)، يكون مدى الترددات اللاسلكية kHz(1600-550). وفي التلفزيون (TV) تكون الترددات اللاسلكية kHz (216- 54). وما زال الربط بالمحولة يستخدم في مكبرات الترددات اللاسلكية، وذلك لان المحولات تكون اصغر بكثير، واقل كلفة من المحولات الصوتية.



شكل 4-11 الربط بالمحول

اسئلة الفصل الرابع

1 - ضع علامة (√) أمام الاجابة الصحيحة وضع علامة (×) أمام الاجابة الخاطئة، ثم صحح الخطا ان وجد:

ا: يسمى الترانزستور المستخدم في منظمات التوالي بترانزستور القطع.

ب: الترانزستور يصل إلى منطقة القطع (OFF) عندما تكون وصلة (القاعدة-الباعث) في حالة أنحياز أمامي.

جـ: لابد ان يكون تيار القاعدة (I_B) أكبر من القيمة الصغرى لتيار القاعدة (I_{Bmin}) حتى يصل إلى منطقة التشبع.

د: من خصائص مكبر الباعث المشترك ربح تيار وفولتية كبيرين.

هـ: من خصائص مكبر الجامع المشترك ربح الفولتية كبير.

و: كلفة الربط بالمحول قليلة.

2 - ما خصائص مكبر القاعدة المشترك؟

3- عدد طرق ربط المكبرات.

4- ما المقصود بالربط المباشر؟ وضح بايجاز.

5 - أشرح بايجاز الربط بمقاومة – متسعة.

6 - عدد انواع المكبرات؟ وأشرح بايجاز عن كل منها.

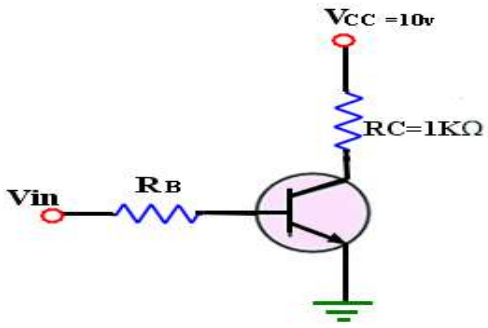
7 - ارسم دائرة مكبر الباعث المشترك.

8 - ارسم دائرة مكبر الجامع المشترك.

9 - وضح بالرسم منظم التوازي.

10 - أشرح موضحا ذلك بالرسم مبدا عمل الترانزستور كمفتاح الكتروني.

11 - احسب قيمة (V_{CE}) للدائرة الموضحة في شكل (4 -12) عندما تكون فولتية الدخل (V_{in}=0)، وما القيمة الصغرى لتيار القاعدة $I_{B(min)}$ المطلوبة ليصل الترانزستور لحالة التشبع اذا علمت ان قيمة (βdc=150) مع اهمال قيمة $V_{CE(sat)}$



شكل 4 -12

12 - جد قيمة I_C(sat)، اذا علمت ان قيمة V_{CC}=5 V وان قيمة R_C=500 Ω.

13 - احسب قيمة (βdc) لترانزستور، قيمة تيار الجامع (500 mA) وتيار القاعدة (5 mA).

14- احسب ربح الفولتية والتيار لترانزستور ذا علمت ان فولتية الخرج (80V) وفولتية الدخل (2 V) وتيار الجامع (250 mA) وتيار القاعدة (2 mA).

الفصل الخامس

ترانزستور تاثير المجال

الاهداف:

الهدف العام: يهدف الفصل الخامس إلى التعرف على ترانزستور تاثير المجال.

الاهداف الخاصة: بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1 – يعرف انواع ترانزستور تاثير المجال (FET).

2 – يفهم تركيب ترانزستورات تاثير المجال (FET)

3 - يعرف كيف يعمل ترانزستور تاثير المجال نوع الاتصالي.

4 – يقارن بين الترانزستور العادي وترانزستور تاثير المجال (FET).

الفصل الخامس

ترانزستور تاثير المجال (Field Effect Transistor)

5–1 ترانزستور تاثير المجال

تعمل الترانزستورات ثنائية القطب NPN وPNP على تيار الفجوات الالكترونية وتيار الألكترونات لذلك تسمى بترانزستورات ثنائية القطب، بينما تعمل ترانزستورات تاثير المجال على سريان تيار الألكترونات، أو سريان تيار الفجوات لهذا تسمى بترانزستورات احادية القطب. يرمز لترانزستور تاثير المجال بالرمز (FET). وتعد هذه الترانزستورات البديلة لترانزستورات ثنائية القطب، فهي تستعمل في معظم الدوائر الحديثة وخصوصا في الدوائر المتكاملة والرقمية، لما تتميز به من سرعة الاداء خصوصا عند استخدامها كمفاتيح. شكل (5 – 1) يوضح نماذج ترانزستور تاثير المجال.

شكل 5–1 نماذج من ترانزستور تاثير المجال

يتميز ترانزستور تاثير المجال عن ترانزستور ثنائي القطب (الاعتيادي) بالاتي:

1 – حجم (FET) اصغر من ترانزستور ثنائية القطب.

2 – يعمل (FET) بجهد تشغيل منخفض.

3 – اشارات الضوضاء (noise) في (FET) تكون قليلة عند استخدامه في تكبير الترددات العالية.

4 – لا يتاثر (FET) بالاشعاعات الكهرومغناطيسية الخارجية.

5 – المقاومة الداخلية لترانزستور(FET)، عالية وتصل إلى حوالي (100 mΩ)، بينما تصل حوالي (2 kΩ) للترانزستور الاعتيادي.

6 – ومن مساوئ (FET) ان ربحه اقل من ترانزستور الاعتيادي ومعرض اكثر للتلف.

5–2 انواع ترانزستور تاثير المجال (FET)

يوجد نوعان رئيسان من ترانزستور تاثير المجال هما:

ا- ترانزستور تاثير المجال الاتصالي (JFET).

ب- ترانزستور تاثير المجال السليكوني المعدني (MOS FET) أو (ترانزستور ذو البوابة المعزولة).

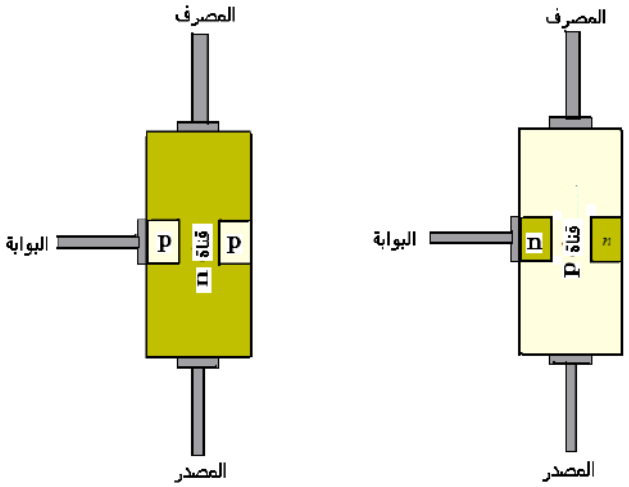
5–2–1 ترانزستور تاثير المجال الاتصالي (JFET)

يتكون ترانزستور (JFET) من نوعين هما:

ا - ترانزستور ذو القناة السالبة (N–channel): وفي هذا النوع تكون الغالبية العظمى هي الألكترونات الحرة (اي الشحنات السالبة) والاقلية هي الفجوات الحرة (اي الشحنات الموجبة).

ب - ترانزستور ذو القناة الموجبة (P–channel): وفي هذا النوع تكون الغالبية العظمى هي الفجوات الحرة (اي الشحنات الموجبة) والاقلية هي الألكترونات الحرة (اي الشحنات السالبة).

شكل (5–2) يوضح نوعي الترانزستور حيث تتكون قناة الترانزستور من شريحة مادة شبه موصلة



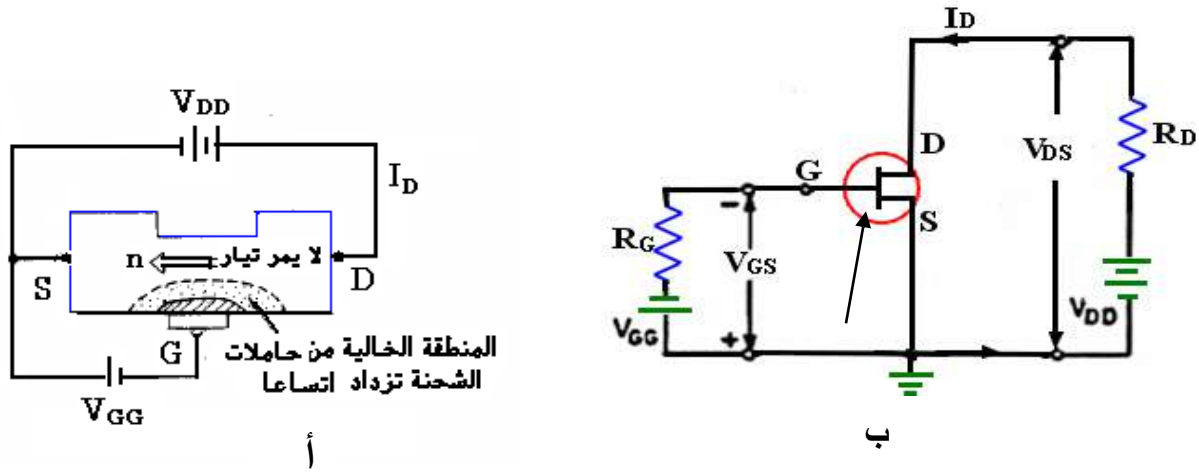
شكل 5– 2 الرمز النوعي لترانزستور المجال الاتصالي (JFET)

يتصل بها قطبين يمثل الأول طرف المصدر(S- Source) والثاني يمثل طرف المصرف (D-Drain). تحيط القناة مادة شبه موصلة مغايرة للمادة الشبه موصلة للقناة، وتكون على شكل لقة يتصل بها طرف البوابة (G-Gate). شكل (5– 3) يوضح رمز كل من نوعي الترانزستور.

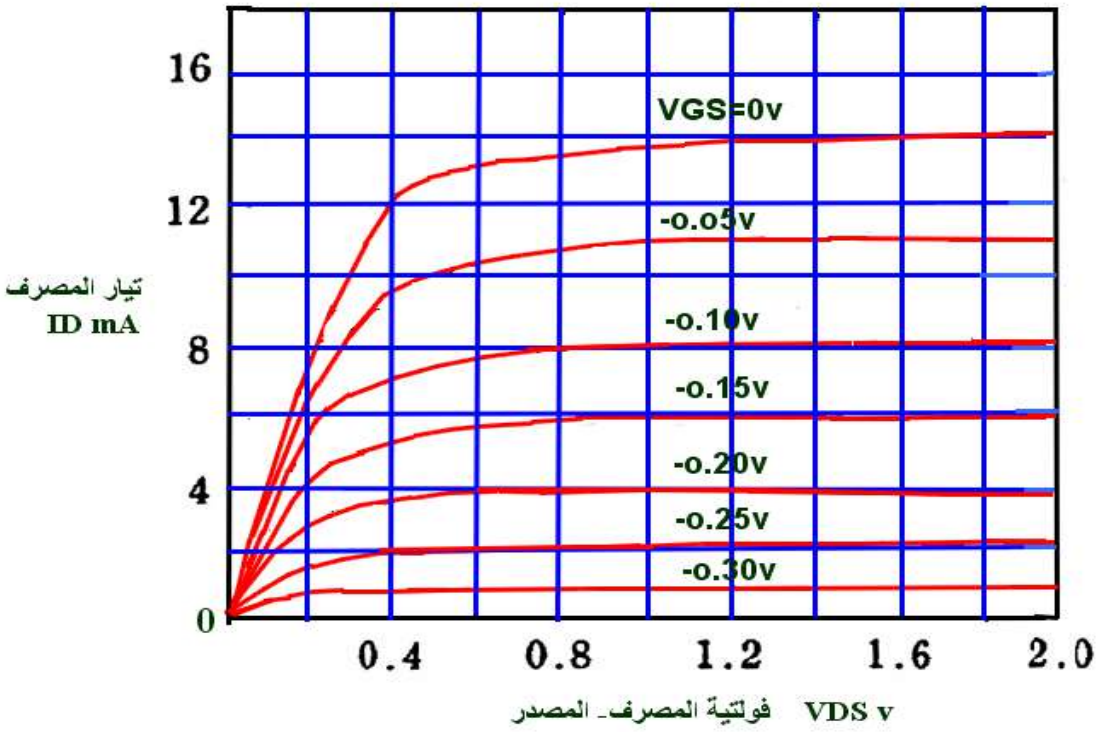
شكل 5–3 رمز كل من نوعي ترانزستور المجال الاتصالي (JFET)

ندرج ادناه نظرية عمل الترانزستور الاتصالي وكما ياتي:

شكل (5–4،أ- ب) يوضح دائرة ترانزستور ذي القناة – N، في حالة تطبيق فولتية بين المصدر والبوابة (V_{GS})، وعندما تكون الفولتية الخلفية (العكسية) بين البوابة والمصدر (V_{GS}) تساوي صفر، فانه يمر تيار يسمى بتيار المصرف (I_D). وكلما زادت الفولتية (V_{DD}) زاد تيار المصرف إلى حد معين حيث يصبح (I_D) ثابتا. عند وضع فولتية عكسية (V_{GS}) فانه يتولد مجال كهربائي يقلل التيار المار بين المصرف والمصدر(I_D)، وتكون منطقة مرور التيار ضيقة وخالية من حأملات الشحنة، وبزيادة هذه الفولتية ينقطع مرور التيار. اي يمكن السيطرة على التيار المار بين المصدر والمصرف بواسطة فولتية الأنحياز العكسية للبوابة. شكل (5–5) يوضح خواص الترانزستور ذي تاثير المجال الاتصالي لعدة قيم من الفولتية العكسية للبوابة.



شكل 5–4 دائرة ترانزستور ذو القناة – N



الشكل 5– 5 خواص الترانزستور ذي القناة – N

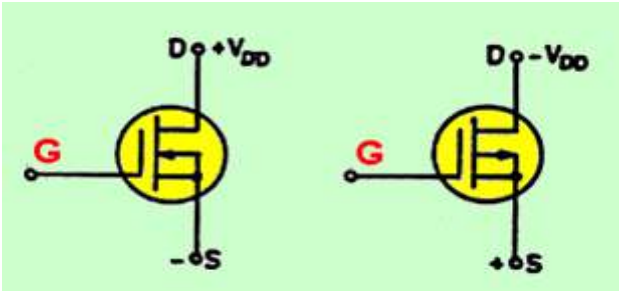
5–2–2 ترانزستور تاثير المجال السليكوني المعدني ذو البوابة المعزولة

(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) MOS FET)

في هذا النوع من الترانزستورات يتم فيه عزل البوابة عن القناة بطبقة رقيقة من مادة عازلة، وغالبا ما تستخدم مادة ثنائي اكسيد السيلكون (SiO_2). لذا يسمى ايضا بترانزستور ذي البوابة المعزولة. يوجد نوعين من هذه الترانزستورات هما:

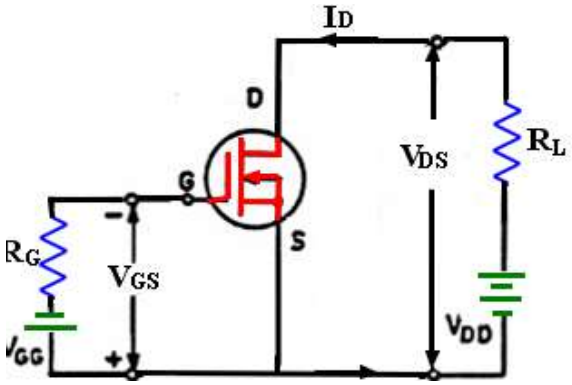
ا- ترانزستور تاثير المجال ذو البوابة المعزولة نسق الأستنزاف (Depletion Mode (MOS FET))

عندما تطبق فولتية سالبة V_{GS} على قناة الترانزستور يعمل الترانزستور بهذا النسق. كما يمكن لنفس هذا الترانزستور ان يعمل بنسق التعزيز عند تطبيق فولتية موجبة (V_{GS}) على البوابة. ان لهذا الترانزستور ايضا قسمين هما: ذو القناة السالبة (N– channel) وذو القناة الموجبة (P– channel). الشكل (5– 6) يوضح رمزي القسمين.



الشكل 5–6 رمزي الترانزستور ذي البوابة المعزولة نسق الأستنزاف

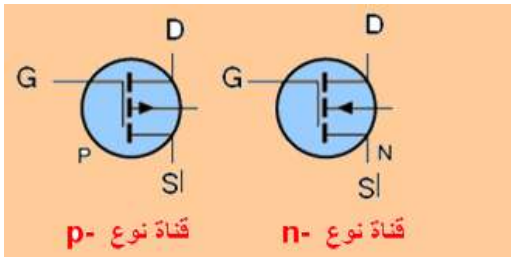
شكل (5-7) يوضح دائرة ترانزستور نسق الأستنزاف ذي القناة السالبة، حيث يمكن التحكم بمقدار تيار المصرف (I_D) عن طريق التحكم بمقدار فولتية البوابة العكسية (V_{GS})، فكلما زادت فولتية البوابة قل تيار المصرف.



شكل 5-7 دائرة ترانزستور نسق الأستنزاف ذو القناة السالبة

ب - ترانزستور تاثير المجال السليكوني المعدني ذو البوابة المعزولة الذي يعمل بنسق التعزيز فقط (Enhancement Mod (MOS FET)):

يتكون من نفس تركيب ترانزستور نوع نسق الأستنزاف الا ان طبقة القاعدة (P) تمتد إلى ان تصل طبقة ثنائي أوكسيد السيليكون (SiO_2)، اي عدم وجود قناة بين المصدر والمصرف. حيث لا يعمل هذا الترانزستور الا اذا طبقت فولتية موجبة على البوابة. شكل (5 – 8) يوضح الرمز المنطقي لقسمي الترانزستور.



الشكل 5–8 الرمز المنطقي لقسمي ترانزستور نسق التعزيز فقط

اسئلة الفصل الخامس

1- عدد انواع ترانزستور تاثير المجال (FET).

2- كيف يعمل ترانزستور تاثير المجال (FET) نوع الاتصالي؟

3- وضح كيف يمكن التحكم بتيار المصرف لترانزستور تاثير المجال نسق الأستنزاف؟

4- قارن بين الانواع الثلاثة لترانزستور تاثير المجال (FET).

5- قارن بين الترانزستور العادي وترانزستور تاثير المجال (FET).

6- علل يسمى ترانزستور تاثير المجال السليكوني المعدني (MOSFET) بذو البوابة المعزولة؟

الفصل السادس

مكبرات (مضخمات) القدرة (Power Amplifiers)

الاهداف:

الهدف العام:- يهدف الفصل السادس الى التعرف على مكبرات القدرة.

الاهداف الخاصة:- بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1. يتعرف على مبدا عمل مكبرات القدرة.
2. يتعرف على انواع مكبرات القدرة.
3. يرسم كل نوع وخصائصه.

الفصل السادس

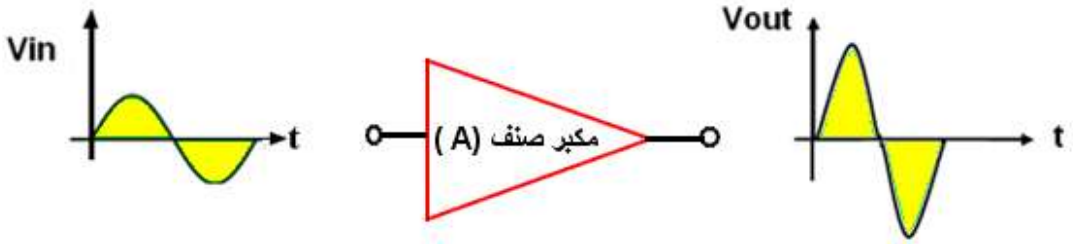
مكبرات القدرة (Power Amplifiers)

1-6 تمهيد

لإرسال اشارة لاسلكية عن طريق هوائي إلى مسافات طويلة، فاننا نحتاج إلى تكبير قدرتها حتى نستطيع قطع هذه المسافة. فكلما زادت القدرة زادت المسافة التي نقطعها. فعلى سبيل المثال، المحطات الارضية التي تتصل بالاقمار الاصطناعية. لذلك فاننا نحتاج إلى مكبرات قدرة مناسبة كمرحلة اخيرة قبل الهوائي في دوائر الارسال. تصنف مكبرات القدرة حسب نسبة الموجة الداخلة والتي يعمل خلالها المكبر بصورة خطية.

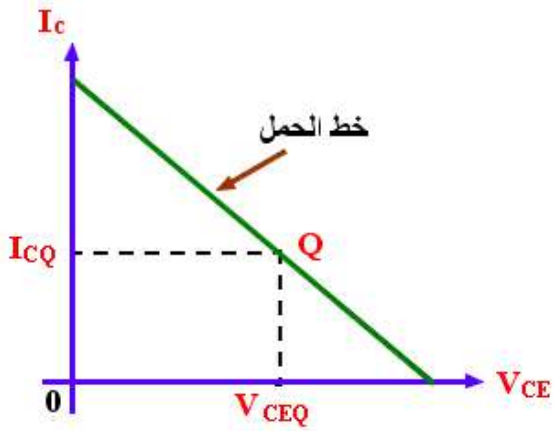
2-6 مكبرات القدرة الصنف (A) (Class "A" power amplifier)

يعمل هذا المكبر في الحالة الخطية خلال جميع فترات الموجة الداخلة كما في الشكل (5-1)، لذلك يسمى بمكبر القدرة صنف (A).



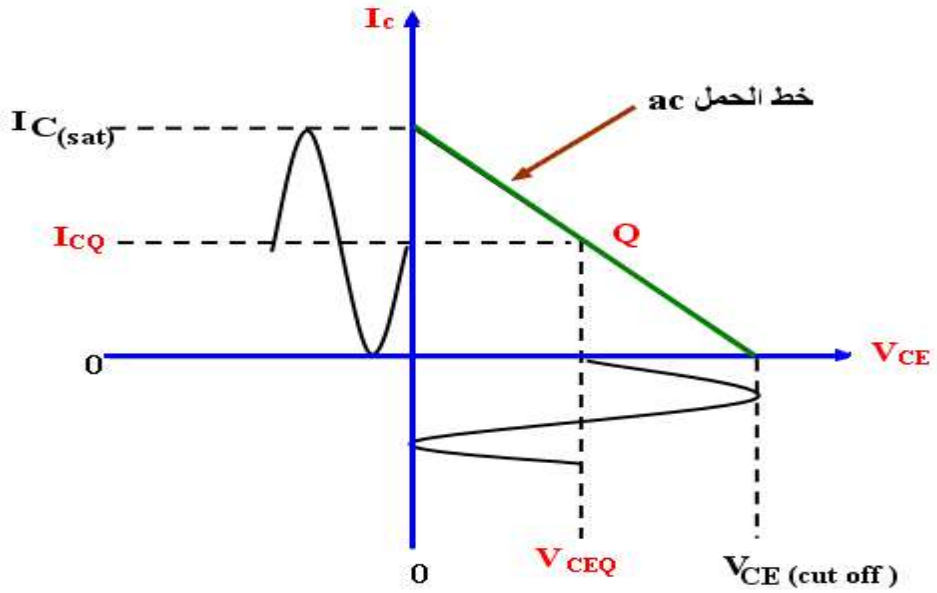
شكل 6-1 شكل الاشارة الداخلة (V_{in}) والاشارة الخارجة (V_{out}) لمكبر صنف (A)

في هذا الصنف نختار نقطة التشغيل في منتصف خط الحمل تقريبا كما في الشكل (6-2)، وتكون اشارة الدخل (V_{in}) صغيرة بحيث لا تؤدي لادخال الترانزستور لمنطقة القطع، أو منطقة التشبع في منحني خواص الخرج.



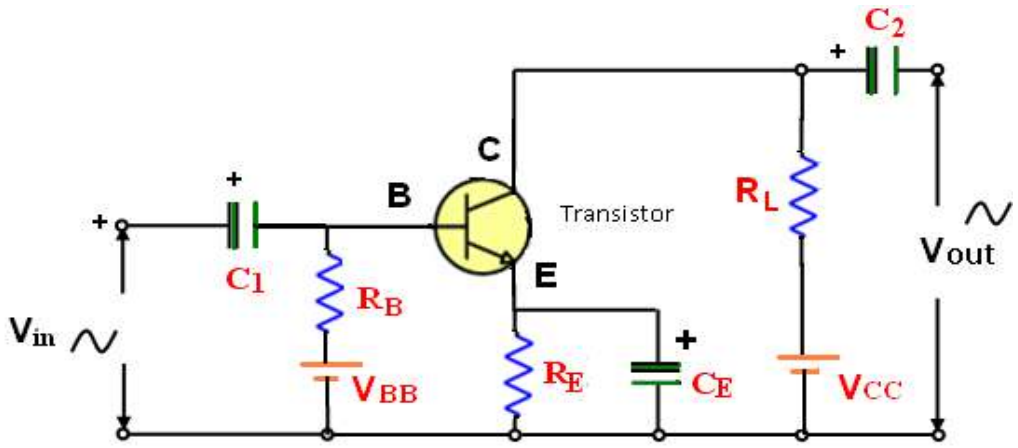
شكل 6-2 خط الحمل للتيار المستمر (DC) وموقع نقطة التشغيل لمكبر صنف (A)

الشكل (3-6) يوضح عدم تشوه الاشارة الخارجة (V_{out}) اذا كانت نقطة التشغيل (Q) في وسط خط الحمل للتيار المتناوب (ac). يوضح ايضا هذا الشكل أكبر اشارة خارجة يمكن الحصول عليها.



شكل 6-3 خط الحمل للتيار المتناوب (AC) لمكبر صنف (A)

ان اهم ميزة لمكبر القدرة صنف (A) هي انه لا يوجد تشوه في اشارة الخرج تقريبا، فأما من عيوبه فاننا نحتاج دائما لقدرة كهربائية لتشغيل المكبر، وهذه القدرة تاتي من مصدر فولتية مباشر، وتستخدم في تحديد نقطة التشغيل ولا يظهر منها الا جزء محدود في اشارة الخرج، ويظل المكبر الصنف (A) محتاجا لقدرة كهربائية طوال فترة تشغيله، وهو لذلك غير مناسب لتكبير الاشارات عندما تحتاج لقدرة عالية من المكبر، وتكون الطاقة المهدورة عالية جدا في هذه الحالة. يكبر هذا النوع الاشارة لكل 360° من طور الاشارة. وكمثال لمكبر قدرة صنف (A)، هو مكبر الباعث المشترك الذي سبق دراسته في الفصل الرابع، وكما موضح بالشكل (6-4).



شكل 6-4 دائرة مكبر باعث مشترك وهي دائرة مكبر قدرة صنف (A)

لحساب كسب القدرة فان:

$$Ap = Av \left(\frac{Rin}{Rout}\right) \qquad \text{.....(1 -6)}$$

حيث ان:

ربح القدرة: Ap

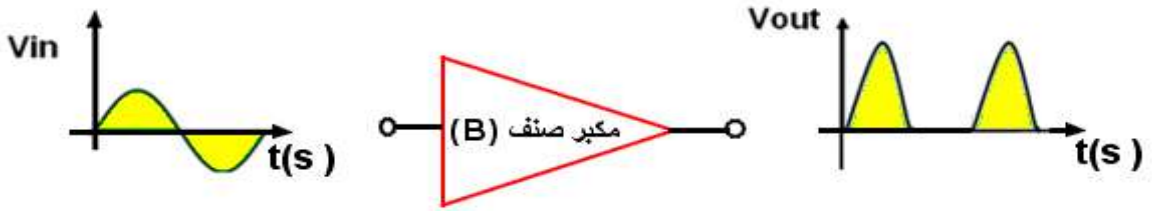
ربح الفولتية: Av

مقاومة الداخل: R_{in}

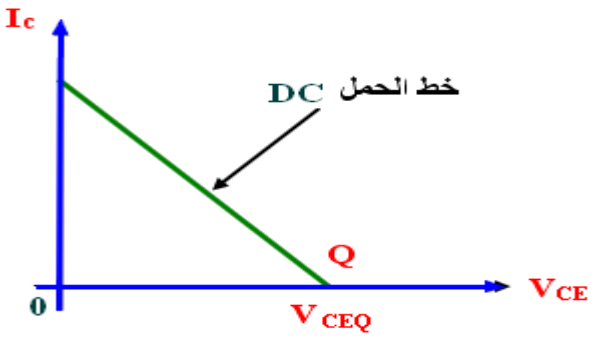
مقاومة الخارج: R_{out}

3-6 مكبرات القدرة صنف (B) (Class "B" Power amplifiers)

ان مكبرات القدرة صنف (B) هو اكثر كفاءة، وفي هذا النوع من المكبرات تستهلك الطاقة الكهربائية فقط عند حالة التوصيل (180º درجة من طور الاشارة الداخلة). أما في النصف الاخر من الاشارة فيكون الترانزستور في حالة قطع، ويكون الخارج عبارة عن نصف موجة جيبية. ان خرج هذا المكبر يؤدي إلى تشوه كبير في الاشارة الخارجة بالنسبة للاشارة الداخلة، حيث يختفي نصف الاشارة الخارجة وكما موضح في الشكل (6-5)، حيث شكل الاشارة الداخلة والاشارة الخارجة لمكبر صنف (B).



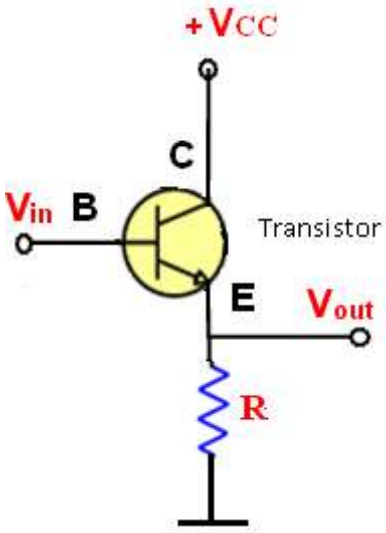
شكل 6-5 الاشارة الداخلة (V_{in}) والاشارة الخارجة (V_{out}) لمكبر قدرة صنف (B)



شكل 6-6 خط حمل التيار المستمر (DC)، وموقع نقطة التشغيل (Q) لمكبر قدرة صنف (B)

ان هذا النوع تكون نقطة تشغيله على حافة منطقة القطع تماما، وكما موضح في شكل (6-6).

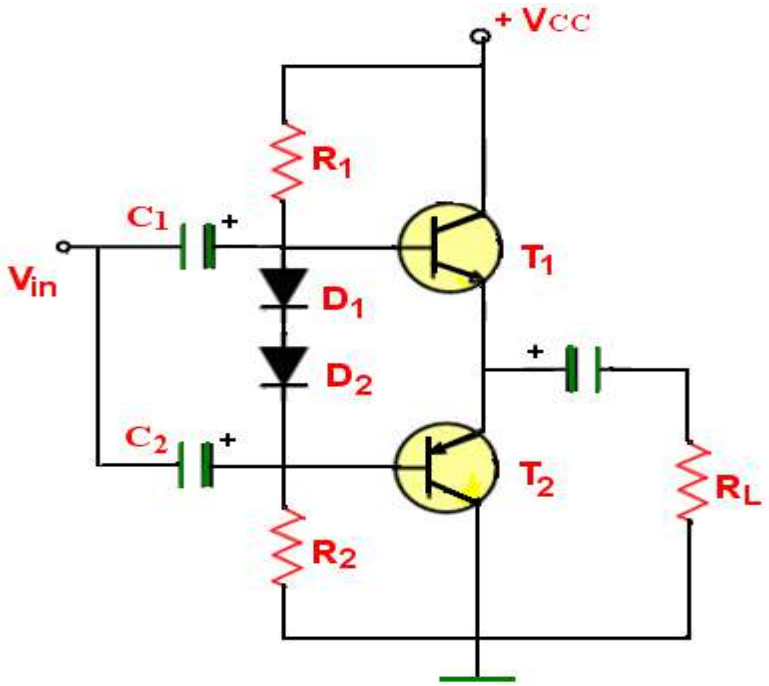
ان الشكل (6-7) يوضح دائرة مكبر قدرة صنف (B)، وهي عبارة عن دائرة مكبر جامع مشترك.



شكل 6-7 دائرة مكبر قدرة صنف (B) وهي دائرة مكبر جامع مشترك

6-4 مكبرات الدفع والسحب (مكبرات صنف (A-B) (Push-pull Amplifier)

لقد درسنا في مكبرات القدرة صنف (B) ان نصف اشارة الدخل فقط تم تكبيرها، فإذا اردنا ان يكبر النصف الاخر من الاشارة الداخلة، فاننا نضيف مكبرا اخر من نفس النوع، ويسمى هذا النوع بمكبر الدفع والسحب أو مكبر صنف (A-B) كما موضح في الشكل (6-8).



شكل 6-8 دائرة مكبر الدفع والسحب وهي دائرة صنف (A-B)

يقوم الترانزستور (T_1) بالعمل (التوصيل) خلال النصف الموجب، والترانزستور (T_2) بالعمل (التوصيل) خلال النصف السالب من اشارة الدخل، وتستخدم الدايودان (D_2، D_1) والمقاومتان (R_2، R_1) لأنحياز الترانزستور. وتكون قيم المقاومتين متساوية، ولحساب مقدار تكبير القدرة نتبع ما الاتي:

$$P_{out} = \frac{1}{4} Ic(sat)\, Vcc \qquad \text{.....(2-6)}$$

علما ان:

$$Ic(sat) = \frac{0.5V_{CC}}{R_L} \qquad \text{.....(3-6)}$$

وبالتعويض عن قيمة Ic(sat) في قانون القدرة، فان:

$$P_{out} = \frac{1}{4} \times \frac{0.5\ V^2_{CC}}{R_L} \qquad \text{.....(4-6)}$$

مثال (6-1)

احسب قيمة قدرة الخرج لدائرة مكبر قدرة صنف (A-B) اذا علمت ان Vcc=20V، وقيمة مقاومة الحمل 8Ω.

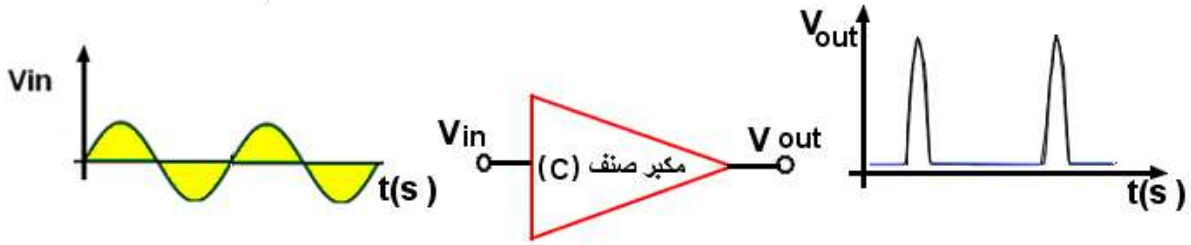
الحل:

$$P_{out} = \frac{1}{4} \times \frac{0.5V_{CC}^5}{R_L}$$

$$P_{out} = \frac{o.5(20)^2}{4\times8} = 6.25W$$

5-6 مكبر القدرة الصنف (C) (Class C power amplifier)

النوع الاخير من المكبرات، هو صنف (C) (class C)، وفي هذا النوع نكبر اقل من 90º درجة من الاشارة الداخلة. لان الترانزستور يكون في حالة قطع معظم الوقت مما يوفر طاقة التشغيل وبرفع كفاءة المكبر. ان الخرج الناتج من هذا الصنف من مكبرات القدرة يكون مشوها جدا، ولكن في بعض التطبيقات فان هذا النوع من المكبرات مفيد جدا،حيث يستخدم في تكبير الترددات الراديوية وكذلك في دوائر المحددات. الشكل (6-9) يوضح شكل كل من الاشارة الداخلة، والاشارة الخارجة لمكبر صنف (C).



شكل 6-9 اشارة الدخل واشارة الخرج لمكبر صنف (C)

ويمكن حساب قيمة تكبير القدرة كالآتي:

$$P_{out}= \frac{0.5V^2_{CC}}{R_{out}} \qquad .....(5\text{-}6)$$

مثال (6-3)

احسب قيمة قدرة الخارجة لمكبر صنف (C) اذا علمت ان V_{CC}=24V وقيمة مقاومة الخرج (100 Ω).

الحل:

$$P_{out}= \frac{0.5V^2_{CC}}{R_{out}}= \frac{0.5\times (24)^2}{100}= 2.88\ W$$

اسئلة الفصل السادس

1 - اين تختار نقطة التشغيل في مكبرات القدرة الصنف (A)؟ وضح ذلك مستعينا بالرسم.

2 - ما اهم مميزات وعيوب مكبر القدرة الصنف (A)؟ واي نوع من المكبرات التي درسناها في الفصل الرابع هي مكبر القدرة صنف (A)؟

3 - وضح مع الرسم الاشارة الداخلة (V_{in}) والاشارة الخارجة (V_{out}) لمكبر القدرة صنف (B).

4 - اي نوع من المكبرات التي درسناها في الفصل الرابع هي مكبر قدرة صنف (B)؟

5 - ما الفرق بين نقطة التشغيل لمكبر القدرة صنف (A) وصنف (B)؟

6 - لماذا يستخدم مكبر الدفع والسحب (صنف A-B) وضح ذلك مع الرسم؟

7 - ما الفائدة من استخدام مكبر القدرة الصنف (C)، أشرح ذلك مستعينا بشكل الاشارة الداخلة والخارجة؟

8 - احسب (Vcc) اذا علمت ان قيمة قدرة الخرج لمكبر للقدرة صنف (C) (P_{out}=3w) ومقاومة الخارج R_{out} =50 Ω.

9 - احسب قيمة مقاومة الحمل (R_L) لمكبر قدرة صنف (A-B) اذا علمت ان V_{CC} =25 V ، وان قيمة قدرة الخرج (P_{out} = 7 W).

الفصل السابع

استجابة المكبر للتردد والمكبرات المنغمة

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل إلى التعرف على استجابة المكبرر التردد والمكبرات المنغمة.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:-

1 – يعرف تاثير متسعات الربط والتمرير على معامل ربح المكبر.

2 - يعرف تاثير المتسعات الداخلية على معامل ربح المكب.

3 – يعرف تاثير التردد على معامل ربح المكبر المنغم.

4 – يعرف انواع المكبرات المنغمة.

الفصل السابع

أستجابة المكبر للتردد والمكبرات المنغمة

7-1 أستجابة المكبر للتردد (Amplifier Frequency Response)

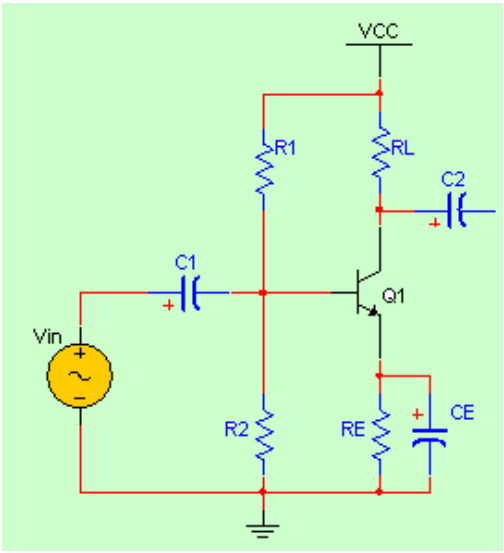
استجابة المكبر للتردد هي التغير الحاصل في ربح المكبر عند مدى معين من ترددات الاشارة الداخلة. حيث تتاثر استجابة المكبر في الترددات الواطئة والترددات العالية.

7-2 أستجابة التردد الواطئ

شكل (7-1) يوضح دائرة مكبر مربوطة بطريقة الباعث المشترك. حيث ان ربح المكبر يعتمد على الفولتية الخارجة كما في العلاقة الآتية:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

حيث ان: A_v ربح فولتية المكبر



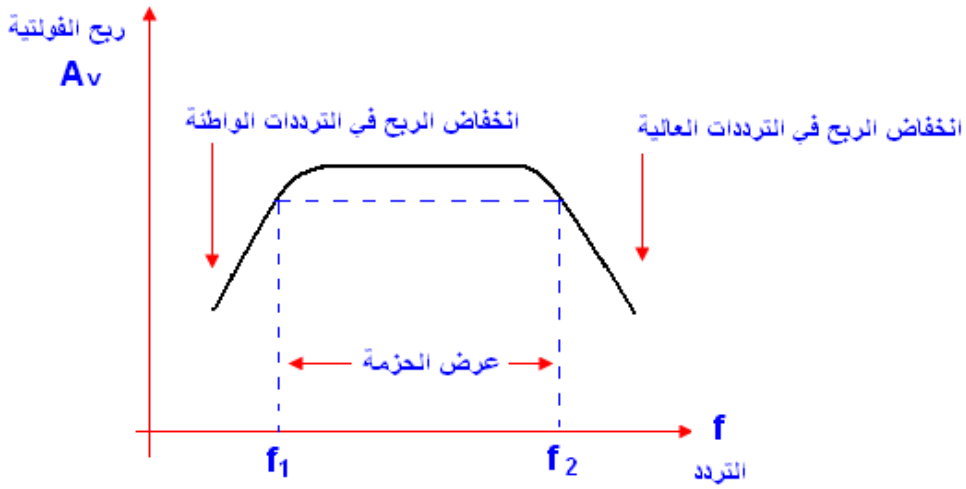
شكل 7-1 دائرة مكبر الباعث المشترك

لذا فان اي هبوط في فولتية الاشارة يسبب انخفاضًا في ربح فولتية المكبر. حيث ان كلا من متسعة الربط (C_1) ومتسعة التمرير (C_E) تسبب هبوط في فولتية الاشارة الخارجة. ان ممانعة اية متسعة تتناسب عكسيا مع التردد كما في العلاقة الآتية:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

لذلك فان (X_C) تزداد كلما زاد تردد الاشارة، مما يسبب هبوط في الفولتية على طرفي المتسعة (C_1) والمتسعة (C_E). حيث تقل الفولتية الخارجة (V_{Out}) على طرفي المقاومة (R_L)، وبالتالي يقل

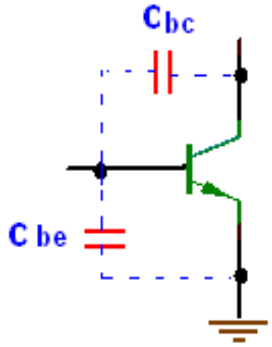
ربح المكبر. الشكل (7- 2) يوضح منحني أستجابة المكبر حيث العلاقة بين التردد وربح المكبر. اذ يلاحظ ان ربح المكبر ينخفض عند الترددات الواطئة بسبب ممانعة متسعة الربط وممانعة متسعة التمرير.



شكل 7-2 منحني استجابة المكبر

7-3 استجابة التردد العالي

في الترددات العالية وحسب نظرية ميلر (Miller) تظهر على اطراف المكبر(اقطاب الترانزستور) متسعات تسمى بالمتسعات الداخلية (القطبية) كما موضح في الشكل (7-3).



شكل 7-3 المتسعات الداخلية لمكبر الترانزستور

حيث يكون للمتسعتين (C_{bc}،C_{be}) تاثير على ربح فولتية المكبر، حيث فكلما زاد تردد الاشارة المراد تكبيرها قل ربح فولتية المكبر. كما ان تاثير المتسعات الداخلية لا يظهر في الترددات الواطئة؛ لان قيم سعاتها تكون قليلة عند هذه الترددات.كما في شكل (7-2) منحني استجابة المكبر، حيث ينخفض ربح المكبر عند الترددات العالية بسبب تاثير المتسعات الداخلية.

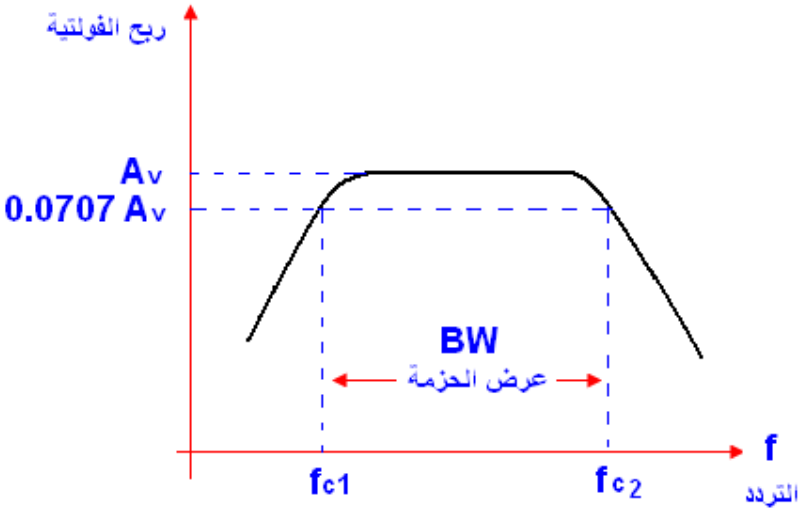
7-4 تردد القطع (Cutoff Frequency)

تردد القطع هو التردد الذي تهبط عنده اعلى قيمة لربح المكبر(A_V) إلى($0.707\ A_V$). فمثلا اذا كانت اعلى قيمة لربح المكبر (A_v =2) تصبح قيمتها ($0.707\times2 = 1.414$) عند تردد القطع. يرمز لتردد القطع بالرمز (f_c) حيث ان:

fc_1: قيمة اقل تردد قطع، fc_2 قيمة اعلى تردد قطع

قانون تردد القطع:

$$F_C = 0.707 \times A_V$$



شكل 7-4 يوضح ترددي القطع

7-5 عرض الحزمة (Band Width)

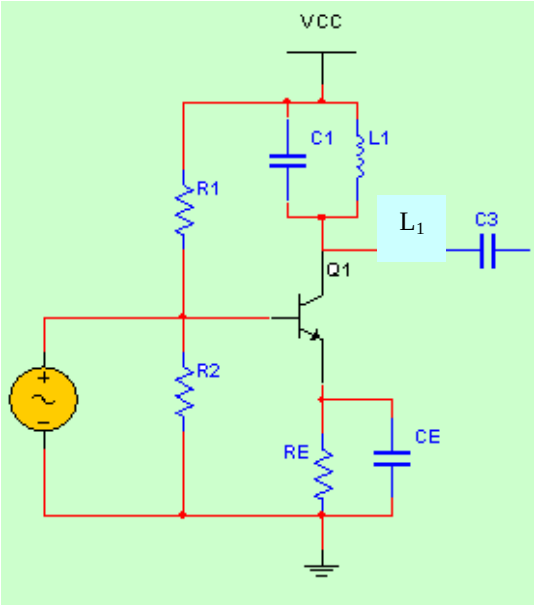
عرض الحزمة (BW) هو التردد المحصور بين اعلى تردد قطع، واقل تردد قطع يمكن ان يكبر في دائرة المكبر كما في الشكل (7- 4).

$$BW = f_{c2} - f_{c1}$$

7-6 أستجابة المكبرات المنغمة (Tuned Amplifiers)

المكبر المنغم هو المكبر الذي يحتوي على دائرة رنين توازي واحدة أو اكثر، وتكون بمثابة ممانعة حمل المكبر. شكل (7- 5) يوضح دائرة مكبر منغم. حيث يتم اختيار تردد الرنين المطلوب بواسطة تنظيم قيم عناصر دائرة الرنين، فان تردد الرنين كما في المعادلة الآتية:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



شكل 7- 5 دائرة مكبر منغم مرحلة واحدة

7-7 انواع المكبرات المنغمة

يتم تصنيف هذه المكبرات إلى عدة انواع تبعا لما يأتي:

أ– عرض الحزمة : 1 – مكبرات الحزمة العريضة

2 – مكبرات الحزمة الضيقة

ب– القدرة الخارجة:

1 – مكبرات الاشارة الصغيرة

2 - مكبرات الاشارة الكبيرة

جـ– عدد مراحل التكبير:

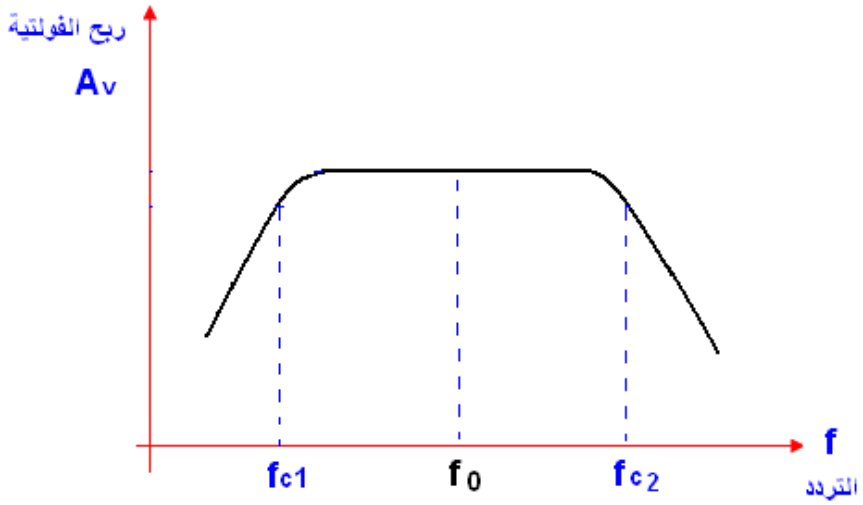
1 – مكبر منغم ذو مرحلة واحدة

2- مكبر منغم ذو مرحلتين

3- مكبر منغم ذو عدة مراحل

8-7 مكبرات الحزمة العريضة المنغمة (Broadband uned Amplifiers)

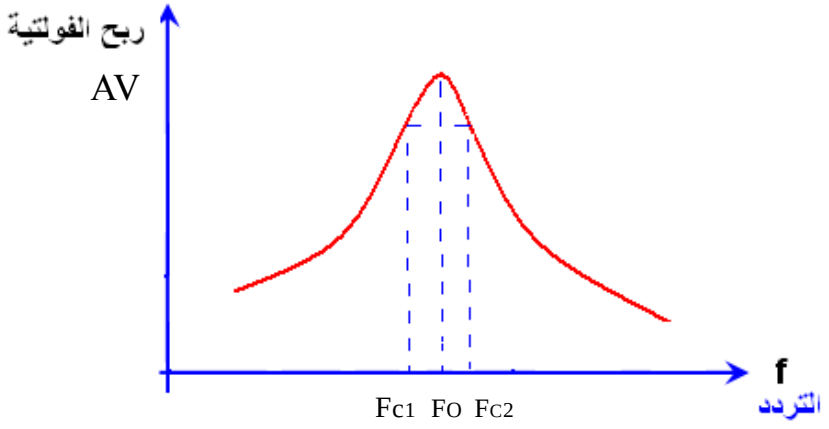
في الشكل (7- 6) يوضح منحني الاستجابة المثالي لمكبر حزمة عريضة، وفيه يكون معامل ربح المكبر منخفضا وعرض حزمة كبيرا. يكثر استعمال هذه المكبرات في مراحل التردد الوسيط لجهازي الراديو والتلفزيون.



شكل 7-6 منحني الاستجابة المثالي لمكبر حزمة عريضة

7-9 مكبرات الحزمة الضيقة المنغمة (Narrowband Tuned Amplifiers)

شكل (7-7) يوضح منحني استجابة مكبر حزمة ضيقة. حيث يستجيب هذا المكبر لحزمة ضيقة من الترددات المحصورة بين ترددي القطع. تكون ممانعة حمل المكبر عالية جدا مقارنة بممانعة حمل مكبر الحزمة العريضة، لذا فان معامل ربح هذا المكبر تكون عالية. يمكن زيادة معامل ربح الفولتية وزيادة عرض حزمة المكبر المنغم باستعمال اكثر من مرحلة لمكبر منغم. يكثر استعمال هذه المكبرات في جهاز الراديو لتكبير التردد الراديوي المطلوب.



شكل 7-7 منحني استجابة مكبر حزمة ضيقة

اسئلة الفصل السابع

1 – ما تاثير متسعات الربط ومتسعات التمرير على معامل ربح المكبر؟

2 – وضح مع الرسم تاثير المتسعات الداخلية لمكبر الترانزستور على معامل الربح.

3- عرف ما يلي: تردد القطع، عرض الحزمة، منحني استجابة المكبر.

4 – ما المقصود بالمكبر المنغم؟

5– عدد انواع المكبرات المنغمة.

6– قارن بين مكبر الحزمة العريضة، ومكبر الحزمة الضيقة.

الفصل الثامن

المذبذبات

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل الى التعرف على المذبذبات.

الاهداف الخاصة: بعد ان اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1. يعرف انواع المذبذبات.
2. يعرف التغذية العكسية وشروط عملية التذبذب.
3. يعرف تركيب ونظرية عمل مذبذبات الموجة الجيبية، والمذبذبات غير الجيبية.
4. يعرف قوانين المذبذبات، وحساب تردد رنين المذبذبات.
5. يحل جميع الاسئلة في نهاية الفصل.

الفصل الثامن

المذبذبات (Oscillators)

8-1 تمهيد

تسمى الدائرة الالكترونية التي تقوم بتوليد اشارة كهربائية متغيرة بالمذبذب، ويمكن تقسيم المذبذبات إلى قسمين اساسيين هما: -

ا- المذبذبات الجيبية (Sinusoidal Oscillators)
ب- المذبذبات غير الجيبية (Non- Sinusoidal Oscillators)
ان كلا النوعين يعتمد على مبدا التغذية العكسية (Feedback)، والذي سنتطرق له فيما ياتي باختصار.

8-2 التغذية العكسية (Feedback)

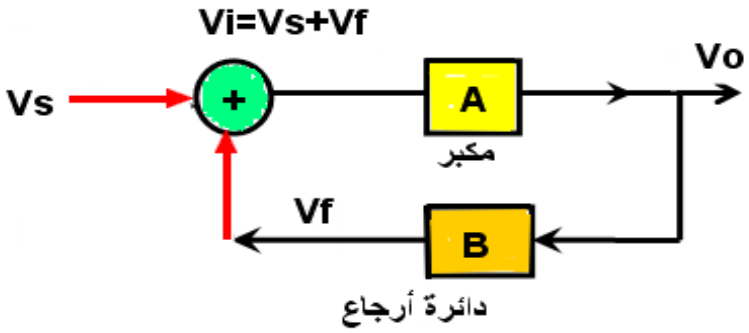
هي اخذ جزء من الاشارة الخارجة من المكبر واعادتها إلى الداخل بحيث تتحد الاشارة الراجعة مع الداخل الاساسية، وتحدث تغير غير عادي في اداء النظام وخواصه.
يمكن تقسيم دوائر التغذية العكسية إلى نوعين هما:-

ا - تغذية عكسية سالبة (Negative Feed back)

يكون طور الاشارة الخارجة المغذاة عكسيا مضاد لطور الاشارة الداخلة، اي يوجد فرق في الطور يساوي 180° بين الاشارة الراجعة واشارة الدخل.

ب – تغذية عكسية موجبة (Positive Feedback)

يكون طورالاشارة الخارجة المغذاة عكسيا متفقا مع طور الاشارة الداخلة لذلك فان التكبير يزداد في المكبر بعد التغذية العكسية الموجبة، والاستعمال الرئيس للتغذية العكسية الموجبة هو في المذبذبات.
الشكل (8-1) يوضح مخطط التغذية العكسية الموجبة، حيث (A) كسب المكبر و(B) كسب دائرة التغذية العكسية.



شكل 8– 1 مخطط التغذية العكسية الموجبة

ويمكن حساب الربح الكلي للدائرة (Af) من القانون الاتي:

$$Af = \frac{1}{1-AB} \qquad \text{.....(1-8)}$$

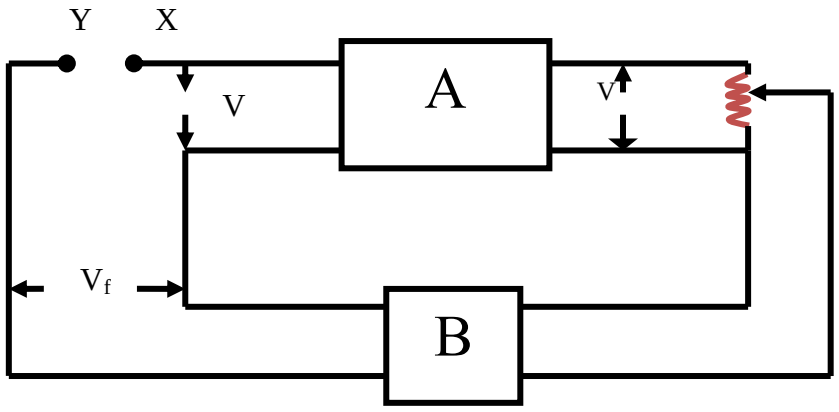
حيث Af : الربح بعد التغذية العكسية
و A: الربح قبل التغذية العكسية
و B: الربح نسبة التغذية العكسية

3-8 مبدأ عمل المذبذب

ان الفكرة الرئيسة عن كيفية قيام المذبذب لتوليد اشارة خارجة بدون اشارة داخلة خارجية، هي فكرة استخدام تغذية عكسية موجبة من، اجل تزويد اشارة للمدخل بدلا من اشارة الداخل، ومن المعلوم ان المذبذب لا يولد طاقة، وانما هو يحول طاقة (DC) إلى (AC).

1-3-8 شروط حدوث التذبذب (Conditions for Oscillation)

سنوضح ونشرح الان كيفية الحصول على اشارة خارج أو توليد ذبذبة كهربائية وبدون اشارة داخل خارجيه باستخدام مكبر التغذية العكسية الموجبة (مبدا عمل المذبذب). من خلال الشكل (2-8) يوضح مخطط التغذية العكسية الموجبة وبدون اشارة داخل خارجية.



الشكل 8-2 مخطط التغذية العكسية الموجبة بدون إشارة داخل خارجية

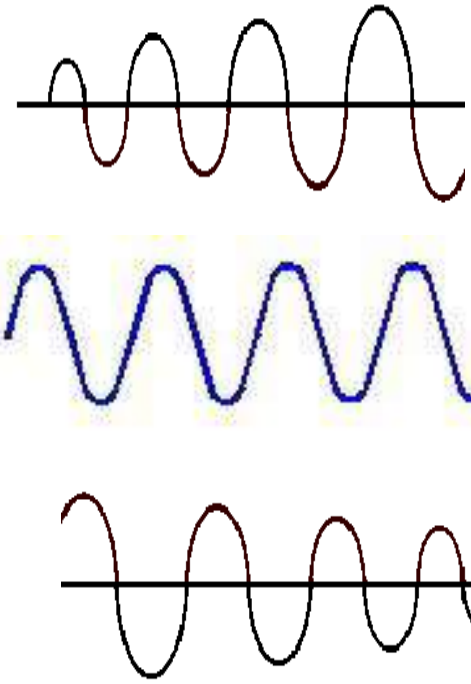
نلاحظ من الشكل (2-8) اننا قبل توصيل النقطتين (X و Y) فاننا نحتاج إلى اشارة داخلة للحصول على اشارة خارجة ولكن بعد توصيل النقطتين (X وY) فان اشارة التغذية العكسية تغذي المكبر وفي هذه الحالة تنتفي الحاجة إلى اشارة داخلة، اي تتحول الدائرة من مكبر إلى مذبذب، فيقوم بتجهيز اشارة خارجة دون الحاجة إلى اشارة داخلة.

توجد ثلاثة احتمالات للمذبذبات وهي:

1. اذا كان (AB > 1) من المعادلة (1) فان جهد الاشارة الخارجة سيتزايد كما مبين في الشكل(8-3 أ).

2. اذا كان (AB =1) من المعادلة (1) فان جهد الاشارة الخارجة يكون مستقرا كما مبين في الشكل (8-3 ب) .

3. اذا كان (AB <1) من المعادلة (1) فان جهد الاشارة الخارجة سيتخامد كما مبين في الشكل (8- 3 جـ).



(أ) تزايد

(ب) استقرار

(جـ) إخماد

الشكل8-3 يوضح الاحتمالات الثلاث للمذبذب

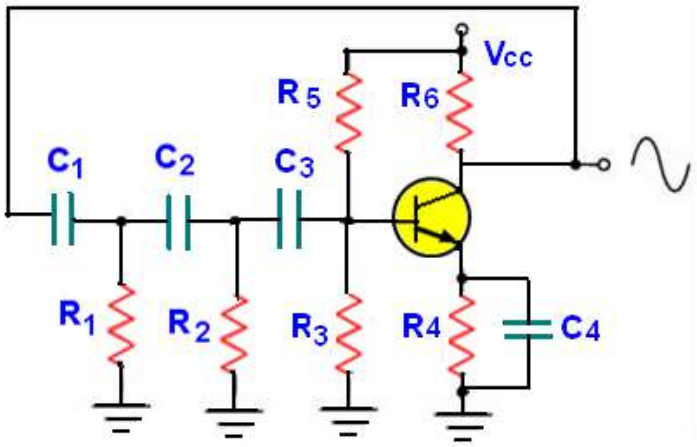
4-8 مذبذبات الموجة الجيبية

تقسم مذبذبات الموجة الجيبية إلى قسمين وفقا لعناصر تحديد تردد المذبذب هما:

أ- مذبذبات المقاومة – المتسعة (RC Oscillators)

تستخدم هذه المذبذبات في توليد الاشارات ذات الترددات الصغيرة نسبيا، والترددات السمعية وهي على انواع.

نذكر منها المذبذب المزحزح للطور (Phase shift Oscillator) والمبين في الشكل (8- 4).



شكل 8-4 مذبذب ازاحة الطور

للمكبر ازاحة طور مقدارها 180°، لان الاشارة تغذي الإدخال القالب. اخراج المكبر يغذي خلفيا إلى ثلاث مراحل من دائرة (RC) لان اقصى زاوية انحراف بالطور تعطينا دائرة (RC)هي (90°) معتمدة بذلك على التردد. لذلك تكون ازاحة الطور الكلية للمراحل الثلاث من دائرة (RC) هي (180°)، ونتيجة لذلك تكون ازاحة الطور حول الدائرة كلها(360°) والتي تكافىء 0° بتحليل مباشر لكنه معقد للمراحل الثلاث لدائرة R_C يمكن ان نحصل على الصيغة الآتية لحساب التردد.

$$F_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \qquad \text{.....(2-8)}$$

مثال (8-1)

في الدائرة المبينة في الشكل(8- 4) اذا كانت سعة كل من المتسعات الثلاثة تساوي(C=68pf) وقيم المقاومات الثلاثة تساوي (R=1MΩ) احسب تردد الاشارة المتولدة من هذا المذبذب.

$$F_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

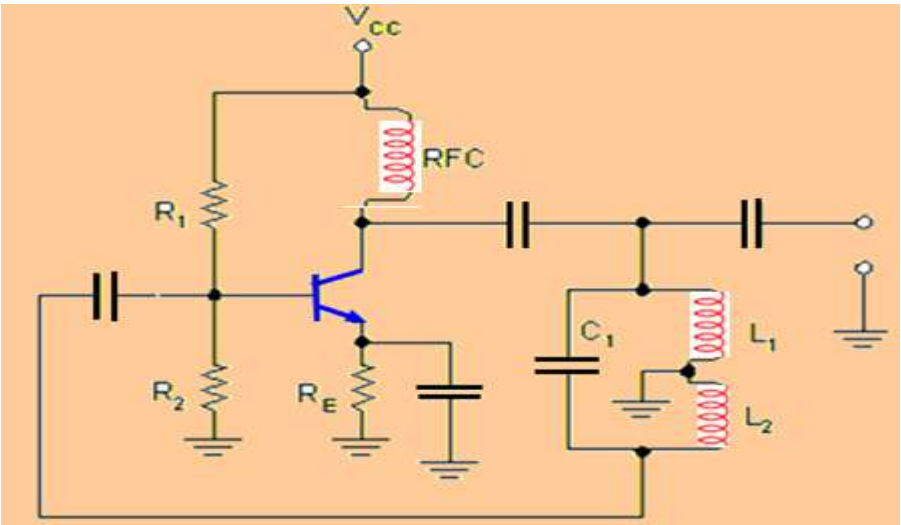
$$F_0 = \frac{1}{2\pi \times 10^{6} \times 68 \times 10^{-12}\sqrt{6}} = 956Hz$$

ب- مذبذبات الملف – المتسعة (LC):

تستعمل مذبذبات (LC) في توليد الاشارات ذات الترددات العالية، وفيها تكون دائرة تحديد التردد عبارة عن ملف ومتسعة: (دائرة رنين) وهي شائعة الاستخدام في اجهزة الاتصالات وذات انواع عديدة منها:

1- مذبذب هارتلي (Hartley Oscillator)

سمي هذا المذبذب باسم مخترعه العالم هارتلي وهو موضح في الشكل (5-8)



شكل 8-5 مذبذب هارتلي

في هذا المذبذب تتكون دائرة الرنين من ملف يحتوي على نقطة وسطية ومتسعة. ان كل ملف يحتوي على نقطة وسطية تتكون على طرفيه فولتيتان مختلفتان بالطور بزاوية مقدارها 180°. ان الاشارة الخارجة من الملف L_1 والتي يتم من خلالها التغذية العكسية تتحد مع طور اشارة القاعدة، وبذلك تحقق شرط فرق الطور 360°، ويحسب تردد الاشارة المتولدة بهذا المذبذب بالقانون الاتي:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}} \quad \text{.....(3-8)}$$

مثال (8-2)

احسب التردد المتولد بدائرة مذبذب هارتلي المبينة في الشكل (8-5)، اذا كان معامل الحث الذاتي للملف (L_1=L_2=1mH) وسعة المتسعة ($0.01\ \mu f$)

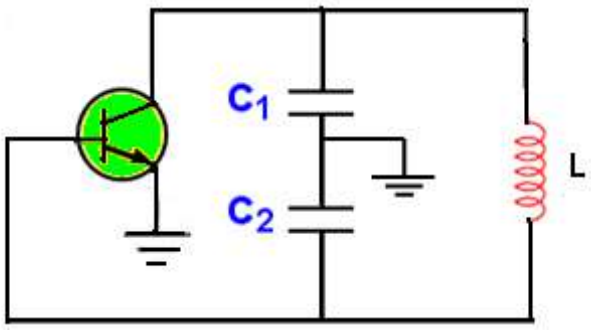
الحـــــــل:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}}$$

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(1+1)\times 10^{-3}\times 0.01\times 10^{-6}}} = 35606.178\ \text{Hz} = 35.606\ \text{kHz}$$

2- مذبذب كولبتس (Colpitts Oscillator)

تم اكتشاف هذا المذبذب - لأول مرة- من قبل العالم كولبتس، ويعتمد مبدا التغذية العكسية الموجبة على تاريض النقطة الوسطية بين متسعتين بجعل طور فولتية كل منهما يختلف عن الاخرى بزاوية مقدارها 180°. الشكل (8- 6) يوضح دائرة مذبذب كولبتس.



شكل 8-6 مذبذب كولبتس

يستعمل هذا المذبذب بكثرة في مولدات الاشارة التجارية التي تزيد على (1MHz) ويعتمد هذا النوع من المذبذبات على التفرع السعوي بدلا من التفرع الحثي، ويستعمل الفولتيه عبر C_2 لسوق القاعدة بتوليف المتسعتين معا. يحسب تردد هذا المذبذب بالقانون الاتي:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2}}} \qquad \text{.....(4-8)}$$

مثال (8-3)

احسب تردد مذبذب كولبتس المبين في الشكل (8- 6) اذا كانت قيم كل من (C_1 ،C_2) تساوي μf 0.05 ومعامل الحث الذاتي للملف (500) μH =L.

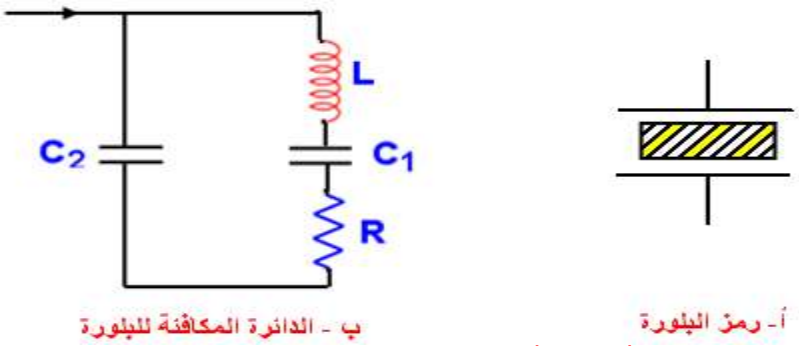
$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2}}}$$

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{500\times10^{-6}\times\dfrac{0.05\times10^{-6}\times0.05\times10^{-6}}{(0.05+0.05)\times10^{-6}}}} = 4503.86Hz = 4.5kHz$$

3- المذبذب البلوري (Crystal Oscillator)

تظهر بعض البلورات الموجودة في الطبيعة خاصية الاهتزاز الميكانيكي، عندما تسلط فولتية متناوبة عبرها، تهتز بتردد الفولتية المسلطة وبالعكس، لو اجبرتها على الاهتزاز فانها تولد فولتيه متناوبة. ومن هذه البلورات بلورة الكوارتز(Quartiz) وأملاح روشيل (Rocheile Salts)، والتورمالين (Tourmaline). لأملاح روشيل النشاط الأكبر في خاصية الكهروميكانيكية، ففي فولتية متناوبة معينة تهتز اكثر من الكوارتز والتورمالين، أما ميكانيكيا فهي الاضعف وتنكسر بسهولة. ولقد استعملت أملاح روشيل في صناعة اللاقطات وسماعات الاذن يظهر التورمالين اقل نشاط كهروميكانيكي لكنه أمتن من الثلاثة وكذلك هو اغلى، ويستعمل احيانا في الترددات العالية جدا.
الكوارتز هو الحل الوسط بين نشاط أملاح روشيل ومتانة التورمالين ولعدم غلاء ثمنه ووفرته في الطبيعة يستعمل الكوارتز بكثرة في الترددات الراديوية والمرشحات.

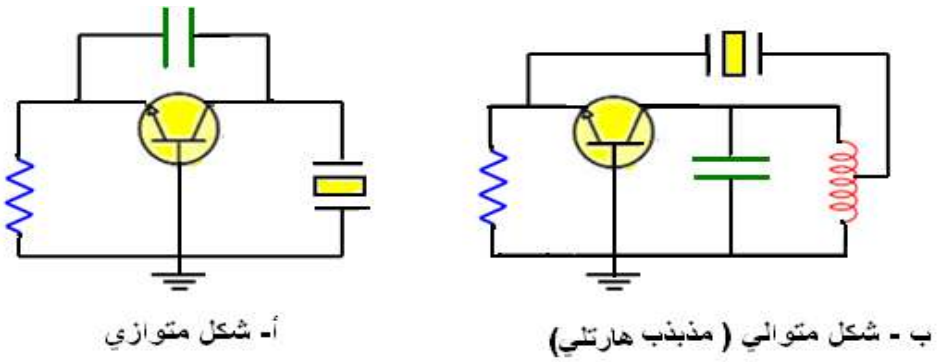
عند استعمال البلورة في الدوائر الالكترونية يجب ان توضع شريحة الكوارتز بين لوحين معدنيين كما في الشكل (8-7 أ) وان الدائرة المكافئة للبلورة كما في الشكل (8-7 ب) مكونة من دائرة توالي تحتوي على ملف ومتسعة ومقاومة ومربوطة معها على التوازي متسعة (C) تمثل متسعة اطراف التوصيل للبلورة.



الشكل 8-7 الدائرة المكافئة للبلورة ورمزها

في هذه الدائرة يعتمد مقدار اهتزاز البلورة على تردد الفولتيه المسلطة بتغيير التردد. نستطيع الحصول على ترددات رنين حيث تكون الاهتزازات في اقصاها.عند تردد رنين التوالي لكل من (C_1,L) تعمل البلورة كدائرة رنين توالي وتكون مقاومتها قليلة، فيهمل تاثير متسعة اطراف التوصيل (C_2)، ولكن عند تردد اعلى من تردد رنين التوالي لدائرة (C_1,L) يغلب تاثير الملف (L) في دائرة التوالي فيكون مع متسعة الاطراف (C_2) دائرة رنين توازي. ويمكن الحصول على استقرار تردد عال عند استخدام البلورات عوضا عن دوائر الرنين، وذلك لان تردد رنين البلورة يتحدد بحجمها، وليس بالمؤثرات الخارجية كمقاومة الحمل ودرجة الحرارة وجهد المصدر.

وتعمل البلورات أما في الشكل المتوالي أو الشكل المتوازي، معتمدة على تصميم الدائرة. ويبين الشكل (8- 8) الرسومات لمذبذبين بلوريين القاعدة المشتركة، ففي الشكل (8- 8 أ) تعمل البلورة في الشكل المتوازي لتحل محل دائرة خزان Lc حيث التغذية العكسية معطاة بالمكثف. وفي مذبذب هارتلي في الشكل (8- 8 ب) عمل البلورة في الشكل المتوالي.



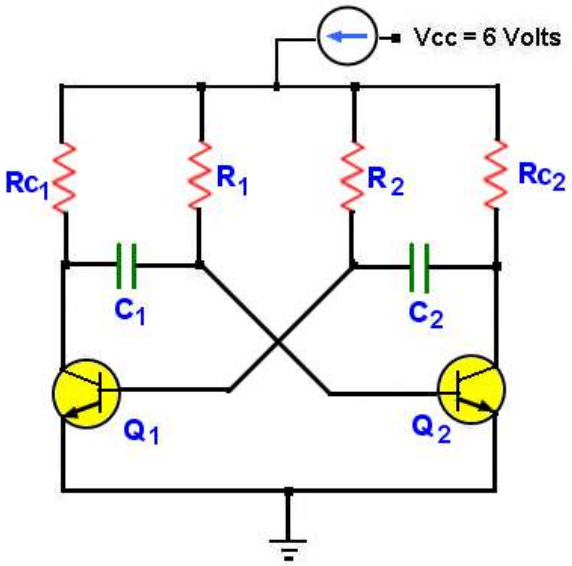
الشكل 8-8 مذبذب بلوري قاعدة مشتركة

8-5 مذبذبات الموجات غير الجيبية

من المعلوم ان اكثر الاجهزة الالكترونية تتعامل مع الاشارات الجيبية، ولكن هنالك اجهزة اخرى تتعامل مع اشارات غير جيبيه، مثل الاشارة المربعة، والاشارة المثلثة، واشارة سن المنشار....الخ

8-6 المذبذب المتعدد

يوضح الشكل (8-9) الصورة الشائعة لدائرة المذبذب المتعدد. يوصل جامع الترانزستور (TR_1) إلى قاعدة الترانزستور (TR_2) عن طريق المتسعة (C_1)، كذلك يوصل جامع (TR_2) إلى قاعدة (TR_1) عن طريق المتسعة (C_2).



شكل 8-9 المذبذب المتعدد

ونتيجة لاختلاف خواص الترانزستورين فان احدهما يكون في حالة قطع (Off) والاخر حالة توصيل (ON) عند لحظة تجهيز الدائرة بفولتيه مستمرة.

عندما يتشبع الترانزستور (TR_1) فان الترانزستور (TR_2) يصبح في حالة قطع، والعكس بالعكس. وفترة قطع الترانزستور (TR_1) تساوي فترة توصيل(TR_2) وتساوي إلى درجة كبيرة جدا ($0.7R_2C_2$) وتساوي ($0.7R_1C_1$). وهكذا تتكرر العملية بحيث ان الترانزستورين يوصلان ويقطعان بالتناوب.

اسئلة الفصل الثامن

1- كيف يتم تقسيم المذبذبات؟

2- ما المقصود بالتغذية العكسية؟ وما انواعها؟

3- ما نوع التغذية العكسية المستخدمة في المذبذبات؟ وضح ذلك بالرسم.

4- متى تستخدم مذبذبات المقاومة المتسعة، مذبذبات الملف المتسعة؟

5- احسب تردد مذبذب مزحزح الطور فيه قيمة المقاومات الثلاثة ($R = 2\ M\Omega$) وسعة كل متسعة من المتسعات الثلاثة ($C = 100\ Pf$).

6- احسب تردد الاشارة الخارجة من مذبذب هارتلي اذا علمت ان $L1=L2=300\ \mu H$، وسعة المتسعة ($C = 0.03\ \mu f$).

7- ارسم مذبذب كولبتس موضحا كيف تتم التغذية العكسية الموجبة فيه؟

8- ما البلورة؟ وما الدائرة المكافئة لها؟

9- وضح كيف يتم عمل المذبذب المتعدد؟

10- ما أنواع البلورات المستخدمة لتوليد ترددات عالية ؟

الفصل التاسع

الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits)

الاهداف:

الهدف العام: يتعرف الطالب في هذا الفصل على الدوائر المتكاملة.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:-

1- يدرك الدوائر المتكاملة.
2- يتعرف على كيفية تصنيع الدوائر المتكاملة.
3- يعدد خواص الدوائر المتكاملة ومزاياها وعيوبها.
4- يصنف الدوائر المتكاملة.
5- يعرف انواع الدوائر المتكاملة.

الفصل التاسع
الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits)

1-9 تمهيد

الدائرة المتكاملة هي قطعة الكترونية تضم مجموعة من العناصر الالكترونية مثل الدايود، والترانزستور، والمقاومة وغيرها بحيث تعمل عمل دائرة الكترونية واحدة معينة لها مجموعة نهايات شكل (9-1) يوضح اشكال من الدوائر المتكاملة. تستخدم الدوائر المتكاملة على نطاق واسع في الدوائر الالكترونية بسبب صغر حجمها ورخص ثمنها، ووثوق تشغيلها.

شكل 9-1 يوضح اشكال من الدوائر المتكاملة

2-9 انواع الدوائر الالكترونية

ينتج المصنعون نوعين من الدوائر الالكترونية

1- دوائر تقليدية
2- دوائر متكاملة.

1- الدوائر التقليدية:

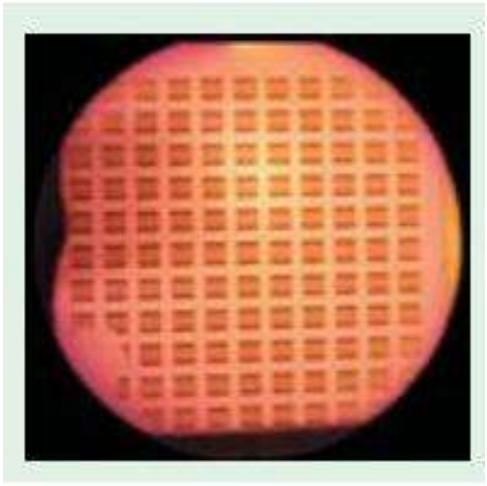
تتكون من مكونات الكترونية منفصلة، متصلة بعضها ببعض باسلاك، ومثبتة على قاعدة. وفي معظم الحالات يثبت المصنعون المكونات على لوحة دوائر مطبوعة، وهي قطعة رقيقة من مادة بلاستيكية، أو غيرها، تطبع عليها "الاسلاك" النحاسية بعملية كيميائية عند صنعها. وفي الحاسب الالكتروني توصل كل الاجزاء الالكترونية للدائرة الرئيسة على لوحة دوائر مطبوعة.

2- الدوائر المتكاملة:

تحتوي على مكونات وموصلات توضع داخل رقاقة وفوقها، والرقاقة قطعة صغيرة من مادة شبه موصلة، تصنع عادة من السليكون. وشبه الموصل مادة توصل التيار الكهربائي افضل من العازل، ولكن ليس بمستوى جودة توصيل الموصل. ولا تؤدي الرقاقة وظيفة القاعدة فحسب، ولكنها ايضا جزء اساسي من الدائرة. لا يتعدى احجأم معظم الرقاقات حجم ظفر الاصبع كما في الشكل (9-3- أ) تكون الدوائر المتكاملة في العادة جزءا من مكونات الدوائر التقليدية.

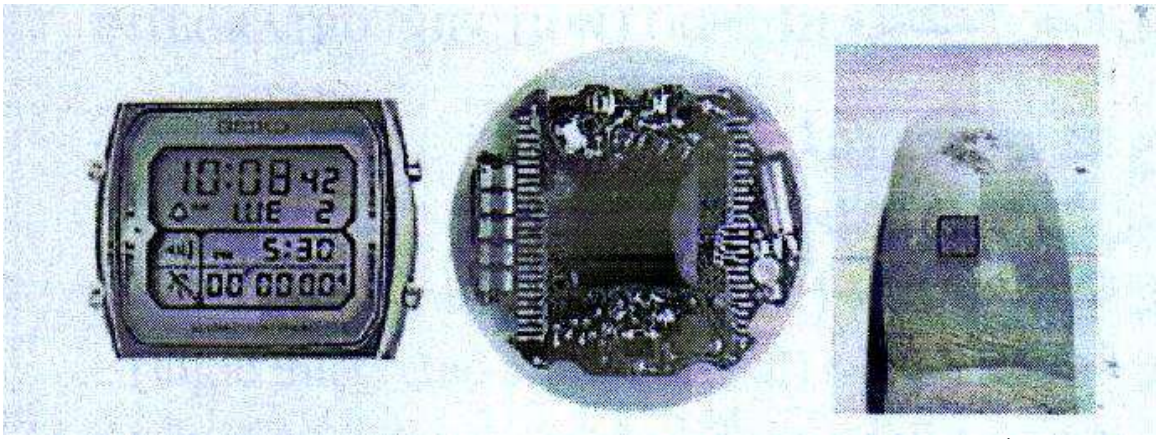
3-9 صناعة الدائرة المتكاملة

يتم تشكيل الدائرة المتكاملة على شريحة سليكون منتظمة سالبة أو موجبة، بعد ان تشوب هذه الشريحة بالشوائب اللازمة، وتحدد درجة الحرارة، والزمن، والعمق الذي يجب ان تصل اليه الشوائب ضمن الشريحة. باستخدام التقنية الكيمياوية الضوئية وبوضع غطاء من أوكسيد عازل، نستطيع تحديد أماكن توزع الشوائب على الشريحة. تفتح مساحات من غطاء الأوكسيد لتشكيل اسلاك التوصيل الداخلية بين اقسام الدائرة المتكاملة، كما يقوم الأوكسيد بوظيفة المادة العازلة عند صناعة وتشكيل المتسعات (المكثفات) على الشريحة. بعد تشكيل الدائرة المتكاملة، توضع ضمن غلاف له عدد من الاطراف، توصل إلى مختلف عناصر الدائرة الخارجية. تقسم الرقاقة إلى مساحات كالتي في الشكل (9-2)، وكل مساحة من هذه المساحات تكون ما يسمى بالشريحة (Chip) وتكون منفصلة بعد تقطيع الرقاقة.



شكل 9-2 قطع الرقاقة إلى شرائح

ولصنع الدائرة المتكاملة يعد التقني تصميما رئيسا كبيرا للدائرة بمساعدة حاسوب. وباستخدام التصوير الضوئي يقلل التصميم الرئيس إلى حجم مجهري. ويعالج مصنعو الرقائق السليكون، لتغير خواصه التوصيلية، باضافة كميات صغيرة من مواد تسمى شوائب مثل (البورون والفسفور).
ومثال للدوائر المتكاملة (الالكترونية) الدائرة المستخدمة في الساعة الرقمية كما في الشكل (3-9-جـ)



(ج) (ب) (أ)

شكل 9-3 مثال لتصنيع الدوائر في الساعات الرقمية

فداخل الساعة تثبت الدائرة المتكاملة خلف مربع صغير من البلاستيك كما في الشكل (9-3- ب) وتستخدم بلورة بمثابة نبضة توقيت في الساعة، وتحفظ الدائرة المتكاملة التي تستمد القدرة من بطارية، البلورة في حالة تذبذب، وهي تقوم بترجمة الذبذبات إلى نبضات كهربائية، وتحتوي هذه النبضات على معلومات الوقت والتاريخ، وتقوم بتنشيط بلورات سائلة، تصبح مرئية كارقام وحروف داكنة.

9-4 خواص الدائرة المتكاملة

لكل نوع من الدوائر المتكاملة خواص خاصة بها، وذلك زيادة على الخواص العامة وهي:

1- صغر الحجم.
2- الاحتواء على اعداد من القطع الالكترونية.
3- خفة الوزن.
4- قليل الثمن.

9-5 مزايا الدوائر المتكاملة

1- تحتاج إلى فولتية تشغيل منخفضة، وتستهلك قدرا قليلا من الطاقة.
2- العناصر الموجودة داخل الدائرة معزولة كهربائيا.
3- لها سرعة فتح واغلاق عالية.

9-6 تصنيف الدوائر المتكاملة الرقمية

تصنف الدائرة المتكاملة إلى عده مجموعات بحيث يكون لكل منها ميزاتها الخاصة التي تحدد مجالات استخداماتها، ومن هذه الدوائر الاتي:

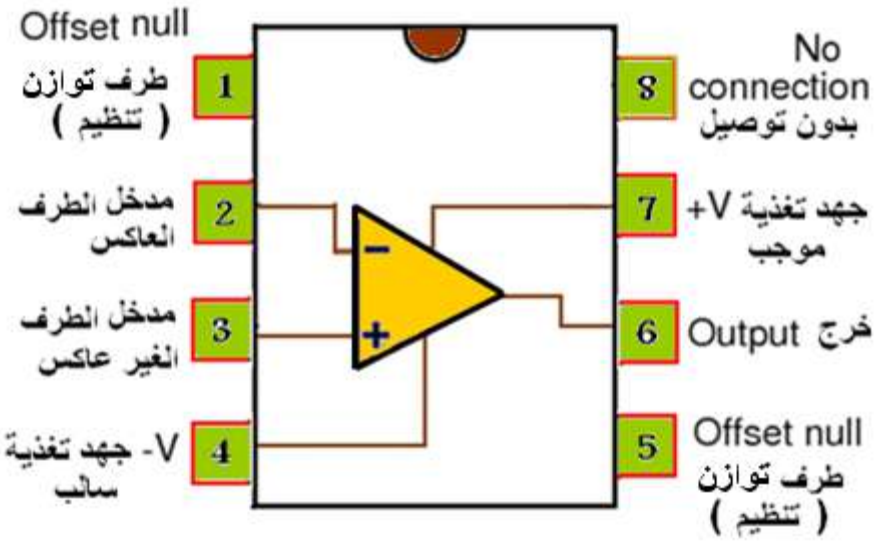
أ- عائلة منطق ترانزستور- مقاومة Resistor – Transistor Logic (R T L)
ب- عائلة منطق ترانزستور ثنائي Diod – Transistor Logic (D T L)
ج - عائلة منطق ترانزستور– ترانزستور Transistor–Transistor Logic (T T L)
د- عائلة منطق الباعث المرتبط Emetter Couple Logic (E C L)
هـ-عائلة شبه الوصل ذي الاكسيد المعدني Metal –Oid Semiconductor (MOS)
و-عائلة شبه الموصل ذي الاكسيد المتمم (CMOS)
ذ- عائلة منطق الحقن المتكامل Integrated Injcetion Logic (I I L)

9-7 انواع الدوائر الالكترونية

هناك نوعين من الدوائر المتكاملة:

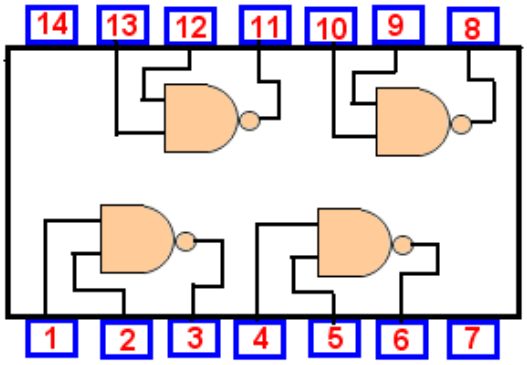
1- الدوائر المتكاملة الخطية (Integrated Circuit Linear).
2- الدوائر المتكاملة المنطقية (Logic Integrated Circuit Digital).

الدوائر المتكاملة الخطية تتعامل مع التيار المتغير، اي مع الاشارات المتغيرة، وتقوم بتكبيرها لتقدمها بعد ذلك إلى مرحلة لاحقة كصورة من نفس الاشارة الداخلة اليها ولكنها أكبر من الاشارة الداخلة، وفي الشكل(9-4) احدى الدوائر المتكاملة الخطية.



شكل 9-4 دائرة متكاملة خطية

أما الدوائر المتكاملة المنطقية، فهي دوائر منطقية اي تتعامل بالمنطق فأما ان يكون اخراجها نعم أو يكون اخراجها لا (0,1). في الشكل (9-5) احدى الدوائر المتكاملة المنطقية.



شكل 9-5 دائرة متكاملة منطقية

9-7-1 استخدامات الدوائر المتكاملة الخطية

ان الدوائر المتكاملة الخطية وظيفتها الأولى ان تتعامل مع الاشارات المتغيرة، وتقوم بتكبيرها، وهي تتكون من عدد من العناصر ممكن ان تصل إلى 100 عنصر أو اكثر حسب التصميم، وهذه الدوائر تميز برخص سعرها جدا اذا ما قورنت بتجميعها متفرقة كذلك صغر حجمها جدا ايضا اذا ما قورنت بتجميعها متفرقة، وذلك لانك لو نظرت إلى ترانزيستور مثلا من الداخل ستجد ان شريحة السيلكون لا تتعدى 10% من مساحة الترانزستور في دائرة متكاملة.

9-7-2 استخدامات الدوائر المتكاملة المنطقية

معظم هذه الدوائر يكون منطق نعم عندها معبرا عنه بـ (3.3) فولت، أما منطق لا فيكون معبرا عنه (0.2) فولت تقريبا، لذلك هذه الدوائر لا تستخدم كمكبرات للاشارة، وهذا لا يعني انها لا تستخدم اطلاقا في الاجهزة الكهربائية، فلها استخدامات كثيرة ومهمة ايضا فهي تعمل كمفتاح اتوماتيكي للتنقل بين نظامي بال وسيكأم في هندسة التلفزيون الملون، وكذلك نظام الازرار التي تعمل باللمس، والعدادات الرقمية الموجودة في الفيديو كاسيت، لذلك فان الدوائر المنطقية في الاجهزة الكهربائية تستخدم غالبا في اعمال العد واتخاذ القرار (Counting and Decision).

9-8 مميزات الدوائر المتكاملة

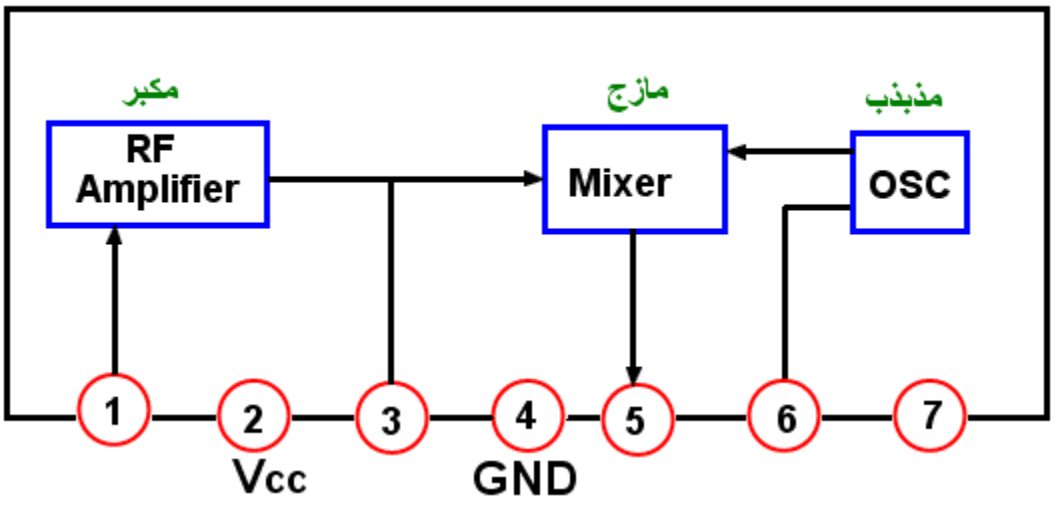
1- تتميز الدوائر المتكاملة بالدقة المتناهية عن مثيلاتها التي جمعت متفرقة، وذلك لانه يرعى في تصميمها التوافق التام بالممانعات. نظرا لصغر حجمها فانه لا يوجد مجال لحدوث سعات شاردة (Stray Capacitance)

2- نحصل على كسب (gain) عالي وحيز تردد اعلى

(Higher Gain with Wider Band Width)

فمع صغر الحجم، وقلة التكاليف، والدقة الكبيرة كان لها الغلبة والانتشار في السوق العالمية.

وهناك دوائر تقوم باكثر من وظيفة واحدة، فهناك مثلا (an7213) المستخدمة في اجهزة التلفزيون الملون، تقوم بوظائف مكبر للتردد العالي ومازج ومذبذب كما في الشكل (9-6).



شكل 9-6 دائرة متكاملة تقوم اكثر من وظيفة

9-9 عيوب الدوائر المتكاملة

1- اننا لانستطيع عمل ملف (Coil) بجودة عالية وقيمة كبيرة، ولكننا نستطيع عمل دائرة مكافئة باستخدام المكثفات والمقاومات.

2- لايمكن فصل مكوناتها عن بعضها بعد تصنيعها.

3- لايمكن اصلاحها اذا تعطلت.

10-9 انواع الدوائر المتكاملة حسب عدد المكونات التى تحويها

1- الدوائر المتكاملة ذات المقياس الصغير Small-Scale-Integration(SSI) هي الدوائر المتكاملة التي تحتوي على عدد من العناصر الالكترونية التي تقل عن (12) عنصر الكتروني.
2- الدوائر المتكاملة ذات المقياس المتوسط (Medium Scale Integration) (MSI) تشمل الدوائر المتكاملة التي تحتوي على عناصر الكترونية بين (12) إلى (100) عنصر الكتروني لكل شريحة.
3- الدوائر المتكاملة ذات المقياس الكبير (Large Scale Integration) (LSI) تشمل الدوائر المتكاملة التي تحتوي على عناصر الكترونية بين (100) إلى (1000) عنصر الكتروني لكل شريحة.
4- الدوائر المتكاملة ذات المقياس الكبير جدا (Very Large Scale Integration) (VLSI) تشمل الدوائر المتكاملة التي تمتلك بين (1000) إلى (10000) عنصر الكتروني لكل شريحة.
5- الدوائر المتكاملة ذات المقياس الفائق الكبر (Super Large Scale Integration) (SLSI) تشمل الدوائر المتكاملة التي تمتلك (10000) إلى (100000) عنصر الكتروني لكل شريحة.

اسئلة الفصل التاسع

1- عرف الاتي:
أ- الدوائر التقليدية
ب- الدوائر المتكاملة
ج- الدوائر المتكاملة الخطية
د - الدوائر المتكاملة المنطقية

2- ما خواص الدوائر المتكاملة؟

3- ما مزايا الدوائر المتكاملة؟

4- ما تصنيفات الدوائر المتكاملة حسب ميزاتها الخاصة؟

5- ما عيوب الدوائر المتكاملة؟

6- ما انواع الدوائر المتكاملة حسب عدد المكونات؟

الفصل العاشر

المكبرات الكهروحياتية (Bio-Potential Amplifiers)

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل إلى دراسة انواع المكبرات، ومن ضمنها مكبرات الاجهزة الطبية والتعرف على نظم الاجهزة الطبية.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:-

1- يتعرف على الانوع المختلفة من المكبرات.

2- يقارن بين الانواع المختلفة من المكبرات.

3- يعدد خواص المكبرات المستخدمة في الاجهزة الطبية.

4- يكتب قوانين الكسب لكل مكبر من هذه المكبرات.

5- يعرف نظام الاجهزة الطبية ويعدد ويشرح كل عنصر فيه.

6 - يحل جميع الاسئلة الموجودة في نهاية الفصل.

الفصل العاشر

المكبرات الكهروحياتية (Bioelectric Amplifiers)

1-10 تمهيد

ان المكبرات المستخدمة في الاجهزة الطبية لمعالجة وتكبير الجهود الحياتية (Bio Potentials) الناتجة من الفعاليات الحيوية (Bioactivity) لمختلف اعضاء الجسم (القلب،العضلات،الدماغ،.....الخ) تسمى المكبرات الكهروحياتية، وتشمل اعداد كبيرة ومختلفة من المكبرات، يمكن تقسيمها اعتمادا على الربح (Gain) إلى:-

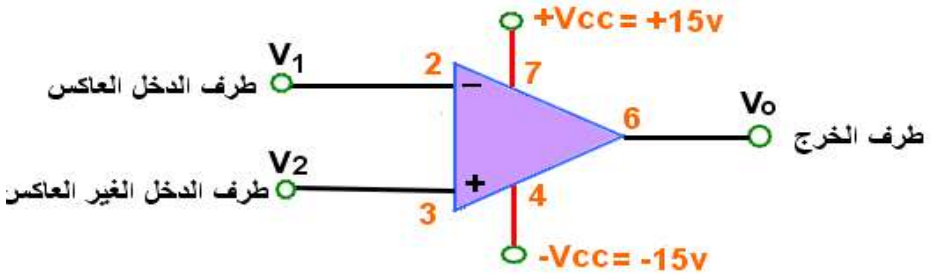
ا- مكبرات واطئة الربح (Low Gain Amp.) بقوة تكبير من (X10-X1) حيثX1 تستخدم في العزل (تابع الفولتية) وكمصد (Buffer) بين ممانعة الدخل وممانعة خرج المكبر.

ب- مكبرات متوسطة الربح (Medium Gain Amp.) بقوة تكبير من (X1000-X10) وتستخدم في اجهزة تخطيط القلب والعضلات (EMG-ECG).

ج- مكبرات عالية الربح (High Gain Amp) بقوة تكبير من (X1000000-X1000) وتستخدم في اجهزة تخطيط الدماغ (EEG) ذات السعة الواطئة.

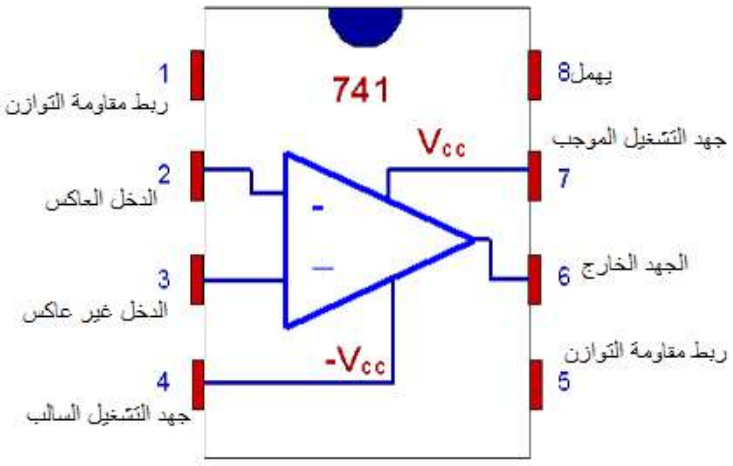
2-10 مكبر العمليات (Operational Amplifier)

معظم الاجهزة الطبية تستخدم مكبر العمليات، وأول ما استخدم في الحاسبات لاجراء العمليات الحسابية من جمع وطرح، ومن هنا جاء اسمه بالاضافة إلى استخدامه في مكبرات الصوت والصورة، في الكترونيات الاتصالات، وفي المرشحات، والمذبذبات، وفي دوائر تنظيم الجهد. لذا يمكن القول بانها اصبحت تستخدم في كل فروع الألكترونات التناظرية (التماثلية)، والرقمية بالاضافة إلى الاجهزة الطبية. لمكبر العمليات دخلان للتغذية هما (V_1 و V_2) وخرج واحد فقط هو(Vo)، وعادة يحتاج إلى مصدري جهد للتغذية المستمرة احدهما موجب (+15V)، والاخر سالب (-15V). الشكل (1-10) يوضح رمز مكبر العمليات.



شكل 1-10 رمز مكبر العمليات (Op.Amp.)

حيث تدل الاشارة الموجبة (+) إلى الدخل غير العاكس، ويعني عدم وجود اختلاف بزاويتي طور اشارتي الدخل والخرج (ازاحة قدرها صفر درجة) والاشارة السالبة (-) إلى الدخل العاكس ويعني وجود زاوية طور (ازاحة) بين اشارتي الدخل والخرج قيمتها (180˚) ، ويرمز لخرج المكبر (Vo). الشكل (2-10) يوضح اطراف التوصيل الثمانية لشريحة المكبر (741) التي يستخدم منها عادة خمسة اطراف هي:

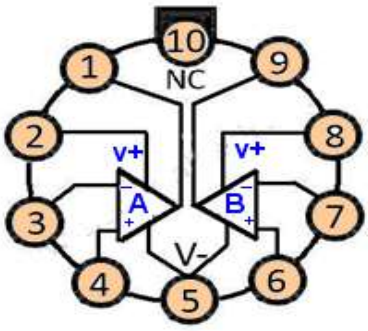


شكل 10-2 مخطط شريحة مكبر العمليات توضح مواقع اطرافه الثمانية

1- ربط مقاومة التوازن . 2-الدخل العاكس (-).3- الدخل غير العاكس (+). 4- الجهد التشغيلي السالب ($-V_{CC}$). 6- الجهد الخارج (V_O). 7- الجهد التشغيلي الموجب ($+V_{CC}$) والطرفان (1, 5) لربط مقاومة التوازن والطرف (8) يهمل.

ويوضح ايضا منظر علوي لشريحة مكبر العمليات (741) النوع البلاستيكي. أما الشكل (10-3) يوضح

صورة لنفس المكبر النوع المعدني بالاضافة إلى رمز لاثنين من المكبرات في حافظة معدنية.



شكل10-3 صورة المكبر(741) ورمز لاثنين من المكبرات في علبة معدنية واحدة

3-10 الخواص المثالية للمكبر

1- ممانعة دخل (Zi) عالية جدا (Zi= ∞) تسمح بتطبيق اي اشارة دخل (Vi) بدون توهين.

2- ممانعة خرج (Zo) واطئة جدا (Zo=0) تسمح بقدرة خرج عالية جدا.

3- ربح فولتية عالي جدا (∞ =Av=Vo/Vi).

4- حزمة امرار عريضة تمرر جميع الترددات من (0) وإلى (∞).

5- فولتية خرج تساوي صفرا (Vo=0) عند فولتية دخل تساوي صفرا (Vi=0).

6- لا تتغير خواصه مع تغير درجة الحرارة.

7- نسبة ضوضاء داخلية واطئة جدا (Noise=0).

4-10 تطبيقات مكبر العمليات

ادناه بعض الاستخدامات المهمة لمكبر العمليات في الاجهزة الطبية:-

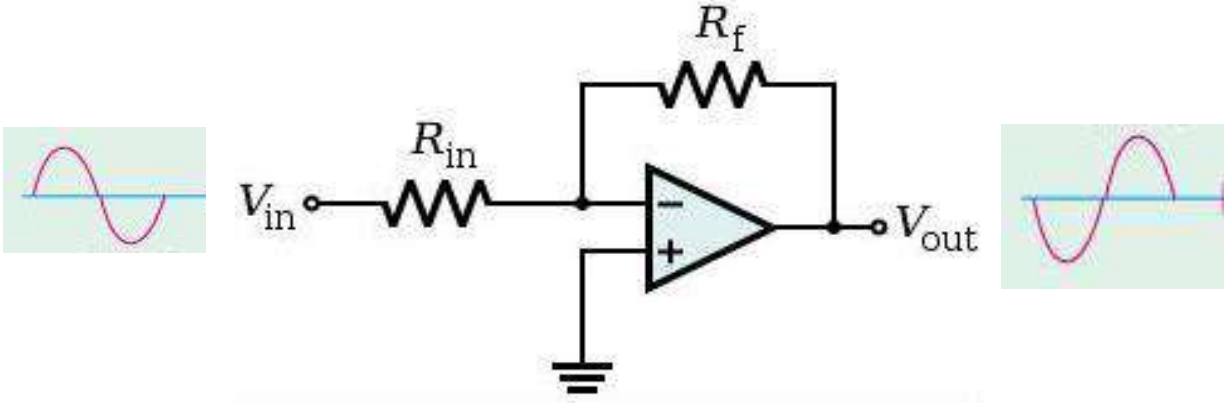
1 - يستخدم كمكبر خطي (Linear) وايضا غير خطي (Non Linear).
2- كمقارن (Comparator).
3- مرشح فعال (Active Filter).
4- تطبيقات لوغارتمية (Logarithmic Application).
5- مذبذب متعدد (Multi-Vibrator).
6- توليد وتشكيل الموجة.
7- منظم فولتية (Voltage Regulator).

5-10 الانواع المختلفة لربط مكبر العمليات

ادناه اهم انواع ربط مكبر العمليات كهربائيا للتحكم بخواصه للحصول على اشارات خارجة مختلفة حسب الحاجة وذلك بتوصيل عناصر خارجية غير فعالة مثل (مقاومات، متسعات، دايودات.....الخ).

1-5-10 دائرة المكبر العاكس (Inverting Amplifier)

الشكل (4-10) يوضح طريقة ربط المكبر العاكس، حيث تغذى الاشارة (Vi) إلى الطرف العاكس (-) ويتصل الطرف غير العاكس بالأرضي، وتوصل مقاومه (R_f) بين خرج ودخل المكبر وتسمى التغذية العكسية (Feed Back).



الشكل 4-10 دائرة المكبر العاكس

يكون ربح الفولتية (A_V) كما في المعادله الآتية:

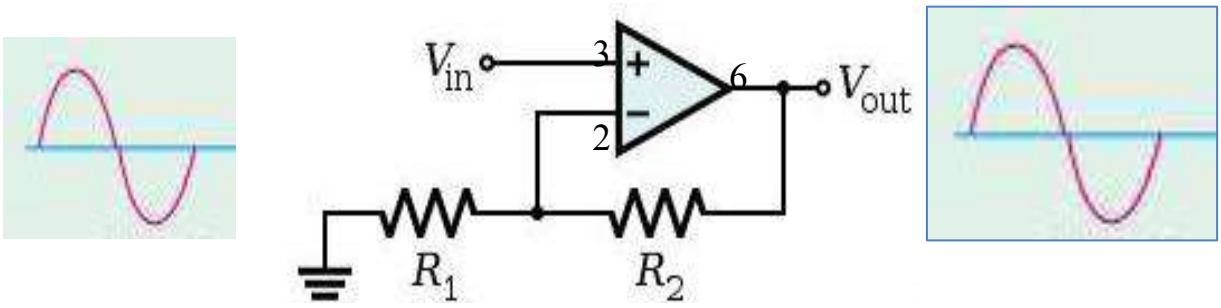
$$A_v = -\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_{in}} \quad \text{.....(1-10)}$$

$$V_O = A_v \times V_{in}$$

نلاحظ ان معامل التكبير يعتمد على حاصل قسمة مقاومة التغذية العكسية (الخرج) (R_f)، ومقاومة الدخل (R_{in}). الاشارة السالبة تعني وجود فرق بالطور قيمته (180) درجة. لاحظ اشارتي الداخل والخارج في الشكل.

2-5-10 المكبر غير العاكس (Non-Inverting Amplifier)

الشكل (5-10) يوضح دائرة المكبر غير العاكس حيث تكون اشارتا الدخل والخرج بنفس الطور.



شكل 10-5 دائرة المكبر غير العاكس

$$A_v = \frac{V_\circ}{V_i}$$

يحسب كسب الجهد (A_V) من المعادلة الآتية:

$$Av = \frac{Vo}{Vi} = 1 + \left(\frac{R_2}{R_1}\right) \quad \text{.....(2-10)}$$

$$V_O = A_V \times Vi$$

حيث ان (R_2): مقاومة التغذية العكسية (مقاومة الخرج)، كذلك يرمز لها بالرمز (R_f).

مثال(10-1)

جد قيمة الربح (Av) لمكبر عاكس، وغير عاكس، اذا كانت مقاومة الدخل تساوي R_1=5 kΩ، ومقاومة الخرج تساوي R_2 =10 kΩ

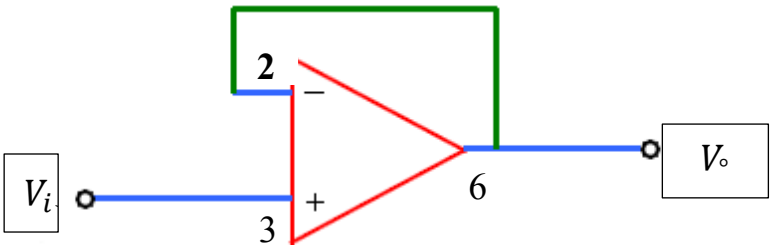
الحل:

للمكبر العاكس $Av = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{10k}{5k} = -2$

وللمكبر غير العاكس $Av = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \left(\frac{10K}{5K}\right) = 3$

3-5-10 مكبر العزل (تابع الفولتية) (Voltage Follower-Unity Amp.)

هو الحالة الخاصة من المكبر غير العاكس، يربط خرج المكبر مباشرة إلى نقطة الدخل العاكس(-) يستخدم المكبر كمصد (Buffer)، أو مكبر العزل (Isolation)، أو كممانعة توافق (Matching) بين المصدر العالي الممانعة، دائرة الدخل قليلة الممانعة، والشكل (6-11) يوضح دائرة مكبر العزل. لما بان الكسب (Av) يساوي واحد اي: - Av=1 اذن Vi =Vo



شكل 10-6 المكبر العازل

مثال (10-2)

احسب ربح الفولتية (A_v) لمكبر غير عاكس اذا كانت R_1=2.2kΩ والمقاومة R_f=100kΩ

$$Av=1+\frac{R_{f2}}{R_1}=1+\left(\frac{100K\Omega}{2.2K\Omega}\right)=1+45.454=46.454$$

4-5-10 المكبر الجامع (Adder Amp.)

يستخدم هذا المكبر عدة مداخل، ويمكن معاملة كل مدخل على حدة على انه مكبر عاكس مستقل. ان الفولتية الخارجة تتناسب مع مجموع التيارات الداخلة والشكل (7-10) يوضح مكبر جامع بثلاث فولتيات تغذية V_1،V_2،V_3 وباستخدام قوانين كيرشوف نحصل على الفولتية الخارجة، حيث ان: -

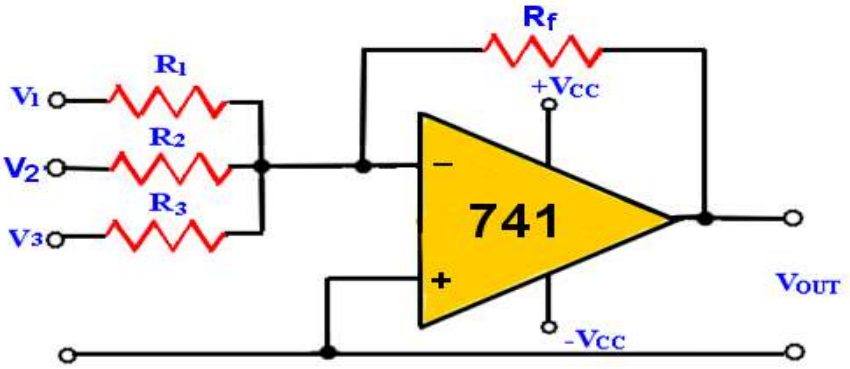
$$V_O=-R_f\left(\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}+\frac{V_3}{R_3}\right) \quad .....(3-10)$$

اذا كانت $R_1=R_2=R_3=R$ عندها

$$Vo=-\frac{R_f}{R}(V_1+V_2+V_3) \quad .....(4-10)$$

في حالة: $R_f=R$ عندها

$$V_0=-(V_1+V_2+V_3)$$



شكل 10-7 المكبر الجامع بثلاثة مداخل

مثال(10-3)

جد الفولتية الخارجة وربح مكبر الجامع الموضح في الشكل (10-7)، اذا كانت $R_1=R_2=R_3=$ 20kΩ و $V_1=V_2=V_3=1V$ في حالة:

أ- $R_f=100k\Omega$ ، ب - $R_f=20k\Omega$

الحل: أ-

R_f= 100k

$$Vo = -\frac{R_f}{R}(V_1 + V_2 + V_3)$$

$$Vo = -\frac{100}{20}(1 + 1 + 1)$$

$$Vo = -5 \times 3 = -15v$$

$$Av = \frac{Vo}{Vi}$$

$$Av = \frac{-15}{3} = -5$$

ب-

R_f= R= 20k

$$Vo = -\frac{R_f}{R}(V_1 + V_2 + V_3)$$

$$Vo = -\frac{20}{20}(1 + 1 + 1)$$

$$Vo = -3v = Vi$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

$$Av = \frac{-3}{1} = -3$$

تمرين:

اعد المثال اعلاه باستخدام اربعة مقاومات دخل قيمة كل منها تساوي (10kΩ) وفولتية كل منها 1.5V

5-5-10 المكبر التفاضلي (الطارح) (Differential Amp.)

الفولتية الخارجة لهذا المكبر (Vo) تتناسب مع الفرق بين الفولتيتين الداخلتين للمكبر (V_2،V_1) كما موضح في الشكل (8-10) الذي يبين ابسط انواع المكبرات التفاضلية، وتكون معادلة الدائرة الكهربائية كالآتي:-

$$Vo = \frac{R_f}{R_1}(V_2 - V_1) \qquad \text{.....(5-10)}$$

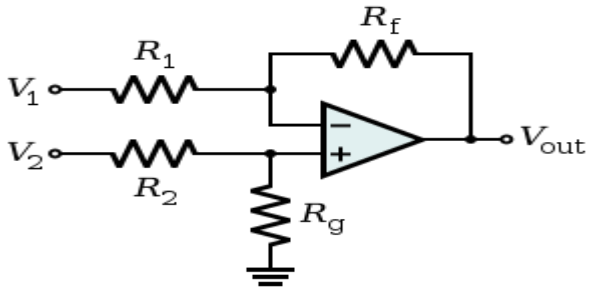
$$AV = -\frac{R_f}{R_1}$$ طرف عاكس

وعندها فان ربح الفولتية:

$$AV = \frac{R_f}{R_1} + 1 \qquad \text{.....(6-10)}$$

$$AV = \frac{R_f}{R_1}$$ طرف غير عاكس (للطارح)

يستخدم هذا النوع من المكبرات في الدوائر التي تكون ممانعة المصدر واطئة كما في قنطرة وتستون وتعطي ربح بحدود (X100). هذا النوع من المكبرات يفضل في الاجهزة الطبية، لان الفرق بين دخلي المكبر تحذف الكثير من الضوضاء (Noise) والتداخلات الكهربائية، والمقاومات، ولكن من اهم مساوئه التحديد في التكبير (الربح) لاعتمادها على ممانعة الدخل (R_1)، والخرج (R_f) ولزيادة الربح صممت مكبرات الاجهزة الطبية.



شكل 8-10 مكبر تفاضلي (Differential Amp.)

مثال (4-10)

جد قيمة Vo، اذا كانت R_1=10kΩ و R_f=20kΩ، وفولتية الدخلV_1=3V.

$$AV = \frac{R_f}{R_1} = \frac{20k}{10k} = 2$$

6-10 مكبرات الاجهزة الطبية (Instrumentation Amplifiers)

الاشارات الحيوية للانسان، وخاصة الاشارة الدماغية ذات سعة قليلة جدا، وبسبب تحديد مقاومة الدخل والتكبير في المكبرات التي سبق شرحها لاعتمادها في الربح على مقاومة الدخل والخرج (R_1) و(R_2) لذا فان الحل هو مكبر الاجهزة الطبية الذي يبنى من ثلاث مكبرات (A_1) و (A_2) و (A_3) كما في الشكل (9-10) المكبران(A_1) و (A_2) متصلان بطريقة الغير عاكس (Non Inverting)، والمكبر الثالث (A_3) مرتبط معها بطريقة المكبر المستمر التفاضلي (D.C differential amplifier) وبهذه الطريقة يمكن الحصول على مقاومة داخل عالية وربح عالي ايضا.

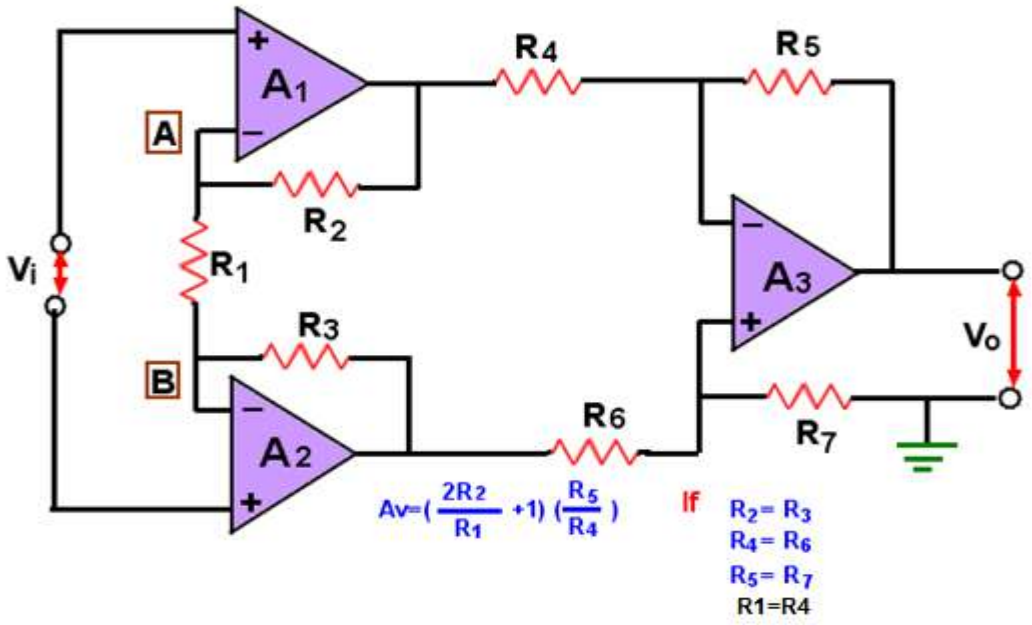
فضلا عن رفضها للضوضاء (Low noise)، ويكون ربح الفولتية لمكبر الاجهزة الطبية Av يساوي:

$$Av = \frac{Vo}{Vi}\left(\frac{2R_2}{R_1} + 1\right)\left(\frac{R_5}{R_4}\right) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (7-10)$$

عندما:

$R_5=R_7$ و $R_4=R_6$ و $R_1=R_4$ و $R_2=R_3$ ($R_1= R_G$)

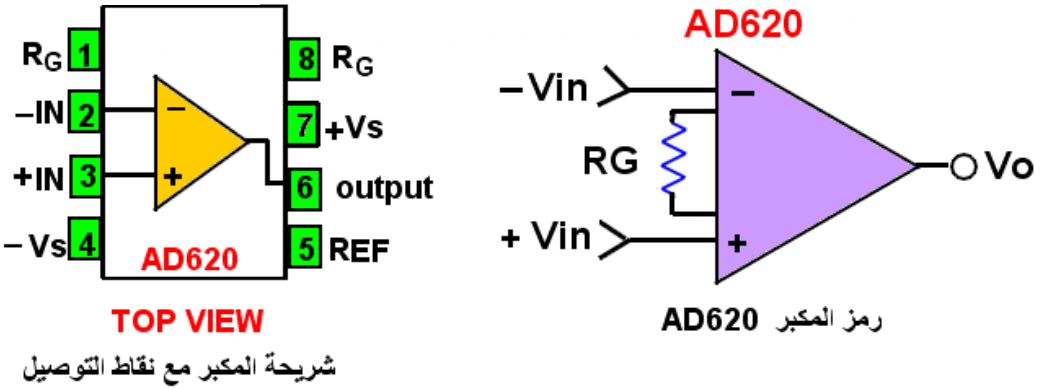
ويمكن الحصول على شريحة (Chip) لمكبر اجهزة طبية مبني في داخلها وهو(AD620)، والرسم التخطيطي له موضح بالشكل (8-10)، ويمكن السيطرة على الربح لغاية (1000) مرة من خلال تغيير المقاومة على دخل الشريحة (R_G).



شكل10-9 مكبر الاجهزة الطبية

الشكل (10- 10) يوضح نظرة فوقية لشريحة الاجهزة الطبية مع رمز مكبر الشريحة مرتبط به مقاومة (R_G)، نقطتي التوصيل (8,1) لربط مقاومة الربح (R_G)، والنقطتين (3,2) لتوصيل فولتيتي الدخل السالبة والموجبة و(7,4) لتغذية الشريحة، النقطة (5) ارضي و(6) فولتية الخرج (Vo)

$R_1 = R_G$



شكل10-10 رمز ونظرة فوقية لمكبر الاجهزة (AD620)

مثال(10-5)

جد ربح مكبر الاجهزة الطبية في الشكل (10-7) عندما:

$R_7=100k\Omega$،$R_6=10k\Omega$،$R_4=0.5k\Omega$ $R_3=10k\Omega$

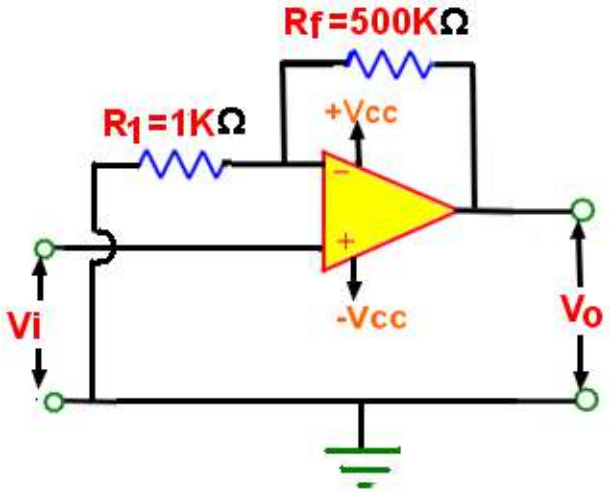
$R_5=R_7$ و $R_4=R_6$ و $R_1=R_4$ و $R_2=R_3$

$$Av = \left(\frac{2R_3}{R_4} + 1\right) \times \left(\frac{R_7}{R_6}\right)$$

$$A_V = \left(\frac{2 \times 10\ K\ \Omega}{0.5\ K\ \Omega} + 1\right)\left(\frac{100\ K\ \Omega}{10\ K\ \Omega}\right) = (40+1)(10) = 410$$

مثال(10-6)

جد ربح (قوة تكبير) Av، ومميزات المكبر في الشكل (10-11)، مع بيان صلاحيته للاستخدام كمكبر ابتدائي (preamplifier) في اجهزة تخطيط الدماغ.



شكل 10-11 مكبر العمليات الغير العاكس

الحل:

$$A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{500\text{k}\,\Omega}{1K\Omega} = 501\ \text{V}$$

المناقشة: المكبر لا يصلح لاجهزة تخطيط الدماغ بسبب:-

أ- ممانعة الدخل الواطئة (1kΩ)، ونحتاج بحدود (10MΩ) لاجهزة تخطيط الدماغ لمكبر ابتدائي.

ب- للمكبر نقطة دخل واحدة،لذا فان التكبير سيكون مصاحبا لكثير من الضوضاء، وربما تكون أكبر من الاشارة الخارجة من الدماغ.

7-10 مواصفات (مميزات) المكبرات الكهروحياتية

(Properties Of Bioelectric Amplifier)

من المواصفات التي يرغب دائما ان تتوفر في المكبرات الكهروحياتية لتتمكن من تكبير الاشارة الحياتية هي:-

1- نقطتا دخل تفاضلية فرق ونقطة خرج مفرده.

2- ممانعة عالية للضوضاء.

3- ممانعة دخل عالية جدا.

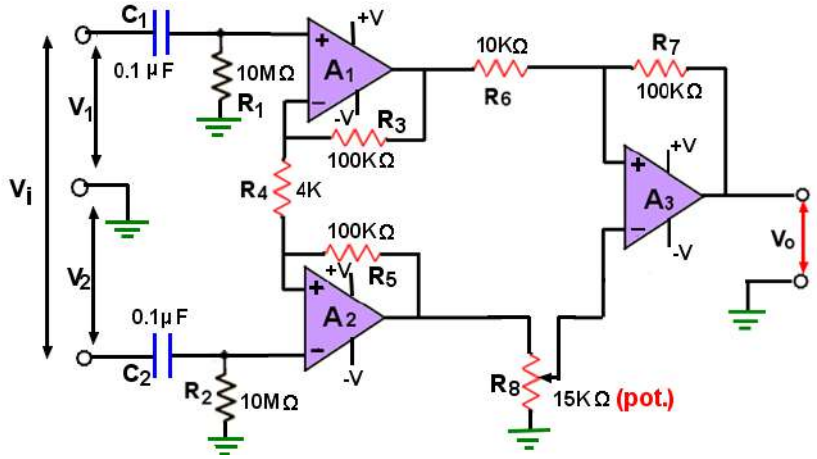
4- ربح عالي (High Gain) يمكن تغيره (Variable Gain)

5- استجابة ترددية مناسبة حسب التطبيق من خلال مفتاح تغير.

6 - ممانعة خرج واطئة.

مثال (7-10)

جد ربح (قوة تكبير) Av مكبر الاجهزة الطبية في الشكل (10-12)، مع بيان صلاحيته للاستخدام كمكبر ابتدائي (Preamplifier) في اجهزة تخطيط الدماغ.



شكل 10-12 مكبر الاجهزة الطبية

الحل:

$$A_V = \left(\frac{2R_3}{R_4} + 1\right)\left(\frac{R_7}{R_6}\right) = \left(1 + 2 \times \frac{100\,K\Omega}{4\,K\Omega}\right)\left(\frac{100\,K\Omega}{10\,K\Omega}\right) = 510$$

المكبر يصلح لمكبر ابتدائي بسبب مقاومة الدخل العالية (10MΩ)، ونقطتي الدخل وقوة تكبير عالية.

8-10 مكبرات معالجة الاشارة (Signal Processing Amplifiers)

انواع عديدة من مكبرات العمليات تستخدم في الاجهزة الطبية، ولاغراض خاصة، وذلك باضافة عناصر مثل المتسعات، والترانزستور إلى مكبر العمليات للحصول على اية دالة تحويل. ومن هذه المكبرات المستخدمة لمعالجة مختلف انواع الاشارات الحيوية هي:

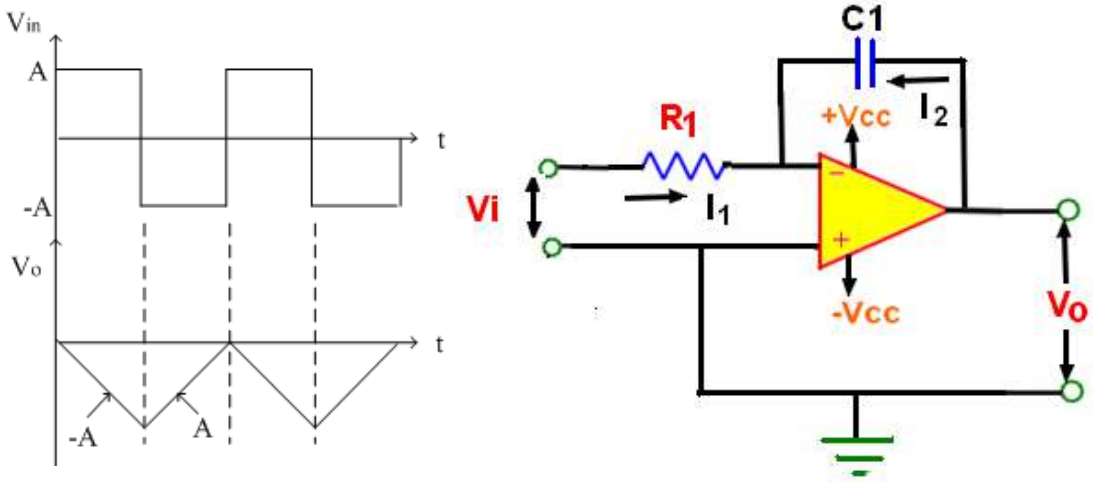
1-المكاملات (Integrator)

2-المفاضلات (Differentiator)

1-8-10 المكبر المكامل (التكامل) Integral Amplifier

التكامل هو عملية رياضية لايجاد المساحة اسفل المنحنى. الدائرة في الشكل (13-10) توضح مكبر تكاملي، حيث يستخدم تكامل فولتية الدخل للحصول على الفولتية الخارجة، ويكون التحكم بمقدار التردد الخارج عن طريق التحكم بقيمة المتسعة C_1، وان ربح الفولتية (Av)هو:

$$Av = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{R_1 C_1} \qquad \text{.....(8-10)}$$



أ – دائرة المكبر المكامل

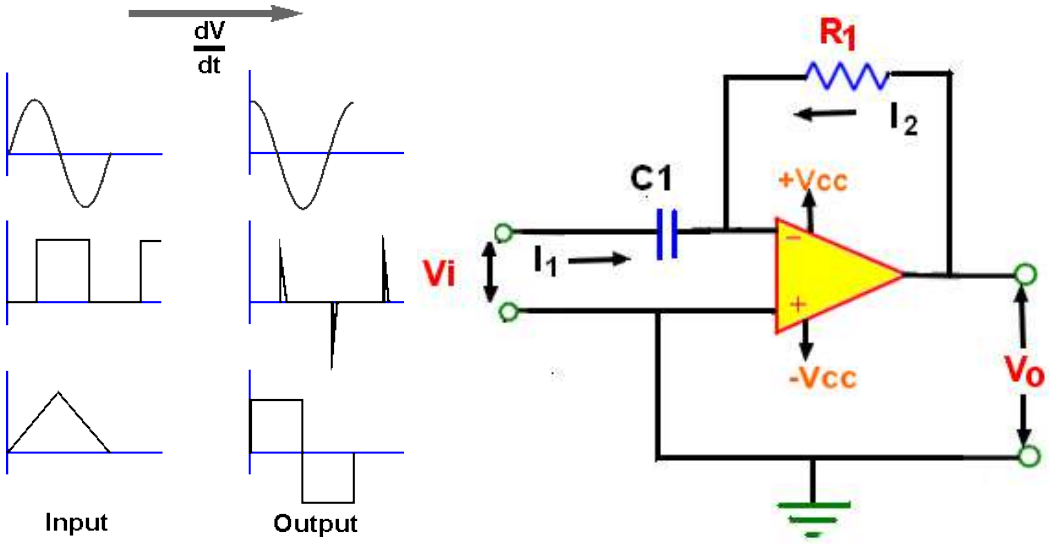
ب – رسم فولتية الدخل والخرج

شكل 13-10 المكبر المكامل مع موجات الدخل والخرج

2-8-10 المكبر المفاضل (Differentiator Amplifier)

في هذا النوع من المكبرات تعطي فولتية خرج تتناسب مع معدل تغير الزمن (dt) لفولتية الدخل، والتفاضل هو عكس التكامل والدائرة مشابهة لدائرة التكامل عدا تغير المتسعة C_1 مع المقاومة.
الشكل (10-14) يوضح ذلك، والعلاقة بين الفولتية الخارجة (Vo) والفولتية الداخلة (Vi) كما في المعادلة:-

$$Vo = -R_1 C_1 \frac{dvi}{dt} \qquad \text{.....(9-10)}$$



ب- رسم فولتية الدخل والخرج أ- دائرة المكبر المفاضل

شكل 10-14 المكبر المفاضل مع موجات الدخل والخرج

مثال(10-7)

جد الفولتية الخارجة للمكبر المفاضل اذا كانت $R_1=100K\Omega$ و$C_1=0.5\mu F$ اذا كان معدل تغير الفولتية الداخلة بالنسبة إلى الزمن (Vi=400V/S).

الحل:

$$Vo = -R_1 C_1 \frac{dvi}{dt}$$

$$Vo = -(100 \times 10^3 \times 0.5 \times 10^{-6} \times 400$$

$$V_o = -20V$$

مثال (10-8)

مكبر مكامل فيه $R_1=1M\Omega$ و$C_1=0.2\mu F$.أوجد فولتية المكبر الخارجة بعد ثانية واحدة من تغذيته بفولتية ثابتة قيمتها (0.5V).

الحل: حيث ان:

$$Av=\frac{V_o}{V_i}=-\frac{1}{R_1C_1}$$

$$V_o=-\frac{1\times V_i}{R_1C_1}=-\frac{1\times0.5}{1\times10^6\times0.2\times10^{-6}} \qquad V_o=-2.5\ V$$

9-10 نظام الاجهزة الطبية (System of Medical Instrumentation)

القياسات التي نحصل عليها من خلال معرفة فعاليات الفسلجة في جسم الانسان تقسم إلى قسمين رئيسين هما، القياسات المختبرية (In Vitro Measurements) التي تجرى خارج الجسم مثل، اخذ عينات الدم وفحصها، أو قياس درجة الحرارة. أما النوع الثاني والذي نحن بصدده ودراسته هو القياسات الحياتية (In Vitro Measurements) التي تجرى على المريض مباشرة باستخدام مختلف انواع الاجهزة الطبية (Medical Instrumentation) باستخدام نظام الانسان الجهاز الطبي(Man-Instrument). يمكن توضيح هذه العلاقة من المخطط في الشكل (10-15)، ويمثل العناصر الرئسة لهذا النظام، وهدفه المريض وتسلسله كالآتي:

المريض، المحفزات، محولات الطاقة، تكييف الاشارة، اجهزة العرض، اجهزة التسجيل ومعالجة البيانات والارسال ثم اجهزة السيطرة. لاحظ الشكل (10-15).

1-المريض (subject): ويمثل هدف الاجهزة الطبية والتي ستربط به لاجراء القياسات والفحوصات مباشرة للحصول على التشخيص الدقيق ثم المعالجة.

2- الحافز(المنبه) (Stimulus):

في عدد من القياسات تحتاج إلى معرفة الفعاليات الحياتية للجسم من خلال محفزات خارجية، ومقدار الاستجابة لها متزأمنة مع اخذ القياسات، ويمكن ان تكون هذه المحفزات ضوئية أو صوتية أو نبضات كهربائية، كما في اجهزة تخطيط العضلات وتخطيط الدماغ.

3- محولات الطاقة (Transducers):

تقوم بتحويل الطاقة في الجسم (الجهد الحياتي) إلى طاقة كهربائية لتوظيفها في تشغيل الاجهزة الالكترونية المختلفة التي هي جزء مهم من الجهاز الطبي.

4-اجهزة تكييف الاشارة (Signal- Conditioning Equipment):

وهي الاجهزة التي تستلم الاشارة الحيايتة من محولات الطاقة، ومعالجتها وجعلها قابلة لتشغيل الاجهزة الملحقة. من اهم هذه الاجهزة هي المكبرات والمرشحات (Amplifiers and filters) أو تحويل بيانات تمثيله إلى رقميه والعكس (Analog-to-Digital).

5- اجهزة العرض (Display Equipment):

تقوم بتحويل الاشارات بعد تكيفها إلى اشارات خرج لعرضها، أو سمعها، أو تسجيلها وتشمل:-

أ- مقياس مدرج (Manometer).

ب- مقاييس رقميه أو تمثيليه (Meters, Digital or Analog.).

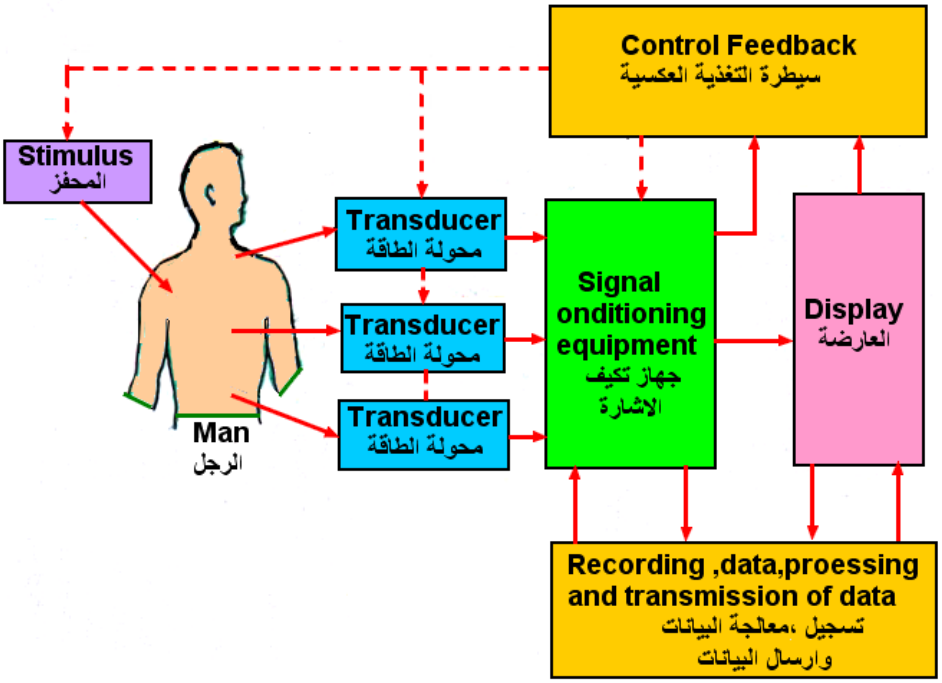
جـ - ورق بياني (Graphical Display).
د - اشاره فديوية (Monitor or Oscilloscope)
هـ - طباعة حاسب الي (Printed Computer)

6- اجهزة التسجيل ومعالجة البيانات والارسال: (Recording- Data processing and Transmission)

من المهم بالنسبة للبيانات التي نحصل عليها ان تعالج وتحفظ، ثم تحلل من قبل شخص جيد أو حاسب الي، ويمكن في نفس الوقت ارسالها اي بثها إلى اطباء اختصاص لتشخيص الحالة، والحصول على التشخيص النهائي.

7- اجهزة السيطرة (Control Devices):

تحوي هذه الاجهزة على دوائر تغذية عكسية (Feed Back) تاخذ من معلومات الخرج، أو مكيف الاشارة، أو اجهزة العرض للسيطرة على نظام الاجهزة الطبية، وعلى جميع العمليات في النظام للحصول على افضل النتائج وادقها لاحظ الشكل (10-15).



(The man – instrument system)

شكل 10-15 مخطط كتلي لنظام الاجهزة الطبية

اسئلة الفصل العاشر

1- احسب قيمة الربح (Av) لمكبر تفاضلي اذا كانت قيمة مقاومة التغذية (R_2=160 kΩ)، ومقاومة الدخل تساوي (R_1=5 kΩ).

2- جد قيمة ربح مكبر الاجهزة الطبية اذا كانت المقاومات المستخدمة هي:-

R_3=10kΩ ،R_4=500Ω ،R_6 = 10kΩ ،R_7=100kΩ.

3- جد فولتية الخرج Vo لمكبر تفاضلي (Differentiator)، اذا كانت R_1=100kΩ ،C_1=0.5µF، وVi=400V/S.

4- مكبر تكاملي (Integral) يستخدم مقاومة قيمتها (1MΩ) ومتسعة (0.2µF). جد فولتية الخرج Vo بعد ثانية واحدا علما بان Vi=0.5V.

5- ماذا نعني بالقياسات المختبرية والقياسات الحياتية؟ اعطي مثالا لكل نوع .

6- عدد مواصفات المكبرات الكهروحياتية.

7- عدد مراحل نظام الاجهزة الطبية مع شرح اثنين منها.

8- عدد انواع المكبرات الكهروحياتية.

9- عدد مواصفات المكبرات الكهروحياتية، ثم وضح سبب تفضيلها لقياس الاشارات الكهروحياتية.

10- لماذا يستخدم دائما المكبرات التفاضلية لقياس الاشارات الحياتية؟

الفصل الحادي عشر

المرشحات الفعالة

الاهداف:

الهدف العام: في الفصل الحادي عشر سوف يتعلم الطالب المرشحات الفعالة.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:-

1 – يعرف انواع ومميزات المرشحات الفعالة.

2 – يعرف مكونات المرشحات الفعالة وغير الفعالة.

3 – يعرف استخدامات المرشحات.

4 – يعرف قوانين المرشحات وان يحسب القيم المجهولة لكل نوع.

الفصل الحادي عشر

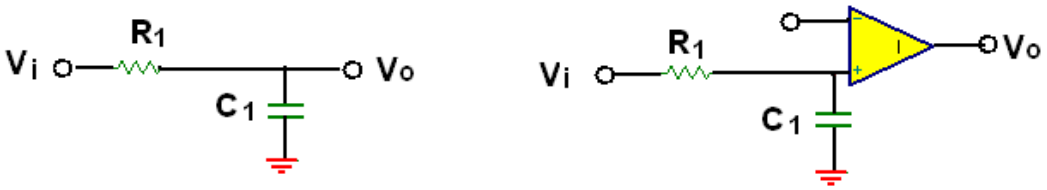
المرشحات الفعالة (Active Filters)

11–1 المرشحات (Filters)

المرشح هو دائرة الكترونية مصممة لتمرير ترددات معينة مرغوب فيها ومنع ترددات اخرى، تستعمل المرشحات بكثرة في دوائر الاتصالات، ودوائر توحيد الموجة كما ذكرت سابقا في الفصل الأول.تقسم المرشحات إلى عدة انواع، ومنها المرشحات الغير فعالة (Passive Filters) حيث تستخدم دوائرها الالكترونية على مقاومات، متسعات. لا يفضل استعمالها في بعض التطبيقات حيث انها تضعف فولتية الاشارة، كما ان للملف بعض المساوئ بسبب حجمه الكبير، ثمنه المرتفع، وتاثير مجاله المغناطيسي على الاشارة.

11–2 المرشحات الفعالة

المرشح الفعال: هو مرشح يستخدم عنصر فعال (مكبر عمليات) وعناصر غير فعالة (مقاومات، متسعات)، الشكل (11 – 1) يوضح دائرة مرشح غير فعال.



أ- مرشح فعال　　ب – مرشح غير فعال

شكل 11 – 1 المرشحات

مميزات استعمال المرشح الفعال هي الآتي:

1 – يمكن التحكم في ربح فولتية المكبر.
2 - صغير الحجم.
3 – رخيص الثمن.
4 - ممانعة خرج مكبر(العمليات) تكون واطئة،الأمر الذي جعل المرشح لا يتاثر بالحمل.
5 – يمكن تنظيم بسهولة مدى تردد واسع بدون تغير في الاستجابة المطلوبة.

حيث ان مفاعلة المتسعة تكون:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_c} \quad \text{.....(1-11)}$$

حسب المعادلة (11-1)، تتناسب الممانعة (X_C) تناسبا عكسيا مع التردد، فتكون قيمتها صغيرة جدا عند الترددات العالية، أما عند الترددات المنخفضة فان قيمة (X_C) تكون عالية جدا. لذا فان طريقة ربط المتسعة في دائرة المرشح يحدد نوع المرشح الفعال.

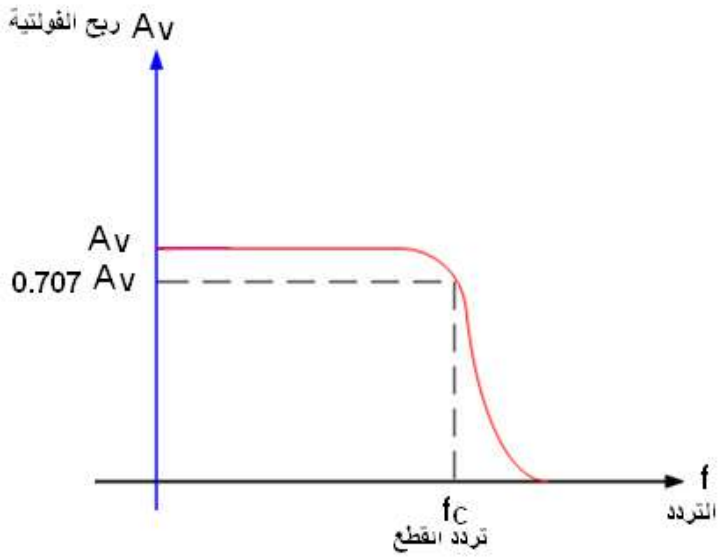
11–3 انواع المرشحات الفعالة

تصنف المرشحات الفعالة إلى عدة انواع، ومن هذه الانواع الآتي:

1- مرشح امرار تردد منخفض: (Active Low Pass Filter (LPF

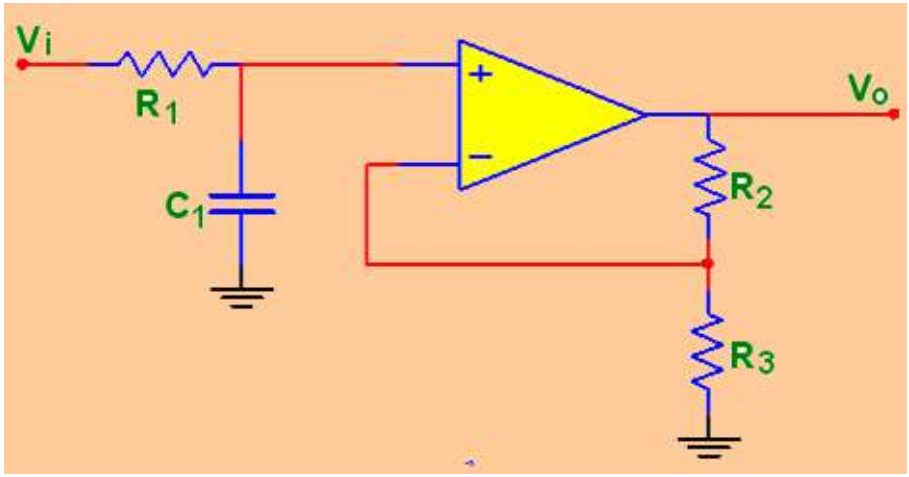
هو مرشح يمرر الترددات المنخفضة الاقل من تردد القطع (Cut-Off frequency) ويمنع مرور الترددات العالية فوق تردد القطع. الشكل (11 -2) يوضح منحني استجابة مرشح امرار تردد منخفض. وكما مر سابقا في الفصل السابع فان تردد القطع، هو التردد الذي تهبط عنده اعلى قيمة لربح المكبر (Av) إلى (0.707 Av). حيث ان:

f: التردد، f_c : تردد القطع



شكل 11-2 منحني استجابة مرشح امرار تردد منخفض

الشكل (11-3) يوضح دائرة هذا المرشح، حيث تكون ممانعة المتسعة (X_C) منخفضة عند الترددات العالية، وتكون الفولتية الخارجة منخفضة، بينما في الترددات المنخفضة فان قيمة (X_C) تكون عالية، وتكون الفولتية الخارجة مرتفعة.



شكل 11-3 دائرة مرشح تردد منخفض

يتم حساب تردد القطع كما في المعادلة الآتية:

$$f_C = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad \text{..... (2-11)}$$

كما ان مقدار ربح الفولتية تحسب كما في المعادلة الآتية:

$$A_V = 1 + \frac{R_2}{R_3} \quad \text{..... (3-11)}$$

مثال (11- 1)

احسب تردد القطع لمرشح تردد منخفض كما في شكل (3-11) حيث ان:

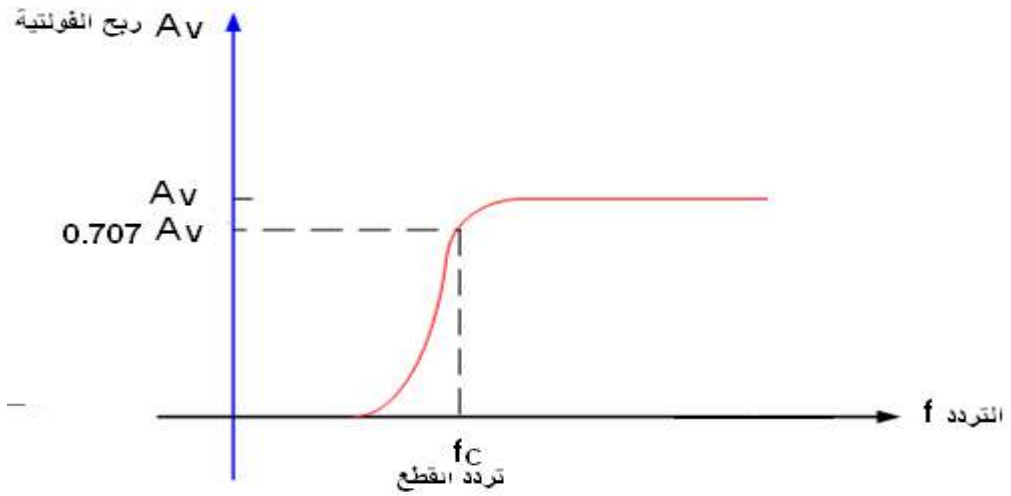
R_1= 1.2 kΩ

C_1= 0.02 µF

$$f_C = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi\,(1.2\times10^{3})(0.02\times10^{-6})} = 6.63\ \text{kHz}$$

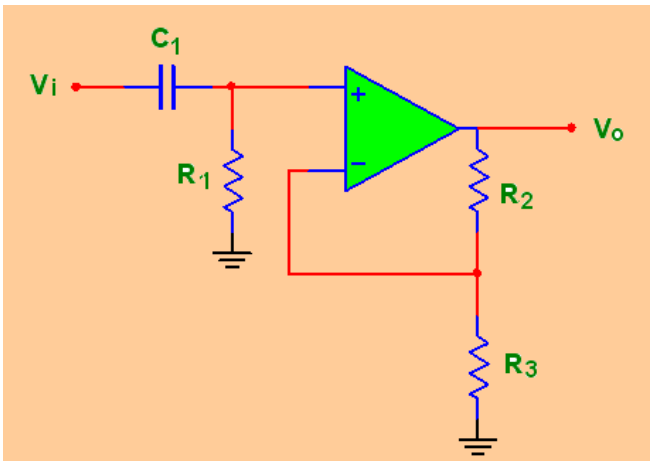
2 - مرشح امرار تردد عال (High Pass Filter- HPF)

هو مرشح يمرر الترددات العالية فوق تردد القطع (Cut-OFF Frecuncy) ويمنع مرور الترددات الاقل من تردد القطع، الشكل (4-11) يوضح منحني استجابة هذا المرشح.



شكل 11-4 منحني استجابة مرشح تردد عال

الشكل (11-5) يوضح دائرة هذا المرشح، حيث تكون ممانعة المتسعة (X_C) منخفضة عند الترددات العالية، وتكون الفولتية الخارجة مرتفعة، ويسمح لها بالمرور، بينما تكون (X_C) عالية جدا عند الترددات المنخفضة وتكون الفولتية الخارجة منخفضة لذلك لا يسمح لها بالمرور.



شكل 11- 5 دائرة مرشح امرار تردد عال

يتم حساب تردد القطع كما في المعادلة الآتية:

$$f_C = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \qquad \text{.....(4-11)}$$

كما ان مقدار ربح الفولتية تحسب كما في المعادلة الآتية:

$$A_V = 1 + \frac{R_2}{R_3} \qquad \text{..... (5-11)}$$

مثال (11- 2)

احسب ربح الفولتية، وتردد القطع لمرشح امرار تردد عال الموضح في الشكل (11- 5) حيث ان:-

$R_1=R_2= 2.1\ k\Omega$

$C_1= 0.05\ \mu F$

$R_3=10\ k\Omega$

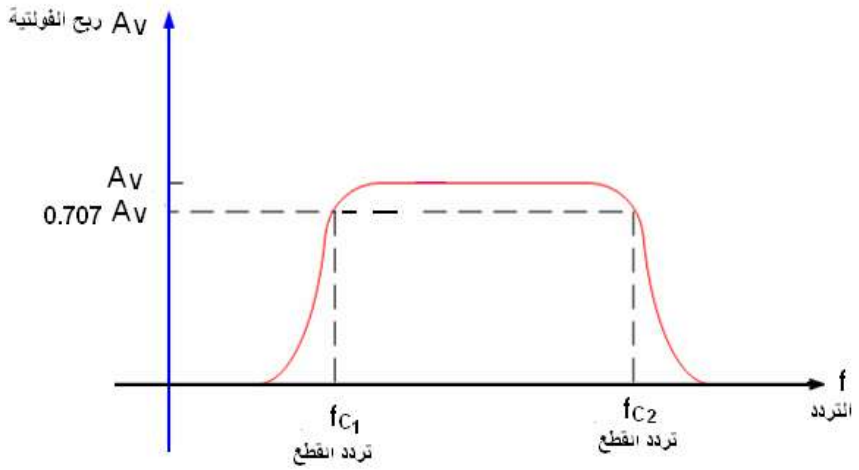
$R_2=50\ k\Omega$

$$A_V = 1 + \frac{R_2}{R_3} = 1 + \frac{50}{10} = 6$$

$$f_C = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi\,(2.1 \times 10^3)(0.05 \times 10^{-6})} = 1.5\ \text{kHz}$$

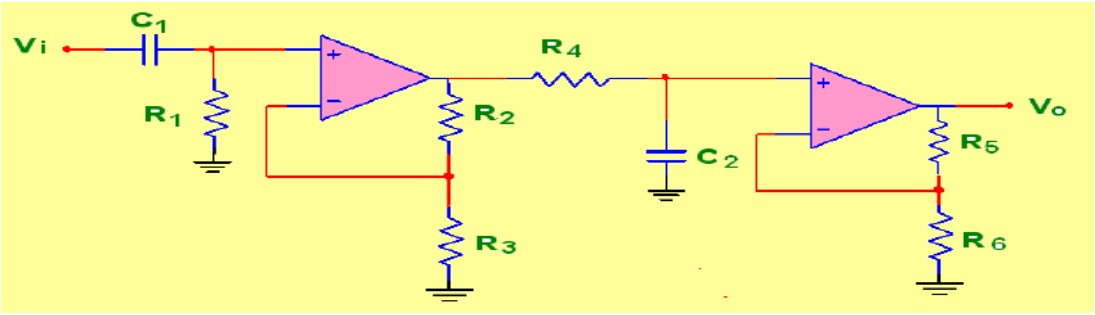
3- مرشح نطاق (حزمة) محدد (Band Pass Filter BPF)

هو مرشح يمرر نطاق محدد من الترددات المحصورة بين ترددي القطع (f_{c1}) و(f_{c2}) ويمنع مرور بقية الترددات. الشكل (11-6) يوضح منحني استجابة هذا المرشح.



شكل 11-6 منحني استجابة هذا المرشح

تتكون دائرة هذا المرشح من مرشحين مربوطين ببعضهما، هما مرشح تردد عال يحدد تردد القطع الأول (fc_1)، ومرشح تردد منخفض يحدد تردد القطع الثاني(fc_2). الشكل (7-11) يوضح دائرة مرشح نطاق محدد.



شكل 11-7 دائرة مرشح نطاق محدد

يتم حساب تردد القطع الأول كما في المعادلة الآتية:

$$f_{C_1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \qquad \text{..... (6-11)}$$

وحساب تردد القطع االثاني كما في المعادلة الآتية:

$$f_{C_2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \qquad \text{..... (7-11)}$$

وحساب تردد الوسط (f_o) كما في المعادلة الآتية:

$$f_0 = f_1 . f_2$$

..... (8-11)

مثال (11-3)

احسب ترددات القطع لمرشح امرار نطاق محدد كما موضح في الشكل (7-11) حيث ان:

$R_1=R_2= 10\ k\Omega$

$C_1= 0.1\ \mu F$, $C_2= 0.02\ \mu F$

$$f_{C_1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi (10\times10^3)(0.1\times10^{-6})} = 159.23Hz$$

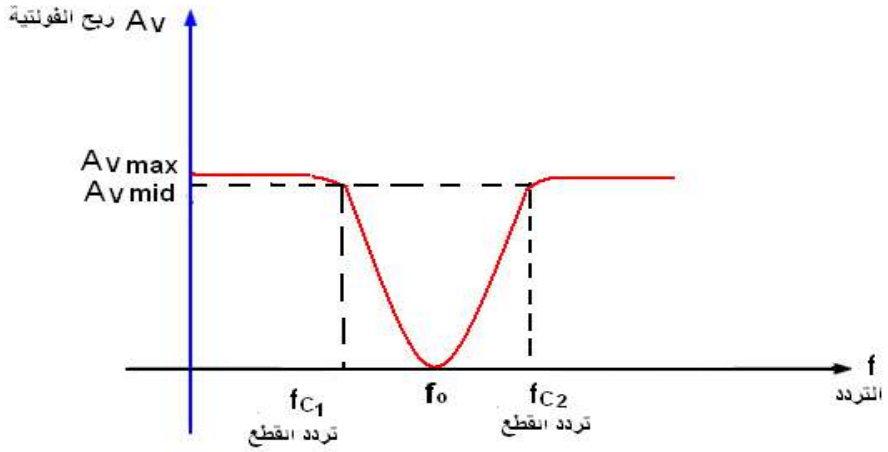
$$f_{C_2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} = \frac{1}{2\pi (10\times10^3)(0.02\times10^{-6})} = 796.17Hz$$

$$f_0 = f_1 . f_2$$

$$f_o = (159.23)(796.17) = 126.774kHZ$$

4- مرشح قطع نطاق محدد (Band Stop Filter BSF)

هو مرشح يمنع مرور ترددات محددة في مدى معين محصور بين تردد القطع الأول (f_{c1})، وتردد القطع الثاني (f_{c2})، ويمرر باقي الترددات. الشكل (11-8) يوضح منحني استجابة هذا المرشح. حيث يتكون المرشح من حاصل جمع مرشح تردد منخفض، ومرشح تردد عال.



شكل 11-8 منحني استجابة هذا المرشح

الشكل (11-8) يوضح دائرة مرشح قطع نطاق محدد. من تطبيقات هذا المرشح هو استخدامه في بعض الاجهزة، كجهاز الراديو لمنع التشويش من تردد المصدر (50Hz)، وفي هذه الحالة يكون:-

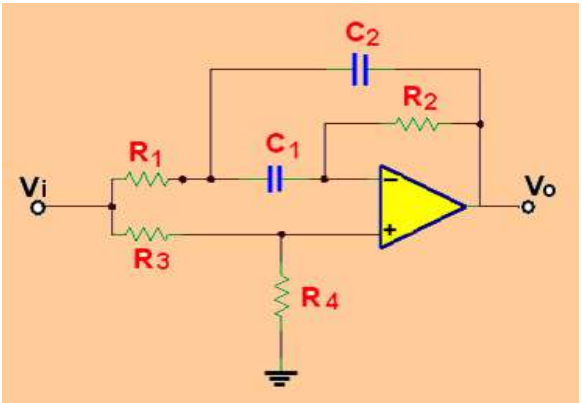
$fc_1 = fc_2$

$R_1 = R_2 = R$

$C_1 = C_2 = C$

يحسب تردد الوسط **(f_o)** كما في المعادلة الآتية:

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC} \qquad \text{..... (9-11)}$$



شكل11-9 دائرة مرشح قطع نطاق محدد

اسئلة الفصل الحادي عشر

1 – عرف الآتي:- المرشح، المرشح الغير فعال، المرشح الفعال.

2 – ما مميزات المرشح الفعال؟

3 – عدد انواع المرشحات الفعالة.

3 - ما المقصود بمرشح امرار تردد منخفض وضح ذلك مع رسم منحني استجابة المرشح؟

4 - وضح عمل دائرة مرشح امرار تردد عال مع رسم دائرة هذا المرشح.

5– احسب تردد القطع لمرشح امرار تردد عال الموضح في الشكل (11-5) حيث ان:

R_1=18kΩ , R_2 = R_3 =50 kΩ , C_1 = 0.0022 µF

6- ما المقصود بمرشح امرار حزمة محددة وضح ذلك مع رسم منحني استجابة المرشح؟

7 – احسب تردد الوسط لمرشح امرار حزمة محددة، اذا علمت ان:

fc_1 =1.59 kHz

fc_2 = 15.9 kHz

8 – ما المقصود بمرشح قطع حزمة محددة وضح ذلك مع رسم منحني استجابة المرشح؟

9 – احسب قيمة كل من (R_1، R_2) اللازمة لمنع التردد (50Hz) لمرشح قطع حزمة محددة الموضح في الشكل (11-9)، حيث ان (C_1 =C_2 = 0.318 µF).

الفصل الثاني عشر

التضمين وازالة التضمين (Modulation and Demodulation)

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل الى دراسة التضمين وازالة التضمين وتطبيقاته في الاجهزة الطبية.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1- يُعّرف التضمين وازالة التضمين.

2- يعدد انواع التضمين ويقارن بينهم.

3- يرسم المخططات الكتلية للتضمين السعوي والترددي.

4- يرسم ويشرح الدوائر الكهربائية للمرسلة والمستقبلة.

5- يعدد ويشرح استخدامات التضمين في الاجهزة الطبية.

6- يحل جميع الاسئلة في نهاية الفصل.

الفصل الثاني عشر

التضمين وازالة التضمين (Modulation and Demodulation)

1-12 تمهيد

لتبث اشارة صوتية (Audio) أو فديوية (Video) أو اشارة معلومات عبر الفضاء من مكان توليدها إلى مكان أستلامها، والذي قد يبعد الاف الكيلومترات يجب استخدام الأمواج الراديوية (Radio Waves-RW) كحامل للاشارة (Carrier)، ومن خلال عمليتين هما:-

1- التضمين (Modulation).

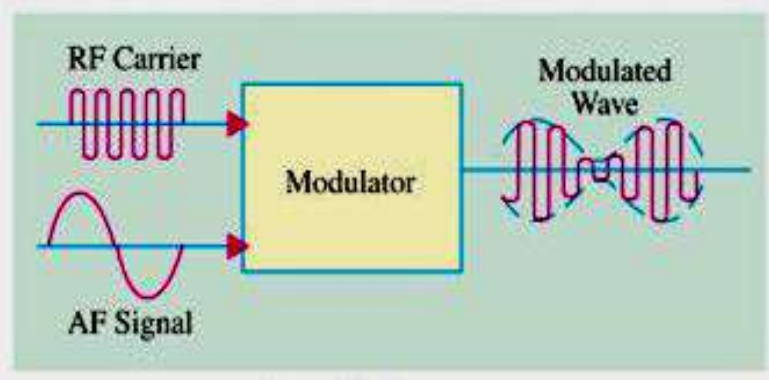
2- ازالة التضمين (Demodulation) أو الكشف(Detection).

الأولى تتم في محطة الارسال ويتم ارسال بواسطة مرسله (Transmitter) بعد ان تقطع الاف الكيلومترات، أو ربما تبث من الاقمار الاصطناعية لتستلم من قبل المستقبلة(Receiver)لاستخلاص الاشارة المعلوماتية من صوت، أو صورة من الموجة الراديوية الحاملة ذات الترددات العالية.

2-12 التضمين (Modulation)

التضمين هو عملية دمج اشارة ذات ترددات واطئة سمعية أو فديوية (Audio Frequency.AF) مع موجة راديوية حاملة ذات ترددات عالية. تسمى الموجة الحاملة (Carrier Wave) وتسمى الموجة الناتجة من التضمين بالموجة المضمنة (Modulated Wave)، والموجة المحولة تسمى بموجة التضمين (Modulating Wave).

الشكل (1-12) مخطط يوضح عملية التضمين وذلك بدمج الموجة الحاملة مع الاشارة الصوتية (AF) للحصول على موجة مضمنة بواسطة المضمن(Modulator).



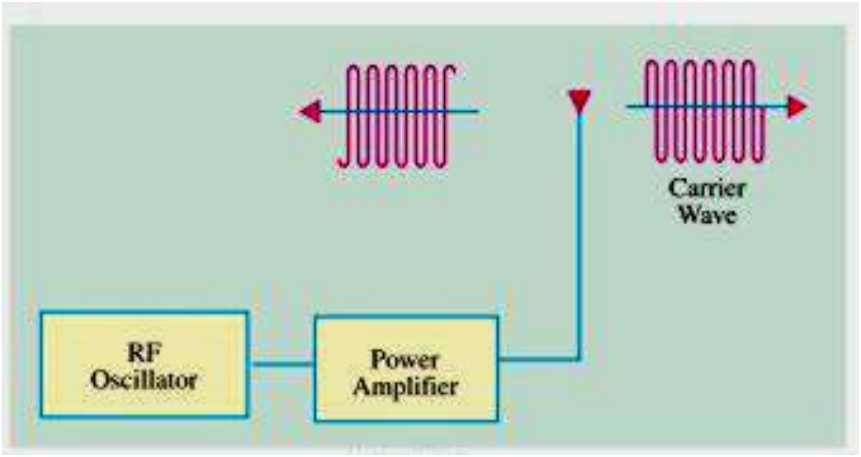
الشكل 1-12 مخطط يوضح عملية التضمين

3-12 ازالة التضمين أو الكشف (Demodulation or Detection)

هي عكس عملية التضمين، اي فصل أو كشف الاشارة المعلوماتية من صوت أو صورة أو اشارة طبية من الموجة الحاملة (Carrier Wave).

الموجة الحاملة (Carrier Wave)

هي موجة راديوية غير مخمدة (Un Damped) ذات ترددات عالية يتم توليدها بواسطة المذبذبات الراديوية (Oscillators) الشكل (2-13) مخطط كتلي يوضح تسلسل توليدها من مذبذب الراديوي تم تكبيرها بواسطة مكبر قدرة، وترسل إلى الفضاء من خلال الهوائي (Antenna). والموجات الراديوية هذه ذات سعة ثابتة وتسير بسرعة الضوء، ولكنها غير مسموعة أو مرئية عند أستلامها ؛ لانها لا تحمل اية اشارة معلوماتية لان عملها ينحصر في نقل الاشارة من محطة الارسال إلى محطة الاستقبال.



الشكل 12-2 مخطط كتلي لتوليد وارسال الموجة الحاملة

4-12 انواع التضمين (Kinds of Modulation)

بما ان التضمين هو دمج اشارة صوتية (AF) مع موجة راديوية حاملة (RF)، لذا فان بعض خواص الموجة الحاملة تتغير مع الزمن بسبب الاشارة المضمنة، عندما تندمجان معا لذا تتولد انواع مختلفة من التضمين حسب طريقة توليدها. من اهم هذه الطرق والانواع:-

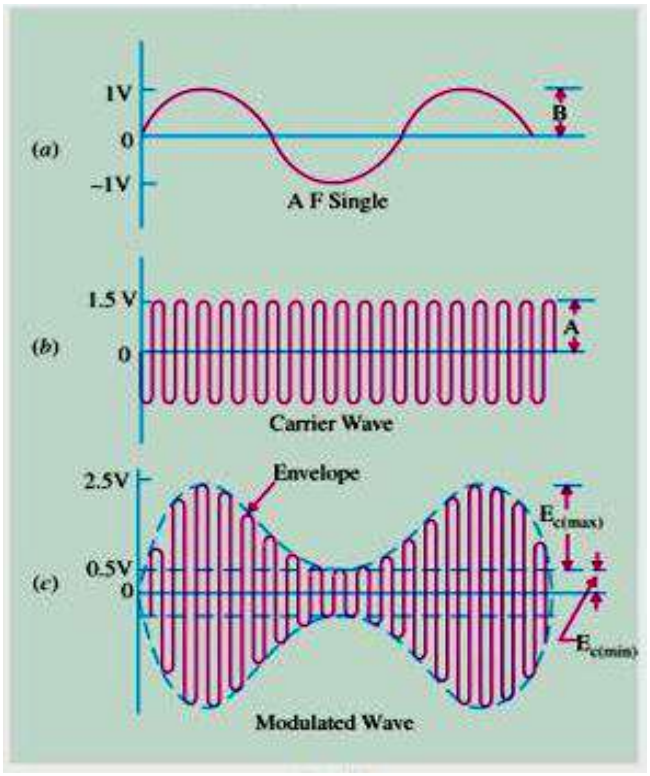
1- التضمين السعوي (Amplitude Modulation-AM)

في هذا النوع من التضمين نجد ان الاشارة (AF) تغير أو تتحكم بسعة الموجة الحاملة (RF)، والشكل (3-12) يوضح ذلك، حيث:-

أ- تمثل موجة الاشارة الصوتية ذات سعة (B)

ب- الموجة الحاملة ذات السعة(A)

ت- الموجة المضمنة ذات سعة متغيرة حسب الاشارة في الشكل (أ)، نلاحظ زيادة سعتها عند القيم الموجبة العظمى، وتقل سعتها عند القيم السالبة العظمى .



الشكل 12-3 مخطط توضيحي للتضمين السعوي

(أ) الاشارة الصوتية (AF)

(ب) الموجة الحاملة (RF)

(جـ) الموجة الناتجة من دمج الموجتين في (أ وب) الموجة المضمنة

2- التضمين الترددي (Frequency Modulation-FM)

في هذا النوع من التضمين فان الاشارة (AF) تغير تردد الموجة الحاملة (RF). والشكل (12- 3) يوضح ذلك حيث يزداد تردد الموجة الحاملة عند زيادة سعة الاشارة (MODULATING SIGNAL)، ويقل تردد الموجة الحاملة (Carrier) عند انخفاض سعة الاشارة النقاط (H). تمثل اعلى تردد للموجة المضمنة عندما تكون الاشارة في قيمتها الموجبة الكبرى. والنقاط (L) للقيم الدنيا للتردد عندما تكون سعة الاشارة في قيمتها الكبرى السالبة. أما (fo) فهو تردد الموجة الحاملة الطبيعي عندما تكون سعة الاشارة صفرا. لاحظ الشكل(12 -4).

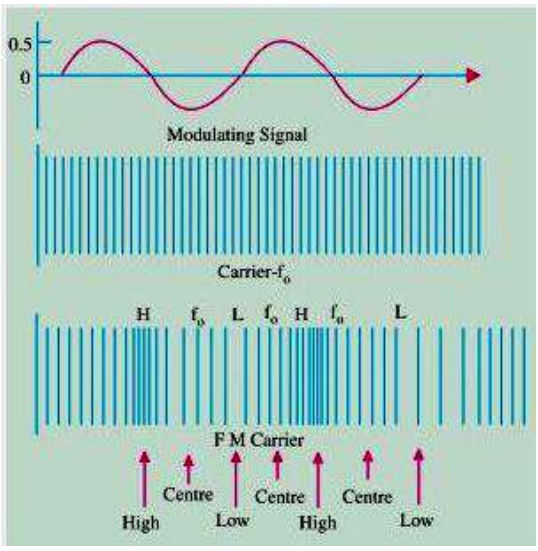
3- التضمين الطوري (Phase Modulation –P.M)

حيث تتحكم الاشارة (AF) بطور الموجة الحاملة(RF).

4- التضمين النبضي (Pulse Modulation)

في هذا النوع من التضمين تتحكم الاشارة الصوتية (AF) بسعة نبضات الموجة الحاملة أومدتها، لان الموجة الحاملة تكون على شكل نبضات.

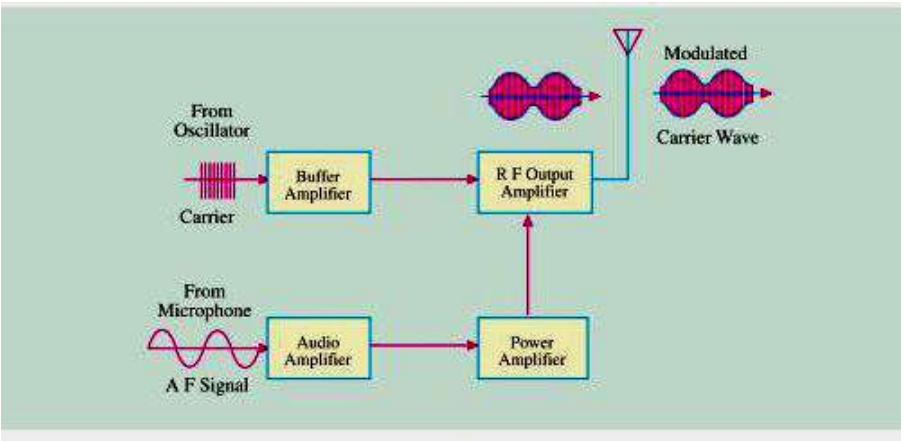
ان اكثر الانواع استخداما وشيوعا هما التضمين السعوي، والتضمين الترددي، لذا سنقوم بشرح عملية ارسال وأستلام الموجة المضمنة بالتفصيل للنوع السعوي (AM).



الشكل 12-4 مخطط لتضمين ترددي (FM)

12-5 مرسلة التضمين السعوي (A.M Transmitter)

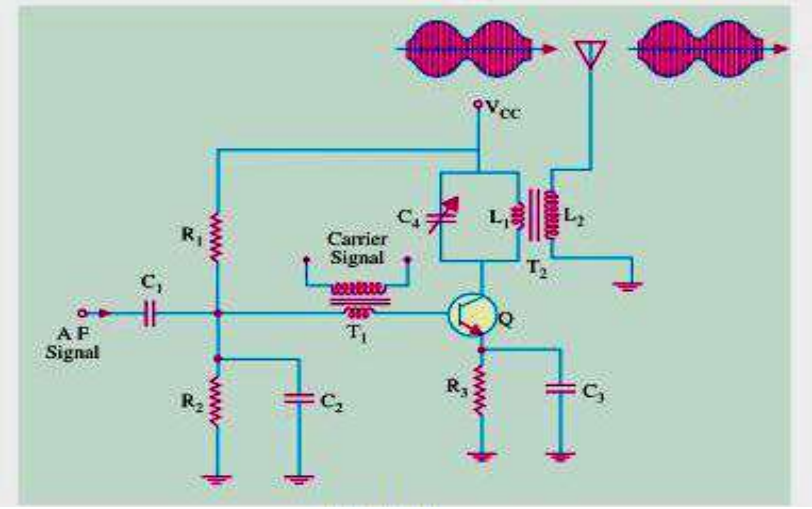
نحصل على الموجة الراديوية الحاملة (Carrier) من مذبذب بلوري (Crystal Oscillator) ثم إلى مكبر مصد (عزل) (Buffer amp.) وإلى مكبر راديوي (RF Amp.). الشكل (12-5) يوضح مخطط كتلي لمرسلة نموذجية، حيث الاشارة الصوتية (AF) الخارجة من المذياع (Microphone) تكبر من خلال مكبر صوتي ثم مكبر قدرة، وبعدها تدمج الموجة الراديوية مع الاشارة الصوتية لتوليد الموجة المضمنة (Modulated Wave) والتي تبث بالفضاء من خلال هوائي المرسلة.



الشكل 12-5 مخطط كتلي لمرسلة نموذجية

6-12 دائرة مكبر التضمين (Modulation Amplifier)

الشكل (6-13) يوضح دائرة مكبر التضمين حيث الموجة الحاملة (Carrier Signal) تقترن (Coupled) إلى قاعدة الترانزستور Q من خلال الملف T_1، والاشارة الصوتية (AF) تقترن ايضا بقاعدة الترانزستور من خلال المتسعة (C_1) المقاومتان (R_1 وR_2)، هما مقسم فولتية للأنحياز الأمامي من خلال Vcc للترانزستور. أما المتسعتان (C_2 وC_3) فانهما متسعتي امرار (Bypass) تمرر المركبة المتناوبة إلى الارض ان سعة الموجة الراديوية الخارجة من الترانزستور تتغير تبعا للاشارة الصوتية، وتنغم دائرة (L_1C_4) حسب تردد الموجة الحاملة. والتيار في الملف L_1 لموجة (RF) تولد تيارا محتثا متشابها في الملف L_2 والمرتبط بالهوائي الذي يبث الموجات المضمنة سعويا.



شكل12-6 دائرة مكبر تضمين باستخدام الترانزستور

7-12 ازالة التضمين الكشف (Demodulation)

عند بث الموجة المضمنة عن طريق الهوائي فانها تسير في الفضاء ثم تستلم من خلال هوائي المستقبلة، وتكون الاشارة المحتثة المتولدة ضعيفة الفولتية والتيار، لذا من المهم استخلاص أو كشف الاشارة الصوتية عن طريق ازالة التضمين اي ازالة الموجة الراديوية (RF) وتتم من خلال عمليتين هما:-

1- التقويم (Rectification)
2- ازالة الموجة الراديوية (RF)

علما بان ازالة التضمين الترددي تشمل ثلاث عمليات أو مراحل. فقبل المرحلتين اعلاه يتم تحويل التغير الترددي في الاشارة المضمنة إلى تغير سعوي ثم نتابع العمليتين اعلاه. يمكن ازالة التضمين أو الكشف عن طريق دائرتين، أما باستخدام الدايود الكاشف (Detector) أو عن طريق استخدام الترانزستور الكاشف والمكبر.

أ- الثنائي (الدايود) الكاشف لاشارة التضمين السعوي AM(Diode Detector)

الشكل (12-7) يوضح عملية ازالة التضمين باستخدام الدايود الكاشف وتتم حسب المراحل ادناه:

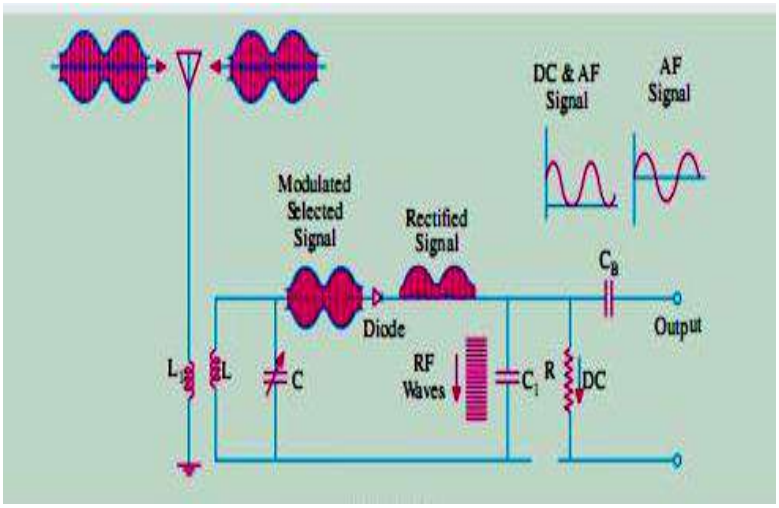
1- اختيار الموجات المضمنة من الهوائي التي لها نفس تردد رنين دائرة المؤلفة (Tuning) LC من خلال المتسعة المتغيرة (C) ويمكن الحصول على اية اشارة راديوية مرغوبة من خلال تغيير تردد رنين دائرة المؤلفة (LC). وتتم ايضا المؤلفة بسبب الحث الكهرومغناطيسي بين الملفين(L_1و L_2).

2- تقـــويم الاشـــارة المختـــارة خـــلال الـــدايود الكاشـــف (D)، ثـــم دائـــرة الترشـــيح الـــواطي RC1(Low- Pass Filter) للـتخلص مـن الموجـة الحاملـة (RF)عبـر ممانعـة المتسـعة القليلـة (C_1)، والتي تسمى متسعة امرار الموجات الراديوية.

3- المركبة المستمرة (D.C) المتبقية في الاشارة الصوتية (AF) تعبر خلال المقاومة الموازية (R) للتخلص منها.

4- أما الاشارة (AF) ذات التردد الواطئ، فانها تعبر بسهولة خلال المتسعة (CB)، وعندها يمكن سماعها من خلال السماعة أو المجهر(Head Phone or Loud Speaker).

من مساوئ دائرة الدايود الكاشف عدم قدرتها على تكبير الاشارة الصوتية الضعيفة لذا تستخدم طريقة الترانزستور الكاشف.

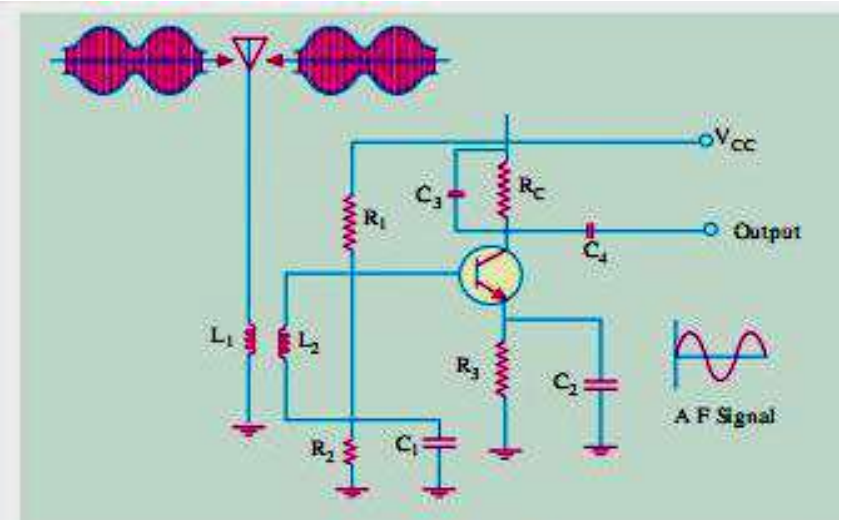


شكل 12-7 دائرة ازالة التضمين باستخدام الدايود الكاشف

ب- الترانزستورالكاشف لاشارة التضمين السعوي(Transistor Detectors for AM Signal)

الدائرة في الشكل (12-8) توضح عملية التقويم(Rectification) والتكبير(Amplification) باستخدام الترانزستور وكما يأتي:

الاشارة المضمنة القادمة من الهوائي إلى الملف (L_1)، ثم بالحث إلى الملف (L_2) تغذي إلى دائرة (القاعدة - الباعث) حيث يتم تقويمها بعدها يكبر الجزء الموجب (المقوم) من الاشارة في دائرة (الباعث – الجامع). المتسعة (C_2) تؤرض المركبة المتناوبة (a.c) للمقاومة R_3 (Bypass). المقاومتان (R_2 و R_1) تعمل كمتسعة فولتية لتجهيز الترانزستور، وسوقه في الجزء الموجب للموجة المضمنة (RF). الاشارة المقومة والمكبره ستظهر على مجموعة المقاومة والمتسعة (C_3-RC) حيث المتسعة (C_3) تحذف الموجات الراديوية. أما الاشارة الصوتية (RF) فتظهر كفرق جهد على المقاومة (RC) وتعبر من خلال المتسعة (C_4) إلى المجهر لسماعها،وفي نفس الوقت فان (C_4) تمنع المركبة المستمرة من المرور.



شكل (12-8) دائرة ازالة التضمين والتكبير باستخدام الترانزستور الكاشف

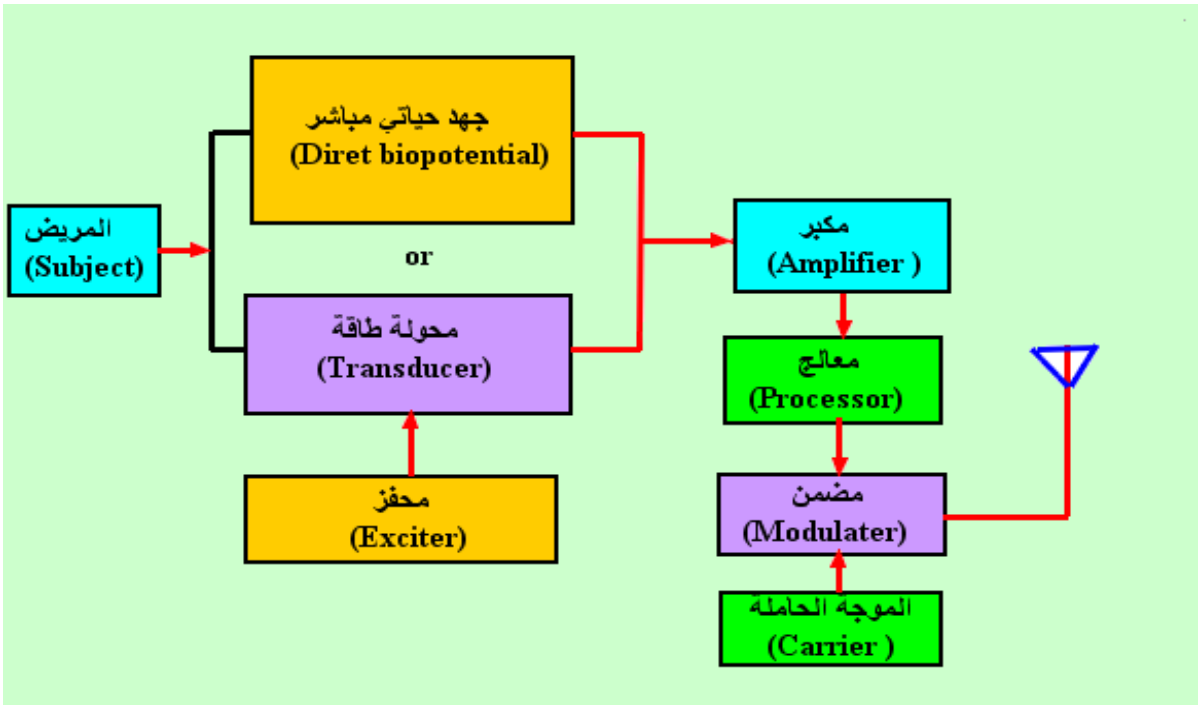
12-8 تطبيقات التضمين في الاجهزة الطبية

لقياس المتغيرات البايلوجية (Biological Variables) في جسم الانسان يستخدم نظام القياس الحياتي عن بعد (Biotelemetry) لمراقبة الاشارات القلبية، أو الدماغية أو قياس ضغط الدم ودرجة الحرارة، فضلا عن الية عزل المريض كليا عن التغذية المتناوبة (a.c) للاجهزة الطبية المرتبطة به، لمنع الصعقة الكهربائية (Electric Shock)، أو الصعقة المايكروية (Micro Shock) لذا يجب استخدام الارسال الراديوي (Radio Transmission). وبنفس طريقة التضمين الذي تم شرحه حيث الاشارة المعلوماتية هي الاشارات الطبية التي يتم نقلها من مكان توليدها إلى الجهة التي نختارها، تعتمد الموجة الحاملة في توليدها على الوسط الذي ستنقل خلاله والمسافة التي ستقطعها للوصول إلى الجهة المطلوبة.

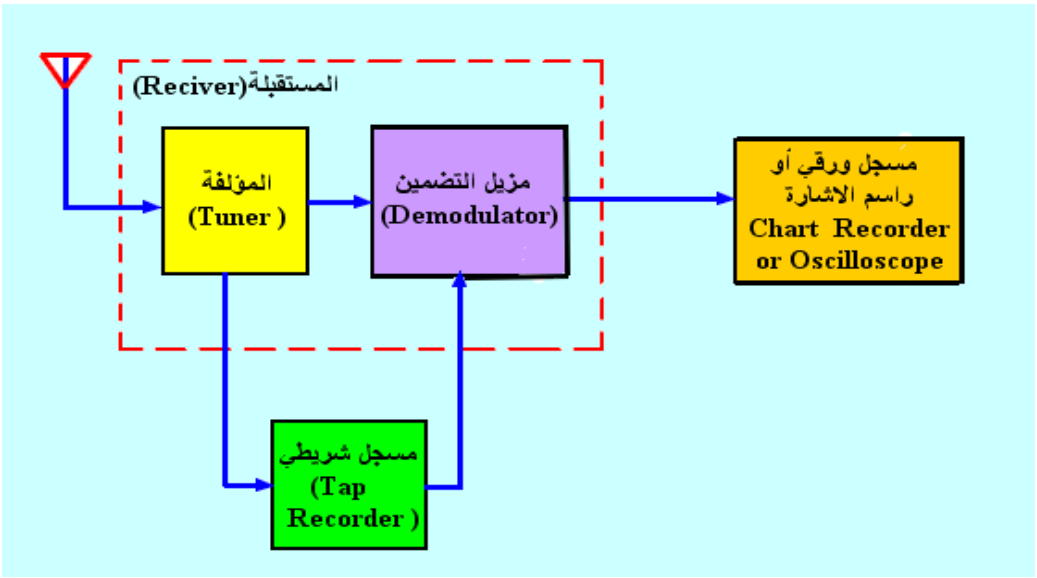
12-8-1 المرسلة والمستقبلة في التضمين وازالة التضمين (Transmitter and Receiver)

لفهم نظام التضمين في الاجهزة الطبية ندرس المخططين في الشكلين (12-9) الذي يمثل مبدا عمل المرسلة(Transmitter) والشكل (12-10) الذي يمثل المستقبلة (Receiver).

تاخذ الاشارة الفسلجية وتمثل الجهد الحياتي (Physiological signal) من المريض (Subject) بواسطة محول الطاقة (Transducer) أو مباشرة حسب نوع الاشارة وتغذى إلى مرحلة التكبير(Amplifier) ثم معالجتها وتكييفها من خلال المعالج (Processor)، ثم إلى المرحلة التضمين. وحسب الانواع التي تم شرحها تبث الاشارة خلال الهوائي (Antenna). تستلم الاشارة من خلال الهوائي للمستقبلة في الشكل (12-10) ويحدد ترددها من خلال المولف (Tuner) حيث هناك اعداد لا حصر لها من الموجات ذات الترددات المختلفة. تفصل الموجة الحاملة (Carrier)من موجة المعلومات من خلال مزيل التضمين (Demodulator)، ويمكن تسجيل وحفظ الاشارة وسماعها أو عرضها على شاشة راسم الاشارة (أوسيليسكوب) أو تسجيلها على ورق بياني.



الشكل 12-9 مخطط كتلي لمرسلة (Transmitter)



شكل 12-10 مخطط كتلي لمستقبلة (Receiver)

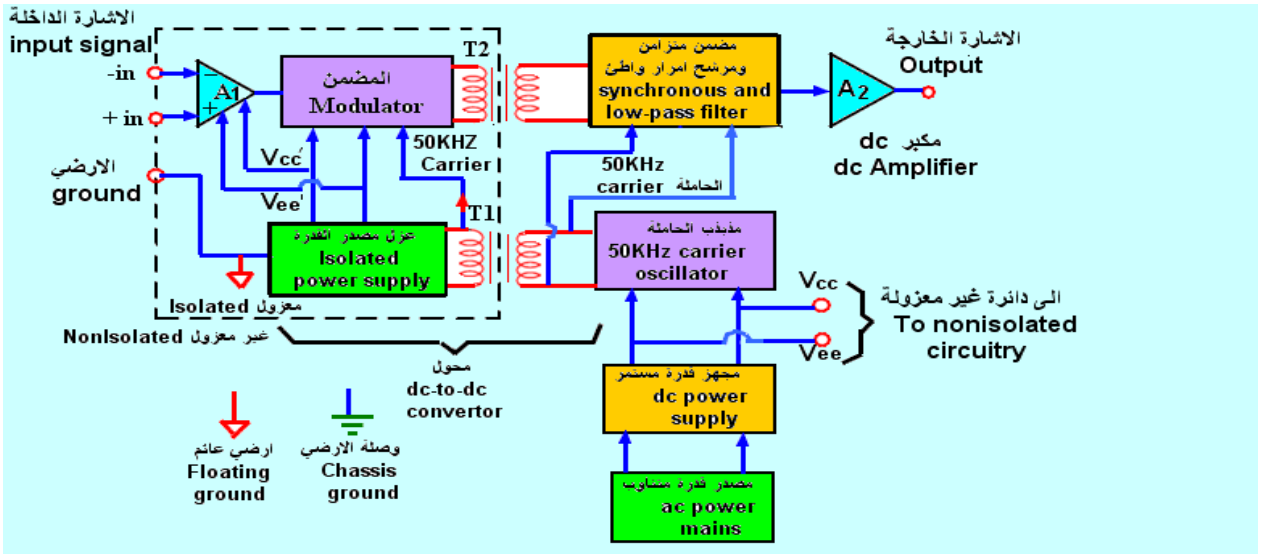
12-9 أستخدام التضمين في العزل الكهربائي للمريض (Floating Earth)

يمكن استخدام تقنية التضمين وازالة التصمين في عزل المريض عن تغذية الاجهزة الطبية، وهو ما يطلق عليه العزل العائم (floating earth).

الشكل (12-11) يوضح احدى مكبرات العزل (Carrier Isolation amplifier)، حيث ان الخطوط المنقطة في الشكل معزولة عن الطاقة الكهربائية المتناوبة (a.c)، ويتم العزل باستخدام اثنين من المحولات (T_2و T_1)، حيث صممت للاشتغال بالترددات العالية (25 kHz-20 kHz) وممانعة لترددات المصدر المتناوب (50Hz أو 60 Hz).

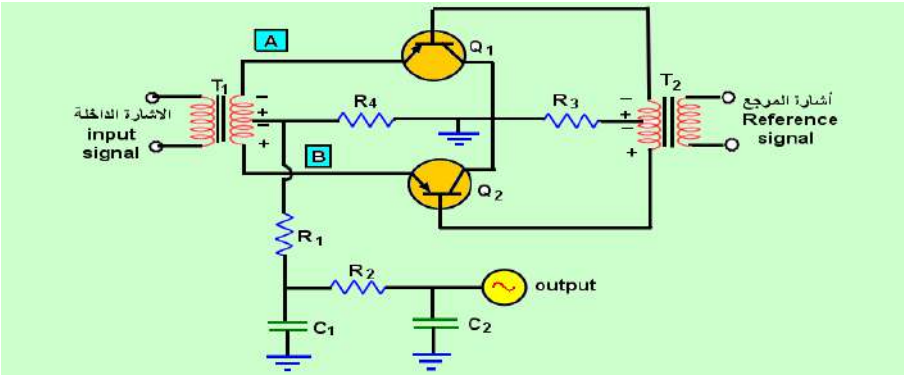
قسم من قدرة المحولة (T_1)، ومن ملفها الثانوي يذهب إلى مرحلة التضمين مباشرة، والباقي يقوم ويرشح ويستخدم لقدرة مستمرة معزولة لتغذية المكبرات والمضمن (Amplifier and Modulator).

تكبر الاشارة البايولوجية القادمة من المريض بواسطة المكبر(A_1)، ثم مرحلة التضمين السعوية، أما بقية اجزاء الدائرة غير المعزولة فتغذى من مصدر الطاقة مباشرة.



شكل12-11 لعزل نوع الموجة الحاملة (Carrier Type Isolation)

الشكل (12-12) يوضح ازالة التضمين باستخدام الترانزستور(Q_1 و Q_2) لمقوم موجة كاملة بماخذ وسطي مع مرشح امرار واطئ كما سبق وتم شرحه في التضمين الراديوي، حيث يربط (Q_1 و Q_2) بطريقة الدفع سحب (Push-Pull)عندها نحصل على موجة مقومة تقويم كأمل على المقاومة (R_4)، وعند ترشيحها من المتسعة (C_2) تكون هناك فولتية مستمرة في الخرج تتناسب مع سعة اشارة الدخل القادمة من المريض، ونكون قد عزلنا المريض عزلا تأما (Floating Earth)عن مصدر الطاقة المتناوبة.



شكل (12-12) ازالة التضمين التزامني

اسئلة الفصل الثاني عشر

1- عرف كل مما ياتي مع المخططات ان وجدت:-

ا) التضمين ب) ازالة التضمين ج) العزل العائم

2- عدد انواع التضمين مع شرح احد الانواع بالتفصيل.

3- أرسم المخطط الكتلي مع الشرح والتاشير لدائرة ارسال(Transmitter).

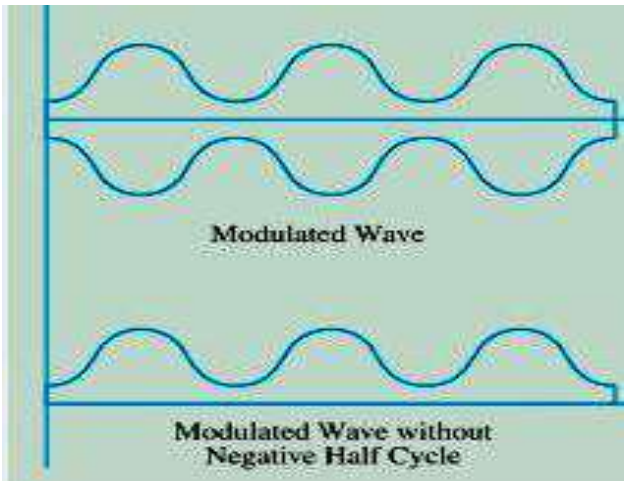
4- أرسم المخطط الكتلي لدائرة أستلام الموجة المضمنة (Receiver) مع الشرح.

5- ارسم دائرة كهربائية بسيطة لمستقبل راديوي لازالة التضمين مع الشرح مع ذكر فائدة كل عنصر في الدائرة.

6- كيف تتحكم اشارة المعلومات بالموجة الحاملة في التضمين السعوي؟

7- عدد انواع ازالة التضمين مع رسم وشرح احد الانواع.

8- ما أسم العنصر الذي يحول الموجة العلوية في الشكل ادناه إلى شكل الموجة السفلية وفي اية دائرة كهربائية؟



الفصل الثالث عشر

الكترونيات القدرة

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل الى التعرف على الكترونيات القدرة وعملها وخواصها وتطبيقاتها.

الاهداف الخاصة: بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:-

1 – يعرف اهم انواع الكترونيات القدرة.

2 – يعرف تركيب وعمل الكترونيات القدرة.

3 – يدرك خواص الكترونيات القدرة.

4 – يفهم تطبيقات الكترونيات القدرة.

5 – يحل اسئلة الفصل.

الفصل الثالث عشر

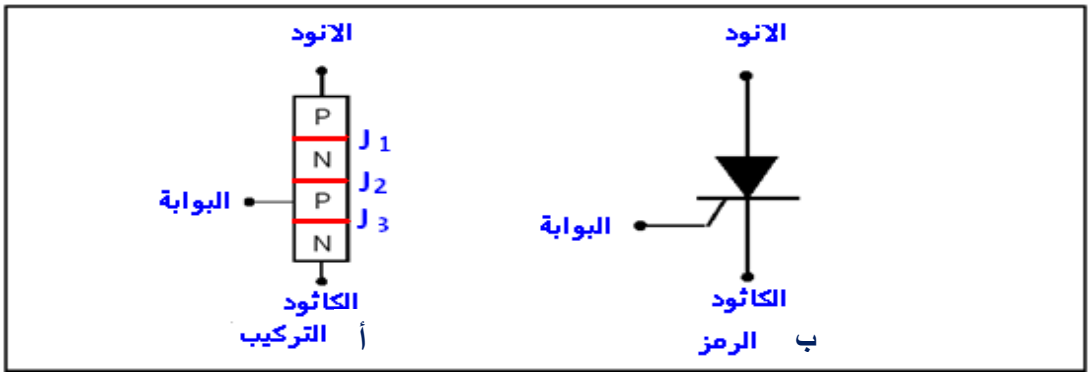
الكترونيات القدرة

13–1 الكترونيات القدرة

الكترونيات القدرة هي عناصر الكترونية تصنع من اشباه الموصلات، وتستخدم في دوائر التحكم بالقدرة كمفاتيح الكترونية، لفصل وتوصيل الدوائر الالكترونية. سنتطرق في هذا الفصل إلى اهم العناصر المستخدمة في الدوائر الالكترونية.

13–2 الثايرستور Thyristor

يتكون الثايرستور من اربع طبقات (PNPN) وله ثلاثة اطراف: الانود (A)، الكاثود (K) والبوابة (G) الشكل (13- 1) يوضح ا- تركيب ب- رمز الثايرستور.



شكل 13-1 تركيب ورمز الثايرستور

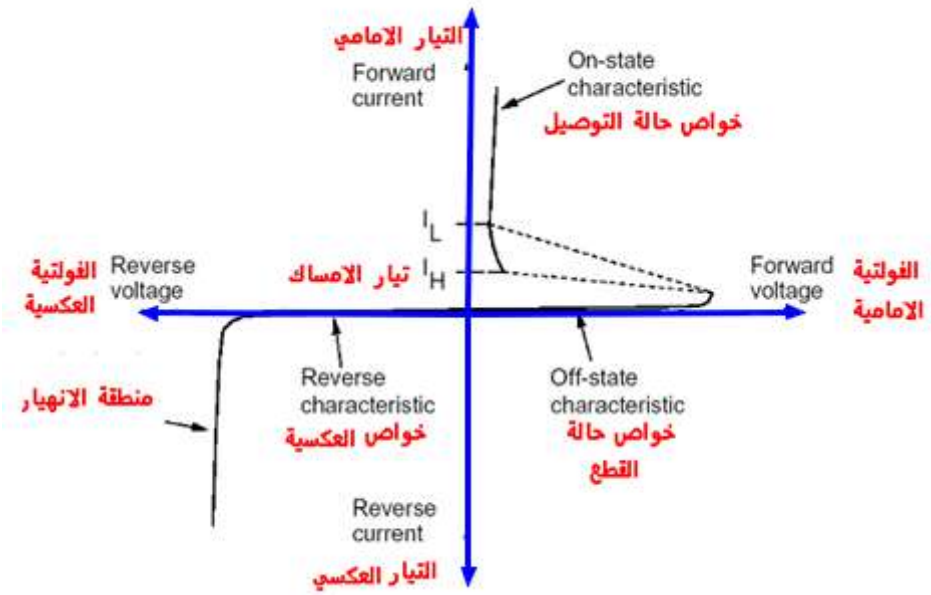
يسمى الثايرستور ايضا بالمقوم السليكوني المسيطر (Silicon Controlled Rectifier–SCR) حيث يستخدم الثايرستور كمفتاح للسيطرة على توصيل القدرة (AC)، وفي دوائر السيطرة على الانارة، وعلى سرعة المحركات الكهربائية.حيث نلاحظ ان رمز الثايستور يشبه رمز الثنائي (الدايود) ولكن مع اضافة طرف البوابة، وعندما يكون الثايرستور في حالة توصيل (ON) فان اتجاه مرور التيار فيه يكون بدلالة السهم كما في الرمز.

13-2-1 خواص الثايرستور

أ– الخواص في الأنحياز الأمامي (Forward biased)

عندما يكون جهد الانود موجبا وجهد الكاثود سالبا يصبح الثايرستور في الأنحياز الأمامي حيث تكون كل من الوصلة (J_1) والوصلة (J_3) في الأنحياز الأمامي، بينما تكون الوصلة (J_2) في الأنحياز العكسي مما تجعل مقاومة الثايرستور عالية جدا، لذلك يمر تيار صغير جدا يسمى بتيار التسرب الأمامي (Leakage Current) ويكون الثايرستور في حالة قطع (Off). عند زيادة الفولتية بين الانود والكاثود إلى قيمة كبيرة جدا يحدث أنهيار أمامي للثايرستور وتسمى هذه الفولتية بفولتية الانهيار الأمامي، حيث تنهار الوصلة (J_2) ويحصل انخفاض مفاجئ في مقاومة الثايرستور، ويمر تيار من الانود إلى الكاثود، وبذلك نحصل على حالة التوصيل الأمامي كما موضح في الشكل (13- 2). يمكن التحكم بقيمة فولتية الانهيار عن طريق تطبيق نبضة على البوابة وتسمى هذه العملية

بالاشعال أو قدح الثايرستور. كلما زاد تيار البوابة كلما قلت فولتية الانهيار، لذلك فان تيار صغير يغذي البوابة يحول الثايرستور من حالة قطع إلى حالة توصيل. بعد ان يكون الثايرستور في حالة توصيل لا تكون للبوابة سيطرة على عمله حتى في حالة فصل البوابة. ولايقاف الثايرستور عن العمل (Off) يتم ذلك بتقليل الفولتية على طرفيه إلى قيمة اقل من فولتية الأمساك، حيث يقل تيار الانود عن تيار الأمساك إلى قيمة معينة اقل من تيار الأمساك ($\mathbf{I_H}$) Holding Current.



شكل 13– 2 منحني خواص الثايرستور

ب- الخواص في الأنحياز العكسي (Reverse Biased)

عندما يكون الانود سالبا والكاثود موجبا يصبح الثايرستور في الأنحياز العكسي عندئذ تكون الوصلة (J_2) في الأنحياز الأمامي، والوصلتان (J_1)، (J_3) في الأنحياز العكسي، مما تجعلا مقاومة الثايرستور عالية جدا ولا يمر الا تيار صغير جدا يسمى بتيار التسرب العكسي، ولكن عند زيادة فولتية الكاثود الموجبة نسبة إلى الانود يحدث انهيار عكسي للثايرستور، وتسمى هذه الفولتية بفولتية الانهيار العكسي مما يؤدي إلى تلف الثايرستور.

13–2-2 طرق اشعال الثايرستور (Firing Thyristor)

أ- الاشعال بالحرارة

ان الزيادة في درجة حرارة القرص السليكوني تؤدي إلى زيادة في معدل توليد حاملات الشحنات، فإذا كانت هذه الزيادة عالية عن حد معين، فانها يمكن تؤدي إلى تشغيل الثايرستور، وعادة هذا التشغيل غير مرغوب فيه لذلك يجب تجنبه.

ب – الاشعال بالضوء

لوسلطت حزمة ضوئية على الوصلة (J_2) لتولدت الكترونات وفجوات في رقيقة القرص السليكوني، وتتولد حأملات الشحنات، ويتم اشعال الثايرستور بنفس الاسلوب الحراري، وبناء على تلك الفكرة تم تصنيع ثايرستور يعتمد اشعاله على الضوء، ويسمى بالمقوم المتحكم السليكوني المثار بالضوء.

جـ - الاشعال بالجهد الزائد

علمنا انه اذا زاد الجهد الأمامي عن جهد الانهيار فان تيار التسرب للثايرستور (Leakage Current) يكون كافيا لتحويل الثايرستور إلى حالة التوصيل الأمامي، وهذه الطريقة للاشعال تدمر الثايرستور، لذلك يجب تجنبها.

د - الاشعال بالجهد المسلط (dv/dt)

من المفترض ان الجهد الأمامي المسلط يزداد بالتدرج، ولو سمح لهذا الجهد بالزيادة المفاجئة فقد يؤدي إلى اشعال الثايرستور من دون تسليط اشارة على البوابة، أو يؤدي إلى زيادة الجهد الأمامي اكثر من مستوى الانهيار، ان هذا النوع غير المرغوب من الاشعال يمكن تجنبه.

هـ - الاشعال بتيار البوابة

اذا سلطت اشارة موجبة على البوابة بتوصيل مصدر بين البوابة والكاثود فان التيار المار بدائرة البوابة يؤدي إلى مرور فجوات من البوابة فتزداد حأملات الشحنة الموجودة مما يساعد في اشعال الثايرستور، وعادة تكون الاشارة المسلطة في شكل نبضة تستغرق زمنا معينا كافيا لتشغيل الثايرستور، واذا وصل الثايرستور يستمر كذلك ولا داعي لابقاء تيار البوابة.

13–2–3 دوائر اشعال الثايرستور (Firing Thyristor Circuits of Thyristor)

تقسم دوائر الاشعال المستعملة عادة لقدح الثايرستور إلى ثلاث انواع هي:

1- دوائر الاشعال بالتيار المستمر.
2 - دوائر الاشعال بالتيار المتردد.
3- دوائر الاشعال بالنبضات.

13-2–4 طرق اخماد الثايرستور (Off- Thyristor Turn)

يجب ان يقل تيار الثايرستور إلى قيمة اقل من تيار الأمساك ($\mathbf{I_H}$) لمدة تكفي لتحويله إلى عدم التوصيل. ان جعل الثايرستور في حالة عدم توصيل ليست صعبة في دوائر التيار المتردد، حيث ينعكس الجهد كل نصف موجة. أما في دوائر التيار المستمر يمر التيار باتجاه واحد، فيتطلب الأمر استعمال دائرة اضافية لاخماد الثايرستور، كما يوجد نوع خاص من الثايرستور يتم اخماده عن طريق البوابة ذاتها.

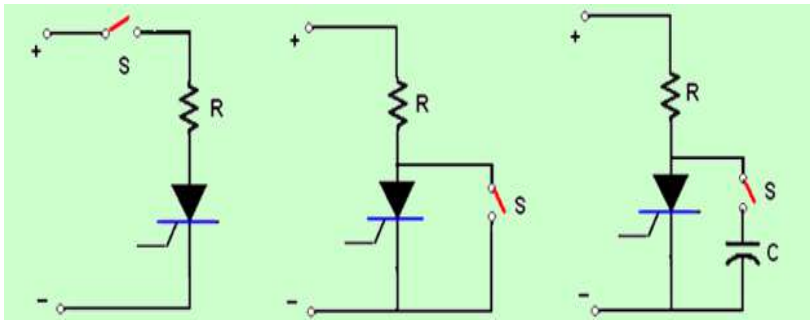
ا – الاخماد الطبيعي

يمكن تقليل تيار الثايرستور إلى الصفر بفتح مفتاح موصل على التوالي مع الثايرستور، كما موضح في الشكل (3-13 – أ)، أو بجعل مسار تحويلي للتيار إلى الصفر بفتح مفتاح موصل على التوازي مع الثايرستور في الشكل(3-13– ب). ويجب اعادة المفتاح إلى حالته الأولى في كلتا الحالتين بعد اخماد الثايرستور، الا انه تتولد (dv/dt) عالية عبر الثايرستور، مما قد يتسبب معها في اعادة تشغيل الثايرستور.

ب- الاخماد الاجباري (القسري)

في هذه الطريقة يسلط جهد عكسي عبر الثايرستور، فيجبر التيار على الهبوط إلى الصفر، بل يمر بالأتجاه العكسي لمدة قصيرة قبل ان يستعيد الثايرستور قابليته للتعويض الأمامي، ويوضح الشكل (3-13 – جـ) دائرة مبسطة لهذا النوع من الاخماد، فعند غلق المفتاح (S) يوصل المكثف المشحون مسبقا بالقطبية المبينة عبر الثايرستور، فيصبح منحازا ويتحول إلى حالة عدم التوصيل، ان هذا النوع من الاخماد كثير الاستعمال في دوائر الثايرستور. تتبع دوائر التيار المتردد التي ينعكس فيها جهد الخط ذي الاخماد القسري، ويسمى في هذه الحالة بالاخماد الطوري (Commutated Line)

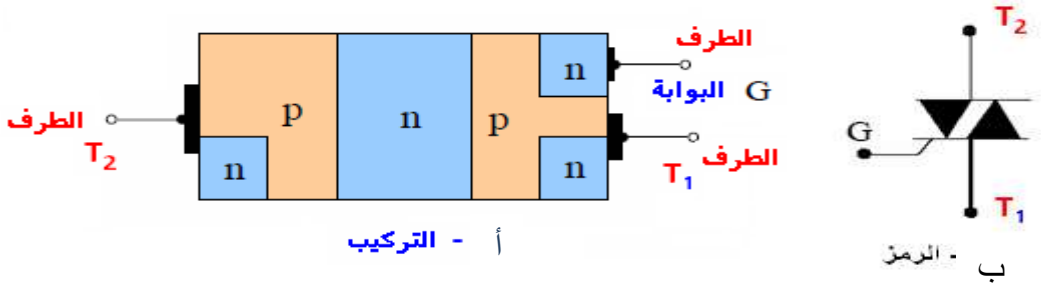
(أ-3-13) (ب-3-13) (جـ-3-13)



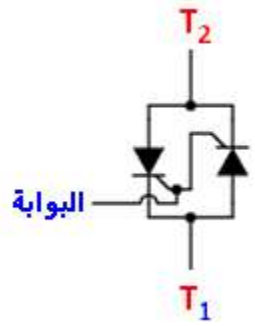
شكل 13–3 طرق الاخماد للثايرستور

13–3 الترايك Triac

يتكون الترايك من عدة طبقات ويكافئ ثايرستورين موصلين على التوازي وبشكل متعاكس، اي ان انود الثايرستور الأول يكون موصلا إلى كاثود الثايرستور الثاني، وكاثود الثايرستور الأول يكون موصلا إلى انود الثايرستور الثاني، الشكل (13– 4) يوضح أ - تركيب الترايك ب – رمز الترايك. والشكل (13– 5) يوضح الدائرة المكافئة للترايك.



شكل 13– 4 تركيب ورمز الترايك



شكل 13- 5 الدائرة المكافئة للترايك

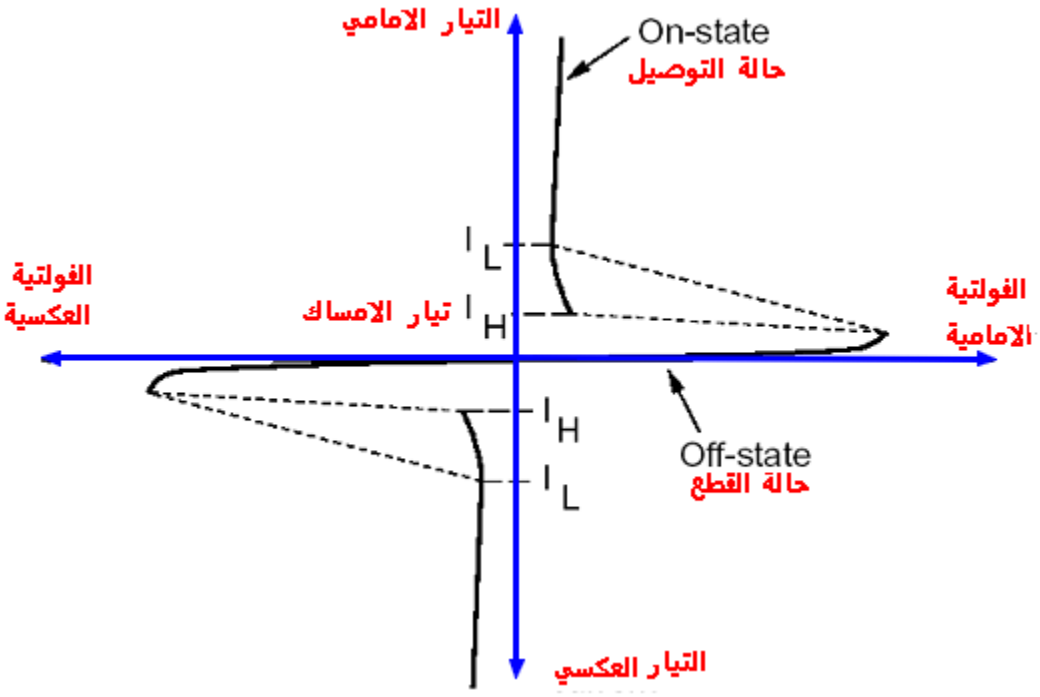
يمكن جعل الترايك في حالة توصيل حيث يكون مرور التيار في كلا الاتجاهين وكالآتي:

ا - مرور التيار من الطرف (T_1) إلى الطرف (T_2) عندما يكون الطرف (T_1) موجبا بالنسبة إلى الطرف (T_2) وطبقت اشارة الاشعال بين البوابة والطرف (T_2).

ب - مرور التيار من الطرف (T_1) إلى الطرف (T_2) عندما يكون الطرف (T_2) موجبا بالنسبة إلى الطرف (T_1)، وطبقت اشارة الاشعال بين البوابة والطرف (T_1).

يمكن اشعال الترايك ايضا باشارة سالبة، الا ان حساسيته للاشارة الموجبة افضل. يستخدم الترايك في عدة تطبيقات، كالتحكم في سرعة المحركات الحثية، وفي دوائر الانارة والتسخين الكهربائي.

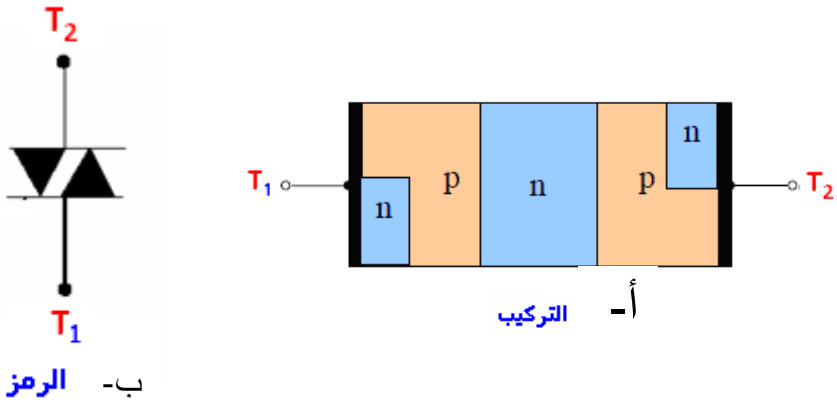
الشكل (13–6) يوضح خواص الترايك حيث تشبه خواص الثايرستور في الأنحياز الأمامي.



شكل 13– 6 خواص الترايك

13–4 الدایاك Diac

يتكون الدایاك من نفس مكونات الترایك ولكن بدون بوابة. الشكل (13–7) يوضح تركيب ورمز الدایاك

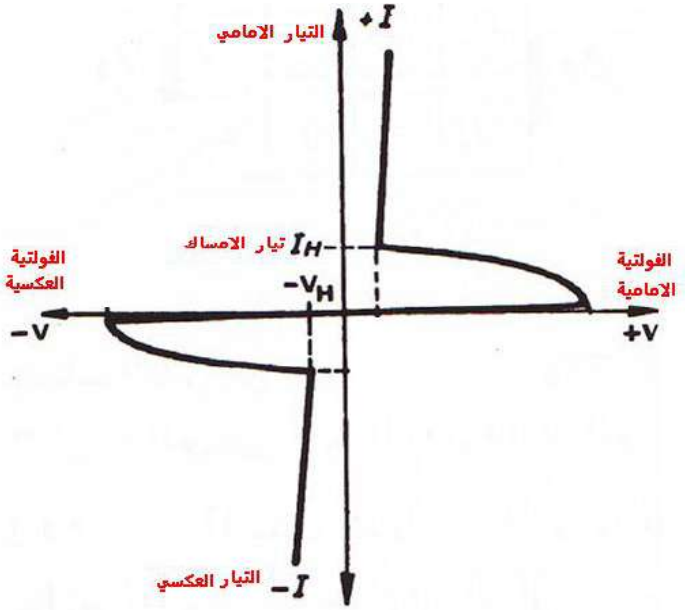


شكل 13–7 تركيب ورمز الدایاك

يمر التيار في الدایاك في كلا الاتجاهين: 1 - من الطرف (T_1) إلى الطرف (T_2)، عندما تكون فولتية الطرف (T_1) اعلى من فولتية الطرف (T_2) إلى مقدار مسأوي إلى اقل قيمة لفولتية الانهيار

2 - من الطرف (T_2) إلى الطرف (T_1)، عندما تكون فولتية الطرف (T_2) اعلى من فولتية الطرف (T_1) إلى مقدار مسأويإلى اقل قيمة لفولتية الأنهيار.

الشكل (13–8) يوضح خواص الدایاك، حيث تشبه خواص الترایك في حالة الغاء تيار البوابة. يستعمل الدایاك في دوائر اشعال للثايرستور، والترایك، وفي دوائر الحماية من الفولتيات المرتفعة.

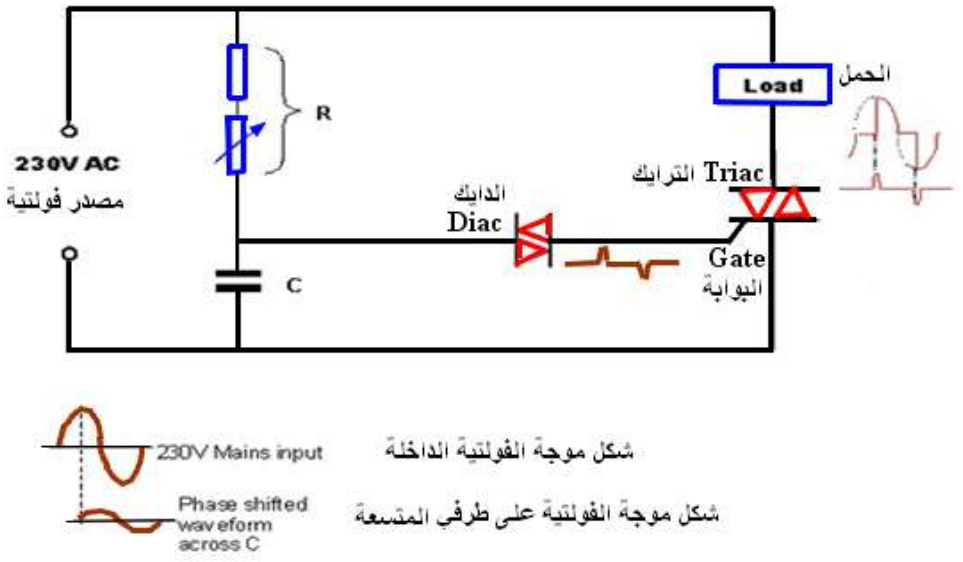


شكل 13–8 خواص الدایاك

13–5 تطبيقات الكترونيات القدرة

يستخدم الترايك في دوائر التيار المتناوب للسيطرة على قدرة الموجة من الصفر، وإلى موجة كاملة وله استخدامات واسعة في السيطرة على الدوائر المتناوبة من دون الحاجة إلى عناصر اضافية عدا قدحه من خلال البوابة باستخدام الدايك. لذا يستخدم في دوائر الاضاءة كخافت للضوء، وفي السيطرة على مصابح الفلورسنت، وعلى سرعة المحرك الكهربائي. يستخدم في دوائر الاضاءة كخافت للضوء، وفي السيطرة على مصباح الفلورسنت، وعلى سرعة المحرك.

الشكل(13-9) يوضح دائرة بسيطة من انواع دوائر السيطرة على الاضاءة، أو سرعة المحرك بأستخدام الدياك والترايك مع شكل موجة الفولتية الداخلة، وشكل موجة الفولتية على طرفي المتسعة، وتعتمد طريقة السيطرة على كمية القدرة المجهزة للحمل.



الشكل 13–9 دائرة سيطرة بسيطة باستخدام الدياك والترايك

عند توصيل القدرة المتناوبة (Mains Input) للدائرة في الشكل(13-9) فان الموجة تقل سعتها ويتغير طورها بزاوية تعتمد على قيم المقاومة (R)، والمتسعة (C)، كما موضح في شكل الموجة في منتصف الشكل (13-9). وعندما تنشحن المتسعة بالفولتية المناسبة، فانها تفرغ شحنتها من خلال البوابة لقدح الترايك، فيصبح بحالة توصيل لما تبقى من نصف الموجة الموجبة،وعند وصول قيمة الموجة للصفر ينقطع توصيل الترايك لفترة زمنية إلى ان تنشحن المتسعة بفولتية القدح بالأتجاه المعاكس، مما يعطي الدايك القابلية على قدح الترايك ليكون في حالة توصيل لما تبقى من نصف الموجة السالبة، ويكون شكل الموجة المجهزة للحمل (Load) كما في يمين الشكل (13-9)، واسفلها شكل نبضة قدح الترايك الخارجة من الدياك ،علما بان قيمة المقاومة المتغيرة هي التي تتحكم بزاوية الطور، وبالتالي بمقدار كمية القدرة المجهزة للحمل، حيث التحكم بكمية الضوء، أو سرعة المحرك.

اسئلة الفصل الثالث عشر

1 - عرف الآتي:
الكترونيات القدرة، الثايرستور، فولتية الانهيار، تيار التسرب، الترايك، الدایاك، الاشعال.

2 – ما تركيب ورمز الثايرستور، وضح ذلك مع الرسم واذكر استخداماته؟

3 – أشرح خواص الثايرستور بالأتجاه الأمامي والعكسي، موضحا اجابتك مع الرسم.

4 – اذكر طرق اشعال الثايرستور.

5 – اذكر انواع دوائر اشعال الثايرستور.

6 – وضح مع الرسم طرق اخماد الثايرستور.

7 - ما تركيب الترايك والدائرة المكافئة له عزز اجابتك بالرسم وأذكر استخداماته؟

8 – وضح كيف يمر التيار في الدایاك في كلا الأتجاهين.

9 - ما تركيب ورمز الدایاك، وضح ذلك مع الرسم ذاكراً اهم أستخداماته؟

10 - ما الفرق بين منحني الخواص لكل من الترايك و الدایاك؟

11- وضح مع الرسم أستخدام الترايك والدایاك في دوائر التيار المتناوب للسيطرة على إضاءة مصباح أو محرك كهربائي.

الفصل الرابع عشر
الموجات الكهرومغناطيسية وتطبيقاتها

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل الى التعرف على الموجات الكهرومغناطيسية وتطبيقاتها.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:-

1 - يرسم ويعرف الطيف الكهرومغناطيسي.

2 - يعرف صفات وخصائص الموجات الكهرومغناطيسية وأستعمالاتها.

3- يحدد موقع الموجات الكهرومغناطيسية على الطيف الكهرومغناطيسي.

4 - يشرح طريقة توليد كل من الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية.

5 - يعرف الظاهرة الكهروضوئية.

6- يعرف خصائص وتوليد اشعة الليزر وأستعمالاتها.

7- يعدد خطوات تشغيل جهاز الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية.

8 - يحل جميع اسئلة الفصل.

الفصل الرابع عشر

الموجات الكهرومغناطيسية وتطبيقاتها

14–1 تمهيد

الموجات الكهرومغناطيسية هي الاساس في الاتصالات اللاسلكية، والتي فيها يتم الاتصال بين نقطتين أو اكثر بينهما مسافات شاسعة، ولا توجد بينهما خطوط نقل مباشرة. والاتصالات اللاسلكية لها تطبيقات عديدة في مجالات الاتصالات الهاتفية، والمراقبة الجوية، والاقمار الصناعية، والاجهزة الطبية.

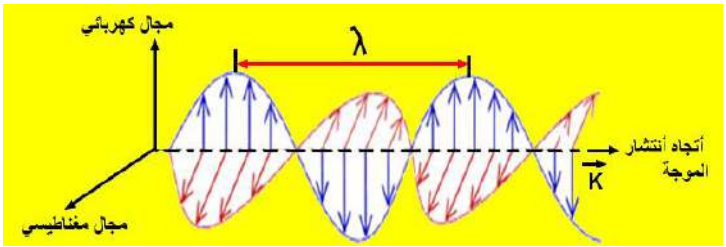
14-2 الموجات الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Waves)

ان الشحنة الكهربائية الساكنة تنتج مجالا كهربائيا يحيط بها، وعندما تكون الشحنة في حالة حركة يتكون حولها مجال مغناطيسي اضافة إلى مجالها الكهربائي. من المعلوم ان مجالا مغناطيسيا متغيرا يولد قوة دافعة كهربائية (ق.د.ك) محتثة، وهذا ما يسمى بالحث الكهرومغناطيسي، ينتج عن فرق في الجهد يمثل معدل تغير المجال الكهربائي بين نقطتين. لذلك يكون المجال المغناطيسي المتغير مكافئا في تاثيره للمجال الكهربائي المتولد والعكس صحيح، اذ ان تاثير المجال الكهربائي المتولد المتغير يكافىء المجال المغناطيسي المتولد.

تمكن العالم (ماكسويل) من وضع نظرية تعتمد على المبداين الاساسيين الآتيين: -

1. المجال الكهربائي المتغير في الفضاء ينتج مجالا مغناطيسيا يكون عموديا عليه ومتفقا معه في الطور.
2. المجال المغناطيسي المتغير في الفضاء ينتج مجالا كهربائيا يكون عموديا عليه ومتفقا معه في الطور.

وبناء على هذين المبدأين، فان المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي ينتشران في الفضاء من نقطة إلى اخرى وهما متلازمان ومتفقان في الطور، وعموديان على خط انتشارهما مكونان ما يسمى بالموجة الكهرومغناطيسية كما في الشكل (14-1).



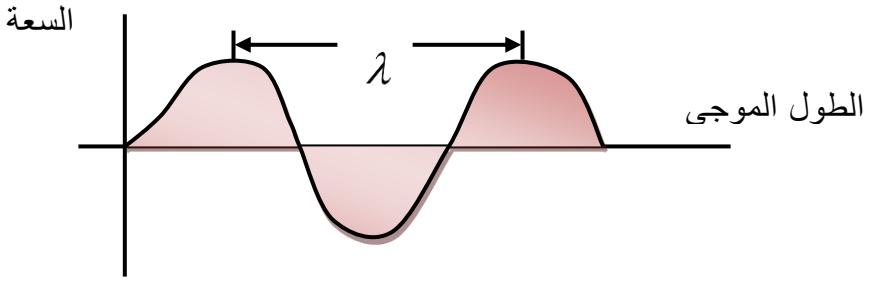
شكل 14-1 موجة كهرومغناطيسية

14–3 خصائص الموجات الكهرومغناطيسية
(Electromagnetic Waves Characteristics)

تتصف الموجه باربع صفات اساسية هي:

1- الطول الموجي (Wavelength)

يحدد الطول الموجي (λ) بالمسافة بين قمتين متعاقبتين، أو اية نقطتين متناظرتين ومتعاقبتين للموجة. يقاس الطول الموجي باجزاء المتر، وتسمى النانومتر (nm)، وهذه تساوي (10^{-9} من المتر) أو الانكستروم (A) والذي يساوي 10^{-10} من المتر، كما موضح في الشكل(14-2).



شكل 14-2 شكل الموجة

2- التردد (Frequency)

يمثل التردد عدد الموجات المارة من نقطة معينة في الثانية الواحدة، ويقاس بالذبذبة/الثانية أو الهيرتز (Hz). اذا كانت متجهات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي تؤلفان اهتزازات توافقية ذات تردد ثابت ندعوه بتردد الموجة الكهرومغناطيسية.

3- السرعة (Velocity)

سرعة الموجة ثابتة في الوسط المعين. وتوصل (ماكسويل) إلى ان سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ هي نفسها سرعة انتشار الضوء في الفراغ؛ اذ تبلغ (3×10^{8}) m/s مما يؤكد ان الضوء نفسه عبارة عن موجات كهرومغناطيسية.

ويرتبط التردد، والطول الموجي، والسرعة بالعلاقة الآتية:

$$f=\frac{v}{\lambda} \quad \ldots\ldots\ldots (1\text{-}14)$$

حيث:

f – التردد

λ - الطول الموجي

v – سرعة الموجة

4- السعة (Amplitude)

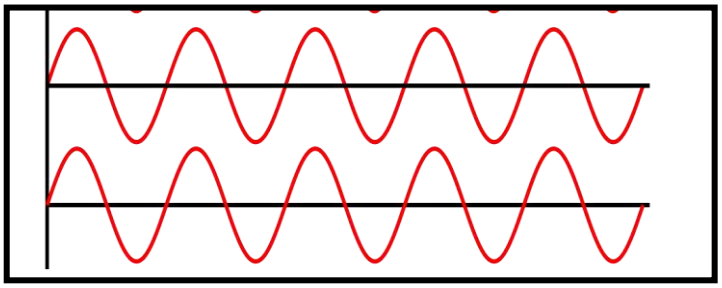
تمثل السعة اعلى ارتفاع للموجة مقاسا من خط الصفر. وهناك خواص اخرى للموجات يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار لاهميتها وهي:

أ- الطور(Phase)

الموجات ذات الطول الموجي الواحد، تكون في طور واحد عندما تقع قمم بعضها على بعض. فإذا ما التقت موجتان لهما الطول الموجي نفسه، وكانت قمة احدهما على قمة الثانية، نحصل على موجة واحدة ذات سعة مضاعفة، ولها الطول الموجي للموجتين. أما اذا كانت بطور مختلف (قمة احداهما على قعر الاخرى) فسوف نحصل على موجة سعتها تساوي صفرا.

ب-التماسك (الترابط) (Coherency)

يتكون الضوء المتماسك من موجات ثابته مترابطة ليس بينها اختلاف في الطور في اي مكان، أو اي وقت. كما موضح في الشكل (14-3)



شكل 14-3 تماسك الموجات

14- 4 خواص الموجات الكهرومغناطيسية

(Properties of Electromagnetic Waves)

1- تنتقل الموجة الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء في الفراغ وتساوي (3×10^{8}) m/s أما سرعة انتقالها في الأوساط المادية، فيعتمد على الخواص الكهربائية والمغناطيسية لذلك الوسط.

2- تنتشر بخطوط مستقيمة وتخضع للخصائص الموجبه من حيث الحيود والتداخل.

3- لا تتاثر بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية.

4- موجات مستعرضة قابلة للاستقطاب.

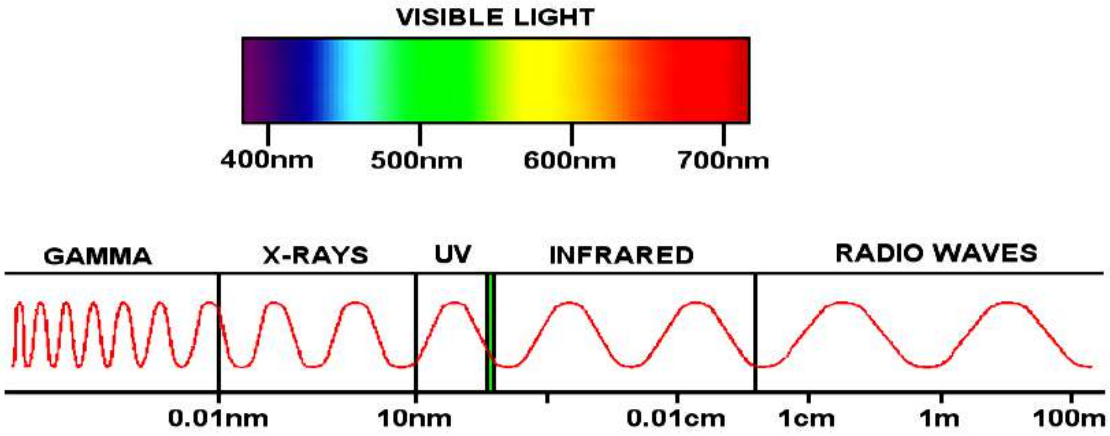
5-طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المنتشرة في الفراغ تتوزع بين مجاليها الكهربائي والمغناطيسي بصورة متساوية.

6-للطاقة الكهرومغناطيسية مظاهر متعددة (ضوئية، حرارية، كهربائية،..) وهذا ناتج عن اختلافها بالتردد أو (الطول الموجي).

5-14 طيف الموجات الكهرومغناطيسية

(Alectromagnetic Waves Spectrum)

ان مدى اطوال الموجات الكهرومغناطيسية يمر من الموجات ذات الطول الموجي الاطول (الموجات الراديوية) إلى الموجات ذات الطول الموجي الاقصر (موجات كاما)، كما يتضح ذلك من المخطط الذي نراه في الشكل (4-14)



شكل 4-14 مناطق الطيف الكهرومغناطيسي

ينقسم طيف الموجات الكهرومغناطيسية إلى:

1- الموجات الراديوية (Radio Waves)
2- الموجات المايكروية (Microwaves)
3- الاشعة تحت الحمراء (Infrared rays)
4- الضوء المرئي(Visible light)
5- الاشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet rays)
6- الاشعة السينية (X-rays)
7- اشعة كاما (Gamma rays)

لكل منطقة من مناطق الطيف الكهرومغناطيسي خصائص تميزها عن بعضها البعض، وبناء عليه نجد تطبيقات مختلفة لهذه الاشعة.

تجدر الاشارة إلى ان الموجات الكهرومغناطيسية لها طاقة تعطى بالمعادلة الآتية:

$$E = hf \qquad \text{..... (2-14)}$$

حيث:

E- الطاقة بالجول (J)

h- ثابت بلانك J.S= (6.6×10^{-34})

f- التردد بالهرتز (Hz)

وتستخدم وحدة الالكترون فولت (ev) للتعبير عن طاقة الاشعة الكهرومغناطيسية:

($1.ev = 1.6\times10^{-19} J$)

نستنتج من ذلك انه كلما زاد التردد ازدادت الطاقة وعليه فان طاقة، اشعة كأما أكبر ما يمكن في الطيف الكهرومغناطيسي. سنقوم بدراسة كل منطقة من مناطق الطيف الكهرومغناطيسي على حدة لتوضيح المزيد من المعلومات عن تولدها واستخداماتها.

6-14 الموجات الراديوية (Radio Waves)

الطول الموجي: $3\times10^{5}\,nm$ يمتد إلى بضعة كيلومترات.
التوليد: يمكن توليدها باستعمال المذبذبات الكهربائية (Oscillators).
الاستخدام:

أ) تستخدم في نقل الاصوات واشارة التلفزيون والهاتف.
ب) تستخدم لنقل معلومات عن دقات القلب للمريض من بيته إلى المستشفى. وكذلك من سيارة الاسعاف إلى المستشفى التي سينقل اليها المريض.
ج) تستخدم في المجالات الصناعية في الاتصال بين المؤسسة وموظفيها وتمكنهم من تبادل المعلومات من مواقع عملهم.
د) تستخدم في اجهزة السيطرة عن بعد للتحكم في الاجهزة.

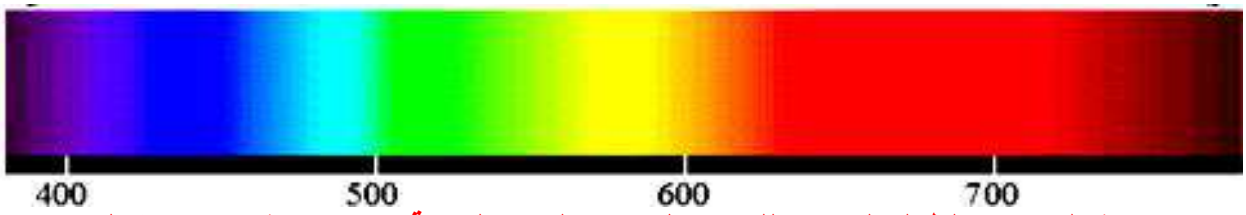
7-14 الموجات المايكروية (Microwaves)

الموجات المايكروية جزء من الموجات الكهرومغناطيسية ذات طول موجي طويل يقاس بالسنتمتر في المدى من (0.3 إلى 30)cm.يمكن توليدها بوساطة اجهزة الكترونية خاصة الاستخدام:

أ) انظمة البث الاذاعي، وفي التلفاز، والرادار، وملاحة الطيران، وانظمة الاتصالات.
ب) تستخدم في افران المايكرويف، اذ تؤمن عمليات الطبخ المنزلي بوقت قصير نسبيا.

8-14 الضوء المرئي (Visible light)

هو ذلك الجزء من الطيف الذي يمكن للعين البشرية ان تكشفه. ويتولد الضوء المرئي من اعادة تركيب الألكترونات في الذرات والجزيئات. وكما موضح في الشكل(14-4)، فان الضوء المرئي هو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي، وهو الجزء الوحيد في هذا الطيف الكبير تستطيع العين البشرية رؤيته، والشمس تحوي جميع انواع الاشعة و (90%) من اشعتها تحوي الضوء المرئي الذي يتكون من سبعة الوان تبدا باللون البنفسجي بطول موجي (400nm)، وينتهي باللون الاحمر بطول (700nm). كما موضح في الشكل (14-5).



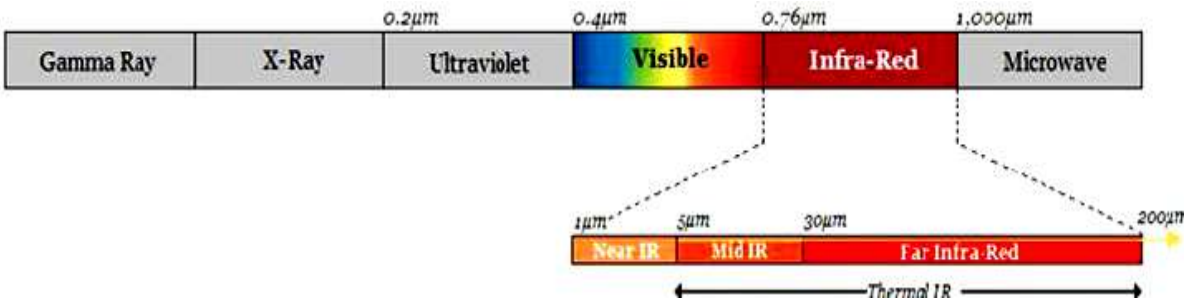
شكل 14-5 الطول الموجي للضوء المرئي بالوانه السبعة بوحدات مقاسا بوحدة النانومتر

9-14 الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية

لفهم الاشعة تحت الحمراء (IR) وفوق البنفسجي (UV) من المهم ان نعرف شيئا عن الطيف الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Spectrum) الموضح في الشكل (14-4) الذي يحوي على اطوال موجية من الصفر وإلى ما لانهاية، نتيجة للتذبذب الثابت للالكترونات في مداراتها حول نواة الذرة. وان سرعة التذبذب (التردد) يحدد مستوى طاقة الانواع المختلفة للاشعة في الطيف الكهرومغناطيسي، أو تحدده اطوالها الموجية حيث الموجة الاقصر طولا تكون الاكثر طاقة، أو الموجة الاعلى ترددا تكون الاكثر طاقة.

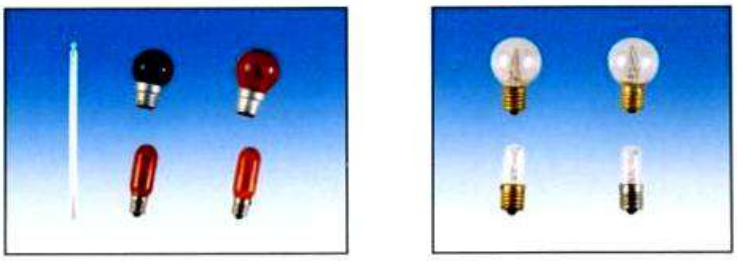
1-9-14 الاشعة تحت الحمراء (Infrared Radiation -IR)

الاشعة تحت الحمراء (IR) هي موجات تقع ضمن الطيف الكهرومغناطيسي كما موضح في الشكل (14-4)وموقعها بين الضوء المرئي (Visible light) والموجات الدقيقة (Microwaves)، واطوالها الموجية تبدا من (1µm) وإلى (200µm) ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة مواقع حسب قربها، أو بعدها من الضوء المرئي كما موضح في الشكل (14-6).



شكل 14-6 الطيف الكهرومغناطيسي واقسام الاشعة تحت الحمراء

فالاشعة القريبة تسمى اشعة تحت الحمراء القريبة (Near Infrared –NIR)، ثم المتوسطة البعد (MID-IR)، وبعدها الاشعة تحت الحمراء البعيدة ورمزها (FAR-Infrared)، واطوالها الموجية كما في الشكل(14-6). ويسمى النوعان الاشعة المتوسطة والبعيدة بالاشعة الحرارية لشعورنا بحرارتها عند التعرض للشمس، أو النار، أو المدافئ الكهربائية، وعامل طولها الموجي من (5 µm) إلى (200 µm). والتي تستخدم في الطب للتشخيص والعلاج، أما الاشعة تحت الحمراء القريبة، فهي ليست حارة على الاطلاق ولا نستطيع الاحساس بها وعادة ما تستخدم في اجهزة التحكم عن بعد(Remote Control)، وبما ان العنصر الرئيسي في الموجات تحت الحمراء هي الحرارة فان اي جسم له درجة حرارة يشع موجات تحت الحمراء حتى الأجسام الباردة، مثل مكعبات الثلج فعندما يكون الجسم غير حار بما فيه الكفاية ليشع الاشعة المرئية فانه يشع معظم طاقته على شكل اشعة تحت الحمراء، وكمثال فان الفحم الحار قد لايشع ضوءا ولكنه بالتاكيد يشع اشعة تحت الحمراء، والأجسام البشرية تشع أمواج تحت الحمراء بطول موجي (10 µm)، وبسبب الطاقة التي تحويها فانها تستخدم في الكثير من التطبيقات العلمية، والعملية، وخاصة في العلاج الطبيعي لازالة الالم والشد العضلي، والمساعدة على شفاء العضلات، والأمراض الجلدية، وتستخدم ايضا في دراسة التركيب البلوري للمواد وفي المجال العسكري تستخدم الاشعة تحت الحمراء في تصويب وتوجيه القذائف. والشكل (14-7) يوضح مصابيح تحت الحمراء متعددة الاحجام، والاشكال، والطاقات والمستخدمة في العلاج



شكل 14-7 مجاميع من مصابيح الاشعة تحت الحمراء

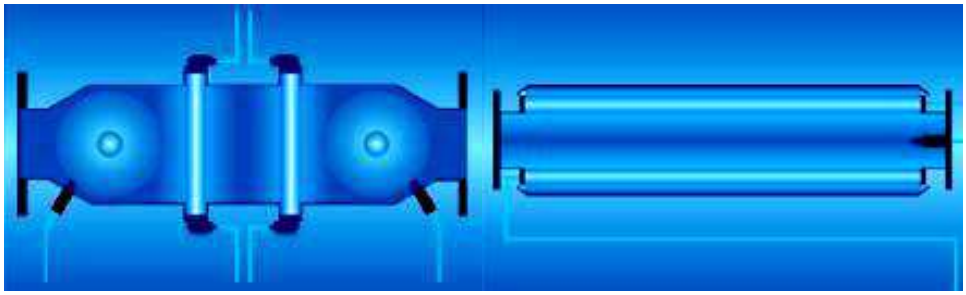
14-9-2 الاشعة فوق البنفسجية (Ultra Violet Radiation-UV)

الاشعة فوق بنفسجية (UV) هي موجات كهرومغناطيسية بطول موجي اقصر من الضوء، ولكنها اطول من الاشعة السينية، وعامل مداها من (10 nm) وإلى (400 nm)، وعلى الرغم من عدم استطاعة العين البشرية رؤيتها فانها تحمل من الطاقة مما يؤدي إلى تلف بايولجي عند اختراقها خلايا الجلد، أو العين لذلك يجب ارتداء النظارات الخاصة عند التعامل معها، والشكل (14-8) يوضح احد انواع النظارات.

شكل 14-8 نظارة خاصة للاشعة الفوق بنفسجية

تقسم الاشعة فوق البنفسجية إلى ثلاث مناطق هي، المنطقة (A)، الاشعة فوق البنفسجية القريبة من الضوء المرئي ويرمز لها (Near Ultra Violet-NUV) وطولها الموجي من (315 nm) وإلى (380 nm)، وتسبب تكرمش الجلد(التقدم بعمر الجلد) عند التعرض لها لفترة طويلة (Aging). والقسم الثاني (B) الاشعة فوق البنفسجية البعيدة (FUV) وعامل طولها الموجي من (280 nm) وإلى (315nm) التي تخترق الجلد بصورة اعمق عند التعرض لها، لذا يكون تاثيرها الضار أكبر، والنوعان اعلاه موجودان في اشعة الشمس. أما القسم الثالث (C) والذي يولد اصطناعيا بأستخدام مصابيح التفريغ الكهربائي، فتسمى الاشعة فوق البنفسجية المتناهية البعد، ويرمز لها (Extreme Ultraviolet-EUV) والقريبة من الاشعة السينية وطولها الموجي من (200 nm) إلى (280 nm)، وهي اكثر الانواع طاقة. وتستخدم الاشعة فوق البنفسجية في تعقيم الماء، والمعدات الطبية، وفي الكثير من الصناعات كمعقم ومبيد للجراثيم، فضلا عن استخدامه في تلوين وتقشير البشرة، والحصول على فيتامين (D) المفيد لمرضى الكساح، وتستخدم للكشف عن النصوص الغير مرئية، أو الاثار والجروح على جسم الانسان التي لا نراها بأستخدام كأميرات الاشعة فوق البنفسجية، وهناك مرشحات للسيطرة على الطول الموجي. والشكل (14-9) يوضح مرشح حزمة للاطوال الموجية من (320 nm) إلى (390 nm). والشكل (14-10) يوضح مجاميع من المصابيح للاشعة فوق البنفسجية المستخدمة للعلاج.

شكل 14-9 مرشح حزمة للاشعة فوق البنفسجية



شكل 14-10 انواع من المصابيح الفوق بنفسجية المستخدمة للعلاج

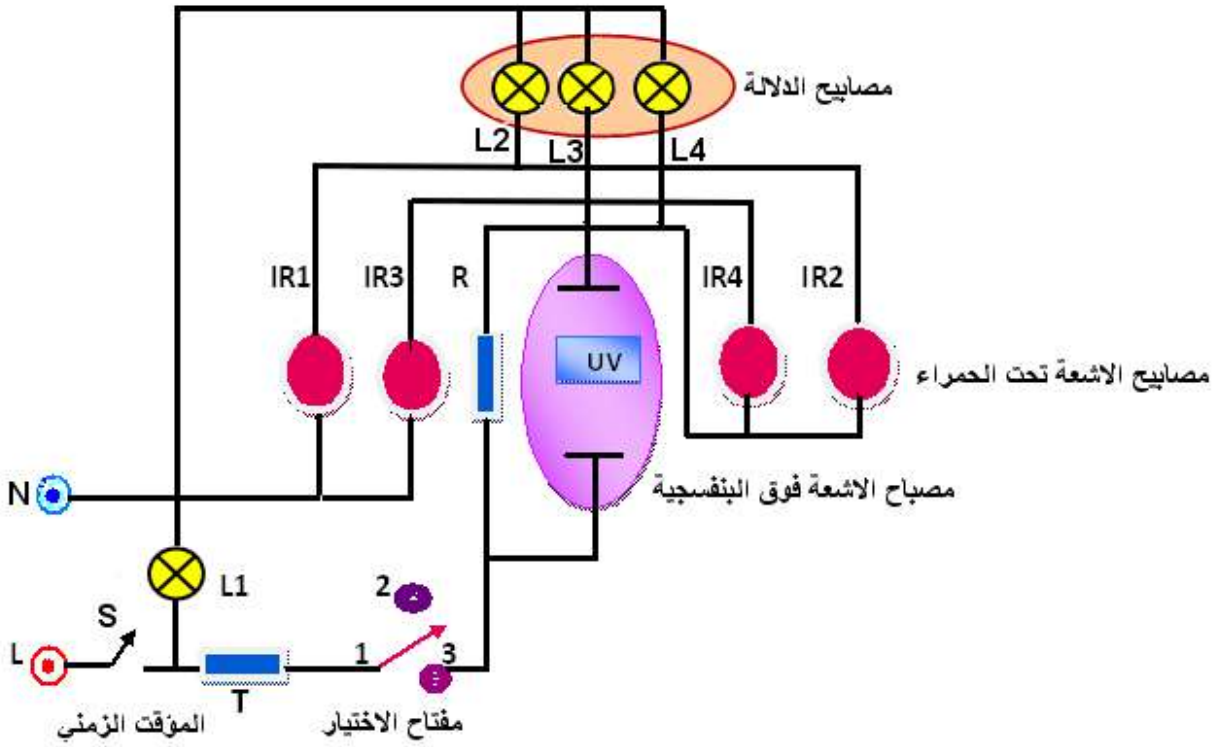
14-9-3 جهاز الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية

عند استخدام الجهاز يجب تغطية جميع الخدوش وبقية اجزاء الجسم بقطعة قماش مبلله أو قطن، وازلة العدسات اللاصقة والاجزاء المعدنية، وتوجيه الاشعة على المنطقة المصابة بصورة عمودية. والشكل (14-11) يوضح صورة لاحد الاجهزة مع الحأمل.

شكل 14-11 احد اجهزة العلاج بالاشعة

14–9-4 الدائرة الكهربائية لجهاز الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية

الشكل (14-12) يوضح الدائرة الكهربائية لجهاز العلاج بالاشعة تحت الحمراء، وفوق البنفسجية وخطوات التشغيل كما يلي:-



شكل 14-12 الدائرة الكهربائية لجهاز الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجي

1- تجهز القدرة الكهربائية من خلال المفتاح الرئيس(S) فيشتغل مصباح الدلالة (L_1).
2- يوضع الموقت (T) على الزمن المحدد من قبل الطبيب، وكذلك نوع الاشعة فإذا كانت تحت الحمراء نضع المفتاح (1) على النقطة (2) فتشتغل مصابيح الاشعة الاربعة، ومصباحي الدلالة (L_2 و L_4).
3- عند اختيار الاشعة فوق البنفسجية نضع المفتاح (1) على النقطة (3) فيشتغل مصباح الاشعة فوق البنفسجية ومصباح الدلالة (L_3)، وكذلك اثنان من مصابيح الاشعة تحت الحمراء (IR_1 وIR_2)،ومصباحا الدلالة (L_2 وL_4). علما بان المصباحين (IR_1و IR_3) مربوطان على التوازي مع المصباحين (IR_2 و IR_4).
4- المقاومة (R) وقيمتها (27 kΩ) المربوطة على التوازي مع انبوبة الاشعة فوق البنفسجية توفر فولتية ثابتة للانبوبة وكحماية لها.

14–10 الظاهرة الكهروضوئية (Photoelectric effect)

الظاهرة الكهروضوئية هي احدى الظواهر العديدة التي يمكن منها انبعاث الكترونات من سطح مادة فمن هذه الظاهرة:-

1- الانبعاث الحراري
2- الانبعاث الثانوي
3- الانبعاث الكهربائي
4 - الانبعاث الكهروضوئي

الظاهرة الكهروضوئية تحدث عند سقوط اشعاع كهرومغناطيسي على سطح معدن، فينتج عنه تحريرالكترونات من سطح المعدن، ولتفسير ما يحدث هو ان جزء من طاقة الاشعاع الكهرومغناطيسي يمتصها الالكترون المرتبط بالمعدن يتحرر منه، ويكتسب طاقة حركية. وهذه العملية تعتمد على العديد من المتغيرات وهي:-

ا- تردد الاشعاع الكهرومغناطيسي.

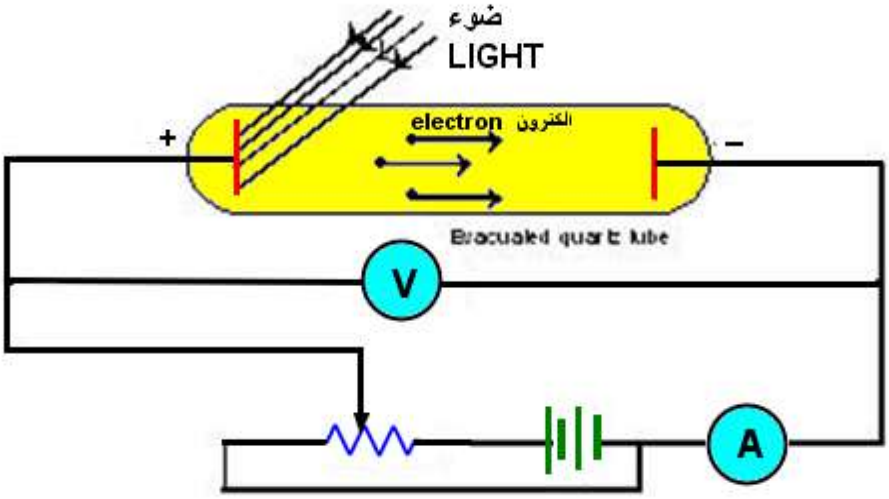
ب- شدة الاشعاع الكهرومغناطيسي.

ج- التيار الكهروضوئي الناتج.

د- طاقة حركة الالكترون المتحرر من سطح المعدن.

هـ - نوع المعدن.

ويمكن دراسة هذه الظاهرة بوساطة الجهاز المبين في الشكل (14-13)



شكل 14-13 الدائرة الكهربائية لدراسة الظاهرة الكهروضوئية

عندما يسقط اشعاع كهرومغناطيسي احادي اللون على سطح المعدن (الانود) متصل مع الطرف الموجب للبطارية، وموجود داخل وعاء مفرغ من الهواء، وذلك لمنع تصادم الألكترونات المتحررة بجزيئات الهواء، تتحرر الألكترونات من سطح المعدن، وتتمكن من الوصول إلى اللوح السالب (الكاثود)، فان تيارا كهربائيا يمر في الدائرة ويمكن قياسه من خلال الأميتر والذي يعبر عن شدة التيار الكهروضوئي المار في الدائرة، وكلما ازدادت عدد الألكترونات المتحررة من سطح المعدن كلما كان التيار الناتج أكبر نلاحظ ان:

1- طاقة الألكترونات المتحررة من الانود مختلفة.

2- القوة الكهربائية الناتجة من المجال الكهربائي بين الكاثود والانود تعمل في عكس اتجاه حركة الألكترونات.

3- الطاقة الحركية للالكترونات تكون مسأوية للشغل المبذول عليها بواسطة المجال الكهربائي من خلال العلاقة الآتية:

الطاقة الحركية العظمى للالكترون الضوئي= الفولتية × شحنة الالكترون

(جول) (فولت) (كولوم)

يعمل فرق الجهد هذا على ايقاف الألكترونات ويمكن زيادته تدريجيا إلى ان يصل إلى القيمة العظمى التي عندها يسمى فرق الجهد المطبق بفرق جهد الايقاف أو جهد القطع وهو الجهد اللازم لايقاف اسرع الألكترونات، أو تلك التي تمتلك اعظم طاقة حركية، وعندها يكون التيار المار في الدائرة مسأويا للصفر. وجد عمليا:

1- ان قيمة جهد الايقاف تعتمد على تردد الاشعة الكهرومغناطيسية فكلما زاد التردد كلما كانت قيمة جهد الايقاف أكبر.

2- قيمة جهد الايقاف تتغير بتغيير نوع المعدن.

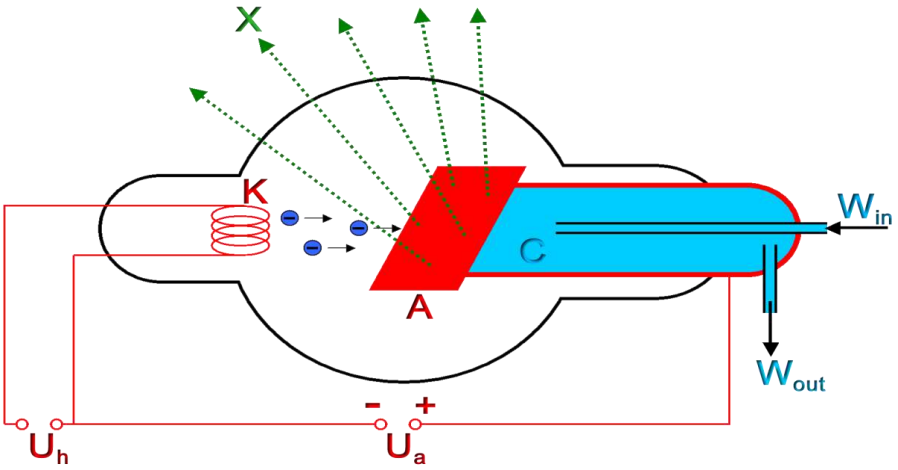
3- قيمة جهد الايقاف لا تعتمد على شدة الاشعة الكهرومغناطيسية.

تجدر الاشارة إلى ان ادنى تردد مطلوب للأنبعاث الالكتروني من سطح المعدن يسمى بالتردد الحرج (Threshold Frequency) ولا يمكن الحصول على تيار كهروضوئي الا اذا كان تردد الاشعة الكهرومغناطيسية أكبر من التردد الحرج.

14–11 الاشعة السينية (X-Ray)

هي موجات كهرومغناطيسية ذات تردد عال جدا (طول موجي قصير جدا) لها القابلية على اختراق الأجسام، اكتشفها العالم (رونتكن) عام 1895 م.

هناك طرائق عدة لتوليد الاشعة السينية، ومنها الجهاز الخاص بتوليدها والمكون من انبوبه زجاجية مفرغة تفريغا عاليا تحتوي قطبين احدهما سالب (كاثود)، وهو فتيل تنبعث منه الألكترونات عند تسخينه، والآخر قطب موجب (أنود) وهو هدف تصطدم به الألكترونات السريعة جدا، ويكون سطحه مائلا بزاوية معينة على محور القطب السالب كما في الشكل (14-14). ونتيجة لاصطدام الألكترونات بالهدف تتولد حرارة عالية، لذا يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عاليه جدا مثل (التنكستن) وذات عدد ذري كبير لزيادة كفاءة الاشعة السينية، وقد يكون الانود دوارا كوسيلة خاصة لتبريده.



شكل 14-14 انبوبة توليد الاشعة السنية

14-11-1 توليد الاشعة السينية (X-ray Generation)

لتوليد الاشعة السينية تعمل الألكترونات المنبعثة من الفتيل باستعمال فرق جهد عال جدا بين قطبي الانبوبة، والذي قد يصل إلى (100kv) وعند اصطدأم الألكترونات المعجلة مع ذرات الهدف تتباطئ تدريجيا لتصل في النهاية إلى سرعة صفر، وفي كل مرة يحدث فيها تصادم ينتج فوتون بطاقة تساوي الفرق في طاقة حركة الالكترون قبل وبعد التصادم، وتنبعث هذه الطاقة بهيئة اشعة سينية. ان معظم الطاقة المتولدة تكون على شكل حرارة (98%-99% وان 2%-1%) تكون اشعة سينية.

ان توليد الاشعة السينية يعد ظاهرة كهروضوئية عكسية، لانه في هذه تنبعث فوتونات من مادة معينة عندما تصطدم بها الكترونات سريعة، بينما في الظاهرة الكهروضوئية تنبعث الألكترونات من مادة معينة عند اضاءتها بفوتونات يكون ترددها مؤثر. وبعد دراسة طيف الاشعة السينية وتحليله تبين ان له طول موجي اقصر من الطول الموجي للاشعة فوق البنفسجية، وهذا يعني ان طاقتها أكبر ولهذا السبب تستطع الاشعة السينية اختراق جسم الانسان، ولكنها لا تخترق العظم، ولهذا استخدمت في تصوير العظام، حيث يوضع فلم حساس للاشعة السينية خلف ساق شخص ما، وتسلط الاشعة السينية لفترة زمنية قصيرة على الجانب الاخر من الساق، وتظهر صورة واضحة لشكل العظم على الفلم.

14-11-2 تطبيقات الاشعة السينية

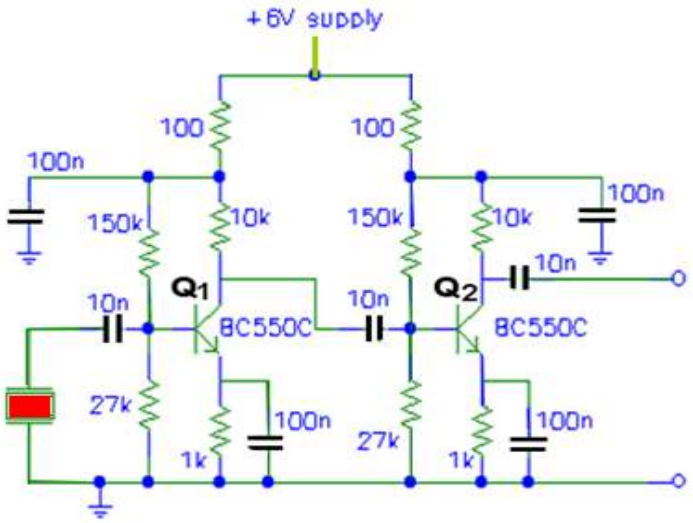
1- تستخدم في تشخيص الكسور التي قد تصيب العظام.
2- تستخدم في فحص المواد المستخدمة في التصنيع، والتاكد من جودتها، وكذلك في مراقبة الأمتعة في المطارات.
3- تستخدم في الابحاث العلمية لدراسة التركيب البلوري للمواد، ولمعرفة المواد الداخلة في تركيب مادة مجهولة.
4- تستخدم في العلاج من الأمراض السرطانية التي تصيب الانسان.

14-12 الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Waves)

الصوت هو سلسلة من التضاغطات والتخلخلات تنتقل في الأوساط المادية التي تصل الاذن وتتحسس بها. ان عدد الذبذبات التي تتحسسها الاذن البشرية في الثانية الواحدة تتراوح بين (20Hz-20kHz)، أما الموجات فوق الصوتية فهي موجات مماثلة بطبيعتها لموجات الصوت وقصيرة الطول الموجي ويزيد ترددها عن 20kHz، ولا تستطيع الاذن البشرية سماعها، بينما يمكن سماعها من قبل بعض الحيوانات مثل (الكلاب، والخيول، والطيور وغيرها)، وهي تنتقل بسرعة الصوت في تلك الأوساط المادية.

14-12-1 توليد الموجات فوق الصوتية

ممكن الحصول على الموجات فوق الصوتية من اهتزاز أجسام ذات ابعاد مناسبة يكون ترددها أكبر من 20kHz، وذلك بطرائق تقنية خاصة بواسطة الاهتزازات المرنة لبلورة الكوارتز التي تتجأوب مع اهتزازات المجال الكهربائي المتناوب بتردد يزيد عن (20 kHz) وهي حالة رنين. والموجات فوق الصوتية تنتشر بحزم ضيقة يمكن توجيهها في اتجاهات معينة وتركيز طاقتها في تلك الحزمة، وبذلك تكون شدتها عاليه. شكل (14-15) يوضح دائرة الكترونية لتوليد الموجات فوق الصوتية باستخدام (مذبذب بلورة الكوارتز)، حيث يقوم الترانزستور (Q_1) من البلورة بتوليد فولتية متناوبةعلى طرفي البلورة فيتغير تركيبها وتولد الموجات فوق الصوتية، ويعمل الترانزستور(Q_2)على تكبير الموجات وتحتوي الدائرة على مقاومات الأنحياز، ومتسعات الربط والامرار.



شكل 14-15 يوضح دائرة الكترونية لتوليد الموجات فوق الصوتية

14-12–2 التطبيقات العملية للموجات فوق الصوتية

1. تستعمل الموجات فوق الصوتية في العلاج الطبيعي.
2. تستعمل في العلاج لتدمير الخلايا السرطانية وتحطيم الحصى في الكلى.
3. يستعمل للكشف عن وضع الجنين داخل الرحم، وفي تشخيص أمراض القلب.
4. يستعمل في التعقيم، والتفتيت، والصقل.
5. الكشف عن مواضع الصدوع، والشقوق، والفقاعات في المعادن.
6. تستعمل في حساب اعماق البحار.

14- 13 الليزر

تمثل كلمة (ليزر LASER) الاحرف الأولى للعبارة:
(Light Amplification By Stimulated Emission Of Radiation) والتي تعني (تضخيم الضوء بوساطة الانبعاث المحفز للاشعاع). ان الاطوال الموجبة لاشعاع الليزر التي يمكن الحصول عليها تعتمد على طريقة عمل الليزر من حيث الاساس، وتمتد من طيف الاشعة تحت الحمراء مرورا بطيف الضوء المرئي حتى الاشعة السينية للاشعاع الكهرومغناطيسي.

14-13-1 خصائص اشعة الليزر (Properties of laser light)

يختلف شعاع الليزرعن الضوء الاعتيادي، واهم الاختلافات بينهما هي: التشاكه والاتجاهية واحادية اللون.

1. التماسك (Coherence)

يكون الضوء الاعتيادي الصادر من مصباح غير متماسك ويكون محتويا على عدد من الاطوال الموجبة المنبعثة إلى مختلف الاتجاهات ولا تتوافق هذه الأمواج مع بعضها في الطور اطلاقا. أما شعاع الليزر فهو شعاع متشاكه، وبطول موجي واحد وثابت، وتنبعث أمواجه جميعها باتجاه واحد.

2. الاتجاهية (Directionality)

يسير الليزر مسافات كبيرة بحزمة ذات انفراجية قليلة دون ان ينتشر أو يتلاشى، ولذلك فان كمية الطاقة المفقودة تكون قليلة جدا، وهذا ما جعل شعاع الليزر شعاعا ذا طاقة عالية.

3- أتحادية اللون (Mono Chromaticity)

تعني احادية اللون ان جميع الفوتونات المنبعثة لها نفس التردد (اللون)، فالضوء الصادر من جسم ساخن أو مصباح يحتوي على جميع الاطوال الموجبة، ولمدى واسع جدا من الطيف الضوئي. أما في الليزر فتكون طاقته مركزة في مدى ضيق جدا من الاطوال الموجية، وغالبا ما يكون طولا موجياً واحداً فقط.

2-13-14 اسس عمل الليزر (Principles of Laser Action)

أ- الأمتصاص والأنبعاث (Absorption and Emission)

نعلم ان الألكترونات تحتل مستويات طاقة محددة في الذرة، وهذه تسمى بالمدارات، ولا يمكن لنا ان نجد الكترونات الذرة في اي مكان اخر غير هذه المدارات، اي بمعنى اخر لايمكن للالكترونات الحصول على طاقة غير تلك المحددة في المدارات. ويسمى المستوى الذي يمتلك اقل طاقة بمستوى الارض وان اي مستوى اخر فوقه يسمى (مستوى التهيج). فإذا تغيرت طاقة ذرة فهذا يعني ان الكترونا أو اكثر قد انتقل من مستوى إلى اخر، فعندما تمتص ذرة أو جزيئة كمية من الطاقة تنتقل الألكترونات من مستوياتها إلى مستوى اعلى، ثم غالبا ما تعود حالا إلى مستوياتها الاصلية فاقدة الطاقة التي أمتصتها على شكل فوتونات، وطاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين المستويين. فمثلا تنتقل الذرة من مستوى الطاقة (E_1) إلى مستوى الطاقة (E_2) عند أمتصاصها فوتون ذي طاقة (E= hf) حيث:

h: ثابت بلانك= J.S (6.63×10^{-34})

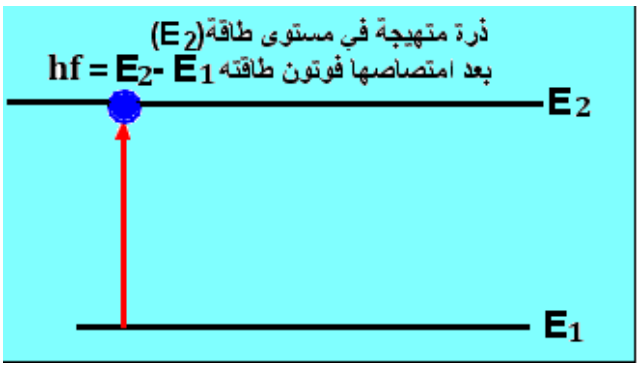
(f): التردد. بحيث ان:

$$hf = E_2 - E_1$$ .. ..(3-14)

فيكون تردد هذا الفوتون هو:

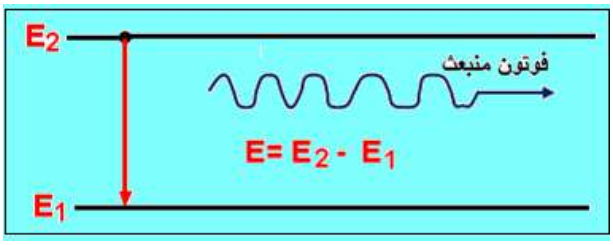
$$f = \frac{E_1 - E_2}{h}$$ .....(4-14)

كما موضح في الشكل (14- 16).



شكل 14-16 توضيح للمعادلة (4-14)

أنبعاث الفوتون نتيجة لأنتقال الالكترون من مستوى طاقة عالي إلى مستوى طاقة أوطا تلقائيا يسمى بالانبعاث التلقائي (Spontaneous Emission). ولا تنتقل الألكترونات في مجموعة من الذرات في هذا النوع من الأنتقال بوقت واحد، وذلك على الرغم من كون طاقة الفوتونات المنبعثة وطول موجتها متساويين، فالاشعة المنبعثة لا تكون بطور واحد، أي يكون الضوء الناتج غير متشاكه كما في الشكل (14- 17).

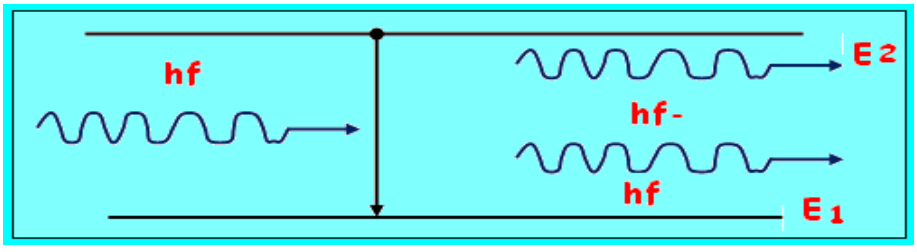


شكل 14-17 الانبعاث التلقائي

ب- الانبعاث المحفز (Stimulated Emission)

يمكن لأية مادة ان تكون وسطا مناسبا لانبعاث أشعة الليزر اذا ما أحتوت على عدد من الذرات أو الجزيئات في مستويات طاقة اعلى من مستوى الاستقرار (السكون). ويمكن ان يكون الوسط غازا أو سائلا أو صلبا، أما الطاقة فتضخ إلى الوسط بطريقة كهربائية، أو ضوئية، أو كيميأوية، وهذه الطاقة تنقل الكترونات معظم ذرات الوسط إلى مستوى طاقة اعلى من تلك التي هي فيها، لترجع بعد فترة قصيرة جدا إلى حالتها الأولى ومستوياتها السابقة تلقائيا، باعثا الطاقة التي أمتصتها على شكل فوتونات، وهذا ما يسمى بالأنبعاث التلقائي، هناك احتمال لحصول نوع اخر من الانبعاث. اذ يحفز احد الفوتونات المنطلقة

نتيجة الانبعاث التلقائي الكترونا بمستوى طاقة علوي للرجوع إلى مستوى أوطا، باعثا بذلك فوتونا جديدا يشبه الفوتون المحفز من حيث التردد والطول الموجي، والطور، والسعة وكذلك الاتجاه، وهذه العملية تسمى (بالأنبعاث المحفز) ويمكن لكل فوتون ان يحفز ذرة لاطلاق فوتون جديد كما موضح في الشكل (14-18).



شكل 13-18 الانبعاث المحفز

تعكس الفوتونات المنبعثة بهذه الطريقة إلى الخلف وإلى الأمام باستخدام مراتين عدة مرات لتحفيز عدد أكبر من الذرات لاطلاق فوتونات جديدة، تكون احدى المراتين عاكسة جزئيا لتتيح لجزء من

الاشعاع الخروج منها، وهذا الجزء هو الذي يمثل شعاع الليزر الصادر من الجهاز. ويمكن لشعاع الليزر ان يوجه، أو يركز بأستخدام المرايا والعدسات وغيرها من الاجهزة البصرية.

14--13-3 استعمالات الليزر

1. تستعمل الليزرات ذات القدرة العالية في لحم الصفائح والقطع المعدنية.
2. تستعمل في الاقراص المدمجة وفي صناعة الألكترونات والاتصالات.
3. تستعمل في قياس المسافات بدقة خاصة ابعاد الأجسام الفضائية.
4. وهناك عدة أستخدامات أساسية لإشعة الليزر في الطب وهي:
   ا- تستخدم في الجراحة كأداة قطع.
   ب- تجميل الجلد، وعلاج بعض أمراضه كالأورام الخبيثة.
   ج- علاج بعض أمراض العيون.
   د- طب الاذن والانف والحنجرة.
   هـ - في معالجة بعض أمراض الاسنان.
5. تستخدم في قطع الماس وتحسين شكله.
6. في التوجيه وتحديد كالاستقامة.

اسئلة الفصل الرابع عشر

1- عرف كلا مما يأتي:

الموجه الكهرومغناطيسية- الظاهرة الكهروضوئية- الموجات فوق الصوتية- الانبعاث التلقائي- الانبعاث المحفز.

2- عدد كلا مما ياتي:-

أ- الصفات الاساسية للموجة. ب- خواص الموجات الكهرومغناطيسية. ج- طيف الموجات الكهرومغناطيسية.

3 - في اي طيف من الاشعة توجد كل من الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية؟ وما هي مواصفات هذا الطيف؟

4- كيف تتولد كل من الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية؟

5 - عدد فوائد واستخدام كل من النوعين من الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية.

6 - لماذا نضع النظارات عند أستخدام الأشعة فوق البنفسجية؟

7 - ما فائدة المقاومة المربوطة على التوازي مع انبوبة الاشعة فوق البنفسجية؟

8 - كيف تتولد الموجات فوق الصوتية؟

9 - عدد تطبيقات الموجات فوق الصوتية، والأشعة السينية.

10 - كيف يتم توليد الاشعة السينية؟

11 - قارن بين اشعة الضوء الاعتيادي، واشعة الليزر من حيث الاطوال الموجية، التشاكه، الاتجاه، الشدة.

12 – عدد أستعمالات أشعة الليزر.

الفصل الخامس عشر

مبادئ الحاسبة الالكترونية

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل الى تعريف الطالب بالحاسبة الالكترونية وملحقاتها.

الاهداف الخاصة: بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على أن:-

1- يفهم الانظمة الرقمية بانواعها.
2- يدرك عمليات الجمع والطرح للاعداد الثنائية.
3- يتعلم يالتحويل من النظام الثنائي إلى النظام العشري وبالعكس، ومن السداسي عشر إلى الثنائي وبالعكس.
4- يعرف انواع البوابات المنطقية، جداول الحقيقة.
5- يتعلم مصطلحات الحاسبة الالكترونية.
6- يرسم مخطط وحدات الحاسبة ووظيفة كل وحدة.
7- يفهم انواع الذاكرات.
8- يفهم عملية الكتابة والقراءة بين الذاكرة وسجلات وحدة المعالجة المركزية.
9- يعرف انواع وسائط التخزين.
10- يتعلم الوحدات الملحقة بالحاسبة الالكترونية.

الفصل الخامس عشر
مبادئ الحاسبة الالكترونية

1-15 الاعداد (الارقام) والانظمة العددية

لقد استعمل الانسان منذ قديم الزمان اصابعه والحصى في تمثيل الاعداد، واجراء العمليات الحسابية البسيطة لانجاز متطلبات حياته اليومية. من المؤكد ان الانسان القديم أستغرق بعض الوقت قبل ان يتعلم عملية العد، أما الان فقد تعقدت استخدام الاعداد وبشكل لم يستطع الانسان الاكتفاء باصابع يديه، بل تعدى ذلك إلى استخدام المعادلات الرياضية ذات الارقام الهائلة، أو الحاسبات الالكترونية ذات السعات الكبيرة ليلبي متطلبات عمله.

عندما نسمع بالاعداد يتبادر إلى الذهن النظام العددي العشري الشائع الأستخدام، والمتكون من عشرة ارقام وهي (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9)، وقد أعتمد اساس هذا النظام على وجود عشرة اصابع في يدي الانسان، والتي أستخدمت للعد، واساس هذا النظام هو عشرة.

ومن النظام العشري أشتقت عدة أنظمة للأعداد تستخدم في مجالات مختلفة، وسنأتي على أستخدامات بعضها في الفقرات القادمة وهي:-

1- النظام الثنائي ويتكون من الارقام 1,0
2- النظام الثماني ويتكون من الارقام 7,6,5,4,3,2,1,0
3- النظام السادس عشر ويتكون من الارقام F,E,D,C,B,A,9.....,0

1-1-15 النظام العشري (Decimal System)

إن أعداد النظام العشري تتكون من عشرة ارقام، أو رموز من الصفر إلى التسعة (0-9)، ويطلق على هذا النظام نظام الاساس عشرة؛ لانه يعتمد على عشرة ارقام في تكوينه.
ويمكن تمثيل العدد العشري بدلالة القوى 10، فالعدد 10 هو تماما 10^1، والعدد 100 هو(10×10)، أو 10^2 والعدد 1000 هو $(10\times10\times10)$، أو 10^3، والجدول (1-15) يوضح طريقة تمثيل الاعداد العشرية.

جدول 15-1 تمثيل الاعداد العشرية

المرتبة	احاد	عشرات	مئات	الوف
الوزن	10^0	10^1	10^2	10^3
القيمة	1	10	100	1000

نلاحظ من الجدول (15-1) ان وزن كل مرتبة هو عشرة اضعاف المرتبة التي تليها، فالعدد 325 يتكون من الرقم 5 الذي نجده في حقل الاحاد، والرقم 2 نجده في حقل العشرات؛ اي ان قيمته 20 والرقم 3 نجده في حقل المئات؛ اي ان قيمته 300، واذا جمعنا الارقام الناتجة فستساوي العدد 325.

مثال(15-1): مثل العدد 401 بدلالة القوى 10؟

401

$10^0 \times 1=1$

$10^1 \times 0=0$

$10^2 \times 4=400$

401

مثال (15-2): مثل العدد (549.217) بدلالة القوى 10؟

لتمثيل الاعداد التي تحتوي على فارزة، تضرب الارقام إلى يسار الفارزة بقوى العشرة، أما الارقام التي على يمين الفارزة، فتقسم على قوى العشرة، ثم نجمع النواتج وكما يلي:

$9 \times 10^0 =9$

$4 \times 10^1=40$

$5 \times 10^2=500$

$2 \times 10^{-1}=0.2$

$1 \times 10^{-2}=0.01$

$7 \times 10^{-3}=0.007$

المجموع 549.217

15-1-2 النظام الثنائي (Binary System)

وهو ابسط انواع الانظمة العددية حيث تتكون اعداده من رقمين أو رمزين هما (1,0)، لذلك فهو يتخذ الرقم 2 كاساس له. ويمكن استخراج الاعداد الثنائية من الاعداد العشرية، وذلك بحذف كل الاعداد العشرية التي تحتوي على رقما قيمته أكبر من واحد من تسلسل الاعداد العشرية الآتية:

99…….12,11,10,9……,3,2,1,0

999……..112,111,110,109……., 102,101,100

1001-1000……الخ

وبعد حذف الاعداد العشرية التي تحتوي على رقما أكبر من 1 نحصل على الاعداد الثنائية الآتية:-

1001,1000,101,100,11,10,1,0.....الخ

من ذلك يمكن استخراج الجدول (15-2) الذي يعطي بعض الاعداد الثنائية وما يقابلها من الاعداد العشرية المكافئة، أو يجدر الاشارة هنا إلى ان الاعداد الثنائية تقرا من اليسار إلى اليمين، فالعدد 100 يقرا (واحد، صفر، صفر)

جدول 15-2 بعض الاعداد وما يكافئها من الاعداد الثنائية

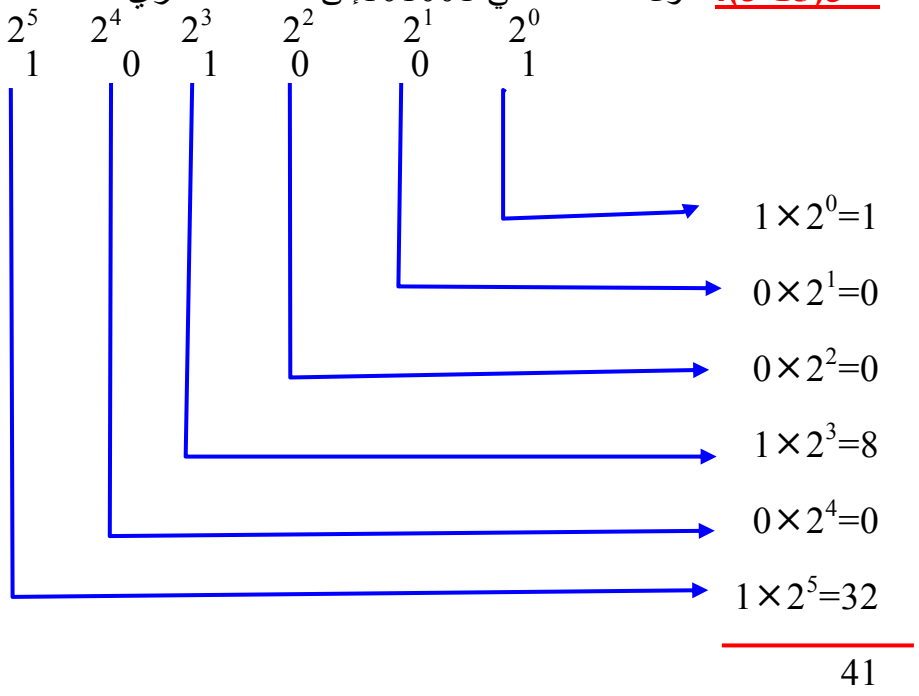
العدد العشري	العدد الثنائي
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001

ولان اساس تحويل الاعداد الثنائية إلى عشرية من خلال استخدام جدول (15-3) الذي يبين وزن كل مرتبة في النظام الثنائي هو ضعف وزن المرتبة التي قبلها، في حين ان كل مرتبة في النظام العشري تكون أكبر بعشر مرات من وزن الرتبة التي قبلها.

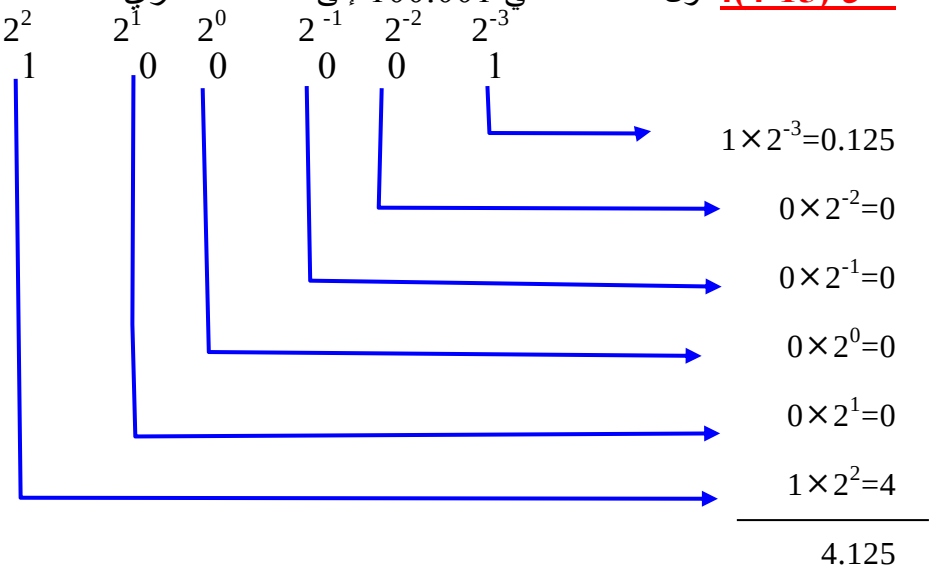
جدول 15-3 تمثيل الاعداد الثنائية

المرتبة	الاحاد	الاثنينات	الاربعات	الثمانيات	الستة عشر
الوزن	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4
القيمة	1	2	4	8	16

مثال(15-3): حول العدد الثنائي 101001إلى مكافئه العشري؟



مثال (15-4):حول العدد الثنائي 100.001 إلى مكافئه العشري؟



2-15 تحويل الاعداد العشرية إلى ثنائية

(Decimal to binary Conversion)

لتحويل اي عدد عشري إلى مكافئه من الاعداد الثنائية تتبع مجموعة من الخطوات، فلتحويل العدد(121) مثلا نقوم بالاتي:

يمكن تحويل الاعداد العشرية إلى اعداد ثنائية بقسمة العدد العشري على اساس النظام المحول اليه، وهو الاساس 2 والاحتفاظ بباقي القسمة، وباجراء عمليات القسمة المتتالية على الاساس 2 إلى ان يبقى ناتج القسمة صفر:-

	الباقي
121÷2=60	1
60÷2=30	0
30÷2=15	0
15÷2=7	1
7÷2=3	1
3÷2=1	1
1÷2=0	1

1111001_2

ثم نقرا النتيجة من الاسفل إلى الاعلى:

(ثنائي) $121_{10}=1111001_2$ (عشري)

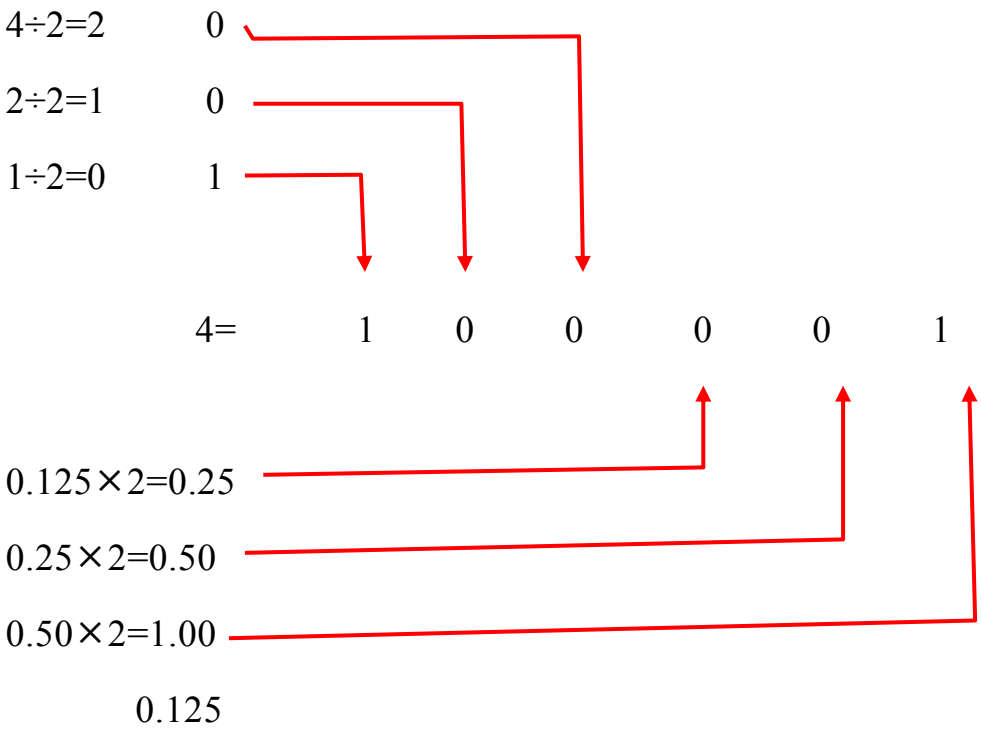
مثال (15-5)

حول العدد العشري 4.125 إلى مكافئه من العدد الثنائي.

لتحويل العدد العشري الذي يحتوي على فارزة نتبع ماياتي:

أ- يعامل الجزء الصحيح من العدد العشري اعلاه وهو 4 بالقسمة المتكررة وكما في المثال السابق.

ب- لتحويل الجزء الكسري من العدد العشري اعلاه وهو (0.125) فنضرب الجزء الكسري في 2. والعدد الصحيح الناتج من حاصل ضرب يوضع على يمين الفارزة لتكوين العدد الثنائي. وينهى الضرب عندما يصل حاصل الضرب إلى (100) وكما يأتي:



وبدمج القيمتين نحصل على:

(ثنائي) 100.001=4.125 (عشري)

3-15 الجمع والطرح في الاعداد الثنائية

Binary addition and subtraction

ان اجراء العمليات الحسابية للاعداد الثنائية هي اسهل مما عليه في الاعداد العشرية، وذلك لاحتوائها على رقمين فقط هما (0,1)، وهناك اربع قواعد اساسية لجمع الاعداد الثنائية وهي:

1+1=0 والباقي 1

1=0+1

1=1+0

0=0+0

أما قواعد طرح الاعداد الثنائية فهي اربع ايضا وكالآتي:

0=1-1

1=0-1

1-0=1 ومطلوب 1

0=0-0

مثال(15-6)

اجمع العدد الثنائي 101 إلى 110؟

	الجمع الثنائي	الجمع العشري
العمود الأول:1+0=1	101	5
العمود الثاني:0+1=1	110+	6+
العمود الثالث:1+1=10	1011	11

وللتاكد من القيمة نجد المكافئ العشري للعدد الثنائي 1011:-

$1011=(1\times2^3)+(0\times2^2)+(1\times2^1)+(1\times2^0)=11$

مثال (15-7)

اطرح العدد الثنائي 101 من 111؟

	العدد الثنائي	العدد العشري
العمود الأول:1-1=0		
العمود الثاني:1-0=1	111	7
العمود الثالث:1-1=0	101-	5-
	010	2

وللتاكد من النتيجة نجد مكافئ العشري للعدد الثنائي 010:

$010=(0\times2^2)+(1\times2^1)+(0\times2^0)$

$= 0 + 2 + 0$

$= 2$

مثال(15-8)

اطرح العدد الثنائي 1010 من 1101؟

	العدد الثنائي	العدد العشري
العمود الأول:1-0=1		
العمود الثاني:0-1=1 والمطلوب 1	1101	13
العمود الثالث:1-0=1 والمطلوب 1 ⇐	1010- 0	10-
العمود الرابع:1-1=0	0011	03

وللتاكد من النتيجة نجد المكافئ العشري للعدد الثنائي 0011

$$0011=(0\times2^3)+(0\times2^2)+(1\times2^1)+(1\times2^0)$$

$$= 0 + 0 + 2 + 1$$

$$= 3$$

4-15 النظام العددي الثماني Octal number system

يتكون النظام الثماني من ثمانية رموز وهي (7,6,5,4,3,2,1,0) ولتحديد الارقام و الاعداد الثمانية تستخدم نفس الطريقة التي اتبعناها لاستخراج الاعداد الثنائية من العشرية، اي نشطب كل رقم أو عدد يحتوي على رقم أكبر من 7 (8 أو 9)، ونستنتج من ذلك بان الاعداد الثمانية لا يمكن ان تحتوي على اي من الرقمين 8 أو 9. يستخدم النظام الثماني فكرة وزن أو قوى العدد 8 مثلما وجدناها في النظام الثنائي تساوي 2، والنظام والعشري تساوي 10، والجدول (4-15) يوضح لنا قيمة أوزان بعض الاعداد الثمانية.

جدول 15-4 قيمة الأوزان لبعض الاعداد الثمانية

8^4	8^3	8^2	8^1	8^0	الوزن
4096	512	64	8	1	القيمة

5-15 الاعداد الستة عشر (Hexadecimal Number)

يستخدم النظام العددي السداسي عشر الاساس (16)، ويحتوي هذا النظام على ستة عشر رمزا أو رقما وهي:-

(F,E,D,C,B,A,9,8,7,6,5,4,3,2,1,0)

ويعبر الحرف (A عن) العدد 10، والحرف (B) عن العدد 11، والحرف (C)عن العدد 12، والحرف D عن العدد 13، والحرف E عن العدد 14 والحرف F عن العدد 15. وتكون أوزان هذا النظام هي(16^0 ‘ 16^1 ‘16^2‘ 16^3 ،16^4 .....الخ)

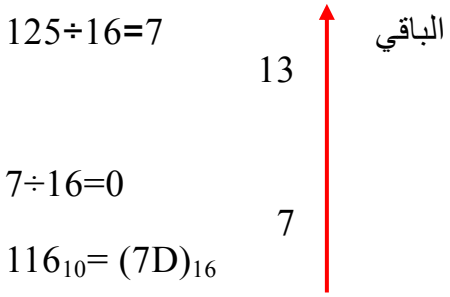
مثال (15-9) حول العدد العشري 74 إلى عدد سداسي عشر؟

	الباقي
74÷16=4	10
4÷16=0	4

(لان الحرف A يعبر عن 10)

$$74_{(10)}= 4A_{(16)}$$

مثال(15-10) حول العدد العشري 125 إلى عدد سداسي عشر؟



(لان الحرف D يعبر عن الرقم 13)

والأمثلة الآتية تمثل الاعداد بالنظام السادس عشر:

$(D3B)_{16}$, $(2B6)_{16}$, $(47\text{-}FE)_{16}$

مثال (15-11)

حول العدد السداسي عشر $(3B9)_{16}$ إلى عدد ثنائي.

الحل:

لحل المثال اعلاه نجد مكافئ كل الارقام المكونة للعدد السادسي عشر اعلاه وكما ياتي:

3=0011 , B=1011 , 9=1001

$(3B9)_{16} = (1110111001)_2$

مثال(15-12) حول العدد السداسي عشر $(40CF)_{16}$ إلى مكافئه الثنائي؟

الحل:

4=0100 , 0=0000 , C=1100 , F=1111

$(40CF)_{16} = (100000011001111)_2$

15-6 منطق بولين (جبر بولين) Boolean Logic

ان علم الجبر البوليني يختلف عن علم الجبر الاعتيادي، حيث يتعامل مع متغيرات تاخذ حالتين فقط هما، (نعم أو لا، خطا أو صواب)، وبما ان الارقام في النظام الثنائي لا تاخذ نجد حالتين هما (0,1)، فيمكننا التعبير عن حالتي الخطا والصواب بالرقمين 1 و0 صواب (1) خطا (0).

7-15 العمليات الاساسية للجبر البوليني

ان العمليات الاساسية في الجبر الاعتيادي هي الجمع والطرح والضرب والقسمة والرفع، أما في الجبر البوليني فان هذه العلاقة معرفة كما ياتي:-

1- علاقة أو OR
2- علاقة و AND
3- علاقة نفي (لا) NOT

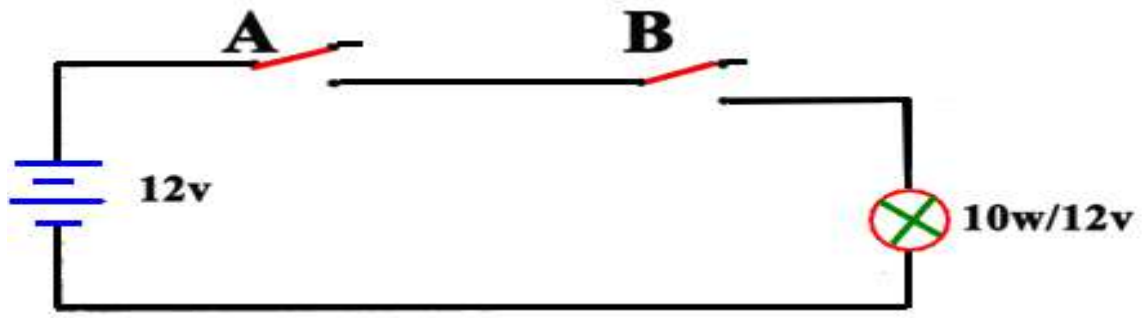
8-15 البوابات المنطقية (Logic Gates)

ان البوابات المنطقية (logic gates) تمثل وحدة البناء الاساسية في جميع الانظمة الرقمية، ولانها تستخدم الاعداد الثنائية فهي تسمى (البوابات المنطقية الثنائية)، وهناك جهدان مستخدمان في البوابات المنطقية؛ أما ان يكون جهد عاليا (high)، ويرمز له بالرقم الثنائي (1)، أو جهد واطئ (low)، ويرمز له بالرقم الثنائي (0). المبدا الاساس لجميع البوابات المنطقية هو وجود مدخلين منفصلين(A,B) أو اكثر مع وجود خارج (Y)فقط. والشكل (15-1) يمثل شكلا توضيحيا لدائرة البوابات.

شكل 15-1 شكل توضيحي لبوابة منطقية

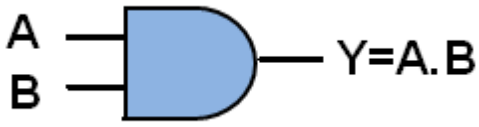
15-8-1 بوابة الاضافة (AND- Gate)

في بوابة الاضافة لا نحصل على خارج (output) مالم يكن جميع دواخل البوابة (input) تساوي (1). والرسم التوضيحي في الشكل (15-2) يوضح لنا فكرة بوابة اضافة حيث نلاحظ بان المصباح يضيء في حالة واحدة، وهي غلق المفتاحين، ويرمز لبوابة الاضافة بالشكل (15-3) فلو كان احد المدخلين(A) أو (B) أو كلاهما ذو فولتية منخفضة اي (0) فان قيمة الخارج ستكون (0) ايضا، وان قيمة الخارج تكون (1) في حالة كلا المدخلين مساوي، أو كما موضحة في جدول الحقائق لبوابة الاضافة جدول(15-5).



شكل 15-2 بوابة الاضافة باستخدام المفاتيح

يستخدم التعبير (الجبر) البوليني (Boolean Expression) كوسيلة لتوضيح ما يحدث في الدائرة المنطقية كما يلي:-



شكل 15-3 رمز بوابة الاضافة

جدول 15-5 حقائق لبوابة الاضافة

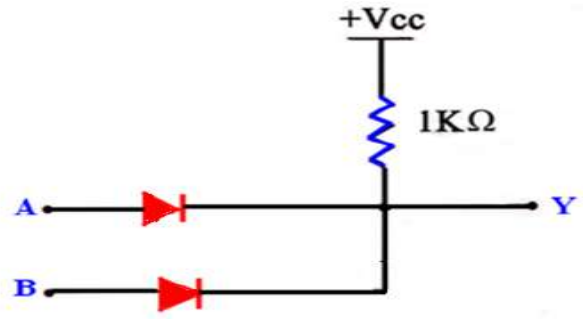
الداخل		الخارج
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ويمكن التعبير عن عمل بوابة الاضافة رياضيا بالعلاقة الآتية: Y=A.B

فعندما يكون كلا المدخلين (1) فان الخارج يساوي:- Y=1.1=1

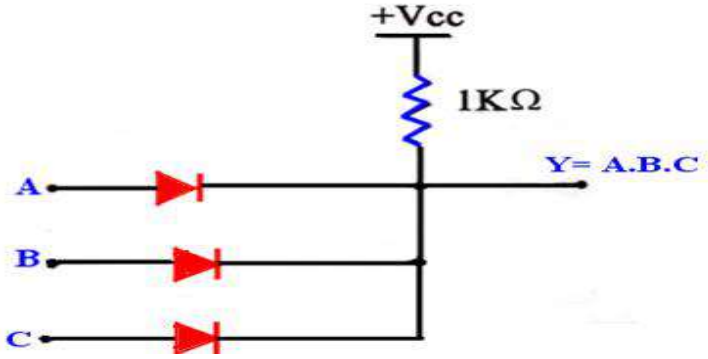
أما اذا كان كلا المدخلين أو احدهما (0) فان الخارج يساوي (0): Y=0.1=0

ويمكن تمثيل بوابة الاضافة باستخدام الثنائيات، كما في الشكل (15-4)، حيث هناك اربع حالات لهذه البوابة، ثلاث من هذه الحالات يكون الخارج فيها يساوي (0) عندما يكون احد الداخلين، أو كلاهما ذا فولتية واطئة (0). أما الحالة الرابعة والتي يكون فيها الخارج (1) عندما يكون كلا المدخلين ذا فولتية عالية (1).

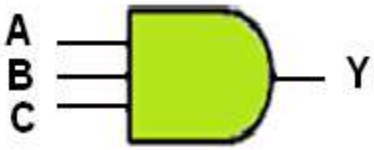


شكل 15-4 بوابة الاضافة باستخدام الثنائيات

ويمكن ان يكون لبوابة الاضافة اكثر من مدخلين، والشكل (15-5) يوضح بوابة الاضافة ذات ثلاثةمداخل باستخدام الثنائيات، والشكل (15-6) يمثل رمز المنطقي لبوابة الاضافة ذات الثلاثة مداخل، وعمل هذه الدائرة موضح في جدول الحقائق (15-6).



شكل 15-5 بوابة الاضافة ذات ثلاثة مداخل باستخدام الثنائيات



شكل 15-6 الرمز المنطقي لبوابة الاضافة ذات ثلاثة مداخل

جدول 15-6 جدول حقائق لبوابة اضافة ذات ثلاثة مداخل

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

نلاحظ من جدول الحقائق لبوابة الاضافة ذات الثلاثة مداخل بانه يحتوي على ثماني حالات مختلفة، حيث تتحدد عدد الحالات لبوابة الاضافة من المعادلة الآتية:

$Y=2^n$.....(1)

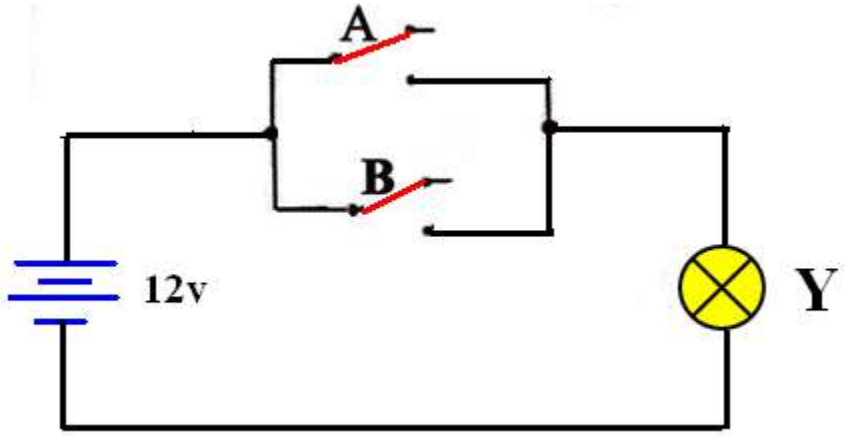
عندما (Y) تمثل عدد حالات الخارج، و (n) تمثل عدد دواخل البوابة، ولان عدد الدواخل في الشكل (8-15) كان ثلاثة دواخل فان عدد حالات الخارج كانت 8 حسب المعادلة:-

$Y=2^n=2^3=8$

وبذلك ستكون عدد حالات الخارج تساوي (16) عندما تكون عدد دواخل بوابة الاضافة تساوي (4).

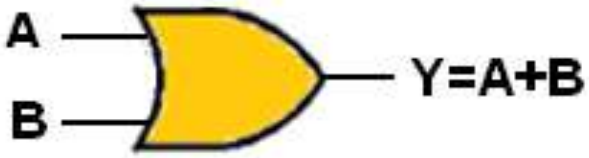
9-15 بوابة الاختيار (OR-Gate)

يوضح الرسم التخطيطي (7-15) فكرة بوابة الاختيار فالمصباح لايضئ في حالة غلق اي من المفتاحين A أو B وكلاهما.



شكل 15-7 الفكرة العملية لبوابة الاختيار

أما رمز بوابة الاختيار فهو موضح في الشكل (8-15) مع جدول الحقيقة (7-15) لبوابة الاختيار ذات مدخلين.



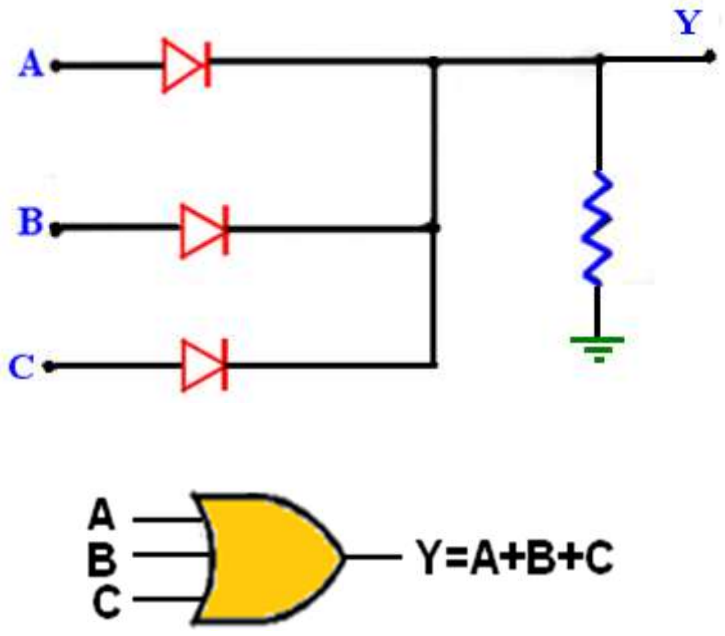
شكل 15-8 الرمز المنطقي لبوابة الاختيار

التعبير البوليني لبوابة OR– هو Y=A+B

جدول 15-7 جدول الحقيقة لبوابة الاختيار ذات المدخلين

الداخل		الخارج
A	B	Y
0	0	0
1	1	1
1	0	1
1	1	1

وقد تحتوي بوابة الاختيار على اكثر من داخلين، والشكل (15-9) يوجد بوابة الاختيار ذات ثلاثة دواخل باستخدام الثنائيات.



شكل 15-9 بوابة الاختيار ذات ثلاثة مداخل

مثال (15-14)

ارسم الرمز المنطقي والفكرة العملية لبوابة الاختيار ذات المداخل الثلاث مع جدول الحقيقة لها؟

جدول الحقيقة لبوابة الاختيار ذات ثلاثة دواخل

المدخلات			الخارج
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

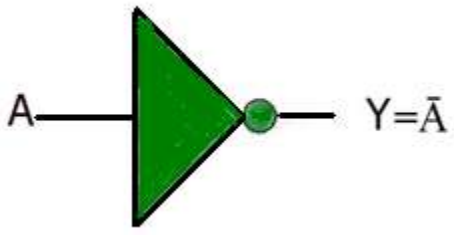
أما التعبير البوليني لبوابة (OR) ذات الثلاثة مداخل هو:

$$Y=A+B+C$$

15-10 بوابة النفي (NOT-Gate)

وهي البوابة الاساسية الثالثة من البوابات المنطقية وتسمى بالبوابة العاكسة (invertor)، وتتميز بوابة النفي عن سواها من البوابات بوجود دخل وخرج واحد فقط، وتكون قيمة الخارج دائما عكس قيمة الداخل، فإذا كان الداخل (0) فان الخارج سيكون (1)، والعكس صحيح، والشكل (15-10) يوضح الرمز المنطقي لبوابة النفي. أما التعبير البوليني لهذه البوابة فهو:-

$$Y=\bar{A}$$



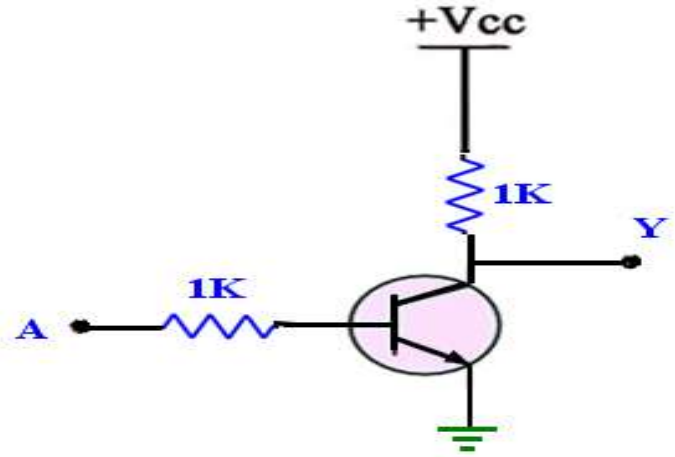
شكل 15-10 الرمز المنطقي لبوابة النفي

وهنا نستخدم الرمز ($\bar{A}$) للتعبير عن عكس قيمة (A). والجدول (15-8) يوضح جدول الحقائق لبوابة النفي، والذي يشمل حالتين فقط.

جدول15-8 جدول الحقائق لبوابة النفي

الداخل	الخارج
A	Y
0	1
1	0

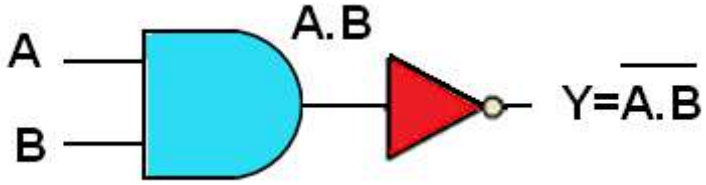
ويمكن تحقيق بوابة النفي باستخدام الترانزستور المربوط مع مقاومتين، وكما مبين في الشكل (15-11) فعند توصيل القاعدة بفولتية واطئة إلى جهد منطقي قيمته (0) فسيكون تيار القاعدة صفرا، مما يجعل الترانزستور في حالة اطفاء (OFF)، ويصبح تيار الجامع عمليا يساوي صفر، وبذلك ستكون فولتية الاخراج عالية، والتعبير المنطقي لها (1). أما اذا كان جهد القاعدة عالي اي جهد منطقي (1) فان الترانزستور سيكون في حالة اشتغال (ON)، وبذلك ستكون قيمة الفولتية الخارجة Vcc صغيرة جدا وبالتعبير المنطقي تساوي (0).



شكل 15-11 بوابة النفي باستخدام الترانزستور

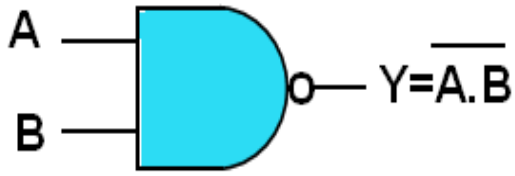
15-11 بوابة نفي الاضافة (NAND-Gate)

ان بوابة نفي الاضافة هي في الاساس بوابة اضافة تتبعها بوابة النفي، أو بوابة العاكس، كما في الرسم التوضيحي (15-12).



شكل 15-12 بوابة نفي اضافة

وهناك رمز منطقي يعبر عن بوابة نفي الاضافة، والموضح في الشكل (15-13) حيث نلاحظ ان رمز بوابة الاضافة عبارة عن رمز بوابة الاضافة مضافة اليها فقاعة أو دائرة صغيرة عند الخرج، وتعطي الدائرة الصغيرة وسيلة بسيطة لتمثل بوابة النفي.



شكل 15-13 الرمز المنطقي لبوابة نفي الاضافة

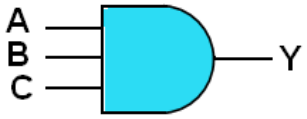
أما جدول الحقيقة لبوابة نفي الاضافة فهو عكس جدول الحقيقة لبوابة الاضافة وكما مبين في الشكل (15-9) الذي يمثل حالات جدول الحقيقة لبوابة نفي الاضافة.

جدول 15-9 جدول الحقائق لبوابة نفي الاضافة

الداخل		الخارج
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

مثال(15-15)

ارسم الرمز المنطقي لبوابة (نفي الاضافة) ذات الثلاثة مداخل مع كتابة التعبير البوليني؟



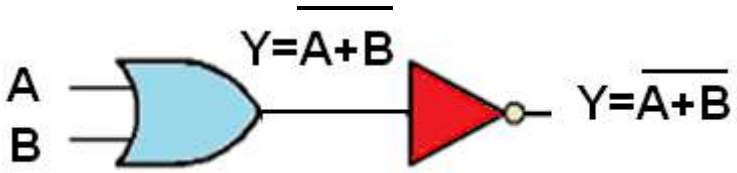
الحل:

الرمز المنطقي لبوابة نفي الاضافة ذات الثلاثة مداخل

التعبير البوليني هو Y=A.B.C

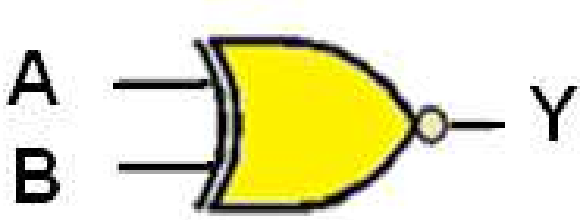
12-15 بوابة نفي الاختيار (NOR)

مثلما كانت بوابة نفي الاضافة عبارة عن بوابة الاضافة تتبعها بوابة النفي فان نفي الاختيار هو في الاساس عبارة عن بوابة الاختيار تتبعها مباشرة بوابة النفي، وكما موضح في الشكل (15-14).



شكل 15-14 بوابة نفي الاختيار

والشكل (15-15) يمثل الرمز المنطقي لبوابة نفي الاختيار، ونلاحظ بان الدائرة الصغيرة قد اضيفت إلى رمز الاختيار لتكون رمز بوابة نفي الاختيار.



شكل 15-15 الرمز المنطقي لبوابة نفي الاختيار

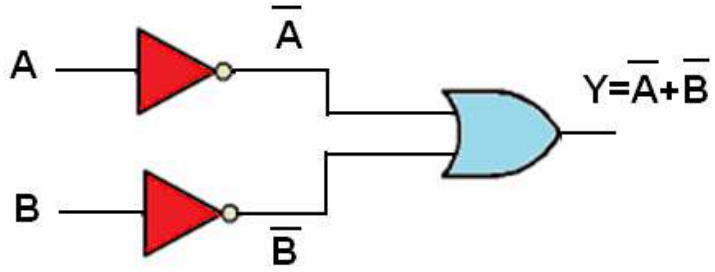
أما جدول الحقائق لبوابة نفي الاختيار فهو مبين بالشكل (15-10)، ونلاحظ فيه بان قيم الاخراج هي عكس قيم الاخراج لبوابة الاختيار المنفردة

جدول 15-10 جدول الحقائق لبوابة نفي الاختيار

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

مثال (15- 16)

ما التعبير البوليني عند طرف الاخراج (Y) في الشكل (15- 16) اذا كان الدخل:
B=1, A=0؟



شكل 15-16

الحل: بالتعويض عن قيمة (A,B) في الصيغة الآتية:

$$Y = \overline{A} + \overline{B}$$

ينتج

$$Y = (\overline{0}) + (\overline{1})$$

$$Y = 1 + 0$$

$$Y = 1$$

مثال (15–17)

ما التعبير البوليني عند طرف الاخراج (Y) في الشكل (15- 17) اذا كان الدخل:
B=0, A=1؟

الحل:

بالتعويض في الصيغة الآتية:

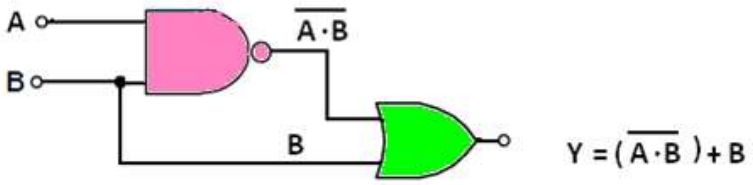
$$Y = \overline{AB} + B$$

ينتج:

$$Y = (\overline{1.0}) + (0)$$

$$Y = 1 + 0$$

$$Y =$$



شكل 15- 17

13-15 الحاسوب الدقيق (الالكتروني)

هو جهاز الكتروني – رقمي متعدد الاغراض يمكن برمجته بواسطة أوامر يستطيع قراءتها بشكل اشارات رقمية تمثل الإدخالات ليقوم بمعالجتها حسب نوع الأوامر، ثم تظهر النتائج التي تمثل الاخراجات تصنف الحواسيب الدقيقة لعدة اصناف، ومنها الحواسيب الشخصية، والمنزلية تستخدم في الكثير من التطبيقات العملية كالاعمال الادارية، التجارية، الطبية، الهندسية،معالجة الرسوم،جدولة القوائم، الانترنيت والوسائل التعليمية وغيرها. الشكل (15- 18) يوضح نموذج لحاسوب الكتروني وملحقاته. ان التطور الكبير في النظام الرقمي (Digital) ادى إلى ظهور وتطوير الكثير من الاجهزة ومنها الاجهزة الطبية، كجهاز قياس ضغط الدم، وجهاز تخطيط القلب وغيرها حيث تعمل هذه الاجهزة بنفس نظام الحاسوب الالكتروني من ناحية معالجة البيانات، وطريقة خزن البيانات وعرضها على الشاشة.

شكل 15- 18 نموذج لحاسوب الكتروني وملحقاته

14-15 وحدات الحاسوب الدقيق

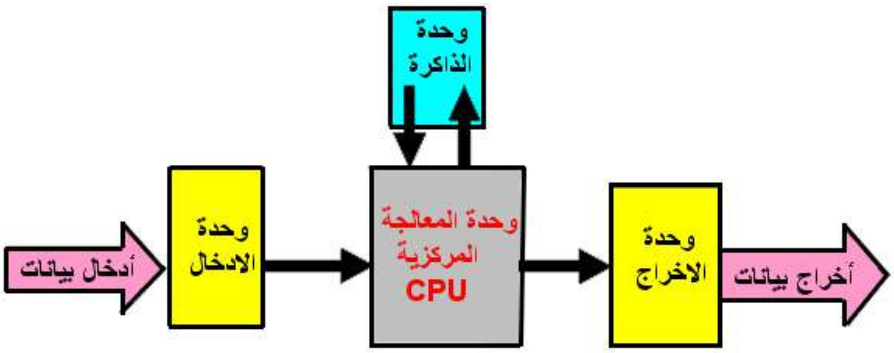
شكل (15- 19) يوضح مخطط وحدات الحاسوب الالكتروني حيث يتكون من الوحدات الرئيسة:-

وحدة المعالجة المركزية: تقوم بوظيفة جلب الايعازات والبيانات من الذاكرة ثم اصدار الأوأمر لتنفيذ الايعازات.

وحدة الذاكرة: تقوم بخزن البيانات على هيئة ارقام ثنائية بصورة مؤقتة، أو بصورة ثابتة لغرض معالجتها لاحقا.

وحدة الإدخال: تستعمل للحصول على البيانات من اجهزة الإدخال الخارجية الموصلة مع هذه الوحدة كلوحة المفاتيح، وجهاز الماوس (الفأرة).

وحدة الاخراج: تقوم بارسال البيانات إلى الاجهزة الخارجية الموصلة مع هذه الوحدة، كشاشة العرض والطابعة



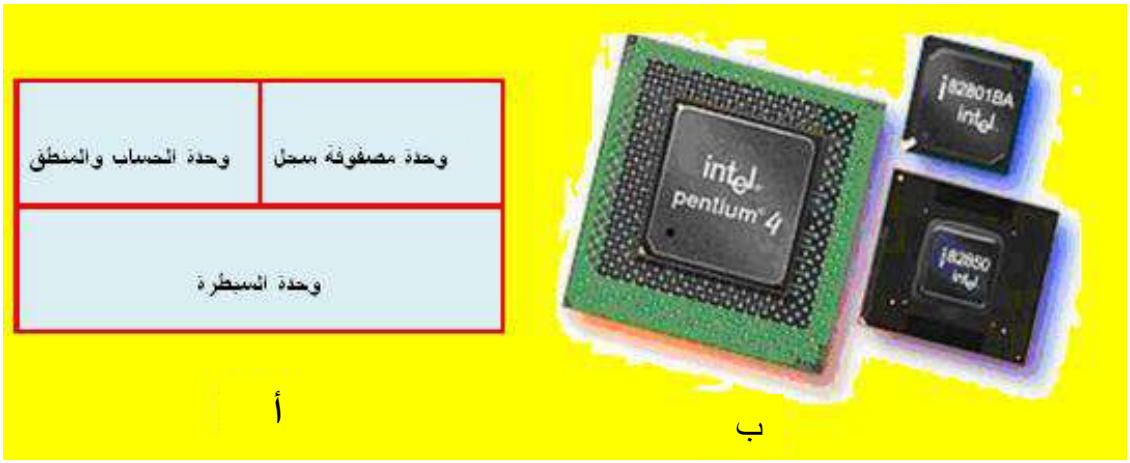
شكل 15-19 مخطط وحدات الحاسوب الالكتروني

15-15 وحدات المعالج الدقيق

يتكون المعالج الدقيق من ثلاث وحدات رئيسة:

1 – وحدة الحساب والمنطق ALU (Arithmetic Logic Unit)

في هذه الوحدة يتم تنفيذ العمليات الحسابية كالجمع والطرح،والعمليات المنطقية مثل (NOT، AND،OR...الخ). حيث يتم الحصول على البيانات من وحدة مصفوفة سجل.وتعمل هذه الوحدة بتوجيه من قبل وحدة السيطرة. الشكل (15- 20) يوضح: أ – وحدات المعالج الدقيق ب – نماذج من المعالجات الدقيقة.



شكل 15–20 وحدات المعالج الدقيق

2 – وحدة السيطرة (Control Unit)

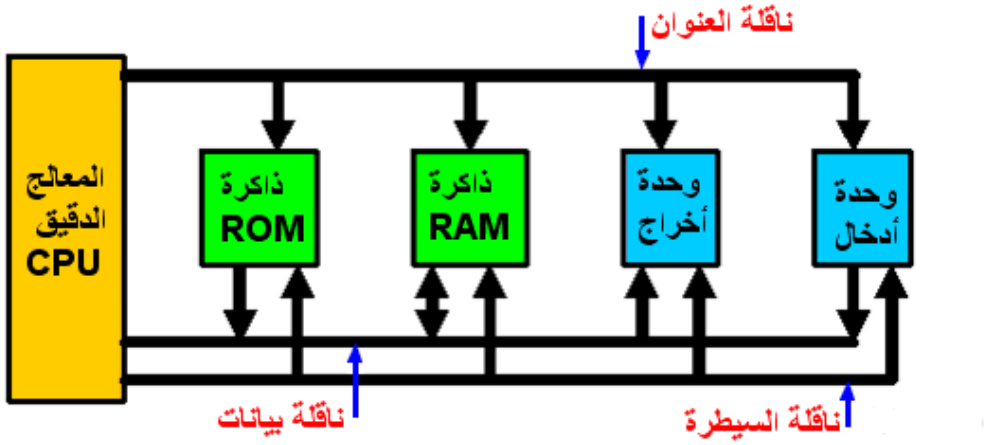
هي الوحدة المسؤولة عن سير الايعازات، فهي تقوم بتزويد اشارات السيطرة لغرض الحصول على دخول وخروج البيانات إلى المعالج.

3 – مصفوفة سجل (Register Array)

هي مجموعة سجلات تخزن فيها العناوين والبيانات بصورة مؤقتة خلال تنفيذ البرنامج.

16-15 نظام الحاسوب الدقيق (الالكتروني)

يتم نقل البيانات من الوحدات (الذاكرة أو الإدخال أو الاخراج أو الاجهزة الخارجية) إلى المعالج الدقيق، أو بالعكس بواسطة ناقلة البيانات بعد تحديد مواقع هذه الوحدات بواسطة ناقلة العنأوين. وتقوم ناقلة السيطرة بحمل اشارات السيطرة بشكل متزأمن لتبلغ الذاكرة، أو وحدات الإدخال أو الاخراج أو الاجهزة الخارجية والمستعدة لاداء نقل البيانات. الشكل (15- 21) يوضح نظام الحاسبة الالكترونية.



شكل 15-21 نظام الحاسوب الالكتروني

اسئلة الفصل الخامس عشر

1 – ما الفرق بين الاعداد العشرية و الاعداد الثنائية؟

2 – حول الارقام الثنائية الآتية إلى ما يكافئها في العشري: 101.01 ، 110010.

3 - حول الارقام العشرية الآتية إلى ما يكافئها في النظام الثنائي:- 109، 6.125.

4. – اجمع العدد الثنائي 110 مع 101

5 - اطرح العدد الثنائي 100 من 011.

6 - حول الرقم العشري 250 إلى ما يكافئه في النظام السداسي عشر.

7 - حول الرقم من النظام السادس عشر FA إلى ما يكافئه في النظام العشري.

8 - حول الرقم من النظام السادس عشر D573 إلى ما يكافئه في النظام الثنائي.

9 – عرف ما يلي: -

البوابة المنطقية، جدول الحقيقة، التعبير البوليني، الحاسوب الالكتروني.

10 – ارسم الدائرة الالكترونية والرمز المنطقي للبوابات الآتية: -

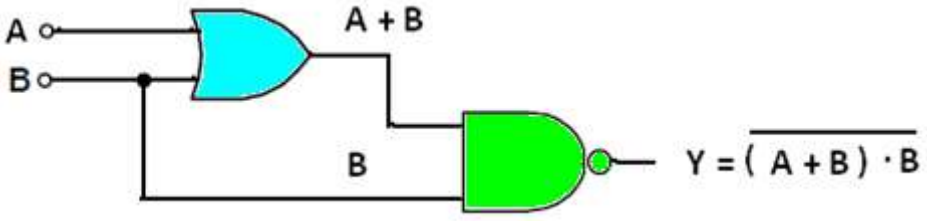
بوابة AND، بوابة OR , بوابة NOT

11 – كيف يمكن بناء بوابة NOR باستخدام بوابة NOT وبوابة OR؟ وضح اجابتك بالرسم.

12 – كيف يمكن بناء بوابة NAND باستخدام بوابة AND وبوابة OR؟ وضح اجابتك بالرسم.

13 - ما التعبير البوليني عند طرف الاخراج (Y) في الشكل (15- 21) اذا كان الدخل:-

B=0, A=1؟



شكل 15- 21

14- ما وحدات الحاسوب الالكتروني وضح ذلك مع رسم مخطط وحدات الحاسبة الالكترونية؟

15 – ما المقصود بنظام الحاسوب الالكتروني وضح ذلك مع الرسم؟

الفصل السادس عشر
اجهزة التوقيت (Timing Instruments)

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل الى تعريف الطالب باجهزة التوقيت.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:-

1 – يعرف اهم انواع اجهزة التوقيت.

2 – يعرف مكونات دائرة المؤقت عديم الاستقرار.

3 – يفهم عمل دائرة المؤقت عديم الاستقرار.

4 - يعرف مكونات دائرة المؤقت احادي الاستقرار.

5– يدرك عمل دائرة المؤقت احادي الاستقرار.

6– يفهم تطبيقات اجهزة التوقيت.

7– يطبق القوانين ليحسب تردد وزمن الموجة لدائرة المؤقت عديم الاستقرار، ولدائرة المؤقت احادي الاستقرار.

الفصل السادس عشر

اجهزة التوقيت (Timing Instruments)

1-16 تمهيد

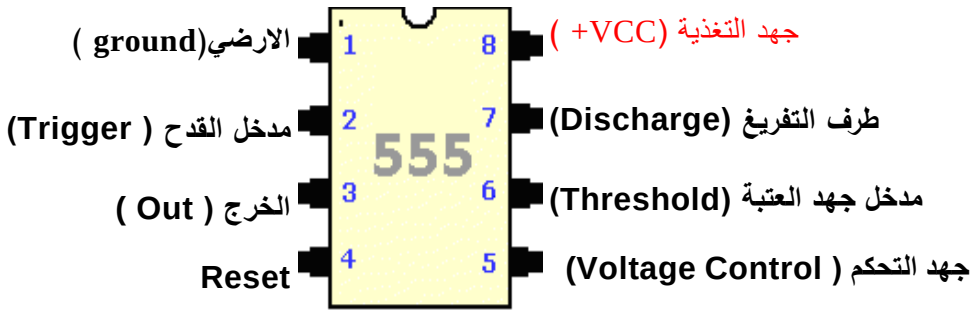
توجد عدة انواع من اجهزة التوقيت منها المؤقت الميكانيكي الذي يكثر استعماله في الغسالات واجهزة التسخين كالفرن الكهربائي،يتم تحديد الوقت المطلوب في المؤقت الميكانيكي من خلال تنظيم دورة تعشيق مسننات ميكانيكية على الوقت. أما الانواع الاخرى من اجهزة التوقيت الالكترونية – الرقمية، حيث تستعمل كمنظمات تشغيل على نطاق واسع في اجهزة التبريد، وفي منظومات السيطرة الكهربائية، والاجهزة الطبية كجهاز الاشعة السينية،حيث يتم تحديد وقت التشغيل فيها من خلال تحديد قيمتي متسعة ومقاومة. وكذلك يستخدم في جهاز حشوة الاسنان حيث يعمل المؤقت الزمني لحين جفاف الحشوة.

2-16 المؤقت 555

دائرة المؤقت هي 555 دائرة متكاملة (IC) متعددة الاغراض تستعمل عل نطاق واسع. يستخدم كمذبذب لتوليد اشارات نبضية يصل تردده إلى (500 kHz) أو كمؤقت بزمن عامل من عدة مايكرو ثانية إلى عدة ساعات.يمكن ان يعمل الموقت 555 بطريقتين مختلفتين التي تمثل المؤقتين:

1- المؤقت عديم الاستقرار (Astable): حيث يولد سلسلة غير منتهية من النبضات تتكرر بشكل دوري وبزمن مضبوط.
2- المؤقت احادي الاستقرار (Mono stable): حيث يولد نبضة واحدة.

1-2-16 اطراف الدائرة المتكاملة 555



شكل 16-1 يوضح اطراف الدائرة المتكاملة 555

16-2-2 وظائف اطراف المؤقت 555

الطرف 1 الارضي (ground): هو الطرف المشترك للدائرة.
الطرف 3 مدخل القدح (Trigger): هو الطرف الذي يؤدي بالخرج ان يصبح مرتفعا، ويبدا دورة المؤقت.يبدا القدح عندما يتحول الجهد من 2/3 V_{CC} إلى جهد اقل من 1/3V_{CC} من جهد التغذية.
الطرف 3 الخرج (Out):عند بدء دورة المؤقت يرتفع جهد الخرج، وينخفض إلى الصفر في نهاية الدورة. يوصل هذا الطرف إلى الجهاز المراد توقيت عمله.
الطرف 4 مدخل التصفير (Reset): اذا طبق على هذا الطرف مستوى منطقي منخفض يعاد تصفير الموقت، ويعود الخرج إلى الحالة المنخفضة.
الطرف 5 جهد التحكم (Voltage Control):يمكن تعديل زمن موجة المؤقت عديم الاستقرار،وذلك بتغير جهدي القدح والعتبة عند تطبيق جهد خارجي على هذا الطرف،وعند عدم الحاجة اليه يفضل ربط متسعة معه وتوصيله إلى الارضي،لمنع التشويش من القدح الخاطئ.
الطرف 6 مدخل جهد العتبة (Threshold): يؤدي هذا الطرف إلى جعل الخرج ينخفض عندما ينتقل الجهد على هذا الطرف من قيمة اقل من 1/3 إلى اعلى من 2/3 من جهد التغذية.
الطرف 7 طرف التفريغ (Discharge): يؤدي هذا الطرف إلى تصريف التيار.
الطرف 8 جهد التغذية (+ VCC): هو طرف التغذية الموجبة وتكون حدوده من (+4.5V) إلى(+15V)

16-2-3 المؤقت 555 عديم الاستقرار

الشكل (16– 2) يوضح الدائرة الخارجية للمؤقت 555 عديم الاستقرار، يتم القدح عند الطرف 2 عندما تنشحن المتسعة C عن طريق V_{CC} من خلال المقاومتين (R_1 و R_2). حيث تصل فولتية المتسعة إلى (2/3 V_{CC}) ثم تفرغ شحنتها خلال المقاومة (R_2) ليصل الجهد إلى (1/3V_{CC}) لذلك يتغير جهد خارج المؤقت من القيمة العليا إلى القيمة السفلى باستمرار، ويكون الخارج عبارة عن موجة مربعة. الشكل (16 -3) يوضح شكل الموجة على طرفي المتسعة وشكل الموجة الخارجة.يتم حساب تردد المذبذب بالمعادلة الآتية:

$$f= \frac{1.44}{(R_1+R_2)C} \qquad \text{.....(1-16)}$$

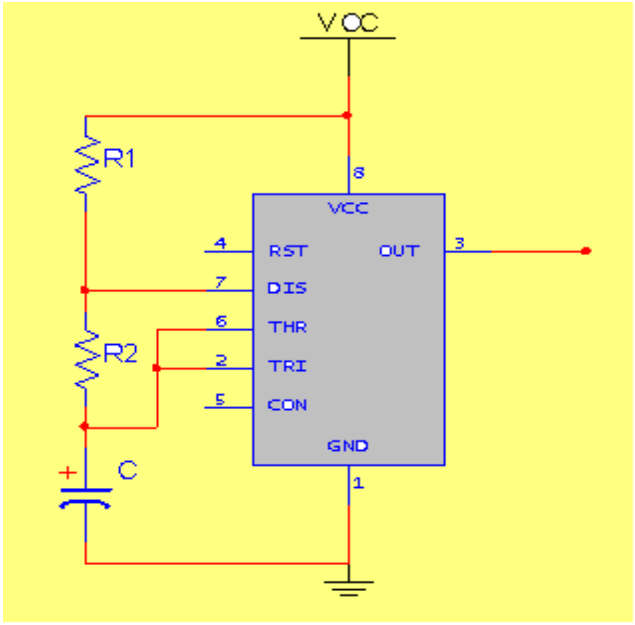
حساب زمن الموجة خلال ارتفاع الخرج كما في بالمعادلة الآتية:

$$t_{on} = 0.7\ (R_1 + R_2) \qquad \text{.....(2-16)}$$

وحساب الزمن الموجة خلال انخفاض الخرج يكون كما في بالمعادلة الآتية:

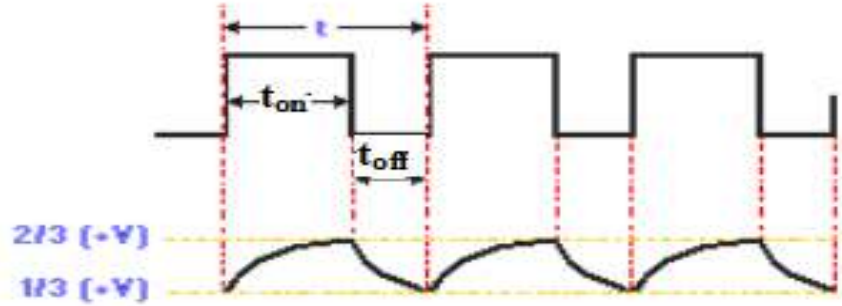
$$t_{off} = 0.7\ R_2 \times C \qquad \text{.....(3-16)}$$

$$t=t_{on}+t_{off} \qquad \text{.....(4−16)}$$



الموجة الخارجة

شكل 16–2 يوضح الدائرة الخارجية للمؤقت 555 عديم الاستقرار



موجة الفولتية على طرفي المتسعة

شكل 16 – 3 يوضح شكل الموجة على طرفي المتسعة وشكل الموجة الخارجة

مثال (16-1)

احسب تردد الخارج للمذبذب عديم الاستقرار الموضح دائرته في الشكل(16 – 2) حيث ان:

$R_1 = 2.2\ k\Omega$,$R_2 = 4.7\ k\Omega$, $C = 0.022\ \mu F$

$$f = \frac{1.44}{(R_1+R_2)C}$$

$$f = \frac{1.44}{(2.2+4.7)0.022}$$

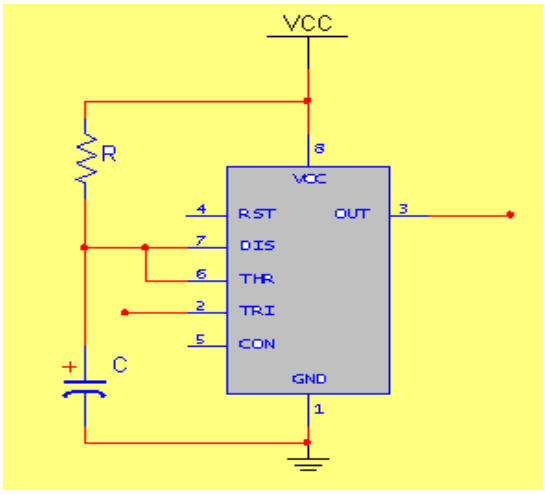
$$= 9.486HZ$$

4-2-16 المؤقت 555 احادي الاستقرار

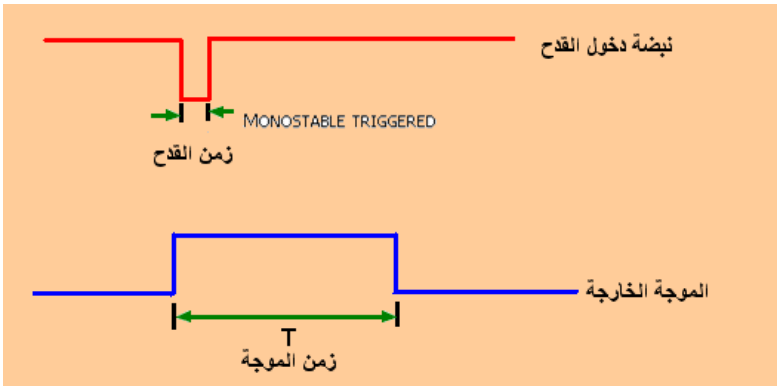
الشكل (16–4) يوضح الدائرة الخارجية للمؤقت 555 احادي الاستقرار. عندما يقدح الطرف 2 بنبضة سالبة لفترة صغيرة يكون خارج الموقت عاليا، ثم يتغير جهد الخرج من القيمة العالية إلى اقل قيمة ويبقى لفترة زمنية تعتمد على قيمة المقاومة (R)، والمتسعة (C). ويمكن حساب ثابت الزمن (الفترة الزمنية) التي يتغير عندها الجهد بالمعادلة الآتية:

$$T=1.1\times R\times C \qquad \text{.....(4-16)}$$

الشكل (16– 5) يوضح شكل الموجة الخارجة ونبضة القدح.



شكل 16 – 4 الدائرة الخارجية مؤقت 555 احادي الاستقرار



شكل 16– 5 شكل الموجة الخارجة وشكل نبضة القدح

مثال (16-2)

ما عرض النبضة الخارجة لدائرة مؤقت 555 احادي الاستقرار الموضح دائرته في الشكل(16– 4) حيث ان:

$R1 = 2.2\ K\Omega$, $C = 0.01\ \mu F$

$T=1.1R\ C$

$T=1.1\times 2.2\times 10^{3}\times 0.01\times 10^{-6} = 24.2\mu s$

اسئلة الفصل السادس عشر

1 – كيف يمكن تحديد الوقت في الموقت الميكانيكي، والموقت الالكتروني – الرقمي؟

2 – اذكر انواع الموقت 555.

3 – وضح مع الرسم عمل دائرة موقت 555 عديم الاستقرار.

4 – وضح مع الرسم عمل دائرة موقت 555 احادي الاستقرار.

5 - مؤقت 555 عديم الاستقرار الموضح دائرته في الشكل (16 – 2) وفيه:

$R_1 = 100\ k\ \Omega$,$R_2 = 1M\ \Omega$, $C = 1000\ PF$

احسب تردد المذبذب.

6 – احسب عرض النبضة الخارجة لدائرة مؤقت (555) احادي الاستقرار الموضح دائرته في الشكل (16–4) اذا كانت المقاومة الخارجية (3.3 k Ω) والمتسعة الخارجية (2000 PF).

الفصل السابع عشر
الاجهزة الطبية المختبرية

الاهداف:

الهدف العام: يهدف هذا الفصل الى التعرف على الاجهزة الطبية المختبرية.

الاهداف الخاصة:

بعد ان يكمل الطالب هذا الفصل سوف يكون قادرا على ان:-

1 – يعرف اهم أنواع الاجهزة الطبية المختبرية :

ا - المجهر (Microscope).

ب – الميزان.

جـ- جهاز الطرد المركزي (The Centrifugal Apparatus).

د - جهاز قياس الطيف الضوئي (Spectrophotometer)

هـ - جهاز قياس الحامضية (PH Meter).

و - جهاز قياس الهيموغلوبين (HP Meter).

2 – يفهم مكونات اهم انواع الاجهزة الطبية المختبرية.

3 – يدرك تطبيقات الاجهزة الطبية المختبرية.

4- يحل اسئلة الفصل.

الفصل السابع عشر
الاجهزة الطبية المختبرية

17–1 تمهيد

تُعدّ علوم المختبرات احد اهم التخصصات الطبية حيث يقوم اخصائيو المختبرات الطبية باجراء الفحوصات والتحاليل الطبية المختبرية المختلفة والمتنوعة، التي تساهم وتساعد بفعالية الاطباء على تشخيص الحالات المرضية المختلفة. وايضا متابعة علاجها.

ويُعدّ المختبر الطبي هو المكان المرخص والمعد لتقديم مختلف انواع خدمات الفحوصات المختبرية والتحليلية للمرضى، وذلك لاغراض التشخيص الطبي حيث يحتوي على اجهزة، ومعدات تخصصية تساعده على اجراء هذه التحاليل. وندرج ادناه انواع مواصفات هذه الاجهزة.

17–2 المجهر (Microscope)

يُعدّ المجهر واحدا من اهم ادوات العلم حيث يستخدم المجهر لرؤية الأجسام المتناهية الصغر، كالكائنات الحية التي لا نستطيع رؤيتها بالعين المجردة، حيث يتم بواسطته تشخيص العديد من الأمراض الناتجة بسبب البكتريا الدقيقة، كما قد يستعين به الجراحون عند اجراء العمليات الجراحية الدقيقة، وكذلك يستخدم لفحص الانسجة وكريات الدم الحمراء، وتشخيص الاحياء المهجرية، والطفيليات.

17-2-1 انواع من المجاهر

هنالك عدة انواع من المجاهر ومنها:-

1- المجهر الالكتروني:

يستخدم المجهر الالكتروني لرؤية الأجسام المتناهية في الصغر كالبكتريا والفيروسات والذرات.

2 – المجهر الايوني:

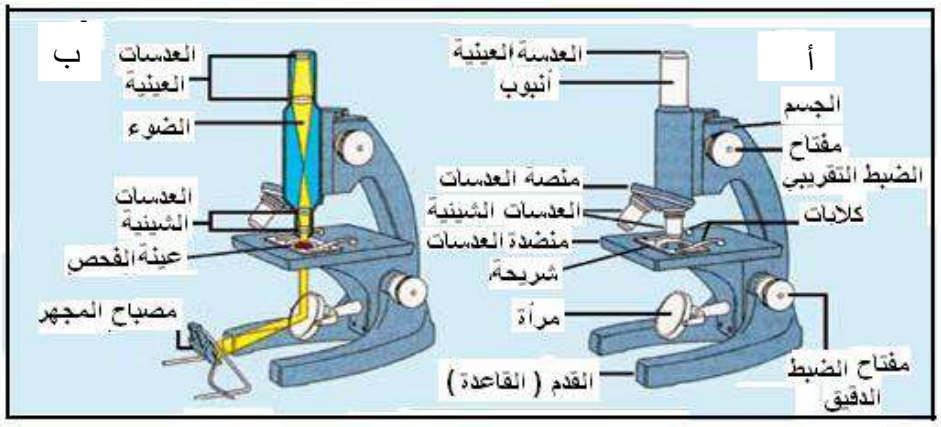
لهذا المجهر قدرة هائلة على التكبير. فهو يكبِّر مليوني مرة بدقة فائقة تمكنه من رؤية الذرات المفردة.يستعمل العلماء المجهر الايوني لدراسة فيزياء وكيمياء السطوح والشوائب في الفلزات.

3 – المجهر الضوئي:

يعمل هذا المجهر على الضوء، وهنالك انواع عديدة لهذا المجهر، ومن انواعه شائعة الاستعمال في المختبرات، هو المجهر الضوئي المركب (Light Compound Microscope). يمكن لهذه المجاهر توضيح الاشياء التي اقطارها أكبر من طول موجة الضوء، ولهذا لا يمكن لأجود أنواع المجاهر الضوئية توضيح أجزاء العينات قيد الفحص المرصوصة بعضها إلى بعض، كالذرات، أو الجزيئات، أو الفيروسات، ولهذا السبب لا يمكن رؤية التراكيب الدقيقة، كالذرات أو الجزيئات أو الفيروسات باستخدام المجهر الضوئي.

17–2–2 اجزاء المجهر الضوئى المركب

يتكون المجهر من العديد من الاجزاء كما موضح في الشكل (17–1) حيث يظهر أ - مخطط اجزاء المجهر ب- مخطط مسار الضوء



الشكل 17– 1 احد نماذج المجهر الضوئي المركب

والشكل 17– 2 يوضح نموذج اخر للمجهر الضوئي المركب

شكل 17– 2 نموذج اخر للمجهر الضوئي المركب

اولا - العدسات:

يحتوي المجهر على عدسات تكبيرية هما:

ا - العدسات الشيئية (Objective Lenses)

هي مجموعة من العدسات القريبة من العينة المراد تكبيرها، حيث يعتمد تكبير صورة الجسم عليها. يحتوي المجهر على ثلاث أو اربع عدسات شيئية تكون مثبتة في قرص دوار متحرك، وتتراوح قوة تكبير هذه العدسات بين (4) مرة إلى (100) مرة. يستعمل في العدسات ذات التكبير (100) مرة زيت لذلك سميت بالعدسات الزيتية، أما باقي العدسات فانها تستخدم بدون اضافة اية مادة ويثبت عادة على العدسات حروف وارقام محفورة على معدن العدسة تبين قوة تكبيرها، فمثلا (X10)،(X40)، (X100)، كذلك قد توجد بعض العلأمات الاخرى كالارقام (160/0.18)، حيث يدل الرقم الأول على طول انبوبة المجهر بالملمتر، والرقم الثاني يعني سمك الشريحة الزجاجية التي يجب استخدامها.

ب - العدسة العينية (Ocular Eyepiece Lens)

هي العدسة الواقعة في الجزء العلوي من الاسطوانة الصغيرة للمجهر، ولها وظيفتان الأولى هي رؤية الصورة، والثانية هي تكبير خيال الصورة التي تقع على العدسة الشيئية، حيث عامل قوة تكبيرها ما بين (X5) مرة إلى (X20) مرة، وغالبا ما تستخدم عدسات بقوة تكبير (X10). الشكل(17 – b،1) يوضح مخطط المسار الذي يسلكه الضوء اثناء مروره من خلال العينة، ومن ثم العدسات، وانابيب المجهر.

ثانيا- المكثف (Condenser):

هي مجموعة من العدسات الواقعة في اسفل حاملة الشريحة، حيث تقوم بتجميع اشعة الضوء التي تصله من مصدر الاضاءة وتسليطها على الجسم المرئي لاضاءته، ويكون المكثف مثبتا بطريقة تسمح بتحريكه إلى الاعلى والاسفل بسهولة، كما قد تزود مكثفات المجاهير بمفاتيح ضبط تسمح بضبط مركزية المكثف، وفي معظم المكثفات توجد في الجزء الاسفل فتحة متغيرة تسمى بالحجاب الحدقي (Iris Diaphragm) يتحكم بها مسمار ضبط جانبي، كما توجد حلقة لوضع المرشحات التي تستعمل لأمتصاص اشعة الضوء الملونة.

ثالثا - مفاتيح الضبط:

وهي عبارة عن مفاتيح متحركة تكون مثبته على الحأمل الرئيس للمجهر، وتستعمل هذه المفاتيح للضبط الدقيق (Fine Adjustment) ومفتاح الضبط التقريبي (Coarse Adjustment)، وهنالك ايضا مفاتيح رفع وخفض المكثف ومفاتيح ضبط مركزية اخرى، ويزود ايضا المجهر بمنصة متحركة بواسطة مفاتيح خاصة تسمح بتحريك الجسم باتجاهين متعامدين.

رابعاً – المراة أو المضيء (Mirror or Illumination)

تعمل المراة على عكس وتوجيه اشعة مصدر الاضاءة إلى العدسة الشيئية، حيث تمر الاشعة بالشريحة المراد تكبيرها، وللمراة سطحان احداهما مستو والاخر مقعر، وذلك يتكون مصدرالاضاءة من مصابيح كثيفة الاضاءة، تعمل هذه المصابيح على فولتيات معينة مثل (6v، 12v، 120v) حيث يكون المصباح موجها إلى عدسة المكثف القابل للحركة.

17–2–3 كيفية تكون الصورة فى جهاز المجهر

عندما يسقط الضوء المسلط من مصدر الضوء على الجسم الموجود على منضدة المجهر، حيث تستلم العدسة الشيئية الاشعة المارة خلالها وتكون صورة حقيقية مقلوبة ومكبرة تسمى بالصورة الأولية وذلك في الجزء العلوي من الانبوب، وفي هذه المنطقة توجد عدسة تسمى بعدسة المجال أو عدسة الحقل (Field) تقع في الجزء الاسفل من الجزء العيني، وتقوم بدورها بجمع الاشعة في الصورة الأولية لتمريرها خلال العدسة العينية التي تقوم بتكبير الصورة الأولية المستلمة. ان الاشعة الضوئية الخارجة من الجزء العيني من العدسات تسقط على شبكية عين الشخص الفاحص الذي يرى الصورة.

17–2– 4 ضبط المجهر

يتم تركيز وضبط الاضاءة عن طريق تشغيل مصدر الاضاءة، ووضع شريحة زجاجية معتمة على منضدة المجهر، ثم يجري ضبط فقاعة الضوء الصادر حتى تعطي اصغر قطر وباعلى ما يمكن من الاضاءة في وسط الشريحة عند النظر اليها من العدسات العينية، أما المكثف فيجب ضبط المركزية في تجميع اشعة الضوء التي تصله من مصدر الاضاءة وتوجيهها على الجسم المرئي، وعند الرغبة في تحسين الضوء الصادر من المصباح ليمكن استخدام حجاب قزحي لتنظيم نفاذية الضوء، فضلا عن ذلك يجب ان تكون الاضاءة قوية حتى تصل إلى العدسة الشيئية.

17–2–5 حساب قوة التكبير

ولحساب التكبير الكلي للجسم المراد فحصه تحت المجهر يكون كما في المعادلة الآتية:

قوة التكبير الكلية للجسم = قوة تكبير العدسة العينية × قوة تكبير العدسة الشيئية

ولنفرض انك استعملت العدسة الشيئية الكبرى التي قوة تكبيرها عادة (40 x) والعدسة العينية التي قوة تكبيرها:(10 x)

قوة التكبير الكلية للجسم= 10 x × 40 x = 400 x

17-3 جهاز الميزان

توجد انواع مختلفة منها:

17-3–1 الميزان الميكانيكي (الميزان ذو الكفتين)

يتلخص عمل الميزان في اضافة اثقال معلومة إلى الميزان لمعادلة الوزن المجهول، وتضاف مجموعة الاثقال يدويا. والشكل (17 – 3) يوضح الميزان ذي الكفتين.

الشكل 17– 3 الميزان ذي الكفتين

مكونات الميزان:

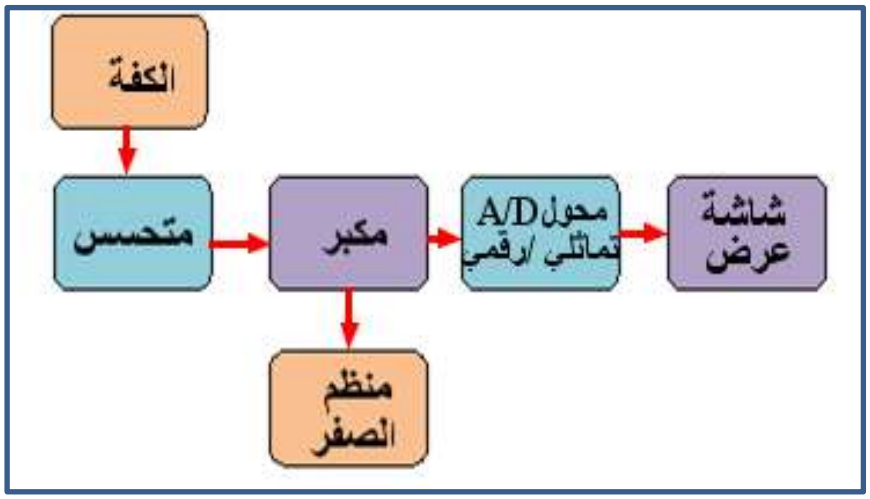
يتكون الميزان الميكانيكي من ذراع يستند على نقطة في الوسط قابلة للرفع والخفض بواسطة عتلة، وذلك للتقليل من فترة الاستناد على النقطة الوسطية لكونها مصنوعة من مادة ذات معامل احتكاك قليل جدا لمنع اية تاثيرات خارجية على صحة القراءات للأوزان لذا استوجب الحفاظ عليها عند عدم الحاجة إلى اجراء عملية الوزن. كما يوجد عند طرفي الذراع لولب افقي تتحرك عليه قطعة معدنية باتجاه مركز الاستناد أو بالعكس تستعمل هذه القطعة للحصول على وضع افقي مستمر ومتوازن وتتدلى من طرفي الذراع كفتا الميزان، وهناك محور يحمل نقطة الاستناد الوسطية ويثبت هذا المحور على لوحة خشبية افقية ذات ارجل متحركة مع فقاعة هوائية داخل سائل في زجاجة مثبتة على اللوحة، وتستعمل هذه المجموعة للتاكد من ان الميزان موضوع بوضعية افقية صحيحة، ويوضع الميزان داخل صندوق زجاجي للمحافظة عليه، ولمنع التيارات الهوائية من التاثير على صحة القراءات، ويستعمل هذا الميزان في الصيدليات والمختبرات.

17-3-2– الميزان الكهروميكانيكي (كفة واحدة)

توضع المواد المراد وزنها في الكفة التي تكون مثبتة على احد طرفي الذراع، أما الطرف الثاني فانه يحتوي على ارقام تمثل ما يعادلها من وزن للحصول على الاجزاء الكسرية للأوزان، ويتم ذلك بواسطة مصدر ضوئي يمر عبر مجموعة من العدسات والمرايا وعبر زجاجة تدرج عليها الارقام، فتنتقل صورتها إلى واجهة الجهاز بواسطة المرايا ويمكن قراءتها من الخارج. يوضع الميزان داخل صندوق ذي غرفة زجاجية أمامية فيها كفة الميزان الوحيدة، أما الفقاعة الهوائية داخل السائل فتستعمل لتحديد المستوى الافقي لنصب الجهاز، ويمكن الحصول على المستوى الافقي بواسطة تحريك الارجل.

17-3-3– الميزان الالكتروني

في الشكل (17- 4) ادناه يوضح المخطط الكتلوي لجهاز الميزان الالكتروني



شكل 17- 4 المخطط الكتلي لجهز الميزان الالكتروني

هو جهاز حساس جدا يستخدم في ايجاد الكتل للمواد بدقة متناهية.

يتميز هذا النوع بالدقة العالية (تصل إلى خمسة مراتب بعد الفارزة)، كما ويتميز بكلفته العالية ويحتوي على متحسس يقوم بتحويل القوة (الوزن) إلى اشارة كهربائية، ويتم تكبيرها بواسطة مكبر وتحول هذه الاشارة إلى اشارة رقمية عن طريق محول من تماثلي إلى رقمي. وتعرض هذه الاشارة على شاشة رقمية، وتوجد في بعض الانواع المعقدة والدقيقة جدا مكونات الكترونية اخرى مثل المعالجات الدقيقة لزيادة دقتها، ويمكن اضافة شاشة اخرى لقراءة السعر الكلي للمادة الموزونة. والشكل (17-5) يوضح نماذج الميزان الالكتروني.

الشكل 17-5 بعض الموازين الالكترونية

خطوات اعداد الجهاز

يجب اعداد الجهاز قبل استخدامه وكالآتي:

أولا: نصب الجهاز:

ان اختيار موقع مناسب للجهاز عامل مهم جدا في دقة الجهاز، لذا يجب التاكد من ان الميزان في موضع مستقر، ولا توجد اي اهتزازات تؤثر عليه، وكذلك يجب تجنب الاتي:

- عدم تعريضه للشمس ·
- عدم تعريضه للتغير العالي في درجة الحرارة·
- عدم سحبه أو جره من مكان لاخر· ان افضل موقع له داخل المختبر، هو وضع الجهاز على طأولة في احد اركان المختبر بعيدا عن التيار الهوائي، أو التعرض للسحب والجر، وكذلك عن الباب أو النافذة أو فتحة التهوية، ولا يكون قريبا من الاجهزة المشعة حراريا.

ثانيا: موازنة الجهاز:

يحتوي الجهاز على فقاعة هوائية، وله رجلان لضبط المستوى الافقي بحيث تكون الفقاعة الهوائية في منتصف الدائرة، وبذلك يكون الجهاز بالوضع الافقي الصحيح وتتم الموازنه كالآتي:

1- اذا كانت الفقاعة الهوائية على موضع الساعة الثانية عشر:يجب لف كلتا الرجلين باتجاه معاكس لحركة عقارب الساعة.

2. اذا كانت الفقاعة الهوائية على موضع الساعة الثالثة:يجب لف الرجل اليسرى للجهاز باتجاه عقارب الساعة، والرجل اليمنى عكس اتجاه عقارب الساعة.

3- اذا كانت الفقاعة الهوائية على موضع الساعة السادسة:يجب لف الرجلين معا باتجاه حركة عقارب الساعة.

4- اذا كانت الفقاعة الهوائية على موضع الساعة التاسعة:يجب لف الرجل اليسرى للجهاز باتجاه معاكس لحركة عقارب الساعة والرجل اليمنى باتجاه حركة عقارب الساعة.

ملاحظة عامة: يجب عمل الموازنة وضبط الجهاز في كل مرة يتغير فيها مكان الميزان الالكتروني.

ثالثا: قبل توصيل الجهاز بالتيار الكهربائي:

- يجب التاكد من ملاءمة فولتية الجهاز مع الفولتية المجهزة للميزان، وذلك من محول (AC) المرفق مع الجهاز.
- عند توصيل الميزان بالكهرباء يعمل فحص ذاتي لاجزائه وتنتهي العملية بظهور كلمة (OFF) على شاشة العرض، وبعد ذلك اضغط على زر (ON) لتشغيل الجهاز.

ملاحظة: يفضل اجراء القياسات بعد نصف ساعة من تشغيل الجهاز، كي تتلائم درجة حرارة الجهاز مع درجة حرارة الغرفة.

رابعا: غلق وفتح الجهاز OFF / ON

ا- فتح الجهاز (ON)

أبعد أي أوزان من كفة الميزان ثم اضغط على زر (ON) بعدها يقوم الجهاز بعمل فحص ذاتيا، وتنتهي بظهور رقم (gm 0.00) وهذا يعني ان الميزان جاهز للعمل.

ب - غلق الجهاز OFF:

لاغلاق الجهاز اضغط على زر (OFF) لحين ظهور كلمة (OFF) على الشاشة.

طرق تعيين الكتلة:

1ـ الطريقة الاعتيادية:

ا - ضع الثقل المطلوب معرفة وزنه على كفة الميزان، وأنتظر حتى تختفي الإشارة (0) الموجودة على الجهة اليسرى من الشاشة.

ب - بعد أختفاء الإشارة (0) تكون القراءة على الشاشة تمثل كتلة الجسم المراد وزنه.

2ـ طريقة أستخدام الوعاء:

ا - ضع الوعاء الفارغ على كفة الميزان سيظهر على الشاشة كتلة الوعاء.

ب - أضغط على زر (O/T) للحظة، وجيزه سوف تختفي كتلة الوعاء من الشاشة.

ج - ضع المادة المراد تعين كتلتها في الوعاء الفارغ ثم ضعه على كفة الميزان ستظهر كتلة الماده فقط دون كتلة الوعاء.

ملاحظة مهمة: - في حالة رفع الوعاء في كفة الميزان سيظهر رقم سالب على الشاشه، حيث يمثل كتلة الوعاء وهو فارغ وسوف تبقى كتلة الوعاء في ذاكرة الجهاز لحين الضغط على زر (O/T) مرة اخرى وأغلق الجهاز.

السبب الرئيس لتعطل الجهاز هو:

الاستخدام السيئ للجهاز. تحميل الميزان وزن زائد عن القيمة المسموح بها؛ بمعنى نفرض ان القيمة القصوى الذى يزنها الميزان 310g عند قيأم الفني بعملية الوزن يقوم بوزن زجاجة الساعة، وهي فارغة، فرضا كان وزنها 44g ، بعد ذلك يقوم بتصفير الميزان لاخذ القراءة المطلوبة وعلى افتراض كان الوزن المطلوب 300g يقوم الفني بوزن القيمة المطلوبة متناسيا قيمة زجاجة الساعة المدونة بالذاكرة سيقوم الميزان بالوزن ولكن مع تكرار العملية سيؤدى إلى تلف الجهاز، وبالتالي إلى تلف الجزء الميكانيكي واذا تلف الجزء الميكانيكي لا يمكن اصلاح الجهاز ويجب استبدال الميزان باخر جديد.لذلك فان الطريقة الافضل هي بالاضافة؛ اي اخذ وزن زجاجة الساعة وهي فارغة، ثم حساب القيمة النهاية للوزن المطلوب، واضافة المادة المراد وزنها إلى ان تصل إلى القيمة المطلوبة.

بالنسبة لبعض الموازين الكهربائية التي تعمل على بطارية:

- ترك الفني للبطارية لفترة طويلة داخل الجهاز ممكن ان تتجأوز السنة كفيلة بان تتلف الجهاز، وذلك بسبب تحمض البطاريات، وبالتالي تكون الصدا على الحافظة.
- الصيانة الدورية للجهاز من حيث النظافة العامة تشمل الاتربة بالاضافة إلى بقايا المواد الكيماوية العالقة اثناء قيأم الطالب بعمل التجارب العملية.

ترك الجهاز يعمل لفترة طويلة بمعنى عدم فصل الجهاز عن الكهرباء، وتركه في نظام التشغيل لمدة ايأم، وذلك بسبب النسيان، وبالتالي تتولد حرارة ينتج منها تلف وحدة التيار الموجودة، وبما انه يعمل على نظام الشرائح الالكترونية يتسبب ذلك فى تلف المقاومات والدوائر الدمجية، وبالتالي تلف الجهاز.

4-17 معلومات مهمة لاستعمال الموازين

1- تستعمل منصة ثابتة غير قابلة للاهتزاز (بعيدة عن مصادر الاهتزازات) وهنالك منصات خاصة مزودة بمساند عازلة للموازين.
2- ينصب الميزان على مستوى افقي.
3- يجب ان تكون درجة حرارة المكان ثابتة، وقبل البدء بالوزن يترك الميزان لغرض اكساب الميزان درجة حرارة المكان المحيط به.
4- يجب ان يكون مكان الميزان بعيدا عن التيارات الهوائية.
5- يجب عدم ترك كفة الميزان والعتلة على المسند في حالة عدم الأستعمال.
6- يستعمل الملقط لأوزان الميزان وأوعية الوزن وغيرها.
7- يجب ان تبقى كفة الميزان جافة وذلك باستعمال مادة ماصة للرطوبة.
8- يجب ان لا تتعرض اجزاء الميزان للمواد الكيمياوية.
9- تستعمل فرشاة ناعمة للتخلص من اية مادة كيماوية تسقط على الكفة أو على ارضية الميزان.
10 -لا يجوز نقل الميزان الا بعد استعمال الماسكات الميكانيكية والاستعانة بتعليمات الشركة المنتجة.

5-17 جهاز الطرد المركزي The Centrifugal Apparatus

ان اي جسم يتحرك حركة دائرية بسرعة ثابتة يتولد فيه تعجيل مركزي، وبالتالي قوة طرد تتجه نحو المركز تسمى قوة الطرد المركزي(Centrifugal Force) وان الاجهزة التي توظف هذه القوة في عملها تسمى اجهزة الطرد المركزي(Centrifugal Force Apparatus)،مثل الخلاطات والمازجات والكثير من لعب الاطفال فضلا عن المنشار، والمثقاب الكهربائي.الذي يهمنا الان هو استخدام هذه التقنية في المختبرات الكيمياوية، ومختبرات الاجهزة الطبية، حيث تستخدم لفصل الدقائق العالقة في المحاليل والسوائل، مثل تجزئة الدم إلى مكوناته الثلاثة، البلازما، والكريات البيضاء، والكريات الحمراء.

1-5-17 نظرية الطرد المركزي

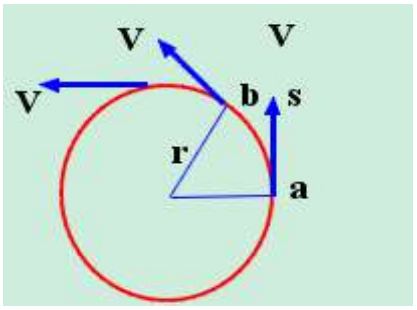
لقد درسنا في السقوط الحر للأجسام بان التعجيل يتولد عندما تتغير سرعة الجسم اثناء السقوط، أما عند حركة جسم في مسار دائري فان الجسم يسير بسرعة ثابتة تسمى (السرعة الدائرية)، واتجاهه يتغير باستمرار ويكون مماس للدائرة. لاحظ الشكل (17-6) فعند انتقال الجسم من النقطة (a) إلى النقطة (b) قاطعا جزءا من محيط الدائرة (s) التي نصف قطرها (r) فان سرعة الجسم تساوي

طول القوس مقسوما على الزمن الذي يستغرقه ووحداته (m/sec) كما في المعادلة (17-1)، وتكون سرعته ثابتة ولكن متغيرة الاتجاه لذا يتولد تعجيل مركزي (a) كما في المعادلة (17-2)، ويكون ثابت القيمة ومتجه إلى المركز كما نلاحظ في الشكل (17-7).

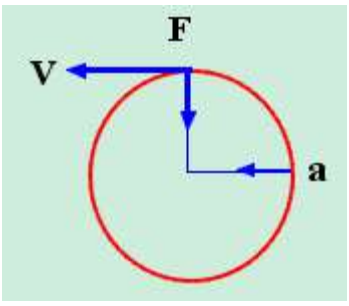
$v=s/t$ (m/sec) ----------(1-17) $a=v^2/r$ (m/sec$^{2)}$----------(2-17)

ان القوة (F) المسببة لهذه السرعة (v) وكذالك التعجيل (a) تكون ثابتة المقدار، وتتجه نحو المركز وعمودية على محور الدوران وعلى السرعة، كما نلاحظ في الشكل (17-7).عند التعويض بقانون نيوتن الثاني للقوة التي تساوي حاصل ضرب الكتلة (m) بوحدات (kg) في التعجيل (a) بوحدات (m/s^2) كما في المعادلة (17-3) نحصل على قانون القوة بوحدات النيوتن (N) كما في المعادلة (17-4):

$F=m\,v^2/r$ (N) …….(3 – 17) $F=ma$ (N) ……..(4-17)



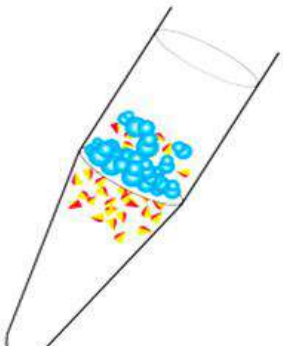
الشكل17-6 جسم في حركة



الشكل17-7 أتجاه التعجيل والقوة للجسم توضف القوة المركزية(F)

في اجهزة الطرد المركزي الموجودة في مختبرات التحليلات والمختبرات الكيمياوية، لفصل الدقائق أوالعناصر العالقة في المحاليل نتيجة للتعجيل والقوة المركزية عند وضع هذه المحاليل في جهاز الطرد المركزي الموضح في الشكل (17-8)، وتدويره بسرعة عالية مكتسبة قوة طرد أكبر من قوة تماسك السائل باجزاءه مما يؤدي إلى انفصال الاجزاء المختلفة حسب كثافتها في الوعاء الحأوي على السائل الاخف كثافة في الاعلى واقلهم كثافة في القعر، والشكل (17-9) مخطط لانبوبة تحوي المحلول بعد اخراجها من جهاز الطرد المركزي.

شكل 17 – 8 جهاز الطرد المركزي مع حاويات المحلول.



شكل 17 -9 الانبوبة الحاوية على المحلول بعد تفكيك اجزاءه

مثال(17-1)

هل نحصل على التعجيل (a) في الأجسام التي تدور في حركة دائرية نتيجة للتغير المستمر في السرعة؟

الحل: كلا نحصل على التعجيل نتيجة للتغير المستمر في اتجاه السرعة وليس قيمتها.

مثال(17-2)

جسم يدور دورة كاملة في حركة دائرية بمدة ثانيتين (2sec.) جد سرعة الجسم وتعجيله اذا كانت نصف قطر الدائرة (100m).

الحل:

$$V = \frac{S}{t}\ \frac{2\pi r}{t} = \frac{2\times 3.14\times 100}{2} = \frac{628}{2} = \boxed{314\text{m/s}}$$

$$a = \frac{V^2}{r} = \frac{(31.4)^2}{100} = \boxed{9.8596\text{m/s}^2}$$

17-5-2 اجزاء جهاز الطرد المركزي

يتكون الجهاز من الاجزاء الآتية:

1- المحرك الكهربائي (Electric Motor): وهو اهم جزء في الجهاز.

2- المؤقت الزمني (Timer): يتكون من نوعين يمكن استخدام ايا منهم، هما:

ا- المؤقت الميكانيكي:حيث يوقت يدويا بواسطة مفتاح غلق يتكون من تلامسين احدهما ثابت، والاخر

متحرك يدار يدويا، وتدور معه مسننات معشقة كما في ساعة التوقيت متزأمنة مع الوقت الذي نحتاجه لتشغيل الجهاز؛ اي زمن وصول التلأمس المتحرك إلى التلأمس الثابت لغلق الدائرة الكهربائية

ب- الموقت الزمني: ويعتمد على زمن شحن وتفريغ متسعة مرتبطة بمقاومة أو ملف (T=RC)، ويحتاج المؤقت من (0-15) دقيقة حسب نوع المحلول والدقائق العالقة به.

3- منظم السرعة (Speed Control): يستخدم لزيادة سرعة الجهاز وقد تصل إلى اكثر من(12) الف دورة في الدقيقة

4- مفاتيح الأمان (Security Switches):

تستخدم لقفل الغطاء الخارجي اليا عند غلقه لبدء عمل الجهاز لمنع انفتاحه تلقائيا، ومفتاح اخر يستخدم لقطع مصدر الطاقة عن الجهاز، عند اي فتح للغطاء الخارجي ليتوقف حتى بدون استخدام مفتاح الغلق المخصص لذالك. ان هذه المفاتيح عبارة عن تلأمسات تربط على التوالي بين مصدر الطاقة، والغطاء الخارجي لجهاز الطرد المركزي. لاحظ الشكل(17-10)

الشكل 17-10 جهاز الطرد المركزي متعدد الاغراض (النوع الحديث)

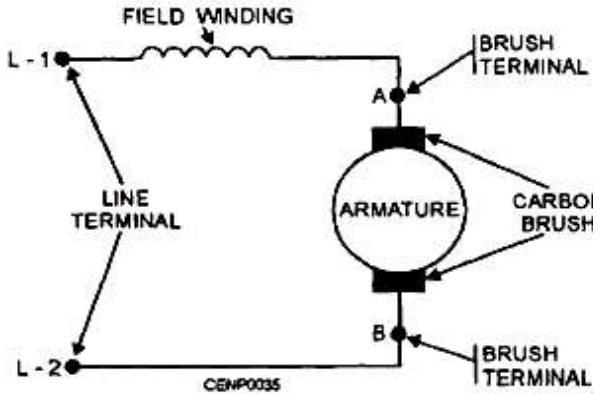
مع مفاتيح لمس للسيطرة على تشغيله

5- المحرك الكهربائي:

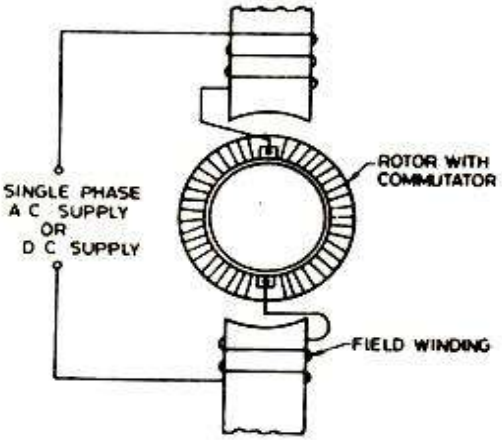
هناك انواع كثيرة ومختلفة يمكن استخدامها في اجهزة الطرد المركزي والتي سبق وتم دراستها في السنوات السابقة. الان سنقوم بدراسة احد المحركات الاكثر استخداما في هذه الاجهزة لتوفر ما تحتاجه هذه الاجهزة من مواصفات هي:الحجم الصغير، السرعة العالية، القدرة الكبيرة وسهولة التحكم بالسرعة وهو المحرك العام (Universal Motor). ويمكن تشغيل هذا المحرك بالطاقة المستمرة أو المتناوبة، لذلك سمي بالعام ويتكون من الاجزاء الآتية:-

1- ملف المجال (Field Coil)
2- عضو الانتاج (Armature)
3- مجمع العاكس/ فرش الكربون (Brash/Commutator)

ان ملف المجال وعضو الانتاج مربوطان على التوالي، وتكون عدد لفات الملف قليلة بمساحة مقطع كبير لتقليل محاثة ملف المجال(عكس ما موجود في المحرك المستمر). الشكل (17-11) يوضح تصميم المحرك العام واجزاءه المختلفة، بينما الشكل(17-12) يوضح الدائرة الكهربائية لنفس المحرك.



الشكل 17-12 رسم للدائرة الكهربائية للمحرك العام

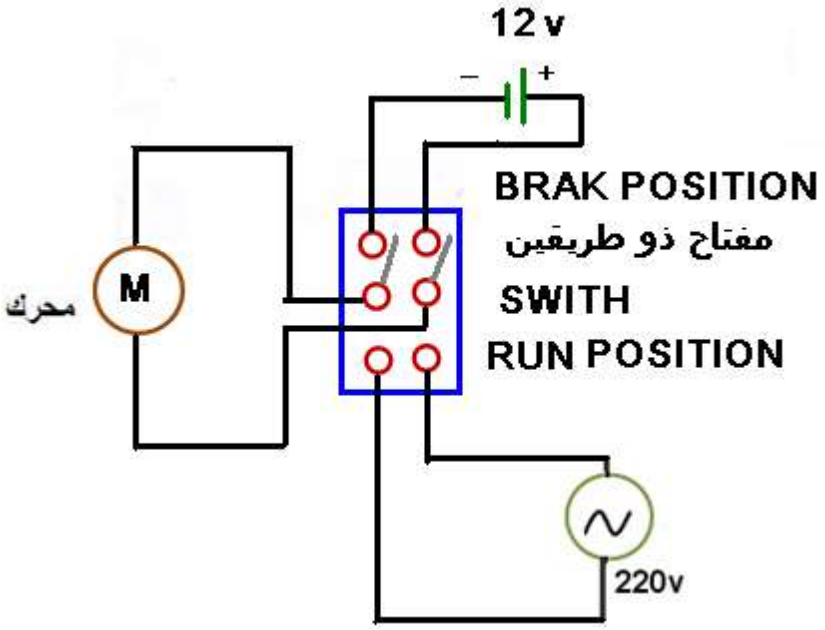


الشكل 17-11 رسم توضيحي لأجزاء المحرك العام

عند مرور التيار فيه يقابله في نفس الوقت انعكاس اتجاه التيار في عضو الانتاج بسبب وجود مجمع العاكس (مغير الاتجاه/ الفرش)، فيبقى اتجاه التيار الكلي ثابت،علما بان تغير اتجاه تيار عضو الانتاج يحدث بمعدل (100) مرة عند تردد مصدر(50Hz) مما يؤدي إلى حركة عضو التدوير والعتلة المرتبطة بها حاملة انابيب السائل في جهاز الطرد المركزي.

17-5-3 موقف السرعة الالى (Dynamic Breaker)

عند اطفاء جهاز الطرد المركزي فان عضو التدوير (Shaft) يستمر بالدوران لفترة قصيرة قبل ان يتوقف، وهذا غير مرغوب فيه لانه يؤدي إلى أنسكاب السوائل أو ايذاء المشغل فضلا عن أمكانية العدوى، لذا يوضع موقف الي لايقاف دوران المحرك عند قطع مصدر الطاقة؛ أما باستخدام مقاومة ترتبط بمفتاح القطع (Off Switch) ذي طريقين، فترتبط المقاومة عند الاطفاء على التوازي مع عضو الانتاج مما يجعل المحرك يبطئ ويتوقف بسبب الحمل الذي تولده المقاومة.أما في المحرك العام فغالبا ما تستخدم مصدر فولتية مستمرة تربط اليا عند غلق مفتاح التشغيل على التوازي مع ملفات المحرك لتولد مجالا مغناطيسيا ثابتا يسبب ابطاء سرعة المحرك ثم توقفه. الشكل (17-13) يوضح كيفية ربط المصدر المستمر(12V) مع المحرك بمفتاح ذي طريقين عند الاطفاء.

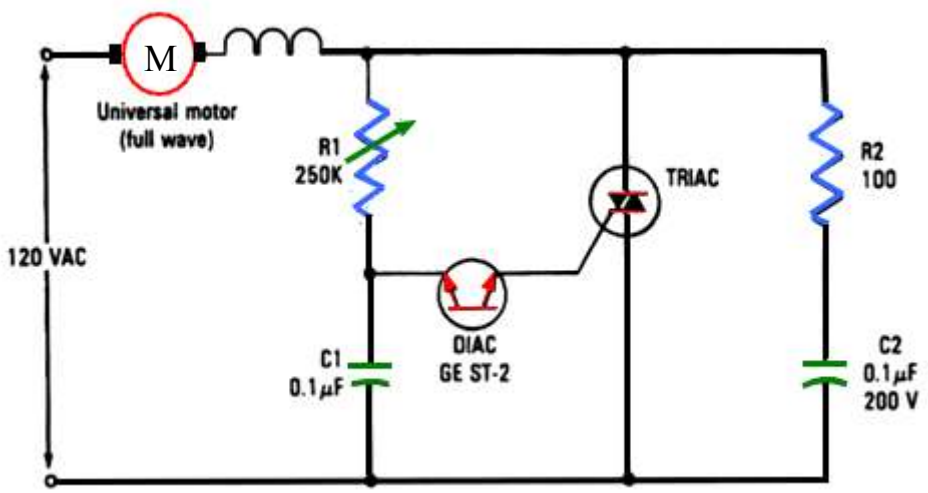


شكل17-13 الدائرة الكهربائية للموقف الالي المستخدم في المحرك العام

17-5-4 السيطرة على سرعة محرك جهاز الطرد المركزي (Speed Control)

للسيطرة على سرعة المحرك العام في جهاز الطرد المركزي تستخدم دائرة الكترونية بسيطة تحتوي على مفاتيح السيطرة الالكترونية الدايك (DIAC) والترايك (TRIAC) اللذين سبق ان ودرستهما في الفصول السابقة، كما موضح في الشكل (17-9). عند تغير قيمة المقاومة المتغيرة (R_1) المتصلة مع الدايك والمتسعة (C_1) يؤدي إلى زيادة وتقليل زمن شحن المتسعة التي تحفز الدايك عند تفريغ شحنتها لاعطاء نبضة على بوابة الترايك لقدحه لبدء التوصيل واشتغال المحرك عند الزمن المحدد للموجة المتناوبة، وبالتالي إلى قيمة القدرة المتناوبة التي تصل المحرك فتسبب سرعته، علما

بأن الترايك هو مفتاح مفتوح يوصل فقط عند أستلامه نبضة من الدايك ليشتغل بالتزامن مع الموجه المتناوبة فإذا كانت الموجة كاملة ستعطي أكبر قدرة، ويكون المحرك بسرعته القصوى وتقل السرعة كلما قلت القدرة بمقدار النقص بالموجة المتناوبة. المقاومة (R_2) والمتسعة (C_2) المربوطتان في الدائرة الالكترونية هما لزيادة قدرة الدائرة التي يحتاجها المحرك للدوران، ويمكن ازالتهما عند استخدام الدائرة للسيطرة على شدة اضاءة مصباح متوهج (دائرة خافت الضوء).



الشكل17-14 الدائرة الالكترونية للسيطرة على سرعة المحرك العام باستخدام المفاتيح السلكونية

5-17 جهاز قياس الطيف (Spectrophotometer)

في المختبرات السريرية هناك طلب مستمر للقياسات الكمية. وباستخدام الطرق الكمية، فان الكمية الحقيقية للمادة المجهولة يمكن كشفها بدقة، وهذه هي القاعدة للعديد من التحليلات المختبرية وبالاخص المواد الكيمياوية.هناك طرق مختلفة للقياسات الكمية وان احدى هذه الطرق التكنيكية في المختبرات هي القياسات الضوئية (Photometry). القياسات الضوئية، توظف اللون وتغيره للكشف عن تركيز المادة المجهولة في داخل المحلول.

والضوء هو عبارة عن اصطلاح يطلق على الطاقة الاشعاعية ذات اطوال موجية مرئية، ويسمى الطيف الشمسي. أو مناطق غير مرئية مجاورة للمنطقة المرئية. ويقاس الشعاع المرئي بالطول الموجي (Wave Length) ويرمز له(λ) ويسمى (لمدا) ووحدته ($nm=10^{-9}$) نانومتر.

اللون والطول الموجي:

ضوء النهار أو الضوء الابيض هو خليط من الوان. فإذا تشتت الضوء الابيض أو أمتص جزئيا، فان مركباته سوف تكون مرئية.

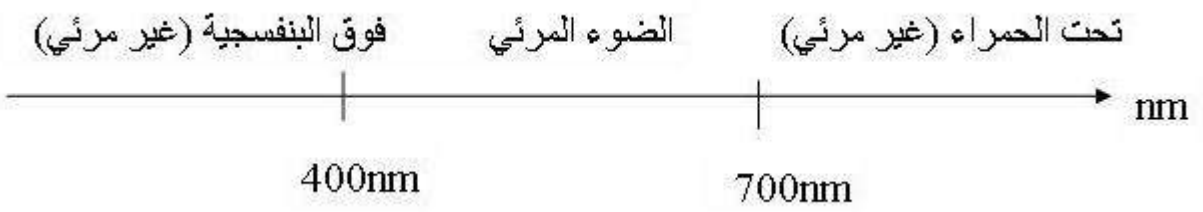
الضوء المرئي يعتمد على الطول الموجي المنبثق من الضوء. ومثال على ذلك هو الالوان من القوس قزح.

الكثير من المحاليل لها خاصية أمتصاص طول موجي محدد للضوء، ونفاذ الباقي من الاطوال الموجية. هذه المحاليل تظهر خواص محددة للالوان، والتي تعتمد على الطول الموجي للضوء الذي يمر خلالها.

عندما يمر الضوء في مرشح، أو موشور، أو محزز حيود سوف يتجزا إلى الوان الطيف المرئي من البنفسجي إلى الاحمر، لكن اللون عبارة عن حزمة من الاطوال الموجية المرئية. طيف الضوء

المرئي يبدا من (400nm) والذي هو اللون البنفسجي إلى (700nm) الذي هو اللون الاحمر، واقل من (400nm) يسمى فوق البنفسجية (Ultraviolet) واعلى من (700nm) يسمى تحت الحمراء (Infrared) وهاتان الاشعتان تكونان غير مرئيتين (Invisible).

والشكل (17-15) يمثل تقسيمات الطول الموجي



شكل17-15 يمثل الطول الموجي وانواع الاشعة المرئية وغير المرئية

17-5-1 الاجهزة المستخدمة في القياسات الضوئية

1- جهاز المرشح الضوئي (Filter Photometer)
2- جهاز الطيف الضوئي (Spectrophotometer)
3- جهاز الأمتصاص الذري (Atomic Absorbation)
4- جهاز اللهب الضوئي (Flame Photometer)

1- جهاز الطيف الضوئي (Spectrophotometer):

هو جهاز يستخدم لمعرفة تركيز مواد كيمياوية في المحاليل مثل مصل الدم أو الادرار عن طريق تفاعل كيمأوي ينتج لونا معينا له طول موجي معين، ويمكن معرفة التركيز عن طريق تدرج اللون من الفاتح إلى الغامق، حيث يكون الغامق أكبر تركيز من اللون الفاتح؛ والشكل (17-16) يوضح انواعا مختلفة من اجهزة (Spectrophotometer). ان عمل الجهاز يكون بقراءة شدة الضوء المحلول ويسمى أمتصاص (Absorbance) ويرمز له (A) النافذ من خلال المحلول المراد قياس تركيزه.اي ان الجهاز يقيس أمتصاص الضوء النافذ من خلال

شكل 17-16 مجموعة من اجهزة (Spectrophotometer)

أو يقيس النفاذية وتسمى (Transmittance) ويرمز لها (T) والتي تكون بنسبة مئوية (%). وان النفاذية هي عكس الأمتصاص، فمثلا عندما يكون الأمتصاص (0) تكون النفاذية (100%).

وعندما يكون الأمتصاص (∞) تكون النفاذية (0%)

ولمعرفة تركيز المادة المجهولة (Sample) من الأمتصاص يجب أستخدام مادة معروفة التركيز والأمتصاص وتسمى المادة المرجعية (Standard) ويحسب التركيز المجهول من المعادلة الآتية:

$$C(s) = \frac{A(s)}{A(st)} \times C(st) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (5\text{-}17)$$

حيث ان: C(s)= تركيز المادة المجهولة

A(s)= أمتصاص المادة المجهولة

C(st)= تركيز المادة المرجعية

A(st)=أمتصاص المادة المرجعية

حاوية المحلول المجهول التركيز (Cuvette):

لكي نقيس التركيز للمحلول المجهول يجب وضعه في حاوية شفافة تصنع غالبا من الزجاج المصقول، وتكون ذات مقطع مربع لها طرفان سميكان متقابلان، والطرفان الاخران المتقابلان قليلا السمك، والذي يمر الضوء من خلاله، ونحسب منه الأمتصاص (A) والمسافة بين الطرفين القليلي السمك تكون غالبا بسمك (1cm) ويسمى طول الممر (Path Length).

واذا لم تستخدم اطياف الضوء المرئي، واستخدمنا الاشعة الفوق البنفسجية، فيجب استخدام حاوية للمحلول مصنوعة من الـ (Quartz)؛ لان هذه الاشعة لها طاقة عالية فبمرور الزمن سوف تخدش الزجاج، ويبدا الضوء بالتشتت.

وهناك نوع اخر من الحاويات (Cuvette) يصنع من البلاستك الشفاف، وهذا النوع يستعمل لمرة واحدة لانه سريع التخدش. والشكل (17-17) يمثل شكل الـ (Cuvette).

شكل 17-17 يمثل حاوية المحلول المجهول التركيز (Cuvette)

مكونات جهاز الطيف الضوئي:

في الشكل (17-18) رسم تخطيطي لجهاز (Spectrophotometer) والذي يتكون من:

1- مصدر الاشعاع: ويكون أما مرئيا من مصباح اعتيادي، أو اشعة فوق البنفسجية من مصباح (Deuterium Lamp)، ويكون الاختيار حسب نوع التحليل.

2- المرشحات الأولية: وتقوم هذه المرشحات بامرار مجموعة معينة من الحزم للاطوال الموجية. وهنالك ثلاث مرشحات (Filter) هي:

ا- المرشح الازرق:- والذي له القابلية على امرار الاطوال الموجية للالوان (البنفسجي والنيلي والازرق والاخضر).

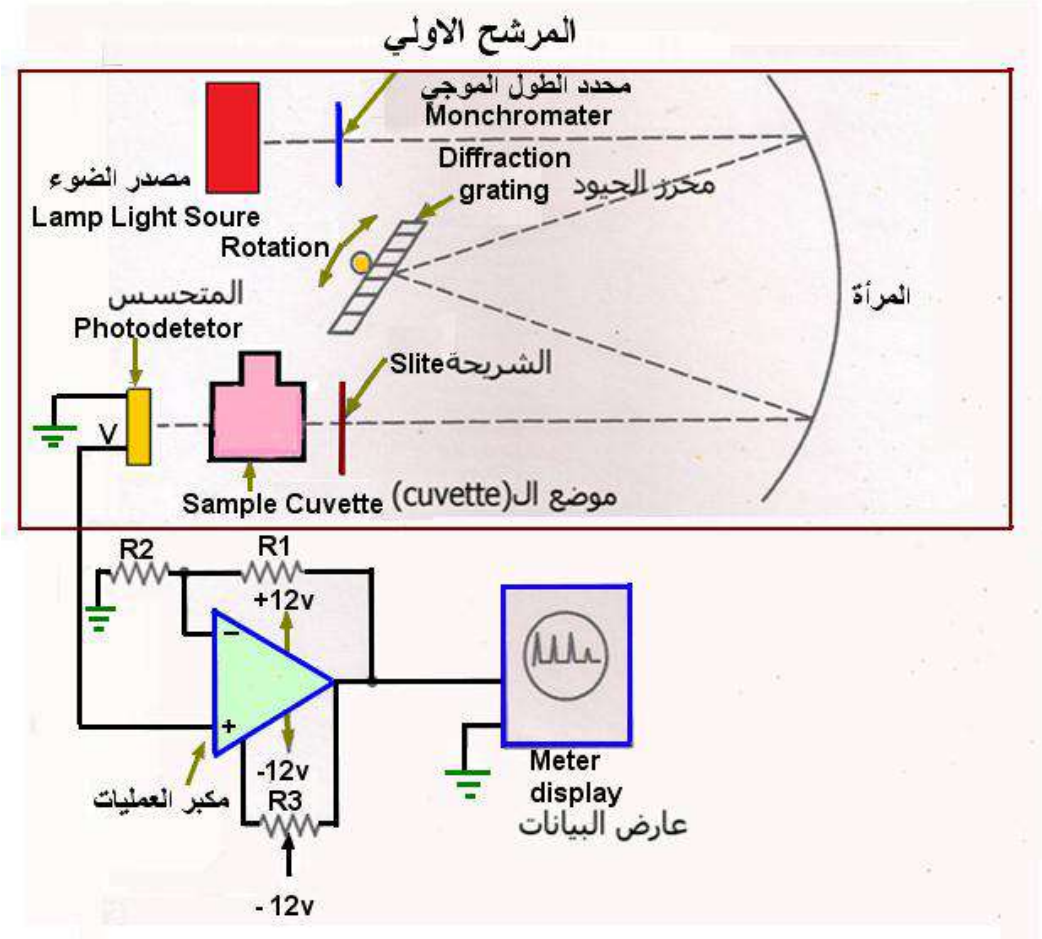
ب- المرشح البرتقالي:- والذي له القابلية على امرار الاطوال الموجية للالوان (الاحمر والبرتقالي والاصفر).

المرشح الازرق والبرتقالي يمرر الاطوال الموجية المرئية من (400nm) إلى (700nm) والتي هي الضوء المرئي من المصباح الاعتيادي.

ج- المرشح البنفسجي الغامق:- والذي له القابلية على إمرار حزمة الأطوال الموجية الفوق البنفسجية، والتي تكون غير مرئية وتستخدم مع مصباح (Deuterium Lamp) والطول الموجي له من (180nm) إلى (400nm).

3- محدد الطول الموجي (Monochromator):

ويكون أما موشور (Prism) أو محزز الحيود (Diffraction Grating) والذي يقوم بفصل واختيار طول موجي واحد لاستخدامه في القياس. وطريقة حركته تكون حول محور متحرك. وللحصول على طول موجي محدد يمرر على قطعة معدنية ذات فتحة مستطيلة ضيقة تسمى (الشريحة) تكون كفيلة بامرار طول موجي واحد وبنسبة $(\mp 2nm)$ عن الطول الموجي المحدد.



شكل 17-18 المخطط لجهاز (Spectrophotometer)

4- موضع الـــ (Cuvette):- هو عبارة عن مسند لوضع (Cuvette) ويكون داخل صندوق مغلق اسود اللون لمنع انعكاسات الضوء عليه.

5- المتحسس:- هو الجزء الذي يستلم الضوء النافذ من العينة (Sample) ويقوم بتحويل الضوء إلى تيار كهربائي يتناسب مع تركيز المحلول.

6- عارضة البيانات:- وتكون من مقياس ذي مؤشر، أو شاشة رقمية، أو شاشة (LCD) والتي تعرض النتيجة النهائية.

طريقة عمل الجهاز:

عند تشغيل الجهاز سوف يضئ المصباح ويمر على عدسة لأمة لتركيز الاشعة ويرسل إلى الفلتر الأولي لتحديد الحزمة من الاطوال الموجية، وبعدها يمر على (Monocromator) لتحديد الطول الموجي المراد استخدامه، ثم يمر على العينة والتي تكون داخل الـــ (Cuvette)، ثم يرسل الطول الموجي النافذ إلى المتحسس، ويتحول الضوء إلى تيار كهربائي ويقرا على العارضة.

الاعتناء بالجهاز:

1- يجب وضع الجهاز بصورة افقية على سطح مستوي ثابت غير قابل للارتجاج.

2- يجب ان يكون ال (Cuvette) نظيف، ولا توجد طبعات الاصابع، ولا توجد فقاعات هوائية في المحلول.

4-يجب وضع الجهاز في مكان جيد التهوية لانه يتالف من اجهزة الكترونية دقيقة.

6-17 جهاز الهيموكلوبين (Hb device)

وهو جهاز مختبري يعمل على طول موجي مقداره (λ=540 nm)، وهو لقياس نسبة الهيموكلوبين بالدم، وعمل الجهاز مشابه لعمل جهاز (Spectrophotometer) جهاز الطيف الضوئي، وهو اكثر دقة لكونه جهاز تخصصي لقياس الهيموكلوبين، والموضح صورته في الشكل (19-17).

الشكل (19-17) جهاز قياس الهيموكلوبين

1-6-17 عمل الجهاز

هو جهاز مصمم بحيث تبقى شدة اضاءة المصباح ثابتة لغرض الحصول على النتائج الدقيقة للتحاليل. وسوف نتطرق إلى الانواع القديمة والحديثة لمجهز القدرة (Power Suplly) للجهاز، وكلها تصب في السيطرة على فولتية المصباح، والتي تؤدي إلى الدقة وكالآتي:

1- البطاريات:وتستعمل في الاجهزة المتنقلة، وتكون من النوع القابل للشحن(Rechargeable). نوع البطاريات المستخدمة هي نيكل – كاديوم (Ni-Cd) ، ولكن هذه الاجهزة محددة بتيارات واطئة، وهذا يعني قلة الدقة. ان استعمال هذه الاجهزة في الوقت الحالي قليل جدا في مختبرات التحليلات المرضية ، واكثر استخداماتها في المناطق التي لايتوفر فيها الكهرباء.

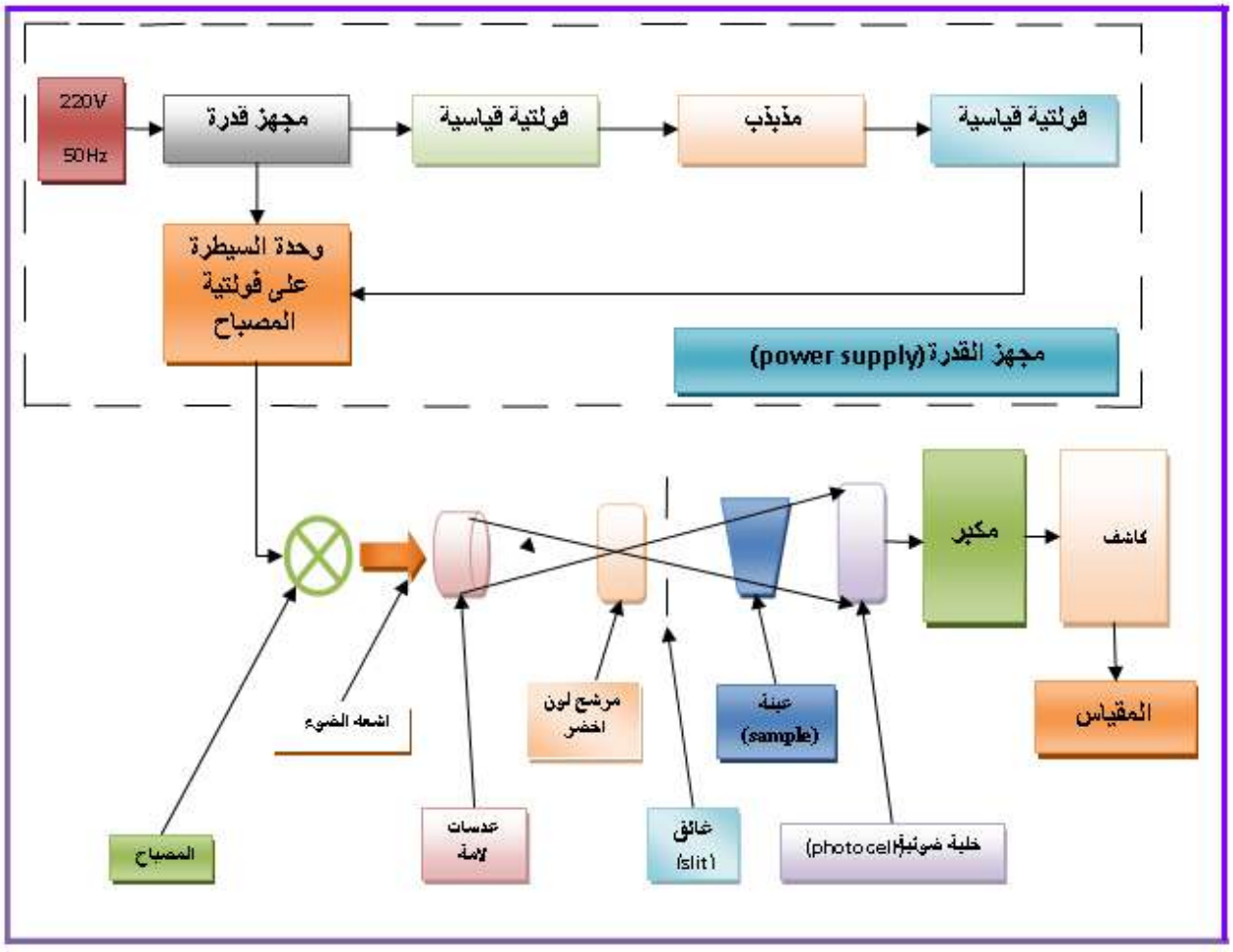
2- محولات الفولتية الثابتة :(Transformer) يستخدم هذا النوع من مجهزات القدرة في المستشفيات والمراكز الصحية، ويتميز هذا النوع من مجهزات القدرة بانه حساس للتغيرات التي تطرا على الفولتية أو التردد، وهذا يؤدي إلى ان النتائج غير دقيقة وصحيحة.

3- مجهز القدرة الالكتروني: يضاف جهاز لتثبيت الفولتية (Stabilizer) وهو النوع المستخدم في الاجهزة الحديثة وبذلك تكون النتائج اكثر دقة.

بعد ان تمت السيطرة على الفولتية المجهزة للمصباح، يجب معرفة مواصفات المصباح المستخدم في الجهاز وكالآتي:

- يجب ان يعطي حزمة ثابتة وضيقة من الضوء قدر الأمكان.
- مصمم المصباح بحيث عند تبديله يكون على نفس كالاستقامة بالنسبة للشعاع المنبعث ، ويكون المصباح المستبدل من نفس النوع.
- يعطي المصباح طاقة ضوئية اكثر من الطاقة الحرارية حتى لاتتاثر العينة المراد اختبارها.

بعد ذلك يمرر الضوء على العدسات اللأمة، والتي تقوم بجمع الضوء وتركيزة، ويمرر الضوء إلى الفلترالضوئي الذى يمرر اللون الاخضر فقط، ويحجب باقي الالوان، وهو ذو طول موجي (540 نانو متر) ،وفي بعض الاجهزة يضاف فلترحراري في مسار الحزمة الضوئية قريبا من الضوء لحماية الفلتر الضوئي من تاثير الحرارة، وكذلك حماية العينة المراد تحليلها. أما الغالق (منظم الفتحة) (Slit) - فنقوم بتجميع الضوء لغرض اسقاطة على العينة (Sample) المراد تحليلها , ان الضوء الذي يمر من خلال العينة يمر على خلية ضوئية (Photo Cell) التي بدورها تقوم بتحويل الضوء الساقط عليها إلى اشارة كهربائية ولكنها ضعيفة تكبر بواسطة المكبر (Amplifier)، ثم الاشارة إلى الكاشف (Detector) ومن الكاشف إلى المقياس (Meter) ، وتمثل قراءة المقياس نسبة الهيموكلوبين مباشرة. والشكل (17-20) المخطط الكتلي لجهاز قياس الهيموكلوبين في الدم.



شكل 17-20 المخطط الكتلي لجهاز قياس الهيموكلوبين في الدم

7-17 جهاز قياس الحامضية (PH Meter)

قياس الحامضية (PH) هو تقنية تحليلية مهمة، وهي تستخدم على اساس يومي في مجموعة واسعة من التطبيقات التي تقوم القرارات على هذه النتائج،ويمكن ان تكون لها عواقب واسعة النطاق في مجالات مثل السلامة، والصحة وسلامة الاغذية والمنتجات وحماية البيئة.

وهو جهاز يستخدم لقياس حأمضية أو قاعدية المحلول من خلال التركيبات الكيميائية المختلفة ، بصورة مطلقة فان المحلول ذا الطبيعة الحامضية يحتوي على اغلبية لايونات الهيدروجين [H^+]، وكمية قليلة من ايونات الهيدروكسيد [OH^-] القاعدية،بينما المحاليل ذات الطبيعة القاعدية فانها تحتوي على نسبة اعلى من ايونات الهيدروكسيد القاعدية قياسا بالايونات الحامضية [H^+].

لقد اثبت علميا ان في درجة الحرارة الطبيعية (25°) يكون تقسيم المؤشر للجهاز بين الصفر (0) كادنى قراءة و(14) كاعلى قراءة ممكنة للمقياس، وهذا يعني ان درجة الحرارة لها تاثير على نتيجة التحليل ، أما النقطة الوسطية للمقياس (7) تمثل المحلول المتعادل (اي ان المحلول لاحأمضي ولا قاعدي بل متعادل) ،ويمكن اعتبار الماء المقطر محلولا متعادلا (اي المؤشر على 7) ، وتكون قراءة المؤشر للمحلول القاعدي المركز(100%) على 14 ،وتكون قراءة المؤشر للمحلول الحامضي المركز(100%) على الصفر،وتكون قيمة ال[PH] لدم الانسان الطبيعي:

7.43 ⟷ 7.34

المدى الطبيعي

الشكل 17-21 جهاز قياس الحامضية (PH Meter)

1-7-17 مبدأ العمل

عندما يمر التيار الكهربائي المضاف اليه الصودا الكاوية يصبح الماء ذات موصلية للكهرباء جيدة ويتحلل الماء إلى مركباته الاساسية وهي الهيدروجين والأوكسجين، وان ايونات الهيدروجين H^+. موجبة فتتجه إلى القطب السالب.وبذلك سوف تتحرر الكترونات وينطلق غاز الهيدروجين النقي.
المحلول القاعدي الاقوى سيطلق ايونات اكثر اي ان القوة الدافعة الكهربائية اكثر عند الاقطاب،ويمكن قياس هذه القوة الدافعة الكهربائية لمعرفة القيمة القاعدية للمحلول.وكمثال لما سبق توضيحه فان كلوريد الهيدروجين (HCL) اقوى من حأمض الخليك (CH3COOH) بسبب توليد ايونات موجبة في الحامض الأول اكثر من الحامض الثاني.

اسئلة الفصل السابع عشر

1 – اذكر انواع المجاهر

2– عدد اجزاء المجهر الضوئي المركب مع رسم احد انواعه.

3– اذكر وظيفة كل من: -
العدسات الشيئية، العدسات العينية ،المكثف، المراة أو المضيء

4– وضح كيفية تكون الصورة في جهاز المجهر

5- وضح كيفية ضبط المجهر.

6– عرف ما يلي: الحجاب الحدقي، مفاتح الضبط الدقيق، مفاتح الضبط التقريبي

7– كيف يمكن حساب قوة التكبير الكلية للمجهر؟

8 – وضح عمل الميزان الميكانيكي (الميزان ذو الكفتين).

9 – وضح عمل الميزان الكهروميكانيكي (كفة واحدة).

10عرف كل مما يأتي:-
سرعة الطرد المركزي- جهاز الطرد المركزي- المحرك العام- مفاتيح أمان المحرك

11- ما هو مبدا عمل المحرك العام؟

12-عدد اجزاء المحرك العام مع شرح موجز لكل نوع.

13- لماذا يفضل استخدام المحرك العام في اجهزة الطرد المركزي؟

14- عدد اجزاء جهاز الطرد المركزي مع شرح موجز لاثنين منها.

15- كيف يتم ايقاف المحرك العام، ارسم الدائرة مع الشرح؟

16- ارسم مع الشرح دائرة مغير السرعة.

17- كيف يتم فصل الدقائق العالقة في السائل باستخدام جهاز الطرد المركزي؟

18-كيف يعمل المؤقت الميكانيكي؟

19– عرف الآتي: الطيف الضوئي، جهاز الطيف الضوئي، الأمتصاص، النفاذية، محزز الحيود،الضوء، الفلاتر

20– ما فائدة الموشور أو محزز الحيود في جهاز الطيف الضوئي ؟

21- ماذا يحدث لو أمتص طيف ضوئي واحد من الضوء المرئي؟

22- لماذا يوجد مصباح للضوء المرئي، ومصباح (uv) في جهاز الطيف الضوئي؟

23- ارسم المخطط الضوئي لجهاز الطيف الضوئي.

24 - أشرح مبدا عمل جهاز قياس الهيموكلوبين.

25 – أشرح مبدأ عمل جهاز قياس الحامضية.