جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

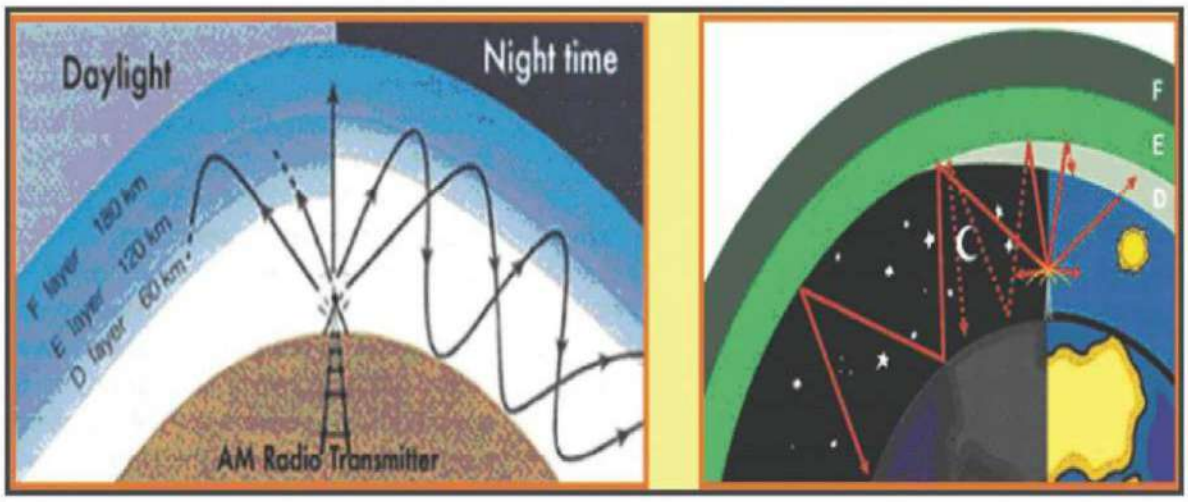
الاتصالات

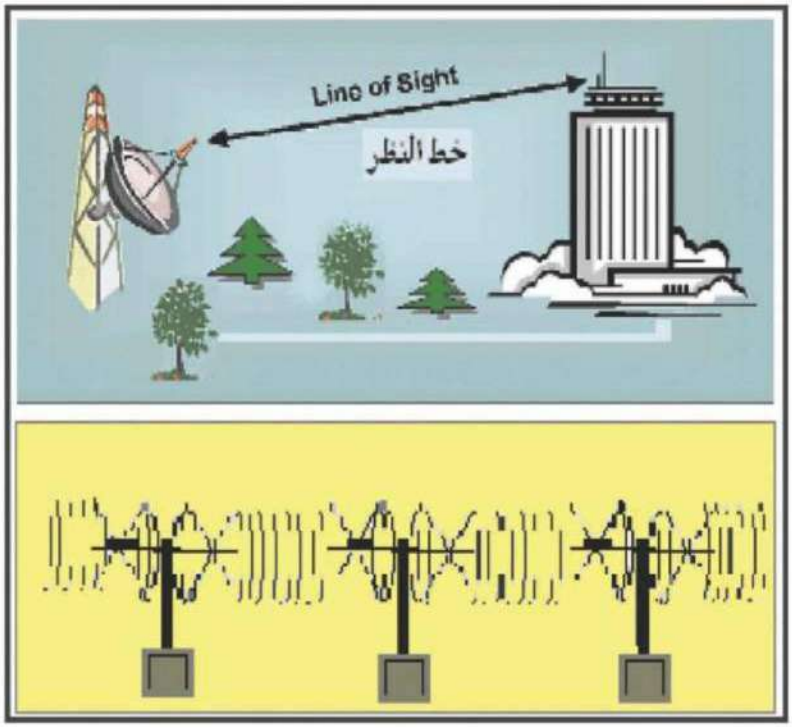
الصف الثاني

تأليف

المهندس سعد إبراهيم عبد الرحيم
المهندس احمد حميد رجه
المهندس عبد الكريم إبراهيم محمد
المهندس خالد عبدالله علي
المهندسة ايمان محمود احمد
المهندس كريم خضير علي

الطبعة السابعة
1447 هـ - 2025 م


Daylight
Night time
F layer 180 km
E layer 120 km
D layer 60 km
AM Radio Transmitter
F
E
D


Line of Sight
خط النظر

المقدمة

لقد كان التطور في علم الاتصالات واضحاً منذ عام 1873م، حين طور العالم (مورس) أنظمة الاتصالات التي استمرت إلى يومنا هذا وأصبح التطور يقاس بكل دقيقة وليس بالسنوات نظراً للتطور السريع الحاصل في الحاسب الآلي والدوائر المتكاملة التي جعلت منظومات الاتصال صغيرة الحجم ورخيصة الثمن مما ازداد الطلب عليها. وكذلك التطور الحاصل في شبكة المعلومات أدى إلى انتشار الانترنت في كل مكان وفي كل موقع، والذي سهل الاتصال بالصورة والصوت في أي بقعة في العالم مع مَن تريد الاتصال به، وأصبحت الاتصالات عصب التطور التكنولوجي والاقتصادي في عصرنا هذا، إذ جعل العالم اشبه بمدينة صغيرة.

توزع الكتاب على سبعة فصول، ففي الفصل الأول تم استعراض مكبرات الإشارة الصغيرة، وفي الفصلين الثاني والثالث تم التطرق إلى مكبر العمليات والمذبذبات والدوائر المتكاملة والبوابات المنطقية، أما الفصل الرابع فقد تطرق الى التضمين التماثلي للإشارات المختلفة، تضمن في حين الفصل الخامس خطوط النقل وأنواع الكيبلات لنقل الإشارة، وقد توقف الفصل السادس عند العارضات المرئية، وفي الفصل السابع تم شرح الكترونيات القدرة مع مراعاة التدرج في طرح المفاهيم ليتمكن الطالب من استيعابها وفهمها.

نأمل من إخواننا المدرسين إن يجدوا ما يعينهم على تطبيق المنهج الجديد، عند تدريس المادة ونأمل أن يقدموا ملاحظاتهم وما يجدونه من أخطاء أو هفوات لنستطيع تصحيحها مستقبلا في الطبعات المقبلة حرصا على إتمام الفائدة لطلابنا الأعزاء والله الموفق.

المؤلفون

1432 هـ ـ 2011 م

دليل الموضوعات

المحتويات	رقم الصفحة
الفصل الاول : مكبرات الاشارة الصغيرة	7
1-1 انواع المكبرات	8
1-1-1 مكبر القاعدة المشتركة Common Base Amplifier	8
1-1-2 مكبر الباعث المشترك Common Emitter Amplifier	10
1-1-3 مكبرالجامع المشترك Common Collector Amplifier	17
1-2 مكبرات الاشارة الصغيرة	17
1-3 طرق الربط بين مراحل التكبير	20
1-3-1 الربط المباشر	21
1-3-2 الربط بوساطة مقاومة ومتسعة	21
1-3-3 الربط بوساطة المحولة	22
1-4 مكبرات القدرة	24
1-4-1 مكبر القدرة (دفع – سحب) صنف A	25
1-4-2 مكبر القدرة (دفع – سحب) صنف B	26
1-4-3 المكبر المتشابه المتتام	27
اسئلة الفصل الاول	31
الفصل الثاني : مكبرات الحزمة الضيقة ومكبر العمليات	32
2-1 مكبرات الحزمة الضيقة	33
2-1-1 منحني الاستجابة الترددي	33
2-1-2 عرض النطاق الترددي	34
2-1-3 مميزات مكبر الحزمة الضيقة	35
2-2 المرشحات.. مرشح (LPF) ، (HPF) ، (BPF) ، (BSF)	37
2-2-1 انواع المرشحات B.S.F	37
2-3 تركيب الدائرة الدمجية (المتكاملة)	40
2-4 تصنيع الدوئر المتكاملة	42
2-4-1 كيفية تصنيع الثنائي (Diode) في الدائرة المدمجة	43
2-4-2 صناعة المقاومة الطبيعية في الدائرة المدمجة	45
2-4-3 صناعة المتسعة في الدائرة المدمجة	45

2-4-4 صناعة الملف في الدائرة المدمجة	45
2-4-5 صناعة الترانزستور في الدائرة المدمجة	45
2-4-6 الاغلفة الخارجية للدوائر المتكاملة	47
2-5 مكبر العمليات	48
2-5-1 مكبر العمليات 741	48
2-5-2 خصائص مكبر العمليات	49
2-5-3 تطبيقات مكبر العمليات	50
اسئلة الفصل الثاني	68
الفصل الثالث : المذبذبات والدوائر المنطقية	70
3-1 تعريف المذبذب	71
3-2 المقارنة بين المذبذب والمكبر	71
3-3 اصناف المذبذبات	72
3-4 عمل المذبذب	72
3-5 انواع المذبذبات الجيبية	73
3-6 مذبذبات الموجة غير الجيبية	82
3-7 المذبذب المانع	86
3-8 المؤقت الزمني Timer 555	87
3-9 الدوائر المنطقية Logic Circuits	89
3-10 البوابات المنطقية	89
3-11 البوابات المنطقية الثانوية	96
3-12 تجميع البوابات المنطقية	98
أسئلة الفصل الثالث	102
الفصل الرابع : التضمين والكشف Modulation & Detection	103
4-1 التضمين	104
4-2 الكشف Detection	113
4-3 الارسال والاستلام الراديوي	116
4-4 اجهزة الاستلام الراديوية	120
أسئلة الفصل الرابع	131
الفصل الخامس: خطوط النقل Transmission Lines	133
5-1 مقدمة	134

2-5 بعض انوع خطوط النقل	135
3-5 الخواص الكهربائية والدائرة المكافئة لخط النقل	139
4-5 ممانعة الخواص	140
5-5 العوامل المؤثرة في ممانعة الخواص	141
6-5 استخدام خط النقل كمؤخر زمني للاشارة	142
7-5 نقل الموجات الجيبية على خطوط النقل	144
8-5 تاثير حالة نهايتي الاستلام على الاشارات المرسلة على خط النقل	145
9-5 تعيين موقع ونوع العطل او العطب على خط النقل	146
10-5 العلاقة بين الاشارة المرسلة والاشارة المنعكسة داخل خط النقل	148
11-5 الألياف الضوئية	152
أسئلة الفصل الخامس	158
الفصل السادس: العارضات المرئية البسيطة	160
1-6 العارضات المرئية البسيطة	161
2-6 شاشات العرض ذو القطع السبعة Seven Segments Displays	163
3-6 عارضات السائل المتبلور Displays Liquid Crystal (LCD)	164
4-6 عارضة LCD وطريقة عملها	165
5-6 عارضات السائل المتبلور من نوع TFT (TFT LCD Displays)	166
6-6 عارضات البلازما المرئية Visual plasma displays	172
اسئلة الفصل السادس	178
الفصل السابع : الكترونيات القدرة	179
1-7 تمهيد	180
2-7 ترانزستور تاثير المجال FET	180
3-7 الثايرستور	183
4-7 دايود القطع الاربعة pnpn (طريقة تشغيل الشوكلي دايود ذو القطع الاربعة)	187
5-7 الدايك DIAC	188
6-7 الترايك TRIAC	189
اسئلة الفصل السابع	192

الفصل الاول

مكبرات الاشارة الصغيرة Small Signal Amplifiers
ومكبرات القدرة Power Amplifiers

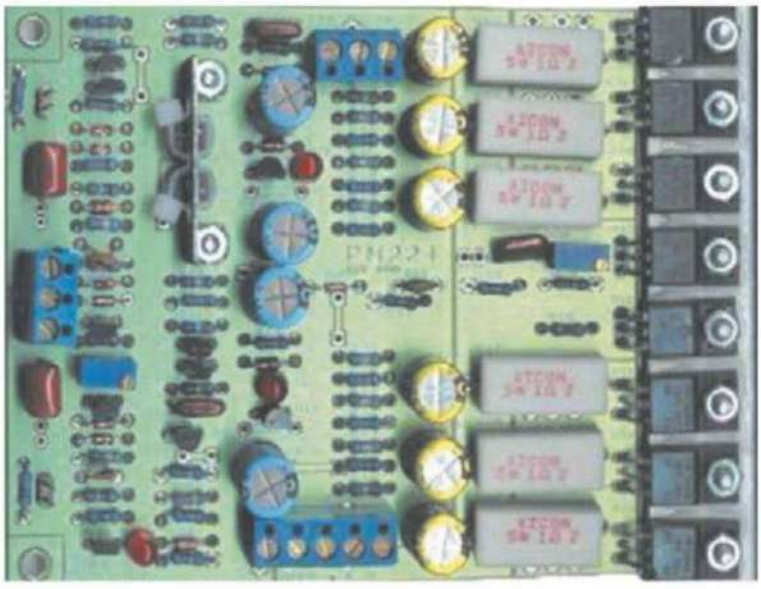
اهداف الفصل:

تعريف الطالب بالمكبرات وأنواعها وطريقة اشتغال كل مكبر، وكذلك الحسابات العلمية من قوانين ومنحنيات ذات العلاقة، وكذلك اسلوب التتبع العلمي في المكبر، ومن ثم الانتقال من مكبرات الإشارة الصغيرة الى مكبرات القدرة .

محتويات الفصل الاول :

1-1 انواع المكبرات
1-1-1 مكبرة القاعدة المشتركة Common Base Amplifier
2-1-1 مكبرة الباعث المشترك Common Emitter Amplifier
3-1-1 مكبرة الجامع المشترك Common Collector Amplifier
2-1 مكبرات الاشارة الصغيرة Small Signal Amplifiers
3-1 طرق الربط بين مراحل التكبير
1-3-1 الربط المباشر
2-3-1 الربط بوساطة مقاومة ومتسعة
3-3-1 الربط بوساطة المحولة
4-1 مكبرات القدرة Power Amplifiers
1-4-1 مكبر القدرة دفع ـ سحب صنف A
2-4-1 مكبر القدرة دفع ـ سحب صنف B
3-4-1 المكبر المتشابه المتتام
اختبارات موضوعية
اسئلة الفصل الأول

مكبرات الإشارة الصغيرة Small Signal Amplifiers ومكبرات القدرة Power Amplifiers



الفصل الاول

مكبرات الاشارة الصغيرة

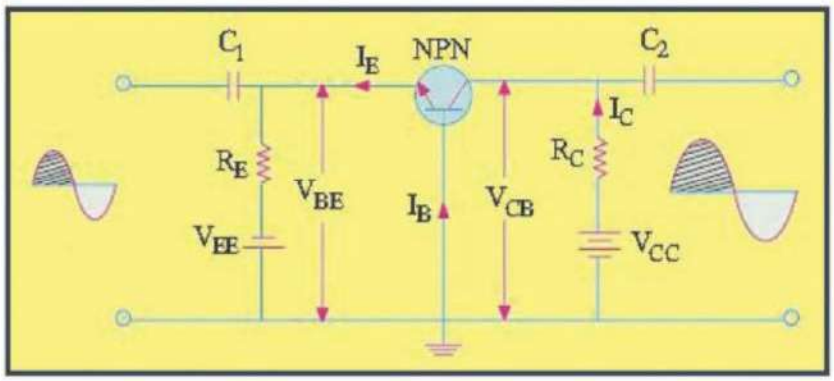
1-1 انواع المكبرات

إن أحد أهم استعمالات الترانزستور في الدوائر الالكترونية، هو استعماله في دوائر التكبير. وتوجد ثلاث طرق لربط الترانزستور في دوائر التكبير هي :

1. مكبر القاعدة المشتركة Common Base Amplifier
2. مكبر الباعث المشترك Common Emitter Amplifier
3. مكبر الجامع المشترك Common Collector Amplifier

1-1-1 مكبر القاعدة المشتركة : Common Base (CB) Amplifier

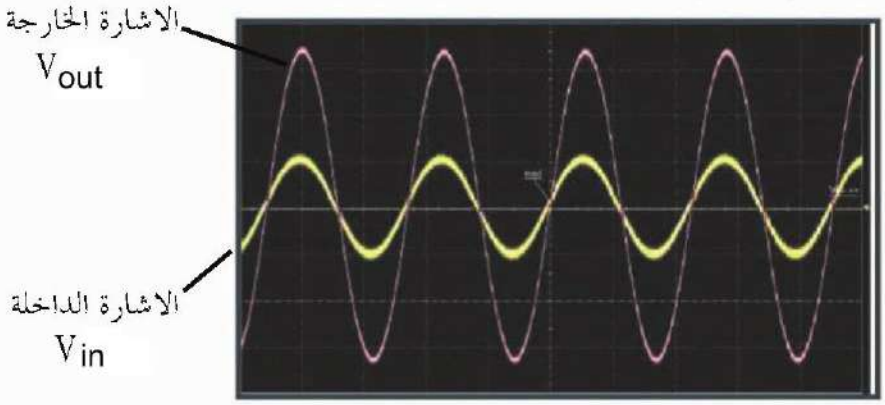
في هذه الطريقة يتم ربط الترانزستور بحيث ان القاعدة فيه تكون مشتركة بين الإشارتين الداخلة والخارجة، والشكل (1-1) عبارة عن مرحلة واحدة لمكبر القاعدة المشتركة باستعمال الترانزستور من نوع NPN .



الشكل (1 – 1) مكبر القاعدة المشتركة

تعمل البطارية (V_{EE}) على جعل وصلة(الباعث- والقاعدة) تعمل بالانحياز الأمامي في حين تعمل البطارية (V_{CC}) على جعل الجامع بالانحياز العكسي نسبة إلى القاعدة . تحدد المقاومة (R_E) تيار الانحياز الأمامي المار بين الباعث والقاعدة، وتمنع المتسعة (C_1) مرور تيار البطارية (V_{EE}) المستمر الى مصدر الإشارة وتسمح بمرور الإشارة إلى باعث الترانزستور. تعمل المقاومة (R_C) على تحويل التغير في تيار الجامع المار خلالها إلى فولتية متناوبة على طرفيها تمثل فولتية الإشارة الخارجة. اما المتسعة (C_2) فانها تمنع خروج التيار المستمر مع الإشارة الخارجة. في مكبر القاعدة المشتركة لا يحدث انقلاب في طور إشارة الفولتية الخارجة نسبة إلى إشارة الفولتية الداخلة.

خلال النصف الموجب للإشارة الداخلة يقل الانحياز الأمامي، فيقل تيار القاعدة (I_B)، ولذلك يقل تيار الجامع (I_C) ، فبسبب النقصان في فرق الجهد على المقاومة (R_C) سوف تزداد الفولتية بين الجامع والقاعدة (V_{CB}) ، وهذا يعني ظهور النصف الموجب للإشارة، وخلال النصف السالب للإشارة الداخلة يحدث العكس فتقل الفولتية V_{CB} (لا يوجد فرق في الطور بين إشارتي الفولتية الداخلة والخارجة)، لاحظ الشكل (1– 2).



الشكل (1 – 2) الإشارة الخارجة بنفس طور الإشارة الداخلة

يكون ربح التيار في هذه الدائرة اقل من الواحد ويساوي α ويساوي :

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

$$Gi = \alpha$$

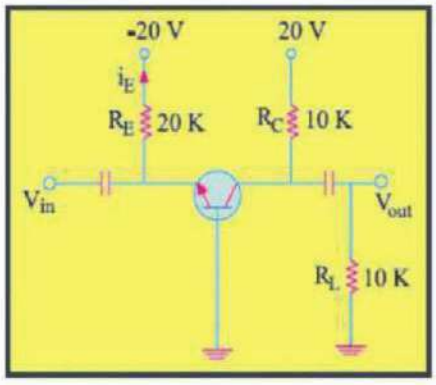
بينما يكون ربح الفولتية عالياً ويساوي :

$$Gv = \frac{V_{out}}{Vin} = \frac{r_o}{r_{in}}$$

تمتاز دائرة مكبر القاعدة المشتركة بمقاومة دخول قليلة تتراوح بحدود Ω(300 – 20) والمقاومة الخارجية عالية وتتراوح بين KΩ (500 – 100).

مثال (1 – 1):

من الشكل المجاور احسب تيار الباعث وربح الفولتية إذا علمت ان مقاومة الدخول rin=25Ω اهمل V_{EB} .



الحل:

$$I_E = \frac{20V}{20K\Omega} = 1mA$$

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

اهمال V_{BE} وبالتعويض فقط V_{EE}

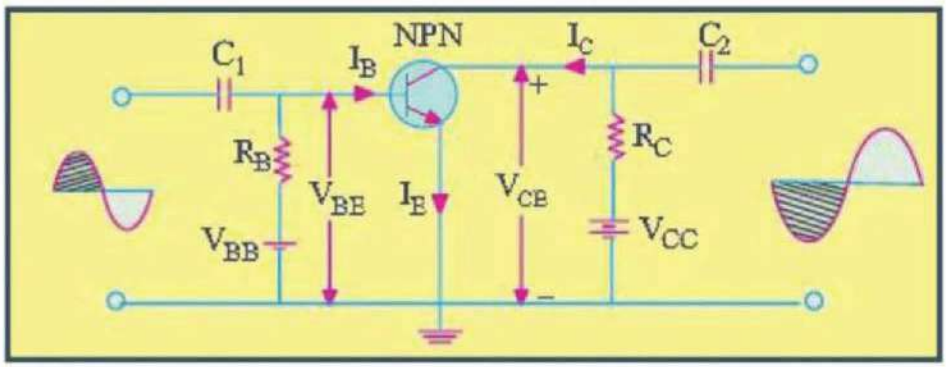
$$r_o = R_C // R_L$$

$$r_o = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5K\Omega$$

$$Gv = \frac{r_o}{r_{in}} = \frac{5k\Omega}{25\Omega} = 200$$

2-1-1 مكبر الباعث المشترك Common Emitter(CE) Amplifier

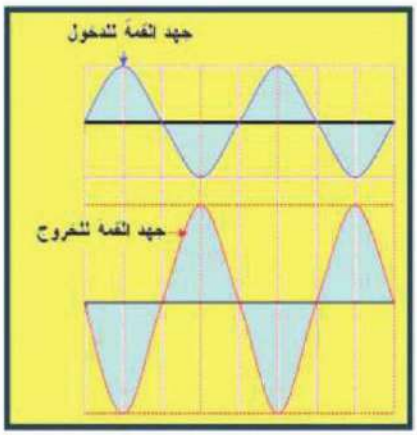
في هذا المكبر يكون باعث الترانزستور مشتركاً بين الإشارتين الداخلة والخارجة، كما هو موضح بالشكل (1– 3) والتي تمثل مرحلة واحدة لمكبر الباعث المشترك باستعمال ترانزستور NPN .



الشكل (1 – 3) مكبر الباعث المشترك

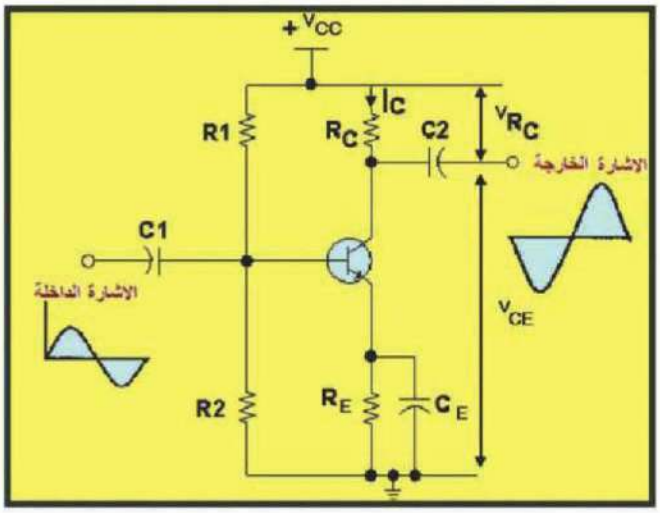
تعمل البطارية (V_{BB}) على تجهيز الترانزستور بالانحياز الأمامي بين القاعدة والباعث، بينما تعمل البطارية (V_{CC})على جعل الجامع منحازاً عكسياً نسبة الى طرف القاعدة. تحدد المقاومة (R_B) تيار الانحياز الأمامي بين الباعث والقاعدة. تعمل المقاومة (R_C) على تحويل التغير في تيار الجامع المار خلالها إلى فولتية متناوبة على طرفيها تمثل فولتية الإشارة الخارجة. تمنع المتسعة (C_2) مرور التيار المستمر مع إشارة الفولتية الخارجة.

في مكبر الباعث المشترك يحدث انقلاب في طور إشارة الفولتية الخارجة بمقدار 180° نسبة إلى الإشارة الداخلة، لاحظ الشكل (1 – 4).



الشكل (1 – 4) الإشارة الخارجة بعكس طور الإشارة الداخلة بمقدار 180^{O}

الدائرة الموضحة بالشكل (1 – 5) توضح الانقلاب في طور إشارة الفولتية في مكبر الباعث المشترك.



الشكل (1 – 5) مكبر باعث مشترك

$$V_{CC} = V_{CE} + V_{Re}$$

$$V_{Re} = I_C \times R_C$$

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C \times R_C$$

علماً أنّ ربح التيار في مكبر الباعث المشترك يعطى بالعلاقة الاتية :

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

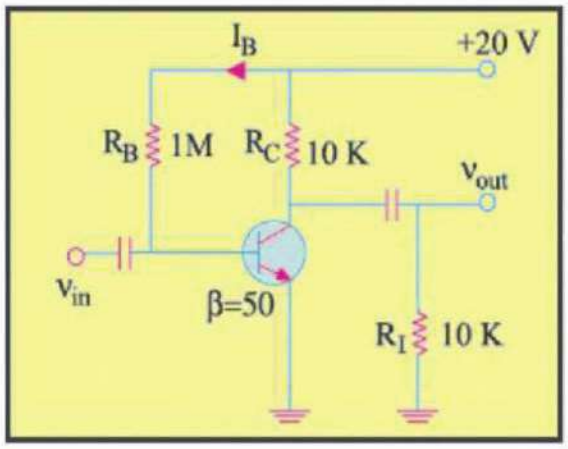
عند زيادة فولتية الإشارة الداخلة يزداد تيار القاعدة (I_B) ، فيزداد تبعاً لذلك تيار الجامع (I_C) أي تـزداد الفولتية المفقودة على مقاومة الحمل (R_C)، ولان فولتية المصدر (V_{CC}) ثابتة سوف تقل الفولتيـة الخارجـة (V_{CE}) بمقدار الزيادة نفسه في (V_{Rc})، ومن الشكل نلاحظ ان الفولتيـة (V_{CE}) تحتـوي علـى مـركبتين احداهما تمثل فولتية مستمرة، والأخرى إشارة متغيرة. وتؤخذ الإشارة المتغيرة فقـط بعـد المتسـعة (C_2) وتكون مختلفة بالطور عن الإشارة الداخلة.

ان وصلة الجامع – القاعدة موصلة بالانحياز العكسي، لذلك يتسرب تيار قليل جداً من الجامع الـى القاعـدة ويزداد بارتفاع درجة الحرارة، ويتجه جزء منه الى الباعث ويظهر مكبراً على الجامع فيغير من نقطة عمـل الترانزستور(Q) لذلك توضع المقاومة (R_E) لكي تجبر هذا التيار (تيار التسرب) على التوجه الـى القاعـدة ولزيادة استقرارية الدائرة. وتوضع مقاومة بين القاعدة والارضي (R_2) للتخلص منه.

ولتوصيل الباعث الى الارضي بالنسبة الى الاشارة توصل متسعة (C_E) للتقليل من فولتية الاشـارة الداخلـة المفقودة عليها أي ان كل الاشارة الداخلة سوف تسلط بين القاعدة والباعث.

مثال (1 – 2):

من الدائرة الموضحة بالشكل المجاور، اوجد I_B , I_C , re , ro ,Gv علماً ان $re=25mv/I_E$. اهمل V_{BE}.



الحل :

$$I_B = \frac{20\,V}{1\,M\Omega} = 20\,\mu A$$

$$I_C = \beta \times I_B = 50 \times 20 = 1\,mA$$

$$I_e = I_C$$

$$r_e = \frac{25\,mV}{1\,mA} = 25\,\Omega$$

$$r_0 = 10\,k\Omega \,//\, 10\,k\Omega = 5\,k\Omega$$

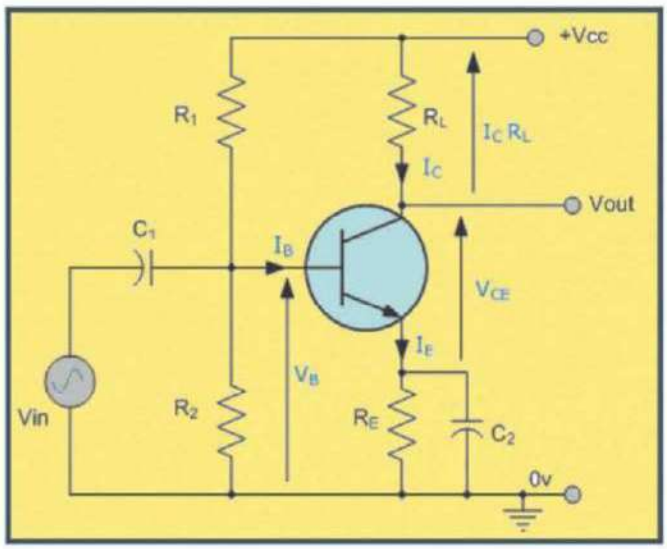
$$G_V = \frac{r_o}{r_e} = \frac{5\,k\Omega}{25\,\Omega} = 200$$

$$I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_B}$$

بعد اهمال V_{BE} وبالتعويض فقط V_{cc}

مثال(1 -3):

دائرة مكبر باعث مشترك فيها مقاومة الحمل $R_L = 1200\Omega$ وفولتية التجهيز $V_{CC} = 12V$
احسب أعلى تيار للجامع I_C عندما تكون الفولتية $V_{CE} = 0$. ثم جد مقاومة الباعث R_E إذا كانت الفولتية على طرفيها V (1) ، ثم اوجد R1 , R2 إذا علمت أن $\beta = 100$.



الحل :

$$I_{C_{(MAX)}} = \frac{V_{CC} - V_{RE}}{R_L} = \frac{12 - 1}{1200} = 9.2mA$$

$$V_{CE} \simeq 0 \ (Saturation)$$

تيار الجامع موضح بالنقطة A على منحي الخواص، عندما تكون الفولتية (V_{CE}) مقاربة للصفر، أي ان الترانزستور في حالة تشبع (Saturation) . وعندما يكون الترانزستور في حالة قطع (OFF) لا يمر تيار خلال مقاومة الحمل (R_c) ومقاومة الباعث (R_E) . وتصبح الفولتية عبر الترانزستور ($V_{CE}=V_{CC}$) والموضحة على منحي الخواص الاستاتيكية بالنقطة B .

تحدد نقطة الاشتغال Q للمكبر عندما تكون الإشارة الداخلة والمسلطة على القاعدة صفراً ، ويقع تيار الجامع في منتصف المسافة لخط الحمل بين (0V) وفولتية المصدر(12V) والموضحة على منحي الخواص الاستاتيكية بالنقطة Q ، لاحظ الشكل (1 – 6). أي $V_{CC}/2$ ويصبح تيار الجامع

$$Ic_{(Q)} = \frac{\frac{12-1}{2}}{1200} = \frac{5.5}{1200} = 4.58mA$$

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

$$\therefore I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{4.58mA}{100} = 45.8\mu A$$

ويمكن تقريب القيمة الى 46μA

وبما ان الترانزستور من نوع السيليكون تكون الفولتية بين القاعدة والباعث $V_{BE}=0.7V$

$$R_2 = \frac{V_{(RE)} + V_{(BE)}}{10 \times I_B} = \frac{1 + 0.7}{458 \times 10^{-6}} = 3.71k\Omega$$

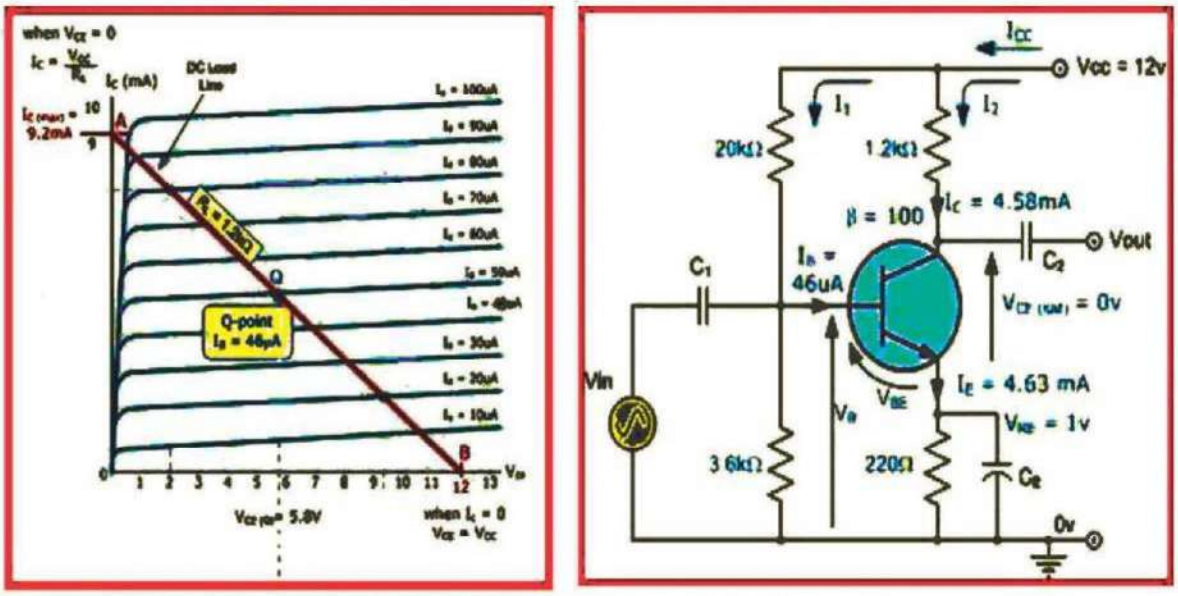
$$R_1 = \frac{V_{CC} - (V_{(RE)} + V_{(BE)})}{11 \times I_B} = \frac{12 - 1.7}{504 \times 10^{-6}} = 20.45k\Omega$$

$$I_E = I_C + I_B = 4.58m\Lambda + 45.8\mu\Lambda = 4.63m\Lambda$$

$$R_E = \frac{V_{RE}}{I_E} = \frac{1v}{4.63mA} = 216\Omega$$

تأخذ نسبة السماحية بالحسبان لتحديد قيم المقاومات وبمقدار 5% .

$$R_1 = 20k\Omega,\ R_2 = 3.6k\Omega,\ R_L = 1.2k\Omega,\ R_E = 220\Omega$$

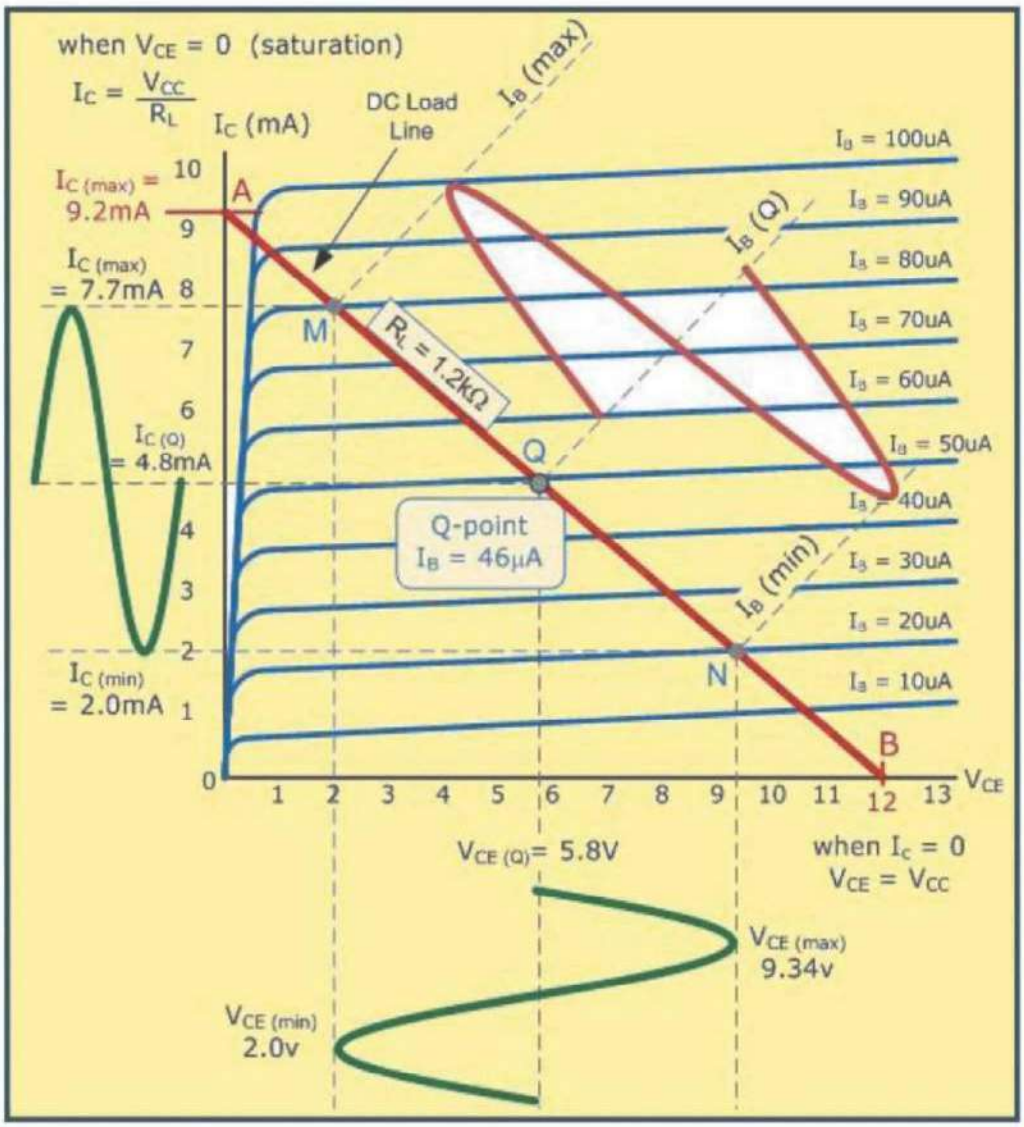


الشكل (1 – 6) تحديد نقطة الاشتغال Q

من المنحنيات نلاحظ العلاقة بين تيار الجامع والفولتية وبين الجامع والباعث (V_{CE}) ولعدة قيم مختلفة لتيار القاعدة (I_B). وتعرف هذه المنحنيات بخواص الإخراج وتستعمل لمعرفة المعدل الذي يعمل به الترانزستور كمكبر باعث مشترك ضمن الخواص الديناميكية (بسبب قيمة مقاومة الحمل).

ومن المثال (1– 3) نلاحظ كيفية حساب ربح التيار المستمر للترانزستور، والذي يحتاج إلى تيار قاعدة مقداره μA (45.8) ، والذي حدد نقطة الاشتغال Q للمكبر على خط الحمل، ويمكن تقريبها الى القيمة μA (46) .

يتناسب التغير في تيار القاعدة تناسبا طرديا مع تيار الجامع ولمعرفة تأرجح تيار القاعدة بين أعلى قيمة واقل قيمة بدون حدوث أي تشويه (Distortion) في الإشارة الخارجة من تقاطع خط الحمل مع منحنيات خواص التيار المستمر نستطيع إيجاد هذه القيم لتيار القاعدة والمتساوية على خط الحمل وأشرت بالنقاط (M، N) متساوية في البعد على خط الحمل بتيار قاعدة من μA (80 – 20) ، لاحظ الشكل (1-7)



الشكل (1 – 7) تحديد V_{CE} و $I_B(max)$, $I_B(min)$

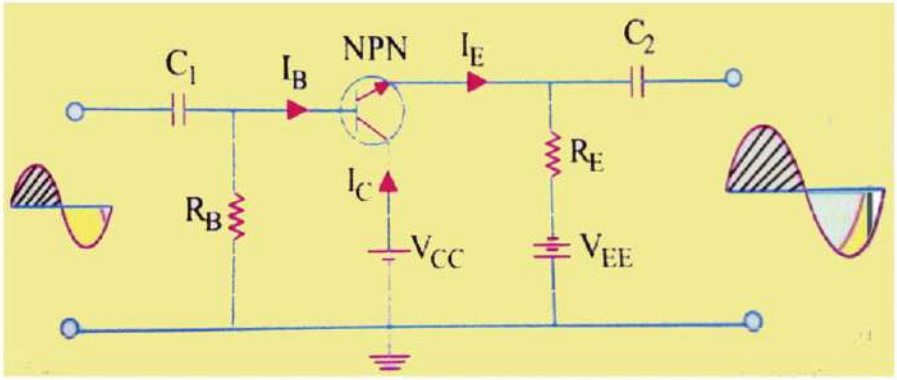
بتتبع النقاط M و N للشكل أعلاه، نجد أنّ القيم اللحظية لتيار الجامع والمطابقة لقيم فولتية الجامع – الباعث يمكن تسليطها من خط الحمل ويظهر ان فولتية الجامع – الباعث بعكس الطور بمقدار 180° عن تيار الجامع .

عندما يتغير تيار القاعدة بالاتجاه الموجب من μA (50) الى μA (80) تقل فولتية الجامع– الباعث والتي تمثل الفولتية الخارجة من القيمة V (5.8) الى V (2).

لهذا يمكن القول ان مكبر الباعث المشترك عبارة عن مكبر عاكس، فكل زيادة في فولتية القاعدة تسبب نقصان في الفولتية الخارجة (V_O)، وكل نقصان في فولتية القاعدة، تسبب زيادة في الفولتية الخارجة (V_O).

3-1-1 مكبر الجامع المشترك Common Collector (CC) Amplifier

في هذا المكبر يكون جامع الترانزستور مشتركاً بين الإشارتين الداخلة والخارجة، كما هو موضح بالشكل (1 – 8) والذي يمثل مرحلة واحدة لمكبر الجامع المشترك باستعمال ترانزستور من نوع NPN .



الشكل (1 – 8) مكبر الجامع المشترك

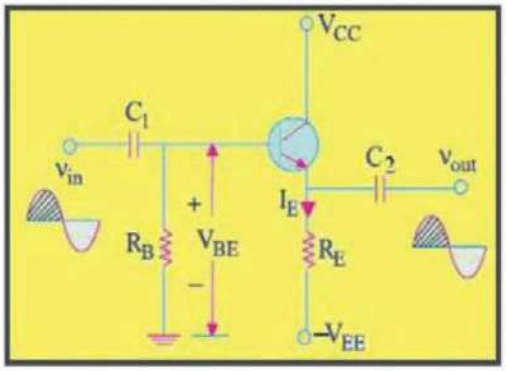
المقاومة (R_E) وهي مقاومة الحمل موصلة الى باعث الترانزستور وتصبح البطارية (Vcc) في حالة دورة قصر (Short) بالنسبة للإشارة أي ان الجامع متصل بالأرضي. يكون ربح الفولتية في مكبر الجامع المشترك اقل من الواحد، لان الفولتية الداخلة تساوي :

$$Vi = V_{BE} + V_O$$

أي ان الفولتية الداخلة تزيد بمقدار (V_{BE}) عن الفولتية الخارجة، وإذا أهملنا قيمة (V_{BE}) القليلة نسبياً، فان الفولتية الخارجة سوف تساوي الفولتية الداخلة أي ان ربح الفولتية يساوي واحداً تقريباً.

ويكون ربح التيار في هذا المكبر عالياً ويساوي :

$$Gi = \frac{I_E}{I_B} = \beta + 1$$



لايحدث أي اختلاف في طور إشارة الفولتية الخارجة عن طور إشارة الفولتية الداخلة. خلال النصف الموجب للإشارة الداخلة يزداد الانحياز الأمامي (V_{BE}) (الجامع موصل إلى الأرضي) فيزداد تيار القاعدة (I_B)، وبذلك يزداد تيار الباعث فيزداد الهبوط في الفولتية على مقاومة الباعث (R_E). وتظهر الإشارة الخارجة بالطور نفسه الإشارة الداخلة، لاحظ الشكل (1 – 9).

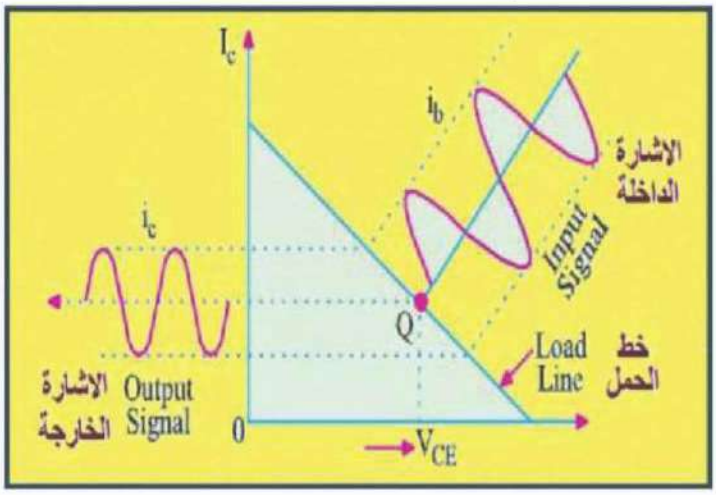
الشكل (1–9) مكبر الجامع المشترك

1 – 2 مكبرات الإشارة الصغيرة Small Signal Amplifiers

درست عزيزي الطالب في المرحلة الاولى وفي كتاب العلوم الصناعية الترانزستورمن نوع PNP وNPN والخواص الاستاتيكية، وكيفية رسم خط الحمل، وتعيين نقطة الاشتغال Q في ربط القاعدة المشتركة والباعث المشترك والجامع المشترك. وسنتطرق في هذا الفصل الى أهمية تحديد نقطة الاشتغال في استعمال هذه الدوائر كمكبرات للإشارة الصغيرة ومكبرات القدرة، حيث تصنف هذه المكبرات نسبة الى فولتية الانحياز بين القاعدة والباعث V_{BE} كما يأتي :

1- مكبر الصنف A :

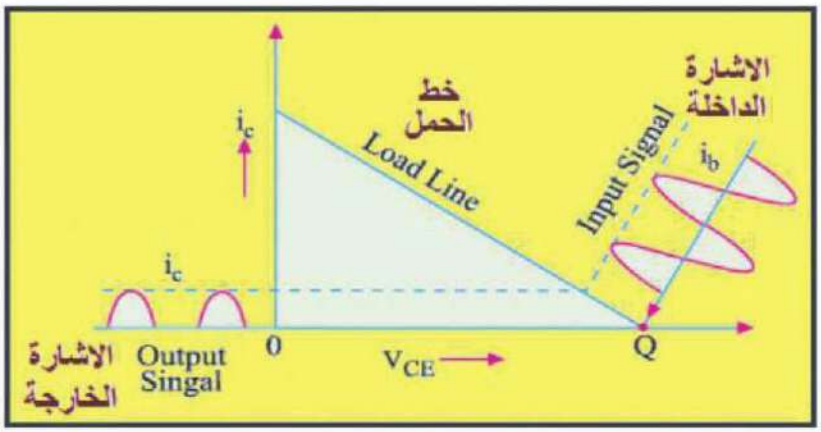
في هذا الصنف من المكبرات يكون انحياز القاعدة الى الباعث ذا قيمة كافية لمرور تيار في الجامع خلال الدورة الكهربائية الكاملة للإشارة الداخلة، أي 360^o كما موضح بالشكل (1 – 10). وتكون نقطة التشغيل Q في منتصف خط الحمل .



الشكل (1 – 10) مكبر الصنف A

2- مكبر الصنف B :

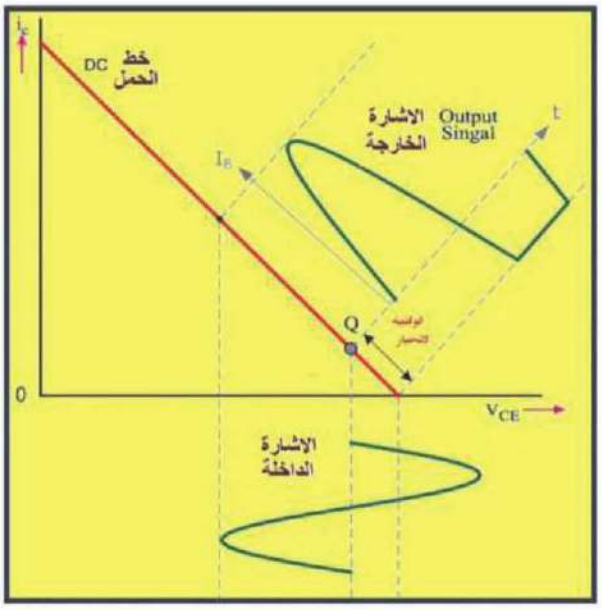
في هذا النوع من المكبرات توضع فولتية انحياز القاعدة والباعث (V_{BE}) عند نقطة القطع (Cut Off)، لذلك فان تيار الجامع يمر في الدائرة خلال فترة نصف دورة للإشارة الداخلة أي 180^o. لاحظ الشكل (1 – 11). وتكون نقطة التشغيل عند نقطة القطع .



الشكل (1 – 11) مكبر الصنف B

3 – مكبر الصنف AB :

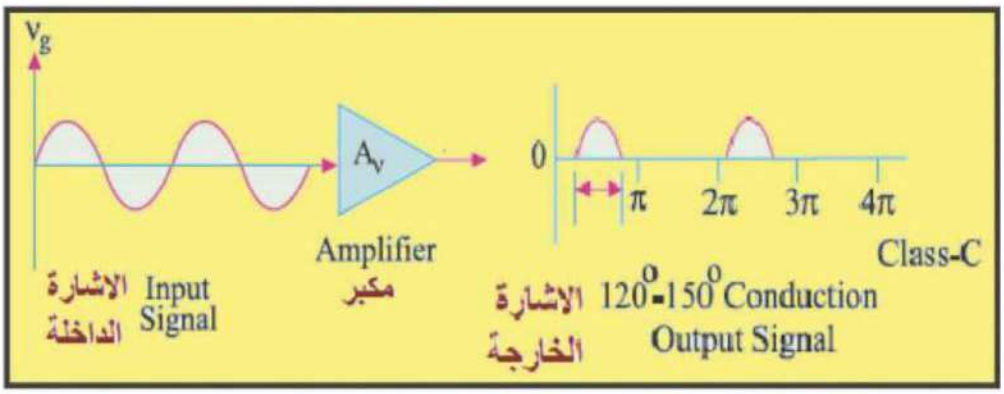
توضع فولتية انحياز القاعدة في هذا الصنف من المكبرات بين الصنف A والصنف B ، أي أنّ تيار الجامع يسري في الدائرة خلال فترة زمنية اكبر من نصف دورة واقل من دورة كاملة للإشارة الداخلة، أي اكبر من 180^o واقل من 360^o . لاحظ الشكل (1 – 12) . حيث توضع نقطة التشغيل (Q) اعلى بقليل من نقطة القطع .



الشكل (1 – 12) الصنف AB

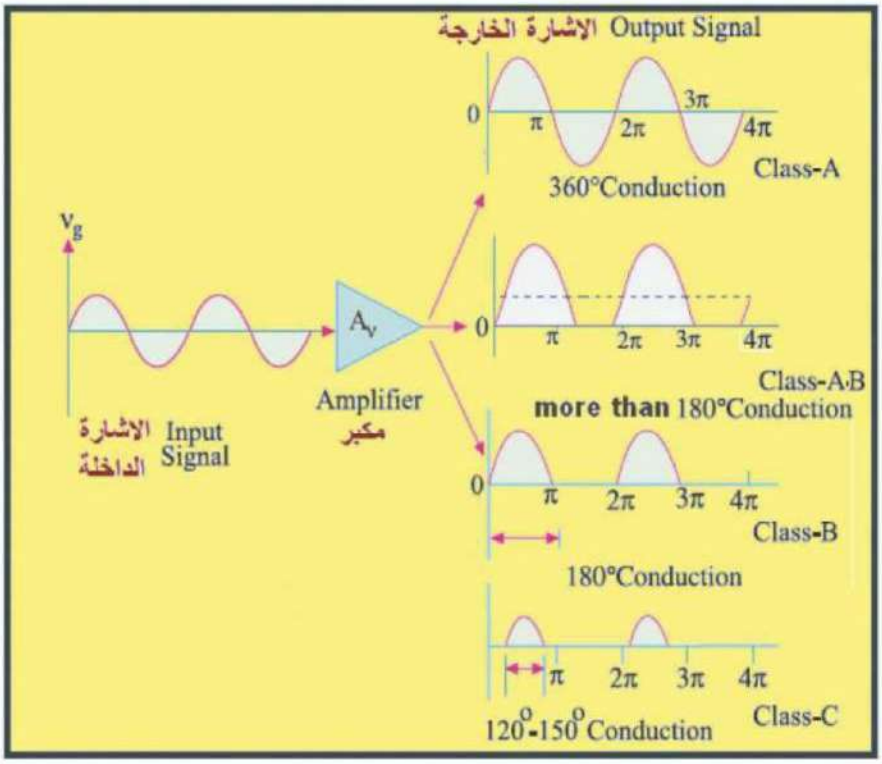
4– مكبر الصنف C :

في هذا النوع يكون انحياز القاعدة اقل من فولتية القطع، لذلك فان تيار الجامع يسري في الدائرة خلال فترة زمنية أمدها اقل من نصف دورة للإشارة الداخلة، أي اقل من 180^o. لاحظ الشكل (1– 13).



الشكل (1 – 13) مكبر الصنف C

ومن الشكل (1–14) نلاحظ الفرق بين الاشارات الخارجة للاصناف A وAB وB وC .



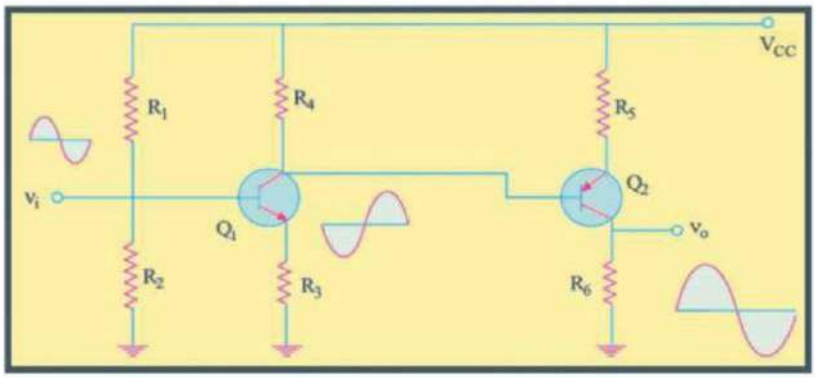
الشكل (1 – 14) الفرق بين مكبرات الاصناف A, AB, B, C

1–3 طرق الربط بين مراحل التكبير :

نحتاج في بعض الأحيان إلى ربح او تكبير (Gain) عالٍ لا يمكن تحقيقه بمرحلة تكبير واحدة فقــط، مما يضطرنا إلى استعمال مراحل عدة. إن مراحل التكبير المتعددة هذه تُربط فيما بينها بطرق مختلفة أهمها:

1-3-1 الربط المباشر: Direct Coupled

من الممكن توصيل مراحل التكبير فيما بينها توصيلاً مباشراً وخاصةً عندما تكون الإشارة المراد تكبيرها ذات تردد واطئ. والشكل (1- 15) يوضح احد دوائر التكبير بالربط المباشر.

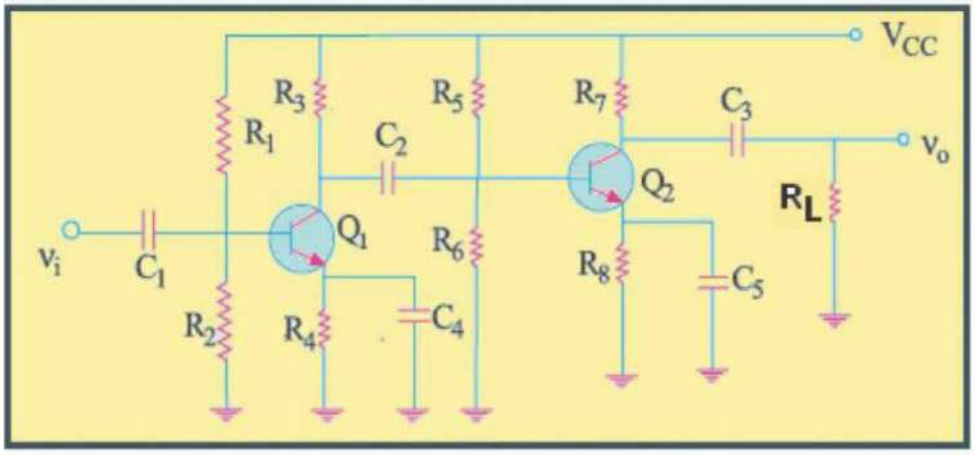


الشكل (1 – 15) الربط المباشر

الإشارة الخارجة من جامع الترانزستور الأول (Q_1) توصل مباشرة إلى قاعدة الترانزستور الثاني (Q_2)، لذلك أي تغيّر يحصل في تيار جامع الترانزستور الأول نتيجة لتغير درجة الحرارة، سوف ينتقل ليكبر في المرحلة الثانية، مما يؤثر على نقطة اشتغال الترانزستور (Q_2)، وهذه احدى مساوئ هذا النوع من الربط.

2-3-1 الربط بوساطة مقاومة ومتسعة : RC Coupled Amplifier

الشكل (1 – 16) يوضح مرحلتي تكبير تتصلان بوساطة مقاومة ومتسعة.



الشكل (1 – 16) الربط بوساطة المقاومة والمتسعة

تنتقل الإشارة الخارجة من المرحلة الأولى من جامع الترانزستور الاول (Q_1) الى قاعدة الترانزستور الثاني (Q_2) عبر المتسعة (C_2). وهذه الطريقة شائعة الاستعمال، اذ انها تمتاز بما يأتي:

أ- اذا حدث اي تغير في تيار الجامع المستمر في المرحلة الأولى نتيجة تغير درجة الحرارة، فان الترانزستور (Q_2) لايُكبر في المرحلة الثانية، وذلك لان متسعة الربط تمنع مرور التيار المستمر الى قاعدة .

ب- إنّ طريقة الربط هذه مناسبة للترددات العالية والمتوسطة، إذ ان ممانعة متسعة الربط تتناسب عكسيا مع التردد ($X_C = \frac{1}{2.\pi.f.C}$)، لذا فان الإشارات ذات التردد العالي او المتوسط سوف تجابه ممانعة قليلــة، اي تنتقل معظمها إلى المرحلة الثانية، ولا يفقد جزءاً منها على المتسعة.

اما مساوئها فهي غير مناسبة للترددات الواطئة، اذ أنّ ممانعة متسعة الربط تصبح عالية جدا عند التــرددات الواطئة، مما يسبب فقدان الإشارة الخارجة من المرحلة الأولى عليها، وعدم انتقالها إلى المرحلة الثانية.

ويتم حساب ربح هذه الدائرة من حاصل ضرب ربح الفولتية للمرحلة الأولى في ربح الفولتية للمرحلة الثانية اي ان:

$$G_t = G_1 \times G_2$$

G_t= ربح الفولتية الكلي

G_1 = ربح الفولتية للمرحلة الاولى

G_2 = ربح الفولتية للمرحلة الثانية

مثال (1 -4) :

احسب التكبير الكلي لمكبر يتكون من مرحلتين، ربح الفولتية للمرحلة الأولى يساوي (50-) وربح الفولتية للمرحلة الثانية (60-)، اذا كانت الإشارة الداخلة تساوي (1mV)، كم تصبح الإشارة الخارجة ؟

الحل:

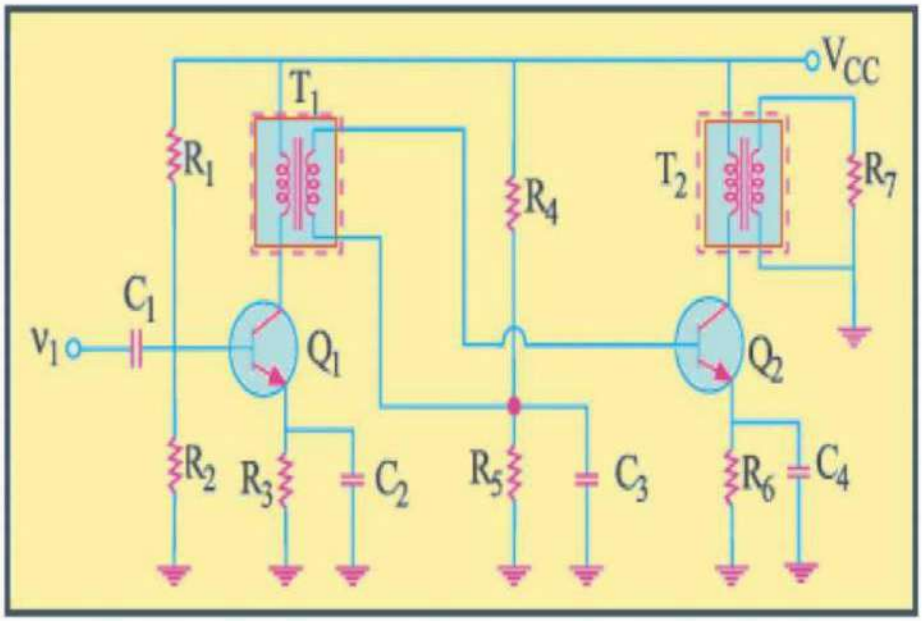
$$G_t = G_1 \times G_2$$

$$\mathbf{G}_t = 50 \times 60 = 3000$$

$$\mathbf{V_O} = \mathbf{G}_t \times \mathbf{V_i} = 3000 \times 1 = 3\mathbf{V}$$

1-3-3 الربط بوساطة المحولة:

الشكل (1 – 17) يوضح طريقة ربط مرحلتي تكبير بوساطة محولة.



الشكل (1 – 17) الربط بوساطة المحولة

تدخل الإشارة الى قاعدة الترانزستور (Q_1) وتظهر مكبرة على جامع نفس الترانزستور ثم تنتقل هذه الإشارة المكبرة في المرحلة الأولى بوساطة المحولة (T_1) من الملف الابتدائي الى الملف الثانوي بالحث المتبادل فإلى قاعدة الترانزستور (Q_2)، حيث تكبر ثانية فتظهر مكبرة على جامع الترانزستور الثاني، وتنتقل الى مقاومة الحمل (R_7) بوساطة المحولة (T_2) ويمكن ان تغذى الى مرحلة أخرى اذا اقتضت الضرورة زيادة التكبير.

تمتاز طريقة الربط بواسطة المحولة بالمميزات الآتية :

أ- سهولة التوافق بين المقاومة الخارجة للمرحلة الأولى، والمقاومة الداخلة للمرحلة الثانية، اذ يتم ذلك بتحديد عدد لفات الملف الابتدائي الى الملف الثانوي او ما يسمى بنسبة التحويل في المحولة.

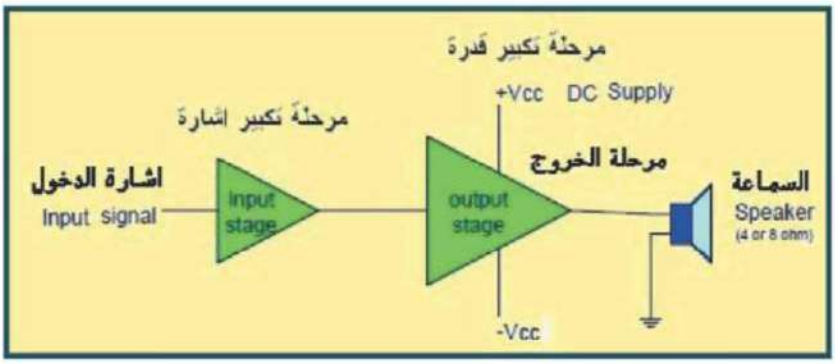
ان موضوع التوافق بين المقاومتين الداخلة للمرحلة الثانية والخارجة للمرحلة الاولى يُعدُّ مهما لتحقيق أعظم نقل لقدرة الاشارة من المرحلة الاولى الى المرحلة الثانية.

ب- نلاحظ من الشكل (1 – 17) أنّ مقاومة الحمل هي الملف الابتدائي للمحولة، لذلك فان المفاقيد الحرارية تكون قليلة جدا قياسا الى المقاومة الطبيعية، لان مقاومة الملف الداخلية تكون قليلة جدا.

1 – 4 مكبرات القدرة : Power Amplifiers

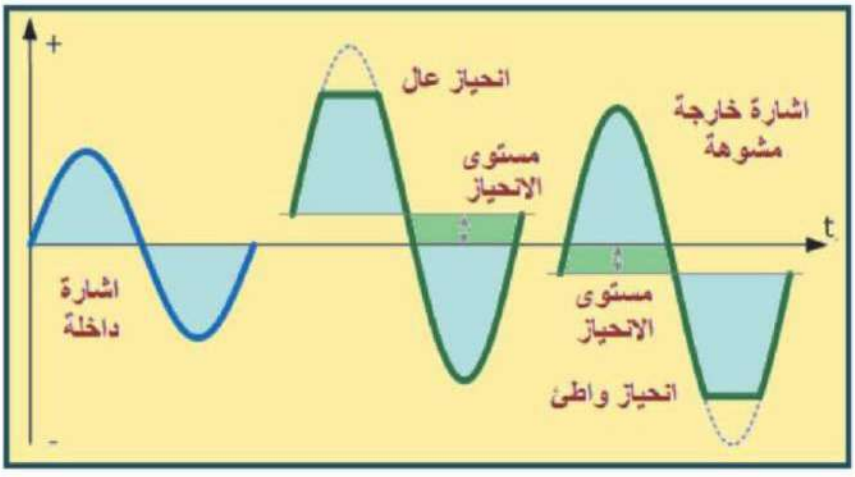
تدعى مكبرات القدرة بمكبرات الإشارة الكبيـرة (Large Signal Amplifiers) وتعمـل كمراحـل نهائية تلي مكبرات الإشارة الصغيرة، وتستعمل عند الحاجة الى قدرة عالية في منظومة الإرسـال والاستقبال الراديوي والتلفزيوني، وتشغيل محركات ذات سرع ثابتة وغيرها من الدوائر الالكترونية.

والشكل (1–18) يوضح المخطط الكتلوي لمكبر سمعي يحتوي على مكبر سمعي اولي ومكبر قـدرة (مكبـر خرج).



الشكل (1 – 18) مخطط كتلوي لمكبر سمعي

وكما هو معلوم أنّ الخواص الداخلية للترانزستور، تتمثل بمنحنى، وليس خطاً مستقيماً، لذلك سيظهر تشـويهاً في شكل الإشارة الخارجة، وخاصة عندما تكون الإشارة الداخلة كبيرة، حيث تقع على جزء كبير من منحنـى الخواص، كما هو موضح بالشكل (1 – 19).

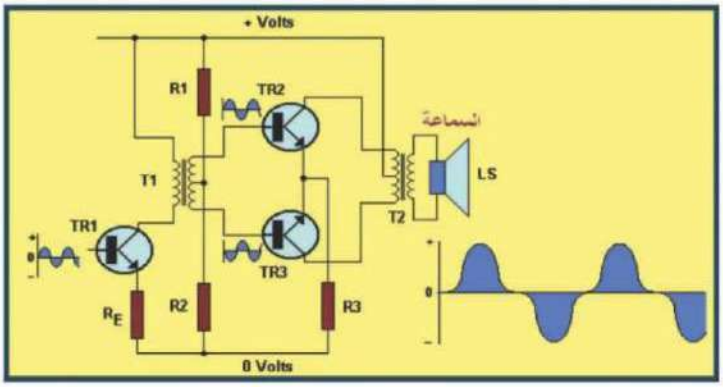


الشكل (1 – 19) التشويه في شكل الإشارة الخارجة

وللتغلب على التشويه الذي يحصل في شكل الإشارة الخارجة في مكبرات القدرة الصنف A عند استعمالها بمرحلة واحدة يستعمل مكبر (دفع – سحب) (Push-Pull) والمكبر المتتام.

1-4-1 مكبر القدرة (دفع – سحب) صنف A: Class A Push–Pull Power Amplifier

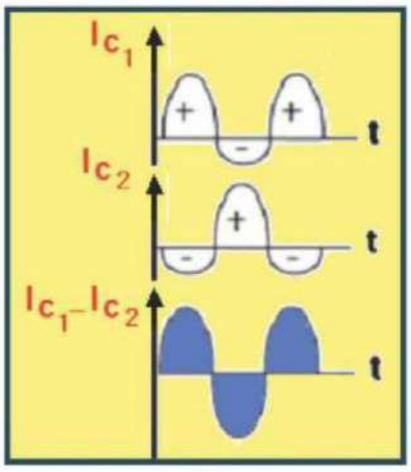
الدائرة الموضحة بالشكل (1 – 20) عبارة عن دائرة مكبر قدرة (دفع – سحب) صنف A تحتوي على ترانزستورين (TR2) و (TR3) من نوع (NPN) يعملان بالتعاقب.



الشكل (1 – 20) مكبر قدرة (دفع – سحب)

تعمل المقاومات (R1) و(R2) على تحديد تيار الانحياز الامامي لوصلة (القاعدة–الباعث) لكل من (TR2) و (TR3) في حين ان جهد الانحياز العكسي على جامع كل من (TR2) و(TR3) يتحقق خلال الملف الابتدائي لمحولة الخرج (T2).

تجهز محولة الدخول (T1) قاعدة كل من الترانزستورين (TR2) و (TR3) بفولتيتين متساويتين بالمقدار ومختلفتين بالطور بمقدار(180°)، لان الملف الثانوي لمحولة الدخول (T1) يحتوي على نقطة وسطية. يظهر تيار جامع كل من (TR2) و (TR3) مكبراً ومشوهاً، لان نصفه الموجب اكبر من نصفه السالب بسبب الخواص الداخلية للترانزستورين، ويكون تيار الملف الابتدائي لمحولة الخرج يساوي حاصل طرح تيار الجامع لكل من الترانزستورين $\mathbf{I_P = I_{C1} - I_{C2}}$ ، لاحظ الشكل (1 – 21).

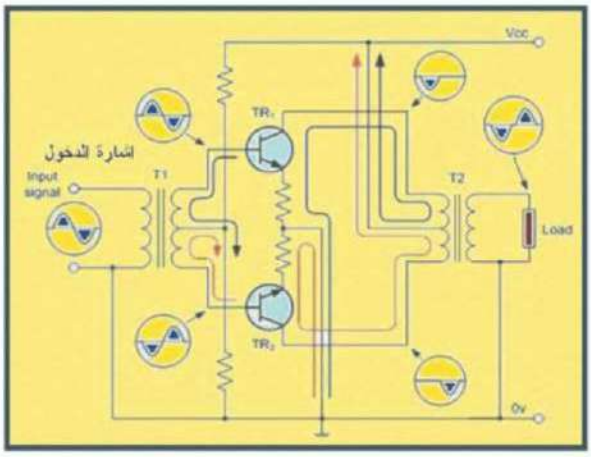


الشكل (1 – 21) عملية الطرح بين تيار الجامع للترانزستورين

يظهر التيار في الملف الابتدائي غير مشوه، لان نصفه الموجب يساوي نصفه السالب، وينتقل هذا التيار بالحث المتبادل الى الملف الثانوي، وهو تيار الاشارة الخارجة المار في السماعة. نستنتج من ذلك اننا تغلبنا على التشويه في شكل الإشارة الخارجة باستعمال مكبر القدرة (دفع – سحب) الصنف A وتبقى مشكلة الكفاءة القليلة التي لاتزيد عن (50%)، لذلك نلجأ الى استعمال مكبر القدرة (دفع – سحب) الصنف B.

2-4-1 مكبر القدرة (دفع – سحب) صنف B: Class B Push–Pull Power Amplifier

يتم تجهيز فولتية انحياز وصلة القاعدة – الباعث في كل من الترانزستورين، بحيث تصبح مساوية الى فولتية القطع (Cut Off)، أي تحويله ليعمل كمكبر قدرة دفع – سحب الصنف B، وكما موضح في الشكل (1 – 22).



الشكل (1 – 22) مكبر القدرة دفع – سحب صنف B

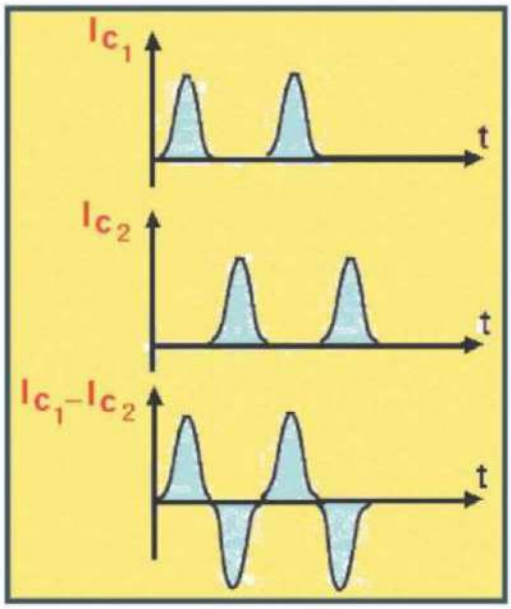
الصنف B يشبه الصنف A في تركيبه، إلا أن الاختلاف بينهما هو في فولتية انحياز القاعدة – الباعث لكل من الترانزستورين . في النصف الأول من الإشارة الداخلة تصبح قاعدة الترانزستور (TR_1) موجبة في حين تكون قاعدة الترانزستور (TR_2) سالبة، أي يكون الترانزستور (TR_1) في حالة توصيل (On) والترانزستور (TR_2) في حالة قطع فيسري تيار في جامع الترانزستور(TR_1) .

وفي النصف الآخر من الإشارة الداخلة يحدث العكس أي يصبح الترانزستور (TR_2) في حالة توصيل والترانزستور (TR_1) في حالة قطع فيسري تيار في جامع الترانزستور (TR_2) فقط أي أن تياراً موجباً يمثل جامع كل من الترانزستورين يسري بالتعاقب في الملف الابتدائي لمحولة الخرج ويساوي حاصل طرح تيار جامع الترانزستورين وكما مبين في المعادلة الاتية :

$$I_P = I_{C1} - I_{C2}$$

ومن الشكل (1 – 23) نلاحظ ان التيار الخارج يحتوي على الأنصاف الموجبة والسالبة مع تشويه في شـكل الإشارة الخارجة، ويسمى هذا النوع من التشويه بالتشويه عند نقـاط التقـاطع (Cross Over Distortion) وسببه الخواص الداخلية للترانزستور.

ويمتاز هذا المكبر فضلاً عن الكفاءة العالية أنه تيار جامع الترانزستورين يساوي صفراً عنـد عـدم وجـود إشارة داخلة.

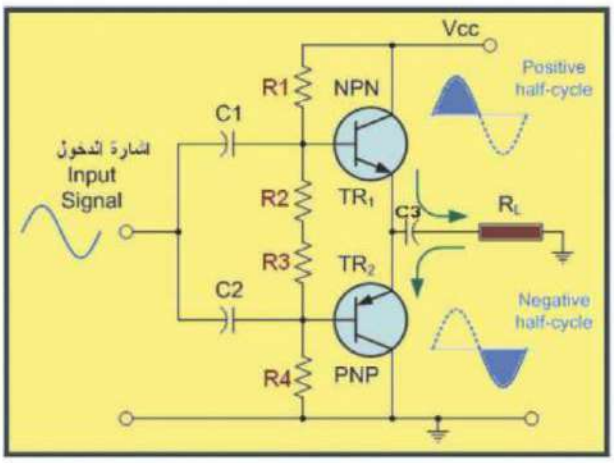


الشكل (1 – 23) الإشارة الخارجة مع التشويه

1-4-3 المكبر المتشابه المتتام : Complementary Symmetry Amplifier

لاحظنا في مكبرات الدفع – سحب انها تحتوي على محولتين احدهما فـي الـدخول، والاخـرى فـي الخرج، ولان استعمال المحولات غير محبذ بسبب كبر حجم المحولة، اذ تشغل حيزاً في الدوائر الالكترونيـة فضلاً عن ان المحولة تبعث موجات كهرومغناطيسية تؤثر في بقية الدوائر الالكترونية المجاورة لها وارتفـاع كلفة المحولة، مما يؤدي الى ارتفاع ثمن الجهاز الذي يحتويها.من الممكن الاستغناء عن المحولتين في مكبـر القدرة الدفع – سحب باستعمال المكبر المتشابه المتتام، لاحظ الشكل (1– 24) .

في هذه الدائرة يستـعمـل ترانزستورين احدهما من نوع (PNP) والآخر من نوع (NPN).

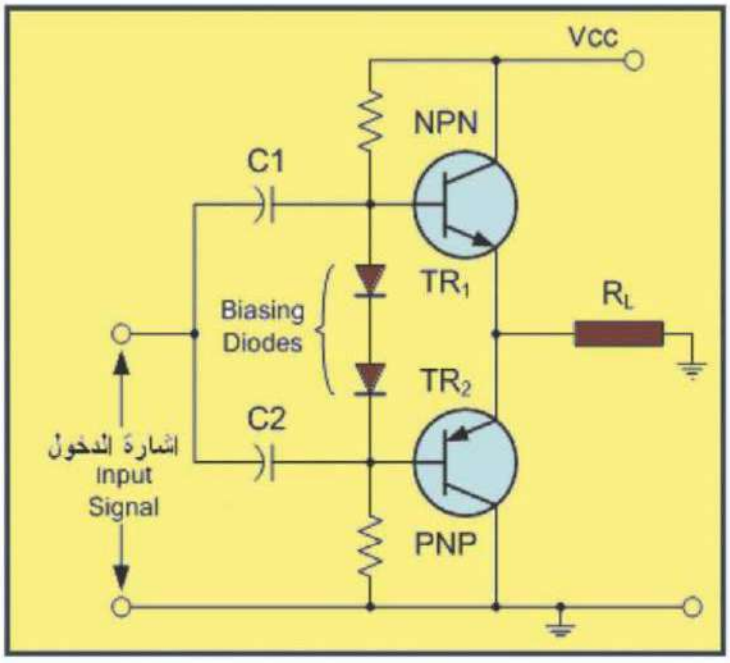


الشكل (1 – 24) المكبر المتشابه المتتام

عند دخول النصف الموجب من الإشارة إلى قاعدة كل من الترانزستورين (TR_1) و (TR_2) يكون الترانزستور الأول في حالة توصيل (On) والترانزستور الثاني في حالة قطع (Off)، وفي هذه الحالة يسري التيار (I_{C1}) خلال مقاومة الحمل (R_L) من الأعلى إلى الأسفل.

وعند دخول النصف السالب للإشارة يصبح الترانزستور(T_{R1}) في حالة قطع (Off) والترانزستور (T_{R2}) في حالة توصيل (On) فيمر التيار (I_{C2}) خلال مقاومة الحمل من الأسفل إلى الأعلى أي عكس اتجاه (I_{C1}).

يعمل هذا المكبر، كما هو في مكبر القدرة (دفع ــ سحب) تحت أي صنف. وللتخلص من التشويه في شكل الاشارة الخارجة عندما يعمل المكبر بالصنف B يتم وضع ثنائيين لتغيير الانحياز بين القاعدة والباعث للترانزستورين، أي تحويل عمل المكبر من الصنف B إلى الصنف AB، لاحظ الشكل (1 – 25).



الشكل (1 – 25) المكبر المتشابه المتتام

الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1- لمكبر القاعدة المشتركة مقاومة دخول قليلة جداً

أ – لان مقاومة الباعث R_E للتيار المتناوب بالتوازي مع كل المقاومات.

ب – لان القاعدة موصلة الى الأرضي.

جـ – مقاومة الباعث صغيرة.

د – لان الإشارات الداخلة صغيرة.

2- يمتاز مكبر القاعدة المشتركة

أ – ربح فولتية قليل.

ب – ربح قدرة معتدل.

جـ – لا يعكس طور الإشارة الخارجة.

د – مقاومة خرج عالية جداً.

3- يستعمل مكبر الجامع المشترك للحصول على اعلى

أ – ربح فولتية.

ب – ربح تيار.

جـ – ربح قدرة.

د – ممانعة خارجية.

4- في مكبر الجامع المشترك ربح الفولتية

أ – لا يصل الى الواحد.

ب – يعتمد على الممانعة الخارجية.

جـ – يعتمد الاشارة الداخلة.

د – ثابت دائماً.

5- في المكبر صنف A تقع نقطة التشغيل Q

أ – في نقطة القطع.

ب – قرب نقطة التشبع.

جـ – في منتصف خط الحمل.

د – قريبة من نقطة القطع.

6- خرج المكبر من الصنف B

أ – مشوه دائماً.

ب – يتكون من نصف الموجة الموجب فقط.

جـ – يشبه خرج التقويم نصف الموجة.

د – نبضات تيار ضيقة.

7- اعلى كفاءة لمكبر الصنف A تصل الى

أ – 25% .

ب – 50% .

جـ – 78.5% .

د – 85% .

8- يحدث التشويه عند نقاط التقاطع في

أ – الدفع – سحب .

ب – الصنف A .

جـ – الصنف B .

د – الصنف AB .

9- لا تتعدى كفاءة المكبر صنف B

أ – 25% .

ب – 50% .

جـ – 78.5% .

د – 100% .

10- تيار الاشارة الخارجة من مكبر (الدفع – سحب) يساوي

أ – I_{C1} .

ب – I_{C2} .

جـ – $I_{C1} + I_{C2}$.

د – $I_{C1} - I_{C2}$.

اسئلة الفصل الاول

س1: ارسم دائرة مكبر باعث مشترك مبينا عمل القطع الالكترونية .

س2 : ارسم شكل الإشارتين الداخلة والخارجة من مكبر الباعث المشترك على خط الحمل .

س3 : ما فوائد مكبر الجامع المشترك ؟ وما هي اهم خواصه ؟ اشرح ذلك مع الرسم .

س4 : اشرح مع الرسم مكبر القاعدة المشتركة ومجالات استعماله .

س5 : عدد انواع ربط المكبرات مع شرح واحد منها .

س6 : لماذا يتم الربط لأكثر من مكبر في الدوائر الالكترونية ؟

س7 : كيف يتم حساب الربح للمكبر، وحساب الربح الكلي لمكبرين ؟

س8 : ما المقصود بمكبرات القدرة ؟ وما هي أنواعها ؟ عددها واشرح واحد منها .

س9 : اشرح مع الرسم مكبر قدرة سحب ــ دفع باستعمال محولة الإخراج ووظيفة كل قطعة الكترونية فيها .

س10 : اشرح مع الرسم المكبر المتشابه المتتام ووظيفة كل قطعة الكترونية فيها .

س11 : لماذا تم تسمية مكبر سحب دفع بهذا الاسم ؟ وما هو مبدأ عمل هذا المكبر ؟

س12 : اشرح بالتفصيل مكبر الصنف A والصنف B . وضح إجابتك مع الرسم .

س13 : اشرح مع الرسم مكبر الصنف AB والصنف C . وضح إجابتك مع الرسم .

الفصل الثاني

مكبرات الحزمة الضيقة والدوائر المتكاملة ومكبر العمليات

Narrow Band Amplifiers و Integrated Circuits(IC) & Operational Amplifier(Op-Amp.)

أهداف الفصل :

إكساب الطالب معرفة مكبرات الحزمة الضيقة ومنحني الاستجابة للمكبر وحساب عرض الحزمة وكيفية عمل الدوائر الالكترونية لمكبرات التردد الوسيط والتردد الراديوي والتعرف على الدوائر المتكاملة ومعرفة مكبر العمليات.

محتويات الفصل الثاني :

2-1 مكبرات الحزمة الضيقة

2-2 المرشحات

2-3 تركيب الدائرة المتكاملة (المدمجة)

2-4 خطوات تصنيع الدوائر المدمجة

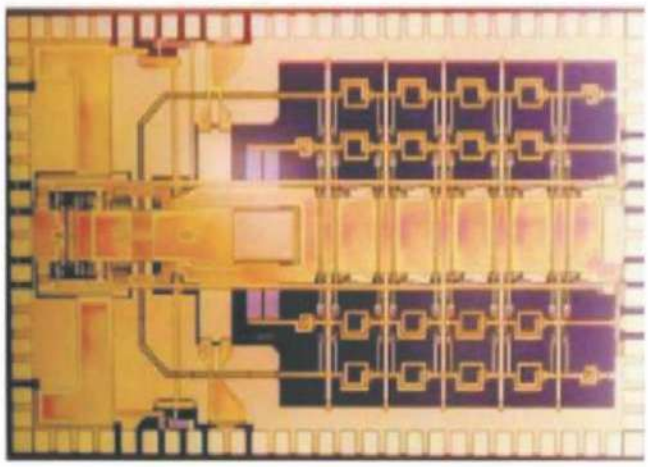
2-5 مكبر العمليات (op-Amp)

2-5-1 مكبر العمليات (op-Amp741)

2-5-2 خصائص مكبر العمليات (properties of -Amp)

2-5-3 تطبيقات مكبر العمليات

مكبرات الحزمة الضيقة والدوائر المدمجة Small Signal Amplifiers و IC & Op-Amp.



الفصل الثاني

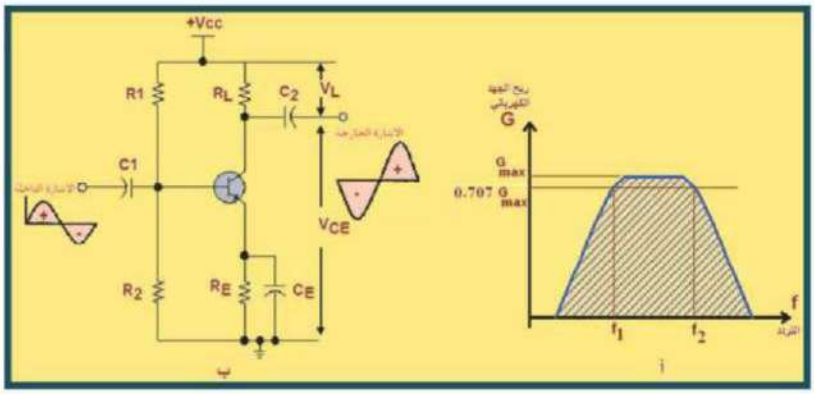
مكبرات الحزمة الضيقة والدوائر المتكاملة ومكبر العمليات
Narrow Band Amplifiers, Integrated Circuits(IC) & Operational Amplifier(Op-Amp.)

1-2 مكبرات الحزمة الضيقة : Narrow Band Amplifier

عبارة عن مكبرات منغمة وهذا يعني ان الربح يحدد بوساطة دائرة رنين، يسمى هذا النوع بمكبرات الحزمة الضيقة، لان الإشارة الداخلة فيها تحتوي على تردد واحد او حزمة ضيقة من الترددات. وتشمل هذه المكبرات مكبرات التردد الوسيط (IF Amplifiers) ومكبرات التردد الراديـــوي (RF Amplifiers)، والتي تستعمل غالبا في اجهزة الاستقبال كما سنتطرق الى ذلك في الفصول القادمة.

1-1-2 منحي الاستجابة الترددية: Frequency Response curve

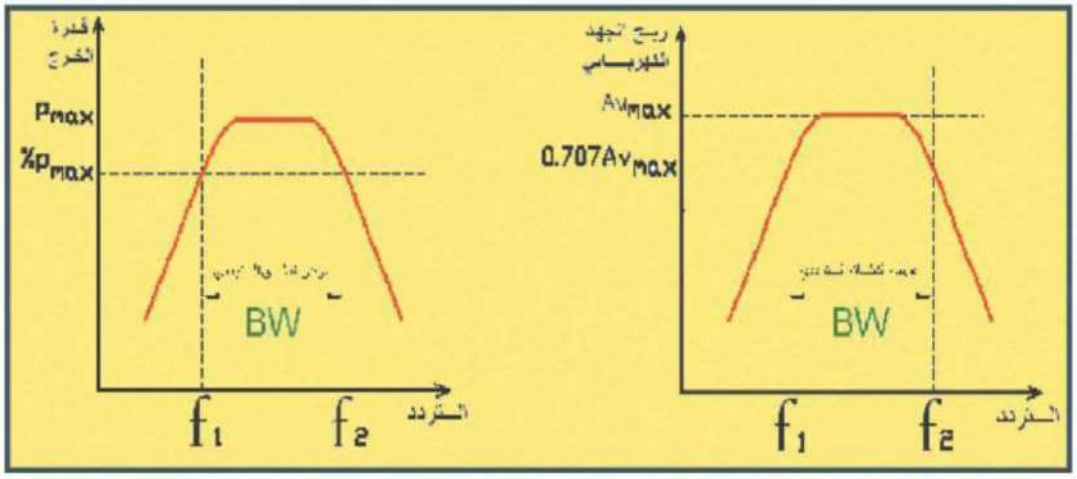
منحني الاستجابة لأي مكبر هو العلاقة بين الربح او التكبير (Gain) وتـــردد الإشارة لاحظ الشـــكل (2-1- أ). نلاحظ من المنحني انه يعاني هبوطا في التكبير عند الترددات القليلة، وسبب هذا الهبـــوط هـــو وجود متسعة الربط (C1)، لاحظ الشكل (2- 1- ب) والتي تتناسب ممانعتها عكسيا مع التردد ($X_C \alpha \frac{1}{f}$). لهذا فعند دخول تردد قليل الى المكبر تكون ممانعة المتسعة (C1) عاليـــة فتقـــل الإشـــارة الداخلـــة الـــى الترانزستور وبالتالي يقل التكبير. وعند الترددات العالية يحصل هبوطا شديدا في التكبير أيضا وسبب هـــذا الهبوط يعود إلى تأثير المتسعات الخيالية الطفيلية الداخلية للترانزستور (Enterelectrode Cap.) والـــذي يؤدي إلى عدم انتظام عمل المكبر. يتم تحديد الاستجابة الترددية للمكبرات تبعاً لترددات القطع .



الشكل (2-1) منحني الاستجابة الترددية

والشكل (2–2) يوضح كيف يمكن التعبير عن عرض الحزمة (عرض النطاق الترددي) من رسم منحني الاستجابة للمكبر بين ربح الفولتية والتردد او ربح القدرة والتردد، وفي كلتا الحالتين تكون ترددات القطع هي (f_1, f_2) وعرض الحزمة (Band width) .

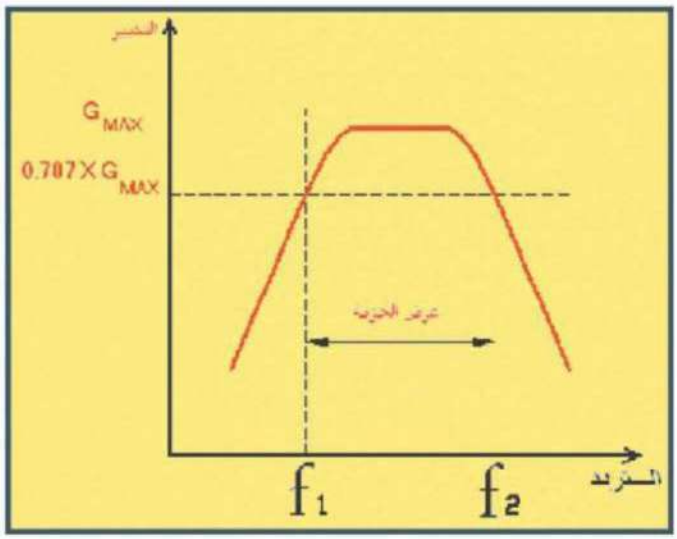
$$BW = f_2 - f_1$$



الشكل (2-2) العلاقة بين التردد وربح القدرة وربح الفولتية

2-1-2 عرض الحزمة او عرض النطاق الترددي: Band Width

يسمى الفرق بين أعلى واقل تردد يكبر بوساطة دائرة التكبير بعرض الحزمة BW. ويحسب من منحني الاستجابة وفق الخطوات الآتية والموضحة بالشكل (2 – 3) .



الشكل (2 - 3) حساب عرض الحزمة

1- استخراج القيمة الفعلية للتكبير $\frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$.

2- رسم خط افقي من النقطة الفعالة $\frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$ مواز الى محور التردد فيقطع المنحني في نقطتين .

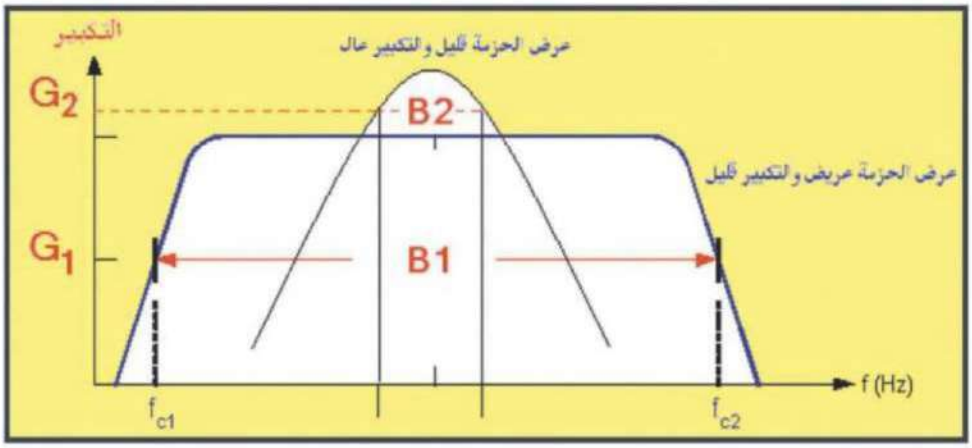
3- رسم خطين عموديين من نقطتي تقاطع المنحني والخط الأفقي يقطعان محور التردد في النقطتين f1 و f2 .

4- حساب عرض الحزمة BW من طرح اقل تردد f1 من أعلى تردد f2 .

$$BW=f_2 - f_1$$

ان المساحة المحصورة تحت منحني الاستجابة تكون ثابتة. اي ان حاصل ضرب التكبير في عرض الحزمة يمثل كمية ثابتة. ان هذه الخاصية يمكن الاستفادة منها في مكبرات الحزمة الضيقة، اذ ان الإشارة الداخلة لهذه المكبرات تكون ذات حزمة ضيقة، لذلك يمكن تصميم المكبر بحيث يستجيب لتكبير حزمة ضيقة من الترددات تمثل حزمة ترددات الإشارة الداخلة فقط، وان ذلك يعني زيادة التكبير.

والشكل (2 – 4) يوضح منحني استجابة مكبر في حالتين عندما يعمل كمكبر حزمة عريضة. نلاحظ ان التكبير فيه يكون قليلا، وعند تقليل عرض الحزمة التي يستجيب لتكبيرها نلاحظ ان التكبير يزداد .



الشكل (2 – 4) العلاقة بين التكبير وعرض الحزمة

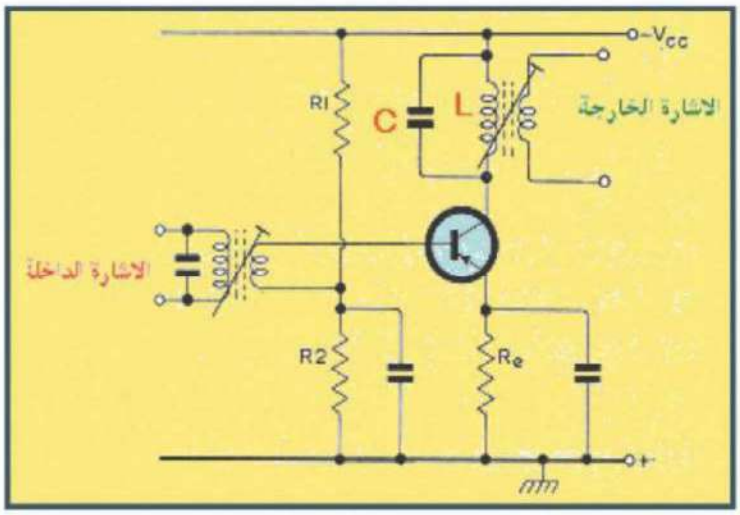
3-1-2 مميزات مكبر الحزمة الضيقة : Narrow Band Amplifier Properties

يتكون مكبر الحزمة الضيقة من ترانزستور تكبير مع دائرة رنين للحزمة الضيقة (تم وضع دائرة رنين توازي بدلاً من مقاومة الحمل)، ويكون هذا المكبر ذا قدرة قليلة، وبعض المكبرات التي تكون فيها الإشارة الداخلة ذات تردد واحد او حزمة ضيقة من الترددات.

ويمتاز مكبر الحزمة الضيقة بما يأتي :

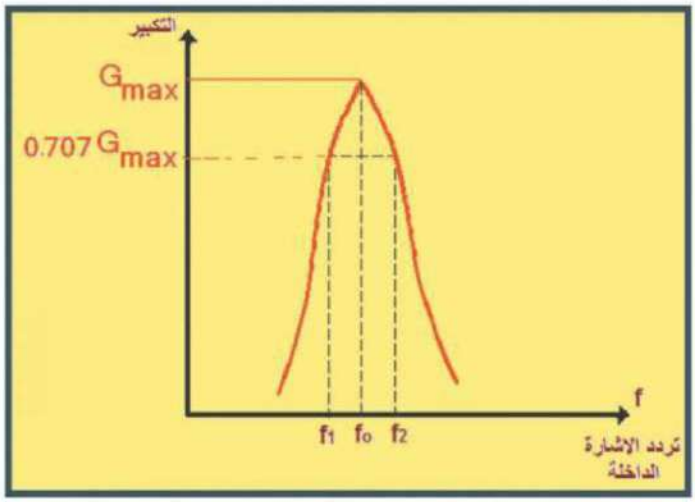
1- يمكن التحكم بربح الفولتية باختيار قيم العناصر الالكترونية المناسبة للمكبر.

2- يمكن التحكم بتردد الإشارة عن طريق التحكم في قيم عناصر المرشح (والمرشح هو دائرة تحتوي على متسعة (C) وملف (L) يتم اختيارهما بحيث ان تردد رنين الدائرة يساوي تردد الإشارة المراد تكبيرها، لذا فان هذه الحالة تكبر التردد الذي يجعل الدائرة في حالة الرنين). ويكون التكبير عال، وذلك لان حزمة الترددات من الإشارة الداخلة تكون قليلة.



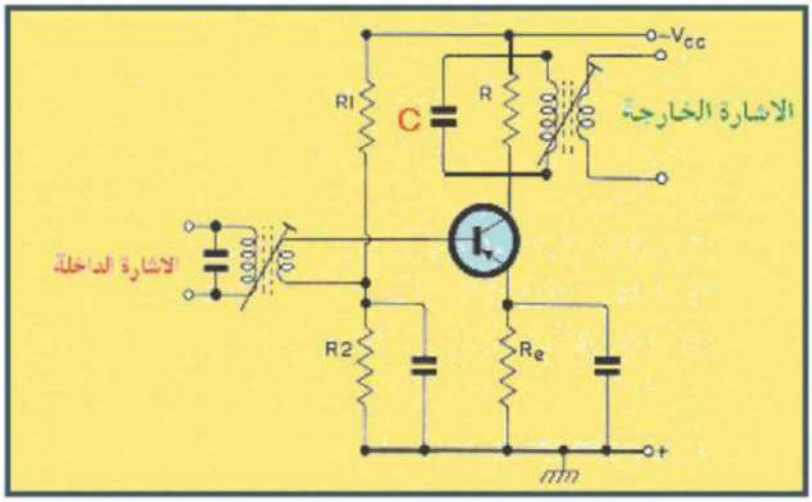
الشكل (2 - 5) مكبر حزمة ضيقة باستعمال دائرة رنين التوازي

كما علمنا من دراستنا للمكبرات أن التكبير يعتمد على قيمة مقاومة حمل الدائرة. ولكون ممانعة حمل الدائرة المبينة في الشكل تنظم على التردد المراد تكبيره أي أن قيم كل من سعة المتسعة (C) ومعامل الحث الذاتي للملف (L) يتم اختيارهما بحيث ان تردد رنين الدائرة يساوي تردد الإشارة المراد تكبيرها. لذلك فان هذه الدائرة تكبر فقط التردد الذي يجعل دائرة الحمل في حالة رنين والترددات القريبة منه وذلك لان ممانعة دائرة رنين التوازي تكون عالية فقط عند تردد الرنين والترددات القريبة منه فيكون بذلك تكبير المكبر عاليا عند هذه الترددات فقط واطئ خارج هذه الترددات، لاحظ الشكل (2 – 6) .



الشكل (2-6) منحني الاستجابة لمكبر الحزمة الضيقة

إن عملية التكبير في هذا النوع من المكبرات يكون عالياً جداً، وذلك لان حزمة الترددات المكبرة من الإشارة الداخلة تكون قليلة. وقد يتطلب الأمر في بعض الأحيان زيادة عرض حزمة الترددات التي يتم تكبيرها، ويتم ذلك على حساب تقليل مقدار التكبير في المكبر، اذ يتم توصيل مقاومة على التوازي مع دائرة الرنين فتعمل على تقليل الممانعة الكلية التي تمثل حمل الترانزستور، وبالتالي تقليل التكبير وزيادة عرض الحزمة، لاحظ الشكل (2 – 7).



الشكل (2 - 7) مكبر حزمة بوجود مقاومة توازي مع دائرة الرنين

2-2 المرشحات : Filters

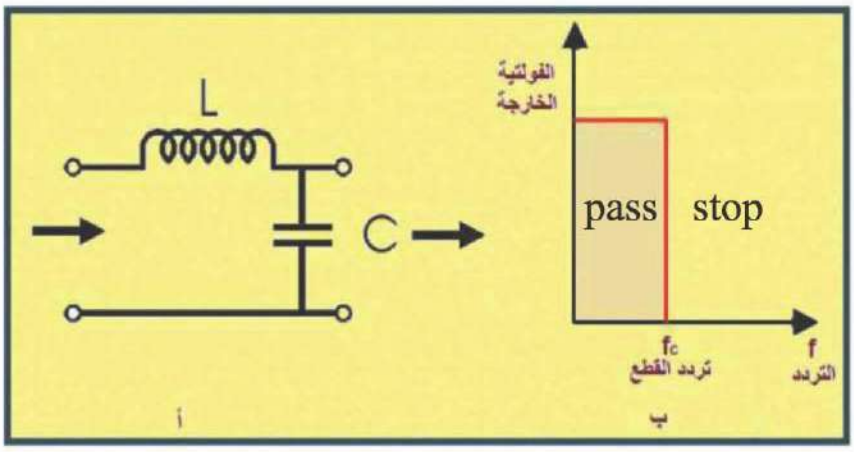
عبارة عن دوائر تسمح لإشارات ذات ترددات معينة بالمرور خلالها وتمنع إشارات ذات ترددات أخرى من المرور. وللمرشحات أهمية كبيرة في علم الاتصالات لأنها تستعمل لتمرير الإشارات المرغوب فيها وتمنع إشارات التشويش غير المرغوب فيها.

1-2-2 أنواع المرشحات :

1- مرشح إمرار تردد واطىء (LPF) (Low Pass Filter)
2- مرشح إمرار التردد العالي (HPF) (High Pass Filter)
3- مرشح إمرار حزمة من الترددات (BPF) (Band Pass Filter)
4- مرشح رفض حزمة من الترددات (BSF) (Band Stop Filter)

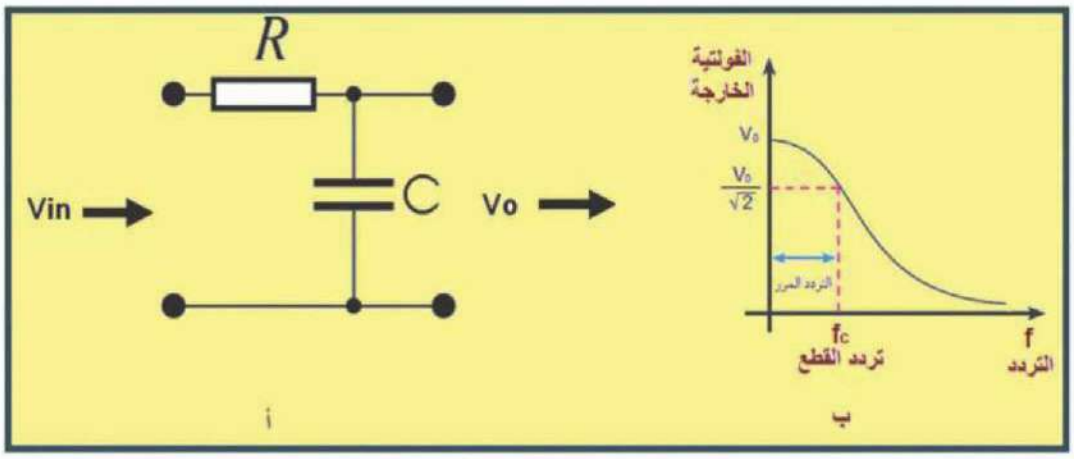
1- مرشح امرار التردد الواطئ : LPF (Low Pass Filter)

يتكون هذا المرشح من ملف ومتسعة (دائرة LC) موصلة كما في الشكل (2- 8-أ)، يحدد لهذا المكبر تردد يسمى تردد القطع ويعمل المرشح على تمرير كل الترددات الاقل من تردد القطع، ويسبب اضمحلال للترددات الاعلى من تردد القطع لاحظ ، الشكل (2-8-ب) .



الشكل (2-8) مرشح إمرار تردد واطىء (LC)

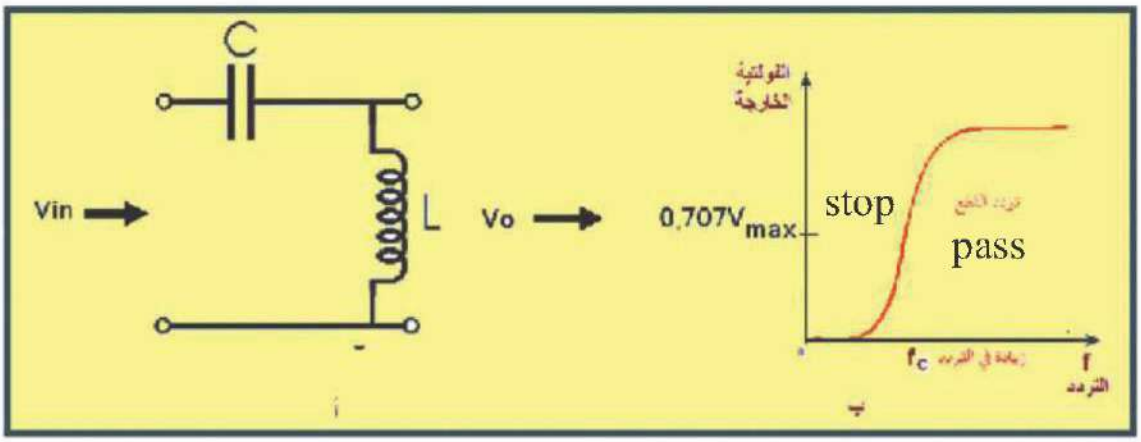
ويمكن بناء دائرة مرشح من مقاومة ومتسعة (دائـــرة RC)، لاحـــظ الشـــكل (2 –9 – أ) وتـــؤدي الغرض نفسه وذلك بإمرار الترددات القليلة ومنع إمرار الترددات العالية، لاحظ الشكل (2–9 – ب).



الشكل (2 – 9) مرشح امرار تردد واطىء (RC)

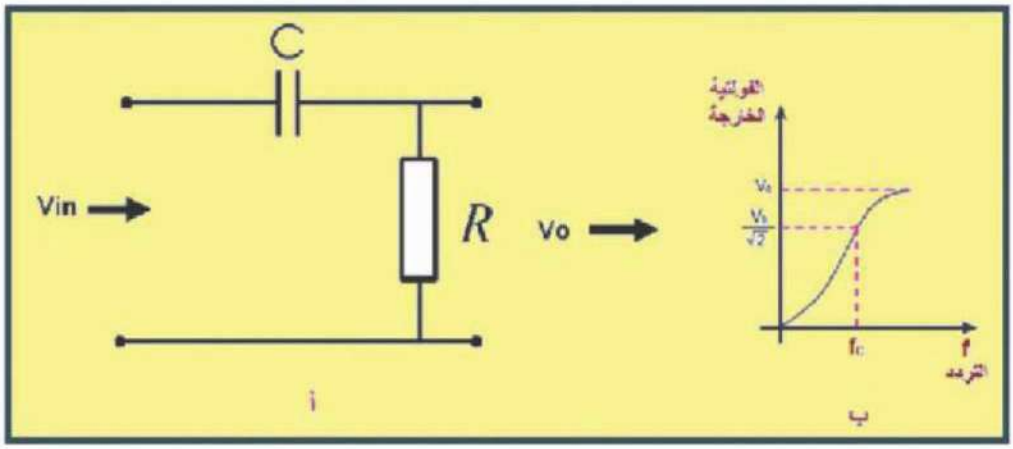
2- مرشح إمرار الترددات العالية : HPF (High Pass Filter)

يتكون هذا المرشح من متسعة وملف، لاحظ الشكل (2 – 10– أ) يمرر جميع الترددات الاعلى من تردد القطع ويسبب اضمحلال للترددات الاقل من تردد القطع، كما موضح بالشكل (2–10– ب). ولكـــن طريـــق ربط الدائرة تختلف عن مرشح إمرار النطاق الضيق، لاحظ الشكل (2– 11) .



الشكل (2- 10) مرشح إمرار الترددات العالية دائرة (LC) وناتج الخرج له

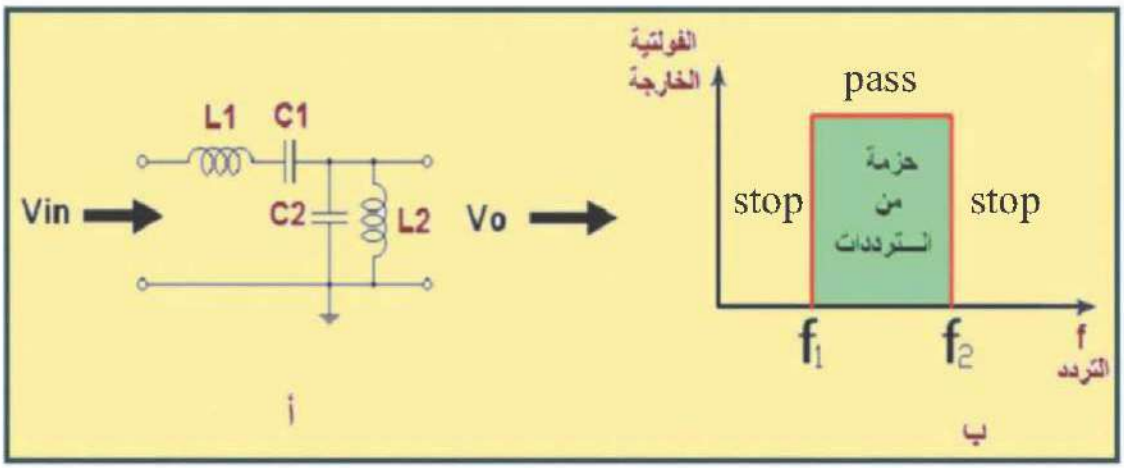
ويمكن بناءها أيضا من مقاومة ومتسعة وتعطي الصفات نفسها التي يعطيها الملف والمتسعة، وكما ذكرنا في مرشح إمرار الترددات الواطئة.



الشكل (2- 11) مرشح إمرار الترددات العالية دائرة (RC) وناتج الخرج له

3- مرشح إمرار حزمة الترددات : (Band Pass Filter) BPF

يعمل هذا المرشح على إمرار حزمة من الترددات تقع بين ترددين ويعمل على اضمحلال كل الترددات الواقعة خارج الحزمة المطلوب إمرارها لاحظ الشكل (2-12) ويحتوي على دائرتي رنين توالي وتوازي، تنغم هاتين الدائرتين على حزمة الترددات المراد إمرارها فعند توصيل حزمة الترددات المطلوبة تصبح حالة رنين فتزداد ممانعة دائرة رنين التوازي وتقل ممانعة دائرة التوالي، وبما إن الإشارة الخارجة تقاس على طرفي دائرة رنين التوازي، لذلك فان الفولتية الخارجة تكون عالية عند دخول الحزمة المطلوبة، أي أن المرشح عمل على إمرار هذه الحزمة وعند دخول أي تردد خارج هذه الحزمة لا يحدث رنين للدائرتين فتكون ممانعة دائرة رنين التوازي قليلة وممانعة دائرة رنين التوالي عالية فلا تظهر إشارة خارجة .

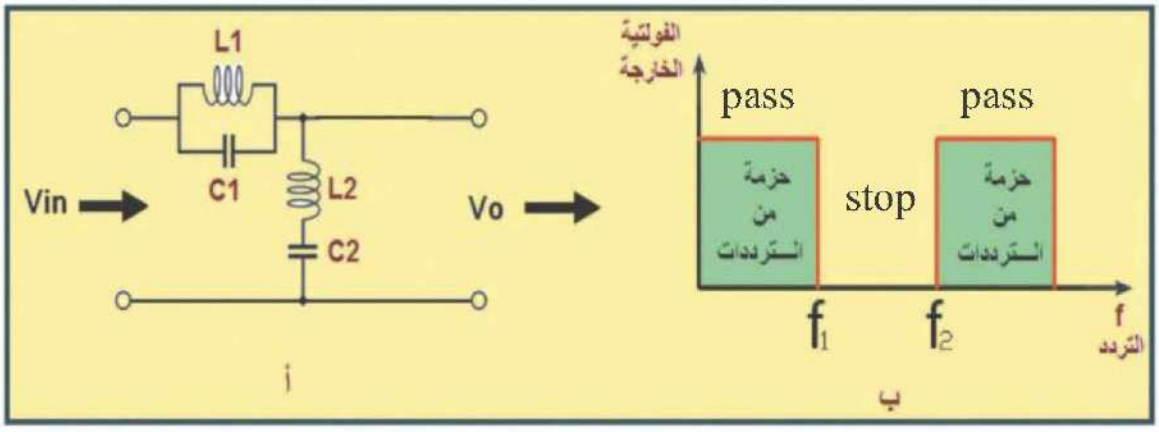


الشكل (2-12) مرشح إمرار حزمة من الترددات (BPF) وناتج الخرج له

4- مرشح منع حزمة الترددات : BSF (Band Stop Filter)

يعمل هذا المرشح على منع حزمة معينة من الترددات وتقع بين ترددين والسماح بمرور الترددات كافة الواقعة خارج هذه الحزمة كما في الشكل (2-13).

فعندها تكون الإشارة الخارجة مأخوذة من طرفي دائرة رنين التوالي ولكون ممانعة هذه الدائرة قليلة عند الرنين، لذلك فان الإشارة الخارجة تكون عالية بالنسبة لبقية الترددات، أي أن المرشح عمل على منع حزمة معينة من الترددات من المرور.



الشكل (2-13) مرشح منع حزمة الترددات(BSF)

3-2 تركيب الدائرة المتكاملة : Integrated Circuit (IC)

تضم الدائرة المتكاملة او المدمجة (IC) مجموعة عناصر الكترونية، مثل (الترانزستورات، الثنائيات، المقاومات، المتسعات)، توصل ببعضها حسب الدائرة وخلال التصنيع مثبتة على شريحة سيلكون مع جميع توصيلاتها ولها نهايات تمثل أطراف الدائرة ومن خلالها يمكن توصيل الدائرة بمصدر التغذية والإشارات وتوضع داخل غلاف بلاستيكي، لذلك أصبحت الأجهزة الالكترونية اصغر حجماً واخف وزناً وأفضل عملاً واقل كلفة.

توجد طريقتان أساسيتان في صنع الدوائر المدمجة، هي: الدائرة المدمجة أحادية البلـورة (Monolithic IC) تصنع على بلورة منفردة واحدة من شريحة السيليكون حيث تصنع عناصـر الـدائرة الالكترونيـة بطـرق الانتشار وتتم توصيلاتها بتبخر مادة موصلة على الشريحة. والطريقة الثانية هي الدوائر المدمجة ثنائية البلورة.

ويمكن تقسيم الدوائر المتكاملة حسب عملها إلى :

1- الدوائر المدمجة والتي تستعمل الإشارات التناظرية (Analog) في مكبرات الاشارة الصغيرة ومكبرات القدرة ومكبرات الحزمة الضيقة وغيرها .
2- الدوائر المدمجة الرقمية تستعمل في البوابات المنطقية .

وتصنف الدوائر المدمجة حسب العناصر التي تضمها وكما يلي :

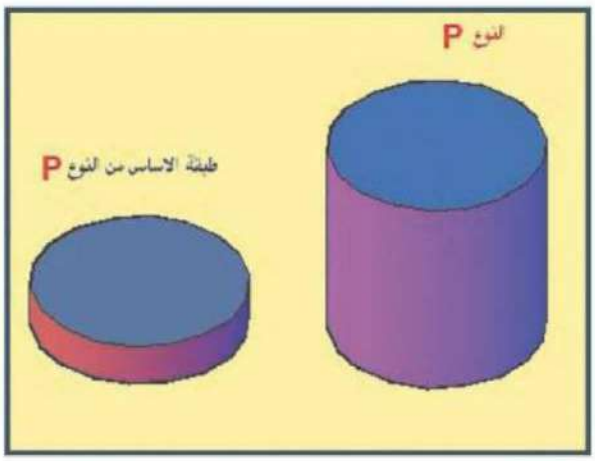
1- الدائرة المدمجة ذات القياس الصغير (SSI) (Small Scale Integrator) التي تحتوي على اقل من (12) عنصر الكتروني .
2- الدوائر المدمجة ذات القياس المتوسط (MSI) (Meduim Scale Integrator) التي تضم من (100 – 12) عنصر الكتروني .
3- الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير (LSI) (Large Scale Integrator) التي تضم من (100-10000) عنصر الكتروني .
4- الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير جدا (VLSI) (Very Large Scale Integrator) التي تحتوي على أكثر من 10000 عنصر الكتروني.

2- 4 خطوات تصنيع الدوائر المدمجة :

يتم تصنيع الدوائر المدمجة كما يأتي :

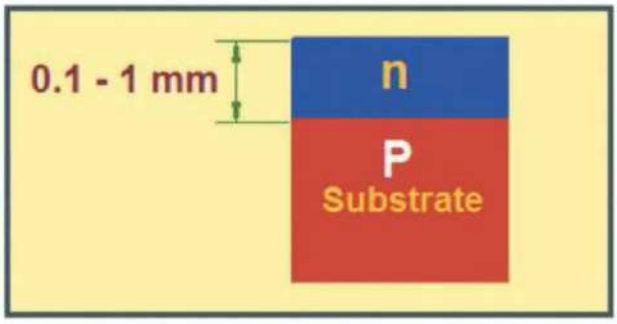
1- يتم تصنيع قطعة اسطوانية الشكل من مادة شبه موصلة من النوع P طـول الاسـطوانة عـدة سنتمترات وقطرها يتراوح بين cm(5–2)، ثم تقطع الاسطوانة عرضياً إلى رقاقـات (Wafers) ذات سمك بين mm(1–0.1) قرصية الشكل ويصقل احد سطحي الرقاقة صقلاً جيداً للتخلص من عيوبه (Imperfection).

وتستعمل هذه الرقاقة كطبقة أساس (Substrate) يكون فوقها عناصر الدائرة الالكترونيـة، لاحـظ الشكل (2 – 14) .



الشكل (2 – 14) تكوين طبقة الأساس من النوع P

2 – توضع الرقاقات في فرن (Furnace) ويمرر فوقها مزيج من بخار السليكون وذرات شوائب مانحة (خماسية التكافؤ)، فتتكون طبقة رقيقة من مادة شبه موصلة سالبة (N) فوق سطح الرقاقة، لاحظ الشكل (2 – 15).

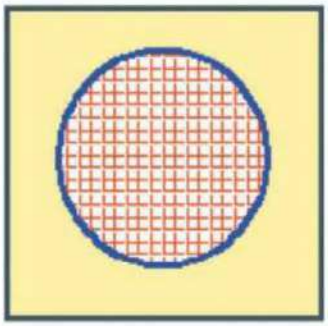


الشكل (2-15) إضافة بخار السيلكون و ذرات مادة خماسية التكافؤ

3– لحماية هذه الطبقة العليا من التلوث يمرر عليها غاز الأوكسجين النقي فتتحد ذرات الأوكسجين مع ذرات السليكون مكونة الطبقة الاوكسيدية (Sio_2) العازلة تشبه طبقة من زجاج تغطي السطح وتمنع أي تفاعل كيمياوي مع المؤثرات الخارجية لاحظ الشكل(2-16).

الشكل (2-16) إمرار الأوكسجين على سطح الشريحة

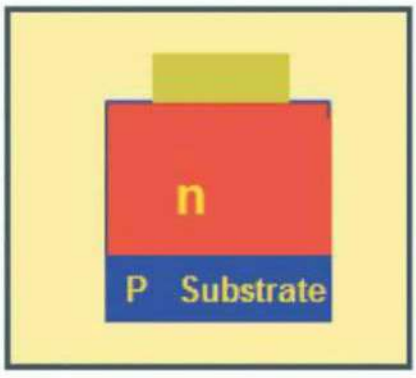
4- تقسم الرقاقة الواحدة الى شرائح صغيرة (Chips) بين (80–1600) شريحة، لاحظ الشكل (2 – 17). وكل من هذه الشرائح تكون جاهزة لبناء دائرة مدمجة عليها وحسب تعقيد الدائرة المدمجة، والتي ستتكرر في كل شريحة من شرائح الرقاقات. وبهذا يكون الإنتاج على نطاق واسع (Mass Production) ، ولهذا تقل كلفة الدائرة المدمجة.



الشكل (2-17) شريحة صغيرة (Chip)

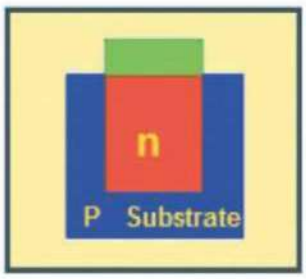
2-4-1 كيفية صناعة الثنائي في الدائرة المدمجة :

1- بعد الحصول على الشريحة الصغيرة (Chip) يطلى سطح الاوكسيد بغشاء رقيق من مادة المضادات الضوئية، فيكون جزء السطح المعرض لضوء الأشعة فوق البنفسجية قابل للحفر (Etching)، والجزء الذي لا يتعرض للضوء لا يذوب بحامض الهيدروفلوريك، وبذلك يبقى هذا الجزء معزولاً بوساطة الاوكسيد، لاحظ الشكل (2 – 18).



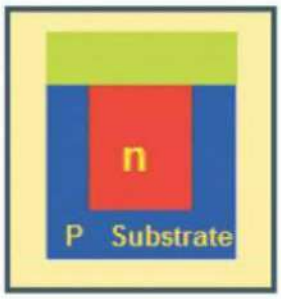
الشكل (2 – 18) صناعة الثنائي (الخطوة الاولى)

2- بعد إزالة جزء من جانبي المادة العازلة توضع في فرن وتعرض الى ذرات ثلاثية التكافؤ، فتنتشر هذه الذرات في الأجزاء المحفورة، وتتحول الى مادة شبه موصلة موجبة، لاحظ الشكل (2 – 19).



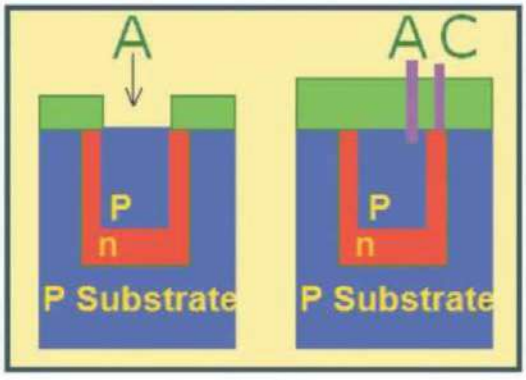
الشكل (2 – 19) صناعة الثنائي (الخطوة الثانية)

3- يُعرّض السطح مرة أخرى الى الأوكسجين، لتغطيته بالطبقة الاوكسيدية العازلة، لاحظ الشكل (2 – 20) .



الشكل (2 - 20) صناعة الثنائي (الخطوة الثالثة)

4- يطلى السطح بالمضاد الضوئي ثم يعرض للضوء خلال قناع وحفر وسط البلورة بالحامض لتكوين الكاثود . تمرر ذرات ثلاثية التكافؤ خلال الفتحة (نافذة) لتكوين مادة شبه موصلة موجبة تمثل الانود، لاحظ الشكل (2 – 21). توصل أقطاب معدنية خارجية الى المادتين الموجبة والسالبة تمثلان الانود والكاثود. يُعرّض السطح الى الأوكسجين لتغطيته بالطبقة الاوكسيدية العازلة.

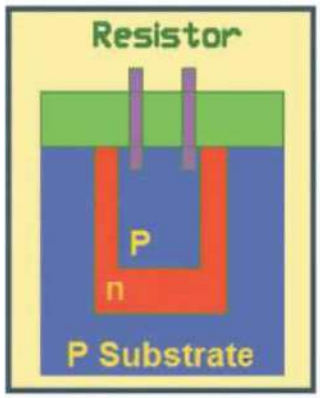


الشكل (2-21) صناعة الثنائي (الخطوة الرابعة)

2-4-2 صناعة المقاومة الطبيعية في الدائرة المدمجة:

تمتلك البلورة من النوع P و النوع N مقاومة تعتمد على مقدار تلك البلورة ومقدار تركيز الشوائب. تصنع المقاومات من نشر ذرات ثلاثية التكافؤ في الطبقة العليا للبلورة، يوصل القطبين المعدنيين إلى القطعة الشبه موصلة الموجبة P .

وتعتمد قيمة المقاومة على حجم المادة شبه الموصلة الموجبة، فهي تتناسب طرديا مع طول القطعة شبه الموصلة الموجبة، (البعد بين القطبين المعدنيين) وعكسياً مع مساحة مع مقطعها، لاحظ الشكل (2-22)، وتكون هذه المقاومة معزولة عن بقية عناصر الدائرة المدمجة .



الشكل (2 -22) تصنيع المقاومة

2-4-3 صناعة المتسعة في الدائرة المدمجة:

تصنع المتسعات في الدوائر المدمجة بالاستفادة من خاصية الثنائي بالانحياز العكسي بتغيير سعة الثنائي تعتمد على الفولتية العكسية. تصل قيمة المتسعة الى PF(100)، يمكن استعمال طبقة الاوكسيد للعمل كعازل بين الألمنيوم والمادة شبه الموصلة للحصول على قيمة أعلى للمتسعة.

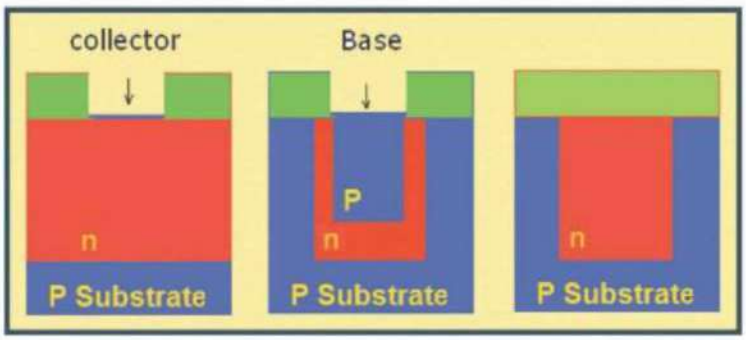
2 – 4-4 صناعة الملف في الدائرة المدمجة :

يصعب تصنيع الملفات بالدوائر المدمجة ذات البلورة المفردة فأعلى محاثه يمكن الوصول اليها هي μH (5) وفي دوائر الترددات العالية يتطلب محاثه قليلة فيصنع الملف من الأغشية الرقيقة وعلى شكل دائرة لموصل ملفوف حلزونياً على طبقة عازلة فوق طبقة الأساس.

أما بالنسبة للملف فيتم تجنبه في الدوائر المتكاملة ويفضل إضافته خارجيا إلى الدائرة المتكاملة إذا اقتضت الضرورة وخاصة عندما يكون ذا قيمة عالية .

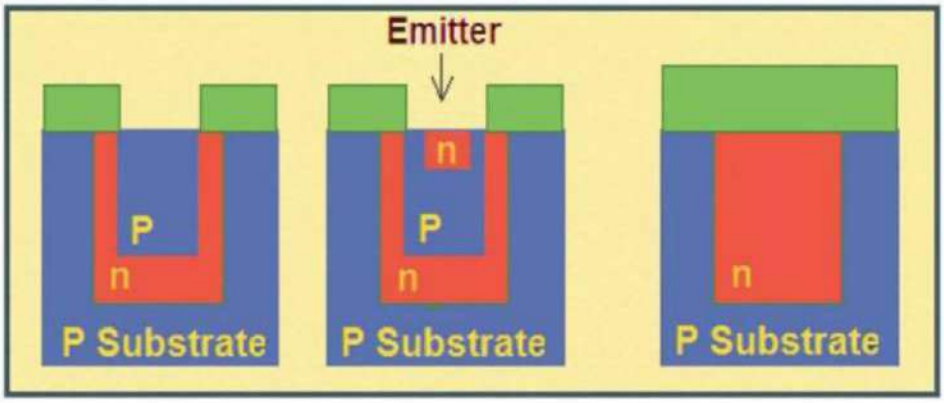
2-4-5 صناعة الترانزستور في الدائرة المدمجة :

بإتباع خطوات صناعة الثنائي نفسها لصناعة جامع الترانزستور وقاعدته، لاحظ الشكل (2-23).



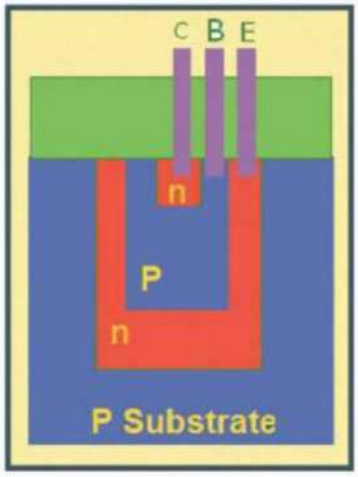
الشكل (2 - 23) المرحلة الاولى لتصنيع الترانزستور

ولتكوين باعث الترانزستور يتم فتح نافذة في وسط الطبقة العازلة وتنتشر من خلالهـا ذرات مـادة خماسـية التكافؤ لتكوين طبقة شبه موصلة سالبة ثم تعاد المادة العازلة، لاحظ الشكل (2- 24).



الشكل (2- 24) المرحلة الثانية لتصنيع الترانزستور

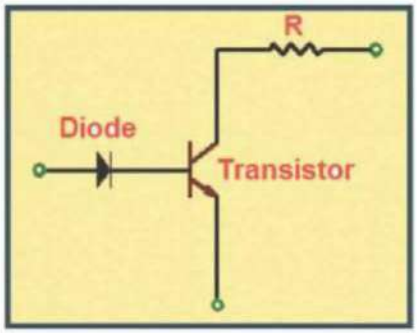
وبعد ذلك يتم توصيل كل من جامع الترانزستور وباعثه وقاعدته إلى أقطاب معدنية خارجية ليتكون ترانزستورمن نوع (NPN) ، لاحظ الشكل (2-25) .



الشكل (2 - 25)المرحلة الثالثة لتصنيع الترانزستور

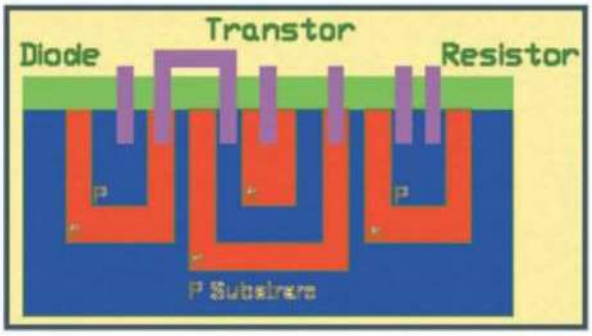
مثال يوضح طريقة تصنيع دائرة متكاملة :

لإعطاء الفكرة عن تصنيع الدائرة المتكاملة لنتأمل دائرة الكترونية مكونة من ثلاثة عناصر، لاحظ الشكل (2-26).



الشكل (2-26) دائرة متكونة من مقاومة وترانزستور وثنائي

وبغض النظر عن عدد المكونات التي تحتويها الدائرة المدمجة فان عملية تصنيع تلك المكونات تعتمد على مبدأ إزالة المادة العازلة ونشر الشوائب الموجبة او السالبة ثم إجراء التوصيلات بين تلك المكونات الدائرة المتكاملة بعضها عن بعض، لاحظ الشكل (2-27).



الشكل (2-27) تصنيع الدائرة

2-4-6 الأغلفة الخارجية للدوائر المدمجة (المتكاملة) :

هناك أنواع مختلفة من الأغلفة الخارجية التي تغلف بها الدوائر المتكاملة والنوع الأكثر شيوعا هو ذلك الغلاف الخارجي المزدوج (DIL) (Dual In –Line) والذي يمكن أن تتم صناعته من أي بلاستك او الخزف هذا مع **استعمال** الزجاج كمادة مانعة للتسرب وتشمل الأغلفة الخارجية المزدوجة الشائع **استعمالها** على (8-14 -16-28 -42) سناً مرتبة على مصفوفة بين كل سن وآخر مسافة قدرها (0.1) انج لبعض الأنواع الخاصة.

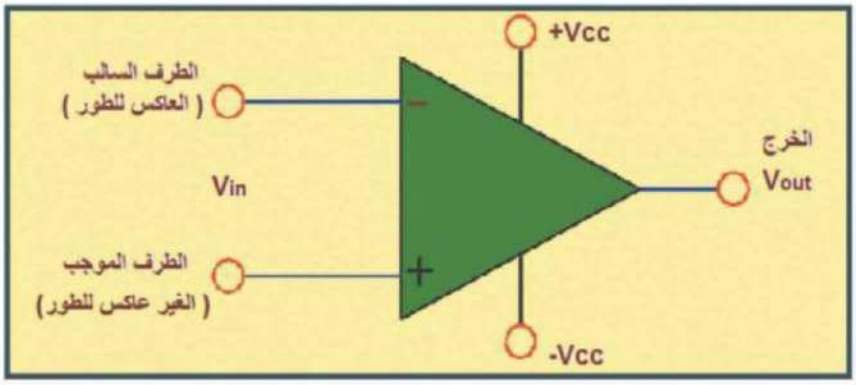
والآن ازدادت شهرة الأغلفة الخارجية الفردية (SIL) (Single In-Line)، والأغلفة الخارجية الرباعية (QIL) (Quad In-Line)، كذلك هناك الأغلفة الخارجية التي يرمز لها (T05, T072, TO3,T0220)، **والتي تستعمل** بكثرة مع أجهزة تنظيم الجهد المزدوج بثلاثة أطراف فقط .

2-5 مكبر العمليات : Op-Amp (Operational-Amplifier)

ان مكبر العمليات يقوم بتكبير الاشارة (الجهد او التيار) ويستعمل بنطاق واسع في الدوائر الالكترونية، ويكون دائما بشكل دائرة متكاملة IC (Integrated Circuit) وسمي مكبر العمليات بهذا الاسم لكثرة العمليات التي يقوم بها، اذ يستعمل المكبر في جميع افرع الالكترونيات التماثلية والرقمية وفي العمليات الحسابية كالجمع والطرح والتفاضل والتكامل وعمليات اخرى كالقلب (Inverting) والتوافق بين المراحل (Buffer). ويستعمل ايضا كمكبر للصورة ومكبر للصوت وكذلك في الاتصالات وعلم الحاسوب .

وللمكبر القابلية على العمل بالترددات من صفر هيرتز الى ترددات عالية بالميكاهيرتز. ويمكن التحكم بالمكبر وذلك بربط عناصر خارجية كالمقاومات مثلا للسيطرة على ربح المكبر والتحكم به.

ولا ننسى انه يستعمل تطبيقات التحكم الكلاسيكية غير المعتمدة على البرمجة مثل المسيطرات المايكروية (Microcontroller) او PLC وما الى ذلك. ويمكن تمثيله بالرمز الموضح في الشكل (2 – 28) مؤشراً عليه طرفي الدخول وطرف الخرج. واشهر انواع مكبرات العمليات هو مكبر العمليات Op-Amp 741.



الشكل (2 – 28) رمز لمكبر عمليات

2-5-1 مكبر العمليات Op-Amp 741

إن مكبر العمليات هو عبارة عن دائرة متكاملة تعمل كمكبر تفاضلي بربح في الجهد وبممانعة دخل كبيرة جداً وممانعة خرج منخفضة جداً، كما أن له دخلاً عاكساً (يرمز له بإشارة –) ودخلاً غير عاكس (يرمز له بإشارة +)، وغالباً ما تتم تغذيته بمصدري تغذية متعاكسي القطبية بجهد يتراوح ما بين (5 ± و 15±) فولت.

ويوضح الشكل (2-29) وظائف أرجل (اطراف) الدائرة المتكاملة لمكبر العمليات Op-Amp والمبينة وظيفة كل منها في ادناه:

الشكل (2-29) مكبر العمليات Op-Amp 741

الطرف1: يستخدم لتعديل جهد الخطا (Voltage Offset) .

الطرف2: طرف الدخل السالب الذي ينتج عنه خرج به 180° فرق في الطور عن الدخل.

الطرف3: طرف الدخل الموجب غير العاكس وينتج عنه خرج مشابه لطور الدخل المطبق عليه.

الطرف 4: يتصل بمصدر الجهد السالب.

الطرف5: يتصل بمقاومة متغيرة طرفها الثابت الاخر بالطرف 1 والطرف المتغير بالجهد السالب.

الطرف6: هو الطرف الذي يؤخذ منه جهد الخرج.

الطرف7: يتصل بجهد التغذية الموجب.

الطرف8: وهو غير مستعمل في اغلب التطبيقات.

2-5-2 خصائص مكبر العمليات: Properties of Op-Amp

1- ربح الدائرة المفتوحة بلا تغذية عكسية كبير جدا يصل الى مالانهاية في الحالة المثالية للمكبر.

2- مقاومة دخل عالية جدا تصل الى مالانهاية في الحالة المثالية للمكبر $\mathbf{R_{in} = \infty}$.

3- مقاومة خرج صغيرة جدا تصل الى صفر في الحالة المثالية للمكبر $\mathbf{R_{out} = 0}$.

4- قابليته على تحمل درجات الحرارة .

5- التحكم في ربح الجهد وعرض النطاق الترددي من خلال ربط عناصر خارجية مثل المقاومات.

6- استهلاكه للقدرة قليل جدا ويكون صغير الحجم ورخيص الثمن.

وبالطبع لايمكن الوصول الى الحالة المثالية، ولذلك تتراوح المقاومة في الدخل للمكبر نفسه بين (1- 20) ميكا اوم ومقاومة الخرج تتراوح من (20-100) اوم وربح عال. وهذه القيم تتغير حسب جودة ونوع المكبر.

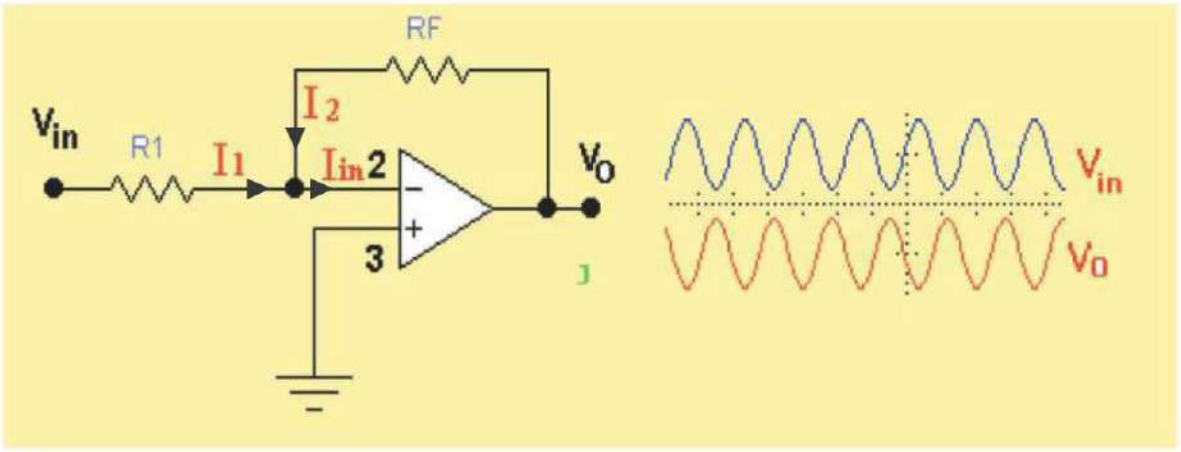
2-5-3 تطبيقات مكبر العمليات: Applications Of Op- Amp

لمكبر العمليات عدة تطبيقات وهي:

1- مكبر جهد عاكس: Inverting Amplifier

لتحقيق دائرة المكبر العاكس، يتم وصل المكبر بمقاومتين R_1 , R_f ، اذ يطبق الدخل على المقاومة R_1 ويوصل الخرج بالدخل العاكس من خلال المقاومة R_f، ويتم وصل الدخل غير العاكس بالأرضي.

ان قيمة جهد إشارة الخرج تتعلق بمقدار قيمتي المقاومتين R_1 , R_f، فعندما يتحرك الدخل في اتجاه ما فإن الخرج سيتحرك باتجاه معاكس له، وفي الشكل (2-30) تدخل الاشارة من طرف الدخل العاكس (السالب) الطرف 2 ويتصل الطرف 3 بالارضي ويؤخذ الخرج باشارة معكوسة من الطرف 6.



الشكل (2-30) مكبر جهد عاكس وشكل الاشارة الداخلة والخارجة

اشتقاق قانون ربح الفولتية للمكبر العاكس للطور

بما إن ممانعة الدخل عالية جداً، لذلك تكون التيارات في المدخل العاكس وغير العاكس تساوي صفراً.

$$I_1 = I_{in} + I_2 \text{..... ....(1)}$$

$$R_{in} = \infty$$

$$I_{in} = 0 \Rightarrow \therefore I_1 = I_2 \text{..... ...(2)}$$

$$V_1 = V_2 = 0 \text{..... ....(3)}$$

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R_1} \text{..... .... (4)}$$

$$I_2 = \frac{-V_{out}}{R_f} \text{..... ....(5)}$$

نعوض معادلة (4) ، و (5) في (2) :

$$\frac{V_{in}}{R_1} = \frac{-V_{out}}{R_f}$$

$$V_{out} = \frac{-V_{in} x R_f}{R_1}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_1} = G$$

إذ إن (G) يمثل ربح المكبر

والاشارة السالبة تدل على الفرق في الطور.

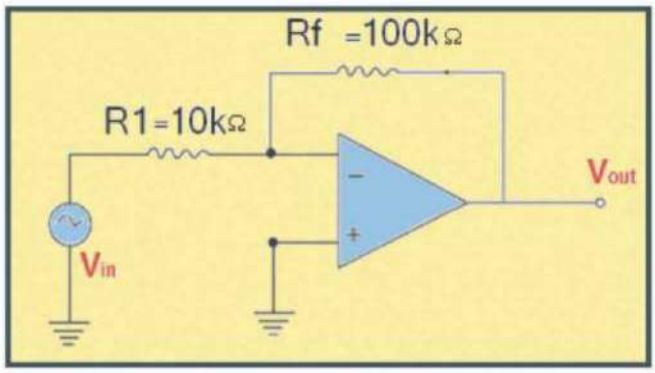
مثال :

احسب ربح الفولتية لمكبر عمليات نوع 741 عاكس للطور إذا كانت قيمة $Rf=100K\Omega$ و $R1=10\ K\Omega$. ثم ارسم شكل الدائرة .

الحل :

$$G = -\frac{R_f}{R1} = -\frac{100}{10} = -10$$

ملاحظة الإشارة السالبة تعني التغذية على الطرف العاكس.



مثال:

احسب مقاومة التغذية العكسية اللازمة لتكبير إشارة جيبية بمقدار خمسة أضعاف مع عكس أشارة المكبر، إذا علمت بان مقاومة دخل الدائرة $10k\Omega$.

الحل :

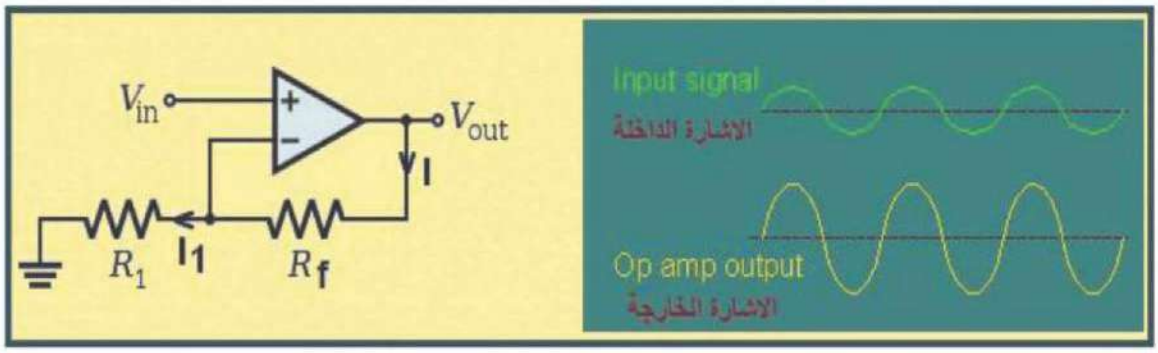
$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_1}$$

$$-5 = -\frac{R_f}{10}$$

$$R_f = 50K\Omega$$

2 – مكبر جهد غير عاكس: Non Inverting Amplifier

يتم وصل المكبر العاكس بطريقة تحقق وصلاً مباشراً لإشارة الدخل بالدخل غير العاكس للمكبر. وفي هذه الطريقة تكون ممانعة الدخل من جهة إشارة الدخل كبيرة جداً إذ يكون الدخل مطابقاً لتلك الإشارة ولا يبقى محافظاً على قيمة ثابتة بسبب وجود تيار التغذية العكسية، فعند تحرك إشارة فولتية الدخل في اتجاه ما فإن الخرج يتحرك بنفس الاتجاه للحفاظ على قيمة ثابتة في الجهد على الدخل العاكس مطابقة للدخل غير العاكس . وفيه تدخل الاشارة من طرف الدخل غير العاكس (الموجب) ويتصل الطرف العاكس (السالب) بالارضي لتكبير الفرق بين الجهد المطبق وجهد الارض(جهد الارض يساوي صفراً) وبذلك يكبر الجهد المطبق على الخرج، لاحظ الشكل (2–31).



الشكل (2-31) مكبر جهد غير عاكس

ويكون اشتقاق قانون ربح الفولتية للمكبر غير العاكس للطور :

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V_{out}}}{\mathbf{R_1} + \mathbf{R_f}} \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\mathbf{V_{in}} = \mathbf{I} \times \mathbf{R_1} \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

وبتعوض المعادلة رقم (1) في المعادلة رقم (2) لتحصل على :

$$\mathbf{V_{in}} = \frac{\mathbf{V_{out}}}{\mathbf{R_1} + \mathbf{R_f}} \cdot \mathbf{R_1} \Rightarrow \frac{\mathbf{V_{out}}}{\mathbf{V_{in}}} = \frac{\mathbf{R_1} + \mathbf{R_f}}{\mathbf{R_1}} = 1 + \frac{\mathbf{R_f}}{\mathbf{R_1}} = \mathbf{G}$$

والعلاقة المستعملة للتكبير هي :

$$\mathbf{G} = 1 + \frac{\mathbf{R_f}}{\mathbf{R_1}}$$

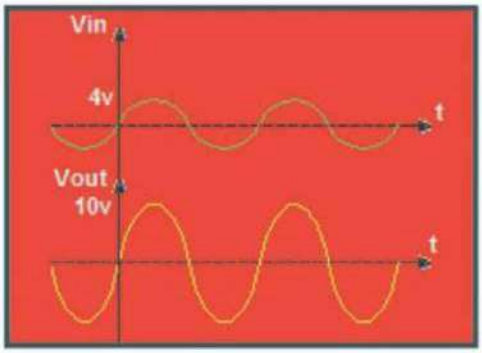
مثال :

جد ربح الفولتية للمكبر غير العاكس للطور إذا علمت ان الفولتية الداخلة هي 40 mV p.p وان الفولتية الخارجة هي 100 mV p.p. ثم ارسم شكل الموجة الداخلة والخارجة .

الحل :

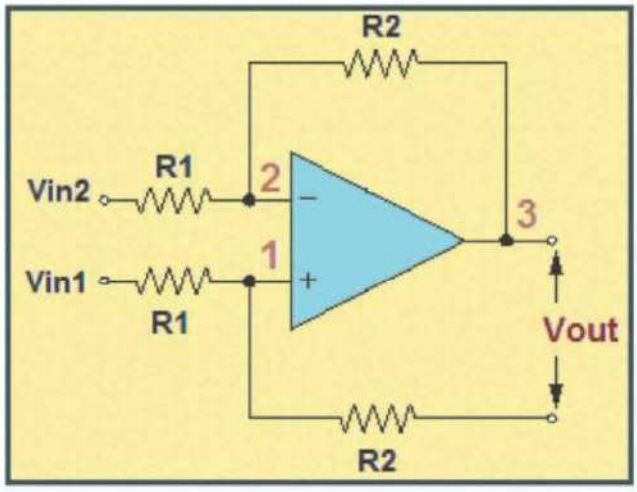
$$G=\frac{V_{out}}{V_{in}}=1+\frac{R_f}{R1}$$

$$G=\frac{100}{40}=2.5$$



3 - دائـــرة المكبـــر الطـــارح : Subtract Amplifier

يطبق كل جهد من الجهود المراد تكبير الفرق بينها على طرف من طرفي الدخل ويتم تكبير كل منهما بقيمة واحد اي ان مقاومتي التغذية العكسية والدخل تكون متساوية ($R_2=R_1$)، وبذلك يكون $V_{out}=V_{in}$ للطرف 1، ويكون $V_{out}=-V_{in}$ للطرف 2 وبالتالي الخرج الكلي يكون محصلة الجهدين اي $V_{out}=V_{in1}-V_{in2}$ ويكـــون V_{in1} مطبق على الطرف 1 و V_{in2} مطبق على الطرف 2. لاحظ الشكل (2-32).



الشكل (2-32) المكبر الطارح

وكما نعلم ان ربح الفولتية للمكبر العاكس للطور هو :

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

وربح الفولتية للمكبر الغير عاكس للطور هو :

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

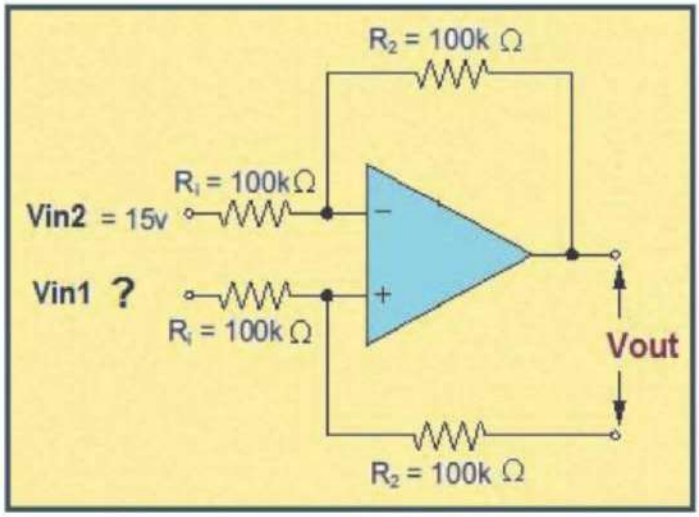
وعليه ستكون فولتية الخرج والتي تمثل عملية طرح بين الدخلين هي :

$$V_{out} = (1 + \frac{R_2}{R_1}).Vin1 - (\frac{R_2}{R_1}).Vin2$$

مثال :

احسب قيمة Vin1 في الدائرة المبينة في الشكل ادنـــاه اذا كانت فولتية الخرج تساوي 10V.

الحل :



وباستعمال معادلة الطارح

لان مقاومتي الادخال متساوتين

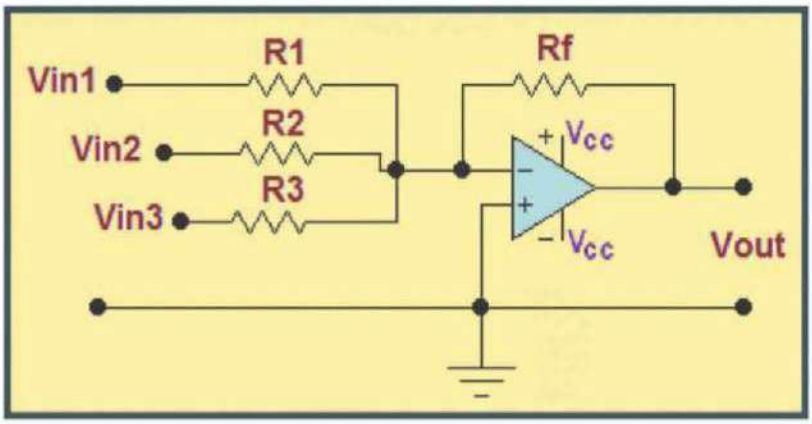
$$V_{OUT} = V_{IN1} - V_{IN2}$$

$$10 = V_{IN1} - 15$$

$$V_{IN1} = 25\ V$$

4 – دائرة المكبر الجامع : Summer Amplifier

يقوم هذا النوع من المكبرات بعملية جمع كل الجهود الداخلة الى المكبر والموضحة بالشـــكل (2–39)، وهذا النوع من المكبرات له اهمية واستعمالات كثيرة في علم الاتصالات.



الشكل (2–33) المكبر الجامع

اشتقاق قانون الفولتية الخارجة بدلالة الربح للمكبر الجامع :

$$V_{out} = G\ V_{in}$$

$$\therefore V_{out} = \frac{-Rf}{Ri} V_{in}$$

$$V_{out} = G\ V_{in1} + G\ V_{in2} + G\ V_{in3}$$

$$V_{out} = \frac{-Rf}{R1} V_{in1} + \frac{-Rf}{R2} V_{in2} + \frac{-Rf}{R3} V_{in3}$$

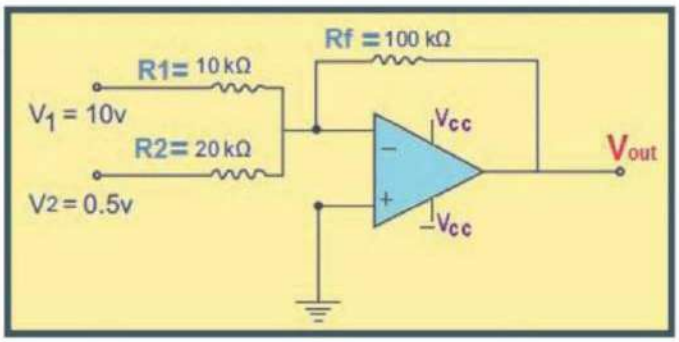
$$V_{out} = -\left[\frac{Rf}{R1} V_{in1} + \frac{Rf}{R2} V_{in2} + \frac{Rf}{R3} V_{in3}\right]$$

وتكون علاقة الخرج نسبة للمدخلات كما موضحة بالقانون التالي:

$$V_{out} = -(Vin1 \times \frac{R_f}{R1} + Vin2 \times \frac{R_f}{R2} + Vin3 \times \frac{R_f}{R3})$$

مثال :

احسب مقدار الفولتية الخارجة من مكبر العمليات الجامع الموضح في الشكل ادنـاه:



الحل :

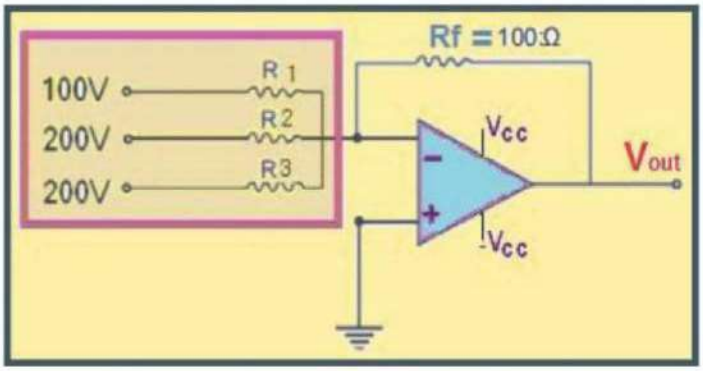
$$V_{out} = -(Vin1.\frac{R_f}{R1} + Vin2.\frac{R_f}{R2})$$

$$V_{out} = -(10 \times \frac{100}{10} + 0.5 \times \frac{100}{20}) = -102.5v$$

مثال:

احسب قيمة الفولتية الخارجة في الشكل ادناه إذا علمت ان Rf=100Ω وان جميع المقاومات الأربعة المربوطة عند مداخل الجامع متساوية القيمة وتساوي قيمة مقاومة التغذية العكسية مع العلم إن قيمة الفولتيات الداخلة (100، 200، 200) فولت .

الحل :



بما إن جميع مقاومات الدخل متساوية ومساوية لمقاومة التغذية العكسية فأنه :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_f = 100\Omega$$

$$V_{out} = -(Vin1.\frac{R_f}{R1} + Vin2.\frac{R_f}{R2} + Vin3.\frac{R_f}{R3}) = -\frac{R_f}{R_1}(Vin1 + Vin2 + Vin3)$$

$$V_{out} = G(Vin1 + Vin2 + Vin3)$$

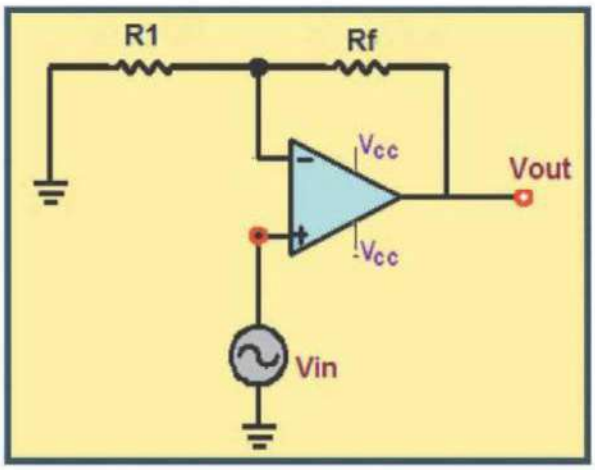
إذ ان :

$$G = -\frac{Rf}{R1} = -1$$

$$\therefore V_{out} = -(100 + 200 + 200) = -500v$$

مثال:

صمم دائرة الكترونية تكبر إشارة دخل جيبيه بمقدار 5 أضعاف، مع المحافظة على جهدها باستعمال مكبر العمليات وأربع مقاومات قيمة كل منها 50KΩ .



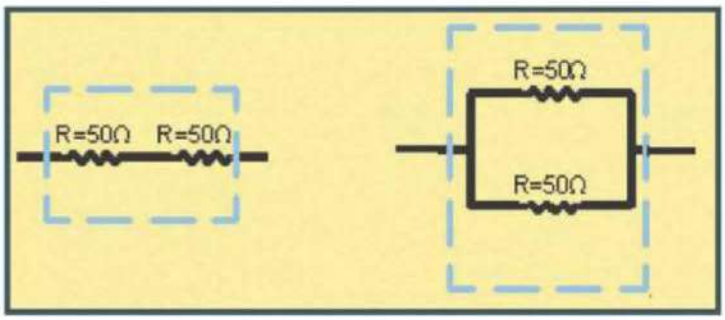
الحل :

سوف نستعمل مكبر العمليات غير العاكس للطور، وبما إن ربح الفولتية هو:

$$G = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

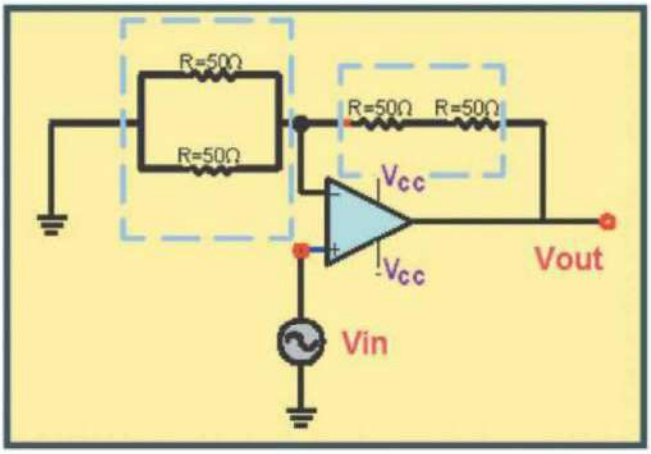
$$5 = 1 + \frac{R_f}{R_1} \Rightarrow \therefore R_f = 4.R_1$$

أي أن مقاومة التغذية العكسية هي أربعة أضعاف مقاومة الدخل، فلو فرضنا بان المقاومة المكافئة للتغذية العكسية قيمتها 100kΩ فان مقاومة الدخل يجب إن تكون 25kΩ ، وباستعمال قوانين التوالي والتوازي لحساب قيمة المقاومة المكافئة يتم توصيل مقاومتين على التوازي للحصول على مقاومة مكافئة قيمتها 25kΩ للدخل وربط مقاومتين على التوالي قيمة كل منها 50kΩ فنحصل على 100 kΩ ، لاحظ الشكل ادناه.

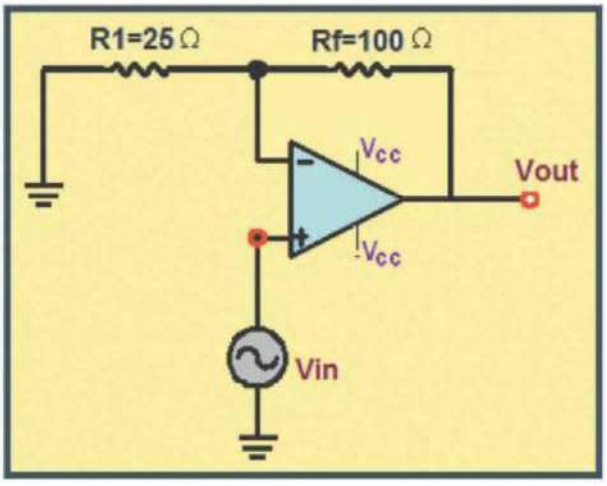


مقاومة الدخل R1 = 25KΩ

مقاومة التغذية العكسية Rf = 100KΩ

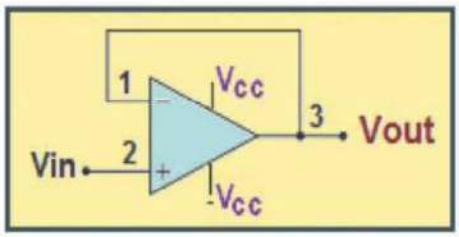


ويكون الشكل النهائي للدائرة :



5 – دائرة تابع الجهد : Buffer

وهي دائرة تعني ان الخرج والدخل متفقان في القيمة والاشارة وتُعدُّ دائرة لحماية الدوائر الحساسة من ارتفاع التيار وهي مبينة في الشكل (2-34).

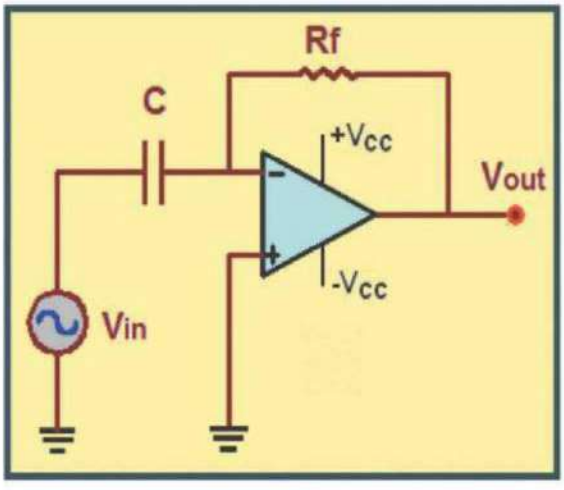


الشكل (2-34) دائرة عزل

ونلاحظ ان الدخل (الطرف 1) هو نفسه الطرف 3 وليس على مقاومة دخل وايضا لا يوجد تغذية عكسية وبالتالي زيادة التيار لاي قيمة لا تؤثر على دائرة الحمل.

6 – مكبر العمليات المفاضل: Differentiator

هذه الدائرة تعتبر من أهم دوائر مكبر العمليات خاصة في مجال الاتصالات، اذ تقوم هذه الدائرة بعملية رياضية تؤدي إلى إيجاد ميل المنحني للإشارة الداخلة (عملية التفاضل والتي تسمى المشتقة الأولى للإشارة)، وهذه الدائرة تشبه دائرة مكبر العمليات العاكس للطور ولكن باستعاضة مقاومة الدخل بمتسعة. ويستعمل المفاضل لتحويل الموجة المثلثة إلى موجة مربعة، وهذا المكبر يختلف عن المكبرات الأخرى لقيامه بعملية رياضية وإنتاج إشارات جديدة تختلف عن إشارة الدخل. لاحظ الشكل (2-35).

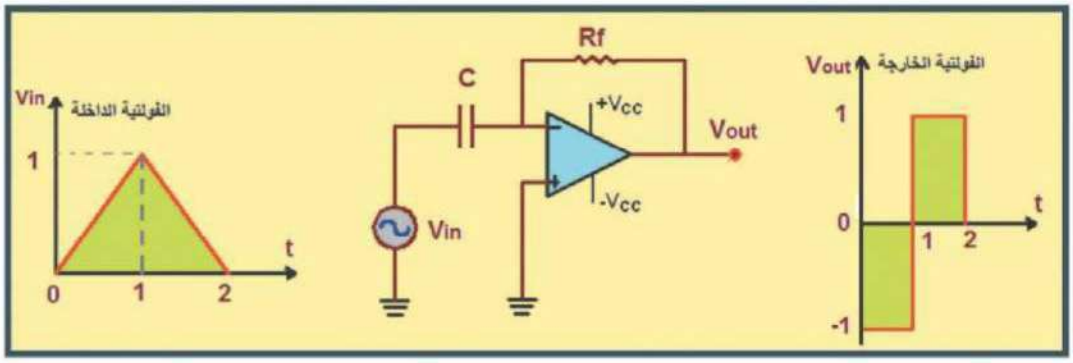


الشكل (2- 35) مكبر العمليات المفاضل

مثال :

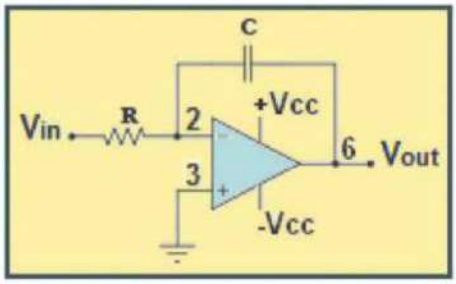
ارسم شكل الإشارة الخارجة من مكبر العمليات المفاضل المبين في الشكل ادنـــاه ، إذا علمت إن الإشارة الداخلة هي مثلثة الشكل مع رسم الدائرة .

الحل :



7 – دائرة المكبر المكامل : Integrator Amplifier

هذه الدائرة هي عكس دائرة المفاضل، اذ تكون العملية الرياضية هي التكامـــل (عمليـــة التكامل الرياضية هي عكس عملية التفاضل الرياضية) وهي تعني إيجاد المساحة تحت منحنـــي الموجة (أي اشارة الدخول). وفيها يستبدل موقع المتسعة في بداية الدائرة مع المقاومة الموجودة في التغذية العكسية، اي بوضع متسعة بـــين الطـــرفين 2 و 6. لاحـــظ الشـــكل (2-36).



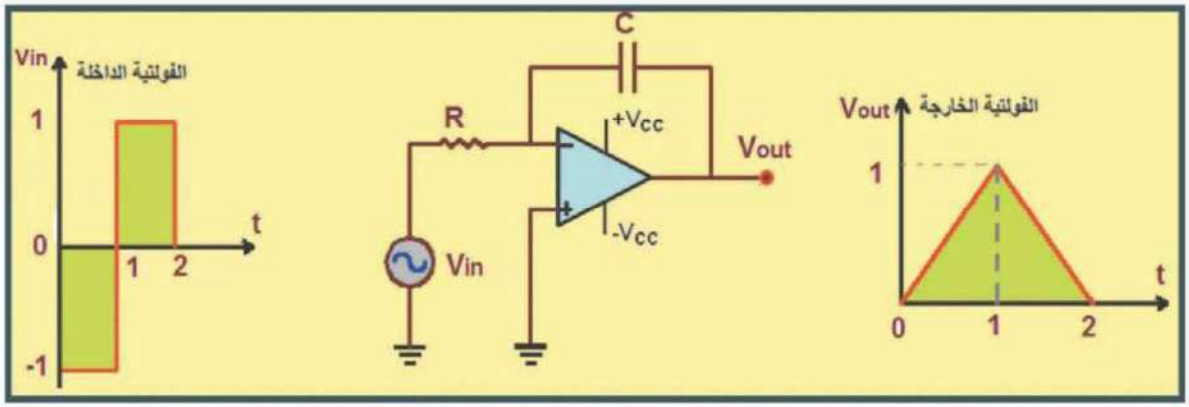
الشكل (2- 36) مكبر العمليات المكامل

وهي ذات اهمية كبيرة جداً في تطبيقات التحكم والسيطرة (Controller).

مثال :

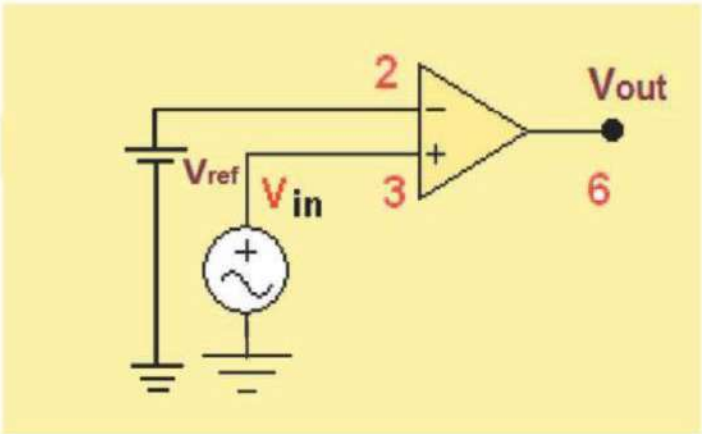
ارسم شكل الإشارة الخارجة من دائرة المكامل المبين في الشكل ادنـــاه ، إذا علمت إن الإشارة الداخلة هي مربعة الشكل مع رسم الدائرة .

الحل :



8 – دائرة مقارن الجهود : Comparator

تتصل الجهود مباشرة بالطرفين الخاصين بالدخل بلا مقاومات دخل، والهدف مـــن ذلـــك معرفة الفرق بين الجهدين، وبذلك لا تستعمل دائرة تغذية عكسية، ويكون الربح في هذه الحالة كبير جدا. لاحظ الشكل (2–37). وللمقارن تطبيقات مختلفة مثل مقوم موجة او نصف موجة ويستعمل ككاشف للاشارات الصغيرة وغيرها من الاستعمالات الاخرى .



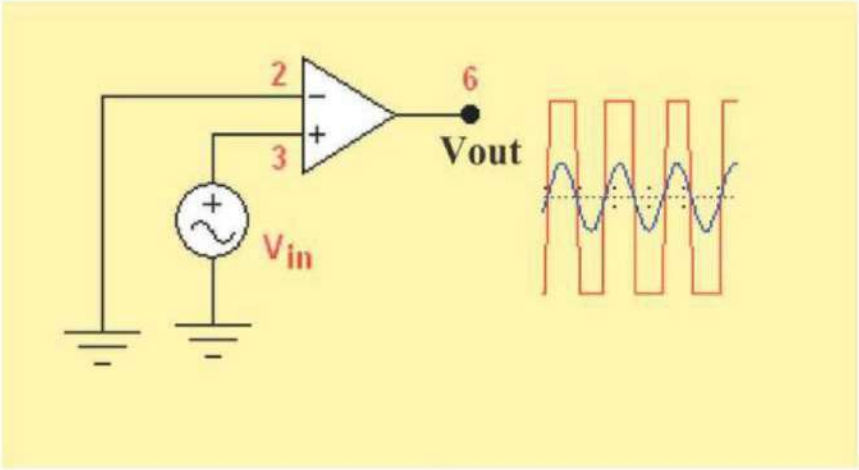
الشكل (2–37) المقارن

وطريقة عمل المقارن هي إذا كان جهد المدخل غير العاكس (Vin) اكبر من جهد المـــدخل العاكس (V_{ref}) تصبح إشارة الخرج موجبة وقدرها (+ Vcc). اما اذا كان جهد المـــدخل غيـــر العاكس (Vin) اصغر من جهد المدخل العاكس (V_{ref}) تصبح إشارة الخرج ســـالبة ومقـــدارها (−Vcc).

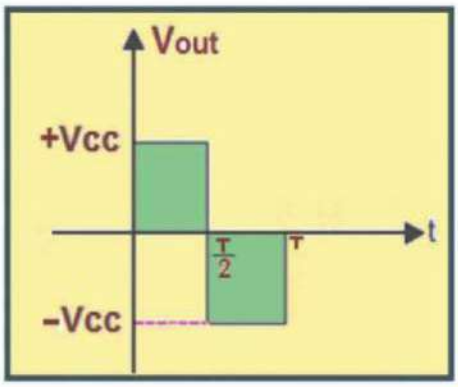
مثال :

ارسم إشارة الخرج (Vout) للمقارن في الشكل ادنـــاه إذا كانت إشارة الدخل إشارة جيبيه في الطرف غير العاكس والطرف العاكس موصل الى الارضي.

الحل :



كما مبين في الشكل فان الفترة الزمنية للموجة هي من 0 إلى T. النصف الأول للموجة للـــزمن (0-T/2) تكون قيمة الجهد موجبة، وبذلك يكون الجهد على المدخل غير العاكس اكبر من قيمة جهد الطرف العاكس، لذلك تكون الإشارة موجبة للنصف الأول ويكون مقدارها (Vcc+). وفي النصف الثاني للموجة للزمن (T - T/2) تكون قيمة الجهد سالبة، وبذلك تصبح قيمة الجهد على المدخل غير العاكس اكبر من قيمة الجهد على المدخل العاكس، لذلك تكون الإشارة الناتجة على الخرج سالبة (Vo) ومقدارها (Vcc-)، ويكون شكل اشارة الخرج كما في الشكل (2–38).



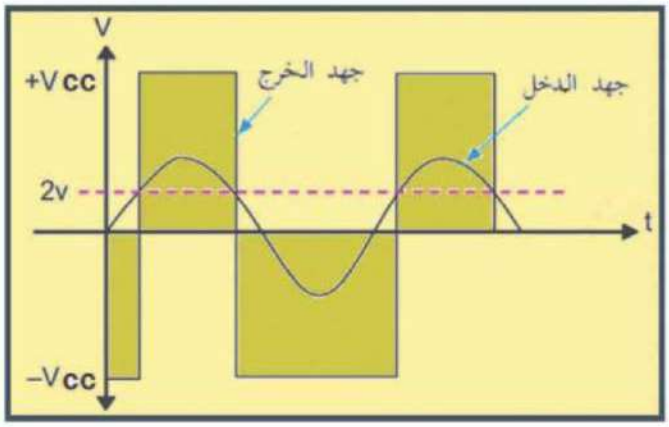
الشكل (2-38) اشارة خرج المقارن

ملاحظة : عندما تكون قيمة فولتية المرجع Vref مساوية للصفر فانه الدائرة عندئذ تسمى كاشف نقاط تقاطع الصفر ZCD (Zero Crossing Detector) .

مثال :

ارسم شكل الموجة الجيبية الداخلة (4Vp-p) في مكبر مقارن اذا علمت ان قيمة جهد المرجع Vref هي 2V . وارسم شكل الاشارة الخارجة من المكبرمع العلم ان جهد التجهيز Vcc يساوي 10v.

الحل :



الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1- منحني الاستجابة لأي مكبر هو العلاقة

أ- بين الربح وتردد الإشارة

ب- بين الربح والفولتية

جـ - بين الربح والتيار

2- يتكون مكبر الحزمة الضيقة من

أ- ترانزستور تكبير مع دائرة ترشيح للحزمة الضيقة

ب- ثنائي مع دائرة ترشيح للحزمة الضيقة

جـ - ترانزستور تكبير فقط

3- يكون مكبر الحزمة الضيقة

أ- ذو نطاق ترددي قليل جداً وقدرة قليلة

ب- ذو نطاق ترددي عريض وقدرة عالية

جـ - ذو نطاق ترددي قليل وقدرة عالية

4- تستعمل المرشحات لتمرير الإشارات

أ- المرغوب فيها وتمنع باقي الاشارات من المرور

ب- غير المرغوب فيها

جـ - الجيبية الموجبة فقط

5- تعتبر الدوائر المتكاملة (IC) بمثابة دوائر

أ- معقدة

ب- بسيطة

جـ - بسيطة جداً

6- هناك أنواع مختلفة من الأغلفة الخارجية التي تغلف بها الدوائر المتكاملة وتتم صناعته من

أ- مادة بلاستك او خزف

ب- الحديد

جـ - الالمنيوم

7 - مكبر العمليات (OP – Amp) يكون دائما على شكل

أ- دائرة متكاملة

ب- مكبر حزمة ضيقة

جـ - مكبر قدرة

8 - عدد اطراف مكبر العمليات Op-Amp 741 هو

أ- خمسة اطراف

ب- ثمانية اطراف

جـ - اثنا عشر طرفاً

9- من خصائص مكبر العمليات

أ- مقاومة دخل قليلة ومقاومة خرج عالية

ب - مقاومة دخل عالية ومقاومة خرج عالية

جـ - مقاومة دخل عالية ومقاومة خرج قليلة

10 - الدائرة المدمجة ذات القياس الصغير (SSI) تحتوي على

أ- اقل من (12) عنصر الكتروني

ب- بين (100 – 12) عنصر الكتروني

جـ - اكثر من 100 عنصر الكتروني

11 - الدوائر المدمجة ذات القياس المتوسط (MSI) تحتوي على

أ - اكثر من 100 عنصر الكتروني

ب - اقل من (12) عنصر الكتروني

جـ - (100 – 12) عنصر الكتروني

12 - الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير (LSI)

أ - (100-10000)عنصر الكتروني

ب- اكثر من 10000 عنصر الكتروني

جـ - اقل من 100 عنصر

أسئلة الفصل الثاني

س1: ما هي العلاقة بين التكبير وعرض الحزمة ؟

س2: عرف مكبر الحزمة الضيقة مع رسم المكبر. وكيف يعمل ؟

س3: عرف الدوائر المدمجة وكيف يمكن صناعتها ؟

س4: ما هي أهم مميزات مكبر العمليات ؟

س5: عرف مكبر العمليات العاكس للطور مع رسم الدائرة ؟

س6: اشتق قانون ربح الفولتية الغير عاكس للطور.

س7: اشتق قانون الفولتية الخارجة لمكبر الطارح ؟

س8: عرف مكبر العمليات المقوم ؟ وكيف تبنى دائرته وكيف يعمل ؟

س9: لماذا يوضع مقياس لوغارتمي عند استخراج قيم الاستجابة الترددية ؟

س10 : اشتق العلاقة بين فولتية الدخل والخرج لمكبر العمليات الجامع .

س11 : اشتق العلاقة بين فولتية الدخل والخرج لمكبر العمليات الطارح .

س12 : اشتق العلاقة بين فولتية الدخل والخرج لمكبر العمليات المقارن .

س13 : مالفرق بين مكبري العمليات المكامل والمفاضل ؟

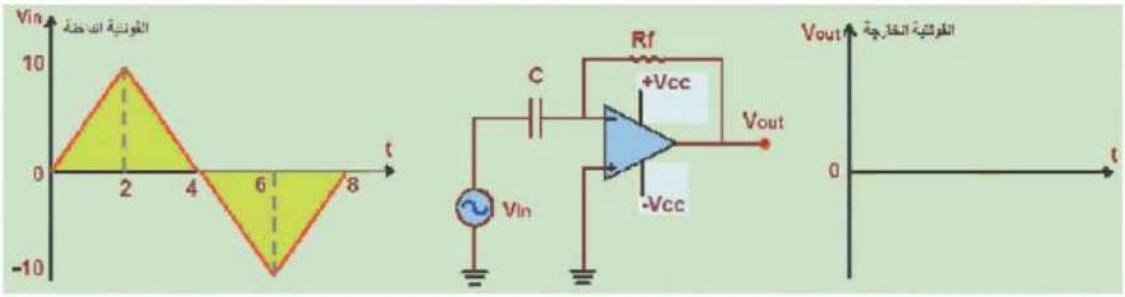
مسائل الفصل الثاني

س1: إذا كان لمكبر العمليات العاكس للطور مقاومة تغذية عكسية (Rf=160KΩ) ومقاومة الدخل (R1= 1KΩ) احسب ربح المكبر .

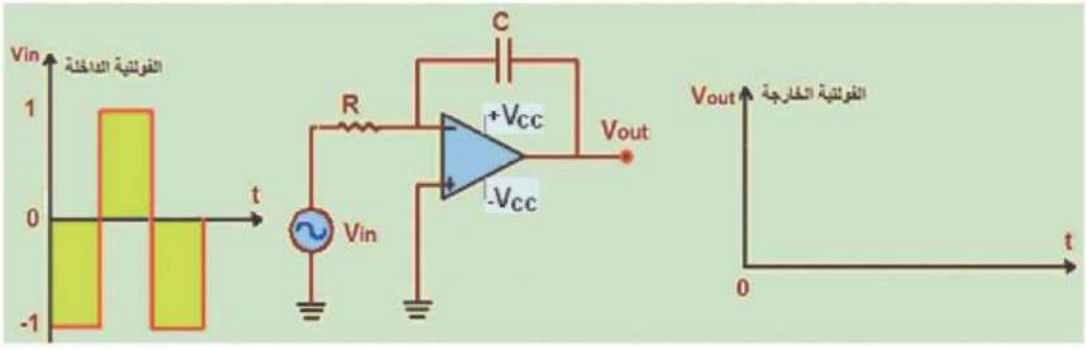
س2: في دائرة مكبر العمليات الجامع إذا علمت إن (Rf= 10kΩ) وإذا كانت مقاومة الدخل عبارة عن أربع مقاومات متساوية القيمة كل منها تساوي (5kΩ) والفولتية الداخلة على التوالي :
(V1=5V, V2=3V, V3=2V, V4=6V) احسب فولتية الخرج .

س3 : ارسم شكل الموجة الجيبية الداخلة (5Vp-p) في مكبر مقارن اذا علمت ان قيمة جهد المرجع Vref هي (1V) وارسم شكل الاشارة الخارجة من المكبرمع العلم ان جهد التجهيز Vcc يساوي (±10 V) .

س4 : بين نوع الدائرة المبينة بالشكل ادناه وارسم خرج الدائرة اذا كان الدخل معلوم وكما موضح بالشكل ادناه.



س5 : بين نوع الدائرة المبينة بالشكل ادناه وارسم خرج الدائرة اذا كان الدخل معلوم وكما موضح بالشكل ادناه.



س6 : اشارة دخل جيبية 5Vp-p على مكبر عاكس للجهد Inverting Amplifier فيه Rf يساوي 20 كيلو اوم و R1 يساوي 10 كيلو اوم . جد ربح المكبر وارسم شكل الاشارة الخارجة.

س7 :باستعمال مكبر عمليات. صمم دائرة مكبر تعطي جهد خرج حسب العلاقة ادناه:

$V_{out}=-(4V_1+5V_2+10V_3)$.

الفصل الثالث

المذبذبات والدوائر المنطقية Oscillators and Logic Circuits

أهداف الفصل :

معرفة واكساب الطالب المهارة على عمل الدوائر الالكترونية للمذبذبات الجيبية وغير الجيبية وتأثير التغذية العكسية على هذه الدوائر وفهم عمل الدوائر المنطقية.

محتويات الفصل الثالث :

3-1 تعريف المذبذبات
3-2 المقارنة بين المذبذب والمكبر
3-3 أصناف المذبذبات
3-4 عمل المذبذب
3-5 انواع المذبذبات الجيبية
3-6 مذبذبات الموجة غير الجيبية
3-7 المذبذب المانع
3-8 المؤقت الزمني 555
3-9 الدوائر المنطقية Logic Circuits
3-10 البوابات المنطقية
3-11 البوابات المنطقية الثانوية
3-12 تجميع البوابات المنطقية
اختبارات موضوعية
أسئلة و مسائل الفصل الثالث

المذبذبات و الدوائر المنطقية

Oscillators & Logic Circuits

الفصل الثالث
المذبذبات

3-1 تعريف المذبذب :

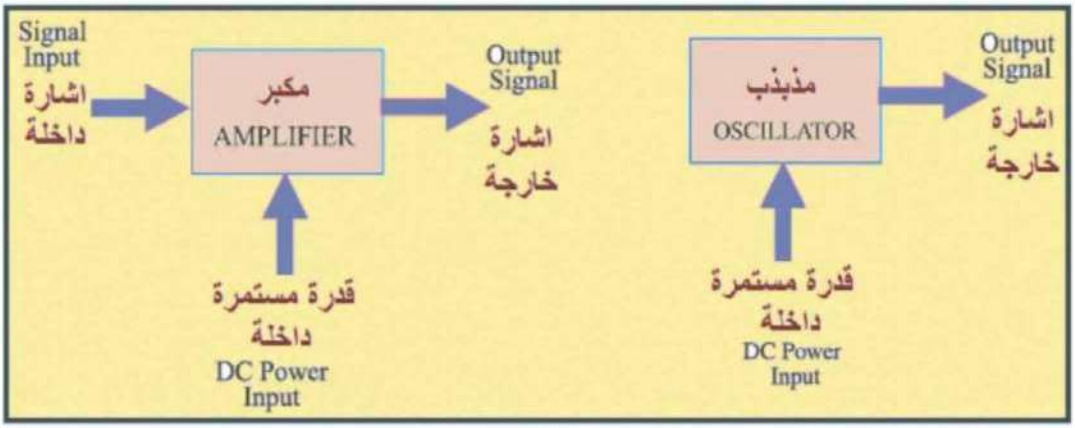
يمكن تعريف المذبذب الالكتروني كما هو موضح بالنقاط الاتية:

- – دائرة الكترونية تعمل على تحويل طاقة التيار المستمر (DC) الى طاقة بالتيار المتناوب (AC) بالترددات العالية جداً.
- – عبارة عن مصدر الكتروني للتيار او الفولتية المتناوبة على شكل موجة جيبية، مربعة، سن المنشار او أشكال نبضية.
- – دائرة الكترونية تولد إشارة خارجة للتيار المتناوب من دون الحاجة الى إشارة داخلة.
- – عبارة عن مكبر غير مستقر.

3-2 المقارنة بين المكبر والمذبذب :

عند دراستنا في الفصل الأول لاحظنا أن المكبر ينتج إشارة خارجة شكلها الموجي يشبه الإشارة الداخلة ومكبرة بقدرة معينة. وسبب هذه الإضافة في القدرة هو مصدر الفولتية (DC) الخارجية. لذا فان أساس عمل المكبر هو تحويل الطاقة من مصدر الفولتية المستمرة الى طاقة بالتيار المتناوب للإشارة الخارجة، وعملية تحويل الطاقة تتحكم بها الإشارة الداخلة.

إن عدم وجود إشارة داخلة يعني لا يوجد تحويل للطاقة أي عدم وجود إشارة خارجة. بينما يختلف المذبذب عن المكبر بهذه النقطة الأساسية، لأنه لا يحتاج إلى إشارة خارجية (إشارة دخول) ويستمر بتوليد إشارة خارجة طالما هو موصل مع مصدر القدرة (DC)، لاحظ الشكل (3 – 1). فضلاً عن ذلك فان تردد الإشارة الخارجة تحددها قيم العناصر الالكترونية غير الفعالة للدائرة .



الشكل (3 – 1) المقارنة بين المكبر والمذبذب

3 -3 أصناف المذبذبات : Classification of Oscillators

تقسم المذبذبات إلى مجموعتين هما :

1- مذبذبات الموجة الجيبية : Sinusoidal Oscillators

الإشارة الخارجة من مذبذبات الموجة الجيبية عبارة عن أشكال موجية جيبية.

2- مذبذبات الموجة غير الجيبية : Non -Sinusoidal Oscillators

الإشارة الخارجة من مذبذبات الموجة غير الجيبية عبارة عن أشكال موجية مربعة، مستطيلة، وسن المنشار واشكال نبضية. وتعتمد المذبذبات في كلا النوعين على مبدأ عمل التغذية العكسية (Feedback) ونقصد بالتغذية العكسية هو اعادة جزء من الإشارة الخارجة للمكبر إلى دائرة دخول المكبر وهي على نوعين :

3-3-1 التغذية العكسية السالبة : Negative Feedback

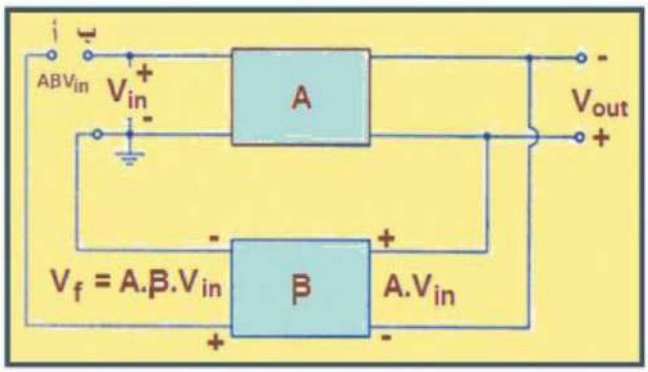
إذا سلط جزء من فولتية الإشارة الخارجة لمدخل المكبر للتقليل من فولتية الإشارة الداخلة للمكبر بحيث يكون (طور إشارة الفولتية الراجعة بعكس طور إشارة الفولتية الداخلة بمقدار 180^o) تسمى بالتغذية العكسية السالبة، وتؤدي إلى نقصان التكبير وزيادة في عرض الحزمة وتستعمل لتحسين الدوائر الالكترونية للمكبرات للتقليل من التشويه والضوضاء وعند الحاجة الى تكبير إشارة ذات حزمة عريضة من الترددات.

3-3-2 التغذية العكسية الموجبة : Positive Feedback

إذا سلط جزء من فولتية الإشارة الخارجة لزيادة فولتية الإشارة الداخلة للمكبر بحيث يكون (طور الإشارة الراجعة بنفس طور الإشارة الداخلة) تسمى بالتغذية العكسية الموجبة وتؤدي إلى الزيادة في التكبير والتقليل من عرض الحزمة وتزيد من التشويه في الإشارة الخارجة، ولذا نادراً ما تستعمل في دوائر التكبير، وتستعمل في دوائر المذبذبات.

3- 4 عمل المذبذب

ذكرنا ان المذبذب هو مكبر بالتغذية العكسية الموجبة أي أن الإشارة الداخلة هي جزء من الإشارة الخارجة وبالطور نفسه ومن الشكل (3 – 2) وقبل توصيل النقطتين أ و ب نحتاج إلى إشارة دخول للحصول على إشارة خارجة، وبعد توصيل النقطتين وبسبب الحركة العشوائية للإلكترونات تتولد إشارة عشوائية، الإشارة الداخلة للمكبر تمثل جزء من الإشارة الخارجة وهو التغذية العكسية وفي هذه الحالة لا توجد حاجة الى إشارة داخلة خارجية وتتحول الدائرة من مكبر الى مذبذب.



الشكل (3 – 2) مخطط كتلوي للتغذية العكسية

من المخطط اعلاه نلاحظ أن ربح الفولتية يساوي فولتية الخرج Vout مقسوماً على فولتية الإشارة الداخلة Vin المكبرة بمقدار A ويمثل ربح الدائرة المفتوحة (Open Loop Gain). وبإضافة التغذية العكسية الى المكبر بمقدار β تصبح فولتية الإشارة الخارجة V_{out}^{-} وتساوي $V_{out}^{-}=(V_{in}+\beta V_{out}^{-})A$ وتكون فولتية الإشارة الداخلة الكلية $(V_{in}+\beta V_{out}^{-})$

ولإيجاد الربح بالتغذية العكسية A_{vf} نتبع ما يأتي :

$$V^{-}_{out}=(V_{in}+\beta V^{-}_{out})A$$

$$V^{-}_{out}=AV_{in}+A\beta V^{-}_{out}$$

$$AV_{in}=V^{-}_{out}-A\beta V^{-}_{out}$$

$$AV_{in}=V^{-}_{out}(1-A\beta)$$

$$\frac{V^{-}_{out}}{V_{in}}=\frac{A}{1-A\beta}$$

$$A_{vf}=\frac{A}{1-A\beta}$$

من القانون نلاحظ كلما اقترب معامل التغذية العكسية من الواحد يصبح الربح ما لانهاية وهذا لا يحدث كهربائياً فتتذبذب الدائرة لان الربح ما لانهاية.

فالشروط الواجب توفرها للتذبذب هي :

1- تغذية عكسية موجبة .

2- معامل التغذية العكسية يساوي 1+ .

3- 5 أنواع المذبذبات الجيبية :

تقسم مذبذبات الموجة الجيبية الى :

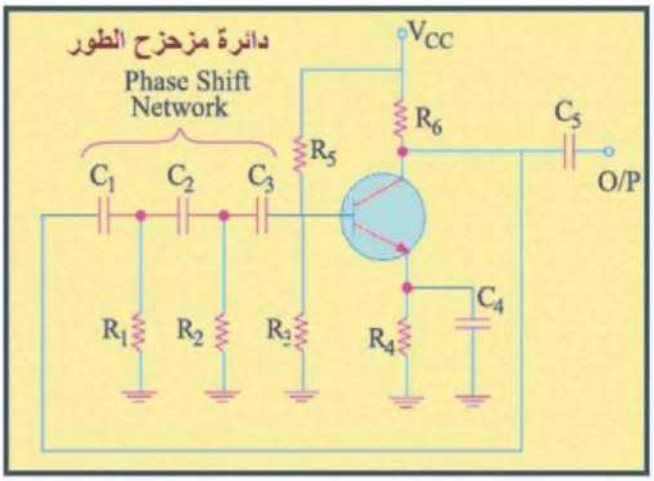
1- مذبذبات المقاومة والمتسعة (RC Oscillators)

2- مذبذبات الملف والمتسعة (LC Oscillators)

1-مذبذبات المقاومة والمتسعة:

يستعمل في توليد موجات جيبية بالترددات القليلة ومن أنواعها:

أ - المذبذب المزحزح للطور (Phase Shift Oscillator) والموضح في الشكل (3 – 3).
يختلف طور الإشارة الخارجة على جامع الترانزستور بمقدار 180° عن طور الإشارة على القاعدة، لان الترانزستور موصل بطريقة الباعث المشترك، تستعمل شبكة لإزاحة طور الإشارة الراجعة مكونة من (R_1C_1 , R_2C_2 , R_3C_3) بمقدار 180° وكل مقاومة ومتسعة منها تعمل على إزاحة الطور بمقدار 60°. قيم المقاومات ($R_1=R_2=R_3=R$) متساوية وكذلك قيم المتسعات ($C_1=C_2=C_3=C$) .



الشكل (3 – 3) المذبذب المزحزح للطور

ولحساب تردد المذبذب المزحزح للطور نستعمل القانون الآتي :

$$f_o(Hz)=\frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}=\frac{0.065}{RC}$$

مثال 3-1 :

احسب قيمة المتسعة C للمذبذب المزحزح للطور فيه $R=10K\Omega$ ويعمل المذبذب بالتردد 1KHz .

الحل:

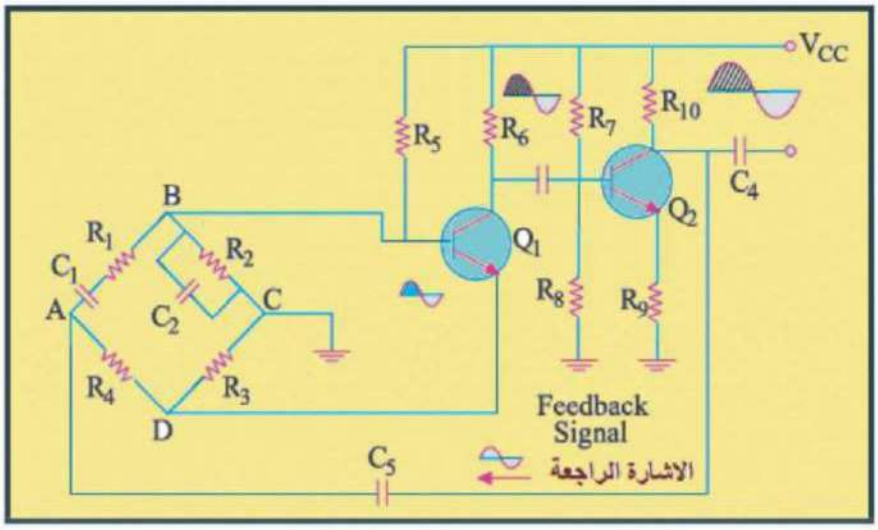
$$f_o=\frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

$$C=\frac{0.065}{R.f_o}=\frac{0.065}{10K\Omega\times 1KHz}=6.5nF$$

ب- مذبذب قنطرة واين : Wien Bridge Oscillator

من مذبذبات الموجة الجيبية (RC) ذات التردد القليل (5Hz-500KHz) يمتاز بالضوضاء القليل (التشويه) ويستعمل في التجارب المختبرية بسبب التنغيم العالي ومن الشكل (3–4) نلاحظ ان هذا المذبذب يحتوي على مرحلتي تكبير من نوع الباعث المشترك (CE) وشبكة قنطرة مكونة من مقاومات ومتسعات تدعى (بشبكة قنطرة واين) لتوفير التغذية العكسية الموجبة.

الإشارة على قاعدة الترانزستور Q_1 تظهر مكبرة وبعكس الطور على جامع الترانزستور Q_1، ويعكس الطور ثانية على جامع الترانزستور Q_2 وتظهر الإشارة مكبرة على المقاومة R_{10} تعاد إلى قاعدة الترانزستور Q_1 بالطور نفسه. وبتسليط الإشارة الراجعة مباشرة على قاعدة الترانزستور Q_1 سوف يسبب عدم الاستقرارية في التردد لهذا تمرر خلال شبكة قنطرة واين فيصح المذبذب حساس لتردد واحد فقط ويستقر تردد المذبذب.



الشكل (3 – 4) مذبذب قنطرة واين

تحدث حالة التوازن لتردد الإشارة عندما تكون الإزاحة بالطور (0°) او (360°) بالضبط . وشرط التوازن هو :

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} \qquad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

If $R_1 = R_2 = R$ and $C_1 = C_2 = C$ then $f_0 = \dfrac{1}{2\pi RC}$

مثال 3-2 :

صمم مذبذب قنطرة واين الموضح بالشكل (3 – 4) كي يعمل بالتردد 2.5KHz .

الحل : نفرض قيمة المقاومة $R = 100\ K\Omega$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f_0 R} = \frac{1}{2\pi \times 2.5 \times 10^3 \times 100 \times 10^3}$$

$$\therefore\ C = 636 \times 10^{-12} = 636\ PF$$

2- مذبذبات الملف والمتسعة : LC Oscillators

يستعمل هذا النوع من المذبذبات في توليد الاشارات ذات الترددات العالية، وفيها تكون دائـرة تحديـد التردد عبارة عن ملف ومتسعة (دائرة رنين) وهي شائعة الاستعمال في أجهزة الاتصالات، ومن أنواعها:

1- **مذبذب القاعدة المنغم Tuned Base Oscillator** :يستعمل الحث بالتغذية العكسية من الجامع الى دائرة الرنين على القاعدة .

2- **مذبذب الجامع المنغم Tuned Collector Oscillator** : يستعمل الحث بين الجـامع والقاعـدة ودائرة الرنين موضوعة على الجامع .

3- **مذبذب هارتلي Hartley Oscillator** : تتم التغذية العكسية حثياً.

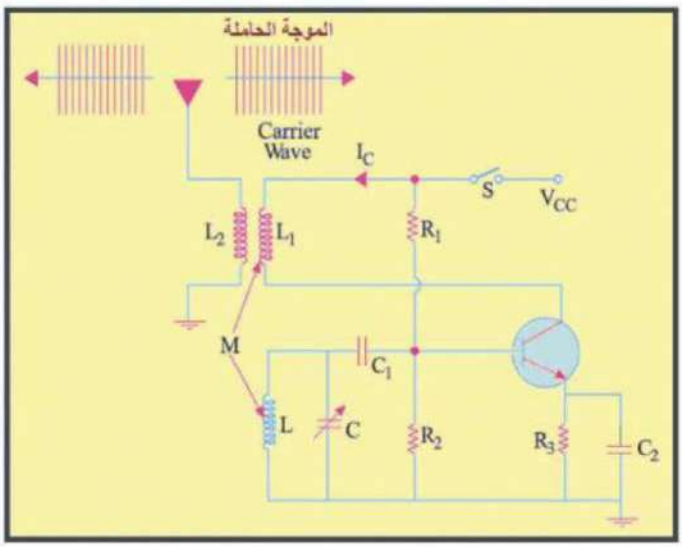
4- **مذبذب كولبتس Colpitts Oscillator** : تتم التغذية العكسية سعوياً.

5- **المذبذب البلوري Crystal oscillator** : يستعمل بلورات الكوارتز وملـح روشـيل والتورمـالين بالتغذية العكسية.

1- مذبذب القاعدة المنغم : Tuned Base Oscillator

ربط الترانزستور في الدائرة بطريقة الباعث المشترك (CE)، لاحظ الشكل (3-5)، المقاومات (R_1 ,R_2 ,R_3) تستعمل لتحديد انحياز الدائرة (DC) . نحصل على التغذية العكسية بالحث المتبادل من الملف(L_1) لمحولة التردد الراديوي الى الملف (L) أي من الجامع الى القاعدة.

ويعتمد مقدار التغذية العكسية على مذبذب القاعدة المنغم ومعامل الربط بين الملفين، لاحـظ الشـكل (3 – 5).

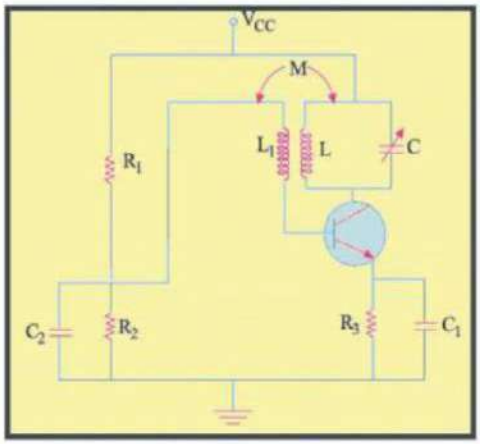


الشكل (3 – 5) مذبذب القاعدة المنغم

2- مذبذب الجامع المنغم : Tuned Collector Oscillator

من الشكل (3–6) نلاحظ ان دائرة رنين التوازي موصلة الى جامع الترانزستور. نحصل على التغذية العكسية بالحث المتبادل بين الملفين (L و L_1) من جامع الترانزستور الى القاعدة.

ويكون اتجاه لف الملفين متعاكساً، طور الإشارة على الملف (L_1) مختلف بمقدار (180^o) عن طور الإشارة (L) . إشارة الجامع بطور معاكس لطور إشارة القاعدة، لذلك فان الاشارة الراجعة عكسياً بوساطة الملف (L_1) تكون ذات طور مشابه إلى طور إشارة القاعدة، فتحقق بذلك التغذية. يحدد تردد الإشارة الخارجة من دائرة مذبذب الجامع المنغم بتردد رنين التوازي المكونة من الملف (L) والمتسعة (C) .



الشكل (3 – 6) مذبذب الجامع المنغم

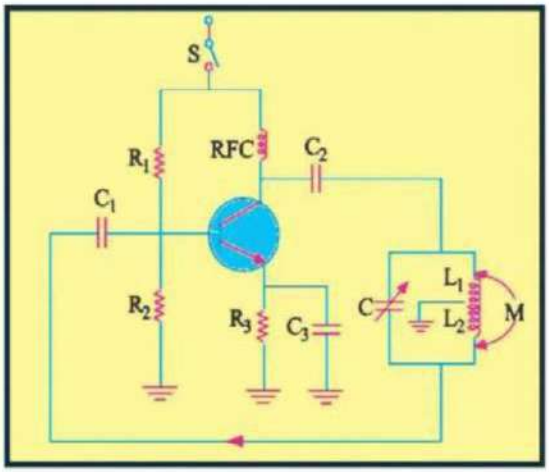
3- مذبذب هارتلي : Hartley Oscillator

سميَ هذا المذبذب باسم مخترعه العالم هارتلي ويكون فيه ربط الترانزستور بطريقة الباعث المشترك، لاحظ الشكل (3–7). تتكون دائرة الرنين من ملف يحتوي على نقطة وسطية (Center Tapped) ومتسعة.

ويعتمد مبدأ التغذية العكسية الموجبة على ان كل ملف يحتوي على نقطة وسطية تتكون على طرفيه فولتيتين مختلفتين بالطور بزاوية مقدارها (180^o). تتم التغذية العكسية من الملف (L_1) الى (L_2) بالحث المتبادل فيصبح طور الإشارة الراجعة الى القاعدة بالطورنفسه مع اشارة القاعدة فيتحقق شرط التذبذب ويحسب تردد الإشارة المتولدة بالقانون الاتي:

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

يعمل الملف الخانق (RFC) على تسهيل تجهيز جامع الترانزستور بالتيار المستمر خلاله.



الشكل (3-7) مذبذب هارتلي

مثال 3-3 :

احسب التردد لدائرة مذبذب هارتلي للشكل (3-7) اذا كان معامل الحث الذاتي للملف L1=800 µH , L2 =700µH وسعة المتسعة C=150PF .

الحل:

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

$$f = \frac{1}{2 \times 3.14\sqrt{(800 + 700)\mathbf{x}10^{-6}\,\mathbf{x}150\mathbf{x}10^{-12}}}$$

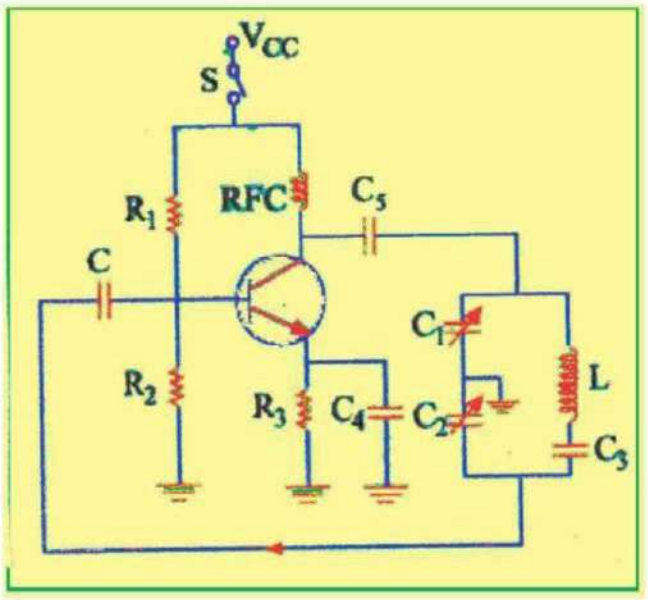
$$f = 0.336\mathbf{MHz}$$

4- مذبذب كولبتس : Colpitts Oscillator

يشبه المذبذب هارتلي عدا اختلاف واحد فقط حيث يعتمد مبدأ التغذية العكسية الموجبة فيه على تأريض النقطة الوسطية (Center Tapped) بين المتسعتين (C_1 , C_2) يجعل فولتية كل منهما تختلف عن الأخرى بزاوية مقدارها(180^o) والشكل (3-8) يوضح مذبذب كولبتس ربط الترانزستور بطريقة الباعث المشترك وتعمل المقاومات (R_1,R_2,R_3) على تحديد انحياز الدائرة DC .

إن إشارة طرف المتسعة (C_1) المتصل بالجامع تكون مختلفة بالطور عن إشارة القاعدة ولكن بسبب تأريض النقطة الوسطية يصبح طور إشارة المتسعة (C_2) المتصل مع القاعدة بالطور نفسه اشارة القاعدة، لذلك تتحقق التغذية العكسية الموجبة. يتم حساب تردد المذبذب بالقانون الاتي:

$$f = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{L \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}}}$$



الشكل (3-8) مذبذب كولبتس

يعمل الملف الخانق (RFC) على تسهيل تجهيز جامع الترانزستور بالتيار المستمر خلاله.

مثال 3-4 :

احسب التردد للمذبذب كولبتس الموضحة بالشكل (3-8) اذا علمت ان

.C1=0.005μF , C2=0.01μF ، L=100μH

الحل :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\dfrac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}}}$$

$$f = \frac{1}{2 \times 3.14\sqrt{100\dfrac{0.005 \times 0.01}{0.005 + 0.01}}}$$

$$f = 2.757\mathbf{KHz}$$

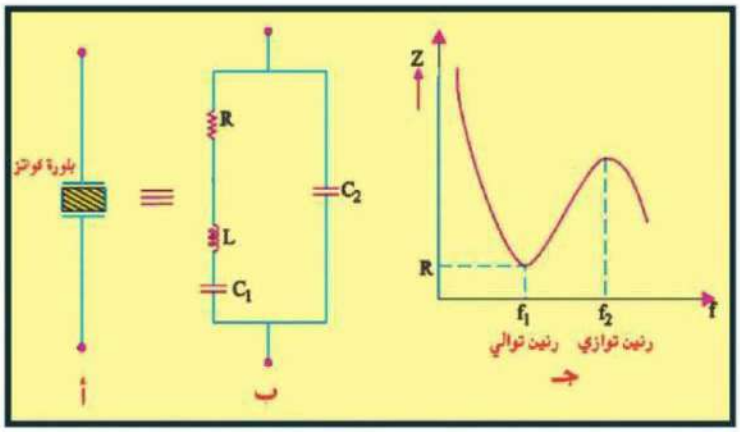
5- المذبذب البلوري : Crystal oscillator

إن الحاجة للحصول على درجة عالية جداً من الاستقرارية لدائرة المذبذب كي يبقى تردد الدائرة ثابتاً يستعمل المذبذب البلوري، ويعتمد عمل هذا المذبذب على البلورات (Crystals) الموجودة في الطبيعة. لاحظ الشكل (3-9).

الشكل (3- 9) مجموعة من البلورات

ولهذه البلورات خاصية الاهتزاز الميكانيكي عند تسليط جهد كهربائي متناوب عليها وبالعكس حيث تولد جهداً متناوباً عند تعرضها إلى جهد آلي ويتميز بالدقة العالية. ومن هذه البلورات بلورة الكوارتز يعود اكتشافها إلى عام (1880م). هذه الخاصية والتي مكنت الباحثين من تصنيع الكثير من الأجهزة الحساسة، من أهمها الساعات المصممة لقياس الوقت بدقة عالية.

ومن أنواع هذه البلورات إضافة إلى بلورة الكوارتز هي بلورات ملح روشيل وبلورات التروماالين وتعتبر بلورات الكوارتز هي الأكثر استعمالاً في مجال الدوائر الالكترونية وخاصة في دوائر المذبذبات كبدائل لدوائر الرنين والشكل (3-10) يوضح الدائرة الكهربائية المكافئة لبلورة الكوارتز.



الشكل (3- 10) الدائرة الكهربائية المكافئة لبلورة الكوارتز

تحتوي الدائرة الكهربائية المكافئة الموضحة بالشكل (3–10– ب) على دائرة توالي مكونة من المقاومة (R) والملف (L) والمتسعة (C_1) وبالتوازي مع المتسعة (C_2). لهذه الدائرة ترددين للرنين (f_1) و (f_2)، لاحظ الشكل (3–10–جـ) الذي يوضح تردد رنين التوالي وتردد رنين التوازي.

عند تردد رنين التوالي تكون ($X_{C1} = X_L$) وتصبح الممانعة الكلية قليلة جداً (Z=R) وتعمل البلورة دائرة رنين توالي ويهمل تأثير المتسعة (C_2) .

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$$

وعند تردد أعلى من تردد رنين التوالي تزداد الممانعة الحثية للملف(X_L) وتكون مع المتسعة (C_2) دائرة رنين توازي. تردد رنين البلورة يتحدد بحجمها ولا يتاثر بالحرارة.

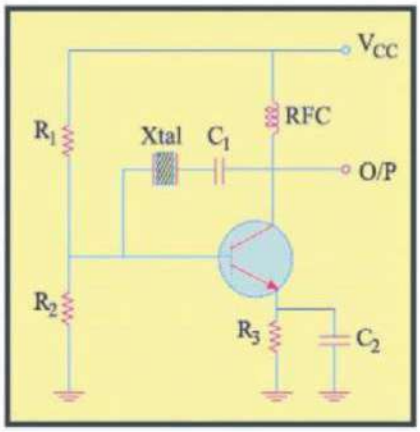
$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

إذ إن

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

من الممكن أن تكون أي من المذبذبات الملف المتسعة التي ذكرت سابقاً مذبذباً بلورياً وذلك بتعويض دائرة الرنين ببلورة كوارتز.

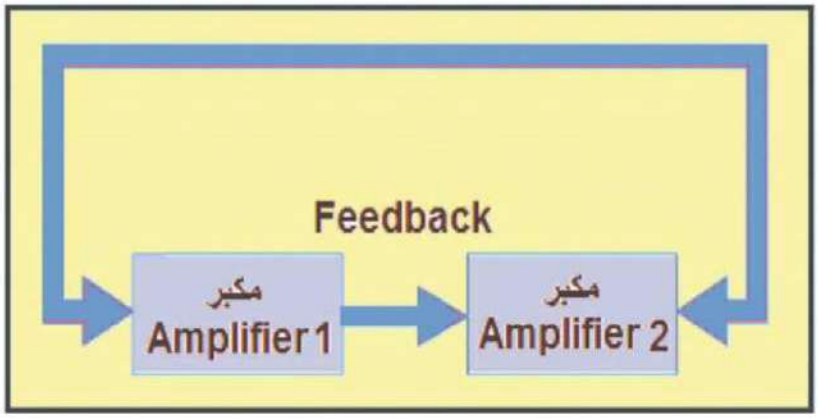
والدائرة الموضحة بالشكل (3–11) عبارة عن مذبذب بيرس البلوري (Pierce Crystal Oscillator) الـذي يستعمل بلورة كوارتز كعنصر لتحديد التردد. ربط الترانزستور بطريقة الباعث المشترك وتحـدد المقاومـات (R_1,R_2,R_3) انحياز الدائرة (DC) ويجهز الملف (RFC) الانحياز العكسي للجامع ومنع أي اشارة من الوصول الى مصدر التجهيز (V_{CC}). تتم التغذية العكسية الموجبة من الجامع الى القاعدة خلال البلـورة التـى تعمـل كدائرة رنين توالي .



الشكل (3-11) مذبذب بيرس البلوري

6-3 مذبذبات الموجات غير الجيبية (متعددة التوافقيات) :

تستعمل كثير من الأجهزة الالكترونية إشارات غير جيبية مثل الإشارة المربعـة والمثلثـة وسـن المنشار وإشارات نبضية تتولد بوساطة المذبذبات المتعددة (Multivibrators) وتـدعى (بـالمهتزات او متعددة الاهتزازات) مكونة من مكبرين مع تغذية عكسية موجبة من خرج احد المكبـرين إلـى دخـول المكبر الآخر، لاحظ الشكل (3–12).



الشكل (3-12) التغذية العكسية للمذبذب المتعدد

وتجهز التغذية العكسية بطريقة بحيث يكون احد الترانزستورين في حالة تشبع (توصيل) (ON) والاخـر في حالة قطع (OFF) وبالعكس وهكذا تعاد العملية.

ومن انواع المذبذبات المتعددة هي :

1- المذبذب المتعدد غير المستقر Astable Multivibrator

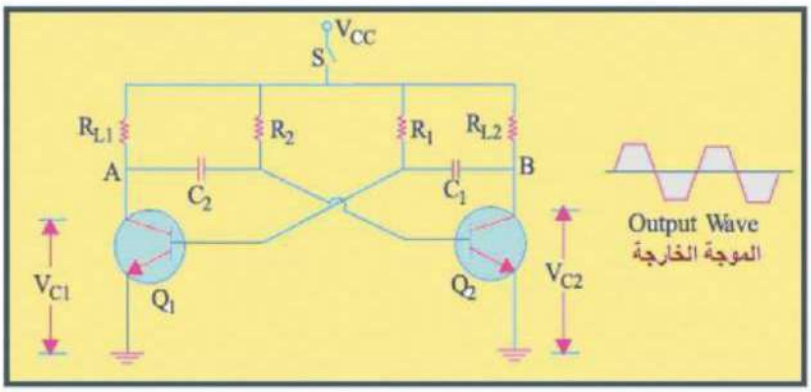
2- المذبذب المتعدد احادي الاستقرار Monostable Multivibrator

3- المذبذب المتعدد ثنائي الاستقرار Bistable Multivibrator

1- المذبذب المتعدد غير المستقر Astable Multivibrator

الدائرة الموضحة بالشكل (3-13) عبارة عن دائرة مذبذب متعدد غير مسقر. يوصل جامع الترانزستور (Q_1) إلى قاعدة الترانزستور (Q_2) عن طريق المتسعة (C_2) كذلك يوصل جامع الترانزسـتور (Q_2) إلـى قاعدة الترانزستور(Q_1) عن طريق المتسعة (C_1) ونتيجة لاختلاف خواص الترانزستورين بالرغم من التشابه بينهما، لذلك نفرض ان احدهما يكون في حالة قطع (OFF) والآخر في حالة توصيل (ON) عند لحظة تجهيز الدائرة بالفولتية المستمرة.

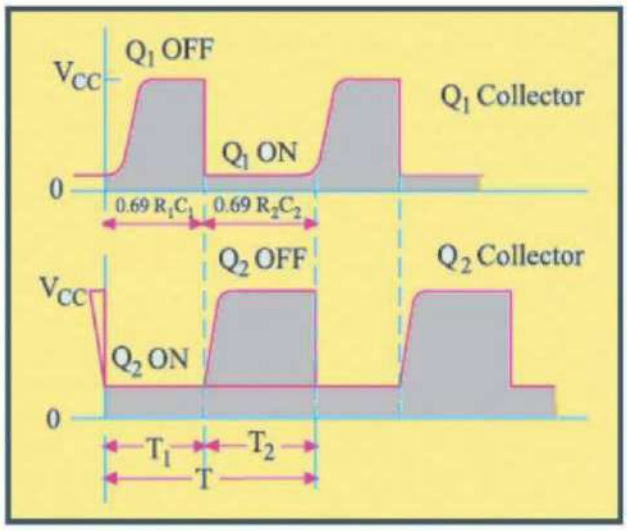
ففي سبيل المثال إذا كان الترانزستور (Q_1) في حالة توصيل (ON) و الترانزستور (Q_2) فـي حالـة (OFF) توصل المتسعة (C_1) عن طريق (R_{L2}) بحيث إن طرفها المتصل بقاعدة الترانزسـتور (Q_1) يصـبح سالباً وتصبح قاعدة الترانزستور (Q_2) موجبة خلال المقاومة (R_2) فبذلك تتغير حالة الترانزستور(Q_1) مـن التوصيل (ON) إلى القطع (OFF) والترانزستور (Q_2) من القطع (OFF) الى التوصيل (ON).



الشكل (3 – 13) المذبذب المتعدد غير المستقر

تبدأ المتسعة (C_2) بالشحن والمتسعة (C_1) بالتفريغ وتصبح قاعدة الترانزستور (Q_1) موجبة خلال المقاومة (R_1) فتتغير حالة الترانزستور (Q_1) من القطع الى التوصيل في نفس الوقت تتغير حالة الترانزستور (Q_2) من التوصيل الى القطع وهكذا تتكرر العملية.

تظهر الإشارات الخارجة في النقطتين (A و B) على الترانزستورين (Q_1 و Q_2) أي على جامع الترانزستور (Q_1) او جامع الترانزستور (Q_2) كما موضح في الشكل (3-14) .



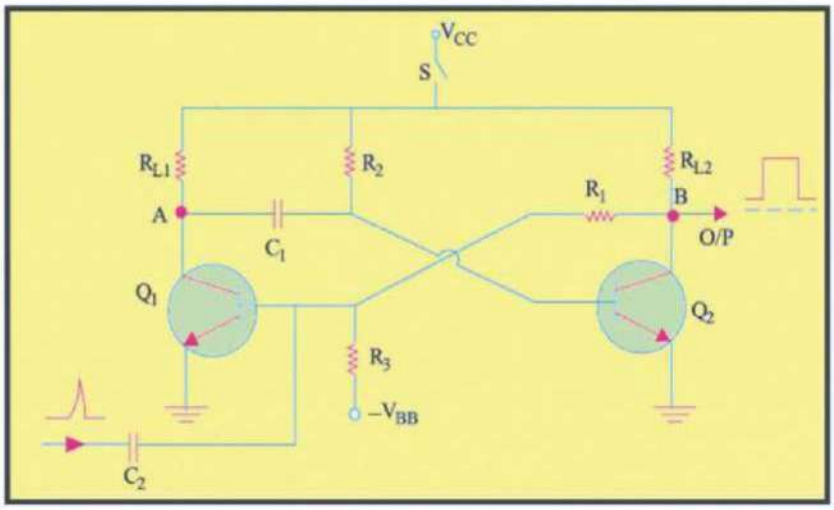
الشكل (3-14) خرج الترانزستورين Q1 و Q2

2- المذبذب المتعدد أحادي الاستقرار Monostable Multivibrator

الدائرة الموضحة بالشكل (3 – 15) توضح مذبذب متعدد أحادي الاستقرار مثالي وفيه نجد ان خرج الترانزستور(Q_1) متصل مع قاعدة الترانزستور(Q_2) كما هو في المذبذب المتعدد غير المستقر وتختلف التوصيلات الأخرى.بتسليط نبضة ضيقة تدعى نبضة القدح (Trigger) على قاعدة الترانزستور(Q_1) تجعل القاعدة بالانحياز الامامي فيصبح الترانزستور(Q_1) في حالة توصيل (ON).

وتفرغ المتسعة (C_1) شحنتها خلال الترانزستور (Q_2) وبغياب النبضة يعود الترانزستور (Q_1) الى حالة القطع ويصبح الترانزستور (Q_2) في حالة تشبع (توصيل) (ON) فتظهر نبضة مستطيلة على جامع الترانزستور (Q_2) يعتمد عرضها وسعتها على قيمة المكونات الالكترونية للدائرة.

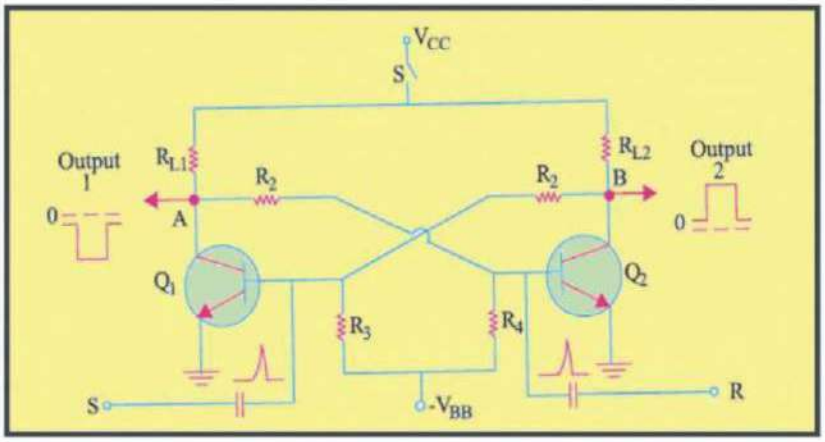
الفولتية (V_{BB}) والمقاومة (R_3) تجعل الترانزستور (Q_1) بالانحياز العكسي أي في حالة قطع. وهكذا تعاد العملية كلما سلطت نبضة قدح خلال (C_2) على قاعدة الترانزستور (Q_1) أي ان الدائرة لها حالة استقرارية واحدة وتحتاج إلى نبضة قدح واحدة كي تتحول من الوضع المستقر الى الوضع غير المستقر.



الشكل (3-15) مذبذب متعدد أحادي الاستقرارية

3- المذبذب المتعدد ثنائي الاستقرار Bistable Multivibrator

الدائرة الأساسية للمذبذب المتعدد ثنائي الاستقرارية والموضحة بالشكل (3-16) تحتوي على حالتين مستقرتين ويمكنها البقاء في احد الحالتين (Flip) وبدون تحديد طالما الدائرة موصلة الى مجهز القدرة وتتحول الى حالة الاستقرارية الأخرى (Flop) عندما يوصل إلى الدائرة نبضات قدح خارجية وبتوصيل نبضة قدح ثانية تعود إلى الحالة الأصلية وهكذا، وتسمى هذه الدائرة بالنطاط (Flip – Flop) .



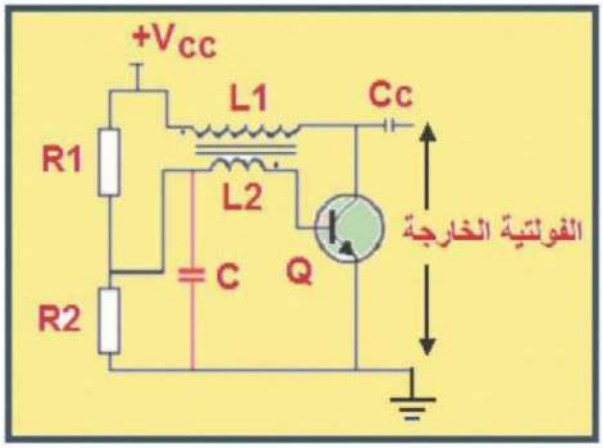
الشكل (3-16) المذبذب المتعدد ثنائي الاستقرار

تتكون الدائرة من مرحلتين للتكبير وكل منها موصلة بطريقة الباعث المشترك وتعمل المقاومات بتحديد انحياز الدائرة (DC) من البطاريتين (V_{CC} و V_{BB}) بينما توصل نبضات القدح من النقاط (R و S) التي تؤخذ عادة من مولد نبضات إلى قاعدة كل من الترانزستورين (Q_1 و Q_2).

ومن المذبذبات التي تولد إشارات غير الجيبية مثل موجة سن المنشار (Saw Tooth) عن طريق شحن المتسعة من مصدر التيار الثابت وتفريغ هذه المتسعة خلال ترانزستور يعمل كمفتاح ومن هذه الأنواع المذبذب المانع (Blocking Oscillator) .

7-3 المذبذب المانع : Blocking Oscillator

هو أحد المذبذبات الأحادية الاستقرار وهو احد أشكال المذبذبات غير الجيبية، اذ يوصل لفترة زمنية قصيرة ثم يقطع (يمنع) لفترة زمنية أطول بكثير (من هنا جاء اسم المانع) أي انه يستعمل كمولد نبضات لاحظ الشكل (3-17) .



الشكل (3-17) المذبذب المانع

يعتمد مبدأ عمل المذبذب على تغذية راجعة عن طريق محولة وبذلك يعمل الترانزستور بسبب وجود الحث المغناطيسي في ملف المحولة. وعند الوصول إلى حالة الإشباع تنعكس الفولتية حول ملفات المحولة ويصبح الترانزستور في حالة قطع. تبدأ المتسعة بالتفريغ ثم تبدأ بالشحن مرة أخرى وهكذا تكون إشارة الخرج مربعة الشكل تعتمد على قيم (RC).

وبتعبير آخر عند لحظة توصيل مصدر تجهيز التيار المستمر إلى الدائرة ولكون الطرف الموجب موصلا لكل من القاعدة عبر المقاومة (R1) وجزء من (R2,L2) والجامع عبر الملف (L1) لذلك فان الترانزستور يكون في حالة توصيل (ON) لأنه من نوع (NPN)، وان انحياز القاعدة يكون أماميا والجامع عكسيا.

عندما يكون الترانزستور في حالة توصيل (ON) يسري تيار الجامع وحين يمر هذا التيار خلال الملف (L1) يؤدي إلى نشوء قوة دافعة كهربائية محتثة في هذا الملف وتنتقل بالحث المتبادل إلى الملف (L2) وبعكس الاتجاه وذلك لان اتجاه لف الملف (L1) يعاكس اتجاه لف الملف (L2) وان القوة الدافعة الكهربائية المعكوسة المحتثة في (L2) تجعل قاعدة الترانزستور سالبة اي يصبح في حالة قطع (OFF) فيتوقف بذلك تيار الجامع وتزول القوة الدافعة الكهربائية ويعود الترانزستور ثانية إلى حالة التوصيل (ON) ، وهكذا تتكرر العملية فنحصل على إشارة بهيئة نبضات (Pulses) وان تردد الإشارة الخارجة من المذبذب المانع يتحدد بقيم (C) والمقاومة المتغيرة (R2) والتي يمكن بواسطتها تغيير تردد الإشارة الخارجة.

3- 8 المؤقت الزمني 555 (Timer 555) :

المؤقت 555 : عبارة عن دائرة مدمجة (متكاملة) صنّعت من قبل إحدى الشركات عام 1972، وتُعدُّ من أكثر الدوائر المدمجة شيوعاً وتوفراً، ويصنع هذا المؤقت على شكل رزمة تحتوي على ثمانية أطراف او دبابيس (Pins)، لاحظ الشكل (3– 18).

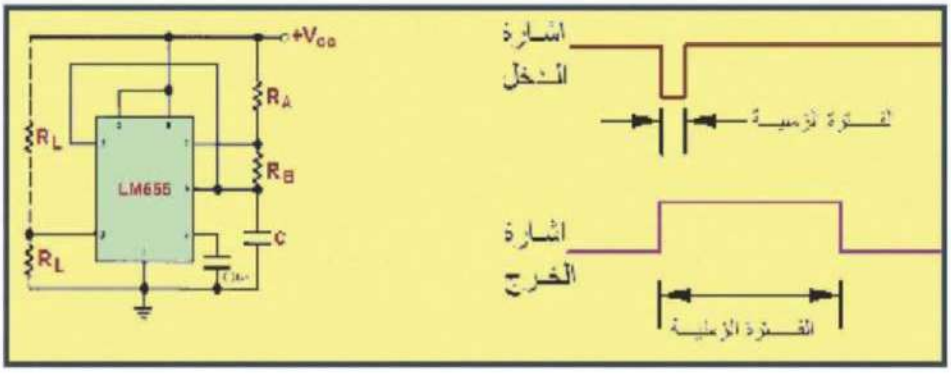
الشكل (3 -18) اطراف المؤقت 555

ويمتاز بتعدد تطبيقاته ومن أهم هذه التطبيقات استعماله في دوائر المذبذبات والتوقيت والتي تعتبر جـزءاً مهماً في عمل الدوائر التناظرية (Analog) والرقمية (Digital) المستعملة في أجهزة الاتصالات. وتستعمل دوائر التوقيت في مجالات عديدة منها أفران المايكروويف وأجراس الإنذار وغيرها.

ويعمل المؤقت الزمني (Timer 555) بنمطين:

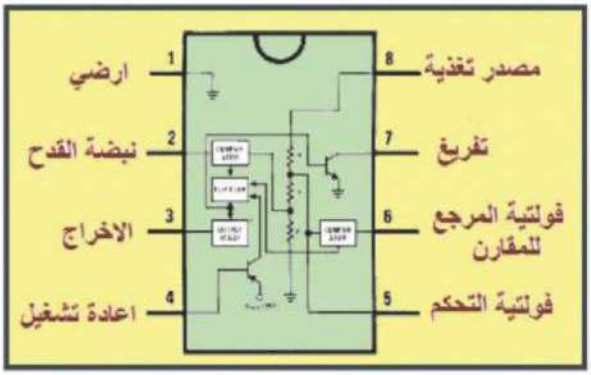
النمط الأول : الأحادي الاستقرار : Monastable

يتم إنتاج نبضة واحدة في وقت معين عند تغذية المدخل رقم (2) بتغذية سالبة ، وكما في الشكل (3-19) الذي يوضح المؤقت الزمني (LM555) واشارة الدخول والاشارة الخارجة. تفرغ المتسعة الخارجية (C) خلال الترانزستور داخل المؤقت الى اقل من $1/3V_{CC}$. ويعمل النطاط دورة قصر على المتسعة فتزداد سعة النبضة الخارجة.



الشكل (3-19) النمط المستقر للمؤقت الزمني وإشارة الدخل والخرج

والشكل (3- 20) يبين الدائرة الداخلية في المؤقت الزمني واسم كل طرف له.

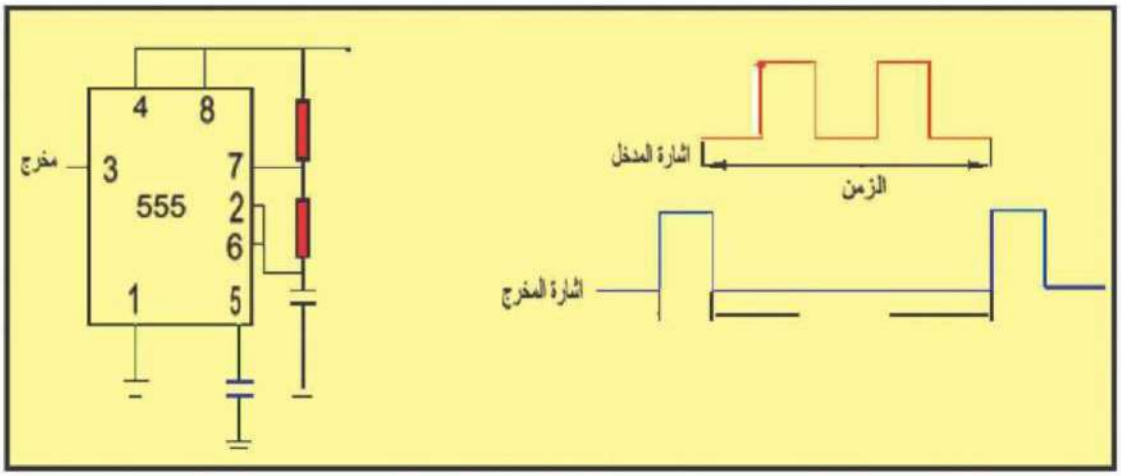


الشكل (3-20) المؤقت الزمني

تزداد الفولتية على المتسعة بالتدريج بزمن يساوي ($1.1R_AC$).

النمط الثاني : نمط غير مستقر: Astable

في هذه الحالة يتم إنتاج نبضات متتابعة بحيث تنتج نبضة لفترة معينة، ثم بعد ذلك تعود إلى وضع تنعدم فيه وجود نبضة وبعدها ترجع مرة ثانية، وهكذا تستمر ويتم توصيل المؤقت كما في الشكل (3-21).



الشكل (3-21) النمط الغير مستقر للمؤقت الزمني وإشارة الدخل والخرج

ويمكن الحصول على ترددات مختلفة تصل إلى (234100) كيلوهرتز ويمكن الحصول على ذبذبة واحدة في كل دقيقة او ذبذبة واحدة لبضع عشرات الدقائق ويستعمل أيضا في توليد موجات مربعة او نبضات.

3- 9 الدوائر المنطقية : Logic Circuits

تستعمل الدوائر المنطقية في الأنظمة الرقمية أذ إنها تمثل الأساس لدوائر كل من الحاسبات والساعات والعدادات وأجهزة التوقيت. كما إن الدوائر المنطقية تستعمل في مجال الاتصالات بشكل واسع وذلك لاعتماد أنظمة الاتصالات على الأنظمة الرقمية وتبنى الدوائر المنطقية من مجموعة بوابات (Gates) وهي ثلاثة بوابات رئيسة :

(NOT ، OR ، AND)

3-10 البوابات المنطقية : Logic Gates

هي عبارة عن دوائر منطقية ذات مدخلين او أكثر وطرف إخراج واحد وتستعمل البوابات الإعداد الثنائية في عملها (Binary Numbers) اي تستعمل الرقمين الثنائيين (0،1) إذ تعتمد تغذية البوابة على فولتية اما عالية تمثل الرقم (1) او فولتية واطئة وتمثل الرقم (0).

ويمكن تمثيل البوابات باستعمال جداول تسمى (جداول الحقيقة) (Truth Tables) ، ولفهم عمل الدوائر المنطقية سوف نتطرق للأمثلة الآتية :

يمكن توجيه الدوائر الالكترونية في اتخاذ بعض القرارات مثل :

1-إذا حل الظلام، فأوقد المصباح.

2-إذا قلت درجة الحرارة عن (20) درجة مئوية، فقم بتوصيل الطاقة بأحد السخانات.

ويمكن كذلك القيام بأعمال معقدة أكثر نتيجة للتطور الحاصل في علم الإلكترونيك والاتصالات، ونلاحظ بـــان هناك شرط يقابله عمل معين، كذلك يمكن تحديد عمل الدوائر من خلال مجموعة من العبارات المنطقية، لـــذا تم أطلاق مصطلح الدوائر الرقمية المنطقية على هذه الدوائر.

1-10-3 بوابة (و) : AND Gate

دائرة تحتوي على مدخلين او أكثر وإخراج واحد ويمكن حساب عدد الاحتمالات الناتجة من خـــرج البوابة بحساب عدد المداخل (المتغيرات) على أنها القوة لأساس العدد (2) او حسب القانون الآتي :

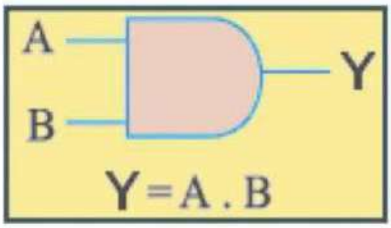
عدد الاحتمالات = 2^X

(X) هي عدد المتغيرات

وتمثل هذه البوابة عملية الضرب اي ان :

$$Y=A.B$$

ويرمز لها بالرمز الموضح في الشكل ادناه:



ويوضح جدول الحقيقة (3-1) ان الاخراج Y=1 عندما يكون (A=1,B=1)

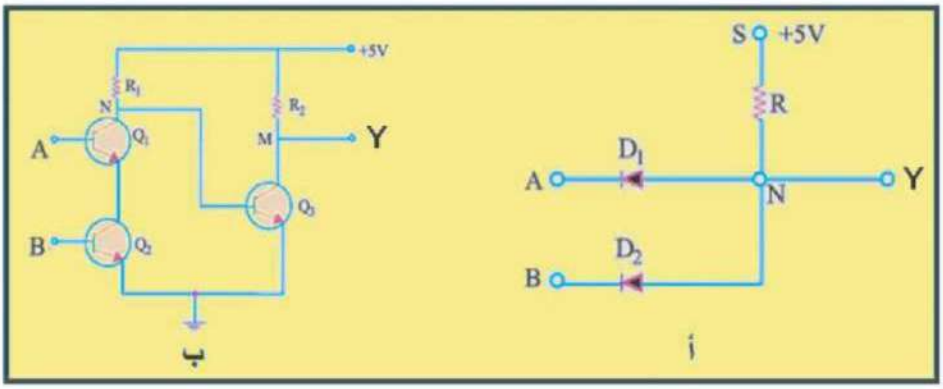
وبتطبيق قانون عدد الاحتمالات اذا كان عدد المتغيرات (المدخلات) = 2

عدد الاحتمالات = 2^X فيكون الناتج $4 = 2^2$

جدول(3-1) جدول الحقيقة لبوابة (AND)

الادخال		الاخراج
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

يمكن بناء هذه البوابة من الثنائيات او الترانزستورات كما موضح في الشكل (3-22).



الشكل (3- 22) يوضح الدوائر الالكترونية لبوابة AND باستعمال الثنائيات والترانزستورات

فالشكل (3-22-أ) يمثل بوابة (AND) باستعمال الثنائيات وتعمل كما **يأتي:**

1- عندما يكون جهد النقطة (A) يساوي (0V) يصبح الثنائي (D_1) في حالة توصيل (ON) ويصبح جهد النقطة (N) يساوي (0V). يظهر الهبوط بالفولتية (+5V) عبر (R).
2- بالطريقة نفسها عندما يكون جهد النقطة (B) يساوي (0V) يصبح الثنائي (D_2) في حالة توصيل وتصبح النقطة (N) مساوية الى (0V) .
3- عندما تكون A=0V و B=0V يصبح الإخراج Y=0 .
4- لا يوجد مرور لتيار المصدر أي لا يوجد هبوط بالفولتية على(R)عندما تكون A=5V , B=5V (لا يعمل الثنائيان OFF) فتصبح Y=5V .

والشكل (3-22- ب) يمثل بوابة (AND) باستعمال الترانزستورات تعمل كما **يأتي:**

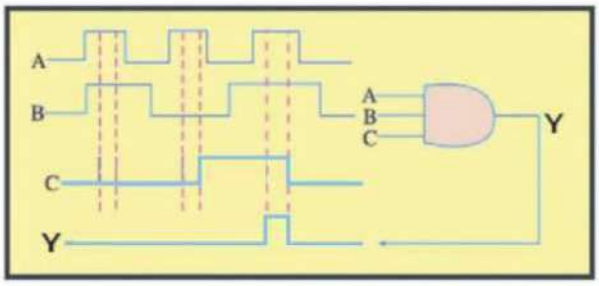
1- عندما تكون كل من النقاط (A و B) بالفولتية (+5V) يوصل الترانزستورين (Q_1 و Q_2) فيسبب مرور التيار هبوط بالفولتية (+5V) عبر المقاومة (R_1) فتجعل فولتية قاعدة الترانزستور (Q_3) موصلة إلى الأرضي فيتوقف الترانزستور عن العمل (OFF) ويصبح الإخراج (Y=5V) .

2- عندما تكون كل من (A أوB هي 0V) لا يعمل الترانزستور(Q_1) والترانزستور(Q_2) فتظهر الفولتية (+5V) على قاعدة الترانزستور (Q_3) فيعمل (ON) ويكون الهبوط في الفولتية على المقاومة (R_2 هو +5V) أي ان فولتية المصدر فيصبح الإخراج (Y=0V).

أما إذا كان للبوابة ثلاث مداخل فان :

عدد الاحتمالات = 2^x والناتج يكون $8 = 2^3$

ويكون الرمز المنطقي والإدخالات والإخراج Y كما في الشكل (3-23) .



الشكل (3-23) الرمز المنطقي لبوابة AND ذات ثلاث مداخل مع الإدخالات والإخراج

الجدول (3-2) يوضح جدول الحقيقة لبوابة (AND) بثلاثة إدخالات.

جدول (3-2) جدول الحقيقة لبوابة (AND)

الادخال			الاخراج
C	B	A	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	1	0	0
1	1	1	1

وتمثل هذه البوابة عملية الضرب الموضحة في المعادلة الآتية :

$$Y=A.B.C$$

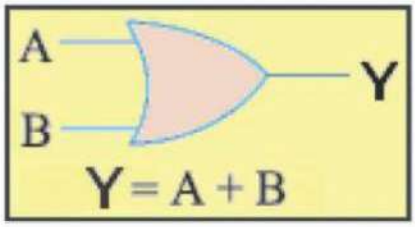
2-10-3 بوابة (و) : OR Gate

تُعدُّ هذه البوابة من البوابات الأساسية، وهي دائرة تحتوي على مدخلين او أكثر ومخرج واحد، ويمكن حساب عدد الاحتمالات الناتجة من خرج البوابة بحساب عدد المداخل (المتغيرات) على أنها القوة لأســاس العدد (2) او حسب القانون الآتي :

عدد الاحتمالات = 2^X ، و (X) هي عدد المتغيرات .

تمثّل هذه البوابة عملية الجمع للمدخلات أي أن : $Y=A+B$

والرمز المنطقي لبوابة OR موضح في الشكل (3–24) .



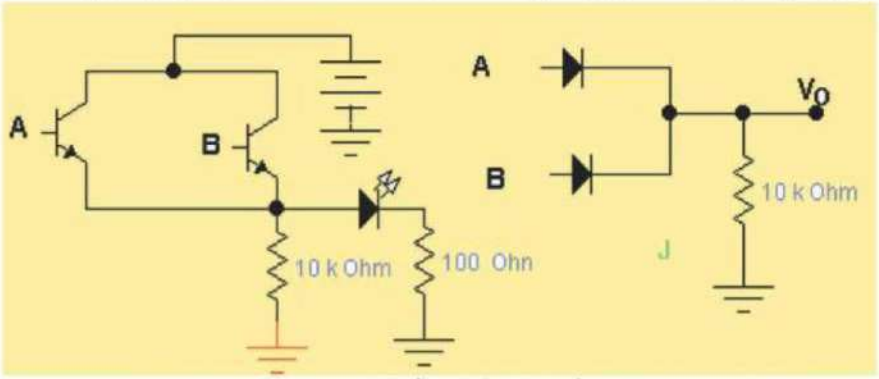
الشكل (3-24) الرمز المنطقي للبوابة OR

أما جدول الحقيقة لهذه البوابة فموضح في جدول (3–3) .

جدول (3-3) جدول الحقيقة لبوابة OR

الادخال		الاخراج
B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

الشكل (3-25) يوضح الدوائر الالكترونية لبوابة OR باستعمال الثنائيات والترانزستورات.



الشكل (3-25) بوابة OR باستعمال الثنائيات والترانزستورات

فالدائرة بالشكل (3-25- أ) تعمل كما يأتي:

1- عندما يكون جهد النقطة (A) يساوي (+5V) يصبح الثنائي (D_1) بالانحياز الأمامي فيصبح (ON) وعندئذ يمر تيار خلال المقاومة (R) فيكون هبوط بالجهد (5V) ويصبح الإخراج Y=5V. وينطبق هذا عندما تكون B=5V أو A=5V و B=5V. لان الثنائيان موصلان على التوازي.

2- من الواضح يبقى الإخراج Y=0 عندما لا تسلط فولتية على النقطة (A أو B).

الشكل (3-25- ب) يمثل بوابة OR باستعمال الترانزستورات وتعمل كما يأتي:

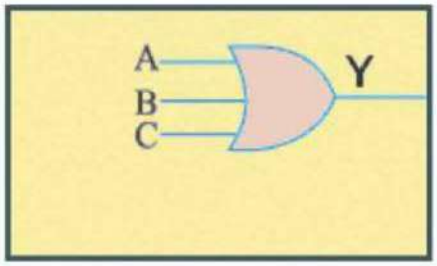
1- عندما تسلط فولتية (5V) على الإدخال A ، ينحاز الترانزستور (Q_1) أماميا ويصبح في حالة توصيل (ON) فيصبح الهبوط بالفولتية على المقاومة (R_1) ومقدارها (5V) وهي فولتية المصدر (V_{CC}) وتصبح النقطة (N) صفر فولت أي (ارضي) والموصلة إلى قاعدة الترانزستور (Q_3) فيكون في حالة قطع (Cut-Off) ويصبح الإخراج Y=5V.
وهذا ينطبق عندما تسلط فولتية (5V) على الإدخال (B) أو الادخالين (A=5V و B=5V).

2- إذا وصلت النقطتين A و B إلى الأرضي أي (0V) يتوقف الترانزستورين (Q_1 و Q_2) عن العمل (Cut-Off) وتصبح النقطة (N) بالفولتية (5V) والمسلطة على قاعدة (Q_3) فينحاز هذا الترانزستور انحيازاً أماميا ويصبح في حالة تشبع فيظهر هبوط بالفولتية عبر المقاومة (R_2) ويصبح الإخراج Y=0 .

ويمكن أن يكون لبوابة OR ثلاث مداخل أو أكثر كما موضح في الشكل (3-26) .

جدول (3-4) جدول الحقيقة للبوابة OR

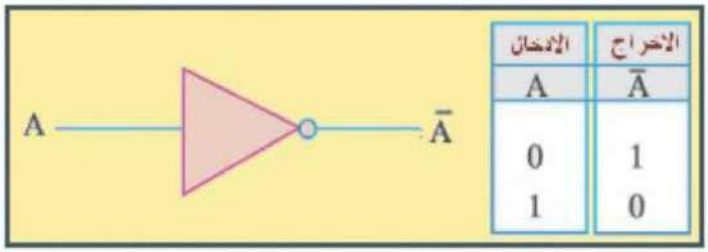
الادخال			الاخراج
C	B	A	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



الشكل (3-26) البوابة OR ذات ثلاثة إدخالات

3-10-3 بوابة (النفي) : NOT Gate

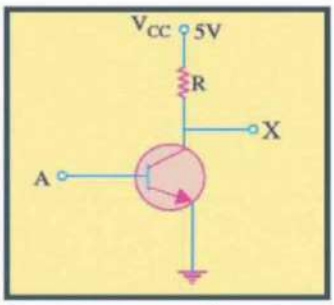
تُعدُّ هذه البوابة من البوابات الأساسية وهي دائرة تحتوي على ادخال واحد واخراج واحد ويكون خرج البوابة هو نفي لدخلها او (عكسها) ويمكن تمثيل عمل البوابة كما موضح بالشكل (3-27).



الشكل (3-27) الرمز المنطقي وجدول الحقيقة لبوابة NOT

الشكل (3-28) يبن بوابة NOT باستعمال الترانزستور، عند تسليط فولتية (5V) على النقطة A ينحاز الترانزستور أماميا فيمر تيار جامع يسبب هبوط بالفولتية على المقاومة (R) مقدارها 5V $=V_{CC}$ ويصبح الإخراج Y=0، وعند تسليط (0V) على النقطة A يتوقف الترانزستور عن العمل ويصبح الإخراج Y=5V.

من هذا نلاحظ ان الإخراج عكس الإدخال في البوابة NOT .



الشكل (3-28) البوابة NOT باستعمال الترانزستور

11-3 البوابات المنطقية الثانوية

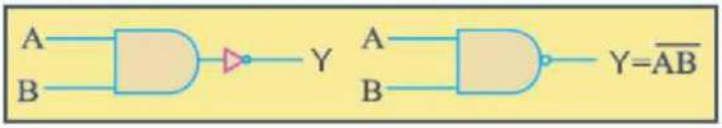
توجد بوابات يمكن اشتقاقها من البوابات الأساسية، وهي تستعمل كثيرا في الدوائر الرقمية وهي:

1-بوابة (NAND Gate)

تتكون هذه البوابة من بوابتين (AND + NOT) ويمكن تمثيل عمل البوابة بالمعادلة الآتية:

$$Y = \overline{A.B}$$

ويمكن تمثيلها بالشكل الآتي :



الادخال		الاخراج
B	A	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

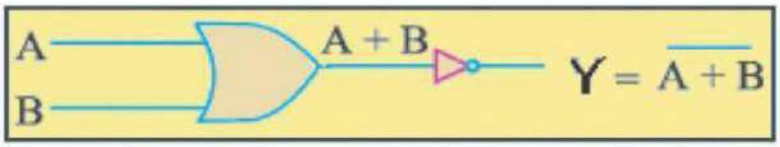
الشكل (3- 29) البناء والرمز لمنطقي وجدول الحقيقة لبوابة NAND

2- بوابة (NOR Gate) :

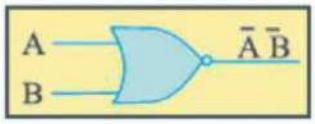
تبنى هذه البوابة من بوابتين (NOT+OR) ويمكن تمثيل عمل البوابة من خلال المعادلة الآتية:

$$Y = \overline{A + B}$$

ويكون البناء المنطقي للبوابة NOR كما موضح بالشكل الآتي :



أما الشكل ادناه يوضح الرمز المنطقي وجدول الحقيقة للبوابة NOR.



الادخال		الاخراج
B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

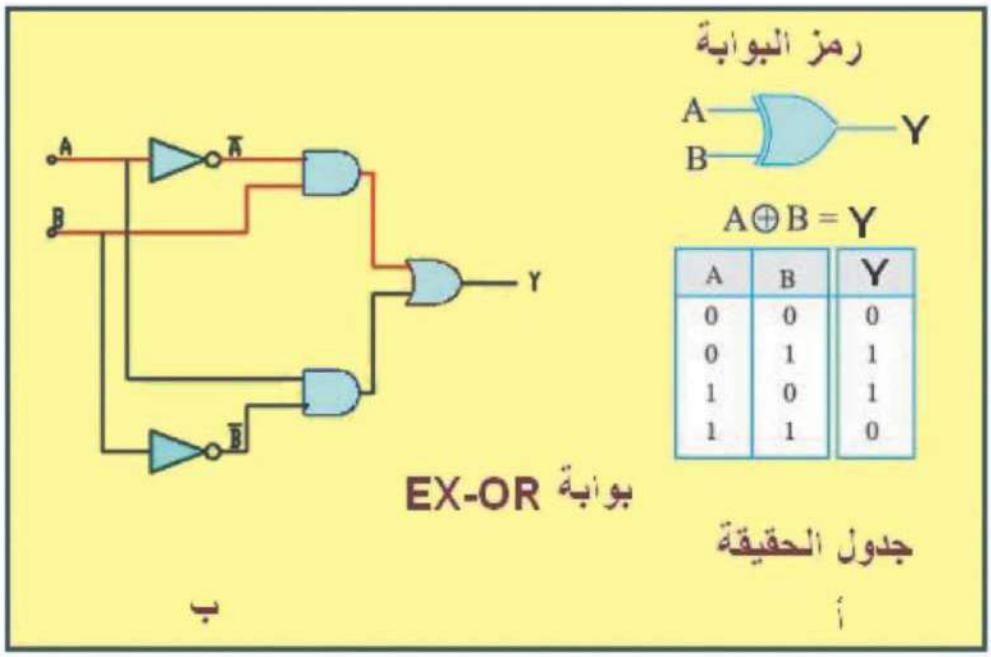
الشكل (3-30) الرمز المنطقي وجدول الحقيقة للبوابة NOR

3-بوابة او الحصرية :(EX-OR) (Exclusive OR)

تبنى هذه البوابة من (بوابتين AND وبوابتين NOT و بوابة OR واحدة) ويمكن تمثيل عمل البوابة من خلال المعادلة الآتية :

$$Y = A \oplus B$$

ويكون خرج البوابة (1) عندما تكون المداخل مختلفة ويكون الرمز المنطقي والدائرة التمثيلية وجدول الحقيقة كما موضح في الشكل (3-**31**) .



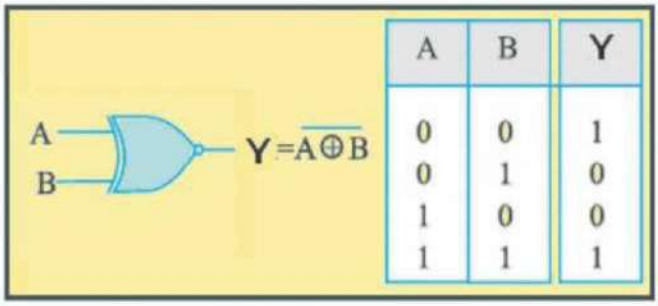
الشكل (3-31) البناء والرمزالمنطقي وجدول الحقيقة لبوابة EX-OR

4-بوابة (لا – أو) الحصرية : (EX-NOR) (Exclusive NOR)

تبنى هذه البوابة من (بوابة EX-OR + بوابة NOT) ويمكن تمثيل عمل البوابة من خـــلال المعادلـــة الآتية:

$$Y = \overline{A \oplus B}$$

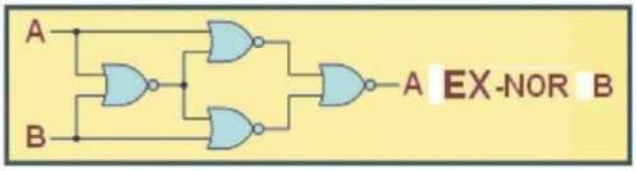
ويكون خرج البوابة (1) عندما تكون المداخل متشابهة ويكون الرمز المنطقي والدائرة المنطقيـــة وجـــدول الحقيقة كما موضح في الشكل(3-**32**).



A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الشكل (3-32) البناء المنطقي وجدول الحقيقة والرمز المنطقي لبوابة EX-NOR

ويمكن الحصول عل بوابة (EX-N0R) من أربع بوابات منطقية نوع (NOR)، لاحظ الشكل (3-**33**).



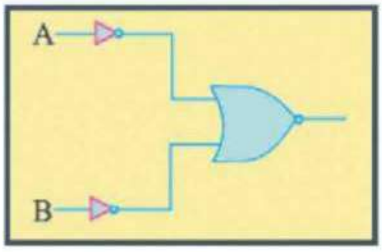
الشكل (3-33) البوابة المنطقية (EX-NOR)

12-3 تجميع البوابات المنطقية

يمكن تجميع مجموعة من البوابات للحصول على خرج معين وأمثلة على ذلك :

مثال 3-6 :

أُكتب التعبير البوليني لطرف الإخراج للشكل الآتي عندما تكون A=1، B=1 .

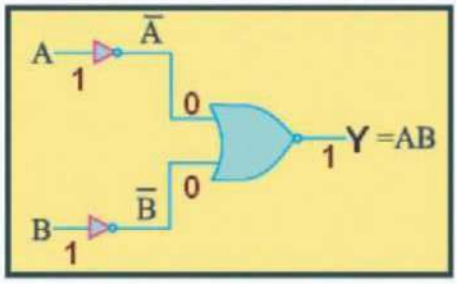


الحل:

1- يكون ناتج بوابة NOT العليا والسفلى $(\overline{A},\overline{B})$.

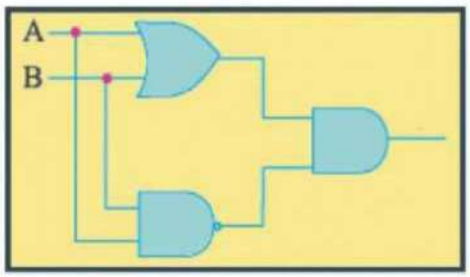
2- ناتج البوابة NOR يكون $Y=\overline{\overline{A}+\overline{B}}$.

3-بالتعويض عن A=1 ، B=1 يكون الإخراج (Y) يساوي : $Y=\overline{\overline{1}+\overline{1}}=\overline{0+0}=\overline{0}=1$



مثال 3-7 :

أكتب التعبير البوليني لطرف الإخراج للشكل الآتي عندما تكون A=1 , B=0 .



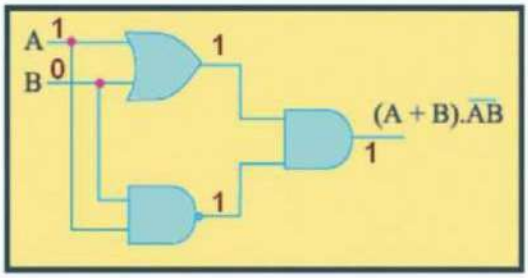
الحل:

1- يكون ناتج الإخراج لبوابة (OR) هو A+B .

2- الإخراج لبوابة (NAND) هو $\overline{A.B}$.

3- الناتج النهائي للدائرة هو : $Y=\overline{AB}(A+B)$

4- بالتعويض عن A=1 ، B=0 يكون الإخراج (Y) يساوي : $Y=\overline{1.0}(1+0)=1$



الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1- تقسم المذبذبات إلى مجموعتين هما :

أ – مذبذبات الموجة الجيبية و مذبذبات الموجة غير الجيبية

ب – مذبذبات متناوبة ومذبذبات مستمرة

جـ – مذبذبات طورية و غير طورية

2- الإشارة الخارجة من مذبذبات الموجة غير الجيبية عبارة عن أشكال

أ – غير موجية

ب – موجية مربعة، مستطيلة، وسن المنشار وإشكال نبضية

جـ – عشوائية غير منتظمة

3- يعتمد المذبذب في عمله على مبدأ التغذية العكسية ، وهي على نوعين ، التغذية العكسية :

أ – العالية والواطئة

ب – المتناوبة والمستمرة

جـ – الموجبة و السالبة

4- تقسم مذبذبات الموجة المستمرة الى مذبذبات تحوي :

أ – متسعة – ملف و ملف –مقاومة

ب – متسعة–ملف و متسعة – مقاومة

جـ – مقاومة – متسعة و ملف –متسعة

5- من انواع المذبذب المتعدد الفولتيات ، مذبذب :

أ – مستقر ، احادي الاستقرار ، ثنائي الاستقرار

ب – غير مستقر ، احادي الاستقرار ، ثنائي الاستقرار

جـ – مستقر و غير مستقر

6 – يعمل المؤقت الزمني Timer 555 بنمطين هما :

أ – غير مستقر و احادي الاستقرار

ب – مستقر و احادي الاستقرار

جـ - احادي الاستقرار و ثنائي الاستقرار

7- البوابات المنطقية الرئيسة هي :

أ - AND ، OR ، NOT

ب - NOT ، NOR ، EX-OR

جـ - AND ، EX-NOR ، EX-OR

8- من البوابات المنطقية الثانوية :

أ - NOT ، NOR ، NAND ، OR

ب - OR ، NOR ، NAND ، NOR

جـ - NAND ، NOR ، EX-OR ، EX-NOR

أسئلة الفصل الثالث

س1: ما المقصود بالتغذية العكسية ؟ وما أنواعها ؟

س2: ما هي استعمالات المذبذبات ؟

س3: كيف تتم التغذية العكسية في مذبذب مزحزح الطور؟

س4: ما هي شروط التذبذب ؟

س5: اشرح مع الرسم الدائرة الالكترونية للمذبذب هارتلي.

س6: اشرح مع الرسم الدائرة الالكترونية للمذبذب كولبتس.

س7: اشرح الدائرة الالكترونية للمذبذب المتعدد غير المستقر.وضح اجابتك مع الرسم.

س8: وضح كيفية عمل المذبذب المانع. وضح إجابتك مع الرسم.

س9: احسب تردد مزحزح الطور فيه المقاومات الثلاث متساوية وقيمة كل منها تساوي (1000KΩ) وسعة كل متسعة تساوي (C= 100PF).

س10: ارسم دائرة مذبذب كولبتس مع التأشير على الأجزاء.

س11: احسب تردد مذبذب هارتلي اذا علمت ان قيمة معامل الحث لكل ملف (L=3μH) وسعة المتسعة تساوي (0.05μF).

س12: ما الفرق بين المذبذبات الجيبية وغير الجيبية ؟ عدد نوعين لكل صنف .

س13: ارسم الدائرة المكافئة لبلورة الكوارتز.

س14: ارسم مذبذب متعدد واشرح عمله .

س15: اشرح عمل دائرة المذبذب البلوري.

س16: ما مقدار تردد الإشارة الخارجة من مذبذب كولبتس اذا كانت قيمة سعة المتسعة (C1=C2=0.3μF) وان معامل الحث الذاتي للملف (L=100 μH) ؟

س17: عرف الدوائر المنطقية وفي اي مجال تستخدم .

س18: ارسم البناء المنطقي لبوابة AND واكتب جدول الحقيقة والمعادلة التي تمثلها .

س19: ارسم الدوائر المنطقية للمعادلات الآتية :

Y= B +AB −1

Y= CAD+ BDC −2

س20: ارسم البناء المنطقي وجدول الحقيقة لبوابة EXNOR .

الفصل الرابع

التضمين والكشف Modulation & Detection

أهداف الفصل :

معرفة وإكساب الطالب المهارة على عمل الدوائر الالكترونية لأنواع التضمين المستعمل في الإرسال وأنواع الكشف في أجهزة الاستقبال.

محتويات الفصل الرابع :

4-1 مقدمة

4-2 مكونات منظومة الاتصال

4-3 تأثيرات الوسط الناقل على الإشارة المرسلة (Contamination)

4-4 التضمين Modulation

4-5 الضوضاء والتداخل

4-6 التضمين السعوي (AM)

4-7 دوائر المضمن السعوي

4-8 التضمين الترددي (FM)

4-9 دائرة مضمن التردد

4-10 الطيف الترددي Spectrum

4-11 كشف التضمين Demodulation

4-12 الكاشف السعوي Envelope Detector

4-13 كاشف التضمين الترددي FM Demodulator

اختبارات موضوعية

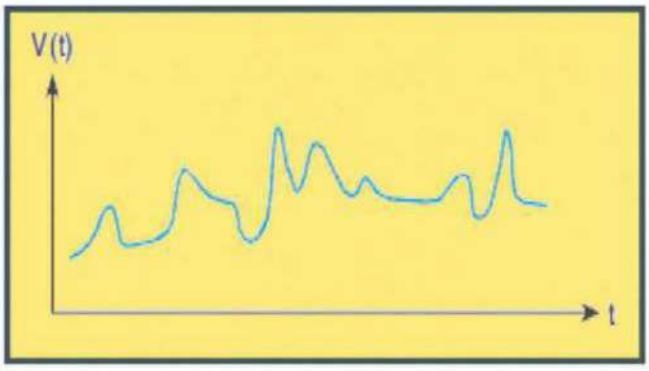
أسئلة الفصل الرابع

التضمين والكشف
Modulation & Demodulation

الفصل الرابع

التضمين والكشف Modulation & Detection

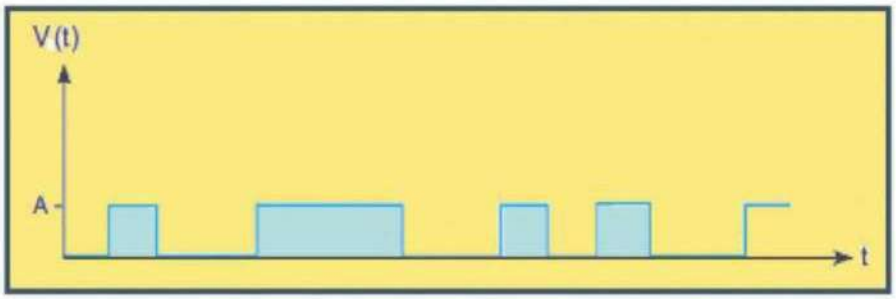
1-4 التضمين Modulation



عند الحاجة إلى إرسال إشارة مثل إشارة المايكروفون او إشارة كاميرا التلفاز وهي إشارات تناظرية (تماثلية) (Analog) لها قيم متغيرة ومتواصلة دون انقطاع خلال فترة زمنية محددة لاحظ الشكل (4-1).

الشكل(4-1) موجة تناظرية

او الإشارات الرقمية (Digital Signals) ولها قيم محدد عند تغيرها مع الزمن كالإشارات الخارجة من الحاسبة الالكترونية، لاحظ الشكل (4-2). ولكي نرسل الاشارة إلى مسافات بعيدة يتطلب تغيير ترددها وذلك عن طريق تحميلها على إشارات حاملة(Carrier) ذات تردد اعلى، وتسمى هذه العملية بالتضمين.



الشكل (4-2) اشارة رقمية

إن عملية التضمين او تغيير تردد الاشارات التي تمثل المعلومات المراد نقلها تتم للأسباب الآتية :

1- إن الحاجة لإرسال مجموعة من الإشارات في آن واحد يجعل من الضروري تغيير تردد كل منها، وذلك منعا لتداخلها اذا ما أرسلت على التردد نفسه. فإذا فرضنا إننا نحتاج إلى إرسال إشارتين سمعيتين تمثلان معلومات مختلفة على الوسط الناقل نفسه وان التردد السمعي لكل من هاتين الإشارتين وكما هو معلوم يقع بين(20Hz-20KHz)، فان ذلك يتطلب تغيير تردد أحداهما لمنع تداخلهما.

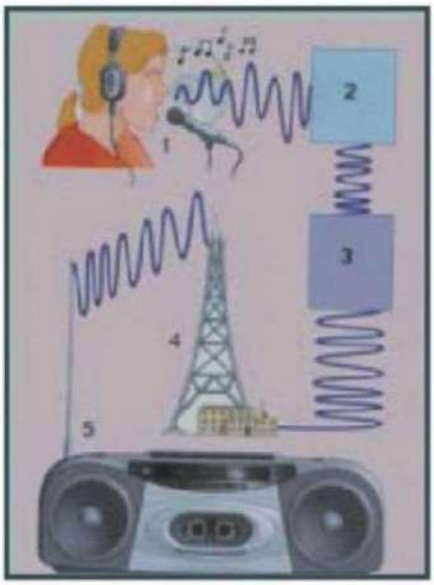
فبوساطة تقنية التضمين تستطيع محطات الإذاعة إرسال برامج منوعة ومتعددة، وذلك بعد أن يتم تغيير تردد الإشارات الممثلة لهذه البرامج بحيث لا تتداخل مع بعضها عند الإرسال وإعادة هذه الإشارات إلى ترددتها الحقيقية في أجهزة الاستقبال (الكشف) ليتم سماع البرامج التي تمثلها.

2- ان تقنية التضمين تسهل متطلبات الارسال والاستقبال من الناحية العملية، ولتوضيح ذلك نتأمل حجم الهوائيات المطلوبة للارسال والاستقبال. لقد أُثبِتَ علميا إن الإرسال يكون كفؤا عندما يساوي طول الهوائي نصف طول الموجة المرسلة. فلإرسال إشارة تمثل معلومات الصوت بتردد (10) كيلوهيرتز مثلا فان طول الموجة λ يساوي سرعة الموجة الكهرومغناطيسية (سرعة الضوء) C الى التردد f .

$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{سرعة الموجة الكهرومغناطيسية}}{\text{التردد}} \qquad \lambda = \frac{C}{f}$$

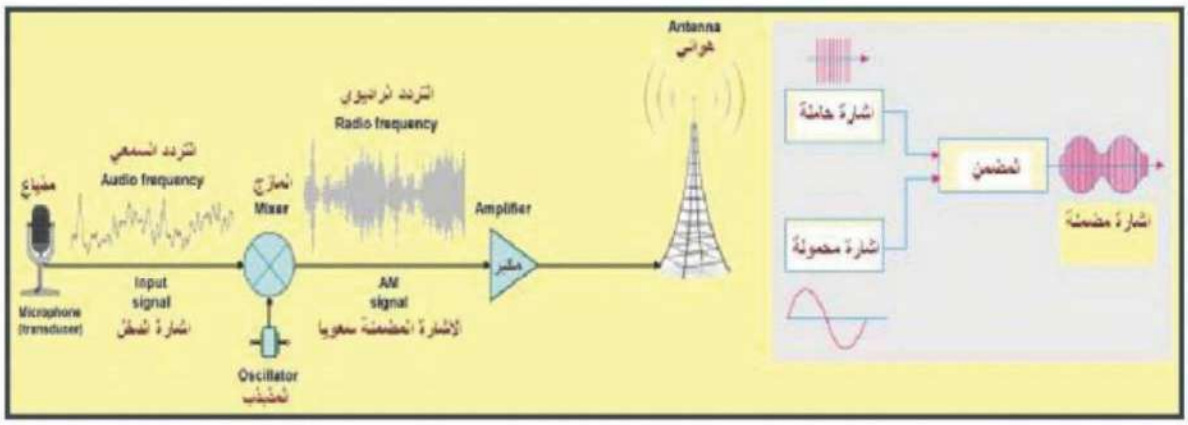
$$\lambda = \frac{3x10^8}{10x10^3} = 30Km$$

وبما ان طول الهوائي يساوي نصف الطول الموجي (λ) اذاً طول الهوائي يساوي 15 كيلومتر وهذا غير معقول من الناحية العملية، لهذا فان الحاجة الى رفع التردد يُعدُّ ضروريا، اذ يقلل من حجم الهوائيات. ويستعمل في كثير من الأحيان طول الهوائي يساوي ربع طول الموجة المرسلة. والشكل (4-3) يوضح هوائي الإرسال المستعمل في المحطات الإذاعية الراديوية (Radio Broadcasting). يستعمل التضمين غالبا موجة جيبية عالية التردد تسمى الموجة الحاملة (Carrier) تتولد من مذبذب للتردد الراديوي (RF Oscillator).



الشكل(4-3) هوائي الإرسال لمحطة راديوية

ومن الامثلة البسيطة على تطبيق هذا النوع من التضمين هو التكلم عبر مذياع (يحول الكلام الى اشارة كهربائية بالتردد السمعي) ذاهبا بعدها الى المازج ليتم مزجها مع الاشارة القادمة من المذبذب، والاشارة الخارجة هي اشارة مضمنة بعد ذلك تدخل الى مكبر وبعدها ترسل عن طريق الهوائي، لاحظ الشكل (4-4) .



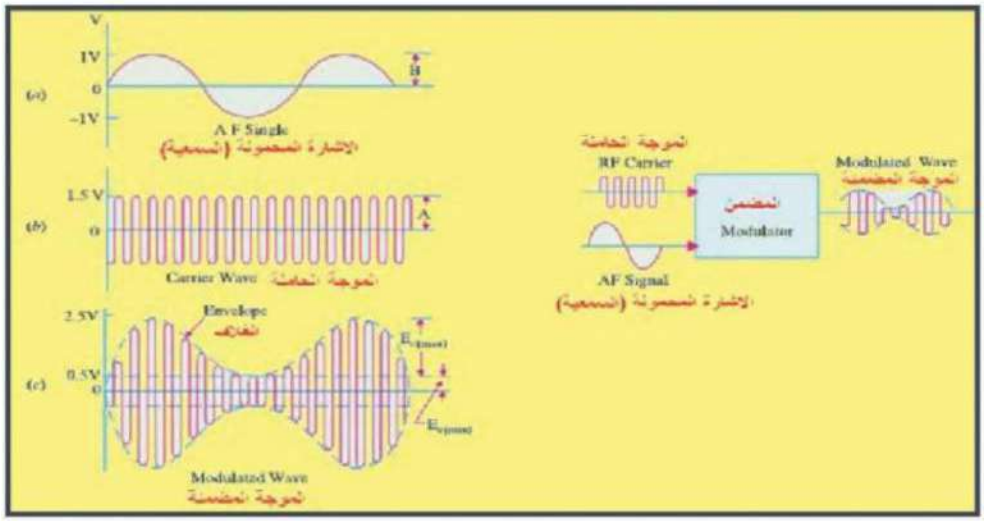
الشكل (4-4) توليد الموجة الحاملة

وتحمل المعلومات المراد إرسالها مثل إشارة الكلام والموسيقى والشفرات وغيرها والمتمثلة بإشارة ذات تردد قليل (اقل من تردد الاشارة الحاملة) وتسمى بالاشارة المحمولة (Modulating Signal). وتتلخص عملية التضمين بتغير احد معاملات الموجة الجيبية الحاملة (السعة Amplitude، التردد Frequency، الطور Phase) وفق التغير الحاصل في شدة الاشارة المحمولة التي تمثل المعلومات المراد نقلها. وبذلك يمكن القول ان هناك ثلاثة انواع من التضمين وهي :

1- تضمين الاتساع Amplitude Modulation (AM)
2- تضمين التردد Frequency Modulation (FM)
3- تضمين الطور Phase Modulation (PM)

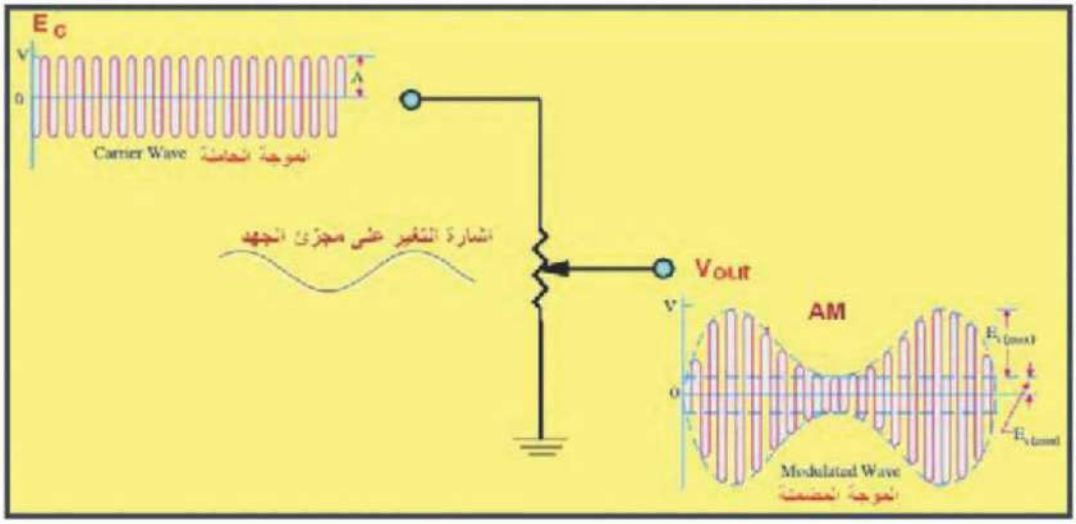
1- تضمين الاتساع : Amplitude Modulation (AM)

يعني هذا التضمين ان اتساع الموجة الحاملة العالية التردد يتغير او يسيطر عليه بوساطة اشارة المعلومات المحمولة القليلة التردد وكما مبين بالشكل (4-5).



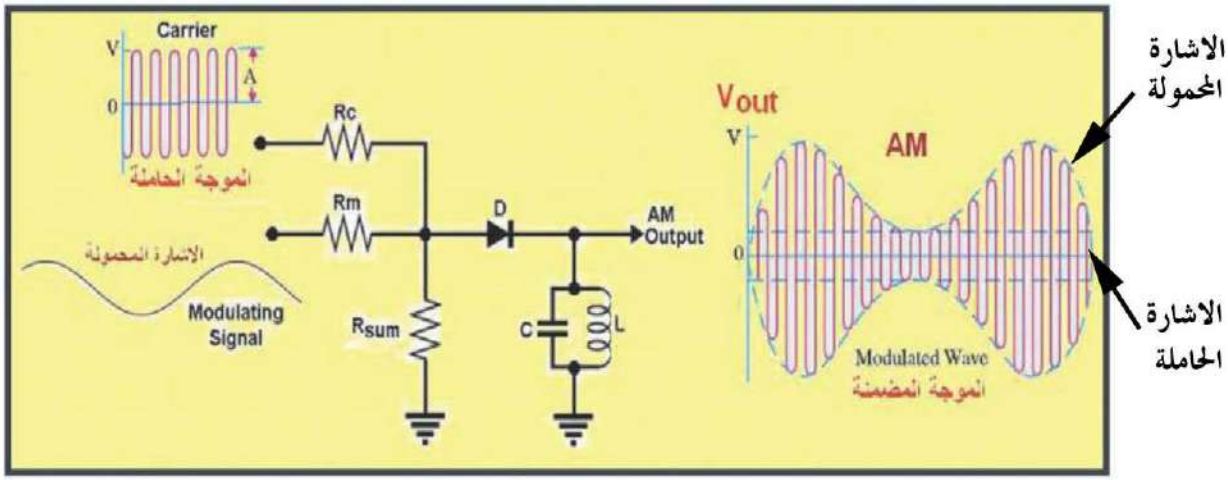
الشكل (4-5) التضمين السعوي

من الممكن فهم عملية الاتساع من الرسم الموضح في الشكل (4- 6) الذي يمثل مضمنا بسيطا (Simple Modulator). إذ تستعمل فيه موجة جيبية عالية التردد كأشارة داخلة الى مجزئ الجهد (Potentiometer)، لذا يعتمد اتساع الإشارة الخارجة على موقع النقطة الوسطية المتحركة في مجزئ الجهد وبتحريك هذه النقطة تدريجيا إلى الأعلى والى الأسفل نحصل على إشارة خارجة مضمنة تضميناً اتساعياً.



الشكل (4- 6) تضمين اتساع بسيط

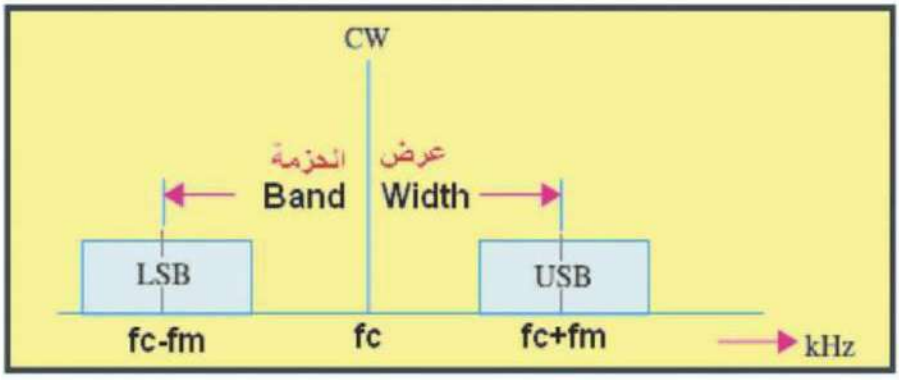
الشكل (4-7) يوضح تضمين اتساع بسيط جداً، وتتكون الدائرة من ثنائي و دائرة رنين وثلاث مقاومات، تمزج الإشارة الحاملة (Carrier) من المقاومة (R_C) مع الإشارة المحمولة (Modulating Signal) من المقاومة (R_M) بوساطة المقاومة (R_{sum}) وتوصل الإشارة بعد المزج إلى الثنائي لتقويم الإشارة بالانحياز الأمامي فتتغير سعة الإشارة طبقاً للإشارة المحمولة .



الشكل (4-7) تضمين اتساع بسيط

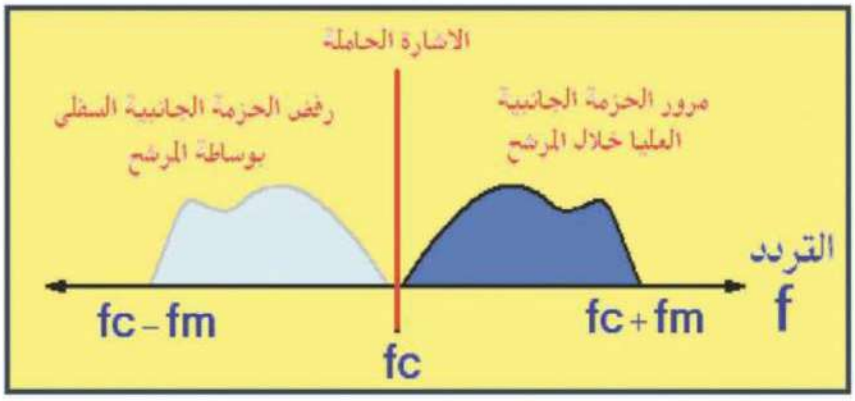
ان دائرة الرنين الموضحة في الشكل اعلاه عبارة عن مرشح حزمة منغمة على تردد الإشارة الحاملة فتسمح بمرور الإشارة المضمنة سعوياً AM (Amplitude Modulation) المكونة من تردد الإشارة الحاملة (Carrier) والحزمة الجانبية العليا USB (Upper Side Band) والحزمة الجانبية السفلى LSB (Lower Side Band).

عند تحليل الطيف الترددي للإشارة المضمنة تضميناً اتساعيا نلاحظ إنها تحتوي على ترددات تشمل تردد الإشارة الحاملة وحزمتين جانبيتين أحداهما أعلى من تردد الإشارة الحاملة بمقدار تردد الإشارة المحمولة وتسمى بالحزمة الجانبية العليا (USB)، والأخرى اقل من تردد الإشارة الحاملة بمقدار الإشارة المحمولة، وتسمى بالحزمة الجانبية السفلى (LSB) ، لاحظ الشكل (4-8).



الشكل (4-8) الإشارة الحاملة والحزمتان الجانبيتان

إن كل من الحزمتين الجانبيتين العليا والسفلى تحتويان المعلومات نفسها ، لهذا وفي كثير من أنظمة الاتصال يتم إلغاء إحدى الحزمتين والإرسال بحزمة جانبية واحدة ويسمى هذا النوع من الإرسال بحزمة جانبية واحدة Single Side Band (SSB). وفيه يتم الاستغلال الأمثل لقناة الاتصال، إذ يتم إرسال معلومات أخرى على تردد الحزمة الجانبية الأخرى الملغاة. لاحظ الشكل (4-9).



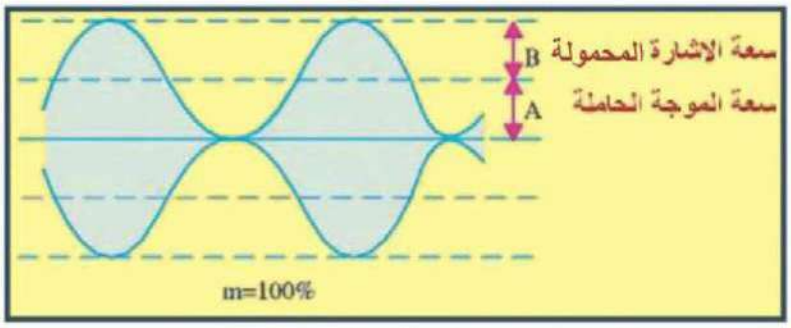
الشكل (4 – 9) ارسال حزمة جانبية منفردة SSB

نسبة التضمين : Percentage Modulation

وتسمى النسبة بين اتساع الاشارة المحمولة (Em) واتساع الإشارة الحاملة (Ec) بمعامل التضمين (Modulation Coefficient) ويرمز لها بالرمز (m) .

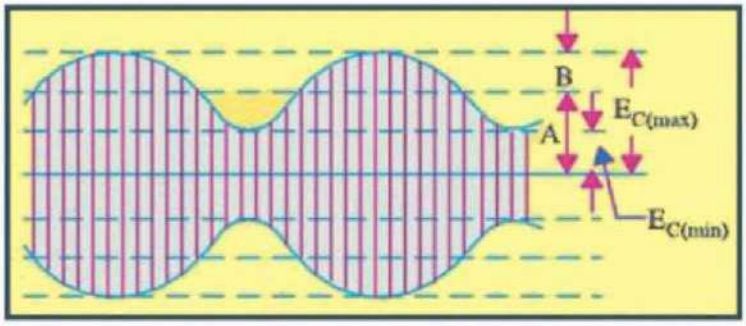
$$m = \frac{Em}{Ec}$$

وتسمى النسبة المئوية لمعامل التضمين بنسبة التضمين وتستعمل كدلالة على مقدار التضمين في الإشارة. فإذا كان اتساع الإشارة المحمولة يساوي نصف اتساع الإشارة الحاملة فان نسبة التضمين تساوي 50 % . واذا تساوى كل من اتساع الإشارتين فان نسبة التضمين تساوي 100%، لاحظ الشكل (4-10) وفيه الحرف A يبين سعة الموجة الحاملة بينما يمثل الحرف B سعة الإشارة المحمولة.



الشكل (4-10) نسبة التضمين 100%

أما في حالة زيادة اتساع الإشارة المحمولة إلى أكثر من اتساع الإشارة الحاملة فان نسبة التضمين (Percentage Modulation) تزداد إلى أكثر من 100 % ويحدث ما يسمى بالتضمين الفائض (Over Modulation) ، وهذه الحالة غير محبذة في منظومات الإرسال لان جزء من المعلومات سوف يفقد. ويمكن حساب معامل التضمين ونسبة التضمين من شكل الموجة المضمنة تضميناً اتساعياً. لاحظ الشكل (4- 11) .



الشكل(4- 11) إيجاد نسبة التضمين من الاشارة المضمنة

إذ ان معامل التضمين يساوي :

$$m = \frac{E_{c(max)} - E_{c(min)}}{E_{c(max)} + E_{c(min)}}$$

وان نسبة التضمين تساوي (m x 100%) .

$$M = m * 100\ \%$$

مثال 4. 1 :

احسب نسبة التضمين إذا كانت سعة الإشارة الحاملة A=1.5V وسعة الإشارة المحمولة B=1V .

الحل:

$$M = m*100\,\%$$

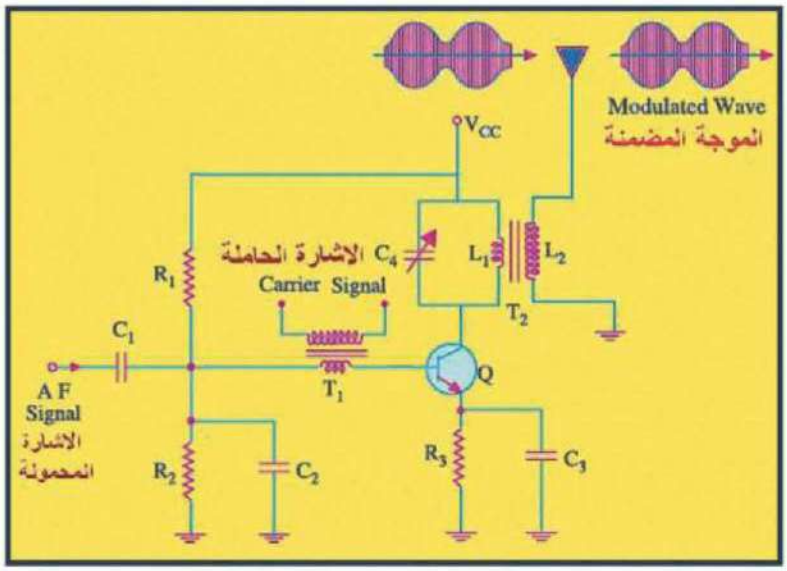
$$M = \frac{Em}{Ec} = \frac{B}{A} \times 100\%$$

$$M = \frac{1}{1.5} \times 100 = 66.7\%$$

3-4 دائرة الكترونية بسيطة لمضمن الاتساع :

الشكل (4-12) يمثل دائرة مضمن اتساع بسيطة ويستعمل فيها الترانزستور. تدخل الإشارة الحاملة إلى الترانزستور الموصل بطريقة الباعث المشترك وتقوم الدائرة بتكبير الإشارة الحاملة. إما الإشارة المحملة فتقوم بتغيير تيار الباعث أي تغيير انحياز الترانزستور، وبذلك يتغير التكبير وفقا لتغير هذه الإشارة.

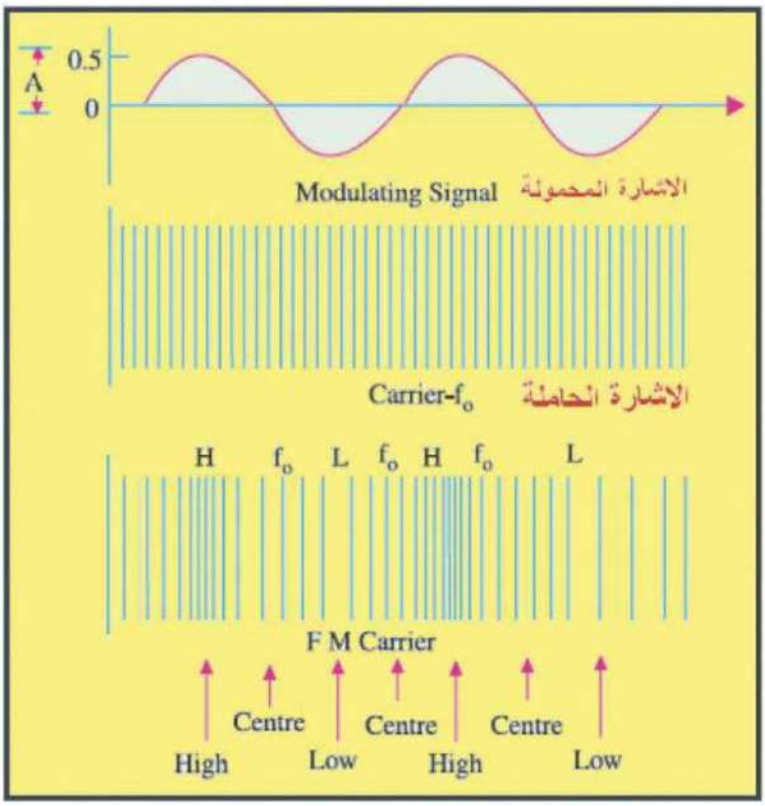
وعليه فان شكل الإشارة الخارجة يمثل شكل الإشارة الحاملة مكبرة وذات ربح يتغير وفقا لتغير الإشارة المحمولة. وعليه تظهر الإشارة الخارجة مضمنة تضمينا اتساعيا.



الشكل (4-12) الدائرة الالكترونية لمضمن اتساع AM

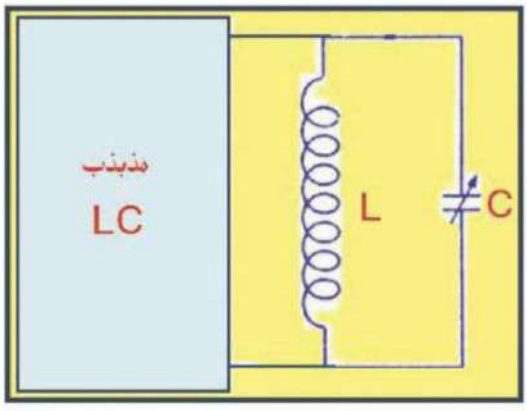
2- تضمين التردد: (Frequency Modulation) FM

في هذا النوع من التضمين يتم تغيير تردد الإشارة الحاملة تبعا لتغير الإشارة المحمولة على ان يبقى اتساع الاشارة الحاملة ثابتا كما في الشكل (4-13) .



الشكل (4-13) الاشارة بالتضمين الترددي

اما الفكرة الاساسية التي يعمل عليها مضمن التردد فتعتمد على تغير سعة متسعة مكونة لـدائرة رنـين فـي مذبذب من نوع (LC)، لاحظ الشكل (4-14).



الشكل(4-14) دائرة الرنين تحدد الاشارة بالتضمين الترددي

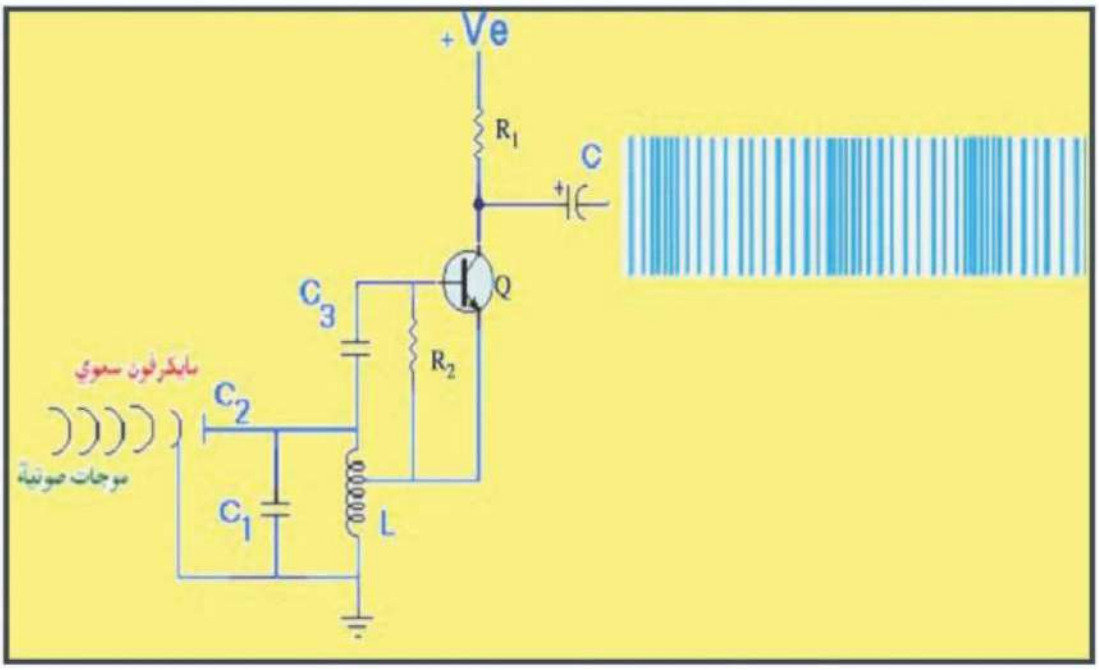
نلاحظ من الشكل اعلاه ان قيمة المتسعة (C) اذا كانت ثابتة فان المذبذب سوف يولد موجة جيبيـة ذات تردد ثابت، وعند تغير سعة المتسعة سوف يزداد ويقل التردد. فاذا جعلنا سعة هذه المتسعة تتغير وفقا لتغير الاشارة المحمولة فاننا سوف نحصل على الاشارة المضمنة تضمينا ترديا (FM) . الشـكل (4-15) يمثـل دائرة مضمن تردد (FM Circuit) وهي عبارة عن مذبذب من نوع (LC) ودائرة الرنين فيها مكونـة مـن

الملف (L) والمتسعة (C_1) والمايكرفون السعوي (C_2) الذي يمثل متسعة تتغير سعتها بتغير شدة الصوت الساقط عليها.

وعند سقوط موجات الصوت على المايكرفون السعوي يتغير تردد الاشارة الخارجة من المذبذب. وان مقدار هذا التردد يعتمد على شدة الصوت الساقط وبهذا تكون الاشارة الخارجة اشارة مضمنة ترددياً، لان تردد الاشارة الحاملة المتمثلة بتردد اشارة المذبذب يتغير تبعا لتغير شدة اشارة المعلومات المراد تضمينها.

وتمتاز الاشارة المضمنة تضمينا ترددياً بتاثرها باشارة الضوضاء بمختلف انواعها يكون اقل من تاثر الاشارات المضمنة سعوياً، اذ ان اشارة الضوضاء تؤثر في اتساع الاشارة المرسلة، وان تغير الاتساع في التضمين الترددي ليس له تاثير كما هو الحال في التضمين السعوي.

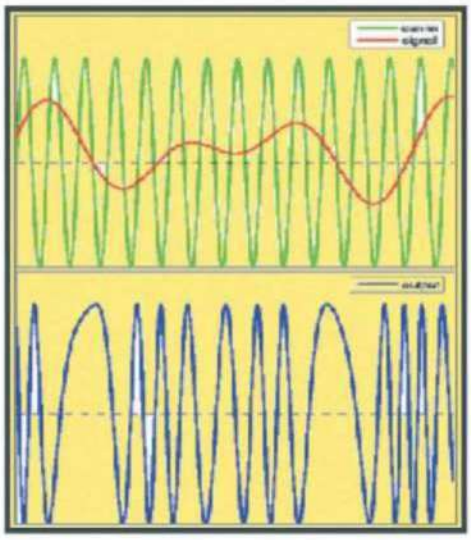
ومن مساوئ التضمين الترددي انه يحتاج الى عرض حزمة اكبر مما تحتاجه الاشارة المضمنة سعوياً.



الشكل (4–15) الدائرة الالكترونية لمضمن تردد FM

3- تضمين الطور : PM (Phase Modulation)

يُعدُّ تضمين الطور(PM) Phase Modulation أحد أشكال التضمين التي تظهر المعلومات في شكل تغيرات في طور الموجة الحاملة. لاحظ الشكل (4–16).



الشكل(4-16) تضمين الطور

يتميز هذا النوع من التضمين بالتوافق بين مزايا التضمين السعوي والتضمين الترددي، إذ يحافظ على جودة الإشارة بعرض حزمة أقل مما هو مستعمل في التضمين الترددي.

4-2 الكشف : Demodulation

هو عملية استخلاص الإشارة المحمولة (المعلومات) من الإشارة المضمنة (Modulated) والتخلص من تردد الإشارة الحاملة (Carrier). ويُعدُ الكاشف الثنائي البلوري (Crystal Diode) الأكثر استعمالاً للكشف عن إشارة المعلومات المرسلة ويصنع من الجرمانيوم او السيليكون ويوضع وسط غلاف زجاجي لاحظ الشكل (4-17). وفي الدوائر المدمجة يخصص جزء منها لثنائي الكاشف.

الشكل (4-17) الكاشف البلوري

ومن أنواع الكشف هي:

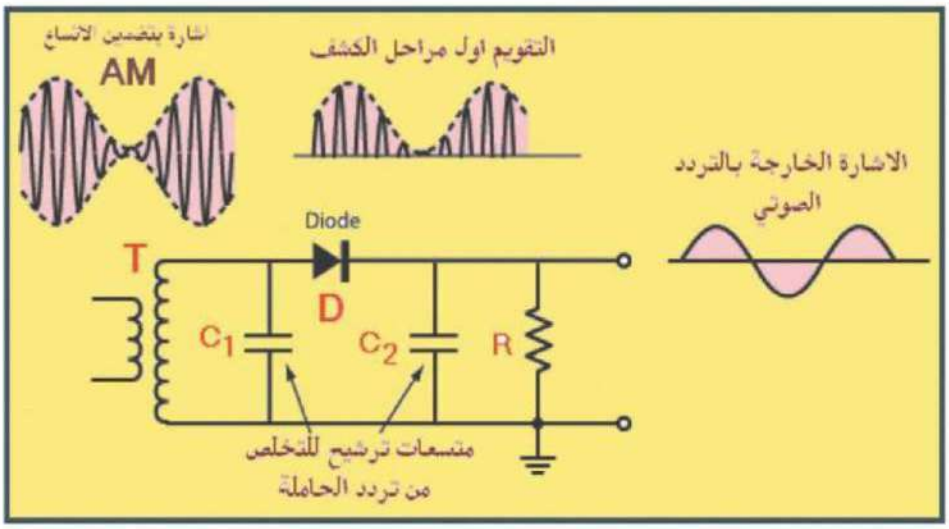
1- كاشف تضمين الاتساع .

2- كاشف تضمين التردد.

3- كاشف تضمين الطور.

1- كاشف تضمين الاتساع : Amplitude Demodulation

في الدائرة الموضحة بالشكل (4-18) يسمح الثنائي (D) بمرور التغيرات السعوية، ويُعدُّ التقويم (Rectification) أول مراحل الكشف ويجب أن تكون كفاءة الكشف أعظم ما يمكن بدون تشويه وتكون مقاومة الحمل (R) اكبر بكثير من مقاومة الانحياز الأمامي للثنائي(re) .



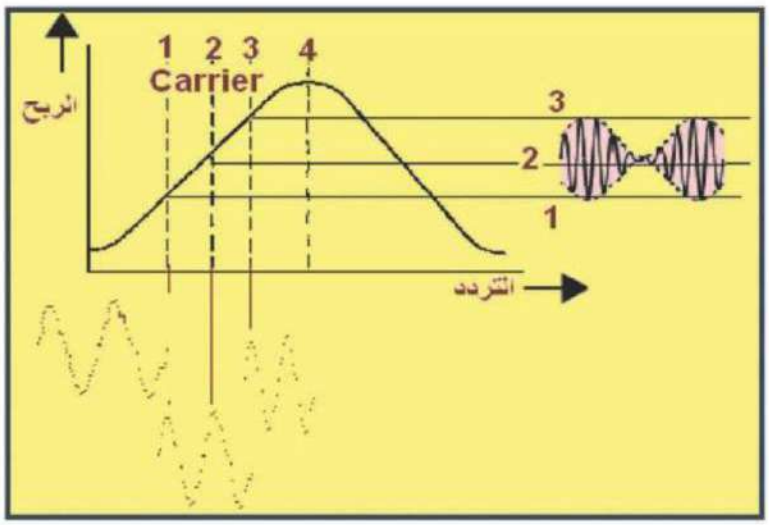
الشكل (4-18) الدائرة الالكترونية لكاشف تضمين الاتساع

تتخلص المتسعتين (C_1) و (C_2) من تردد الإشارة الحاملة بالتردد العالي إلى الأرضي وتعملان كمرشح (Filter)، وبمرور التيار خلال المقاومة (R) يظهر فرق جهد على أطرافها يمثل الإشارة الخارجة المكشوفة، وهي عبارة عن إشارة معلومات مرسلة بالتردد الواطئ مثل إشارة بالتردد الصوتي او إشارة صورية وغيرها.

2- كاشف تضمين التردد : Frequency Demodulation

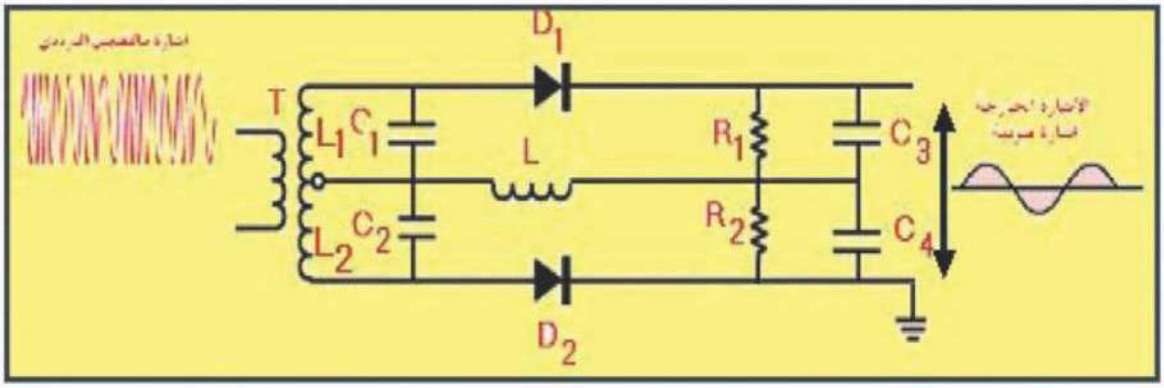
الهدف الأساسي من استعمال كاشف التضمين الترددي هو الحصول على جهد يتناسب مع انحراف التردد في الإشارة المضمنة باستعمال دوائر الرنين المنغمة على تردد الإشارة الحاملة (تردد الرنين) وأعلى وأقل من هذا التردد، ويكون اتساع جهد الخرج متغيراً مع تردد الحزم الجانبية (تصبح بتضمين الاتساع) لاحظ الشكل (4-19).

وبتجهيز هذه الاشارة الى الثنائيات يتم الكشف عن الاشارة المحمولة (المعلومات) .



الشكل(4–19) منحي يوضح الكشف بالتضمين الاتساعي

والدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (4–20) عبارة عن دائرة كاشف تضمين التردد من نوع المميز (Discriminator). تنغم دائرتي الرنين (L_1, C_1 و L_2, C_2) على تردد الموجة الحاملة. وبتسليط هذا التردد يظهر على كل من الملفين (L_1 و L_2) فولتية متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتجاه بسبب النقطة الوسطية للملف الثانوي للمحولة T. بعد التقويم للثنائيين (D_2, D_1) يظهر جهد على (R_2, R_1) متساوين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه أي ان محصلتهما تساوي صفر.

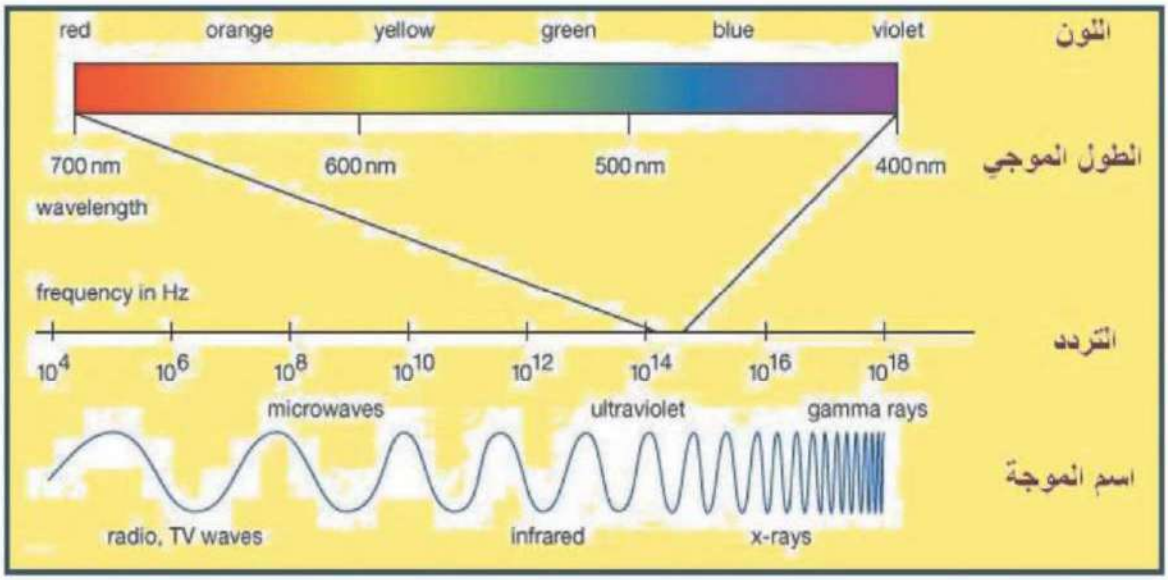


الشكل (4–20) الدائرة الالكترونية لكاشف تضمين التردد

عند تضمين الموجة أعلى أو أقل من تردد الموجة الحاملة نلاحظ الاختلاف بين مقدار الجهدين على الثنائيين، لذلك يصبح الجهدان على المقاومتين (R_1, R_2) غير متساويتين فيكون جهد الإخراج عبارة عن الفرق بين جهديهما. وقد يكون الجهد الخارج موجباً أو سالباً يمثل الإشارة الخارجة وهي الإشارة المحمولة (المعلومات).

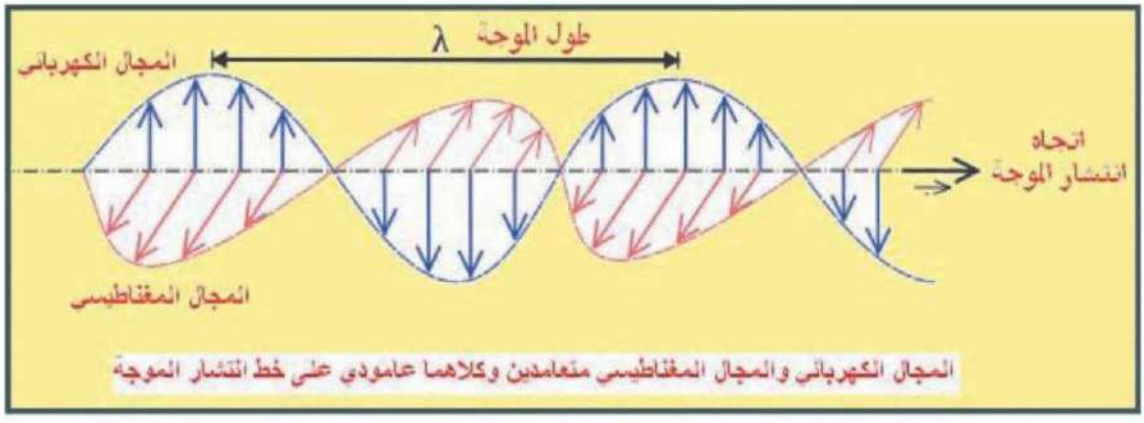
4-3 الإرسال والاستقبال الراديوي :

الموجات الراديوية (Radio Wave) هي جزء من طيف الموجات الكهرومغناطيسية بطول موجي أعلى من الأشعة تحت الحمراء، وتستعمل في البث الإذاعي والتلفزيوني واتصالات الهاتف الخلوي والملاحة. والشكل (4-21) يوضح الطيف الترددي للموجات الكهرومغناطيسية.



الشكل (4 - 21) الطيف الترددي للموجات الكهرومغناطيسية

الانتشار الكهرومغناطيسي هو انتشار الموجات الكهرومغناطيسية بمركباتها الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء. ويتم هذا الانتشار مع اهتزاز المجالين الكهربائي والمغناطيسي، بحيث يشكلان زوايا قائمة مع بعضها البعض ومع اتجاه انتشار الموجة، لاحظ الشكل(4-22).



الشكل(4-22) الانتشار الكهرومغناطيسي

تقوم الموجات الكهرومغناطيسية بنشر الطاقة في الفراغ أو من خلال المواد الشفافة مثل الزجاج. وتختلف الموجات الكهرومغناطيسية تماما عن موجات الصوت، لان الموجات الصوتية تحتاج إلى وسط مادي للانتشار مثل الماء والهواء والمعادن وغيرها، بينما الموجات الكهرومغناطيسية مثل الضوء فهي لاتحتاج لوسط مادي لتنتقل فيه مثل إنتقال أشعة الشمس في الفراغ.

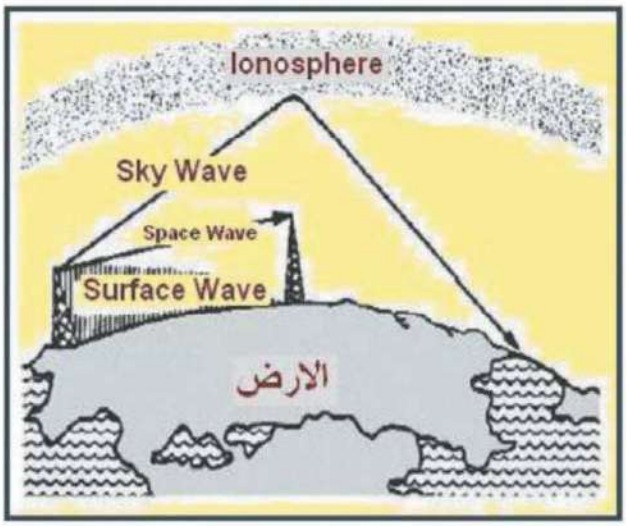
يبلغ الطول الموجي لموجات الراديو بين عدة سنتيمترات إلى مئات الأمتار، فاختلاف الترددات لتلك الموجات يعطي خصائص مختلفة للانتشار في الغلاف الجوي. وهناك أربعة أنماط تنتشر فيها الموجات الكهرومغناطيسية بين نقطتي الإرسال والاستقبال وهي :

1- الموجات الأرضية(Ground Waves)

2- الموجات المنعكسة من طبقات الجو العليا (Sky Waves)

3- الموجات المنتشرة بشكل خط مستقيم(Space Waves)

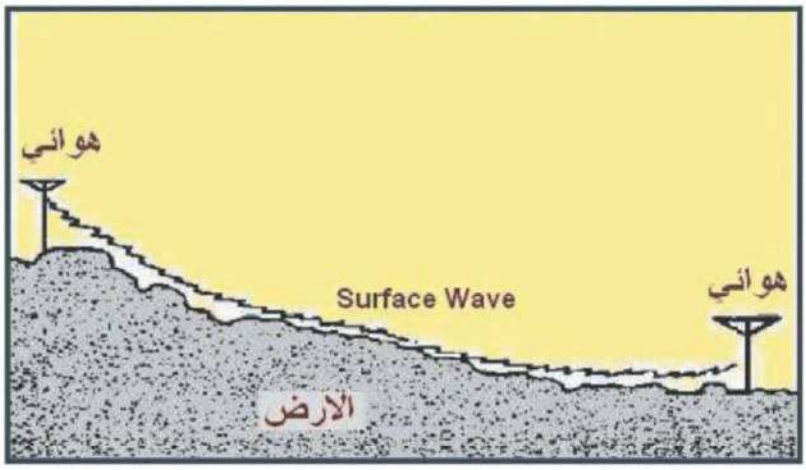
4- الموجات المنتشرة عبر الأقمار الاصطناعية، لاحظ الشكل (4-23).



الشكل (4 - 23) انتشار الموجات

1- **الموجات الأرضية :** وهي موجات راديوية تنتشر على سطح الأرض ويكون فيها المجال الكهربائي عمودياً على سطح الأرض كي لا يحدث قصر (Short) اذا كان المجال الكهربائي افقياً. تتأثر الموجات الارضية بالعوارض مثل الأبنية والمرتفعات وغيرها الموجودة على سطح الأرض، وتنتقل مع اضمحلال قليل في طاقتها عندما تنتقل على سطح موصل مثل ماء البحر المالح مثلاً. ويكون اضمحلالها كبيراً عندما تنتقل خلال سطح أرض جافة. تزداد الخسائر في طاقة

الموجات الأرضية بزيادة تردد هذه الموجات، وتصبح الخسائر في الطاقة كبيرة عندما يصل التـــردد إلى أكثر من (2MHz). وتمتاز هذه الموجات بأنها لا تتأثر بفصول الســـنة او الوقـــت وتســـتطيع الوصول إلى أي نقطة على سطح الأرض إذا كانت قدرة الإرسال عالية والتردد قليلاً. لاحظ الشكل (4-24).

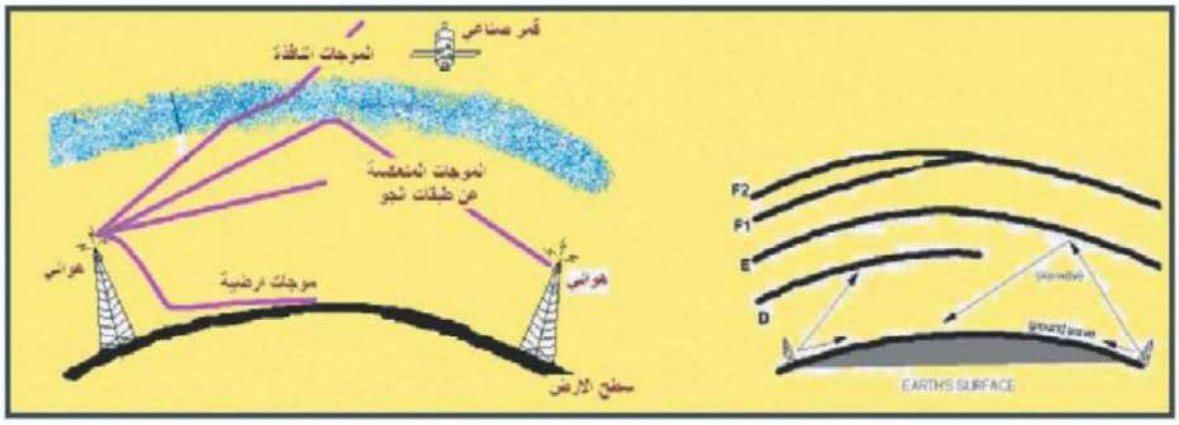


الشكل (4 -24) الموجات الأرضية

2- الموجات المنعكسة عن طبقات الجو العليا : Sky Waves

عندما يتم توجيه الموجات الكهرومغناطيسية إلى طبقة الايونوسفير تنعكس الموجات من هذه الطبقة متجهة إلى نقطة أخرى على الأرض يتم فيها الاستقبال.

وتقسم طبقة الايونوسفير إلى طبقات عديدة وهي : الطبقة السفلى (D)، والطبقـــة المتوســـطة (E)، والطبقـــة العليا (F)، لاحظ الشكل(4-25).



الشكل (4-25) طبقات الغلاف الجوي

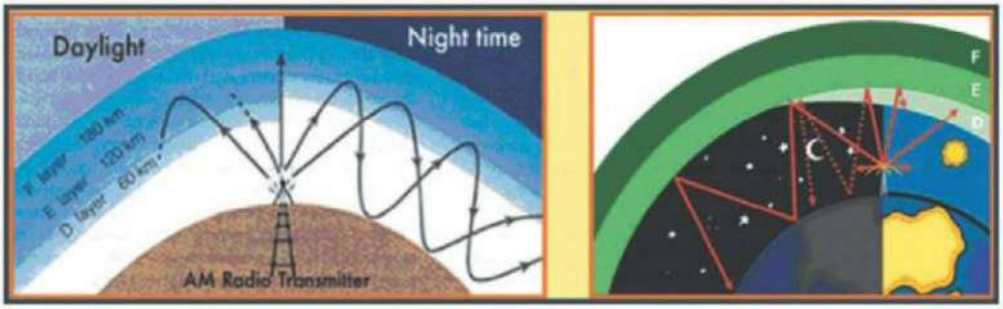
وعند تعرض هذه الطبقات إلى أشعة الشمس تتأين ذرات الهواء المكونة لها ويكون تأين الطبقة العليا أكثر من تأين الطبقتين الوسطى والسفلى، لأنها اقرب إلى الشمس.

ولدراسة هذه الطبقات نوضح ما يأتي:

1- **طبقة الآيونوسفير السفلى (D)** : تبعد عن الأرض مسافة تتراوح بين Km(60-25)، وهذه الطبقة لها القابلية على عكس الموجات ذات الترددات القليلة وتختفي هذه الطبقة عند الغروب لأنها تفقد تأينها.

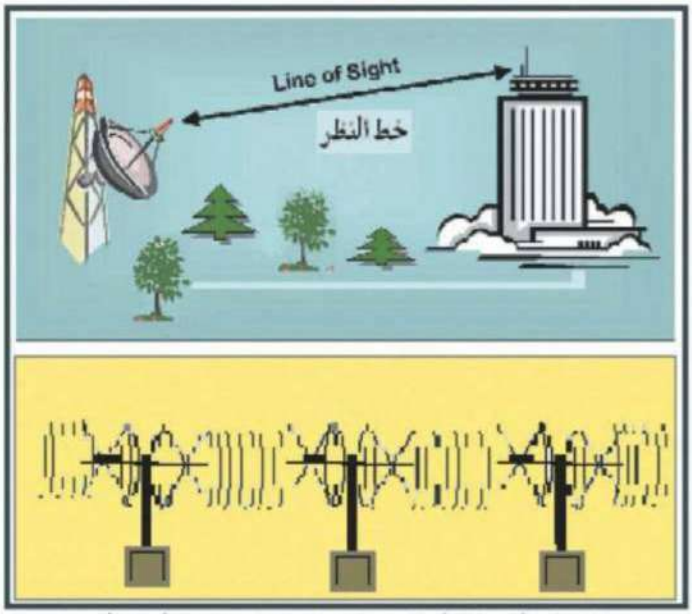
2- **طبقة الايونوسفير الوسطى (E)** : تبعد بين Km(120-60) عن سطح الأرض ويبدأ تأين هذه الطبقة بالتناقص مع غروب الشمس وتبقى في منتصف الليل، وتقوم هذه الطبقة بعكس الموجات ذات تردد أعلى من تلك الموجات المنعكسة من الطبقة (D) حيث تصل إلى MHz(20) .

3- **طبقة الايونوسفير العليا (F)** : تبعد Km(180-120) عن سطح الارض ويكون تأين هذه المنطقة عالياً جداً خلال ساعات النهار ويبدأ بالتناقص في الليل، ولكنه لا ينتهي، اذ يستمر طوال الليل ويتجدد في النهار التالي وهكذا تستمر هذه الطبقة بعكس الموجات الكهرومغناطيسية طوال اليوم. ويصل تردد الموجات التي تعكسها هذه الطبقة الى MHz(30). الشكل(4-26) يوضح طبقات الايونوسفير.



الشكل (2-26) انتشار الموجات الكهرومغناطيسية عبر طبقة الايونوسفير

3-الموجات المنتشرة بشكل خط مستقيم : Space Waves



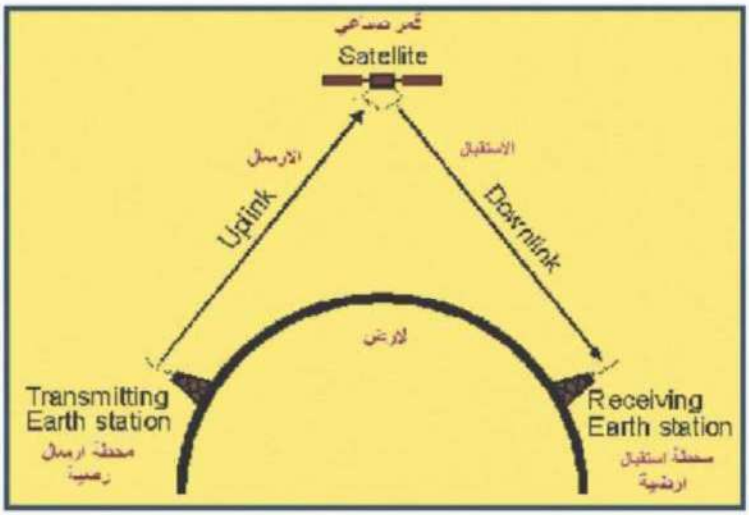
الشكل (4-27) الموجات المنتشرة بخط النظر

تتحدد المسافة المقطوعة للموجات المنتشرة في الفضاء بخطوط مستقيمة باتجاه خط النظر (Line of Sight)، اذ إن كروية الأرض تمنع انتقالها إلى مسافات بعيدة جداً، لذلك يتم اللجوء الى زيادة ارتفاع كل من هوائي الإرسال والاستقبال ولكن من الناحية العملية لا يمكن زيادة الهوائيات الى ارتفاعات شاهقة جداً لهذا لا تنتشر الموجات بهذا النمط اكثر من Km(70)، وهي مستعملة في الإرسال التلفزيوني ومنظومة

الموجات الدقيقة المايكروويف. لاحظ الشكل(4-27).

4- الموجات المنتشرة عبر الاقمار الاصطناعية :

الانتشار عن طريق الأقمار الاصطناعية فيتم بوضع القمر الصناعي في مدار محدود فوق الأرض بارتفاع (23000) ميل أي في حدود (35000)Km عن سطح الأرض. ويشتمل القمر الصناعي على هوائيات وعدة أجهزة لاستقبال المعلومات من الأرض وتكبيرها ثم بثها إلى أي نقطة معينة على الأرض. ويغطي سطح القمر الصناعي خلايا شمسية دقيقة جدا تقوم بتجهيز القمر الصناعي بالطاقة الكهربائية، وتصل سرعة نقل البيانات من (356) كيلوبت إلى (100) مليون بت في الثانية الواحدة، لاحظ الشكل(4-28).



الشكل(4-28) الانتشار عن طريق الأقمار الاصطناعية

4-4 أجهزة الاستقبال الراديوية (Radio Recevier)

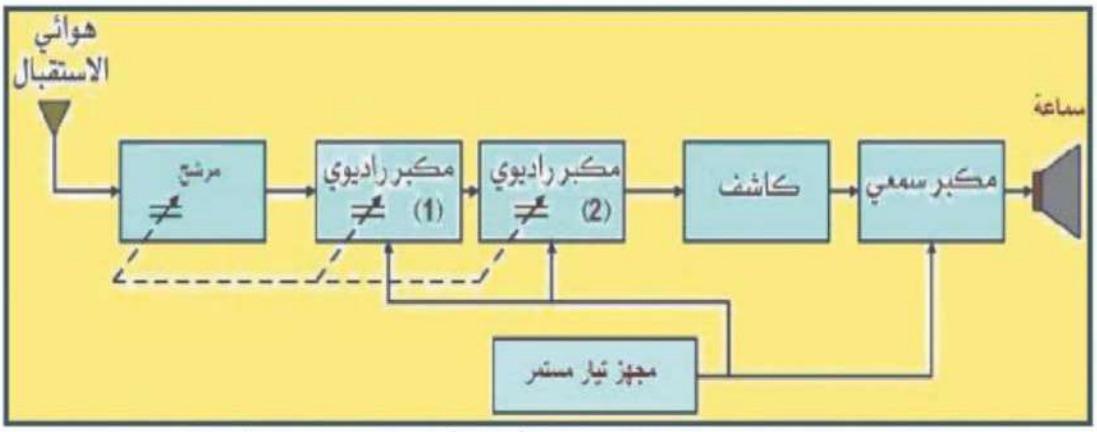
تمكن العالم (ماركوني1887-1937) من استعمال الموجات الكهرومغناطيسية في الارسال، وقد استعمل جهاز إرسال مع هوائي لنقل الإشارات لمسافات بعيدة فأرسل عام (1901) إشارات عبر الأطلسي، فكان يوما عظيماً في تاريخ الاتصالات اللاسلكية.

وفي عام (1920) ظهرت الإذاعة وأجهزة الراديو باستعمال الموجات المتوسطة بتضمين الاتساع بالتردد من (535-1700)KHz. وفي بداية الثلاثينيات تم استعمال الموجات القصيرة بالتردد (26.1-5.9)MHz.

وفي الإذاعات التي تستعمل التضمين الترددي FM يكون التردد بين MHz(88-108).

4-4-1 جهاز الاستقبال البسيط (Simple Radio Receiver) :

ان المخطط الكتلوي المبين في الشكل (4 – 29) يوضح المراحل الأساسية لجهاز الاستقبال البسيط .



الشكل (4 - 29) المراحل الأساسية لجهاز الاستقبال البسيط

يقوم الهوائي بتحويل طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المنتشرة بالجو الى اشارة كهربائية. ويتم اختيار اشارة المحطة المراد استقبالها بوساطة دائرة التنغيم، وهي عبارة عن دائرة رنين. ويلي دائرة التنغيم عدة مراحل من مكبرات التردد الراديوي التي تنغم ايضا على تردد المحطة المستقبلة. وان سبب استعمال عدة مراحل لتكبير الاشارة الراديوية يعود الى كون الكاشف يحتاج الى اشارة دخول ذات مستوى عالٍ نسبيا.

ويقوم الكاشف باستخلاص اشارة معلومات الصوت عن الاشارة الحاملة وتغذيتها الى مكبر تردد صوتي (AF Amplifier)، الذي يقوم بدوره بتكبير اشارة معلومات الصوت فقط وتغذيتها الى السماعة.

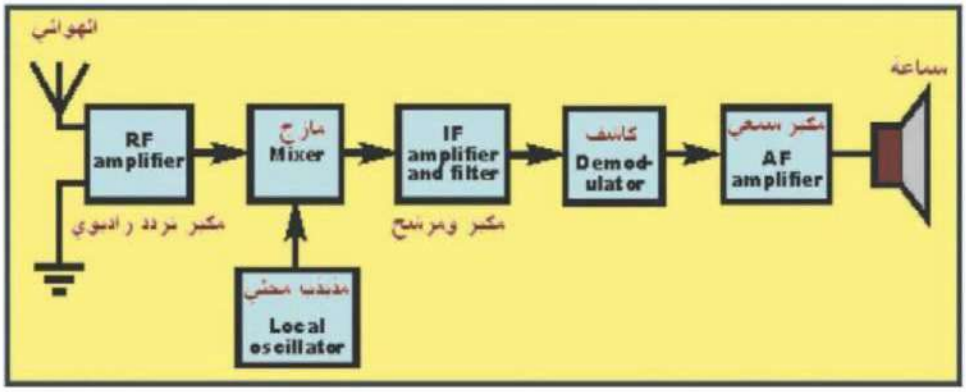
4-4-2 مساوئ استعمال جهاز الاستقبال البسيط :

في اجهزة الاستقبال الحساسة نحتاج الى ربح يصل (10^8). إذ ان (10^4) يتم الحصول عليه قبل الكشف (في مرحلة التردد العالي) و(10^4) في مرحلة التردد العالي بعد الكاشف. وقد يصعب الحصول على هذا التكبير من مكبرات متصلة على التوالي (Cascade)، وذلك لعدم استقرار المكبرات الراديوية ذات الربح العالي. وللحصول على استقبال منتظم لعدد من المحطات فان الربح لكل مرحلة يجب ان يكون منخفضا (20 للترددات المنخفضة الصوتية و 2 للترددات الراديوية المرتفعة)، وهذا يتطلب عدد كبير من المراحل.

وللتغلب على هذه الصعوبات فان تكبير الترددات الراديوية عند الاستقبال يقسم الى مرحلتين. ويتم تكبير كل منهما بتردد مختلف وذلك بالاستفادة من مبدأ تغيير التردد او ما يسمى بالهيترودين (Heterodyning). أي أنه يغير التردد الحامل للإشارة المضمنة الداخلة إلى تردد ثابت منخفض يسمى بالتردد الوسيط (IF)، وبذلك يصبح التكبير اسهل بشرط ان تبقى صفات التضمين على حالتها حتى بعد تغيير التردد.

4-4-3 جهاز الاستقبال السوبرهيتروداين: (Superhetrodyne Receiver)

إن مشكلة تغير الانتقائية في جهاز الراديو البسيط جعل العلماء يفكرون في تطويره إلى الراديو السوبرهيتروداين الذي ظهر عام 1930 وما تزال جميع أجهزة الاستقبال الراديوي تعمل بهذا النظام الراديوي لحد الآن مما يدل على جودة هذا النظام . الشكل (4-30) يوضح مخططا كتلوياً لجهاز الاستقبال السوبرهيتروداين .



الشكل (4-30) مخطط كتلوي لراديو سوبرهتروداين يعمل بتضمين الاتساع

كما نلاحظ من الشكل اعلاه ان هناك ثلاث مراحل جديدة قد أضيفت الى جهاز الراديو البسيط الذي تطرقنا له سابقا. هذه المراحل هي المذبذب المحلي (Local Oscillator) والمازج (Mixer) ومكبر التردد الوسيط (IF Amplifier). وان الهدف من هذا التصميم هو إضافة مرحلة مكبر التردد الوسيط الذي يتم فيه الجزء الأعظم من عملية تكبير الإشارة.

وتمثل المرحلة الأولى في المخطط الكتلوي دائرة مكبر التردد الراديوي والتي قد لا تستعمل في بعض الأحيان وخاصة أذا كانت نسبة الإشارة إلى الضوضاء في الهوائي مرتفعة نسبيا. والمرحلة الأخرى هي المازج إذ تدخل عليه إشارتان أحداهما قادمة من الهوائي أو خارجة من مكبر التردد الراديوي والأخرى قادمة من مرحلة المذبذب المحلي.

ويقوم المازج بخلط الإشارتين وإخراج إشارة ترددها يساوي حاصل جمع أوحاصل طرح تردد الإشارتين الداخلتين. والمرحلة الأخرى هي مرحلة مكبر التردد الوسيط التي تعطي تكبيراً للإشارة على عرض حزمة ثابت. ويتراوح التردد الوسيط بين KHz(465 - 455).

وبعد مرحلة مكبر التردد الوسيط يأتي الكاشف الذي يقوم بفصل معلومات إشارة الصوت عن الإشارة الحاملة ثم يغذيها إلى مرحلة مكبر التردد الصوتي وتغذى إلى السماعة. ويؤخذ تيار مستمر تعتمد شدته على شدة الإشارة الداخلة ويغذى عكسيا إلى كل من مكبر التردد الوسيط ومكبر الترددات الراديوي.

وتسمى الدائرة التي تقوم بهذه الوظيفة بدائرة منظم الفولتية ذاتياً (AVC) . وتعمل هذه المرحلة على تثبيت مستوى الإشارة الخارجة مهما تغير مستوى الإشارة الداخلة وذلك للمحافظة على سماع صوت ثابت الشدة

مهما ابتعد او قرب جهاز الاستقبال من محطة الإرسال او في حالة حصول تغيّر في مستوى الإشارة الداخلة نتيجة للظروف الجوية.

4-4-4 مبدأ تغير التردد في راديو السوبرهيتروداين :

لقد ذكرنا ان المازج يقوم بتحويل التردد، إذ تدخل عليه إشارتان أحداهما قادمة من مكبر التردد الراديوي والأخرى من المذبذب المحلي. ويكون تردد المذبذب المحلي عادة اعلى من تردد الإشارة الراديوية القادمة من الهوائي بمقدار التردد الوسيط، ولذا جاءت كلمة (سوبر). علما ان السبب في جعل تردد المذبذب المحلي أعلى من تردد إشارة الهوائي، وليس العكس ليتسنى للجهاز استقبال الموجات الطويلة التي يكون اعلى تردد لها KHz (300) اي اقل من التردد الوسيط.

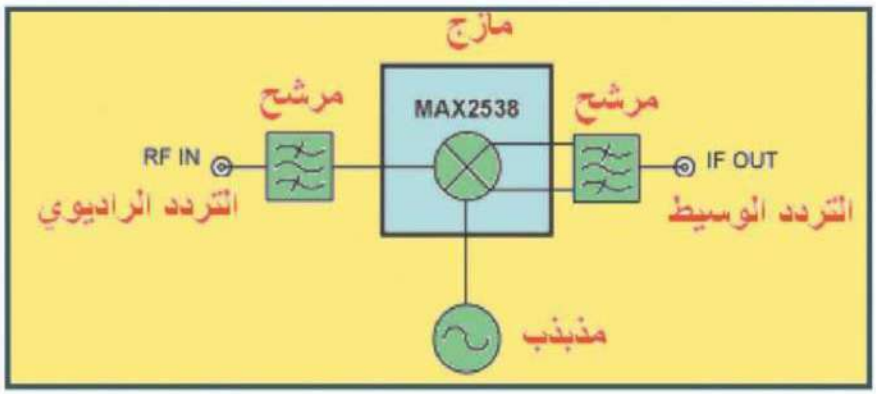
ولفهم حقيقة ما يحصل في المازج لاحظ الشكل (4-31)، فالإشارة الداخلة الى المازج هي إشارة ترددها KHz (1) مضمنة سعويا (AM) بإشارة جيبيه ترددها KHz(1000) أي أنها تحتوي على حزمتين جانبيتين أحداهما بتردد KHz (999) والأخرى بتردد KHz (1001). وتردد المذبذب المحلي KHz (1455) وعليه فالإشارة الخارجة من المازج سوف تحتوي على الترددات الآتية :

1- جميع الترددات الأصلية الداخلة KHz (999 ، 1000 ، 1001 ، 1455).

2- جمع وطرح الترددات لجميع الاشارات الداخلة: KHz (1001، 1000، 999) ±1455 وناتج هذه العملية هو : KHz (2454 ، 2455 ، 2456 ، 454 ، 455 ، 456).

المرحلة الأولى لمكبر التردد الوسيط تكون منغمة على تردد KHz (455) وبعرض حزمة KHz (2) وهذا المكبر يعمل على تكبير الحزمة الواقعة بين KHz (456 - 454) فقط.

إذاً فالإشارة بعد مرحلة التردد الوسيط تشبه الإشارة القادمة من الهوائي من حيث التعديل السعوي ولكن تردد الإشارة الحاملة انخفض من KHz(1000) الىKHz (455) ، لاحظ الشكل (4-31).



الشكل (4-31) تغيير التردد في راديو سوبرهتروداين

6-4-4 التردد الصوري : Image Frequency

لقد أوضحنا ان الراديو السوبرهيتروداين يمتاز عن الراديو البسيط بكون الانتقائية فيه ثابتة على مدى من الترددات. إذ يمكننا استنتاج ذلك إذا عرفنا أن معظم التكبير يتم في مرحلة مكبر التردد الوسيط . ومن مساوئه ان تركيبه معقد وكذلك فان عملية تحويل التردد من المازج تسمح لبعض الترددات ان تدخل الى مكبر التردد الوسيط في ان واحد ويحدث تداخل بينهما.

ومثال على ذلك نتامل مستقبلا منغما على محطة ترددها (20) ميكا هيرتز ويستعمل مكبر تردد وسيط منغم على تردد (1) ميكا هيرتز. وفي هذه الحالة يكون تردد المذبذب المحلي (21) ميكا هيرتز للحصول على (1) ميكا هيرتز تردد وسيط. فاذا كان هناك بث على محطة ترددها (22) ميكا هيرتز من الممكن لهذه المحطة ان تستقبل من قبل المازج عن طريق الهوائي وتمتزج مع اشارة المذبذب المحلي ويكون تذبذب احد مركبات الاشارة الخارجة من المازج (1) ميكا هيرتز.

وبذلك سوف تدخل مرحلة مكبر التردد الوسيط اشارتان ترددهما (1) ميكا هيرتز احداهما ناتجة من المحطة التي تبث على التردد (21) ميكا هيرتز والاخرى من المحطة التي تبث على التردد (22) ميكا هيرتز. ويسمى تردد المحطة التي تبث على التردد (22) ميكا هيرتز بالتردد المشابه.

مثال :

حدد التردد الصوري Image Frequency لجهاز استقبال عادي يستلم محطة ترددها (620) كيلو هيرتز.

الحل :

لما كان التردد الوسيط يساوي 455 كيلو هيرتز، وعليه فان تردد المذبذب المحلي f_L يساوي:

$$f_L = (620 + 455)KHz$$

$$f_L = 1075KHz$$

وألان نحدد أي تردد يمتزج مع الإشارة 1075 كيلو هيرتز للحصول على 455 كيلو هيرتز ولنفرضه X :

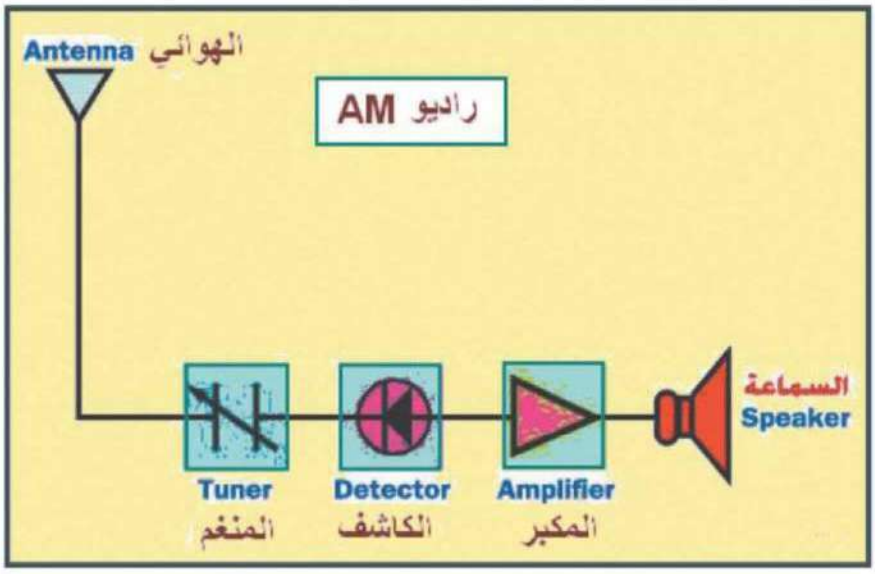
$$X = (1075 + 455)\ KHz$$

$$X = 1530\ KHz$$

7-4-4 استقبال إذاعة الراديو AM :

يقوم جهاز الراديو استقبـــال موجة الـــ AM مثلاً الموجة ذات التردد (680KHz) والاستماع الـــى مايقوله مقدم البرامج على هذا التردد . ونحن نعلم أن جهاز راديو السيارة عبارة عـــن المســـتقبل لاشـــارات الراديو المنتقلة من محطة الارسال عبر الهوائي في الفراغ ولكن كيف يفصل جهاز الراديو صـــوت المـــذيع عن الموجة الجيبية الحاملة.

وان وظيفة الموجة الجيبية الحاملة هو نقل المعلومات عبر الفراغ والتي تحمل المعلومات وهذه المعلومـــات هي التي تم تضمينها سعوياً وبالتالي ومن خلال دائرة استقبال الراديو يمكن ان نحصل على الموجة الصـــوتية واستبعاد الموجة الجيبية. والشكل (4–32) يوضح فكرة عمل كل جزء من اجزاء جهاز الاســـتقبال (الراديـــو AM).



الشكل (4-32) مخطط لراديو AM

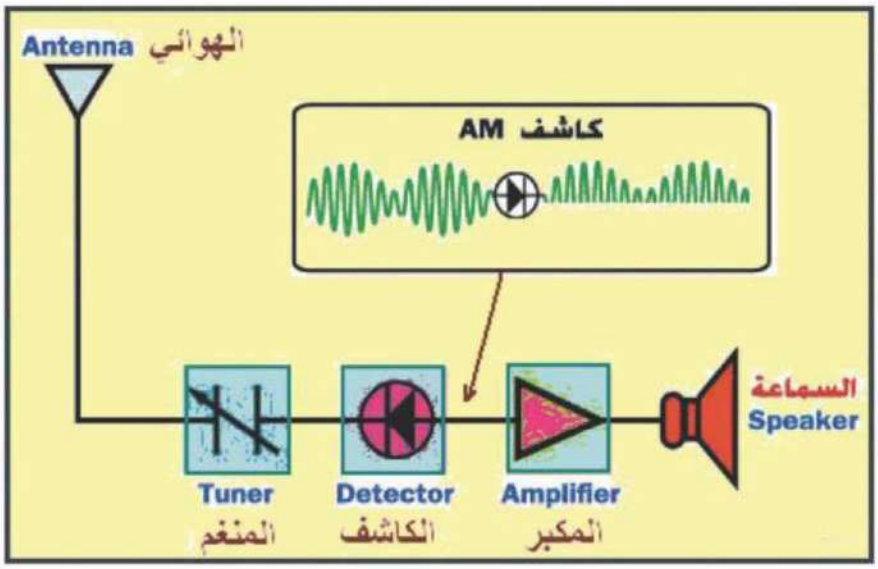
وكما نلاحظ من الشكل اعلاه الاجزاء المهمة في راديو الـــ AM ويمكن تعريف هذه الاجزاء بشكل مبسط وكما يأتي :

1– الهوائي : وهو سلك موصل يعمل على استقبال امواج الراديو الموجودة في الفضاء.

2– المنغم : وهو دائرة ضبط استقبال التردد وتعتمد فكرة عمل الدائرة على مبدأ الرنين (Resonance) فكما نعلم ان الكثير من الترددات الراديو ية يستقبلها الهوائي وهنا يأتي دور المنغم في عملية فصل التردد المنتخب للسماح له بالمرور وعدم السماح لبقية الترددات من المرور.

والمنغم عبارة عن متسعة متغيرة وملف وتعمل بتردد معين هو التردد الرنيني، إذ ان مقاومة الدائرة لهذا التردد اقل مايمكن، وتكون عالية جداً لباقي الترددات، حتى يمنع مرورها من خلاله ونستطيع من خلال تغيير قيمة المتسعة المتغيرة من تغيير قيمة التردد المسموح له بالمرور خلال المنغم والاستماع الى قناة اخرى او محطة اخرى.

3- الكاشف : وهو الجزء الذي يأتي بعد دائرة التنغيم والذي سنستقبل عليه المحطة التي تبث على التردد المطلوب مثلاً KHz (680) والذي يقوم بفصل المعلومات الصوتية عن الموجة الجيبية ويسمى ايضا (Demodulator) اي كاشف التضمين. وفي هذه المرحلة يتم استعمال دايود (ثنائي) يعمل على تقويم موجة الراديو، لتصبح موجة موجبة كما في الشكل (4-33) إذ يقوم الثنائي بتمرير الاشارة عندما تكون الدورة موجبة وتمنع مرورها عندما تكون الدورة سالبة.



الشكل (4-33) مخطط لراديو AM مبين عليه عمل الكاشف

4- المكبر : وهو يأتي بعد مرحلة الكشف . وعملية تكبير موجة الراديو المقومة، وذلك باستعمال ترانزستور او اكثر ومن ثم ارسالها الى السماعة التي تعمل على اصدار الصوت وهو صوت مقدم البرامج الذي يتحدث عبر الموجة (680KHz) مثلاً.

في حالة محطات الراديو التي تبث بنظام تضمين التردد FM يتم استبدال الكاشف بدائرة الكترونية لها القدرة على طرح (استخلاص) موجة الراديو المستقبلة من تردد الموجة الجيبية الاصلية لنحصل على الموجة التي تحتوي على المعلومات التي تكبر بالطريقة نفسها تضمين السعة AM وترسل بعد ذلك للسماعة.

ان الموجات الراديوية هي المدى المحدد من الترددات في الطيف الكهرومغناطيسي والتي تستعمل في العديد من الاجهزة التي قامت لجنة الاتصالات الاتحادية (FCC) بتحديدها . فمثلاً تم استعمال مدى التردد KHz(550-1700) لمحطات الراديو التي تعمل بنظام تضمين السعة AM، واستعمال مدى الترددات MHz(88-108) لمحطات الراديو التي تعمل بنظام تضمين التردد FM . وهناك ايضاً ترددات محددة لاجهزة السيطرة والتحكم عن بعد والتي تعمل على التردد MHZ (40). وكذلك الترددات المستعملة للهواتف المحمولة على المدى MHz(824-849) . ولهذا ترى انه لايمكن ان يحدث تداخل بين عمل هذه الاجهزة اذا تم استعملها في انٍ واحد او في مكان واحد.

4-4- 8 راديو الـ FM :

الشكل (4-34) يبين مستقبل موجات راديو مضمنة تضمينا ترديا FM. يستعمل هذا المستقبل للتخلص من بعض المشاكل التي تواجه المستقبل من نوع الـ AM، وهذه المشاكل هي الضوضاء (Noise) وعدم الدقة (Fidelity) . ان تصميم منظومة الـ FM هي اكثر تعقيداً من منظومة الـ AM وذلك للتخلص من العيوب المذكورة سابقاً.

الشكل (4-34) مخطط كتلوي لجهاز راديو FM

إن ترددات الـ FM تقع ضمن المدى الترددي MHz(88-108) وهذه الترددات تدخل الى الجهاز عن طريق الهوائي، يتم اختيار المحطة المرغوبة بأستعمال دائرة الرنين ويكون مرشح التنغيم بعرض كافٍ لتمرير جميع الاشارات لحزمة تضمين التردد، وتوصل الاشارة المستلمة الى مكبر التردد الراديوي (RF-Amplifier) الذي يعمل على تكبير سعة الاشارة المستلمة وتوصيلها الى المازج (Mixer) والذي يستلم اشارة اخرى من المذبذب المحلي (Local Oscillator)، ويقوم المازج بطرح تردد اشارة المذبذب المحلي من الاشارة القادمة من مكبر التردد الراديوي للحصول على اشارة التردد الوسيط MHz(10.7) وهو تردد ثابت لاي محطة مستلمة تعمل بتضمين التردد. توصل هذه الاشارة الى مكبر التردد الوسيط (IF-Amplifier) والفائدة من هذا المكبر هو عمل تردد ثابت وعرض حزمة ثابتة بالرغم من التغيّر في التردد من محطة الى اخرى. وتذهب الاشارة الناتجة الى كاشف خاص يسمى كاشف التضمين الترددي الـ FM (FM-Demodulator) ومن انواعه كاشف النسبة والمميز للكشف عن الاشارة السمعية. وترجع جزء من الاشارة السمعية (تغذية عكسية) الى المذبذب المحلي (منظم تردد ذاتي) لتثبيت تردد المذبذب بالرغم من التغير في درجات الحرارة.

تكبر فولتية هذه الاشارة في مكبر سمعي اولي (AF Amplifier) ومكبرقدرة ليتسنى لنا سماع الصوت وهو مكبر القدرة (Power Amplifier) وتغذى الاشارة الى السماعة التي تقوم بتحويل الاشارة الكهربائية الى صوت مسموع .

الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1- الغرض من التضمين هو :

أ – جمع موجتين بترددات مختلفة.

ب – لانجاز شكل موجي للموجة الحاملة.

جـ – لإرسال معلومات تردد واطئ لمسافات طويلة.

د – لإنتاج الحزم الجانبية.

2- الكشف هو :

أ – أداء محطة الإرسال.

ب – حذف الحزم الجانبية.

جـ – عكس التضمين

د – تقويم الاشارة المضمنة.

3- في تضمين الاتساع يكون :

أ – التردد ثابت والسعة ثابتة.

ب – التردد متغير والسعة متغيرة.

جـ – التردد ثابت والسعة متغيرة.

د – هناك ثلاث حزم جانبية.

4- في تضمين التردد يكون :

أ – التردد ثابت والسعة ثابتة.

ب – التردد متغير والسعة متغيرة.

جـ – التردد متغير والسعة ثابتة.

د – هناك حزمة جانبية واحدة.

5- الكشف لتضمين الاتساع يستعمل :

أ – للحصول على الإشارة الحاملة.

ب –للحصول على الاشارة الإشارة الحاملة والمحمولة.

جـ –للحصول على الاشارة المحمولة(المعلومات).

د – للكشف عن الحزمتين الجانبيتين العليا والسفلى.

6- يستعمل المازج :

أ – لجمع تردد المكبر الراديوي مع تردد المذبذب المحلي.

ب – لطرح تردد المذبذب المحلي من تردد المكبر الراديوي.

جـ – للحصول على تردد المذبذب المحلي.

د – لطرح تردد المكبر الراديوي من تردد المذبذب المحلي.

7 – تقسم طبقة الايونوسفير حسب ابتعادها عن سطح الارض الى :

أ – D و E و F .

ب – السفلى و الوسطى والعليا .

جـ – الاختيار أ و ب كلاهما صحيح .

د – سفلى و عليا .

8- الترددات المستعملة للهواتف المحمولة على المدى

أ – (924-949)MHz .

ب – (824-849)MHz .

جـ – (724-749)MHz .

9- ان مدى التردد KHz(550-1700) لمحطات الراديو تستعمل بنظام

أ – تضمين السعة .

ب – تضمين التردد.

جـ – تضمين الطور.

10- ان ترددات إذاعة الـ FM تقع ضمن المدى الترددي

أ – (88-108) كيلوهيرتز

ب – (80-180) ميكاهيرتز

جـ – (88-108) ميكاهيرتز

اسئلة الفصل الرابع

1- عرف التضمين . وما هي فوائده ؟

2- احسب طول الموجة لاشارة ترددها (6) ميكاهيرتز.

3- ارسم دائرة مضمن اتساع واشرح عملها .

4- لماذا نستعمل التضمين ؟

5- عدد انواع تضمين الاشارات التماثلية .

6- ماهي نسبة التضمين ؟ وعلى ماذا تعتمد ؟

7- عرف تضمين الاتساع . وما المقصود بمعامل التضمين ؟

8- احسب معامل تضمين الاشارة الخارجة من مضمن اتساع . اذا كان اتساع مضمن الموجة الحاملة يساوي (10) ملي فولت واتساع الموجة المحمولة يساوي (3.2) ملي فولت .

9- احسب معامل تضمين اشارة مضمنة سعويا القيمة العظمى لها تساوي (30) ملي فولت والقيمة الصغرى تساوي (7) ملي فولت .

10- ارسم الطيف الترددي لاشارة مضمنة سعويا اذا كان تردد الموجة الحاملة يساوي (100) كيلوهيرتز وتردد الموجة المحمولة يساوي (8) كيلوهيرتز.

11- ماهي فائدة الارسال بحزمة جانبية منفردة ؟

12 - مالمقصود بتضمين التردد FM ؟ اذكر اهم فوائده ومساوئه .

13- ارسم دائرة مضمن تردد ووضح مبدا عملها .

14-عرف الكشف . وعدد انواعه .

15- هناك أربعة أنماط تنتشر فيها الموجات الكهرومغناطيسية بين نقطتي الإرسال والاستقبال عـددها واشرح واحدة منها.

16- عدد طبقات الايونسفير مع الشرح .

17- اذكر المتطلبات الاساسية لأجهزة الاستقبال ؟

18- ما هو تاثير اشارات الضوضاء على جودة الاستقبال الراديوي ؟

19- اذكر ثلاث مصادر للضوضاء تؤثر في الاستقبال الراديوي ؟

20- ما هي مساوى جهاز الاستقبال البسيط ؟

21- وضح باختصار متى يستعمل مكبر التردد الراديوي في اجهزة الاستقبال، ولماذا ؟

22- ما هي المراحل الإضافية لجهاز الاستقبال السوبرهيترودين على جهاز الراديو البسيط ؟

23- ماهي فائدة تغير التردد في جهاز الراديو السوبرهيترودين ؟

24- لماذا يكون تردد المذبذب المحلي في جهاز الراديو السوبر هيترودين اعلى من تردد اشارة الهوائي ؟

25- مافائدة مرحلة منظم فولتية الاشارة ذاتيا AVC في جهاز الراديو السوبرهيترودين ؟

26- حدد التردد المشابه لجهاز استقبال اعتيادي تردده الوسيط 455 كيلو هيرتز عندما يستلم محطة ترددها 800 كيلو هيرتز .

27- حدد التردد المشابه لجهاز استقبال اعتيادي تردده الوسيط 465 كيلو هيرتز عندما يستلم محطة ترددها 550 كيلو هيرتز .

الفصل الخامس

خطوط النقل Transmission Lines

أهداف الفصل:

تعرّف الطالب على خطوط النقل وثوابتها وانواعها وخصائصها

محتويات الفصل الخامس :

5-1 مقدمة

5-2 نظرية خطوط النقل

5-3 الثوابت التوزيعية لخطوط النقل

5-4 انوع خطوط النقل

5-5 العلاقة بين الإشارة المرسلة والاشارة المستلمة لخطوط النقل

5-6 موائمة الممانعات Impedance matching

5-7 الألياف الضوئية Optical Fibers

5-8 أنواع الألياف البصرية Types of Optical Fibers

5-9 تقسيم الألياف الضوئية

اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل الخامس

خطوط النقل
Transmission Lines

الفصل الخامس

خطوط النقل Transmission Lines

1-5 مقدمة :

يعرف خط النقل على انه الوسط الذي تنتقل خلاله الاشارة بين عناصر منظومة الاتصال. لذا فأن خطوط النقل تكون باشكال عدة كل منها يستعمل حسب تردد الاشارة المنقولة مثل الاسلاك (Wires)، والقابلوات المحورية (Coaxial Cables)، والالياف البصرية (Fiber Optics)، ودليل الموجة (Wave Guide)، والشرائح الدقيقة (Microstrip Lines)، وغيرها من خطوط النقل.

ان دراسة خطوط النقل تقودنا الى التوصل الى الاختيار الامثل لها وباقل مايمكن من الخسارة في نقل القدرة. وعندما نتكلم عن الاتصالات فان الاشارة الكهربائية (فولتية او تيار) يتم نقلها اما على هيئة موجات كهرومغناطيسية تنقل في الفراغ بسرعة قريبة من سرعة الضوء، او تنقل بواسطة خط نقل وبسرعة قريبة من سرعة الضوء.

وتختلف خطوط النقل باختلاف الاشارات التي تنقلها وتردد تلك الاشارات، اذ اننا سنلاحظ خلال دراستنا لهذا الفصل بان هنالك ضياعا في قدرة الاشارة المرسلة خلال الخط وان هذا الفقد يكون بهيئة طاقة مشعة حول خط النقل. كذلك فان جزء من قدرة الاشارة المنقولة خلال الخط تنعكس الى جهاز الارسال، اذ لاتصل جميع الطاقة المرسلة الى جهاز الاستقبال. وان اختيار خط النقل الملائم يعتمد على المسافة بين جهازي الارسال والاستقبال.

ان توصيل خطين من الموصلات الكهربائية مابين المولد (الجهة المرسلة) والحمل (الجهة المستقبلة) فأن لحظة غلق الدائرة يؤدي الى ظهور الفولتية في الطرف الثاني بسرعة كبير جدا (بنفس سرعة الضوء تقريبا $3x10^8$ m/sec). وهذا يحصل بسبب وجود المجال الكهربائي والمغناطيسي والذي يتولد خلال انتقال الاشارة داخل الموصل الناقل بين المولد والحمل. ان سرعة الانتقال هذه تعتمد على الوسط الناقل للمجال الكهربائي والمغناطيسي (وهما عبارة عن مجالين متعامدين مع بعضهما وعاموديين على خط انتشار الموجة ويطلق عليهما معا بالمجال الكهرومغناطيسي) وعندما تتغير الفولتية المتولدة جيبيا مع الوقت فأن المسافة التي تقطعها الاشارة خلال دورة واحدة تساوي طول الموجة (λ).

وان طول الموجة (λ) يساوي:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

حيث (f) تردد المصدر المجهز

وان سرعة الموجة (V) تساوي تقريبا $3\times10^8 \, m/sec$ وهي سرعة الضوء في الفراغ (C) .

والمسافة التي تستغرقها الموجة للانتقال من المصدر الى الحمل لثانية واحدة عند تردد 60 هيرتز (الهيرتز الواحد يساوي دورة لكل ثانية) تساوي :

$$\lambda = \frac{3\times10^8}{60}$$

$$\lambda = 5x10^6 m$$

مثال 5-1 :

اذا كان تردد موجة يساوي 3000MHz . احسب طول الموجة.

الحل :

$$\lambda = \frac{3\times10^8}{3\times10^9}$$

$$\lambda = 0.1m = 10cm$$

يُعدُّ الفرق في زمن ارسال الموجة وانعكاسها الى المصدر المرسل من العوامل المهمة في اختيار نوع ناقل الموجة .

وتعرف خطوط النقل بأنها عبارة عن الوسط او الهيكل الذي يشكل مسار لمرور الاشارات (اشارة معلومات، صوت ، صورة ..الخ) المنقولة من مكان الى اخر.

2-5 بعض انواع خطوط النقل : Types of Transmission Lines

هنالك انواع مختلفة من خطوط النقل المستعملة في مجال الاتصالات لنقل الاشارات الكهربائية مثل اشارة الهاتف او نقل البيانات بقدرة واطئة (ملي واط) وبترددات كل حسب نوعه واستعماله. ومن الامثلة على استعمال خطوط النقل هي خط نقل مدفون بعمق معين تحت سطح الارض لنقل اشارات الهاتف بين البدالات داخل المدن، او خطوط نقل ممدودة في اعماق البحار ولمسافات طويلة لنقل البيانات المهمة .

ومن الامثلة البسيطة لخط النقل القصير والموجود في كل منزل تقريبا هو الخط الذي يربط الهوائي بجهاز التلفاز او الخط الذي يربط المغذي في الصحن العاكس بجهاز الاستقبال وهنالك امثلة كثيرة اخرى.

وسنتعرف الان على بعض انواع خطوط النقل وهي :

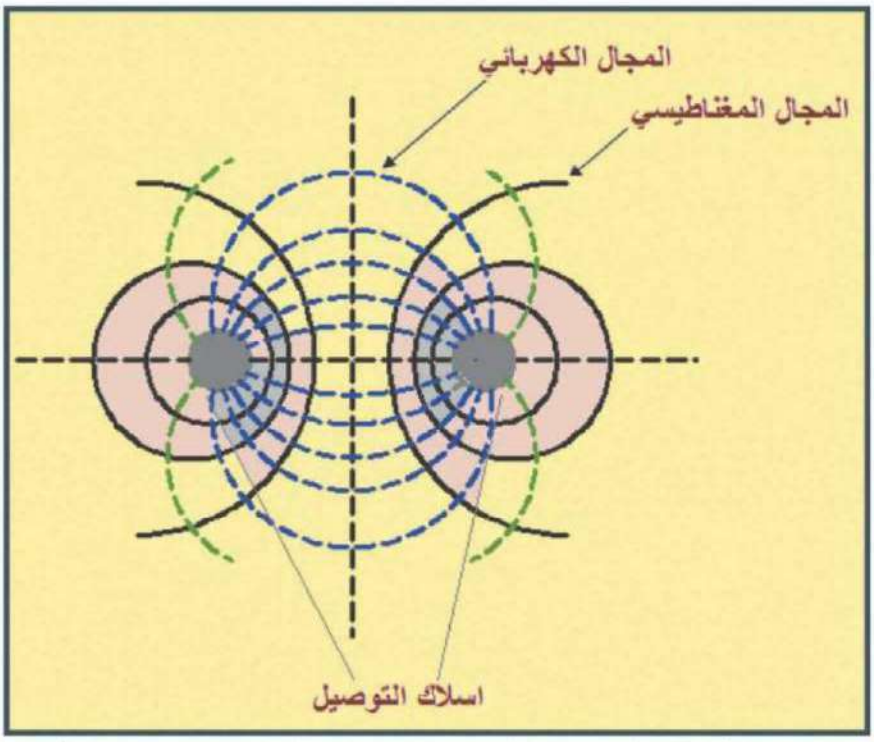
1-خط النقل المزدوج المفتوح : Dual Open Line

ويتكون هذا الخط من سلكين متوازيين تتراوح المسافة بينهما بين (0.25 – 6) سنتيمتر، لاحظ الشكل (1-5) الذي يبين خط النقل المزدوج المفتوح وتاثير المجالين الكهربائي والمغناطيسي عليه. وهو ابسط

انواع خطوط النقل، اذ تتغير خواصه بتغير المسافة التي تفصل بين السلكين، ويستعمل هذا النوع من خطوط النقل مع الترددات الاقل من مائة ميكاهيرتز.

وهذا النوع من الخطوط يستعمل عادة لنقل الاشارات في منظومة الهاتف او التلغراف، وفي بعض الاحيان يستعمل في توصيل جهاز الارسال الى الهوائي او توصيل الهوائي الى جهاز الاستلام. ويمتاز هذا النوع من خطوط النقل بسهولة صنعه وتركيبه.

اما مساوئه فتتلخص باشعاعه العالي للطاقة وسهولة تاثره باشارات الضوضاء المحيطة به. والتي تنتقل بالحث الى الخط فتمتزج مع الاشارة المرسلة خلاله. هذا وقد تطورت صناعة هذا النوع من خطوط النقل واصبحت تغطى بطبقة من مادة عازلة مثل البوليثين، وذلك للمحافظة على انتظام المسافة بين السلكين.

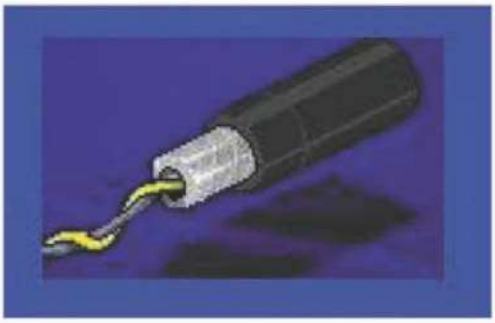


الشكل (5-1) خط النقل المزدوج المفتوح وتوزيع المجال الكهربائي والمغناطيسي عليه

2-خط النقل المزدوج المبرم: Twisted Pair Transmission Line

الشكل (5-2) يوضح خط النقل المبرم . ومنه نلاحظ ان الخط مكون من سلكين معزولين ومبرومين لتكوين خط مرن وبدون وجود مسافة تفصل بينهما. وان قيمة ممانعة الخواص له تتراوح بين (75-150) اوم.

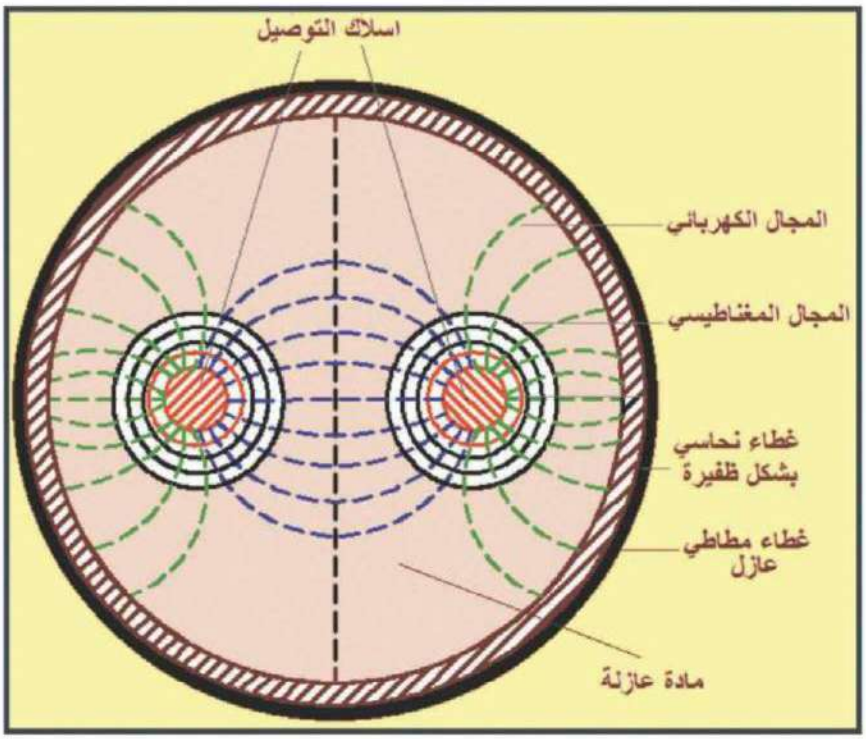
ولايستعمل هذا النوع من الخطوط لنقل الاشارات العالية التردد، وذلك للمفاقيد الكبيرة التي تحدث في الغلاف المطاطي وخاصة عندما يكون الوسط رطبا.



الشكل (5-2) صورة لخط النقل المبروم

3-خط النقل المغلف : Shielded Pair Transmission Line

يتكون خط النقل المغلف من سلكين متوازيين مفصولين عن بعضهما ومحاطين بمادة عازلة صلبة ويحيط بهذا العازل غطاء نحاسي بهيئة ضفيرة لاحظ الشكل (5-3) ويغلف الغطاء النحاسي بعازل خفيف من المطاط او البلاستك لحماية الخط من الرطوبة او الصدمات الخارجية. والغاية من وضع الغلاف النحاسي هو لجعل الخط متزنا بالنسبة للارض، اذ ان هذا الغلاف يوصل عادة الى الارض. كذلك فان الغلاف المعدني يمنع تداخل اشارات الضوضاء المحيطة بالخط مع الاشارات المنقولة خلاله.



الشكل (5-3) خط النقل المغلف وتوزيع المجال الكهربائي والمغناطيسي داخله

4- **خطوط النقل المحورية Coaxial Lines:** هنالك نوعان من خطوط النقل المحورية هما

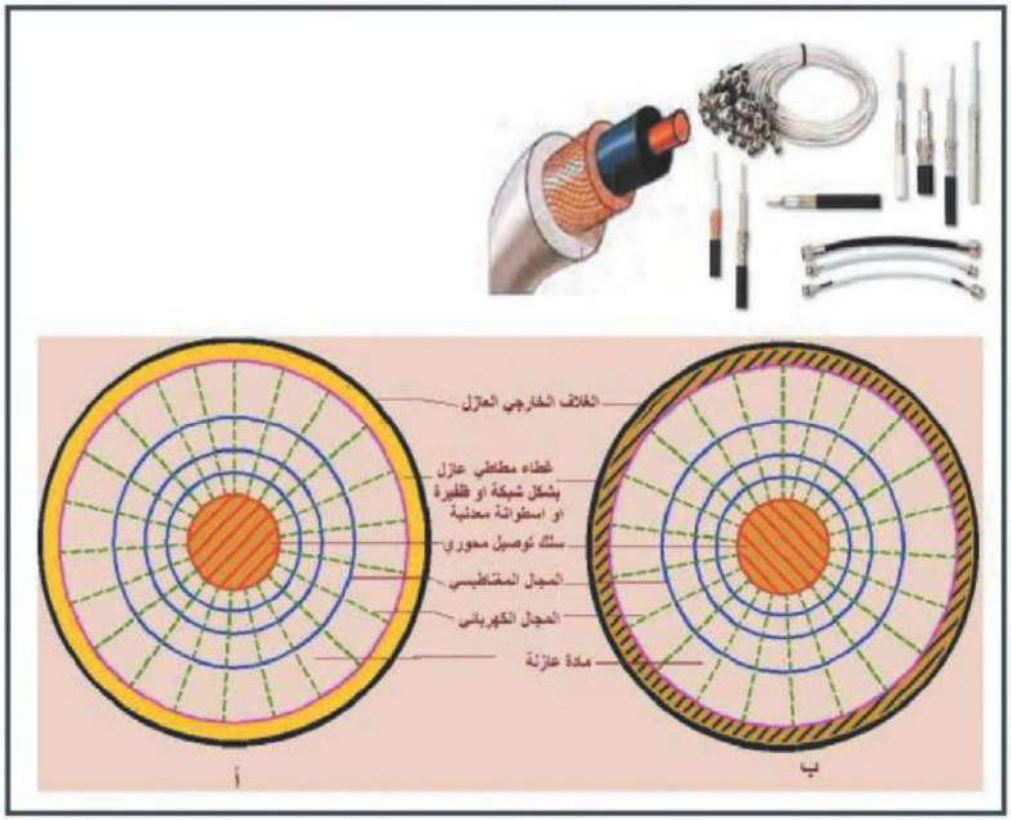
أ- خط النقل المحوري الصلب Rigid Coaxial Line .

ب- خط النقل المحوري المرن Flexible Coaxial Line .

ان التركيب الفيزياوي للنوعين متشابه، فكلاهما يتكون من ناقلين يتمركز احدهما داخل الاخر. ويتكون خط النقل المحوري الصلب من سلك معدني يمثل الموصل الداخلي (Inner Conductor) وهو موضوع محوريا داخل اسطوانة معدنية تمثل الموصل الخارجي (External Conductor)، لاحظ الشكل (5-4-أ) .

وفي بعض الاستعمالات يكون القطر الداخلي بهيئة اسطوانة ايضا، ولكن بقطر قليل جدا. وتوضع مادة عازلة بين الموصلين الداخلي والخارجي وتكون عادة من مادة البايركس او البولي اثيلين او اي عازل آخر. ويمتاز هذا النوع من الخطوط بقابليته على نقل الاشارات بأقل مايمكن من الطاقة المشعة، فهو يستعمل لنقل الاشارات ذات الترددات العالية جدا. وكذلك يمتاز بعدم تأثره بإشارات الضوضاء الخارجية. ومن مساوئه انهُ غالي الثمن مقارنة بالانواع الاخرى.

وفي بعض الانواع يتم ضخ غاز النايتروجين او الهليوم او الآركون خلال خط النقل المحوري وذلك لتفادي تسرب الرطوبة بين السلكين، وان ذلك يحدث عند بداية تأسيس الخط، اذ يستمر بتكوين ضغط داخل الخط يمنع دخول الهواء الرطب الى داخله. اما في خط النقل المحوري المرن فيستعمل حديثا عازلاً صلباً بين الموصلين الداخلي والخارجي في حين يتكون الموصل الخارجي من ضفيرة معدنية تجعل الخط مرنا . لاحظ الشكل (5-4-ب) .



الشكل (5-4) خط النقل المحوري الصلب والمرن وتوزيع المجال الكهربائي والمغناطيسي داخله

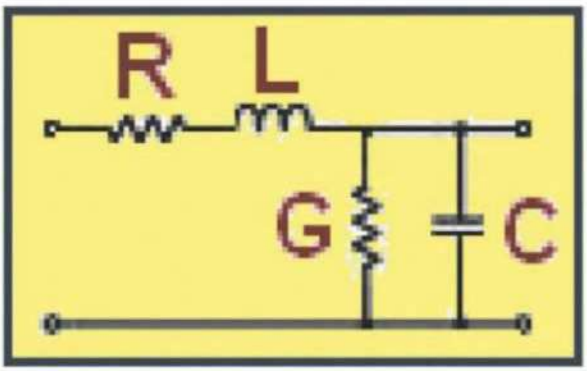
ان عدم استعمال عازل مرن بين الموصلين هو لتقليل الخسائر في قدرة الاشارة.

5- 3 الخواص الكهربائية والدائرة المكافئة لخط النقل :

لتمثيل خط النقل بدائرة كهربائية يمكن التعامل معها في التحليلات والحسابات الرياضية فيجب اولا دراسة الخواص الكهربائية للخط والتي تتلخص بالنقاط الاتية:

1- ان خط النقل مكون من سلكين يفصل بينهما عازل، اذ يمكن تمثيل هذا التأثير الكهربائي بمتسعة .
2- عند انتقال إشارة خلال خط النقل يتكون مجال مغناطيسي حول الاسلاك المكونة له وعليه يمكن تمثيل تاثير هذا المجال المغناطيسي بملف .
3- إن انتقال التيار او الاشارة الكهربائية خلال الاسلاك يواجه مقاومة تعتمد على طول السلك ونوعه ومساحة مقطعه. ويمكن تمثيل هذا التاثير بمقاومة تدعى مقاومة السلك (r).
4- إن وجود اي مادة عازلة بين السلكين لايعني انها لاتسمح نهائيا بانتقال تيار كهربائي بينهما مهما كانت شدة العزل .

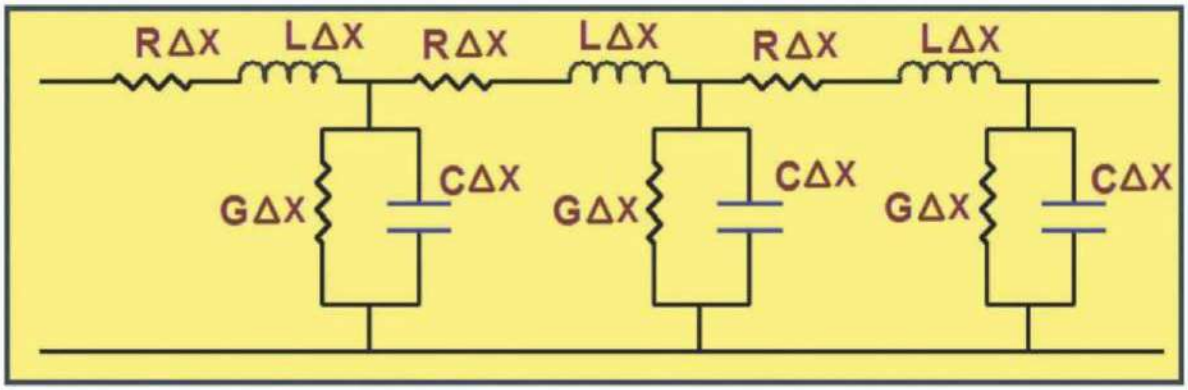
إن مقاومة العازل بين السلكين تكون عالية جدا وهذا غير محبذ في الحسابات، لذلك يستعاض عنها بمقدار يمثل مقلوب المقاومة (1/R) والمعروف بالموصلية (Conductance) ويرمز له بالرمز (G) .
لاحظ ان المقاومة (R) لاعلاقة لها بمقاومة السلك (r).
من كل ذلك يمكن ان نستنتج ان خط النقل يمكن تمثيله بدائرة كهربائية مكافئة تحتوي على ملف ومقاومة وتوصيلية ومتسعة، لاحظ الشكل (5-5).



الشكل (5-5) تمثيل مقطع من خط النقل

إن الموصل له مقاومة طبيعية (R) وتقاس بالاوم لكل وحدة طول. وكذلك فأن نوع العازل داخل الموصل له تاثير في الترددات العالية، اذ تعمل المادة على تمرير اجزاء من التيار خلالها وهذا مايعرف بالموصلية ويرمز لها بالرمز (G) وتقاس بوحدة (moh) لكل وحدة طول لذلك فان الموصل يسلك سلوك مرشح.

ان قيمة المقاومة (R) تحدد تأثير الموصل وان قيمة الموصلية (G) يبين القصور في العازل حيث يظهر تأثيره جليا في الترددات العالية. لذلك يمكن رسم خط النقل القصير كما في الشكل (5-6).



الشكل (5-6) مقطع من خط نقل نسبة لوحدة الطول

في كثير من الاحيان وعند الترددات العالية يمكن اهمال قيم المقاومة (r) والتوصيلية (G) لعدم تاثيرهما على الحسابات بشكل ملحوظ .

5- 4 ممانعة الخواص: Characteristics Impedance (Z_o)

إذا وصلنا خطا طوله مالانهاية الى مصدر فولتية فان تيارا سوف يمر في هذا الخط. وان ممانعة الخط اللانهائي الطول تساوي حاصل قسمة الفولتية على التيار، وذلك وفقا لقانون اوم. وتسمى هذه الممانعة بممانعة الخواص ويرمز لها بالرمز (Z_o) .

وتعتمد بشكل اساسي على مقدار السعة (C) والحث (L) فيه وتحسب بالقانون الاتي :

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

من المعلوم ان الموجات تتعرض للانعكاس عندما تسير في وسطين مختلفين في الخواص. فموجات الصوت مثلا تنعكس على جدران الغرفة، اذ تنتقل في الهواء والذي يمثل الوسط الاول وعند وصولها الى وسط اخر وهو الجدار ينعكس قسما منها عنه. كذلك فان الاشارات او الموجات تعاني انعكاسا عندما تسير في وسطين مختلفين، لهذا السبب افترضنا نظرياً ان طول الخط يساوي مالانهاية عند حساب الممانعة الخاصة، اي اننا افترضنا ان الموجة تسير في وسط واحد، لذلك لايحدث اي انعكاس في الاشارة المرسلة .

ان الخط اللانهائي غير موجود عمليا، لذلك يجب ان توصل نهايتي الاستلام في الخط الى ممانعة تساوي ممانعة الخواص، والتي كما ذكرنا سابقا تمثل ممانعة خط طوله مالانهاية، وذلك لكي لايتغير الوسط

الناقل للموجات الراحلة، لضمان عدم انعكاس جزء من قدرة الاشارة المرسلة وعودتها ثانية الـى جهـاز الارسال.

مثال 5-2 :

ناقل محوري شائع الاستعمال من نوع (RG-8A/u) مقـدار السـعة فيـه يسـاوي 29.5 بيكوفاراد/متر والحث 73.75 نانوهنري/متر. احسب الممانعة الخاصة عندما يكـون طـول الناقل متر واحد، وعندما يكون طوله 5280 متر.

الحل :

عندما يكون طول الناقل 1 متر فأن ممانعة الخواص تكون :

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{73.75x10^{-9}}{29.5x10^{-12}}} = 50\Omega$$

وعندما يكون طول الناقل 5280 متر فأن ممانعة الخواص تكون :

$$Z_o = \sqrt{\frac{5280\,x\,73.75x10^{-9}}{5280\,x\,29.5x10^{-12}}} = 50\Omega$$

يتضح من هذا المثال ان ممانعة الخواص لاتعتمد على طول الناقل، اذ انها تمثل خواص الخط.

5 - 5 العوامل المؤثرة في ممانعة الخواص :

من قانون حساب ممانعة الخواص في اعلاه فانه عند الترددات العالية نستنتج ان هذه الممانعة تتاثر بما يأتي:

1- ان الممانعة (Z_o) تعتمد على النسبة بين الحث الى السعة لذلك الموصل. فعند زيادة المسافة الفاصـلة بين السلكين فان قيمة الحث للموصل تزداد، لانها تعتمد بالاساس على خطوط المجـال المغناطيسـي بين السلكين. فاذا افترضنا ان السلكين يحملان تيارا باتجاه متعاكس فان خطوط المجال المتكونة حول اي سلك سوف تلغي تلك المتكونة على السلك الاخر اذا كان السـلكين متقـاربين. امـا اذا ازدادت المسافة بينهما فان جزءاً من خطوط المجال المغناطيسي لكلا السلكين سوف يبقى بينهما اي إن الحث يزداد.

اما السعة فانها تقل عند زيادة المسافة بين السلكين. وعلى هذا الاساس فان زيادة المسافة بين السلكين المكونين لخط النقل سوف تؤدي الى زيادة ممانعة الخواص، لان نسبة الحث الى السعة سوف تزداد.

2- ان تقليل قطر السلكين لخط النقل يؤدي الى زيادة ممانعة الخواص. اذ ان تقليل قطري السلكين مشابه تماما الى تاثير تقليل مساحة الصفيحتين المكونتين للمتسعة والذي يؤدي الى تقليل سعتها.

3- يؤدي تغير نوع العازل بين السلكين الى تغير سعة خط النقل، لهذا فان نوع العازل بين السلكين يؤثر ايضا على ممانعة الخواص.

5 - 6 استعمال خط النقل كمؤخر زمني للاشارة: Transmission Line as a Delay Line

من المعلوم ان سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ مقاربة لسرعة الضوء وهي التي تساوي $3x10^8$ متر/ثانية ، وان هذه السرعة تقل بمقدار يمكن اهماله عند انتقال الموجات في الهواء. ولكن عندما تنتقل الموجات الكهربائية خلال خط النقل فان سرعتها تقل بشكل ملحوظ بسبب تاثير الحث والسعة على طول خط النفل.

ولفهم هذه الحقيقة لاحظ الشكل (5-7) والذي يمثل خط نقل طوله مالانهاية وقد اهملت فيه المقاومة وهو يتصل بمصدر تيار مستمر.

الشكل (5-7) خط نقل طوله مالانهاية وقد اهملت فيه المقاومة وهو يتصل بمصدر تيار مستمر

في لحظة غلق المفتاح سوف تتكون فولتية عالية مساوية الى فولتية المصدر على طرفي الملف (L) في حين تكون الفولتية على طرفي المتسعة (C) بين النقطتين (c و d) صفرا لان شحنة المتسعة (C) تساوي صفرا. ولكن بعد فترة زمنية تشحن المتسعة (C) الى فولتية مساوية الى فولتية المصدر.

ونستنتج من ذلك ان انتقال فولتية المصدر من النقطتين (a و b) الى النقطتين (c و d) استغرق زمنا هو زمن شحن المتسعة (C) عبر الملف (L). وهكذا يعمل خط النقل على تأخير انتقال الاشارة خلال زمن يعتمد على قيم الحث (L) والسعة (C). ولحساب سرعة انتقال الاشارة الكهربائية خلال خط النقل نتبع ماياتي :

1- حساب شحنة المتسعة Q المساوية لحاصل ضرب السعة(C) في فرق الجهد(V):

$$Q = C.V \text{.....(1)}$$

وبما ان هذه الشحنة تجهز من قبل البطارية ، فلذلك يمكن القول ان هذه الشحنة تساوي حاصل ضرب التيار الخارج من البطارية في الزمن اعتمادا على تعريف الشحنة:

$$Q=I.t \text{.....(2)}$$

2- نساوي المعادلتين (1) و (2) لاستخراج قيمة التيار :

$$C.V = I.t \Rightarrow I = \frac{C.V}{t} \quad \text{.....(3)}$$

3- لحساب الفولتية على طرفي الملف نستعمل القانون الاتي :

$$V = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \text{.....(4)}$$

ولإن الزمن والتيار يتغيران بمعدل ثابت يمكن رفع علامة التغيير Δ ليصبح القانون بالشكل التالي :

$$V = L\frac{I}{t} \Rightarrow I = \frac{V.t}{L} \quad \text{.....(5)}$$

4-نساوي المعادلتين (3) و (5) لاستخراج الزمن بدلالة الحث والسعة :

$$\frac{V.t}{L} = \frac{C.V}{t} \Rightarrow \therefore t = \sqrt{L.C} \quad \text{.....(6)}$$

5- حساب قيمة السرعة (vp) والناتجة من قسمة المسافة (d) على الزمن (t) :

$$vp = \frac{d}{\sqrt{L.C}} \text{.....(7)}$$

ونلاحظ مرة اخرى ان زمن انتقال الاشارة على الخط يعتمد على كل من L و C كما ذكرنا سابقا.

مثال 5-3:

احسب مقدار التأخير وسرعة انتقال الإشارة على خط محوري طوله قدم واحد . علماً إن السعة تساوي 29.5 بيكوفاراد/قدم والحث يساوي 73.75 نانوهنري/قدم.

ملاحظة : المتر الواحد (m) تقريباً 3.28 فوت(ft) (اقدم =0.3048 متر)

الحل:

مقدار التأخير يحسب بالشكل التالي:

$$t = \sqrt{L.C} = \sqrt{73.75x10^{-9} x 29.5x10^{-12}}$$

$$t = 1.475x10^{-9} = 1.47n\sec.$$

اما سرعة الانتشار فهي :

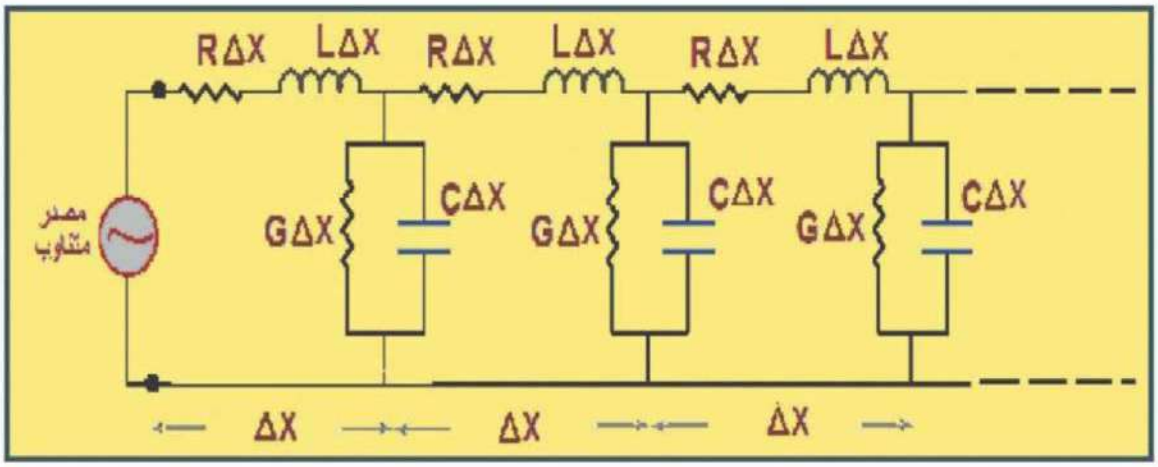
$$vp = \frac{d}{t} = \frac{1}{1.475x10^{-9}} = 6.78x10^{8}\,ft/sec$$

$$vp \simeq 2.07x10^{8}\,m/sec$$

من هذا المثال نستنتج ان سرعة الموجات على هذا الخط هي تقريبا ثلثي السرعة في الفراغ.

7-5 نقل الموجات الجيبية على خطوط النقل :

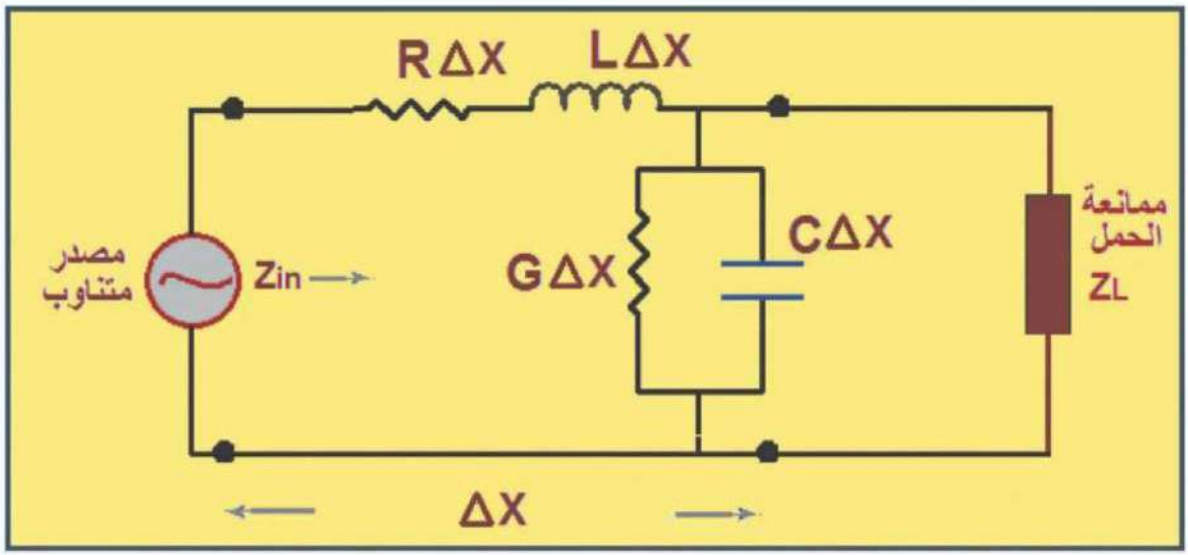
يمكن تمثيل الاشارات الكهربائية المستعملة في نقل المعلومات بشكل اشارات او موجات جيبية وهو تمثيل ضروري لنقل الاشارة من مكان الى اخر. ان خواص خط النقل عند تسليط اشارة جيبية (فولتية او تيار) من طرف المصدر (الارسال) تمثل بدائرة كهربائية كما مثلناها سابقا ولكن هنا بوجود مصدر تيار متناوب، لاحظ الشكل (5- 8).



الشكل (5-8) تمثيل خط نقل طوله مالانهاية بمقاطع وبمصدر تيار متناوب

إن هذه الدائرة تمثل بمقاطع طول كل مقطع هو (Δx) وهذا المقطع مؤلف من مقاومة وموصلية ومحاثة ومتسعة. ومن الملاحظ انه كلما قل طول المقطع اقترب خط النقل من ان يكون خطا حقيقيا. ولاننسى ان هناك تأثيراً للمجالين الكهربائي والمغناطيسي على خط الحمل.

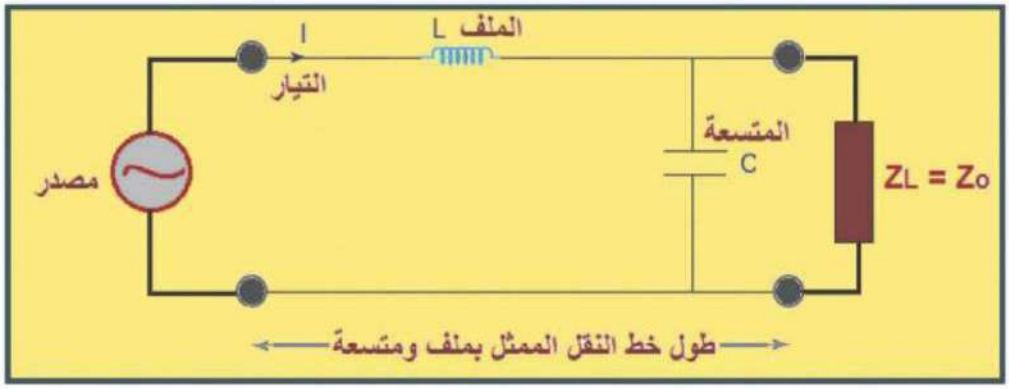
من المعلوم ان الموجة الجيبية تمتلك تردد مقداره (f) يؤثر على خط النقل فتتولد ممانعة حثية تساوي (X_L) وممانعة سعوية تساوي (X_C) وان (j) تمثل القيمة التخيلية (القيمة السالبة تحت الجذر) واذا كان طول الخط مالانهاية وان ممانعة دخل كل المقاطع متساوية فيمكن عندها تمثيل الدائرة اعلاه بالدائرة المكافئة الموضحة في الشكل (5-9) .



الشكل (5-9) تمثيل خط نقل طوله منتهي بدائرة مكافئة

5- 8 تاثير حالة نهايتي الاستقبال على موجتي الفولتية والتيار المرسلتين على خط النقل:

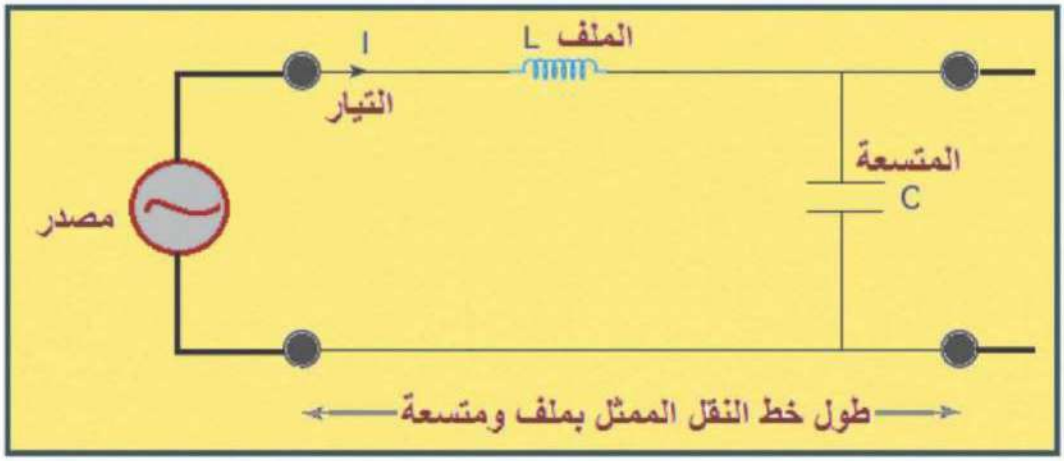
1- عندما تكون نهايتي الخط متصلة بممانعة (Zo) لاحظ الشكل (5- 10) في هذه الحالة لايحدث اي انعكاس في موجتي الفولتية والتيار وهذه الحالة مشابهة لحالة خط طوله لانهاية كما ذكرنا سابقا. وعندما تكون ممانعة الخواص (Zo) مساوية لممانعة الحمل (ZL) في هذه الحالة لا يحصل انعكاسا للموجة المرسلة من المصدر ويحصل اكبر انتقال للطاقة عبر خط النقل .



الشكل (5-10) تمثيل خط نقل طوله منتهي بمقاومة خواص

2- عندما تكون نهاية الخط مفتوحة (Open Circuit T.L.) تنعكس كل من موجة الفولتية والتيار انعكاسا كليا عند نهاية الخط لان تغييرا مفاجأ في وسط الانتقال سوف يطرأ عند النهاية كما ذكرنا سابقا. ولكن موجة الفولتية المنعكسة تكون بالطور نفسه مع موجة الفولتية المرسلة وبذلك تعزز احداهما الاخرى وتتضاعف قيمة الفولتية على الخط .

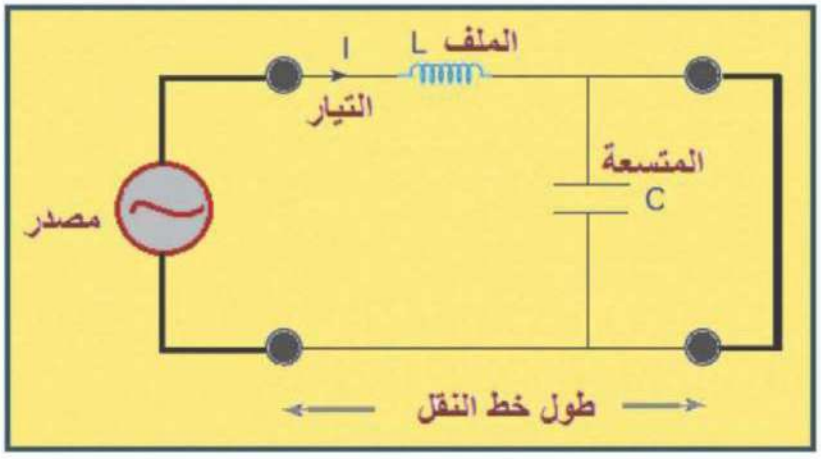
في حين ان موجة التيار المنعكسة تختلف عن موجة التيار المرسلة في الطور بزاوية مقدارها 180° اي ان احداهما تلغي الاخرى ويكون مساويا الى الصفر. لاحظ الشكل (5-11) .



الشكل (5-11) تمثيل خط نقل بنهاية مفتوحة

3- عندما تكون نهاية الخط مقصورة (Short Circuit T. L.): في هذه الحالة يحدث إنعكاس كلي لموجتي التيار والفولتية ولكن عكس الحالة السابقة، إذ إن موجة الفولتية المنعكسة تختلف بالطور عن موجة الفولتية المرسلة بزاوية مقدارها 180° أي تصبح الفولتية على خط النقل صفرا.

في حين ان موجة التيار المنعكسة تكون بالطور نفسه مع موجة التيار المرسلة فتعزز احداهما الاخرى ويتضاعف التيار المار خلال خط النقل. لاحظ الشكل (5-12) .

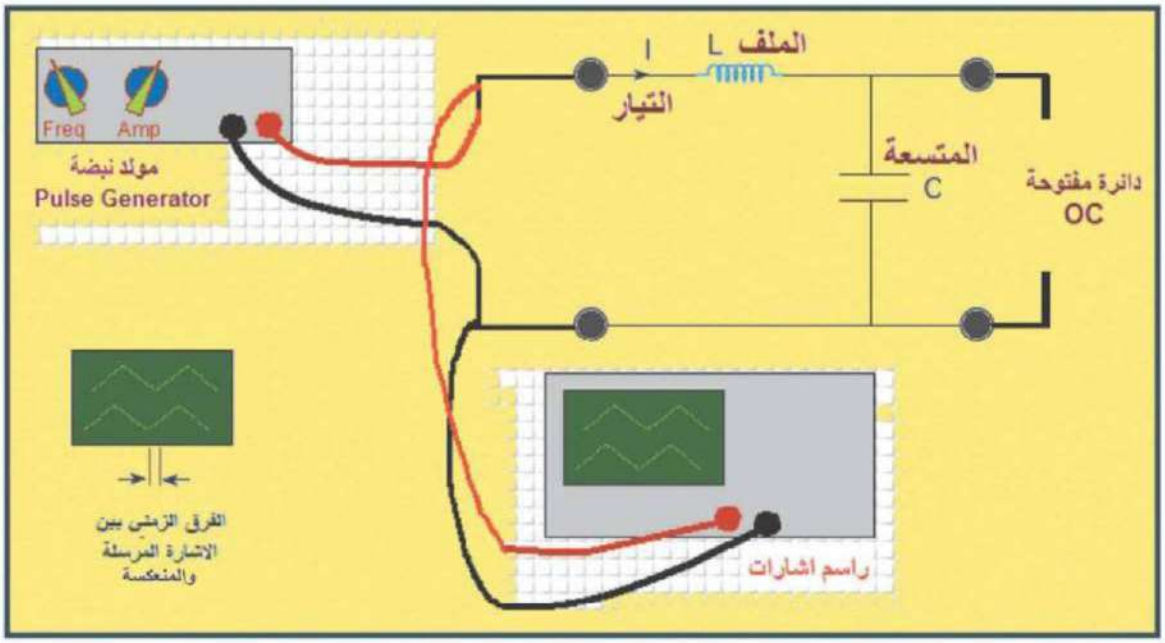


الشكل (5-12) تمثيل خط نقل بنهاية مغلقة

5- 9 تعيين موقع ونوع العطل او العطب على خط النقل :

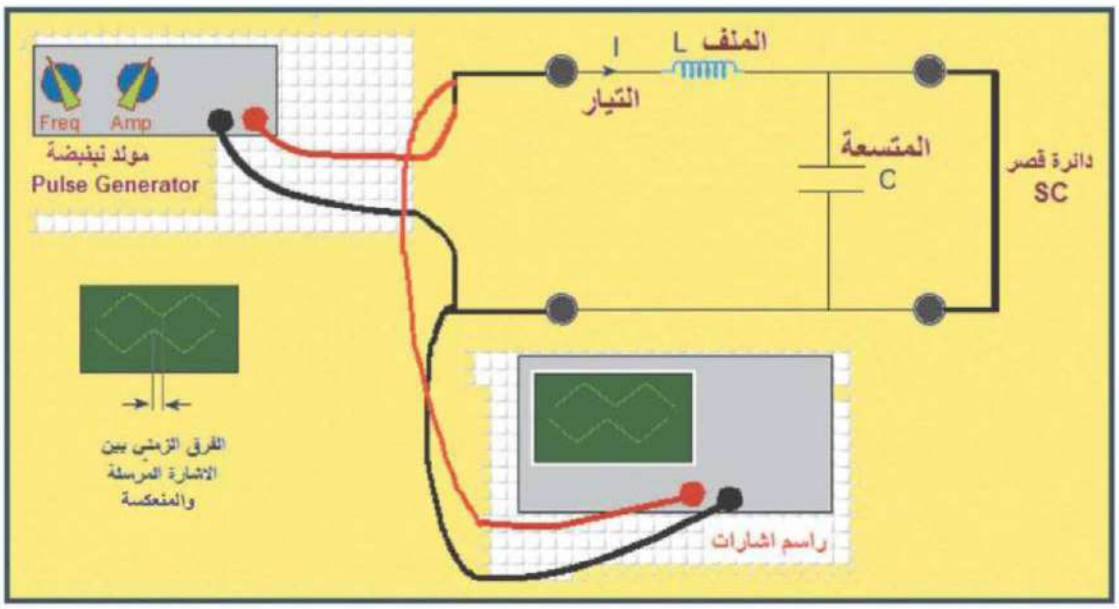
يمكن الاستفادة من النقاط التي ذكرت سابقا في تعيين نوع العطل (قطع Open او قصر Short) ومكانه اذا حدث على امتداد خط النقل وبالطريقة الاتية :

يوصل جهاز مولد نبضات (Pulse Generator) وجهاز راسم اشارة (اوسيلسكوب) الى نقطتي الارسال كما في الشكل (5-13)، وترسل نبضة فولتية ونلاحظ النبضة المنعكسة على جهاز راسم الاشارات فـاذا كانت بالطورنفسه مع النبضة المرسلة فذلك يعني ان الخط مفتوح (Open) اي قطع في خط النقل .



الشكل (5-13) تحديد نوع وموقع العطب على خط النقل مفتوح النهاية OC

اما اذا كانت بطور معاكس اي بزاوية 180 درجة فان الخط مقصور (Short) ، لاحظ الشكل (5-14) .



الشكل (5-14) تحديد نوع وموقع العطب على خط النقل مقصور النهاية SC

ولتحديد مكان الخطأ يحسب من على شاشة الاوسيلسكوب (الزمن بين النبضتين المرسلة والمنعكسة) ومن معرفة سرعة الموجات على الخط اعتمادا على ثوابت الخط (L و C) كما ذكرنا سابقا يمكن حساب المسافة التي قطعتها النبضة ذهابا وايابا بعد ان انعكست من مكان وقوع الخطأ:

المسافة التي قطعتها النبضة = سرعة الموجة على الخط x الزمن بين النبضتين المرسلة والمنعكسة

إذاً مكان الخطا يساوي نصف هذه المسافة، وذلك لإن الانعكاس يحدث في محل الخطأ، لإن الخطأ يمكن ان يكون مقصوراً (Short) او مفتوحاً (Open) فيحدث الانعكاس وتقطع الموجة ضعف المسافة التي حدث عندها العطل.

$$\text{محل الخطأ} = \frac{\text{سرعة الموجة على الخط} \times \text{الزمن بين النبضتين المرسلة والمنعكسة}}{2}$$

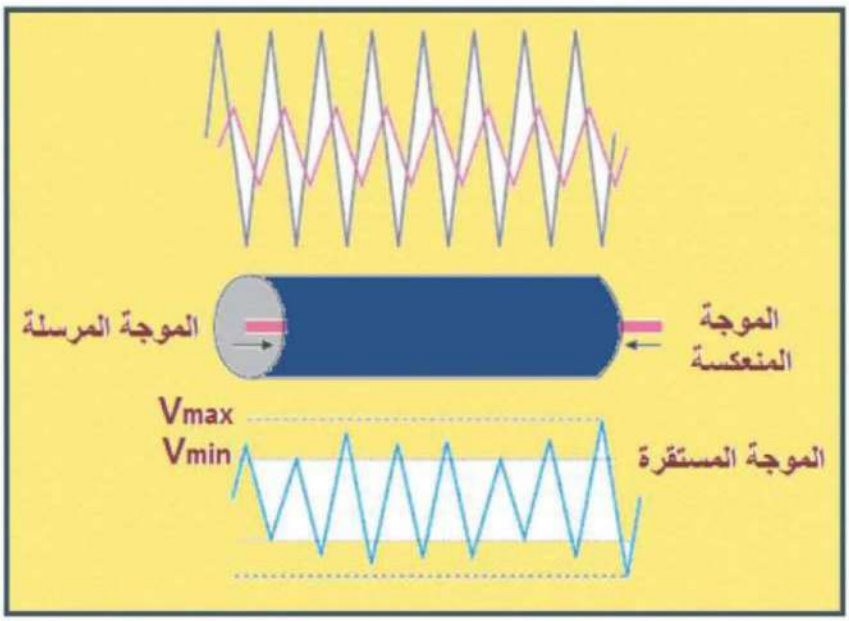
5- 10 العلاقة بين الاشارة المرسلة والاشارة المنعكسة داخل خط النقل :

إن انتشار الموجة من نهاية المصدر عبر خط النقل تدعى بالموجة العرضية (Incident) اما ارتداد الموجة من نهاية الحمل ورجوعها الى المصدر تدعى بالموجة المنعكسة (Reflected).

5-10-1 الموجة المنعكسة: Reflected wave

عند توصيل مصدر مجهز لموجة إشارة إلى خط نقل فأن موجات الفولتية والتيار تبدء بالحركة على طول الخط الذي مقاومة خواصه هي (Zo) إلى إن تصل الإشارة إلى نهاية الخط الموصل إلى مقاومة الحمل(ZL) بنفس سعة الموجة وزاوية الطور يحدث انعكاس موجات الفولتية والتيار بسبب وجود مقاومة الحمل (ZL) إلى أن تصل الموجات المنعكسة إلى بداية الخط. ان تداخل هذه الموجات مع بعضها يؤدي الى ظهور الموجات المستقرة (Standing waves).

وتعرف الموجات المستقرة بأنها محصلة التداخل بين الموجات المرسلة والموجات المنعكسة ولا تلبث هذه الطاقة أن تضيع على شكل مفاقيد حرارية في مقاومة الخط او في مقاومة مصدر المرسل (Zs) والشكل (5-15) يبين تكون الموجة المستقرة.



الشكل (5- 15) الموجة المستقرة والموجة المنعكسة

عندما تصل موجة الإشارة إلى الحمل ينعكس جزء من طاقة الإشارة بسبب مقاومة الحمل (ZL) على شكل إشارة تغير القيمة الفعلية للفولتية والتيار على طول خط النقل. هذا التأثير يسبب التداخل بين موجة الإشارة الواصلة والمنعكسة، ومحصلة هذا التغير يسمى الموجة المستقرة. ويحصل أعلى قيمة فقد في طاقة الإشارة الواصلة لنهاية خط النقل ويحدث انعكاساً كليا للموجة عندما تكون نهاية الخط في حالة دائرة قصر (Short Circuit) . وكذلك بدون حمل اي دائرة مفتوحة (Open Circuit) .

وعندما تكون ممانعة الخواص (Zo) مساوية لممانعة الحمل (ZL) في هذه الحالة لا يحصل انعكاس للموجة المرسلة من المصدر ويحصل اكبر انتقال للطاقة عبر خط النقل .

5-10-2 فولتية معامل الموجة المستقرة (VSWR)

وهي النسبة بين اكبر سعة لموجة مستقرة للفولتية إلى اقل سعة لنفس الموجة وبوساطته يمكن تحديد كفاءة خط نقل الإشارة حيث إن فولتية معامل الموجة المستقرة (VSWR) يساوي:

$$\mathbf{VSWR} = \left| \frac{\mathbf{V}_{max}}{\mathbf{V}_{min}} \right|$$

عندما تكون قيمة VSWR=1 يتم انتقال الإشارة كاملة بدون انعكاس وهي تعتبر حالة مثالية.

وعندما يكون $1 \le VSWR \ge 1.5$ وهذا يشير الى كفاءة كبيرة في نقل الطاقة.

وعندما يكون $1.5 \le \mathrm{VSWR} \ge 2.5$ وهذا يمثل الحدود العملية الممكنة.

وعندما يكون $\mathrm{VSWR} > 2.5$ تعتبر هذه الحالة مؤشرا على انخفاض كفاءة خط النقل.

5-10-3 معامل الانعكاس : Reflection Factor

لاحظنا مما تقدم ان العلاقة بين الإشارة المرسلة والمنعكسة تتأثر بمقاومة الحمل (Z_L)، إذ يحدث انعكاسا عندما تكون مقاومة الحمل لا تساوي مقاومة الخواص لخط النقل (Z_O) ويكون انعكاس للموجة باتجاه المصدر. وإن النسبة بين قيمة الموجة المنعكسة في نقطة الانعكاس تعرف بمعامل الانعكاس ويرمز له (K_R) وهو يساوي :

$$K_R = \frac{V_R}{V_T} = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o}$$

إن معامل الانعكاس يحدد كفاءة خط النقل لإيصال اكبر قدرة إلى الحمل (Z_L) وان مقداره يكون مساويا إلى الواحد عندما يكون نهاية خط النقل دائرة مفتوحة او دائرة قصر.

وكذلك يمكن حساب قيمة معامل الانعكاس (K_R) من معادلة الموجة المستقرة (VSWR) حيث:

$$K_R = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

وإن

$$VSWR = \frac{1 + K_R}{1 - K_R}$$

مثال 5-4 :

أستعمل خط نقل له ممانعة خواص تساوي (Z_o=75Ω) لنقل إشارة إلى حمل مقداره (100Ω) . احسب مقدار الموجة المستقرة (VSWR) للخط المستعمل وكفائته.

الحل:

$$VSWR = \frac{1 + K_R}{1 - K_R}$$

وان

$$K_R = \frac{V_R}{V_T} = \frac{Z_T - Z_O}{Z_T + Z_O}$$

$$K_R = \frac{100 - 75}{100 + 75}$$

$$= 0.142$$

$$VSWR = \frac{1 + 0.142}{1 - 0.142}$$

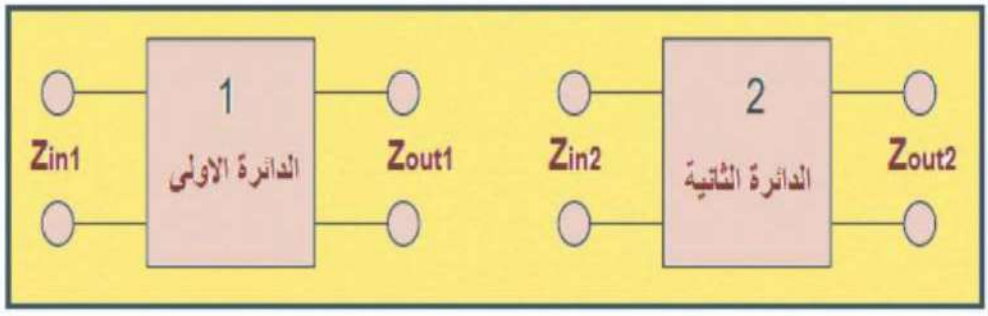
$$VSWR = 1.33$$

إن قيمة VSWR اقل من 1.5 وهذا يشير إلى كفاءة الخط

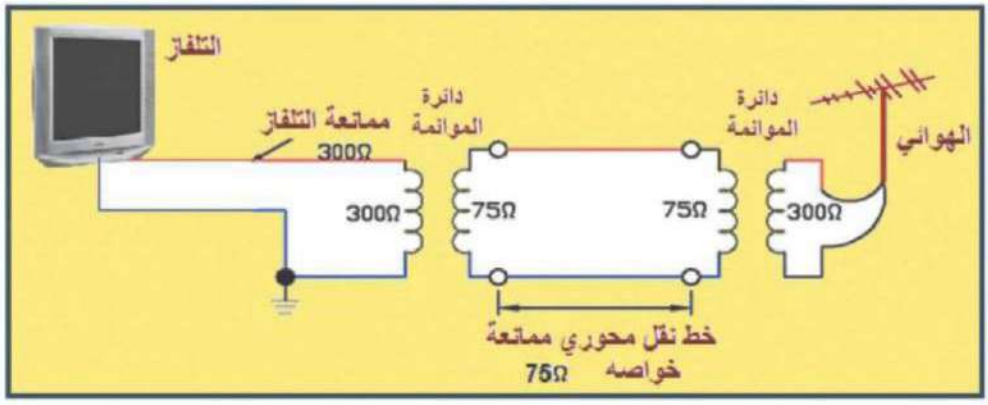
5-10-4 موائمة الممانعة: Impedance Matching

إن منظومة الاتصال تتكون من عدة دوائر كهربائية ولكل دائرة ممانعة إدخال وأخرى للإخراج كما في الشكل (5-16). ولغرض ضمان انتقال اكبر قدر ممكن من الطاقة من جهة الإرسال إلى جهة **الاستقبال** يتطلب ان تكون ممانعات الخواص والحمل متساوية.

وفي حالة عدم تحقيق هذا الشرط يتوجب استعمال دائرة كهربائية اخرى توصل بين هذه الدوائر تسمى بموائمة الممانعة، اذ تكون ممانعة الإدخال والإخراج مختلفة القيم بما يتناسب مع ممانعة الخرج للدائرة الكهربائية الأولى، وان ممانعة الخرج لدائرة الموائمة تكون مساوية مع قيمة ممانعة الإدخال للدائرة، لاحظ الشكل (5-17) علما إن دوائر الموائمة لا تؤثر على مواصفات وتردد الإشارة المنقولة في منظومة الاتصال.



الشكل (5-16) موائمة الممانعات



الشكل (5-17) منظومة استقبال تلفزيونية

5-11 الألياف الضوئية (البصرية) Optical Fibers

منذ القرن المنصرم بدأ استعمال وتطبيق الألياف الضوئية كخطوط اتصال مما مهد لحصول ثورة في عالم الاتصالات من حيث الكم الهائل في علم المعلومات والتي أصبح بالإمكان نقلها عبر هذه الخطوط لمسافات طويلة وبنوعية عالية الجودة.

ان فكرة استعمال الضوء كوسيلة للاتصال قديمة جدا وذلك بإرسال الصوت عبر الضوء بعد ذلك بدأت محاولات إرسال الضوء عبر الفراغ المحيط بنا منذ اختراع وتصنيع الليزر في العام 1958 م والتي كانت تتطلب عدم وجود عوائق ومدى رؤيا مستقيم. في العام 1970 م كانت البدايات الفعلية لمحاولة إرسال الضوء عبر ألياف زجاجية ذات معدل توهين اقل من 20dB/km (الديسبل لكل كيلومتر). بعد ذلك توالت الأبحاث لتطوير إنتاج ألياف ضوئية من الزجاج النقي وبمعدلات توهين اقل .

لقد جاء تطوير وتصنيع الألياف الضوئية على مراحل، حيث كانت في المرحلة الأولى تعمل بالطول الموجي 85 ملي متر بمعدل توهين لغاية 3 dB/km ثم تطور العمل بتصنيع ألياف ضوئية تعمل على الطول الموجي 1300 ملي متر بمعدل توهين يصل إلى 0.5 dB/km، بعدها صنعت ألياف زجاجية تعمل على الطول الموجي 1550 ملي متر وبمعدل توهين 0.2dB/km والذي يعتبر نظريا أقل حد ممكن لقيمة الفقد في الليف الزجاجي.

لقد بدأ التطبيق والاستعمال الفعلي لأنظمة الاتصالات الضوئية في بداية السبعينات من القرن الماضي .

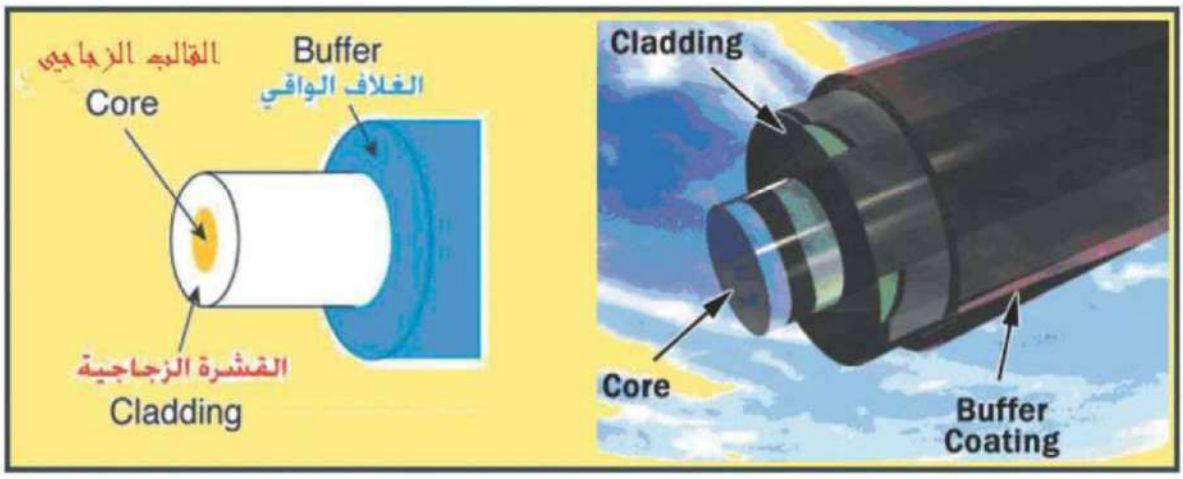
5-11-1 مكونات الليف الضوئي:

يتكون الليف الضوئي من ثلاثة أجزاء رئيسة وهي كالأتي :

أ- القلب (Core) : وهو عبارة عن زجاج رفيع ينتقل فيه الضوء.

ب- العاكس (Cladding) : مادة تحيط بالقلب الزجاجي وتعمل على عكس الضوء مرة أخرى إلى مركز الليف الضوئي.

جـ- الغطاء الواقي (Buffer Coating) : غلاف بلاستيكي يحمي الليف الضوئي من الرطوبة ويحميه من الضرر والكسر. والشكل (5-18) يبين مكونات الليف الضوئي.



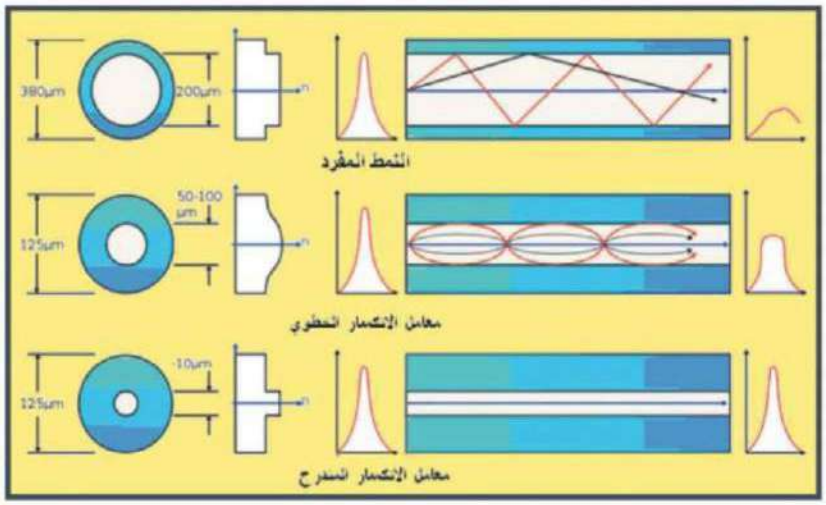
الشكل (5-18) مكونات الليف الضوئي

5-11-2 أنواع الألياف الضوئية (البصرية) (Optical Fiber Types)

تنقسم الألياف الضوئية إلى عدة انواع، وذلك بالاعتماد على المعيار **المستعمل** لعملية التقسيم، وعلى تغير معامل الانكسار خلال لب الليف الضوئي وتقسم الألياف الضوئية كالآتي :

1- ألياف عتبية (Step – Index Fibers)

حيث يكون معامل الانكسار ذا قيمة ثابتة خلال لب الليف. لقد بدأ ظهور الألياف الضوئية بهذا النوع تحديدا وذلك لسهولة تصميمه وتصنيعه، حيث تم تصنيع لب الليف من الزجاج ذي معامل انكسار ثابت (n1) بينما يصنع المحيط من الزجاج ايضا بمعامل انكسار ثابت ولكن ذو قيمة اقل (n2) كما مبين على الرسم في الشكل (5-19) والذي يمثل كيفية تغير معامل الانكسار لليف الضوئي n(r) بلاعتماد على المسافة القطرية من مركز الليف (r) ويمثل الرمز (d) نصف قطر المحيط والرمز (a) نصف قطر اللب، كما اشرنا سابقا حيث تعطى هذه القيم بوحدة المايكرومتر (μm).



الشكل (5- 19) يوضح تغير معامل الانكسار في الليف العتبي

إذا ما نظرنا إلى الشكل (5-19) فأننا نجد إن تغير معامل الانكسار من القيمة n_2 إلى n_1 او العكس له شكل الدرجة او العتبة، ومن هنا جاءت التسمية (الليف العتبي) . ويمكننا حساب عدد أنماط الانتشار (M_s) خلال الليف العتبي بالعلاقة الاتية :

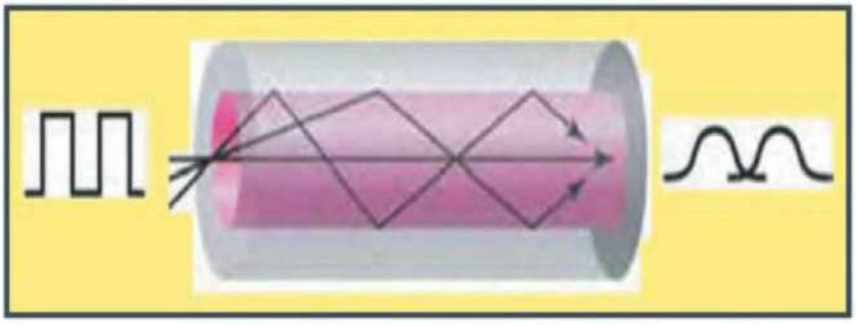
$$M_S = \frac{V2}{2}$$

تكون سرعة انتشار جميع الأنماط ثابتة وتساوي :

$$V = \frac{c}{n}$$

حيث n هو معامل الانكسار للوسط الذي يتم فيه الانتشار (هنا لب الليف تحديدا $n = n_1$) ان سبب ثبات السرعة يعود الى ان معامل الانكسار للب الليف ذو قيمة ثابتة وعليه فأن علاقة السرعة لاتتغير. تنتشر الحزم الضوئية او الاشعة ضمن منطقة لب الليف الضوئي وتكون مساراتها على شكل خطوط مستقيمة.

الشكل (5- 20) يوضح ان الضوء يسير بخطوط مستقيمة خلال الوسط المتجانس (ذو معامل انكسار ثابت) وهذه الحالة في الألياف العتبية.



الشكل (5-20) يوضح مسارات الحزم الضوئية خلال الليف العتبي

تتميز الألياف العتبية ببساطتها وأسعارها متدنية، ولكنها متواضعة في الخصائص والمميزات وتكمن مشكلتها الرئيسة في التشتيت الداخلي.

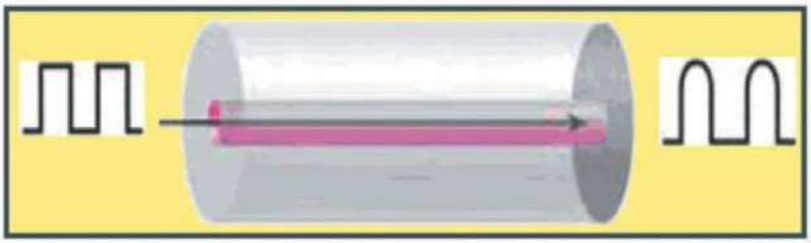
2- ألياف تدريجية (Graded–Index Fibers)

يتغير معامل الانكسار بشكل تدريجي ضمن منطقة لب الليف وحسب عدد أنماط الانتشار خلال الليف البصري وتنقسم إلى ألياف متعدد الأنماط (Multimode Fibers) حيث ينتشر أكثر من نمط قد يصل إلى المئات. إن ما يميز الألياف الضوئية ذات معامل الانكسار التدريجي هو ان معامل الانكسار للب الضوئي

لايكون ذا قيمة ثابتة وإنما يتغير بشكل تدريجي بدءا من مركز اللب (أقصى قيمة $n = n_1$) ولغاية الحد الفاصل بين اللب والمحيط (ادنى قيمة $n = n_2$)، إذ يأخـــذ هذا التغير التدريجي إشكالا مختلفة (المثلثي والقطع المكافئ).

3- ألياف أحادية النمط (Single Mode Fibers)

في حالة الليف أحادي النمط هناك نمط واحد من الانتشار، ويُعدُّ بداية ظهور الانتشار عبر الليف الضوئي ويسمى النمط الأساسي، لاحظ الشكل (5-21) .



الشكل (5-21) الانتشار عبر الالياف احادية النمط

5-11-3 تقسيم الألياف الضوئية حسب المادة المصنوع منها :

1- **الألياف البلاستيكية (Plastic optical Fibers)**: وتصنع بالكامل من البلاستك، لاحظ الشكل (5-22).

الشكل (5-22) ليف مصنوع من البلاستك

2- **الألياف الزجاجية (Glass Optical Fibers)**: وتصنع من الزجاج النقي.

أيضا يمكننا إيجاد ألياف ضوئية يكون فيها اللب مصنوع من الزجاج بينما المحـــيط مـــن البلاســـتك، لاحـــظ الشكل(5-22).

الشكل (5-22) الليف الزجاجي

الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1- يستعمل خط النقل المبرم لنقل الاشارات ذات التردد

أ – القليل

ب – المتوسط

جـ – العالي

2- هناك نوعان من خطوط النقل المحورية هي

أ – المرن والصلب

ب – المعزول وغير المعزول

جـ – الرفيع والغليظ

3- تعتمد ممانعة الخواص على كل من معاملات الموصل وهي

أ – المحاثة والمتسعة وطول خط النقل

ب – المحاثة والمتسعة

جـ – المحاثة والمتسعة وقطر خط النقل

4 – عندما تكون ممانعة الخواص (Zo) مساوية لممانعة الحمل (ZL) في هذه الحالة

أ – يحدث انعكاس كامل للاشارة

ب – لايحدث انعكاس ويحصل افضل انتقال للطاقة

جـ – تتلاشى الاشارة ولايحصل انتقال للطاقة

5- إن معامل الانعكاس يحدد

أ – نوعية خط النقل

ب – قيمة الممانعة الموائمة

جـ – كفاءة خط النقل لإيصال اكبر قدرة إلى الحمل

6- إن مقدار معامل الانعكاس يكون مساويا إلى الواحد عندما

أ – تكون نهاية خط النقل دائرة مفتوحة او دائرة قصر

ب – تكون نهاية خط النقل دائرة مفتوحة فقط

جـ – تكون نهاية خط النقل دائرة مفتوحة او دائرة قصر

7- عندما تكون قيمة VSWR=1 يتم

أ – انتقال الإشارة كاملة بدون انعكاس وهي تُعدُّ حالة غير مثالية

ب – انتقال الإشارة كاملة بدون انعكاس وهي تُعدُّ حالة مثالية

جـ – انعكاس الاشارة وهي تُعدُّ حالة مثالية

8- إن قيمة VSWR هي مقياس يشير إلى

أ – كفاءة الخط

ب – طول الخط

جـ – نوع الخط

9 – عندما يكون $VSWR > 2.5$ تُعدُّ هذه الحالة

أ – مؤشرا على ارتفاع كفاءة خط النقل

ب – مؤشرا على جودة خط النقل

جـ – مؤشرا على انخفاض كفاءة خط النقل

10– يتكون الليف الضوئي من ثلاثة أجزاء رئيسة وهي

أ – المصدر والمستقبل والغطاء

ب – القلب والمصدر والغطاء

جـ – القلب والعاكس والغطاء الواقي

11– العاكس (Cladding) في الليف الضوئي يعمل على عكس الضوء مرة أخرى

أ – إلى مركز الليف الضوئي

ب – الى خارج الليف الضوئي

جـ – الى المصدر

12– ان الالياف الضوئية العتبية تكمن مشكلتها الرئيسة في

أ – التشتيت الداخلي

ب – غلاء ثمنه

جـ – تركيبه المعقد

13– تقسيم الألياف الضوئية حسب المادة المصنوع منها الى:

أ – الياف زجاجية والياف بلاستيكية

ب – الياف رجاجية والياف مطاطية

جـ – الياف زجاجية والياف معدنية

اسئلة الفصل الخامس

1- عرف خط النقل . وعدد بعض انواع خطوط النقل المستخدمة في اجهزة الاتصالات.

2- اذكر فرقين بين خط النقل المفتوح وخط النقل المحوري . وما هو مجال استعمال كل منهما؟

3- عدد الخواص الكهربائية لخط النقل والتي تستدل منها على الدائرة المكافئة له .

4- ماهي ممانعة الخواص ؟ وعلى ماذا تعتمد ؟

5- ماهي العوامل المؤثرة على ممانعة الحواص ؟

6- اشرح كيف يعمل خط النقل على تاخير الاشارات المنقولة فيه ؟ وبين كيف يتم حساب زمن التاخير؟

7- وضح بالرسم تاثير الحمل المربوط في نهاية الخط على كل من اشارتي الفولتية والتيار المنتقلين فيه.

8- وضح كيف يمكنك معرفة نوع العطب وموقعه على خط النقل ؟ وضح اجابتك بتجربة عملية.

9- وضح تاثير حالة النهاية المفتوحة على انتقال الموجة المرسلة على خط النقل .

10- وضح تاثير حالة النهاية المغلقة على انتقال الموجة المرسلة على خط النقل .

11- مالمقصود بالموجة المنعكسة ، و VSWR ، و معامل الانكسار ؟

12- ماهو الليف الضوئي ؟ ومامكوناته ؟

13- عدد بعض انواع الليف الضوئي . مع الشرح .

مسائل الفصل الخامس

س1 : اذا كان تردد موجة 300MHz . احسب طول الموجة.

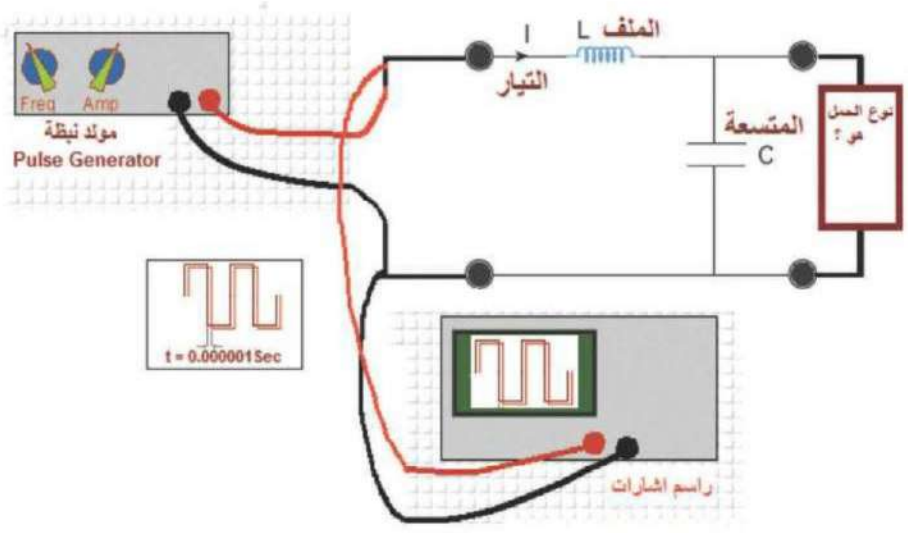
س2 : احسب ممانعة الخواص لخط نقل مقدار السعة فيه 100 بيكوفاراد/متر والحث 550 نانوهنري/متر.

س3 : احسب مقدار التاخير وسرعة انتقال الاشارة على خط نقل طوله 6 متر والسعة 120 بيكوفاراد /متر والحث 170 نانوفاراد/متر.

س4 : خط نقل فيه عارض ، ارسلت من نهايتي الارسال فيه نبظة فولتية، فانعكست بطور مختلف بعد فترة زمنية 1 مايكروثانية. ماهو العارض؟ وما بعده عن نهايتي الارسال؟ افرض ان سرعة انتقال النبظة في الخط مساوية الى سرعة انتقال الموجات الكهربائية في الفراغ.

س5 :خط نقل مقدار السعة فيه يساوي 0.0295 نانوفاراد/متر والحث 0.07375 مايكروهنري/متر. احسب ممانعة الخواص عندما يكون طول الناقل 5.28 كيلومتر.

س6 : من شكل الاشارة الموضح على جهاز راسم الاشارة في ادناه، حدد نوع الحمل المستعمل وطول خط النقل .



س7: استُعمل خط نقل له ممانعة خواص تساوي $(Z_O = 50\Omega)$لنقل إشارة إلى حمل مقداره (100Ω) احسب مقدار الموجة المستقرة (VSWR) للخط المستخدم وكفائته .

الفصل السادس

العارضات المرئية البسيطة Visual Simple Displays

اهداف الفصل :

إعطاء الطالب المعرفة والقدرة الكافية على استيعاب وتعلّم أنواع العارضات وتمييزها، وكذلك طريقة ربطها ونقاط الفحص والتشغيل لها، فضلاً عن مكان استعمالها في الحياة العملية.

محتويات الفصل السادس :

1-6 العارضات المرئية البسيطة

2-6 شاشات العرض ذو القطع السبعة Seven Segments Displays

3-6 عارضات السائل المتبلور Liquid Crystal Displays (LCD)

4-6 عارضة الـ LCD وطريقة عملها Thin Film Transistor

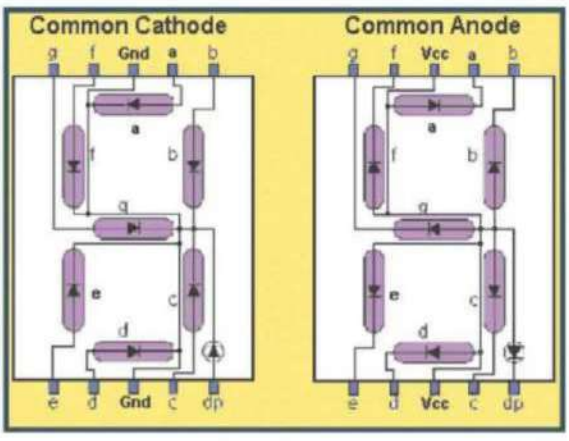
5-6 عارضات السائل المتبلور من نوع (TFT)

6-6 عارضات البلازما المرئية Visual plasma displays

اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل السادس

العارضات المرئية البسيطة
Visual Simple Displays



الفصل السادس

العارضات المرئية البسيطة Visual Simple Displays

6-1 العارضات المرئية البسيطة

العارضة هي أداة إلكترونيه تعطي ضوء لإظهار المعلومات بشكل مرئي، ولذلك فان العارضات ممكن تقسيمها إلى نوعين حسب التعقيد وهي: عارضات غير معقدة في التصنيع، وهي محصورة الاداء، وفئة اخرى معقدة التصنيع وذات اداء كبير وواسع، ولذلك نستطيع تقسيم العارضات بالشكل الاتي:

أولا- عارضات الشكل وهي التي تظهر لنا الأرقام والأحرف.
ثانيا- عارضات الرسوم وهي أكثر تعقيدا وباستطاعتها إعطاء شكل تصويري فضلاً عن الأحرف والأرقام.

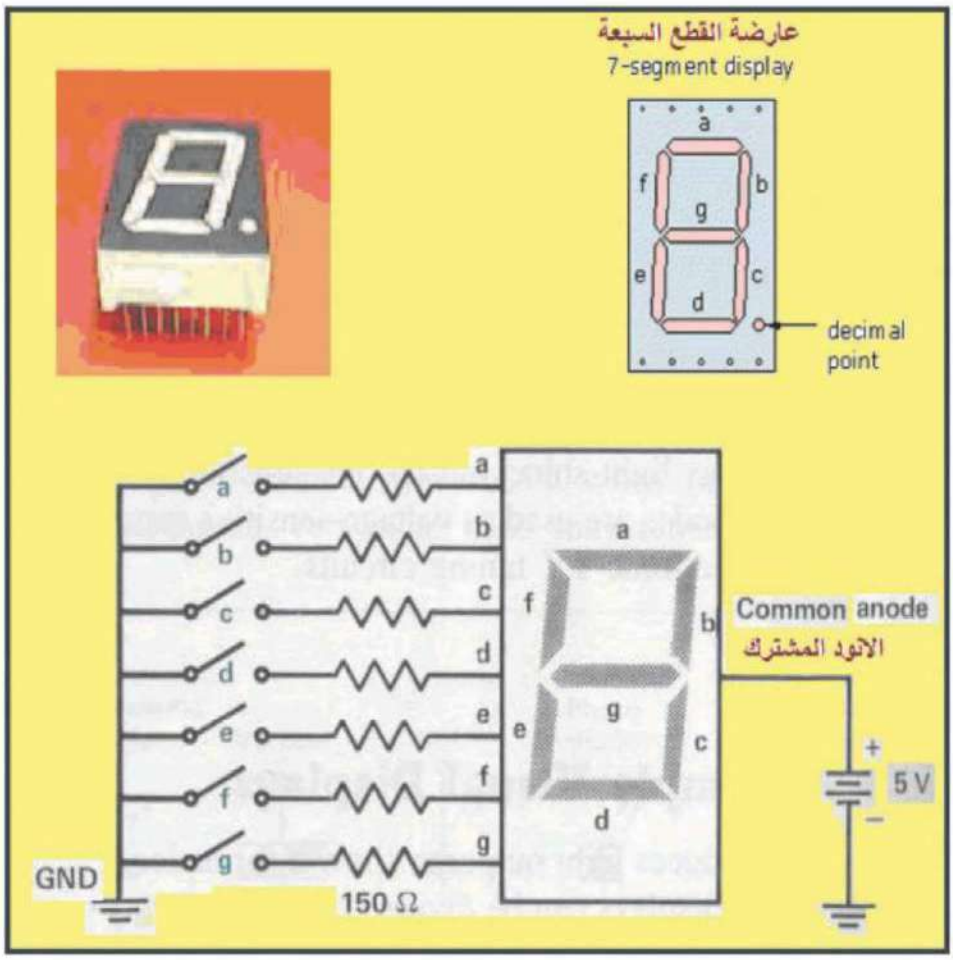
ويمكن تقسيم العارضات حسب طريقة اظهار الارقام والاحرف وحدود الاداء وتستعمل في مجالات واسعة ويتم استعمال اكثر من عارضة هنا، من اجل الحصول على الرقم او الاحرف المطلوبة وهذه العارضات هي:

أ- عارضات ذو القطع السبعة.
ب-عارضات المصفوفة النقطية .

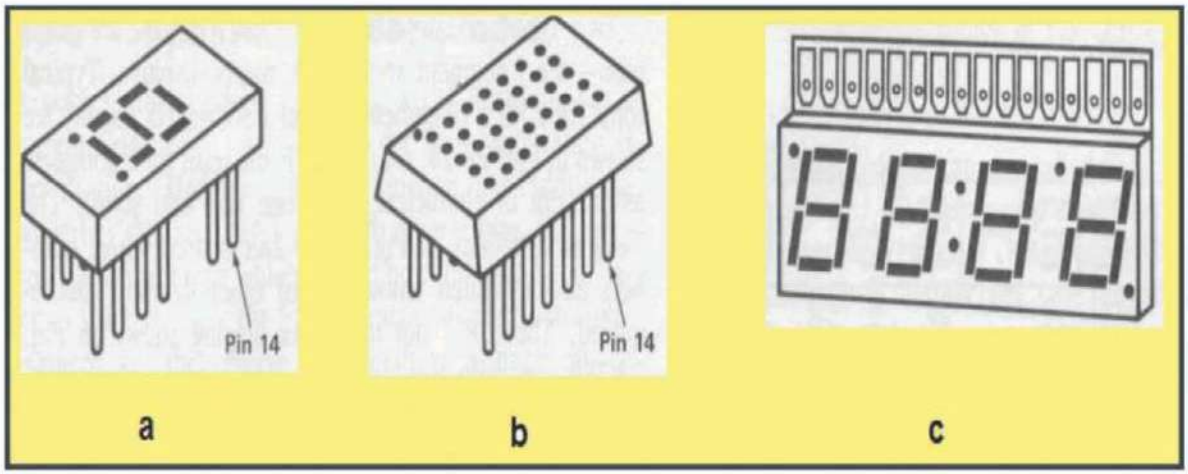
عارضة القطع السبعة الموضحة في الشكل (6-1) والتي تستعمل أرقام ورموز محددة، وان طريقة ترقيم الدايودات المضيئة يكون لها نسق خاص لعرض الرقم او الرمز المطلوب.

أما في الشكل (6-2) والذي يستعمل عارضة مصفوفة ذات تنقيط (5 x 7) أي بعرض 5 نقاط مضيئة وبطول 7 نقاط مضيئة للأرقام والأحرف.

وان الجزء الرئيس في عمل وأداء هذا النوع من العارضات هو الدايود الضوئي والذي يتم من خلاله إعطاء الرقم او الحرف المطلوب، وسنوضح ذلك لاحقا.



الشكل (6 – 1) عارضة القطع السبع



الشكل (6 – 2)عارضة ذات اربعة قطع متشابهة 5 x 7 نقطة مضيئة

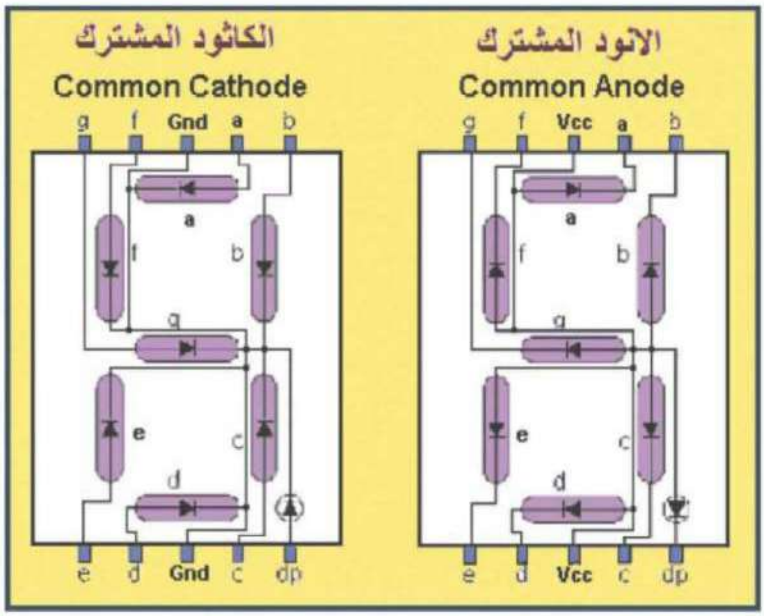
6-2 شاشات العرض ذات القطع السبع Seven Segments Displays

يصمم هذا النوع من شاشات العرض بطرق عدة، فالشاشات القديمة التي كانت تستعمل فتيل الإشعال الرفيع، لكل قطعة وهي ما اشبه بالمصباح، تعمل على جهد عالٍ ويشع إضاءة بلون برتقالي. أما العارضات الفلورسنتية التي جاءت بشكل اكثر تطورا فهي تعطي ضوءا اخضر وتعمل على جهد واطئ وهذا ما نلاحظه بالحاسبات اليدوية الصغيرة. أما العارضات الشائعة في وقتنا الحاضر، فهي تعطي اللون الأحمر وهي التي تستعمل الدايود الضوئي للعمل.

في الشكل (6 – 1) وكل قطعة تُعدُّ دايود مشع للضوء ويُعدُّ الآنود هو نقطة مشتركة للكل وجاءت التسمية بعارضة بسبعة قطع ذات أنود مشترك (Common–Anode 7-segment Display) وهذه القطع من a إلى g موضحة بالشكل أعلاه ويتم إيصال الكاثود إلى الدائرة لعمل الانحياز للدايود المحدد.

وهناك عارضات ذات القطع السبع ذات الكاثود المشترك، والشكل (6 – 3) يوضح النوعين وطريقة ايصال الجهد الى هذه القطع للحصول على الرقم المطلوب.

ويجب التاكد من هذه العارضات ذات القطع السبع، هل هي انود مشترك أو كاثود مشترك، لان الجهد المطلوب في الحالة الثانية عكس الجهد المطلوب في الحالة الاولى.



الشكل (6 – 3) عارضات ذات القطع السبع

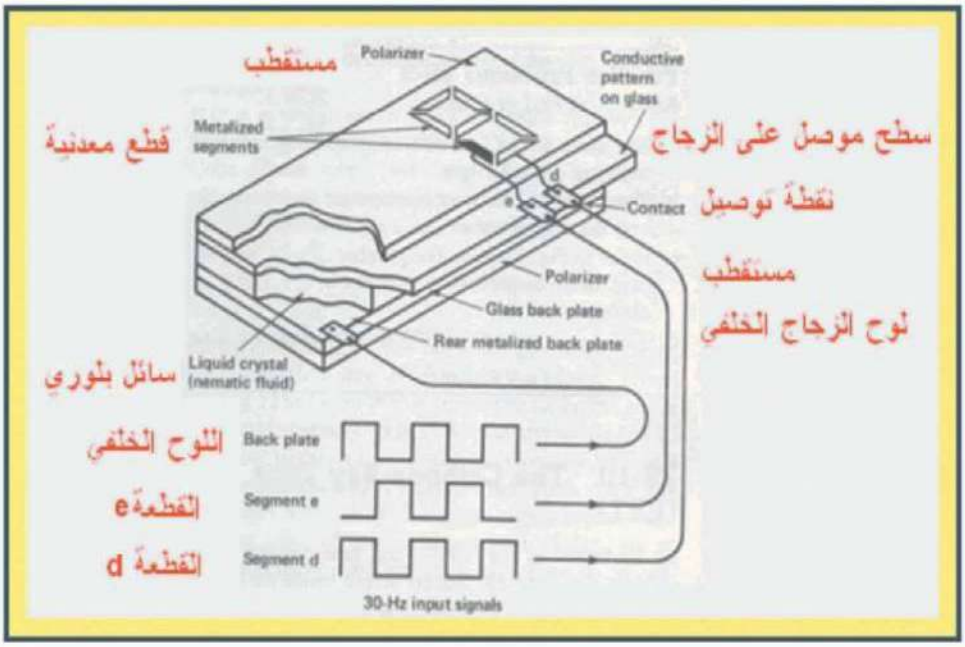
إنّ فحص الدائرة للعارضة ذات القطع السبع الموضح بالشكل (6-1) عن طريق اعتماد 5 فولت كقدرة قياسية لتشغيل هذه العارضة وباستعمال المفاتيح نستطيع أن نحصل على أي رقم خلال مقاومات الحماية 150 اوم لتحديد تيار العارضة لحدود 20 ملي أمبير.

ففي سبيل المثال الرقم 7 يحفز الدايودات(a, b, c) ويمكن الحصول على عارضات منفردة، أو متعددة.

3-6 عارضات السائل المتبلور Liquid Crystal Displays (LCD)

تطرقنا الى موضوع العارضات ذات القطع السبع والتي تعطي الضوء، اما عارضات السائل المتبلور، فانها تعكس جزء من الضوء المحيط بها، بينما الأجزاء الأخرى تمتص الضوء. مثال على ذلك أجهزة القياس الرقمية التي تستعمل هذا النوع من العارضة يكون الأساس العاكس للضوء فضياً فيها بينما الرموز المفعلة والأرقام تمتص الضوء، لهذا فهي لا تشع ضوء لذلك يكون اخذ القراءات منها في مكان مضيء.

ان عارضات السائل المتبلور الحديثة تدعى بعارضات تأثير المجال للسائل المتبلور، وهي ذات أساس فضي بأحرف سوداء، كما موضح في الشكل (6 – 4) .



الشكل(6 – 4) التركيب الداخلي لعارضة السائل المتبلور

والشكل(6 – 5) الشاشة التصنيعية ذات أربع قطع مرتبة بشكل أفقي

4-6 عارضة الـ LCD وطريقة عملها:

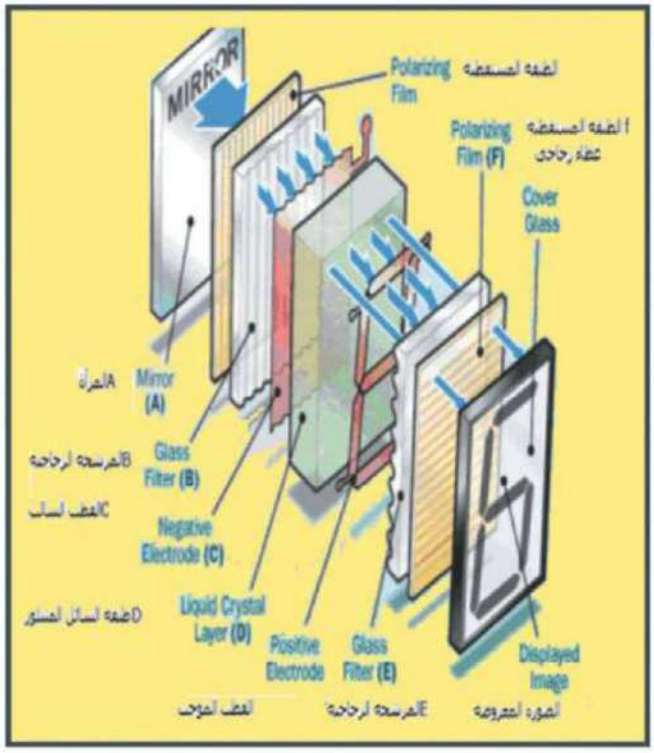
ان هذه العارضة تتألف من طبقتين من الزجاج بسائل متبلور خاص يوضع بين طبقتين. يوجد اسفل السطح العلوي رقاقات معدنية غير مرئية لإظهار الرموز، أما الطبقة الزجاجية الخلفية، فهي ذات طبقة معدنية وخلال عملية تقطيب الطبقة العليا والسفلى يتم انتقال التيار الكهربائي خلال الشاشة .

يتم السيطرة على عارضة الـ LCD خلال إشارة متغيرة ذات تردد واطئ، لاحظ الشكل (6-6)، اذ ان اللوح السفلي يستلم 30 ذبذبة بالثانية موجة مربعة والقطعة e تستقبل تردد 30 ذبذبة بزاوية 180°، وبذلك يتم تفعيل القطعة e وتبدو مظلمة بأساس فضي، أما القطعة d فهي بتردد 30 ذبذبة بالثانية بالطور نفسه مع اللوح الخلفي، وبذلك لا تتحفز وتكون بيضاء أي غير مرئية.

لذا يتبين لنا ان القطعة المحفزة تكون مظلمة وهي القطعة e وهي احد القطع السبعة لتشكيل الأرقام المطلوبة كافة وتبقى بيضاء في بقية الأساس، وعليه فان هذا النوع من العارضات يتم اخذ القراءات منه في مكان مضيء.

ومن مزايا هذا النوع من العارضات هو استهلاكه الضئيل جدا للتيار، لهذا يستعمل في الحاسبات الالكترونية والساعات اليدوية وأجهزة القياس. ويجب الذكر هنا ان هذا النوع من العارضات ذو انتشار واسع ولا يستعمل التيار المستمر، اذ يؤدي هذا النوع من التيارات إلى تلفه .

وهناك أنواع اخرى من شاشات العرض التي تستعمل السائل المتبلور أيضاً، ولكن بأسلوب تصنيع آخر يعتمد على المرآة الخلفية.



الشكل (6 – 6) التركيب الداخلي لشاشة العرض ذات السائل المتبلور

الشكل (6 – 6) يوضح شاشة عرض ذات السائل المتبلور، نلاحظ فيها المرآة الخلفية العاكسة للضوء المسلط من الواجهة الأمامية من اي مصدر ضوء موجود كضوء الغرفة، اذ يمر بالطبقة المستقطبة العمودية، ثم الى المرشحة الزجاجية، ليمر الضوء خلالها ثم الى السائل المتبلور بين قطبين موجب وسالب، حيث تتجه البلورات بأحد الاتجاهين، إما عمودي لتسمح بمرور الضوء او أفقي لتحجب الضوء. والنتيجة فان الضوء الخارج يمر خلال مرشحة زجاجية وطبقة مستقطبة افقية لنحصل على الرقم المطلوب.

5-6 عارضات السائل المتبلور من نوع TFT (TFT LCD Displays)

الـ TFT وهي مختصر من بداية الكلمات Thin Film Transistor فتكنولوجيا الـTFT هو النوع القياسي الحديث في الوقت الحاضر في مجالات شتى منها الشاشات التلفزيونية وعارضات الحاسبة المتنقلة Laptop وأجهزة أخرى.

وقد شاع استعمال هذا النوع من العارضات، وذلك للمواصفات الآتية :

1. القابلية على إظهار الكتابة بشكل واضح .
2. لها ألوان واضحة.
3. القابلية على التكيف مع السرعات العالية ذات الحركة السريعة .
4. القابلية على إظهار تفاصيل دقيقة للصور المعقدة .

شاشات العرض من نوع السائل المتبلور ذات خاصية الـ TFT تسمى أيضا عارضات اللوح المسطح (Flat Panel Display)، وقد استحدث هذا النوع بدلا من النوع القديم (أنبوبة الأشعة الكاثودية CRT) .

ومن الجدير بالذكر ان معظم شاشات العرض ذات السائل المتبلور تحمل خاصية الـ TFT .

6-5-1 فوائد شاشات العرض من نوع الـ TFT

كل عنصر صورة او تفصيل دقيق لتكوين الصورة يدعى بكسل Pixel وهي كلمة مدموجة من كلمتين (Picture Element) وهذا البكسل يتم السيطرة عليه عن طريق ترانزستور صغير جداً، وقد تم تصنيع هذا النوع من الترانزستورات من خلال تكنولوجيا متقدمة. ومن مواصفات هذا النوع من الترانزستورات، بأنه يحتاج إلى شحنة صغيرة جدا لكي يعمل، وبذلك يمكن الاستنتاج من ان هذا النوع من الشاشات تحمل كفاءة طاقة اكبر مقارنة بالشاشات التقليدية .

ان شاشات العرض من نوع الـ TFT لها القابلية في إظهار صورة واضحة ضمن سُرع عالية جداً وبمقدار ضئيل جداً من الوميض (تأثير فلكر Flicker Effect).

وهناك شاشات تدعى شاشات العرض ذات السائل المتبلور من النوع السلبي، وهي شاشات ليس لها القابلية على إعادة الإنعاش (Refresh) بسرعة عالية، وهذه من السلبيات في عدم الاستجابة مع الصور ذات الحركة

السريعة بينما شاشات العرض من نوع الـ TFT لها سرعة إنعاش عالية جدا لتظهر صورة دقيقة التفاصيل واستعمالاتها متعددة في هذا المجال مثل الألعاب (Games) وكل أشكال متعدد الوسائط (Multimedia) .

6-5-2 طريقة عمل شاشات العرض ذات السائل المتبلور من نوع الـ TFT

تتكون شاشات العرض ذو السائل المتبلور من طبقة من السائل المتبلور، وعلى طبقة او أكثر من طبقات مستقطبة (Polarizing Layers) مصنوعة من البلاستك او الزجاج او مواد أخرى، وهذا النوع من شاشات العرض لها تركيب أشبه بالسندويج، ذلك ان السائل البلوري ينحصر بين زجاجتين او لوحين من البلاستك.

6-5-3 طريقة ظهور الصورة بشكل علمي

شاشات العرض ذات السائل المتبلور تظهر الصورة من خلالها عن طريق ملايين من عناصر الصورة الدقيقة تدعى (بكسل)، وبالإمكان فهم البكسل على انه نقطة دقيقة على الشاشة.

من خاصية هذا البكسل المتكونة ضمن السائل البلوري بان له القابلية على تغيير اتجاه الضوء المار خلاله، وذلك بسبب جهد كهربائي مسلط عليه ففي حالة تحفيز (Stimulation) البكسل خلال شحنة كهربائية خارجية، فان الخاصية للضوء تتغير، لان الضوء يمر خلال البكسل، فمثلا عندما يتم اصطفاف مادتين مستقطبتين (Two Polarizing Material) مع بعضهما فان الضوء يمر من خلالها. وعندما اصطفاف إحدى المواد المستقطبة بفرق زاوية مقدارها 90 درجة مع الأخرى، فان الضوء عند هذه الحالة ينقطع، وبذلك يمكن الحصول على درجات من الضوء المار تبعا لتغيير الجهد المسلط، وسنحصل عندها على زوايا من الصفر الى الزاوية 90 درجة، لاحظ الشكل(6-7).

ويجب ان نفهم بان السائل المتبلور في هذه الأنواع من شاشات العرض، يعمل عمل مستقطب ديناميكي. أي ان اتجاهه يتغير باستمرار طبقا للجهد المسلط عليه أي ان الضوء يتغير باستمرار تبعا لذلك، وهكذا نحصل على شدة ضوء تتغير في كل لحظة طبقا للجهد المسلط.

الشكل (6-7) رسم توضيحي عن الخلايا البلورية ضمن السائل البلوري

6-5-4 شرح تفصيلي لعمل الـ TFT في شاشات العرض الحديثة

هنالك ترانزستورات دقيقة جدا تبعا للتكنولوجيا الحديثة التي ساعدت على تصنيعها، وعدد هذه الترانزستورات مساويا لعدد البكسل ضمن العارضة، فمثلا شاشة العرض ذات الحجم 17 عقدة تحتوي على 1.3 مليون بكسل أي تحتوي أيضا على 1.3 مليون ترانزستور، لان كل ترانزستور يسيطر على البكسل المخصص له، وفائدة الترانزستور في هذا النوع من شاشات العرض هو تغيير اتجاه الأجسام المستقطبة بسرعة عالية جداً، وسيتم توضيح ذلك .

6-5-5 شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة والفعالة :

1. شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة: (Non Active -LCD)

عند النظر إلى تكنولوجيا شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة فان الخلايا تعمل مثل عمل المتسعات. فعند تسليط شحنة على الخلية فان السائل البلوري ينقلب إلى اتجاه واحد، وعند إيقاف تجهيز الشحنة إلى الخلية، فانه طوعيا يتراجع جهده تدريجياً، وعند ذاك فان السائل البلوري يتراجع ببطئ إلى موضعه الأصلي. الشاشات العارضة ذات السائل المتبلور السلبية غير قابلة لتوجيه البلورة بسرعة كافية، وللتغلب على هذا البطئ تم التوصل إلى نوع آخروهو شاشات العرض ذات السائل المتبلور الفعال (Active-LCD) .

2. شاشات العرض ذات السائل المتبلور الفعالة : (Active-LCD)

هذا النوع من شاشات العرض يستعمل ترانزستورات لتؤدي فعلياً تغيير توجيه البلورات حيث ان هذه الطريقة تعطي سيطرة أسرع إلى خلايا السائل المتبلور، وبالطبع هناك أيضا تعقيد اكبر. من الظواهر التي نلاحظها في شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة هو ظهور غشاوة (Blur) مع الصور خصوصا بالحركة السريعة التي هي أكثر من (8-15) إطار بالثانية أما هذه الظاهرة، فأنها لاتظهر في شاشات العرض الفعالة بسبب استعمال ترانزستورات تعمل عمل مفتاح الكتروني سريع .

الشكل (6- 8) شاشة عرض السائل المتبلور TFT

في الشكل (6 – 8) نلاحظ وجود إضاءة خلفية ليمر الضوء خلال السائل عبر زوجين من الألواح المستقطبة بفارق زاوية مقدارها 90 درجة وتوجد طبقة الترانزستورات بعد اللوح المستقطب السفلي وعدد هذه الترانزستورات كما علمنا بعدد البكسل (Pixel)، اي ان لكل بكسل ترانزستور خاص به.

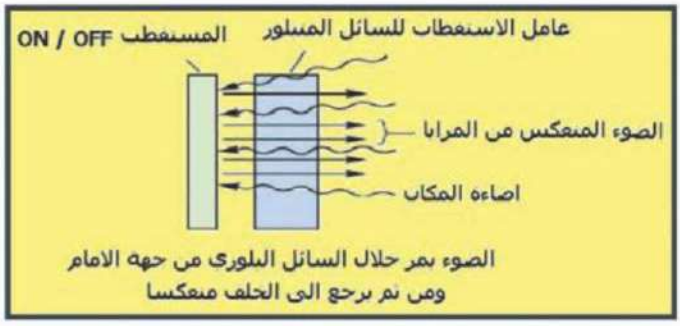
6-5-6 عرض الالوان في عارضات الـــ TFT

تطرقنا الى عمل شاشات العرض ذات السائل المتبلور وطريقة عمل الـــTFT، والان نتحدث عن طريقة عرض الالوان وظهورها على شاشة العرض، ففي شاشات العرض الملونة فان كل بكسل يقسم الى ثلاثة بكسل ثانوية، كل واحد من هذه البكسل الثانوية له القابلية لاظهار لون من الالوان الثلاثة (اللون الاحمر، واللون الاخضر، واللون الازرق).

وكما نعلم بان هذه الالوان هي الالوان الاساسية والالوان الاخرى يمكن اظهارها عن طريق مزج الالوان الاساسية بنسب معينة، وبمعنى اخر نفهم ان مجموعة واحدة من الـــ RGB (هذه الاحرف بداية احرف هذه الالوان الاحمر والاخضر والازرق وهي الالوان الاساسية لظهور بقية الالوان الاخرى المشتقة منها عن طريق مزج النسب بينها (Red, Green, Blue). ومن الملاحظ هنا ان البكسل الثانوي هو صغير جدا مما يتعذر على العين البشرية من رؤية ذلك بشكل منفرد، وبذلك فان العناصر اللونية الثلاث على الشاشة (RGB Elements) تبدو للعين البشرية كخليط من هذه الألوان.

6-5-7 مصدر الضوء الظاهر في شاشات العرض من نوع الـــ TFT - LCD

شاشات العرض من نوع الـــ TFT القديمة وكذلك الصغيرة التي تستعمل في التطبيقات البسيطة مثل الحاسبات تستعمل نظام الانعكاس للحصول على الضوء التي تدعى علمياً (Reflective TFT)، وهذا النوع من شاشات العرض لا يتضمن أي ضوء في الواجهة الخلفية. والعامل المستقطب في الجهة الخلفية لشاشة العرض هو ببساطة طبقة مرايا وراء لوح الـــTFT. وهذه الواسطة تعكس الضوء القادم من الواجهة الامامية ليصبح هو الضوء الاساسي لاضاءة الشاشة او العارضة، لذلك فان الشروط الواجب توفرها هي غرفة، او حيز من المكان ذي اضاءة جيدة لنحصل على الضوء المطلوب في واجهة شاشة العرض هذه.



الشكل (6-9) شاشات العرض ذو النوع TFT

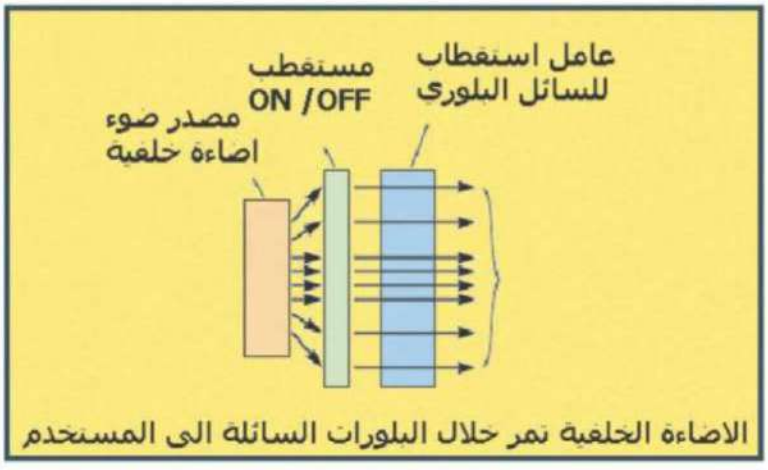
بعد ذلك صنعت شاشات عرض نوع (TFT- LCD) وبوجود مصدر ضوء لها وتم تحوير التصميم وتحديثة في نوع اخر من شاشات العرض باضافة اضاءة جانبية او اضاءة امامية لها وظيفة الاضاءة، هي نفسها كما هو الحال في شاشات العرض ذات الاضاءة الخلفية والفرق هنا فقط موقع مصدر الضوء. ففي حالة الاضاءة الامامية يوضع مصدر الضوء على الجانب او قليلا الى الامام من طبقات الـTFT ، وقد صممت هذه الطريقة بحيث ان الضوء يعطي توهج خلال لوح الـ TFT ، وهذا الضوء يرتد منعكسا من الوسط المستقطب رجوعا خلال شاشة العرض الامامية.

ان معظم شاشات العرض من نوع (TFT- LCD) في الوقت الحالي تستعمل اضاءة خلفية ومصدر ضوء موضوع في الجانب الخلفي من شاشة العرض ويضيئ باتجاه العين البشرية مرورا بالوسط المستقطب للوح الـTFT، اما في شاشات العرض الصغيرة المستعملة مثلا في الهاتف الخلوي او الحاسبة اليدوية فإن مصدر الضوء فيها يوضع على طول الجانب لشاشة العرض .

ومن شاشات العرض الشائعة الاستعمال هي نوع الـ TFT ذات الاضاءة الخلفية وتدعى مصباح فلورسنتي ذات الكاثود البارد CCFL (Cold-Cathode Fluorescent Lamp) وهو اشبه بانبوبة الفلورسنت الطبيعية بحجم صغير ومن فوائد هذه الطريقة انه ذو كلفة قليلة أي رخيص الثمن ، وصغير الحجم وسهولة تغيير المصباح في حالة تلفه .

سؤال: اذا كانت شاشة العرض ذات السائل المتبلور من نوع الـ TFT لها انارة من داخلها فلماذا لانستطيع ان نرى أيّ شيء على شاشة العرض في يوم مشمس ؟

الجواب : هو ان الوسط المستقطب في شاشة العرض نوع الـ TFT يقوم بارسال او منع الضوء الخلفي، ولهذا فان أي ضوء براق على شاشة العرض من الواجهة الامامية يتضارب او يتنافس مع الضوء الخلفي، فاذا كان ضوء الوهج الامامي المسلط على شاشة العرض قوياً بشكل كافٍ، فانه وببساطة يتغلب على ضوء الـ Laptop كنوع من انواع شاشات العرض وتكون النتيجة اختفاء الصورة من على الشاشة وعدم رؤيتها. والطريقة المثلى لاستعمال شاشات العرض الانعكاسية هو ضمن اضاءة الغرفة.



الشكل (6-10) طريقة انتقال الضوء

8-5-6 الاضاءة الخلفية باستعمال الـ LED لشاشات العرض نوع الـ LCD-TFT

يبين الشكل (6 – 10) طريقة انتقال الضوء من مصدر ضوئي خلفي عبر السائل البلوري لاظهار الصورة ويعتمد مصدر الضوء الخلفي على طريقة التصنيع.

واذا اردت ان تختار نوع مفضل من انواع الـ Laptop في الوقت الحاضر، فان الافضل ان تختار ضمن نوع الاضاءة الخلفية باستعمال LED (Light Emitting Diode) في هذه الحالة يكون مصدر الضوء آت من مجموعة من الـ LED بدلا من الـ CCFL والتكنولوجيا الحديثة باستعمال طريقة الـLED حققت الضوء الابيض الضروري لاضاءة هذا النوع من الالواح المسطحة، وقد شاع استعمال هذه الطريقة لاسباب كثيرة، اهمها استقرارية الاضاءة ضمن مديات حرارة مختلفة،والمتانة، وكفاءة قدرة عالية. وبذلك اصبحت شائعة الاستعمال ضمن اجهزة تعمل على البطارية القابلة للشحن، لان القدرة المستهلكة اثناء الاستعمال قليلة نسبيا وبذلك نحصل على فترة اكبر للاستعمال وهذا ماهو حاصل في الـLaptop .

هناك بعض العوامل المهمة التي تؤخذ بالحسبان لتقييم شاشة عرض LCD :

1. دقة التفاصيل Resolution : وهي البعد الافقي والعمودي معبر عنه بكلمة بكسل، ومثال على ذلك، نقول الرقم 768 x 1024، وهو الحصول على تفاصيل دقيقة للصورة .

2. خطوة النقطة Dot Pitch : هي المسافة بين مركزي بكسلين متجاورين، الاقصر في حجم الخطوة هو الاقل في رؤية الحبيبات. وتكون النتيجة صورة حادة دقيقة التفاصيل. اذ ان خطوة النقطة ربما تكون بالمسافة نفسها افقيا وعموديا او مختلفة (اقل شيوعا).

3. حجم الجسم القابل للرؤيا Viewable Size : الحجم في شاشات العرض ذات اللوح المسطح للـ LCD يقاس في حالة قطرية (ويعرف في شاشات العرض الاكثر شيوعا مساحة العرض الفعالة (Active Display Area .

4. فترة الاستجابة Response Time : وهو اقل وقت ضروري لتغيير الوان البكسل او الاضاءة. ووقت الاستجابة مقسم ايضا الى وقت ارتفاع ووقت هبوط في عارضات الـ LCD فهو يقاس بـBTB (Black To Black) او GTG (Gray To Gray)، وهذا النوع من القياسات يجعل المقارنة صعبة، لذلك اعتمد الزمن. والفترة الزمنية يجب ان تكون اقل من (16ms) وهو وقت كاف في الالعاب الصورية .

5. معدل الانعاش Refresh Rate : وهو عدد مرات الانعاش في الثانية الواحدة.

6. نسبة المظهر Aspect Ratio : وهي نسبة العرض الى الارتفاع ومثال على ذلك(4:3 ، 5:4 ، 16:9 ، 16:10).

7. المداخل Input Ports : مثال على ذلك (DVI , VGA , LVDS , Display Port , SVideo , and HDMI).

ملاحظات مهمة

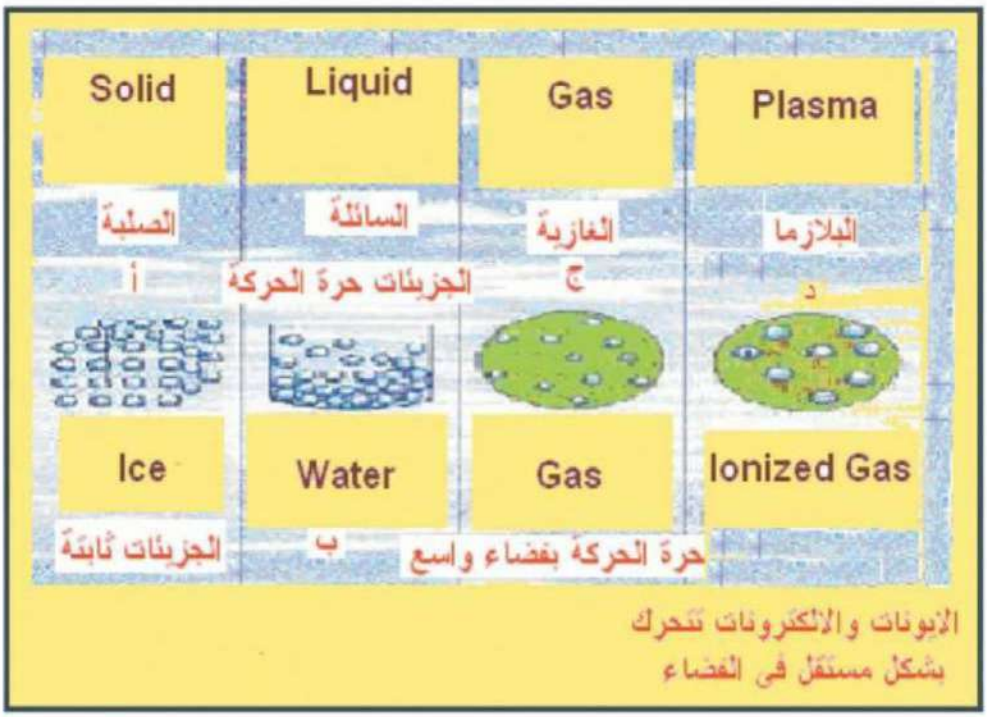
المقصود بالرموز الالكترونية وحدات المداخل الخاصة بشاشات العرض ، هي كالآتي :

1. **Input Ports** : المداخل كافة التي تستعمل لدخول الإشارات .
2. **DVI (Digital Visual Interface)** : مدخل عرض وتقديم رؤية رقمية بنوعية صورة عالية التفاصيل التي تستعمل في شاشات الكومبيوتر LCD ذات اللوح المسطح، وكذلك في عارضة البيانات (Data Show) .
3. **VGA (Video Graphics Array)** : مدخل عرض صوري ذو ثلاث صفوف 15 نقطة توصيل يستعمل لعرض الصورة من الكومبيوتر، وله دقه عالية في اجهزة التلفزيون.
4. **LVDS (Low Voltage Differential Signaling)** : مدخل يستعمل جهد صغير جدا في الاشارات، ويستعمل في اجهزة الكومبيوتر ذات الاسلاك المزدوجة المبرومة (Twisted Pair) والمدخل له الخاصية على سرعات عالية وخاصة في شبكات الحاسبات.
5. **S-VIDEO في بعض الاحيان يسمى (Separated Video)** : اي الصورة المعزوله او يسمى احيانا (Super Video) وله توصيلة ذات سبعة اطراف 7-PINS ويستعمل الاشارة المرئية المركبة .
6. **HDMI (High Definition Multimedia Interface)** : وهو ذات دقة تفاصيل عالية للصورة ويستعمل في عرض وتقديم صورة وصوت وذات عرض حزمة تصل الى 5 Gbps.

6-6 عارضات البلازما المرئية : Visual plasma displays

كفكره عامة عن البلازما، فان المادة في الطبيعة توجد في حالة صلبة او حالة سائلة او حالة غازية. وقد بحث الفيزياوي البريطاني وليم كروكيز (William Crookes) في الحالة الرابعة للمادة، وسميت بعد ذلك عام 1879 بلازما (Plasma).

الشكل (6 – 11) يوضح حالة الماء H_2O في درجة حرارة اقل من الصفر المئوي وهو صلب وحالة اعلى من الصفر واقل من الـ 100 درجة مئوية، وهي الحالة السائلة واعلى من 100 درجة مئوية، وهي الحالة الغازية وحالة البلازما الرابعة وهي اعلى من (100000) درجة مئوية، وفي هذه الحالة الايونات والالكترونات تتحرك بشكل مستقل وفي فضاء واسع.



الشكل (6-11) الماء وتحولاته الى الحالات الاربعة

6-6-1 مصباح البلازما : Plasma Lamp

في هذا المجال نوضح بعض الظواهر المعقدة في البلازما بما فيها التوهج السلكي في المصباح. وفي هذا الصدد تكون الالوان الناتجة هي عن طريق السيطرة للالكترونات في حالة تحفيز الى حالات الطاقة الاوطئ بعد ارتباطها بالايونات، وفي هذه الحالات سنحصل على ضوء من الاطياف عند وجود غاز محفز.

في الحالات الفيزياوية او الكيمياوية فان البلازما عبارة عن غاز مؤين وبذلك يمكن اعتباره حالة من حالات المادة، فهذا الغاز المؤين عبارة عن وجود الكترون واحد حر او اكثر، وتكون غير مقيدة الى ذرة او جزيئة، وبذلك فان الشحنات الكهربائية تجعل من البلازما موصلا كهربائياً لهذا فهي تتجاوب مع المجالات الكهرومغناطيسية .

ان حالة المادة هذه اكتشفت من قبل العالم وليم كروكيز (William Crookes) وتم تسميتها باسم صمام كروكيز، وسميت ايضا بحالة المادة الاشعاعية وكان ذلك في سنة 1879م، واجريت عليها بعض التطويرات من قبل علماء اخرين امثال ارفيك لانكموير (Irving Langmuir) وربما بسبب تركيزه على بلازما الدم والتقصي عن طبيعتها وتركيبها.

هناك اغلفة تحتوي الكترونات قليلة جدا والغاز المؤين يحتوي على ايونات والكترونات باعداد متساوية، لذلك تكون محصلة الشحنة صغيرة جداً، وسيكون استعمال مصطلح البلازما لوصف منطقة الشحنات المتعادلة من الايونات والالكترونات.

6-6-2 شاشات البلازما : Plasma Screens

ان التطور الذي حدث في البرامج والاجهزة الدقيقة وكذلك زيادة السرع المستعملة في تنفيذ هذه البرامج والتي هي بحاجة الى دقة عالية للاظهار (High Resolution) مثل استعمال (HDTV , DTV, SDTV, DVD) برزت الحاجة باستعمال تكنولوجية شاشة البلازما والتي لها الفوائد الكبيرة على الشاشات التقليدية (انبوبة الاشعة الكاثودية وكذلك شاشات السائل المتبلور) .

وتحتوي شاشات البلازما على مجاميع هائلة من البكسل (Pixels) ولكل بكسل ثلاث خلايا وهي الاحمر والاخضر والازرق ويتم تحفيز هذه الخلايا بشكل مستقل عن طريق اقطاب ومن خلال التطور العلمي الرقمي تم الحصول على شاشات عالية الجودة مثل شاشة اللوح المسطح البلازمي (Plasma Flat Panel Display)، وهي باحجام ممكن ان تصل الى 60 انج او اكثر ولا يزيد سمكها عن 6 انج.

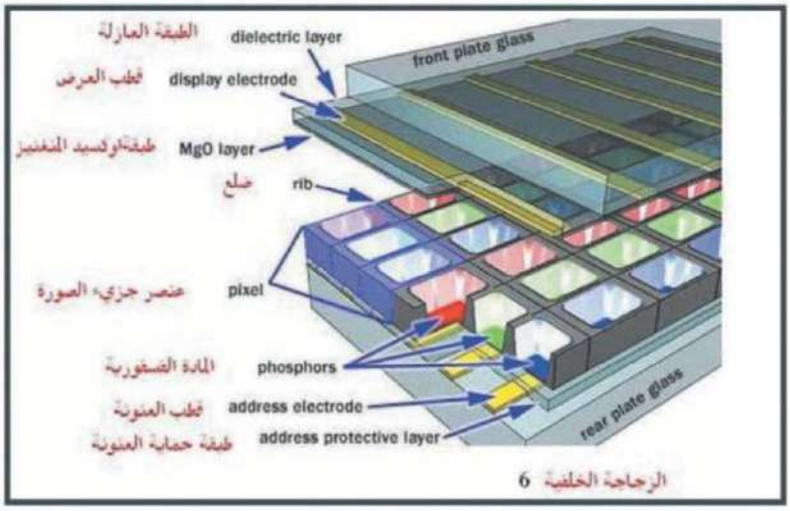
6-6-3 عمل شاشات البلازما

تعمل شاشات البلازما بالالية نفسها إذ تكون واجهة الشاشة من عدد كبير جداً من البكسل (Pixels)، وكما ذكرنا سابقاً، فلكل بكسل ثلاثه الوان اساسية (الاحمر الاخضر الازرق)، ولكن لا يوجد شعاع الكتروني ولا توجد الشاشة الفسفورية، ولكن يتم توليد هذه الالوان الثلاثة في كل بكسل من خلال اضاءة فلورسنتية (Fluorescent Lights)، اذ ان ضوء الفلورسنت ومن خلال التحكم بدرجة شدة كل ضوء يتم انتاج اللون المطلوب، وبذلك تتكون الصورة. ويتم توليد ضوء الفلورسنت عن طريق البلازما.

لهذا فالبلازما عبارة عن غاز متاين، وتكون ذرات هذا الغاز منزوعة الالكترونات، ويصبح هذا الغاز من ايونات موجبة الشحنة والكترونات سالبة الشحنة، وفي ظروف خاصة مثل وجود الغاز داخل مجال كهربائي كبير وذو جهد عالٍ، يؤدي ذلك الى تجاذب الالكترونات الى الطرف الموجب والايونات الى الطرف السالب، فتصطدم الالكترونات مع الايونات، مما يؤدي الى تحرر طاقة على شكل فوتونات ضوئية، كما هو الحال في الفلورسنت الطبيعي للاضاءة .

ان الغاز الموجود في شاشة البلازما مكون من ذرات النيون وذرات الزينون، وعليه فان الفوتونات المتحررة بمدى الترددات فوق البنفسجية التي لا ترى بالعين يتم استعمالها للتحفيز والحصول على فوتونات بالتردد المرئي.

تتوزع ذرات النيون وذرات الزينون على الاف الخلايا المحصورة بين لوحين من الزجاج اللوح 2 واللوح 6، كما مبين في الشكل (6- 12) ويتصل باللوح الزجاجي الامامي 2 قطب يسمى قطب العرض (Display Electrode) ويتصل باللوح الزجاجي الخلفي6 قطب يسمى بقطب العنونة (Address Electrode) لتصبح كل خلية ضوئية تحتوي على ذرات النيون والزينون ومحاطة بين قطبي العرض من الامام والعنونة من الخلف.



الشكل (6-12) يبين تركيب شاشة البلازما

تحيط مادة عازلة بقطب العرض (Dielectric Material) ومغطاة بطبقة واقية من مادة اوكسيد المغنيسيوم (MGO) لتكون بين الخلية واللوح الزجاجي الامامي، وعملية تاين الغاز في داخل أي خلية يتحكم فية كومبيوتر خاص للشاشة، إذ يتم التحكم في الشحنة الكهربائية على القطبين المتعامدين فيحدث التفريغ الكهربائي في تلك الخلية. إن فرق الجهد بين هذين القطبين المتعامدين يجعل من مرور تيار كهربائي في الخلية التي تحتوي على غاز النيون والزينون فيتاين الغاز ويتحول الى بلازما، ليطلق اشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) فوق البنفسجية، وبذلك تعمل هذه الاشعة فوق البنفسجية على تحفيز المادة الفسفورية للخلية الضوئية لتعطي ضوء في المدى المرئي. وخلال التحكم في شدة تيار النبضات الكهربائية الموجهة من خلال الكومبيوتر الى الخلايا الضوئية المختلفة يمكن ان نحصل على خليط من الالوان الاساسية، وهذا التحكم يصل الى كل بكسل (Pixel) في الصورة، وهو ذو دقة عالية مهما كانت الزاوية التي ننظر بها الى الشاشة لتصل الى درجة رؤيا 160 درجة.

6-6-4 مزايا وعيوب شاشات البلازما

تتمتع هذة الشاشات بمزايا خاصة عن باقي الشاشات اهمها :

أ- وزن الشاشة خفيف ومسطحة تماما وسمكها لا يزيد عن 15 سم، وبذلك يمكن تعليقها على الجدران .

ب- زاوية الرؤيا كبيرة يصل الى 160 درجة وصورة واضحة والوان زاهية ودقة عالية .

جـ - لا تتاثر بالمجالات المغناطيسية التي حولها، لذلك يمكن استعمال نظام سمعي عالي دون القلق من المجالات المغناطيسية .

اماعيوب شاشات البلازما فانها :

تتطلب قدرة تصنيعية وتكنولوجية معقدة ومتقدمة وذات كلف عالية، اذ يتراوح سعرها بين 4000-15000 دولار امريكي في وقتنا الحالي.

الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1- إن من عيوب شاشات البلازما هي انها:

أ – ذات كلفة عالية

ب – تتطلب قدرة تصنيعية وتكنولوجية معقدة

جـ – الاجابة أ و ب معا .

2 – تتمتع شاشات البلازما بمزايا خاصة عن باقي الشاشات منها

أ – لاتتأثر بالمجال المغناطيســـي وزاوية الرؤيا كبيرة تصل الى 160 درجة

ب – تتأثر بالمجال المغناطيســـي وزاوية الرؤيا قليلة تصل الى 60 درجة

جـ – لاتتأثر بالمجال المغناطيســـي ورخيصة الثمن .

3 – إن حالة في درجة حرارة تبلغ 100000 درجة هي:

أ – الحالة الصلبة

ب – الحالة الغازية

جـ – حالة البلازما .

4 – من العوامل المهمة التي تؤخذ بالحسبان لتقييم شاشة عرض الـLCD :

أ – دقة التفاصيل

ب – زاوية الرؤيا العالية

جـ– صغيرة الحجم .

5- لا نستطيع ان نرى أي شي على شاشة العرض الـ TFT في يوم مشمس لانه:

أ – أي ضوء ساقط على الشاشة من الواجهة الامامية ينعكس ويحجب الرؤيا

ب – أي ضوء ساقط على الشاشة من الواجهة الامامية يتضارب مع الضوء الخلفي

جـ – أي ضوء ساقط على الشاشة من الواجهة الامامية لا يتضارب مع الضوء الخلفي .

6- شاشات العرض نوع الـTFT ذات الاضاءة الخلفية وتدعى المصباح الفلورسنتي:

أ – ذات الكاثود البارد

ب – ذات الانود البارد

جـ – البلازما .

7- في شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة فان الخلايا تعمل مثل عمل:

أ – الملفات

ب – المتسعات

جـ – الثنائيات .

8- في شاشات العرض الفعالة يستعمل ترانزستورات :

أ – لتكبير الصورة

ب – لتغيير توجيه البكسل

جـ – لتغيير توجيه البلورات .

اسئلة الفصل السادس

س1 : نستطيع تقسيم العارضات المرئية البسيطة الى قسمين أذكرهما.

س2 : تقسم العارضات المرئية من حيث ظهور الارقام والاحرف الى قسمين أذكرهما.

س3 : كيف تعمل شاشة العرض ذات القطع السبع ؟

س4: اشرح عمل شاشة العرض الـــTFT .

س5: ماهي العوامل المهمة التي تؤخذ بالحسبان لتقييم شاشة عرضLCD؟

س6 : عرف شاشة البلازما . وما هو مبدأ عملها ؟

س7 : ماهي مزايا وعيوب شاشة العرض البلازما ؟

س8: ماهي الفروقات بين شاشة العرض البلازما وشاشة العرض LCD ؟

س9 : أذكُر مكونات شاشة العرض البلازما .

س10 : اذكر حالات الماء نسبة الى التغير في درجات الحرارة موضحاً اجابتك بالرسم.

س11 : اذكر مصدر الضوء الظاهر في شاشات العرض من نوع الـــ TFT - LCD .

س12 : كيف يتم عرض الالوان في عارضات الـــ TFT.

س13 : مالفرق بين شاشات العرض الفعالة وغير الفعالة ؟

س14 : اشرح مبدأ شاشة العرض الـــ LCD .

الفصل السابع

الكترونيات القدرة Power Electronics

اهداف الفصل :

إعطاء الطالب المعرفة والقدرة على استيعاب وتعلم نوع من انواع الترانزستورات وهو ترانزستور تأثير المجال والتعرف على بعض العناصر المستعملة في الكترونيات القدرة إضافة إلى مكان استعمالها في الحياة العملية .

محتويات الفصل السابع :

7-1 تمهيد

7-2 ترانزستور تاثير المجال (Field Effect Transistor) FET

7-2-1 خواص الترانزستور نوع (FET) وترانزستور نوع (BJT)

7-2-2 طريقة عمل الـ FET

7-3 الثايرستور

7-3-1 طريقة تشغيل الثايرستور Thyristor

7-3-2 تطبيقات في استعمال الثايرستور

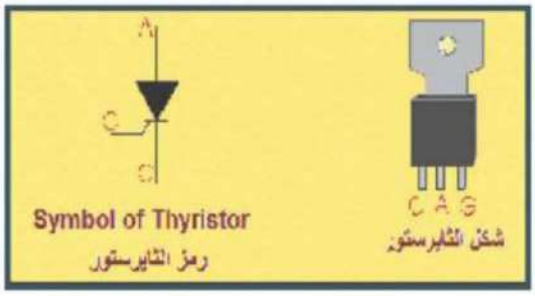
7-4 دايود القطع الاربع pnpn (الشوكلي)

7-5 الدايك DIAC

7-6 الترايك TRIAC

اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل السابع



الفصل السابع

الكترونيات القدرة Power Electronics

7-1 تمهيد :

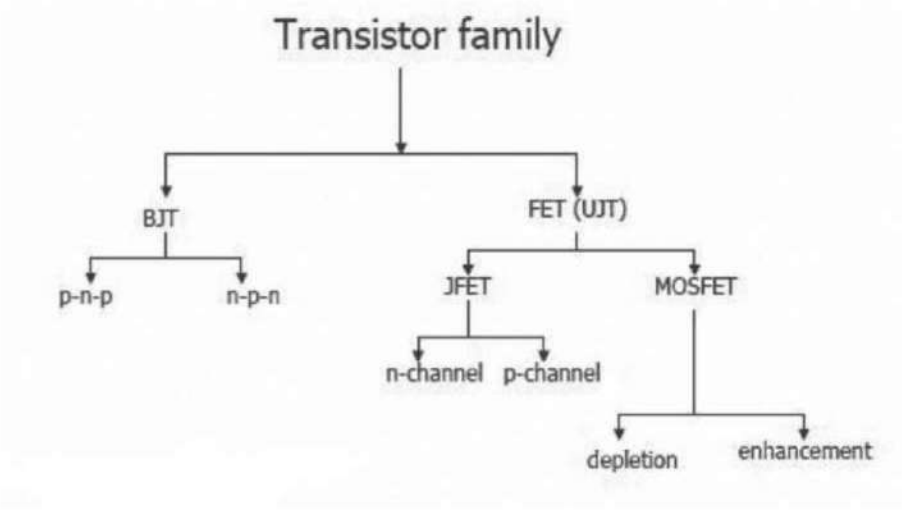
تستعمل في الوقت الحاضر تقنيات حديثة في السيطرة على الاجهزة التي تعمل بقدرات كهربائية عالية تصل الى اكثر من 10 ميكا واط وتيارات بحدود 200 امبير وفولتيات عالية جدا وتعتمد هذه الدوائر في السيطرة على العناصر الالكترونية للسيطرة على اجهزة التسخين والمحركات والمصاعد الكهربائية واجهزة الشحن وغير ذلك . ونذكر من هذه العناصر :

1- ترانزستور تاثير المجال (Field Effect Transistor) FET
2- الثايرستور Thyristor
3 - دايود القطع الاربعة pnpn (الشوكلي)
4- الدايك DIAC
5- الترايك TRIAC

7-2 ترانزستور تاثير المجال (Field Effect Transistor) FET

في البداية يجب ان نعرف ان ترانزستور **ثنائي القطب** (Bipolar Junction Transistor) (BJT) يكون اما (PNP) او (NPN) ويُعدُّ وسيلة السيطرة على التيار بحيث ان تيار الالكترونات او تيار الفجوات يستخدم فيه تبعا الى نوعة. بينما ترانزستور تاثير المجال (FET) هو احادي القطب (Unipolar) وهو يعتبر وسيلة سيطرة عن طريق الجهد بحيث ان تيار الالكترونات هو في القناة السالبة للترانزستور (N -channel FET) او تيار الفجوات هو في القناة الموجبة للترانزستور (P - channel FET) .
ويجب ان نعلم ان كلا النوعين اي ثنائي الوصلة او احادي الوصلة يمكن استعمالها في دوائر التكبير باختلاف الانحياز لكليهما .

ولمعرفة انواع الترنزستورات وتوزيعاتها لاحظ المخطط في الشكل (7-1) الذي يبين تصنيف عائلة الترانزستور كما هو موضح في المخطط ادناه .



الشكل (7- 1) مخطط شجرة تصنيف الترانزستور فيما يتعلق بـ BJT او (FET(UJT

7-2-1 خواص الترانزستور نوع (FET) وترانسستور نوع (BJT)

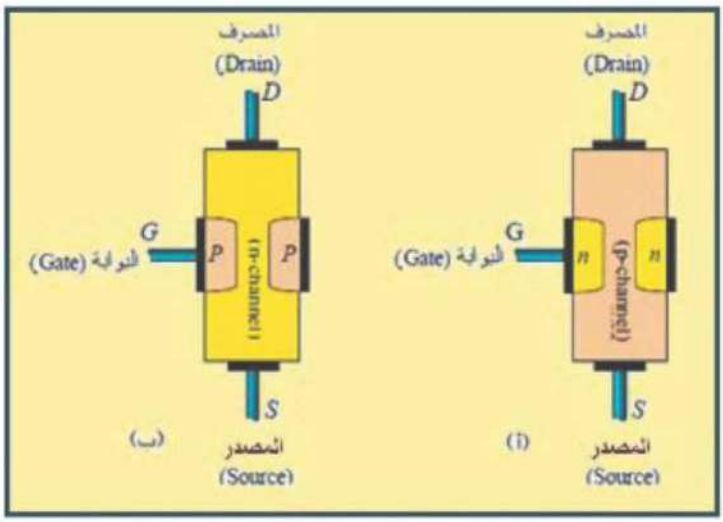
لترانزستور الـ FET خصائص تميزه عن الترانزستور BJT وهي :

1. ترانزستور الـFET له مقاومة دخول عالية جدا تصل الى 100 ميكا اوم .
2. ترانزستور الـ FET له حصانة للاشعاع ولكن الـBJT هو حساس جدا للاشعاع.
3. ترانزستور الـ FET اقل ضوضاء من الـBJT ولذلك يكون اكثر استقرارية لمراحل الدخول في مكبرات الاشارة الصغيرة.
4. ترانزستور الـFET باستطاعتة العمل ضمن استقرارية حرارية اكثر من الـ BJT .
5. ترانزستور الـFET ليس له جهد تعديل (Offset Voltage) عندما يتم استخدامة كمفتاح.

ومن مساوئ ترانزستور الـ FET له عرض حزمة تكبير صغيرة مقارنة بترانزستور الـ BJT .

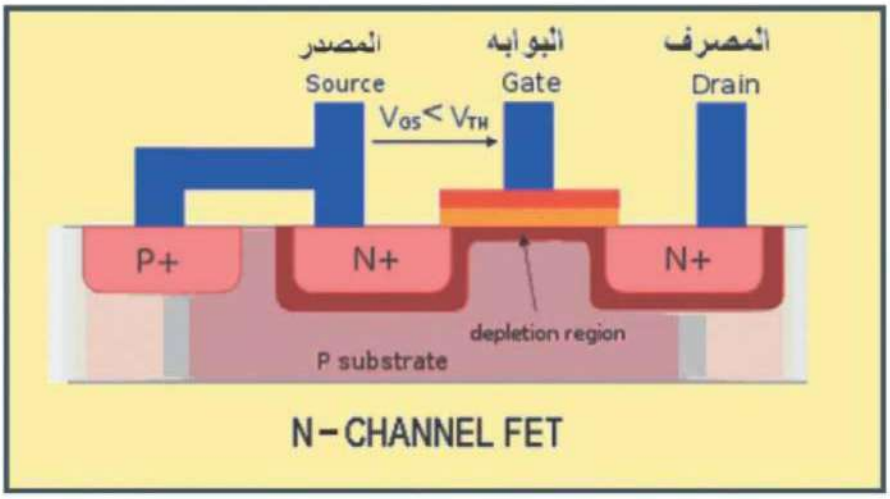
ترانزستور الـFET له ثلاث اطراف ويتم تصنيعة اما من نوع JFET (Junction FET) او من MOS-FET (Matel-Oxide-Semiconductor FET) .

الشكل (7-2) يوضح الاطراف الثلاثة وهي المصدر S (Source) والمصرف D (Drain) وكذلك البوابة G (Gate) لكلا النوعين.



الشكل (7-2) ترانزستور من نوع FET للقناة الموجبة والسالبة

الشكل (7-3) يوضح التركيب الداخلي لترانزستور تأثير المجال FET للقناة N .



الشكل (7-3) التركيب الداخلي لترانزستور نوع FET للقناة N

7-2-2 طريقة عمل الـ FET

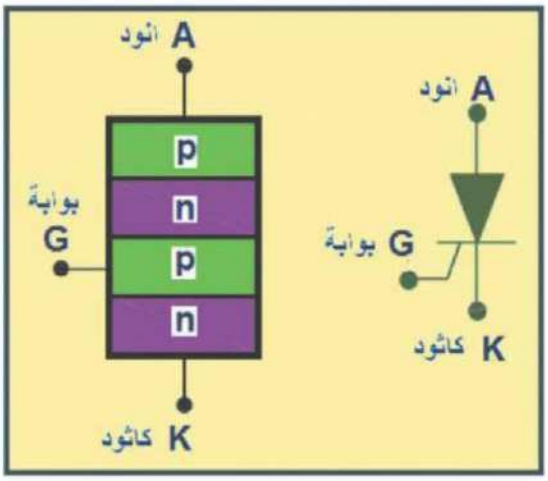
يجب ان نعلم في البداية ان ترانزستور تأثير المجال الـFET هو وسيلة جهد وليس وسيلة تيار، كما هو الحال في ترانزستور الـBJT اي ان الجهد هو الذي يقوم بعملية السيطرة. فعند تسليط جهد كهربائي على البوابة يحدث مجال كهربائي في القناة الحاملة للتيار ويحصل تغير في حجم الممر للتيار وكلما زاد جهد الانحياز العكسي بين البوابة والقناة كلما ازداد المجال الكهربائي وبالتالي قل حجم المرور في القناة وبذلك يقل التيار المار بين المصدروالمصرف (Source-Drain Current) اي ان العلاقة عكسية بين جهد البوابة والتيار المار بين المصدروالمصرف . ان قطبية جهد البوابة يعتمد على نوع ترانزستور الـFET فاذا كان

ترانزستور الـــFET من نوع (N-Channel) فيجب تسليط جهد سالب وإذا كان ترانزستور الـــFET من نوع (P-Channel) فيجب تسليط جهد موجب، ويصل التيار المار بين المصدر والمصرف الى قيمة عليا عندما يكون الاتجاه امامي بين البوابة والقناة كما هو موضح في الشكل (7-4) .

الشكل (7-4) الاتجاه الأمامي والاتجاه الخلفي لترانزستور الـــ FET

3-7 الثايرستور : Thyristor

اشتق هذا الاسم من كلمة باب في اللغة الاغريقية اذ ان هذه الاداة المصنوعة من مواد اشباه الموصلات تقوم بعمل مفتاح الكتروني له تطبيقات كثيرة في السيطرة على الاجهزة ذات القدرة الكبيرة، ويطلق على الثايرستور اسم الثنائي رباعي الطبقات (Four Layer Diode) وصنع من شريحة سيليكون تطعم بطرائق الانتشار بحيث يكون تركيبه ذا طبقات اربع (p-n-p-n)، لاحظ الشكل (7-5).

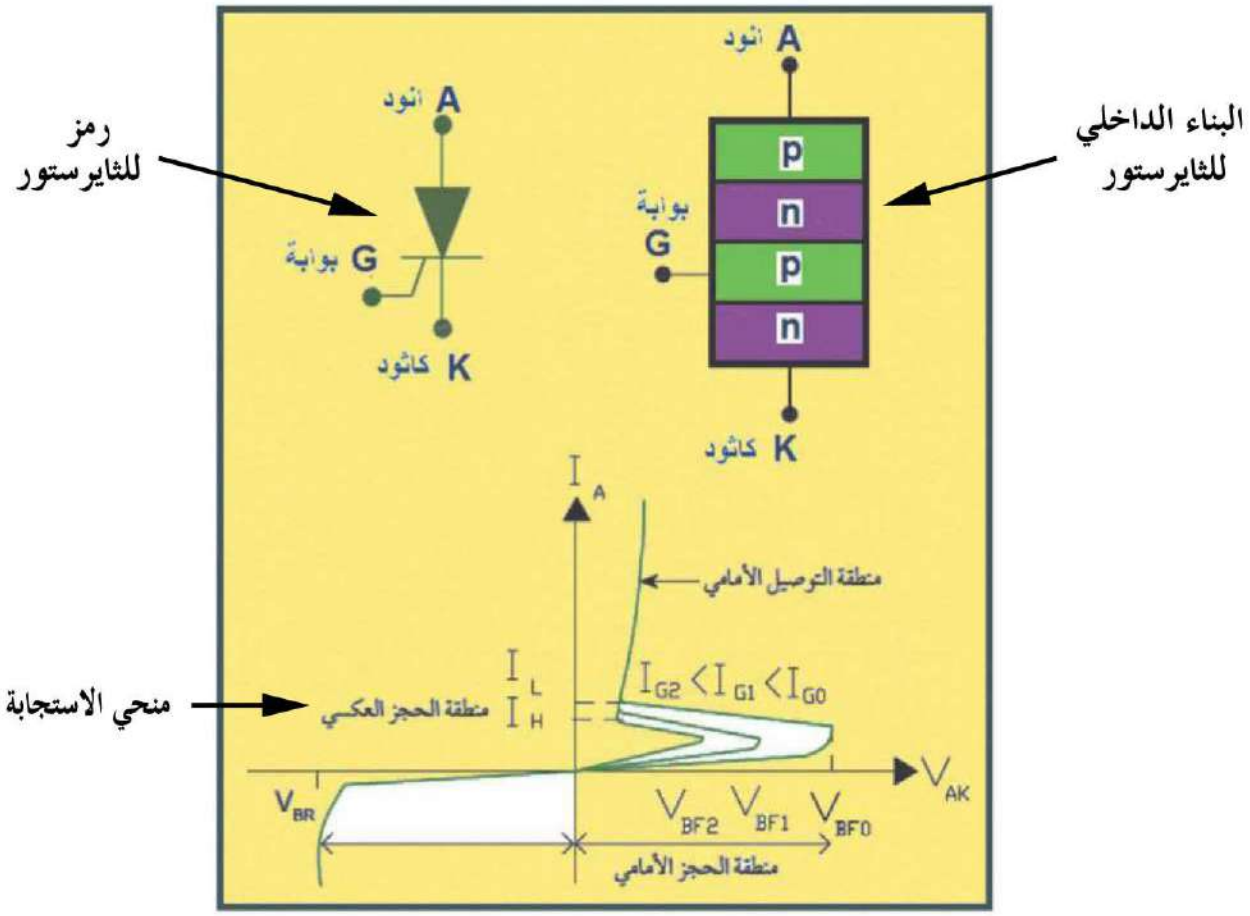


الشكل (7-5) الرمز العلمي للثايرستور

في الدايود العادي نلاحظ انه يعمل كمفتاح عند تسليط الجهد الموجب على الانود نسبة الى الكاثود والحالة تكون قطع في وضع العكس. اما الترانزستور فباستطاعتنا استعماله كمفتاح للحصول على تيار في الجامع عندما يكون هناك تيار كاف لتشغيله ولكن بحدود قدرات محددة والملاحظة المهمة هنا انه يجب ان يكون التيار مستمر بالقاعدة لبقاء التيار في الجامع، لذلك تم استعمال وسائل اشباه الموصلات ذات عدة طبقات سميت بالثايرستور. والفائدة المهمة منه هو السيطرة على قدرة كبيرة من خلال قدرة صغيرة وكانت النتيجة هو الاستعمال الواسع في التوحيد والتبديل وغيره.

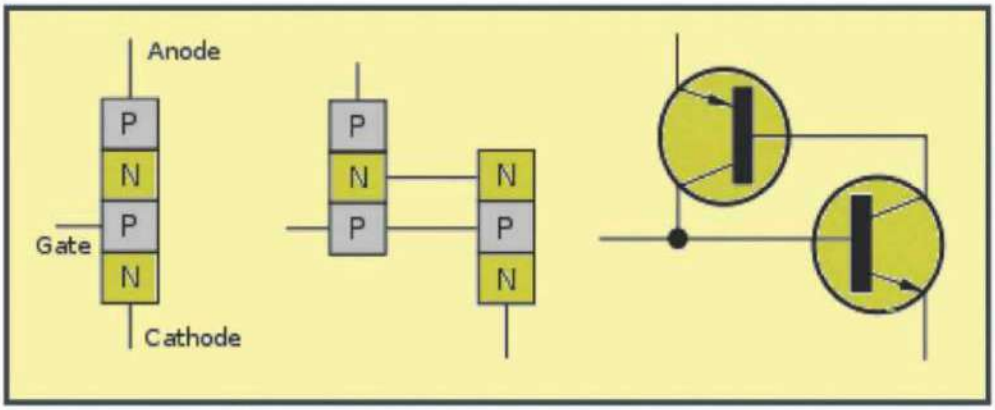
7-3-1 طريقة تشغيل الثايرستور Thyristor

في الشكل (7-6) نلاحظ ان الثايرستور له ثلاثة أطراف بأربع طبقات يتم إمرار تيار كقادح في البوابة لتشغيل الثايرستور والحصول على مرور تيار من الانود الى الكاثود وعدم انقطاع هذا التيار عند رفع الجهد عن البوابة، ويستمر الثايرستور بالعمل.والطريقة الوحيدة لقطع تيار الثايرستور هي اما قطع جهد الانود الموجب او عكس جهد الانود، اذ ان جهد الكسر متغير تبعا الى تيار البوابة .



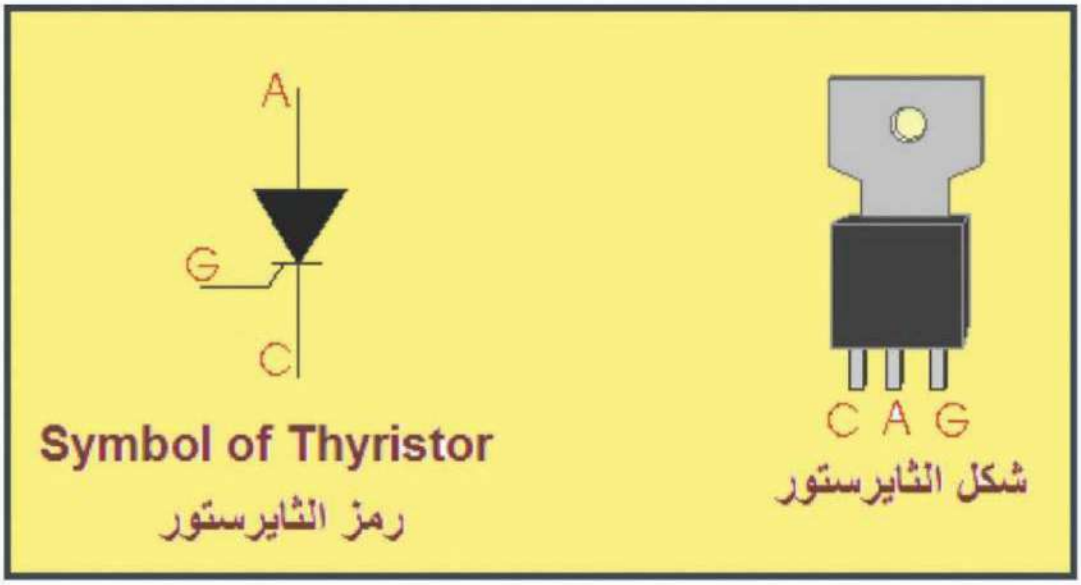
الشكل (7- 6) الرمز العلمي للثايرستوروالتركيب الداخلي ومنحني الاستجابة لعدة تيارات للبوابة

والشكل (7-7) يوضح الرمز العلمي والدائرة المكافئة وطريقة ربط الثايرستور والربط المكافئ له عند استعمال ترانزستور عدد اثنين PNP و NPN .



الشكل (7-7) تركيب قطع (P و N) والدائرة المكافئة للثايرستور

وفي الشكل (7-8) يبين الرمز العلمي والشكل الحقيقي لثايرستور القدرة.

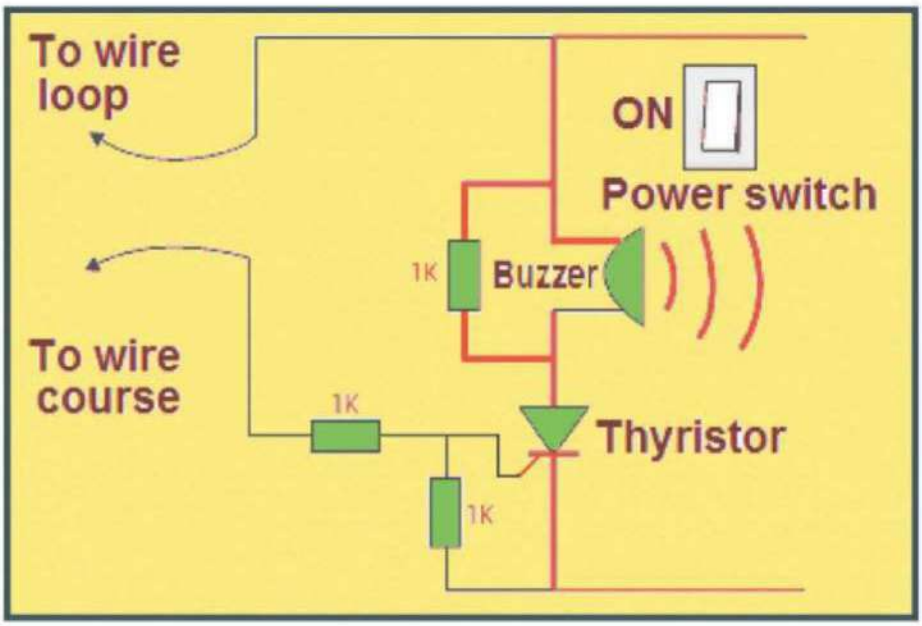


الشكل (7-8) يبين الرمز العلمي والشكل الحقيقي للثايرستور

7-3-2 تطبيقات في استخدام الثايرستور :

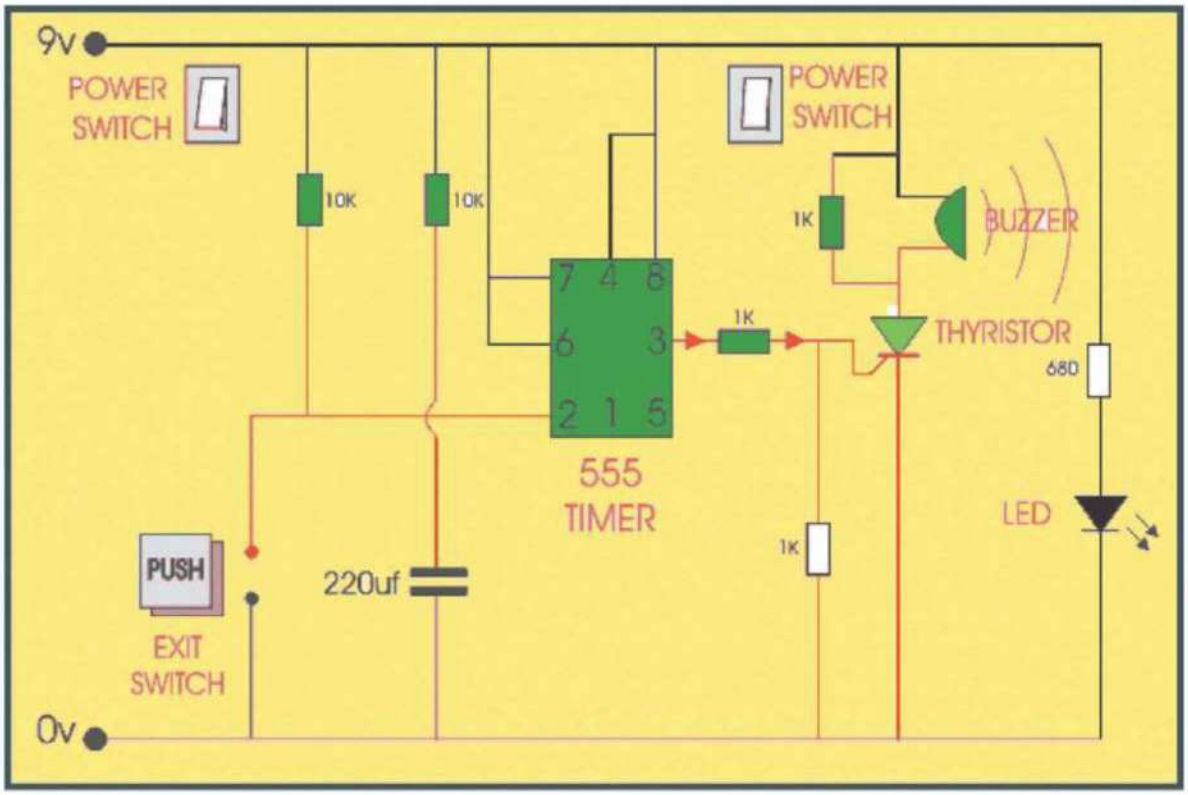
1- دائرة بسيطة للسيطرة على جرس ليبقى يعمل عند عمل قدح فقط الى البوابة.

لاحظ الشكل (7-9) .



الشكل (7-9) دائرة تطبيقية لطريقة عمل الثايرستور

2- مثال اخر على تطبيقات الثايرستور باستعمال دائرة متكاملة عبارة عن مؤقت زمني 555 للحصول على تكبير ودقة اعلى .

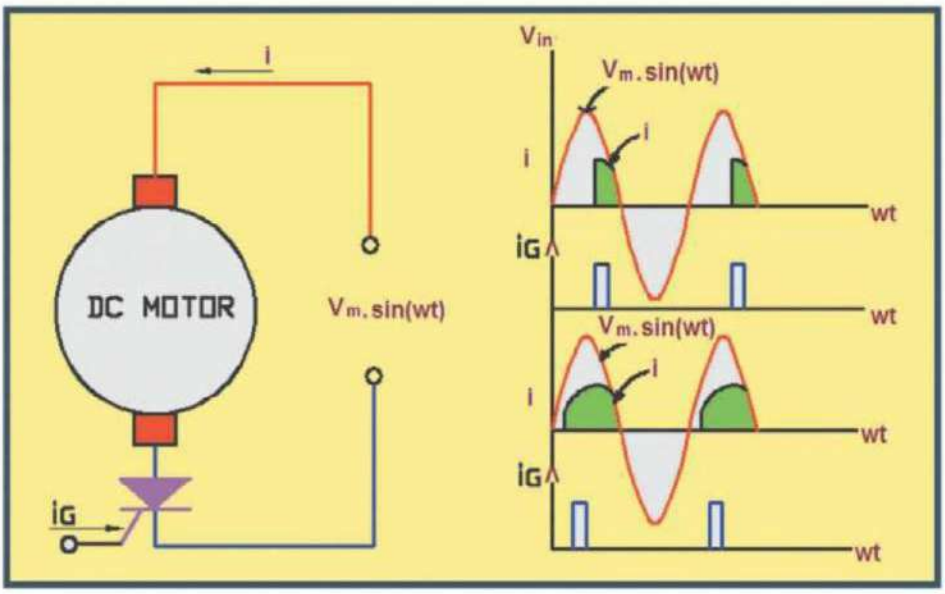


الشكل (7- 10) يبين دائرة تطبيقية للثايستور باستعمال دائرة متكاملة

3- مثال تطبيقي على استعمال الثايرستور في السيطرة على قدرة محرك

في الشكل (7-11) نلاحظ من الربط ان محرك التيار المستمر يستلم تيار في الانصاف الموجبة للاشارة فقط وهذا التيار المار به يعتمد على لحظة القدح.

ففي الشكل نلاحظ ان قدح تيار البوابة قريب من نهاية الانصاف الموجبة فتكون النتيجة قدرة قليلة موجبة مجهزة للمحرك، وهذه القدرة ممكن زيادتها اعتمادا على زمن القدح.

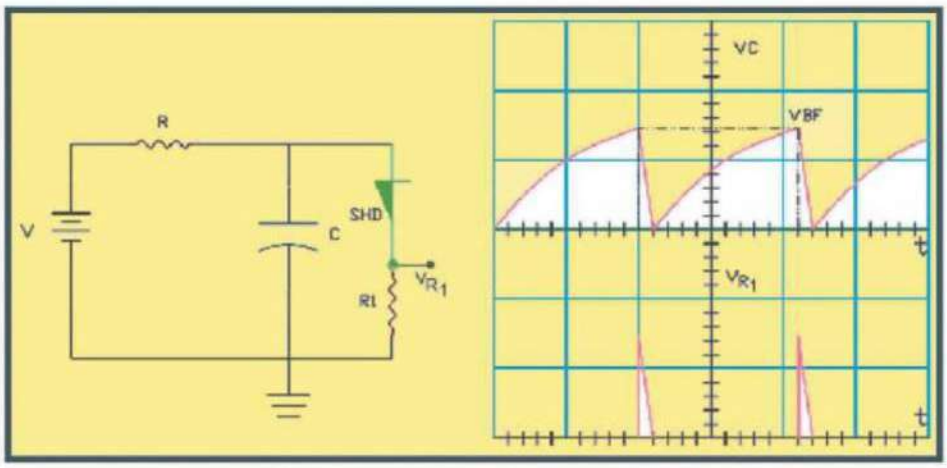


الشكل (7-11) احد تطبيقات الثايرستور للسيطرة على قدرة محرك تيار مستمر

7-4 دايود القطع الاربع pnpn (الشوكلي) :

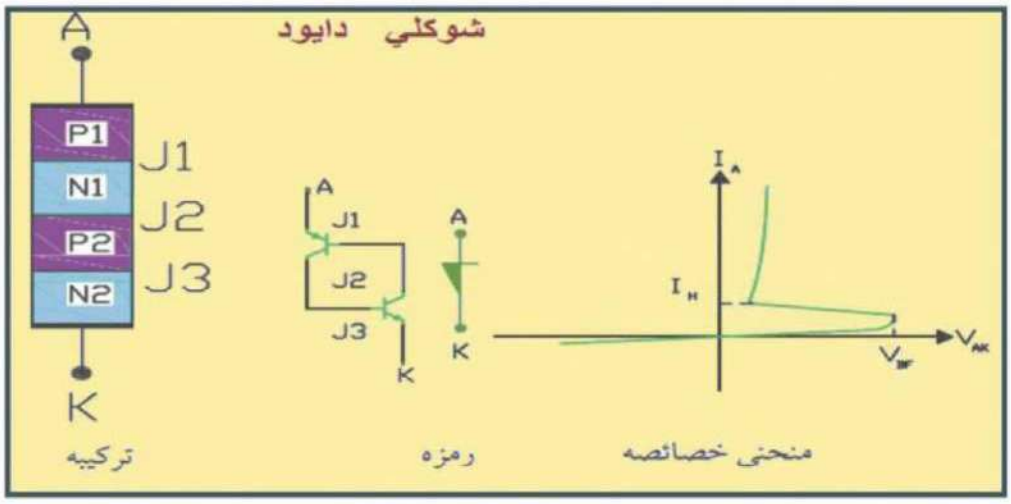
يتالف من ثلاث توصيلات دايودية كتوضيح على شكل توالي كما هو في الشكل (7-12) ونحصل على طرفين هما الانود والكاثود وللحصول على مرور تيار فان الانود يجب ان يكون موجب نسبة الى الكاثود ويجب ان نصل الى نقطة تدعى جهد الكسر ليمر تيار خلاله.

ونلاحظ انخفاض الجهد على اطراف الانود والكاثود ويرتفع التيار بشكل عالٍ. اما في حالة عكس الجهد على اطرافه، فنلاحظ عدم مرور تيار، وعند زيادة الجهد تدريجيا نصل الى جهد يدعى جهد الانهيار.



الشكل (7- 12) إحدى تطبيقات دايود شوكلي فولتيات الخرج

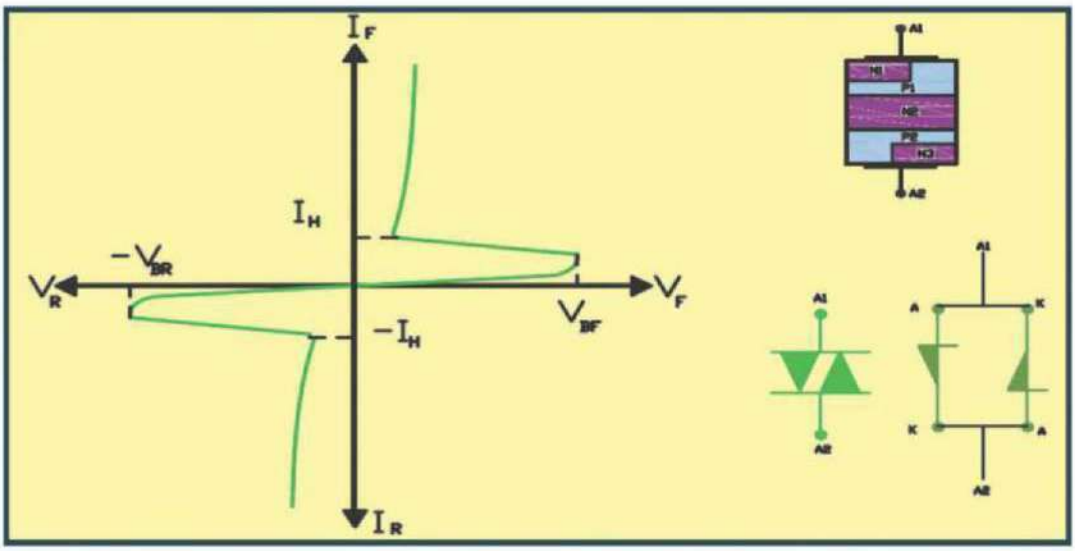
الشكل (7-13) يبين رسم توضيحي لدايود ذي الطبقات الاربع والطريقة المكافئة لربط ترانزستور عدد 2 مختلفا النوعية، ونلاحظ ان جهد الكسر هو ثابت تبعا للشوائب الداخلة في صنع شبه الموصل وللحصول على جهد كسر متغير تم اضافة طرف ثالث سمي بالبوابة.



الشكل (7-13) يبين التركيب الداخلي والشكل التمثيلي مع منحني الخواص لشوكلي دايود

5-7 الدايك DIAC

الدايك بشكل بسيط عبارة عن طرفين من توازي متعاكس لطبقات اشباه الموصلات والتي تسمح للقدح في كلا الاتجاهين. والشكل (7- 14) يبين الرمز العلمي والتركيب الداخلي ومنحنى الخواص للدايك.

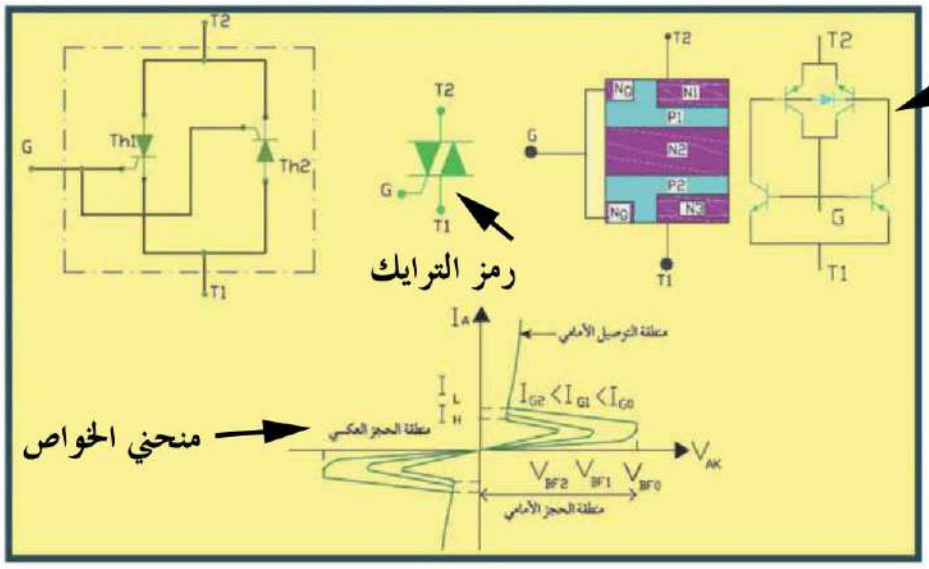


الشكل (7-14) الرمز العلمي والتركيب الداخلي مع الخواص الاستجابة للدایاك

في الشكل (7-14) نلاحظ ان اطراف الدايك هي انود 1 وانود 2 فالجهد الموجب من اي جهة يسمح بمرور التيار عند لحظة الكسر (Breakover Voltage) ويجب ان نذكر هنا ان كلمة دايك (DIAC) مشتقة من كلمتين الاولى(DI) معناها اثنان والثاني (AC) يعني بالاتجاهين .

7-6 الترايك TRIAC

الترايك هو عبارة عن دايك مع طرف بوابة للسيطرة على تشغيل الترايك على درجات قدح مختلفة، والشكل (7-15) يوضح الرمز العلمي والتركيب ومنحني الخواص للترايك.



الشكل (7-15) يبين الرمز العلمي والتركيب الداخلي ومنحني الخواص للترايك.لعدة تيارات للبوابة

الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1 – من العناصر التي تستعمل للسيطرة على الاجهزة التي تعمل بقدرات كهربائية عالية

أ – الثايرستور و ترانزستور تأثير المجال

ب – الترانزستور العادي

جـ – الفقرة أ و ب معاً.

2 – ترانزستور تاثير المجال (FET) هو

أ – بدون قطبية

ب – احادي القطب (Unipolar)

جـ – ثنائي القطبية .

3 – يُعدُّ ترانزستور تاثير المجال (FET) وسيلة سيطرة

أ – عن طريق التيار

ب – بوساطة مقاومة

جـ – عن طريق الجهد .

4 – ترانزستور الـFET له مقاومة دخول

أ – عالية جداً

ب – قليلة جداً

جـ – قليلة

5 – من مساوئ ترانزستور الـ FET

أ – له عرض حزمة تكبير واسعة

ب – له عرض حزمة تكبير صغيرة

جـ – لايتحمل درجات الحرارة المرتفعة.

6 – يستعمل الثايرستور

أ – كدائرة تقويم

ب – كمكبر

جـ – كمفتاح الكتروني .

7 – الطريقة الوحيدة لقطع تيار الثايرستور هي

أ – قطع جهد الانود الموجب

ب – عكس جهد الانود

جـ – الفقرة أ و ب صحيحة .

8 – ان ترانزستور تأثير المجال الـFET هو

أ – وسيلة جهد وليس وسيلة تيار

ب – وسيلة تيار وليس وسيلة جهد

جـ – وسيلة جهد وتيار معاً .

9 – أطراف ترانزستور تأثير المجال الثلاثة هي

أ – المصرف والمصدر والجامع

ب – الباعث والقاعدة والجامع

جـ – المصرف والمصدر والبوابة .

10 – يتألف دايود القطع الاربع (شوكلي) من

أ – اربع توصيلات دايودية

ب – ثلاث توصيلات دايودية

جـ – توصيلان من الدايودات .

11 – الدايك عبارة عن طرفين من توازي متعاكس لطبقات اشباه الموصلات والتي تسمح

أ – للقدح في كلا الاتجاهين

ب – للقدح بأتجاه واحد

جـ – لتحفيزه للعمل باتجاهين .

12 – الترايك هو عبارة عن دايك

أ – عدد اثنين

ب – مع طرفي بوابتين للسيطرة على تشغيل الترايك

جـ – مع طرف بوابة للسيطرة على تشغيل الترايك

اسئلة الفصل السابع

س1 : ما هو الـــ FET وما أنواعه ؟

س2 : إرسم مخطط لتصنيف أنواع الترانزستور .

س3 : ما الفرق بين ترانزستور تأثير المجال الـــ FET وترانزستور الـــ BJT .

س4 : وضح طريقة عمل ترانزستور تأثير المجال الـــ FET .

س5 : عرف دايود شوكلي .

س6 : اشرح مع الرسم الثايرستور .

س7 : ما هو الدايك ؟ وأين يستعمل ؟ معززا إجابتك بالرسم .

س8 : ما هو الترايك ؟ وما مجالات استعمالاته ؟ وضح إجابتك بالرسم .

المصادر

1- A. Bruce Carlson,"Communication Systems" , McGraw-Hill, 1968 .

2- B.L. Theraja & A.K. Theraja, " Electrical Technology ", S.Ghand & Company LTD, 2005.

3- I.J.Anyanwu, et al, " Basic Electronics ", London, Macmillan Publishers,1997.

4- Gray M. Miller," Modern Electronic Communication", Prentice-Hall,1998.

1- د.سامي محمد طاهر عبد الموجود واخرون، اساسيات الاتصالات، جامعة الموصل، دار الكتب للطباعة والنشر (العراق-الموصل)، 1989.

2- د.صادق باقر حسين،الالكترونيك، " اسس الهندسة الكهربائية " ، الجامعة التكنولوجية، 1980 .

3- أ.خالد عبدالله واخرون، "الالكترون" : العلوم الصناعية للمرحلة الثانية، وزارة التربية، المديرية العامة للتعليم المهني، دار الحرية للطباعة-بغداد، 1988.

4- روجر ل.توكهيم، "ملخصات شوم نظريات ومسائل في المبادئ الرقمية"، دار ماكجروهيل للنشر، 1980 .

5- إي. أن. لورج، "أساسيات الالكترونيات"، المعهد الفني-الموصل، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، 1987 .

6- د.طارق حميد سعيد، "أسس الهندسة الالكترونية"، جامعة الموصل، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، 1988