

العلوم الصناعية

المرحلة الثانية

الالكترونيك وسيطرة

تأليف

خالد عبدالله علي
عبدالكريم ابراهيم
ضمراء حسن ناصر

سعد ابراهيم عبد الرحيم
د. شذى كريم باقر
مروج ناظم محمد علي



المقدمة

نظرا للتطور الحاصل في علوم الإلكترونيك ورغبة في أغناء فكر الطالب بالعلوم النظرية والتطبيقية وتعريفه بكل ما هو جيد ومفيد، تم اعداد هذا الكتاب لتمكين طلبة التخصص من الإطلاع على تطوير أساسيات هذا العلم والإفادة منه ولizardادوا علما ويكتسبوا خبرة وتطبيقا في مجال عملهم وفقاً لأحدث التطورات العلمية والعملية بهدف أعدادهم للحياة ومواصلة الدراسة. يحتوي هذا الكتاب على سبعة فصول. تناول الفصل الأول دراسة المكبرات (Amplifiers) باستعمال الترانزستورات وأنواع المكبرات باستعمال الإشارات الصغيرة. ويتناول الفصل الثاني مكبرات الإشارة الضيقة مثل مكبرات التردد المتوسط، ومكبرات التردد الراديوي. ويتناول الفصل الثالث أنواع المذبذبات الجيبية مثل: مذبذب هارتلي وكوليتس وإزاحة الطور والمهتزازات مثل المذبذب المتعدد غير المستقر وأحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار. يتناول الفصل الرابع موضوعات تخص التضمين وأنواعه التماثلية والرقمية ودوائر الكشف ومنظومة الإرسال الراديوي، ويعرض الفصل الخامس منظومة الإرسال التلفزيوني والتلفزيون الملون والرقمي وأنظمة الإرسال PAL , NTSC , SECAM وأجهزة الاستقبال والكاميرا الرقمية. ويشمل الفصل السادس الكترونيات القدرة مثل الثايرستور والدايك والترايك وأخيراً تناول الفصل السابع المبادئ الرقمية وهي النطاطات وأنواعها مثل: JK , T , D , RS,RST والسجلات وأنواعها مثل سجل الإزاحة على التوازي، والعداد الحلقي، وعداد جونسون، وعداد التوازي .

ونأمل من إخواننا المدرسين إن يجدوا ما يعينهم على تطبيق المنهج الجديد عند تدريس المادة ونأمل أن يرفدونا بما يجدونه من أخطاء أو هفوات لنستطيع تصحيحها مستقبلا في الطبعة اللاحقة حرصا على إتمام الفائدة لطلابنا الأعزاء والله الموفق .

المؤلفون

1432هـ - 2011 م

المحتويات

الصفحة	الموضوعات
6	الفصل الاول : المكبرات : 1-1 : تمهيد
8	2-1 : انواع المكبرات
17	3-1 : طرق الربط بين مراحل التكبير
19	4-1 : مكبرات القدرة
26 و 27	الفصل الثاني : مكبرات الحزمة الضيقة ومكبر العمليات : 1-2 : مكبرات الحزمة الضيقة
31	2-2 : المرشحات
34	3-2 : الدائرة المتكاملة (الدمجة)
34	4-2 : خطوات تصنيع الدوائر المدمجة
40	5-2 : مكبر العمليات
58	الفصل الثالث : المذبذبات والمهتزازات : 1-3 : المذبذبات
60	2-3 : مذبذبات الموجة الجيبية
68	3-3 : مذبذبات الموجة غير الجيبية
75 و 76	الفصل الرابع : التضمين والكشف وأجهزة الاستقبال والارسال الراديوي : 1-4 : التضمين
86	2-4 : الكشف
88	3-4 : انواع الموجات الراديوية
93	4-4 : أجهزة الاستقبال الراديوية
100	5-4 : جهاز القرص الليزري CD
106	6-4 : الـ MP3
111 و 112	الفصل الخامس : منظومة الارسال التلفزيوني : 1-5 : منظومة البث التلفزيوني
114	2-5 : الاشارة المرئية المركبة
115	3-5 : الطبقة المتأينة (أيونوسفير)
118	4-5 : المكونات الرئيسية لجهاز استقبال تلفزيوني
123	5-5 : الضوء واللون
126	6-5 : إشارة النصوع
129	7-5 : تكوين إشارة الفرق اللوني
134	8-5 : الاشارة المرئية المركبة للارسال الملون
134	9-5 : الارسال
142	10-5 : المخطط الكتلي لجهاز التلفزيون الملون
147	11-5 : إشارة التمييز
148	12-5 : التلفزيون الرقمي
149	13-5 : العارضات المرئية
157	14-5 : عارضات البلازما
159	15-5 : الكاميرا الرقمية
165 - 166	الفصل السادس : الكترونييات القدرة : 1-6 : تمهيد
166	2-6 : ترانزستور تأثير المجال
168	3-6 : الثايرستور
172	4-6 : ثنائي القطع الرابع (شوكلي)
172	5-6 : الدايك
173	6-6 : الترايك
177 - 178	الفصل السابع : مبادئ الرقمية : 1-7 : تمهيد
178	2-7 : انواع النطاطات
184	3-7 : العداد الثنائي
185	4-7 : دائرة مؤقت 555
186	5-7 : سجلات الازاحة
190	6-7 : سجل الازاحة المتتابع (عداد حلقي)
191	7-7 : سجل بهينة عداد جونسون
192	8-7 : العدادات

الفصل الأول

Small Signal Amplifiers مكبرات الإشارة الصغيرة Power Amplifiers ومكبرات القدرة

أهداف الفصل : إكساب الطالب معرفة أنواع المضخمات (المكبرات) وطرق الربط بينها، ومكبرات القدرة بأنواعها .

محتويات الفصل الاول

- ✓ 1-1 - تمهيد عن مكبرات الإشارة الصغيرة
- ✓ 2-1 - أنواع المكبرات
- ✓ 1-2-1 - مكبر القاعدة المشتركة
- ✓ 2-2-1 - مكبر الباعث المشترك
- ✓ 3-2-1 - مكبر الجامع المشترك
- ✓ 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
- ✓ 1-4-1 - مكبر القدرة (دفع – سحب) صنف A
- ✓ 2-4-1 - مكبر القدرة (دفع – سحب) صنف B
- ✓ 3-4-1 - المكبر المتشابه المتتام

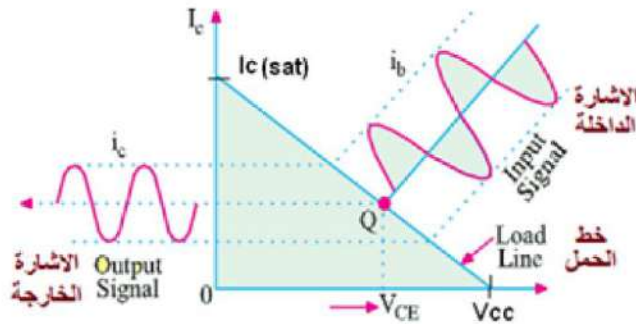
الفصل الأول

مكبرات الإشارة الصغيرة Small Signal Amplifiers ومكبرات القدرة Power Amplifiers

1 - 1 تمهيد :

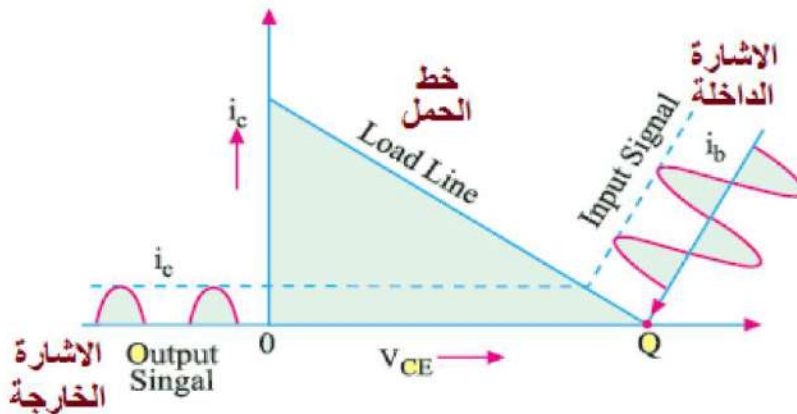
يُعدُّ الترانزستور Transistor بنوعيه PNP وNPN العنصر الرئيس في دوائر التكبير. وقد تعرفنا على خواصه وعمله واستعماله في المرحلة الأولى وكيفية رسم خط الحمل وتعيين نقطة الاشتغال Q في ربط القاعدة المشتركة والباعث المشترك والجامع المشترك. وفي هذا الفصل سنتطرق إلى أهمية تحديد نقطة الاشتغال في استعمال هذه الدوائر كمكبرات للإشارة الصغيرة ومكبرات القدرة، إذ تصنف هذه المكبرات بالنسبة إلى فولتية الانحياز بين القاعدة والباعث وعلى النحو الآتي:

أ- مكبر الصنف A : في هذا الصنف من المكبرات يكون الجامع خلال الدورة الكهربائية الكاملة للإشارة الداخلة أي 360° وتكون نقطة التشغيل Q في المنتصف كما موضح بالشكل (1 - 1).



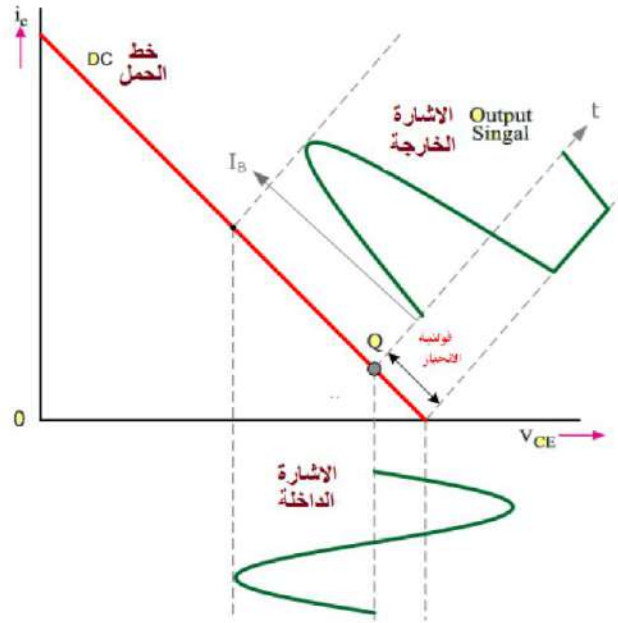
الشكل (1 - 1) مكبر الصنف A

ب- مكبر الصنف B : في هذا النوع من المكبرات توضع نقطة التشغيل Q عند نقطة القطع (Cut Off) لذا فإن تيار الجامع يمر خلال الدائرة في مدة نصف دورة للإشارة الداخلة. لاحظ الشكل (1 - 2).



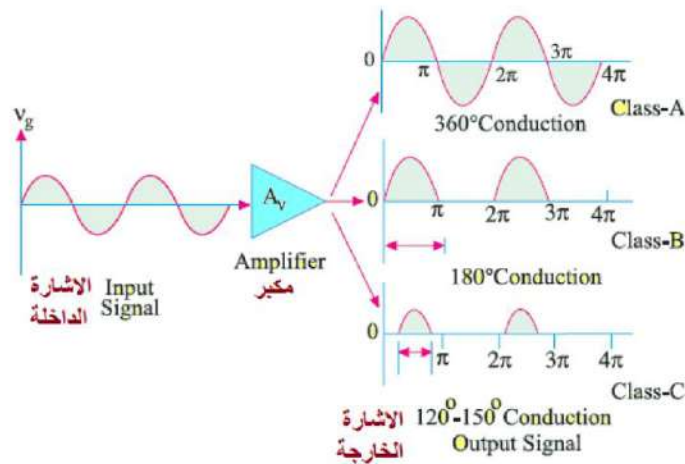
الشكل (1 - 2) مكبر الصنف B

ج- مكبر الصنف AB : تيار الجامع يسري في الدائرة خلال مدة زمنية اكبر من نصف دورة واقل من دورة كاملة للإشارة الداخلة أي اكبر من 180° واقل من 360° ، لاحظ الشكل (1 - 3) . وعليه يكون تيار الجامع موجوداً لأكثر من 180° واقل من 360° . حيث توضع نقطة التشغيل Q اعلى بقليل من نقطة القطع.



الشكل (1 - 3) الصنف AB

د- مكبر الصنف C : في هذا النوع يكون انحياز القاعدة اقل من فولتية القطع لذا فان تيار الجامع يسري في الدائرة خلال مدة زمنية تكون اقل من نصف دورة للإشارة الداخلة أي اقل من 180° ويبدو كأنه نبضات ضيقة ومن الشكل (1 - 4) نلاحظ الفرق بين الإشارات الخارجة للصنف A و B والصنف C .



الشكل (1 - 4) الفرق بين مكبرات الأنصاف A,B,C

2-1 طرق ربط الترانزستور في دوائر التكبير

إن أحد أهم استعمالات الترانزستور في الدوائر الالكترونية هو استعماله في دوائر التكبير. وتوجد ثلاث طرائق لربط الترانزستور في دوائر التكبير التي تمثل أنواع هذه المكبرات وهي :

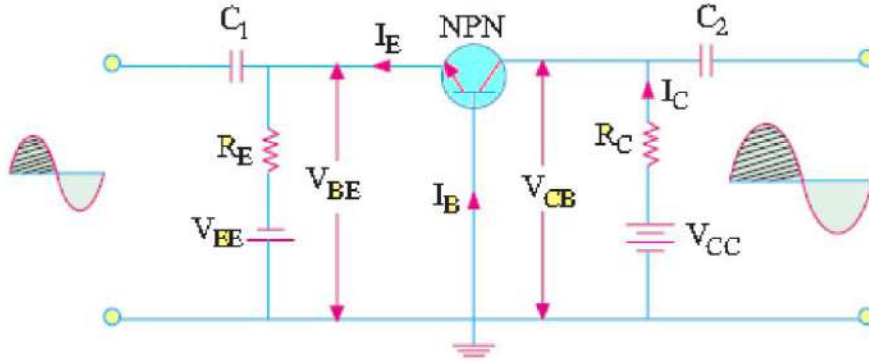
أ . مكبر القاعدة المشتركة Common Base Amplifier

ب . مكبر الباعث المشترك Common Emitter Amplifier

ج . مكبر الجامع المشترك Common Collector Amplifier

1-2-1 مكبر القاعدة المشتركة : Common Base (CB) Amplifier

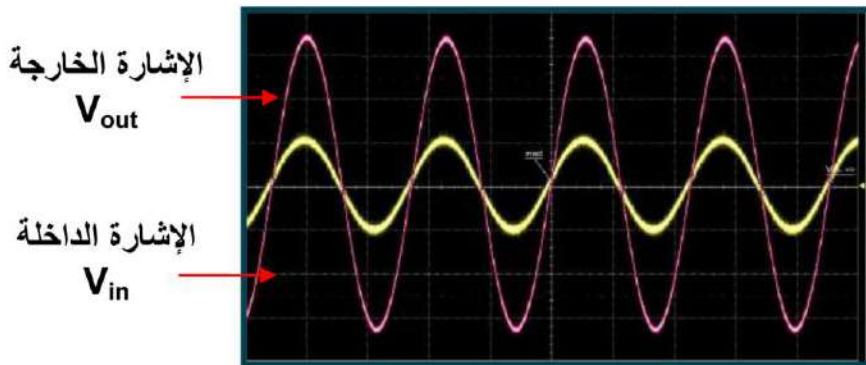
في هذه الطريقة يتم ربط الترانزستور إذ أن القاعدة فيه تكون مشتركة بين الإشارتين (الداخلية والخارجية) والشكل (1-5) وهي عبارة عن مرحلة واحدة لمكبر القاعدة المشتركة باستعمال الترانزستور NPN .



الشكل (1 - 5) 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 . وتحدد المقاومة (R_E) تيار الانحياز الأمامي المار بين الباعث والقاعدة، وتمنع المتسعة (C_1) مرور تيار البطارية (V_{EE}) المستمر خلال مصدر الإشارة وتسمح بمرور الإشارة إلى باعث الترانزستور. وتعمل المقاومة (R_C) على تحويل التغير في تيار الجامع المار خلالها إلى فولتية متناوبة على طرفيها تمثل فولتية الإشارة الخارجة. أما المتسعة (C_2) فاتها تمنع مرور التيار المستمر مع الإشارة الخارجة. في مكبر القاعدة المشتركة لا يحدث انقلاباً في طور الإشارة الخارجة نسبة إلى الإشارة 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 الإشارة الداخلة لفولتية الدخل V_{in} والإشارة الخارجة وفولتية الخرج V_{out}) ، لاحظ الشكل (1-6).



الشكل (1 - 6) الإشارة الخارجة بنفس طور الإشارة الداخلة

يكون ربح التيار (G_i) في هذه الدائرة مساوياً تقريباً الى واحد لان $I_C \approx I_E$ عندما I_B قليل جداً نسبة الى I_C ويساوي α إذ ان :

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

$$G_i = \alpha$$

بينما يكون ربح الفولتية عالياً ويساوي

$$G_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{r_{out}}{r_{in}}$$

تمتاز دائرة مكبر القاعدة المشتركة بمقاومة دخول قليلة تتراوح بين $(20 - 300) \Omega$ والمقاومة الخارجية عالية وتتراوح بين $(100 - 500) K\Omega$.

مثال (1 - 1):

من الشكل المجاور احسب تيار الباعث و ربح الفولتية إذا علمت ان مقاومة الدخول $r_{in} = 25 \Omega$ اهل V_{BE} .

الحل:

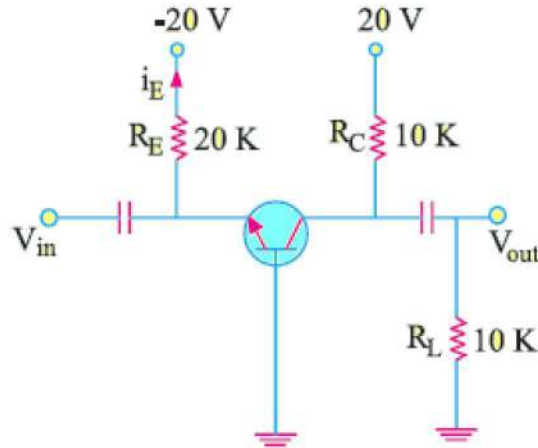
$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

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

$$r_o = R_C // R_L$$

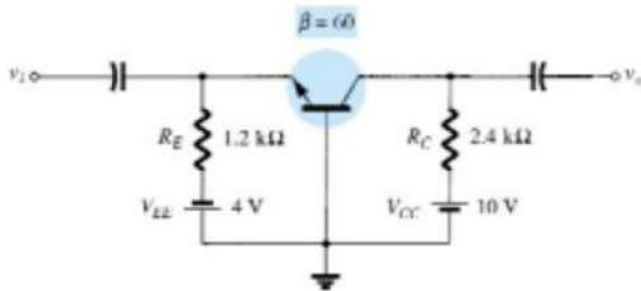
$$r_o = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5K\Omega$$

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



مثال (2 - 1):

من الشكل المجاور احسب V_{CB} وتيار القاعدة I_B .



الحل:

تطبيق قانون كيرشوف للفولتية ، عند دخل الدائرة

$$-V_{EE} + I_E R_E + V_{BE} = 0$$

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

$$I_E = \frac{4V - 0.7V}{1.2k\Omega} = 2.75mA$$

عند خرج الدائرة

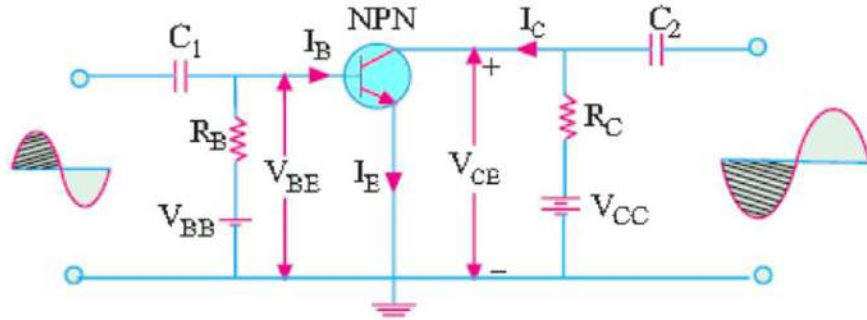
$$-V_{CB} + I_C R_C - V_{CC} = 0$$

$$\begin{aligned} V_{CB} &= V_{CC} - I_C R_C \text{ with } I_C \cong I_E \\ &= 10 \text{ V} - (2.75 \text{ mA})(2.4 \text{ k}\Omega) \\ &= 3.4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{I_C}{\beta} \\ &= \frac{2.75 \text{ mA}}{60} \\ &= 45.8 \mu\text{A} \end{aligned}$$

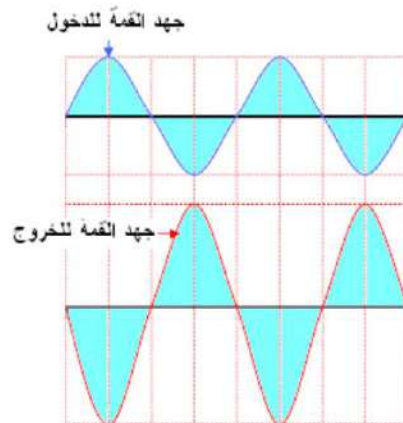
2-2-1 مكبر الباعث المشترك Common Emitter(CE) Amplifier

في هذا المكبر يكون باعث الترانزستور مشتركاً بين الإشارتين الداخلة والخارجة كما هو موضح بالشكل (7-1) الذي يمثل مرحلة واحدة لمكبر الباعث المشترك باستعمال ترانزستور NPN.



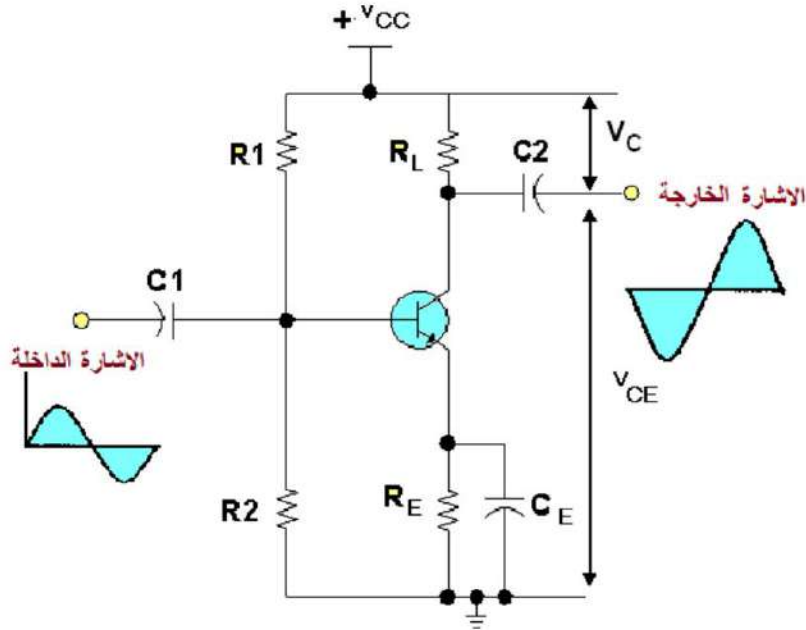
الشكل (1 - 7) مكبر الباعث المشترك

تعمل البطارية (V_{BB}) على تجهيز الترانزستور بالانحياز الأمامي بين القاعدة والباعث بينما تعمل البطارية (V_{CC}) على جعل الجامع بالانحياز العكسي بالنسبة إلى القاعدة. وتحدد المقاومة (R_B) تيار الانحياز الأمامي بين الباعث والقاعدة. وتعمل 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 الإشارة الخارجة. في مكبر الباعث المشترك يحدث انقلاباً في طور الإشارة الخارجة بمقدار 180° نسبة إلى الإشارة الداخلة لاحظ الشكل (1 - 8).



الشكل (1 - 8) الإشارة الخارجة بعكس طور الإشارة الداخلة بمقدار 180°

الدائرة الموضحة بالشكل (1 - 9) تفسر سبب انقلاب طور الإشارة في مكبر الباعث المشترك.



الشكل (1 - 9) مكبر باعث مشترك

$$V_{CC} = V_{CE} + V_C + V_E$$

$$V_C = I_C \times R_C$$

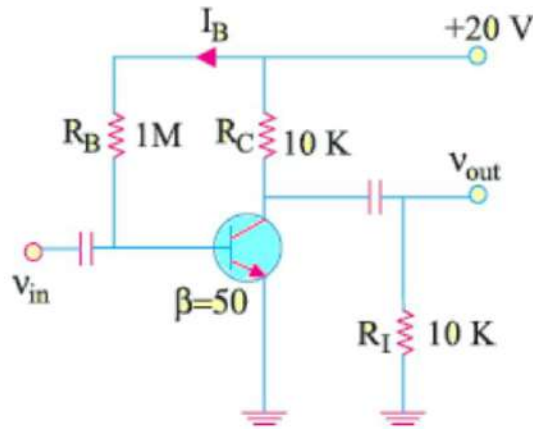
$$V_{CC} = V_{CE} + I_C \times R_C + V_E$$

عند زيادة فولتية الإشارة الداخلة يزداد تيار القاعدة (I_B) فيزداد تبعاً لذلك تيار الجامع (I_C) أي تزداد الفولتية المفقودة على مقاومة الحمل (R_L)، ولأن فولتية المصدر (V_{CC}) ثابتة سوف تقل الفولتية الخارجة (V_{CE}) بنفس مقدار الزيادة في (V_L). ومن الشكل نلاحظ أن الفولتية (V_{CE}) تحتوي على مركبتين أحدهما تمثل فولتية مستمرة والأخرى إشارة متغيرة. وتؤخذ الإشارة المتغيرة فقط بعد المتسعة (C_2) وتكون مختلفة بالطور عن الإشارة الداخلة.

أن وصلة الجامع - القاعدة موصلة بالانحياز العكسي لذلك يتسرب تيار قليل جداً من الجامع إلى القاعدة ويزداد بارتفاع درجة الحرارة، ويتجه جزء منه إلى الباعث ويظهر مكبراً على الجامع فيغير من نقطة عمل الترانزستور (Q) لذلك توضع المقاومة (R_E) لكي تجبر هذا التيار (تيار التسرب) على التوجه نحو القاعدة. وتوضع مقاومة بين القاعدة والأرضي (R_2) للتخلص منه. ولتوصيل الباعث إلى الأرضي بالنسبة إلى الإشارة توصل متسعة (C_E) للتقليل من فولتية الإشارة الداخلة المفقودة عليها أي أن الإشارة الداخلة كلها سوف تسلط بين القاعدة والباعث.

مثال (3 - 1) :

من الدائرة الموضحة بالشكل التالي، جـ
 I_B , I_C , r_e , r_o , G_v علماً أن $r_e = 25\text{mV}/I_E$. أهمل V_{BE} .



الحل :

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{20V}{1M\Omega} = 20\mu A$$

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

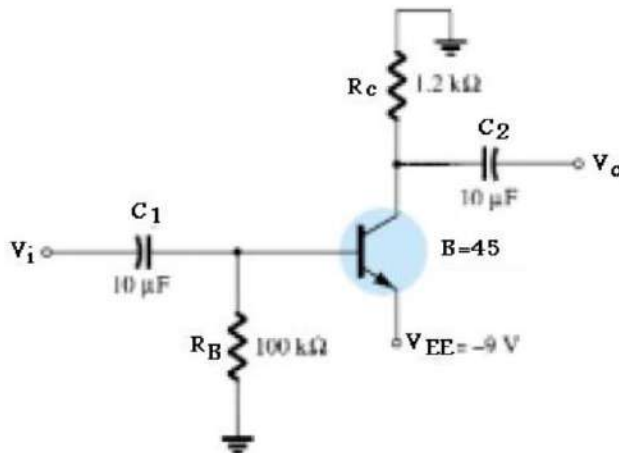
$$r_e = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1mA} = 25\Omega$$

$$r_o = 10k\Omega // 10k\Omega = 5k\Omega$$

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

مثال (4 - 1) :

من الدائرة الموضحة بالشكل التالي، جـ
 V_B و V_C .



الحل :

$$-I_B R_B - V_{BE} + V_{EE} = 0$$

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

$$I_B = \frac{9 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{100 \text{ k}\Omega}$$

$$= \frac{8.3 \text{ V}}{100 \text{ k}\Omega}$$

$$= 83 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$= (45)(83 \mu\text{A})$$

$$= 3.735 \text{ mA}$$

$$V_C = -I_C R_C$$

$$= -(3.735 \text{ mA})(1.2 \text{ k}\Omega)$$

$$= -4.48 \text{ V}$$

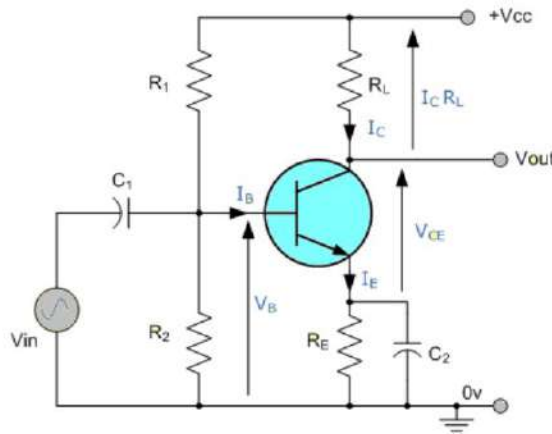
$$V_B = -I_B R_B$$

$$= -(83 \mu\text{A})(100 \text{ k}\Omega)$$

$$= -8.3 \text{ V}$$

مثال (1-5):

في الدائرة الموضحة ادناه دائرة مكبر باعث مشترك فيها مقاومة الحمل $R_L = 1200 \Omega$ وفولتية التجهيز $V_{CC} = 12 \text{ V}$ 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 جد R_1 , R_2 إذا علمت أن $\beta = 100$.



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

$$V_{CE} = 0 \text{ (Saturation)}$$

تيار الجامع موضح بالنقطة A على منحنى الخواص عندما تكون الفولتية ($V_{CE}=0$) أي ان الترانزستور في حالة تشبع (Saturation). وعندما يكون الترانزستور في حالة قطع (OFF) لا يمر تيار خلال مقاومة الحمل (R_L) ومقاومة الباعث (R_E). وتصبح الفولتية عبر الترانزستور ($V_{CE}=V_{CC}$) والموضحة على منحنى الخواص الاستاتيكية بالنقطة B. تحدد نقطة الاشتغال Q للمكبر عندما تكون الإشارة الداخلة والمسطرة على القاعدة (صفرًا)، ويقع تيار الجامع في منتصف المسافة لخط الحمل بين (0V) وفولتية المصدر (12V) والموضحة على منحنى الخواص الاستاتيكية بالنقطة Q لاحظ الشكل (1 - 10).

أي $V_{CC}/2$ ويصبح تيار الجامع

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

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

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

ويمكن تقريب القيمة (45.8×10^{-6}) الى $46\mu\text{A}$

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

$$R_2 = \frac{V_{(RE)} + V_{(BE)}}{I_B} = \frac{1 + 0.7}{45.8 \times 10^{-6}} = 37.1\text{K}\Omega$$

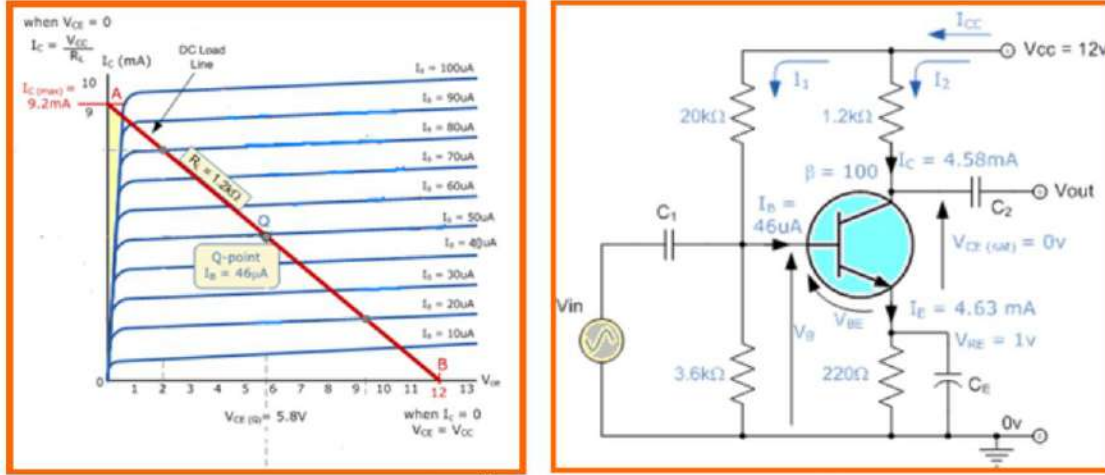
$$R_1 = \frac{V_{CC} \cdot (V_{(RE)} + V_{(BE)})}{I_B} = \frac{12 - 1.7}{\frac{504 \times 10^{-6}}{45.8 \times 10^{-6}}} = 20.45\text{k}\Omega$$

$$I_E = I_C + I_B = 4.58\text{mA} + 45.8\mu\text{A} = 4.63\text{mA}$$

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

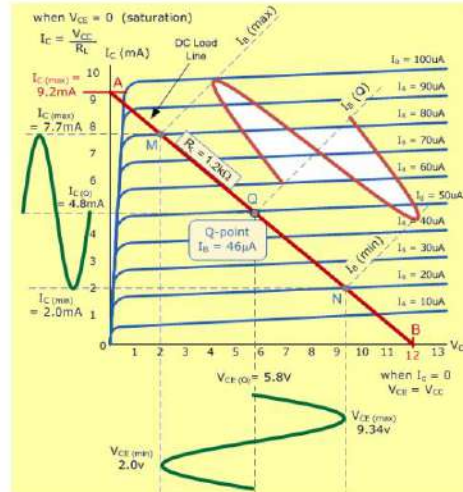
تأخذ نسبة السماحية بنظر الاعتبار لتحديد قيم المقاومات وبمقدار 5%

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



الشكل (10 – 1) تحديد نقطة الاشتغال Q

من المنحنيات نلاحظ العلاقة بين تيار الجامع والفولتية بين الجامع والباعث (V_{CE}) ولعدة قيم مختلفة لتيار القاعدة (I_B). وتعرف هذه المنحنيات بـ (خواص الإخراج) وتستعمل لمعرفة المعدل الذي يعمل به الترانزستور كمكبر باعث مشترك ضمن الخواص الديناميكية (بسبب قيمة مقاومة الحمل). ومن المثال (5-1) نلاحظ كيفية حساب ربح التيار المستمر للترانزستور والذي يحتاج إلى تيار قاعدة مقداره ($45.8\mu A$) والذي حدد نقطة الاشتغال Q للمكبر على خط الحمل ويمكن تقريبها إلى القيمة ($46\mu A$). يتناسب التغير في تيار القاعدة تناسباً طردياً مع تيار الجامع ولمعرفة تأرجح تيار القاعدة بين أعلى قيمة وأقل قيمة بدون حدوث أي تشويه في الإشارة الخارجة من تقاطع خط الحمل مع منحنيات خواص التيار المستمر نستطيع إيجاد هذه القيم لتيار القاعدة المتساوية على خط الحمل وأُشْرِتْ بالنقاط (N, M) متساوية في البعد على خط الحمل بتيار قاعدة من ($20 - 80$) μA كما ذكرنا ذلك في الصنف (A)، لاحظ الشكل (1-11).



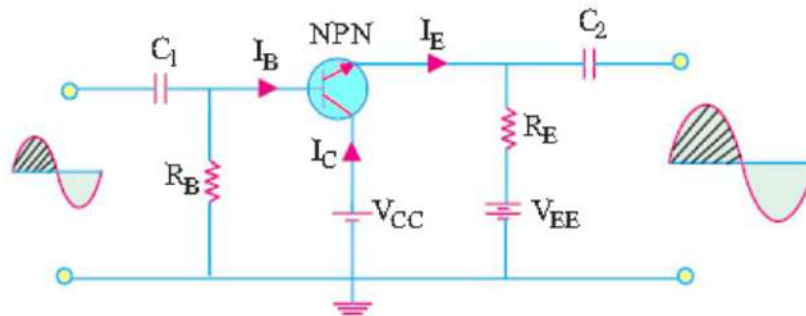
الشكل (11 – 1) تحديد V_{CE} و $I_B(max)$, $I_B(min)$

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

عندما يتغير تيار القاعدة بالاتجاه الموجب من $(50\mu A)$ إلى $(80\mu A)$ تقل فولتية الجامع - الباعث التي تمثل الفولتية الخارجة من القيمة $(5.8v)$ إلى $(2v)$.
لذا يمكن القول أن مكبر الباعث المشترك عبارة عن مكبر عاكس، فكل زيادة في فولتية القاعدة تسبب نقصان في الفولتية الخارجة (V_O) وكل نقصان في فولتية القاعدة يسبب زيادة في الفولتية الخارجة (V_O) .

3-2-1 مكبر الجامع المشترك Common Collector (CC) Amplifier

في هذا المكبر يكون جامع الترانزستور مشتركاً بين الإشارتين (الداخلية والخارجة) كما هو موضح بالشكل (1 - 12) والذي يمثل مرحلة واحدة لمكبر الجامع المشترك باستعمال ترانزستور NPN.



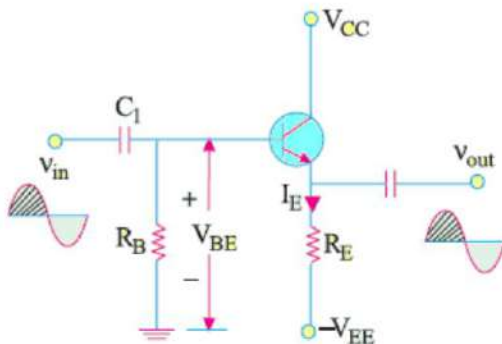
الشكل (1 - 12) مكبر الجامع المشترك

المقاومة (R_E) وهي مقاومة الحمل الموصلة الى باعث الترانزستور وتصبح البطارية (V_{CC}) في حالة دورة قصر (Short) بالنسبة للإشارة. أي ان الجامع متصل بالأرضي. ويكون ربح الفولتية في مكبر الجامع المشترك (اقل من واحد) لان الفولتية الداخلة تساوي :

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

أي ان الفولتية الداخلة تزيد بمقدار (V_{BE}) عن الفولتية الخارجة وإذا أهملنا قيمة (V_{BE}) القليلة نسبياً فإن الفولتية الخارجة سوف تساوي الفولتية الداخلة أي ان ربح الفولتية يساوي واحد تقريباً. ويكون ربح التيار في هذا المكبر عالياً ويساوي :

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



ولا يحدث أي اختلاف في طور الإشارة الخارجة عن طور الإشارة 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 بنفس طور الإشارة الداخلة لاحظ الشكل (1 - 13).

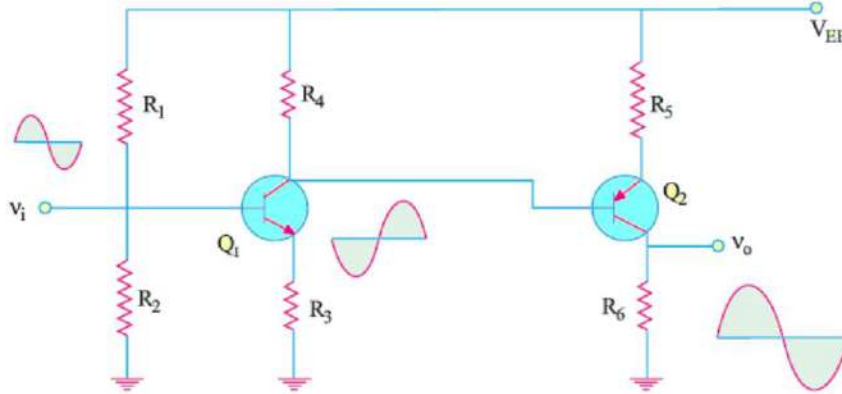
الشكل (13-1) مكبر الجامع المشترك

3-1 طرق الربط بين مراحل التكبير :

نحتاج في بعض الأحيان إلى ربح أو تكبير (Gain) عالٍ لا يمكن تحقيقه بمرحلة تكبير واحدة فقط مما يضطرنا إلى استعمال مراحل عديدة. إن مراحل التكبير المتعددة هذه ترتبط فيما بينها بطرق مختلفة أهمها:

1-3-1 الربط المباشر: Direct Coupled

من الممكن توصيل مراحل التكبير فيما بينها توصيلاً مباشراً وخاصةً حين تكون الإشارة المراد تكبيرها مستمرة أو ذات تردد واطئ. والشكل (1-14) يوضح إحدى دوائر التكبير بالربط المباشر.

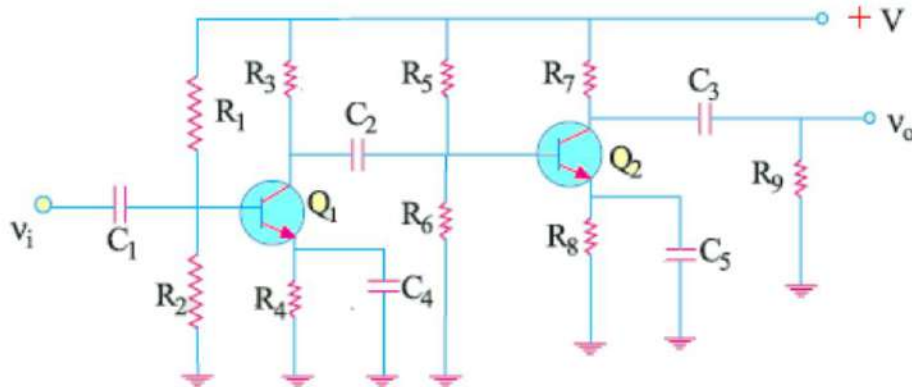


الشكل (1 - 14) الربط المباشر

الإشارة الخارجة من جامع الترانزستور الأول (Q_1) توصل مباشرة إلى قاعدة الترانزستور الثاني (Q_2) لذا فإن أي تغيير يحصل في تيار جامع الترانزستور الأول (نتيجة لتغير درجة الحرارة) سوف ينتقل ليكبر في المرحلة الثانية مما يؤثر على نقطة اشتغال الترانزستور (Q_2)، وهذا إحدى عيوب هذا النوع من الربط. وفي المرحلة الأولى (مرحلة الإدخال) يفضل استعمال صيغة القاعدة المشتركة أو الجامع المشترك وذلك للتوفيق بين الممانعة اللاحقة والسابقة. وفي مرحلة الإخراج تستعمل صيغة الجامع المشترك لأمتيازه بممانعة اخراج واطنة.

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

الشكل (1-15) يوضح مرحلتي تكبير تتصلان بوساطة مقاومة ومتسعة.



الشكل (1 - 15) الربط بوساطة المقاومة والمتسعة

تنتقل الإشارة الخارجة من المرحلة الأولى من جامع الترانزستور الأول (Q_1) إلى قاعدة الترانزستور الثاني (Q_2) عبر المتسعة (C_2). هذه الطريقة شائعة الاستعمال لأنها تتمتع بما يأتي:

أ- إذا حدث أي تغير في تيار الجامع المستمر في المرحلة الأولى نتيجة تغير درجة الحرارة فانه لا يكبر في المرحلة الثانية، لان متسعة الربط تمنع مرور التيار المستمر الى قاعدة الترانزستور (Q_2)
 ب- ان 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 بممانعة قليلة، اي تنتقل معظمها إلى المرحلة الثانية ولا يفقد جزء منها على المتسعة.
 اما مساوئها فهي غير مناسبة للترددات الواطئة اذ ان ممانعة متسعة الربط تصبح عالية جدا عند الترددات الواطئة الأمر الذي يسبب فقدان الإشارة الخارجة من المرحلة الأولى عليها وعدم انتقالها إلى المرحلة الثانية.
 يتم حساب ربح هذه الدائرة من حاصل ضرب ربح المرحلة الأولى في ربح المرحلة الثانية اي ان:

$$G_t = G_1 \times G_2$$

G_t = الربح الكلي

G_1 = ربح المرحلة الاولى

G_2 = ربح المرحلة الثانية

مثال (1 - 6) :

احسب التكبير الكلي لمكبر يتكون من مرحلتين، ربح المرحلة الأولى يساوي (50) و ربح المرحلة الثانية (60)، اذا كانت الإشارة الداخلة تساوي 1mv ، كم تصبح الإشارة الخارجة؟

الحل:

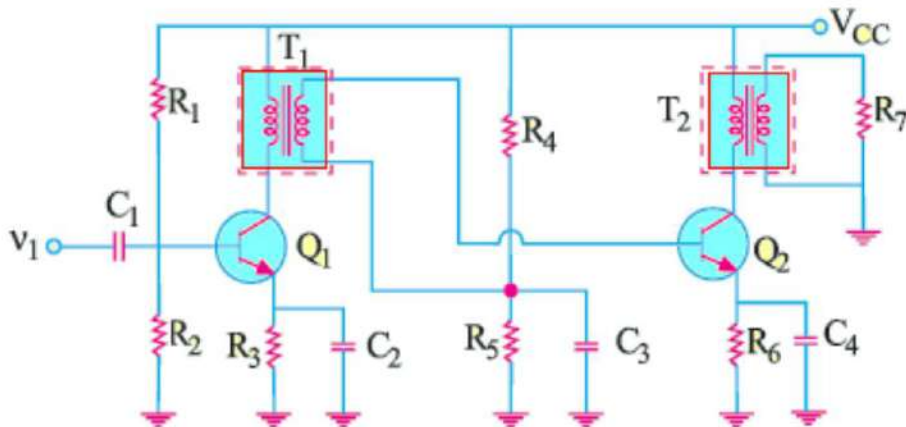
$$G_T = G_1 \times G_2$$

$$G_T = 50 \times 60 = 3000$$

$$V_O = G_t \times V_i = 3000 \times 1 = 3V$$

3-3-1 الربط بوساطة المحولة:

الشكل (1 - 16) يوضح طريقة ربط مرحلتي تكبير بوساطة محولة.



الشكل (1 - 16) الربط بوساطة المحولة

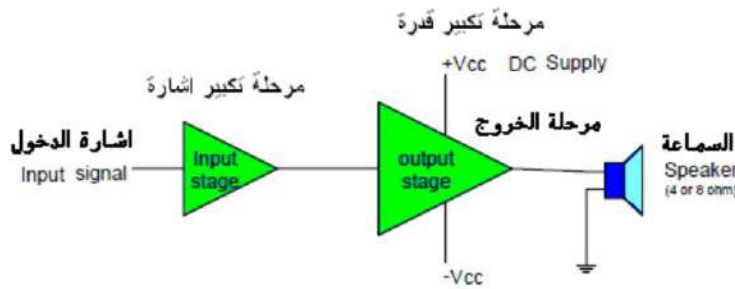
تدخل الإشارة الى قاعدة الترانزستور (Q1) وتظهر مكبرة على جامع نفس الترانزستور ثم تنتقل هذه الإشارة المكبرة في المرحلة الأولى بواسطة المحولة (T1) من الملف الابتدائي الى الملف الثانوي بالحث المتبادل ثم الى قاعدة الترانزستور (Q2) إذ تكبر ثانية فتظهر مكبرة على جامع الترانزستور الثاني وتنتقل الى مقاومة الحمل (R7) بواسطة المحولة (T2) ويمكن أن تغذى إلى مرحلة أخرى إذا اقتضت الضرورة زيادة التكبير.

تمتاز طريقة الربط بواسطة المحولة بالميزات الآتية:

- أ- سهولة التوافق بين المقاومة الخارجة للمرحلة الأولى، والمقاومة الداخلة للمرحلة الثانية إذ يتم ذلك بتحديد عدد لفات الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي أو ما يسمى بنسبة التحويل في المحولة. إن موضوع التوافق بين المقاومتين الداخلة للمرحلة الثانية والخارجة للمرحلة الأولى يعدّ مهماً لتحقيق أعلى نقل لقدرة الإشارة من المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية.
- ب- نلاحظ من الشكل (1 - 16) أن مقاومة الحمل هي الملف الابتدائي للمحوّلة لذا فإن المفايد الحرارية تكون قليلة جداً قياساً بالمقاومة الطبيعية لأن مقاومة الملف الداخلية تكون قليلة جداً.
- ج - تستعمل لتقليل الضياع بالقدرة.

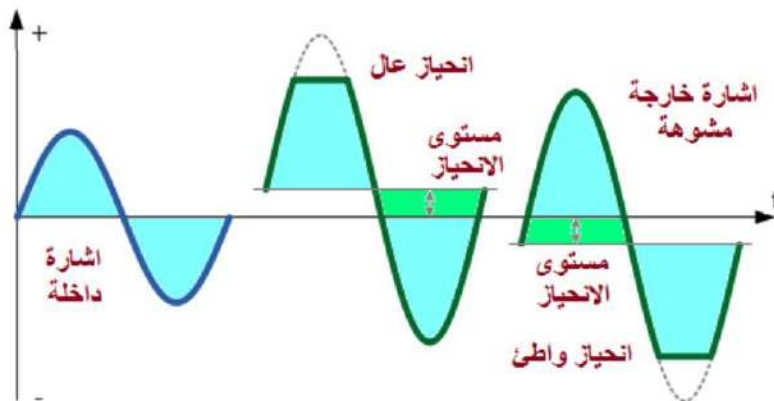
1 - 4 مكبرات القدرة : Power Amplifiers

وتدعى بمكبرات الإشارة الكبيرة (Large Signal Amplifiers) وتعمل كمراحل نهائية تلي مكبرات الإشارة الصغيرة، وتستعمل عند الحاجة إلى قدرة عالية في منظومة الإرسال والاستقبال الراديوي والتلفزيوني وتشغيل محركات ذات سرع ثابتة وغيرها من الدوائر الالكترونية. والشكل (1-17) يوضح المخطط الكتلي لمكبر سمعي يحتوي على مكبر سمعي أولي، ومكبر قدرة (مكبر خرج).



الشكل (1 - 17) مخطط كتلي لمكبر سمعي

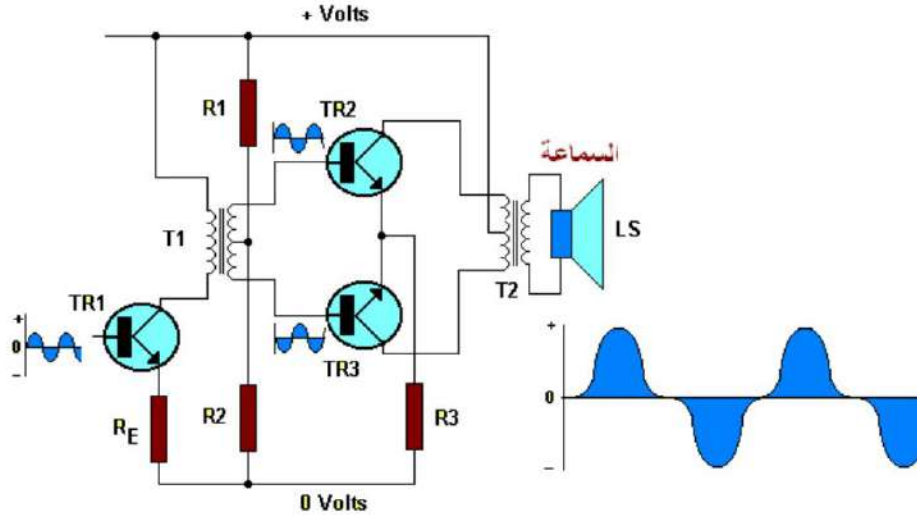
كما هو معلوم ان الخواص الداخلية للترانزستور تتمثل بمنحنى وليس خطاً مستقيماً لذلك سيظهر تشويه في شكل الإشارة الخارجة وخاصة عندما تكون الإشارة الداخلة كبيرة حيث تقع على جزء كبير من منحنى الخواص كما هو موضح بالشكل (1 - 18).



الشكل (1 - 18) التشويه في شكل الإشارة الخارجة

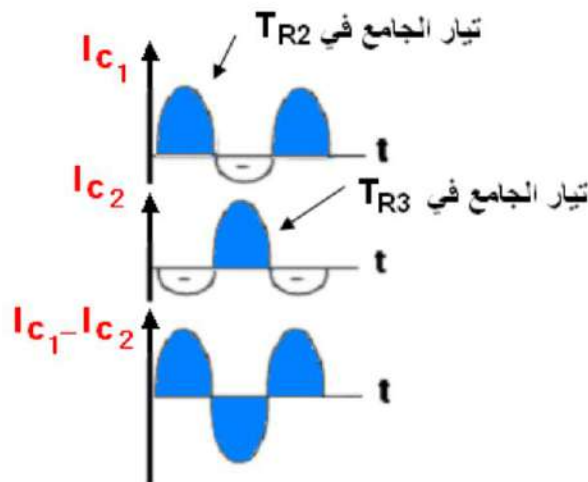
وللتغلب على التشويه الذي يحصل في شكل الإشارة الخارجة في مكبرات القدرة الصنف A عند استعمالها بمرحلة واحدة يستعمل مكبر (دفع - سحب) والمكبر المتنام.

1-4-1 مكبر القدرة (دفع - سحب) صنف A: Class A Push-Pull Power Amplifier
الدائرة الموضحة بالشكل (1 - 19) عبارة عن دائرة مكبر قدرة (دفع - سحب) صنف A تحتوي على ترانزستورين (TR2) و (TR3) يعملان بالتعاقب.



الشكل (1 - 19) مكبر قدرة (دفع - سحب)

تعمل المقاومات (R1) و (R2) على تحديد تيار الانحياز الأمامي لوصلة (القاعدة-الباعث) لكل من (TR2) و (TR3) في حين أن 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°) لأن الملف الثانوي لمحولة الدخول (T1) يحتوي على نقطة وسطية وذلك لتشغيل T_{R2} و T_{R3} . يظهر تيار جامع لكل من (TR2) و (TR3) مكبراً ومشوهاً لأن نصفه الموجب اكبر من نصفه السالب بسبب الخواص الداخلية للترانزستورين ويكون تيار الملف الابتدائي لمحولة الخرج يساوي حاصل طرح تيار الجامع لكل من الترانزستورين $I_P = I_{C1} - I_{C2}$ ، لاحظ الشكل (1 - 20).

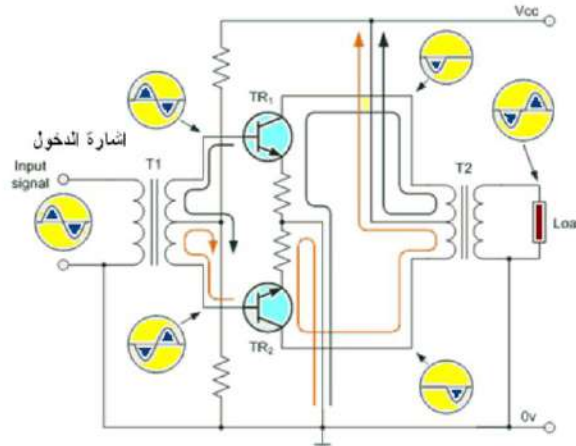


الشكل (1 - 20) عملية الطرح بين تيار الجامع للترانزستورين

يظهر التيار في الملف الابتدائي غير مشوه لان نصفه الموجب يساوي نصفه السالب وينتقل هذا التيار بالحث المتبادل إلى الملف الثانوي وهو تيار الإشارة الخارجة المار في السماعة. نستنتج من ذلك أننا تغلبنا على التشويه في شكل الإشارة الخارجة باستعمال مكبر القدرة (دفع – سحب) الصنف A وتبقى مشكلة الكفاءة القليلة التي لا تزيد عن (50%) لذا نلجأ إلى استعمال مكبر القدرة (دفع – سحب) الصنف B والتي تكون أعظم كفاءة لمكبر الصنف B هو 75% .

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 إلى فولتية القطع (Cut Off) أي تحويله ليعمل كمكبر قدرة دفع – سحب الصنف B، وكما موضح بالشكل (1 – 21) .

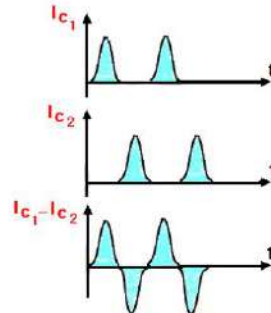


الشكل (1 – 21) مكبر القدرة دفع – سحب صنف B

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 (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 (TR_2) في حالة توصيل و(TR_1) في حالة قطع فيسري تيار في جامع (TR_2) فقط أي أن تياراً موجباً يمثل جامع كل من الترانزستورين يسري بالتعاقب في الملف الابتدائي لمحولة الخرج يساوي حاصل طرح تيار جامع الترانزستورين

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

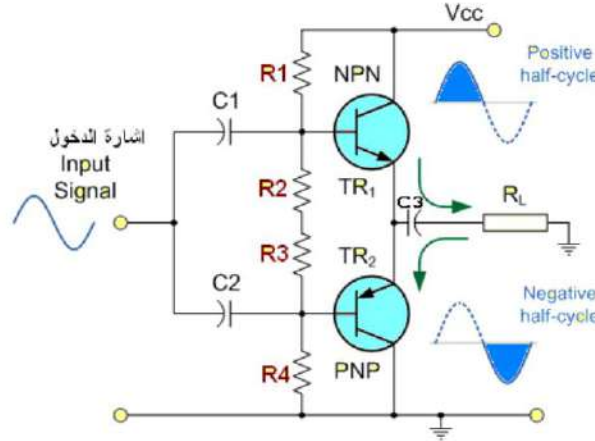
ومن الشكل (1 – 22) نلاحظ أن التيار الخارج يحتوي على الأنصاف الموجبة والسالبة مع تشويه في شكل الإشارة الخارجة ويسمى هذا النوع من التشويه بالتشويه عند نقاط التقاطع (Cross Over Distortion) وسببه منحنى الخواص الداخلية للترانزستور. ويمتاز هذا المكبر فضلاً عن الكفاءة العالية بأن تيار جامع الترانزستورين يساوي صفر عند عدم وجود إشارة داخلية.



الشكل (1 – 22) الإشارة الخارجة مع التشويه

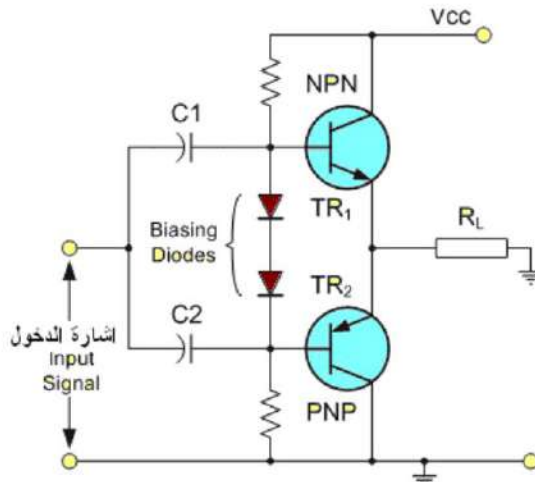
3-4-1 المكبر المتشابه المتتام : Complementary Symmetry Amplifier

لاحظنا في مكبرات الدفع - سحب أنها تحتوي على محولتين أحدهما في الدخول والأخرى في الخرج ولأن استعمال المحولات غير محبذ بسبب كبر حجم المحولة إذ تشغل حيزاً في الدوائر الالكترونية إضافة إلى أن المحولة تبعث موجات كهرومغناطيسية تؤثر في بقية الدوائر الالكترونية المجاورة لها وارتفاع كلفة المحولة مما يؤدي إلى ارتفاع ثمن الجهاز الذي يحتويها. من الممكن الاستغناء عن المحولتين في مكبر القدرة الدفع - سحب باستعمال المكبر المتشابه المتتام، لاحظ الشكل (1- 23) ففي هذه الدائرة يتم استعمال ترانزستورين أحدهما من نوع (PNP) والآخر من نوع (NPN).



الشكل (1 - 23) 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 منتجاً هبوط فولتية بالقطبية عبر R_L . وعند دخول النصف السالب للإشارة يصبح الترانزستور (TR_1) في حالة قطع (Off) والترانزستور (TR_2) في حالة توصيل (On) فيمر التيار (I_{C2}) خلال مقاومة الحمل من الأسفل إلى الأعلى أي بعكس اتجاه (I_{C1}) وتكون القطبية لهبوط الجهد عبر R_L معكوسة . يعمل هذا المكبر كما هو في مكبر القدرة (دفع - سحب) تحت أي صنف وللتخلص من التشويه في شكل الإشارة 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 - 24).



الشكل (1 - 24) المكبر المتشابه المتتام

الاختبارات الموضوعية : Tutorial Tests

1- لمكبر القاعدة المشتركة مقاومة دخول قليلة جداً.

- (a) لان مقاومة الباعث R_E للتيار المتناوب بالتوازي مع كل المقاومات.
- (b) لان القاعدة موصلة الى الأرضي.
- (c) مقاومة الباعث صغيرة.
- (d) لان الإشارات الداخلة صغيرة.

2- يمتاز مكبر القاعدة المشتركة :

- (a) بربح فولتية قليل.
- (b) بربح قدرة معتدل.
- (c) بأنه لايعكس طور الإشارة الخارجة.
- (d) بمقاومة خرج عالية جداً.

3- لمكبر الجامع المشترك أعلى :

- (a) ربح فولتية.
- (b) ربح تيار.
- (c) ربح قدرة.
- (d) ممانعة خارجية.

4- في مكبر الجامع المشترك ربح الفولتية

- (a) لا يصل الى الواحد.
- (b) يعتمد على الممانعة الخارجية.
- (c) يعتمد على الإشارة الداخلة.
- (d) ثابت دائماً.

5- في المكبر صنف A تقع نقطة التشغيل Q

- (a) في نقطة القطع .
- (b) قرب نقطة التشبع.
- (c) في منتصف خط الحمل.
- (d) بقرب نقطة القطع.

6- خرج المكبر من الصنف B

- (a) مشوه دائماً.
- (b) يتكون من نصف الموجة الموجب فقط .
- (c) يشبه خرج التقويم نصف الموجة .
- (d) نبضات تيار ضيقة.

7- أعلى كفاءة لمكبر الصنف A تصل إلى

- (a) 25%
- (b) 50%
- (c) 78.5%
- (d) 85%

8- يحدث التشويه عند نقاط التقاطع في

- (a) الدفع – سحب .
- (b) الصنف A .
- (c) الصنف B .
- (d) الصنف AB .

9- لا تتعدى كفاءة المكبر صنف B

- (a) 25%
- (b) 50%
- (c) 78.5%
- (d) 100%

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

- (a) I_{C1}
- (b) I_{C2}
- (c) $I_{C1} + I_{C2}$
- (d) $I_{C1} - I_{C2}$

أسئلة الفصل الأول

- س1 / ارسم دائرة مكبر باعثة 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 مع الرسم ؟
- س4 / اشرح مع الرسم مكبر القاعدة المشتركة ومجالات استعماله ؟
- س5 / عدد أنواع ربط المكبرات، و اشرح واحداً منها ؟
- س6 / لماذا يتم ربط أكثر من مكبر في الدوائر الالكترونية ؟
- س7 / كيف يتم حساب الربح للمكبر وحساب الربح الكلي لمكبرين ؟
- س8 / ما المقصود بمكبرات القدرة ؟ وما هي أنواعها ؟ عددها و اشرح واحد منها .
- س9 / اشرح مع الرسم مكبر قدرة سحب - دفع باستعمال محولة الإخراج، ووظيفة كل قطعة الكترونية فيها .
- س10 / اشرح مع الرسم المكبر المتشابه المتتام ووظيفة كل قطعة الكترونية فيها .
- س11 / لماذا سميّ مكبر سحب دفع بهذا الاسم ؟ وما هو مبدأ عمل هذا المكبر ؟
- س12 / اشرح بالتفصيل مكبر الصنف A والصنف B . موضحاً إجابتك بالرسم .
- س13 / اشرح مع الرسم مكبر الصنف AB والصنف C . موضحاً إجابتك بالرسم .

الفصل الثاني

مكبرات الحزمة الضيقة ومكبر العمليات

Narrow Band Amplifiers & Operational amplifier

أهداف الفصل : معرفة وإكساب الطالب معرفة مكبرات الحزمة الضيقة ومنحنى الاستجابة للمكبر وحساب عرض الحزمة وكيفية عمل الدوائر الالكترونية لمكبرات التردد الوسيط والتردد الراديوي ومعرفة مكبر العمليات.
محتويات الفصل الثاني :

1-2 مكبرات الحزمة الضيقة

1-1-2 منحنى الاستجابة الترددية

2-1-2 عرض الحزمة او عرض النطاق الترددي

3-1-2 مميزات مكبر الحزمة الضيقة

2-2 المرشحات

1-2-2 أنواع المرشحات

3-2 الدائرة المتكاملة (المدمجة)

4-2 خطوات تصنيع الدوائر المدمجة

1-4-2 كيفية صناعة الثنائي في الدائرة المدمجة

2-4-2 صناعة المقاومة الطبيعية في الدائرة المدمجة

2-4-3 صناعة المتسعة في الدائرة المدمجة

2-4-4 صناعة الملف في الدائرة المدمجة

2-4-5 صناعة الترانزستور في الدائرة المدمجة

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

5-2 مكبر العمليات

2-5-1 مكبر العمليات Op-Amp 741

2-5-2 خصائص مكبر العمليات

2-5-3 تطبيقات مكبر العمليات

اختبارات موضوعية وأسئلة الفصل الثاني



الفصل الثاني

مكبرات الحزمة الضيقة ومكبر العمليات

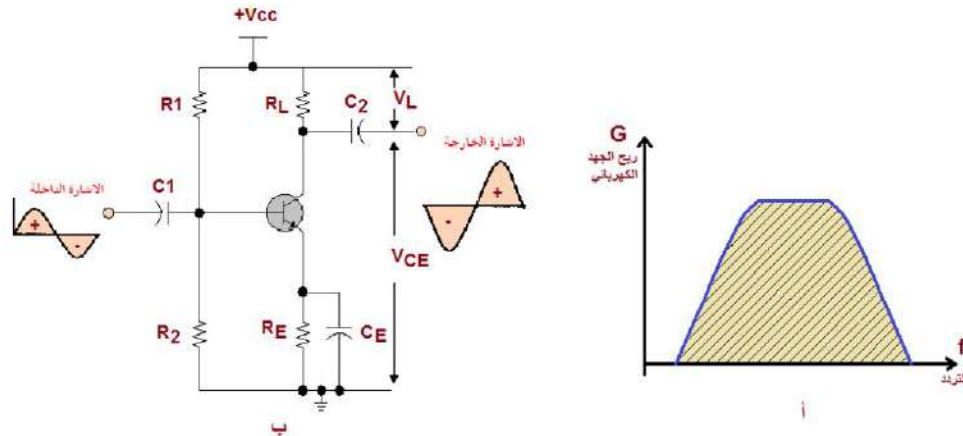
Narrow Band Amplifiers & Operational amplifier

1-2 مكبرات الحزمة الضيقة : Narrow Band Amplifier

عبارة عن مكبرات منغمة وهذا يعني ان الربح يحدد بواسطة دائرة رنين، ويسمى هذا النوع بمكبرات الحزمة الضيقة لان الإشارة الداخلة فيها تحتوي على تردد واحد او حزمة ضيقة من الترددات وتشمل هذه المكبرات مكبرات التردد المتوسط (IF Amplifiers) ومكبرات التردد الراديوي (RF Amplifiers) التي تستعمل غالبا في أجهزة الاستقبال وسنتطرق إلى ذلك في الفصول القادمة.

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

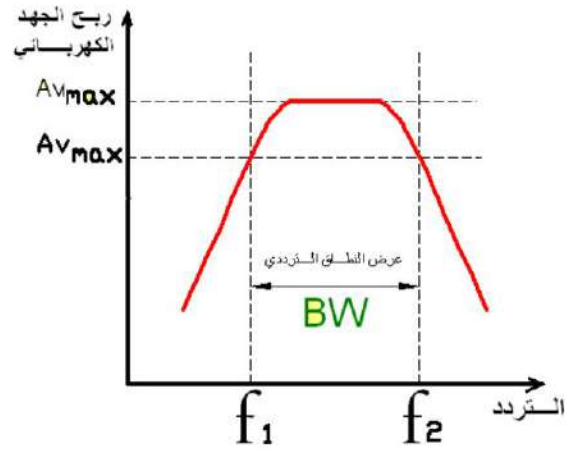
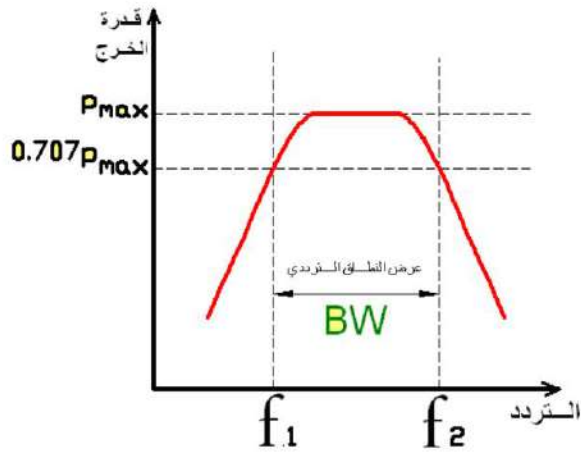
منحنى الاستجابة لأي مكبر هو العلاقة بين الربح او التكبير (Gain) وتردد الإشارة لاحظ الشكل (1-2-أ). نلاحظ من المنحنى انه يعاني هبوطا في التكبير عند الترددات القليلة، وسبب هذا الهبوط هو وجود متسعة الربط (C1) لاحظ الشكل (2-1-ب) التي تتناسب ممانعتها عكسيا مع التردد ($X_C \propto \frac{1}{f}$) لهذا فعند دخول تردد قليل إلى المكبر تكون ممانعة المتسعة (C1) عالية عندئذ تقل الإشارة الداخلة إلى الترانزستور وبالتالي يقل التكبير. وعند الترددات العالية يحصل هبوط شديد في التكبير أيضا وسبب هذا الهبوط يعود إلى تأثير المتسعات الخيالية الطفيلية الداخلية للترانزستور (Enter electrode Capacitors) الذي يؤدي إلى عدم انتظام عمل المكبر . ويتم تحديد الاستجابة الترددية للمكبرات تبعاً لترددات القطع .



الشكل (1-2) أ- منحنى الاستجابة الترددية ب- الدائرة الالكترونية

والشكل (2-2) يوضح كيف يمكن التعبير عن عرض الحزمة (عرض النطاق الترددي) من رسم منحنى 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) .

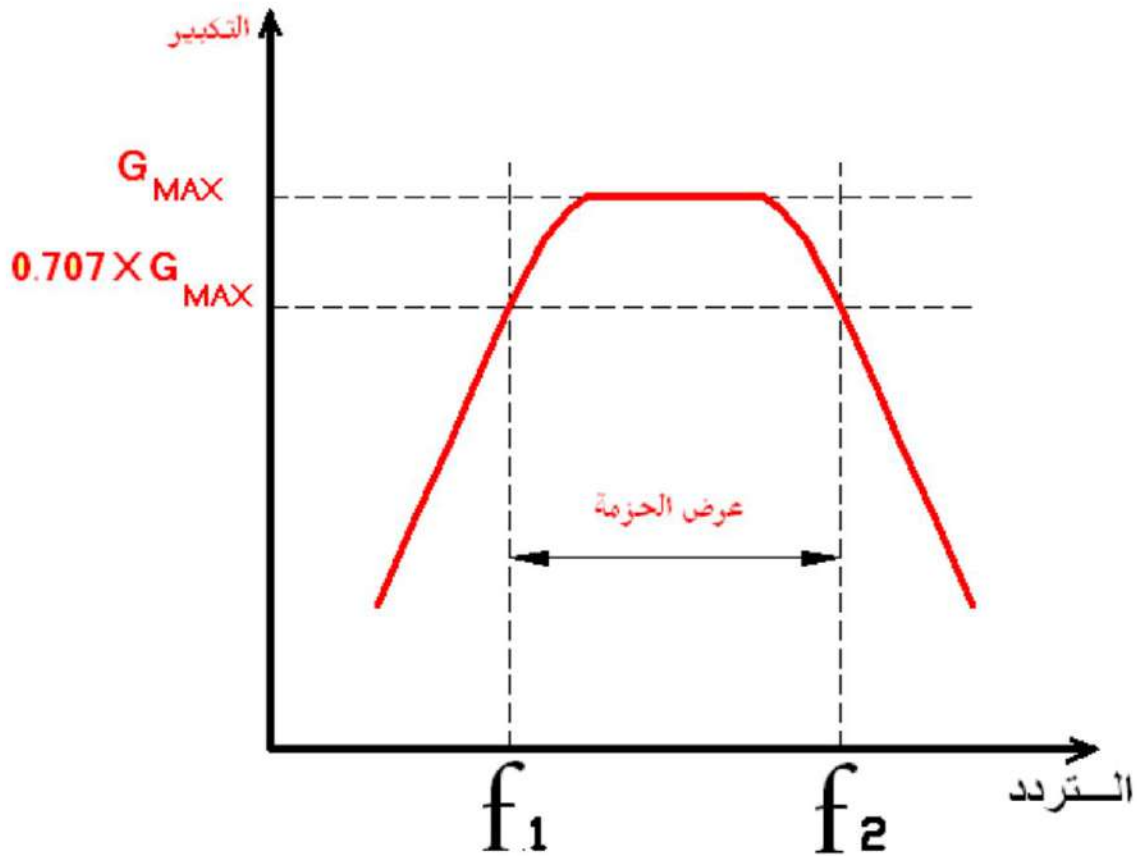
$$BW = f_2 - f_1$$



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

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

يسمى الفرق بين أعلى وأقل تردد يكبر بواسطة دائرة التكبير بعرض الحزمة BW. ويحسب من منحنى الاستجابة على وفق الخطوات الآتية والموضحة بالشكل (2 - 3) .



الشكل (2 - 3) حساب عرض الحزمة

1- استخراج القيمة الفعلية للتكبير $\frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$ والتي عن طريقها تتحدد ترددات القطع f_1 و f_2

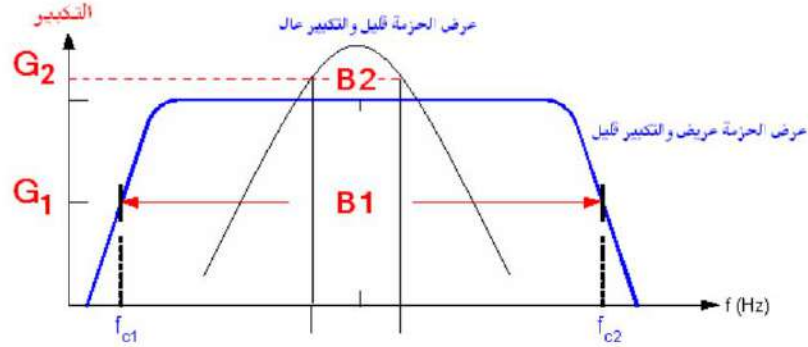
2- رسم خط افقي من النقطة الفعالة $\frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$ مواز الى محور التردد فيقطع المنحنى في نقطتين .

3- رسم خطين عموديين من نقطتي تقاطع المنحنى والخط الأفقي يقطعان محور التردد في النقطتين f_1 و f_2 .

4- حساب عرض الحزمة BW من طرح اقل تردد f_1 من أعلى تردد f_2 .

$$BW = f_2 - f_1$$

إن المساحة المحصورة تحت منحنى الاستجابة تكون ثابتة. أي أن حاصل ضرب التكبير في عرض الحزمة يمثل كمية ثابتة. إن هذه الخاصية يمكن الاستفادة منها في مكبرات الحزمة الضيقة، إذ أن الإشارة الداخلة لهذه المكبرات تكون ذات حزمة ضيقة لذا يمكن تصميم المكبر بحيث يستجيب لتكبير حزمة ضيقة من الترددات تمثل حزمة ترددات الإشارة الداخلة فقط، وهذا يعني زيادة التكبير. والشكل (2 - 4) يوضح منحنى استجابة مكبر في حالتين عندما يعمل كمكبر حزمة عريضة . ونلاحظ أن التكبير فيه يكون قليلا وعند تقليل عرض الحزمة التي يستجيب لتكبيرها نلاحظ أن التكبير يزداد .

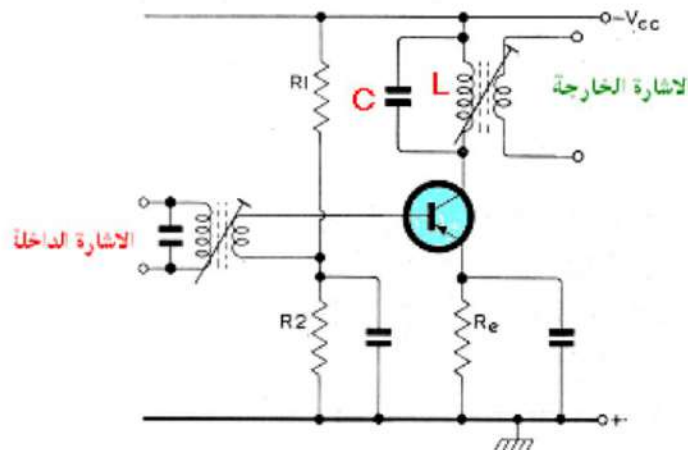


الشكل (2 - 4) العلاقة بين التكبير وعرض الحزمة

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

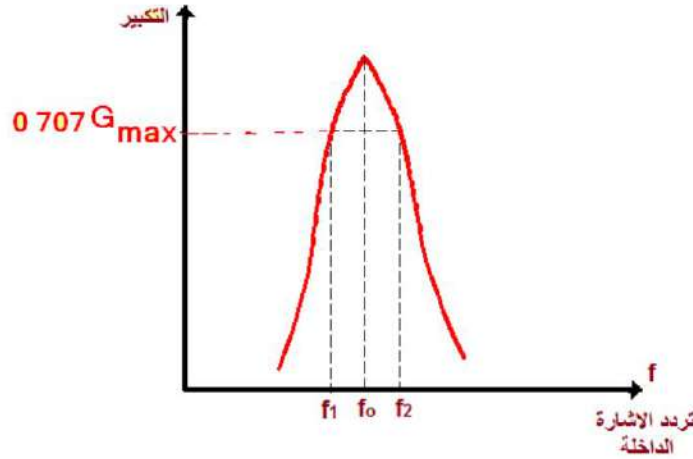
يتكون مكبر الحزمة الضيقة من ترانزستور تكبير مع دائرة رنين للحزمة الضيقة (تم وضع دائرة رنين التوازي بدلاً من مقاومة الحمل) كما في الشكل (2 - 5) ويكون هذا المكبر ذا قدرة قليلة، وبعض المكبرات التي تكون فيها الإشارة الداخلة ذات تردد واحد أو حزمة ضيقة من الترددات تمتاز بما يأتي :

- 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 أن تردد رنين الدائرة يساوي تردد الإشارة المراد تكبيرها لذا فإن هذه الحالة تكبر التردد الذي يجعل الدائرة في حالة الرنين). ويكون التكبير عالياً وذلك لأن حزمة الترددات من الإشارة الداخلة تكون قليلة.



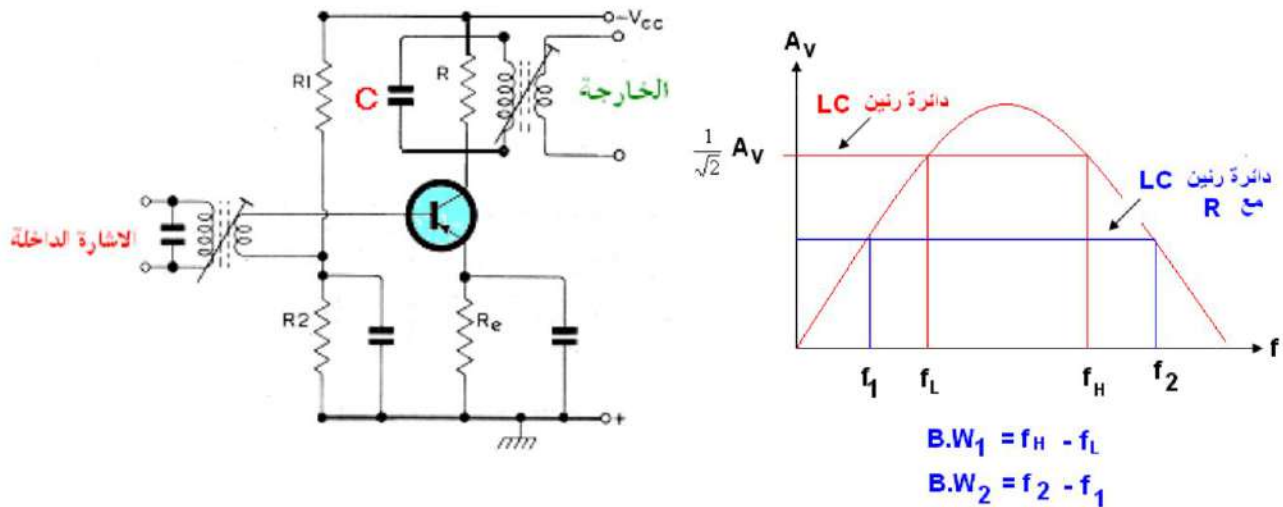
الشكل (2 - 5) مكبر حزمة ضيقة باستعمال دائرة رنين التوازي

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



الشكل (2-6) منحنى الاستجابة لمكبر الحزمة الضيقة

إن عملية التكبير في هذا النوع من المكبرات يكون عالياً جداً، لأن 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 إذ 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 على التوازي مع دائرة الرنين

2-2 المرشحات : Filters

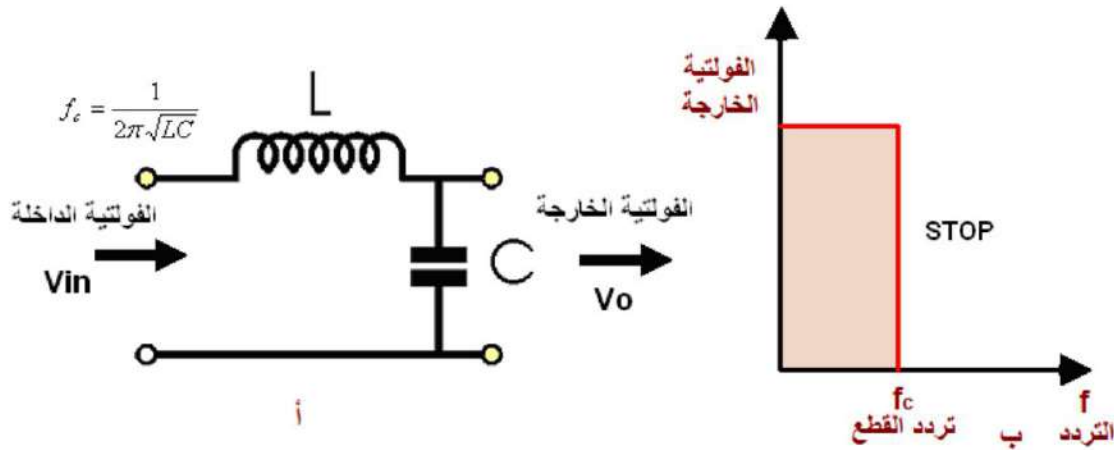
عبارة عن دوائر الكترونية تسمح لإشارات ذات ترددات معينة بالمرور خلالها وتمنع إشارات ذات ترددات أخرى من المرور. وللمرشحات أهمية كبيرة في علم الاتصالات إذ تستعمل لتدمير الإشارات المرغوب فيها وتمنع إشارات التشويش غير المرغوب فيها.

1-2-2 أنواع المرشحات :

- | | | |
|----|-----------------------------------|--------------------|
| 1- | مرشح إمرار التردد الواطئ (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) |

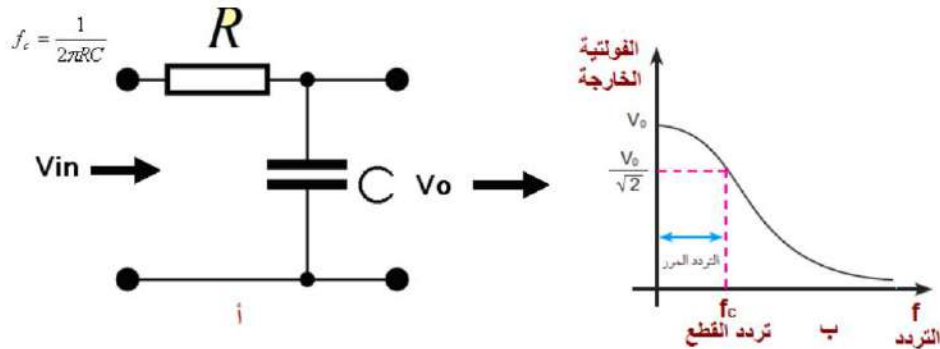
1- مرشح إمرار التردد الواطئ : LPF (Low Pass Filter)

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 الأقل من تردد القطع ويسبب اضمحلالاً للترددات الأعلى من تردد القطع لاحظ ، الشكل (2-8-ب) .



الشكل (8-2) مرشح إمرار تردد واطئ (LC)

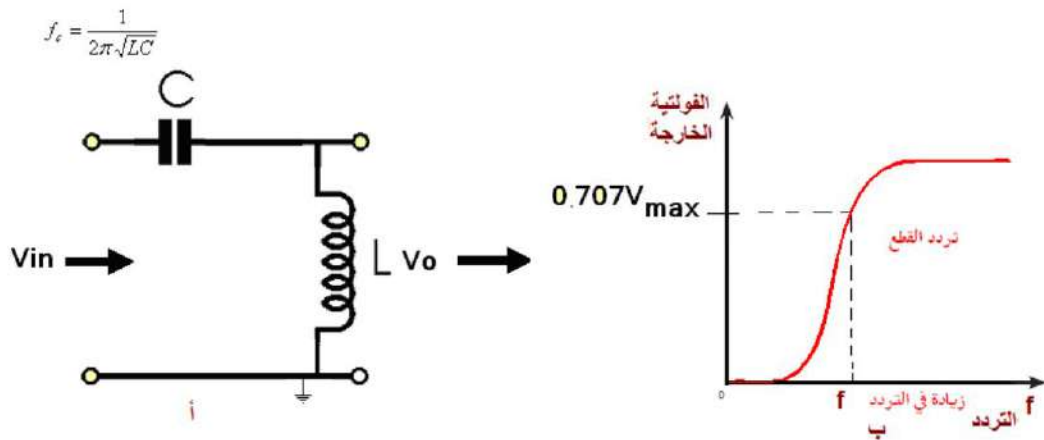
ويمكن بناء دائرة مرشح من مقاومة ومتسعة (دائرة RC)، لاحظ الشكل (2-9-أ) وتؤدي نفس الغرض وذلك بإمرار الترددات القليلة ومنع إمرار الترددات العالية، لاحظ الشكل (2-9-ب).



الشكل (9 - 2) مرشح إمرار تردد واطئ (RC)

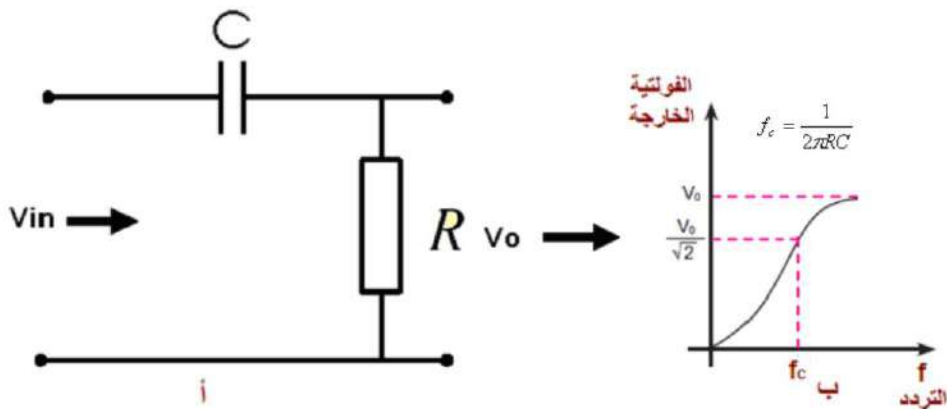
2- مرشح إمرار الترددات العالية : HPF (High Pass Filter)

يتكون هذا المرشح من متسعة وملف لاحظ الشكل (2-10-أ) يمرر جميع الترددات الأعلى من تردد القطع ويسبب اضمحلال للترددات الأقل من تردد القطع كما موضح بالشكل (2-10-ب). ولكن طريق ربط الدائرة يختلف عن مرشح إمرار التردد الواصل.



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

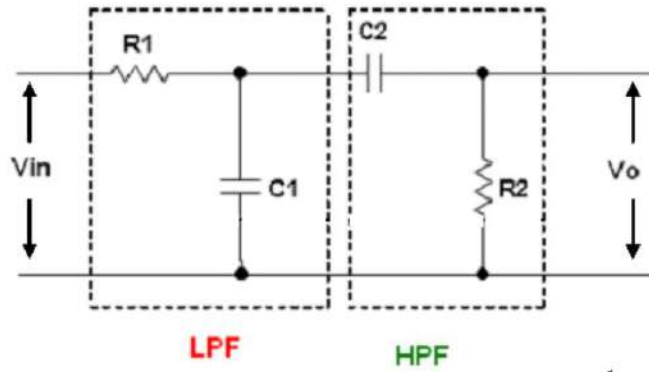
ويمكن بناؤها من مقاومة ومتسعة أيضا كما في الشكل (2-11-أ ، ب) وتعطي نفس الصفات التي يعطيها الملف والمتسعة كما ذكرنا في مرشح إمرار الترددات الواصل.



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

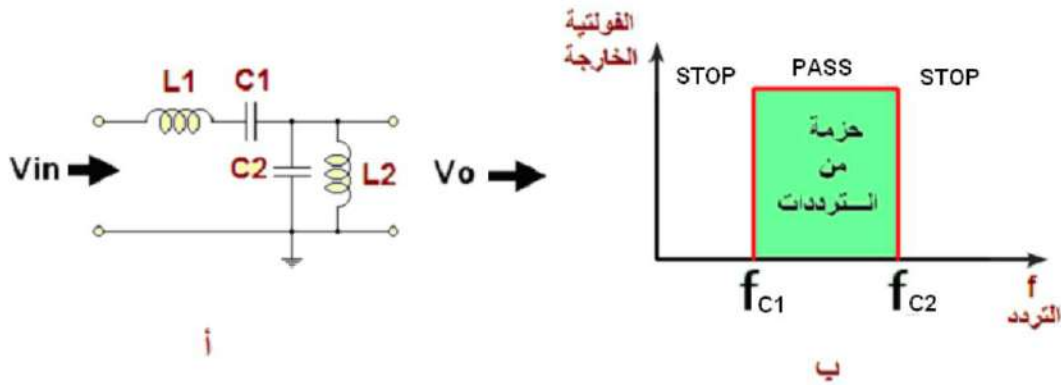
3- مرشح إمرار حزمة الترددات : (Band Pass Filter) BPF

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 هاتان الدائرتان 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 لذا فإن 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.



$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

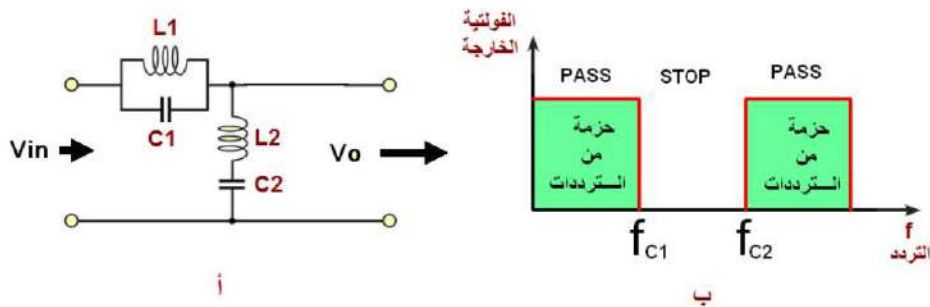
$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$



الشكل (2- 12) مرشح إمرار حزمة من الترددات

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

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



الشكل (2- 13) مرشح منع حزمة الترددات BSF

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

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

تضم الدائرة المتكاملة أو المدمجة (IC) مجموعة عناصر الكترونية مثل (الترانزستورات، الثنائيات ، المقاومات ، المتسعات) توصل ببعضها حسب الدائرة وفي أثناء التصنيع تكون 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 وأقل كلفة.

هناك طريقتان أساسيتان في صنع الدوائر المدمجة نذكر منها الدائرة المدمجة أحادية البلورة (Monolithic IC) تصنع على بلورة منفردة واحدة من شريحة السيليكون حيث تصنع عناصر الدائرة الالكترونية بطرق الانتشار وتتم توصيلاتها بتبخير مادة موصلة على الشريحة.

ويمكن تقسيم الدوائر المتكاملة حسب عملها إلى :

- أ- الدوائر المدمجة والتي تستعمل الإشارات التناظرية (Analog) في مكبرات الإشارة الصغيرة ومكبرات القدرة ومكبرات الحزمة الضيقة وغيرها .
- ب- الدوائر المدمجة الرقمية تستعمل في البوابات المنطقية .

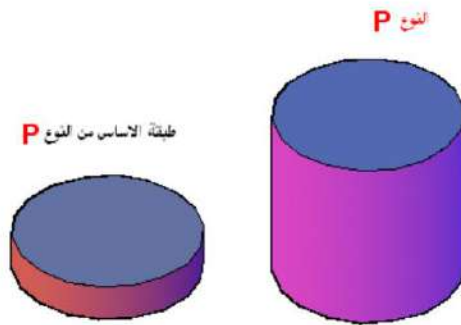
وتصنف الدوائر المدمجة حسب العناصر التي تضمها وكما يلي :

- أ- الدائرة المدمجة ذات القياس الصغير (SSI) (Small Scale Integrator) والتي تحتوي على اقل من (12) عنصر الكتروني .
- ب- الدوائر المدمجة ذات القياس المتوسط (MSI) (Meduim Scale Integrator) والتي تضم من (12 – 100) عنصر الكتروني .
- ج- الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير (LSI) (Large Scale Integrator) والتي تضم من (100-10000) عنصر الكتروني .
- د - الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير جداً (VLSI) (Very Large Scale Integrator) والتي تحتوي على أكثر من 10000 عنصر الكتروني.

4-2 خطوات تصنيع الدوائر المدمجة :

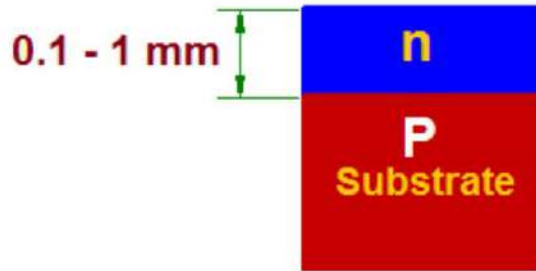
يتم تصنيع الدوائر المدمجة كما يلي :

- 1- يتم تصنيع قطعة اسطوانية الشكل من مادة شبه موصلة من النوع P طول الاسطوانة عدة سنتيمترات وقطرها يتراوح بين 2-5cm، ثم تقطع الاسطوانة عرضياً إلى رقائق (Wafers) ذات سمك بين 0.1-1 mm قرصية الشكل ويصقل احد سطحي الرقيقة صقلاً جيداً. وتستعمل هذه الرقيقة كطبقة أساس (Substrate) يكون فوقها عناصر الدائرة الالكترونية لاحظ الشكل (2 – 14) .



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

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



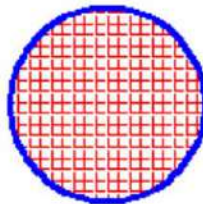
الشكل (2-15) إضافة بخار السيلكون و ذرات مادة خماسية التكافؤ

3- لحماية هذه الطبقة العليا من التلوث يمرر عليها غاز الأوكسجين النقي فتتحد ذرات الأوكسجين مع ذرات السيلكون مكونة طبقة أوكسيدية SiO_2 العازلة تشبه طبقة من زجاج تغطي السطح وتمنع أي تفاعل كيميائي مع المؤثرات الخارجية . لاحظ الشكل (2 - 16)



الشكل (2-16) إمرار الأوكسجين على سطح الشريحة

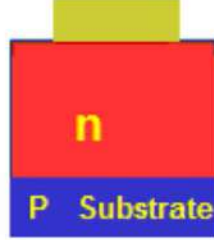
4- تقسم الرقيقة الواحدة الى شرائح صغيرة (Chips)، لاحظ الشكل (2 - 17) بين (80-1600) شريحة وكل منها تكون جاهزة لبناء دائرة مدمجة عليها وحسب تعقيد الدائرة المدمجة والتي ستتكرر في كل شريحة من شرائح الرقائق. وبهذا يكون الإنتاج على نطاق واسع (Mass Production) ولهذا تقل كلفة الدائرة المدمجة .



الشكل (2-17) شريحة صغيرة (Chip)

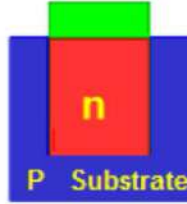
1-4-2 كيفية صناعة الثنائي في الدائرة المدمجة :

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



الشكل (2 - 18) صناعة الثنائي (الخطوة الأولى)

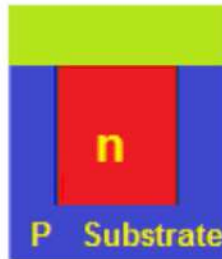
2- بعد إزالة جزء من جانبي المادة العازلة توضع في فرن وتعرض الى ذرات ثلاثية التكافؤ فتنتشر هذه الذرات في الأجزاء المحفورة وتتحول الى مادة شبه موصلة موجبة لاحظ الشكل (2 - 19).



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

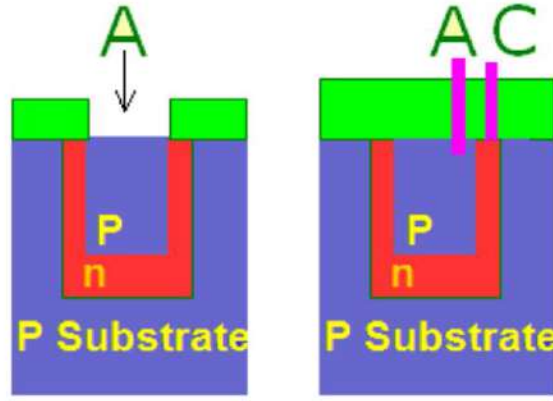
3- يعرض السطح مرة أخرى الى الأوكسجين لتغطيته بالطبقة الاوكسيدية العازلة لاحظ الشكل

(2 - 20) .



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

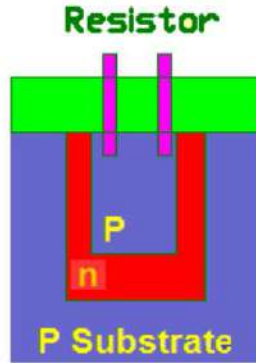
4- يطلى السطح بالمضاد الضوئي ثم يعرض للضوء خلال قناع وحفر وسط البلورة بالحامض لتكوين الكاثود . ثم تمرر ذرات ثلاثية التكافؤ خلال الفتحة (نافذة) لتكوين مادة شبه موصلة موجبة تمثل الانود، لاحظ الشكل (2 - 21). توصل أقطاب معدنية خارجية الى المادتين الموجبة والسالبة تمثلان الانود والكاثود. يعرض السطح الى الأوكسجين 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 القطبان المعدنيان إلى القطعة شبه الموصلة الموجبة (p) وتعتمد قيمة المقاومة على حجم المادة شبه الموصلة الموجبة فهي تتناسب طردياً مع طول القطعة شبه الموصلة الموجبة ، (البعد بين القطبين المعدنيين) وعكسياً مع مساحة مقطعها، لاحظ الشكل (22-2)، وتكون هذه المقاومة معزولة عن بقية عناصر الدائرة المدمجة .



الشكل (22- 2) تصنيع المقاومة

2-4-3 صناعة المتسعة في الدائرة المدمجة:

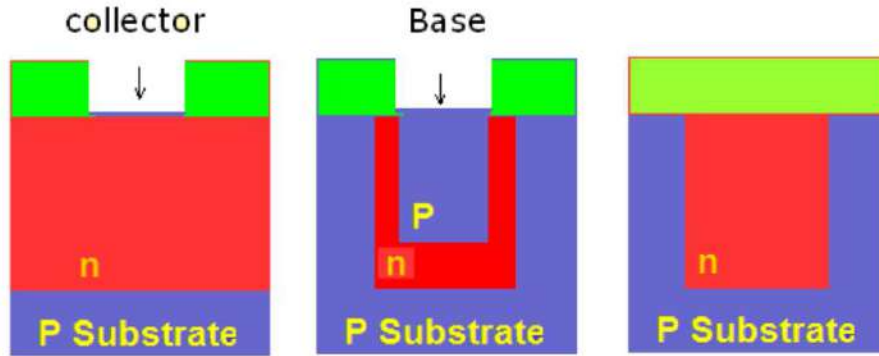
تصنع المتسعات في الدوائر المدمجة بالافادة من خاصية الثنائي بالانحياز العكسي بتغيير سعة الثنائي التي تعتمد على الفولتية العكسية. وتصل قيمة المتسعة الى 100PF ، ويمكن استعمال طبقة الاوكسيد للعمل كعازل بين الألمنيوم والمادة شبه الموصلة للحصول على قيمة أعلى للمتسعة.

2-4-4 صناعة الملف في الدائرة المدمجة :

يصعب تصنيع الملفات بالدوائر المدمجة ذات البلورة المفردة فأعلى محاطة يمكن الوصول إليها هي $5\text{ }\mu\text{H}$ وفي دوائر الترددات العالية يتطلب محاطة 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 خارجياً إلى الدائرة المتكاملة إذا اقتضت الضرورة وخاصة عندما يكون ذا قيمة عالية .

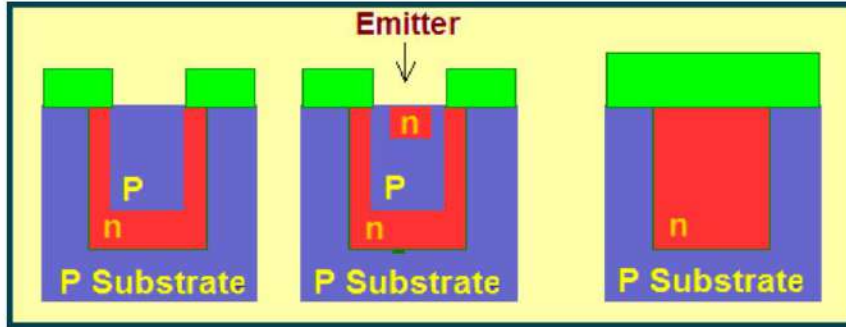
2-4-5 صناعة الترانزستور في الدائرة المدمجة :

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



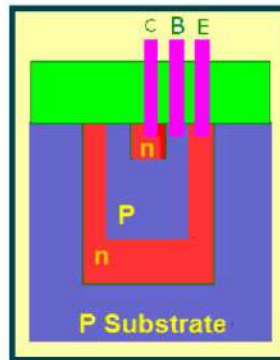
الشكل (23 - 2) المرحلة الأولى لتصنيع الترانزستور

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



الشكل (24 - 2) المرحلة الثانية لتصنيع الترانزستور

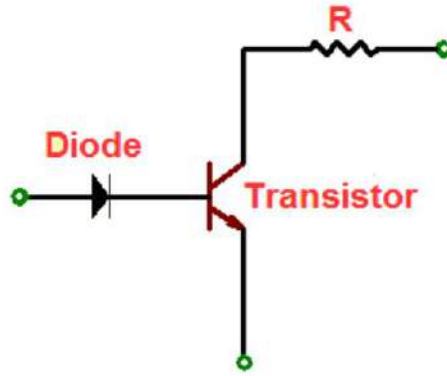
وبعد ذلك يتم توصيل كل من جامع الترانزستور وباعثه وقاعدته إلى أقطاب معدنية خارجية ليتكون ترانزستور من نوع (NPN) ، لاحظ الشكل (25-2) .



الشكل (25 - 2) المرحلة الثالثة لتصنيع الترانزستور

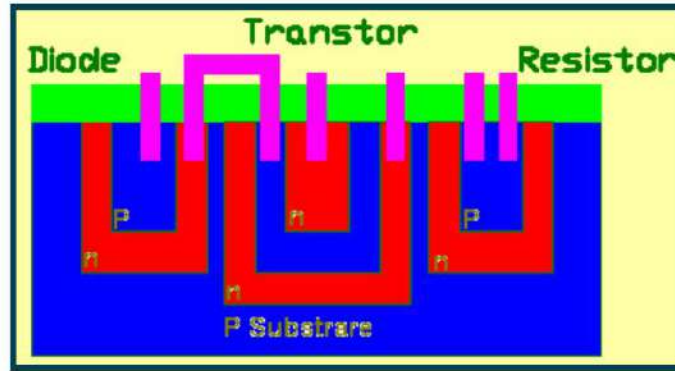
مثال يوضح طريقة تصنيع دائرة متكاملة

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



الشكل (26-2) دائرة من مقاومة وترانزستور وثنائي

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



الشكل (27-2) تصنيع الدائرة

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

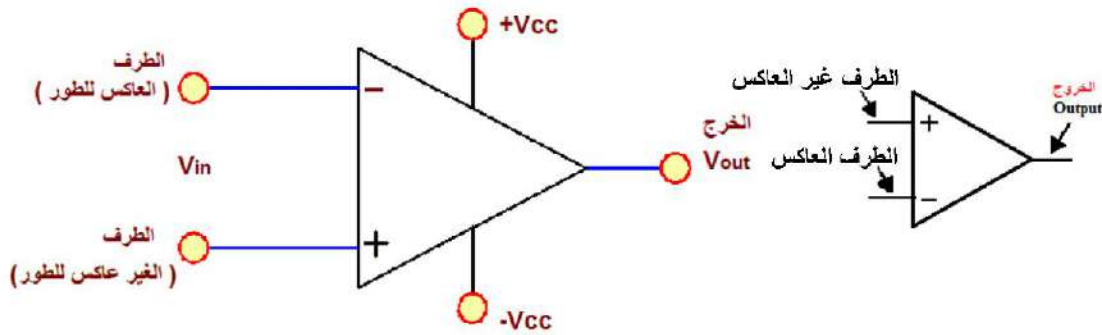
هناك أنواع مختلفة من الأغلفة الخارجية التي تغلف بها الدوائر المتكاملة والنوع الأكثر شيوعاً هو ذلك الغلاف الخارجي المزدوج (DIL) (Dual in -line) والذي يمكن أن تتم صناعته من أي بلاستيك أو من الخزف مع استعمال الزجاج كمادة مانعة للتسرب وتشمل الأغلفة الخارجية المزدوجة الشائع استعمالها على (8-14-16-28-42) سناً 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) والذي يستعمل بكثرة مع أجهزة تنظيم الجهد المزدوج بثلاثة أطراف فقط .

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

ان مكبر العمليات يقوم بتكبير الإشارة (الجهد او التيار) ويستعمل بنطاق واسع في الدوائر الالكترونية، ويكون دائماً بشكل دائرة متكاملة (Integrated Circuit) IC وسمي مكبر العمليات بهذا الاسم لكثرة العمليات التي يقوم بها اذ يستعمل المكبر في كثير من الدوائر الالكترونية التماثلية والرقمية وفي العمليات الحسابية كالجمع والطرح والتفاضل والتكامل وعمليات أخرى كالعاكس (Inverting) والتوافق بين المراحل (Buffer). ويستعمل أيضاً كمكبر للصورة ومكبر للصوت وفي الاتصالات وعلم الحاسوب وفي المرشحات .

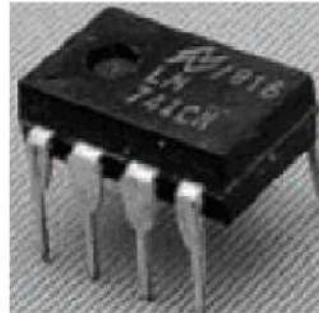
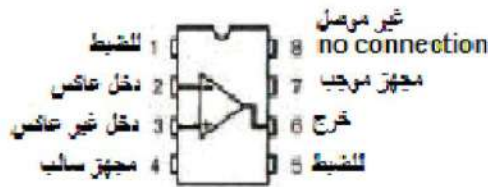
وللمكبر القابلية على العمل بالترددات من صفر هيرتز الى ترددات عالية بالميكاهيرتز. ويمكن التحكم بالمكبر وذلك بربط عناصر خارجية كالمقاومات مثلاً للسيطرة على ربح المكبر والتحكم به. ولا ننسى انه يستعمل تطبيقات التحكم الكلاسيكية الغير معتمدة على البرمجة مثل السيطرة المايكروية او PLC وما الى ذلك. ويمكن تمثيله بالرمز الموضح في الشكل (2 - 28) مؤشراً عليه طرفا الدخول و الخروج. واشهر أنواع مكبرات العمليات هو مكبر العمليات Op-Amp 741.



الشكل (2 - 28) رمز لمكبر عمليات

1-5-2 مكبر العمليات Op-Amp 741

إن مكبر العمليات 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 متعاكس القطبية بجهد يتراوح ما بين $(\pm 5$ و $\pm 15)$ فولت، ويوضح الشكل (2- 29) وظائف أرجل (أطراف) الدائرة المتكاملة لمكبر العمليات Op-Amp والمبينة وظيفة كل منها في أدناه :



الشكل (2 - 29) مكبر العمليات Op-Amp 741

- الطرف 1: يستعمل لتعديل جهد الخطأ (Voltage Offset) .
- الطرف 2: طرف الدخل السالب والذي ينتج عنه خرج به 180 درجة فرق في الطور عن الدخل.
- الطرف 3: طرف الدخل الموجب الغير العاكس وينتج عنه خرج مشابه لطور الدخل المطبق عليه.
- الطرف 4: يتصل بمصدر الجهد السالب.
- الطرف 5: يتصل بمقاومة متغيرة طرفها الثابت الاخر بالطرف 1 والطرف المتغير بالجهد السالب.
- الطرف 6: هو الطرف الذي يؤخذ منه جهد الخرج.
- الطرف 7: يتصل بجهد التغذية الموجب.
- الطرف 8: وهو غير مستخدم في اغلب التطبيقات.

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

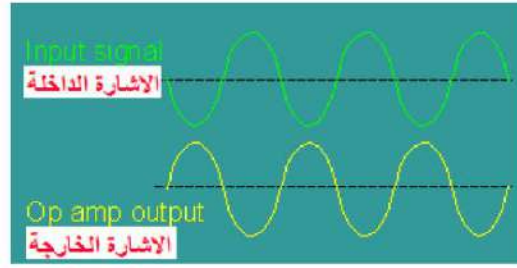
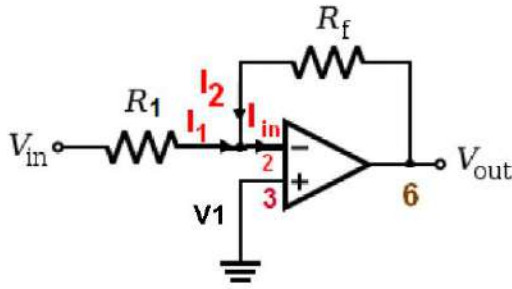
- 1- ربح الدائرة المفتوحة بلا تغذية عكسية كبير جدا يصل إلى مالا نهاية في الحالة المثالية للمكبر $(A_v (OL))$.
 - 2- مقاومة دخل عالية جدا تصل إلى مالا نهاية في الحالة المثالية للمكبر (Z_{in}) .
 - 3- مقاومة خرج صغيرة جدا تصل إلى صفر في الحالة المثالية للمكبر (Z_o) .
 - 4- قابليته على تحمل درجات الحرارة .
 - 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.
- وبالتبع لا يمكن الوصول إلى الحالة المثالية ولذلك تتراوح المقاومة في الدخل للمكبر نفسه بين (1- 20) ميكا اوم ومقاومة الخرج تتراوح من $(50\Omega - 4K\Omega)$ و ربح عال. وهذه القيم تتغير حسب جودة ونوع المكبر.

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

لمكبر العمليات تطبيقات عديدة وهي:

أ- مكبر جهد عاكس: Inverting Amplifier

لتحقيق دائرة المكبر العاكس ، يتم وصل المكبر بمقاومتين R_f و R_1 إذ يطبق الدخل على المقاومة R_1 ويوصل الخرج بالدخل العاكس من خلال المقاومة R_f ، ويتم وصل الدخل غير العاكس بالأرضي. أن قيمة جهد إشارة الخرج تتعلق بمقدار قيمتي المقاومتين R_f و R_1 ، فعندما يكون الدخل في اتجاه ما فإن الخرج سيكون باتجاه معاكس له، وفي الشكل (2 - 30) تدخل الإشارة من طرف الدخل العاكس (السالب) الطرف 2 ويتصل الطرف 3 بالأرضي ويؤخذ الخرج بإشارة معكوسة من الطرف 6.



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

اشتقاق قانون ربح الفولتية للمكبر العاكس للطور

بما إن ممانعة الدخل عالية جدا لذلك تكون التيارات في المدخل العاكس وغير العاكس قليلة جداً تساوي (20nA) .

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

$$R_{in} = \infty$$

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

$$V_1 = V_2 = 0V$$

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R_1} \dots \dots \dots (3)$$

$$I_2 = -\frac{V_{out}}{R_f} \dots \dots \dots (4)$$

نعوض معادلة (3) ، (4) في (2)

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

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

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

حيث ان التغذية على الطرف العاكس لذا يجب ان تضاف إشارة سالب

والعلاقة بين الدخل والخرج تعتمد على قيم المقاومات وكما يلي

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

ويكون الربح (G) والذي يمثل جهد الخرج الى جهد الدخل بالشكل الآتي :

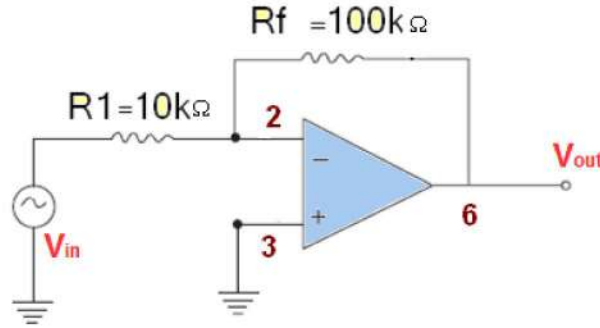
$$G = - \frac{R_f}{R_1}$$

والإشارة السالبة تدل على الفرق في الطور.

مثال :

احسب ربح الفولتية لمكبر عاكس للطور إذا كانت قيمة $R_f = 100$ كيلو اوم و $R_1 = 10$ كيلو اوم . ثم ارسم شكل الدائرة . مكبر العمليات نوع 741

الحل :



$$G = - \frac{R_f}{R_1} = - \frac{100 \text{ k}}{10 \text{ k}} = -10$$

مثال :

احسب مقاومة التغذية العكسية اللازمة لتكبير إشارة جيبية بمقدار خمسة أضعاف مع عكس إشارة المكبر إذا علمت ان مقاومة الدخل $10 \text{ k}\Omega$.

الحل :

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

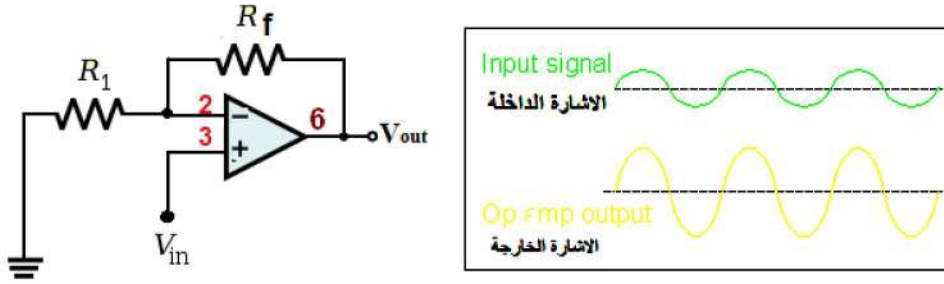
$$-5 = - \frac{R_f}{10}$$

$$R_f = 50 \text{ K}\Omega$$

ب - مكبر جهد غير عاكس: Non Inverting Amplifier

يتم وصل المكبر العاكس بطريقة تحقق وصلاً مباشراً لإشارة الدخل بالدخل غير العاكس لمكبر العمليات 741. 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 الدخل في اتجاه ما فإن الخرج يتحرك بنفس الاتجاه للحفاظ على قيمة ثابتة في الجهد على الدخل العاكس مطابقة للدخل غير العاكس . وفيه تدخل الإشارة من طرف الدخل غير العاكس

(الموجب) الطرف 3 ويتصل الطرف 2 بالأرضي لتكبير الفرق بين الجهد المطبق وجهد الأرض (جهد الأرض يساوي صفر) وبذلك يكبر الجهد المطبق على الطرف 3. لاحظ الشكل (2- 31).



الشكل (2-31) مكبر جهد غير عاكس

ويكون اشتقاق قانون ربح الفولتية للمكبر غير العاكس للطور :

بوساطة مجزء الفولتية

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{R_1} (R_f + R_1)$$

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

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(\frac{R_f}{R_1} + 1 \right)$$

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

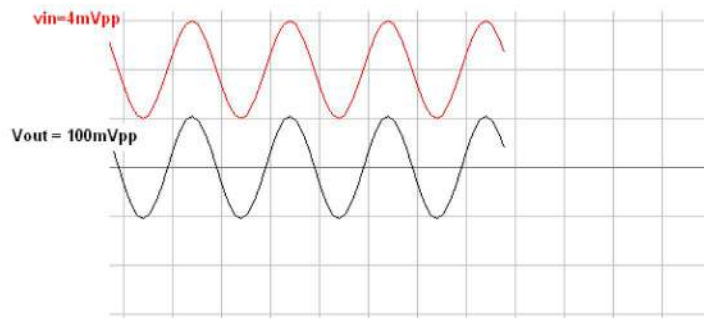
مثال :

جد ربح الفولتية للمكبر غير العاكس للطور إذا علمت ان الفولتية الداخلة هي 4mVpp وان الفولتية الخارجة هي 100mVpp. ثم ارسم شكل الموجة الداخلة والخارجة .

الحل :

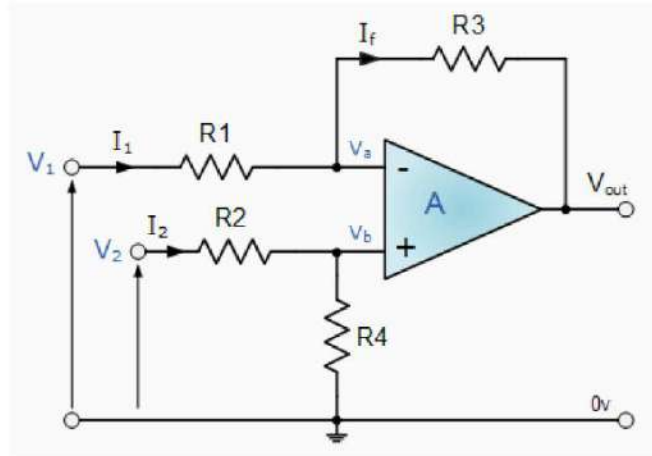
$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$G = \frac{100}{4} = 25$$



جـ - المكبر الطارح : Subtract Amplifier

يسلط كل جهد من الجهود المراد إيجاد الفرق بينها على كل من طرفي الدخل ويكون V_1 مسلطاً على الطرف 3 و V_2 مسلط على الطرف 2 لاحظ الشكل (32-2) .



الشكل (32-2) المكبر الطارح

$$I_1 = \frac{V_1 - V_a}{R_1}, I_2 = \frac{V_2 - V_b}{R_2}, I_f = \frac{V_a - (-V_{OUT})}{R_3}$$

$$V_a = V_b$$

إذا كانت $V_b = 0$

$$V_{out(a)} = -V_1 \left(\frac{R_3}{R_3 + R_1} \right) = -\left(\frac{R_3}{R_1} \right)$$

إذا كانت $V_a = 0$

$$R_1 = R_2$$

$$R_3 = R_4$$

$$V_{out(b)} = V_2 \left(\frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) \left(1 + \frac{R_3}{R_1} \right)$$

$$V_{out} = V_{out(a)} + V_{out(b)}$$

$$V_{out} = \frac{R_3}{R_1} (V_2 - V_1)$$

وعندما تتساوى المقاومات

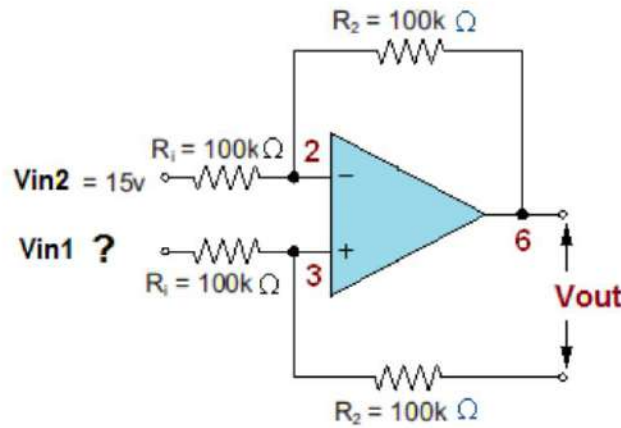
$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$$

$$V_{OUT} = V_2 - V_1$$

مثال :

احسب قيمة V_{in1} في الدائرة المبينة في الشكل (2-33) اذا كانت فولتية الخرج تساوي 10 v .

الحل :



الشكل (2-33) مكبر العمليات الطارح

وباستعمال معادلة الطارح

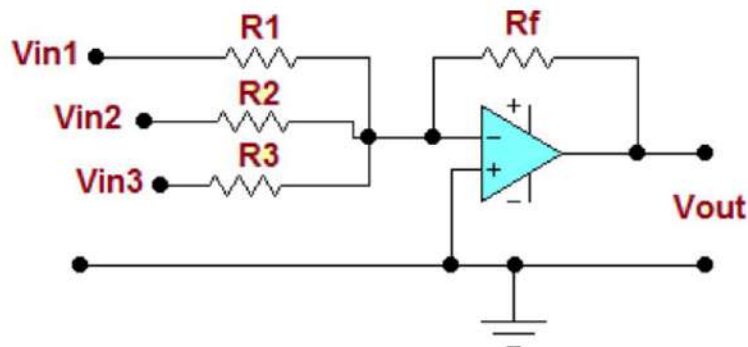
$$V_{out} = V_{in1} - V_{in2}$$

$$10 = V_{in1} - 15$$

$$V_{in1} = 25$$

د - دائرة المكبر الجامع : Summer Amplifier

يقوم هذا النوع من المكبرات بعملية جمع كل الجهود الداخلة الى المكبر والموضحة بالشكل (2-34)، وهذا النوع من المكبرات له أهمية واستعمالات كثيرة في علم الاتصالات.



الشكل (2-34) المكبر الجامع

اشتقاق قانون الفولتية الخارجة بدلالة الربح للمكبر الجامع :

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

$$\therefore V_{out} = \frac{-R_f}{R_i} V_{in}$$

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

$$V_{out} = \frac{-R_f}{R_1} V_{in1} + \frac{-R_f}{R_2} V_{in2} + \frac{-R_f}{R_3} V_{in3}$$

$$V_{out} = - \left[\frac{R_f}{R_1} V_{in1} + \frac{R_f}{R_2} V_{in2} + \frac{R_f}{R_3} V_{in3} \right]$$

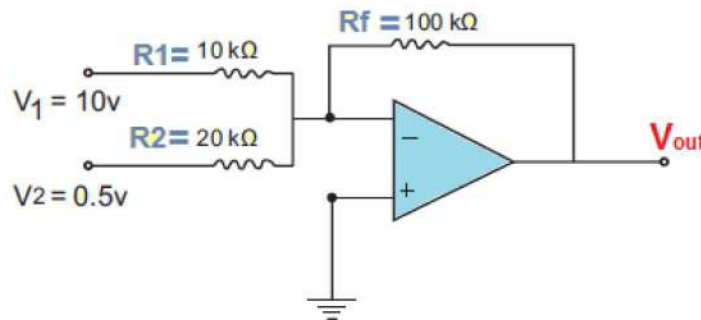
وتكون علاقة الخرج نسبة للمدخلات كما موضحة بالقانون التالي:

$$V_{out} = - \left(V_{in1} \frac{R_f}{R_1} + V_{in2} \frac{R_f}{R_2} + V_{in3} \frac{R_f}{R_3} \right)$$

$$V_{out} = - R_f \left[\frac{V_{in1}}{R_1} + \frac{V_{in2}}{R_2} + \frac{V_{in3}}{R_3} \right]$$

مثال :

احسب مقدار الفولتية الخارجة من مكبر العمليات الجامع الموضح في الشكل (2-35):



الشكل (2-35) مكبر عمليات جامع

الحل :

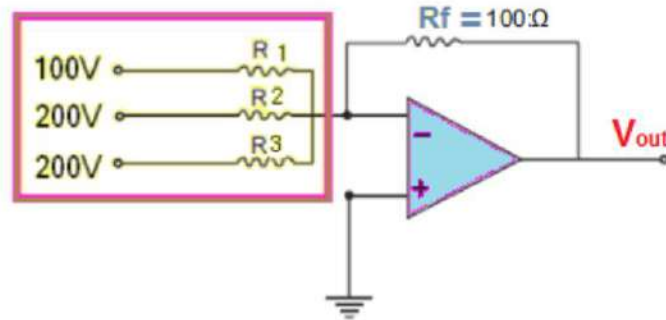
$$V_{out} = - \left(V_{in1} \frac{R_f}{R_1} + V_{in2} \frac{R_f}{R_2} \right)$$

$$V_{out} = - \left(10 \cdot \frac{100}{10} + 0.5 \cdot \frac{100}{20} \right) = -102.5V$$

مثال:

احسب قيمة الفولتية الخارجة في الشكل (2-36) إذا علمت أن $R_f = 100\Omega$ وان جميع المقاومات المربوطة عند مداخل الجامع متساوية القيمة وتساوي قيمة مقاومة التغذية العكسية مع العلم إن قيمة الفولتيات الداخلة (100، 200، 200) فولت .

الحل:



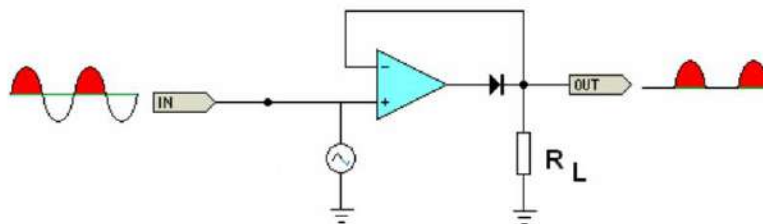
الشكل (2-36) مكبر عمليات جامع

بما إن جميع مقاومات الدخل متساوية ومساوية لمقاومة التغذية العكسية

$$V_{out} = -(V_{in1} \frac{R_f}{R1} + V_{in2} \frac{R_f}{R2} + V_{in3} \frac{R_f}{R3})$$
$$\therefore V_{out} = -(100 + 200 + 200) = -500 \text{ V}$$

هـ - استعمال مكبر العمليات في دائرة تقويم نصف الموجة :

في كثير من الأحيان لا يمكن استعمال مقوم نصف الموجة الاعتيادي الذي يحتوي على ثنائي لتقويم بعض الإشارات وخاصة تلك التي تكون ذات فولتية قليلة أقل من فولتية التوصيل للثنائي وهي 0.3V للثنائي المصنوع من الجرمانيوم و 0.7V للثنائي المصنوع من السيليكون لذلك يستعمل مكبر العمليات ليعمل كمقوم نصف الموجة . لاحظ الشكل (2 - 37)

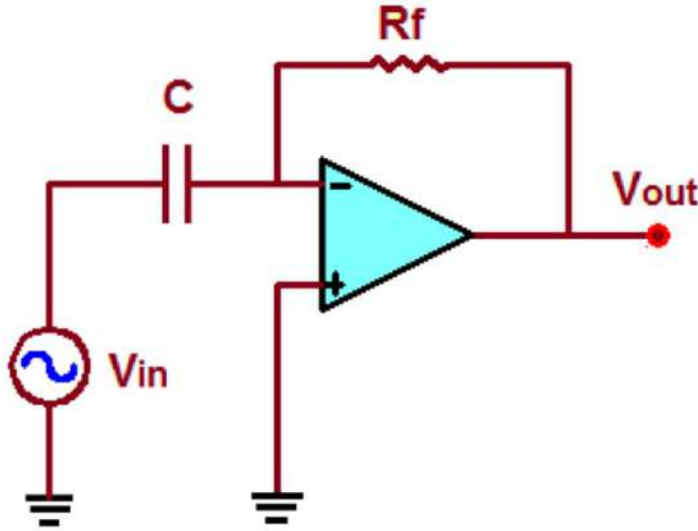


الشكل (2 - 37) دائرة تقويم نصف الموجة باستعمال مكبر العمليات

وعلى فرض أن الإشارة الداخلة ذات فولتية قليلة أقل من 0.3V تكبر بواسطة مكبر العمليات لتصبح ذات قيمة أكبر من الفولتية اللازمة لتوصيل الثنائي الذي يقوم بقطع الأنصاف السالبة في هذه الدائرة والسماح للأنصاف الموجبة بالمرور. تستعمل هذه الدائرة في كثير من أجهزة الاتصالات لان الإشارة التي تتعامل معها هذه الأجهزة تكون ذات فولتية قليلة جداً.

و - مكبر العمليات التفاضلي: Differentiator

هذه الدائرة تعد من أهم دوائر مكبر العمليات خاصة في مجال الاتصالات. إذ تقوم هذه الدائرة بعملية رياضية تؤدي إلى إيجاد ميل المنحنى للإشارة الداخلة (عملية التفاضل والتي تسمى المشتقة الأولى للإشارة)، وهذه الدائرة تشبه دائرة مكبر العمليات العاكس للطور ولكن باستعاضة مقاومة الدخل بمتسعة. يستعمل 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 (2-38).

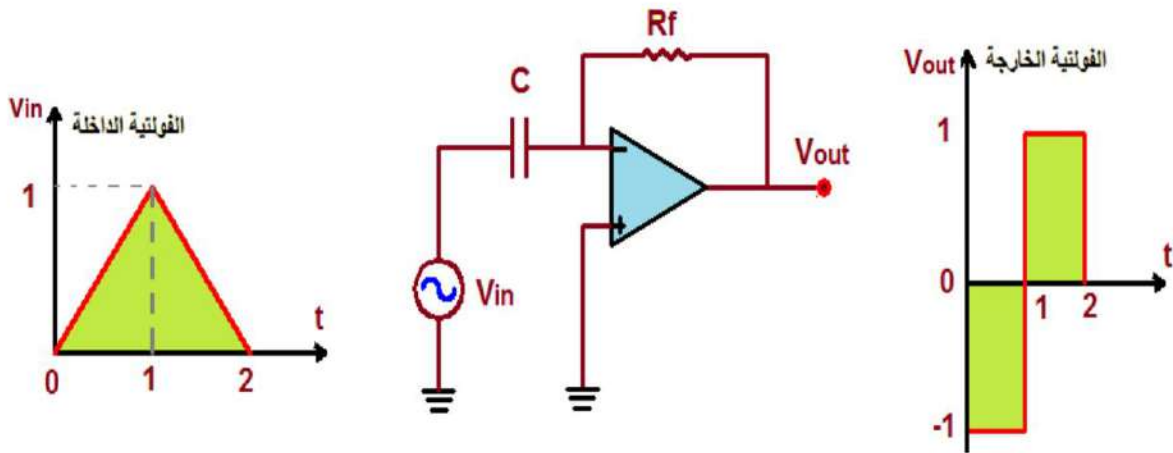


الشكل (2-38) مكبر العمليات المفاضل

مثال :

ارسم شكل الإشارة الخارجة من مكبر العمليات المفاضل المبين في الشكل (2-39) إذا علمت إن الإشارة الداخلة هي مثلثة الشكل مع رسم الدائرة .

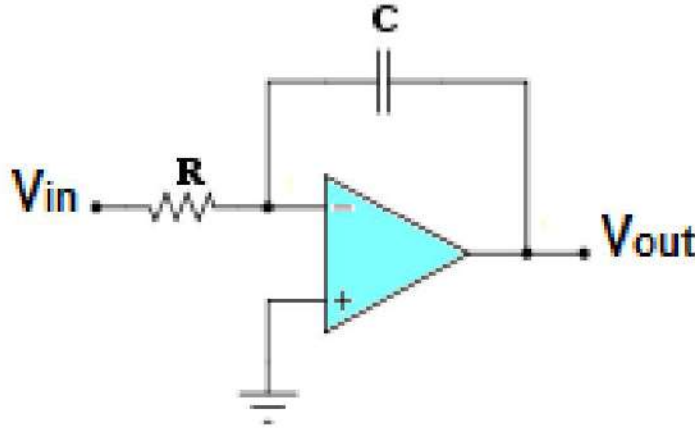
الحل :



الشكل (2-39) مكبر العمليات المفاضل

ز - دائرة المكبر التكاملي : Integrator Amplifier

هذه الدائرة هي عكس دائرة المفاضل إذ تكون العملية الرياضية هي التكامل (عملية التكامل الرياضية هي عكس عملية التفاضل الرياضية) وهي تعني إيجاد المساحة تحت منحنى الموجة (أي إشارة الدخول). وفيها يستبدل موقع المتسعة في بداية الدائرة مع المقاومة الموجودة في التغذية العكسية، أي بوضع متسعة بين الطرفين 1 و 3. لاحظ الشكل (40-2).



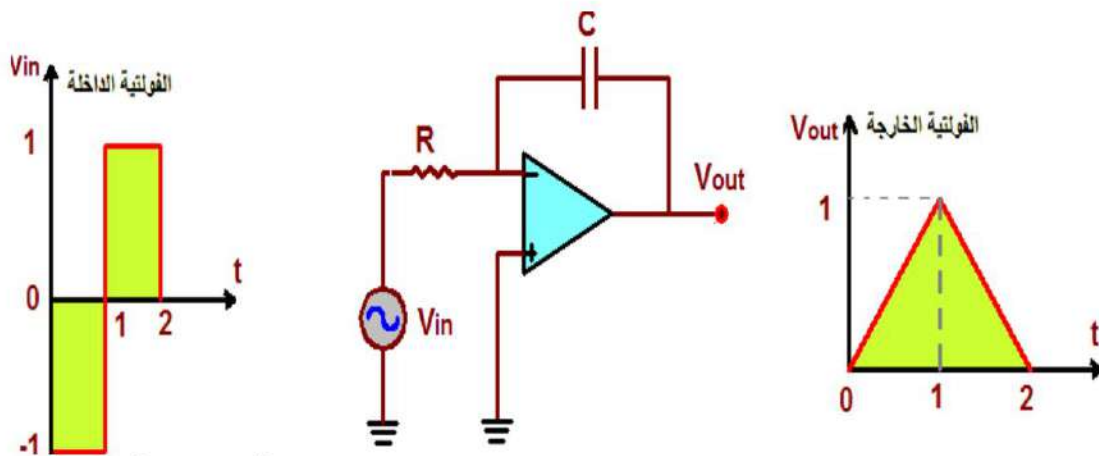
الشكل (40-2) مكبر العمليات التكاملي

وهي ذات أهمية كبيرة جدا في تطبيقات التحكم والسيطرة (Controller).

مثال :

ارسم شكل الإشارة الخارجة من دائرة المضخم التكاملي المبين في الشكل (41-2) إذا علمت إن الإشارة الداخلة هي مربعة الشكل مع رسم الدائرة .

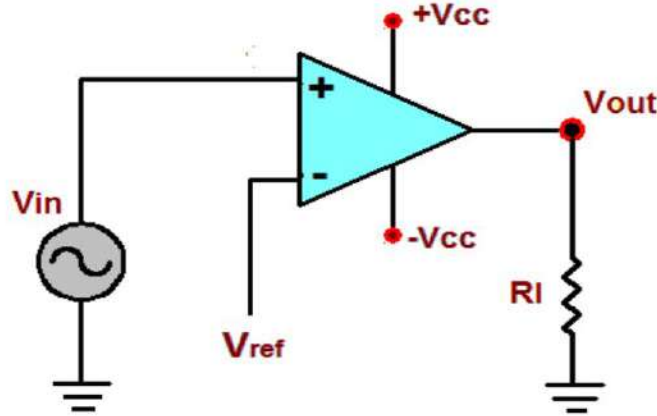
الحل :



الشكل (41-2) دائرة المضخم التكاملي مع الإشارة الداخلة والخارجة

ح - دائرة مقارن الجهود : Comparator

تتصل الجهود مباشرة بالطرفين الخاصين بالدخل (الطرفين العاكس وغير العاكس) بلا مقاومات دخل والهدف من ذلك معرفة الفرق بين الجهدين وبذلك لا تستعمل دائرة تغذية عكسية، ويكون الربح في هذه الحالة كبيراً جداً. لاحظ الشكل (2-42). وللمقارن تطبيقات مختلفة مثل مقوم موجة او نصف موجة ويستعمل كاشفاً للإشارات الصغيرة وغيرها من الاستعمالات الأخرى .



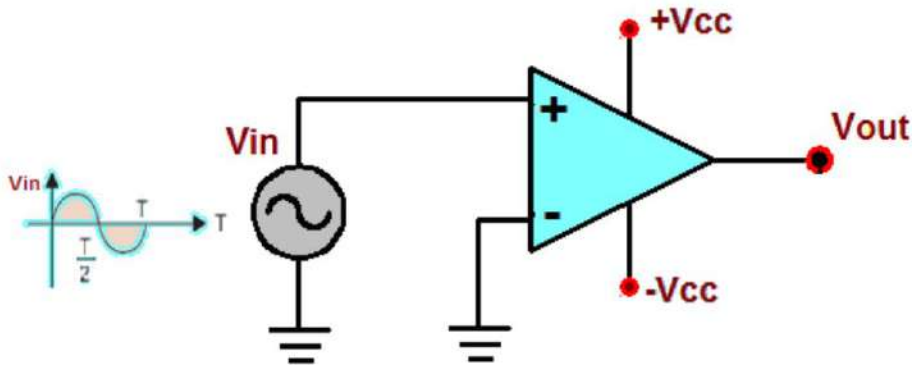
الشكل (2-42) المضخم المقارن

وطريقة عمل المضخم المقارن هي إذا كان جهد الدخل غير العاكس (V_{in}) اكبر من جهد المدخل العاكس (V_{ref}) تصبح إشارة الخرج موجبة وقدرها $(+V_{cc})$. أما إذا كان جهد الدخل غير العاكس (V_{in}) اصغر من جهد المدخل العاكس (V_{ref}) تصبح إشارة الخرج سالبة ومقدارها $(-V_{cc})$.

مثال :

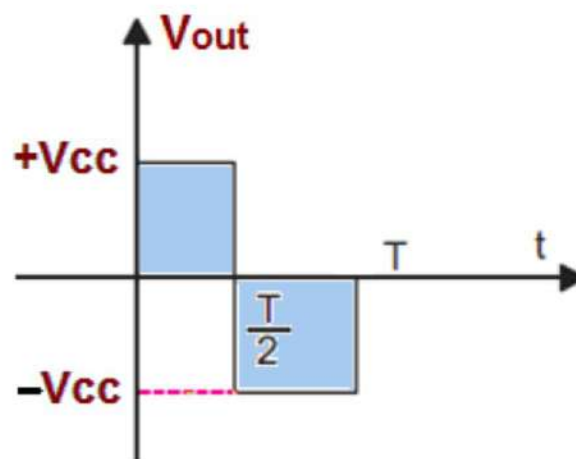
ارسم إشارة الخرج (V_{out}) للمقارن في الشكل (2-43) إذا كانت إشارة الدخل إشارة جيبية في الطرف غير العاكس والطرف العاكس موصل الى الأرضي.

الحل :



الشكل (2-43) المقارن

كما مبين في الشكل فان المدة الزمنية للموجة هي من 0 إلى T . النصف الأول للموجة للزمن (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 $(+V_{cc})$. وفي النصف الثاني للموجة للزمن ($T/2 - T$) 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 ومقدارها $(-V_{cc})$ ، ويكون شكل إشارة الخرج كما في الشكل (2- 44).

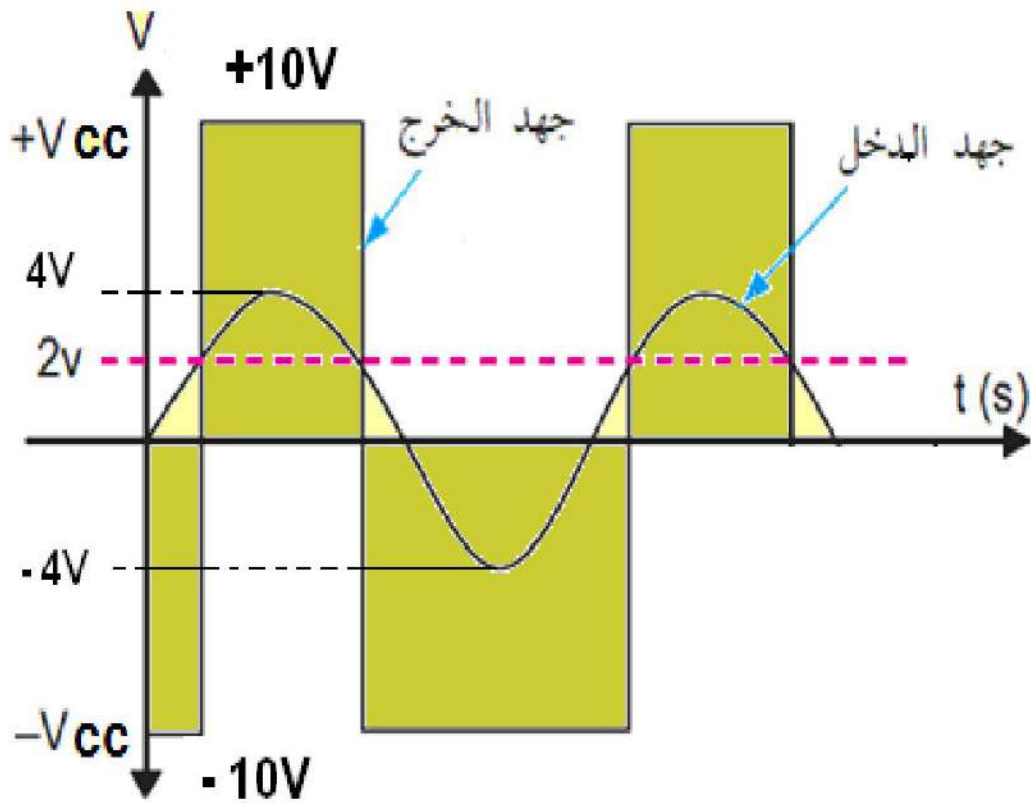


الشكل (2- 44) إشارة خرج المقارن

مثال :

ارسم شكل الموجة الجيبية الداخلة (8vp-p) في مكبر مقارن إذا علمت أن قيمة جهد المرجع V_{ref} هي 2v . وارسم شكل الإشارة الخارجة من المكبر مع العلم أن جهد التجهيز V_{cc} يساوي 10v.

الحل :



الاختبارات الموضوعية : Tutorial Tests

- 1- منحني الاستجابة لأي مكبر هو العلاقة
 - أ- بين الربح وتردد الإشارة
 - ب- بين الربح والفولتية
 - ج - بين الربح والتيار
- 2- يتكون مكبر الحزمة الضيقة من :
 - أ- ترانزستور تكبير مع دائرة ترشيح للحزمة الضيقة
 - ب- ثنائي مع دائرة ترشيح للحزمة الضيقة
 - ج - ترانزستور تكبير فقط
- 3- يكون مكبر الحزمة الضيقة
 - أ- ذا نطاق ترددي قليل جداً وقدرة قليلة
 - ب- ذا نطاق ترددي عريض وقدرة عالية
 - ج - ذا نطاق ترددي قليل وقدرة عالية
- 4- تستعمل المرشحات لتمرير الإشارات
 - أ- المرغوب فيها وتمنع باقي الإشارات من المرور
 - ب- غير المرغوب فيها
 - ج - الجيبية الموجبة فقط
- 5- تعدّ الدوائر المتكاملة (IC) بمثابة دوائر
 - أ- معقدة
 - ب- بسيطة
 - ج - بسيطة جداً
- 6- هناك أنواع مختلفة من الأغلفة الخارجية التي تغلف بها الدوائر المتكاملة وتتم صناعتها من
 - أ- مادة بلاستيك أو خزف
 - ب- الحديد
 - ج - الألمنيوم
- 7 - مكبر العمليات (OP – Amp) يكون دائماً على شكل
 - أ- دائرة متكاملة
 - ب- مكبر حزمة ضيقة
 - ج - مكبر قدرة

8 - عدد أطراف مكبر العمليات Op-Amp 741 هي

أ- خمسة أطراف

ب- ثمانية أطراف

ج - اثنا عشر طرفاً

9- من خصائص مكبر العمليات

أ- مقاومة دخل قليلة ومقاومة خرج عالية

ب - مقاومة دخل عالية ومقاومة خرج عالية

ج - مقاومة دخل عالية ومقاومة خرج قليلة

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

أ- أقل من (12) عنصراً إلكترونياً

ب- بين (100 – 12) عنصر إلكتروني

ج - أكثر من 100 عنصر إلكتروني

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

أ - أكثر من 100 عنصر إلكتروني

ب - أقل من (12) عنصراً إلكترونياً

ج - (100 – 12) عنصر إلكتروني

12 - الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير (LSI)

أ - (100-10000) عنصر إلكتروني

ب- أكثر من 10000 عنصر إلكتروني

ج - أقل 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 غير العاكس للطور.
- س7: اشتق قانون الفولتية الخارجة لمكبر العاكس للطور ؟
- س8: عرف مكبر العمليات المقوم Rectifier ؟ وكيف تبني دائرته وكيف يعمل ؟
- س9: لماذا يوضع مقياس لورغارتمي 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 : ما الفرق بين مكبري العمليات التكاملي والتفاضلي ؟

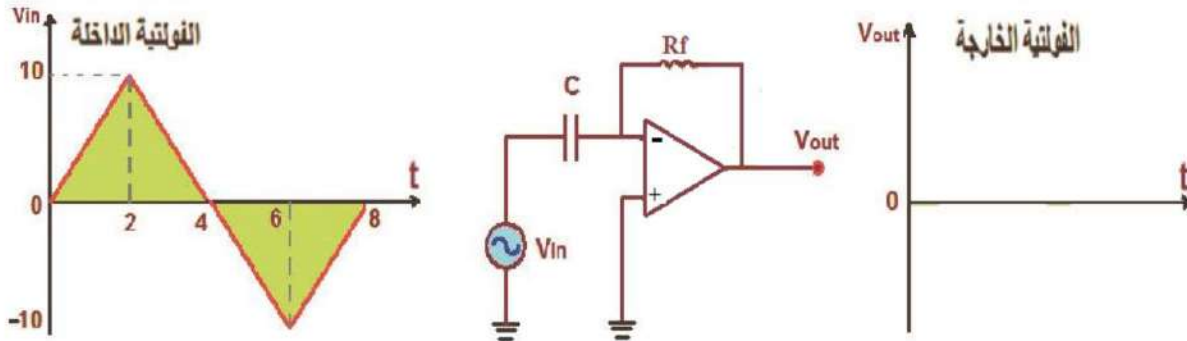
مسائل الفصل الثاني

س1: إذا كان لمكبر العمليات العاكس للطور مقاومة تغذية عكسية ($R_f = 160\Omega$) ومقاومة الدخل ($R_1 = 1K\Omega$) احسب ربح المكبر .

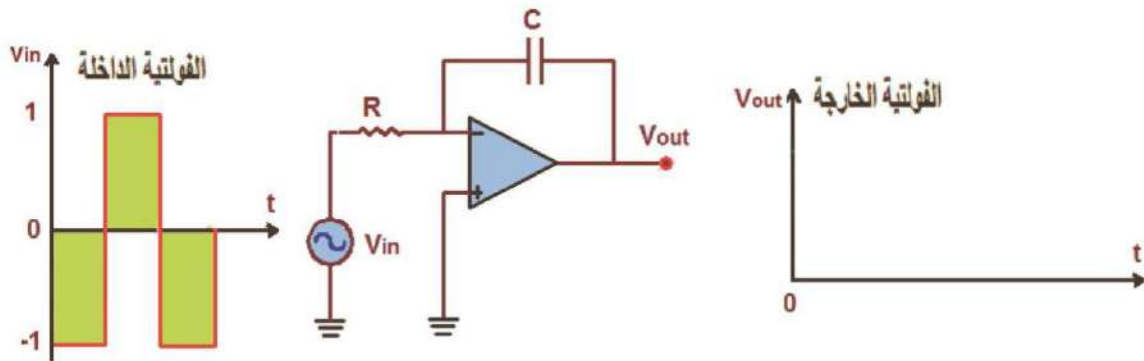
س2: في دائرة مكبر العمليات الجامع إذا علمت إن ($R_f = 10k\Omega$) وإذا كانت مقاومة الدخل عبارة عن أربع مقاومات متساوية القيمة كل منها تساوي ($5k\Omega$) والفولتية الداخلة على التوالي ($v_1=5v, v_2=3v, v_3=2v, v_4=6v$) . احسب فولتية الخرج .

س3 : ارسم شكل الموجة الجيبية الداخلة ($5v_{p-p}$) في مكبر مقارن إذا علمت أن قيمة جهد المرجع V_{ref} هي $1v$ وارسم شكل الإشارة الخارجة من المكبر مع العلم أن جهد التجهيز V_{cc} يساوي $\pm 10v$.

س4 : بين نوع الدائرة المبينة بالشكل أدناه وارسم خرج الدائرة إذا كان الدخل معلوم وكما موضح بالشكل أدناه.



س5 : بين نوع الدائرة المبينة بالشكل أدناه وارسم خرج الدائرة إذا كان الدخل معلوماً وكما موضح بالشكل أدناه.



س6 : إشارة دخل جيبية $5v_{p-p}$ على مكبر عاكس للجهد فيه R_f يساوي 20 كيلو أوم و R_1 يساوي 10 كيلو أوم . جد ربح المكبر وارسم شكل الإشارة الخارجة.

س7 : باستعمال مكبر عمليات. صمم دائرة مكبر تعطي جهد خرج حسب العلاقة أدناه $V_{out} = -(4V_1 + 5V_2 + 10V_3)$

الفصل الثالث

Oscillators And Multivibrators المذبذبات والمهتزازات

أهداف الفصل : معرفة وإكساب الطالب أنواع المذبذبات الجيبية مثل المذبذب هارتلي وكولبيتس وإزاحة الطور والمهتزازات وأنواعها .

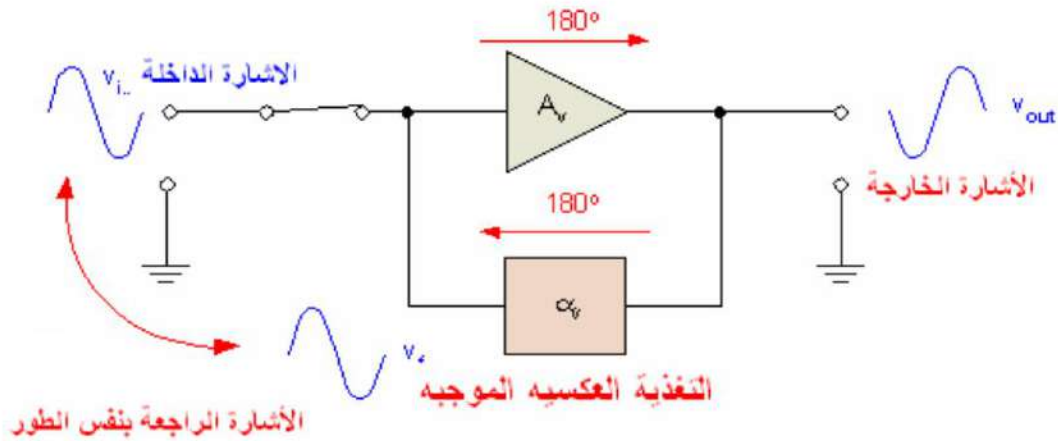


الفصل الثالث

المذبذبات والمهتزازات Oscillators And Multivibrators

3-1 المذبذبات Oscillators

المذبذب هو الدائرة الالكترونية اللازمة لتوليد إشارة كهربائية متغيرة على شكل موجة جيبية او مربعة او مثلثة من دون إدخال أي إشارة لها، بمعنى آخر عند تغذية الدائرة الالكترونية بمصدر فولتية تتولد ذبذبة على شكل محدد يعتمد على نوع تصميم الدائرة الالكترونية والشكل (3 - 1) يوضح مخططاً لعمل المذبذب.



الشكل (3 - 1) يوضح عمل المذبذب

ففي الشكل (3 - 1) نلاحظ أن الدائرة الالكترونية تولد موجة جيبية عند خرج الإشارة وهي بفرق طور مقداره 180 درجة عن الدخول ويتم استعمال تغذية عكسية موجبة مقدارها 180 درجة لكي نحصل على نفس الطور مع الإشارة الداخلة وبذلك تعمل هذه الدائرة كمذبذب ويجب التنويه هنا ان هناك تغذية عكسية سالبة وتستخدم في المكبرات فقط للسيطرة على التكبير. للحصول على تذبذب من دون تشويه يجب ان تكون المعادلة التالية تساوي واحداً وهي تكبير الجهد مضروباً بالجهد الاضمحلال وكما يأتي:

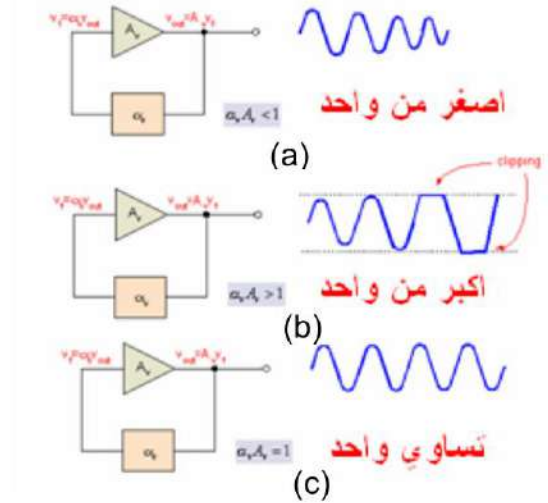
$$A_v \times \alpha_v = 1$$

حيث ان

A_v هي تكبير الجهد

α_v هي اضمحلال التكبير لدائرة الرجوع أو معامل التغذية العكسية

إذا كانت محصلة الضرب اصغر من واحد فان التذبذب يختفي بعد عدة ذبذبات كما في الشكل (a2-3) أما عندما يكون حاصل الضرب اكبر من واحد نحصل على حالة تشويه كما في الشكل (b2-3) او حالة الحصول على الواحد كما في الشكل (c2-3) وهذا هو شرط الدائرة بأن تكون مذبذباً.



الشكل (3 - 2) يمثل الاشكال الموجية للأحتمالات الثلاث

يتم تقسيم المذبذبات حسب الموجة الخارجة منها وهي :-

- مذبذبات الموجة الجيبية Sinusoidal Oscillators .

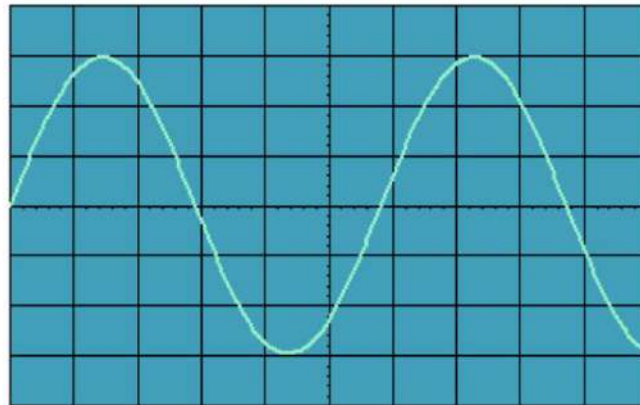
- مذبذبات الموجة الغير جيبية Non Sinusoidal Oscillators .

وتشمل مذبذبات الموجة الجيبية (مذبذب هارتلي ، مذبذب كولبيتس ، مذبذب إزاحة الطور ، المذبذب البلوري وغيرها) .

بينما تشمل المذبذبات للموجات الغير جيبية المذبذبات المتعددة .

3 - 2 مذبذبات الموجة الجيبية

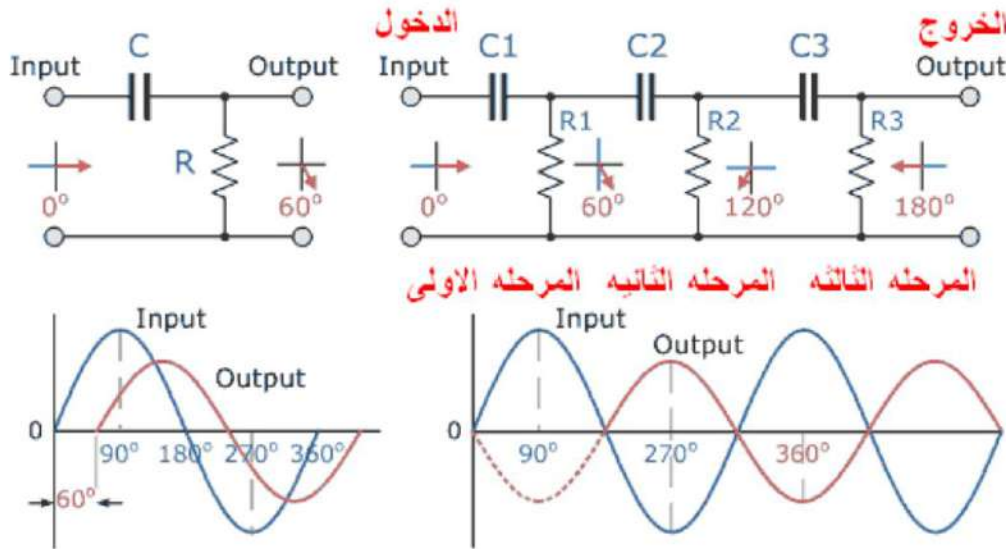
سوف نتطرق الآن إلى معظم أنواع الموجة الجيبية وهذا النوع من المذبذبات تولد موجة جيبية أي أن الإشارة الخارجة تكون كما موضحة في الشكل (3 - 3) .



الشكل (3 - 3) الموجة الجيبية

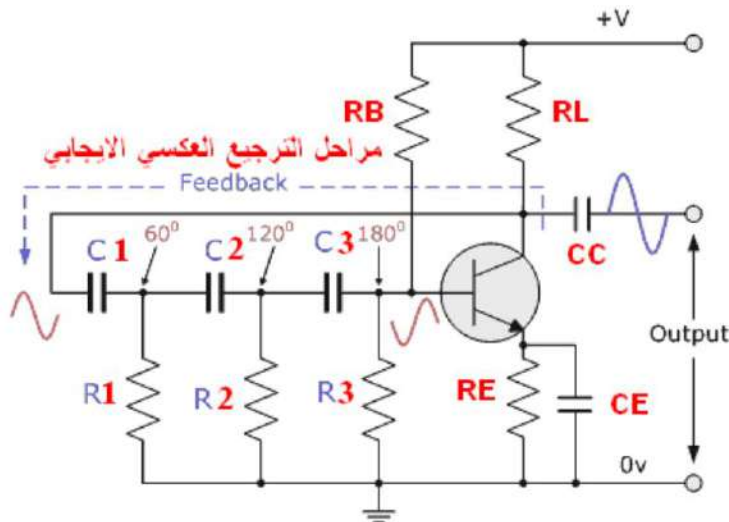
3- 2- 1 المذبذب المزحج للطور Rc Shift Oscillator

تستعمل هذه المذبذبات في توليد الإشارات ذات الترددات القليلة، في هذا النوع من مذبذبات الموجة الجيبية يتم بوساطة إزاحة للطور بمقدار 60 درجة لكل من $(R_1 C_1, R_2 C_2, R_3 C_3)$ من المراحل الثلاث لنحصل على إزاحة للطور بمقدار 180 درجة للإشارة الخارجة فتصبح بنفس الطور مع الإشارة الداخلة كما موضح في الشكل (3 - 4)



الشكل (3 - 4) يوضح الإزاحة بالطور 180 درجة للإشارة الخارجة

يتم عمل مذبذب إزاحة الطور بعملية إرجاع الإشارة الخارجة إلى الدخول بعد إجراء عملية قلب الإشارة بمقدار 180 درجة لنحصل على الترجيع الايجابي للموجه **Positive Feed Back** والشكل (3 - 5) يبين مذبذب من نوع إزاحة الطور .



الشكل (3 - 5) مذبذب إزاحة الطور

في الشكل (3- 5) أعلاه نلاحظ ان الموجه الراجعة من جامع الترانزستور تصل الى المرحلة الأولى ليتم عمل ازاحه للطور بمقدار 60 درجة خلال المقاومة الأولى والمتسعة الأولى R1-C1 ومن ثم تصل إلى المرحلة الثانية وتتم الازاحه بـ 60 درجة أخرى خلال المقاومة الثانية والمتسعة الثانية لتصبح الازاحه الكلية 120 درجة وأخيرا تصل الإشارة إلى المرحلة الثالثة المكونة من R3-C3 وبنفس الطريقة نحصل على ازاحه مقدارها 60 درجة أيضا وتكون المحصلة النهائية للإزاحة هي 180 درجة أي بنفس الطور مع الإشارة على قاعدة الترانزستور أما المقاومتان RB - RL فهما مقاومتان لعمل تغذية إلى كل من القاعدة والجامع للترانزستور والمقاومة RE مع المتسعة CE فهو عمل انحياز للباعث وعمل استقراريه للترانزستور .
إذا كانت كل المقاومات متساوية القيمة والمتسعات متساوية القيمة في مراحل التغذية العكسية الموجبة فيمكن حساب التردد حسب القانون التالي .

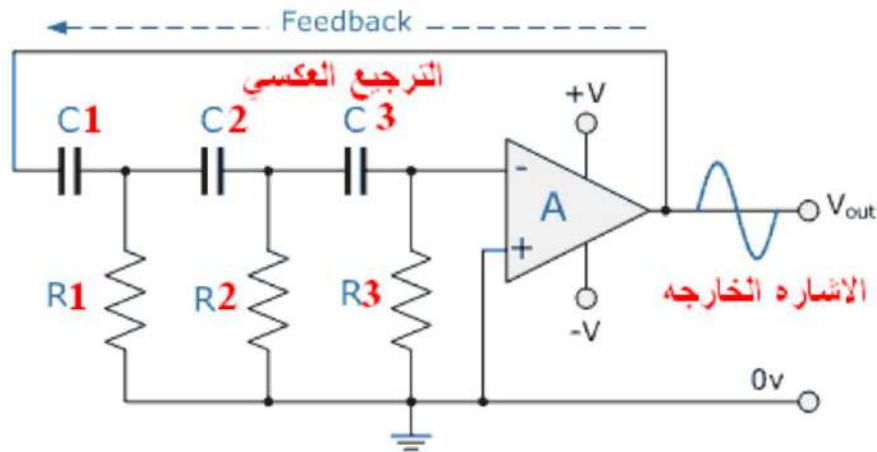
$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

حيث ان :- f_o = التردد الخارج بالهرتز (ذبذبه بالثانية الواحدة) Hz

R = قيمة المقاومة بالاووم Ω

C = قيمة المتسعة بالفارد F

ان كل مرحله من المراحل الثلاث لدائرة التغذية العكسية الموجبة تعمل عمل دائرة اضمحلال اي ان هناك فقد في اتساع الإشارة خلال كل مرحله بمقدار 1 / 29 th جزء من تسعه وعشرون من الإشارة والتي تم حسابها خلال القانون ($V_o / V_i = \beta$) وهذا النقص يحصل لكل مرحله لذلك فان المكبر يجب ان يكون ذا تكبير اكبر من 29 مره ليتغلب على النقص الذي يحصل جراء مرور الإشارة خلال مراحل الترجيع . يمكن استعمال مكبر العمليات لعمل مذبذب إزاحة الطور كما في الشكل (3 - 6) .



الشكل (3 - 6) مذبذب إزاحة الطور باستعمال مكبر العمليات

بنفس الطريقة تم عمل ثلاث مراحل للازاحة للحصول على 180 درجة لتتوافق مع نفس الطور عند دخول الاشارة الى مكبر العمليات .

مثال : احسب تردد مذبذب إزاحة الطور ذو المراحل الثلاث إذا علمت أن قيمة المقاومة لكل مرحلة هي 10 KΩ والمتسعة لكل مرحلة هي 500 PF ؟

من القانون العام للتردد لهذا المذبذب يتم حساب قيمة التردد .

تردد التذبذب = f_o (Oscillation Frequency)

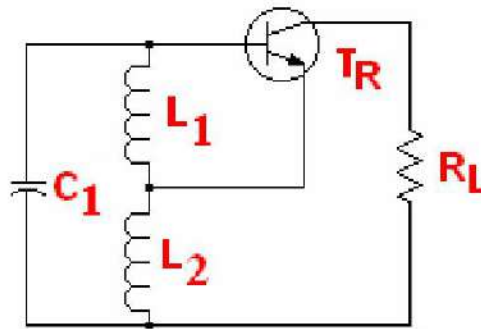
$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(2 \times 3)} \times 10000 \times 500 \times 10^{-12}} = 12,995 \text{ Hz or } 13 \text{ kHz}$$

المذبذبات التي تستعمل الملف مع المتسعة لعمل التذبذب هي :-

3-2-2 مذبذب هارتلي HARTLEY OSCILLATOR

في الشكل المبسط التالي يوضح مذبذب هارتلي والجزء الأساسي فيه هو الملف ذو النقطة الوسطية مع المتسعة المربوطة على التوازي مع أطراف الملف وهو مذبذب قابل لتغيير التردد خلال تغيير سعة المتسعة ففي الشكل (3 - 7) يبين التوضيح لهذا المذبذب .



الشكل (3 - 7) رسم مبسط لمذبذب هارتلي

الملف L1 مع الملف L2 هناك نقطة وسطية وإطراف الملف متصلة على التوازي مع المتسعة C1 يتم ترجيع الإشارة من باعث الترانزستور إلى دائرة الرنين ليصل إلى القاعدة علما ان فرق الطور بين القاعدة والباعث هي صفر لذلك فإن الإشارة الخارجة من الباعث تصل القاعدة وتعمل دائرة الرنين للحصول على التردد المطلوب . وتستعمل المعادلة التالية لحساب التردد لهذا المذبذب :

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}}$$

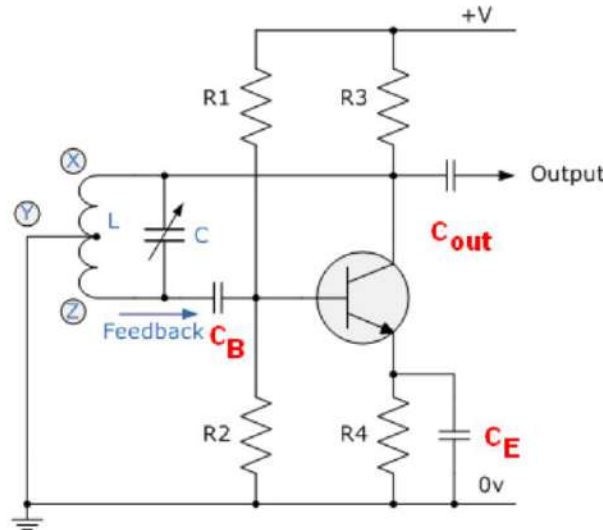
$$L_T = L_1 + L_2$$

حيث ان $L_T =$ الممانعة الحثية الكلية للملف L_1 وكذلك الملف L_2

نلاحظ ان الجزء الأساسي في عملية التذبذب هو دائرة الرنين المكونة من الملف ذو النقطة الوسطية مع وجود المتسعة على التوازي بين أطراف الملف كما نلاحظ أيضا هناك ترجيع عكسي للتذبذب من باعث الترانزستور عبر النقطة الوسطية إلى قاعدته خلال احد الملفين ويجب أن نذكر ملاحظه مهمة هنا ان مقدار الجهد الراجع يكون ضمن الانحياز الصحيح للحصول على اتساع تذبذب ثابت ، فإذا كان الانحياز اكبر من المطلوب يحصل انخفاض في التكبير اما في حاله حصول انحياز واطئ فان التكبير يزداد والحالتين غير مطلوبة وإنما عمل انحياز ثابت لا يتغير والذي يدعى انحياز القاعدة الأوتوماتيكي . الفائدة المهمة من انحياز القاعدة الأوتوماتيكي هو العمل بأعلى كفاءة ويتم ذلك بان يعمل المذبذب على تصنيف B او تصنيف C لان تيار الجامع يكون بأقل مقدار .

دائرة التذبذب المتكونة من الملفين ذات النقطة الوسطية والمتسعة هي التي تحدد التردد الصادر من المذبذب لذلك عند تغيير سعة المتسعة بوضع متسعة متغيرة أو تغيير حثية الملفين سيتم تغيير التردد.

الشكل (3 - 8) يوضح دائرة مذبذب هارتلي ذو تردد متغير تبعا إلى تغيير سعة المتسعة.



الشكل (3 - 8) مذبذب هارتلي

في الشكل (3 - 8) أعلاه نلاحظ أن فرق الطور بين النقطة X وبين النقطة الوسطية Y وبين Y والنقطة الأخرى Z هي 180 درجة أي أن فرق الطور بين شكل الاشارة على الجامع وشكل الاشارة على القاعدة بفارق طور مقداره 180 درجة وكما هو معلوم سابقا إن الترانزستور له فارق طور بين القاعدة والجامع مقدره 180 درجة لهذا سيحصل ترجيع ايجابي للقاعدة .

متسعة التوازي مع الملفين متغيره للحصول على التردد المطلوب ، المقاومتين R_1 و R_2 هما انحياز القاعدة للحصول على الجهد المستمر للتغذية ، مقاومة حمل الجامع لتحديد تياره ، المقاومة R_E والمتسعة C_E هو الحصول على انحياز ثابت للباعث ، المتسعة C_B هي متسعة عزل لمرور التردد فقط ومنع التيار المستمر في القاعدة من الرجوع وأخيرا المتسعة C_{out} هي أيضا متسعة عزل للحصول على التردد فقط .

مثال : دائرة مذبذب هارتلي لها ملفين قيمة كل ملف 0.5 mH متصلة مع متسعة متغيره بين 100PF – 500PF ، احسب التذبذب العالي والتذبذب الواطئ مع عرض الحزمة .

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

من القانون أعلاه يتم حساب التردد العالي والتردد الواطئ .
الدائرة تتألف من ملفين مربوطين على التوالي والقيمة المكافئة الكلية هي:

$$L_T = L_1 + L_2 = 0.5mH + 0.5mH$$

التردد العالي هو :-

$$F_H = \frac{1}{2\pi\sqrt{1mH \times 100pF}} = 503KHz$$

والتردد الواطئ هو :-

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{1mH \times 500pF}} = \frac{1}{6.283\sqrt{5 \times 10^{-13}}} = 225KHz$$

وعرض الحزمه هو :-

$$Bsndwidth = f_H - f_L$$

$$= 503 - 225 = 278KHz$$

في الشكل (3 - 9) نلاحظ مذبذب هارتلي ذو الملف الراديوي وله المميزات التالية :-

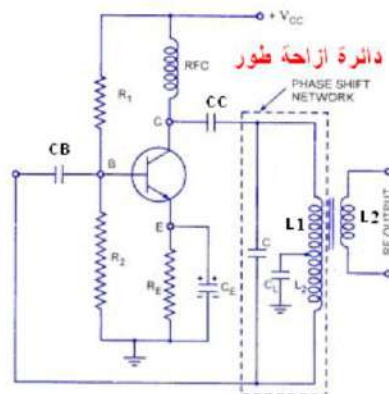
1. استعمال ملف على الجامع يدعى ملف التردد الراديوي (Radio Frequency Coil)

(RFC) ووظيفته مزدوجة هو إمرار التيار المستمر إلى الجامع وعمل ممانعة عالية أثناء التردد .

2. دائرة الرنين معزولة من التيار المستمر وبشكل نهائي ولذلك لا تستهلك قدره إضافية

3. التردد الحاصل عليه مأخوذ من ملف ثانوي للمحولة .

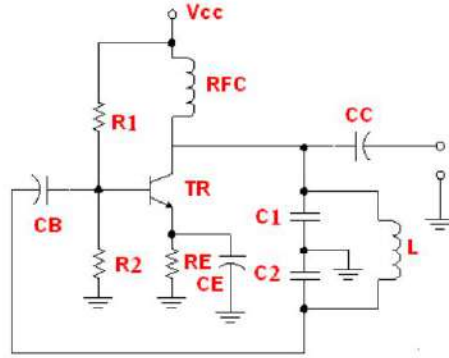
ومبدأ عمل هذا المذبذب هو نفس عمل الدائرة السابقة حيث أن دائرة إزاحة الطور تؤدي إزاحه مقداره 180 درجة بين التردد الخارج من الجامع عن طريق Cc إلى قاعدة الترانزستور بعد قلبها ب 180 درجة بمتسعة عزل أيضا C_B .



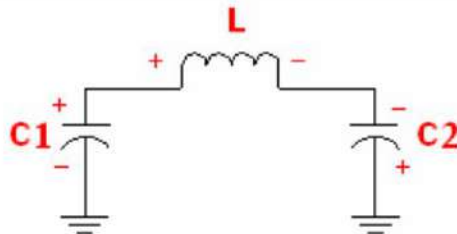
الشكل (3 - 9) مذبذب هارتلي ذو ملف راديوي

3-2-3 مذبذب كولبيتس Colpitts Oscillator

- سمي هذا المذبذب نسبة الى مخترعه ادوين اج كولبيتس EDWIN H. COLPITTS . مذبذب كولبيتس يشبه الى حد بعيد مذبذب هارتلي فمذبذب هارتلي يستعمل ملفين ذو نقطه وسطيه مع متسعة لعمل ازاحه للطور بمقدار 180 درجة بينما مذبذب كولبيتس فانه يستعمل متسعة عدد اثنين مع ملف واحد لعمل ازاحه بالطور مقدارها 180 درجة.
- ففي الشكل (3 - 10) نلاحظ دائرة الكترونية لمذبذب كولبيتس والشئ الرئيسي في هذه الدائرة هو وحدة الرنين المكونة من متسعة عدد اثنين $C1$ و $C2$ مع الملف الموصول بينهما على التوالي ويعمل هذا المذبذب على النحو التالي .
1. ملف الجامع هو ملف تردد راديوي له وظيفتين كما ذكر سابقا وهو إمرار التيار المستمر الى الجامع وعمل ممانعة عاليه عند التردد العالي .
 2. المقاومتين $R1$ و $R2$ هما انحياز جهد القاعدة .
 3. المقاومة RE مع المتسعة CE هو الحصول على استقراريه ثابتة لا تتغير .
 4. التردد الخارج من الجامع يصل الى وحدة الرنين بحيث ان النقطة المشتركة للمتسعتين تصل الى الأرضي وبذلك نحصل على فرق طور مقداره 180 درجة من الطرف الآخر للملف والذي يتم إرجاعه عكسيا الى القاعدة عبر متسعة العزل CB .
 5. فرق الطور بين الجامع والقاعدة هو 180 درجة لهذا نحصل على ترجيع عكسي ايجابي .
 6. يمكن إيضاح أكثر عن توصيلة دائرة الرنين كما في الشكل (3 - 11) .



الشكل (3 - 10) مذبذب كولبيتس



الشكل (3 - 11) ربط دائرة الرنين لمذبذب كولبيتس

حساب التردد يتم اولا معرفة المتسعة الكلية حسب القانون ادناه ومن ثم تطبيق قانون التردد .

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

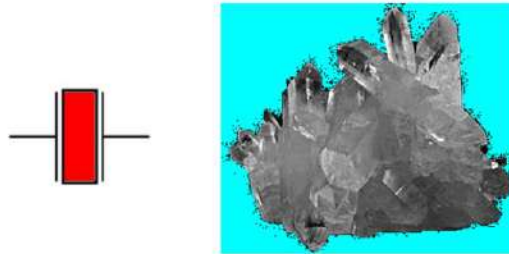
4-2-3 المذبذب البلوري Crystal Oscillator

المذبذب البلوري عبارة عن دائرة الكترونية تستعمل الرنين الميكانيكي لبلوره متذبذبة بالاعتماد على خاصية المادة التي تصدر تردد عن تسليط جهد عليها وتبدأ بعملية التذبذب الذاتي **Piezoelectric Material** وذات تردد دقيق جداً، هذا التردد يستعمل بشكل واسع في الساعات الالكترونية وكذلك في نبضات السيطرة في الدوائر الرقمية والمرسلات الراديوية وغيرها ، بلورة الكوارتز **Quartz Crystal** تصنع بمديات من التردد تبدأ من عدد من الكيلو هرتز إلى الميكاهرتز او الكيكاهرتز .

البلورة عبارة عن ماده صلبة حيث ان الذرات، الجزيئات، او الايونات مرتبه بشكل منتظم والشكل يتكرر بامتداد سطحي في ثلاث اتجاهات.

يعتمد تردد الرنين على حجم البلورة وشكلها ومرونتها، لذلك عند التردد العالي يتم قطع البلورة على شكل سطح مستطيل بينما عند الحاجة إلى ترددات واطنه فاته يتم التشكيل والقطع على شكل الشوكة الرنانة .

يبين الشكل (3 - 12) الرمز العلمي للبلورة وشكل البلورات الطبيعي .



الشكل (3 - 12) الرمز للبلورة كوارتز وشكل بلورات الكوارتز في الطبيعة

يبين الشكل (3 - 13) الدائرة المكافئة وهي عبارة عن ملف ومنتسعة ومقاومه موصلة على التوالي فعند حالة الرنين فان الممانعة السعويه تساوي وتعاكس الممانعة الحثيه لنحصل على التردد الرنيني علما ان :-

C_1 : سعة المتسعة البلورية

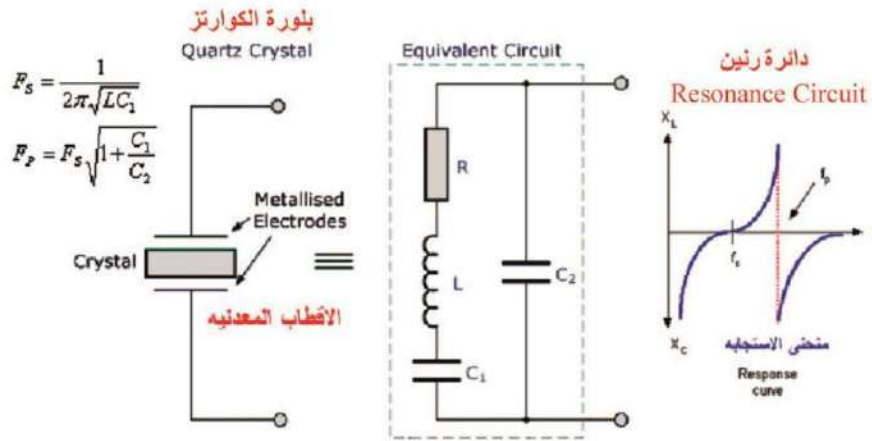
C_2 : السعه بين البلورة وأقطاب الاتصال الاثنين

L : هي حثيه البلورة

R : هي مقاومة البلورة نفسها

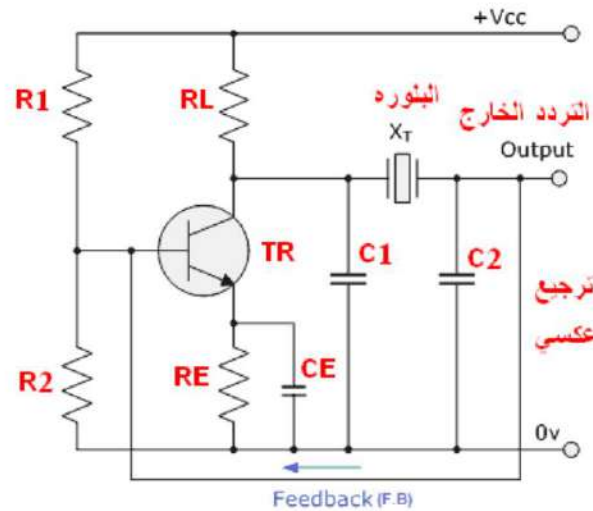
F_s : البلورة تعمل على دائرة رنين توالي

F_p : البلورة تعمل على دائرة رنين توازي



الشكل (3 - 13) يبين الدائرة المكافئة مع منحنى الاستجابة والرمز العلمي للبلورة

يبين الشكل (3 - 14) مذبذب بلوري باستعمال ترانزستور حيث نلاحظ الترجيع العكسي الايجابي من المذبذب البلوري إلى قاعدة الترانزستور الذي يعمل عمل المكبر والذي هو واضح لدينا من مقاومات تغذية القاعدة ومقاومة حمل الجامع وأخيرا مقاومة ومتسعة الباعث للحصول على انحياز ثابت ويعتمد التردد على تردد اهتزاز البلورة التي تم تصنيعها .



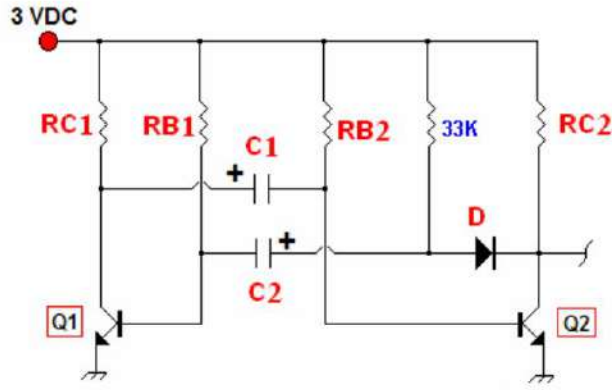
الشكل (3 - 14) يبين عمل المذبذب البلوري باستعمال ترانزستور ثنائي الوصلة

3-3 مذبذبات الموجه الغير جيبييه Non Sinusoidal Oscillator

1-3-3 المذبذب المتعدد غير مستقر Astable Multivibrator ويسمى كذلك المذبذب المتعدد الحركة واهم انواعه الاتي :

هذه المجموعة من المذبذبات تولد موجة مربعة لذلك تم تسميتها بالمذبذبات الموجه الغير جيبييه ففي الشكل (3 - 15) يبين هذا النوع من المذبذبات وفي بعض الأحيان يسمى مذبذب متعدد حر الحركة

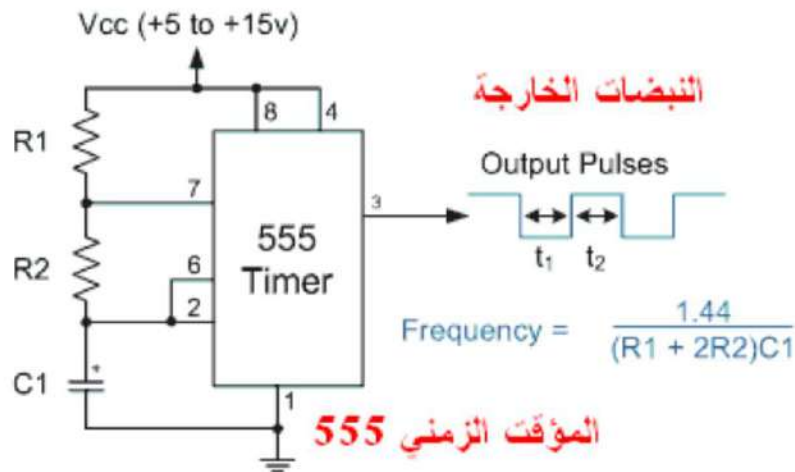
. Free Running Multivibrator



الشكل (3 - 15) يبين مذبذب متعدد غير مستقر

ففي الشكل (3- 15) نلاحظ انه عندما يكون الترانزستور Q1 في حالة عمل وفي أول لحظة يكون الترانزستور Q2 في حالة قطع والعكس صحيح لذلك سيتم افتراض أن Q1 في حالة عمل أي مرور تيار عال خلال الجامع وانخفاض معظم الجهد على طرفي مقاومة الجامع RC1 فيؤدي إلى شحن المتسعة C1 عن طريق RB2 (لأن جامع الترانزستور Q1 هو بمثابة جهد منخفض جدا أو ارضي) وإثناء زيادة هذا الجهد سوف يسلط على قاعدة الترانزستور Q2 حتى أن يصل تدريجيا إلى أعلى من 0.6V فنحصل على نقطة عمل الترانزستور Q2 ليتم بعد ذلك انخفاض الجهد على قاعدة الترانزستور Q1 ويصبح في حالة قطع وهكذا لذلك نلاحظ عمل التناوب بين كلا الترانزستورين وتكون النتيجة الحصول على موجة مربعة وهذا المذبذب حر الحركة ويعتمد التردد على الثابت الزمني بين مقاومة القاعدة ومتسعتها .

يبين الشكل (3 - 16) يبين مذبذب متعدد حر الحركة باستعمال المؤقت الزمني 555 حيث ان هذا المذبذب يعمل على مدى تغذية جهد من 5V إلى 15V والمقاومتان R1 و R2 هما مقاومتان لعل ثابت زمني مع المتسعة C1 والإشارة الخارجة هي موجة مربعة .



الشكل (3 - 16) مذبذب متعدد حر الحركة باستعمال المؤقت 555

نلاحظ أن الطرف 2 والطرف 6 تم ربطهما مع بعض وكذلك لعمل إعادة القدح عند نهاية كل زمن موجة كاملة ، المتسعة كما قلنا سوف تشحن خلال المقاومتين $R1$ و $R2$ ولكن عند التفريغ فإن المتسعة سوف تفرغ خلال $R2$ فقط لان طرفها الآخر سوف يكون موصل إلى الأرضي عن طريق الطرف 7 لذلك فإن المدة الزمنية ستكون بين الشحن والتفريغ هي $t1$ وكذلك $t2$ كما هو موضح في الشكل ويتم حساب التردد كالآتي:

وقت الشحن

$$t1 = 0.693 (R1 + R2) C1$$

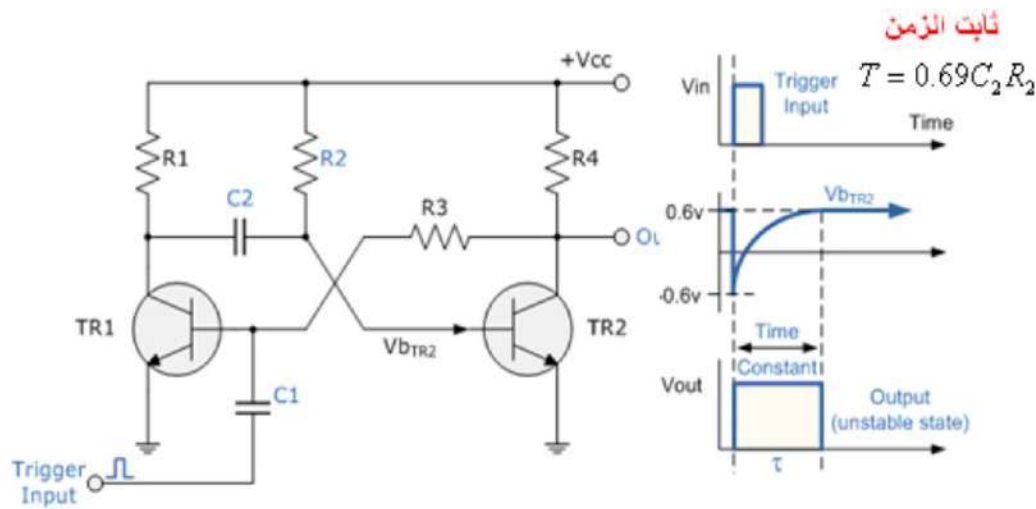
وقت التفريغ

$$t2 = 0.693 (R2) C1$$

$$T = t1 + t2$$

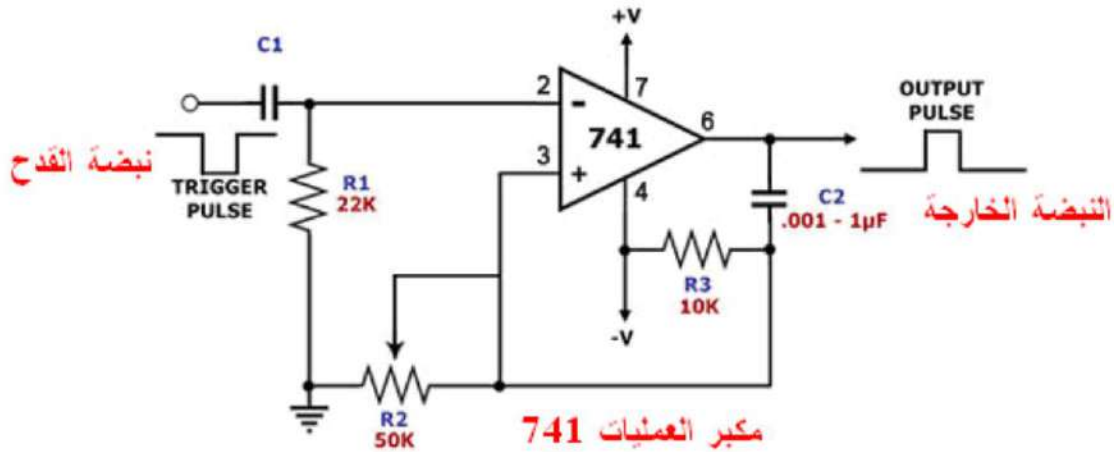
3-2 المذبذب المتعدد احادي الاستقرار Mono Stable Multivibrator

في الشكل (3 - 17) يبين مذبذب متعدد أحادي الاستقرار نلاحظ من الشكل أن الترانزستور الأول $TR1$ والثاني $TR2$ هما اتصال الجامع الثاني يصل إلى قاعدة الأول عبر المقاومة $R3$ ففي اللحظة الأولى للتوصيل يمر تيار خلال قاعدة الترانزستور الثاني ليضعه في حالة عمل ON أما الأول فهو في حالة قطع لان جهد جامع الثاني عند حالة التوصيل يصبح قليل جدا وهو مسلط على قاعدة الترانزستور الأول ، عند تسليط نبضة عبر المتسعة $C1$ فأنه عند هذه اللحظة سيمر جهد موجب إلى قاعدة الترانزستور الأول ليضعه يعمل عند الإشباع أي في حالة ON ويكون النتيجة تفريغ شحنة المتسعة $C2$ خلال الترانزستور الأول أثناء عمله وبالتالي انقطاع الجهد على قاعدة الترانزستور الثاني ليصبح في حالة قطع ولكن هذه الحالة لن تدم فعند انتهاء مدة النبضة ستعود المتسعة بالشحن تدريجيا عبر المقاومة $R2$ وتكون النتيجة مرور تيار مرة أخرى خلال قاعدة الترانزستور $TR2$ والعودة إلى حالة الإشباع مرة أخرى وهكذا . من الإشكال أدناه نلاحظ ما ذكر في أعلاه من الشكل الأول وهي نبضة القدح والشكل الثاني هو حالة تفريغ المتسعة أما الشكل الثالث فهو الجهد أو النبضة الخارجة .



الشكل (3 - 17) مذبذب متعدد أحادي الاستقرار مع النبضات الداخلة والخارجة ولحظة القدح

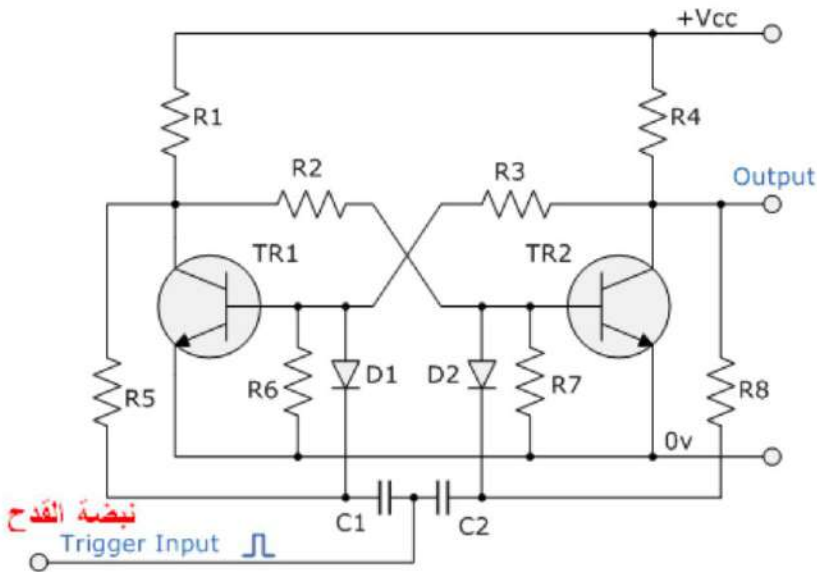
في الشكل (3 - 18) يبين استعمال مكبر العمليات لعمل مذبذب متعدد أحادي الاستقرار حيث نلاحظ ظهور نبضة معكوسة من خرج مكبر العمليات أثناء تسليط نبضة على المدخل المعكوس ويعود إلى حالته الأولى عند عدم وجود نبضة داخلية بعد مدة تأخير محددة ولتوضيح عمله فعند تسليط نبضة سالبة على المدخل المعكوس فإنه سوف تظهر نبضة موجبة ليتم شحن المتسعة C2 والتي بدورها تسلط على المدخل الغير معكوس لتبقى إلى مدة زمنية حيث تفرغ المتسعة تدريجيا خلال R2 لتعود الدائرة إلى حالتها الأولى ويمكن تحديد المدة الزمنية بوضع مقاومة متغيرة لتغيير ثابت الزمن بين R2 وكذلك C2 .



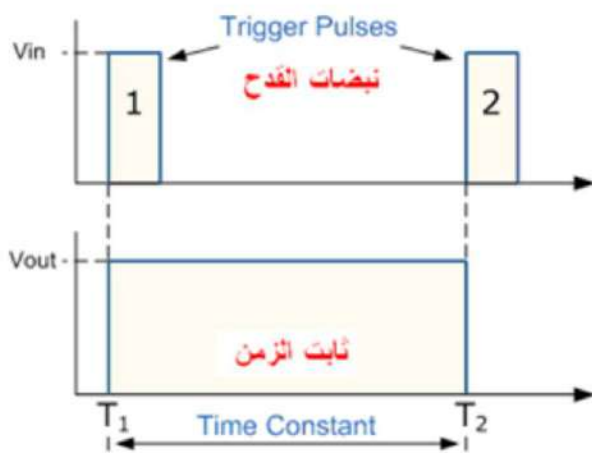
الشكل (3 - 18) مذبذب متعدد أحادي الاستقرار باستعمال مكبر العمليات

3 - 3 - 3 المذبذب المتعدد ثنائي الاستقرار Bistable Multivibrator

في الشكل (3 - 19) يبين مذبذب متعدد ثنائي الاستقرار وعمل هذه الدائرة كما في أدناه في أول لحظة تشغيل فإن احد الترانزستورين يصبح في حالة عمل ON والآخر يصبح في حالة قطع OFF ولكن عن تسليط نبضة عبر المتسعتين C1 و C2 ومن خلال الثنائيتين فإنه سوف يمر تيار إلى قاعدة الترانزستورين ليتحول ترانزستور العمل إلى قطع وترانزستور القطع إلى عمل ويبقى عند هذه الحالة حتى مجيء نبضة ثانية لتنعكس العملية وبالإمكان رفع الثنائيتين المسؤولين عن حالة الانحياز وذلك بوضع متسعة ومقاومة ولكن بشكل معزول واستعمال لكل مدخل نبضته. الشكل (3 - 20) يوضح حالة القدح الأول وظهور الجهد والنبضة الخارجة وكذلك القدح الثاني .



الشكل (3 - 19) يبين مذبذب متعدد ثنائي الاستقرار



$$f_{\max} = \frac{R + R^-}{2CRR^-}$$

عندما تكون

$$C = C_1 = C_2$$

$$R = R_6 = R_7$$

$$R^- = R_2 = R_3$$

ثابت الزمن يساوي

$$T = \frac{1}{f_{\max}}$$

الشكل (3 - 20) نبضات القدح وشكل النبضة الخارجة

الاختبارات الموضوعية : Tutorial Tests

1. لمذبذبات الالكترونية لها
 - أ. موجات جيبيهة داخلية .
 - ب. نبضات مربعة داخلية.
 - ج. ليس لها إشارات داخلية .
2. للمذبذب الالكتروني
 - أ. موجة سن منشار داخلية .
 - ب. تغذية عكسية سالبة .
 - ج. تغذية عكسية موجبة .
3. مذبذب إزاحة الطور من مذبذبات
 - أ. LC
 - ب. RC
 - ج. LRC
4. الموجات الخارجة من المهتزات هي
 - أ. موجات جيبيهة
 - ب. موجات كهرومغناطيسية .
 - ج. موجات غير جيبيهة

اسئلة ومسابيل الفصل الثالث

1. تكلم عن المذبذبات والتغذية العكسية السالبة مع رسم مخطط كتلوي لها .
2. اشرح مع الرسم مذبذب إزاحة الطور وما مقدار زاوية إزاحة كل جزء ؟
3. ما هو مذبذب هارتلي؟ وما شكل التردد الخارج ؟ اشرحه مع الرسم .
4. ما هو مذبذب كولبيتس ؟ وما شكل التردد الخارج ؟ اشرحه مع الرسم .
5. ما المقصود بالمذبذب المتعدد ؟ وما هو أنواعه ؟ وما مواصفات شكل الموجة منه ؟
6. تكلم مع الرسم بشكل تفصيلي عن المذبذب المتعدد حر الحركة .
7. تكلم مع الرسم بشكل تفصيلي عن المذبذب المتعدد أحادي الاستقرار .
8. تكلم مع الرسم بشكل تفصيلي عن المذبذب المتعدد ثنائي الاستقرار .
9. اكتب معادلة مذبذب إزاحة الطور ؟ مذبذب إزاحة الطور قيمة مقاومته $22K\Omega$ وقيمة المتسعة $800PF$. احسب التردد الخارج .
10. ما هي معادلة مذبذب هارتلي ؟ احسب التردد الخاص بمذبذب هارتلي قيمة كل ملف $50\mu H$ وقيمة المتسعة $220 PF$.
11. ما هي معادلة مذبذب كولبيتس ؟ مذبذب كولبيتس له قيمة متسعة $470 PF$ وقيمة الملف له $20 \mu H$ ، احسب التردد الخاص به .
12. اشرح مع الرسم المذبذب البلوري .
13. ارسم دائرة الكترونية تبين المذبذب البلوري مع الشرح لها .
14. ارسم مع الشرح المذبذب المتعدد حر الحركة .
15. ارسم مع الشرح المذبذب المتعدد أحادي الاستقرار .
17. ارسم مع الشرح المذبذب المتعدد ثنائي الاستقرار .

الفصل الرابع

التضمين والكشف وأجهزة الاستقبال والإرسال الراديوية

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

محتويات الفصل الرابع :

1-4 التضمين

1-1-4 تضمين الاتساع (السعوي)

2-1-4 تضمين التردد

3-1-4 تضمين الطور

4-1-4 التضمين الرقمي

2-4 الكشف

1-2-4 كاشف تضمين ترددي

2-2-4 كاشف تضمين التردد

3-2-4 كاشف تضمين الطور

3-4 أنواع الموجات الراديوية

4-4 أجهزة الاستقبال الراديوية

1-4-4 تمهيد

2-4-4 جهاز الاستقبال البسيط

3-4-4 أجهزة الإرسال الراديوية

4-4-4 مساوي استعمال جهاز الاستقبال البسيط

5-4-4 جهاز استقبال السوبرهتروداين

6-4-4 مبدأ تغير التردد في الراديو السوبرهتروداين

7-4-4 التردد المشابه

8-4-4 مستقبل إذاعة الراديو AM

9-4-4 مستقبل إذاعة الراديو FM

5-4 جهاز القرص الليزري CD

1-5-4 السعة التخزينية للـ CD

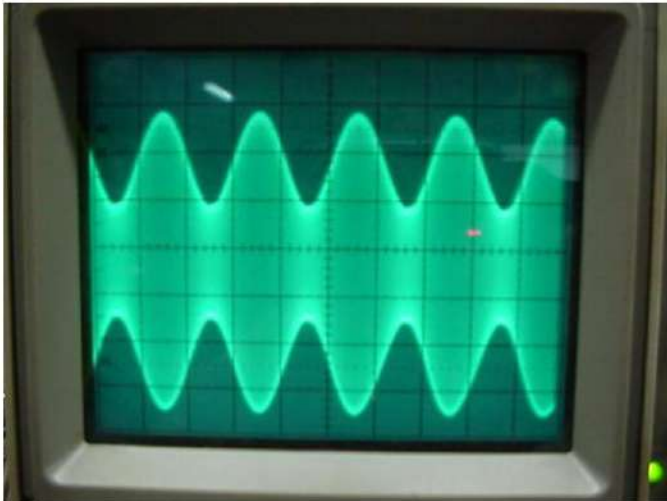
2-5-4 مكونات الـ CD

3-5-4 قرص الفيديو الرقمي

6-4 الـ MP3

اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل الرابع



التضمين والكشف وأجهزة الاستقبال والإرسال الراديوي

1-4 التضمين: Modulation

تعد دوائر التضمين من الدوائر الالكترونية المهمة في منظومات الإرسال والاستقبال وتعد الموجات المضمنة أساس عمل البث الإذاعي والتلفزيوني. ويمكن تعريف التضمين بأنه عملية تغيير خاصية من خصائص موجة معينة بدلالة القيمة اللحظية لموجة أخرى.

يوجد ثلاثة اسباب رئيسة لاستعمال التضمين في نظم الاتصالات :

أ- **التقليل من حجم الهوائيات المستعملة فكلما زاد التردد كلما قل طول الهوائي المطلوب .**

ان تقنية التضمين تسهل متطلبات الإرسال والاستلام من الناحية العملية، ولتوضيح ذلك نتأمل حجم الهوائيات المطلوبة للإرسال والاستقبال. لقد أثبت علميا إن الإرسال يكون كفوا عندما يساوي طول الهوائي نصف طول الموجة المرسله. فلإرسال إشارة تمثل معلومات الصوت بتردد (10)KHz مثلا فان طول الموجة λ يساوي سرعة الموجة الكهرومغناطيسية (سرعة الضوء)

C الى التردد f .

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

$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{سرعة الموجة الكهرومغناطيسية}}{\text{التردد}}$$

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

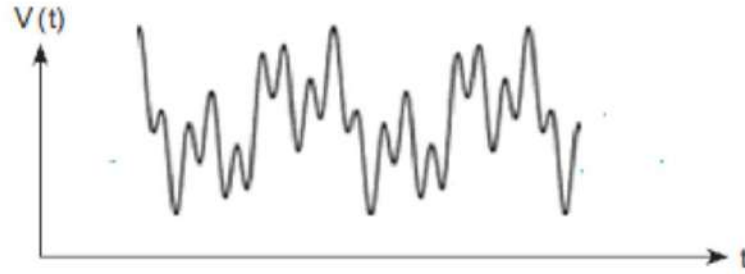
أي أن طول الهوائي يساوي 15 كيلومتر وهذا غير معقول من الناحية العملية، لهذا فان الحاجة إلى رفع التردد يُعد ضروريا إذ يقلل من حجم الهوائيات. ويستعمل في كثير من الأحيان طول الهوائي يساوي ربع طول الموجة المرسله. والشكل (1-4) يوضح هوائي الإرسال المستعمل في المحطات الإذاعية الراديوية (Radio Broadcasting).



الشكل (1 – 4) هوائي ارسال

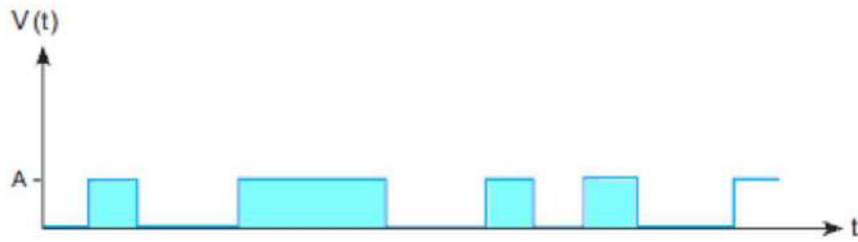
ب- من أجل إرسال عدة إشارات في آن واحد لاسلكياً أو سلكياً بخط نقل واحد دون حدوث تداخلات بينها .
ج - لإرسال البث اللاسلكي الى مديات بعيدة وارتفاعات عالية .

إن الحاجة لإرسال مجموعة من الإشارات في آن واحد يجعل من الضروري تغيير تردد كل منها وذلك منعا لتداخلها إذا ما أرسلت على نفس التردد. فإذا فرضنا أننا نحتاج إلى إرسال إشارتين سمعيتين تمثلان معلومات مختلفة على نفس الوسط الناقل وإن التردد السمعي لكل من هاتين الإشارتين وكما هو معلوم يقع بين (20Hz-20KHz) فإن ذلك يتطلب تغيير تردد أحدهما لمنع تداخلهما. فبواسطة تقنية التضمين تستطيع محطات الإذاعة إرسال برامج متنوعة ومتعددة وذلك بعد أن يتم تغيير تردد الإشارات الممثلة لهذه البرامج بحيث لا تتداخل مع بعضها عند الإرسال وإعادة هذه الإشارات إلى تردداتها الحقيقية في أجهزة الاستلام (الكشف) ليتم سماع البرامج التي تمثلها. هنالك نوعان من الإشارات التي نتعامل معها وهي إشارات تماثلية (تناظرية) وإشارات رقمية. فعلى سبيل المثال إشارة المايكروفون أو إشارة الكاميرات التلفزيونية هي إشارات تماثلية (Analog Signals) لها قيم متغيرة ومتواصلة دون انقطاع خلال مدة زمنية محددة، لاحظ الشكل (2-4).



الشكل (2-4) موجة تماثلية

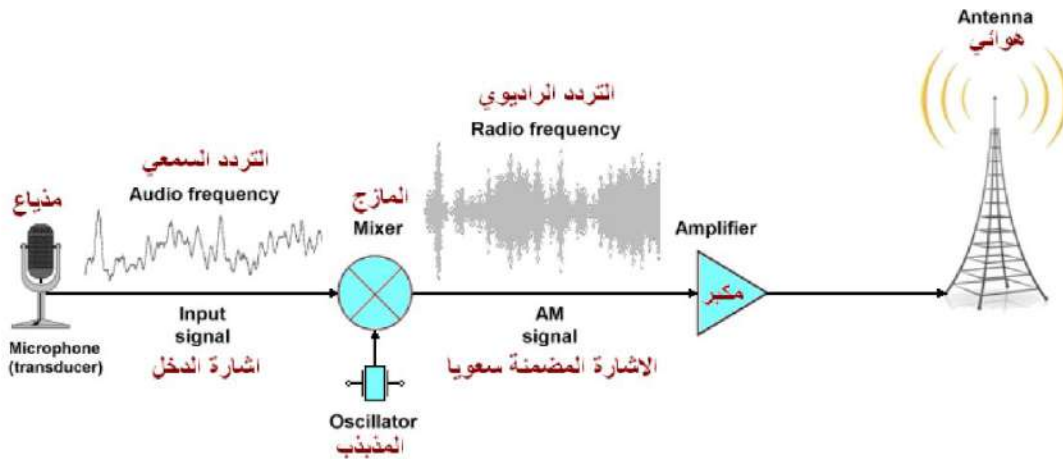
الإشارة التماثلية يمكن أن تأخذ أي قيمة في زمن مستمر وغير متقطع بينما الإشارة الرقمية لا تأخذ إلا القيم المتعارف عليها في النظام الثنائي وهي 0 و1 وفي أزمنة مستمرة مثل الإشارات الخارجة من الحاسوب فهي إشارات رقمية (Digital Signals) ولها قيم محددة عند تغييرها مع الزمن وهي سلسلة من النبضات، لاحظ الشكل (3-4).



الشكل (3-4) إشارة رقمية

ومن تعريف الإشارة الرقمية تم الاستفادة منها في إنشاء أنظمة لا تتعامل الا مع الكميتين 0 و 1. ويمكن تحويل أي إشارة تماثلية إلى رقمية بواسطة التحويل من التماثلي إلى الرقمي أو تحويل أي إشارة رقمية إلى تماثلية بواسطة التحويل من الرقمي إلى التماثلي . ولإرسال الإشارة إلى مسافات بعيدة يتطلب تغيير ترددها وذلك عن طريق تحميلها على إشارات حاملة (Carrier) ذات تردد أعلى، وتسمى هذه العملية بالتضمين (Modulation). يستعمل التضمين غالبا موجة جيبية عالية التردد تسمى الموجة الحاملة (Carrier) تتولد من مذبذب للتردد الراديوي (RF Oscillator). ومن الأمثلة البسيطة على تطبيق هذا النوع من التضمين هو التكلم عبر ميكروفون (يحول الكلام إلى إشارة

كهربائية بالتردد السمعي) يوصل إلى المازج ليتم مزجها مع الإشارة القادمة من المذبذب، والإشارة الخارجة هي إشارة مضمنة وبعدها تكبر وترسل عن طريق الهوائي، لاحظ الشكل (4-4) .



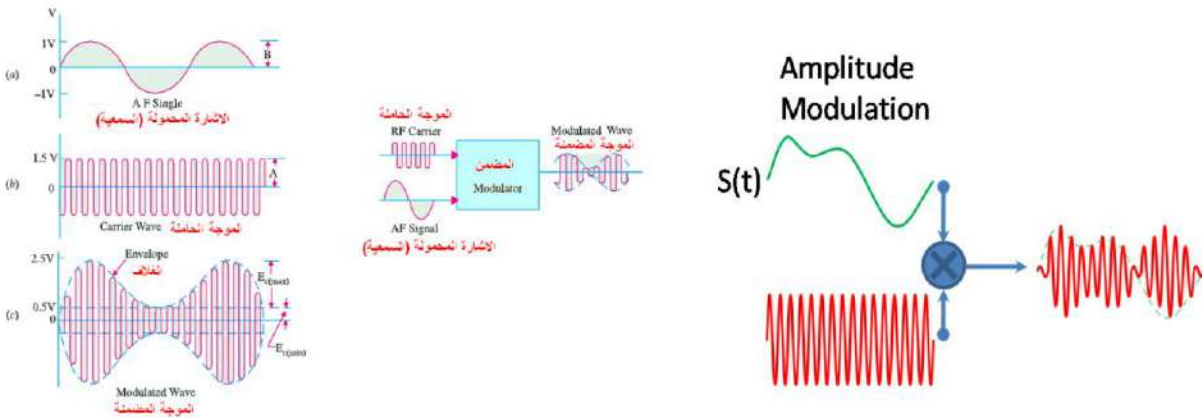
الشكل (4-4) تضمين الإشارة وإرسالها

وتحمل المعلومات المراد إرسالها مثل إشارة الكلام والموسيقى والشفرات وغيرها والمتمثلة بإشارة ذات تردد قليل (أقل من تردد الإشارة الحاملة) وتسمى بالإشارة المحمولة الضغظ على زر Enter (Modulating Signal). وتتلخص عملية التضمين بتغيير احد معاملات الموجة الجيبية الحاملة (السعة Amplitude، التردد Frequency، الطور Phase) وفق التغير الحاصل في شدة الإشارة المحمولة التي تمثل المعلومات المراد نقلها. وبذلك يمكن القول ان هناك عدة أنواع من التضمين منها:

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| 1- تضمين الاتساع | Amplitude Modulation (AM) |
| 2- تضمين التردد | Frequency Modulation (FM) |
| 3- تضمين الطور | Phase Modulation (PM) |
| 4- التضمين الرقمي | Digital Modulation (DM) |

1-1-4 - تضمين الاتساع : (AM) Amplitude Modulation

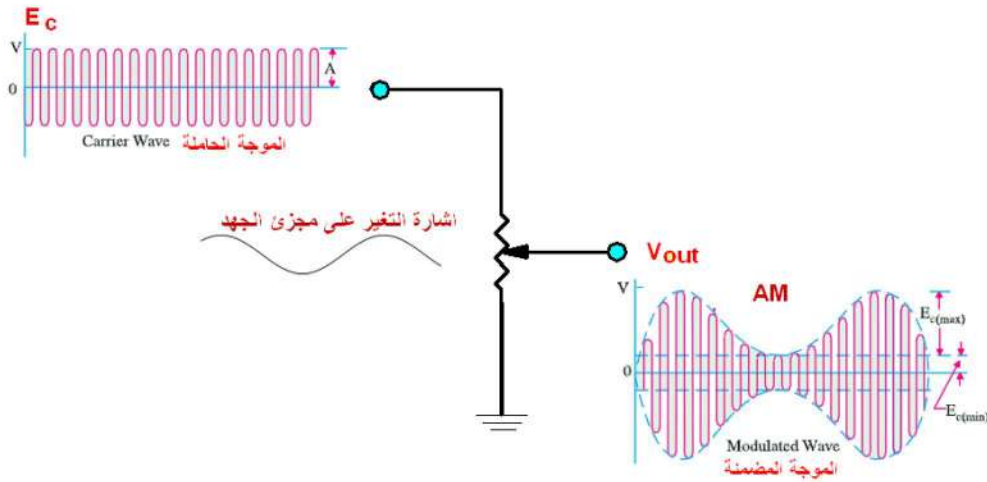
يعني هذا التضمين ان اتساع الموجة الحاملة العالية التردد يتغير او يسيطر عليه بواسطة إشارة المعلومات المحمولة قليلة التردد وكما مبين بالشكل (4-5).



الشكل (4-5) تضمين الاتساع (AM)

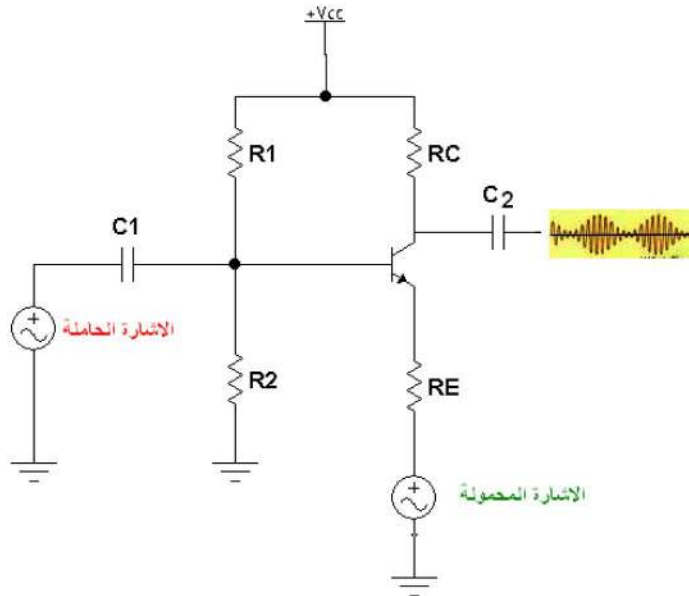
من الممكن فهم عملية الاتساع من الرسم الموضح في الشكل (4-6) الذي يمثل مضمنا بسيطا (Simple Modulator). إذ تستعمل فيه موجة جيبية عالية التردد كإشارة داخلية الى مجزئ الجهد (Potentiometer) لذا يعتمد اتساع الإشارة الخارجة على موقع النقطة الوسطية المتحركة

في مجزئ الجهد وبتحريك هذه النقطة تدريجياً إلى الأعلى وإلى الأسفل نحصل على إشارة خارجة مضمنة تضميناً اتساعياً.



الشكل (4- 6) مبدأ تضمين اتساع بسيط (AM)

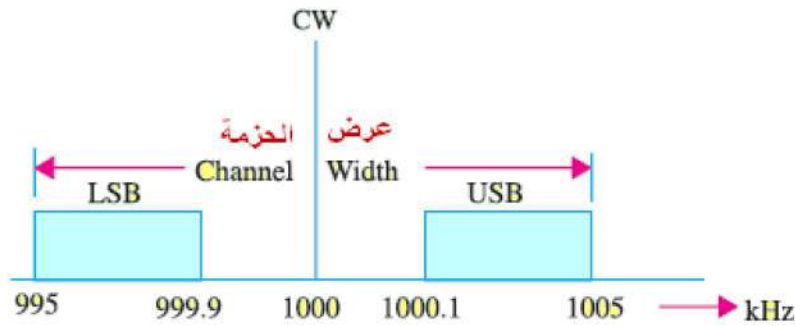
يوضح الشكل (4-7) تضمين اتساع بسيط يستعمل فيها الترانزستور، تدخل الإشارة الحاملة إلى الترانزستور الموصل بطريقة الباعث المشترك وتقوم الدائرة بتكبير الإشارة الحاملة. أما الإشارة المحملة فتقوم بتغيير تيار الباعث أي تغيير انحياز الترانزستور. وبذلك يتغير التكبير وفقاً لتغير هذه الإشارة. إذن فإن شكل الإشارة الخارجة يمثل شكل الإشارة الحاملة مكبرة بربح يتغير وفقاً لتغير الإشارة المحملة. وعليه تظهر الإشارة الخارجة مضمنة تضميناً اتساعياً.



الشكل (4- 7) دائرة تضمين اتساع بسيط (AM)

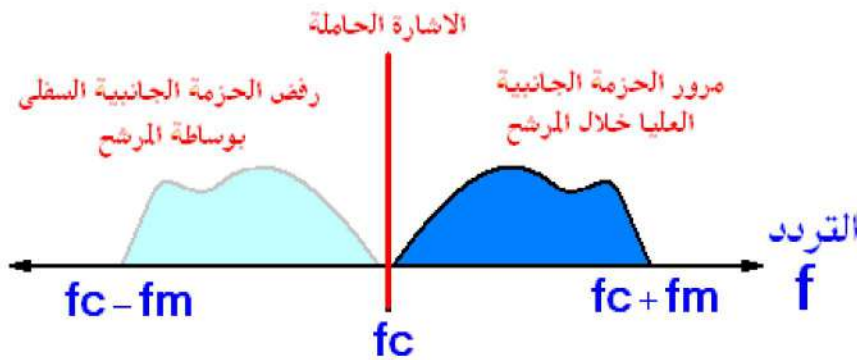
عند تحليل الطيف الترددي للإشارة المضمنة تضميناً اتساعياً نلاحظ إنها تحتوي على ترددات تشمل تردد الإشارة الحاملة وحزمتين جانبيتين أحدهما أعلى من تردد الإشارة الحاملة بمقدار تردد الإشارة المحملة وتسمى بالحزمة الجانبية العليا (Upper Side Band) (USB) والأخرى أقل من

تردد الإشارة الحاملة بمقدار الإشارة المحمولة وتسمى بالحزمة الجانبية السفلى (LSB) الضغط على زر Enter (Lower Side Band) ، لاحظ الشكل (8-4) .



الشكل (8-4) الإشارة الحاملة والحزمتان الجانبيتان

ان كل من الحزمتين الجانبيتين العليا والسفلى تحتويان نفس المعلومات، 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 (9-4).

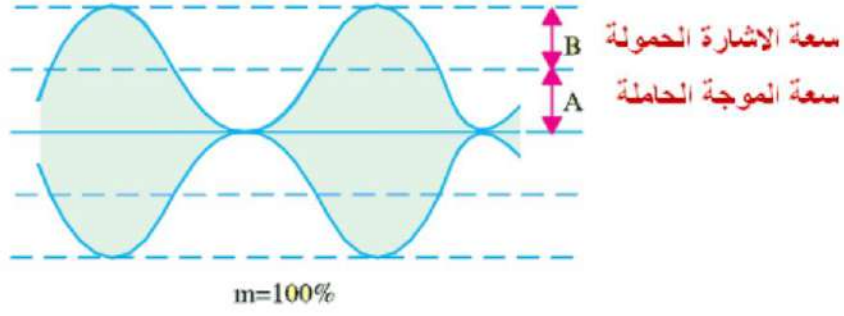


الشكل (9 - 4) إرسال حزمة جانبية منفردة SSB

وتسمى النسبة بين اتساع الإشارة المحمولة (E_m) واتساع الإشارة الحاملة (E_c) بمعامل التضمين (**Modulation Coefficient**) ويرمز لها بالرمز (m) .

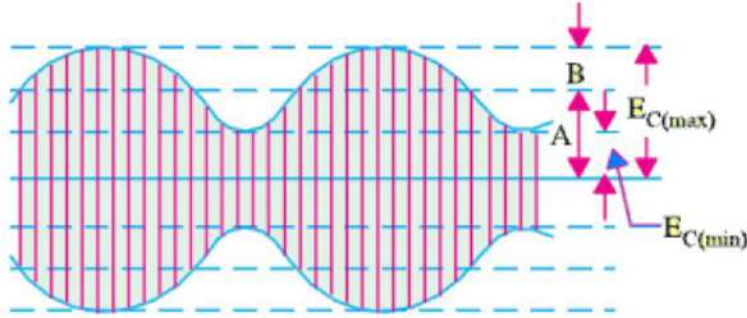
$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

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



الشكل (10-4) نسبة التضمين 100%

أما في حالة زيادة اتساع الإشارة المحمولة إلى أكثر من اتساع الإشارة الحاملة فإن نسبة التضمين (Percent Modulation) تزداد إلى أكثر من 100 % ويحدث ما يسمى بالتضمين الفائض (Over Modulation) ، وهذه الحالة غير محبذة في منظومات الإرسال لأن جزء من المعلومات سوف يفقد. و يمكن حساب معامل التضمين ونسبة التضمين من شكل الموجة المضمنة تضمينا اتساعيا. لاحظ الشكل (4- 11) .



الشكل (4- 11) إيجاد نسبة التضمين من الإشارة 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%) .

مثال 1.4 : احسب نسبة التضمين إذا كانت سعة الإشارة الحاملة $A=1.5V$ وسعة الإشارة المحمولة $B=1V$.

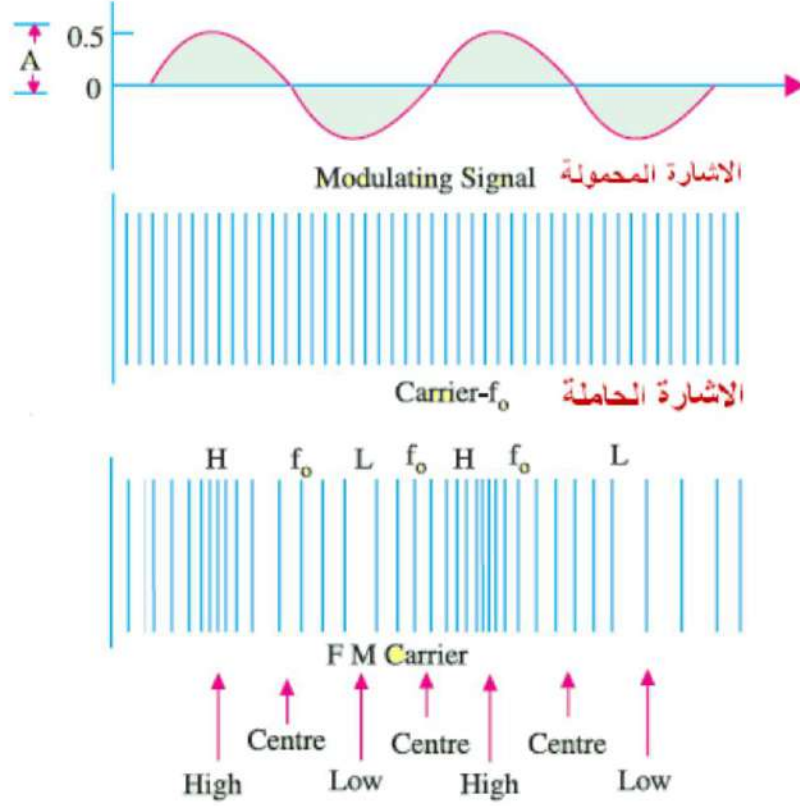
الحل:

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

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

4-1-2 تضمين التردد: FM (Frequency Modulation)

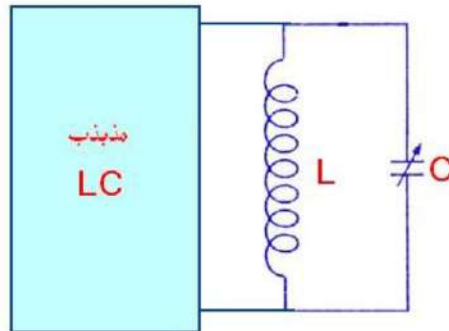
في هذا النوع من التضمين يتغير تردد الإشارة الحاملة بما يتناسب و التغير اللحظي لاتساع إشارة المعلومات (المحمولة) في حين يبقى أوسع وطور الإشارة الحاملة ثابتا لاحظ الشكل (4-12).



الشكل (4-12) الإشارة بالتضمين الترددي

يمتاز نظام تضمين التردد يمتاز بمقدرته على التغلب على الضجيج و التداخل إلا انه لتحقيق ذلك يتطلب عرض نطاق ترددي واسع.

أما الفكرة الأساسية التي يعمل عليها مضمن التردد تعتمد على تغير سعة متسعة مكونة لدائرة رنين في مذبذب من نوع (LC)، لاحظ الشكل (4-13).



الشكل (4-13) دائرة الرنين تحدد الإشارة بالتضمين الترددي

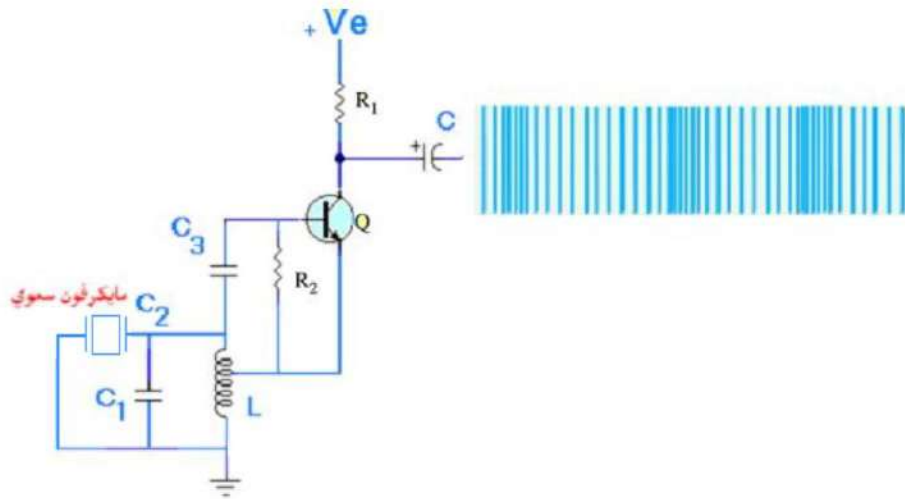
نلاحظ من الشكل أعلاه أن قيمة المتسعة (C) إذا كانت ثابتة فإن المذبذب سوف يولد موجة جيبية ذات تردد ثابت، وعند تغير سعة المتسعة سوف يزداد ويقل التردد. فإذا جعلنا سعة هذه المتسعة تتغير وفقا لتغير الإشارة المحمولة فإننا سوف نحصل على الإشارة المضمنة تضمينا تردديا (FM).

الشكل (14-4) يمثل دائرة مضمن تردد (FM Circuit) وهي عبارة عن مذبذب من نوع (LC) ودائرة الرنين فيها مكونة من الملف L والمتسعة $C1$ والميكرفون السعوي $C2$ الذي يمثل متسعة تتغير سعتها بتغير شدة الصوت الساقط عليها.

وعند سقوط موجات الصوت على الميكرفون السعوي يتغير تردد الإشارة الخارجة من المذبذب. وان مقدار هذا التردد يعتمد على شدة الصوت الساقط وبهذا تكون الإشارة الخارجة إشارة مضمنة ترددياً لان تردد الإشارة الحاملة المتمثلة بتردد إشارة المذبذب يتغير تبعاً لتغير شدة إشارة المعلومات المراد تضمينها .

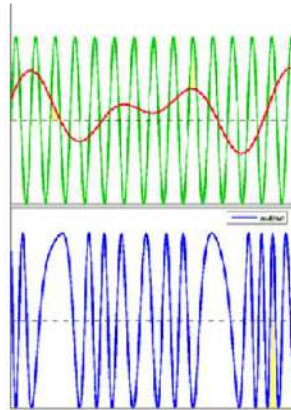
وتمتاز الإشارة المضمنة تضميناً ترددياً بتأثيرها بإشارة الضوضاء بمختلف أنواعها يكون أقل من تآثر الإشارات المضمنة سعويًا إذ أن إشارة الضوضاء تؤثر في اتساع الإشارة المرسلّة، وان تغير الاتساع في التضمين الترددي ليس له تأثير كما هو الحال في التضمين السعوي.

ومن مساوئ التضمين الترددي انه يحتاج الى عرض حزمة اكبر مما تحتاجه الإشارة المضمنة سعويًا.



3-1-4 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 (15-4).

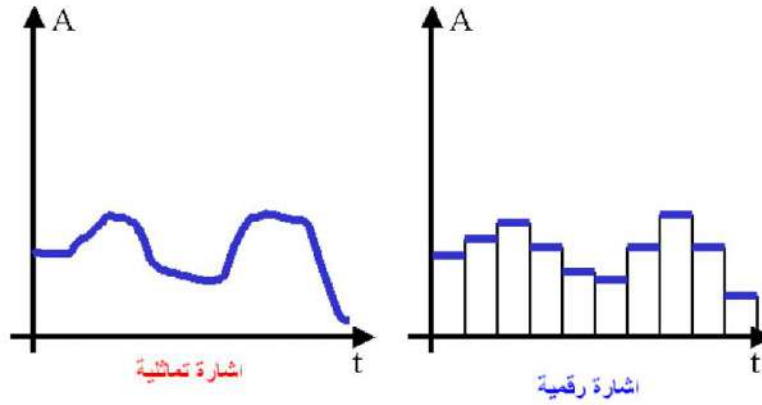


الشكل (15-4) تضمين الطور

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

4-1-4 التضمين الرقمي:

النظام الرقمي هو نظام يستعمل الأرقام كقيم مستقلة مميزة والنظام وغالباً ما يشير للنظام الثنائي في العد المعتمد على القيمتين **1 و 0** وهو يختلف عن النظام التماثلي (Analog). والاختلاف بين النظام الرقمي والتماثلي يكمن في نوعية وهينة الإشارة من حيث سعتها أو قيمتها وكذلك من حيث الزمن الذي تشغله. فالإشارة التماثلية يمكن أن تأخذ أي قيمة في زمن مستمر وغير متقطع بينما الرقمية لا تأخذ إلا إحدى القيم المتعارف عليها في النظام ضمن أزمنة مستمرة أو متقطعة لاحظ الشكل (4-16).



الشكل (4-16) إشارة تماثلية ورقمية

مصدر الإشارة الرقمية هو دوماً تماثلي حيث أن الحياة حولنا تماثلية ولذلك يتم تحويل أي إشارة تماثلية إلى رقمية بواسطة تقنية وإجراءات معينة وبواسطة مبدل تماثلي رقمي (ADC) المضط على زر Analog Enter Digital Converter ، إن المجال الأوسع لاستعمال النظام الرقمي أو النظام الثنائي هو الحواسيب والأجهزة الإلكترونية بشكل عام. ويتم التعبير عن النظام الرقمي كهربائياً بواسطة النبضات الكهربائية غالباً حيث في النظام الرقمي المعتمد على النظام الثنائي يمكن تمثيل القيم كما يلي: (1) يوجد نبضة موجبة (جهد كهربائي ذو قيمة محددة (5 فولت مثلاً) لمدة محددة)، (صفر) لا يوجد جهد (صفر فولت) لنفس المدة وبالعكس الإرسال الرقمي كما في الشبكات المحلية السلكية wired local area network بحيث ترسل المعلومات الرقمية في حالتها الرقمية فإن الإرسال اللاسلكي wireless network لا يمكن إرسال المعلومات إرسالاً رقمياً لذا فلا بد من تحويلها إلى إشارات تماثلية عبر إحدى الطرق الأساسية التالية:

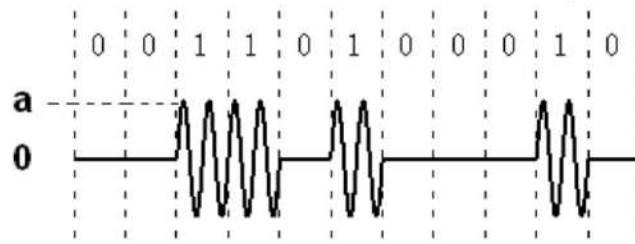
أ- مفتاح الإزاحة ألتساعي Amplitude Shift Keying ASK
ب- مفتاح الإزاحة الترددي Frequency Shift Keying FSK

ج- مفتاح الإزاحة الطور Phase Shift Keying PSK

مفتاح إزاحة ألتساع Amplitude Shift Keying ASK

تعتبر طريقة مفتاح الإزاحة ألتساعي من أبسط طرق التضمين الرقمي حيث يتم تمثيل المعلومات الرقمية الثنائية **0 و 1** بسعتين مختلفتين. وكما نرى في الصورة فقد تم تمثيل حالة **0** بسعة تساوي صفراً وتم تمثيل حالة **1** بسعة تساوي **a**. ولهذا النوع بعض العيوب لحساسيته لأخطاء الإرسال كالتداخلات Interference والضوضاء noise وتشتت الإشارة بتعدد المسارات Multi-Path

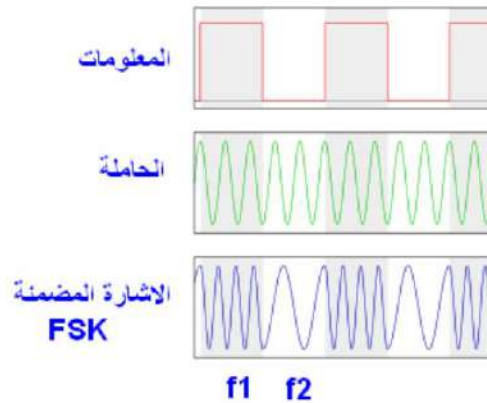
Propagation لذا فإنه لا يمكن ضمان صحة الإشارة في حالة الإرسال اللاسلكي بوجود مثل هذه الأخطاء. لاحظ الشكل (4-17)



الشكل (4 - 17) ASK

مفتاح إزاحة التردد Frequency Shift Keying FSK

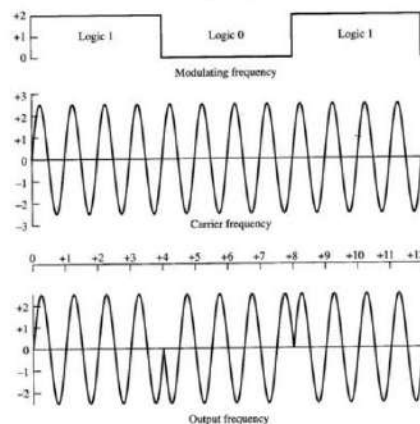
تعتبر طريقة مفتاح إزاحة التردد FSK واحدة من طرق التضمين الرقمي المستخدمة بكثرة. في هذه الطريقة يتم تمثيل المعلومات الرقمية الثنائية (0 و 1) بإشارة ثابتة السعة ويتم تغيير التردد لكل حالة. وكما في الشكل (4-18) فقد تم تمثيل حالة 1 بتردد f_1 وحالة الصفر بتردد f_2 . وهذا النوع من التعديل يُعدُّ أقل حساسية لأخطاء الإرسال من تداخلات وضوضاء وتشتت للإشارة بتعدد المسارات.



الشكل (4-18) FSK

مفتاح إزاحة الطور Phase Shift Keying PSK

في هذا النوع من التضمين يحدث تغيير في زاوية الطور بمقدار 180° عند كل تغيير للمعلومات الرقمية من (0 إلى 1) أو العكس مع تثبيت قيمة السعة والتردد. وهذا النوع من التردد أقل حساسية لأخطاء الإرسال من تداخلات وضوضاء وتشتت للإشارة بتعدد المسارات. لاحظ الشكل (4-19).



الشكل (4-19) PSK

2-4 الكشف : Demodulation

هو عملية استخلاص الإشارة المحمولة (المعلومات) من الإشارة المضمنة (Modulated) والتخلص من تردد الإشارة الحاملة (Carrier). ويُعدُّ الكاشف الثنائي أو البلوري (Crystal Diode) الأكثر استعمالاً للكشف عن إشارة المعلومات المرسلَة يصنع من الجرمانيوم أو السيليكون ويوضع وسط غلاف زجاجي لاحظ الشكل (20-4). وفي الدوائر المدمجة يخصص جزء منها لثنائي الكاشف.



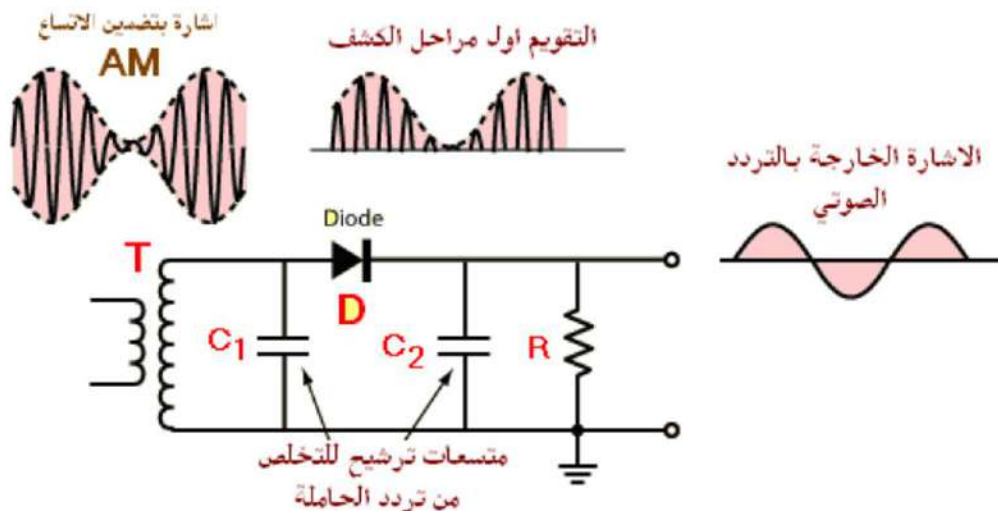
الشكل (20-4) الكاشف البلوري

ومن أنواع الكشف هي:

- 1- كاشف تضمين الاتساع .
- 2- كاشف تضمين التردد .
- 3- كاشف تضمين الطور .

1-2-4 كاشف تضمين الاتساع : Amplitude Demodulation

في الدائرة الموضحة بالشكل (21-4) 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_L) أكبر بكثير من مقاومة الانحياز الأمامي للثنائي (re) .



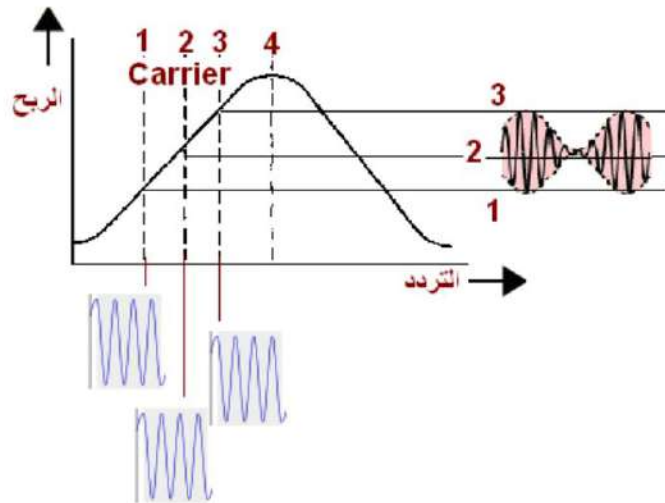
الشكل (21- 4) الدائرة الالكترونية لكاشف تضمين الاتساع

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 مرسلّة بالتردد الواطئ مثل إشارة بالتردد الصوتي أو إشارة صورية وغيرها.

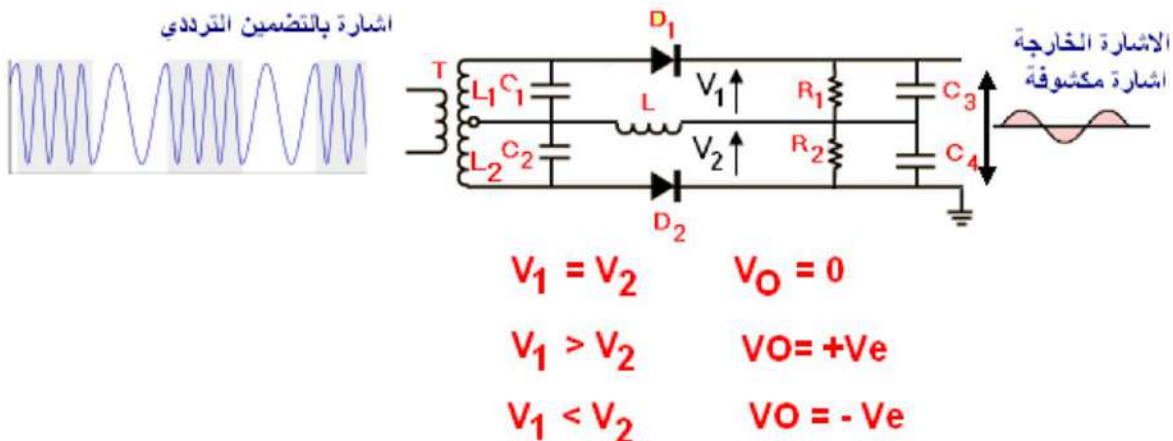
4-2-2 كاشف تضمين التردد : Frequency Demodulation

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 (4-22). وبتهيئ هذه الإشارة الى الثنائيات يتم الكشف عن الإشارة المحمولة (المعلومات) .



الشكل(4-22) منحني يوضح الكشف بالتضمين الترددي

والدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (4-23) 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 للثنائيتين (D_1, D_2) يظهر جهد على (R_1, R_2) متساوين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه أي ان محصلتهما تساوي صفراً.

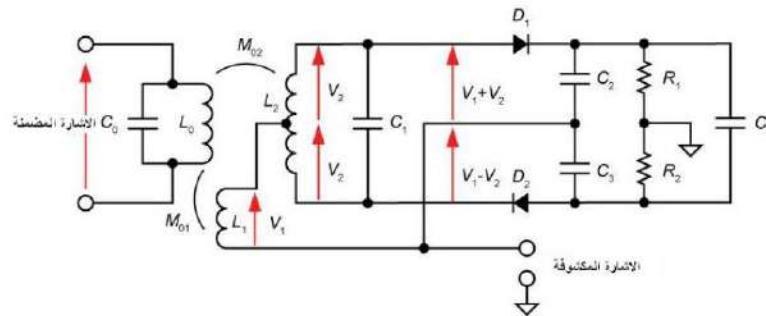


الشكل(4-23) الدائرة الالكترونية لكاشف تضمين التردد

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).

3-2-4 كاشف تضمين الطور

إن عملية كشف التضمين أو ما يسمى بإزالة التضمين هي عبارة عن استخلاص إشارة المعلومات من الموجة الحاملة وعملية الكشف للإشارة بتضمين الطور يعتمد على الزاوية للإشارة المضمنة ومن أنواعها دوائر المميز حيث يؤخذ الجمع الجبري للإشكال الاتجاهية على الثنائيان D_1 و D_2 كما في الشكل (24-4) .

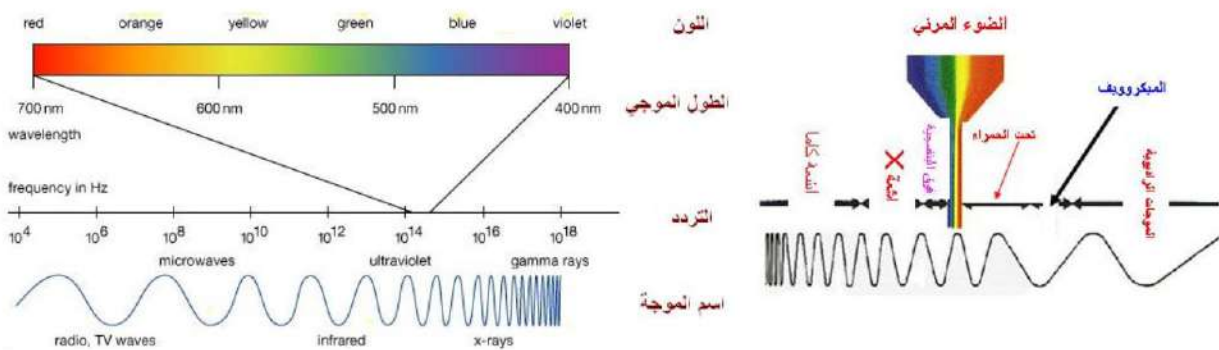


الشكل (24-2) دائرة المميز

3-4 أنواع الموجات الراديوية :

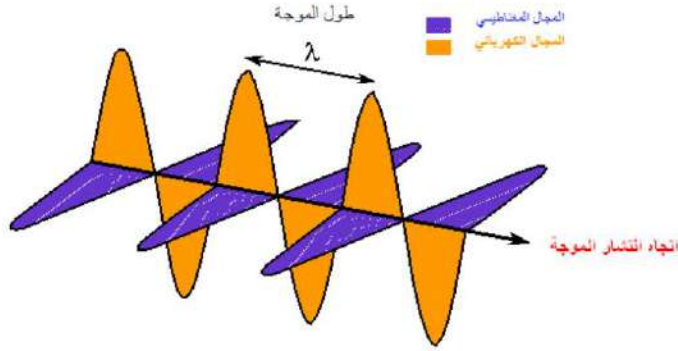
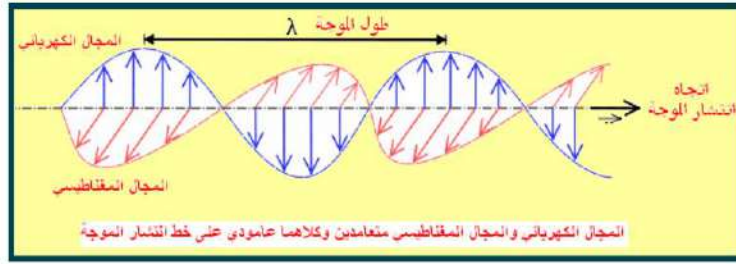
تمهيد :

الموجات الراديوية (Radio Wave) هي جزء من طيف الموجات الكهرومغناطيسية بطول موجي أعلى من الأشعة تحت الحمراء، وتستعمل في البث الإذاعي والتلفزيوني واتصالات الهاتف الخليوي والملاحة. والشكل (25-4) يوضح الطيف الترددي للموجات الكهرومغناطيسية.



الشكل (4 - 25) الطيف الترددي للموجات الكهرومغناطيسية

الانتشار الكهرومغناطيسي هو انتشار الموجات الكهرومغناطيسية بمركباتها الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء. ويتم هذا الانتشار مع اهتزاز الحقلين الكهربائي والمغناطيسي، بحيث يشكلان زوايا قائمة مع بعضها البعض ومع اتجاه انتشار الموجة، لاحظ الشكل (26-4).



الشكل (4-26) الانتشار الكهرومغناطيسي

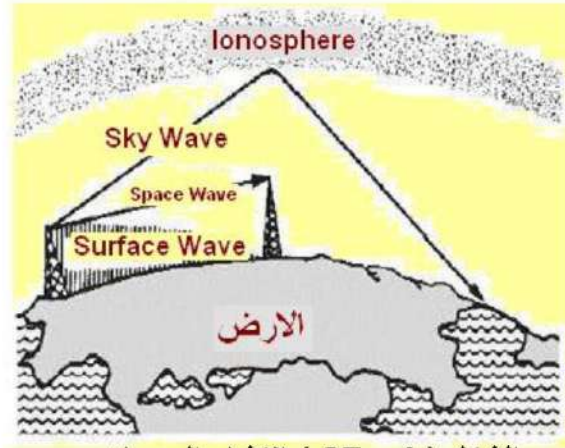
تقوم الموجات الكهرومغناطيسية بنشر الطاقة في الفراغ أو من خلال المواد الشفافة مثل الزجاج. وتختلف الموجات الكهرومغناطيسية تماما عن موجات الصوت، لأن الموجات الصوتية تحتاج إلى وسط مادي للانتشار كالماء والهواء والمعادن وغيرها، في حين أن الموجات الكهرومغناطيسية مثل الضوء فهي لا تحتاج لوسط مادي لتنتقل فيه مثل انتقال أشعة الشمس في الفراغ. ويتراوح 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 لاحظ الشكل (4 - 27)

أ- الموجات الأرضية (Surface Wave)

ب- الموجات المنعكسة من طبقات الجو العليا (Sky Wave)

ج- الموجات المنتشرة بشكل خط مستقيم (Space Wave)

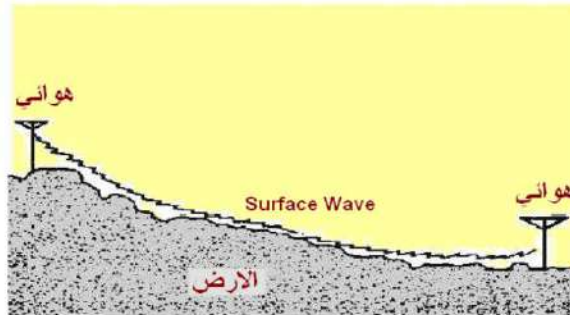
د- الموجات المنتشرة عبر الأقمار الاصطناعية



الشكل (4 - 27) انتشار الموجات

أ- الموجات الأرضية :

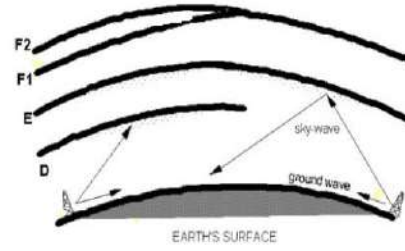
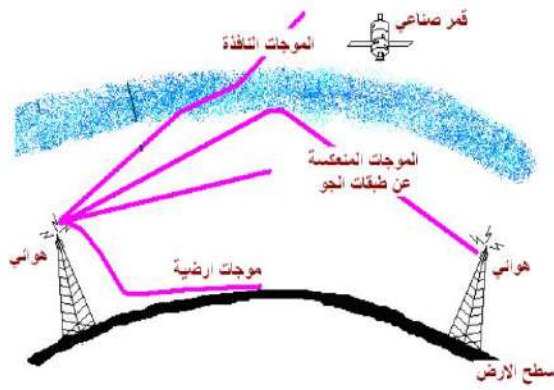
وهي موجات راديوية تنتشر على سطح الأرض ويكون فيها المجال الكهربائي عمودياً على سطح الأرض كي لا يحدث قصر (Short) إذا كان المجال الكهربائي أفقياً. تتأثر الموجات الأرضية بالعوارض مثل الأبنية والمرتفعات الموجودة على سطح الأرض وغيرها ، وتنتقل مع اضمحلال قليل في طاقتها عندما تنتقل على سطح موصل مثل ماء البحر المالح مثلاً. ويكون اضمحلالها كبيراً عندما تنتقل عبر سطح أرض جافة. تزداد الخسائر في طاقة الموجات الأرضية بزيادة تردد هذه الموجات، وتصبح الخسائر في الطاقة كبيرة عندما يصل التردد إلى أكثر من (2MHz). وتمتاز هذه الموجات بأنها بعدم تأثرها بفصول السنة، أو الوقت وتستطيع الوصول إلى أي نقطة على سطح الأرض إذا كانت قدرة الإرسال عالية والتردد قليلاً. لاحظ الشكل (4-28).



الشكل (4-28) الموجات الأرضية

ب - الموجات المنعكسة عن طبقات الجو العليا : Sky Wave

حين يتم توجيه الموجات الكهرومغناطيسية إلى طبقة الايونسفير تنعكس الموجات من هذه الطبقة متجهة إلى نقطة أخرى على الأرض يتم فيها الاستقبال. وتقسّم طبقة الايونسفير إلى طبقات عديدة هي : الطبقة السفلى (D)، والطبقة المتوسطة (E)، والطبقة العليا (F). لاحظ الشكل (4-29).



الشكل (29-4) 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 الأقرب إلى الشمس. ولدراسة هذه الطبقات نوضح ما يأتي:

(1) طبقة الأيونوسفير السفلى (D) :

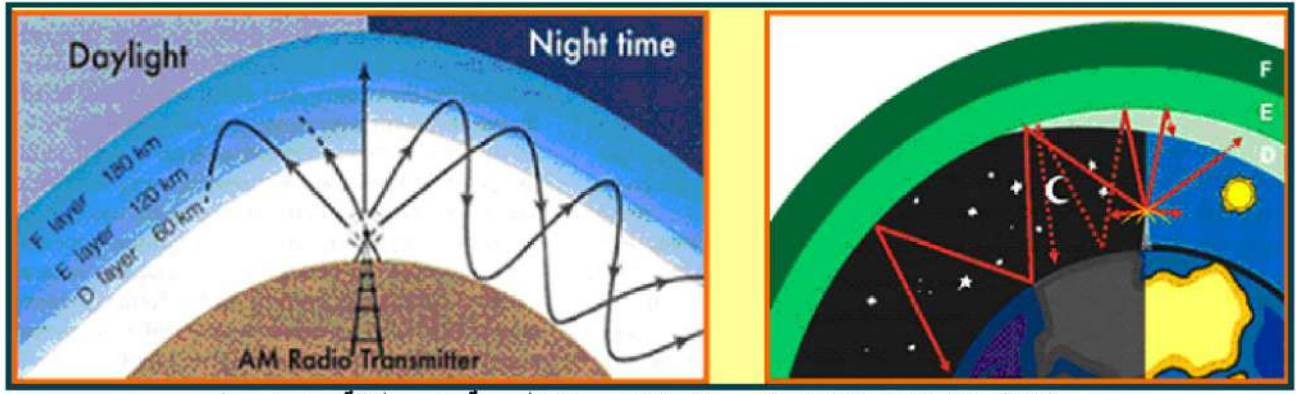
تبعد هذه الطبقة عن الأرض مسافة تتراوح بين (25-60)Km لها القابلية على عكس الموجات ذات الترددات القليلة وتختفي هذه الطبقة عند الغروب لأنها تفقد تأينها.

(1) طبقة الأيونوسفير الوسطى (E) :

تبعد هذه الطبقة بمسافة (60-120)Km 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) إذ تصل إلى (20)MHz .

(3) طبقة الأيونوسفير العليا (F) :

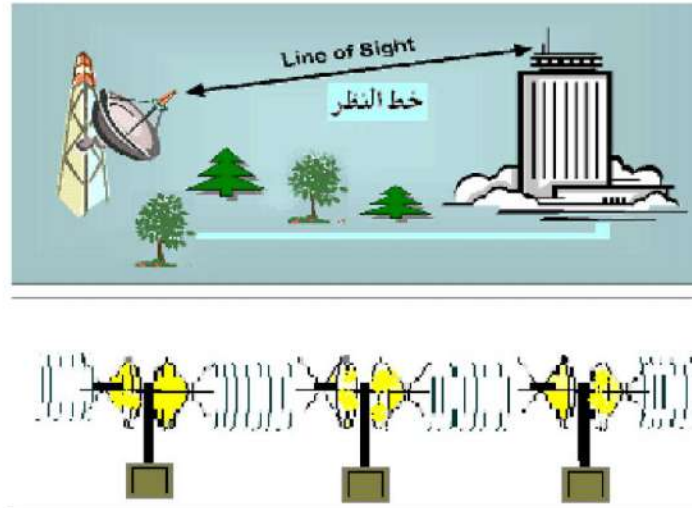
تبعد (120-180)Km عن سطح الأرض ويكون تأين هذه المنطقة عالياً جداً خلال ساعات النهار ويبدأ بالتناقص في الليل ولكنه لا ينتهي إذ يستمر طوال الليل ويتجدد في النهار التالي وهكذا تستمر هذه الطبقة بعكس الموجات الكهرومغناطيسية طوال اليوم. ويصل تردد الموجات التي تعكسها هذه الطبقة إلى (30)MHz. والشكل (4-30) يوضح ذلك.



الشكل (2-30) انتشار الموجات الكهرومغناطيسية عبر طبقة الايونسفير

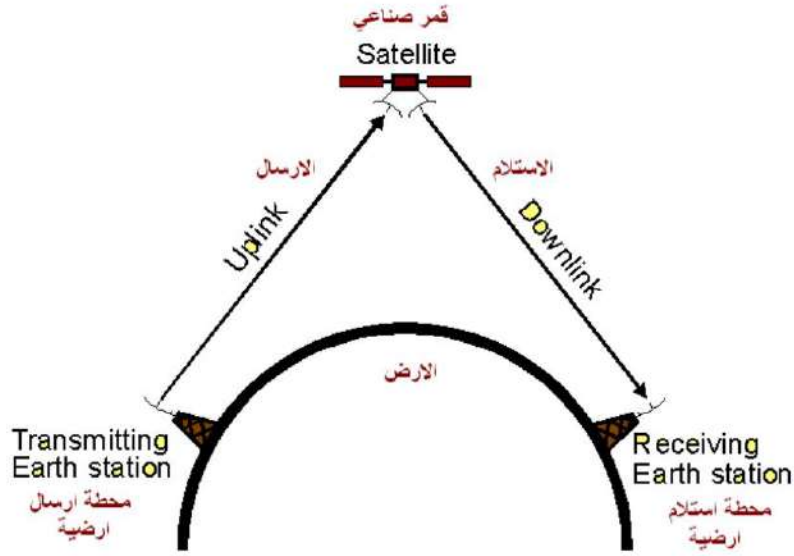
ج - الموجات المنتشرة بخط مستقيم :

تحدد المسافة المقطوعة **للموجات المنتشرة في الفضاء** بخطوط مستقيمة باتجاه خط النظر (Line of Sight) إذ إن كروية الأرض تمنع انتقالها إلى مسافات بعيدة جداً، لذلك يتم اللجوء إلى زيادة ارتفاع كل من هوائي الإرسال والاستقبال ولكن من الناحية العملية لا يمكن زيادة الهوائيات إلى ارتفاعات شاهقة جداً لذا لا تنتشر الموجات بهذا النمط أكثر من (70)Km، وهي مستخدمة في الإرسال التلفزيوني، ومنظومة الموجات الدقيقة (الميكروويف). لاحظ الشكل (4-31).



الشكل (4-31) الموجات المنتشرة بخط النظر (خط مستقيم)

أما **الانتشار عن طريق الأقمار الاصطناعية** فيتم بوضع القمر الصناعي في مدار محدود فوق الأرض بارتفاع (23000) ميل أي في حدود (36.800)Km عن سطح الأرض. ويشتمل القمر الصناعي على هوائيات وعدة أجهزة لاستقبال المعلومات من الأرض وتكبيرها ثم بثها إلى نقطة معينة على الأرض. ويغطي سطح القمر الصناعي خلايا شمسية دقيقة جداً تقوم بتجهيز القمر الصناعي بالطاقة الكهربائية، وتصل سرعة نقل البيانات من (356) كيلوبت إلى (100) مليون بت في الثانية الواحدة، لاحظ الشكل (4-32).



الشكل (4-32) الانتشار عن طريق الأقمار الاصطناعية

4-4 أجهزة الاستقبال الراديوية (Radio Receiver)

4-4-1 تمهيد:

تمكن العالم (ماركوني 1887-1937) من استعمال الموجات الكهرومغناطيسية في الإرسال، إذ استعمل جهاز إرسال مع هوائي لنقل الإشارات لمسافات بعيدة فأرسل عام (1901) إشارات عبر الأطلسي، فكان يوماً 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 (5.9-26.1) MHz. وفي الإذاعات التي تستعمل التضمين الترددي FM يكون التردد بين (88-108) MHz وقبل دراسة أجهزة الاستقبال الراديوية لابد من دراسة مبادئ الإرسال للمنظومة الراديوية.

4-4-2 أجهزة الإرسال الراديوية :

الموجات الراديوية أو موجات الراديو (Radio waves)، هي جزء من طيف الموجات الكهرومغناطيسية. تنتج تلك الموجات بالطبيعة عن طريق البرق أو الأجسام الفلكية. أما استعماله الصناعي فيكون في البث الإذاعي الثابت والمتحرك، مثل الراديو والتلفزيون واتصالات الخلوي والملاحة، ويتم بها الاتصال برواد الفضاء أيضاً، وبواسطتها يجري التحكم في صواريخ الفضاء، والتحكم في كل الأجهزة التي يرسلها الإنسان إلى الكواكب وعالم الفضاء، وأيضاً شبكات الكمبيوتر وتطبيقات أخرى. ويبلغ الطول الموجي لموجات الراديو بين عدة سنتيمترات إلى مئات الأمتار، فاختلاف الترددات لتلك الموجات يعطي خصائص مختلفة للانتشار في الغلاف الجوي؛ فالموجات الطويلة تغطي جزءاً من الكوكب بشكل دائم، والموجات الأقصر فإنها تنعكس من طبقة الأيونوسفير مما يتيح لها الوصول حول الكرة الأرضية. أما الموجات القصيرة فإنها تنعكس ويكون مسارها هو خط الأفق وسرعتها هي نفس سرعة الضوء (300000) كيلومتر في الثانية. وتتكون محطات الإرسال الإذاعية من عدد الأجهزة منها مكبرات الإشارة الصوتية والمذبذب، والمضمن السعوي أو

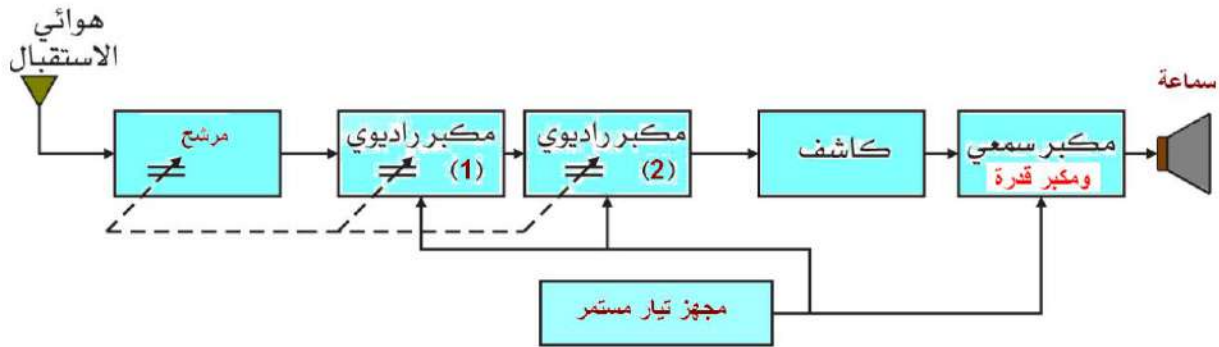
الترددى ومكبر القدرة للإشارة المرسله، وهوائى الإرسال والشكل (4-33) يوضح اجهزة احدى المحطات الإذاعية .



الشكل (4-33) الأجهزة المستخدمة في المحطة الإذاعية

3-4-4 جهاز الاستقبال البسيط (Simple Radio Receiver) :

ان المخطط الكتلى المبين فى الشكل (4 - 34) يوضح المراحل الأساسية لجهاز الاستقبال البسيط .



الشكل (4 - 34) المراحل الأساسية لجهاز الاستقبال البسيط

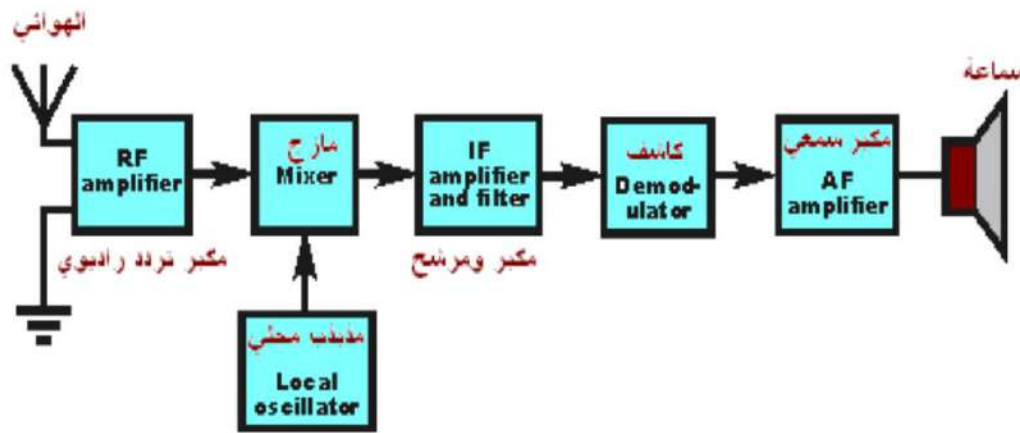
يقوم الهوائى بتحويل طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المنتشرة بالجو إلى إشارة كهربائية. ويتم اختيار إشارة المحطة المراد استلامها بواسطة دائرة التنعيم، وهي عبارة عن دائرة رنين. ويلي دائرة التنعيم مراحل عديدة من مكبرات التردد الراديو التي تنغم أيضا على تردد المحطة المستلمة. وان سبب استعمال مراحل عديدة لتكبير الإشارة الراديوية يعود إلى كون الكاشف يحتاج إلى إشارة دخول ذات مستوى عالٍ نسبياً. ويقوم الكاشف باستخلاص إشارة معلومات الصوت عن الإشارة الحاملة وتغذيتها إلى مكبر تردد صوتي (AF Amplifier) الذي يقوم بدوره بتكبير إشارة معلومات الصوت فقط وتغذيتها إلى السماعة.

4-4-4 مساوي استعمال جهاز الاستقبال البسيط :

في أجهزة الاستقبال الحساسة نحتاج إلى ربح يصل (10^8) . إذ أن (10^4) يتم الحصول عليه قبل الكشف (في مرحلة التردد العالي) و (10^4) في مرحلة التردد العالي بعد الكشف. 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 فإن الربح لكل مرحلة يجب أن يكون منخفضاً (20 للترددات المنخفضة الصوتية و 2 للترددات الراديوية المرتفعة)، وهذا يتطلب عدداً كبيراً من المراحل. وللتغلب على هذه الصعوبات فإن تكبير الترددات الراديوية عند الاستقبال يقسم إلى مرحلتين. ويتم تكبير كل منهما بتردد مختلف وذلك بالافادة من مبدأ تغيير التردد أو ما يسمى بالهيتروداين (Heterodyning). أي أنه يغير التردد الحامل للإشارة المضمنة الداخلة إلى تردد ثابت منخفض يسمى بالتردد الوسيط (IF)، وبذلك يصبح التكبير أسهل بشرط أن تبقى صفات التضمين على حالتها حتى بعد تغيير التردد.

4-4-5 جهاز الاستقبال السوبرهيتروداين (Superhetrodyne receiver) :

إن مشكلة تغير الانتقائية في جهاز الراديو البسيط جعلت العلماء يفكرون في تطويره إلى الراديو السوبرهيتروداين الذي ظهر عام 1930 ولا تزال جميع أجهزة الاستقبال الراديوي تعمل بهذا النظام الراديوي مما يدل على جودة هذا النظام. الشكل (4-35) يوضح مخططاً كتلوياً لجهاز الاستقبال السوبرهيتروداين.



الشكل (4-35) مخطط كتلوي لراديو سوبرهيتروداين يعمل بتضمين الاتساع

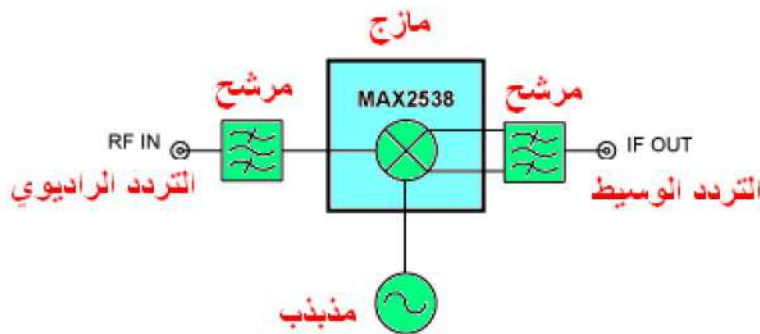
كما نلاحظ من الشكل أعلاه أن هناك ثلاث مراحل جديدة قد أضيفت إلى جهاز الراديو البسيط الذي تطرقنا له سابقاً. هذه المراحل هي المذبذب المحلي (Local Oscillator) والمزج (Mixer) ومكبر التردد الوسيط (IF Amplifier). وأن الهدف من هذا التصميم هو إضافة مرحلة مكبر التردد المتوسط الذي يتم فيه الجزء الأعظم من عملية تكبير الإشارة. وتمثل المرحلة الأولى في المخطط الكتلي دائرة مكبر التردد الراديوي والتي قد لا تستعمل في بعض الأحيان وخاصة إذا كانت نسبة الإشارة إلى الضوضاء قرب الهوائي مرتفعة نسبياً. والمرحلة الأخرى هي المازج إذ تدخل عليه إشارتان أحدهما 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 وحاصل

طرح تردد الإشارتين الداخلتين. والمرحلة الأخرى هي مرحلة مكبر التردد المتوسط التي تعطي تكبيراً للإشارة على عرض حزمة ثابت. ويتراوح التردد الوسيط بين (455 - 465) KHz. 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 عكسياً 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 أو قرب جهاز الاستقبال من محطة الإرسال أو في حالة حصول تغير في مستوى الإشارة الداخلة نتيجة للظروف الجوية.

6-4-4 مبدأ تغير التردد في راديو السوبرهتروداين :

ذكرنا ان المازج يقوم بتحويل التردد إذ تدخل عليه إشارتان أحدهما قادمة من مكبر التردد الراديوي والأخرى من المذبذب المحلي. ويكون تردد المذبذب المحلي عادة أعلى من تردد الإشارة الراديوية القادمة من الهوائي بمقدار التردد الوسيط، لذا جاءت كلمة (سوبر). علماً ان السبب في جعل تردد المذبذب المحلي أعلى من تردد إشارة الهوائي وليس العكس ليتسنى للجهاز استقبال الموجات الطويلة التي يكون أعلى تردد لها (300) KHz أي أقل من التردد الوسيط. ولفهم حقيقة ما يحصل في المازج لاحظ الشكل (4-36)، فالإشارة الداخلة الى المازج هي إشارة ترددها (1) KHz مضمّنة سعويًا (AM) بإشارة جيبية ترددها (1000) KHz أي أنها تحتوي على حزمتين جانبيتين أحدهما بتردد (999) KHz والأخرى بتردد (1001) KHz. وتردد المذبذب المحلي (1455) KHz وعليه فالإشارة الخارجة من المازج سوف تحتوي على الترددات الآتية :

- 1- جميع الترددات الأصلية الداخلة (999 ، 1000 ، 1001 ، 1455) KHz.
 - 2- جمع وطرح الترددات لجميع الإشارات الداخلة: (999 ، 1000 ، 1001) KHz $\pm$ 1455 وناتج هذه العملية هي : (2454 ، 2455 ، 2456 ، 454 ، 455 ، 456) KHz.
- المرحلة الأولى لمكبر التردد الوسيط تكون منغمة على تردد (455) KHz وبعرض حزمة KHz (2) وهذا المكبر يعمل على تكبير الحزمة الواقعة بين (454 - 456) KHz فقط . إذاً فالإشارة بعد مرحلة التردد الوسيط تشبه الإشارة القادمة من الهوائي من حيث التعديل السعوي لكن تردد الإشارة الحاملة انخفض من (1000 إلى 455) KHz، لاحظ الشكل (4-36).



الشكل (4-36) تغيير التردد في راديو سوبرهتروداين

7-4-4 التردد المشابه : Image Frequency

فيما سبق أوضحنا أن الراديو السوبرهتروداين 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 أن تركيبه معقد وكذلك فإن عملية تحويل التردد من المازج تسمح لبعض الترددات أن تدخل إلى مكبر التردد الوسيط في أن واحد ويحدث تداخل بينهما.
ومثال على ذلك نتأمل مستلماً منغماً على محطة ترددها (20) ميكا هرتز ويستعمل مكبر تردد وسيط منغم على تردد (1) ميكا هرتز. وفي هذه الحالة يكون تردد المذبذب المحلي (21) ميكا هرتز للحصول على (1) ميكا هرتز تردد وسيط. فإذا كان هناك بث على محطة ترددها (22) ميكا هرتز من الممكن لهذه المحطة أن تستلم من قبل المازج عن طريق الهوائي وتمتزج مع إشارة المذبذب المحلي ويكون تذبذب احد مركبات الإشارة الخارجة من المازج (1) ميكا هرتز. وبذلك سوف تدخل مرحلة مكبر التردد الوسيط إشارتان ترددهما (1) ميكا هرتز أحدهما ناتجة من المحطة التي تبث على التردد (21) ميكا هرتز والأخرى من المحطة التي تبث على التردد (22) ميكا هرتز. ويسمى تردد المحطة التي تبث على التردد (22) ميكا هرتز بالتردد المشابه.

مثال :

حدد التردد المشابه Image Frequency لجهاز استلام عادي يستلم محطة ترددها (620) كيلو هرتز.

الحل :

لما كان التردد الوسيط يساوي 455KHz ، فإن تردد المذبذب المحلي f_L يساوي :

$$f_L = 620 + 455KHz$$

$$f_L = 1075KHz$$

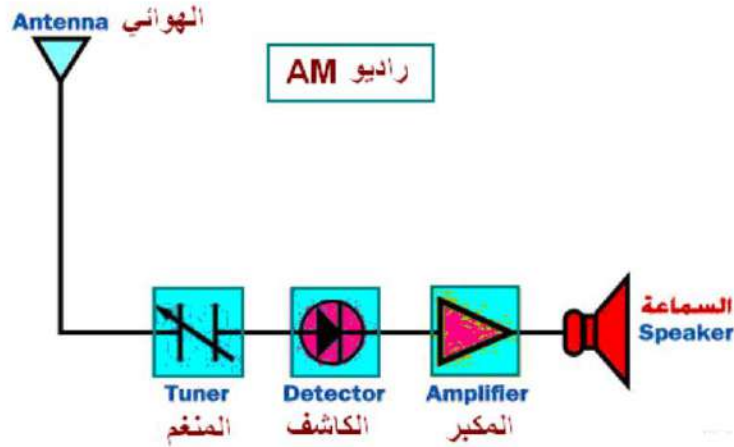
والآن نحدد أي تردد يمتزج مع الإشارة 1075 KHz للحصول على 455 KHz ولنفرضه :

$$X = 1075 + 455 KHz$$

$$X = 1530 KHz$$

8-4-4 مستقبل إذاعة الراديو AM :

يقوم جهاز الراديو باستقبال موجة الـ AM مثلاً الموجة ذات التردد (680KHz) والاستماع إلى ما يقوله مقدم البرنامج على هذا التردد . ونحن نعلم أن جهاز راديو السيارة عبارة عن المستقبل لإشارات الراديو المنتقلة من محطة الإرسال عبر الهوائي في الفراغ ولكن كيف يفصل جهاز الراديو صوت المذيع عن الموجة الجيبية الحاملة. وان وظيفة الموجة الجيبية الحاملة هي نقل المعلومات عبر الفراغ، والتي تحمل المعلومات وهذه المعلومات هي التي تم تضمينها سعويّاً وبالتالي ومن خلال دائرة استقبال الراديو يمكن أن نحصل على الموجة الصوتية واستبعاد الموجة الجيبية.
والشكل (4-37) يوضح فكرة عمل كل جزء من أجزاء جهاز الاستقبال (الراديو AM).



الشكل (4-37) مخطط لراديو AM

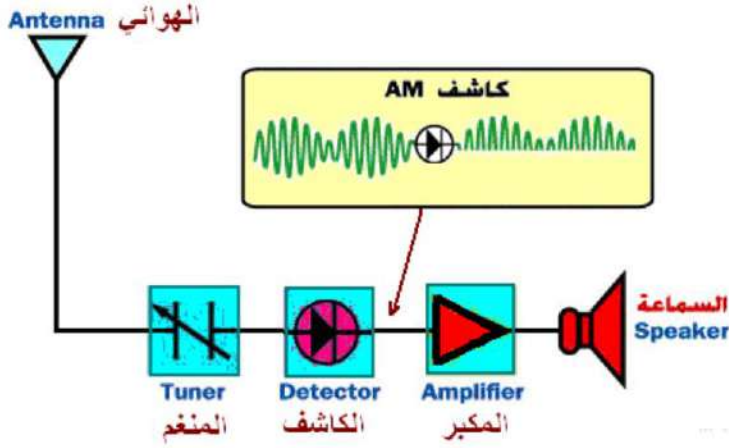
وكما نلاحظ من الشكل أعلاه الأجزاء المهمة في راديو الـ AM ويمكن تعريف هذه الأجزاء بشكل مبسط وكما يأتي :

أ- الهوائي وهو سلك موصل يعمل على استقبال أمواج الراديو الموجودة في الفضاء.

ب- المنغم وهو دائرة ضبط استقبال التردد وتعتمد فكرة عمل الدائرة على مبدأ الرنين **Resonance** فكما نعلم ان الكثير من الترددات الراديوية 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 أن مقاومة الدائرة لهذا التردد اقل ما يمكن، 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 إلى قناة أخرى أو محطة أخرى.

ج - الكاشف : وهو الجزء الذي يأتي بعد دائرة التثعيم والذي سنستقبل عليه المحطة التي تبث على التردد المطلوب مثلاً (680KHz) والذي يقوم بفصل المعلومات الصوتية عن الموجة الجيبية ويسمى أيضاً (Demodulator) اي كاشف التضمين. وفي هذه المرحلة يتم استعمال دايود (ثنائي) يعمل على تقويم موجة الراديو لتصبح موجة موجبة كما في الشكل (4-38) إذ يقوم الثنائي بتمرير الإشارة عندما تكون الدورة موجبة وتمنع مرورها عندما تكون الدورة سالبة.



الشكل (4-38) مخطط لراديو AM مبين عليه عمل الكاشف

د - المكبر وهو يأتي بعد مرحلة الكشف . وعملية تكبير موجة الراديو المقومة وذلك باستعمال ترانزستور أو أكثر ومن ثم إرسالها إلى السماعة التي تعمل على إصدار 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 المستقبلية من تردد الموجة الجيبية الأصلية لنحصل على الموجة التي تحتوي على المعلومات التي تكبر بنفس طريقة تضمين السعة AM وترسل بعد ذلك للسماعة.

ان الموجات الراديوية هي المدى المحدد من الترددات في الطيف الكهرومغناطيسي والتي تستعمل في العديد من الأجهزة والتي قامت لجنة الاتصالات الاتحادية (FCC) بتحديد لها . فمثلاً تم استعمال مدى التردد (550-1700) KHz لمحطات الراديو التي تعمل بنظام تضمين السعة AM، واستعمال مدى الترددات (88-108) MHz لمحطات الراديو التي تعمل بنظام تضمين التردد FM . وهناك أيضاً ترددات محددة لأجهزة السيطرة والتحكم عن بعد والتي تعمل على التردد 40 MHz . وكذلك الترددات المستعملة للهواتف المحمولة على المدى (824-849) MHz . ولهذا ترى انه لا يمكن أن يحدث تداخل بين عمل هذه الأجهزة إذا تم استعمالها في أن واحد أو في مكان واحد. وفي النهاية نستطيع ان نعرف السر وراء كل تكنولوجيا الأجهزة التي تستعمل أمواج الراديو، وكيف يتم تضمين او تحميل هذه الأمواج بالمعلومات من خلال طرق التضمين الثلاثة، وكذلك تعرفنا على فكرة عمل جهاز الراديو من ناحية الإرسال والاستقبال، وللعلم عزيزي الطالب فإن إرسال واستقبال محطات الراديو تطور ليكون هناك راديو الأقمار الصناعية والتي تمكنك من استقبال أي محطة راديو من خلال الأقمار الصناعية وهذه الأجهزة أصبحت في كل بيت حيث يمكنك الاستماع لمحطات أي إذاعة في العالم من خلال جهاز

استقبال الأقمار الاصطناعية الرقمي وكذلك هناك راديو الانترنت والذي انتشر في الآونة الأخيرة لتتمكن أي محطة أرضية من بث إرسالها أيضا عبر شبكة الانترنت لتصل إلى كل بقاع الأرض.

9-4-4 مستقبل إذاعة الـ FM :

الشكل (39-4) يبين مستقبل موجات راديو مضمنة تضمينا تردديا FM . يستعمل هذا المستقبل للتخلص من بعض المشاكل التي تواجه المستقبل من نوع الـ AM ، وهذه المشاكل هي الضوضاء (Noise) وعدم الدقة (Fidelity) . أن تصميم منظومة الـ FM هي أكثر تعقيدا من منظومة الـ AM وذلك للتخلص من العيوب المذكورة سابقاً .



الشكل (39-4) مخطط كتلوي لجهاز راديو FM

إن ترددات الـ FM تقع ضمن المدى الترددي (88-108) ميكا هرتز وهذه الترددات تدخل إلى الجهاز عن طريق الهوائي، والإشارة الداخلة تكون بحاجة إلى تكبير فلذلك تمر بمرحلة تكبير ترددات راديوية (مكبر تردد راديوي RF-Amplifier) . بعد ذلك يتم انتخاب أو استخلاص التردد باستعمال المازج (Mixer) والمذبذب (Oscillator) إذ يقوم المازج هنا بطرح تردد المذبذب من الإشارة القادمة من مكبر التردد الراديوي بعدها تدخل الإشارة إلى مكبر آخر هو مكبر التردد الوسيط (IF-Amplifier) ومن ثم تذهب الإشارة الناتجة إلى كاشف خاص يسمى كاشف ترددات الـ FM (FM Demodulator) للكشف عن الإشارة المرغوبة (السمعية). تكبر بعد ذلك فولتية هذه الإشارة عبر مكبر فولتية الإشارة السمعية (AF amplifier) ومن ثم تذهب إلى مكبر آخر يعمل على تكبير القدرة ليتسنى لنا سماع الصوت وهو مكبر القدرة (Power Amplifier) حتى يتم سماع الصوت بوساطة المرحلة النهائية وهي السماعة .

5-4 جهاز القرص الليزري CD

انتشر استعمال الـ CD ليحل محل أشرطة الكاسيت المغناطيسية لما تمتاز به هذه التكنولوجيا من ميزات أهمها سعتها التخزينية الكبيرة وجودة المادة المخزونة عليها وعمرها الافتراضي الطويل . أما الـ CD متعدد الاستعمالات حيث يمكن استعمالها لتخزين أشارات سمعية أو معلومات مختلفة، ولأهمية هذا الموضوع سنقوم بتوضيح فكرة عمل أقراص الـ CD وجهاز قراءة هذه الأقراص وكتابتها.

جاءت تسميتها بهذا الاسم (سي دي) من أول أحرف للاسم الإنجليزي

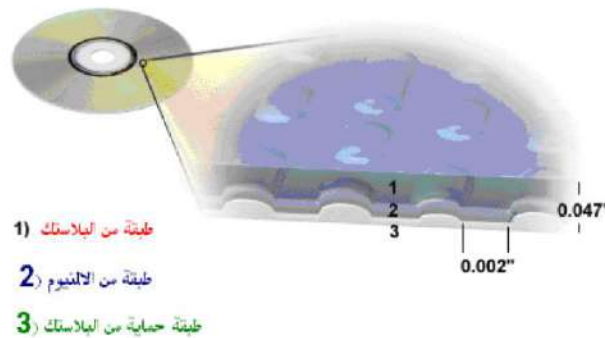
سي دي (Compact Disk)

4-5-1 السعة التخزينية لأقراص CD

يمكن تخزين ما يقارب 74 دقيقة من المعلومات على القرص الواحد، وهذا يعادل 740 MB من المعلومات على القرص الذي يبلغ قطره 12 سم، مما يعني أن المساحة المخصصة لكل بايت على القرص يجب أن تكون متناهية الصغر. وتوجد أقراص بقطر يقارب 8 سم له القابلية على تخزين 193MB بزم من 22 دقيقة، وتوجد كذلك أقراص الـ DVD لها القابلية على تخزين ما يقارب الـ 9GB، وهناك أنواع عديدة وبسعات مختلفة. وبدراسة تركيب قرص CD يمكن فهم كيف يمكن تخزين هذا الكم الهائل من المعلومات على المساحة الصغيرة نسبياً

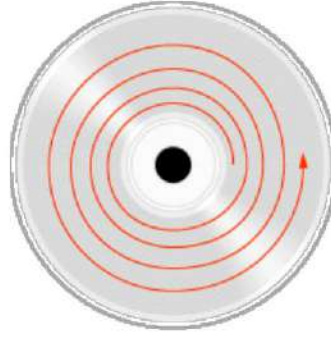
4-5-2 مكونات قرص CD

يتكون قرص الـ CD من البلاستيك بسمك قدره 1.2 ملم تعرف باسم البولي كربونات polycarbonate وعلى هذه الطبقة توجد طبقة رقيقة من الألمنيوم اللامع بسمك 1.25 نانومتر مغطاة بطبقة حماية من مادة الاكريليك acrylic كما في الشكل (4 - 40) .



الشكل (4-40) مكونات القرص CD

يحتوي القرص CD على مسار متصل من البيانات على شكل لولبي يبدأ من الداخل إلى الخارج، وهذا يعني أنه بالإمكان تقليل قطر الـ CD عن 12 سم إذا رغبنا في ذلك. وفي الحقيقة توجد بطاقات بحجم بطاقة business cards يمكن وضعها في جهاز قارئ CD وتحتوي على بيانات بسعة تخزينية قدرها 2 ميجابايت، لاحظ الشكل (4-40) .



الشكل (4 - 4) يوضح مسار البيانات اللولبية في قرص الـ CD

وبالنظر تحت المجهر على شكل هذه المسارات اللولبية التي تحتوي على البيانات نجدها تظهر كما في الشكل المقابل على صورة مرتفعات Bits عرضها لا يتجاوز 0.5 ميكرون وارتفاعها 125 نانومتر لاحظ الشكل (4 - 41) ويفصل بين المسار والذي يليه مسافة تبلغ 1.6 ميكرون. وهذه مساحات متناهية في الصغر. وللتوضيح أكثر نفترض أننا قمنا بتحويل المسار اللولبي إلى مسار مستقيم عندئذ سنحصل على شريط عرضه 0.5 ميكرون وطوله يتجاوز الـ 5 كيلومترا!! ولقراءة هذه المعلومات نحتاج إلى جهاز خاص هو جهاز الـ CD ROM Drive.



الشكل (4 - 41) صورة مكبرة للمسارات اللولبية في قرص الـ CD

يقوم جهاز مشغل أقراص CD بالبحث عن المعلومات المخزنة في صورة Bits على المسارات اللولبية وقراءتها وهذا يتطلب دقة عالية. ويمكن تقسيم مشغل أقراص CD على ثلاثة أقسام رئيسية هي :

- **المحرك :** يقوم بتدوير قرص CD والتحكم بسرعه التي تتراوح من 200-500 دورة في الدقيقة .
 - **الليزر :** وهو الأداة المستخدمة لقراءة البيانات من القرص .
 - **الباحث :** وهو الذي يقوم بتوجيه شعاع الليزر على المسارات المخصصة للبيانات بدقة فائقة .
- لاحظ الشكل (4 - 42).



الشكل (4 - 42) مشغل أقراص الـ CD

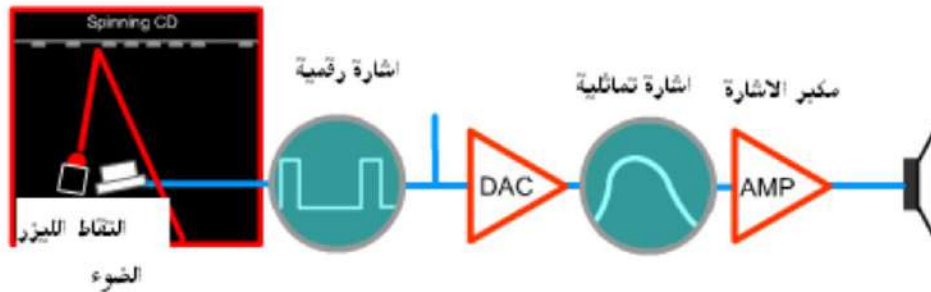
يحتوي مشغل الأقراص على قطع إلكترونية تقوم بتحويل البيانات المخزنة في صورة رقمية Digital إلى إشارة تماثلية Analogue كما هو الحال في استعماله لسماع الموسيقى أو لنقل البيانات إلى الحاسبة الإلكترونية لاحظ الشكل (4 - 43) .



الشكل (4 - 43) مكونات مشغل الأقراص

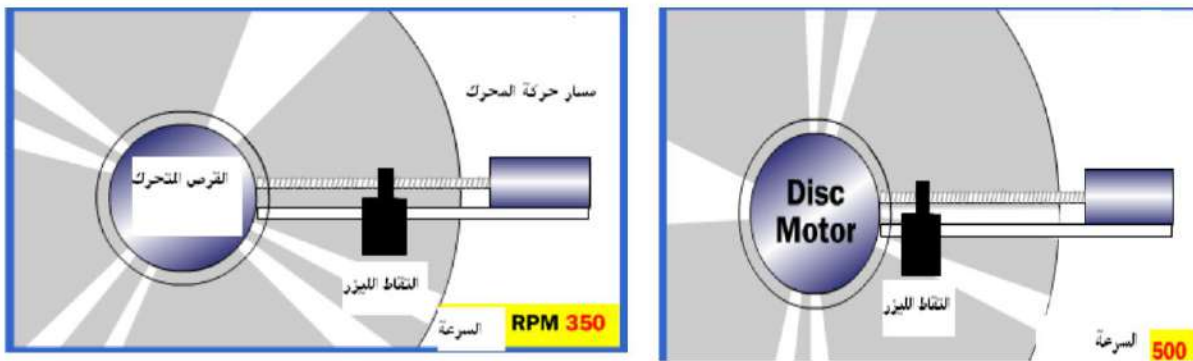
إن الوظيفة الأساسية لمشغل أقراص CD هي تركيز أشعة الليزر على المسارات التي تحتوي على البيانات، إذ تنفذ أشعة الليزر من الطبقة البلاستيكية لتسقط على طبقة الألمنيوم العاكس، وحيث أن المسارات تحتوي على البيانات على شكل Bits متقطعة مما يسبب في اختلاف انعكاس شعاع الليزر على هذه المناطق والمناطق التي لا تحتوي على البيانات. وبالتالي يكون الشعاع المنعكس عبارة عن

نبضات متقطعة هي بمثابة 1 , 0 هذه النبضات المتقطعة يقرأها الثنائي الضوئي، ثم يحول النبضات الضوئية إلى تيار كهربائي. تقوم أجهزة الكترونية في مشغل أقراص الـ CD بتفسير هذه التيارات الكهربائية الناتجة من الـ Bits المخزنة على القرص وتحويلها إلى معلومات. لاحظ الشكل (4- 44).



الشكل (4 - 44) عملية نقل البيانات المخزنة على القرص

ومن المهم التحكم في موقع شعاع الليزر على المسار اللولبي خلال دوران القرص المرين وهذا يتم من خلال محرك خاص مبرمج لتحريك الليزر بسرعات تتناسب مع سرعة دوران البيانات على القرص حيث أن سرعة تدفق البيانات تساوي حاصل ضرب السرعة الزاوية للقرص في نصف قطر المسار. ولهذا يجب على المحرك المتحكم في تحريك الليزر أن يتباطأ كلما اتجهنا من المسار الداخلي إلى المسار الخارجي لنحافظ على معدل تدفق ثابت للبيانات، لاحظ الشكل (4 - 45) .



الشكل (4 - 45) محرك القرص

3-5-4 قرص الفيديو الرقمي : DVD

ويمثل مصطلح هو Digital Video Disk لأنه مصمم للاستعمال كوسط لتخزين ونقل الأفلام الرقمية لعرضها في التلفزيونات المنزلية ثم تطور هذا المصطلح ليقودنا الى عالم من التطبيقات الأخرى المتعلقة بالأقراص البصرية ذات السرعة العالية والسعة الكبيرة لذلك تغيرت التسمية إلى قرص متنوع رقمي Digital Versatile Disk ولكن معظم الناس يستعملون الاختصار DVD فقط . وقد يصعب علينا من الوهلة الأولى التمييز بين قرص DVD و قرص CD فلهما قياس واحد حيث يبلغ قطر كل منهما 120mm وكلاهما بسمك 1.2mm ويعتمدان على أشعة الليزر لقراءة البيانات الممثلة بواسطة التجويفات ضمن المسار الحلزوني . وتتلخص الإمكانيات التي يمكن ان يشملها قرص DVD بسعة تسجيل تصل إلى 135mm بجودة ونقاوة عالية جداً تصل إلى 750 نقطة كدقة و خمس قنوات صوتية لتعطي نظاماً سمعياً فإذا ما قورنت السعة التخزينية للـ DVD

بالسعة التخزينية للـ CD فانه يمكن تخزين ثماني ساعات من الصوت المخزن على CD والذي لا يزيد على ساعة واحدة .

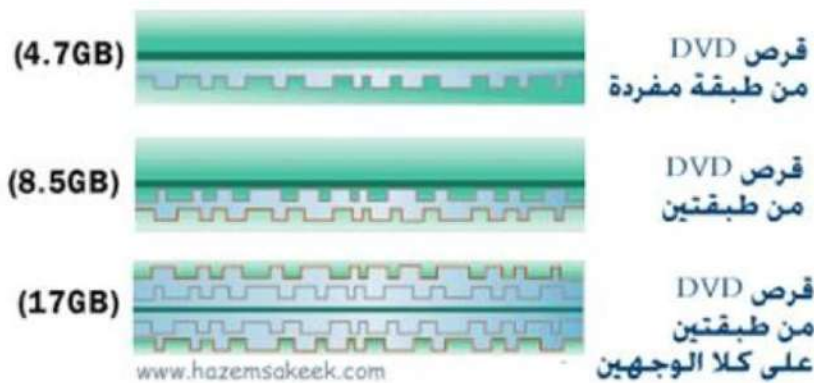
سؤال :

كيف يمكن أن نحصل على سبعة إضعاف سعة القرص المدمج CD على قرص له نفس الأبعاد .

الجواب :

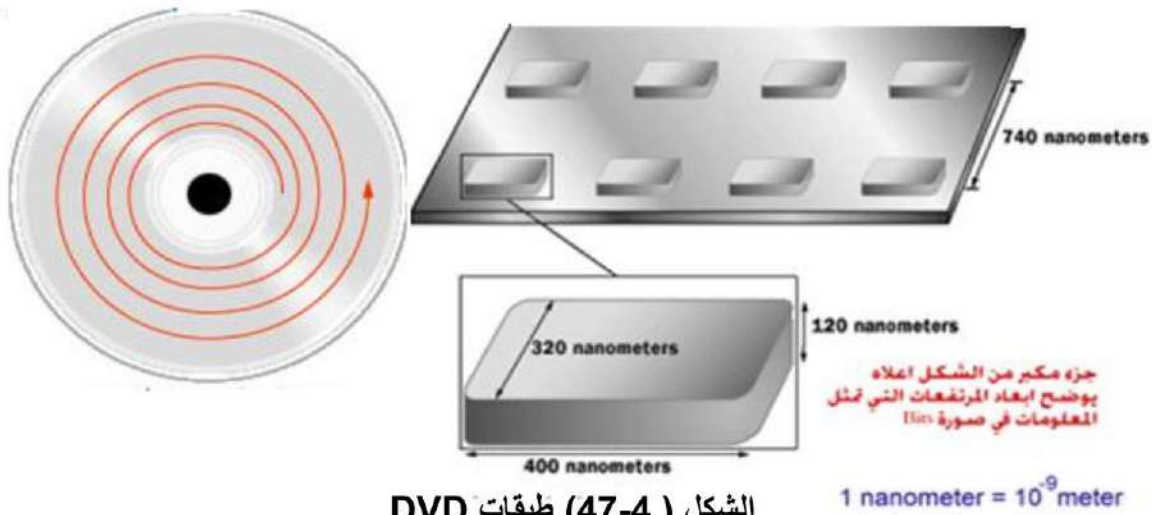
تكمّن الفكرة في تصغير إبعاد العناصر المكونة للبيانات . ولتوضيح تلك الفكرة فأننا نحتاج إلى فهم تركيب قرص الـ DVD وكيف تتم كتابة البيانات عليه وكيف تتم تلك البيانات.

يتكون قرص الـ DVD من طبقات عديدة من البلاستيك بسمك إجمالي قدره 1.2 مم تعرف باسم polycarbonate وعلى هذه الطبقة توجد طبقة رقيقة من الألمونيوم اللامع بسمك 1.25 نانومتر مغطاة بطبقة حماية من مادة lacquer. ويمكن أن نحصل على قرص DVD بطبقة مفردة أو بطبقة مزدوجة كما هو موضح في الشكل (4-46) مقاطع لتكوين قرص DVD.



الشكل (4 - 46) طبقات DVD

الشكل (4-47) يوضح مكونات قرص الـ DVD بأنواعه المختلفة والسعة التخزينية لكل قرص كل طبقة من طبقات القرص الـ DVD تحتوي على مسار حلزوني لتخزين البيانات ويبدأ هذا المسار من الداخل إلى الخارج . وبهذه الطريقة يمكن أن نحصل على قرص DVD بنصف قطر سمكه 12cm إذا كان ذلك مطلوباً . وبالنظر تحت المجهر الإلكتروني لتكبير سطح الـ DVD والتعرف على شكل هذه المسارات اللولبية التي تحتوي على البيانات نجدها تظهر كما في الشكل (4 - 47) على صورة مرتفعات Bits عرضها لا يتجاوز 320 نانومتر وارتفاعها 120 نانومتر ويفصل بين المسار والذي يليه مسافة تبلغ 740 نانومتر وهذه مساحات متناهية في الصغر. وللتوضيح أكثر نفترض أننا قمنا بتحويل المسار اللولبي إلى مسار مستقيم سنحصل على شريط عرضه 320 نانومتر وطوله يتجاوز 12Km ولقراءة هذه المعلومات نحتاج إلى جهاز عرض DVD Player أي مشغل أقراص الديفيدي (DVD).



الشكل (4-47) طبقات DVD

1 nanometer = 10^{-9} meter

من الأرقام المتناهية في الصغر نستنتج كم هو حجم البيانات الرقمية التي يمكن تخزينها على قرص DVD للنوع المكون من طبقة واحدة اما قرص ال DVD المكون من طبقتين على وجهي الاسطوانة فإنه يمكن ان نصف طول المسار الحلزوني الذي تسجل عليه المعلومات بـ 48 كيلومترا!

6-4 ما هو الـ (MP3):

MP3 أو (MPEG 1, Layer 3) عبارة عن ملف ذو تركيبة رقمية تم تصغير حجمها (بالضغط) بشكل كبير حتى يمكن تنزيل download ذلك الملف بوقت أقل من الإنترنت. وهذا الضغط لا يؤثر على جودة الصوت مادامت الجودة تحددها أذن الإنسان. هذه التركيبة تجعل مستعملها قادرين على تخزينها في أجهزتهم دون أن تستهلك مساحة كبيرة من القرص الصلب، وكذلك تحميلها عبر شبكة الإنترنت أو تنزيلها من الشبكة أو حتى إرسالها بالبريد الإلكتروني الى اصحابهم. كانت طريقة تسجيل الصوت للكمبيوتر تتم باستعمال ملفات بتركيبة واف WAV. المشكلة في طريقة التسجيل بهذه التركيبة هي أن ملف الصوت الناتج يكون ضخماً جداً. فعلى سبيل المثال إذا أردت أن تقوم بتسجيل مقطع صوتي ومدته أربعة دقائق باستعمال كمبيوترك فإن هذا المقطع سيستهلك ملفاً حجمه أربعون ميجابايت. أما إذا أردت تسجيل أكثر من قرص سي دي (CD) فإن ذلك يصبح مستحيلاً تقريباً. واما الآن وبطريقة تصغير حجم الملف بعملية الضغط فيمكنك تسجيل مئات الملفات الصوتية بجودة عالية، وبدون أن تستهلك الكثير من المساحة على القرص الصلب. يتم الحصول على هذا الضغط على أساس رياضي اعتمد فيه أسلوب الخوارزمية algorithm الرياضي في ملفات MPEG 1, Layer 3. كما يقوم هذا الأسلوب في جزء منه بالاستغناء عن بعض معلومات الملف، ولكن ذلك يتم اعتماداً على بعض نظريات علوم الصوتيات، حيث يتم إزالة جميع الأصوات المكررة فوق بعضها أو محمولة ولو جزئياً فوق أصوات أخرى overlapped بدون أن تكون لها فعالية وكذلك إزالة الأصوات ذات الترددات التي لا تقدر الأذن البشرية على سماعها أو التعرف عليها. ومن ناحية عملية فإن كل دقيقة صوت بجودة صوت السي دي ذات و صوت ستريو 16 بت تستهلك عادة 10 ميجابايت، لكننا اذا استعملنا رموزاً جديدة فإن هذا الاستهلاك قد أصبح من الممكن تخفيضه بنسبة 1 إلى 12، مع الاحتفاظ بجودة الصوت التي يمكن للأذن البشرية استقبالها وتمييزها.

الاختبارات الموضوعية : Tutorial Tests

- 1- الغرض من التضمين هو :
 - أ - جمع موجتين بترددات مختلفة.
 - ب - انجاز شكل موجي للموجة الحاملة.
 - ج - ارسال معلومات تردد واطى لمسافات طويلة.
 - د - انتاج الحزم الجانبية.
- 2- الكشف هو :
 - أ - أداء محطة الإرسال.
 - ب - حذف الحزم الجانبية.
 - ج - عكس التضمين
 - د - تقويم الإشارة المضمنة.
- 3- في تضمين الاتساع يكون :
 - أ - التردد ثابتاً والسعة ثابت
 - ب - التردد متغيراً والسعة متغيرة.
 - ج - التردد ثابتاً والسعة متغيرة.
 - د - توجد ثلاث حزم جانبية.
- 4- في تضمين التردد يكون :
 - أ - التردد ثابت والسعة ثابتة.
 - ب - التردد متغير والسعة متغيرة.
 - ج - التردد متغير والسعة ثابتة.
 - د - توجد حزمة جانبية واحدة.
- 5- الكشف لتضمين الاتساع يستعمل :
 - أ - للحصول على الإشارة الحاملة.
 - ب - للحصول على الإشارة الحاملة والمحمولة.
 - ج - للحصول على 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.
ج - للحصول على تردد المذبذب المحلي.
د - لطرح تردد المكبر الراديوي من تردد المذبذب المحلي.
7 - تقسم طبقة الايونسفير حسب ابتعادها عن سطح الارض الى :

أ - D و E و F

ب - السفلى و الوسطى والعليا

ج - 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

ج - (724-749)MHz

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

أ - تضمين السعة

ب - تضمين التردد

ج - تضمين الطور

10- ان ترددات إذاعة الـ FM تقع ضمن المدى الترددي

أ - (88-108) كيلو هيرتز

ب - (80-180) ميكا هيرتز

ج - (88-100) ميكا هيرتز

أسئلة الفصل الرابع

- 1- عرف التضمين . وما هي فوائده ؟
- 2- احسب طول الموجة لإشارة ترددها (6) ميكا هيرتز .
- 3- ارسم دائرة مضمن اتساع و اشرح عملها .
- 4- لماذا نستعمل التضمين ؟
- 5- عدد أنواع تضمين الإشارات التماثلية .
- 6- ما هي نسبة التضمين ؟ وعلى ماذا تعتمد ؟
- 7- عرف تضمين الاتساع . وما المقصود بمعامل التضمين ؟
- 8- احسب معامل تضمين الإشارة الخارجة من مضمن اتساع . إذا كان اتساع مضمن الموجة الحاملة يساوي (10) ملي فولت واتساع الموجة المحمولة يساوي (3.2) ملي فولت .
- 9- احسب معامل تضمين إشارة مضمنة سعويًا القيمة العظمى لها تساوي (30) ملي فولت والقيمة الصغرى تساوي (7) ملي فولت .
- 10- ارسم الطيف الترددي لإشارة مضمنة سعويًا إذا كان تردد الموجة الحاملة يساوي (100) كيلو هيرتز وتردد الموجة المحمولة يساوي (8) كيلو هيرتز.
- 11- ما هي فائدة الإرسال بحزمة جانبية منفردة ؟
- 12- ما المقصود بتضمين التردد FM ؟ اذكر أهم فوائده ومساوئه .
- 13- ارسم دائرة مضمن تردد ووضح مبدأ عملها .
- 14- عرف الكشف . وعدد انواعه .
- 15- هناك أربعة أنماط تنتشر فيها الموجات الكهرومغناطيسية بين نقطتي الإرسال والاستقبال عددها و اشرح واحدة منها.
- 16- عدد طبقات الايونسفير مع الشرح .
- 17- اذكر المتطلبات الأساسية لأجهزة الاستقبال ؟
- 18- ما هو تأثير إشارات الضوضاء على جودة الاستلام الراديوي ؟
- 19- اذكر ثلاثة مصادر للضوضاء تؤثر في الاستلام الراديوي ؟
- 20- ما هي مساوئ جهاز الاستقبال البسيط ؟
- 21- وضح باختصار متى يستعمل مكبر التردد الراديوي في أجهزة الاستقبال ولماذا ؟
- 22- ما هي المراحل الإضافية لجهاز الاستقبال السوبر هيتروداين على جهاز الراديو البسيط ؟
- 23- ما هي فائدة تغير التردد في جهاز الراديو السوبر هيتروداين ؟

24- لماذا يكون تردد المذبذب المحلي في جهاز الراديو السوبر هيتروداين اعلى من تردد إشارة الهوائي ؟

25- مافائدة مرحلة منظم فولتية الإشارة ذاتيا AVC في جهاز الراديو السوبر هيتروداين ؟

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

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

الفصل الخامس

منظومة الإرسال التلفزيوني: Television Transmission System

أهداف الفصل : معرفة وإكساب الطالب مكونات البث التلفزيوني ومكونات جهاز

التلفزيون الملون والرقمي وأنواع أنظمة الإرسال التلفزيوني الملون .

محتويات الفصل الخامس :

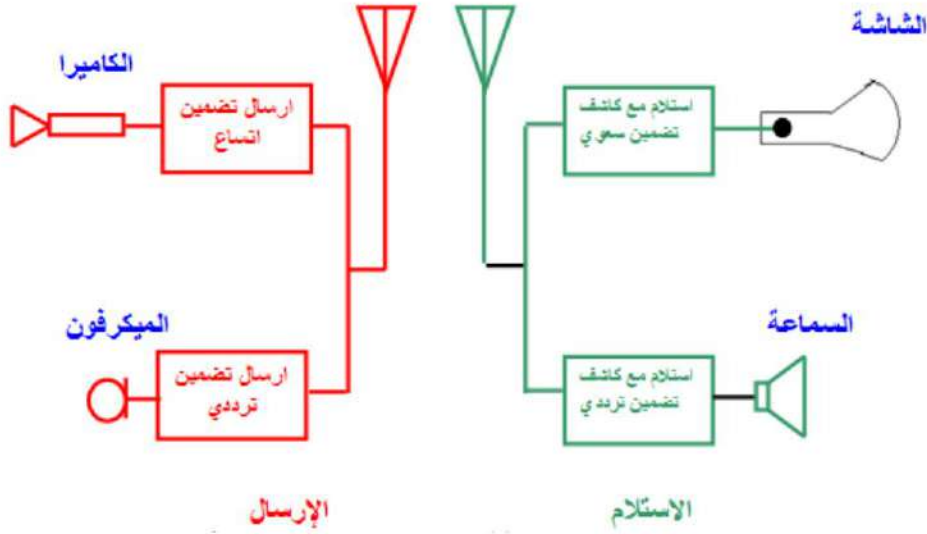
- 5 - 1 منظومة البث التلفزيوني
- 5 - 2 الإشارة المرئية المركبة
- 5 - 3 الطبقة المتأينة " أيونوسفير "
- 5 - 4 المكونات الرئيسية لجهاز استقبال تلفزيوني
- 5 - 5 الضوء واللون
- 5 - 6 إشارة النصوع
- 5 - 7 تكوين إشارة الفرق اللوني
- 5 - 8 الإشارة المرئية المركبة للإرسال الملون
- 5 - 9 الإرسال
- 5 - 10 المخطط الكتلي لجهاز التلفزيون الملون
- 5 - 11 إشارة التمييز
- 5 - 12 التلفزيون الرقمي
- 5 - 13 العارضات المرئية
- 5 - 14 عارضات البلازما
- 5 - 15 الكاميرا الرقمية
- اختبارات موضوعية
- أسئلة الفصل الخامس



الفصل الخامس : منظومة الإرسال التلفزيوني

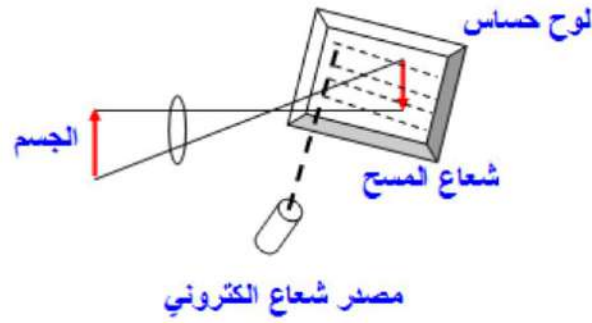
5 - 1 منظومة البث التلفزيوني :

إن التطور الكبير في تكنولوجيا منظومات التلفزيون جعل هذه المنظومات لأغراض متعددة أهمها استعمال التلفزيون كوسيلة إعلامية وكذلك يستعمل في التعليم وفي الصناعة وفي أقسام السيطرة وكثير من الاستعمالات الأخرى. والشكل (5 - 1) يوضح مخططاً كتلوياً مبسطاً للمتطلبات الأساسية لكل من جهازي الإرسال والاستقبال التلفزيوني .



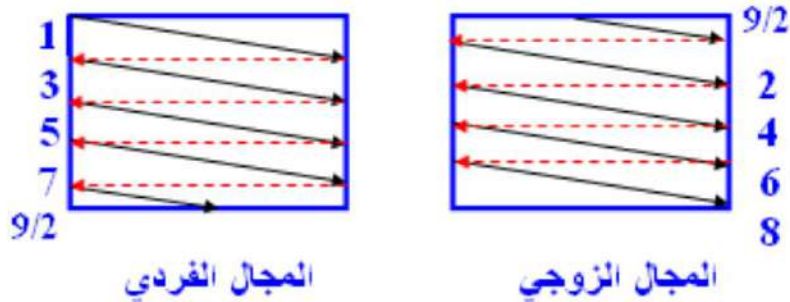
الشكل (5 - 1) مخطط كتلوي للإرسال والاستقبال التلفزيوني

تقوم كاميرا التلفزيون بتحويل المعلومات الضوئية المنعكسة عن الأجسام المقابلة لها إلى إشارة كهربائية تسمى بإشارة الصورة (Video Signal) أو إشارة الكاميرا (Camera Signal) حيث تضمن تضميناً سعوياً وترسل عن طريق الهوائي ، أما إشارة الصوت (Sound Signal) فيقوم الميكرفون بتحويلها إلى إشارة كهربائية ذات تردد صوتي حيث تضمن هذه الإشارة بطريقة التضمين الترددي وتبث عن طريق الهوائي نفسه. وفي جهة الاستقبال يقوم الهوائي بتحويل الموجات الكهرومغناطيسية القادمة عبر الأثير إلى اشارات كهربائية تمثل كلاً من إشارة الصورة المضمنة تضميناً سعوياً وإشارة الصوت المضمنة تضميناً ترددياً . يعمل جهاز الاستلام بالكشف عن إشارة الصورة أي استخلاصها من الإشارة الحاملة وتغذيتها إلى صمام الصورة (الشاشة) الذي يعيدها بدوره إلى معلومات ضوئية تمثل صورة الجسم المائل أمام الكاميرا. والكشف عن إشارة الصوت وتغذيتها إلى السماعة التي تحولها من إشارة كهربائية إلى صوت مسموع. وتتم عملية تشكيل إشارة الصورة في الكاميرا التلفزيونية بواسطة عملية المسح (Scanning)، لاحظ الشكل (5 - 2).



الشكل (5 - 2) تكوين الجسم على اللوح الحساس

يركز الضوء الساقط من المنظر (الجسم) بواسطة العدسات على لوح الصورة وهو لوح حساس. وبسبب الخواص الكهروضوئية للوح الصورة تتحول الشدة الضوئية المختلفة الى تغيرات كهربائية تعتمد على شدة الضوء . يقوم الشعاع الالكتروني المتولد بواسطة مصدر الشعاع الالكتروني (الكاثود) أو يسمى بالقاذفة الالكترونية (Electron Gun)، فيقوم الشعاع بمسح اللوح الحساس أفقياً بنقطة تبدأ من الزاوية العليا اليسرى و تتحرك بشكل خطوط مستقيمة من اليسار إلى اليمين إحداهما تحت الآخر حيث أن كل 625 خط تمثل إطاراً (Frame) واحداً من الصورة. ولإرسال صورة متحركة يجب أن يكون عدد الخطوط الممسوحة خلال ثانية واحدة يساوي (25 x 625) خطاً وكما هو معلوم فإن الصورة تبقى على شبكية العين مدة 1 / 25 من الثانية ولكي لا يشعر المشاهد بالتغير بين إطار وآخر يجب إرسال 25 إطار خلال الثانية . وللحصول على صورة مستقرة فإن الطريقة الحديثة بمسح الصورة تتم بمسح الخطوط الفردية أو المجال (Field) الأول ثم الخطوط الزوجية والمجال الثاني، أي بمسح الخط (1) ثم (3) وهكذا إلى الخط 625 ثم يبدأ الشعاع الالكتروني ثانية بمسح الخط رقم (2) ، (4) ويستمر إلى 624 . لاحظ الشكل (5 - 3) الذي يوضح مسح 9 خطوط ويدعى بالمسح التبادلي أو التناوبي .



الشكل (5 - 3) المسح التبادلي

و لكي تظهر معلومات الصورة بشكل واضح و مستقر على شاشة التلفزيون يجب ان يبدأ الشعاع الالكتروني في الشاشة برسم الخط الأول مثلاً في اللحظة نفسها التي تقوم كاميرا التلفزيون بمسح هذا الخط و لتحقيق ذلك ترسل إشارات توافق عند نهاية كل إطار للتأكد من ثبات الصورة عمودياً تدعى نبضات التزامن (Sync. Pulse) العمودية وكذلك ترسل مع نهاية رسم كل خط أفقي وهي نبضات التزامن الأفقية وترسل نبضات الإطفاء (Blanking pulse) التي تعمل على إطفاء الشعاع أثناء العودة .

5 - 2 الإشارة المرئية المركبة Composite Video Signal

تتكون الإشارة المرئية من الأجزاء التالية :-

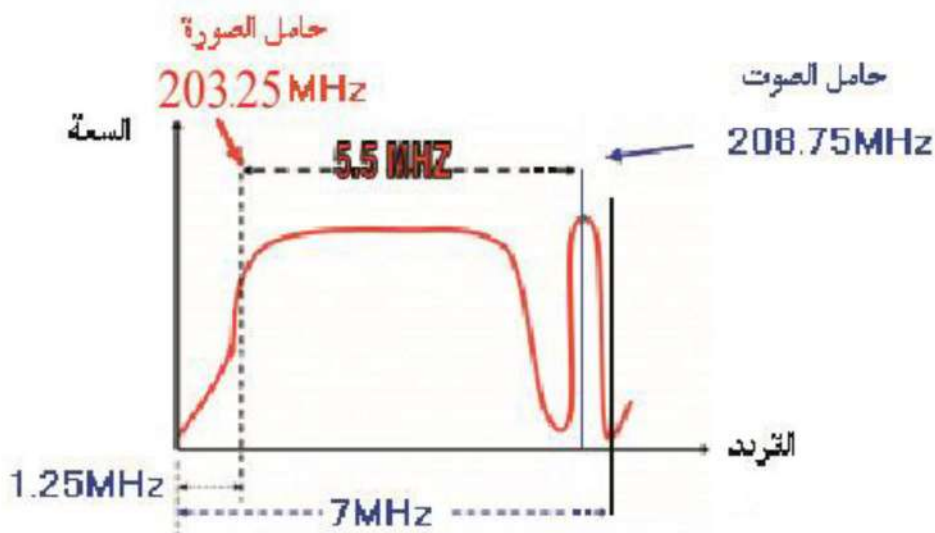
- 1- إشارة الكاميرا camera signal : تمثل كل المعلومات للمنظر المصور المراد إرساله .
- 2- نبضات الإطفاء : أفقية و عمودية تعمل على إطفاء الشعاع الالكتروني أثناء العودة .
- 3- نبضات التزامن : أفقية و عمودية و هي عبارة عن وسيلة تحكم تربط تزامن الشعاع الالكتروني أثناء تحركه على شاشة التلفزيون مع الحركة المماثلة للشعاع الالكتروني في الكاميرا، لاحظ الشكل (5 - 4) .



الشكل (5 - 4) الإشارة المرئية المركبة

وفي منظومة البث التلفزيوني يستعمل الإرسال الجزئي للحزمة والذي مر ذكره في الفقرات السابقة ففي هذا النوع يمكن استعمال أكبر عدد من القنوات التلفزيونية وفيه يتم إرسال الحزمة الجانبية العليا و جزء من الحزمة الجانبية السفلى أو بالعكس .

إن إرسال جزء من الحزمة الجانبية يعود إلى كون أدق المرشحات لا تستطيع المحافظة على حامل الصورة المطلوب لعملية الكشف في جهاز التلفزيون لذا فإن هذا الجزء المقطوع من الحزمة الجانبية السفلى يُعدّ حماية لتردد حامل الصورة، لاحظ الشكل (5 - 5) . إن عرض الحزمة يساوي (7) ميكاهرتز والفرق الترددي بين حامل الصوت وحامل الصورة (5.5) ميكاهرتز ومقدار الجزء المقطوع من الحزمة الجانبية السفلى (1.25) ميكاهرتز .



الشكل (5 - 5) منحنى الإرسال الجزئي للحزمة

مثال :

جد تردد الموجة الحاملة للصورة وتردد الموجة الحاملة للصوت للقناة (9) بالتردد MHz (- 202 209) .

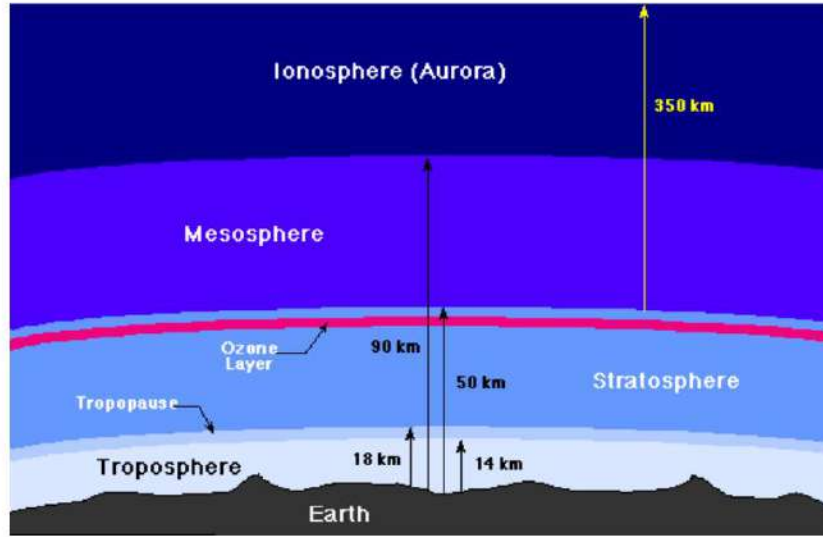
تردد القناة (9) بين MHz (209 – 202)

$$202 + 1.25 = 203.25 \text{ ميكا هرتز حامل الصورة}$$

$$203.25 + 5.5 = 208.75 \text{ ميكا هرتز حامل الصوت}$$

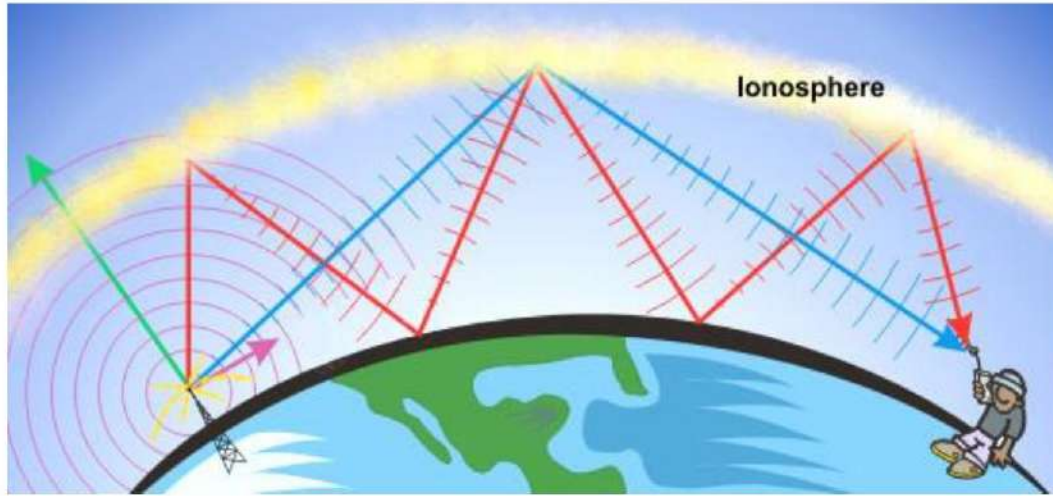
5 - 3 الطبقة المتأينة " أيونوسفير" (Ionosphere) :

تظهر الطبقة المتأينة (أيونوسفير) في الغلاف الجوي عند ارتفاع Km (50) ممتدة حتى نهايته، لكنها تكون أكثر وضوحاً وتأثيراً بين ارتفاع Km (40 – 50) عن سطح البحر. وسميت بالطبقة المتأينة لاحتوائها على كميات من (الأوكسجين والنيتروجين المتأين). التأين وهو فقدان الذرة بعضاً من الكترونها. والسبب الرئيس لتأينها هو امتصاص هذه الطبقة للأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية القادمة والموجودة في أشعة الشمس حيث تعمل هذه الأشعة على فقدان الكترونات من هذه الذرات وتركها في حالة تأين و الشكل (5-6) يوضح الغلاف الجوي وطبقات الجو .



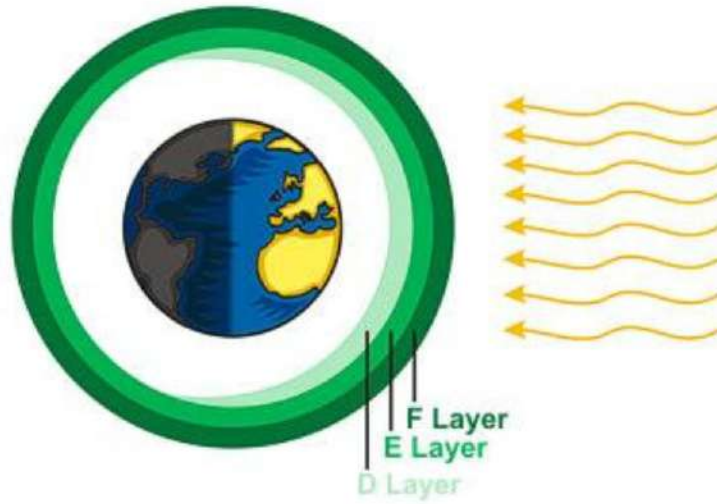
الشكل (5 - 6) الغلاف الجوي وطبقات الجو

وتعمل الإلكترونات والأيونات على عكس موجات الراديو ذات التردد العالي (HF)، المعروفة بأمواج الراديو القصيرة (SW)، والمتوسطة (MW) من سطح الأرض إلى الفضاء وإعادتها باتجاه سطح الأرض مرة أخرى فتزيد من مساحة انتشارها، لاحظ الشكل (5 - 7) .



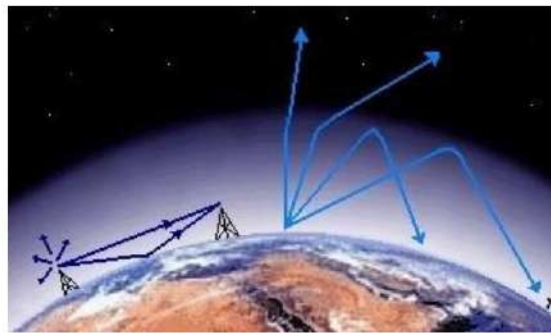
الشكل (5 - 7) انعكاس الموجات الراديوية من طبقة الأيونوسفير

وتقسم طبقة الأيونوسفير إلى طبقات عديدة هي الطبقات F, E, D ولكل منها خواص معينة، لاحظ الشكل (5 - 8) .



الشكل (5 - 8) طبقات الأيونوسفير

تعمل الطبقة (D) بعكس أمواج الراديو بالتضمين السعوي (AM) للموجات المتوسطة (MW)، وفي الوقت نفسه تقوم الإلكترونات الحرة الموجودة فيه بامتصاص الطاقة من هذه الأمواج فتضعفها وتحصرها في مجال لا يزيد عن 160 كم. وما أن تغيب الشمس حتى تعود وتتحد الأيونات الغازية الموجبة مع الإلكترونات الحرة وتغيب الطبقة D، وتصبح لأمواج (AM) القدرة التوغل ليلاً، واختراق الطبقة E، والوصول إلى الطبقة F العالية فتنعكس إلى سطح الأرض قوية مغطية مجالا واسعا يتعدى عدة مئات من الكيلومترات. ولكون عرض حزمة الإشارة التي تمثل معلومات الصورة العالية قياسا إلى الإشارة الصوتية في البث الإذاعي لذا فإن الموجات المستخدمة للإرسال التلفزيوني تكون شديدة القصر، ولا تنعكس عمليا من طبقة الأيونوسفير بل تنتشر انتشارا مستقيما لذلك تنحصر إمكانية استلامها أساسا ضمن مدى خط النظر وتحدد المسافة العظمى بين هوائي الإرسال والاستلام في حالة وجودها على خط النظر بارتفاع الهوائيين وتضاريس الأرض لاحظ الشكل (5 - 9).



الشكل (5 - 9) الموجات بالترددات العالية تخترق الطبقة المتأينة

لقد خصص للبث التلفزيوني جزء كبير من مدى الموجات المترية ذات الترددات العالية جدا VHF، والجدول (1 - 5) يوضح توزيع القنوات التلفزيونية وفقا للنظام الأوربي والمستعمل في بلدنا العراقي .

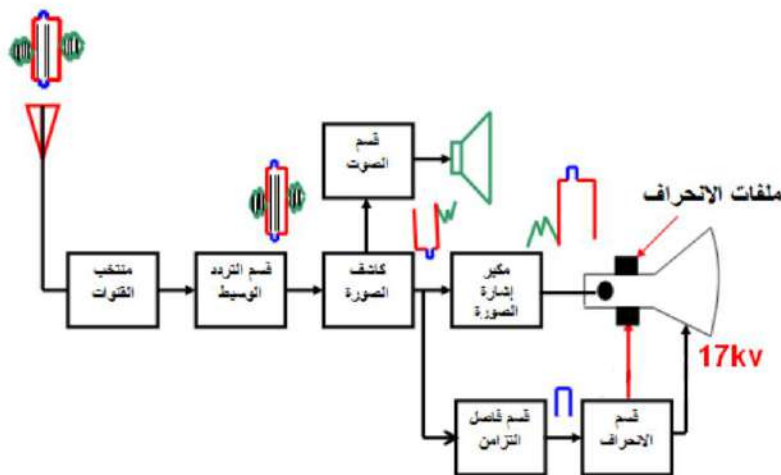
الجدول (5 - 1) القنوات التلفزيونية وفقا للنظام الأوروبي

تردد حامل الصوت ميكا هرتز	تردد حامل الصورة ميكا هرتز	تردد القناة	رقم القناة	VHF
46,75	41,25	47 – 40	1	المنطقة الأولى
53,75	48,25	54 – 47	2	
60,75	55,25	61 – 54	3	
67,75	62,25	68 - 61	4	
180,75	175,25	181 - 174	5	المنطقة الثالثة
187,75	182,25	188 – 181	6	
194,75	189,25	195 - 188	7	
201,75	196,25	202 – 195	8	
208,75	203,25	209 – 202	9	
215,75	210,25	216 – 209	10	
223,75	117,25	223 - 216	11	
UHF				

يظهر من الجدول أن اغلب حزم الترددات العالية VHF قد خصص للبث التلفزيوني ماعدا الحزمة الواقعة بين القناتين (4) و (5) فقد خصص قسم منها لبث محطات الإذاعة العاملة بالتضمين الترددي FM. وكما يتضح من الجدول أن عرض كل قناة يساوي (7) ميكا هرتز. ويزيد تردد الموجة الحاملة للصوت لكل قناة عن تردد الموجة الحاملة للصورة بمقدار (5.5) ميكا هرتز. وقد يتبادر إلى الذهن سؤال هو لماذا تحمل إشارة الصوت في التلفزيون بإشارة ذات تردد عال جدا؟ الجواب هو لتقريب تردد إشارة الصوت المرسلة من إشارة الصورة لتسهيل إمكانية استقبالها في منتخب القنوات في جهاز التلفزيون .

5 - 4 المكونات الرئيسية لجهاز استقبال تلفزيوني :

المخطط الكتلي الموضح بالشكل (5- 10) يوضح الأقسام الرئيسية لجهاز التلفزيون (اسود- ابيض)

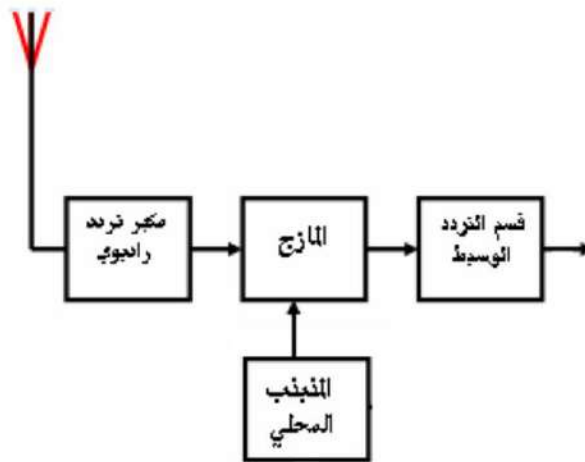


الشكل (5 - 10) المخطط الكتلي لجهاز استقبال تلفزيوني

5 - 4 - 1 قسم منتخب القنوات : Tuner Section :

يتكون من مكبر التردد الراديوي RF Amp. يعمل على استقبال (انتخاب) الإشارة المطلوبة بواسطة الهوائي ودائرة الرنين وتكبيرها أي تحسين نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N) Noise وعزل مرحلة المذبذب المحلي الذي يعمل على توليد إشارة راديوية ترددها اعلي من تردد إشارة المكبر الراديوي بمقدار يساوي التردد الوسيط (صورة - صوت) ومن مرحلة المازج (Mixer) الذي يستلم إشارتين الأولى من مكبر التردد الراديوي والثانية من المذبذب المحلي ويقوم بعملية طرح إشارة التردد الراديوي من إشارة المذبذب المحلي للحصول على إشارة بالتردد الوسيط وتدعى هذه العملية بالسوبرهتروداين، لاحظ الشكل (5 - 11)

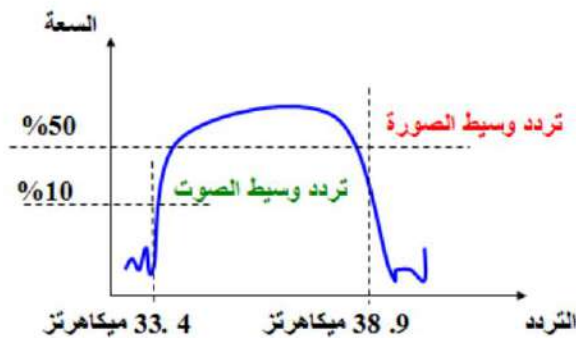
إشارة التردد الوسيط = إشارة المذبذب المحلي - إشارة المكبر الراديوي



الشكل (5 - 11) يوضح عملية السوبرهتروداين

5 - 4 - 2 قسم مكبر إشارة التردد الوسيط (صورة - صوت) : IF Amp Section

يتكون من ثلاث مراحل عادة و تكبير الإشارة إلى آلاف المرات في هذا القسم و حسب منحنى الاستجابة للتردد الوسيط لتكبير حامل الصورة بالتردد 38.9 ميكاهرتز بمقدار 50% وحامل الصوت بالتردد 33.4 ميكاهرتز بمقدار 10% لاحظ الشكل (5 - 12) .



الشكل (5 - 12) منحنى الاستجابة لمكبر إشارة التردد الوسيط (صورة - صوت)

3 - 4 - 5 قسم كاشف الصورة : Video detector section

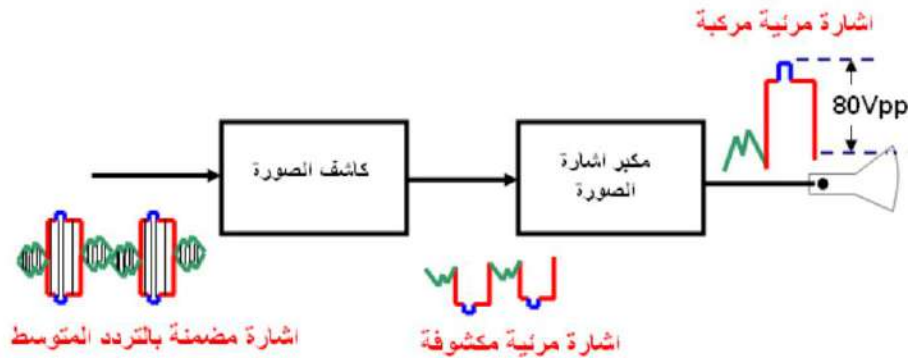
الإشارة المكبرة و الخارجة من مرحلة مكبر إشارة التردد الوسيط (صورة - صوت) عبارة عن إشارة مرئية مركبة ذات تضمين سعوي فيعمل كاشف الصورة على استخلاص بيانات الصورة في هذه المرحلة و يتم الكشف هذا بواسطة (ثنائي كاشف) يتم الكشف عن إشارة الصورة بالتردد من **5 هرتز** إلى **5 ميكا هرتز** علما أن فرق التردد بين حامل الصورة و حامل الصوت مقداره 5.5 ميكا هرتز، لاحظ الشكل (5 - 13) .



الشكل (5 - 13) المخطط الكتلي لكاشف الصورة

4 - 4 - 5 قسم مكبر إشارة الصورة : Video Amplifier

يعمل مكبر إشارة الصورة على تكبير إشارة الصورة ذات الفولتية المنخفضة نسبيا و تغذية شاشة التلفزيون (كاثود الشاشة) بإشارة صورة تتراوح من (40-80) فولت (قمة - قمة) كما تتم المحافظة على عرض مجال (5) ميكا هرتز للتحكم في شدة الشعاع الالكتروني الراسم للصورة على الشاشة، لاحظ الشكل (5 - 14) .

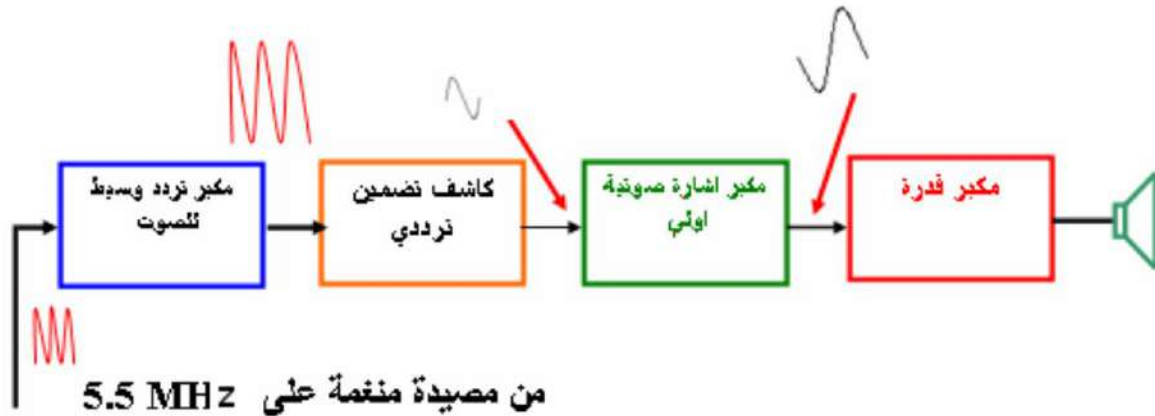


الشكل (5 - 14) المخطط الكتلي لقسم مكبر إشارة الصورة

5 - 4 - 5 قسم الصوت : Sound Section

يتم فصل إشارة الصوت بعد مرحلة كاشف الصورة أو مكبر إشارة الصورة بواسطة مصيدة موجات منغمة على تردد 5,5 ميكا هرتز، تكبر هذه الإشارة بالتضمين الترددي بواسطة مكبر التردد الوسيط للصوت ثم يتم كشفها بواسطة كاشف التضمين الترددي.

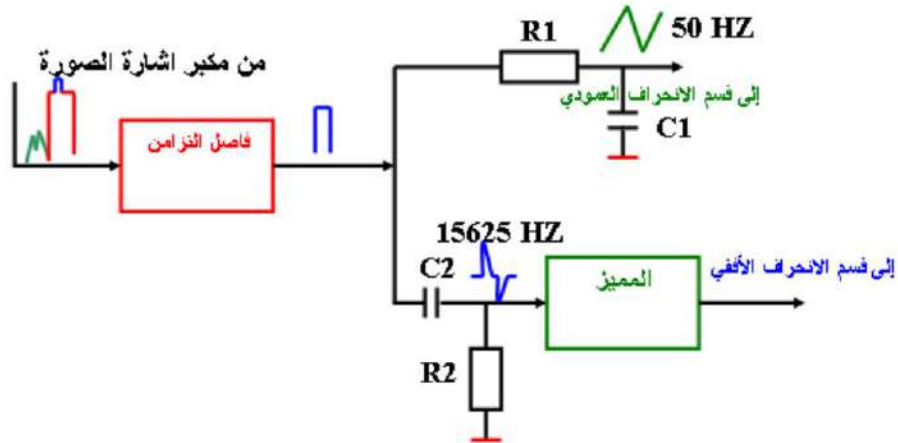
تكبير الإشارة السمعية AF (Audio Frequency) الخارجة من كاشف إشارة الصوت
بمرحلتين هما مرحلة التكبير الأولية و مكبر القدرة و يستعمل عادة نوع (السحب- دفع) أو المتتام.
لاحظ الشكل (5 - 15) .



الشكل (5 - 15) المخطط الكتلي لقسم الصوت

5 - 4 - 6 قسم فاصل التزامن : Sync. Separator Section

يعمل هذا القسم على فصل نبضات التزامن الأفقية والعمودية من محتوى الإشارة المرئية المركبة (المكشوفة) وتجهيزها إلى كل من قسم الانحراف الأفقي والعمودي عن طريق دائرة التفاضل والتكامل لأن هذه العملية ضرورية لتثبيت الصورة في الاتجاهين الأفقي والعمودي، لاحظ الشكل (5 - 16).



الشكل (5 - 16) المخطط الكتلي لقسم فاصل التزامن

5 - 4 - 7 قسم الانحراف : Deflection Section

يتكون من

Vertical Deflection Section

أ- قسم الانحراف العمودي

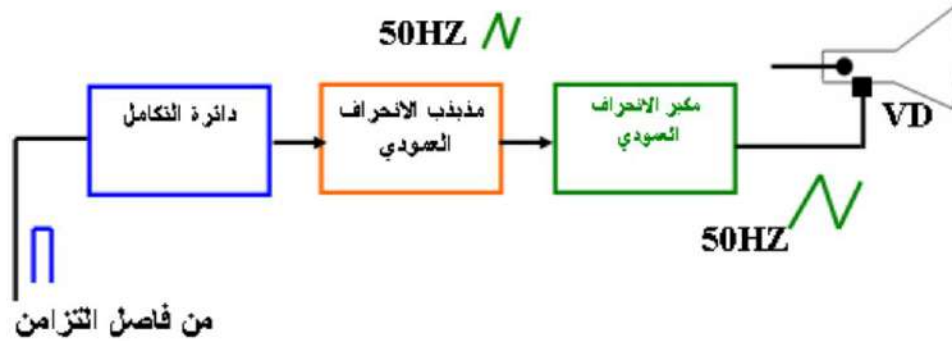
Horizontal Deflection Section

ب- قسم الانحراف الأفقي

أ- قسم الانحراف العمودي :

يتألف قسم الانحراف العمودي من المذبذب العمودي Vertical Oscillator الذي يعمل على توليد موجة سن المنشار بالتردد 50 HZ ومن مكبر الانحراف العمودي Vertical Amp. الذي

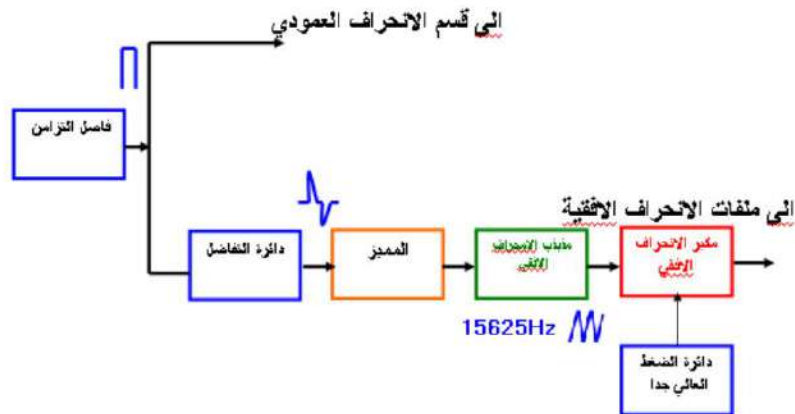
يقوم بتكبير سعة موجة سن المنشار و تجهيزها إلى ملفات الانحراف العمودية **V. Deflection** ولكي يتم تحريك الشعاع الالكتروني من الأعلى إلى الأسفل أو بالعكس، لاحظ الشكل (5 - 17) توصل نبضات التكامل بالتردد للسيطرة على عمل المذبذب العمودي .



الشكل (5 - 17) المخطط الكتلي لقسم الانحراف العمودي

ب- قسم الانحراف الأفقي :

المخطط الكتلي الموضح بالشكل (5 - 18) يوضح قسم الانحراف الأفقي الذي يعمل على توليد موجة سن المنشار، وتعد الخطية من أهم الشروط التي يجب أن تتوافر في شكل التيار (يجب أن تكون العلاقة بين التيار والزمن علاقة خطية) وتغذى موجة سن المنشار إلى ملفات الانحراف الأفقية بعد تكبير قدرتها الكهربائية بمقدار كاف كي يتم رسم العرض الكامل للصورة على شاشة التلفزيون .



الشكل (5 - 18) المخطط الكتلي لقسم الانحراف الأفقي

ويتكون قسم الانحراف الأفقي من المراحل الآتية وهي :

(1)- منظم التردد الذاتي: للسيطرة على تردد مولد الانحراف الأفقي فيقارن بين النبضات الخارجة من دائرة التفاضل بالتردد **15625 Hz**، والنبضات الراجعة من مكبر الانحراف الأفقي .

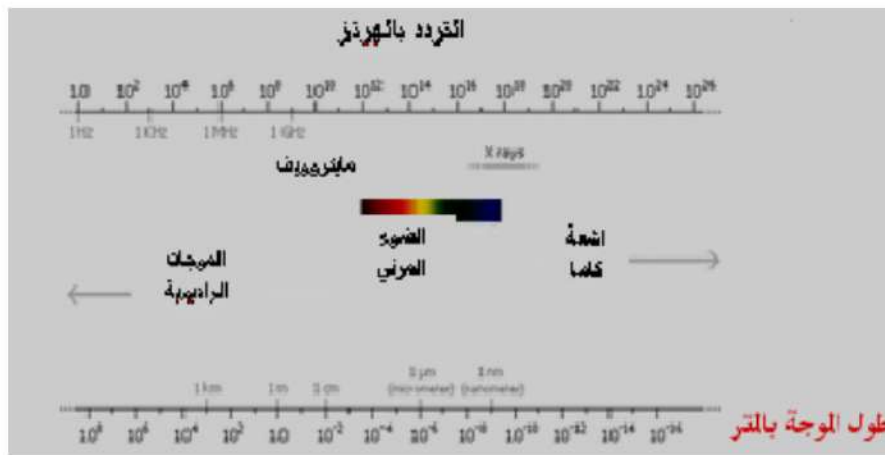
(2) - مولد الانحراف الأفقي: لتوليد موجات سن المنشار بالتردد **15625 Hz** ومن أنواعه مذبذب هارثلي .

(3) - مكبر الانحراف الأفقي : لتكبير سعة الموجات بالتردد الأفقي وتوصيل تيار سن المنشار بالتردد **15625 Hz** إلى ملفات الانحراف الأفقية كي يتم المسح بالاتجاه الأفقي .

(4) - دائرة الضغط العالي : لتوليد الفولتية العالية جدا وتوصيلها إلى أنود الشاشة لسحب وجذب الالكترونات من الكاثود إلى الواجهة الأمامية للشاشة و يستفاد من ظاهرة تغير إشارة الانحراف الأفقي 15625Hz لتوليد فولتية تتراوح ما بين (12- 25) كيلو فولت .

5 - 5 الضوء واللون: Color and light

الشمس هي المصدر الأساس للضوء. وقد لاحظ نيوتن إن ضوء الشمس يمكن تحليله إلى مجموعة من الألوان سميت بألوان الطيف الشمسي وتترج هذه الألوان حسب طول الموجة لكل منهما، ووحدة قياسها هي الانكستروم أو الملي ميكرون ويوضح الشكل (5 - 20) طيف الطاقة المشعة. ويُعدُّ الضوء وجها من هذه الطاقة ، ويلاحظ الإنسان هذا الضوء نظرا لتحفيز شبكية العين وينحصر الإشعاع الضوئي بين الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية . أما الضوء المرئي فينحصر بين اللون الأحمر والبنفسجي وبطول موجة من 380 ملي ميكرون إلى 780 ملي ميكرون ويمكن القول 3800 انكستروم إلى 7800 انكستروم.



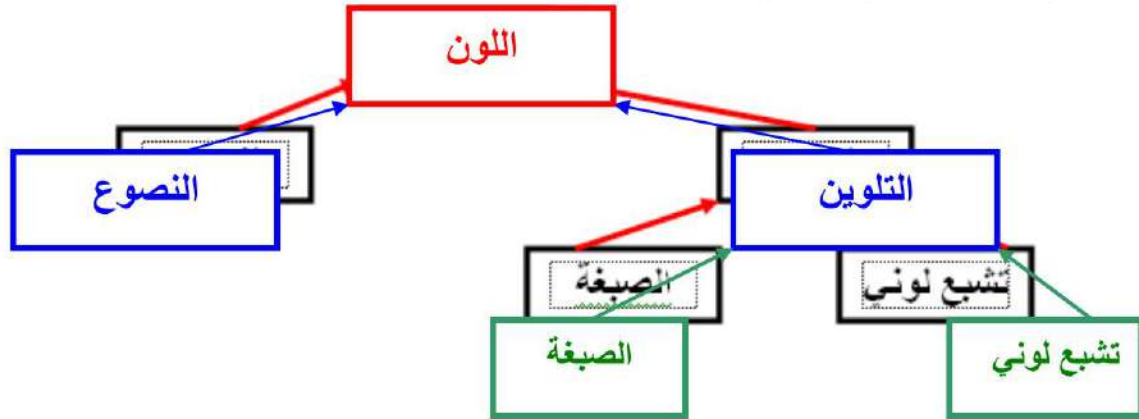
الشكل (5 - 20) طيف الطاقة المشعة

يفصل الموشور الزجاجي ضوء الشمس الأبيض إلى ألوان الطيف النقية إلى ستة ألوان مميزة بوضوح هي : الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، البنفسجي، لاحظ الشكل (5 - 21) .



الشكل (5 - 21) تحليل الطيف باستعمال الموشور

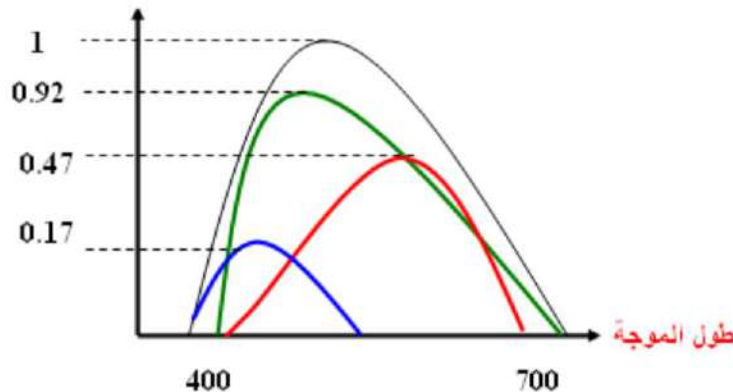
ونادراً ما نلاحظ أطيااف الألوان المشبعة النقية في الطبيعة مثلاً الضوء المنبعث من الغازات والأبخرة المتوهجة وحزم الليزر، واللون هو صفة للضوء فالأجسام التي تمتص كل الألوان تبدو سوداء بينما الأجسام التي تعكس كل الألوان تبدو بيضاء، بينما الجسم الذي يعكس اللون الأحمر يمتص بقيه الألوان وكذلك للألوان الأخضر والأزرق إلى آخره. واللون (Color) عبارة عن عنصرين أساسيين هما: التلوين وبريقه أو نصوعه. ويمثل التلوين الصبغة (Hue) والتشبع اللوني (Saturation) (Color) لاحظ الشكل (5 - 22) .



الشكل (5 - 22) مخطط يوضح عناصر اللون

وتعطي درجة التشبع اللوني ما إذا كان اللون باهتاً أو غامقاً أو شاحباً وهكذا فالأحمر القاتم يختلف كثيراً عن الأحمر الباهت بينما تعطي الصبغة شكل اللون فقط حسب طول الموجة . فالنصوع - هو كمية شدة الضوء أو الطاقة المستقبلية بملاحظة العين للون . والصبغة هي لون الطيف المسيطر في الضوء والتشبع اللوني - نقاوة العين للضوء الملون. وفي دراستنا التلفزيون الملون فإن الألوان الأحمر ، والأخضر والأزرق هي الألوان الأولية أو الأساسية، إذ لا يمكن الحصول عليه من اللون الأحمر والأزرق، واللون الأزرق لا يمكن الحصول عليه من اللون الأخضر والأحمر وبجمع هذه الألوان الأولية ونسب خاصة يمكن الحصول على اللون الأبيض الذي يمثل بريق أو نصوع المنظر. وقد جاءت هذه النسب بدراسة شدة التحسس النسبي (Sensibility) وطول الموجه والعلاقة بينهما وأول من لاحظ هذا الموضوع (يونسج) الذي أكد أن عين الإنسان عبارة عن مجموعة مكونة من ثلاثة أعصاب تتأثر كل مجموعة بلون خاص أي أن اللون الأخضر يحفز هذه الأعصاب بدرجة عالية بالألوان الأخرى كما موضح في الشكل (5 - 23) .

درجة التحسس النسبي



الشكل (5 - 23) العلاقة بين شدة التحسس النسبي وطول الموجة

ولإيجاد النسب للأحمر والأزرق والأخضر لتكوين اللون الأبيض نتبع ما يلي

$$0.92 + 0.47 + 0.17 = 1.56$$

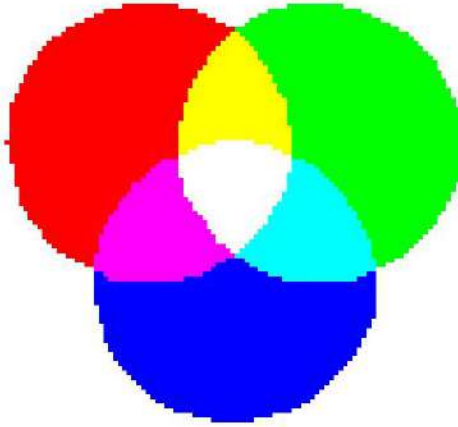
$$0.92 / 1.56 = 0.59 \quad \text{للأخضر}$$

$$0.47 / 1.56 = 0.30 \quad \text{للأحمر}$$

$$0.17 / 1.56 = 0.11 \quad \text{للأزرق}$$

فيصبح اللون الأبيض $Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B$

في دراستنا لجهاز التلفزيون الملون يصبح جمع الألوان وطرحها من الأمور المهمة جدا إذ يعتمد وضوح الصورة الملونة على الخلط بين الألوان بصورة أساسية . ويختلف الجمع والطرح بين الأشعة عنها في الاصبغة فمثلا :



اللون الأحمر + اللون الأخضر = الأصفر
 اللون الأخضر + اللون الأزرق = سمائي
 اللون الأحمر + اللون الأزرق = الأرجواني

وكما قلنا في الفقرة السابقة أن اللون الأبيض هو:
 الأحمر + الأزرق + الأخضر

فان الأبيض - الأحمر = أزرق + أخضر

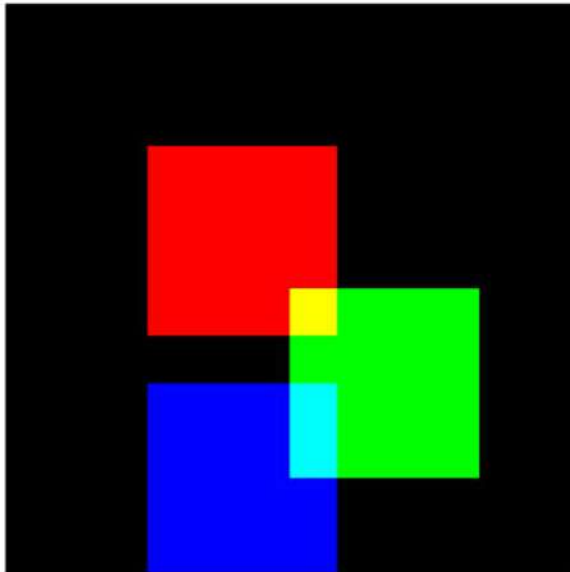
= سمائي

الأبيض - الأخضر = أحمر + أزرق

= أرجواني

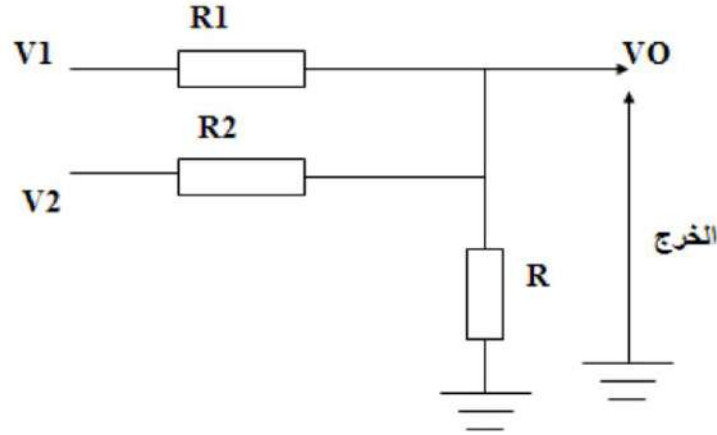
الأبيض - الأزرق = أخضر + أحمر

= أصفر



5 - 6 إشارة النصوع : Luminance Signal

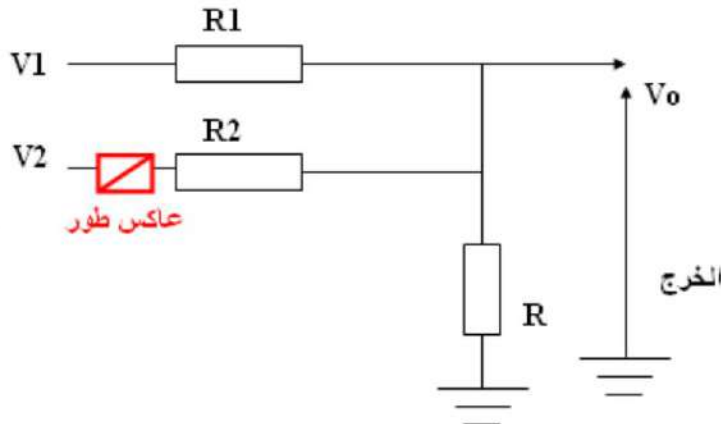
عند وضع ثلاث إشارات لكل من اللون الأحمر، والأزرق والأخضر بجهد (1) فولت لكل منهما، خلال مجموعة مكونة من مقاومات تسمى هذه المجموعة (بالمصفوفة) فإنه من السهل الحصول على مجموعة هذه الألوان وينسب معينة تعتمد على قيمة المقاومات لهذه المصفوفة. فمثلا مجموع الجهد V_1 , V_2 من مصفوفة كما في الشكل (5 - 24).



الشكل (5 - 24) مصفوفة جمع

$$V_o = V_1 \times R / R_1 + V_2 \times R / R_2$$

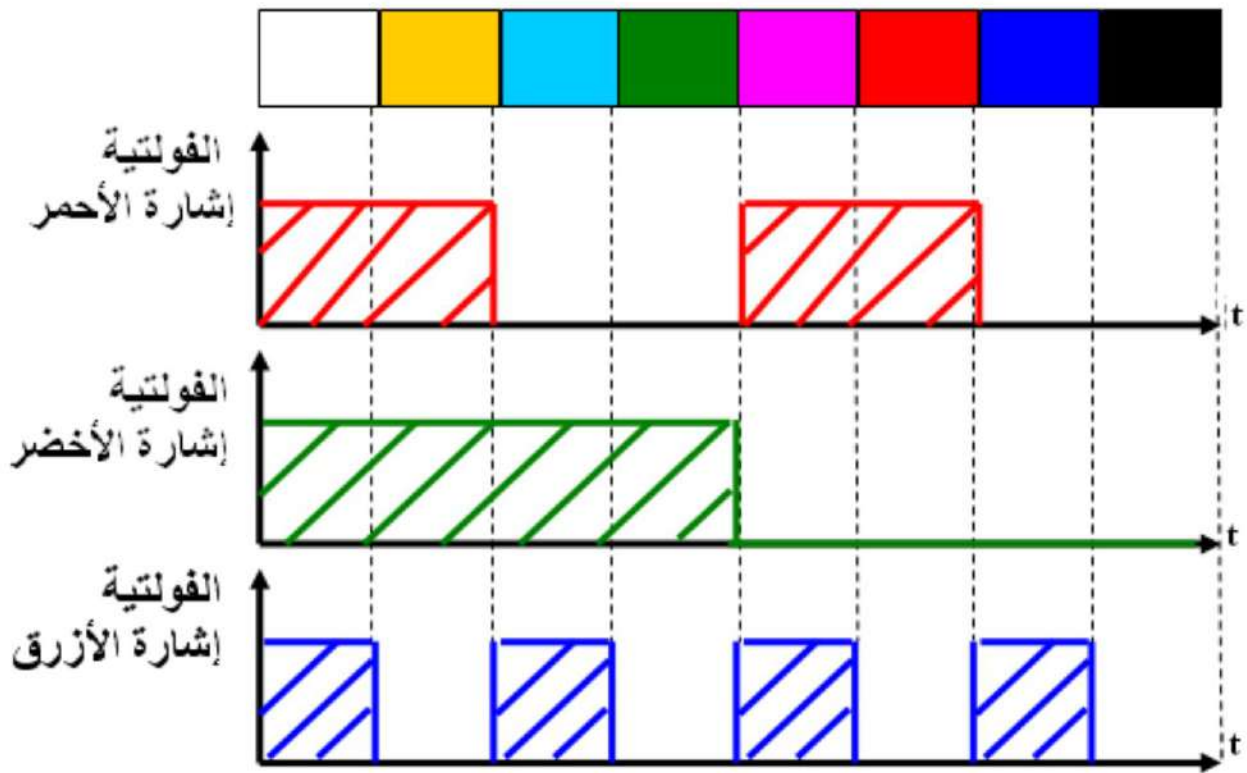
ومن الطرح بين الجهدين تصبح كما في الشكل (5 - 25)



الشكل (5 - 25) مصفوفة طرح

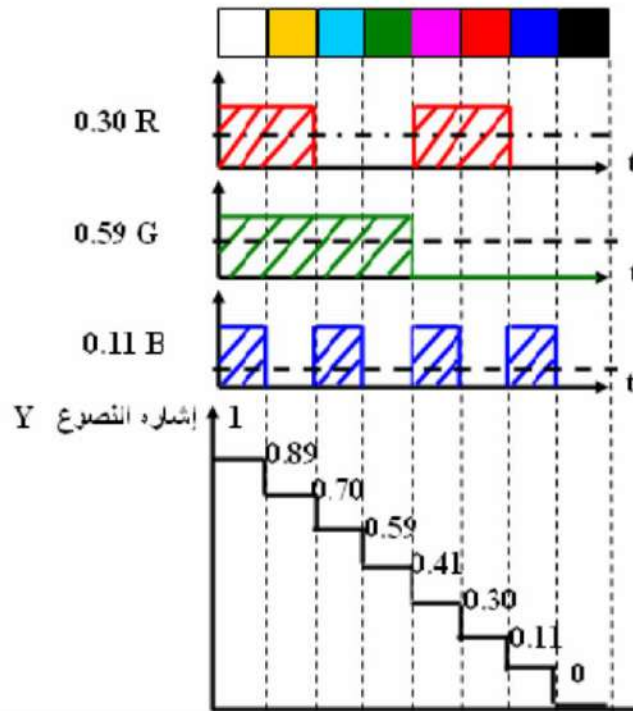
$$V_o = V_1 \times R / R_1 - V_2 \times R / R_2$$

تتدرج الألوان على شاشة التلفزيون بحسب نموذج قياسي يمكن ملاحظته أثناء إرسال نموذج الاختبار كما مبين في شكل (5 - 26).



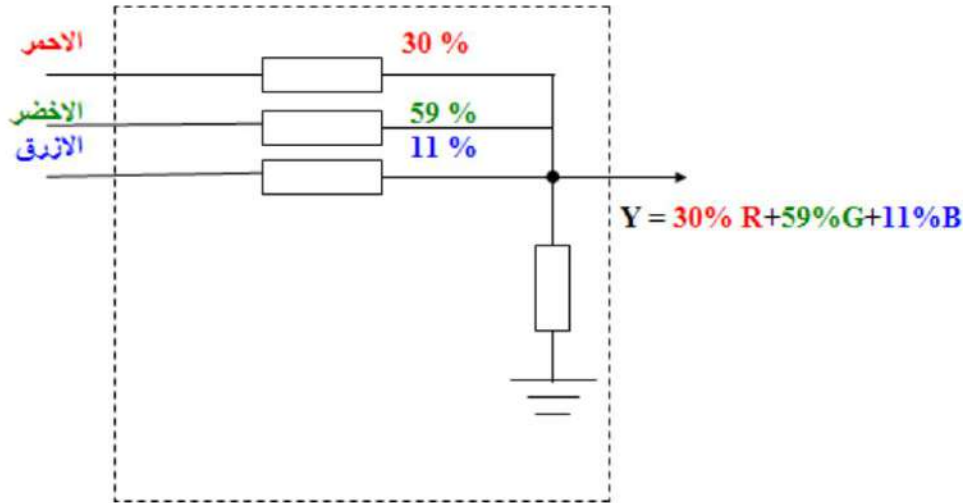
الشكل (5 - 26) إشارات الأحمر والأخضر والأزرق

وبتشكيل إشارة النصوص Y حسب النسب المذكورة سابقا يمكن ملاحظة الشكل (5 - 27) .



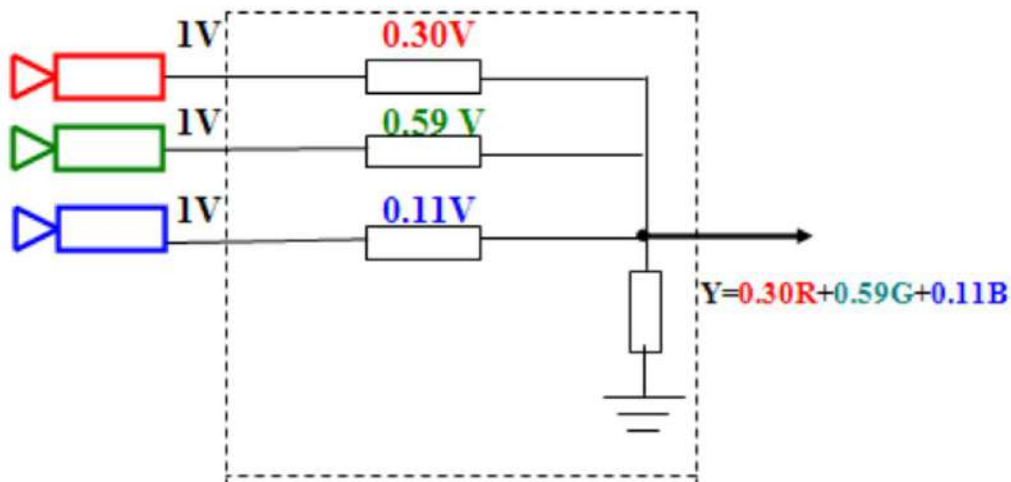
الشكل (5 - 27) إشارة النصوص Y

ولتكوين إشارة النصوص (Y) التي تحمل معلومات المنظر المرسل لذلك فإنها تسمى في بعض الأحيان بإشارة الفيديو، ولأنها ضرورية بسبب الملاءمة بين كل من جهازي التلفزيون الأبيض - اسود والملون فتدعى في بعض الأحيان بإشارة الملاءمة. ويمكن تكوينها بواسطة مصفوفة Y، لاحظ الشكل (5-28).



الشكل (5 - 28) معادلة النصوص Y

وفي الاستديو فان الكاميرات الثلاث لكل من الأحمر، والأزرق، والأخضر توصل الإشارات لكل لون إلى المصفوفة (Y) فتكون إشارة النصوص كما في الشكل (5 - 29).



الشكل (5 - 29) خرج الكاميرات في الاستوديو

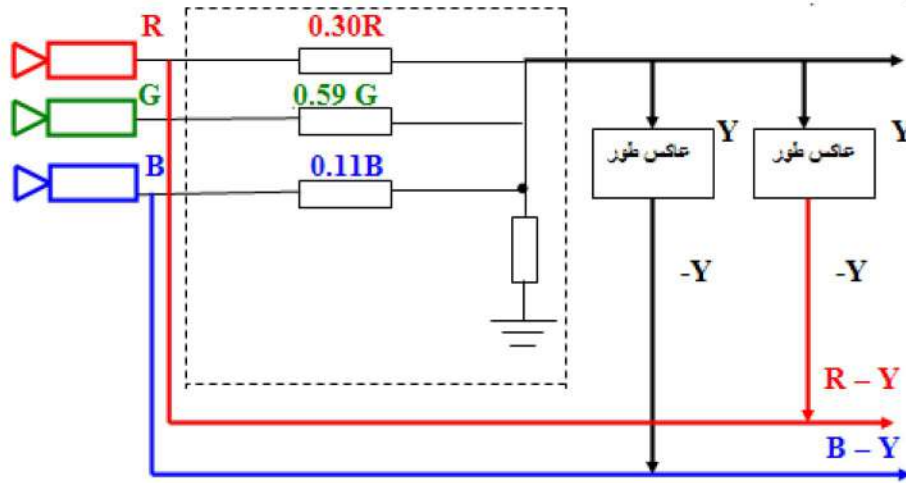
ولرسم إشارة النصوص (Y) يمكن الاستعانة بالجدول (5-2).

جدول (5 - 2) يوضح نسب إشارة النصوص Y

اللون	R	G	B	النسب $0.30R + 0.59G + 0.11B$
الابيض	1	1	1	$0.30 + 0.59 + 0.11=1$
الاصفر	1	1	0	$0.30+0.59=0.89$
السمائي	0	1	1	$0.59 + 0.11=-0.70$
الاخضر	0	1	0	0.59
البنفسجي	1	0	1	$0.30 + 0.11=0.41$
الاحمر	1	0	0	0.30
الازرق	0	0	1	0.11
الاسود	0	0	0	0

5 - 7 تكوين إشارة الفرق اللوني : Color Difference

نحتاج في إرسال جميع الأنظمة في (SECAM ، PAL ، NTSC) إلى تكوين إشارات الفرق اللوني لكل من اللون الأحمر واللون الأزرق وهي إشارة (R-Y) وإشارة (B-Y) وتتكون هذه الإشارات في المصفوفة، ويوصل إليها إشارة النصوص (Y) وإمرارها خلال عاكس طور 180 درجة كما في الشكل (5 - 30) .



الشكل (5 - 30) إشارات الفرق اللوني (R - Y) , (B - Y)

ولتكوين إشارة الفرق اللوني (R-Y) يمكن إتباع ما يأتي :

$$R-Y = 1 R - 0.30 R - 0.59 G - 0.11 B$$

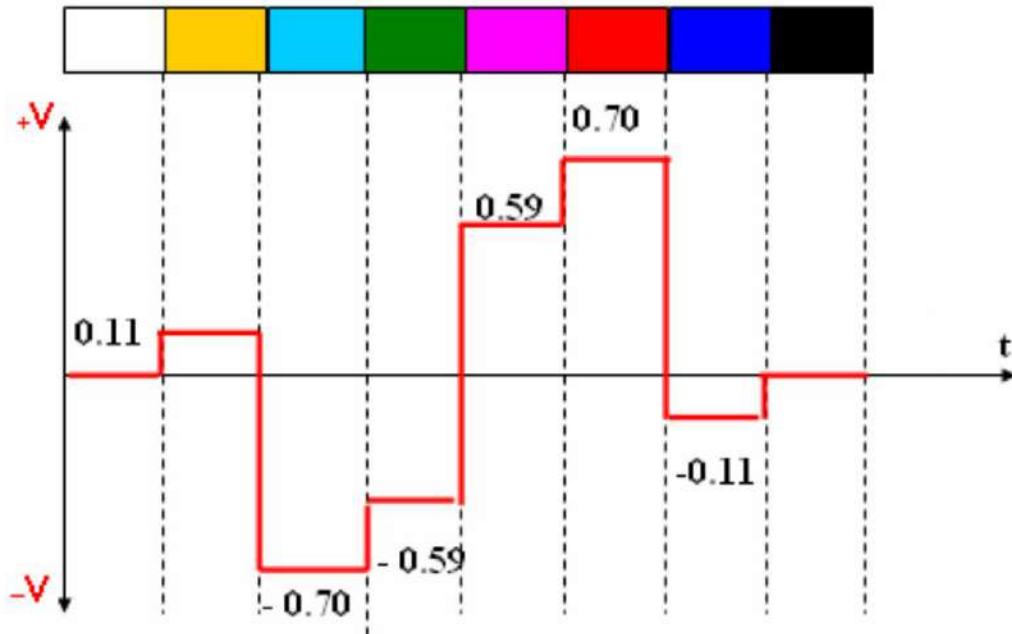
$$= 0.70 R - 0.59 G - 0.11 B$$

وبالاستعانة بالجدول في أدناه يمكن حساب النسب لكل لون من ألوان النموذج القياسي أي نموذج الاختبار وهي كما في الجدول (5 - 3):

جدول (3 - 5) نسب إشارة (R - Y)

اللون	R	G	B	النسب $0.70R - 0.59G - 0.11B$
الابيض	1	1	1	$0.70 - 0.59 - 0.11=0$
الاصفر	1	0	1	$0.70-0.59=0.11$
السمائي	0	1	1	$- 0.59 - 0.11= - 0.70$
الاخضر	0	0	1	$- 0.59$
البنفسجي	1	1	0	$0.70 - 0.11= 0.59$
الاحمر	1	0	0	0.70
الازرق	0	1	0	$- 0.11$
الاسود	0	0	0	0

ولرسم إشارة الفرق اللوني (R - Y) ينتج كما في الشكل (5 - 31):



الشكل (5 - 31) إشارة (R - Y)

أما في تكوين إشارة الفرق اللوني (B - Y) يمكن إتباع ما يأتي :

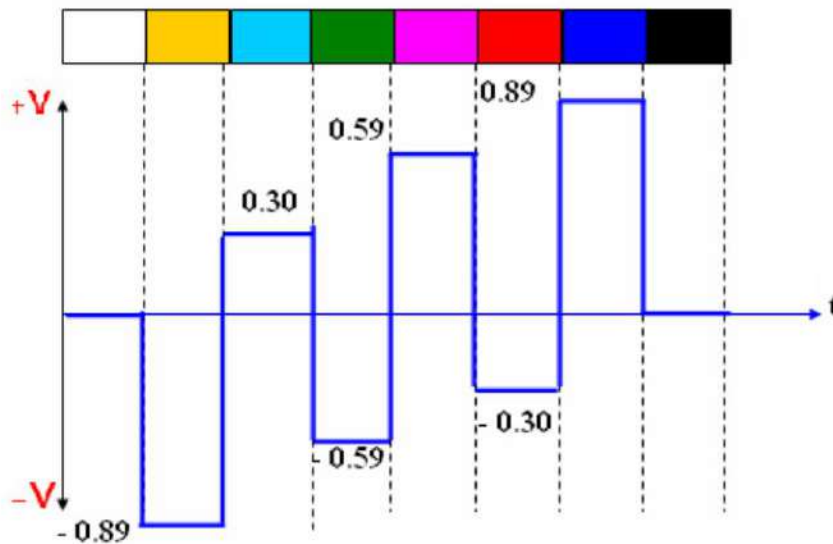
$$\begin{aligned}
 B - Y &= 1 B - 0.59 G - 0.30 R - 0.11 B \\
 &= 0.89 B - 0.59 G - 0.30 R
 \end{aligned}$$

وبالاستعانة بالجدول (5 - 4) يمكن حساب النسب لكل لون من ألوان نموذج الاختبار القياسي وهي كما يأتي :

جدول (5 - 4) نسب الألوان

اللون	R	G	B	النسب $0.89 B - 0.59 G - 0.30 R$
الابيض	1	1	1	$0.89 - 0.59 - 0.30 = 0$
الاصفر	1	0	1	$- 0.30 - 0.59 = - 0.89$
السمائي	0	1	1	$0.89 - 0.59 = 0.30$
الاخضر	0	0	1	$- 0.59$
البنفسجي	1	1	0	$0.89 - 0.11 = 0.59$
الاحمر	1	0	0	$- 0.30$
الازرق	0	1	0	0.89
الاسود	0	0	0	0

ولرسم إشارة الفرق اللوني (Y - B) ينتج كما في الشكل (5 - 32):



الشكل (5 - 32) إشارة (B - Y)

ولا ترسل إشارة الفرق اللوني للون الأخضر (G-Y) للأسباب الآتية :

- 1- تقليل عرض حزمة الألوان .
- 2- إن حساسية العين للضوء الأخضر تكون عالية فإذا تعرضت إشارة الأخضر لأي تشويه خلال الإرسال في الجوفان العين سوف تميز ذلك بسهولة ، و يمكن إعادتها أي الحصول عليها في جهاز التلفزيون باستعمال مصفوفة خاصة وينسب تتعين كما يأتي :

$$1Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B$$

ويمكن كتابة معادلة Y كما يأتي :

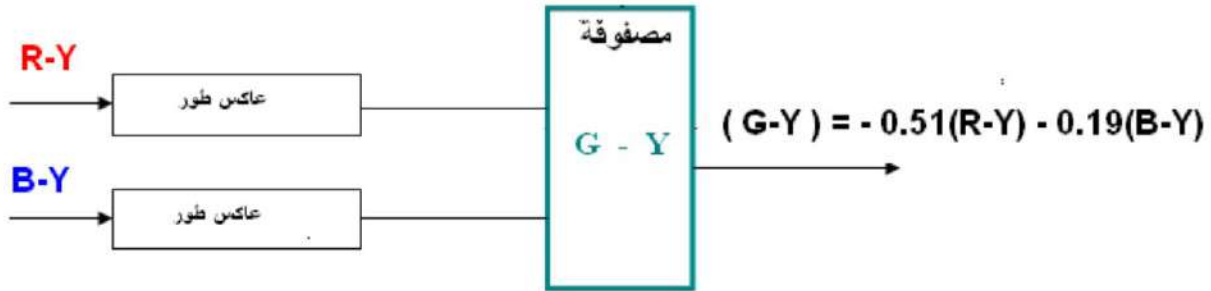
$$1Y = 0.30 Y + 0.59 Y + 0.11 Y$$

و يطرح Y من طرفي المعادلة ينتج :

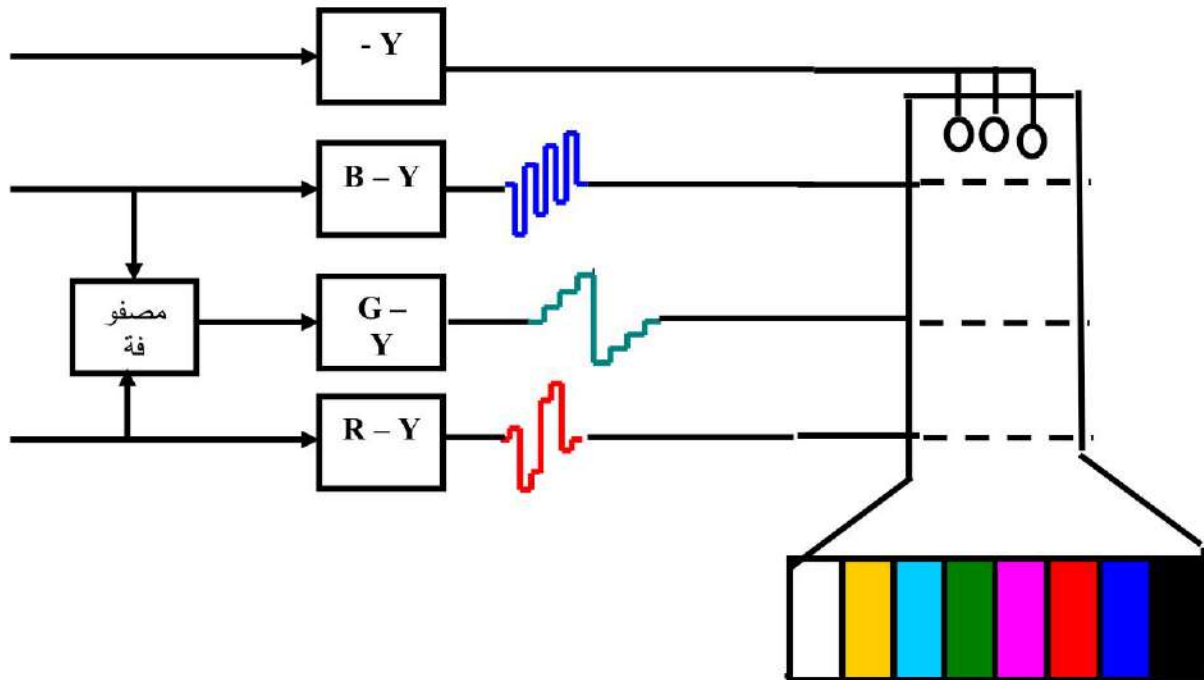
$$1Y - 1Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B - 0.30 Y - 0.59 Y - 0.11 Y$$

$$= 0.30 (R - Y) + 0.59 (G - Y) + 0.11 (B - Y)$$

$$0.59 (G - Y) = -0.51 (R - Y) - 0.19 (B - Y)$$



ومن هذا نستنتج انه يمكن الحصول على إشارة الفرق اللوني (G - Y) بتوصيل مقدار (- 0.51) لإشارة الفرق اللوني للأحمر وكذلك (-0.19) من إشارة الفرق اللوني الأزرق إلى مصفوفة موضوعة قبل مراحل الخرج للألوان في جهاز التلفزيون كما موضح في الشكل (5 - 33).



الشكل (5 - 33) كيفية توصيل إشارات الفرق اللوني إلى الشاشة

ولرسم إشارة الفرق اللوني (G - Y) تتبع ما يأتي :

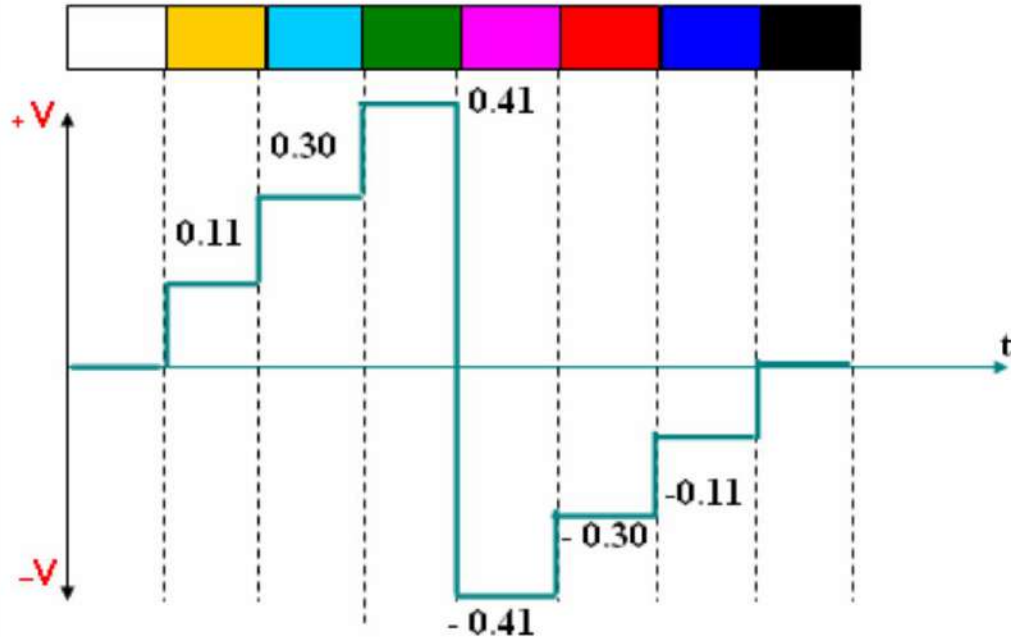
$$G - Y = G - (0.30 R + 0.59 G + 0.11 B)$$

$$0.41 G - 0.30 R - 0.11 B$$

جدول (5 - 5) يوضح النسب لإشارة (G - Y)

اللون	R	G	B	النسب $0.41 G - 0.30 R - 0.11 B$
الابيض	1	1	1	$0.41 - 0.30 - 0.11 = 0$
الأصفر	1	0	1	$- 0.41 - 0.30 = 0.11$
السماني	0	1	1	$0.41 - 0.11 = 0.30$
الأخضر	0	0	1	0.41
البنفسجي	1	1	0	$- 0.30 - 0.11 = -0.41$
الأحمر	1	0	0	- 0.30
الازرق	0	1	0	- 0.11
الأسود	0	0	0	0

ولرسم إشارة الفرق اللوني (G - Y) ينتج كما في الشكل (5 - 34).



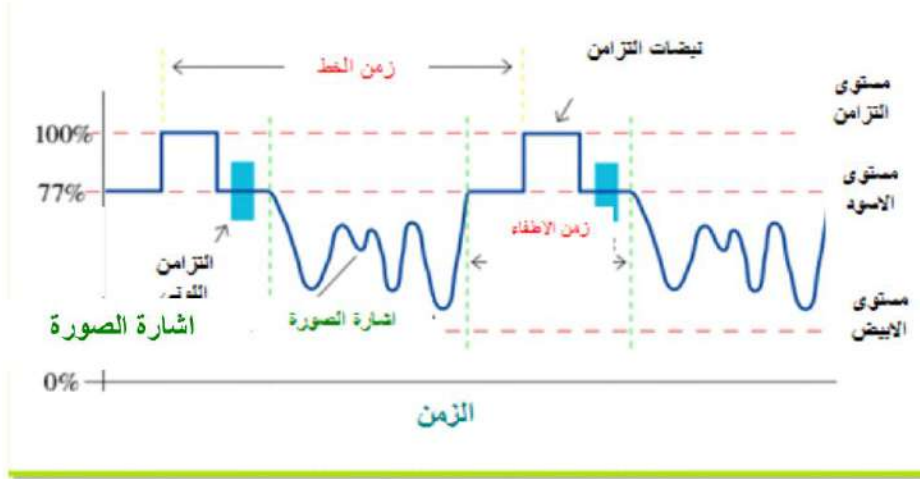
الشكل (5 - 34) إشارة الفرق اللوني (G - Y)

5 - 8 الإشارة المرئية المركبة للإرسال الملون :

مما تقدم نلاحظ أن الإشارة المركبة للإرسال الملون مكونة مما يأتي :

- 1- (Y) إشارة النصوص أو ما تدعى بإشارة الصورة (video).
- 2- إشارة اللون (C) وهي مكونة من إشارة الفرق اللوني (R - Y) وإشارة الفرق اللوني (B - Y).
- 3- نبضات التزامن العمودية والأفقية .

كما وترسل مع إشارة نبضات التزامن اللوني وتختلف تسميتها من نظام إلى آخر وسوف نتطرق إلى ذلك في الفقرات القادمة. لاحظ الشكل (5 - 35). الذي يبين الإشارة المركبة للإرسال الملون لشريحة معينة .

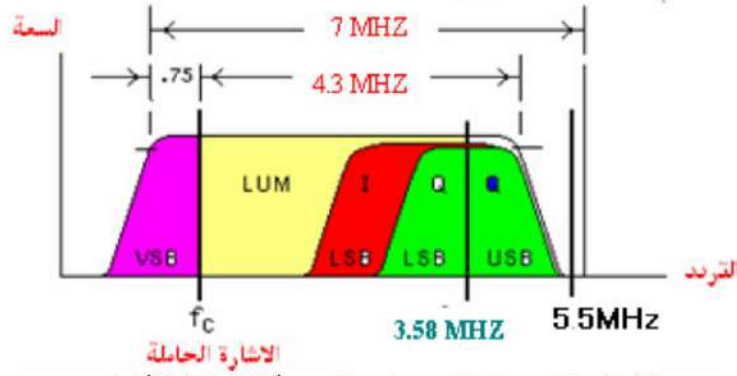


الشكل (5 - 35) الإشارة المرئية المركبة للألوان

5 - 9 الإرسال :

إن أنظمة الإرسال في العالم ثلاثة أنظمة هي (NTSC) مستعمل في أمريكا واليابان ونظام (PAL) مستعمل في ألمانيا مثلاً ولا يوجد اختلاف كبير بين هذين النظامين، ويمكن القول أن نظام (PAL) حل بعض المشكلات في (NTSC) ثم انتشر نظام (SECAM) الفرنسي لحله مشاكل الإرسال في كلا النظامين في وقتها. وفي كل الأنظمة المذكورة توجد إشارة نصوع (Y) وإشارتا الفرق اللوني (R - Y) و (B - Y) ويختار في كل الأنظمة عرض الحزمة للحاملة الثانوية لكل من (R - Y) و (B - Y) بحيث نحصل على الملائمة (Compatibility) بين التلفزيون (الأسود - أبيض) والتلفزيون الملون .

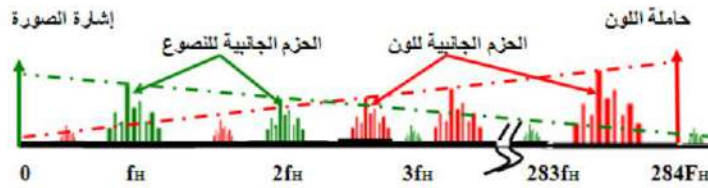
ولتحقيق هذه الملائمة نختار عرض حزمة ضمن عرض الحزمة للتلفزيون العادي (B/W) و لتحقيق هذه الملائمة نختار عرض حزمة ضمن عرض الحزمة للتلفزيون العادي (B/W) . وهذا يجعل عمل الأجهزة التلفزيونية (B/W) على مرسلات أجهزة التلفزيون الملون وكذلك يعمل الجهاز الملون بصورة (أسود / أبيض) وكما هو معروف أن عرض الحزمة لإشارة الصورة هي (5 MHz) فيصبح من السهل وضع الحاملة الثانوية من ضمنها . وتختلف أنظمة الإرسال بصورة أساسية من ناحية التضمين (Encoding) ويساوي عرض الحزمة لكل من إشارة الفرق اللوني (B - Y) و (R - Y) كما موضح في الشكل (5 - 36) .



الشكل (5 - 36) عرض الحزمة لإشارة الألوان

لقد تم وضع الحاملة الثانوية (للون) ضمن عرض الحزمة (للأسود – ابيض) وذلك باستعمال الإقحام البيني للتردد (Frequency Interleaving) فطيف إشارة الصورة يتكون من توافقيات تردد الخط أي أن الخط الأول يمثل (15625) هرتز والثاني (31250) هرتز و الثالث (46875) وهكذا نجد أن الخط (320) يكون التردد مساويا $(15625 \times 320) = 5.000000$ هرتز. لذلك فإن الطيف الصوري يتكون من مجموعة من التوافقيات و تقل السعة عند توافقيات الدرجات العالية، ويوجد بين هذه التوافقيات فجوات لذلك يمكن وضع الحاملة الثانوية (للون) في هذه الفجوات لاحظ الشكل (5 - 37) وقد تم اختيار وضع الحاملة على الجهة العليا من النطاق الصوري، وبالتجربة تمكن الفنيون من حساب تردد الحامل الثانوي لنظام (بال) مثلا عندما تم اختيار الحامل الثانوي كبعض المضاعفات الفردية لنصف تردد الخط وبالخط (567) وعليه يكون التردد أي تردد الحامل الثانوي يساوي

$$15625 \times 567 = 4.43 \text{ ميكا هرتز}$$



الشكل (5 - 37) كيفية إقحام الحاملة الفرعية للألوان

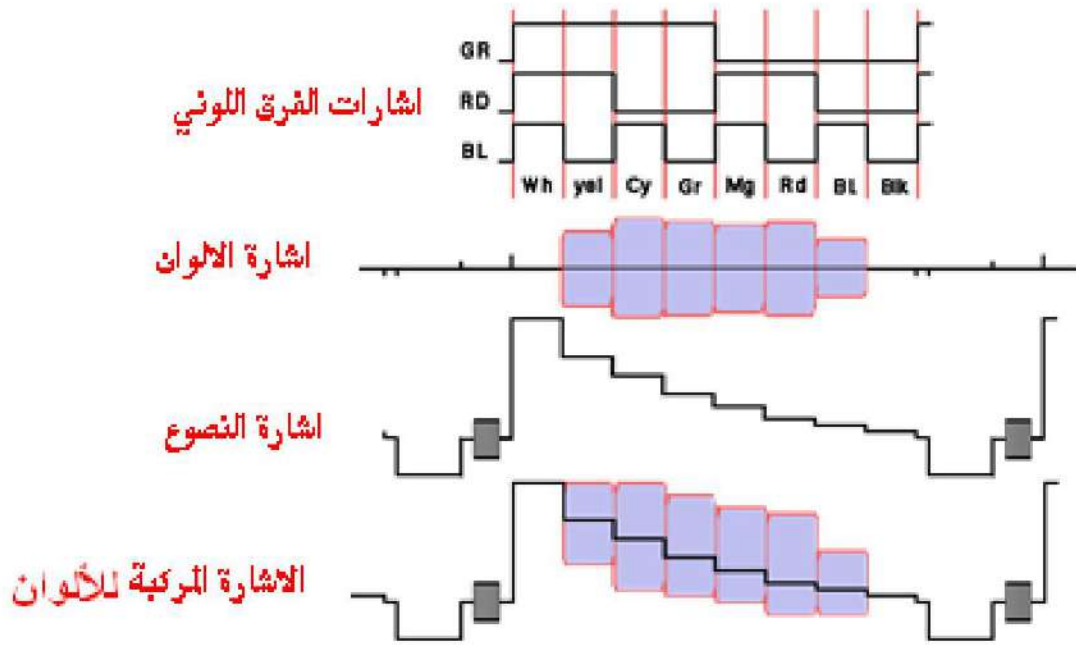
ففي نظام (NTSC) تضمن الحاملة الثانوية بطريقة تضمن الاتساع (AM). وفي نظام (PAL) تضمن بطريقة تضمن الاتساع والطور وفي نظام سيكام تضمن بطريقة تضمن التردد (FM). ويختلف نظام سيكام الفرنسي عن سيكام المستعمل في الشرق الأوسط، ففي النظام الأول ترسل مع الإشارة المركبة نبضات عددها (9) في كل إطار تسمى نبضات التمييز، بينما لا تحتوي الإشارة المركبة على هذا العدد من النبضات في نظام الشرق الأوسط. أي يختلف هذا العدد من نبضات التمييز.

مثال :
كيف يتم تكوين الإشارة المرئية المركبة للألوان حسب نموذج الاختبار القياسي؟ ارسم الإشارة
موضحاً نبضات التزامن السالبة ونبضات التزامن اللوني.

الحل :

تتكون الإشارة من:

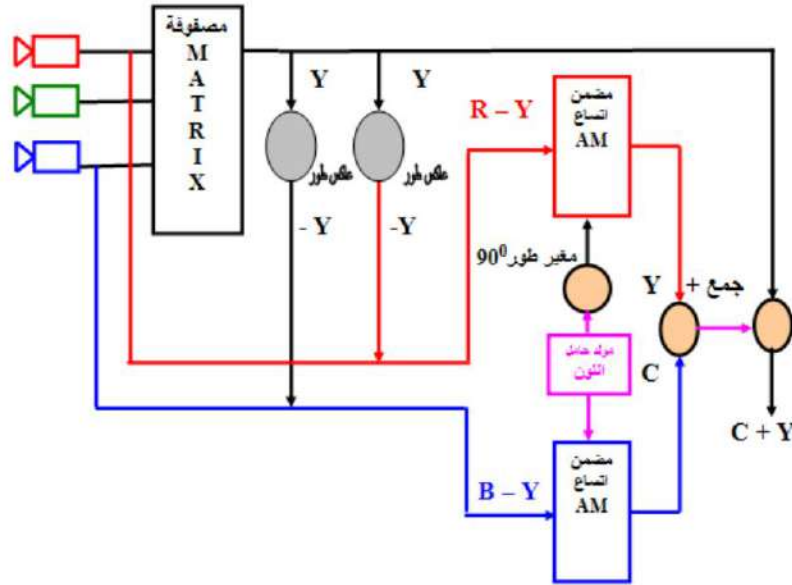
- 1- إشارات الفرق اللوني. 2- إشارة النصوع Y. 3- إشارة التزامن اللوني.
- 4- نبضات الإطفاء الأفقية والعمودية. 5- نبضات التزامن الأفقية والعمودية. ويكون شكل الإشارة كما
موضح في الشكل (5 - 38).



الشكل (5 - 38) الإشارة المركبة للألوان

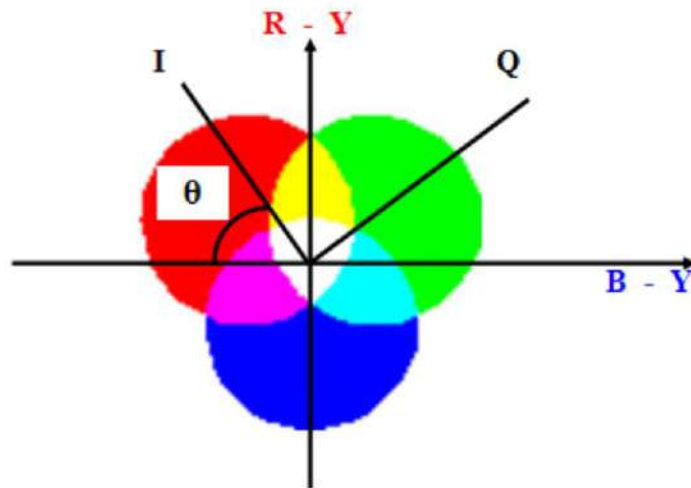
5-9-1 نظام NTSC :

المخطط الكتلي الموضح بالشكل (5 - 39) يمثل مخططاً لمراحل الإرسال لنظام (NTSC) حيث يتم تضمين كل من إشارتي الفرق اللوني (R - Y)، (B - Y) بطريقة التضمين السعوي (AM) حيث تحمل كل من الإشارتين على إشارة حاملة ترددها (3.58) ميكا هرتز إلا أن الإشارة الحاملة لإشارة الفرق اللون (R - Y) تختلف بالطور بمقدار 90° عن الإشارة التي تحمل إشارة الفرق اللوني (B-Y).



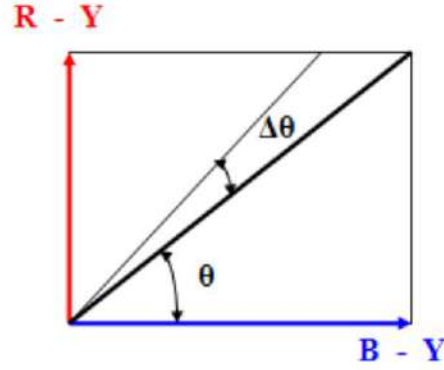
الشكل (5 - 39) الإرسال بنظام NTSC

ويتم جمع الإشارتين بعد التضمين للحصول على إشارة اللون (C)، تمزج هذه الإشارة مع إشارة النصوص (Y) ثم يتم تحميل الإشارة (C + Y) على تردد القناة المراد الإرسال عليها . من عيوب نظام (NTSC) عدم حصانته عند الضوضاء (التشوهات) التي تحدث في طور الإشارة للون (C)، لاحظ الشكل (5 - 40)



الشكل (5 - 40) الدائرة اللونية

فإشارة الألوان لها مقدار (سعة) واتجاه (زاوية) فعند تغير المقدار تتغير درجة التشبع اللوني، وعند تغير الزاوية تتغير الصبغة (اللون) نتيجة لانتشار الإشارات خلال الجو فيحدث تغير في الزاوية يؤدي إلى تغير اللون على شاشة التلفزيون وفي بعض الأحيان يكون من السهل على المشاهد اكتشاف الخطأ في الألوان لان هناك بعض الألوان ثابتة في دماغ الإنسان مثل لون الشجرة أو بشرة جلد الإنسان إلى آخره لاحظ الشكل (5 - 41).

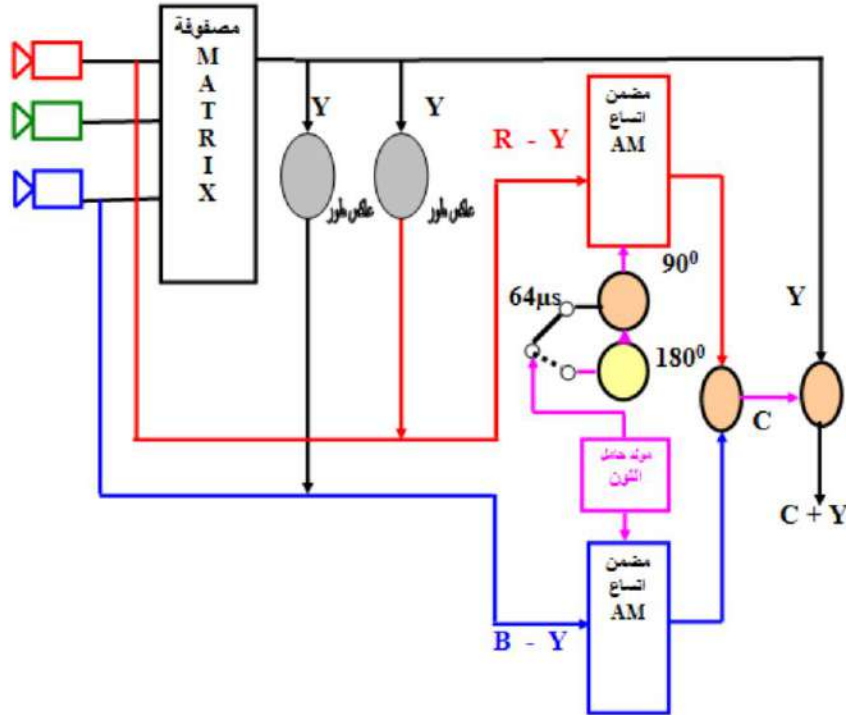


الشكل (5 - 41) كيفية تغير الصبغة بتغير الزاوية

وللتغلب على أخطاء الألوان التي تحدث في نظام (NTSC) بسبب التشويه الطوري فقد حل نظام بالـ (PAL) الخطأ الحاصل في نظام (NTSC).

5 - 9 - 2 نظام (بال) : PAL System

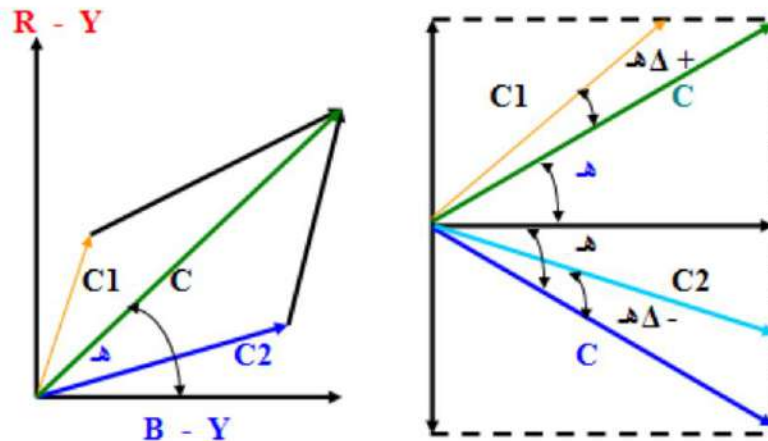
في هذا النظام يتم تضمين إشارة الفرق اللوني (R - Y) بإشارة تختلف بالطور بزاوية قدرها 90° ، 270° بالنسبة لإشارة الفرق اللوني (B - Y) بين خط وآخر إذ يتم تبديل طور الإشارة الحاملة بإشارة الفرق اللوني (R - Y) بين زاوية 90° و زاوية 270° كل 64 مايكرو ثانية و ذلك للتغلب على عيوب الألوان التي تظهر في نظام (NTSC) لاحظ الشكل (5 - 42) .



الشكل (5 - 42) الإرسال بنظام PAL

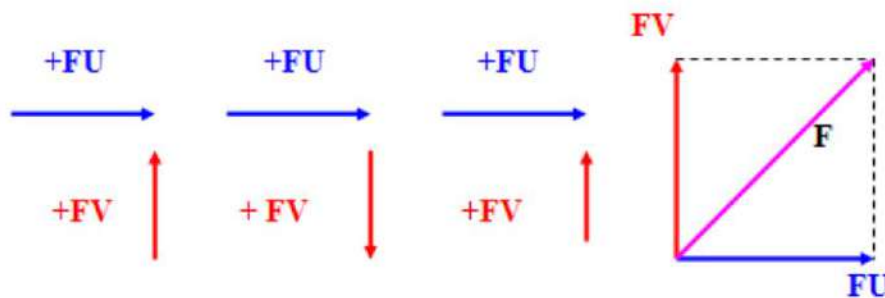
أما إذا حصل أي تغير في طور الزاوية هـ في الخط الأول بمقدار (Δ هـ) فإن تغيرا يحصل في الطور في الخط الثاني بمقدار (Δ - هـ). في جهاز التلفزيون يتم قلب طور إشارة الفرق اللوني (R-Y)

التي تم عكسها في الإرسال و بجمع إشارة معلومات الألوان بخطين ذلك للحصول على إشارة معلومات ألوان بزاوية صحيحة لاحظ الشكل (5 - 43) .



الشكل (5 - 43) تحسين أخطاء نظام NTSC

من الشكل السابق نجد أن نظام بال (PAL) عالج الخطأ في نظام NTSC إلا أن مقدار التشبع اللوني قد ازداد وهذه الزيادة في التشبع اللوني هي الخطأ (العيوب) في نظام بال (PAL). فهذا النظام يعتمد على إرسال الألوان بطور متناوب ومن هنا جاءت التسمية (hase alternate line) خط الطور المتناوب ويكون تردد الحاملة الثانوية (4.43 MHz). إشارة الفرق اللوني (B - Y) ولتكن (F u) تعدل بطريقة تعديل الطور والذي يمثل درجة التدرج والتعديل السعوي يمثل درجة التشبع اللوني وكذلك للإشارة (R - Y) ولتكن (F v) وبإمرار الإشارة (F v) خلال عاكس طور 180 ° فان الإشارة F تمثل إشارة اللون كما في الشكل (5 - 44) .



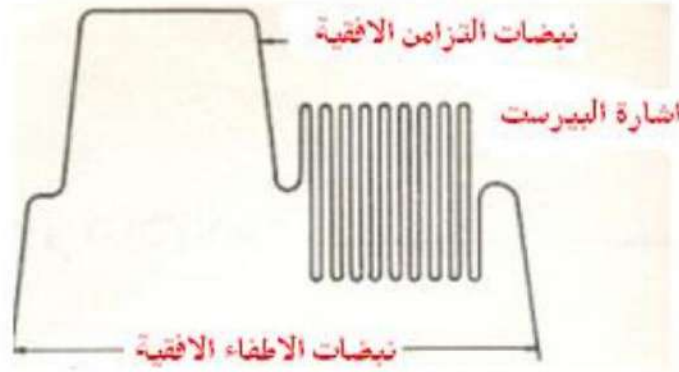
الشكل (5 - 44) قلب طور الإشارة (R - Y)

ثم تجمع هاتان الإشارتان بواسطة المجمع (Adder) لتكوين إشارة اللون (F) ونلاحظ مع الإشارة (F) إشارة تزامن لوني تسمى البيرست (Burst).

إشارة البيرست : Burst Signal

في إرسال (PAL) يخمد التردد الحامل (4.43 MHz) لكل من (F u, F v) وسيصبح خرج المعدلين بالحزم الجانبية فقط لإعادة المعلومات في الكاشف (في جهاز التلفزيون) فان استعمال كاشف غير كاف للقيام بهذه المهمة ولذلك يوضح مذبذب كوارتز لتوليد التردد (4.43 MHz) للقيام بالكشف لأنه يحتاج إلى مصدر (Reference) يعتمد عليه. ويجب أن يعمل هذا المذبذب بالطور نفسه مع المذبذب

الموجود في المرسلّة فتعمل إشارة البيرست على التوافق بينهما. وترسل هذه الإشارة خلال مدة رجوع الخط (Fly back) وتتألف إشارة البيرست من (10-12) موجة موضوعة على مستوى الأسود بعد نبضة التزامن الأفقية وتساوي 25 % من المستوى الأعظم. لاحظ الشكل (5 – 45).



الشكل (5 – 45) إشارة البيرست

وتوصل البيرست إلى المضمن (Fv) مباشرة أي بالطور نفسه مع الإشارة (F) وتوصل إلى المضمن (Fu) خلال عاكس وجه 180 فتصبح بعكس الطور بمقدار 180. وللتأكد من أن الإشارة (Fv) قد عكست في المستلم للخط نفسه في المرسلّة فإن المغير (Commutater) يستعمل لهذه الغاية، إذن فللبيرست وظيفتان:

الأولى – التأكد من أن الحامل اللوني بالطور نفسه دائما بحيث تعطي الكواشف إشارات فرق لوني صحيحة .

الثانية – ان مفتاح (PAL) يتوافق بوساطة إشارة البيرست للتأكد من أن مركبة (Fv) بالخط المعكوس بالمرسلّة فقط . لذلك فإن إشارة البيرست تقع في الدرجات (135 و 225) .

5- 9 - 3 نظام سيكام : SECAM System

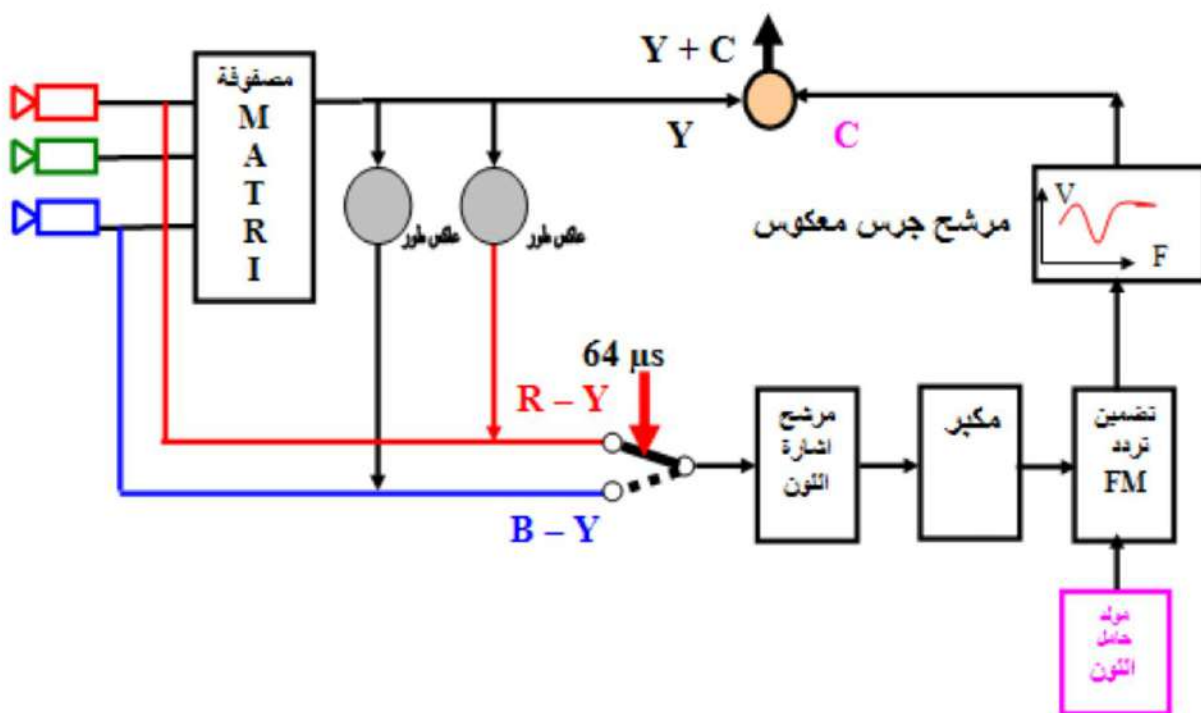
المخطط الكتلي المبين بالشكل (5-46) يمثل مخططا لمراحل الإرسال لنظام سيكام، ويعتمد هذا النظام على إرسال ثلاث إشارات هي إشارة النصوع (Y) وإشارة الفرق اللوني (R-Y) وإشارة الفرق اللون (B - Y) كما هو الحال في الأنظمة المتألّفة في نظام NTSC ونظام بال-(PAL) ويمتاز هذا النظام عن بقية الأنظمة بما يأتي :

1- ترسل كل من إشارتي الفرق اللوني (R-Y) و (B-Y) بالتتابع بين خط و آخر أي كل (64) مايكرو ثانية.

2- تضمن إشارة (C) تضمينا ترددياً .

نجد من الشكل أن المفتاح يقوم باختيار إشارتي الفرق اللوني (R-Y)، (B-Y) ويغير اختياره كل 64 مايكرو ثانيه أي بين خط وآخر.

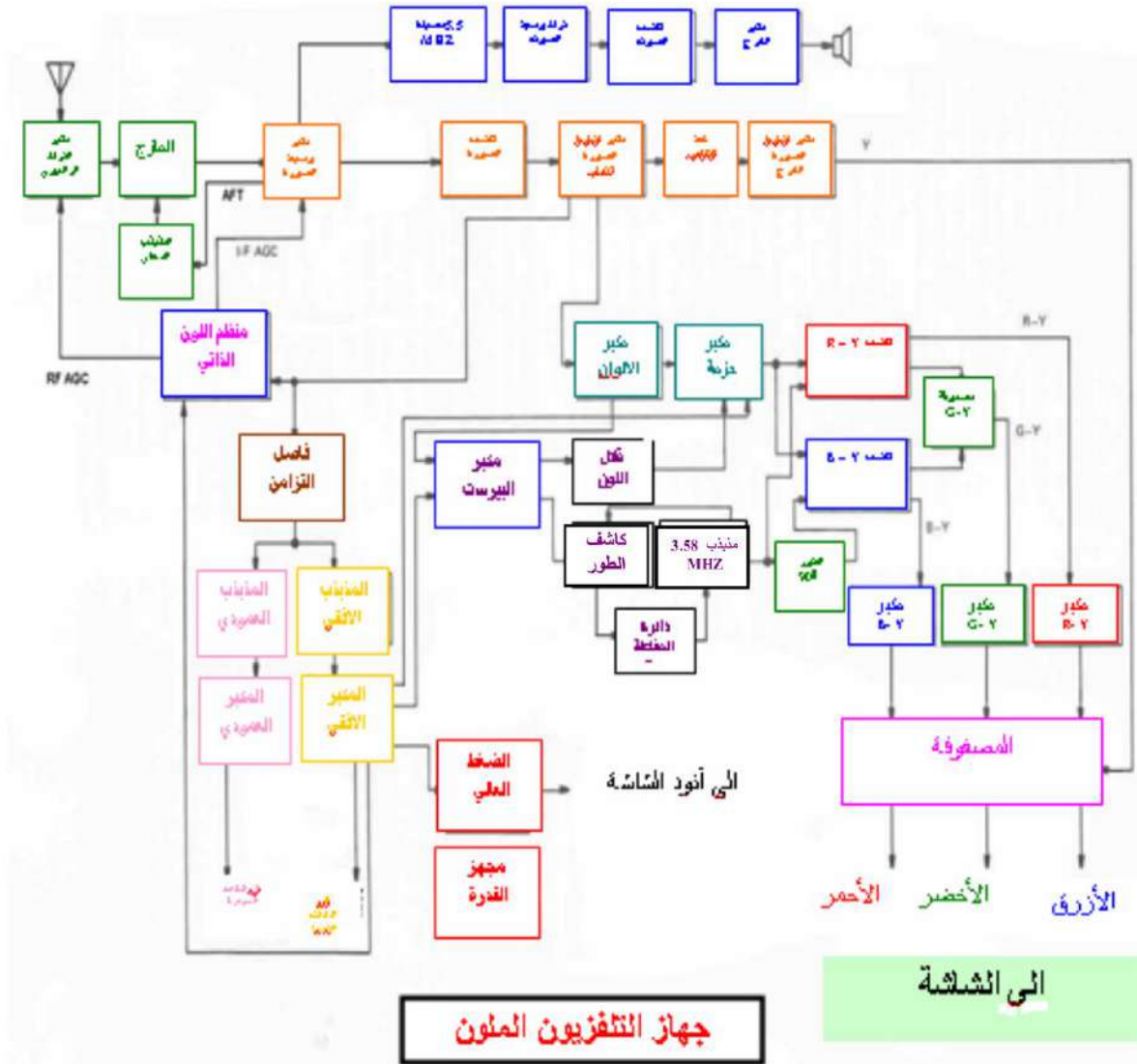
يعمل مرشح الألوان على تحديد عرض حزمة إشارة الفرق اللوني بينما يقوم المكبر على تكبير هذه الإشارة. ثم يتم تضمينها بوساطة مضمن ترددي حيث تحمل الإشارة (R-Y) على تردد مقداره (4.406) ميكا هرتز و تحمل الإشارة (B-Y) على تردد مقداره (4.25) ميكا هرتز تدخل إشارة الفرق اللوني المضمنة تضمينا تردديا إلى مرشح له خواص تشبه الجرس المعكوس (Anti Bell). ويقوم هذا المرشح بتخفيض سعة التردد القريبة من تردد الإشارة الحاملة وزيادة سعة الترددات العالية والقليلة وذلك بمعادلة تأثير مرشح الجرس (Bell) الموجود قبل الكاشف في جهاز التلفزيون، تجمع إشارة الألوان (C) وتضمن على تردد القناة المراد الإرسال عليها. ولغرض الحصول على التزامن اللوني ترسل مع الإشارة من محطة الإرسال إشارات تمييز أو تعريف (Identification) تقوم بالسيطرة على عمل مفتاح سيكام في جهاز التلفزيون.



الشكل (5-46) نظام سيكام

5 - 10 المخطط الكتلي لجهاز التلفزيون الملون :

الشكل (5 - 47) يوضح مخططاً كتلياً عام لجهاز التلفزيون الملون



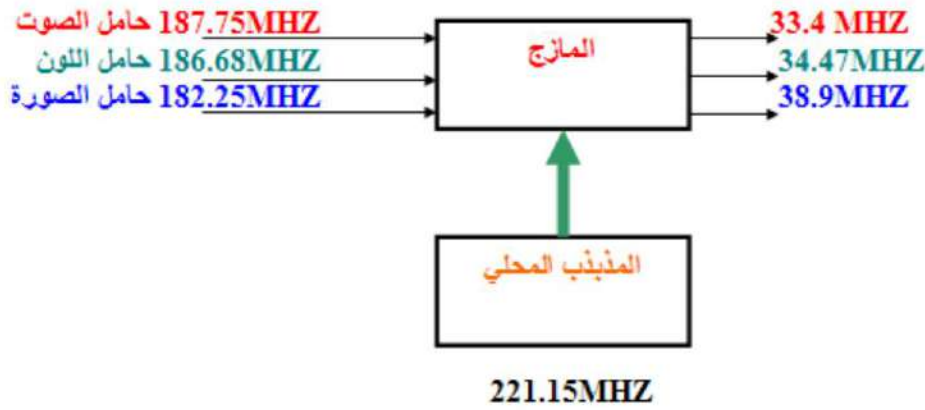
الشكل (5 - 47) المخطط الكتلي لجهاز التلفزيون الملون للاطلاع فقط

فبالإضافة لما هو معروف في أجهزة (الأبيض - اسود) فإن قسم ناخب القنوات يعمل بمنحني استجابة له تردد لحامل اللون وعلى سبيل المثال إننا استلمنا القناة بالتردد (181-188) ميكاهرتز فإن كلا من

تردد حامل الصورة = 182.25 ميكاهرتز

تردد حامل الصوت = 187.75 ميكاهرتز

تردد حامل اللون = 186.68 ميكاهرتز . في نظام (PAL) لاحظ الشكل (5 - 48).



الشكل (5 - 48) يوضح التردد الحامل للون بنظام (PAL)

كما يعمل قسم مكبر إشارة التردد الوسيط حسب منحنى خاص لتكبير الموجة الحاملة للصورة بالتردد (38.9) ميكا هرتز و الموجة الحاملة للون بالتردد (34.47) ميكا هرتز لنظام (PAL) مثلاً وبمقدار 50 % لاحظ الشكل (5-49)، وبتكبير الموجة الحاملة للصوت بالتردد (33.4) ميكا هرتز بمقدار 10 % .



الشكل (5 - 49) منحنى الاستجابة للتردد الوسيط في التلفزيون الملون لنظام (PAL)

ومن دون حامل اللون تظهر الصورة كما في جهاز التلفزيون العادي وتعمل دائرة تنظيم التردد الذاتي (AFT) (Automatic Frequency Tuning) في حالة استلام حامل اللون فقط فتتنظم تردد المذبذب المحلي لناخب القنوات. ويستخلص الصوت قبل قسم كاشف الصورة ويبقى الفرق الترددي (5.5) ميكا هرتز وتتألف الإشارة الخارجة من كاشف الصورة على إشارة اللون (C) وإشارة النصوص (Y) وإشارة التزامن اللوني (Burst). ويحتوي قسم مكبر إشارة الصورة عادة على مكبر أولي من نوع الجامع المشترك ويجهز هذا المكبر إشارة الصورة إلى المراحل الآتية:

1- مرحلة تنظيم الربح الذاتي لتوليد جهد الانحياز **AGC** .

2- إشارة اللون إلى قسم الألوان.

4- إشارة النصوص **Y** إلى صمام الشاشة.

وتحتاج إشارة النصوص في مكبر إشارة الصورة إلى خط التأخير وهو عبارة عن ملف أو قابلو محوري (Coaxial Cable) لتأخير إشارة النصوص **Y** كي تصل إلى صمام الشاشة الملونة في الوقت نفسه مع إشارة اللون **C** ويكون زمن التأخير هذا حوالي (0.8) مايكرو ثانية ومن دون هذا التأخير للإشارة **Y** فان معلومات اللون سوف تظهر مزاحة بحوالي (0.3) انج إلى يمين الشاشة. تتشابه دوائر الانحراف في جهاز التلفزيون الملون كما في (الأبيض- اسود) عدا الحاجة إلى قدرة عالية لذا فان الجهد العالي (EHT) يتراوح من (25 – 30) كيلو فولت لحجم شاشة تتراوح من (19-25) انج. تعمل دائرة توحيد مستقلة لتوليد جهد التركيز ويمكن الحصول عليه من قسم الضغط العالي ايضا، ويستغل تيار المصدر المتناوب **AC** في دائرة مجهز القدرة لدائرة منظم إزالة المغناطيسية (**Degaussing**) حيث يوضع ملف على جسم الشاشة من الجهة المقابلة لانبوبة الشاشة والشكل (5 – 50) يبين احد أنواع هذه الملفات وتأثير هذه المغناطيسية .

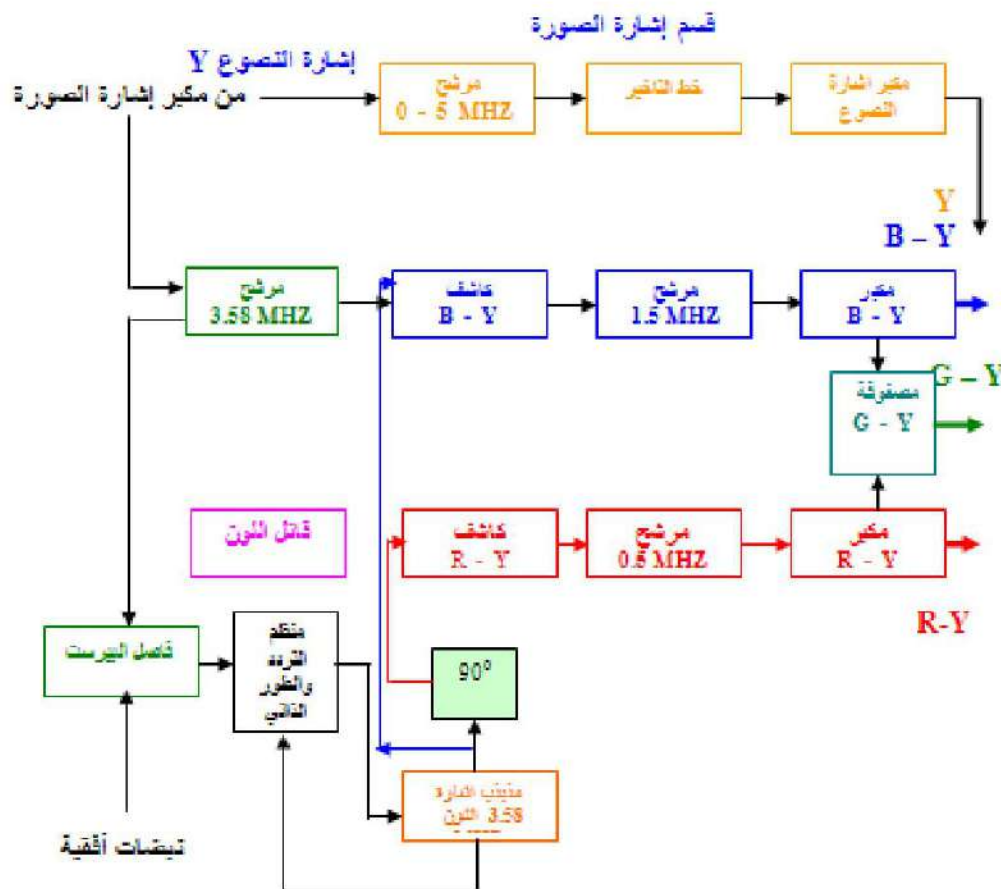


الشكل (5 – 50) ملف المغنطة

يمر في هذا الملف تيار متناوب بالتردد (50) هرتز يعمل على إزالة المغناطيسية لتحسين النقاوة اللونية وسبب تواجد هذه المغناطيسية المتبقية هو الأجزاء الحديدية الموجودة داخل جهاز التلفزيون فتؤثر هذه المغناطيسية في انحراف الأشعة الالكترونية فتظهر الألوان غير نقية، وبمرور التيار المتناوب في الملف الموضوع حول الشاشة تتولد مجالات مغناطيسية تلغي المجال الثابت. بسبب اختلاف طرق تضمين إشارة معلومات الألوان للأنظمة الثلاثة فان قسم الألوان في جهاز التلفزيون يختلف من نظام إلى آخر وهي كما يأتي:

5 - 10 - 1 الاستلام بنظام NTSC

المخطط الكتلي المبين بالشكل (5- 51) يوضح تحليل الإشارة لنظام NTSC لكل من إشارة النصوص وإشارة اللون وكيفية توصيلها إلى شاشة التلفزيون .

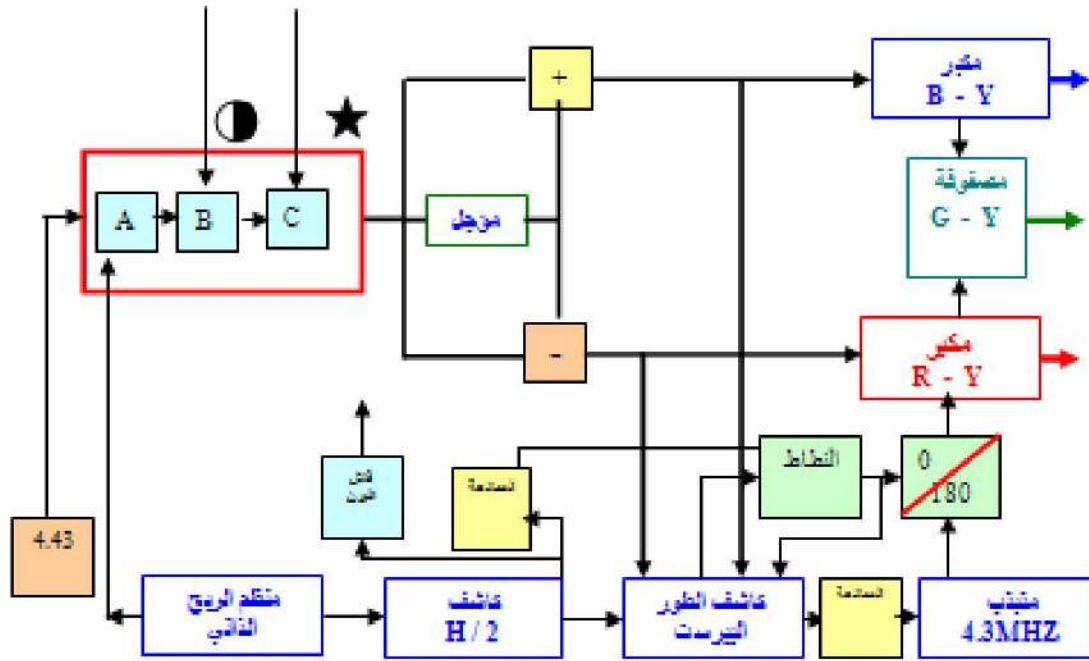


الشكل (5 - 51) الاستلام بنظام NTSC

يحتوي قسم إشارة النصوص على المرشح بالتردد من (صفر - 5) ميكاهرتز الذي يعمل على كبت أي تداخل يمكن أن يحصل مع الحاملة الثانوية للون وخط التأخير بزمان حوالي (0.8) مايكرو ثانية. وبما أن نطاق التردد للإشارة (R-Y) محدد بالتردد (1.5) ميكاهرتز ونطاق التردد للإشارة (B-Y) محدد بالتردد (0.5) ميكاهرتز فقد وضعت المرشحات بعد الكواشف لكل من إشاراتي الفرق اللوني (R-Y)، (B-Y) وبوساطة المصفوفة (G-Y) يتم الحصول على إشارة الفرق اللوني (G-Y). وبسبب استعمال الكشف التزامني وهو نوع الكاشف المتعامد للحامل الثانوي يعمل المذبذب على توليد تردد قدرة (58.3) ميكاهرتز فبعد فصل إشارات الفرق اللوني (R-Y)، (B-Y) المضمنة يتم الكشف عنها بوساطة الكاشفين المتزامنين اللذين يجهزان بحاملين ثانويين مزاح احدهما عن الآخر بزاوية (90) درجة فيسيطر طور مذبذب الحامل الثانوي بوساطة إشارة التزامن اللوني (البيرست).

5-10-2 الاستلام بنظام بال :

المخطط الكتلي للإرسال (PAL) والموضح في الشكل (5 - 52) يعمل كما يلي



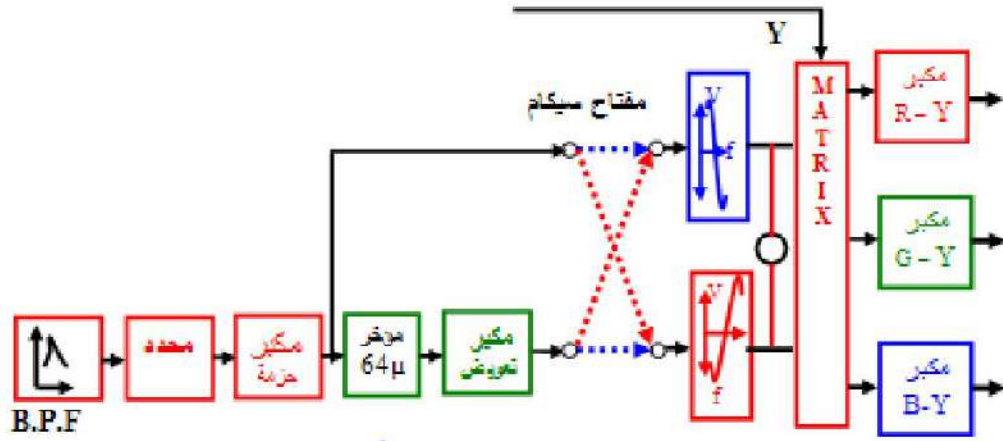
الشكل (5 - 52) الاستلام بنظام PAL

إن مكبر الألوان الذي يحتوي على ثلاث مكبرات (A , B , C) المكبر (A) له ربح متغير ومسيطر عليه بواسطة مرحلة منظم الربح الذاتي (A.G.C) ويتغير ربح المكبر (B) ويسيطر عليه بواسطة مقاومة شدة التباين بينما تسيطر مقاومة شدة تباين اللون على المكبر (C). ومع وجود نبضة البيرست يتولد جهد AGC ولأجراء عملية الكشف لكل من (R - Y)، (B - Y) نحتاج إلى توليد تردد قدره 4.43 MHz بسبب إخماد هذا التردد في الإرسال لذلك يعمل مذبذب الكوارتز بتوليد التردد (4.43MHz) فيوصل مباشرة إلى الكاشف (B-Y) بينما يوصل هذا التردد خلال المغير (PAL) إلى الكاشف (R-Y). وإذا حصل إي تغير في طور المذبذب فبواسطة كاشف البيرست ودائرة الممانعة يصحح هذا الطور وتقلل دائرة الممانعة من التحميل

ويسبب تأرجح البيرست بمقدار (45 ±) درجة وذلك بسبب انعكاس الإشارة (R-Y) بمقدار (180) درجة لذلك تتولد إشارة جيبيية يكون ترددها نصف التردد الأفقي 15625 Hz يستفاد من هذه الإشارة في التقويم لتوليد فولتية تيار مستمر يسلط على كل من كاشف (R - Y)، (B - Y) وفي حالة الإرسال (أسود - أبيض) يتوقف عملها .

5- 10 - 3 الاستلام بنظام سيكام : SECAM

الشكل (5 - 53) يوضح مخططاً كتلوياً لقسم الألوان بجهاز تلفزيون يعمل بنظام (سيكام) .

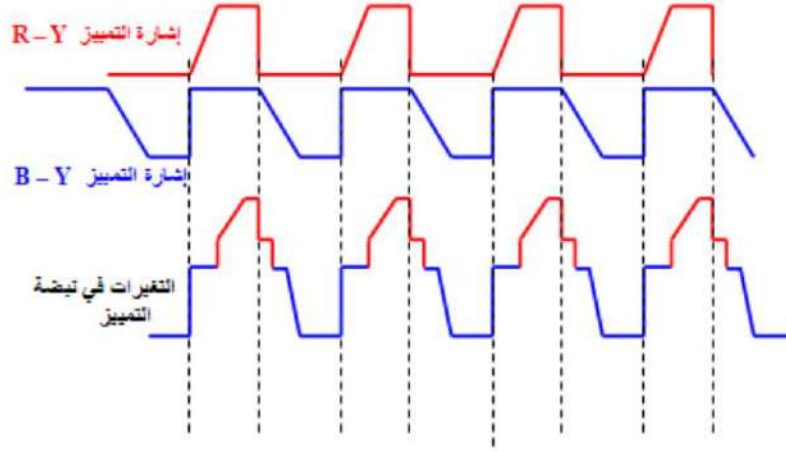


الشكل (5-53) الاستلام بنظام سيكام

يتم اختيار إشارة معلومات الألوان من إشارة النصوع (Y) بواسطة مرشح إمرار النطاق الترددي (BPF) الذي يمنع مرور إشارات الضوضاء التي تقع عند الترددات العالية والواطنة والتي يمكن أن تكشف بواسطة كاشف التضمين التردد (FM). تدخل إشارة الألوان على المحدد (Limiter) فيقوم بتحديد الاتساع لأن سعة إشارة الألوان المضمنة ترددياً قد يتغير بسبب الضوضاء خلال الإرسال، ثم يتم تكبير إشارة الألوان بواسطة مكبر نطاق ترددي (Band Pass Amp.) فيعمل على تكبير حزمة إشارة معلومات الألوان بعدها تتفرع الإشارة إلى فرعين أحدهما يتصل مباشرة بمفتاح سيكام والفرع الآخر يتصل بالمفتاح عبر خط التأخير الذي يؤخر الإشارة زمنياً مقداره (46) مايكرو ثانية والذي يعادل زمن رسم خط أفقي واحد. إن وجود المؤخر الزمني يضمن وصول الإشارتين (R-Y)، وبعد كشف الإشارتين (R-Y) و (B-Y) يتم إدخالهما إلى مصفوفة لتوليد الإشارة (G-Y) ويتم تكبير إشارات الفرق اللوني الثلاث في مكبرات الألوان المخصصة لكل منهما، ثم تغذى إلى الشاشة. (B-Y) إلى المفتاح في وقت واحد حيث يقوم المفتاح بتوصيل هاتين الإشارتين إلى دائرتي كاشف التضمين الترددي المخصصتين لهما، إن ضمان وصول كل من إشارتي الفرق اللوني إلى الكاشف المخصص لهما ينظم بواسطة إشارة التمييز (Identification). تكون خواص كاشف التضمين الترددي المخصص لكشف الإشارة (R-Y) هي عكس خواص كاشف التضمين الترددي المخصص لكشف الإشارة (B-Y) ذلك لضمان عمل دائرة توافق الألوان.

5 - 11 إشارة التمييز : Identification

يتم إنتاج إشارة التمييز (Identification) بمحطة الإرسال كسلسلة مكونة من تسع نبضات بمدة فترات خط مسح أفقي واحد وتدخل في إشارات اللون وتخرج بقطبية متناوبة ثم إلى مضمن ترددي (F.M) الذي يشكلها ترددياً على الحامل المساعد للون لاحظ الشكل (5-54)، ترسل على فترات منتظمة إنشاء نبضة الإطفاء العمودي وتتبع نبضة التزامن العمودية وخلال مدة (9) خطوط (للخطوط 320 ولغاية 328) للمجالات الزوجية ومن (7-15) للمجالات الفردية. تقوم إشارة التمييز في التلفزيون الملون سيكام بالتزامن اللوني مثلما تقوم به إشارة البيرست في نظام بال بالتحكم في عمل المفتاح الإلكتروني الذي يجب إن يكون نظام توصيله محكماً.



الشكل (5 - 54) إشارة التمييز

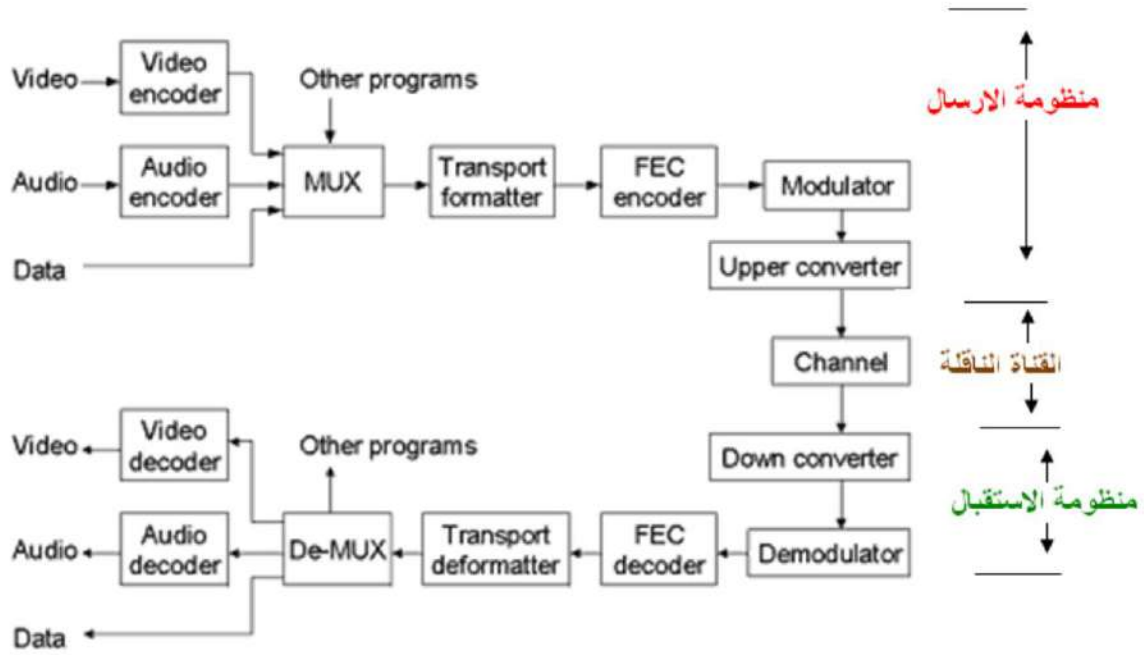
12-5 التلفزيون الرقمي (DTV) Digital Television

الرقمية :

تعني نظام يشفر المعلومات في نظام ثنائي يشتمل على الصفر والواحد ، وبذلك يقسم الإشارات إلى خطوات مجردة بحتة في مواجهة الإشارات التناظرية (التماثلية) التي تشابه الموجة الجيبية sine wave وإشارات الصوت

والتلفزيون الرقمي :

عبارة عن نظام تحوّل فيه الإشارات التلفزيونية إلى شكل رقمي ومضغوط ومتصل بالمشاهدين من خلال أجهزة فك الضغط وإعادة تحويل الإشارة الرقمية ، وعند استعمال التلفزيون الرقمي مع الضغط فإنه يناسب عشر قنوات رقمية في كمية التردد المطلوبة لإرسال قناة تناظرية واحدة. وبذلك يدعم التلفزيون الرقمي التفاعلية ويقدم سعة محسنة لجودة الصورة المنقولة. وتقنية ضغط البيانات جعلت محطات التلفزيون الرقمية ممكنة كي تعمل مع عرض حزم صغيرة نسبة للنظام التناظري التقليدي وباستعمال MPEG وهو (Moving Picture Experts Group) ملائم لهذه التقنية فمن القرص DVD والكاميرات الصورية الى محطات التلفزيون الرقمية ويدعم الإصدار MPEG-2 التلفزيون ذو الوضوح العالي HDTV (High-Definition Television) والتصاميم المرئية للتطبيقات في المحطات. والمخطط الكتلي الموضح بالشكل (5 - 55) عبارة عن إرسال واستلام لنظام التلفزيون الرقمي من نوع (DTTB) ويعني Digital Terrestrial Television Broadcasting حيث تضغط الصورة والصوت وبيانات خدمية أخرى وتضاعف بواسطة Multiplexer لتشكّل تدفق من السلاسل الأولية ويمكن مضاعفة هذا التدفق مرة أخرى مع بيانات لبرامج أخرى لتكوين سلسلة نقل باستعمال MPEG-2 وتدعى (TS) Transport Stream مكونة من حزم نقل بطول 188 بايت .



الشكل (5 - 55) مخطط كتلوي للإرسال واستلام التلفزيون الرقمي

ويتم التشفير في مرحلة FEC (Forward Error Correction) وهي خاصة بتصحيح الأخطاء التي تحصل بسبب الضوضاء والتداخل للقناة المرسلة وكثيراً ما يستعمل FEC لتعيين نوع الفيروسات في الحاسوب والسرية في أنظمة التشغيل Windows . ويقوم المضمن Modulator بتحويل الحزم المنقولة إلى رموز رقمية تكون ملائمة للقنوات الأرضية. والمرحلة الأخيرة وهي أعلى تحويل Upper Converter حيث تحول الإشارة الرقمية المضمنة إلى قناة بالتردد الراديوي RF. يكون تسلسل العملية في جهاز الاستقبال عكس العملية في المرسلة. التلفزيون ذو الوضوح العالي HDTV احد التصميمات المتعددة والتي تعمل بطريقة التلفزيون الرقمي تستعمل تصميمات مختلفة في ما بين (1280 X 720) نقطة ضوئية Pixels وآخر يعمل باستعمال 1920X1080 نقطة ضوئية. التلفزيون ذو الوضوح العالي لا يعمل في الإرسال للقنوات التماثلية.

13-5 العارضات المرئية :

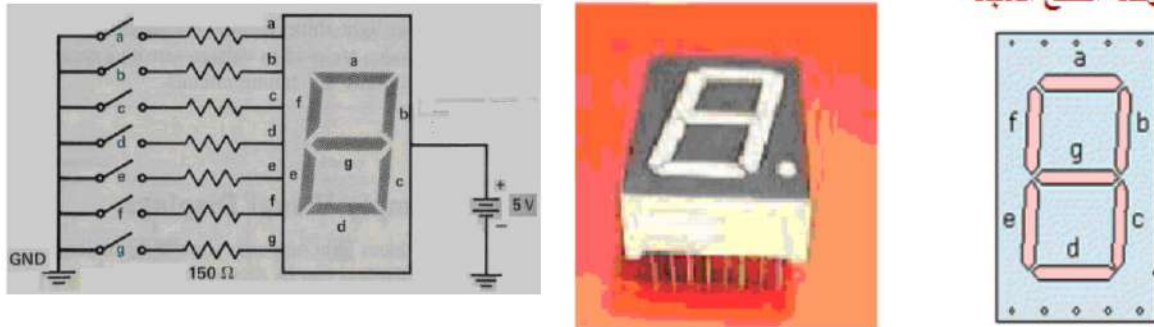
العارضة هي أداة إلكترونية تعطي ضوءاً لإظهار المعلومات بشكل مرئي ولذلك فإن العارضات يمكن تقسيمها إلى نوعين حسب التعقيد وهي عارضات غير معقدة في التصنيع وهي محصورة الأداء وفئة أخرى معقدة التصنيع وذات أداء كبير وواسع ولذلك نستطيع تقسيم العارضات بالشكل الآتي :
أولاً- عارضات الشكل وهي التي تظهر لنا الأرقام والأحرف.
ثانياً- عارضات الرسوم وهي أكثر تعقيداً وباستطاعتها إعطاء شكل تصويري فضلاً عن الأحرف والأرقام .

ويمكن تقسيم العارضات حسب طريقة إظهار الأرقام والأحرف وحدود الأداء وتستعمل في مجالات واسعة ويتم استعمال أكثر من عارضة هنا من أجل الحصول على الرقم أو الأحرف المطلوبة وهذه العارضات هي :

- أ- عارضات ذات القطع السبع.
- ب- عارضات المصفوفة النقطية .

ان عارضة القطع السبع والتي تستعمل أرقاماً ورموزاً محددة وان طريقة ترقيم الثنائيات المضئية يكون لها نسق خاص لعرض الرقم أو الرمز المطلوب. والجزء الرئيس في عمل وأداء هذا النوع من العارضات هو ثنائي الانبعاث الضوئي والذي يتم تشغيله من خلال إعطاء الرقم أو الحرف المطلوب الفولتية اللازمة لاحظ الشكل (5-56) .

عارضة القطع السبعة

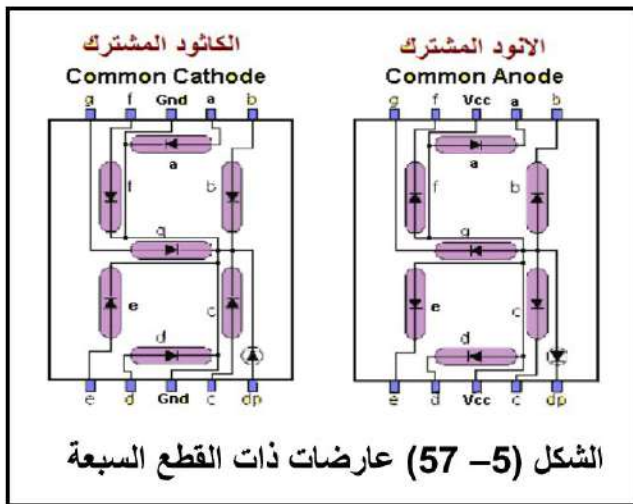


الشكل (5 - 56) عارضة القطع السبع

5-13-1 شاشات العرض ذات القطع السبع Seven Segments Displays

يصمم هذا النوع من شاشات العرض بطرق عديدة، فالشاشات القديمة والتي كانت تستعمل فتيل التسخين الرفيع لكل قطعة وهي ما أشبه بالمصباح تعمل على جهد عالي ويشع إضاءة بلون برتقالي. أما العارضات الفلورسنتية والتي جاءت بشكل أكثر تطوراً فهي تعطي ضوءاً أخضر وتعمل على جهد واطئ وهذا ما نلاحظه بالحاسبات اليدوية الصغيرة. أما العارضات الشائعة في وقتنا الحاضر فهي تعطي اللون الأحمر وهي التي تستعمل ثنائي الانبعاث الضوئي للعمل.

في الشكل (5-57) كل قطعة تعدّ ثنائياً مشعاً للضوء ويُعدّ الأنود مشتركة لكل وجاءت التسمية بعارضة سبع قطع ذات أنود مشترك (Common-Anode 7-segment Display)



الشكل (5-57) عارضات ذات القطع السبعة

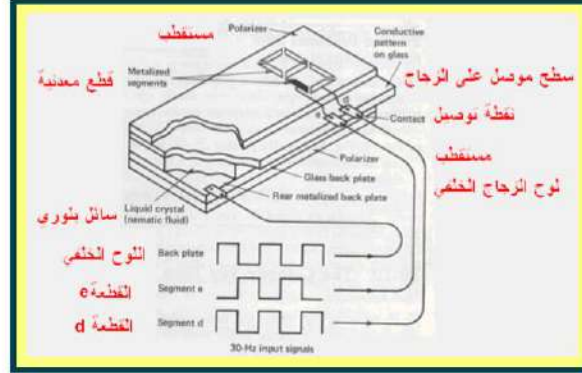
وهذه القطع من a إلى g موضحة بالشكل أعلاه ويتم إيصال الكاثود إلى الدائرة لعمل الانحياز للثنائي المحدد. وهناك عارضات ذات القطع السبع بالأنوعين وطريقة توصيل الفولتية إلى هذه القطع للحصول على الرقم المطلوب. ويجب التأكد من هذه العارضات ذات القطع السبع هل هي أنود مشترك أو كاثود مشترك لان الفولتية المطلوبة في الحالة الثانية عكس الفولتية المطلوبة في الحالة الأولى.

ان فحص الدائرة للعارضة ذات القطع السبع الموضح بالشكل عن طريق اعتماد 5 فولت كقدرة قياسية لتشغيل هذه العارضة وباستعمال المفاتيح نستطيع أن نحصل على أي رقم خلال مقاومات الحماية 150Ω لتحديد تيار العارضة لحدود 20 ملي أمبير.

ففي سبيل المثال الرقم 7 يحفز الثنائيات (a, b, c) ويمكن الحصول على عارضات منفردة أو متعددة وكذلك هناك عارضات يكون بها الكاثود مشتركاً.

13-5- 2 عارضات السائل المتبلور (LCD) Liquid Crystal Displays

تطرقنا إلى موضوع العارضات ذات القطع السبع والتي تعطي الضوء. أما عارضات السائل المتبلور فأنها تعكس جزء من الضوء المحيط بها بينما الأجزاء الأخرى تمتص الضوء. مثال على ذلك أجهزة القياس الرقمية التي تستعمل هذا النوع من العارضة يكون فيها الأساس العاكس للضوء فضياً بينما الرموز المفعلة والأرقام تمتص الضوء لهذا فهي لا تشع ضوءاً لذا يكون اخذ القراءات منها في مكان مضيء. إن عارضات السائل المتبلور الحديثة تدعى بعارضات تأثير المجال للسائل المتبلور وهي ذات أساس فني بأحرف سوداء كما موضح في الشكل (5 - 58) .



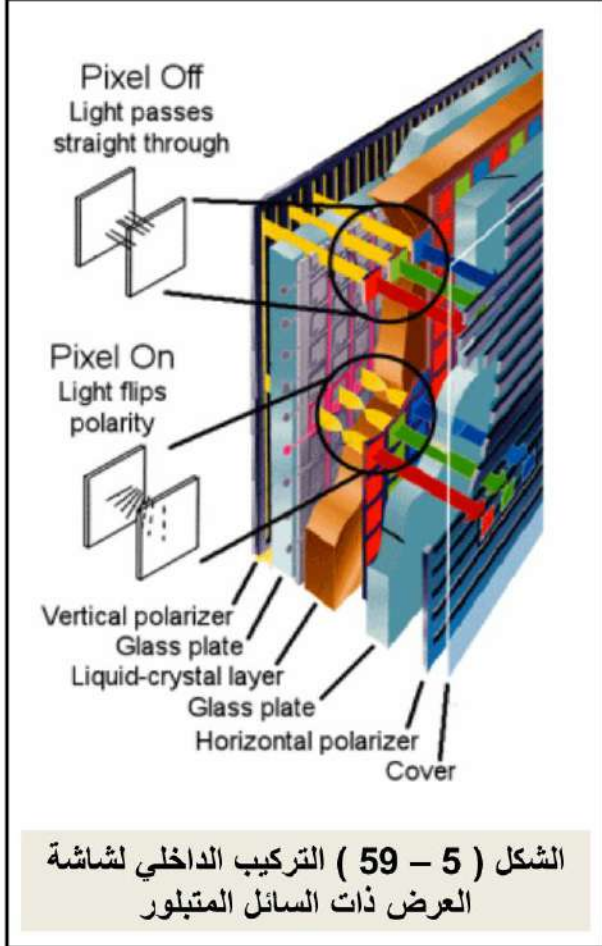
الشكل (5 - 58) التركيب الداخلي لعارضة السائل المتبلور

13-5- 3 عارضة الـ LCD وطريقة عملها:

إن هذه العارضة تتألف من طبقتين من الزجاج بسائل متبلور خاص يوضع بين طبقتين. يوجد أسفل 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. وتتم السيطرة على عارضة الـ LCD عن طريق إشارة متغيرة ذات تردد واطئ، لاحظ الشكل (5-61) إذ أن اللوح السفلي يستلم 30 ذبذبة بالثانية موجة مربعة والقطعة e تستقبل تردد 30 ذبذبة بزاوية 180° وبذلك يتم تفعيل القطعة e وتبدو مظلمة بأساس فني. أما القطعة d فهي بتردد 30 ذبذبة بالثانية بنفس الطور مع اللوح الخلفي. وبذلك لا تتحفز وتكون بيضاء أي غير مرئية. وبذلك يتبين لنا أن القطعة المحفزة تكون مظلمة وهي القطعة e وهي إحدى القطع السبع لتشكيل كافة الأرقام المطلوبة وبقيّة الأساس تبقى بيضاء وعليه فإن هذا النوع من العارضات يتم اخذ القراءات منه في مكان مضيء. ومن مزايا هذا النوع من العارضات هو استهلاكه الضئيل جداً للتيار لذا يستعمل في الحاسبات الإلكترونية والساعات اليدوية وأجهزة القياس. ومن الجدير بالذكر هنا أن هذا النوع من العارضات ذو انتشار واسع ولا يستعمل التيار المستمر إذ يؤدي هذا النوع من التيارات إلى تلفه. وهناك أنواع أخرى من شاشات العرض والتي تستعمل السائل المتبلور أيضاً ولكن بأسلوب تصنيع آخر يعتمد على المراة الخلفية كما في الشكل (5-59) الذي يوضح شاشة عرض ذات السائل المتبلور نلاحظ فيها المراة الخلفية العاكسة للضوء المسلط من الواجهة الأمامية من أي مصدر ضوء موجود كضوء الغرفة، إذ يمر بالطبقة المستقطبة العمودية ثم إلى المرشحة الزجاجية ليمر الضوء خلالها ثم إلى السائل المتبلور بين قطبين موجب وسالب حيث تتجه البلورات بأحد الاتجاهين إما عمودي لتسمح بمرور الضوء أو أفقي لتحبب الضوء. والنتيجة فإن الضوء الخارج يمر خلال مرشحة زجاجية وطبقة مستقطبة أفقية لنحصل على الرقم المطلوب.

13-5 - 4 عارضات السائل المتبلور من نوع TFT (TFT LCD Displays)

الـ TFT وهي مختصر من بداية الكلمات **Thin Film Transistor** فتكنولوجيا الـ TFT 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 :



القابلية على إظهار الكتابة بشكل واضح .

1. لها ألوان واضحة.
2. القابلية على التكيف مع السرعات العالية ذات الحركة السريعة .
3. 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 .

أ - 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 جدا 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 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 سرع 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 جداً لتظهر صورة دقيقة التفاصيل واستعمالاتها متعددة في هذا المجال مثل الألعاب (Games) وكل أشكال متعدد الوسائط (Multimedia) .

ب- طريقة عمل شاشات العرض ذات السائل المتبلور من نوع الـ TFT

بشكل عام شاشات العرض ذات السائل المتبلور تتكون من طبقة من السائل المتبلور وعلى طبقة او أكثر من طبقات مستقطبة (Polarizing Layers) مصنوعة من البلاستيك او الزجاج او مواد أخرى، وهذا النوع من شاشات العرض لها تركيب أشبه بالسندويج بحيث ان السائل البلوري ينحصر بين زجاجتين او لوحين من البلاستيك.

ج - 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 البعض فان الضوء يمر من خلالها. وعند 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. 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. لاحظ الشكل (5 - 60).

خلايا السائل البلوري باستطاعتها

الانقلاب 90 درجة عموديا وافقيا



الشكل (5-60) الرسم التوضيحي عن الخلايا البلورية ضمن السائل البلوري

د- شرح تفصيلي لعمل الـ TFT في شاشات العرض الحديثة

هنالك ترانزستورات دقيقة جدا تبعا للتكنولوجيا الحديثة التي ساعدت على تصنيعها. وعدد هذه الترانزستورات مساو 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 .

هـ - شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة والفعالة :

أ- شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة : (Non Active-LCD)

عند النظر إلى تكنولوجيا شاشات العرض ذات السائل المتبلور الغير فعالة فإن الخلايا تعمل مثل عمل المتسعات. فعند تسليط شحنة على الخلية فإن السائل البلوري ينقلب إلى اتجاه واحد. وعند إيقاف تجهيز الشحنة إلى الخلية فإن جهده تدريجياً وعند ذاك فإن السائل البلوري يتراجع ببطء إلى موضعه الأصلي. الشاشات العارضة ذات السائل المتبلور السلبية غير قابلة لتوجيه البلورة بسرعة كافية، وللتغلب على هذا البطء تم التوصل إلى نوع آخر من شاشات العرض ذات السائل المتبلور الفعال (Active-LCD) .

ب- شاشات العرض ذات السائل المتبلور الفعالة : (Active-LCD)

هذا النوع من شاشات العرض يستعمل ترانزستورات تؤدي إلى تغيير توجيه البلورات إذ أن هذه الطريقة تعطي سيطرة أسرع إلى خلايا السائل المتبلور وبالطبع هناك أيضاً تعقيد أكبر. ومن الظواهر التي نلاحظها في شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة هو ظهور غشاوة (Blur) مع الصور خصوصاً بالحركة السريعة التي هي أكثر من (8-15) إطار بالثانية إما هذه الظاهرة فإنها لا تظهر في شاشات العرض الفعالة بسبب استعمال ترانزستورات تعمل عمل مفتاح الكتروني سريع .
لاحظ الشكل (5 - 61)



الشكل (5-61) شاشة عرض السائل المتبلور TFT

ونلاحظ من الشكل 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) أي أن لكل بكسل ترانزستوراً خاصاً به.

و- عرض الألوان في عارضات الـ TFT

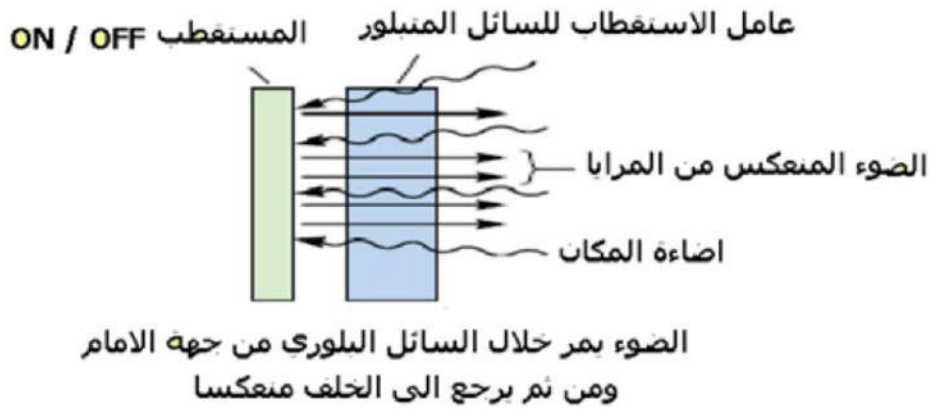
تطرقنا إلى عمل شاشات العرض ذات السائل المتبلور وطريقة عمل الـ TFT، والآن نتحدث عن طريقة عرض الألوان وظهورها على شاشة العرض، ففي شاشات العرض الملونة فإن كل بكسل يقسم إلى ثلاثة بكسل ثانوية، كل واحد منها له القابلية على إظهار لون من الألوان الثلاثة (اللون الأحمر، واللون الأخضر، واللون الأزرق). وكما نعلم بأن هذه الألوان هي الألوان الأساسية والألوان الأخرى يمكن إظهارها عن طريق مزج الألوان الأساسية بنسب معينة، وبمعنى آخر نفهم أن مجموعة واحدة من الـ RGB (هذه الأحرف بداية أحرف هذه الألوان الأحمر والأخضر والأزرق وهي الألوان

الأساسية لظهور بقية الألوان الأخرى المشتقة منها عن طريق مزج النسب بينها (Red, Green, Blue).

ومن الملاحظ هنا أن البكسل الثانوي هو صغير جدا مما يتعذر على العين البشرية رؤية ذلك بشكل منفرد، وبذلك فإن العناصر اللونية الثلاثة على الشاشة (RGB Elements) تبدو للعين البشرية كخليط من هذه الألوان.

ز- مصدر الضوء الظاهر في شاشات العرض من نوع الـ TFT - LCD

شاشات العرض من نوع الـ TFT القديمة وكذلك الصغيرة والتي تستعمل في التطبيقات البسيطة مثل الحاسبات فإنها تستعمل نظام الانعكاس للحصول على الضوء وتدعى 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 مرآيا وراء لوح الـ TFT. وهذه الواسطة تعكس الضوء القادم من الواجهة الأمامية ليصبح هو الضوء الأساسي لإضاءة الشاشة أو العارضة، لذلك فإن الشروط الواجب توافرها هي غرفة أو حيز من المكان ذو إضاءة جيدة لنحصل على الضوء المطلوب في واجهة شاشة العرض هذه. لاحظ الشكل (5- 62)



الشكل (5- 62) شاشات العرض ذو النوع TFT

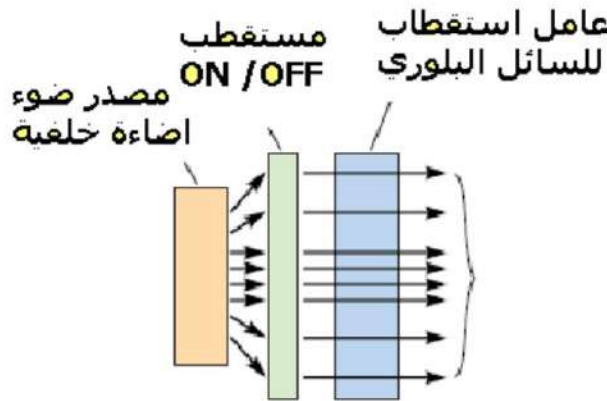
بعد ذلك صنعت شاشات عرض نوع (TFT- LCD) وبوجود مصدر ضوء لها. وتم تحويل التصميم وتحديثه في نوع آخر من شاشات العرض بإضافة إضاءة جانبية أو إضاءة أمامية لها وظيفتها الإضاءة هي نفسها كما هو الحال في شاشات العرض ذات الإضاءة الخلفية والفرق هنا فقط موقع مصدر الضوء. ففي حالة الإضاءة الأمامية يوضع مصدر الضوء على الجانب أو قليلاً إلى الأمام من طبقات الـ TFT. وقد صممت هذه الطريقة بحيث أن الضوء يعطي توهجاً خلال لوح الـ TFT وهذا الضوء يرتد منعكساً من العمل المستقطب رجوعاً خلال شاشة العرض الأمامية.

إن معظم شاشات العرض من نوع (TFT- LCD) في الوقت الحالي تستعمل إضاءة خلفية ومصدر ضوء موضوع في الجانب الخلفي من شاشة العرض ويضيء باتجاه العين البشرية مروراً بالوسط المستقطب للوح الـ TFT، أما في شاشات العرض الصغيرة المستخدمة مثلاً في التلفون الخليوي أو الحاسبة اليدوية ومصدر الضوء فيها يوضع على طول الجانب لشاشة العرض .

ومن شاشات العرض الشائعة الاستعمال هي نوع الـ TFT ذات الإضاءة الخلفية وتدعى مصباح فلورسنتي ذات الكاثود البارد (Cold-Cathode Fluorescent Lamp) CCFL وهو أشبه بأنبوبة الفلوريسنت الطبيعية بحجم صغير ومن فوائد هذه الطريقة أنها ذات كلفة قليلة أي رخيصة الثمن ، وصغير الحجم وسهولة تغيير المصباح في حالة تلفه .

سؤال: اذا كانت شاشة العرض ذات السائل المتبلور من نوع الـ TFT لها إنارة من داخلها فلماذا لا نستطيع ان نرى أي شيء على شاشة العرض في يوم مشمس؟

الجواب : هو ان الوسط المستقطب في شاشة العرض نوع الـ TFT يقوم بإرسال او منع الضوء الخلفي، ولهذا فان أي ضوء براق على شاشة العرض من الواجهة الأمامية يتضارب او يتنافس مع الضوء الخلفي، فاذا كان ضوء الوهج الأمامي 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 إضاءة الغرفة. لاحظ الشكل (5 - 63)



الإضاءة الخلفية تمر خلال البلورات السائلة الى المستخدم

الشكل (5-63) طريقة انتقال الضوء

- هناك بعض العوامل المهمة التي تؤخذ بنظر الاعتبار لتقويم شاشة عرض LCD :
- 1. دقة التفاصيل Resolution :** وهي البعد الأفقي والعمودي معبر عنه بكلمة (بكسل) ومثال على ذلك نقول الرقم 1024 x 768 وهو الحصول على تفاصيل دقيقة للصورة .
 - 2. خطوة النقطة Dot Pitch :** هي المسافة بين مراكز (بكسل) عدد اثنين متجاورين، الأقصر في حجم الخطوة هو الأقل في رؤية الحبيبات. وتكون النتيجة صورة حادة دقيقة التفاصيل. إذ ان خطوة النقطة ربما تكون بنفس المسافة أفقياً وعمودياً او مختلفة (أقل شيوعاً).
 - 3. حجم الجسم القابل للرؤية Viewable Size :** الحجم في شاشات العرض ذات اللوح المسطح للـ LCD يقاس في حالة قطرية (ويعرف في شاشات العرض الأكثر شيوعاً مساحة العرض الفعالة (Active Display Area) .
 - 4. مدة الاستجابة Response Time :** وهي أقل وقت ضروري لتغيير ألوان البكسل او الإضاءة. ووقت الاستجابة مقسم أيضاً الى وقت ارتفاع ووقت هبوط في عارضات الـ LCD فهو يقاس بـ BTB (Black To Black) او GTG (Gray To Gray) وهذا النوع من القياسات يجعل المقارنة صعبة لذلك اعتمد الزمن. والمدة الزمنية يجب ان تكون أقل من (16ms) وهو وقت كاف في الألعاب الصورية .
 - 5. معدل الإنعاش Refresh Rate :** وهو عدد مرات الإنعاش في الثانية الواحدة.
 - 6. نسبة المظهر Aspect Ratio :** وهي نسبة العرض الى الارتفاع (مثال على ذلك 4:3 ، 5:4 ، 16:9 ، 16:10) .
 - 7. المداخل Input Ports :** (مثال على ذلك S- Display Port . LVDS . VGA . DVI . Video . and Hdmi) .

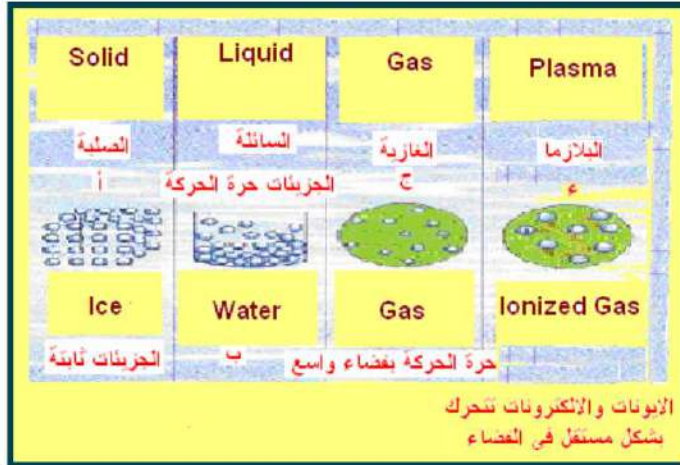
ملاحظات مهمة

المقصود بالرموز الالكترونية أعلاه والخاصة بشاشات العرض هي كالاتي:

1. **Input Ports** كافة المداخل التي تستعمل لدخول الإشارات.
2. **DVI (Digital Visual Interface)** مدخل عرض وتقديم رؤية رقمية بنوعية صورة عالية التفاصيل والتي تستعمل في شاشات الكمبيوتر LCD ذات اللوح المسطح وكذلك في عارضة البيانات (Data Show).
3. **VGA (Video Graphics Array)** مدخل عرض صوري ذو ثلاثة صفوف 15 نقطة توصيل يستعمل لعرض الصورة من الكمبيوتر، وله دقة عالية في أجهزة التلفزيون.
4. **LVDS (Low Voltage Differential Signaling)** مدخل يستعمل جهداً صغيراً جداً في الإشارات، ويستعمل في أجهزة الكمبيوتر ذات الأسلاك المبرومة الأزواج (Twisted Pair) والمدخل له الخاصية على سرعات عالية وخاصة في شبكات الحاسبات.
5. **S-VIDEO** في بعض الأحيان يسمى (Separated Video) أي الصورة المعزولة أو يسمى أحيانا (Super Video) وله توصيلة ذات سبعة أطراف 7-PINS ويستعمل الإشارة المرئية المركبة.
6. **HDMI (High Definition Multimedia Interface)** وهو ذو دقة تفاصيل عالية للصورة ويستعمل في عرض وتقديم صورة وصوت وذات عرض حزمة تصل إلى 5 Gbps.

14-5 عارضات البلازما المرئية : Visual plasma displays

فكرة عامة عن البلازما فان المادة في الطبيعة توجد في حالات (صلبة او سائلة او غازية). وقد



الشكل (5-64) الماء وتحولاته إلى الحالات الأربعة

بحث الفيزيائي البريطاني وليم كروكيز (William Crookes) في الحالة الرابعة للمادة وسميت بعد ذلك عام 1879 بلازما (Plasma). الشكل (5-64) يوضح حالة الماء H_2O في درجة حرارة أقل من الصفر المئوي وهو صلب وحالة أعلى من الصفر وأقل من 100 درجة مئوية وهي الحالة السائلة وأعلى من 100 درجة مئوية وهي الحالة الغازية وحالة البلازما الرابعة وهي أعلى من (100000) درجة مئوية وفي هذه الحالة الأيونات والالكترونات تتحرك بشكل مستقل وفي فضاء واسع.

أ- شاشات البلازما : Plasma Screens

ان التطور الذي حدث في البرامج والأجهزة الدقيقة وكذلك زيادة السرعة المستخدمة في تنفيذ هذه البرامج والتي هي بحاجة الى دقة عالية للإظهار (High Resolution) مثل استعمال (HDTV, DTV, SDTV, DVD) برزت الحاجة باستعمال تكنولوجيا شاشة البلازما والتي لها فوائد كبيرة على الشاشات التقليدية (أنبوبة الأشعة 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 البلازما (Plasma).

انج. (Flat Panel Display) وهي باحجام يمكن ان تصل الى 60 انج او اكثر ولا يزيد سمكها عن 6 انج.

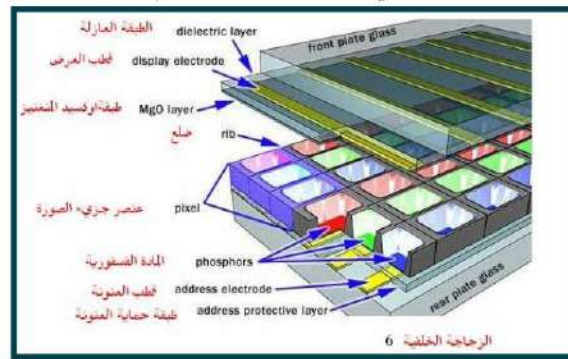
ب- عمل شاشات البلازما

تعمل شاشات البلازما بنفس الالية إذ تتكون واجهة الشاشة من عدد كبير جدا من البكسل (Pixels) وكما ذكرنا سابقا فكل بكسل ثلاثة 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) إذ 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 متأين، 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 ونو جهد عال يؤدي ذلك الى تجاذب الالكترونات الى الطرف الموجب والايونات الى الطرف السالب فتتصادم الالكترونات مع الايونات مما يؤدي الى تحرر طاقة على شكل فوتونات ضوئية كما هو الحال في الفلورسنت الطبيعي للضاءة .

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 (5- 65) ويتصل باللوح الزجاجي الامامي 2 قطب يسمى قطب العرض (Display Electrode) ويتصل باللوح الزجاجي الخلفي 6 قطب يسمى بقطب العنوان (Address Electrode) وبالتالي تصبح كل خلية ضوئية تحتوي على ذرات النيون والزينون ومحاطة بين قطبي العرض من الامام والعنونة من الخلف.



الشكل (5- 65) يبين تركيب شاشة البلازما

وتحيط مادة عازلة بقطب العرض (Dielectric Material) مغطاة بطبقة واقية من مادة اوكسيد المغنيسيوم (MGO) لتكون بين الخلية واللوح الزجاجي الامامي، وعملية تأين الغاز في داخل أي خلية يتحكم فيه كومبيوتر خاص للشاشة حيث 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 والتي تحتوي على غاز النيون والزينون فيتاين الغاز ويتحول إلى بلازما ليطلق أشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) فوق البنفسجية وبذلك تعمل هذه الأشعة فوق البنفسجية على تحفيز المادة الفسفورية للخلية الضوئية لتعطي ضوء في المدى المرئي. وخلال التحكم في شدة تيار النبضات الكهربائية الموجهة من خلال الكمبيوتر إلى الخلايا الضوئية المختلفة يمكن أن نحصل على خليط من الألوان الأساسية وهذا التحكم يصل إلى كل بكسل (Pixel) في الصورة وهو ذو دقة عالية مهما كانت الزاوية التي ننظر بها إلى الشاشة لتصل إلى درجة رؤية 160 درجة.

ج - مزايا وعيوب شاشات البلازما

تتمتع هذه الشاشات بمزايا خاصة عن باقي الشاشات أهمها :

أ - وزن الشاشة خفيف وتكون مسطحة تماما وسمكها لا يزيد عن 15 سم وبذلك يمكن تعليقها على الجدران .

ب - زاوية الرؤيا كبيرة تصل إلى 160 درجة وصورتها واضحة والوانها زاهية ودقتها عالية.

ج - لا تتأثر بالمجالات المغناطيسية التي حولها لذلك يمكن استعمال نظام سمعي عالي بدون القلق من المجالات المغناطيسية .

اما عيوب شاشات البلازما فانها : تتطلب قدرة تصنيعية وتكنولوجية معقدة ومتقدمة وذات كلف عالية.

15-5 الكاميرا الرقمية

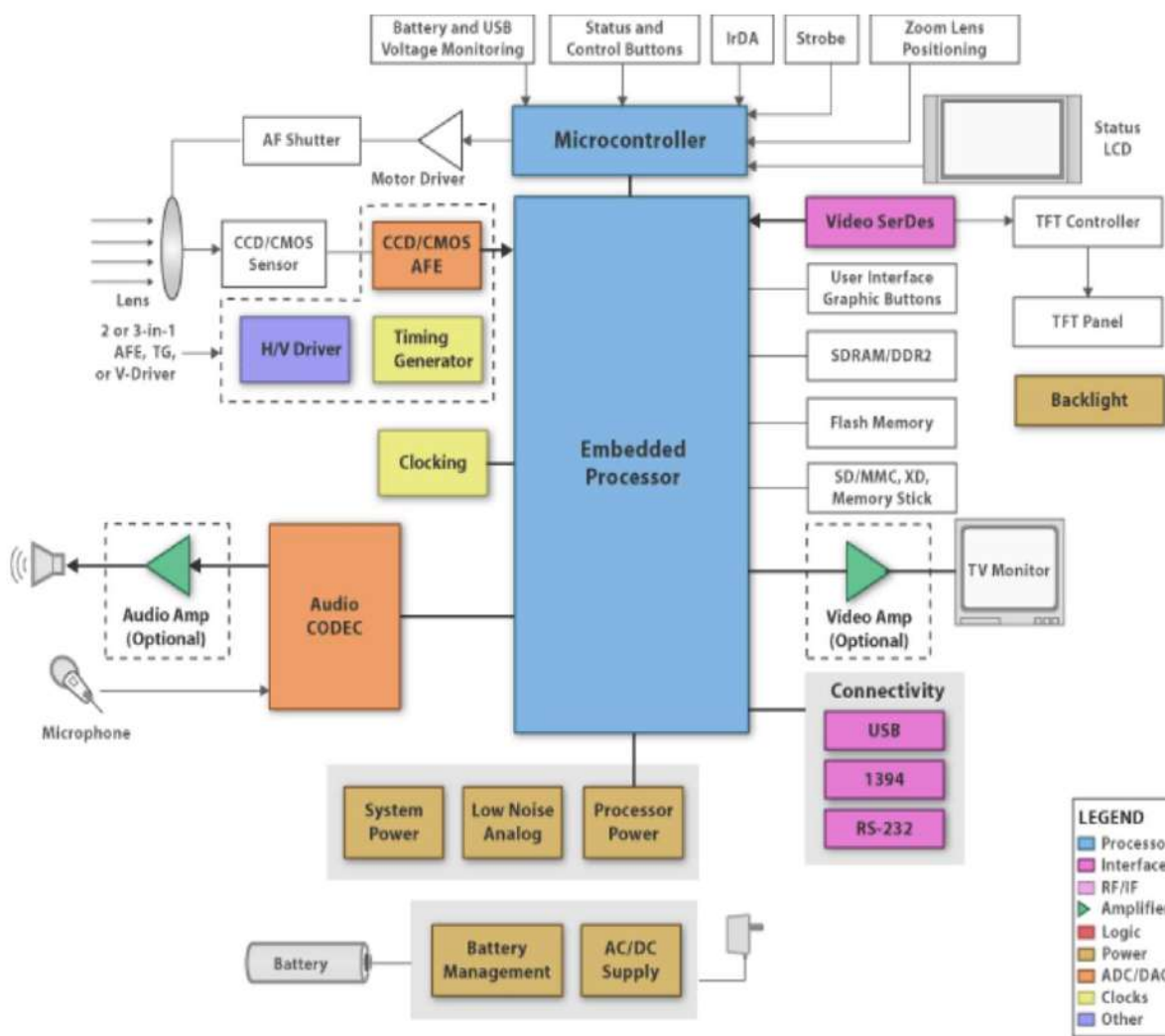
الكاميرا الرقمية هي آلة إلكترونية تلتقط الصور الفوتوغرافية وتخزنها بشكل إلكتروني بدلاً من استعمال الأفلام مثل آلات التصوير التقليدية لاحظ الشكل (5 - 66) . وآلات التصوير الرقمية الحديثة أصبحت متعددة الاستعمال، إذ بإمكان بعضها تسجيل الصوت أو الفيديو علاوة على الصور، ويأتي أغلب الآلات من هذا النوع مرفقاً بشريحة ذاكرة تختلف أحجامها باختلاف أنواعها لتخزين كم أكبر من الصور.

وتسمح كل الكاميرات الرقمية بعرض الصور، وحذف غير المرغوب فيها قبل طباعتها، وبالتالي توفر عليك الذهاب إلى معمل تلميع الصور والانتظار يوم أو أيام عديدة حتى يتم تلميعها.



الشكل (5 - 66) الكاميرا الرقمية

والمخطط الكتلي بالشكل (5 – 67) يوضح المراحل للكاميرا الرقمية وهي العدسة والغالق والدوائر المدمجة CMOS ودوائر التوقيت ونبضات الساعة Clock. ومن السماعة والميكروفون والمكبر السمعي Audio Amp، ومن وحدة تجهيز الفولتية للتيار المستمر ومن البطارية ووحدة الشحن. ومن المعالج والميكروكونترولر الموصل إلى العارضة LCD. كما وتتكون من مكبر إشارة الصورة video amp. والتي توصل إلى شاشة التلفزيون في حالة عرض الصور والأفلام المسجلة بوساطة جهاز التلفزيون كما وتحتوي الكاميرا الرقمية على وحدة الذاكرة وتدعى: Flash Memory فضلاً عن دائرة تحديد التركيز على المنظر Zoom ودوائر توصيل UBS بين الكاميرا والحاسوب ل تخزين الصور والأفلام .



الشكل (5 – 67) المخطط الكتلي للكاميرا الرقمية (للإطلاع فقط)

الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1- إن من عيوب شاشات البلازما هي أنها:

أ - ذات كلفة عالية.

ب - تتطلب قدرة تصنيعية وتكنولوجية معقدة.

ج - الإجابة أ و ب معاً.

2 - تتمتع شاشات البلازما بمزايا خاصة عن باقي الشاشات منها

أ - لا تتأثر بالمجال الكهرومغناطيسي وزاوية الرؤية كبيرة تصل الى 160 درجة.

ب - تتأثر بالمجال الكهرومغناطيسي وزاوية الرؤية قليلة تصل الى 60 درجة.

ج - لا تتأثر بالمجال الكهرومغناطيسي وهي رخيصة الثمن.

3 - إن حالة في درجة حرارة تبلغ 100000 درجة هي

أ - الحالة الصلبة.

ب - الحالة الغازية.

ج - حالة البلازما.

4 - من العوامل المهمة التي تؤخذ بنظر الاعتبار لتقويم شاشة عرض الـ LCD

أ - دقة التفاصيل

ب - زاوية الرؤيا العالية

ج - صغيرة الحجم

5- لا نستطيع ان نرى أي شيء على شاشة العرض الـ TFT في يوم مشمس لان:

أ - أي ضوء ساقط على الشاشة من الواجهة الأمامية ينعكس ويحجب الرؤية.

ب - أي ضوء ساقط على الشاشة من الواجهة الأمامية يتعارض مع الضوء الخلفي.

ج - أي ضوء ساقط على الشاشة من الواجهة الأمامية لا يتعارض مع الضوء الخلفي.

6- شاشات العرض نوع الـ TFT ذات الإضاءة الخلفية وتدعى مصباح الفلورسنت وهي:

أ - ذات الكاثود البارد

ب - ذات الانود البارد

ج - البلازما

7- في شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة الخلايا تعمل مثل عمل:

أ - الملفات

ب - المتسعات

ج - الثنائيات

8- في شاشات العرض الفعالة تستعمل ترانزستورات:

أ - لتكبير الصورة

ب - لتغيير توجيه البكسل

ج - لتغيير توجيه البلورات

أسئلة الفصل الخامس

- (1) اشرح مع الرسم مسح 13 خط لمجالين فردي وزوجي في منظومة البث التلفزيوني.
- (2) اشرح المخطط الكتلي للإرسال والاستقبال التلفزيوني . ارسـم منحني الإرسال .
- (3) اشرح المخطط الكتلي لقسم إشارة الصورة .
- (4) اشرح المخطط الكتلي لقسم الصوت .
- (5) اشرح المخطط الكتلي لقسم فاصل التزامن .
- (6) اشرح المخطط الكتلي لقسم الانحراف الأفقي .
- (7) اشرح المخطط الكتلي لقسم الانحراف العمودي .
- (8) اشرح المخطط الكتلي لقسم كاشف الصورة .
- (9) اشرح المخطط الكتلي لقسم مكبر إشارة التردد الوسيط ..
- (10) كيف يتم تكوين إشارة النـصـوع (Y) ؟ وضح إجابتك بالرسم .
- (11) كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (R – Y) نسبة الى سلم الألوان (نموذج الاختبار) ؟
- (12) كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (B – Y) نسبة الى سلم الألوان (نموذج الاختبار) ؟
- (13) اذكر أسباب عدم إرسال إشارة الفرق اللوني (G – Y) لجميع الأنظمة .
- (14) كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (G – Y) في جهاز التلفزيون ؟
- (15) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الإرسال بنظام NTSC .
- (16) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الإرسال بنظام PAL .
- (17) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الإرسال بنظام SECAM .
- (18) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الاستقبال بنظام NTSC .
- (19) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الاستقبال بنظام PAL .
- (20) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الاستقبال بنظام SECAM .
- (21) اشرح موضحا إجابتك بالرسم إشارة التزامن اللوني (البيرست) .
- (22) اشرح موضحا إجابتك بالرسم إشارة التزامن اللوني (إشارة التمييز)

مسائل الفصل الخامس:

- س1 : أوجد تردد الموجة الحاملة للصورة و تردد الموجة الحاملة للصوت للقناة (7) بالتردد MHz (188 - 195).
- س2: احسب طول هوائي دايبول لاستقبال إشارة بالتردد MHz (40 - 68) .
- س3: احسب تردد الحاملة الثانوية لنظام PAL .
- س4: احسب تردد حامل اللون للقناة MHz (181 – 188) .
- س5: احسب تردد حامل الصورة وحامل الصوت وحامل اللون لاستقبال قناة بالتردد MHz (195 – 202) .

الفصل السادس

Power Electronics الكترنيات القدرة

أهداف الفصل : إعطاء الطالب المعرفة والقدرة على استيعاب وتعلم نوع من انواع الترانزستورات وهو ترانزستور تأثير المجال والتعرف على بعض العناصر المستخدمة في الكترنيات القدرة مثل: الثايرستور والدايك والترياك فضلاً عن مكان استعمالها في الحياة العملية .

محتويات الفصل السادس :

1-6 تمهيد

2-6 ترانزستور تأثير المجال (Field Effect Transistor) FET

1-2-6 خواص الترانزستور نوع (FET) وترانزستور نوع (BJT)

2-2-6 طريقة عمل الـ FET

3-6 الثايرستور

1-3-6 طريقة تشغيل الثايرستور Thyristor

2-3-6 تطبيقات في استعمال الثايرستور

4-6 ثنائي القطع الأربع npn (الشوكلي)

5-6 الدايك DIAC

6-6 الترياك TRIAC

اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل السادس



الفصل السادس

Power Electronics الكترنيات القدرة

6-1 تمهيد :

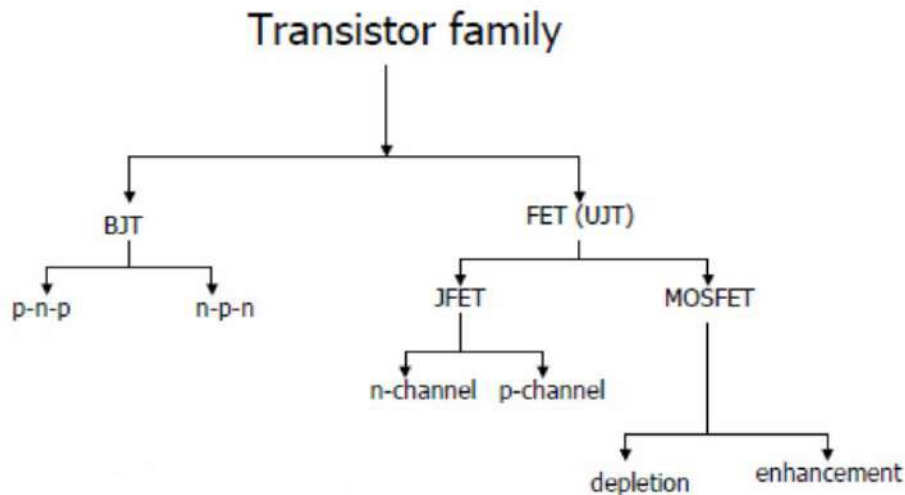
تستعمل في الوقت الحاضر تقنيات حديثة في السيطرة على الأجهزة التي تعمل بقدرات كهربائية عالية تصل إلى أكثر من 10 ميكا واط والتيارات بحدود 200 أمبير وفولتيات عالية جدا. وتعتمد هذه الدوائر في السيطرة على العناصر الالكترونية للسيطرة على اجهزة التسخين والمحركات والمصاعد الكهربائية وأجهزة الشحن وغير ذلك . ونذكر من هذه العناصر :

- 1- ترانزستور تأثير المجال (Field Effect Transistor) FET
- 2- الثايرستور Thyristor
- 3 - ثنائي القطع الأربع npn (الشوكلي)
- 4- الداك DIAC
- 5- الترايك TRIAC

6-2 ترانزستور تأثير المجال (Field Effect Transistor) FET

في البداية يجب ان نعرف ان ترانزستور ثنائي الوصلة (Bipolar Junction Transistor (BJT) يكون اما (PNP) او (NPN) ويُعد وسيلة للسيطرة على التيار بحيث ان تيار الالكترونات او تيار الفجوات يستعمل فيه تبعا الى نوعه. بينما ترانزستور تأثير المجال (FET) هو أحادي القطب (Unipolar) وهو يُعد 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 أحادي الوصلة يمكن استعمالهما في دوائر التكبير باختلاف الانحياز لكليهما .

ولمعرفة أنواع الترانزستورات وتوزيعاتها لاحظ المخطط في الشكل (6-1) الذي يبين تصنيف عائلة الترانزستور كما هو موضح في المخطط أدناه .



الشكل (6-1) مخطط شجرة تصنيف الترانزستور فيما يتعلق بـ BJT او FET (UJT)

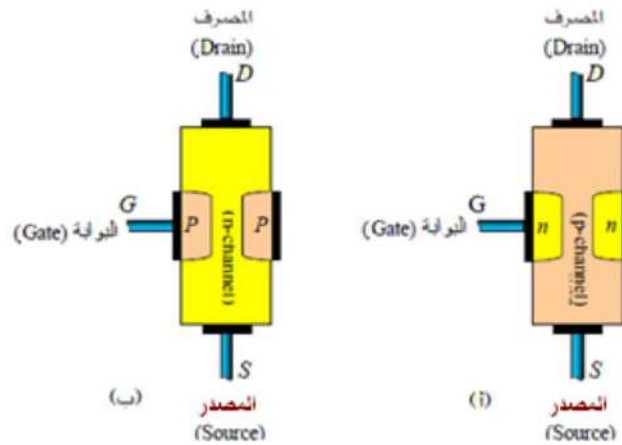
1-2-6 خواص الترانزستور نوع (FET) و ترانزستور نوع (BJT)

الترانزستور الـ FET خصائص تميزه عن الترانزستور BJT وهي :

1. ترانزستور الـ FET له مقاومة دخول عالية جدا تصل إلى 100 ميكا اوم .
2. ترانزستور الـ FET له حصانة للإشعاع ولكن الـ BJT هو حساس جدا للإشعاع.
3. ترانزستور الـ FET أقل ضوضاء من الـ BJT ولذلك يكون أكثر استقرارية لمراحل الدخول في مكبرات الإشارة الصغيرة.
4. ترانزستور الـ FET باستطاعته العمل ضمن استقرارية حرارية أكثر من الـ BJT .
5. ترانزستور الـ FET ليس له جهد تعديل (Offset Voltage) عندما يتم استعماله كمفتاح.

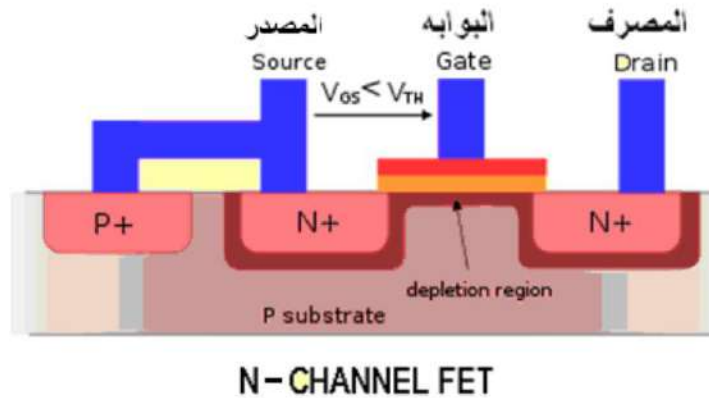
من مساوئ ترانزستور الـ FET له عرض حزمة تكبير صغيرة مقارنة بترانزستور الـ BJT .
ترانزستور الـ FET له ثلاثة أطراف ويتم تصنيعه أما من نوع JFET (Junction FET)
او من MOS-FET (Metal-Oxide-Semiconductor FET) .

الشكل (2-6) يوضح الأطراف الثلاثة وهي المصدر S (Source) والمصرف D (Drain) وكذلك البوابة G (Gate) لكلا النوعين.



الشكل (2-6) ترانزستور من نوع FET للقناة الموجبة والسالبة

الشكل (3-6) يوضح التركيب الداخلي لترانزستور تأثير المجال FET للقناة N .



الشكل (3-6) التركيب الداخلي لترانزستور نوع FET للقناة N

2-2-6 طريقة عمل الـ FET

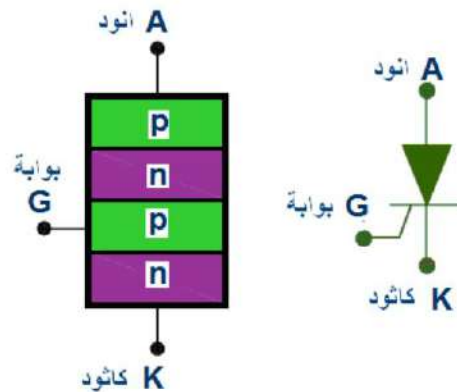
يجب أن نعلم في البداية أن ترانزستور تأثير المجال الـ FET هو وسيلة جهد وليس وسيلة تيار كما هو الحال في ترانزستور الـ BJT أي أن الجهد هو الذي يقوم بعملية السيطرة. فعند تسليط جهد كهربائي على البوابة يحدث مجال كهربائي في القناة الحاملة للتيار ويحصل تغير في حجم الممر للتيار. وكلما زاد جهد الانحياز العكسي بين البوابة والقناة ازداد المجال الكهربائي وبالتالي قل حجم المرور في القناة وبذلك يقل التيار المار بين المنبع والمصرف (Source-Drain Current) أي أن العلاقة عكسية بين جهد البوابة والتيار المار بين المنبع والمصرف. إن قطبية جهد البوابة تعتمد على نوع ترانزستور الـ FET فإذا كان ترانزستور الـ FET من نوع (N-Channel) فيجب تسليط جهد سالب وإذا كان ترانزستور الـ FET من نوع (P-Channel) فيجب تسليط جهد موجب، ويصل التيار المار بين المنبع والمصرف إلى قيمة عليا حين يكون الاتجاه إمامياً بين البوابة والقناة كما هو موضح في الشكل (4-6) .



الشكل (4-6) الاتجاه الأمامي والاتجاه الخلفي لترانزستور الـ FET

3-6 الثايرستور : Thyristor

اشتق هذا الاسم من كلمة باب في اللغة الإغريقية إذ أن هذه الأداة المصنوعة من مواد أشباه الموصلات تقوم بعمل مفتاح الكتروني له تطبيقات كثيرة في السيطرة على الأجهزة ذات القدرة الكبيرة، ويطلق على الثايرستور اسم الثنائي رباعي الطبقات (Four Layer Diode) وهو مصنوع من شريحة سيليكون تطعم بطرائق الانتشار بحيث يكون تركيبه ذا طبقات أربع (p-n-p-n)، لاحظ الشكل (5-6).

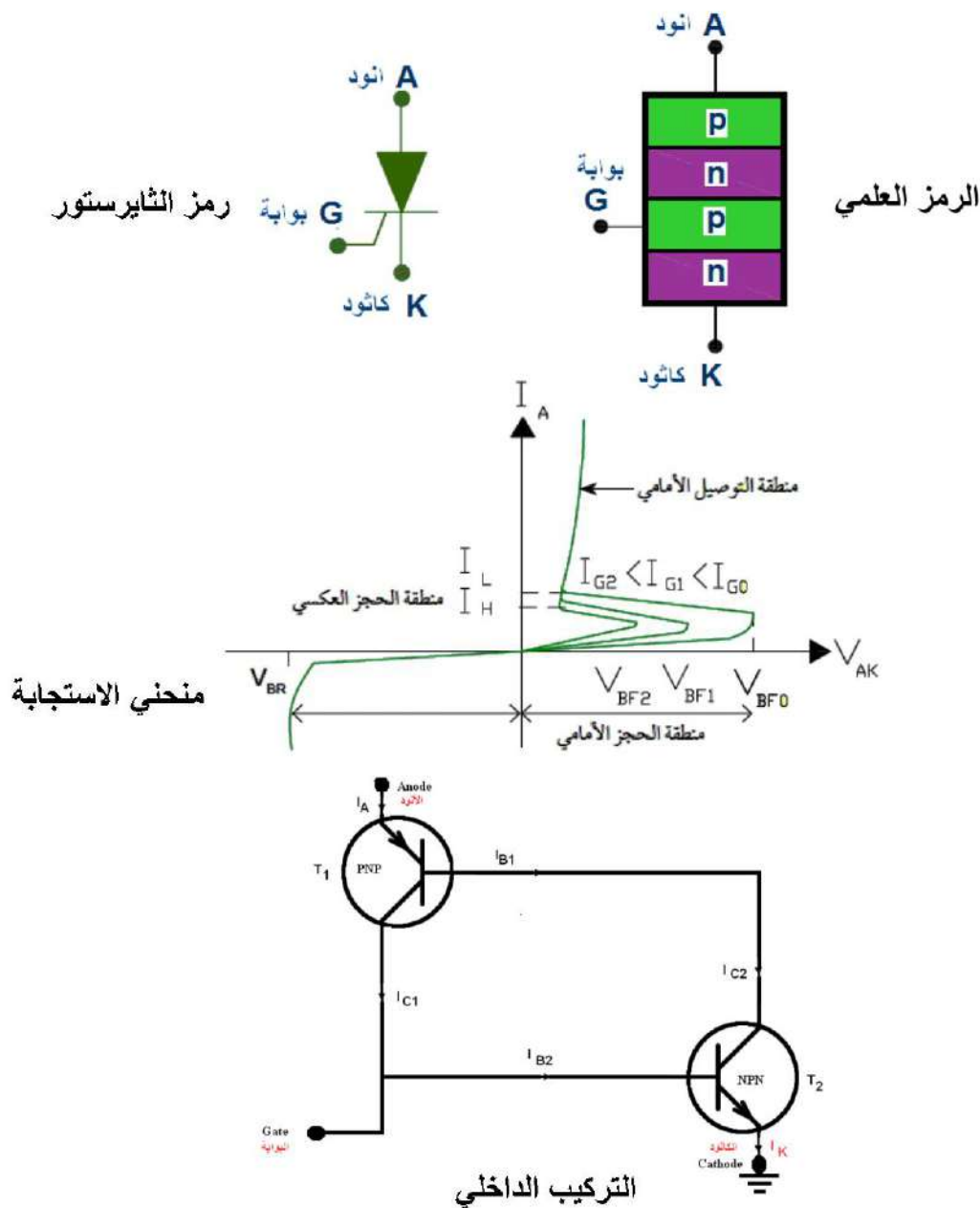


الشكل (5-6) الرمز العلمي للثايرستور

في الثنائي العادي نلاحظ انه يعمل مفتاحاً عند تسليط الجهد الموجب على الانود نسبة إلى الكاثود والحالة تكون قطعاً في وضع العكس. أما الترانزستور فباستطاعتنا استعماله مفتاحاً للحصول على تيار في الجامع عندما يكون هناك تيار كاف لتشغيله ولكن بحدود قدرات محددة. والملاحظة المهمة هنا انه يجب أن يكون التيار مستمراً بالقاعدة لبقاء التيار في الجامع لذا تم استعمال وسائل أشباه الموصلات ذات طبقات عديدة سميت بالثايرستور. والفائدة المهمة منه هي السيطرة على قدرة كبيرة من خلال قدرة صغيرة وكانت النتيجة هو الاستعمال الواسع في التوحيد والتبديل وغيره.

1-3-6 طريقة تشغيل الثايرستور Thyristor

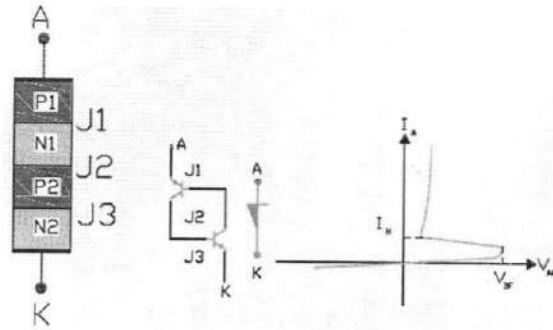
في الشكل (6-6) نلاحظ أن الثايرستور له ثلاثة أطراف بأربع طبقات يتم إمرار تيار كقارح في القاعدة لتشغيل الثايرستور والحصول على مرور تيار من الانود إلى الكاثود وعدم انقطاع هذا التيار عند رفع الجهد عن البوابة، ويستمر الثايرستور بالعمل والطريقة الوحيدة لقطع تيار الثايرستور هي إما قطع جهد الانود الموجب، أو عكس جهد الانود إذ إن جهد الكسر متغير تبعاً إلى تيار البوابة .



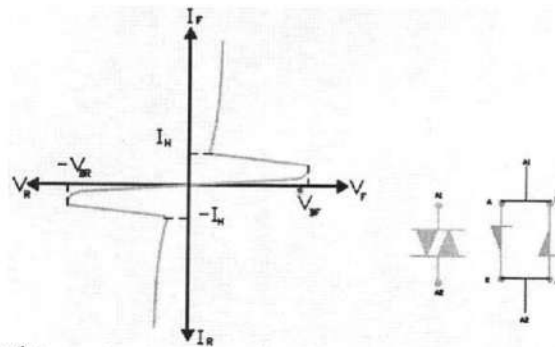
الشكل (6 - 6)



الشكل (6-8) الشكل الحقيقي لثايرستور القدرة

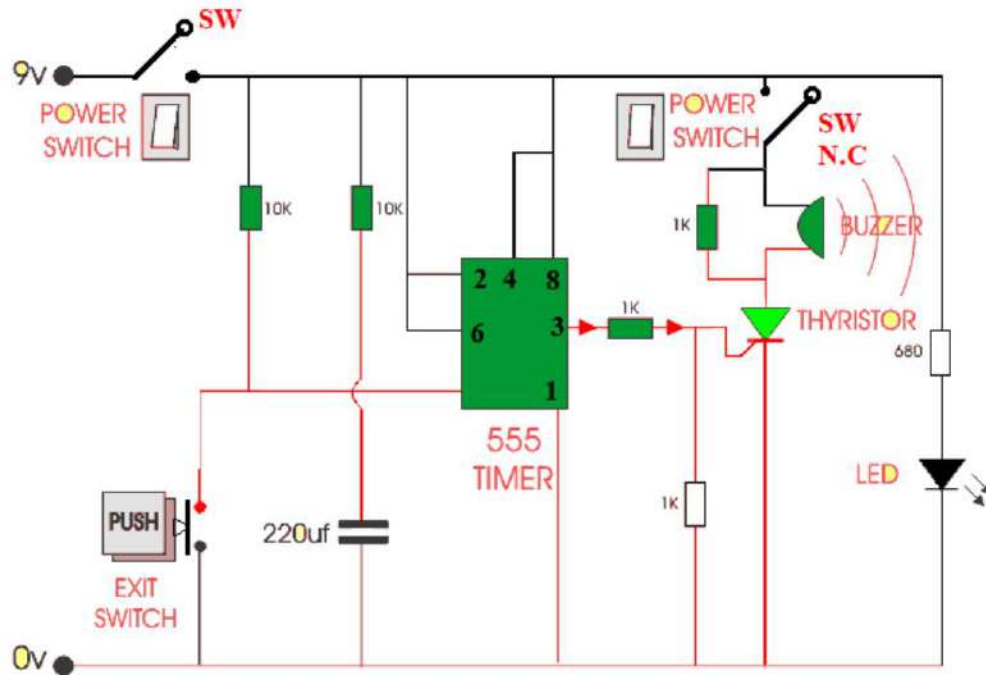


الشكل (6 - 12) يبين التركيب الداخلي مع منحنى الاستجابة لثنائي شوكتي ص 172

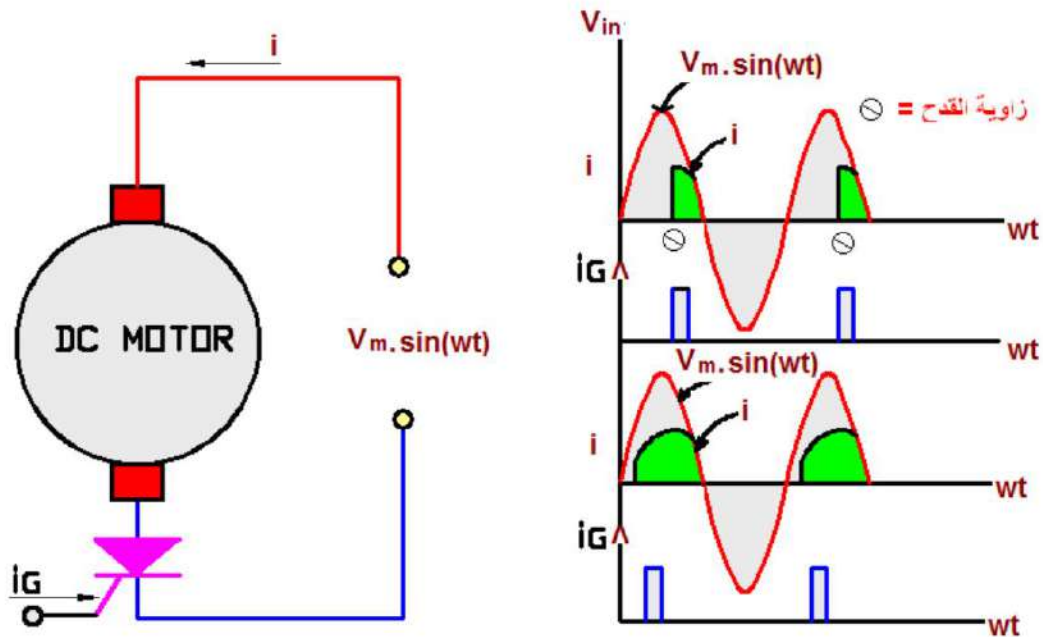


الشكل (6 - 13) الرمز العلمي والتركيب الداخلي مع منحنى الاستجابة للدايك ص 172

ب - مثال آخر على تطبيقات الثايرستور باستعمال دائرة متكاملة عبارة عن مؤقت زمني 555 للحصول على تكبير ودقة أعلى كما مبين في الشكل (10-6).



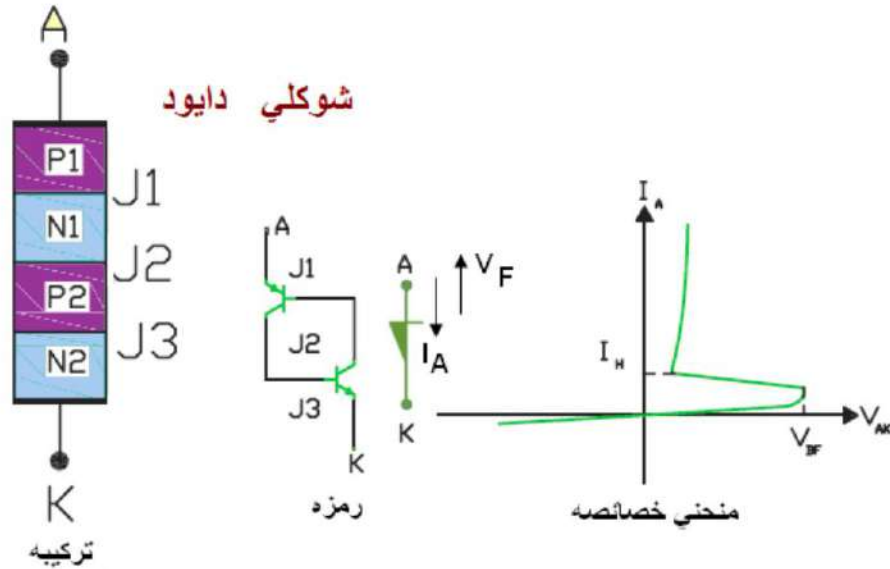
في الشكل (11-6) نلاحظ من الربط أن محرك التيار المستمر يستقبل تياراً في الأنصاف الموجبة للإشارة فقط وهذا التيار المار به يعتمد على لحظة القدح. ففي الشكل نلاحظ أن قدح تيار البوابة قريب من نهاية الأنصاف الموجبة فتكون النتيجة قدرة قليلة موجبة مجهزة للمحرك وهذه القدرة يمكن زيادتها اعتماداً على زمن القدح.



الشكل (11-6) احد تطبيقات الثايرستور للسيطرة على قدرة محرك تيار مستمر

4-6 ثنائي القطع الأربع npnp (الشوكلي) :

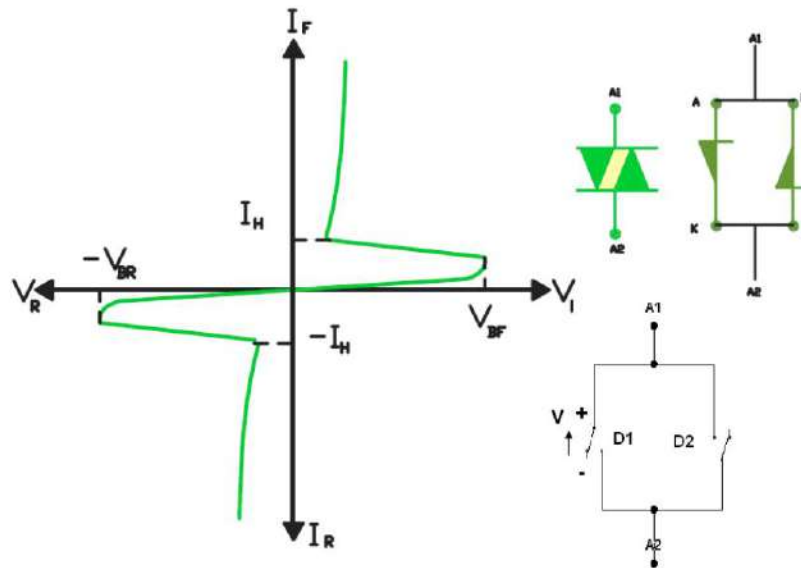
يتألف من ثلاث توصيلات ثنائية كتوضيح على شكل توالي كما هو في الشكل (12-6) ونحصل على طرفين هما الانود والكاثود للحصول على مرور تيار، لذا فان الانود يجب أن يكون موجب نسبة إلى الكاثود، ويجب أن نصل إلى نقطة تدعى (جهد الكسر) ليمر تيار خلالها. ونلاحظ انخفاض الجهد على أطراف الانود والكاثود ويرتفع التيار بشكل عالٍ أما في حالة عكس الجهد على أطرافه فنلاحظ عدم مرور تيار، وعند زيادة الجهد تدريجياً نصل إلى جهد يدعى جهد الانهيار. ويستعمل عنصر حماية للدوائر الالكترونية .



الشكل (6- 12) يبين التركيب الداخلي مع منحنى الاستجابة لثنائي شوكلي

5-6 الدايك DIAC

الدايك بشكل بسيط عبارة عن طرفين من توازن متعاكس لطبقات أشباه الموصلات التي تسمح للقدح في كلا الاتجاهين. والشكل (6- 13) يبين الرمز العلمي والتركيب الداخلي ومنحنى الاستجابة للدايك.

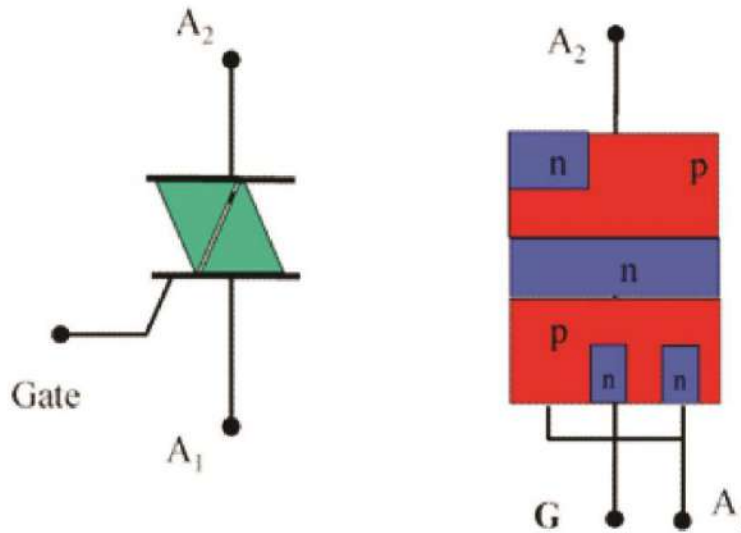


الشكل (6- 13) الرمز العلمي والتركيب الداخلي مع منحنى الاستجابة للدايك

في الشكل (6-13) نلاحظ أن أطراف الدايك هي أنود 1 وأنود 2 فالجهد الموجب من أي جهة يسمح بمرور التيار عند لحظة الكسر (Break over Voltage) ويجب أن نذكر هنا أن كلمة دايك (DIAC) مشتقة من كلمتين الأولى (DI) معناها اثنان والثانية (AC) تعني بالاتجاهين .

6-6 الترياك TRIAC

يتكون الترياك من نفس مكونات الدايك ولكن يضاف قطب ثالث له هو البوابة للسيطرة على التيار خلاله بالاتجاهين. ويمكن القول أن عمل الترياك يشبه عمل ثايرستورين موصلين بشكل متعاكس وان أهم استعمال له هو في السيطرة على التيار المتناوب، والشكل (6-14) يوضح الرمز والتركيب الداخلي للترياك.



الشكل (6 - 14) يبين الرمز والتركيب الداخلي للترياك لعدة تيارات للبوابة

الاختبارات الموضوعية : Objective Tests

1 - من العناصر التي تستعمل للسيطرة على الأجهزة التي تعمل بقدرات كهربائية عالية:

أ - الثايرستور و ترانزستور تأثير المجال

ب - الترانزستور العادي

ج - الفقرة أ و ب معاً

2 - ترانزستور تأثير المجال (FET) هو

أ - بدون قطبية

ب - أحادي القطب (Unipolar)

ج - ثنائي القطبية

3 - يُعدُّ ترانزستور تأثير المجال (FET) وسيلة سيطرة

أ - عن طريق التيار

ب - بواسطة مقاومة

ج - عن طريق الجهد

4 - ترانزستور الـ FET له مقاومة دخول

أ - عالية جداً

ب - قليلة جداً

ج - قليلة

5 - من مساوئ ترانزستور الـ FET

أ - له عرض حزمة تكبير واسعة

ب - له عرض حزمة تكبير صغيرة

ج - لا يتحمل درجات الحرارة المرتفعة

6 - يستعمل الثايرستور

أ - كدائرة تقويم

ب - كمكبر

ج - كمفتاح الكتروني

7 - الطريقة الوحيدة لقطع تيار الثايرستور هي :

أ - قطع جهد الانود الموجب

ب - عكس جهد الانود

ج - الفقرة أ و ب صحيحة

8 - إن ترانزستور تأثير المجال الـ FET هو

أ - وسيلة جهد وليس وسيلة تيار

ب - وسيلة تيار وليس وسيلة جهد

ج - وسيلة جهد وتيار معاً

9 - أطراف ترانزستور تأثير المجال الثلاثة هي

أ - المصرف والمصدر والجامع

ب - الباعث والقاعدة والجامع

ج - المصرف والمصدر والبوابة

10 - يتألف ثنائي (شوكلي) من

أ - أربعة توصيلات ثنائية

ب - ثلاثة توصيلات ثنائية

ج - توصيلان من الثنائيان

11 - الدايك عبارة عن طرفين من توازي متعاكس لطبقات أشباه الموصلات والتي تسمح

أ - للقدح في كلا الاتجاهين

ب - للقدح باتجاه واحد

ج - بتحفيظه للعمل باتجاهين

12 - الترايك هو عبارة عن دايك

أ - عدد اثنين

ب - مع طرفي بوابتين للسيطرة على تشغيل الترايك

ج - مع طرف بوابة للسيطرة على تشغيل الترايك

أسئلة الفصل السادس

- س1 : ما هو الـ FET وما أنواعه ؟
- س2 : أرسم مخططاً لتصنيف أنواع الترانزستور.
- س3 : ما الفرق بين ترانزستور تأثير المجال الـ FET و ترانزستور الـ BJT .
- س4 : وضح طريقة عمل ترانزستور تأثير المجال الـ FET .
- س5 : عرف ثنائي شوكلي ؟
- س6 : اشرح مع الرسم التأثيرستور .
- س7 : ما هو الدايك ؟ وأين يستعمل ؟ عزز إجابتك بالرسم .
- س8 : ما هو الترايك ؟ وما مجالات استعماله ؟ وضح إجابتك بالرسم .

الفصل السابع

المبادئ الرقمية Digital Principles

أهداف الفصل : إعطاء الطالب المعرفة والقدرة على تعلم واستيعاب أنواع النطاظات والسجلات والعدادات .

محتويات الفصل السابع :

1-7 تمهيد

2 - 7 أنواع النطاظات

3 - 7 العداد الثنائي

4 - 7 دائرة مؤقت (555)

5 - 7 سجلات الإزاحة

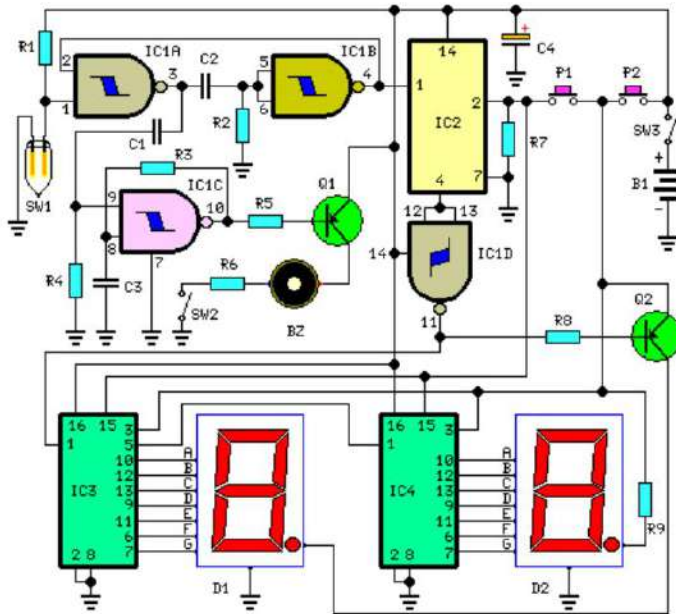
6 - 7 سجل الإزاحة المتتابع (عداد حلقي)

7 - 7 عداد جونسون

8 - 7 العدادات

اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل السابع



الفصل السابع المبادئ الرقمية Digital Principles

7-1 تمهيد :

تصنف الدوائر المنطقية إلى نوعين رئيسيين:

أ- دوائر منطقية توافقية (Combinational Logic Circuits): البناء الأساسي لها البوابات المنطقية.

ب- دوائر منطقية متعاقبية (Sequential Logic Circuits): البناء الأساسي لها النطاطات Flip Flop والنطاط عبارة عن دائرة منطقية متعاقبية عملها الأساس تخزين المعلومات بسعة وحدة رقمية ثنائية واحدة (0 أو 1) ويتم بناء النطاطات من بوابات NAND وبوابات NOR .

ويمكن ربط النطاطات لتكوين دوائر المؤقتات (Timers) والعدادات (Counters) ومسجلات الإزاحة (Shift Registers) وغيرها .

ويوجد النطاط في إحدى حالتين مستقرتين إحداهما (1) والأخرى (0) ويظل على هذا الوضع مادام قد استمر تزويده بمصدر القدرة اللازمة أو حتى يتم تغيير هذه الحالة بتطبيق مستويات دخل مناسبة.

ولها خرجين 1- خرج طبيعي Q 2- خرج متمم $\bar{Q}$

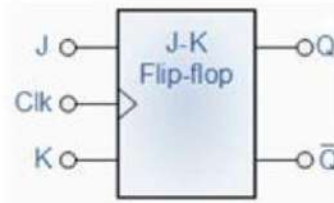
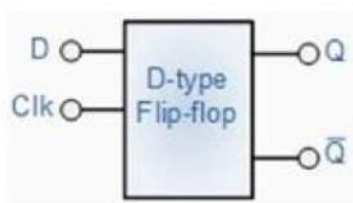
إذا كان $Q = 1$ فإن $\bar{Q} = 0$

وهناك تسميات عديدة لدوائر النطاطات (كالهزازات، أو القلابات، أو الثنائيات Binaries، أو المذبذبات، أو الذاكرة الثابتة الساكنة، أو دوائر التبدل Toggles).

ويمكن الحصول على نطاطات مفيدة عن طريق توصيل بعض البوابات المنطقية التي يمكن الحصول عليها في صورة دوائر متكاملة. ويتم توصيل النطاطات فيما بينها لتكوين دوائر منطقية متعاقبة للتخزين والتوقيت والعد والتعاقب .

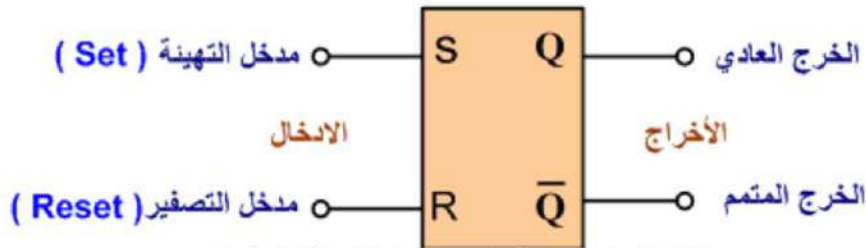
7 - 2 أنواع النطاطات:

أ. نطاط RS ب. نطاط RS المتزامن ج. نطاط D د. نطاط JK هـ. نطاط T



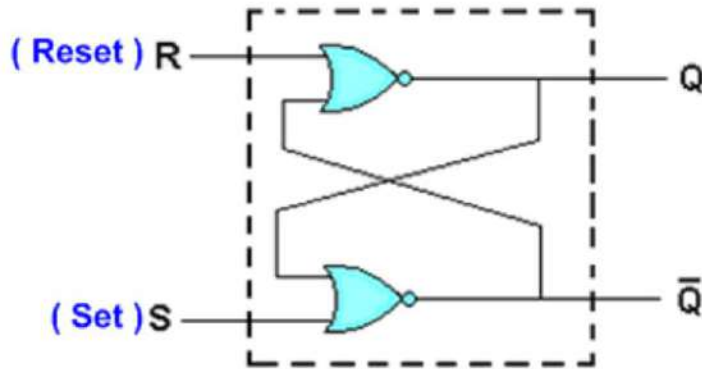
أ. النطاط RS

إن أبسط أنواع النطاطات يسمى (النطاط RS) وقد أخذ اسم هذا النطاط من الأحرف الأولى لكلمتي (Set) وتعني (تحفيز) أو تهيئة أو إشارة و (Reset) وتعني (تصفير). ويعد النطاط RS من النطاطات الأساسية ، إذ يستعمل في بناء النطاطات الأخرى ويبين الشكل (7 - 1) الرمز المنطقي للقلاب RS .



الشكل (1 - 7) الرمز المنطقي للنطاق RS

ويبين الشكل (2 - 7) الدائرة المستخدمة في بناء النطاق RS ويلاحظ أن هذه الدائرة تتكون من بوابتين من نوع (نفي - أو) (NOR) متصلتين بطريقة متداخلة .



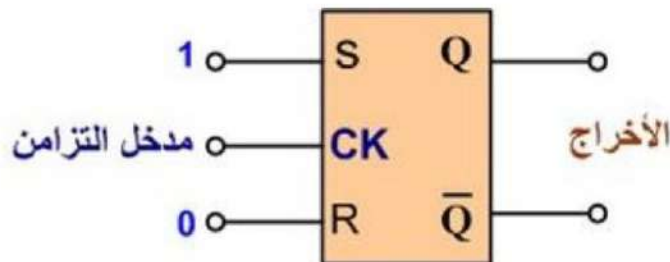
الشكل (2 - 7) بناء نطاق RS

والجدول 1 - 7 يوضح جدول الحقيقة

S	R	Q	Q'
0	0	القيمة السابقة	
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	الحالة المحظورة	

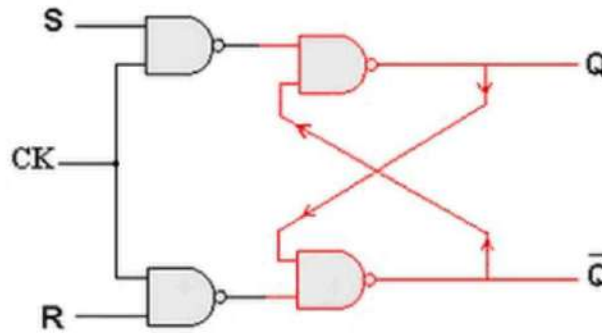
ب - النطاق RS المتزامن :

يعمل نطاق RS المتزامن (وفقاً لنبضات تزامن أو توقيت). ويبين الشكل (3-7) الرمز المنطقي لنطاق RS المتزامن والذي يشبه إلى حد كبير النطاق من نوع RS والذي سبق شرحه مع زيادة إشارة ثالثة على مدخل ثالث يسمى مدخل الساعة (CK) أو (CLK) .



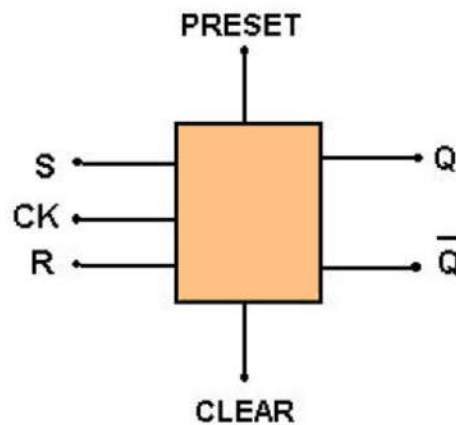
الشكل (3 - 7) الرمز المنطقي لنطاق RS المتزامن

يمكن بناء نطاظ RS المتزامن من البوابات المنطقية ويبين الشكل (7 - 4) توصيل نطاظ RS المتزامن من بوابتي (النفي و) NAND .



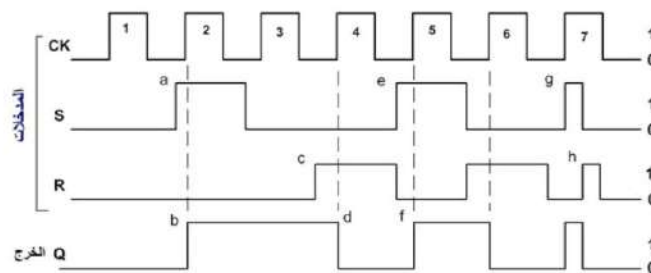
الشكل (7 - 4) بناء دائرة نطاظ RS المتزامن من بوابتين NAND

يمكن أيضا تزويد دائرة النطاظ المتزامنة بمدخلين إضافيين (غير متزامنين) للتحكم في عمليات تغيير حالة النطاظ بدون أي تأثير من الساعة ويطلق على أحدهما مدخل الضبط المسبق PRESET ويختصر (PR) ويطلق على الآخر مدخل المسح CLEAR ويختصر (CLR) كما موضح في الشكل (5-7) .



الشكل (7 - 5) دائرة نطاظ متزامن بمدخلين إضافيين

ويستعمل الرسم البياني الذي يمثل أشكال الموجة أو توقيات عمل النطاظ بكثرة فضلا عن أنها ذات فائدة ملحوظة عند التعامل مع النطاظ. ويوضح الشكل (7 - 6) رسما بيانيا لتوقيات عمل نطاظ المتزامن .



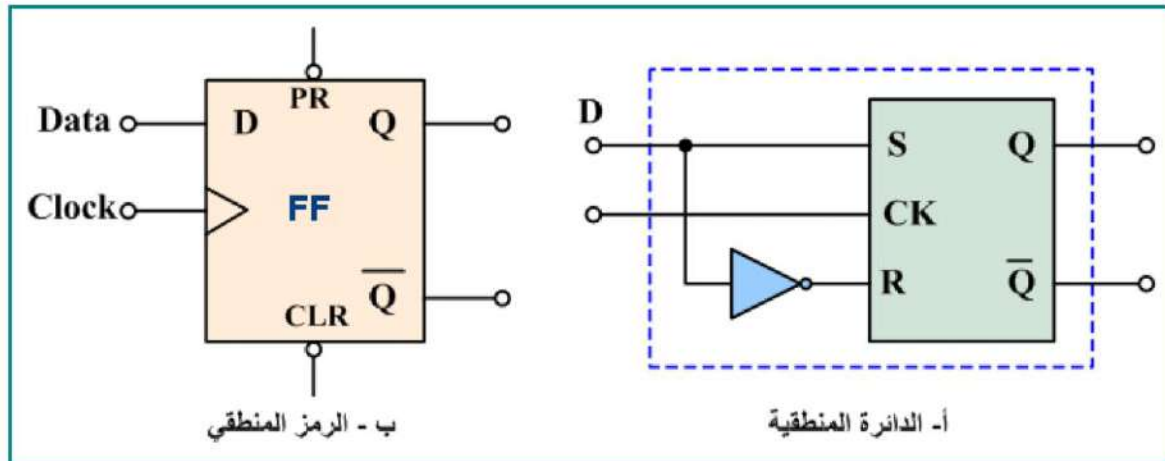
الشكل (7 - 6) شكل الموجات للنطاظ RS المتزامن

الجدول 7 - 2 يوضح جدول الحقيقة للنظام RS المتزامن
الجدول (7 - 2)

الادخال			الاخراج	
Ck	S	R	Q	Q'
	0	0	الحالة السابقة	
	0	1	0	1
	1	0	1	0
	1	1	1	1
			الحالة المحظورة	

ج - النظام D

من أجل التخلص من سلبيات النظام (RS) والتي تتمثل في انه عندما تكون الإشارتان الداخلتان على S و R لهما في الوقت نفسه القيمة المنطقية "1" فان حالة الخرج تكون غير محددة. وقد استنبط هذا النوع من دوائر النظام، إذ تم وصل المدخلين (S) و (R) معاً عن طريق بوابة "لا" (NOT)، ويسمى النظام في هذه الحالة بالنظام (D)، ويبين الشكل (7-7) دائرة النظام (D) ورمزه المنطقي. إذ نلاحظ أن دائرة النظام (D) لها مدخل واحد وخرجين. ويبين الجدول (7-3) جدول الصواب لهذا النظام. ويتضح من جدول الصواب أنه إذا كان مدخل النظام (0) فإن خرجه (0) وإذا كان دخله (1) فإن خرجه (1). ولذلك يستعمل في عمليات العد الصناعي وتمرير المعلومات إذ أن مع كل نبضة جديدة على المدخل فإن النظام يغير حالته. ويسمى النظام D أحياناً (بنظام التأخير) وهذه التسمية تصف بدقة تشغيل هذه الوحدة. وأياً كان الدخل عند مدخل البيانات D فإنه يتم تأخيره عن الوصول إلى الخرج Q (لمدة نبضة تزامن واحدة). وتنتقل البيانات إلى الخرج عند انتقال نبضة التزامن من المستوى المنخفض إلى المستوى العالي.

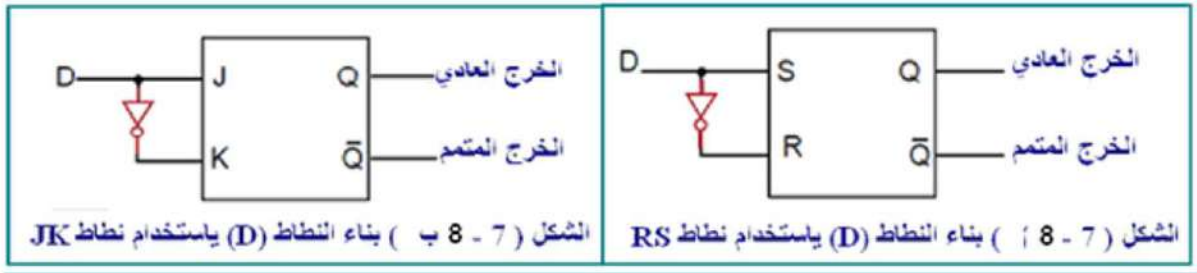


الشكل (7-7) دائرة النظام (D) ورمزه المنطقي

الجدول (7 - 3)

Clk	D	Q	$\bar{Q}$	Description
$\downarrow \gg 0$	X	Q	$\bar{Q}$	no change
$\uparrow \gg 1$	0	0	1	Reset Q $\gg 0$
$\uparrow \gg 1$	1	1	0	Set Q $\gg 1$

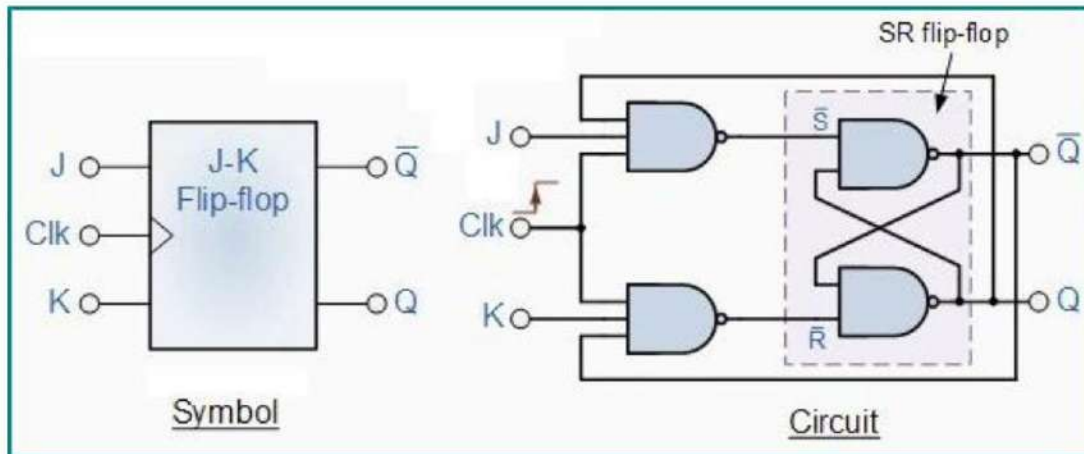
يمكن بناء نطاظ D باستعمال نطاظ JK و RS كما بالشكل (7 - 8)



الشكل (7 - 8) بناء نطاظ D باستعمال JK و RS

د- النطاظ JK

للتخلص من سلبيات النطاظ RS مع الإبقاء على مدخلين للنطاظ فإنه يستعمل نطاظان من نوع RS ويعرف النطاظ الجديد باسم النطاظ JK. ويوضح الشكل (7-9) دائرة النطاظ JK والرمز المنطقي لنطاظ JK. ونلاحظ وجود ثلاثة مداخل (J, K, CK)، مدخلا (J, K) هما مدخلا بيانات، و (CK) هو مدخل نبضات التزامن يقوم بنقل البيانات من المداخل إلى المخرج. ويمكن عد هذا النطاظ (كنطاظ عام) إذ يمكن عمل أنواع أخرى من النطاظات من نطاظ JK.



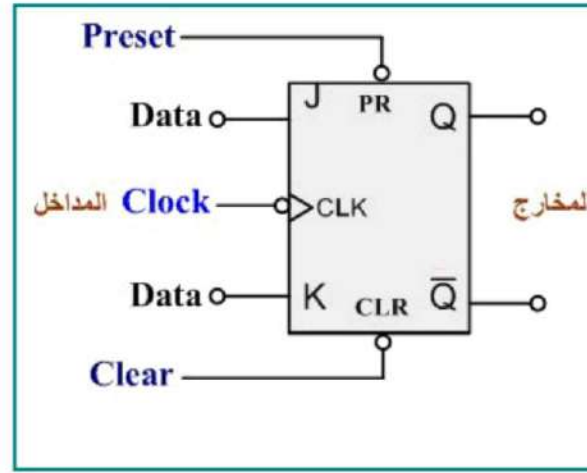
الشكل (7-9) دائرة النطاظ JK والرمز المنطقي

كما يبين الجدول (7-4) جدول الصواب (جدول الحقيقة) للنطاظ JK. وتلاحظ أنه أمكن التخلص من حالة عدم التعريف التي تظهر على مخرج النطاظ RS تساوي حالة المدخلين، مع الإبقاء على مدخلين للنطاظ.

الجدول (7-4) جدول الحقيقة للنظام JK

وضع التشغيل	المدخلات			المخرجات	
	J	K	CK	$\bar{Q}$	Q
التبديل	1	1		الحالة المتممة	
الحالة 1	1	0		1	0
الحالة 0	0	1		0	1
إسكاف	0	0		لا تغير	

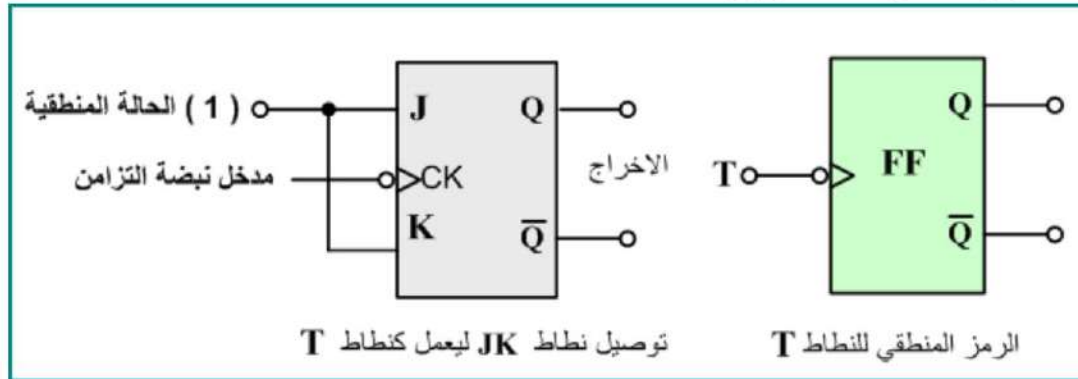
تزود النظامات من نوع (JK) عملياً بطرفين إضافيين: أحدهما طرف الوضع المسبق (Preset:PS)، والآخر هو طرف المسح (Clear:CLR)، كما هو مبين في الشكل (7-10).



الشكل (7 - 10) نظام عملي من نوع (JK)

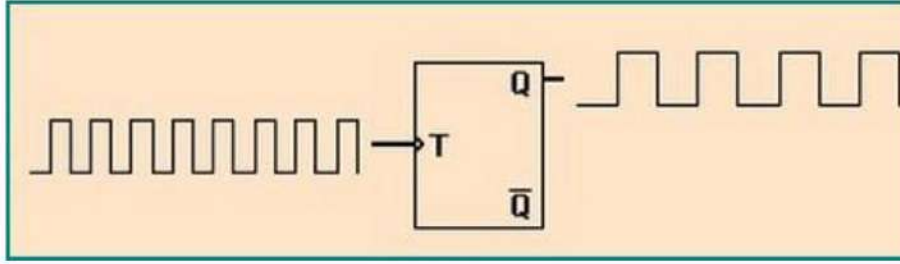
هـ - النظام T:

يمكن بناء نظام T باستعمال نظام JK كما هو موضح في الشكل (7-11). هذا التمرين يتناول بناء نظام T باستعمال نظام JK.



الشكل (7-11) بناء نظام T والرمز المنطقي له

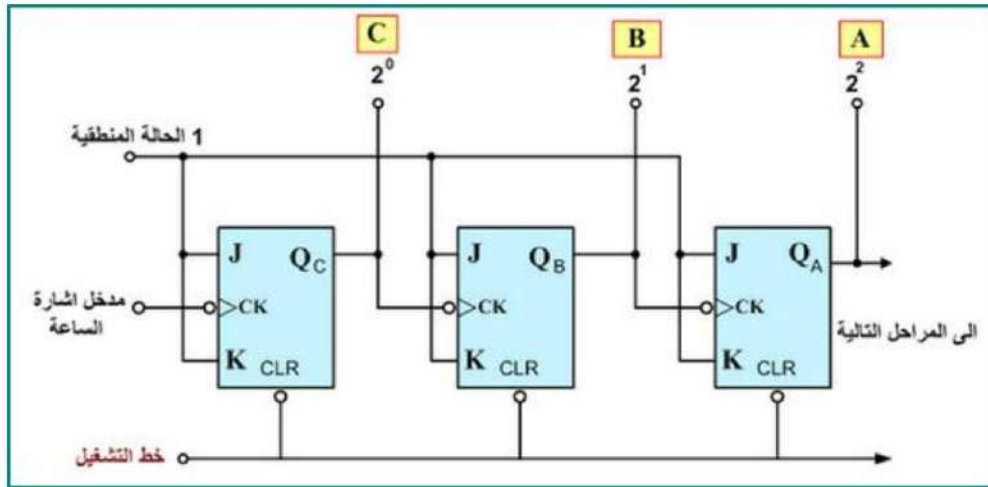
والشكل (7-12) يوضح الرسم البياني للموجات الداخلة والخارجة من النطاق T والتي تبين عمل هذا النوع من النطاقات. ونلاحظ أن تردد الخرج Q هو بالضبط نصف تردد النبضة الزمنية الداخلة T يساوي نصف تردد الدخل.



الشكل (7-12) النبضات الداخلة والخارجة للنطاق T

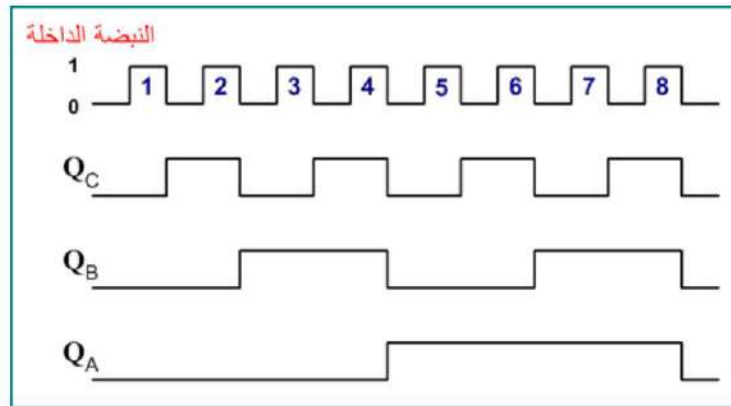
7 - 3 العداد الثنائي:

العداد غير المتزامن، أو عداد التوالي، عبارة عن نظام منطقي متسلسل تدخل فيه النبضات عند أحد أطراف العداد وتتم عملية جمع كل نبضة قبل انتقال الرقم الثنائي المحول للمرحلة التالية للعد. وتقوم المرحلة التالية بعد ذلك بجمع الرقم الثنائي المحول إلى العدد في هذه المرحلة. وعلى ذلك يظهر الرقم الثنائي المحول وكأنه تموج خلال العداد حتى يتم إحصاء كل النبضات. وأكثر الطرق شيوعاً لتحقيق ذلك باستعمال دوائر النطاق من نوع JK ، وفي هذا النوع من العدادات تكون الإشارة الداخلة على J و K تساوي (1) طوال الوقت (بمعنى آخر تستعمل كأنها دائرة نطاق من نوع T). والشكل (7-13) يوضح توصيلة عداد نبضات بسيط باستعمال دوائر النطاق JK .



الشكل (7-13) عداد ثنائي غير متزامن ذو ثلاثة مراحل

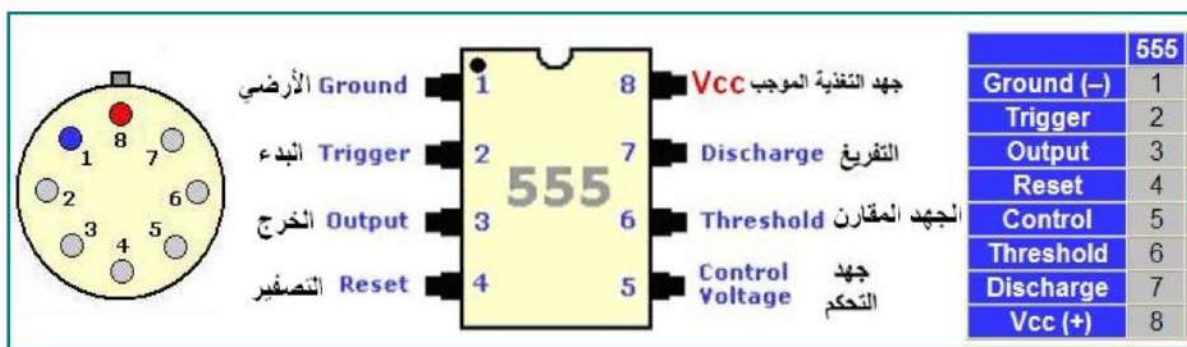
والشكل الموجي للخروج من كل دائرة نطاظ والناتج من مجموعة النبضات المتتالية الداخلة على العداد موضحة في الشكل (7 - 14).



الشكل (7 - 14) الشكل الموجي للعداد الثنائي

4 - دائرة مؤقت (555) :

الدائرة المتكاملة 555 (المؤقت الزمني) من القطع الإلكترونية الهامة إذ يمكنك أن تولد منها موجة جيبية أو مربعة أو سن منشار أو مثلثة كما تريد فقط بإجراء توصيلات لبعض المكونات والمقاومات معها كما تستعمل في توليد فترات (أزمنة) تأخير Time Delay دقيقة أو ذبذبات Oscillation أو لتحديد أوقات للعمل كمؤقت يمكن تحديد وقته حسب الحاجة وله العديد من التطبيقات الأخرى. وهي متوافرة بثمانية أطراف مغلقة على شكل دائرة أو على شكل مستطيل. كما هو موضح في الشكل (7 - 15).



الشكل (7 - 15) الدائرة المتكاملة 555

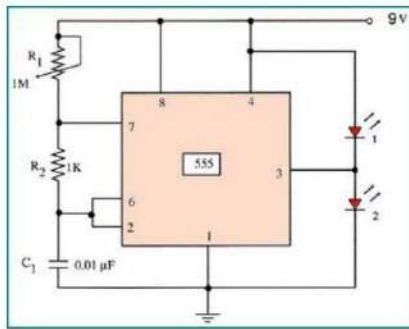
استعمالات الدائرة 555:

أ- كمؤقت **Timer** وذلك في الوضع أحادي الاستقرار.

الطرف PIN	الاسم	الملاحظات
1	الأرضي (-) Ground	توصيل مع الخط المشترك للتغذية
2	مدخل البدء (القدح) Trigger	
3	الخرج Output	خرج الإشارة حيث تؤخذ الإشارة
4	التصفير Reset	إعادة قيمة خرج الدائرة إلى القيمة صفر
5	جهد التحكم Control	
6	العتبة أو الحد Threshold	يستعمل أيضا لإعادة قيمة خرج الدائرة إلى القيمة صفر
7	التفريغ Discharge	يتصل بالمكثف
8	جهد التغذية الموجب (+) V _{CC}	نقطة التغذية بالجهد الموجب للدائرة ويكون بين 5 إلى 15 فولت

ب- كمولد نبضات **Oscillator** وذلك في الوضع غير المستقر.

في ادناه معلومات الأطراف الثمانية مع دائرة التوصيل الخارجية لاحظ الشكل (7 - 16)



وقت الشحن

$$T_{charge} = 0.693 (R_1 + R_2) C$$
 وقت التفريغ

$$T_{discharge} = 0.693 R_2 C_1$$
 الوقت الكلي

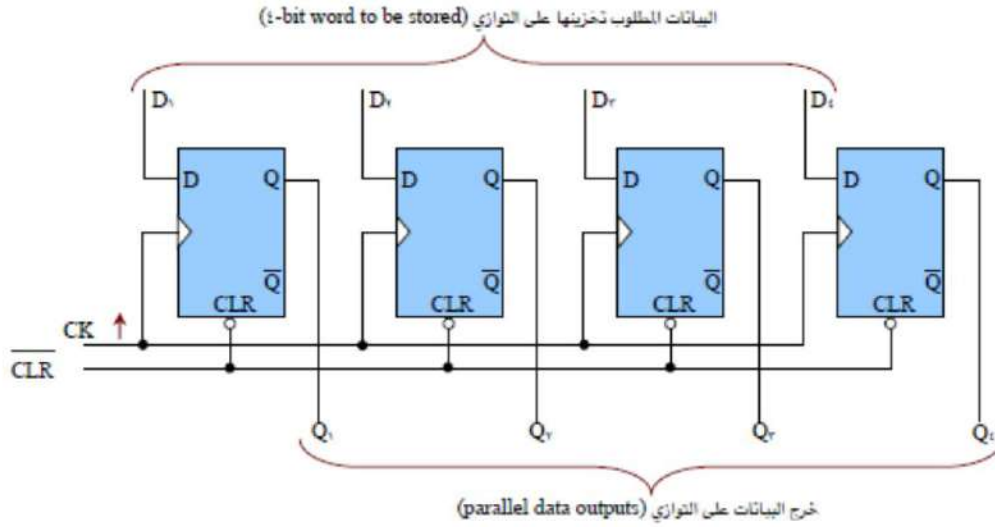
$$T = 0.693 (R_1 + 2 R_2 C_1)$$

الشكل (7 - 16) مولد نبضات

7-5 سجلات الإزاحة : Shift Register

تعدّ السجلات احد أنواع الدوائر المنطقية التعااقبية، وتستعمل عادة في تخزين البيانات. وقد وجدنا انه يمكن خزن رقم ثنائي مفرد BIT بواسطة نطاق واحد ثم يمكن توصيل عدد من النطاقات معا لبناء السجل وهو عبارة عن ذاكرة مؤقتة لخزن كمية من البيانات ولمدة زمنية قصيرة تمهيدا لنقلها كما في سجلات النقل أو سجلات العزل أو لإزاحة البيانات إلى اليمين أو إلى اليسار أو تحويل البيانات المتوالية إلى بيانات متوازية أو العكس كما في سجلات الإزاحة. فسجل العكس يستعمل لتخزين كلمة رقمية مكونة من مجموعة من الأرقام الثنائية bits لاحظ الشكل (7 - 17) الذي يوضح كيفية بناء

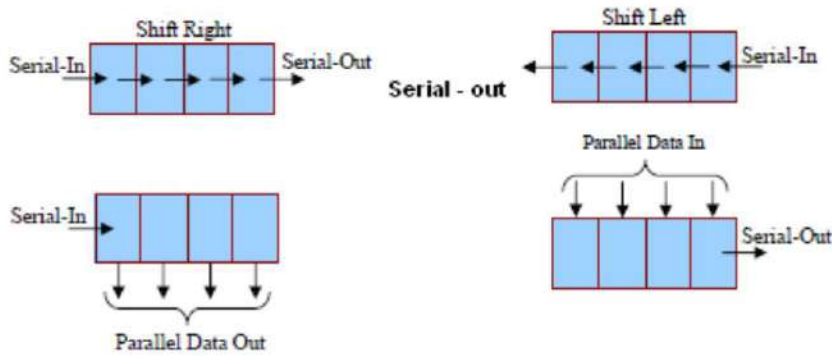
سجل عزل مكون من أربع مراحل باستعمال دوائر التناططات من النوع D والتي يتم تنشيطها عند الحافة الموجبة لنبضة التزامن.



الشكل (7 – 17) سجل عزل مكون من أربع مراحل للتناططات D

ان سجل الإزاحة هو سجل ل تخزين البيانات تمهيدا لتحريكها أو إزاحتها إلى اليسار أو إلى اليمين والأنواع الثلاثة الأساسية لسجلات الإزاحة هي : لاحظ الشكل (7 – 18)

- أ- سجلات الإزاحة متوالية الدخل – متوالية الخرج .
- ب- سجلات الإزاحة متوالية الدخل – متوازية الخرج .
- ج- سجلات الإزاحة متوازية الدخل – متوالية الخرج .



الشكل (7 – 18) سجلات الإزاحة

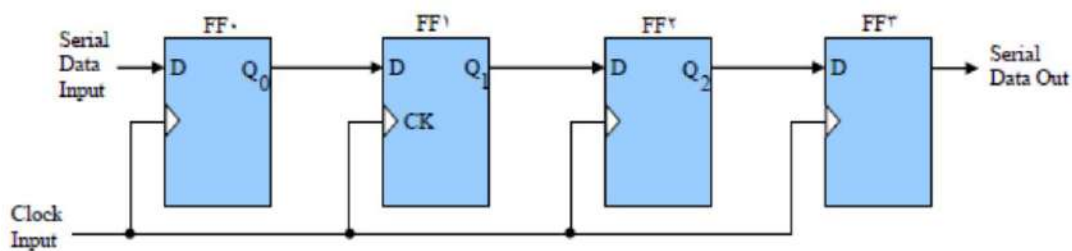
أ- سجلات الإزاحة متوالية الدخل – متوالية الخرج . Serial – In Serial Out Shift Register .

بمتابعة الجدول (7 – 5) الذي يوضح كيفية عمل سجل الإزاحة الذي يحتوي على البيانات 0110 بينما البيانات الخارجة المتوالية هي 1001 موجودة داخل السجل في انتظار حدوث إزاحة لها.

جدول (7 – 5) يوضح كيفية عمل سجل الإزاحة

نبضات التزامن	البيانات المراد تخزينها	خرج المسجل
Clock	Input	Q_0 Q_1 Q_2 Q_3
—	—	.
1 st	1	.
2 nd	0	.
3 rd	0	.
4 th	1	.

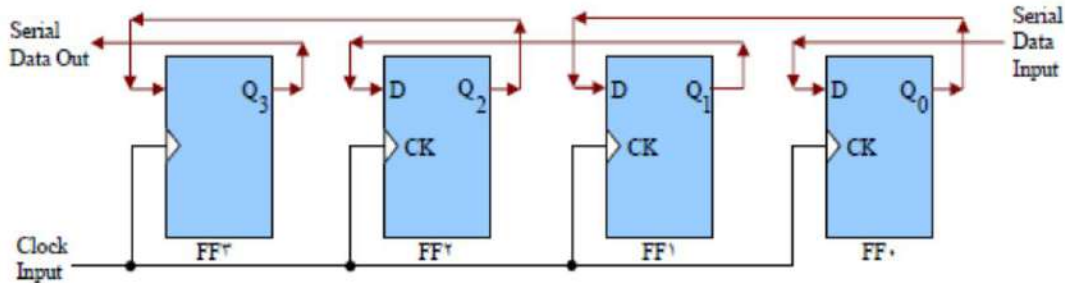
فبعد نبضة الساعة الأولى سوف تحدث إزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليمين وفي نفس الوقت فإن الرقم الأول من البيانات سوف ينزاح داخل الخانة الأولى من السجل . بعد نبضة الساعة الثانية يكون هناك رقمان من الأرقام المخزونة 0110 تمت إزاحتها خارج السجل في حين تم تخزين رقمين من الأرقام الخارجية المتوالية 1001 . وبعد نبضة الساعة الثالثة تتم إزاحة ثلاثة أرقام. وبعد نبضة الساعة الرابعة فإن البيانات الأصلية تكون قد أزيحت خارج السجل في حين أن البيانات الموجودة في الدخل 1001 قد حدثت لها إزاحة كاملة داخل السجل وهي الآن مخزونة فيه. والشكل (7 – 19) يوضح كيفية استعمال دوائر النطاطات من النوع D لبناء سجل الإزاحة إلى اليمين .



الشكل (7 – 19) سجل الإزاحة باستعمال النطاطات

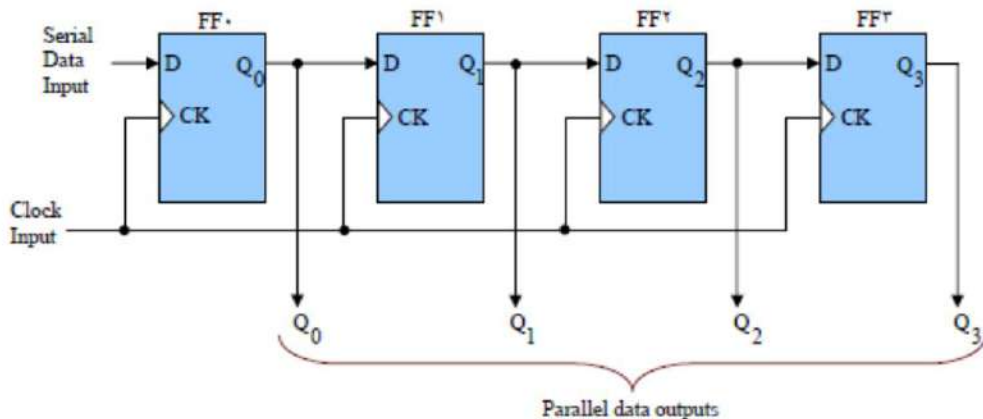
فالشكل يوضح سجل إزاحة مكوناً من أربع مراحل 4-Bits وذلك باستعمال النطاطات من النوع D. يتم إدخال البيانات المتوالية إلى الطرف D لدائرة النطاط الأولى FF0 بينما يوصل Q0 إلى D للنطاط الثاني FF1 وخرج دائرة النطاط الثانية Q1 يوصل إلى دخول النطاط الثالث FF2 بينما يوصل خرج هذا النطاط Q2 إلى دخل النطاط الرابع، وخرج دائرة النطاط الرابعة يمثل الخرج النهائي لدائرة السجل المكون من أربع مراحل . وتوضع نبضة الساعة لحظياً على كل من دوائر النطاطات ومع كل حافة موجبة من النبضات تتم إزاحة خانة واحدة Bit – 1 من بيانات الدخل إلى السجل، ويحتاج سجل

الإزاحة توالي الدخل – توالي الخرج يحتاج إلى أربع نبضات ساعة CK ليتم تسجيل البيانات الأربعة الموجودة على الدخل، ومن ناحية أخرى فإن هذا السجل يحتاج إلى أربع نبضات ساعة لإزاحة المعلومات إلى الخارج وهو سجل إزاحة إلى اليمين. والشكل (7-20) يوضح كيفية بناء سجل إزاحة إلى اليسار مكون من أربع دوائر نظائرات من النوع D على شكل توالي الدخل – توالي الخرج .



الشكل (7-20) سجل الإزاحة إلى اليسار

ب- سجلات الإزاحة متواليّة الدخل – متوازيّة الخرج Serial – In Parallel Out Shift Register
لإدخال البيانات في هذا السجل يتم تطبيق البيانات المتواليّة المكونة من أربع خانات 4-Bits على مدخل البيانات على التوالي وتتم إزاحتها تحت التحكم في نبضات الدخل (نبضات الساعة) أي إزاحة واحدة في اتجاه اليمين لكل نبضة. لاحظ الشكل (7-21)

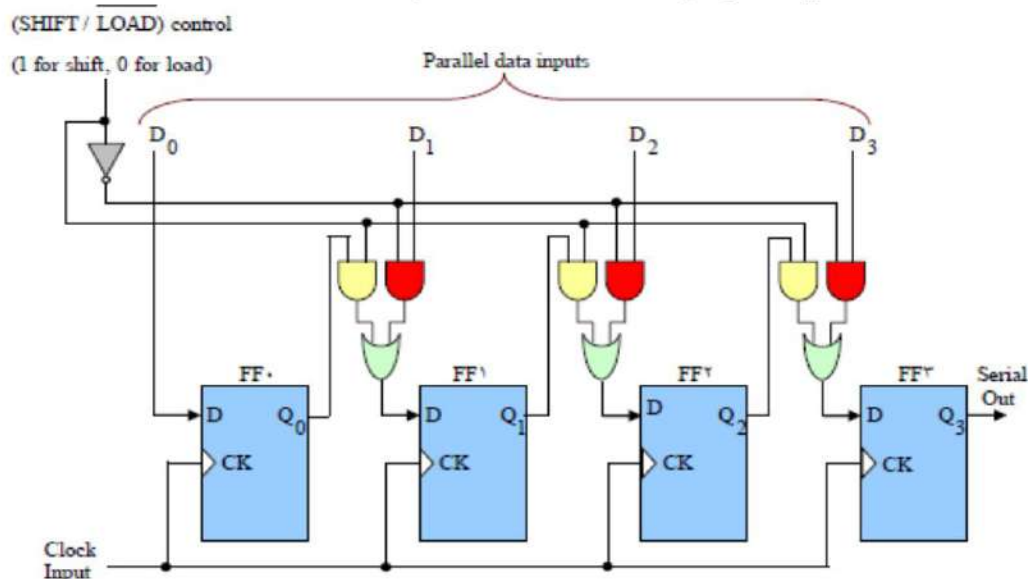


الشكل (7-21) سجل إزاحة متواليّ الدخل – متوازيّ الخرج

فعلى سبيل المثال لإدخال كلمة مكونة من أربعة أرقام 4-BITS على التوالي داخل السجل فإننا نحتاج إلى أربع نبضات ساعة CK. والبيانات المخزونة داخل سجل الإزاحة تكون موجودة على الإخراج (Q0 , Q1 , Q2 , Q3) كأربعة أرقام 4-BITS خرج على التوازي.

ج- سجلات الإزاحة متوازيّة الدخل – متواليّة الخرج Parallel – In Serial Out Shift Register
ويوضح الشكل (7-22) بناء سجل مكون من أربع مراحل من النوع متوازيّ الدخل – متواليّ الخرج وذلك باستعمال دوائر النظائرات من النوع D. ويتم التحكم في الدائرة عن طريق طرف تحكم الدخل Shift- Load فعندما يكون في الوضع واطناً Low فإن جميع البوابات باللون الأحمر تكون نشيطة (Enable) نتيجة لعكس إشارة التحكم هذه عن طريق العاكس Inverter أي البوابة Not،

وهذه البوابات الفعالة تعمل على توصيل البيانات من خطوط الدخل للبيانات (D_0, D_1, D_2, D_3) إلى مداخل البيانات على دوائر النطاطات. عند وصول نبضة الساعة CK فإن هذه البيانات يتم تخزينها داخل السجل وتظهر في الخرج (Q_0, Q_1, Q_2, Q_3).

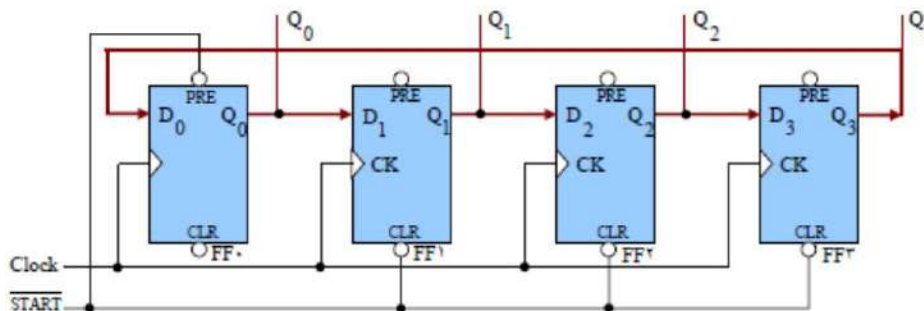


الشكل (7 - 22) سجل إزاحة متوازي الدخل - متوالي الخرج

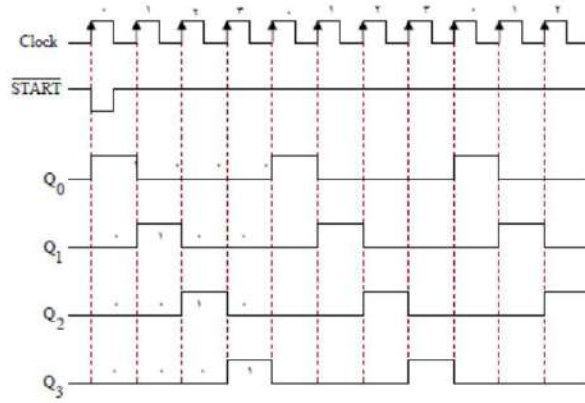
عندما يكون طرف التحكم Shift-Load في الوضع High فإن جميع البوابات المظللة باللون الأصفر تكون نشطة Enable، هذه البوابات الفعالة توصل الخرج Q_0 إلى الدخل D لدائرة النطا الثانية FF_1 ، ويوصل الخرج Q_1 إلى الدخل لدائرة النطا الثالثة FF_2 ويوصل الخرج Q_2 إلى دخل دائرة النطا الرابعة FF_3 وفي هذا الوضع فإن البيانات المخزنة داخل سجل الإزاحة سوف تحدث لها إزاحة جهة اليمين وبمقدار خانة واحدة 1-Bit مع كل نبضة من نبضات الساعة الموجودة على الدخل.

7-6 سجل الإزاحة المتتابع (عداد حلقي) Shift Register Sequencer (Ring Counte)

الشكل (7-23) يوضح كيفية توصيل سجل الإزاحة على شكل عداد حلقي وذلك بتوصيل خرج دائرة النطا FF_3 إلى دخل دائرة النطا FF_0 (توصيل الخرج Q_3 بالدخل D_0). هذه الخاصية الدائرية أو الحلقية تجعل انتقال البيانات داخل سجل الإزاحة في شكل دائري أو حلقي، فعندما يكون خط التحكم Start في المستوى Low فإن الخرج Q_0 سوف يصبح في المستوى High ($PRE=0$) بينما تكون الاخراجات Q_1, Q_2, Q_3 في المستوى Low ($CLR=0$) كما موضح في الشكل (7-24).



الشكل (7 - 23) عداد حلقي



الشكل (7-24) نبضات الخرج للعداد الحلقي

ويكون جدول الحقيقة للعداد الحلقي كما موضح في الجدول (7-6)

الجدول (7-6)

Clock Pulses	خرج العداد			
	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃
0	1	1	1	0
1	1	1	0	0
2	1	0	0	0
3	1	0	1	0
4	0	0	1	0
5	0	1	1	0
6	0	1	0	0
7	0	0	0	0

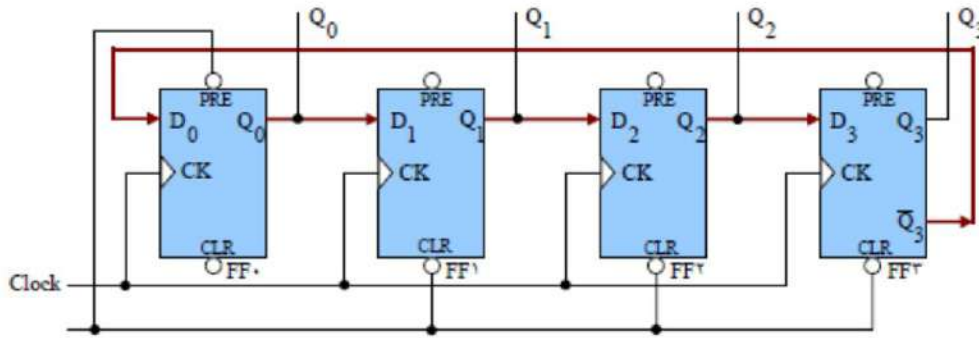
Four flip-flops will have Four output states.

Repeat Sequence

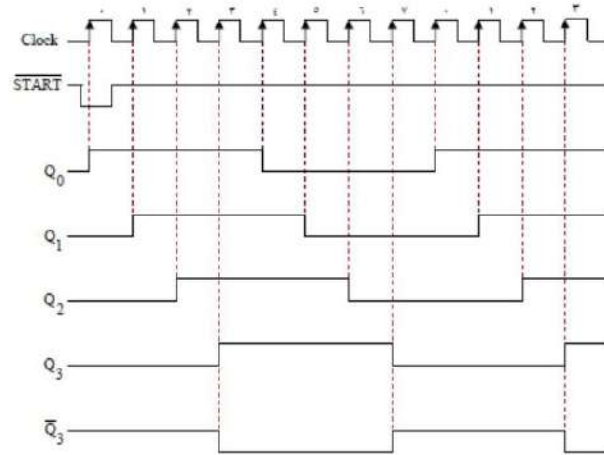
الكلمة المسجلة الآن أصبحت (0001) سوف تحدث لها إزاحة إلى اليمين مع كل نبضة ساعة CK والواحد (1) الموجود في الكلمة المسجلة سوف يزاح بشكل دائري داخل السجل كما موضح في الجدول .

7-7 سجل إزاحة بهينة عداد جونسون Johnson Counter

الشكل (7-25) يوضح سجل إزاحة موصلة على هيئة عداد جونسون وكما نرى أن عداد جونسون يتم بناؤه بنفس طريقة العداد الحلقي عدا ان الخرج المعكوس لآخر دائرة نطاق Q₃ هو الذي يوصل بدخل دائرة النطاق D₀. ومثل العداد الحلقي فان عداد جونسون يحتاج إلى تجهيز الخرج الابتدائي كما موضح من شكل النبضات للشكل (7-26) و جدول الحقيقة في الجدول (7-6) وهو 1000 وبما إن Q₃ في المستوى Low عند البداية، فان Q₃ سوف تكون في المستوى HIGH وهذا المستوى سوف يعاد تغذيته إلى الدخل D₀ وبالتالي فان الإدخالات ذات المستويات العالية يتم إدخالها داخل سجل الإزاحة من اليسار إلى اليمين إلى أن يصبح خرج جميع دوائر النطاقات عالي High وعندما تصبح Q₃ عند المستوى High بعد نبضة الساعة الثالثة، Q₃ سوف يكون في المستوى Low وعندما تصبح Q₃ عند المستوى Low بعد نبضة الساعة السابقة فان Q₃ سوف يكون عند المستوى High وبالتالي يصبح D HIGH مما يتسبب في تكرار دورة الإزاحة مرة أخرى وهكذا.



الشكل (7 - 25) عداد جونسون



الشكل (7 - 26) شكل النبضات

8 - العدادات : COUNTERS

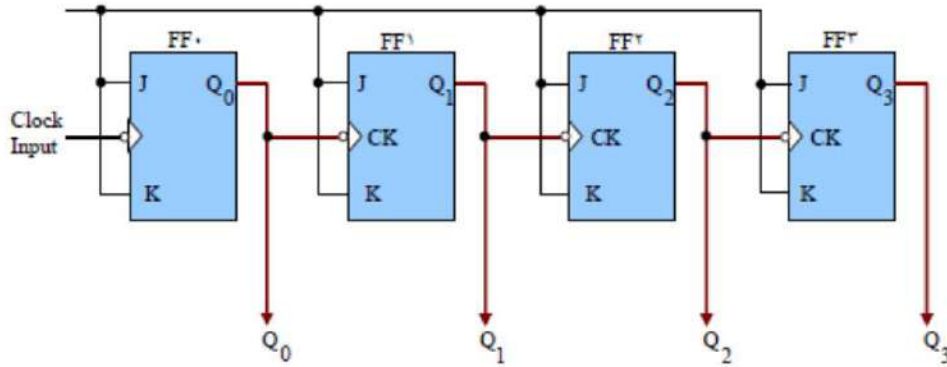


العدادات مثل السجلات وهي من الدوائر المنطقية المتعاقبية ويتم بناؤها من النطاطات والسجل ويصمم كي يقوم بتخزين عدد من الخانات الثنائية **binary bits** بينما الخانات الثنائية التي يتم تخزينها بواسطة العداد تمثل عدد نبضات التزامن (نبضات الساعة) **clock input** وهذه النبضات المسطرة على العداد تعمل على تغيير حالة دوائر النطاطات التي صممت منها العدادات، وبملاحظة خرج النطاطات يمكننا تحديد عدد نبضات التزامن التي تم تطبيقها على دخل العداد. يوجد نوعان أساسيان من دوائر العدادات: أحدهما يسمى بالعدادات المتزامنة، والآخر يسمى بالعدادات غير المتزامنة. والفرق بين هذين النوعين من العدادات هو طريقة توصيل نبضات الساعة بين دوائر النطاطات التي يتكون منها العداد. وأغلب النطاطات التي يتكون منها العداد غير المتزامن لا توصل

الى نبضات الساعة الرئيسية. وبالتالي فان هذا العداد يعمل غير متزامن مع الساعة ومن ناحية اخرى فان كل دوائر النطاقات المكونة للعدادات المتزامنة توصل الى نبضات الساعة وبالتالي فان هذا العداد يعمل متزامن مع نبضات التزامن.

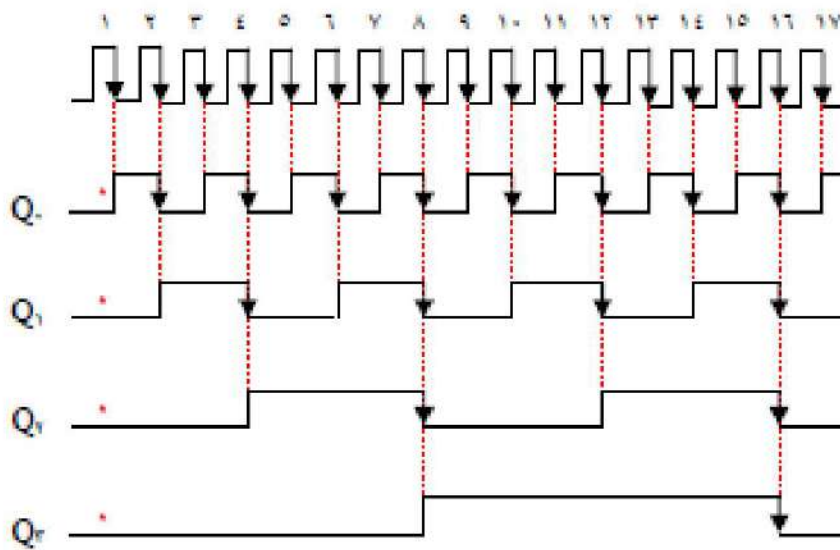
7-8-1 العدادات الثنائية التصاعدية غير المتزامنة :

الشكل (7 - 27) يوضح كيفية بناء عداد غير متزامن تصاعدي مكون من اربع مراحل كل مرحلة عبارة عن نطاق نوع J-K المتزامن .



الشكل (7 - 27) عداد ثنائي تصاعدي غير متزامن

في هذه الدائرة نجد أن جميع دوائر النطاقات موصلة على التوالي بمعنى أن الخرج لأحدى دوائر النطاقات سوف يستعمل كنضات ساعة للنطاق الذي يليه. ونلاحظ أن الدخل J-K لجميع النطاقات موصول بالمستوى High. وعلى ذلك فان خرج كل دوائر النطاقات سوف يحدث له تبديل Toggle أو تغير مع كل حافة سالبة من نبضات الساعة. أشكال الموجات لنضات الساعة لهذه الدائرة مع الخرج Q لكل نطاق موضحة بالشكل (7-28). الاخرجات Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 تمثل الكلمة المكونة من أربعة خانات وتساوي 0000 عند البداية كما موضح في أقصى اليسار من الشكل الموجي للنضات وموضحة أيضا في السطر الأول من جدول الحقيقة المبين في الشكل (7-7). خرج دائرة النطاق FF_0 هو Q_0 يمثل خانة LSB للخرج بينما يمثل خرج النطاق FF_3 وهو Q_3 الخانة MSB.



الشكل (7 - 28) أشكال النبضات للعداد

الجدول (7 - 7) جدول الحقيقة للعداد التصاعدي غير المتزامن

الجدول (7 - 7)

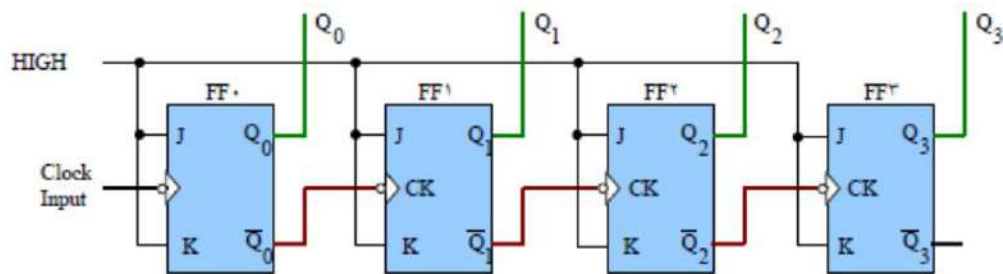
خرج العداد				المشري
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

Binary Count

Cycle Repeats

7 - 8 - 2 العدادات الثنائية التنازلية غير المتزامنة :

في العداد التصاعدي الذي تمت دراسته كانت كل نبضة ساعة تجعل العداد يزيد بمقدار (1) ويعمل تعديلاً بسيطاً في دائرة العداد التصاعدي يمكننا الحصول على العداد التنازلي والذي ينقص خرجه بمقدار (1) مع كل نبضة ساعة والشكل (7 - 29) يبين كيف يمكن بناء عداد تنازلي مكون من أربع مراحل باستعمال أربعة نطاقات من النوع J-K ونلاحظ توصيل الخرج Q لكل مرحلة كدخل نبضات الساعة لها بدلا من الخرج Q في حالة العداد التصاعدي.

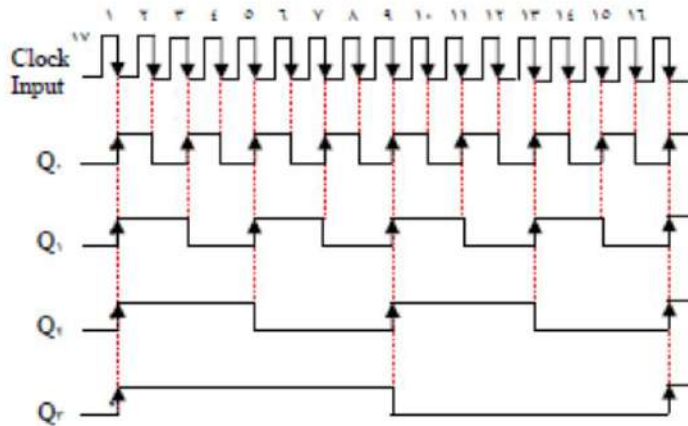


الشكل (7 - 29) عداد تنازلي غير متزامن مكون من أربع مراحل

الشكل (7 - 30) يوضح نبضات الساعة وشكل الخرج وبالنظر إلى أقصى اليسار من الشكل

نجد أن جميع دوائر النطاقات سوف تبدأ من وضع Reset وبالتالي فإن Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 تساوي 0000 ، فإذا كانت جميع مخارج دوائر النطاقات Q تساوي LOW يكون جميع الخرج Q تكون 1111 ، وبناءً على ذلك فإن مداخل نبضات الساعة لكل من النطاقات F_0, F_1, F_2, F_3

تساوي HIGH، إذ أن المداخل J, K لكل دوائر النطاظات الأربعة موصلة High فان الخرج لكل نطاظ سوف يحدث له تبديل Toggle وذلك عند كل حافة سالبة من نبضات الساعة الداخلة.



الشكل (7 - 30) أشكال النبضات للعداد التنازلي

وعند وصول الحافة السالبة الأولى لنبضة الساعة إلى النطاظ FF_0 فان الخرج Q يغير من 0 الى HIGH (1) وهذا يجعل الخرج Q يتغير من 1- إلى 0 وهذه الحافة السالبة سوف تدخل كنبضة ساعة إلى النطاظ FF_1 مما يسبب حدوث تغير في الخرج Q_1 من 1 إلى 0 سوف يكون كنبضة ساعة للنطاظ FF_2 وهكذا، لاحظ جدول الحقيقة للعداد التنازلي في الجدول (7 - 8) .

الجدول (7 - 8) يبين جدول الحقيقة للعداد التنازلي

خرج العداد				العشري
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	
1	1	1	1	15
1	1	1	0	14
1	1	0	1	13
1	1	0	0	12
1	0	1	1	11
1	0	1	0	10
1	0	0	1	9
1	0	0	0	8
0	1	1	1	7
0	1	1	0	6
0	1	0	1	5
0	1	0	0	4
0	0	1	1	3
0	0	1	0	2
0	0	0	1	1
0	0	0	0	0

Cycle Repeats

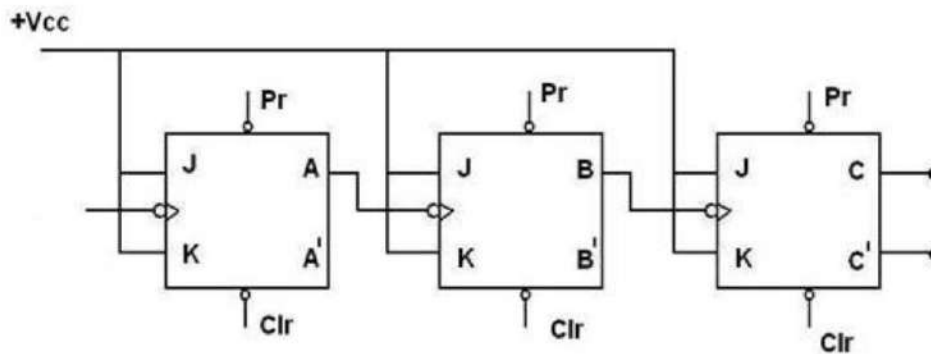
Binary Count

بعد نبضة التزامن الأولى يكون الخرج على العداد Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 يساوي 1111 ويساوي الرقم 15 كما هو موضح في السطر الأول للجدول وبالتالي فان دائرة العداد التنازلي تبدأ في العد التنازلي برقم واحد مع كل نبضة ساعة تسلط على الدخل. وبالعودة مرة أخرى إلى شكل النبضات يمكننا ان نرى ان

دائرة النطاق FF_0 يحدث لها تبديل عند كل حافة سالبة من نبضات الساعة ، وبالتالي فإن تردد الخرج Q_0 يساوي نصف تردد الدخل ونلاحظ أن الخرج Q_1, Q_2, Q_3 يحدث لها تبديل مع كل حافة موجبة لنبضة الساعة التي تصل من دائرة النطاق السابق لها.

3 - 8 - 7 عَدَاد التوازي: PARALLEL COUNTER

العَدَادَات المتزامنة: هي عدادات يتم توصيل مدخل التزامن فيها (CK) لجميع النطاقات في الوقت ذاته (توصيلاً متوازياً) لحل مشكلة التأخير الزمني الناتج في العدادات غير المتزامنة ونسمي هذا النوع من العدادات بعدادات التوازي (Parallel Counters). عداد التوازي عبارة عن دائرة منطقية مركبة تستقبل مجموعة من إشارات العد الثنائية بالتوازي وتحديد العد النهائي بعد تثبيت بعض التأخير. ان معظم عدادات التوازي يقدم ثلاث حالات هي التنازلي والتصاعدي وإلا شيء none والتي تكافئ 1, 0, -1 ، وتستعمل عدادات التوازي التصاعدي / التنازلي في الدوائر الحسابية التي تتعامل مع الأعداد بالأرقام الثنائية. الشكل (7-31) يوضح عداد توازي مكون من ثلاثة نطاقات من نوع JK يوصل خرج النطاق A إلى النطاق الثاني كنبتة ساعة وخرج النطاق B إلى النطاق الثالث، يتم تصغير العداد بواسطة Clr .

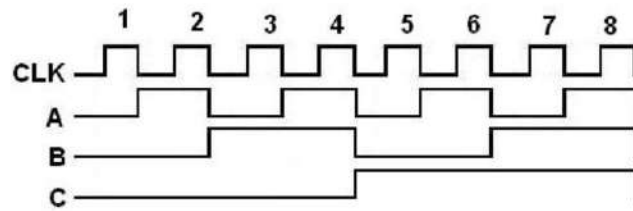


الشكل (7 - 31) عداد توازي

الجدول (7 - 9) يوضح العد إلى الرقم سبعة وإعادة العد من جديد بينما يوضح الشكل (7 - 32) نبضات العداد.

الجدول (7 - 9)

المكافئ العشري	العد	C	B	A
0	0	0	0	0
1	1	1	0	0
2	2	0	1	0
3	3	1	1	0
4	4	0	0	1
5	5	1	0	1
6	6	0	1	1
7	7	1	1	1
0	8	0	0	0



الشكل (7 - 32) نبضات العداد

انتہی بعونہ تعالیٰ