جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

المرحلة الثانية

الكترونيك وسيطرة

تأليف

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

خالد عبدالله علي
عبدالكريم ابراهيم
ضمراء حسن ناصر

الطبعة السابعة

1446 هـ _ 2024 م

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 وليزدادوا 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 وكولبتس وإزاحة الطور والمهتزات 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:
RS,RST , D , T ,JK 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 الطبعات اللاحقة حرصا على إتمام الفائدة لطلابنا الأعزاء والله الموفق .

المؤلفون

1432هـ - 2011 م

المحتويات

الموضوعات	الصفحة
الفصل الاول : المكبرات : 1-1 : تمهيد	6
2-1 : انواع المكبرات	8
3-1 : طرق الربط بين مراحل التكبير	17
4-1 : مكبرات القدرة	19
الفصل الثاني : مكبرات الحزمة الضيقة ومكبر العمليات : 2-1 : مكبرات الحزمة الضيقة	26 و27
2-2 : المرشحات	31
3-2 : الدائرة المتكاملة (الدمجة)	34
4-2 : خطوات تصنيع الدوائر المدمجة	34
5-2 : مكبر العمليات	40
الفصل الثالث : المذبذبات والمهتزات : 3-1 : المذبذبات	58
2-3 : مذبذبات الموجة الجيبية	60
3-3 : مذبذبات الموجة غير الجيبية	68
الفصل الرابع : التضمين والكشف وأجهزة الاستقبال والارسال الراديوي : 4-1 : التضمين	75و76
2-4 : الكشف	86
3-4 : انواع الموجات الراديوية	88
4-4 : أجهزة الاستقبال الراديوية	93
5-4 : جهاز القرص الليزري CD	100
6-4 : الـ MP3	106
الفصل الخامس : منظومة الارسال التلفزيوني : 5-1 : منظومة البث التلفزيوني	111 و 112
2-5 : الاشارة المرئية المركبة	114
3-5 : الطبقة المتأينة (آيونوسفير)	115
4-5 : المكونات الرئيسة لجهاز استقبال تلفزيوني	118
5-5 : الضوء واللون	123
6-5 : إشارة النصوع	126
7-5 : تكوين إشارة الفرق اللوني	129
8-5 : الاشارة المرئية المركبة للارسال الملون	134
9-5 : الارسال	134
10-5 : المخطط الكتلي لجهاز التلفزيون الملون	142
11-5 : إشارة التمييز	147
12-5 : التلفزيون الرقمي	148
13-5 : العارضات المرئية	149
14-5 : عارضات البلازما	157
15-5 : الكاميرا الرقمية	159
الفصل السادس : الكترونيات القدرة : 6-1 : تمهيد	166 - 165
2-6 : ترانزستور تأثير المجال	166
3-6 : الثايرستور	168
4-6 : ثنائي القطع الاربع (شوكلي)	172
5-6 : الدايك	172
6-6 : الترايك	173
الفصل السابع : مبادئ الرقمية : 7-1 : تمهيد	178 – 177
2-7 : انواع النطاطات	178
3-7 : العداد الثنائي	184
4-7 : دائرة مؤقت 555	185
5-7 : سجلات الازاحة	186
6-7 : سجل الازاحة المتتابع (عداد حلقي)	190
7-7 : سجل بهيئة عداد جونسون	191
8-7 : العدادات	192

الفصل الأول

مكبرات الإشارة الصغيرة Small Signal Amplifiers
ومكبرات القدرة Power Amplifiers

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

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

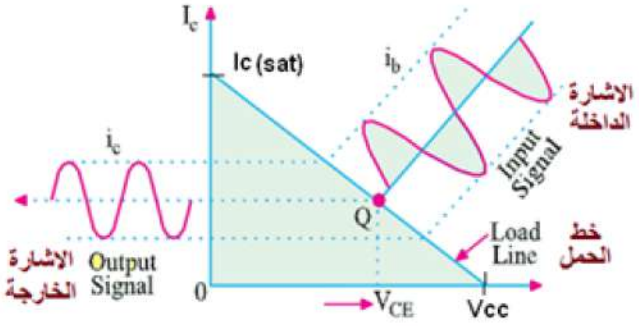
الفصل الأول

مكبرات الإشارة الصغيرة Small Signal Amplifiers ومكبرات القدرة Power Amplifiers

1 – 1 تمهيد :

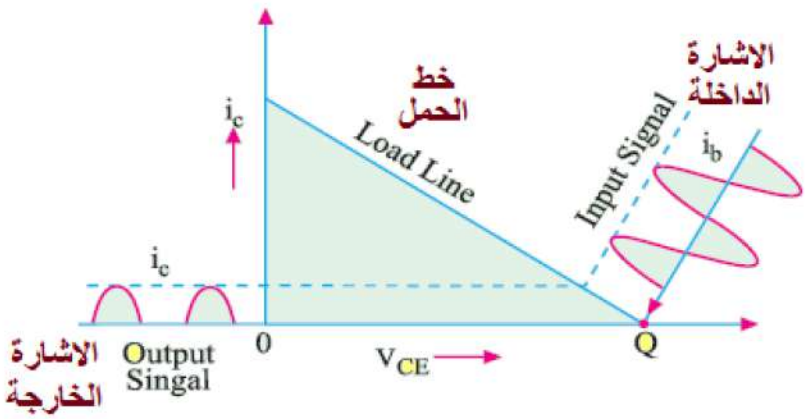
يُعدُّ الترانزستور Transistor بنوعيه PNP وNPN العنصر الرئيس في دوائر التكبير. وقد تعرفنا على خواصه وعمله واستعماله في المرحلة الأولى وكيفية رسم خط الحمل وتعيين نقطة الاشتغال Q في ربط القاعدة المشتركة والباعث المشترك والجامع المشترك. وفي هذا الفصل سنتطرق إلى أهمية تحديد نقطة الاشتغال في استعمال هذه الدوائر 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).



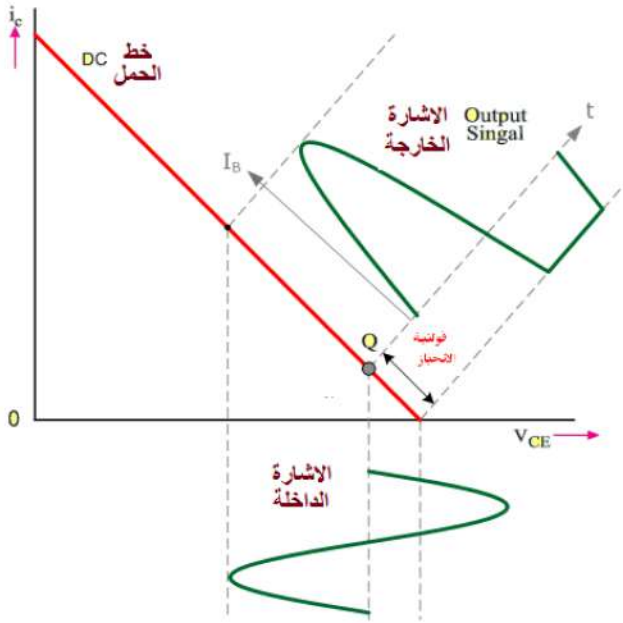
الشكل (1 – 1) مكبر الصنف A

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



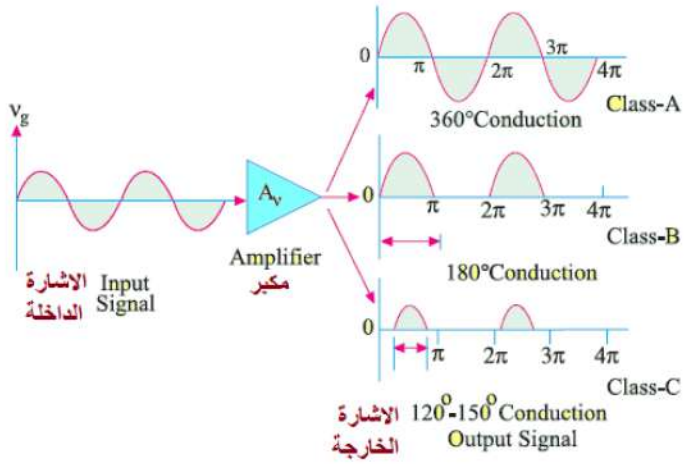
الشكل (1 – 2) مكبر الصنف B

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^{o} واقل من 360^{o} ، لاحظ الشكل (1 – 3) . وعليه يكون تيار الجامع موجوداً لأكثر من 180^{o} واقل من 360^{o} . 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 الأصناف 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 :

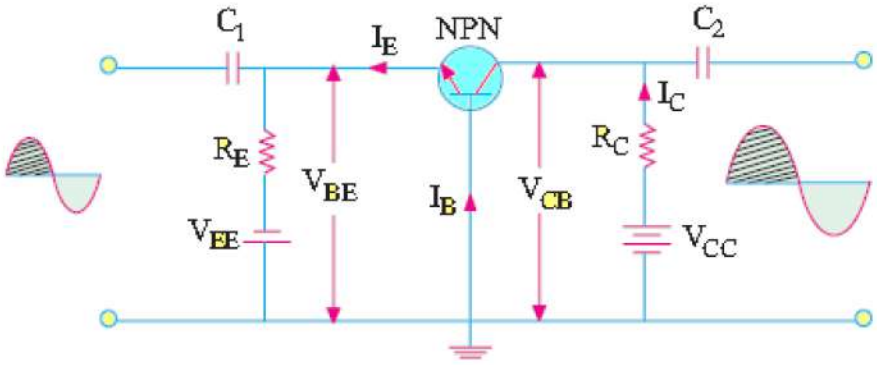
أ . مكبر القاعدة المشتركة Common Base Amplifier

ب . مكبر الباعث المشترك Common Emitter Amplifier

جـ . مكبر الجامع المشترك Common Collector Amplifier

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

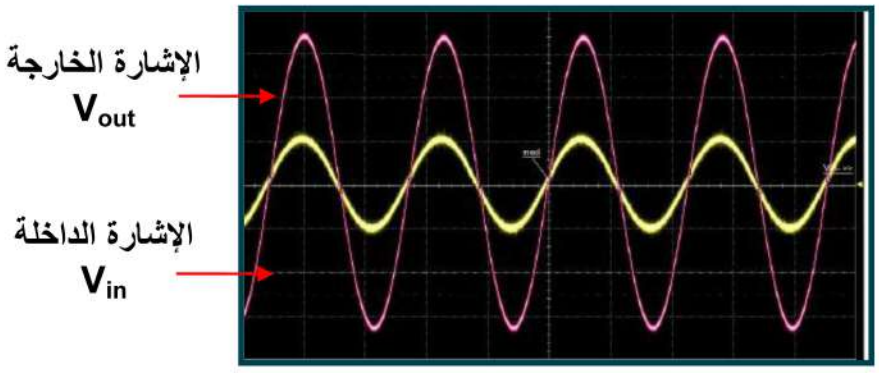
في هذه الطريقة يتم ربط الترانزستور إذ ان القاعدة فيه تكون مشتركة بين الإشارتين (الداخلة والخارجة) والشكل (1- 5) وهي عبارة عن مرحلة واحدة لمكبر القاعدة المشتركة باستعمال الترانزستور NPN .



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. اما المتسعة (C_2) فانها تمنع مرور التيار المستمر مع الإشارة الخارجة. في مكبر القاعدة المشتركة لايحدث 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 (Gi) في هذه الدائرة مساوياً تقريباً الى واحد لان $I_C \simeq I_E$ 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

$$G_V = \frac{V_{out}}{Vin} = \frac{r_{out}}{r_{in}}$$

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

مثال (1 – 1):

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

الحل:

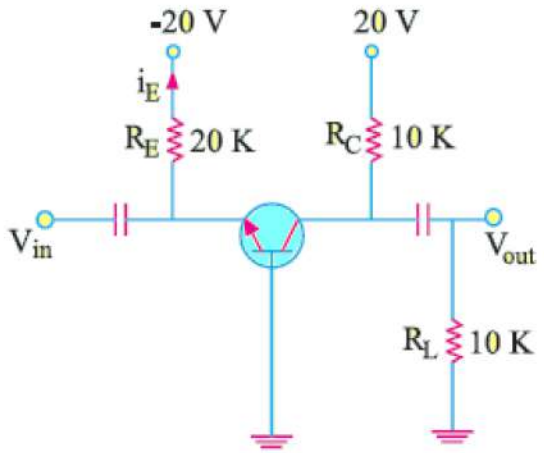
$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

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

$$r_o = R_C \,//\, R_L$$

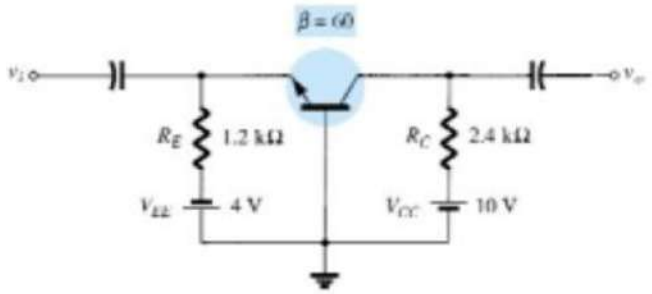
$$r_o = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5K\Omega$$

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



مثال (1 – 2):

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



الحل:

تطبيق قانون كيرشوف للفولتية ، عند دخل الدائرة

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

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

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

عند خرج الدائرة

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

$$V_{CB} = V_{CC} - I_C R_C \text{ with } I_C \cong I_E$$

$$= 10\text{ V} - (2.75\text{ mA})(2.4\text{ k}\Omega)$$

$$= 3.4\text{ V}$$

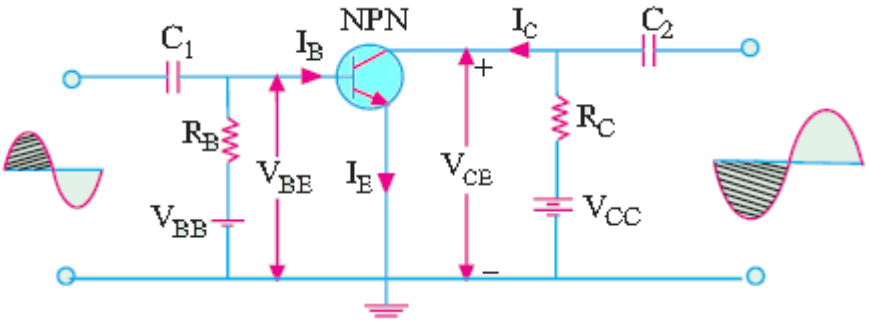
$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$= \frac{2.75\text{ mA}}{60}$$

$$= 45.8\ \mu\text{A}$$

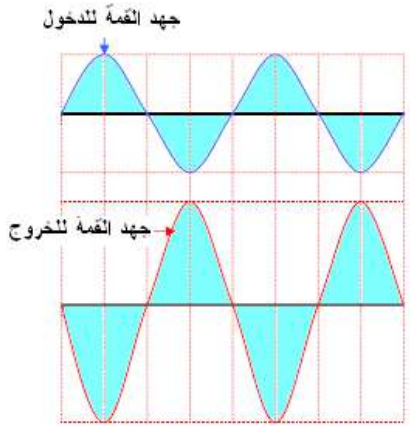
2-2-1 مكبر الباعث المشترك Common Emitter(CE) Amplifier

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



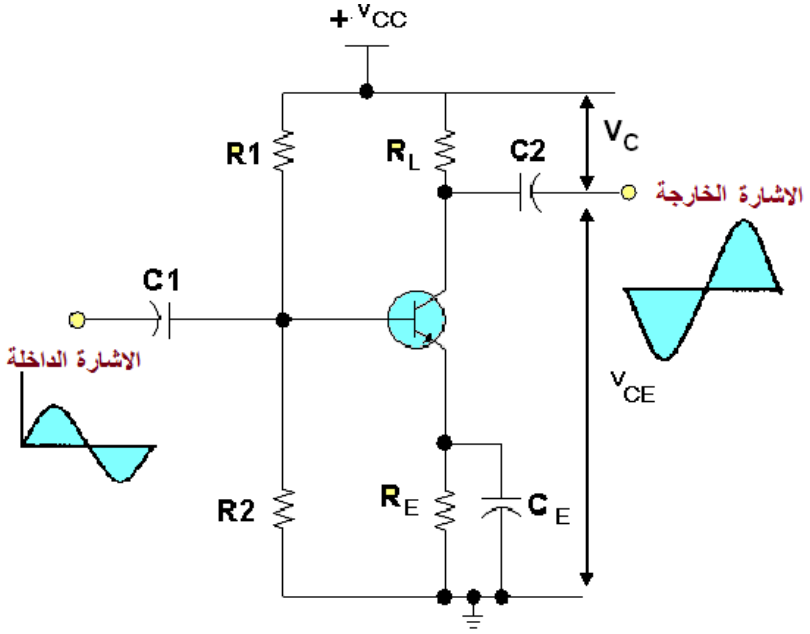
الشكل (1 – 7) مكبر الباعث المشترك

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^o نسبة إلى الإشارة الداخلة لاحظ الشكل (1 – 8).



الشكل (1 – 8) الإشارة الخارجة بعكس طور الإشارة الداخلة بمقدار 180^o

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)، ولان فولتية المصدر (V_{CC}) ثابتة سوف تقل الفولتية الخارجة (V_{CE}) بنفس مقدار الزيادة في (V_L).

ومن الشكل نلاحظ ان الفولتية (V_{CE}) تحتوي على مركبتين أحداهما تمثل فولتية مستمرة والأخرى إشارة متغيرة. وتؤخذ الإشارة المتغيرة فقط بعد المتسعة (C_2) وتكون مختلفة بالطور عن الإشارة الداخلة.

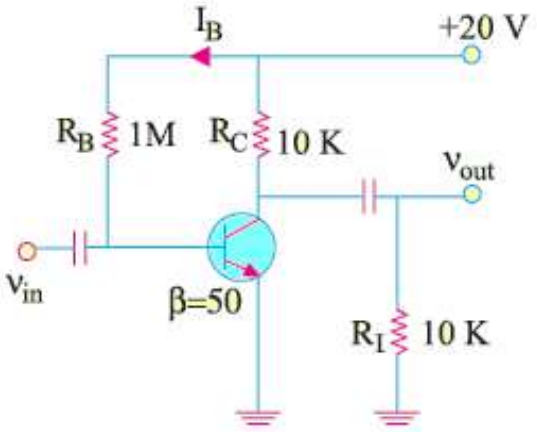
ان وصلة الجامع – القاعدة موصلة بالانحياز العكسي لذلك يتسرب تيار قليل جداً من الجامع إلى القاعدة ويزداد بارتفاع درجة الحرارة، ويتجه جزء منه إلى الباعث ويظهر مكبراً على الجامع فيغير من نقطة عمل الترانزستور(Q) لذلك توضع المقاومة (R_E) لكي تجبر هذا التيار (تيار التسرب) على التوجه نحو القاعدة. وتوضع مقاومة بين القاعدة والأرضي (R_2) للتخلص منه.

ولتوصيل الباعث الى 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 (1 – 3):

من الدائرة الموضحة بالشكل التالي، جِدْ

I_B , I_C , r_e , r_o ,Gv علماً ان $r_e=25mv/I_E$. أهمل V_{BE}.



الحل :

$$I_B = \frac{Vcc - V_{BE}}{R_B} = \frac{20V}{IM\Omega} = 20\mu A$$

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

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

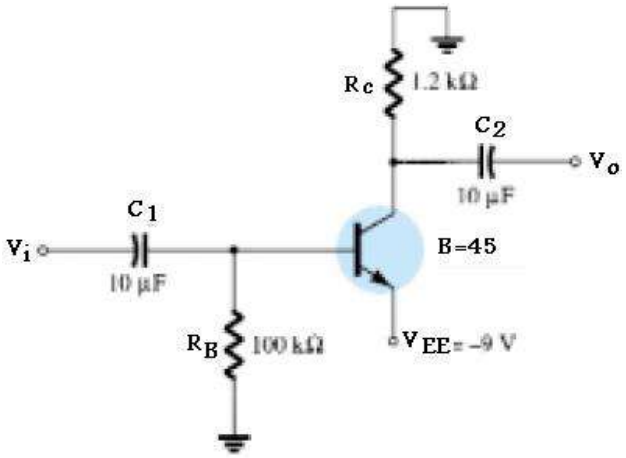
$$r_0 = 1ok\Omega // 10k\Omega = 5k\Omega$$

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

مثال (1 – 4):

من الدائرة الموضحة بالشكل التالي، جِدْ

V_B و V_C .



الحل :

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

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

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

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

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

$$I_C = \beta I_B$$

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

$$= 3.735\text{ mA}$$

$$V_C = -I_C R_C$$

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

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

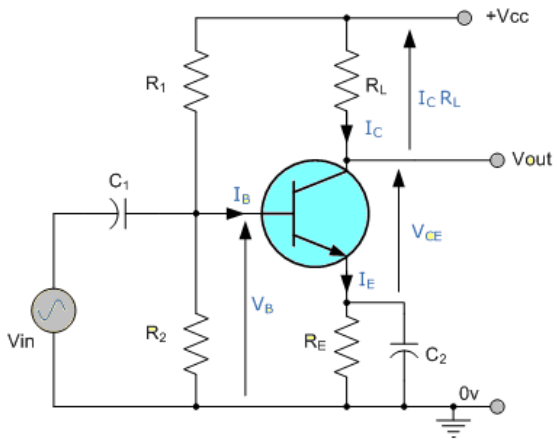
$$V_B = -I_B R_B$$

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

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

مثال(1 -5):

في الدائرة الموضحة ادناه دائرة مكبر باعث مشترك فيها مقاومة الحمل R_L=1200Ω وفولتية التجهيز V_{CC}=12V احسب أعلى تيار للجامع I_C عندما تكون الفولتية V_{CE}=0 . ثم جد مقاومة الباعث R_E إذا كانت الفولتية على طرفيها V (1) ، ثم جد R_1 , R_2 إذا علمت أن β =100.



الحل :

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

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

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 والمسلطة على القاعدة (صفراً) ، 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

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

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

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

ويمكن تقريب القيمة(45.8×10^{-6}) الى **46µA**

وبما ان الترانز ستور من نوع السيليكون تكون الفولتية بين القاعدة والباعث **V_{BE}=0.7V**

$$R2 = \frac{V_{(RE)} + V_{(BE)}}{I_B} = \frac{1+0.7}{45.8\times10^{-6}} = 37.1K\Omega$$

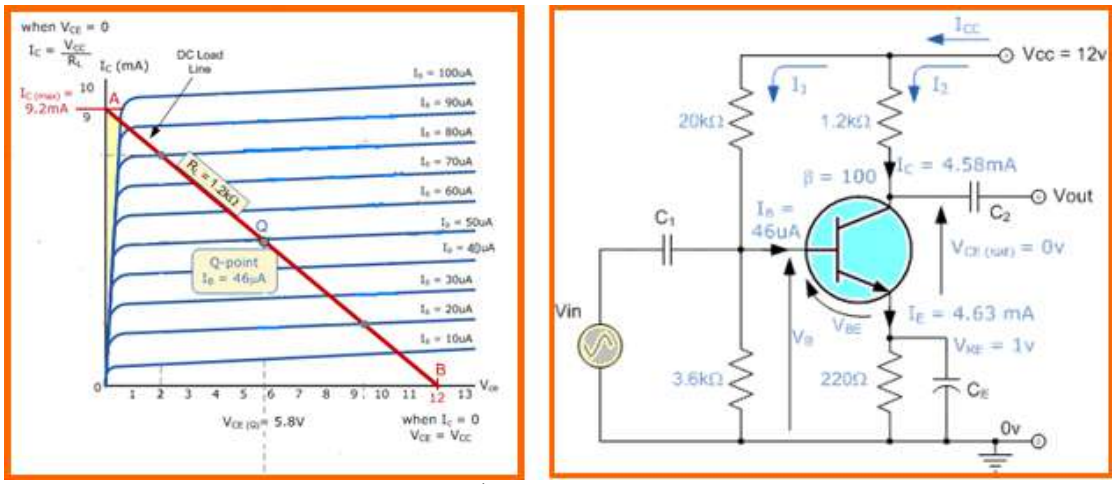
$$R_1 = \frac{V_{CC} - (V_{(RE)} + V_{(BE)})}{I_B} = \frac{12-1.7}{\frac{504\times10^{-6}}{45.8\times10^{-6}}} = 20.45k\Omega$$

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

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

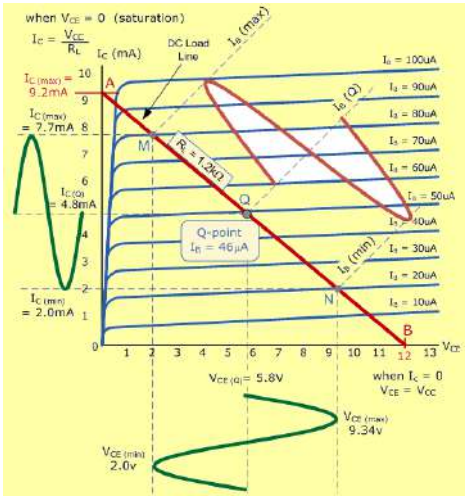
تأخذ نسبة السماحية بنظر الاعتبار لتحديد قيم المقاومات وبمقدار 5%

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



الشكل (1 – 10) 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 (1– 5) نلاحظ كيفية حساب ربح التيار المستمر للترانزستور والذي يحتاج إلى تيار قاعدة مقداره (45.8μA) والذي حدد نقطة الاشتغال Q للمكبر على خط الحمل ويمكن تقريبها الى القيمة (46μA) . يتناسب التغير في تيار القاعدة تناسبا طردياً مع تيار الجامع ولمعرفة تأرجح تيار القاعدة بين أعلى قيمة واقل 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 وأشِّرت 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).



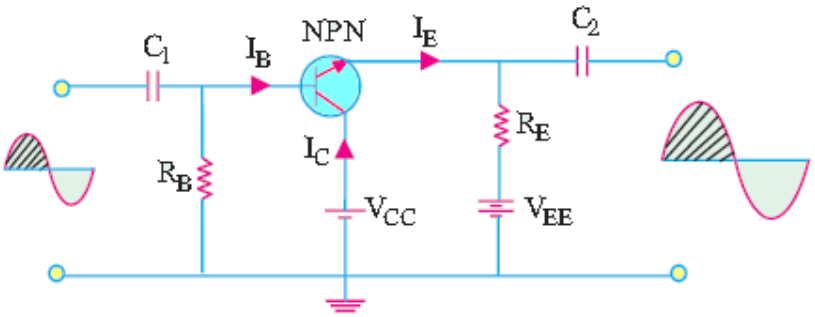
الشكل (1 – 11) تحديد V_{CE} و $I_B(max)$, $I_B(min)$

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

عندما يتغير تيار القاعدة بالاتجاه الموجب من(50µA) إلى (80µA) 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 (الداخلة والخارجة) كما هو موضح بالشكل (1 – 12) والذي يمثل مرحلة واحدة لمكبر الجامع المشترك باستعمال ترانزستور NPN.



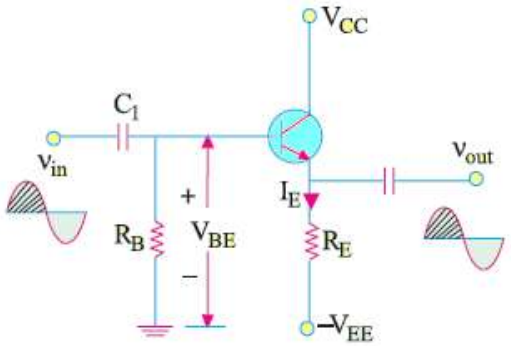
الشكل (1 – 12) مكبر الجامع المشترك

المقاومة (R_E) وهي مقاومة الحمل الموصلة الى باعث الترانزستور وتصبح البطارية (Vcc) 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 :

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

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

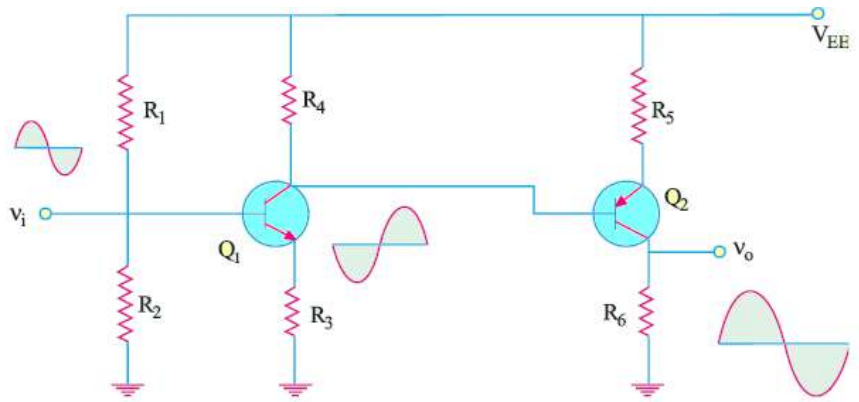
الشكل (1-13) مكبر الجامع المشترك

3-1 طرق الربط بين مراحل التكبير :

نحتاج في بعض الأحيان إلى ربح او 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.

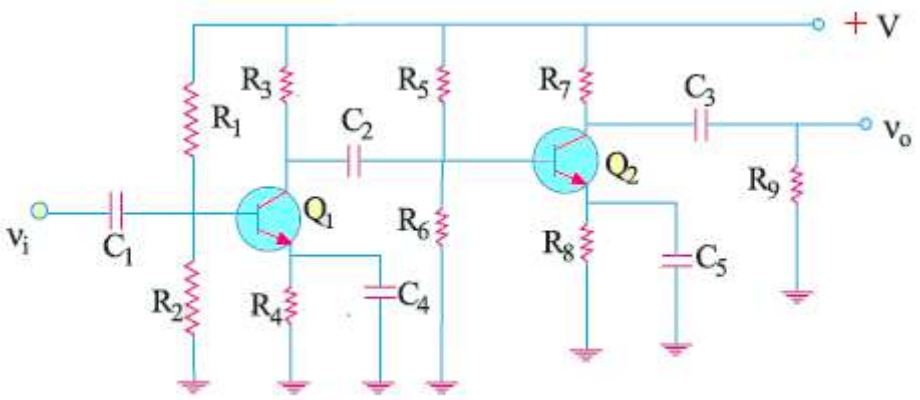


الشكل (1 – 14) الربط المباشر

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

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 تمتاز 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 ممانعة 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) :

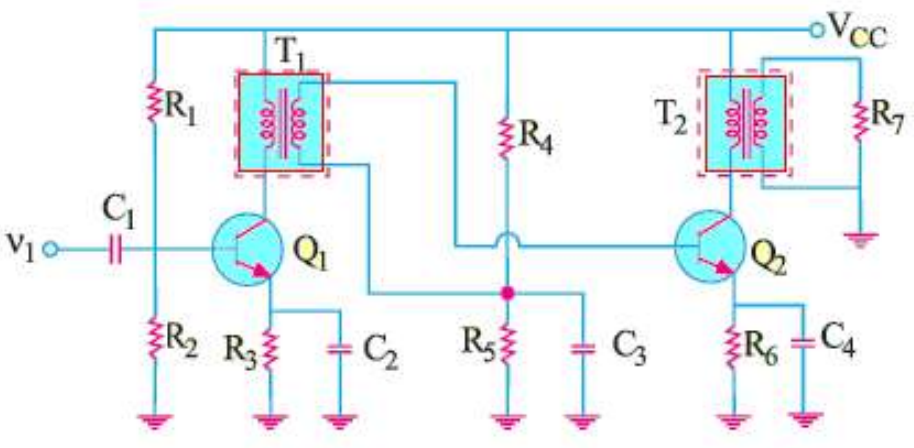
احسب التكبير الكلي لمكبر يتكون من مرحلتين، ربح المرحلة الأولى يساوي (50) وربح المرحلة الثانية (60)، اذا كانت الإشارة الداخلة تساوي imv، كم تصبح الإشارة الخارجة؟

الحل:

$$G_T = G1 \times G2$$
$$G_T = 50 \times 60 = 3000$$
$$V_O = G_{t_t} \times V_i = 3000 \times 1 = 3V$$

3-3-1 الربط بوساطة المحولة:

الشكل (1 – 16) يوضح طريقة ربط مرحلتي تكبير بواسطة 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 بوساطة 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 (R_7) بوساطة المحمولة (T2) ويمكن أن تغذى إلى مرحلة أخرى إذا اقتضت الضرورة زيادة التكبير.

تمتاز طريقة الربط بواسطة المحولة بالمميزات 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.

إنّ موضوع التوافق بين المقاومتين الداخلة للمرحلة الثانية والخارجة للمرحلة الأولى يُعدُّ مهما لتحقيق أعلى نقل لقدرة الإشارة من المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية.

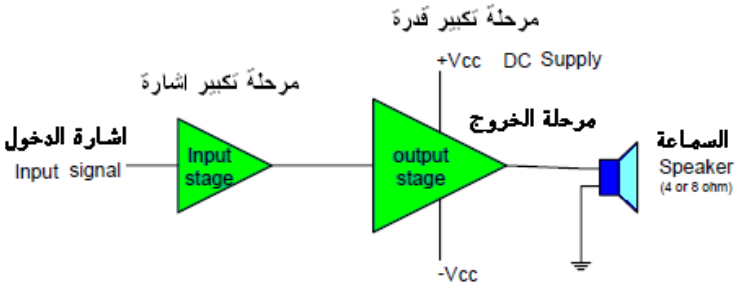
ب- نلاحظ من الشكل (1 - 16) أن مقاومة الحمل هي الملف الابتدائي للمحولة لذا فان المفاقيد الحرارية تكون قليلة جدا قياسا بالمقاومة الطبيعية لان مقاومة الملف الداخلية تكون قليلة جدا.

جـ - تستعمل لتقليل الضياع بالقدرة.

1 - 4 مكبرات القدرة : Power Amplifiers

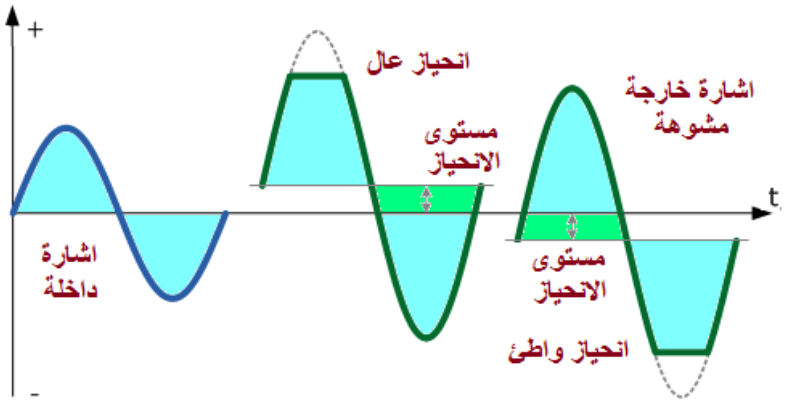
وتدعى بمكبرات الإشارة الكبيرة (Large Signal Amplifiers) وتعمل كمراحل نهائية تلي مكبرات الإشارة الصغيرة، وتستعمل عند الحاجة إلى قدرة عالية في منظومة الإرسال والاستقبال الراديوي والتلفزيوني وتشغيل محركات ذات سرع ثابتة وغيرها من الدوائر الالكترونية.

والشكل (1–17) يوضح المخطط الكتلوي لمكبر سمعي يحتوي على مكبر سمعي أولي، ومكبر قدرة (مكبر خرج).



الشكل (1 – 17) مخطط كتلوي 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).

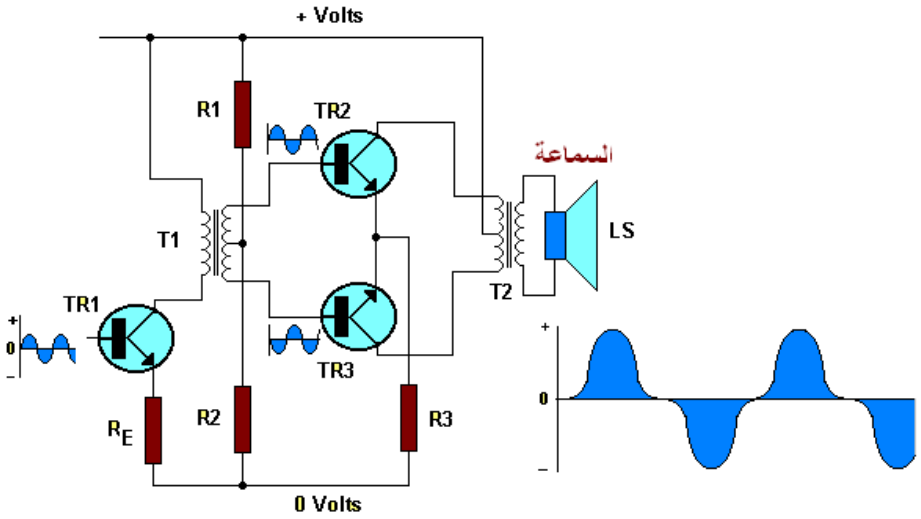


الشكل (1 – 18) التشويه في شكل الإشارة الخارجة

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

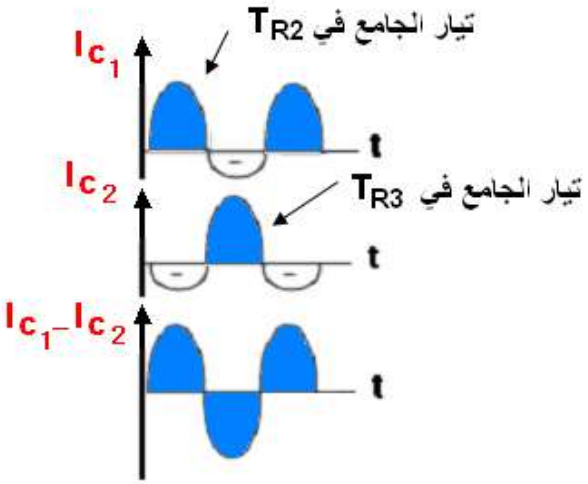
1-4-1 مكبر القدرة (دفع – سحب) صنف A: Class A Push–Pull Power Amplifier

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(180º) لان 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 لان نصفه الموجب اكبر من نصفه السالب بسبب الخواص الداخلية للترانزستورين ويكون تيار الملف الابتدائي لمحولة الخرج يساوي حاصل طرح تيار الجامع لكل من الترانزستورين $I_P = I_{C1} - I_{C2}$ ، لاحظ الشكل (1 – 20).

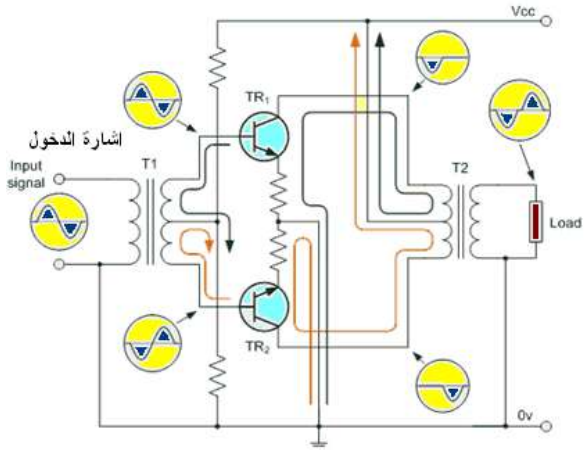


الشكل (1 – 20) عملية الطرح بين تيار الجامع للترانزستورين

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

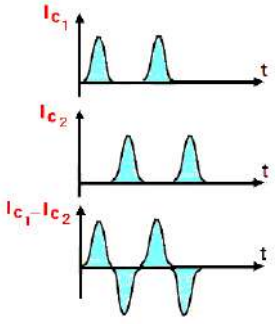


الشكل (1 – 21) مكبر القدرة دفع – سحب صنف B

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.

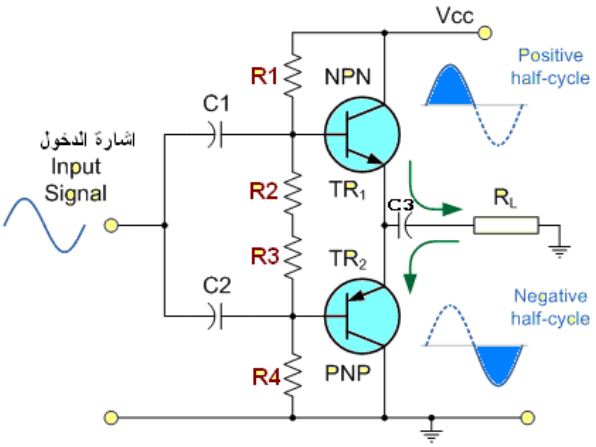
ويمتاز هذا المكبر فضلاً عن الكفاءة العالية بأن تيار جامع الترانزستورين يساوي صفر عند عدم وجود إشارة داخلة.



الشكل (1 – 22) الإشارة الخارجة مع التشويه

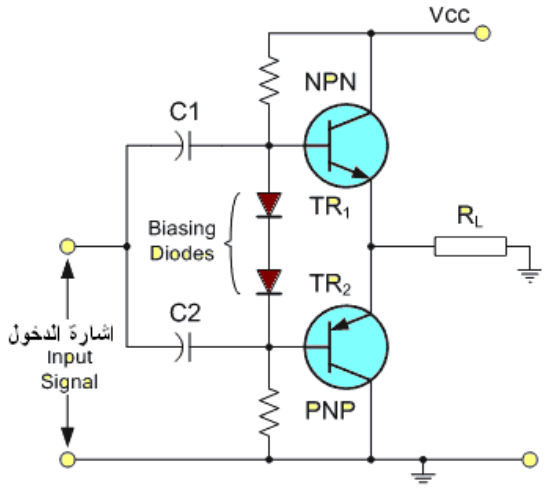
3-4-1 المكبر المتشابه المتتام : Complementary Symmetry Amplifier

لاحظنا في مكبرات الدفع – سحب أنها تحتوي على محولتين احدهما في الدخول والأخرى في الخرج ولان استعمال المحولات غير محبذ بسبب كبر حجم المحولة اذ تشغل حيزاً في الدوائر الالكترونية إضافة إلى ان 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 احدهما 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(T_{R1}) في حالة قطع (Off) والترانزستور (T_{R2}) في حالة توصيل (On) فيمر التيار (I_{C2}) خلال مقاومة الحمل من الأسفل إلى الأعلى أي بعكس اتجاه (I_{C1}) وتكون القطبية لهبوط الجهد عبر R_L معكوسة .
يعمل هذا المكبر كما هو في مكبر القدرة (دفع ـ 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 باعث مشترك، مبينا عمل القطع الالكترونية .

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

س3 / ما فوائد مكبر الجامع المشترك ؟ وما هي اهم خواصه اشرح مع الرسم ؟

س4 / اشرح مع الرسم مكبر القاعدة المشتركة ومجالات استعماله ؟

س5 / عدد أنواع ربط المكبرات، واشرح 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 واشرح واحد منها .

س9 / اشرح مع الرسم مكبر قدرة سحب ـ دفع باستعمال محولة الإخراج، ووظيفة كل قطعة الكترونية فيها .

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

س11 / لماذا سميَّ 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 :

2-1 مكبرات الحزمة الضيقة

2-1-1 منحنى الاستجابة الترددية

2-1-2 عرض الحزمة او عرض النطاق الترددي

2-1-3 مميزات مكبر الحزمة الضيقة

2-2 المرشحات

2-2-1 أنواع المرشحات

2-3 الدائرة المتكاملة (المدمجة)

2-4 خطوات تصنيع الدوائر المدمجة

2-4-1 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)

2-5 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

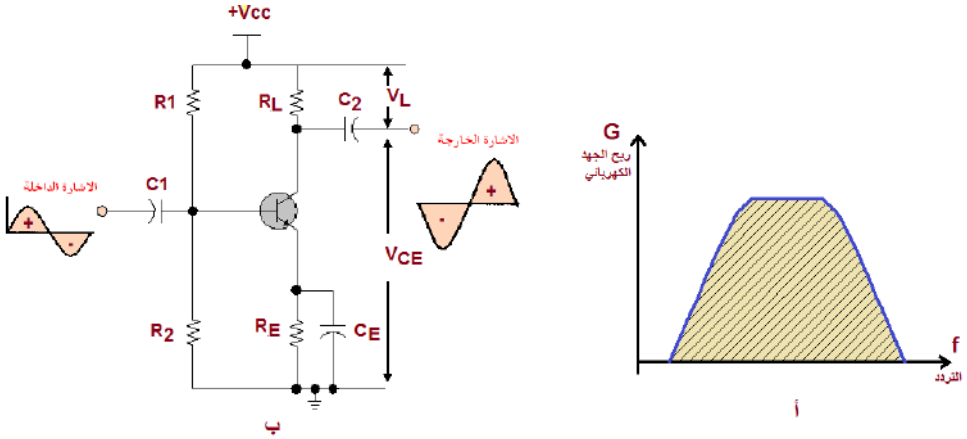
الفصل الثاني
مكبرات الحزمة الضيقة ومكبر العمليات
Narrow Band Amplifiers & Operational amplifier

1-2 مكبرات الحزمة الضيقة : Narrow Band Amplifier

عبارة عن مكبرات منغمة وهذا يعني ان الربح يحدد بوساطة 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

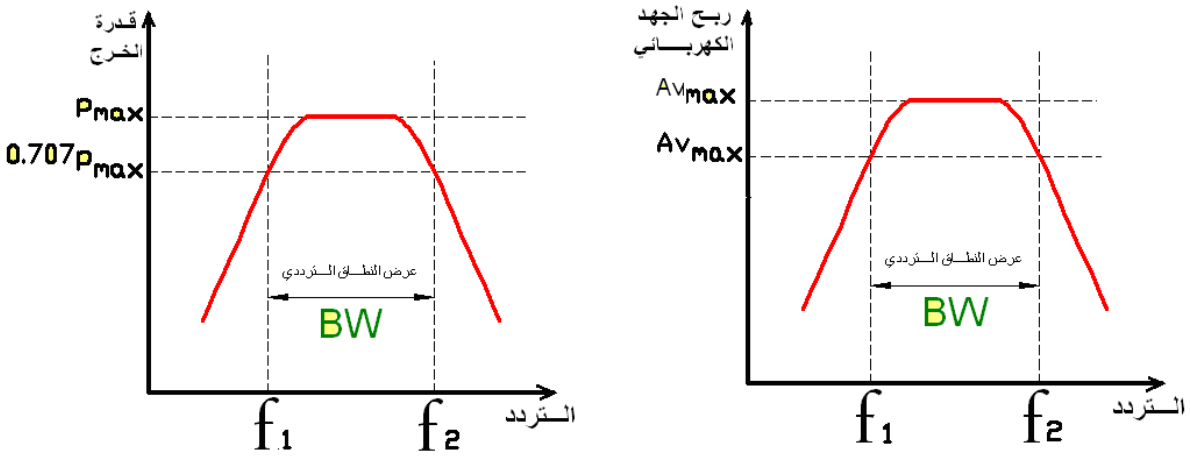
منحنى الاستجابة لأي مكبر هو العلاقة بين الربح او التكبير (Gain) وتردد الإشارة لاحظ الشكل (2-1- أ). نلاحظ من المنحنى انه يعاني هبوطا في التكبير عند الترددات القليلة، وسبب هذا الهبوط هو وجود متسعة الربط (C1) لاحظ الشكل (2 –1 - ب) التي تتناسب ممانعتها عكسيا مع التردد ($X_C \alpha \frac{1}{f}$) لهذا فعند 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 (2-1) 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) .

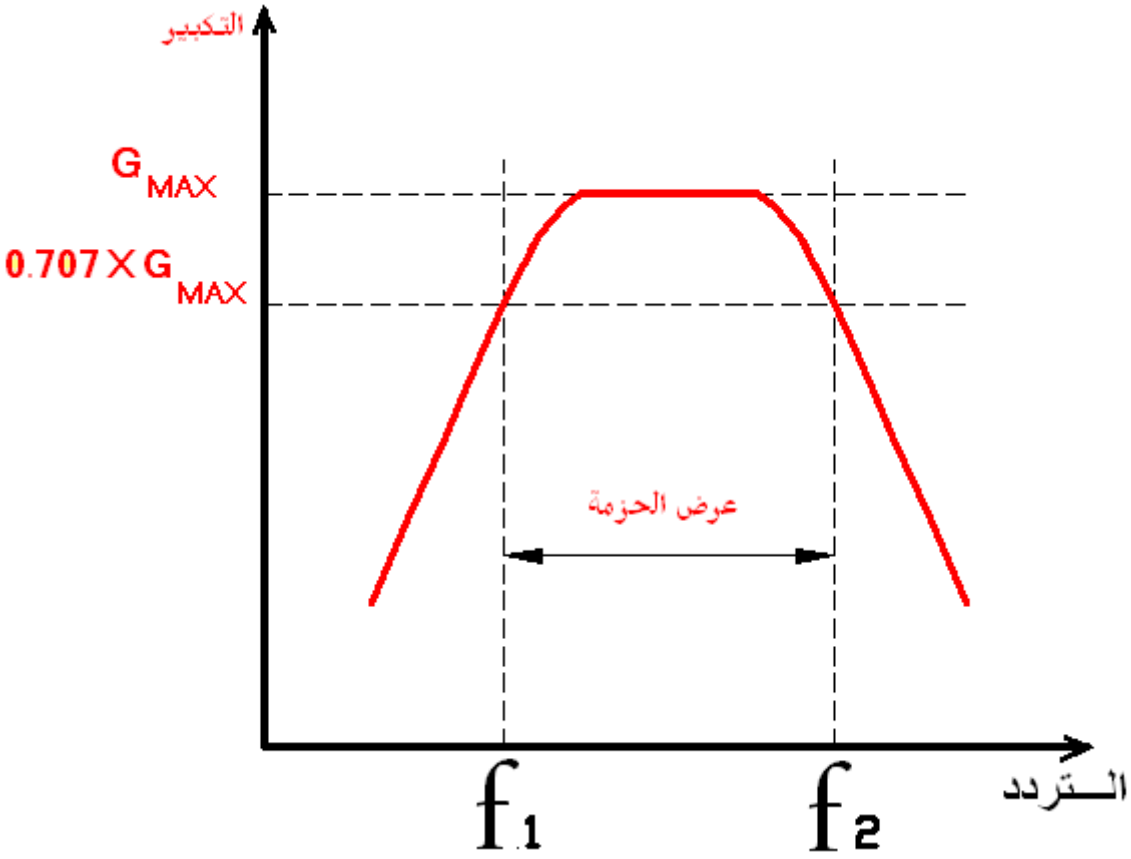
$$BW = f_2 - f_1$$



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 واقل 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

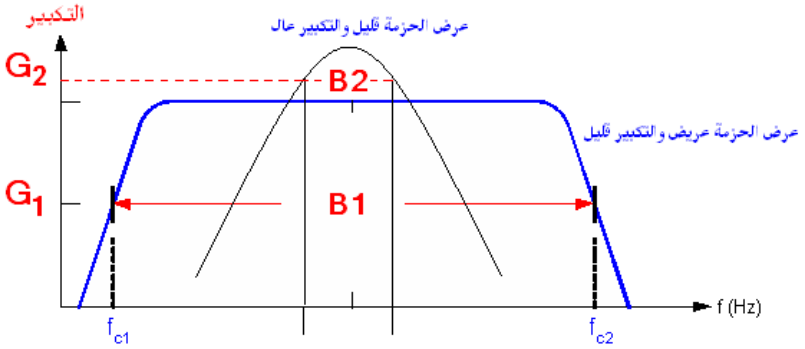
2- رسم خط افقي من النقطة الفعالة $\frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$ مواز الى محور التردد فيقطع المنحنى في نقطتين .

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

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

$$BW = f_2 - f_1$$

إن المساحة المحصورة تحت منحنى الاستجابة تكون ثابتة. أي أن حاصل ضرب التكبير في عرض الحزمة يمثل كمية ثابتة. ان هذه الخاصية يمكن الافادة 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 ان التكبير يزداد .



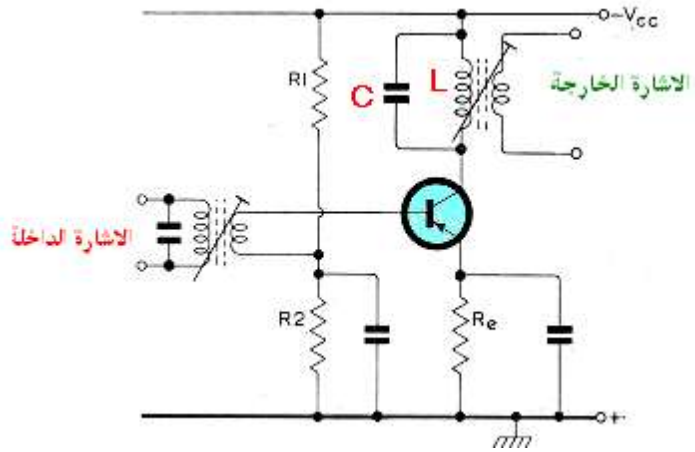
الشكل (2 – 4) العلاقة بين التكبير وعرض الحزمة

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

يتكون مكبر الحزمة الضيقة من ترانزستور تكبير مع دائرة رنين للحزمة الضيقة (تم وضع دائرة رنين 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 :

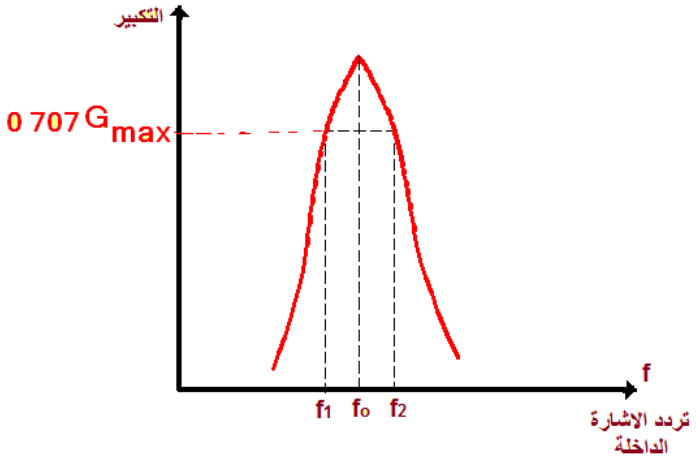
1- يمكن التحكم بربح الفولتية باختيار قيم العناصر الالكترونية المناسبة للمكبر.

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 فان هذه الحالة تكبر التردد الذي يجعل الدائرة في حالة الرنين). ويكون التكبير عالياً وذلك لان حزمة الترددات من الإشارة الداخلة تكون قليلة.



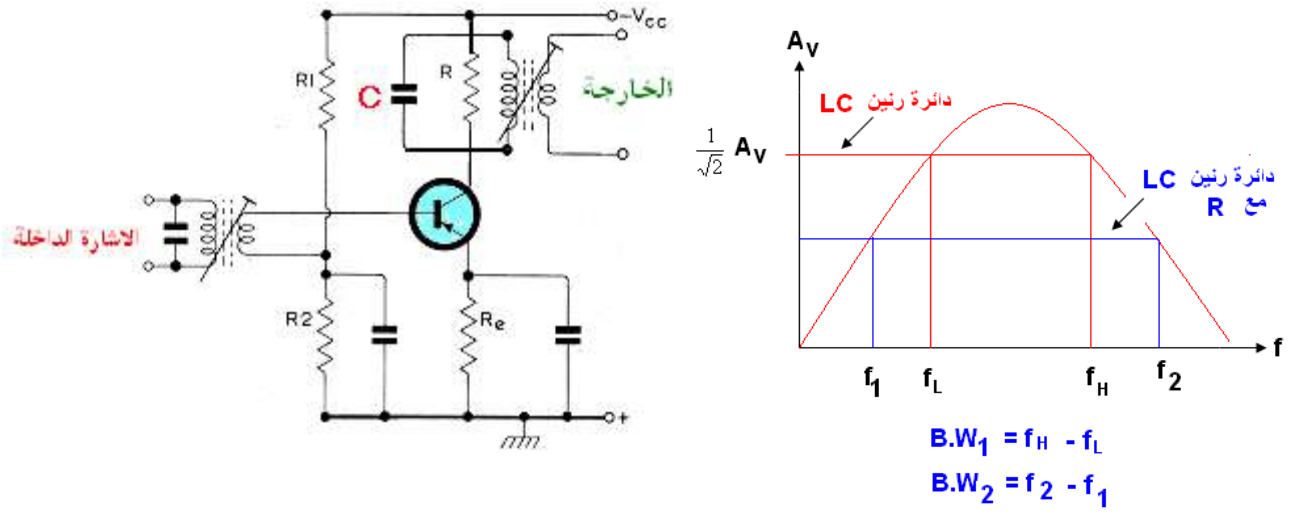
الشكل (2 - 5) مكبر حزمة ضيقة باستعمال دائرة رنين التوازي

وكما علمنا من دراستنا للمكبرات أن التكبير يعتمد على قيمة مقاومة حمل الدائرة. ولكون ممانعة حمل الدائرة المبينة 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 فان هذه الدائرة تكبر فقط التردد الذي يجعل دائرة الحمل في حالة رنين والترددات القريبة منه وذلك لان ممانعة دائرة رنين التوازي تكون عالية عند تردد الرنين والترددات القريبة منه فقط، فيكون بذلك تكبير المكبر عاليا عند هذه الترددات فقط ويكون واطئاً خارج هذه الترددات، لاحظ الشكل (2 – 6) .



الشكل (2-6) منحنى الاستجابة لمكبر الحزمة الضيقة

إن عملية التكبير في هذا النوع من المكبرات يكون عاليا جدا، لان حزمة الترددات المكبرة من الإشارة الداخلة تكون قليلة. وقد يتطلب الأمر في بعض الأحيان زيادة عرض حزمة الترددات التي يتم تكبيرها ويتم ذلك على حساب تقليل مقدار التكبير في المكبر 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

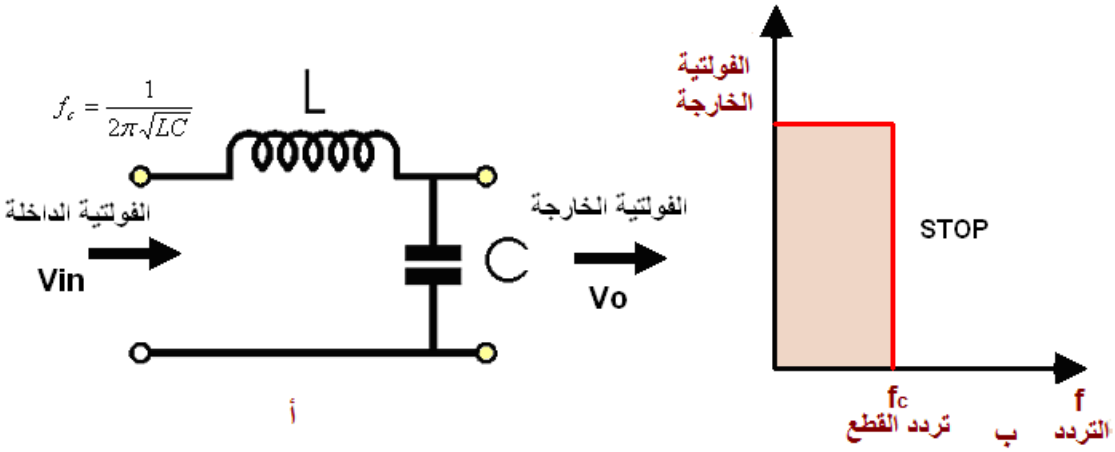
عبارة عن دوائر الكترونية تسمح لإشارات ذات ترددات معينة بالمرور خلالها وتمنع إشارات ذات ترددات أخرى من المرور. وللمرشحات أهمية كبيرة في علم الاتصالات إذ تستعمل لتمرير الإشارات المرغوب فيها وتمنع إشارات التشويش غير المرغوب فيها.

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)

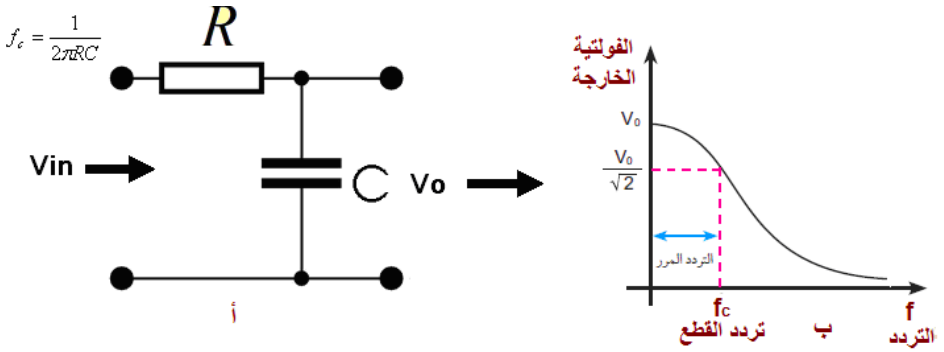
1- مرشح إمرار التردد الواطئ : LPF (Low Pass Filter)

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 (2-8) مرشح إمرار تردد واطئ (LC)

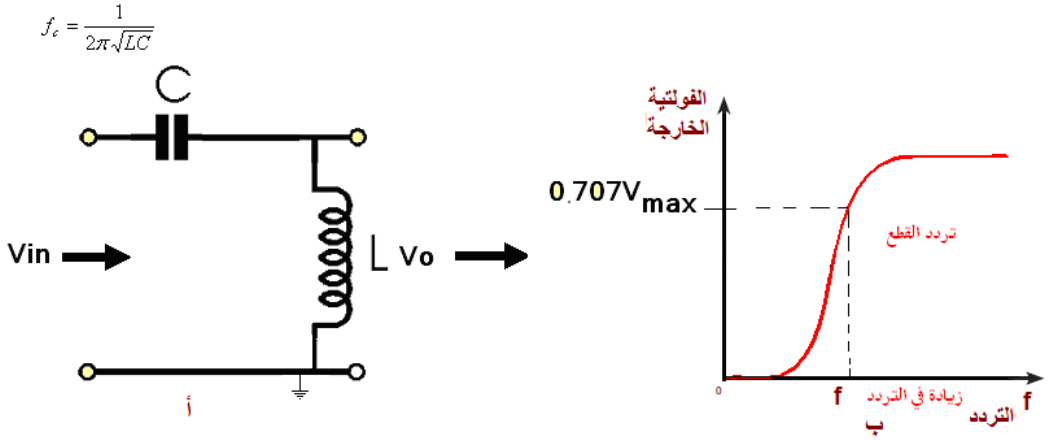
ويمكن بناء دائرة مرشح من مقاومة ومتسعة (دائرة RC)، لاحظ الشكل (2 -9 - أ) وتؤدي نفس الغرض وذلك بإمرار الترددات القليلة ومنع إمرار الترددات العالية، لاحظ الشكل (2-9 - ب).



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

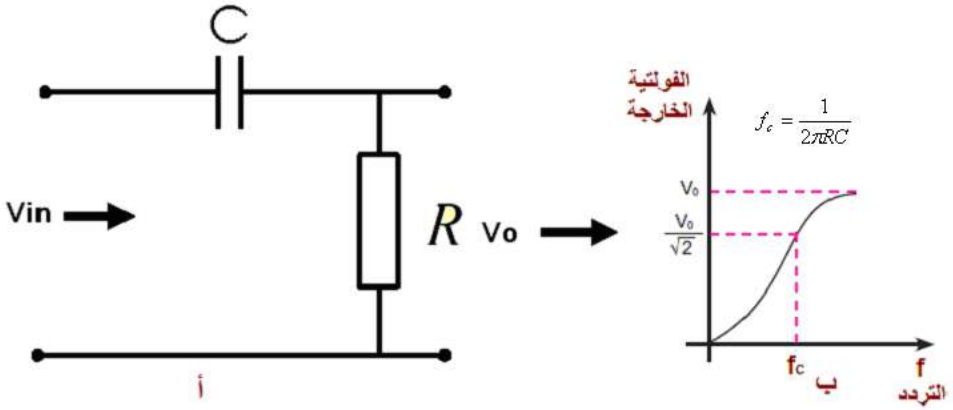
2- مرشح إمرار الترددات العالية : HPF (High Pass Filter)

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 الواطىء .



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

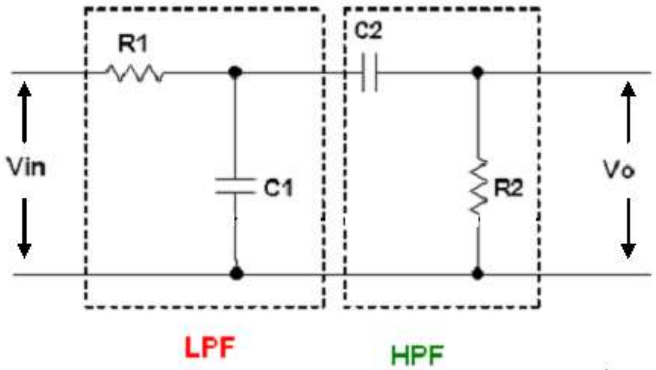
ويمكن بناؤها من مقاومة ومتسعة أيضا كما في الشكل (2 – 11أ ،ب) وتعطي نفس الصفات التي يعطيها الملف والمتسعة كما ذكرنا في مرشح إمرار الترددات الواطئة.



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

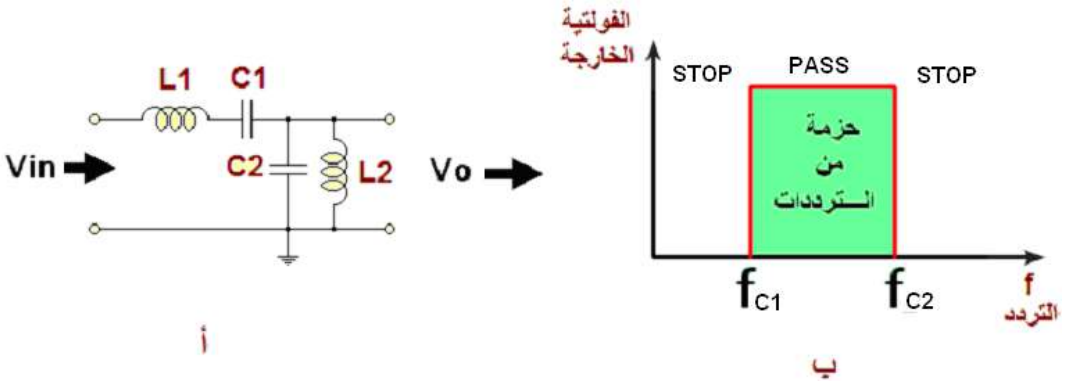
3- مرشح إمرار حزمة الترددات : (Band Pass Filter) BPF

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



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

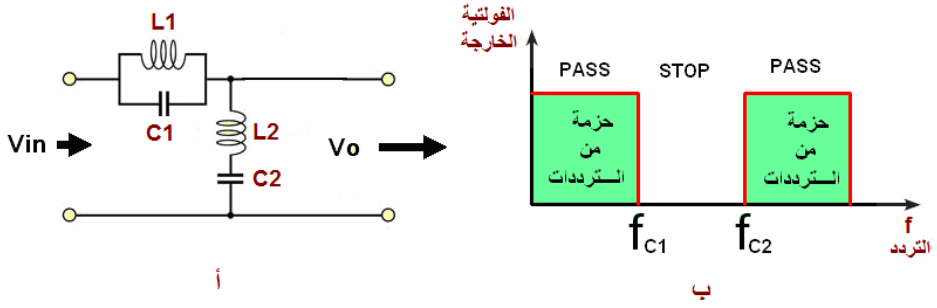
$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$



الشكل (2- 12) مرشح إمرار حزمة من الترددات

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

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 فان 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 واقل 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 بتبخر 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 (100 – 12) عنصر الكتروني .

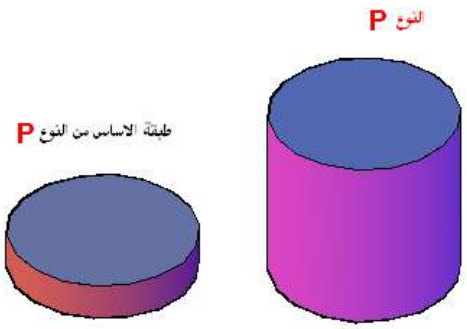
جـ - الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير (LSI) (Large Scale Integrator) والتي تضم من (100-10000)عنصر الكتروني .

د - الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير جدا (VLSI) (Very Large Scale Integrator) والتي تحتوي على أكثر من 10000 عنصر الكتروني.

4-2 خطوات تصنيع الدوائر المدمجة :

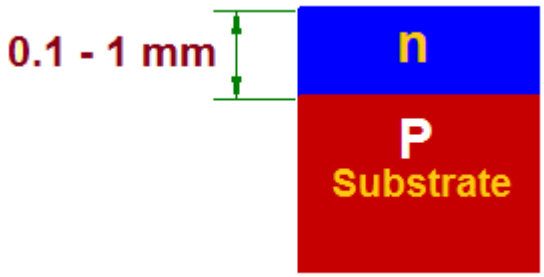
يتم تصنيع الدوائر المدمجة كما يلي :

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

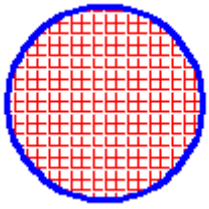


الشكل (2-15) إضافة بخار السيلكون و ذرات مادة خماسية التكافؤ

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

الشكل (2- 16) إمرار الأوكسجين على سطح الشريحة

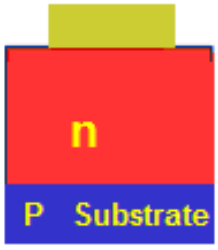
4- تقسم الرقيقة الواحدة الى شرائح صغيرة (Chips)، لاحظ الشكل (2 – 17) بين (80–1600) شريحة وكل منها تكون جاهزة لبناء دائرة مدمجة عليها وحسب تعقيد الدائرة المدمجة والتي ستتكرر في كل شريحة من شرائح الرقائق. وبهذا يكون الإنتاج على نطاق واسع (Mass Production) ولهذا تقل كلفة الدائرة المدمجة .



الشكل (2-17) شريحة صغيرة (Chip)

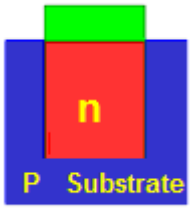
1-4-2 كيفية صناعة الثنائي في الدائرة المدمجة :

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 بوساطة الاوكسيد لاحظ الشكل (2 – 18).



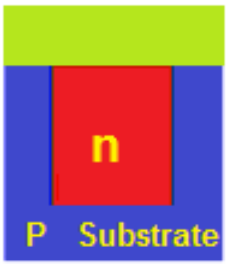
الشكل (2 – 18) صناعة الثنائي (الخطوة الأولى)

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).



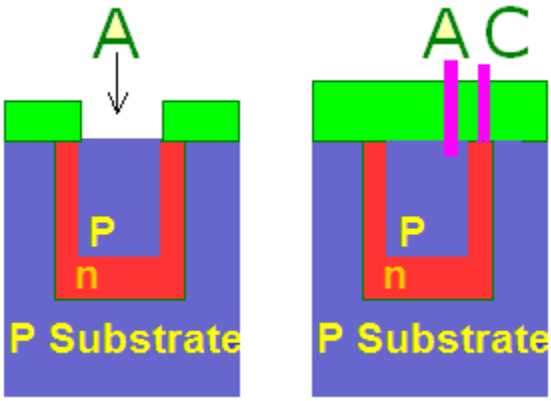
الشكل (2 – 19) صناعة الثنائي (الخطوة الثانية)

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



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

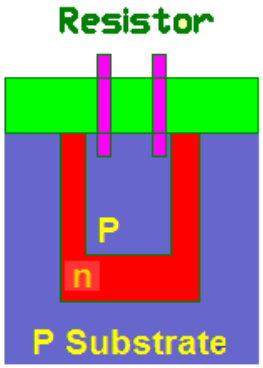
4- يطلى السطح بالمضاد الضوئي ثم يعرض للضوء خلال قناع وحفر وسط البلورة بالحامض لتكوين الكاثود . ثم تمرر ذرات ثلاثية التكافؤ خلال الفتحة (نافذة) لتكوين مادة شبه موصلة موجبة تمثل الانود، لاحظ الشكل (2 – 21). توصل أقطاب معدنية خارجية الى المادتين الموجبة والسالبة تمثلان الانود والكاثود. يعرض السطح الى الأوكسجين 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 (2-22)، وتكون هذه المقاومة معزولة عن بقية عناصر الدائرة المدمجة .



الشكل (2 -22) تصنيع المقاومة

2- 4-3 صناعة المتسعة في الدائرة المدمجة:

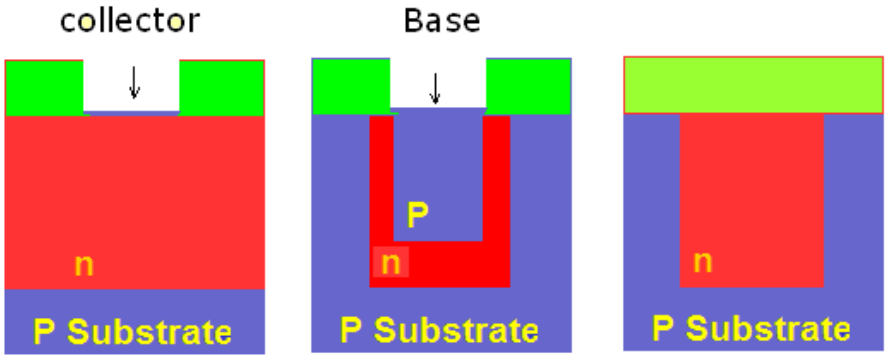
تصنع المتسعات في الدوائر المدمجة بالافادة من خاصية الثنائي بالانحياز العكسي بتغيير سعة الثنائي التي تعتمد على الفولتية العكسية. وتصل قيمة المتسعة الى PF(100)، ويمكن استعمال طبقة الاوكسيد للعمل كعازل بين الألمنيوم والمادة شبه الموصلة للحصول على قيمة أعلى للمتسعة.

2– 4-4 صناعة الملف في الدائرة المدمجة :

يصعب تصنيع الملفات بالدوائر المدمجة ذات البلورة المفردة فأعلى محاثة يمكن الوصول إليها هي µH (5) وفي دوائر الترددات العالية يتطلب محاثة قليلة فيصنع الملف من الأغشية الرقيقة وعلى شكل دائرة لموصل ملفوف حلزونياً على طبقة عازلة فوق طبقة الأساس. أما بالنسبة للملف فيتم تجنبه في الدوائر المتكاملة ويفضل إضافته خارجيا إلى الدائرة المتكاملة إذا اقتضت الضرورة وخاصة عندما يكون ذا قيمة عالية .

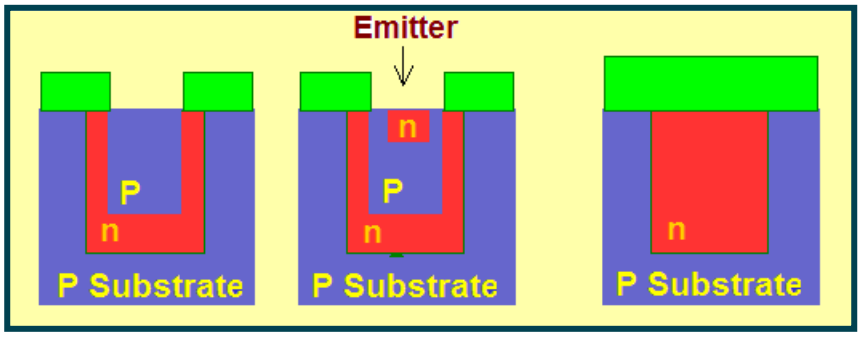
2- 4-5 صناعة الترانزستور في الدائرة المدمجة :

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



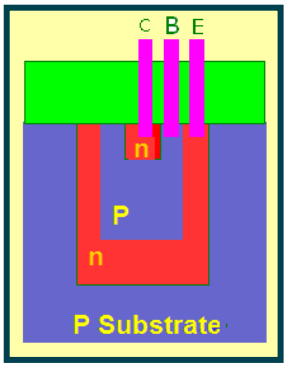
الشكل (2 - 23) المرحلة الأولى لتصنيع الترانزستور

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 (2- 24).



الشكل (2- 24) المرحلة الثانية لتصنيع الترانزستور

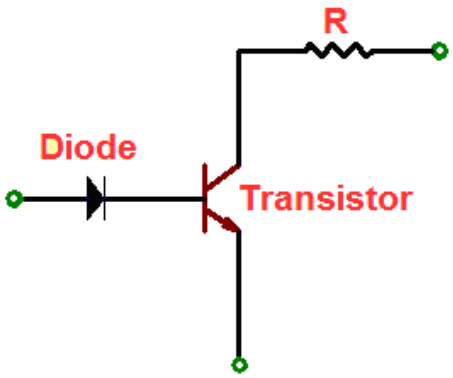
وبعد ذلك يتم توصيل كل من جامع الترانزستور وباعثه وقاعدته إلى أقطاب معدنية خارجية ليتكون ترانزستورمن نوع (NPN) ، لاحظ الشكل (2-25) .



الشكل (2 - 25) المرحلة الثالثة لتصنيع الترانزستور

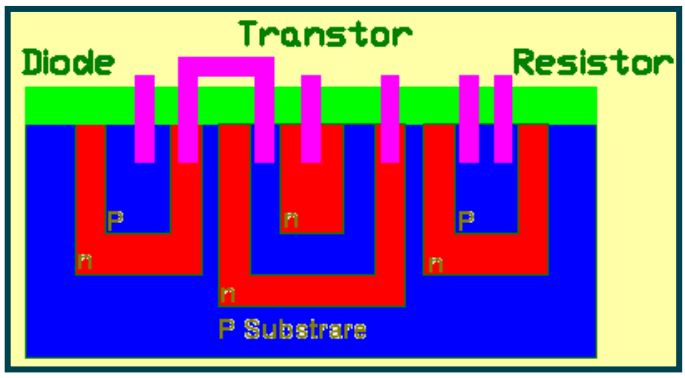
مثال يوضح طريقة تصنيع دائرة متكاملة

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



الشكل (2-26) دائرة من مقاومة وترانزستور وثنائي

بغض النظر عن عدد المكونات التي تحتويها الدائرة المدمجة فان 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 (2-27).



الشكل (2-27) تصنيع الدائرة

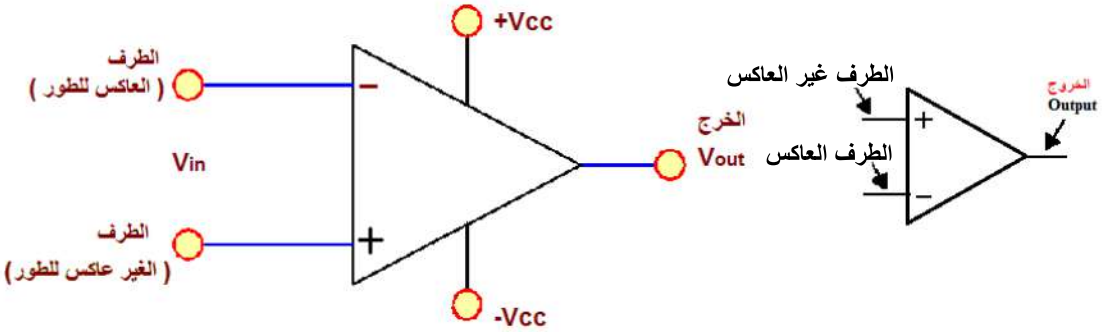
2-4-6 الأغلفة الخارجية للدوائر المدمجة (المتكاملة) :

هناك أنواع مختلفة من الأغلفة الخارجية التي تغلف بها الدوائر المتكاملة والنوع الأكثر شيوعا هو ذلك الغلاف الخارجي المزدوج (DIL) (Dual in –line) والذي يمكن أن تتم صناعته من أي بلاستك او 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)

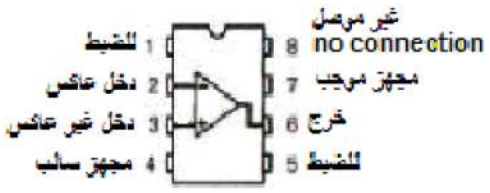
ان مكبر العمليات يقوم بتكبير الإشارة (الجهد او التيار) ويستعمل بنطاق واسع في الدوائر الالكترونية، ويكون دائما بشكل دائرة متكاملة IC (Integrated Circuit) وسمي مكبر العمليات بهذا الاسم لكثرة العمليات التي يقوم بها اذ يستعمل المكبر في كثير من الدوائر الالكترونية التماثلية والرقمية وفي العمليات الحسابية كالجمع والطرح والتفاضل والتكامل وعمليات أخرى كالعاكس (Inverting) والتوافق بين المراحل (Buffer). ويستعمل أيضا 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 مثلا 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) مؤشرا عليه طرفا الدخول و الخرج.
واشهر أنواع مكبرات العمليات هو مكبر العمليات Op-Amp 741.

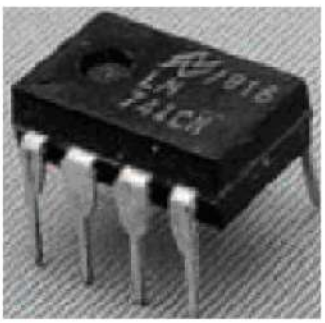


الشكل (2 - 28) رمز لمكبر عمليات

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 (5 ± و 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

الطرف1: يستعمل لتعديل جهد الخطأ (Voltage Offset) .
الطرف2: طرف الدخل السالب والذي ينتج عنه خرج به 180 درجة فرق في الطور عن الدخل.
الطرف3: طرف الدخل الموجب الغير العاكس وينتج عنه خرج مشابه لطور الدخل المطبق عليه.
الطرف 4: يتصل بمصدر الجهد السالب.
الطرف5: يتصل بمقاومة متغيرة طرفها الثابت الاخر بالطرف 1 والطرف المتغير بالجهد السالب.
الطرف6: هو الطرف الذي يؤخذ منه جهد الخرج.
الطرف7: يتصل بجهد التغذية الموجب.
الطرف8: وهو غير مستخدم في اغلب التطبيقات.

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

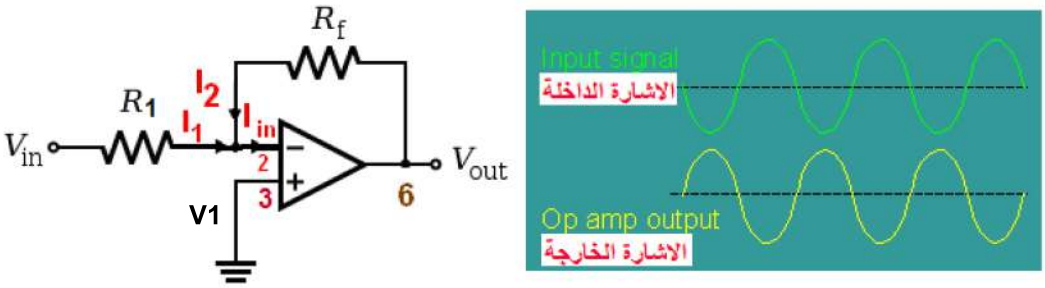
1- ربح الدائرة المفتوحة بلا تغذية عكسية كبير جدا يصل إلى مالا نهاية في الحالة المثالية للمكبر ($A_{v\ (OL)}$).
2- مقاومة دخل عالية جدا تصل إلى مالا نهاية في الحالة المثالية للمكبر (Z_{in}).
3- مقاومة خرج صغيرة جدا تصل إلى صفر في الحالة المثالية للمكبر (Zo).
4- قابليته على تحمل درجات الحرارة .
5- التحكم في ربح الجهد وعرض النطاق الترددي من خلال ربط عناصر خارجية مثل المقاومات.
6- استهلاكه للقدرة قليل جدا ويكون صغير الحجم ورخيص الثمن.
وبالطبع لايمكن الوصول إلى الحالة المثالية ولذلك تتراوح المقاومة في الدخل للمكبر نفسه بين (1-20) ميكا اوم ومقاومة الخرج تتراوح من (50Ω - 4KΩ) وربح 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 وR_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) .

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

$$R_{in} = \infty$$

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

$V_1 = V_2 = OV$

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R_i} \quad \ldots\ldots(3)$$

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

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 :

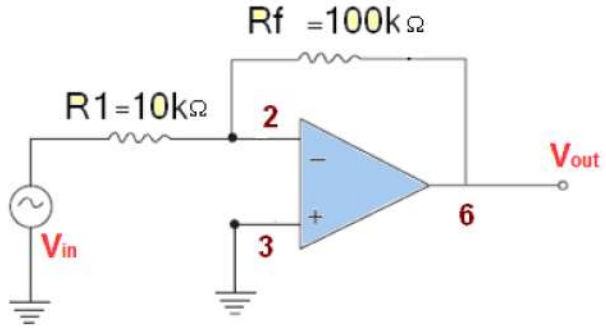
$$G = -\frac{R_f}{R1}$$

والإشارة السالبة تدل على الفرق في الطور.

مثال :

احسب ربح الفولتية لمكبر عاكس للطور إذا كانت قيمة Rf =100 كيلو اوم و R1= 10 كيلو اوم . ثم ارسم شكل الدائرة . مكبر العمليات نوع 741

الحل :



$$G = -\frac{Rf}{R1} = -\frac{100\ k}{10\ k} = -10$$

مثال:

احسب مقاومة التغذية العكسية اللازمة لتكبير إشارة جيبية بمقدار خمسة أضعاف مع عكس أشارة المكبر إذا علمت ان مقاومة الدخل 10kΩ .

الحل :

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

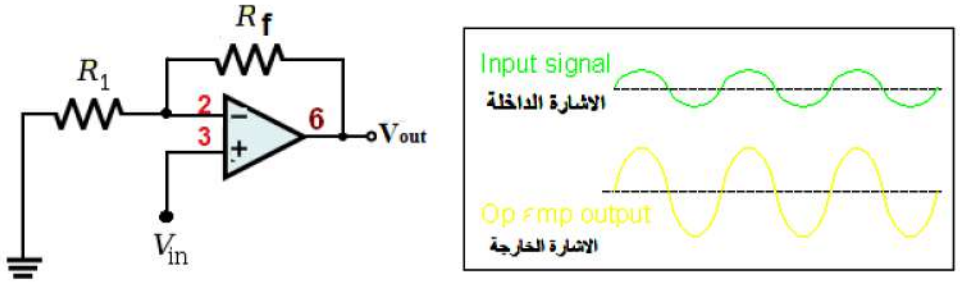
$$-5 = -\frac{R_f}{10}$$

$$R_f = 50K\Omega$$

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

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

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

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

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

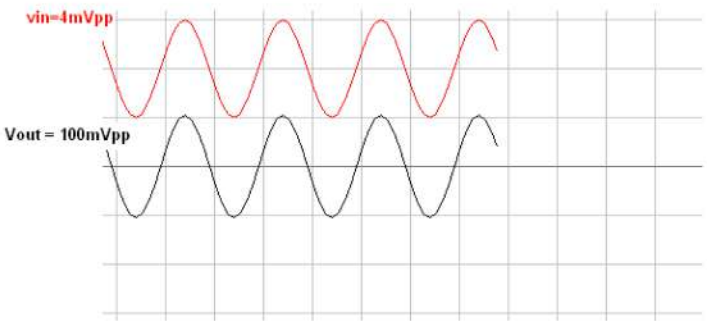
مثال :

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 :

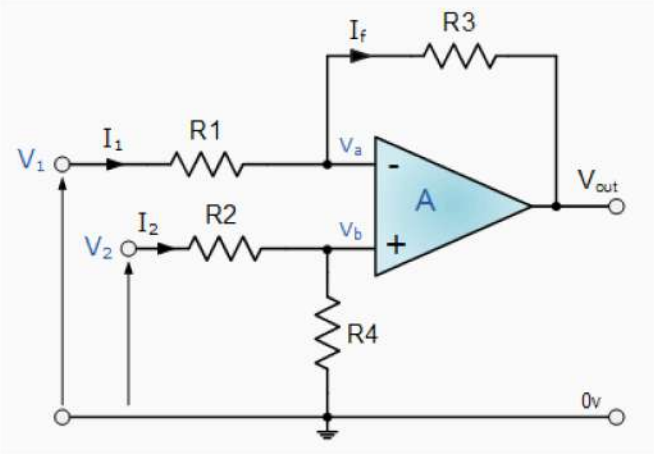
$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_f}{R1}$$

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



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 (2-32) .



الشكل (2- 32) المكبر الطارح

$$I_1 = \frac{V_1 - V_a}{R_1}, I_2 = \frac{V_2 - V_b}{R_2}, I_f = \frac{V_a - (-V_{OUT})}{R3}$$
$$V_a = V_b$$

اذا كانت $V_b = 0$

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

اذا كانت $Va = 0$

$R_1 = R_2$
$R_3 = R_4$

$$V_{out(b)} = V_2\left(\frac{R_4}{R_2 + R_4}\right)\left(1 + \frac{R_3}{R1}\right)$$
$$V_{out} = V_{out(a)} + V_{out(b)}$$
$$V_{out} = \frac{R_3}{R_1}(V_2 - V_1)$$

وعندما تتساوى المقاومات

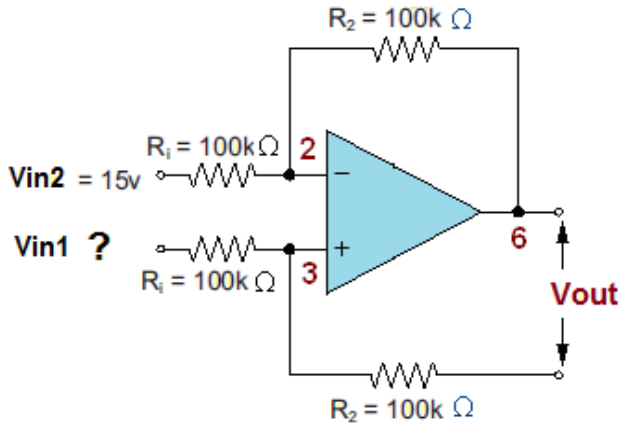
$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

$V_{OUT} = V_2 - V_1$

مثال :

احسب قيمة Vin1 في الدائرة المبينة في الشكل (2-33) اذا كانت فولتية الخرج تساوي 10 v.

الحل :



الشكل (2- 33) مكبر العمليات الطارح

وباستعمال معادلة الطارح

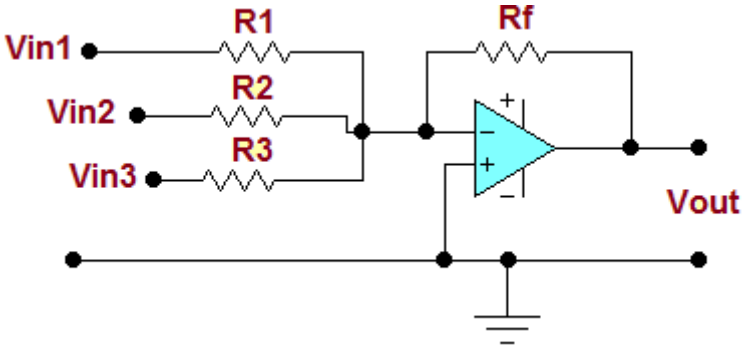
$$V_{out} = V_{in1} - V_{in2}$$

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

$$V_{in1} = 25$$

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 :

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

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

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

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

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

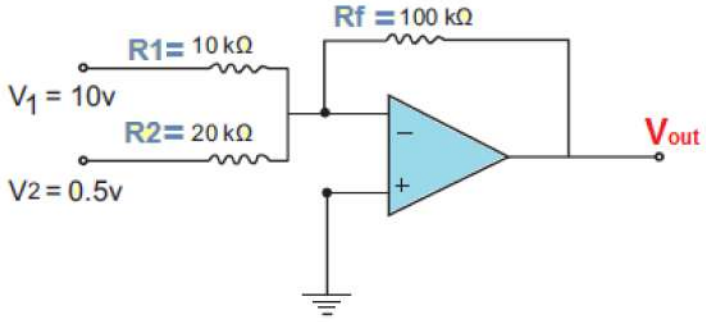
وتكون علاقة الخرج نسبة للمدخلات كما موضحة بالقانون التالي:

$$V_{out} = -(Vin_1 \frac{R_f}{R1} + Vin_2 \frac{R_f}{R2} + Vin_3 \frac{R_f}{R3})$$

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

مثال :

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



الشكل (2- 35) مكبر عمليات جامع

الحل :

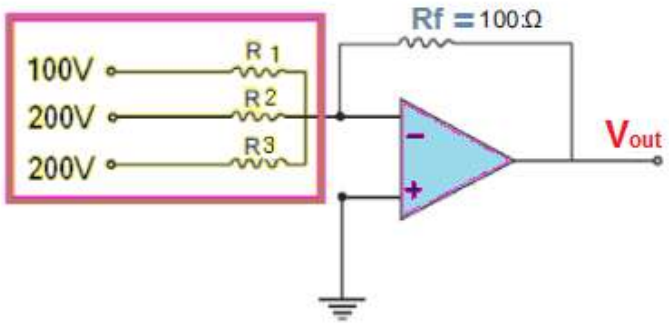
$$V_{out} = -(Vin_1 \frac{R_f}{R1} + Vin_2 \frac{R_f}{R2})$$

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

مثال:

احسب قيمة الفولتية الخارجة في الشكل (2- 36) إذا علمت أن R_f =100Ω 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

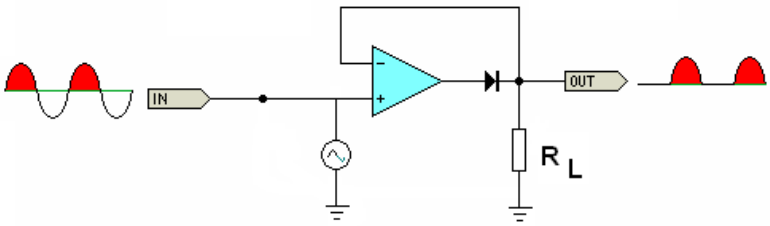
بما إن جميع مقاومات الدخل متساوية ومساوية لمقاومة التغذية العكسية

$$V_{out} = -(Vin_1 \frac{R_f}{R1} + Vin_2 \frac{R_f}{R2} + Vin_3 \frac{R_f}{R3})$$

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

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 اقل 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)

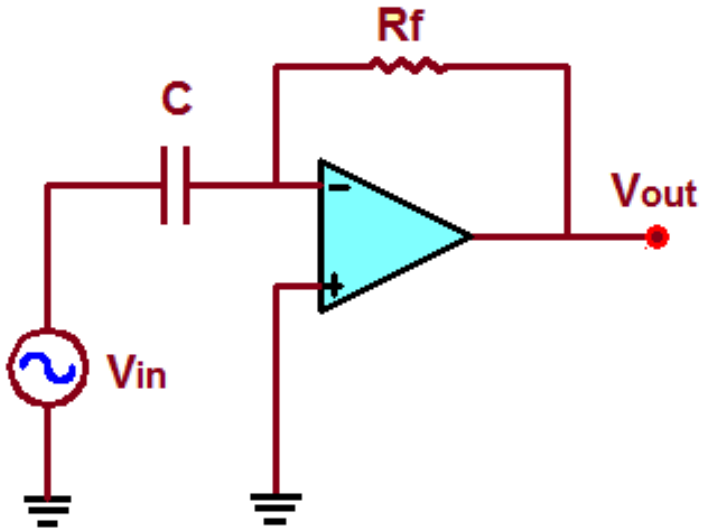


الشكل (2 - 37) دائرة تقويم نصف الموجة باستعمال مكبر العمليات

وعلى فرض أن الإشارة الداخلة ذات فولتية قليلة اقل من 0.3V تكبر بوساطة مكبر العمليات لتصبح ذات قيمة اكبر 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. اذ 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).

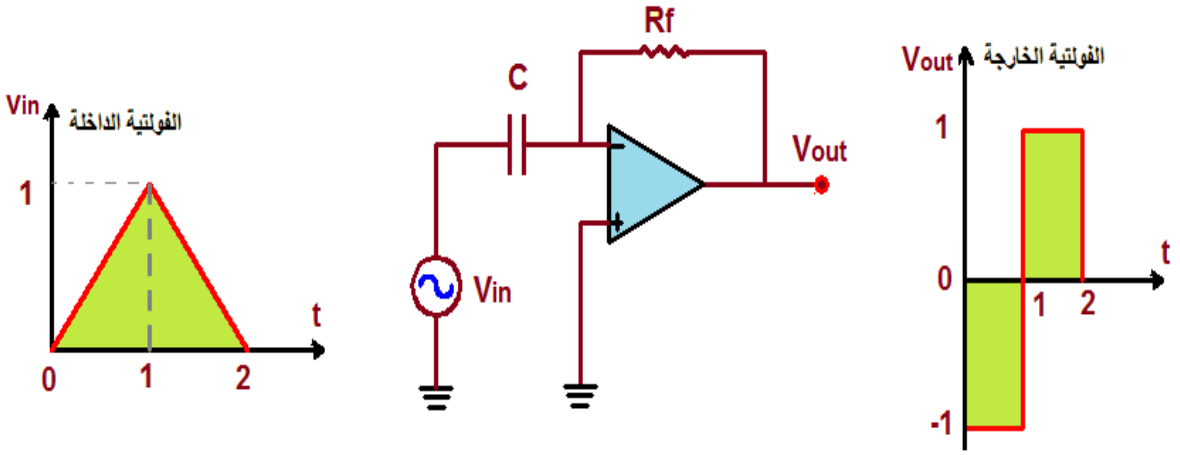


الشكل (2- 38) مكبر العمليات المفاضل

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 .

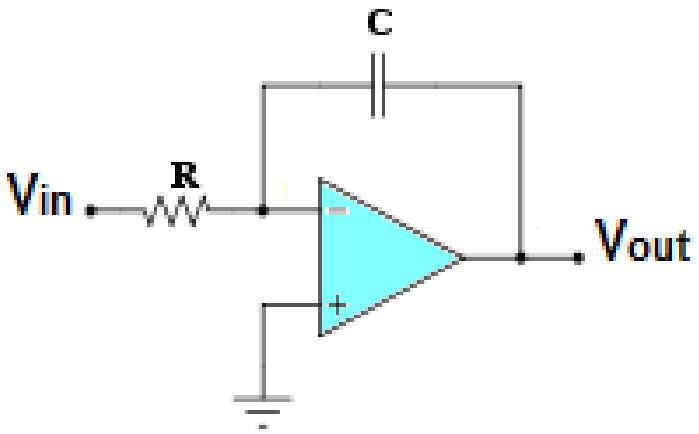
الحل :



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، اي بوضع متسعة بين الطرفين1 و 3. لاحظ الشكل (2-40).



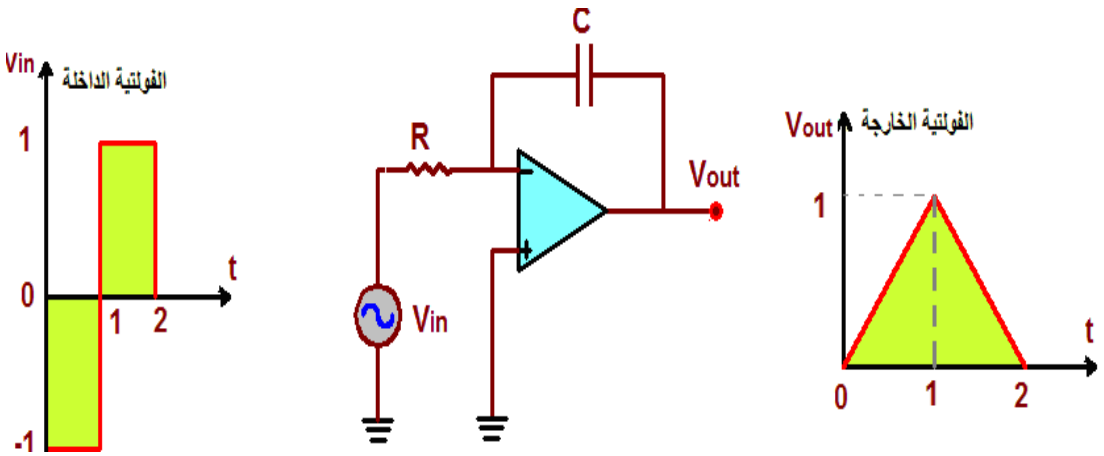
الشكل (2-40) مكبر العمليات التكاملي

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

مثال :

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

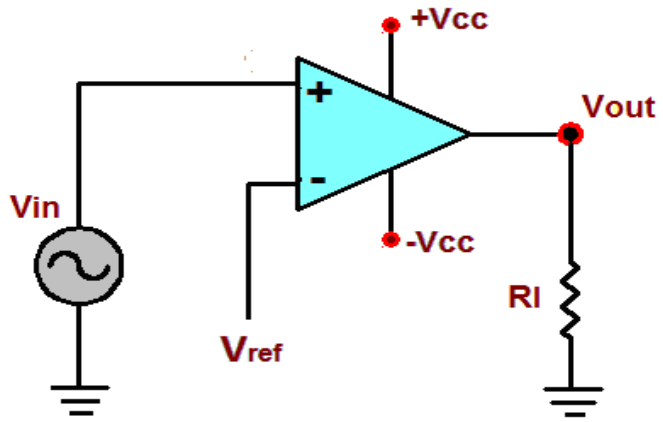
الحل :



الشكل (2-41) 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 جدا. لاحظ الشكل (2- 42). وللمقارن تطبيقات مختلفة مثل مقوم موجة او نصف موجة ويستعمل كاشفاً للإشارات الصغيرة وغيرها من الاستعمالات الأخرى .

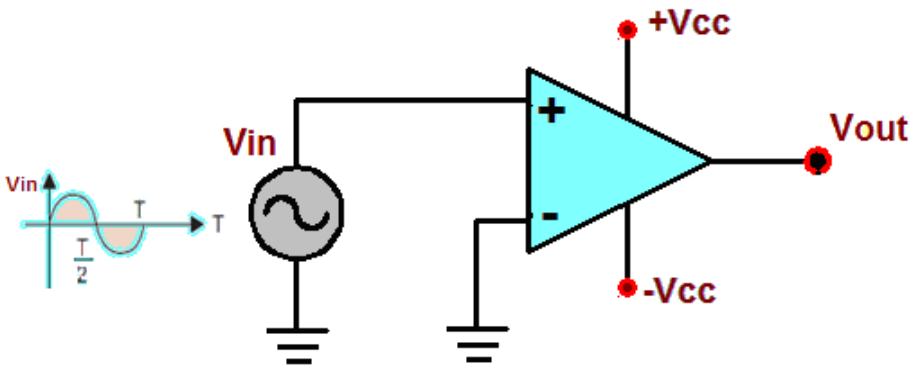


الشكل (2-42) المضخم المقارن

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

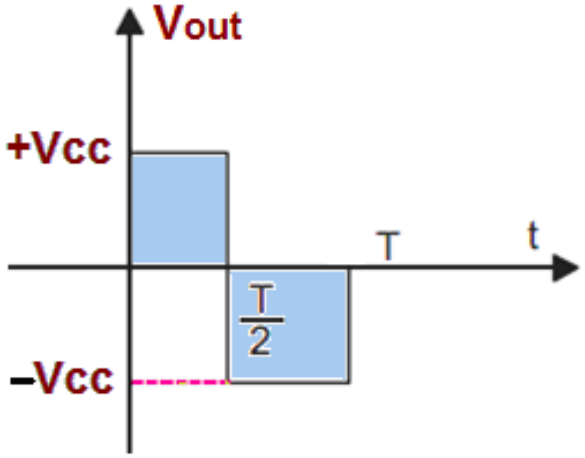
مثال :
ارسم إشارة الخرج (Vout) للمقارن في الشكل (2- 43) إذا كانت إشارة الدخول إشارة جيبيه في الطرف غير العاكس والطرف العاكس موصل الى الأرضي.

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 (+Vcc). وفي النصف الثاني للموجة للزمن (T - T/2) تكون قيمة الجهد سالبة وبذلك تصبح قيمة الجهد على المدخل غير العاكس اكبر من قيمة الجهد على المدخل العاكس لذلك تكون الإشارة الناتجة على الخرج سالبة ومقدارها (-Vcc)، ويكون شكل إشارة الخرج كما في الشكل (2- 44).

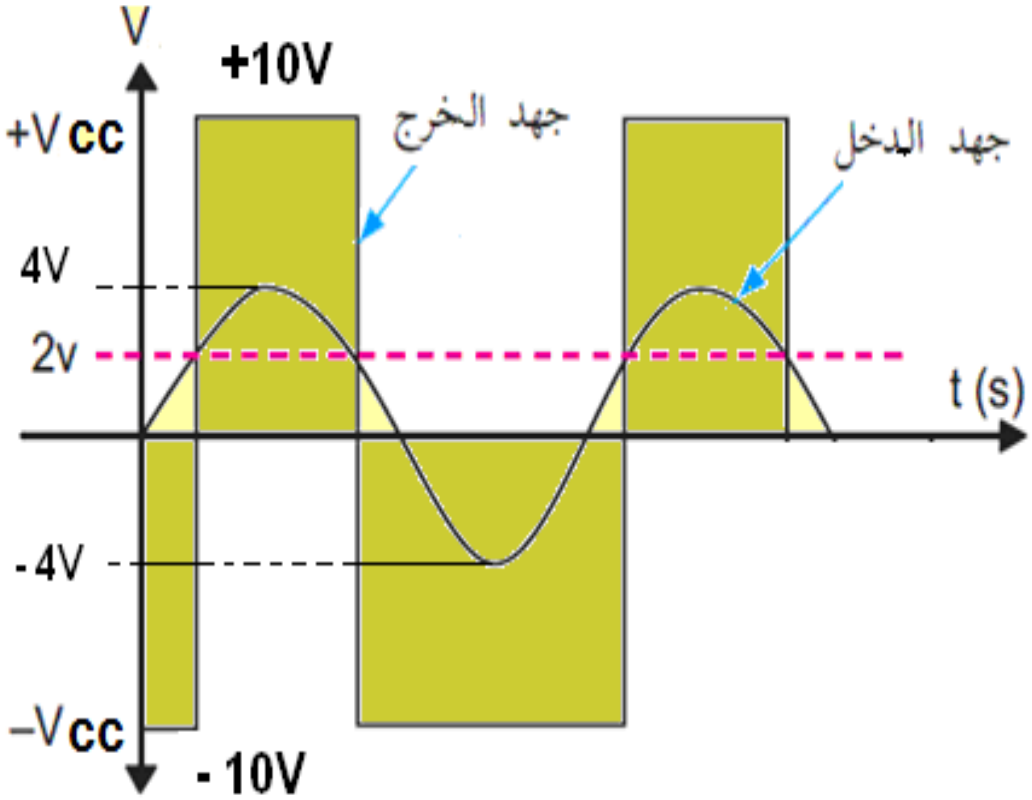


الشكل (2- 44) إشارة خرج المقارن

مثال :

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

الحل :



الاختبارات الموضوعية : Tutorial Tests

1- منحنى الاستجابة لأي مكبر هو العلاقة

أ- بين الربح وتردد الإشارة

ب- بين الربح والفولتية

جـ - بين الربح والتيار

2- يتكون مكبر الحزمة الضيقة من :

أ- ترانزستور تكبير مع دائرة ترشيح للحزمة الضيقة

ب- ثنائي مع دائرة ترشيح للحزمة الضيقة

جـ - ترانزستور تكبير فقط

3- يكون مكبر الحزمة الضيقة

أ- ذا نطاق ترددي قليل جداً وقدرة قليلة

ب- ذا نطاق ترددي عريض وقدرة عالية

جـ - ذا نطاق ترددي قليل وقدرة عالية

4- تستعمل المرشحات لتمرير الإشارات

أ- المرغوب فيها وتمنع باقي الإشارات من المرور

ب- غير المرغوب فيها

جـ - الجيبية الموجبة فقط

5- تعدُّ الدوائر المتكاملة (IC) بمثابة دوائر

أ- معقدة

ب- بسيطة

جـ - بسيطة جداً

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

أ- مادة بلاستك أو خزف

ب- الحديد

جـ - الألمنيوم

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

أ- دائرة متكاملة

ب- مكبر حزمة ضيقة

جـ - مكبر قدرة

8 - عدد أطراف مكبر العمليات Op-Amp 741 هي

أ- خمسة أطراف

ب- ثمانية أطراف

جـ - اثنا عشر طرفاً

9- من خصائص مكبر العمليات

أ- مقاومة دخل قليلة ومقاومة خرج عالية

ب – مقاومة دخل عالية ومقاومة خرج عالية

جـ - مقاومة دخل عالية ومقاومة خرج قليلة

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

أ- اقل من (12) عنصراً الكترونياً

ب- بين (100 – 12) عنصر الكتروني

جـ - أكثر من 100 عنصر الكتروني

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

أ - أكثر من 100 عنصر الكتروني

ب - اقل من (12) عنصراً الكترونياً

جـ - (100 – 12) عنصر الكتروني

12 - الدوائر المدمجة ذات القياس الكبير (LSI)

أ - (100-10000)عنصر الكتروني

ب- أكثر من 10000 عنصر الكتروني

جـ - اقل من 100 عنصر

أسئلة الفصل الثاني

س1: ما هي العلاقة بين التكبير وعرض الحزمة ؟
س2: عرف مكبر الحزمة الضيقة مع رسم المكبر. وكيف يعمل ؟
س3: عرف الدوائر المدمجة وكيف يمكن صناعتها ؟
س4: ما هي أهم مميزات مكبر العمليات ؟
س5: عرف مكبر العمليات العاكس للطور مع رسم الدائرة ؟
س6: اشتق قانون ربح الفولتية غير العاكس للطور.
س7: اشتق قانون الفولتية الخارجة لمكبر العاكس للطور ؟
س8: عرف مكبر العمليات المقوّم Rectifier ؟ وكيف تبنى 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 ؟

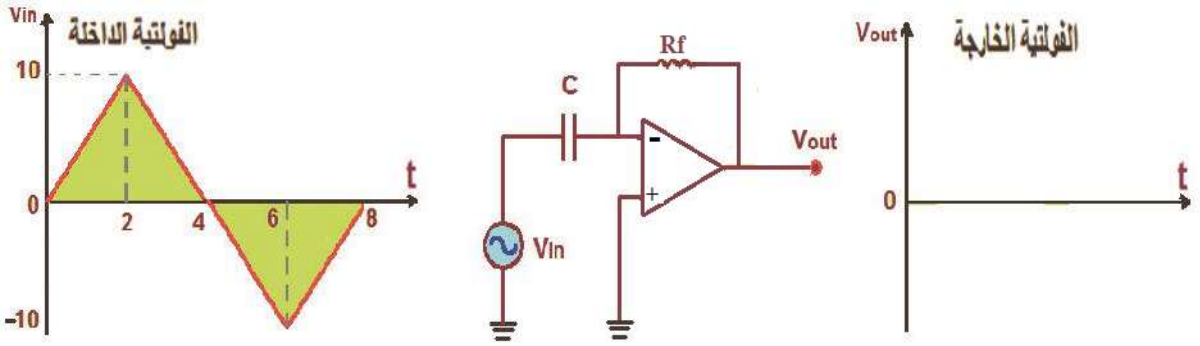
مسائل الفصل الثاني

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

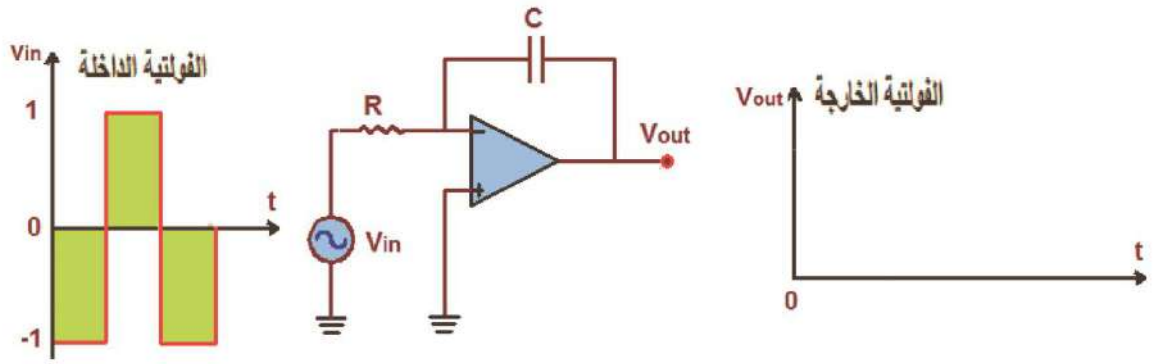
س2: في دائرة مكبر العمليات الجامع إذا علمت إن (Rf= 10kΩ) وإذا كانت مقاومة الدخل عبارة عن أربع مقاومات متساوية القيمة كل منها تساوي (5kΩ) والفولتية الداخلة على التوالي (v1=5v, v2=3v, v3=2v, v4=6v) . احسب فولتية الخرج .

س3 : ارسم شكل الموجة الجيبية الداخلة (5vp-p) في مكبر مقارن إذا علمت أن قيمة جهد المرجع Vref هي 1v وارسم شكل الإشارة الخارجة من المكبر مع العلم أن جهد التجهيز Vcc يساوي ±10 v .

س4 : بين نوع الدائرة المبينة بالشكل أدناه وارسم خرج الدائرة اذا 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 5Vp-p على مكبر عاكس للجهد فيه Rf يساوي 20 كيلو أوم و R1 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

المذبذبات والمهتزات Oscillators And Multivibrators

أهداف الفصل : معرفة وإكساب الطالب أنواع المذبذباب الجيبية مثل المذبذب هارتلي وكولبتس وإزاحة الطور والمهتزات وأنواعها .

محتويات الفصل الثالث :

3 -1 المذبذبات

3 - 2 مذبذبات الموجه الجيبية
3 – 2 – 1 المذبذب المزحزح للطور RC
3 -2 -2 مذبذب هارتلي

3 – 2 –3 مذبذب كولبتس

3-2-4 المذبذب البلوري

3-3 مذبذبات الموجة غير الجيبية

3 – 3 – 1 المذبذب المتعدد غير المستقر

3 -3 -2 المذبذب المتعدد أحادي الاستقرار

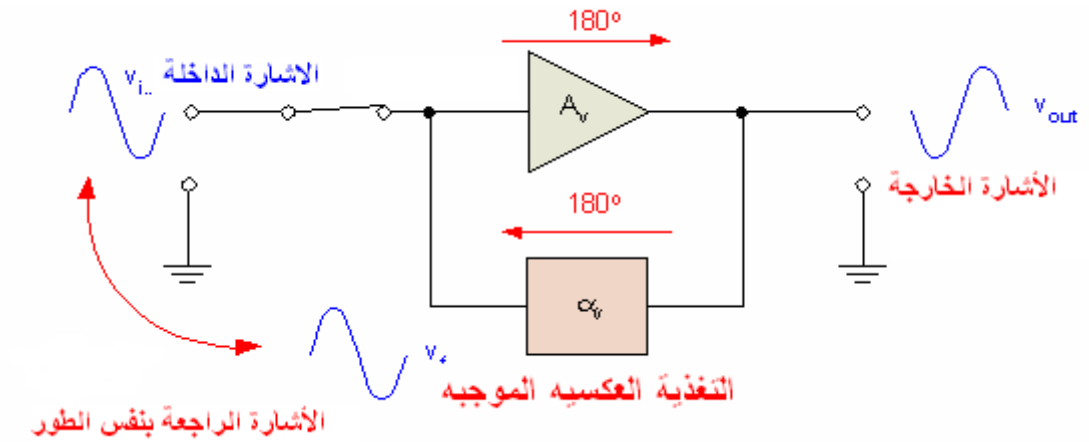
3 -3 -3 المذبذب المتعدد ثنائي الاستقرار

الفصل الثالث

المذبذبات والمهتزات 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 درجه لكي نحصل على نفس الطور مع الإشارة الداخلة وبذلك تعمل هذه الدائرة كمذبذب ويجب التنويه هنا ان هناك تغذية عكسية سالبة وتستعمل في المكبرات فقط للسيطرة على التكبير. للحصول على تذبذب من دون تشويه يجب ان تكون المعادلة التالية تساوي واحداً وهي تكبير الجهد مضروبا بجهد الاضمحلال وكما يأتي:

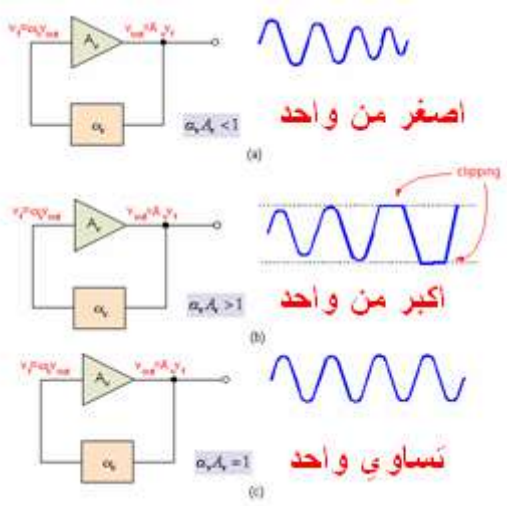
$$A_V \times \alpha_V = 1$$

حيث ان

Av 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 :-

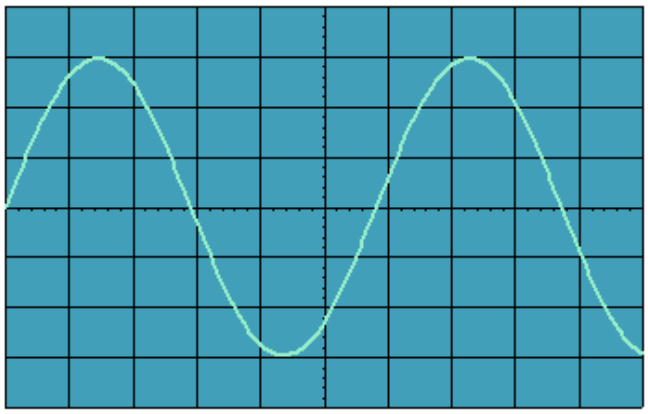
- **مذبذبات الموجة الجيبية Sinusoidal Oscillators .**
- **مذبذبات الموجة الغير جيبية Non Sinusoidal Oscillators .**

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

بينما تشمل المذبذبات للموجات الغير جيبيه المذبذبات المتعددة .

3 - 2 مذبذبات الموجه الجيبية

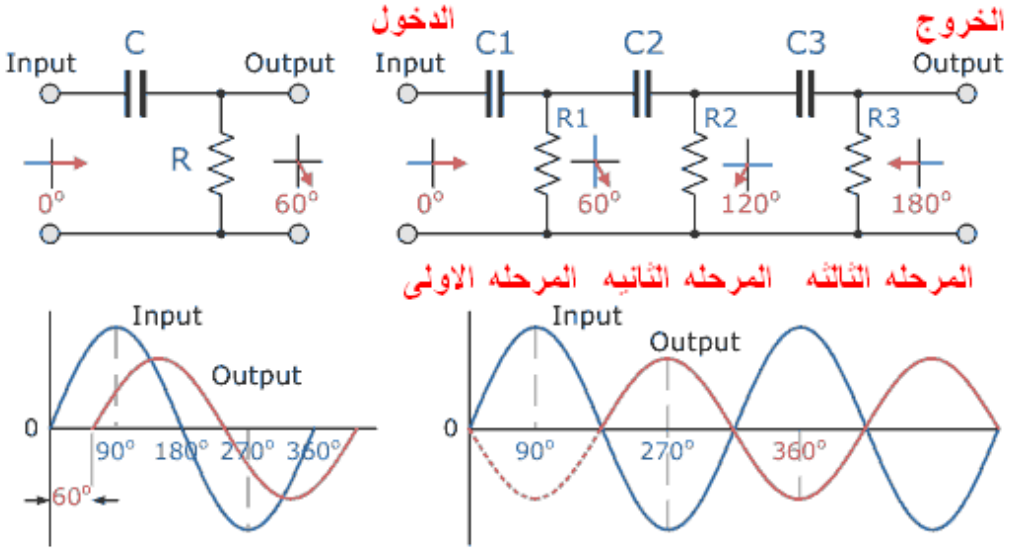
سوف نتطرق الآن إلى معظم أنواع الموجه ألجيبية وهذا النوع من المذبذبات تولد موجه جيبيه أي أن الإشارة الخارجة تكون كما موضحة في الشكل (3 - 3) .



الشكل (3 – 3) الموجة الجيبية

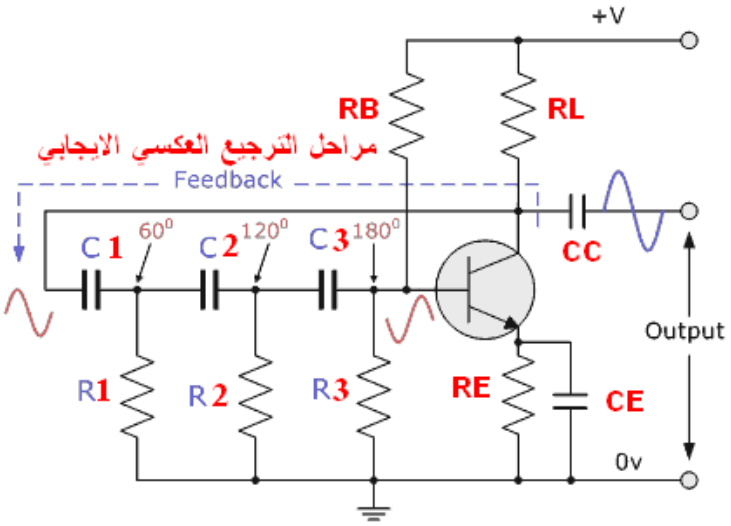
3 - 2 – 1 المذبذب المزحزح للطور Rc Shift Oscillator

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 الاشاره الخارجة إلى الدخول بعد إجراء عملية قلب الاشاره بمقدار 180 درجه 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 درجه أي بنفس الطور مع الاشاره على قاعدة الترانزستور أما المقاومتان RL - RB فهما مقاومتان لعمل تغذيه 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 .

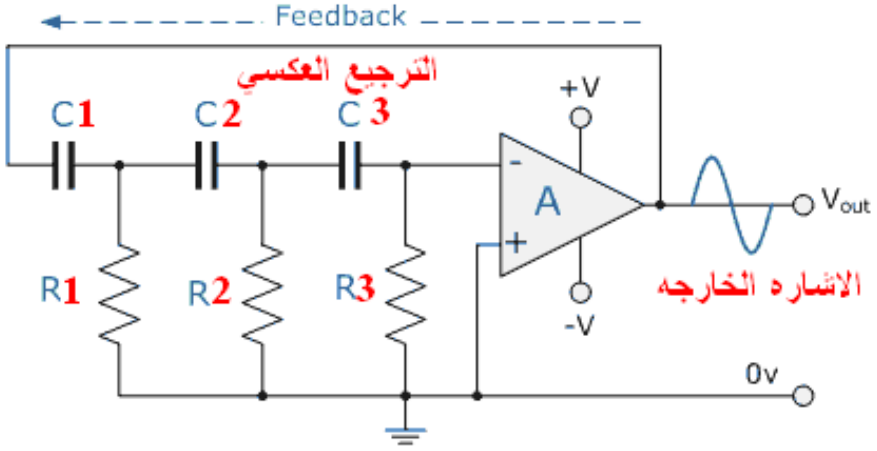
$$f_o = \frac{1}{2\pi R C \sqrt{6}}$$

حيث ان :- f_0 = التردد الخارج بالهرتز (ذبذبه بالثانية الواحدة) Hz

R = قيمة المقاومة بالاوم 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 ($\beta = V_o / V_i$) 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 للازاحه للحصول على 180 درجة لتتوافق مع نفس الطور عند دخول الاشاره 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)

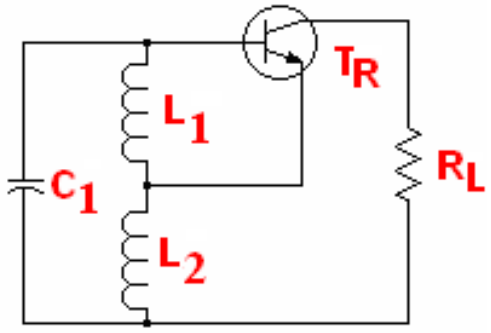
$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(2\times3)}\times10000\times500\times10^{-12}} = 12{,}995\,\text{Hz or } 13\,\text{kHz}$$

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 نقطه وسطيه 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 فان الإشارة الخارجة من الباعث تصل القاعدة وتعمل دائرة الرنين للحصول على التردد المطلوب . وتستعمل المعادلة التالية لحساب التردد لهذا المذبذب :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}}$$

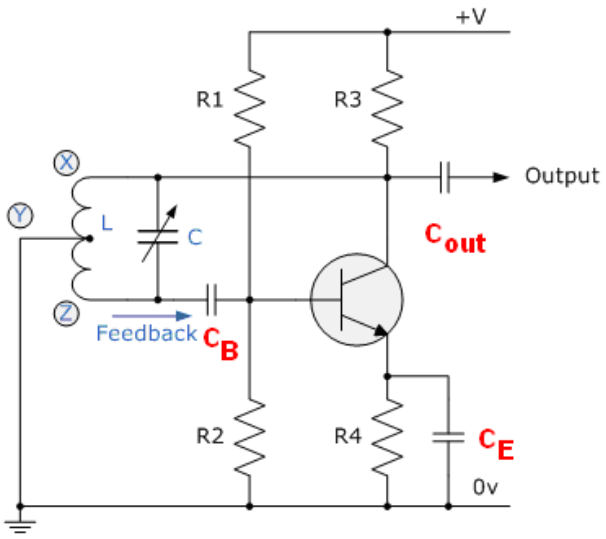
$$L_T = L_1 + L_2$$

حيث ان L_T = الممانعة الحثيه الكلية للملف L1 وكذلك الملف L2

نلاحظ ان الجزء الأساسي في عملية التذبذب هو دائرة الرنين المكونة من الملف ذو ألنقطه الوسطية مع وجود المتسعة على التوازي بين أطراف الملف كما نلاحظ أيضا هناك ترجيع عكسي للذبذبة من باعث الترانزستور عبر ألنقطه 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 حثيه 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 الاشاره على الجامع وشكل الاشاره 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 R1 و R2 هما انحياز القاعدة للحصول على الجهد المستمر للتغذية ، R3 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 :-

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

والتردد الواطئ هو :-

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{1mH \times 500\,pF}} = \frac{1}{6.283\sqrt{5\times10^{-13}}} = 225KHz$$

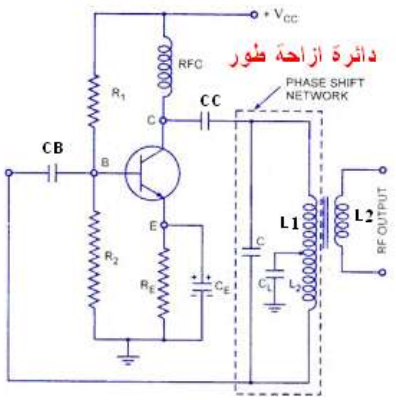
وعرض ألحزمه هو :-

$$Bsndwidth = f_H - f_L$$
$$= 503 - 225 = 278KHz$$

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

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 تودي ازاحه مقدارها 180 درجه بين التردد الخارج من الجامع عن طريق Cc إلى قاعدة الترانزستور بعد قلبها ب 180 درجه بمتسعة عزل أيضا C_B .



الشكل (3 – 9) مذبذب هارتلي ذو ملف راديوي

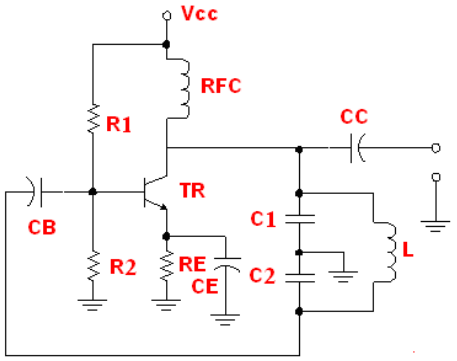
3 – 2 –3 مذبذب كولبتس Colpitts Oscillator

سمي هذا المذبذب نسبة الى مخترعه ادوين اج كولبتس EDWIN H. COLPITTS .

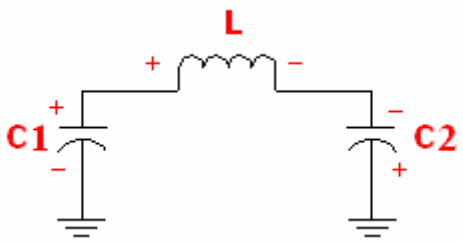
مذبذب كولبتس يشبه الى حد بعيد مذبذب هارتلي فمذبذب هارتلي يستعمل ملفين ذو نقطه وسطيه مع متسعة لعمل ازاحه للطور بمقدار 180 درجة بينما مذبذب كولبتس فانه يستعمل متسعه عدد اثنين مع ملف واحد لعمل ازاحه بالطور مقدارها 180 درجة.

ففي الشكل (3 – 10) نلاحظ دائرة الكترونية لمذبذب كولبتس 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 إلى وحده الرنين بحيث ان ألنقطه المشتركة للمتسعتين تصل إلى 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 كولبتس



الشكل (3 – 11) ربط دائرة الرنين لمذبذب كولبتس

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

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

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

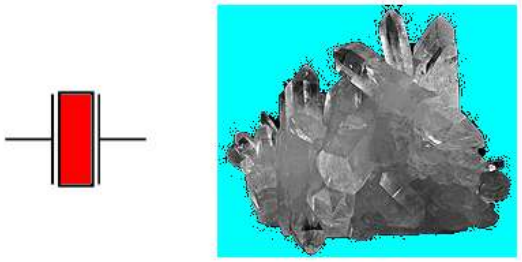
4-2-3 المذبذب البلوري Crystal Oscillator

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 جدا، هذا التردد يستعمل بشكل واسع في الساعات الالكترونية وكذلك في نبضات السيطرة في الدوائر الرقميه والمرسلات الراديويه وغيرها ، بلورة الكوارتز Quartz Crystal تصنع بمديات من التردد تبدأ من عدد من الكيلو هرتز إلى الميكاهرتز او الكيكاهرتز .

البلورة عبارة عن ماده صلبه 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 واطئه فانه يتم التشكيل والقطع على شكل الشوكة الرنانة .

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



الشكل (3 – 12) الرمز لبلورة كوارتز وشكل بلورات الكوارتز في الطبيعة

يبين الشكل (3 – 13) الدائرة المكافئة وهي عبارة عن ملف ومتسعة 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

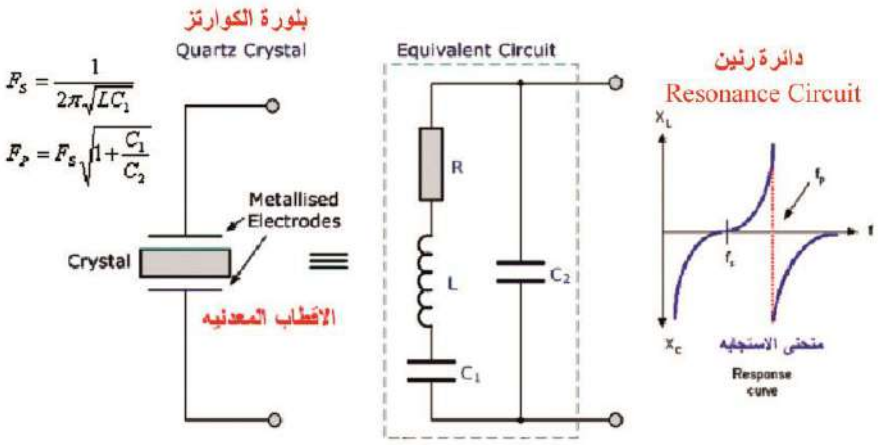
C_2 : السعه بين البلورة وأقطاب الاتصال الاثنين

L : هي حثيه البلورة

R : هي مقاومة البلورة نفسها

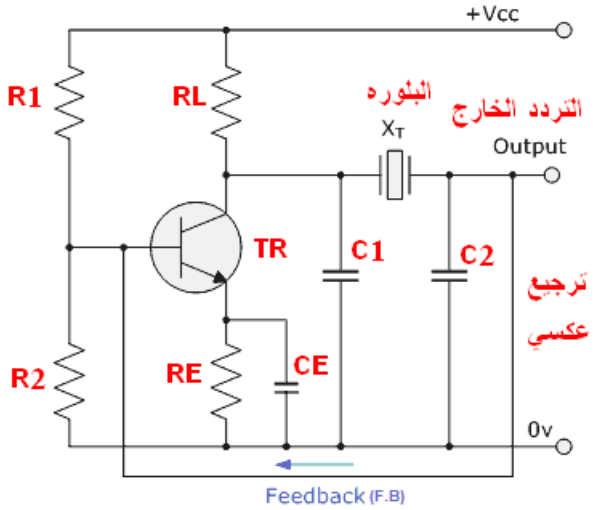
Fs : البلورة تعمل على دائرة رنين توالي

Fp : 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 .

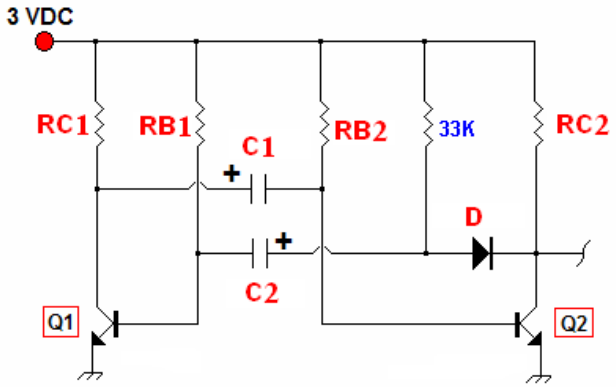


الشكل (3 – 14) يبين عمل المذبذب البلوري باستعمال ترانزستور ثنائي الوصلة

3-3 مذبذبات الموجه الغير جيبيه Non Sinusoidal Oscillator

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

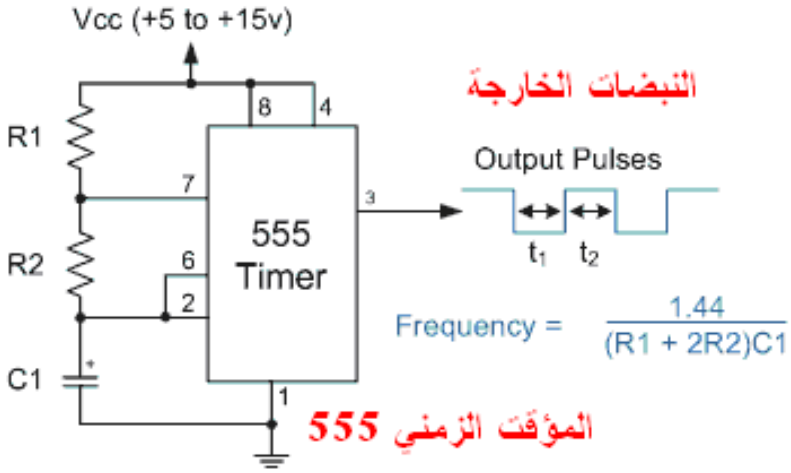
هذه المجموعة من المذبذبات تولد موجة مربعة لذلك تم تسميتها بالمذبذبات الموجة الغير جيبيه ففي الشكل (3 – 15) يبين هذا النوع من المذبذبات وفي بعض الأحيان يسمى مذبذب متعدد حر الحركة Free Running Multivibrator .



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 فيودي إلى شحن المتسعة C1 عن طريق RB2 (لان 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 المؤقا 555

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

وقت الشحن

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

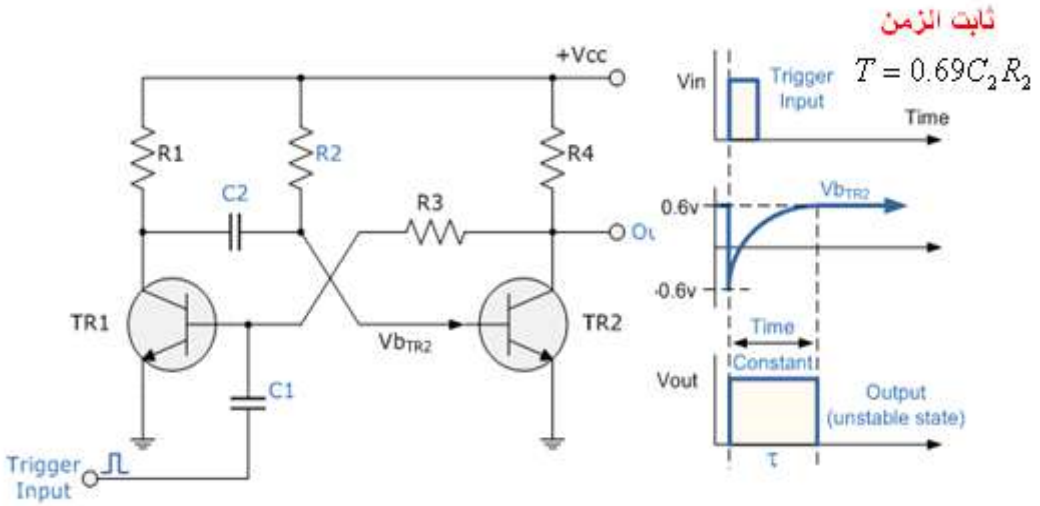
وقت التفريغ

$$t2 = 0.693 (R2) C1$$

$$T = t1 + t2$$

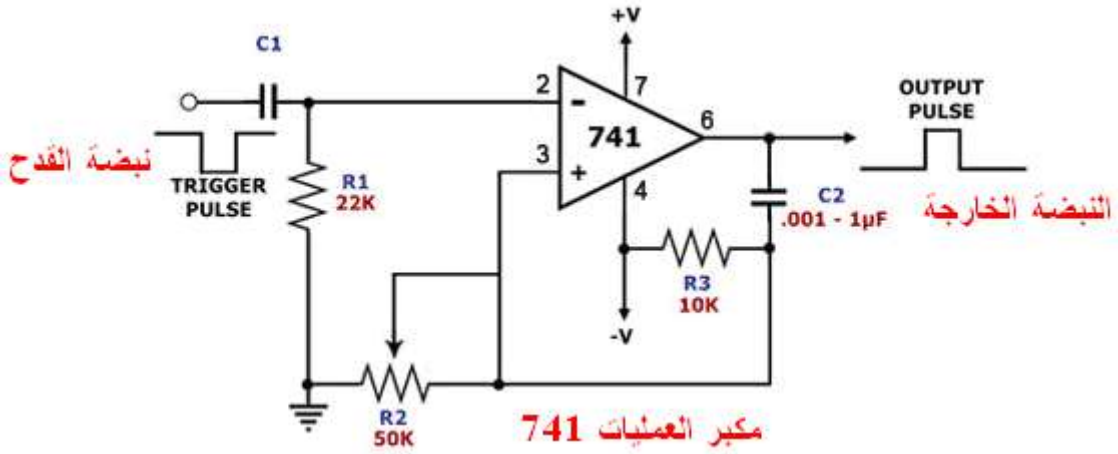
3- 3- 2 المذبذب المتعدد احادي الاستقرار Mono Stable Multivibrator

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 ليجعله 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 فأنة عند هذه اللحظة سيمر جهد موجب إلى قاعدة الترانزستور الأول ليجعله يعمل عند الإشباع أي في حالة ON ويكون النتيجة تفريغ شحنة المتسعة C2 خلال الترانزستورالاول أثناء عملة 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

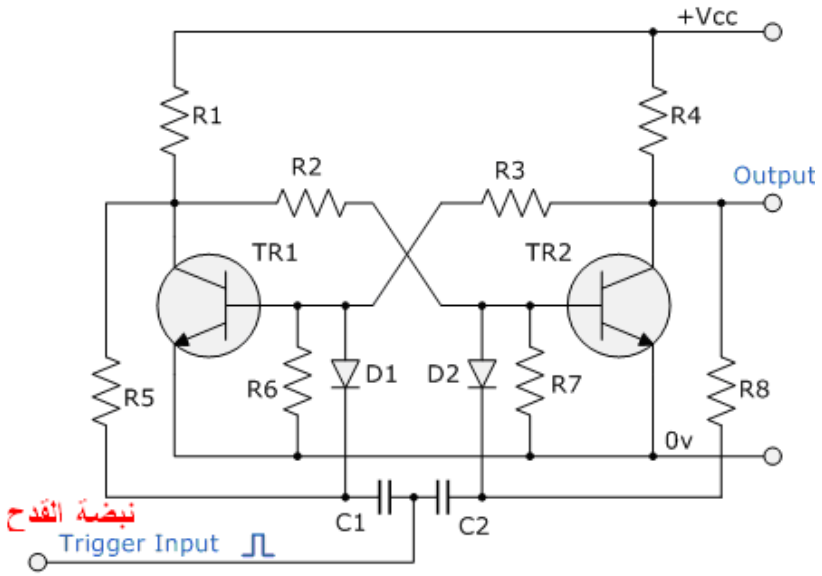
في الشكل (3 – 18) يبين استعمال مكبر العمليات لعمل مذبذب متعدد أحادي الاستقرار حيث نلاحظ ظهور نبضة معكوسة من خرج مكبر العمليات أثناء تسليط نبضة على المدخل المعكوس ويعود إلى حالته الأولى عند عدم وجود نبضة داخلة بعد مدة تأخير محددة ولتوضيح عمله فعند تسليط نبضة سالبة على المدخل المعكوس فانه سوف تظهر نبضة 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 مقامة متغيرة لتغيير ثابت الزمن بين R2 وكذلك C2 .



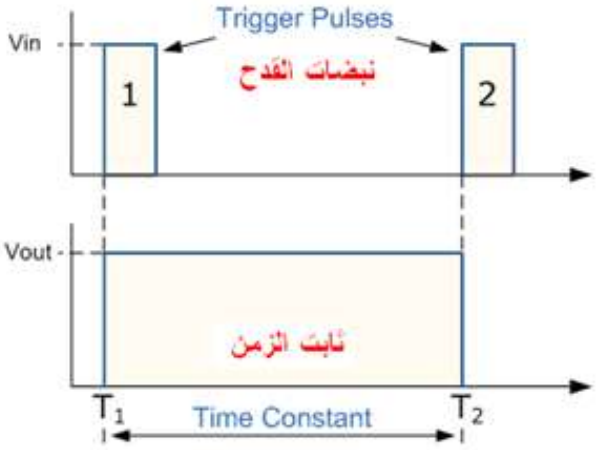
الشكل (3 – 18) مذبذب متعدد أحادي الاستقرار باستعمال مكبر العمليات

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 فان احد الترانزستورين يصبح في حالة عمل ON والآخر يصبح في حالة قطع OFF ولكن عن تسليط نبضة عبر المتسعتين C1 و C2 ومن خلال الثنائيين فانه سوف يمر تيار إلى قاعدة الترانزستورين ليتحول ترانزستور العمل إلى قطع وترانزستور القطع الى عمل ويبقى عند هذه الحالة حتى مجيء نبضة ثانية لتنعكس العملية وبالإمكان رفع الثنائيين المسئولين 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 جيبية داخلة .
   ب. نبضات مربعة داخلة.
   ج. ليس لها إشارات داخلة .
2. للمذبذب الالكتروني
   أ.موجة سن منشار داخلة .
   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 جيبية
   ب. موجات كهرومغناطيسية .
   ج. موجات غير جيبية

اسئلة ومسائل 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 كولبتس ؟ 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 22KΩ وقيمة المتسعة 800PF . احسب التردد الخارج .
10. ما هي معادلة مذبذب هارتلي ؟ احسب التردد الخاص بمذبذب هارتلي قيمة كل ملف 50µH وقيمة المتسعة 220 PF .
11. ما هي معادلة مذبذب كولبتس ؟ مذبذب كولبتس له قيمة متسعة470 PF وقيمة الملف له 20 µH ، 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 .

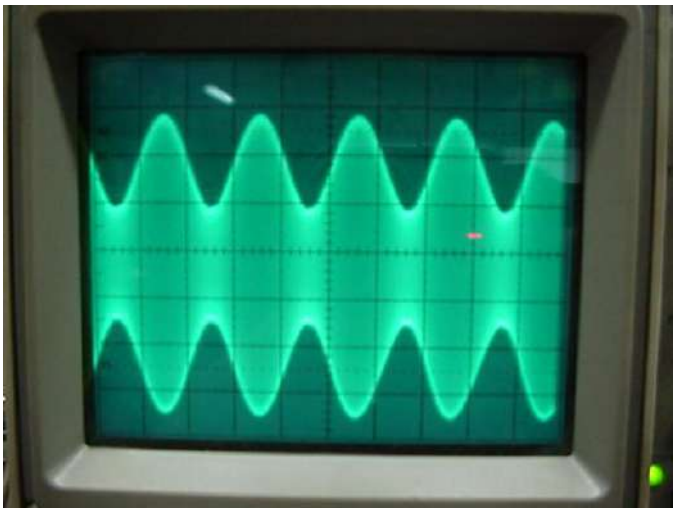
الفصل الرابع

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 :

4-1 التضمين
4-1-1 تضمين الاتساع (السعوي)
4-1-2 تضمين التردد
4-1-3 تضمين الطور
4-1-4 التضمين الرقمي
4-2 الكشف
4-2-1 كاشف تضمين ترددي
4-2-2 كاشف تضمين التردد
4-2-3 كاشف تضمين الطور
4-3 أنواع الموجات الراديوية
4-4 أجهزة الاستقبال الراديوية
4-4-1 تمهيد
4-4-2 جهاز الاستقبال البسيط
4-4-3 أجهزة الارسال الراديوية
4-4-4 مساوئ استعمال جهاز الاستقبال البسيط
4-4-5 جهاز استقبال السوبرهيتروداين
4-4-6 مبدأ تغير التردد في الراديو السوبرهتروداين
4-4-7 التردد المشابه
4-4-8 مستقبل إذاعة الراديو AM
4-4-9 مستقبل إذاعة الراديو FM
4-5 جهاز القرص الليزري CD
4-5-1 السعة التخزينية للـCD
4-5-2 مكونات الـ CD
4-5-3 قرص الفديو الرقمي
4-6 الـ MP3
اختبارات موضوعية
أسئلة الفصل الرابع



التضمين والكشف وأجهزة الاستقبال والإرسال الراديوي

4-1 التضمين: Modulation

تعدُّ 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 أُثبِتَ علميا إن الإرسال يكون كفؤا عندما يساوي طول الهوائي نصف طول الموجة المرسلة. فلإرسال إشارة تمثل معلومات الصوت بتردد (10)KHz مثلا فان طول الموجة λ يساوي سرعة الموجة الكهرومغناطيسية (سرعة الضوء) C الى التردد f .

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

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

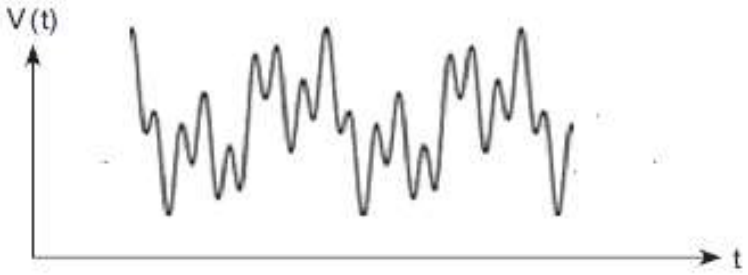
$$\lambda = \frac{3x10^8}{10x10^3} = 30Km$$

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

الشكل (4 – 1) هوائي ارسال

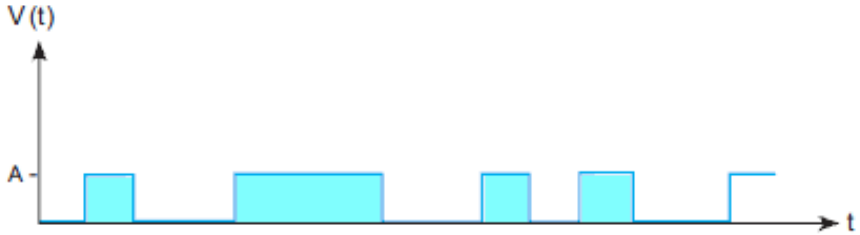
ب- من أجل إرسال عدة إشارات في آن واحد لاسلكياً أو سلكياً بخط نقل واحد دون حدوث تداخلات بينها .
جـ - لارسال البث اللاسلكي الى مديات بعيدة وارتفاعات عالية .

إن الحاجة لإرسال مجموعة من الإشارات في آن واحد يجعل من الضروري تغيير تردد كل منها وذلك منعا لتداخلها اذا ما أرسلت على نفس التردد. فإذا فرضنا إننا نحتاج إلى إرسال إشارتين سمعيتين تمثلان معلومات مختلفة على نفس الوسط الناقل وان التردد السمعي لكل من هاتين الإشارتين وكما هو معلوم يقع بين(20Hz-20KHz) فان ذلك يتطلب تغيير تردد أحداهما لمنع تداخلهما. فبواسطة تقنية التضمين تستطيع محطات الإذاعة إرسال برامج منوعة ومتعددة وذلك بعد أن يتم تغيير تردد الإشارات الممثلة لهذه البرامج بحيث لا تتداخل مع بعضها عند الإرسال وإعادة هذه الإشارات إلى ترددتها الحقيقية في أجهزة 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 (4-2).



الشكل(4-2) موجة تماثلية

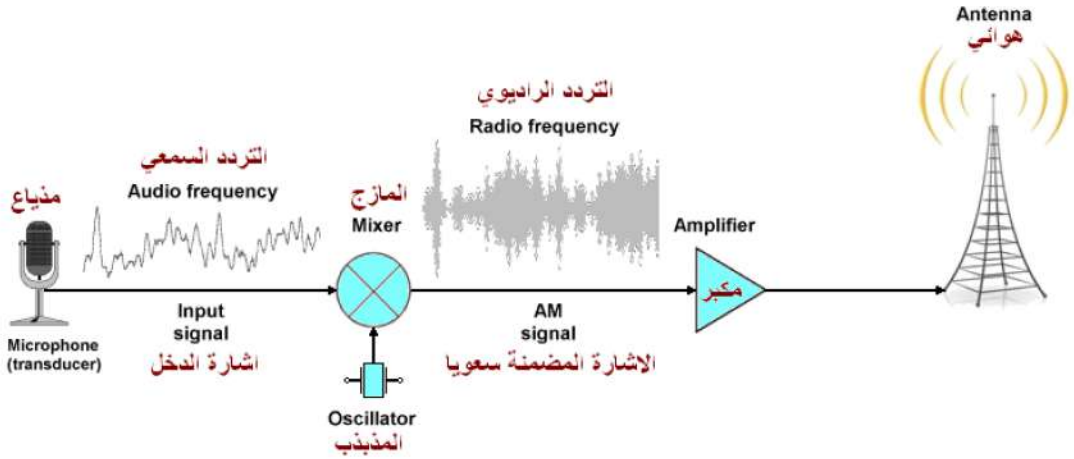
الإشارة التماثلية يمكن أن تأخذ أي قيمة في زمن مستمر وغير متقطع بينما الإشارة الرقمية لا تأخذ إلا القيم المتعارف عليها في النظام الثنائي وهي 0 و1 وفي أزمنة مستمرة مثل الإشارات الخارجة من الحاسوب فهي إشارات رقمية (Digital Signals) ولها قيم محددة عند تغيرها مع الزمن وهي سلسلة من النبضات، لاحظ الشكل (4-3).



الشكل (4-3) 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 بوساطة التحويل من التماثلي الى الرقمي او تحويل اي إشارة رقمية إلى تماثلية بوساطة 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 ميكرفون (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) .



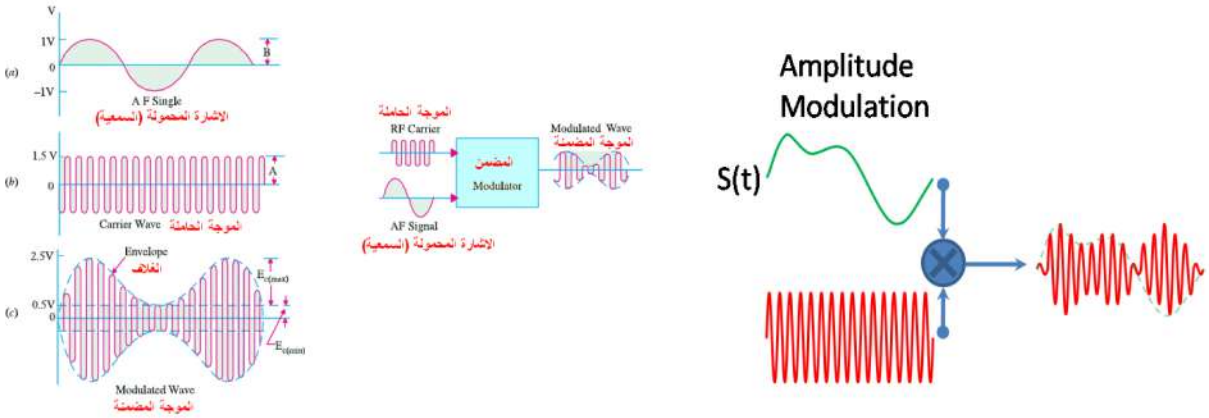
الشكل (4-4) تضمين الإشارة وإرسالها

وتحمل المعلومات المراد إرسالها مثل إشارة الكلام والموسيقى والشفرات وغيرها والمتمثلة بإشارة ذات تردد قليل (اقل من تردد الإشارة الحاملة) وتسمى بالإشارة المحمولة الضغط على زر Enter (Modulating Signal) . وتتلخص عملية التضمين بتغير 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)

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

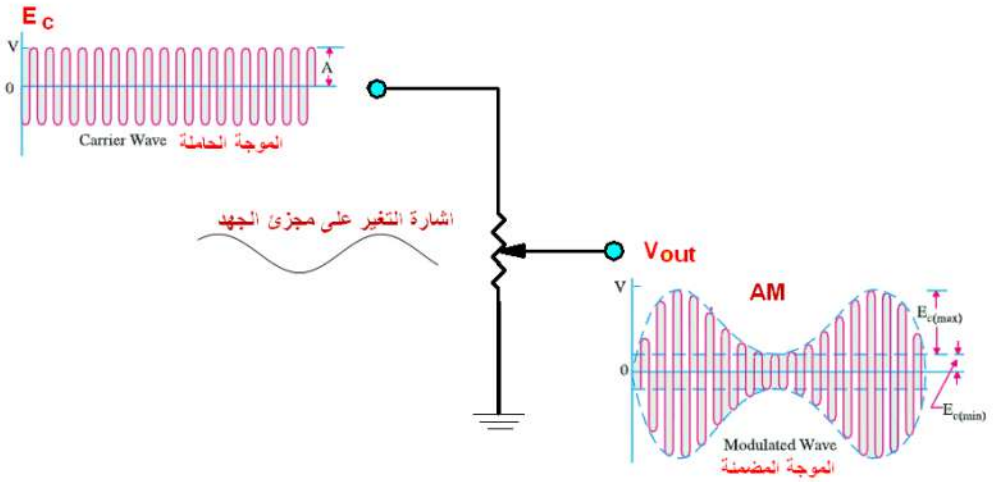
يعني هذا التضمين ان اتساع الموجة الحاملة العالية التردد يتغير او يسيطر عليه بواسطة إشارة المعلومات المحمولة القليلة التردد وكما مبين بالشكل (4-5).



الشكل (4 -5) تضمين الاتساع (AM)

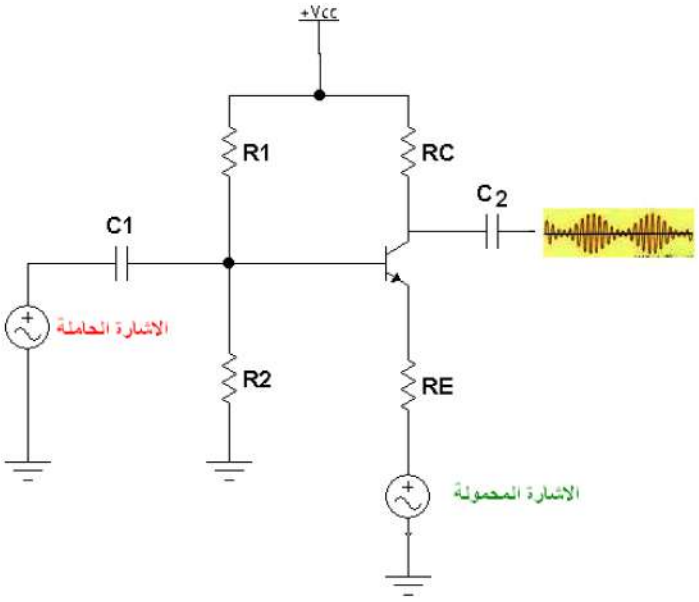
من الممكن فهم عملية الاتساع من الرسم الموضح في الشكل (4- 6) الذي يمثل مضمنا بسيطا (Simple Modulator). إذ تستعمل فيه موجة جيبية عالية التردد كإشارة داخلة الى مجزئ الجهد (Potentiometer) لذا يعتمد اتساع الإشارة الخارجة على موقع النقطة الوسطية المتحركة

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



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

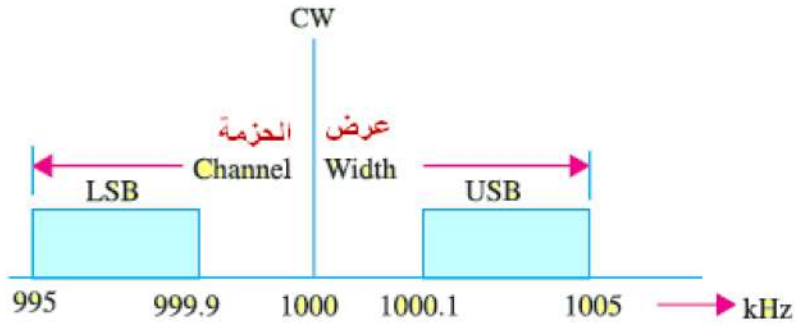
يوضح الشكل (4-7) تضمين اتساع بسيط يستعمل فيها الترانزستور، تدخل الإشارة الحاملة الى الترانزستور الموصل بطريقة الباعث المشترك وتقوم الدائرة بتكبير الإشارة الحاملة. اما الإشارة المحملة فتقوم بتغيير تيار الباعث اي تغير انحياز الترانزستور. وبذلك يتغير التكبير وفقاً لتغير هذه الإشارة . اذن فأن شكل الإشارة الخارجة يمثل شكل الإشارة الحاملة مكبرة بربح يتغير وفقاً لتغير الإشارة المحمولة . وعليه تظهر الإشارة الخارجة مضمنة تضميناً اتساعياً .



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

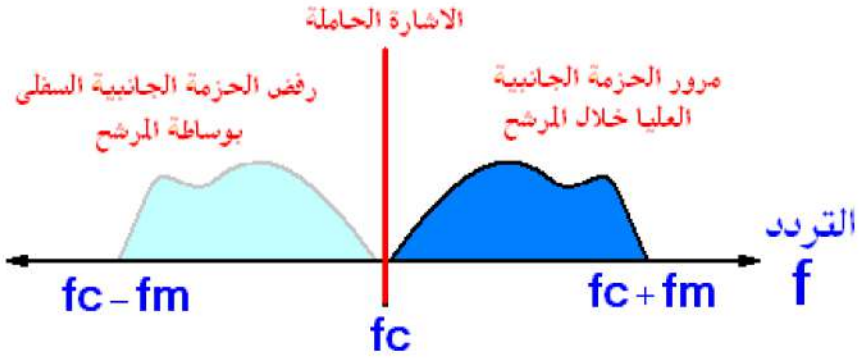
عند تحليل الطيف الترددي للإشارة المضمنة تضميناً اتساعيا نلاحظ إنها تحتوي على ترددات تشمل تردد الإشارة الحاملة وحزمتين جانبيتين أحداهما أعلى من تردد الإشارة الحاملة بمقدار تردد الإشارة المحمولة وتسمى بالحزمة الجانبية العليا (USB) (Upper Side Band) والأخرى اقل من

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



الشكل (4-8) 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 (4-9).

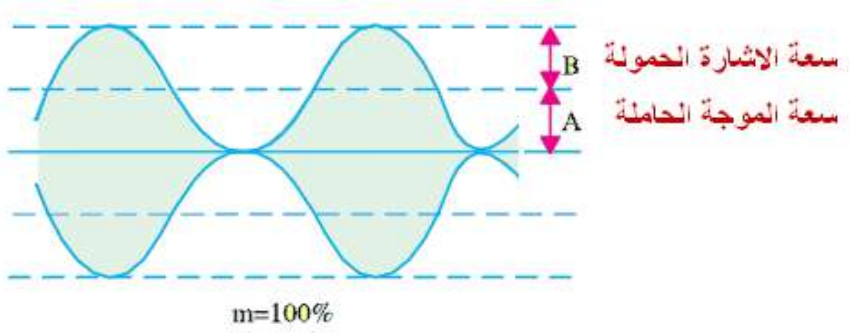


الشكل (4 – 9) إرسال حزمة جانبية منفردة SSB

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

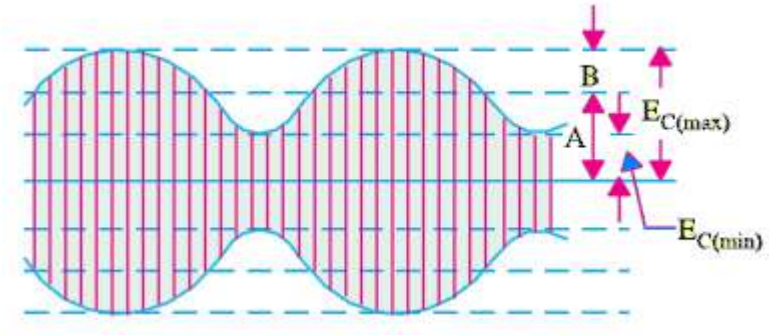
$$m = \frac{Em}{Ec}$$

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



الشكل (4-10) نسبة التضمين 100%

أما في حالة زيادة اتساع الإشارة المحمولة إلى أكثر من اتساع الإشارة الحاملة فان نسبة التضمين(Percent Modulation) تزداد إلى أكثر من 100 % ويحدث ما يسمى بالتضمين الفائض (Over Modulation) ، وهذه الحالة غير محبذة في منظومات الإرسال لان جزء من المعلومات سوف يفقد. 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 :

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

وان نسبة التضمين تساوي (m x 100%) .

مثال 4. 1 : احسب نسبة التضمين إذا كانت سعة الإشارة الحاملة A=1.5V وسعة الإشارة المحمولة B=1V .

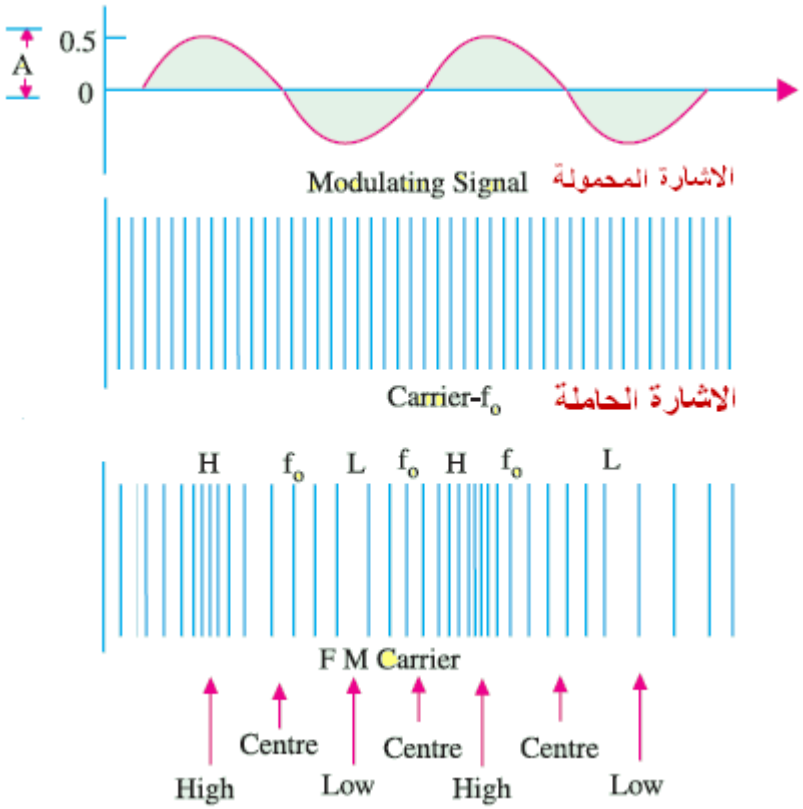
الحل:

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

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

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

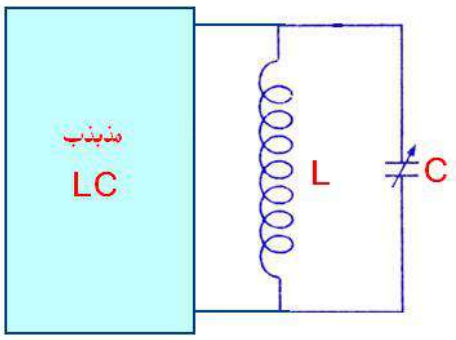
في هذا النوع من التضمين يتغير تردد الإشارة الحاملة بما يتناسب و التغير اللحظي لاتساع إشارة المعلومات (المحمولة) في حين يبقى أتساع وطور الإشارة الحاملة ثابتا لاحظ الشكل (4-12).



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

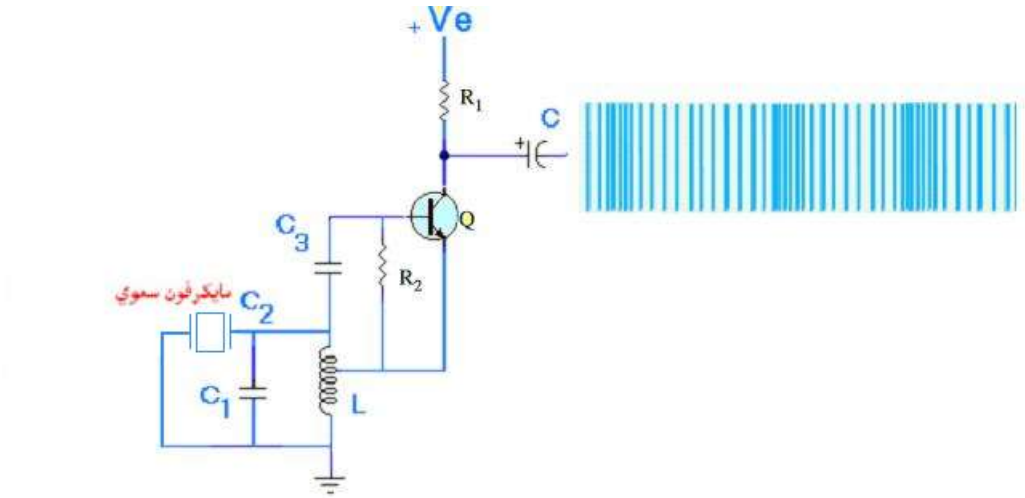
نلاحظ من الشكل أعلاه أن قيمة المتسعة (C) إذا كانت ثابتة فان المذبذب سوف يولد موجة جيبية ذات تردد ثابت، وعند تغير سعة المتسعة سوف يزداد ويقل التردد. فإذا جعلنا سعة هذه المتسعة تتغير وفقا لتغير الإشارة المحمولة فإننا سوف نحصل على الإشارة المضمنة تضمينا ترددیا (FM) .

الشكل (4-14) 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 تبعا لتغير شدة إشارة المعلومات المراد تضمينها .

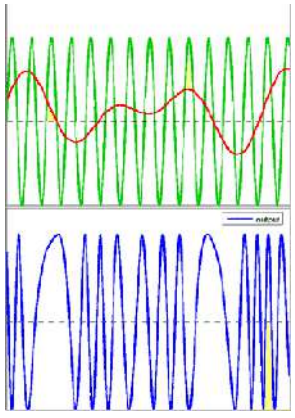
وتمتاز الإشارة المضمنة تضمينا ترددياً بتأثرها بإشارة الضوضاء بمختلف أنواعها يكون اقل من تاثر الإشارات المضمنة سعويا اذ أن إشارة الضوضاء تؤثر في اتساع الإشارة المرسلة، وان تغير الاتساع في التضمين الترددي ليس له تأثير كما هو الحال في التضمين السعوي.

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



4-1-3 تضمين الطور : PM (Phase Modulation)

يُعدُّ تضمين الطور(PM) Phase Modulation أحد أشكال التضمين التي تظهر المعلومات في شكل تغيرات في طور الموجة الحاملة لاحظ الشكل(4-15).

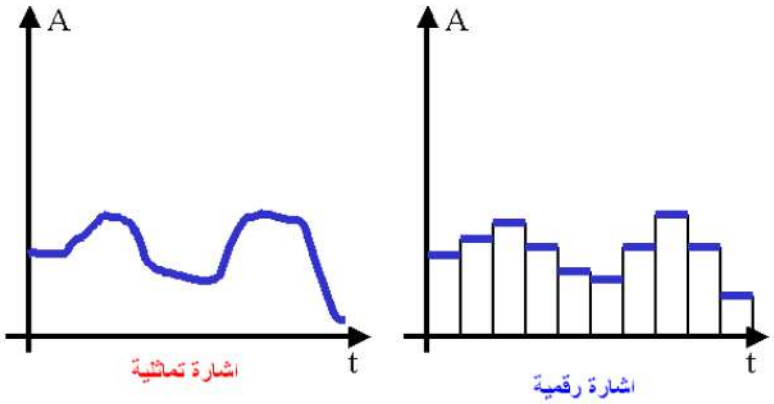


الشكل(4-15) تضمين الطور

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 وهيئة الإشارة من حيث سعتها أو قيمتها و كذلك 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

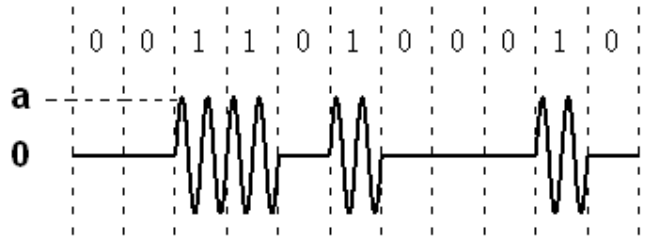
مصدر الإشارة الرقمية هو دوماً تماثلي حيث أن الحياة حولنا تماثلية ولذلك يتم تحويل أي إشارة تماثلية إلى رقمية بواسطة تقنية وإجراءات معينة وبواسطة مبدل تماثلي رقمي (ADC)الضغط على زر Enter Analog Digital Converter ، إن المجال الأوسع لاستعمال النظام الرقمي أو النظام الثنائي هو الحواسب والأجهزة الالكترونية 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 مثلا) لمدة محددة)، (صفر) لا يوجد جهد (صفر فولت) لنفس المدة وبعكس 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 إرسالا رقمياً لذا فلا بد من تحويلها إلى إشارات تماثلية عبر إحدى الطرق الأساسية التالية:

أ- مفتاح الإزاحة ألاتساعي Amplitude Shift Keying ASK
ب- مفتاح الإزاحة الترددي Frequency Shift Keying FSK
جـ - مفتاح الإزاحة الطور Phase Shift Keying PSK

مفتاح ازاحة ألاتساع Amplitude Shift Keying ASK

تعتبر طريقة مفتاح الإزاحة ألاتساعي من ابسط 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

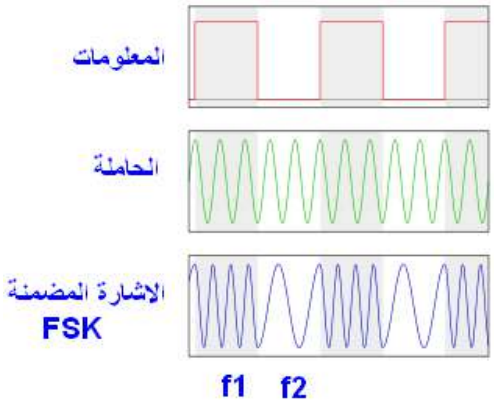
Propagation لذا فإنه لا يمكن ضمان صحة الإشارة في حالة الإرسال اللاسلكي بوجود مثل هذه الأخطاء. لاحظ الشكل (4-17)



الشكل (4 – 17) ASK

مفتاح إزاحة ألتردد Frequency Shift Keying FSK

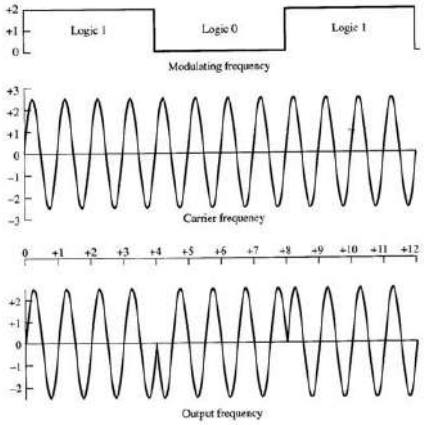
تعتبر طريقة مفتاح إزاحة التردد FSK واحدة من طرق التضمين الرقمي المستخدمة بكثرة. في هذه الطريقة يتم تمثيل المعلومات الرقمية الثنائية (0 و 1) بإشارة ثابتة السعة ويتم تغيير التردد لكل حالة. وكما في الشكل (4 -18) فقد تم تمثيل حالة 1 بتردد f1 وحالة الصفر بتردد f2. وهذا النوع من التعديل يُعدُّ اقل حساسية لأخطاء الإرسال من تداخلات وضوضاء وتشتت للإشارة بتعدد المسارات.



الشكل (4- 18) FSK

مفتاح ازاحة 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 اقل حساسية لأخطاء الإرسال من تداخلات وضوضاء وتشتت للإشارة بتعدد 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 او البلوري (Crystal Diode) الأكثر استعمالاً للكشف عن إشارة المعلومات المرسلة يصنع من الجرمانيوم او السيليكون ويوضع وسط غلاف زجاجي لاحظ الشكل (4-20). وفي الدوائر المدمجة يخصص جزء منها لثنائي الكاشف.

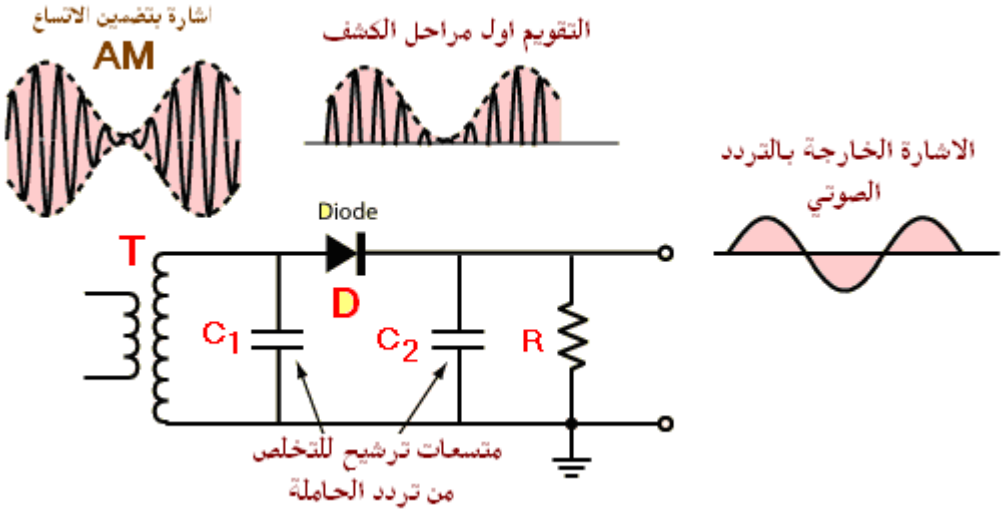
الشكل (4-20) الكاشف البلوري

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 (4 -21) 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) اكبر بكثير من مقاومة الانحياز الأمامي للثنائي (re) .



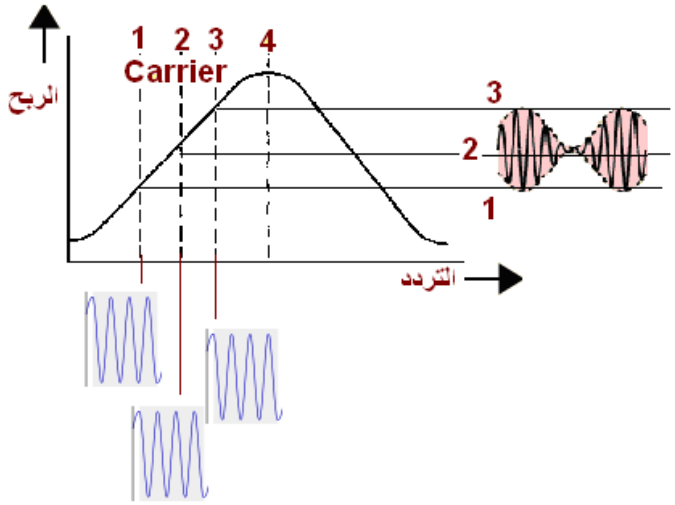
الشكل (4 -21) الدائرة الالكترونية لكاشف تضمين الاتساع

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 إطرافها يمثل الإشارة

الخارجة المكشوفة، وهي عبارة عن إشارة معلومات مرسلة بالتردد الواطئ مثل إشارة بالتردد الصوتي او إشارة صورية وغيرها.

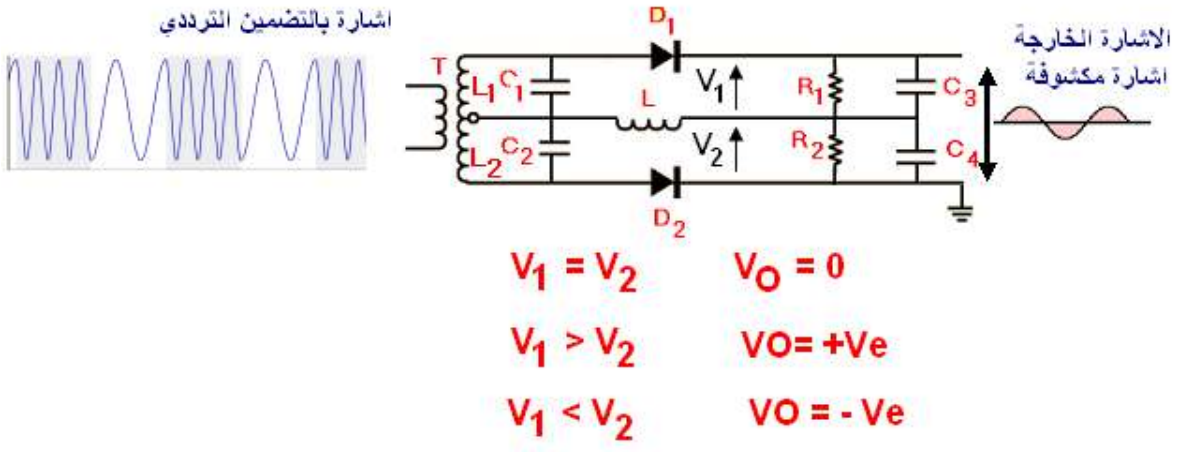
4 -2-2 كاشف تضمين التردد : Frequency Demodulation

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



الشكل(4- 22) منحنى يوضح الكشف بالتضمين الترددي

والدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (4-23) عبارة عن دائرة كاشف تضمين التردد من نوع المميز (Discriminator). تنغم دائرتي الرنين (L_1C_1 و L_2C_2) على تردد الموجة الحاملة. وبتسليط هذا التردد يظهر على كل من الملفين (L_1 و L_2) فولتية متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتجاه بسبب النقطة الوسطية للملف الثانوي للمحولة T. بعد التقويم للثنائيين (D_2,D_1) يظهر جهد على (R_2 R_1) متساوين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه أي ان محصلتهما تساوي صفراً.

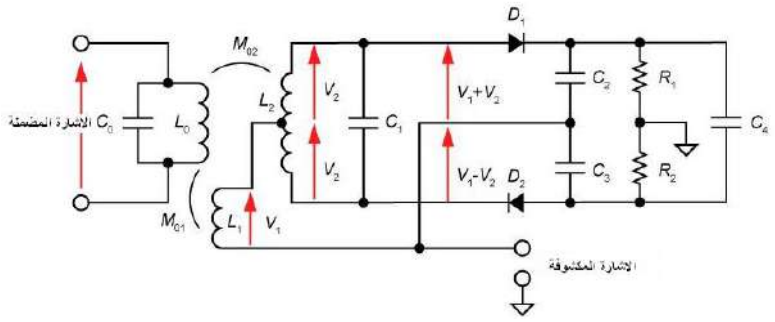


الشكل(4-23) الدائرة الالكترونية لكاشف تضمين التردد

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) .

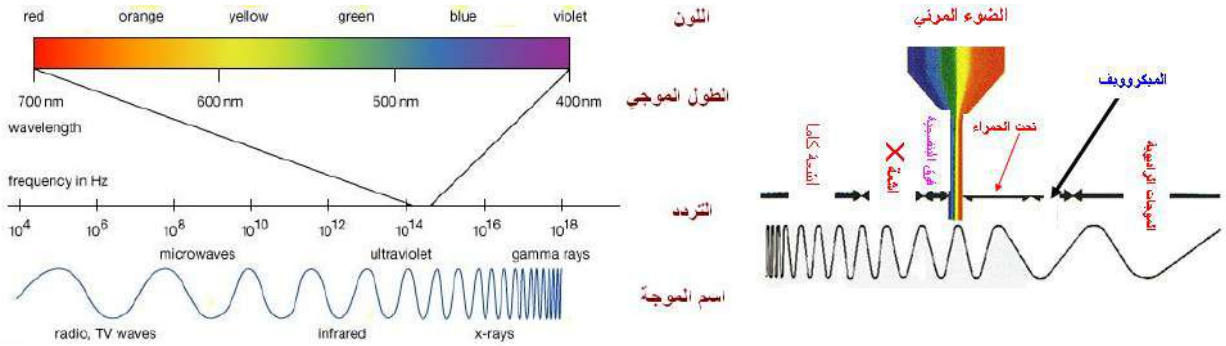


الشكل (2-24) دائرة المميز

3-4 انواع الموجات الراديوية :

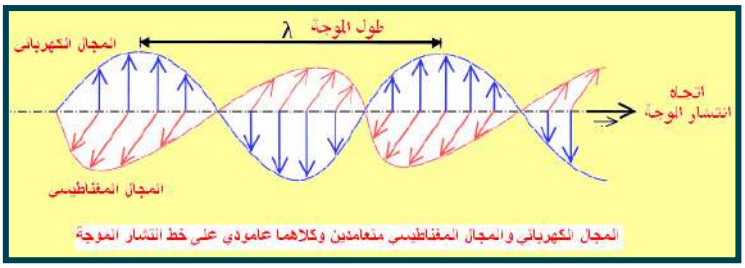
تمهيد:

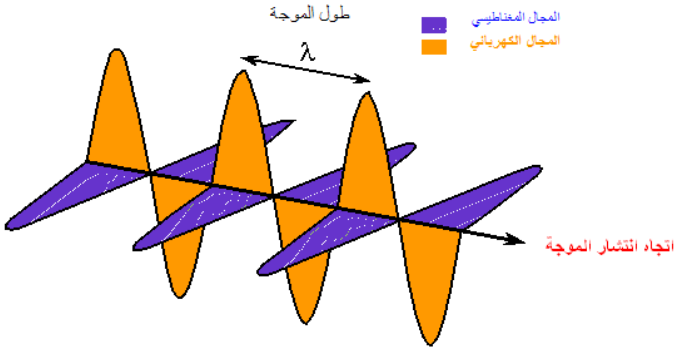
الموجات الراديوية (Radio Wave) هي جزء من طيف الموجات الكهرومغناطيسية بطول موجي أعلى من الأشعة تحت الحمراء، وتستعمل في البث الإذاعي والتلفزيوني واتصالات الهاتف الخلوي والملاحة. والشكل (4-25) يوضح الطيف الترددي للموجات الكهرومغناطيسية.



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 (4-26).





الشكل(4-26) الانتشار الكهرومغناطيسي

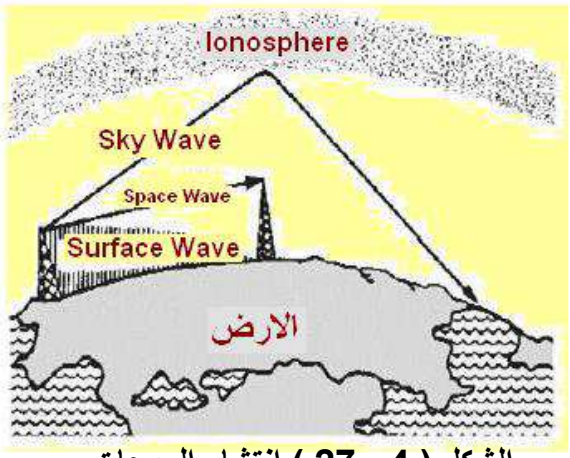
تقوم الموجات الكهرومغناطيسية بنشر الطاقة في الفراغ أو من خلال المواد الشفافة مثل الزجاج. وتختلف الموجات الكهرومغناطيسية تماما عن موجات الصوت، لان الموجات الصوتية تحتاج إلى وسط مادي للانتشار كالماء والهواء والمعادن وغيرها، في حين ان الموجات الكهرومغناطيسية مثل الضوء فهي لا تحتاج لوسط مادي لتنتقل فيه مثل 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)

جـ - الموجات المنتشرة بشكل خط مستقيم (Space Wave)

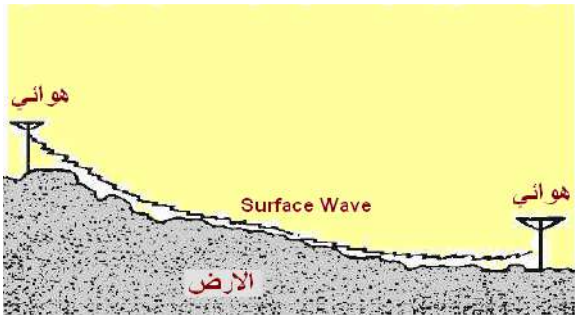
د- الموجات المنتشرة عبر الأقمار الاصطناعية



الشكل (4 - 27) انتشار الموجات

أ- الموجات الأرضية :

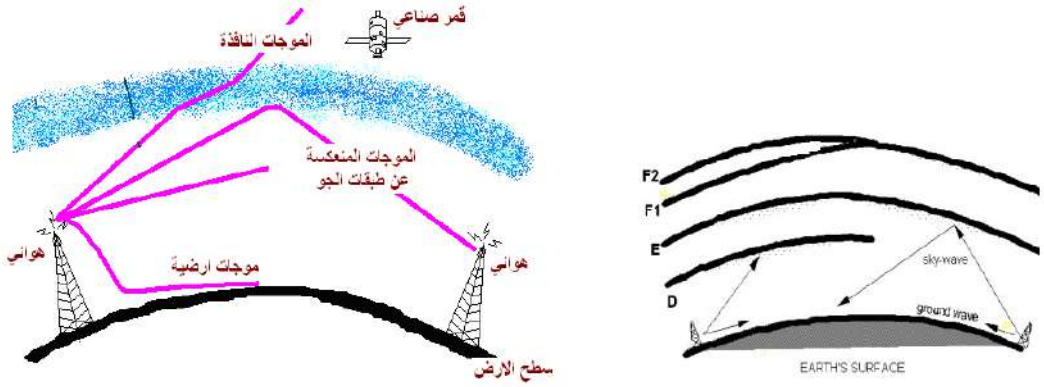
وهي موجات راديوية تنتشر على سطح الأرض ويكون فيها المجال الكهربائي عمودياً على سطح الأرض كي لا يحدث قصر (Short) إذا كان المجال الكهربائي افقياً.تتأثر الموجات الارضية بالعوارض مثل الأبنية والمرتفعات الموجودة على سطح الأرض وغيرها ، وتنتقل مع اضمحلال قليل في طاقتها عندما تنتقل على سطح موصل مثل ماء البحر المالح مثلاً. ويكون اضمحلالها كبيراً عندما تنتقل عبر سطح أرض جافة. تزداد الخسائر في طاقة الموجات الأرضية بزيادة تردد هذه الموجات، وتصبح الخسائر قي 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 الايونوسفير تنعكس الموجات من هذه الطبقة متجهة إلى نقطة أخرى على الأرض يتم فيها الاستقبال. وتقسم طبقة الايونوسفير إلى طبقات عديدة هي : الطبقة السفلى (D)، والطبقة المتوسطة (E)، والطبقة والعليا (F).
لاحظ الشكل (4- 29).



الشكل (4-29) 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 الآيونوسفير السفلى (D) :

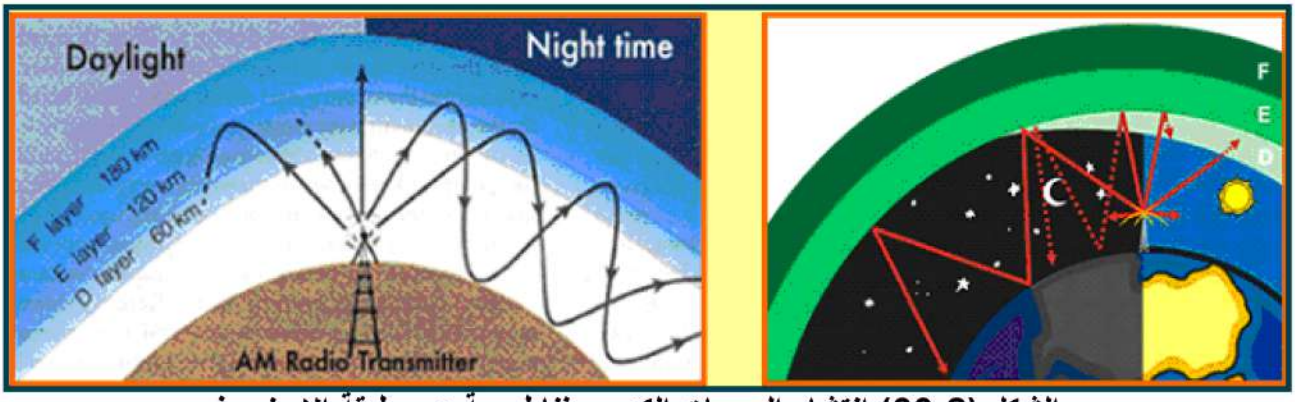
تبعد هذه الطبقة عن الأرض مسافة تتراوح بين Km(60-25)) لها القابلية على عكس الموجات ذات الترددات القليلة وتختفي هذه الطبقة عند الغروب لأنها تفقد تأينها.

(1) طبقة الايونوسفير الوسطى (E) :

تبعد هذه الطبقة بمسافة Km(120-60) عن سطح الأرض ويبدأ تأين هذه الطبقة بالتناقص مع غروب الشمس وتبقى في منتصف الليل،وتقوم هذه الطبقة بعكس الموجات ذات تردد أعلى من تلك الموجات المنعكسة من الطبقة (D) إذ تصل إلى MHz(20) .

(3) طبقة الايونوسفير العليا (F) :

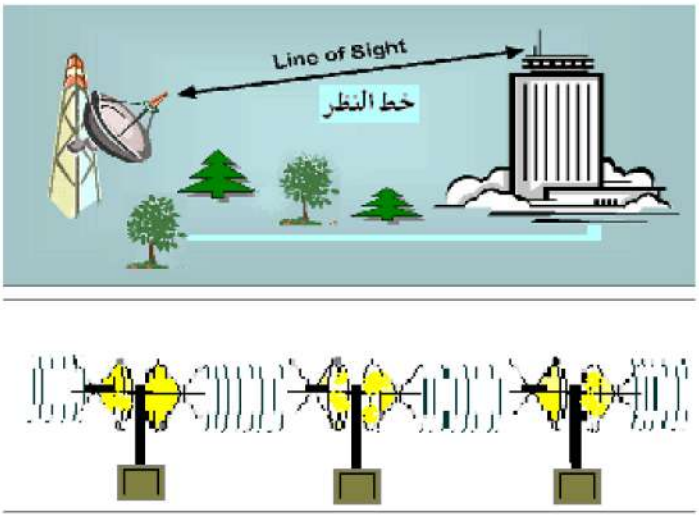
تبعد Km(180-120) عن سطح الأرض ويكون تأين هذه المنطقة عالياً جداً خلال ساعات النهار ويبدأ بالتناقص في الليل ولكنه لا ينتهي إذ يستمر طوال الليل ويتجدد في النهار التالي وهكذا تستمر هذه الطبقة بعكس الموجات الكهرومغناطيسية طوال اليوم.ويصل تردد الموجات التي تعكسها هذه الطبقة إلى MHz(30). والشكل(4-30) يوضح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



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

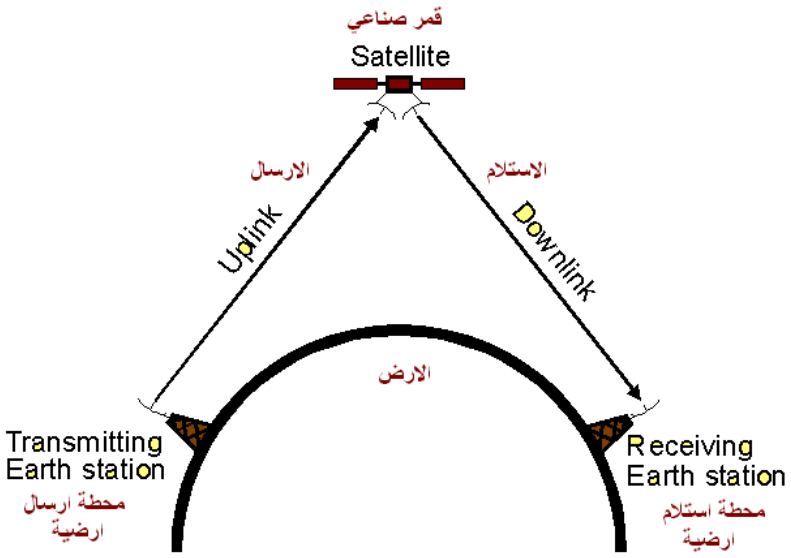
جـ - الموجات المنتشرة بخط مستقيم :

تتحدد 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 الى ارتفاعات شاهقة جداً لذا لا تنتشر الموجات بهذا النمط أكثر من (70)Km، وهي مستخدمة في الإرسال التلفزيوني، ومنظومة الموجات الدقيقة (المايكروويف). 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 جدا 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 Recevier)

4-4-1 تمهيد:

تمكن العالم (ماركوني1887-1937) من استعمال الموجات الكهرومغناطيسية في الارسال، إذ استعمل جهاز إرسال مع هوائي لنقل الإشارات لمسافات بعيدة فأرسل عام (1901) إشارات عبر الأطلسي، فكان يوما عظيماً في تاريخ الاتصالات اللاسلكية. وفي عام (1920) ظهرت الإذاعة وأجهزة الراديو باستعمال الموجات المتوسطة بتضمين الاتساع بالتردد من KHz(535-1700). وفي بداية الثلاثينيات تم استعمال الموجات القصيرة بالتردد MHz(5.9-26.1). وفي الإذاعات التي تستعمل التضمين الترددي FM يكون التردد بين MHz(88-108) وقبل دراسة اجهزة الاستقبال الراديوية لابد من دراسة مبادئ الإرسال للمنظومة الراديوية.

4-4-2 أجهزة الإرسال الراديوية :

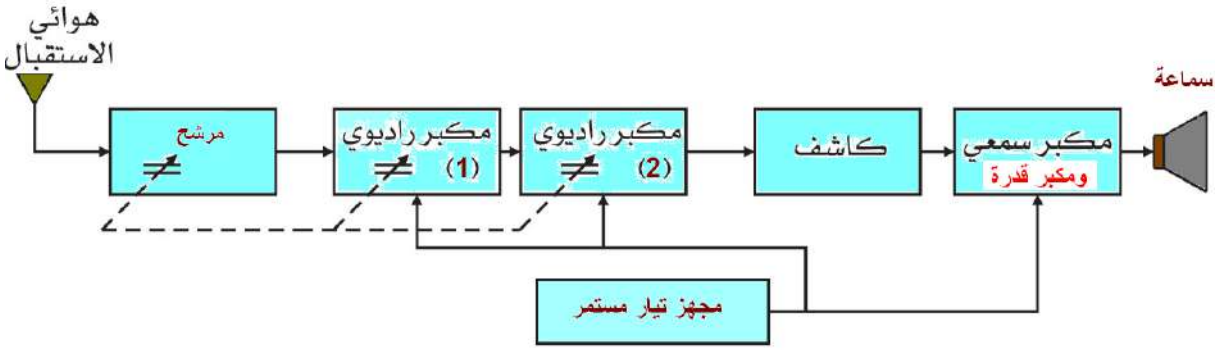
الموجات الراديوية أو موجات الراديو (Radio waves)، هي جزء من طيف الموجات الكهرومغناطيسية. تنتج تلك الموجات بالطبيعة عن طريق البرق أو الأجسام الفلكية. أما استعماله الصناعي فيكون في البث الإذاعي الثابت والمتحرك، مثل الراديو والتلفزيون واتصالات الخلوي والملاحة، ويتم بها الاتصال برواد الفضاء أيضا ، وبواسطتها يجرى التحكم في صواريخ الفضاء، والتحكم في كل الأجهزة التي يرسلها الإنسان إلى الكواكب وعالم الفضاء، وأيضا شبكات الكمبيوتر وتطبيقات أخرى. ويبلغ الطول ألموجي لموجات الراديو بين عدة سنتيمترات إلي 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 عن عدد الأجهزة منها مكبرات الإشارة الصوتية والمذبذب، والمضمن السعوي او

الترددي ومكبر القدرة للإشارة المرسلة، وهوائي الإرسال والشكل (4-33) يوضح اجهزة احدى المحطات الإذاعية .

الشكل (4-33) الأجهزة المستخدمة في المحطة الإذاعية

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

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



الشكل (4 - 34) المراحل الأساسية لجهاز الاستقبال البسيط

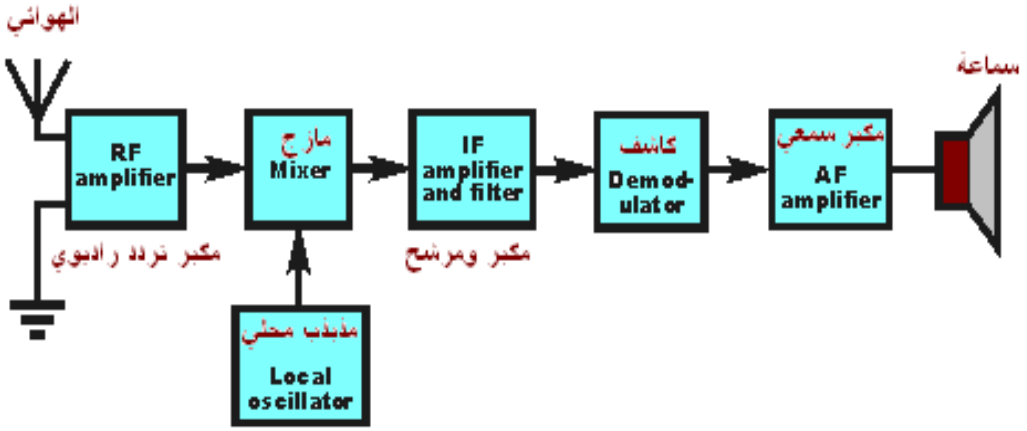
يقوم الهوائي بتحويل طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المنتشرة بالجو إلى إشارة كهربائية. ويتم اختيار إشارة المحطة المراد استلامها بواسطة دائرة التنغيم، وهي عبارة عن دائرة رنين. ويلي دائرة التنغيم مراحل عديدة من مكبرات التردد الراديوي التي تنغم أيضا على تردد المحطة المستلمة. وان سبب استعمال مراحل عديدة لتكبير الإشارة الراديوية يعود إلى كون الكاشف يحتاج إلى إشارة دخول ذات مستوى عالٍ نسبيا. 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 مساوئ استعمال جهاز الاستقبال البسيط :

في أجهزة الاستقبال الحساسة نحتاج إلى ربح يصل (10^8). إذ ان (10^4) يتم الحصول عليه قبل الكشف (في مرحلة التردد العالي) و(10^4) في مرحلة التردد العالي بعد الكاشف. وقد يصعب الحصول على هذا التكبير من مكبرات متصلة على التوالي (Cascade)، وذلك لعدم استقرار المكبرات الراديوية ذات الربح العالي. وللحصول على استقبال منتظم لعدد من المحطات فان الربح لكل مرحلة يجب ان يكون منخفضا (20 للترددات المنخفضة الصوتية و 2 للترددات الراديوية المرتفعة)، وهذا يتطلب عدداً كبيراً من المراحل. وللتغلب على هذه الصعوبات فان تكبير الترددات الراديوية عند الاستقبال يقسم الى مرحلتين. ويتم تكبير كل منهما بتردد مختلف وذلك بالافادة من مبدأ تغيير التردد او 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) :

ان 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 مخططا كتلوياً لجهاز الاستقبال السوبرهيتروداين .



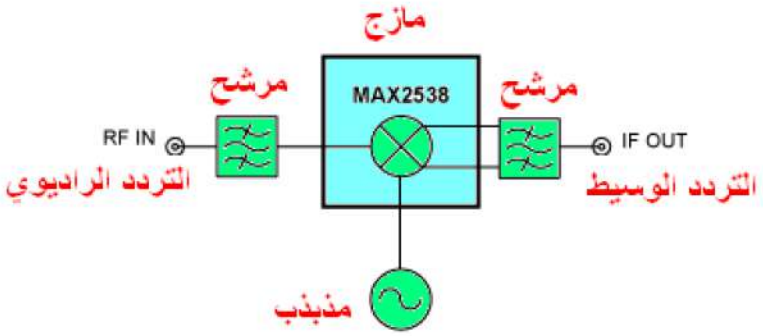
الشكل (4-35) مخطط كتلوي لراديو سوبرهتروداين يعمل بتضمين الاتساع

كما نلاحظ من الشكل أعلاه أن هناك ثلاث مراحل جديدة قد أضيفت إلى جهاز الراديو البسيط الذي تطرقنا له سابقا. هذه المراحل هي المذبذب المحلي (Local Oscillator) والمازج (Mixer) ومكبر التردد الوسيط (IF Amplifier). وان الهدف من هذا التصميم هو إضافة مرحلة مكبر التردد المتوسط الذي يتم فيه الجزء الأعظم من عملية تكبير الإشارة. وتمثل المرحلة الأولى في المخطط الكتلوي دائرة مكبر التردد الراديوي والتي قد لا تستعمل في بعض الأحيان وخاصة إذا كانت نسبة الإشارة إلى الضوضاء قرب الهوائي مرتفعة نسبيا. والمرحلة الأخرى هي المازج إذ تدخل عليه إشارتان أحداهما قادمة من الهوائي أو خارجة من مكبر التردد الراديوي والأخرى قادمة من مرحلة المذبذب المحلي. ويقوم المازج بخلط الإشارتين وإخراج إشارة ترددها يساوي حاصل جمع وحاصل

طرح تردد الإشارتين الداخلتين. والمرحلة الأخرى هي مرحلة مكبر التردد المتوسط التي تعطي تكبيراً للإشارة على عرض حزمة ثابت. ويتراوح التردد الوسيط بين KHz(465 - 455).
وبعد مرحلة مكبر التردد الوسيط يأتي الكاشف الذي يقوم بفصل معلومات إشارة الصوت عن الإشارة الحاملة ثم يغذيها إلى مرحلة مكبر التردد الصوتي وتغذى إلى السماعة. ويؤخذ تيار مستمر تعتمد شدته على شدة الإشارة الداخلة ويغذى عكسيا إلى كل من مكبر التردد الوسيط ومكبر الترددات الراديوي. وتسمى الدائرة التي تقوم بهذه الوظيفة بدائرة منظم الفولتية ذاتياً (AVC) . وتعمل هذه المرحلة على تثبيت مستوى الإشارة الخارجة مهما تغير مستوى الإشارة الداخلة وذلك للمحافظة على سماع صوت ثابت الشدة مهما ابتعد او قرب جهاز الاستقبال من محطة الإرسال او في حالة حصول تغير في مستوى الإشارة الداخلة نتيجة للظروف الجوية.

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

ذكرنا ان المازج يقوم بتحويل التردد إذ تدخل عليه إشارتان أحداهما قادمة من مكبر التردد الراديوي والأخرى من المذبذب المحلي. ويكون تردد المذبذب المحلي عادة أعلى من تردد الإشارة الراديوية القادمة من الهوائي بمقدار التردد الوسيط، لذا جاءت كلمة (سوبر). علما ان السبب في جعل تردد المذبذب المحلي أعلى من تردد إشارة الهوائي وليس العكس ليتسنى للجهاز استقبال الموجات الطويلة التي يكون اعلى تردد لها KHz (300) أي اقل من التردد الوسيط.
ولفهم حقيقة ما يحصل في المازج لاحظ الشكل (4-36)، فالإشارة الداخلة الى المازج هي إشارة ترددها KHz (1) مضمنة سعويا (AM) بإشارة جيبية ترددها KHz(1000) أي أنها تحتوي على حزمتين جانبيتين أحداهما بتردد KHz (999) والأخرى بتردد KHz (1001). وتردد المذبذب المحلي KHz (1455) وعليه فالإشارة الخارجة من المازج سوف تحتوي على الترددات الآتية :
1- جميع الترددات الأصلية الداخلة KHz (999 ، 1000 ، 1001 ، 1455).
2- جمع وطرح الترددات لجميع الإشارات الداخلة: KHz (1001، 1000، 999) ±1455 وناتج هذه العملية هي : KHz (2454 ، 2455 ، 2456 ، 454 ، 455 ، 456).
المرحلة الأولى لمكبر التردد الوسيط تكون منغمة على تردد KHz (455) وبعرض حزمة KHz (2) وهذا المكبر يعمل على تكبير الحزمة الواقعة بين KHz (456 - 454) فقط . إذاً فالإشارة بعد مرحلة التردد الوسيط تشبه الإشارة القادمة من الهوائي من حيث التعديل السعوي لكن تردد الإشارة الحاملة انخفض من KHz (1000 إلى 455)، لاحظ الشكل (4-36).



الشكل (4-36) تغيير التردد في راديو سوبرهترودين

7-4-4 التردد المشابه : Image Frequency

فيما سبق أوضحنا أن الراديو السوبرهيتروداين يمتاز عن الراديو البسيط بكون الانتقائية فيه ثابتة على مدى من الترددات. إذ يمكننا استنتاج ذلك إذا عرفنا أن معظم التكبير يتم في مرحلة مكبر

التردد الوسيط . ومن مساوئه أن تركيبه معقد وكذلك فان عملية تحويل التردد من المازج تسمح لبعض الترددات أن تدخل إلى مكبر التردد الوسيط في أن واحد ويحدث تداخل بينهما.
ومثال على ذلك نتأمل مستلما منغما 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 أحداهما 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 455 كيلو هيرتز، فان تردد المذبذب المحلي f_L يساوي :

$$f_L = 620 + 455KHz$$

$$f_L = 1075KHz$$

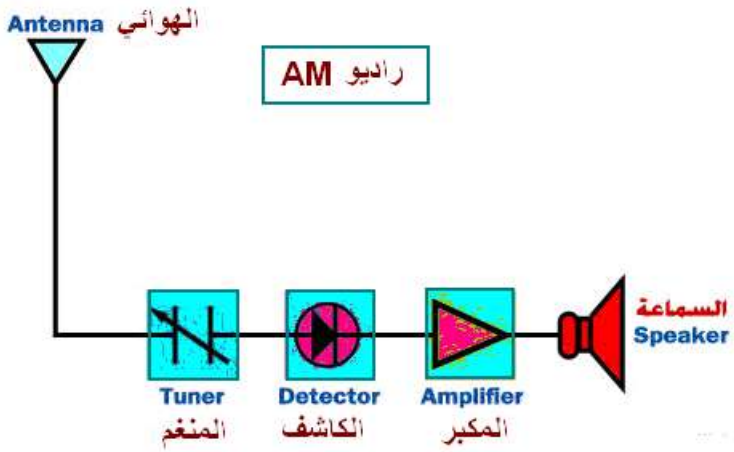
وألان نحدد أي تردد يمتزج مع الإشارة 1075 كيلو هيرتز للحصول على 455 كيلو هرتز ولنفرضه x :

$$X = 1075 + 455\ KHz$$

$$X = 1530\ KHz$$

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 سعوياً 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

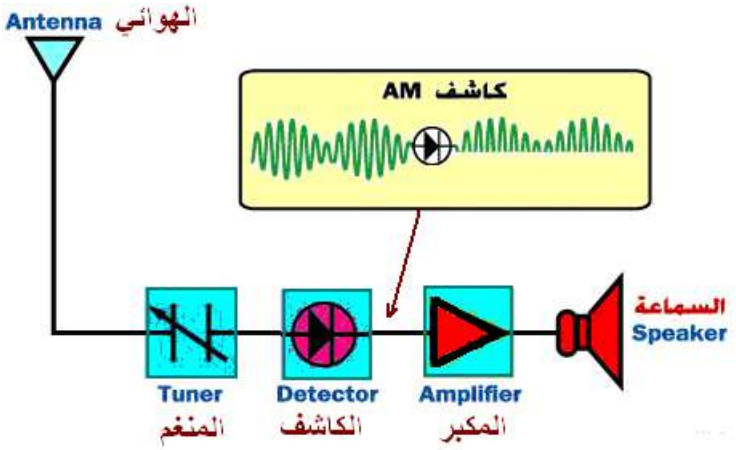
وكما نلاحظ من الشكل أعلاه الأجزاء المهمة في راديو الـ AM ويمكن تعريف هذه الأجزاء بشكل مبسط وكما يأتي :

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.

جـ - الكاشف : وهو الجزء الذي يأتي بعد دائرة التنغيم والذي سنستقبل عليه المحطة التي تبث على التردد المطلوب مثلاً (680KHz) والذي يقوم بفصل المعلومات الصوتية عن الموجة الجيبية ويسمى أيضا (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.

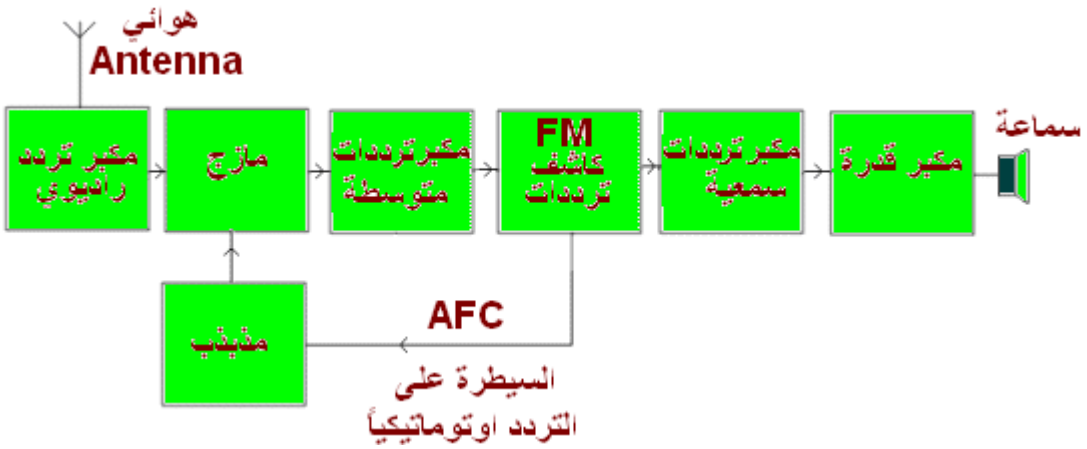
في حالة محطات الراديو التي تبث بنظام تضمين التردد FM يتم استبدال الكاشف بدائرة الكترونية لها القدرة على طرح (استخلاص) موجة الراديو المستقبلة من تردد الموجة الجيبية الأصلية لنحصل على الموجة التي تحتوي على المعلومات التي تكبر بنفس طريقة تضمين السعة AM وترسل بعد ذلك للسماعة.

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

4-4-9 مستقبل إذاعة الـ FM :

الشكل (4-39) يبين مستقبل موجات راديو مضمنة تضمينا ترددياً 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 تعقيداً من منظومة الـ AM وذلك للتخلص من العيوب المذكورة سابقاً .



الشكل (4-39) مخطط كتلوي لجهاز راديو FM

إن ترددات الـ FM تقع ضمن المدى الترددي (88-108) ميكاهرتز 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 أخر يعمل على تكبير القدرة ليتسنى لنا سماع الصوت وهو مكبر القدرة (Power Amplifier) حتى يتم سماع الصوت بوساطة المرحلة النهائية وهي السماعة .

4-5 جهاز القرص الليزرى 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 CD وجهاز قراءة هذه الأقراص وكتابتها.

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

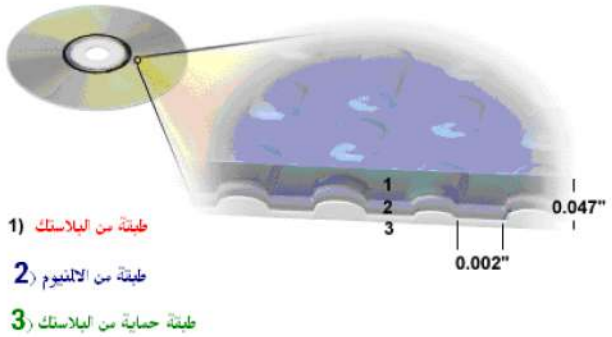
سي دي CD (Compact Disk)

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 بزمن 22 دقيقة، وتوجد كذلك أقراص الـ DVD لها القابلية على تخزين ما يقارب الـ9GB، 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 البوليكربون polycarbonate وعلى هذه الطبقة توجد طبقة رقيقة من الألمنيوم اللامع بسمك 1.25 نانومتر مغطاة بطبقة حماية من مادة الاكريلاك 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 ميجابيت، لاحظ الشكل (4 -40) .

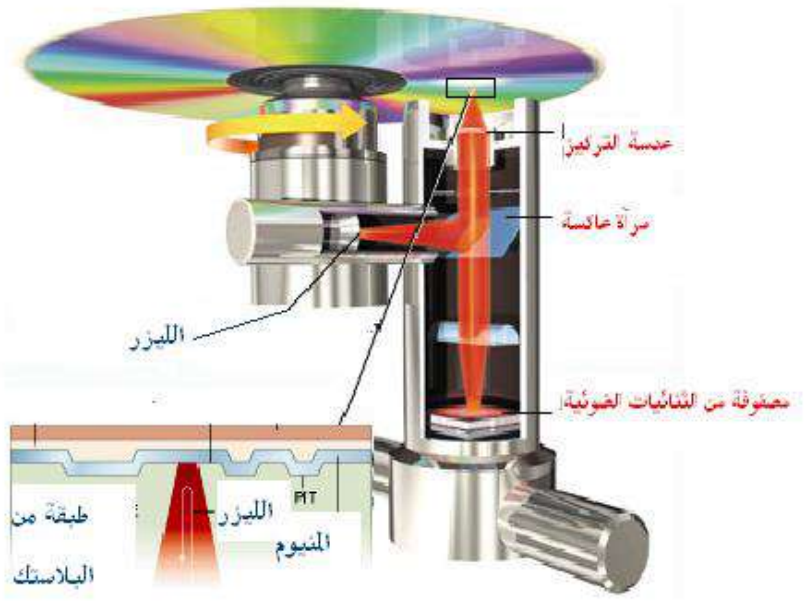
الشكل (4 - 40) يوضح مسار البيانات اللولبي في قرص الـ CD

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 كيلومتر!! ولقراءة هذه المعلومات نحتاج إلى جهاز خاص هو جهاز الـ CD ROM Drive.

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

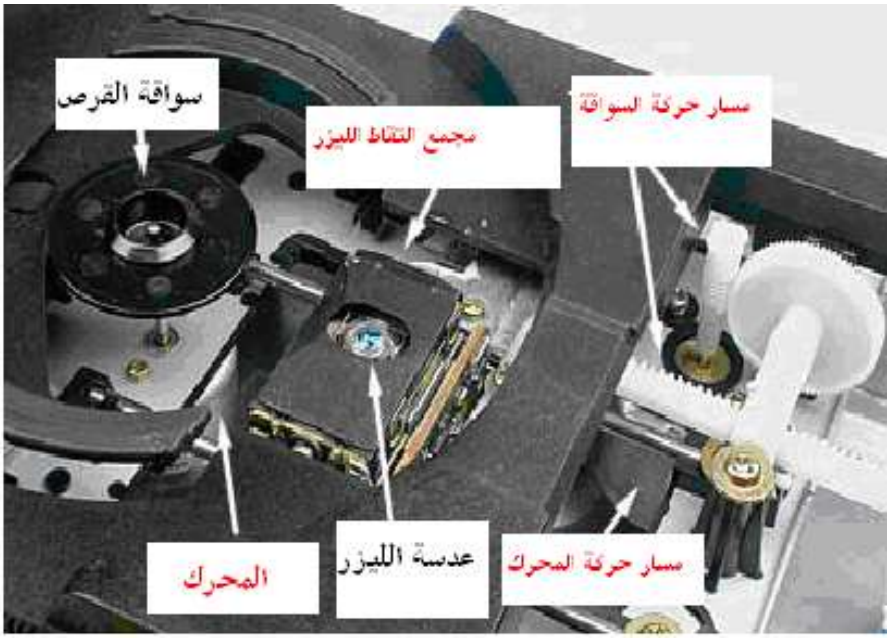
يقوم جهاز مشغل أقراص CD بالبحث عن المعلومات المخزنة في صورة Bits على المسارات اللولبية وقراءتها وهذا يتطلب دقة عالية. ويمكن تقسيم مشغل أقراص CD على ثلاثة أقسام رئيسة هي :

- المحرك : يقوم بتدوير قرص CD والتحكم بسرعته 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

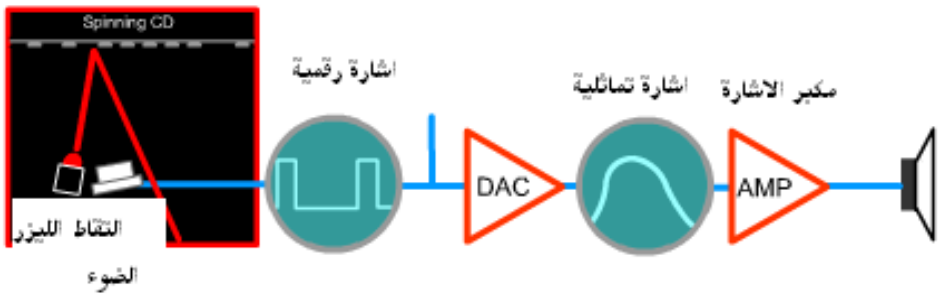
يحتوي مشغل الأقراص على قطع الكترونية تقوم بتحويل البيانات المخزونة في صورة رقمية Digital إلى إشارة تماثلية Analogue كما هو الحال في استعماله لسماع الموسيقى أو لنقل البيانات إلى الحاسبة الالكترونية لاحظ الشكل (4 - 43) .



الشكل (4 - 43) مكونات مشغل الأقراص

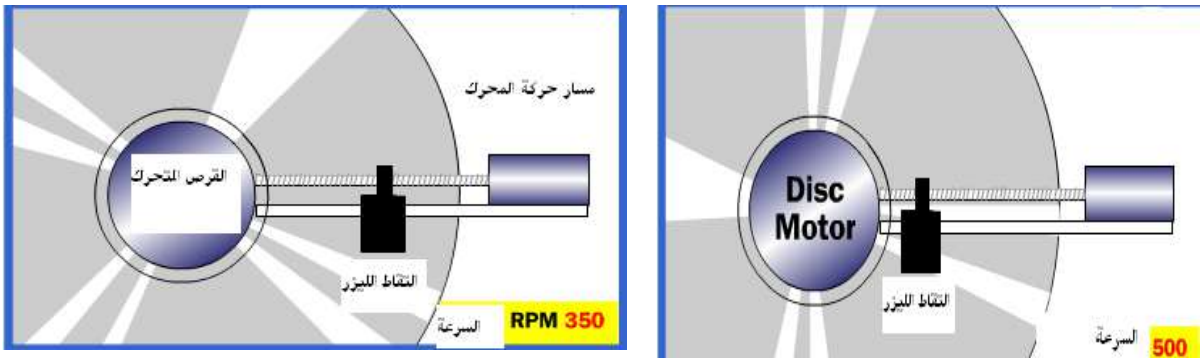
إن الوظيفة الأساسية لمشغل أقراص CD هي تركيز أشعة الليزر على المسارات التي تحتوي على البيانات، إذ تنفذ أشعة الليزر من الطبقة البلاستيكية لتسقط على طبقة الألمنيوم العاكس، وحيث أن المسارات تحتوي على البيانات على شكل Bits متقطعة مما يسبّب في اختلاف انعكاس شعاع الليزر على هذه المناطق والمناطق التي لا تحتوي 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 المخزونة على القرص وتحويلها إلى معلومات.
لاحظ الشكل (4 -44).



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

ومن المهم التحكم في موقع شعاع الليزر على المسار اللولبي خلال دوران القرص المرن 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 الزاويّة للقرص في نصف قطر المسار. ولهذا يجب على المحرك المتحكم في تحريك الليزرأن 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 بوساطة 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 .

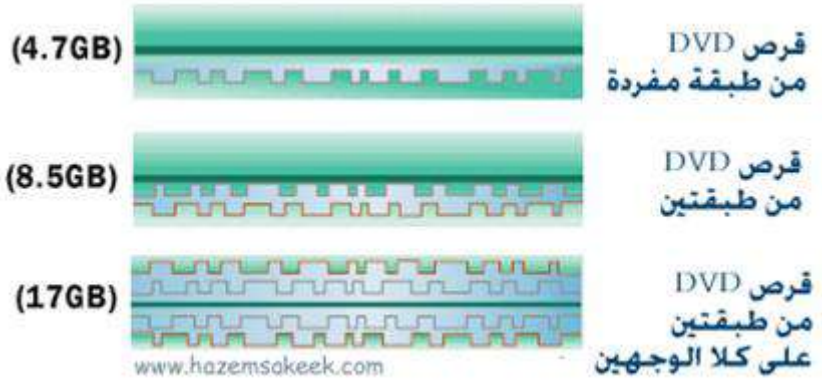
سؤال :

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

الجواب :

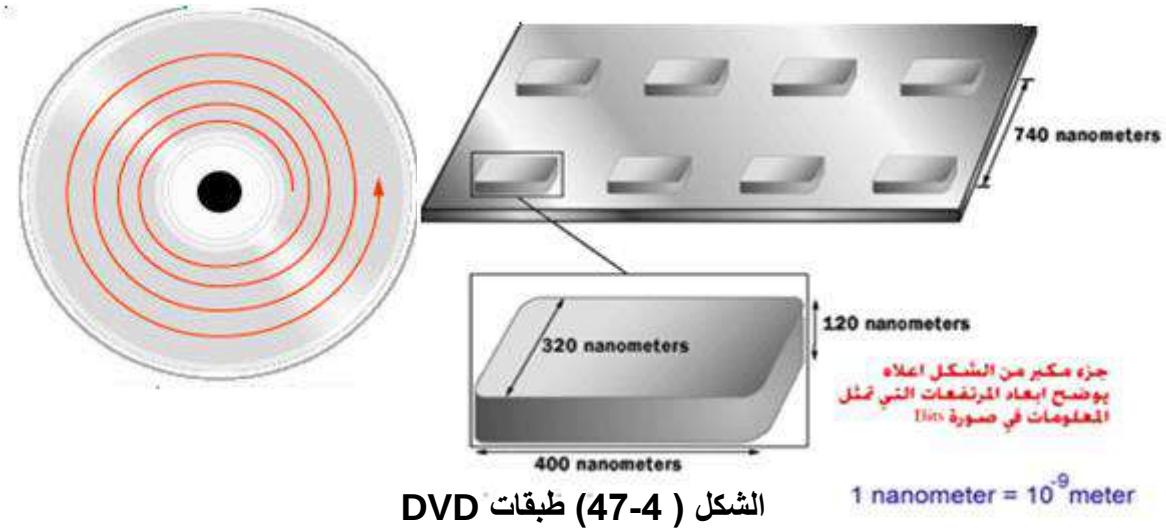
تكمن الفكرة في تصغير إبعاد العناصر المكونة للبيانات . ولتوضيح تلك الفكرة فأننا نحتاج إلى فهم تركيب قرص الـ DVD وكيف تتم كتابة البيانات عليه وكيف تتم تلك البيانات.

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 الى الخارج . وبهذه الطريقة يمكن ان نحصل على قرص DVD بنصف قطر سمكه 12cm اذا كان ذلك مطلوباً . وبالنظر تحت المجهر الالكتروني 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 اكثر نفترض اننا قمنا بتحويل المسار اللولبي الى مسار مستقيم سنحصل على شريط عرضه 320 نانومتر وطوله يتجاوز 12Km ولقراءة هذه المعلومات نحتاج الى جهاز عرض DVD Player اي مشغل اقراص الديفيدي (DVD).



الشكل (4-47) طبقات DVD

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

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 مستعمليها 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 ضخم جدا. فعلى سبيل المثال إذا أردت أن تقوم بتسجيل مقطع صوتي ومدته أربعة دقائق باستعمال كمبيوترك فإن هذا المقطع سيستهلك ملفا حجمه أربعون ميجابايت. أما إذا أردت تسجيل أكثر من قرص سي دي(CD) فإن ذلك يصبح مستحيلاً تقريبا. 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 الخوارزميةalgorithm الرياضي في ملفات MPEG 1, Layer 3. كما يقوم هذا الأسلوب في جزء منه بالاستغناء عن بعض معلومات الملف، ولكن ذلك يتم اعتمادا على بعض نظريات علوم الصوتيات، حيث يتم إزالة جميع الأصوات المكررة فوق بعضها أو محمولة ولو جزئيا 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.

جـ - ارسال معلومات تردد واطئ لمسافات طويلة.

د - انتاج الحزم الجانبية.

2- الكشف هو :

أ - أداء محطة الإرسال.

ب - حذف الحزم الجانبية.

جـ - عكس التضمين

د - تقويم الإشارة المضمنة.

3- في تضمين الاتساع يكون :

أ - التردد ثابتاً والسعة ثابت

ب - التردد متغيراً والسعة متغيرة.

جـ - التردد ثابتاً والسعة متغيرة.

د - توجد ثلاث حزم جانبية.

4- في تضمين التردد يكون :

أ - التردد ثابت والسعة ثابتة.

ب - التردد متغير والسعة متغيرة.

جـ - 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.

جـ - للحصول على المحمولة(المعلومات).

د - للكشف عن الحزمتين الجانبيتين العليا والسفلى.

6- يستعمل المازج :

أ - لجمع تردد المكبرالراديوي مع تردد المذبذب المحلي.

ب - لطرح تردد المذبذب المحلي من تردد المكبر الراديوي.

جـ - للحصول على تردد المذبذب المحلي.

د - لطرح تردد المكبر الراديوي من تردد المذبذب المحلي.

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

أ – D و E و F

ب – السفلى و الوسطى والعليا

جـ - الاختيار أ و ب كلاهما صحيح

د – سفلى و عليا

8- الترددات المستعملة للهواتف المحمولة على المدى

أ – (924-949)MHz

ب – (824-849)MHz

جـ - (724-749)MHz

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

أ – تضمين السعة

ب – تضمين التردد

جـ - تضمين الطور

10- ان ترددات إذاعة الـ FM تقع ضمن المدى الترددي

أ – (88-108) كيلوهيرتز

ب – (80-180) ميكاهيرتز

جـ - (88-100) ميكاهيرتز

أسئلة الفصل الرابع

1- عرف التضمين . وما هي فوائده ؟

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

3- ارسم دائرة مضمن اتساع واشرح 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 سعوياً القيمة العظمى لها تساوي (30) ملي فولت والقيمة الصغرى تساوي (7) ملي فولت .

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

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 واشرح 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 السوبرهيترودين على جهاز الراديو البسيط ؟

23- ما هي فائدة تغير التردد في جهاز الراديو السوبرهيترودين ؟

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

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

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 الرئيسة 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

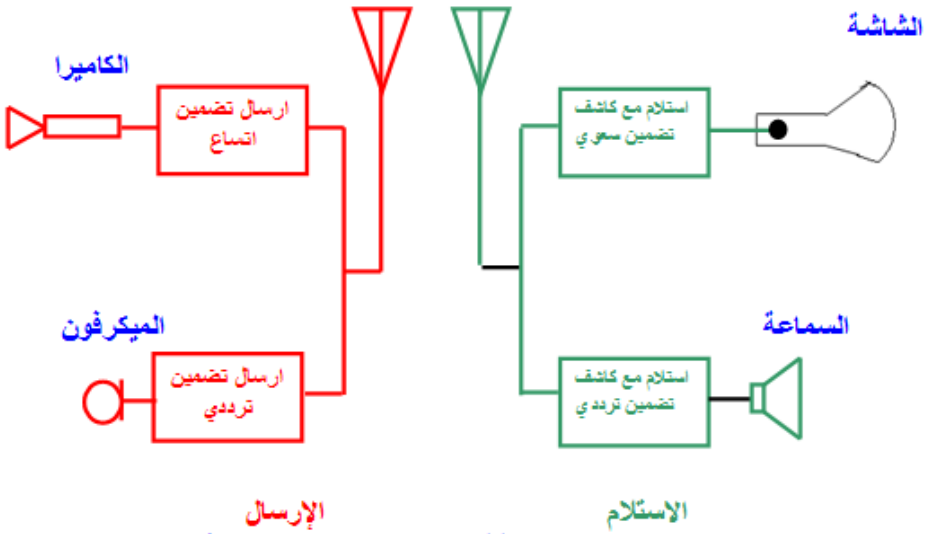
اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل الخامس

الفصل الخامس : منظومة الإرسال التلفزيوني

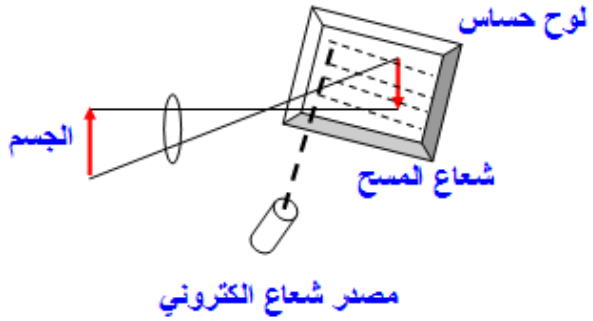
5 - 1 منظومة البث التلفزيوني :

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 مُخططاً كتلوياً مبسطاً للمتطلبات الأساسية لكل من جهازي الإرسال والاستقبال التلفزيوني .



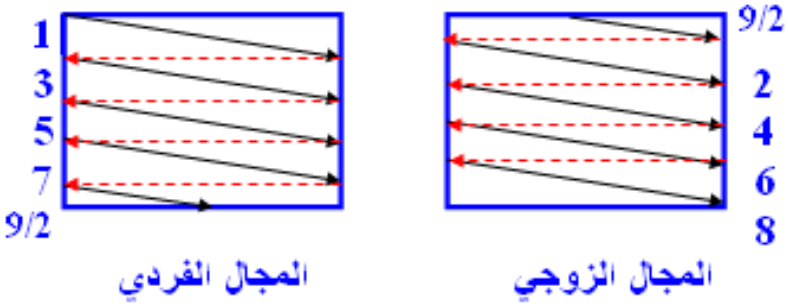
الشكل (5 - 1) مخطط كتلوي للإرسال والاستقبال التلفزيوني

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 اشارة 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 تضمينا ترديا . 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 الماثل 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 بوساطة عملية المسح (Scanning)، لاحظ الشكل (5 - 2).



الشكل (5 - 2) تكوين الجسم على اللوح الحساس

يركز الضوء الساقط من المنظر (الجسم) بوساطة 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 بوساطة مصدر الشعاع الالكتروني (الكاثود) أو يسمى بالقاذفة الالكترونية (Electron Gun)، فيقوم الشعاع بمسح اللوح الحساس أفقيا بنقطة تبدأ من الزاوية العليا اليسرى و تتحرك بشكل خطوط مستقيمة من اليسار إلى اليمين إحدهما 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 (625 x 25) 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 ألحديثة بمسح الصورة تتم بمسح الخطوط الفردية او 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) و يستمر إلى 624 . لاحظ الشكل (5 - 3) الذي يوضح مسح 9 خطوط ويدعى بالمسح التبادلي او ألتشابكي .



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 مثلا في اللحظة نفسها التي تقوم كاميرا التلفزيون بمسح هذا الخط و لتحقيق ذلك ترسل إشارات توافق عند نهاية كل إطار للتأكد من ثبات الصورة عموديا 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

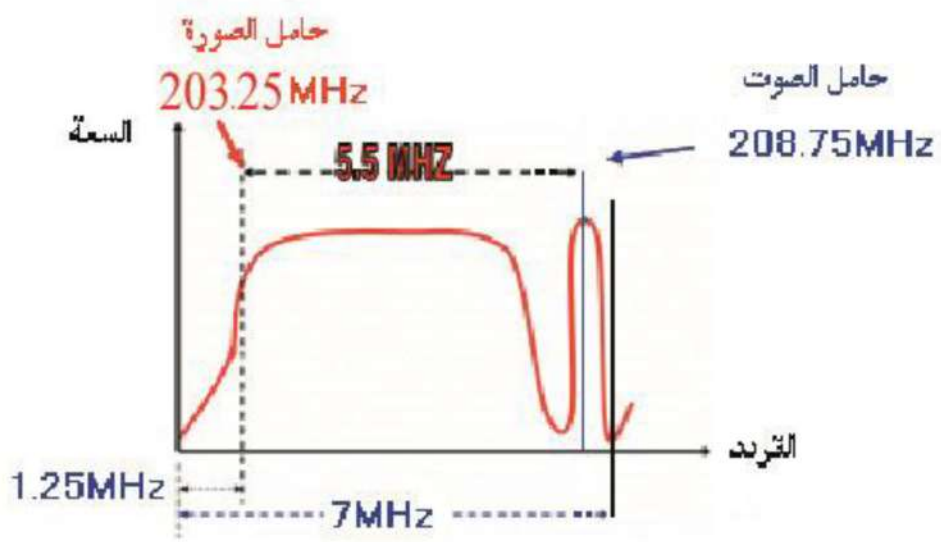
تتكون الإشارة المرئية من الأجزاء التالية :-

1- إشارة الكاميرا camera signal : تمثل كل المعلومات للمنظر المصور المراد إرساله .
2- نبضات الإطفاء : افقية و عمودية تعمل على إطفاء الشعاع الالكتروني أثناء العودة .
3- نبضات التزامن : أفقية و عمودية و هي عبارة عن وسيله تحكم تربط تزامن الشعاع الالكتروني أثناء تحركه على شاشه 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 اكبر 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 يُعدُّ 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 الموجه الحاملة للصوت للقناة (9) بالتردد MHz (202 - 209) .

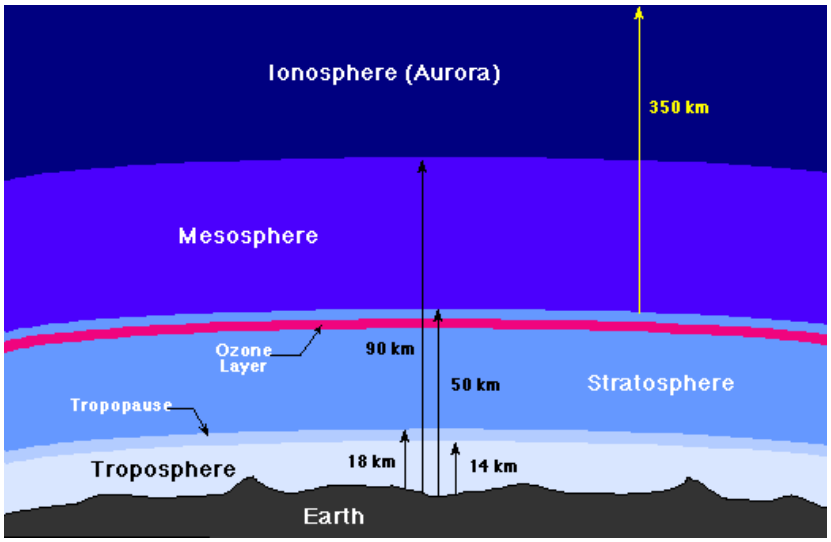
تردد القناة (9) بين MHz(202 – 209)

202 + 1. 25 = 203 .25 ميكاهرتز حامل الصورة

203 .25 + 5 .5 = 208 .75 ميكاهرتز حامل الصوت

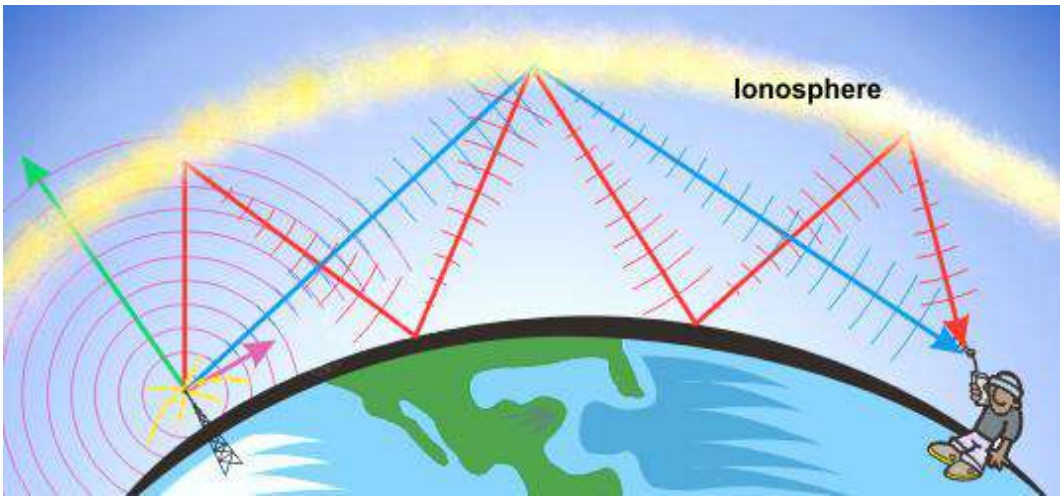
5 - 3 الطبقة المتأينة " أيونوسفير" (Ionosphere) :

تظهر الطبقة المتأينة (إيونوسفير) 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 والنتروجين المتأين). التأين وهو فقدان ألذرة بعضاً من الكتروناتها. 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 .



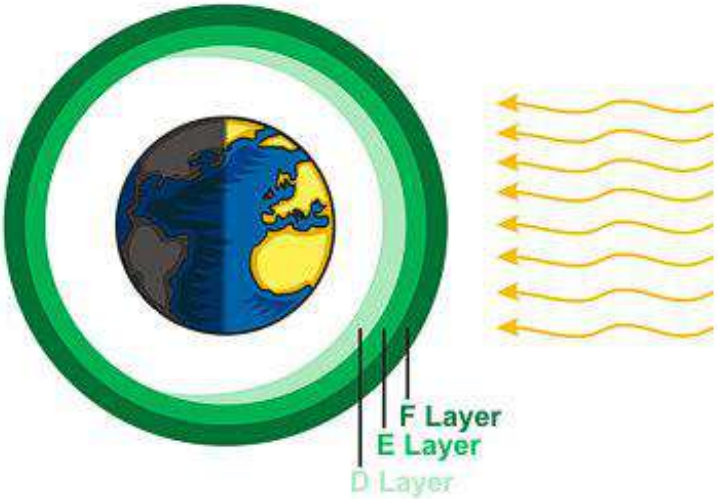
الشكل (5 - 6) الغلاف الجوي وطبقات الجو

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) .



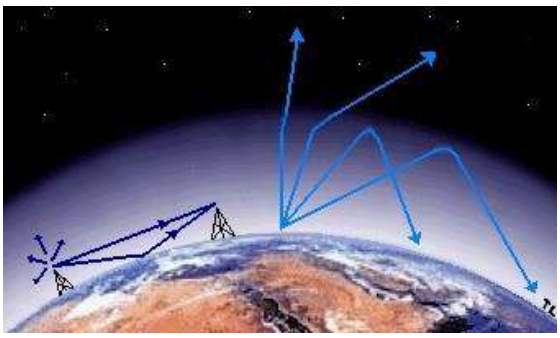
الشكل (5 – 7) انعكاس الموجات الراديوية من طبقة ألايونوسفير

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



الشكل (5 – 8) طبقات ألايونوسفير

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 160كم. وما أن تغيب الشمس حتى تعود وتتحد الأيونات الغازية الموجبة مع الالكترونات 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 الى الإشارة الصوتية في البث الإذاعي لذا فإن الموجات المستخدمة للإرسال التلفزيوني تكون شديدة القصر، ولا تنعكس عمليا من طبقة الايونوسفير 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 .

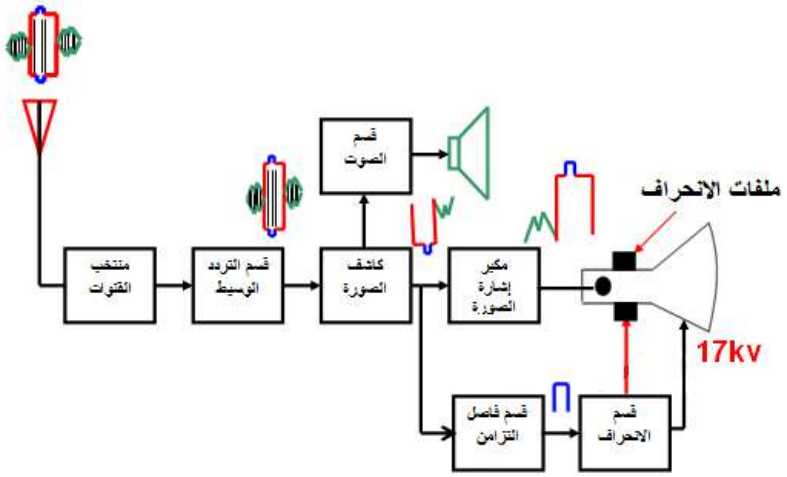
الجدول (5 - 1) القنوات التلفزيونية وفقا للنظام الأوربي

VHF	رقم القناة	تردد القناة	تردد حامل الصورة ميكاهرتز	تردد حامل الصوت ميكاهرتز
المجال الأول	1	47 – 40	41,25	46,75
	2	54 – 47	48,25	53,75
	3	61 – 54	55,25	60,75
	4	68 - 61	62,25	67,75
المجال الثالث	5	181 -174	175,25	180,75
	6	188 – 181	182,25	187,75
	7	195 -188	189,25	194,75
	8	202 – 195	196,25	201,75
	9	209 – 202	203,25	208,75
	10	216 – 209	210,25	215,75
	11	223 - 216	117,25	223,75
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 أنّ عرض كل قناة يساوي (7) ميكا هرتز. ويزيد تردد الموجة الحاملة للصوت لكل قناة عن تردد الموجة الحاملة للصورة بمقدار (5.5) ميكاهرتز. 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 الرئيسة لجهاز استقبال تلفزيوني :

المخطط الكتلوي الموضح بالشكل (5- 10) يوضح الأقسام الرئيسة لجهاز التلفزيون (اسود– ابيض)

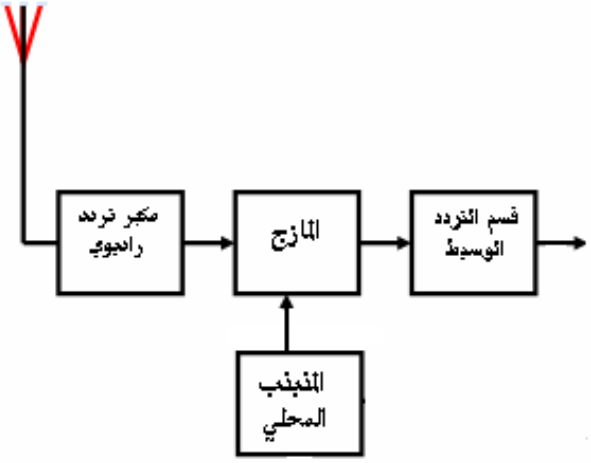


الشكل (5 - 10) المخطط الكتلوي لجهاز استقبال تلفزيوني

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

يتكون من مكبر التردد الراديوي RF Amp. يعمل على استقبال (انتخاب) الإشارة المطلوبة بوساطة الهوائي ودائرة الرنين وتكبيرها أي تحسين نسبة الإشارة إلى الضوضاء Noise (S/N) 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 بالسوبرهترودين، لاحظ الشكل (5 - 11)

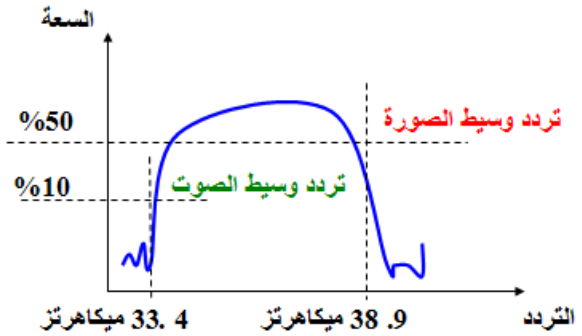
إشارة التردد الوسيط = إشارة المذبذب المحلي – إشارة المكبر الراديوي



الشكل (5 - 11) يوضح عملية السوبرهترودين

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

يتكون من ثلاث مراحل عادة و تكبر الإشارة إلى الآف 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)

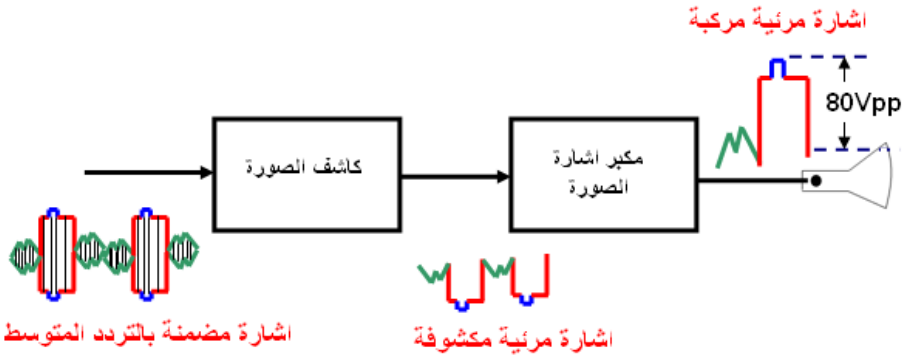
5 – 4 - 3 قسم كاشف الصورة : Video detector section

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 بوساطة (ثنائي كاشف) يتم الكشف عن إشارة الصورة بالتردد من 5 هرتز إلى 5 ميكاهرتز علما أن فرق التردد بين حامل الصورة و حامل الصوت مقداره 5.5 ميكاهرتز، لاحظ الشكل (5 - 13) .

الشكل (5 - 13) المخطط الكتلوي لكاشف الصورة

5- 4 – 4 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) ميكاهرتز للتحكم في شدة الشعاع الالكتروني الراسم للصورة على الشاشة، لاحظ الشكل (5 - 14) .

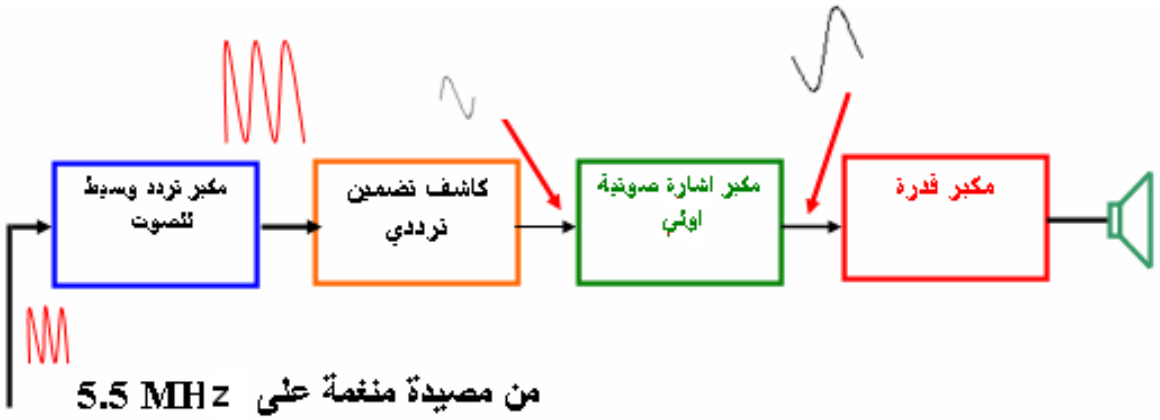


الشكل (5 - 14) المخطط الكتلوي لقسم مكبر إشارة الصورة

5 - 4 – 5 قسم الصوت : Sound Section

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

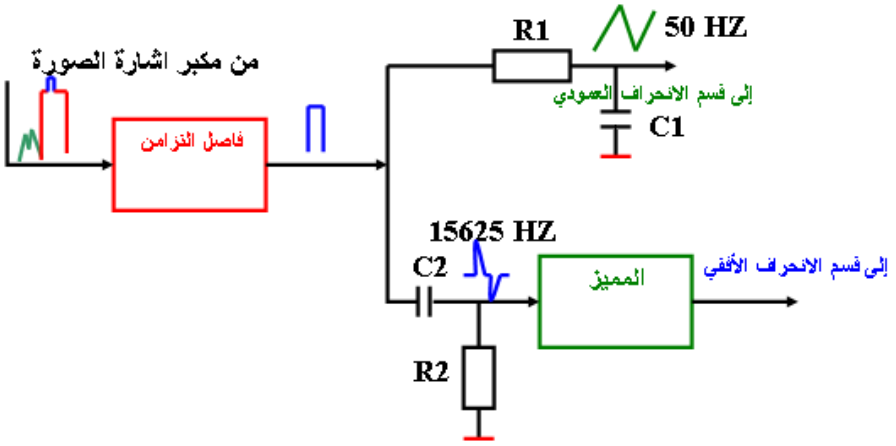
تكبر الإشارة السمعية AF (Audio Frequency) الخارجة من كاشف إشارة الصوت بمرحلتين هما مرحلة التكبير الأولية و مكبر القدرة و يستعمل عادة نوع (السحب- دفع) أو المتتام. لاحظ الشكل (5 - 15) .



الشكل (5 - 15) المخطط الكتلوي 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 الكتلوي لقسم فاصل التزامن

5- 4 – 7 قسم الانحراف : Deflection Section

يتكون من

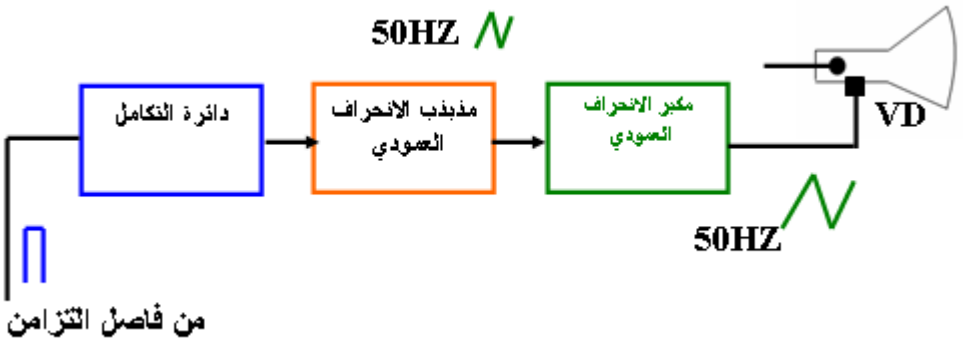
أ- قسم الانحراف العمودي Vertical Deflection Section

ب- قسم الانحراف الأفقي Horizontal Deflection Section

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

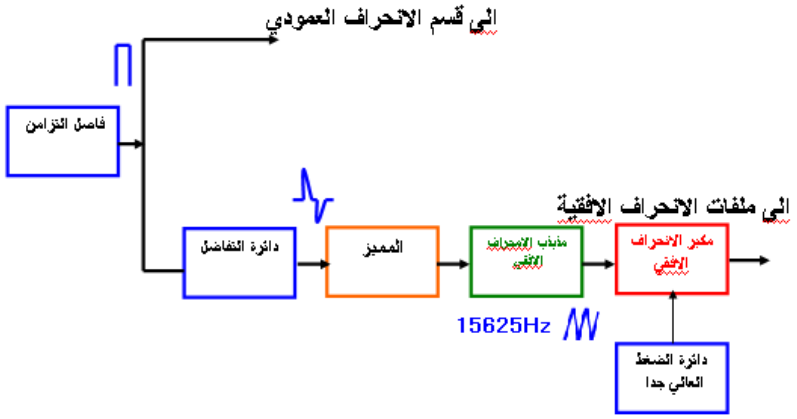
يقوم بتكبير سعة موجة سن المنشار و تجهيزها إلى ملفات الانحراف العمودية V. Deflection، ولكي يتم تحريك الشعاع الالكتروني من الأعلى إلى الأسفل أو بالعكس، لاحظ الشكل (5 – 17) توصل نبضات التكامل بالتردد للسيطرة على عمل المذبذب العمودي .



الشكل (5 - 17) المخطط الكتلوي لقسم الانحراف العمودي

ب- قسم الانحراف الأفقي :

المخطط الكتلوي الموضح بالشكل (5 - 18) يوضح قسم الانحراف الأفقي الذي يعمل على توليد موجه سن المنشار، وتُعدُّ 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 الكتلوي 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 .

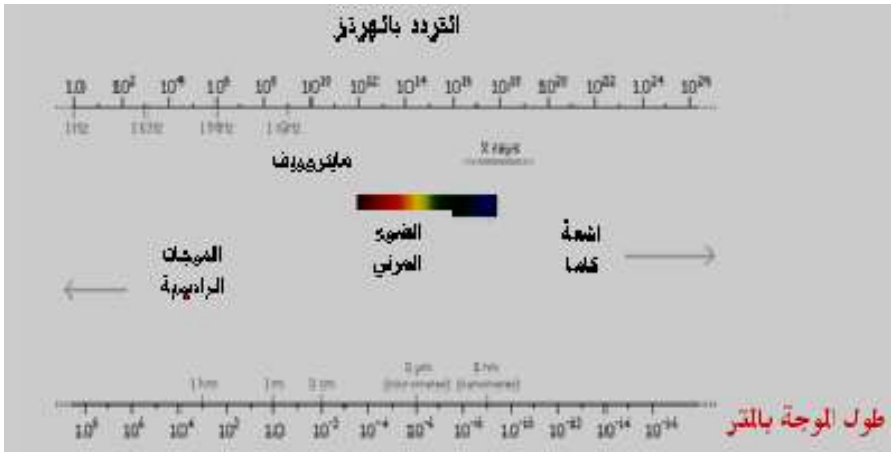
(2) - مولد الانحراف الأفقي: لتوليد موجات سن المنشار بالتردد 15625 Hz ومن أنواعه مذبذب هارتلي .

(3) - مكبر الانحراف الأفقي : لتكبير سعه 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 وتتدرج 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 فيتحدد بين اللون الأحمر والبنفسجي وبطول موجة من 380 ملي ميكرون إلى 780 ملي ميكرون ويمكن القول 3800 انكستروم إلى 7800انكستروم.

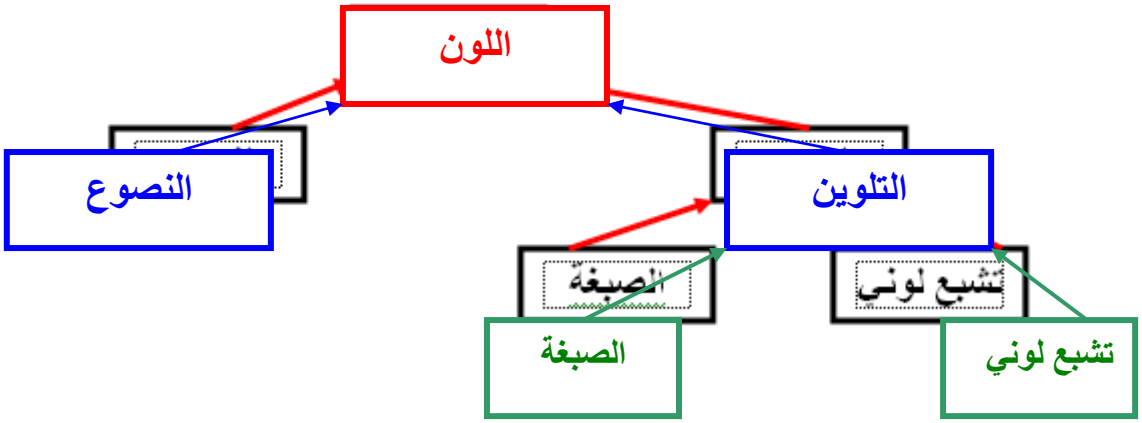


الشكل (5 – 20) طيف الطاقة المشعة

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) .

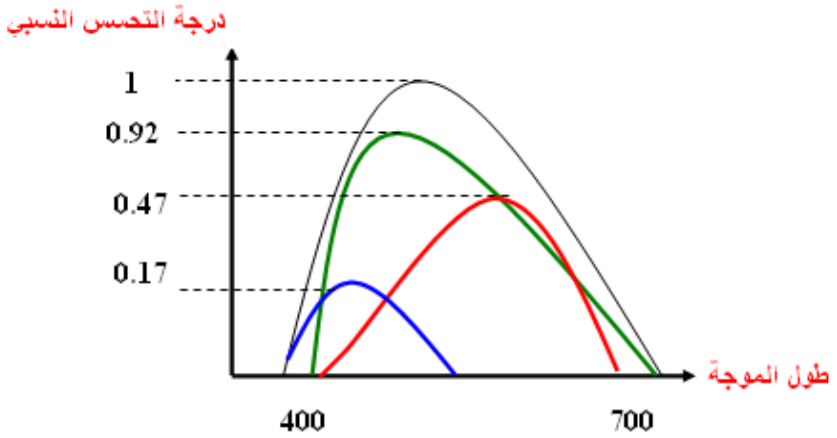
الشكل (5 – 21) تحليل الطيف باستعمال الموشور

ونادراً ما نلاحظ أطياف الألوان المشبعة النقية في الطبيعة مثلا 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 باهتا أو غامقا أو شاحبا وهكذا فالأحمر القاتم يختلف كثيرا عن الأحمر الباهت بينما تعطي الصبغة شكل اللون فقط حسب طوله ألموجي . فالنصوع - هو كمية شدة الضوء أو الطاقة المستقبلة بملاحظة العين للون . والصبغة هي لون الطيف المسيطر في الضوء والتشبع اللوني - نقاوة العين للضوء الملون. وفي دراستنا التلفزيون الملون فان 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 وبنسب 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 (يونج) 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) .



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

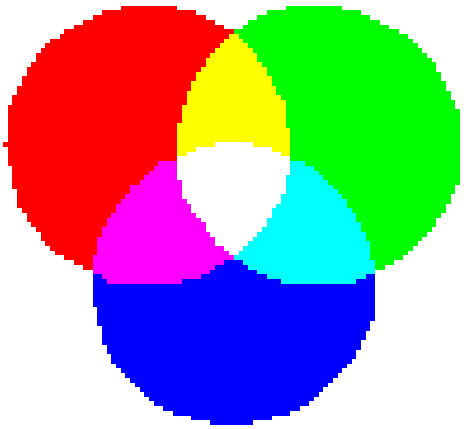
0.92 / 1.56 = 0.59 للأخضر

0.47 / 1.56 = 0.30 للأحمر

0.17 / 1.56 =0.11 للأزرق

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

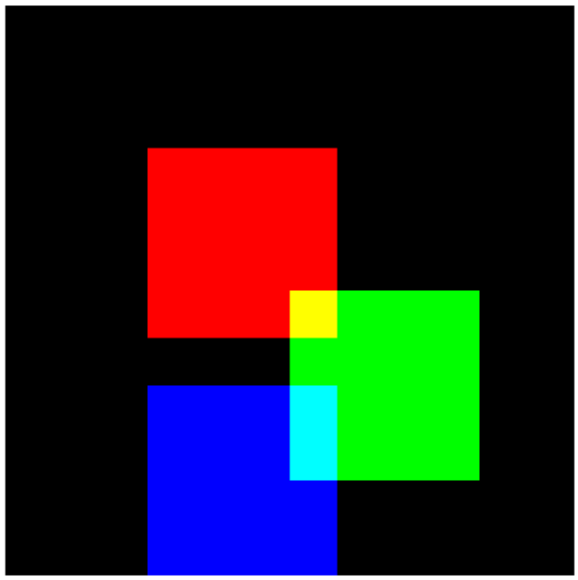
في دراستنا لجهاز التلفزيون الملون يصبح جمع الألوان وطرحها من الأمور المهمة جدا إذ يعتمد وضوح الصورة الملونة على الخلط بين الألوان بصورة أساسية . ويختلف الجمع والطرح بين الأشعة عنها في الاصبغة فمثلا :



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

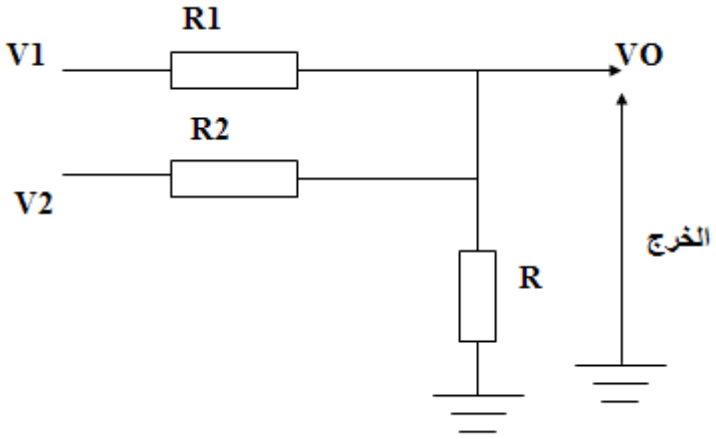


الأبيض – الأخضر = أحمر + أزرق
= ارجواني

الأبيض – الأزرق= أخضر + أحمر
= أصفر

5 – 6 إشارة النصوع : Luminance Signal

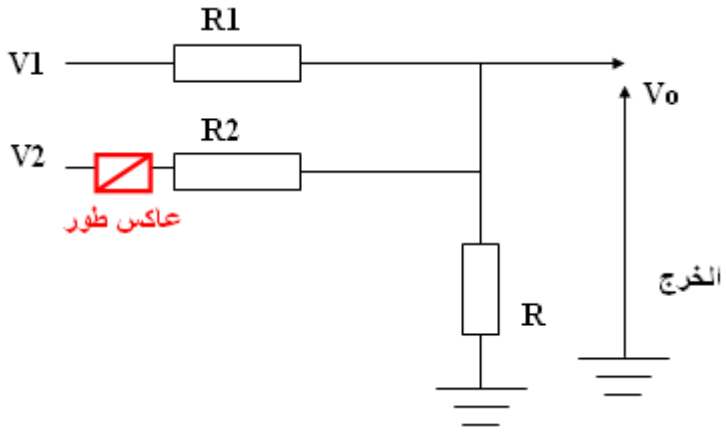
عند وضع ثلاث إشارات لكل من اللون الأحمر، والأزرق والأخضر بجهد (1) فولت لكل منهما، خلال مجموعة مكونة من مقاومات تسمى هذه المجموعة (بالمصفوفة) فانّه من السهل الحصول على مجموعة هذه الألوان وبنسب معينة تعتمد على قيمة المقاومات لهذه المصفوفة. فمثلا مجموع الجهد V1 , V2 من مصفوفة كما في الشكل (5 - 24).



الشكل (5 – 24) مصفوفة جمع

$$Vo = V1 \times R / R1 + V2 \times R / R2$$

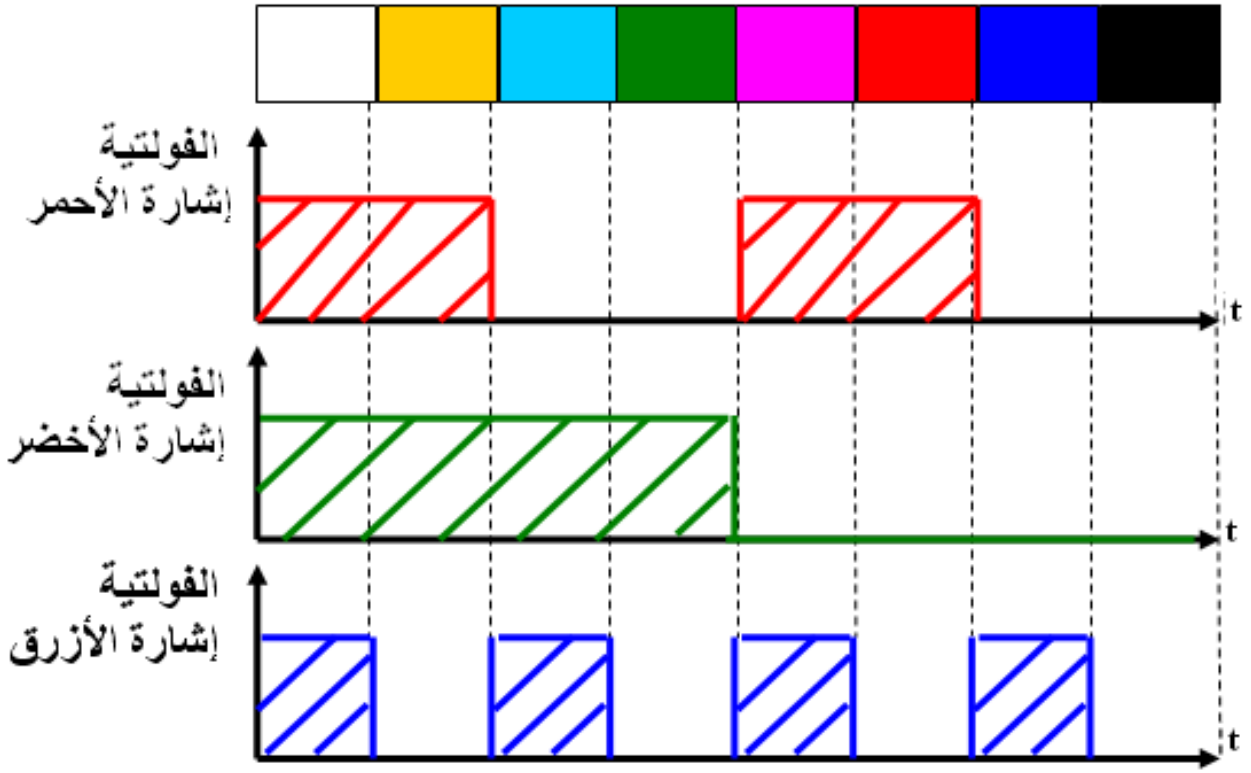
ومن الطرح بين الجهدين تصبح كما في الشكل (5 - 25)



الشكل (5 - 25) مصفوفة طرح

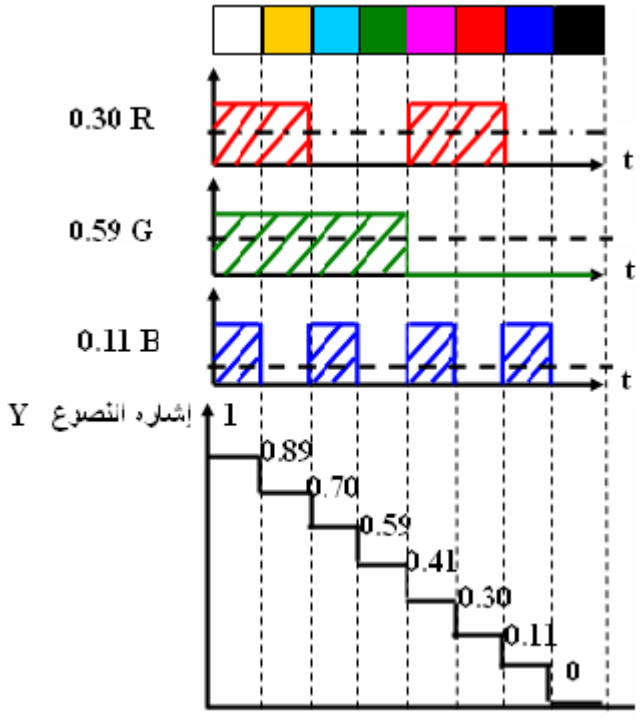
$$Vo = V1 \times R / R1 - V2 \times R / R2$$

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



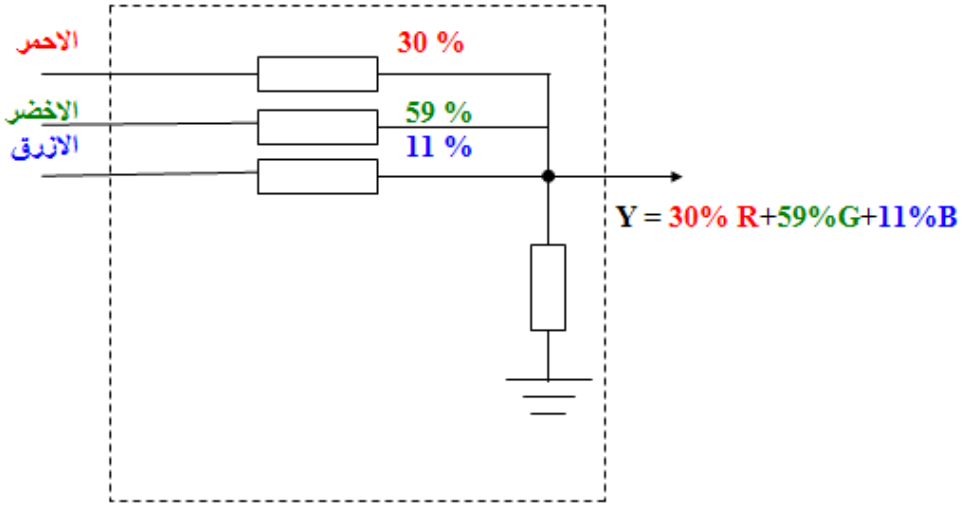
الشكل (5 – 26) إشارات الأحمر والأخضر والأزرق

وبتشكيل إشارة النصوع Y حسب النسب المذكورة سابقا يمكن ملاحظة الشكل (5 – 27) .



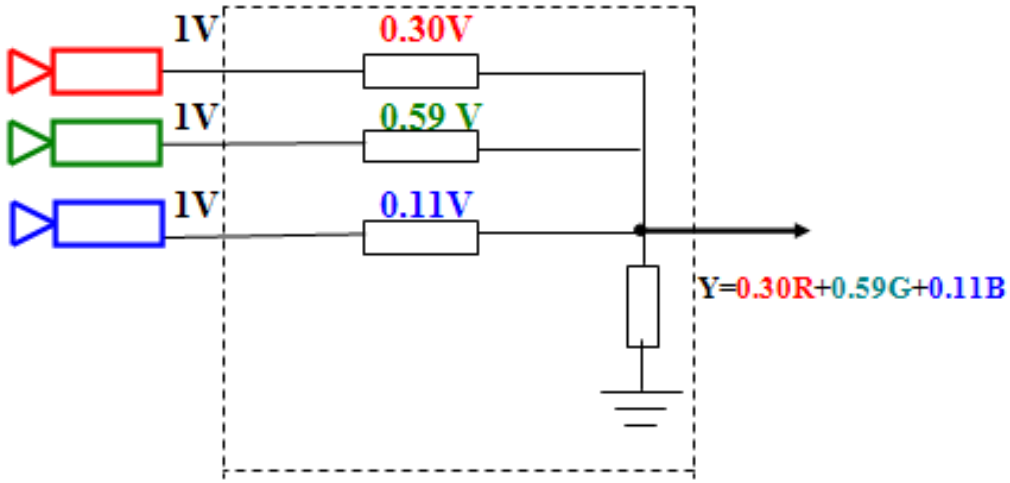
الشكل (5 – 27) إشارة النصوع Y

ولتكوين إشارة النصوع (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 النصوع Y

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



الشكل (5 - 29) خرج الكاميرات في الأستوديو

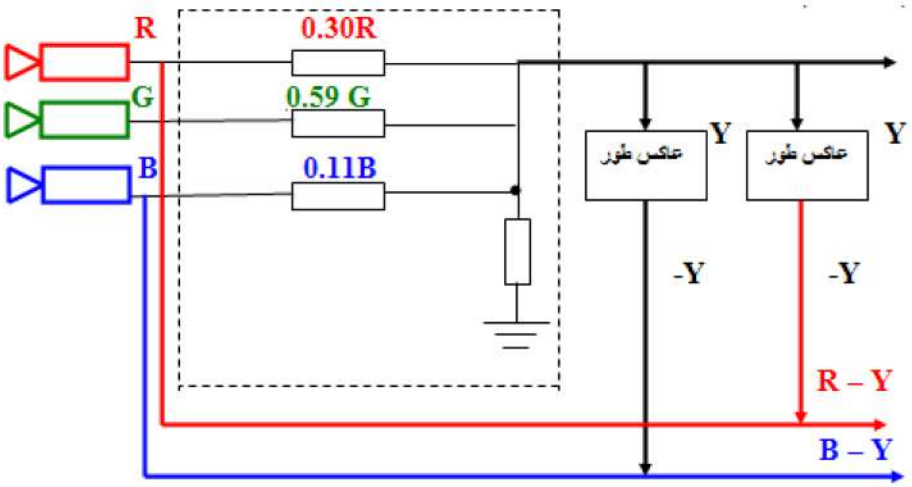
ولرسم إشارة النصوع (Y) يمكن الاستعانة بالجدول (5- 2).

جدول (5 – 2) يوضح نسب إشارة النصوع Y

اللون	R	G	B	النسب 0.30R + 0.59G + 0.11 B
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 النصوع (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 :

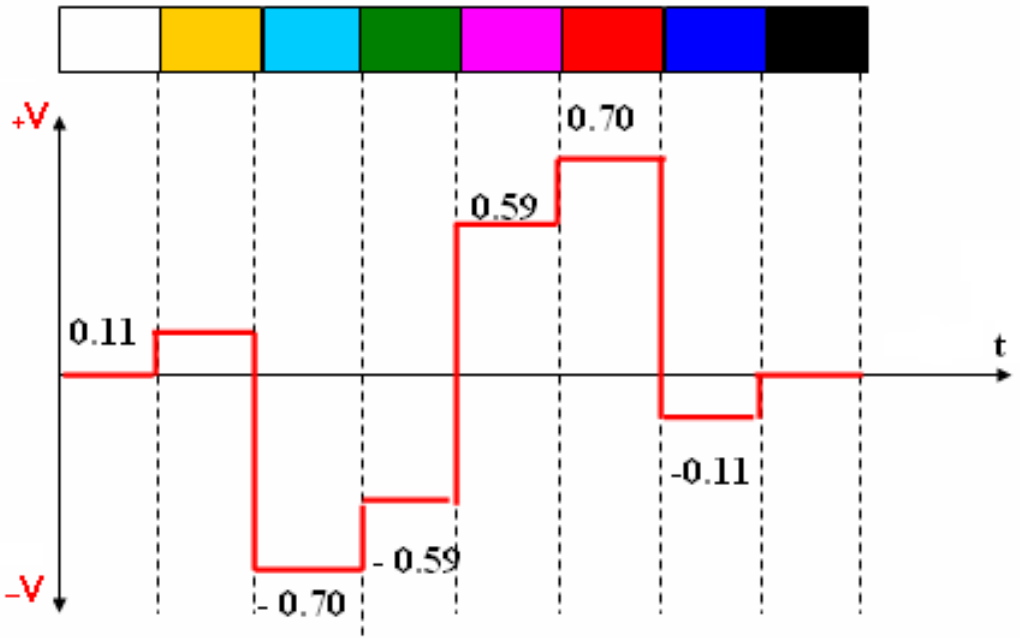
$$R\text{-}Y = 1\,R - 0.30\,R - 0.59\,G - 0.11\,B$$
$$= 0.70\,R - 0.59\,G - O.11\,B$$

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

جدول (5 – 3) نسب إشارة (R – Y)

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

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

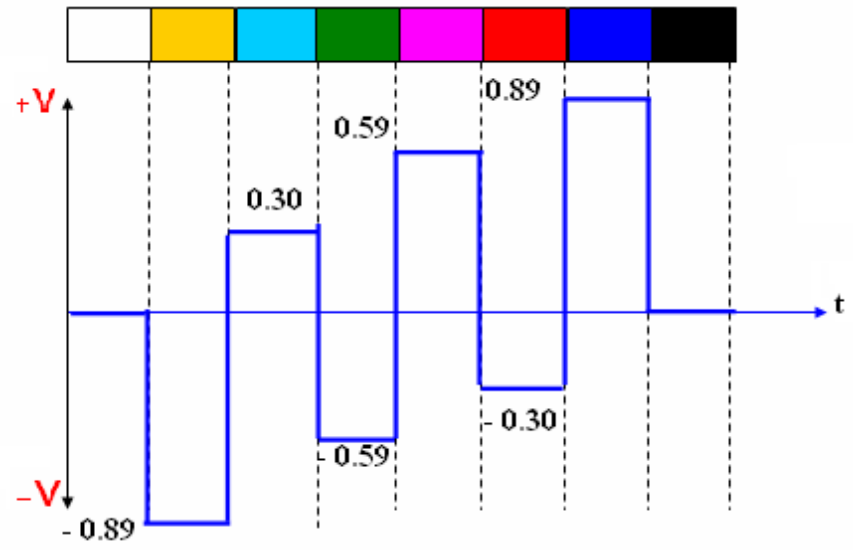
= 0.89 B – 0.59 G - 0.30R

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 - 0.30R
الابيض	1 1 1	0.89 - 0.59 - 0.30=0
الاصفر	1 1 0	- 0.30 - 0.59= - 0.89
السمائي	0 1 1	0.89 - 0.59= 0.30
الاخضر	0 1 0	- 0.59
البنفسجي	1 0 1	0.89 - 0.11= 0.59
الاحمر	1 0 0	- 0.30
الازرق	0 0 1	0.89
الاسود	0 0 0	0

ولرسم إشارة الفرق اللوني (B - Y) 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 الجو فان العين سوف تميز ذلك بسهولة ، و يمكن إعادتها أي الحصول عليها في جهاز التلفزيون باستعمال مصفوفة خاصة وبنسب تتعين كما يأتي :

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

ويمكن كتابـــة معادلـــــة Y كما يأتي :

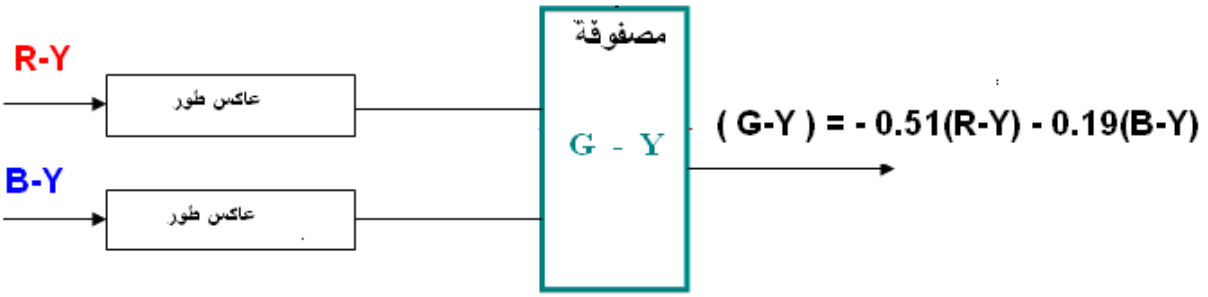
$$1Y = 0.30\,Y + 0.59\,Y + 0.11\,Y$$

و يطـــــرح Y من طرفي المعادلة ينتج :

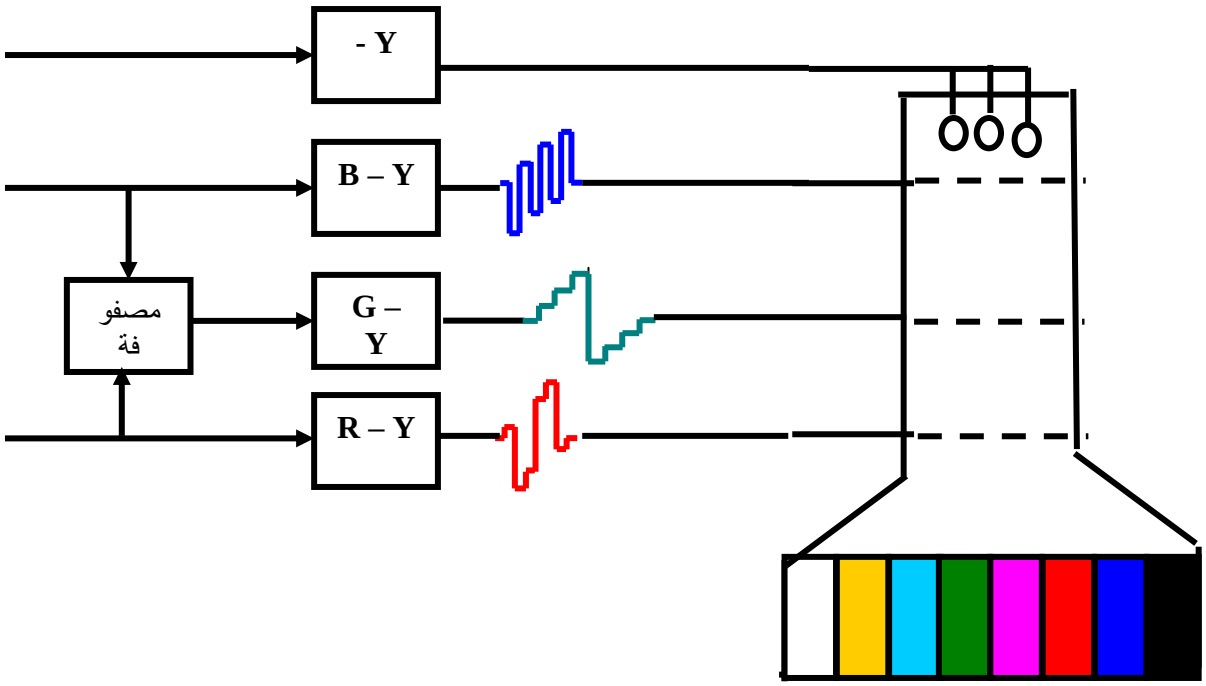
$$1Y - 1Y = 0.30\,R + 0.59\,G + 0.11\,B - 0.30\,Y - 0.59\,Y - 0.11Y$$

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

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



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 :

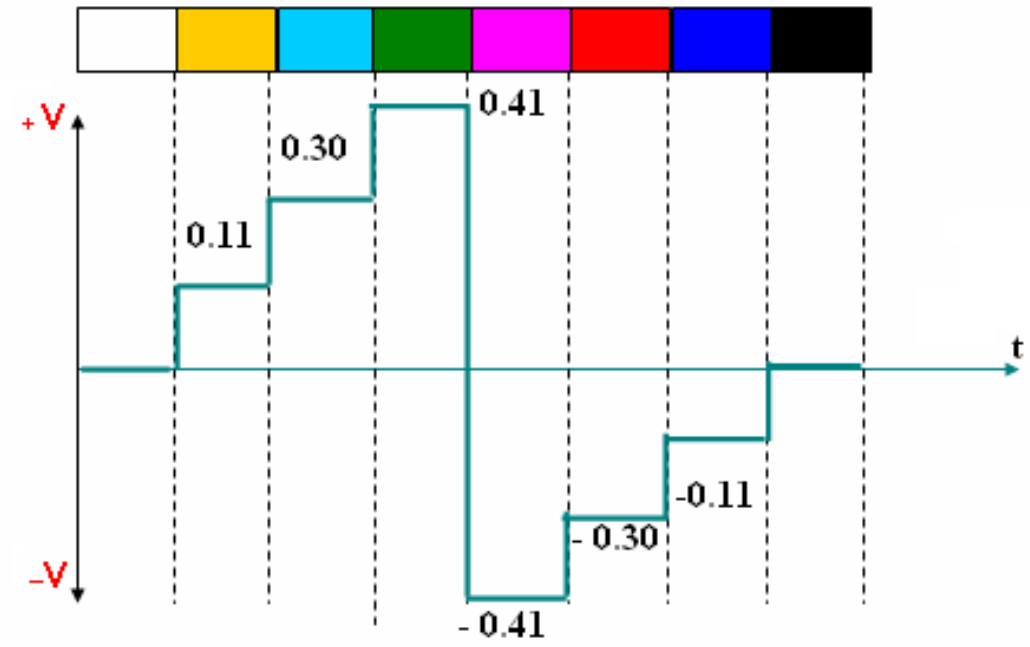
$$G - Y = G - (0.30\ R + 0.59\ G + 0.11\ B)$$

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

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
ألسمائي	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
الأزرق	0	1	0	- 0.11
الأسود	0	0	0	0

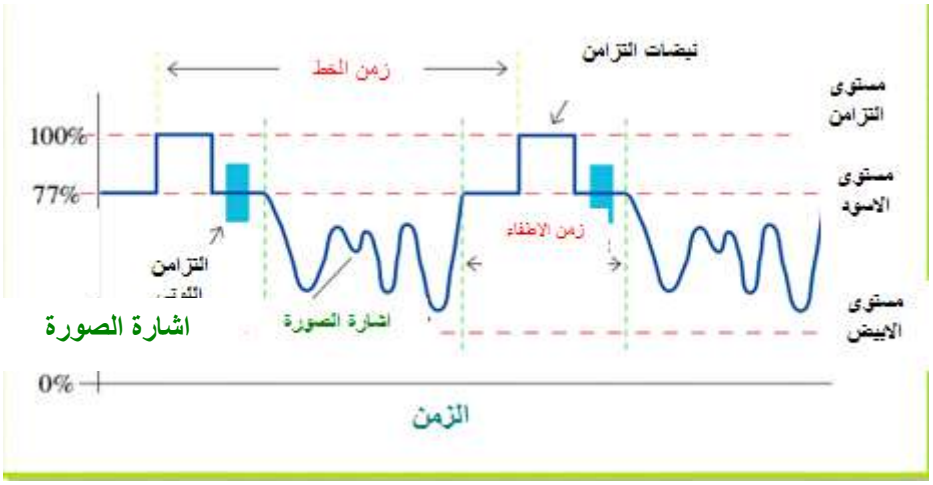
ولرسم إشارة الفرق اللوني (G -Y) ينتج كما في الشكل (5 – 34).



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

5 – 8 الإشارة المرئية المركبة للإرسال الملون :

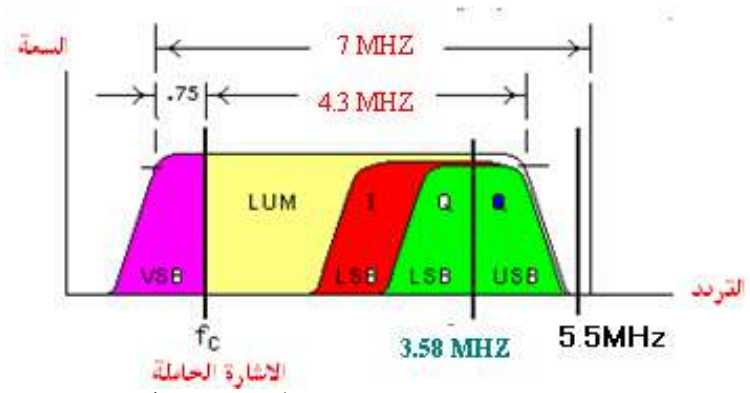
مما تقدم نلاحظ أن الإشارة المركبة للإرسال الملون مكونة مما يأتي :
1- (Y) إشارة النصوع أو ما تدعى بإشارة الصورة (video).
2- إشارة اللون (C) وهي مكونة من إشارة الفرق اللوني (R- Y) وإشارة الفرق اللوني(B – Y).
3- نبضات التزامن العمودية والأفقية .
كما وترسل مع إشارة نبضات التزامن اللوني وتختلف تسميتها من 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 :

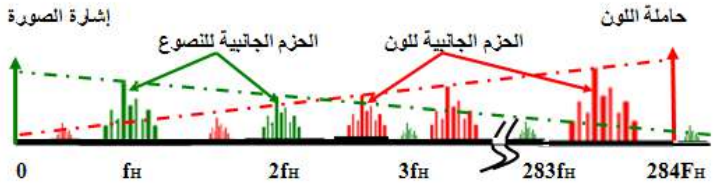
إن أنظمة الإرسال في العالم ثلاثة أنظمة هي (NTSC) مستعمل في أمريكا واليابان ونظام (PAL) مستعملاً في ألمانيا مثلاً ولا يوجد اختلاف كبير بين هذين النظامين، ويمكن القول ان نظام (PAL) حل بعض المشكلات في (NTSC) ثم انتشر نظام (SECAM) الفرنسي لحله مشاكل الإرسال في كلا النظامين في وقتها. و في كل الأنظمة المذكورة 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 الملاءمة (Compatibility) بين التلفزيون (الأسود – ابيض) والتلفزيون الملون .
و لتحقيق هذه الملاءمة نختار عرض حزمة ضمن عرض الحزمة للتلفزيون العادي (B/W) Black / White . وهذا يجعل عمل الأجهزة التلفزيونية (B/W) على مرسلة أجهزة التلفزيون الملون و كذلك يعمل الجهاز الملون بصورة (اسود / ابيض) وكما هو معروف أن عرض الحزمة لإشارة الصورة هي (5 MHZ) فيصبح من السهل وضع الحاملة الثانوية من ضمنها . و تختلف 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 (320 x 15625) = 5.000000 هرتز. لذلك فان 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

$$\text{4.43 ميكاهرتز} = \frac{15625}{2} \times 567$$

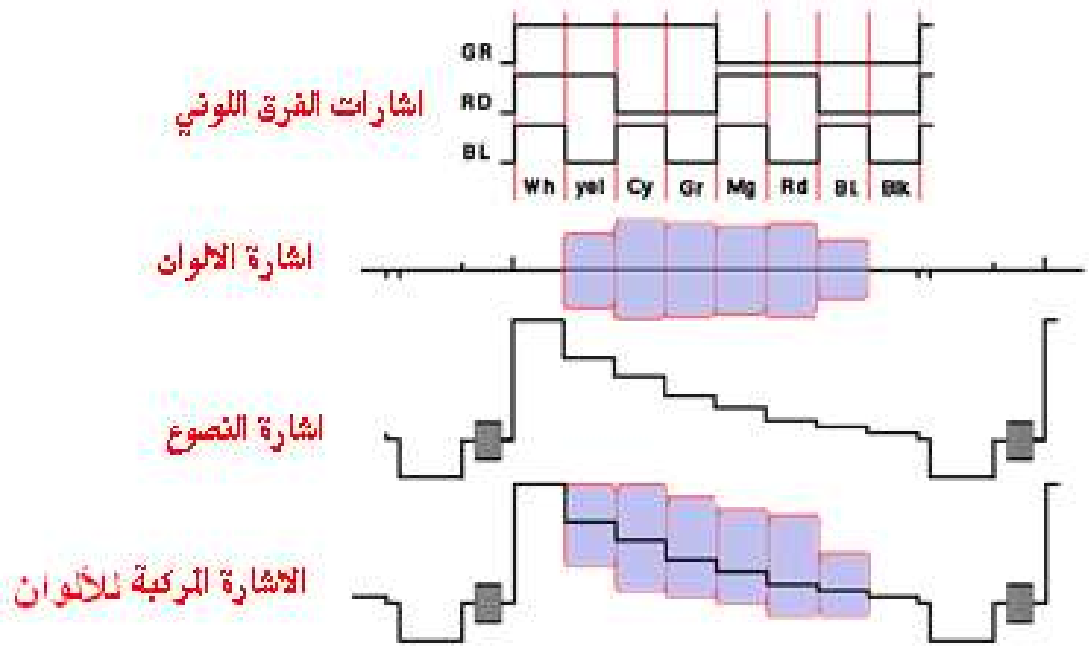


الشكل (5 – 37) كيفية إقحام الحاملة الفرعية للألوان

ففي نظام (NTSC) تضمن الحاملة الثانوية بطريقة تضمين الاتساع (AM). وفي نظام (PAL) تضمن بطريقه تضمين الاتساع والطور وفي نظام سيكام تضمن بطريقة تضمين 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.

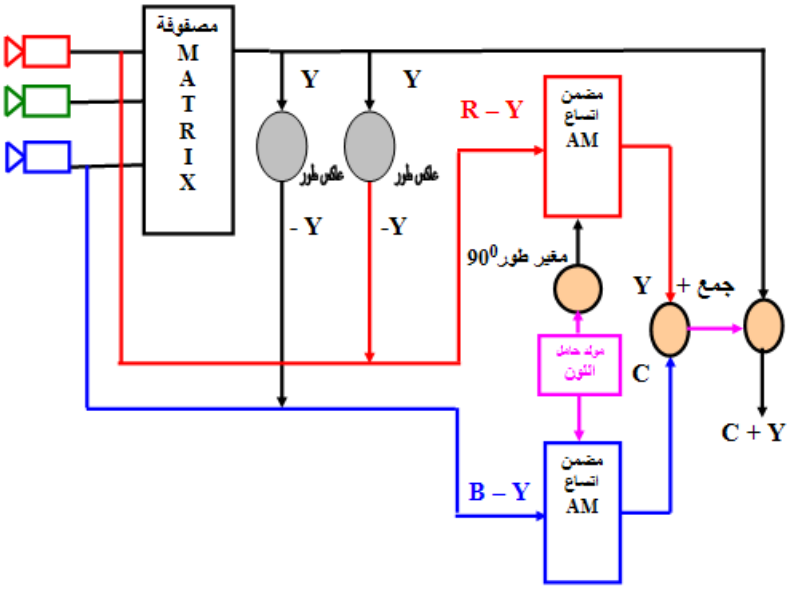
الحل :
تتكون الإشارة من:
1- إشارات الفرق اللوني. 2- إشارة النصوع Y. 3- إشارة التزامن اللوني.
4- نبضات الإطفاء الأفقية والعمودية. 5- نبضات التزامن الأفقية والعمودية. ويكون شكل الإشارة كما موضح في الشكل (5 – 38).



الشكل (5 – 38) الإشارة المركبة للألوان

5- 9 -1 نظام N T S C :

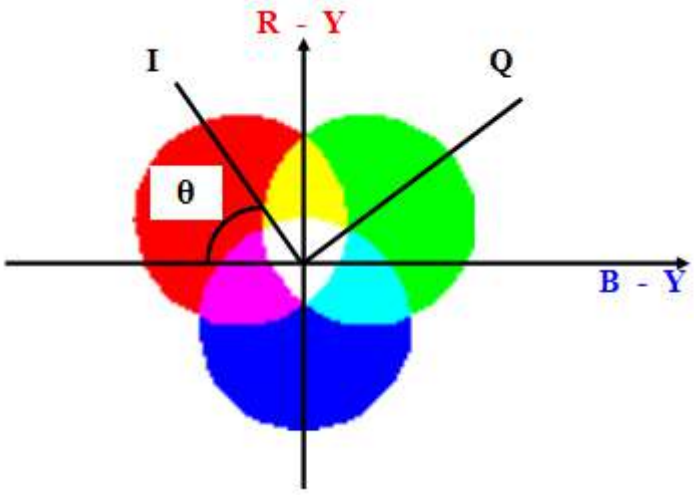
المخطط الكتلي الموضح بالشكل (5 –39) يمثل مخططا لمراحل الإرسال لنظام (NTSC) حيث يتم تضمين كل من إشارتي الفرق اللوني (R – Y)، (B -Y) بطريقة التضمين السعوي (AM) حيث تحمل كل من الإشارتين على إشارة حاملة ترددها (3.58) ميكاهرتز إلا أن الإشارة الحاملة لإشارة الفرق اللون (R - Y) تختلف بالطور بمقدار 90° عن الإشارة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



الشكل (5 – 39) الإرسال بنظام NTSC

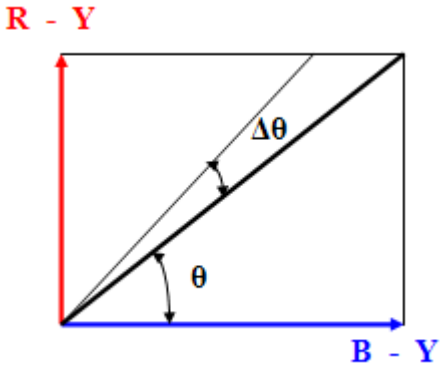
ويتم جمع الإشارتين بعد التضمين للحصول على إشارة اللون (C)، تمزج هذه الإشارة مع إشارة النصوع (Y) ثم يتم تحميل الإشارة (C +Y) على تردد القناة المراد الإرسال عليها .

من عيوب نظام (NTSC) عدم حصانته عند الضوضاء (التشوهات) التي تحدث في طور الاشارة 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).

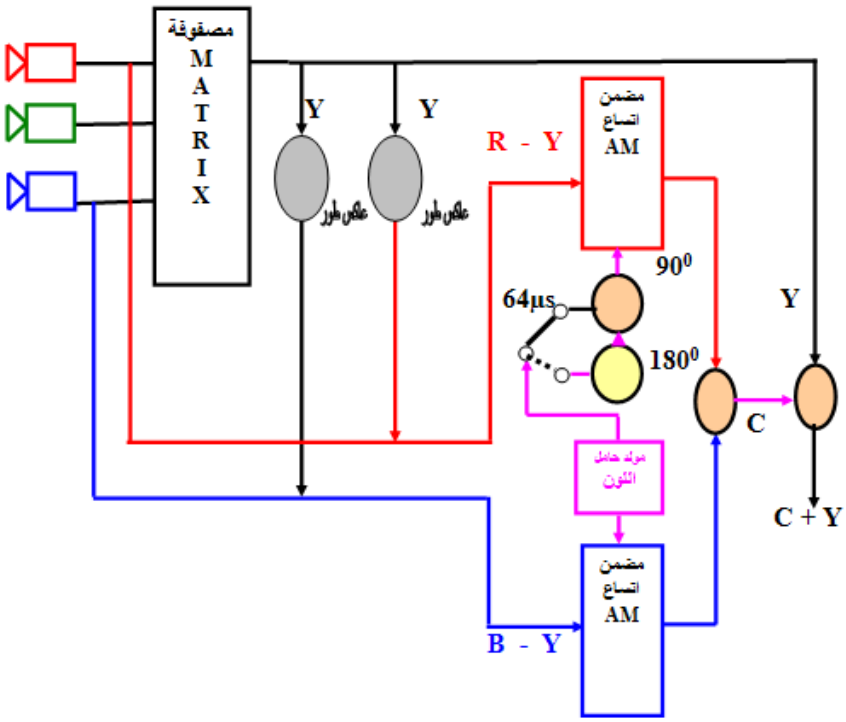


الشكل (5 - 41) كيفية تغير الصبغة بتغير الزاوية

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

5 - 9 – 2 نظام (بال) : PAL System

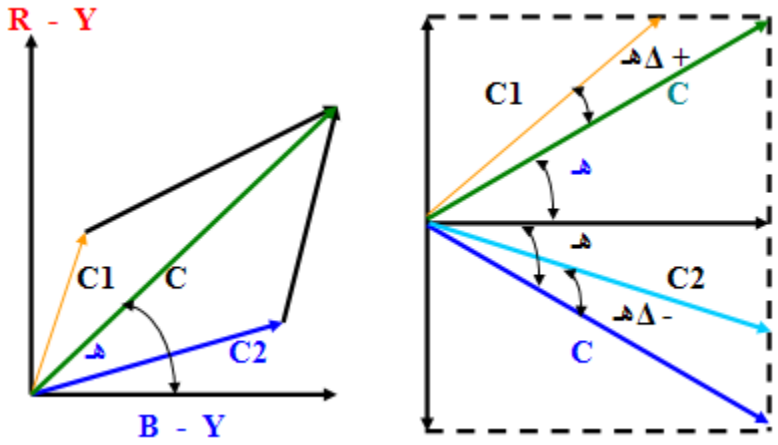
في هذا النظام يتم تضمين إشارة الفرق اللوني (R – Y) بإشارة تختلف بالطور بزاوية قدرها 90˚، 270˚ بالنسبة لإشارة الفرق اللوني (B –Y) بين خط وآخر إذ يتم تبديل طور الإشارة الحاملة بإشارة الفرق اللوني (R – Y) بين زاوية 90˚و زاوية 270 ° كل 64 مايكرو ثانية و ذلك للتغلب على عيوب الألوان التي تظهر في نظام (NTSC)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



الشكل (5 – 42) الإرسال بنظام PAL

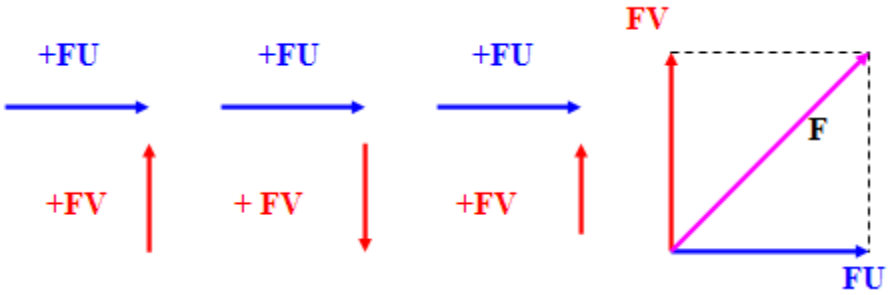
أما إذا حصل أي تغير في طور الزاوية هـ في الخط الأول بمقدار (Δ هـ) فان تغيرا يحصل في الطور في الخط الثاني بمقدار (-Δ هـ). في جهاز التلفزيون يتم قلب طور إشارة الفرق اللوني (R-Y)

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 N T S C 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) .



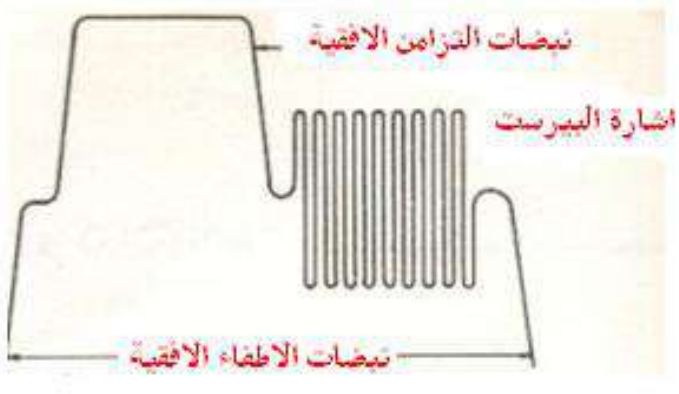
الشكل (5 – 44) قلب طور الإشارة (R – Y)

ثم تجمع هاتان الإشارتان بوساطة 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 المرسلة 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 المرسلة فان 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 بالمرسلة فقط . لذلك فان إشارة البيرست تقع في الدرجات (135 و 225) .

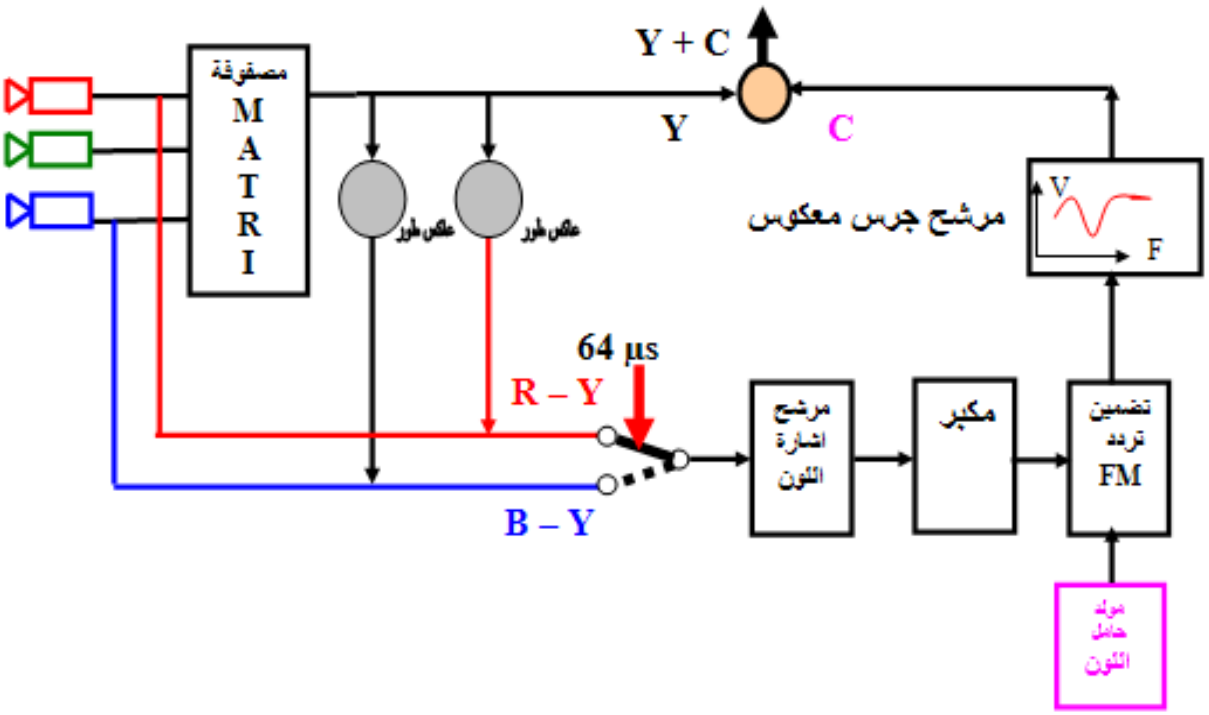
5- 9 - 3 نظام سيكام : SECAM System

المخطط الكتلوي 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 المتآلفة في نظام NTSC ونظام بالـ(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.

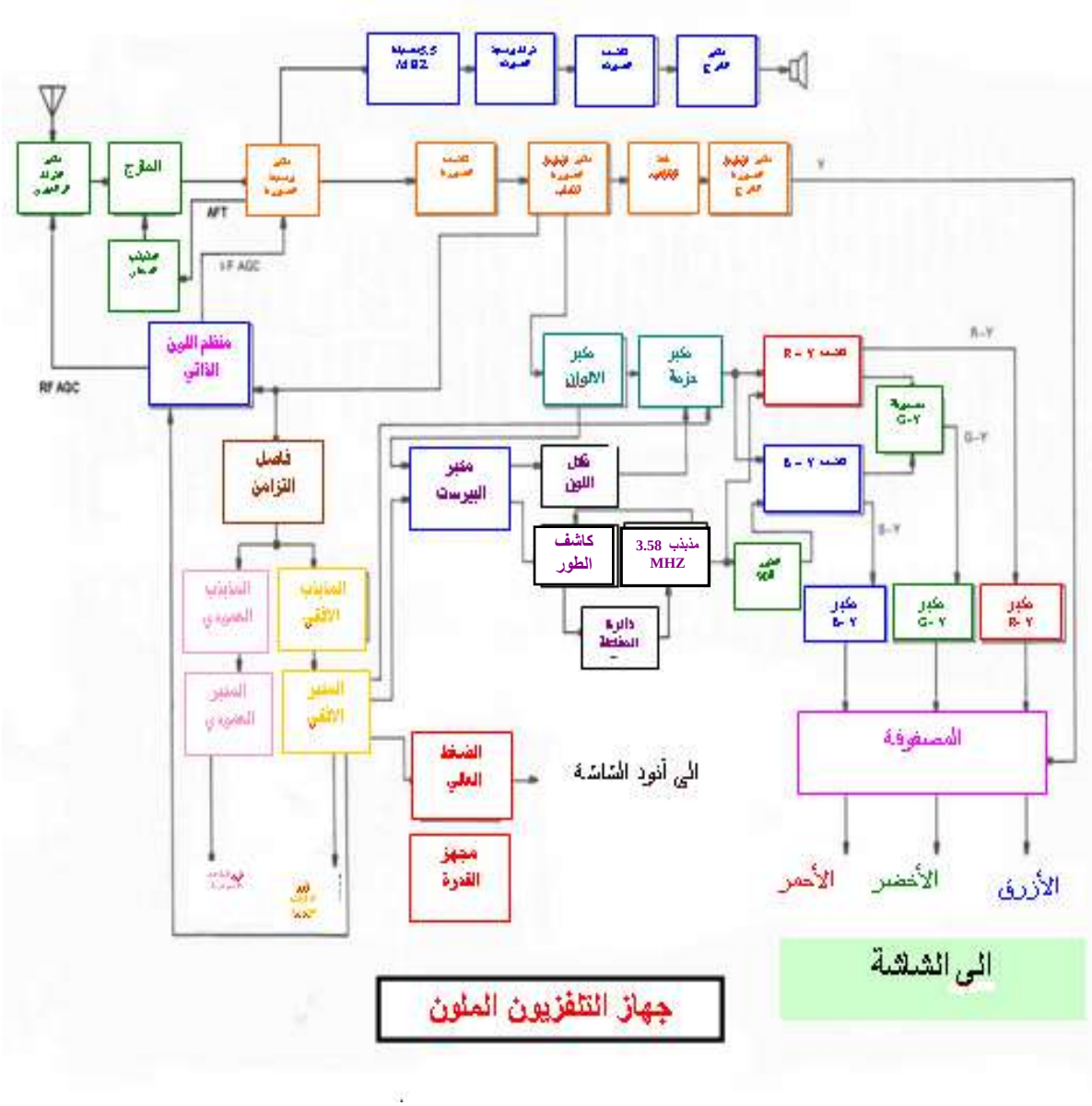
يعمل مرشح الألوان على تحديد عرض حزمة إشارة الفرق اللوني بينما يقوم المكبر على تكبير هذه الإشارة. ثم يتم تضمينها بوساطة مضمن ترددي حيث تحمل الإشارة (R-Y) على تردد مقداره (4.406) ميكاهرتز و تحمل الإشارة (B-Y) على تردد مقداره (4.25) ميكاهرتز تدخل إشارة الفرق اللوني المضمنة تضمينا ترديديا إلى مرشح له خواص 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. و لغرض 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 كتلوياً عام لجهاز التلفزيون الملون



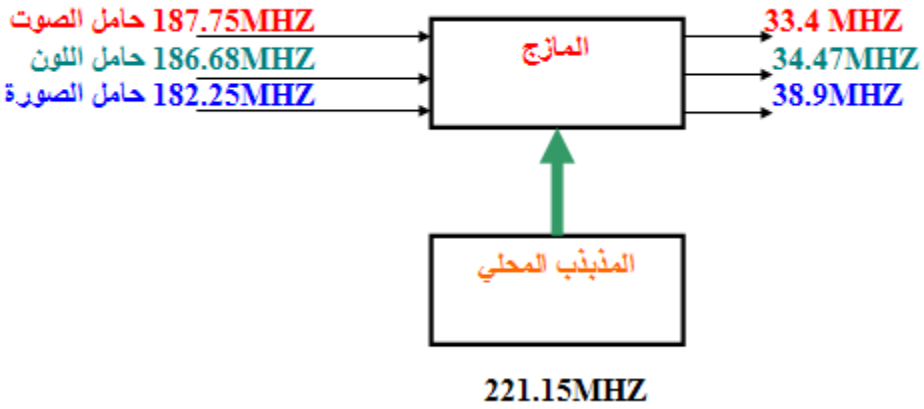
الشكل (5 – 47) المخطط الكتلوي لجهاز التلفزيون الملون للاطلاع فقط

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

تردد حامل الصورة = 25. 182 ميكاهرتز

تردد حامل الصوت = 75. 187 ميكاهرتز

تردد حامل اللون = 68 . 186 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 (9. 38) ميكاهرتز و الموجة الحاملة للون بالتردد (47. 34) ميكاهرتز لنظام (PAL) مثلا وبمقدار 50 % لاحظ الشكل (5-49)، وبتكبير الموجة الحاملة للصوت بالتردد (4. 33) ميكاهرتز 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 فتنظم تردد المذبذب المحلي لناخب القنوات. ويستخلص الصوت قبل قسم كاشف الصورة ويبقى الفرق الترددي (5.5) ميكاهرتز وتتألف الإشارة الخارجة من كاشف الصورة على إشارة اللون (C) وإشارة النصوع (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 A G C .
2- إشارة اللون إلى قسم الألوان.
4- إشارة النصوع Y إلى صمام الشاشة.

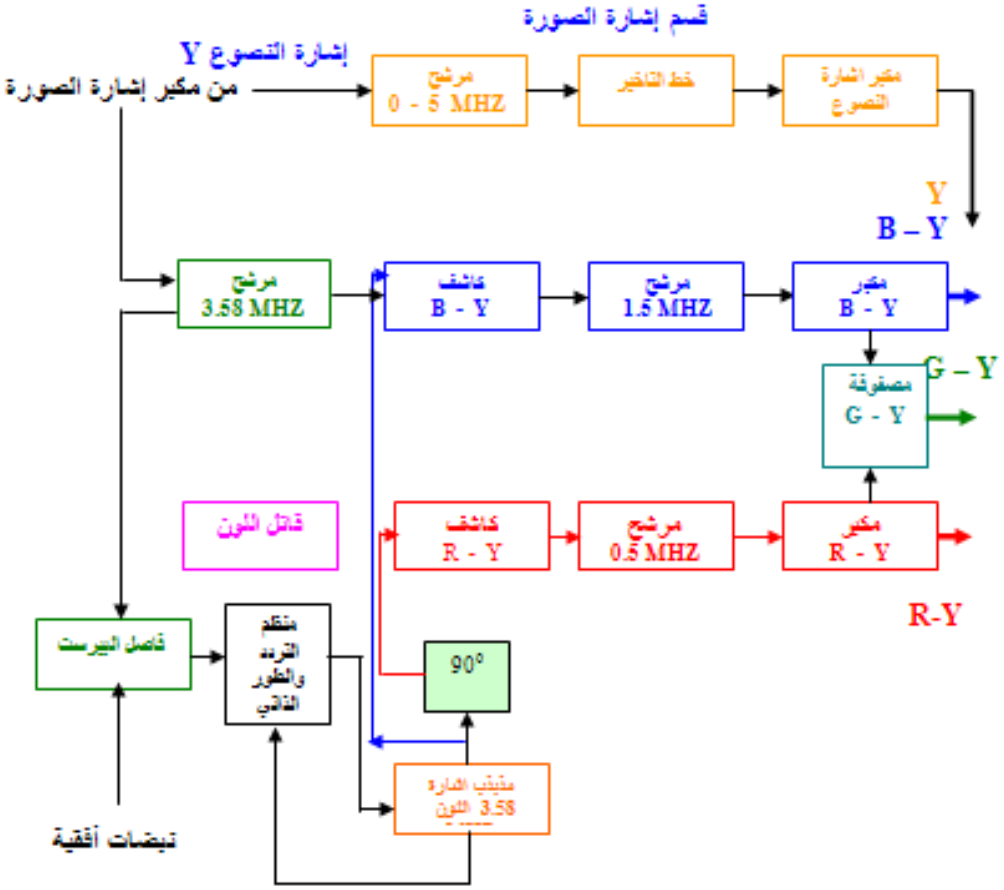
وتحتاج إشارة النصوع في مكبر إشارة الصورة إلى خط التأخير وهو عبارة عن ملف أو قابلو محوري (Coaxial Cable) لتأخير إشارة النصوع Y كي تصل إلى صمام الشاشة الملونة في الوقت نفسه مع إشارة اللون C ويكون زمن التأخير هذا حوالي (0.8) مايكرو ثانية ومن دون هذا التأخير للإشارة Y فان معلومات اللون سوف تظهر مزاحة بحوالي (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 شاشه 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 N T S C

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

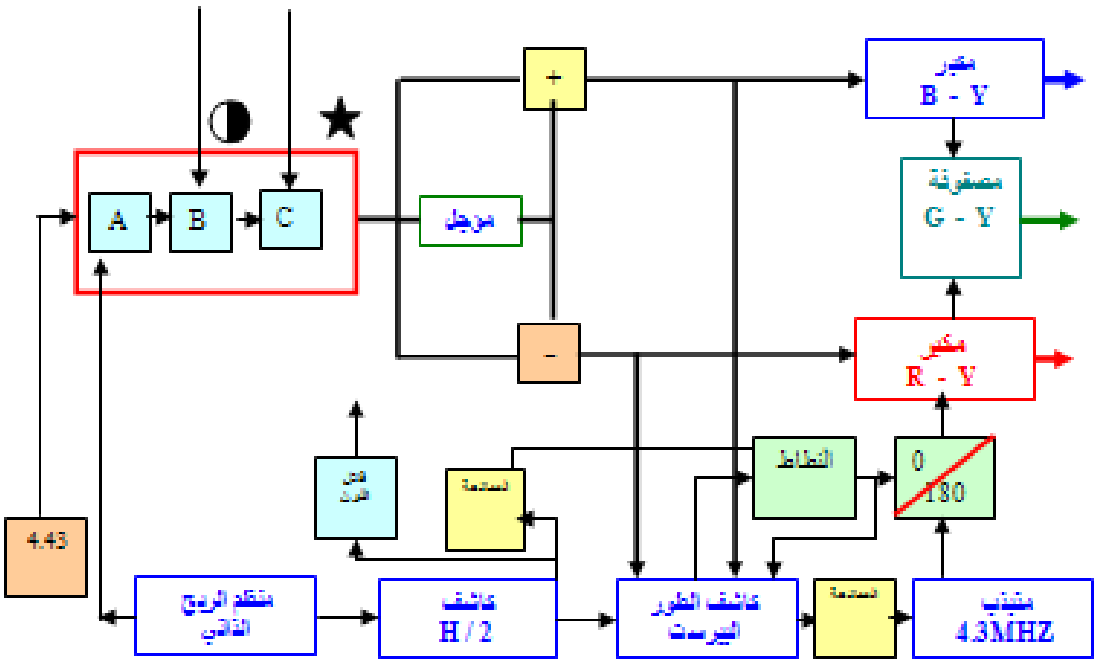


الشكل (5 – 51) الاستلام بنظام NTSC

يحتوي قسم إشارة النصوع على المرشح بالتردد من (صفر - 5) ميكاهرتز الذي يعمل على كبت أي تداخل يمكن أن يحصل مع الحاملة الثانوية للون وخط التأخير بزمن 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 ألتزامني 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 .....



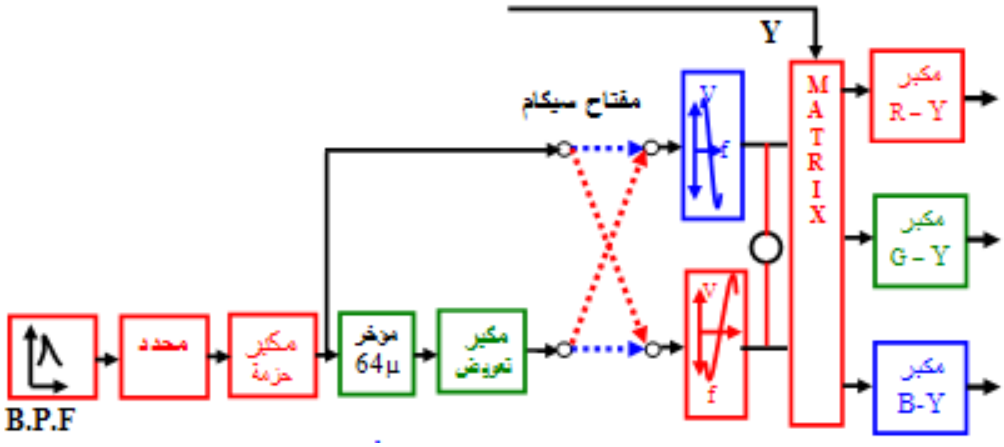
الشكل (5 - 52) الاستلام بنظام PAL

إن مكبر الألوان الذي يحتوي على ثلاث مكبرات (A , B , C) المكبر (A) له ربح متغير ومسيطر عليه بوساطة مرحلة منظم الربح الذاتي (A.G.C) ويتغير ربح المكبر (B) ويسطير عليه بوساطة 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 جيبية 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 (اسود – ابيض) 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) بوساطة مرشح إمرار النطاق الترددي (BPF) الذي يمنع مرور إشارات الضوضاء التي تقع عند الترددات العالية والواطئة والتي يمكن أن تكشف بواسطة كاشف التضمين التردد (FM). تدخل إشارة الألوان على المحدد (Limiter) فيقوم بتحديد الاتساع لان سعة إشارة الألوان المضمنة ترددیا قد يتغير بسبب الضوضاء خلال الإرسال، ثم يتم تكبير إشارة الألوان بوساطة مكبر نطاق ترددي (Band Pass Amp.) فيعمل على تكبير حزمة إشارة معلومات الألوان بعدها تتفرع الإشارة إلى فرعين احدهما يتصل مباشرة بمفتاح سيكام والفرع الآخر يتصل بالمفتاح عبر خط التأخير الذي يؤخر الإشارة زمنا مقداره (46) مايكرو ثانيه 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.

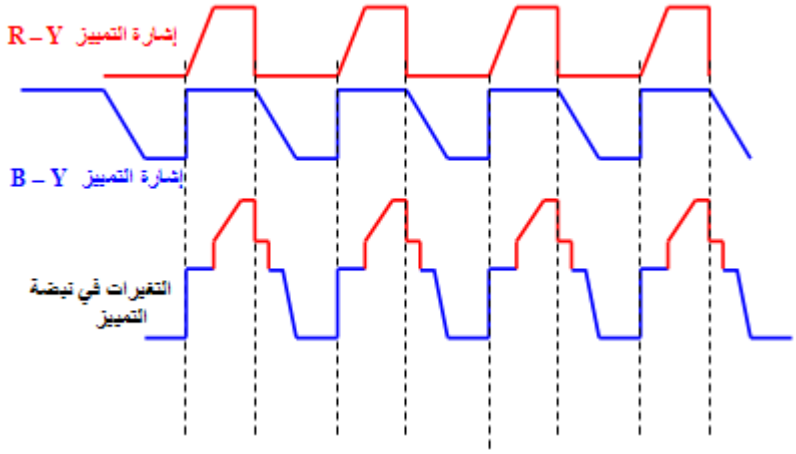
(B-Y) إلى المفتاح في وقت واحد حيث يقوم المفتاح بتوصيل هاتين الإشارتين إلى دائرتي كاشف التضمين الترددي المخصصتين لهما، إن ضمان وصول كل من إشارتي الفرق اللوني إلى الكاشف المخصص لهما ينظم بوساطة إشارة التميز (Identification).

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 مكونه من تسع نبضات بمدة فترات خط مسح أفقي واحد وتدخل في إشارات اللون وتخرج بقطبية متناوبة ثم إلى مضمن ترددي (F.M) الذي يشكلها ترددیا على الحامل المساعد للون لاحظ الشكل (5 – 54)، ترسل على فترات منتظمة إثناء 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 الالكتروني الذي يجب إن يكون نظام توصيله محكما.



الشكل (5 – 54) إشارة التمييز

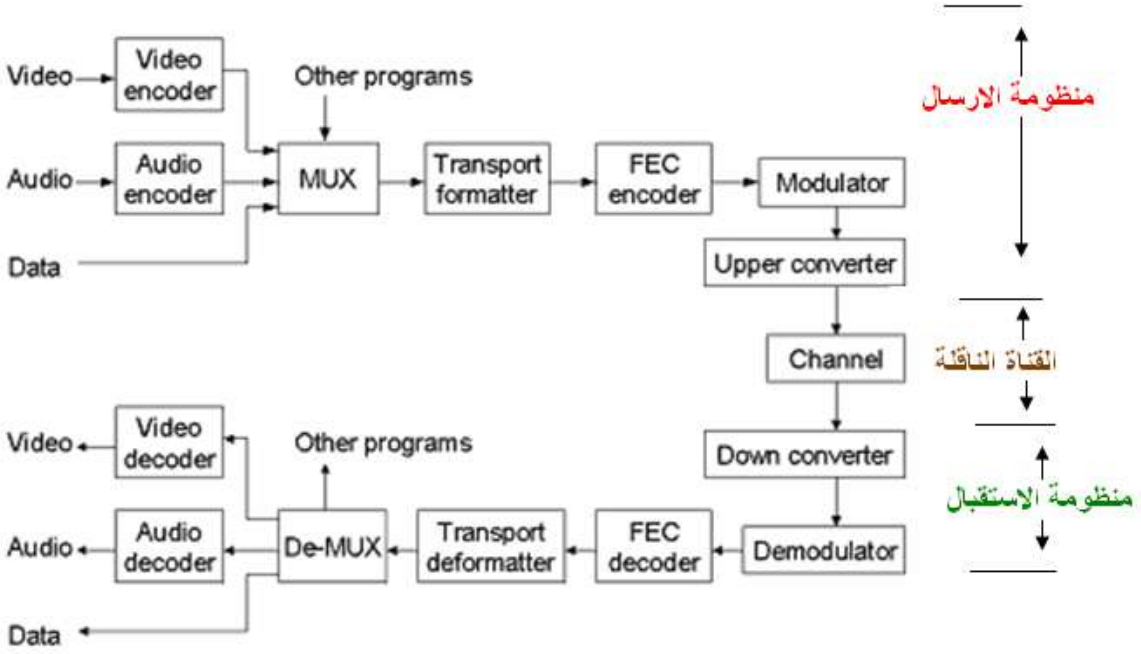
12-5 التلفزيون الرقمي Digital Television (DTV)

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 واشارات الصوت

والتلفزيون الرقمي :

عبارة عن نظام تحّول 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 الكتلوي 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 اخرى وتضاعف بوساطة Multiplexer لتشكل تدفق من السلاسل الاولية ويمكن مضاعفة هذا التدفق مرة اخرى مع بيانات لبرامج اخرى 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 وكثيرا 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 تحوّل الإشارة الرقمية المضمنة إلى قناة بالتردد الراديوي RF. يكون تسلسل العملية في جهاز الاستقبال عكس العملية في المرسلة. التلفزيون ذو الوضوح العالي HDTV احد التصاميم 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 فان العارضات يمكن تقسيمها إلى نوعين حسب التعقيد وهي عارضات غير معقدة في التصنيع وهي محصورة الاداء وفئة أخرى معقدة التصنيع وذات أداء كبير وواسع ولذلك نستطيع تقسيم العارضات بالشكل الآتي :

أولا- عارضات الشكل وهي التي تظهر لنا الأرقام والأحرف.

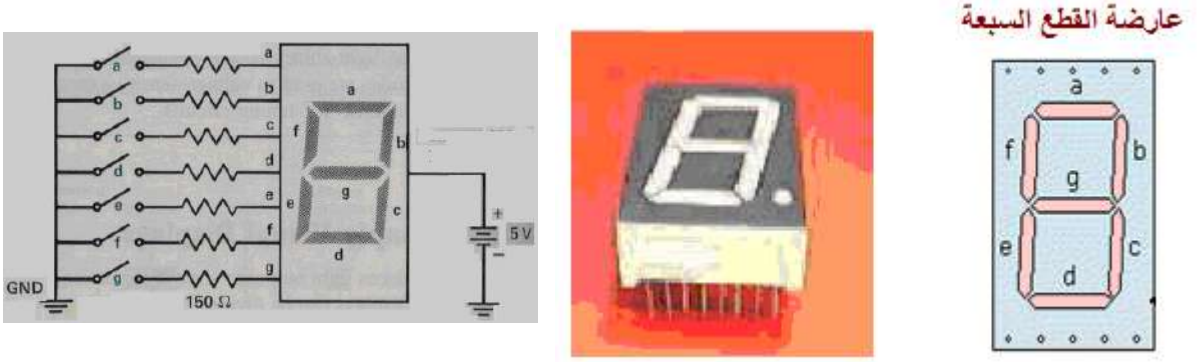
ثانيا- عارضات الرسوم وهي أكثر تعقيدا وباستطاعتها إعطاء شكل تصويري فضلاً عن الأحرف والأرقام .

ويمكن تقسيم العارضات حسب طريقة إظهار الأرقام والأحرف وحدود الأداء وتستعمل في مجالات واسعة ويتم استعمال أكثر من عارضة هنا من اجل 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 المضيئة 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) .

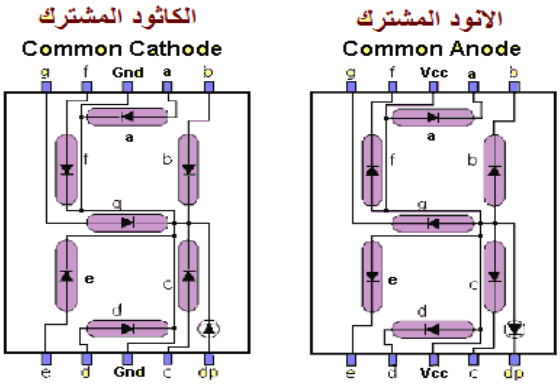


الشكل (5 – 56) عارضة القطع السبع

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 تطورا فهي تعطي ضوءا اخضر وتعمل على جهد واطئ وهذا ما نلاحظه بالحاسبات اليدوية الصغيرة. أما العارضات الشائعة في وقتنا الحاضر فهي تعطي اللون الأحمر وهي التي تستعمل ثنائي الانبعاث الضوئي للعمل.

في الشكل (5 – 57) كل قطعة تعدُّ ثنائياً مشعاً للضوء ويُعدُّ الآنود هو نقطة مشتركة للكل وجاءت التسمية بعارضة بسبع قطع ذات أنود مشترك (Common–Anode 7-segment Display) وهذه القطع من a إلى g موضحة بالشكل أعلاه ويتم إيصال الكاثود إلى الدائرة لعمل الانحياز للثنائي المحدد. وهناك عارضات ذات القطع السبع بالنوعين وطريقة توصيل الفولتية إلى هذه القطع للحصول على الرقم المطلوب. ويجب التأكد من هذه العارضات ذات القطع السبع هل هي أنود مشترك او كاثود مشترك لان الفولتية المطلوبة في الحالة الثانية عكس الفولتية المطلوبة في الحالة الأولى.



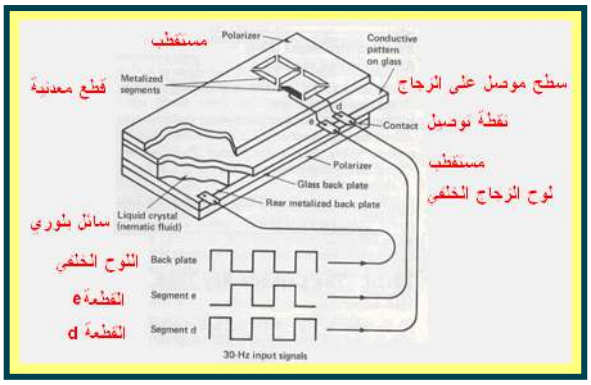
الشكل (5– 57) عارضات ذات القطع السبعة

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.

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

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 فضي بأحرف سوداء كما موضح في الشكل (5 – 58) .



الشكل(5 – 58) التركيب الداخلي لعارضة السائل المتبلور

5-13- 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) اذ ان اللوح السفلي يستلم 30 ذبذبة بالثانية موجة مربعة والقطعة e تستقبل تردد 30 ذبذبة بزاوية 180º وبذلك يتم تفعيل القطعة e وتبدو مظلمة بأساس فضي. أما القطعة d فهي بتردد 30 ذبذبة بالثانية بنفس الطور مع اللوح الخلفي. وبذلك لا تتحفز وتكون بيضاء أي غير مرئية.

وبذلك يتبين لنا ان القطعة المحفزة تكون مظلمة وهي القطعة e وهي احدى القطع السبع لتشكيل كافة الأرقام المطلوبة وبقية الأساس تبقى بيضاء وعليه فان هذا النوع من العارضات يتم اخذ القراءات منه في مكان مضيء . ومن مزايا هذا النوع من العارضات هو استهلاكه الضئيل جدا للتيار لذا يستعمل في الحاسبات الالكترونية والساعات اليدوية وأجهزة القياس. ومن الجدير بالذكر هنا ان هذا النوع من العارضات ذو انتشار واسع ولا يستعمل التيار المستمر اذ يؤدي هذا النوع من التيارات إلى تلفه.

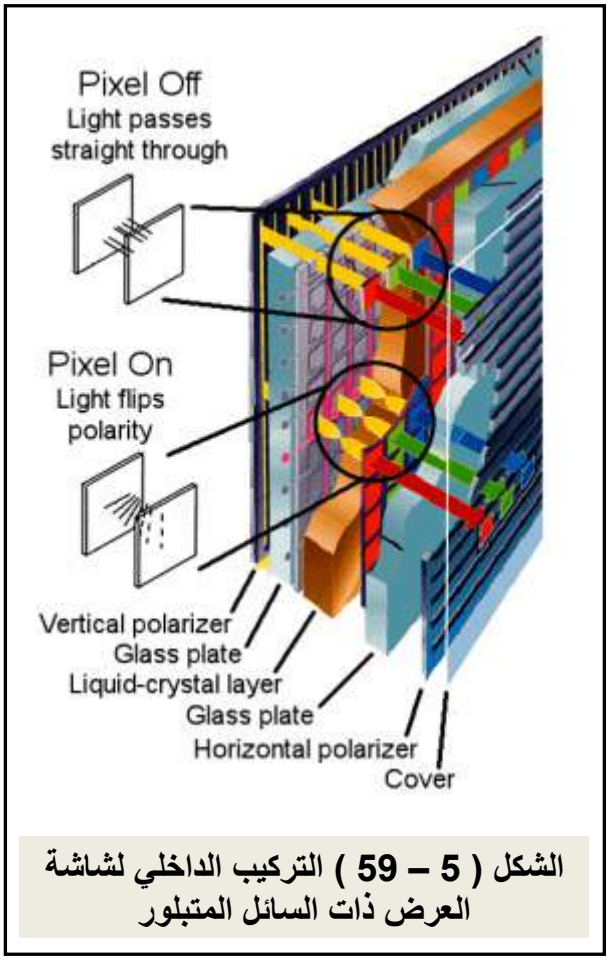
وهناك أنواع أخرى من شاشات العرض والتي تستعمل السائل المتبلور أيضا ولكن بأسلوب تصنيع آخر يعتمد على المرآة الخلفية كما في الشكل (5 – 59) الذي يوضح شاشة عرض ذات السائل المتبلور نلاحظ فيها المرآة الخلفية العاكسة للضوء المسلط من الواجهة الأمامية من اي مصدر ضوء موجود كضوء الغرفة، اذ يمر بالطبقة المستقطبة العمودية ثم الى المرشحة الزجاجية ليمر الضوء خلالها ثم الى السائل المتبلور بين قطبين موجب وسالب حيث تتجه البلورات بأحد الاتجاهين إما عمودي لتسمح بمرور الضوء او أفقي لتحجب الضوء. والنتيجة فان الضوء الخارج يمر خلال مرشحة زجاجية وطبقة مستقطبة 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 الـTFT هو النوع القياسي الحديث في الوقت الحاضر في مجالات شتى منها الشاشات التلفزيونية وعارضات الحاسبة المتنقلة Laptop وأجهزة أخرى. وقد شاع استعمال هذا النوع من العارضات وذلك للمواصفات الآتية :

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 .



الشكل (5 – 59) التركيب الداخلي لشاشة العرض ذات السائل المتبلور

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 سُرع عالية جداً وبمقدار ضئيل جداً من الوميض (تأثير فلكر Flicker Effect).

وهناك شاشات تدعى شاشات العرض ذات السائل المتبلور من النوع السلبي وهي شاشات ليس لها القابلية على إعادة الإنعاش (Refresh) بسرعة عالية وهذه من السلبيات في عدم الاستجابة مع الصور ذات الحركة السريعة بينما شاشات العرض من نوع الـ TFT لها سرعة إنعاش عالية جدا لتظهر صورة دقيقة التفاصيل واستعمالاتها متعددة في هذا المجال مثل الألعاب (Games) وكل إشكال 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 البلاستك او الزجاج او مواد أخرى، وهذا النوع من شاشات العرض لها تركيب أشبه بالسندويج بحيث ان السائل البلوري ينحصر بين زجاجتين او لوحين من البلاستك.

جـ - 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).

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 جدا 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 فان الخلايا تعمل مثل عمل المتسعات. فعند تسليط شحنة على الخلية فان السائل البلوري ينقلب إلى اتجاه واحد. وعند إيقاف تجهيز الشحنة إلى الخلية فان جهده تدريجيا وعند ذاك فان 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 الى تغيير توجيه البلورات إذ أن هذه الطريقة تعطي سيطرة أسرع إلى خلايا السائل المتبلور وبالطبع هناك أيضا تعقيد اكبر. ومن الظواهر التي نلاحظها في شاشات العرض ذات السائل المتبلور غير الفعالة هو ظهور غشاوة (Blur) مع الصور خصوصا بالحركة السريعة التي هي أكثر من (8-15) إطار بالثانية إما هذه الظاهرة فأنها 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

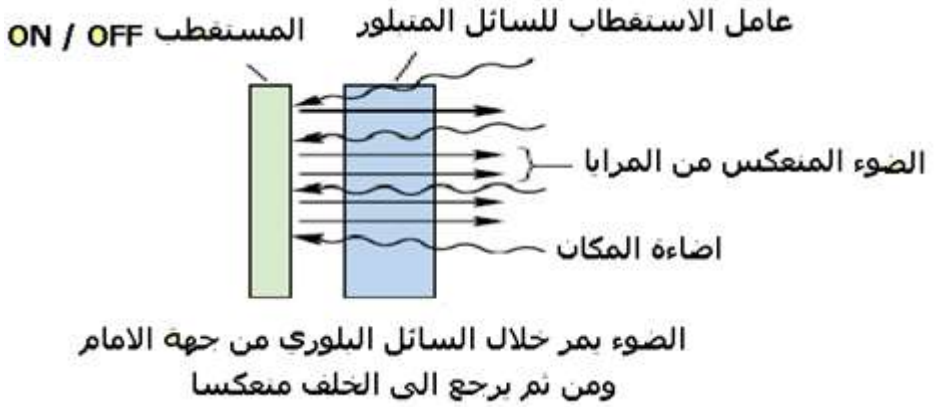
تطرقنا إلى عمل شاشات العرض ذات السائل المتبلور وطريقة عمل الـTFT، والآن نتحدث عن طريقة عرض الألوان وظهورها على شاشة العرض، ففي شاشات العرض الملونة فان كل بكسل يقسم إلى ثلاثة بكسل ثانوية، كل واحد منها له القابلية على إظهار لون من الألوان الثلاثة (اللون الأحمر، واللون الأخضر، واللون الأزرق). وكما نعلم بان هذه الألوان هي الألوان الأساسية والألوان الأخرى يمكن إظهارها عن طريق مزج الألوان الأساسية بنسب معينة، وبمعنى أخر 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 فان 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 فأنها تستعمل نظام الانعكاس للحصول على الضوء وتدعى علميا (Reflective TFT)، وهذا النوع من شاشات العرض لا يتضمن أي ضوء في الواجهة الخلفية. والعامل المستقطب في الجهة الخلفية لشاشة العرض هو ببساطة طبقة مرايا وراء لوح الـTFT. وهذه الواسطة تعكس الضوء القادم من الواجهة الأمامية ليصبح هو الضوء الأساسي لإضاءة الشاشة أو العارضة، لذلك فان الشروط الواجب توافرها هي غرفة او 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

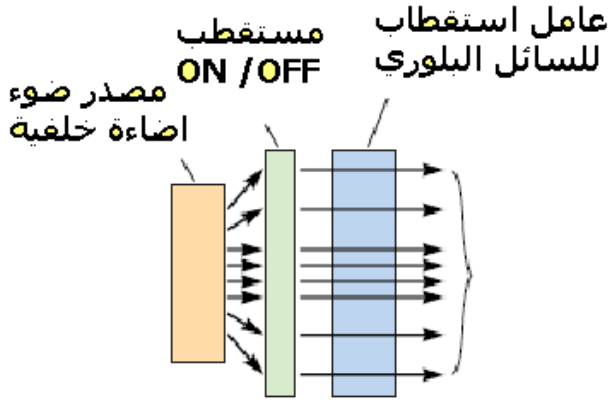
بعد ذلك صنعت شاشات عرض نوع (TFT- LCD) وبوجود مصدر ضوء لها. وتم تحوير التصميم وتحديثه في نوع آخر من شاشات العرض بإضافة إضاءة جانبية أو إضاءة أمامية لها وظيفة الإضاءة هي نفسها كما هو الحال في شاشات العرض ذات الإضاءة الخلفية والفرق هنا فقط موقع مصدر الضوء. ففي حالة الإضاءة الأمامية يوضع مصدر الضوء على الجانب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

ان 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 مرورا بالوسط المستقطب للوح الـTFT، أما في شاشات العرض الصغيرة المستخدمة مثلا في التلفون الخلوي او الحاسبة اليدوية ومصدر الضوء فيها يوضع على طول الجانب لشاشة العرض .

ومن شاشات العرض الشائعة الاستعمال هي نوع الـ TFT ذات الاضاءة الخلفية وتدعى مصباح فلورسنتي ذات الكاثود البارد CCFL (Cold-Cathode Fluorescent Lamp) وهو أشبه بأنبوبة الفلوريسنت الطبيعية بحجم صغير ومن فوائد هذه الطريقة انها 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)



الشكل (5-63) طريقة انتقال الضوء

هناك بعض العوامل المهمة التي تؤخذ بنظر الاعتبار لتقويم شاشة عرض LCD :

1. دقة التفاصيل Resolution : وهي البعد الافقي والعمودي معبر عنه بكلمة (بكسل) ومثال على ذلك نقول الرقم 768 x 1024 وهو الحصول على تفاصيل دقيقة للصورة .
2. خطوة النقطة Dot Pitch : هي المسافة بين مراكز (بكسل) عدد اثنين متجاورين، الاقصر في حجم الخطوة هو الأقل في رؤية الحبيبات. وتكون النتيجة صورة حادة دقيقة التفاصيل. اذ ان خطوة النقطة ربما تكون بنفس المسافة افقيا وعموديا او مختلفة (اقل شيوعا).
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 شيوعا مساحة العرض الفعالة Active Display Area) .
4. مدة الاستجابة Response Time : وهي اقل وقت ضروري لتغيير ألوان البكسل او الإضاءة. ووقت الاستجابة مقسم أيضا الى وقت ارتفاع ووقت هبوط في عارضات الـ LCD فهو يقاس بـBTB (Black To Black) او GTG (Gray To Gray) وهذا النوع من القياسات يجعل المقارنة صعبة لذلك اعتمد الزمن. والمدة الزمنية يجب ان تكون اقل 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 DVI . VGA . LVDS . Display Port . S-Video . and Hdmi).

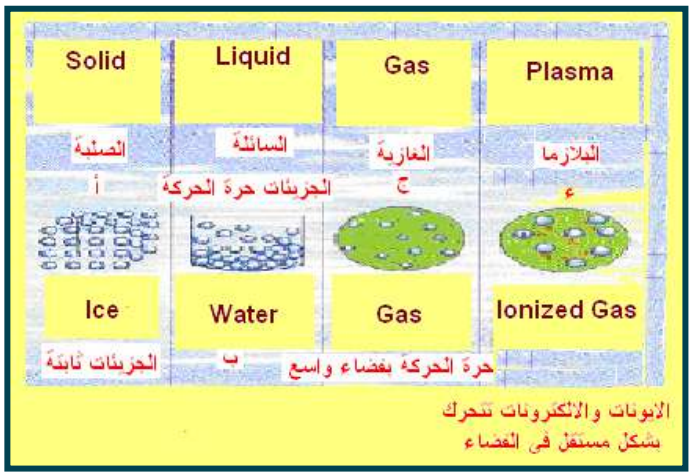
ملاحظات مهمة

المقصود بالرموز الالكترونية أعلاه والخاصة بشاشات العرض هي كالآتي:

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 الكومبيوتر 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 الكومبيوتر، وله دقه عالية في اجهزة التلفزيون .**
4. **LVDS (Low Voltage Differential Signaling) مدخل يستعمل جهداً صغيراً جدا في الإشارات، ويستعمل في اجهزة الكومبيوتر ذات الاسلاك المبرومة الازواج(Twisted Pair) والمدخل له الخاصية على سرعات عالية وخاصة في شبكات الحاسبات .**
5. **S-VIDEO في بعض الاحيان يسمى (Separated Video) اي الصورة المعزولة او يسمى احيانا (Super Video) وله توصيلة ذات سبعة اطراف 7-PINS ويستعمل الاشارة المرئية المركبة .**
6. **HDMI (High Definition Multimedia Interface) وهو ذو دقة تفاصيل عالية للصورة ويستعمل في عرض وتقديم صورة وصوت وذات عرض حزمة تصل الى 5 Gbps.**

14-5 عارضات البلازما المرئية : Visual plasma displays

كفكرة عامة عن البلازما فان المادة في الطبيعة توجد في حالات (صلبة او سائلة او غازية). وقد بحث الفيزياوي 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 اقل من الصفر المئوي وهو صلب وحالة اعلى من الصفر واقل من الـ 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 الايونات والالكترونات تتحرك بشكل مستقل وفي فضاء واسع.



الشكل (5-64) الماء وتحولاته إلى الحالات الأربعة

أ- شاشات البلازما : Plasma Screens

ان التطور الذي حدث في البرامج والأجهزة الدقيقة وكذلك زيادة السرع المستخدمة في تنفيذ هذه البرامج والتي هي بحاجة الى دقة عالية للإظهار (High Resolution) مثل استعمال (HDTV , DTV, SDTV, DVD) برزت الحاجة باستعمال تكنولوجية 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 البلازمي (Plasma

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

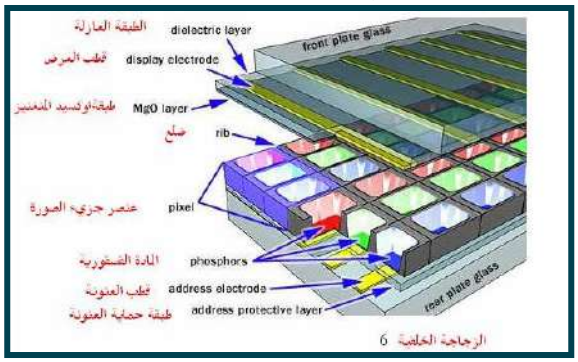
ب- عمل شاشات البلازما

تعمل شاشات البلازما بنفس الالية إذ تتكون واجهة الشاشة من عدد كبير جدا من البكسل (Pixels) وكما ذكرنا سابقا فلكل 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) اذ ان ضوء الفلورسنت ومن خلال التحكم بدرجة شدة كل ضوء يتم انتاج اللون المطلوب وبذلك تتكون الصورة. ويتم توليد ضوء الفلورسنت عن طريق البلازما.

لهذا فالبلازما عبارة عن غاز 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 وذو جهد عال يؤدي ذلك الى تجاذب الالكترونات الى الطرف الموجب والايونات الى الطرف السالب فتصطدم الالكترونات مع الايونات مما يؤدي الى تحرر طاقة على شكل فوتونات ضوئية كما هو الحال في الفلورسنت الطبيعي للاضاءة .

ان الغاز الموجود في شاشة البلازما مكون من ذرات النيون وذرات الزينون. وعليه فان الفوتونات المتحررة بمدى الترددات فوق البنفسجية التي لا ترى بالعين يتم استعمالها للتحفيز والحصول على فوتونات بالتردد المرئي.

تتوزع ذرات النيون وذرات الزينون على الاف الخلايا المحصورة بين لوحين من الزجاج اللوح 2 واللوح 6 كما مبين في الشكل (5– 65) ويتصل باللوح الزجاجي الامامي 2 قطب يسمى قطب العرض (Display Electrode) ويتصل باللوح الزجاجي الخلفي6 قطب يسمى بقطب العنونة (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 الأمامي، وعملية تاين 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 الكومبيوتر الى الخلايا الضوئية المختلفة يمكن ان نحصل على خليط من الألوان الأساسية وهذا التحكم يصل الى كل بكسل (Pixel) في الصورة وهو ذو دقة عالية مهما كانت الزاوية التي ننظر بها الى الشاشة لتصل الى درجة رؤية 160 درجة.

جـ - مزايا وعيوب شاشات البلازما

تتمتع هذة الشاشات بمزايا خاصة عن باقي الشاشات اهمها :

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

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

جـ - لا تتاثر بالمجالات المغناطيسية التي حولها لذلك يمكن استعمال نظام سمعي عالٍ بدون القلق من المجالات المغناطيسية .

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

15-5 الكاميرا الرقمية

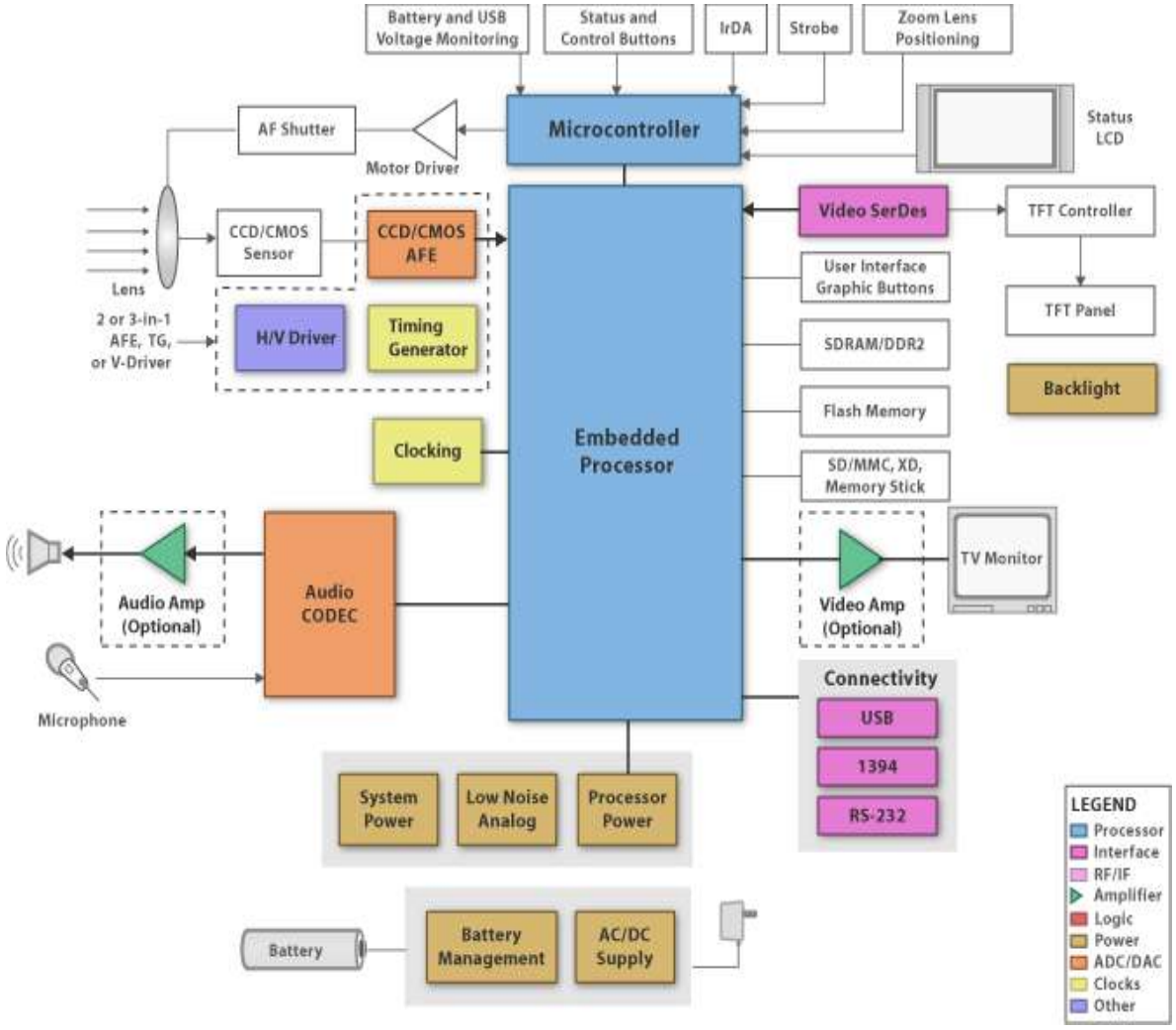
الكاميرا الرقمية هي آلة إلكترونية تلتقط الصور الفوتوغرافية وتخزنها بشكل إلكتروني بدلاً من استعمال الأفلام مثل آلات التصوير التقليدية لاحظ الشكل (5 – 66) . وآلات التصوير الرقمية الحديثة أصبحت متعددة الاستعمال، إذ بإمكان بعضها تسجيل الصوت أو الفيديو علاوة على الصور، ويأتي أغلب الآلات من هذا النوع مرفقاً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

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

الشكل (5 – 66) الكاميرا الرقمية

والمخطط الكتلوي بالشكل (5 – 67) يوضح المراحل للكاميرا الرقمية وهي العدسة والغالق والدوائر المدمجة CMOS ودوائر التوقيت ونبضات الساعة Clock. ومن السماعة والميكرفون والمكبر السمعي .Audio Amp، ومن وحدة تجهيز الفولتية للتيار المستمر ومن البطارية ووحدة الشحن. ومن المعالج والمايكروكونترولر 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 لخزن الصور والأفلام .



الشكل (5 – 67) المخطط الكتلوي 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.

جـ - 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.

جـ - لا تتأثر بالمجال الكهرومغناطيسي وهي رخيصة الثمن.

3 – إن حالة في درجة حرارة تبلغ 100000 درجة هي

أ – الحالة الصلبة.

ب – الحالة الغازية.

جـ - حالة البلازما.

4 – من العوامل المهمة التي تؤخذ بنظر الاعتبار لتقويم شاشة عرض الـLCD

أ – دقة التفاصيل

ب – زاوية الرؤيا العالية

جـ صغيرة الحجم

5- لا نستطيع ان نرى أي شيءٍ 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.

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

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

أ - ذات الكاثود البارد

ب – ذات الانود البارد

جـ - البلازما

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

أ – الملفات

ب – المتسعات

جـ - الثنائيات

8- في شاشات العرض الفعالة تستعمل ترانزستورات:

أ - لتكبير الصورة

ب - لتغيير توجيه البكسل

جـ - لتغيير توجيه البلورات

أسئلة الفصل الخامس

1) اشرح مع الرسم مسح 13 خط لمجالين فردي وزوجي في منظومة البث التلفزيوني.
2) اشرح المخطط الكتلوي للإرسال و الاستقبال التلفزيوني . ارسم منحنى الإرسال .
3) اشرح المخطط الكتلوي لقسم إشارة الصورة .
4) اشرح المخطط الكتلوي لقسم الصوت .
5) اشرح المخطط الكتلوي لقسم فاصل التزامن .
6) اشرح المخطط الكتلوي لقسم الانحراف الأفقي .
7) اشرح المخطط الكتلوي لقسم الانحراف العمودي .
8) اشرح المخطط الكتلوي لقسم كاشف الصورة .
9) اشرح المخطط الكتلوي لقسم مكبر إشارة التردد الوسيط ..
10) كيف يتم تكوين إشارة النصوع (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 الكتلوي الإرسال بنظام NTSC .
16) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الإرسال بنظام PAL .
17) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الإرسال بنظام SECAM .
18) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الاستقبال بنظام NTSC .
19) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الاستقبال بنظام PAL .
20) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي 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 (68 - 40) .

س3: احسب تردد الحاملة الثانوية لنظام PAL .

س4: احسب تردد حامل اللون للقناة MHz (188 – 181) .

س5: احسب تردد حامل الصورة وحامل الصوت وحامل اللون لاستقبال قناة بالترددMHz (202 – 195).

الفصل السادس

الكترونيات القدرة Power Electronics

أهداف الفصل : إعطاء الطالب المعرفة والقدرة على استيعاب وتعلم نوع من انواع الترانزستورات وهو ترانزستور تأثير المجال والتعرف على بعض العناصر المستخدمة في الكترونيات 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 pnpn (الشوكلي)

5-6 الدايك DIAC

6-6 الترايك TRIAC

اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل السادس

الفصل السادس
Power Electronics الكترونيات القدرة

6-1 تمهيد :

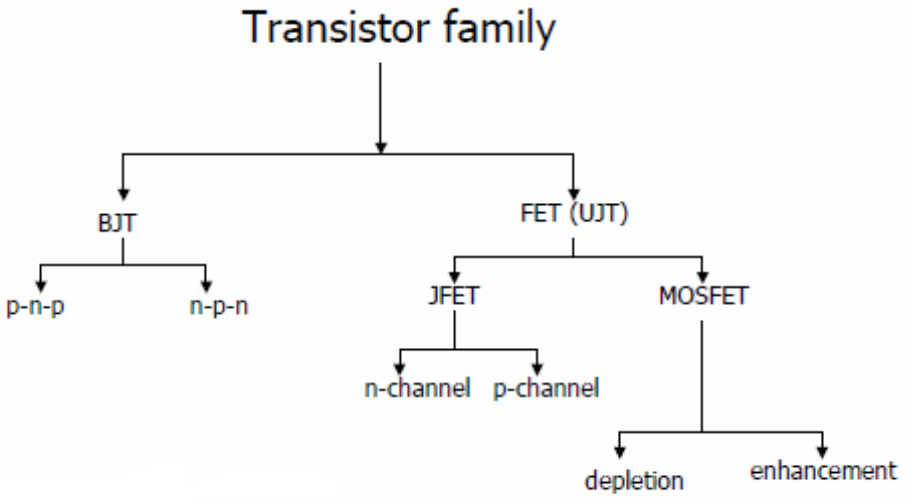
تستعمل في الوقت الحاضر تقنيات حديثة في السيطرة على الأجهزة التي تعمل بقدرات كهربائية عالية تصل إلى أكثر من 10 ميكا واط وتيارات بحدود 200 أمبير وفولتيات عالية جدا. وتعتمد هذه الدوائر في السيطرة على العناصر الالكترونية للسيطرة على اجهزة التسخين والمحركات والمصاعد الكهربائية وأجهزة الشحن وغير ذلك . ونذكر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

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

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

في البداية يجب ان نعرف ان ترانزستور ثنائي الوصلة(Bipolar Junction Transistor) BJT يكون اما (PNP) او (NPN) ويُعدُّ وسيلة للسيطرة على التيار بحيث ان تيار الالكترونات او تيار الفجوات يستعمل فيه تبعا إلى نوعه. بينما ترانزستور تاثير المجال (FET) هو أحادي القطب (Unipolar) وهو يُعدُّ 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)

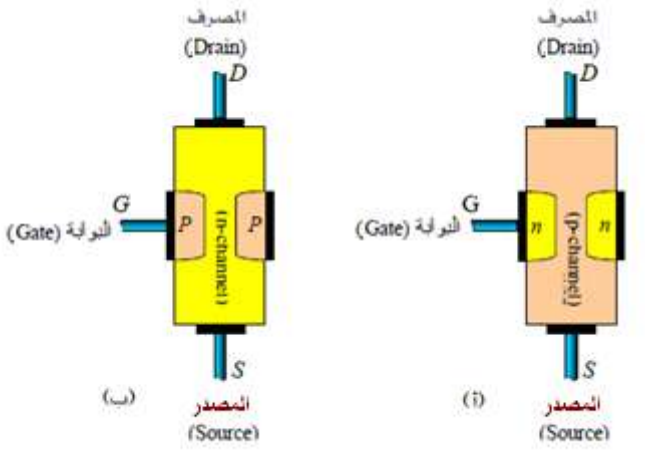
6-2-1 خواص الترانزستور نوع (FET) وترانزستور نوع (BJT)

االترانزستور الـ FET خصائص تميزه عن الترانزستور BJT وهي :

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

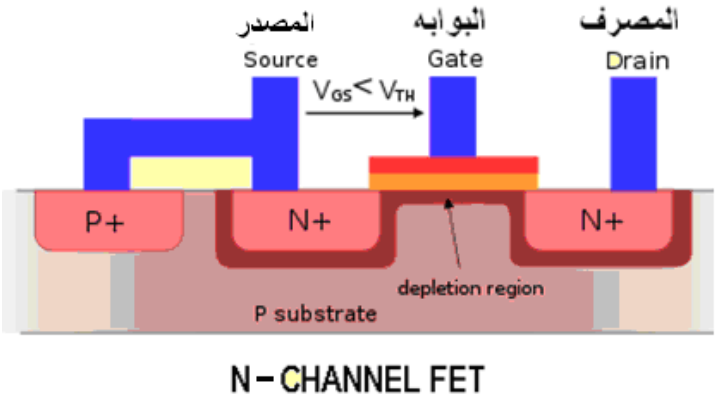
من مساوئ ترانزستور الـ FET له عرض حزمة تكبير صغيرة مقارنة بترانزستور الـ BJT .
ترانزستور الـFET له ثلاثة أطراف ويتم تصنيعه أما من نوع JFET (Junction FET)
او من MOS-FET (Metal-Oxide-Semiconductor FET) .

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



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

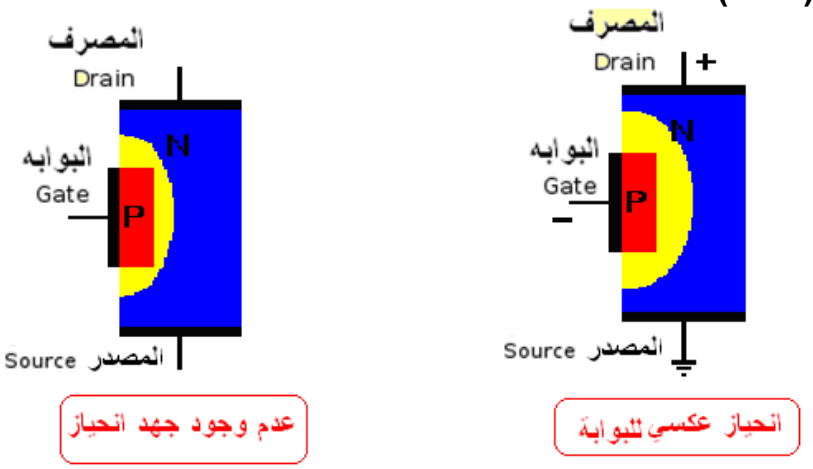
الشكل (6-3) يوضح التركيب الداخلي لترانزستور تأثير المجال FET للقناة N .



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

2-2-6 طريقة عمل الـ FET

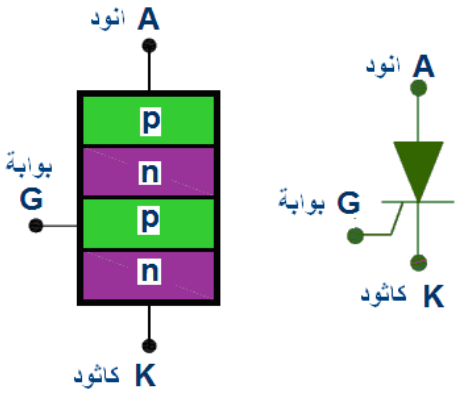
يجب أن نعلم في البداية أن ترانزستور تأثير المجال الـFET هو وسيلة جهد وليس وسيلة تيار كما هو الحال في ترانزستور الـBJT أي ان الجهد هو الذي يقوم بعملية السيطرة. فعند تسليط جهد كهربائي على البوابة يحدث مجال كهربائي في القناة الحاملة للتيار ويحصل تغير في حجم الممر للتيار. وكلما زاد جهد الانحياز العكسي بين البوابة والقناة ازداد المجال الكهربائي وبالتالي قل حجم المرور في القناة وبذلك يقل التيار المار بين المنبع والمصرف (Source-DrainCurrent) أي أن العلاقة عكسية بين جهد البوابة والتيار المار بين المنبع والمصرف. ان قطبية جهد البوابة تعتمد على نوع ترانزستور الـFET فإذا كان ترانزستور الـFET من نوع (N-Channel) فيجب تسليط جهد سالب وإذا كان ترانزستور الـFET 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).

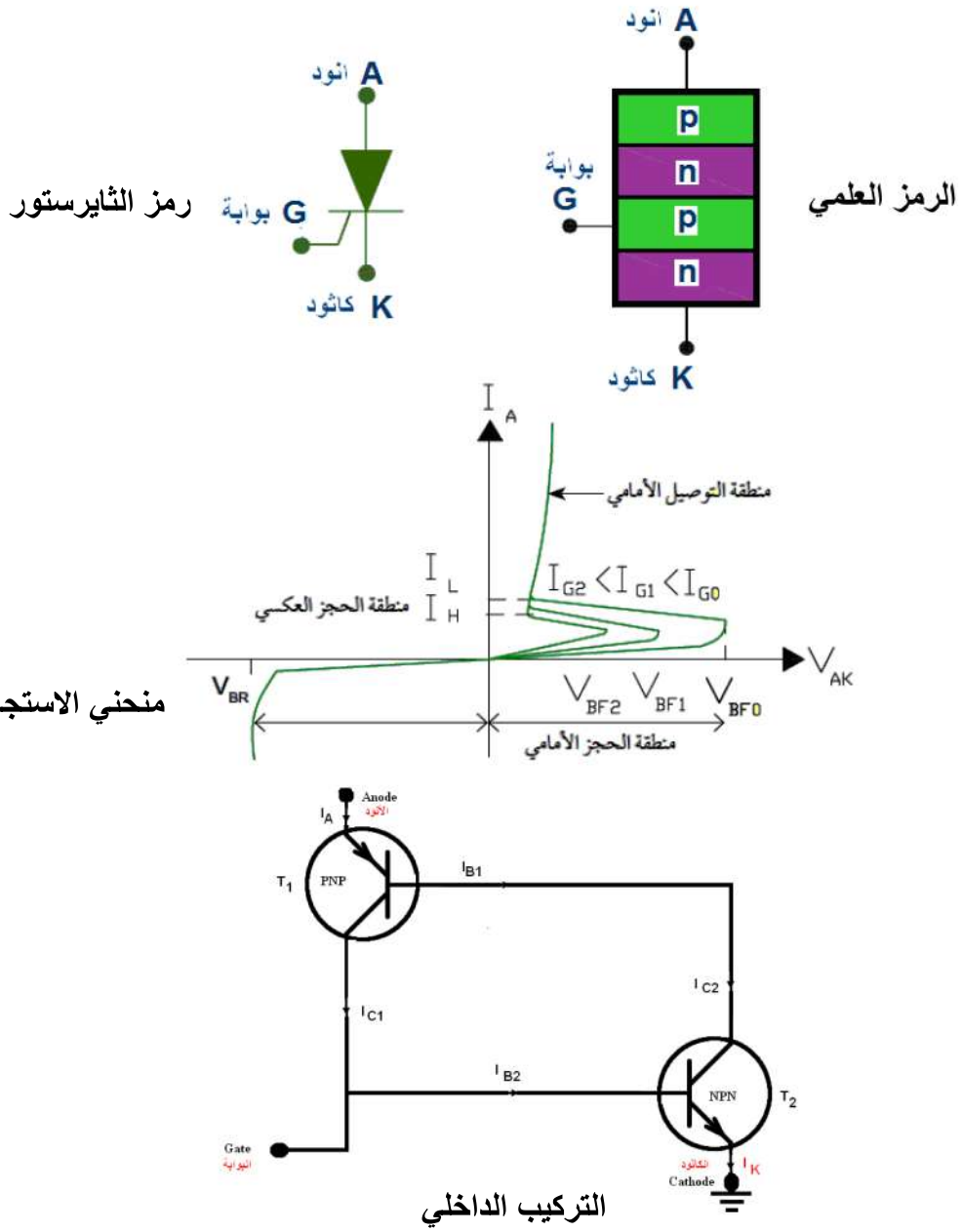


الشكل (5-6) الرمز العلمي للثايرستور

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.

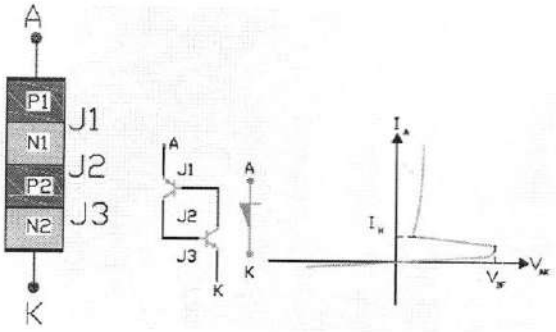
1-3-6 طريقة تشغيل الثايرستور Thyristor

في الشكل (6-6) نلاحظ أن الثايرستور له ثلاثة إطراف بأربع طبقات يتم إمرار تيار كقادح 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 تبعا إلى تيار البوابة .

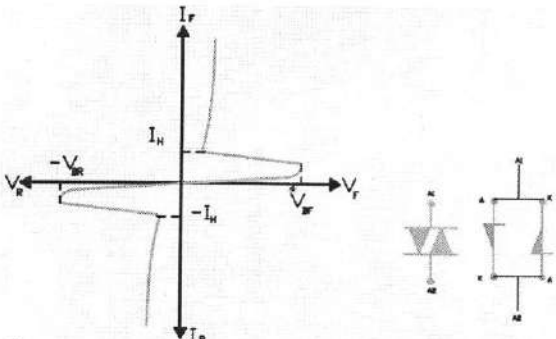


الشكل (6- 6)

الشكل (6-8) الشكل الحقيقي لثايرستور القدرة

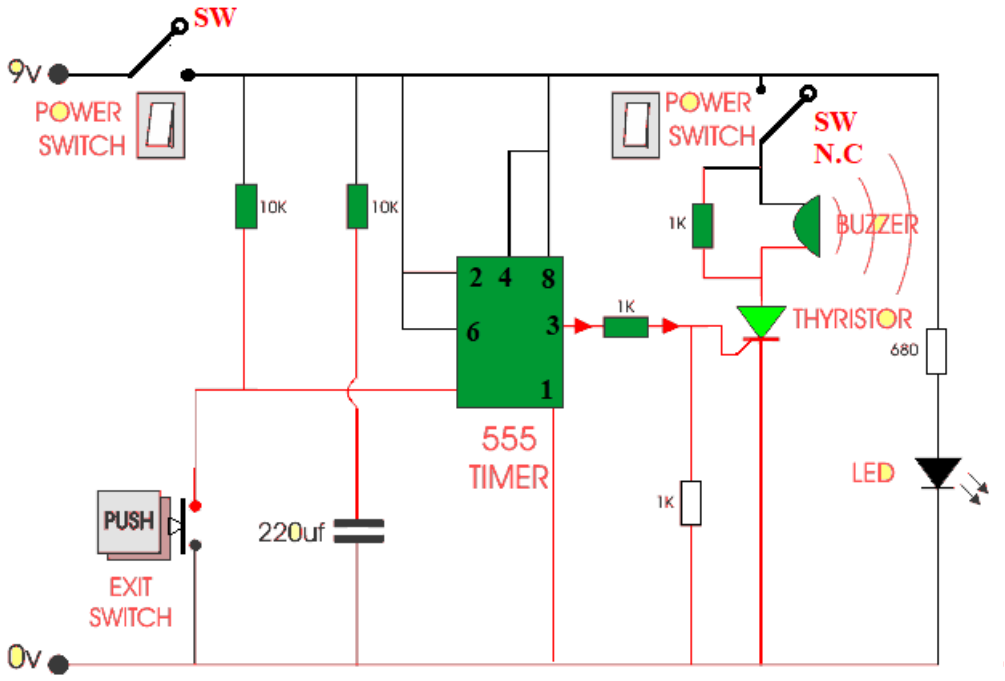


الشكل (6 - 12) يبين التركيب الداخلي مع منحنى الاستجابة لثنائي شوكلي ص 172

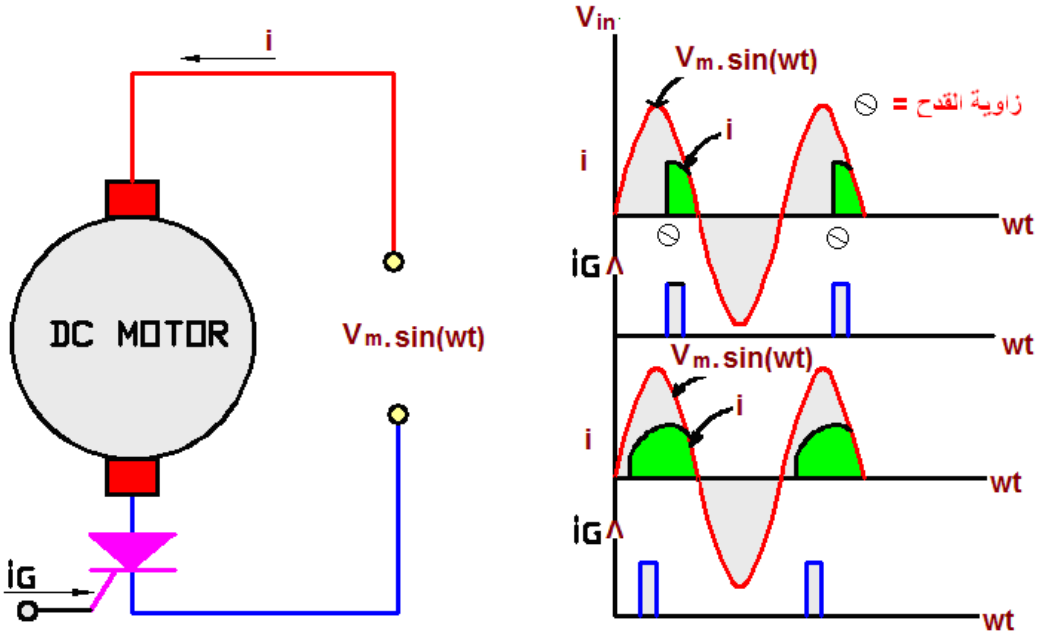


الشكل (6 – 13) الرمز العلمي والتركيب الداخلي مع منحنى الاستجابة للدايك ص 172

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



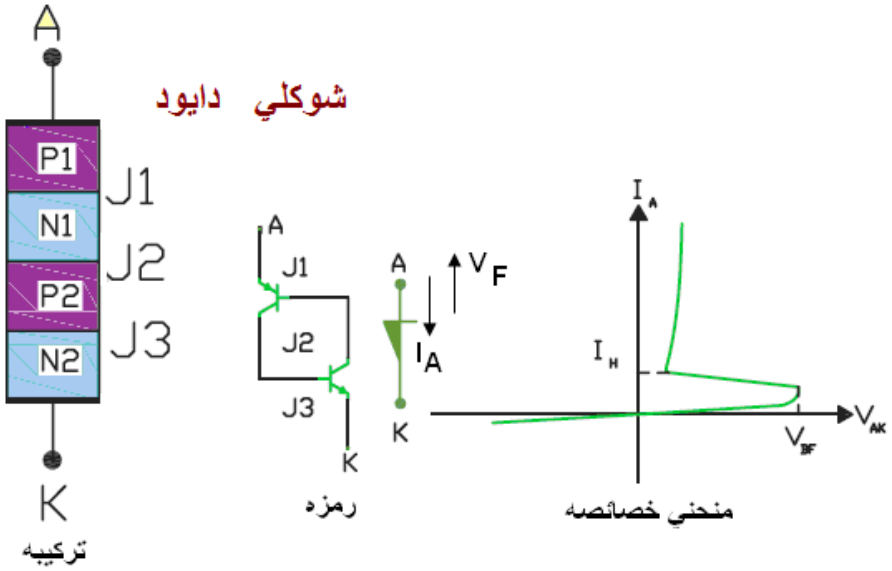
في الشكل (6-11) نلاحظ من الربط أن محرك التيار المستمر يستقبل تياراً في الأنصاف الموجبة للإشارة فقط وهذا التيار المار به يعتمد على لحظة القدح.
ففي الشكل نلاحظ أن قدح تيار البوابة قريب من نهاية الأنصاف الموجبة فتكون النتيجة قدرة قليلة موجبة مجهزة للمحرك وهذه القدرة يمكن زيادتها اعتمادا على زمن القدح.



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

4-6 ثنائي القطع الأربع pnpn (الشوكلي) :

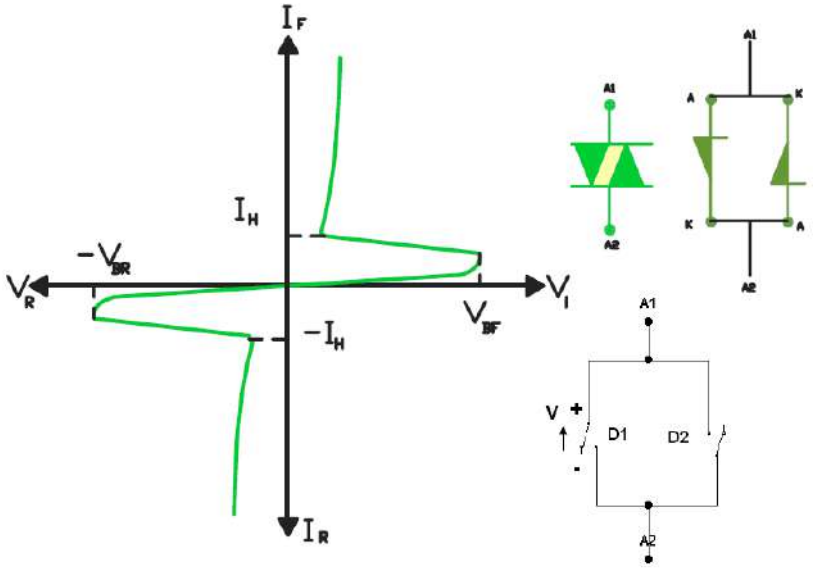
يتألف من ثلاث توصيلات ثنائية كتوضيح على شكل توالي كما هو في الشكل (6-12) ونحصل على طرفين هما الانود والكاثود للحصول على مرور تيار، لذا فان الانود يجب أن يكون موجب نسبة إلى الكاثود، ويجب أن نصل إلى نقطة تدعى (جهد الكسر) ليمر تيار خلالها. ونلاحظ انخفاض الجهد على أطراف الانود والكاثود ويرتفع التيار بشكل عالٍ أما في حالة عكس الجهد على أطرافه فنلاحظ عدم مرور تيار، وعند زيادة الجهد تدريجيا 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 توازٍ متعاكس لطبقات أشباه الموصلات التي تسمح للقدح في كلا الاتجاهين. والشكل (6- 13) يبين الرمز العلمي والتركيب الداخلي ومنحنى الاستجابة للدايك.

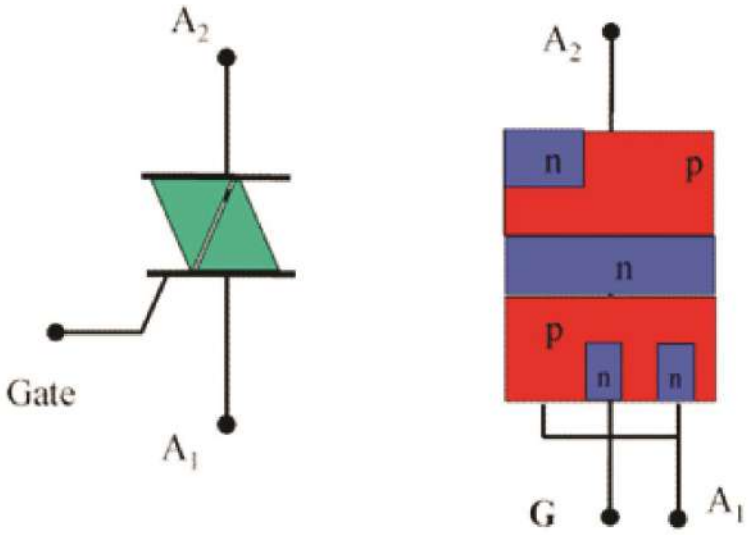


الشكل (6- 13) الرمز العلمي والتركيب الداخلي مع منحنى الاستجابة للدايك

في الشكل (6-13) نلاحظ أن أطراف الدايك هي أنود 1 وانود 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 الترايك TRIAC

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



الشكل (6 - 14) يبين الرمز والتركيب الداخلي للترايك 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

جـ - الفقرة أ و ب معاً

2 - ترانزستور تأثير المجال (FET) هو

أ – بدون قطبية

ب – أحادي القطب (Unipolar)

جـ - ثنائي القطبية

3 - يُعدُّ ترانزستور تأثير المجال (FET) وسيلة سيطرة

أ – عن طريق التيار

ب – بوساطة مقاومة

جـ - عن طريق الجهد

4 - ترانزستور الـFET له مقاومة دخول

أ – عالية جداً

ب – قليلة جداً

جـ - قليلة

5 - من مساوئ ترانزستور الـ FET

أ – له عرض حزمة تكبير واسعة

ب – له عرض حزمة تكبير صغيرة

جـ - لا يتحمل درجات الحرارة المرتفعة

6 – يستعمل الثايرستور

أ – كدائرة تقويم

ب – كمكبر

جـ - كمفتاح الكتروني

7 - الطريقة الوحيدة لقطع تيار الثايرستور هي :

أ – قطع جهد الانود الموجب

ب – عكس جهد الانود

جـ - الفقرة أ و ب صحيحة

8 - إن ترانزستور تأثير المجال الـFET هو

أ – وسيلة جهد وليس وسيلة تيار

ب – وسيلة تيار وليس وسيلة جهد

جـ - وسيلة جهد وتيار معاً

9 – أطراف ترانزستور تأثير المجال الثلاثة هي

أ – المصرف والمصدر والجامع

ب – الباعث والقاعدة والجامع

جـ - المصرف والمصدر والبوابة

10 – يتألف ثنائي (شوكلي) من

أ – أربعة توصيلات ثنائية

ب – ثلاثة توصيلات ثنائية

جـ - 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

جـ - بتحفيزه للعمل باتجاهين

12 - الترايك هو عبارة عن دايك

أ – عدد اثنين

ب – مع طرفي بوابتين للسيطرة على تشغيل الترايك

جـ - مع طرف بوابة للسيطرة على تشغيل الترايك

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 وترانزستور الـ BJT .

س4 : وضح طريقة عمل ترانزستور تأثير المجال الـ FET .

س5 : عرف ثنائي شوكلي ؟

س6 : اشرح مع الرسم الثايرستور .

س7 : ما هو الدايك ؟ وأين يستعمل ؟ عزز إجابتك بالرسم .

س8 : ما هو الترايك ؟ وما مجالات استعمالاته ؟ وضح إجابتك بالرسم .

الفصل السابع

المبادئ الرقمية Digital Principles

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

محتويات الفصل السابع :

1-7 تمهيد

7 – 2 أنواع النطاطات

7 – 3 العداد الثنائي

7 – 4 دائرة مؤقت (555)

7 – 5 سجلات الإزاحة

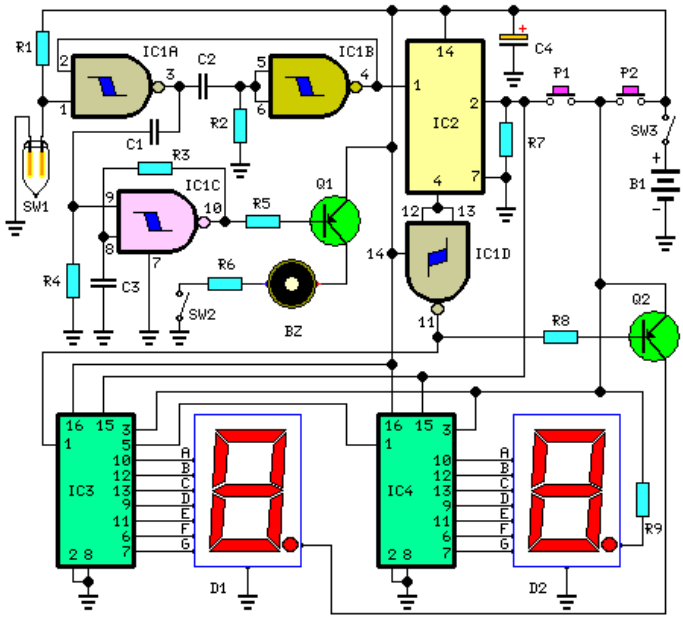
7 – 6 سجل الإزاحة المتتابع (عداد حلقي)

7 – 7 عداد جونسون

7 – 8 العدادات

اختبارات موضوعية

أسئلة الفصل السابع



الفصل السابع
المبادئ الرقمية Digital Principles

7-1 تمهيد :

تصنف الدوائر المنطقية إلى نوعين رئيسين:

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

ب- دوائر منطقية تعاقبية (Sequential Logic Circuits): البناء الأساسي لها النطاطات Flip Flop والنطاط عبارة عن دائرة منطقية متعاقبة 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 $\overline{Q}$

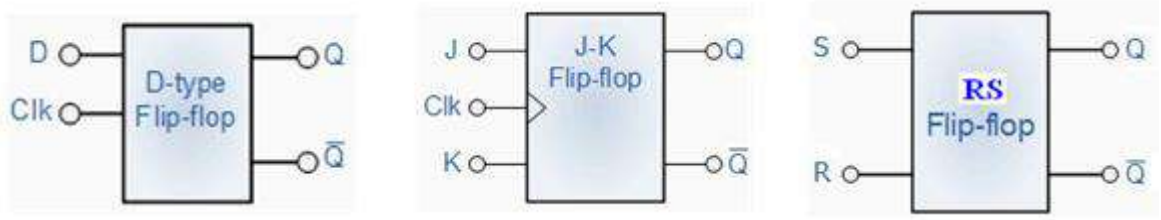
اذا كان Q =1 فان $\overline{Q} = 0$

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 .

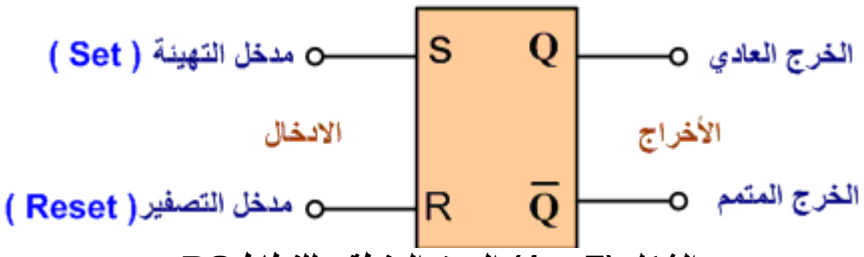
7 – 2 أنواع النطاطات:

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



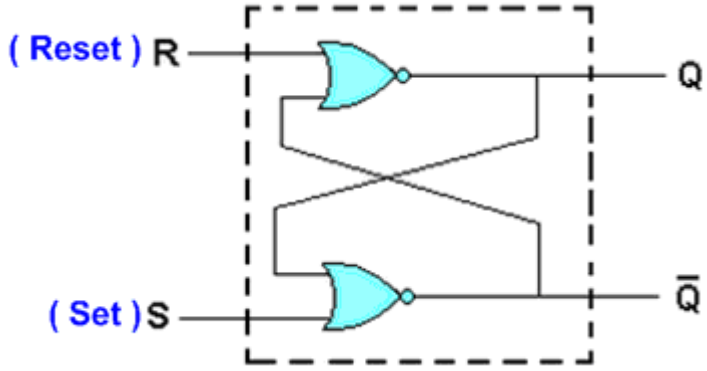
أ- النطاط RS

إنّ أبسط أنواع النطاطات يسمى (النطاط RS) وقد أخذ اسم هذا النطاط من الأحرف الأولى لكلمتي (Set) وتعني (تحفيز) أو تهيئة أو إثارة 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 (7 – 1) الرمز المنطقي للنطاط RS

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



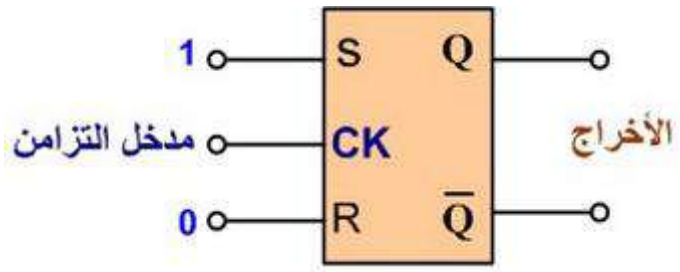
الشكل (7 – 2) بناء نطاط RS

والجدول 7 – 1 يوضح جدول الحقيقة

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

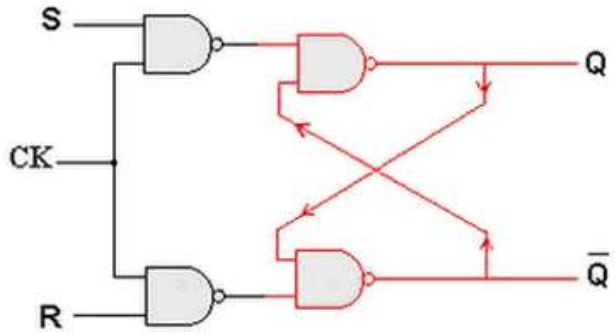
ب - النطاط RS المتزامن :

يعمل نطاط RS المتزامن (وفاقاً لنبضات تزامن أو توقيت). ويبين الشكل (7–3) الرمز المنطقي لنطاط RS المتزامن والذي يشبه إلى حد كبير النطاط من نوع RS والذي سبق شرحه مع زيادة إشارة ثالثة على مدخل ثالث يسمى مدخل الساعة (CK) أو (CLK) .



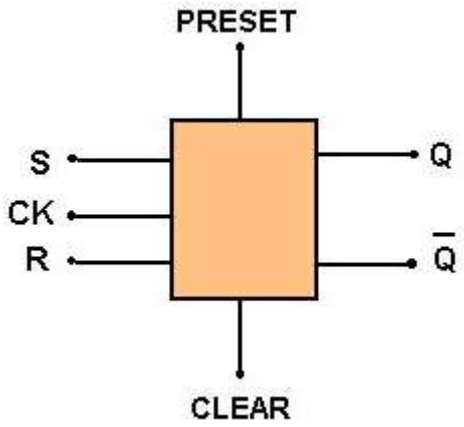
الشكل (7 – 3) الرمز المنطقي لنطاط RS المتزامن

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



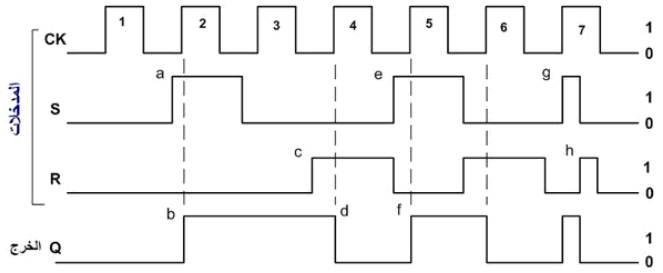
الشكل (7 – 4) بناء دائرة نطاط RS المتزامن من بوابتين NAND

يمكن أيضا تزويد دائرة النطاط المتزامنة بمدخلين إضافيين (غير متزامنين) للتحكم في عمليات تغيير حالة النطاط 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 (7-5) .



الشكل (7 – 5) دائرة نطاط متزامن بمدخلين إضافيين

ويستعمل الرسم البياني الذي يمثل أشكال الموجة أو توقيتات عمل النطاط بكثرة فضلا عن أنها ذات فائدة ملحوظة عند التعامل مع النطاطات. ويوضح الشكل (7 – 6) رسما بيانيا لتوقيتات عمل نطاط المتزامن .



الشكل (7 - 6) شكل الموجات للنطاط RS المتزامن

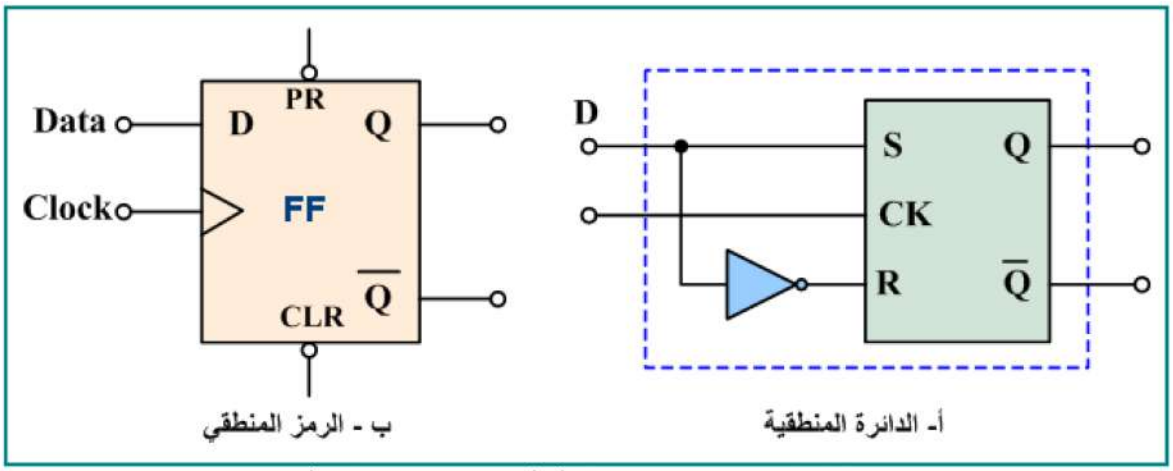
الجدول 7 – 2 يوضح جدول الحقيقة للنطاط RS المتزامن

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	

جـ - النطاط D

من أجل التخلص من سلبيات النطاط (RS) والتي تتمثل في انه عندما تكون الإشارتان الداخلتان على S وR لهما في الوقت نفسه القيمة المنطقية " 1" فان حالة الخرج تكون غير محددة. وقد استنبط هذا النوع من دوائر النطاط، إذ تم وصل المدخلين (S) و(R) معاً عن طريق بوابة "لا" (NOT)، ويسمى النطاط في هذه الحالة بالنطاط (D)، ويبين الشكل (7-7) دائرة النطاط (D) ورمزه المنطقي. إذ نلاحظ أن دائرة النطاط (D) لها مدخل واحد وخرجين. ويبين الجدول (7– 3) جدول الصواب لهذا النطاط. ويتضح من جدول الصواب أنه إذا كان مدخل النطاط (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 النطاط يغيّر حالته. ويسمى النطاط D أحيانا (بنطاط التأخير) وهذه التسمية تصف بدقة تشغيل هذه الوحدة. وأيا كان الدخل عند مدخل البيانات D فانه 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.

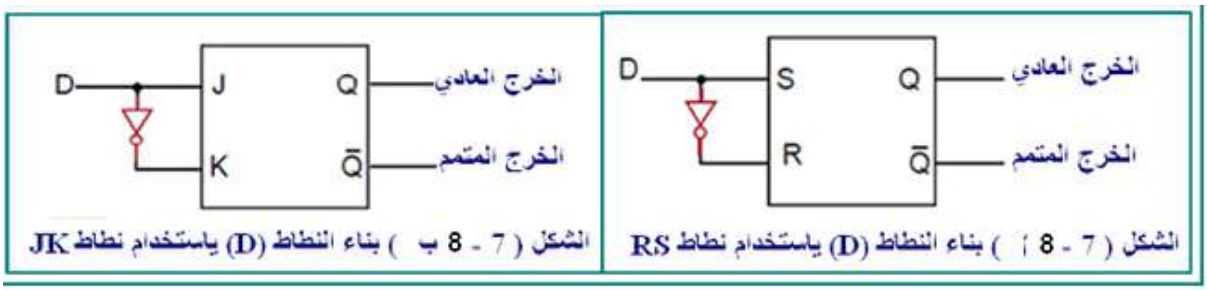


الشكل (7- 7) دائرة النطاط (D) ورمزه المنطقي

الجدول (7 – 3)

Clk	D	Q	$\overline{Q}$	Description
↓ » 0	X	Q	$\overline{Q}$	no change
↑ » 1	0	0	1	Reset Q » 0
↑ » 1	1	1	0	Set Q » 1

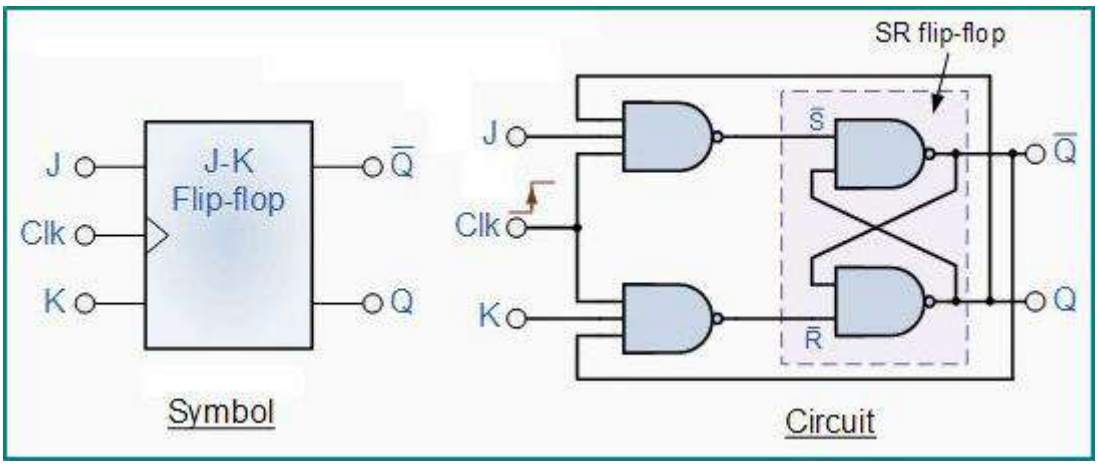
يمكن بناء نطاط D باستعمال نطاط JK و RS كما بالشكل (7 - 8)



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

د- النطاط JK

للتخلص من سلبيات النطاط RS مع الإبقاء على مدخلين للنطاط فإنه يستعمل نطاطان من نوع RS ويعرف النطاط الجديد باسم النطاط JK. ويوضح الشكل (7-9) دائرة النطاط JK والرمز المنطقي لنطاط 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 المخارج. ويمكن عد هذا النطاط (كنطاط عام) إذ يمكن عمل أنواع أخرى من النطاطات من نطاط JK.



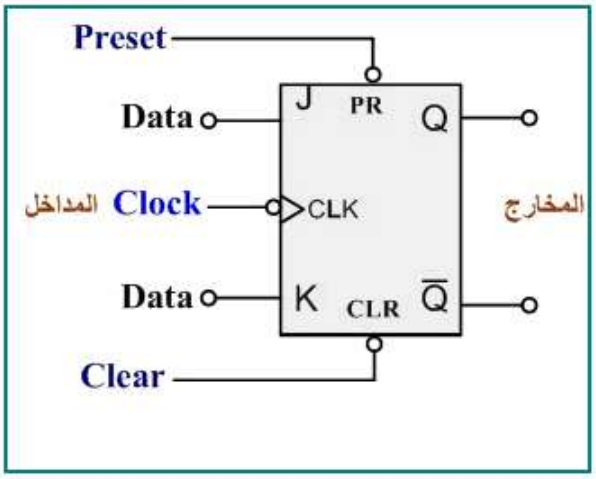
الشكل (7- 9) دائرة النطاط JK والرمز المنطقي

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

الجدول (7– 4) جدول الحقيقة للنطاط JK

وضع التشغيل	المدخلات			المخرجات	
	J	K	CK	$\overline{Q}$	Q
التبدل	1	1	⎍	الحالة المتممة	
الحالة 1	1	0	⎍	1	0
الحالة 0	0	1	⎍	0	1
إمساك	0	0	⎍	لا تغير	

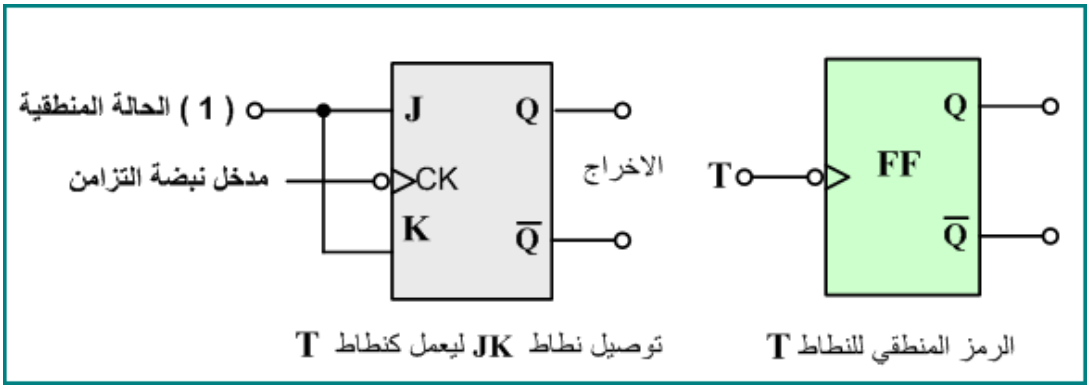
تزود النطاطات من نوع (JK) عملياً بطرفين إضافيين: أحدهما طرف الوضع المسبق (Preset:PS)، والآخر هو طرف المسح (Clear:CLR)، كما هو مبين في الشكل (7– 10).



الشكل (7 – 10) نطاط عملي من نوع (JK)

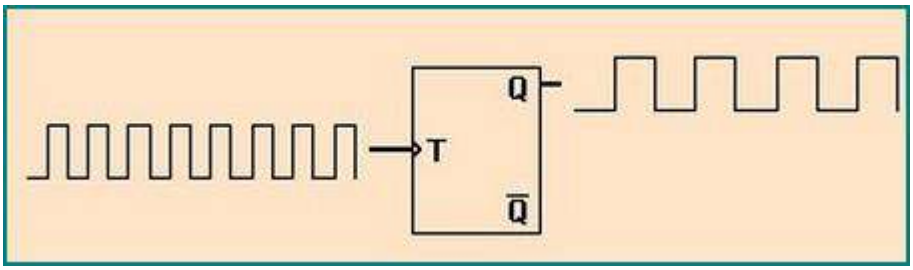
هـ - النطاط T:

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



الشكل (7– 11) بناء نطاط T والرمز المنطقي له

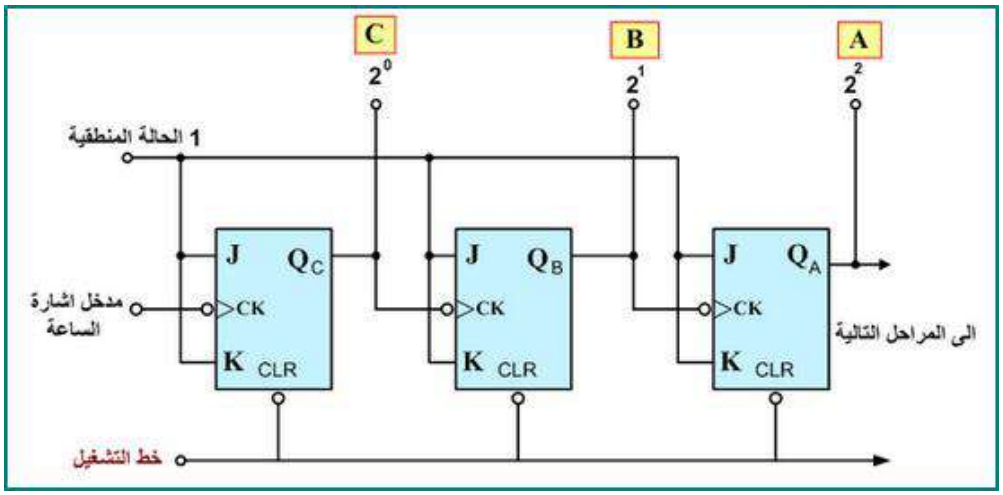
والشكل (7 -12) يوضح الرسم البياني للموجات الداخلة والخارجة من النطاط T والتي تبين عمل هذا النوع من النطاطات. ونلاحظ أن تردد الخرج Q هو بالضبط نصف تردد النبضة الزمنية الداخلة T يساوي نصف تردد الدخل.



الشكل (7- 12) النبضات الداخلة والخارجة للنطاط T

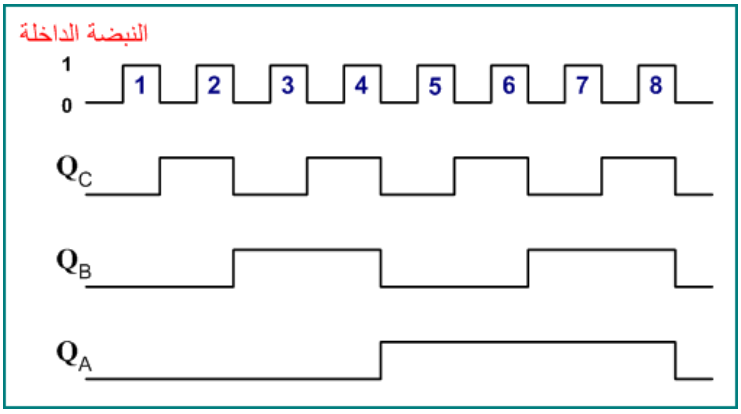
7 – 3 العداد الثنائي:

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 شيوعا لتحقيق ذلك باستعمال دوائر النطاط من نوع JK، وفي هذا النوع من العدادات تكون الإشارة الداخلة على J وK تساوي (1) طوال الوقت (بمعنى آخر تستعمل كأنها دائرة نطاط من نوع T). والشكل (7–13) يوضح توصيلة عداد نبضات بسيط باستعمال دوائر النطاط JK .



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

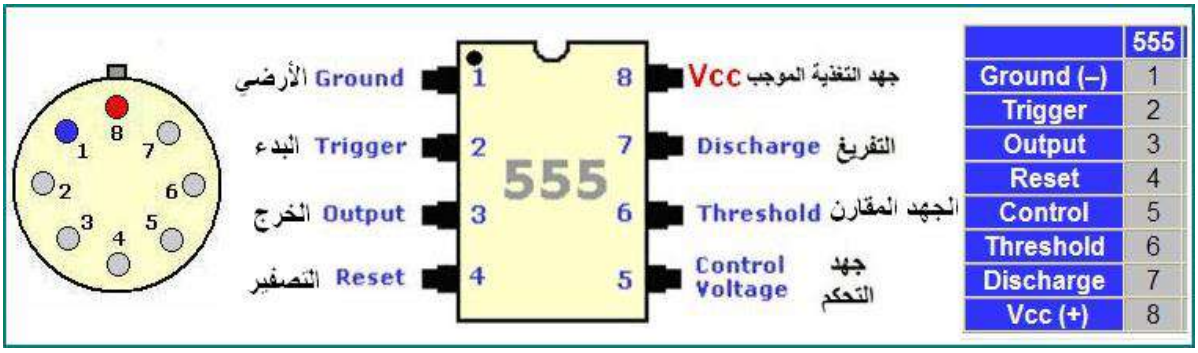
والشكل الموجي للخرج من كل دائرة نطاط والناتج من مجموعة النبضات المتتالية الداخلة على العداد موضحة في الشكل (7 – 14).



الشكل (7 – 14) الشكل ألموجي للعداد الثنائي

7 – 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 المكثفات 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 مغلفة 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

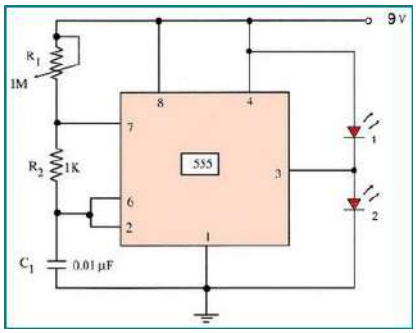
$$Tcharge = 0.693 (R_1 + R_2)C$$

وقت التفريغ

$$Tdischarge = 0.693\ R_2\ C_1$$

الوقت الكلي

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

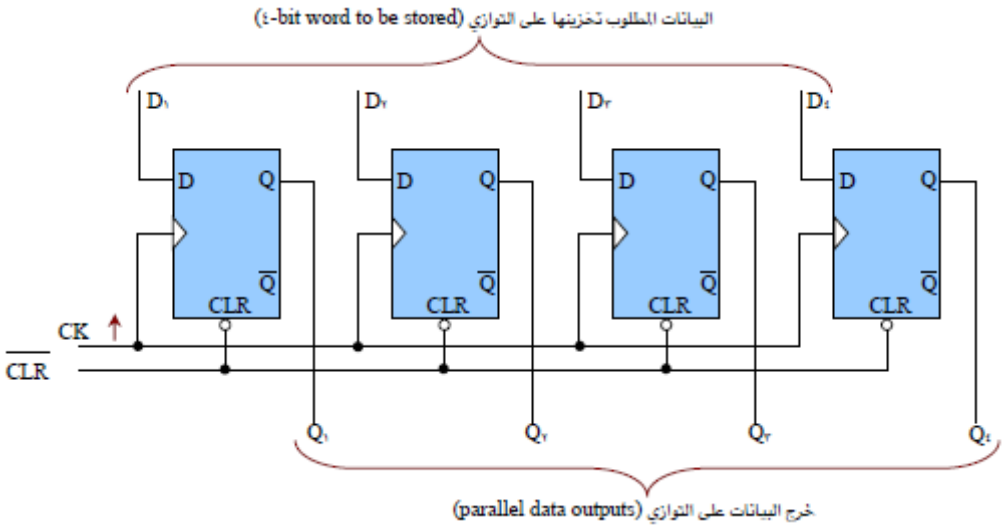


الشكل (7 – 16) مولد نبضات

7– 5 سجلات الإزاحة : Shift Register

تعدُّ السجلات احد أنواع الدوائر المنطقية التعاقبية، وتستعمل عادة في تخزين البيانات. وقد وجدنا انه يمكن خزن رقم ثنائي مفرد BIT بوساطة نطاط واحد ثم يمكن توصيل عدد من النطاطات 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 النطاطات من النوع D والتي يتم تنشيطها عند الحافة الموجبة لنبضة التزامن.



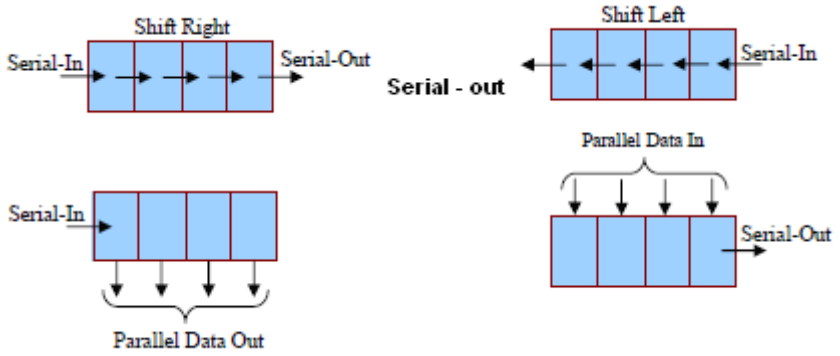
الشكل (7 – 17) سجل عزل مكون من أربع مراحل للنطاطات D

ان سجل الإزاحة هو سجل لخزن البيانات تمهيدا لتحريكها أو إزاحتها إلى اليسار أو الى 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 .

جـ سجلات الإزاحة متوازية الدخل – متوالية الخرج .



الشكل (7 – 18) سجلات الإزاحة

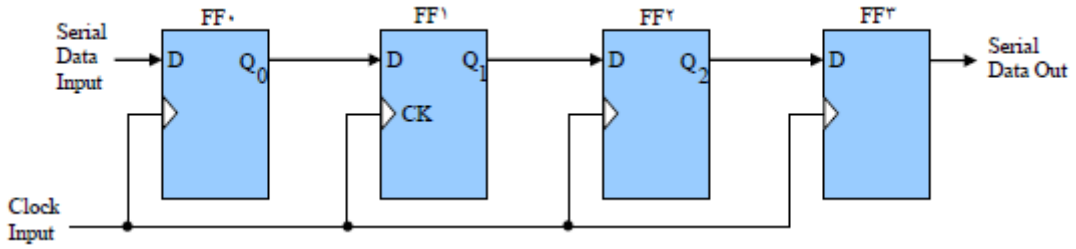
أ- سجلات الإزاحة متوالية الدخل – متوالية الخرج . Serial – In Serial Out Shift Register

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
—	—	٠	١	١	٠
١st	١	١	٠	١	١
٢nd	٠	٠	١	٠	١
٣rd	٠	٠	٠	١	٠
٤th	١	١	٠	٠	١

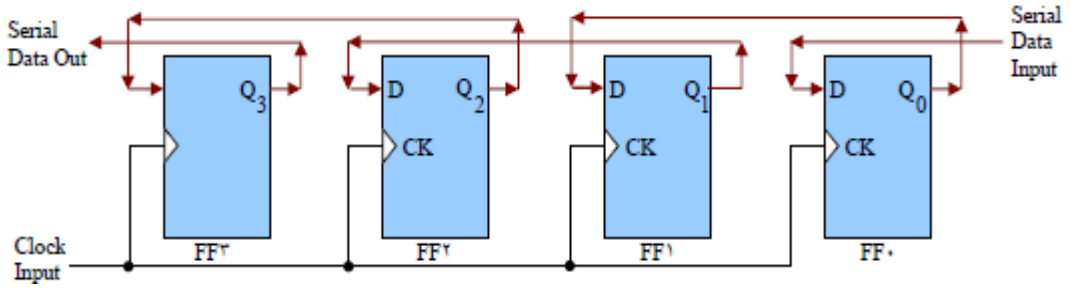
فبعد نبضة الساعة الأولى سوف تحدث إزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليمين وفي نفس الوقت فان الرقم الأول من البيانات سوف ينزاح داخل الخانة الأولى من السجل . بعد نبضة الساعة الثانية يكون هناك رقمان من الأرقام المخزونة 0110 تمت إزاحتها خارج السجل في حين تم تخزين رقمين من الأرقام الخارجية المتوالية 1001 . وبعد نبضة الساعة الثالثة تتم إزاحة ثلاثة أرقام. وبعد نبضة الساعة الرابعة فان البيانات الأصلية تكون قد أزيحت خارج السجل في حين ان البيانات الموجودة في الدخل 1001 قد حدثت لها إزاحة كاملة داخل السجل وهي ألان 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

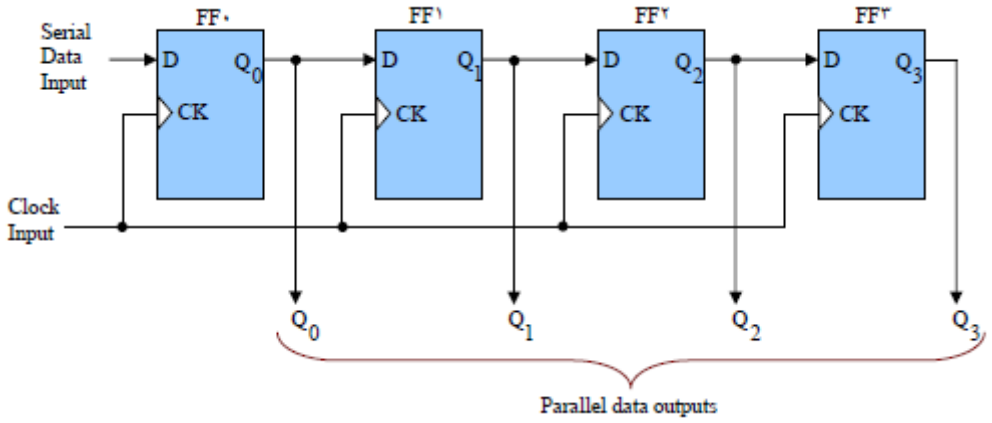
الإزاحة توالي الدخل – توالي الخرج يحتاج إلى أربع نبضات ساعة CK ليتم تسجيل البيانات الأربعة الموجودة على الدخل، ومن ناحية أخرى فان هذا السجل يحتاج الى أربع نبضات ساعة لإزاحة المعلومات إلى الخارج وهو سجل إزاحة إلى اليمين. والشكل (7–20) يوضح كيفية بناء سجل إزاحة إلى اليسار مكون من أربع دوائر نطاطات من النوع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



الشكل (7– 20) سجل الإزاحة إلى اليسار

ب- سجلات الإزاحة متوالية الدخل– متوازية الخرج Serial – In Parallel Out Shift Register

لإدخال البيانات في هذا السجل يتم تطبيق البيانات المتوالية 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)



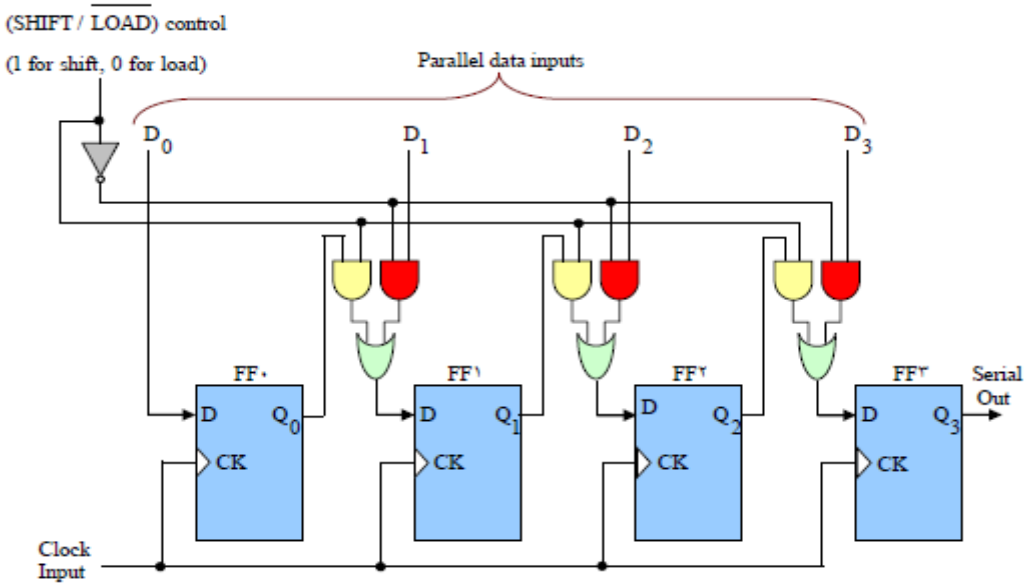
الشكل (7 – 21) سجل إزاحة متوالي الدخل – متوازي الخرج

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.

جـ - سجلات الإزاحة متوازية الدخل– متوالية الخرج Parallel – In Serial Out Shift Register

ويوضح الشكل (7 – 22) بناء سجل مكون من أربع مراحل من النوع متوازي الدخل – متوالي الخرج وذلك باستعمال دوائر النطاطات من النوع D. ويتم التحكم في الدائرة عن طريق طرف تحكم الدخل Shift- Load فعندما يكون في الوضع واطئاً Low فان 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 فان هذه البيانات يتم تخزينها داخل السجل وتظهر في الخرج (Q0 ,Q1,Q2,Q3) .

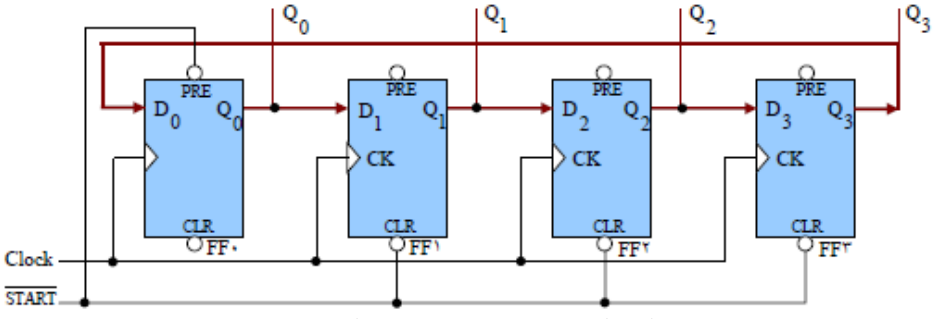


الشكل (7 – 22) سجل إزاحة متوازي الدخل – متوالي الخرج

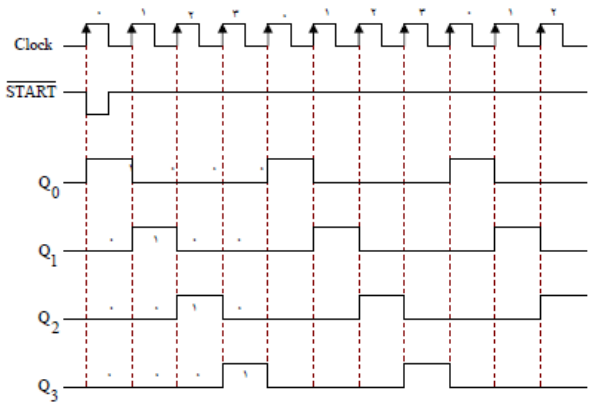
عندما يكون طرف التحكم Shift–Load في الوضع High فان جميع البوابات المظللة باللون الأصفر تكون نشطة Enable، هذه البوابات الفعالة توصل الخرج Q_0 إلى الدخل D لدائرة النطاط الثانية FF_1، ويوصل الخرج Q_1 إلى الدخل لدائرة النطاط الثالثة FF_2 ويوصل الخرج Q_2 إلى دخل دائرة النطاط الرابعة FF_3 وفي هذا الوضع فان 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– 6سجل 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 النطاط FF_3 إلى دخل دائرة النطاط 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 فان الخرج Q_0 سوف يصبح في المستوى High (PRE=0) بينما تكون الاخراجات Q_3 , Q_2 , Q_1 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
٠	١	٠	٠	٠
١	٠	١	٠	٠
٢	٠	٠	١	٠
٣	٠	٠	٠	١

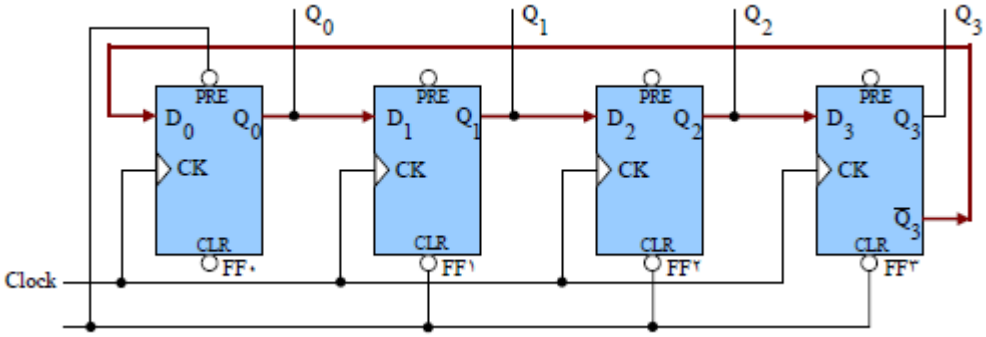
Four flip-flops will have Four output states.

Repeat Sequence

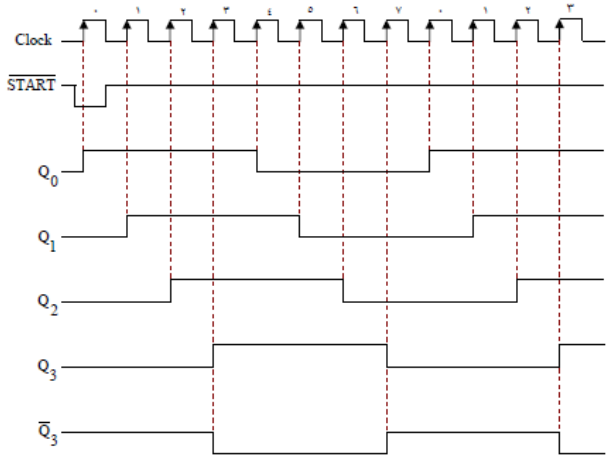
الكلمة المسجلة الآن أصبحت (0001) سوف تحدث لها إزاحة إلى اليمين مع كل نبضة ساعة CK والواحد (1) الموجود في الكلمة المسجلة سوف يزاح بشكل دائري داخل السجل كما موضح في الجدول .

7 – 7 سجل ازاحة بهيئة 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 نطاط Q_3 هو الذي يوصل بدخل دائرة النطاط D_0. ومثل العداد الحلقي فان عداد جونسون يحتاج إلى تجهيز الخرج الابتدائي كما موضح من شكل النبضات للشكل (7– 26) وجدول الحقيقة في الجدول (7– 6) وهو 1000 وبما إن Q_3 في المستوى Low عند البداية، فان Q_3 سوف تكون في المستوى HIGH وهذا المستوى سوف يعاد تغذيته إلى الدخل D_0 وبالتالي فأن الإدخالات ذات المستويات العالية يتم إدخالها داخل سجل الإزاحة من اليسار إلى اليمين إلى أن يصبح خرج جميع دوائر النطاطات عالي High وعندما تصبح Q_3 عند المستوى High بعد نبضة الساعة الثالثة، Q_3 سوف يكون في المستوى Low وعندما تصبح Q_3 عند المستوى Low بعد نبضة الساعة السابقة فان Q_3 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

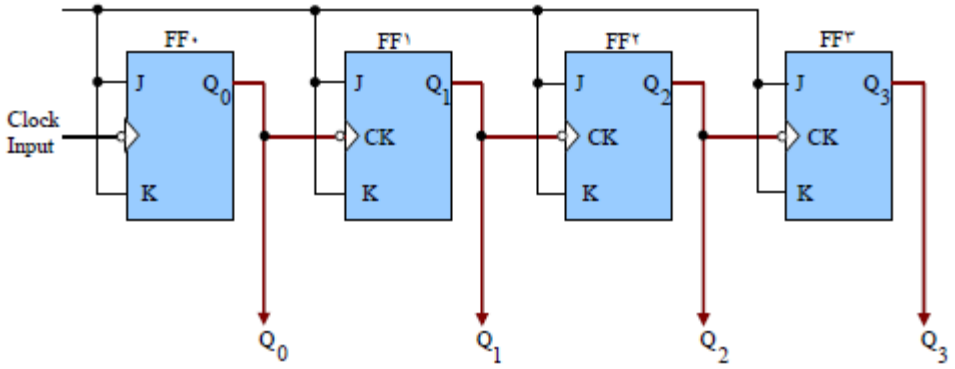
7 – 8 العدّادات : COUNTERS

العدّادات مثل السجلات وهي من الدوائر المنطقية التعاقبية 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 المسلطة 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: احدهما 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 . واغلب 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 النطاطات المكونة للعدادات المتزامنة توصل الى نبضات الساعة وبالتالي فان هذا العداد يعمل متزامن مع نبضات التزامن.

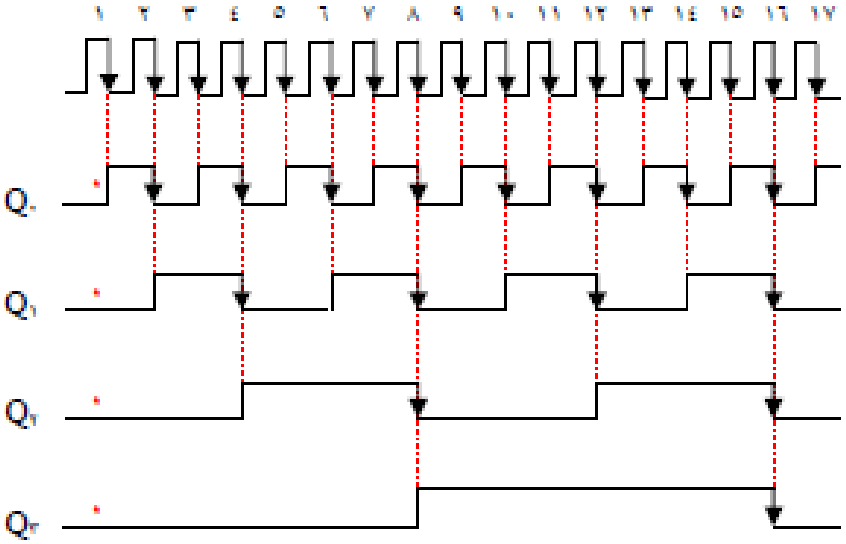
7 -8 -1 العدادات الثنائية التصاعدية غير المتزامنة :

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



الشكل (7 – 27) عداد ثنائي تصاعدي غير متزامن

في هذه الدائرة نجد أن جميع دوائر النطاطات موصلة على التوالي بمعنى أن الخرج لأحدى دوائر النطاطات سوف يستعمل كنبضات ساعة للنطاط الذي يليه. ونلاحظ أن الدخل J-K لجميع النطاطات موصل بالمستوى High. وعى ذلك فان خرج كل دوائر النطاطات سوف يحدث له تبديل Toggle أو تغير مع كل حافة سالبة من نبضات الساعة. إشكال الموجات لنبضات الساعة لهذه الدائرة مع الخرج Q لكل نطاط موضحة بالشكل (7– 28). الاخراجات $Q_0,Q1,Q_2,Q_3$ تمثل الكلمة المكونة من أربعة خانات وتساوي0000 عند البداية كما موضح في أقصى اليسار من الشكل ألموجي للنبضات وموضحة أيضا في السطر الأول من جدول الحقيقة المبين في الشكل (7 -7). خرج دائرة النطاط FF_0 هو Q_0 يمثل خانة LSB للخرج بينما يمثل خرج النطاط 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)

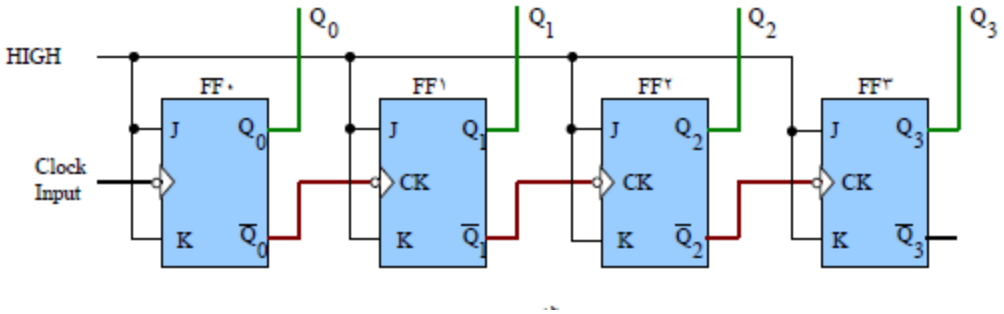
العشري	خرج العداد			
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
٠	٠	٠	٠	٠
١	١	٠	٠	٠
٢	٠	١	٠	٠
٣	١	١	٠	٠
٤	٠	٠	١	٠
٥	١	٠	١	٠
٦	٠	١	١	٠
٧	١	١	١	٠
٨	٠	٠	٠	١
٩	١	٠	٠	١
١٠	٠	١	٠	١
١١	١	١	٠	١
١٢	٠	٠	١	١
١٣	١	٠	١	١
١٤	٠	١	١	١
١٥	١	١	١	١

Cycle Repeats

Binary Count

7 – 8- 2 العدّادات الثنائية التنازلية غير المتزامنة :

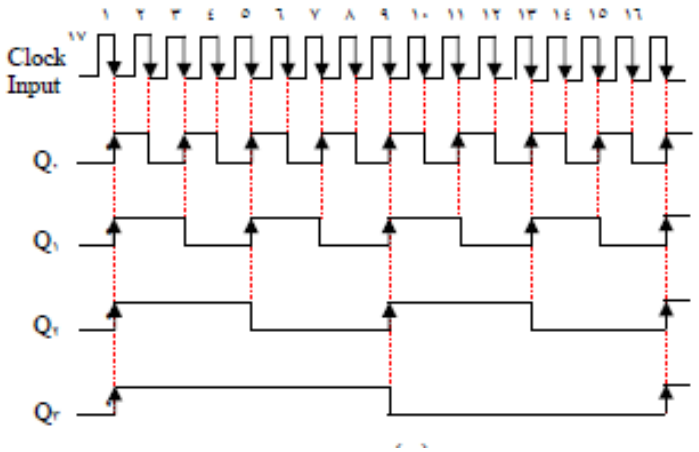
في العداد التصاعدي الذي تمت دراسته كانت كل نبضة ساعة تجعل العداد يزيد بمقدار(1) ويعمل تعديلاً بسيطاً في دائرة العداد التصاعدي يمكننا الحصول على العداد التنازلي والذي ينقص خرجه بمقدار (1) مع كل نبضة ساعة والشكل (7 – 29) يبين كيف يمكن بناء عداد تنازلي مكون من أربع مراحل باستعمال أربعة نطاطات من النوع J-K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



الشكل (7– 29) عدّاد 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 النطاطات سوف تبدأ من وضع Reset وبالتالي فان Q_0, Q_1 , Q_2 , Q_3 تساوي0000 ، فإذا كانت جميع مخارج دوائر النطاطات Q تساوي LOW يكون جميع الخارج Q تكون 1111، وبناءاً على ذلك فان مداخل نبضات الساعة لكل من النطاطات F_0 , F_1 , F_2 , F_3

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



الشكل (7 – 30) أشكال النبضات للعدّاد التنازلي

وعند وصول الحافة السالبة الأولى لنبضة الساعة إلى النطاط 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 النطاط FF_1 مما يسبب حدوث تغير في الخرج Q_1 من 1 إلى 0 سوف يكون كنبضة ساعة للنطاط FF_2 وهكذا، لاحظ جدول الحقيقة للعداد التنازلي في الجدول (7 – 8) .

الجدول (7 - 8) يبين جدول الحقيقة للعدّاد التنازلي

العشري	خرج العداد			
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
١٥	١	١	١	١
١٤	٠	١	١	١
١٣	١	٠	١	١
١٢	٠	٠	١	١
١١	١	١	٠	١
١٠	٠	١	٠	١
٩	١	٠	٠	١
٨	٠	٠	٠	١
٧	١	١	١	٠
٦	٠	١	١	٠
٥	١	٠	١	٠
٤	٠	٠	١	٠
٣	١	١	٠	٠
٢	٠	١	٠	٠
١	١	٠	٠	٠
٠	٠	٠	٠	٠

Cycle Repeats

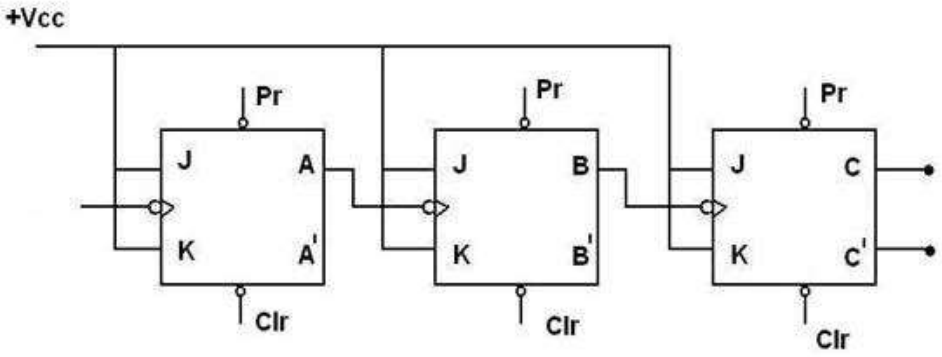
Binary Count

بعد نبضة التزامن الأولى يكون الخرج على العداد Q_0,Q_1,Q_2,Q_3 يساوي1111ويساوي 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 النطاط FF_0 يحدث لها تبديل عند كل حافة سالبة من نبضات الساعة ، وبالتالي فان 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 النطاط السابق لها.

7 – 8 – 3 عدّاد التوازي: PARALLEL COUNTER

العدّادات المتزامنة: هي عدادات يتم توصيل مدخل التزامن فيها (CK) لجميع النطاطات 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 وإللا 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 توازٍ مكون من ثلاثة نطاطات من نوع JK يوصل خرج النطاط A إلى النطاط الثاني كنبضة ساعة وخرج النطاط B إلى النطاط الثالث، يتم تصغير العداد بواسطة Clr .

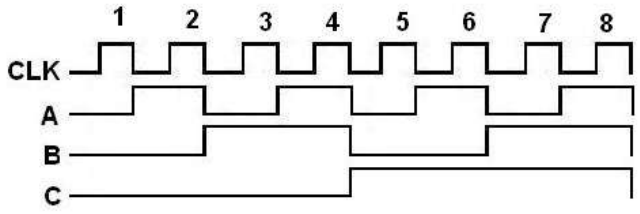


الشكل (7 - 31) عداد توازي

الجدول (7 – 9) يوضح العد إلى الرقم سبعة وإعادة العد من جديد بينما يوضح الشكل (7 – 32) نبضات العداد.

الجدول (7 – 9)

A	B	C	العد	المكافئ العشري
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	2	2
0	1	1	3	3
1	0	0	4	4
1	0	1	5	5
1	1	0	6	6
1	1	1	7	7
0	0	0	8	0



الشكل (7 – 32) نبضات العدّاد

انتهى بعونه تعالى