جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

المرحلة الثالثة

الاتصالات

تأليف

المهندس سعد ابراهيم عبد الرحيم
المهندس احمد حميد رجـــــــه
المهندسة مروج ناظـم محمد علي

المهندس خـــــــالد عبد الله علي
المهندس عبد الكريم ابراهيم محمد
المهندسة رجـــــــاء خلف جابر

الطبعة الخامسة

2024م – 1446 هـ

المقدمة

ان الهدف من علم الاتصالات هو تبادل المعلومات بين جهتين على الأقل. وتعتمد عملية نقل المعلومات في عصرنا الحالي وبشكل كبير على الأمواج الكهرومغناطيسية، في حين كان اعتمادها في العصور الماضية على أشكال أخرى من الإشارات مثل الدخان والطبول وغيرها. وتعتمد دراسة هذا العلم الحديث على عدة موضوعات أساسية تناولها الكتاب من الفصل الأول إلى الفصل السابع، وهي الاتصالات السلكية باستخدام الأسلاك والقابلوات في منظومة الهاتف والبدالات، والإكثار بالتوزيع الزمني، والإكثار بالتوزيع الترددي، والاتصالات اللاسلكية مثل منظومة التلفزيون الملون وشبكات الأجهزة المحمولة وأنظمة الاتصالات الفضائية بوساطة الأقمار الاصطناعية، كما تناول الكتاب دراسة إشارات المعلومات التماثلية والرقمية وأنواع مختلفة في تقنية التضمين النبضي والرقمي.

وبناءً على الدعم الكامل والتوجيهات البناءة من قبل المسؤولين في المديرية العامة للتعليم المهني بغية إعداد وإخراج الكتاب المهني بما يتناسب ومستوى الطالب في المدارس المهنية طبقاً لمفردات المنهج المقررة فقد أخذنا بنظر الاعتبار عند تأليف هذا الكتاب الاستيعاب الذهني للطالب في هذه المرحلة.

إن استخدام الأجهزة ووسائل الإيضاح ومواقع في الشبكة العنكبوتية (Internet) والخاصة بعلم الاتصالات تزيد من الفائدة من الكتاب فهي تغني المحاضر عن الإجادة بالوصف الثقيل وإضاعة الوقت.

نشكر الله سبحانه وتعالى بمنحنا القدرة على العطاء ورعايته جهدنا المبذول لتحقيق الأهداف المرجوة من تدريس هذا الكتاب خدمة لوطننا الحبيب ومن الله التوفيق.

المؤلفون

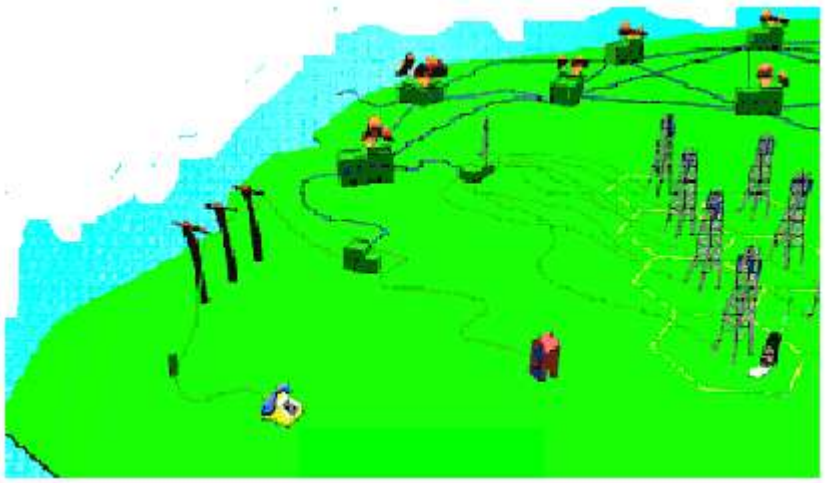
2009م – 1430 هـ

المحتويات

الفصل	الصفحة
الفصل الاول: الاتصالات السلكية	6-42
الفصل الثاني: دوائر الكلام الالكترونية والتحويل من الرقمي الى التماثلي والعكس	43- 75
الفصل الثالث: الاتصالات السلكية بالامواج المحملة وشبكات التوزيع	76- 106
الفصل الرابع: الهاتف الخلوي (المحمول)	107- 126
الفصل الخامس: الهوائيات ومنظومة البث التلفزيوني	127- 151
الفصل السادس: التلفزيون الملون	152- 181
الفصل السابع: منظومة الارسال المايكروي والاقمار الاصطناعية والرادار	182- 218

الفصل الاول

الاتصالات السلكية



1- جهاز الهاتف
2 – أنواع البدالات
3 – أنواع الإكثار
4- الحيز الترددي وطرق الإرسال
5- الخلاصة
6- اسئلة للمراجعة ومسائل

الفصل الأول

1 - 1 جهاز الهاتف: Telephone Set

تم اختراع جهاز الهاتف من قبل العالم كراهام بيل عام (1875) وسرعان ما انتشر استعماله في جميع أقطار العالم ، وقد اتصل المشتركون مع بعضهم عن طريق البدالات اليدوية ثم أصبحت آلية عام (1890) إلى أن ظهرت البدالات الالكترونية وهي مستخدمة في وقتنا الحاضر. ولكي يتم الاتصال الهاتفي بين المشتركين يجب ان يتوافر لهما جهازان متماثلان عند نهايتي خط النقل ويسمى كل منهما جهاز الهاتف Telephone Set وهو عبارة عن وسيلة لإرسال واستلام الصوت (الكلام) والرسائل والمعلومات (الفاكس) ويعمل على تحويل الكلام والمعلومات إلى طاقة كهربائية وبالعكس والتي ترسل إلى مسافات بعيدة . يحتوي كل جهاز على ميكرفون يقوم بتحويل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربائية على شكل إشارات ومكبر يقوم بتكبير هذه الإشارات كما ويحتوي على سماعة تقوم بتحويل طاقة الإشارات الكهربائية المستلمة إلى طاقة صوتية ، ويحتاج جهاز الهاتف إلى مجهز قدرة لتغذية وحداته الأساسية وهما (دائرة الإرسال ودائرة الاستلام) وهذه القدرة تجهز من البدالة بوساطة خط النقل . وجميع الهواتف تربط بوساطة نظام مفاتيح مركب يدعى بالبدالة (Exchange)

يتكون جهاز الهاتف من :

1- الميكرفون
2 – السماعة
3 – المنبه (الجرس)
4 – ملف الحث
5- قرص التدوير أو لوحة الأرقام (أزرار تعمل بالضغط) ، لاحظ الشكل (1 - 1)

الشكل (1 – 1) اجزاء الهاتف الاساسيه

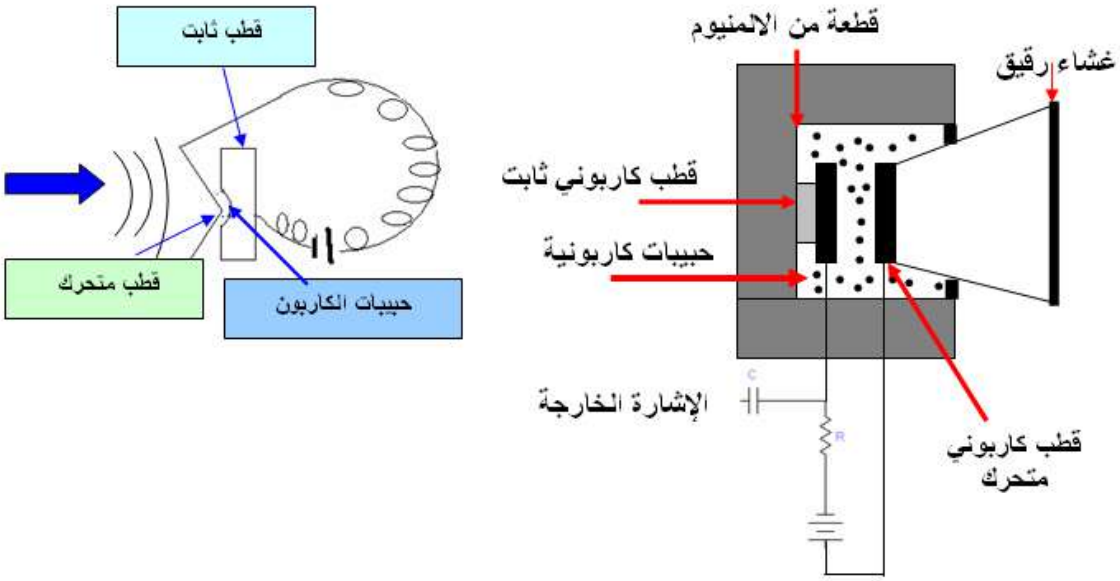
الشكل (1 – 1) اجزاء الهاتف الأساسية

2- 1 الميكرفون: Microphon

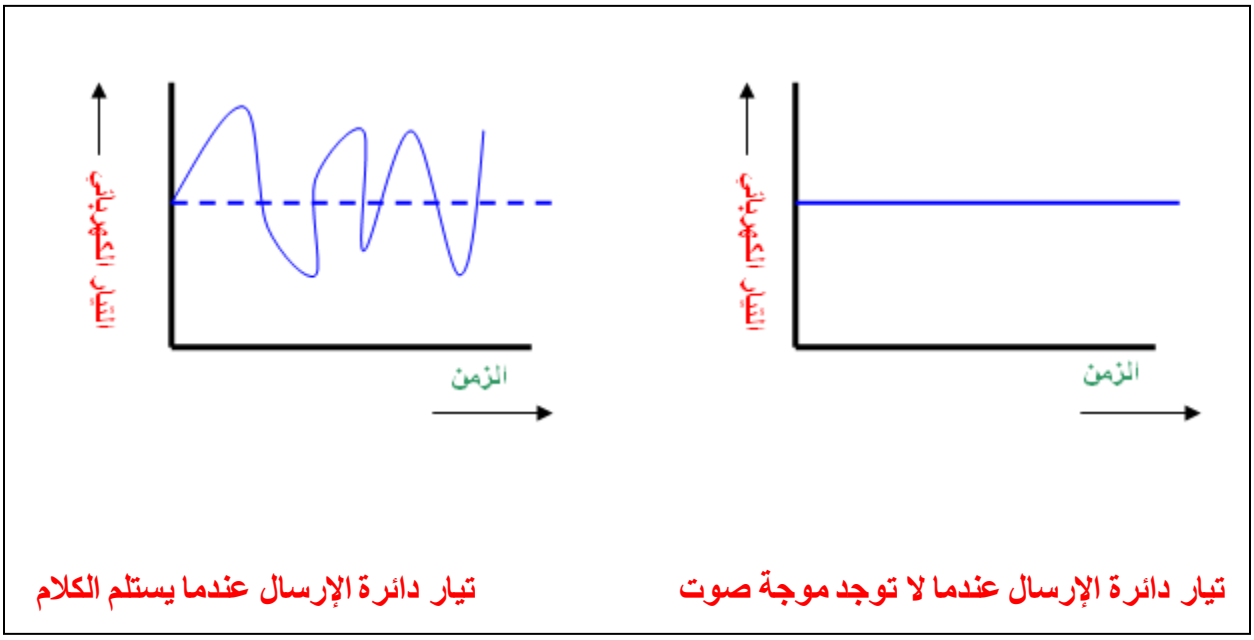
يعمل الميكرفون على تحويل الأمواج الصوتية (صوت المتكلم) إلى تيار كهربائي ليتم نقله خلال خط النقل (الاسلاك)، وهناك نوعان من الميكرفون وهما:

1 - 2 - 1 الميكرفون الكاربوني : Carbon Microphone

هو عبارة عن قطعة من الألمنيوم يوضع عليها قطبان من الكاربون احدهما متحرك والأخر ثابت ويوضع بينهما حبيبات من الكربون وتوصل نهايتا القطبين إلى مصدر كهربائي مستمر. القطب المتحرك يتصل بالحاجب (Diaphragm) وهو غشاء رقيق يتحرك عند تسليط الموجة الصوتية عليه لاحظ الشكل (2 – 1). إن مقاومة مادة الكاربون تتناسب تناسبا عكسيا مع الضغط المسلط عليها، فعندما يبدأ المتكلم بالتحدث يتحرك القطب المتحرك فيسلط قوة على الحبيبات الكاربونية مما يجعلها تتحرك وعندها تتغير مقاومتها، وبتغير هذه المقاومة يتغير التيار الكهربائي، فعند عدم وجود كلام تكون مقاومتها ثابتة والتيار ثابت، وبوجود صوت المتكلم تتغير هذه المقاومة فيتغير التيار تبعا لذلك، لاحظ الشكل (3–1).



الشكل (2 – 1) الميكرفون الكاربوني



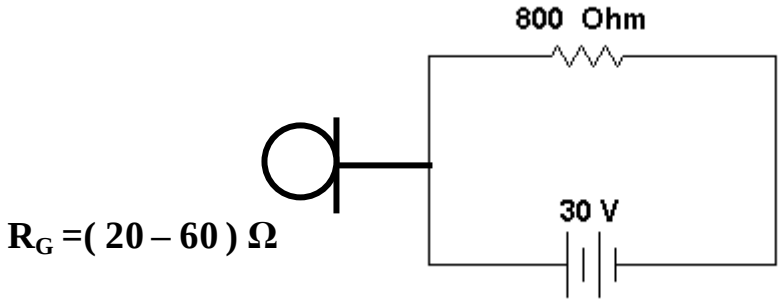
تيار دائرة الإرسال عندما لا توجد موجة صوت　　تيار دائرة الإرسال عندما يستلم الكلام

الشكل (3 - 1) علاقة تيار دائرة الارسال مع الزمن

إن تردد التيار الخارج من الميكرفون يساوي تردد الصوت الساقط عليه ويتراوح بين (20 – 20000) هيرتز

مثال :

الشكل (4 – 1) يوضح الدائرة المكافئة للميكرفون ، احسب مقدار التغير في التيار عند اصطدام موجة صوتية على الميكرفون تؤدي إلى تغير مقاومته R_G من Ω (60 – 20)، ارسم شكل الإشارة الخارجة.



الشكل (4 – 1) الدائرة المكافئة للميكرفون

الحل:

$R_T = R + R_G$

$= 800 + 40 = 840\ \Omega$

$I = V / R_T$

$= 30 / 840 = 0.035\ A = 35\ m\ A$

$R_T = R + R_G$

= 800 + 20 = 820 Ω

I = V / RT

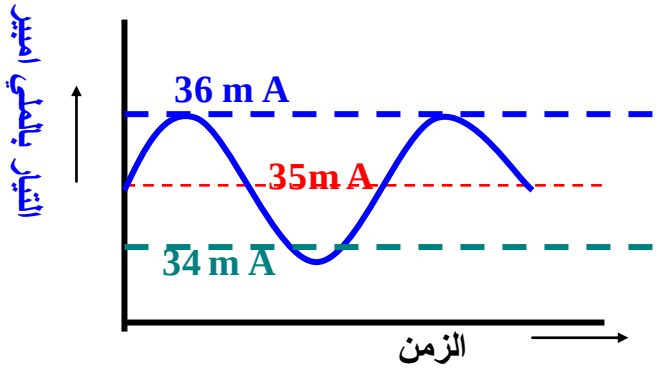
= 30 / 820 = 0.036 A = 36 m A

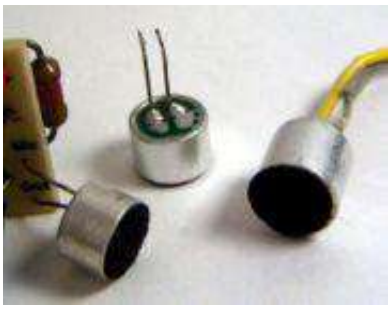
RT = R + RG

= 800 + 60 = 860 Ω

I = V / RT

= 30 / 860 = 0.034 A = 34 m A



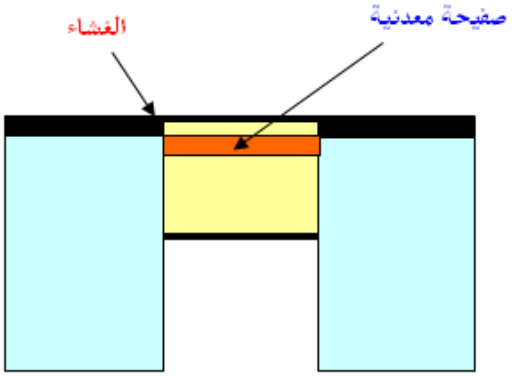


ميكرفون مغناطيسي

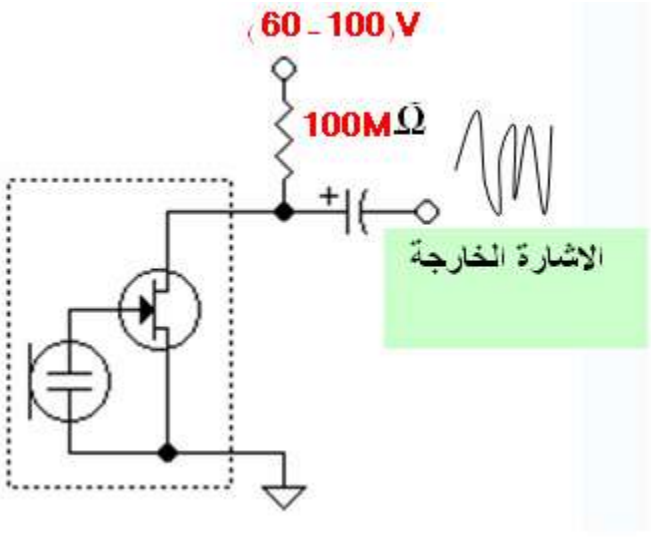
ميكرفونات سعوية

2 - 2 - 1 الميكرفون السعوي : Condenser Microphone

يحتوي هذا النوع من الميكرفونات على متسعة متغيرة صغيرة احد طرفيها عبارة عن صفيحه معدنية و الطرف الآخر عبارة عن غشاء يتعرض لضغط الأمواج الصوتية المسلطة على الميكرفون و بذلك تتغير المسافة بين الصفيحتين مما يؤدي إلى تغير السعه لاحظ الشكل (5 - 1). و لغرض تحويل هذا التغيير في السعة إلى تغير في الفولتية تستخدم فولتية مستقطبة تقدر بين V (100 -60) و تسلط هذه الفولتية على مقاومة عالية Ω M (100) وبذلك يتحول التغير في السعة إلى تغير في الفولتية عبر طرفي المقاومة ومن ثم تسلط هذه الفولتية على مكبر موجود مع الميكرفون و يتكون عادة من مكبر ترانزستور تأثير المجال (FET) أو ترانزستور ثنائي القطبية الاتصالي (BJT) لغرض رفع القدرة إلى مستوى مقبول، لاحظ الشكل (6 - 1).



الشكل (5 – 1) الميكرفون السعوي

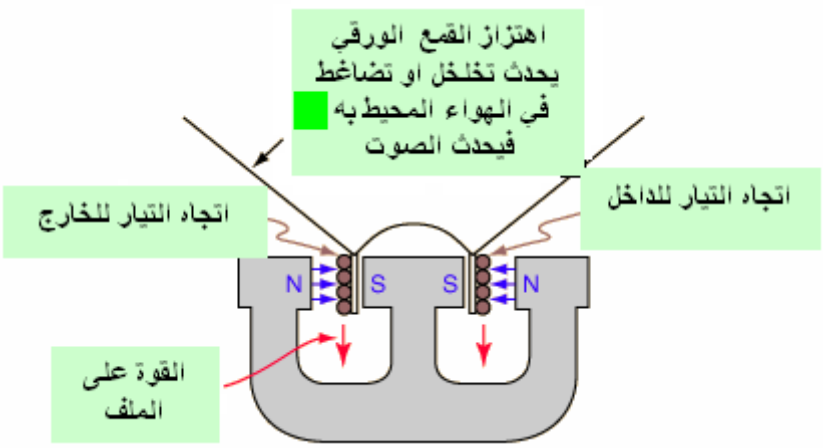


الشكل (6 – 1)المكبر داخل الميكرفون

و استخدم مؤخرا نوع جديد من هذه الميكرفونات حيث تضاف إلى المتسعة شحنة إثناء التصنيع و بذلك يتم الاستغناء عن الفولتية المستقطبة و يتميز هذا النوع بإخراجه العالي .
تتراوح سعة الميكرفون ما بين pf (30 -20) و هي صغيرة جدا ومقاومة بحدود MΩ 100 و يمتلك استجابة مستقرة و لمدى ترددات واسعة مما يجعلها ملائمة في التسجيل في المحطات الإذاعية .

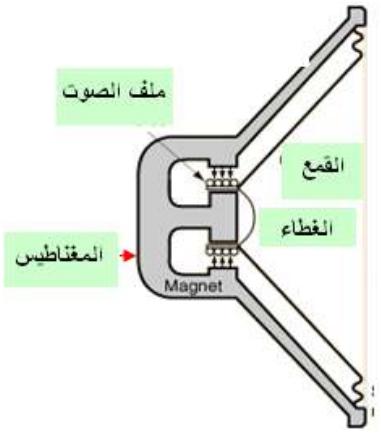
3 - 1 السماعة : Loudspeaker

تعمل السماعة على تحويل الاشارات الكهربائية الى اشارات سمعية اي الى الاشارات الاصلية للمتكلم وذلك بالتوافق مع الحركة الميكانيكية الذي تسببه هذه الاشارات الصوتية على الحاجب Diaphragm ، تتكون السماعة من مغناطيس دائم وملف موضوع حول احد الاقطاب وغشاء مثبت من الاعلى والاسفل موضوع امام قطبي المغناطيس الدائم له القابلية على الحركة من الوسط ، لاحظ الشكل (7 – 1).



الشكل (7 – 1) تركيب السماعة

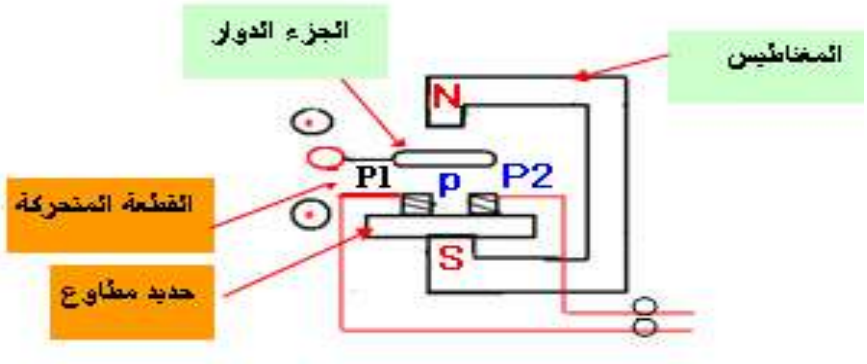
ويعتمد عمل السماعة على الحقيقة الفيزيائية التي تنص على (عندما يمر تيار خلال موصل موضوع في مجال مغناطيسي فان ذلك يؤدي الى توليد قوة على السلك تحاول تحريكه) . عند عدم مرور تيار كهربائي في الملف يكون الغشاء مشدود الى نهايته ، مرور التيار من الأعلى إلى الأسفل يحدث جذباً مغناطيسياً باتجاه المغناطيس فينحني الغشاء المعدني محدثا تخلخلا في الهواء المحيط به عند تغير اتجاه التيار (الإشارة المرسلة) بحيث يمر من الأسفل إلى الأعلى فانه يكوّن مغناطيساً مضاداً لاتجاه المغناطيس الدائم يؤدي إلى تقليل انجذاب الغشاء الرقيق فيندفع الغشاء إلى الخارج فيسبب تضاغطاً للهواء المحيط به لاحظ الشكل (8 – 1) وهكذا تتحول الإشارة الكهربائية إلى ذبذبات صوتية. يُعِدّ القمع الورقي من الأنواع الشائعة والرخيصة ويمتاز بمدى الترددات الضيقة ولغرض توسيع مدى التردد يستخدم تركيب على شكل قبة بدل القمع الورقي ومصنوع من مادة البوليبروبلين (Polypropylene) .



الشكل (8 – 1) مقطع جانبي يوضح مكونات السماعة

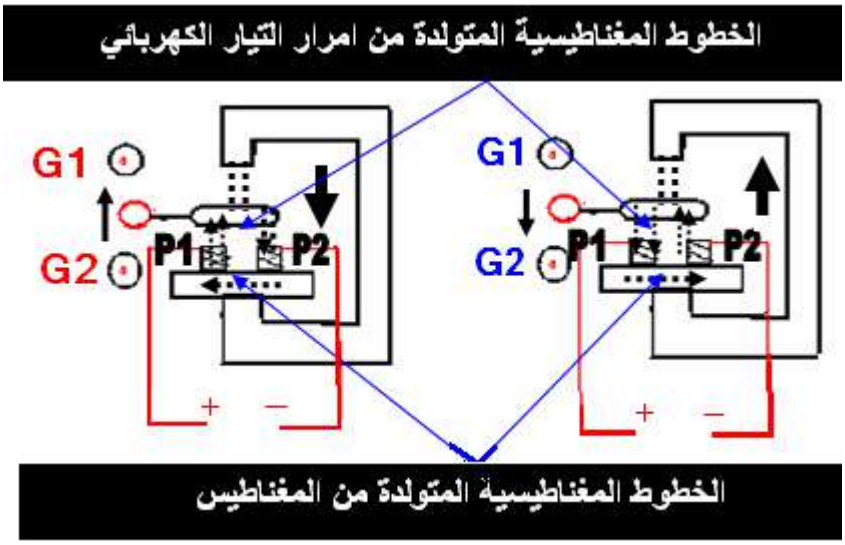
4 – 1 المنبه (الجرس المغناطيسي) : Ringing

عندما ندير الرقم المطلوب في جهاز الهاتف فان هناك جرس تنبيه يرن في الجهاز الأخر، يتكون الجرس المغناطيسي من قطعة مغناطيسية على شكل حرف (U) تثبت على احد طرفيها قطعة من الحديد المطاوع وعلى هذه القطعة توضع قطعتان من الحديد المطاوع الممغنط وعليهما يوضع ملفان مربوطان على التوالي و يكون اتجاه اللف بحيث يعاكس احدهما الآخر أما قطعة الحديد الأخرى تكون بوضع معاكس إلى (P1)، (P2) والتي تتأثر بتغيير المغناطيس على (P1) و (P2) فتعمل كأنها قطعة متحركة دوارة (P) فإذا وصلت إلى ما يشبه المطرقة فان حركتها تكون إلى الأسفل والى الأعلى مما يحدث طرقاً على صفائح الجرس (G) (Gong) وفي حالة عدم استخدام الجهاز فان التيار المتكون على (P1) يكون مساويا إلى التيار المتكون على(P2) مما يجعل استقرار القطعة الدوارة في المنتصف ومن دون حركة، كما موضح في الشكل(9 – 1).



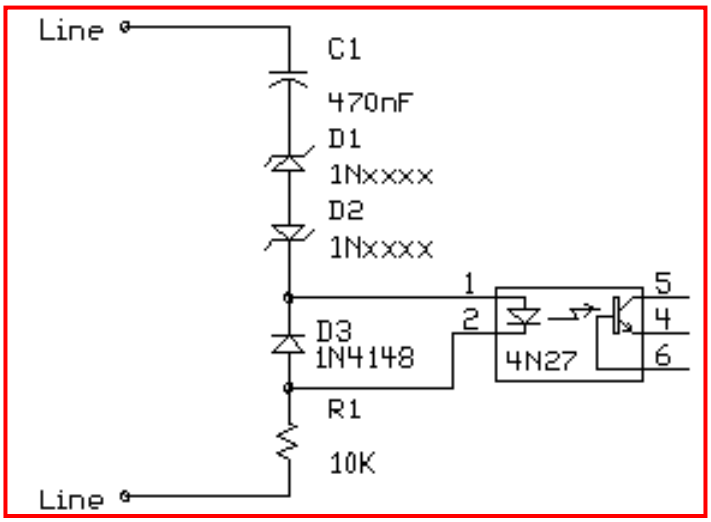
الشكل (9 – 1) كيفية توصيل جرس الهاتف

عندما يكون التيار المغناطيسي والتيار في الملف يسيران بالاتجاه نفسه تنسحب القطعة الدوارة (P2) فتطرق نقطة الجرس (G1) . عندما يتغير الاتجاه فان القطعة الدوارة تنجذب إلى القطعة (P1) وفي هذه الحالة تطرق نقطة الجرس (G2)، وهكذا فان القطعة المتحركة ستطرق على (G1)، (G2) للتنبيه بقدوم الإشارة مهما كان اتجاه التيار . لاحظ الشكل (10 – 1) .



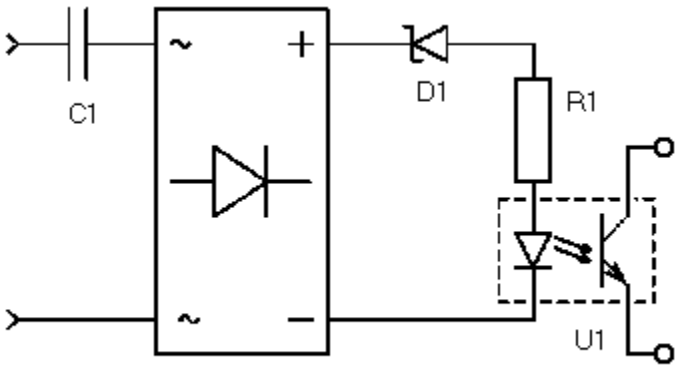
الشكل (10 – 1) كيفية عمل الجرس

استبدل التنبيه بوساطة التحكم بالملفات برقائق الكترونية (دوائر مدمجة) وسماعة صغيرة مع وجود متسعة تمرير الإشارة المتغيرة بالتردد من 16 إلى 60 هرتز.
وتستخدم عادة ثنائيات زينر V (20– 10) للتأكد من سعة الإشارة الواصلة إلى المنبه وعدم الكشف عن الإشارات الصغيرة . وضعت المقاومة لتحديد شدة التيار المار بالدائرة. تدعى الوحدة (T) المحول الضوئي Transducer وهي عبارة عن (وحدة مدمجة تحتوي على ثنائي الانبعاث الضوئي وترانزستور يتأثر بالضوء) .
لاحظ الشكل (11 – 1).



الشكل (11 – 1)المنبه باستخدام العازل الضوئي

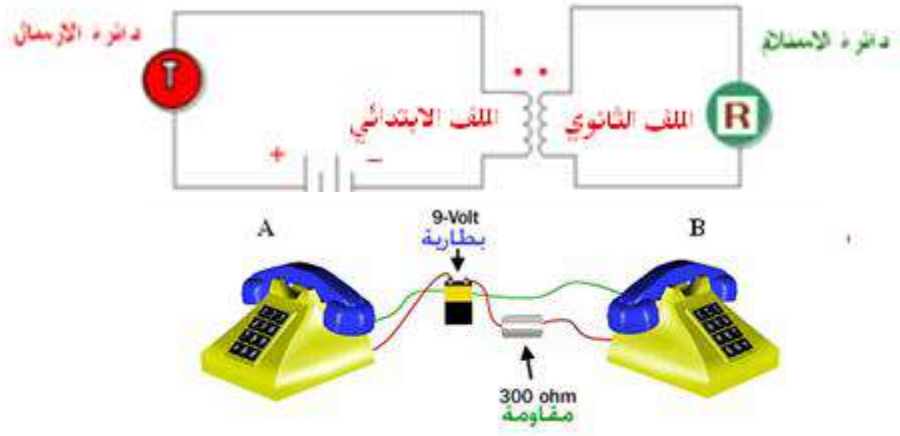
نغمة التنبيه تختلف من بلد إلى آخر وجميعها ترسل موجات متغيرة للتنبيه وبترددات مختلفة ففي الولايات المتحدة الأمريكية يكون التردد 20 هرتز وفي أوربا 25 هرتز ويمكن أن يكون التردد بين 15 هرتز إلى 68 هرتز ومعظم بلدان العالم تستخدم الترددات بين 20 إلى 40 هرتز . يختلف وقت توقف وسماع النغمة من شركة إلى أخرى، فمنها يكون وقت التشغيل ثانيتين والتوقف أربعة ثواني ومنها يكون وقت التشغيل أربعة ثواني والتوقف ثانيتان . من الأنواع الأخرى من دوائر التنبيه استخدام دائرة تقويم من الموجة المتناوبة إلى المستمرة لتزويد رقاقة المحول الضوئي و ثنائي زينر ومقاومة لتحديد التيار لاحظ الشكل (12 – 1) .



الشكل (12 – 1) دائرة تنبيه الكترونية

1–5 ملف الحث : Induction Coil

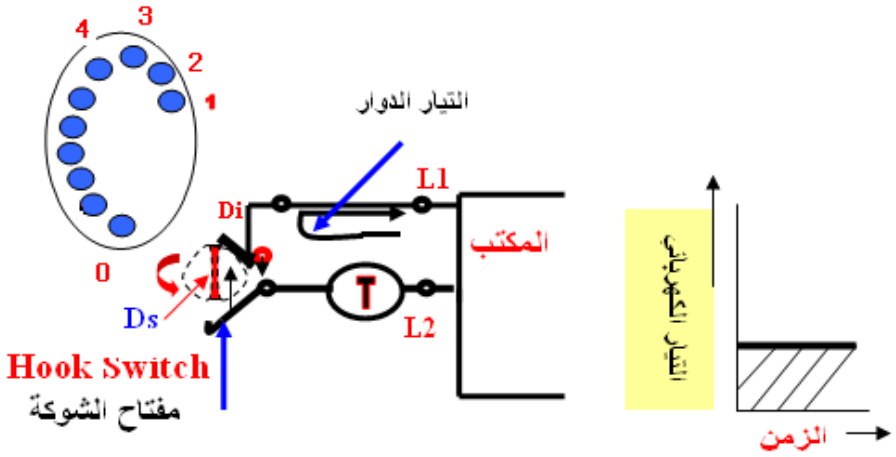
الشكل (13 - 1) يوضح دائرة إرسال (الميكرفون) واستلام (السماعة) تتكون من خط واحد (سلكين) فقط وبطارية وهذا النوع من الدوائر تستعمل للمتكلم (A) مع المتكلم (B) ولا يمكن استعمالها لأكثر من متكلم واحد ، وهذه هي بداية فكرة اختراع الهاتف ، تنقل الإشارة الكهربائية من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي بالحث المتبادل وهي عبارة عن إشارة المتكلم والغاية من استخدام ملفات الحث في الدائرة هو منع مرور التيار المستمر إلى السماعة للحصول(على صوت خالٍ من التشويش) ، يجهز الميكرفون بالتيار المستمر بوساطة البطارية . ولو استعملت دائرة أخرى لمتكلم آخر مع هذه الدائرة فلابد من استخدام أربعة أسلاك بدلا من سلكين وهذا غير اقتصادي .



الشكل (13- 1) توليد تيار الكلام في حالة الكلام طريق واحد

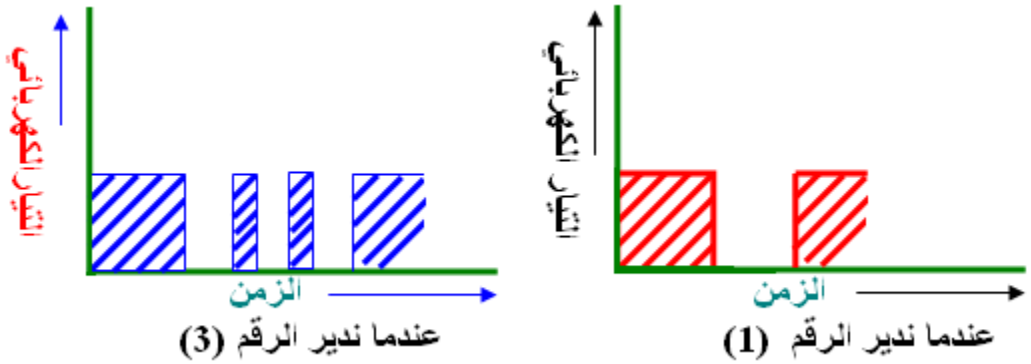
6 - 1 قرص التدريج: (قرص التدوير)

يقوم قرص التدريج (قرص الهاتف) بتقطيع التيار بعدد من المرات تساوي قيمة الرقم المطلوب (المزوُل) فعندما يرفع المشترك السماعة (المقبض Hand set) للحصول على رقم هاتف معين فان هناك مفتاح توصيل داخل الجهاز (Hook Switch) يكون دائرة للتهيأ لطلب الرقم المطلوب. فاذا رفعت السماعة وتم توصيل الدائرة الكهربائية فان الاشارة الكهربائية تدخل الى هذه الدائرة وبذلك يمكن للمشترك ان يبدأ بأدارة الارقام المطلوبة كما موضح بالشكل (14 – 1) فان التماس (Ds) يسمح بمرور التيار في الدائرة ويسمى بالتيار الدائري (Loop Current).



الشكل (14 - 1) تركيب قرص التدريج

فمثلا بإدارة الرقم (1) فان التماس (Ds) يعطي نبضة أي تقطع التيار مرة واحدة وللرقم (3) يقطع التيار ثلاث مرات وللرقم (0) يقطع التيار عشر مرات لاحظ الشكل (15–1) . هذه النبضات تحسب من قبل البدالة الرئيسة لغرض الاتصال بالرقم المطلوب .



الشكل (15- 1) كيفية تقطيع التيار بإدارة الأرقام

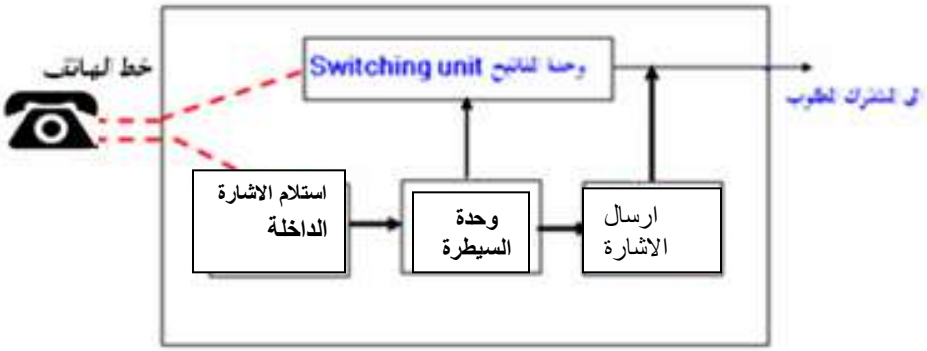
7 - 1 البدالات : Exchanges

بازدياد عدد الهواتف وانتشارها وجد من الضروري إيجاد وسيلة تكفل اتصال الأجهزة مع بعضها وذلك ضمن نطاق معين، لذلك كان من الضروري توصيل الأجهزة كافة لمحطة مركزية حيث تتم عملية الاتصال
وهكذا ظهرت فكرة البدالة وفي البدالات الأولى كان الاتصال بين المشتركين (Subscribers) يتم يدويا عن طريق عامل البدالة ، إلا أن التطور الذي حصل في هذا المجال أدى إلى اختراع الهاتف الأوتوماتيكي حيث يتم الاتصال بين المشتركين بوساطة أجهزة فتح وغلق يتحكم بها عن بعد من طرف المشترك(الطالب) والاستغناء عن عامل البدالة.

من أهم المتطلبات التي تقوم بها البدالات هي :

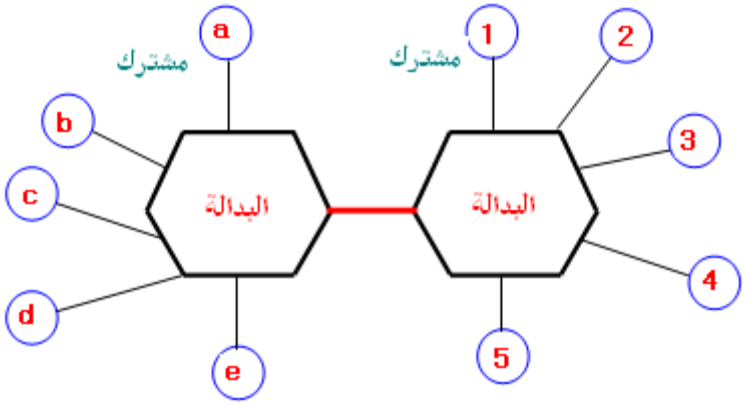
1 – توفير التيار المستمر إلى أجهزة الهواتف المتصلة بها .
2 – أن تكون أجهزة الهواتف جاهزة لتلقي الطلب ويتم ذلك بسماعه نغمة النداء (Dial Tone) .
3 – أن يؤمن الخط اللازم مابين المشترك (الطالب) والمشترك (المطلوب).
4 – إرسال إشارة صوت رنين الجرس إلى المشترك الطالب .
5 – يرن جرس هاتف المشترك المطلوب إذا كان غير مشغول وقطع تيار رنين الجرس اوتوماتيكا حالما يرفع المشترك المطلوب السماعة .
6 – تسجيل النداء على حساب الجهة الطالبة وذلك حالما تجيب الجهة المطلوبة .
7 – إعادة إشارة معينة إلى الجهة الطالبة عندما يكون هاتف المشترك المطلوب مشغولا (Busy Tone).
8 – حراسة النداء ضد أي تداخل من قبل المشتركين الآخرين سواء كان أثناء المحادثة أم طلب الاتصال .

يوضح الشكل (16 - 1) المخطط الكتلوي للبدالة الهاتفية وهي عبارة عن وحدة استلام الإشارة الداخلة ووحدة السيطرة ووحدة إرسال الإشارة الخارجة . وتتصل هذه الوحدات فيما بينها مع وحدة المفاتيح (Switching Unit) التي تعمل على مبدأ التوصيل بين المشتركين معتمداً على غلق وفتح المفاتيح الكهروميكانيكية او المفاتيح الالكترونية



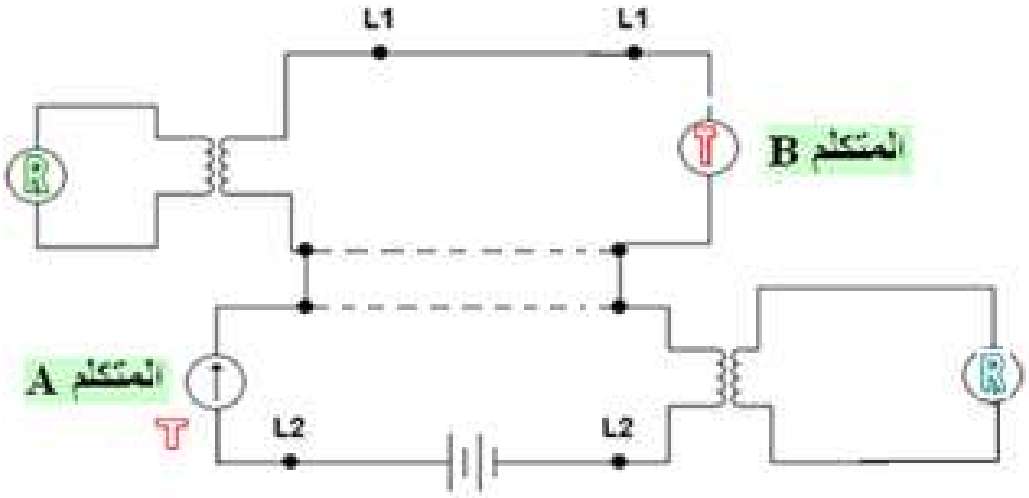
الشكل (16 - 1) مكونات البدالة الهاتفية

في أنظمة الهاتف المحلية يقع مدى الترددات مابين Hz (3400 – 300) وتسمى هذه الحزمة من الترددات باسم الترددات الصوتية وفي الشبكات المحلية يتم الاتصال بين المشتركين على هذه الحزمة من الترددات عن طريق البدالة حيث يكون لكل مشترك خط هاتفي متكون من سلكين يصل جهاز الهاتف مع البدالة، لاحظ الشكل (17 – 1) .



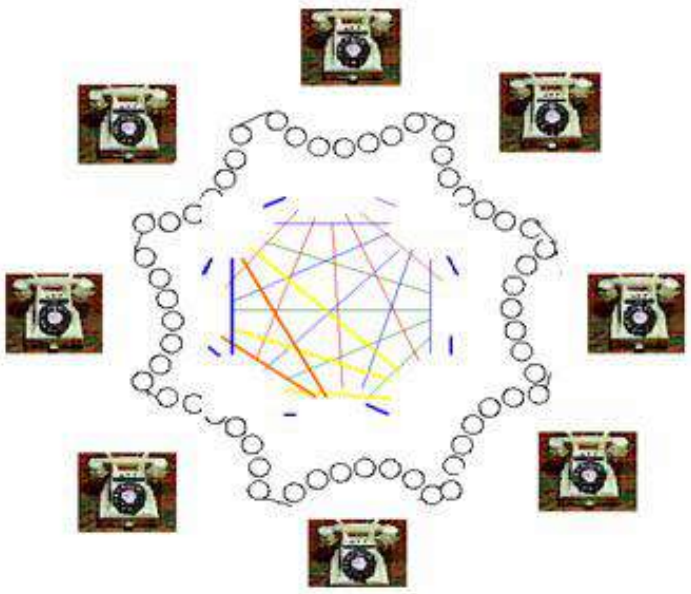
الشكل (17 – 1) شبكة هاتفية محلية

الشكل (18 – 1) يوضح استخدام أكثر من متكلم واحد وبعبارة أخرى يمكن أن يشترك المتكلم (A) والمتكلم (B) وباستخدام سلكين بدلا من أربعة أسلاك ويطلق عليها دائرة الكلام باستعمال سلكين وتكون الملفات الابتدائية موصلة على التوالي ويشترك الجهازان ببطارية واحدة بدل بطاريتين وتدعى هذه الدوائر (نظام دوائر الهاتف للبطارية الواحدة) وتستخدم هذه الطريقة في البدالات الأوتوماتيكية والتي تستخدم بطارية مشتركة (Common-Battery Exchange System). إن تيار الكلام الذي يسري بالسلك يأخذ بالانخفاض إلى أن يصل إلى دائرة الاستلام ولمعالجة هذا الانخفاض يستخدم نظام استعمال البطاريات.



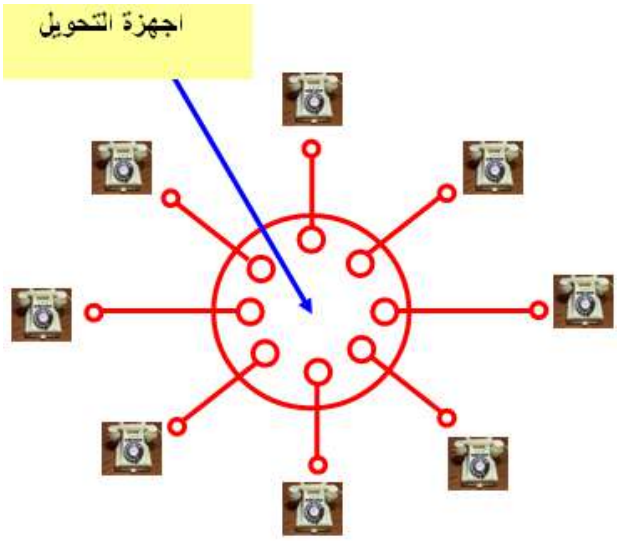
الشكل (18 – 1) اشتراك المتكلم (A) مع المتكلم (B) بأستخدام سلكين

من هذا نجد ضرورة تأسيس دائرة اتصال بينهما، فعندما يكون عدد المشتركين قليلا فان الطريقة الفعالة هي توصيل (ربط) خط مباشر من كل مشترك إلى كل من المشتركين الآخرين . لاحظ الشكل (19 – 1) .



الشكل (19 – 1) طريقة الخط المباشر

عند زيادة عدد المشتركين سوف يزداد عدد الخطوط بصورة كبيرة جدا ويصبح من المتعذر تحقيق ذلك من الناحيتين الاقتصادية والفنية لذلك وجدت طريقة أخرى تتلخص بتوفير أجهزة تحويل في نقطة مركزية لمجموعة من المشتركين لإيصال أي اثنين من مجموعة المشتركين الراغبين بالاتصال ببعضهما . وضعت دائرة بين أجهزة التحويل وبين كل المشتركين (Subscribers) لاحظ الشكل (20 – 1).



الشكل (20 - 1) استخدام أجهزة التحويل

من هذا يتضح ان شبكة الاتصال تتألف من :

1 – مفاتيح تحويل

2– دوائر كهربائية توصل بين مفاتيح التحويل

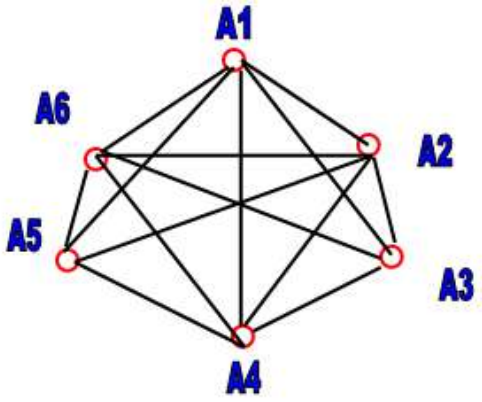
وتصنف شبكات الاتصال الى :

1 . شبكات الاتصال الهاتفي

2 . شبكات خدمات التلكس

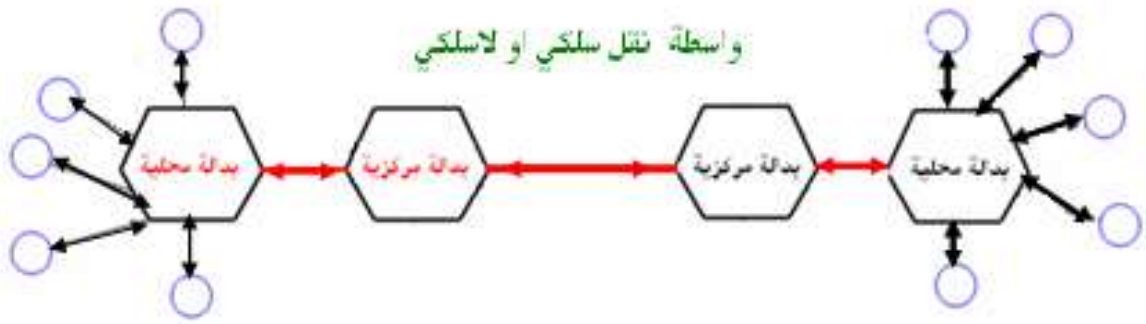
3 . شبكات النقل والإرسال البرقي

وبزيادة عدد المشتركين يتم تقسيم المنطقة (مدينة كبيرة مثل بغداد) أو إيصال مشتركين بينهما مسافة كبيرة كأن يراد مثلا توصيل مشتركين في مدينتين متباعدتين في القطر نفسه فان الإرسال بحزمة الترددات نفسها على خط نقل لكل مكالمة يعني زيادة باهظة في التكاليف لان ذلك يتطلب إنشاء عدد كبير من الخطوط الهاتفية بين المدينتين، وهنا تبرز الحاجة إلى إرسال عدد كبير من المكالمات الهاتفية على خط نقل واحد يربط بين المدينتين وفي آن واحد باستخدام البدالات المحلية والبدالات المركزية وتدعى هذه الطريقة بالتشابكية، لاحظ الشكل (21 - 1) .



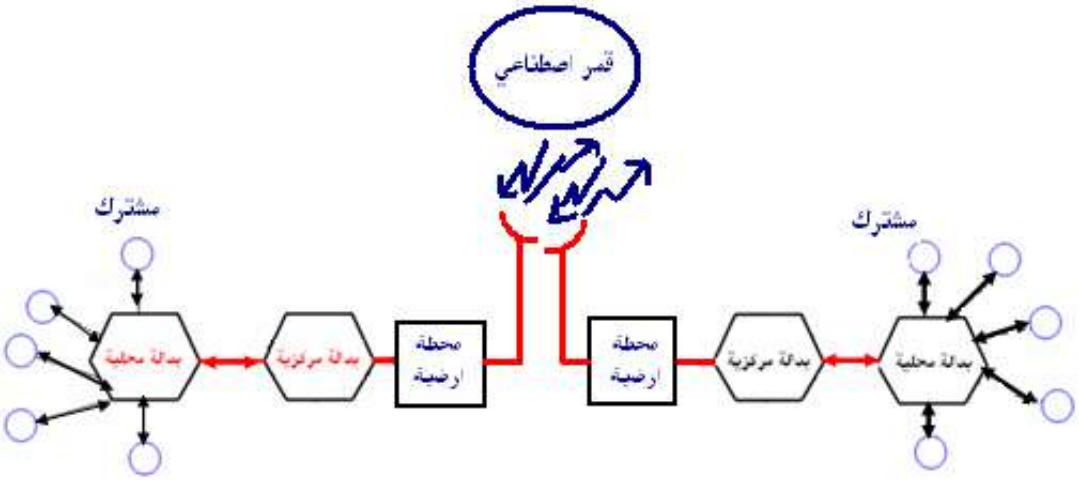
الشكل (21 – 1) الطريقة التشابكية للبدالات المحلية والمركزية

وفقا لما تقدم فان أي مشترك يرغب في الاتصال مع مشترك آخر في مدينة أخرى بالقطر نفسه فانه يوصل أولا بالبدالة المحلية ثم إلى بدالة مركزية وبوساطة أجهزة تحميل على تردد عال ومن ثم إلى الخط والى بدالة مركزية في المدينة التي طلبها لكي تتم عملية فصل الإشارة الحاملة عن الإشارة المحمولة التي تمثل صوت المتكلم ثم إلى البدالة المحلية والى هاتف المشترك المطلوب، لاحظ الشكل (22– 1).



الشكل (22 - 1) الاتصال بين المشتركين خلال البدالات

إن خط النقل الذي يمتد بين المدينتين يمكن أن يكون كابلا اعتياديا أو كابلا محوريا . أو أن يكون لاسلكيا حيث ترسل الإشارات المضمنة على خط المايكروويف . أما في حالة الاتصال بين دولتين فان ذلك ممكنا أن يتم بالكابل المحوري أو المايكروويف أو أن يتم عن طريق الأقمار الاصطناعية حيث تتصل البدالة المركزية في الحال بالمحطة الأرضية التي تقوم بإرسال إشارات كهربائية إلى القمر الاصطناعي والذي بدوره يعيد بثها إلى المحطة الأرضية للبلد الذي فيه المشترك المطلوب ثم البدالة المركزية و المحلية ثم إلى هاتف المشترك كما في الشكل (23 - 1).



الشكل (23– 1) الاتصال بين الدول عن طريق الاقمار الاصطناعية

8 - 1 أنواع البدالات

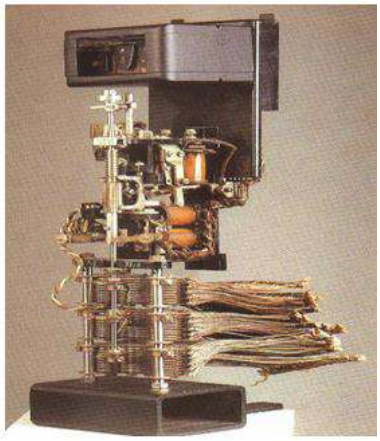
1 - 8 - 1 البدالة اليدوية:

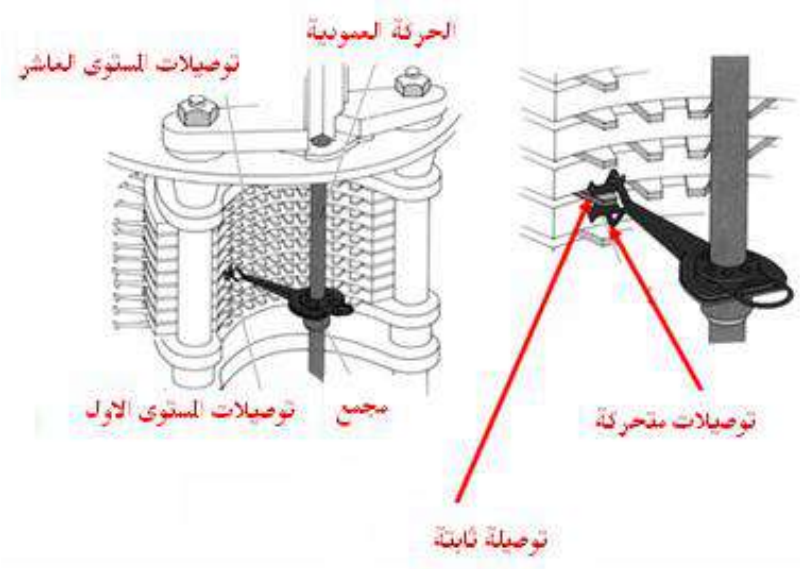
كما وضحنا سابقا إن فكرة ظهور البدلات هو الزيادة في عدد المشتركين والحاجة إلى آلاف الأسلاك للتوصيل بين الهواتف فضلاً عن التعقيدات الفنية والعملية والنواحي الاقتصادية، ظهرت فكرة التحويل المركزي وبدأت بالبدالة اليدوية التي تعتمد على عامل البدالة حيث يقوم بتوصيل الخطوط على لوحة التحويل بين المشتركين بناءً على التعليمات التي يتلقاها العامل من المشترك صاحب الطلب ويمتاز هذا النوع من البدالات بعدم السرية بسبب مراقبة المكالمات من قبل عامل البدالة، لاحظ الشكل (24 - 1) .

من هنا بدأ العمل بالبدالات الاتوماتيكية

الشكل (24 – 1) البدالة اليدوية

هذه الطريقة في الاتصال بين المشتركين تفتقر إلى السرية بسبب وجود عامل البدالة وأول من لاحظ ذلك (ستروجر) في مدينة كنساس الذي دخل منافسة مع متعهد منافس له كانت زوجته هي العاملة على البدالة وكان (ستروجر) كثير التحفظ في الكلام عندما يستلم نداء مما دفعه بالتفكير إلى اختراع مفتاح الحركة باتجاه واحد في عام (1888 – 1889)، لاحظ الشكل (25 – 1) والمستخدم في البدالة.



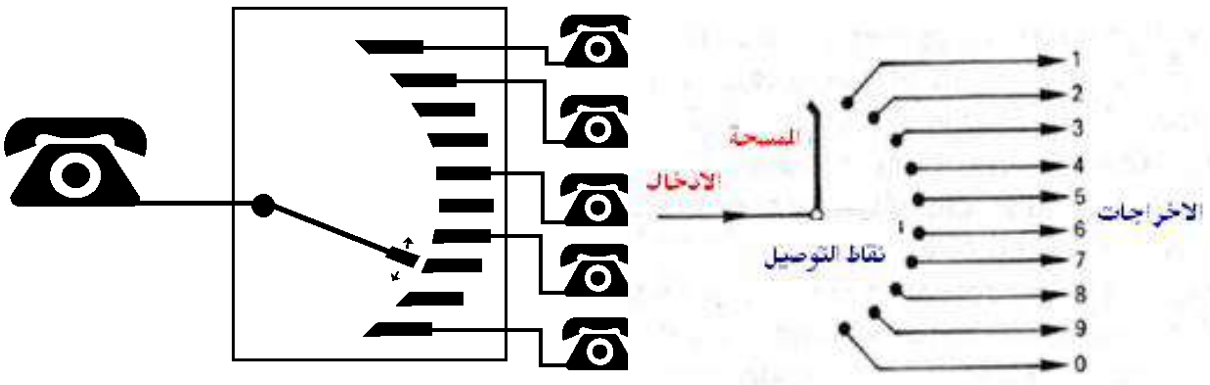


الشكل (25 - 1) مفتاح ستروجر

2 - 8 - 1 البدالات الاتوماتيكية :

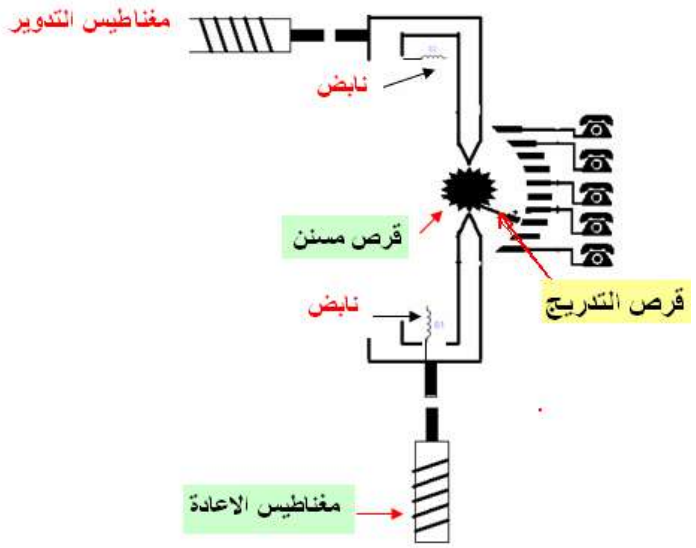
أ - بدالة الخطوة – خطوة

إن مبدأ عمل المفتاح (خطوة – خطوة) وهو أول نظام أوتوماتيكي استخدم في بدالات الهواتف العمومية ويعتمد على اختيار الخط من بين الاختيارات العشرة كما موضح بالشكل (26 - 1) الذي يبين عشر نقاط للتوصيل بين المشتركين موضوعة بصورة منتظمة حول قوس نصف دائري مع ذراع توصيل دوار او ممسحة (wiper) تعمل على توصيل الإدخال إلي إحدى نقاط التوصيل العشر الخارجية حسب الطلب، ويدور الذراع أو الممسحة بوساطة الكهرومغناطيسية لنقل الحركة الملائمة ميكانيكيا لذلك فان هذا الترتيب يدعى المفتاح الكهروميكانيكي.



الشكل (26 – 1) الاتصال بين عشرة مشتركين

إشارة القرص الدوار في الهاتف (قرص التزويل) تغذي مغناطيس التدوير في مفتاح الحركة باتجاه واحد، يقوم قرص التدوير بتقطيع التيار المستمر الواصل إلى الهاتف حسب الرقم المزّول، فإذا زوّل الرقم واحد يتقطع التيار مرة واحدة وبتزويل الرقم أربعة يتقطع التيار أربع مرات والرقم صفر عشر مرات وهكذا يتقطع التيار المار في الملف المغناطيسي بالتدوير بعدد مرات الرقم المزّول ويحدث ذلك عند رفع اليد عن مكان الرقم المزّول بوساطة عتلة تسمى عتلة التوصيل، لاحظ الشكل (27 - 1) حسب دوران القرص المسنن وترتفع العتلة إلى الرقم المطلوب. عند الانتهاء من المكالمة يمر تيار في مغناطيس الإعادة فيؤدي إلى سحب العتلة ويدور القرص المسنن الدوار تحت تأثير نابض فيعيد بذلك عتلة التوصيل إلى حالتها الاعتيادية ومن الشكل نلاحظ اتصال عشرة مشتركين فقط.

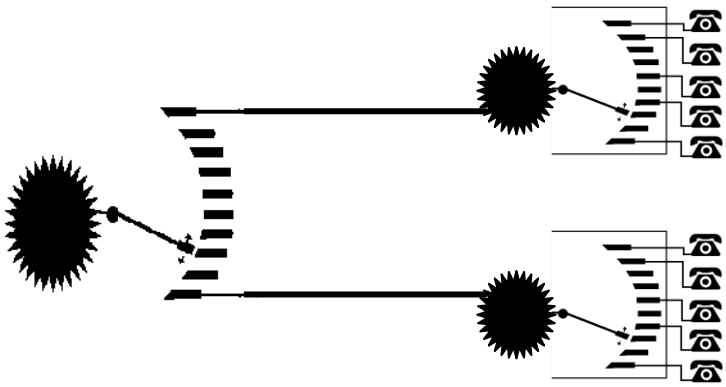


الشكل (27 - 1) عمل مفتاح الحركة باتجاه واحد

مثال : كيف يتم الاتصال بين 100 مشترك باستخدام مفتاح الحركة باتجاه واحد في البدالة خطوة – خطوة ؟

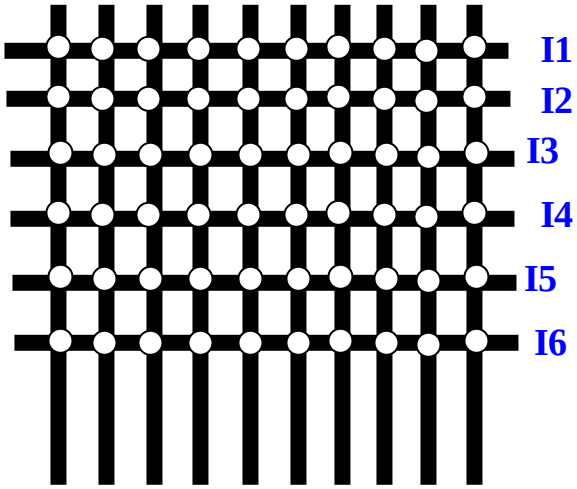
الحل:

مفتاح الاختيار الأول يعمل كمفتاح اختيار المجموعات والمفاتيح الأخرى تعمل كمفاتيح اختيار المشتركين.



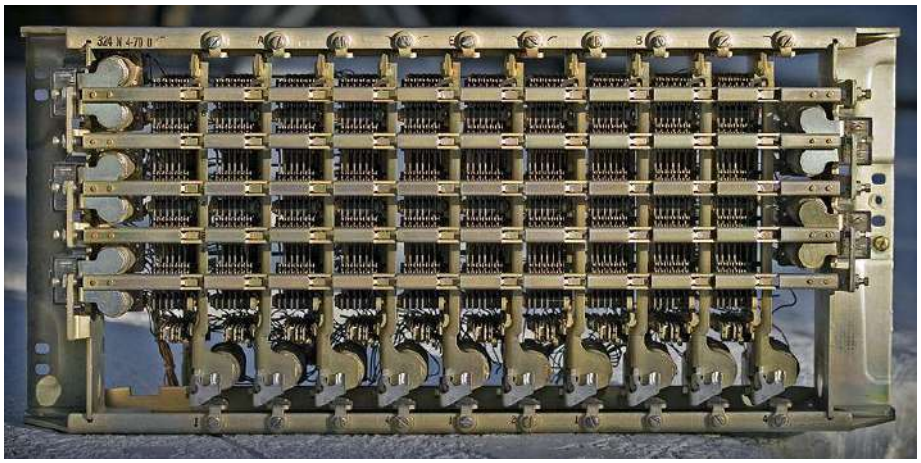
ب - بدالة القضبان المتقاطعة

يظهر من التسمية انها تعتمد على التقاطع أو نقطة تقاطع بين خطين لعمل توصيل، لاحظ الشكل (28 – 1) ويدعى هذا الشكل بمصفوفة نقطة التقاطع .



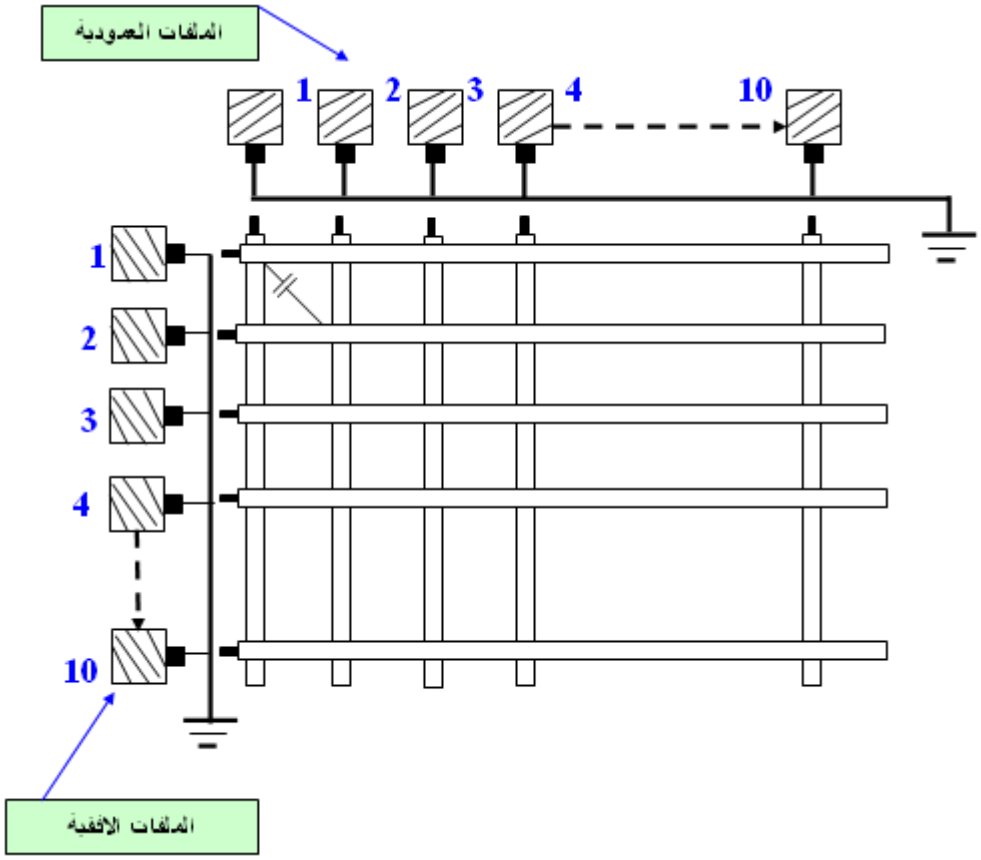
الشكل (28 – 1) مصفوفة نقطة التقاطع

يعتمد عملها على تزويد طاقة للخطوط العمودية والأفقية للحصول على نقطة التقاطع لهذا فان أي من خطوط الإدخال الموضحة بالشكل (I1,I2,I3,I4,I5,I6) يمكن أن تتصل لأي من خطوط الإخراج (O1,O2 ……., O10) بوساطة تزويد الطاقة لخطوط الإدخال والإخراج. الشكل (29 – 1) يبين القضبان المتقاطعة المستخدمة في البدالة.



الشكل (29 – 1) القضبان المتقاطعة

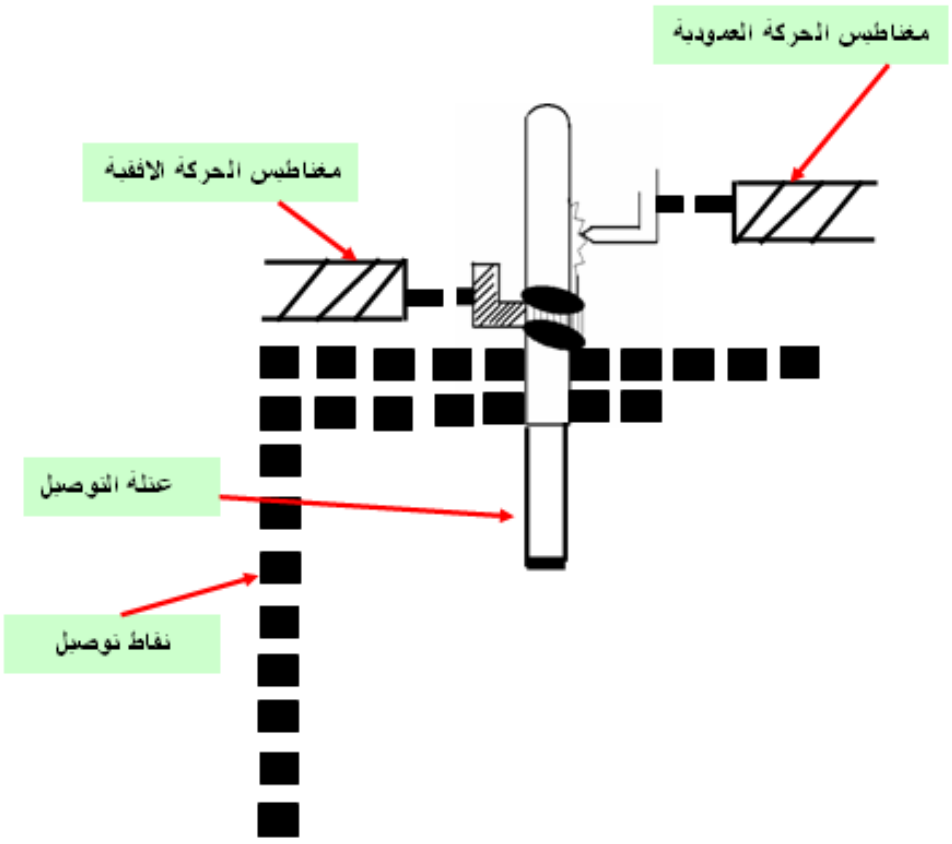
تتألف بدالة القضبان المتقاطعة من عشرة ملفات أفقية تسيطر على عشرة قضبان موضوعة أفقيا وعشرة ملفات عمودية تسيطر على عشرة قضبان موضوعة عموديا إي أن هذه القضبان الأفقية والعمودية يتحكم في كل منها مغناطيس فيتأثر بالإشارة القادمة من قرص التزويل بالهاتف. في الحالة الاعتيادية تكون نقاط التوصيل المثبتة على القضبان المتقاطعة غير متصلة فيما بينها ويتم الاتصال عند حركة موصل عمودي وآخر أفقي بتأثير المغناطيس المخصص له كما يوضحه الشكل (30 – 1) .



الشكل (30 – 1) كيفية تحريك القضبان

جـ - مفتاح الحركة باتجاهين

عند تزّويل الرقم الأول يتأثر ملف التحريك الأفقي الذي يعمل على تدوير عتلة التوصيل أفقيا بمسافة تعتمد على عدد مرات تقطيع التيار المستمر المار بالملف أما عند تزّويل الرقم الثاني يعمل ملف التحريك العمودي على تحريك عتلة التوصيل إلى الأعلى والأسفل عدد من المرات يساوي قيمة الرقم المزّول الثاني ، يتضح من ذلك أن مفتاح الحركة باتجاهين باستطاعته توصيل 100 نقطة توصيل إلى 100 مشترك فيما بينهم. لاحظ الشكل (31 - 1).

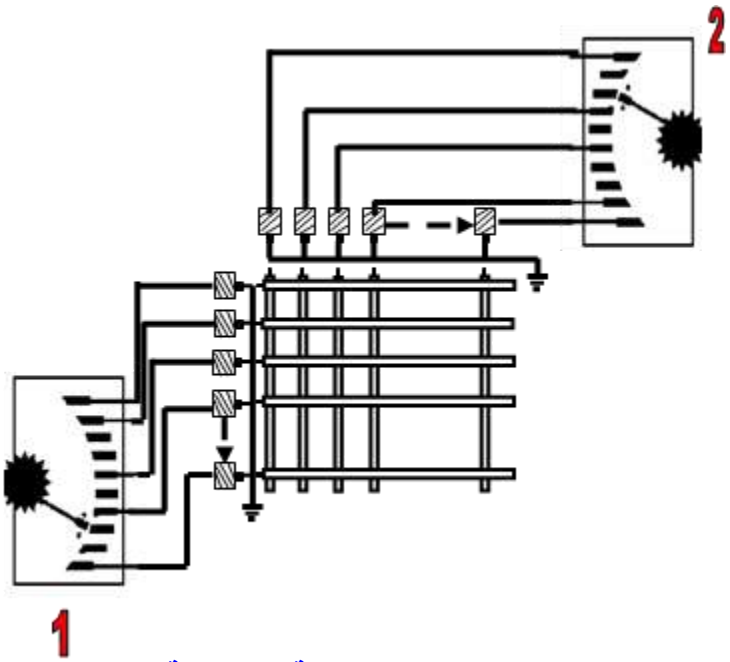


الشكل (31 – 1) مفتاح الحركة باتجاهين

9 - 1 طرق السيطرة على بدالة القضبان المتقاطعة

1- السيطرة الميكانيكية :

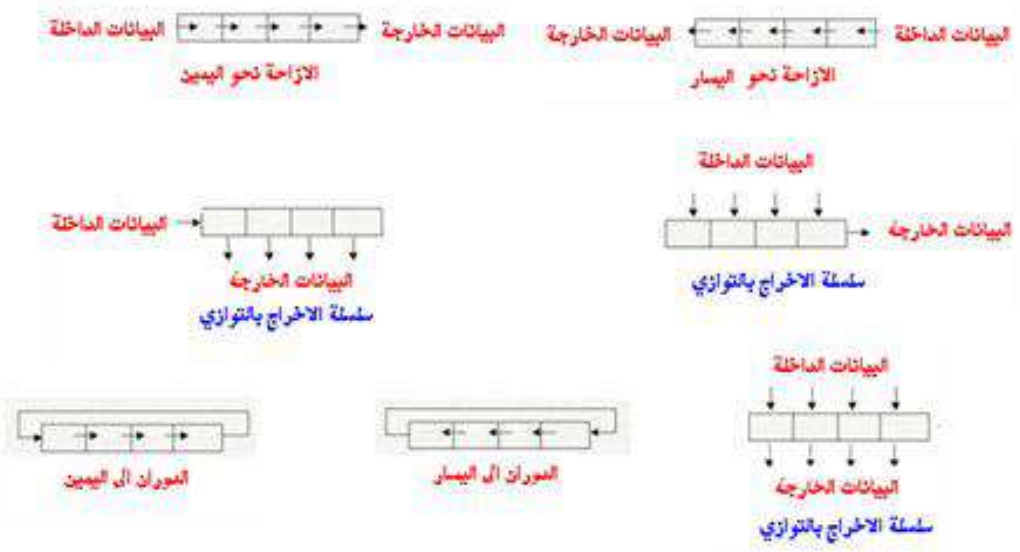
نربط بدالة خطوة – خطوة ببدالة القضبان المتقاطعة للسيطرة عليها عن طريق تأثير مفتاح الحركة باتجاه واحد للرقم (1) بإشارة قرص التزويل ذي الرقم الأول حيث يتمغنط الملف المغناطيسي المناظر للرقم المزّول وذلك لأن عتلة التوصيل في مفتاح الحركة باتجاه واحد يتحرك إلى الملف المغناطيسي المطلوب وتوصيل القطب الموجب ولكون جميع الملفات متصلة من الجهة الأخرى بالقطب السالب (الأرضي) فان الملف المطلوب سوف يتمغنط محركا الموصل الأفقي المقابل له، وعند تزويل الرقم الثاني يتأثر مفتاح الحركة رقم (2) فيوصل القطب الموجب إلى الملف المناظر للرقم المزّول فيتحرك الموصل (القطب العمودي) محدثا اتصال في نقطة تقاطعه مع الموصل الأفقي الذي يتحرك تحت تأثير الرقم الأول. لاحظ الشكل (32–1) .



الشكل (32 – 1) السيطرة الميكانيكية على بدالة القضبان المتقاطعة

2 - طريقة السيطرة الالكترونية :

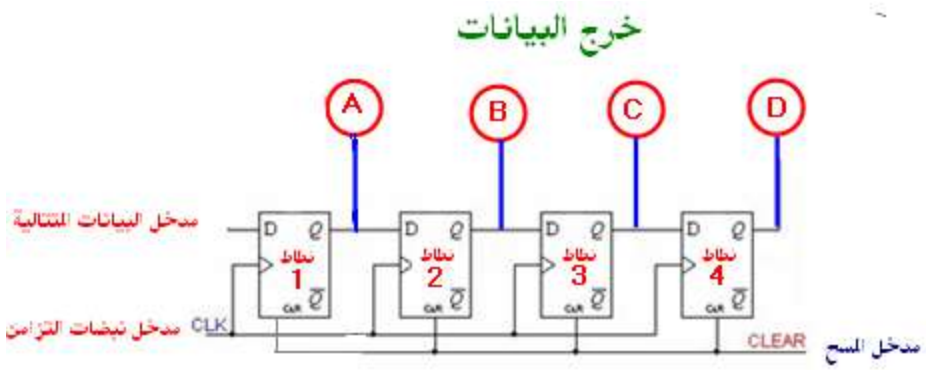
لمعرفة عمل هذه الطريقة لابد من التعرف على مبدأ عمل مسجل الإزاحة(Shift Register)، مسجل الازاحة له المقدرة على إزاحة المعلومات لخانة واحدة والشكل المنطقي لمسجل الإزاحة يتألف من سلسلة من النطاطات متصلة بطريقة الكاسكيد أي (كل النطاطات من نفس النوع) . خرج النطاط الأول متصل مع دخل النطاط الثاني المجاور له وهكذا، يعمل مسجل الإزاحة بالتوافق لهذا فان كل النطاطات تتصل مع نبضات ساعة (CK) مشتركة . تستخدم مسجلات الإزاحة كذاكرات مؤقتة كما تستخدم في إزاحة البيانات إلى اليسار او الى اليمين او تغيير البيانات من صورة التوالي إلى صورة التوازي وبالعكس والشكل (33 - 1) يوضح حركة المعلومات لمسجل إزاحة يحتوي على أربعة خانات .



الشكل (33 - 1) أنواع مختلفة لمسجلات الازاحة

فعلى سبيل المثال لإدخال العدد (1712) إلى الآلة الحاسبة (Calculator) سوف نضغط مفتاح (1) ثم نتركه فيظهر الرقم (1) على الشاشة ثم نضغط مفتاح (7) ونتركه فيظهر على الشاشة (17) ثم نضغط مفتاح (1) ونتركه فيظهر على الشاشة (171) ونضغط على مفتاح (2) ونتركه فيظهر على الشاشة (1712) . الرقم (1) يظهر على يمين الشاشة وعند ضغط مفتاح (7) فان الرقم (1) يزاح إلى اليسار ليفسح مكانا للرقم (7) وهكذا تتوالى إزاحة الأرقام إلى اليسار على الشاشة وهذا هو مسجل الإزاحة إلى اليسار .

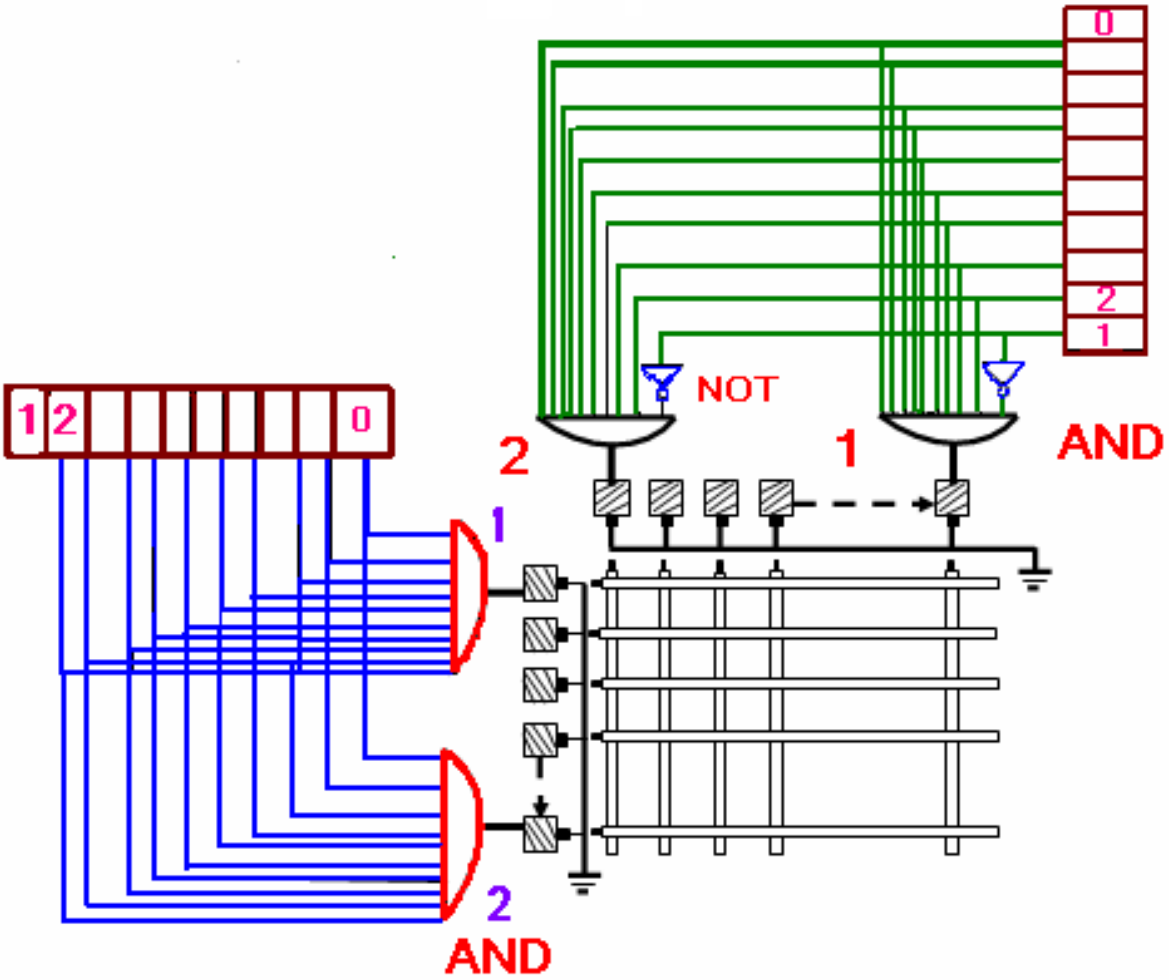
الشكل (34- 1) يوضح مسجل إزاحة بسيط ذا أربعة أرقام ثنائية باستخدام أربعة نطاطات من النوع(D), يتم إدخال أرقام البيانات الثنائية إلى المدخل D بالنطاط 1 ويُعدَّ هذا المدخل مدخل البيانات المتتالية ويقوم مدخل المسح بوضع النطاطات الأربعة جميعها في الحالة (0) وذلك عندما يتم تنشيطه عن طريق مستوى منخفض . وعندما تصل نبضة إلى مدخل نبضات التزامن فإنها تسبب إزاحة البيانات من مدخل البيانات المتتالية إلى النقطة (A) وهو إخراج النطاط 1 ومع كل نبضة تزامن فان المسجل يقوم بإزاحة البيانات إلى اليمين ويدعى هذا المسجل (مسجل الإزاحة إلى اليمين).



الشكل (34 – 1) مسجل ازاحة بسيط

فباستخدام دوائر السيطرة المنطقية (Control Logic) تتم السيطرة على مفتاح القضبان المتقاطعة لتوصيل المشتركين فيما بينهم وتتكون البدالة من عدة صناديق كل صندوق يحتوي على عشرة قضبان أفقية وعشرة قضبان عمودية ويزداد عدد الصناديق كلما أزاد عدد المشتركين.

يعمل مسجل الإزاحة الأول على خزن معلومات الرقم الأول في حين يعمل مسجل الإزاحة الثاني على خزن معلومات الرقم الثاني ، كل بوابة (AND) تتصل بعشر نقاط داخلة تمثل النقاط الخارجية لمسجل الإزاحة والبوابة (NOT) التي تتصل بالملف رقم 1 تحتوي على خط دخول مباشر واحد وتسعة خطوط غير مباشرة أي تدخل عن طريق تسع بوابات (NOT) ، البوابة الثانية تحتوي على خط دخول مباشر لخطين وثمانية غير مباشرة عن طريق بوابة (NOT) وهكذا إلى أن تصل إلى البوابة التي تتصل بالملف رقم صفر حيث تصبح جميع خطوطها مباشرة ، لاحظ الشكل (35 – 1).



الشكل (35 – 1) السيطرة الالكترونية على بدالة القضبان المتقاطعة

10 – 1النغمة المزدوجة متعددة الترددات (مفتاح الدفع) :

(DTMF) Dual Tone Multiple Frequency

يوجد نوعان من التزويل المستخدم حول العالم والشائع قديما هو القرص الدوار وله عدة تسميات مثل النبضي والدوار ...الخ . والنوع الآخر الأكثر حداثة هو مفاتيح الدفع ويدعى أيضا (لمس - نغمة) ، في النوع الأول يتعرض المشترك أثناء النداء إلى تشويش في الجهاز بسبب تسرب التيار المستمر ويتناسب ذلك مع عدد دورات القرص .أجهزة الهاتف الحديثة تستخدم طريقة جديدة باستخدام النغمات الصوتية في إرسال رقم الهاتف وتستخدم عندما يكون المكتب المركزي مزودا بمعالج النغمات ،وبدلا من استخدام القرص الدوار في الهاتف يوضع عدد من أزرار الدفع في لوحة مفاتيح للأرقام صفر إلى 9 وبالضغط على أي مفتاح منها يسبب توصيل دائرة الكترونية لتوليد النغمات الخارجة التي تشير إلى الرقم، لاحظ الشكل (36 – 1).

1	2	3	697 Hz
4	5	6	770 Hz
7	8	9	852 Hz
*	0	#	941 Hz
1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	

الشكل (36 – 1) لوحة مفا تيح جهاز الهاتف

خصصت الصفوف للترددات الواطئة والأعمدة للترددات العالية فمثلا عند الضغط على الرقم (1) فان الصوت يتكون من الترددين 697 و 1209 هرتز والضغط على الرقم (6) يتكون الصوت من الترددين 770 و 1477 هرتز العلامة * و # تستخدم لإغراض خاصة والحروف الموجودة على أرقام المفاتيح لها عدة استخدامات خاصة بالبدالات .

11 - 1 الإكثار (الارسال المتعدد) : Multiplexing

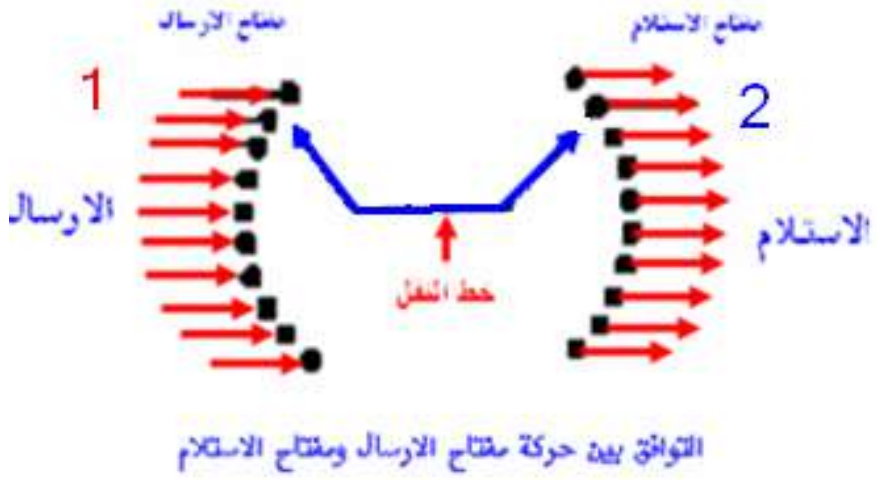
تقنية يتم من خلالها إرسال إشارات متعددة تمثل معلومات مختلفة على خط نقل واحد فعلى سبيل المثال شركات الهاتف ترغب في إرسال إشارات متعددة على السلك نفسه وبالوقت نفسه وهذا بالتأكيد يوفر كثير من استغلال الحيز والتقليل من الكلف بسبب عدم نصب أسلاك إضافية لذلك تلجا إلى استخدام الإكثار وهو على نوعين

1- الإكثار بالتوزيع الزمني : TDM (Time Division Multiplexing)

2- الإكثار بالتوزيع الترددي : FDM (Frequency Division Multiplexing)

1-11-1 الإكثار بالتوزيع الزمني: TDM

الشكل (37 - 1) يوضح طريقة مبسطة للإكثار الزمني



الشكل (37 – 1) الإكثار بالتوزيع الزمني

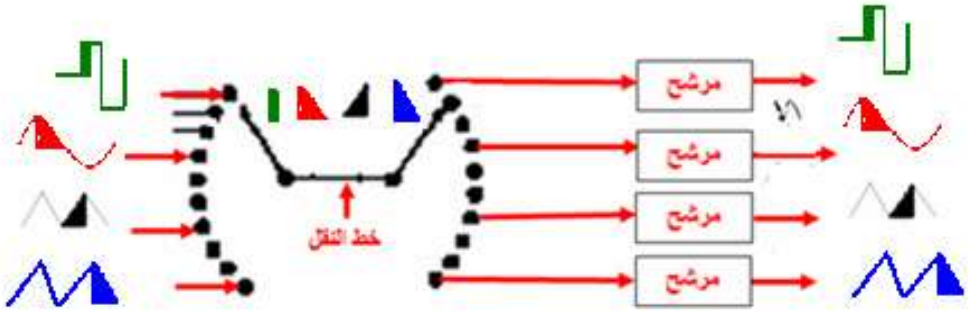
يستخدم في هذه الطريقة مفتاحان يتحركان بشكل متوافق حيث يتم ربط جميع الإشارات المراد إرسالها إلى مفتاح رقم (1) وهو مفتاح الإرسال والذي يقوم بتوصيل الإشارات إلى خط النقل بشكل متعاقب في الوقت نفسه يتحرك المفتاح رقم (2) في الجهة البعيدة (الاستلام) لتوصيل المعلومات القادمة في نهاية خط النقل إلى الخطوط المناظرة لها ، هنا يتم اخذ عينات من الإشارات المرسلة وإرسالها بشكل متعاقب على خط النقل .

مثال : أربع إشارات داخلة هي :

1. **موجة مربعة**
2. **موجة جيبية**
3. **موجة مثلثة**
4. **موجة سن المنشار**

كيف يتم إرسالها على خط نقل واحد باستخدام طريقة الإكثار بالتوزيع الزمني ؟

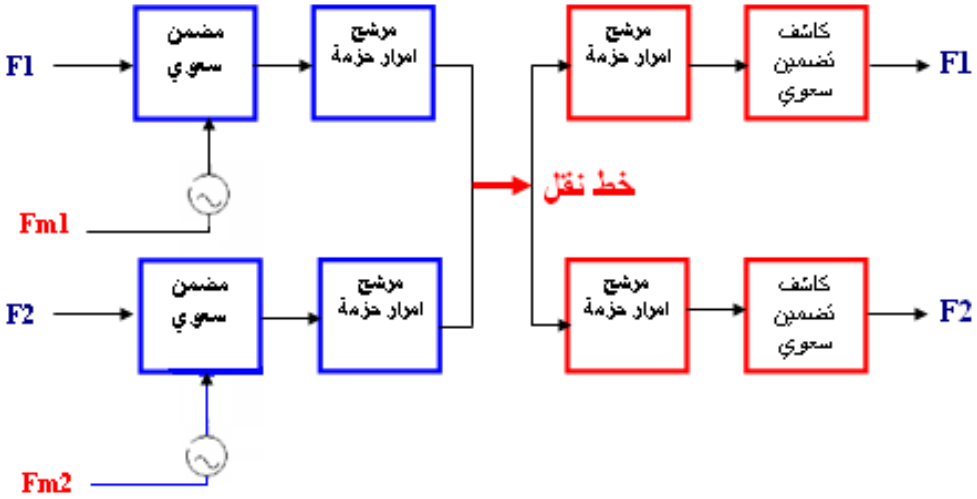
الحل : يتم توصيل الإشارات إلى المستلمين عن طريق مرشحات بترددات واطئة تعمل على إعادة تشكيل الإشارات إلى إشكالها الحقيقية ، لاحظ الشكل (38 – 1).



الشكل (1 - 38) نقل أربع إشارات بالإكثار بالتوزيع الزمني

2 – 11 - 1 ألإكثار بالتوزيع الترددي : FDM

تقنية يتم من خلالها تضمين الإشارات المراد نقلها على ترددات حاملة (Carrier) في نطاق حزمة معينة وترسل على الخط نفسه لأن الإشارات المختلفة بالتردد لا تتداخل فيما بينها إذا أرسلت على خط واحد، والشكل (39– 1) يوضح المخطط الكتلوي لنظام الإكثار بالتوزيع الترددي (FDM) .



الشكل (1 - 39) الإكثار بالتوزيع الترددي

الإشارة (F1) تضمن بوساطة مضمن سعوي وذلك بتحميلها على الإشارة الحاملة (Fm1) وتحتوي الإشارة الخارجة من المضمن السعوي على حزمتين جانبيتين هما الحزمة الجانبية العليا (Upper Side Band) (USB) والحزمة الجانبية السفلى (Lower Side Band) (LSB). يعمل مرشح إمرار حزمة الترددات على تمرير إحدى هاتين الحزمتين وقطع الحزمة الجانبية الأخرى ، ثم ترسل الإشارة على خط النقل ويحدث الشيء نفسه للإشارة (F2) ولكن الموجة الحاملة (Fm2) تختلف بالتردد عن الموجة الحاملة (Fm1). ترسل الإشارتان على نفس الخط ولا يحصل تداخل بينهما لأنهما مختلفتان بالتردد . في منطقة الاستلام يوجد مرشحان يعملان على ترشيح الاشارة المطلوبة وارسالها إلى كاشف التضمين السعوي الذي يقوم بأرجاع اشارة المعلومات .

مثال : المطلوب إرسال المعلومات التالية على خط نقل واحد بطريقة FDM

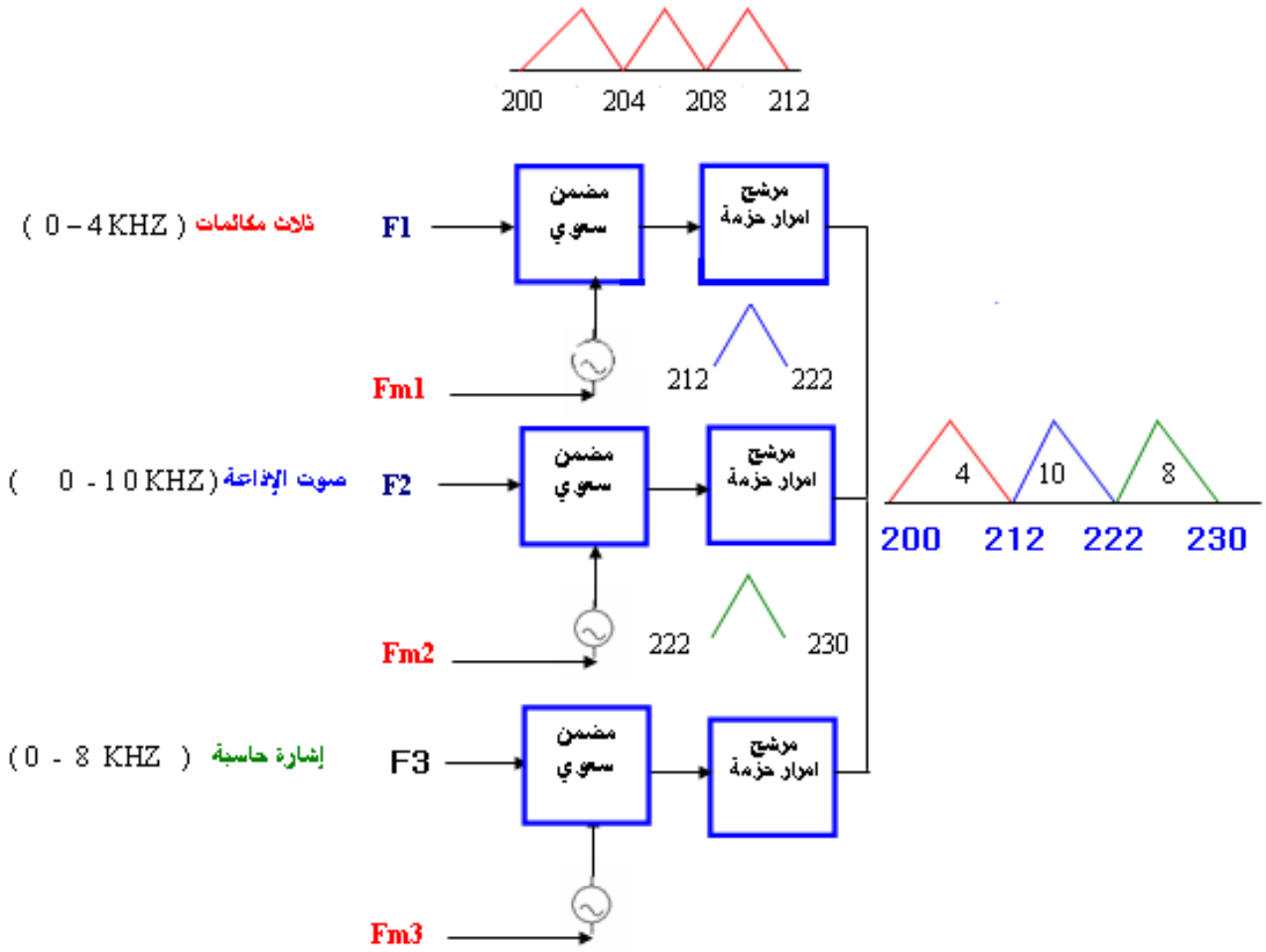
1- ثلاث مكالمات تردد المكالمة تبدأ من (0 – 4 KHZ) .

2- إشارة إذاعة ذات حزمة من (0 – 10KHZ) .

3- إشارة حاسبة الكترونية ذات حزمة من (0 – 8KHZ) .

ارسم مخطط التوزيع للترددات مبينا فيها تردد الإشارات الحاملة والحزمة الجانبية السفلى علما إن الحزمة المخصصة تقع بين KHZ (200 - 230)، لاحظ الشكل (1 – 40) .

الحل:

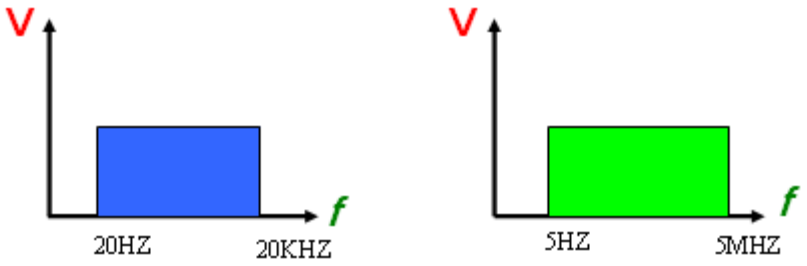


الشكل (1 – 40) الارسال بطريقة FDM

1-12 الإشارات المضمنة سعويا بالحيز الترددي :

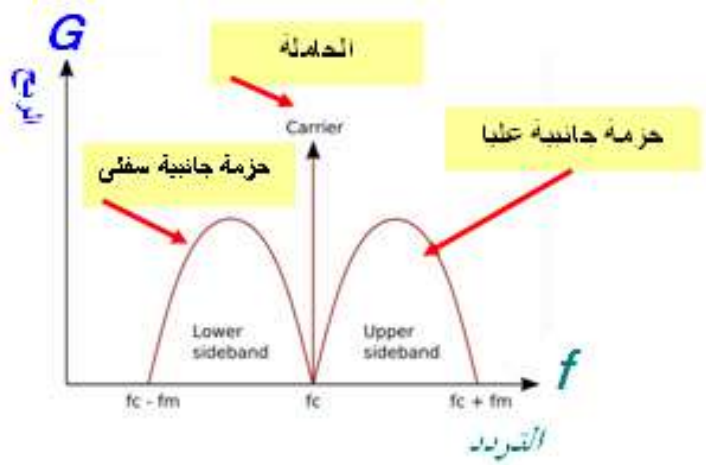
الحيز الترددي :

نقصد به العلاقة بين فولتية الإشارة وترددها وان جميع الاشارات تمتلك حزمة ترددات ما عدا الموجة الجيبية التي تحتوي على تردد واحد فمثلا إشارة الصوت تمتلك حزمة الترددات الواقعة بين(20HZ – 20 KHZ) وإشارة الصورة تشغل حزمة الترددات الواقعة بين 5 Hz الى 5 MHz ، لا حظ الشكل (41 – 1).



الشكل (41 – 1) الحيز الترددي

عند تضمين الإشارة (الصوت أو الصورة أو أي معلومة) مع الإشارة الحاملة (Carrier) تتكون حول الحاملة حزمتان حزمة جانبية عليا (USB) وحزمة جانبية سفلى (LSB)، لاحظ الشكل (42 –1).



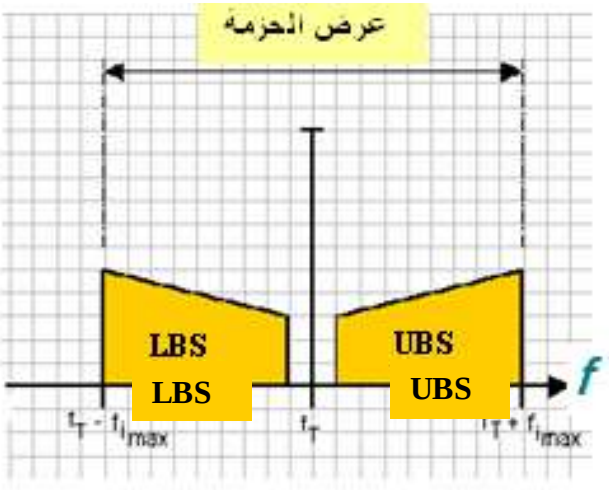
الشكل (42 – 1) الإرسال بالحزمة الجانبية

توجد ثلاثة طرق لإرسال الحزمة المضمنة وهي :

1 – الإرسال بالحزمة المضاعفة (DSB).
2 – الإرسال بالحزمة الجانبية المفردة (SSB).
3 – الإرسال الجزئي للحزمة (PSB).

1 – الإرسال بالحزمة المضاعفة (DSB) :

في هذه الطريقة ترسل الحزمتان العليا والسفلى ويكون عرض الحزمة (BW) (Band Width) ضمن حزمة المعلومات المراد إرسالها لاحظ الشكل (43 – 1) .

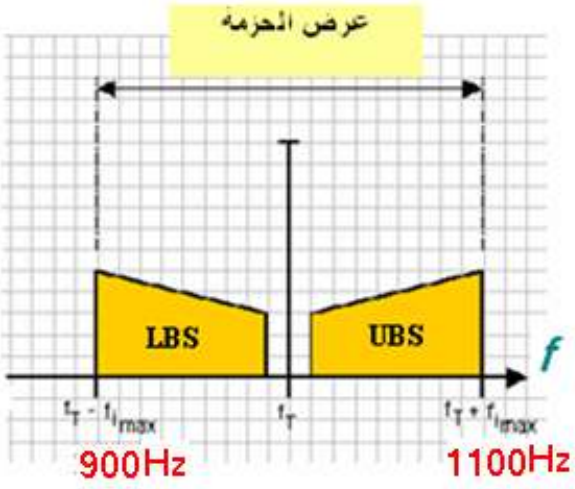


الشكل (43 – 1) شكل يوضح عرض الحزمة

مثال :

المطلوب تضمين إشارة بالتردد (100)Hz مع إشارة حاملة بالتردد (1) KHz .

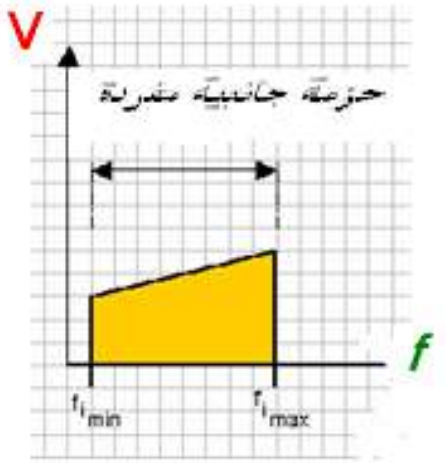
الحل:



1000 – 100 = 900 Hz
1000 + 100 = 1100 Hz

2 – الإرسال بالحزمة الجانبية المفردة(SSB):

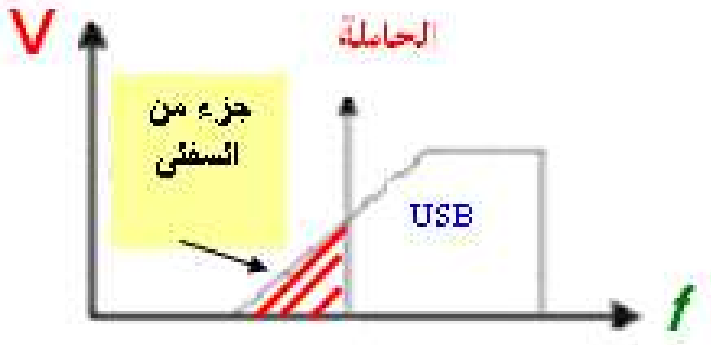
في هذا النوع يتم قطع احدى الحزمتين الجانبيتين العليا أو السفلى وإرسال الحزمة الجانبية الأخرى للتقليل من عرض الحزمة للإشارة المرسلة إلى النصف لاحظ الشكل (44 – 1) .



الشكل (44 – 1) حزمة جانبية مفردة

3 – الإرسال الجزئي للحزمة(PSB):

في هذا النوع من الإرسال والمستخدم في معظم الأنظمة العالمية المختلفة وهذا يعني إرسال حزمة جانبية كاملة وجزء من الحزمة الجانبية الأخرى فمثلا إرسال الحزمة الجانبية العليا وجزء من السفلى وبالعكس وهذا الجزء المقطوع يُعدّ حماية إلى الحاملة ، يستخدم هذا النوع من الإرسال في أنظمة أجهزة التلفاز كي نستطيع استخدام اكبر عدد من القنوات المستخدمة لاحظ الشكل (45 – 1) .

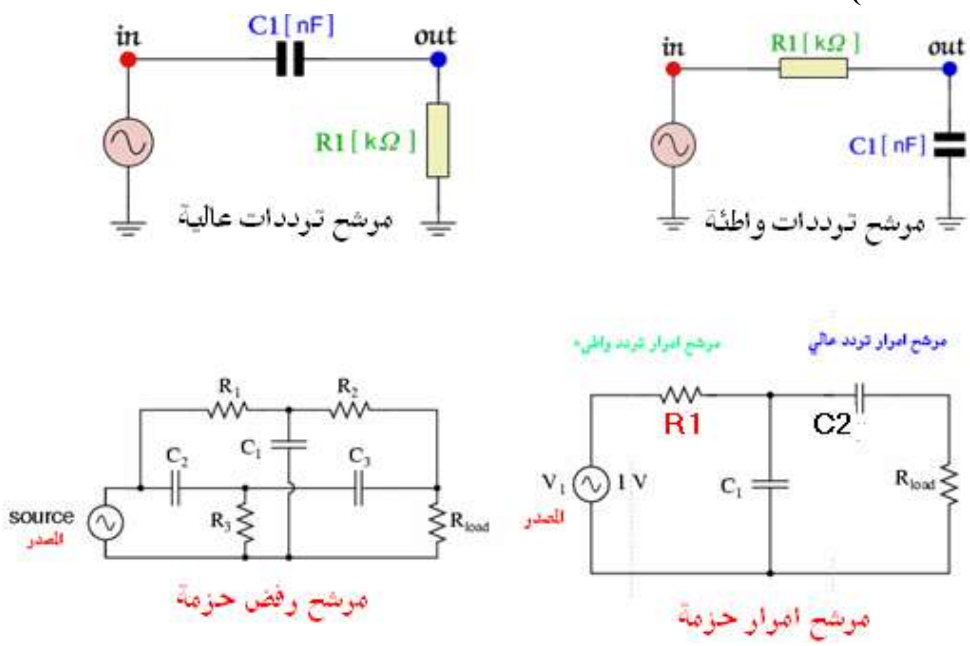


الشكل (45 – 1) الإرسال الجزئي للحزمة

إمرار إحدى الحزمتين يعتمد على دوائر الترشيح فعند إرسال إشارة جانبية واحدة يمكن أن ينتج منها تيار الكلام في قسم الاستقبال بعد الكشف عن هذه الإشارة والمرشحات تأخذ التردد السمعي وتتخلص من الترددات الأخرى غيرالسمعية وتقسم دوائر الترشيح إلى :

1- دوائر ترشيح (لإمرار الترددات القليلة) LPF (Low Pass Filter)
2- دوائر ترشيح(لإمرار الترددات العالية) HPF (High Pass Filter)
3- دوائر ترشيح (لإمرار حزمة من الترددات) BPF (Band Pass Filter)
4- دوائر ترشيح(رفض حزمة من الترددات) BSF (Band Stop Filter)

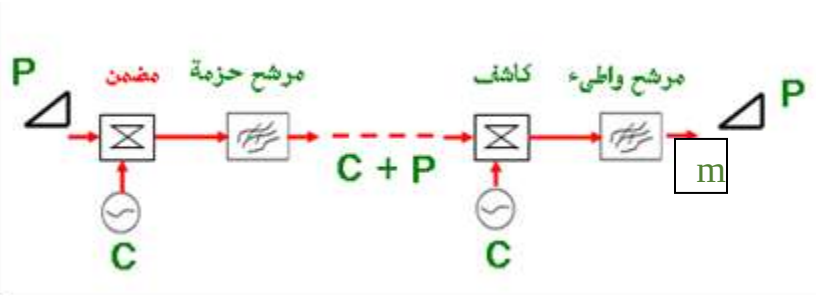
لاحظ الشكل (46 – 1).



الشكل (46 – 1) مرشحات مختلفة

الترددات المحملة بأجهزة الهاتف تحتاج إلى دوائر ترشيح عديدة والمعروف إن الكلام عبارة عن حزمة من الترددات تتراوح بين KHZ (3.4 - 0.3) كما موضح في أدناه :

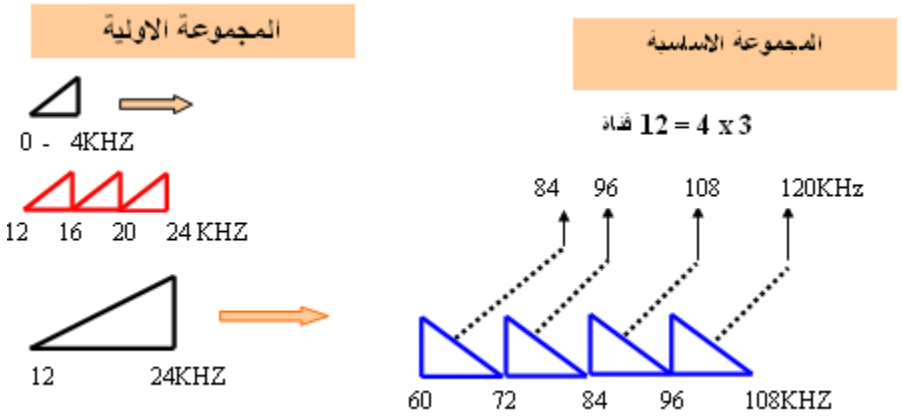
من الشكل (47 – 1) نلاحظ كيفية استخدام دوائر الترشيح في الحزمة المفردة في أنظمة الهاتف في الإرسال والاستلام وكيفية تضمين إشارة الكلام (P) مع الإشارة الحاملة (C) والحصول على الحزمة الجانبية العليا فقط (P +C). في الاستلام وبعد الكشف نتخلص من الإشارة الحاملة (C) والحصول على إشارة الكلام (P) بعد دائرة الترشيح للترددات الواطئة .



M= message
C= carrier

الشكل (47 – 1) دوائر الترشيح لأنظمة الهاتف في الإرسال والاستلام

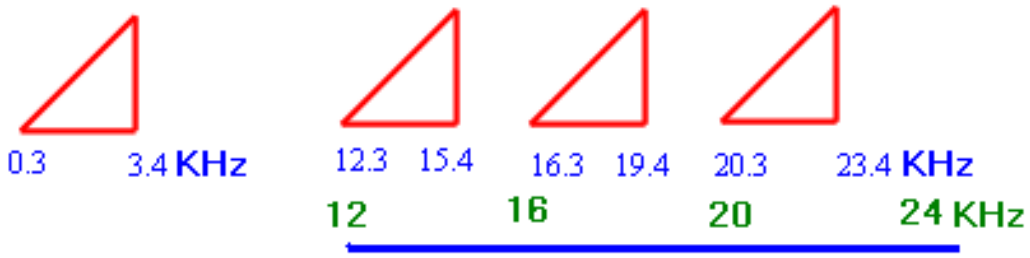
في التضمين بوساطة الدوائر المتعددة فان الدوائر التي تعمل على تيار الكلام تعتمد على تردد يتراوح بين 0.3 - 3.4)KHz) ولكي لا تؤثر الترددات المتقاربة لهذه الترددات فقد وضع التردد الحامل 4KHz ويمكن أن يعاد هذا التضمين ثانية إذا أضيفت دوائر تضمين أخرى .
لآرسال 12 مكالمة ثلاث منها بالترددات 12 – 16 – 20 KHz ولكل من هذه الترددات توجد دائرة ترشيح خاصة بها وتمزج هذه الترددات الثلاث تكون مجموعة (Group) من ثلاث مكالمات.
وأربع مجموعات مضمنة لأربعة ترددات محملة (84 – 96 – 108 – 120)KHz ولكل من هذه الترددات دائرة ترشيح وتكوّن 12 مكالمة . لاحظ الشكل (8 4– 1).



الشكل (48 – 1) مجموعات مكالمات هاتفية

يعرف هذا النوع من التضمين بـ (4 x 3) وكان من أفضل أنواع التضمين في أنظمة الهاتف، قسم الإرسال يرسل إلى دائرة الإعادة مجموعة من المكالمات وكما يأتي :
3*4*5 = 60 أساس مجموعة عليا
3*4*5*5 = 300 أساس مجموعة أعلى
3*4*5*5*3=900 أساس مجموعة أخرى

قسم الاستلام يقوم بعملية الكشف مرحلة بعد مرحلة إلى ان تستخرج تيارات الكلام.
لاحظ الشكل (49 - 1)



الشكل (49 – 1) مجموعات مكالمات هاتفية

الخلاصة :

- يحتوي جهاز الهاتف على الميكرفون ، السماعة ، المنبه (الجرس)، ملف الحث وقرص التدوير أو لوحة الأرقام وهي عبارة عن أزرار تعمل بالضغط .
- يتكون الميكرفون الكاربوني من قطعة من الألمنيوم يوضع عليها قطبان من الكاربون احدهما متحرك والآخر ثابت ، ويوضع بينهما حبيبات من الكربون وتوصل نهايتا القطبين إلى مصدر كهربائي مستمر . القطب المتحرك يتصل بالحاجب وهو غشاء رقيق يتحرك عند تسليط الموجة الصوتية عليه .
- الميكرفون السعوي عبارة عن متسعة صغيرة احد أطرافها عبارة عن صفيحة معدنية والطرف الآخر عبارة عن غشاء يتعرض لضغط الأمواج الصوتية المسلطة على الميكرفون ، تتغير المسافة بين الصفيحتين مما يؤدي إلى تغيير السعة .
- تتكون السماعة من مغناطيس دائم وملف موضوع حول احد الأقطاب وغشاء مثبت من الأعلى و الأسفل موضوع أمام قطبي المغناطيس الدائم له القابلية على الحركة من الوسط .
- يتكون الجرس المغناطيسي من قطعة مغناطيسية على شكل حرف (U) تثبت على احد طرفيها قطعة من الحديد المطاوع وعلى هذه القطعة توضع قطعتان من الحديد الممغنط وعليها تُوضع ملفات بالتوالي يكون اتجاه اللف بحيث يعاكس احدهما الآخر ، عندما تتحرك المطرقة إلى الأعلى و الأسفل يحدث طرق على صفائح الجرس .
- يقوم قرص التدوير (قرص التدريج) بتقطيع التيار بعدد من المرات تساوي قيمة الرقم المزول فبتدوير الرقم (1) يتقطع التيار مرة واحدة وللرقم (3) يتقطع التيار ثلاث مرات وللرقم (0) عشر مرات و هكذا .
- من أهم المتطلبات التي تقوم بها البدالات هي .. توفير التيار المستمر إلى أجهزة الهواتف المتصلة بها ، تزويد أجهزة الهاتف بنغمة التنبيه ، تزويد الهواتف بنغمة الانشغال ونغمة التزويل.
- في البدلات الاتوماتيكية (خطوة–خطوة) وعند تدوير قرص هاتف المشترك تقود لوحة التحويل، ويتم الانتقاء بكل مقطع من الرقم المنادي (الطالب) بتسلسل من الرقم الأول إلى الرقم الأخير وان أداة الاختيار تمسك الأرقام واحد بعد الآخر بوساطة نبضات إدارة القرص وتصل الخطوط واحدا بالآخر .
- في بدالات القضبان المتقاطعة يعتمد عملها على تزويد طاقة للخطوط العمودية والأفقية للحصول على نقطة التقاطع ، فاي من خطوط الإدخال يمكن أن تتصل لأي من خطوط الإخراج .
- تعتمد البدالات الالكترونية في عملها على عدد من المسجلات وهي نطاطات مختلفة الأنواع مثل Rs ، D ... الخ وبوابات منطقية مثل NOT، AND .
- الإكثار عبارة عن تقنية يتم من خلالها إرسال إشارات متعددة تمثل معلومات مختلفة على خط نقل واحد ومن أنواعها الإكثار بالتوزيع الزمني TDM والإكثار بالتوزيع الترددي FDM .

أسئلة للمراجعة

(1) عدد المكونات الأساسية لجهاز الهاتف .
(2) ما عمل الميكرفون الكاربوني ؟ اشرح مع الرسم.
(3) اشرح مستعينا بالرسم عمل السماعة Loud Speaker .
(4) وضح إجابتك بالرسم عمل قرص التدريج (قرص التدوير) وأعط مثالا لتزويل الرقم (7).
(5) ما المتطلبات التي تقوم بها البدالات ؟
(6) اشرح مع الرسم مفتاح الحركة باتجاه واحد في البدالة خطوة ـ خطوة وكيف يتم الاتصال بين 155 مشترك .
(7) كيف تعمل بدالة القضبان المتقاطعة ؟ اشرح مع الرسم واحدة منها .
(8) ما عمل مفتاح الحركة باتجاهين ؟ اشرح مستعينا بالرسم .
(9) عدد طرق السيطرة على بدالة القضبان المتقاطعة ، اشرح مع الرسم واحدة منها .
(10) كيف يتم التزويل في مفاتيح الدفع ؟
(11) وضح مع الرسم بالتفصيل الإكثار بالتوزيع الزمني .
(12) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الإكثار بالتوزيع الترددي .
(13) ما الإرسال الجزئي للحزمة (اشرح مع الرسم) ؟

مسائل :-

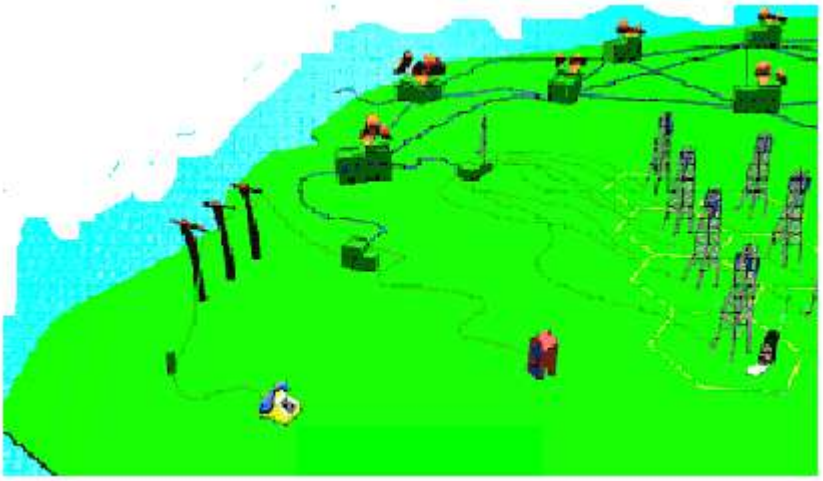
س1 : احسب مقدار التيار عند اصطدام موجة صوتية على الميكرفون تؤدي الى تغيير مقاومته من 50 – 10 اوم علما ان المقاومة R تساوي 600 Ω وفولتية البطارية 48 V .

س2 : المطلوب إرسال المعلومات التالية على خط نقل واحد بطريقة FDM .
1- ثلاث مكالمات من KHz (0 -4)
2- إشارة إذاعة ذات حزمة من KHz (0-8)
3- إشارة حاسبة الكترونية ذات حزمة KHz (0 -12)

س3 : ارسم مخطط التوزيع للترددات مبينا تردد الإشارة الحاملة والحزمة الجانبية السفلى علما ان الحزمة المخصصة تقع بين KHz (200 -232) .

الفصل الثاني

دوائر الكلام الالكترونية والتحويل من الرقمي إلى التماثلي و على العكس



1- دوائر الكلام الالكترونية
2 – التحويل من التماثلي إلى الرقمي
3 – التعيين – نظرية التعيين
4- التحويل من الرقمي إلى التماثلي
5- تضمين شفرة رقمية
6- التضمين الرقمي ASK ، FSK ، PSK
7- السيطرة عن بعد
8 – الخلاصة
9- أسئلة للمراجعة

الفصل الثاني

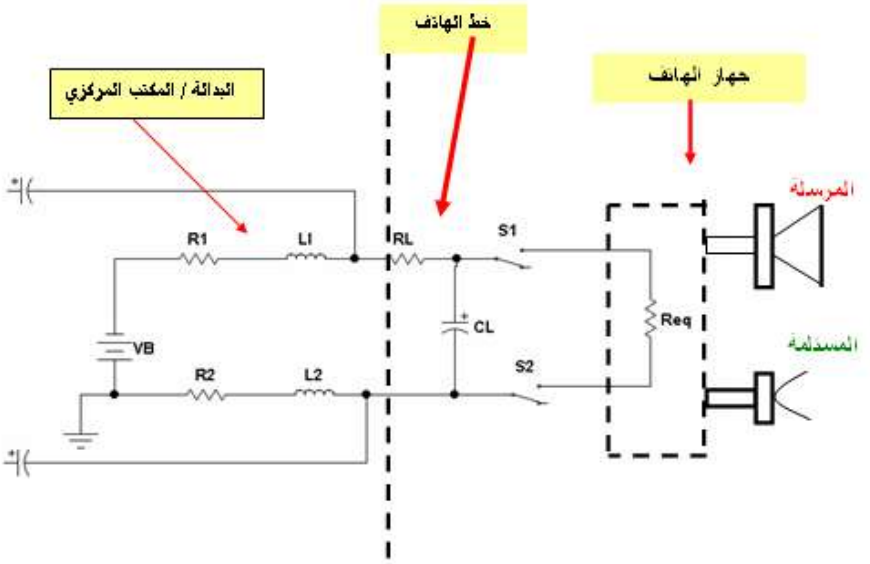
دوائر الكلام الالكترونية والتحويل من الرقمي الى التماثلي وعلى العكس

1 – 2 دوائر الكلام الالكترونية Electronic Speech Circuits

بسبب التطور الهائل في تصنيع المكونات الالكترونية على شكل دوائر مدمجة (متكاملة) Integrate Circuit، تحتوي معظم المكونات الالكترونية على رقاقة تستخدم في أجهزة الهاتف في الوقت الحاضر بدل الأجهزة التقليدية التي تعتمد على الوسائل الميكانيكية والكهربائية وتم تحسين هذه الأجهزة وبأسعار منخفضة وتمتاز بالكفاءة وسهولة التصنيع .

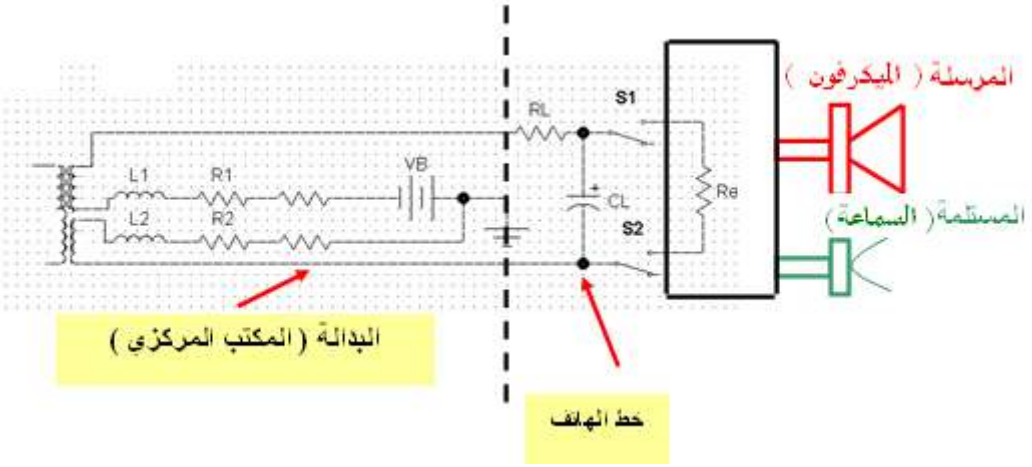
للتعرف على التغيرات التي تحصل لدوائر جهاز الهاتف التقليدي يبقى خط الهاتف (Local Loop) وهو أهم جزء في النظام من دون تغيير وهو الخط الذي يربط جهاز الهاتف بالبدالة لتزويد القدرة الكهربائية للدوائر الالكترونية بوساطة بطارية تغذية موضوعة في البدالة موصلة مع خط الهاتف .

يتم تزويد التيار المستمر بطريقة دائرة الازدواج بالسعة لاحظ الشكل (1 – 2).



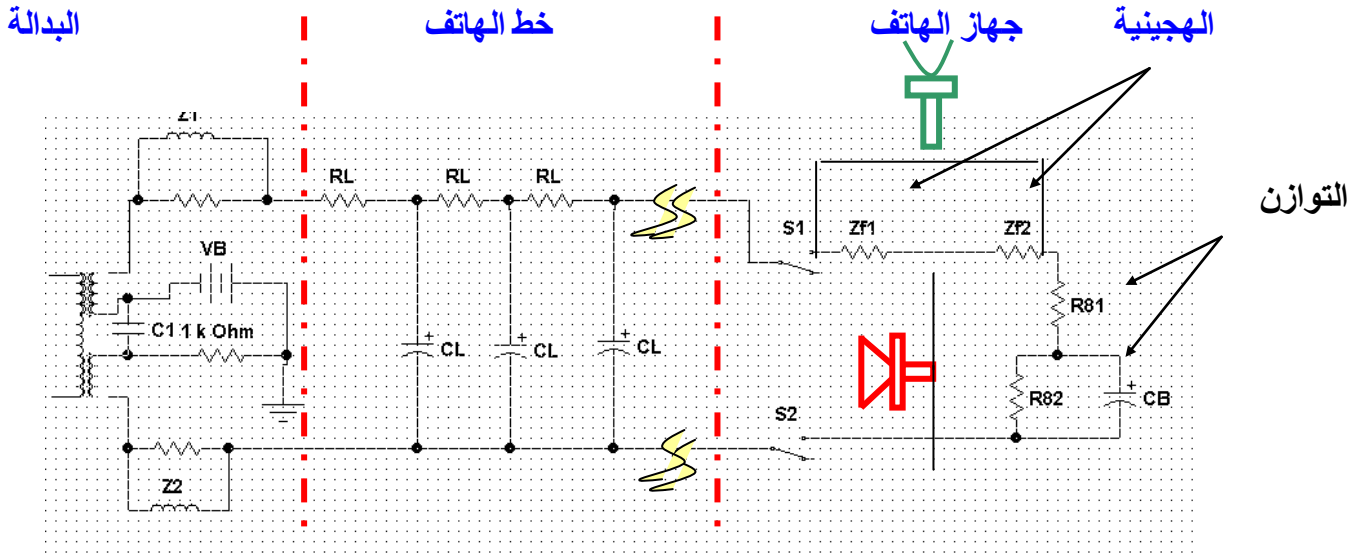
الشكل (1 - 2) دائرة الازدواج بالمتسعة

او دائرة الازدواج بالمحولة لاحظ الشكل (2 – 2)



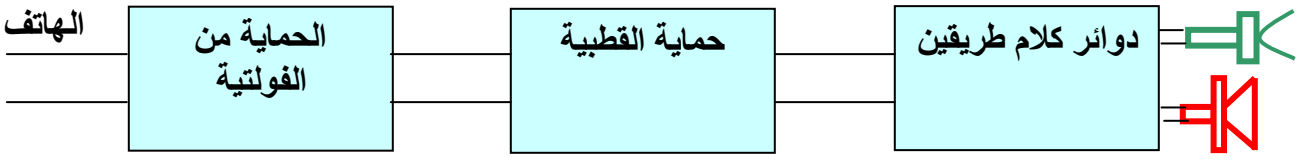
الشكل (2 – 2) الازدواج بوساطة المحول

الشكل (3 – 2) يوضح بطارية البدالة وملفات الريلي ومتسعة توصيل الكلام و متسعات ومقاومات توزيع ...الخ، مفتاح مقبض الهاتف ، المرسلة والمستلمة وتوازن خط الشبكة إضافة إلى دائرة الحث الهجينة . (Zf1 , Zf2) عبارة عن ممانعات للمواءمة مع عدد الأسلاك المستعملة بين خط الهاتف ونظام الهاتف بينما تنظم دائرة التوازن للتوافق (Match) بين معدل ممانعة الخط وتصحيح النغمة الجانبية (Side Tone) .



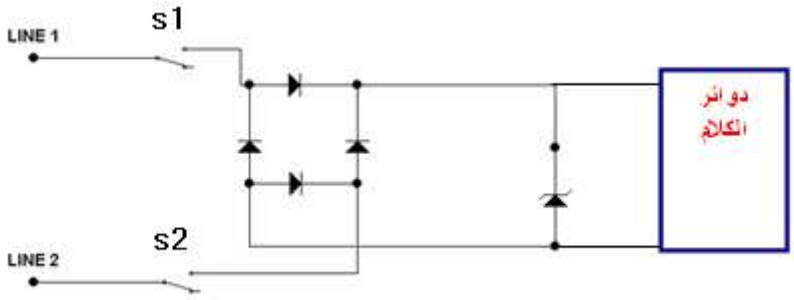
الشكل (3 – 2) جهاز الهاتف مع دائرة التوازن والدائرة الهجينة

وبسبب استخدام الدوائر الالكترونية في جهاز الهاتف الالكتروني توضع دائرة حماية من التغير في الفولتية المجهزة ودائرة حماية من التغير في القطبية كما موضح بالمخطط الكتلوي بالشكل (4 – 2).



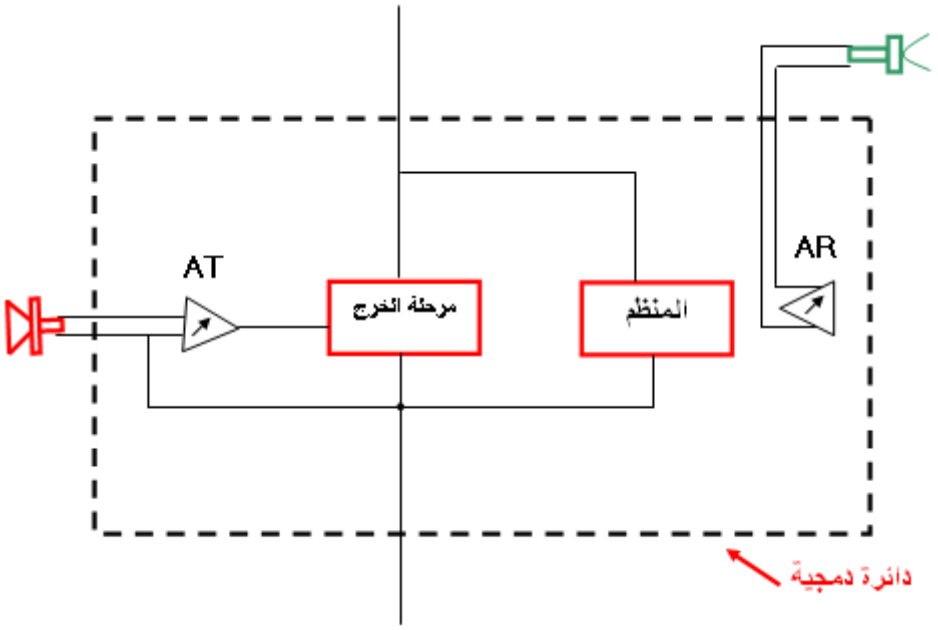
الشكل (4 – 2) مخطط كتلوي لقسم الكلام في جهاز الهاتف

يمكن بناء قنطرة تقويم من أربع ثنائيات من السيليكون كما في الشكل (5 – 2) ولحماية دوائر الكلام من التغير في الفولتية الداخلة يتم وضع ثنائي زينر واحد كافٍ لحماية دائرة الكلام . إن دوائر الكلام يجب أن تجهز بفولتية (3.5 V) كي تعمل . وفولتية الخط يجب أن تكون 5 V على الأقل عند استخدام الثنائيات من نوع السيليكون في تقويم القنطرة .



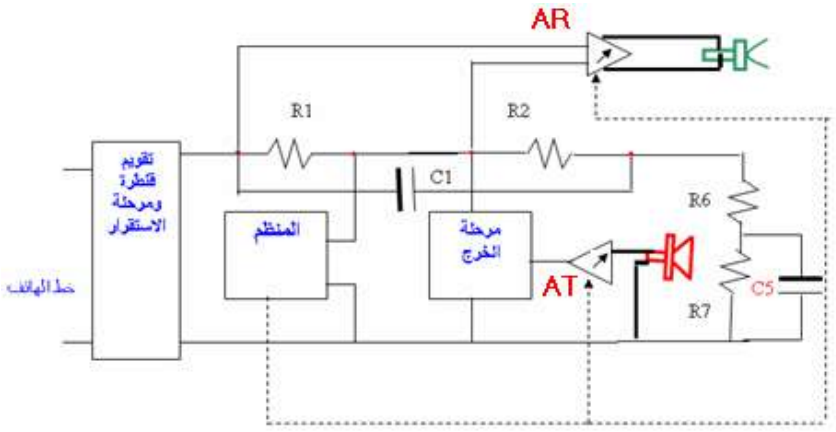
الشكل (5 – 2) دائرة التقويم والحماية في أجهزة الهاتف

وتنفذ دائرة الكلام في معظم التصاميم باستخدام الدوائر المدمجة (المتكاملة) و توصل خلال دائرة قنطرة تقويم فولتية واطئة، المكبر AR (Receiver Amplifier) خاص بدائرة الاستلام معزول عن المكبر (Transmitter Amplifier) AT الخاص بدائرة الإرسال ، الدائرة الهجينة المكونة من مجموعة ممانعات لذا فان دائرة الاستلام تستلم من خط الهاتف وليس من مكبر المرسلة ، مكبر المرسلة يرسل الإشارة إلى الخط والإشارة الوحيدة التي تظهر في المستلمة هي الجانب المنغم فقط . لاحظ الشكل (6 – 2).



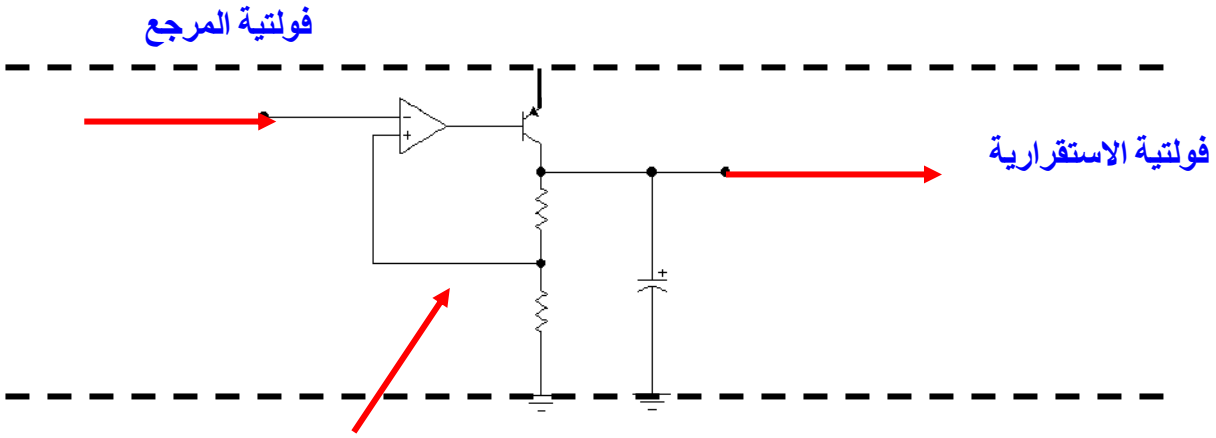
الشكل (6 – 2) الدائرة الدمجية للمرسل والمستلم في الهاتف

المكبرات المستخدمة تكون ذات ربح متغير ووضع السهم عليها يشير إلى ذلك للتعويض عن الخسائر في الخط . ويمكن تغيير معدل النغمة الجانبية بوساطة المكونات الخارجية لتحقيق التوازن وهي (R6 , R7 , C5) ويصمم مكبر دائرة الإرسال AT كي يلائم (Accommodate) كل من استخدام الممانعة العالية (عند استخدام الميكرفون السعوي) أو الممانعة الواطئة (عند استخدام الميكرفون المغناطيسي) . المقاومات R1 , R2 عبارة عن دائرة هجينة بدل وضع ملفات حث في جهاز الهاتف التقليدي كما تعمل المتسعة على تصحيح تردد الاستجابة لاحظ الشكل (7 – 2).



الشكل (7 - 2) مكونات الدائرة المدمجة لكلام طريقين

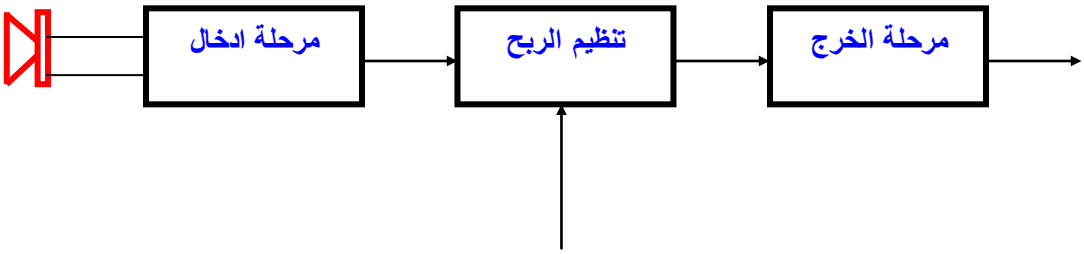
فولتية الاستقرارية الخارجة تجهز إلى المكبرات AT , AR و الدوائر الأخرى داخل الدائرة المدمجة ومن أنواع دوائر الاستقرارية منظم التوالي ومنظم التوازي ، ففي منظم التوالي يستخدم مكبر عمليات (OP – Amp) يقارن بين عينة من فولتية الخرج مع فولتية المرجع كما موضح في الشكل(8– 2) حيث يعتمد على الخطأ (التغير) في الإشارة الداخلة وهو الفرق بين فولتية المرجع وفولتية عينة الخرج .



الشكل (8 – 2) فولتية الاستقرار

1 - 1 - 2 مكبر الإرسال Transmitter Amplifier

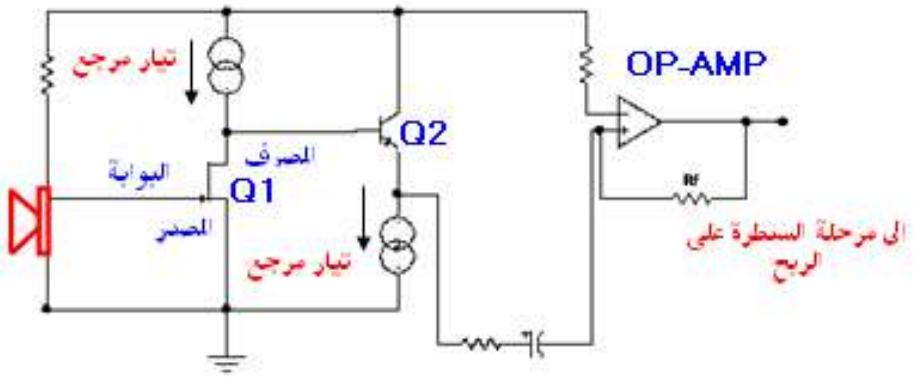
يستخدم مكبر الإرسال لضرورة عملية التوافق بين الميكرفون إلى خط الهاتف بتجهيز ربح وممانعة خرج صحيحة ، وتكون هذه الممانعة عالية عند استخدام الميكرفون السعوي وواطئة عند استخدام الميكرفون الكهروديناميكي (المغناطيسي) ويتكون المكبر من مرحلة إدخال ومنظم الربح ومرحلة الخرج . لاحظ الشكل (9 - 2) .



الشكل (9 – 2) مخطط كتلوي لمكبر الإرسال في الهاتف

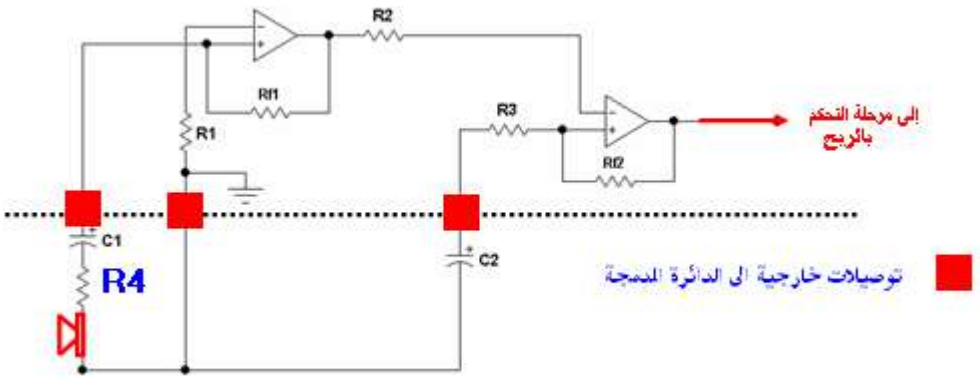
أ – مرحلة الإدخال

الدائرة الالكترونية لمرحلة الإدخال لها ممانعة عالية عند استخدام ميكرفون سعوي ، تتكون من ترانزستور تأثير المجال FET لاحظ الشكل (10 – 2) الإشارة الداخلة توصل إلى (Q1) وإطرافه هي البوابة (Gate) والمصدر (Source) والمصرف (Drain) ويستخدم ترانزستور تأثير المجال الكهربائي بين البوابة والمصدر للسيطرة على التيار بين المصدر والمصرف بوساطة مولد تيار المرجع (Reference Current Generator) وهو عبارة عن دائرة الكترونية مكونة من مجموعة من الترانزستورات توصل تيار مرجع إلى المصرف لـ (Q1) والى باعث (Q2) الإشارة الخارجة من الترانزستور(Q1) توصل إلى الترانزستور(Q2) من نوع الجامع المشترك يعمل على تساوي ممانعة (Q1)الخارجية مع ممانعة مكبر العمليات الداخلية .



الشكل (10 – 2) الدائرة الالكترونية لمرحلة الإدخال

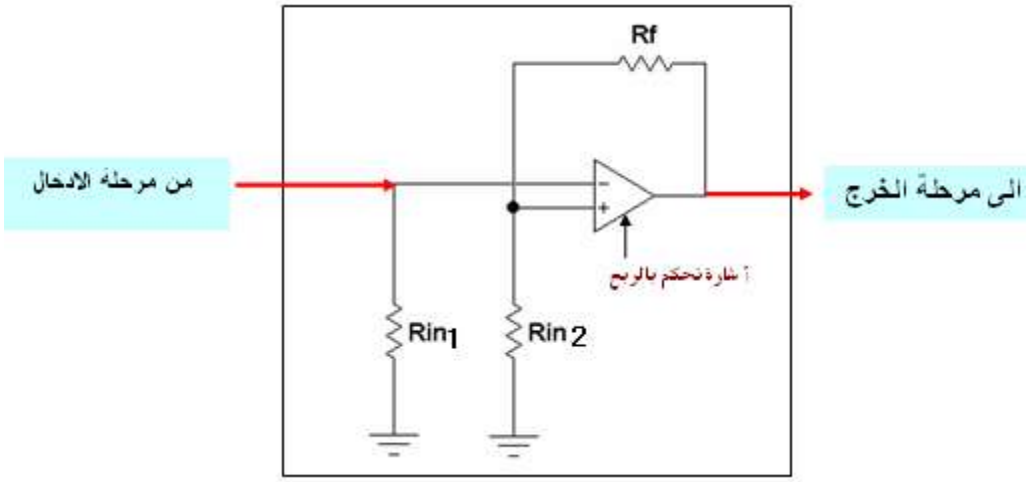
الدائرة الالكترونية لمرحلة الإدخال عند استخدام الميكرفون الكهروديناميكي (المغناطيسي) أي إن الممانعة تكون واطئة، في هذه الحالة يستخدم في الدائرة مكبرا عمليات متصلان بطريقة التتابع ، يتم التحكم بالربح بوساطة مقاومة خارجية R4 . الإشارة المكبرة تنتقل من مكبر العمليات الأول خلال R2 إلى المكبر الثاني تكبر وتوصل إلى مرحلة التحكم بالربح. لاحظ الشكل (11 – 2) .



الشكل (11 – 2) الدائرة الالكترونية لمرحلة الإدخال باستخدام الميكرفون الكهروديناميكي

ب - مرحلة التحكم بالربح Gain Control Stage

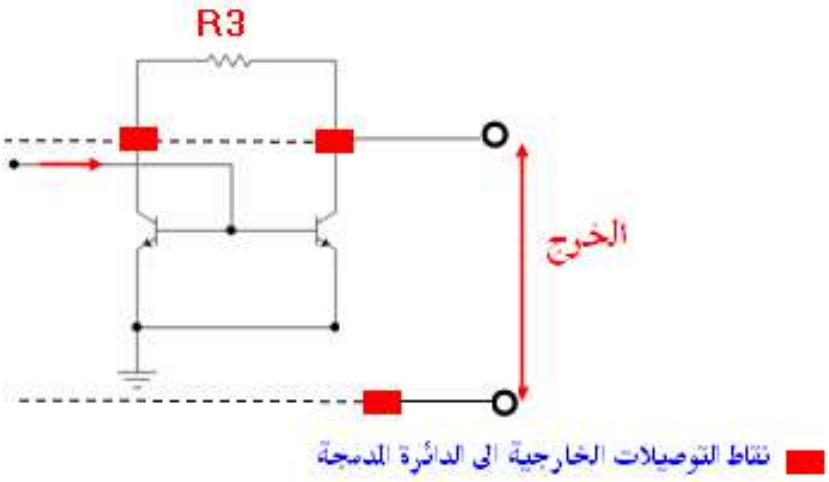
الإشارة الخارجة من مرحلة الإدخال توصل إلى مرحلة التحكم بالربح وهو مكبر عمليات أيضا يسيطر على الربح بوساطة النسبة بين المقاومة R_f و R_{in2} ويتناسب ربح الإشارة تناسبا طرديا مع طول الخط لذلك يعمل مكبر التحكم بالربح بالتنظيم الذاتي لتعويض الخسائر بسبب طول الخط كما موضح في الشكل (12 – 2) .



الشكل (12 – 2) الدائرة الالكترونية لمرحلة التحكم بالربح

جـ - مرحلة الخرج Output Stage

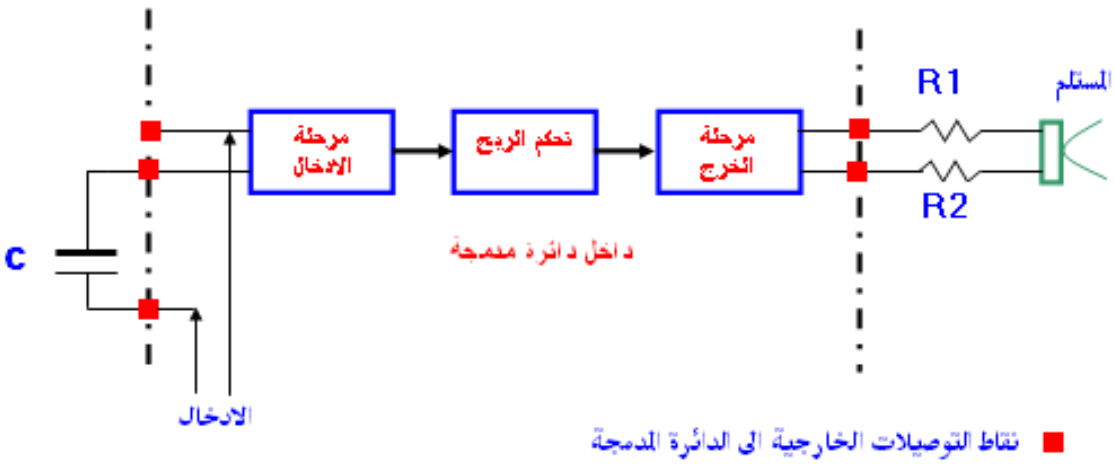
مرحلة الخرج الموضحة بالشكل (13 - 2) عبارة عن مولد تيار يتم السيطرة عليه بوساطة مرحلة تحكم الربح ، المقاومة الخارجية R3 تعمل على تثبيت مرحلة الخرج .



الشكل (13 – 2) الدائرة الالكترونية لمرحلة الخرج

2 - 1 -2 مكبر الاستلام Receiver Amplifier

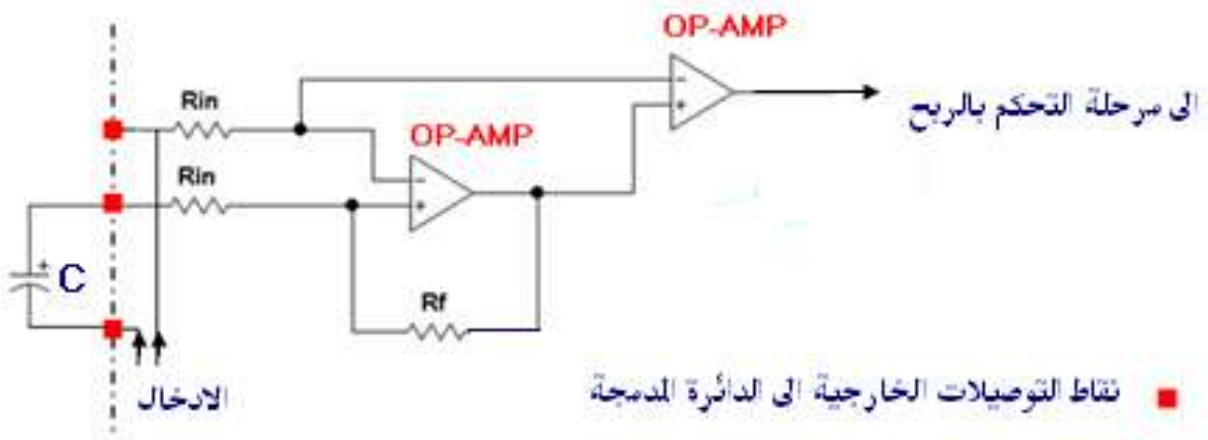
يستخدم هذا المكبر للتوافق بين خط الهاتف والسماعة، المخطط الكتلوي لمكبر الاستلام مع مكوناته الخارجية موضح في الشكل (14 – 2)، يتكون من مرحلة الإدخال ومرحلة تحكم الربح ومرحلة الخرج داخل دائرة مدمجة (متكاملة) .



الشكل (14 – 2) مخطط كتلوي لدائرة الاستلام في الهاتف

أ - مرحلة الإدخال Input Stage

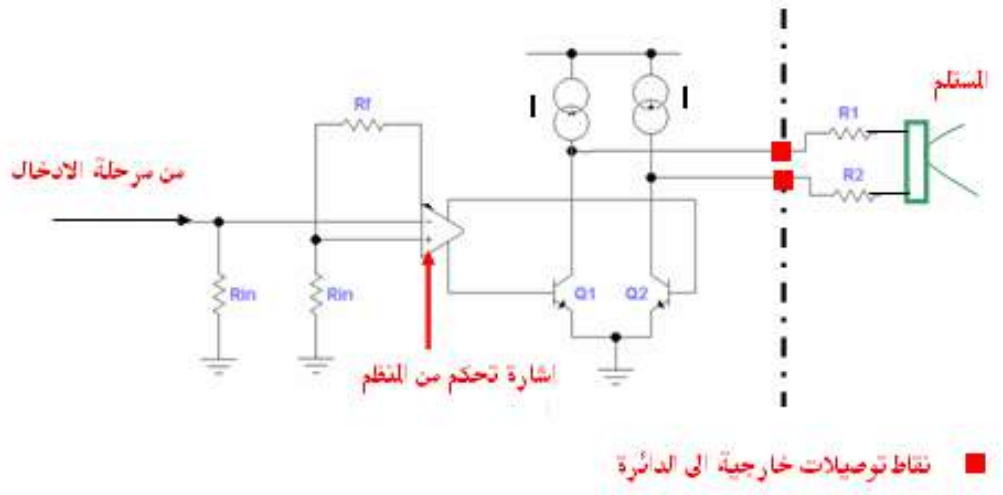
الشكل (15 – 2) يوضح مرحلة الإدخال لدائرة مكبر الاستلام حيث تصل الإشارة الداخلة من المتسعة C إلى مكبر الاستلام المكون من مكبري عمليات، الإشارة الخارجة من مرحلة الإدخال توصل إلى مرحلة تحكم الربح . تعمل مرحلة الإدخال لمكبر الاستلام على التكبير والتوافق.



الشكل (15 - 2) مكونات مرحلة الإدخال لمكبر الاستلام في الهاتف

ب - مرحلة التحكم بالربح ومرحلة الخرج Gain Control Stage & Output Stage

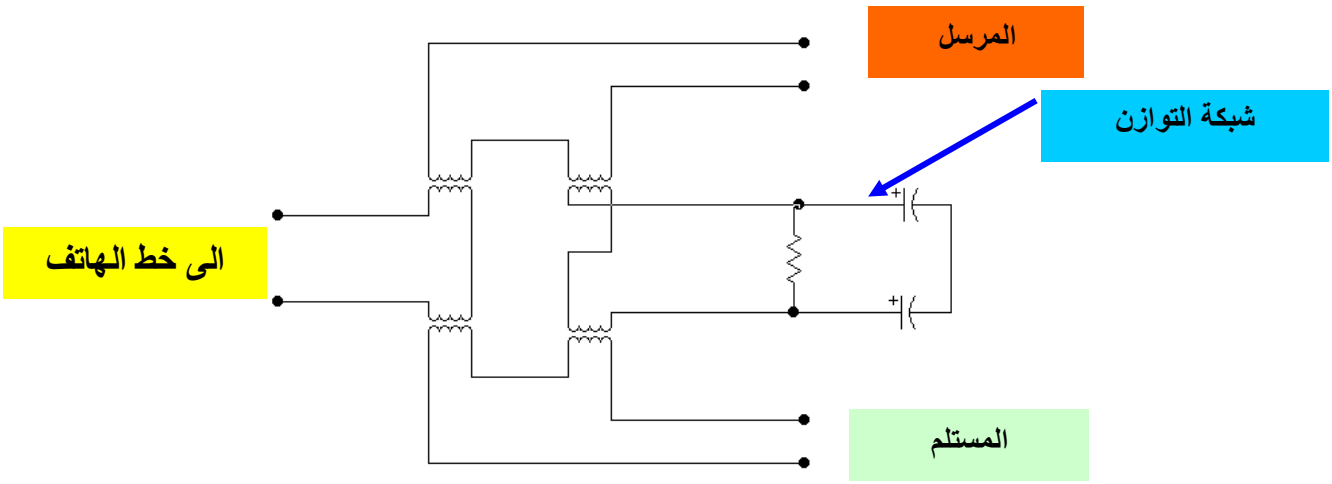
مرحلة التحكم بالربح للاستلام تعتمد في الأساس على عمل مرحلة تحكم الربح في الإرسال نفسها ، عبارة عن مكبر عمليات مسيطر عليه بوساطة إشارة من دائرة تحسس تيار الخط في دائرة الاستقرارية والتي مرت عليك عزيزي الطالب في الفقرات السابقة راجع الشكل (8 – 2) ، لذا فان الربح ينظم ذاتيا لتعويض الخسائر بسبب طول خط الهاتف . والفرق المهم الوحيد عن مكبر الإرسال وجود خرجين موجب وسالب بدل خرج واحد بسبب استخدام (السحب – دفع) في مرحلة الخرج . مرحلة الخرج من الدوائر البسيطة ومستخدمة كثيرا في الدوائر المتكاملة (الكلام بطريقين) من نوع(السحب– دفع) توصل إلى المستلم (السماعة). المقاومات المتصلة بالتوالي مع المستلم للسماح بتنظيم الربح وتصمم هذه المرحلة بحيث يكون لها ممانعة خرج واطئة، لاحظ الشكل (16 – 2).



الشكل (16 – 2) دائرة الكترونية توضح كيفية التحكم بالربح ومرحلة الخرج

2 - 2 الشبكة الهجينة : Hybrid Network

هي مجموعة من الملفات تعمل على ربط دائرة لها سلكان مع دائرة لها أربعة أسلاك لتحقيق عملية إرسال الإشارات باتجاهين في آن واحد وتدعى هذه العملية (Full Duplex) كما يحدث بين البدالة وخط الهاتف كما موضح بالشكل (17 – 2) .

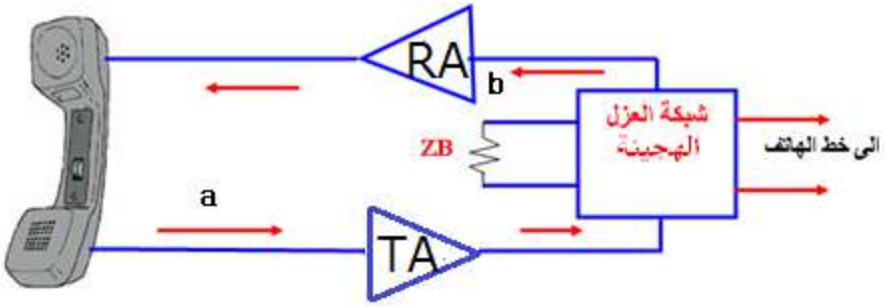


الشكل (17 – 2) الشبكة الهجينة وشبكة التوازن

3 - 2 خط التوازن : Line Balancing

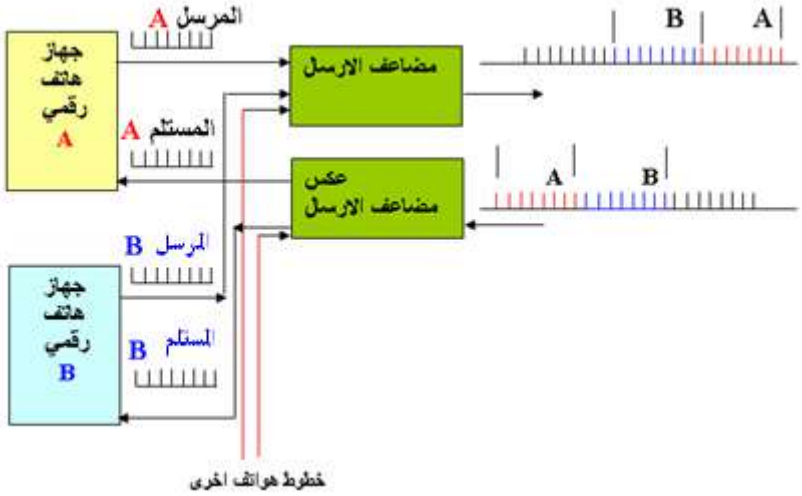
يحتوي جهاز الهاتف على المقبض، المكبرات و الدائرة الهجينة كما هو موضح بالشكل (18- 2) تجهز الإشارة (a) من الميكرفون إلى مكبر الإرسال تكبر وتوصل إلى خط الهاتف خلال شبكة العزل الهجينة التي تمنع وصول الصوت إلى سماعة المتكلم عندما تعمل الدائرة الهجينة بصورة صحيحة .

عدم التوازن للدائرة الهجينة ينتج في جزء من الإشارة (a) ولتكن (b) تصل إلى مكبر الاستلام (AR) فإلى أذن المتكلم وهذه هي النغمة الجانبية (Side Tone) .



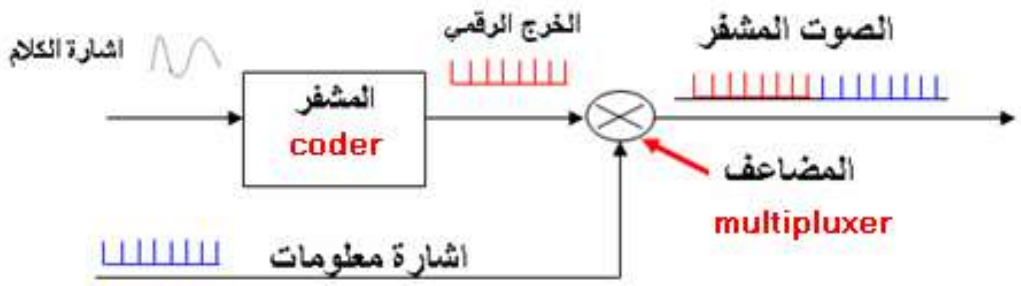
الشكل (18 - 2) المقبض مع دوائر الإرسال والاستلام وشبكة العزل الهجينة

من السهولة استخدام الإكثار في الاشارات الرقمية باستخدام دوائر رقمية منطقية رخيصة الثمن وللمرشحات أهمية كبيرة في عزل القنوات وهي ابسط كثيرا كما هو مستخدم في الإكثار التماثلي لاحظ الشكل (19 - 2) .



الشكل (19 – 2) الإكثار في الإشارات الرقمية

يحول جهاز الهاتف إشارات الكلام إلى إشارات رقمية و بوساطة دوائر العزل بين المرسل والمستلم تحمل الإشارات من كل جهاز هاتف إلى مفتاح الإكثار مثل (B , A) بالتعاقب وبمسار واحد و تصل إلى مفتاح يعكس الإكثار إلى الجهة المقصودة . وفي حالة مزج إشارة كلام إشارات أخرى غير كلاميه في شبكه رقميه كما موضح بالشكل (20 – 2) نلاحظ سلسله من الخانات من قناة بيانات مزجت مع إشارة كلام بعد تحويلها من تماثلية إلى رقمية A/D .



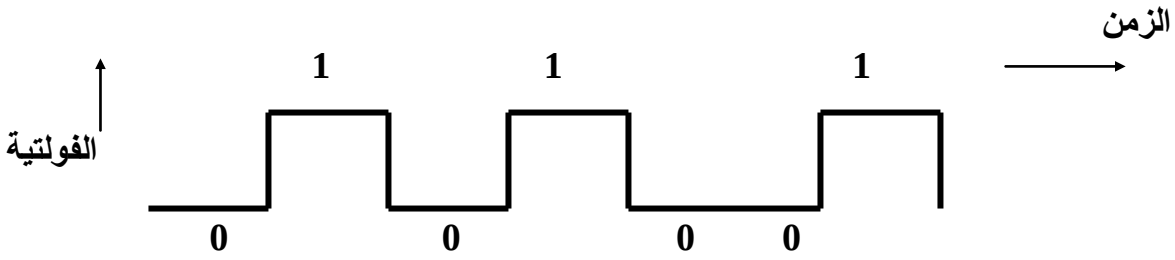
الشكل (20 – 2) إشارات الكلام المشفرة

4 – 2 دوائر التحويل من الرقمي الى التماثلي ومن التماثلي الى الرقمي :

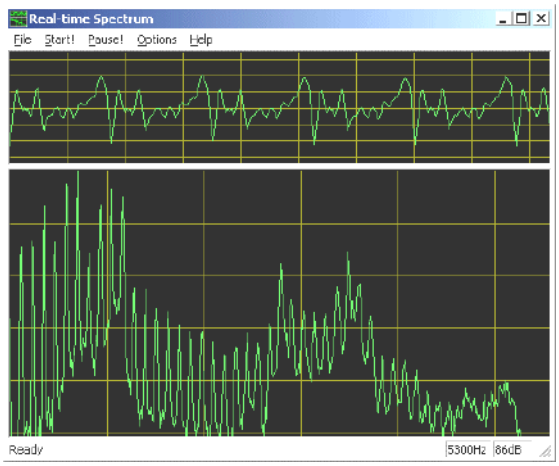
ان عملية التحويل من الرقمي الى التماثلي Digital To Analogue Conversion (DAC) واختصارا (D/A) وعملية التحويل من التماثلي إلى الرقمي Analogue To Digital Conversion (ADC) والمختصر (A/D) تُعدّان من العمليات المهمة لمعالجة البيانات ففي (D/A) تتقبل إشارات رقمية في الإدخال وتترجمها أو تحولها إلى تيارات أو فولتيات تماثلية بينما في دوائر (A/D) فيتم تحويل المعلومات او القياسات من صيغتها التماثلية إلى صيغة رقمية .

الفولتية الرقمية والفولتية التماثلية :

إن الفرق الأساسي بين الفولتية الرقمية والفولتية التماثلية هو وجود عدد منفصل من القيم للفولتية الرقمية بينما يمكن للفولتية التماثلية أن تأخذ ما لانهاية من الاحتمالات المتصلة وكما هو معروف فان الأنظمة الرقمية تستخدم حالتين فقط هي 0 , 1 وهو النظام الثنائي بينما تستخدم للأنظمة التماثلية النظام العشري، لاحظ الشكل (21 - 2) .



فولتية لها حالتين منفصلتين 0 , 1



إشارات تماثلية

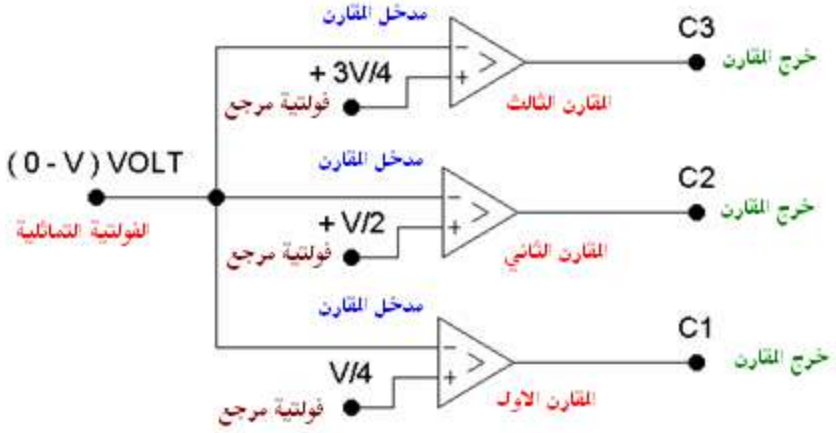
الشكل (21 – 2) الفولتية الرقمية والفولتية التماثلية

5 – 2 دوائر التحويل من التماثلي الى الرقمي : A / D

تدعى عملية تحويل الفولتية التماثلية إلى إشارة رقمية مكافئة بالتحويل من التماثلي إلى الرقمي (A / D) وهناك عدة طرائق مستعملة لهذا الغرض منها طريقة التحويل الآني (Direct Simultaneous Method). وتعتمد على استعمال عدد من دوائر المقارنة (Comparator) لتحويل الفولتية التماثلية إلى عدد معين من المناسيب (Levels) والشكل (22 - 2) يوضح دائرة للتحويل التماثلي إلى الرقمي بثلاث مراتب باستخدام ثلاث مقارنات وفي هذه الحالة يتم تحديد أربعة مديات للفولتية

1- المدى الأول من الصفر إلى المنسوب الأول
2- المدى الثاني من المنسوب الأول إلى المنسوب الثاني
3- المدى الثالث من المنسوب الثاني إلى المنسوب الثالث
4- المدى الرابع من المنسوب الثالث إلى المنسوب الرابع

تسلط الإشارة التماثلية التي نريد تحويلها إلى أرقام على احد طرفي الإدخال في جميع دوائر المقارنة والطرف الثاني لدوائر المقارنة يربط بفولتيات المرجع والقيم التي استخدمت في الدائرة هي (+3V/4 , +V/2 , +V/4) وبذلك تقبل المنظومة إدخالا تناظريا بين الصفر و (+V/4) فولت .



الشكل (22 – 2) دائرة تحويل التماثلي الى الرقمي

إذا زادت إشارة الإدخال التماثلية في أي من دوائر المقارنة عن فولتية مرجع تلك الدائرة فان دائرة المقارنة تكون في حالة توصيل ولنفرض أن ذلك يؤدي إلى جعل إخراج الدائرة في حالة (1) فإذا كانت جميع دوائر المقارنة في حالة 0 فان ذلك يعني أن إشارة الإدخال التماثلية تقع بين (0 , + V/4) فولت . لاحظ الجدول (1 – 2).

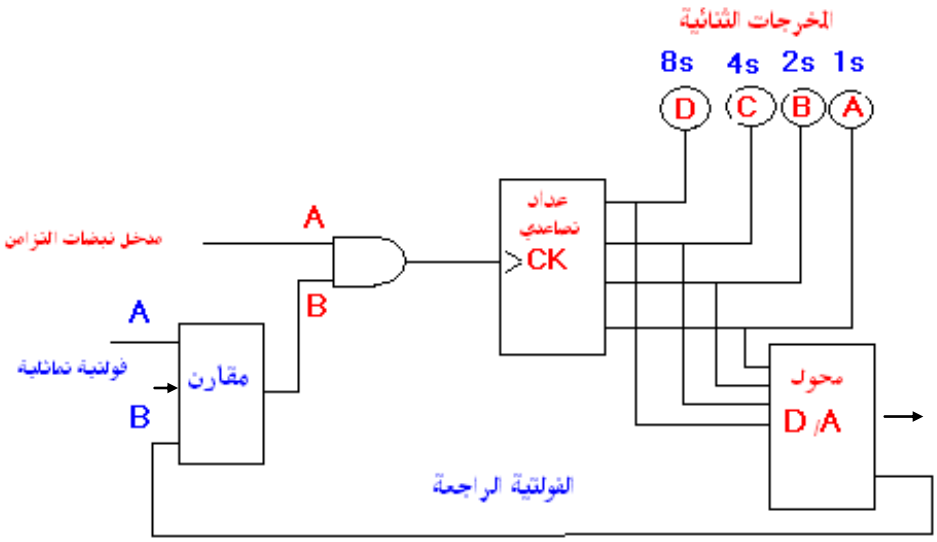
جدول (1 –2) التحويل من A / D

جهد الادخال	اخراج دوائر المقارنة		
	C1	C2	C3
صفر الى (+V/4)	0	0	0
V/4 الى +V/2	1	0	0
+V/2الى +3V/4	1	1	0
+3V/4 الى V	1	1	1

الشكل (23 – 2) يوضح عدد من المديات والمناسيب (Levels) ونلاحظ أن عدد المديات يزيد بواحد عن عدد مراحل المقارنة وعلى سبيل المثال عند اختيار سبع مراحل للتحويل التماثلي الرقمي تظهر ثمانية مستويات (مديات Levels) وهكذا .

الشكل (2 – 23) التحويل التماثلي الرقمي A / D

الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (2 – 24) تمثل الرسم التخطيطي المنطقي للتحويل A/D ذي العداد الخطي ذات أربعة أرقام ثنائية تتكون من عداد تصاعدي ذي معامل 16 وبوابة (AND) ومقارن و محول D / A . المقارن عبارة عن رقاقة تقوم بمقارنة فولتية الدخل (A) مع فولتية الدخل (B) وحسب الشروط (A > B = 1) و (A < B = 0)



الشكل (2 – 24) الرسم التخطيطي المنطقي للتحويل A / D

عندما تكون الفولتية التماثلية A= 0 والفولتية الراجعة B= 0 يكون خرج المقارن (0) فيكون خرج البوابة NOT (0) لان (A= 1 , B= 0) فلا يعمل العداد التصاعدي لان CK = 0 وتصبح المخرجات الثنائية (0 0 0 0) . في حالة (A= 0.2V , B = 0) يصبح خرج المقارن (1) فيكون خرج البوابة (1) لان (A=1 , B=1) فيعمل العداد التصاعدي وتصبح المخرجات الثنائية (0 0 01) وتصبح الفولتية الراجعة B= 0.2V وعندما تصبح الفولتية التماثلية (A = 0.4V) يصبح خرج المقارن (1) لان (A >B) فيعمل العداد التصاعدي CK = 1 وتظهرالمخرجات الثنائية (0 0 1 0) وهكذا يمكن تطبيق الجدول (2 – 2) لفولتية من (0 – 3 V) وبزيادة 0.2V.

جدول (2 – 2) يوضح التحويل من التماثلي الى الرقمي

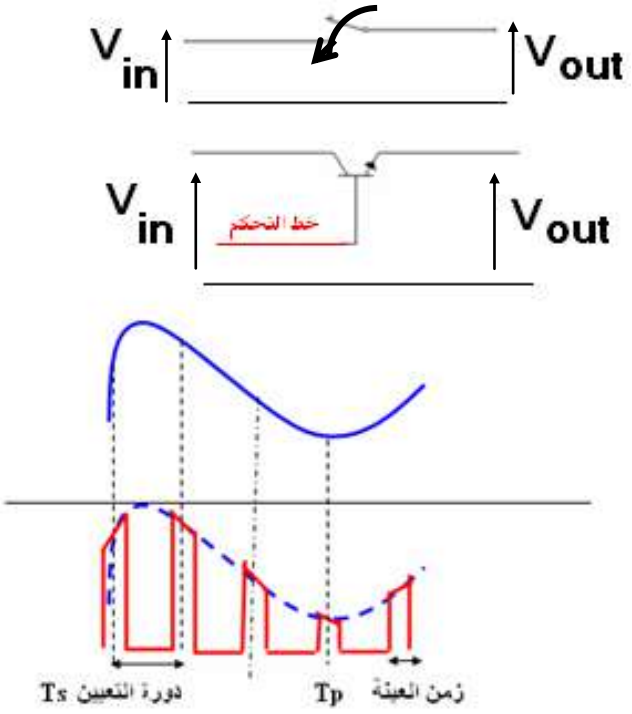
الفولتية التماثلية	حالة الإدخالات	المخرجات الثنائية
0V	A = B , A = 0 , B = 0	0 0 0 0
0.2V	A >B , A = 0.2V , B = 0V	0 0 1 0
0.4V	A >B , A = 0.4V , B = 0.2V	0 0 1 0
0.6V	A >B , A = 0.6V , B = 0.4V	0 0 1 1
0.8V	A >B , A = 0.8V , B = 0.6V	0 1 0 0
1V	A >B , A = 1V , B = 0.8V	0 1 0 1
1.2V	A >B , A = 1.2V , B = 1V	0 1 1 0
1.4V	A >B , A = 1.4V, B = 1.2V	0 1 1 1
1.6V	A >B , A = 1.6V , B =1.4V	1 0 0 0
1.8V	A >B , A = 1.8V , B = 1.6V	1 0 0 1
2V	A >B , A = 2V , B =1.8V	1 0 1 0
2.2V	A >B , A = 2.2V , B = 2V	1 0 1 1
2.4V	A >B , A = 2.4V , B = 2.2V	11 0 0
2.6V	A >B , A = 2.6V , B = 2.4V	1 1 0 1
2.8V	A >B , A = 2.8V , B = 2.6V	1 1 1 0
3V	A >B , A = 3V , B =2.8V	1 1 1 1

6 - 2 التعيين : Sampling

ينظر إلى الإشارات التماثلية على إن قيمتها متصلة وان علاقتها بالزمن متصلة أيضا بينما الإشارات الرقمية تكون قيمتها منفصلة ولها رموز معينة وتكون علاقتها مع الزمن منفصلة ويمكن الانتقال من رمز إلى آخر بصورة لحظية وتتعامل مع رمزين هما (0) و (1) والسبب في تغلب تمييزالأنظمة الرقمية على الأنظمة التماثلية كما يأتي.....

1- يتم نقل الإشارات الرقمية من دون تشويه مقارنة بنقل الإشارات التماثلية .
2- اثر الضوضاء والتداخل اقل من أثرها في الإشارات التماثلية .
3- تواجد المعالجات الدقيقة (MP) في معظم الأجهزة الحديثة ومنها أجهزة الهاتف والبدالات .
4- يمكن تكميم (Quantization) الإشارات التماثلية ومعاملتها في الأنظمة الرقمية .

عملية التعيين تعمل على الإشارة التماثلية لتجعلها منفصلة مع الزمن وابسط طريقة للتعيين هي استخدام الترانزستور كمفتاح الكتروني ففي لحظة معينة من الزمن يغلق المفتاح وتأخذ عينة (Sample)
ثم يفتح المفتاح ويكون شكل الفولتية عند خرج المفتاح متقطعا بينما يكون الإدخال ذا قيمة متصلة لاحظ الشكل (25 - 2) . ويتبع عملية التعيين عادة عملية التكميم لجعل القيم للعينات منفصلة .

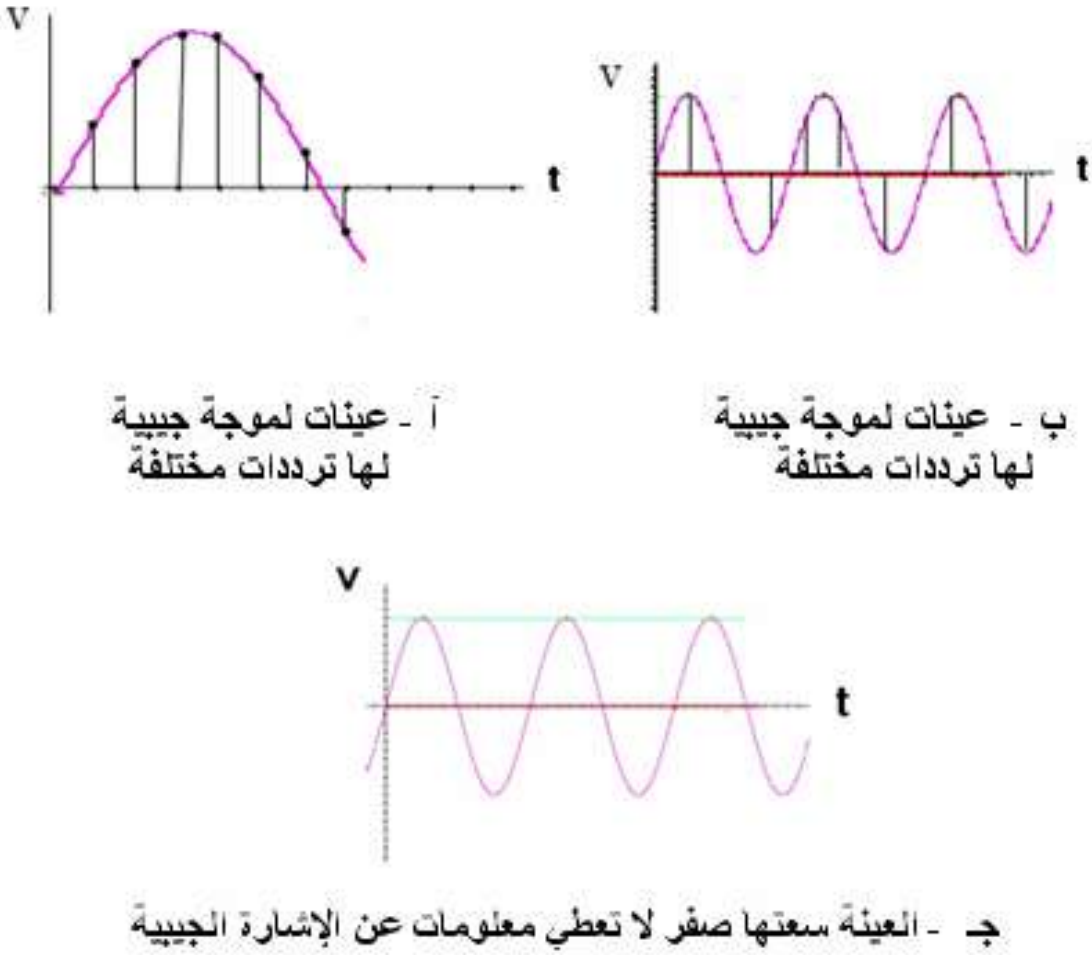


الشكل (25 - 2) قيم للعينات المنفصلة

تتبع عملية التعيين عملية التكميم لتجعل الإشارة التماثلية جاهزة للتعامل مع الأنظمة الرقمية ويعرف التردد الذي تؤخذ عنده العينات بتردد التعيين(Fs) (Sampling Frequency) كما تعرف المدة بين العينات بدورة التعيين (Ts) Sampling Period والزمن الذي تستغرقه كل عينة (Tp) (Sample Time) بزمن العينة ويكون زمن العينة اقل من دورة التعيين .

1 – 6 - 2 نظرية التعيين : Sampling Theorem

تمثيل الإشارة المتصلة بصورة كاملة عن طريق سلسلة كاملة من العينات خلال فترات زمنية متساوية وتكون دورة التعيين اقل من نصف دورة أعلى مكونة Component في الإشارة أي إن تردد التعيين يكون اكبر من ضعف تردد أعلى مكونة ففي الإشارات الجيبية لاحظ الشكل (26 – 2) الذي يبين عدة موجات جيبية تم اخذ العينات منها في نفس اللحظة من الزمن . ففي الشكل (26 - 2 أ،ب) دورة التعيين اقل من دورة الموجة الجيبية . في الشكل (26 - 2 جـ) قيمة دورة التعيين مساوية إلى نصف دورة الموجة الجيبية وكل عينة لها اتساع يساوي صفر لذلك لا تعطينا معلومات عن الإشارة الجيبية .



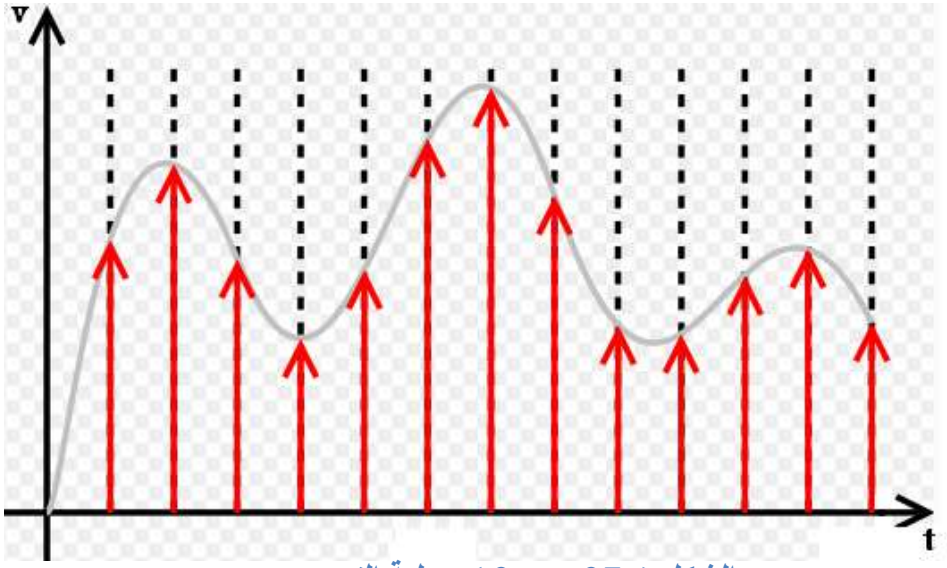
آ - عينات لموجة جيبية لها ترددات مختلفة

ب - عينات لموجة جيبية لها ترددات مختلفة

جـ - العينة سعتها صفر لا تعطي معلومات عن الإشارة الجيبية

الشكل (26 -2) عدة موجات جيبية والعينات المثبتة عليها

فبدلا من إرسال إشارة متصلة يصبح من الضروري فقط أن يتم إرسال عدد معين من العينات بحيث أن عدد العينات يساوي (2fc) و fc يمثل أعلى تردد في عرض نطاق الإشارة . يمكن النظر الى عملية التعيين على إنها تمثل تضمين بطريقة نبضات الاتساع PAM (Pulse Amplitude Modulation) .
لاحظ الشكل (27 – 2) .



الشكل (27 – 2) عملية التعيين

مثال : إشارة تماثلية أعلى تردد فيها 3KHz ما هي قيمة اقل تردد تعيين لغرض الحفاظ على المعلومات في الإشارة وزمن دورة التعيين ؟

الحل:
اقل تردد هو

$$fs = 2\ fc$$

$$fs = 2 \times 3 = 6\ kHz$$

$$T = 1 / f$$

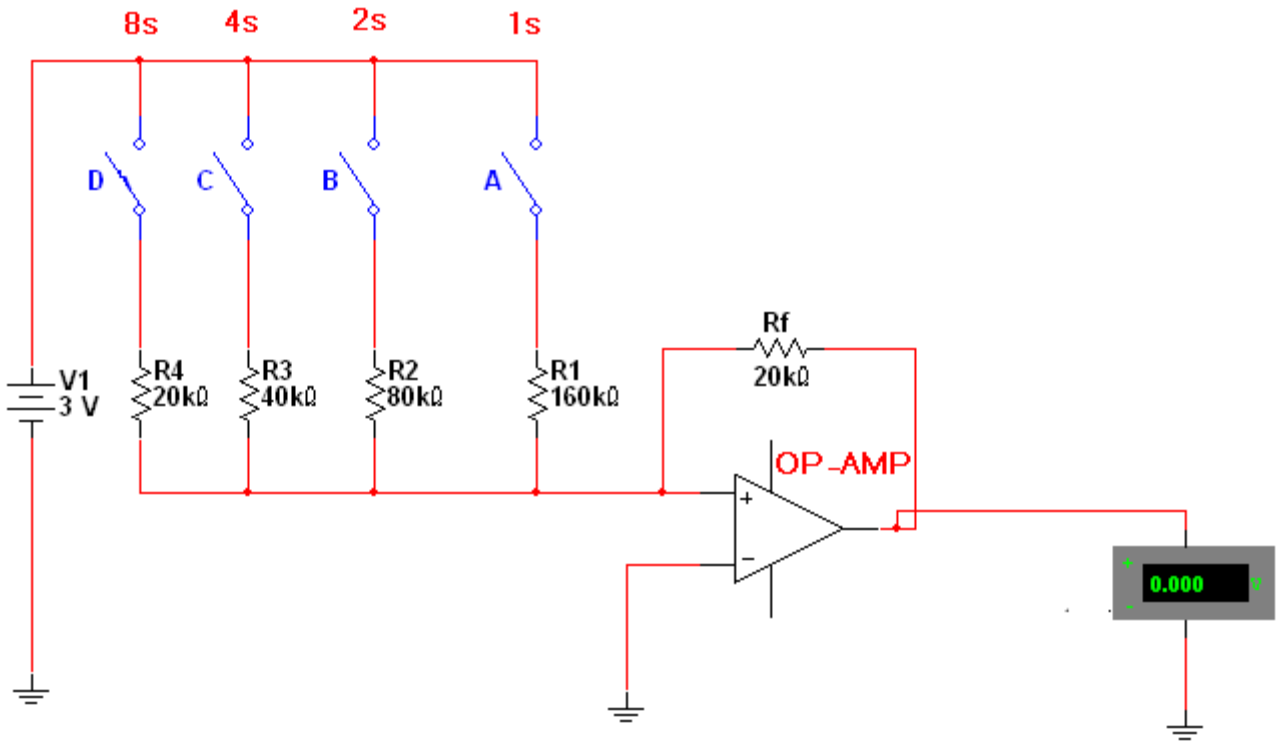
$$T_s = 1/6\ kHz = 0.17ms$$

7 – 2 التحويل من الرقمي الى التماثلي: D/A

لدراسة كيفية التحويل من الرقمي إلى التماثلي باستخدام الشفرة (8 4 2 1) يتم ذلك بإعطاء وزن لكل مرتبة ثنائية وتتناسب الفولتية طرديا مع وزن المرتبة واستخدام أربعة مراتب 4 BITS يرمز لأعلى مرتبة بالرمز (MSB) Maximum Significant Bit ولأدنى مرتبة بالرمز (Least Significant Bit (LSB) لتمثيل ست عشرة حالة منفصلة على شكل أرقام ثنائية تمثله المراتب Bit 0 , Bit 1 , Bit 2 , Bit 3 حيث يكون

Bit 0 = 2^ 0 = 1
Bit 1 = 2^ 1 = 2
Bit 2 = 2^ 2 = 4
Bit 3 = 2^3 = 8

الشكل (28 – 2) عبارة عن رسم تخطيطي للتحويل من التماثلي إلى الرقمي باستخدام شبكة المقاومات ومكبر العمليات وتعمل كما يأتي :



الشكل (28 – 2) الرسم التخطيطي لدائرة المحول D / A

1 - عندما تكون جميع المفاتيح (A , B , C , D) مفتوحة لا توجد فولتية في دخول مكبر العمليات وبذلك تكون قيمة الفولتية الخارجة (Vout) صفرا .

2 – عند غلق المفتاح (A) فقط تكون فولتية الإخراج V out تساوي

Vout = Rf / R1 * V1 = 20 / 160 * 4V = 0.5V

3 – عند غلق المفتاحين (A , B) تكون فولتية الإخراج Vout تساوي

Vout = Rf / R1 * V1 + Rf / R2 * V1
= 20 / 160 * 4 + 20 / 80 * 4 = 1.5 V

4 – عند غلق المفاتيح (A , B , C) تكون فولتية الإخراج Vout تساوي

Vout = Rf / R1 * V1 + Rf / R2 * V1 + Rf / R3 * V1
= 20/ 160 * 4 + 20 / 80 * 4 + 20 / 40 * 4 = 3.5 V

5 – عند غلق المفاتيح الأربعة (A , B , C , D) تكون فولتية الإخراج Vout تساوي

Vout = Rf / R1 * V1 + Rf / R2 * V1 + Rf / R3 * V1 + Rf / R4 * V1
= 20/ 160 * 4 + 20 / 80 * 4 + 20 / 40 * 4 + 20 / 20 * 4 = 7 . 5 V

والجدول (3 - 2) يعطي بعض الأمثلة على عدد العتبات ودقة التحويل Accuracy

جدول (3 - 2) أمثلة على عدد العتبات ودقة التحويل

عدد المراتب	عدد العتبات	الدقة
1	2	1/ 2
2	4	1/4
3	8	1/8
4	16	1/16
5	32	1/32
6	64	1/64
7	128	1/128
8	256	1/256
9	512	1/512
10	1024= 1k	1/1024
11	2k	1/ 2048

نلاحظ من الجدول ان الدقة تزداد كلما يزداد عدد مراتب الفولتية الرقمية.

$$\text{فولتية العتبة} = \frac{\text{أعلى فولتية يراد تحويلها}}{\text{عدد العتبات}}$$

مثال : ما هي قيمة فولتية العتبة لمحول رقمي تماثلي 8 Bits عندما تكون قيمة أعلى فولتية مراد تحويلها هي 5v ؟

الحل:-

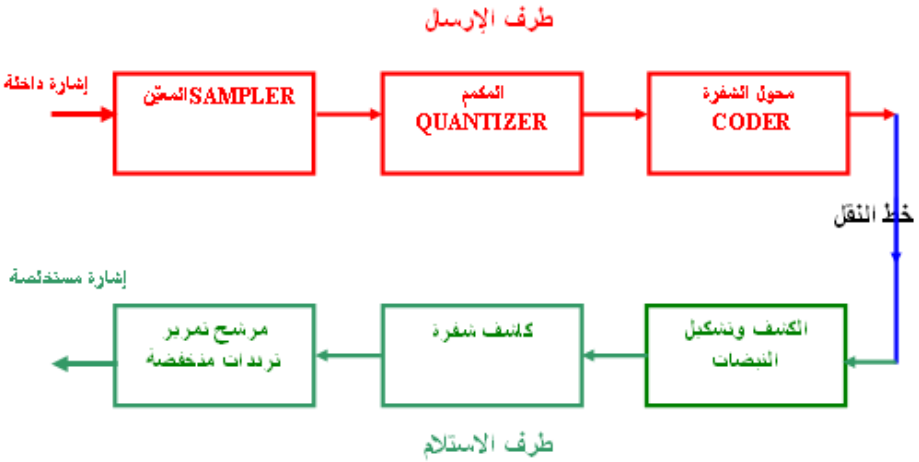
عدد العتبات = $2^8 = 256$

$$\text{فولتية العتبة} = \frac{5v}{256} = 19.5mv$$

8- 2 تضمين شفرة نبضية : PCM (Pulse Code Modulation)

في هذه الطريقة من التضمين تتحول إشارة التضمين إلى تدفق رقمي ويحتاج تضمين الشفرة الرقمية إلى تكميم (Quantization) عينات الإشارة أولا ثم تحويلها إلى شفرة على شكل سلسلة من النبضات لنقلها إلى خطوط الاتصالات وبزيادة عدد مستويات التكميم تزداد درجة الدقة في نقل المعلومات على حساب زيادة عدد الأرقام Bits لكل عينة. يمتاز التضمين بالشفرة الرقمية بانخفاض نسبة الضوضاء إلى الإشارة ويمكن تصميمها من عناصر كشف الخطأ وتصحيحه.

الشكل (2 – 29) يوضح المخطط الكتلوي للدائرة الأساسية للتضمين بالشفرة الرقمية حيث تتكون وحدة التضمين على طرف الإرسال من المعيِّن (Sampler) والمكمم (Quantizer) ومحول الشفرة (Coder) وعند طرف الاستلام فتتكون الدائرة من الكاشف ودائرة إعادة تشكيل نبضية توصل إلى كاشف الشفرة الذي يعمل على استخلاص الإشارة على شكل تكميمي إلى مرشح تمرير ترددات منخفضة للحصول على المعلومات المرسلة .



الشكل (2 – 29) مخطط كتلوي لتضمين شفرة نبضية

9 - 2 التضمين الرقمي : Digital Modulation

توجد ثلاثة أصناف في تقنية التضمين الرقمي تستخدم في ارسال المعلومات وهي :

1 – مفتاح إزاحة السعة : (ASK) Amplitude-Shift- Keying

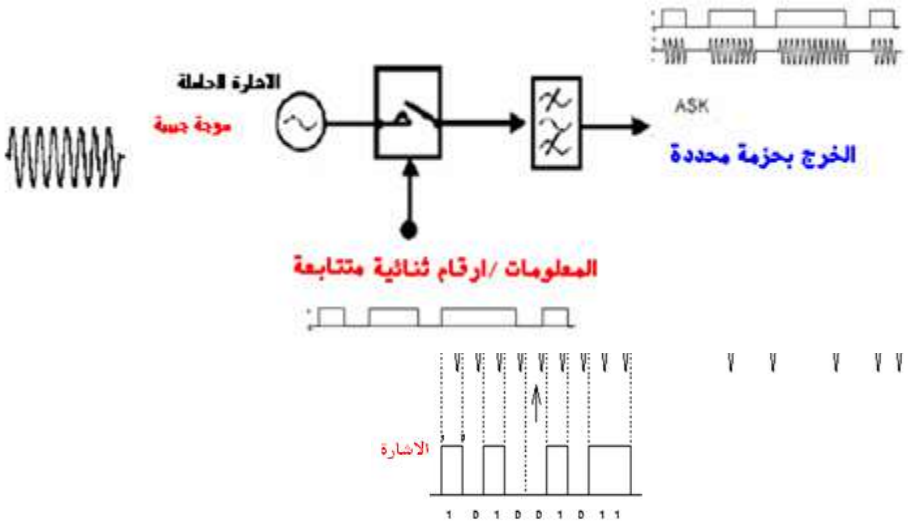
2 - مفتاح إزاحة التردد : (FSK) Frequency-Shift-Keying

3 – مفتاح إزاحة الطور: (PSK) Phase-Shift-Keying

ولابد من التأكيد أن اختيار هذه الطرق هو السهولة من الناحية العملية وفيها يمكن تغيير السعة ، التردد و الطور للموجة الجيبية الحاملة وهي كما يأتي :

1 - 9 – 2 مفتاح إزاحة السعة: (ASK)

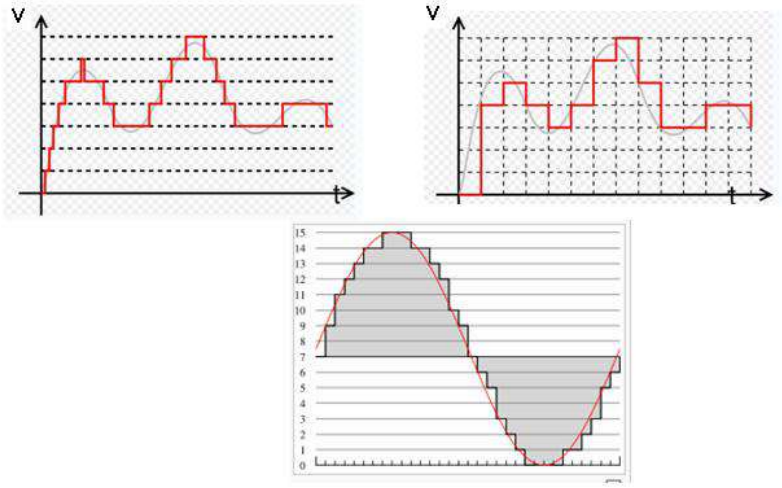
عندما تكون السعة هي العامل الوحيد للموجة الحاملة التي تبدل أو تغير بوساطة معلومات الإشارة فان طريقة التضمين هذه تدعى مفتاح إزاحة السعة ASK ويمكن عدّها نصاً رقمياً أو ترجمة رقمية للتضمين السعوي التماثلي . وبشكلها البسيط فان تدفق التردد الراديوي يرسل عندما يكون الرقم الثنائي 1 ويتوقف عندما يكون الرقم الثنائي 0 ، أي أن سعة الإشارة الحاملة التماثلية تتغير طبقا لتدفق الأعداد الثنائية بحيث يبقى التردد والطور ثابتين . مستوى السعة يمثل الأرقام 0 , 1 لذلك يمكن أن نتصور أن الإشارة الحاملة عبارة عن (مفتاح فتح – غلق). في الإشارة المضمنة الرقم 0 عبارة عن غياب الحاملة ومن هنا جاءت التسمية ASK لاحظ الشكل (2 – 30) .



الشكل (2 – 30) مفتاح إزاحة السعة

ان ASK مثل AM فهي تضمين خطي تتأثر بالتشويش وضوضاء الغلاف الجوي ويمتاز التضمين والكشف في ASK بأنه رخيص الثمن ويتم إرساله خلال الألياف الضوئية وفي مرسلات LED فالرقم الثنائي (1) عبارة عن نبضة ضوئية ضيقة والرقم (0) يعني غياب الضوء.

أما في المرسلات بالليزر فان سعة الموجة الضوئية العالية تعني الرقم (1) و (0) يعني انبعاث مستوى ضوئي واطئ، وباستخدام الموجة الجيبية يمكن الحصول على مجموعة أشكال بالتضمين الرقمي تختلف طبقا للأرقام الثنائية المستخدمة لاحظ الشكل (31 – 2).

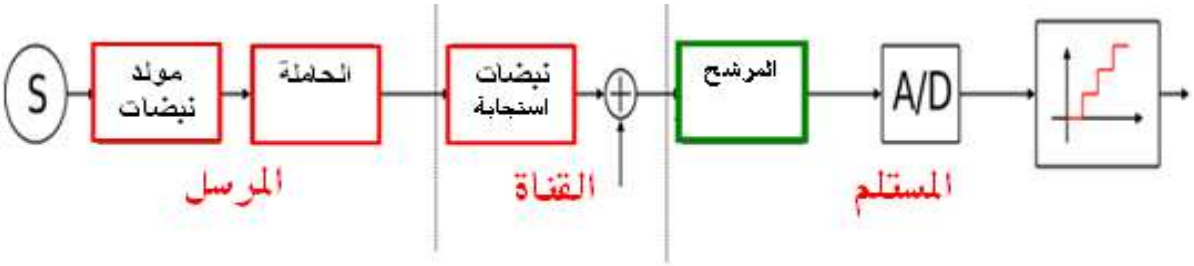


الشكل (31 - 2) مفتاح إزاحة السعة

2 –9– 2 التشفير : Encoding

العمل في ASK بأبسط أشكاله عبارة عن مفتاح مع وجود الموجة الحاملة التي تمثل الرقم الثنائي 1 وغيابها بالرقم الثنائي 0 ، هذا النوع من التضمين يدعى (مفتاح فتح – غلق) ويستخدم مع الترددات الراديوية لإرسال شفرة معينة (مثلا شفرة مورس)، ومع تطور أشكال طرق التشفير التي تمثل المعلومات في مجموعات تستخدم سعات إضافية فعلى سبيل المثال مخطط تشفير أربعة مستويات يمكن تمثيله بخانتين(2 Bits) مع كل إزاحة في السعة . ومخطط تشفير ثمانية مستويات يمكن تمثيله بثلاث خانات وهكذا . هذا النوع من ASK يحتاج إلى نسبة إشارة إلى الضوضاء عالية لاسترداده والمخطط الكتلوي بالشكل (32 – 2) يوضح مخطط كتلوي مثالي لنظام الإرسال باستخدام التضمين ASK .

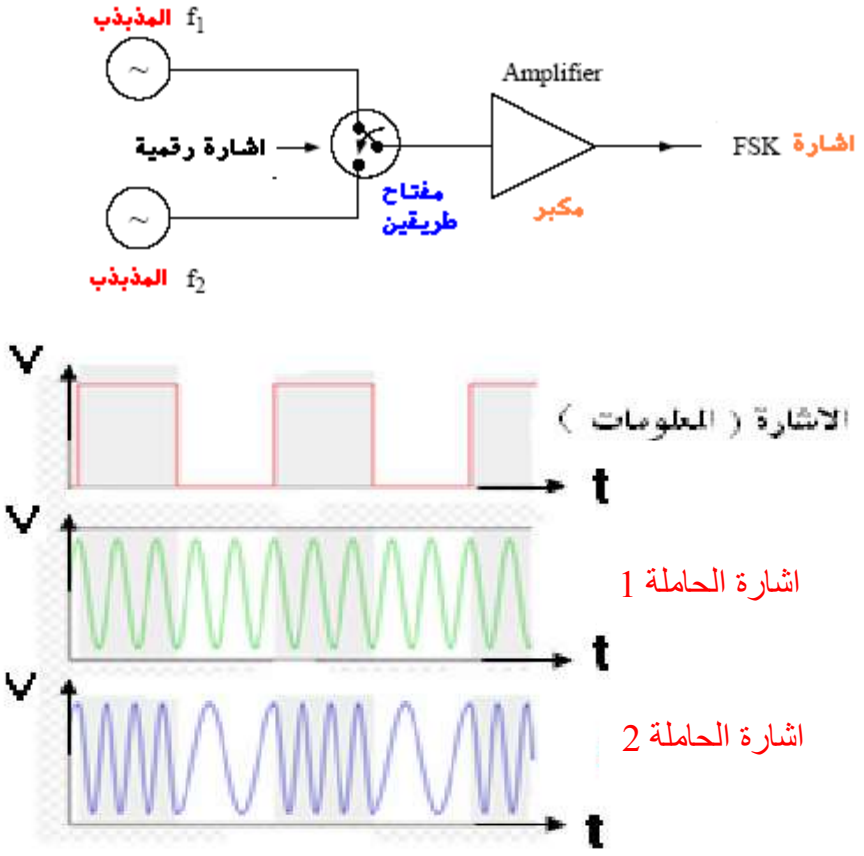
يتكون من قسم الإرسال وقسم الاستلام وتقوم مرحلة A / D بتحويل الإشارات التماثلية إلى رقمية تمثل المعلومات المرسلة .



الشكل (32 – 2) مخطط كتلوي للتشفير

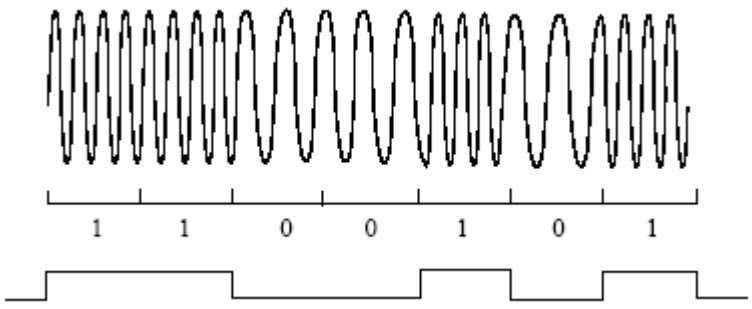
3–9 – 2 مفتاح إزاحة التردد :(FSK)

عبارة عن احد أشكال التضمين الترددي لإرسال المعلومات الرقمية خلال تغيرات منفصلة في التردد للموجة الحاملة ومن أكثر الأنواع شيوعا هو 2-FSK يستخدم ترددان منفصلان لإرسال معلومات الأرقام الثنائية (0), (1) وفي هذا النوع الرقم الثنائي(1) يدعى بتردد العلامة (Mark) والرقم 0 يدعى بتردد الفراغ (Space) . ويكون شكل الإشارات كما موضح بالشكل (33- 2) .



الشكل (33 – 2) مفتاح إزاحة التردد FSK

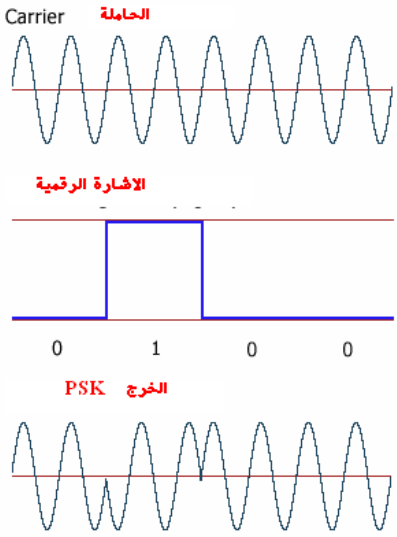
عندما تصبح الأرقام (1100101) فان الإشارة FSK تصبح كما في الشكل (34 – 2)



الشكل (34- 2) إشارة FSK

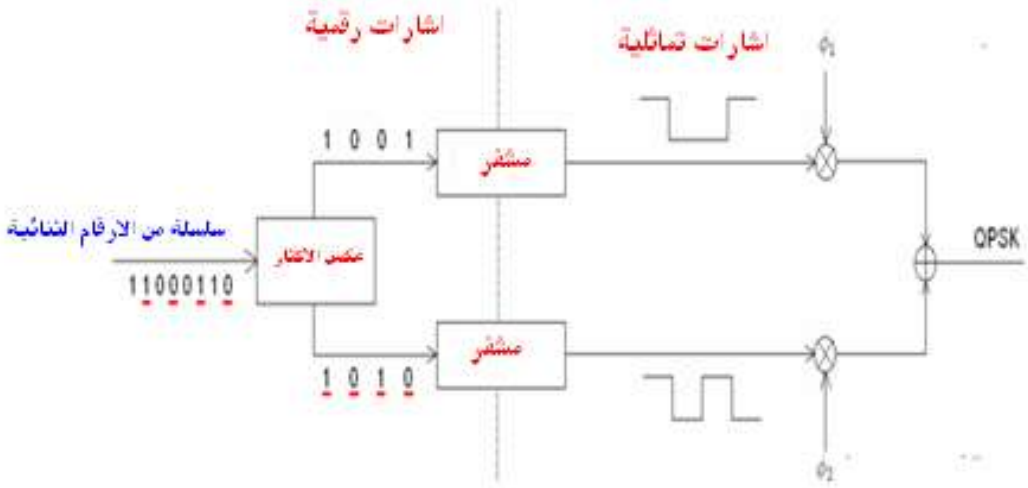
4 –2-9 مفتاح إزاحة الطور: (PSK)

من إشكال التضمين لنقل المعلومات بوساطة تغيير طور الإشارة الحاملة أي شكل من التضمين الرقمي يستخدم أرقام محدودة لإشارات مختلفة تمثل المعلومات الرقمية، لاحظ الشكل (35 – 2).



الشكل (35 – 2) مفتاح إزاحة الطور

ونوع PSK يستخدم أرقام محدودة للأطوار ينسب كل منها لشكل منفرد للأرقام الثنائية ويشفر كل طور بأرقام متساوية من الخانات (Bits) وكل نموذج من الخانات يُشكل رمزاً يمثل تفصيلات الطور أو الطور بشكل دقيق . والشكل (36 - 2) يوضح عملية الإرسال بطريقة QPSK .



الشكل (36 - 2) الإرسال بطريقة QPSK

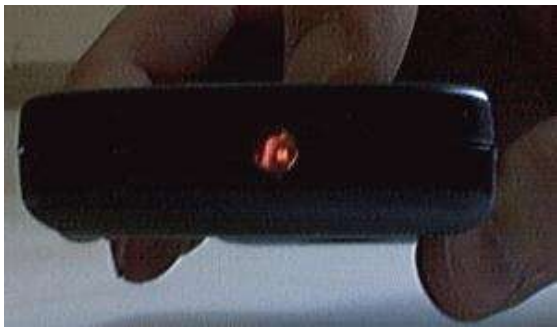
.

2-10 السيطرة عن بعد باستخدام الاشعه تحت الحمراء : IR Remote Control

تُعَدُّ من الوسائل الرخيصة الثمن في تحقيق السيطرة عن بعد باستخدام الاشعه تحت الحمراء Infrared و تستخدم في الوقت الحاضر في معظم الأجهزة الالكترونية للسيطرة على الصوت و الصورة.

2-10-1 ضوء الاشعه تحت الحمراء : Infra-Red Light

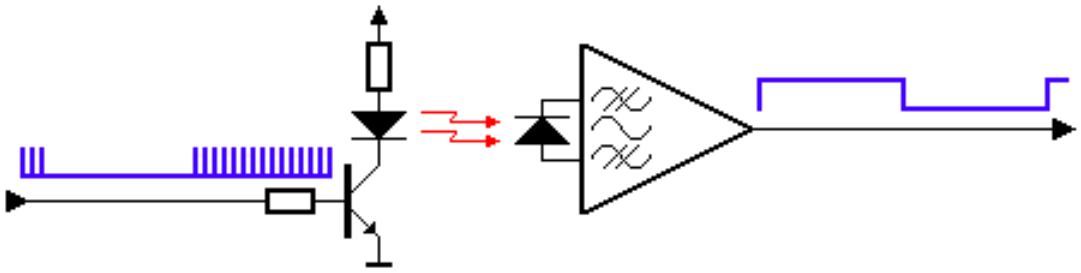
الأشعة تحت الحمراء عبارة عن ضوء بلون خاص ونحن البشر لايمكننا رؤية هذا اللون لان الطول الموجي هو 90 mm وهو دون الطيف المرئي و هذا احد الأسباب في اختيار هذه الاشعه للسيطرة عن بعد فنحن نريد استعمالها من دون الاهتمام برؤية هذه الاشعة و السبب الآخر هو سهولة الحصول عليها بوساطة ثنائي الانبعاث الضوئي و هو رخيص الثمن جدا . و عندما نقول إننا لا يمكن رؤية هذه الاشعه هذا لا يعني إننا لا نستطيع ان نجعلها مرئية، ففي كاميرا الفيديو او آلة التصوير الرقمي تستطيع رؤية هذه الاشعه كما موضح بالشكل (37- 2) وإذا كان لديك كاميرا شبكة عنكبوتيه Web ضع جهاز السيطرة عن بعد باتجاه الكاميرا و اضغط على أي من المفاتيح سوف تشاهد ارتعاش ثنائي الانبعاث الضوئي، لسوء الحظ إن هناك عدة مصادر لهذه الاشعه عدا الشمس مثل مصابيح الإنارة والشموع و نظام التدفئة المركزي و حتى أجسامنا التي تشع هذا النوع من الاشعه لذلك يجب ان تكون السيطرة على الأجهزة دقيقة جدا ومن دون أخطاء و عدم التداخل مع الضوضاء .



الشكل (37 – 2) انواع مختلفة تستخدم IR

2-10-2 التضمين : Modulation

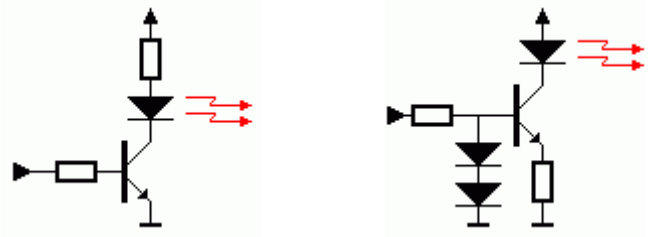
التضمين هو الجواب على كيفية الحصول على إشارة خارج كل هذا التشويش (الضوضاء) فمع عملية التضمين ترسل الاشعه تحت الحمراء من مصدرها بتردد خاص ويكون جهاز الاستلام منغم على هذا التردد لذلك سيلغي كل شيء عدا هذه الإشارة على شكل ومضة (Blink)، والشكل (38- 2) يوضح الإشارة المضمنة التي تقود عمل الثنائي الانبعاث الضوئي LED في المرسلة والإشارة المكشوفة عن طريق جهاز الاستلام. في الاتصالات المتتالية تستخدم عادة (العلامة Mark) و(الفراغ Space) ويعني حالة عدم عمل المرسلة و لا يوجد إشعاع للضوء خلال (حالة الفراغ) بينما في (حالة العلامة) فيدل على إرسال ضوء الاشعه تحت الحمراء على شكل نبضة بتردد خاص و هذا التردد يقع بين (30 - 60 KHz) وفي جهاز الاستلام يكون الفراغ بمستوى عال و العلامة بمستوى واطئ .



الشكل (38 - 2) الإشارة المضمنة تقود عمل LED

3- 10 - 2 المرسلة : The Transmitter

تكون المرسلة عادة صغيرة الحجم محمولة باليد و تعمل بوساطة بطارية (3v مثلا) ويؤخذ بنظر الاعتبار استهلاكها القليل جدا للقدرة قدر الإمكان وإن تكون إشارة IR قوية قدر الإمكان لتنجز عملية السيطرة لمسافة مقبولة. صممت رقائق عديدة في إرسال IR تدعى بالمسيطرات الدقيقة تستهلك قدرة قليلة ويمكن إرسال IR عند الضغط على احد المفاتيح وتحتوي عادة على بلورات الكوارتز ومقاومات خزفية بسبب الحاجة إلى دقة التصميم . التيار المار في ثنائي الانبعاث الضوئي يؤخذ بنظر الاعتبار في التصميم للسيطرة ولمسافة مقبولة، ومن الأفضل زيادة التيار في LED لان الذي يقود هذا الثنائي عبارة عن نبضات قصيرة جدا . و الشكل (39 - 2) يوضح عمل الترانزستور كمفتاح و تكون الفولتيه عبر الثنائي حوالي 1.1 V .

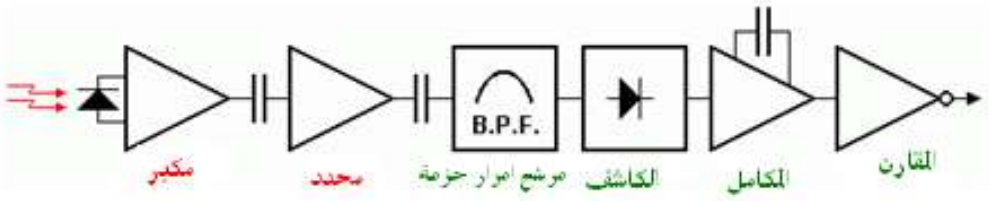


الشكل (39 – 2) الترانزستور كمفتاح

4 - 10 - 2 المستلمة : The Receiver

الشكل (40 -2) يوضح المخطط الكتلوي للمستلم ، تلتقط إشارة IR بوساطة ثنائي الكشف عن IR تكبر هذه الإشارة ثم تحدد سعتها بوساطة المحدد Limiter كي يصبح مستوى النبضة ثابتا و يشبه عمله مرحلة منظمة الربح الذاتي حيث تأخذ المسافة بنظر الاعتبار بين المرسلة (المحمول باليد) و المستلمة. وكما نلاحظ من الشكل ان الإشارة المتغيرة وحدها التي تصل إلى مرشح إمرار الحزمة المنغم على تردد التضمين و عند تواجد تردد التضمين يكون خرج المقارن واطئ وكل ما ذكرناه موجودة داخل رقاقة واحدة . توجد أنواع عديدة لمستلم IR في الأسواق المحلية و تأخذ أرقام مثل (FH506-XX 5)

و يقصد ب XX هو تردد التضمين KHz (30 – 33 – 36 – 38 – 56)
ومن الأنواع الأخرى PiC-12042LM منغمة على تردد 36.7KHz
و النوع PIC- 12043LM منغمة على التردد 37.9 KHz



الشكل (40 – 2) المخطط الكتلوي للمستلم لالتقاط IR

2 – 11 تقنية البلوتوث Bluetooth

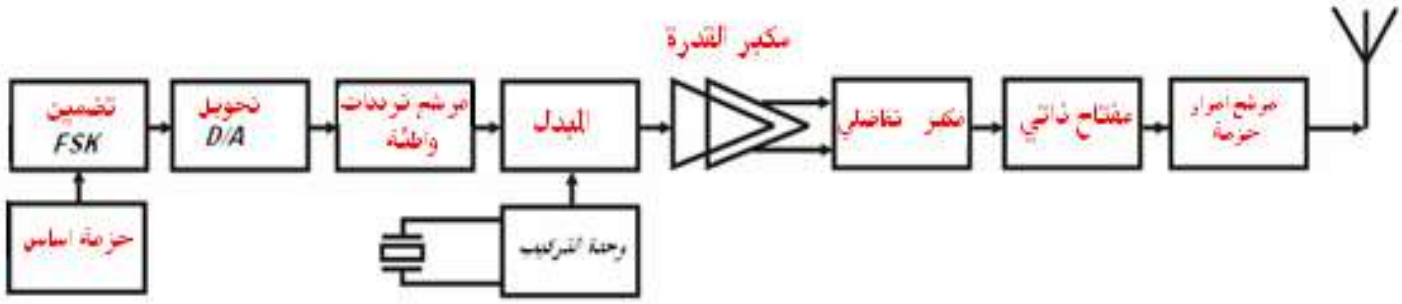
تعود تسمية بلوتوث إلى ملك الدنيمارك الذي توفي في العام 1986 واختير هذا الاسم لهذه التكنولوجيا للدلالة على مدى أهمية الشركات الدنيماركية في صناعة الاتصالات،على الرغم من أن التسمية لا علاقة لها بمضمون التكنولوجيا. الجدير بالذكر أن هذا الملك كان مولعاً بأكل نوع من التوت البري (Blueberries) حتى تلونت أسنانه باللون الأزرق فسمي بصاحب السن الأزرق (Bluetooth)

البلوتوث هو اسم تقنية للاتصال اللاسلكي القريب بين الأجهزة الالكترونية. وهي تقنية عالمية موحدة لربط كافة أنواع الأجهزة مع بعضها البعض مثل الكمبيوتر والهاتف النقال والكمبيوتر ألجيبي والأجهزة السمعية والكاميرات الرقمية. بحيث تتمكن هذه الأجهزة من تبادل البيانات ونقل الملفات بينها وبين شبكة الانترنت لاسلكياً. حيث توفر هذه التقنية للمستخدمين نقل المعلومات من دون أدنى جهد. وصممت الرقاقة المسؤولة عن بلوتوث لتحل محل كيبل التوصيل في الأجهزة الالكترونية. حيث تقوم بتشفير المعلومات وإرسالها بشكل إشارات بتردد معين إلى مستقبل بلوتوث في الجهاز الثاني. ويقوم المستقبل بدوره بفك تشفير هذه المعلومات وإعادتها إلى شكلها الرئيس لتستخدم في أجهزة الكمبيوتر والهاتف الخلوي لاحظ الشكل (41 - 2)

الشكل (41 - 2) تقنية البلوتوث

أ - المخطط الكتلوي لنظام إرسال البلوتوث :

الشكل (42 - 2) يوضح المخطط الكتلوي لنظام إرسال بلوتوث وفيه تظهر حزمة الأساس (Baseband) عملية تدفق البيانات بالصورة الأساسية مثل إنشاء الحزمة (Packet) ، تصحيح الخطأ ، تشفير القناة ، التشفير.... الخ يقسم تدفق البيانات بحزم يضمن بطريقة مفتاح إزاحة التردد (FSK) وتتحول الإشارة الرقمية بوساطة D/A إلى إشارة تماثلية ويقوم مرشح الترددات الواطئة بتحديد طيف الإشارة بعد التحويل من الرقمي إلى التماثلي في خرج المبدل (Converter) يتم الحصول على إشارة بالتردد MHz(2480 – 2402) لنظام يحتوي على 79 قناة . أو إشارة بالتردد MHz (2476 – 2454) لنظام يحتوي على 23 قناة وتسيطر على دائرة المبدل دائرة وحدة التركيب المبدل بالإشارة ± 45 . إن مصدر تردد المرجع لتردد وحدة التركيب عبارة عن مذبذب كوارتز . تكبر الإشارة في مكبر قدرة يوصل إلى دائرة مكبر تفاضلي فيه (Balun) للتوازن والتخلص من التشويش ، وضع المفتاح الذاتي لتوصيل كل من الإشارة المرسلة والمستلمة . تحدد الإشارة بوضع مرشح إمرار الحزمة ثم الى الهوائي .

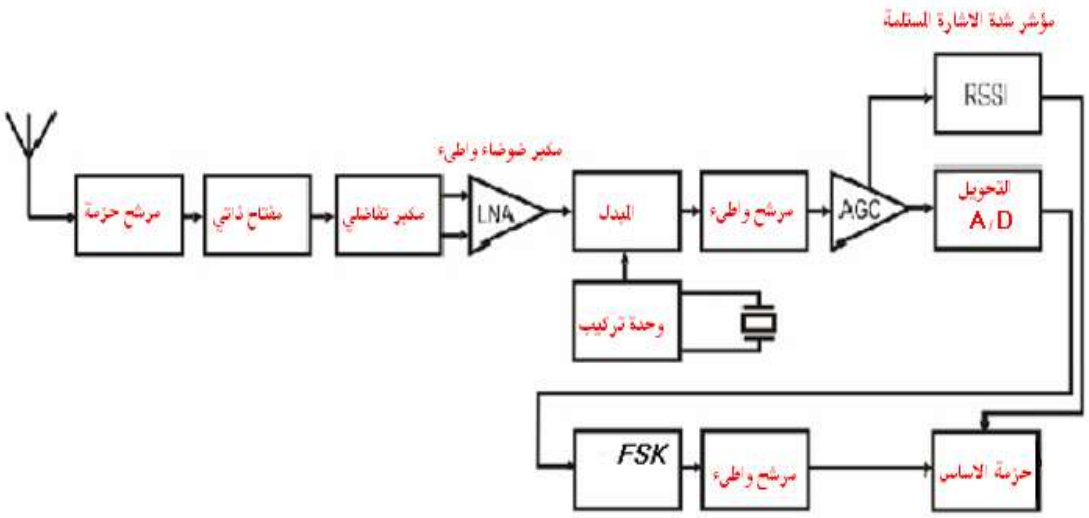


الشكل (42 -2) المخطط الكتلوي لنظام إرسال البلوتوث

ب - المخطط الكتلوي لنظام استلام البلوتوث :

الشكل(43 - 2) يمثل المخطط الكتلوي لنظام استلام البلوتوث الذي يوضح كيفية معاملة الإشارة بالمجال الرقمي . يتم تحديد الإشارة الراديوية المستلمة بوساطة مرشح إمرار الحزمة (المفتاح ومرشح إمرار الحزمة والمكبر التفاضلي) تكون مشتركة في الإرسال والاستلام وتكبر الإشارة بوساطة مكبر ضوضاء واطئ (LNA Low Noise Amplifier) ويتراوح التردد الخارج من المبدل من MHz (5 – 1) ويكون هذا التردد مطابقا إلى التردد الحامل في المضمن نوعFSK .

تكبر الإشارة الخارجة عبر مرشح الترددات الواطئة بوساطة مكبرات من النوع نفسه (Cascade) يسيطر على ربح هذه المكبرات منظم الربح الذاتي (AGC) واحد هذه المكبرات يعمل كمؤشر لشدة الإشارة المستلمة RSSI (Received Strength Signal Indicator)، وبتحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية يتم الكشف عنها باستخدام كاشف من نوع FSK يتبعه مرشح ترددات واطئة للتخلص من الإشارات غير المرغوب فيها بعد الكشف .



الشكل (43 – 2) المخطط الكتلوي لنظام إستلام البلوتوث

الخلاصة :

- يتم تزويد التيار المستمر بطريقة دائرة الازدواج بالسعة أو دائرة الازدواج المحولة وهذا يعتمد على تصميم البدالة وطريقة ربط خطوط النقل .
- يمكن بناء دائرة تقويم مكونة من قنطرة وثنائي زينر واحد كاف لحماية دائرة الكلام ، في جهاز الهاتف الالكتروني تجهز دوائر الكلام بفولتية 3.5 V وفولتية خط تصل إلى 5 V .
- يقصد بالاستلام (السماعة) وبالإرسال (الميكرفون) فمكبر الإرسال يستخدم بضرورة عملية التوافق بين الميكرفون إلى خط الهاتف بتجهيز ربح و ممانعة خرج صحيحة وتكون هذه الممانعة عالية عند استخدام الميكرفون السعوي و واطئة عند استخدام الميكرفون المغناطيسي . يتكون المكبر من مرحلة أدق ومنظم الربح ومرحلة الخرج .
- الشبكة الهجينة عبارة عن مجموعة من الملفات تعمل على ربط دائرة لها سلكان مع دائرة لها أربعة أسلاك لتحقيق عملية إرسال الإشارات باتجاهين في آن واحد وتدعى هذه العملية **Full Duplex** .
- استخدام الإكثار في الإشارات الرقمية باستخدام دوائر رقمية منطقية رخيصة الثمن ، و للمرشحات أهمية كبيرة في عزل القنوات وهي أبطء كثيرا كما هو مستخدم في الإكثار التماثلي.
- الفرق الأساسي بين الفولتية الرقمية والفولتية التماثلية هو وحدة عدد منفصل من القيم للفولتية الرقمية بينما يمكن للفولتية التماثلية أن تأخذ ما لانهاية من الاحتمالات المتصلة ، الأنظمة الرقمية تستخدم حالتين فقط هي 0، 1 وهو النظام الثنائي .
- ينظر إلى الإشارات التماثلية على أن قيمتها متصلة وان علاقتها بالزمن متصلة أيضا بينما الإشارات الرقمية تكون قيمتها منفصلة ولها رموز معينة وتكون علاقتها مع الزمن منفصلة ويمكن الانتقال من رمز إلى آخر بصورة لحظية .
- تردد التعيين يكون اكبر من ضعف تردد أعلى مكونة ففي الإشارات الجيبية يتم اخذ العينات في نفس اللحظة من الزمن بدلا من إرسال إشارة متصلة يصبح من الضروري فقط أن يتم إرسال عدد معين من العينات بحيث يكون عدد العينات , 2fc و fc يمثل أعلى تردد في عرض نطاق الإشارة.
- توجد ثلاث أصناف في تقنية التضمين الرقمي هي **ASK , FSK , PSK** .
- يمكن السيطرة عن بعد باستخدام الأشعة تحت الحمراء والبلوتوث .

أسئلة للمراجعة

1) اشرح مع الرسم الدائرة المكافئة للبدالة وخط الهاتف وجهاز الهاتف .
2) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي مكبر الإرسال (الميكرفون) .
3) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي مكبر الاستلام (السماعة) .
4) وضح مع الرسم الشبكة الهجينة .
5) ما خط التوازن ؟ وضح أجابتك بالرسم .
6) اشرح مع الرسم الإكثار في الإشارات الرقمية لجهازين هاتف A ، B .
7) كيف يتم التحويل من التماثلي إلى الرقمي ؟ وضح إجابتك بالرسم .
8) كيف يتم التحويل من الرقمي إلى التماثلي ؟ وضح إجابتك مع الرسم .
9) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي تضمين شفرة نبضية PCM .
10) اشرح مستعينا بالرسم ASK .
11) اشرح مستعينا بالرسم FSK .
12) اشرح مستعينا بالرسم PSK .
13) وضح بالاستعانة بالمخطط الكتلوي المستلمة في السيطرة عن بعد باستخدام الأشعة تحت الحمراء .
14) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الاستلام بنظام البلوتوث .

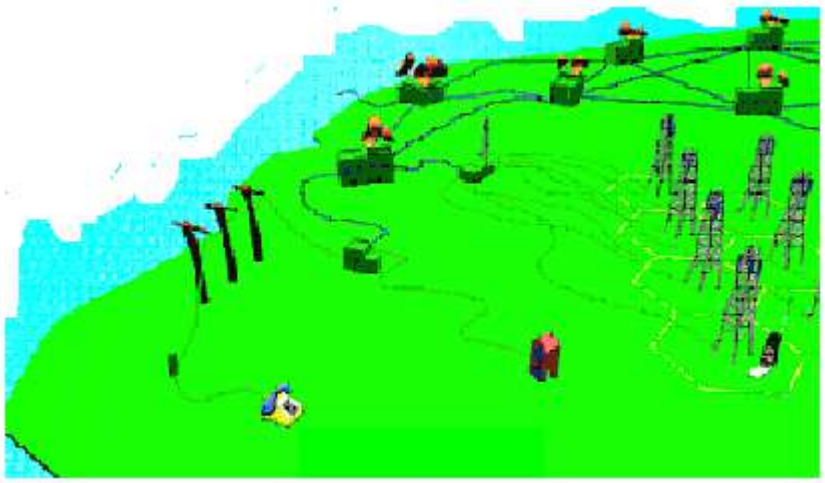
مسائل :

س1 : إشارة تماثلية أعلى تردد فيها 5KHz ما قيمة اقل تردد لغرض الحفاظ على المعلومات في الإشارة وزمن دورة التعيين ؟

س2 : دائرة تحويل رقمية تماثلية عدد المراتب 5 Bits احسب قيمة فولتيات الخرج عندما تكون فولتية المرجع v تساوي 16 v .

الفصل الثالث

الاتصالات السلكية بالأمواج المحملة وشبكات التوزيع



1- الاتصالات السلكية بالأمواج المحملة
2 – شبكات التوزيع والتشييد
3 – الكيبلات الأرضية والهوائية
4- منظومة الاتصالات الضوئية
5- الليزر
6- الموجات الكهرومغناطيسية
7- أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية
8- جهاز القرص الليزري CD
9- مشغل القرص الليزري CD Rom Drive
10 – الخلاصة
11- أسئلة للمراجعة ومسائل

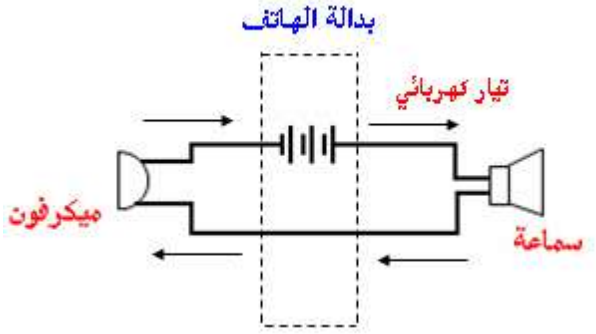
الفصل الثالث
الاتصالات السلكية بالأمواج المحملة وشبكات التوزيع

3 – 1 الاتصالات السلكية بالامواج المحملة

تستعمل الأمواج المحملة لإضافة عدة قنوات (channels) للتكلم او إرسال الإشارات باستعمال وسط سلكي واحد ، والمقصود بالقناة او الممر للهاتف هو الطريق الذي يسلكه التيار الممثل بالصوت من توليده في الميكرفون (المرسل) حتى وصوله إلى سماعة الهاتف في الطريق الثاني (المستلم) وقد يكون هذا الطريق عبارة عن سلكيين معدنيين كما هو في أجهزة الهاتف الاعتيادية او قد يكون من الأمواج الكهرومغناطيسية كما هو في أجهزة اللاسلكي او أمواج كهربائية كما هو الحال في الأمواج المحملة سلكيا .
ولعل من ابسط التطبيقات للأمواج المحملة استعمال (قناة) واحدة لموجة محملة وربطها إلى دائرة هاتف وبذلك يمكن نقل مكالمتين في وقت واحد باستعمال زوج من الأسلاك فقط . ومثال على ذلك نفرض ان خط هاتف واحد يربط بين بدالتين متباعدتين بعدة أميال واقتضت الحاجة إضافة خط آخر فيمكن عندئذ استعمال الأمواج المحملة من دون الحاجة إلى مد أسلاك إضافية .

3 – 2 الأمواج المحملة

المقصود بكلمة موجة محملة هي الموجة التي تقوم (بحمل) الصوت على شكل موجة كهربائية من مصدره إلى محل وصوله . ففي الهاتف الاعتيادي المتصل إلى بدالة أوتوماتيكية تقوم هذه البدالة بتجهيز تيار كهربائي مستمر إلى الميكرفون وعند التكلم في الميكرفون تتغير قيمة التيار المار فيه فتزداد أو تقل تبعا للتموجات الصوتية ويمكن ملاحظة هذا التغير في التيار بسهولة إذا وصلنا جهازاً لقياس التيار مع الميكرفون وسلطنا صوت عليه. إن هذا التيار المستمر ذا القيمة المتغيرة يقوم بحمل التيار (يمثل الصوت) إلى البدالة ومن هناك إلى جهاز الاستلام (السماعة) والموجود في الطرف الآخر لذلك يمكن اعتبار التيار الثابت المار في دائرة الهاتف كتيار محمل على الرغم من ان تردده صفر، لاحظ الشكل(1 - 3).

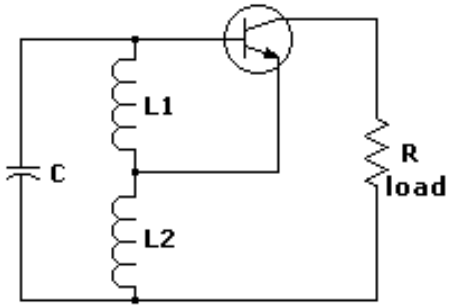


الشكل (1 - 3) دائرة هاتف بسيطة

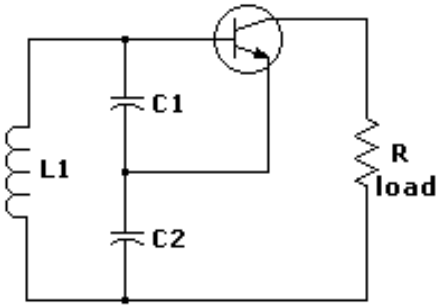
والان لو جهزنا الميكرفون بتيار متناوب تردده (50 Hz) بدلا من التيار المستمر لأصبح هذا التيار محملا أيضا ولكن استعمال هذا التردد الواطئ يؤدي إلى سماعه ويحجب المكالمة لذلك لا يمكن استعماله بصورة عملية . إن قيمة التيار المتغير والمحمل بوساطة التيار الثابت في أجهزة الهاتف تكون صغيرة ويفصل التيار المتغير عن الثابت في البدالة بوساطة المتسعات الكيماوية .

3 - 2 – 1 توليد الموجة المحملة (الحاملة) : Carrier

يحتوي كل جهاز للأمواج المحملة على دائرة مذبذب (Oscillator) واحد على الأقل وتوجد أنواع عديدة من هذه المذبذبات وهي متشابهة من الناحية الكهربائية كما مر عليك ذلك في كتاب العلوم الصناعية للمرحلة الثانية (مذبذب هارتلي و مذبذب كولبتس) لاحظ الشكل (2 – 3) . فالتردد الناتج لجميع الدوائر يعتمد على قيمة الملف والمتسعة المكونتين لدائرة التنغيم في المذبذب ويكون عمل الترانزستور في الدائرة على المحافظة على استمرار التيار المتناوب (الإشارة الكهربائية الخارجة) وذلك بتجهيزه الطاقة (من مصدر تيار مستمر) التي تُستهلك أثناء العمل لذلك تستفيد كل دائرة مذبذب من قابلية التكبير للترانزستور. إن هذا التيار المتناوب والمولد بطريقة الكترونية هو الذي يقوم بحمل التيار الذي يمثل الصوت من محل إلى آخر .



مذبذب هارتلي



مذبذب كولبتس

الشكل (2 – 3) يوضح دائرة الرنين في المذبذب

3 -2–2 تضمين الموجة المحمولة :

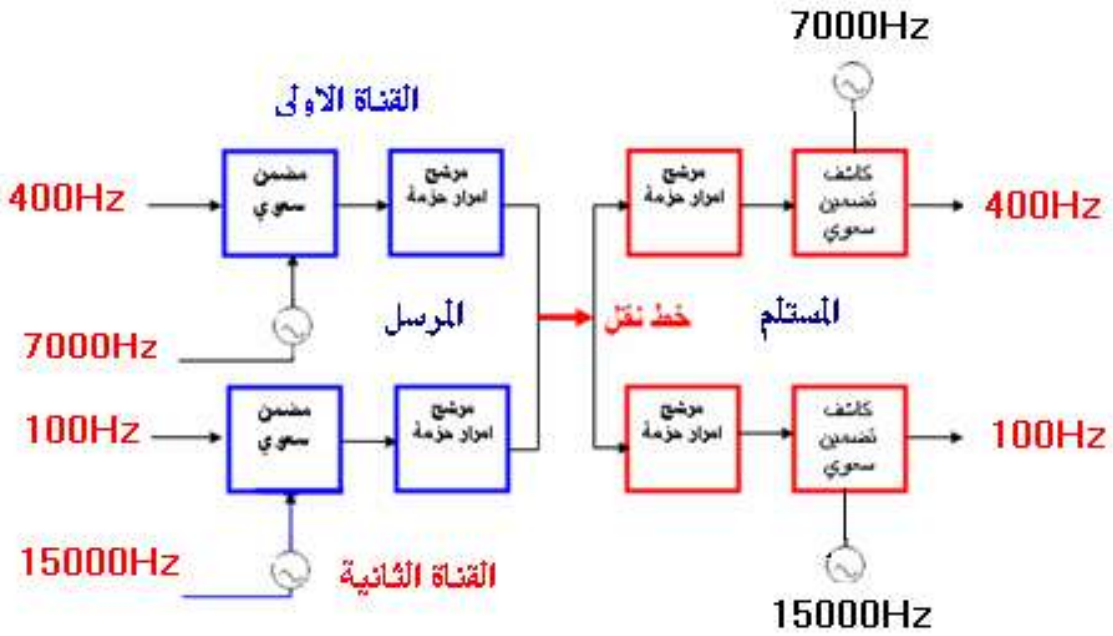
ان الإشارات المحملة (اشارة المعلومات) غير ملائمة بصورة عامة لإرسالها خلال أي وسط معين لان ترددها غير ملائم للانتشار في وسط الإرسال لذلك تستعمل موجة حاملة (Carrier Wave) تحمّل الإشارة على الموجة الحاملة بوساطة عملية تدعى بالتضمين (Modulation) وتتلخص بتغيير إحدى صفات الموجة الحاملة وفقا لإشارة التضمين تتم في دائرة الكترونية تسمى بالمضمن(Modulator). والغرض الاساسي من استخدام عملية التضمين هو التقليل من أحجام الهوائيات ومنع التداخل بين الاشارات في نظم الاتصالات .

مثال :

الاتصال الهاتفي بين مدينتين باستخدام الأمواج المحملة ذات قناتين تردد إشارة المعلومات للقناة الأولى (400) Hz وتردد الإشارة الحاملة (7) KHz وتردد إشارة المعلومات للقناة الثانية (100)Hz وتردد الإشارة الحاملة (15)KHz . وضح الترددات المرسلة والمستلمة بالاستعانة بالمخطط الكتلوي . لاحظ الشكل (3 – 3)

تردد القناة الأولى في خط النقل : 7400 Hz = 7000 + 400

تردد القناة الثانية في خط النقل : 15100 Hz = 15000 + 100



الشكل (3 – 3) مخطط بسيط للأمواج المحملة

3- 2- 3 كشف الموجة المحمولة

فضلاً عن عمل الكاشف في تقويم (Rectifier) الإشارة المضمنة يعمل كمغير تردد للحصول على إشارة المعلومات أي عمل المازج وفي الشكل (3 – 3) نلاحظ عملية الطرح بين تردد الإشارة بالتردد 7400Hz وإشارة المذبذب 7000Hz للقناة الأولى:

7400 - 7000 = 400Hz

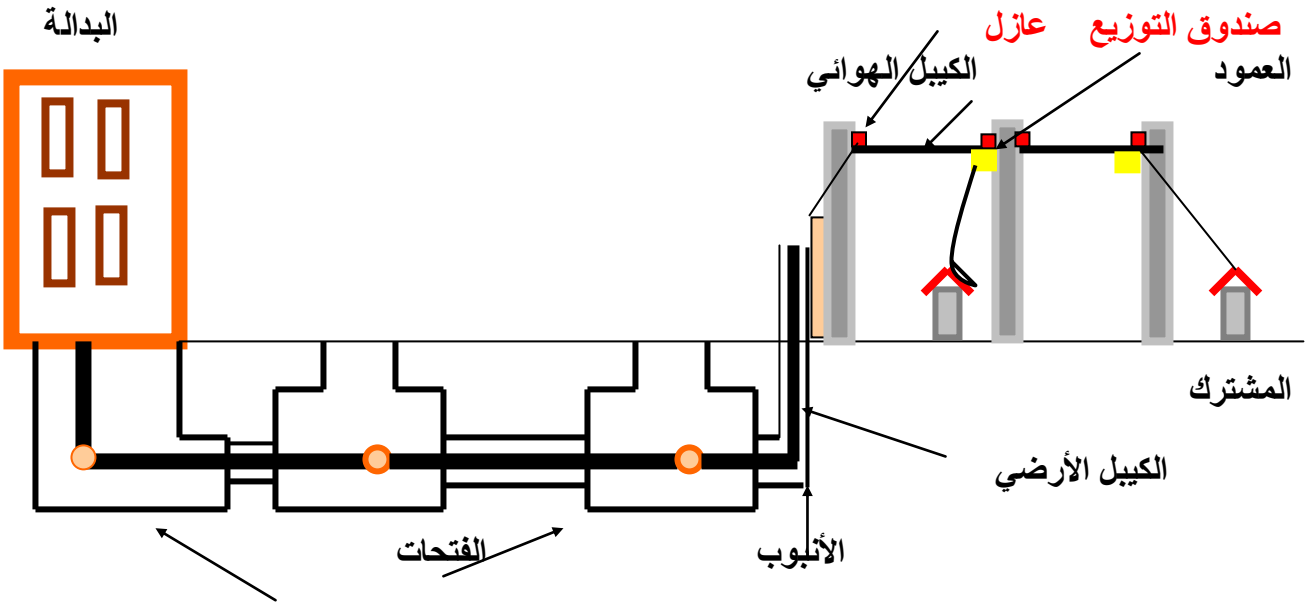
وهي إشارة المعلومات المرسلة (كلام) مثلا وينطبق هذا على القناة الثانية :

15100– 15000 = 100Hz

3- 3 شبكات التوزيع والتشييد (الهوائي والأرضي) :

عند التشييد لابد من إجراء مسح جغرافي للقاطع الذي توضع فيه البدالة لتأمين مستوى كاف للإشارة بين البدالة والمشتركين والتقليل من المفاقيد قدر الإمكان فعندما يكون خط المشترك من البدالة الى المشترك قصيرا بصورة نسبية لا يسبب ذلك مشاكل في الإرسال (الخسائر قليلة) عكس المشترك الذي يكون بعيدا عن البدالة لأنه يستغل إشارة كلام في مستوى واطئ فالتشييد الصحيح يوضح كيفية التخطيط لتسهيل عمل خط المشترك بأفضل كفاءة واقل كلفة ليغطي سعة البدالة مع المشتركين والبدالات الأخرى .

ويتم التوزيع باستخدام القابلوات (الكيبلات) التي تدفن تحت سطح الأرض وتدعى بالقابلوات الأرضية وبعمق (1) متر، توضع داخل أنابيب من خلال فتحات Manholes وتستخدم حزمة أو درع من الفولاذ لحمايته . والقابلوات التي توضع تحت سطح الماء في الأنهار والبحيرات تدعى بقابلوات الغطس تمرر من خلال الأنابيب والشكل (4– 3) يوضح كيفية الربط بين البدالة ومجموعة مشتركين استخدمت فيها القابلوات الأرضية والقابلوات الهوائية ، والمقصود بالقابلوات الهوائية هي الأسلاك أو القضبان المعلقة على الأعمدة بمختلف أنواعها الخشبية والمعدنية والكونكريتية .

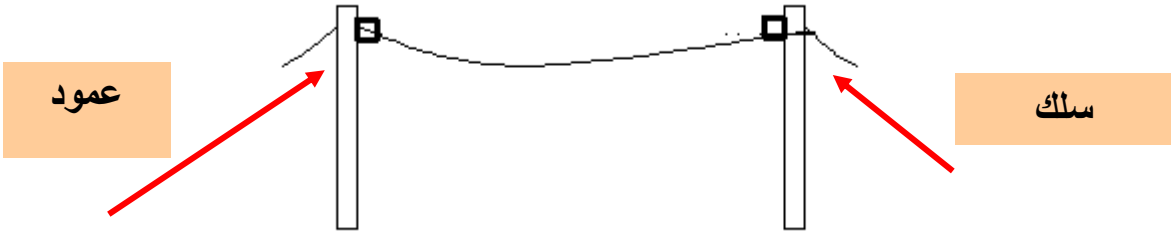


الشكل (4 – 3) التشييد بين البدالة والمشتركين

تنقل خطوط الإرسال إشارة الكلام وهي إشارة كهربائية تمثل صوت الكلام، يجب أن يكون هذا الخط موصلا ذا كفاءة عالية ولأنه يكون عرضة للتقلبات الطبيعية والقوى الاصطناعية لذلك تستلزم تشكيلة الموصلات إلى بعض القوى الميكانيكية والمقاومات الكيميائية كي تتحمل هذه التقلبات مثل الإمطار والرياح .

ومن هذه النماذج هي .....
1 – سلك بشكل قضيب من الحديد الصلب أو سلك من النحاس مع العازل .
2 – حزمة أسلاك (قابلو) مغلفة بالرصاص ومعزولة او مغلفة بالبلاستك او الورق .
3 – سلك مؤلف من مجاميع من أسلاك نحاسية عزلت بالبلاستك تدعى بالموصلات الزوجية.

عندما تنصب موصلات الخط عالية على الأعمدة فان الخط يدعى بالخط الهوائي Arial Line والخطوط القضبانية تكون إحدى النماذج التي تتألف من الموصلات من دون العازل ومتصلة على عوازل مثبتة على أعمدة خشبية أو أعمدة معدنية . لاحظ الشكل (5 – 3)



الشكل (5– 3) القابلوات الهوائية

تعتمد شبكات الهاتف على استخدام أنواع مختلفة من الأسلاك للربط بين البدالة والكابينة والمشتركين ومنها :

1- القابلوات المحورية : Coaxial Cables
2- القابلوات المزدوجة المبرومة : Twisted pair
3- الليف الضوئي : Fiber optic

3-1 – 3 القابلوات المحورية : Coaxial Cables

يتكون من سلك موصل من النحاس يحيط به عازل من البلاستك وتلف عليه طبقة من الأسلاك الشعرية وتغلف بماده بلاستيكية عازله من كلوريد البولي فينيل PVC او ماده فلورو ليثنيرويلين والمستخدمة في الهاتف تحيط بها شبكه شعرية (Shield) ولها القابلية على تحمل درجات حرارية عالية ولا تبعث دخان مسموم كما هو الحال عند احتراق أسلاك (pvc) وهي غالية الثمن و غالبا ما تستخدم في ربط الشبكات عندما يتطلب وضع القابلوات تحت الحائط (خلف البياض) .
لاحظ الشكل (6 – 3) يستخدم القابلو المحوري في أجهزة التلفزيون عند التوصيل بين الهوائي والجهاز ولها مقاومات 50 اوم – 75 اوم – 300 اوم .

الشكل (6 – 3) قابلوات محورية وكيفية توصيلها

ومعظم هذه القابلوات لها تسميات وأرقام مثل (RG – 58) Radio Grade والمستخدم في أجهزة الهواتف من نوع (RG – 11) لاحظ الشكل (7– 3) وبسبب اختلاف قطر السلك الموصل الموضوع في مركز الكيبل يمكن التمييز بين الأصناف 10Base 2 و 10Base 5 ويعني الرقم (2) رفيع و الرقم (5) غليظ وتستخدم هذه التوصيلات وسائل ربط بينها وبين الأجهزة تدعى (BNC) British Navel Connector أول من استخدمه الملاحة البريطانية .

الشكل (7 – 3) قابلو نوع RG - 11

2 – 3 - 3 القابلوات المزدوجة المبرومة : Twisted-Pair Cables

يتكون من عدة أسلاك موصله معزولة يلف كل زوج منها على حده و تغلف بمادة بلاستيكيه أو معدنية ، و السبب في برم كل سلكين على حده هو الحماية من التداخلات التي تسببها الإشارات الكهرومغناطيسية داخل الأسلاك النحاسية و المصادر الخارجية أيضا فالضوضاء المتكون على سلك سوف يعاكس الضوضاء المتكون على السلك الآخر فيلغي احدهما الآخر لاحظ الشكل (8 – 3)، ولهذه الكيبلات عدة فئات نذكر منها .

الشكل (8 – 3) القابلوات المزدوجة

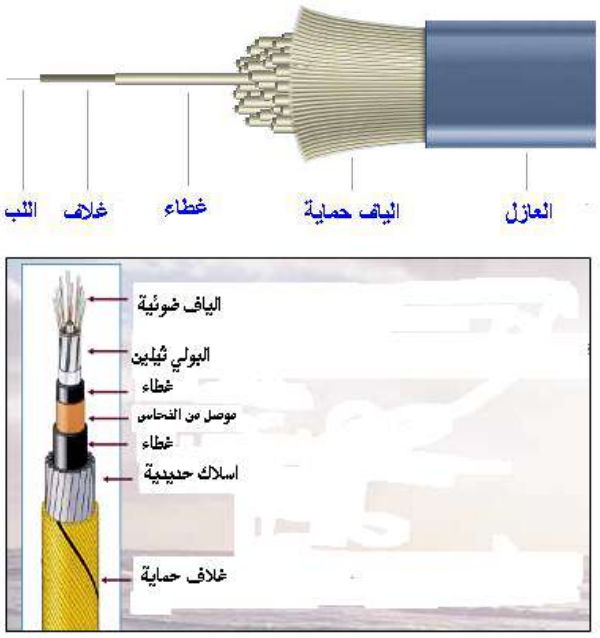
1- الفئة (1) – زوجان من الأسلاك الملفوفة أي أن الفئة (1) مكونه من أربعة أسلاك و كثيرا ما تستخدم في أنظمة الهاتف ملاءمة بالترددات إلى 1MHz .
2- الفئة (2) – أربعة أزواج من الأسلاك الملفوفة أي أن الفئة (2) مكونه من ثمانية أسلاك وهي ملاءمة لحد 4Mbps أي (4 ميكابت بالثانية الواحدة) وتردد 10 MHz.
3- الفئة (3) – أربعة أزواج من الأسلاك الملفوفة أي أن الفئة (3) مكونه من ثمانية أسلاك وهي ملائمة بالترددات الى 16 MHz.
4- الفئة (4) – أربعة أزواج من الأسلاك الملفوفة أي أن الفئة (4) مكونه من ثمانية أسلاك وهي ملائمة بالترددات الى 20 MHz.
5- الفئة (5) – يكون التردد لحد 100MHz والفئة (6) يكون التردد لحد 250MHz وكلاهما يمتلك اربعة ازواج من الأسلاك الملفوفة اي مكونة من ثمانية اسلاك.

ولهذه القابلوات وسائل ربط تختلف عن BNC لأنها لا تصلح لهذا النوع لتوصيل الكيبلات مع الأجهزة وسيلة ربط تدعى (RJ) (Registered Jack) ولها أرقام قياسية ففي أجهزة الهاتف تستخدم RJ11 له أربعة أسلاك (زوجين) ولربط شبكات الحاسبات ومنظومة الانترنت تستخدم RJ 45 له ثمانية أسلاك (أربعة أزواج) لاحظ الشكل (9 – 3) .

الشكل (3 – 9) القابلو نوع RG – 45B

3 – 3 - 3 كيبل (قابلو) الليف الضوئي : Fiber Optic

ترسل الإشارات الرقمية خلال كيبل (قابلو) الليف الضوئي باستخدام حزم الأشعة الضوئية لنقل المعلومات ولها مناعة (حصانة) (Immune) ضد التداخل الكهرومغناطيسي (EMI) Electromagnetic (Interference) والتداخل للترددات الراديوية (Radio Frequency Interference) . (RFI) ومن فوائده الأخرى الإرسال أكثر من 40 كيلومتر ومن مسوائه صعوبة النصب والصيانة و يحمّل الضوء على ليف زجاجي أو لب بلاستيكي و الليف الزجاجي يمكنه حمل الإشارة إلى مسافة أكثر إلا أن البلاستيك ارخص منه و هذا اللب يحاط بزجاج أو غلاف بلاستك (Cladding) لاحظ الشكل (3 – 10) .



الشكل (3 – 10) الكيبل (القابلو) الضوئي

4 – 3 منظومة الاتصالات الضوئية

تختلف منظومة الاتصالات الضوئية اختلافا جذريا عن بقية منظومات الاتصال بوصفها تستخدم حزم الأشعة الضوئية لنقل المعلومات وان عملية الإرسال والاستلام تتم بوسائل ضوئية . إن الحاجة إلى نقل كمية هائلة من المعلومات (حزمة عريضة من الترددات) وبسرعة عالية بأقل عدد من خطوط النقل دعت إلى التفكير في استخدام موجات ذات ترددات تقع في حدود تردد الضوء المرئي لنقل هذه المعلومات . لقد بقيت فكرة استخدام الأشعة الضوئية لنقل المعلومات غير عملية بسبب صعوبة وجود وسط تنتقل فيه هذه الموجات من دون توهين (تضعيف) شديد حيث أن انتقالها خلال الأثير يعني فقدان نسبة كبيرة من الطاقة التي تحملها . إلا أن النجاح الذي تحقق في اكتشاف الألياف الزجاجية كوسط ناقل لهذه الموجات فتح الطريق أمام منظومة الاتصالات الضوئية .

1 – 4 – 3 فكرة عمل الألياف الضوئية (البصرية) : Fiber Optics

الألياف الضوئية هي عبارة عن ظفيرة طويلة مصنوعة من زجاج بدرجة عالية من النقاء يصل سمكها إلى حد يماثل شعرة الإنسان. تصطف هذه الظفائر معا في حزمة تسمى القابلوات الضوئية (Optical Cables) .

أ- مكونات الألياف الضوئية :

1- اللب (Core) : وهو قلب من الزجاج الفائق النقاء يمثل المسار الذي ينتقل من خلاله الضوء .

2-الغلاف (Cladding) : وهو المادة الخارجية التي تحيط بالقلب الزجاجي (اللب) و هي مصنوعة من زجاج يختلف معامل انكساره عن معامل انكسار الزجاج الذي يصنع منه اللب و يعكس الضوء باستمرار ليظل في داخل القلب الزجاجي (اللب) .

3- الغلاف العازل (Buffer Coating): هو غلاف بلاستيكي يستعمل لحماية القلب من الضرر. وبصورة تفصيلية فان مكونات الليف الضوئي موضحة في الشكل (11 – 3).

الشكل (11- 3) الليف الضوئي

ب - أنواع الألياف الضوئية :

يوجد أنواع من الألياف الضوئية هي :

1 - ألياف أحادية النمط : Single Mode Fibers

وهو الليف الزجاجي الناقل لشعاع واحد ويكون فيه قطر اللب صغيراً جداً فمثلا يتراوح قطر لب ليف زجاجي قطره الكلي يقع بين (400 – 50) مايكرومتر بين (3 – 2) مايكرومتر ويمتاز بكونه يستطيع نقل حزمة عريضة جدا من الترددات تصل إلى GHz (100) لكل كيلومتر . ويستخدم لنقل المعلومات الهائلة بين الحاسبات الالكترونية وبسرع عالية جدا .

2 - ألياف متعددة النمط : Multi-mode Fibers

في هذا النوع يكون معامل انكسار قطر اللب لليف الزجاجي أعلى من معامل انكسار الغلاف الخارجي وتكون مساحة مقطع اللب الداخلي كبيرة نسبيا فإذا كان قطر الليف الزجاجي الكلي (125 مايكرومتر) مثلا فان قطر اللب الداخلي يساوي (50) مايكرومتر . تصل حزمة تردد المعلومات التي تنقل بهذا النوع من الليف الزجاجي إلى MHz (40) لكل كيلومتر. وتعتبر عالية إذا ما قورنت بالقابلو المحوري .ويدعى بعض الأحيان بالليف الزجاجي الناقل لحزمة من الأشعة الضوئية .

3 - ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار متدرج: Multimode Graded Index Fibers

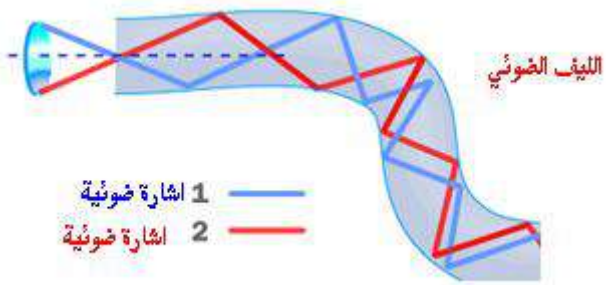
في هذا النوع يكون الغلاف واللب قطعة واحدة الا ان معامل الانكسار في مركز الليف الزجاجي يكون في أعلى قيمة له ويقل تدريجيا عند الابتعاد عن المركز ويمتاز هذا النوع بكونه يستطيع نقل إشارات ذات حزمة ترددات اعرض من النوع الثاني حيث تصل الى MHz (100) لكل كيلومتر .

4- ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي Multimode Step Index Fibers

يتألف الليف البصري من جزأين أساسيين هما لب الليف والذي يشغل مركز الليف يحيط به كساء تُضاف لذلك طبقة واقية تسمى الغلاف (Cladding). يصنع هذا النوع من الألياف البصرية من عناصر مختلفة من الزجاج ومركباته أو من السليكا المطعمة . تتميز هذه الألياف بكبر قطر اللب وكبر فتحة نفوذ الضوء والتي تمكن من دخول كمية كبيرة من الضوء لليف البصري وتعتمد خواص هذه الألياف على نوع الليف والمواد المصنعة منها وطريقة التصنيع وتُعدُّ الألياف المصنعة من السليكا المطعمة أفضل الألياف البصرية وتستخدم لنقل المعلومات لمسافة قصيرة وعرض نطاق محدود ،كما أن تكلفتها قليلة .

جـ - مبدأ عمل الألياف الضوئية

تتم عملية توجيه الضوء خلال مسار معين ولان الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة فانه سيصل للطرف الآخر . أما إذا كان المسار به انحناءات فبالإمكان وضع مرآيا عند الانحناء لتعكس الضوء إلى داخل المسار مرة أخرى. وهذا هو مبدأ عمل الألياف الضوئية. حيث ينتقل الضوء بوساطة الانعكاس المستمر عن الجدار المحاذي للقلب الزجاجي (Cladding) انعكاسا داخليا كليا. ولان هذا الجدار لا يمتص أياً من الضوء الساقط عليه فان الإشارة الضوئية يمكن أن تصل إلى مسافات طويلة من مكان إرسالها الى مكان استلامها. الشكل أدناه يوضح مبدأ العمل لهذه الألياف، لاحظ الشكل (12 – 3).



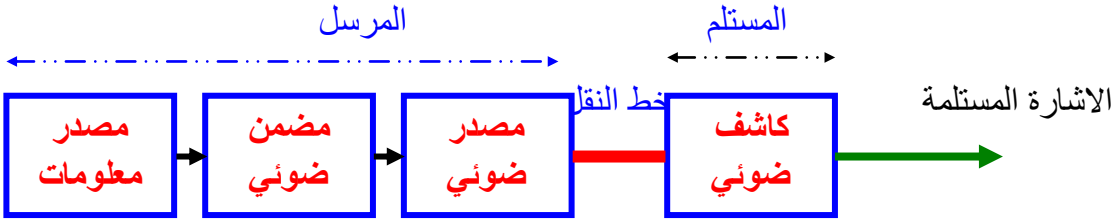
الشكل (12 – 3) كيفية انعكاس الحزم الضوئية لنقل المعلومات داخل الليف الضوئي

تتكون منظومة الاتصالات الضوئية من ثلاثة أجزاء رئيسة : لاحظ الشكل (13 – 3)

1- المرسل : Transmitter

2- خط النقل (ليف ضوئي) : Fiber-Optic

3- المستلم : Receiver



الشكل (13 – 3) يوضح كيفية مرور الضوء داخل الليف الضوئي

يجري تضمين المعلومات المراد إرسالها على شعاع ضوئي يولد عادة من الليزر او من الثنائي الباعث للضوء (LED) وبقدرات قليلة حيث أن التطور الحاصل بتوليد أشعة الليزر بوساطة المواد شبه الموصلة جعل بالإمكان صناعة مصادر توليد الليزر بكلفة قليلة نسبيا وبقدرات قليلة أيضا وبحجم صغير . إن هذه المعلومات تنقل الإشارة المحملة على أشعة الليزر تنتقل خلال الليف الزجاجي وفي جهة الاستلام يقوم كاشف ضوئي بإزالة التضمين .

د - مميزات وفوائد الألياف الضوئية :

1 - نطاق التردد يكون عريض جدا . يعني إمكانية نقل معلومات بسرعة عالية جدا .

2- قطرها صغير ووزنها خفيف .

3- لا تتعرض للتداخلات الكهرومغناطيسية مما يجعل الإشارة تنتقل بسرية تامة مما له أهمية خاصة في الأغراض العسكرية .

4- فقد اقل للإشارات المرسلة .

5- تتمتع الألياف البصرية بعدم تأثرها بالحث الكهرومغناطيسي الصادر من مصادر الكهرومغناطيسية الصناعية كالمحركات والمولدات .

6- الضوء الناقل لا يمكنه أن يحدث شرراً أو دائرة قصر .

7- تحتاج إلى طاقة اقل في المولدات لان الفقد عند التوصيل قليل .

8- تصنع معظم الألياف البصرية في وقتنا الحاضر من مادة السليكا والموجودة بكثرة في الرمل والتي يقل سعرها كثيراً عن معدن النحاس.

9- نظراً لأن الضوء هو الوسط الناقل للمعلومات في الألياف البصرية ولا يولد هذا الضوء أى مجال مغناطيسي خارج الكيبل فإن من الصعوبة التجسس ومعرفة المعلومات التي يحويها الكيبل البصري .

10 - وضعت المكررات Repeaters على مسافة 100 كم بين مكرر وآخر وهذا يقلل من عدد المكررات وبالتالي من صيانة النظم كما يزيد من الاعتماد على النظام لقلة الاجهزة المستخدمة بينما المسافة بين المكررات في النظام الهاتفي المستخدم حالياً تتراوح بين 4 الى 6 كم.

*** بسبب هذه المميزات فان الألياف الضوئية دخلت في الكثير من الصناعات و خصوصا الاتصالات و شبكات الكمبيوتر.**

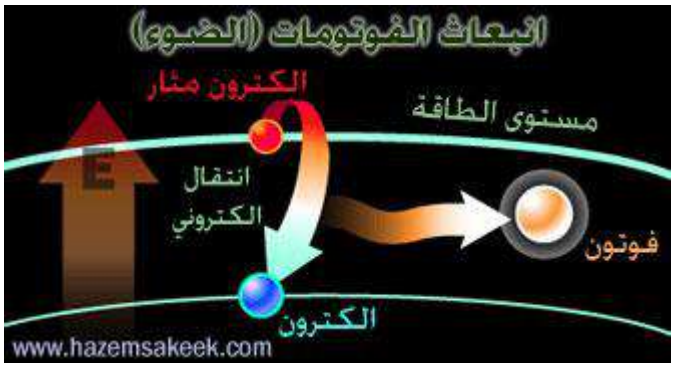
5 – 3 الليزر LASER

تضخيم الضوء بالانبعاث المهيج للإشعاعات (Light Amplification by Stimulation Emission of Radiation) جهاز الليزر عبارة عن مولد لأشعة ضوئية مركزة إلى درجة عالية وذات تردد واحد وطور واحد ثابتين ، ويقوم عمله على تعبئة (ضخ) طاقة ضوئية خارجية إلى ذرات إحدى المواد المكونة لليزر مثل (الكروم في الياقوت الأحمر) مما يؤدي إلى انتقال بعض الالكترونات لذرات تلك المادة من المدار الداخلي إلى مدار خارجي مجاور ، مكتسبة بذلك الطاقة وعند رجوع هذه الالكترونات إلى مداراتها الأصلية تبث شعاع الليزر الذي يتوقف تردده على مقدار الطاقة المحررة من الذرة لاحظ الشكل (14 – 3). إن شدة الطاقة الضوئية تعتمد على مقدار الالكترونات الساقطة ولابد من الإشارة هنا إلى انه من غير الممكن توليد أشعة الليزر باستخدام المواد التي تحتوي على اقل من ثلاثة مستويات طاقة واعتمادا على هذا المبدأ يعمل ثنائي الباعث الضوئي LED ويمتاز بسهولة الصنع وارخص من صناعة مصادر أشعة الليزر ويعطي شعاعا ضوئيا بطول موجي مفرد وبقدرة أعلى .

يتكون الضوء الاعتيادي من أمواج كهرومغناطيسية ذات ترددات عديدة في أطوار مختلفة ومتناثرة في اتجاهات مختلفة لذلك يُعدُّ ضوضاء بالنسبة للاستعمال في المواصلات اللاسلكية بالطرق الاعتيادية بينما يتكون شعاع الليزر من موجة كهرومغناطيسية ذات تردد واحد وطور واحد . وبسبب شعاع الليزر الثابت ونظرا لإنتاجه أشعة متوازية وبطور واحد أمكن تركيز أشعة الليزر في دائرة صغيرة لا يتعدى قطرها 0.0001 سم وهذا يعني إمكانية تركيز ضخم لطاقة الأشعة في بقعة صغيرة. تستخدم في لحام المعادن والعمليات الجراحية الدقيقة وفي حقول المواصلات اللاسلكية .وكذلك يستخدم في مشغل الاقراص الليزرية (CD ROM drive).

1

انتقال الكترون من مستوى طاقة قليل إلى مستوى طاقةاعلى



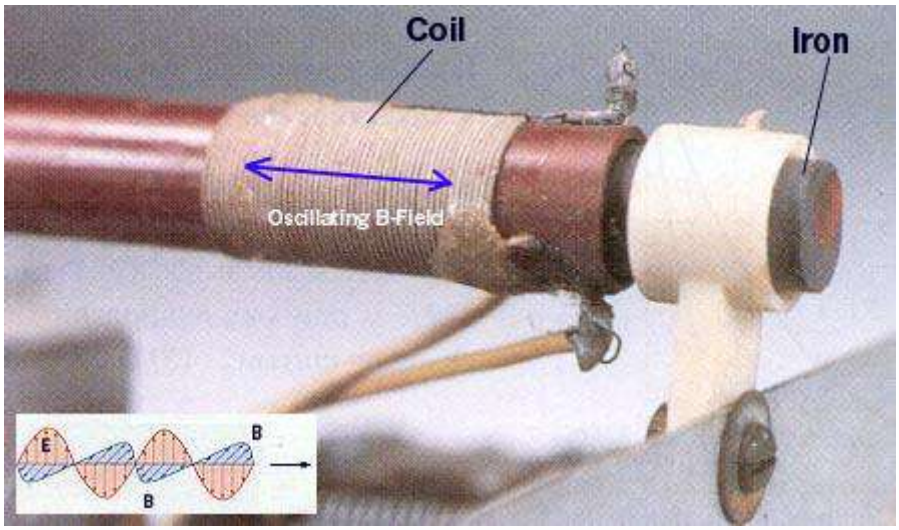
2

انتقال الكترون من مستوى طاقة اعلى إلى مستوى اقل يؤدي إلى انبعاث الليزر

الشكل (14 – 3) مستويات الطاقة للذرة

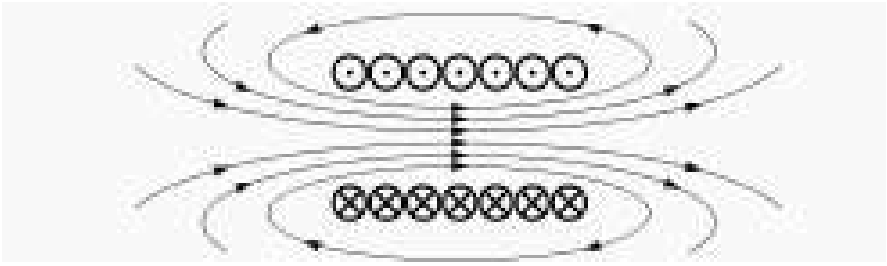
6 – 3 الموجات الكهرومغناطيسية : Electromagnetic Waves

في عام 1820 استطاع العالم (ارستد) اكتشاف العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية ومن تلك اللحظة ابتدأ علم الكهرومغناطيسية وأول نتاج لاكتشافات (ارستد) هو المغناطيس الكهربائي الذي يتكون من ملف يسري فيه تيار كهربائي يكّون مجالا مغناطيسا حول الملف وعند وضع الملف حول قطعة حديد تتضاعف قوة المغناطيس ألاف المرات ويمكن ضبط قوة المغناطيس بتغير كمية التيار المار بالملف وكانت أول فائدة من عملية المغناطيس الكهربائي هي في استعماله لإرسال البرقيات وفي الهاتف والمولدات الكهربائية وغير ذلك من مئات الاستعمالات لاحظ الشكل (3 – 15) .



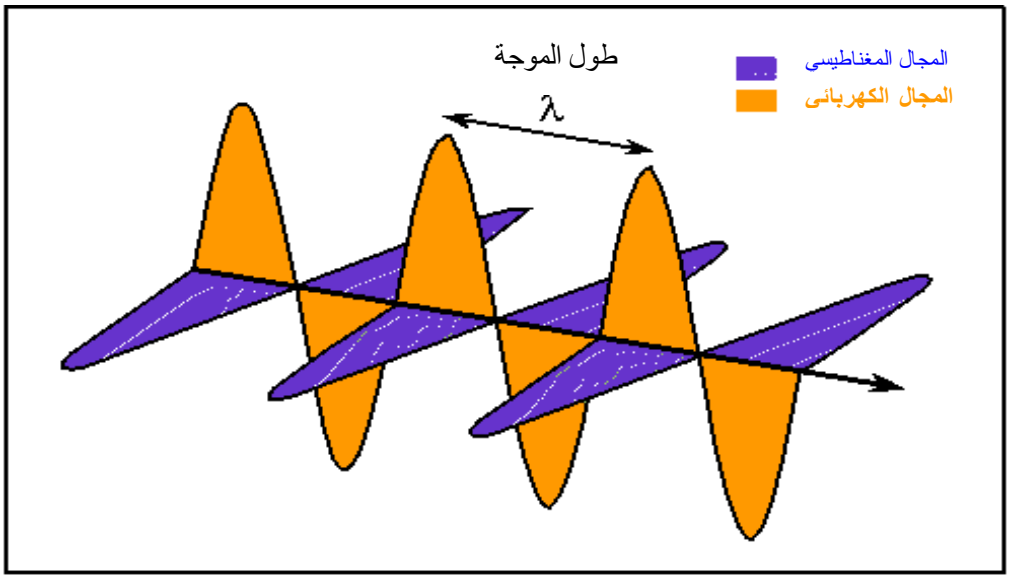
الشكل (3 – 15) خطوط المجال المغناطيسي

وعند ثني موصل لتكوين حلقة دائرية يحدث تراكب للمجالات المغناطيسية لهذا الموصل نتيجة مرور التيار الكهربائي خلاله لاحظ الشكل (3 – 16) .



الشكل (3 – 16) خطوط المجال المغناطيسي

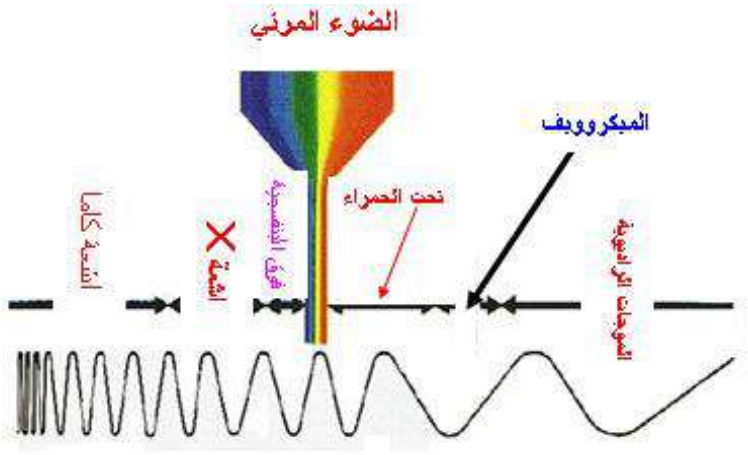
بالإمكان إنتاج أمواج مغناطيسية من دائرة كهربائية معينة وتكون هذه الأمواج مشابهة في طبيعتها إلى الأمواج الضوئية وقد تمكن العالم (هرتز) من اكتشاف طريقة في توليد الأمواج الكهرومغناطيسية باستعمال متسعة يمر فيها تيار إلى قيمة درجة التفريغ (Dischrge) خلال المتسعة ويسري هذا التيار ذهابا وإيابا بين صفيحتي المتسعة فهو تيار اهتزازي متذبذب (Oscillating Current) وهذه التذبذبات هي التي مكنت بث الأمواج الكهرومغناطيسية وتشع طاقة الموجات المتولدة من التذبذب او تعجيل الشحنات الكهربائية فلذلك فان الموجات الكهرومغناطيسية لها مركبتان كهربائية ومغناطيسية وتنتشر هذه الطاقة في الفراغ على شكل مجالين مترددين احدهما مجال كهربائي والآخر مجال مغناطيسي في مستويين متعامدين الواحد على الآخر وكلاهما متعامدان على خط انتشار الموجة لاحظ الشكل (3 – 17).



الشكل (17 – 3) الأمواج الكهرومغناطيسية

1– 6 – 3 الطيف الكهرومغناطيسي أو الأمواج الكهرومغناطيسية:

الطيف الكهرومغناطيسي أو الأمواج الكهرومغناطيسية مثل الضوء المرئي المايكروويف وأشعة اكس وأشعة كاما وموجات التلفزيون والراديو كلها عبارة عن موجات تعرف بالموجات الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Waves) وكلها لها الخصائص نفسها ولكنها تختلف في الطول ألموجي (Wave Length) أو التردد (Frequency)حيث ان المجال الكهربائي يتذبذب (يتموج) وينشئ من تذبذب الجسيمات المشحونة مثل الإلكترون ذو الشحنة السالبة والبروتون ذو الشحنة الموجبة مولدا الأمواج الكهرومغناطيسية. وهذا سبب تكون الأشعة الكهرومغناطيسية حيث أن تذبذب الشحنات المكونة للذرة يؤدي إلى انبعاث الطيف الكهرومغناطيسي حيث ان درجة الحرارة المتولدة أو أية مؤثرات أخرى هي التي تمد الشحنات بالطاقة ويعتمد الطول ألموجي للأشعة الكهرومغناطيسية على درجة إثارة الشحنة ومن هنا نجد أن الطيف الكهرومغناطيسي له مدى واسع وللتميز بين الأطوال الموجية أعطيت أسماء مختلفة مثل أشعة المايكروويف والأشعة المرئية وأشعة اكس وأشعة كاما وهكذا كما نلاحظ في الشكل (18 – 3) .



الشكل (3 – 18) الطيف الكهرومغناطيسي

2 – 6 - 3 خصائص الأشعة الكهرومغناطيسية :

الأشعة الكهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة هي سرعة الضوء، تنتقل هذه الأشعة في الفراغ وتنقل الطاقة من المصدر Source إلى المستقبل Receiver . تم اكتشاف هذه الأشعة على مراحل حيث كان العالم هرتز (Hertz) 1887 أول من عمل في هذا المجال وكانت في ذلك الوقت فقط أشعة الراديو والأشعة المرئية ومن ثم تم اكتشاف باقي الطيف الكهرومغناطيسي من خلال الملاحظات والظواهر الفيزيائية. الأشعة الكهرومغناطيسية لها طول موجي (Wave Length) وتردد (Frequency) يحدد خصائصها وترتبط سرعة الأشعة الكهرومغناطيسية مع التردد والطول ألموجي من خلال المعادلة:

سرعة انتشار الموجة = طول الموجة × التردد

س= ل × د

حيث ان وحدة التردد هي (هرتز) ووحدة الطول ألموجي هي المتر كما هو واضح في المخطط للطيف الكهرومغناطيسي حيث يبدأ من أمواج الراديو ذات الطول ألموجي الطويل والتردد المنخفض ثم منطقة أشعة المايكروويف ومنطقة الأشعة تحت الحمراء ثم منطقة الأشعة المرئية ثم منطقة الأشعة فوق البنفسجية ثم منطقة أشعة اكس ثم منطقة أشعة كاما مع ملاحظة العلاقة العكسية بين التردد والطول ألموجي وهذا التسلسل هو تبعاً لزيادة تردد هذه الموجات. ولكل منطقة من مناطق الطيف الكهرومغناطيسي خصائص تميزها عن بعضها البعض وبناء عليه نتجت تطبيقات مختلفة لهذه الأشعة وللعلم فإن منطقة الطيف المرئي هي التي تستجيب لها شبكية العين لتتمكن من رؤية الأشياء من حولنا .

الأشعة الكهرومغناطيسية لها طاقة تعطى بالمعادلة:

$$E = h\,v$$

حيث أن الثابت h هو ثابت بلانك $h = 6.6\times10^{-34}\ J.s$

E تمثل الطاقة والـ v تمثل التردد

وتستخدم وحدة الإلكترون فولت للتعبير عن طاقة الأشعة الكهرومغناطيسية

$$1\ e.v = 1.6 \times 10^{-19}\ J$$

حيث أنه كلما زاد تردد الأشعة الكهرومغناطيسية ازدادت الطاقة وكما نعلم أن جسم الإنسان يتحمل طاقة أقصاها طاقة الطيف المرئي (visible) وتعُدُّ طاقة الطيف فوق الأزرق ضارة وتسبب حرق لخلايا الجسم وكذلك طاقة أشعة اكس تستطيع اختراق جلد البشر والتعرض لها يسبب خطورة كبيرة .

7 - 3 أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية

هناك أنواع عديدة من الأشعة كما تم توضيحه في الشكل (18 – 3) مثل الموجات الراديوية، وموجات المايكروويف .

1 – 7 – 3 الموجات الراديوية

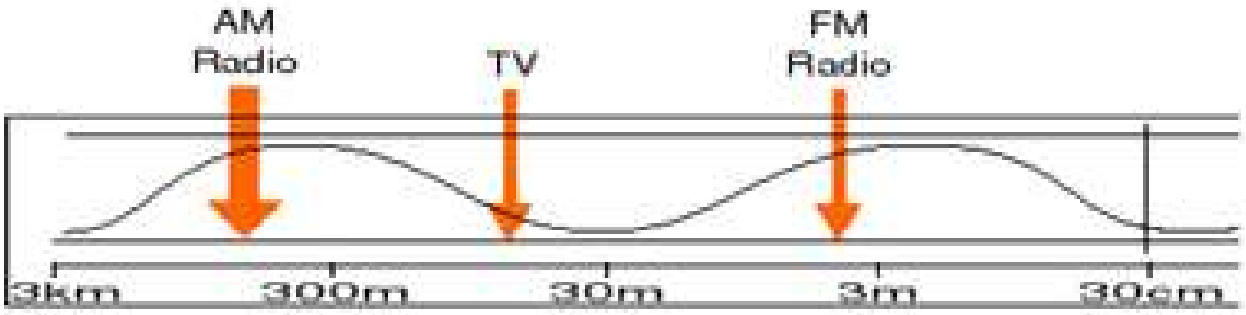
كان لتجارب العلماء مثل هرتز (Hertz) وماكسويل (Maxwell) وفرداي (Faraday) واختراع التلغراف بوساطة العالم ماركوني (Marconi) الفضل في اكتشاف الأمواج الراديوية وفهمها واستخدامها في العديد من التطبيقات. الأمواج الراديوية لها اكبر طول موجي في الطيف الكهرومغناطيسي وتستخدم في نقل إشارة الصوت ونقل إشارة التلفزيون ولها تطبيقات في مجالات مختلفة منها :

1 - في المجال الطبي :

تستخدم أمواج الراديو لنقل المعلومات الخاصة بنبضات قلب المريض من موقعه إلى المستشفى التي يتواجد فيها الطبيب المختص. فيمكن الطبيب من إعطاء تعليماته للمسعفين لتقديم الإسعافات الأولية له.

2 - في المجال الصناعي :

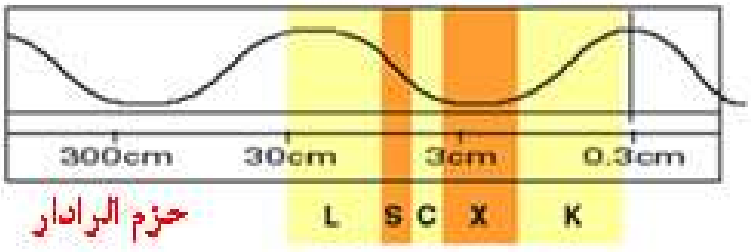
تستخدم أمواج الراديو في المجالات الصناعية في الاتصال بين المؤسسة وموظفيها وتمكنهم من تبادل المعلومات من مواقع عملهم. كذلك تستخدم في أجهزة السيطرة عن بعد للتحكم في الأجهزة ، يقوم علماء الفلك باستخدام تلسكوبات خاصة لالتقاط أمواج الراديو من الفضاء الخارجي لاحظ الشكل (19 – 3) .



الشكل (3 – 19) الطيف ألموجي للترددات الراديوية

2 – 7 - 3 أمواج المايكروويف

أمواج المايكروويف هي جزء من الأمواج الكهرومغناطيسية ذات طول موجي طويل يقاس بالسنتمتر من(0.3 إلى 30) سنتمتر ولهذه الأمواج استخدامات عديدة منها في طهي الطعام وهو ما يعرف بفرن المايكروويف (Microwave Oven) كما تستخدم في الاتصالات ونقل المعلومات وأجهزة الاستشعار عن بعد وأجهزة الرادار . لاحظ الشكل (3 – 20)

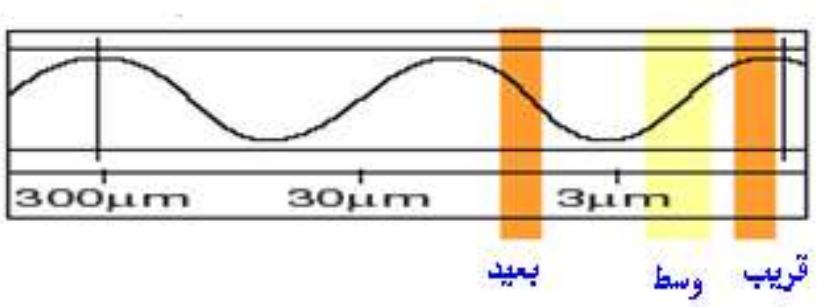


الشكل (3 – 20) الطيف ألموجي لأشعة المايكروويف

3 – 7 - 3 الأشعة تحت الحمراء : Infrared

منطقة الأشعة تحت الحمراء هي التي يكون ترددها اقل من تردد الأشعة الحمراء في الطيف الكهرومغناطيسي المرئي . الأجهزة التي تستخدم الأشعة تحت الحمراء يمكنها الرؤية في الظلام الدامس لأنها تعتمد على الإشعاع الحراري المنطلق من الأجسام, ويسمى الجهاز المستخدم للرؤية الليلية بالبولوميتر Bolometer .يقع طيف الأشعة تحت الحمراء بين الطيف المرئي وطيف أشعة المايكروويف.

تغطي الأشعة تحت الحمراء منطقة واسعة من الطيف الكهرومغناطيسي وتقسم على ثلاث مناطق وهي :
الأشعة تحت الحمراء القريبة (Near Infrared) وهي الأقرب إلى الأشعة المرئية وبالتحديد اللون الأحمر .
الأشعة تحت الحمراء البعيد (Far infrared) وهي التي تكون الأقرب إلى أشعة المايكروويف .
الأشعة تحت الحمراء الوسطى (Med infrared) وهي التي تقع بين المنطقتين السابقتين. لاحظ الشكل (21 - 3)



الشكل (21 - 3) يوضح موقع الأشعة تحت الحمراء بالنسبة للمايكروويف

الأشعة تحت الحمراء هي أشعة حرارية وتنبعث من كافة الأشياء من حولنا مثل الفرن أو المصباح الحراري أو من الاحتكاك أو من تسخين أي جسم وتنبعث كذلك من أجسامنا وهي الأشعة التي تصلنا من الشمس ويشعر الجلد بالدفء عند التعرض إلى أشعة الشمس .

يجب التأكيد على نقطة هامة وهي أن الأشعة تحت الحمراء القريبة لا تعد ساخنة ولا يمكن الشعور بها وهي التي تستخدم في أجهزة التحكم عن بعد .

الأشعة تحت الحمراء لها تطبيقات في المجالات كافة منها :

أ - في المجال الطبي:

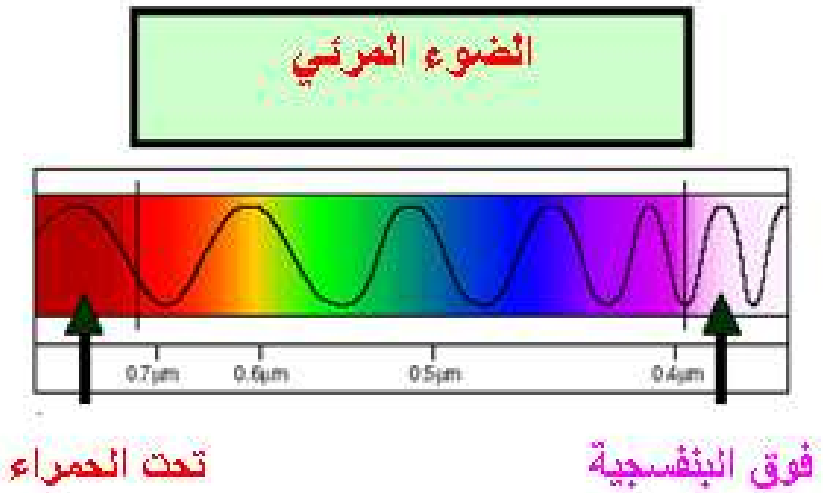
يستخدم الأطباء الأشعة تحت الحمراء لمعالجة الأمراض الجلدية ولتخفيف الألم الذي قد يصيب العضلات . تتم هذه المعالجة بتسليط الأشعة تحت الحمراء على جسم المريض حيث تخترق الجلد وتعمل على تدفئة الجلد بدرجة معينة لتنشيط الدورة الدموية .

ب - في المجال الصناعي:

استخدمت الأشعة تحت الحمراء في بعض الأفران الخاصة للطلاء الجاف للأسطح مثل الجلد والمعادن والأوراق والأقمشة .كذلك طور العلماء بعض النوافذ الخاصة المستخدمة في المكاتب والمنازل بحيث تعكس الأشعة تحت الحمراء وبهذا يمكن الحفاظ على درجة حرارة ثابتة للمكاتب .كما يستخدم بعض المصورين أفلام حساسة للأشعة تحت الحمراء للتصوير في الظروف التي ينعدم فيها توفر الأشعة المرئية أي التصوير في الظلام باستخدام طيف الأشعة تحت الحمراء .

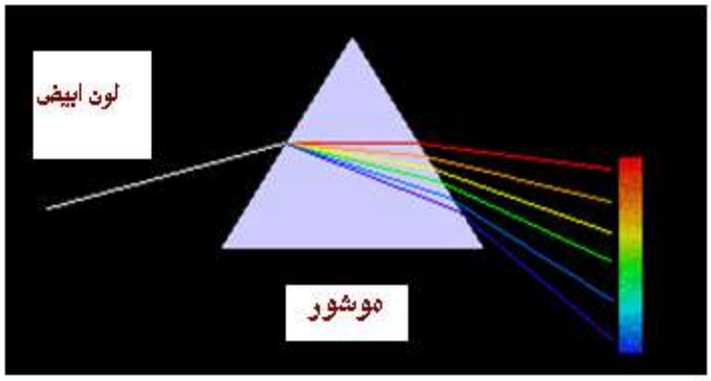
4 – 7 – 3 الأشعة المرئية :

وهو الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي نراه ونرى بوساطته . يكون هذا الطيف على شكل ألوان كالتي تظهر في السماء بعد سقوط المطر وتعرف بقوس قزح. لاحظ الشكل (22 – 3)



الشكل (22 - 3) الطيف الموجي للأشعة المرئية

لكل لون من هذه الألوان طول موجي خاص يكون فيها اللون الأحمر أطول طول موجي في الطيف المرئي بينما يكون اللون الأزرق أقصر الأطوال الموجية . مزج هذه الألوان مع بعضها البعض يعطي اللون الأبيض. ولتحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف نستخدم موشور كما في الشكل (23- 3) حيث ينحرف (ينكسر) كل لون بزاوية خاصة حسب طوله ألموجي .



الشكل (23 – 3) تحليل الضوء باستخدام الموشور

الشمس مصدر أساسي للأشعة المرئية ولولاها لما تمكنا من رؤية الأشياء من حولنا حيث أن عملية الإبصار تعتمد على انعكاس هذا الطيف الكهرومغناطيسي من الأجسام وسقوطها على العين فاللون الأحمر يعكس اللون الأحمر ويمتص باقي الألوان ولذلك نراه احمر وهكذا بالنسبة لبقية الألوان وتتكون الصورة المرئية بتجميع هذه الانعكاسات على شبكية العين. ولكن يجب التنويه هنا إلى أن العين غير مبصرة لبقية الطيف الكهرومغناطيسي وقد طور الإنسان كاميرات تستطيع استخدام نطاقات أخرى من الطيف الكهرومغناطيسي غير المرئي .

5 – 7 – 3 الأشعة فوق بنفسجية :

الأشعة فوق البنفسجية لها طول موجي أقصر من الطول ألموجي للضوء الأزرق وهي غير مرئية ومن فوائد هذه الأشعة أنها تساعد على تنشيط التفاعلات الكيميائية في النباتات ولكن التعرض لها أكثر من اللازم يقتل الخلايا النباتية . اكتشفت الأشعة فوق البنفسجية في العام 1801 من قبل العالم (Johanna W. Ritter) بوساطة تجربة عملية قام فيها باستخدام موشور لتحليل ضوء الشمس إلى ألوانه الأساسية وتعريض كل لون على عينة من الكلوريد ولاحظ أن الضوء الأحمر يحدث تأثيراً طفيفاً للكلوريد ولكن الضوء ذا اللون البنفسجي سبب في اسمرار لون الكلوريد وبمجرد تعريض الكلوريد إلى المنطقة بعد اللون البنفسجي احترقت عينة الكلوريد تماماً، وهذا إثبات على وجود طيف كهرومغناطيسي غير مرئي بعد اللون البنفسجي أطلق عليه بالأشعة فوق البنفسجية(Ultraviolet).

قسم العلماء منطقة طيف الأشعة فوق البنفسجية إلى ثلاث مناطق وهي:

1- الأشعة فوق البنفسجية القريبة (Near Ultraviolet) وهي الأشعة ذات الطيف القريب من الطيف المرئي .

2- الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة (Far Ultraviolet) وهي التي تقع بين المنطقة القريبة والمنطقة البعيدة .

3- الأشعة فوق البنفسجية البعيدة (Extreme Ultraviolet) وهي الأقرب إلى أشعة اكس والتي لها اكبر طاقة.

كما ان للأشعة فوق البنفسجية تطبيقات عدة في جميع المجالات منها :

أ - في المجال الطبي :

تستخدم الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من مصابيح خاصة في تعقيم أدوات الجراحة حيث أن الأشعة فوق البنفسجية تكون قاتلة للبكتيريا والفيروسات . الا ان هناك خطورة من الأشعة فوق البنفسجية حيث ان التعرض لأشعة الشمس المباشرة التي تحتوي على الأشعة فوق البنفسجية يسبب ألام شديدة في العين أو حروق في الجلد أو سرطان الجلد .

ب - في المجال الصناعي :

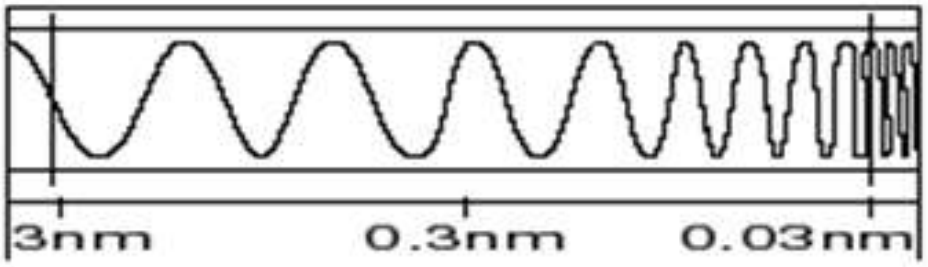
تستخدم الأشعة فوق البنفسجية في صناعة الدوائر الإلكترونية الرقيقة .ومن خلال مصابيح خاصة تتم دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على المواد حتى نتأكد من صمودها تحت أشعة الشمس قبل استخدامها في الصناعات المختلفة. ويستخدم العلماء الأشعة فوق البنفسجية في دراسة مستويات الطاقة للذرات المختلفة . كما يسهل عملية تحديد المسافات بين المجرات والنجوم.

جـ - في مجال الفلك :

كما أن هذه الأشعة تسبب دماراً للنباتات التي تحافظ على طبقة الأوزون .وللوقاية يمكن استخدام النظارات الشمسية التي تمتص هذه الأشعة والابتعاد عن التعرض لأشعة الشمس المباشرة .وتجدر الإشارة إلى أنَّ شاشات التلفزيون تبعث أشعة فوق البنفسجية بالإضافة إلى الأشعة المرئية ولهذا يجب أن تكون شاشات التلفزيون بعيدة عنا بما فيه الكفاية لتقليل خطورة هذه الأشعة.

6 – 7 – 3 أشعة اكس : X-rays

تنتج أشعة اكس (السينية) عندما تفقد الإلكترونات طاقتها فجأة عند اصطدامها بذرات أخرى. الجهاز الذي ينتج أشعة اكس يعمل على تعجيل الإلكترونات المنبعثة من فتيلة إلى سرعات عالية لتصطدم بمعدن يسمى الهدف (Target) وعندما تعطي الإلكترونات المعجلة جزءاً من طاقتها إلى ذرات المعدن لإثارته والجزء الباقي ينبعث على صورة أشعة كهرومغناطيسية (أشعة اكس) لاحظ الشكل (24 – 3) .



الشكل (24 - 3) الطيف الموجي للأشعة السينية

بعد دراسة طيف أشعة اكس وتحليله تبين أن له طولاً موجياً أقصر من الطول ألموجي للأشعة فوق البنفسجية وهذا يعني أن طاقتها أكبر . لاشعة اكس تطبيقات عدة منها :

أ - في المجال الطبي :

عند تسليط أشعة اكس على جسم الإنسان لمدةٍ زمنيةٍ متناهية في القصر يمكن تصوير العظام، حيث أنها تنفذ من الجلد ولا تنفذ من العظم وبهذا تستخدم في تشخيص الكسور التي قد تصيب العظام. إن التعرض لهذه الأشعة أكثر من اللازم يؤدي إلى الإصابة بمرض السرطان أو حرق لخلايا الجلد أي أنها أشعة خطيرة على الخلايا الحية، وللحماية منها يستخدم جدار حاجز من الرصاص حيث أن الرصاص أكثر المواد امتصاصاً لهذه الأشعة . كما أن الغلاف الجوي يحمي الكرة الأرضية من هذه الأشعة المنبعثة من الشمس أو النجوم حيث يقوم بامتصاصها قبل وصولها إلى سطح الأرض وخطورة ثقب الأوزون تكمن من وجود ثغرة يمكن لهذه الأشعة النفاذ منها إلى سطح الأرض.

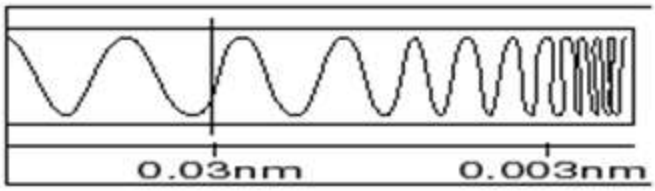
ب - في المجال الصناعي:

تستخدم أشعة اكس لفحص المواد المستخدمة في التصنيع والتأكد من جودتها، وكذلك في الكشف عن المواد المخبأة عند التفتيش ، ولمعرفة المواد الداخلة في تركيب مادة مجهولة .

7 - 7 – 3 أشعة كاما : Gamma-rays

هذه الأشعة ذات الطول ألموجي الأقصر في الطيف الكهرومغناطيسي وذات الطاقة الأعلى وذلك لأنها تنتج من التصادمات النووية وكذلك من العناصر المشعة . وكما هو الحال في إنتاج أشعة اكس يتم تعجيل الإلكترونات بوساطة فرق جهد عالٍ باستخدام معجلات خاصة مثل السيكلترون(cyclotron) والسنكلترون (synchrotron).تنتج أشعة كاما من الشمس

نتيجة للتفاعلات النووية وتصل طاقة أشعة كاما إلى مليون إلكترون فولت كما أن العناصر المشعة مثل اليورانيوم تنتج أشعة كاما، لاحظ الشكل (25 – 3) .



الشكل (25 - 3) الطيف ألموجي لأشعة كاما

تقطع أشعة كاما مسافات فلكية في الفضاء وتمتص هذه الأشعة فقط عند اصطدامها بالغلاف الجوي للكرة الأرضية. وبهذا يشكل الغلاف الجوي حماية للمخلوقات الحية من هذه الأشعة .

ولأشعة كاما تطبيقات عدة منها :

أ - في المجال الطبي :

تستخدم أشعة كاما في الطب لقتل الخلايا السرطانية ومنعها من النمو. حيث تنفذ أشعة كاما في الجلد وتعمل على تأين الخلايا وهذا يسبب قتل تلك الخلايا .الاّ أنّ التعرض لها ايضاً يسبب تأين للخلايا البشرية وتتسبب بصورة رئيسية في الإصابة بالسرطان. ولوقاية الأشخاص الذين يعملون في مجال أشعة كاما يستخدم حاجز سمكه 1 سم من الرصاص حيث أن له أكبر معامل امتصاص لهذه الأشعة .

ب - في المجال الصناعي:

تستخدم أشعة كاما في الصناعة لفحص أنابيب البترول واكتشاف نقاط الضعف فيها . حيث تستخدم أشعة كاما في تصوير هذه الأنابيب بتسليط أشعة كاما على الأنابيب ويوضع فيلم حساس خلف الأنابيب وتتكون صورة الظل على الفيلم. وكذلك تستخدم أشعة كاما في تخليص المواد الغذائية المصنعة من الجراثيم والبكتيريا، وتستخدم أشعة كاما في عمل المفاعلات والقنابل النووية .

3-8 جهاز القرص الليزرى CD

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

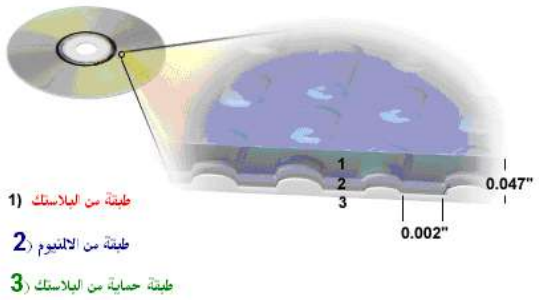
جاءت تسميتها بهذا الاسم (سى دي) من أول أحرف للاسم الإنجليزي
سي دي CD (Compact Disk)

3-8-1 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. ويوجد ايضا اقراص بقطر يقارب 8 سم له القابلية على تخزين 193 MB بزمن 22 دقيقة، وتوجد كذلك اقراص الـ DVD لها القابلية على تخزين مايقارب الـ9GB، وهناك انواع عديدة وبسعات مختلفة. وبدراسة تركيب قرص CD يمكن فهم كيف يمكن تخزين هذا الكم الهائل من المعلومات على المساحة الصغيرة نسبياً

3-8-2 مكونات قرص CD

يتكون قرص الـ CD من البلاستيك بسمك قدره 1.2 ملم تعرف باسم polycarbonate وعلى هذه الطبقة توجد طبقة رقيقة من الألمنيوم اللامع بسمك 1.25 نانومتر مغطاة بطبقة حماية من مادة الاكريلاك acrylic كما في الشكل (3 - 26) .



الشكل (3 - 26) 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 يوجد بطاقات بحجم بطاقة business cards يمكن وضعها في جهاز قارئ CD وتحتوي على بيانات بسعة تخزينية قدرها 2 ميجابيت.

لاحظ الشكل (3 - 27) .

الشكل (27 - 3) 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 (28 - 3) ويفصل بين المسار والذي يليه مسافة تبلغ 1.6 ميكرون. وهذه مساحات متناهية في الصغر وللتوضيح أكثر نفترض أننا قمنا تحويل المسار اللولبي إلى مسار مستقيم 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 (28 - 3) صورة مكبرة للمسارات اللولبية في قرص الـ CD

3-9 مشغل القرص الليزري CD Rom Drive

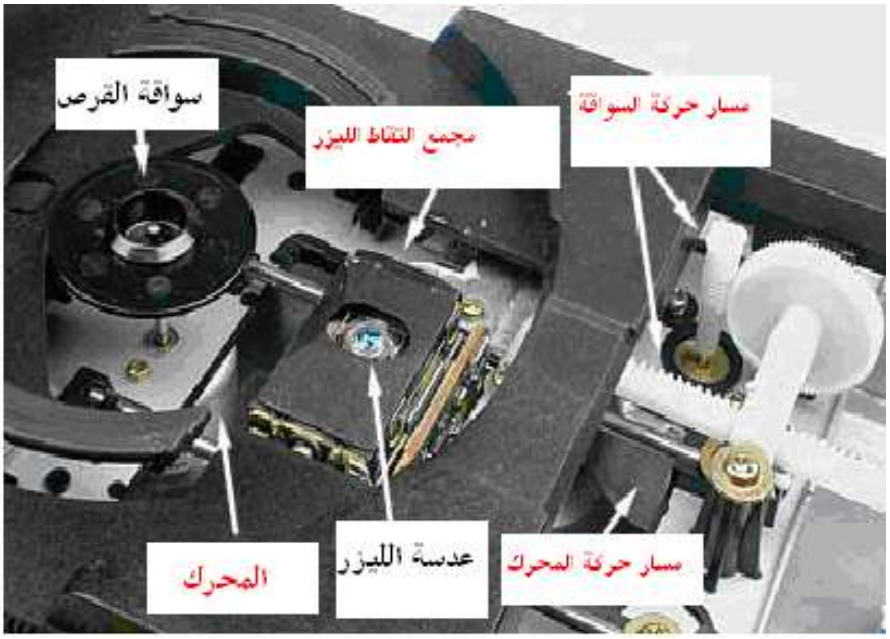
يقوم جهاز مشغل أقراص CD بالبحث عن المعلومات المخزنة في صورة Bits على المسارات اللولبية وقراءتها وهذا يتطلب دقة عالية. ويمكن تقسيم مشغل أقراص CD على ثلاثة أقسام رئيسة هي :

- 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 (29 - 3).

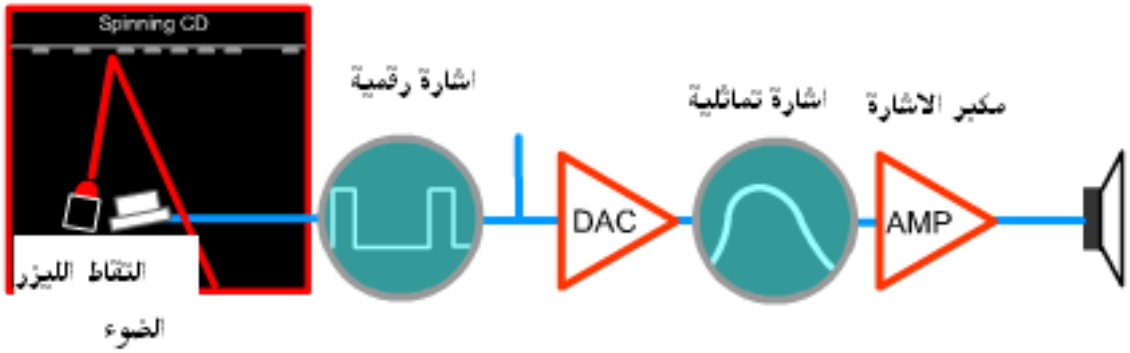
الشكل (29 - 3) مشغل أقراص الـ CD

يحتوي مشغل الأقراص على قطع الكترونية تقوم بتحويل البيانات المخزونة في صورة رقمية Digital إلى إشارة تماثلية Analogue كما هو الحال في استخدامه لسماع الموسيقى أو لنقل البيانات إلى الحاسبة الالكترونية لاحظ الشكل (30 - 3) .



الشكل (30 -3) مكونات مشغل الأقراص

إن الوظيفة الأساسية لمشغل أقراص CD هي تركيز أشعة الليزر على المسارات التي تحتوي البيانات، حيث تنفذ أشعة الليزر من الطبقة البلاستيكية لتسقط على طبقة الألمنيوم العاكس، وحيث أن المسارات تحتوي على البيانات على شكل Bits متقطعة مما يسبب في اختلاف انعكاس شعاع الليزر على هذه المناطق والمناطق التي لا تحتوي على البيانات وبالتالي يكون الشعاع المنعكس عبارة عن نبضات متقطعة هي بمثابة 1 , 0 هذه النبضات المتقطعة يقرأها الثنائي الضوئي ثم يحول النبضات الضوئية إلى تيار كهربائي . تقوم أجهزة الكترونية في مشغل أقراص الـ CD بتفسير هذه التيارات الكهربائية الناتجة من الـ Bits المخزونة على القرص وتحويلها إلى معلومات، لاحظ الشكل (3-31).



الشكل (31 - 3) عملية نقل البيانات المخزونة على القرص

من 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 الزاوية للقرص في نصف قطر المسار. ولهذا يجب على المحرك المتحكم في تحريك الليزر أن يتباطأ كلما اتجهنا من المسار الداخلي إلى المسار الخارجي لنحافظ على معدل تدفق ثابت للبيانات، لاحظ الشكل (3-32) .

الشكل (3-32) محرك القرص

الخلاصة :

- المقصود بكلمة موجة محملة هي الموجة التي تقوم بحمل اشارة المعلومات (مثل الكلام) الممثل بموجة كهربائية من مصدره إلى محل وصوله .
- الكشف هو استخراج اشارة المعلومات (مثل الكلام) المرسلة أي فصلها عن الموجة المحملة وإرسالها إلى دائرة كهربائية تقوم بتحويلها إلى كلام مسموع ، كما ان عمليه التضمين في المرسلة تتم بجمع او طرح الموجة الممثلة للكلام مع الموجة المحملة .
- يتم التوزيع باستخدام القابلوات التي تدفن تحت الأرض وتدعى بالقابلوات الأرضية وبعمق (1) متر وتوضع داخل أنابيب من خلال فتحات Manholes وتستخدم حزمة او درع من الفولاذ لحمايته .
- عندما تنصب موصلات الخط العالية عن الأعمدة فان الخط يدعى بالخط الهوائي Arial Line و الخطوط القضبانية تكون إحدى النماذج التي تتألف من الموصلات من دون العازل ومتصلة على عوازل مثبتة على أعمدة خشبية او أعمدة معدنية .
- القابلوات المحورية (Coaxial Cable) تتكون من سلك موصل من النحاس يحيط به عازل من البلاستك وتلف عليه طبقة من الأسلاك الشعرية وتغلف بمادة بلاستيكية عازلة من كلوريد البولي فينيل PVC او مادة ليثنرويلين والمستخدمة في الهاتف تحيط بها شبكة شعرية (Shield) ولها تحمل درجات حرارية عالية.
- من أنواع القابلوات المستعملة في الاتصالات هي القابلوات المحورية ، والأسلاك المزدوجة المبرومة ، والليف الضوئي .
- الألياف الضوئية هي عبارة عن ظفيرة طويلة مصنوعة من زجاج بدرجة عالية من النقاء يصل سمكها الى حد يماثل شعرة رأس الإنسان تصطف هذه الظفائر معا في حزمة تسمى القابلوات الضوئية (Optical Cables) .
- أنواع الألياف الضوئية هي ألياف أحادية النمط ، ومتعددة النمط ذات معامل انكسار عتبي ، وذات معامل انكسار متدرج .
- من الإشعاعات الكهرومغناطيسية هي أمواج الراديو ، و أمواج المايكروويف ، والأشعة تحت الحمراء ، والأشعة المرئية ، والأشعة فوق البنفسجية ، وأشعة X .
- يتكون قرص CD من البلاستيك بسمك 1.2 ملم تعرف باسم البولكاربونت عليها طبقة رقيقة من الألمنيوم سمك 1.25 نانومتر مغطاة بطبقة حماية من مادة الالكريلاك .

أسئلة للمراجعة :

1) اشرح مع الرسم كيفية تحميل الصوت في جهاز الهاتف الاعتيادي .
2) اشرح مع الرسم طريقة التكلم بالهاتف باتجاهين .
3) وضح إجابتك مع الرسم شبكات التوزيع و التشييد من البدالة إلى المشتركين .
4) عدد أنواع القابلوات و اشرح واحدة منها مع الرسم .
5) اشرح مع الرسم قابلو الليف الضوئي .
6) ما هي فكرة عمل الألياف الضوئية ؟ وضح إجابتك مع الرسم .
7) عدد أنواع الألياف الضوئية و اشرح واحدة منها .
8) اشرح بالتفصيل ما تعرفه عن أشعة الليزر .
9) ما خصائص الأشعة الكهرومغناطيسية ؟
10) اشرح أمواج المايكروويف مستعينا الرسم .
11) وضح بالتفصيل تطبيقات أشعة كاما .
12) عدد مكونات القرص الليزري
13) اشرح مع الرسم مشغل القرص الليزري

مسائل :

س1) وضعت بدالة في مركز توزيع المشتركين لأربعة اتجاهات لتجهيز 3200 زوج من القابلو وهي 600, 1000, 1600, 3200 ارسم خطوط التوزيع لتجهيز المشتركين .

س2) المطلوب إرسال نغمة بالتردد 400Hz مع تردد حامل 7000Hz خلال سلكي الهاتف من الطرف A إلى الطرف B بواسطة تضمين الموجة المحملة احسب الترددات بعد المزج و الخارجة من الكاشف ، وضح إجابتك بالرسم .

الفصل الرابع

الهاتف الخلوي (المحمول)
Cellular Telephone

1- مقدمة عن جهاز الهاتف الخلوي
2 – مزايا اتصالات الجوال
3 – عمل مكتب التحويلات MTSO
4- تركيب جهاز الهاتف الخلوي
5- نظام GPS ونظام GIS
6 - الخلاصة
7- أسئلة للمراجعة

الفصل الرابع

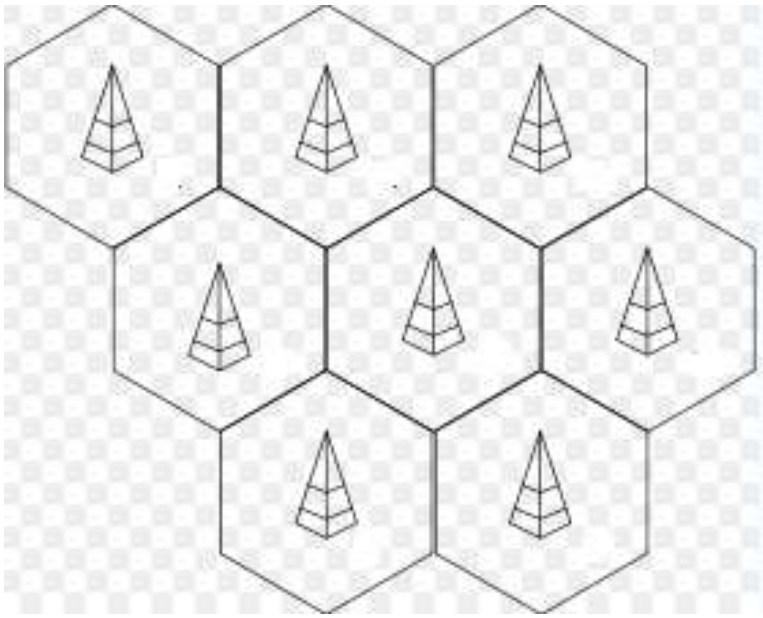
الهاتف الخلوي (المحمول) Cellular Telephone

1 - 4 تمهيد :

جهاز الهاتف الخلوي (الجوال) هو جهاز يشبه في عمله جهاز الراديو، ولكن الجوال بدرجة عالية من الدقة والتعقيد. والاتصالات اللاسلكية تطورت نتيجة لاختراع وتطور أجهزة الراديو. و من الطبيعي أن تتحد وتندمج فكرة الهاتف والراديو معا. قبل اختراع الهاتف الخلوي كان الأشخاص الذين يحتاجون إلى الاتصال اللاسلكي بأجهزة متنقلة نتيجة لطبيعة عملهم كسائقي السيارات مثلا استخدموا هواتف الراديو (Radio Telephone) . في هذه الأنظمة من الهواتف لا يوجد سوى محطة إرسال مركزية واحدة (هوائي) و25 قناة اتصال فقط تحتوي على جهاز إرسال قوي ليغطي مسافة (100– 70) كم.

هذا بالنسبة لهواتف الراديو، أما في نظام الهاتف الخلوي فإن المدينة تقسم على خلايا صغيرة cells وفي كل خلية توجد محطة إرسال (هوائي)، وبهذه الطريقة يمكن إعادة استخدام التردد نفسه على كل المدينة وبالتالي فإن الملايين من الأفراد يمكنهم استخدام الهاتف الخلوي في الوقت نفسه .

ولتوضيح فكرة تقسيم المدينة على خلايا لاحظ الشكل (1 - 4) ، حيث تقسم المدينة على خلايا كل خلية بمساحة 26 كيلومتر مربع وتأخذ شكلاً سداسي الأضلاع . كل خلية من الخلايا التي قسمت عليها المدينة تحتوي على محطة تقوية تحتوي على برج يحمل معدات إرسال راديوية .



الشكل (1 - 4) تقسيم المدينة الى خلايا سداسية

تقسيم المدينة على خلايا Cells أدى إلى تسمية الجوالات Cell Phone أي الهاتف الخلوي وهذا هو الأساس في التسمية، أما كلمة المحمول والجوال فهي دلالات على قابلية التحدث من أي مكان في العالم .

لفهم عمل الهاتف الخلوي سوف نقوم بمقارنته مع بعض الأجهزة اللاسلكية مثل جهاز CB radio وهو اختصار باسم جهاز راديو حزمة المدينة (City Band Radio) ، الشكل (2 - 4).

الشكل (2 - 4) جهاز اتصال لاسلكي نوع راديو حزمة المدينة

كما سوف نقارن الجوال بجهاز أخر معروف أكثر لنا وهو جهاز walkie-talkie وهو جهاز يعمل بنظام راديو إرسال واستقبال ، لاحظ الشكل (3 - 4).

الشكل (3 - 4) جهاز نوع Walkie-Talkie

عناصر المقارنة بين جهازي CB radios وWalkie-Talkie وجهاز الجوال هي :

1. طريقة الاتصال Duplex
2. القنوات Channels
3. المدى Range

1 - طريقة الاتصال Duplex

كلٌّ من جهازي CB radios و Walkie-Talkie من الأجهزة التي تعمل على نظام half-duplex، حيث يتم الاتصال بين شخصين باستخدام التردد نفسه ، لذا فإن شخصاً واحداً فقط يستطيع التحدث والأخر يستمع . أما الجوال فيعمل بنظام full-duplex وهذا يعني أن هناك تردداً مخصصاً للحديث وتردداً آخر مختلفاً للاستماع مما يعني أن كلا الشخصين يمكنهما التحدث في الوقت نفسه .

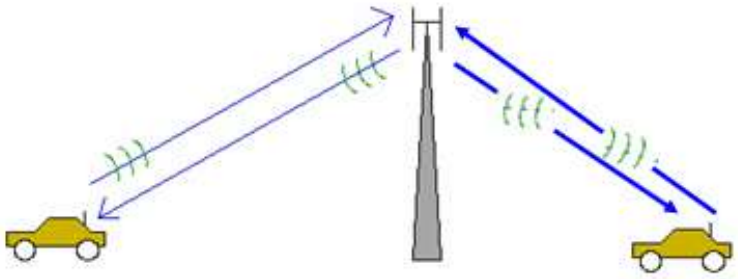
2 - القنوات Channels

يوجد في أجهزة walkie-talkie قناة واحدة للاتصال بينما في أجهزة CB radio توجد أكثر من قناة اتصال فعلى سبيل المثال بعض الأجهزة تحتوي على 40 قناة للاتصال. بينما في أجهزة الجوال فتتعامل مع 1664 قناة او أكثر.

3 - المدى Range

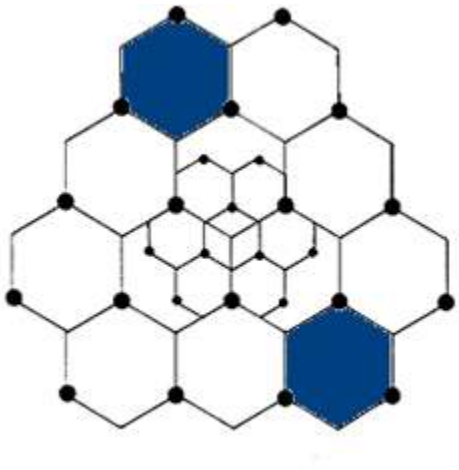
يمكن لأجهزة walkie – talkie أن تغطي مدى يصل إلى(2) كم باستخدام قدرة (0.25) واط وأجهزة CB RADIO تعمل على قدرة اكبر تصل إلى (5) واط فان مداها يصل إلى (8) كم، ان أجهزة الهاتف الخلوي تعمل ضمن الخلايا التي قسمت فيها المدينة ويمكن إن تتحول من خلية إلى أخرى كلما تحركنا من مكان لأخر إثناء الاستخدام ، وهذا يعني إن المدى الذي يعمل فيه جهاز الهاتف الخلوي كبير جدا ويمكن التحدث مع أي شخص يبعد مئات الكيلومترات من دون أن ينقطع الاتصال .

الاتصال بين سائقي شاحنتين يستخدمان نظام راديو يعمل على تردد واحد (half-duplex) حيث يتحدث أحدهما والأخر يستمع . في أجهزة الراديو التي تعمل بنظام full-duplex فإن الشخصين المتحدثين يستخدما ترددات مختلفة مما يسمح لهما التحدث في الوقت نفسهِ لاحظ الشكل (4 – 4).



الشكل (4 - 4) الاتصال بين سائقي شاحنتين

توضع في كل خلية سداسية ثلاث محطات ثابتة للإرسال والاستلام في ثلاث حافات غير متقابلة في الخلية كما موضح في الشكل (5 - 4) .



الشكل (5 - 4) لكل خلية ثلاث حافات غير متقابلة

عدد الأشخاص في الخلية الواحدة الذين يمكنهم استخدام الهاتف الخلوي للمنظومة التي تعمل بالنظام التماثلي Analogue System تستخدم (1 / 7) من القنوات المتوفرة أي إننا لو افترضنا أن المدينة مقسمة على سبع خلايا فقط فان كل خلية سيكون لها مجموعة من الترددات الخاصة التي تستخدمها دون أن يحدث تداخل مع خلية أخرى .

1- يوجد في كل مدينة عدد 832 من ترددات الراديو المتاحة لاستخدام الهاتف الخلوي .
2- يستخدم كل جوال ترددين واحد للإرسال (التحدث) وآخر للاستقبال (الاستماع) ، وهذا يعني انه توجد 395 قناة اتصال لكل محطة إرسال(لكل خلية في المدينة) ويبقى 42 تردداً لاستخدام قنوات التحكم .
3- بما أن كل خلية تحتاج إلى سبع (1/7) من الترددات المتاحة لذا فان كل خلية توجد بها 56 قناة متوافرة للإرسال . أي أن 56 شخصاً في الخلية الواحدة يمكنهم التحدث من خلال هواتف الجوال في الوقت نفسهِ .

أنظمة الهواتف الخلوية التي تعمل بالنظام التماثلي Analogue تسمى بتكنولوجيا جوال الجيل الأول First-Generation Mobile Technology ويرمز لها بالرمز 1G. ونظام الهواتف الخلوية التي عملت بالنظام الرقمي تسمى تكنولوجيا الجيل الثاني 2G حيث ازدادت عدد القنوات المتوفرة للاستخدام بحوالي ثلاثة أضعاف أي أصبحت 168 قناة متوافرة للاتصال في الوقت نفسهِ للخلية الواحدة. وسوف نشرح تطور تكنولوجيا الجوال وأجياله المعروفة بالاختصارات TDMA، CDMA، GSM في الفقرات القادمة.

2- 4 مزايا اتصالات الجوال عن الأنظمة القديمة للاتصالات اللاسلكية :

يستخدم الهاتف الخلوي قدرة منخفضة تصل ما بين (0.6- 3) واط فقط وهذا أقل بما هو مستخدم في CB radio حيث كانت القدرة 4 واط . كما أن محطات الإرسال تعمل بطاقة منخفضة أيضا، مما يعني

أن منطقة التغطية للترددات بين محطة الإرسال والهاتف لن تزيد عن مساحة الخلية السداسية الشكل وهذا يجعل إمكانية إعادة استخدام الترددات نفسها في خلايا أخرى . أي 56 شخصاً لكل خلية يمكنهم التحدث مع بعضهم البعض في الوقت نفسه باستخدام الترددات نفسها .

في النهاية فإن عدداً كبيراً من محطات الإرسال توجد في كل مدينة تستخدم الهاتف الخلوي وقد يصل عدد هذه المحطات بالمئات وتتحكم بها محطة مركزية للتحويلات تعرف باسم Mobile Telephone Switching Office (MTSO). تعمل هذه المحطة على التحكم في المحطات المنتشرة في المدينة (الخلايا) وتعمل أيضا على ربط كل الاتصالات من الهواتف الجوالة مع الهواتف الأرضية التي تعمل بنظام الاتصال التقليدي . لاحظ الشكل (6 - 4).

الشكل (6 – 4) فكرة عمل مكتب التحويلات MTSO

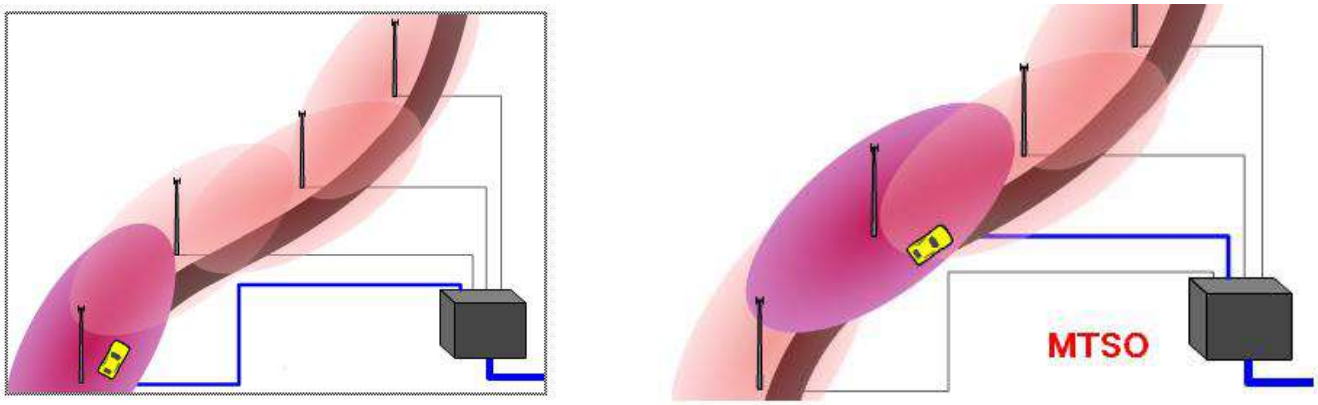
3- 4 مكتب التحويلات : Mobile Telephone Switching Office (MTSO)

وهو عبارة عن حاسبة الكترونية فى محطة الإرسال الخاصة بمنظومة الهاتف الخلوى يتحكم فى كل نظام الهاتف ويتعقبه ويقيس قوة الإشارة التي تصل للهاتف ويعطي الأمر للانتقال إلى خلية أخرى عندما تضعف الإشارة، كما ويربط محطات التقوية كلها الموجودة في الخلايا التابعة كلها للمحطة المركزية ومن مهامه أيضا حساب قيمة الفاتورة لمكالماتك .

4 - 4 شفرات الهاتف الخلوي: Codes

التلفون المحمول يمتلك شفرات خاصة مرتبطة به ويعمل من خلالها. تستخدم هذه الشفرات لتعريف جهاز الهاتف الخلوي ، ومالكه، ومزود الخدمة أو الشركة التابع لها تبدأ الخطوة الأولى بتشغيل الهاتف الخلوي وإثناء التشغيل التي تستغرق من (25 – 40) ثانية لكي يكون الهاتف جاهزا للاستخدام للتشغيل فيستقبل إشارة تسمى بشفرة التعريف SID وهي اختصار System Identification Code وهنا يتم التعريف بين جهاز الهاتف الخلوي ومحطة الإرسال وذلك باستخدام قناة تحكم عبارة عن تردد محدد ليتمكن الهاتف من التقاط إشارة الخدمة من محطة الإرسال في الخلية القريبة منه وتحديد محطة الإرسال التي في منطقة تواجده . وإذا لم يجد الهاتف قناة التحكم هذه يعطي إشارة انه خارج نطاق الخدمة، ثم تبدأ الخطوة الثانية بعد استقبال إشارة SID ، يقوم الهاتف الخلوي بمقارنة شفرة نظام التعريف الخاصة التي استقبلها ومقارنتها بتلك المخزنة بالجهاز وإذا ما تمت المقارنة وظهر أنها الشفرة نفسها المتعارف عليها بين الهاتف والمحطة فان الهاتف بتعرف على الخلية التي سيتعامل معها . يقوم الهاتف في الخطوة الثالثة بإرسال طلب تسجيل إلى مكتب التحويلات MTSO التي تمكن محطة الإرسال من تعقب مكان تواجد الهاتف وتخزن بيانات الموقع في قاعدة بيانات لاستخدامها في اللحظة التي يأتيك فيها اتصال وذلك لأنها تراقب دائماً مكان الجوال والخلية التي تعطي الخدمة لتلك المنطقة المتواجد فيها الهاتف الخلوي (الجوال) .

إذا كنت متحركا أثناء الاتصال ووصلت إلى طرف الخلية فان مركز الخلية سيعلم بضعف الإشارة وتعلم الخلية التي تتجه إليها بان إشارة الهاتف الخلوي القادمة تبدأ بالزيادة ، يشترك مركز الخليتين (الخلية التي تتركها والخلية التي تقترب منها) من خلال مكتب التحويلات وعند نقطة معينة يصدر مكتب التحويلات تعليماته للخلية الثانية كي تستلم المهمة وتكمل الاتصال على ترددين آخرين لاحظ الشكل (7 - 4).



الشكل (7 - 4) الاتصال بين مكتب التحويلات والمشتركين

شفرات الجوال Mobile Codes

ESN :

الرقم التسلسلي الإلكتروني Electronic Serial Number والمعروف بـ ESN وهو عبارة عن رقم من 32-bit مبرمج في جوالك مسبقاً عند تصنيعه.

MIN :

رقم تعريف الجوال Mobile Identification Number والمعروف بـ MIN وهو عبارة عن رقم من 10 خانات يشتق من رقم جوالك.

SID :

نظام تعريف الشفرات System Identification Code والمعروف بـ SID وهو عبارة عن رقم من 5 خانات مخصص لكل محطة ارسال من قبل مؤسسة الاتصالات الدولية FCC Federal Communications Commission.

بينما يعتبر ESN جزء رئيسي ودائم في جوالك إلا أن كلا من شفرة MIN و SID تبرمجان في جوالك عند الشراء والاشتراك في خدمة الجوال.

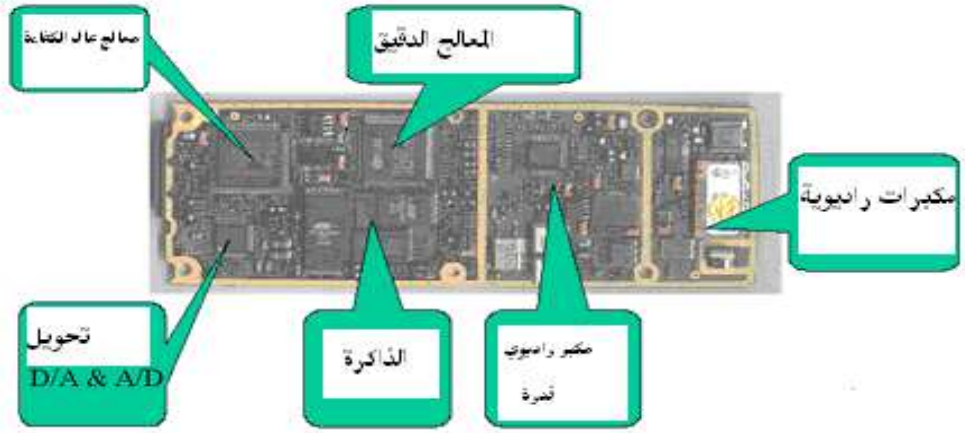
5 - 4 تركيب جهاز الهاتف الخلوي :

يُعدُّ جهاز الهاتف الخلوي من أكثر الأجهزة التقنية تعقيداً من ناحية تكدس الدوائر الالكترونية فيه على مساحة صغيرة ويقوم جهاز الجوال بإجراء الملايين من الحسابات كل ثانية أثناء ضغط الموجات الصوتية التي يرسلها وإعادة فك الموجات الصوتية التي يستقبلها لتتمكن من الحديث والاستماع إلى من تتصل بهم. ويحتوي على الأجزاء الرئيسة وهي شاشة العرض ولوحة المفاتيح والبطارية واللوحة الأم والهوائي، لاحظ الشكل (8 – 4) .

(8 – 4) مكونات وأجزاء الجوال

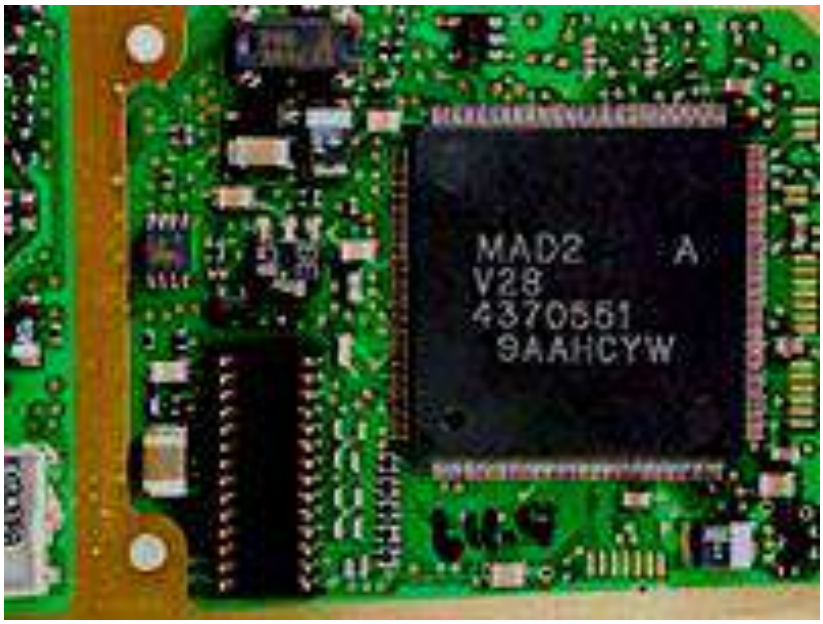
تحتوي اللوحة الأم على المراحل الآتية لاحظ الشكل (9 - 4) :

1- المعالج الدقيق
2- المعالج الدقيق عالِي الكفاءة
3- محول A / D , D / A
4- الذاكرة
5- مكبر راديوي (قدرة)
6- مكبرات راديوية .



الشكل (9 – 4) مراحل اللوحة الأم

اللوحة الالكترونية قلب نظام الهاتف الخلوي وترى فيها عدة قطع تشبه قطع الحاسبة الالكترونية chips ومن هذه القطع ما يقوم بتحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية وأخرى تقوم بتحويل الإشارة الرقمية إلى تماثلية حيث تعمل على تحويل الإشارة الصوتية وترجمها إلى إشارة رقمية وتعمل القطعة الأخرى على استقبال الإشارة الرقمية التي تحتوي على شفرة الصوت وترجمها وتحولها إلى إشارة تماثلية. ويقوم بعمل التحويل والترجمة معالج دقيق Microprocessor خاص بنظام التعامل مع الإشارات الرقمية ويعرف باسم digital signal processor ويختصر DSP وهو معالج دقيق عالي الكفاءة ويقوم بانجاز الحسابات المتعلقة بالتحويل بين الإشارات التماثلية والرقمية بسرعة عالية جداً. لاحظ الشكل (10– 4) . ويعمل المعالج الدقيق على الربط بين لوحة المفاتيح وشاشة العرض من خلال الأوامر التي تعطيها للهاتف الخلوي بوساطة لوحة المفاتيح ويظهر كل ما تقوم به على شاشة العرض، كما يعمل على إرسال بعض الأوامر الذي يتطلب تنفيذها من محطة الهاتف الخلوي الرئيسة ويستقبل المعلومات منها ويفهمها ويعرضها باللغة التي تم اختيارها .



الشكل (10 – 4) معالج دقيق لهاتف خلوي

كما تحتوي اللوحة الالكترونية على ذاكرة عشوائية والتي تعرف باسم ROM وتحتوي أيضا على ذاكرة RAM لتعطي مساحة اكبر لتخزين نظام تشغيل الجوال والعديد من البرامج المساعدة مثل برنامج إدارة دليل الاتصالات وبرنامج الأجندة وتنظيم المواعيد . تحتوي اللوحة الالكترونية أيضا على مولد الإشارات الراديوية RF الذي يتعامل مع المئات من ترددات قنوات FM وتحتوي على قسم الطاقة الكهربية المسؤول عن إدارة الطاقة الكهربية وإعادة الشحن. كما تحتوي اللوحة الالكترونية على مكبر الإشارات الراديوية التي تتعامل مع الإشارات المرسلة والمستلمة من والى الهاتف الخلوي عبر الهوائي.

4-5-1 شاشة العرض LCD

تطورت شاشات العرض كثير من حيث دقة العرض والألوان والمساحة لتتماشى مع التطور الحادث في الجوال وعلى الخدمات التي نحصل عليه منها حيث الجوالات الحديثة أصبحت تحتوي على دليل هاتف وعلى آلة حاسبة وعلى العديد من الألعاب الالكترونية كما أصبح الجوال يستخدم لإرسال واستقبال الرسائل الالكترونية وكذلك لتصفح الانترنت وهذا يتطلب الجودة العالية والدقة والوضوح والألوان الزاهية والمساحة الكبيرة لشاشة العرض.

تحتوي أجهزة الجوال على سماعة وميكرفون بإحجام صغيرة جداً وكفاءة عالية كما توجد بطارية صغيرة لتغذية السماعة الداخلية للجوال بالطاقة الكهربائية . لاحظ الشكل (11 - 4).

الشكل (11 – 4) يوضح البطارية الداخلية والميكروفون والسماعة

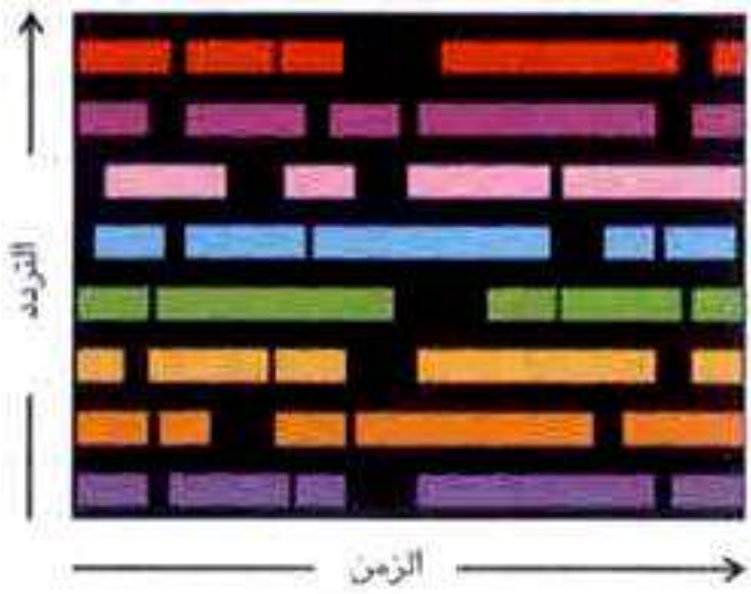
6 – 4 أجيال الهاتف الخلوي

في العام 1983 ظهرت التلفونات الخلوية بالنظام التماثلي Analogue وسميت بـ Advanced Mobile Phone System والتي تكتب اختصاراً AMPS أي أنظمة الهواتف الخلوية المتطورة ، استخدمت هواتف AMPS مدى من الترددات بين MHz(824 و 894) . تم تخصيص 832 تردد مختلف للناقلين A و B منهم 790 تردداً للصوت و 42 تردداً للبيانات. وتكونت كل قناة اتصال من ترددات واحد للإرسال والثاني للاستقبال .

الهواتف الخلوية الرقمية تحول الاشارة الصوتية التماثلية الصادرة عن المتحدث الى معلومات رقمية بالنظام الثنائي Binary والمكون من الرقمين (1 , 0) فتصبح الإشارة الصوتية عبارة عن معلومات مكونة من هذين الرقمين ، ثم يتم تشفير وضغط هذه المعلومات ليسهل إرسالها بكفاءة عالية وفي مدة قصيرة ، كما أن ضغط البيانات يجعل من الممكن أن يتم إجراء عدد يصل من 3 إلى 10 اتصالات مرة واحدة بالمقارنة مع مكالمة واحدة على التجهيزات المستخدمة نفسها في النظام التماثلي . فيمكن استخدام قناة واحدة لاكثر من مستخدم للهاتف الخلوي واثناء انتقالها الى المستقبل توزع الشرائح على نطاق الترددات ثم يعاد تجميعها عند الاستقبال ويسمى هذا النظام العالمي للاتصالات اللاسلكية GSM (Global System Mobile Communication)

1 – 6 - 4 فكرة عمل الجيل الأول من الهواتف الخلوية 1G:

اعتمدت فكرة عمل جوالات الجيل الأول(1G) على ترددات راديوية متغيرة بطريقة مستمرة لنقل أصوات المستخدمين. حيث يتيح ذلك الاتصال المتعدد لأكثر من هاتف خلوي بمحطة الإرسال ويستخدم كل هاتف تردداً مختلفاً كما هو موضح في الشكل (12 - 4) بالأشرطة الملونة حيث كل لون يعبر عن تردد مخصص لمكالمة واحدة، ويشير الانقطاع في تلك الأشرطة إلى أن استخدام تلك القنوات لا يكون بشكل دائم.



الشكل (12 – 4) ترددات مختلفة لعدة مكالمات

2 – 6 - 4 عمل الجيل الثاني للهواتف الخلوية 2G :

تُعدُّ جوالات الجيل الثاني (2G) هي أول الهواتف التي تعمل بالنظام الرقمي والتي بدأ استخدامها في التسعينات من القرن الماضي، ويستخدم جوال الجيل الثاني تكنولوجيا الراديو نفسها كما في الهاتف الجوال التماثلي (جوال الجيل الأول) ولكن تستخدم بطريقة مختلفة، ففي النظام التماثلي لا تستخدم كل إمكانيات الإشارة المتبادلة بين الهاتف والشبكة التابع لها. حيث انه من غير الممكن ان يتم ضغط وتشفير الإشارة التماثلية مثل الإشارة الرقمية. ولكن في الإشارة الرقمية يتم ضغط وإعادة معالجة الإشارة مما يسمح بزيادة عدد القنوات المستخدمة للمدى الترددي نفسه.

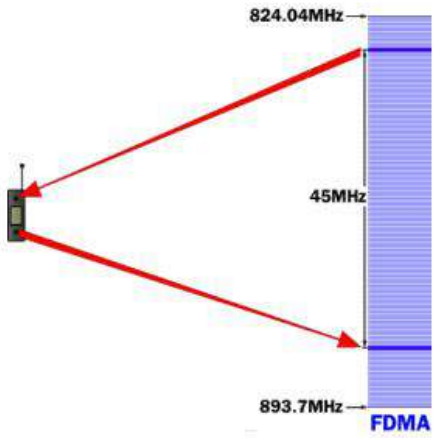
4 – 7 تقنيات الوصول المتعدد :

توجد ثلاث تقنيات مختلفة تستخدم في جوالات الجيل الثاني لنقل المعلومات الرقمية من الجوال إلى الشبكة والعكس هي:

الوصول المتعدد بالتقسيم الترددي Frequency Division Multiple Access (FDMA)
الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني Time Division Multiple Access (TDMA)
الوصول المتعدد بالنظام المشفر Code Division Multiple Access (CDMA)

4 – 7 – 1 الوصول المتعدد بالتقسيم الترددي: FDMA

في كل محطة اتصال هاتف خلوي توجد محطة إرسال راديوية ترسل الإشارة بترددات مختلفة خلال النطاق المخصص من المدى الترددي. وتعتمد تقنية FDMA على تقسيم هذا المدى الترددي إلى عدة قنوات ترددية أصغر كما في الشكل (4 – 13) حيث تم تخصيص مدى ترددي مقداره 45MHz وكل محطة إرسال تستخدم تردد مختلف لإرسال الإشارات بطريقة تماثلية للاتصال وتدعم نقل البيانات الرقمية، ولكن لا تعتبر هذه التقنية فعالة للاتصالات الرقمية (في تقنية FDMA كل هاتف يستخدم تردداً مختلفاً).

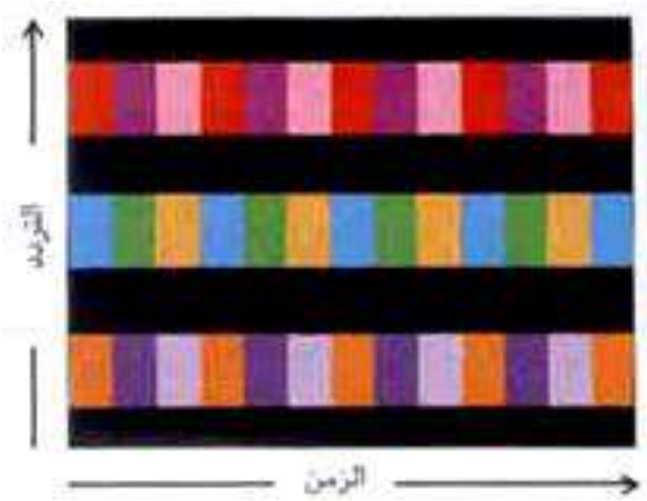


الشكل (4 - 13) تقسيم المدى الترددي إلى قنوات ترددية أصغر

4 – 7 - 2 الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني TDMA

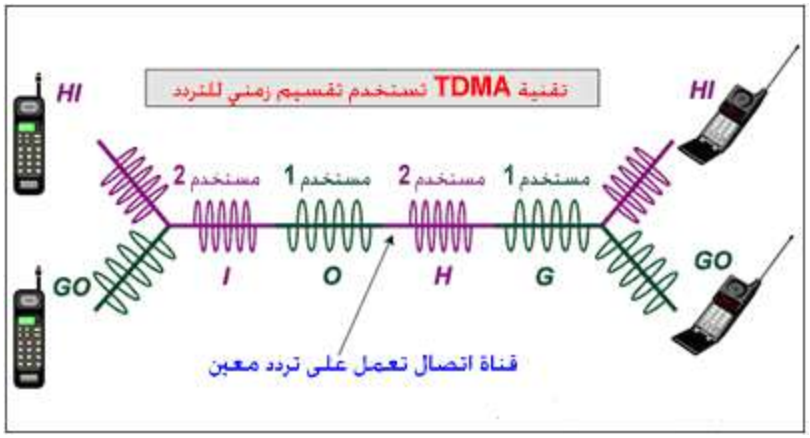
في هذه التقنية يمكن استخدام التردد نفسه لإجراء ثلاثة اتصالات لاسلكية من خلال توزيع التردد على ثلاث فترات زمنية ، فمثلا عند إجراء ثلاث مكالمات في الوقت نفسه وعلى التردد نفسه تقوم هذه التقنية بتحويل الإشارة الصوتية التماثلية إلى إشارة رقمية وتضغطها ثم ترسلها كمجموعة خلال ثلث المدة الزمنية للتردد والثلث الثاني يخصص للمكالمة الثانية والثلث الأخير للمكالمة الثالثة ثم تكرر الدورة وعلى هذا النحو يتم على التردد نفسه إجراء ثلاث مكالمات مختلفة.

يخصص لكل مستخدم حيز زمني متكرر لاحظ الشكل (14 - 4) في تعاقب تكرار الألوان في الشريط الأول مثلاً، ويمثل كل شريط قناة ذات تردد محدد وعلى التردد نفسه تجد ثلاثة ألوان مختلفة تتكرر خلال الزمن، يمثل كل لون مكالمة مرسلة وبهذا يمكن على التردد نفسه إرسال ثلاث مكالمات في الوقت نفسه .



الشكل (14 – 4) يوضح الحيز الزمني المتكرر

ويوضح الشكل (15 – 4) النطاقات الزمنية المستخدمة لكل هاتف خلوي لإرسال البيانات الصوتية من خلال تخصيص فترة زمنية تقدر بـ 6.7ms وبمدى ترددي قدره 30KHz ترسل على قناة الاتصال الواحدة نفسها تعمل على تردد محدد.



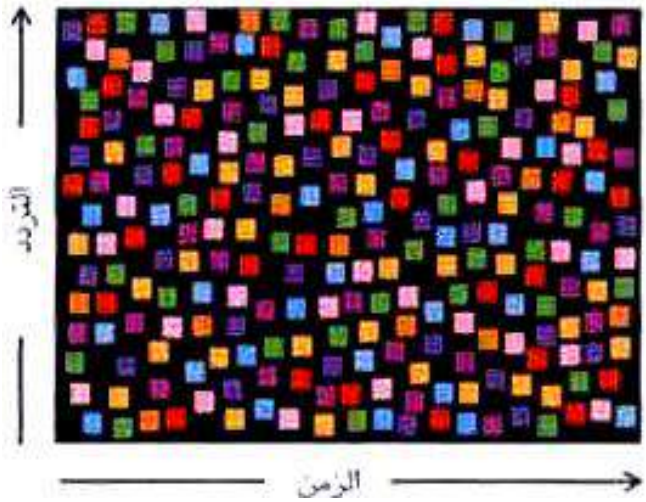
الشكل (15 – 4) تقسيم التردد في تقنية TDMA إلى فترات زمنية

إن أنظمة الهواتف الخلوية التي تعمل بنظام GSM تستخدم هذه التقنية كنظام تشغيل لها وهذا يشبه وضع نظام التشغيل WINDOWS لجهاز حاسبة الكترونية نوع البنتيوم وهكذا الحال في الهواتف الخلوية GSM فهي تعمل على نظام التشغيل TDMA أو CDMA .

3 – 7 – 4 الوصول المتعدد بالنظام التشفيري Code division multiple access (CDMA)

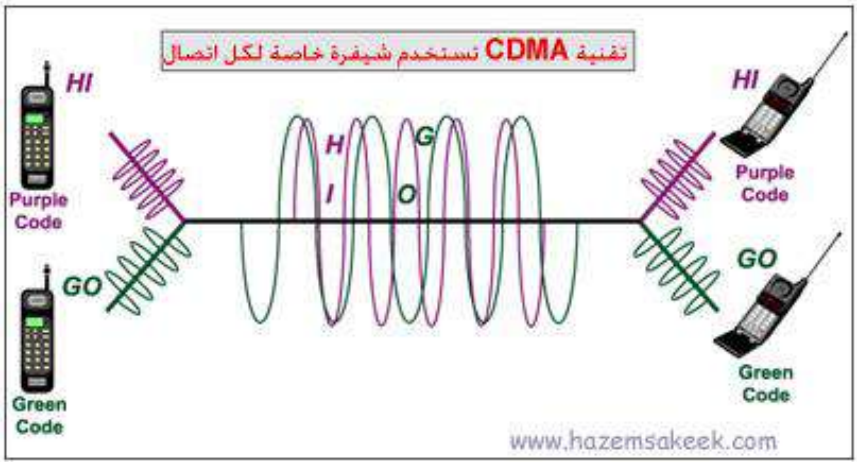
تستخدم تقنية CDMA وسيلة مختلفة تماما عن تقنية TDMA فهذه التقنية تقوم بعد عملية التحويل (من التماثلي إلى الرقمي) بنشر البيانات الرقمية المضغوطة على ما هو متوافر في النطاق الترددي، أي أن البيانات ترسل في صورة حزم أو رزم على ترددات متفرقة متاحة للاستخدام خلال أية مدة زمنية.

او بدلاً من إرسال البيانات على قنوات مخصصة وترددات محددة فإنّ هذه التقنية تقوم بتقسيم المعلومات والبيانات إلى حزم (رزم) ثم ترسلها على إحدى القنوات المتاحة. كما هو موضح بالشكل(16 - 4) وكل لون من ألوان المربعات يعود إلى حزم صادرة من هاتف محدد ترسل على نطاقات ترددية مختلفة ثم يعاد تجميعها عند الاستقبال، وبهذه الطريقة يمكن إجراء عدد كبير من المكالمات على النطاق الترددي نفسه في اللحظةِ نفسها .



الشكل (16 – 4) تقسيم المعلومات والبيانات إلى حزم

الشكل (17– 4) يوضح كيف ان البيانات الصوتية الصادرة من هاتفين احدهما يستخدم شفرة مختلفة عن الأخرى وتحمل البيانات على القناة نفسها . يرسل كل مستخدم بياناته على كل النطاق الترددي للقناة على شكل رزم ترتبط مع بعضها البعض بشفرة مميزة لكل مكالمة وعند الطرف المستلم فان الشفرة المميزة تقوم بجمع هذه الرزم وفكها .



الشكل (17 – 4) البيانات الصوتية الصادرة من هاتفين بشفرات مختلفة

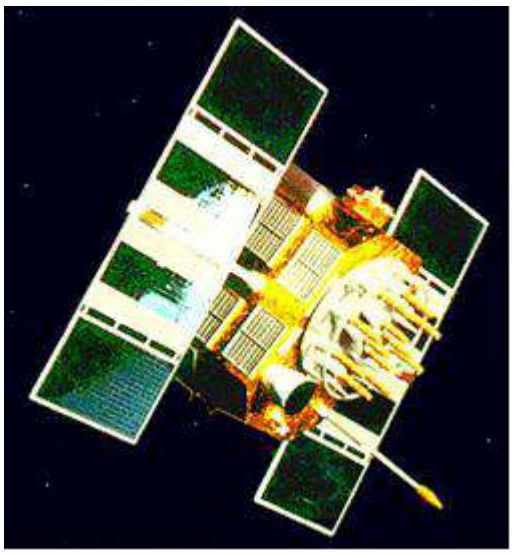
في تقنية CDMA كل مكالمة تحول إلى بيانات رقمية وتقسم إلى رزم ترتبط مع بعضها البعض بشفرة مميزة.

8 – 4 نظام تحديد الموقع : GPS (Global Positioning System)

ما هو نظام GPS و GIS؟

GIS هو النظام الرئيس لتوجيه الملاحة الجوية لأغلب الطائرات المدنية والعسكرية ويؤدي دورا مهما في مجالات المساحة وأصبح من أكثر أدوات القياس التي يعتمد عليها مهندسو المساحة لدقتها وكذلك في أنظمة المعلومات الجغرافية GIS (Geographic Information System)، من خلال جهاز الاستقبال والذي يعرف بنظام تحديد الموقع على الأرض والمعروف باسم جهاز Global Positioning System (GPS)
وهو مجموعة من الأقمار الصناعية موضوعة للمراقبة باستمرار بوساطتها يمكن تحديد موقع أي شخص على الأرض ولجميع أنحاء العالم.

أنظمة تحديد الموقع Global Positioning System (GPS) هي عبارة عن منظومة من 27 قمر اصطناعي يدور حول الكرة الأرضية (فعليا 24 قمر اصطناعي مستخدم و3 أقمار احتياطية تعمل في حالة تعطل أي من الأقمار الرئيسة). وأنظمة استقبال المعلومات من الـ GPS تشبه أجهزة الهاتف الخلوي تستطيع تحديد موقعك بدقة في الإبعاد الثلاثة على سطح الأرض. ويكون هذا النظام فعالاً في حالة التواجد في الأماكن المكشوفة فتستخدم في الرحلات الاستكشافية وفي الملاحة الجوية والبحرية وفي التطبيقات العسكرية والتطبيقات المدنية ، لاحظ الشكل (4-18).



الشكل (4-18) أحد الأقمار الاصطناعية العاملة في نظام الـ GPS

فكرة عمل نظام الـــ GPS :

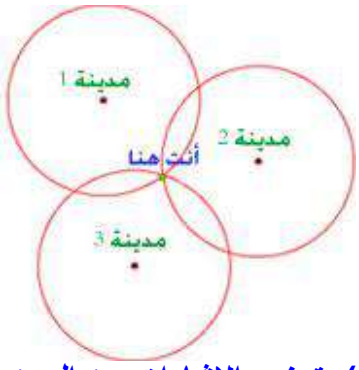
يتكون نظام الـ GPS من مرسل ومستلم ، والمرسل عبارة عن شبكة أقمار اصطناعية تدور حول الأرض على ارتفاع (19300) كم مرتين في كل يوم موزعة على 8 مستويات دوران كل مستوى يصنع 55 درجة مع المستوى الأخر و يوجد في كل مستوى ثلاثة أقمار اصطناعية، لاحظ الشكل (4-19).

الشكل (4-19) تقاطع الأسطح الكروية عن الأقمار الاصطناعية الثلاثة مع سطح الأرض

الشكل (4-19) تقاطع الأسطح الكروية عن الأقمار الاصطناعية الثلاثة مع سطح الأرض يعطي نقطة هي المكان الموجود فيه جهاز الاستقبال GPS

كل قمر من الأقمار الـ 24 يرسل باستمرار على التردد نفسهِ إشارة كهرومغناطيسية محملة على موجة ترددها 1575MHz و لكل قمر اصطناعي له شفرة معينة Code خاصة به ترسل مع الإشارة الحاملة وبالتالي يمكن لأي قمر اصطناعي يلتقط هذه الشفرة أن يحدد مكان وزمان تواجد هذا القمر .

الشكل (20 – 4) يوضح كيفية إجراء الاتصالات بين المدن وتوزيع الشبكات بالشكل المضبوط.



الشكل (4-20) توزيع الإشارات بين المدن وتحديد الموقع

أما المستقبل فهو جهاز في حجم راديو صغير يحتوى على دوائر إلكترونية معقدة يتحكم بها معالج دقيق Microprocessorمتطور يقوم المستقبل بتحديد الموقع باستخدام طريقتين مختلفتين الأولى تعتمد على إزاحة دوبلر Doppler Shift للإشارات الكهرومغناطيسية المرسلة من الأقمار الاصطناعية وهذه الإزاحة تكون ناتجة عن السرعة النسبية بين الأرض والأقمار الاصطناعية .

أما الطريقة الثانية فتعتمد على قياس التأخير الزمني بين الإشارات الكهرومغناطيسية الواصلة من الأقمار الاصطناعية ، تدخل هذه المعلومات المستقبلة من الأقمار الاصطناعية إلى معالج دقيق وتتحد مع المعلومات المخزنة عن كل قمر اصطناعي من حيث مداره وسرعته و موقعه وبعد عدة عمليات حسابية يحدد المستقبل موقعه على سطح الأرض ويظهر النتائج على شاشة العرض، لاحظ الشكل (4-21).

الشكل (4-21) جهاز الـ GPS

الخلاصة :

- تقسم المدينة على خلايا كل خلية بمساحة 26 كم^2 وتأخذ شكل سداسي الإضلاع و تحتوي على محطة تقوية وبرج يحمل معدات إرسال راديوية .

- في أجهزة الراديو التي تعمل بنظام Full – Duplex فان الشخصين المتحدثين يستخدمان ترددات مختلفة مما يسمح لهما التحدث في الوقت نفسهِ .

- مكتب التحويلات (MTSO) يتحكم في كل نظام الهاتف الخلوي ويتبعه ويقيس قوة الإشارة التي تصل للهاتف ويعطي الأمر للانتقال من خلية إلى أخرى عند ضعف الإشارة ، ويربط محطات التقوية الموجودة في كل الخلايا التابعة للمحطة المركزية .

- يتركب الهاتف الخلوي من اللوحة الالكترونية وهي قلب نظام الهاتف الخلوي وعليها عدة رقائق لتحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية وبالعكس ومعالج دقيق خاص نظام التعامل مع الإشارات الرقمية DSP ومكبرات للتردد الراديوي ومن شاشة العرض LCD ولوحة المفاتيح والميكرفون و السماعات و البطارية .

- توجد عدة تقنيات مستخدمة في الهواتف الخلوية لنقل المعلومات من الهاتف إلى الشبكة وبالعكس وهي FDMA، TDMA ، CDMA.

- GIS عبارة عن النظام الرئيس لتوجيه الملاحة الجوية لأغلب الطائرات المدنية و العسكرية وفي مجالات المساحة و GPS عبارة عن نظام تحديد الموقع على الأرض وهو مجموعة من الأقمار الاصطناعية موضوعة للمراقبة باستمرار بوساطتها يمكن تحديد موقع أي شخص على الأرض ولجميع أنحاء العالم .

أسئلة للمراجعة :

(1) اشرح مع الرسم تقسيم المدينة على خلايا سداسية للهواتف الخلوية .
(2) قارن بين الأجهزة اللاسلكية CB Radio ، و Walkie-Talkie والهاتف الخلوي.
(3) ما الفرق بين half duplex ، و full duplex ؟
(4) وضح تقسيم الترددات الراديوية المتاحة لاستخدام الهاتف الخلوي.
(5) ما مزايا اتصالات الهاتف الخلوي عن الأنظمة القديمة للاتصالات اللاسلكية ؟
(6) اشرح مع الرسم عمل مكتب التحويلات (MTSO) .
(7) اشرح شفرات الهاتف الخلوي (Codes) .
(8) عدد الأجزاء التي يتكون منها جهاز الهاتف الخلوي .
(9) ما الفرق بين الأنظمة FDMA ، TDMA ، CDMA المستخدمة في الاتصالات اللاسلكية لشبكة الهاتف الخلوي .
(10) ما نظام GPS ؟ اشرح موضحا إجابتك مع الرسم.

مسائل :

س1 / في مدينة عدد 832 من الترددات الراديوية ، وزع الترددات للاستماع والإرسال وقنوات التحكم. .

الفصل الخامس

الهوائيات ومنظومة البث التلفزيوني

1- الهوائيات وبعض أنواعها
2 – منظومة البث التلفزيوني
3 – المسح التشابكي
4- مكونات الإشارة المرئية المركبة
5- المخططات الكتلوية لمراحل جهاز التلفزيون
6- الخلاصة
7- أسئلة للمراجعة ومسائل

الفصل الخامس
الهوائيات ومنظومات البث التلفزيوني

1 - 5 الهوائيات : Antennas

تمهيد :

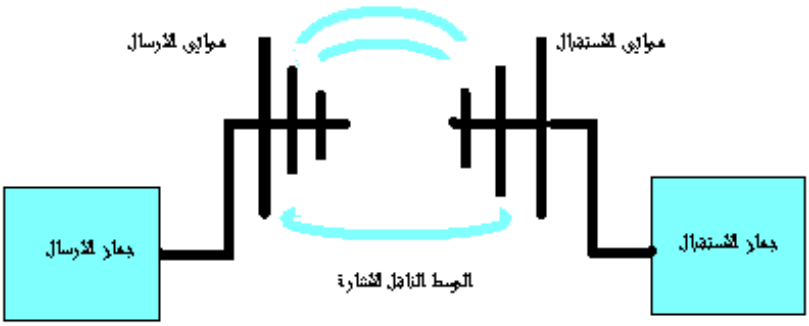
تعلمت في المرحلة الدراسية الماضية عن الحركة الاهتزازية الميكانيكية مثل حركة الرقاص والوتر وخواص هذه الحركة الاهتزازية بشكل عام، وفي علم الاتصالات تعتمد على نوع معين من الحركة الاهتزازية للأمواج الكهرومغناطيسية وتختلف هذه الحركة الاهتزازية عن الحركة الميكانيكية والعمل بها لا يتطلب تغيير لموضع أي جسم في الفضاء ويمكن للإنسان التحسس بالأمواج الحرارية والأمواج الضوئية وكلاهما أمواج كهرومغناطيسية ويمكن الكشف عن الأمواج الكهرومغناطيسية بوساطة أجهزة خاصة .

عند استخدام شوكتين رنانتين لهما التردد نفسهُ وطرقنا على إحداهما فان الشوكة الثانية سوف تهتز من تلقاء نفسها أو اهتزاز وتر بوساطة وتر آخر بعيد عنه بزيادة توتر الوتر الثاني زيادة تدريجية فيهتز من تلقاء نفسه وتدعى هذه الحالة بالرنين (Resonance). وهناك دوائر الكترونية تسمى دوائر الرنين مكونة من (ملف ومتسعة) ذات تردد يمكن تغيره يدويا ، فعندما يتغير تردد رنين هذه الدوائر بحيث يصل إلى قيمة تساوي تردد إحدى الإذاعات المرسلة في الجو فان جهاز الاستلام سوف يتحسس بهذه الإشارة ويرفض بقية الإشارات . ولتغيير المحطة المستلمة يغير تردد دائرة الرنين بحيث يساوي تردد الإشارة المراد استلامها وهكذا اعتمادا على هذه الظاهرة ينتخب جهاز الاستلام الإذاعة المراد سماعها .

إن هوائي محطة الإرسال عبارة عن جهاز لتحويل طاقة الاهتزازات ذات التردد العالي إلى طاقة الأمواج الكهرومغناطيسية وتنتشر هذه الأمواج في جميع الاتجاهات كالضوء المنبعث من المصباح .

يعتمد انتقال الطاقة من مكان الإرسال إلى مكان الاستقبال إلى درجة كبيرة على خواص ونوع كل من هوائي الإرسال وهوائي الاستقبال وكذلك على تردد الموجات الكهرومغناطيسية المرسلة .

لاحظ الشكل (1 - 5).

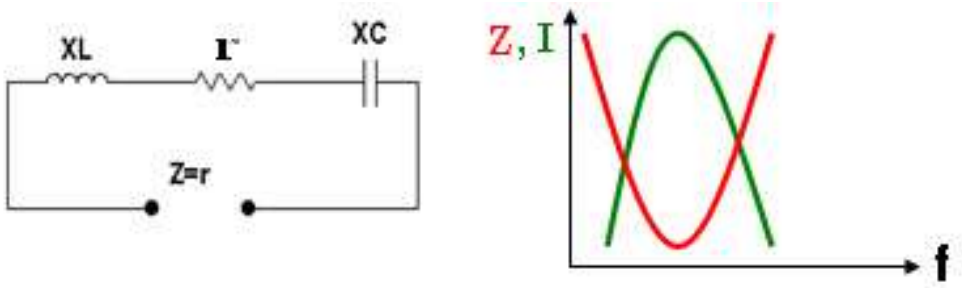


الشكل (1 – 5) هوائي الإرسال والاستلام في منظومة الاتصالات

ومبدأ عمل هوائي الاستقبال يقوم على أساس أن الموجات الكهرومغناطيسية المبثة من هوائي الإرسال تقطع هوائي الاستقبال فتولد جهدا كهربائيا (فولتية) قليلة جدا تتراوح من المملي فولت إلى المايكرو فولت تعتمد على موقعه وبعده عن هوائي الإرسال وتسبب هذه الفولتية تيارا قليلا يسري بالهوائي وبالتردد نفسه ويصمم بحيث يكون التيار أعلى ما يمكن للإشارة المرغوبة واقل ما يمكن للإشارة غير المرغوبة وعلى هذا يجب أن يصمم وكأنه دائرة رنين توالي حيث تصبح الممانعة السعوية (Xc) تساوي الممانعة الحثية (XL) تكون الممانعة الكلية (Z) تساوي مقاومة الملف فقط . تكون قيمة التيار أعظم ما تكون في الوسط واقل ما يمكن عند الأطراف لاحظ الشكل (2 – 5)، وتتحرك الالكترونات إلى الأمام والخلف مما ينتج إشعاع القدرة بشكل كهرومغناطيسي .

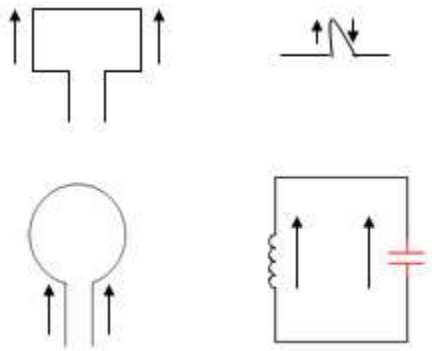
$$Z = \sqrt{(XL - XC)^2 + r^2}$$

Z = r



الشكل (2 – 5) الهوائي كدائرة رنين توالي

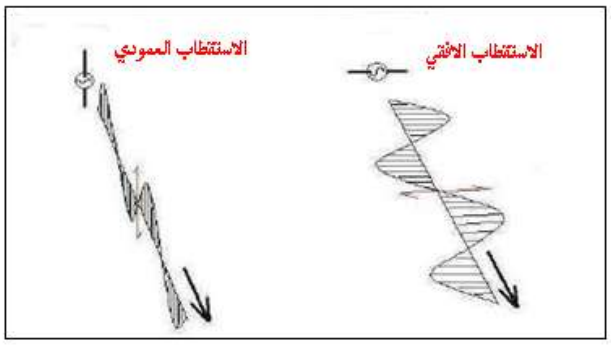
يعتبر الهوائي دائرة رنين مفتوحة لان إبعاد دائرة الرنين المغلقة لا تشع الموجات الكهرومغناطيسية ، يشع الموصل الذي يحمل تيارا ذو تردد عالي القدرة بشكل كهرومغناطيسي ، فإذا حنينا الموصل يمكن ان يكون الشكل مستطيلا أو دائريا لاحظ الشكل (3 – 5) .



الشكل (3 – 5) عند ثني السلك للحصول على أشكال مختلفة

5 – 1 – 1 الاستقطاب : Polarization

يمثل الاستقطاب التوجيه Orientation للمجال الكهربائي لبث الإشارة ، وهناك أنواع من الاستقطاب وهي: الاستقطاب العمودي Vertical Polarization , والاستقطاب الأفقي Horizontal Polarization , والاستقطاب المائل بزاوية معينة Tilt Angle Polarization , والاستقطاب الدائري Circular Polarization . عند استخدام نوع الاستقطاب العمودي للإرسال فيجب استخدام استقطاب عمودي للاستلام للحصول على أعلى قيمة للإشارة ويكون المجال المغناطيسي عمودياً او استخدام استقطاب دائري لنحصل على نصف قيمة الاستلام وكذلك بالنسبة للاستقطاب الأفقي للإرسال فيجب استخدام استقطاب أفقي بالاستلام ويكون المجال المغناطيسي أُفقياً . أما إذا استخدمنا احد الهوائيات عمودي والأخر أفقي أو مائل بزاوية معينة فسيكون هنالك عدم توافق Mismatched وكما موضح بالشكل (4 – 5) .



الشكل (4 – 5) الاستقطاب الأفقي والعمودي

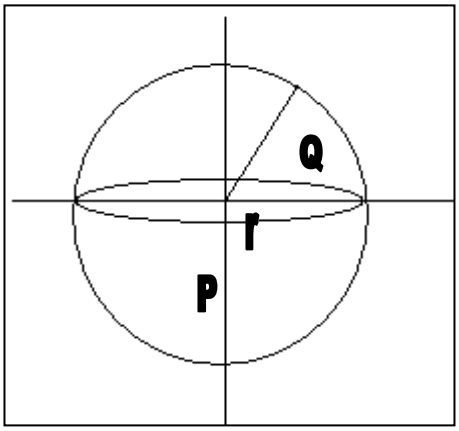
5 – 2 بعض أنواع الهوائيات:

توجد انواع كثيرة من الهوائيات المستخدمة في الاتصالات سنذكر منها:

1 – الهوائي النقطي او الايزوتروبي Isotropic Antenna
2 – هوائي ثنائي القطب (Dipole) او الثنائي البسيط
3 – هوائي الثنائي المطوي (Folded Dipole) و (Loop Antenna)
4 – هوائي ياكي (Yagi - Antenna)
5 – هوائي بوق (Horn Antenna)
6 – هوائي الصحن (Dish Antenna)

1- الهوائي النقطي او الايزوتروبي: Isotropic Antenna

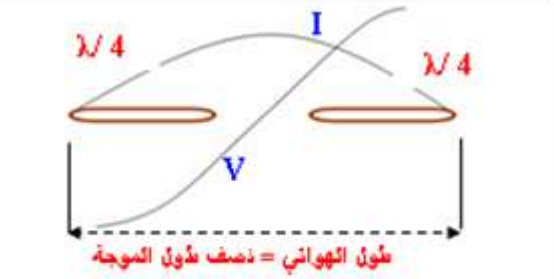
هي تلك النقطة التي تبث الطاقة بالتساوي وفي جميع الاتجاهات حيث يشبه البث من تلك النقطة شكل كرة حيث ان المصدر النقطي يمثل بالنقطة (P) وتكون القدرة المنتشرة على سطح الكرة مقاسه (واط لكل متر) والنقطة المعينة(Q) تبعد (r) عن المصدر المشع والواقعة على سطح الكرة، لاحظ الشكل (5 – 5) . P هي القدرة الداخلة الى الهوائي وهي مساوية تقريبا الى القدرة المشعة الى الفضاء .



الشكل (5 - 5) الهوائي النقطي

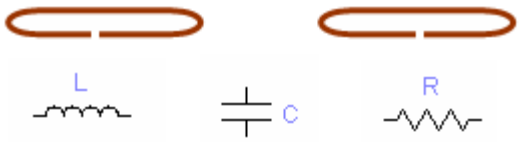
2- هوائي ثنائي القطب (الدايبول) Dipole او الثنائي البسيط :

يدعى هذا الهوائي أحيانا بهوائي هرتز وهو من الهوائيات المستخدمة على نطاق واسع في الإرسال والاستقبال التلفزيوني للترددات العالية جدا والترددات الفائقة ، ان خواص هوائي دايبول نصف الموجة المستخدم في الإرسال التلفزيوني تنطبق تماما على هوائي دايبول نصف الموجة المستخدم في الاستقبال التلفزيوني والاختلاف الرئيس بينهما هو الهوائي في المرسل يستقبل الإشارة على شكل تيار كهربائي ويبثها على شكل موجات كهرومغناطيسية بينما الهوائي في المستقبل فيعمل على تحويل الموجات الكهرومغناطيسية إلى جهد كهربائي متغير والشكل(6 - 5) يوضح هوائي دايبول نصف الموجة . التيار الكهربائي المتدفق في الهوائي والناتج عن الجهد يتغير في قيمته على طول الهوائي نتيجة تغير السعة الذاتية له وتكون القيمة العظمى للتيار عند المنتصف .



الشكل (6 - 5) العلاقة بين التيار والفولتية لثنائي القطب

وبما أن كل هوائي دايبول نصف الموجة يُعَدُّ مكافئا لدائرة رنين وهو مكون من محاثة (L) ومتسعة (C) ومقاومة (R) فالمحاثة تنشأ من مرور التيار في عناصر الهوائي المعدنية ، والمتسعة تنشأ عن الفجوة بين أجزاء الهوائي والأرضي، لاحظ الشكل (7 - 5) والمقاومة تأخذ شكل خسارة كهربائية نتيجة الترددات الراديوية ونحصل على مقاومة خالصة لهوائي الدايبول عند المنتصف تصل إلى حوالي (75) أوم .



الشكل (7 - 5) هوائي الدايبول كدائرة رنين

يعرف التردد على انه عدد الذبذبات في الثانية الواحدة، وطول الموجة هي المسافة التي تمثلها الموجة الكاملة وتنتشر الموجات بسرعة الضوء 300000 كم / ثا ويمكن حساب طول الموجة إذا علم ترددها والعكس ....

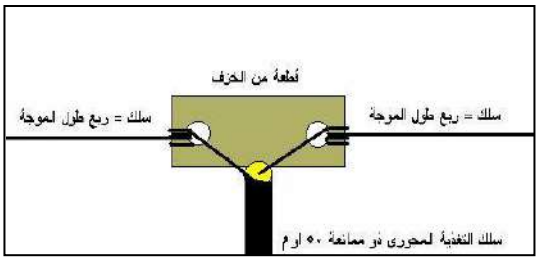
$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{سرعة انتشار الموجة}}{\text{تردد الموجة}}$$

مثال :

احسب طول هوائي دايبول لاستقبال إشارة بالتردد (174 – 223) ميكا هرتز .

174 + 223 = 397 ميكاهرتز

$$\text{معدل التردد} = \frac{397}{2} = 198.5 \text{ ميكاهرتز}$$



$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{سرعة انتشار الموجة}}{\text{تردد الموجة}}$$

$$= \frac{300 \times 10^{6}}{198.5 \times 10^{6}}$$

= 1.5 متر

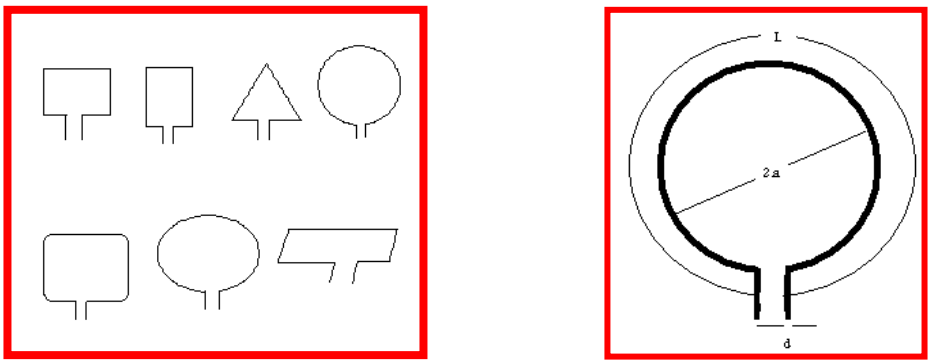
طول الهوائي = 1 / 2 طول الموجة

= 1 / 2 x 1.5 = 75 سم

طول الهوائي الحقيقي = 75 x 0.95 = 71 سم (لان سرعة انتشار الموجة في معدن الهوائي اقل من انتشارها في الفضاء) .

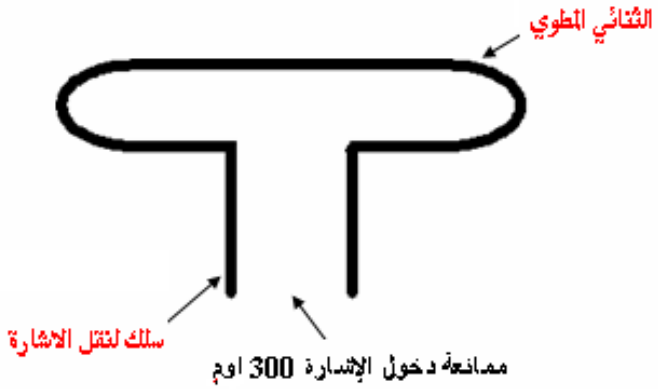
3 – الهوائي المطوي (الهوائي الحلقي): Loop Antenna

وهو عبارة عن حلقة من سلك موصل يستخدم في الارسال والاستلام للمديات القصيرة نسبيا. ويتخذ عدة أشكال دائري , مثلث , مربع أو أي شكل آخر ولكن جميع هذه الأشكال إذا امتلكت مساحة متساوية فان هذه الهوائيات تمتلك الخواص نفسها. من مواصفات هذا الهوائي ان محيطه L اصغر أو يساوي أثنين بالعشرة من الطول ألموجي λ وان نصف قطر شكله الدائري a هو اصغر بكثير من الطول ألموجي λ وسمك السلك المستخدم d هو اصغر بكثير من محيطه L لاحظ الشكل (8 - 5) .



الشكل (8 - 5) أشكال مختلفة لهوائي الدايبول المطوي

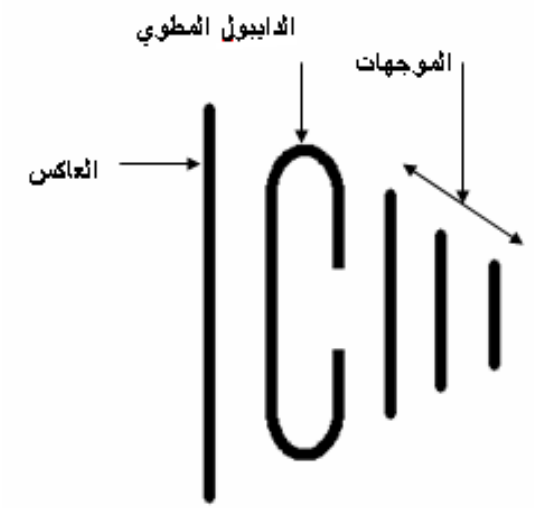
يتكون من هوائيين من الدايبول نصف الموجة متصلين مع بعضهما عند الأطراف وطول هوائي الدايبول المطوي يساوي نصف طول الموجة ويختلف عن هوائي الدايبول نصف الموجة في اتجاه ونموذج الإشعاع وممانعة خرج الإشارة اكبر منها لدايبول نصف الموجة وتساوي (300) أوم ويمتاز منحني الاستجابة عند الرنين بأنه كبير وواسع، لاحظ الشكل (9 - 5).



الشكل (9 – 5) الهوائي المطوي

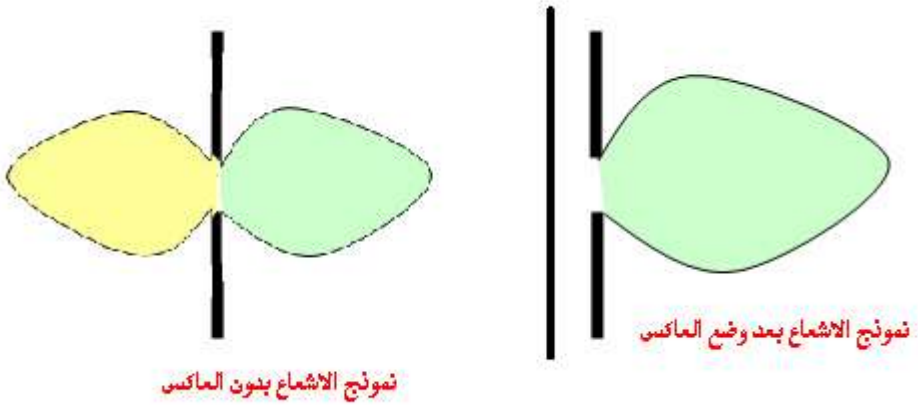
4 – هوائي ياكي : Yagi Antenna

عند استخدام هوائي الدايبول المطوي مع مجموعة من الموجهات والعاكس فان هذه الشبكة تسمى بهوائي ياكي نسبة إلى اسم المخترع، وهو يستخدم بكثرة لاستلام الاشارة في التلفزيون. لاحظ الشكل (10 - 5) .



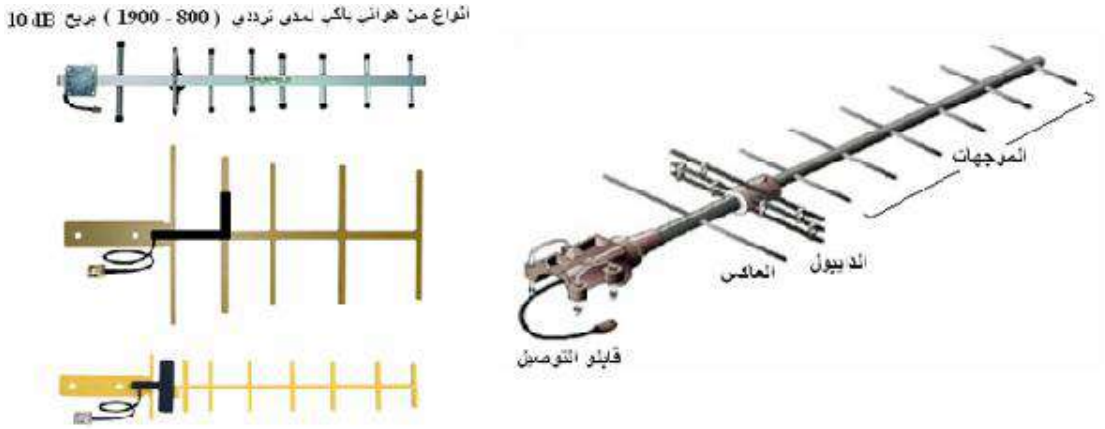
الشكل (10 - 5) هوائي ياكي

والعاكس عبارة عن قضيب معدني موصل له قطر الدايبول نفسه ويزيد عنه بالطول بحوالي 5 % من طول الموجة في مستوى الدايبول وموازيا له من جهة الخلف ولا يتصل به كهربائيا ويبعد عنه 2.5 % من طول الموجة ، ويعمل العاكس على إشعاع جزء من الطاقة للإشارة المرغوبة إلى االدايبول من الخلف بحيث تصل الدايبول بطور الإشارة المستلمة نفسها وان أية إشارة تصل إلى الدايبول من جهة الخلف بطور مختلف عن طور الإشارة سوف يعاد بثها من جديد من العاكس كما ويعمل العاكس على تغيير شكل نموذج الإشعاع (Radiation Pattern) فيصبح أوسع ما يمكن لذلك تتحسن خاصية الاستقبال ويعمل كذلك على تضييق عرض منحني الاستجابة لاحظ الشكل (11 - 5) .



الشكل (11 - 5) نموذج الاشعاع

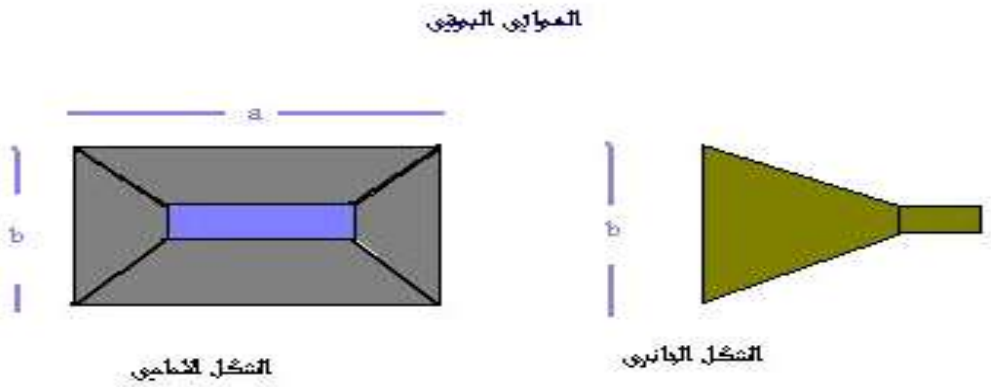
من مساوئ استخدام العاكس انه يقلل مقاومة الدايبول عند المنتصف، ومن الممكن أيضا تحسين خواص الاستقبال للهوائي باستخدام عناصر أخرى إضافية تسمى الموجهات (Directors) توضع أمام الدايبول بالنسبة لاتجاه الإشارة المرغوب استقبالها والقادمة من المرسل. وتقوم الموجهات بتركيز الاشارة للحصول على ربح اعلى اي لتحسين كفاءة الارسال والاستقبال. والموجهات تشبه في شكلها العاكس وتثبت في المستوى نفسهِ للدايبول والعاكس موازية لهما ويمكن استخدام أكثر من موجه واحد في شبكة الاستقبال وطول الموجه الأول القريب من الدايبول يقل بحوالي 5% من طول الدايبول وكل موجه يليه في البعد وتعمل الموجهات على تضييق زاوية الاستلام، لاحظ الشكل (12 - 5) .



الشكل (12 - 5) اشكال مختلفة من هوائي ياكي

5 – هوائي بوق: Horn Antenna

يدعى أحيانا الهوائي ذو فتحة التغذية Aperture antenna وهو عبارة عن قطعة معدنية مجوفة تسمى دليل الموجة Wave Guide وفي مقدمته تصميم يشبه البوق، وكما موضح بالشكل (13 - 5).



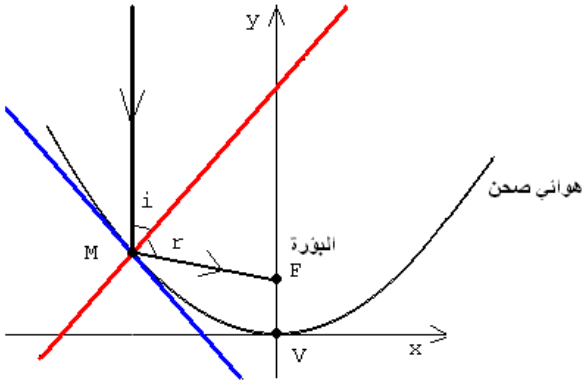
الشكل (13 - 5) مخطط لهوائي بوق

تستخدم في المايكروويف لان هذه الموجات تنتقل بشكل خطوط مستقيمة كما في الموجات الضوئية لذلك تحتاج إلى تركز الموجات المايكروية في الإرسال والاستلام، لاحظ الشكل (14 - 5).

الشكل (14 - 5) اشكال مختلفة من هوائي بوق

6 – هوائي الصحن : Dish Antenna

عبارة عن صحن معدني يقوم بعكس الاشارة وتجميعها في بؤرة الصحن الحاوي على عنصر الارسال والاستلام. ويستخدم غالبا في اتصالات الاقمار الاصطناعية والاتصالات ذات التردد العالي جدا وفي اتصالات الفضاء. لاحظ الشكل (15 - 5) للقطع المكافئ، وفيه تكون الأشعة متجهه على السطح الداخلي للصحن والنقطة M هي النقطة التي عندها يصطدم الشعاع بالقطع المكافئ و (i) هي الزاوية المصنوعة بوساطة الشعاع والخط باللون الأحمر وهو الخط العمودي على خط التماس الموضح باللون الأزرق عند النقطة (M) . (r) تمثل الزاوية المصنوعة بوساطة الشعاع الساقط والخط باللون الأحمر وطبقا لقوانين الانعكاس فإنّ الزاويتين i , r متساويتان وهكذا تركز الأشعة الساقطة في النقطة (F) وتسمى بالبؤرة .
الصحن عبارة عن عاكس يحتوي على (LNB) LOW NOISE BLOCK CONVERTER



الشكل (15 - 5) هوائي صحن والاشعة الساقطة عليه

1 – 2 –5 تحويل ومنع الضوضاء الواطئ : LNB

إشارات القمر الاصطناعي مثل الموجات المايكروووية لا تخترق الجدران والسقوف والشبابيك الزجاجية بسهولة لذلك توضع الهوائيات التي تعمل عليها خارج الأبنية وتوصل الإشارات بوساطة كيبلات إلى داخل هذه الأبنية ، وعند إرسال إشارات راديوية خلال الكيبلات المحورية تزداد الخسائر كلما ازداد التردد والإشارات المستخدمة بالأقمار الاصطناعية بالترددات العالية (بالميكاهرتز) يلزمها استخدام دليل الموجة وهو غالي الثمن لذلك وضع LNB والذي يعمل على مبدأ عملية السوبرهترودين حيث يحجز حزمة عريضة بترددات عالية نسبيا وتكبيرها وتحويلها إلى إشارات بالتردد الوسيط وإرسالها

خلال كيبلات محورية للتقليل من الخسائر و توهين الإشارات كما يكون من السهل تصميم الدوائر الالكترونية للعمل بالترددات الواطئة بدلا من الترددات العالية المرسلة من الأقمار الاصطناعية . إن مصطلح جزء الضوضاء الواطئ يعني استخدام تقنية هندسية الكترونية خاصة بحيث ينجز التكبير والمزج قبل كيبل التوهين وللهوائيات على شكل الصحن عدة أشكال موضحة قسم منها بالشكل (16 - 5) .

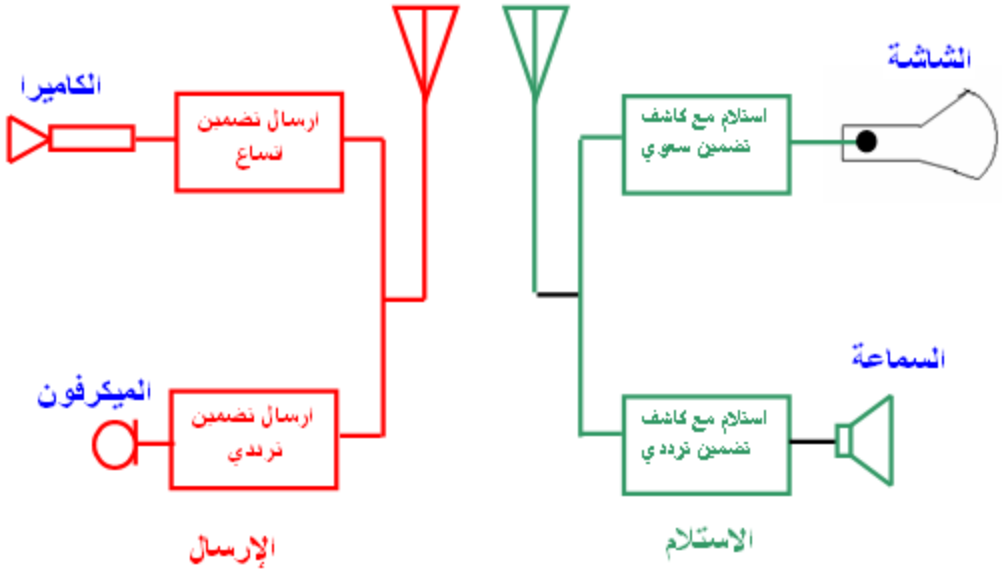
الشكل (16 - 5) هوائيات صحن

يمكن توجيه هوائيات القمر الاصطناعي بدقة نحو سطح الأرض وذلك بجعل القمر الاصطناعي متوازيا في مداره. ويتم ذلك بجعل جسم القمر الاصطناعي يدور حول نفسه مرة كل ثانية ، وهذا يمكن من توجيهه دائما باتجاه نقطة محددة (بشكل متوازٍ مع محور الأرض)، لاحظ الشكل (17 - 5) . من ناحية أخرى تدور هوائيات القمر الاصطناعي بالسرعةِ نفسها ولكن باتجاه معاكس وهذا يجعل الهوائيات باتجاه نقطة معينة ثابتة من سطح الأرض . في العادة تحتوى الأقمار الاصطناعية على هوائيات إرسال واستقبال منفصلة. وتكون هوائيات الإرسال بشكل صحون لتقوم بتوجيه الإشارات إلى منطقة محددة من سطح الأرض حيث تقوم المحطات الأرضية باستقبالها ويتم توجيه هوائيات القمر الاصطناعي إلي أيةِ نقطة وذلك بوساطة إرسال إشارات تحكم خاصة .

الشكل (17 - 5) توجيه هوائيات القمر الاصطناعي

3 - 5 منظومة البث التلفزيوني :

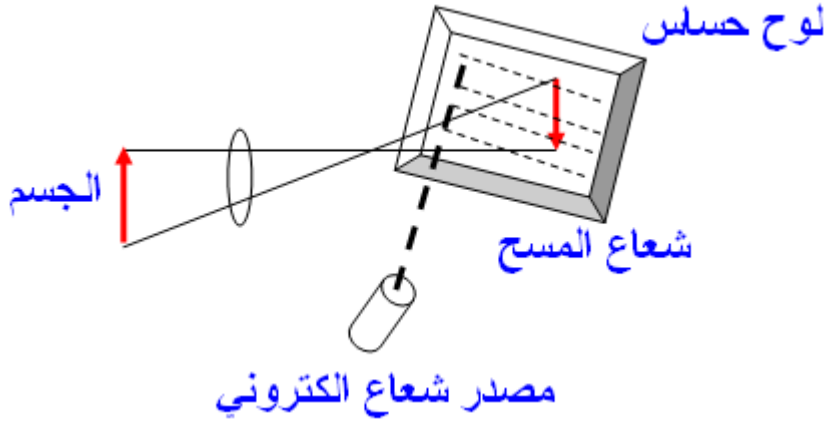
إن التطور الكبير في تكنولوجيا منظومات التلفزيون جعل هذه المنظومات لأغراض متعددة أهمها استخدام التلفزيون كوسيلة إعلامية وكذلك يستخدم في التعليم وفي الصناعة وفي أقسام السيطرة وكثير من الاستخدامات الأخرى. والشكل (18 - 5) يوضح مُخططاً كتلوياً مبسطاً للمتطلبات الأساسية لكل من جهازي الإرسال والاستلام التلفزيوني .



الشكل (18 - 5) مخطط كتلوي للإرسال والاستلام 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. في جهة الاستلام يقوم الهوائي بتحويل الموجات الكهرومغناطيسية القادمة عبر الأثير إلى اشارات كهربائية تمثل كل من إشارة الصورة المضمنة تضميناً سعوياً وإشارة الصوت المضمنة تضمينا ترددياً . يعمل جهاز الاستلام بالكشف عن إشارة الصورة أي استخلاصها من الإشارة الحاملة وتغذيتها إلى صمام الصورة (الشاشة) الذي يعيدها بدوره إلى معلومات ضوئية تمثل صورة الجسم 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 (19 - 5).

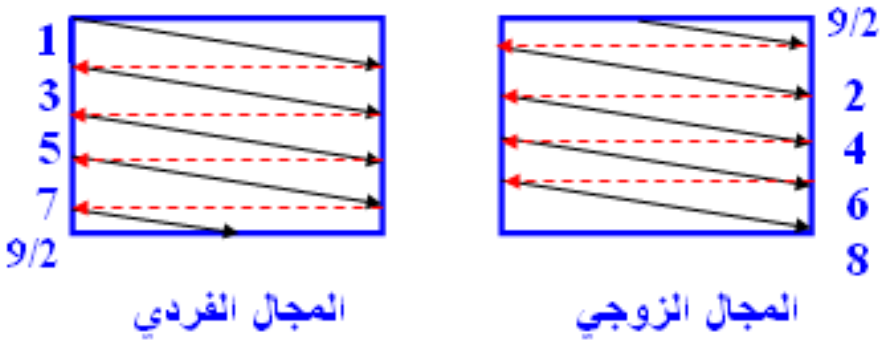


الشكل (5 - 19) تكوين الجسم على اللوح الحساس

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 إحداها تحت الآخر حيث أن كل 625 خط تمثل إطاراً (Frame) واحداً من الصورة ولإرسال صوره متحركة يجب أن يكون عدد الخطوط الممسوحة خلال ثانيه واحدة يساوي (625 x 25) خط و كما هو معلوم أن الصورة تبقى على شبكية العين مدة 1 / 25 من الثانية فلكي لا يشعر المشاهد بالتغير بين إطار وآخر يجب إرسال 25 إطار خلال الثانية .

وللحصول على صورة مستقرة فأن الطريقة ألحديثة بمسح الصورة تتم بمسح الخطوط الفردية او المجال (Field) الأول ثم الخطوط الزوجية والمجال الثاني، أي بمسح الخط (1) ثم (3) و هكذا إلى الخط 625 ثم يبدأ الشعاع الالكتروني ثانية بمسح الخط رقم (2) ، (4) و يستمر إلى 624 . لاحظ الشكل

(20 - 5) الذي يوضح مسح 9 خطوط ويدعى بالمسح التبادلي او ألتشابكي .



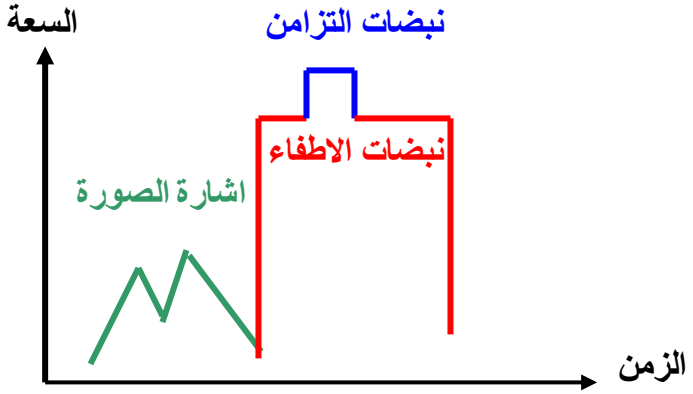
الشكل (5 - 20) المسح التبادلي

و لكي تظهر معلومات الصورة بشكل واضح و مستقر على شاشه 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 و كذلك ترسل مع نهاية رسم كل خط أفقي و هي نبضات التزامن الأفقية و ترسل نبضات الإطفاء (Blanking pulse) تعمل على إطفاء الشعاع أثناء العودة .

4 - 5 الإشارة المرئية المركبة Composite Video Signal

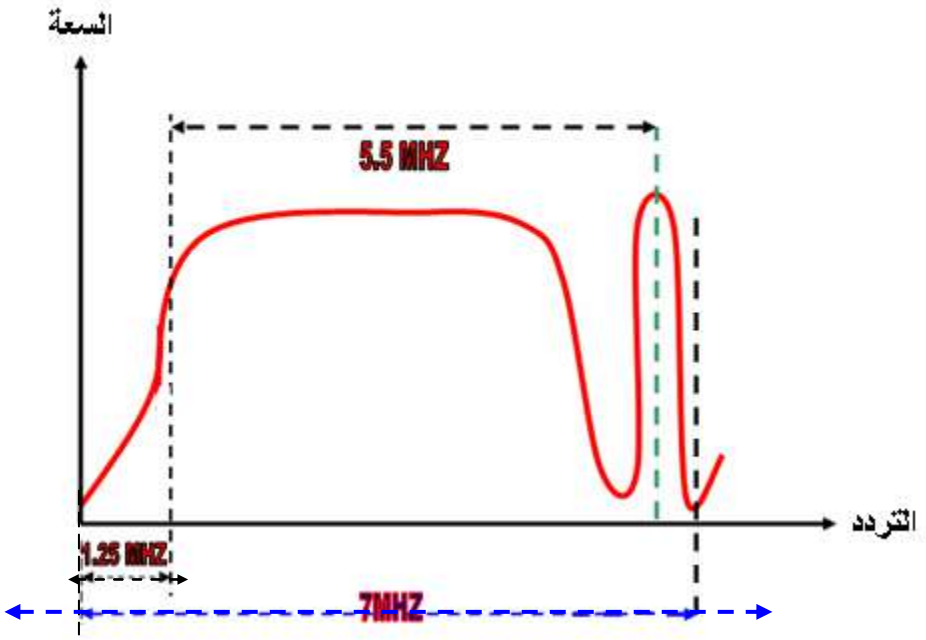
تتكون الإشارة المرئية من الأجزاء التالية :-

1- إشارة الصورة Imoge 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 (21 - 5) .



الشكل (21 - 5) الإشارة المرئية المركبة

و في منظومة البث التلفزيوني يستخدم الإرسال الجزئي للحزمة و الذي مر ذكره في الفقرات السابقة ففي هذا النوع أمكن استخدام اكبر عدد من القنوات التلفزيونية و فيه 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 لذلك فأن هذا الجزء المقطوع من الحزمة الجانبية السفلى يُعدُّ حماية لتردد حامل الصورة، لاحظ الشكل (22 - 5) . إن عرض الحزمة يساوي (7) ميكاهرتز و الفرق الترددي بين حامل الصوت و حامل الصورة (5.5) ميكاهرتز ومقدار الجزء المقطوع من الحزمة الجانبية السفلى (1.25) ميكاهرتز .



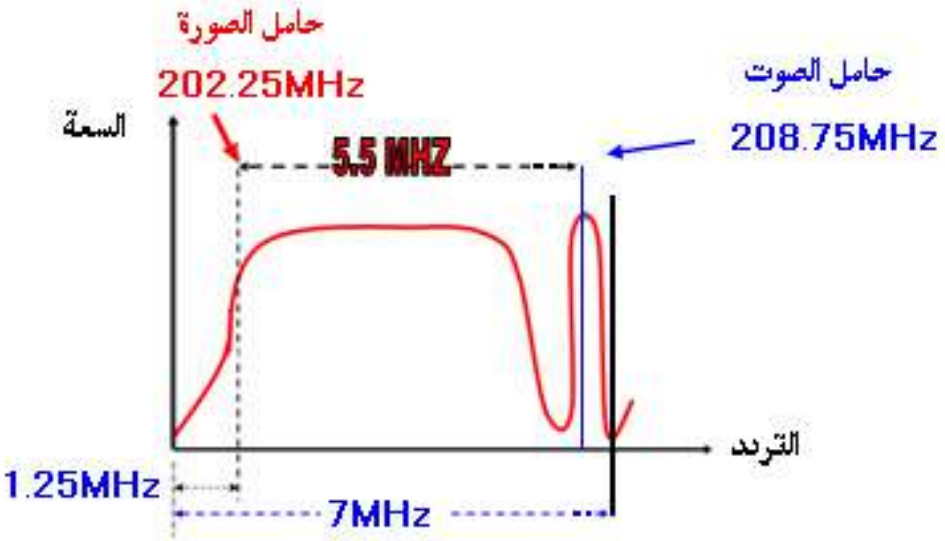
الشكل (22 - 5) منحني الإرسال الجزئي للحزمة

مثال : اوجد تردد الموجه الحاملة للصورة وتردد الموجه الحاملة للصوت للقناة (9) بالتردد MHz (202-209) .

تردد القناة (9) بين MHz(202 – 209)

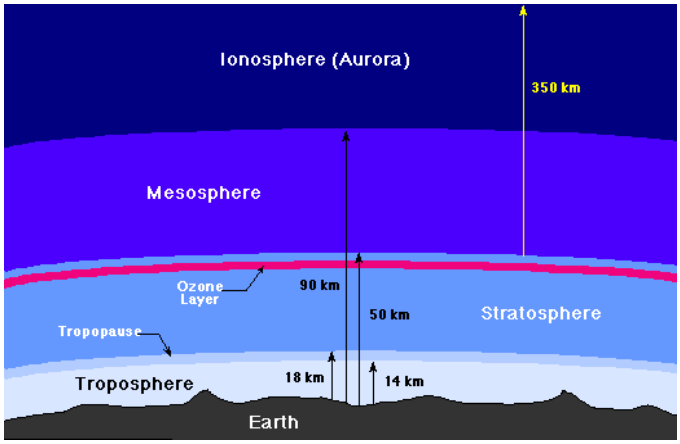
202 + 1. 25 = 203 .25 ميكاهرتز حامل الصورة

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



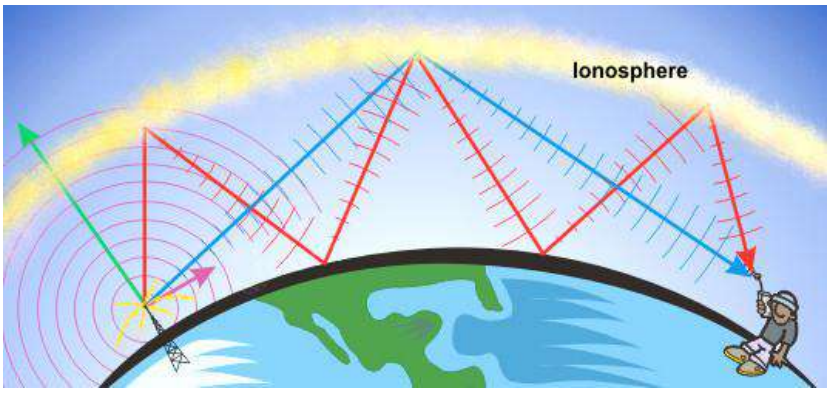
5 - 5 الطبقة المتأينة " أيونوسفير" (Ionosphere) :

تظهر الطبقة المتأينة (إيونوسفير) في الغلاف الجوي عند ارتفاع Km (50) ممتدة حتى نهايته، لكنها تكون أكثر وضوحاً وتأثيراً بين ارتفاع Km (50 – 400) عن سطح البحر.
وسميت بالطبقة المتأينة لاحتوائها على كميات من (الأوكسجين والنتروجين المتأين) . التأين وهو فقدان ألذرة لبعض 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 . الشكل (23- 5) يوضح الغلاف الجوي وطبقات الجو .



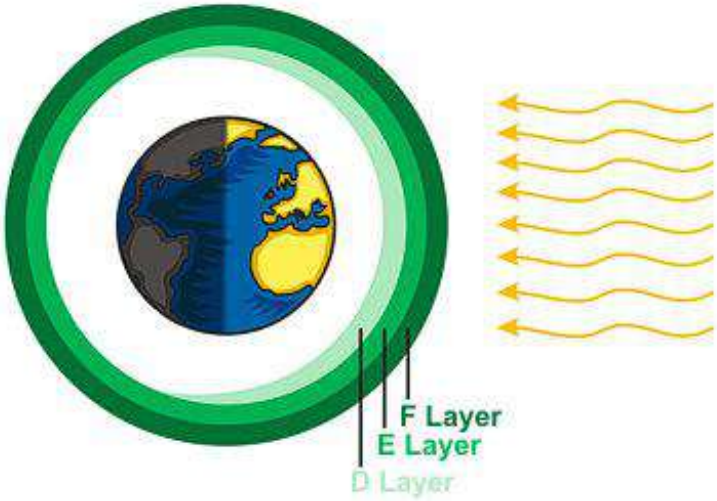
الشكل (23-5) الغلاف الجوي وطبقات الجو

تعمل 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 (24 – 5) .



الشكل (24 – 5) انعكاس الموجات الراديوية من طبقة ألايونوسفير

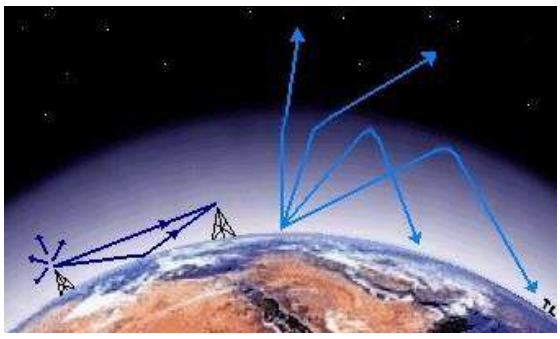
وتقسم طبقة الايونوسفير إلى عدة طبقات هي الطبقات F, E, D ولكل منها خواص معينة، لاحظ الشكل (25 – 5) .



الشكل (25 – 5) 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 تعود وتتحد الأيونات الغازية الموجبة مع الالكترونات الحرة وتغيب الطبقة D ويصبح في مقدرة أمواج (AM) من التوغل ليلا واختراق الطبقة E والوصول إلى الطبقة F العالية فتنعكس إلى سطح الأرض قوية مغطية مجالا واسعا يتعدى عدة مئات من الكيلومترات .

و لكون عرض حزمة الإشارة التي تمثل معلومات الصورة عالية قياسا الى الإشارة الصوتية في البث الإذاعي لذلك فأن الموجات المستخدمة للإرسال التلفزيوني تكون شديدة القصر و لا 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 (26 - 5) .



الشكل (26 – 5) 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 والمستخدم في قطرنا العراقي .

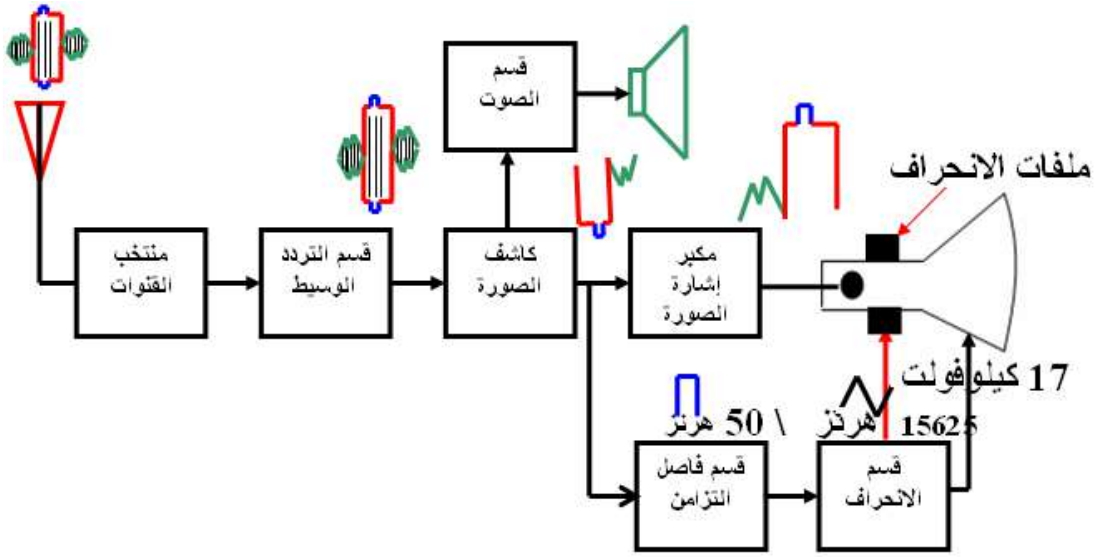
الجدول (1 - 5) القنوات التلفزيونية وفقا للنظام الأوربي

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 إن اغلب حزم الترددات العالية VHF قد خصصت 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 استلامها في منتخب القنوات في جهاز التلفزيون .

7- 5 المكونات الرئيسة لجهاز استلام تلفزيوني :

المخطط الكتلوي الموضح بالشكل (27 - 5) يوضح الأقسام الرئيسة لجهاز التلفزيون (اسود – ابيض) .

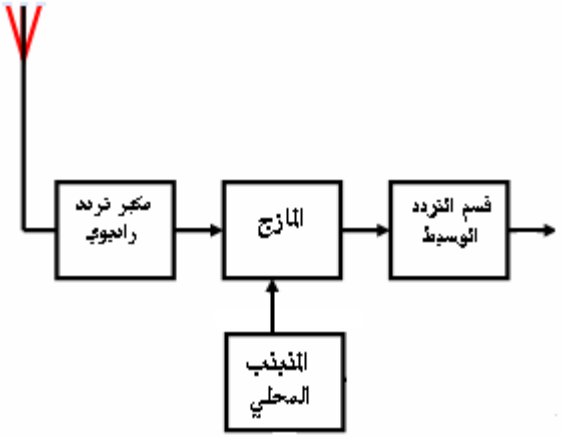


الشكل (5 - 27) المخطط الكتلوي لجهاز استلام تلفزيوني

5 – 6 - 1 قسم منتخب القنوات : Tuner Section :

يتكون من مكبر التردد الراديوي RF Amp. يعمل على استلام (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 - 28).

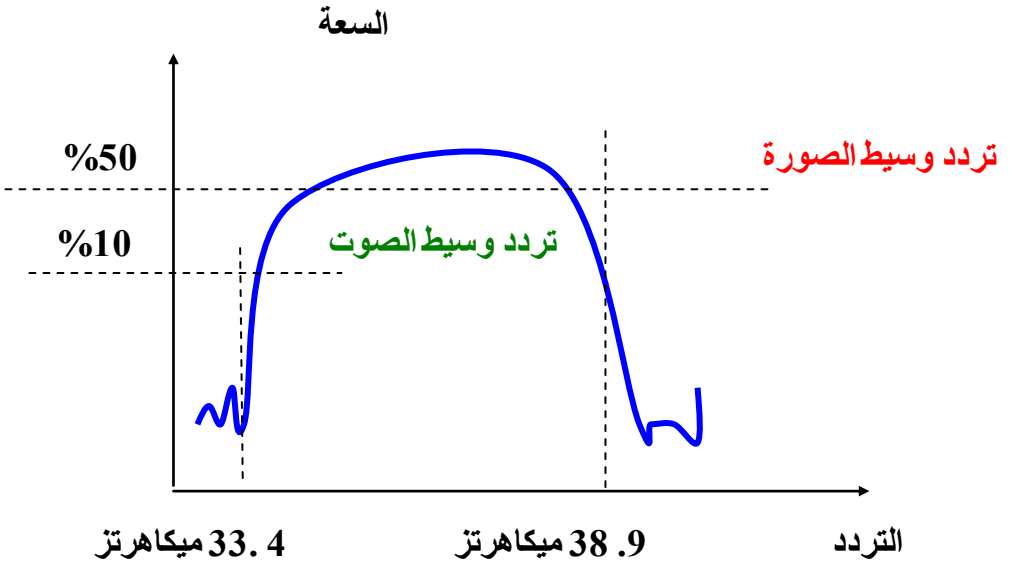
إشارة التردد الوسيط = إشارة المذبذب المحلي – إشارة المكبر الراديوي



الشكل (5 - 28) يوضح عملية السوبرهترودين

2- 6 – 5 قسم مكبر إشارة التردد الوسيط(صوره – صوت) : IF Amp Section

يتكون من ثلاث مراحل عادة و تكبر الإشارة إلى الآف المرات في هذا القسم و حسب منحني الاستجابة للتردد الوسيط لتكبير حامل الصورة بالتردد 38.9 ميكاهرتز بمقدار 50% وحامل الصوت بالتردد 33.4 ميكاهرتز بمقدار 10% لاحظ الشكل (29 - 5) .



الشكل (29 - 5) منحني الاستجابة لمكبر إشارة التردد الوسيط (صورة – صوت)

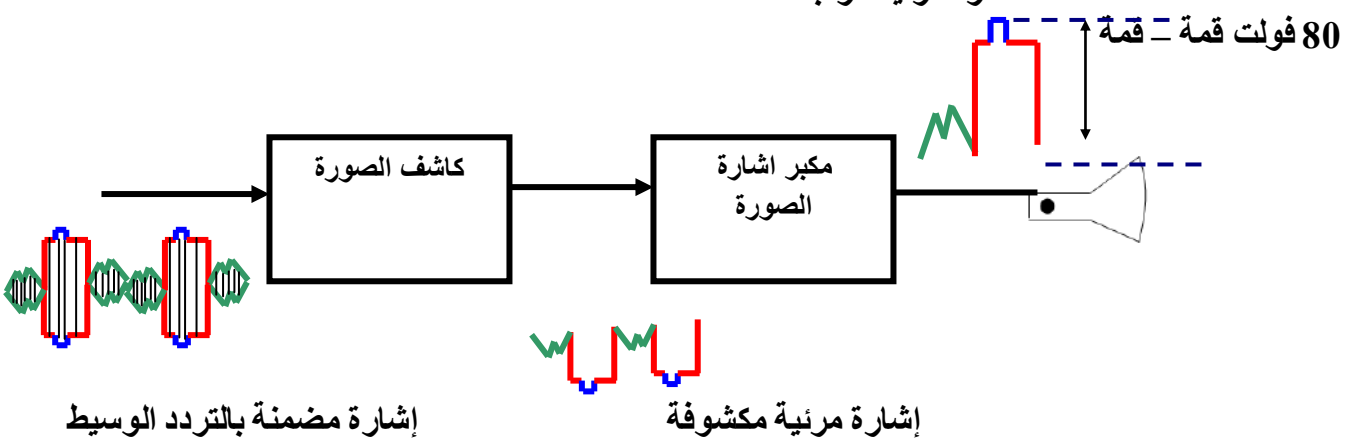
3 – 6 - 5 قسم كاشف الصورة : Video detector section

الإشارة المكبرة و الخارجة من مرحلة مكبر إشارة التردد الوسيط (صورة – صوت) عبارة عن إشارة مرئية مركبة ذات تضمين سعوي فيعمل كاشف الصورة على استخلاص بيانات الصورة في هذه المرحلة و يتم الكشف هذا 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 (30 - 5) .

الشكل (30 - 5) المخطط الكتلوي لكاشف الصورة

5 – 6 -4 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 يتم المحافظة على عرض مجال (5) ميكاهرتز للتحكم في شدة الشعاع الالكتروني الراسم للصورة على الشاشة، لاحظ الشكل (31 - 5) .

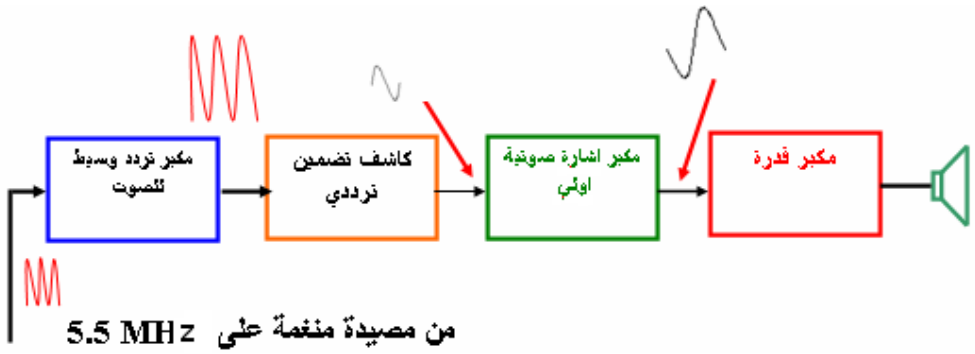


الشكل (31 - 5) المخطط الكتلوي لقسم مكبر إشارة الصورة

5 – 6 - 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 .

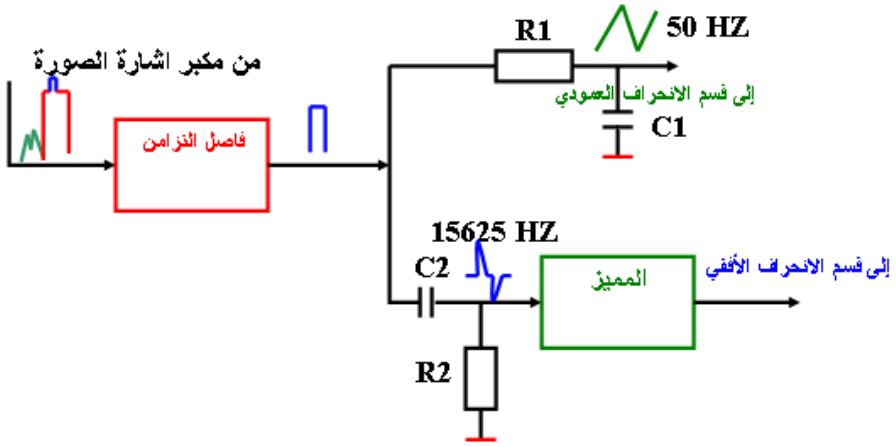
تكبر الإشارة السمعية AF (Audio Frequency) الخارجة من كاشف إشارة الصوت بمرحلتين هما مرحلة التكبير الأولية و مكبر القدرة و يستعمل عادة نوع (السحب- دفع) أو المتتام . لاحظ الشكل (32 - 5) .



الشكل (32 - 5) المخطط الكتلوي لقسم الصوت

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

يعمل هذا القسم على فصل نبضات التزامن الأفقية و العمودية من محتوى الإشارة المرئية المركبة (المكشوفة) و تجهيزها إلى كل من قسم الانحراف الأفقي و العمودي عن طريق دائرة التفاضل و التكامل لأن هذه العملية ضرورية لتثبيت الصورة في الاتجاهين الأفقي و العمودي، لاحظ الشكل (33 - 5) .



الشكل (33 – 5) المخطط الكتلوي لقسم فاصل التزامن

7- 6 – 5 قسم الانحراف : Deflection Section

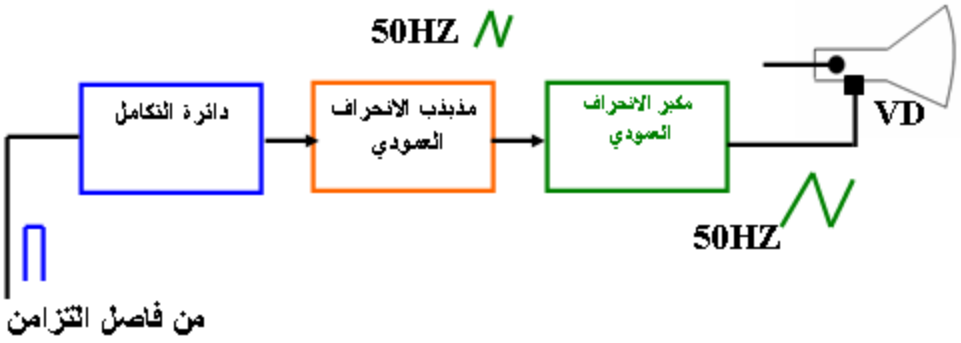
يتكون من

1- قسم الانحراف العمودي Vertical Deflection Section

2- قسم الانحراف الأفقي Horizontal Deflection Section

1- قسم الانحراف العمودي :

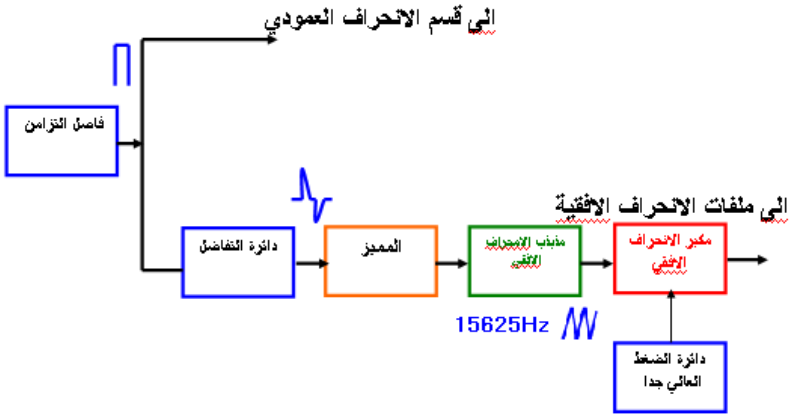
يتألف قسم الانحراف العمودي من المذبذب العمودي vertical oscillator الذي يعمل على توليد موجه أسنان المنشار بالتردد 50 HZ ومن مكبر الانحراف العمودي Vertical Amp. الذي يقوم بتكبير سعة موجه سن المنشار و تجهيزها إلى ملفات الانحراف العمودية V. Deflection، ولكي يتم تحريك الشعاع الالكتروني من الأعلى إلى الأسفل أو بالعكس، لاحظ الشكل (34 – 5) توصل نبضات التكامل بالتردد للسيطرة على عمل المذبذب العمودي .



الشكل (34 - 5) المخطط الكتلوي لقسم الانحراف العمودي

2- قسم الانحراف الأفقي :

المخطط الكتلوي الموضح بالشكل (35 - 5) يوضح قسم الانحراف الأفقي الذي يعمل على توليد موجه سن المنشار، و تُعدُّ 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 شاشه التلفزيون .



الشكل (35 - 5) المخطط الكتلوي لقسم الانحراف الأفقي

و يتكون 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 .

الخلاصة :

- يتم انتقال القدرة الكهربائية من محطة الإرسال إلى جهاز الاستقبال عندما تغذى القدرة إلى هوائي الإرسال الذي يشعها على شكل موجات كهرومغناطيسية
- من أنواع الهوائيات هي الهوائي الايزوتروبي وثنائي القطب أو الثنائي المطوي وهوائي ياكي ، هوائي بوق ، هوائي صحن.
- في هوائي ثنائي القطب التيار الكهربائي المتدفق في الهوائي والناتج عن الجهد يتغير في قيمته على طول الهوائي نتيجة تغيير السعة الذاتية له، وتكون القيمة العظمى للتيار عند المنتصف .
- يتكون هوائي ياكي من الثنائي المطوي ومجموعة من الموجهات والعاكس.
- هوائي بوق يدعى أحيانا الهوائي ذا فتحة التغذية وهو عبارة عن قطعة معدنية مجوفة تسمى دليل الموجة وفي مقدمته تصميم يشبه البوق يستخدم في المايكروويف .
- في هوائي صحن تلتقي الأشعة الساقطة في نقطة تدعى البؤرة والصحن عبارة عن عاكس يحتوي على LNB (Low Noise Block Converter)
- تقوم الكاميرا التلفزيونية تحويل المعلومات الضوئية المنعكسة عن الأجسام المقابلة إلى إشارة كهربائية تدعى بإشارة الصورة Video Signal أو إشارة الكاميرا Camera Signal
- تتكون الإشارة المرئية المركبة من الأجزاء (إشارة الصورة، نبضات التزامن، ونبضات الإطفاء).
- تردد الجزء المقطوع من الحزمة الجانبية السفلى 1.25 ميكاهرتز في منظومة البث التلفزيوني.
- الفرق الترددي بين حامل الصورة و حامل الصوت هو 5.5 MHZ في منظومة البث التلفزيوني.
- يعمل قسم مكبر إشارة الصورة على تكبير سعة الإشارة المرئية المركبة وتوصيلها الى كاثود الشاشة .
- يعمل قسم فاصل التزامن على فصل نبضات التزامن الأفقية عن العمودية من محتوى الإشارة المرئية المركبة المكشوفة وتوصيلها إلى قسم الانحراف الأفقي والعمودي .

أسئلة للمراجعة :

1) اشرح مع الرسم الاستقطاب الأفقي والعمودي .
2) اشرح مع الرسم الهوائي النقطي أو الايزوتروبي .
3) اشرح مستعينا بالرسم هوائي الدايبول المطوي .
4) اشرح هوائي ياكي . وضح إجابتك بالرسم .
5) ما الاستخدامات لهوائي بوق ؟ وضح إجابتك بالرسم .
6) اشرح بالتفصيل مع الرسم هوائي صحن .
7) اشرح مع الرسم مسح 13 خط لمجالين فردي وزوجي في منظومة البث التلفزيوني.
8) اشرح المخطط الكتلوي للإرسال و الاستلام التلفزيوني . ارسم منحني الإرسال .
9) اشرح المخطط الكتلوي لقسم إشارة الصورة .
10) اشرح المخطط الكتلوي لقسم الصوت .
11) اشرح المخطط الكتلوي لقسم فاصل التزامن .
12) اشرح المخطط الكتلوي لقسم الانحراف الأفقي .
13) اشرح المخطط الكتلوي لقسم الانحراف العمودي .
14) اشرح المخطط الكتلوي لقسم كاشف الصورة .
15) اشرح المخطط الكتلوي لقسم مكبر إشارة التردد الوسيط .

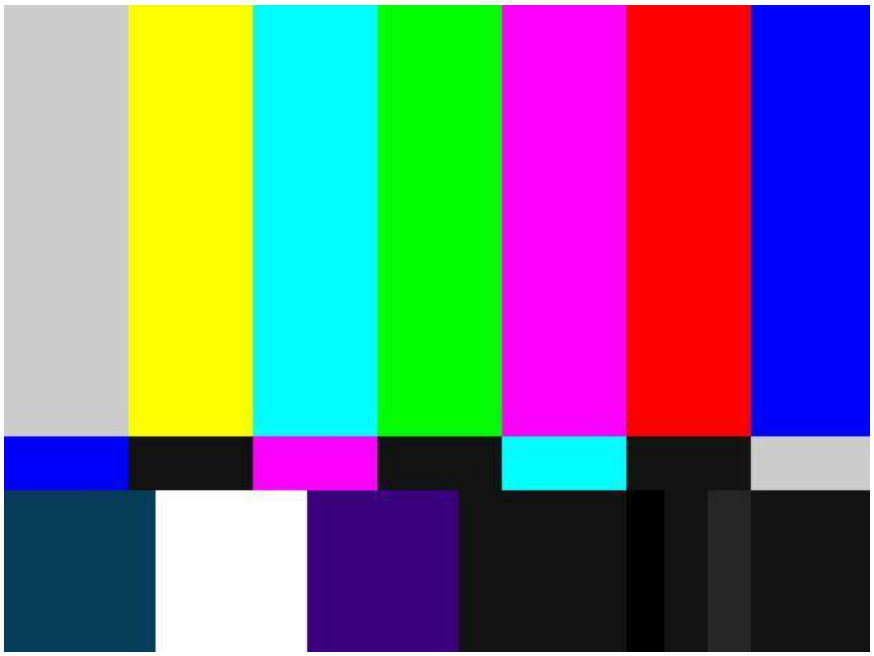
مسائل :

س1 : اوجد تردد الموجة الحاملة للصورة و تردد الموجة الحاملة للصوت للقناة (7) بالتردد MHz (188 - 195) .

س2: احسب طول هوائي دايبول لاستقبال إشارة بالتردد MHz (40 - 68) .

الفصل السادس

التلفزيون الملون



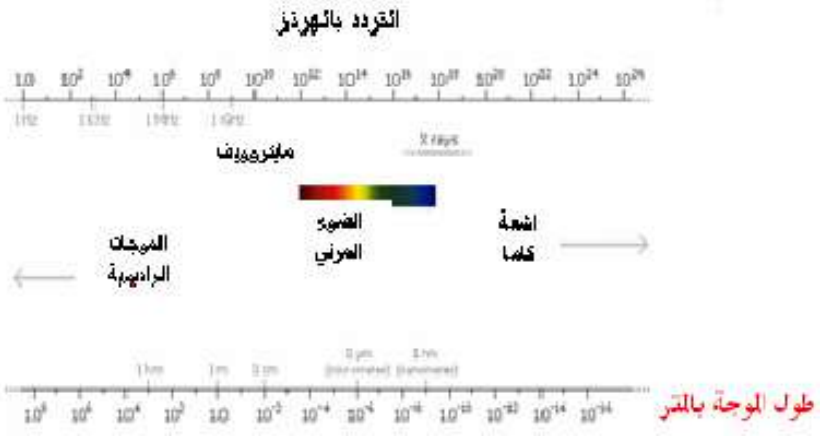
1- الضوء واللون – إشارة النصوع
2 –إشارات الفرق اللوني (R – Y) , (B – Y) , (G –Y)
3 – الإشارة المركبة للإرسال الملون
4- إرسال نظام PAL , SECAM , NTSC
5- استلام نظام PAL , SECAM , NTSC
6- الخلاصة
8- أسئلة للمراجعة و مسائل

الفصل السادس

التلفزيون الملون : Color Television

6 - 1 الضوء واللون: Color and light

الشمس هي المصدر الأساسي للضوء وقد لاحظ نيوتن إن ضوء الشمس يمكن تحليله إلى مجموعه من الألوان سميت بألوان الطيف الشمسي وتتدرج هذه الألوان حسب طول الموجة لكل منهما، ووحدة قياسها هي الانكستروم أو الملي ميكرون ويوضح الشكل (1 – 6) 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 موجه من 380 ملي ميكرون إلى 780 ملي ميكرون ويمكن القول 3800 انكستروم إلى 7800انكستروم.

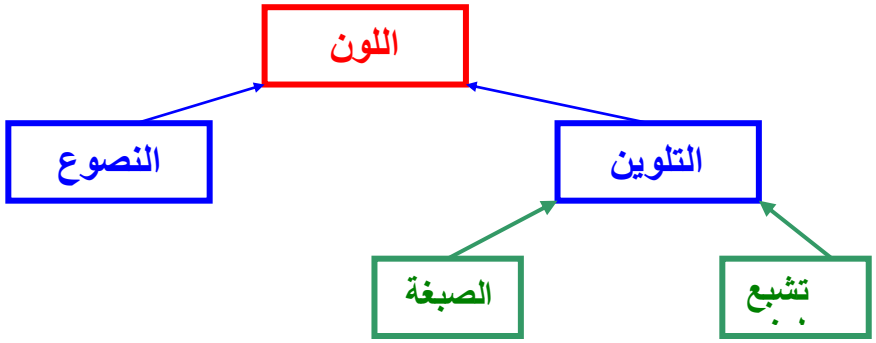


الشكل (1 – 6) طيف الطاقة المشعة

عندما يفصل الموشور الزجاجي ضوء الشمس الأبيض إلى ألوان الطيف النقية إلى ستة ألوان مميزه بوضوح هي : الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، البنفسجي ، لاحظ الشكل (2 - 6) .

الشكل (2 – 6) تحليل الطيف باستخدام الموشور

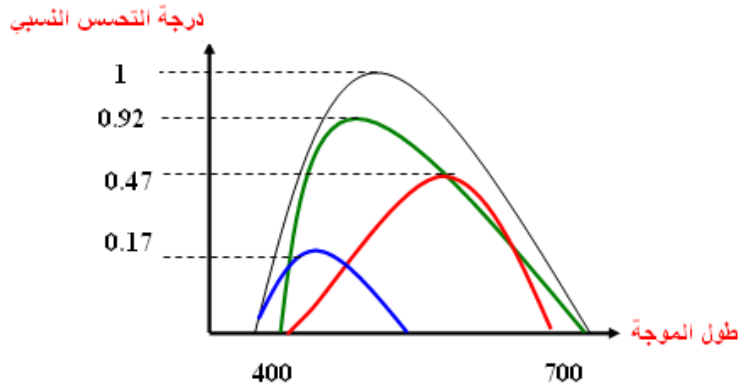
أطياف الألوان المشبعة النقية تلاحظ نادرا في الطبيعة مثلا الضوء المنبعث من الغازات والأبخرة المتوهجة وحزم الليزر، واللون هو صفة للضوء فالأجسام التي تمتص كل الألوان تبدو سوداء بينما الأجسام التي تعكس كل الألوان تبدو بيضاء بينما الجسم الذي يعكس اللون الأحمر يمتص بقيه الألوان وكذلك للألوان الأخضر والأزرق إلى آخره. واللون (Color) عبارة عن عنصرين أساسيين هما التلوين وبريقه أو نصوعه. ويمثل التلوين الصبغة (Hue) والتشبع اللوني (Color Saturation) لاحظ الشكل (3 – 6) .



الشكل (3 - 6) مخطط يوضح عناصر اللون

وتعطي درجه 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 الموجي . فالنصوع - هي كميه شدة الضوء أو الطاقة المستقبلة بملاحظه العين للون . والصبغة هي لون الطيف المسيطر في الضوء والتشبع اللوني - نقاوة العين للضوء الملون . وفي دراستنا إلى التلفزيون الملون فان الألوان الأحمر، والأخضر والأزرق هي الألوان الأولية أو الأساسية ، حيث لا يمكن الحصول على اللون الاخضر 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 شده التحسس النسبي (Sensibility) وطول الموجه والعلاقة بينهما وأول من لاحظ هذا الموضوع يونج أكد أن عين الإنسان عبارة عن مجموعه مكونه من ثلاثة أعصاب تتأثر كل مجموعة بلون خاص أي أن اللون الأخضر يحفز هذه الأعصاب بدرجة عالية بالألوان الأخرى كما موضح في الشكل (4 - 6) .

معادلة التحسس النسبي للضوء $0.92 + 0.47 + 0.17 = 1.56$



الشكل (4 - 6) 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

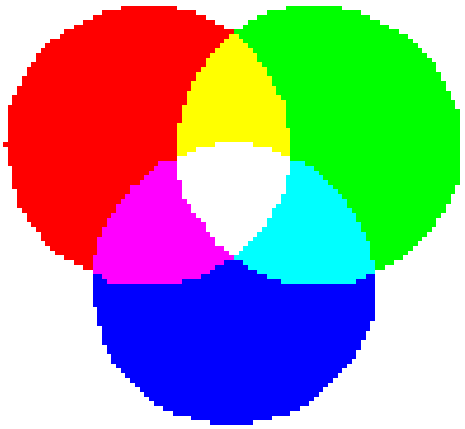
0.47 / 0.30 = 0.30 للأحمر

0.17 / 1.56 = 0.11 للأزرق

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

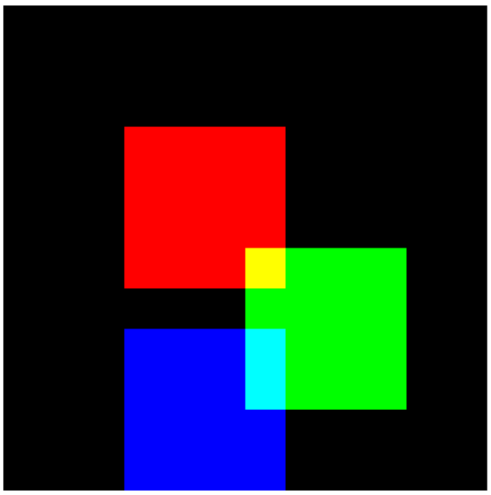
في دراستنا إلى جهاز التلفزيون الملون يصبح جمع الألوان وطرحها من الأمور المهمة جدا حيث يعتمد وضوح الصورة الملونة على الخلط بين الألوان بصورة أساسية . ويختلف الجمع والطرح بين الأشعة عنها في الاصبغة فمثلا :

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



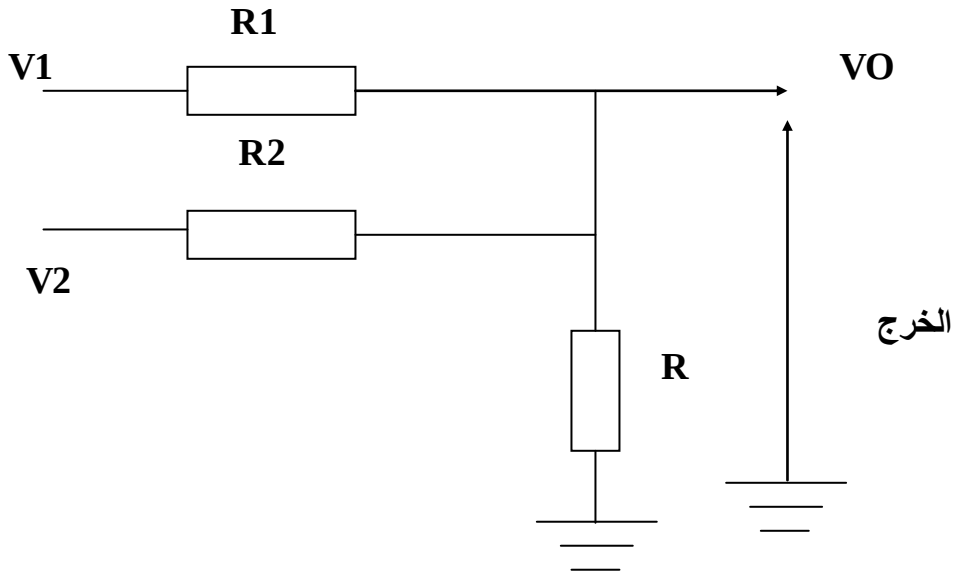
وكما قلنا في الفقرة السابقة أن اللون الأبيض هو:
الأحمر + الأزرق + الأخضر
فان الأبيض – الأحمر = أزرق + أخضر
= سمائي
الأبيض – الأخضر = أحمر + أزرق
= ارجواني

الأبيض – الأزرق= أخضر + أحمر
= أصفر



6 – 2 إشارة النصوع (Y) : Luminance Signal

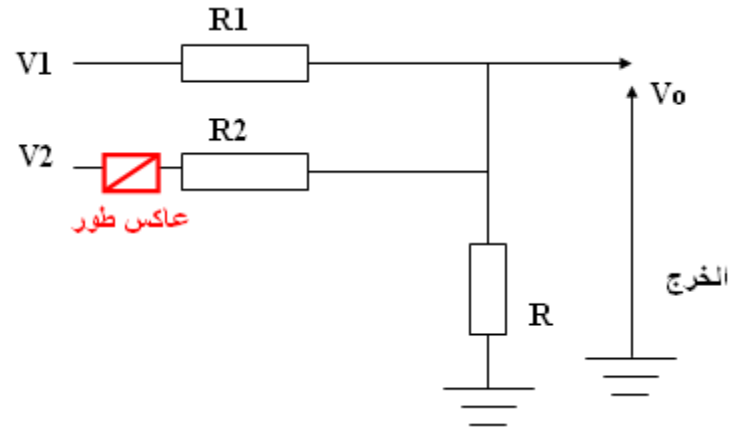
عند وضع ثلاث إشارات لكل من اللون الأحمر، والأزرق والأخضر بجهد (1) فولت لكل منهما، خلال مجموعة مكونة من مقاومات تسمى هذه المجموعة (بالمصفوفة) فانه من السهل الحصول على مجموعة هذه الألوان وبنسب معينة تعتمد على قيمة المقاومات لهذه المصفوفة . فمثلا مجموع الجهد V1 , V2 من مصفوفة كما في الشكل (5 - 6) .



الشكل (6 – 5) مصفوفة جمع

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

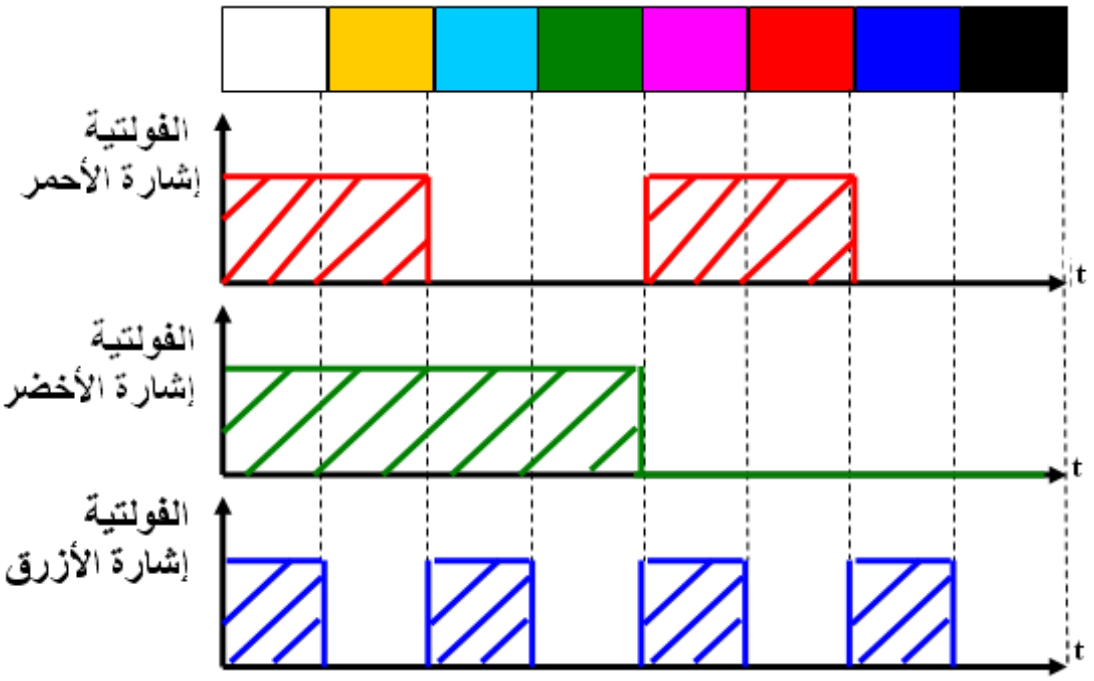
ومن الطرح بين الجهدين تصبح كما في الشكل (6 - 6)



الشكل (6 - 6) مصفوفة طرح

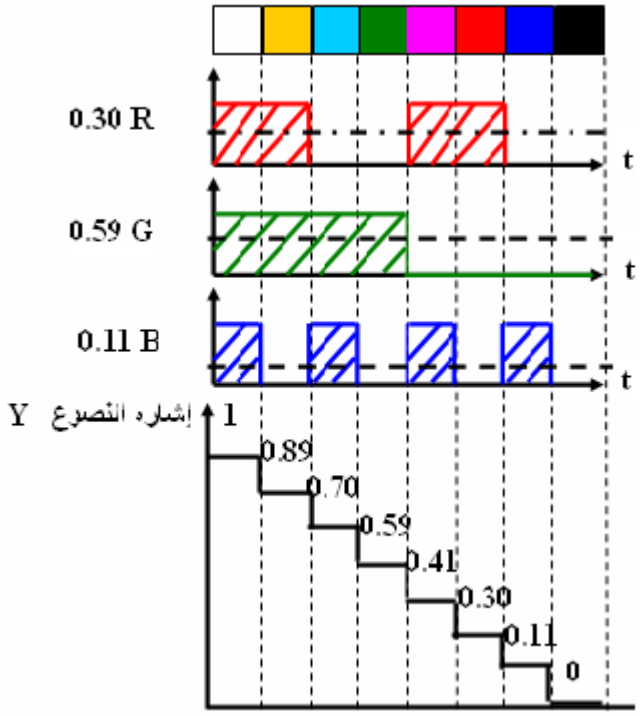
$$V_o = V_1 \times R / R_1 - V_2 \times R / R_2$$

تتدرج الألوان على شاشة التلفزيون بحسب نموذج قياسي يمكن ملاحظته أثناء إرسال نموذج الاختبار كما مبين في شكل (7 – 6).



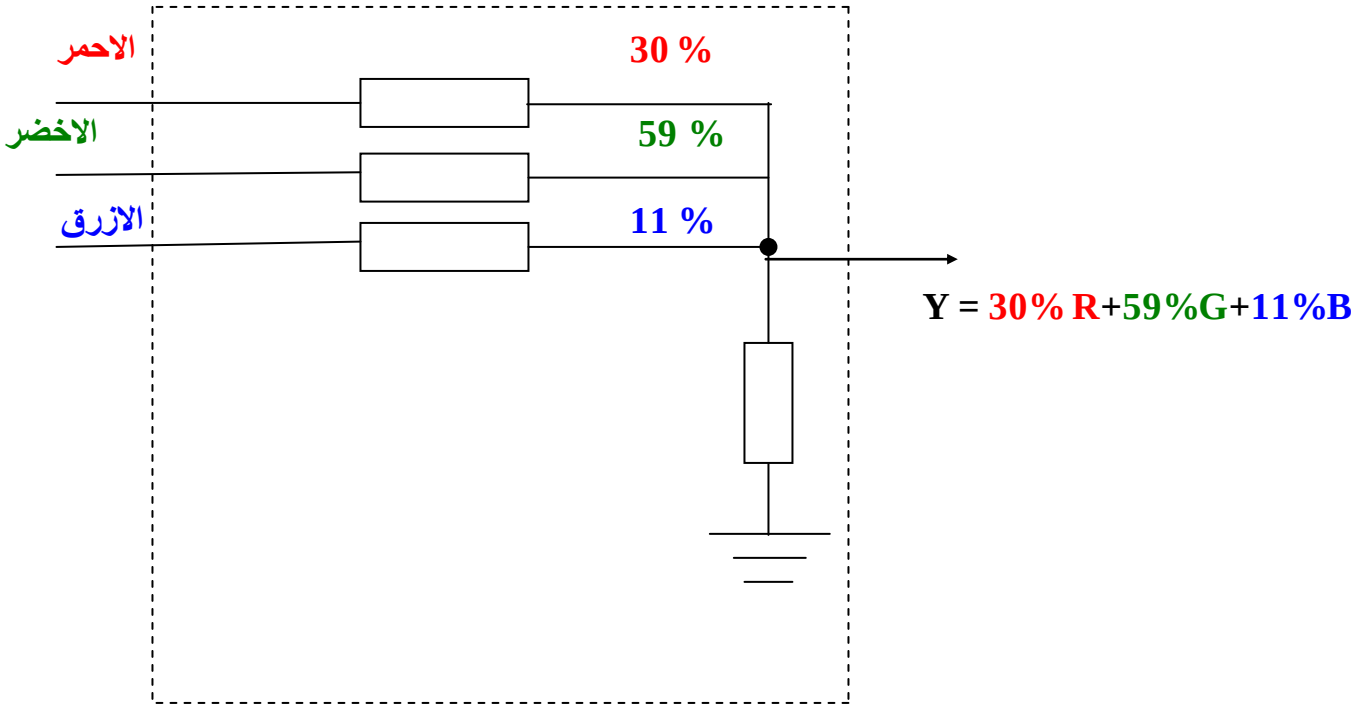
الشكل (7 – 6) إشارات الأحمر والأخضر والأزرق

وبتشكيل إشارة النصوع Y حسب النسب المذكورة سابقا يمكن ملاحظة الشكل (8 – 6) .



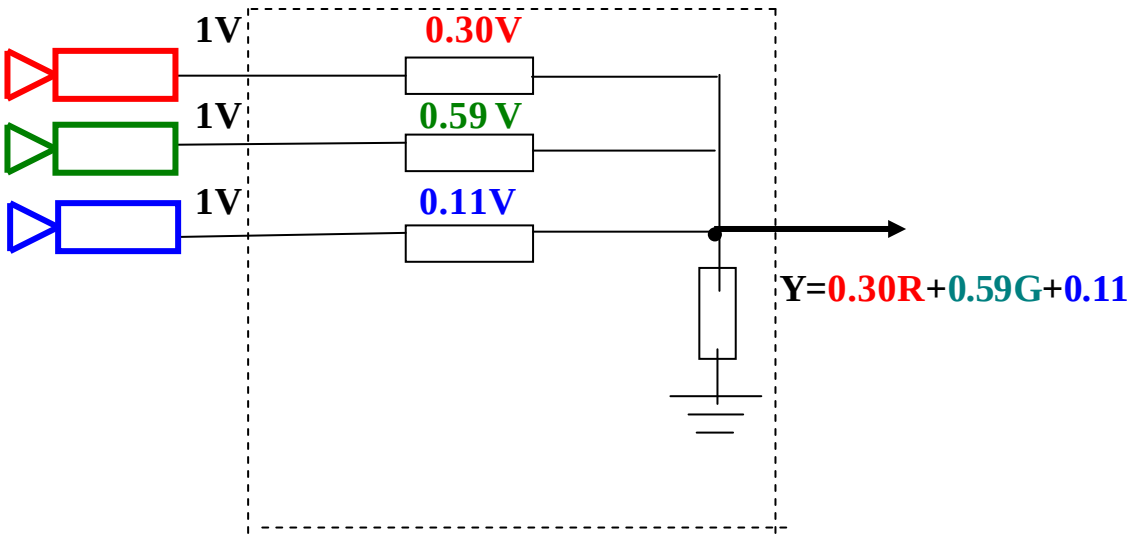
الشكل (8 – 6) إشارة النصوع Y

و لتكوين إشارة النصوع (Y) التي تحمل معلومات المنظر المرسل لذلك فإنها تسمى في بعض الأحيان بإشارة الفيديو ، و لأنها ضرورية بسبب الملاءمة بين كل من جهازي التلفزيون الأبيض – اسود والملون فتدعى في بعض الأحيان بإشارة الملاءمة. و يمكن تكوينها بواسطة مصفوفة Y، لاحظ الشكل (9- 6).



الشكل (9 – 6) معادلة النصوع Y

و في الاستديو فان الكاميرات الثلاث لكل من الأحمر ، و الأزرق ، و الأخضر توصل الإشارات لكل لون إلى المصفوفة (Y) فتكون إشارة النصوع كما في الشكل (10 – 6) .



الشكل (10 - 6) خرج الكاميرات في الأستوديو

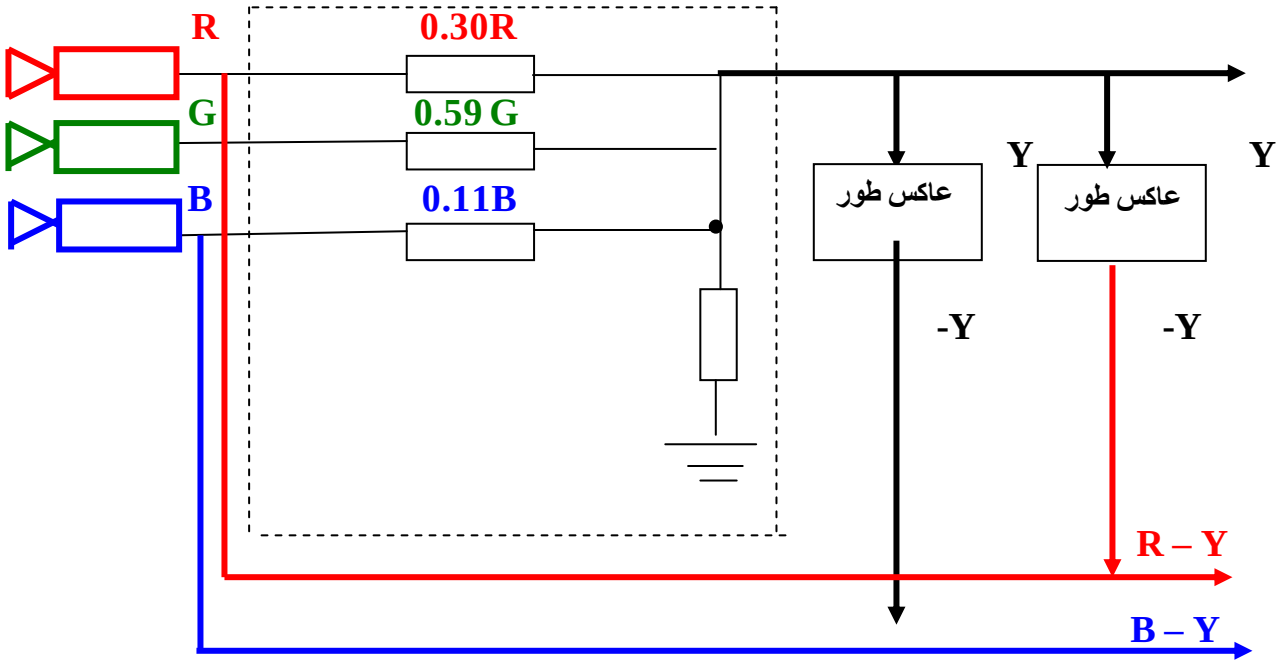
ولرسم إشارة النصوع (Y) يمكن الاستعانة بالجدول (1- 6) .

جدول (1 – 6) يوضح نسب إشارة النصوع Y

اللون	R	G	B	النسب 0.70R + 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

6 – 3 تكوين إشارة الفرق اللوني : Color Difference

نحتاج في إرسال جميع الأنظمة في (NTSC ،PAL ، SECAM) إلى تكوين إشارات الفرق اللوني لكل من اللون الأحمر و اللون الأزرق وهي إشارة (R-Y) وإشارة (B-Y) وتتكون هذه الإشارات في المصفوفة ، و يوصل إليها إشارة البريق (Y) و إمرارها خلال عاكس طور 180 درجة كما في الشكل (11 - 6) .



الشكل (6 – 11) إشارات الفرق اللوني (R – Y) , (B – Y)

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

R-Y= 1 R – 0.30 R – 0.59 G – 0.11 B

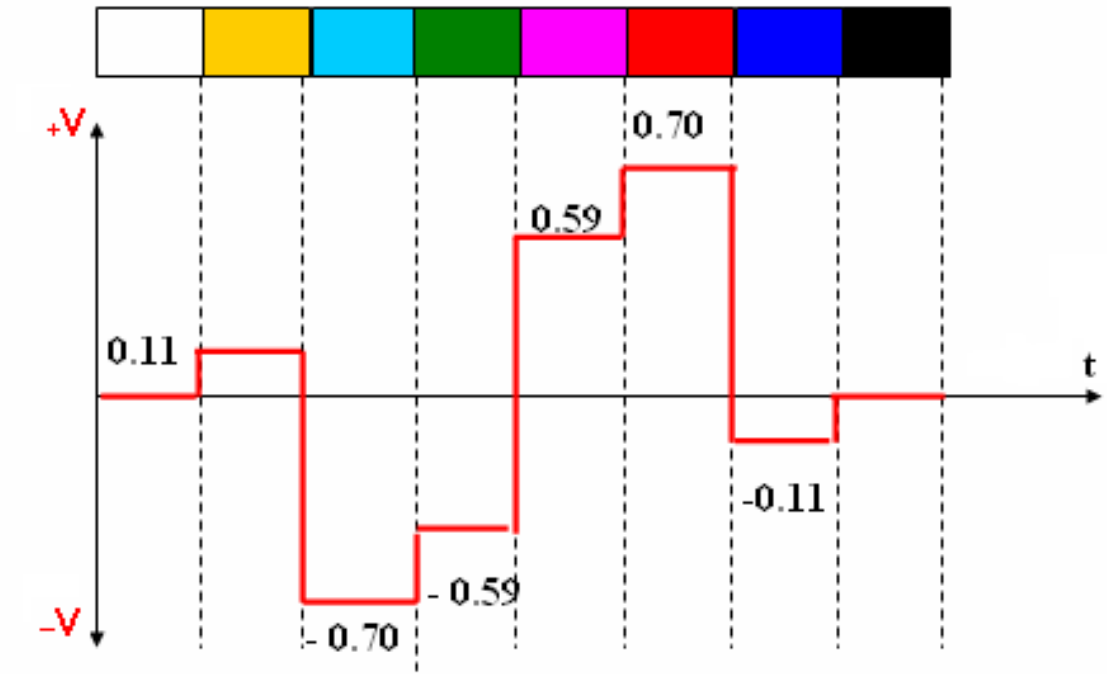
=0.70 R – 0.59 G –0.11 B

وبالاستعانة بالجدول في أدناه يمكن حساب النسب لكل لون من ألوان النموذج القياسي أي نموذج الاختبار وهي كما في الجدول (2 – 6) :

جدول (2 – 6) 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 (12 – 6) :



الشكل (12 – 6) إشارة (R – Y)

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

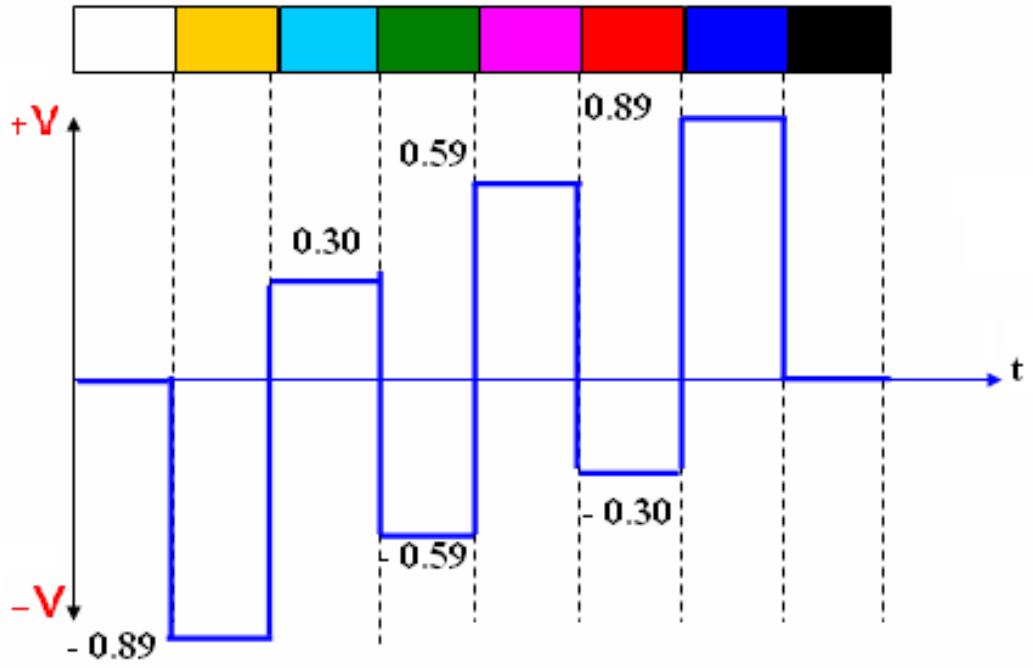
$$B - Y = 1\,B - 0.59\,G - 0.30\,R - 0.11\,B$$
$$= 0.89\,B - 0.59\,G - 0.30R$$

و بالاستعانة بالجدول (3 – 6) يمكن حساب النسب لكل لون من ألوان نموذج الاختبار القياسي و هي كما يأتي :

جدول (3 – 6) نسب الالوان

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 (6 – 13) :



الشكل (13 - 6) إشارة (B - Y)

و لا 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 :

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

و يمكن كتابة معادلة Y كما يأتي :

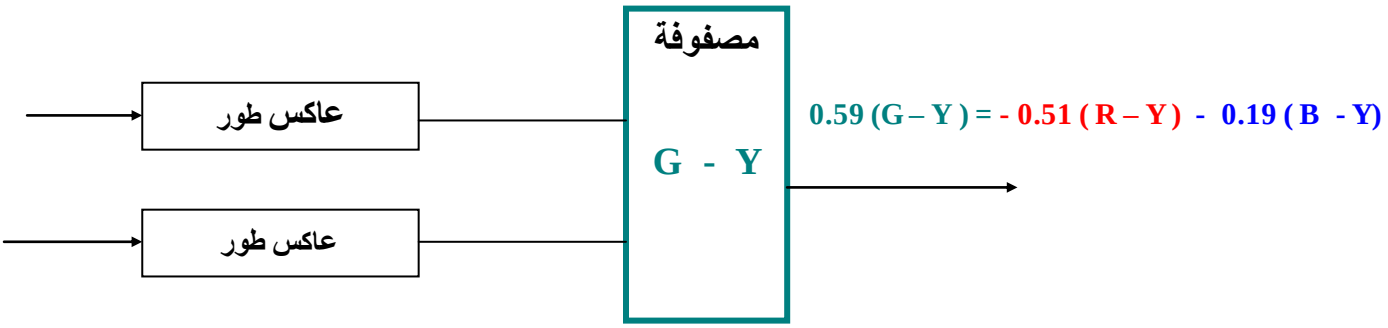
$$1Y = 0.30\,Y + 0.59\,Y + 0.11\,Y$$

و يطرح Y من طرفي المعادلة ينتج :

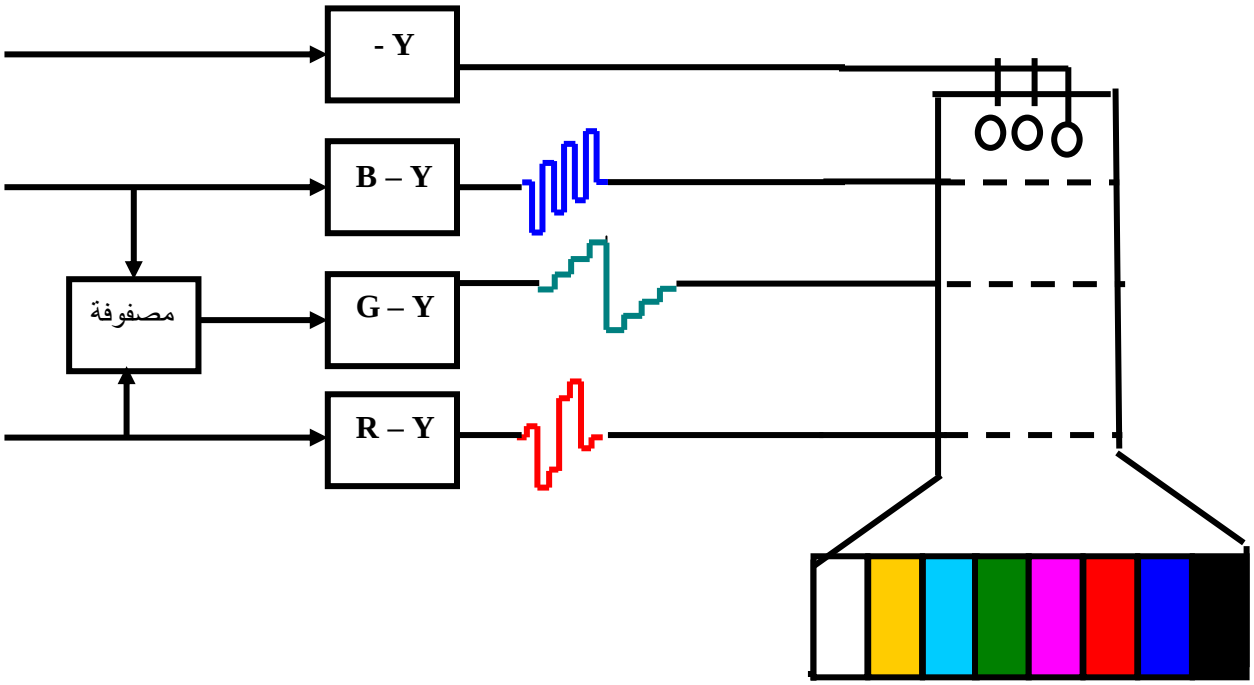
$$1Y - 1Y = 0.30\,R + 0.59\,G + 0.11\,B - 0.30\,Y - 0.59\,Y - 0.11Y$$

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

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



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 (14- 6) .



الشكل (14 – 6) كيفية توصيل إشارات الفرق اللوني إلى الشاشة

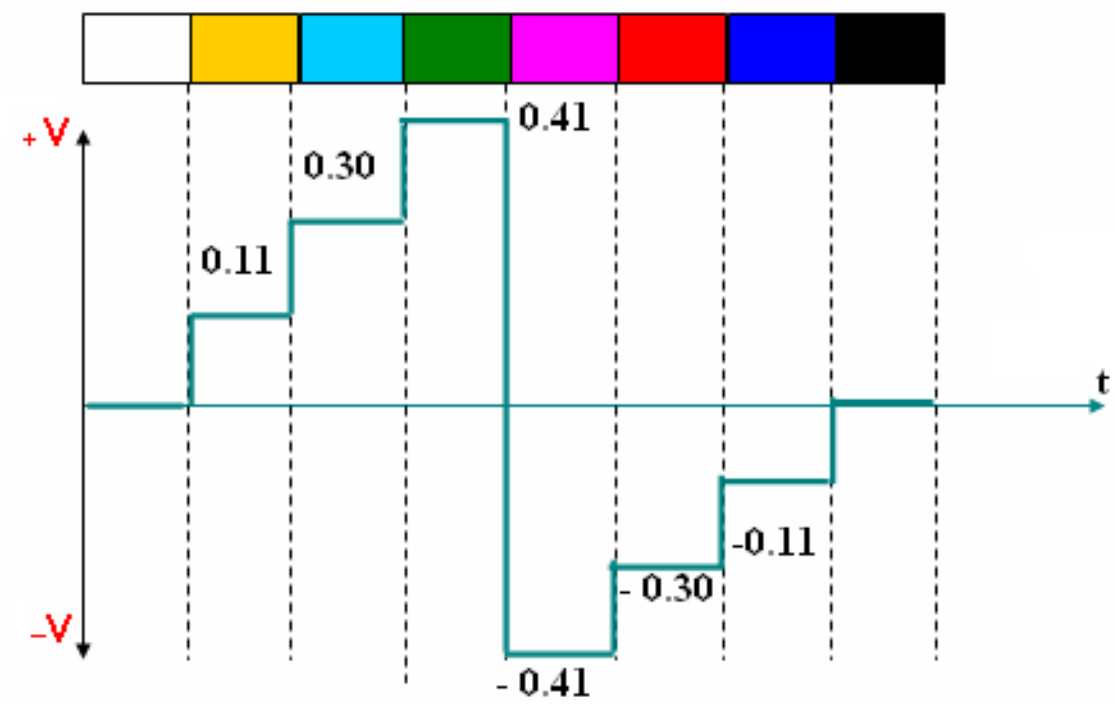
و لرسم إشارة الفرق اللوني (G – Y) تتبع ما يأتي :

$$G - Y = G - (0.30\,R + 0.59\,G + 0.11\,B)$$
$$= 0.41\,G - 0.30\,R - 0.11\,B$$

جدول (6 – 4) 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	1	0	- 0.41 - 0.30= 0.11
السمائي	0	1	1	0.41 - 0.11= 0.30
الأخضر	0	1	0	0.41
البنفسجي	1	0	1	- 0.30 – 0.11 = -0.41
الأحمر	1	0	0	- 0.30
الأزرق	0	0	1	- 0.11
الأسود	0	0	0	0

ولرسم إشارة الفرق اللوني (G -Y) ينتج كما في الشكل (6 – 15).



الشكل (6 – 15) إشارة الفرق اللوني (G – Y)

4 – 6 الإشارة المرئية المركبة للإرسال الملون :

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

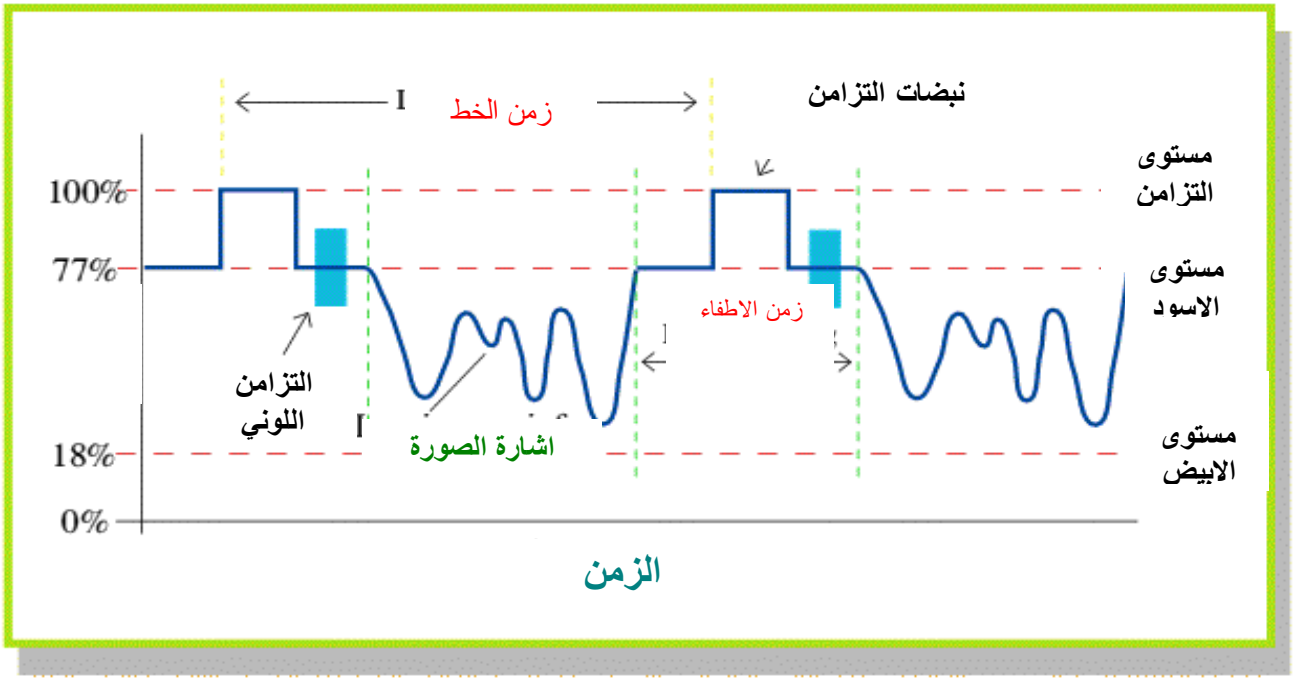
1- (Y) إشارة النصوع أو ما تدعى بإشارة الصورة (video) .

2- إشارة اللون (C) وهي مكونه من إشارة الفرق اللوني (R- Y) و إشارة الفرق اللوني (B – Y) .

3- نبضات التزامن العمودية والأفقية .

4- نبضات الاطفاء

كما وترسل مع إشارة نبضات التزامن اللوني ويختلف تسميتها من نظام إلى آخر و سوف نتطرق الى ذلك في الفقرات القادمة . لاحظ الشكل (16 - 6). الذي يبين الإشارة المركبة للإرسال الملون لشريحة معينه .

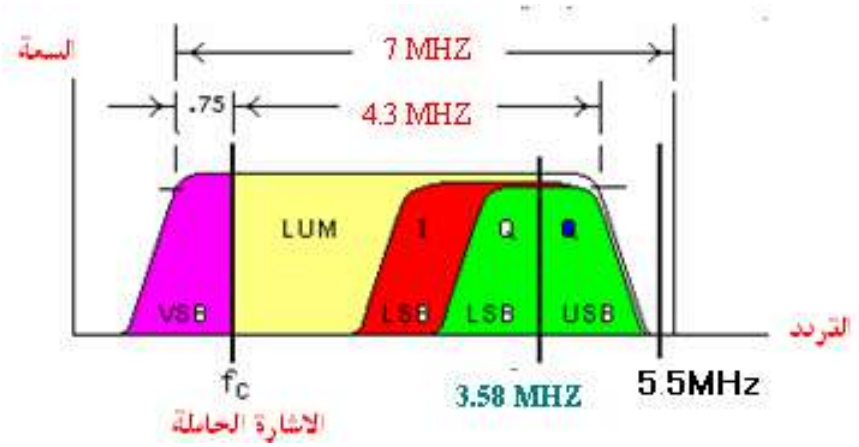


الشكل (16 - 6) الإشارة المرئية المركبة للألوان

5 - 6 الإرسال :

إن أنظمة الإرسال في العالم ثلاثة أنظمة هي (N T S C) مستعملا في أمريكا و اليابان و نظام(PAL) مستعملا في ألمانيا مثلاً ولا يوجد اختلاف كبير بين هذين النظامين، ويمكن القول ان نظام (PAL) حل بعض المشكلات في (N T S C) 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) و يختار 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 .

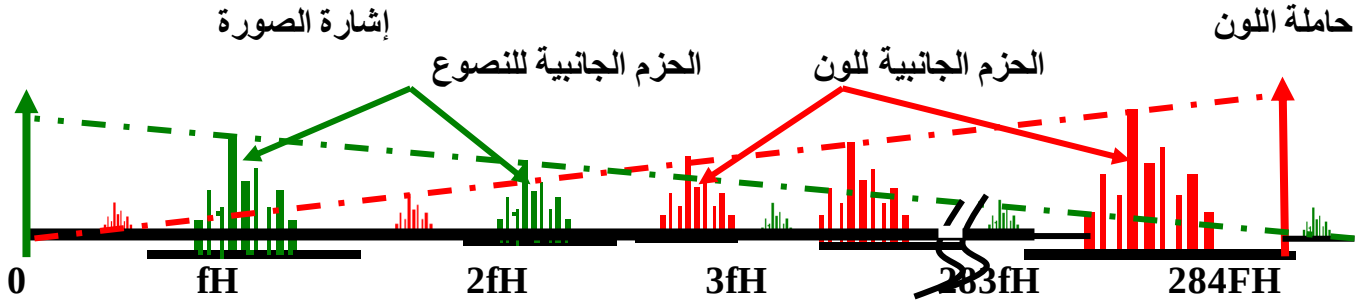
و لتحقيق هذه الملاءمة نختار عرض حزمة ضمن عرض الحزمة للتلفزيون العادي (B/W) Black / White . وهذا يجعل عمل الأجهزة التلفزيونية (B/W) على مرسلة أجهزة التلفزيون الملون و كذلك يعمل الجهاز الملون بصورة (اسود / ابيض) وكما هو معروف أن عرض الحزمة لإشارة الصورة هي (5 MHZ) فيصبح من السهل وضع الحاملة الثانوية من 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 (17 – 6) .



الشكل (17 - 6) عرض الحزمة لإشارة الألوان

لقد تم وضع الحاملة الثانوية (للون) ضمن عرض الحزمة (للأسود – ابيض) وذلك باستخدام الإقحام البيني للتردد (Frequency Interleaving) فطيف إشارة الصورة يتكون من توافقيات تردد الخط أي أن الخط الأول يمثل (15625) هرتز و الثاني (31250) هرتز و الثالث (46875) و هكذا نجد أن الخط (320) يكون التردد مساويا (15625x320) = 5.000000 هرتز . لذلك فان الطيف الصوري يتكون من مجموعة من التوافقيات و تقل السعه عند توافقيات الدرجات العالية و يوجد بين هذه التوافقيات فجوات لذلك يمكن وضع الحاملة الثانوية (للون) في هذه الفجوات لاحظ الشكل (18 – 6) و قد تم اختيار وضع الحاملة على الجهة العليا من النطاق الصوري ، و بالتجربة تمكن الفنيون من حساب تردد الحامل الثانوي لنظام بال مثلا عندما تم اختيار الحامل الثانوي كبعض المضاعفات الفردية لنصف تردد الخط و بالخط (567) و عليه يكون التردد أي تردد الحامل الثانوي يساوي

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



الشكل (18 – 6) كيفية إقحام الحاملة الفرعية للألوان

ففي نظام (N T S C) تضمن الحاملة الثانوية بطريقة تضمين الاتساع (AM) . وفي نظام(PAL) تضمن بطريقه تضمين الاتساع(AM) وتضمين الطور (PM) و في نظام سيكام تضمن بطريقه تضمين التردد(FM). و يختلف 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 .

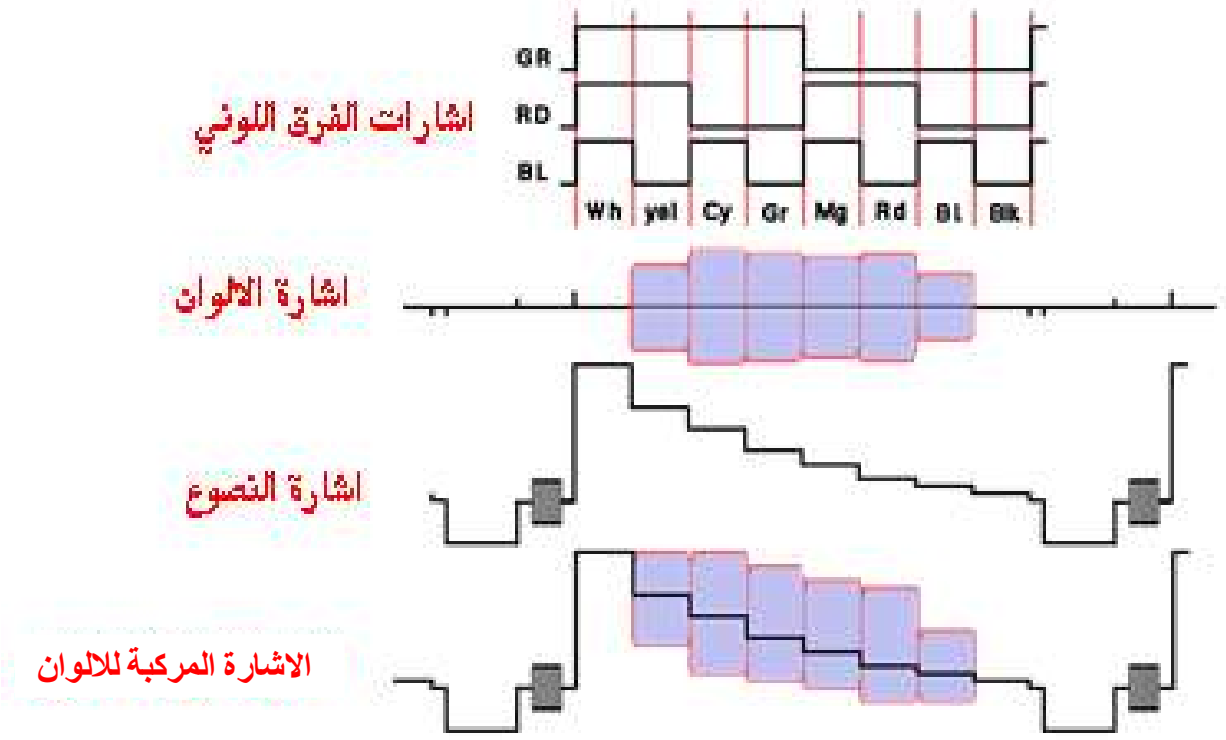
مثال : كيف يتم تكوين الإشارة المرئية المركبة للألوان حسب نموذج الاختبار القياسي ؟ ارسم الإشارة موضحاً نبضات التزامن السالبة ونبضات التزامن اللوني .

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 .

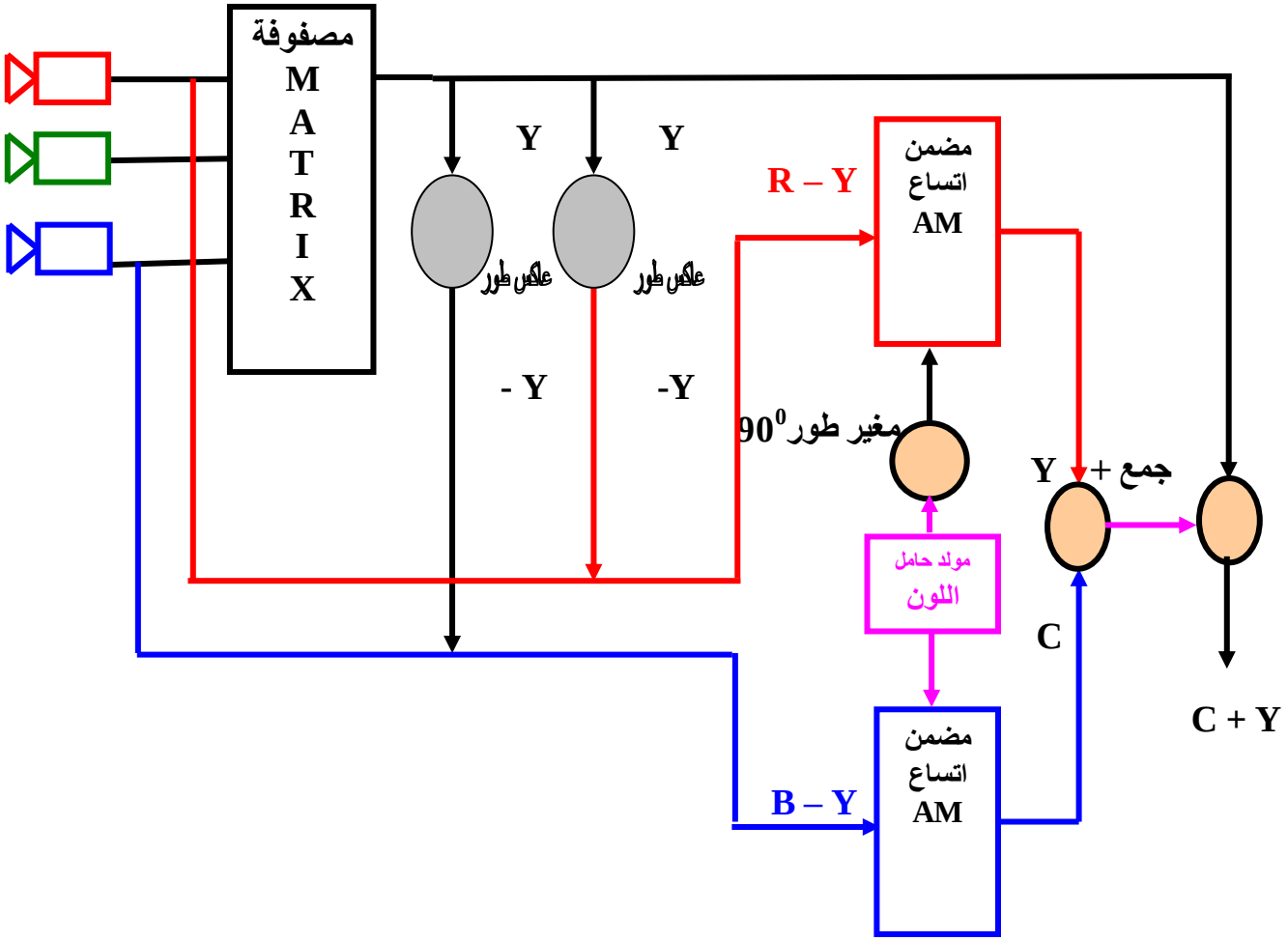
ويكون شكل الإشارة كما موضح في الشكل (19 – 6).



الشكل (19 – 6) الإشارة المركبة للألوان

6 - 5 -1 نظام N T S C :

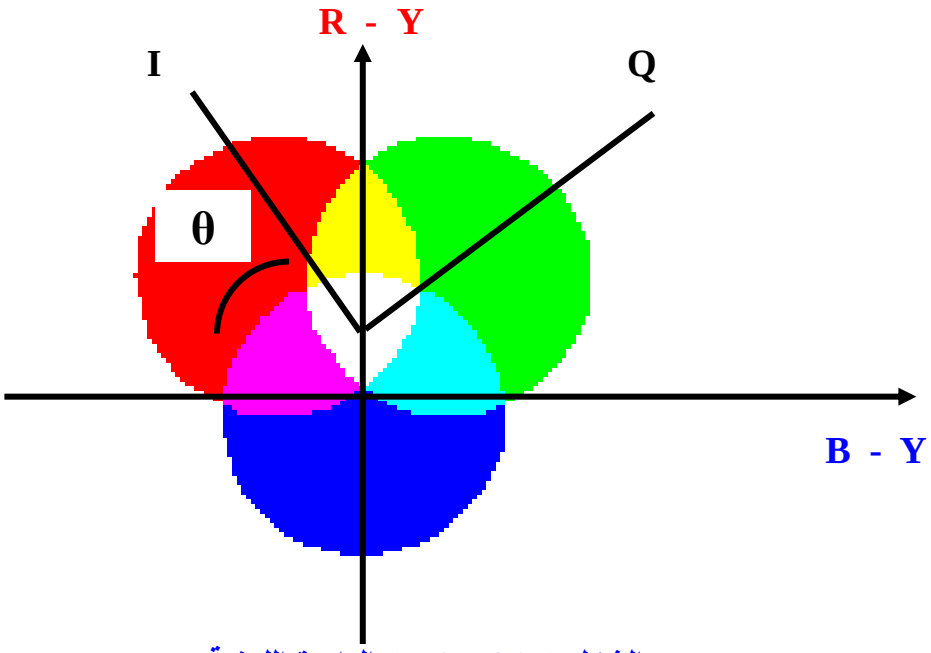
المخطط الكتلي الموضح بالشكل (6 – 20) يمثل مخططا لمراحل الإرسال لنظام (N T S C) حيث يتم تضمين كل من إشارتي الفرق اللوني (R – Y)، (B - Y) بطريقة التضمين السعوي (AM) حيث تحمل كل من الإشارتين على إشارة حاملة ترددها (3.58) ميكاهرتز إلا أن الإشارة الحاملة لإشارة الفرق اللون (R - Y) تختلف بالطور بمقدار 90° عن الإشارة التي تحمل إشارة الفرق اللوني (B - Y) .



الشكل (6 – 20) الإرسال بنظام NTSC

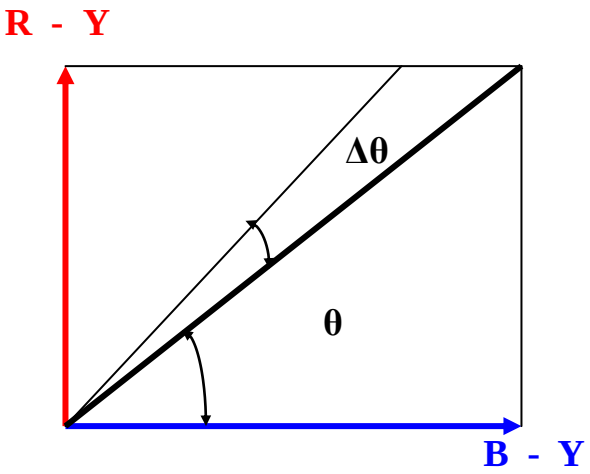
و يتم جمع الإشارتين بعد التضمين للحصول على إشارة اللون (C) ، تمزج هذه الإشارة مع إشارة النصوع (Y) ثم يتم تحميل الإشارة (C + Y) على تردد القناة المراد الإرسال عليها .

من عيوب نظام (N T S C) عدم حصانته عند الضوضاء (التشوهات) التي تحدث في طور الاشاره للون (C)، لاحظ الشكل (6 – 21)



الشكل (6 - 21) الدائرة اللونية

فإشارة الألوان لها مقدار (سعة) واتجاه (زاوية) فعند تغير المقدار تتغير درجة التشبع اللوني و عند تغير الزاوية تتغير الصبغة (اللون) نتيجة لانتشار الإشارات خلال الجو فيحدث تغير في الزاوية يؤدي إلى تغير اللون على شاشة التلفزيون و في 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 (6 - 22) .

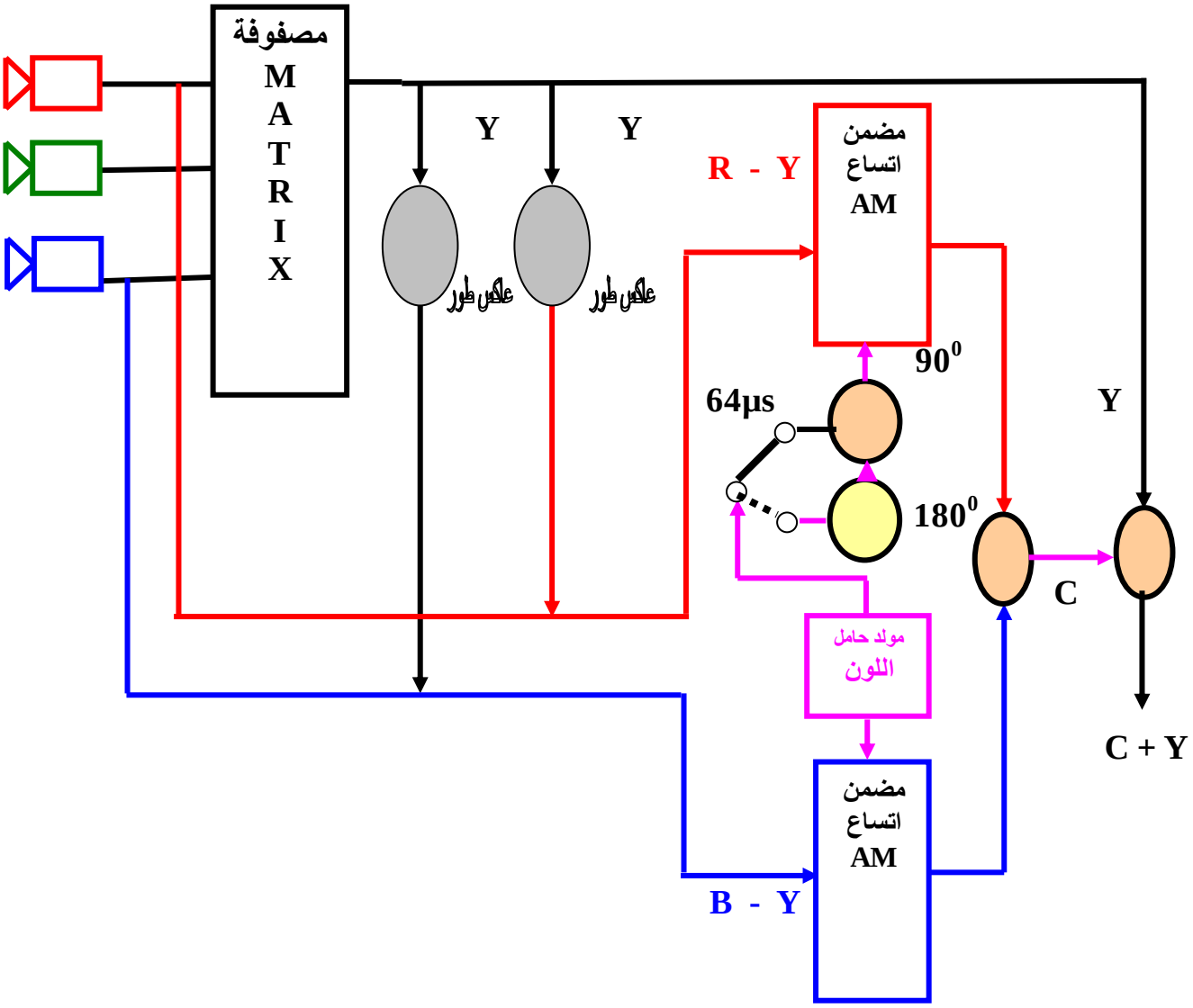


الشكل (6 - 22) كيفية تغير الصبغة بتغير الزاوية

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

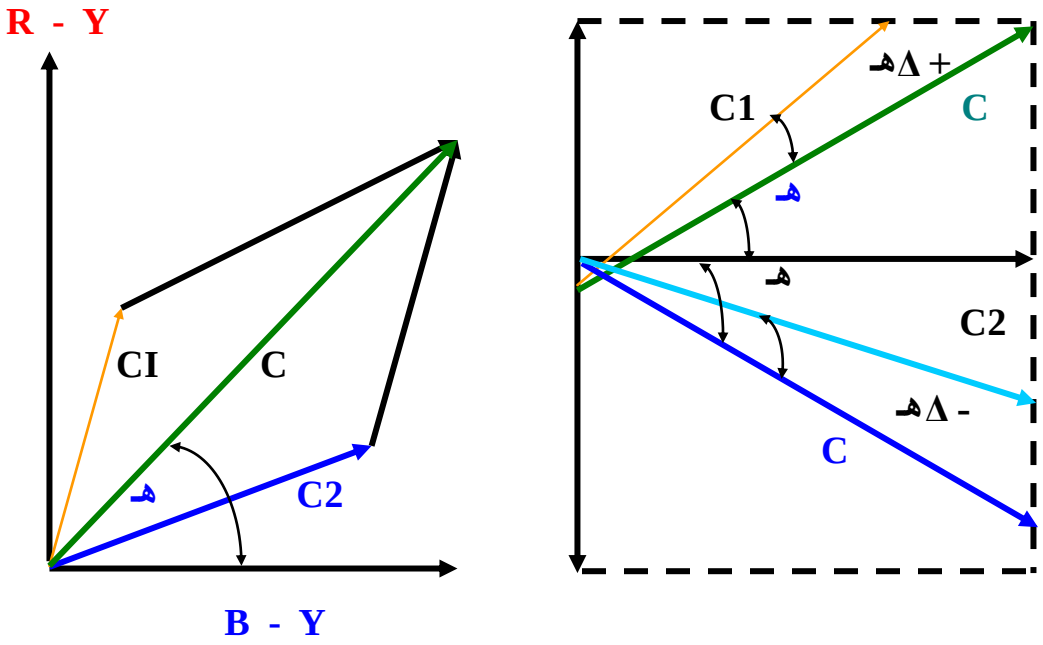
2 - 5 – 6 نظام (بال) : PAL System

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 و آخر إذ يتم تبديل طور الإشارة الحاملة بإشارة الفرق اللوني (R – Y) بين زاوية 90˚ وزاوية 270 ° كل 64 مايكرو ثانيه و ذلك للتغلب على عيوب الألوان التي تظهر في نظام (N T S C) لاحظ الشكل (23 – 6) .



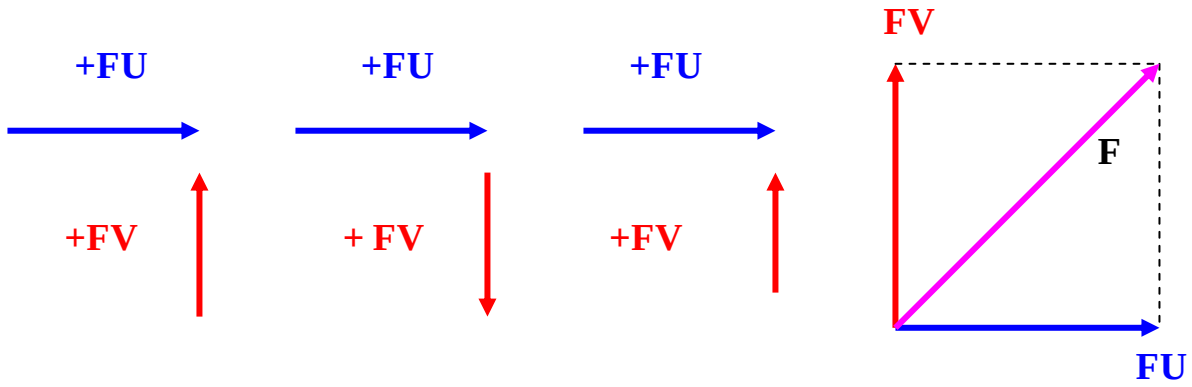
الشكل (6 – 23) الإرسال بنظام PAL

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 (6 - 24) .



الشكل (24 – 6) تحسين أخطاء نظام NTSC

من الشكل 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 (Phase alternate line) خط الطور المتناوب ويكون تردد الحاملة الثانوية (4.43 MHZ) . إشارة الفرق اللوني (B –Y) و لتكن (F u) تعدل بطريقة تعديل الطور و الذي يمثل درجة التدرج و تعديل سعوي يمثل درجة التشبع اللوني و كذلك للإشارة (R –Y) و لتكن (F v) و بإمرار الإشارة (F v) خلال عاكس طور 180 ° فان الإشارة F تمثل إشارة اللون كما في الشكل (25 – 6) .

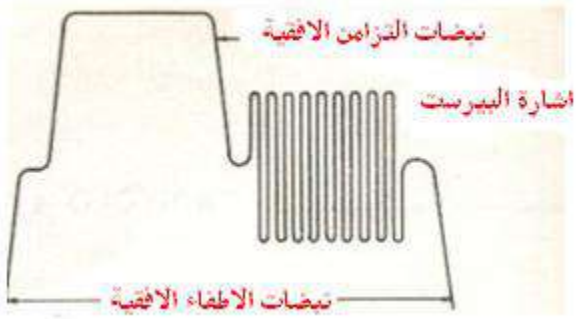


الشكل (25 – 6) قلب طور الإشارة (R – Y)

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

3 – 5 – 6 إشارة البيرست : Burst Signal

في إرسال (PAL) يخمد التردد الحامل (4.43 MHZ) لكل من (F u ، F v) و سيصبح خرج المعدلين بالحزم الجانبية فقط لإعادة المعلومات في الكاشف (في جهاز التلفزيون) فان استعمال كاشف غير كاف للقيام بهذه المهمة و لذلك يوضح مذبذب كوارتز لتوليد التردد (4.43 MHZ) للقيام بالكشف لأنه يحتاج إلى مصدر(Reference) يعتمد عليه . و يجب أن يعمل هذا المذبذب بالطور نفسه مع المذبذب الموجود في المرسلة فتعمل إشارة البيرست على التوافق بينهما . و ترسل هذه الإشارة خلال فترة رجوع الخط (Fly back) و تتألف إشارة البيرست من (10 - 12) موجة موضوعة على مستوى الأسود بعد نبضة التزامن الأفقية و تساوي 25 % من المستوى الأعظم . لاحظ الشكل (6 – 26).



الشكل (6 – 26) إشارة البيرست

و توصل البيرست إلى المضمن (Fv) مباشرة أي بالطور نفسه مع الإشارة (Fv) و توصل إلى المضمن (Fu) خلال عاكس وجه 180 فتصبح بعكس الطور بمقدار 180 .
و للتأكد من أن الإشارة (Fv) قد عكست في المستلم للخط نفسه في المرسلة فان المغير (Commutater) يستعمل لهذه الغاية ، إذن فللبيرست وظيفتان و هي :

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

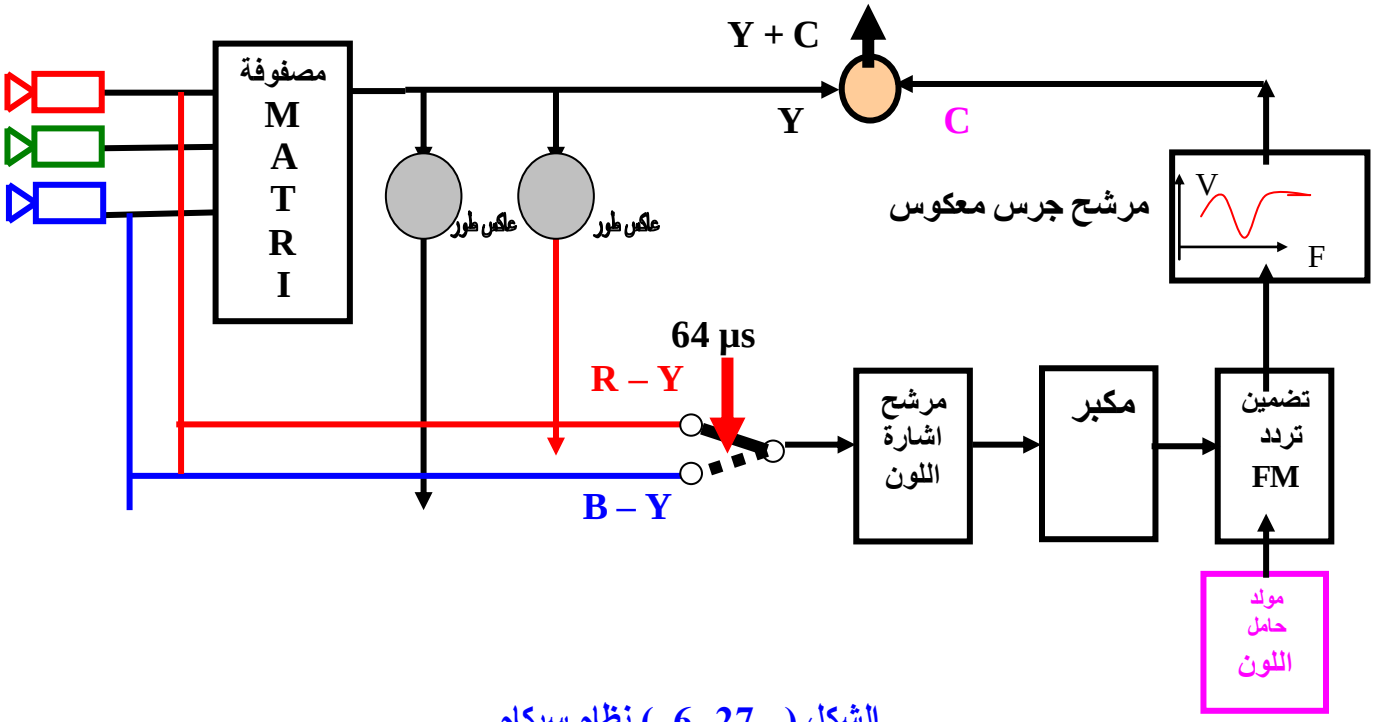
الثانية – ان مفتاح (PAL) يتوافق بوساطة إشارة البيرست للتأكد من أن مركبة (Fv) بالخط المعكوس بالمرسلة فقط . لذلك فان إشارة البيرست تقع في الدرجات (135 و 225) .

4- 5 - 6 نظام سيكام : SECAM System

المخطط الكتلوي المبين بالشكل (6 - 27) يمثل مخططا لمراحل الإرسال لنظام سيكام ، و يعتمد هذا النظام على إرسال ثلاث إشارات هي إشارة النصوع (Y) و إشارة الفرق اللوني (R-Y) و إشارة الفرق اللوني (B - Y) كما هو الحال في الأنظمة المتآلفة في نظام N T S C و نظام 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 ثانيه .
2- تضمن إشارة (C) تضمينا ترديديا .

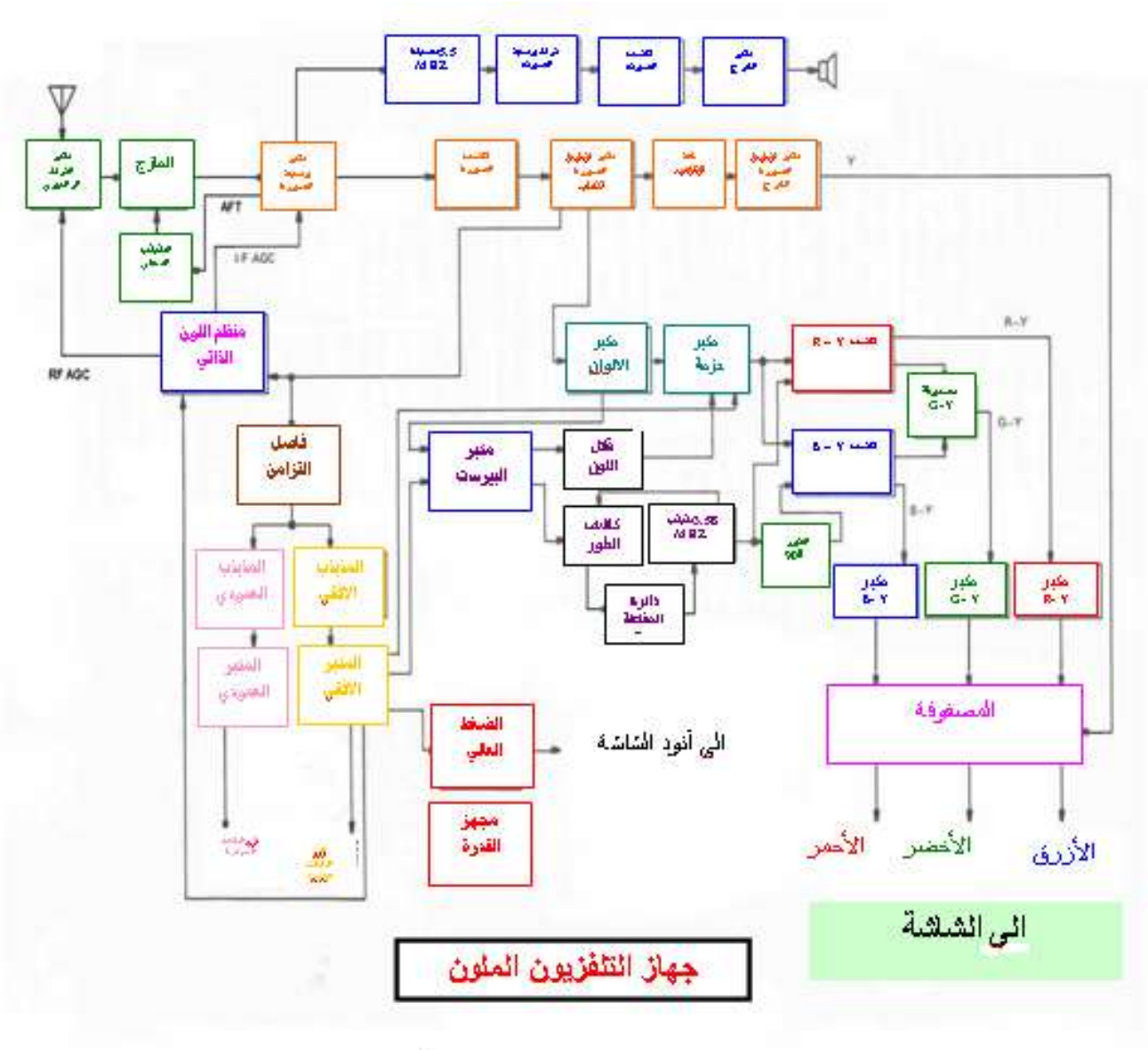
نجد من الشكل أن المفتاح يقوم باختيار إشارتي الفرق اللوني (R - Y) ، (B -Y) و يغير اختياره كل 64 مايكرو ثانيه أي بين خط و آخر . يعمل مرشح الألوان على تحديد عرض حزمه إشارة الفرق اللوني بينما يقوم المكبر على تكبير هذه الإشارة . ثم يتم تضمينها بوساطة مضمن ترددي (FM) حيث تحمل الإشارة (R-Y) على تردد مقداره (4.406) ميكاهرتز و تحمل الإشارة (B-Y) على تردد مقداره (4.25) ميكاهرتز تدخل إشارة الفرق اللوني المضمنة تضمينا ترددیا إلى مرشح له خواص تشبه الجرس المعكوس (Anti Bell). و يقوم هذا المرشح بتخفيض سعة التردد القريبة من تردد الإشارة الحاملة و زيادة سعة الترددات العالية و القليلة و ذلك بمعادلة تأثير مرشح الجرس (Bell) الموجود قبل الكاشف في جهاز التلفزيون ، تجمع إشارة الألوان (C) و تضمن 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 (6- 27) نظام سيكام

6 – 6 المخطط الكتلي لجهاز التلفزيون الملون :

الشكل (28 - 6) يوضح مخططاً كتلوياً عام لجهاز التلفزيون الملون



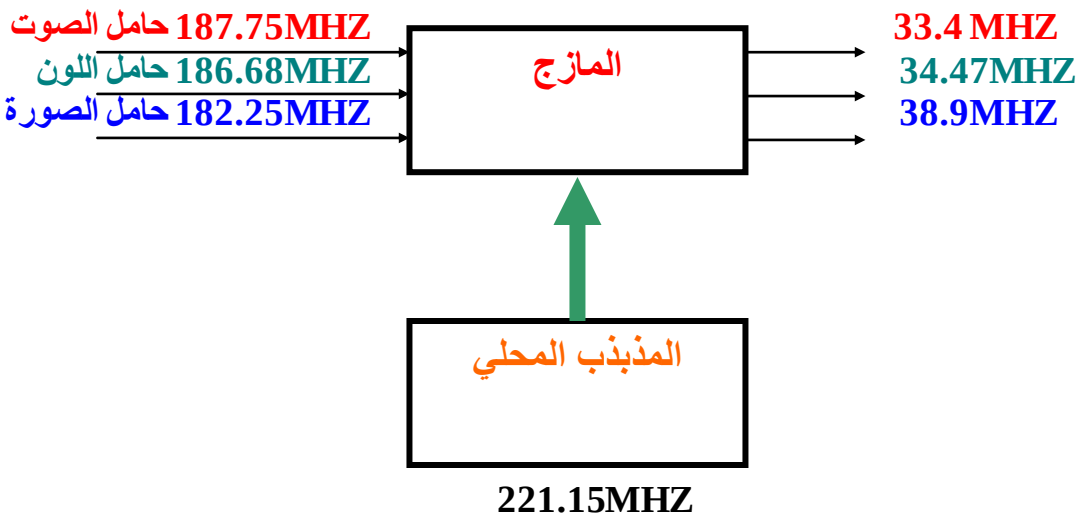
الشكل (28 – 6) المخطط الكتلوي لجهاز التلفزيون الملون للاطلاع فقط

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

تردد حامل الصورة = 182 .25 ميكاهرتز

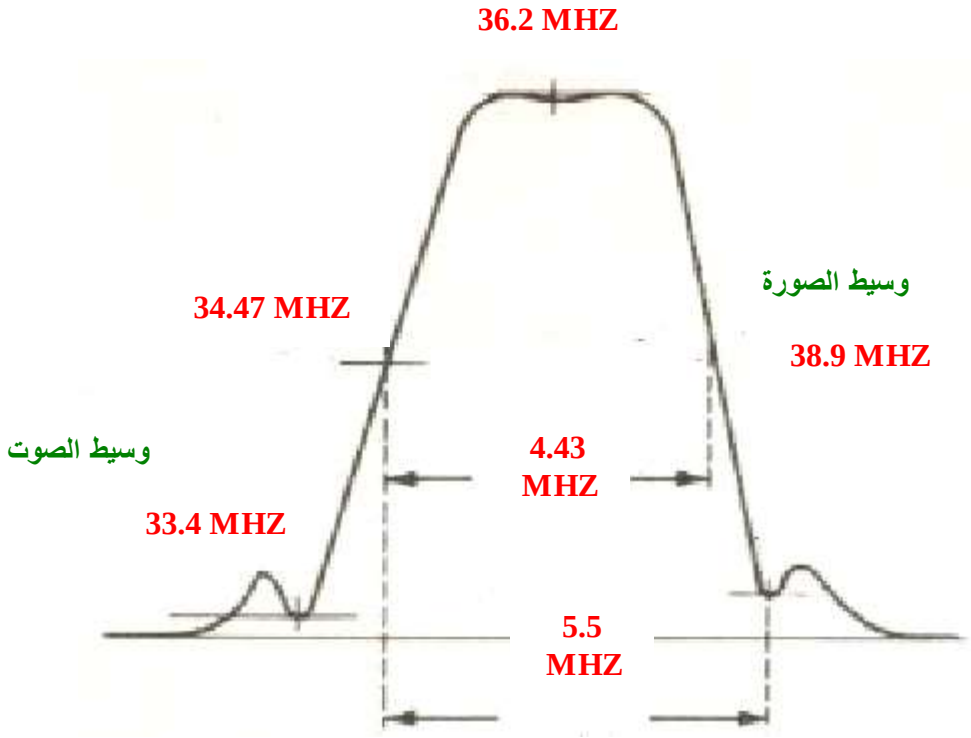
تردد حامل الصوت = 187 .75 ميكاهرتز

تردد حامل اللون = 186 . 68 ميكاهرتز . في نظام (PAL) لاحظ الشكل (29 – 6) .



الشكل (29 – 6) يوضح التردد الحامل للون بنظام (PAL)

كما يعمل قسم مكبر إشارة التردد الوسيط حسب منحني خاص لتكبير الموجة الحاملة للصورة بالتردد (38 .9) ميكاهرتز و الموجة الحاملة للون بالتردد (34 .47) ميكاهرتز لنظام (PAL) مثلا و بمقدار 50 % لاحظ الشكل (30 - 6) ، و بتكبير الموجة الحاملة للصوت بالتردد (33 .4) ميكاهرتز بمقدار 10 % .



الشكل (30 – 6) منحني الاستجابة للتردد الوسيط في التلفزيون الملون لنظام (PAL)

ومن دون حامل اللون تظهر الصورة كما في جهاز التلفزيون العادي و تعمل دائرة تنظيم التردد الذاتي (A F T) (Automatic Frequency Tuning) في حالة استلام حامل اللون فقط فتنظم تردد المذبذب المحلي لناخب القنوات . و يستخلص الصوت قبل قسم كاشف الصورة و يبقى الفرق الترددي (5.5) ميكاهرتز و تتألف الإشارة الخارجة من كاشف الصورة على إشارة اللون (C) و إشارة النصوع (Y) و إشارة التزامن اللوني (Burst) . ويحتوي قسم مكبر إشارة الصورة عادة على مكبر أولي من نوع الجامع المشترك و يجهز 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 .

و تحتاج إشارة النصوع في مكبر إشارة الصورة إلى خط التأخير و هو 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 و يكون زمن التأخير هذا حوالي (0.8) مايكرو ثانيه ومن دون هذا التأخير للإشارة Y فان معلومات اللون سوف تظهر مزاحه بحوالي (0.3) انج إلى يمين الشاشة .
تتشابه دوائر الانحراف في جهاز التلفزيون الملون كما في (الأبيض- اسود) عدا الحاجة إلى قدرة عاليه لذلك فان الجهد العالي (E H T) يتراوح من (25 – 30) كيلو فولت لحجم شاشه تتراوح من (25 - 19) انج .
تعمل دائرة توحيد مستقلة لتوليد جهد التركيز و يمكن الحصول عليه من قسم الضغط العالي ايضا ، و يستغل تيار المصدر المتناوب AC في دائرة مجهز القدرة لدائرة منظم إزالة المغناطيسية (Degaussing) حيث يوضع ملف على جسم الشاشة من الجهة المقابلة لانبوبة الشاشة و الشكل (31 – 6) يبين احد أنواع هذه الملفات وتأثير هذه المغناطيسية .

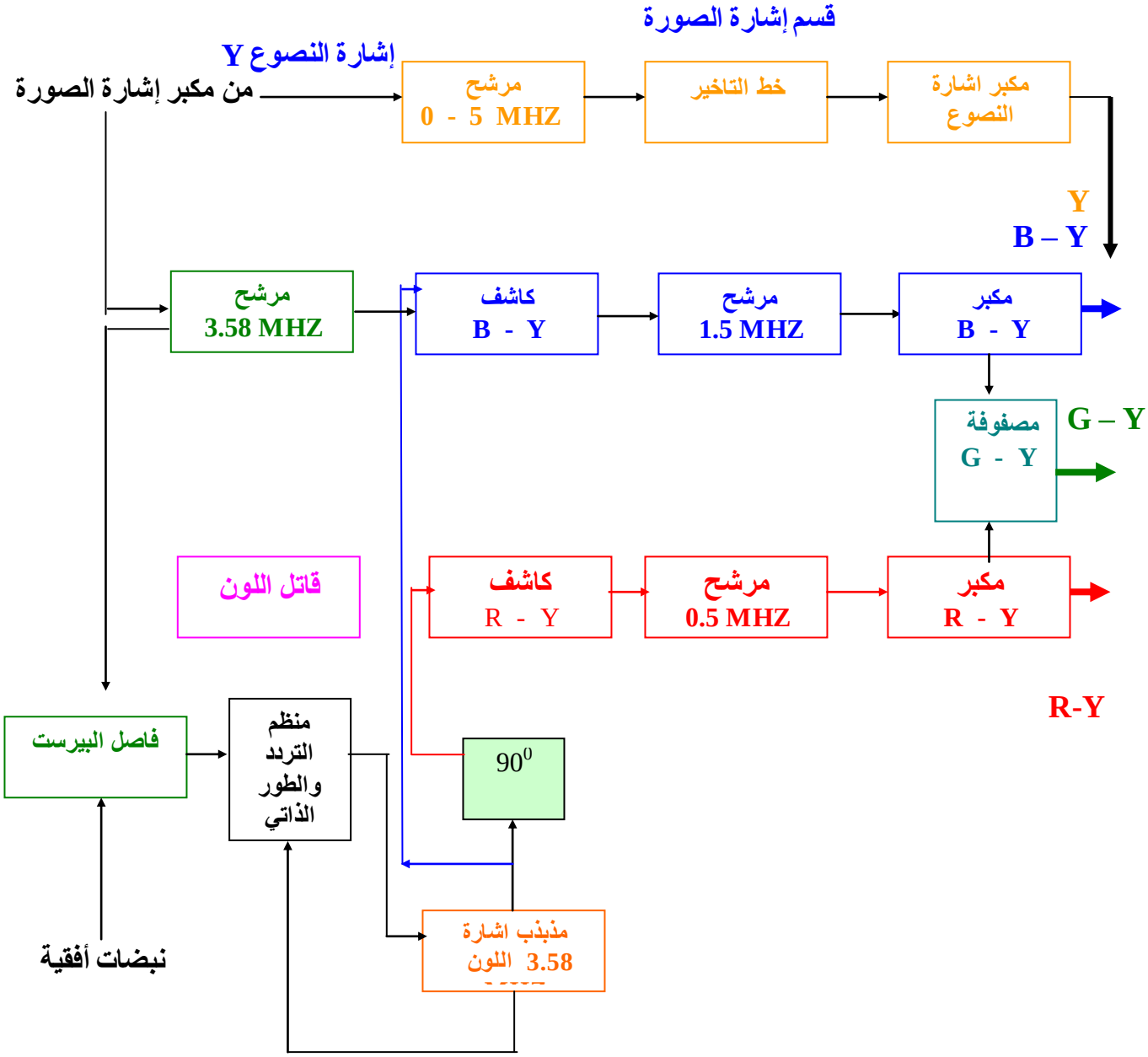
الشكل (31 – 6) ملف المغنطة

يمر في هذا الملف تيار متناوب بالتردد (50) هرتز يعمل على إزالة المغناطيسية لتحسين النقاوة اللونية و سبب 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 :

1 - 6 – 6 الاستلام بنظام N T S C

المخطط الكتلي المبين بالشكل (32 - 6) يوضح تحليل الإشارة لنظام N T S C لكل من إشارة النصوع و إشارة اللون و كيفية توصيلها إلى شاشة التلفزيون .



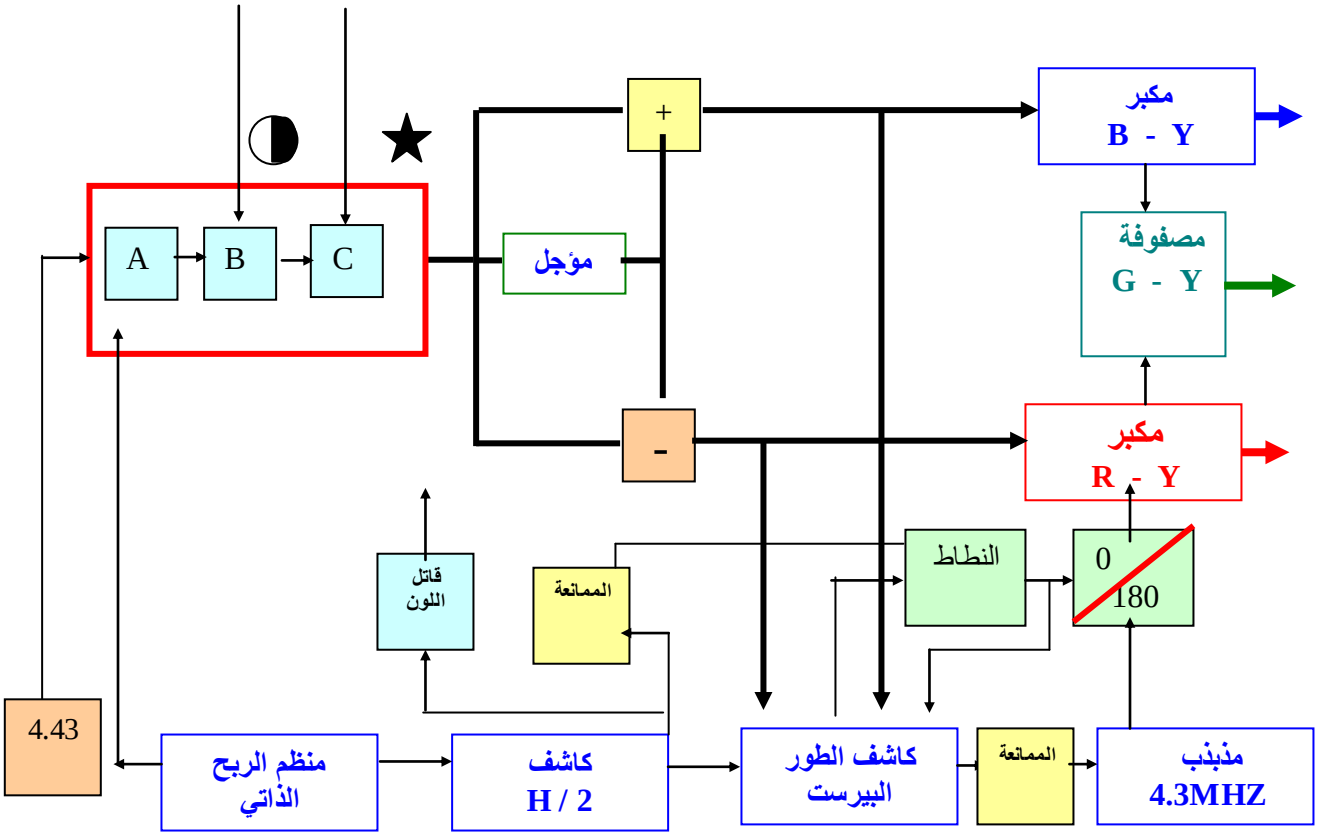
الشكل (6 – 32) الاستلام بنظام SECAM

يحتوي قسم إشارة النصوع على المرشح بالتردد من (صفر - 5) ميكاهرتز الذي يعمل على كبت أي تداخل يمكن أن يحصل مع الحاملة الثانوية للون و خط التأخير بزمن حوالي (0 ، 8) مايكرو ثانيه . و بما أن نطاق التردد للإشارة (R-Y) محدد بالتردد(1.5) ميكاهرتز و نطاق التردد للإشارة(B-Y) محدد بالتردد (0.5) ميكاهرتز فقد وضعت المرشحات بعد الكواشف لكل من إشاراتي الفرق اللوني (R-Y) , (B-Y) و بوساطة 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 (3 .58) 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) درجه فيسيطر طور مذبذب الحامل الثانوي بوساطة إشارة التزامن اللوني (البيرست).

2- 6 – 6 الاستلام بنظام بال :

المخطط الكتلي للإرسال (PAL) والموضح في الشكل (33 - 6) يعمل كما يلي .....



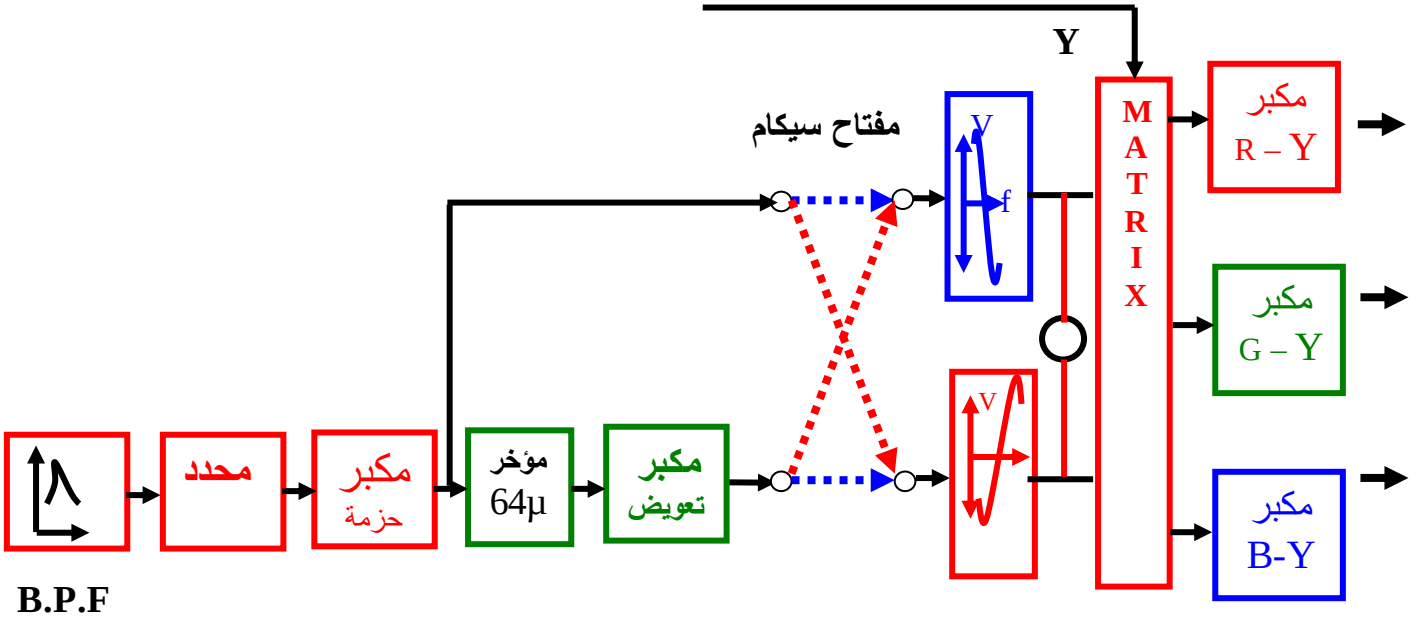
الشكل (33 - 6) الاستلام بنظام PAL

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) و يسطير 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 جيبيه 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 .

3 – 6 - 6 الاستلام بنظام سيكام : SECAM

الشكل (6 - 34) يوضح مخططاً كتلوياً لقسم الألوان بجهاز تلفزيون يعمل بنظام (سيكام) .



الشكل (6–34) 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 و الواطئة و التي يمكن أن تكشف بواسطة كاشف التضمين التردد (FM) . تدخل إشارة الألوان على المحدد (Limiter) فيقوم بتحديد الاتساع لان سعة إشارة الألوان المضمنة ترددياً 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 و الذي يعادل زمن رسم خط أفقي واحد. إن وجود المؤخر الزمني يضمن وصول الإشارتين (R-Y)، (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) .

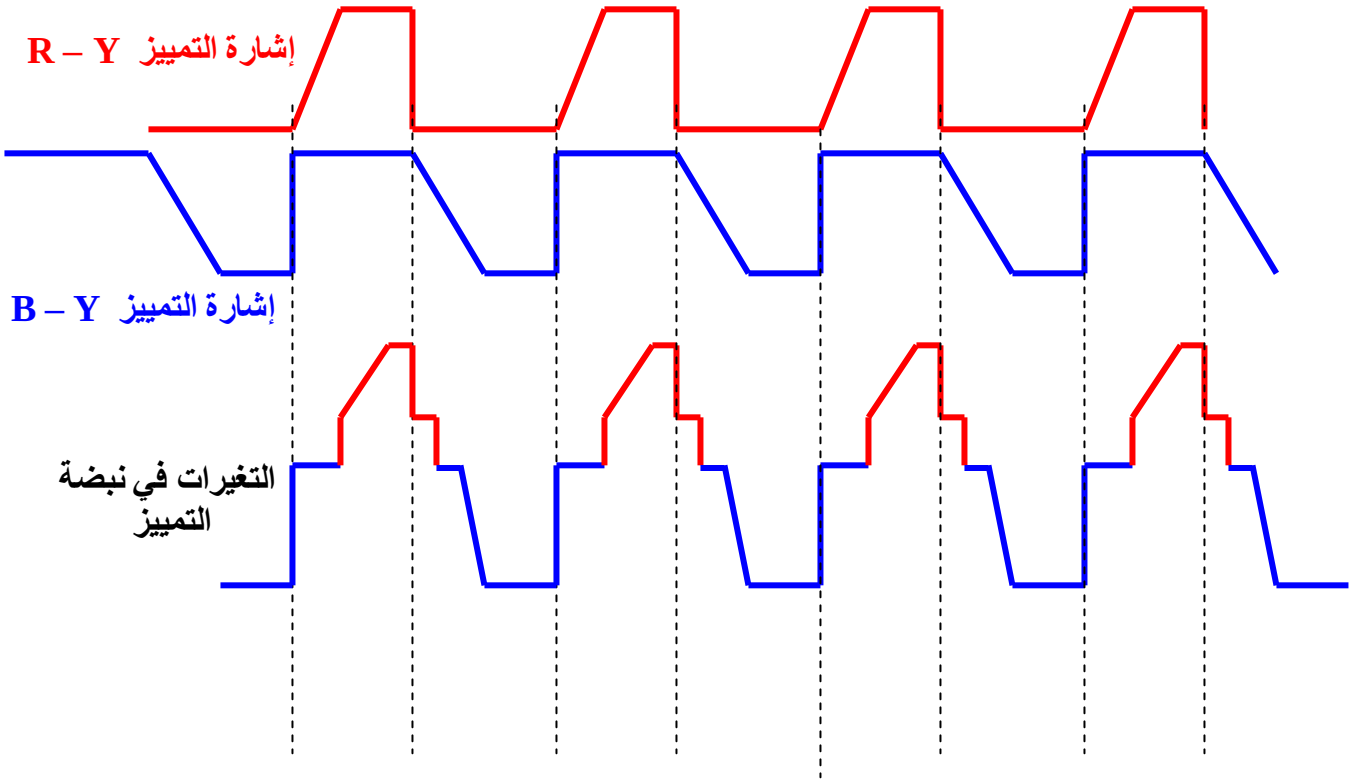
تكون خواص كاشف التضمين الترددي المخصص لكشف الإشارة (R-Y) هي عكس خواص كاشف التضمين الترددي المخصص لكشف الإشارة (B-Y) ذلك لضمان عمل دائرة توافق الألوان .

و بعد كشف الإشارتين (R-Y) ، و (B-Y) يتم إدخالهما إلى مصفوفة لتوليد الإشارة (G-Y) و يتم تكبير إشارات الفرق اللوني الثلاثة في مكبرات الألوان المخصصة لكل منهما ، ثم تغذى إلى الشاشة .

7 - 6 إشارة التمييز : Identification

يتم إنتاج إشارة التمييز (Identification) بمحطة الإرسال كسلسلة مكونه من تسع نبضات بمدة فترات خط مسح أفقي واحد و تدخل في إشارات اللون و تخرج بقطبية متناوبة ثم إلى مضمن ترددي (F.M) الذي يشكلها ترددیا على الحامل المساعد للون لاحظ الشكل (35 – 5) ، ترسل على فترات منتظمة إثناء نبضة الإطفاء العمودي و تتبع نبضة التزامن العمودية و خلال فترة (9) خطوط (للخطوط 320 و لغاية 328) للمجالات الزوجية ومن (35- 5) 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 (35 – 6) إشارة التمييز

الخلاصة :

- اللون هو صفة للضوء فالأجسام التي تمتص كل الألوان تبدو سوداء بينما الأجسام التي تعكس كل الألوان تبدو بيضاء والجسم الذي يعكس اللون الأحمر يمتص بقية الألوان وكذلك الالوان الأخضر والأزرق .... الخ .

- تعطي درجة التشبع اللوني ما إذا كان اللون باهتا او غامقا او شاحبا وهكذا الاحمر القاتم يختلف كثيرا عن الأحمر الباهت بينما تعطي الصبغة شكل اللون فقط حسب طوله ألموجي .
- معادلة اللون الأبيض هي $Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$.

- نحتاج في إرسال جميع الأنظمة SECAM, PAL, NTSC إلى تكوين إشارات الفرق اللوني.

- كل من اللون الأحمر واللون الأزرق وهي إشارة (R-Y) , (B-Y) .

- لا ترسل إشارة الفرق اللوني G-Y للتقليل من عرض الحزمة للألوان، وان استجابة العين للون الأخضر تكون عالية فإذا تعرضت إشارة اللون الأخضر لأي تشويه خلال الإرسال في الجو فان العين سوف تميز ذلك بسهولة .

- تتكون الإشارة المركبة للإرسال الملون من إشارة النصوع (Y) وإشارة اللون (C) وهي مكونة من إشارة الفرق اللوني (R-Y) و(B-Y) ومن نبضات التزامن الأفقية و العمودية و إشارة البيرست او إشارات التمييز حسب النظام المستخدم .

- يتم وضع الحاملة الثانوية للون ضمن عرض الحزمة (الأسود – ابيض) وذلك باستخدام الإقحام البيني للتردد .

- في نظام NTSC تضمن الحاملة الثانوية بطريقة تضمين الاتساع AM .

- وفي نظام PAL تضمن بطريقة الاتساع AM و الطور PM بينما تضمن في نظام SECAM بطريقة تضمين التردد FM .
- للتغلب على أخطاء الألوان التي تحدث في نظام NTSC بسبب التشويه الطوري فقد حل نظام PAL الخطأ الحاصل في نظام NTSC .

- إشارة البيرست في نظام PAL تعمل على التوافق لعمل كل من مذبذب الكوارتز في جهاز التلفزيون تردده (4.43 MHz) و المذبذب الموجود في المرسلة .

- تعمل إشارة التمييز في التلفزيون الملون نظام SECAM بالتحكم بعمل المفتاح الالكتروني .

أسئلة للمراجعة :

1) كيف يتم تكوين إشارة النصوع (Y) ؟ وضح إجابتك بالرسم .
2) كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (R – Y) نسبة الى سلم الألوان (نموذج الاختبار) ؟
3)) كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (B – Y) نسبة الى سلم الألوان (نموذج الاختبار) ؟
4) اذكر أسباب عدم إرسال إشارة الفرق اللوني (G – Y) لجميع الأنظمة .
5) كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (G – Y) في جهاز التلفزيون ؟
6) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الإرسال بنظام NTSC .
7) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الإرسال بنظام PAL .
8) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الإرسال بنظام SECAM .
9) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الاستلام بنظام NTSC .
10) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الاستلام بنظام PAL .
11) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي الاستلام بنظام SECAM .
12) اشرح موضحا إجابتك بالرسم إشارة التزامن اللوني (البيرست) .
13) اشرح موضحا إجابتك بالرسم إشارة التزامن اللوني (إشارة التمييز) .

مسائل :

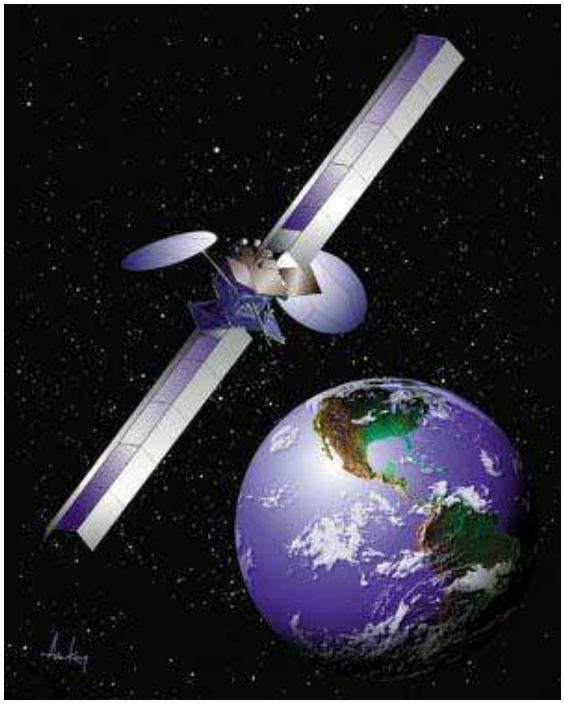
س1 : احسب تردد الحاملة الثانوية لنظام PAL .

س2 : احسب تردد حامل اللون للقناة MHz (181 – 188) .

س3 : احسب تردد حامل الصورة وحامل الصوت وحامل اللون لاستلام قناة بالتردد MHz (195 – 202) .

الفصل السابع

منظومة الإرسال المايكروي والأقمار الاصطناعية والرادار



1- مكونات المايكروويف – الربط ثنائي الاتجاه
2 – الكواشف – المازج – العوازل – المرشحات
3 – التوهين – صمامات المايكروويف
4- أنبوبة الموجة المتنقلة - الكلايسترون – الماكنترون
5- منظومة الأقمار الاصطناعية
6- منظومة الرادار
7- الخلاصة
8- أسئلة للمراجعة ومسائل

1 - 7 منظومة الإرسال المايكروي : Microwave Relay System

المايكروويف هو مدى الترددات الراديوية بين (1–300)GHz وعلى سبيل المثال فان الترددات المستخدمة في منظومة الإرسال التلفزيوني هي اقل من الترددات المايكروية بينما تقترب الترددات المستخدمة في أجهزة الهاتف الخلوي (Cellular Telephone) الذي يعمل بحزمتين بالطيف الترددي الأول من MHz (900- 800) والثاني من GHz (0.8 – 1.9) وهي ضمن الترددات المايكروية ويعدُّ بعض الاختصاصيين ان الترددات المايكروية أعلى من 500 MHz ، ويصل الطول الموجي للتردد 1GHz الى 30 سنتيمتر. ان منظومة الإرسال المايكروي عبارة عن تقنية لإرسال الإشارات التماثلية والرقمية لمسافات بعيدة مثل إرسال المكالمات الهاتفية وبرامج التلفزيون بين موقعين بهوائيات موجهه، لاحظ الشكل (1 - 7) في الإرسال والاستلام على شكل سلسلة متوالية لنقل المعلومات.

هوائي انتشار الموجات في جميع الاتجاهات
Omni direction

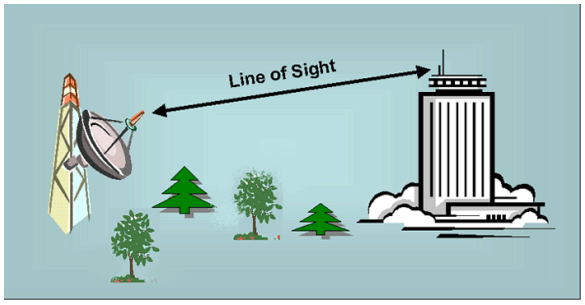
ابراج مايكروية

الهوائي الحلزوني
Helical antenna

هوائي مصفوفة
array antenna

الشكل (1 - 7) بعض أنواع هوائيات المايكروويف

ان الموجات ذات التردد العالي جدا (VHF) والفائقة (UHF) تنتشر انتشارا جيدا ضمن خط النظر (Line of Sight) لاحظ الشكل (2 - 7)، ولإرسال هذه الإشارات إلى مسافات ابعد تستخدم شبكات المايكروويف او منظومة الأقمار الاصطناعية اذا كانت المسافة بعيدة جدا. ان منظومات شبكات المايكروويف عبارة عن سلسلة من المحطات اللاسلكية المرسلة والمستلمة تعمل بشكل ذاتي (Automatic) وتسمى المحطات التي يبدأ عندها الاستلام او ينتهي عندها الإرسال بالمحطات الطرفية ، اما المحطات الوسطية التي تقوم بتقوية الإشارة فتسمى بمحطات الإعادة (Repeaters) .



الشكل (2 - 7) المحطات الطرفية

و بما أنّ كل محطة من هذه المحطات ترسل إلى نقطة واحدة (المحطة التالية) فمن الأفضل تركيز الطاقة المشعة ضمن زاوية صغيرة باستخدام الهوائيات الموجهة توجيها جيدا والتي يسهل تحقيقها في مدى الموجات السنتمترية. ومن المهم أن يكون هوائي كل محطة على خط النظر مع هوائي المحطة التالية ، ونظرا لكروية الأرض فان تبادل الرؤيا لا يمكن تحقيقه ما لم توضع الهوائيات على أبراج عالية يعتمد ارتفاعها على طبيعة تضاريس الأرض الواقعة بين الهوائيين والمسافة بين الموقعين ويصل متوسط ارتفاع هذه الهوائيات إلى 60 متراً وتفصل بينها مسافات تتراوح بين (30 - 60) كيلومتراً لاحظ الشكل (3 - 7)

الشكل (3 - 7) كيفية توجيه الهوائيات مع بعضها

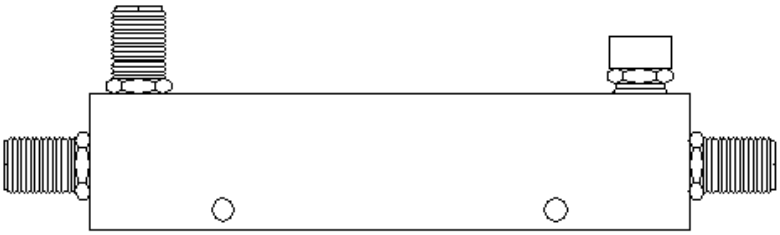
برامج التلفاز والمكالمات الهاتفية ترسل عبر شبكات منظومات المايكروويف بعد أن ترفع إلى ترددات عالية بوساطة عملية التضمين التي تحدثنا عنها سابقا وترتب بشكل مجاميع قياسية بطريقة الإكثار ثم تحمل مرة ثانية على ترددات مايكروية وترسل عبر الشبكة إلى المكان المطلوب.

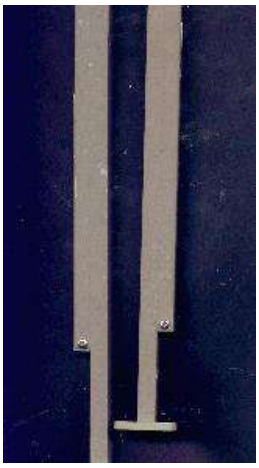
2 - 7 مكونات المايكروويف :

من المؤكد إن سبب نجاح احدنا في الفوز بلعبة الشطرنج هو معرفة وظيفة عمل كل قطعة من القطع وكيفية الاستفادة منها، وهذا يشبه تماما تحقيق النجاح في استخدام مكونات منظومة المايكروويف بمعرفة عمل ووظيفة كل عنصر من هذه العناصر المستخدمة في هذه المنظومة التي تحدد كل الخطوات من الاستخدام البسيط إلى المعقد ، ويستخدم كل عنصر لغرض معين مثل الربط (الازدواج) ، المزج ، الترشيح ،العزل ، التقسيم ، الإضافة ، التوهين ....الخ أو الجمع بين هذه المكونات .

1 – الرابط (الازدواج) الاتجاهي : Directional Couplers

من المكونات التي تستخدم بشكل واسع في منظومة المايكروويف والموضحة بالشكل (4 - 7) تعمل على الربط بين دائرتين كهربائيتين لتكوين دائرة مغلقة ويسمح بالتأثير التبادلي وبعبارة أخرى ربط دائرتين (جنب إلى جنب) تؤثر احدهما في الأخرى لهما قطعتان من دليل الموجة أو خطوط محورية إحدى هاتين الدائرتين تمثل خط الطاقة الأصلي للازدواج ، يتضح أن هذه الوسيلة تعمل على نقل الطاقة من دائرة إلى أخرى .

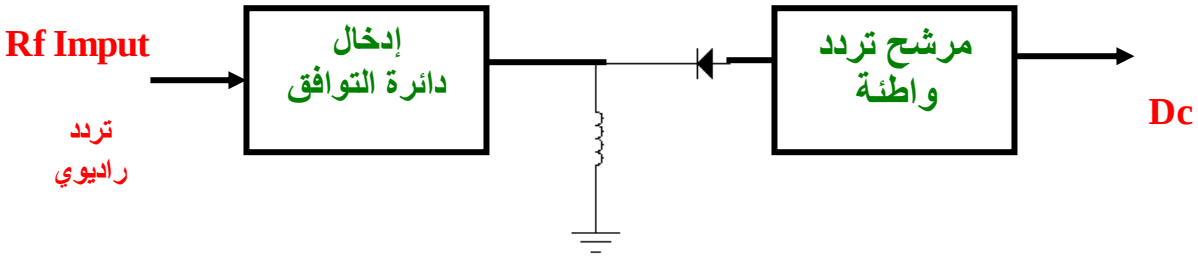




الشكل (4 – 7) الرابط ثنائي الاتجاه

2 – الكواشف : Detectors

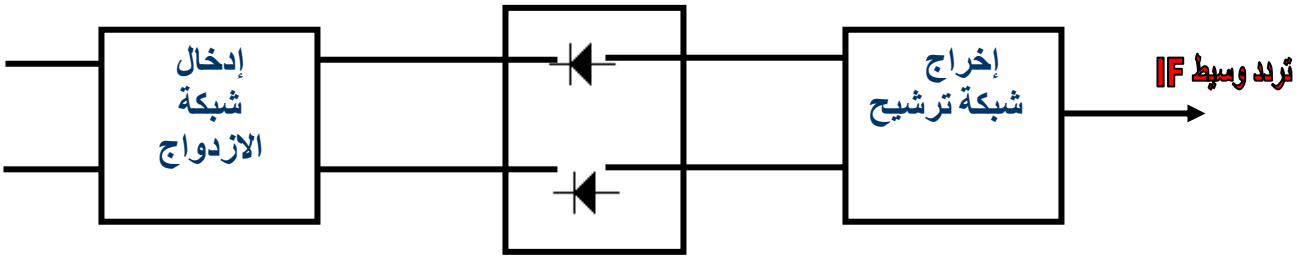
التركيب الأساسي للكواشف المايكروية والموضحة بالشكل (5 - 7). نلاحظ أن الثنائي هو العنصر الأساسي وتستخدم ثنائيات شوكلي لان خواصها ملائمة للترددات العالية وذات حساسية عالية وتتوافق مع دائرة ذات مقاوم (50 Ω) تقريبا لذلك يمكن الحصول على نقل أعظم قدرة .



الشكل (5 - 7) كاشف يستخدم في الشبكات المايكروية

3 – المازج : Mixer

في أحيان كثيرة يكون وجود التردد في المنظومة ليس التردد المطلوب. ربما يكون أعلى أو اقل منه وبإجراء عمليات المضاعفة أو التقسيم يمكن الحصول على التردد الصحيح ولكن ماذا يحدث لو كانت الحاجة الى تردد من دون توافقيات أو توافقيات فرعية فان استخدام المازج هو سبب حل هذه المشكلة، لاحظ الشكل (A - 6 - 7) فباستخدام المازج واختيار التردد الراديوي وتردد المذبذب المحلي يمكننا الحصول على هذا التردد المطلوب. وللمازج وظائف عديدة ذكرناها عند دراسة منظومة البث الإذاعي والتلفزيوني . وللمازج في منظومة المايكروويف أشكال عدة منها المازج المبين بالشكل (B– 6 – 7).



الشكل (A - 6 – 7) مخطط كتلوي يبين استخدام المازج في منظومة ميكروية

الشكل (B - 6 – 7) يوضح المازج في منظومة مايكروويف

4 – المرشحات : Filters

عند سماعنا كلمة مرشح يتبادر إلى الذهن عدة أنواع من المرشحات التي نصادفها في حياتنا اليومية مثل مرشح مضخة الزيت في السيارة والمرشح المستخدم في أجهزة التكييف في منازلنا والمرشح الموضوع في أحواض السباحة ..... الخ. وبغض النظر عن نوع هذه المرشحات الا أنها تشترك في شيء واحد هو حجب شيء غير مرغوب فيه كي تعمل الأجهزة بصورة صحيحة . ولا تختلف مرشحات المايكروويف عن هذا المفهوم فعمل المرشح تحديد (حجب) جزء معين من الحيز الترددي وقد يكون هذا الجزء المرفوض على اي من جوانب الحيز الترددي او أعلى او اقل من تردد معين في ايةِ مساحة من الحزمة مصممة في المنظومة غير مرغوب فيها فان مرشح المايكروويف يعمل على إزالتها والتخلص منها . ولهذه المرشحات أشكال عديدة، لاحظ الشكل (7 - 7) .

الشكل (7 - 7) أشكال مختلفة لمرشحات منظومة المايكروويف

ومن أنواع هذه المرشحات

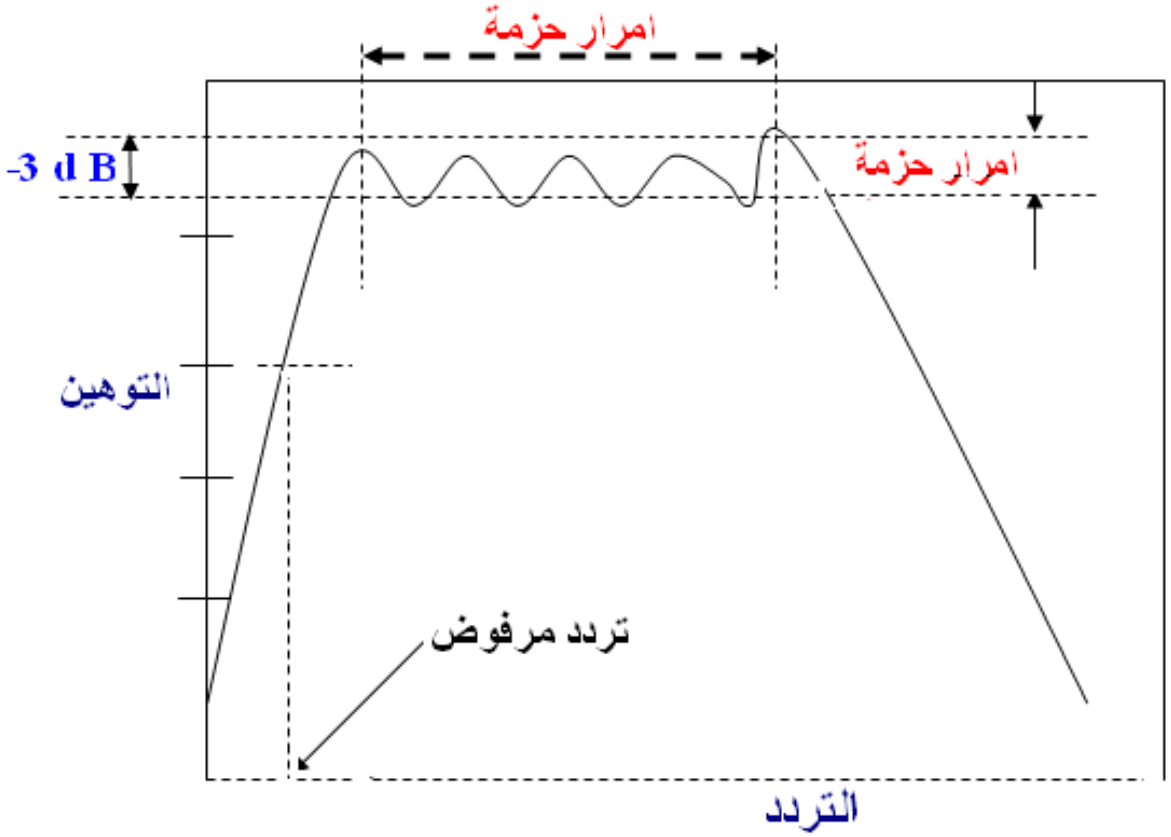
1 – مرشح إمرار حزمة (BPF)
2- مرشح إمرار ترددات واطئة (LPF)
3 – مرشح إمرار ترددات عالية (HPF)
4 – مرشح رفض حزمة (BSF)

وسنتطرق إلى دراسة احد هذه المرشحات

1 - مرشح إمرار حزمة : Band Pass Filter

الشكل (8 - 7) يوضح منحني الاستجابة لمرشح إمرار حزمة يعمل على تمرير حزمة معينة من الترددات بأقل الخسائر قدر الإمكان ، نلاحظ من المنحني ان المساحة (إمرار حزمة) محددة بأقل خسارة وبهبوط المنحني بسرعة كبيرة ليشكل ما يدعى بالحافة (Skirt) هذا الهبوط الشديد للحافة يعتمد على كيفية إغلاق التردد المرفوض لحافة إمرار حزمة، عند الغلق يعني انحدار وهبوط شديد للمنحي. وفي المثال التالي معلومات لمرشح إمرار حزمة مثالي وكما هو موجود على بعض هذه المرشحات ولابد أن تتعلم هذه المصطلحات باللغة الانكليزية .

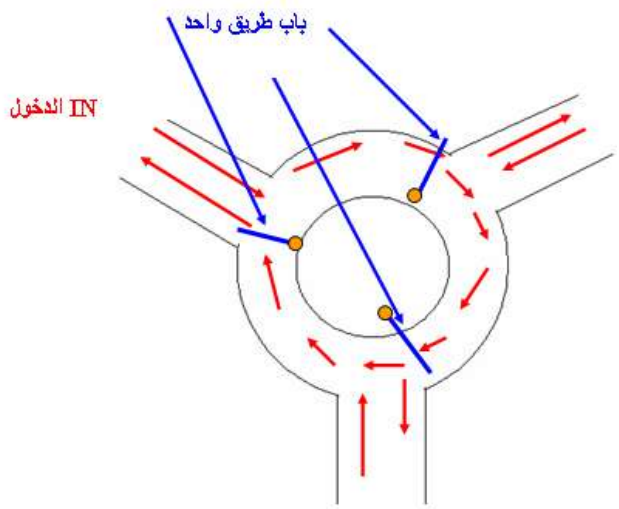
Model #	**BPF – XNI**
Pass band	**1.5 – 3.0 GHZ**
Impedance	**50 Ω**
Power	**25W**
Rejection	**60 dB (0 – 1.3 GHZ , 3.2 - 10.1 GHZ)**



الشكل (8 - 7) منحني يمثل مرشح إمرار الحزمة

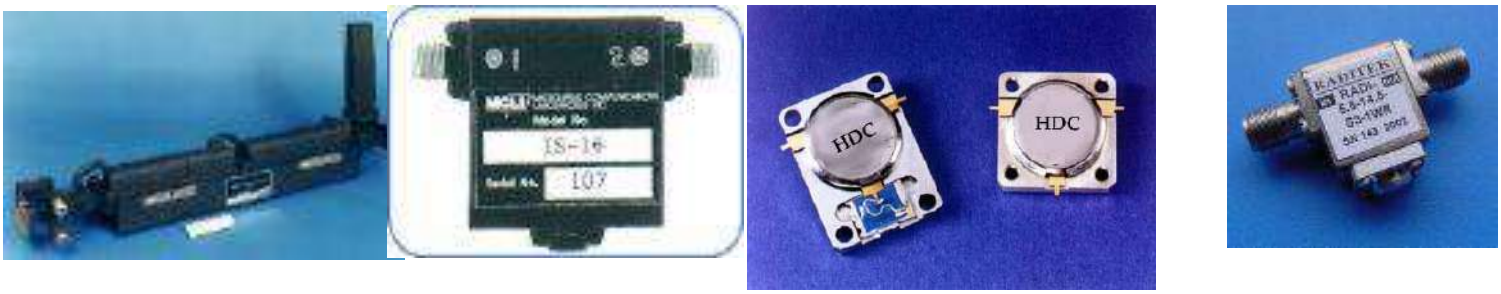
5 – المسارات الدائرية والعوازل : Circulators & Isolators

ذكرنا عند دراستنا الربط ثنائي الاتجاه إمكانية تمرير الطاقة المايكروية في الاتجاه الأمامي شريطة ان يكون العزل عكسيا وبهذهِ الكفاءة نفسها تعمل عناصر المسار الدائري (Circulator) لذا فان العازل والمسار الدائري هو عبارة عن وسائل لها طريق واحد لتمرير طاقة المايكروويف. ويوضح الشكل (9 – 7) وسيلة المسار الدائري بطريق واحد أي باتجاه واحد فقط .



الشكل (9 – 7) كيفية تمرير طاقة المايكروويف

ولها أشكال عديدة كما موضح في الشكل (10 – 7)



الشكل (10 – 7) أنواع مختلفة للمسارات الدائرية والعوازل في منظومة المايكروويف

6 – الموهن(التوهين) : Attenuator

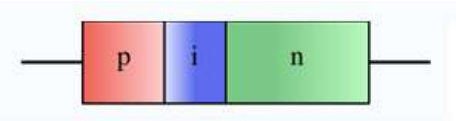
التوهين هو التقليل (إضعاف) من قيمة شيء معين ، وفي الموجات الميكروية فان هذا الشيء هو عبارة عن مستوى التردد الراديوي المسلط على الدائرة من دون التأثير على أي جزء في المنظومة ويجب أن يكون لهذا الموهن إدخال جيد وإخراج جيد مع وجود التوافق بالعمل ومن هذه الأنواع هي
1 – الموهن الثابت. 2 – الموهن المتغير. 3 - PIN

لاحظ الشكل (11 – 7)

الشكل (11 – 7) وسائل مختلفة للموهن المستخدمة في منظومة المايكروويف

1- الموهن باستخدام الثنائي : Positive Intrinsic Negative diode (PIN)

يتكون الثنائي نوع (PIN) من طبقة عريضة مطعمة بشوائب قليلة هي طبقة (I) (Instrintic Semiconductor Region) موضوعة بين الطبقتين (P–TYPE) و (N–TYPE) وهاتان الطبقتان مطعمتان بشوائب كثيرة لاحظ الشكل (12 – 7).

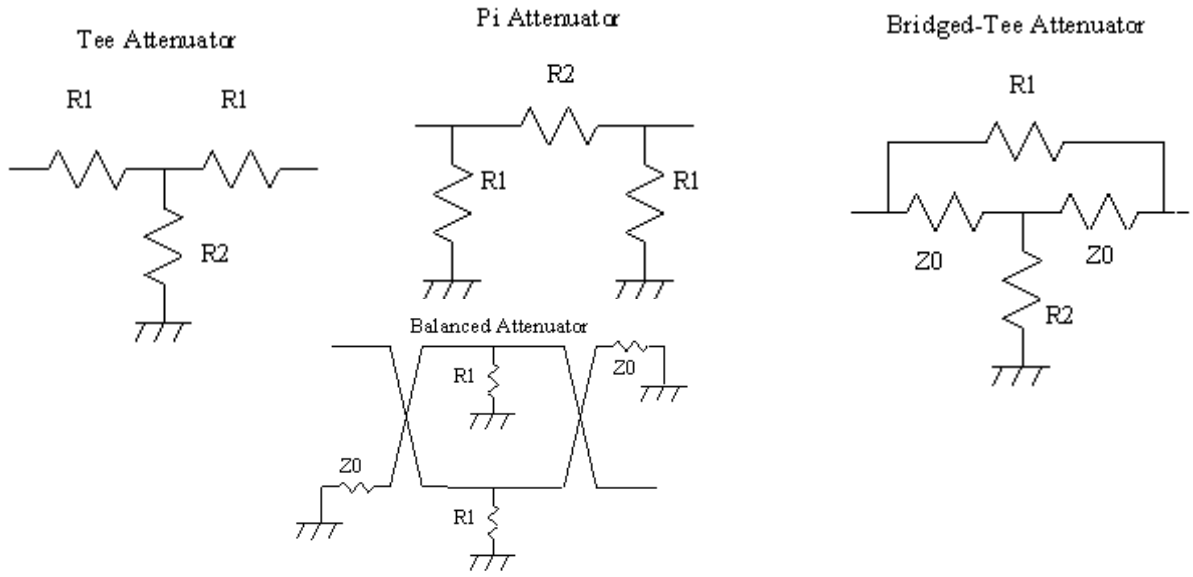


الشكل (12 – 7) الثنائي نوع PIN

يعمل الثنائي (PIN) كمقاومة متغيرة بالترددات الراديوية (RF) وترددات المايكروويف وتحدد قيمة المقاومة للثنائي (PIN) بوساطة التيار المستمر للانحياز الأمامي للثنائي ، ومن استخداماته كموهن يعمل في السيطرة على مستوى الإشارة الراديوية (RF) بدون أي تشويه كي لا يتغير شكل الإشارة ويمتاز بقابليته في السيطرة على إشارة راديوية (RF) كبيرة وباستخدام تيار انحياز قليل جدا .

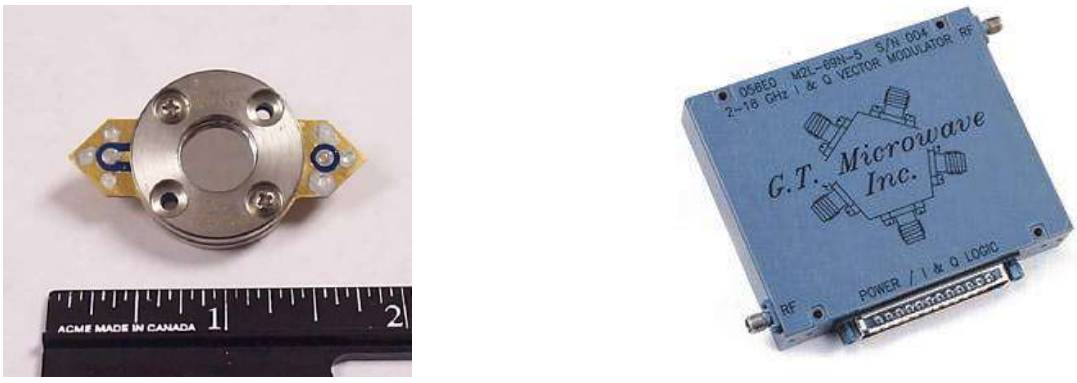
بتغيير تيار الانحياز على الثنائي يكون من الممكن تغيير مقاومته في تنفيذ الدوائر للإشارات الراديوية لذا يستخدم في تصميم الموهن المتغير وفي دوائر التضمين السعوي وتحديد مستوى الإشارات في دوائر الخرج أو كمقاومة توازن . ففي الموهن المتغير توضع مقاومات مع العناصر الالكترونية مثل PIN بطرق مختلفة لليسطرة على الفولتية او التيار للثنائي PIN او ترانزستور FET فتتغير مقاومة RF ومنها :

1– الموهن نوع قنطرة Tee
2- الموهن من نوع Pi
3- الموهن من نوع Tee
4– الموهن المتوازن لاحظ الشكل (13 – 7) .



الشكل (13 – 7) انواع ربط مختلفة للتوهين

وله عدة أشكال لاحظ الشكل (14 –7)



الشكل (14 –7) اشكال مختلفة لوسائل التوهين

3 – 7 صمامات المايكروويف : Microwave Tubes

أشعة المايكروويف هي جزء من الأشعة الكهرومغناطيسية ذات طول موجي طويل يقاس بالسنتمتر في المدى من (0.3 إلى 30) سم. تنتج هذه الأشعة في الطبيعة عندما يمر تيار كهربائي من خلال موصل وهي تشبه موجات التلفزيون والراديو والهاتف الخلوي . ولهذه الأشعة استخدامات عديدة منها في طهي الطعام وهو ما يعرف بفرن المايكروويف (Microwave oven). كما تستخدم في الاتصالات ونقل المعلومات وأجهزة الاستشعار عن بعد وأجهزة الرادار ومن هنا فإن استخدامها في الطهي هو جزء بسيط من تطبيقاتها العملية العديدة .

طريقة توليد الأمواج القصيرة جدا كانت معروفة من قبل علماء الفيزياء قبل عشرات السنين للحصول على أمواج كهرومغناطيسية بطول موجة 0.03 ملم مثلا باستعمال الشرارة الكهربائية (Spark) للحصول على هذه التذبذبات (الاهتزازات) لذلك كانت هذه الأمواج المولدة ضعيفة جدا في القدرة، وقد أثبتت الصمامات الالكترونية الاعتيادية عجزها في الحصول على هذه الاهتزازات ذات قدرة عالية للأمواج السنتمترية بسبب الخسائر في الطاقة . فعند استعمال التردد العالي جدا فان طول الموجة يصبح مقاربا لأبعاد الدائرة الاهتزازية وترتفع قيمة الطاقة الكهرومغناطيسية المتبعثرة إلى الفضاء ارتفاعا عاليا .
و هذه الخسائر تؤثر في عمل دائرة الرنين و يصبح من المستحيل استخدام دوائر رنين اعتيادية لهذا الغرض لذلك يستعاض عن هذه الدوائر بدوائر اهتزازية خاصة يطلق عليها اسم الدائرة (ذات التجويف المنغم) (Cavity Resonator) ويحتوي كل جزء من هذه الدوائر على مقدار معين من السعة والحث .

هنالك أنواع عديدة من صمامات المايكروويف :

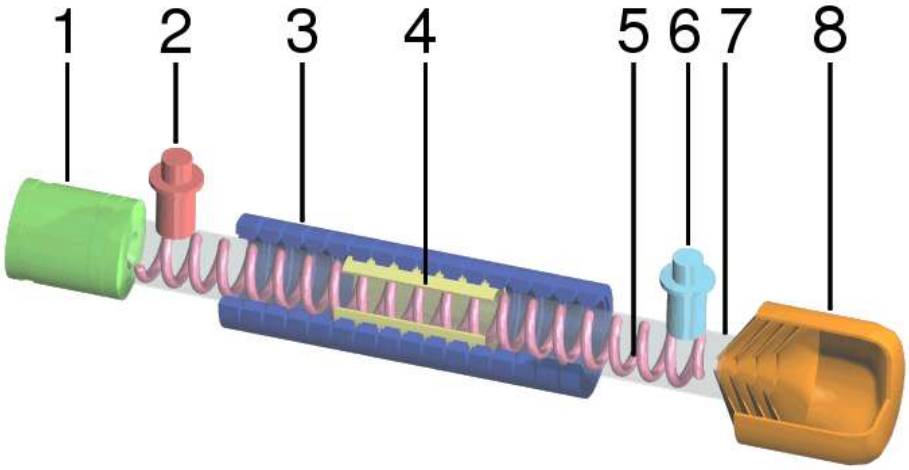
1- أنبوبة الموجة المنتقلة : Traveling Wave Tube (TWT)
2- الكلايسترون : Klystron
3- الماكنترون : Magnetron

إن صمامات المايكروويف تعتمد في عملها على مجموعة من المصطلحات

1 - تضمين السرعة Velocity Modulation
2 - تفاعل التردد الراديوي RF Interaction
3 - تجويف التجميع (اللملمة) Bunches Cavity
4 - تجويف الماسك Catcher Cavity

1 - أنبوبة الموجة المنتقلة: Traveling Wave Tube (TWT)

الشكل (15 - 7) يوضح أنبوبة الموجة المتنقلة وتتكون مما ياتي :



الشكل (15 - 7) أنبوبة الموجة المتنقلة

1- المدفع الالكتروني (الكاثود)
2- طرف إدخال RF
3- مغناطيس
4- الموهن
5- ملف حلزوني
6- طرف خرج RF
7- صمام مفرغ
8- الجامع (Collector)

يسخن المدفع الالكتروني (الكاثود) بوساطة فتيلة التسخين فتنبعث الالكترونات من نهاية واحدة فقط، ويولد المغناطيس مجالاً مغناطيساً يعمل على تركيز الشعاع الالكتروني بشكل حزمة رفيعة جداً تخترق وسط الملف الحلزوني الذي يتمدد بين طرفي إدخال و إخراج RF (التردد الراديوي) ويصطدم الشعاع بالجامع في النهاية الثانية للصمام . وباستخدام الرابط (الازدواج) ألاتجاهي Directional) (Couplers وهي من المكونات التي تستخدم بشكل واسع في منظومة المايكروويف لنقل الطاقة بين دائرتين مع دليل الموجة لتوصيل إشارة راديوية بقدرة قليلة جدا يراد تكبير هذه القدرة كما وضحنا في الفقرة (2 - 7). لاحظ الشكل (16 - 7) .

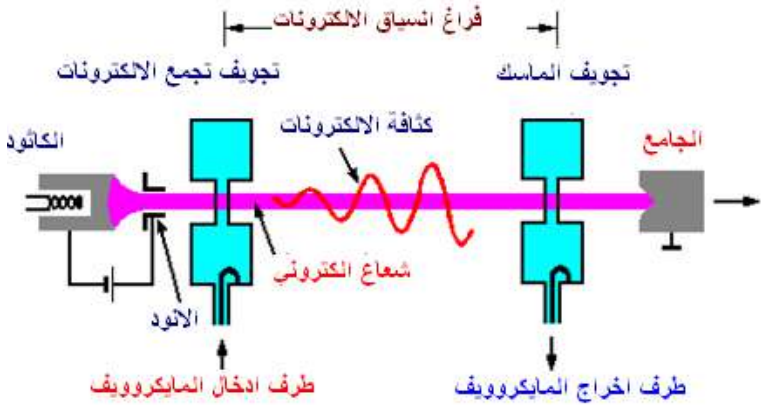
الشكل (16 – 7) المزدوج الاتجاهي

يعمل الملف الحلزوني كخط تأخير (Delay Line) ونقصد به في علم الاتصالات هو وصول إشارة الدخول إلى الخرج بعد مضي فترة معروفة من الزمن كي تصبح سرعة الإشارة الراديوية قريبة من سرعة حزمة الشعاع الالكتروني فيتفاعل المجال الكهرومغناطيسي مع الحزمة الالكترونية فيسبب بلملمة الالكترونات على شكل باقة ويدعى هذا التأثير تضمين السرعة (Velocity Modulation) ويسبب المجال الكهرومغناطيسي تيار كهربائي عالي راجع للملف الحلزوني . توضع وسيلة الربط الاتجاهية الثانية قريبة من الجامع تستلم الإشارة المكبرة من النهاية البعيدة للحلزون والموهن الموضوع بين بداية ونهاية الحلزون يمنع انعكاس الموجة من الانتقال إلى الكاثود .

2 - الكلايسترون : Klystron

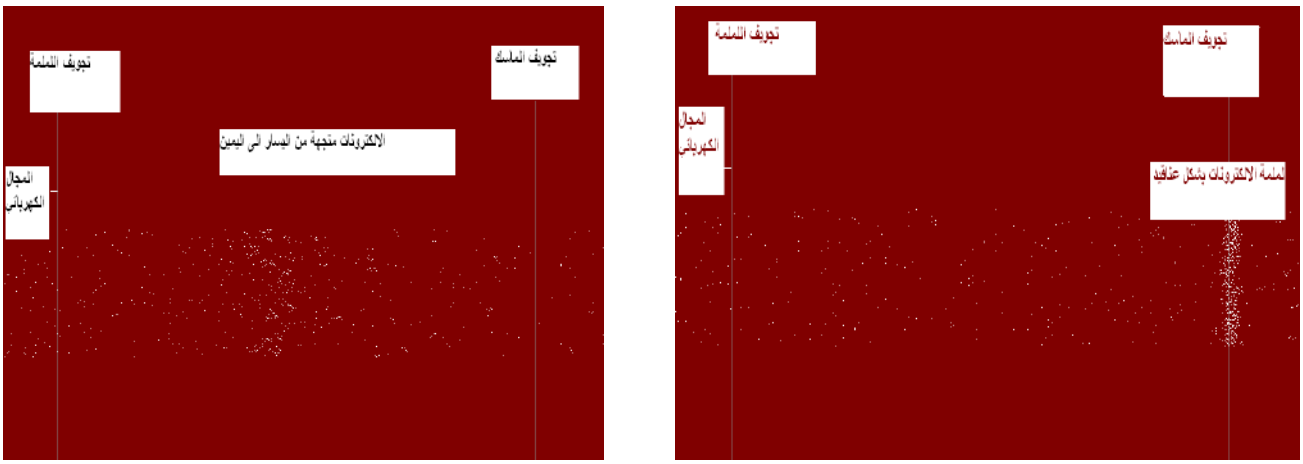
يعد الكلايسترون من الصمامات الخاصة وهو صمام شعاع خطي مفرغ من الهواء يستعمل كمكبر للموجات بالترددات العالية وترددات المايكروويف وتوليد إشارات كمرجع (reference) بقدرة واطئة للاستفادة منها في مراحل الاستلام لأجهزة الرادار في عملية السوبرهترودين وتوليد موجات حاملة ذات قدرة عالية في الاتصالات . تحتوي معظم صمامات الكلايسترون على دليل الموجة لربط الطاقة المايكروية بين عناصر الدخل والخرج . الشكل (17 – 7) يوضح صمام الكلايسترون ويتكون مما ياتي :

1- المدفع الالكتروني . 2- الانود. 3- تجويف اللملمة. 4- تجويف الماسك. 5- الجامع. 6- طرف الادخال. 7 – طرف الاخراج .



الشكل (17– 7) صمام الكلايسترون

يعمل صمام الكلايسترون على تكبير الموجات بالترددات الراديوية (RF) بتحويل الطاقة الكامنة للشعاع الالكتروني للتيار المستمر DC الى قدرة بالتردد الراديوي. يعمل الكاثود على اطلاق الشعاع الالكتروني بعد تسخينه ويُعَجل الشعاع بوساطة اقطاب ذات فولتية عالية موجبة تصل الى عشرات من الكيلوفولت مثل الآنود ويخترق هذا الشعاع تجويف اللملمة (Bunch Cavity) المتصل مع طرف ادخال موجات المايكروويف التي تمثل طاقة الموجات بالتردد الراديوي فتولد فولتية تؤثرعلى الشعاع الالكتروني بسبب المجال الكهربائي فالالكترونات المارة خلال معارضة المجال الكهربائي تتسارع بينما الالكترونات التي تعقبها تتباطىء فتجعل الشعاع يشكل تجمع (لملمة) الالكترونات بين تجويف تجمع الالكترونات وتجويف الماسك لهذه الالكترونات. لاحظ الشكل (18 – 7).



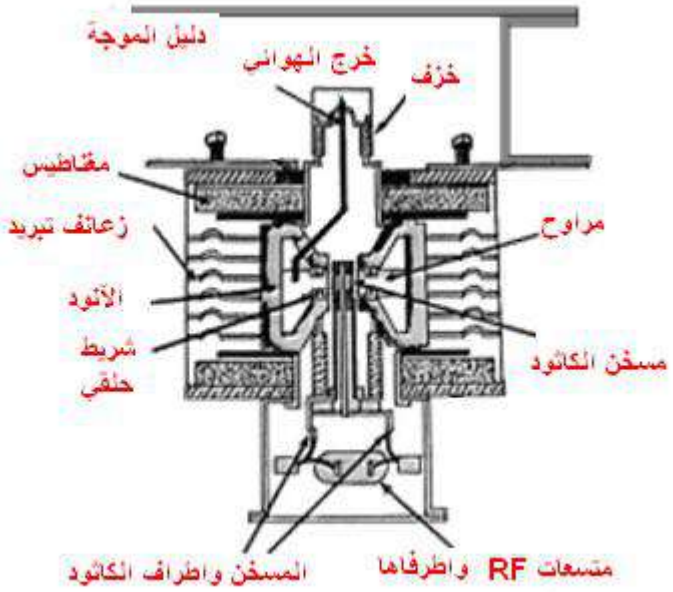
الشكل (18 – 7) رسم توضيحي يبين المجال الكهربائي باتجاه اليمين والالكترونات متجه من اليسار الى اليمين باتجاه تجويف الماسك وكيفية تجمع الالكترونات (باقة) .

3 - الماكنترون : Magnetron

ان الاساس الذي تعمل عليه افران المايكروويف هو نظام الفولتية العالية (High Voltage System)والغرض منه توليد طاقة مايكروية. ومكونات هذا النظام تعمل على رفع الفولتية المتناوبة للخط الى فولتية عالية ثم تقويمها الى فولتية مستمرة (DC)، ثم تتحول قدرة التيار المستمر (DC) الى قدرة تردد راديوي (RF) والتي تقوم بطهي الطعام .

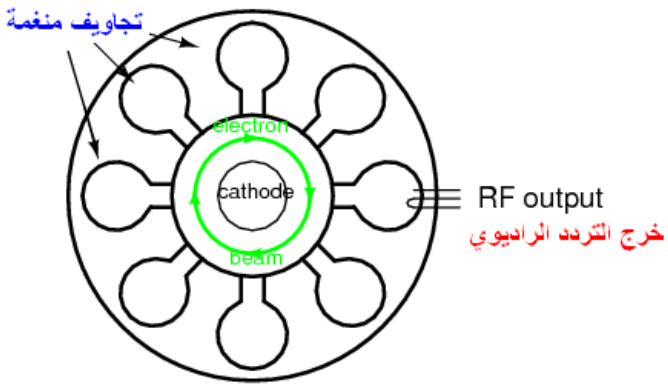
تركيب صمام الماكنترون :

الجزء الاساس في نظام الفولتية العالية هو صمام الماكنترون. لاحظ الشكل (19 – 7) وهو عبارة عن صمام الكتروني ثنائي يستعمل لتوليد طاقة مايكروية بالتردد (2450) MHz ويتركب من الاجزاء الرئيسة الآتية :



الشكل (19 – 7) مكونات صمام الماكنترون

1 – الآنود : عبارة عن اسطوانة حديدية مجوفة تبرد بوساطة زوج من المراوح من الداخل لاحظ الشكل (20 – 7) الذي يوضح التجاويف المنغمة (Resonent Cavities) المتصلة على التوازي والتي تعمل كدوائر رنين لتحديد تردد الخرج للصمام .



الشكل (20 – 7) يوضح التجاويف المنغمة التي تعمل كدوائر رنين

2 – الكاثود والمسخن : فتيلة التسخين (Filament) اوالمسخن يقوم بعمل الكاثود يوضع وسط الصمام يثبت بصورة محكمة ومحمية بغطاء يعمل على اطلاق الشعاع الالكتروني .

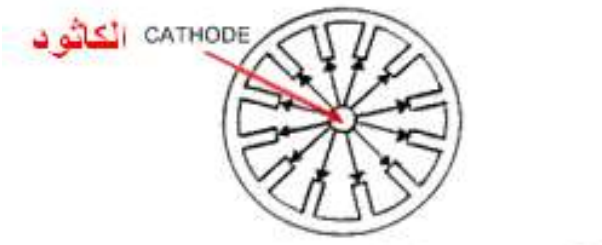
3 - الهوائي : عبارة عن حلقة (Loop) او توصيلة (Probe) مربوطة مع الآنود تمتد الى احد التجاويف المنغمة من طرف ومع دليل الموجة من الطرف الآخر لأرسال الطاقة بالتردد الراديوي .

4 – المغانيط : عبارة عن مغانيط دائمية قوية مثبتة حول الصمام لذلك يصبح المجال المغناطيسي موازٍ الى محور الكاثود .

عمل الصمام :

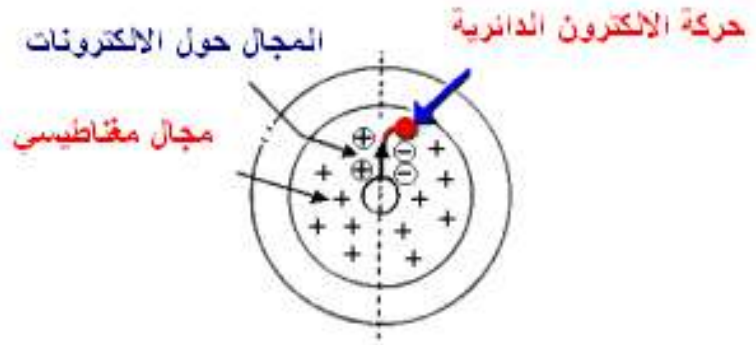
تعتمد نظرية عمل الصمام على حركة الشعاع الالكتروني الواقع تحت تاثير التغيرات في المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي ، وبعمل الصمام يكون مسار الالكترونات من الكاثود الى الآنود بحيث تكون :

1 – القوة المسلطة على الالكترونات بوساطة المجال الكهربائي تتناسب مع شدة المجال فتحاول الالكترونات الحركة من الجهد السالب الى الجهد الموجب وهي حركة منتظمة من الكاثود الى الآنود وعدم وجود مجال مغناطيسي كما في الشكل (21 – 7).



الشكل (21-7) حركة الالكترونات داخل المجال الكهربائي

2- القوة المبذولة على الالكترون في المجال المغناطيسي تكون بزاوية قائمة بين المجال ومسار الالكترون ويكون اتجاه القوة لوصول الالكترون الى الانود على شكل محني اكثر من الشكل المباشر كما في الشكل (22- 7).



الشكل (22-7) حركة الالكترون على المجال المغناطيسي

3 – وجود المغناطيس في اعلى واسفل الصمام وعلى فرض ان القطب الاعلى شمالي والقطب الاسفل جنوبي

الشكل (23 – 7)

وبمرور الالكترونات بالموصل سوف يتكون مجال مغناطيسي حول الموصل يضاف الى المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم في جهة اليسار فيقوي المجال وبالعكس سوف يضعف في الجهة اليمنى وتتحقق الحركة الدورانية الى الآنود.

الشكل (24-7) تأثير المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي على حركة الالكترونات

4 - 7 منظومة الأقمار الاصطناعية : Satellites System

إن الأمواج العالية التردد (HF) يمكن بثها واستلامها عالميا وقد استعملت في البث الإذاعي كما ذكرنا ذلك سابقا . إما الأمواج ذات الترددات العالية جدا (VHF) والفائقة (UHF) فلم يكن بثها بأكثر من خط النظر لان هذه الأمواج لا تنعكس من طبقة الايونوسفير بل تخترقها إلى الفضاء الخارجي وهذا هو السبب في عدم استلام محطات التلفزيون عالميا تلك التي تبث على الموجات (VHF) و (UHF)، و قد نجحَ العلماء باستغلال الأقمار الاصطناعية(Satellites) لعكس هذه الأمواج وتوجد طريقتان للاتصال على الموجا ت (VHF , UHF).

1 - استعمال الأقمار الاصطناعية الخاملة : Passive Satellites

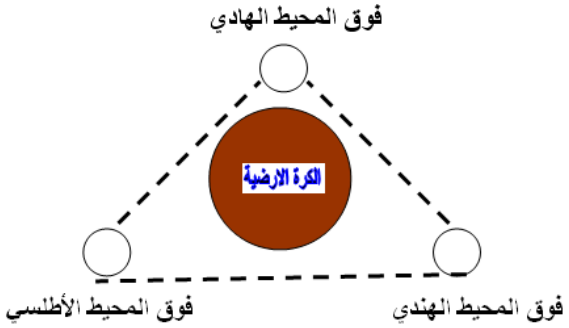
تعكس الأمواج بالترددات (VHF) و (UHF) الساقطة عليها تماما كما تعمل طبقة الايونوسفير للموجات العالية التردد (HF) .

2- استعمال الأقمار الاصطناعية الفعالة: Active Satellite

هذه الأقمار تستلم الموجات الساقطة على هوائيها و تقوي الموجه و تبثها فيما بعد إلى محطة الاستلام وبتردد يختلف عن تردد الموجة المستلمة أصلا ولذا توجد في هذه الأقمار أجهزة استلام و إرسال و هوائيات اتجاهيه Directional Antennas ، لاحظ الشكل (21 - 7)

الشكل (25 - 7) قمر اصطناعي فعال مع هوائيات اتجاهية

يكون القمر الاصطناعي ثابتا بالنسبة لمشاهد ثابت في الأرض وهذا يعني ان القمر الاصطناعي يدور حسب سرعة الأرض الدورانية (Angular Velocity) وقد ظهرت إمكانيات مثيرة باستخدام الأقمار التي تدور حول الأرض بشكل متزامن حيث تدور دورة واحدة حول الأرض فوق خط الاستواء كل 24 ساعة فتبدو بالنسبة للأرض كأنها ثابتة .
إن عملية الإرسال والاستلام من وإلى القمر الاصطناعي تتم عن طريق المحطات الأرضية المنتشرة في اغلب أقطار العالم و التي تبث الإشارة إلى القمر الاصطناعي بقدرة عالية نسبيا تبلغ حوالي 5 Kw بينما تكون قدرة الإرسال في القمر الاصطناعي حوالي 40W وذلك بسبب صعوبة زيادة حجمه بالإضافة إلى ان بث القمر الاصطناعي يمكن أن يؤثر في شبكات المايكروويف الأرضية. من الممكن ان تتصل اغلب شبكات الكرة الأرضية مع بعضها عن طريق ثلاثة أقمار اصطناعية توضع حول الكرة الأرضية لاحظ الشكل (26 - 7).



الشكل (26 - 7) الأقمار الاصطناعية حول الكرة الأرضية

ان فكرة ربط العالم بثلاثة أقمار اصطناعية ثابتة بالنسبة للأرض و على ارتفاع (22300) ميل (35000 كيلومتر) تدور في مدار خط الاستواء و على أبعاد متساوية وقد وفرت هذه الأقمار ما يزيد عن 20000 قناة تكلم (Speech Channel) تربط بحوالي 100 محطة أرضيه توزع الاتصالات على أنحاء العالم كافة ويدعى بنظام الانتلسات (Intel Sat.) وتكون الزاوية بين قمر وآخر 120° ، ولا تخلو هذه المنظومة من العيوب إذ توجد مناطق عمياء لا يمكن أن يتم الإرسال والاستلام .

1 – 4 – 7 المخطط الكتلوي للمنظومات الأساسية للقمر الاصطناعي :

من الشكل(27 - 7) نلاحظ أن القمر الاصطناعي يحتوي عادة على المنظومات الأساسية الآتية :

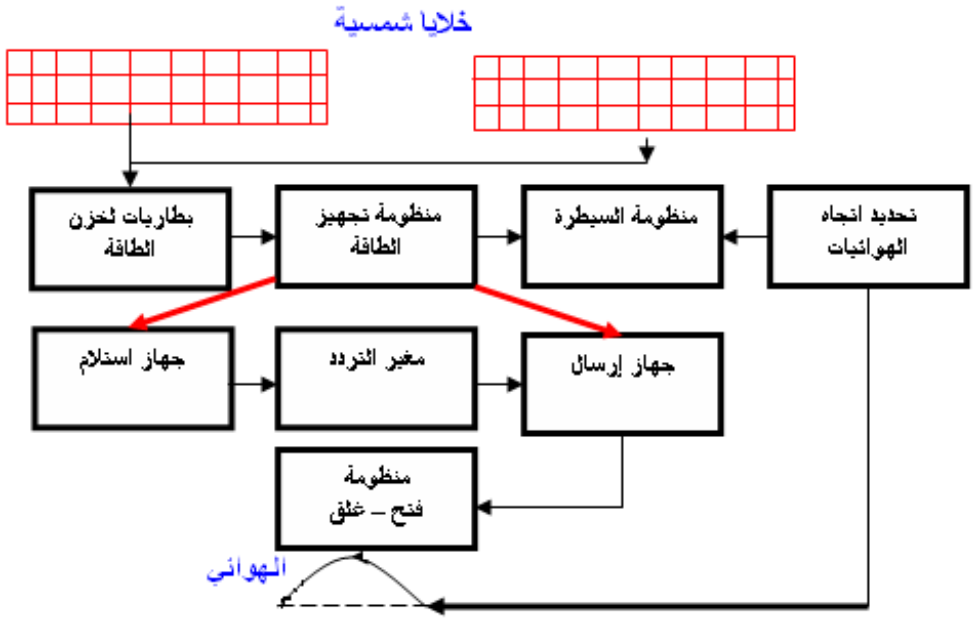
1- منظومة تجهيز الطاقة : تجهيز الطاقة الكهربائية إلى القمر الاصطناعي وغالبا ما تحتوي على خلايا شمسيه تستقبل أشعة الشمس بصوره عمودية و تقوم بتحويل الطاقة الحرارية المجهزة من الشمس إلى طاقة كهربائية وتخزنها في البطاريات .

2- منظومة السيطرة : تستلم الإشارات القادمة من محطة السيطرة الأرضية و تنفذ الأوامر التي تحملها تلك الإشارات و تسيطر على منظومة فتح – غلق لتحديد حالة الاستلام و الإرسال و السيطرة على حركة القمر وبتثبيته في مكانه الدائم لان موقعه يتغير بشكل مستمر فتعمل على تحريكه إلى المسار المطلوب بوساطة وحدة السيطرة الموجودة في المحطة .

3- منظومة هوائيات : لاستلام وإرسال الإشارات.

4- منظومة تحديد اتجاه الهوائيات : للمحافظة على ثبات تأشير هوائيات القمر الاصطناعي بالاتجاه الصحيح .

5- مغير التردد : عبارة عن منظومة إعادة تقوم بتكبير الإشارة المستلمة وتغير ترددها وتجهيزها إلى جهاز الإرسال



الشكل (27 - 7) المخطط الكتلوي للقمر الاصطناعي

خصصت المنظمة العالمية للاتصالات الراديوية (CCIR) حزمة الترددات الواقعة بين
(4.925 – 6.415) GHz بالنسبة للإرسال من المحطة الأرضية إلى القمر الاصطناعي وحزمة الترددات الواقعة بين
(3.7 – 4.2) GHz بالنسبة للإرسال من القمر الاصطناعي إلى المحطة الأرضية و نلاحظ في كلا الحالتين أن عرض ألحزمه يساوي 500MHz .

$$B W = 6.425 – 5.925 = 0.500 \text{ GHz}$$
$$= 0.500 * 1000 = 500 \text{ MHz}$$
$$B W = 4.2 – 3.7 = 0.5 \text{ GHz}$$
$$= 0.5 \text{ x } 1000 = 500 \text{MHz}$$

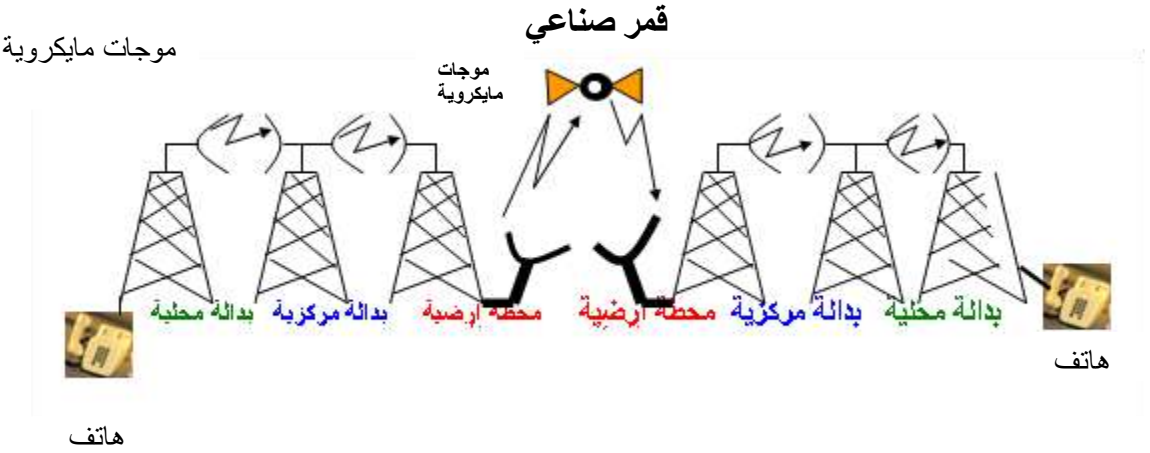
إن مزايا البث في هذا النطاق من الترددات للإرسال والاستلام هي :
1- اقل ما يمكن من الطاقة الممتصة خلال انتقال الموجات الكهرومغناطيسية عبر الطبقات الجوية .
2- حزمة الترددات هذه اقل تأثر بالضوضاء الناتجة عن حركة الكواكب .

المساوئ :

الموجات الكهرومغناطيسية المرسلة من القمر الاصطناعي قد تتداخل مع الإشارات التي تبثها المنظومات المايكروية خاصة و إن الحاجة إلى الزيادة في تردد الإشارات المرسلة عبر شبكات المايكروويف أصبح ضروريا لتلبية الحاجة في التوسع في حزم الاتصالات . لذلك خصصت (CCIR) الترددات GHz (14/22) و(30/20) لاتصالات الأقمار الاصطناعية ألحديثه و يمثل الرقم الأول تردد الموجات الحاملة للإشارة المرسلة من القمر الاصطناعي إلى المحطة الأرضية والرقم الثاني يمثل تردد الإشارة الحاملة للمعلومات المرسلة من المحطة الأرضية إلى القمر الاصطناعي .

2 – 4 – 7 الاتصال الهاتفي عبر الأقمار الاصطناعية :

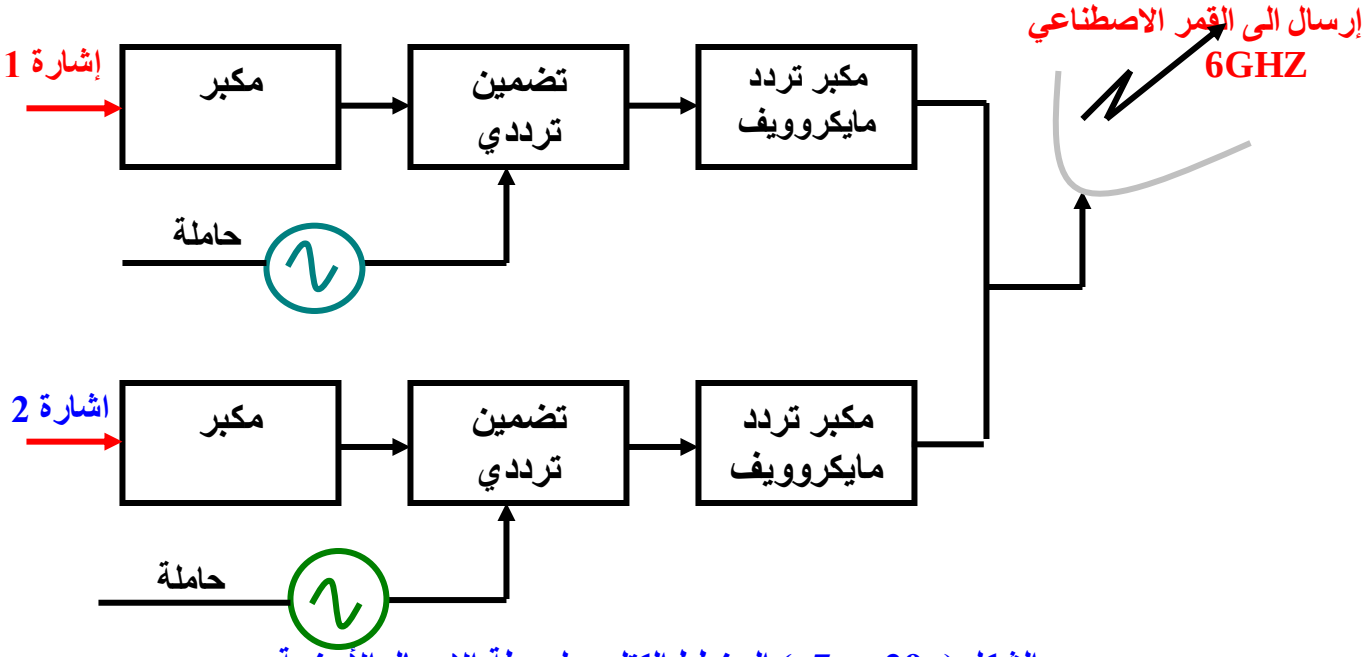
من الشكل (28 – 7) نلاحظ المراحل التي تمر بها المكالمة الهاتفية بين شخصين خلال الأقمار الاصطناعية تبدأ في جهاز الهاتف ثم إلى البدالة المحلية في المدينة ثم تنتقل على شكل موجات دقيقه مايكروية بوساطة معدات مايكروية إلى البدالة الرئيسة ثم تنتقل المكالمة مرة أخرى إلى المحطة الأرضية الرئيسة وتقوم هذه المحطة بإرسال المكالمة إلى القمر الاصطناعي بتردد (6GHz) ويقوم القمر الاصطناعي بتكبير المكالمة و تغيير ترددها من (6 GHz) إلى (4GHz) وترسل إلى المحطة الأرضية الرئيسة في البلد الأخر و منها إلى البدالة المركزية ثم إلى البدالة المحلية فجهاز الهاتف.



الشكل (28 - 7) المراحل التي تمر بها المكالمة الهاتفية

3 - 4 – 7 المخطط الكتلوي للمحطة الأرضية (الإرسال) إلى القمر الاصطناعي :

الشكل (29 - 7) يوضح المخطط الكتلوي لمحطة أرضيه لإرسال الإشارات إلى القمر الاصطناعي وتعمل كما يلي :
أن عمل المحطة الأرضية هو المراقبة والسيطرة على القمر الاصطناعي من خلال هوائي المايكروويف هوائي صحن (Dish Antenna) كبير جدا يتراوح قطره بين (27.5 – 31) متر بحيث يكون الهوائي موجه نحو القمر بدقة وبسبب كبر حجم الهوائي هو ان المحطة الأرضية يجب إن ترسل الإشارات بقدرة عالية لكي تستلم من قبل القمر الاصطناعي ذي الهوائي الصغير الحجم ويوجه هوائي المحطة الأرضية بحيث أن الزاوية التي يصنعها مع الأرض لا تقل عن 5 درجات لكي لا يطول مسار الإشارات الكهرومغناطيسية خلال طبقة التروبوسفير (إحدى طبقات الايونوسفير) فيزداد توهينها وكذلك لتقليل اثر الضوضاء الصادرة من سطح الأرض .
بعد تكبير الإشارة المراد إرسالها تضمن تضمينا ترديديا بالتردد (6GHZ) وتكبر في مكبر تردد مايكروويف وترسل خلال هوائي الإرسال .

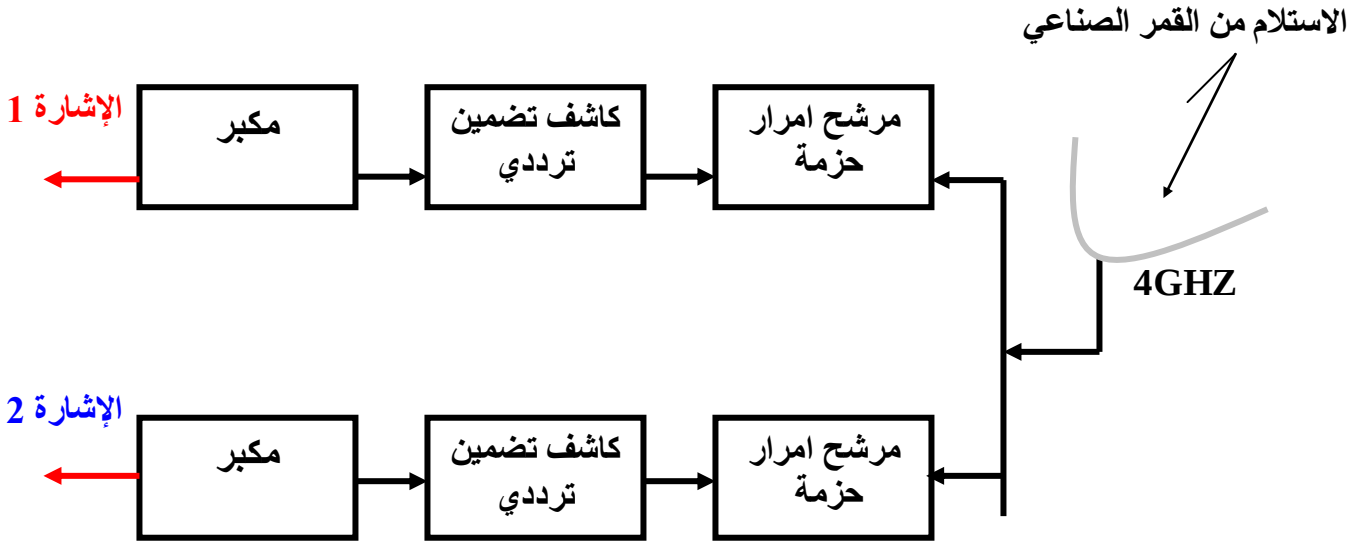


الشكل (29 - 7) المخطط الكتلوي لمحطة الإرسال الأرضية

4 – 4 – 7 المخطط الكتلوي للمحطة الأرضية (الاستلام) من القمر الاصطناعي :

الشكل (30 – 7) يوضح المخطط الكتلوي لمحطة أرضيه لاستلام الإشارات من القمر الاصطناعي وتعمل كما يلي ..... يستلم الهوائي وهو على شكل هوائي صحن (Dish Antenna) وبحجم كبير جدا وكبر حجم الهوائي يعود إلى كون الإشارة المستلمة من القمر الاصطناعي هي ذات قدرة قليله جدا بسبب بعد المسافة بين المحطة الأرضية و القمر الاصطناعي وبوساطة مرشح إمرار حزمة (BPF) يتم ترشيح الإشارة ذات الترددات العالية جدا ثم الكشف عنها باستخدام كاشف التضمين الترددي وتكبير الإشارات المكشوفة التي تمثل المعلومات المرسلة .

الإشارات المستلمة بواسطة الهوائي والمرسلة من القمر الاصطناعي تكون بتردد 4 GHZ



الشكل (30 - 7) المخطط الكتلوي لمحطة الاستلام الأرضية

5 – 7 منظومة الرادار : Radar System

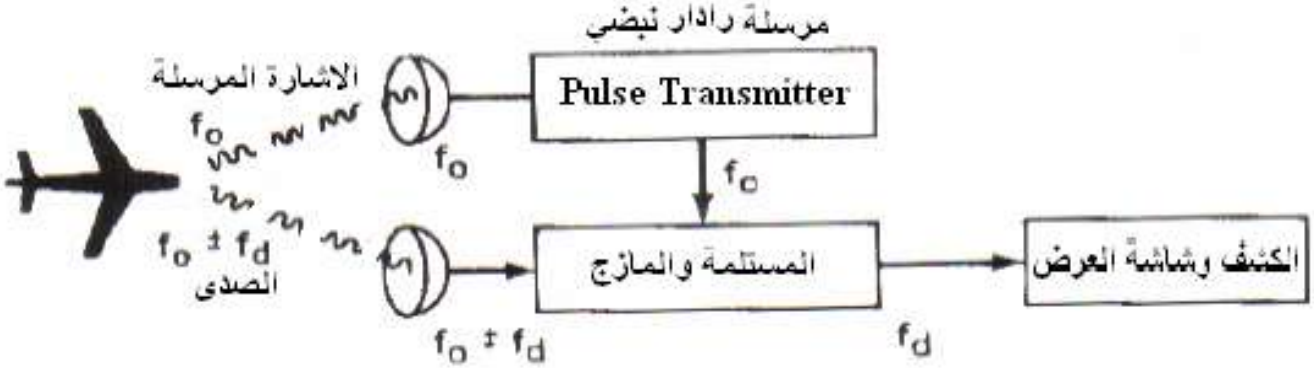
الرَّادار: هو نظام إلكتروني يُستخدم لكشف أهداف مُتحرِّكة او ثابتة . يشبه عمل الرادار أو (الكاشف اللاسلكي) عمل العين عند رؤية الأشياء ويتم ذلك بإرسال أمواج لاسلكية تصطدم بأي جسم فتنعكس منه كانعكاس الضوء من الأجسام فيلتقط جهاز الاستلام في الرادار ما ينعكس من هذه الأمواج، وبوساطة هذه العملية نستطيع الكشف عن الهدف كشفا لاسلكيا ، وأول من استخدم كلمة (رادار) كان من قبل البحرية الأمريكية سنة (1940) وهي مكونة من الحروف الأولى لمجموعة من الكلمات الانكليزية تعني (الكشف وتحديد الموقع بالراديو) .

RADIO DETECTION AND RANGING

وتختلف هذه الأجهزة من حيث مبدأ إرسال الموجات وهي تكون اما على شكل موجه مستمرة او نبضية :

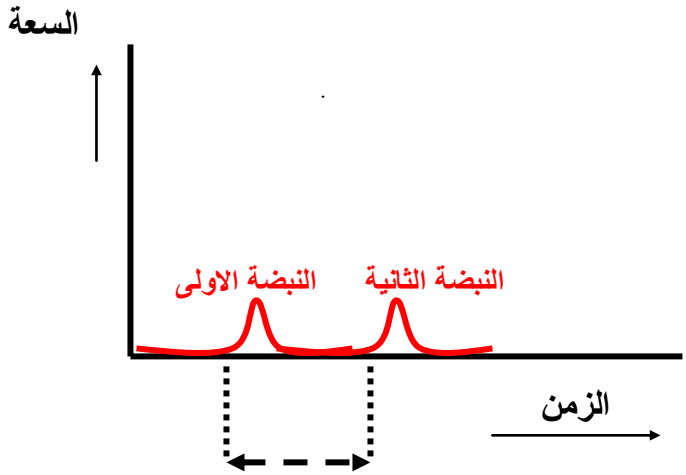
1 - جهاز الرادار للموجات النبضية :

لقد عمل الرادار على تغيير فن الحرب تغيرا جوهريا وقد شمل هذا التغير حروب البحار وحروب الجو، فالقيمة العسكرية للرادار أصبحت واضحة بعد صناعة أجهزة تتمكن من اكتشاف الطائرات المعادية وملاقاتها في الظلام أو من خلال الغيوم باستعمال الأمواج اللاسلكية، ويستعمل لهذا الغرض اقصر الأمواج اللاسلكية ويتراوح طولها بين عدة أمتار وعدة سنتيمترات وتبث هذه الأمواج إلى الفضاء على شكل حزم ضيقة بوساطة هوائي صحن (طبق) (Dish Antenna) عادة على شكل نبضات (Pulses) لفترات قصيرة . لاحظ الشكل (31 - 7) .



الشكل (31 - 7) مخطط كتلي لجهاز رادار نبضي

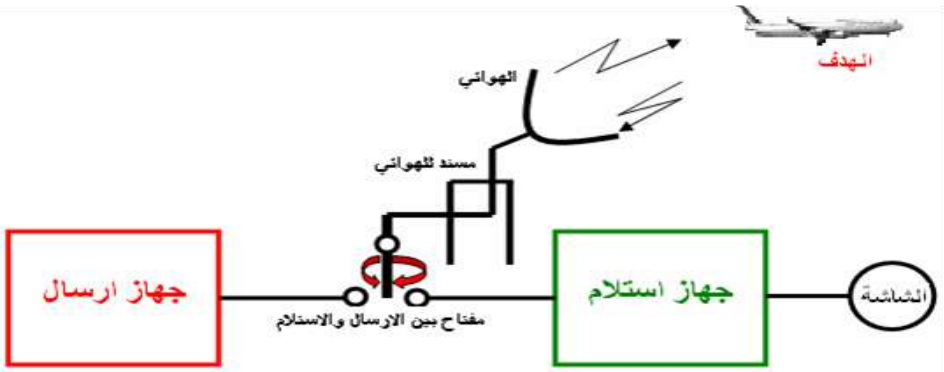
ان شكل النبضة المرسلة من الرادار النبضي مبينة في الشكل(32 – 7) .



الفترة الزمنية بين إرسال نبضتين

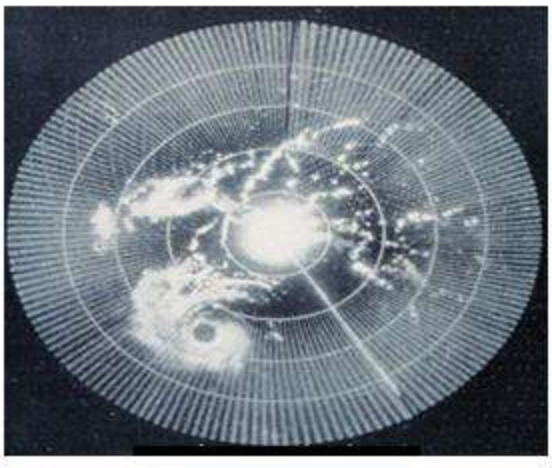
الشكل (32 - 7) شكل النبضات المرسلة من جهاز الرادار النبضي

وخلال توقف المرسلة عن إرسالها (اي في المدة التي تنحصر بين إرسال النبضات) . يستلم جهاز استلام الرادار الأمواج اللاسلكية التي انعكست من الجسم بوساطة هذه الأمواج المنعكسة فيمكن معرفة محل الجسم. وقد اصطلح العاملون في الرادار على تسمية هذا الجسم (هدفا) بغض النظر عن طبيعته والمسافة بينه وبين موقع الرادار والشكل (9 - 7)يوضح مُخططاً كتلوياً بسيطاً لجهاز الرادار.



الشكل (7 - 33) مخطط كتلوي بسيط لجهاز الرادار

يقوم جهاز الإرسال بتوليد موجات كهرومغناطيسية وإرسالها عن طريق الهوائي بشكل حزمة رفيعة عالية التركيز، فعندما تلاقي في مسارها جسما تنعكس منه ويرتد جزء منها نحو جهاز الاستلام الذي يقوم بإظهار إشارة على الشاشة لاحظ الشكل (7 - 34) التي يصنعها مع القطب الشمالي أما تعيين المسافة بين الهدف ومركز الرادار فيكون بقياس الزمن بين لحظة انطلاق الموجات الكهرومغناطيسية من الرادار ولحظة رجوعها أليه بعد ارتدادها منعكسة عن الهدف ، ولما كانت سرعة الموجات الكهرومغناطيسية معروفة وثابتة فانه يمكن تحديد بعد الهدف عن جهاز الرادار .



الشكل (7 - 30) صورة شاشة رادار للأرصاد الجوية

مثال :

الزمن بين انطلاق الموجات وعودتها 0.001 ثانية ، احسب المسافة بين الهدف وموقع الرادار .

الحل:

المسافة = السرعة × الزمن

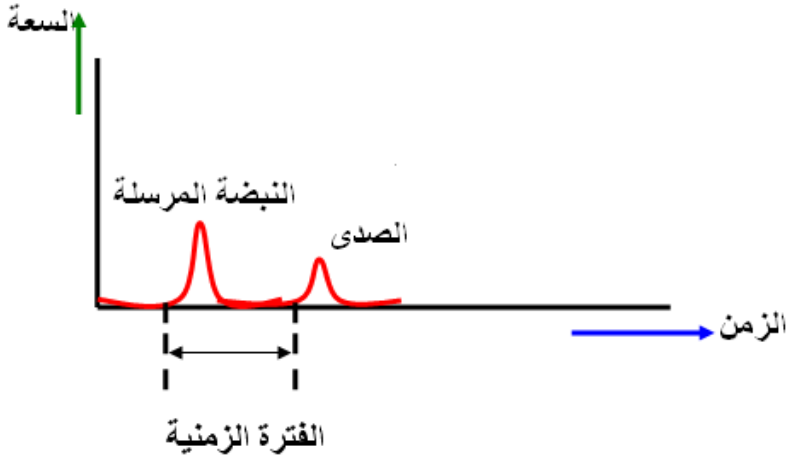
حيث السرعة =(3×10^{8}) 0.001 = سرعة الضوء م/ث

$= 3\times10^{5}$ = 300 كم

= 300 كم مسافة الذهاب والعودة

= 150 كم المسافة بين الهدف وموقع الرادار

إن أمكانية القيام بالكشف عن الصدى (Echo) اللاسلكي وهي الأمواج اللاسلكية المنعكسة من مختلف الأجسام لا يحصل إلا بجعل المرسلة تبث نبضات قصيرة والكشف عن صدى هذه النبضات في المدة الواقعة بين إرسال النبضة والنبضة التي تليها، لاحظ الشكل (35 – 7) .

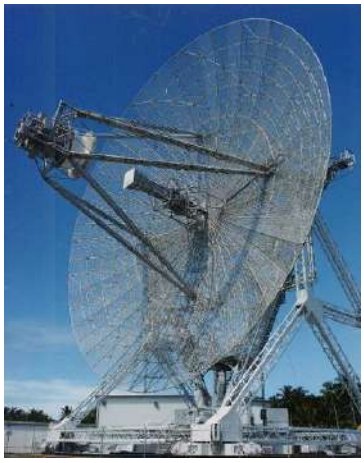


الشكل(35 - 7) نبضة الصدى الراجعة من الهدف

ولعملية النبضات القصيرة فائدة أخرى فباستطاعة المرسلة اللاسلكية في هذه الحالة إرسال أمواج أقوى عشرات بل مئات المرات من الأمواج التي يمكن إرسالها بوساطة مرسلة تبث الأمواج من دون انقطاع لحجم المرسلة نفسها . إن الحصول على أمواج لاسلكية منكعسة من جسم ما بدرجة جيدة لا يتيسر إلا إذا كان طول هذه الأمواج اقل من أبعاد ذلك الجسم وكلما قصر طول الموجة تحسنت جودة الانعكاس ، فالأمواج الطويلة تتمكن من الإحاطة بالأجسام الصغيرة بكل سهولة ولهذا نرى ان الأمواج المستعملة في الرادار تقع بين الأمواج المترية والسنتيمترية وتكون دقة الكشف عن محل الهدف معتمدة على طول الموجة المستعملة وتزداد هذه الدقة كلما قصر طول الموجة ، إن مدى الرادار يعتمد الى حد كبير على القدرة المرسلة ويصعب أحيانا الحصول على قدرة عالية عند استعمال الأمواج السنتيمترية ولهذا نلاحظ أن الرادار الذي يستعمل للكشف عن مسافات بعيدة عن الطائرات والبواخر تكون الدقة العالية فيه ضرورية، ولذلك يتم اللجوء إلى استعمال الأمواج المترية لسهولة إنتاج قدرة عالية ، بالإضافة إلى كشف وجود هذا الهدف لابد من معرفة بعده عن محطة الرادار وكذلك معرفة اتجاهه ، وقد وجد أن أفضل طريقة يمكن القيام بها لمعرفة اتجاه الهدف هي إرسال الموجات الكهرومغناطيسية عالية التركيز بوساطة الهوائي لذلك وضع هوائي الإرسال في بؤره عاكس

(Reflector) معدني علي شكل مقطع بيضوي يمكن بوساطته إرسال الأمواج اللاسلكية داخل حزمة ضيقه غير مرئية تحتوي على جميع الطاقة المرسلة تقريبا وتنتشر هذه الحزمة في خطوط متوازية تقريبا ولا تتسرب من الجوانب

مما يزيد من قدرة الإشارة المنعكسة ومدى كشف الجهاز . وللعمل على زيادة مدى الكشف فقد وضع هوائي الرادار الذي يستلم صدى الإشارات في بؤرة عاكس معدني واسع وفي الأحوال الاعتيادية يستعمل هوائي الأرسال نفسه للاستلام ويربط إلى جهاز الاستلام حين انقطاع المرسلة عن بث النبضات ، يعمل العاكس عمل المرايا في التلسكوب فهو يعكس جميع الأمواج اللاسلكية الساقطة على سطحه بحيث تلتقي في نقطة البؤرة التي يوضع عندها الهوائي ويسبب هذا زيادة في حساسية جهاز الاستلام مئات المرات، لاحظ الشكل (36 - 7) .

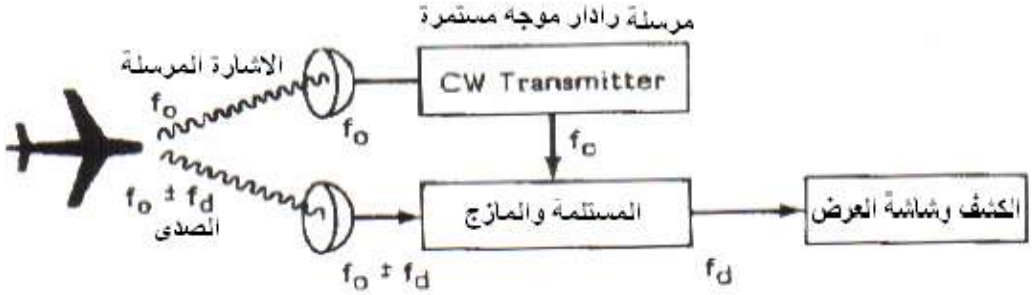


الشكل (36 – 7) هوائي لجهاز الرادار

إن الحصول على حزم ضيقة للأمواج اللاسلكية لابد من استعمال عاكس قطره اكبر من طول موجة الإشارة المرسلة من محطة الرادار فكلما ازداد القطر بمقارنته مع طول الموجة قل توسع الحزمة التي تتركز في داخلها الطاقة المرسلة ولهذا السبب نجد أن استعمال العاكس مع الهوائي بدأ عندما تحقق الحصول على أمواج ذات أطوال خمسين سنتيمتر تقريبا لها عواكس يبلغ قطرها أربعة أمتار وباستعمال الأمواج ذات طول 3 سم مثلا لا يتطلب استعمال عاكس قطره أكثر من نصف المتر للحصول على درجة مناسبة في الدقة .

2 – جهاز الرادار للموجات المستمرة لتحديد بعد الهدف :

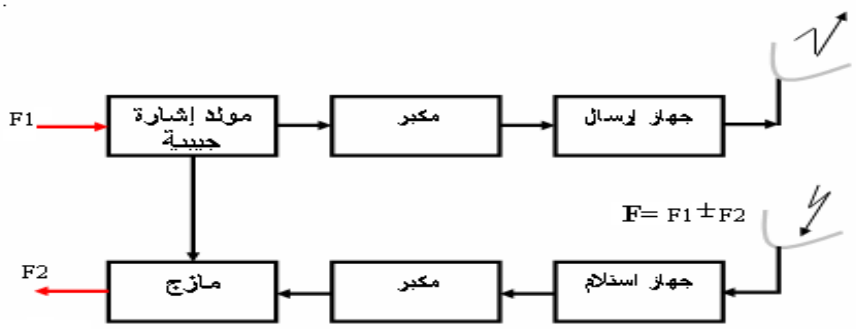
تستخدم هذه الأجهزة لتحديد بعد الهدف وفيها لا ترسل الطاقة الكهرومغناطيسية بشكل موجات مستمرة ذات تردد يتغير تغيرا صغيرا بطريقة تدريجية ومنتظمة وبمعدل ثابت حيث يبدأ الإرسال بتردد معين ثم يأخذ هذا التردد بالازدياد تدريجيا خلال فترة معينة يتوقف بعدها الازدياد ثم يعود التردد فينخفض بطريقة فجائية ليعود إلى قمته التي بدأها ثم تتكرر هذه العملية باستمرار . وعندما يلتقط هوائي الاستلام موجات مرتدة فان جهاز الاستلام يجري مقارنه بين ترددها وتردد الموجات التي يشعها جهاز الإرسال في اللحظة نفسها التي وصلت فيها الموجات المرتدة ، وكلما كانت رحلة الموجات طويلة انقضت مدة طويلة قبل رجوعها ثانية إلى مركز الرادار ويقابل ذلك أن يكون فرق الترددين كبيرا ويؤخذ فرق الترددين مقياسا لبعد الهدف عن الرادار . في هذا النوع يكون تردد الموجات المرسلة ثابتا لا يتغير فعندما تصطدم مثل هذه الموجات بهدف متحرك فان ترددها يتغير حسب ظاهرة (دوبلر) ، لاحظ الشكل (37 – 7).



الشكل (37 - 7) مخطط كتلوي لرادار الموجه المستمرة

6 - 7 ظاهرة دوبلر :

الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة من الأجسام المتحركة تختلف في ترددها عن تلك الموجات الساقطة بمقدار يتناسب مع سرعة الأجسام. فإذا كان هذا التغير كبير جدا يعني أن سرعة الهدف عالية جدا لان الزيادة والنقصان في تردد الإشارة المنعكسة عنه يمكن الاستدلال فيه على ان الهدف يتحرك باتجاه الرادار أو بعيد عنه، ولا تتعدى مهمة جهاز الاستلام اكتشاف هذا التغير في التردد لتحديد سرعة الهدف ، والتطور في أجهزة الرادار جعل من الممكن إخفاء الأهداف الثابتة وإظهار الأهداف المتحركة فقط على الشاشة لتسهيل عملية متابعتها وجمع المعلومات عنها حيث أن انعكاس الموجات الكهرومغناطيسية عن صخور الجبال والأشجار والنباتات تعطي أهدافا وهمية ثابتة ومتناثرة على الشاشة قد تعيق عملية تحديد الأهداف المتحركة . يستلم المازج الترددين تردد المرسل F1 والتردد المعكوس عن الهدف F فيعمل على إيجاد فرق التردد بين الإشارتين المرسلة والمنعكسة اعتمادا على قيمة الفرق الترددي ويمكن معرفة سرعة الجسم . و تسمى هذه الظاهرة بظاهرة دوبلر، لاحظ الشكل (38 - 7) .



الشكل (38 - 7) مخطط كتلوي يوضح ظاهرة دوبلر

1 - 6 – 7 طرق الخداع في الرادار :

منذ بداية استخدام الرادار في العمليات العسكرية أثناء الحرب العالمية الثانية اتجه التفكير إلى ابتكار طرق لخداعه والإقلال من كفاءته وفاعليته، ومنذ ذلك الوقت تنوعت هذه الطرق وازدادت تعقيدا فمنها محاولات إظهار أهداف غير حقيقية للرادار حيث كانت أولى هذه المحاولات تتم بإطلاق شرائح من الألمنيوم من الطائرة تعكس الموجات الكهرومغناطيسية فيبدو للعاملين على الرادار أنهم اكتشفوا سربا من الطائرات. إن هذه الطريقة أصبحت اقل تأثيرا بعد التطور الهائل في سرعة الطائرات المقاتلة حيث يمكن التمييز بسهولة بين الأهداف الوهمية التي تتحرك بسرعة بطيئة معتمدة على الجاذبية الأرضية لشرائح الألمنيوم والهدف الحقيقي الذي يسير بسرعة عالية تمثل سرعة الطائرة . لقد تطورت طرق خداع الرادار فانتشرت طريقة إرسال موجات إلى جهاز الاستلام فتظهر على شاشة الرادار أهداف غير موجودة أصلا وكذلك توجد طرق للتشويش على الرادار وطرق للتغلب عليها او الإقلال من تأثيرها . لقد صنعت أجهزة رادار تتصل مباشرة بالات حاسبة الكترونية وأجهزة أوتوماتيكية للتصويب تؤدي مهمة الدفاع الجوي بطريقة أوتوماتيكية ، لاحظ الشكل (39 - 7).

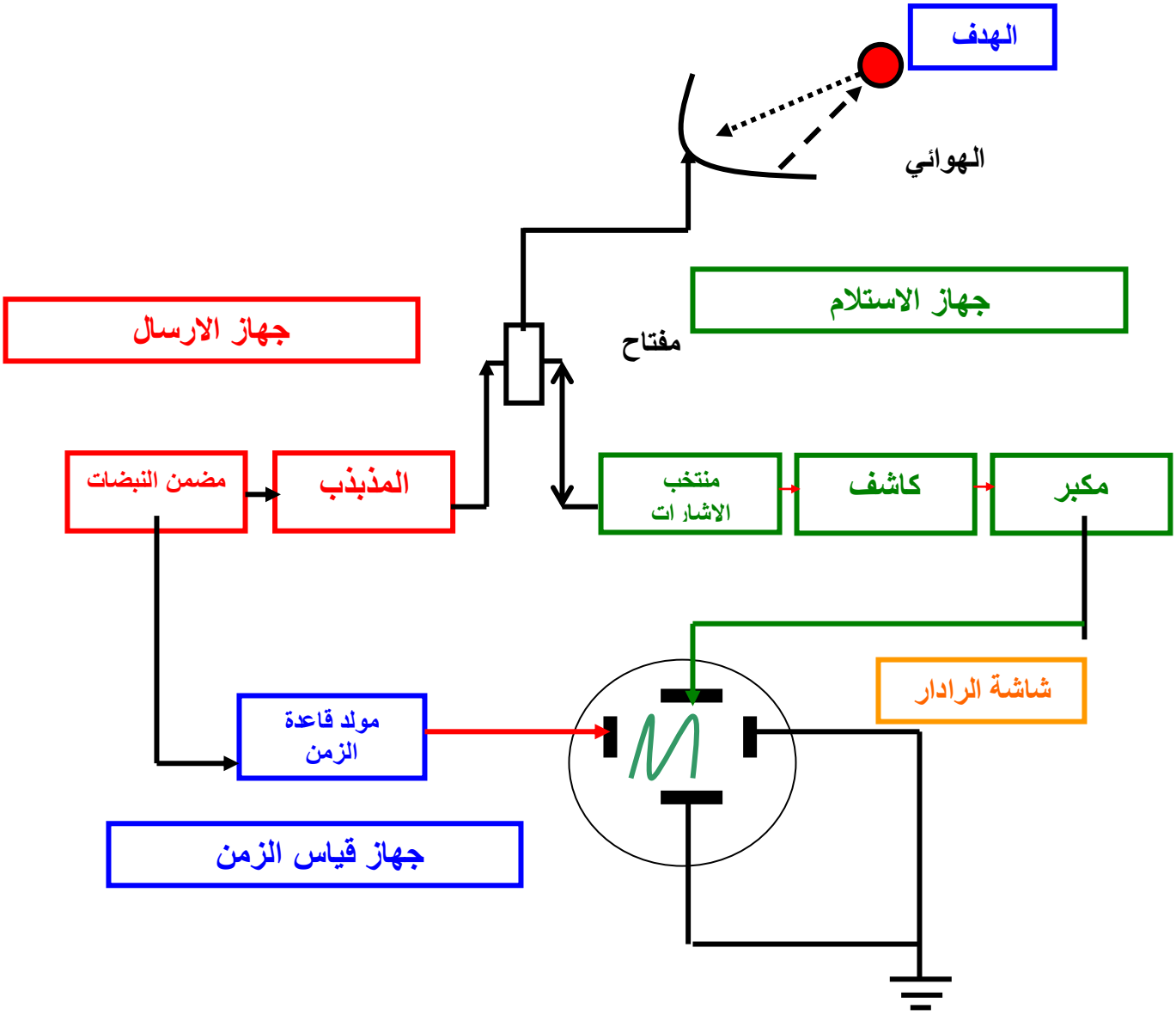
الشكل (39 - 7) جزء من جهاز الرادار

6 - 7 المكونات الأساسية لجهاز الرادار

يتكون جهاز الرادار من ثلاث اقسام رئيسة وهي 1 –جهاز الارسال. 2 – جهاز الاستلام. 3 – مجموعة الهوائيات.

1 – جهاز الارسال : Transmitter

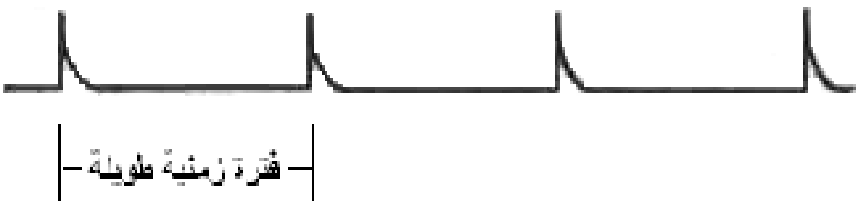
إن الغاية من استعمال المرسلة هي إرسال نبضات قصيرة بحيث تكون الأمواج الكهرومغناطيسية المرسلة داخل حزمة ضيقة. وتتكون المرسلة من قسمين هما المذبذب ومضمن النبضات، لاحظ الشكل (40 - 7).



الشكل (40 - 7) المخطط الكتلوي لجهاز الرادار

أ - المذبذب : (Oscillator)

يعمل على توليد أمواج ذات ترددات عالية جدا ولها قدرة تبلغ آلاف الكيلو واط ، ويستعمل عادة صمام الماكنترون ليقوم بهذا العمل . تبث هذه القدرة الكبيرة في فترات قصيرة جدا وتكون بينها فترات طويلة كما هو موضح بالشكل (41 - 7) .



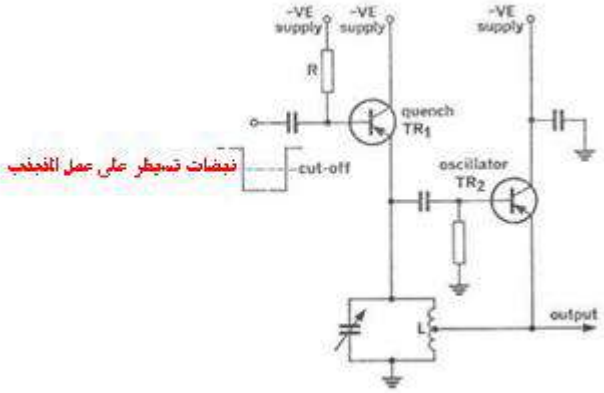
الشكل (41 - 7) الموجات الكهرومغناطيسية المرسلة من مرسلة الرادار

ب – مضمنة النبضات : (Pulse Modulator)

تعمل على تشغيل وعدم تشغيل المذبذب بالتتابع لإنتاج النبضات فتشغله لمدة إرسال النبضات وتوقفه مدة حتى يأتي دور النبضة التالية فتشغلها مرة ثانية، والقدرة المنتجة من هذه الدائرة تكون على شكل نبضات لتيار مستمر لاحظ الشكل (42 - 6) .

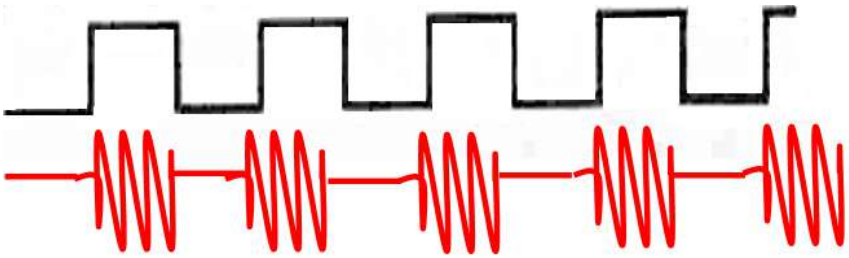
الشكل (42 - 7) شكل النبضات التي تسيطر على المذبذب

الدائرة الالكترونية في الشكل (43 - 7) توضح إحدى عمليات السيطرة على دائرة المذبذب



الشكل (43 - 7) الدائرة الالكترونية للمذبذب

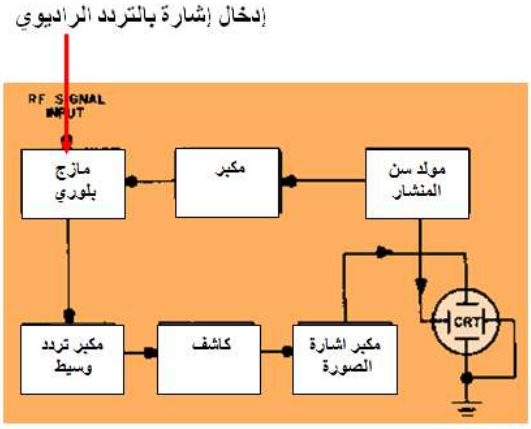
بالإمكان الجمع بين القدرتين المنتجتين من المرسلة، القدرة الأولى تنتجها المضمنة والقدرة الثانية ينتجها المذبذب كما موضح بالشكل (44 - 7) .



الشكل (44 - 7) النبضات المستخدمة في جهاز الرادار

2 – جهاز الاستلام: Reciever

يعمل هذا الجهاز على تسلم أمواج الصدى وهي الأمواج المنعكسة من الهدف وإعطاء معلومات كاملة عن محل الهدف واتجاهه وبصورة مبسطة يتكون من الهوائي المتحرك ومنتخب للإشارات وهو جهاز استلام لاسلكي ومن الكاشف والمكبر توصل الإشارات الخارجة إلى شاشة الرادار وهي من نوع أنبوبة الأشعة الكاثودية . من الشكل (41 - 7) نلاحظ كيفية توصيل موجة سن المنشار إلى أنبوبة الأشعة الكاثودية إلى الألواح المعدنية والإشارة المكبرة الخارجة من مكبر إشارة الصورة لإظهار موقع الهدف على الشاشة .



الشكل (45 - 7) جهاز الاستلام في الرادا

3 – مجموعة الهوائيات:

تعد الهوائيات المكون الأساسي للمعدات الرادارية، فمن خلالها يتم إرسال واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية، التي يتم الحصول عن طريقها على البيانات والمعلومات المتعلقة بهدف معين. ويقوم الهوائي بتركيز القدرة المشعة في الاتجاه المطلوب، ويقوم الهوائي باستقبال الموجات الكهرومغناطيسية في الاتجاه نفسه. وهناك نوعان من الهوائيات يستخدمان على نطاق واسع في أجهزة الرادار، هما :

1 - هوائي القطع المكافىء: (Parabolic Antenna) وهو عاكس على شكل قطع مكافىء مصنوع من المواد الموصلة، يوجد في بؤرته مصدر بث .

2 - هوائي المصفوفة: (Array Antenna) وهو عبارة عن مجموعة من عناصر بث مشتقة من النوع أحادي القطب موزعة إما في صف واحد أو على صفوف مستوية . (راجع الفصل الخامس).

* تتفاوت ابعاد الهوائي حسب الغرض الذي يصمم من اجله ذلك الهوائي والتردد المعمول به. فمثلا تقاس ابعاد الهوائي المستخدم في انظمة المايكروويف ذات التردد العالي جدا بالملي متر مثل هوائي المحمول. وبعض الانظمة تستخدم هوائيات يصل قُطْرها إلى 300 متر والمستخدم في دراسة الاجرام السماوية.

8 – 7 استخدامات الرادار:

يستخدم الرادار في عدة مجالات نذكر منها:

أ - فى المجال التجارى:

1- تحديد موقع السفينة بالقرب من السواحل.
2- منع التصادم فى المناطق المزدحمة بالسفن والبحار المفتوحة وخاصة في الرؤية الرديئة.
3- إعطاء معلومات وإرشادات ملاحية فى جميع الأوقات.
4- فى البحث والانقاذ.
5 - يستخدم حرس الشواطئ الرَّادار للبحث عن السُّفن المفقودة.

ب- في المطارات:

1- يستخدم للملاحة الجوية لمنع الطائرات من الاصطدام ببعضها البعض.
2 - تحديد مَسار الطيران لكلِّ طائرة.
3 – يستخدم في جميع مطارات العالم الرئيسة لتوجيه التدفُق المُستمر للطائرات القادمة والمغادرة.
4 - يحدد مكان كلِّ طائرة في الجو في حد أدنى قدره 80 كم من المطار. وتمكِّنهم هذه المعلومات من مَنْع الاصطدامات باختيار أنسب المَسَارات ليتَّبعها الطيَّارون.
5 - يُمَكِّنهم من تَوجيه الهبوط الأرضي عند رداءة الطقس، وذلك حين تصبح رؤية الطيَّارين للأنوار والمدرَّجات صعبة أثناء اقترابهم.
6- ارسال إشارة لاسلكية الى الطائرة، فيرسل الطيار إشارة شفرية راجعة، تحوي إشارة نداء الطائرة. وهذه الإشارة تُرْسم على الشاشة بشكل هلال فوق النقطة التي تمثِّل الطائرة لتمييز الطائرة الصديقة من المعادية.

7 – لتحديد علُو الطائرة في أثناء طيرانها، وهكذا يساعد الطيارين للحِفاظ على ارتفاع مناسب. وهناك وسيلة أخرى، هي رادار الطقس الذي يكشف العواصف القريبة، وبذلك يستطيع الطيَّارون تغيير المسارات لتجنب الطقس الرَّديء قَدر استطاعتهم.

جـ - في القوات المسلحة:

للرادار استخدامات واسعة ومتعددة في القوات المسلحة، ومنها الاستخدامات الرئيسة الاتية:

1- **الدِّفاع الجوي:** كشف طائرات العدو المُقتربة، وتتبعها من مسافات بعيدة، بحيث تعطي إنذارًا مبكرًا.
2- **الدفاع الصَّاروخيّ:** تتطلب رادارات ذات قُدرة كبيرة لكَشف الصواريخ الموجَّهة.
3- **المراقبة الفضائيّة:** مراقبة يومية لمئات الأهداف المَدَاريَّة (التي تدور حول الأرض). وتساعد البيانات الواردة من هذه المراقبات في تحديد هُوِيَّة أقمار الاستطلاع المستخدمة للتَّجَسُّس.

4- **الاستطلاع:** تشمل استخدام رادارات فائقة القُدرة لكشف الأقمار الاصطناعيّة وتتبُّعها، وكذلك أيّ أهداف أخرى موضوعة في مدار حول الأرض. وايضا تجميع المعلومات حول الاستعدادات التي تتخذها دولُ أخرى للحرب. ويستطيع رادار رَسْم الخرائط المحمول في الطائرة أن ينتج خرائط تفصيلية للأرض، ويبيِّن المُنشآت العسكرية والتجهيزات. وتستطيع أنواع أخرى من الرَّادارات الحصول على معلومات مهمة عن النظم الصاروخية لدولة أخرى بمراقبة صواريخها أثناء تجارب الإطلاق.

5- **قياس المَدَى:** يُستخدم الرَّادار غالبًا لفحص المَدَى بغرض التأكد من أداء التجهيزات العسكريّة. فعلى سبيل المثال تستطيع رادارات قياس المدى أن تَتتَبَّع بدقة طيران صاروخ جديد. فإذا لم يكن أداء الصاروخ كما هو متوقع، فيمكن

لبيانات التَّتبُّع أن تساعد المُصَمِّم على تحديد الخطأ.

6- التحكُّم في نيران الأسلحة: يستطيع الرَّادار تحديد الأهداف بدقَّة، بحيث يُستخدم لتوجيه العديد من أنواع الأسلحة وإطلاقها. ويتحكَّم الرادار في نيران المدفعية المضادَّة للطائرات المركَّبة على الدبابات والسفن. ويُوَجِّه الصواريخ المُنطلقة من المُقاتلات ومن مواضع قواعد الإطلاق الأرضية، إضافة إلى أنَّ الطائرات المزوَّدة بقنابل مُوجهة راداريًّا، تستطيع إلقاء القنابل بدقَّة على الأهداف في الليل أو في طقسٍ رديء.

د - يستخدم من قبل شرطة المرور لضبط حركة السيارات والالتـــزام بالســـرعة القـانونية.

هـ – يستخدم في رصد الأحوال الجـــوية، ويســـتخدم أيضاً للدراســـات العلمـية مثل دراسة الكواكب والأقمار والنيازك والنجوم البعيدة.

و - للرادار دور مُهِم في تنبؤات أحوال الطقس المَحَلِّية قصيرة المدى. ويمكن لأصداء الرَّادار كَشف قطرات المطر وذرات الثلوج في الغيوم من بعد 400 كم. وفي أحوال عديدة تبيِّن شدَّة هذه الأصداء نَوعَ العاصفة المقتربة، كالأصداء الرَّعدية، كما يمكن للأصداء الرَّادارية أن تشير إلى اتجاه العاصفة وسرعتها.

الخلاصة :

- إن منظومات شبكات المايكروويف عبارة عن سلسلة من المحطات اللاسلكية المرسلة والمستلمة تعمل بشكل أوتوماتيكي وتسمى المحطات التي يبدأ عندها الاستلام أو ينتهي عندها الإرسال بالمحطات الطرفية ، أما المحطات الوسطية التي تقوم بتقوية الإشارة تسمى بمحطات الإعادة Repeater .

- العناصر المستخدمة في منظومات الميكروويف هي الربط ثنائي الاتجاه (الازدواج) المازج ، المرشح ، العازل ، المقسم ، الموهن ... .

- صمامات المايكروويف هي أنبوبة الموجة المنتقلة TWT – الكلايسترون – الماكنترون .

- توجد طريقتان للاتصال على الموجات UHF , VHF هي استعمال الأقمار الاصطناعية الخاملة Passive Satellite و استعمال الأقمار الاصطناعية الفعالة Active Satellite

- تكون عملية الإرسال إلى القمر الاصطناعي بقدرة عالية تبلغ حوالي 5KW بينما تبلغ قدرة الإرسال من القمر الاصطناعي حوالي 40 W وذلك بسبب صعوبة زيادة حجمه .
- يتكون القمر الاصطناعي من منظومة تجهيز الطاقة ، منظومة السيطرة ، منظومة الهوائيات ، تحديد اتجاه الهوائيات ، مغير التردد .

- المكالمة الهاتفية بين شخصين خلال الأقمار الاصطناعية تبدأ من جهاز الهاتف ثم البدالة المحلية في المدينة ثم تنتقل على شكل موجات دقيقة مايكروية بوساطة المعيدات إلى البدالة الرئيسة و تنتقل المكالمة مرة أخرى إلى المحطة الأرضية الرئيسة للقمر الاصطناعي وتقوم بإرسال المكالمة إلى القمر الاصطناعي بتردد 6GHz ويقوم القمر الاصطناعي بتكبير الإشارات و تغيير ترددها من 6GHz إلى 4GHz و ترسل إلى المحطة الرئيسة الأرضية في البلد الآخر ومنها إلى البدالة المركزية ثم المحلية فجهاز الهاتف .

- مبدأ إرسال الموجات في الرادار هو جهاز الرادار للموجات النبضية وجهاز الرادار للموجات المستمرة لتحديد بعد الهدف ورادار الموجة المستمرة لمعرفة سرعة الأهداف المتحركة .

أسئلة المراجعة :

1) عدد العناصر المستخدمة في منظومة المايكروويف.
2) اشرح مع الرسم صمام أنبوبة الموجة المنتقلة .
3) اشرح مع الرسم صمام الماكنترون.
4) اشرح مع الرسم صمام الكلايسترون.
5) اشرح بالتفصيل منظومة الأقمار الاصطناعية الانتلسات .
6) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلوي المحطة الأرضية (الإرسال) إلى القمر الاصطناعي .
7) اشرح مستعينا المخطط الكتلوي المحطة الأرضية (الاستلام) من القمر الاصطناعي .
8) اشرح مع الرسم ظاهرة دوبلر في جهاز الرادار .
9) اشرح مستعينا المخطط الكتلوي المكونات الأساسية لجهاز الرادار .
10) وضح مع الرسم كيفية نقل المكالمة ين شخصين عبر الأقمار الاصطناعية .
11) اذكر استخدامات الرادار في المطارات مع الشرح.

مسائل :

س1) احسب عرض الحزمة من الترددات التالية GHz (5.925 – 6.425) وGHz (3.7 – 4.2).

س2) الزمن بين انطلاق الموجات وعودتها 0.002 ثانية ، احسب المسافة بين الهدف وموقع الرادار .