

العلوم الصناعية

المرحلة الثالثة

الاتصالات

تأليف

المهندس خالد عبد الله علي
المهندس عبد الكريم ابراهيم محمد
المهندسة رجاء خلف جابر

المهندس سعد ابراهيم عبد الرحيم
المهندس احمد حميد رجه
المهندسة مروج ناظم محمد علي

2025 م – 1447 هـ

الطبعة السادسة

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 والقابلات في منظومة الهاتف والبدالات، والإكثار بالتوزيع الزمني، والإكثار بالتوزيع الترددي، والاتصالات اللاسلكية مثل منظومة التلفزيون الملون وشبكات الأجهزة المحمولة وأنظمة الاتصالات الفضائية بواسطة 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 الإجابة 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

2009 م – 1430 هـ

المحتويات

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

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

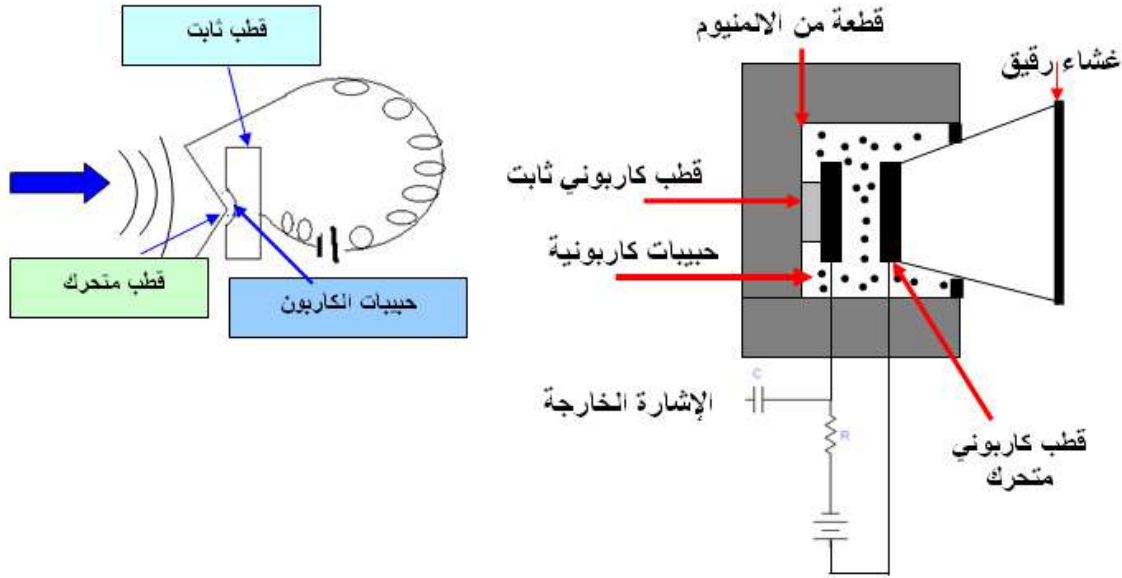
الشكل (1 - 1) اجزاء الهاتف الأساسية

1-2 الميكرفون: Microphon

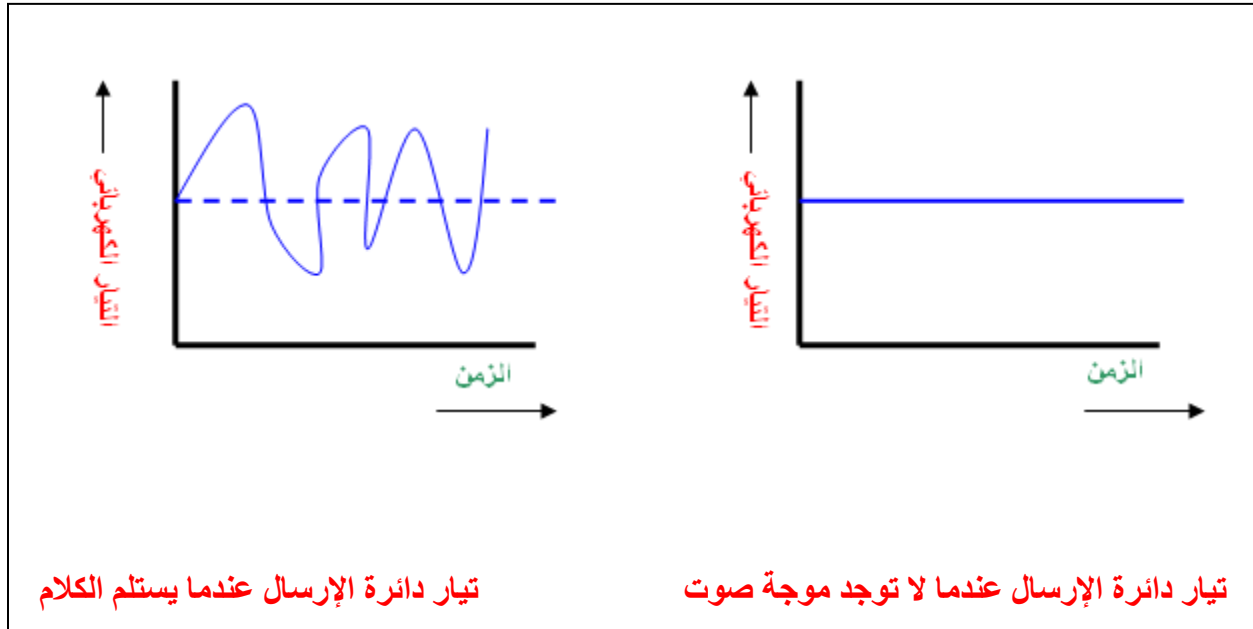
يعمل الميكرفون على تحويل الأمواج الصوتية (صوت المتكلم) إلى تيار كهربائي ليتم نقله خلال خط النقل (الاسلاك)، وهناك نوعان من الميكرفون وهما:

1 - 2 - 1 الميكرفون الكربوني : Carbon Microphone

هو عبارة عن قطعة من الألمنيوم يوضع عليها قطبان من الكربون أحدهما متحرك والآخر 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 الكربون تتناسب تناسبا عكسيا مع الضغط المسلط عليها، فعندما يبدأ المتكلم بالتحدث يتحرك القطب المتحرك فيسلط قوة على الحبيبات الكربونية 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 الكربوني

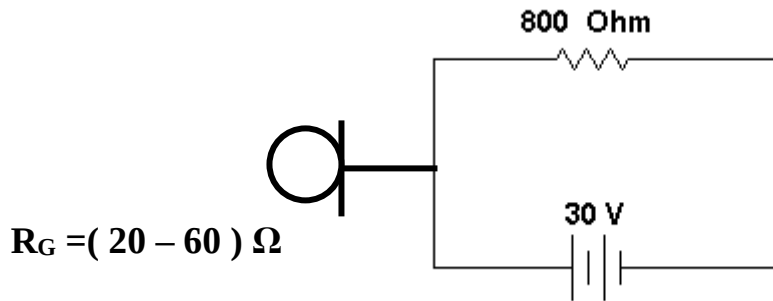


الشكل (3 - 1) علاقة تيار دائرة الإرسال مع الزمن

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 $(20 - 60) \Omega$ ، ارسم شكل الإشارة الخارجة.



الشكل (4 - 1) الدائرة المكافئة للميكرفون

الحل: نستخرج قيمة التيار الكلي (I) في كل حالة تتغير فيها مقاومة الميكرفون :

$$R_T = R + R_G$$

$$= 800 + 40 = 840 \Omega$$

$$I = V / R_T$$

$$= 30 / 840 = 0.035 \text{ A} = 35 \text{ mA}$$

$$R_T = R + R_G$$

$$= 800 + 20 = 820 \Omega$$

$$I = V / RT$$

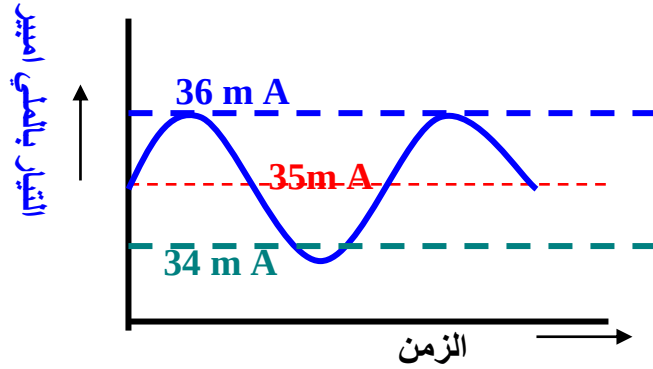
$$= 30 / 820 = 0.036 \text{ A} = 36 \text{ m A}$$

$$RT = R + RG$$

$$= 800 + 60 = 860 \Omega$$

$$I = V / RT$$

$$= 30 / 860 = 0.034 \text{ A} = 34 \text{ m A}$$



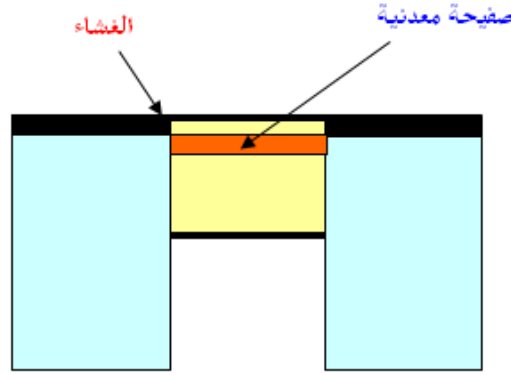
ميكروفون مغناطيسي



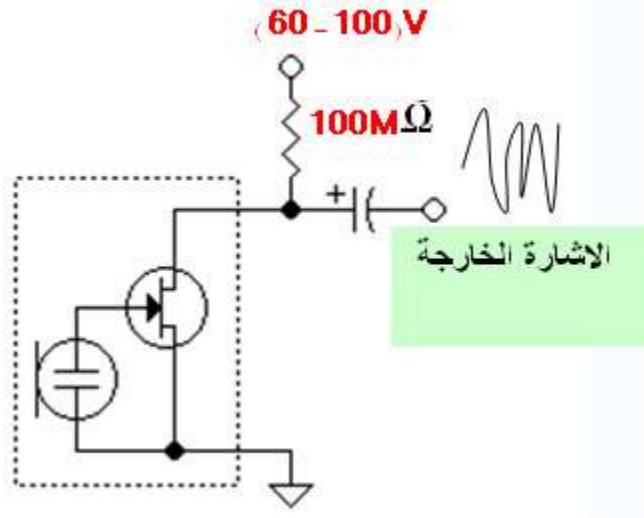
ميكروفونات سعوية

2 - 2 - 1 الميكروفون السعوي : Condenser Microphone

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



الشكل (5 - 1) الميكرفون السعوي



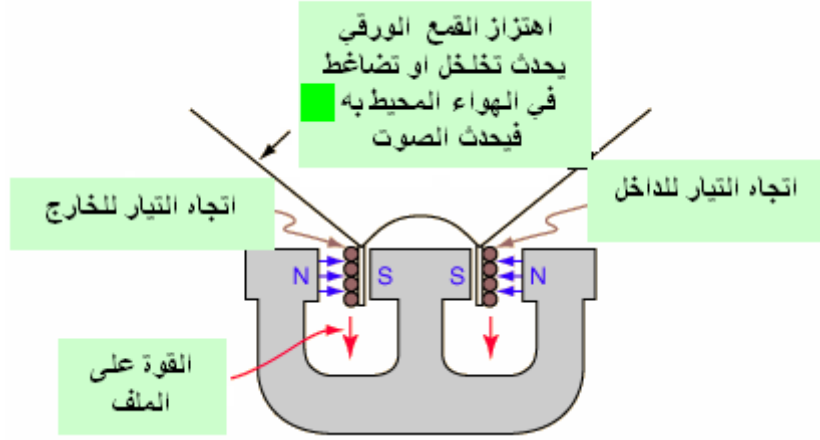
الشكل (6 - 1) المكبر داخل الميكرفون

و استخدم مؤخرا نوع جديد من هذه الميكروفونات حيث تضاف إلى المتسعة شحنة إنشاء التصنيع و بذلك يتم الاستغناء عن الفولتية المستقطبة و يتميز هذا النوع بإخراجه العالي .

تتراوح سعة الميكرفون ما بين (20- 30) pf و هي صغيرة جدا ومقاومة بحدود 100 MΩ و يمتلك استجابة مستقرة و لمدى ترددات واسعة مما يجعلها ملائمة في التسجيل في المحطات الإذاعية .

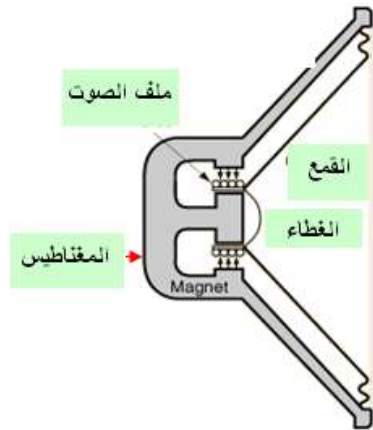
1-3 السماعة : Loudspeaker

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

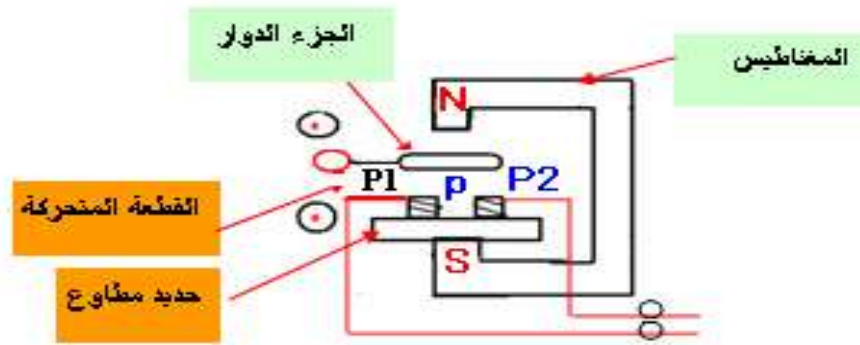
ويعتمد عمل السماعة على الحقيقة الفيزيائية التي تنص على (عندما يمر تيار خلال موصل موضوع في مجال مغناطيسي فان ذلك يؤدي الى توليد قوة على السلك تحاول تحريكه) . عند عدم مرور تيار كهربائي في الملف يكون الغشاء مشدود الى نهايته ، مرور التيار من الأعلى الى الأسفل يحدث جذباً مغناطيسياً باتجاه المغناطيس فينحني الغشاء المعدني محدثاً تداخلاً في الهواء المحيط به عند تغير اتجاه التيار (الإشارة المرسلّة) بحيث يمر من الأسفل الى الأعلى فانه يكون مغناطيساً مضاداً لاتجاه المغناطيس الدائم يؤدي الى تقليل انجذاب الغشاء الرقيق فيندفع الغشاء الى الخارج فيسبب تضاعفاً للهواء المحيط به لاحظ الشكل (8 - 1) وهكذا تتحول الإشارة الكهربائية الى ذبذبات صوتية. يُعدّ 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

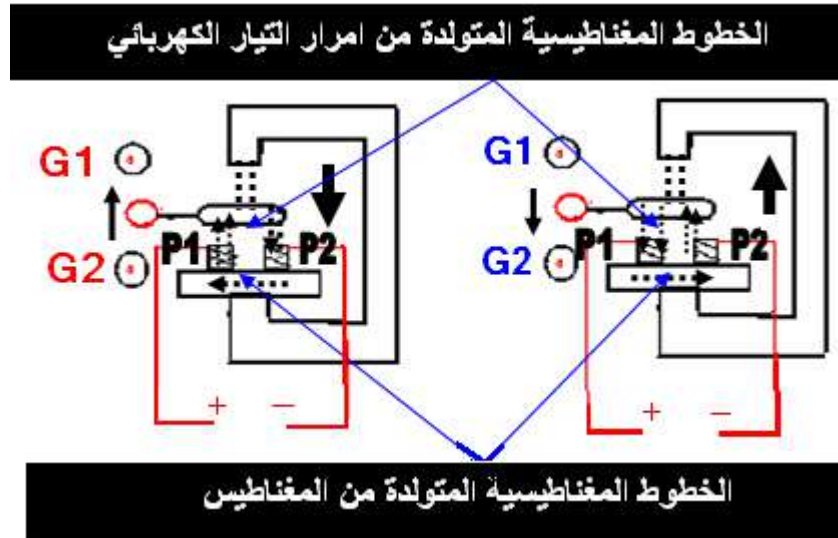
4 - 1 المنبه (الجرس المغناطيسي) : Ringing

عندما ندير الرقم المطلوب في جهاز الهاتف فان هناك جرس تنبيه يرن في الجهاز الآخر، 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 وإلى الأعلى مما يحدث طرقاً على صفائح الجرس (G) (Gong) وفي حالة عدم استخدام الجهاز فان التيار المتكون على (P1) يكون مساوياً إلى التيار المتكون على (P2) مما يجعل استقرار القطعة الدوارة في المنتصف ومن دون حركة، كما موضح في الشكل (9 - 1) .



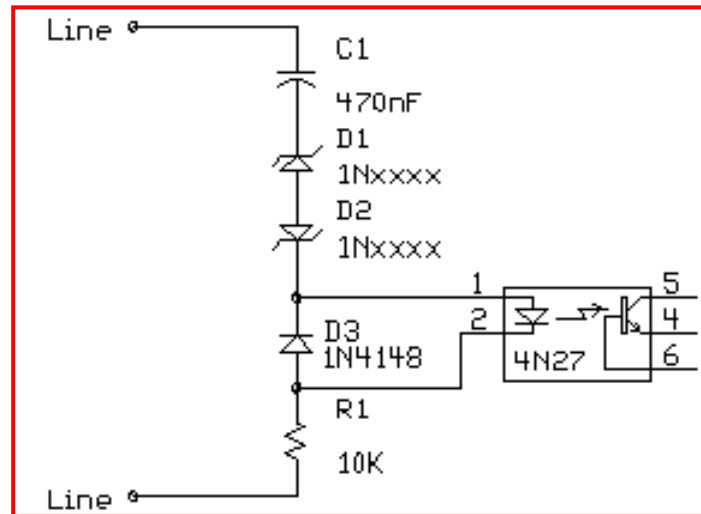
الشكل (9 - 1) كيفية توصيل جرس الهاتف

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 بقدم الإشارة مهما كان اتجاه التيار . لاحظ الشكل (10 - 1) .



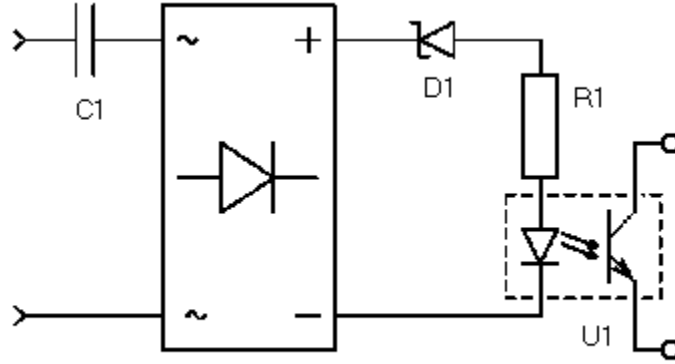
الشكل (10 - 1) كيفية عمل الجرس

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 (10 - 20) 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 المحول الضوئي

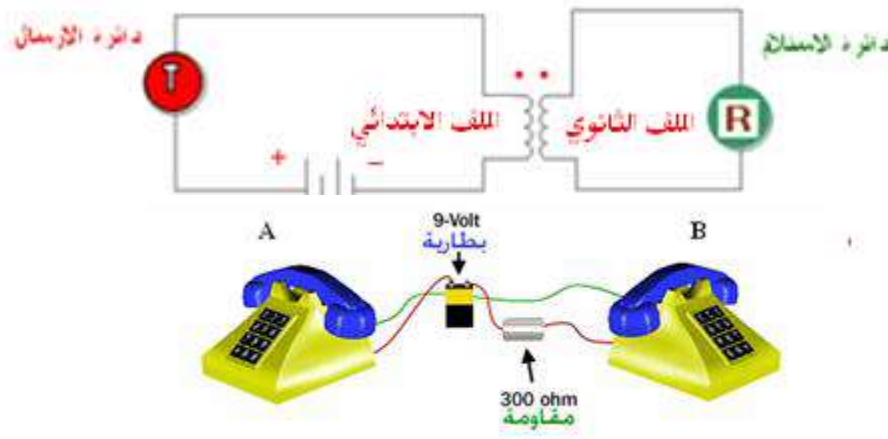
نغمة التنبيه تختلف من بلد إلى آخر وجميعها ترسل موجات متغيرة للتنبيه وبترددات مختلفة ففي الولايات المتحدة الأمريكية يكون التردد 20 هرتز وفي أوربا 25 هرتز ويمكن أن يكون التردد بين 15 هرتز إلى 68 هرتز ومعظم بلدان العالم تستخدم الترددات بين 20 إلى 40 هرتز . يختلف وقت توقف وسماع النغمة من شركة إلى أخرى، فمنها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



الشكل (12 - 1) دائرة تنبيه الكترونية

5-1 ملف الحث : Induction Coil

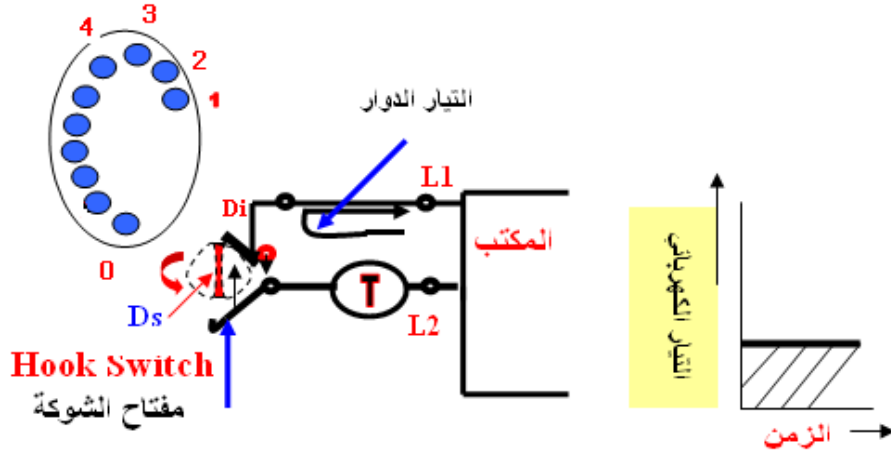
الشكل (13 - 1) يوضح دائرة إرسال (الميكروفون) واستلام (السماع) تتكون من خط واحد (سلكين) فقط وبطارية وهذا النوع من الدوائر تستعمل للمتكلم (A) مع المتكلم (B) ولا يمكن استعمالها لأكثر من متكلم واحد ، وهذه هي بداية فكرة اختراع الهاتف ، تنقل الإشارة الكهربائية من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي بالحث المتبادل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



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

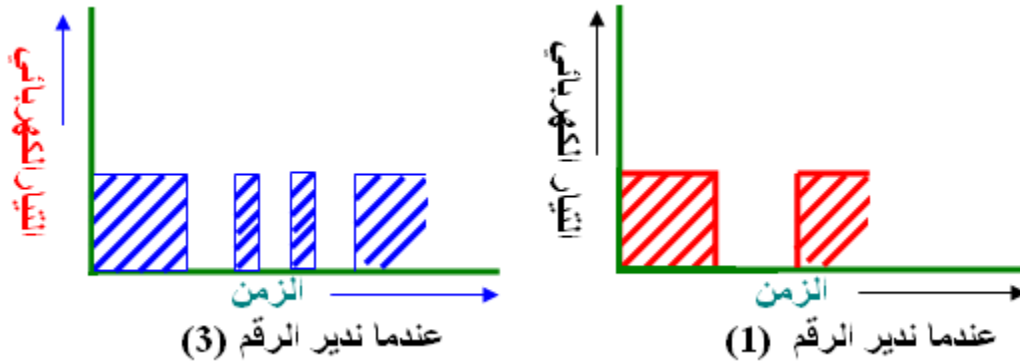
6 - 1 قرص التدرج: (قرص التدوير)

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



الشكل (1 - 14) تركيب قرص التدرج

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 (1-15) . هذه النبضات تحسب من قبل البدالة الرئيسية لغرض الاتصال بالرقم المطلوب .



الشكل (1-15) كيفية تقطيع التيار بإدارة الأرقام

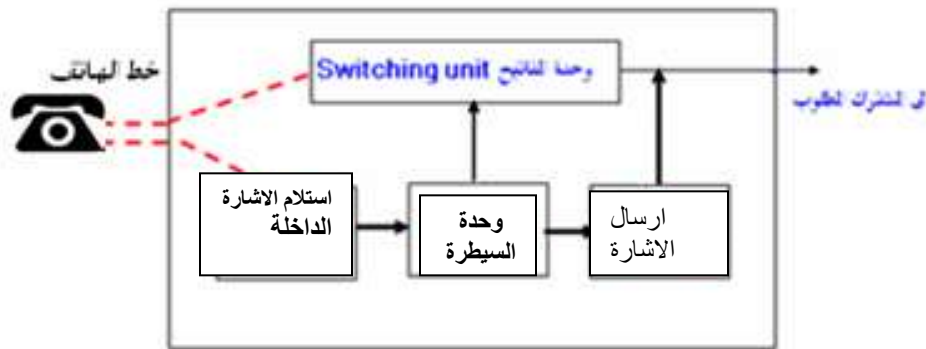
7 - 1 البدالات : Exchanges

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 :

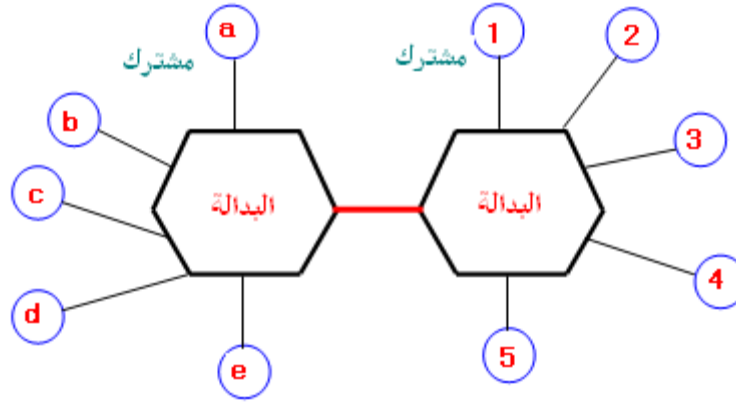
- 1 - توفير التيار المستمر إلى أجهزة الهواتف المتصلة بها .
- 2 - أن تكون أجهزة الهواتف جاهزة لتلقي الطلب ويتم ذلك بسماعه نغمة النداء (Dial Tone) .
- 3 - أن يؤمن الخط اللازم مابين المشترك (الطالب) والمشارك (المطلوب) .
- 4 - إرسال إشارة صوت رنين الجرس إلى المشارك الطالب .
- 5 - يرن جرس هاتف المشارك المطلوب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

يوضح الشكل (1 - 16) المخطط الكتلي 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



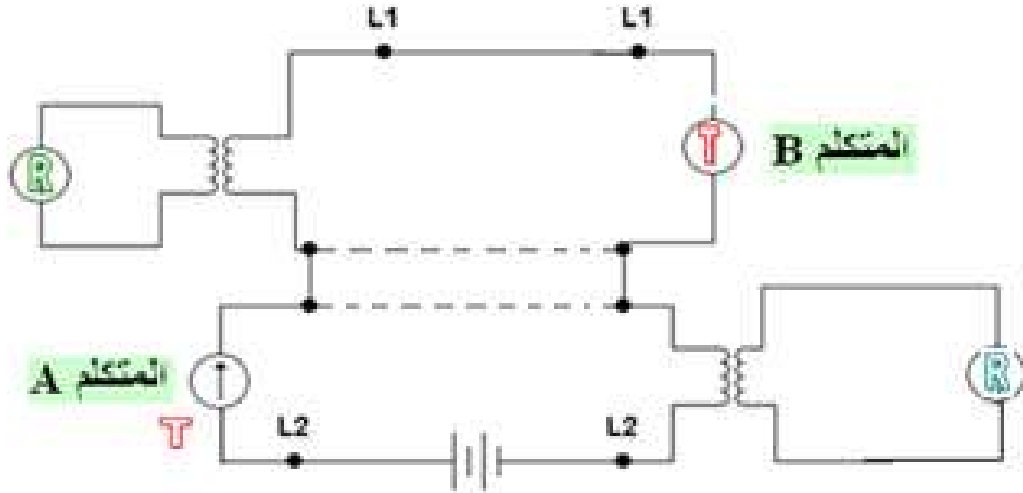
الشكل (1 - 16) مكونات البدالة الهاتفية

في أنظمة الهاتف المحلية يقع مدى الترددات ما بين $(300 - 3400) \text{ Hz}$ 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 مكون من سلكين يصل جهاز الهاتف مع البدالة، لاحظ الشكل (1 - 17) .



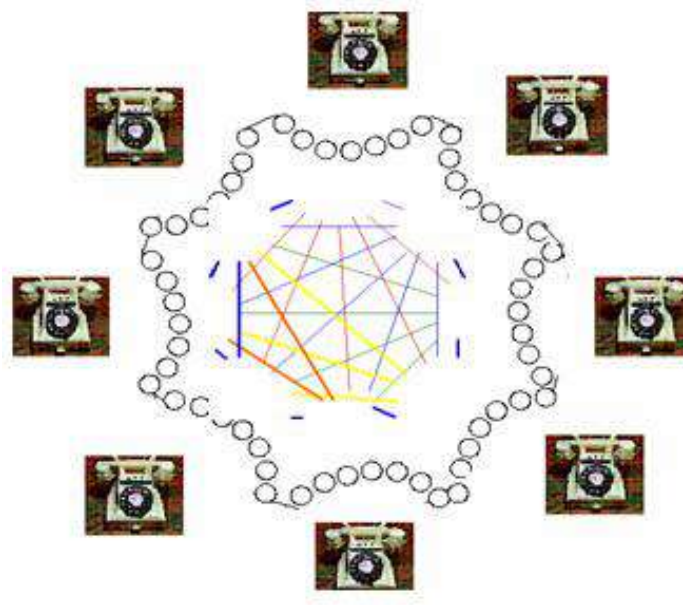
الشكل (1 - 17) شبكة هاتفية محلية

الشكل (1 - 18) 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.



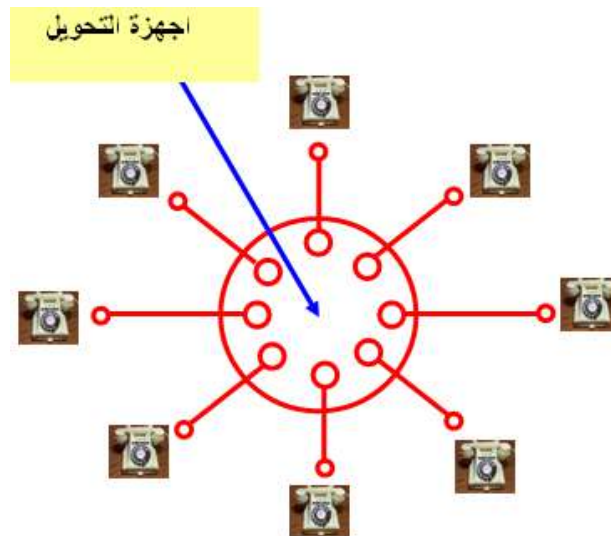
الشكل (1 - 18) اشتراك المتكلم (A) مع المتكلم (B) باستخدام سلكين

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



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 (1-20).



الشكل (20 - 1) استخدام أجهزة التحويل

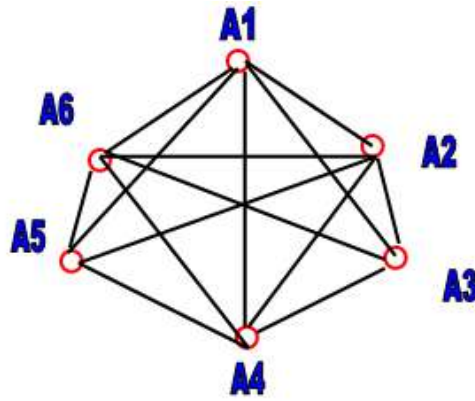
من هذا يتضح ان شبكة الاتصال تتألف من :

- 1 – مفاتيح تحويل
- 2 – دوائر كهربائية توصل بين مفاتيح التحويل

وتصنف شبكات الاتصال الى :

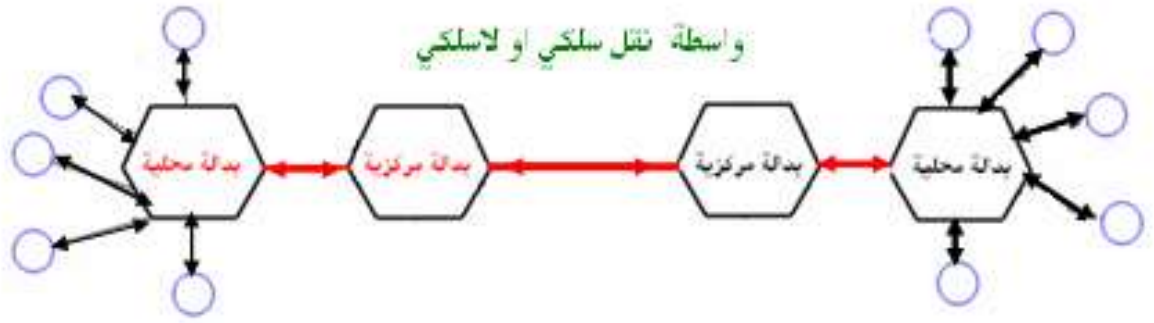
- 1 . شبكات الاتصال الهاتفي
- 2 . شبكات خدمات التلكس
- 3 . شبكات النقل والإرسال البرقي

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 (1 - 21) .



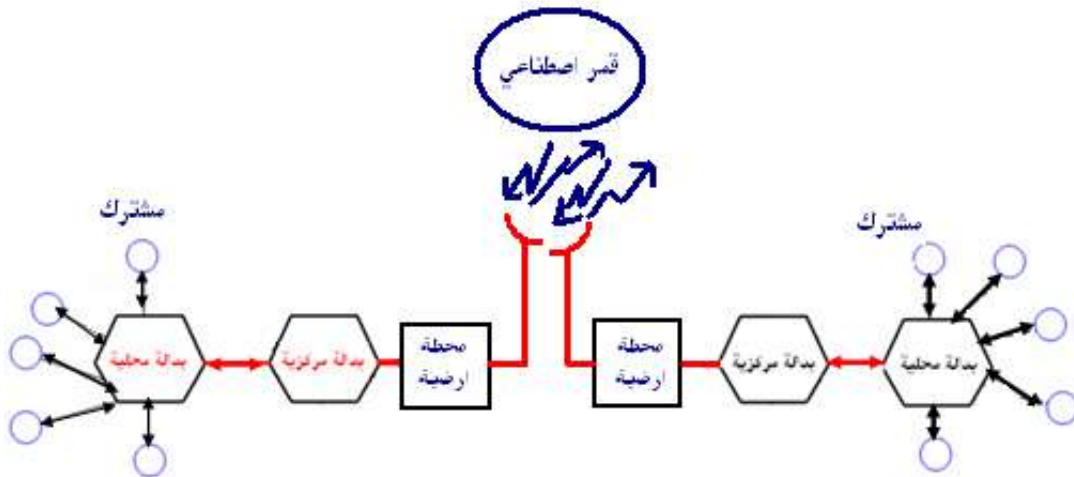
الشكل (1 - 21) الطريقة التشابكية للبدالات المحلية والمركزية

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 (1 - 22) الاتصال بين المدن (المشاركين) 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 فإن 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 (1 - 23) .



الشكل (1 - 23) الاتصال بين الدول عن طريق الأقمار الاصطناعية

8 - 1 أنواع البدالات

1 - 8 - 1 البدالة اليدوية :

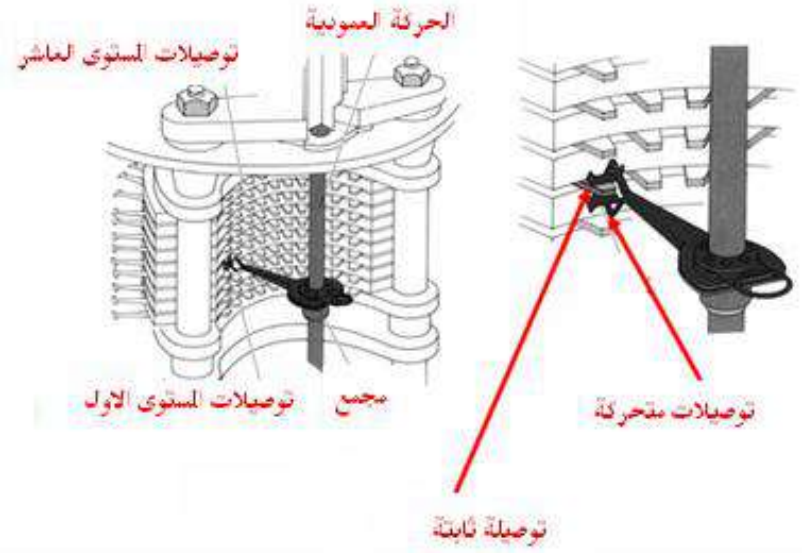
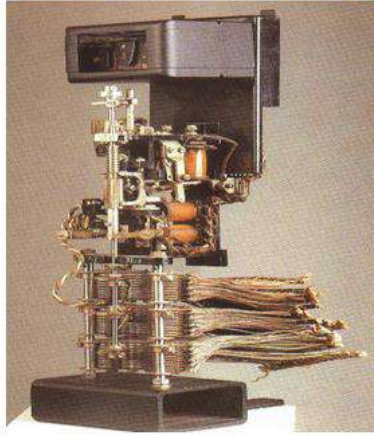
كما وضحنا سابقاً إن فكرة ظهور البدلات هو الزيادة في عدد المشتركين والحاجة إلى آلاف الأسلاك للتوصيل بين الهواتف فضلاً عن التعقيدات الفنية والعملية والنواحي الاقتصادية، ظهرت فكرة التحويل المركزي وبدأت بالبدالة اليدوية التي تعتمد على عامل البدالة حيث يقوم بتوصيل الخطوط على لوحة التحويل بين المشتركين بناءً 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 (1 - 24) .



من هنا بدأ العمل بالبدالات
الاتوماتيكية

الشكل (1 - 24) 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 (1 - 25) والمستخدم في البدالة.

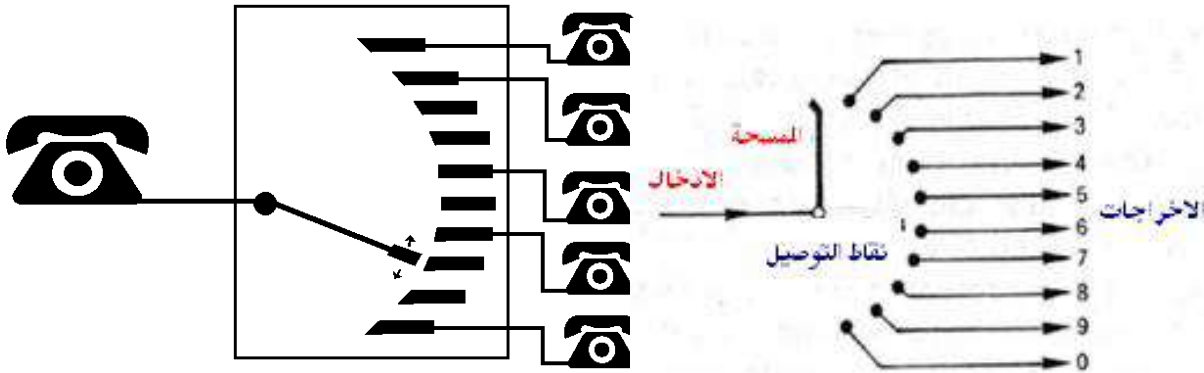


الشكل (25 - 1) مفتاح ستروجر

2 - 8 - 1 البدالات الاتوماتيكية :

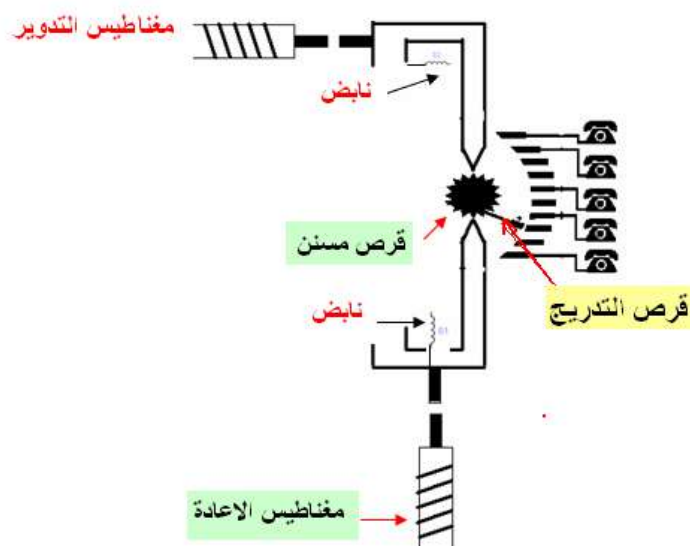
أ - بدالة الخطوة - خطوة

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 أو ممسحة (wiper) تعمل على توصيل الإدخال إلى إحدى نقاط التوصيل العشر الخارجية حسب الطلب، ويدور الذراع أو الممسحة بواسطة الكهرومغناطيسية لنقل الحركة الملائمة ميكانيكياً لذلك فإن 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 المزول، 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 المزول ويحدث ذلك عند رفع اليد عن مكان الرقم المزول بواسطة عتلة تسمى عتلة التوصيل، لاحظ الشكل (1 - 27) 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.

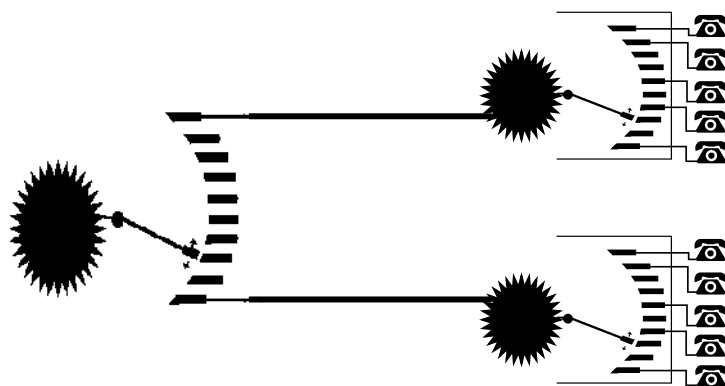


الشكل (1 - 27) عمل مفتاح الحركة باتجاه واحد

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

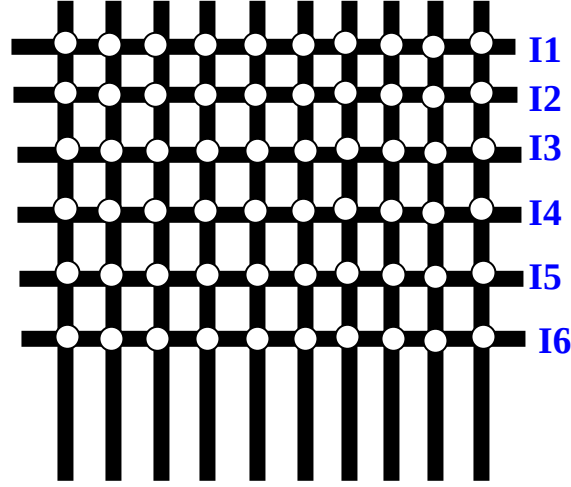
الحل:

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



ب - بدالة القضبان المتقاطعة

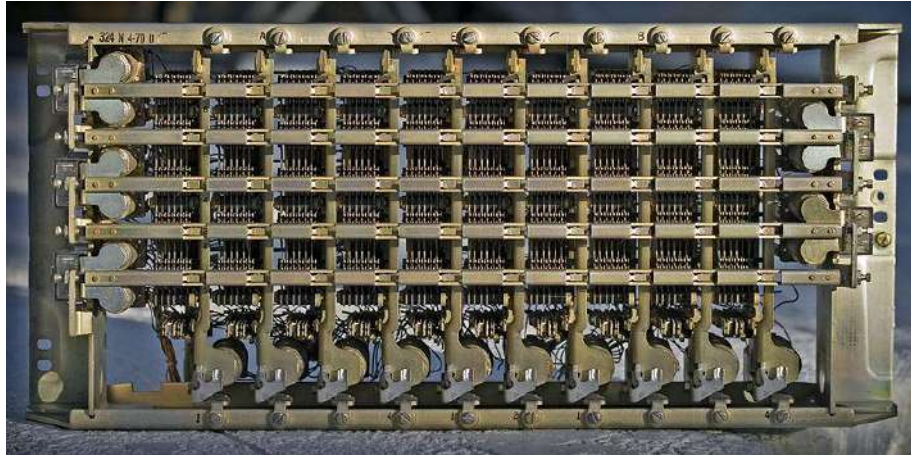
يظهر من التسمية انها تعتمد على التقاطع أو نقطة تقاطع بين خطين لعمل توصيل، لاحظ الشكل (1 - 28) ويدعى هذا الشكل بمصفوفة نقطة التقاطع .



O1O 10

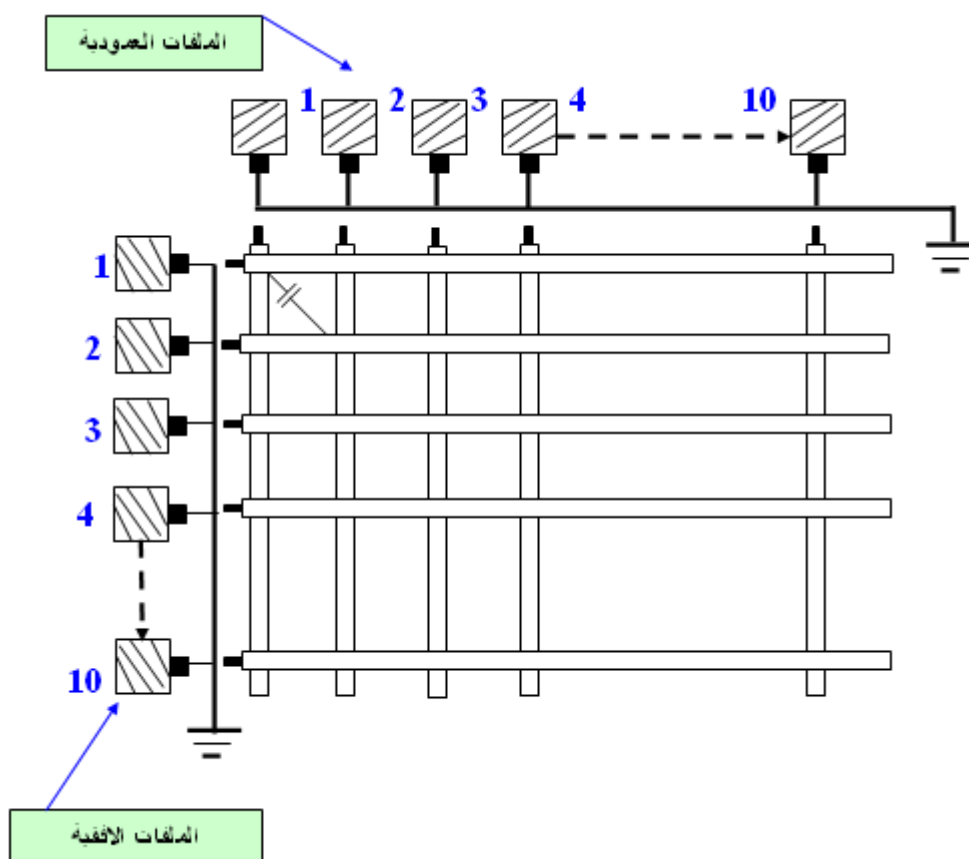
الشكل (1 - 28) مصفوفة نقطة التقاطع

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,O2O10) بواسطة تزويد الطاقة لخطوط الإدخال والإخراج. الشكل (1 - 29) يبين القضبان المتقاطعة المستخدمة في البدالة.



الشكل (1 - 29) القضبان المتقاطعة

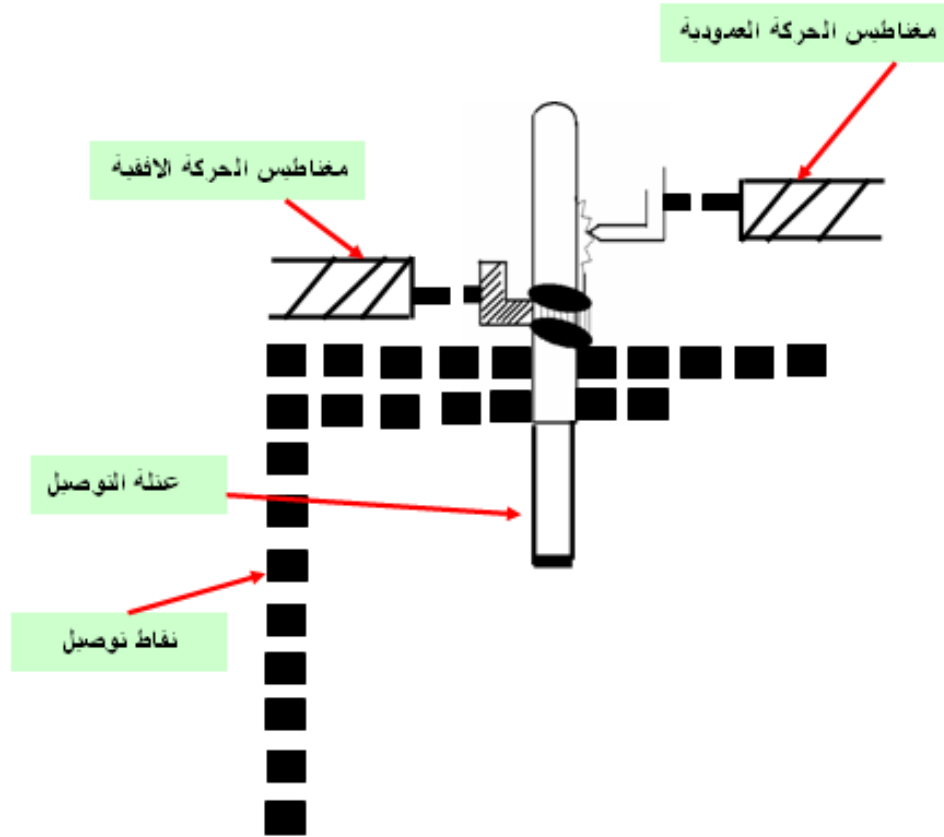
تتألف بدالة القضبان المتقاطعة من عشرة ملفات أفقية تسيطر على عشرة قضبان موضوعة أفقياً وعشرة ملفات عمودية تسيطر على عشرة قضبان موضوعة عمودياً أي أن هذه القضبان الأفقية والعمودية يتحكم في كل منها مغناطيس فيتأثر بالإشارة القادمة من قرص التزويل بالهاتف. في الحالة الاعتيادية تكون نقاط التوصيل المثبتة على القضبان 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

ج - مفتاح الحركة باتجاهين

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

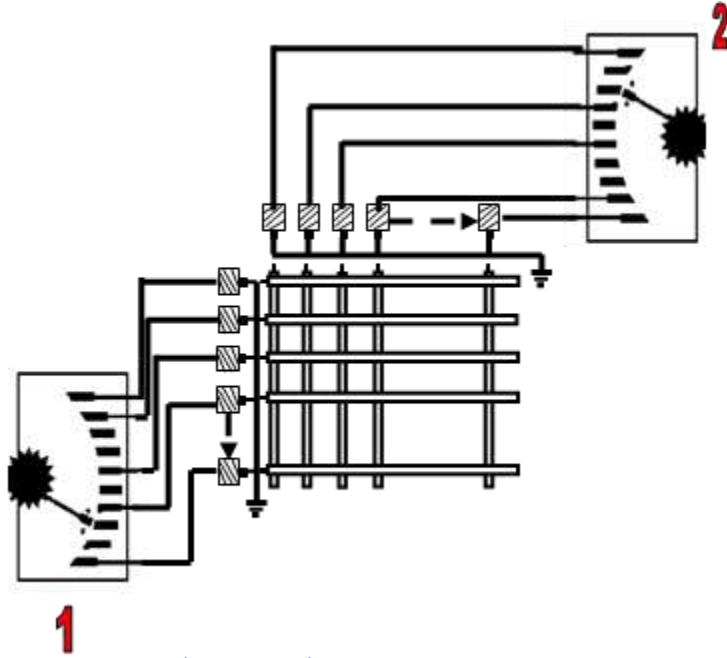


الشكل (1 - 31) مفتاح الحركة باتجاهين

9 - 1 طرق السيطرة على بدالة القضبان المتقاطعة

1- السيطرة الميكانيكية :

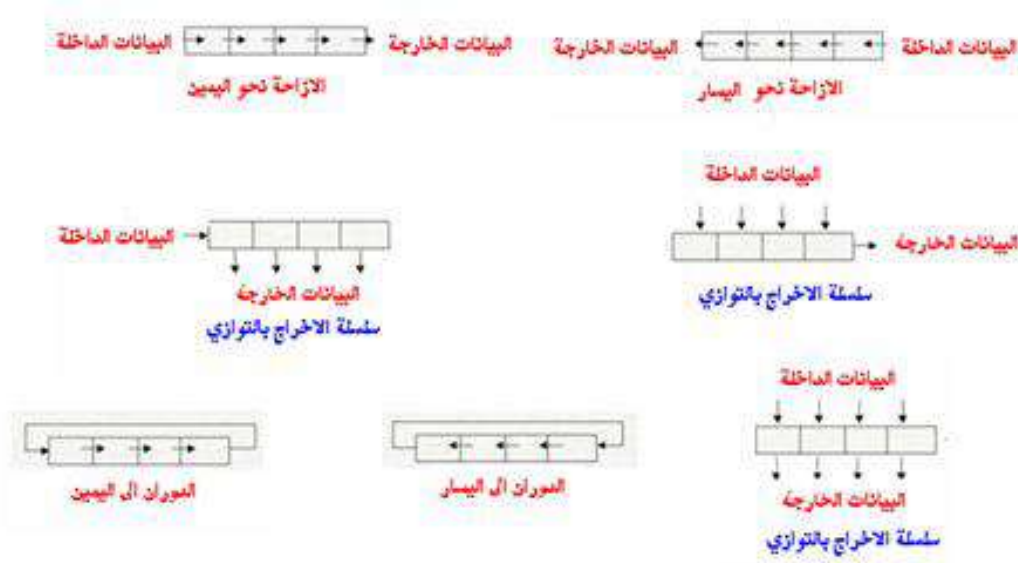
نربط بدالة خطوة – خطوة ببدالة القضبان المتقاطعة للسيطرة عليها عن طريق تأثير مفتاح الحركة باتجاه واحد للرقم (1) بإشارة قرص التزويل ذي الرقم الأول حيث يتمغنط الملف المغناطيسي المناظر للرقم المزول وذلك لأن عتلة التوصيل في مفتاح الحركة باتجاه واحد يتحرك إلى الملف المغناطيسي المطلوب وتوصيل القطب الموجب ولكون جميع الملفات متصلة من الجهة الأخرى بالقطب السالب (الأرضي) فإن 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 المزول فيتتحرك الموصل (القطب العمودي) محدثا اتصال في نقطة تقاطعه مع الموصل الأفقي الذي يتحرك تحت تأثير الرقم الأول . لاحظ الشكل (1 - 32) .



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

2 - طريقة السيطرة الالكترونية :

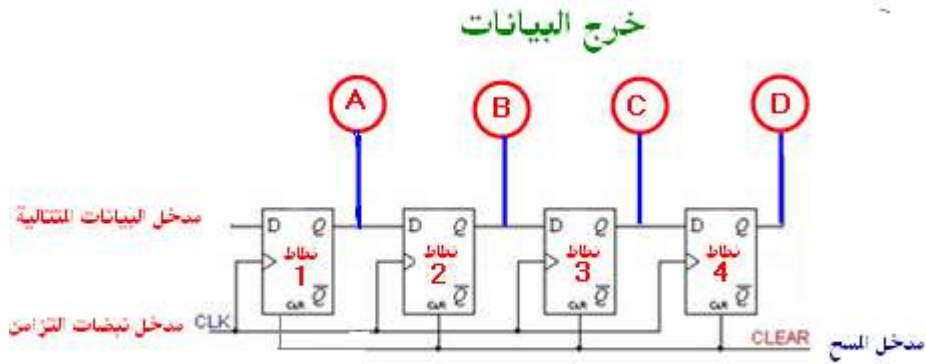
لمعرفة عمل هذه الطريقة لابد من التعرف على مبدأ عمل مسجل الإزاحة (Shift Register) ، مسجل الإزاحة له المقدرة على إزاحة المعلومات لخانة واحدة والشكل المنطقي لمسجل الإزاحة يتألف من سلسلة من النطاطات متصلة بطريقة الكاسكيد أي (كل النطاطات من نفس النوع) . خرج النطاط الأول متصل مع دخل النطاط الثاني المجاور له 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 أو إلى اليمين أو 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

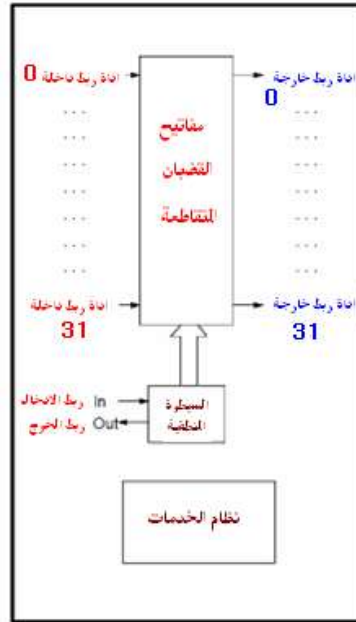
فعلى سبيل المثال لإدخال العدد (1712) إلى الآلة الحاسبة (**Calculator**) سوف نضغط مفتاح (1) ثم نتركه فيظهر الرقم (1) على الشاشة ثم نضغط مفتاح (7) ونتركه فيظهر على الشاشة (17) ثم نضغط مفتاح (1) ونتركه فيظهر على الشاشة (171) ونضغط على مفتاح (2) ونتركه فيظهر على الشاشة (1712) . الرقم (1) يظهر على يمين الشاشة 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 ويُعدّ 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) .

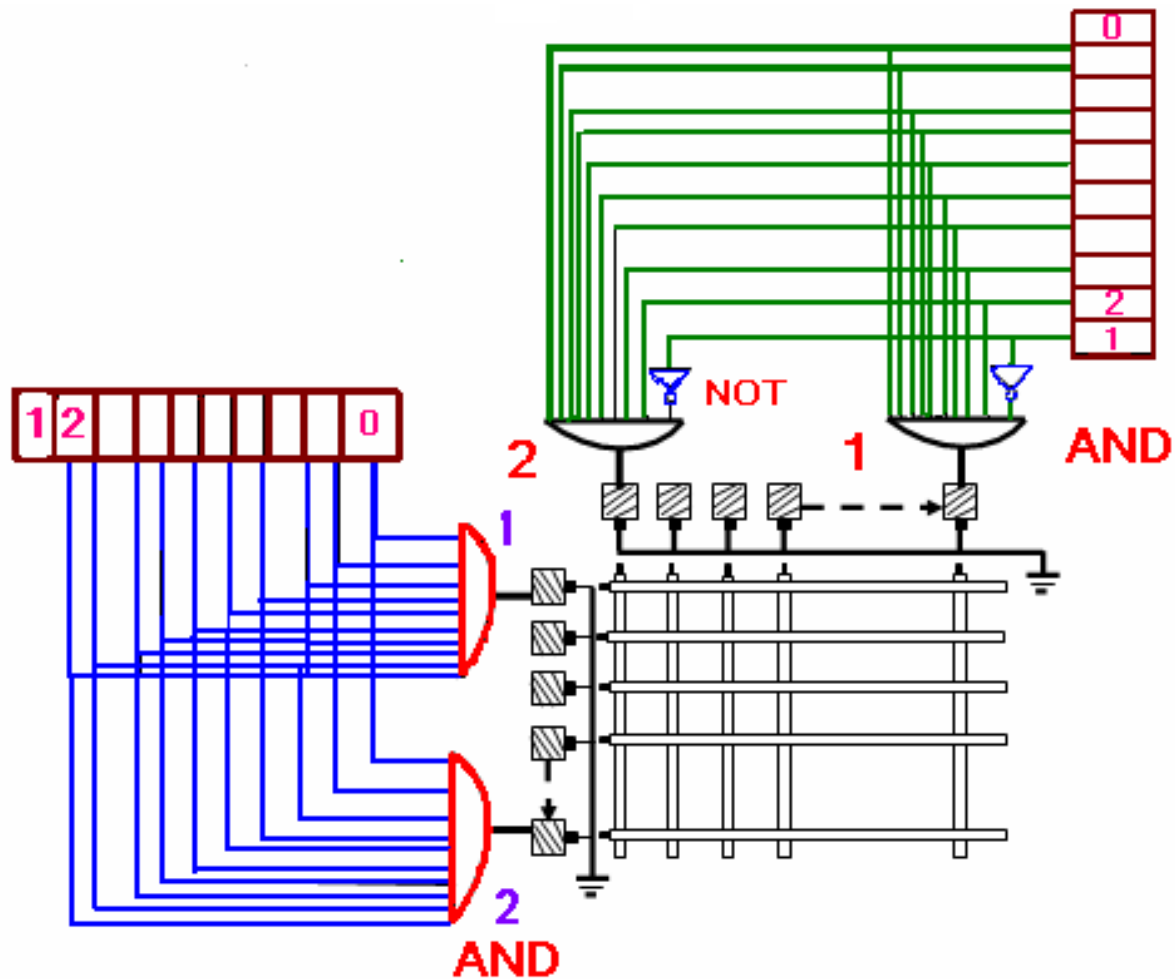


الشكل (34 - 1) مسجل إزاحة بسيط

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 أزداد عدد المشتركين.



يعمل مسجل الإزاحة الأول على تخزين معلومات الرقم الأول في حين يعمل مسجل الإزاحة الثاني على تخزين معلومات الرقم الثاني ، كل بوابة (AND) تتصل بعشر نقاط داخلية 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 (1 – 35) السيطرة الالكترونية على بدالة القضبان المتقاطعة

10 – النغمة 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 إلكترونية لتوليد النغمات الخارجة التي تشير إلى الرقم، لاحظ الشكل (1 – 36) .



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

الشكل (36 - 1) لوحة مفاتيح جهاز الهاتف

خصصت الصفوف للترددات الواطئة والأعمدة للترددات العالية فمثلا عند الضغط على الرقم (1) فإن الصوت يتكون من التردد 697 و 1209 هرتز والضغط على الرقم (6) يتكون الصوت من التردد 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

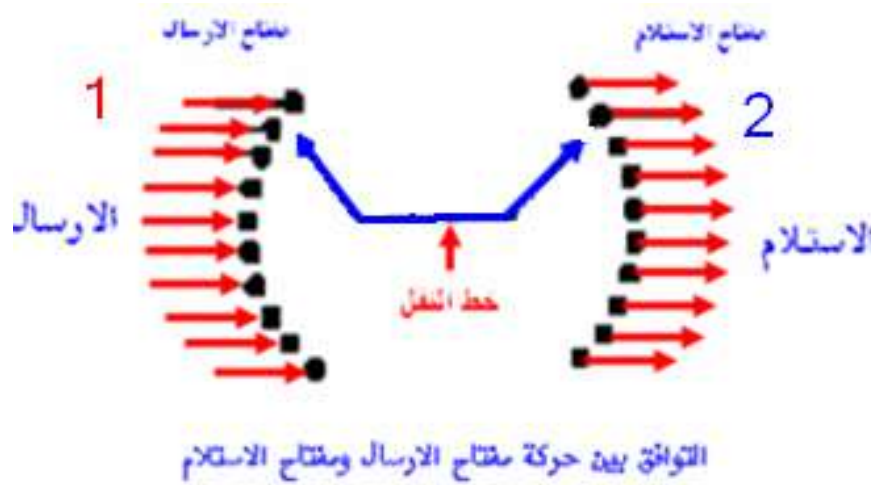
تقنية يتم من خلالها إرسال إشارات متعددة تمثل معلومات مختلفة على خط نقل واحد فعلى سبيل المثال شركات الهاتف ترغب في إرسال إشارات متعددة على السلك نفسه وبالوقت نفسه وهذا بالتأكد يوفر كثير من استغلال الحيز والتقليل من الكلف بسبب عدم نصب أسلاك إضافية لذلك تلجأ إلى استخدام الإكثار وهو على نوعين

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

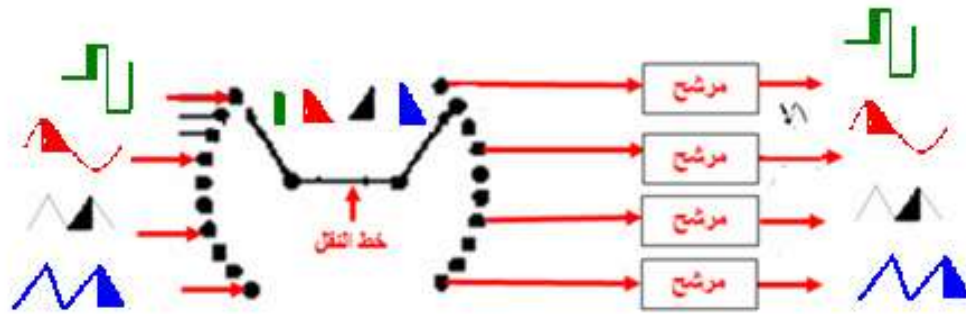
يستخدم في هذه الطريقة مفتاحان يتحركان بشكل متوافق حيث يتم ربط جميع الإشارات المراد إرسالها إلى مفتاح رقم (1) وهو مفتاح الإرسال والذي يقوم بتوصيل الإشارات إلى خط النقل بشكل متعاقب في الوقت نفسه يتحرك المفتاح رقم (2) في الجهة البعيدة (الاستلام) لتوصيل المعلومات القادمة في نهاية خط النقل إلى الخطوط المناظرة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

مثال : أربع إشارات داخلية 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 ؟

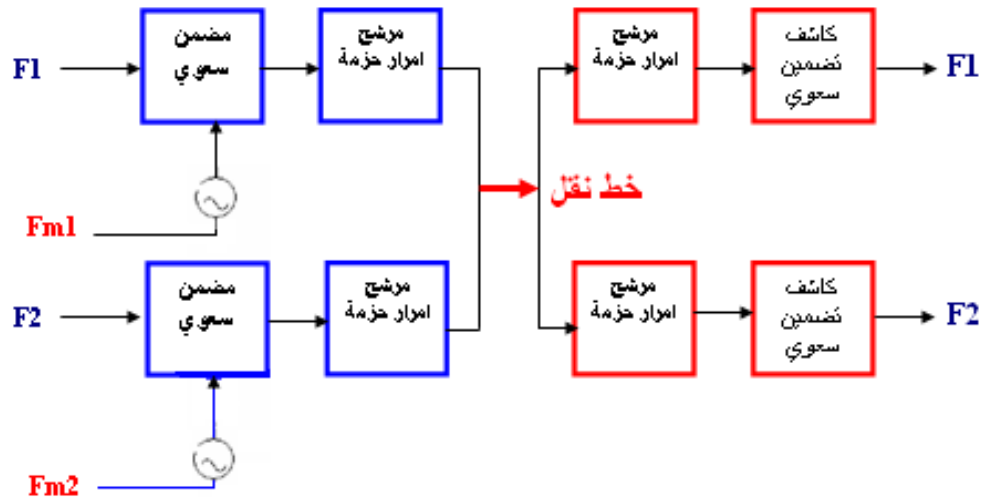
الحل : يتم توصيل الإشارات إلى المستلمين عن طريق مرشحات بترددات واطنة تعمل على إعادة تشكيل الإشارات إلى أشكالها الحقيقية ، لاحظ الشكل (38 - 1) .



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

2 - 11 - 1 الإكثار 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 الكتلي لنظام الإكثار بالتوزيع الترددي (FDM) .

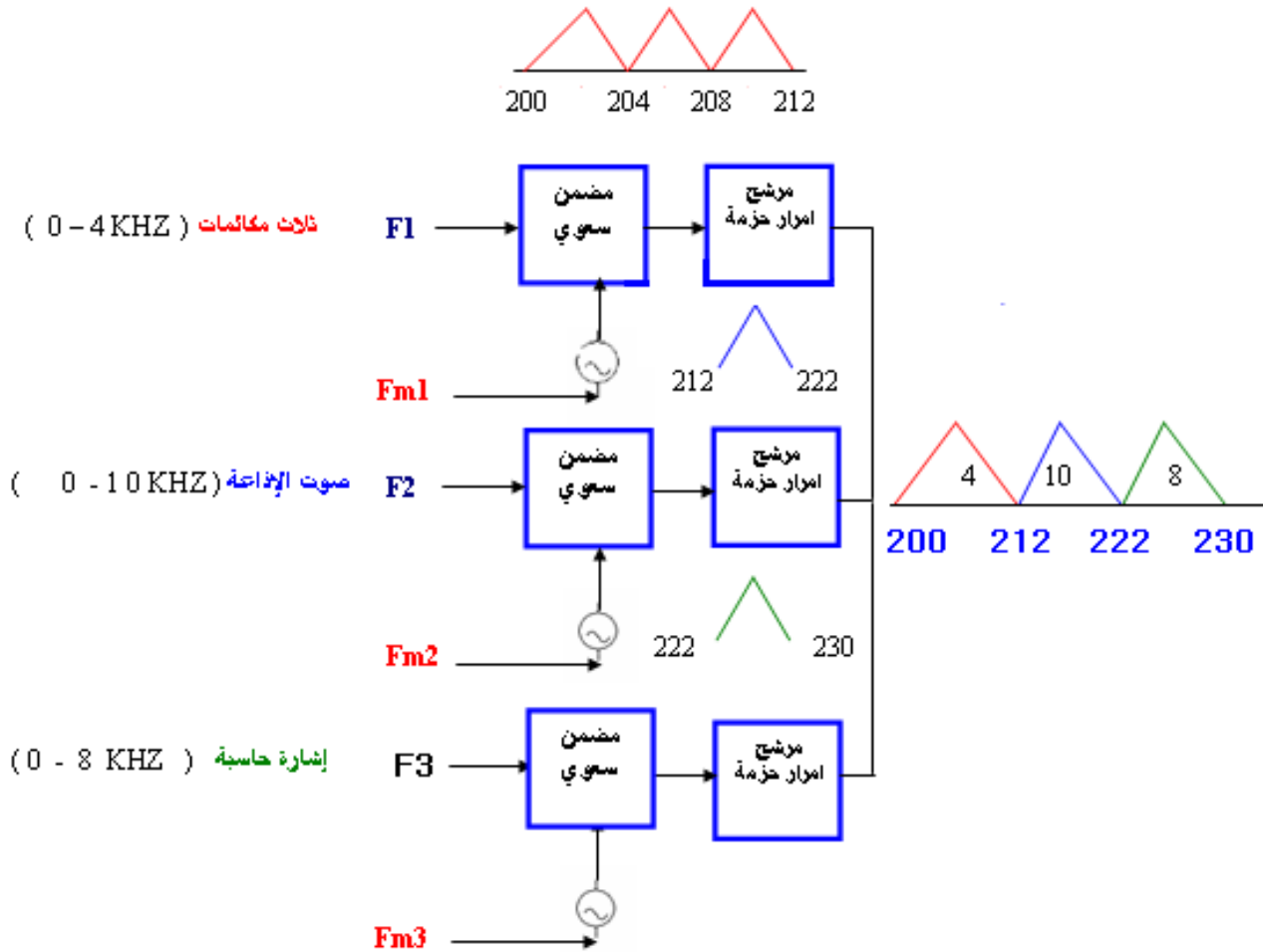


الشكل (39 - 1) الإكثار بالتوزيع الترددي

الإشارة (F1) تضمن بواسطة 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 الإشارة المطلوبة وإرسالها إلى كاشف التضمين السعوي الذي يقوم بأرجاع إشارة المعلومات .

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

- 1- ثلاث مكالمات تردد المكالمات 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 (200 - 230) KHZ ، لاحظ الشكل (1 – 40) .
- الحل:**

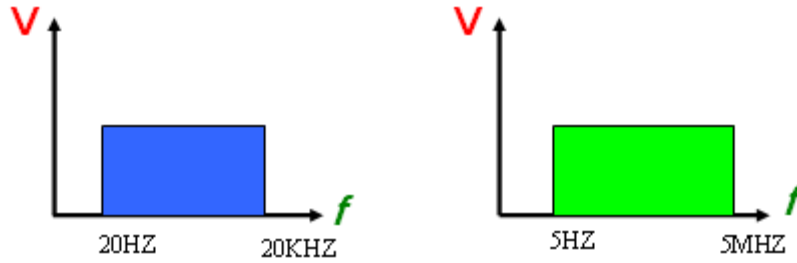


الشكل (1 – 40) الإرسال بطريقة FDM

1-12 الإشارات المضمنة سعويا بالحيز الترددي :

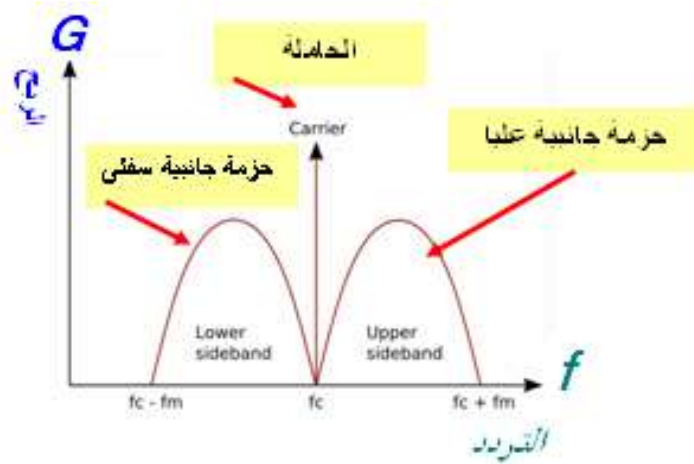
الحيز الترددي :

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 (20 KHZ – 20 HZ) وإشارة الصورة تشغل حزمة الترددات الواقعة بين 5 Hz الى 5 MHz ، لاحظ الشكل (1 – 41) .



الشكل (1 – 41) 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 (1 – 42) .



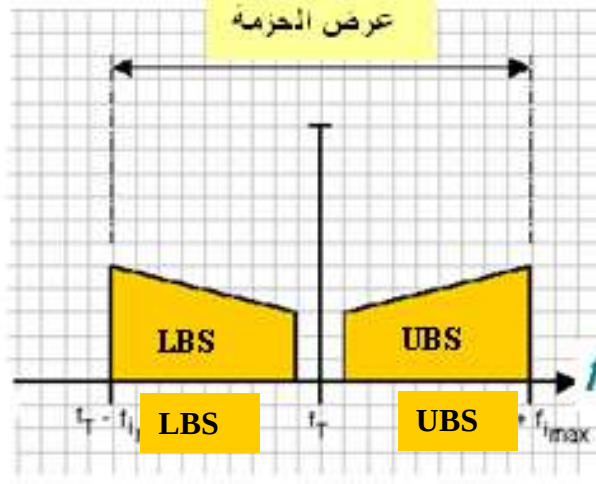
الشكل (1 – 42) الإرسال بالحزمة الجانبية

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 (1 – 43) .

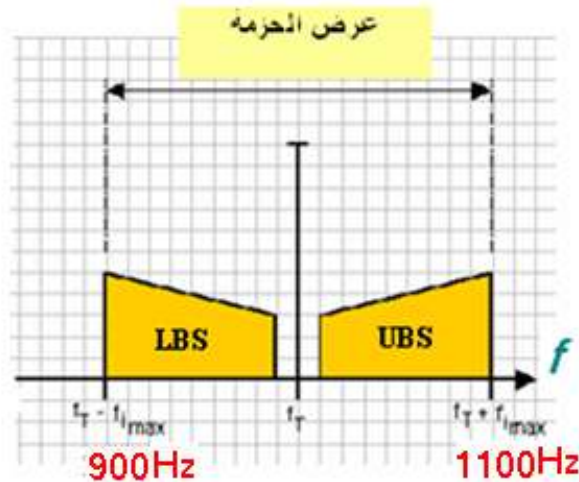


الشكل (1 – 43) شكل يوضح عرض الحزمة

مثال :

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

الحل:

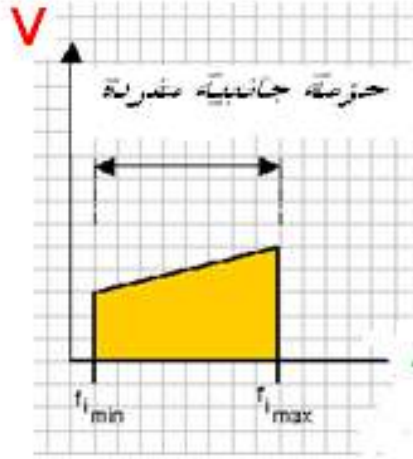


$$1000 - 100 = 900 \text{ Hz}$$

$$1000 + 100 = 1100 \text{ Hz}$$

2 - الإرسال بالحزمة الجانبية المفردة (SSB) :

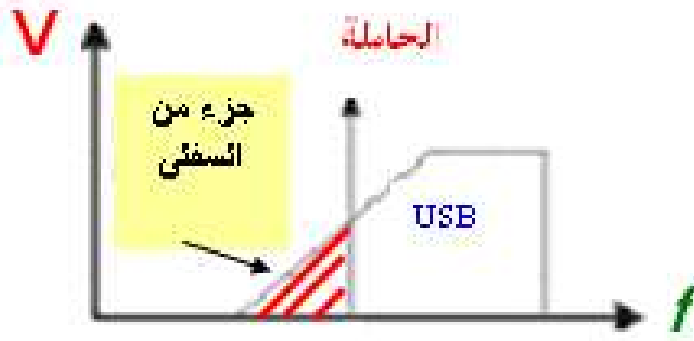
في هذا النوع يتم قطع إحدى الحزمتين الجانبيتين العليا أو السفلى وإرسال الحزمة الجانبية الأخرى للتقليل من عرض الحزمة للإشارة المرسل إلى النصف لاحظ الشكل (1 - 44) .



الشكل (1 - 44) 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 أكبر عدد من القنوات المستخدمة لاحظ الشكل (1 - 45) .

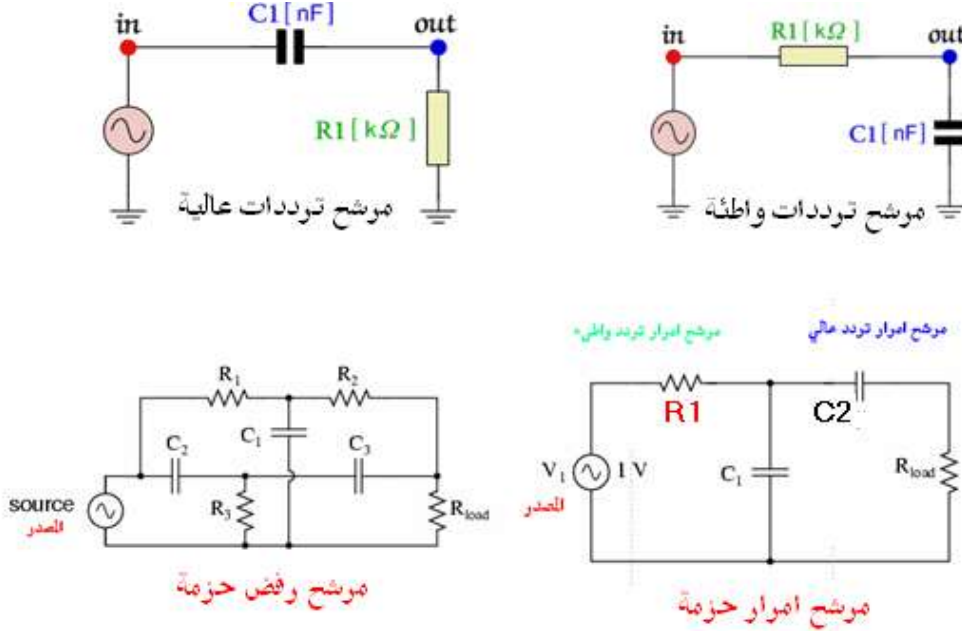


الشكل (1 - 45) الإرسال الجزئي للحزمة

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 السمي وتخلص من الترددات الأخرى غير السمي وتقسم دوائر الترشيح إلى :

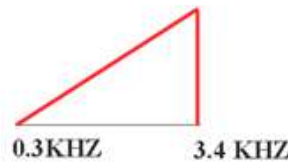
(Low Pass Filter)
 (High Pass Filter)
 (Band Pass Filter)
 (Band Stop Filter)

1- دوائر ترشيح (لإمرار الترددات القليلة) LPF
 2- دوائر ترشيح (لإمرار الترددات العالية) HPF
 3- دوائر ترشيح (لإمرار حزمة من الترددات) BPF
 4- دوائر ترشيح (رفض حزمة من الترددات) BSF
 لاحظ الشكل (1 - 46).

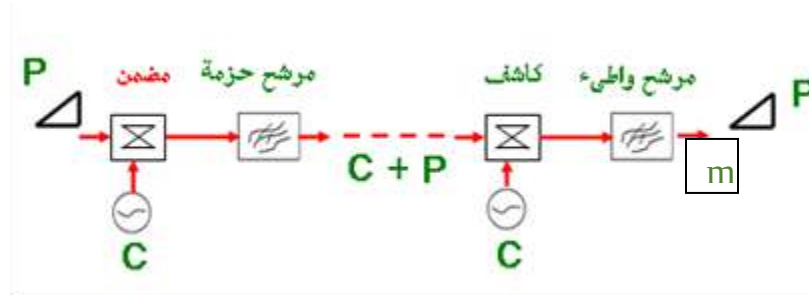


الشكل (1 - 46) مرشحات مختلفة

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



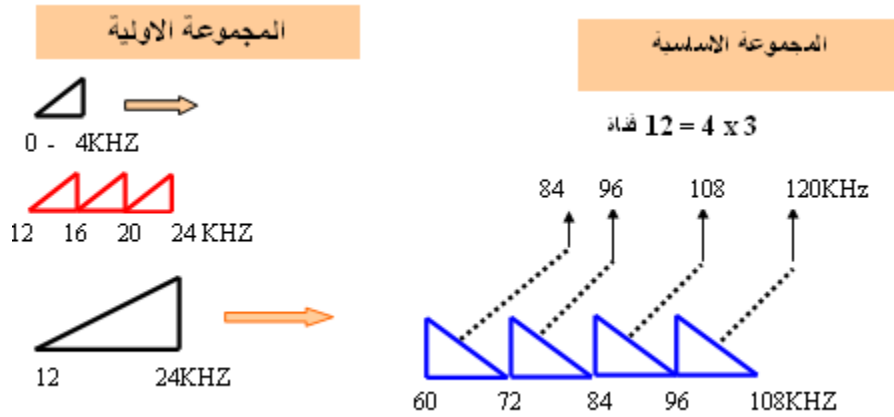
من الشكل (1 - 47) نلاحظ كيفية استخدام دوائر الترشيح في الحزمة المفردة في أنظمة الهاتف في الإرسال والاستلام وكيفية تضمين إشارة الكلام (P) مع الإشارة الحاملة (C) والحصول على الحزمة الجانبية العليا فقط (P + C). في الاستلام وبعد الكشف نتخلص من الإشارة الحاملة (C) والحصول على إشارة الكلام (P) بعد دائرة الترشيح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



M= message
C= carrier

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

في التضمين بواسطة 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 .
لأرسال 12 مكالمات 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 وتكون 12 مكالمات . لاحظ الشكل (48 - 1) .



الشكل (48 - 1) مجموعات مكالمات هاتفية

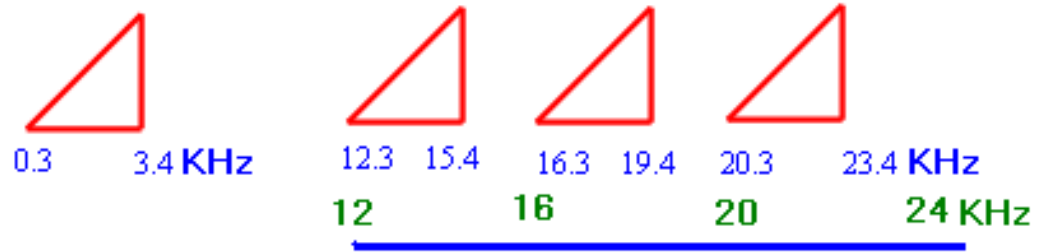
يعرف هذا النوع من التضمين بـ (3 x 4) وكان من أفضل أنواع التضمين في أنظمة الهاتف، قسم الإرسال يرسل إلى دائرة الإعادة مجموعة من المكالمات وكما يأتي :

$$60 = 5 \times 4 \times 3 \text{ أساس مجموعة عليا}$$

$$300 = 5 \times 5 \times 4 \times 3 \text{ أساس مجموعة أعلى}$$

$$900 = 3 \times 5 \times 5 \times 4 \times 3 \text{ أساس مجموعة أخرى}$$

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



الشكل (1 - 49) مجموعات مكالمات هاتفية

الخلاصة :

- يحتوي جهاز الهاتف على الميكروفون ، السماعة ، المنبه (الجرس) ، ملف الحث وقرص التدوير أو لوحة الأرقام وهي عبارة عن أزرار تعمل بالضغط .
- يتكون الميكروفون الكربوني من قطعة من الألمنيوم يوضع عليها قطبان من الكربون 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 .
- الميكروفون السعوي عبارة عن متسعة صغيرة احد أطرافها عبارة عن صفيحة معدنية والطرف الآخر عبارة عن غشاء يتعرض لضغط الأمواج الصوتية المسلطة على الميكروفون ، 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 توضع 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 التدرج) 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 وهكذا .
- 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 البدالات الاتوماتيكية (خطوة - خطوة) وعند تدوير قرص هاتف المشترك تقود لوحة التحويل، ويتم الانتقال بكل مقطع من الرقم المنادي (الطالب) بتسلسل من الرقم الأول إلى الرقم الأخير وان أداة الاختيار تمسك الأرقام واحد بعد الآخر بواسطة 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 الكربوني ؟ 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 - 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 الكتلي 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 4-0 KHz
- 2- إشارة إذاعة ذات حزمة من 8-0 KHz
- 3- إشارة حاسبة الكترونية ذات حزمة 12-0 KHz

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

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

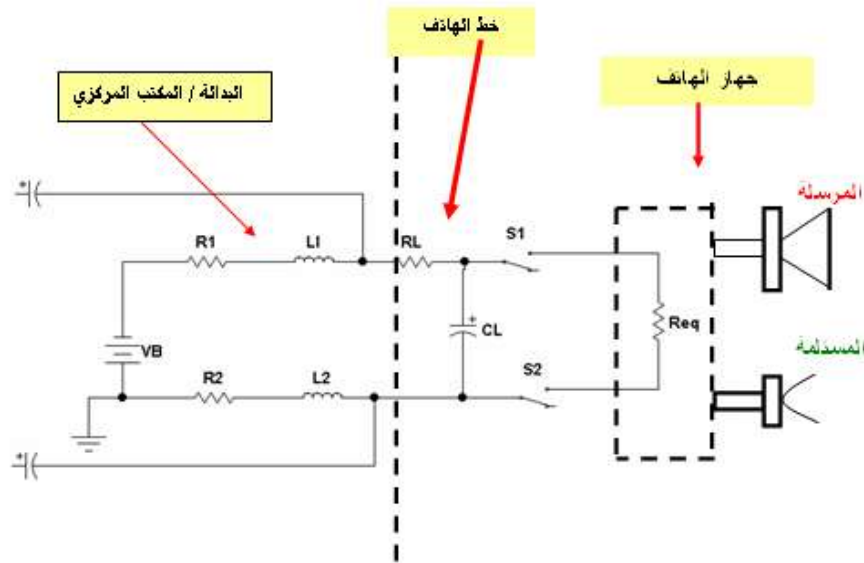
دوائر الكلام الالكترونية والتحويل من الرقمي الى التماثلي وعلى العكس

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 .

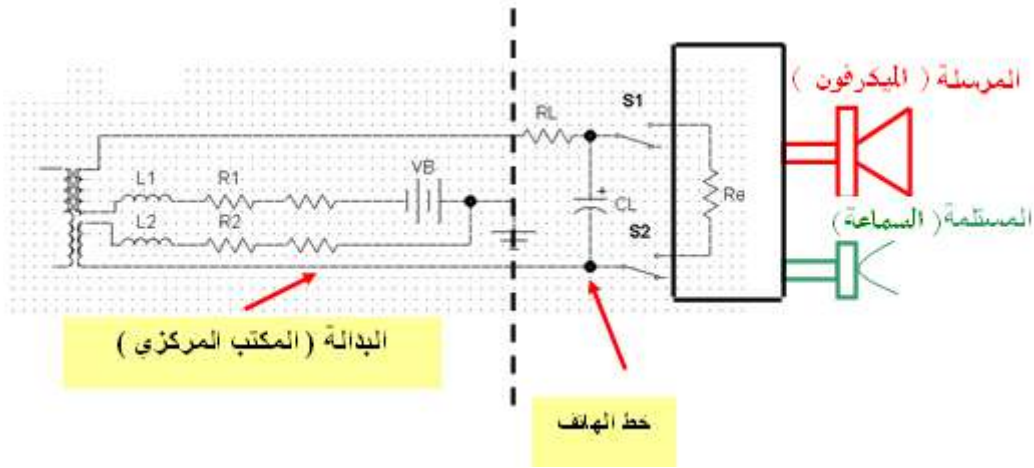
للتعرف على التغيرات التي تحصل لدوائر جهاز الهاتف التقليدي يبقى خط الهاتف (Local Loop) وهو أهم جزء في النظام من دون تغيير وهو الخط الذي يربط جهاز الهاتف بالبدالة لتزويد القدرة الكهربائية للدوائر الالكترونية بوساطة بطارية تغذية موضوعة في البدالة موصلة مع خط الهاتف .

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



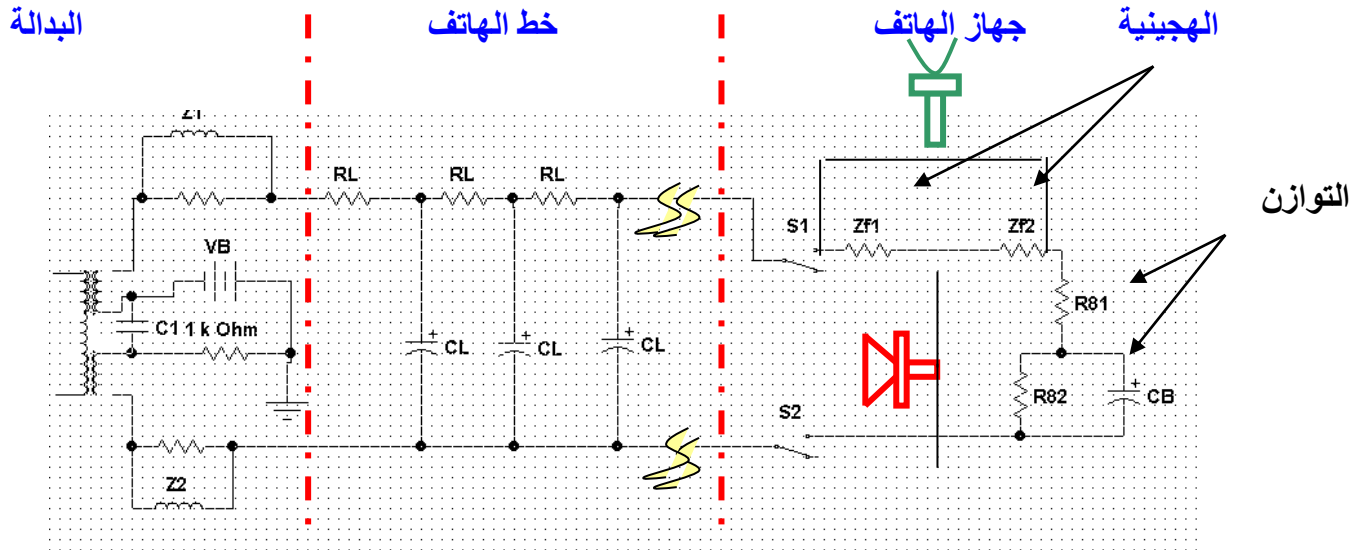
الشكل (1 - 2) دائرة الازدواج بالمتسعة

او دائرة الازدواج بالمحولة لاحظ الشكل (2 - 2)



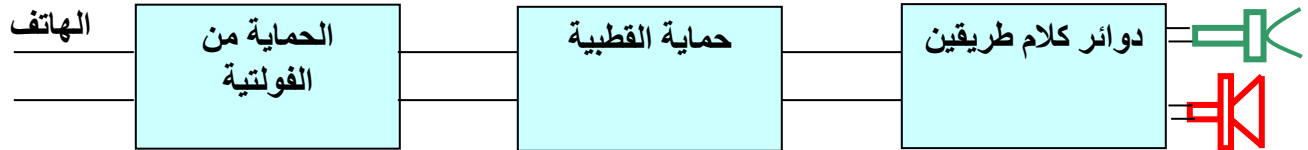
الشكل (2 - 2) الازدواج بوساطة المحول

الشكل (2 - 3) يوضح بطارية البداية 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 للموائمة مع عدد الأسلاك المستعملة بين خط الهاتف ونظام الهاتف بينما تنظم دائرة التوازن للتوافق (Match) بين معدل ممانعة الخط وتصحيح النغمة الجانبية (Side Tone) .



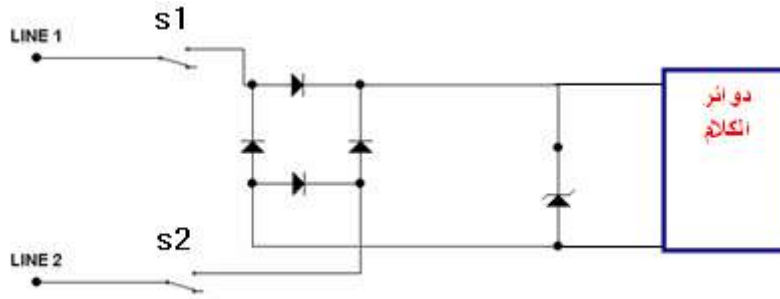
الشكل (2 - 3) جهاز الهاتف مع دائرة التوازن والدائرة الهجينة

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 الكتلي بالشكل (4 - 2).



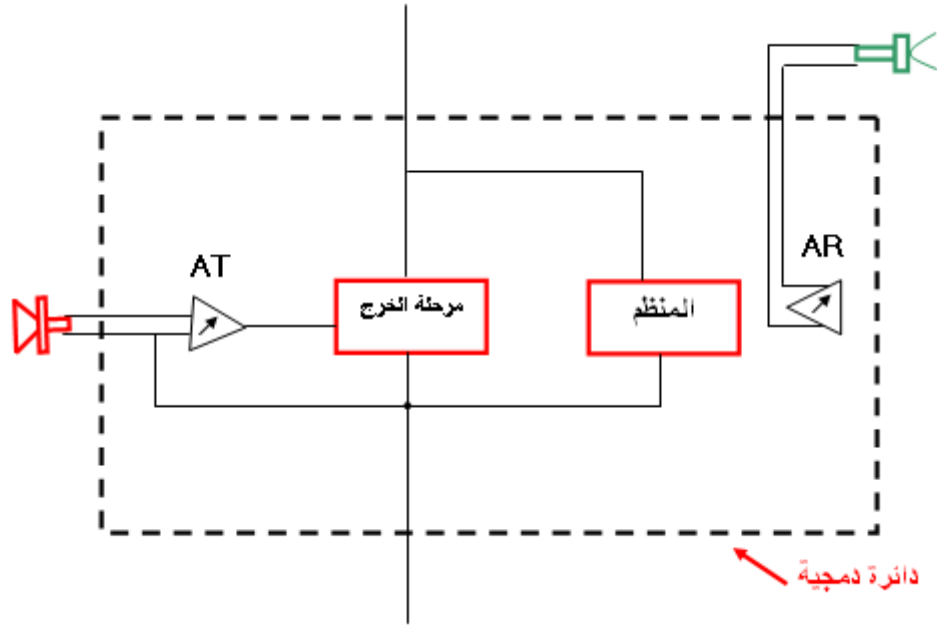
الشكل (4 - 2) مخطط كتلي لقسم الكلام في جهاز الهاتف

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 .



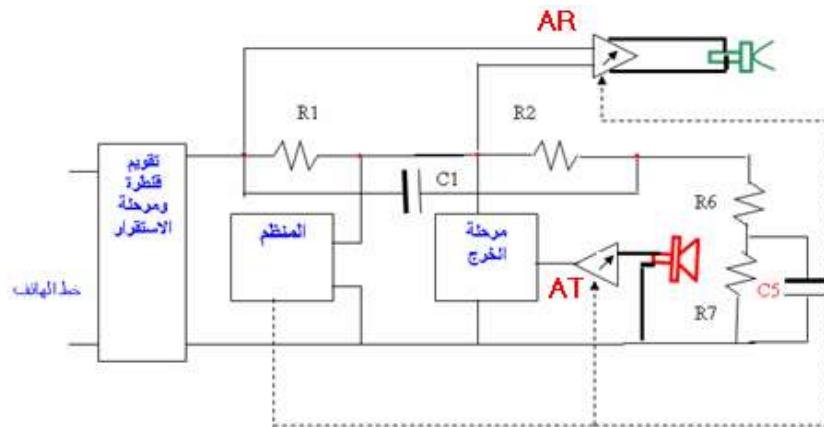
الشكل (5 - 2) دائرة التقويم والحماية في أجهزة الهاتف

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



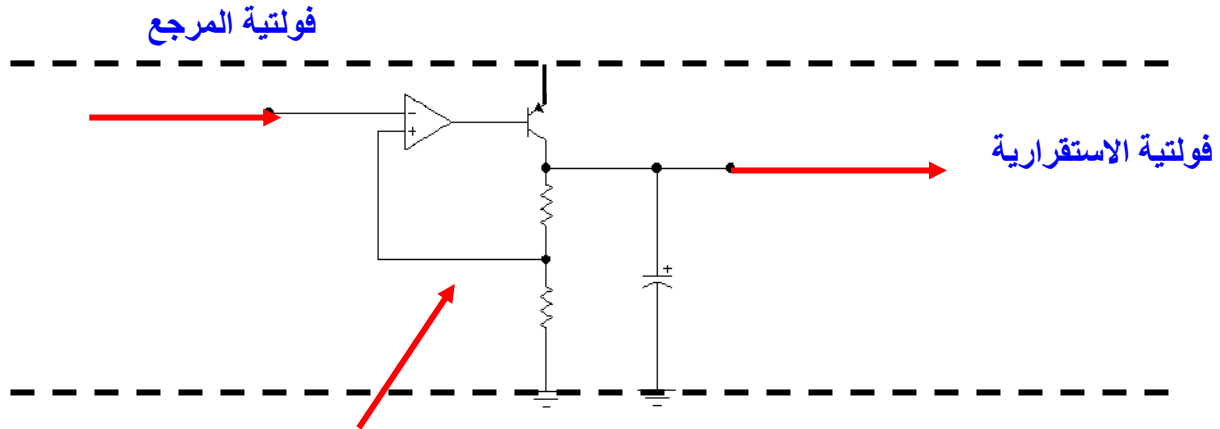
الشكل (6 - 2) الدائرة الدمجية للمرسل والمستلم في الهاتف

المكبرات المستخدمة تكون ذات ربح متغير ووضع السهم عليها يشير إلى ذلك للتعويض عن الخسائر في الخط . ويمكن تغيير معدل النغمة الجانبية بواسطة 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 طريقتين

فولتية الاستقرار الخارجية 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 .

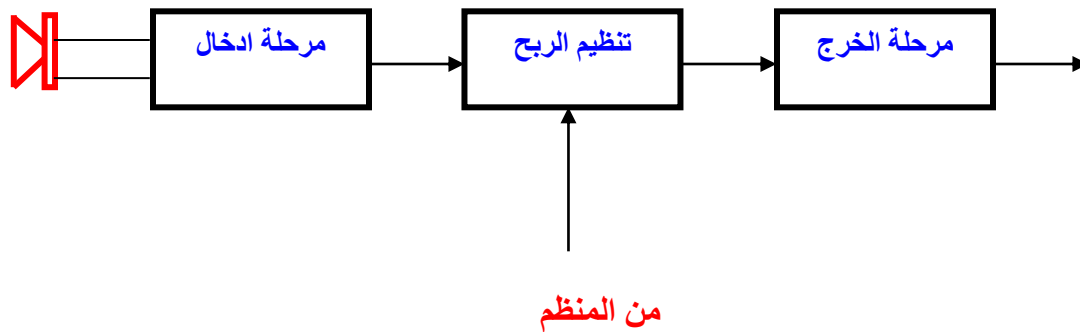


عينة من الفولتية الخارجة

الشكل (8 – 2) فولتية الاستقرار

2 - 1 - 1 مكبر الإرسال Transmitter Amplifier

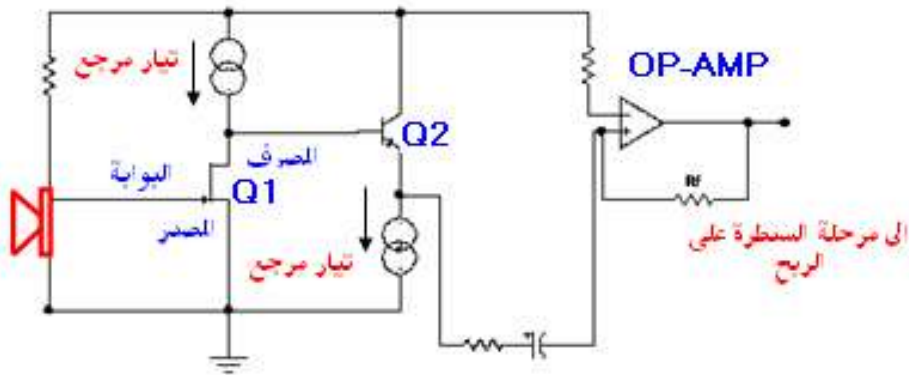
يستخدم مكبر الإرسال لضرورة عملية التوافق بين الميكروفون إلى خط الهاتف بتجهيز ربح وممانعة خرج صحيحة ، وتكون هذه الممانعة عالية عند استخدام الميكروفون السعوي وواطئة عند استخدام الميكروفون الكهروديناميكي (المغناطيسي) ويتكون المكبر من مرحلة إدخال ومنظم الربح ومرحلة الخرج . لاحظ الشكل (9 - 2) .



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 (2 - 10) 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 بواسطة مولد تيار المرجع (Reference Current Generator) وهو عبارة عن دائرة الكترونية مكونة من مجموعة من الترانزستورات توصل تيار مرجع إلى المصرف لـ (Q1) وإلى 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 .

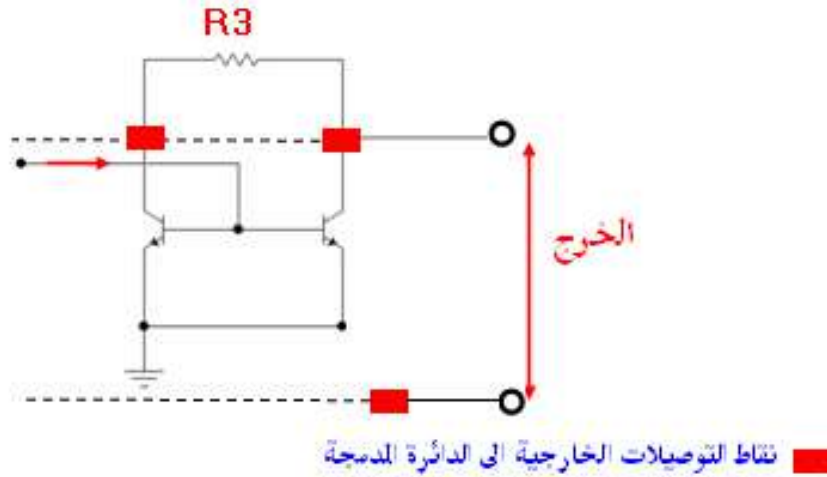


الشكل (2 - 10) الدائرة الالكترونية لمرحلة الإدخال

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

ج - مرحلة الخرج Output Stage

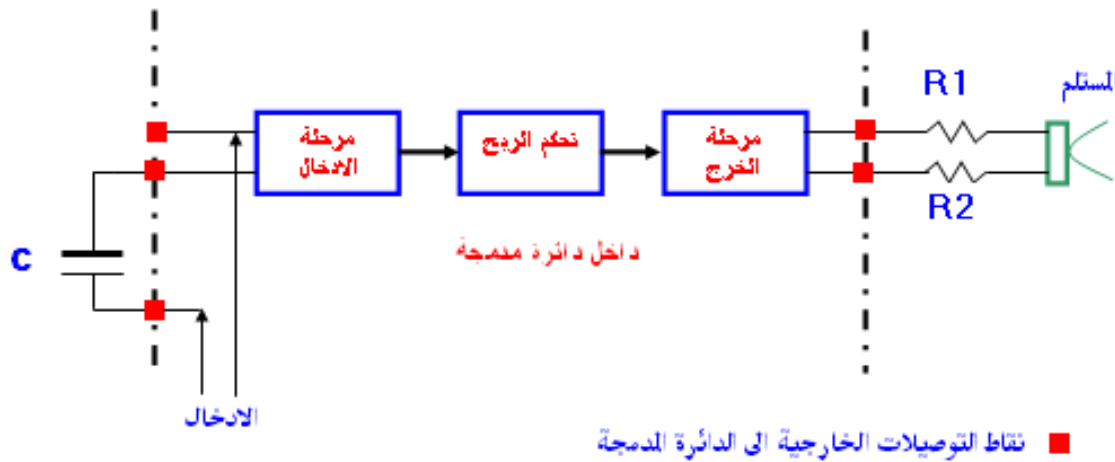
مرحلة الخرج الموضحة بالشكل (2 - 13) عبارة عن مولد تيار يتم السيطرة عليه بواسطة مرحلة تحكم الربح ، المقاومة الخارجية R3 تعمل على تثبيت مرحلة الخرج .



الشكل (2 - 13) الدائرة الالكترونية لمرحلة الخرج

2-1-2 مكبر الاستلام Receiver Amplifier

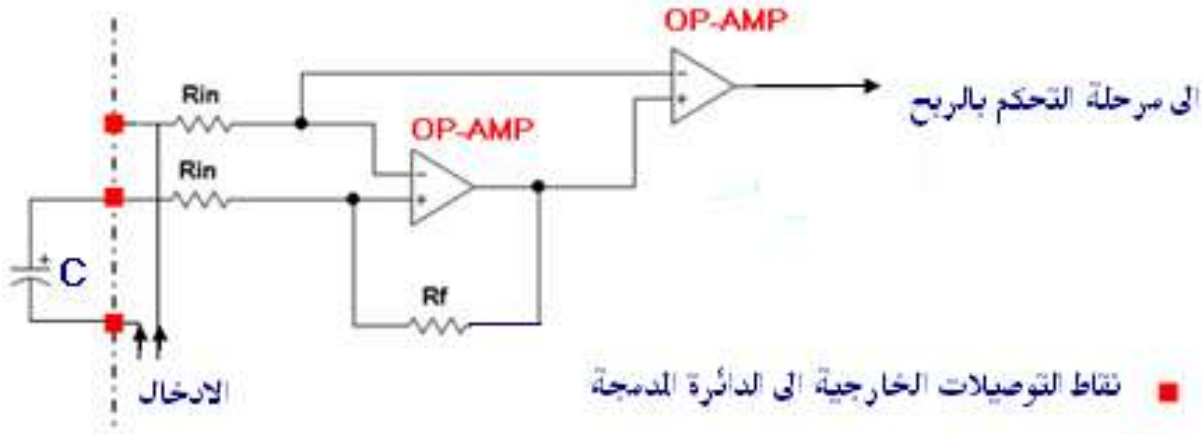
يستخدم هذا المكبر للتوافق بين خط الهاتف والسماعة، المخطط الكتلي لمكبر الاستلام مع مكوناته الخارجية موضح في الشكل (2 - 14)، يتكون من مرحلة الإدخال ومرحلة تحكم الربح ومرحلة الخرج داخل دائرة مدمجة (متكاملة) .



الشكل (2 - 14) مخطط كتلي لدائرة الاستلام في الهاتف

أ - مرحلة الإدخال Input Stage

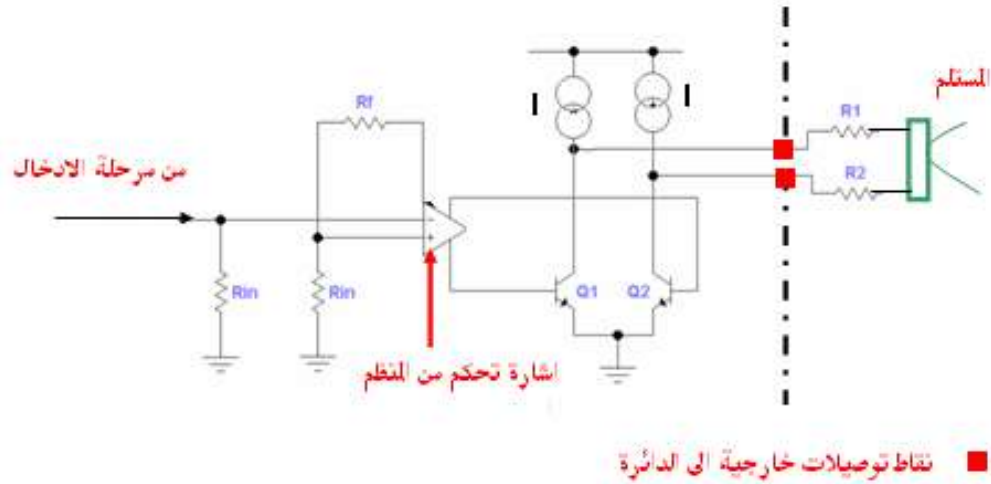
الشكل (15 - 2) يوضح مرحلة الإدخال لدائرة مكبر الاستلام حيث تصل الإشارة الداخلة من المتسعة C إلى مكبر الاستلام المكون من مكبري عمليات، الإشارة الخارجة من مرحلة الإدخال توصل إلى مرحلة تحكم الربح . تعمل مرحلة الإدخال لمكبر الاستلام على التكبير والتوافق.



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

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

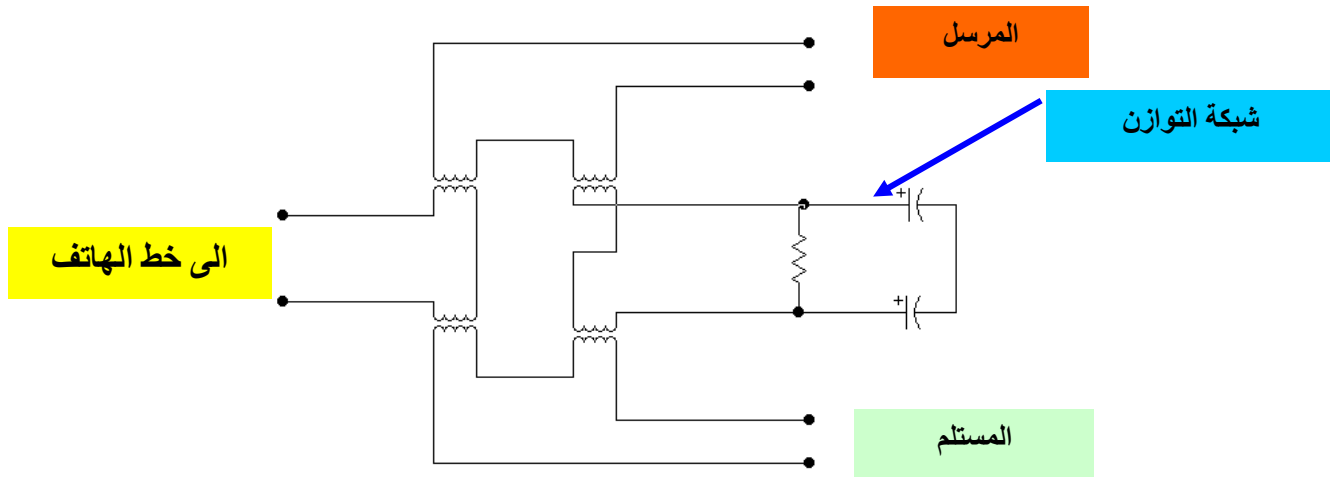
مرحلة التحكم بالربح للاستلام تعتمد في الأساس على عمل مرحلة تحكم الربح في الإرسال نفسها ، عبارة عن مكبر عمليات مسيطر عليه بوساطة إشارة من دائرة تحسس تيار الخط في دائرة الاستقرار والتي مرت عليك عزيزي الطالب في الفقرات السابقة راجع الشكل (8 - 2) ، لذا فإن الربح ينظم ذاتيا لتعويض الخسائر بسبب طول خط الهاتف . 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 بطريقتين) 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 (2 - 16) دائرة الكترونية توضح كيفية التحكم بالربح ومرحلة الخرج

2 - 2 الشبكة الهجينة : Hybrid Network

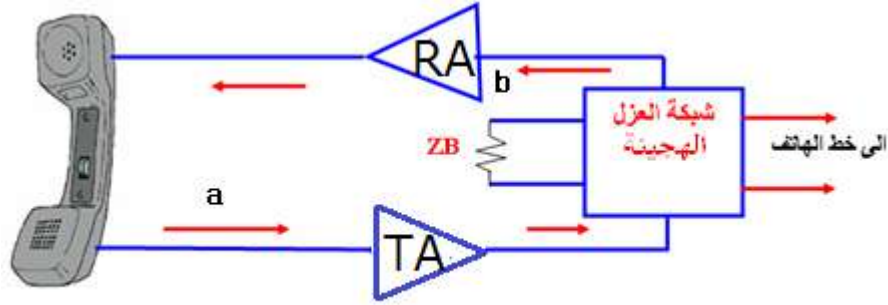
هي مجموعة من الملفات تعمل على ربط دائرة لها سلكان مع دائرة لها أربعة أسلاك لتحقيق عملية إرسال الإشارات باتجاهين في آن واحد وتدعى هذه العملية (Full Duplex) كما يحدث بين البدالة وخط الهاتف كما موضح بالشكل (2 - 17) .



الشكل (2 - 17) الشبكة الهجينة وشبكة التوازن

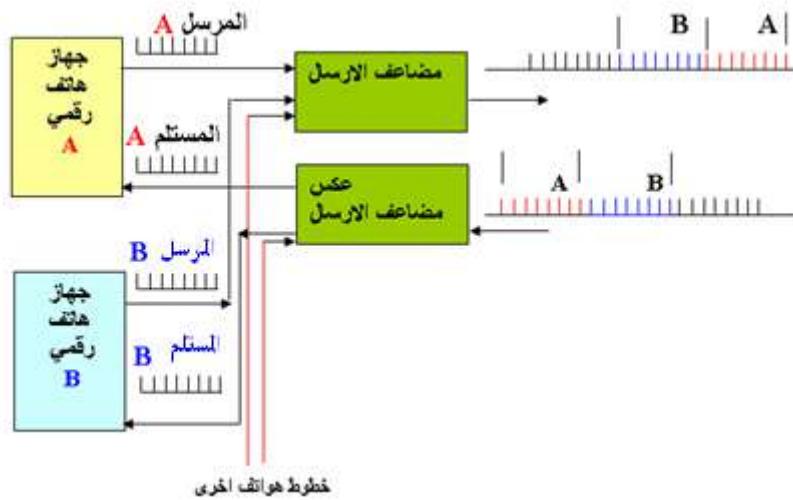
3 - 2 خط التوازن : Line Balancing

يحتوي جهاز الهاتف على المقبض، المكبرات و الدائرة الهجينة كما هو موضح بالشكل (2-18) تجهز الإشارة (a) من الميكروفون 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) .



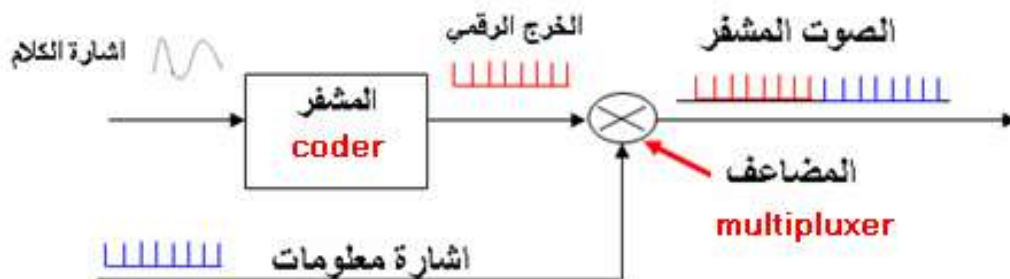
الشكل (18 - 2) المقبض مع دوائر الإرسال والاستلام وشبكة العزل الهجينة

من السهولة استخدام الإكثار في الاشارات الرقمية باستخدام دوائر رقمية منطقية رخيصة الثمن والمرشحات 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 .



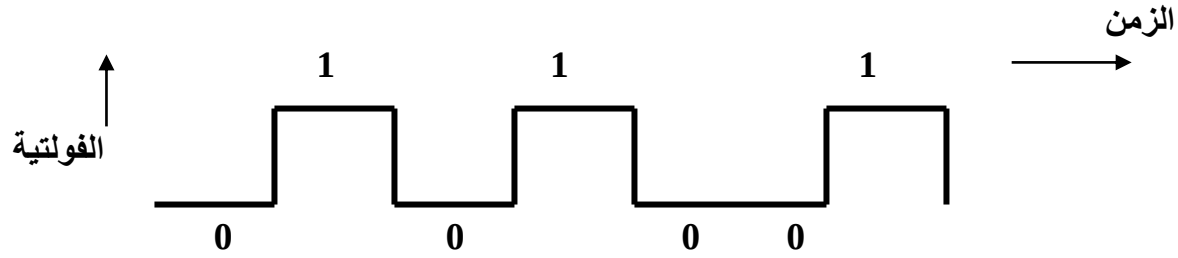
الشكل (20 - 2) إشارات الكلام المشفرة

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

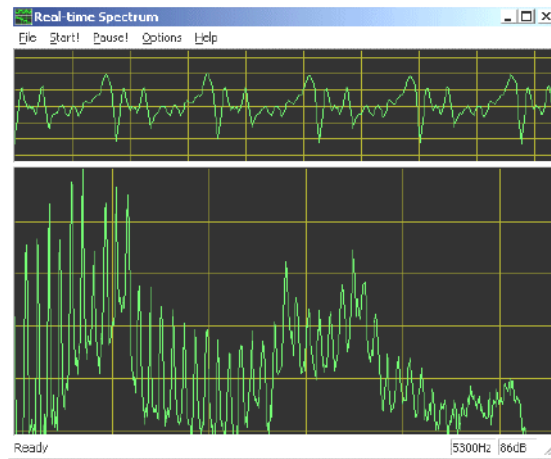
ان عملية التحويل من الرقمي الى التماثلي (Digital To Analogue Conversion (DAC) واختصارا (D/A) وعملية التحويل من التماثلي الى الرقمي (Analogue To Digital Conversion (ADC) والمختصر (A/D) تُعدّان من العمليات المهمة لمعالجة البيانات ففي (D/A) تتقبل إشارات رقمية في الإدخال وتترجمها أو تحولها إلى تيارات أو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

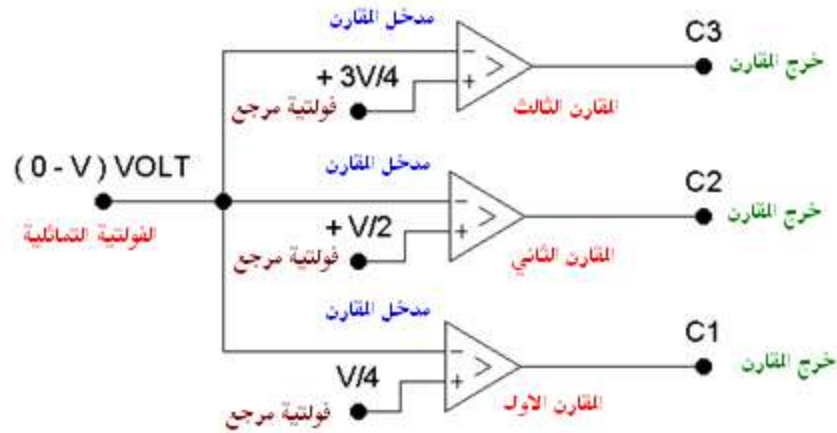
الشكل (21 - 2) الفولتية الرقمية والفولتية التماثلية

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 $(+V/4, +V/2, +3V/4)$ وبذلك تقبل المنظومة إدخالاً تناظرياً بين الصفر و $(+V/4)$ فولت .



الشكل (2 – 22) دائرة تحويل التماثلي الى الرقمي

إذا زادت إشارة الإدخال التماثلية في أي من دوائر المقارنة عن فولتية مرجع تلك الدائرة فإن 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 فإن ذلك يعني أن إشارة الإدخال التماثلية تقع بين $(0, +V/4)$ فولت . لاحظ الجدول (2 – 1) .

جدول (2 – 1) التحويل من A / D

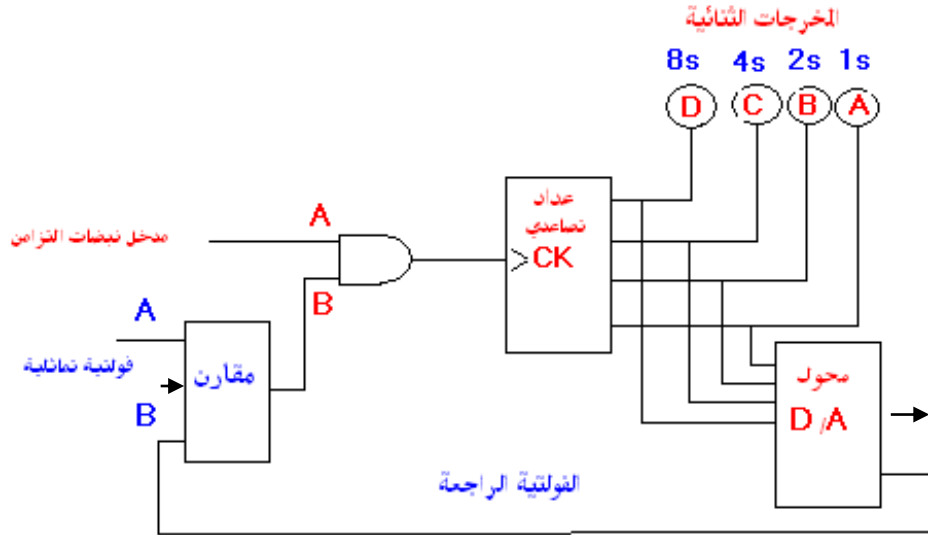
جهد الادخال			اخراج دوائر المقارنة	
C3	C2	C1	C2	C1
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1

الشكل (2 – 23) 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 ($A < B = 0$) و ($A > B = 1$)



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 0 1) وتصبح الفولتية الراجعة $B = 0.2V$ وعندما تصبح الفولتية التماثلية ($A = 0.4V$) يصبح خرج المقارن (1) لان ($A > B$) فيعمل العداد التصاعدي $CK = 1$ وتظهر المخرجات 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

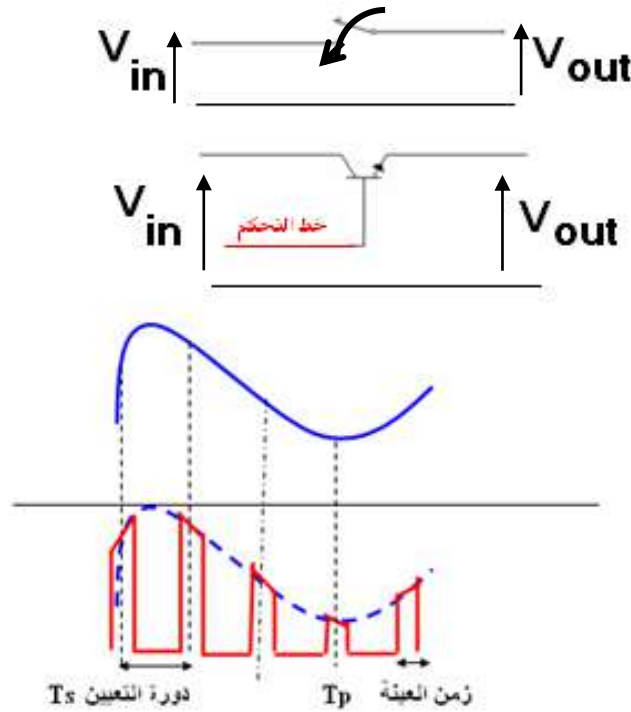
الفولتية التماثلية	حالة الإدخالات	المخرجات الثنائية
0V	$A = B, A = 0, B = 0$	0 0 0 0
0.2V	$A > B, A = 0.2V, B = 0V$	0 0 1 0
0.4V	$A > B, A = 0.4V, B = 0.2V$	0 0 1 0
0.6V	$A > B, A = 0.6V, B = 0.4V$	0 0 1 1
0.8V	$A > B, A = 0.8V, B = 0.6V$	0 1 0 0
1V	$A > B, A = 1V, B = 0.8V$	0 1 0 1
1.2V	$A > B, A = 1.2V, B = 1V$	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	$A > B, A = 2.4V, B = 2.2V$	1 1 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 وإن 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 تمييز الأنظمة الرقمية على الأنظمة التماثلية كما يأتي.....

- 1- يتم نقل الإشارات الرقمية من دون تشويه مقارنة بنقل الإشارات التماثلية .
- 2- أثر الضوضاء والتداخل أقل 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 وابتسط طريقة للتعين 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 .

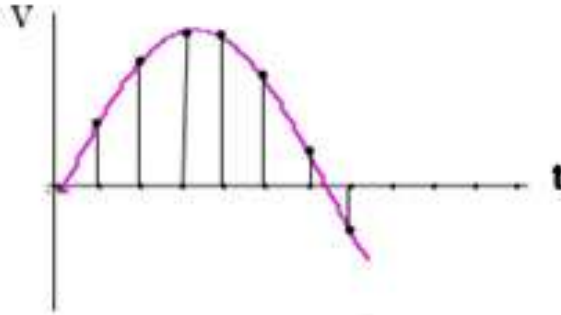


الشكل (25 - 2) قيم للعينات المنفصلة

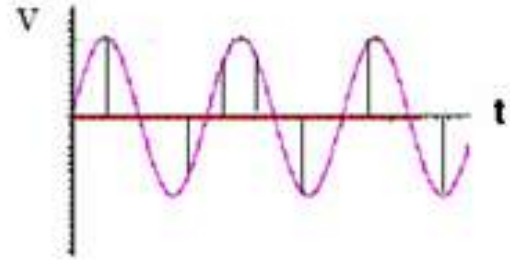
تتبع عملية التعيين عملية التكميم لتجعل الإشارة التماثلية جاهزة للتعامل مع الأنظمة الرقمية ويعرف التردد الذي تؤخذ عنده العينات بتردد التعيين (F_s) (Sampling Frequency) كما تعرف المدة بين العينات بدورة التعيين (T_s) Sampling Period والزمن الذي تستغرقه كل عينة (T_p) (Sample Time) بزمن العينة ويكون زمن العينة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

1 - 6 - 2 نظرية التعيين : Sampling Theorem

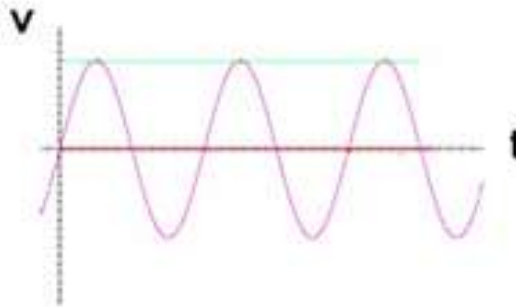
تمثيل الإشارة المتصلة بصورة كاملة عن طريق سلسلة كاملة من العينات خلال فترات زمنية متساوية وتكون دورة التعيين أقل من نصف دورة أعلى مكونة Component في الإشارة أي إن تردد التعيين يكون أكبر من ضعف تردد أعلى مكونة ففي الإشارات الجيبية لاحظ الشكل (26 - 2) الذي يبين عدة موجات جيبية تم اخذ العينات منها في نفس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



أ - عينات لموجة جيبية لها ترددات مختلفة



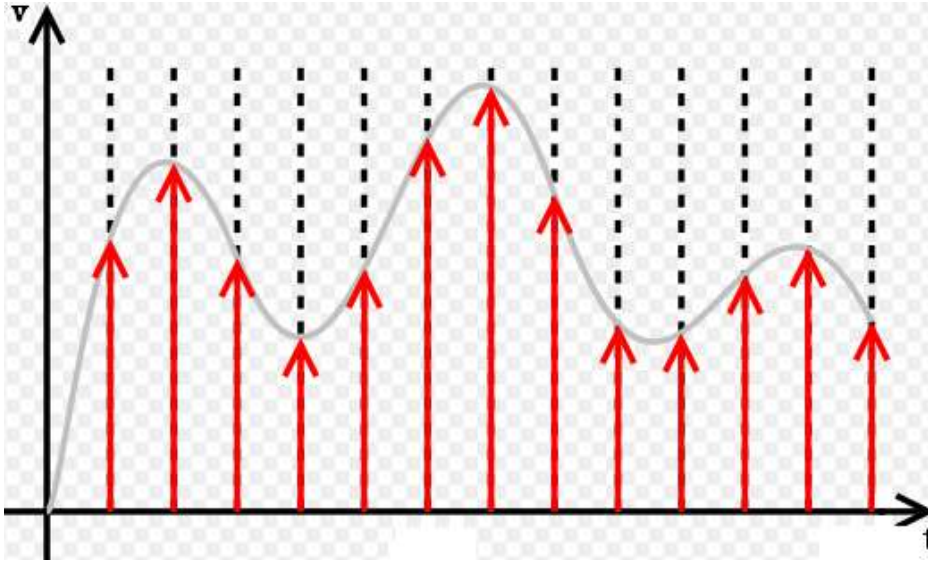
ب - عينات لموجة جيبية لها ترددات مختلفة



ج - العينة سعتها صفر لا تعطي معلومات عن الإشارة الجيبية

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

فبدلاً من إرسال إشارة متصلة يصبح من الضروري فقط أن يتم إرسال عدد معين من العينات بحيث أن عدد العينات يساوي $(2f_c)$ و f_c 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

$$f_s = 2 f_c$$

$$f_s = 2 \times 3 = 6 \text{ kHz}$$

$$T = 1 / f$$

$$T_s = 1/6 \text{ kHz} = 0.17\text{ms}$$

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

لدراسة كيفية التحويل من الرقمي إلى التماثلي باستخدام الشفرة (1 2 4 8) يتم ذلك بإعطاء وزن لكل مرتبة ثنائية وتناسب 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 تمثل المراتب Bit 0 , Bit 1 , Bit 2 , Bit 3 حيث يكون

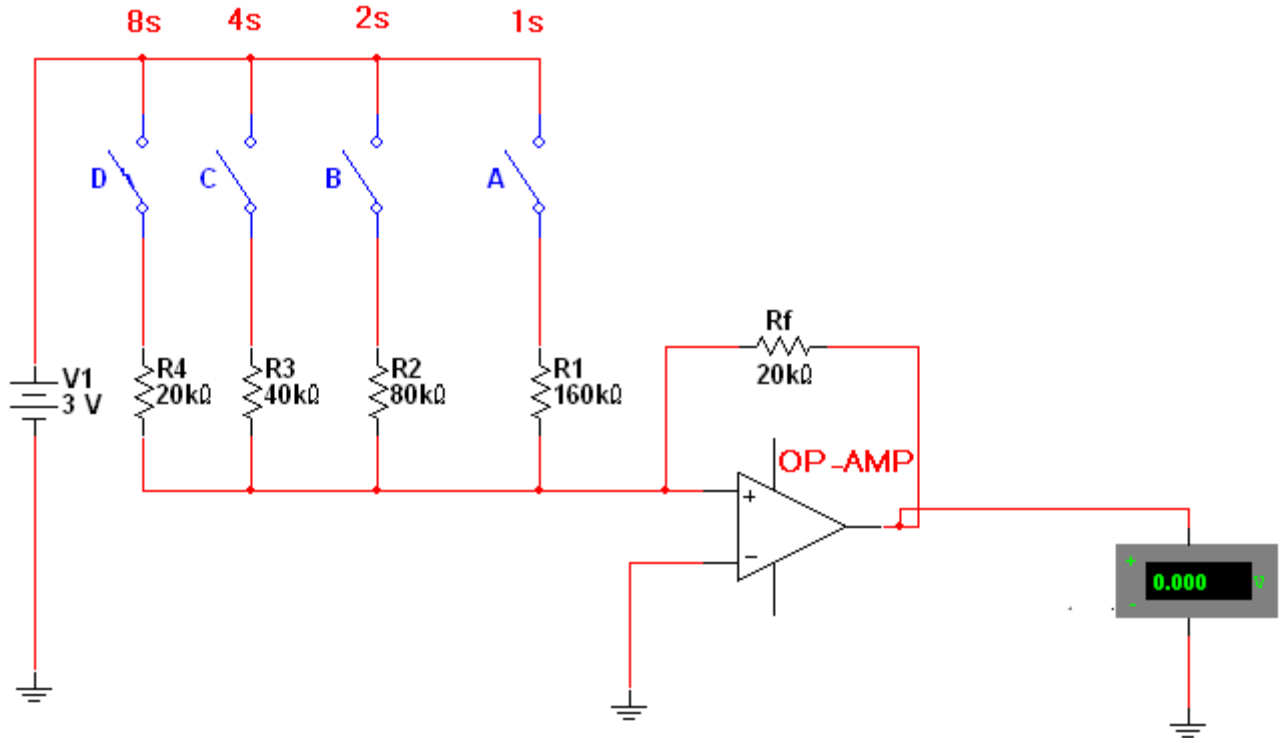
$$\text{Bit 0} = 2^0 = 1$$

$$\text{Bit 1} = 2^1 = 2$$

$$\text{Bit 2} = 2^2 = 4$$

$$\text{Bit 3} = 2^3 = 8$$

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

$$V_{out} = R_f / R_1 * V_1 = 20 / 160 * 4V = 0.5V$$

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

$$\begin{aligned} V_{out} &= R_f / R_1 * V_1 + R_f / R_2 * V_1 \\ &= 20 / 160 * 4 + 20 / 80 * 4 = 1.5 V \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_{out} &= R_f / R_1 * V_1 + R_f / R_2 * V_1 + R_f / R_3 * V_1 \\ &= 20 / 160 * 4 + 20 / 80 * 4 + 20 / 40 * 4 = 3.5 V \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_{out} &= R_f / R_1 * V_1 + R_f / R_2 * V_1 + R_f / R_3 * V_1 + R_f / R_4 * V_1 \\ &= 20 / 160 * 4 + 20 / 80 * 4 + 20 / 40 * 4 + 20 / 20 * 4 = 7.5 V \end{aligned}$$

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

جدول (2 - 3) 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.

أعلى فولتية يراد تحويلها

فولتية العتبة =

عدد العتبات

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

$$\text{عدد العتبات} = 2^8 = 256$$

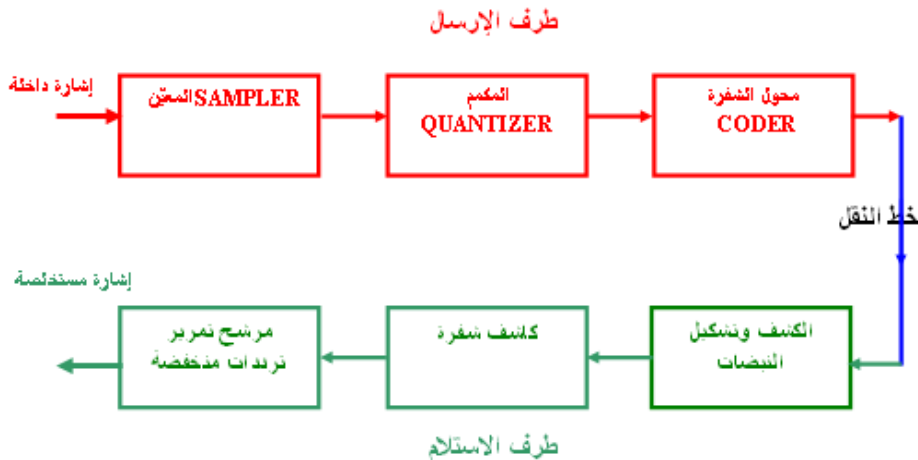
5v

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

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 أولاً ثم تحويلها إلى شفرة على شكل سلسلة من النبضات لنقلها إلى خطوط الاتصالات و بزيادة 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 (29 - 2) يوضح المخطط الكتلي للدائرة الأساسية للتضمين بالشفرة الرقمية حيث تتكون وحدة التضمين على طرف الإرسال من المعين (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 المرسله .



الشكل (29 - 2) مخطط كتلي لتضمين شفرة نبضية

9 - 2 التضمين الرقمي : Digital Modulation

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

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

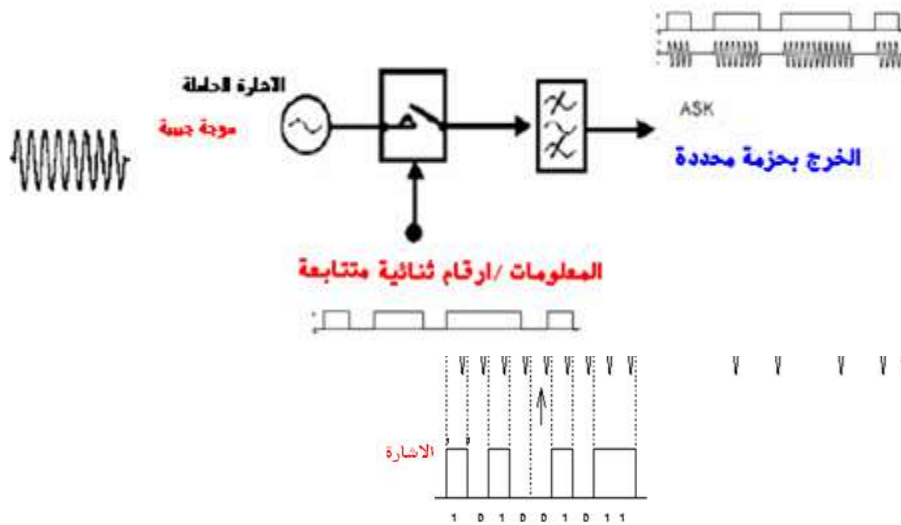
2 - مفتاح إزاحة التردد : (FSK) Frequency-Shift- Keying

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)

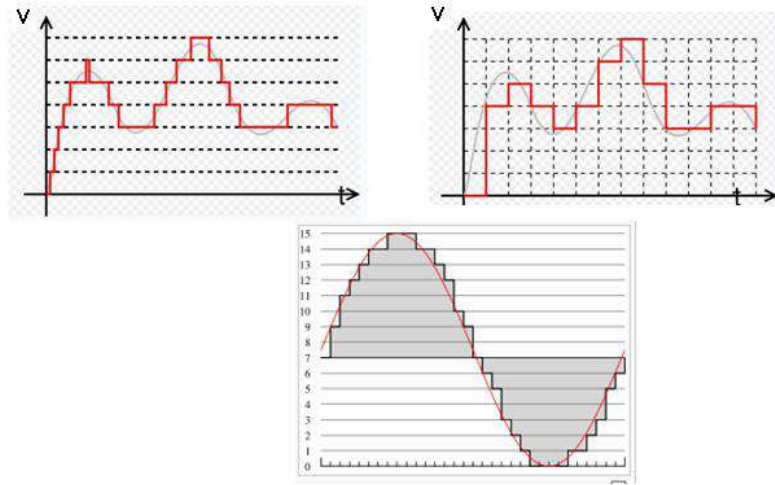
عندما تكون السعة هي العامل الوحيد للموجة الحاملة التي تبدل أو تغير بواسطة معلومات الإشارة فإن طريقة التضمين هذه تدعى مفتاح إزاحة السعة ASK ويمكن عدها نصاً رقمياً أو ترجمة رقمية للتضمين السعوي التماثلي . وبشكلها البسيط فإن تدفق التردد الراديوي يرسل عندما يكون الرقم الثنائي 1 ويتوقف عندما يكون الرقم الثنائي 0 ، أي أن سعة الإشارة الحاملة التماثلية تتغير طبقاً 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 (30 - 2) .



الشكل (30 - 2) 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 فإن 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 طبقاً للأرقام الثنائية المستخدمة لاحظ الشكل (2 - 31).

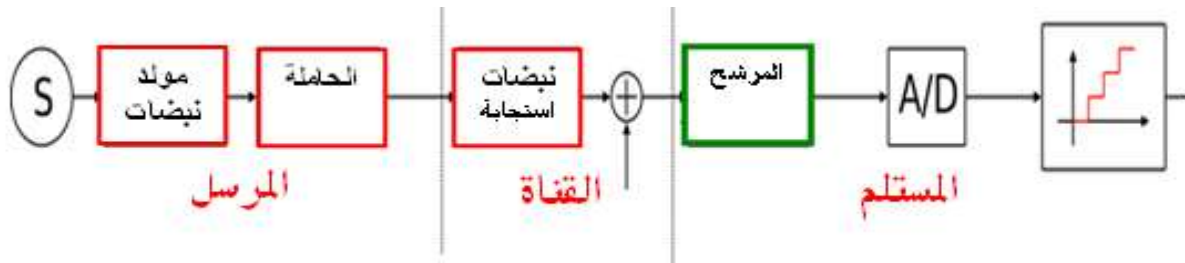


الشكل (2 - 31) مفتاح إزاحة السعة

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 (مثلاً شفرة مورس) ، ومع تطور أشكال طرق التشفير التي تمثل المعلومات في مجموعات تستخدم ساعات 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 لاستردادها والمخطط الكتلي بالشكل (2 - 32) يوضح مخطط كتلي مثالي لنظام الإرسال باستخدام التضمين ASK

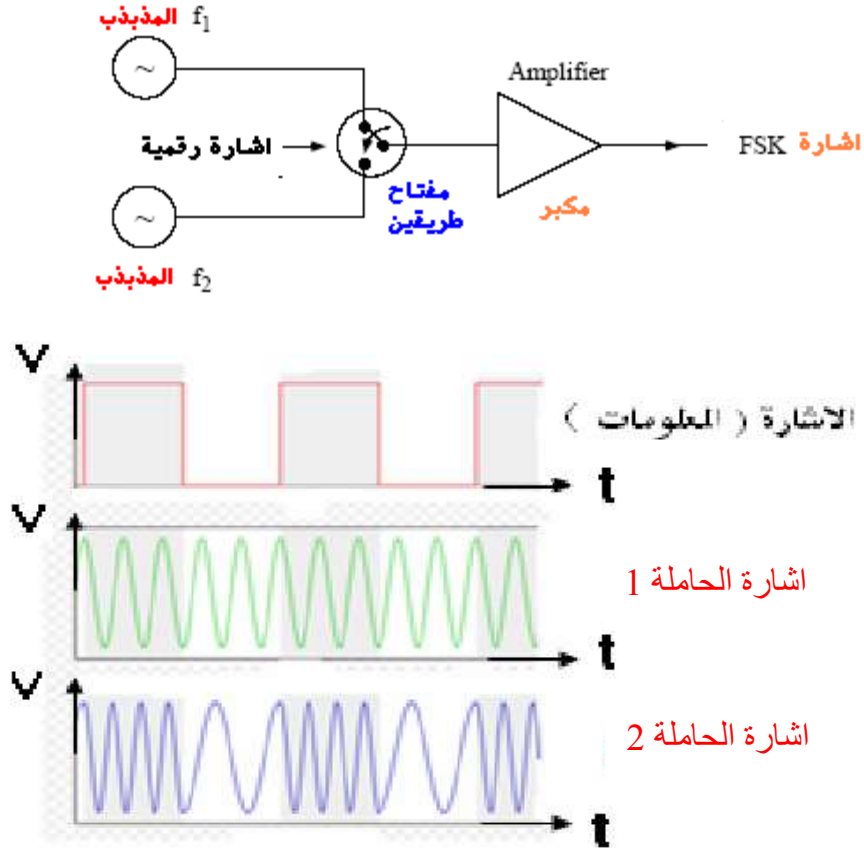
يتكون من قسم الإرسال وقسم الاستلام وتقوم مرحلة A / D بتحويل الإشارات التماثلية إلى رقمية تمثل المعلومات المرسل.



الشكل (2 - 32) مخطط كتلي للتشفير

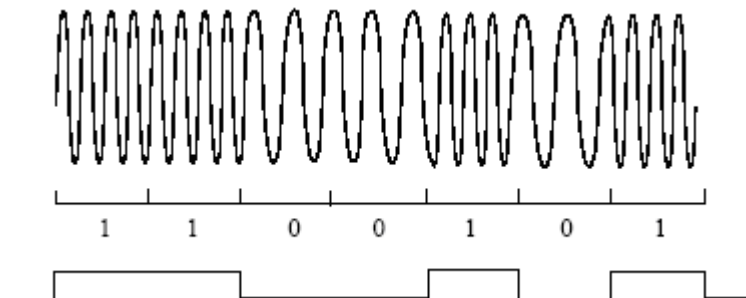
3-9-2 مفتاح إزاحة التردد (FSK):

عبارة عن أحد أشكال التضمين الترددي لإرسال المعلومات الرقمية خلال تغيرات منفصلة في التردد للموجة الحاملة ومن أكثر الأنواع شيوعاً هو 2-FSK يستخدم ترددين 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 (2-33).



الشكل (2-33) مفتاح إزاحة التردد FSK

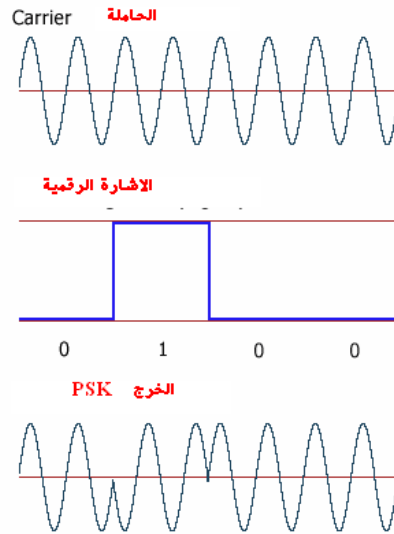
عندما تصبح الأرقام (1100101) فإن الإشارة FSK تصبح كما في الشكل (2-34)



الشكل (2-34) إشارة FSK

4-9-2 مفتاح إزاحة الطور: (PSK)

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



الشكل (2 - 35) 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 .



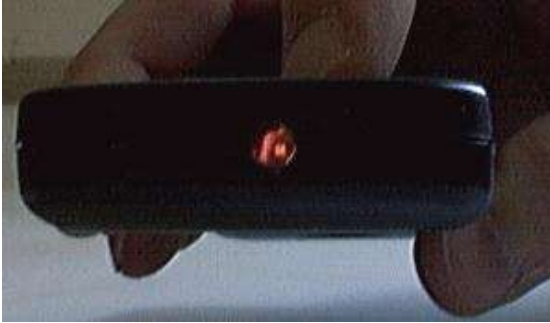
الشكل (2 - 36) الإرسال بطريقة QPSK

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

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

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

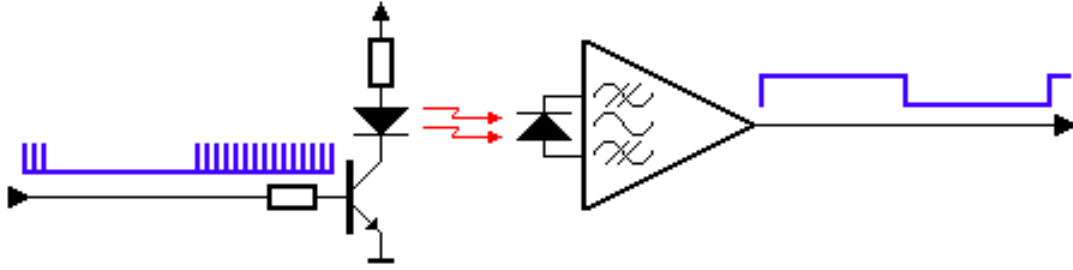
الأشعة تحت الحمراء عبارة عن ضوء بلون خاص ونحن البشر لايمكننا رؤية هذا اللون لان الطول الموجي هو 90 mm وهو دون الطيف المرئي و هذا احد الأسباب في اختيار هذه الأشعة للسيطرة عن بعد فنحن نريد استعمالها من دون الاهتمام برؤية هذه الأشعة و السبب الآخر هو سهولة الحصول عليها بوساطة ثنائي الانبعاث الضوئي و هو رخيص الثمن جدا . و عندما نقول إننا لا يمكن رؤية هذه الأشعة هذا لا يعني إننا لا نستطيع ان نجعلها مرئية، ففي كاميرا الفيديو او آلة التصوير الرقمي تستطيع رؤية هذه الأشعة 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 الأشعة عدا الشمس مثل مصابيح الإنارة والشموع و نظام التدفئة المركزي و حتى أجسامنا التي تشع هذا النوع من الأشعة 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

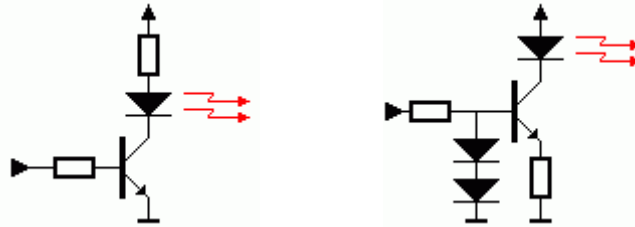
التضمين هو الجواب على كيفية الحصول على إشارة خارج كل هذا التشويش (الضوضاء) فمع عملية التضمين ترسل الأشعة تحت الحمراء من مصدرها بتردد خاص ويكون جهاز الاستلام منغم على هذا التردد لذلك سيلغي كل شيء عدا هذه الإشارة على شكل ومضة (Blink)، والشكل (38-2) يوضح الإشارة المضمنة التي تفقد عمل الثنائي الانبعاث الضوئي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

3- 10 - 2 المرسل : The Transmitter

تكون المرسل 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 لأن الذي يقود هذا الثنائي عبارة عن نبضات قصيرة جدا . و الشكل (39 - 2) يوضح عمل الترانزستور كمفتاح و تكون الفولتية عبر الثنائي حوالي 1.1 V .

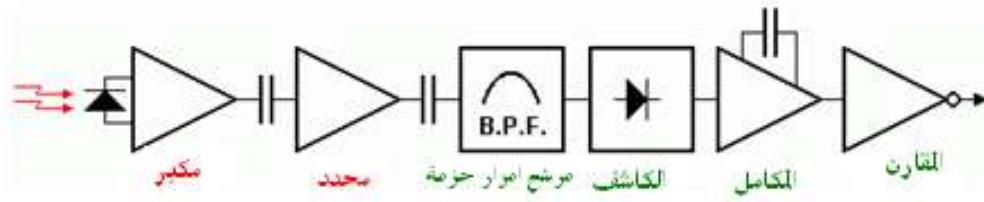


الشكل (39 - 2) الترانزستور كمفتاح

4 - 10 - 2 المستلمة : The Receiver

الشكل (40 - 2) يوضح المخطط الكتلي 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 المرسل (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 (5 FH506-XX)

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 الكتلي للمستلم لالتقاط IR

11 - 2 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).

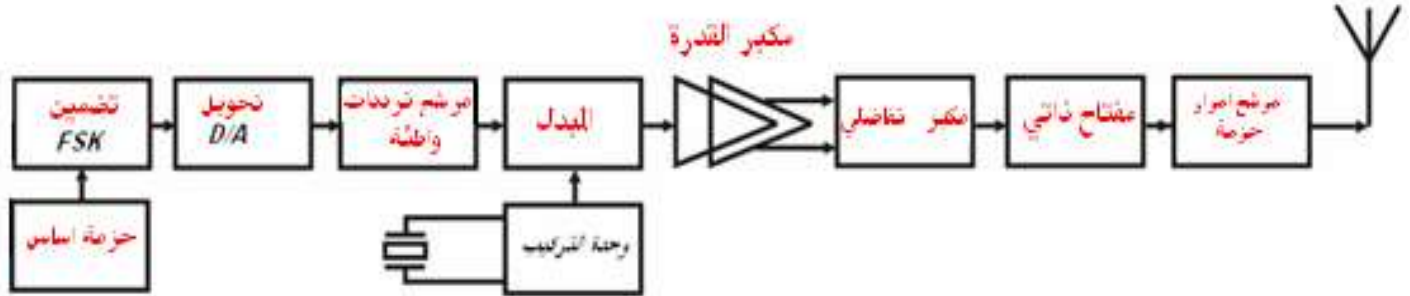
البلوتوث هو اسم تقنية للاتصال اللاسلكي القريب بين الأجهزة الإلكترونية. وهي تقنية عالمية موحدة لربط كافة أنواع الأجهزة مع بعضها البعض مثل الكمبيوتر والهاتف النقال والكمبيوتر الجيبى والأجهزة السمعية والكاميرات الرقمية. بحيث تتمكن هذه الأجهزة من تبادل البيانات ونقل الملفات بينها وبين شبكة الانترنت لاسلكياً.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



الشكل (41 - 2) تقنية البلوتوث

أ - المخطط الكتلي لنظام إرسال البلوتوث :

الشكل (2 - 42) يوضح المخطط الكتلي 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 (2402 – 2480) MHz لنظام يحتوي على 79 قناة . أو إشارة بالتردد (2454 – 2476) MHz 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 المرسل والمستلمة . تحدد الإشارة بوضع مرشح إمرار الحزمة ثم إلى الهوائي .

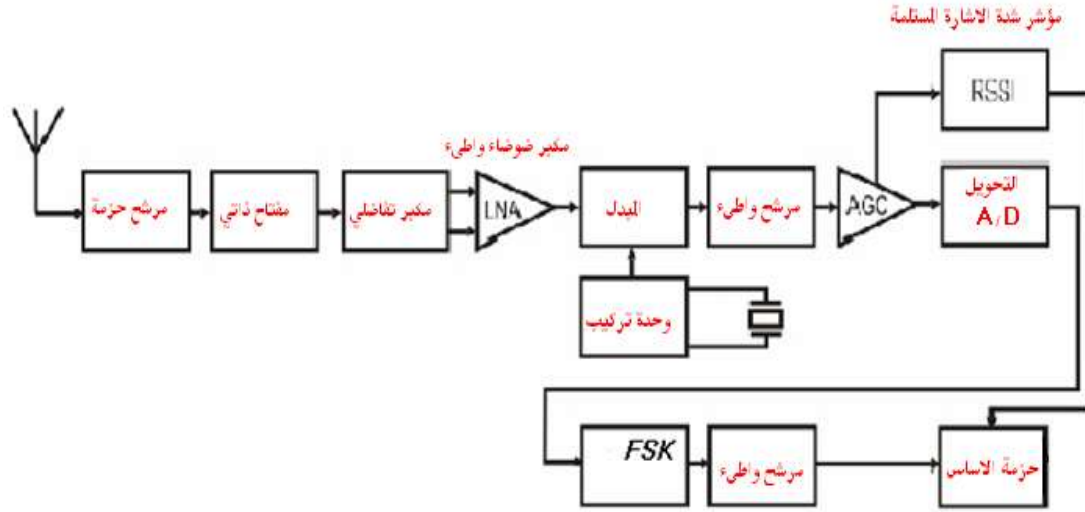


الشكل (2- 42) المخطط الكتلي لنظام إرسال البلوتوث

ب - المخطط الكتلي لنظام استلام البلوتوث :

الشكل (2 - 43) يمثل المخطط الكتلي 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 (1 – 5) MHz ويكون هذا التردد مطابقاً إلى التردد الحامل في المضمن نوع FSK .

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)، ويتحول 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 الكتلي 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 وثلاثي 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 (السماع) وبالإرسال (الميكروفون) فمكبر الإرسال يستخدم بضرورة عملية التوافق بين الميكروفون إلى خط الهاتف بتجهيز ربح و ممانعة خرج صحيحة وتكون هذه الممانعة عالية عند استخدام الميكروفون السعوي و واطنة عند استخدام الميكروفون 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 PSK , FSK , ASK .
- 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 الكتلي مكيبر الإرسال (الميكرفون) .
- (3) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي مكيبر الاستلام (السماعه) .
- (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 الكتلي تضمين شفرة نبضية PCM .
- (10) اشرح مستعينا بالرسم ASK .
- (11) اشرح مستعينا بالرسم FSK .
- (12) اشرح مستعينا بالرسم PSK .
- (13) وضح بالاستعانة بالمخطط الكتلي المستلمة في السيطرة عن بعد باستخدام الأشعة تحت الحمراء .
- (14) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي 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 والتشبيد
- 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

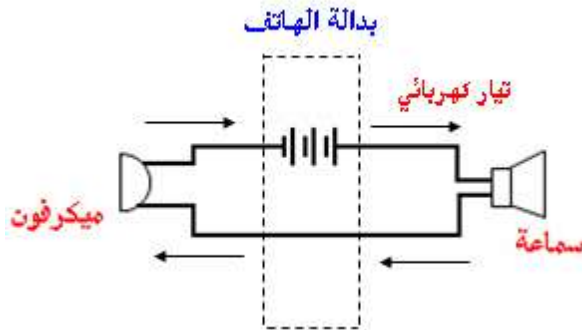
1 - 3 الاتصالات السلكية بالأمواج المحملة

تستعمل الأمواج المحملة لإضافة عدة قنوات (channels) للتكلم أو إرسال الإشارات باستعمال وسط سلكي واحد ، والمقصود بالقناة أو 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 أو قد يكون من الأمواج الكهرومغناطيسية كما هو في أجهزة اللاسلكي أو أمواج كهربائية كما هو الحال في الأمواج المحملة سلكيا .

ولعل من أبسط 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 .

2 - 3 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 للموجات 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).

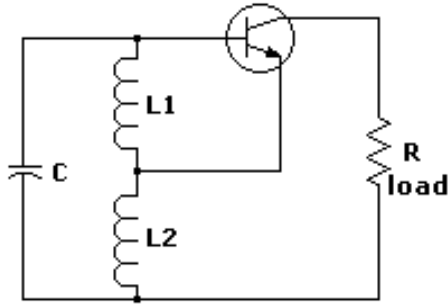


الشكل (1 - 3) دائرة هاتف بسيطة

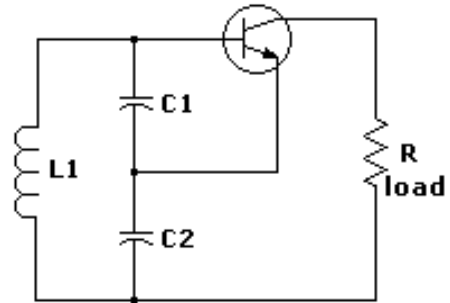
والان لو جھزنا الميكر فون بتيار متناوب تردده (50) Hz بدلا من التيار المستمر لأصبح هذا التيار محملا أيضا ولكن استعمال هذا التردد الواطئ يؤدي إلى سماعه ويحجب المكالمة لذلك لا يمكن استعماله بصورة عملية . إن قيمة التيار المتغير والمحمل بوساطة التيار الثابت في أجهزة الهاتف تكون صغيرة ويفصل التيار المتغير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

1-2-3 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 التنعيم 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

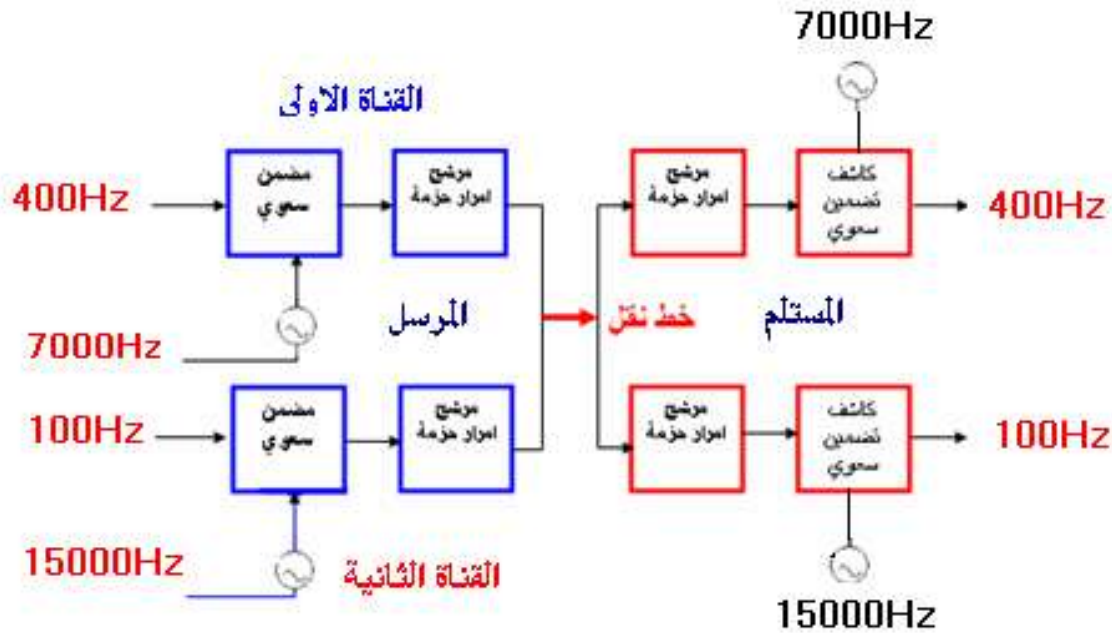
2-2-3 تضمين الموجة المحملة :

إن الإشارات المحملة (إشارة المعلومات) غير ملائمة بصورة عامة لإرسالها خلال أي وسط معين لأن ترددها غير ملائم للانتشار في وسط الإرسال لذلك تستعمل موجة حاملة (Carrier Wave) تحمل 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 الأساسي من استخدام عملية التضمين هو التقليل من أحجام الهوائيات ومنع التداخل بين الإشارات 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 . وضع الترددات المرسل والمستلم بالاستعانة بالمخطط الكتلي . لاحظ الشكل (3 - 3)

تردد القناة الأولى في خط النقل : $7400 \text{ Hz} = 7000 + 400$
 تردد القناة الثانية في خط النقل : $15100 \text{ Hz} = 15000 + 100$



الشكل (3 - 3) مخطط بسيط للأمواج المحملة

3-2-3 كشف الموجة المحملة

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:

$$7400 - 7000 = 400 \text{ Hz}$$

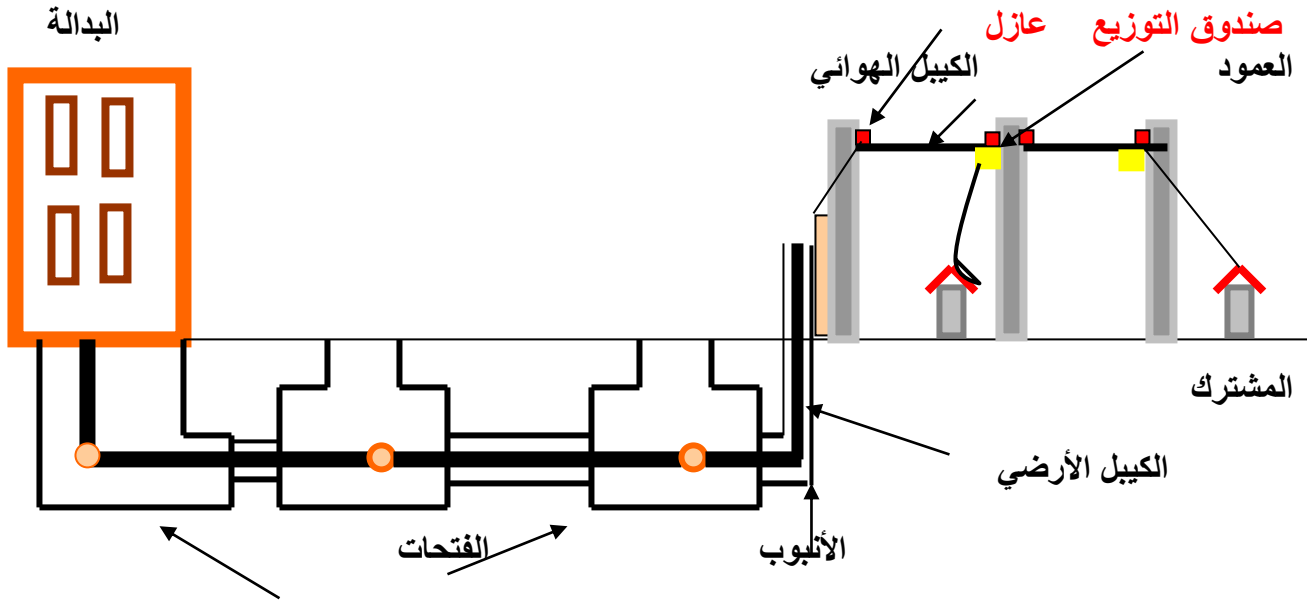
وهي إشارة المعلومات المرسل (كلام) مثلاً وينطبق هذا على القناة الثانية :

$$15100 - 15000 = 100 \text{ Hz}$$

3-3 شبكات التوزيع والتشييد (الهوائي والأرضي) :

عند التشييد لابد من إجراء مسح جغرافي للقطاع الذي توضع فيه البدالة لتأمين مستوى كاف للإشارة بين البدالة والمشاركين والتقليل من المفاقد 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 وأقل كلفة ليغطي سعة البدالة مع المشتركين والبدالات الأخرى .

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



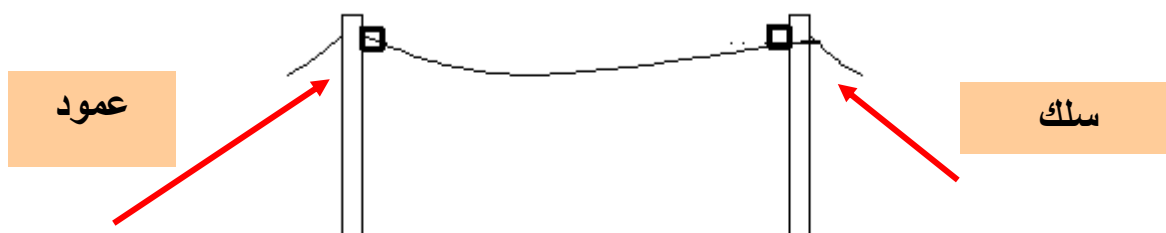
الشكل (3 — 4) التشييد بين البدالة والمشاركين

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 الأمطار والرياح .

ومن هذه النماذج هي

- 1 - سلك بشكل قضيب من الحديد الصلب أو سلك من النحاس مع العازل .
- 2 - حزمة أسلاك (قابلو) مغلفة بالرصااص ومعزولة أو مغلفة بالبلاستيك أو الورق .
- 3 - سلك مؤلف من مجاميع من أسلاك نحاسية عزلت بالبلاستيك تدعى بالموصلات الزوجية.

عندما تنصب موصلات الخط عالية على الأعمدة فان الخط يدعى بالخط الهوائي **Aerial 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) القابلات الهوائية

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

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

3-1-3 القابلات المحورية : Coaxial Cables

يتكون من سلك موصل من النحاس يحيط به عازل من البلاستيك وتلف عليه طبقة من الأسلاك الشعرية وتغلف بماده بلاستيكية عازله من كلوريد البولي فينيل PVC او ماده فلورو ليثيرويلين والمستخدمه في الهاتف تحيط بها شبكة 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 القابلات تحت الحائط (خلف البياض) .
لاحظ الشكل (3 - 6) يستخدم القابلو المحوري في أجهزة التلفزيون عند التوصيل بين الهوائي والجهاز ولها مقاومات 50 اوم - 75 اوم - 300 اوم .



الشكل (3 - 6) قابلات محورية وكيفية توصيلها

ومعظم هذه القابلات 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 الكابل 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 (3 - 7) قابلو نوع RG - 11

2 - 3 - 3 القابلات المزدوجة المبرومة : Twisted-Pair Cables

يتكون من عدة أسلاك موصله معزولة يلف كل زوج منها على حده و تغلف بمادة بلاستيكية 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 (3 - 8) القابلات المزدوجة

- 1- الفئة (1) - زوجان من الأسلاك الملفوفة أي أن الفئة (1) مكونه من أربعة أسلاك و كثيرا ما تستخدم في أنظمة الهاتف ملائمة بالترددات إلى 1MHz .
- 2- الفئة (2) - أربعة أزواج من الأسلاك الملفوفة أي أن الفئة (2) مكونه من ثمانية أسلاك وهي ملائمة 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 إلى 16 MHz .
- 4- الفئة (4) - أربعة أزواج من الأسلاك الملفوفة أي أن الفئة (4) مكونه من ثمانية أسلاك وهي ملائمة بالترددات إلى 20 MHz .
- 5- الفئة (5) - يكون التردد لحد 100MHz والفئة (6) يكون التردد لحد 250MHz وكلاهما يمتلك أربعة أزواج من الأسلاك الملفوفة اي مكونة من ثمانية اسلاك.

ولهذه القابلات 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 (9 - 3) القابلو نوع RG – 45B

3 - 3 - 3 كيبيل (قابلو) الليف الضوئي : Fiber Optic

ترسل الإشارات الرقمية خلال كيبيل (قابلو) الليف الضوئي باستخدام حزم الأشعة الضوئية لنقل المعلومات ولها مناعة (حصانة) (Immune) ضد التداخل الكهرومغناطيسي (Electromagnetic (EMI (Interference) والتداخل للترددات الراديوية (Radio Frequency Interference) (RFI) . ومن فوائده الأخرى الإرسال أكثر من 40 كيلومتر ومن مساوئه صعوبة النصب والصيانة و يحمل 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 بلاستيك (Cladding) لاحظ الشكل (10 - 3) .



الشكل (10 - 3) الكيبيل (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 القابلات 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 باللب الزجاجي (اللب) وهي 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 فمثلاً يتراوح قطر لب ليف زجاجي قطره الكلي يقع بين (400 – 50) مايكرومتر بين (3 – 2) مايكرومتر ويمتاز بكونه يستطيع نقل حزمة عريضة جداً من الترددات تصل إلى GHz (100) لكل كيلومتر . ويستخدم لنقل المعلومات الهائلة بين الحاسبات الالكترونية وبسرعة عالية جداً .

2 - ألياف متعددة النمط : Multi-mode Fibers

في هذا النوع يكون معامل انكسار قطر اللب للليف الزجاجي أعلى من معامل انكسار الغلاف الخارجي وتكون مساحة مقطع اللب الداخلي كبيرة نسبياً فإذا كان قطر الليف الزجاجي الكلي (125 مايكرومتر) مثلاً فإن 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

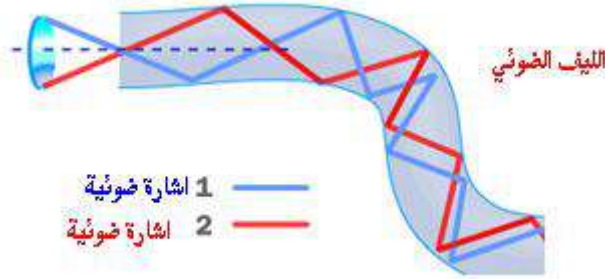
في هذا النوع يكون الغلاف واللب قطعة واحدة إلا أن معامل الانكسار في مركز الليف الزجاجي يكون في أعلى قيمة له ويقل تدريجياً عند الابتعاد عن المركز ويمتاز هذا النوع بكونه يستطيع نقل إشارات ذات حزمة ترددات اعرض من النوع الثاني حيث تصل إلى MHz (100) لكل كيلومتر .

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 للليف البصري وتعتمد خواص هذه الألياف على نوع الليف والمواد المصنعة منها وطريقة التصنيع وتُعد الألياف المصنعة من السليكا المطعمة أفضل الألياف البصرية وتستخدم لنقل المعلومات لمسافة قصيرة وعرض نطاق محدود ، كما أن تكلفتها قليلة .

ج - مبدأ عمل الألياف الضوئية

تتم عملية توجيه الضوء خلال مسار معين ولأن الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة فإنه 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. ولأن هذا الجدار لا يمتص أيأ من الضوء الساقط عليه فإن الإشارة الضوئية يمكن أن تصل إلى مسافات طويلة من مكان إرسالها الى مكان استلامها. الشكل أدناه يوضح مبدأ العمل لهذه الألياف، لاحظ الشكل (3 – 12).



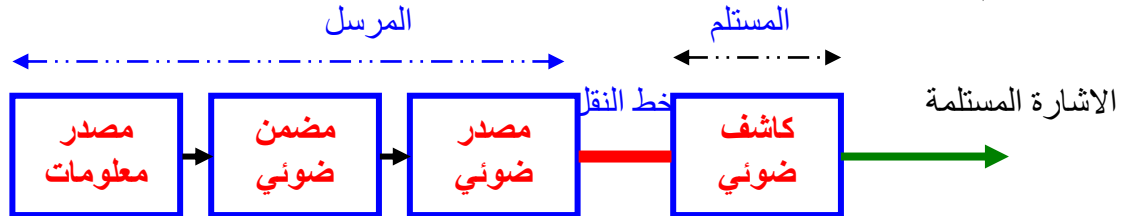
الشكل (3 – 12) كيفية انعكاس الحزم الضوئية لنقل المعلومات داخل الليف الضوئي

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

1- المرسل : Transmitter

2- خط النقل (ليف ضوئي) : Fiber-Optic

3- المستلم : Receiver



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

يجري تضمين المعلومات المراد إرسالها على شعاع ضوئي يولد عادة من الليزر أو من الثنائي الباعث للضوء (LED) وبقدرة قليلة حيث أن التطور الحاصل بتوليد أشعة الليزر بوساطة المواد شبه الموصلة جعل بالإمكان صناعة مصادر توليد الليزر بكلفة قليلة نسبيا وبقدرة 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 جداً . يعني إمكانية نقل معلومات بسرعة عالية جداً .
 - 2- قطرها صغير ووزنها خفيف .
 - 3- لا تتعرض للتداخلات الكهرومغناطيسية مما يجعل الإشارة تنتقل بسريرة تامة مما له أهمية خاصة في الأغراض العسكرية .
 - 4- فقد اقل للإشارات المرسلّة .
 - 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

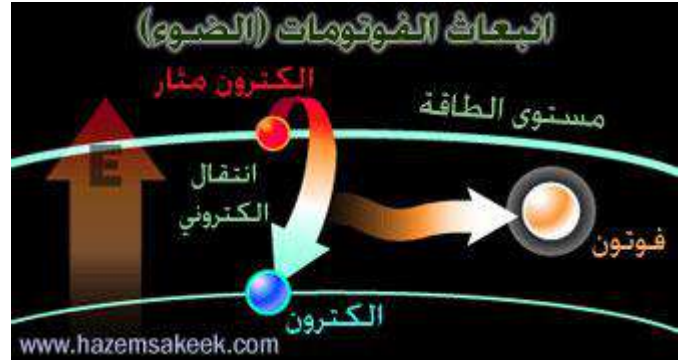
تضخيم الضوء بالانبعاث المهيج للإشعاعات (**Light Amplification by Stimulation Emission of Radiation**) جهاز الليزر عبارة عن مولد لأشعة ضوئية مركزة إلى درجة عالية وذات تردد واحد وطور واحد ثابتين ، ويقوم عمله على تعبئة (ضخ) طاقة ضوئية خارجية إلى ذرات إحدى المواد المكونة لليزر مثل (الكروم في الياقوت الأحمر) مما يؤدي إلى انتقال بعض الإلكترونات لذرات تلك المادة من المدار الداخلي إلى مدار خارجي مجاور ، مكتسبة بذلك الطاقة وعند رجوع هذه الإلكترونات إلى مداراتها الأصلية تبتث شعاع الليزر الذي يتوقف تردده على مقدار الطاقة المحررة من الذرة لاحظ الشكل (3 - 14). إن شدة الطاقة الضوئية تعتمد على مقدار الإلكترونات الساقطة ولا بد من الإشارة هنا إلى أنه من غير الممكن توليد أشعة الليزر باستخدام المواد التي تحتوي على أقل 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 يُعدّ 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 ضخ ل طاقة الأشعة في بقعة صغيرة. تستخدم في لحام المعادن والعمليات الجراحية الدقيقة وفي حقول المواصلات اللاسلكية. وكذلك يستخدم في مشغل الأقراص الليزرية (CD ROM drive).



1

انتقال الكترون من مستوى طاقة قليل إلى مستوى طاقة أعلى



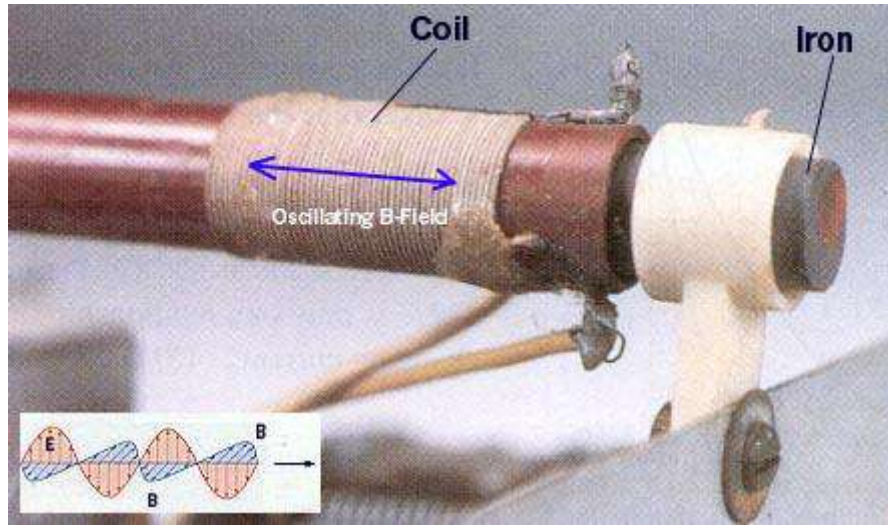
2

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

الشكل (3 - 14) مستويات الطاقة للذرة

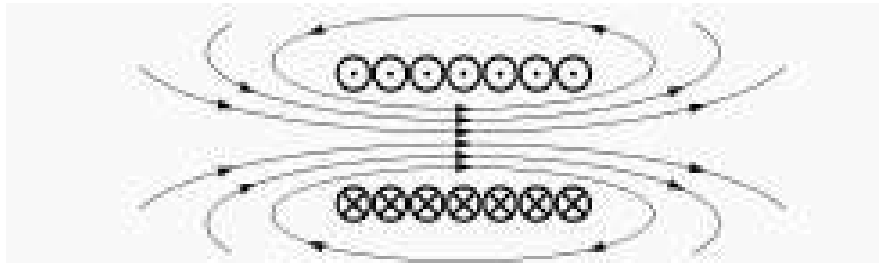
6 - 3 الموجات الكهرومغناطيسية : Electromagnetic Waves

في عام 1820 استطاع العالم (ارستد) اكتشاف العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية ومن تلك اللحظة ابتداء علم الكهرومغناطيسية وأول نتاج لاكتشافات (ارستد) هو المغناطيس الكهربائي الذي يتكون من ملف يسري فيه تيار كهربائي يكون مجالا مغناطيسيا حول الملف وعند وضع الملف حول قطعة حديد تتضاعف قوة المغناطيس آلاف 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 منات الاستعمالات لاحظ الشكل (15 - 3) .



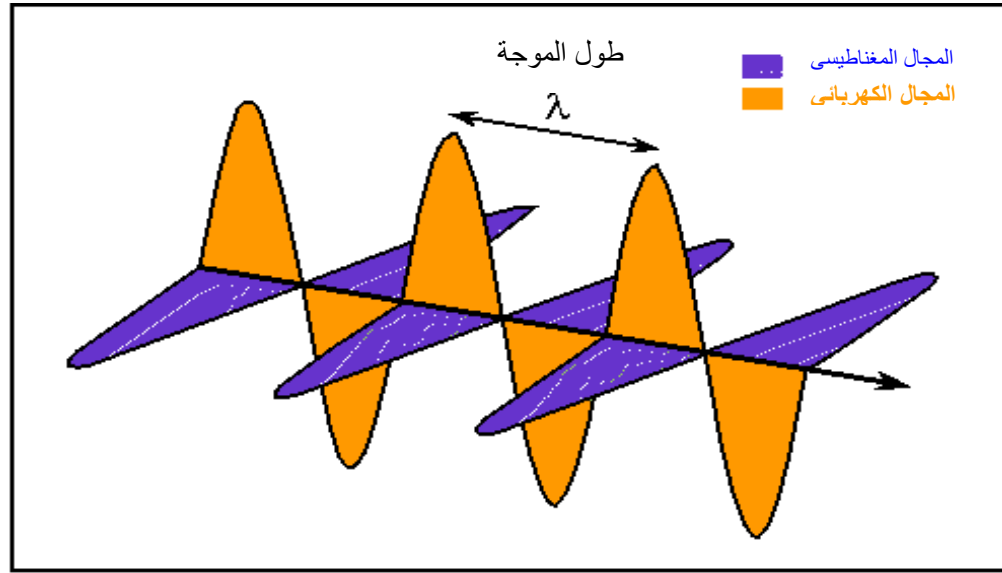
الشكل (15 - 3) خطوط المجال المغناطيسي

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



الشكل (16 - 3) خطوط المجال المغناطيسي

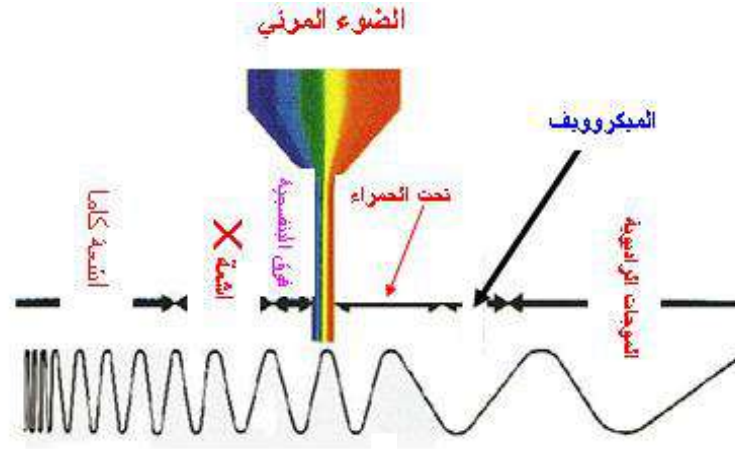
بالإمكان إنتاج أمواج مغناطيسية من دائرة كهربائية معينة وتكون هذه الأمواج مشابهة في طبيعتها إلى الأمواج الضوئية وقد تمكن العالم (هرتز) من اكتشاف طريقة في توليد الأمواج الكهرومغناطيسية باستعمال متسعة يمر فيها تيار إلى قيمة درجة التفريغ (Discharge) خلال المتسعة ويسري هذا التيار ذهابا وإيابا بين صفيحتي المتسعة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



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 الموجي (Wave Length) أو التردد (Frequency) حيث أن 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 أن درجة الحرارة المتولدة أو أية مؤثرات أخرى هي التي تمد الشحنات بالطاقة ويعتمد الطول الموجي للأشعة الكهرومغناطيسية على درجة إثارة الشحنة ومن هنا نجد أن الطيف الكهرومغناطيسي له مدى واسع وللتمييز 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 الموجي من خلال المعادلة:

$$\text{سرعة انتشار الموجة} = \text{طول الموجة} \times \text{التردد}$$

$$s = l \times d$$

حيث ان وحدة التردد هي (هرتز) ووحدة الطول الموجي هي المتر كما هو واضح في المخطط للطيف الكهرومغناطيسي حيث يبدأ من أمواج الراديو ذات الطول الموجي 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 الموجي 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:

$$E = h \nu$$

حيث أن الثابت h هو ثابت بلانك $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

E تمثل الطاقة و ν تمثل التردد

وتستخدم وحدة الإلكترون فولت للتعبير عن طاقة الأشعة الكهرومغناطيسية

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

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

7 - 3 أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية

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

1 - 7 - 3 الموجات الراديوية

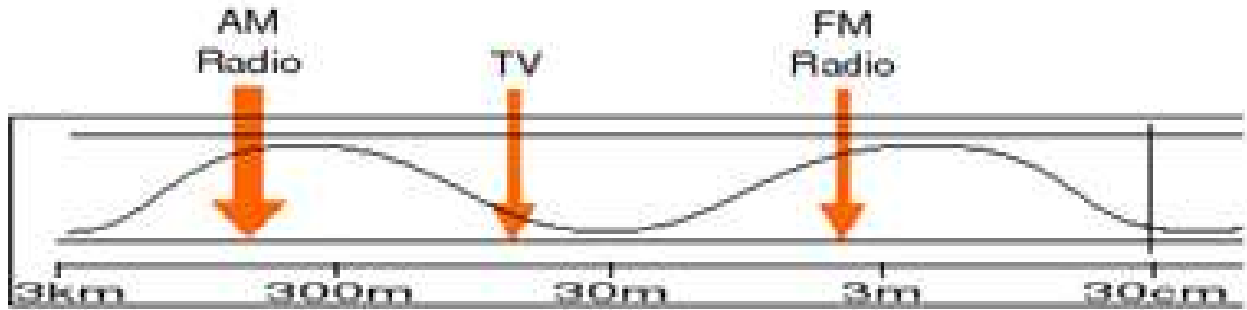
كان لتجارب العلماء مثل هرتز (Hertz) وماكسويل (Maxwell) وفرداي (Faraday) واختراع التلغراف بوساطة العالم ماركوني (Marconi) الفضل في اكتشاف الأمواج الراديوية وفهمها واستخدامها في العديد من التطبيقات. الأمواج الراديوية لها أكبر طول موجي في الطيف الكهرومغناطيسي وتستخدم في نقل إشارة الصوت ونقل إشارة التلفزيون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

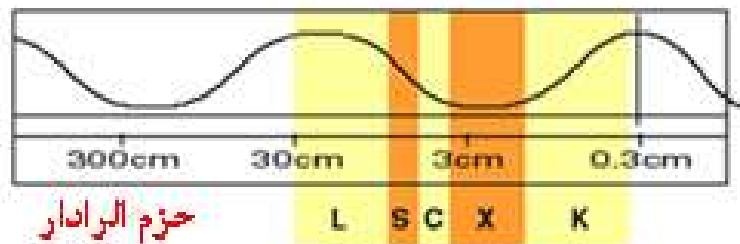
تستخدم أمواج الراديو في المجالات الصناعية في الاتصال بين المؤسسة وموظفيها وتمكنهم من تبادل المعلومات من مواقع عملهم. كذلك تستخدم في أجهزة السيطرة عن بعد للتحكم في الأجهزة ، يقوم علماء الفلك باستخدام تلسكوبات خاصة لالتقاط أمواج الراديو من الفضاء الخارجي لاحظ الشكل (3 - 19) .



الشكل (3 - 19) الطيف الموجي للترددات الراديوية

2 - 7 - 3 أمواج المايكروويف

أمواج المايكروويف هي جزء من الأمواج الكهرومغناطيسية ذات طول موجي طويل يقاس بالسنتيمتر من (0.3 إلى 30) سنتيمتر 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)

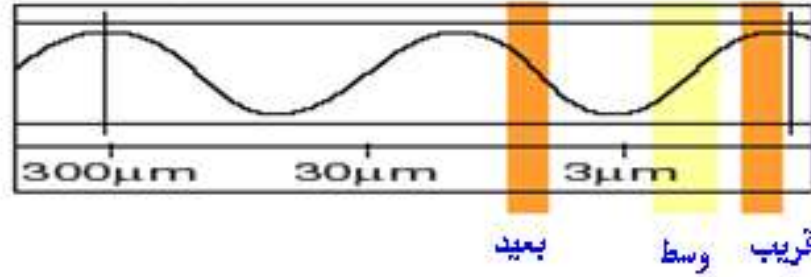


الشكل (3 - 20) الطيف الموجي لأشعة المايكروويف

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 (3 - 21)



الشكل (3 - 21) 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:

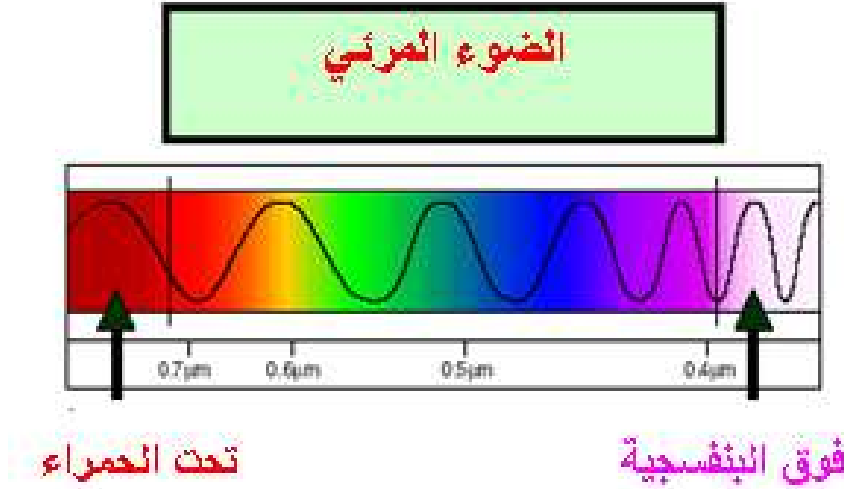
يستخدم الأطباء الأشعة تحت الحمراء لمعالجة الأمراض الجلدية ولتخفيف الألم الذي قد يصيب العضلات .
 تتم هذه المعالجة بتسليط الأشعة تحت الحمراء على جسم المريض حيث تخترق الجلد وتعمل على تدفئة الجلد بدرجة معينة لتنشيط الدورة الدموية .

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 .

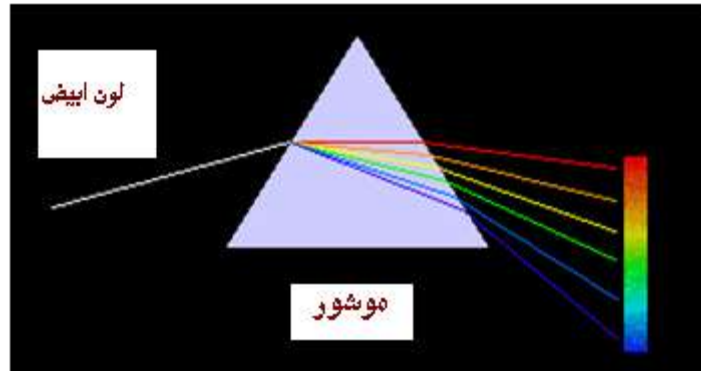
4 - 7 - 3 الأشعة المرئية :

وهو الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي نراه ونرى بوساطته . يكون هذا الطيف على شكل ألوان كالتالي 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 الموجي .



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 الموجي 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) بواسطة 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 أكبر 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 :

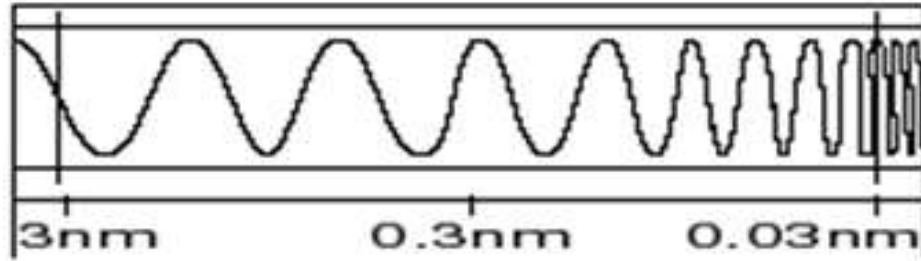
تستخدم الأشعة فوق البنفسجية في صناعة الدوائر الإلكترونية الرقيقة .ومن خلال مصابيح خاصة تتم دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على المواد حتى نتأكد من صمودها تحت أشعة الشمس قبل استخدامها في الصناعات المختلفة. ويستخدم العلماء الأشعة فوق البنفسجية في دراسة مستويات الطاقة للذرات المختلفة . كما يسهل عملية تحديد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

ج - 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 بذرّات أخرى. الجهاز الذي ينتج أشعة اكس يعمل على تعجيل الإلكترونات المنبعثة من فتيلة إلى سرعات عالية لتتصادم 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 الموجي للأشعة فوق البنفسجية وهذا يعني أن طاقتها أكبر . لأشعة اكس تطبيقات عدة منها :

أ - في المجال الطبي :

عند تسليط أشعة اكس على جسم الإنسان لمدة زمنية 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.

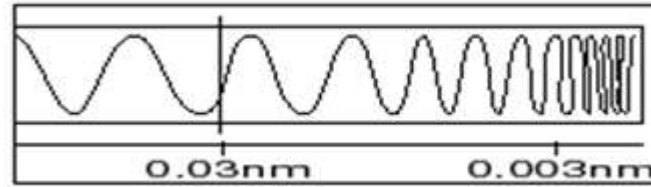
ب - في المجال الصناعي:

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

7 - 7 - 3 أشعة كاما : Gamma-rays

هذه الأشعة ذات الطول الموجي 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 بواسطة فرق جهد عال 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 الموجي 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. إلا أنَّ التعرض لها أيضاً 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 الليزري 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.

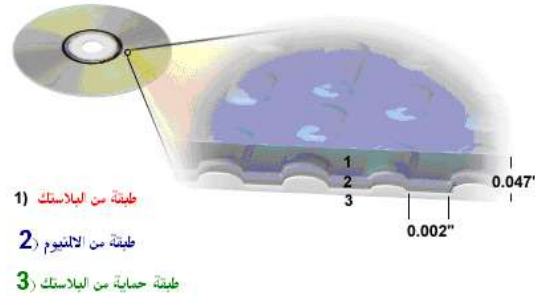
جاءت تسميتها بهذا الاسم (سي دي) من أول أحرف للاسم الإنجليزي
سي دي (Compact Disk)

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 أيضا أقراص بقطر يقارب 8 سم له القابلية على تخزين 193 MB بزمن 22 دقيقة، وتوجد كذلك أقراص الـ DVD لها القابلية على تخزين ما يقارب الـ 9GB، وهناك أنواع عديدة وبسعات مختلفة. وبدراسة تركيب قرص CD يمكن فهم كيف يمكن تخزين هذا الكم الهائل من المعلومات على المساحة الصغيرة نسبياً

3-8-2 مكونات قرص CD

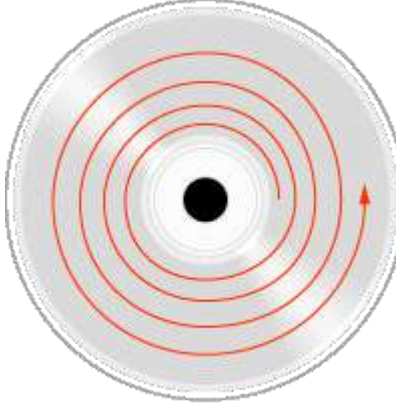
يتكون قرص الـ CD من البلاستيك بسمك قدره 1.2 ملم تعرف باسم polycarbonate وعلى هذه الطبقة توجد طبقة رقيقة من الألمنيوم اللامع بسمك 1.25 نانومتر مغطاة بطبقة حماية من مادة الاكريليك acrylic كما في الشكل (3 - 26) .



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 ميجابايت.

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 رئيسية هي :

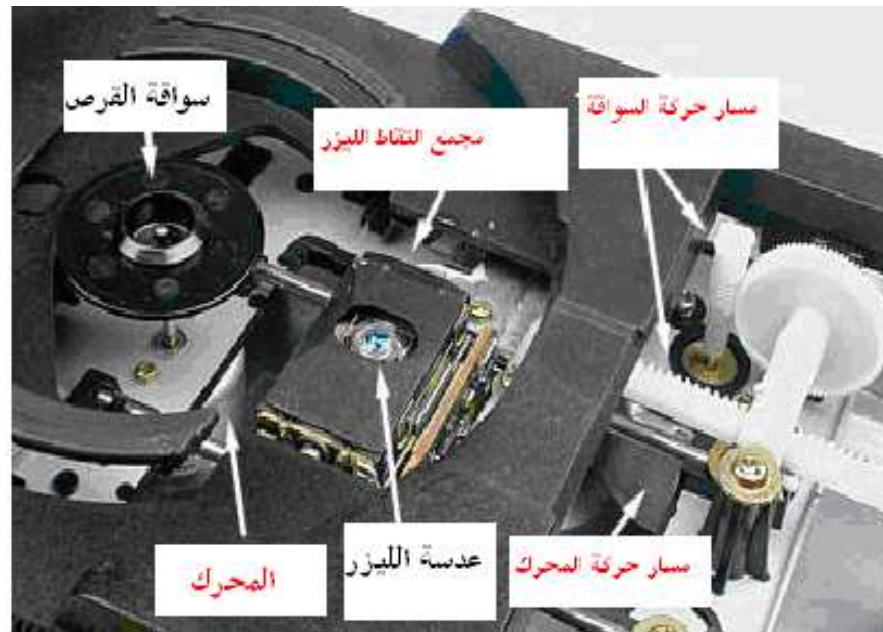
- **المحرك :** يقوم بتدوير قرص CD والتحكم بسرعه التي تتراوح من 200-500 دورة في الدقيقة .
- **الليزر :** وهو الأداة المستخدمة لقراءة البيانات من القرص .
- **الباحث :** وهو الذي يقوم بتوجيه شعاع الليزر على المسارات المخصصة للبيانات بدقة فائقة .

لاحظ الشكل (29 - 3).



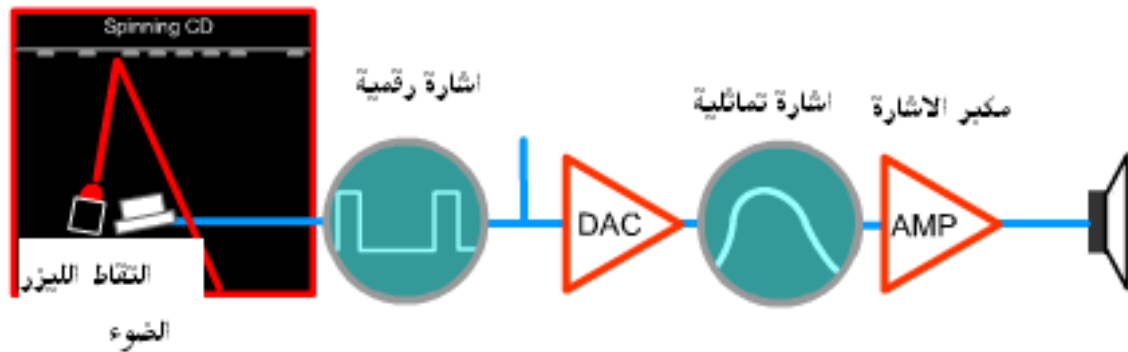
الشكل (29 - 3) مشغل أقراص الـ CD

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



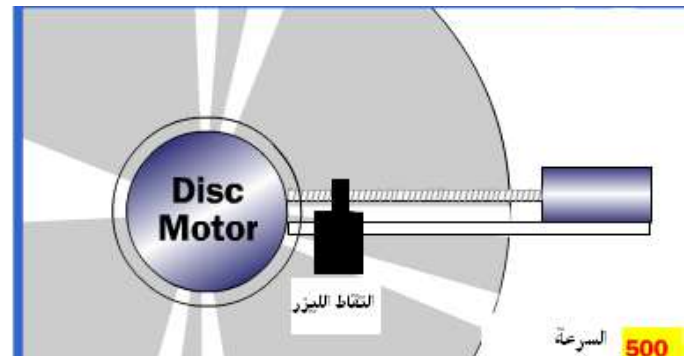
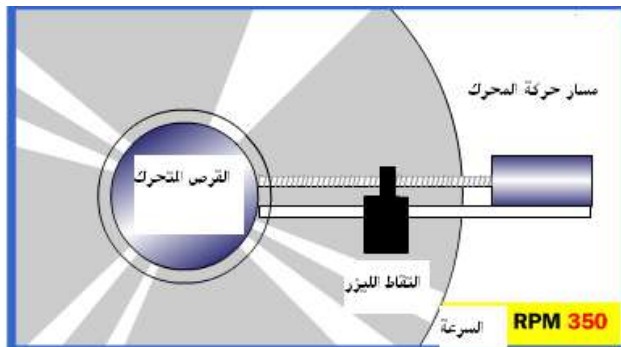
الشكل (30 - 3) مكونات مشغل الأقراص

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 المخزنة على القرص وتحويلها إلى معلومات، لاحظ الشكل (3-31).



الشكل (31 - 3) عملية نقل البيانات المخزنة 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) المرسله أي فصلها عن الموجة المحملة وإرسالها إلى دائرة كهربائية تقوم بتحويلها إلى كلام مسموع ، كما ان عمليه التضمين في المرسله تتم بجمع او طرح الموجة الممثلة للكلام مع الموجة المحملة .
- يتم التوزيع باستخدام القابلات التي تدفن تحت الأرض وتدعى بالقابلات 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 القصبانية تكون إحدى النماذج التي تتألف من الموصلات من دون العازل ومتصلة على عوازل مثبتة على أعمدة خشبية او أعمدة معدنية .
- القابلات المحورية (Coaxial Cable) تتكون من سلك موصل من النحاس يحيط به عازل من البلاستيك وتلف عليه طبقة من الأسلاك الشعرية وتغلف بمادة بلاستيكية عازلة من كلوريد البولي فينيل PVC او مادة ليثرويلين والمستخدمه في الهاتف تحيط بها شبكة شعرية (Shield) ولها تحمل درجات حرارية عالية.
- من أنواع القابلات المستعملة في الاتصالات هي القابلات 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 القابلات 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 الاكريلاك .

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 القابلات 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 بالرسم .
- (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

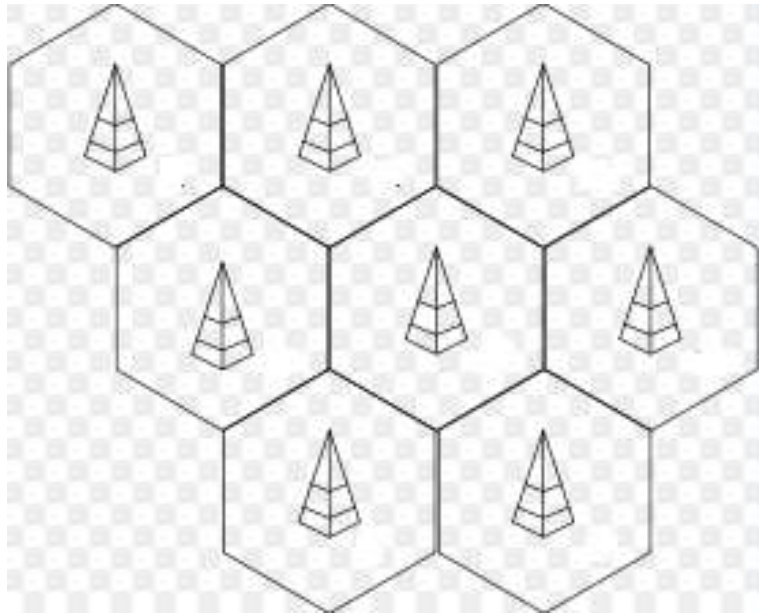
الهاتف الخليوي (المحمول) Cellular Telephone

1 - 4 تمهيد :

جهاز الهاتف الخليوي (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 الخليوي كان الأشخاص الذين يحتاجون إلى الاتصال اللاسلكي بأجهزة متنقلة نتيجة لطبيعة عملهم كسائقي السيارات مثلاً 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 (70-100) كم.

هذا بالنسبة لهواتف الراديو، أما في نظام الهاتف الخليوي 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 الخليوي 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 الجوال Cell Phone أي الهاتف الخليوي وهذا هو الأساس في التسمية، أما كلمة المحمول والجوال فهي دلالات على قابلية التحدث من أي مكان في العالم .

لفهم عمل الهاتف الخليوي 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 آخر 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 و Walkie-Talkie وجهاز الجوال هي :

1. طريقة الاتصال Duplex

2. القنوات Channels

3. المدى Range

1 - طريقة الاتصال Duplex

كل 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 والآخر 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.

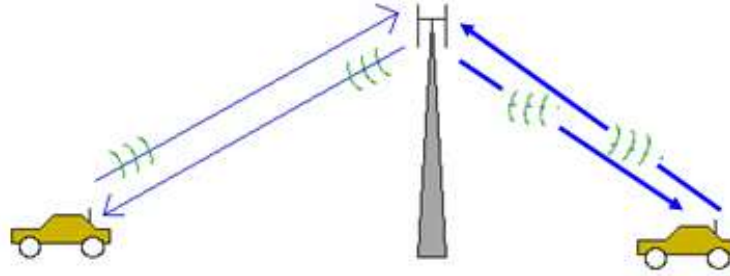
2 - القنوات Channels

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 أو أكثر.

3 - المدى Range

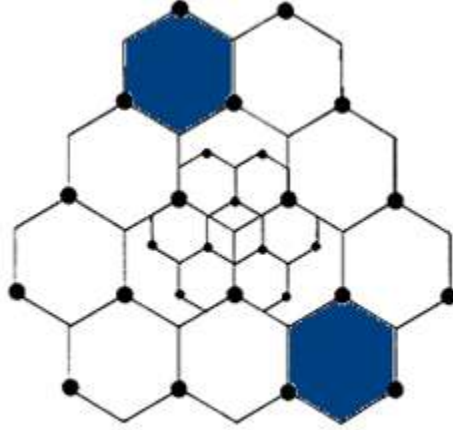
يمكن لأجهزة walkie - talkie أن تغطي مدى يصل إلى (2) كم باستخدام قدرة (0.25) واط وأجهزة CB RADIO تعمل على قدرة أكبر تصل إلى (5) واط فإن مداها يصل إلى (8) كم، ان أجهزة الهاتف الخليوي تعمل ضمن الخلايا التي قسمت فيها المدينة ويمكن أن تتحول من خلية إلى أخرى كلما تحركنا من مكان لآخر إنشاء الاستخدام، وهذا يعني أن المدى الذي يعمل فيه جهاز الهاتف الخليوي كبير جداً 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 والآخر يستمع. في أجهزة الراديو التي تعمل بنظام full-duplex فإن الشخصين المتحدثين يستخدمان ترددات مختلفة مما يسمح لهما التحدث في الوقت نفسه 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 (4 - 5).



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

عدد الأشخاص في الخلية الواحدة الذين يمكنهم استخدام الهاتف الخليوي للمنظومة التي تعمل بالنظام التماثلي Analogue System تستخدم (1 / 7) من القنوات المتوفرة أي إننا لو افترضنا أن المدينة مقسمة على سبع خلايا فقط فإن 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 الخليوي .
- 2- يستخدم كل جوال ترددتين 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 فإن كل خلية توجد بها 56 قناة متوافرة للإرسال . أي أن 56 شخصاً في الخلية الواحدة يمكنهم التحدث من خلال هواتف الجوال في الوقت نفسه .

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 بتكنولوجيا الجيل الثاني 2G حيث ازدادت عدد القنوات المتوفرة للاستخدام بحوالي ثلاثة أضعاف أي أصبحت 168 قناة متوافرة للاتصال في الوقت نفسه للخلية الواحدة. وسوف نشرح تطور تكنولوجيا الجوال وأجياله المعروفة بالاختصارات GSM ، CDMA ، TDMA في الفقرات القادمة.

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

يستخدم الهاتف الخليوي 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 أيضاً، 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 الخليوي 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 أيضاً على ربط كل الاتصالات من الهواتف الجواله مع الهواتف الأرضية التي تعمل بنظام الاتصال التقليدي . لاحظ الشكل (4 - 6) .



الشكل (4 - 6) فكرة عمل مكتب التحويلات MTSO

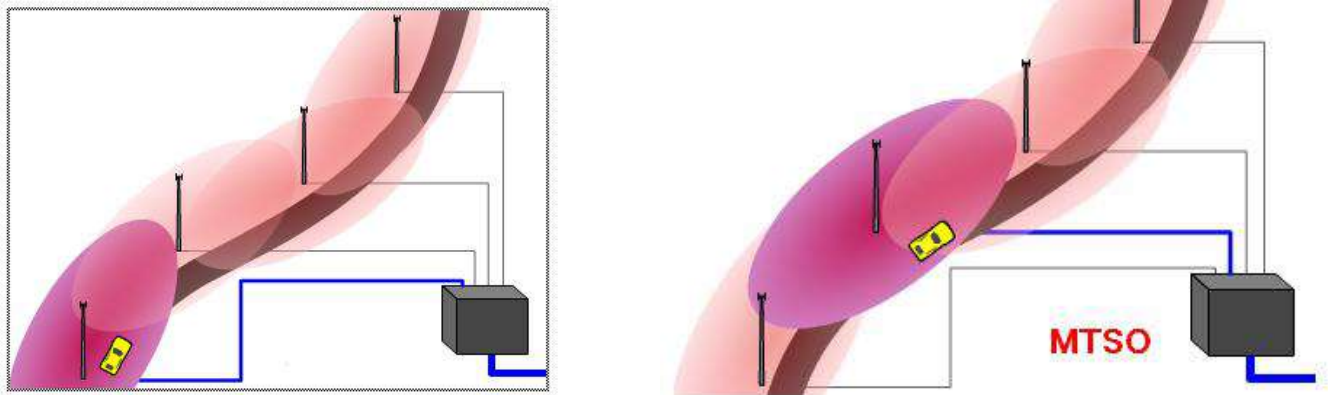
3- 4 مكتب التحويلات : (Mobile Telephone Switching Office (MTSO)

وهو عبارة عن حاسبة الكترونية في محطة الإرسال الخاصة بمنظومة الهاتف الخليوي يتحكم في كل نظام الهاتف ويتعقبه ويقس 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 أيضاً حساب قيمة الفاتورة لمكالماتك .

4 - 4 شفرات الهاتف الخليوي: Codes

التلفون المحمول يمتلك شفرات خاصة مرتبطة به ويعمل من خلالها. تستخدم هذه الشفرات لتعريف جهاز الهاتف الخليوي ، ومالكه، ومزود الخدمة أو الشركة التابع لها تبدأ الخطوة الأولى بتشغيل الهاتف الخليوي 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 الخليوي 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 تواجدده . **وإذا لم يجد الهاتف قناة التحكم هذه يعطي إشارة انه خارج نطاق الخدمة،** ثم تبدأ الخطوة الثانية بعد استقبال إشارة SID ، يقوم الهاتف الخليوي 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 الخليوي (الجوال) .

إذا كنت متحركاً أثناء الاتصال ووصلت إلى طرف الخلية فان مركز الخلية سيعلم بضعف الإشارة وتعلم الخلية التي تتجه إليها بان إشارة الهاتف الخليوي 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 (4 - 7) .



الشكل (4 - 7) الاتصال بين مكتب التحويلات والمشاركين

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 الشيفرات **System Identification Code** والمعروف بـ **SID** وهو عبارة عن رقم من 5 خانات مخصص لكل محطة إرسال من قبل مؤسسة الاتصالات الدولية FCC Federal Communications Commission.

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

5 - 4 تركيب جهاز الهاتف الخليوي :

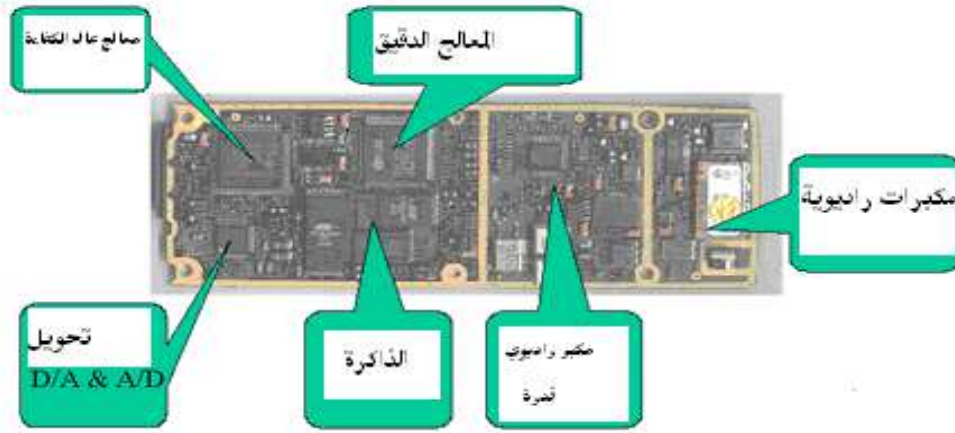
يُعدّ جهاز الهاتف الخليوي من أكثر الأجهزة التقنية تعقيداً من ناحية تكديس الدوائر الإلكترونية فيه على مساحة صغيرة ويقوم جهاز الجوال بإجراء الملايين من الحسابات كل ثانية أثناء ضغط الموجات الصوتية التي يرسلها وإعادة فك الموجات الصوتية التي يستقبلها لتتمكن من الحديث والاستماع إلى من تتصل بهم. ويحتوي على الأجزاء الرئيسية 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 عالي 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 الخليوي 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 وتترجمها إلى إشارة رقمية وتعمل القطعة الأخرى على استقبال الإشارة الرقمية التي تحتوي على شفرة الصوت وتترجمها 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 الخليوي بواسطة لوحة المفاتيح ويظهر كل ما تقوم به على شاشة العرض، كما يعمل على إرسال بعض الأوامر الذي يتطلب تنفيذها من محطة الهاتف الخليوي 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 الأجنده وتنظيم المواعيد . تحتوي اللوحة الالكترونية أيضا على مولد الإشارات الراديوية RF الذي يتعامل مع المنات من ترددات قنوات FM وتحتوي على قسم الطاقة الكهربائية المسؤول عن إدارة الطاقة الكهربائية وإعادة الشحن. كما تحتوي اللوحة الالكترونية على مكبر الإشارات الراديوية التي تتعامل مع الإشارات المرسله والمستلمة من وإلى 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

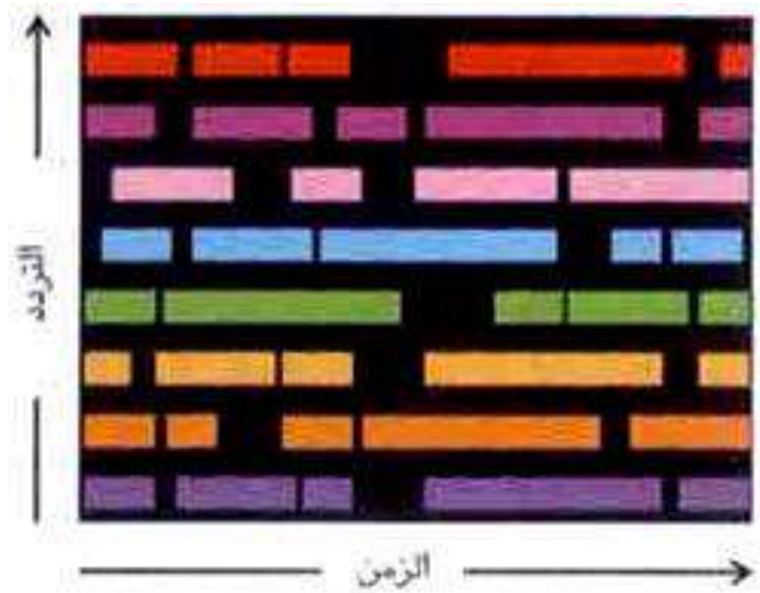
6 - 4 أجيال الهاتف الخليوي

في العام 1983 ظهرت التلغونات 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 (824 و 894) MHz . 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 الإشارة 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 لأكثر من مستخدم للهاتف الخليوي 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 إمكانات الإشارة المتبادلة بين الهاتف والشبكة التابع لها. حيث أنه من غير الممكن أن 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.

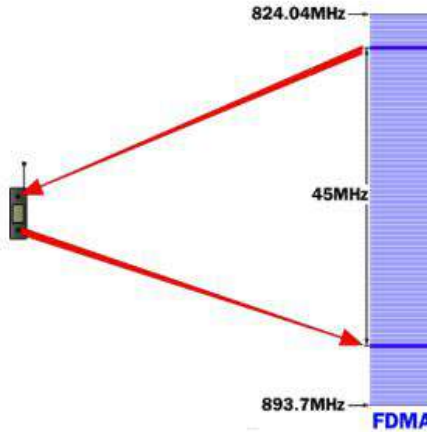
7 - 4 تقنيات الوصول المتعدد :

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

الوصول المتعدد بالتقسيم الترددي (FDMA)
الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني (TDMA)
الوصول المتعدد بالنظام المشفر (CDMA)

1 - 7 - 4 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 (13 - 4) 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).

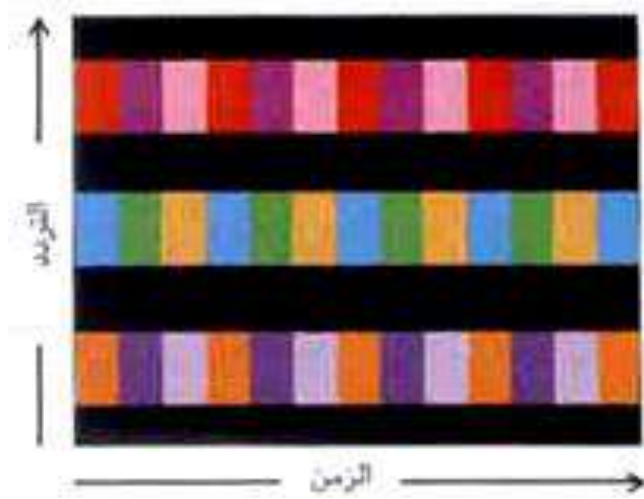


الشكل (13 - 4) تقسيم المدى الترددي إلى قنوات ترددية أصغر

2 - 7 - 4 الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني TDMA

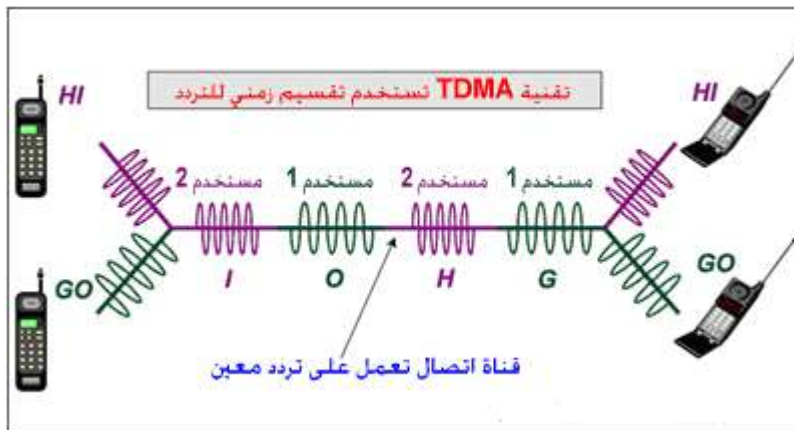
في هذه التقنية يمكن استخدام التردد نفسه لإجراء ثلاثة اتصالات لاسلكية من خلال توزيع التردد على ثلاث فترات زمنية ، فمثلا عند إجراء ثلاث مكالمات في الوقت نفسه وعلى التردد نفسه تقوم هذه التقنية بتحويل الإشارة الصوتية التماثلية إلى إشارة رقمية وتضغطها ثم ترسلها كمجموعة خلال ثلث المدة الزمنية للتردد والثلث 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 (4 - 14) 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 مكالمات مرسلات وبهذا يمكن على التردد نفسه إرسال ثلاث مكالمات في الوقت نفسه .



الشكل (4 - 14) يوضح الحيز الزمني المتكرر

ويوضح الشكل (4 - 15) 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.



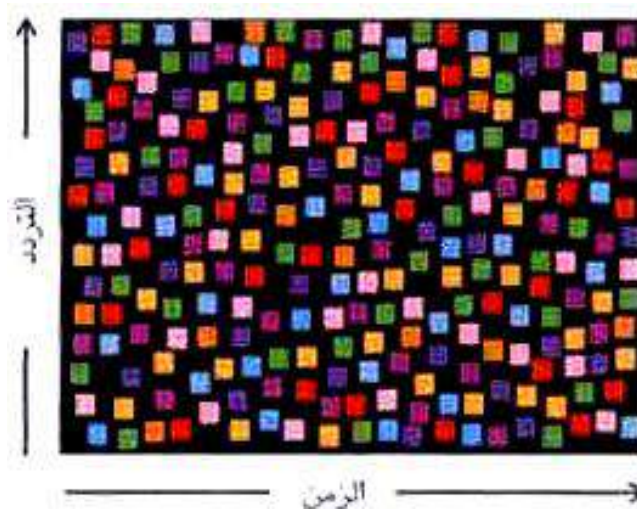
الشكل (4 - 15) تقسيم التردد في تقنية TDMA إلى فترات زمنية

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

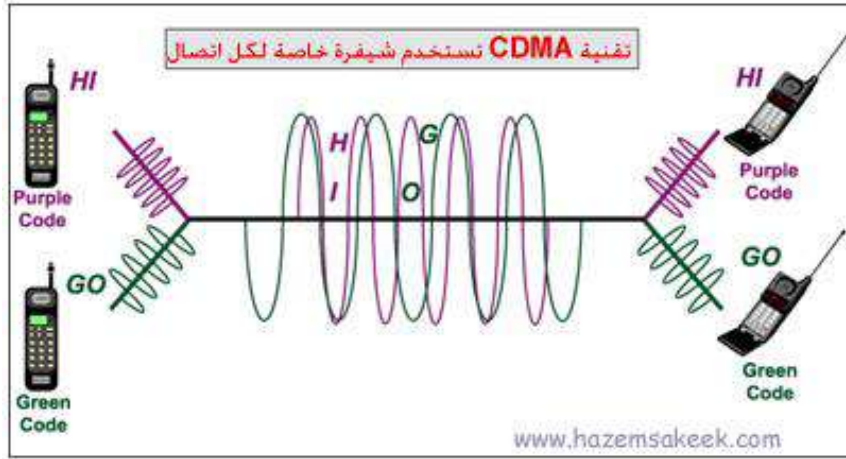
تستخدم تقنية CDMA وسيلة مختلفة تماماً عن تقنية TDMA فهذه التقنية تقوم بعد عملية التحويل (من التماثلي إلى الرقمي) بنشر البيانات الرقمية المضغوطة على ما هو متوافر في النطاق الترددي، أي أن البيانات ترسل في صورة حزم أو رزم على ترددات متفرقة متاحة للاستخدام خلال أية مدة زمنية.

أو بدلاً من إرسال البيانات على قنوات مخصصة وترددات محددة فإن هذه التقنية تقوم بتقسيم المعلومات والبيانات إلى حزم (رزم) ثم ترسلها على إحدى القنوات المتاحة. كما هو موضح بالشكل (4 - 16) 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 اللحظة نفسها .



الشكل (4 - 16) تقسيم المعلومات والبيانات إلى حزم

الشكل (4-17) يوضح كيف أن البيانات الصوتية الصادرة من هاتفين أحدهما 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 فإن الشفرة المميزة تقوم بجمع هذه الرزم وفكها .



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

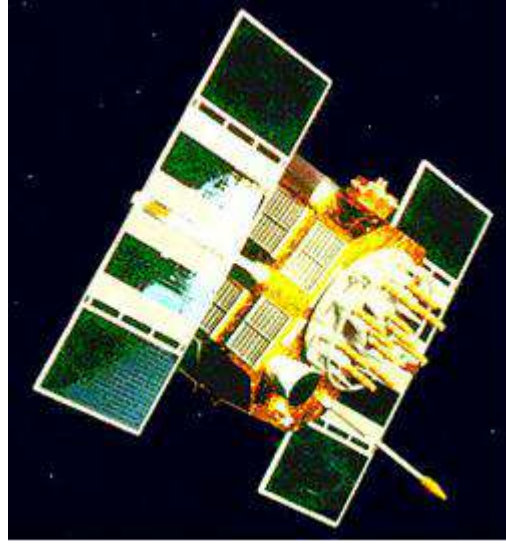
في تقنية CDMA كل مكالمة تحول إلى بيانات رقمية وتقسم إلى رزم ترتبط مع بعضها البعض بشفرة مميزة.

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 دوراً مهماً 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 (فعلياً 24 قمر اصطناعي مستخدم و3 أقمار احتياطية تعمل في حالة تعطل أي من الأقمار الرئيسية). وأنظمة استقبال المعلومات من الـ GPS تشبه أجهزة الهاتف الخليوي 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

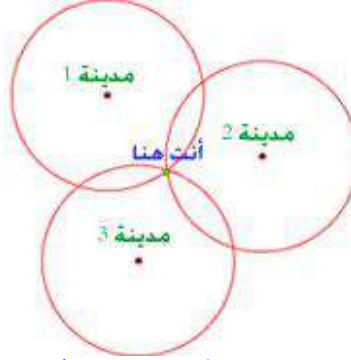
فكرة عمل نظام الـ GPS :

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 الآخر 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 نفسه 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 Microprocessor متطور يقوم المستقبل بتحديد الموقع باستخدام طريقتين مختلفتين الأولى تعتمد على إزاحة دوبلر Doppler Shift للإشارات الكهرومغناطيسية المرسله 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 المستقبل 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 كم² وتأخذ شكل سداسي الإضلاع و تحتوي على محطة تقوية و برج يحمل معدات إرسال راديوية .
- في أجهزة الراديو التي تعمل بنظام Full – Duplex فان الشخصين المتحدثين يستخدمان ترددات مختلفة مما يسمح لهما التحدث في الوقت نفسه .
- مكتب التحويلات (MTSO) يتحكم في كل نظام الهاتف الخلوي ويتبعه و يقيس 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 و عليها 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 والميكروفون 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 بواسطتها 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 الخليوي.
- (3) ما الفرق بين half duplex ، و full duplex ؟
- (4) وضح تقسيم الترددات الراديوية المتاحة لاستخدام الهاتف الخليوي.
- (5) ما مزايا اتصالات الهاتف الخليوي عن الأنظمة القديمة للاتصالات اللاسلكية ؟
- (6) اشرح مع الرسم عمل مكتب التحويلات (MTSS) .
- (7) اشرح شفرات الهاتف الخليوي (Codes) .
- (8) عدد الأجزاء التي يتكون منها جهاز الهاتف الخليوي .
- (9) ما الفرق بين الأنظمة FDMA ، TDMA ، CDMA المستخدمة في الاتصالات اللاسلكية لشبكة الهاتف الخليوي .
- (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 الكتلية لمراحل جهاز التلفزيون
- 6- الخلاصة
- 7- أسئلة للمراجعة ومسائل

الفصل الخامس

الهوائيات ومنظومات البث التلفزيوني

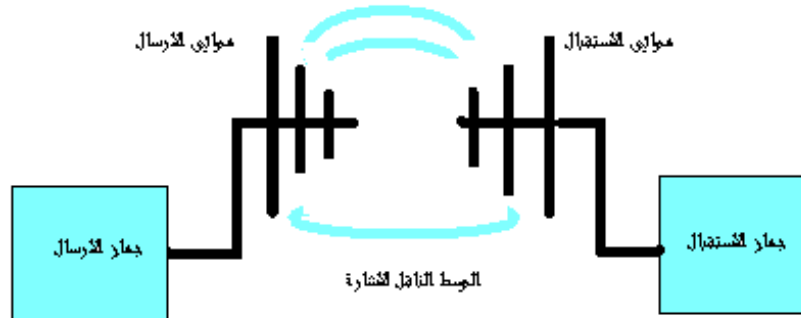
1 - 5 الهوائيات : Antennas

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 .

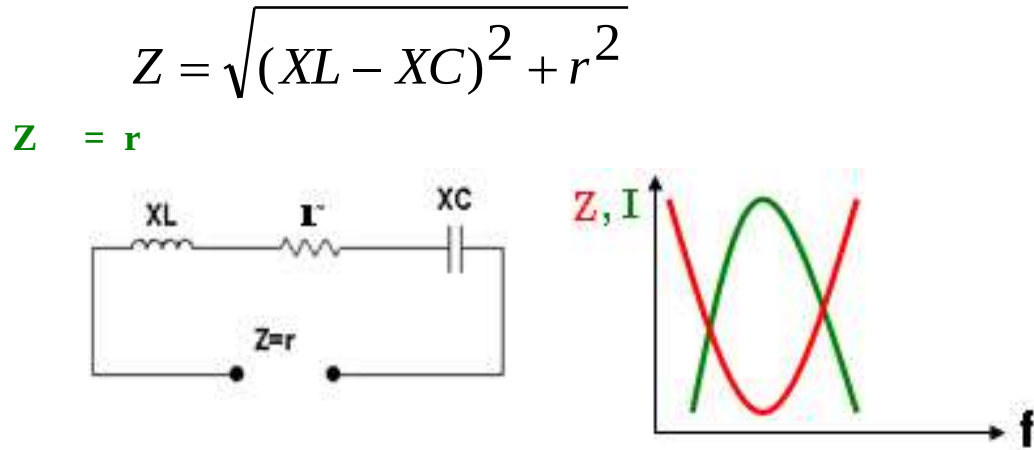
عند استخدام شوكتين رنانتين لهما التردد نفسه وطرقنا على إحداهما فإن الشوكة الثانية سوف تهتز من تلقاء نفسها أو اهتزاز وتر بوساطة وتر آخر بعيد عنه بزيادة توتر الوتر الثاني زيادة تدريجية فيهتز من تلقاء نفسه وتدعى هذه الحالة بالرنين (Resonance). وهناك دوائر الكترونية تسمى دوائر الرنين مكونة من (ملف ومتسعة) ذات تردد يمكن تغييره يدويا ، فعندما يتغير تردد رنين هذه الدوائر بحيث يصل إلى قيمة تساوي تردد إحدى الإذاعات المرسله في الجو فإن 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 المرسله . لاحظ الشكل (1 - 5) .



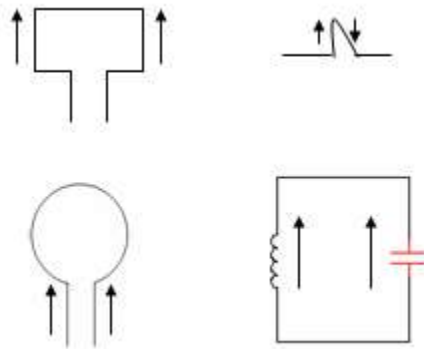
الشكل (1 - 5) هوائي الإرسال والاستلام في منظومة الاتصالات

ومبدأ عمل هوائي الاستقبال يقوم على أساس أن الموجات الكهرومغناطيسية المبعثة 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 وأقل ما يمكن للإشارة غير المرغوبة وعلى هذا يجب أن يصمم وكأنه دائرة رنين توالي حيث تصبح الممانعة السعوية (X_C) تساوي الممانعة الحثية (X_L) تكون الممانعة الكلية (Z) تساوي مقاومة الملف فقط . تكون قيمة التيار أعظم ما تكون في الوسط وأقل ما يمكن عند الأطراف لاحظ الشكل (2 - 5) ، وتحرك الالكترونات إلى الأمام والخلف مما ينتج إشعاع القدرة بشكل كهرومغناطيسي .



الشكل (2 - 5) الهوائي كدائرة رنين توالي

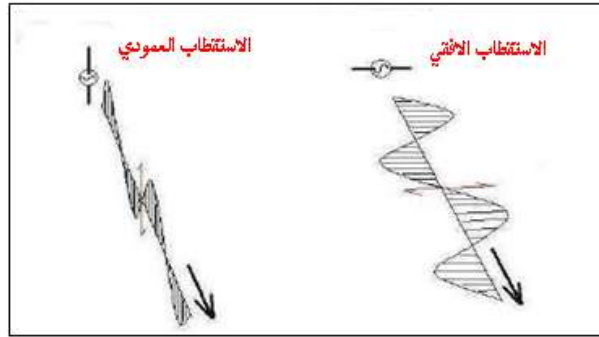
يعتبر الهوائي دائرة رنين مفتوحة لان إبعاد دائرة الرنين المغلقة لا تشع الموجات الكهرومغناطيسية ، يشع الموصل الذي يحمل تيارا ذو تردد عالي القدرة بشكل كهرومغناطيسي ، فإذا حنينا الموصل يمكن ان يكون الشكل مستطيلا أو دائريا لاحظ الشكل (3 - 5) .



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

1 - 1 - 5 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 بزواوية 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 أو استخدام استقطاب دائري لنحصل على نصف قيمة الاستلام وكذلك بالنسبة للاستقطاب الأفقي للإرسال فيجب استخدام استقطاب أفقي بالاستلام ويكون المجال المغناطيسي أفقياً . أما إذا استخدمنا أحد الهوائيات عمودي والآخر أفقي أو مائل بزواوية معينة فسيكون هنالك عدم توافق Mismatched وكما موضح بالشكل (4 - 5) .



الشكل (4 - 5) الاستقطاب الأفقي والعمودي

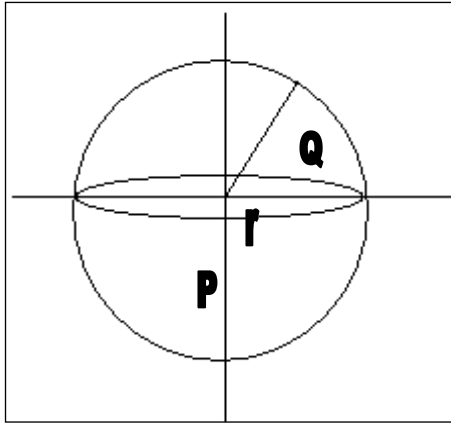
2 - 5 بعض أنواع الهوائيات:

توجد انواع كثيرة من الهوائيات المستخدمة في الاتصالات سنذكر منها:

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

1- الهوائي النقطي او الايزوتروبي: Isotropic Antenna

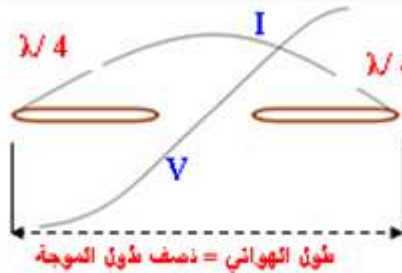
هي تلك النقطة التي تبث الطاقة بالتساوي وفي جميع الاتجاهات حيث يشبه البث من تلك النقطة شكل كرة حيث ان المصدر النقطي يمثل بالنقطة (P) وتكون القدرة المنتشرة على سطح الكرة مقاسه (واط لكل متر) والنقطة المعينة (Q) تبعد (r) عن المصدر المشع والواقعة على سطح الكرة، لاحظ الشكل (5 - 5) . P هي القدرة الداخلة الى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



الشكل (5 - 5) الهوائي النقطي

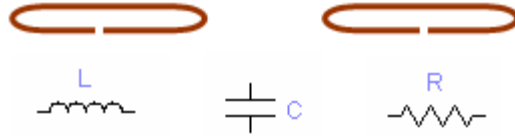
2- هوائي ثنائي القطب (الدايبول) Dipole او الثنائي البسيط :

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 والنتاج 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 يُعدُّ مكافئاً لدائرة رنين وهو مكون من محاثّة (L) ومنتسعة (C) ومقاومة (R) فالمحاثّة تنشأ من مرور التيار في عناصر الهوائي المعدنية ، والمنتسعة تنشأ عن الفجوة بين أجزاء الهوائي والأرضي، لاحظ الشكل (5 - 7) والمقاومة تأخذ شكل خسارة كهربائية نتيجة الترددات الراديوية ونحصل على مقاومة خالصة لهوائي الدايبول عند المنتصف تصل إلى حوالي (75) أوم .



الشكل (5 - 7) 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

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

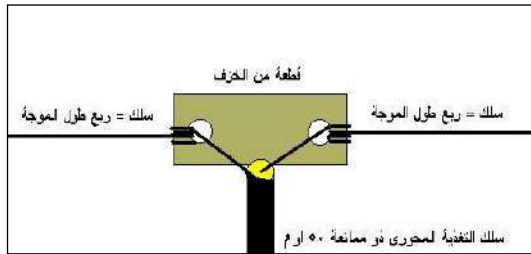
مثال :

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

الحل: $223 + 174 = 397$ ميكا هرتز

397

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



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

* نفرض سرعة انتشار الموجة يساوي سرعة الضوء

$$10 \times 300^6$$

$$10 \times 198.5^6$$

$$1.5 = \text{متر}$$

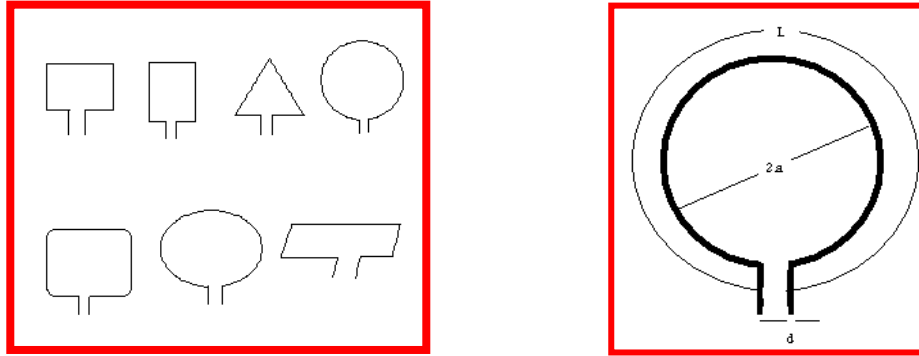
$$\text{طول الهوائي} = 1 / 2 \text{ طول الموجة}$$

$$1.5 \times 2 / 1 = 75 \text{ سم}$$

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

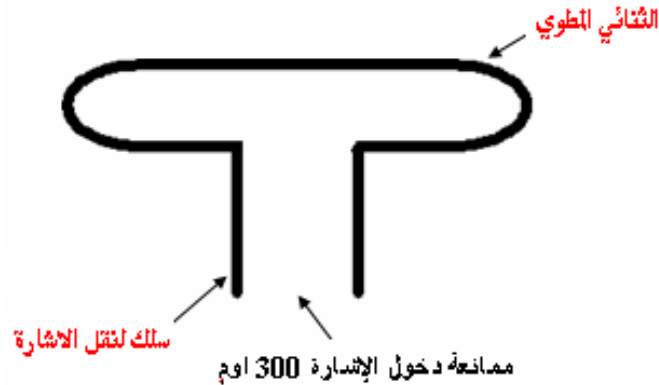
3 – الهوائي المطوي (الهوائي الحلقي) : Loop Antenna

وهو عبارة عن حلقة من سلك موصل يستخدم في الإرسال والاستلام للمديات القصيرة نسبياً. ويتخذ عدة أشكال دائري , مثلث , مربع أو أي شكل آخر ولكن جميع هذه الأشكال إذا امتلكت مساحة متساوية فإن هذه الهوائيات تمتلك الخواص نفسها. من مواصفات هذا الهوائي أن محيطه L أصغر أو يساوي اثنين بالعشرة من الطول الموجي λ وأن نصف قطر شكله الدائري a هو أصغر بكثير من الطول الموجي λ وسمك السلك المستخدم d هو أصغر بكثير من محيطه L لاحظ الشكل (5 - 8) .



الشكل (5 - 8) أشكال مختلفة لهوائي الدايبول المطوي

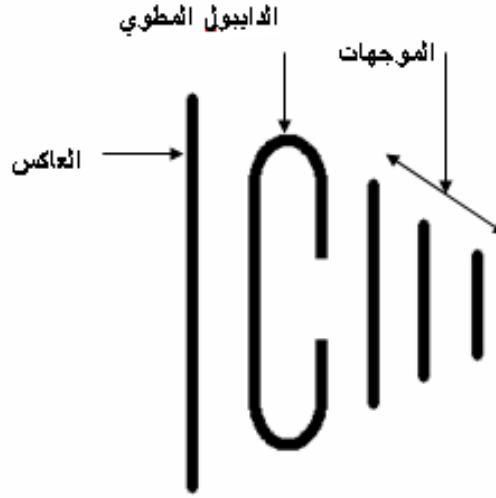
يتكون من هوائيين من الدايبول نصف الموجة متصلين مع بعضهما عند الأطراف وطول هوائي الدايبول المطوي يساوي نصف طول الموجة ويختلف عن هوائي الدايبول نصف الموجة في اتجاه ونموذج الإشعاع وممانعة خرج الإشارة أكبر منها لدايبول نصف الموجة وتساوي (300) أوم ويمتاز منحنى الاستجابة عند الرنين بأنه كبير وواسع، لاحظ الشكل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



الشكل (5 - 9) الهوائي المطوي

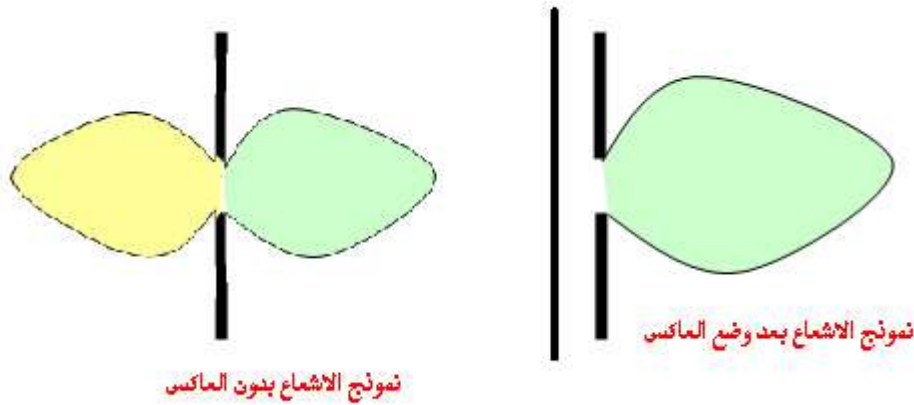
4 – هوائي ياكى : Yagi Antenna

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



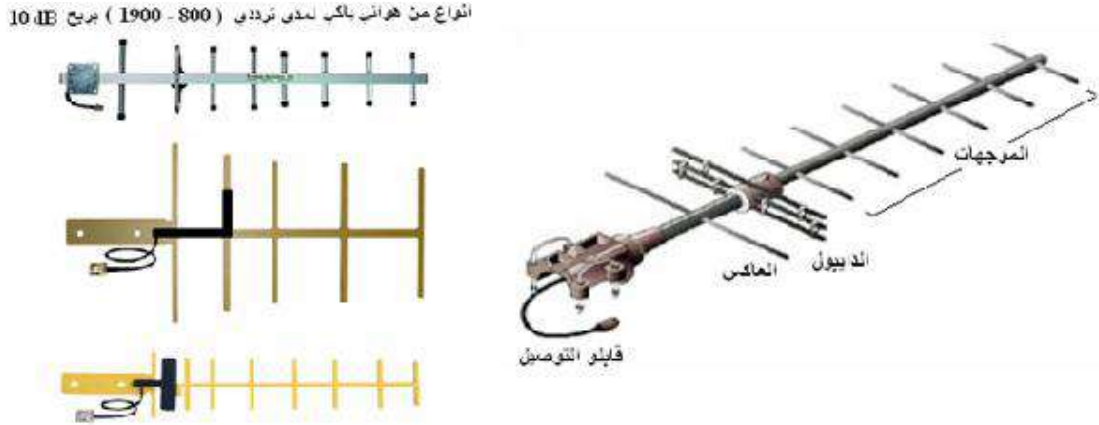
الشكل (10 - 5) هوائي ياكى

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 الدايبول 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 تضيق عرض منحنى 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 الموجّهات (Directors) توضع أمام الدايبول بالنسبة لاتجاه الإشارة المرغوب استقبالها والقادمة من المرسل. وتقوم الموجّهات بتركيز الإشارة للحصول على ربح اعلى اي لتحسين كفاءة الارسل والاستقبال. والموجهات تشبه في شكلها العاكس وتثبت في المستوى نفسه 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 الموجّهات على تضيق زاوية الاستلام، لاحظ الشكل (5 - 12) .

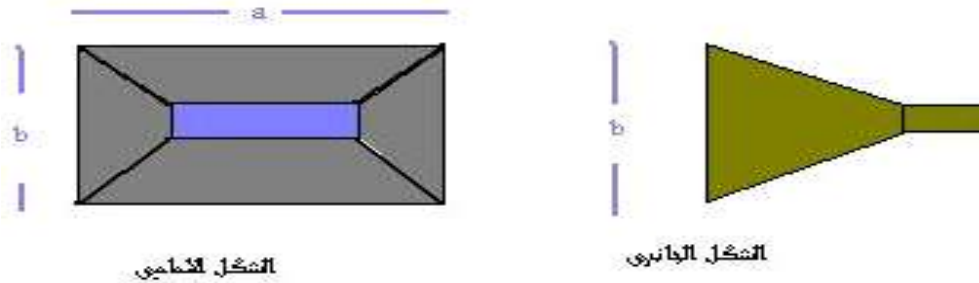


الشكل (5 - 12) اشكال مختلفة من هوائي ياجي

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 (5 - 13) .

العملي البوقي



الشكل العملي

الشكل الجانبي

الشكل (5 - 13) مخطط لهوائي بوق

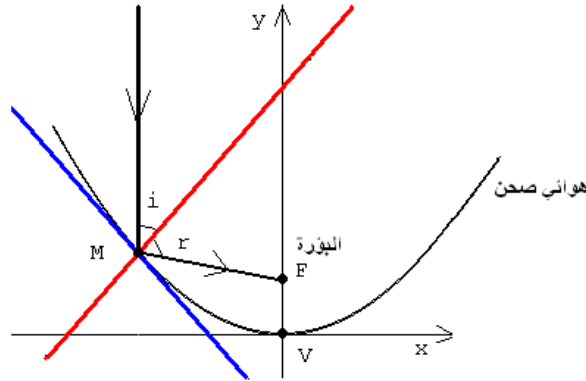
تستخدم في المايكروويف لان هذه الموجات تنتقل بشكل خطوط مستقيمة كما في الموجات الضوئية لذلك تحتاج إلى تركيز الموجات المايكروية في الإرسال والاستلام، لاحظ الشكل (5 - 14) .



الشكل (14 - 5) اشكال مختلفة من هوائي بوق

6 – هوائي الصحن : Dish Antenna

عبارة عن صحن معدني يقوم بعكس الإشارة وتجميعها في بؤرة الصحن الحاوي على عنصر الإرسال والاستلام. ويستخدم غالبا في اتصالات الأقمار الاصطناعية والاتصالات ذات التردد العالي جدا وفي اتصالات الفضاء. لاحظ الشكل (15 - 5) للقطع المكافئ، وفيه تكون الأشعة متجهة 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 فإن 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 المايكرووية 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 السوبرهتروداين 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 المرسله 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 (5 - 16) .



الشكل (5 - 16) هوائيات صحن

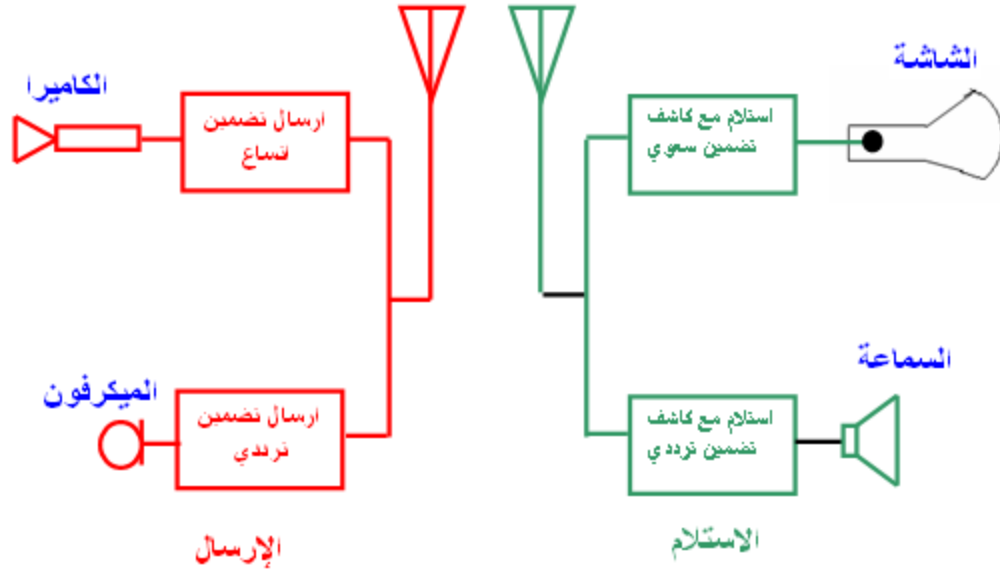
يمكن توجيه هوائيات القمر الاصطناعي بدقة نحو سطح الأرض وذلك بجعل القمر الاصطناعي متوازيا في مداره. ويتم ذلك بجعل جسم القمر الاصطناعي يدور حول نفسه مرة كل ثانية ، وهذا يمكن من توجيهه دائما باتجاه نقطة محددة (بشكل متوازٍ مع محور الأرض)، لاحظ الشكل (5 - 17) . من ناحية أخرى تدور هوائيات القمر الاصطناعي بالسرعة 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 صحن لتقوم بتوجيه الإشارات إلى منطقة محددة من سطح الأرض حيث تقوم المحطات الأرضية باستقبالها ويتم توجيه هوائيات القمر الاصطناعي إلى أية نقطة وذلك بوساطة إرسال إشارات تحكم خاصة .



الشكل (5 - 17) توجيه هوائيات القمر الاصطناعي

3 - 5 منظومة البث التلفزيوني :

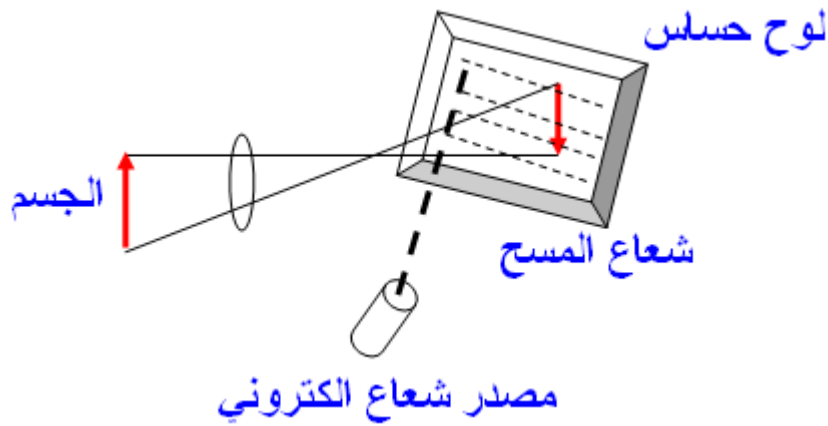
إن التطور الكبير في تكنولوجيا منظومات التلفزيون جعل هذه المنظومات لأغراض متعددة أهمها استخدام التلفزيون كوسيلة إعلامية وكذلك يستخدم في التعليم وفي الصناعة وفي أقسام السيطرة وكثير من الاستخدامات الأخرى. والشكل (5 - 18) يوضح مخططاً كتلوياً مبسطاً للمتطلبات الأساسية لكل من جهازي الإرسال والاستلام التلفزيوني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



الشكل (5 - 18) 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 إشارة الصوت (Sound Signal) فيقوم الميكرفون بتحويلها إلى إشارة كهربائية ذات تردد صوتي حيث تضمن هذه الإشارة بطريقة التضمين الترددي وتبث عن طريق الهوائي نفسه. 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 تضميناً ترددياً . يعمل جهاز الاستلام بالكشف عن إشارة الصورة أي استخلاصها من الإشارة الحاملة وتغذيتها إلى صمام الصورة (الشاشة) الذي يعيدها بدوره إلى معلومات ضوئية تمثل صورة الجسم المائل أمام الكاميرا. والكشف عن إشارة الصوت وتغذيتها إلى السماعة التي تحولها من إشارة كهربائية إلى صوت مسموع .

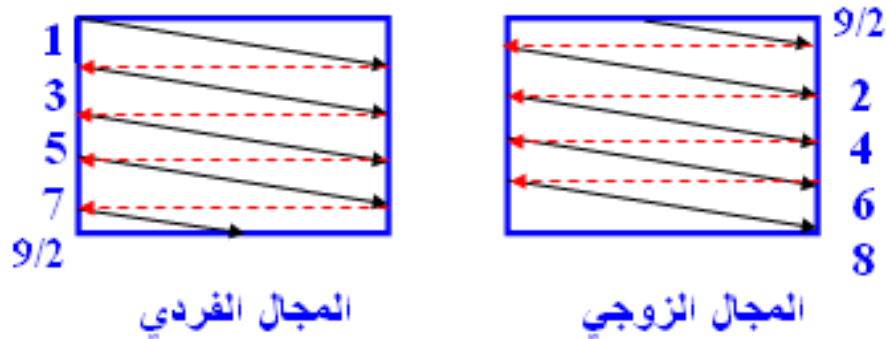
وتتم عملية تشكيل إشارة الصورة في الكاميرا التلفزيونية بواسطة عملية المسح (Scanning)، لاحظ الشكل (5 - 19) .



الشكل (5 - 19) تكوين الجسم على اللوح الحساس

يركز الضوء الساقط من المنظر (الجسم) بواسطة العدسات على لوح الصورة وهو لوح حساس وبسبب الخواص الكهروضوئية للوح الصورة تتحول الشدة الضوئية المختلفة الى تغيرات كهربائية تعتمد على شدة الضوء . يقوم الشعاع الالكتروني المتولد بواسطة مصدر الشعاع الالكتروني (الكاثود) أو يسمى بالقاذفة الالكترونية (Electron Gun) فيقوم الشعاع بمسح اللوح الحساس أفقياً بنقطة تبدأ من الزاوية العليا اليسرى و تتحرك بشكل خطوط مستقيمة من اليسار إلى اليمين إحداها تحت الآخر حيث أن كل 625 خط تمثل إطاراً (Frame) واحداً من الصورة ولإرسال صورته متحركة يجب أن يكون عدد الخطوط الممسوحة خلال ثانيه واحدة يساوي (25 x 625) 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 فإن الطريقة الحديثة بمسح الصورة تتم بمسح الخطوط الفردية او المجال (Field) الأول ثم الخطوط الزوجية والمجال الثاني، أي بمسح الخط (1) ثم (3) وهكذا إلى الخط 625 ثم يبدأ الشعاع الالكتروني ثانية بمسح الخط رقم (2) ، (4) و يستمر إلى 624 . لاحظ الشكل (5 - 20) الذي يوضح مسح 9 خطوط ويدعى بالمسح التبادلي أو ألتشابكي .



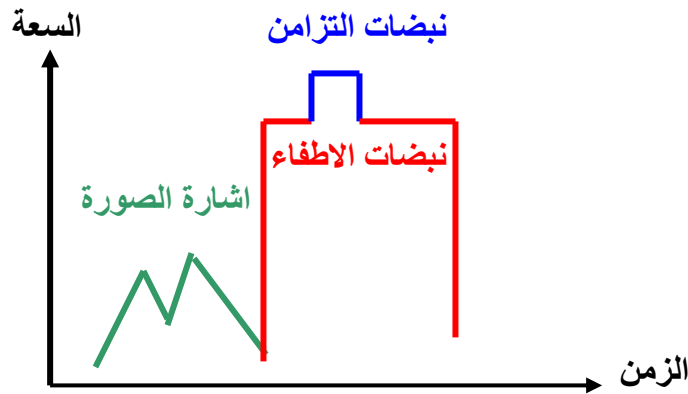
الشكل (5 - 20) المسح التبادلي

و لكي تظهر معلومات الصورة بشكل واضح و مستقر على شاشته 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 :-

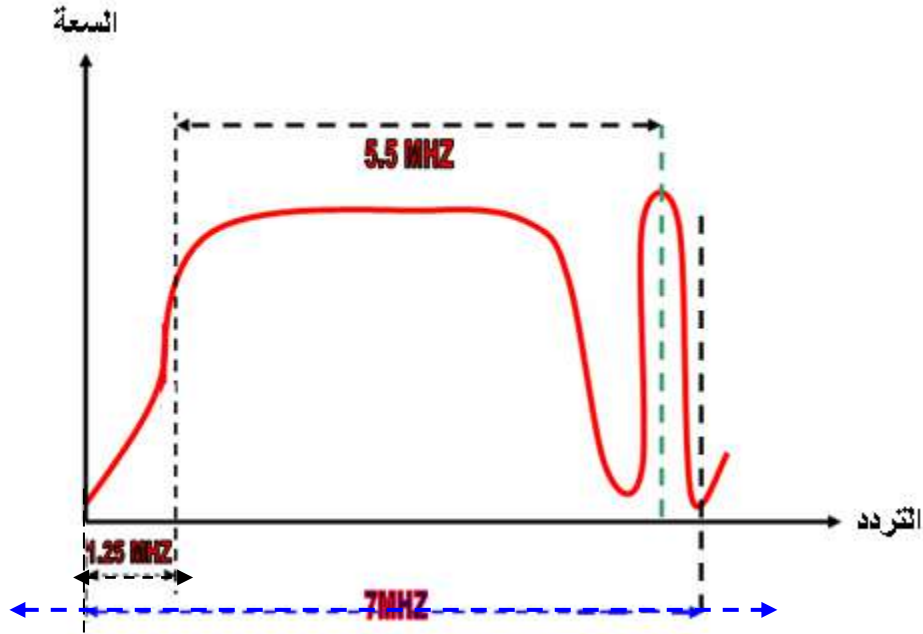
- 1- إشارة الصورة **Imoge signal** : تمثل كل المعلومات للمنظر المصور المراد إرساله .
- 2- نبضات الإطفاء : أفقية و عمودية تعمل على إطفاء الشعاع الالكتروني أثناء العودة .
- 3- نبضات التزامن : أفقية و عمودية و هي عبارة عن وسيلة تحكم تربط تزامن الشعاع الالكتروني أثناء تحركه على شاشته التلفزيون مع الحركة 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 أكبر 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 فإن 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) منحنى الإرسال الجزئي للحزمة

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

تردد القناة (9) بين (209 - 202) MHz

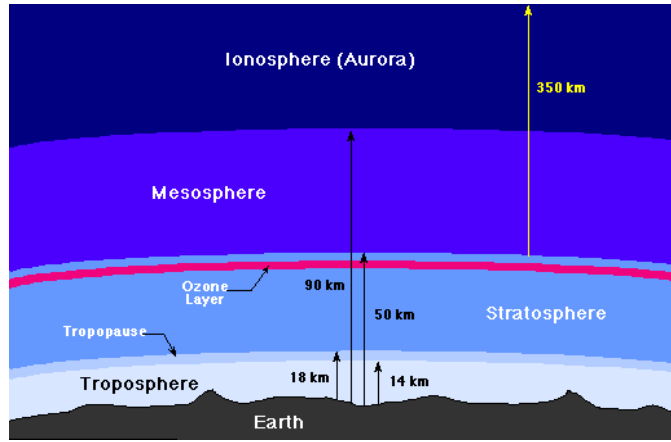
$203.25 = 1.25 + 202$ ميكاهرتز حامل الصورة

$208.75 = 5.5 + 203.25$ ميكاهرتز حامل الصوت



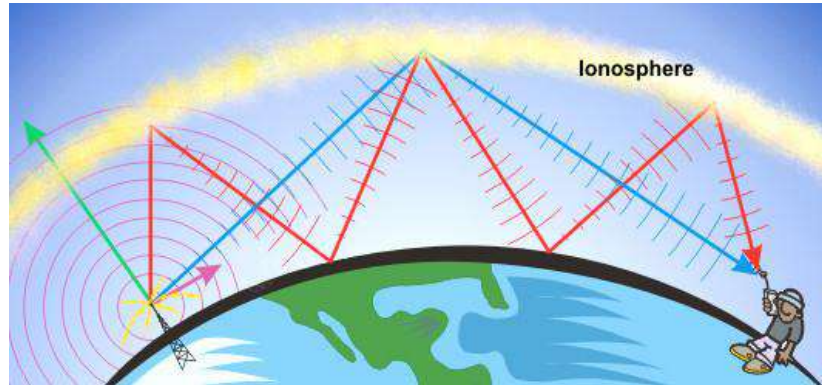
5 - 5 الطبقة المتأينة "أيونوسفير" (Ionosphere):

تظهر الطبقة المتأينة (أيونوسفير) في الغلاف الجوي عند ارتفاع **Km (50)** ممتدة حتى نهايته، لكنها تكون أكثر وضوحاً وتأثيراً بين ارتفاع **Km (50 - 400)** عن سطح البحر. وسميت بالطبقة المتأينة لاحتوائها على كميات من (الأوكسجين والنيتروجين المتأين). التأين وهو فقدان الذرة لبعض من إلكتروناتها والسبب الرئيس لتأينها هو امتصاص هذه الطبقة للأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية القادمة والموجودة في أشعة الشمس حيث تعمل هذه الأشعة على فقدان الإلكترونات من هذه الذرات وتركها في حالة تأين. الشكل (5-23) يوضح الغلاف الجوي وطبقات الجو.



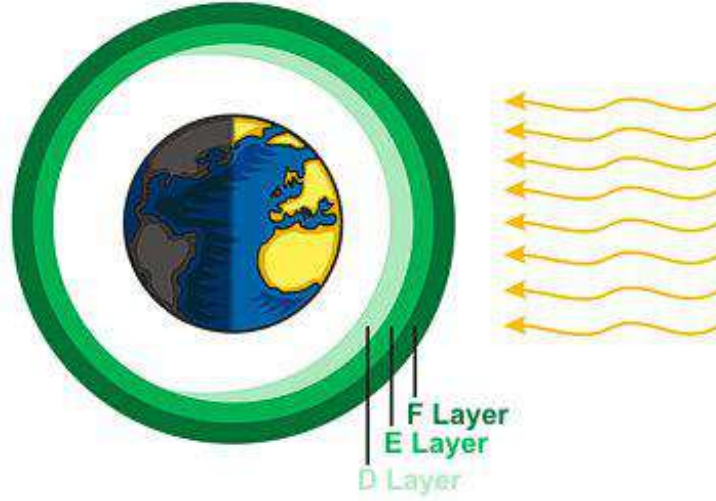
الشكل (5-23) الغلاف الجوي وطبقات الجو

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 (5 - 24) .



الشكل (5 - 24) انعكاس الموجات الراديوية من طبقة أيونوسفير

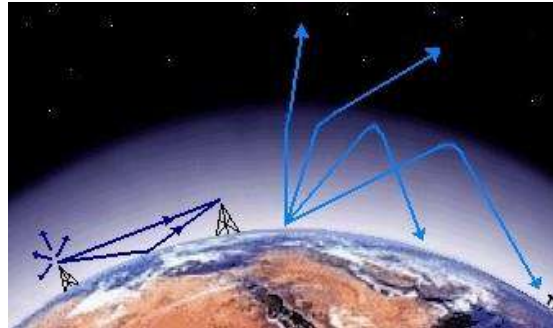
وتقسم طبقة الأيونوسفير إلى عدة طبقات هي الطبقات D, E, F، ولكل منها خواص معينة، لاحظ الشكل (5 - 25) .



الشكل (5 - 25) طبقات الأيونوسفير

تعمل الطبقة (D) بعكس أمواج الراديو بالتضمين السعوي (AM) للموجات المتوسطة (MW) وفي الوقت نفسه تقوم الإلكترونات الحرة الموجودة فيه بامتصاص الطاقة من هذه الأمواج فتضعفها وتحصرها في مجال لا يزيد عن 160 كم . وما أن تغيب الشمس تعود وتتحد الأيونات الغازية الموجبة مع الإلكترونات 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 فإن الموجات المستخدمة للإرسال التلفزيوني تكون شديدة القصر و لا تنعكس عمليا من طبقة الأيونوسفير بل تنتشر انتشارا مستقيما لذلك تنحصر إمكانية استلامها أساسا ضمن مدى خط النظر وتحدد المسافة العظمى بين هوائي الإرسال والاستلام في حالة وجودها على خط النظر بارتفاع الهوائيين وتضاريس الأرض لاحظ الشكل (26 - 5) .



الشكل (5 - 26) 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 .

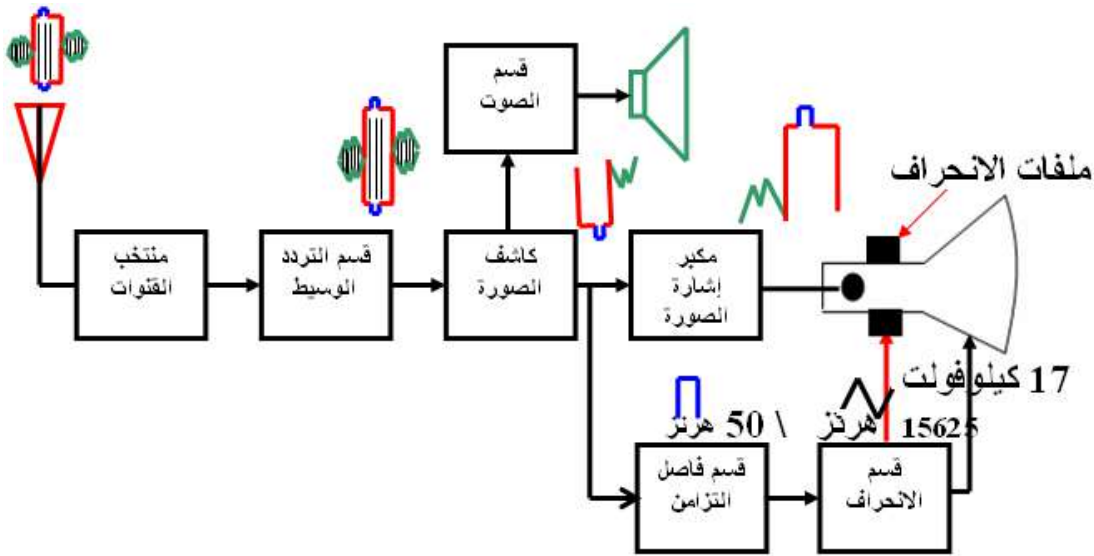
الجدول (1 - 5) القنوات التلفزيونية وفقا للنظام الأوربي

VHF	رقم القناة	تردد القناة	تردد حامل الصورة ميكا هرتز	تردد حامل الصوت ميكا هرتز
المرئية	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
المرئية الثالثة	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) ميكا هرتز وقد يتبادر إلى الذهن سؤال هو لماذا تحمل إشارة الصوت في التلفزيون بإشارة ذات تردد عال جدا ؟ الجواب هو لتقريب تردد إشارة الصوت المرسلّة من إشارة الصورة لتسهيل إمكانية استلامها في منتخب القنوات في جهاز التلفزيون .

7- 5 المكونات الرئيسية لجهاز استلام تلفزيوني :

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

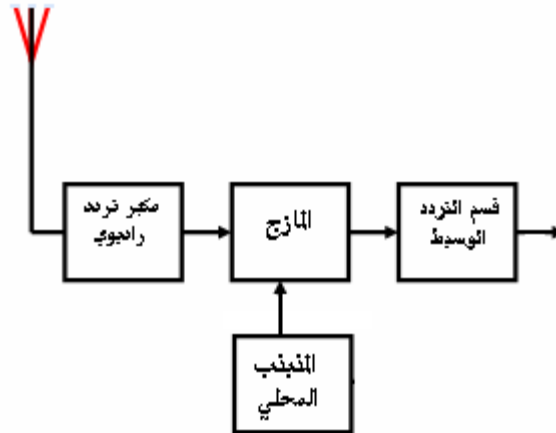


الشكل (27 - 5) المخطط الكتلي لجهاز استلام تلفزيوني

1- 6- 5 قسم منتخب القنوات : Tuner Section

يتكون من مكبر التردد الراديوي RF Amp. يعمل على استلام (انتخاب) الإشارة المطلوبة بواسطة الهوائي ودائرة الرنين وتكبيرها أي تحسين نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N) Noise وعزل مرحلة المذبذب المحلي الذي يعمل على توليد إشارة راديوية ترددها اعلي من تردد إشارة المكبر الراديوي بمقدار يساوي التردد الوسيط (صورة - صوت) ومن مرحلة المازج (Mixer) الذي يستلم إشارتين الأولى من مكبر التردد الراديوي والثانية من المذبذب المحلي ويقوم بعملية طرح إشارة التردد الراديوي من إشارة المذبذب المحلي للحصول على إشارة بالتردد الوسيط وتدعى هذه العملية بالسوبرهتروداين ، لاحظ الشكل (28 - 5).

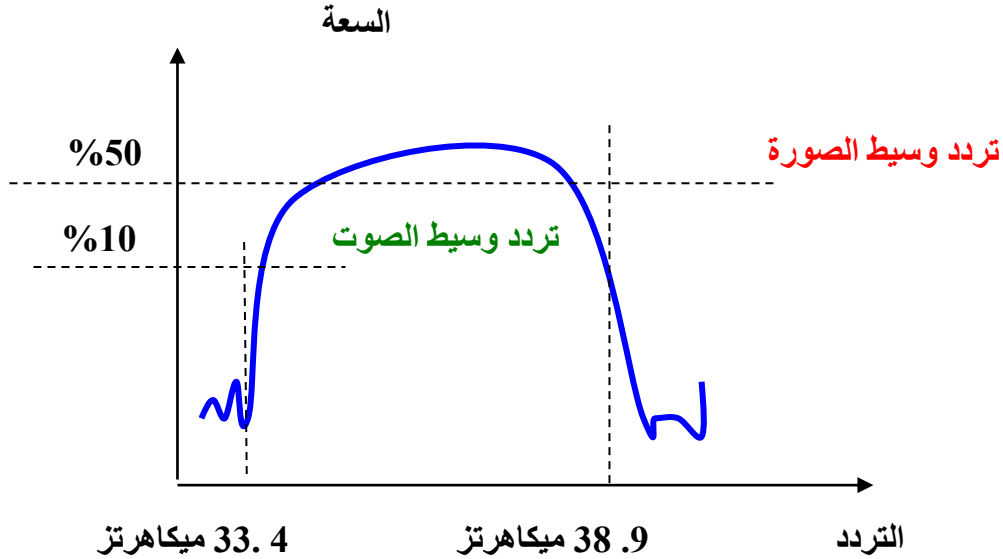
إشارة التردد الوسيط = إشارة المذبذب المحلي - إشارة المكبر الراديوي



الشكل (28 - 5) يوضح عملية السوبرهتروداين

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

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



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

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

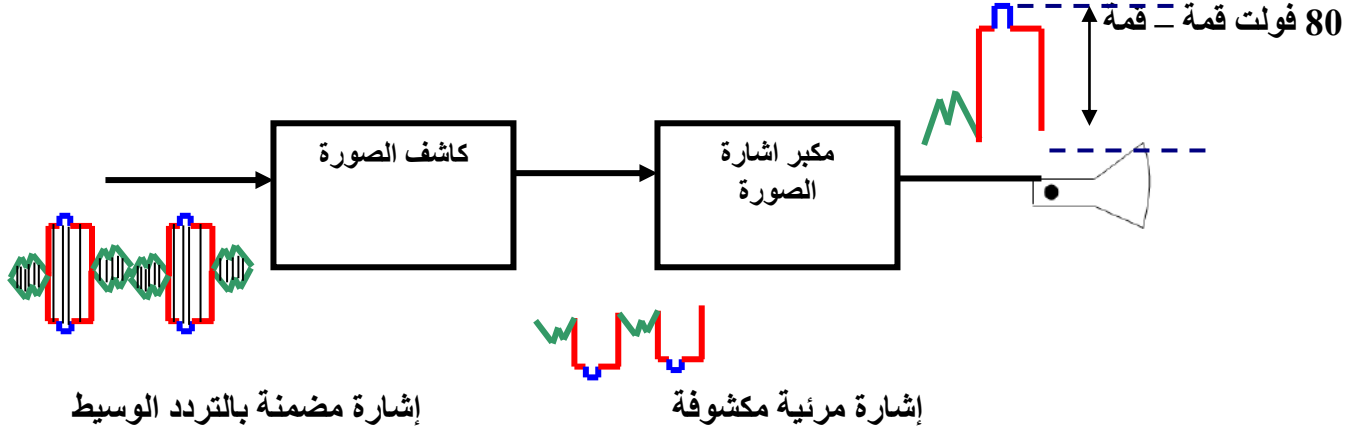
الإشارة المكبرة و الخارجة من مرحلة مكبر إشارة التردد الوسيط (صورة - صوت) عبارة عن إشارة مرئية مركبة ذات تضمين سعوي فيعمل كاشف الصورة على استخلاص بيانات الصورة في هذه المرحلة و يتم الكشف هذا بواسطة (ثنائي كاشف) يتم الكشف عن إشارة الصورة بالتردد من 5 هرتز إلى 5 ميكا هرتز علما أن فرق التردد بين حامل الصورة و حامل الصوت مقداره 5.5 ميكا هرتز، لاحظ الشكل (5 - 30) .



الشكل (5 - 30) المخطط الكتلي لكاشف الصورة

4-6-5 مكبر إشارة الصورة : Video Amplifier

يعمل مكبر إشارة الصورة على تكبير إشارة الصورة ذات الفولتية المنخفضة نسبياً 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) .

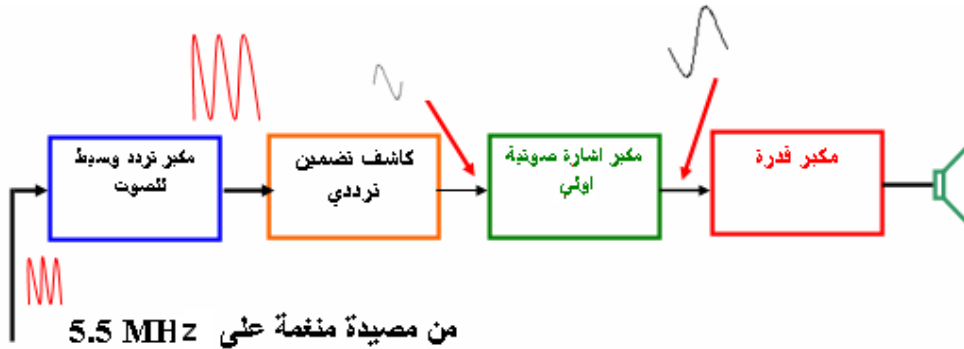


الشكل (31 - 5) المخطط الكتلي لقسم مكبر إشارة الصورة

5-6-5 قسم الصوت : Sound Section

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

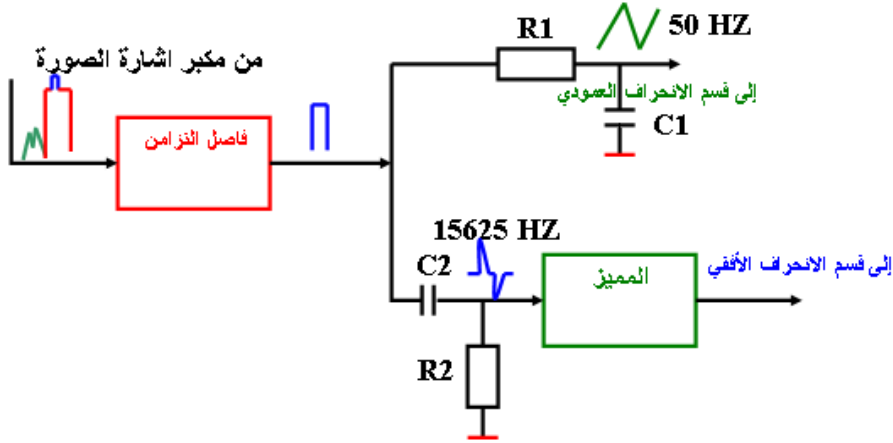
تكبر الإشارة السمعية AF (Audio Frequency) الخارجة من كاشف إشارة الصوت بمرحلتين هما مرحلة التكبير الأولية و مكبر القدرة و يستعمل عادة نوع (السحب- دفع) أو المتتام . لاحظ الشكل (32 - 5) .



الشكل (32 - 5) المخطط الكتلي 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 الكتلي لقسم فاصل التزامن

7- 6 - 5 قسم الانحراف : Deflection Section

يتكون من

Vertical Deflection Section

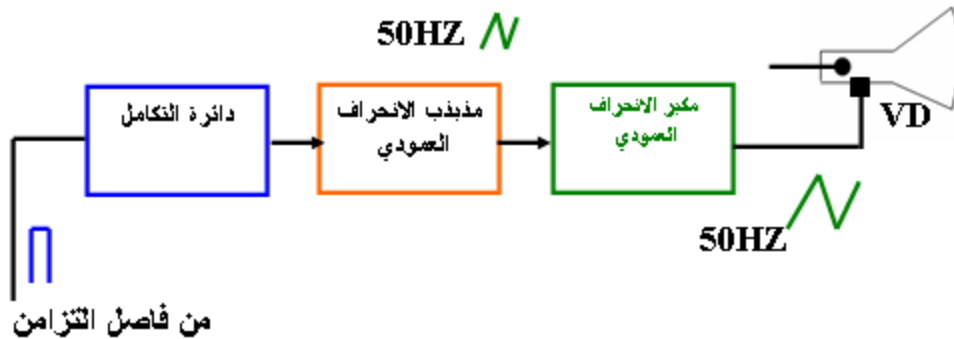
Horizontal Deflection Section

1- قسم الانحراف العمودي

2- قسم الانحراف الأفقي

1- قسم الانحراف العمودي :

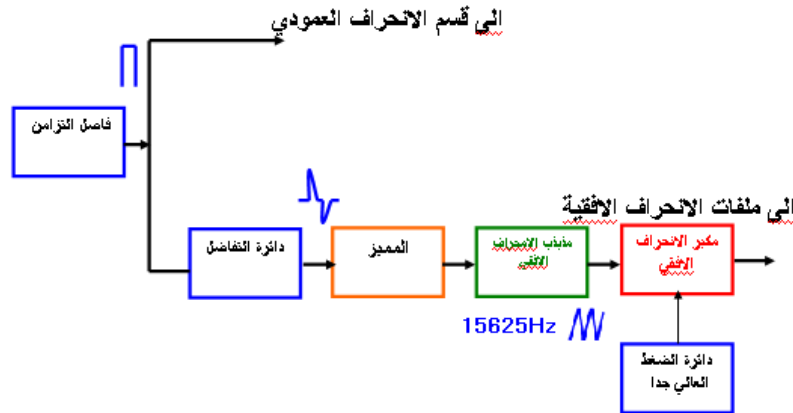
يتألف قسم الانحراف العمودي من المذبذب العمودي vertical oscillator الذي يعمل على توليد موجه أسنان المنشار بالتردد 50 HZ ومن مكبر الانحراف العمودي Vertical Amp. الذي يقوم بتكبير سعة موجه سن المنشار و تجهيزها إلى ملفات الانحراف العمودية V. Deflection، ولكي يتم تحريك الشعاع الالكتروني من الأعلى إلى الأسفل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



الشكل (34 - 5) المخطط الكتلي لقسم الانحراف العمودي

2- قسم الانحراف الأفقي :

المخطط الكتلي الموضح بالشكل (35 - 5) يوضح قسم الانحراف الأفقي الذي يعمل على توليد موجة سن المنشار، وتعد الخطية من أهم الشروط التي يجب أن تتوافر في شكل التيار (يجب أن تكون العلاقة بين التيار والزمن علاقة خطية) وتغذى موجة سن المنشار إلى ملفات الانحراف الأفقية بعد تكبير قدرتها الكهربائية بمقدار كاف كي يتم رسم العرض الكامل للصورة على شاشة التلفزيون .



الشكل (35 - 5) المخطط الكتلي 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 سعة الموجات بالتردد الأفقي وتوصيل تيار سن المنشار بالتردد 15625 Hz إلى ملفات الانحراف الأفقية كي يتم المسح بالاتجاه الأفقي .

4- دائرة الضغط العالي : لتوليد الفولتية العالية جدا وتوصيلها إلى أنود الشاشة لسحب وجذب الإلكترونات من الكاثود إلى الواجهة الأمامية للشاشة ويستفاد 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 ياكى ، 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 ياكى 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 ميكا هرتز 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 ياكى . وضع إجابتك بالرسم .
- (5) ما الاستخدامات لهوائي بوق ؟ وضع 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 الكتلي للإرسال و الاستلام التلفزيوني . ارسـم منحنى الإرسال .
- (9) اشرح المخطط الكتلي لقسم إشارة الصورة .
- (10) اشرح المخطط الكتلي لقسم الصوت .
- (11) اشرح المخطط الكتلي لقسم فاصل التزامن .
- (12) اشرح المخطط الكتلي لقسم الانحراف الأفقي .
- (13) اشرح المخطط الكتلي لقسم الانحراف العمودي .
- (14) اشرح المخطط الكتلي لقسم كاشف الصورة .
- (15) اشرح المخطط الكتلي لقسم مكبر إشارة التردد الوسيط .

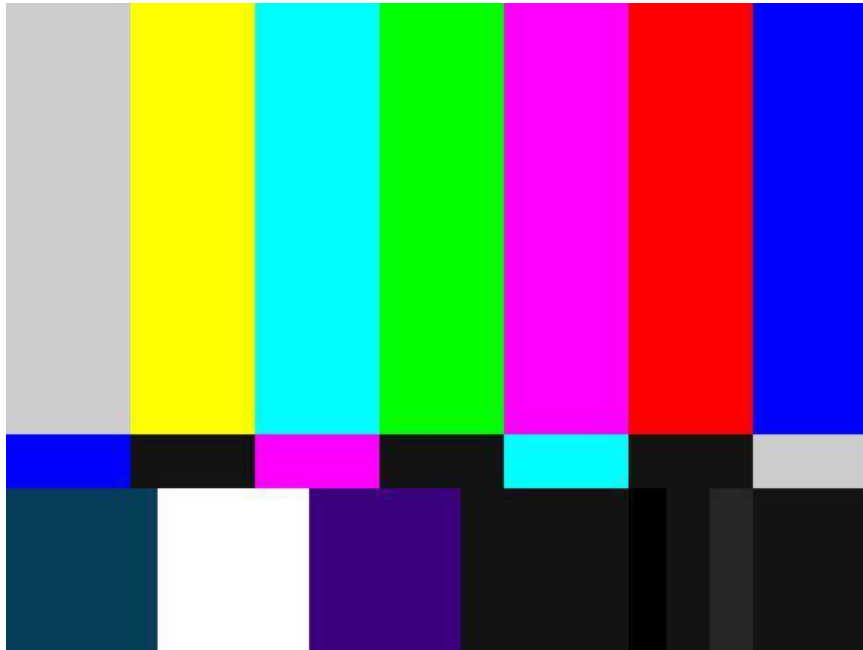
مسائل :

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



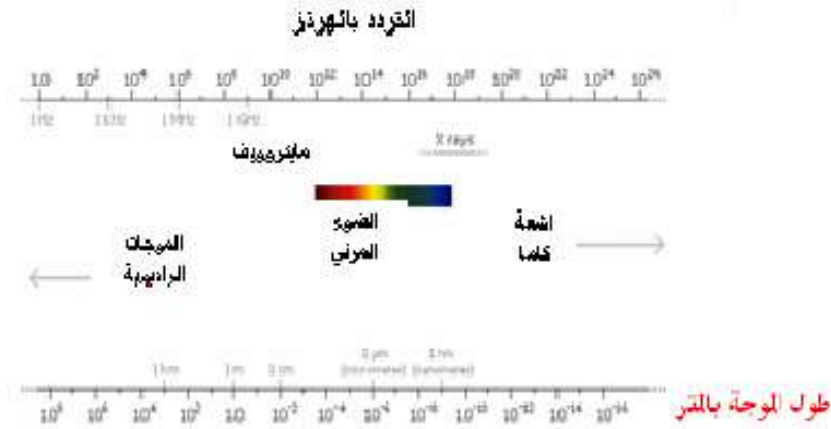
- 1- الضوء واللون – إشارة النصوع
- 2- إشارات الفرق اللوني $(R - Y)$, $(B - Y)$, $(G - Y)$
- 3- الإشارة المركبة للإرسال الملون
- 4- إرسال نظام NTSC , SECAM , PAL
- 5- استلام نظام NTSC , SECAM , PAL
- 6- الخلاصة
- 8- أسئلة للمراجعة و مسائل

الفصل السادس

التلفزيون الملون : Color Television

1 - 6 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 7800 انكستروم.



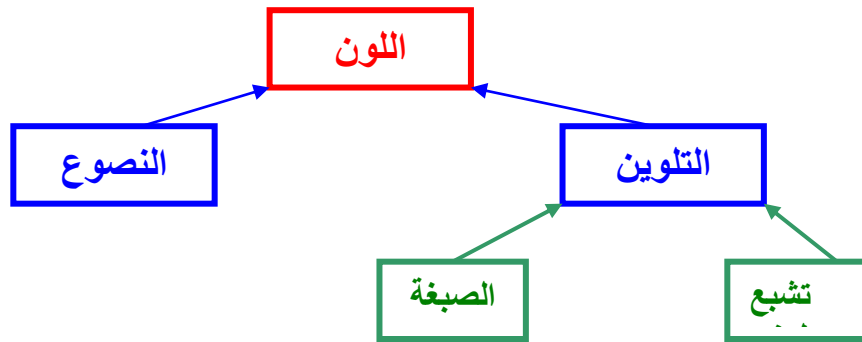
الشكل (1 - 6) طيف الطاقة المشعة

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

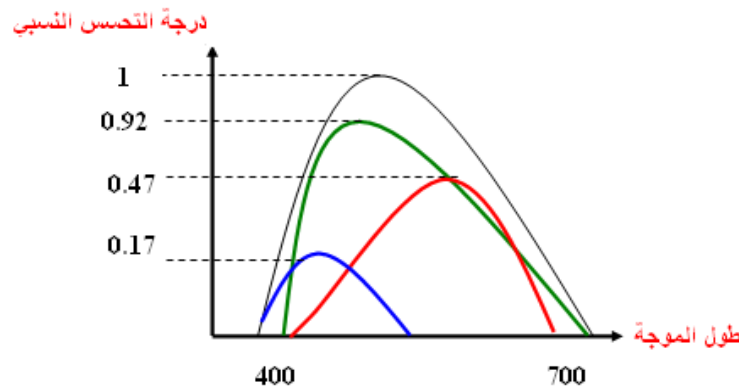
أطياف الألوان المشبعة النقية تلاحظ نادرا في الطبيعة مثلا الضوء المنبعث من الغازات والأبخرة المتوهجة وحزم الليزر، واللون هو صفة للضوء فالأجسام التي تمتص كل الألوان تبدو سوداء بينما الأجسام التي تعكس كل الألوان تبدو بيضاء بينما الجسم الذي يعكس اللون الأحمر يمتص بقيه الألوان وكذلك للألوان الأخضر والأزرق 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 درجة التشبع اللوني ما إذا كان اللون باهتا أو غامقا أو شاحبا وهكذا فالأحمر القاتم يختلف كثيرا عن الأحمر الباهت بينما تعطي الصبغة شكل اللون فقط حسب طوله الموجي . فالنصوع - هي كمية شدة الضوء أو الطاقة المستقبلية بملاحظته العين للون . والصبغة هي لون الطيف المسيطر في الضوء والتشبع اللوني - نقاوة العين للضوء الملون . وفي دراستنا إلى التلفزيون الملون فإن الألوان الأحمر، والأخضر والأزرق هي الألوان الأولية أو الأساسية ، حيث لا يمكن الحصول على اللون الأخضر من اللون الأحمر والأزرق، واللون الأزرق لا يمكن الحصول عليه من اللون الأخضر والأحمر وجميع هذه الألوان الأولية وينسب خاصة يمكن الحصول على اللون الأبيض الذي يمثل بريق أو نصوع المنظر . وقد جاءت هذه النسب بدراسة شدة التحسس النسبي (Sensibility) وطول الموجه والعلاقة بينهما وأول من لاحظ هذا الموضوع يونج أكد أن عين الإنسان عبارة عن مجموعة مكونة من ثلاثة أعصاب تتأثر كل مجموعة بلون خاص أي أن اللون الأخضر يحفز هذه الأعصاب بدرجة عالية بالألوان الأخرى كما موضح في الشكل (4 - 6) .

$$0.92 + 0.47 + 0.17 = 1.56 \quad \text{معادلة التحسس النسبي للضوء}$$



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

$$0.47 / 0.30 = 0.30$$

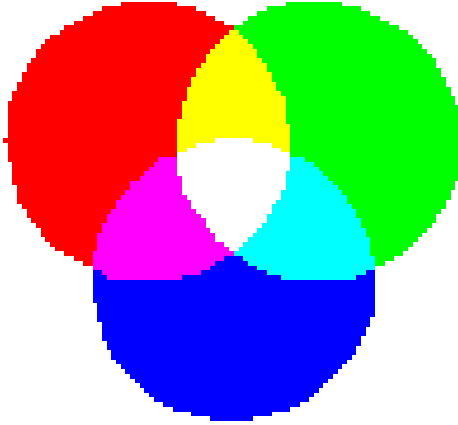
للأحمر

$$0.17 / 1.56 = 0.11$$

للأزرق

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

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

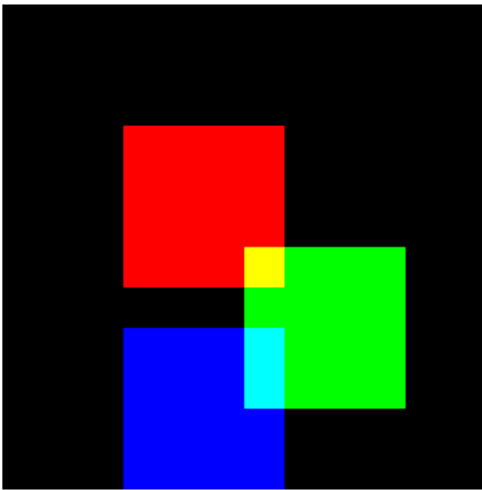
= سمائي

الأبيض - الأخضر = أحمر + أزرق

= أرجواني

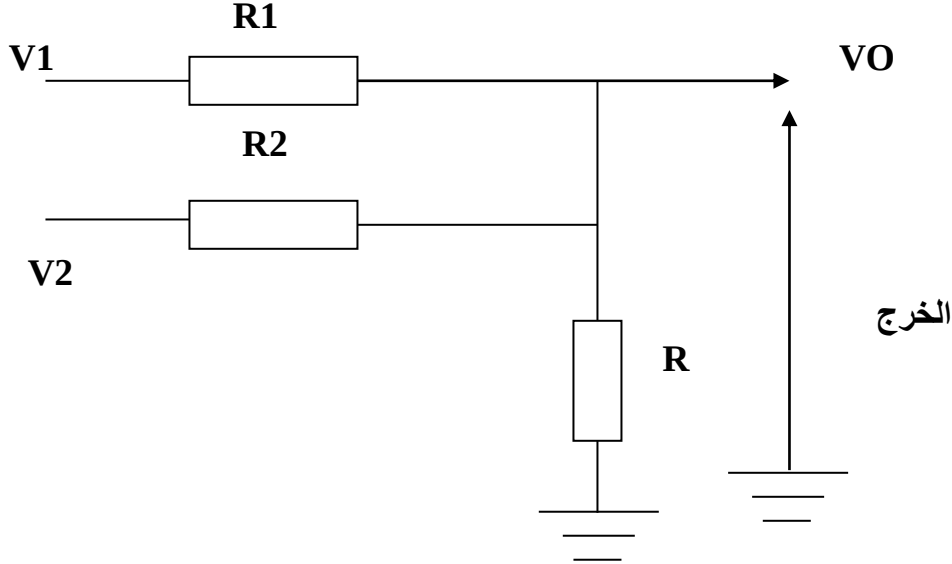
الأبيض - الأزرق = أخضر + أحمر

= أصفر



2- 6 إشارة النصوع (Y) : Luminance Signal

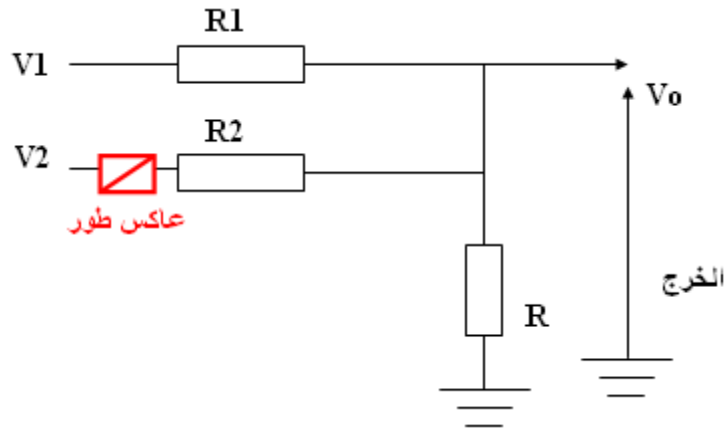
عند وضع ثلاث إشارات لكل من اللون الأحمر، والأزرق والأخضر بجهد (1) فولت لكل منهما، خلال مجموعة مكونة من مقاومات تسمى هذه المجموعة (بالمصفوفة) فإنه من السهل الحصول على مجموعة هذه الألوان وينسب معينة تعتمد على قيمة المقاومات لهذه المصفوفة. فمثلا مجموع الجهد V_1 , V_2 من مصفوفة كما في الشكل (5 - 5 - 6) .



الشكل (5 - 6) مصفوفة جمع

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

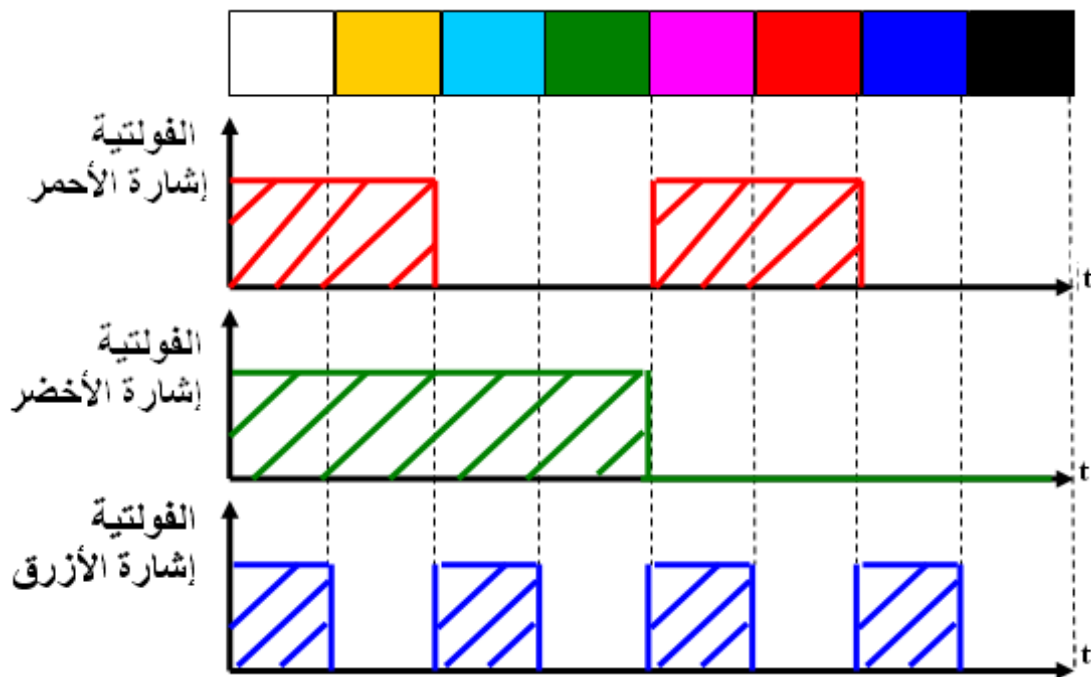
ومن الطرح بين الجهدين تصبح كما في الشكل (6 - 6)



الشكل (6 - 6) مصفوفة طرح

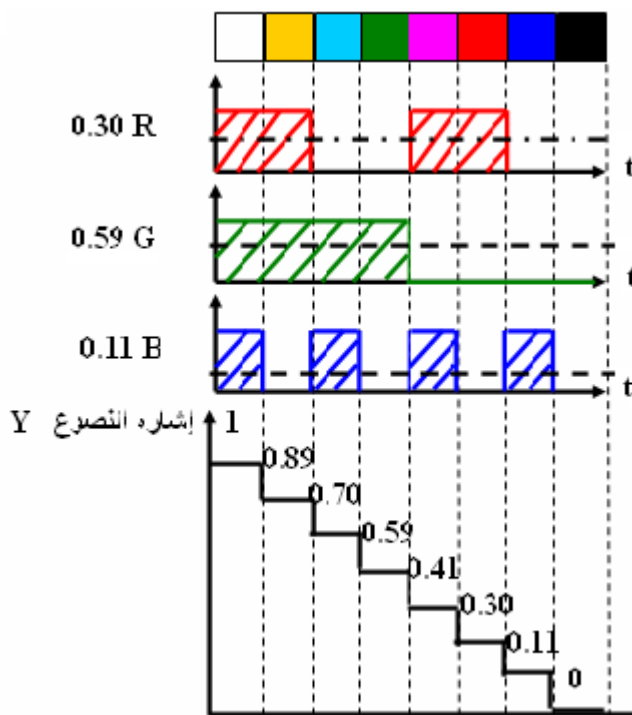
$$V_o = V_1 \times R / R_1 - V_2 \times R / R_2$$

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



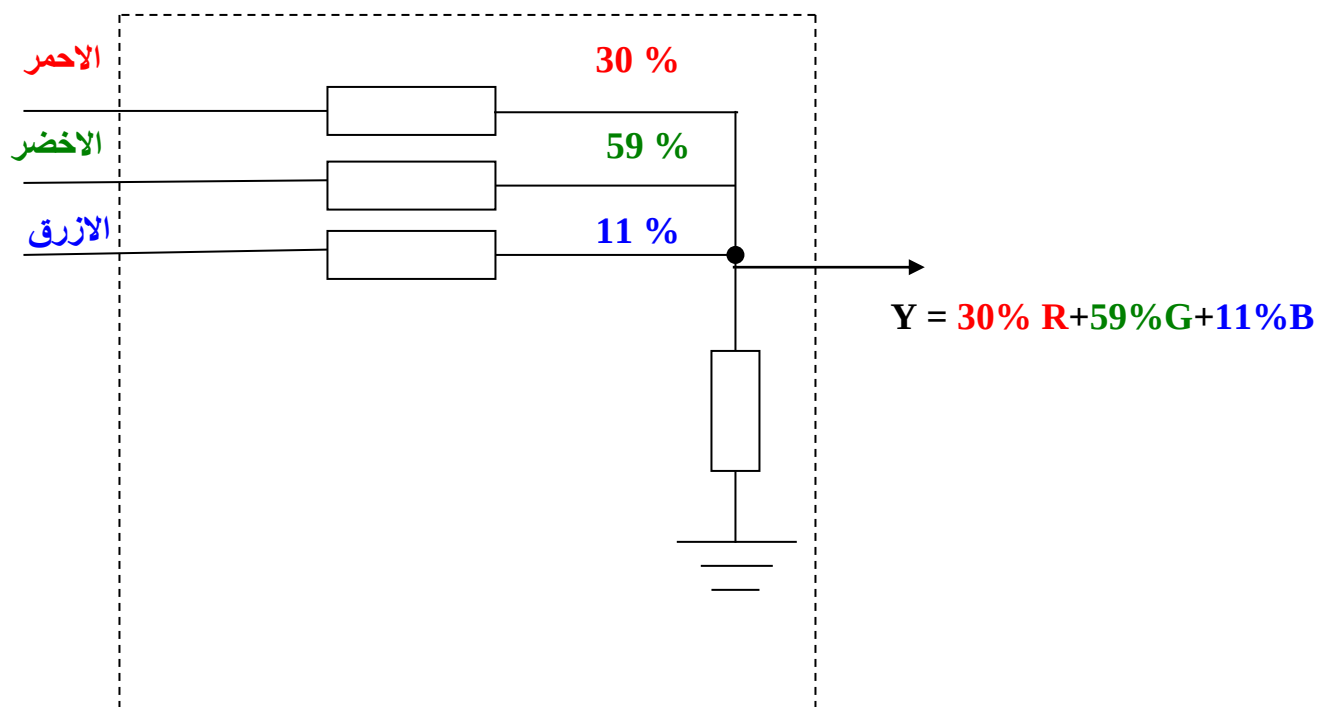
الشكل (6 - 7) إشارات الأحمر والأخضر والأزرق

وبتشكيل إشارة النصوص Y حسب النسب المذكورة سابقا يمكن ملاحظة الشكل (6 - 8) .



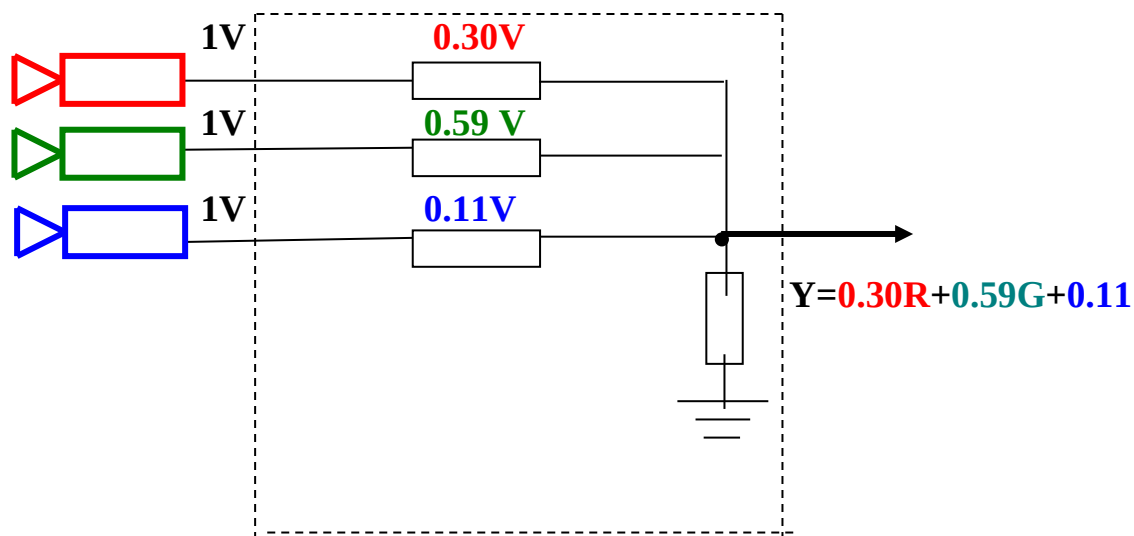
الشكل (6 - 8) إشارة النصوص Y

و لتكوين إشارة النصوع (Y) التي تحمل معلومات المنظر المرسل لذلك فإنها تسمى في بعض الأحيان بإشارة الفيديو ،
و لأنها ضرورية بسبب الملازمة بين كل من جهازي التلفزيون الأبيض - اسود والملون فتدعى في بعض الأحيان
بإشارة الملازمة. 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 الاستديو

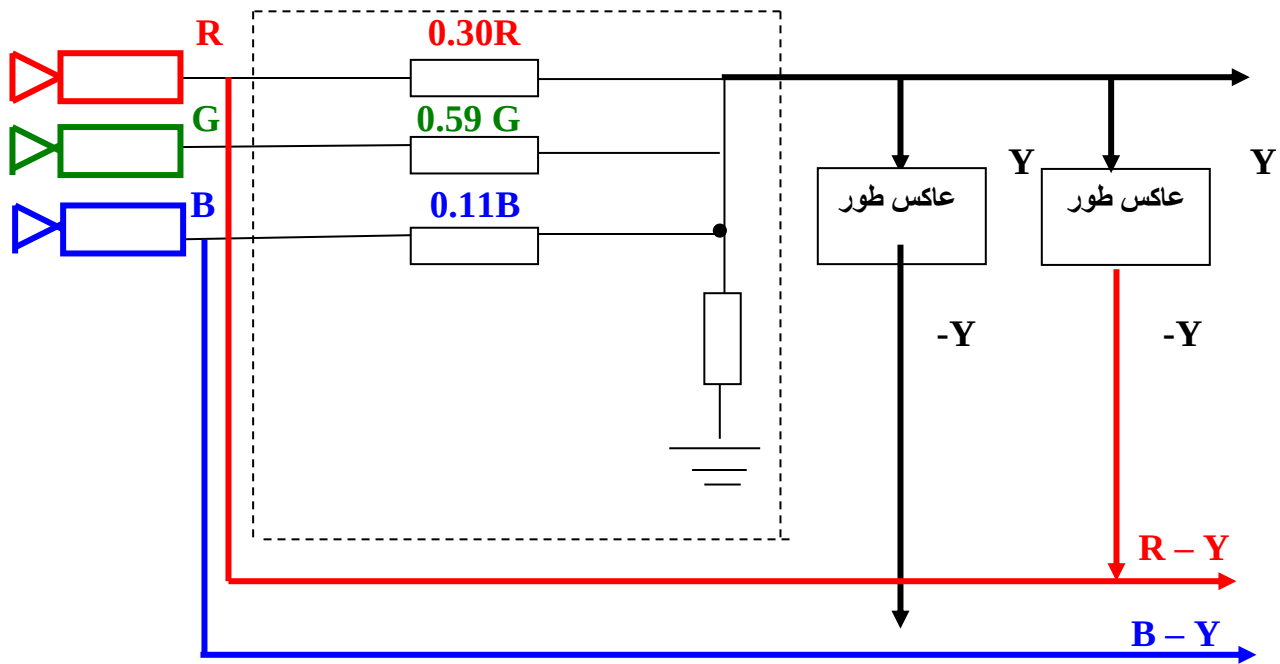
ولرسم إشارة النصوص (Y) يمكن الاستعانة بالجدول (1 - 6) .

جدول (1 - 6) يوضح نسب إشارة النصوص Y

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

3 - 6 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 (11 - 6) إشارات الفرق اللوني (R - Y) , (B - Y)

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

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

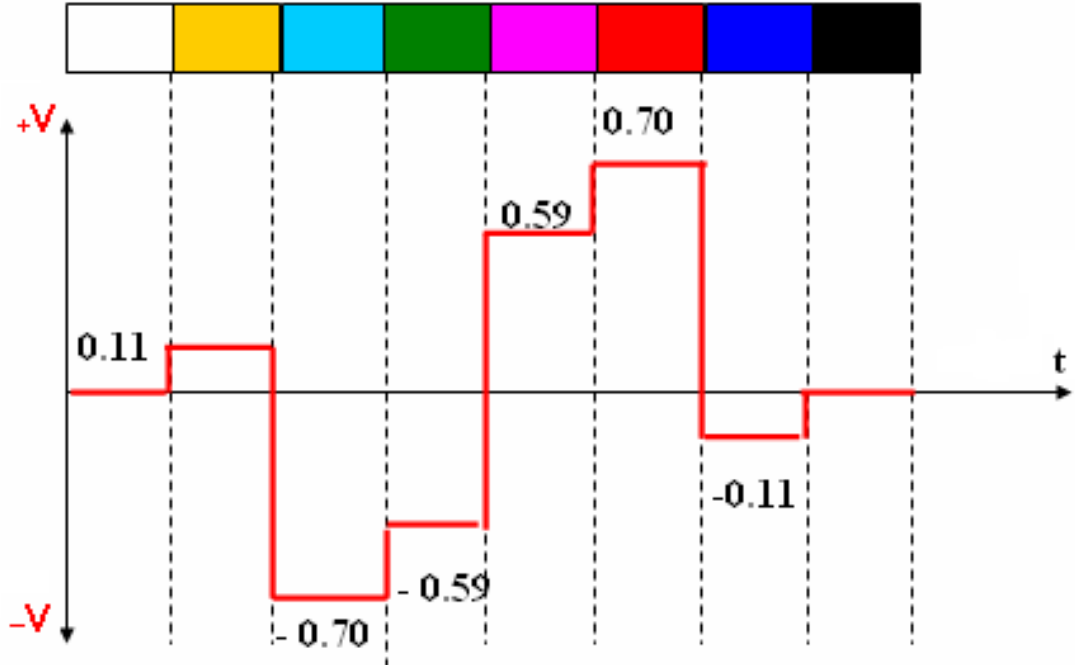
$$= 0.70 R - 0.59 G - 0.11 B$$

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 $0.70R - 0.59G - 0.11B$
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 :

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

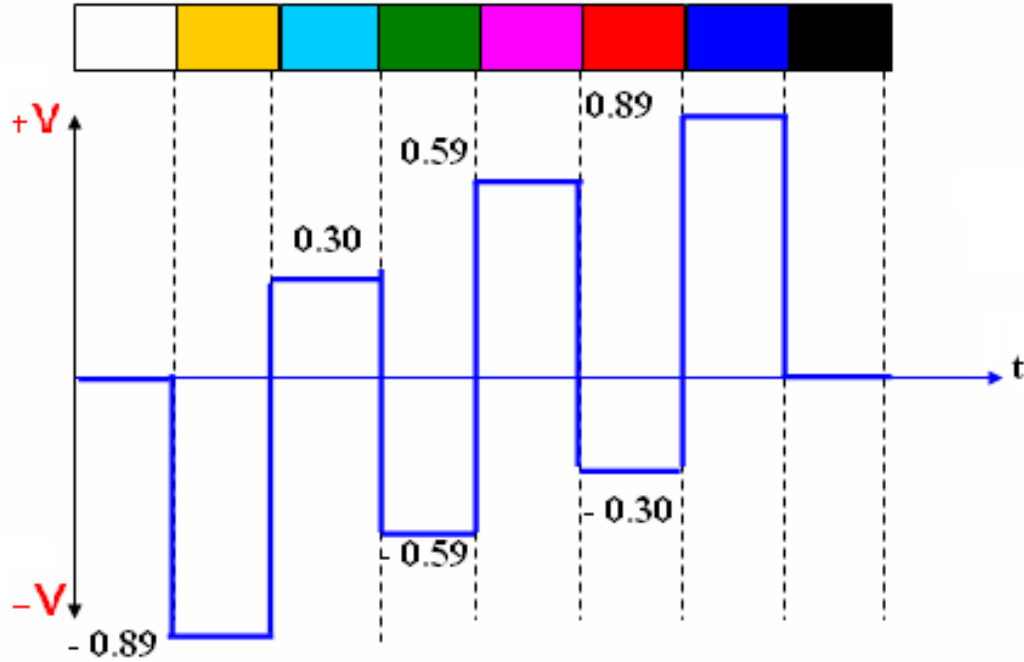
$$= 0.89 B - 0.59 G - 0.30 R$$

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 $0.89 B - 0.59 G - 0.30 R$
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 (13 - 6) :



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 :

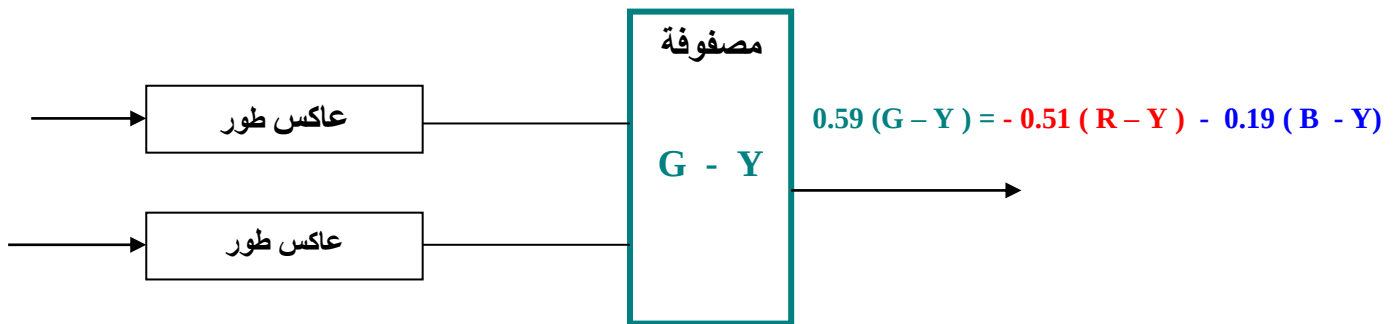
$$1Y = 0.30 Y + 0.59 Y + 0.11 Y$$

و يطرح Y من طرفي المعادلة ينتج :

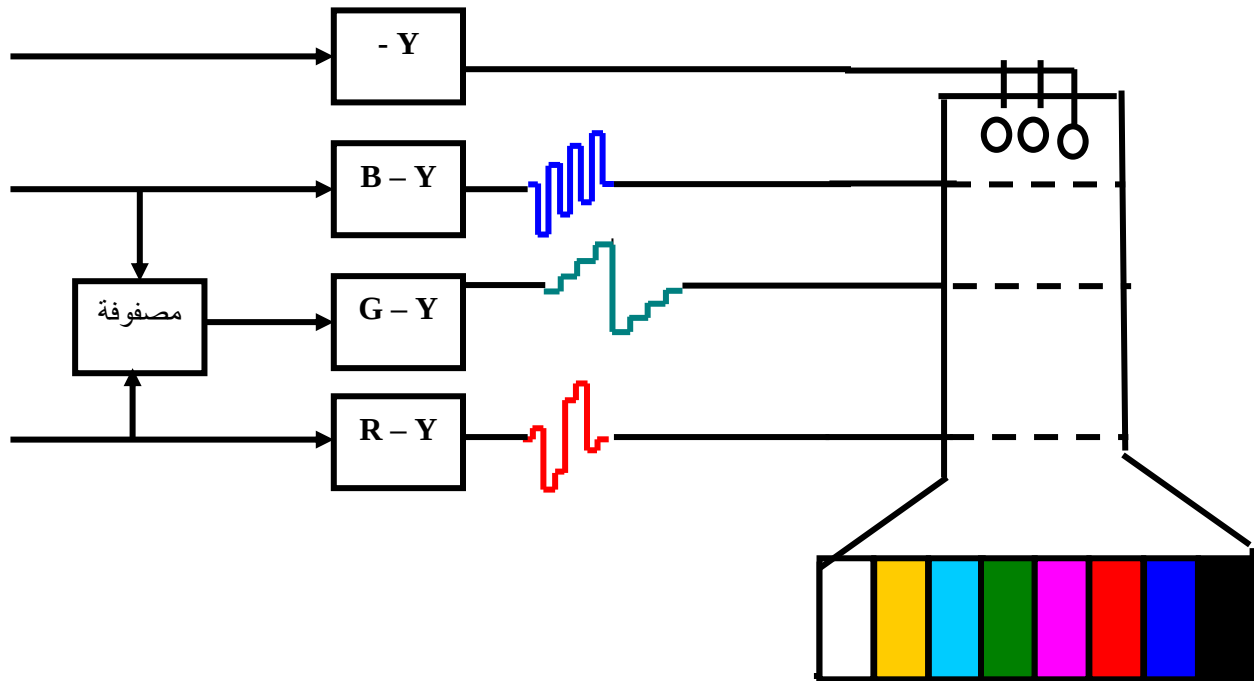
$$1Y - 1Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B - 0.30 Y - 0.59 Y - 0.11 Y$$

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

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



ومن هذا نستنتج انه يمكن الحصول على إشارة الفرق اللوني (G - Y) بتوصيل مقدار (- 0.51) لإشارة الفرق اللوني للأحمر وكذلك (- 0.19) من إشارة الفرق اللوني الأزرق إلى مصفوفة موضوعة قبل مراحل الخرج للألوان في جهاز التلفزيون كما موضح في الشكل (6 - 14) .



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

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

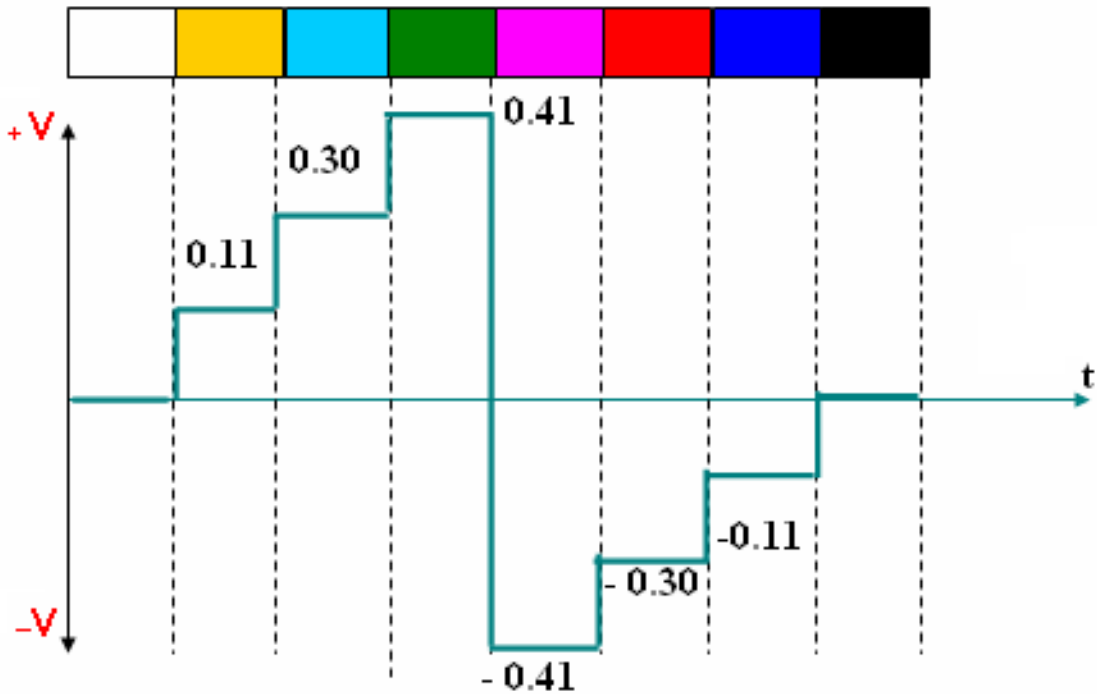
$$G - Y = G - (0.30 R + 0.59 G + 0.11 B)$$

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

جدول (4 - 6) 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 (15 - 6).



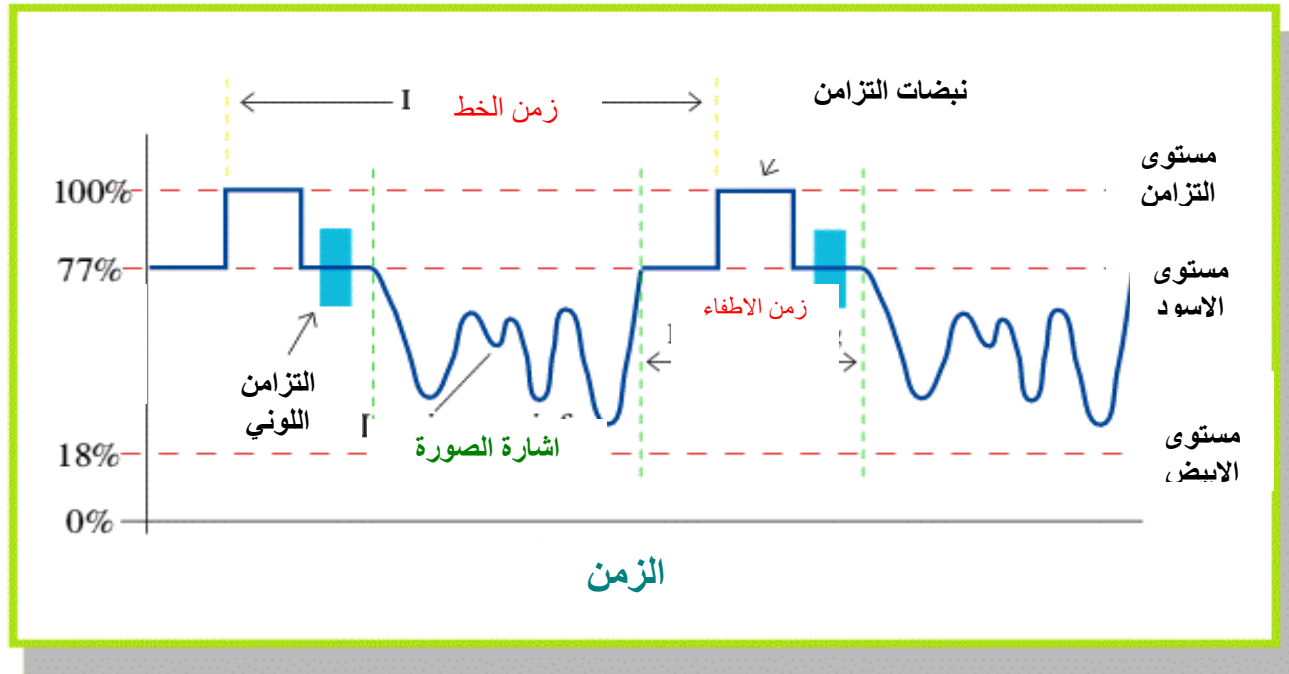
الشكل (15 - 6) إشارة الفرق اللوني (G – Y)

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 الإطفاء

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

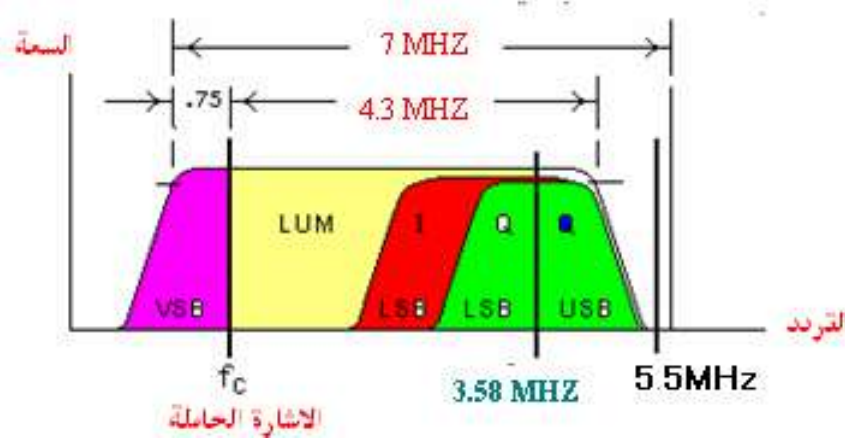


الشكل (6 - 16) الإشارة المرئية المركبة للألوان

5 - 6 الإرسال :

إن أنظمة الإرسال في العالم ثلاثة أنظمة هي (NTSC) 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 (NTSC) ثم انتشر نظام (SECAM) الفرنسي لحله مشاكل الإرسال في كلا النظامين في وقتها . وفي كل الأنظمة المذكورة توجد إشارة نصوع (Y) وإشارتا الفرق اللوني (R - Y) و (B - Y) ويختار في كل الأنظمة عرض الحزمة للحاملة الثانوية لكل من (R - Y) و (B - Y) بحيث نحصل على الملاءمة (Compatibility) بين التلفزيون (الأسود - ابيض) والتلفزيون الملون .

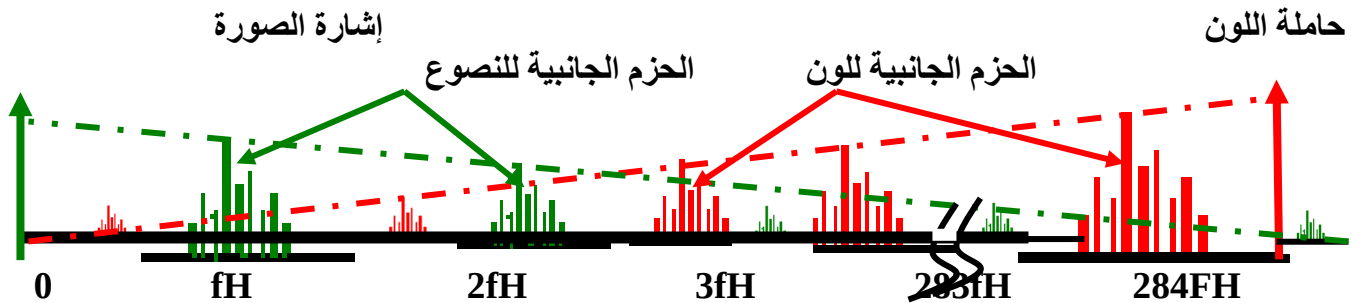
و لتحقيق هذه الملاءمة نختار عرض حزمة ضمن عرض الحزمة للتلفزيون العادي (B/W) Black / White . وهذا يجعل عمل الأجهزة التلفزيونية (B/W) على مرسلات أجهزة التلفزيون الملون و كذلك يعمل الجهاز الملون بصورة (اسود / ابيض) وكما هو معروف أن عرض الحزمة لإشارة الصورة هي (5 MHz) فيصبح من السهل وضع الحاملة الثانوية من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



الشكل (6 - 17) 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 (15625 x 320) = 5.000000 هرتز . لذلك فإن الطيف الصوري يتكون من مجموعة من التوافقيات و تقل السعة عند توافقيات الدرجات العالية و يوجد بين هذه التوافقيات فجوات لذلك يمكن وضع الحاملة الثانوية (للون) في هذه الفجوات لاحظ الشكل (6 – 18) 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

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



الشكل (6 – 18) كيفية إقحام الحاملة الفرعية للألوان

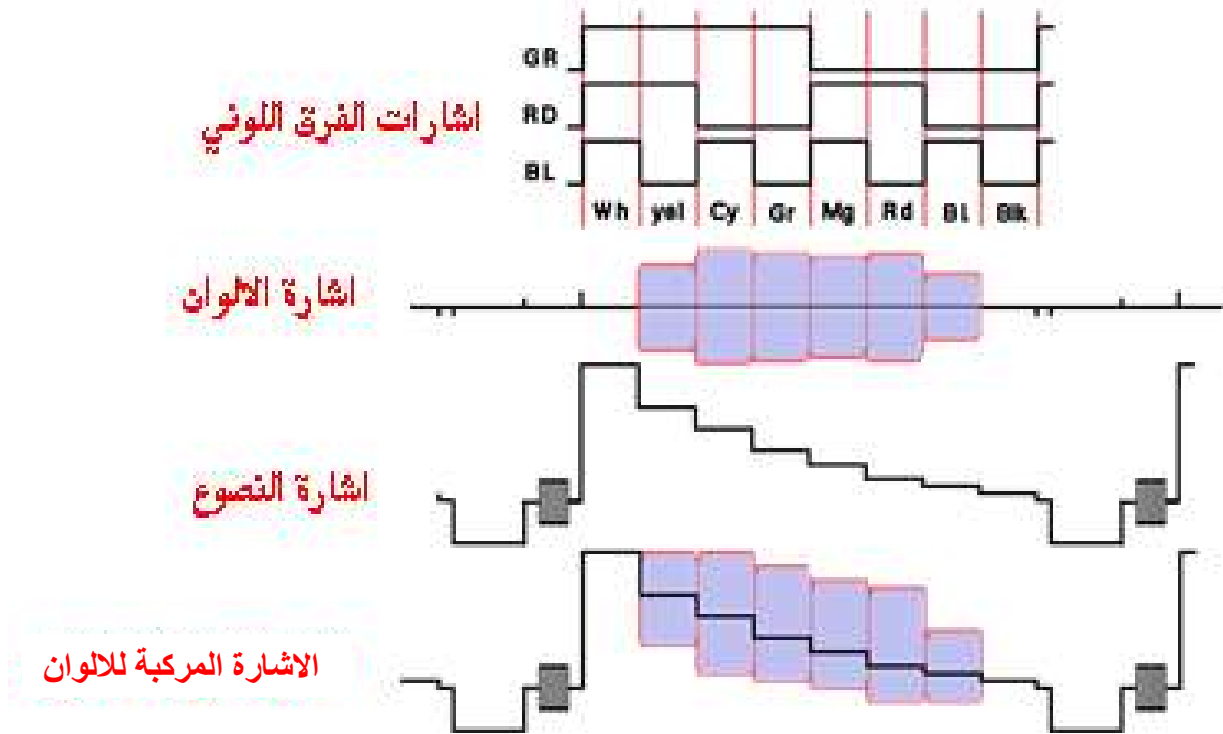
ففي نظام (N T S C) تضمن الحاملة الثانوية بطريقة تضمين الاتساع (AM) . وفي نظام (PAL) تضمن بطريقة تضمين الاتساع (AM) وتضمن الطور (PM) و في نظام سيكام تضمن بطريقة تضمين التردد (FM). و يختلف نظام سيكام الفرنسي عن سيكام المستعمل في الشرق الأوسط ، ففي النظام الأول ترسل مع الإشارة المركبة نبضات عددها (9) في 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 :

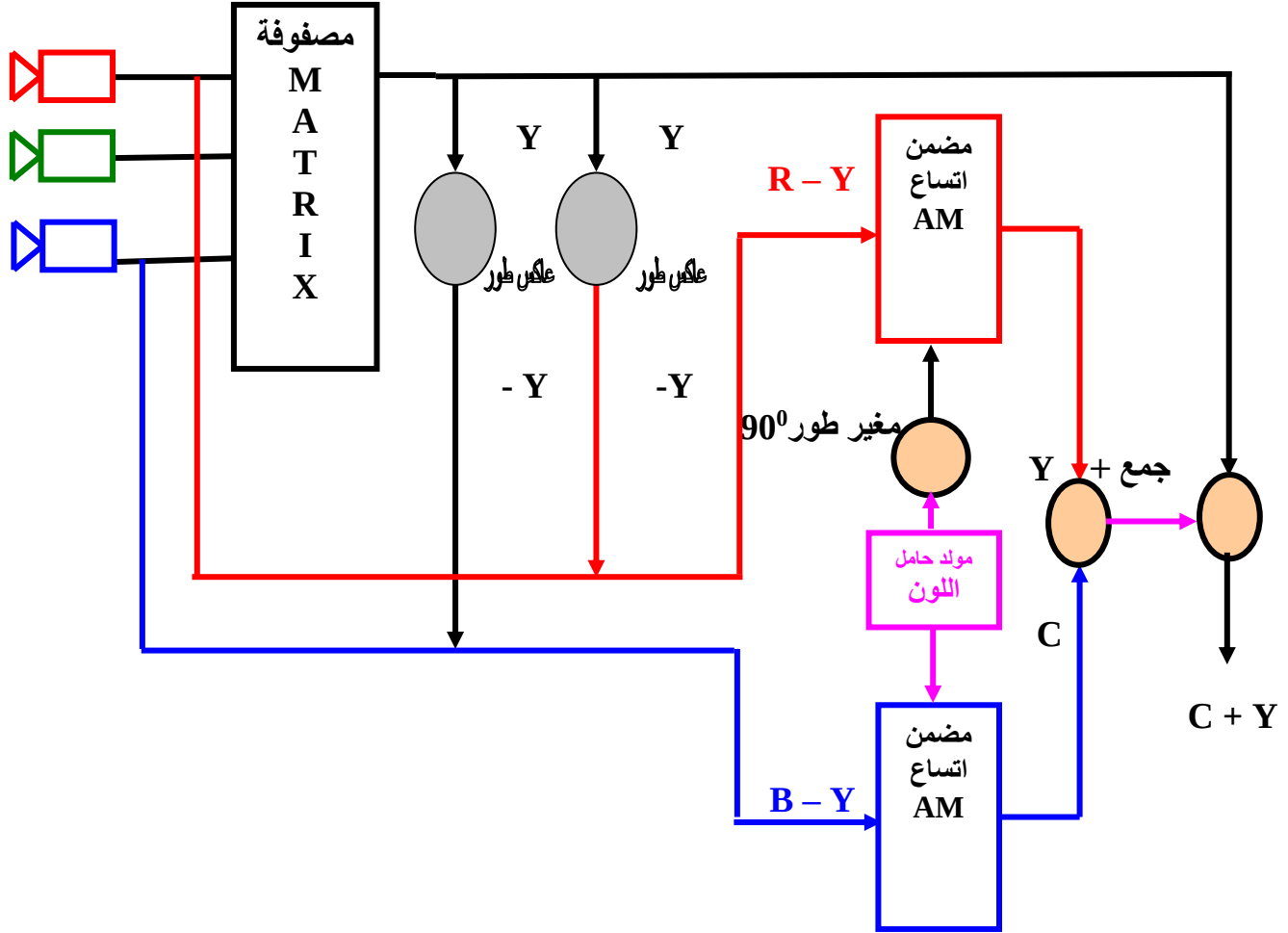
- 1- إشارات الفرق اللوني.
 - 2- إشارة النصوع Y.
 - 3- إشارة التزامن اللوني.
 - 4- نبضات الإطفاء الأفقية والعمودية.
 - 5- نبضات التزامن الأفقية والعمودية .
- ويكون شكل الإشارة كما موضح في الشكل (6 – 19) .



الشكل (6 – 19) الإشارة المركبة للألوان

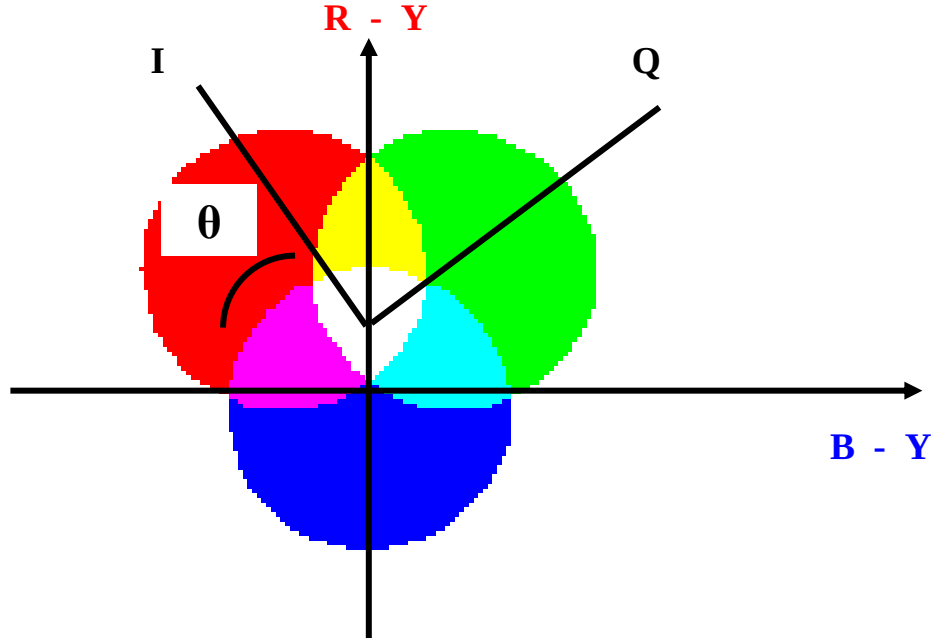
1-5-6 نظام NTSC :

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



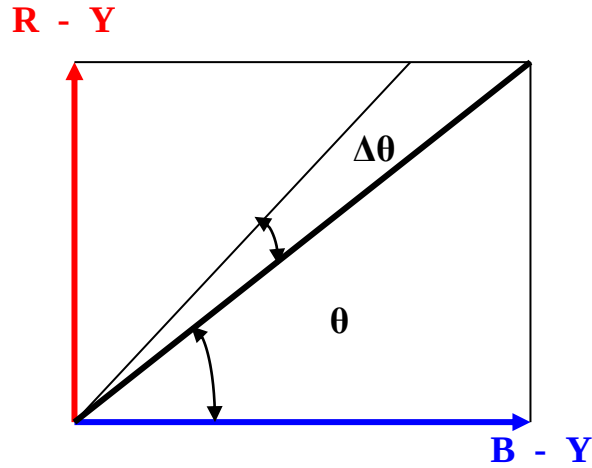
الشكل (20 - 6) الإرسال بنظام NTSC

و يتم جمع الإشارتين بعد التضمين للحصول على إشارة اللون (C) ، تمزج هذه الإشارة مع إشارة النصوص (Y) ثم يتم تحميل الإشارة ($C + Y$) على تردد القناة المراد الإرسال عليها .
من عيوب نظام (NTSC) عدم حصانته عند الضوضاء (التشوهات) التي تحدث في طور الإشارة للون (C) ،
لاحظ الشكل (21 - 6)



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) .

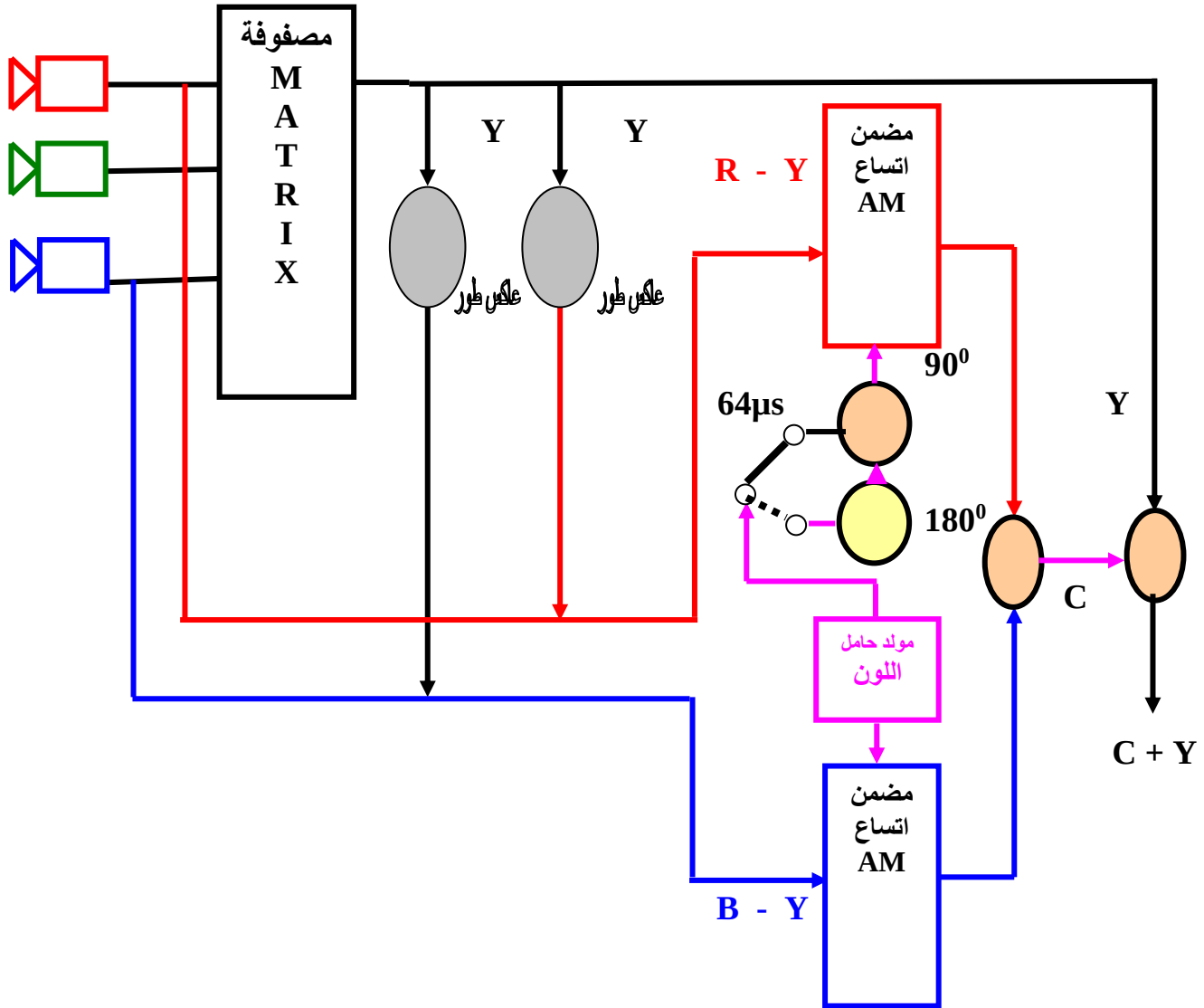


الشكل (6 - 22) كيفية تغير الصبغة بتغير الزاوية

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

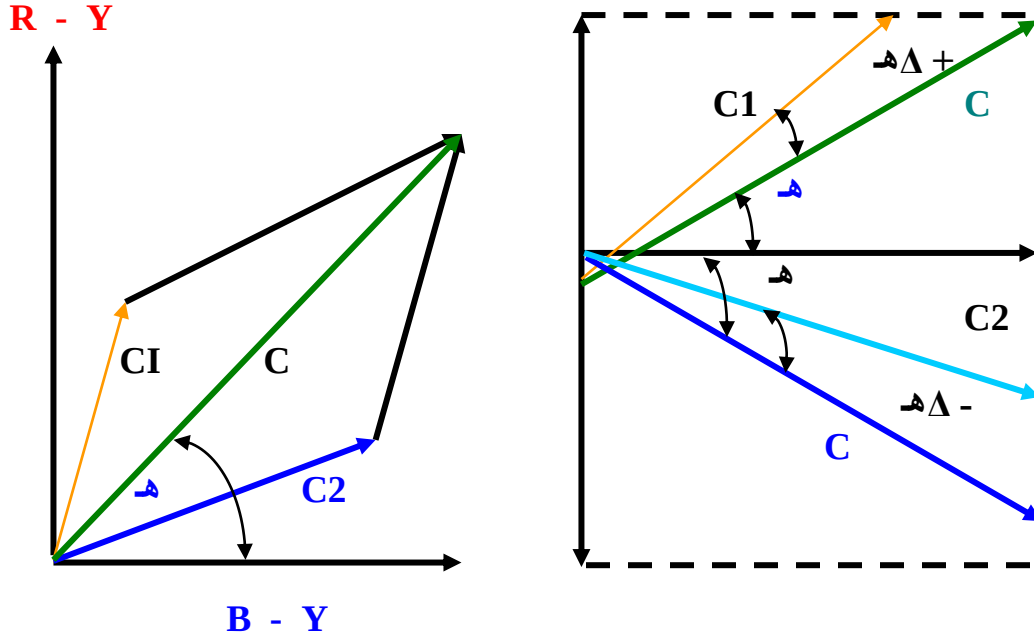
2- 5- 6 نظام (بال) PAL System :

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 وذلك للتغلب على عيوب الألوان التي تظهر في نظام (N T S C) لاحظ الشكل (6 - 23) .



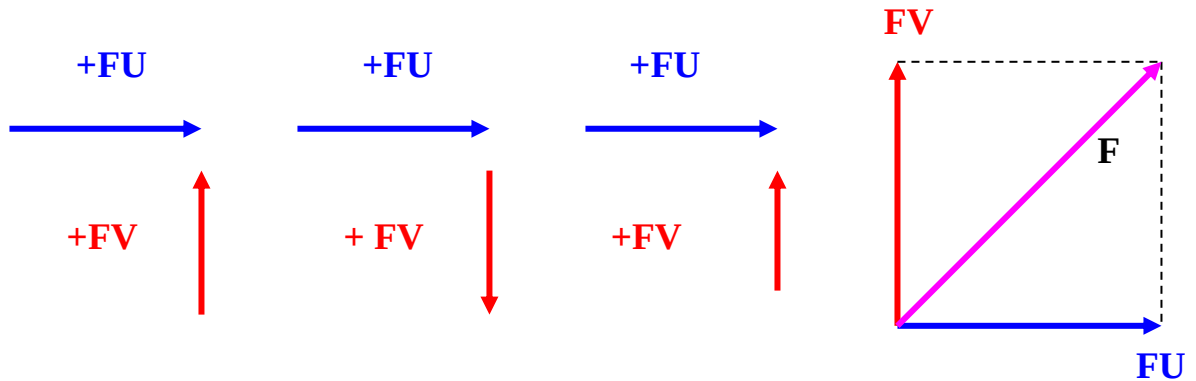
الشكل (6 - 23) الإرسال بنظام PAL

إذا حصل أي تغير في طور الزاوية هـ في الخط الأول بمقدار (Δ هـ) فإن تغيرا يحصل في الطور في الخط الثاني بمقدار (Δ - هـ) . في جهاز التلفزيون يتم قلب طور إشارة الفرق اللوني (R - Y) التي تم عكسها في الإرسال و بجمع إشارة معلومات الألوان بخطين ذلك للحصول على إشارة معلومات ألوان بزاوية صحيحة لاحظ الشكل (6 - 24) .



الشكل (6 - 24) تحسين أخطاء نظام NTSC

من الشكل نجد أن نظام بال (PAL) عالج الخطأ في نظام NTSC إلا أن مقدار التشبع اللوني قد ازداد وهذه الزيادة في التشبع اللوني هي الخطأ (العيوب) في نظام بال (PAL) . فهذا النظام يعتمد على إرسال الألوان بطور متناوب ومن هنا جاءت التسمية (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 (6 - 25) .

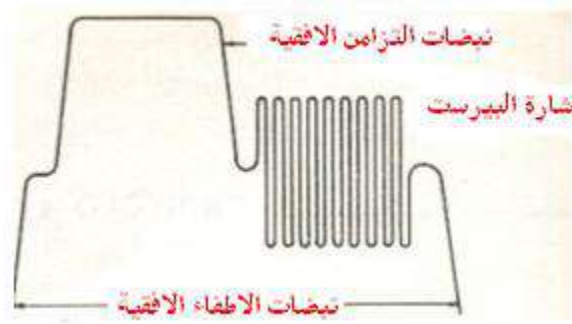


الشكل (6 - 25) قلب طور الإشارة (R-Y)

ثم تجمع هاتان الإشارتان بواسطة 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) يخدم 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) فإن 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 المرسل 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 (26 - 6) .



الشكل (26 - 6) إشارة البيرست

و توصل البيرست إلى المضمن (F_v) مباشرة أي بالطور نفسه مع الإشارة (F_v) و توصل إلى المضمن (F_u) خلال عاكس وجه 180 فتصبح بعكس الطور بمقدار 180 . و للتأكد من أن الإشارة (F_v) قد عكست في المستلم للخط نفسه في المرسل 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 .

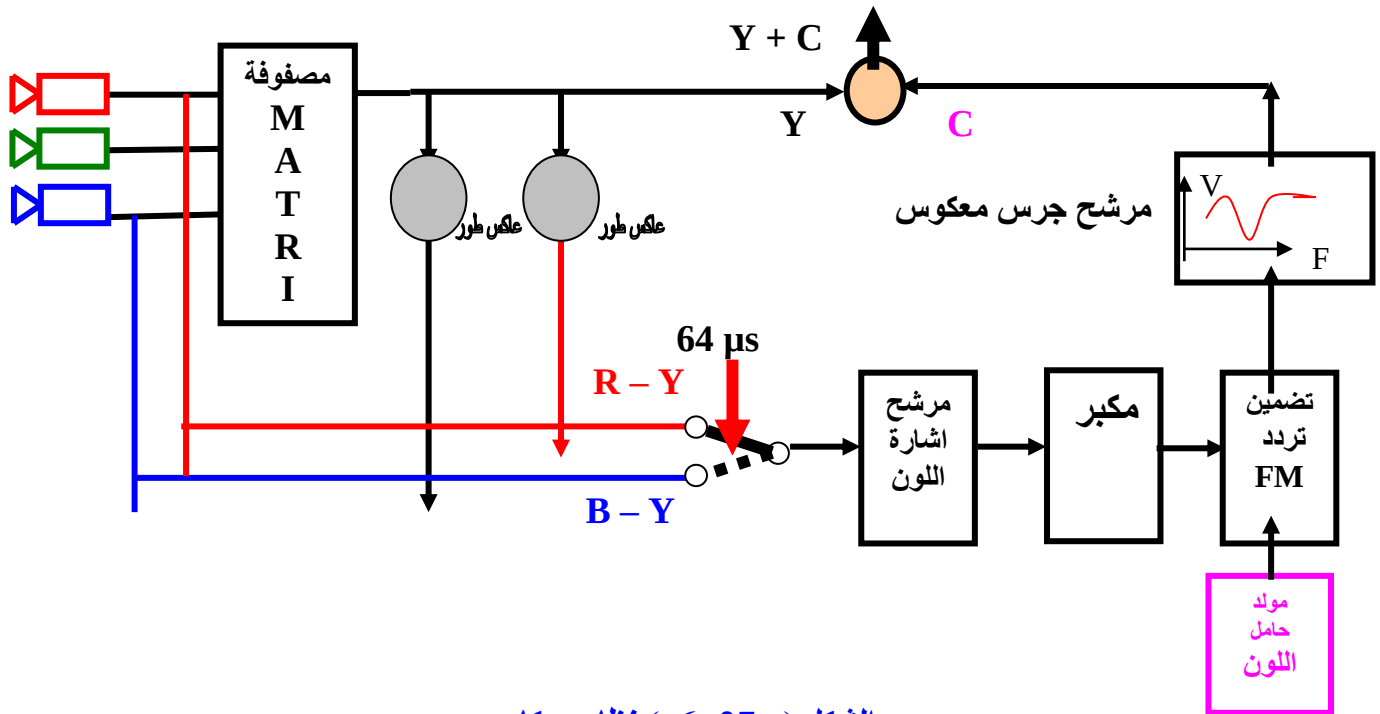
الثانية - ان مفتاح (PAL) يتوافق بوساطة إشارة البيرست للتأكد من أن مركبة (F_v) بالخط المعكوس بالمرسل فقط . لذلك فان إشارة البيرست تقع في الدرجات (135 و 225) .

4 - 5 - 6 نظام سيكام : SECAM System

المخطط الكتلي المبين بالشكل (27 - 6) يمثل مخططا لمراحل الإرسال لنظام سيكام ، و يعتمد هذا النظام على إرسال ثلاث إشارات هي إشارة النصوص (Y) و إشارة الفرق اللوني ($R-Y$) و إشارة الفرق اللوني ($B-Y$) كما هو الحال في الأنظمة المتألفة في نظام NTSC و نظام بال (PAL) ويمتاز هذا النظام عن بقية الأنظمة بما يأتي :

- 1- ترسل كل من إشارتي الفرق اللوني ($R-Y$) و ($B-Y$) بالتتابع بين خط و آخر أي كل (64) مايكرو ثانيه .
- 2- تضمن إشارة (C) تضمينا تردديا .

نجد من الشكل أن المفتاح يقوم باختيار إشارتي الفرق اللوني (R - Y) ، (B - Y) و يغير اختياره كل 64 مايكرو ثانية 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) ميكا هرتز و تحمل الإشارة (B-Y) على تردد مقداره (4.25) ميكا هرتز تدخل إشارة الفرق اللوني المضمنة تضمينا تردديا إلى مرشح له خواص تشبه الجرس المعكوس (Anti Bell) . 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 .

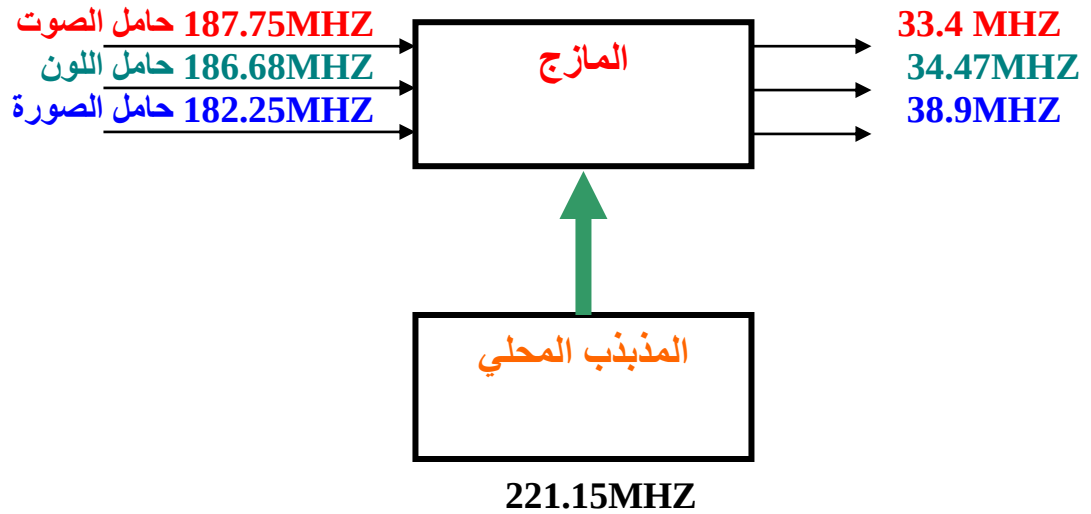


الشكل (27 - 6) نظام سيكام

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

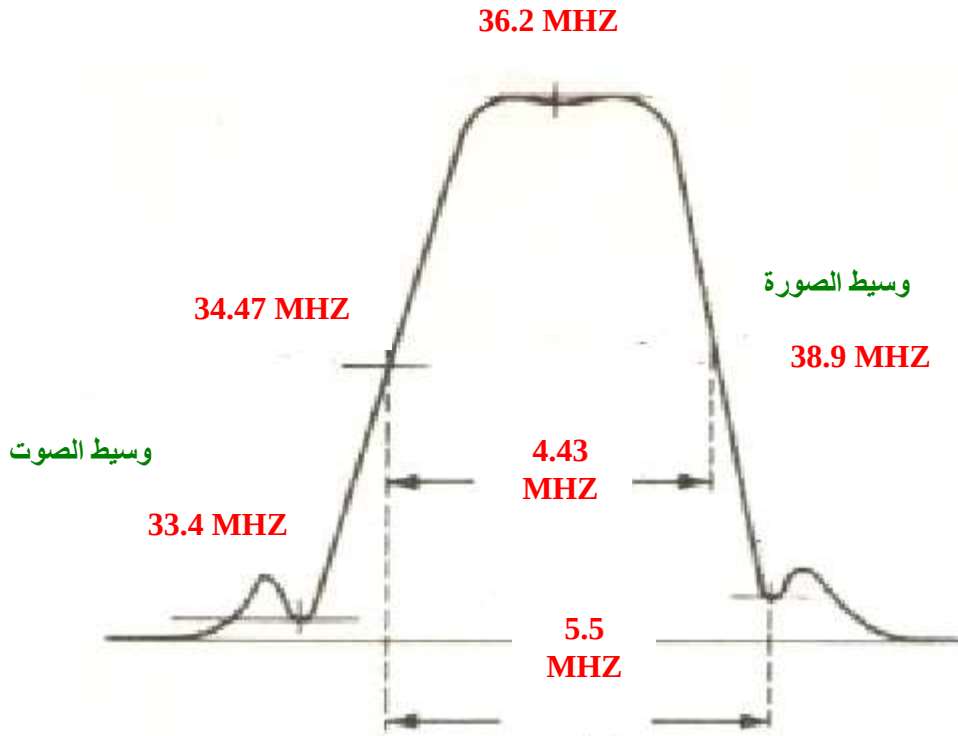


فبالإضافة لما هو معروف في أجهزة (الأبيض – اسود) فإن قسم ناخب القنوات يعمل بمنحني استجابة له تردد لحامل اللون وعلى سبيل المثال إننا استلمنا القناة بالتردد (181-188) ميكاهرتز فإن كلا من تردد حامل الصورة = 182.25 ميكاهرتز
تردد حامل الصوت = 187.75 ميكاهرتز
تردد حامل اللون = 186.68 ميكاهرتز . في نظام (PAL) لاحظ الشكل (29 – 6) .



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

كما يعمل قسم مكبر إشارة التردد الوسيط حسب منحنى خاص لتكبير الموجة الحاملة للصورة بالتردد (38.9) ميكا هرتز و الموجة الحاملة للون بالتردد (34.47) ميكا هرتز لنظام (PAL) مثلا و بمقدار 50 % لاحظ الشكل (30 - 6) ، و بتكبير الموجة الحاملة للصوت بالتردد (33.4) ميكا هرتز بمقدار 10 % .



الشكل (30 - 6) منحنى 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 النصوص (**Y**) و إشارة التزامن اللوني (**Burst**) . و يحتوي 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 النصوص **Y** إلى صمام الشاشة .

و تحتاج إشارة النصوص في مكبر إشارة الصورة إلى خط التأخير و هو عبارة عن ملف أو قابلو محوري (**Coaxial Cable**) لتأخير إشارة النصوص **Y** كي تصل إلى صمام الشاشة الملونة في الوقت نفسه مع إشارة اللون **C** و يكون زمن التأخير هذا حوالي (0.8) مايكرو ثانية 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 عالية لذلك فان الجهد العالي (**E H T**) يتراوح من (25 – 30) كيلو فولت لحجم شاشه تتراوح من (19 - 25) 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

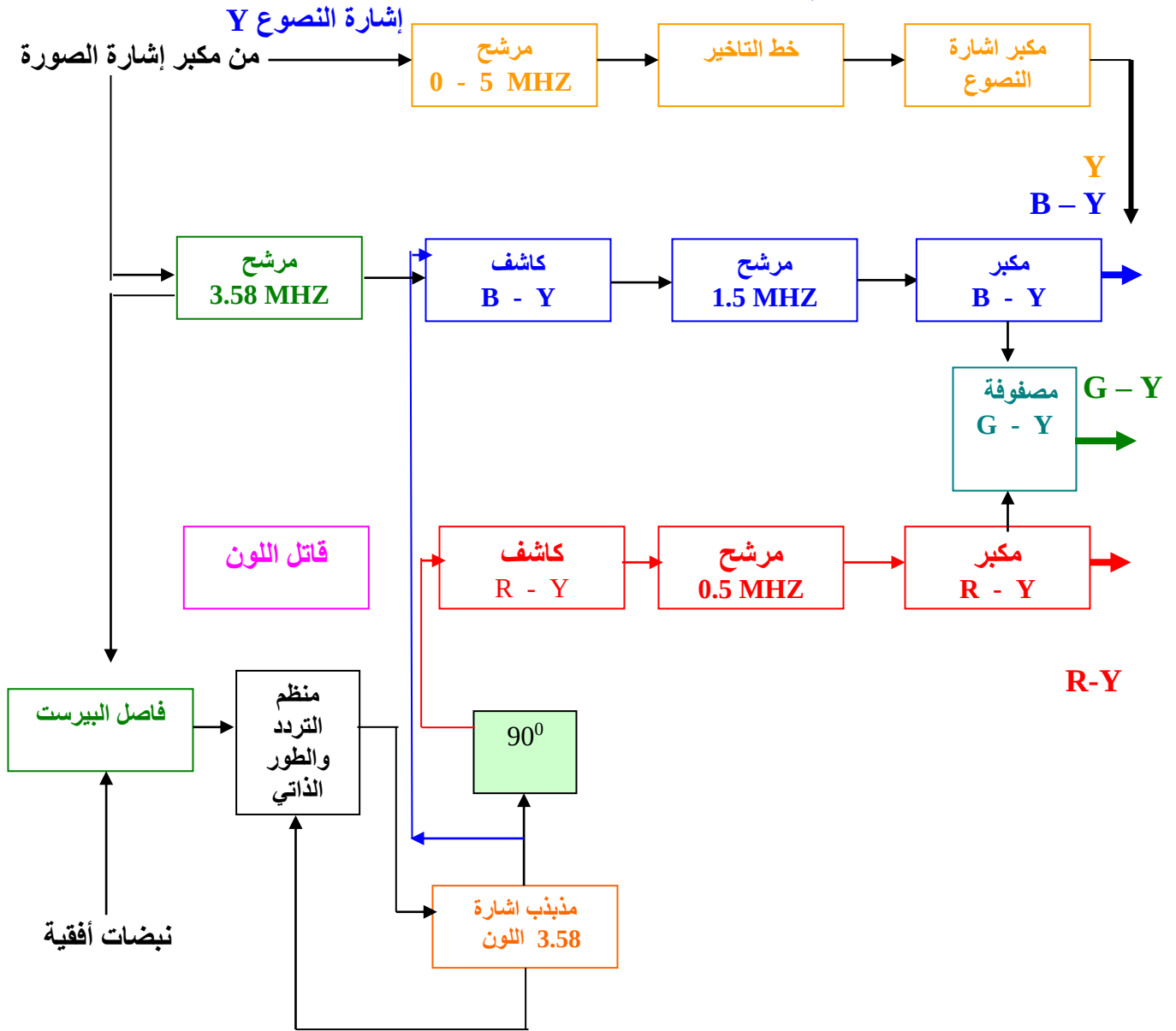
يمر في هذا الملف تيار متناوب بالتردد (50) هرتز يعمل على إزالة المغناطيسية لتحسين النقاوة اللونية و سبب تواجد هذه المغناطيسية المتبقية هو الأجزاء الحديدية الموجودة داخل جهاز التلفزيون فتؤثر هذه المغناطيسية في انحراف الأشعة الالكترونية فتظهر الألوان غير نقية ، وبمرور التيار المتناوب في الملف الموضوع حول الشاشة تتولد مجالات مغناطيسية تلغي المجال الثابت .

بسبب اختلاف طرق تضمين إشارة معلومات الألوان للأنظمة الثلاثة فإن قسم الألوان في جهاز التلفزيون يختلف من نظام إلى آخر وهي كما يأتي :

1 - 6 - 6 الاستلام بنظام NTSC

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

قسم إشارة الصورة



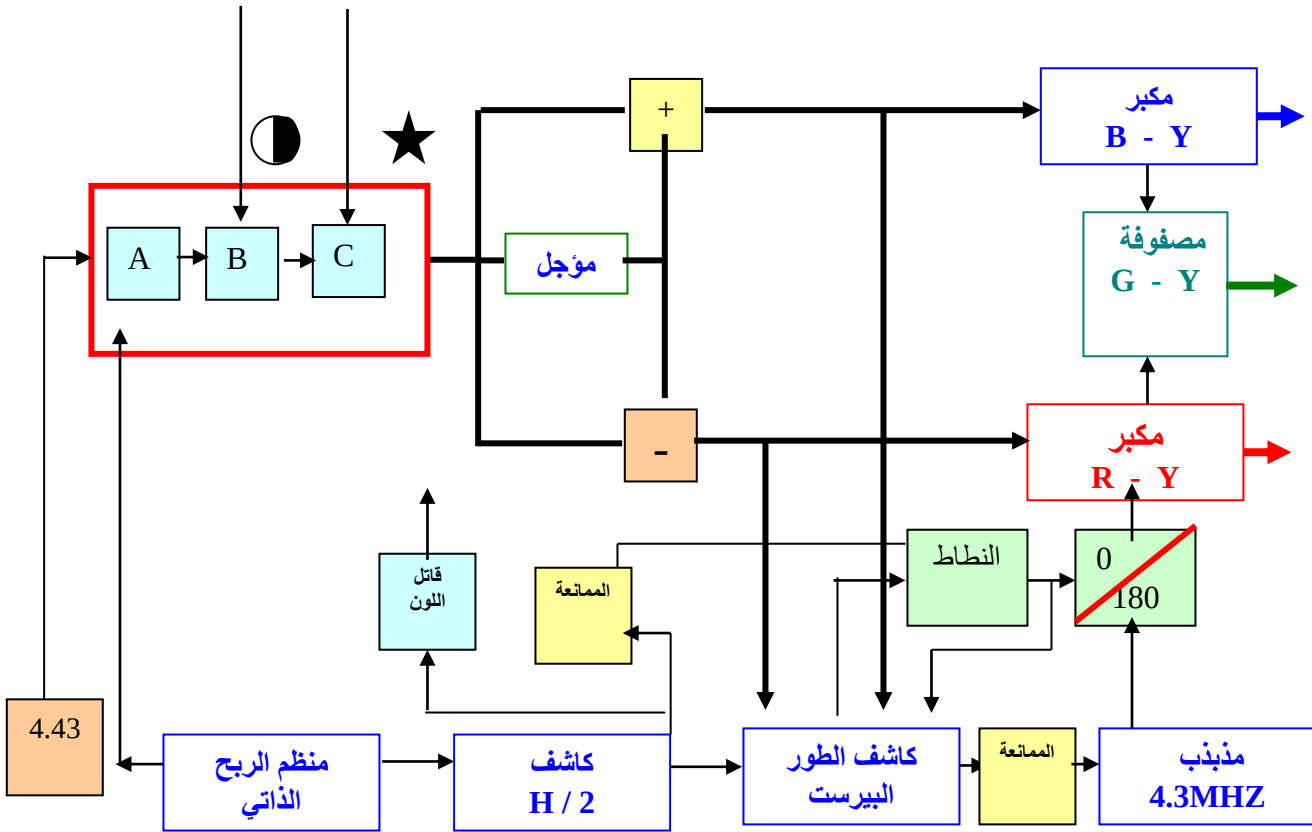
الشكل (32 - 6) الاستلام بنظام SECAM

يحتوي قسم إشارة النصوص على المرشح بالتردد من (صفر - 5) ميكاهرتز الذي يعمل على كبت أي تداخل يمكن أن يحصل مع الحاملة الثانوية للون و خط التأخير بزمان 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 الكاشف التزامني وهو نوع الكاشف المتعاقد للحامل الثانوي يعمل المذبذب على توليد تردد قدرة (3.58) ميكا هرتز فيعد فصل إشارات الفرق اللوني ($R-Y$) ، ($B-Y$) المضمنة يتم الكشف عنها بواسطة الكاشفين المتزامنين اللذين يجهزان بحاملين ثانويين مزاح احدهما عن الآخر بزاوية (90) درجة فيسيطر طور مذبذب الحامل الثانوي بواسطة إشارة التزامن اللوني (البيرست).

2- 6 - 6 الاستلام بنظام بال :

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



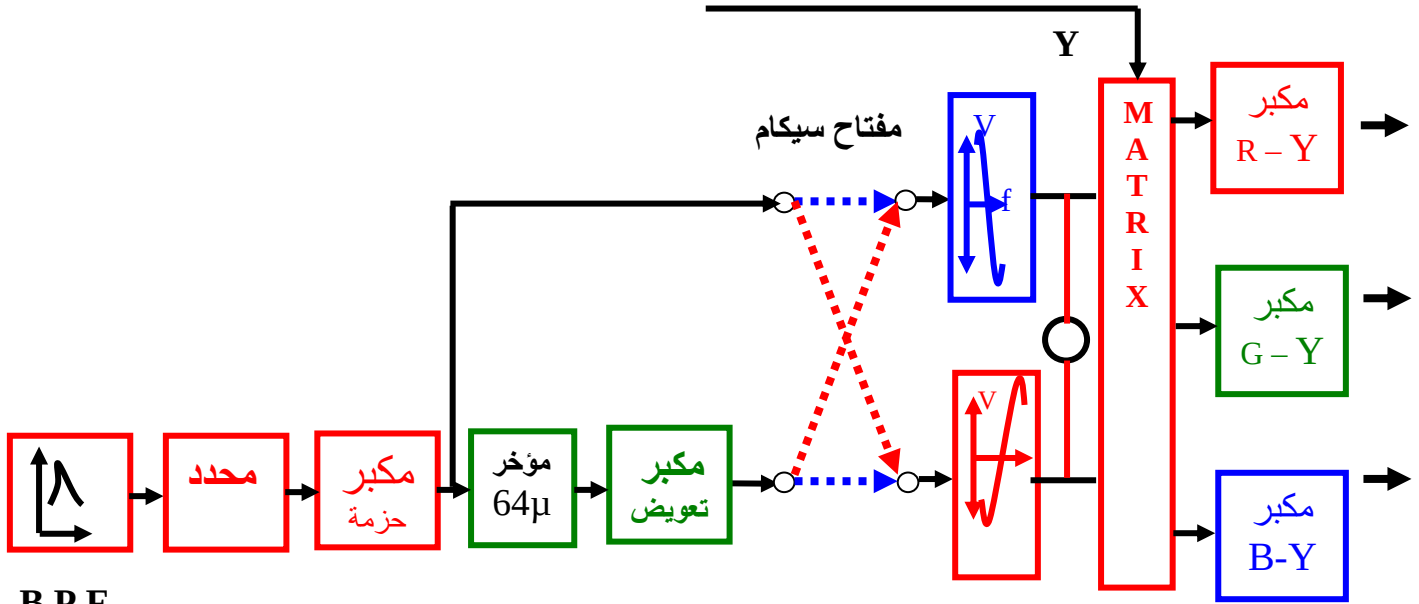
الشكل (33 - 6) الاستلام بنظام PAL

إن مكبر الألوان الذي يحتوي على ثلاث مكبرات (A, B, C) المكبر (A) له ربح متغير ومسيطر عليه بواسطة مرحلة منظم الربح الذاتي ($A.G.C$) ويتغير ربح المكبر (B) و يسيطر عليه بواسطة مقاومة شدة التباين بينما تسيطر مقاومة شدة تباين اللون على المكبر (C) . ومع وجود نبضة البيرست يتولد جهد AGC ولأجراء عملية الكشف لكل من ($R-Y$) ، ($B-Y$) نحتاج إلى توليد تردد قدره 4.43 MHz بسبب إخماد هذا التردد في الإرسال لذلك يعمل مذبذب الكوارتز بتوليد التردد (4.43MHz) فيوصل مباشرة إلى الكاشف ($B-Y$) بينما يوصل هذا التردد خلال المغير (PAL) إلى الكاشف ($R-Y$) . وإذا حصل إي تغير في طور المذبذب فبواسطة كاشف البيرست ودائرة الممانعة يصحح هذا الطور وتقلل دائرة الممانعة من التحميل ويسبب تأرجح البيرست بمقدار (± 45) درجة وذلك بسبب انعكاس الإشارة ($R-Y$) بمقدار (180) درجة لذلك تتولد إشارة جيبية يكون ترددها نصف التردد الأفقي 15625 HZ يستفاد من هذه الإشارة في التفويم لتوليد فولتية

تيار مستمر يسלט على كل من كاشف (R - Y) ، (B - Y) وفي حالة الإرسال (اسود - ابيض) يتوقف عملها .

3 - 6 - 6 الاستلام بنظام سيكام : SECAM

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



B.P.F

الشكل (34 - 6) الاستلام بنظام سيكام

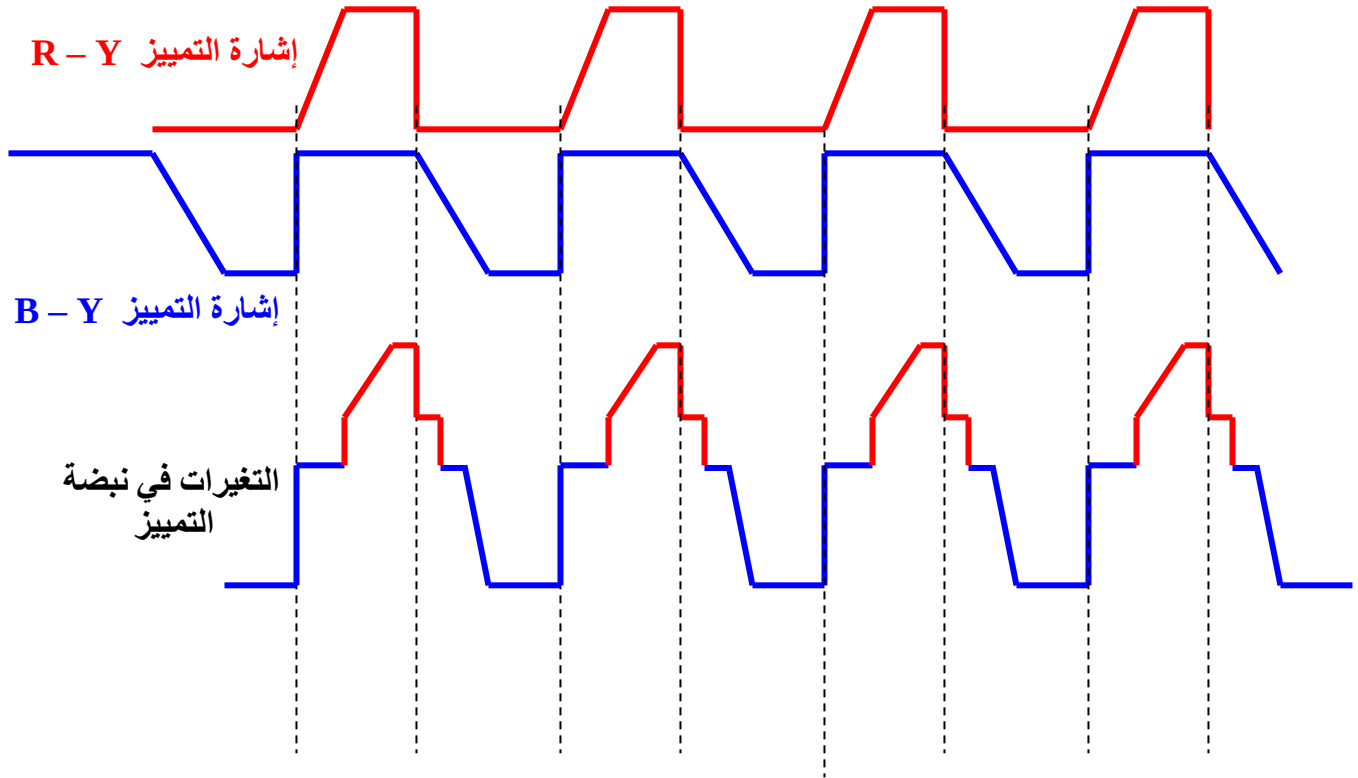
يتم اختيار إشارة معلومات الألوان من إشارة النصوص (Y) بواسطة مرشح إمرار النطاق الترددي (BPF) الذي يمنع مرور إشارات الضوضاء التي تقع عند الترددات العالية و الواطئة و التي يمكن أن تكشف بواسطة كاشف التضمين التردد (FM) . تدخل إشارة الألوان على المحدد (Limiter) فيقوم بتحديد الاتساع لان سعة إشارة الألوان المضمنة ترددياً قد يتغير بسبب الضوضاء خلال الإرسال ، ثم يتم تكبير إشارة الألوان بواسطة مكبر نطاق ترددي (Band Pass Amp.) فيعمل على تكبير حزمة إشارة معلومات الألوان بعدها تتفرع الإشارة إلى فرعين أحدهما يتصل مباشرة بمفتاح سيكام والفرع الآخر يتصل بالمفتاح عبر خط التأخير الزمني الذي يؤخر الإشارة زمناً مقداره (46) مايكرو ثانية 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 بواسطة إشارة التمييز (Identification) .

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

6 - 7 إشارة التمييز : Identification

يتم إنتاج إشارة التمييز (Identification) بمحطة الإرسال كسلسلة مكونة 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 تردديا على الحامل المساعد للون لاحظ الشكل (5 - 35) ، ترسل على فترات منتظمة أثناء 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 أن يكون نظام توصيله محكما .



الشكل (5 - 35) 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 الألوان 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 الموجي .
- 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 النصوص (Y) وإشارة اللون (C) وهي مكونة من إشارة الفرق اللوني (R-Y) و (B-Y) ومن نبضات التزامن الأفقية والعمودية 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 المرسل .
- تعمل إشارة التمييز في التلفزيون الملون نظام SECAM بالتحكم بعمل المفتاح الالكتروني .

أسئلة للمراجعة :

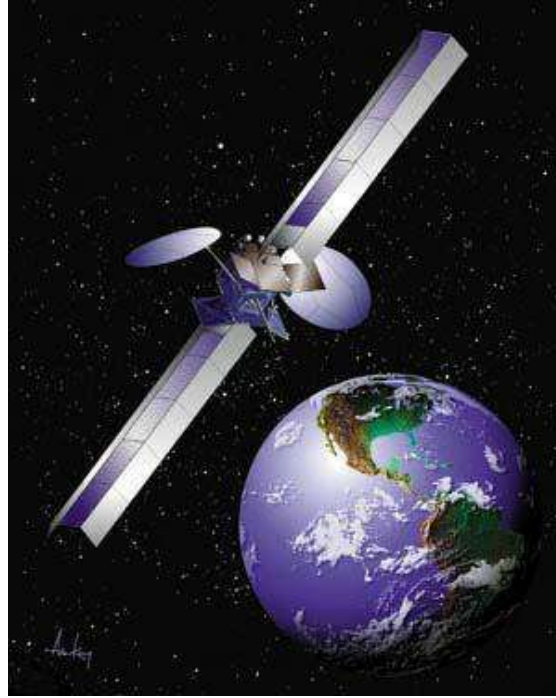
- 1 (كيف يتم تكوين إشارة النصوع (Y) ؟ وضح إجابتك بالرسم .
- 2 (كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (R – Y) نسبة الى سلم الألوان (نموذج الاختبار) ؟
- 3 (كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (B – Y) نسبة الى سلم الألوان (نموذج الاختبار) ؟
- 4 (اذكر أسباب عدم إرسال إشارة الفرق اللوني (G – Y) لجميع الأنظمة .
- 5 (كيف يتم تكوين إشارة الفرق اللوني (G – Y) في جهاز التلفزيون ؟
- 6 (اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الإرسال بنظام NTSC .
- 7 (اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الإرسال بنظام PAL .
- 8 (اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الإرسال بنظام SECAM .
- 9 (اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الاستلام بنظام NTSC .
- 10 (اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي الاستلام بنظام PAL .
- 11 (اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي 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 (181 – 188) MHz .
- س3 : احسب تردد حامل الصورة وحامل الصوت وحامل اللون لاستلام قناة بالتردد (195 – 202) MHz .

الفصل السابع

منظومة الإرسال المايكروبي والأقمار الاصطناعية والرادار



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

1 - 7 منظومة الإرسال المايكرووي : Microwave Relay System

المايكرووييف هو مدى الترددات الراديوية بين (1-300)GHz وعلى سبيل المثال فان الترددات المستخدمة في منظومة الإرسال التلفزيوني هي اقل من الترددات المايكرووية بينما تقترب الترددات المستخدمة في أجهزة الهاتف الخليوي (Cellular Telephone) الذي يعمل بحزمتين بالطيف الترددي الأول من (800 - 900) MHz والثاني من (0.8 – 1.9) GHz وهي ضمن الترددات المايكرووية ويعدُّ بعض الاختصاصيين ان الترددات المايكرووية أعلى من 500 MHz ، ويصل الطول الموجي للتردد 1GHz الى 30 سنتيمتر. ان منظومة الإرسال المايكرووي 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 مايكرووية



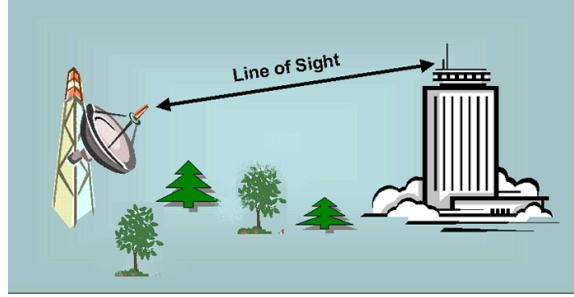
الهوائي الحلزوني
Helical antenna



هوائي مصفوفة
array antenna

الشكل (1 - 7) بعض أنواع هوائيات المايكرووييف

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 السنتيمترية. 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

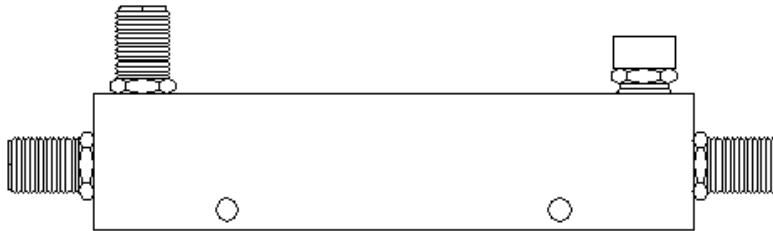
برامج التلفاز والمكالمات الهاتفية ترسل عبر شبكات منظومات المايكروويف بعد أن ترفع إلى ترددات عالية بواسطة عملية التضمين التي تحدثنا عنها سابقا وترتب بشكل مجاميع قياسية بطريقة الإكثار ثم تحمل مرة ثانية على ترددات مايكروية وترسل عبر الشبكة إلى المكان المطلوب.

2 - 7 مكونات المايكروويف :

من المؤكد إن سبب نجاح احدا 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

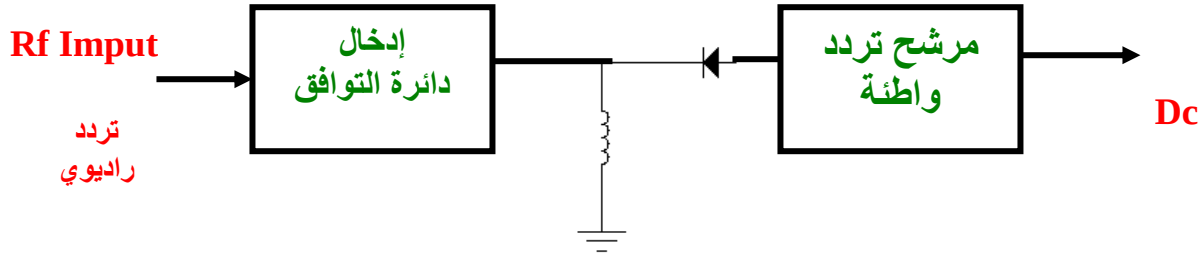
من المكونات التي تستخدم بشكل واسع في منظومة المايكروويف والموضحة بالشكل (4 - 7) تعمل على الربط بين دائرتين كهربائيتين لتكوين دائرة مغلقة ويسمح بالتأثير التبادلي وبعبارة أخرى ربط دائرتين (جنب إلى جنب) تؤثر احدهما في الأخرى لهما قطعتان من دليل الموجة أو خطوط محورية إحدى هاتين الدائرتين تمثل خط الطاقة الأصلي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



الشكل (4 - 7) الرابط ثنائي الاتجاه

2 – الكواشف : Detectors

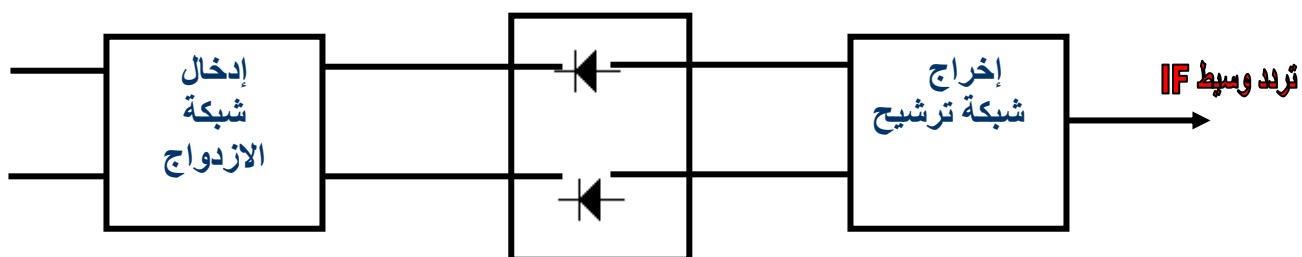
التركيب الأساسي للكواشف المايكروية والموضحة بالشكل (5 - 7). نلاحظ أن الثنائي هو العنصر الأساسي وتستخدم ثنائيات شوكلي لان خواصها ملائمة للترددات العالية وذات حساسية عالية وتتوافق مع دائرة ذات مقاوم (50Ω) تقريبا لذلك يمكن الحصول على نقل أعظم قدرة .



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 أقل 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).



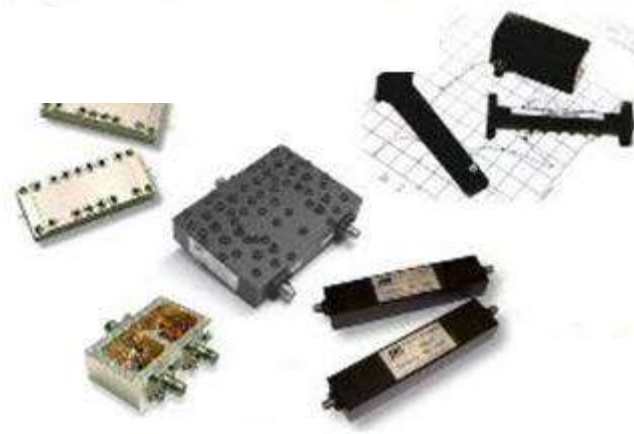
الشكل (A - 6 - 7) مخطط كتلوي يبين استخدام المازج في منظومة ميكروية



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 إلا 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 أي من جوانب الحيز الترددي أو أعلى أو أقل من تردد معين في أية 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

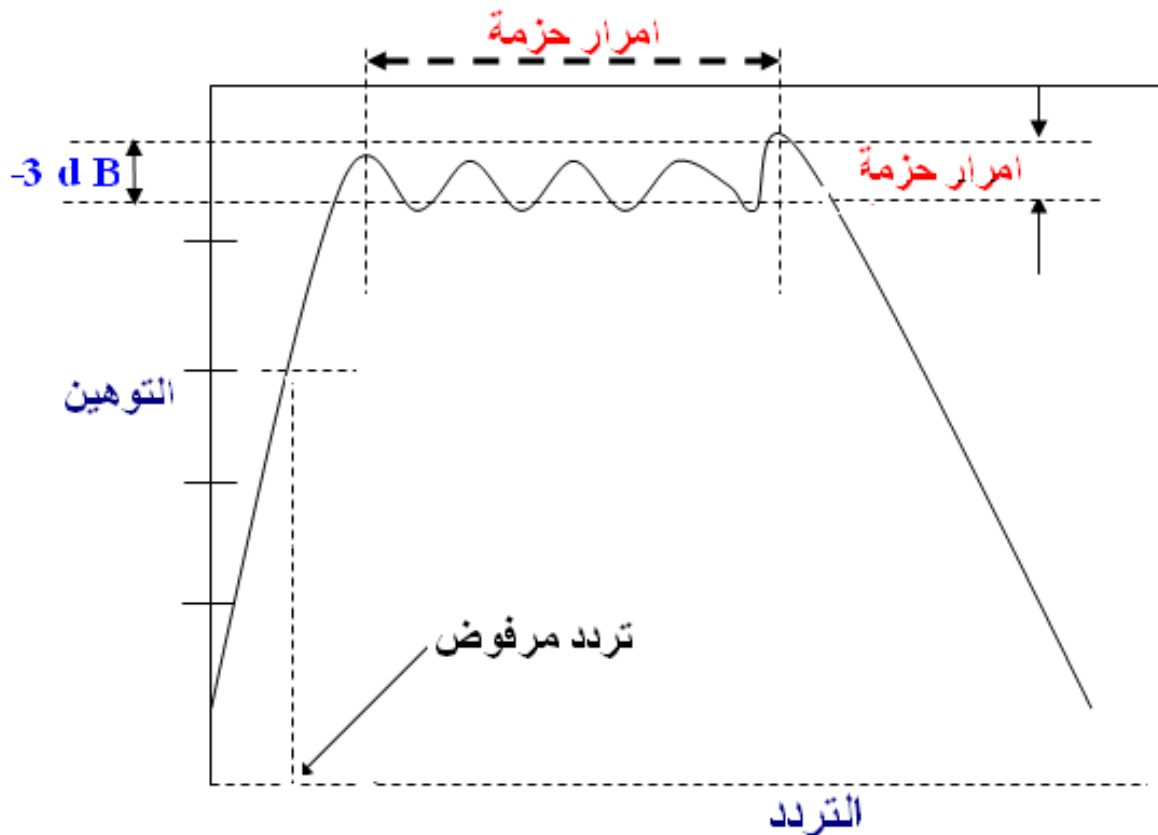
- 1 – مرشح إمرار حزمة (BPF)
- 2- مرشح إمرار ترددات واطنة (LPF)
- 3 – مرشح إمرار ترددات عالية (HPF)
- 4 – مرشح رفض حزمة (BSF)

وسنتطرق إلى دراسة احد هذه المرشحات

1 - مرشح إمرار حزمة : Band Pass Filter

الشكل (8 - 7) يوضح منحنى الاستجابة لمرشح إمرار حزمة يعمل على تمرير حزمة معينة من الترددات بأقل الخسائر قدر الإمكان ، نلاحظ من المنحنى أن المساحة (إمرار حزمة) محددة بأقل خسارة وبهبوط المنحنى 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 للمنحنى. وفي المثال التالي معلومات لمرشح إمرار حزمة مثالي وكما هو موجود على بعض هذه المرشحات ولا بد أن تتعلم هذه المصطلحات باللغة الانكليزية .

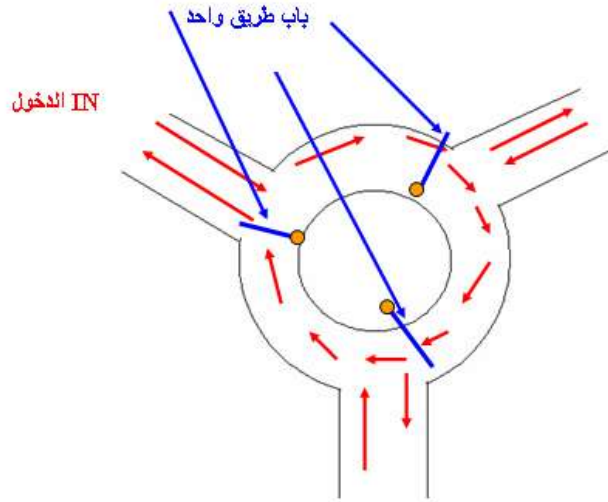
Model #	BPF – XNI
Pass band	1.5 – 3.0 GHZ
Impedance	50 Ω
Power	25W
Rejection	60 dB (0 – 1.3 GHZ , 3.2 - 10.1 GHZ)



الشكل (8 - 7) منحنى يمثل مرشح إمرار الحزمة

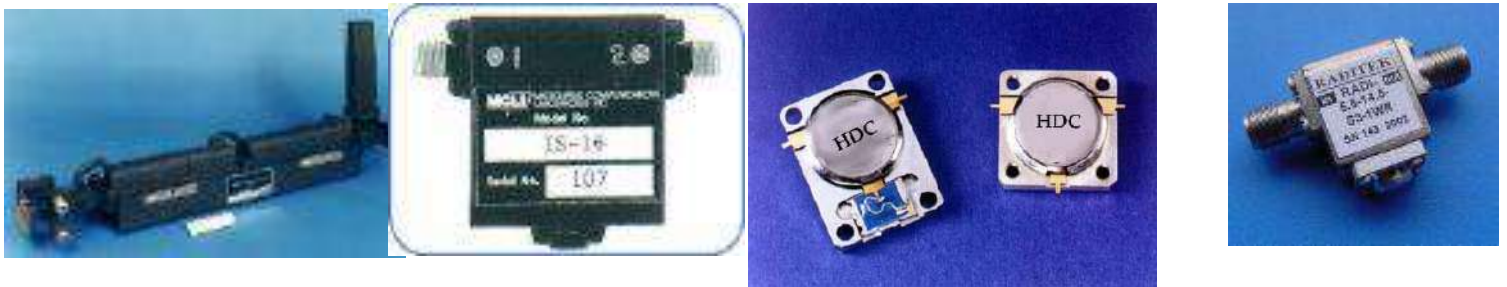
5 – المسارات الدائرية والعوازل : Circulators & Isolators

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



الشكل (9 – 7) كيفية تمرير طاقة المايكرويف

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



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

6 - الموهن (التوهين) : Attenuator

التوهين هو التقليل (إضعاف) من قيمة شيء معين ، وفي الموجات الميكروية فإن 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

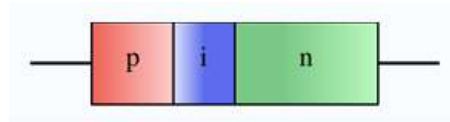
لاحظ الشكل (7 - 11)



الشكل (7 - 11) 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) (Intrinsic) (Semiconductor Region) موضوعة بين الطبقتين (P-TYPE) و (N-TYPE) وهاتان الطبقتان مطعمتان بشوائب كثيرة لاحظ الشكل (7 - 12) .

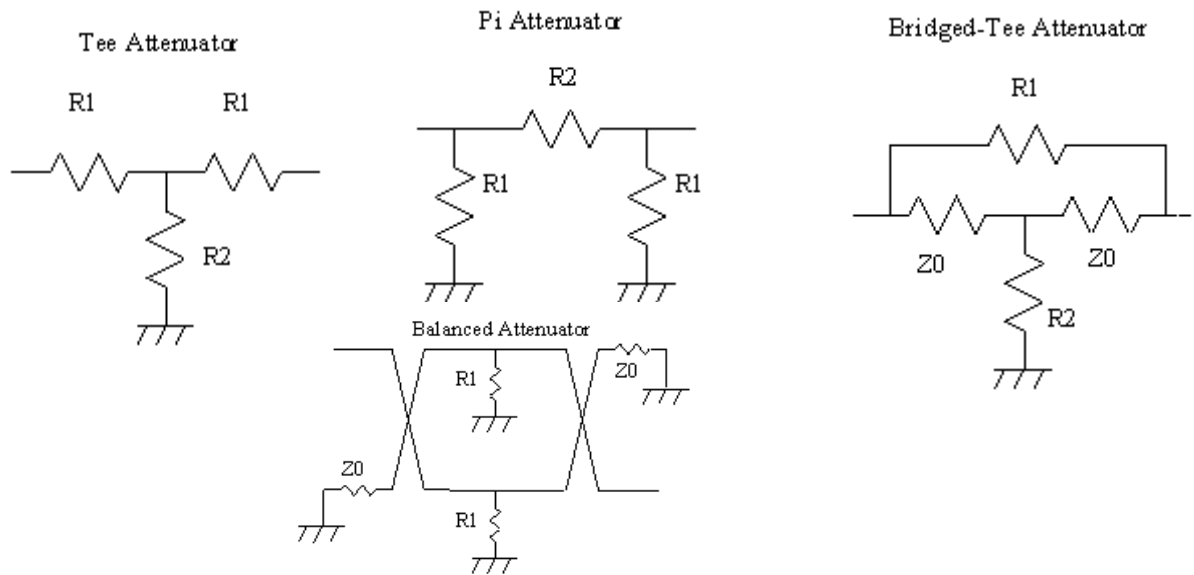


الشكل (7 - 12) الثنائي نوع PIN

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 الثاني 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 للسيطرة على الفولتية او التيار للثاني 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 (7 - 13) .



الشكل (7 - 13) انواع ربط مختلفة للتوهين

وله عدة أشكال لاحظ الشكل (7- 14)



الشكل (7-14) اشكال مختلفة لوسائل التوهين

3 - 7 صمامات المايكروويف : Microwave Tubes

أشعة المايكروويف هي جزء من الأشعة الكهرومغناطيسية ذات طول موجي طويل يقاس بالسنتيمتر 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 الخليوي . 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 السنتيمترية بسبب الخسائر في الطاقة . فعند استعمال التردد العالي جدا فإن طول الموجة يصبح مقاربا لأبعاد الدائرة الاهتزازية وترتفع قيمة الطاقة الكهرومغناطيسية المتبعثرة إلى الفضاء ارتفاعا عاليا . وهذه 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 .

هناك أنواع عديدة من صمامات المايكروويف :

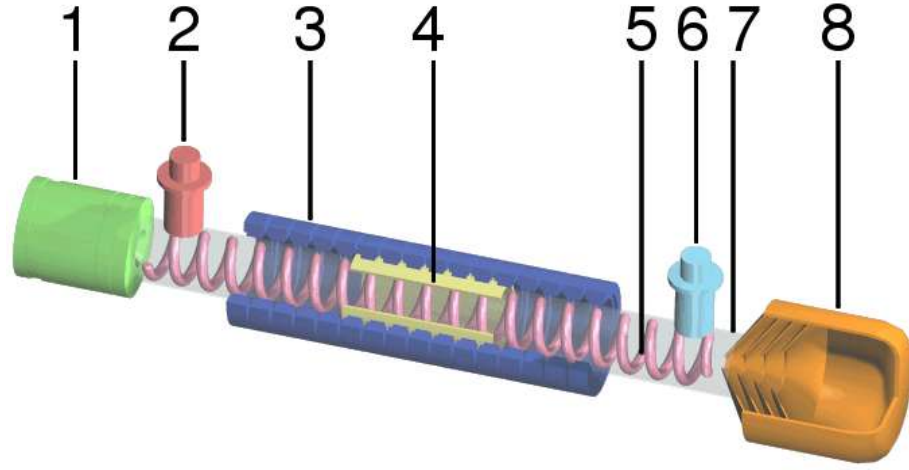
- 1- أنبوبة الموجة المنتقلة : (Traveling Wave Tube (TWT)
- 2- الكلايسترون : Klystron
- 3- الماكنترون : Magnetron

إن صمامات المايكروويف تعتمد في عملها على مجموعة من المصطلحات

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

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

الشكل (15 - 7) يوضح أنبوبة الموجة المنتقلة وتتكون مما يأتي :



الشكل (15 - 7) أنبوبة الموجة المنتقلة

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



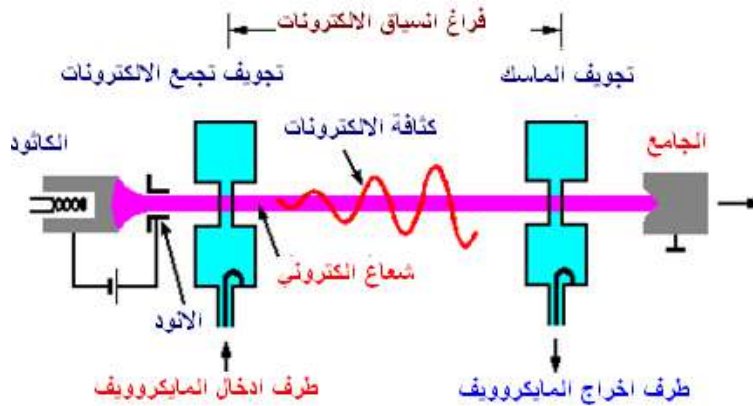
الشكل (16 - 7) المزدوج الاتجاهي

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 الإلكتروني فيتفاعل المجال الكهرومغناطيسي مع الحزمة الإلكترونية فيسبب بلملة الإلكترونات 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

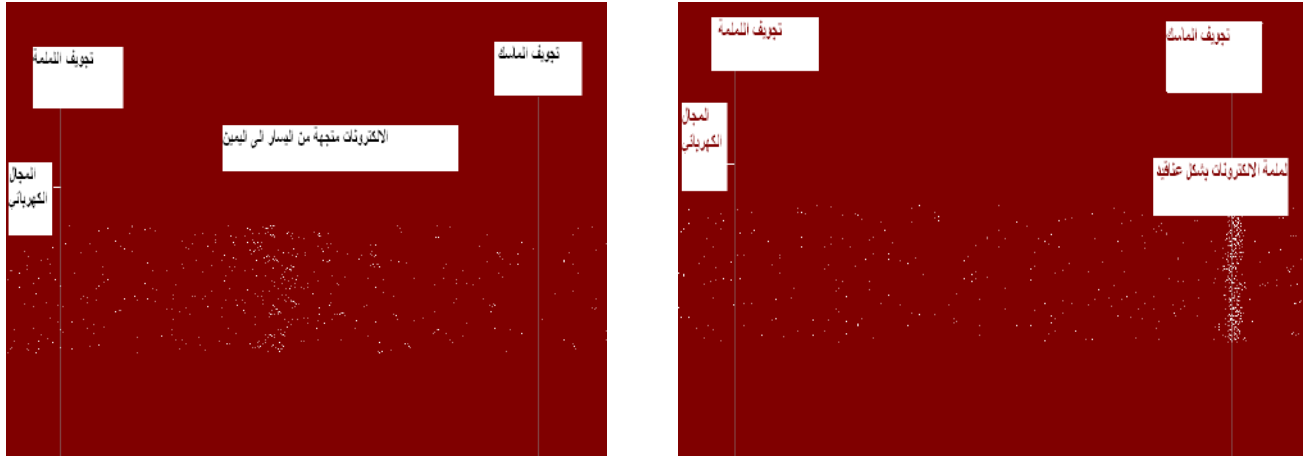
يعد الكلايسترون من الصمامات الخاصة وهو صمام شعاع خطي مفرغ من الهواء يستعمل كمكبر للموجات بالترددات العالية وترددات المايكروويف وتوليد إشارات كمرجع (reference) بقدرة واطئة للاستفادة منها في مراحل الاستلام لأجهزة الرادار في عملية السوبرهتروداين وتوليد موجات حاملة ذات قدرة عالية في الاتصالات . تحتوي معظم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

- 1- المدفع الإلكتروني (الكاثود) . 2- الانود . 3- تجويف الللملة . 4- تجويف الماسك . 5- الجامع . 6- طرف الادخال . 7 - طرف الاخراج .



الشكل (17 - 7) صمام الكلايسترون

يعمل صمام الكلايستر 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 ويَعجل الشعاع بوساطة اقطاب ذات فولتية عالية موجبة تصل الى عشرات من الكيلوفولت مثل الآنود ويخترق هذا الشعاع تجويف الملمة (Bunch Cavity) المتصل مع طرف ادخال موجات المايكروويف التي تمثل طاقة الموجات بالتردد الراديوي فتولد فولتية تؤثر على الشعاع الالكتروني بسبب المجال الكهربائي فالالكترونات المارة خلال معارضة المجال الكهربائي تتسارع بينما الالكترونات التي تعقبها تتباطئ فتجعل الشعاع يشكل تجمع (لملمة) الالكترونات بين تجويف تجمع الالكترونات وتجويف الماسك لهذه الالكترونات. لاحظ الشكل (18 - 7).



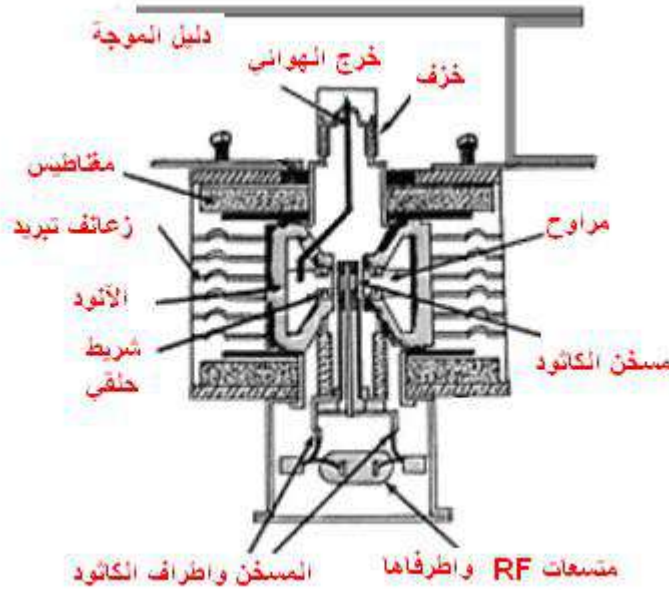
الشكل (18 - 7) رسم توضيحي يبين المجال الكهربائي باتجاه اليمين والالكترونات متجه من اليسار الى اليمين باتجاه تجويف الماسك وكيفية تجمع الالكترونات (باقية) .

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 .

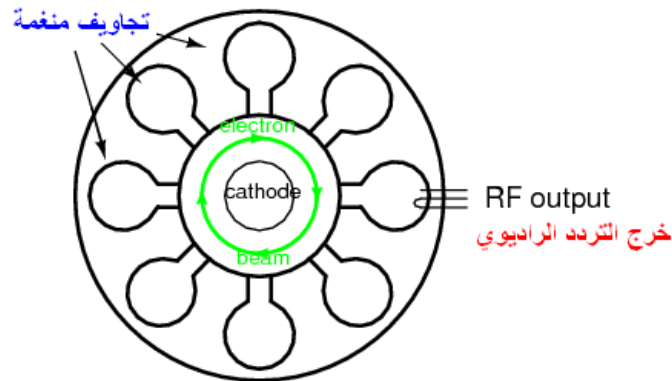
تركيب صمام الماكنترون :

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



الشكل (7 – 19) مكونات صمام الماكنترون

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



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

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

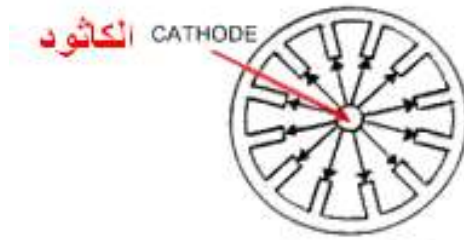
3 - الهوائي : عبارة عن حلقة (Loop) او توصيلة (Probe) مربوطة مع الأنود تمتد الى احد التجاويف المنغمة من طرف ومع دليل الموجة من الطرف الآخر لأرسال الطاقة بالتردد الراديوي .

4 - المغنايط : عبارة عن مغنايط دائمية قوية مثبتة حول الصمام لذلك يصبح المجال المغناطيسي مواز 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 الأنود 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 الأنود وعدم وجود مجال مغناطيسي كما في الشكل (21 - 7) .



الشكل (7-21) 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 الأنود على شكل محني اكثر من الشكل المباشر كما في الشكل (22 - 7) .



الشكل (7-22) حركة الالكترون على المجال المغناطيسي

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



الشكل (7 - 23)

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 الابد.



الشكل (7-24) 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 . أما الأمواج ذات الترددات العالية جدا (VHF) والفائقة (UHF) فلم يكن بثها بأكثر من خط النظر لأن 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)، وقد نجح العلماء باستغلال الأقمار الاصطناعية (Satellites) لعكس هذه الأمواج وتوجد طريقتان للاتصال على الموجات (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) .

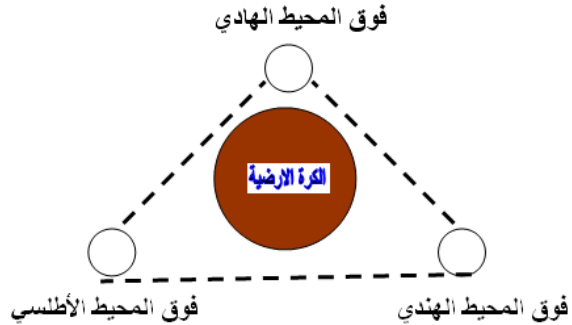
2- استعمال الأقمار الاصطناعية الفعالة: Active Satellite

هذه الأقمار تستلم الموجات الساقطة على هوائها 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 (7 - 21)



الشكل (7 - 25) 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 العالم 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 (7 - 26).



الشكل (7 - 26) 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 وعلى أبعاد متساوية وقد وفرت هذه الأقمار ما يزيد عن 20000 قناة تكلم (Speech Channel) تربط بحوالي 100 محطة أرضية 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 الكتلي للمنظومات الأساسية للقمر الاصطناعي :

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

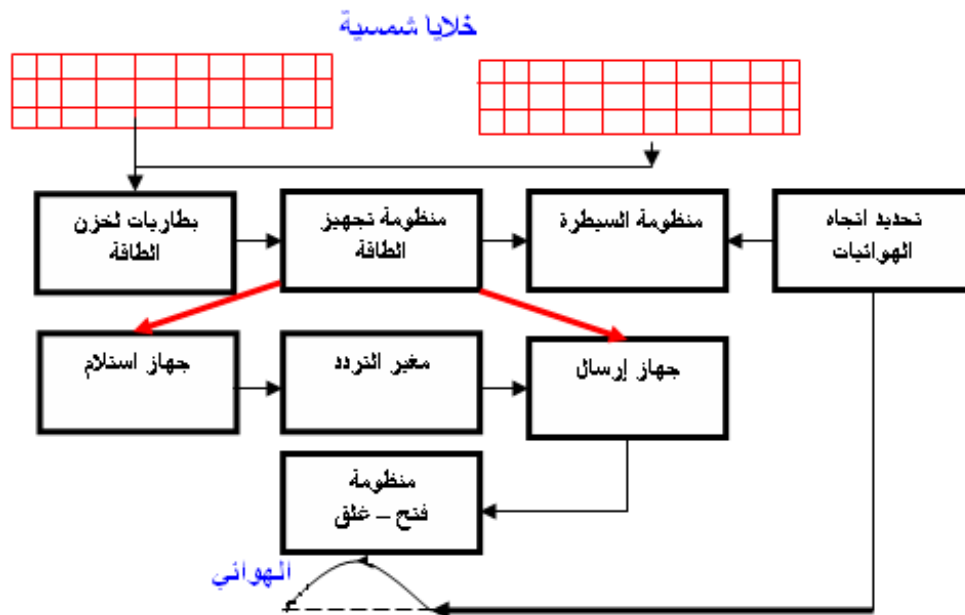
1- منظومة تجهيز الطاقة : تجهيز الطاقة الكهربائية إلى القمر الاصطناعي وغالبا ما تحتوي على خلايا شمسية تستقبل أشعة الشمس بصورة عمودية و تقوم بتحويل الطاقة الحرارية المجهزة من الشمس إلى طاقة كهربائية وتخزينها في البطاريات .

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 الكتلي 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 الحزمة يساوي 500MHz .

$$B W = 6.425 - 5.925 = 0.500 \text{ GHz} \\ = 0.500 * 1000 = 500 \text{ MHz}$$

$$B W = 4.2 - 3.7 = 0.5 \text{ GHz} \\ = 0.5 \times 1000 = 500 \text{ MHz}$$

إن مزايا البث في هذا النطاق من الترددات للإرسال والاستلام هي :

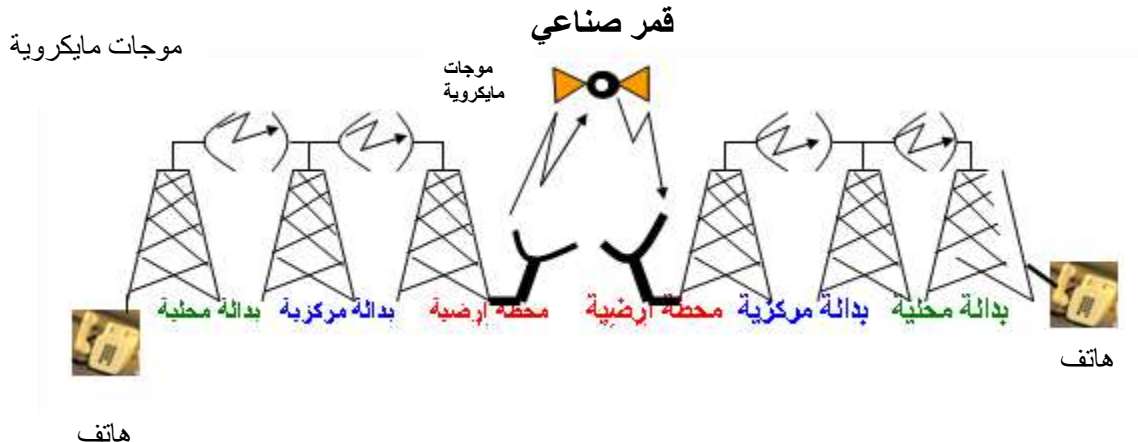
- 1- اقل ما يمكن من الطاقة الممتصة خلال انتقال الموجات الكهرومغناطيسية عبر الطبقات الجوية .
- 2- حزمة الترددات هذه اقل تأثر بالاضواء الناتجة عن حركة الكواكب .

المساوي :

الموجات الكهرومغناطيسية المرسله من القمر الاصطناعي قد تتداخل مع الإشارات التي تبثها المنظومات المايكروية خاصة و إن الحاجة إلى الزيادة في تردد الإشارات المرسله 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 الحديثه و يمثل الرقم الأول تردد الموجات الحاملة للإشارة المرسله من القمر الاصطناعي إلى المحطة الأرضية والرقم الثاني يمثل تردد الإشارة الحاملة للمعلومات المرسله من المحطة الأرضية إلى القمر الاصطناعي .

2 – 4 – 7 الاتصال الهاتفي عبر الأقمار الاصطناعية :

من الشكل (28 – 7) نلاحظ المراحل التي تمر بها المكالمه 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 الرئيسية ثم تنتقل المكالمه مرة أخرى إلى المحطة الأرضية الرئيسية وتقوم هذه المحطة بإرسال المكالمه إلى القمر الاصطناعي بتردد (6GHz) ويقوم القمر الاصطناعي بتكبير المكالمه و تغيير ترددها من (6 GHz) إلى (4GHz) وترسل إلى المحطة الأرضية الرئيسية في البلد الآخر و منها إلى البدالة المركزية ثم إلى البدالة المحلية فجهاز الهاتف.



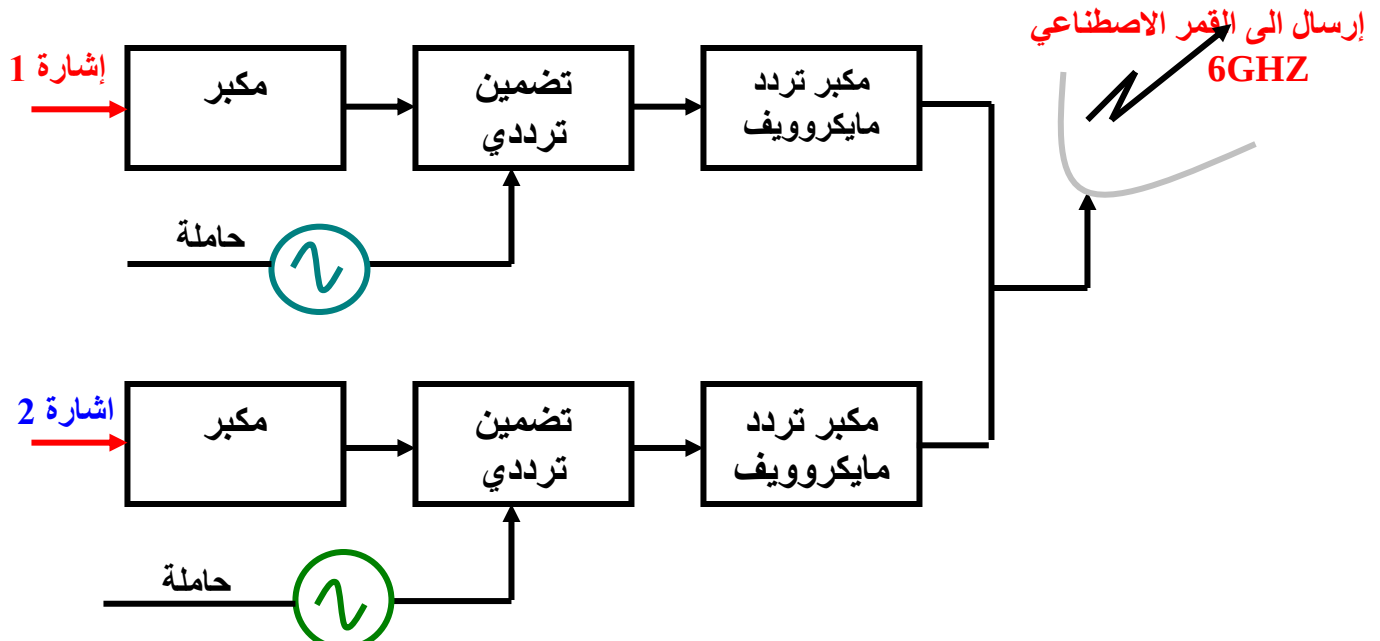
الشكل (7 - 28) المراحل التي تمر بها المكالمات الهاتفية

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

الشكل (7 - 29) يوضح المخطط الكتلي لمحطة أرضية 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 ان ترسل الإشارات بقدرة عالية لكي تستلم من قبل القمر الاصطناعي ذي الهوائي الصغير 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 تردديا بالتردد (6GHZ) وتكبر في مكبر تردد مايكروويف وترسل خلال هوائي الإرسال .

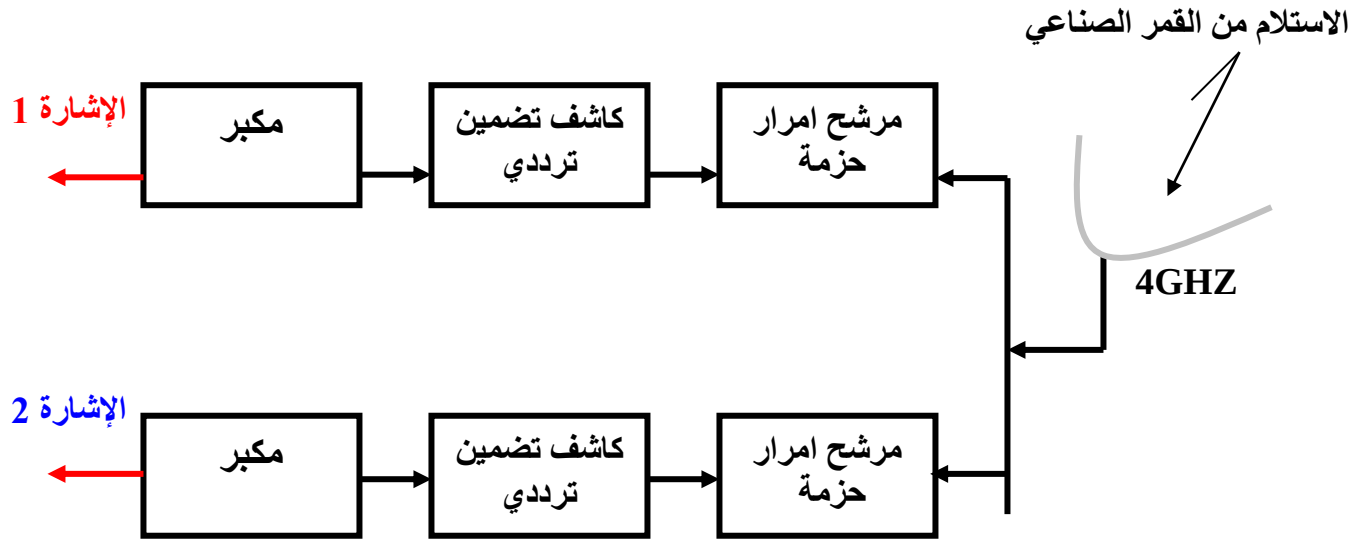


الشكل (29 - 7) المخطط الكتلوي لمحطة الإرسال الأرضية

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

الشكل (30 - 7) يوضح المخطط الكتلوي لمحطة أرضية 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 قليلة جدا بسبب بعد المسافة بين المحطة الأرضية و القمر الاصطناعي وبواسطة 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 الكتلي لمحطة الاستلام الأرضية

5 - 7 منظومة الرادار : Radar System

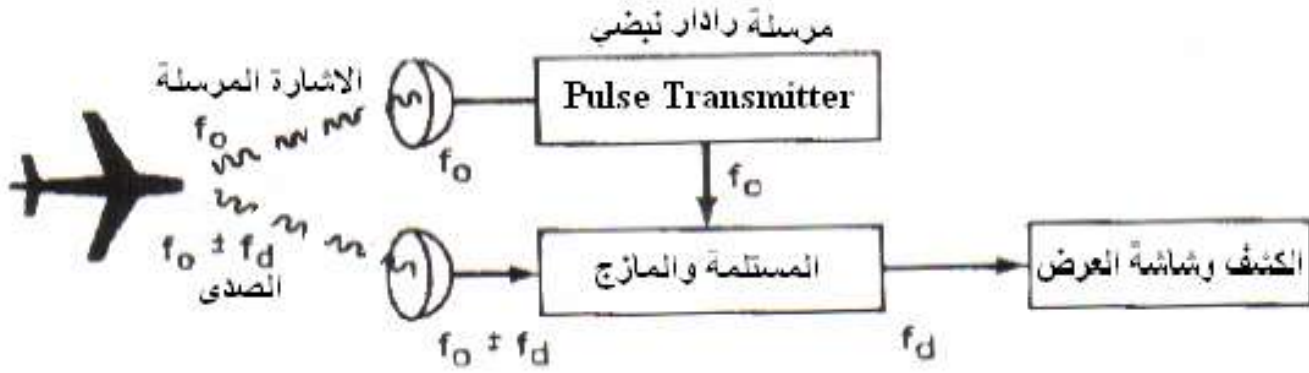
الرَّادار: هو نظام إلكتروني يُستخدم لكشف أهداف مُتحرّكة أو ثابتة . يشبه عمل الرادار أو (الكاشف اللاسلكي) عمل العين عند رؤية الأشياء ويتم ذلك بإرسال أمواج لاسلكية تصطدم بأي جسم فتنعكس منه كانعكاس الضوء من الأجسام فيلتقط جهاز الاستلام في الرادار ما ينعكس من هذه الأمواج، وبوساطة هذه العملية نستطيع الكشف 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 إما على شكل موجة مستمرة أو نبضية :

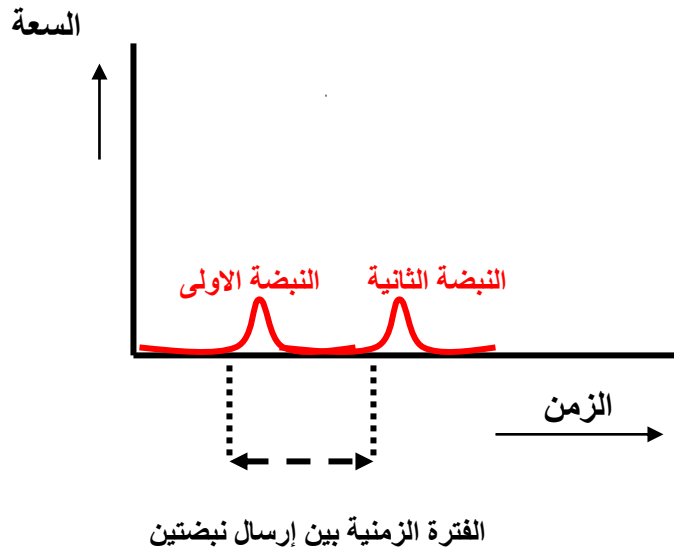
1 - جهاز الرادار للموجات النبضية :

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) .



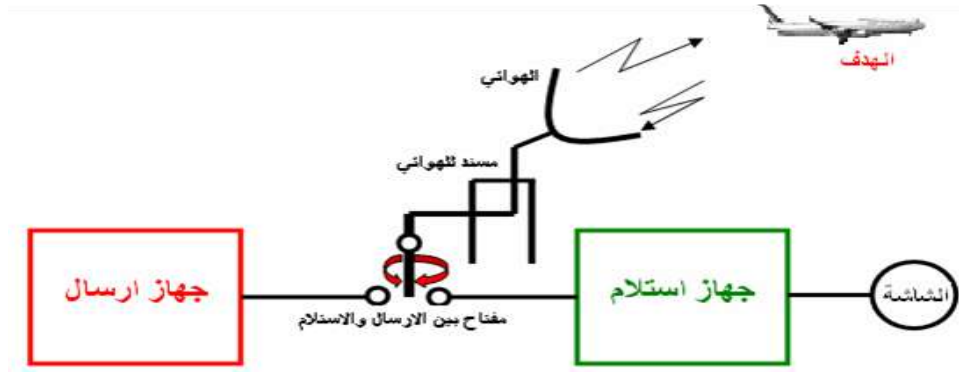
الشكل (31 - 7) مخطط كتلي لجهاز رادار نبضي

ان شكل النبضة المرسله من الرادار النبضي مبينة في الشكل (32 - 7) .



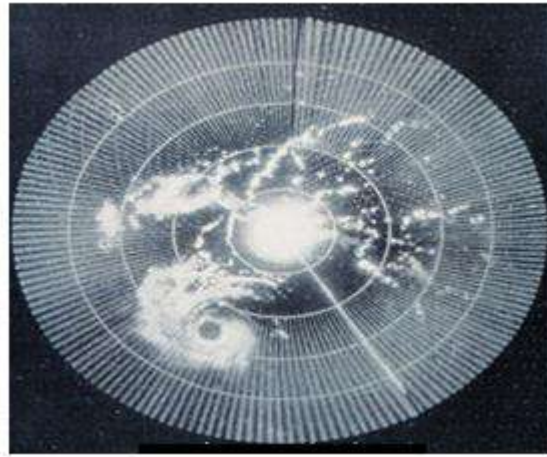
الشكل (32 - 7) شكل النبضات المرسله من جهاز الرادار النبضي

وخلال توقف المرسله عن إرسالها (اي في المدة التي تنحصر بين إرسال النبضات) . يستلم جهاز استلام الرادار الأمواج اللاسلكية التي انعكست من الجسم بواسطة 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 مخططاً كتلوياً بسيطاً لجهاز الرادار.



الشكل (33 - 7) 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 (34 - 7) التي يصنعها مع القطب الشمالي أما تعيين المسافة بين الهدف ومركز الرادار فيكون بقياس الزمن بين لحظة انطلاق الموجات الكهرومغناطيسية من الرادار ولحظة رجوعها إليه بعد ارتدادها منعكسة عن الهدف ، ولما كانت سرعة الموجات الكهرومغناطيسية معروفة وثابتة فإنه يمكن تحديد بعد الهدف عن جهاز الرادار .



الشكل (30 - 7) صورة شاشة رادار للأرصاد الجوية

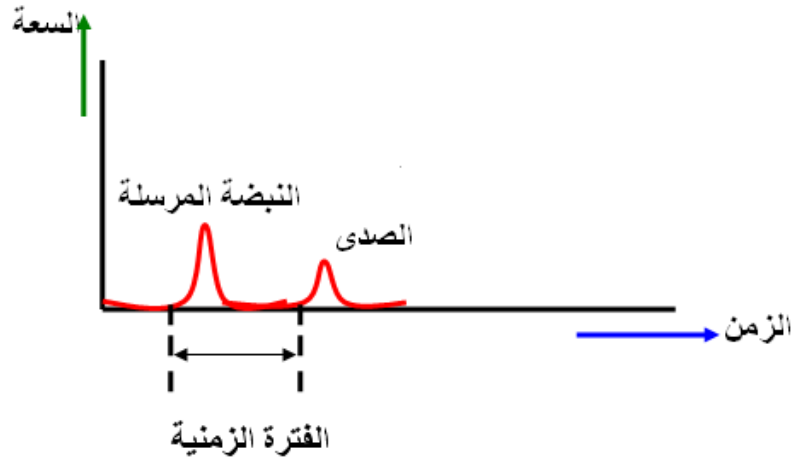
مثال :

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

الحل:

$$\begin{aligned}
 \text{المسافة} &= \text{السرعة} \times \text{الزمن} \\
 \text{حيث السرعة} &= (3 \times 10^8) = 0.001 \text{ سرعة الضوء م/ث} \\
 &= 3 \times 10^5 = 300 \text{ كم} \\
 &= 300 \text{ كم مسافة الذهاب والعودة} \\
 &= 150 \text{ كم المسافة بين الهدف وموقع الرادار}
 \end{aligned}$$

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



الشكل (7 - 35) نبضة الصدى الراجعة من الهدف

ولعملية النبضات القصيرة فائدة أخرى فباستطاعة المرسلّة اللاسلكية في هذه الحالة إرسال أمواج أقوى عشرات بل مئات المرات من الأمواج التي يمكن إرسالها بواسطة مرسلّة تبث الأمواج من دون انقطاع لحجم المرسلّة نفسها . إن الحصول على أمواج لاسلكية منعكسة من جسم ما بدرجة جيدة لا يتيسر إلا إذا كان طول هذه الأمواج أقل من أبعاد ذلك الجسم وكلما قصر طول الموجة تحسنت جودة الانعكاس ، فالأمواج الطويلة تتمكن من الإحاطة بالأجسام الصغيرة بكل سهولة ولهذا نرى أن 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 إلى حد كبير على القدرة المرسلّة 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 لا بد 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 بواسطة الهوائي لذلك وضع هوائي الإرسال في بؤره عاكس

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

مما يزيد من قدرة الإشارة المنعكسة ومدى كشف الجهاز . وللمعمل 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 المرسلّة 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 (7 - 36) .

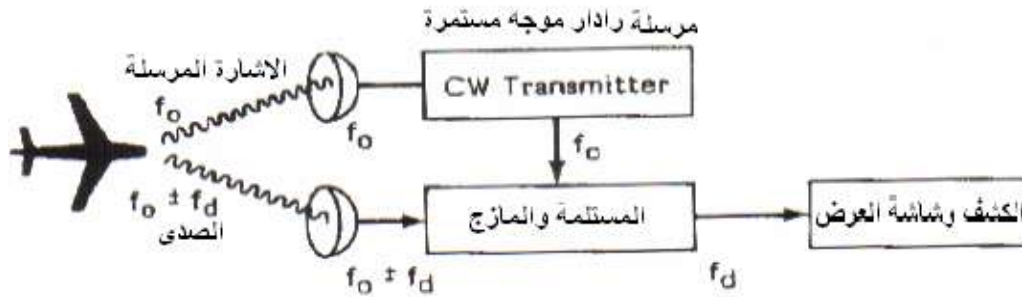


الشكل (36 - 7) هوائي لجهاز الرادار

إن الحصول على حزم ضيقة للأمواج اللاسلكية لابد من استعمال عاكس قطره اكبر من طول موجة الإشارة المرسله من محطة الرادار فكلما ازداد القطر بمقارنته مع طول الموجة قل توسع الحزمة التي تتركز في داخلها الطاقة المرسله 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 :

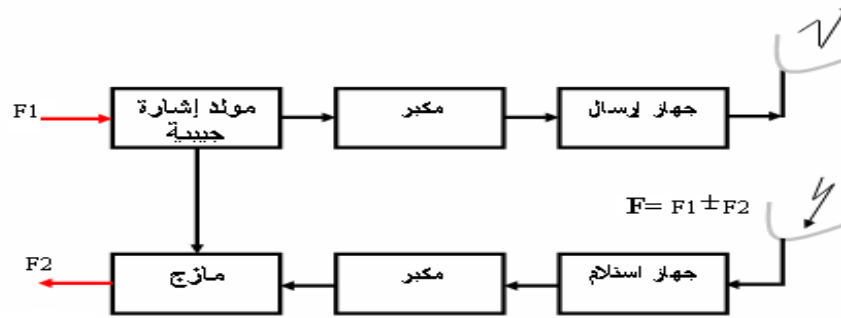
تستخدم هذه الأجهزة لتحديد بعد الهدف وفيها لا ترسل الطاقة الكهرومغناطيسية بشكل موجات مستمرة ذات تردد يتغير تغيرا صغيرا بطريقة تدريجية ومنتظمة وبمعدل ثابت حيث يبدأ الإرسال بتردد معين ثم يأخذ هذا التردد بالازدياد تدريجيا خلال فترة معينة يتوقف بعدها بالازدياد ثم يعود التردد فينخفض بطريقة فجائية ليعود إلى قمته التي بدأها ثم تتكرر هذه العملية باستمرار . وعندما يلتقط هوائي الاستلام موجات مرتدة فإن 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 المرسله ثابتا لا يتغير فعندما تصطدم مثل هذه الموجات بهدف متحرك فإن ترددها يتغير حسب ظاهرة (دوبلر) ، لاحظ الشكل (37 - 7) .



الشكل (37 - 7) مخطط كتلوي لرادار الموجه المستمره

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 F_1 والتردد المعكوس عن الهدف F فيعمل على إيجاد فرق التردد بين الإشارتين المرسله 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 شرايح من الألمنيوم من الطائرة تعكس الموجات الكهرومغناطيسية فيبدو للعاملين على الرادار أنهم اكتشفوا سربا من الطائرات. إن هذه الطريقة أصبحت أقل تأثيرا بعد التطور الهائل في سرعة الطائرات المقاتلة حيث يمكن التمييز بسهولة بين الأهداف الوهمية التي تتحرك بسرعة بطيئة معتمدة على الجاذبية الأرضية لشرايح 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 أو 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) .



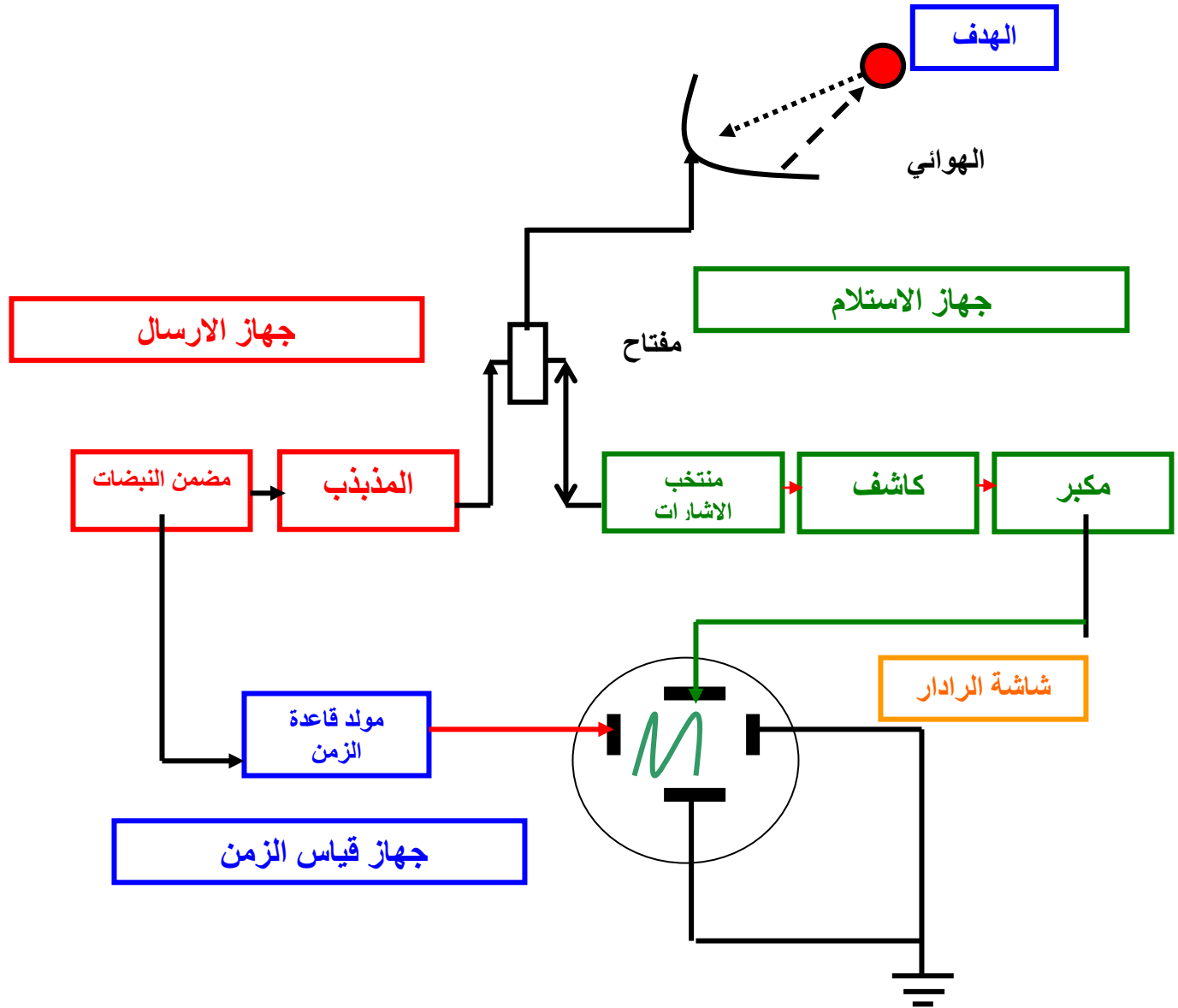
الشكل (39 - 7) جزء من جهاز الرادار

6 - 7 المكونات الأساسية لجهاز الرادار

يتكون جهاز الرادار من ثلاث اقسام رئيسية وهي 1 -جهاز الارسال. 2 - جهاز الاستلام. 3 - مجموعة الهوائيات.

1 - جهاز الارسال : Transmitter

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



الشكل (40 - 7) المخطط الكتلي 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 المرسلية من مرسل الرادار

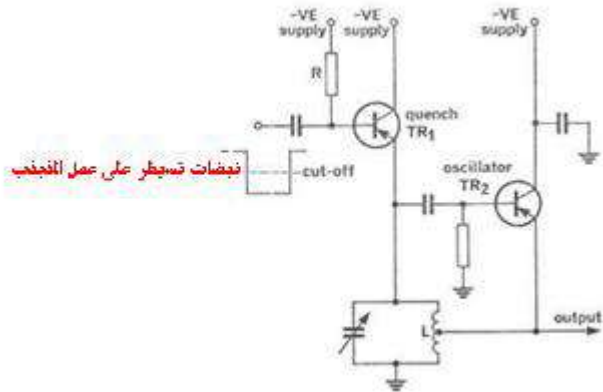
ب - مضمنة النبضات : (Pulse Modulator)

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) .



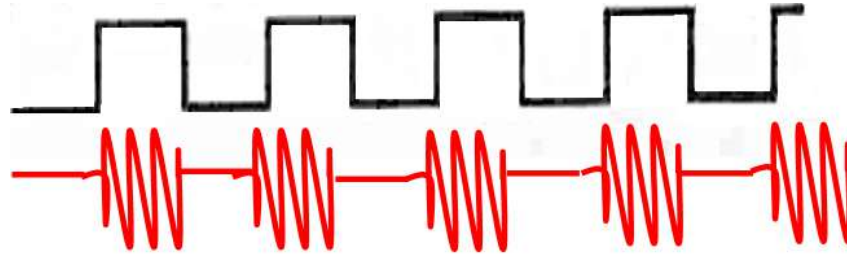
الشكل (42 - 7) شكل النبضات التي تسيطر على المذبذب

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



الشكل (43 - 7) الدائرة الالكترونية للمذبذب

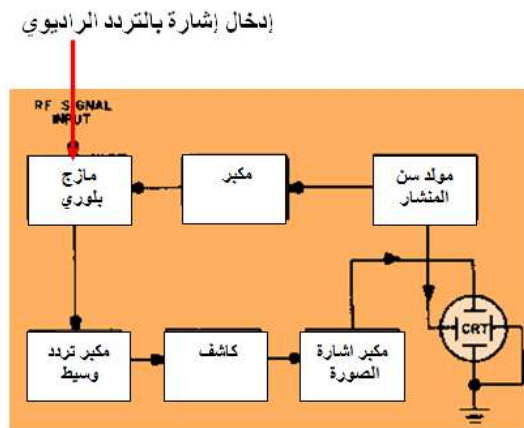
بالإمكان الجمع بين القدرتين المنتجتين من المرسلية، القدرة الأولى تنتجها المضمنة والقدرة الثانية ينتجها المذبذب كما موضح بالشكل (44 - 7) .



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 الرادار

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 المكافئ: (Parabolic Antenna) وهو عاكس على شكل قطع مكافئ 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 قطرها إلى 300 متر والمستخدم في دراسة الاجرام السماوية.

8 - 7 استخدامات الرادار:

يستخدم الرادار في عدة مجالات نذكر منها:

أ - في المجال التجاري:

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

ب- في المطارات:

- 1- يستخدم للملاحة الجوية لمنع الطائرات من الاصطدام ببعضها البعض.
- 2 - تحديد مسار الطيران لكل طائرة.
- 3 - يستخدم في جميع مطارات العالم الرئيسية لتوجيه التدفق المستمر للطائرات القادمة والمغادرة.
- 4 - يحدد مكان كل طائرة في الجو في حد أدنى قدره 80 كم من المطار. وتمكنهم هذه المعلومات من منع الاصطدامات باختيار أنسب المسارات لمتبعها الطيارون.
- 5 - يمكنهم من توجيه الهبوط الأرضي عند رداءة الطقس، وذلك حين تصبح رؤية الطيارين للأنوار والمدرجات صعبة أثناء اقترابهم.
- 6- ارسال إشارة لاسلكية الى الطائرة، فيرسل الطيار إشارة شفوية راجعة، تحوي إشارة نداء الطائرة. وهذه الإشارة تُرسم على الشاشة بشكل هلال فوق النقطة التي تمثل الطائرة لتمييز الطائرة الصديقة من المعادية.
- 7 - لتحديد علو الطائرة في أثناء طيرانها، وهكذا يساعد الطيارين للحفاظ على ارتفاع مناسب. وهناك وسيلة أخرى، هي رادار الطقس الذي يكشف العواصف القريبة، وبذلك يستطيع الطيارون تغيير المسارات لتجنب الطقس الرديء قدر استطاعتهم.

ج- في القوات المسلحة: للرادار استخدامات واسعة ومتعددة في القوات المسلحة، ومنها الاستخدامات الرئيسية الآتية:

- 1- **الدفاع الجوي:** كشف طائرات العدو المُقترية، وتتبعها من مسافات بعيدة، بحيث تعطي إنذارًا مبكرًا.
- 2- **الدفاع الصاروخي:** تتطلب رادارات ذات قدرة كبيرة لكشف الصواريخ الموجهة.
- 3- **المراقبة الفضائية:** مراقبة يومية لمئات الأهداف المدارية (التي تدور حول الأرض). وتساعد البيانات الواردة من هذه المراقبات في تحديد هوية أقمار الاستطلاع المستخدمة للتجسس.
- 4- **الاستطلاع:** تشمل استخدام رادارات فانقة القدرة لكشف الأقمار الاصطناعية وتتبعها، وكذلك أي أهداف أخرى موضوعة في مدار حول الأرض. وايضا تجمع المعلومات حول الاستعدادات التي تتخذها دول أخرى للحرب. ويستطيع رادار رسم الخرائط المحمول في الطائرة أن ينتج خرائط تفصيلية للأرض، ويبين المنشآت العسكرية والتجهيزات. وتستطيع أنواع أخرى من الرادارات الحصول على معلومات مهمة عن النظم الصاروخية لدولة أخرى بمراقبة صواريخها أثناء تجارب الإطلاق.

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

ليانات التتبع أن تساعد المُصمّم على تحديد الخطأ.

6- **التحكّم في نيران الأسلحة:** يستطيع الرّادار تحديد الأهداف بدقّة، بحيث يُستخدم لتوجيه العديد من أنواع الأسلحة وإطلاقها. ويتحكّم الرّادار في نيران المدفعية المضادّة للطائرات المركّبة على الدبابات والسفن. ويوجّه الصواريخ المُنطلقة من المُقاتلات ومن مواضع قواعد الإطلاق الأرضية، إضافة إلى أنّ الطائرات المزوّدة بقنابل مُوجهة رادارياً، تستطيع إلقاء القنابل بدقّة على الأهداف في الليل أو في طقسٍ رديء.

د - يستخدم من قبل شرطة المرور لضبط حركة السيارات والالتزام بالسرعة القانونية.

هـ - يستخدم في رصد الأحوال الجوية، ويستخدم أيضاً للدراسات العلمية مثل دراسة الكواكب والأقمار والنيازك والنجوم البعيدة.

و - للرادار دور مهم في تنبؤات أحوال الطقس المحليّة قصيرة المدى. ويمكن لأصداء الرّادار كشف قطرات المطر وذرات الثلوج في الغيوم من بعد 400 كم. وفي أحوال عديدة تبين شدّة هذه الأصداء نوع العاصفة المقترية، كالأصداء الرّعدية، كما يمكن للأصداء الرّادارية أن تشير إلى اتجاه العاصفة وسرعتها.

الخلاصة :

- إن منظومات شبكات المايكروويف عبارة عن سلسلة من المحطات اللاسلكية المرسلّة 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 المايكروويف هي الربط ثنائي الاتجاه (الازدواج) المازج ، المرشح ، العازل ، المقسم ، الموهن
- صمامات المايكروويف هي أنبوبة الموجة المنقطة TWT - الكلايسترون - الماكنترون .
- توجد طريقتان للاتصال على الموجات VHF , UHF 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 .
- المكالمات 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 الرئيسية و تنتقل المكالمات مرة أخرى إلى المحطة الأرضية الرئيسية للقمر الاصطناعي وتقوم بإرسال المكالمات إلى القمر الاصطناعي بتردد 6GHz ويقوم القمر الاصطناعي بتكبير الإشارات و تغيير ترددها من 6GHz إلى 4GHz وترسل إلى المحطة الرئيسية 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 أنيوية 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 الكتلي المحطة الأرضية (الإرسال) إلى القمر الاصطناعي .
- (7) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي المحطة الأرضية (الاستلام) من القمر الاصطناعي .
- (8) اشرح مع الرسم ظاهرة دوبلر في جهاز الرادار .
- (9) اشرح مستعينا بالمخطط الكتلي المكونات الأساسية لجهاز الرادار .
- (10) وضح مع الرسم كيفية نقل المكالمات بين شخصين عبر الأقمار الاصطناعية .
- (11) اذكر استخدامات الرادار في المطارات مع الشرح.

مسائل :

- س(1) احسب عرض الحزمة من الترددات التالية $5.925 - 6.425$ GHz و $3.7 - 4.2$ GHz .
- س(2) الزمن بين انطلاق الموجات وعودتها 0.002 ثانية ، احسب المسافة بين الهدف وموقع الرادار .