دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم العالي

١١
الجزء الثاني

راديـــو وتلفزيون

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم العالي

الراديو والتلفزيون

علم الصناعة

الجزء الثاني

للصف الأول الثانوي

الفرع الصناعي

المؤلفون

عاصي أحمد عاصي «منسقاً»
صلاح حمايل
حسام قصراوي
وليد حساسنة
إبراهيم محمود قدح «مركز المناهج»

قررت وزارة التربية والتعليم العالي في دولة فلسطين
تدريس كتاب الراديو والتلفزيون للصف الأول الثانوي في مدارسها للعام الدراسي ٢٠٠٥ / ٢٠٠٦م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج: د. نعيم أبو الحمص

مدير عام مركز المناهج: د. صلاح ياسين

مركز المناهج

إشراف تربوي : د.عمر أبوالحمص

الدائرة الفنية

- **إشراف إداري:** رائد بركات
- **تصميم:** موفق طلال حماد
- **الإعداد المحوسب للطباعة:** حمدان بحبوح
- **تصميم الغلاف:** كمال فحماوي
- **تنضيد:** أسمهان فوزي

الفريق الوطني لمنهاج الراديو والتلفزيون للمرحلة الثانوية

حسام قصراوي — منير عمر — جمال خروشة

الطبعة الأولى التجريبية
٢٠٠٦م/١٤٢٧ هـ

© جميع حقوق الطبع محفوظة لوزارة التربية والتعليم العالي/مركز المناهج

مركز المناهج – حي المصيون – شارع المعاهد – أول شارع على اليمين من جهة مركز المدينة
ص.ب ٧١٩ – رام الله – فلسطين
تلفون ٢٩٦٩٣٥٠-٢-٩٧٠+ ، فاكس ٢٩٦٩٣٧٧-٢-٩٧٠+
الصفحة الالكترونية: WWW.PCDC.EDU.PS – العنوان الالكتروني: PCDC@PALNET.COM

تمهيد

رأت وزارة التربية والتعليم العالي ضرورة وضع منهاج يراعي الخصوصية الفلسطينية؛ لتحقيق طموحات الشعب الفلسطيني حتى يأخذ مكانه بين الشعوب. إن بناء منهاج فلسطيني يعد أساساً مهمّاً لبناء السيادة الوطنية للشعب الفلسطيني، وأساساً لترسيخ القيم والديمقراطية، وهوحق إنساني، وأداة تنمية للموارد البشرية المستدامة التي رسختها مبادئ الخطة الخمسية للوزارة.

وتكمن أهمية المنهاج في أنه الوسيلة الرئيسة للتعليم، التي من خلالها تتحقق أهداف المجتمع؛ لذا تولي الوزارة عناية خاصة بالكتاب المدرسي، أحد عناصر المنهاج؛ لأنه المصدر الوسيط للتعلم، والأداة الأولى بيد المعلم والطالب، إضافة إلى غيره من وسائل التعلم: الإنترنت، والحاسوب، والثقافة المحلية، والتعلم الأسري، وغيرها من الوسائط المساعدة.

أقرت الوزارة هذا العام (٢٠٠٥/ ٢٠٠٦)م تطبيق المرحلة الأولى من خطتها لمنهاج التعليم التقني والمهني، لكتب الصف الأول الثانوي (١١) بفروعه: الصناعي، والزراعي، والتجاري، والفندقي، والاقتصاد المنزلي(التجميل، تصنيع الملابس)وعدد الكتب ٦٤ كتاباً نظري وعملي، وسيتبعها كتب منهاج الصف الثاني الثانوي (١٢) في العام المقبل. وبها تكون وزارة التربية والتعليم العالي قد أكملت إعداد جميع الكتب المدرسية للتعليم العام للصفوف(١-١٢)، وتعمل الوزارة حالياً على توسيع البنية التحتية في مجال الشبكات والتعليم الإلكتروني، وعمل دراسات تقويمية وتحليلية لمناهج المراحل الثلاث، في جميع المباحث (أفقياً وعمودياً)؛ لمواصلة التطوير التربوي، وتحسين نوعية التعليم الفلسطيني.

وتعد الكتب المدرسية وأدلة المعلم التي أنجزت للصفوف الأحد عشر حتى الآن، وعددها يقارب ٣٥٠ كتاباً، ركيزة أساسية في عملية التعليم والتعلم، بما تشتمل عليه من معارف ومعلومات عُرضت بأسلوب سهل ومنطقي؛ لتوفير خبرات متنوعة، تتضمن مؤشرات واضحة، تتصل بطرائق التدريس، والوسائل والأنشطة وأساليب التقويم، وتتلاءم مع مبادئ الخطة الخمسية المذكورة أعلاه.

وتتم مراجعة الكتب وتنقيحها وإثراؤها سنويّاً بمشاركة التربويين والمعلمين والمعلمات الذين يقومون بتدريسها، وترى الوزارة الطبعات من الأولى إلى الرابعة طبعات تجريبية قابلة للتعديل والتطوير؛ كي تتلاءم مع التغيرات في التقدم العلمي والتكنولوجي ومهارات الحياة. إن قيمة الكتاب المدرسي الفلسطيني تزداد بمقدار ما يبذل فيه من جهود، ومن مشاركة أكبر عدد ممكن من المتخصصين في مجال إعداد الكتب المدرسية، الذين يحدثون تغييراً جوهريّاً في التعليم، من خلال العمليات الواسعة من المراجعة، بمنهجية رسخها مركز المناهج في مجالي التأليف والإخراج في طرفي الوطن الذي يعمل على توحيده.

إن وزارة التربية والتعليم العالي لايسعها إلا أن تتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى المؤسسات والمنظمات الدولية، والدول العربية والصديقة وبخاصة حكومة بلجيكا؛ لدعمها المالي لمشروع المناهج.

كما أن الوزارة لتفخر بالكفاءات التربوية الوطنية، التي شاركت في إنجاز هذا العمل الوطني التاريخي من خلال اللجان التربوية، التي تقوم بإعداد الكتب المدرسية، وتشكرهم على مشاركتهم بجهودهم المميزة، كلٌّ حسب موقعه، وتشمل لجان المناهج الوزارية، ومركزالمناهج، والإقرار، والمؤلفين، والمحررين، والمشاركين بورشات العمل، والمصممين، والرسامين، والمراجعين، والطابعين، والمشاركين في إثراء الكتب المدرسية من الميدان أثناء التطبيق.

وزارة التربية والتعليم العالي
مركز المناهج
كانون ثاني ٢٠٠٦ م

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وأصحابه أجمعيي وبعد .

يأتي هذا الكتاب مكملاً للمواضيع النظرية الواردة في كتاب علم الصناعة للفصل الأول للصف الأول الثانوي الصناعي تخصص راديو وتلفزيون ، حتى يتسنى للدارسين والعاملين في هذا المجال متابعة التطورات السريعة المتعلقة بمجال الالكترونيات بشكل عام والمتخصص في مجال الراديو والتلفزيون بشكل خاص حيث اشتمل هذا الكتاب على سبع وحدات دراسية تعرض الوحدة الأولى الدارات المتكاملة بأنواعها التماثلية والرقمية من حيث تركيبها وكيفية التعامل معها وتطبيقاتها .

وتركز الوحدة الثانية على مبدأ عمل مضخمات الإشارات السمعية وأنواعها وميزات كل نوع؟ وكيفية إخراج الصوت بعرض أنواع السماعات وتركيبها ومبدأ عملها وكذلك مبدأ تحويل الأمواج الصوتية إلى كهربائية وأنواع المايكروفونات .

أما الوحدة الثالثة فتناقش مفهوم الطيف الكهرومغناطيسي ومحتواه الترددي حيث تم التركيز على العرض الترددي الخاص بالإرسال الراديو وتقسيمه إلى نطاقات مختلفة والاستخدامات المختلفة لهذه النطاقات . كما وتبحث هذه الوحدة في تحويل الإشارة الكهربائية إلى أمواج كهرومغناطيسيةوالمسارات المختلفة لهذه الأمواج . وتضمنت الوحدة أيضاً عرضا لبعض العمليات الأساسية كتوليد الإشارة ذات التردد الراديو ، وعمليات التضمين بنوعيها الشائعين (الاتساع والتردد) .

أما الوحدة الرابعة فتعالج العمليات الأساسية في الاستقبال الإذاعي من الهوائي إلى السماعة حيث تم التعرض بالتفصيل لكافة مراحل الاستقبال الإذاعيAM ، FM كما تم الأخذ بعين الاعتبار التطورات الحديثة في الاستقبال والإرسال الإذاعي الرقمي الحديث حيث تم البدء بتطبيقه .

وتركز الوحدة الخامسة على أجهزة التسجيل الصوتي فتتناول عمليات التسجيل والاسترجاع والمسح من حيث المفهوم ومبدأ العمل والدارات الكهربائية اللازمة لتلك العمليات . وتُعرف بالرؤوس المغناطيسية ومبدأ عملها وتركيبها . كما وتتطرق لأنواع أشرطة التسجيل وتركيبها ومبدأ الصوت المجسم والعادي كما وتشمل الوحدة أيضاً عرضا للدارات الملحقة بجهاز التسجيل كالتحكم الذاتي بالكسب والمكبرات الأولية ودارات التغذية ، كما وشملت الوحدة معلومات عن أجهزة الاستعادة باستخدام تقنية الاسطوانات المدمجة CD ، من حيث مبدز العمل والتقنية الميكانيكية والمخطط الصندوقي وميزات الاستخدام .

أما الوحدة السادسة فتناقش العمليات الأساسية للإرسال والاستقبال الرقمي كتقنية حديثة تم انتشارها مؤخراً وتناقش هذه الوحدة طرق الاقفال بأنواعه المختلفة : FSK ، PSK ، ASK .

كما تتعرض الوحدة لعملية تحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية بمراحلها المختلفة من أخذ العينات وتكميم الإشارة وترميزها .

أما الوحدة السابعة والأخيرة في هذا الكتاب فتبحث في الأنظمة الصوتية ومكوناتها وخصائصها كما وتعرضت الوحدة لمسجل السيارة والمسجل النقال والمسوي Equalizer بالإضافة إلى أنظمة توزيع السماعات .

ونحن إذ نضع جهدنا المتواضع بين أيدي أبنائنا الطلبة وزملائنا المعلمين ، لنرجو أن نكون قد وفقنا لما فيه مصلحة هذا الوطن العزيز وأن نكون قد ساهمنا بخدمة مجتمعنا ورفعه أنسانه واستقلاليته .

والله ولي التوفيق

المؤلفون

المحتويات

الوحدة الأولى
الدارات المتكاملة
أنواع الدارات المتكاملة ٣
البوابات المنطقية ٤
الدارات المتكاملة الخطية ١٢

الوحدة الثانية
مضخمات الإشارة السمعية
الموجات الصوتية ١٩
المايكروفونات ٢٢
السماعة أنواعها وتركيبها ٢٤
مضخمات الإشارة السمعية ٢٨
الدارات التمثيلية لمضخمات الإشارة السمعية ٣٣
المضخمات باستخدام الدارات المتكاملة ٣٨

الوحدة الثالثة
الأمواج والهوائيات في الإرسال والإستقبال الإذاعي
الطيف الكهرومغناطيسي ٤٢
النطاقات الترددية وأطوال الموجات ٤٣
إنتشار الموجات الكهرومغناطيسية والراديوية ٤٤
طرق إنتشار الأمواج الكهرومغناطيسية ٤٦
مدى الإرسال للأمواج الكهرومغناطيسية ٤٧
مولدات الإشارة ٤٨
الإنحراف الأقصى للتردد وعرض النطاق الترددي ٥٢
هوائيات الإرسال والإستقبال الإذاعي ٥٦

الوحدة الرابعة
الإستقبال الإذاعي
جهاز الإستقبال الإذاعي البلوري ٦١
جهاز الإستقبال الإذاعي المولف ٦٣
جهاز الإستقبال الإذاعي نوع سوبرهيترودين ٦٤
الهوائي ودارة مكبر التردد الراديوي ٧١
مراحل التردد البيني ٨١
أجهزة الإستقبال باستخدام الدارات المتكاملة ٩٠

الوحدة الخامسة
أجهزة التسجيل الصوتي
أنواع أجهزة التسجيل ١٠٠
رؤوس جهاز التسجيل ١٠٤
شريط الكاسيت ١٠٦
الدارات المساعدة في عملية التسجيل ١٠٨
القسم الميكانيكي لجهاز التسجيل ١١٢
القرص المضغوط ١١٧

الوحدة السادسة
أنظمة الإتصالات الرقمية
تضمين إمرار النطاق ١٢٢
تحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية ١٢٧

الوحدة السابعة
الأنظمة الصوتية
تصنيف أنظمة الصوت ١٣١
الإكوالايزر ١٣٣
الضوابط ومفاتيح التحكم ١٣٤
أماكن وضع السماعات في القاعات والمسارح ١٣٥
راديو ومسجل السيارة ١٣٦

الوحـــدة ١

الـــــدارات الـمتكاملـة

الوحدة الأولى الدارات المتكاملة Integrated circuit:

ظهرت الدارات المتكاملة في الستينات من القرن الماضي وهي عبارة عن دارة الكترونية مكونة من عشرات – وفي بعض الأحيان ألاف الترانزستورات والثنائيات والمقاومات والمواسعات الصغيرة للغاية، وتتصل جميعها على شريحة من السليكون ذات مساحة لا تزيد عن عُشر البوصة المربعة. تصنع هذه الشريحة داخل غلاف من البلاستيك أو الخزف، ويطبع رقم الدارة المتكاملة على سطحها العلوي، ولتحديد أطرافها يشار بنقطة أو نتوء على السطح العلوي ليدل على الطرف رقم (١)، لاحظ الشكل المجاور.

دارة متكاملة

١ أنواع الدارات المتكاملة:

يمكن تقسيم الدارات المتكاملة إلى قسمين رئيسيين:

١ **الدارات المتكاملة الخطية (Linear ICs)**: بوجه عام تنتج الدارات المتكاملة الخطية إشارة خرج متناسبة مع إشارة الدخل المطبقة على المدخل. وتشمل مضخمات القدرة، ومضخمات العمليات، ومنظمات الجهد، وتستخدم في أجهزة الراديو والتلفزيون ومضخمات الصوت ووحدات التغذية.

٢ **الدارات المتكاملة الرقمية (Digital ICs)**: عبارة عن دارات تبديل (switching) تتناوب بين الحالتين المنطقيتين: الحالة المنطقية (1)، والحالة المنطقية (0). وتستخدم في الدارات المنطقية وفي الحاسبات الرقمية. وتشمل الدارات المتكاملة الرقمية البوابات والنطاطات والمسجلات والعدادات والمعالجات الميكروية ورقاقات الذاكرة.

ميزات الدارات المتكاملة:

تتلخص هذه الميزات في الجدول الأتي:

حسنات الدارات المتكاملة	مساوئ الدارات المتكاملة
١ صغر الحجم.	١ لا تعمل بقدرات عالية.
٢ تستهلك طاقة أقل.	٢ لا تعمل بجهود عالية.
٣ تعمل بسرعة عالية.	٣ لا يمكن إصلاحها.
٤ التخطيط السهل للدارات.	
٥ قليلة التكلفة.	
٦ عالية الموثوقية.	

سنتعرف فيما يأتي على البوابات المنطقية الأساسية والمشتقة :

٢ البوابات المنطقية:

البوابات المنطقية عبارة عن دارات الكترونية يكون لها مدخل أو أكثر . تحتاج البوابات المنطقية الى مدخلين او اكثر لتعطي مخرجاً واحداً، وتكون القيم المدخله لها (0 أو 1) وتتعامل مع منطق (0) الذي يمثل بعدم وجود جهد (Low Level) (LL)، والمنطق (1) الذي يمثل بوجود جهد (High Level) (HL) .

ويمكن تمثيل هذه البوابات باستخدام جداول خاصة تسمى جداول الصواب (Truth Tables)، وبحسب عدد المتغيرات يكون عدد إحتمالات جدول الصواب الناتجة حسب العلاقة (2^n)، حيث n عدد المدخلات .

مثال : بوابة منطقية لها مدخلين (A ، B) تكون عدد الاحتمالات لهذه المتغيرات بحسب القانون السابق $2^2 = 4$.

يمكن تقسيم البوابات المنطقية الى :

أ **البوابات المنطقية الأساسية :** وتشمل بوابة و (AND)، أو (OR)، لا (NOT) .

ب **البوابات المنطقية المشتقة :** وتشمل (لا/ و NAND)، (لا/ أو NOR)، (استثناء/ أو XOR)، (استثناء/ لا/ أو XNOR) .

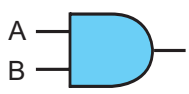
أ البوابات المنطقية الأساسية:

١ بوابة (و-AND):

بوابة (و) لها مدخلين او اكثر ومخرج واحد وتمثل هذه البوابة عملية الضرب بحيث أنها تعطي قيمة واحد في مخرجها عندما تكون جميع المدخلات مساوية للواحد ويمكن تمثيلها بالعلاقة :

$$F = A . B$$

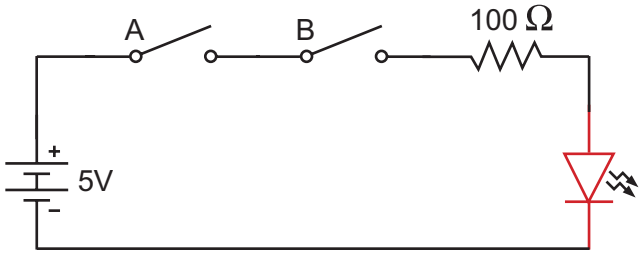
ورمزها :



ويمكن تمثيلها بجدول الصواب المجاور :

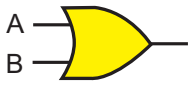
المخرجات	المدخلات	
F = A . B	B	A
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

كما يمثل مبدأ عمل البوابة باستخدام المفاتيح كما في الدارة التالية :



٢ بوابة (أو-OR):

بوابة (أو) لها مدخلين او اكثر ومخرج واحد وتستخدم هذه البوابة رمز عملية الجمع في اقترانها . ويمكن تمثيلها بالعلاقة التالية : F = A + B

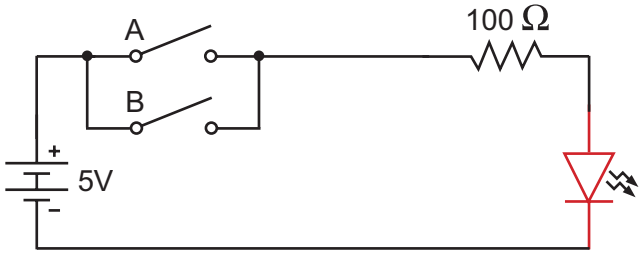


ورمزها :

كما يمكن تمثيلها بجدول الصواب المجاور :

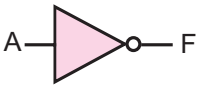
المخرجات	المدخلات	
F = A + B	B	A
0	0	0
1	1	0
1	0	1
1	1	1

وكما يمثل مبدأ عمل البوابة باستخدام المفاتيح كما في الدارة التالية :



٣ بوابة (لا-NOT):

تختلف هذه البوابة عن سابقتيها بأنها تحتاج فقط الى مدخل واحد لتعطي إشارة المخرج ، وتقوم هذه البوابة بعكس حالة المدخل لذا تسمى بالعاكس ، او المتممة ، بحيث تكون إشارة المخرج (1) عندما تكون قيمة المدخل (0) ، يعبر عنها بالعلاقة التالية : $F = \bar{A}$

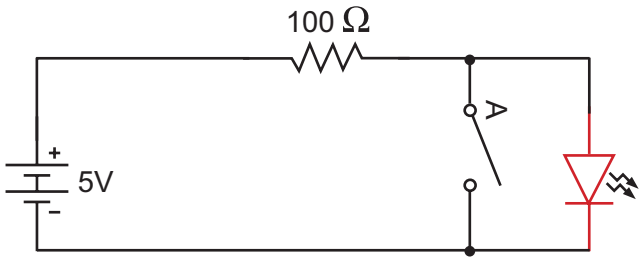


ورمزها :

كما يمكن تمثيلها بجدول الصواب المجاور :

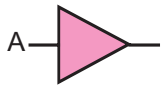
المخرجات	المدخلات
$F = \bar{A}$	A
1	0
0	1

وكما يمثل مبدأ عمل البوابة باستخدام المفاتيح كما في الدارة التالية :



٤ بوابة (مصد-BUFFER):

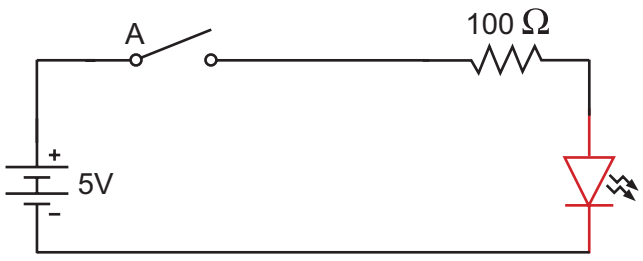
هذه البوابة لها مدخل واحد ويمكن تمثيلها بالعلاقة التالية : $F = A$

ورمزها : 

وتستخدم هذه البوابة في إعادة تقوية الإشارة (العزل)، ويعبر عنها بالجدول المجاور :

المخرجات	المدخلات
F= A	A
0	0
1	1

كما يمثل مبدأ عمل البوابة باستخدام المفاتيح كما في الدارة التالية :



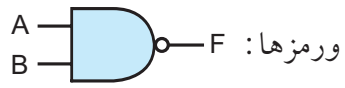
ب البوابات المنطقية المشتقة:

١ بوابة (لا/و-NAND):

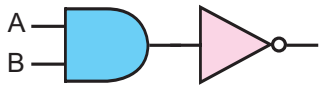
يمكن تمثيل هذه البوابة ببوابة (و) يتبعها بوابة (لا) وتكون النتيجة مساوية للصفر اذا كان المدخلات مساوية للصفر وتمثل بالعلاقة التالية :

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

ورمزها :



والتي يمكن تمثيلها بالشكل :



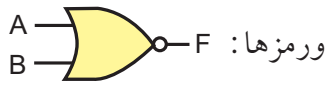
وتمثل بالجدول المجاور :

المدخلات		المخرجات
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

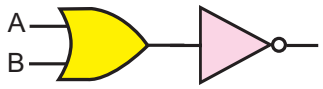
٢ بوابة (لا/أو-NOR):

يمكن تمثيل هذه البوابة ببوابة (أو) تتبعها بوابة (لا) وتكون النتيجة مساوية للواحد اذا كانت جميع المدخلات مساوية للصفر وتمثل بالعلاقة : $F = \bar{A} + \bar{B}$

ورمزها :



والتي يمكن تمثيلها بالشكل :



وتمثل بالجدول المجاور :

المدخلات		المخرجات
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

* أينما ورد شكل الدائرة في مقدمة رمز البوابة ترمز الى عملية النفي .

٣ بوابة (استثناء/أو-XOR):

تكون نتيجة هذه البوابة مساوية للواحد اذا كانت مدخلاتها مختلفة وتمثل بالعلاقة التالية :

$$F = \bar{A}\,B + A\,\bar{B}$$
$$= A \oplus B$$

ورمزها :

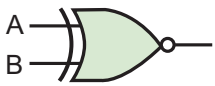
وتمثل بالجدول المجاور :

المدخلات		المخرجات
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

٤ بوابة (استثناء/لا/ أو-XNOR):

تمثل ببوابة (استثناء/ أو) متبوعه ببوابة (لا)، تكون نتيجة هذه البوابة مساوية للواحد اذا كانت مدخلاتها متشابه، وتمثل بالعلاقة :

$$F = A \,.\, B + \bar{A} \,.\, \bar{B}$$
$$= \overline{A \oplus B}$$
$$= A \odot B$$

ورمزها : 

وتمثل بالجدول المجاور :

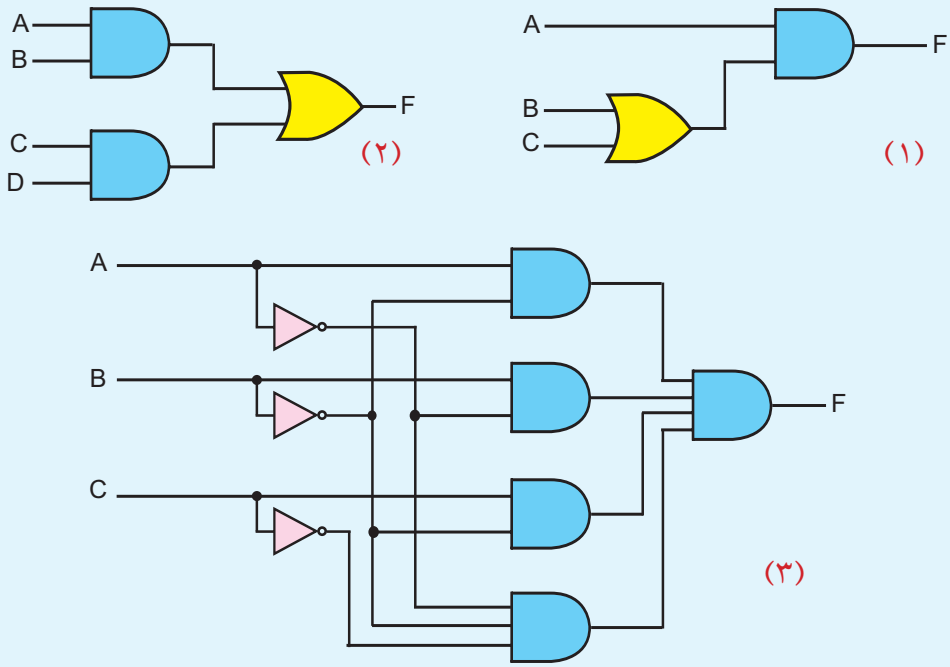
المدخلات		المخرجات
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الخلاصة :

INPUT		AND	OR	NOT	NAND	NOR	XOR	XNOR
A	B	A . B	A + B	$\bar{A}$	$\overline{AB}$	$\bar{B} + \bar{A}$	$A \oplus B$	$A \otimes B$
0	0	0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1

مثال (١):

اكتب الاقتران المناسب للدارات التالية؟



الحل:

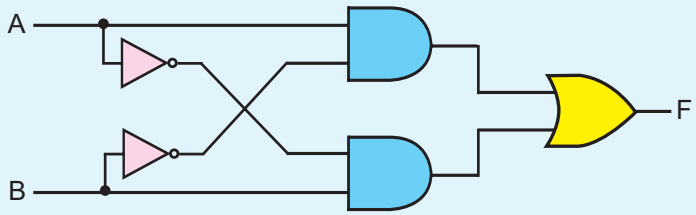
شكل (١) : $F = A.(B + C)$

شكل (٢) : $F = AB + CD$

شكل (٣) : $F = A\bar{B} + B + CB' + A'B'C'$

مثال (٢):

في الرسمة المقابلة اذا كانت A=1, B= 0



١ ماهي قيمة F؟

٢ اكتب الاقتران المناسب لهذه الدائرة؟

٣ ماهو جدول الصواب لهذه الدائرة؟

الحل:

١ F = 1

٢ لمعرفة قيمة الاقتران نتتبع الدارة ابتداء من المخرجات الى ان نصل الى المدخلات مرورا بالنقاط الوسطية

$$Y_1 = Y_2 \cdot Y_3$$
$$Y_2 = Y_5 \cdot A$$
$$Y_3 = Y_4 \cdot B$$
$$Y_4 = \bar{A}$$
$$Y_5 = \bar{B}$$

وبالتعويض نحصل على الاقتران

$$F = \bar{A}\,B + A\,\bar{B} = A \oplus B$$

٣ جدول الصواب الخاص بهذه الدائرة :

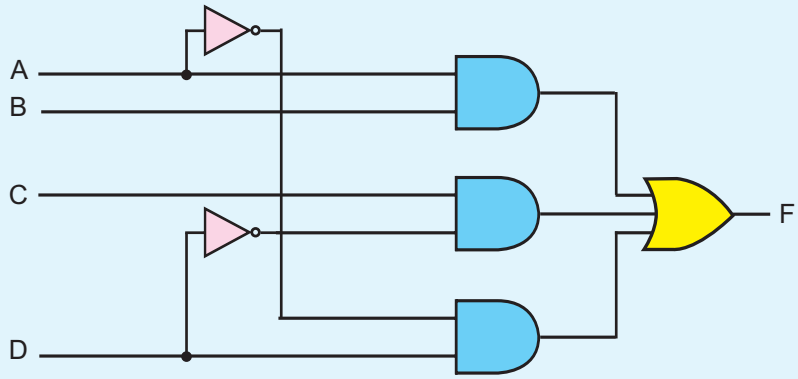
مداخل		نقاط فحص (وسطيه)				مخارج
A	B	$\bar{A}$	B'	$\bar{A}$ B	$\bar{B}$ A	F
0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0

مثال (٣):

ارسم الاقتران التالي باستخدام البوابات المنطقية؟

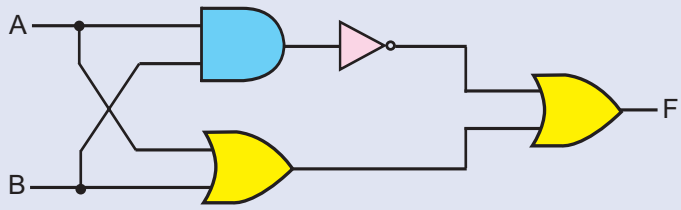
$$F = AB + C\bar{D} + \bar{A}D$$

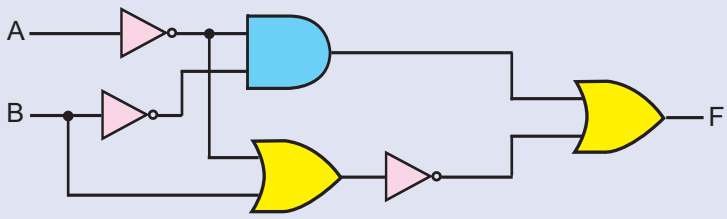
الحل:



تدريبات:

١ في الدارات التالية، أوجد الاقتران المناسب واكتب جدول الصواب المناسب؟





٢ ارسم الدارات المناسبة للاقترانات التالية:

أ $F = \overline{AB} + \bar{A}B + AB$

ب $F = AC + B\,D$

٣ الدارات المتكاملة الخطية linear Integrated Circuits:

لقد أمكن بوساطة استخدام تقنية الدارات المتكاملة دمج أكثر من عنصر بل وعدد كبير من العناصر ضمن قطعة الكترونية واحدة، وذلك كي تقوم بإنجاز مجموعة مهام الكترونية معينة مثل التكبير أو إجراء العمليات الحسابية أو تنظيم الجهد ودارات الاهتزاز (المذبذبات) فعلى سبيل المثال تعمل الدارة المتكاملة TBA820 كمكبر (مضخم) قدرة عند الترددات السمعية.

ومن أهم التطبيقات في الدارات المتكاملة الخطية ما يسمى بمضخم (مكبر) العمليات الذي سمي بهذا الاسم نظراً لأنه صمم للقيام بعمليات حسابية كالجمع والطرح والتفاضل والتكامل... إلخ.

مضخم العمليات:

يعتبر مضخم العمليات من أهم الدارات المتكاملة الخطية شائعة الاستخدام والمتوفرة بكثرة في الأسواق لما له من تطبيقات واستخدامات كثيرة.

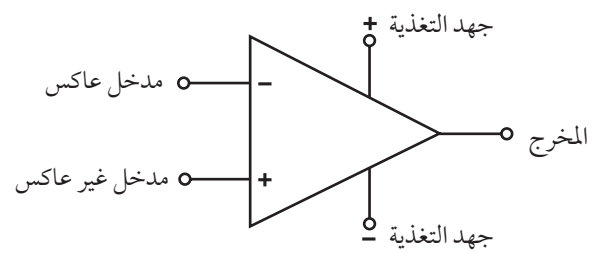
يمتاز مضخم العمليات بعدة خصائص أهمها:

١. ممانعة دخل عالية جداً.
٢. ممانعة خرج منخفضة جداً.
٣. كسب جهد عالي جداً.

لا يستخدم مضخم العمليات عادة إلا بوجود عناصر إضافية توصل مع أطرافه مثل التغذية الراجعة التي توصل بين المخرج والمدخل للحد من مقدار التضخيم ولتعمل على استقرار عمل المضخم.

يستخدم مضخم العمليات في كثير من التطبيقات مثل:

١. مضخم عاكس Inverting Amp.
٢. مضخم غير عاكس Non Inverting Amp.
٣. طارح Subtractor.
٤. جامع Adder.
٥. مفاضل Differentiator.
٦. مكامل Integerator.
٧. مكبر لوغاريتمي Logarithmic Amp.
٨. عازل Buffer.

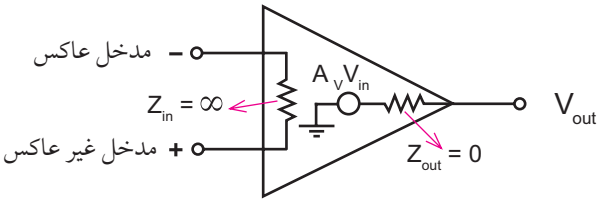


رمز مضخم العمليات

مبدأ عمله:

يقوم مضخم العمليات بتضخيم فرق الجهد بين إشارتي المدخلين العاكس وغير العاكس بمقدار كبير جداً عند عدم توصيل مقاومات تغذية راجعة .

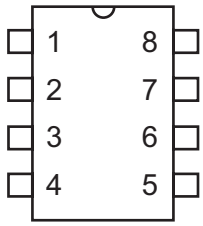
وفي الحالة المثالية (النظرية) عندما يكون جهد الدخل غير العاكس أكبر بقليل من جهد المدخل العاكس يكون خرج المكبر مساوياً لجهد التغذية ، وعندما يكون جهد المدخل غير العاكس أقل بقليل جهد من المدخل العاكس يكون جهد الخرج مساوياً لـ Vcc ويبين الشكل المجاور الدارة المكافئة مضخم العمليات .



تمثيل مضخم العمليات العملي (المثالي)

ومن أكثر مضخمات العمليات شيوعاً سلسلة مضخم العمليات 741 ، والشكل التالي يبين توزيع أطرافه :

١ حياد وموازنة Offset Null .
٢ المدخل العاكس .
٣ المدخل غير العاكس .
٤ جهد التغذية السالب .
٥ حياد وموازنه Offset Null .
٦ المخرج Output .
٧ جهد التغذية الموجب .
٨ بدون توصيل (NC) .



الدارة المتكاملة لمضخم العمليات 741

تطبيقات مضخم العمليات:

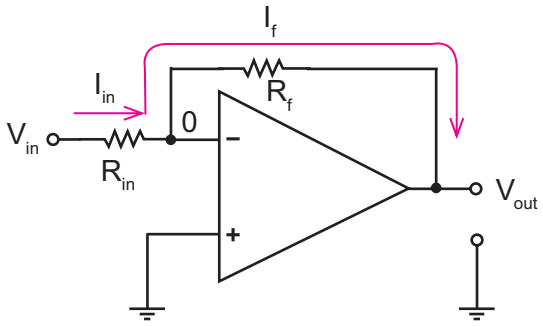
١ **المضخم العاكس (Inverting Amplifier)** : يبين الشكل دارة مضخم عمليات يعمل كمضخم عاكس حيث توصل إشارة الدخل إلى المدخل العاكس .

R_{in} : مقاومة المدخل .

R_f : مقاومة التغذية الراجعة السالبة .

ويعطي مقدار التكبير في هذه الحالة بالعلاقة التالية :

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-R_f}{R_{in}}$$

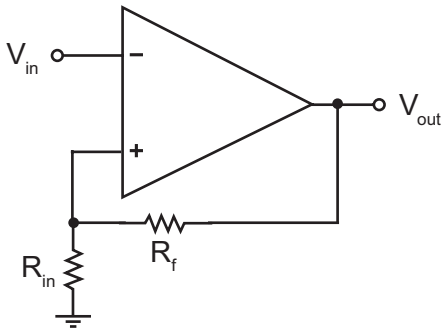


مضخم عمليات عاكس

حيث أنه ، نتيجة لممانعة الدخل العالية جداً لمضخم العمليات فإن التيار يمر كما هو مبين بالشكل أعلاه .

ومن المعادلة يتضح أن إشارة الخرج معاكسة لإشارة الدخل . ويمكن التحكم بمقدار الكسب حسب قيمة المقاومات R_f ، R_{in} .

٢ **المضخم غير العاكس** : ويبين الشكل التالي مضخماً غير عاكس ، ويكون مقدار التضخيم .



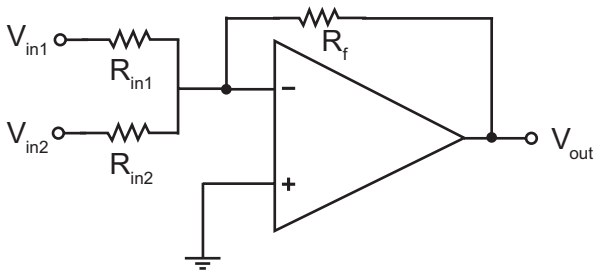
مضخم عمليات غير عاكس

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_{in}}$$

ويكون مقدار التضخيم أكبر من واحد صحيح .

ويمكن أيضاً التحكم بمقدار التكبير حسب قيمة المقاومات الخارجية .

٣ **المضخم الجامع (Adder)** : يبين الشكل المجاور دارة مضخم جامع بمدخلين .



مضخم عمليات جامع

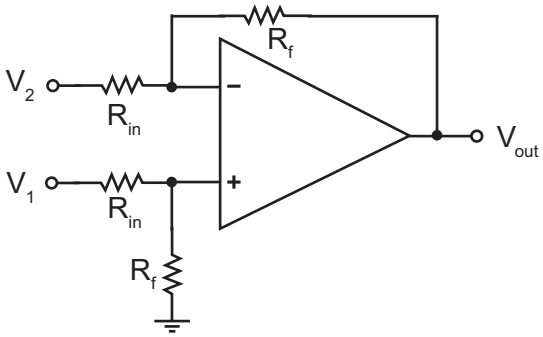
ويعطي جهد الخرج بالعلاقة التالية :

$$V_{out} = - (V_1 \frac{R_f}{R_{in1}} + V_2 \frac{R_f}{R_{in2}})$$

ويمكن زيادة عدد إشارات الدخل تبعاً لاحتياجات الدارة، ويلاحظ من العلاقة السابقة أن جهد إشارة الخرج يساوي مجموع إشارتي الدخل عندما $R_{in1} = R_{in2}$ مضروباً بمقدار ثابت يتم تحديده من خلال قيمة المقاومة R_f .

ملاحظة : يلاحظ أن إشارة الخرج ذات اشارة معاكسة لإشارة الدخل .

٤ **المضخم الطارح (Subtractor)** : يبين الشكل المجاور دارة طارح، ويعطي جهد الخرج حسب العلاقة التالية :

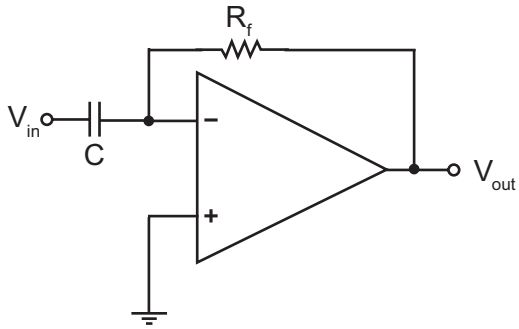


مضخم عمليات طارح

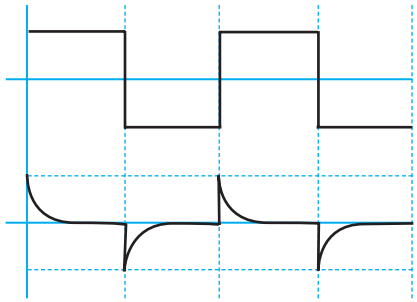
$$V_{out} = \frac{R_f}{R_{in}} (V_1 - V_2)$$

٥ المضخم المفاضل (Differentiator):

يبين الشكل المجاور دارة عمليات يعمل لمفاضل كما ويبين الشكل إشارتي الدخل والخرج. ويتم التحكم بزمن النبضة حسب قيمة C ، R_f، ويمكن استخدام ملف في دارة التغذية الراجعة بدلاً من المقاومة واستبدال المكثف بمقاومة R_{in} للحصول على نفس عمل المفاضل.

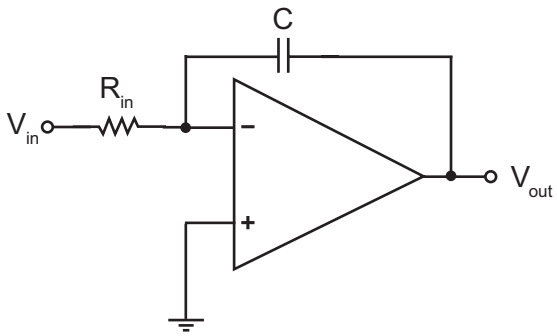


مضخم عمليات مفاضل



شكل الإشارة المستخدمة في دارات فصل نبضات التزامن الأفقية في جهاز التلفاز

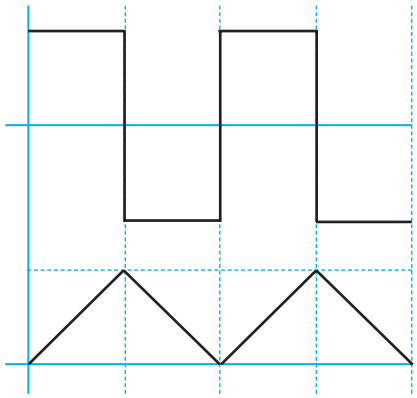
٦ المضخم المكامل (Integrator): يبين الشكل المجاور دارة مضخم عمليات يعمل كمكامل:



مضخم عمليات مكامل

يلاحظ أن شكل إشارة مخرج الدارة هو عبارة عن إشارة مثلثية وهي مشابهة لإشارة مخرج فاصل نبضات التزامن الرأسية في التلفاز.

ويمكن التحكم بشكل إشارة المخرج، وذلك حسب قيمة سعة المكثف C، وقيمة المقاومة R_{in}، فيتم التحكم بزمن الشحن والتفريغ.



اشارة مثلثية

أسئلة الوحدة:

١ عدد أهم خصائص مضخم العمليات وارسم رمزه في الدارات الألكترونية .

٢ وضح طريقة تحديد أطراف مضخم العمليات 741 .

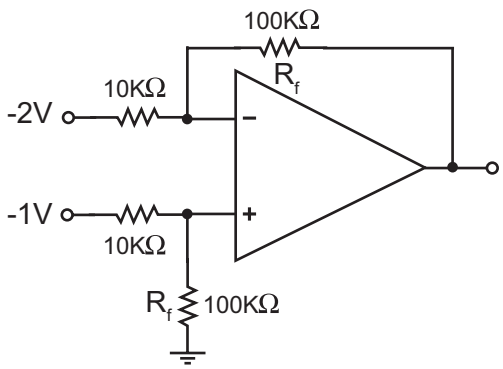
٣ ما دور التغذية الراجعة السالبة في مضخم العمليات؟

٤ أ أرسم دارة مضخم غير عاكس .

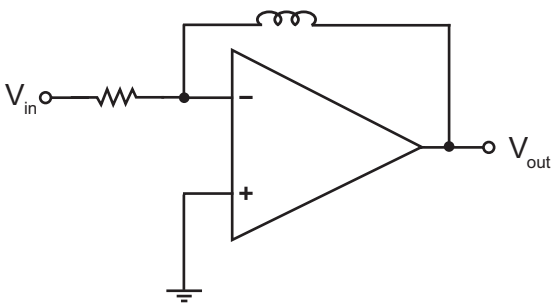
ب إذا كانت قيمة $R_f = 10k\,\Omega$ ، $R_{in} = 1k\Omega$ في مضخم غير عاكس ، إحسب مقدار إشارة الخرج إذا علمت أن $V_{in} = 5v$.

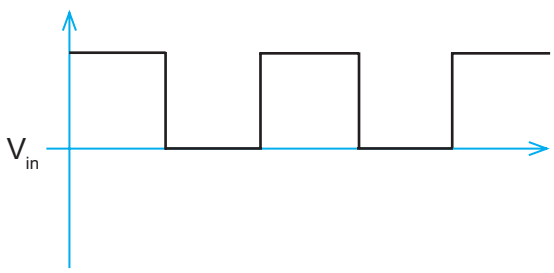
٥ أ أرسم دارة مضخم جامع بثلاث مداخل .

ب احسب مقدار إشارة مخرج الدارة المبينة بالشكل التالي :

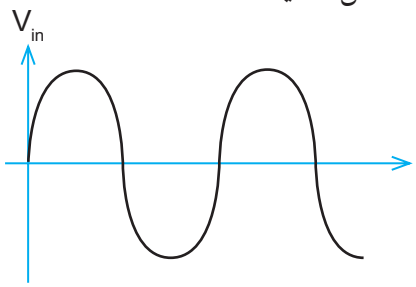


٦ في الدارة المبينة في الشكل التالي ، أوجد شكل إشارة الخرج V_{out} .

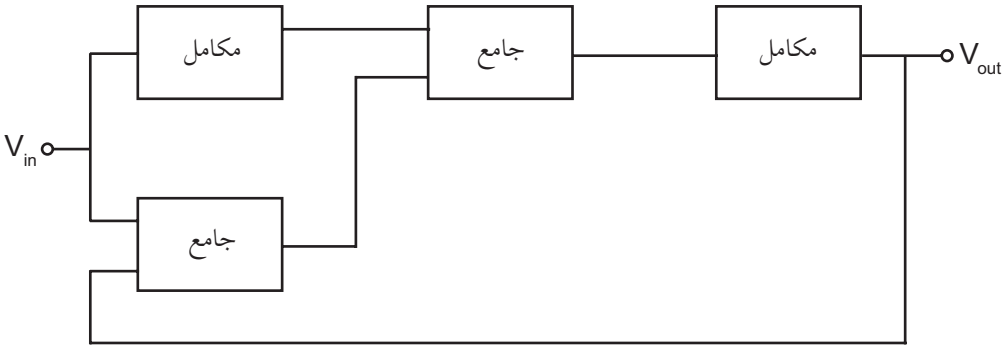




٧ أعد السؤال السابق لإشارة الدخل التالية :



٨ يمثل الشكل مخططاً صندوقياً لحاسوب تمثيلي مبرمج ، أرسم مخططاً تمثيلياً مناظر لهذا المخطط الصندوقي .



الوحدة ٢

مضخمات الإشارة السمعية

الوحدة الثانية مضخمات الإشارة السمعية:

١ الموجات الصوتية:

كيفية انتقال الموجات الميكانيكية:

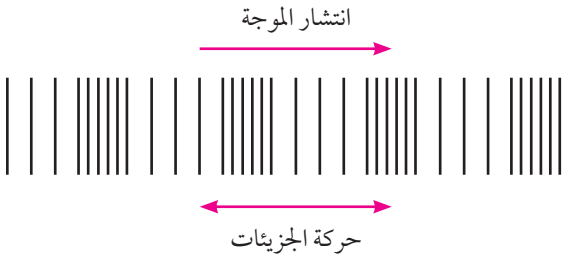
عندما يهتز المصدر المنتج للصوت بطريقة معينة تهتز أجزاء الوسط المحيط به بنفس الطريقة، وينتقل هذا الإهتزاز من نقطة إلى أخرى في الوسط على التتابع بانتظام على هيئة حركة موجية.

تصنف الموجات الميكانيكية إلى نوعين هما:

١ الموجات الطولية.

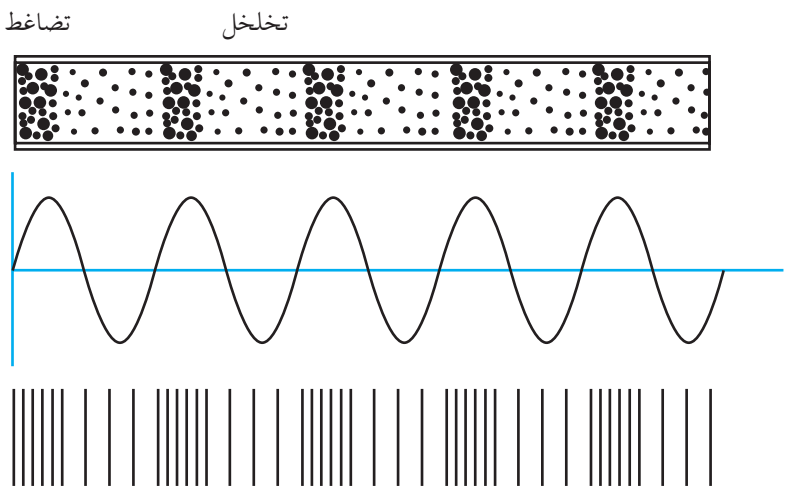
٢ الموجات المستعرضة.

أولاً: الموجات الطولية:



وهي الموجات التي تهتز فيها جزيئات الوسط المادي ذهاباً وأياباً في نفس اتجاه حركة انتشار الموجه. وهي تتكون من تضاغطات وتخلخلات، مثل موجات الصوت، وموجات تضاغط الزنبرك كما في الشكل المجاور.

يوضح الشكل ادناه شكل انتشار موجات الصوت (موجات طولية).

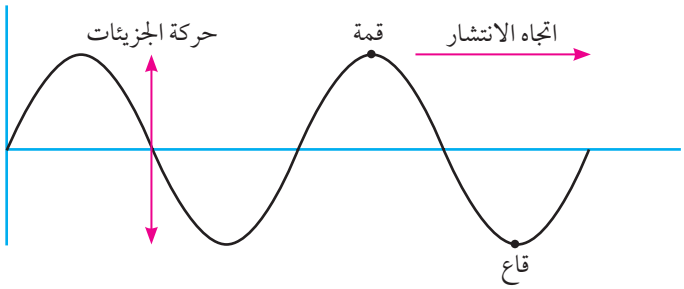


التضاغط: هو الموضع الذي تتقارب فيه جزيئات الوسط من بعضها.

التخلخل: هو الموضع الذي تتباعد فيه جزيئات الوسط عن بعضها.

ثانياً: الموجات المستعرضة:

هي الموجات التي تهتز فيها جزيئات الوسط بإتجاه عمودي على إتجاه انتشار الموجة وهي تتكون من قمم وقيعان، مثل موجات الماء، والموجات في الحبل، والموجات الكهرومغناطيسية. الشكل أدناه يوضح إتجاه الإنتشار وحركة الجزيئات.



القمة: هي النقطة التي تمثل النهاية العظمى للأزاحة في الإتجاه الموجب، أي هي أعلى نقطة يصل إليها الإضطراب الموجي.

القاع: هي النقطة التي تمثل النهاية العظمى للأزاحة في الإتجاه السالب، أي أخفض نقطة يصل إليها الأضطراب الموجي.

كل موجة مستعرضة تتكون من قمم وقيعان. حيث ان:

سرعة انتشار الموجة = طول الموجة x التردد

$$C = f\lambda$$

C: سرعة انتشار الموجة م/ث. F: تردد الموجة بالثانية. λ: الطول الموجي.

مثال:

أوجد طول الموجة لشوكة رنانة إذا كان ترددها ١٠٠ هيرتز في الثانية.

الحل:

سرعة الصوت في الهواء ٣٤٠ متراً/ ثانية

$$\lambda = \frac{f}{c} = \frac{100}{340} = 3.4m$$

الصفات المميزة للصوت:

١ **سرعة الصوت (Sound speed)**: تعتمد سرعة الصوت على خصائص الوسط الناقل للصوت، مثل الكثافة، وقابلية الإنضغاط. فكلما زادت الكثافة وقابلية الأنضغاط قلت سرعة الصوت، حيث تبلغ سرعة الصوت في الهواء ٣٤٠ متراً/ ثانية في الظروف العادية.

٢ **ضغط الصوت (Sound Pressure)**: وهو التغير السريع في ضغط الهواء والمتعلق بالتحديد بمصدر الصوت، حيث يكون هذا التغير قوياً أو ضغيفاً عندما يصل إلى الأذن، وتتراوح قيمة هذا الضغط من (٢٠ ميكرونيوتن/ م^{٢} - ٦٠ نيوتن/ م^{٢}) فعند ٢٠ ميكرو نيوتن/ م^{٢} التي تساوي ضغطاً صوتياً اصطلاحياً قدره (0dB) يبدأ عندها الشخص بسماع الأصوات؛ وأقل من ذلك لا يسمع شيئاً.

أما إذا بلغ هذا المستوى إلى ٦٠ نيوتن/ م^{٢} التي تساوي (130dB) عندها يبدأ الشخص بالأحساس بالألم، ولا يستطيع احتمال مستوى أكبر .

٣ **مستوى الصوت (Sound Level)** : يتراوح مستوى الصوت من 0dB عند التحسس بالسمع إلى 130dB عند التحسس بالألم ويقاس مستوى الصوت بوحدة dB .

٤ **شدة الصوت (Sound Intensity)** : هي قياس كمية الطاقة الصوتية لصوت ما بالنسبة إلى كمية طاقة ثابتة تستخدم كمرجع قدرها ٢٠ ميكرو نيوتن/ م^{٢} حيث يتم القياس بطريقة لوغارتمية .

٥ **حدة الصوت (Sound Pitch)** : تستطيع الأذن الموسيقية المدربة على تمييز صوت العود عن باقي الجوقة الموسيقية وكذلك تستطيع أيضاً التميز بين الإختلاف في الأصوات الناتجة عن أوتار العود المختلفة لأن هذه الأصوات مختلفة الحدة والتي تعتمد أساساً على تردد الصوت وهو عدد الأهتزازات في الثانية الواحدة .

٦ **جهارة الصوت (Loudness)** : هي صفة مميزة للصوت، فمثلاً يقال صوت فلان جهوري، هذا يعني أن لهذا الصوت درجة من الشدة والتردد تحدث تأثير معين في أذن المستمع ، وتقاس بوحدة تسمى (الفون) .

الجدول التالي يبين المخاطر التي تسببها الحوادث الصناعية والضجيج :

مدى التأثير على الإنسان	شدة الصوت بالديسبل	مصدر الضجيج
الضجيج القاتل	١٨٠	---
عالية الأذى	١٤٠	محرك طائرة نفاثة
	١٣٠	مطرقة ثقب
حد الألم	١٢٠	طائرة مروحية
مؤذية	١١٠	حفارة صخور
	١٠٠	منشار كهربائي
	٩٠	ورشة صناعية صفائح
حد الخطر	٨٠	طريق مزدحم بالمرور
مشوشة	٧٠	سيارة عادية
مزعجة	٦٠	محادثة عالية
	٥٠	محادثة عادية
	٤٠	موسيقى هادئة من المذياع
	٣٠	همس
	٢٠	صوت رقيق هادئ
	١٠	حفيف الوراق
	٠	حد السمع
	أقل من ٠	غير مسموع

٢ المايكروفونات Microphone:

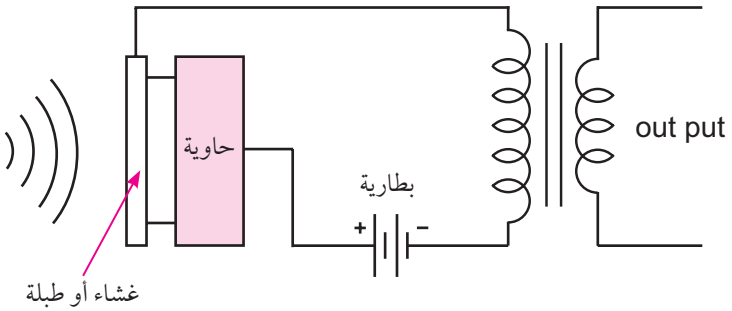
الميكروفون: جهاز يعمل على تحويل الصوت إلى اشارات كهربائية، وتنتقل هذه الإشارات عبر أسلاك أو من خلال موجات راديوية ، إلى مستقبل مرتبط مع مضخمات للصوت، وتستخدم الميكروفونات في أنظمة مخاطبة الجمهور، وفي البث الاذاعي والتلفاز ، وفي تسجيل الصوت للأفلام، وفي طبع الأسطوانات، وفي تسجيلات الكاسيت وكذلك في الأذاعات الشعبية وإلاذاعات المدرسية، حيث يوجد عدة تصاميم من هذه الميكروفونات المحمولة باليد، وهناك أنواع أخرى من الميكروفونات ذات قوائم، وترتبط أنواع أخرى بذراع تسمى ذراع الميكروفون، وكذلك يتم وضع ميكروفونات القلادة في خيط، يربط حول العنق، أما ميكروفونات الصدر فيتم تثبيتها على ملابس الشخص الذي يستخدمها .

تلتقط الميكروفونات الشاملةالصوت من كافة الإتجاهات إلا أن بعض الميكروفونات يكون حساساً في التقاط الصوت القادم من اتجاه محدد، يستخدم الميكروفون ذو الاتجاهين لالتقاط الصوت القادم من الأمام ومن الخلف، وليس من الجانبين، والميكرفون ذو الاتجاه الواحد يلتقط الصوت الصادر من جهة واحدة .

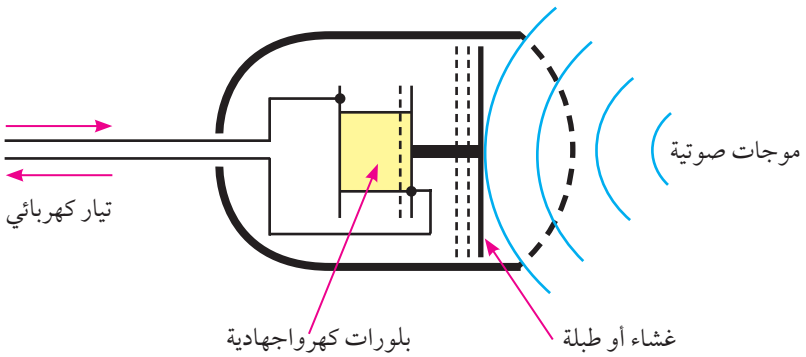
أنواع الميكروفونات :

١ **الميكروفونات الكربونية**: لها حاوية صغيرة تحتوي على حبيبات من الكربون، عند مرور تيار كهربائي ناتج من مصدر جهد يقوم الغشاء (طبلة الميكرفون) عندما تصطدم به الموجات الصوتية بالضغط على حبيبات الكربون فتتذبذب «تقارب وتباعد»،تسبب الذبذبات تغيرات في التيار الذي يسري في الكربون، تستخدم ميكروفونات الكربون بشكل رئيسي في الهواتف .

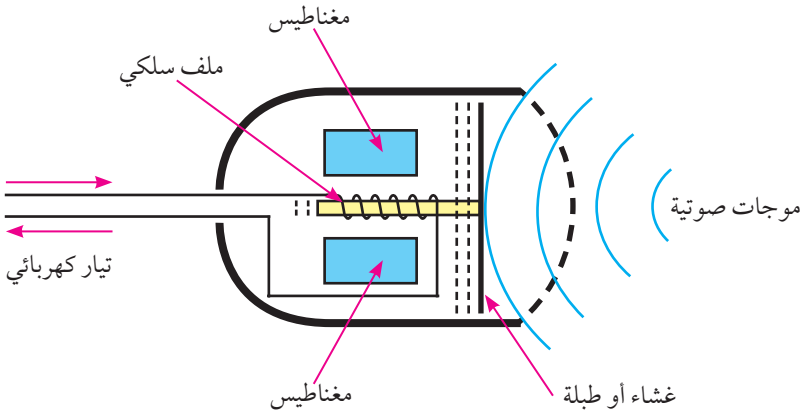
يوضح الشكل ادناه تركيب الميكرفون الكربوني .



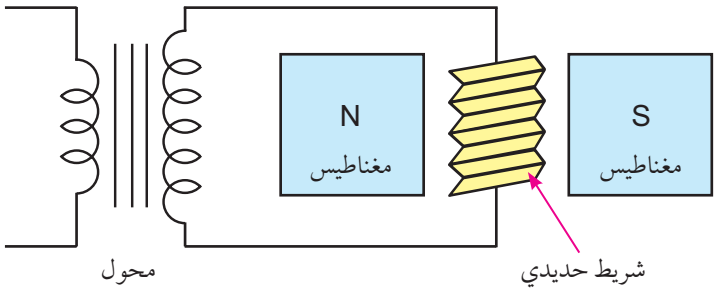
٢ **الميكرفونات البلورية (الكرستالية)**: تحتوي على مواد تسمى البلورات (الكهروإجهادية)، تولد هذه البلورات تياراً كهربائياً عندما يتم الضغط عليها إذ لامست هذه البلورات الغشاء، ويتم توليد تيار كهربائي بوساطة الضغط الذي تحدثه موجات الصوت التي تصطدم بالغشاء، تستخدم ميكروفونات البلورة في إذاعة الهواة وتسجيل أشرطة الكاسيت وفي العديد من أنظمة مخاطبة الجمهور يوضح الشكل تركيب المايكروفون البلوري .



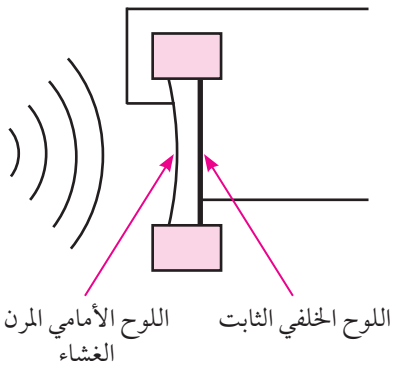
٣ **ميكروفونات الملف المتحرك** : تحتوي على ملف متصل بالغشاء (الطبلة) مثبتان داخل مجال مغناطيسي ، وحين تصطدم الموجات الصوتية بالغشاء ، يتحرك الملف عبر المجال المغناطيسي ، وتعمل هذه الحركة على توليد تيار كهربائي في الملف مكافئاً للموجات الصوتية ، يستخدم في العديد من الإذاعات الشعبية .
يبين الشكل تركيب المايكروفون ذو الملف المتحرك .



٤ **ميكروفونات الشريط (Ribbon Microphones)** : ميكروفونات لها شريط حديدي معلق في مجال مغناطيسي ، حيث يتم توليد تيار كهربائي عندما تصطدم الموجات الصوتية بالشريط وتحركه عبر المجال المغناطيسي ، يصنف كل من ميكروفون الملف المتحرك وميكروفون الشريط على أنهما ميكروفونات دينامية وهي التي تعمل على تحويل الصوت إلى تيار كهربائي بطريقة كهرومغناطيسية .
يبين الشكل ترتيب المايكروفون الشريطي .



٥ **الميكروفونات السعوية** : يتكون من لوحان موصلان متباعدين قليلاً عن بعضها حيث يكون اللوح الأمامي مرن يستخدم كغشاء واللوح الخلفي ثابت، يتم شحن اللوحين عن طريق مصدر جهد مستمر (بطارية) وعندما تصطدم الموجات الصوتية باللوح الأمامي المرن تتغير سعة المكثف مما يؤدي إلى تغير التيار المار عبر المكثف تبعاً لطبيعة الموجات الصوتية . يقوم ميكرفون المكثف بانتاج كمية قليلة من الطاقة الكهربائية . ولا بد أن يحتوي على مضخم يعمل على زيادة قوة الإشارة التي تصدر عن الميكروفون حتى تصل إلى المستوى المطلوب ، يستخدم هذا الميكرفون في الأجهزة التي تساعد على السمع .



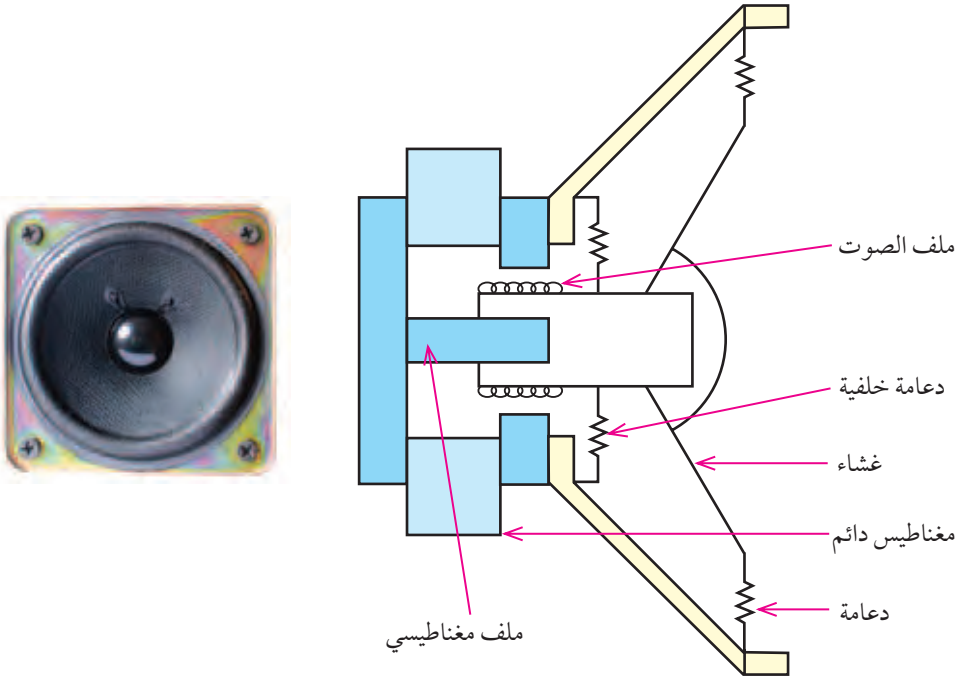
٣ السماعة أنواعها وتركيبها:

تعمل السماعة على تحويل الإشارات الكهربائية إلى حركة ميكانيكية اهتزازية متناسبة مع الإشارة الكهربائية المكافئة لموجة الصوت محدثة تغيراً بطبقة الهواء المحيطة بأذن الأنسان لتوليد الصوت المسموع .

أنواع السماعات الكهربائية:

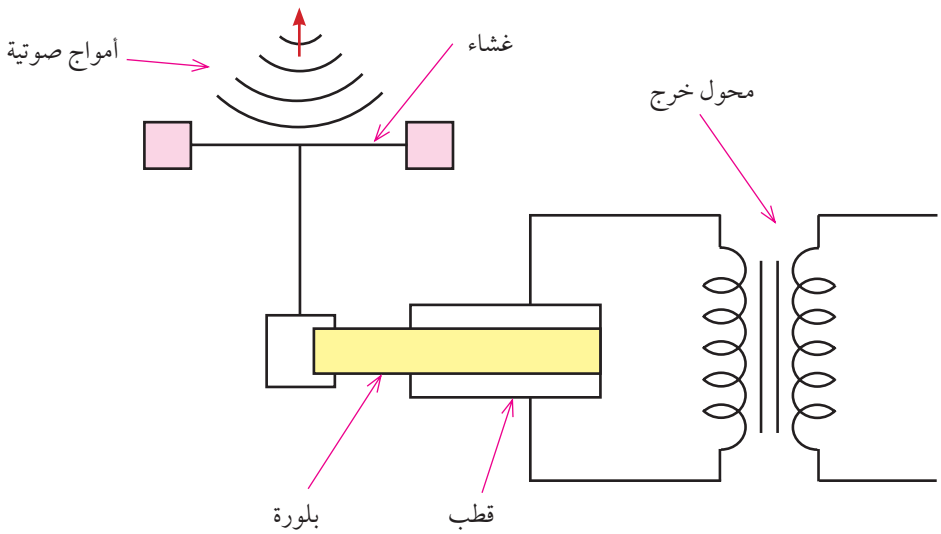
أولاً: أنواع السماعات حسب التركيب:

١ **السماعة الدينامية (ذات الملف المتحرك)** : يبين الشكل المجاور تركيب السماعة الدينامية حيث تتكون من ملف يولد مجال مغناطيسي ثابت ملفوف على قلب معدني ومن ملف صوتي ملفوف على إسطوانة من الألمنيوم أو الورق المقوى موجود داخل فجوة هوائية متصلة بغشاء مخروطي مهتز، وعند تطبيق إشارة خرج المضخم على الملف الصوتي، ونتيجة لمرور التيار المتغير فيه، فإنه يولد مجال مغناطيسي متغير يتفاعل مع المجال المغناطيسي الثابت الخاصة بالسماعة مما يؤدي إلى تحريك الملف الصوتي والغشاء فتتولد موجات صوتية تماثل مع تغيراتها تغيرات إشارة خرج المضخم حتى تقوم السماعة بتوليد صوت يماثل الصوت الأصلي . يجب أن يكون الملف الصوتي ذو تصميم ميكانيكي عالي الجودة لتفادي التشويش .



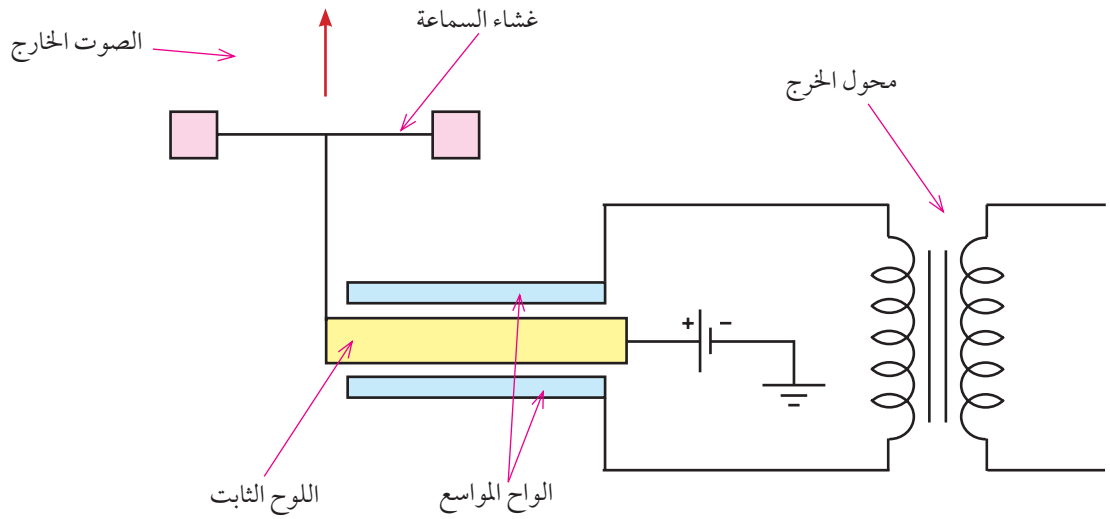
٢ **السماعة البلورية** : عند تطبيق فرق جهد كهربائي بين طرفي بلورة مصنوع من ملح روشيل فإن ترتيب جزيئاتها يتغير تبعاً لتغيرات هذا الجهد .

يوضح الشكل تركيب السماعة البلورية حيث تغذى الإشارة المسموعة إلى البلورة عن طريق محول وتحدث اهتزازات للبلورة تبعاً للإشارة المسموعة وطرفها الآخر المتصل بالغشاء المهتز عبر وصلة ميكانيكية يهتز مكافئاً لتغيرات الإشارة المسموعة وبذلك ينتج الصوت .



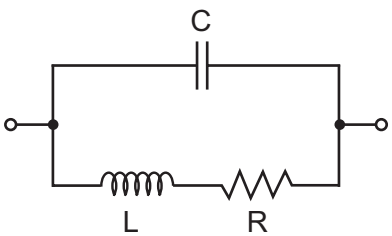
٣ **السماعة السعوية** : يوضح الشكل تركيب السماعة السعوية حيث يعتمد عملها على القوة الكهروستاتية وعند توصيل جهد كهربائي بين لوحين موصلين فإن المجال الكهروستاتي الناتج يحدث قوة تجاذب بين اللوحين عندما تكون القطبية مختلفة وقوة تنافر عندما تكون متشابهة ، يوصل اللوحين الثابتين بمحول

خرج ذو وصلة منتصفة ويوضع بمنتصف اللوحين لوح حر الحركة، ويكون هذا اللوح متصل بمصدر جهد كهربائي مستمر طرفه الآخر متصل ميكانيكياً بالغشاء المهتز وبحالة وصل الإشارة الكهربائية بين اللوحين الثابتين تنتج بينهما قوة تحرك اللوح المتحرك تبعاً لتغيرات جهد الإشارة. وتكون حركة اللوح المتحرك المتصل بالغشاء المهتز تتبع الصوت المكافئ.



الخصائص الفنية للسماعات

عند الحديث عن سماعة الصوت فإن هناك إمور يجب أن نعلمها :



١ المماعنة في الدارة الكهربائية المكافئة للسماعة :
تتكون من مكثف موصول على التوازي مع مقاومة وملف كما هو مبين في الشكل المجاور.

وهذا يشكل دارة تردد رنين لها ممانعة كهربائية، تكون هذه الممانعة منخفضة قيمتها من ٤-٦/ أوم.

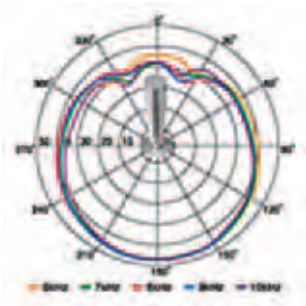
٢ **قدرة السماعة** : يجب أن يكون للسماعة قدرة تحمل أو (استيعاب) لقدرة الإشارة المغذاة بها لإعطاء شدة الصوت المناسبة للمستمع بدون تشويه.

تختلف هذه القدرة حسب نوع السماعة والشركة الصانعة، وتقاس قدرة السماعة بالواط وتحسب من العلاقة : $P = I.V \cos\theta$

p : القدرة الكهربائية بالواط.

v : جهد الإشارة المطبق على السماعة.

I : تيار الإشارة المار بالسماعة.



٣ **الاتجاهية**: وهي بيان أو تحديد إتجاه إشعاع الصوت من السماعة في كافة الاتجاهات حيث يمكن تمثيل ذلك بالرسم البياني، عند الترددات المنخفضة تشع السماعة الصوت في كافة الاتجاهات ثم تبدآ هذه الإتجاهات بالإزدياد مع ازدياد التردد حتى تصبح أمامية عند الترددات العالية اي أكثر من ١٠كيلوهرتز.

٤ **عرض النطاق الترددي**: إن عرض النطاق الترددي للإشارات السمعية واسع يتراوح من ٢٠ هيرتز – ٢٠ كيلوهيرتز، وعملياً يصعب إيجاد سماعة تتعامل بكفاءة مع هذا الطيف من الترددات فتم صناعة انواع من السماعات تستطيع ان تتعامل مع هذه الترددات بكفاءة .

ثانياً: انواع السماعات حسب المجال الترددي:

أ **سماعة الترددات السمعية المنخفضة Woofer**: تمتاز هذه السماعة بحساسيتها العالية جداً للترددات المنخفضة ضمن (٢٠هيرتز-٢كيلوهيرتز)، وتعطي استرجاعاً أميناً عند هذه الترددات مع نسبة تشويه منخفضة جداً، ولكن تقل حساسيتها عند الترددات المتوسطة وتنعدم عند الترددات العالية.

ب **سماعة الترددات السمعية المتوسطة Mid Rang**: هذا النوع من السماعات يستجيب بحساسية عالية للتردد الكلامي الواقع ما بين (٤٠٠-٤٠٠٠هيرتز) إذ يعطي استرجاعاً أمينا عند هذه الترددات، وتكون نسبة التشويه منخفضة، وتكون حساسية هذا النوع منعدمة عند الترددات العالية والمنخفضة.

ج **سماعة الترددات السمعية العالية Tweeter**: ولهذا النوع حساسية عالية للترددات المحصورة بين (٥كيلوهرتز-٢٠كيلوهرتز)، وتمتاز بالإسترجاع الأمين والخالي من التشويه عند هذا النطاق من الترددات، ولكن تنعدم استجابتها عند الترددات المنخفضة وتضعف عند الترددات المتوسطة.

د **السماعة ذات المجال العريض Full Rang**: هذا النوع يستطيع الإستجابة للترددات المنخفضة والمتوسطة والعالية بحساسية متوسطة.

ملاحظة:

نستخدم علامة أمانة عالية واسترجاع Hi-Fi وهي اختصار High fidility التي تعني الدقة والأمانة العالية باسترجاع النغمات والأصوات الموسيقية دون تشويه.

٤ مضخمات الإشارة السمعية (Audio Frequency amplifier):

مضخم الاشارة السمعية (AF-amp): هو عبارة عن دارة إلكترونية تقوم بتضخيم الإشارة المسموعة والتي يكون ترددها في نطاق(٢٠هيرتز و ٢٠ كيلو هيرتز) أي ضمن نطاق السمع للإنسان.

إن الإشارة المسموعة لا تنتقل مباشرة من المايكروفون إلى السماعة والسبب في ذلك كونها ضعيفة جداً وحتى يتم استخدامها بكفاءة لا بد من تضخيمها مع المحافظة على خصائصها الأصلية وعمليات التضخيم تتم في محطات الإرسال، وكذلك في أجهزة الإستقبال وتبعاً لأهمية التضخيم نصنف المضخمات على إعتبارات منها:

أولاً: تبعاً لعمل المضخم ووظيفته:

أ **مضخمات الجهد Voltage-amplifier**: وهي عبارة عن دارات الكترونية تقوم بتضخيم جهد الإشارة الداخلة إلى هذه الدارة.

ب **مضخمات القدرة power-amplifier**: وهي تلك الدارات التي تقوم بتضخيم قدرة الإشارة إذ تكون قدرة الإشارة في مخرج المضخم أعلى من مدخلة.

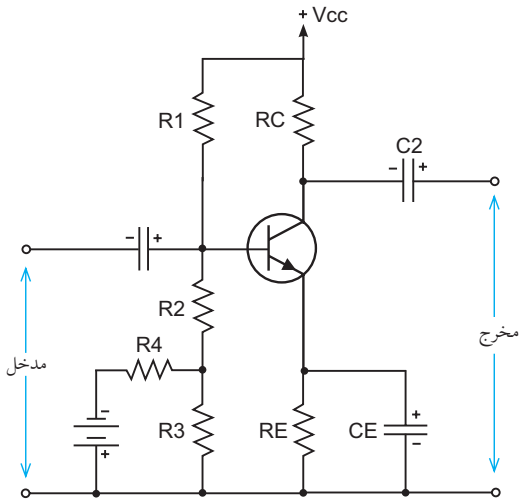
ثانياً: تبعاً لقيمة التردد المراد تضخيمها:

أ **مضخمات الإشارة المسموعة**: وهي تضخم الإشارة التي يكون ترددها بين ٢٠ هيرتز – ٢٠ كيلو هيرتز.

ب **مضخمات الإشارة الراديوية**: وتقوم هذه المضخمات بتضخيم الإشارات التي يزيد ترددها عن ٢٠ كيلو هيرتز.

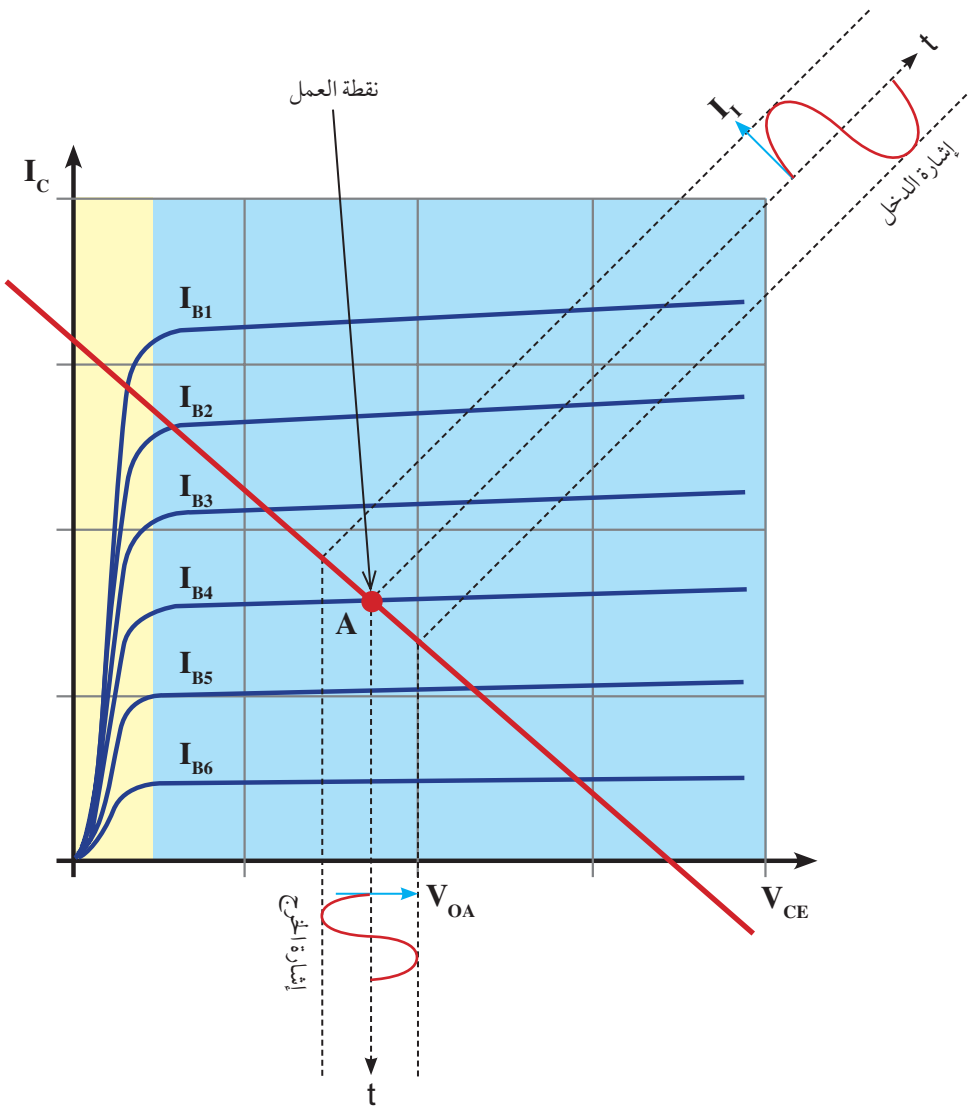
ثالثاً: تبعاً لقيمة جهود الإنحياز للمضخم:

١ **مضخم نوع A (Class A amplifier)**: يبين الشكل المجاور دارة تضخيم مكونة من ترانزستور واحد توضح خصائص المضخمات:



في حالة مضخم صنف A يتم اختيار جهد الإنحياز بحيث يعمل المضخم في الجزء الخطي من منحنى الخواص الذي يوضح إختيار خط الحمل ونقطة العمل Q Point وكما هو موضح في الشكل وتكون إشارة الخرج مماثلة تماماً للإشارة المدخل مع وجود فرق في الطور بينهما قدره ١٨٠ درجة .

يمتاز هذا النوع من المضخمات أنه لا يحدث تشويه يذكر للإشارة ويعطي كسباً عالٍ في جهد الإشارة، إلا أن كفاءة هذا المضخم قليلة نسبياً إذ تصل بحدود ٢٥٪ . بينما تكون في حالة ربط أكثر من مرحلة تكبير بحدود ٥٠٪ .



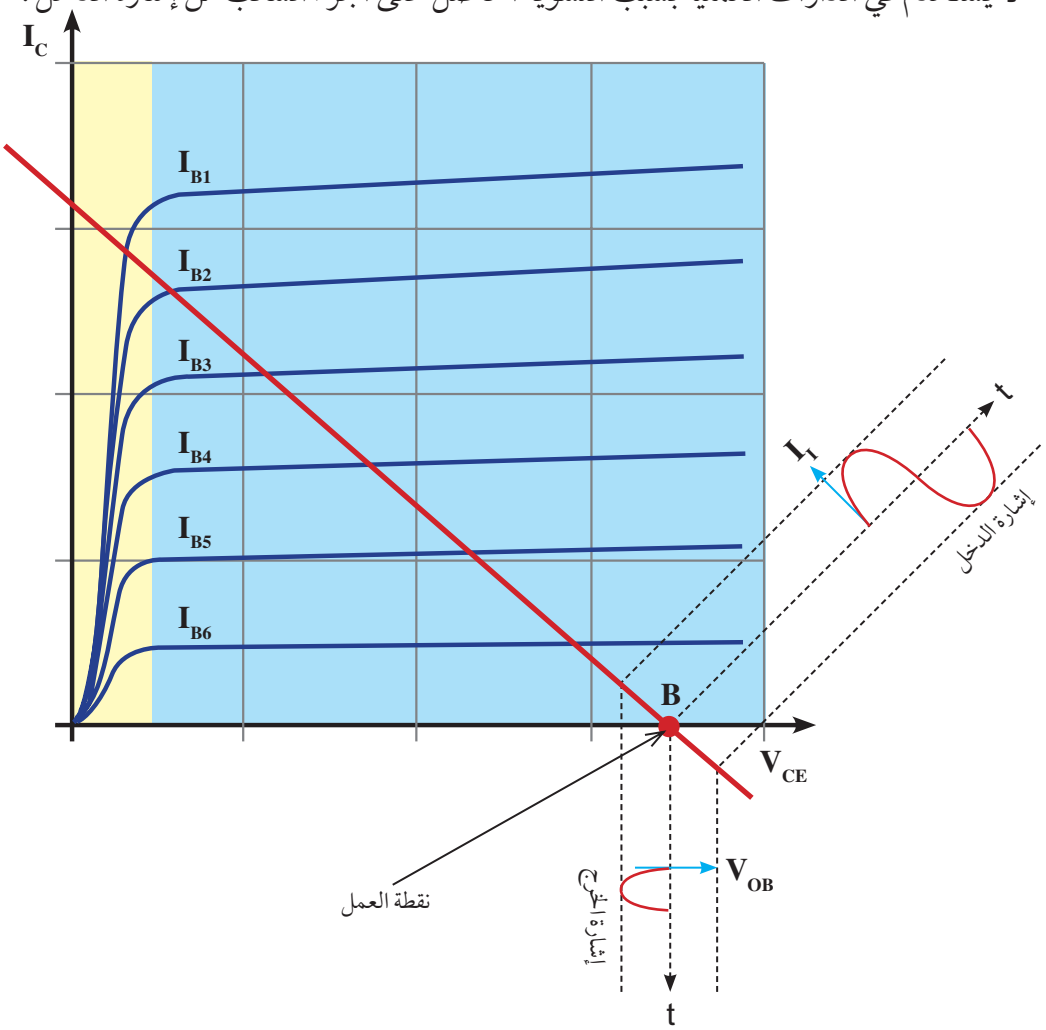
ملاحظة:

كفاءة المضخم : هي نسبة القدرة الخارجية للحمل إلى القدرة المسحوبة من جهد التغذية المستمر .

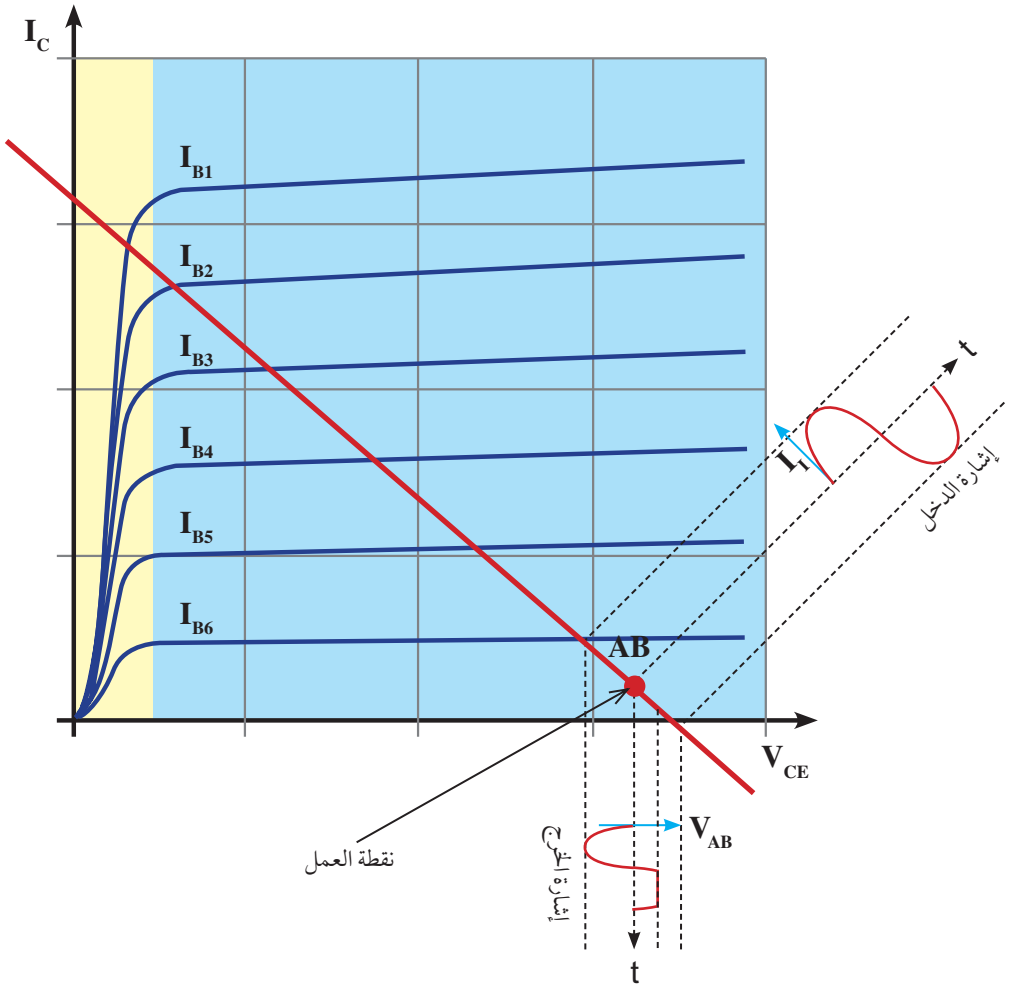
خط الحمل : هو الخط الواصل بين نقطتين على منحنى تيار المجمع مع جهد المجمع الباعث حيث تكون النقطة الأولى في منطقة الإشباع والنقطة الثانية في منطقة القطع .

٢ **مضخم نوع B (Class B amplifier)** : يضبط جهد الإنحياز في مضخم نوع B بحيث يكون مساوياً لجهد القطع للترانزستور . يعمل المضخم من خلال الدورة الموجبة لإشارة المدخل إذ يكون في حالة وصل (عمل) وتوجد إشارة في مخرجه بينما خلال الدورة السالبة من إرشارة الدخل في حالة قطع لا يعمل ولا يوجد إشارة في مخرجه لأن إشارة الدخل تجعل جهد الإنحياز أقل من جهد القطع .

يبين الشكل أدناه منحنى الخواص لمضخم B وعند مقارنة هذا النوع بنوع A نلاحظ أنه أكثر كفاءة منه بسبب عدم سحبه تياراً من جهد الإنحياز أثناء ٥٠٪ من زمن العمل ومن الناحية العملية فإن هذا الصنف لا يستخدم في الدارات العملية بسبب التشويه الحاصل على الجزء السالب من إشارة الدخل .

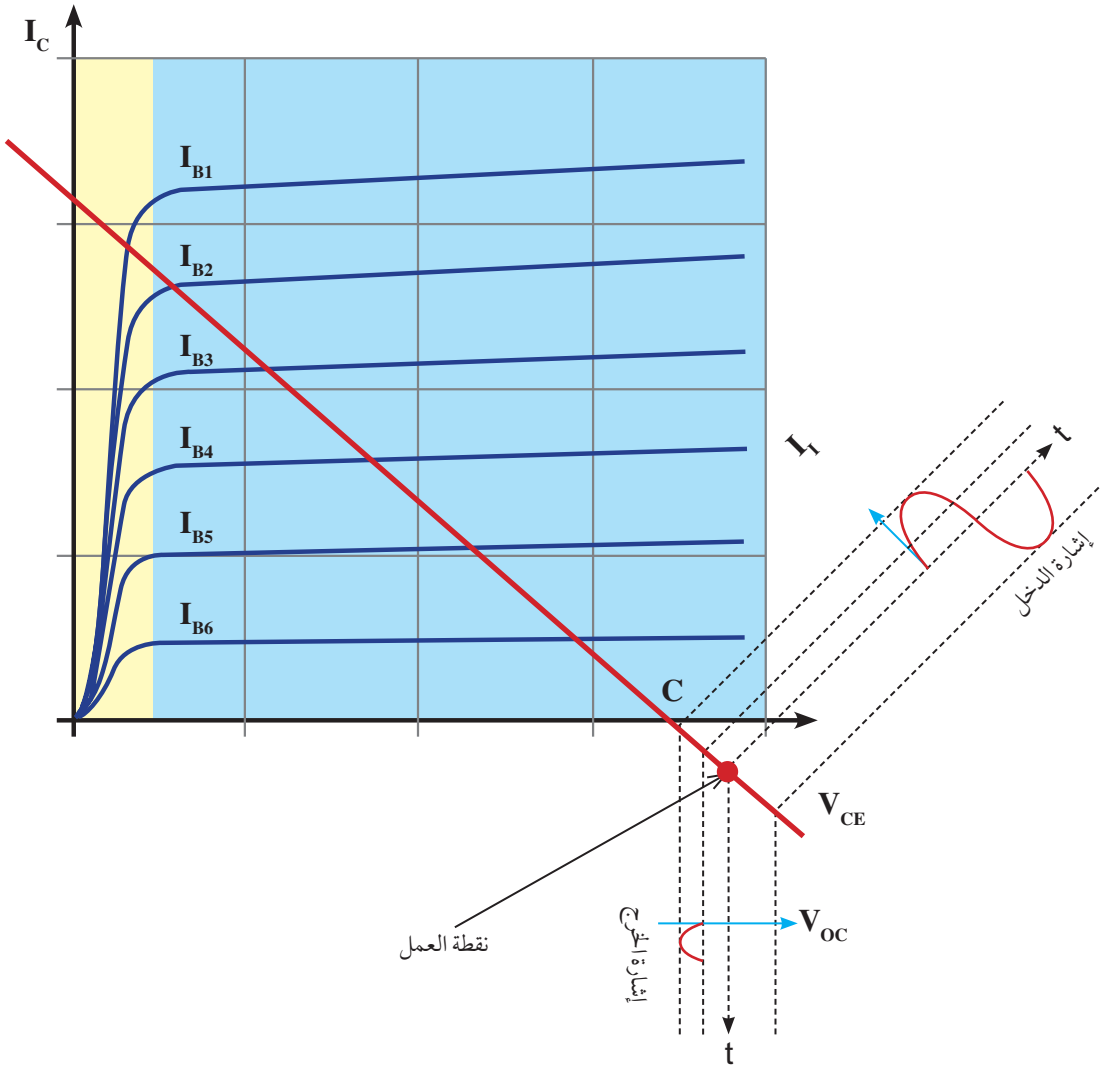


٣ **مضخم نوع AB (Class AB amplifier)**: في هذا النوع من المضخمات يتم اختيار جهد الإنحياز أعلى قليلاً من جهد القطع للمضخم إذ يعمل خلال النصف الموجب للإشارة الداخلة، وجزء من النصف السالب لها، حيث يبين الشكل منحنى خواص هذا النوع من المضخمات. يمتاز هذا النوع بأن جهد الإنحياز ينقل نقطة العمل أعلى قليلاً عن نقطة القطع مما يجعله يعمل في المنطقة الخطية لمنحنى الخواص إذ يقلل عملية التشويه الحاصل للإشارة مقارنة مع نوع B.

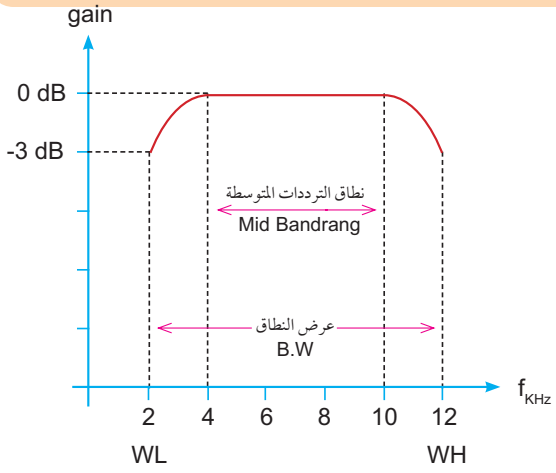


٤ **مضخات نوع C (Class C amplifier)**: في المضخمات من نوع C يضبط جهد الإنحياز عند نقطة أقل من جهد القطع، وفي هذه الحالة لا يعمل المضخم خلال الدورة السالبة لإشارة الدخل، وكامل الموجة الموجبة، وتعمل خلال جزء من النصف الموجب للإشارة، كما هو موضح في الشكل التالي أي أن إشارة الخرج تكون على شكل نبضات ومن سيئات هذا الصنف كثرة التشوية والموجات التوافقية، يستخدم هذا النوع في المذبذبات ومضاعفات التردد بسبب الكفاءة العالية. وقدرته إذ تصل بحدود ٨٥٪ تقريباً.

الموجات التوافقية: هي إشارات اتساعها يكون أقل من اتساع الموجة الأصلية وترددها مضاعفات تردد الإشارة الأصلية.



منحنى الإستجابة لمضخم الترددات السمعية Amplifeir Frequency Response:



إن تمثيل علاقة كسب المضخم مع تردده يعطي منحنى استجابة للمضخم كما هو موضح في الشكل .

حيث يلاحظ اختلاف في كسب المضخم عند تضخيم الترددات المختلفة، وهذا سببه ممانعة مكثفات ومحولات الربط عند الترددات المنخفضة، وكذلك تأثير السعة الطفيلية (Stray capacitance) والسعة الداخلية للعناصر الألكترونية عند الترددات العالية .

وكذلك نلاحظ أنه يعطي تضخيماً جيداً، وثابتاً عند نطاق الترددات المتوسطة (midrange Frequency) أي ما بين (٤-١٠)كيلو هيرتز بينما ينخفض تضخيمه عند الترددات دون ٤كيلو هيرتز والأعلى من ١٠ كيلو هيرتز،

أما عرض النطاق الترددي (band width) فإنه يساوي ذبذبة القطع العليا مطروحاً منها ذبذبة القطع السفلى وعندهما يكون الكسب مساوياً 70.7٪ من القيمة القصوى للكسب .

(upper cut off frequency) - (Lower cut off frequency)

BW = WH - WL = 12 - 2 = 10KHZ

عرض النطاق الترددي هو ١٠ كيلو هيرتز .

التشويه في مضخمات الترددات السمعية (distorsion):

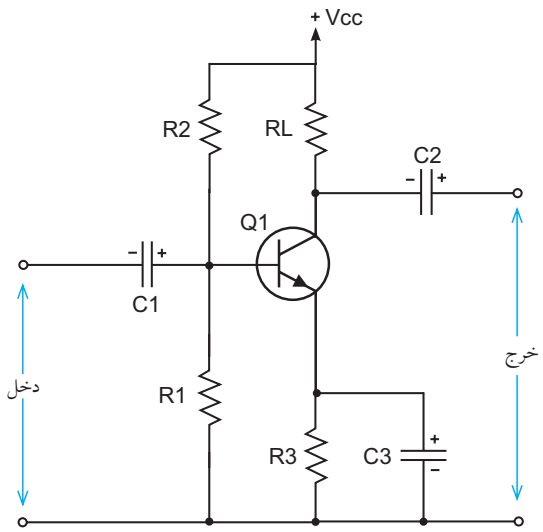
تحتوي نغمة صوت الإنسان على مجموعة من الترددات المختلفة، والإشارة السمعية متباينة في الذبذبة والإتساع، وحتى لا يحدث لها أي تشويه عند خرج المضخم يجب أن تضخم كل الترددات بنفس المقدار (أي يجب أن يكون عرض النطاق BW واسع بما فيه الكفاية كي يتضمن كافة الترددات السمعية) وإلا سوف يحدث التشوه distorsion لأن دارات التضخم إذ لم تصمم بشكل مناسب تصبح مصدر تشويه حقيقي للإشارات السمعية .

٥ الدارات التمثيلية لمضخمات الإشارة السمعية:

سنتناول في هذا الموضوع أنو اع الدارات التمثيلية لمضخمات الإشارة السمعية، لمعرفة مكوناتها وموقعها وتعاملها مع إشارة الدخل وإشارة الخرج، وكذلك بيان عملها الرئيسي، وهو رفع مستوى الإشارة سواء كانت إشارة جهد أو قدرة حتى تصل إلى المستمع بدرجة عالية من الكفاءة والوضوح .

١ مضخمات المرحلة الواحدة (One Stage amplifier):

يوضح الشكل داره تضخيم ترددات مسموعة ذات المرحلة الواحدة، تتضمن ترانزستوراً واحداً يعمل مضخماً لهذه الترددات، ويكون الكسب في هذا النوع محدوداً بينما يكون منحنى الإستجابة عريض، والإنحياز المستخدم يوفر استقراراً لنقطة العمل .



Q1 : مضخم ترددات مسموعة .

C1 : مكثف ربط يقوم بمنع إشارة DC من الدخول إلى قاعدة المضخم .

C2 : مكثف ربط .

C3 : مكثف تمرير جانبي .

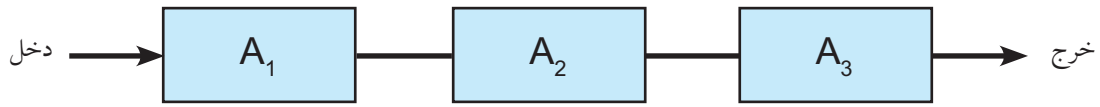
R1، R2 : مجزئ جهد .

R3 : مقاومة انحياز الباعث .

RL : مقاومة الحمل .

٢ المضخم متعدد المراحل (Multi Stage Amplifier):

لقد وضحنا إن مضخم المرحلة الواحدة لا يوفر الكسب العالي للإشارات السمعية، قد تحتاج بعض الأجهزة الألكترونية لأحداث كسب عالي للأشارات الداخلة إليها لتتمكن من إنجاز عملها بشكل فعال، والمضخم متعدد المراحل يمتاز بكسب عالي في تضخيم الأشارات الصغيرة إلى قيم عالية، كما في أجهزة الراديو والتلفاز التي تستقبل إشارات ضعيفة تكون قيمتها بالميكروفولت حيث يتم تضخيمها حتى تصل إلى عشرات الفولتات، حيث يتم ربط مرحلتي تضخيم أو أكثر مع بعضها البعض لكي نحصل على منحنى الإستجابة والكسب المناسبين، ويكون الكسب في هذه الحالة مساوياً لحاصل ضرب تضخيم المراحل المختلفة، ويوضح الشكل مخطط صندوقي لثلاثة مراحل تضخيم حيث أن A_3, A_2, A_1 هو الكسب لكل مرحلة في حالة الربط.



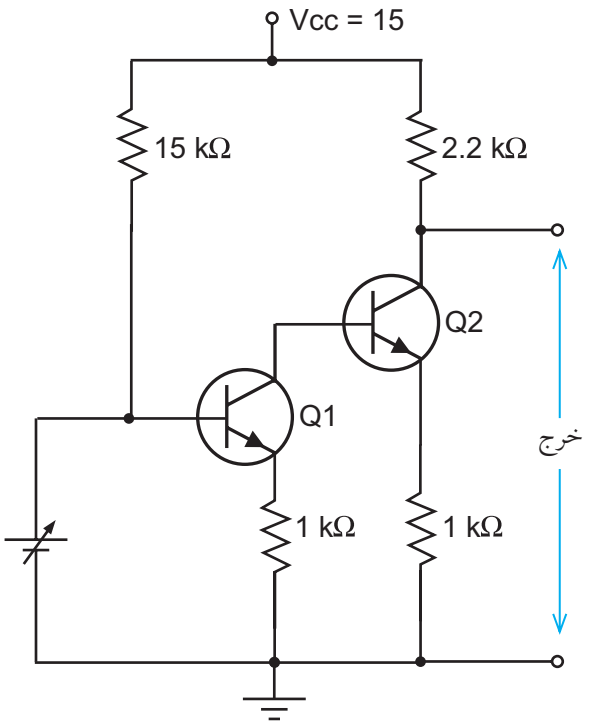
$$A_T = A_1.A_2.A_3$$

طرق الربط بين المضخمات:

يتم ربط بين المضخمات بثلاثة طرق رئيسية :

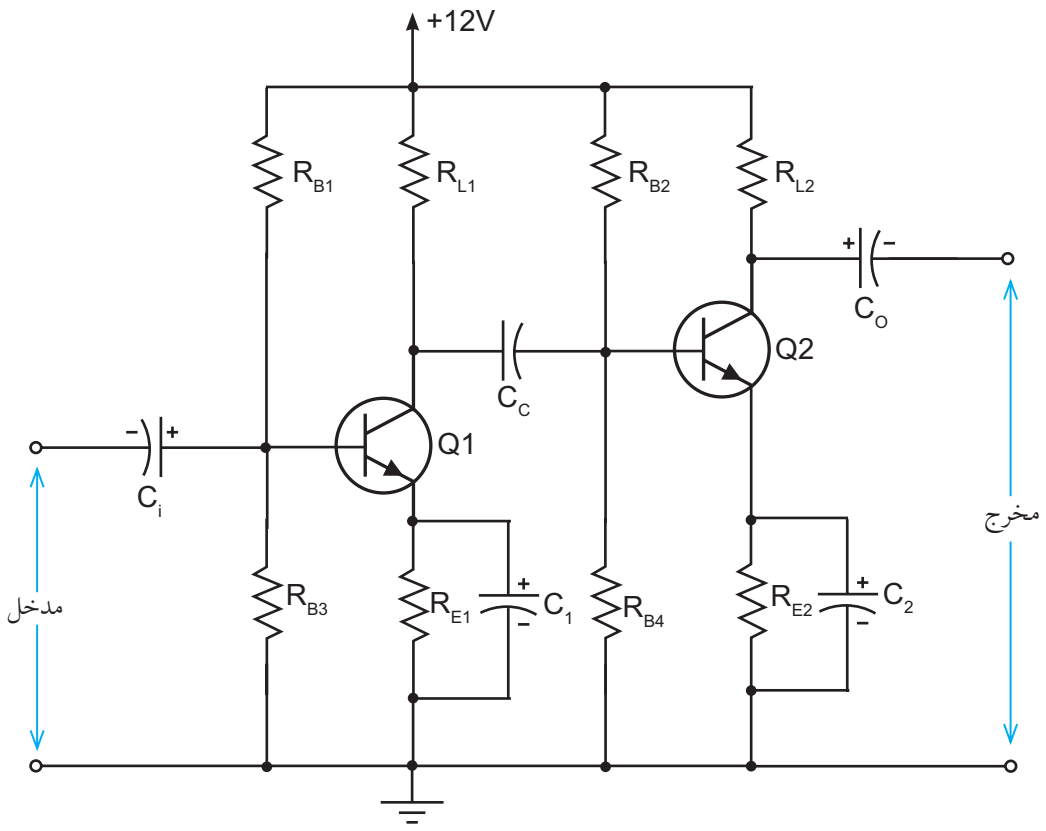
١ **الربط المباشر Direct Coupling :**

يستخدم هذا النوع عند تضخيم إشارات لها ترددات منخفضة جداً وإشارة التيار المستمر (DC)، لأن مكثفات الربط لا تسمح بمرور مثل هذه الأشارات يوضح الشكل المجاور دارة الكترونية تستخدم الربط المباشر من مجمع الترانزستور الأول إلى قاعدة الترانزستور الثاني.

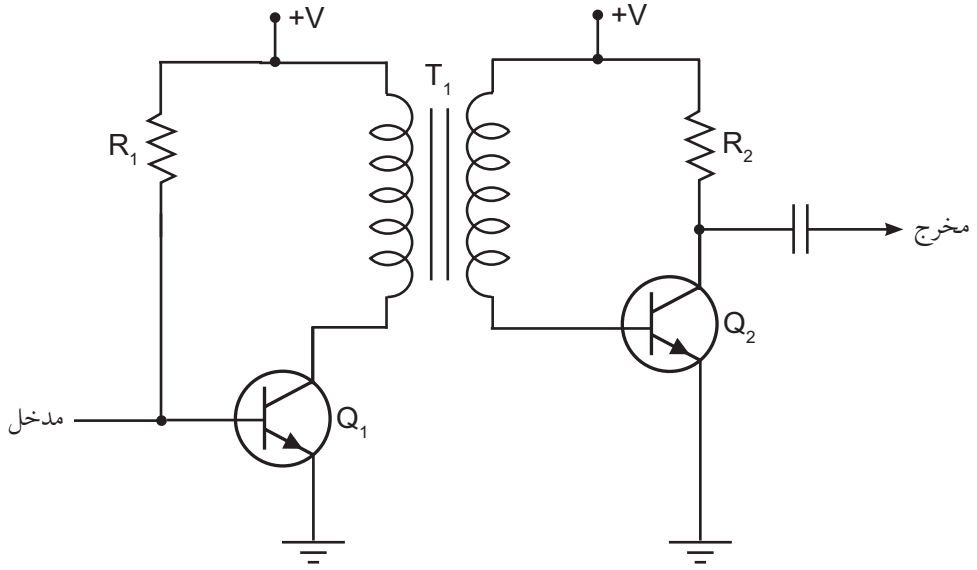


٢ **الربط السعوي RC Coupling :** تعتبر طريقة الربط السعوي (أو الربط بالمقاومة والمكثف RC) من أكثر الطرق استخداماً حيث تمر الأشارة من مرحلة التضخيم الأولى إلى مرحلة التضخيم الثانية عبر مكثف ربط والغاية من ذلك هو منع الجهد المستمر الناتج من المرحلة السابقة من الوصول إلى المرحلة الثانية حتى لا يؤثر ذلك على إنحيازها.

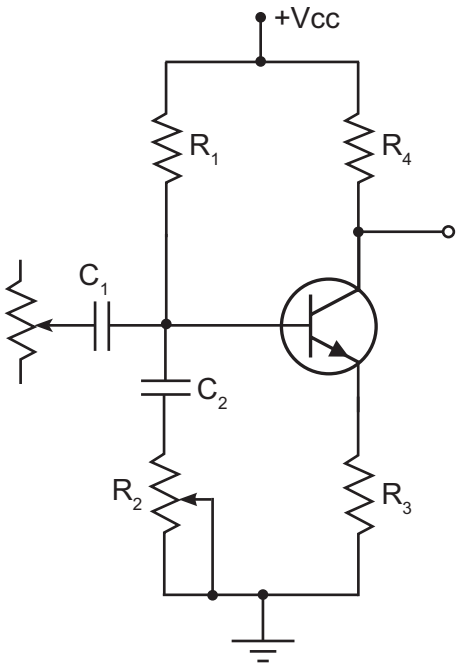
يوضح الشكل التالي كيفية ربط مراحل التضخيم سعوياً .



٣ **الربط بالمحول Transformer Coupling** : في هذه الطريقة يتم الربط بين مرحلتي التضخيم باستخدام محول حيث يستفاد من عملية الربط هذه لتوفيق ممانعات المراحل مع بعضها ، والحصول على التحويل الأعظم للقدرة . من مساوئ عملية الربط هذه أن المحول كبير وثقيل وغالي الثمن بالمقارنة مع المقاومة أو المكثف ، يوضح الشكل عملية الربط بالمحول .



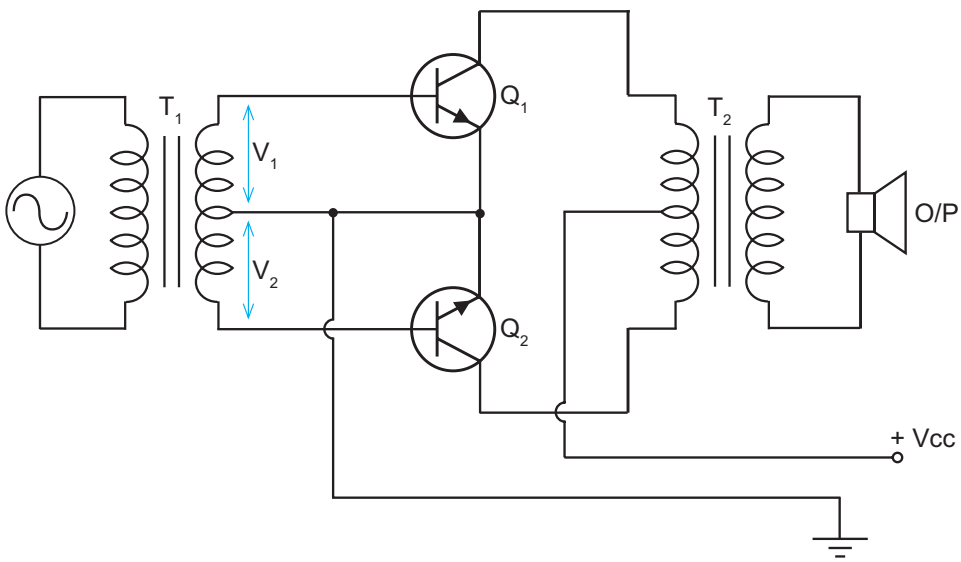
٣ المضخم الأولي Preamplifier:

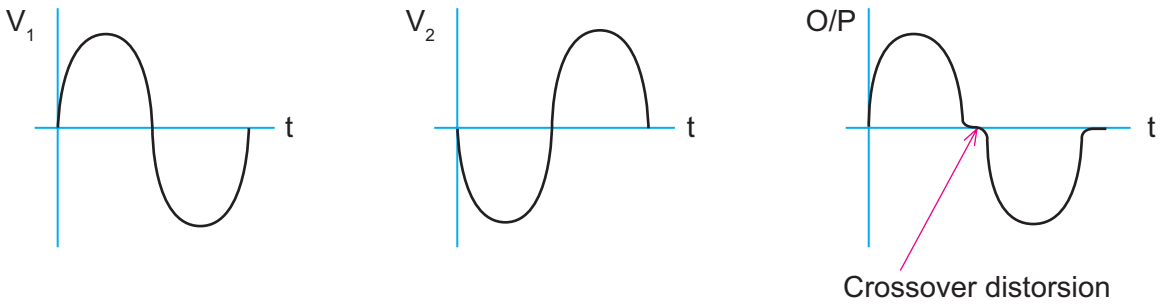


تحتوي بعض أجهزة الإستقبال على دارات المضخم الأولي، لكون هذا المضخم يحتاج إلى تصميم خاص لصغر قيم الإشارات التي يتعامل معها حيث تكون بالميكروفولت أو الملي فولت، خوفاً من تأثير إشارات التشويش على الإشارة الأصلية. ويستخدم هذا الصنف من المضخمات في دارة خرج المايكرفون وكذلك في أجهزة التسجيل الصوتي لكون إشارة الرؤوس ضعيفة بحاجة إلى تضخيم. ويوضح الشكل دارة تضخيم أولي للصوت، وغالباً ما تحتوي دارة المضخم الأولي على ضوابط (مفاتيح تحكم مثل مفتاح علو الصوت volume ومفتاح النغم Tone).

٤ مضخمات القدرة Power Amplifier:

يوضح الشكل دارة مضخم قدرة يستخدم توصيلة الدفع والجذب Push-pull-amp. حيث يعمل Q_2 ، Q_1 في الشكل أدناه على تضخيم الإشارة الواصلة لهما عن طريق المحول ذي نقطة المنتصف، الذي يعمل على إنتاج إشارتين على طرفه الثانوي فرق الطور بينهما ١٨٠° بحيث يكون V_1 موجب النصف الأول من الدورة، ويكون V_2 سالب في خلال نفس الدورة مما يؤدي إلى جعل Q_1 في حالة توصيل وQ_2 في حالة قطع، وفي النصف الثاني من الدورة يصبح V_1 سالب، و V_2 موجب مما يؤدي إلى جعل Q_2 في حالة توصيل وQ_1 في حالة قطع مما يجعل الترانزستورين يعملان بشكل متناوب Q_1 يعمل خلال النصف الموجب من الدورة لإشارة الدخل و Q_2 خلال النصف السالب من الدورة لإشارة الدخل وبعدها يتم تضخيم الإشارات ويتم جمعها عن طريق الطرف الثانوي لمحول الخرج.





توفيق الممانعات (محولات الأخراج):

تربط محولات المواءمة ما بين مضخمات القدرة ذات الممانعة العالية والسماعة ذات الممانعة المنخفضة، ولا يمكن الربط مباشرة بينهما كي لا نفقد جزء من الطاقة أو التسبب في إتلاف أحدهما .

كيفية الربط بين محولات الأخراج والسماعة:

١ **محولات المواءمه (الأخراج)**: يتم ربط أو توصيل محولات الإخراج بربط الملف الإبتدائي للمحول مع مضخم القدرة، بينما يكون الملف الثانوي للمحول متصل مع السماعة ذات الممانعة المنخضة نتيجة لوجود المحول ما بين المضخم والسماعة فإن ممانعة السماعة المنخفضة تبدو عالية جهة المضخم وممانعة المضخم العالية تبدو قليلة جهة السماعة .

مثال:

أوجد ممانعة سماعة وصلت بمضخم قدرة ممانعة خرجه ٣٠٠أوم، ومحول مواءمة عدد لفات الملف الإبتدائي ٤٠٠ لفة وعدد لفاف الثانوي ٨٠ لفة .

الحل:

تحسب ممانعة دخل السماعة من خلال العلاقة :

$$Z_I = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 . Z_O$$

$$Z_I = \left(\frac{800}{400}\right)^2 \times 300 = 16\ \Omega$$

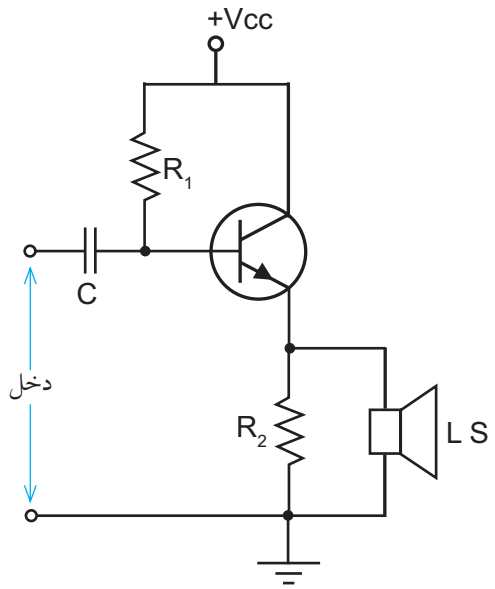
N_1 : عدد لفات الملف الإبتدائي .

N_2 : عدد لفات الملف الثانوي .

Z_1 : ممانعة دخل السماعة .

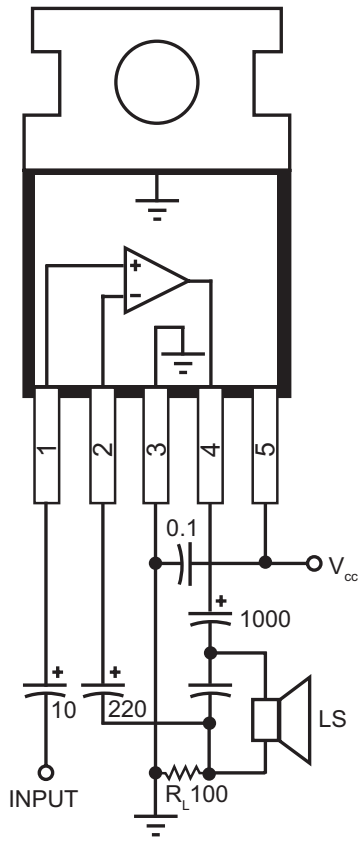
Z_O : ممانعة خرج السماعة .

٢ توصيلة المجمع المشترك Common Collector :



تعد دارة المجمع المشترك دارة مواءمة للممانعات نتيجة ممانعة دخلها العالية high input impedance، وممانعة خرجها المنخفضة وهذه الخاصية تجعلها مميزة في عملية توفيق الممانعات، وكذلك لكونها تعطي كسب عالي للتيار وتضخم جهد أقل من واحد. يبين الشكل دارة مرحلة مجمع مشترك تستخدم مواءمة للممانعات.

٦ المضخمات باستخدام الدارات المتكاملة (Ic):



نتيجة لكون الكسب القليل باستخدام العناصر الكترونية المتفرقة (discrete componet)، وتأثير التحميل (load effect) على تصميم الدارات، وصعوبة التركيب العملي، وأعمال الصيانة. تم التوجه إلى تقنية الدارات المتكاملة، حتى يتم العمل في المنطقة الخطية Linear Region يجب استخدام التغذية العكسية السالبة (Negative feed Back) التي توفر زيادة في عرض النطاق الترددي الذي يؤثر على تقليل تشويه الإتساع وكذلك يحسن الكسب، ويجعله منتظماً مع تغيير درجة الحرارة، ويعمل أيضاً على التقليل من تأثير الترددات التوافقية، ولتحقيق هذه الميزات الإيجابية للتغذية العكسية السالبة، يجب زيادة الكسب للمضخم، وعليه يتم استخدام الدارات المتكاملة (Ic)، والتي تضم عدة مراحل مختلفة من أجل الحصول على الكسب العالي لهذه الدارات.

يبين الشكل السابق دارة مضخم صوت باستخدام دارة متكاملة TDA2002 حيث تعطي قدرة تساوي (10W)، وتستخدم في أجهزة الراديو النقال، ومسجل السيارة، ودارات الأنظمة الصوتية كمضخم صوت.

طرف (١) المدخل غير العاكس NON - INVERTING INPUT .

طرف (٢) المدخل العاكس INVERTING INPUT .

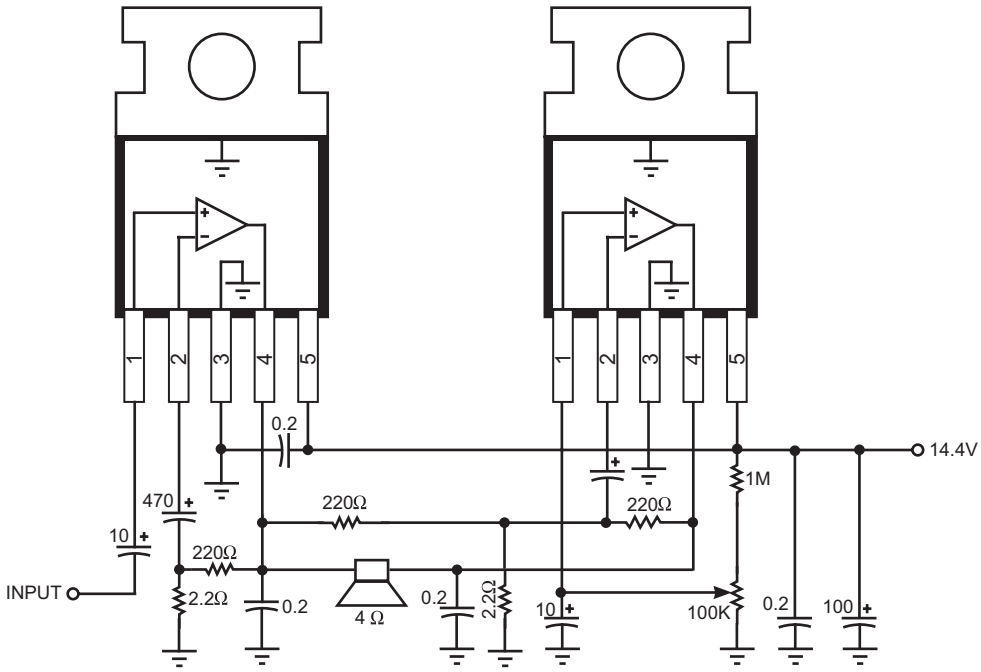
طرف (٣) أرضي GROUND .

طرف (٤) المخرج OUTPUT .

طرف (٥) التغذية V_{cc} .

داره مضخم سمعي ١٥ واط:

يبين الشكل أدناه دارة بسيطة وسهلة التجميع لمضخم سمعي (١٥ واط)، وهي تتكون من دارتين متكاملتين، حيث تستخدم في العديد من الأجهزة الصوتية .



أسئلة الوحدة:

١ وضح كيفية انتقال الصوت من مكان إلى اخر .

٢ أذكر الصفات المميزة للأمواج الصوتية .

٣ اشرح مع الرسم تركيب وعمل الميكرفون السعوي .

٤ ما هي الصفات المميزة للميكروفون الجيد .

٥ أشرح مع الرسم تركيب وعمل السماعة الدينامية .

٦ ما هي أنواع السماعات من حيث الاستخدام موضحاً خصائص كل نوع .

٧ وضح معنى الآتية :

أ عرض النطاق الترددي للمساعة .

ب اتجاهية السماعة .

٨ ما هي الاعتبارات التي تحدد اختيار السماعة؟

٩ صنف المضخمات حسب الانحياز مع بيان الخصائص المميزة لكل منها .

١٠ بين العلاقة بين كسب المضخم وعرض نطاقه الترددي .

١١ ما معنى الاصطلاحات الآتية :

أ التشوة .

ب عرض النطاق الترددي .

ج ذبذبة القطع الدينامية .

١٢ بين أنواع التشوهات التي تحدث للإشارة الصوتية .

١٣ أرسم دارة مضخم واشرح منحنى الاستجاب بمحددات المختلفة .

١٤ وضح أهمية المضخم الأولي واذكر مجالات استخدامه العملية .

١٥ ما الهدف من استخدام مضخمات متعددة المراحل ، مع ذكر كيفية حساب تضخمها النهائي .

الوحدة ٣

الأمواج والهوائيات في الارسال والاستقبال الاذاعي

الوحدة الثالثة الأمواج والهوائيات في الارسال والاستقبال الاذاعي:

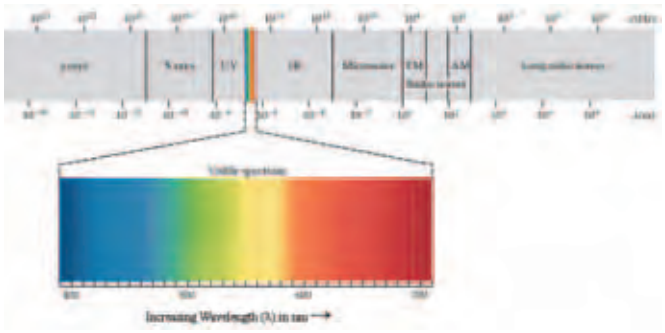
١ الطيف الكهرومغناطيسي:

كما تعلم تولد الشحنات الكهربائية الساكنة مجالاً كهروستاتيكياً، بينما الشحنات المتحركة بسرعة ثابتة تولد تياراً كهربائياً، أما إذا تحركت الشحنة بتسارع فإنها تشع طاقة على شكل أمواج كهرومغناطيسية، ويكون مدى هذه الترددات واسعاً، فمنا متناهية الإنخفاض (ELF)، وأخرى متناهية الارتفاع كالاشعة الكونية، أنظر الجدول.

جدول (١): تقسيمات الطيف الكهرومغناطيسي:

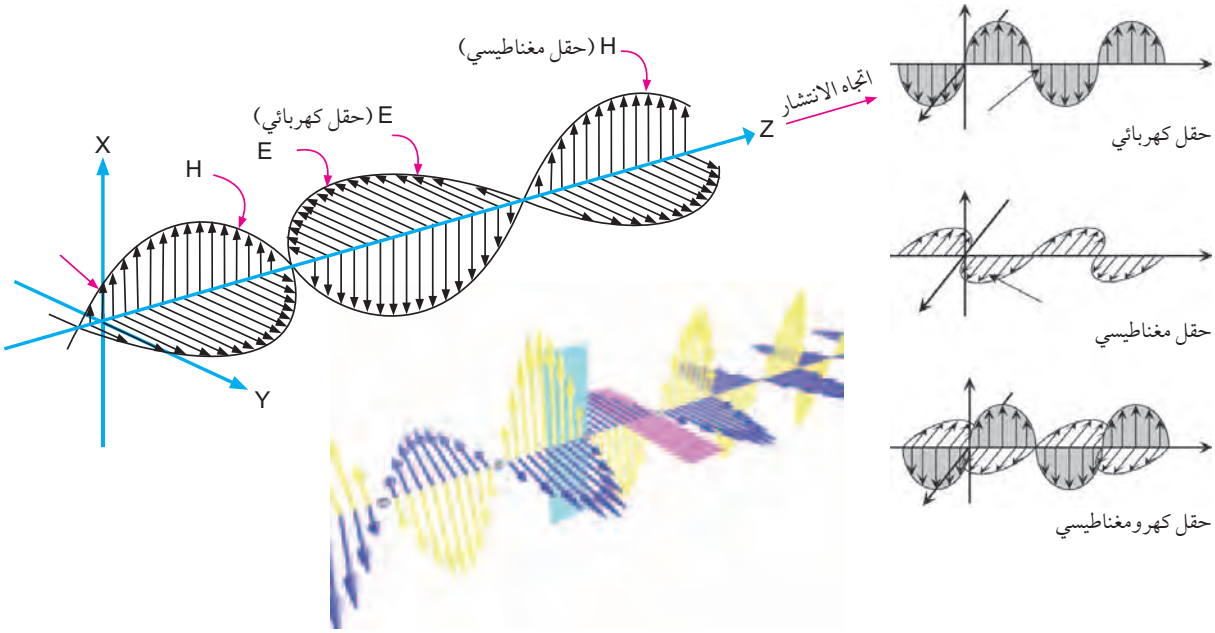
		الامواج الراديوية												
			AM		FM		Micro Waves							
ترددات متناهية الانخفاض	ترددات منخفضة جداً	ترددات منخفضة	ترددات متوسطة	ترديات عالية	ترددات عالية جداً	ترددات فوق العالية	ترددات فائقة العلو	ترددات مفرطة العلو	الأشعة تحت الحمراء	الطيف المرئي	الأشعة فوق البنفسجية	الأشعة السينية	أشعة جاما	الأشعة الكونية
ELF	VLF	LF	MW	SW	VHF	UHF	SHF	EHF	IR	VL	UV	XRay		

20 Hz — 10 KHz — 100 KHz — 1 MHz — 3 MHz — 30 MHz — 300 MHz — 1 GHz =1000 MHz — 30 GHz — 300 GHz — 10^{14} Hz — 10^{16} Hz — 10^{17} Hz — 10^{18} Hz — FHz



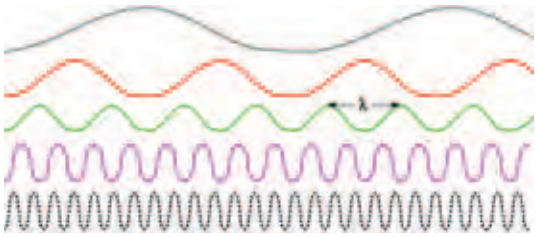
تتكون الأمواج الكهرومغناطيسية من مجالين أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي، وهما متعامدان على بعضهما وعلى مسار الإنتشار حيث يتم انتقال الطاقة بين المجالين بتردد يتناسب طردياً مع تردد الموجة. وما يميز هذه الموجات عن بعضها هو تردداتها المختلفة وأطوال موجاتها، والشكل الآتي يوضح تقسيمات الطيف الكهرومغناطيس ذات الترددات المختلفة.

المجالين احدهما أفقي على اتجاه الإنتشار (موازٍ له) والآخر عمودي عليه، فإذا كان المجال الكهربائي أفقياً والمغناطيسي عمودياً فإن الموجة تكون ذات استقطاب أفقي، أما إذا كان المجال الكهربائي عمودياً والمغناطيسي أفقياً فإن الموجة تكون ذات استقطاب عمودي، والشكل التالي يوضح الموجة الكهرومغناطيسية في الفضاء.



الموجة الكهرومغناطيسية في الفراغ

تبث هذه الموجات مبتعدة عن هوائيات الإرسال التي تتخذ أشكالاً متعددة، والعلاقة التي تربط أبعاد الهوائي بطول الموجة هي أن يكون طول الهوائي مساوياً لنصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$ حيث λ (لمدا) تعني طول الموجة ونستطيع حسابها رياضياً من المعادلة التالية .



$$\text{طول الموجة (م)} = \frac{\text{سرعة الإنتشار}}{\text{التردد (بالهيرتز)}}$$

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

٢ النطاقات الترددية وأطوال الموجات:

يبين المحتوى الترددي للطيف الكهرومغناطيسي المدى الذي يخص الأمواج الراديوية وهو الجزء بين الترددات متناهية الإنخفاض ELF وحتى الترددات مفرطة العلو EHF حيث تقسم المدى الترددي الخاص بالإرسال الراديوي إلى نطاقات ترددية لها استخداماتها الخاصة وأطوال موجاتها .

والجدول الآتي يبين تقسيم النطاق الترددي حسب نظام اللجنة الاستشارية الدولية للإرسال الراديوي CCIR - International Radio Consultative Committee .

جدول (٢): تقسيمات الطيف الترددي المستخدم في الاتصالات حسب نظام CCIR :

المدى الموجي		الرمز		القنوات المخصصة	عرض المجال الترددي للقناة	مجال التردد للمدى الموجي	طول الموجة
الموجة الطويلة	Long Wave	LW		---	9kHz	150-285KHz	200-1050m
الموجة المتوسطة	Medium Wave	MW		---	9kHz	510-1605KHz	590-187m
الموجدة القصيرة	Short Wave	SW		---	9kHz	3,95-26,1MHz	76-11,5m
تردد عالٍ جداً	Band I	V.H.F	BI	2-4	7MHz	47-68MHz	6,35-4,4m
	Band II		BII(FM)	2-56	300kHz	87,5-108MHz	3,4-2,9m
	Mid band channels		---	S1-S10	7MHz	104-174MHz	2,9-1,7m
	Band III		M III	5-12	7MHz	174-230MHz	1,7-1,3m
	Super band channels		SB	S11-S20	7MHz	230-300MHz	1,3-1m
	Extended Super band channels		ESB	S21-S37	8MHz	302-300MHz	99,3-68,5cm
تردد فوق العالي	Band IV	U.H.F	B IV	21-37	8MHz	470-606MHz	64-49,5cm
	Band v		B V	38-68	8MHz	606-854MHz	49,5-35cm
تردد ما بعد العالي	Super hiht F	S.H.F		---	---	3GH3-30GHz	10-1cm
تردد بالغ العلو	Extremely high F	E.H.F		---	---	أعلى من 30 GHz	أقل من 1cm

٣ انتشار الموجات الكهرومغناطيسية والراديوية:

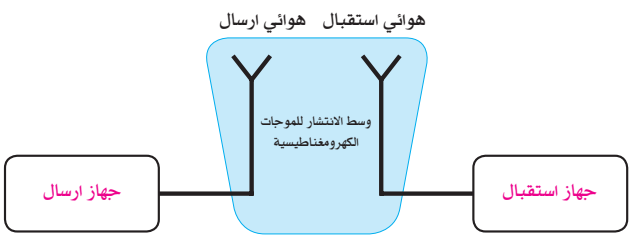
تبث الأمواج الكهرومغناطيسية إلى الجو بواسطة هوائيات الإرسال بسرعة الضوء لتصل مدى معين في جميع الإتجاهات أو في اتجاهات محددة حسب الحاجة ، حيث تسلك هذه الأمواج مسارات مختلفة .

والعناصر الأساسية في عملية الإرسال والإستقبال للموجات الكهرومغناطيسية هي :

١ جهاز الإرسال وهوائي الإرسال .

٢ جهاز الإستقبال وهوائي الإستقبال .

٣ وسط الإنتشار للموجات الكهرومغناطيسية كما يبين الشكل الآتي .



وكما يبين الشكل فأن وسط الإنتشار والتضاريس الطبيعية لها تأثير كبير على الموجات الكهرومغناطيسية المرسلة، حيث يظهر هذا التأثير في إضعاف الموجات خلال انتشارها وتشويشها أو يصل الأمر إلى منع استقبالها .

ولدراسة تأثيرات وسط الإنتشار على ارسال واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية لا بد أن نتعرض إلى شرح مبسط لطبقات الجو .

تتكون طبقات الجو فوق سطح الكرة الأرضية من أنواع مختلفة من الغازات مثل الأوكسجين والهيدرجين والهيليوم وبخار الماء وغيرها . موزعه بنسب مختلفة حسب الإرتفاع وحسب درجة الحرارة والليل والنهار وبشكل عام يعتبر الجو متجانساًحتى ارتفاع ١٠٠ كيلومتر عن سطح الأرض .

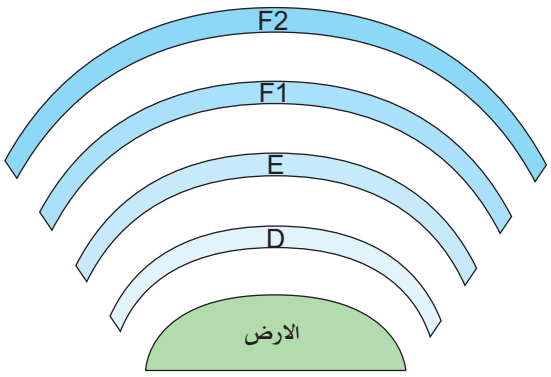
وهذه الغازات تتأثر بأشعة الشمس وحرارتها، والأشعة الكونية فتتأين ويصبح الجو متأيناً ويتكون من الطبقات التالية :

١ **الطبقة E** : وهي موجودة على ارتفاع ١٠٠ كيلومتر تقريباً وبسمك يقارب ٢٥ كيلومتر وتتواجد في النهار وتختفي في الليل وتساعد الأمواج ذات الترددات المتوسطة على الإنتشار نهاراً، وتعكس الترددات العالية نهاراً وبذلك تؤمن اتصالاً يقارب مسافة ١٠٠٠ كم .

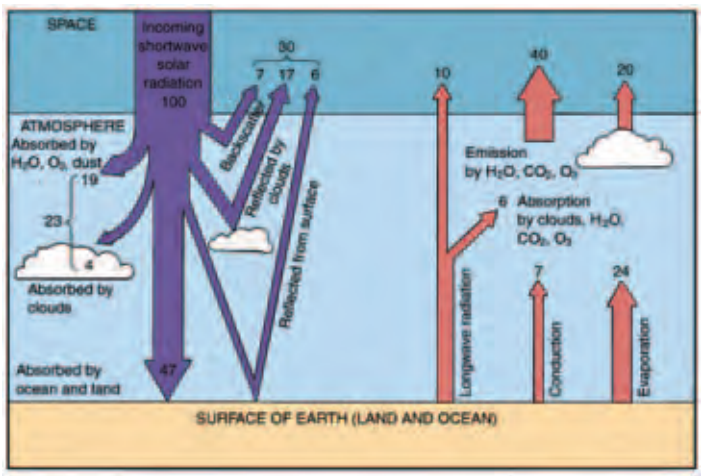
٢ **الطبقة F1** : ترتفع عن سطح الأرض مسافة تقارب ٢٢٠ كم وسمكها يقارب ٢٠ كم وتتحد ليلاً مع الطبقة F2 وتنعكس عن بعض الترددات العالية .

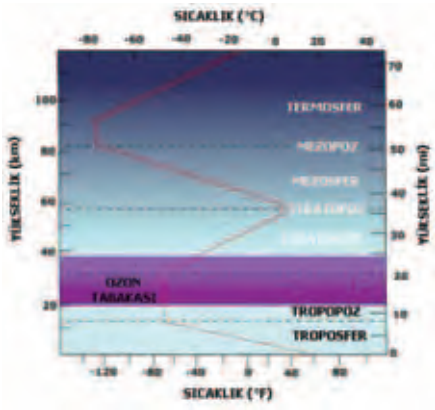
٣ **الطبقةF2** : وتحتوي على أكبر عدد من الشحنات الكهربائية وتوجد على ارتفاع ٢٨٠ كم تقريباً وسمكها ٢٠٠ كم وهي أكثر الطبقات فعالية .

٤ **الطبقة D** : توجد على ارتفاع (٦٠-٨٠ كم) من سطح الأرض تبدأ هذه الطبقة والطبقة F1 بالزوال مع بداية الليل .



طبقات الجو المتأينة خلال النهار





٤ طرق انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية:

تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية ضمن مسار مستقيم، وسرعة ثابتة في جميع الإتجاهات حيث تمر بمسارات مختلفة حتى تصل إلى هوائي الاستقبال. والمسافات التي تصل إليها هذه الأمواج تعتمد على ترددها، هناك ثلاثة طرق لانتشار الأمواج الكهرومغناطيسية تكون احداها أفضل من الأخرى عند ترددات معينة هي :

أولاً: الموجات ذات المسارات الأرضية Ground Waves:

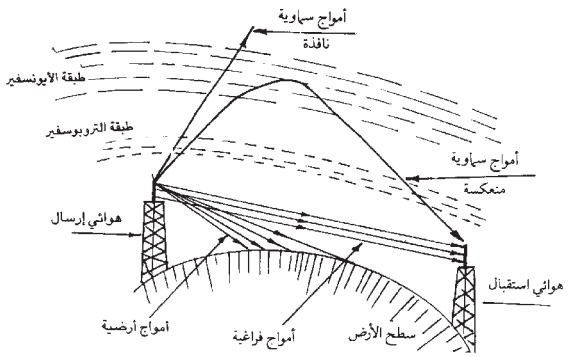
حيث تسير قريباً من سطح الأرض وتتبع انحنائاتها، لذلك فهي تتأثر بالتضاريس، ويمكن بث الإشارات ذات الترددات المنخفضة بهذه الطريقة باستخدام هوائيات توضع قريبة من سطح الأرض.

ثانياً: الموجات المباشرة (الفراغية) Space Waves:

تسير بشكل أفقي، ومباشر بين هوائي الإرسال وهوائي الاستقبال وهو ما يسمى بالإرسال في حدود خط النظر. تتأثر هذه الموجات بالمعوقات التي قد تعترض طريقها، كالجبال، والمباني العالية، وهذه الطريقة تناسب الترددات التي تزيد عن (٣٠ ميغاهيرتز) كتلك المستخدمة في الإرسال التلفازي ضمن نطاقي (VHF، UHF).

ثالثاً:الموجات السماوية Sky Waves:

تنتشر من هوائي الإرسال بزاوية ارتفاع مع الأفق لتنعكس عن طبقات الجو العليا (الأيونسفير) لتستقبلها هوائيات الإستقبال ويعتمد انعكاس الموجات السماوية على مقدار زاويتها مع الأفق وعلى طول موجتها حيث أن هناك زاوية تسمى الزاوية الحرجة وهي الزاوية التي لا تعود بعدها الموجات السماوية إلى الأرض وكذلك فإن تدني طول الموجة عن حد معين تنفذ بعدها الموجات السماوية من الغلاف الجوي، ويسمى التردد الخاص بهذه الموجة التردد الحرج، وهذه الطريقة في الإرسال تلائم ارسال الإشارات ذات التردد بين [٣-٣٠ ميغاهيرتز] بهدف الإستفادة من الإرسال على سطح الكرة الأرضية، أو تستخدم في الإتصالات الفضائية عند تردد أعلى من (٣٠ ميغاهيرتز) أو بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة كما يبين الشكل الآتي حيث تظهر فيه المسارات المختلفة للأمواج الكهرومغناطيسية.



المسارات المختلفة للأمواج الكهرومغناطيسية

٥ مدى الإرسال للأموج الكهرومغناطيسية:

يعرف مدى الإرسال بأنه المسافة التي تقطعها الأمواج الكهرومغناطيسية لتصل إلى هوائيات الإستقبال بشدة إشارة أكبر من حد أدنى معين . وتعتمد هذه المسافة على العوامل الآتية :

١ ارتفاع كل من هوائي الإرسال وهوائي الإستقبال ، فكلما زاد ارتفاع الهوائيات زاد مدى الإرسال .

٢ تردد الإشارة المرسلة .

٣ قدرة بث الإشارة ، فكلما زادات زاد مدى الإرسال .

٤ التضاريس والطبيعية العمرانية حيث يقل مدى الإرسال بزيادة العوائق .

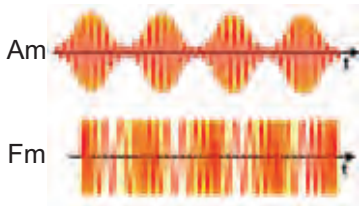
عملية التضمين (Modulation):

تعرف عملية التضمين بأنها عملية تحميل الموجات المنخفضة «اشارة المعلومات» التردد على الموجات عالية التردد ، حتى يتم ايصالها إلى مسافات بعيدة .

فقدرة الأمواج الكهرومغناطيسية تتناسب طردياً مع الإتساع ، والتردد حتى تصل هذه الأمواج إلى مسافات بعيدة يجب أن تكون قدرتها كبيرة ، وبما أن الأمواج الصوتية المتحولة إلى تيارات كهربائية عن طريق الميكرفون ذات ترددات منخفضة فأنها لا تستطيع الوصول إلى مسافات بعيدة ، لذلك علينا أن نحملها على موجة ذات تردد عالي تسمى الموجة الحاملة ، والموجة ذات التردد المنخفض تسمى المحمولة ، والموجة الناتجة تسمى الموجة المضمنة (المعدلة) ، تتم عملية تحميل الإشارة المنخفضة التردد على الإشارة عالية التردد بطريقتين هما :

١ تضمين «تعديل» الإتساع (Amplitude Modulation) ويرمز له AM .

٢ تضمين «تعديل» التردد (Frequency Modulation) ويرمز له FM .



والغاية من عملية التضمين هي :

١ تحقيق طول هوائي للإرسال والإستقبال مقبول عملياً .

٢ إمكانية بث واستقبال أكثر من إشارة في منطقة جغرافية واحدة .

نعلم أنه لبث إشارة كهربائية في الجو يلزم تحويلها إلى أمواج كهرومغناطيسية عن طريق الهوائي ، وحتى يعمل الهوائي بكفاءة ، ويشع أكبر قدر ممكن من طاقة الإشارة يجب أن يكون طوله مساوياً لنصف طول الموجة المراد بثها ، لذا فكلما انخفض تردد الإشارة زاد طول الهوائي اللازم لبثها ، فالإشارة التي يبلغ ترددها ١٠٠ كيلوهيرتز يلزم لبثها بكفاءة هوائي يمكن حساب طوله باستخدام المعادلة :

$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{سرعة الإنتشار}}{\text{التردد}} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{١٠٠ \times ١٠^{٣}}$$

$$\frac{3 \times 10^{8}}{100 \times 10^{3}} = 3 \times 10^{3}\ M$$

طول الهوائي= $\frac{١}{٢}$ طول الموجة = 1.5kM وهذا هوائي لا يمكن تحقيقه عملياً وبالتالي يقل طول الهوائي، ويمكن حل هذه المشكلة في عملية التضمين التي تسبب رفع تردد الإشارة، وكذلك إذا أريد بث مجموعة من الإشارات السمعية من هوائيات في منطقة واحدة فإن الإشارات ستتداخل ببعضها مما يجعل عملية ارسال واستقبال أكثر من إشارة في منطقة واحدة أمراً غير ممكن، لذلك فعملية التضمين ترفع التردد بمقادير مختلفة للإشارات المختلفة، مما يمكن من بث واستقبال أكثر من إشارة في منطقة جغرافية واحدة بسبب اختلاف التردد.

٦ مولدات الإشارة:

معلوم أن عملية التضمين هي تحميل إشارة ذات تردد منخفض على إشارة ذات تردد عالي تسمى الاشارة الحاملة، والدارات التي تقوم بتوليد إشارة ذات تردد عالي تسمى مولدات الإشارة أو المذبذبات (Oscilators) والعمل الأساسي للمذبذبات هو إنتاج إشارات ذات تردد ثابت، ومحدد دون وجود إشارة على مداخلها، ويتم ذلك باستخدام مبدأ التغذية الراجعة الموجبة حيث تعمل الدارة على تحويل القدرة المزودة لها على شكل ڤولطية وتيار مستمرين إلى إشارة كهربائية متناوبة ذات ترد ثابت تحدده دارات رنين، وحتى يعمل المذبذب يجب أن يكون كسب دارته كافياً بضمان استمرار التغذية الراجعة إلى مدخله وتعويض التيار الذي يتم فقده في عملية التذبذب.

أنواع مولدات الإشارة:

يمكن تصنيف مولدات الإشارة تبعاً للآتي:

١ شكل الموجة (جيبيه أو مربعة أو مثلثة).

٢ النطاق الترددي: الترددات المنخفضة والمتوسطة والعالية والعالية جداً والنطاق الميكروي، ومن أهم هذه المذبذبات المستخدمة في الإرسال والإستقبال.

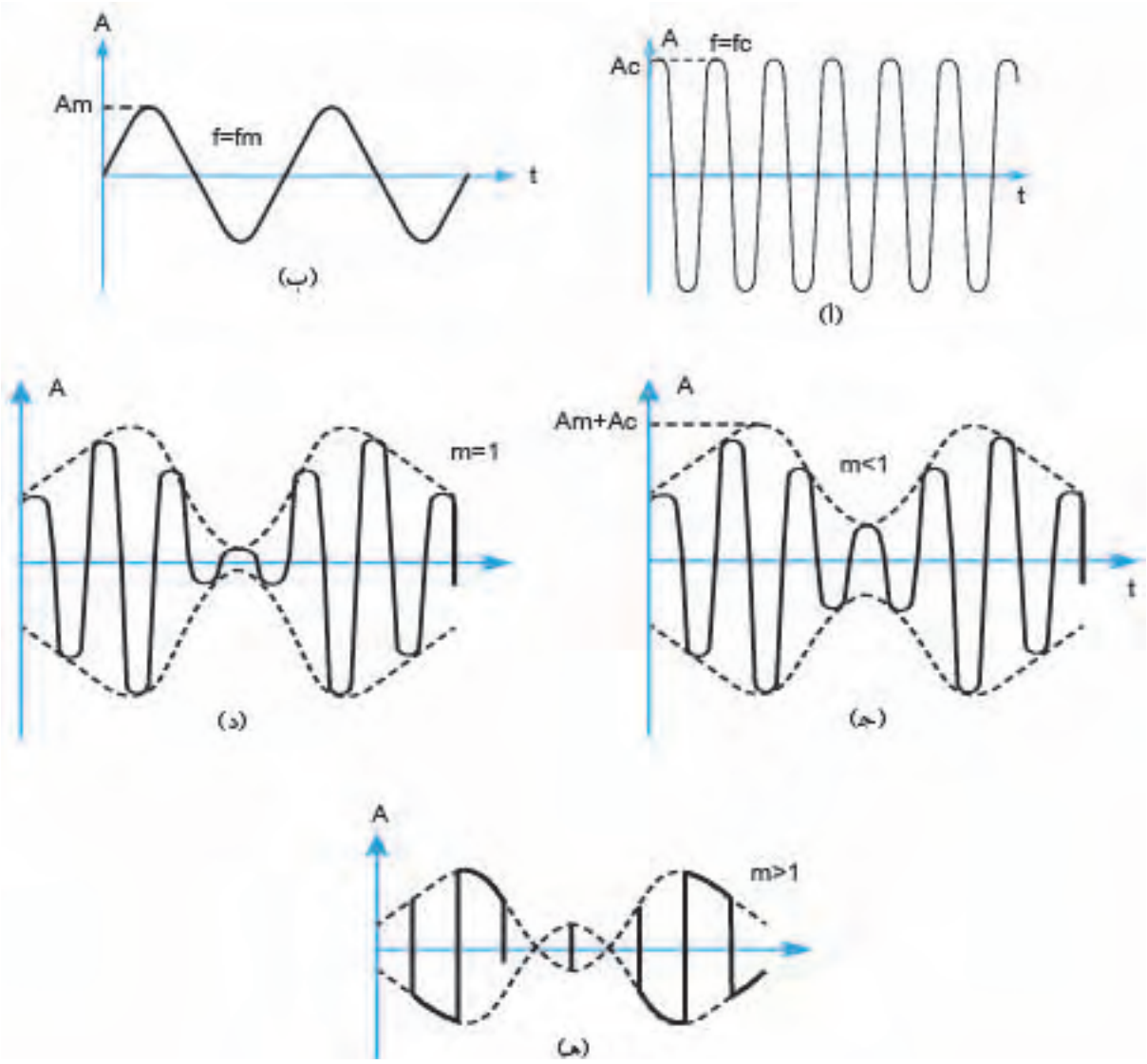
٣ مذبذب كوليتس ومذبذب هارتلي المذبذب البلوري والمذبذب متعدد الإهتزاز والمذبذب المانع Bloking OSC والمذبذبات للترددات العالية جداً (VHF) وفوق العالية جداً (UHF).

وسيتم استعراض بعض هذه المذبذبات بالتفصيل في فصل لاحق.

تضمين الإتساع:

يعرف تضمن الإتساع بأنه عملية تغيير إتساع الموجة الحاملة عالية التردد تبعاً للتغيير اللحظي لإتساع الموجة المحمولة ذات التردد المنخفض على أن يبقى تردد الموجة الحاملة ثابتاً.

ويبين الشكل (أ) إشارة راديوية ذات تردد عالي واتساع ثابت وتسمى الحاملة، أما الشكل (ب) فيبين الإشارة المراد بثها وهو الموجة السمعية ذات التردد المنخفض وتسمى المحمولة، ويبين الشكل (ج) موجة مضمنة تضمين اتساع.



هناك حالات مختلفة لهذا النوع من التضمين، فإذا كان اتساع الإشارة المحمولة أقل من اتساع الإشارة الحاملة فإن شكل الإشارة سيكون كما هو في الشكل (جـ)، أما إذا تساوى الإتساعان فإن الشكل سيكون كما في الشكل (د)، أما إذا كان اتساع الإشارة المحمولة أكبر من اتساع الإشارة الحاملة فستكون الإشارة النهائية كما في الشكل (هـ)، وتسمى هذه الحالة التضمين التجاوزي والذي يؤدي إلى تشويه الموجة السمعية كما يؤدي إلى ازدياد عرض المدى الترددي وبالتالي ألى احتمال تداخل مع موجات أخرى مجاورة.

ويعرف أقصى تغير في اتساع الإشارة الحامله يعمق التضمين (Modulation Depth) كما تعرف النسبة بين اتساع الإشارة المحمولة والإشارة الحالة بمعامل التضمين (Modulation Index) الذي يحسب من المعادلة الآتية:

$$M = \frac{AM}{AC}$$

حيث: M معامل التضمين.

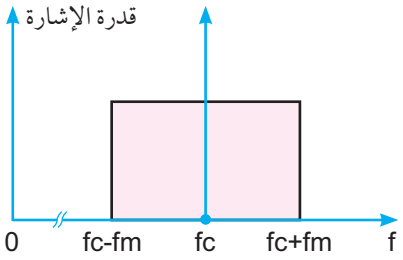
AM اتساع الإشارة المحمولة.

AC اتساع الإشارة الحاملة.

المحتوى الترددي للإشارة المضمنة:

تعلم أن الإشارة المراد بثها تحتوي على مركبات مختلفة، وترددات مختلفة تقع ضمن مدى ترددي معين ولنفرض أنه من (صفر – fc) كما وإن الإشارة الراديوية الحاملة لها تردد محدد وثابت .

ولنفرض أنه fm فأنه عند إجراء عملية التضمين ستكون قدرة الإشارة موجودة في الإشارة الحاملة وكذلك في نطاقين من الترددات محصورين بين (fc + fm ، fc - fm) كما في الشكل المجاور .



توزيع القدرة في تضمين الإتساع

يبين لنا الشكل أن الترددات الموجودة هي :

١ تردد الإشارة الحاملة fc .

٢ نطاق من الترددات ينحصر بين fc و (fc+fm) ويدعى هذا النطاق بالحيز الجانبي العلوي، ويحمل جميع معلومات الإشارة المراد إرسالها .

٣ نطاق من الترددات ينحصر بين fc و (fc-fm) ويدعى هذا النطاق بالحيز الجانبي السفلي ويحتوي أيضاً على جميع المعلومات المراد إرسالهاوقد وجد أن قدرة الحيزين الجانبين حول الإشارة الحاملة تساوي $\frac{١}{٣}$ قدرة الإشارة، وذلك عندما تكون m=1 أما بقية قدرة الإشارة فتكون موجودة في الإشارة الحاملة .

مما سبق نستنتج أن عرض النطاق الترددي للإشارة المضمنة يساوي ضعف التردد الأقصى للإشارة المراد إرسالها .

$$B.W = (fc + fm) - (fc - fc) = 2fm$$

أنواع الإرسال في حالة تضمين الإتساع:

نعلم أن الحيزان متماثلان وإن كل منهما يحتوي على جميع معلومات الإشارة كذلك فإن $\frac{١}{٣}$ القدرة الكلية للإشارة يوجد في الحيزين وبالتالي فأن $\frac{١}{٦}$ القدرة الكلية هو الجزء النافع منها الذي يحتوي على كامل معلومات الإشارة المراد بثها، هناك طريقتان للإرسال في حالة تضمين الاتساع هما :

١ **الارسال باستخدام كلا الحيزين العلوي والسفلي (Double Sideband Trans Mission:DSB) :**

في هذه الطريقة يتم إرسال الحيزين الجانبين والإشارة الحاملة، ويتم في الاستقبال حذف أحد الحيزين والإشارة الحاملة ويبقى الحيز الآخر الذي يحتوي على جميع المعلومات، وبذلك نستغل $\frac{١}{٦}$ قدرة الإشارة المرسلة فقط، هذا النوع من الإرسال هو الأكثر استخداماً لسهولته ومن مساوئه أننا نحتاج إلى عرض نطاق ترددي يساوي ضعف النطاق الترددي للإشارة المراد بثها مما يقلل عدد المحطات المستخدمة ضمن نطاق ترددي معين .

٢ **الإرسال باستخدام حيز جانبي واحد (Single Sideband Trans Mission:SSB) :**

تتميز هذه الطريقة بما يأتي :

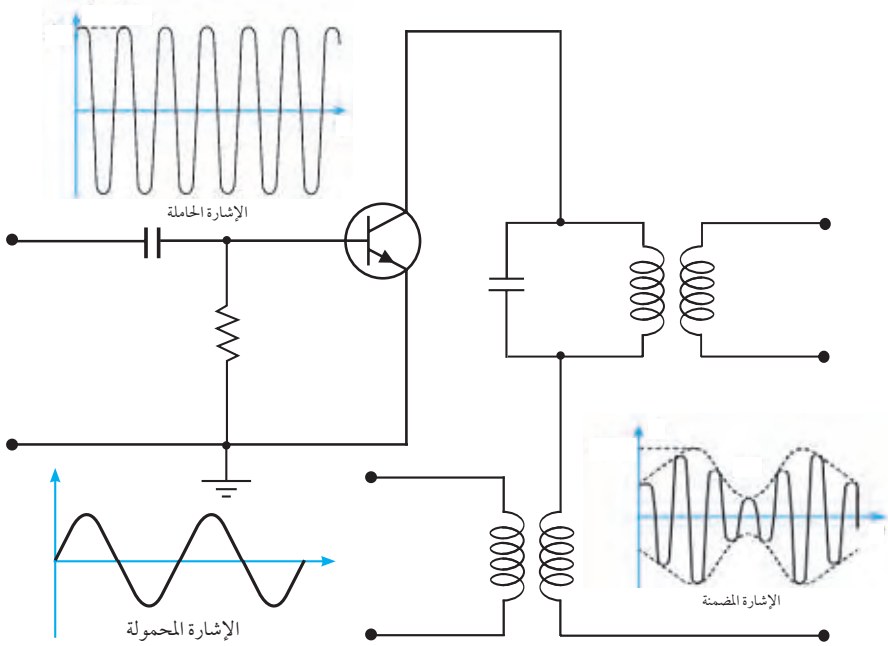
أ عرض النطاق الترددي اللازم للإرسال هو نصف عرض النطاق الترددي في حالة إرسال كلا الحيزين ، مما يمكننا من إرسال عدد قنوات أكثر على نفس النطاق الترددي .

ب يتم حذف الحيز الجانبي والإشارة الحاملة قبل الإرسال وهذا يجعل هذه الطريقة بحاجة إلى قدرة أقل بكثير من الإرسال بطريقة الحيزين .

جـ هذا الإرسال لا يستخدم بشكل كبير بسبب الصعوبات الفنية في فصل الحيزين عند الإرسال وفي استعادة كامل معلومات الإشارة عند الإستعمال .

٣ **الإرسال باستخدام أثر الحيز الجانبي :** وفي هذه الطريقة يتم ارسال حيز جانبي كامل وجزء من الحيز الجانبي الآخر ، وذلك للتغلب على صعوبات فصل الحيزين ولعدم ضياع المعلومات وهذا النوع يستخدم في الإرسال التلفازي بسبب ارتفاع تردد إشارة الصورة .

الشكل الآتي يبين دارة تضمين اتساع :



دارة تضمين الإتساع

التضمين الترددي FM (Frequncy Modulation):

التضمين الترددي هو تغير تردد الموجة الحاملة عالية التردد بحسب التغيير اللحظي لإتساع إشارة التردد السمعي على أن يبقى اتساع الموجة الحاملة ثابتاً .

تستخدم هذا النوع من التضمين في أجهزة الإرسال المخصصة من أجل البث الإذاعي للصوت على الأمواج القصيرة جداً وفي أجهزة التلفزيون ومن أجل الإتصال اللاسلكي في خطوط النظر المستقيمة وفي كثير من الأنظمة وذلك بفضل حصانته ضد التشويهات والضجيج الخارجي ويبين الشكل الآتي أشكال الإشارات في هذا النوع من التضمين .

التضمين الترددي

٧ الإنحراف الأقصى للتردد وعرض النطاق الترددي:

في التضمين الترددي يتغير تردد الإشارة الحاملة حسب تغيرات اتساع الإشارة المحمولة . ويكون هذا التغير باتجاه الزيادة أو النقص فلو كان أقصى تغير في تردد إشارة راديوية حاملة ترددها ١٥٠ ميغاهرتز مثلا هو ١٠٠ كيلو هيرتز فأن أعلى تردد للإشارة الناتجة من التضمين يكون ١٥٠+١ , ٠ = ١ , ١٥٠ ميغاهيرتز كما أن أدنى تردد لهذه الإشارة يكون ١٥٠-١ , ٠ = ١٤٩ , ٩ ميغاهيرتز وبذلك يكون التغير الكلي في التردد هو :

$$\Delta F = 150.1-149.9 = 0.2 \text{ MHZ}$$

$$= 200 \text{ KHZ}$$

يسمى التغير في التردد الإنحراف الترددي الأقصى المسموح به ويكون الإنحراف الأقصى للتردد المستخدم في الرسال الإذاعي بالتضمين الترددي في المحطات الإذاعية هو ٧٥ كيلوهيرتز ، وعليه يكون عرض النطاق الترددي ١٥٠ كيلوهيرتز ، ويمكن تعريف معامل التضمين في هذه الحالة بأنه النسبة بين الإنحراف الأقصى للتردد وتردد الإشارة المحمولة .

فإذا كان تردد الإشارة المحمولة ٢٥ كيلوهيرتز مثلاً فأن معامل التضمين يكون

$$M = \frac{75KHZ}{25\ KHZ} = 3$$

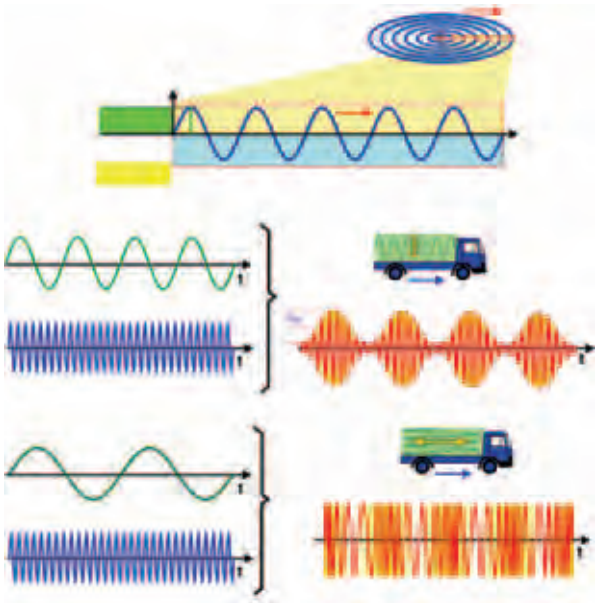
مساوئ التضمين الترددي:

١ يجب أن يكون قيمة التردد الحامل عالياً .

٢ لا نستخدم التضمين الترددي في البث الإذاعي في الموجة المتوسطة .

٣ عرض الحزمة كبير وهذا يقلل عدد المحطات المرسلة في مجال الأمواج القصيرة .

مقارنة بين التضمين التردي وتضمين الإتساع:



يمتاز التضمين الترددي عن تضمين الإتساع بما يلي :

١ عـدم تأثـر الإشـارة المضمنـة ترديـاً بالضجيج مـما يؤدي إلـى الحصول على نوعيـة جيدة للإشـارة الملتقطـة، وزيادة حساسية جهاز الاستقبال .

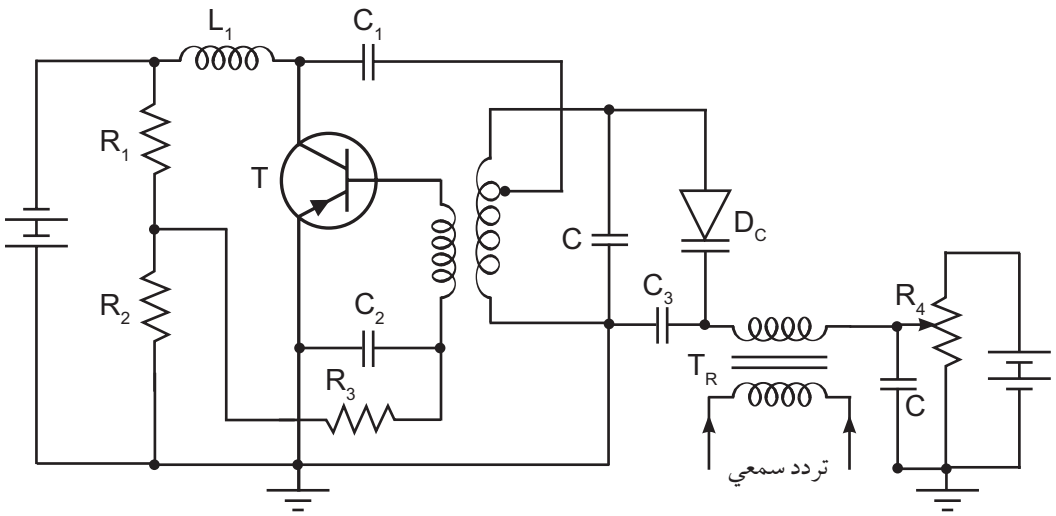
٢ ثبـات اتسـاع الإشـارة المضمنـة ترديـاً يسـمح بتخفيـض التشـويش اللاخطي للإشارة عند تكبيرها .

٣ التعـديل الـترددي يستخدم للبرامج الموسيقية لأنه ذو مجال ترددي عريض .

٤ المجال الترددي العريض يؤدي إلى إنخفاض نسبة خفوت الإشارة المستقبلية .

٥ التردد في حالة التضمين الترددي أعلى بكثير منه في حالة تضمين الإتساع وبذلك فالهوائي يكون أقصر وأقل كلفة مما يسهل عمليات الإرسال والإستقبال .

التردد المستخدم في الإرسال الإذاعي بالتضمين الترددي في المحطات الإذاعية هو ٧٥ كيلوهيرتز، وعليه يكون عرض النطاق الترددي ١٥٠ كيلو هيرتز . ويمكن تعريف معامل التضمين في هذه الحالة بأنه النسبة بين الإنحراف الأقصى للتردد وتردد الإشارة المحمولة، فإذا كان تردد الإشارة المحمولة ٢٥ كيلوهيرتز مثلاً فإن معامل التضمين تكون M = ٧٥ .



دارة تضمين ترددي تستخدم ثنائي سعوي

مبدأ الإرسال الإذاعي.

يمكن تلخيص عملية الإرسال الإذاعي بالخطوات الآتية :

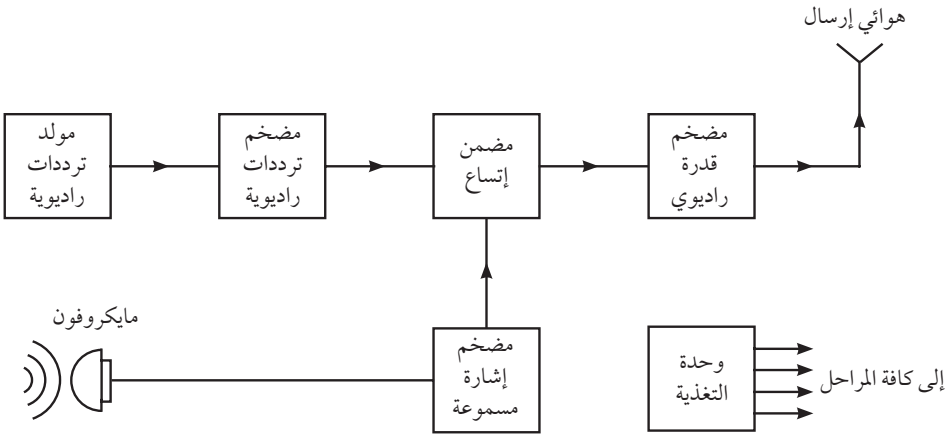
١ تحويل الصوت إلى إشارة كهربائية مكافئة .

٢ رفع تردد الإشارة المكافئة للصوت بتحميلها على إشارة راديو ذات تردد عالي .

٣ تحويل الإشارة الكهربائية إلى موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفضاء بسرعة الضوءعند بثها من هوائيات الإرسال .

وكما سبق شرحه فإن نوعان من التضمين يستخدمان في الإرسال الإذاعي هما تضمين الإتساع وتضمين التردد وسوف نأتي على شرحهما .

أولاً: تضمين الإتساع:



مخطط صندوقي لمرسل تضمين الاتساع

يمثل الشكل مخططاً صندوقياً لمرسل إشارة صوتية بتضمين الإتساع حيث تقوم المراحل بالوظائف الآتية :

١ **الميكرفون** : هو الأداة التي تحول الصوت إلى إشارة كهربائية مكافئة وقد تتعدد مصادر الصوت .

٢ **مضخم الإشارة المسموع** : يعمل على تكبير إشارة المصدر الصوتي إلى القيمة المطلوبة لتتمكن من تضمين الإشارة الراديوية .

٣ **مولد الترددات الراديوية** : يقوم بتوليد إشارة راديوية ذات تردد عالي واتساع ثابت .

٤ **مضخم الترددات الراديوية** : يعمل على تضخيم الإشارة المولدة .

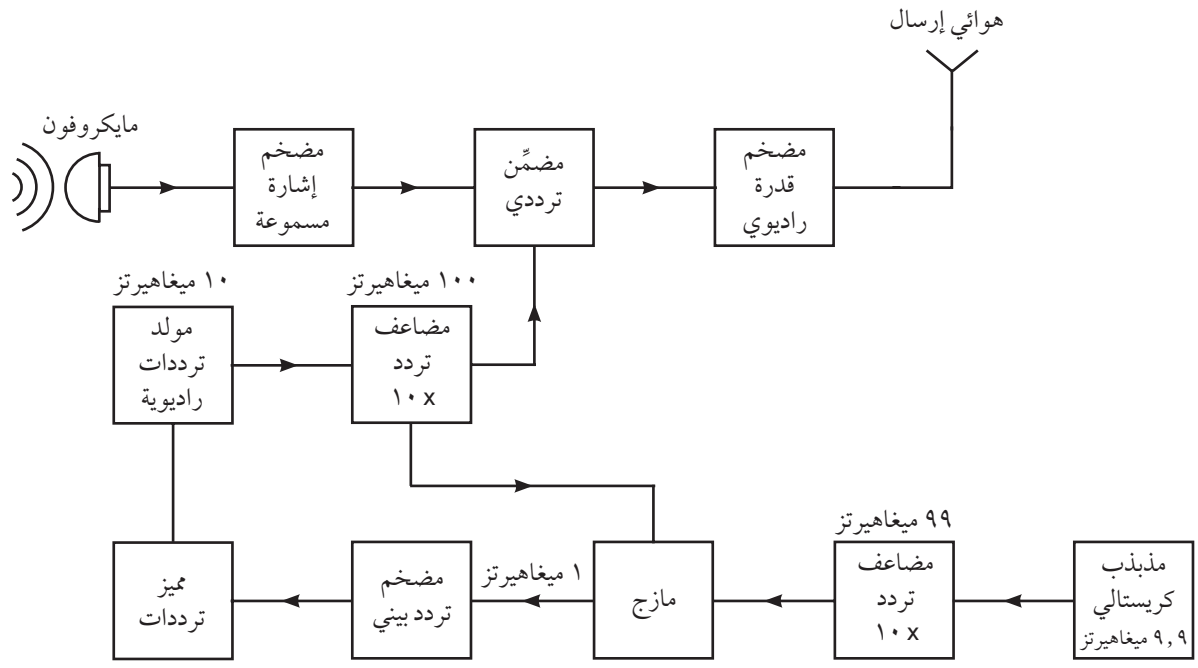
٥ **مضمن الإتساع** : يقوم بمزج الإشارة القادمة من المولد ، والإشارة القادمة من مضخم الإشارة المسموعة ، ونحصل على الإشارة المضمنة من المخرج وذلك باستخدام دارات رنين مناسبة .

٦ **مضخم القدرة الراديوي** : يضخم الإشارة الراديوية الناتجة من المضمن إلى الحد اللازم للإرسال ، وقد يتكون من عدة مراحل .

٧ **هوائي الإرسال** : يقوم بتحويل الإشارة الراديوية إلى موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الجو .

ثانياً: تضمين التردد:

يبين الشكل التالي مخططاً صندوقياً لمرسل تضمين ترددي .



رسم

سؤال:

ما هي العمليات التي تتم على إشارة الصوت لغرض ارساله إلى مسافات بعيدة؟

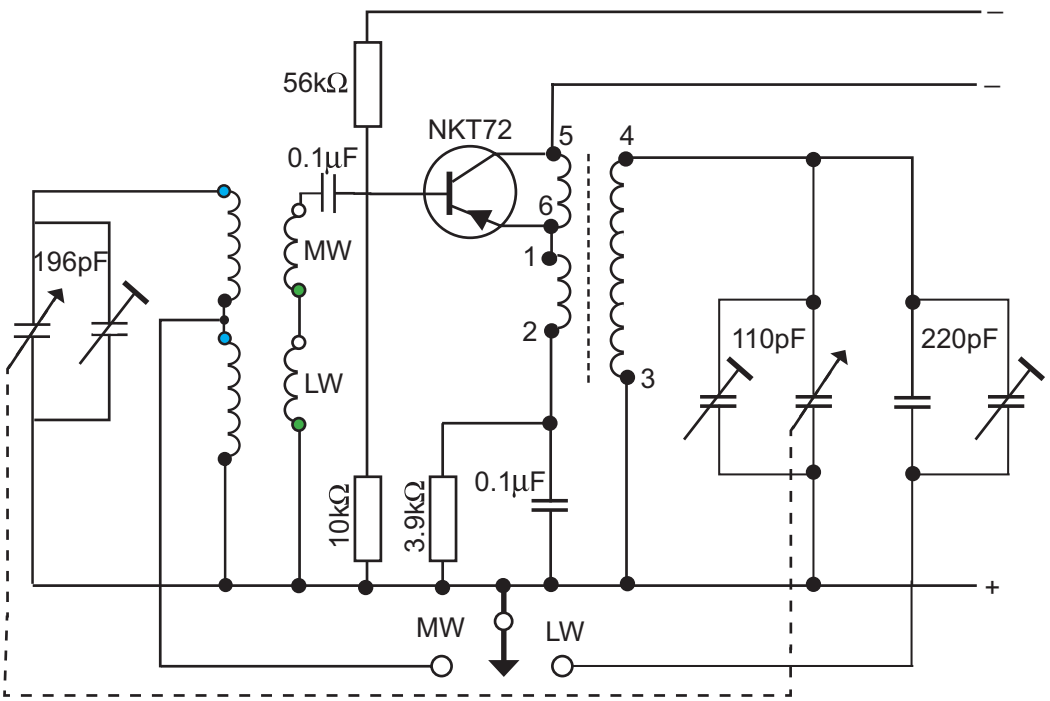
إنتاج التردد البيني:

يلتقط هوائي الاستقبال موجات متعددة ذات ترددات مختلفة ويقوم مستخدم جهاز الراديو باختيار الإشارة التي يرغب في الإستماع إليها . وذلك من خلال دارات رنين تستجيب للإشارة المرغوبة حيث تقوم دارات الجهاز بالتعامل مع الإشارة المنحنية(تكبير وكشف) إلى أن تصبح صوتاً مسموعاً .

وبما أن جهاز الراديو يتعامل مع ترددات عديدة، فهذا يجعل من الصعب أن تتعامل دارات الجهاز مع هذه الترددات جميعها بكفاءة متساوية ولجعل دارات الجهاز تعمل بكفاءة ثابتة عند استقبال جميع محطات الإرسال الإذاعي فأنه يتم تخفيض تردد الإشارة الراديوية المستقبلة إلى تردد ثابت يسمى التردد البيني بغض النظر عن تردد الإشارة الراديوية عند مدخل جهاز الراديو ويبلغ التردد البيني للأجهزة التي تعمل بتضمين الإتساع ٤٥٥ كيلوهيرتز بينما يبلغ ١٠,٧ ميغاهيرتز في الأجهزة التي تعمل بتضمين التردد .

وعملية تخفيض التردد تتم في دارتي المذبذب المحلي والمازج حيث تسميان هاتين الدارتين بمغير التردد حيث يقوم المازج باستقبال الإشارة الراديوية المستقبلية من قبل هوائي الجهاز والمضخم إلى الحد الذي يمكن المازج من

التعامل معها، والإشارة الراديوية المولدة في المذبذب المحلي وهو أحد دارات الجهاز وتكون مقدار تردد الإشارة المولدة في المذبذب أعلى من تردد الإشارة المستقبلة بمقدار ثابت، هو قيمة التردد البيني فيعمل المازج على مزج الإشارتين وينتج في مخرجه مجموعة من الإشارات أهمها إشارة الفرق بين إشارة المذبذب والإشارة المستقبلة والتي تسمى إشارة التردد البيني ويتم انتقائها باستخدام دارات رنين خاصة لتغذيتها إلى مراحل التضخيم اللاحقة، يبين الشكل مخطط تمثيلي لجهاز راديو يتكون من مرحلتين هما مازج ومذبذب محلي.



شكل

٨ هوائيات الإرسال والإستقبال الإذاعي:

هوائي الإرسال هو العنصر الذي يُعتمد عليه في إشعاع القدرة، وذلك باعطاءه قدرة كهربائية، حيث يقوم الهوائي بأشعاعها في الفضاء المحيط به على شكل موجات مغناطيسية.

أما هوائي الإستقبال فيعمل على تحويل الأمواج الكهرومغناطيسية إلى إشارات كهربائية تكافئ معلومات الاشارة المعدلة. وحتى يكون هوائي الإستقبال قادراً على استخلاص معظم القدرة الكهربائية من الأمواج الكهرومغناطيسية المحيطة به يجب أن يكون طول هذا الهوائي مساوياً لنصف طول موجة الإشارة المستقبلة

ويحسب طول موجة الإشارة (λ) من المعادلة : $\lambda = \frac{C}{F}$

حيث C : سرعة انتشار الأمواج وتساوي سرعة الضوء = ٣ x ١٠^٨م/ ث.

F : تردد الإشارة المستقبلة بالهيرتز.

λ : طول الموجة بالمتر.

وهذا ينطبق أيضاً على هوائي الإرسال حتى يكون قادراً على اشعاع معظم القدرة الكهربائية المغذية له على شكل أمواج كهرومغناطيسية، حيث تتشابه هوائيات الإرسال والإستقبال في أنها ترسل الإشارات وتستقبلها في جميع الإتجاهات باستثناء الحالات الموجهة.

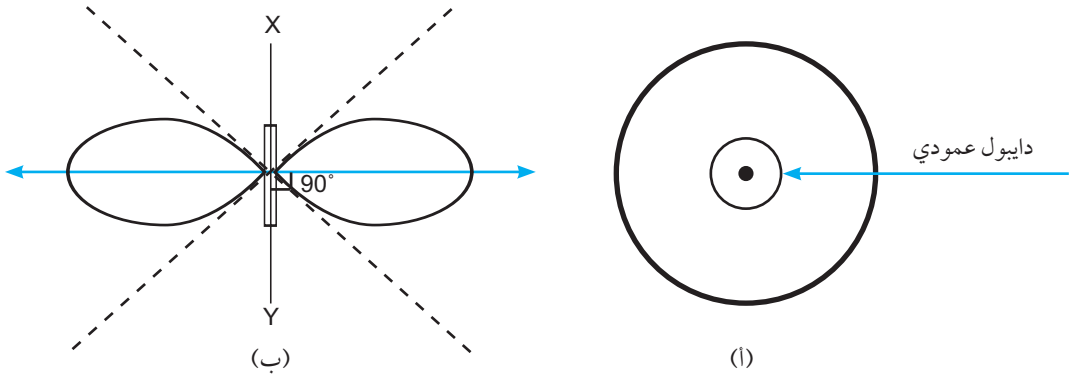
من الخصائص الهامة للهوائيات ما يلي:

١ **الكسب**: وهي قدرة الهوائي على النقاط إشارة مقارنة بهوائي مرجعي يستقبل في جميع الاتجاهات ويقاس بوحدة الديسبل dB.

٢ **ممانعة الهوائي**: وتقاس بالأوم عند نقاط أخذ الإشارة من الهوائي في حالة الاستقبال أونقاط خروج الإشارة من الهوائي في حالة الإرسال.

٣ **نموذج الإستقبال**: لهذا النموذج أهمية كبيرة لمعرفة الجهة التي يكون عندها الهواء ذا فعالية كبيرة في استقباله وإرساله.

يبين الشكل (أ) نموذج استقبال لهوائي يوضع في المستوى العمودي، والشكل (ب) نموذج استقبال أو اشعاع لهوائي يوضع في مستوى أفقي.



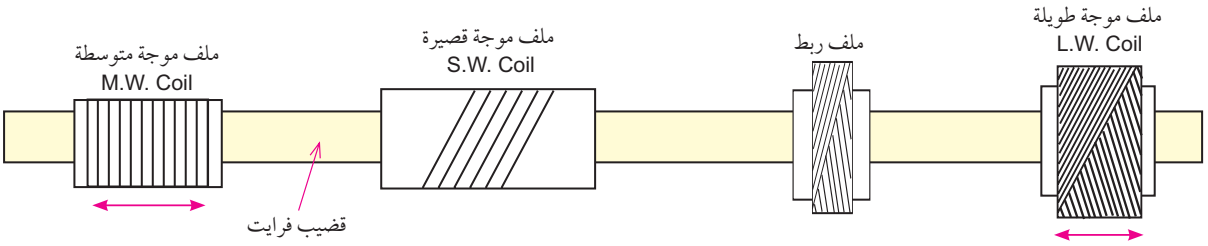
(ب) (أ)

٤ **الإتجاهية**: كلما كان الهوائي موجهاً أكثر كلما كان الاستقبال في الإتجاه الرئيسي أقوى والإستقبال في باقي الاتجاهات أضعف.

أنواع هوائيات الاستقبال الإذاعي وتركيبها.

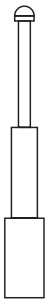
توجد هوائيات الإذاعي بأشكال متعددة وهي تعتمد في عملها على طول الموجة نخص بالذكر منها:

١ **هوائي الفرايت (Ferrite rod Antenna)**: وهو أكثر الهوائيات استعمالاً في أجهزة الاستقبال الأذاعي، ويتكون من قضيب من الفرايت تلف عليه مجموعة من الملفات كل منها يخص موجة معينة.
ويوضح الشكل هذا النوع من الهوائيات.



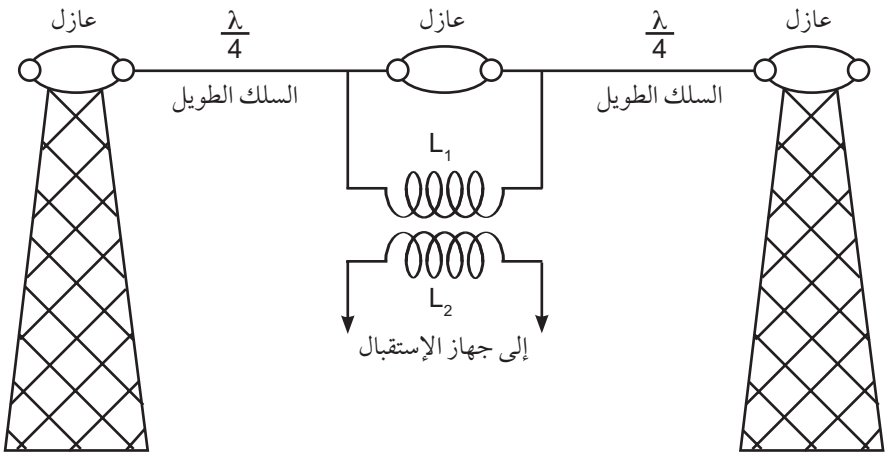
هوائي الفرايت

٢ **الهوائي التلسكوبي Telescopic Antenna**: يشبه في شكله التلسكوب، ويتكون من أنابيب معدنية رفيعة مختلفة الأقطار تتداخل وتتباعد حسب حاجة المستمع لجهاز الراديو وهو ذو أهمية كبيرة عند الترددات العالية، والشكل المجاور يوضح هذا النوع.



الهوائي التلسكوبي

٣ **هوائي السلك الطويل أو هوائي هرتز**: وقد استخدم قديماً مع أجهزة الاستقبال الإذاعي، وكان يصمم على أساس نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$ ولا يتصل بالإرض ويثبت على سطح المنزل ويتصل من منتصفه بملف L_1 الذي ينقل بدوره الإشارة إلى الملف L_2 الذي يغذيها إلى جهاز الإستقبال.



أسئلة الوحدة:

١ حدد النطاقات الترددية المستخدمة في إرسال الإشارات الراديوية التي تخدم الإرسال الإذاعي والإرسال التلفزيوني .

٢ بين المسارات المختلفة التي تتخذها الأمواج الكهرومغناطيسية موضحاً إجابتك بالرسم .

٣ حد الترددات المختلفة التي تلائم الإرسال لكل مسار من المسارات المختلفة للأمواج الكهرومغناطيسية .

٤ ماهو مبدأ عمل مولدات الإشارة .

٥ ما الفائدة من عملية التضمين في الإرسال الإذاعي .

٦ ارسم مخططا صندوقيا لمرسل إشارة صوتية يستخدم تضمين الاتساع .

٧ لماذا يخفض تردد الإشارة المستقبلية إلى التردد البيني؟

٨ عدد الخصائص المهمة للهوائي شارحاً مبدأ عمل هوائي الاستقبال .

٩ اشرح تأثير طبقة الايونسفير في الأمواج الكهرومغناطيسية .

١٠ ما هو عمل الهوائي؟

١١ ما هي الخصائص المهمة لهوائي الاستقبال؟

الوحدة ٤

الإستقبال الإذاعي

الوحدة الرابعة الاستقبال الإذاعي:

تعرفت في الوحدة السابقة على مبدأ الإرسال الإذاعي وكيفية تحميل إشارة التردد السمعي على إشارة التردد العالي (التضمين) وتحويل الإشارة الناتجة بعد تكبيرها إلى أمواج كهرومغناطيسية عن طريق هوائي الإرسال ليتم نقلها إلى مسافات بعيده .

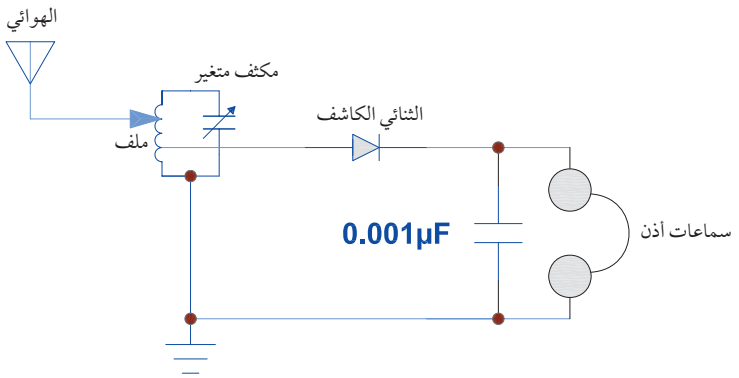
في هذه الوحدة سنتعرف على كيفية استخلاص إشارة المعلومات (الإشارة السمعية) من الإشارة المعدلة بعد تحويل الإشارة الكهرومغناطيسية إلى إشارة كهربائية عن طريق هوائي الاستقبال ليتم معالجة هذه الإشارة بشكل معاكس للتسلسل الذي تم في جهاز الإرسال الإذاعي لإخراج الصوت عبر السماعة كي تلتقطه الأذن البشرية .

لقد تطور جهاز الاستقبال الإذاعي على مر السنوات وتطورت التقنيات المستخدمة في عملية الاستقبال الإذاعي ، إلا أن العمليات الأساسية لجهاز الاستقبال بقيت ثابتة .

لفهم مبدأ عمل جهاز الاستقبال الحالي لا بد أن نستعرض تطور الأنواع التي ظهرت مع نشأة جهاز الاستقبال الإذاعي . إن عمل هذه الأنواع كافة ينحصر في التقاط الإشارة الكهرومغناطيسية التي تم إرسالها من جهاز الإرسال وذلك بوساطة هوائي الاستقبال والذي يقوم أيضا بتحويل هذه الإشارة إلى إشارة كهربائية معدلة حيث يتم معالجتها لاستخلاص الإشارة السمعية (Audio Frequency Signal) من الإشارة المعدلة . بعد ذلك يتم تضخيم هذه الإشارة وتحويلها إلى أمواج صوتيه بواسطة السماعة لتنتقل عبر الهواء إلى الأذن البشرية .

١ جهاز الاستقبال الإذاعي البلوري (الكريستالي):

لقد بدأ استخدام هذه الأجهزة في البداية نظراً لبساطتها في التركيب وعدم الحاجة لمصدر جهد كهربائي (بطارية) لتشغيلها . ومع ظهور الأجهزة التي تستخدم الصمامات المفرغة (Vacuum Tubes) والتي كانت شائعة في الحرب العالمية الأولى ، إلا أن الهواة والكشافة وطلبة المدارس ظلوا يستخدمون هذا النوع من الأجهزة ويقومون ببنائها .



شكل (١) : تركيبه ومبدأ عمله

١ هوائي الاستقبال (Antenna):

يعمل على التقاط الموجة الكهرومغناطيسية من الجو ويحولها إلى إشارة كهربائية تتناسب معها ومع الإشارة الكهربائية المعدلة في المرسل، وهي عبارة عن سلك طويل يتم توصيله مع تمديدات شبكة المياه (يطلق عليه اسم هوائي السلك الطويل) (Long Wire Antenna).

٢ المولف (Tuner):

هو عبارة عن مكثف متغير يتصل على التوازي مع ملف ليشكلان معا دارة رنين عملها استخلاص الإشارة المطلوبة حسب التردد (إختيار المحطة المرغوبة).

٣ الكاشف (Detector):

يتكون من ثنائي (جرمانيوم) ومكثف، وعمل هذه الدارة هو استخلاص إشارة التردد السمعي ذات تعديل الاتساع (Amplitude Modulation) من الإشارة المعدلة ذات التردد العالي. (التخلص من إشارة الحامل).

٤ السماعة (Loudspeaker):

وهي الأداة التي تحول الإشارة الكهربائي ذات التردد السمعي إلى موجة صوتية مسموعة (صوت)، وتكون السماعة عبارة عن سماعات أذن حساسة نظرا لعدم وجود دارة لتكبير الإشارة ذات التردد السمعي.

مساوئ الجهاز:

١ الإشارة الناتجة ضعيفة جدا. ضرورة استخدام سماعات أذن ذات حساسية عالية.
٢ صعوبة التعامل مع هوائي السلك الطويل المستخدم في هذا النوع من الأجهزة.
٣ عدم وجود طريقة للتحكم بشدة الصوت.

أسئلة:

١ علل: لا ضرورة لاستخدام مصدر جهد كهربائي في هذا النوع من أجهزة الاستقبال.
٢ أذكر ميزات جهاز الاستقبال الكريستالي (المحاسن والمساوئ).
٣ لماذا لايتم ارسال إشارات التردد السمعي مباشرة بدون تحميلها على اشارت التردد العالي؟

٢ جهاز الاستقبال الإذاعي المولف (Tuned Radio Frequency Receiver) (TRF):

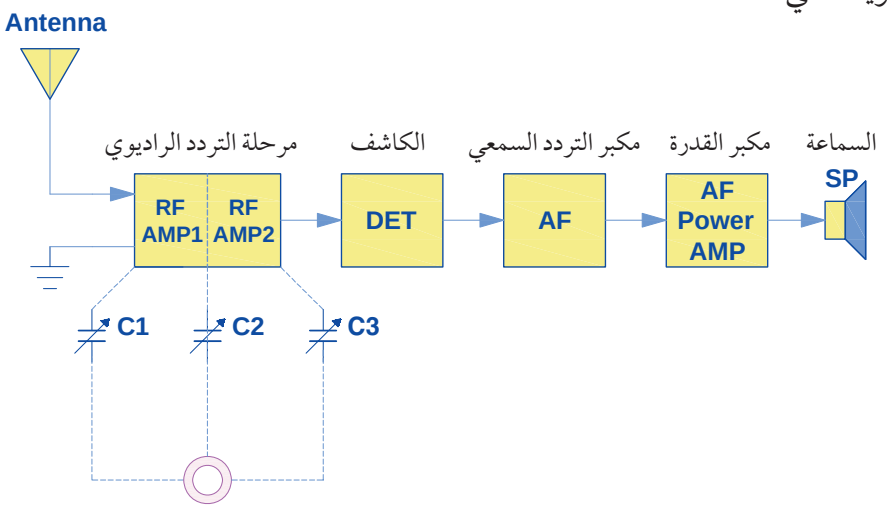
ظهر هذه الجهاز كبديل لجهاز الاستقبال البلوري نظرا للمساوئ العديدة التي عانى منها الجهاز السابق وخاصة نتيجة لضعف الإشارة التي تصل إلى السماعة (Loudspeaker) .

كان لاكتشاف الصمامات المفرغة الدور الأساسي في ظهور هذا النوع من الأجهزة حيث ظهرت دارات التضخيم بمراحلها المختلفة .

يبين المخطط الصندوقي في الشكل (٢)، مراحل جهاز الاستقبال المولف حيث تم إضافة المضخمات في مراحل ما بعد هوائي الاستقبال لتقوية الإشارة المستقبلة وكذلك مضخمات الإشارة السمعية .

من مساوئ هذا الجهاز:

صعوبة توليفه نتيجة لوجود ثلاث دارات توليف مرتبطة (الهوائي ومضخم الإشارة الراديوية الأول ومضخم الإشارة الراديوية الثاني .



شكل (٢)

ويتكون الجهاز من المراحل الأساسية التالية :

١ مرحلة التردد الراديوي (R.F. Amplifiers):

وتتكون من مرحلتي تكبير وعملها انتقاء وتكبير تردد المحطة المرغوبة .

٢ الكاشف (Detector):

وعمله كما في الجهاز البلوري يتلخص في استخلاص إشارة التردد السمعي من الإشارة المعدلة .

٣ مرحلة التردد السمعي (A.F. Amplifier):

يتم في هذه المرحلة تكبير الإشارة الخارجة من الكاشف لتغذيتها للسماعة وبالتالي تحويلها إلى صوت وتتشكل من مرحلتين إحداهما تعمل كمكبر أولي والأخرى تمثل مكبر القدرة .

أسئلة:

١ قارن بين جهاز استقبال كريستالي وجهاز استقبال (TRF) من حيث الانتقائية والحساسية .

٢ أرسم المخطط الصندوقي لجهاز استقبال (TRF) مبينا أشكال الإشارات في المراحل المختلفة .

خواص جهاز الاستقبال الإذاعي:

١ **الحساسية (Sensitivity)** : هي تعبير عن مقدرة المستقبل على استقبال الإشارات الضعيفة، ويتم عادة ضبطها بواسطة ضبط تكبير الإشارة الراديوية المستقبلة . وتقاس بوحدة [mA/V] .

٢ **الانتقائية (Selectivity)** : هي مقدرة جهاز الاستقبال على اختيار واستقبال إشارة محطة واحدة ورفض الترددات المجاورة والقريبة .

٣ **عرض الحزمة (Bandwidth)** : يقال أن الجهاز ذو الانتقائية العالية هو جهاز ذو حزمة ضيقة .

٤ **ثبات التردد (Stability)** : هي بقاء الجهاز مولفا على نفس التردد دون انزياح في المحطات . يطلق على عملية عدم بقاء المحطة المولفة على التردد بـ (هروب المحطة) .

٥ **التحكم الذاتي بالكسب(AGC)** : هي التحكم الذاتي بالحساسية عن طريق التحكم بشدة الإشارة التي يولف عندها الجهاز . وبالتالي يتم الحفاظ على مستوى ثابت للإشارة .

٣ جهاز الاستقبال الإذاعي نوع سوبرهيتروداين:

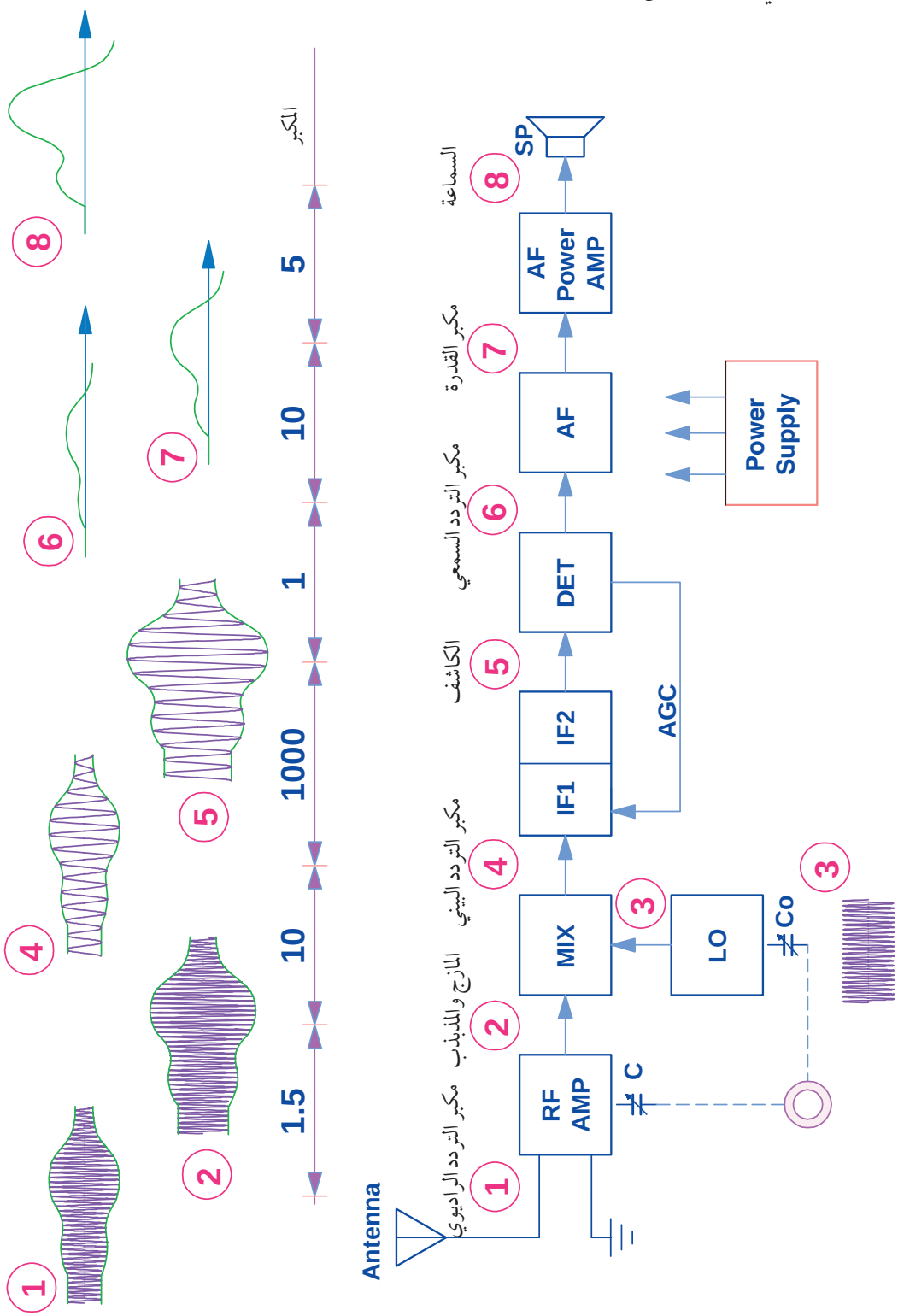
بدأ البحث عن طريقة بديلة للاستقبال نتيجة لمساوئ جهاز الاستقبال المولف (TRF) وخاصة في انتقائية المحطات مما استدعى البحث عن وسيلة جديدة يمكن خلالها تخفيض تردد الإشارة المستقبلة للتمكن من معالجتها وتكبيرها قبل كشفها .

كانت أكبر مساوئ جهاز (TRF) صعوبة تعيير المحطة المطلوبة وانتقائها حيث كانت هناك ضرورة لوجود مفتاحين منفصلين على الأقل للتعيير على المحطة المنتقاة . كما كانت هناك صعوبة في اختيار المحطة بحيث يقوم الجهاز بإمرار التردد المطلوب فقط . من هنا نشأت فكرة تخفيض تردد الإشارة المستقبلة للتعامل فقط مع إشارة التردد البيني الثابتة والتي تكون :

- 455Hz لإشارة الموجة المتوسطة والموجة القصيرة ذات تعديل الاتساع .
- 10.7MHz لإشارة التعديل الترددي .

المخطط الصندوقي لجهاز استقبال إذاعي سوبر هيتروداين (تعديل اتساع):

يبين شكل (٣) المخطط الصندوقي لجهاز استقبال إذاعي يعمل بتعديل اتساع (AM) كما ويبين الشكل أشكال الإشارات المختلفة في كافة مراحل جهاز الاستقبال المذكور :



شكل (٣)

RF	مرحلة مكبر الترددات الراديوية
LO	المذبذب
IF	مرحلة مكبرات التردد البيني
Det.	الكاشف
Antenna	الهوائي

AF	مرحلة مكبر الترددات السمعية
SP	السماعة (المجهار)
AGC	التحكم الذاتي بالكسب
Mixer	المازج
P.S	دارة التغذية

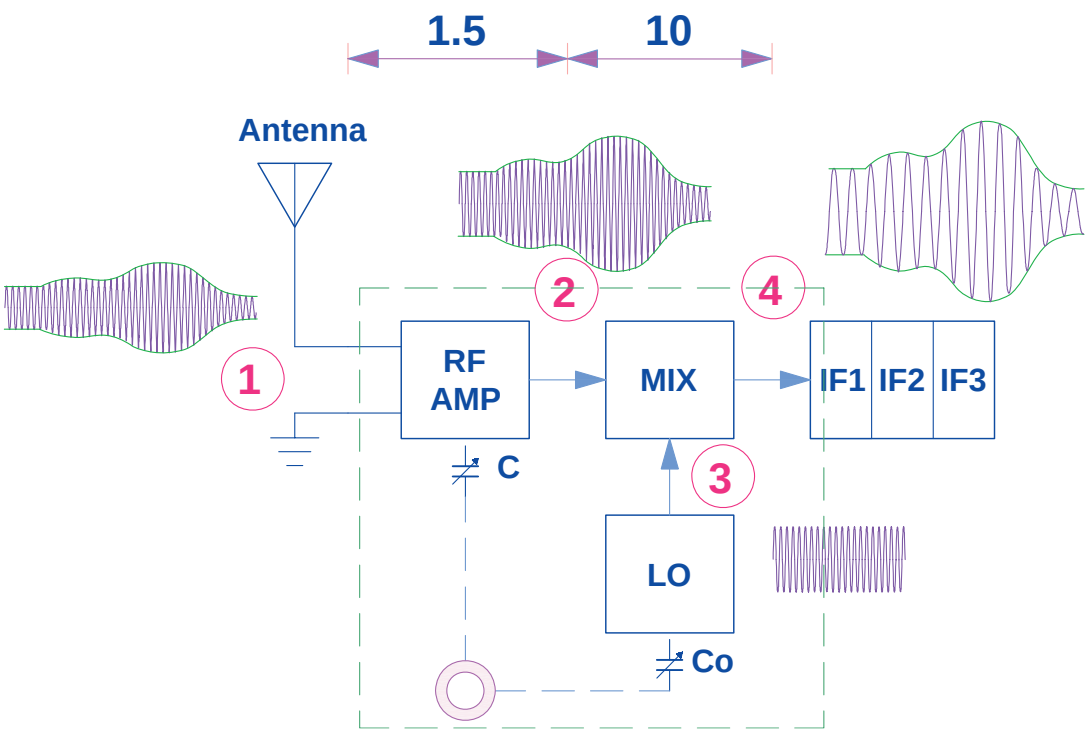
يمكن تلخيص عمل مستقبل جهاز الاستقبال (Superhetrodyne) كما يلي:

١ **هوائي الاستقبال ومرحلة التردد الراديوي (Antenna and Radio Frequency Stage) :**

يلتقط هوائي الاستقبال الموجة الكهرومغناطيسية حيث يتم تحويلها إلى إشارة كهربائية تتناسب مع تلك الموجة . بعد ذلك تنتقل الإشارة إلى مرحلة التردد الراديوي التي تقوم بتصفية الإشارة من كافة الإشارات الأخرى التي التقطها الهوائي وتبقي فقط على الإشارة التي يتم توليف الجهاز عندها . وتكون قيمة التردد الملتقط عبر الهوائي في حالة العمل ضمن الموجة المتوسطة MW . مابين (463KHz–1008KHz) وفي هذه المرحلة لا يتم تضخيم الإشارة عادة ويكون مقدار الكسب من (١–٥ , ١)

٢ **مرحلة تخفيض التردد :**

ويمكن تمثيلها كما هو مبين في المخطط الصندوقي شكل(٤) والهدف من هذه المرحة هو تخفيض تردد شارة المحطة المستقبلة إلى قيمة التردد البيني في حالة تعديل الاتساع (455 KHz) وتتكون من :



شكل (٤)

أ المذبذب المحلي (Local Oscillator) .

ب المازج (Mixer) .

حيث يتلخص مبدأ العمل فيما يلي :

يكون تردد الإشارة المستقبلة والملتقطة بواسطة الهوائي (في حالة الموجة المتوسطة) (MW) كما ذكر سابقا تتراوح بين (463KHz – 1008KHz) . حتى نتمكن من تخفيض قيمة هذا التردد إلى قيمة التردد البيني والتي تساوي 455 KHz سيتم استخدام المازج الذي يتلخص عمله بتوليد إشارتين تردد إحداهما يساوي مجموع تردد الإشارتين الداخلتين له فيما يكون تردد الإشارة الأخرى يعادل الفرق بين هذين الترددين فعلى سبيل المثال عند استقبال إشارة ذات تردد ١٠٠٠ كيلو هيرتز فإن ذلك يتطلب توليد إشارة من المذبذب المحلي ذات تردد يساوي مجموع هذا التردد مع قيمة التردد البيني (455 KHz) وبالتالي فان الإشارة المولدة تكون ذات تردد يساوي :

$$f_{LO} = f_s + f_{If} = 1000 + 455 = 1455 \text{ KHz}$$

حيث :

f_{LO} : تردد المذبذب المحلي .

f_s : تردد الإشارة المستقبلة .

f_{If} : التردد البيني .

يلاحظ من المخطط أيضا انه يتم التحكم بتردد المذبذب المحلي بشكل متزامن مع التحكم بتردد المحطة المستقبلة للحفاظ دوما على إشارة ذات تردد بيني ثابت لا يتغير بتغيير توليف المحطة المستقبلة وبالتالي يمكن استخدام مكبرات ثابتة لتضخيم الإشارة عند الترددات البينية دون الحاجة لتوليفها مع المحطة المستقبلة . ويكون مقدار الكسب في هذه المرحلة مساوياً لما يقارب ١٠ .

ملاحظة:

في حالة الموجة القصيرة (Short Wave) أو ما يطلق عليه اختصاراً SW فإن قيمة التردد البيني تبقى ثابتة (455KH) فيما يتغير المذبذب المحلي لذلك يوضع مفتاح (Switch) للتحويل من موجة إلى أخرى لتبديل المذبذب المحلي .

٣ **مرحلة التردد البيني (Intermediate Frequency) :**

وتتكون هذه المرحلة من مرحلتين أو ثلاث مراحل تكبير مولفة على التردد البيني 455 KHz ويكون مقدار كسب هذه المرحلة مساوياً ل ١٠٠٠ .

٤ **مرحلة الكاشف (Detector) :**

يتم في هذه المرحلة استخلاص إشارة التردد السمعي (إشارة المعلومات) من إشارة التردد العالي فيما يتم التخلص من إشارة الحامل .

٥ مرحلة التردد السمعي (Audio Frequency) :

ويتم في هذه المرحلة :

- تكبير أولي لإشارة التردد السمعي .
- تكبير القدرة للإشارة .
- إخراج الصوت من خلال السماعة (تحويل إشارة التردد السمعي إلى صوت مسموع) .

٦ دارة التغذية (Power Supply) :

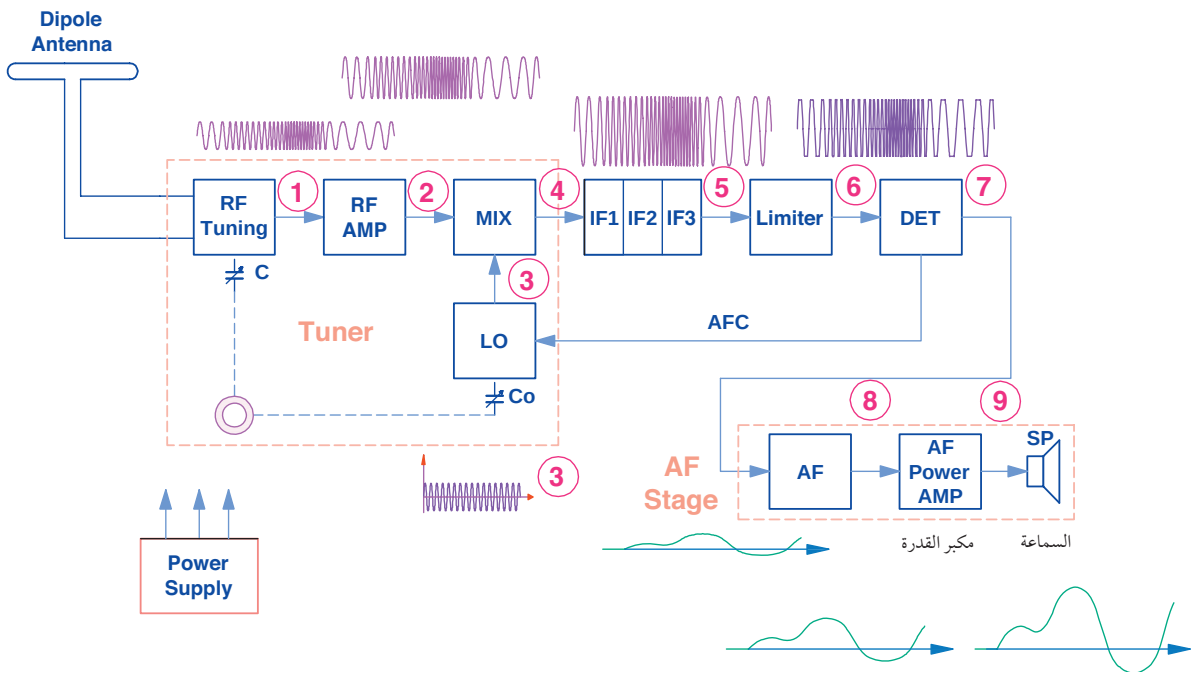
هي الدارة التي توفر جهود التغذية لمختلف مراحل جهاز الاستقبال وسنستعرض بالتفصيل كافة المراحل لجهاز الاستقبال .

سؤال:

أرسم المخطط الصندوقي لجهاز AM موجة قصيرة مبينا عليه قيم الترددات في كافة المراحل ، وارسم أشكال الإشارات في مختلف المراحل .

المخطط الصندوقي لجهاز استقبال Superhetrodyne بتعديل ترددي FM:

يبين الشكل (٥) المخطط الصندوقي لجهاز استقبال إذاعي سوبرهيتروداين تعديل ترددي حيث يلاحظ التشابه الواضح مع سابقه ذو تعديل الاتساع إلا أن هناك اختلافات عدة ستتعرف إليها خلال الشرح :



شكل (٥)

يعمل جهاز الاستقبال الإذاعي نوع سوبرهيتروداين ذو التعديل الترددي على استقبال المحطات ذات الترددات المحصورة ضمن المجال (88MHz – 108MHz).

١ تكون قيمة التردد البيني لجهاز الاستقبال FM مساوية ل 10.7MHz

٢ تكون مرحلة التردد الراديوي مختلفة هنا حيث يزود بمضخم تردد راديوي ولا يكتفى بمرحلة توليف كما هي الحال في أجهزة استقبال AM .

٣ يطلق على مرحلة التردد الراديوي المكونه من دارات توليف الهوائي ومكبر التردد الراديوي والمازج والمذبذب إسم "المولف" (Tuner) .

٤ يختلف عدد مراحل تكبير إشارة التردد البيني حيث تكون ثلاث مراحل بدلاً من مرحلتين كما هي في حالة AM .
يستخدم هوائي استقبال تلسكوبي (Telescopic Antenna) في حالة FM .

٥ يختلف تصميم كاشف إشارة FM عن كاشف AM وسنتعرض لتركيب كل منهما على انفراد في وقت لاحق .

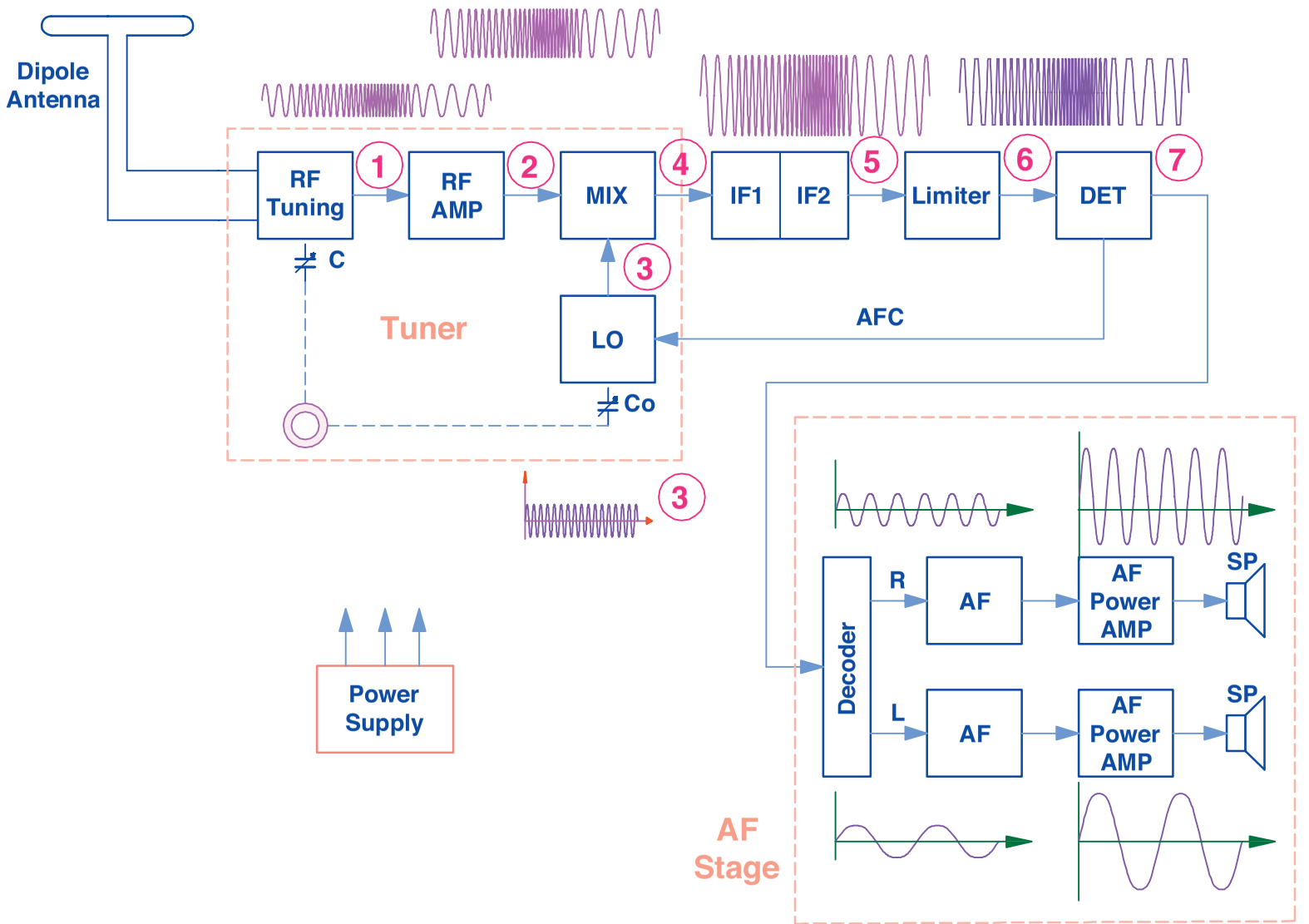
٦ تضاف دارة المحدد (Limiter) لحذف إشارات الضجيج والتشويش الخارجية .

٧ يوجد دارة خاصة للتحكم الذاتي بالتردد (AFC) في أجهزة استقبال FM لضبط قيمة تردد المذبذب المحلي تماماً على القيمة المطلوبة .

٨ تعمل كافة محطات FM حالياً بخاصية إرسال الصوت المجسم أو ما يطلق عليه (Stereo) مع العلم بأن التصميم معد لتستقبل أجهزة الصوت الأحادي الإشارة (Mono) بدون أي مشاكل وهنا أضيف الكاشف وقناتي صوت لاستقبال الإشارة المجسمة بينما لم يكن هناك حاجة لذلك في حالة تعديل الاتساع . والشكل (٦) بوضح المخطط الصندوقي في هذه الحالة . يلاحظ أيضا ضرورة وجود كاشف الترميز (Decoder) لتمييز إشارتي القناتين اليمنى واليسرى . تتكون إشارة المعلومات في حالة FM من إشارتي القناتين اليمنى (R) واليسرى (L) وإشارة خاصة لفصل الإشارتين في المستقبل حيث يتم في المرسل إدخال هذه الإشارات إلى المرمز الذي يقوم بدمج الإشارات والحصول على إشارة مجمعه (Mpx) . يتم في المستقبل بواسطة دارة فك التميز (Decoder) حيث تقوم بفصل إشارتي القناتين اليمنى واليسرى . تحتوي كل من اشارتي القناتين على معلومات مختلفة تبعا لطريقة تسجيلها مما يسمح عند وصول اشارتي الصوت الى السماعتين (المجهارين) المختلفتين للمستمع بالاستمتاع بصوت الموسيقى وتمييز فيبدو الصوت كأنه صادراً من مكانين مختلفين وهذا ما يسمى بالصوت المجسم .

سؤال :

أرسم المخطط الصندوقي لجهاز استقبال إذاعي تعديل ترددي نوع سوبر هيتروداين مبينا عليه قيم الترددات في كافة المراحل المختلفة موضحا ترددات المذبذب المحلي .


Dipole Antenna
RF Tuning
1
RF AMP
2
MIX
4
IF1
IF2
5
Limiter
6
DET
7
C
3
Tuner
LO
AFC
Co
3
Power Supply
Decoder
R
AF
AF Power AMP
SP
L
AF
AF Power AMP
SP
AF Stage

شكل (٦)

٤ الهوائي ودارة مكبر التردد الراديوي:

١ في جهاز استقبال FM:

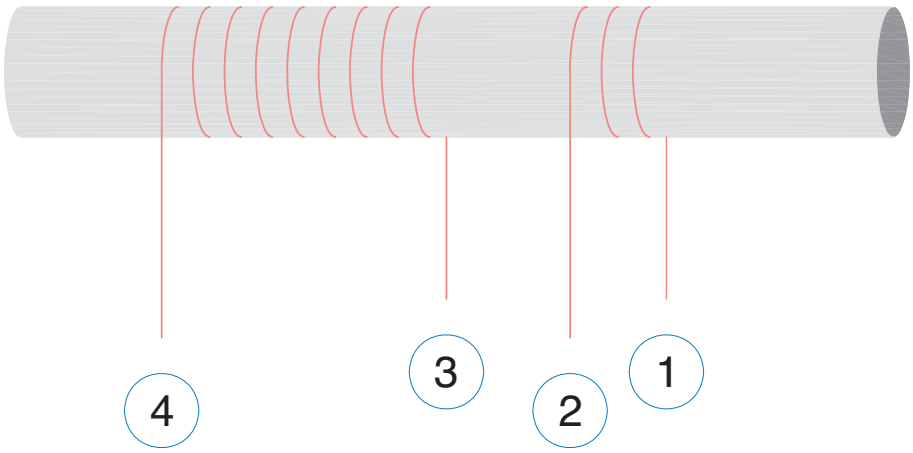
يستخدم الهوائي التلسكوبي في حالة الاستقبال FM حيث صمم ليتناسب مع مجال الترددات الخاصة بـ FM (88 - 108 MHz) كما يمكن استخدام هوائيات دايبول نصف الموجة الخارجية كما في التلفاز حيث أن مجال الترددات في حالة FM يقع ضمن مجال الترددات المستخدمة في الاستقبال التلفزيوني .

تتركب دارة المكبر الراديوي في جهاز FM من دارات توليف وترشيح ومكبر تردد راديوي . يتم التحكم بالإشارة المستقبلة عن طريق توليف المكثف المتغير المتصل أيضا بالمذبذب المحلي ميكانيكيا .

أما في حالة AM فيصنع الهوائي من قضيب من الفرايت لف عليه مجموعة من اللفات من سلك رفيع معزول بطبقة عازلة رقيقة كما يمكن أن يكون الهوائي في بعض الأحيان عبارة عن سلكين منفصلين ملفوفين على نفس قلب الفرايت كما هو مبين في الشكل (٧) .

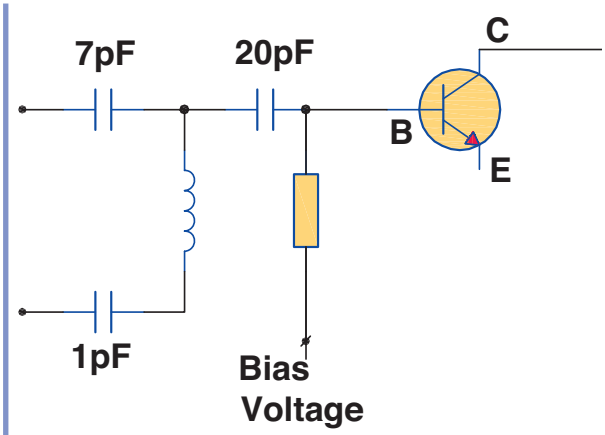
عند استقبال محطة ذات تردد 100MHz فان تردد المذبذب المحلي يجب ان يكون 110.7MHz حتى نستطيع الحصول على إشارة ذات تردد بيني مساوي :

$$110.7 - 100 = 10.7 \text{ MHz}$$

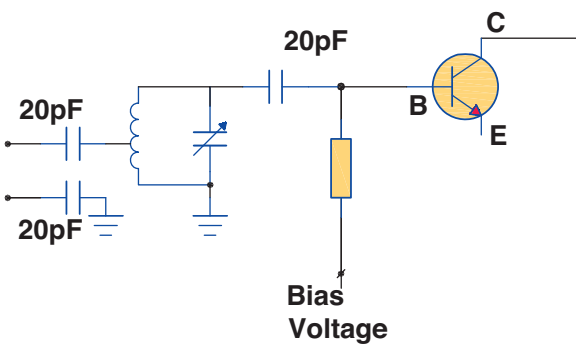


شكل (٧)

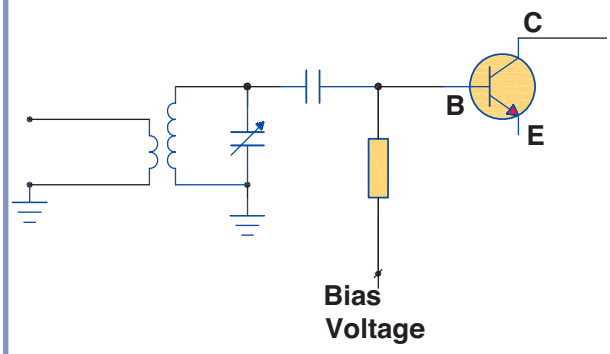
هذا وتستخدم في أجهزة الاستقبال الإذاعي ذات التعديل الترددي دارات مختلفة لمدخل الهوائي وذلك لربط الهوائي مع أول مرحلة توليف وذلك حتى تمر الإشارة بأقصى طاقة نورد بعضها فيما يلي :



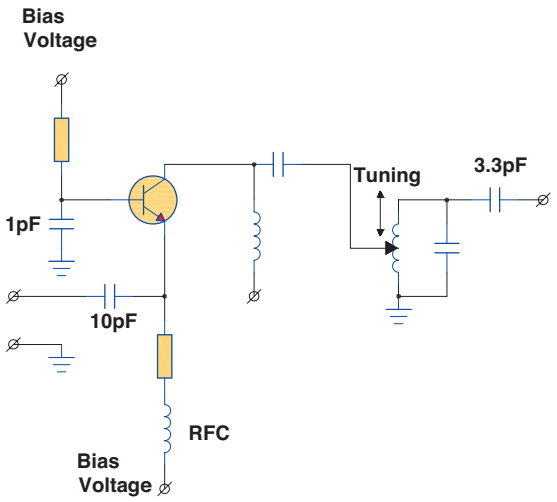
أ دارة مدخل ذات مجال ترددي عريض (استخدام مكثفات الربط 20pF ، 7pF).



ب دارة مدخل هوائي تقوم برفع قيمة الجهد ما بين الهوائي ومدخل الترانزستور (مكثف عزل 39pF، مكثف ربط لإشارة مدخل الهوائي وعزل لمركبة التيار المستمر بسعة 15pF).



جـ دارة مدخل هوائي مترابطة بمحول (محول ربط بلفات قليلة على قلب فرايت)

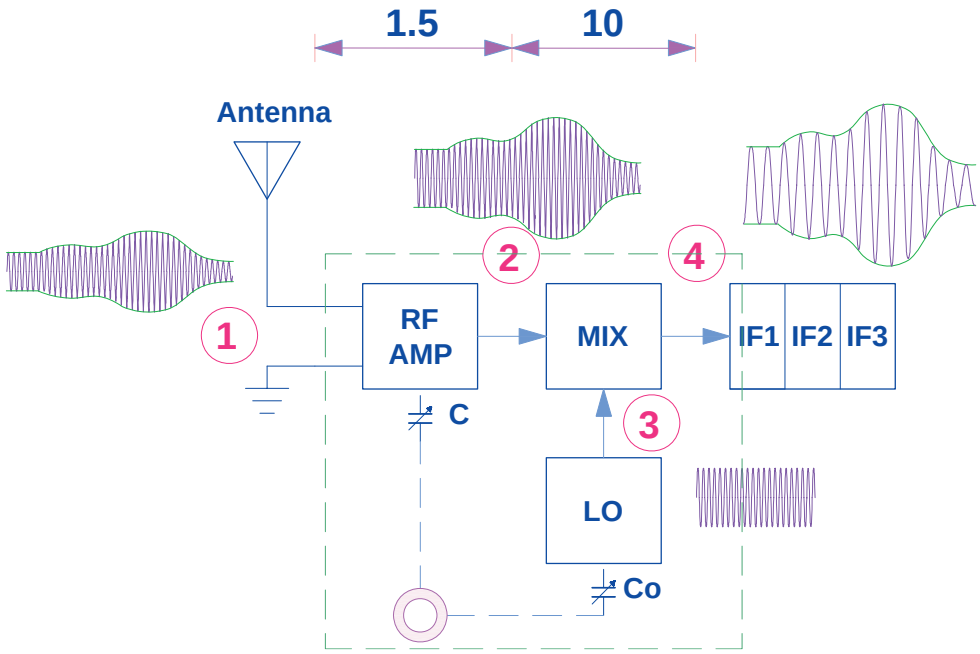


د مكبر قاعدة مؤرضة (يتم التوليف عن طريق نواة منزلقة داخل ملف التوليف يتم تعييرها بواسطة مفك خاص)

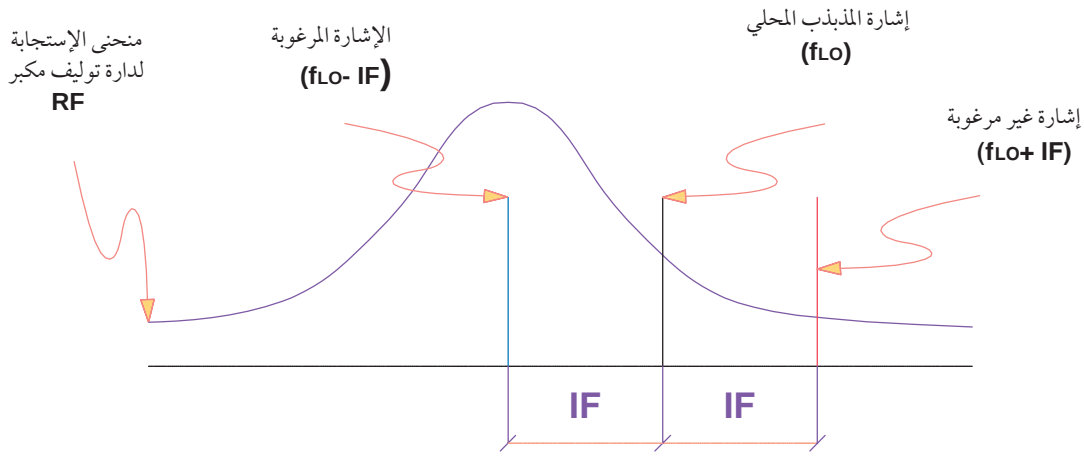
شكل (٨)

المازج والمذبذب المحلي:

يبين الشكل (٩) المخطط الصندوقي لمرحلة المازج والمذبذب المحلي فيما يبين الشكل (١٠) منحنى الاستجابة الترددي للإشارات التي تتولد في المازج نتيجة لمزج إشارة المذبذب المحلي مع الإشارة المستقبلة :



شكل (٩)



شكل (١٠)

يلاحظ أن مبدأ عمل أجهزة Superhytrodyne يقوم على أساس تخفيض التردد المستقبل إلى قيمة التردد البيني سواءً في حالة AM أو FM . وعرفت أن التقنية التي تحقق ذلك تستخدم مبدأ مزج الإشارة المستقبلة مع إشارة المذبذب المحلي كما هو مبين في الشكل حيث يتم ضرب إشارة المحطة المستقبل بإشارة التردد البيني فينتج عدة إشارات في مخرج الدارة :

١ إشارة ترددها يساوي الفرق بين تردد المذبذب المحلي وتردد الاشارة المستقبلة ($If = f_{LO} - F$) وهي الإشارة المرغوبة التي يتم الإبقاء عليها .

٢ إشارة ترددها يساوي مجموع تردد المذبذب المحلي والتردد البيني ($f_{LO} + IF$) وهي إشارة غير مرغوبة يتم التخلص منها .

سؤال:

احسب التردد الذي يولف عنده المذبذب المحلي في كل من الحالات التالية :

١ تردد الإشارة المستقبلة يساوي (800 KHz) .

٢ تردد الإشارة المستقبلة يساوي (90 MHz) .

٣ تردد الإشارة المستقبلة يساوي (18 MHz) .

الدارات العملية للمذبذب المحلي (Oscillators):

يعمل المذبذب المحلي على توليد إشارة ذات تردد يتم التحكم به بواسطة مكثف متغير لإنتاج الإشارة المطلوبة وبالتردد المطلوب ويمكن أن تكون هذه الإشارة جيبية أو مربعة أو أي إشارة اخرى، وسنستعرض هنا بعض أنواع المذبذبات وهنا أود التنويه إلى انه لا يطلب من الطالب حفظ هذه الدارات بقدر ما يطلب منه تحديد نوع المذبذب والعناصر المسئولة عن تحديد التردد، وتمييز أنواع المذبذبات .

يمكن القول أن المكبر أو المضخم يمكن أن يعمل بظروف وشروط معينه كمذبذب فإذا توفرت هذه الشروط سيتصرف المكبر وكأنه مذبذب، وهذا يعني أن المذبذب يتركب من :

١ عنصر فعال وفي أبسط حالاته يستخدم الترانزستور كعنصر فعال .

٢ عناصر تحديد التردد وتكون في عادة دارة رنين LC .

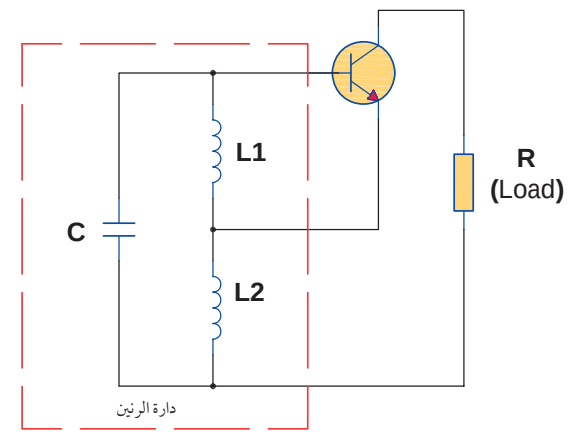
٣ دارة التغذية العكسية (الراجعة) الموجبة التي تعمل على عدم استقرار عمل الدارة وبالتالي تؤدي إلى تذبذبها .

٤ طور الإشارة في المدخل والمخرج يجب أن يكون نفسه أو بفارق مقداره ٣٦٠° .

أنواع المذبذبات:

لقد تعرفت سابقا على دارات الرنين التي تتكون من دارة LC، ستدخل دارات الرنين في دارة التغذية الراجعة (العكسية) لتشكل العنصر الأساسي في دارة الرنين .

١ **مذبذب هارتلي(Hartley)** : يبين الشكل (١١) مخطط مذبذب هارتلي يبين عناصره الأساسية، حيث يمتاز هذا المذبذب ببساطته . تتركب دارة الرنين من ملف واحد ذو نقطة وسط ومكثف واحد متصل معه على التوازي .



شكل (١١)

وتكون هذه العناصر عادة قابله للضبط فيكون المكثف متغيرا والملف قابلا للضبط وذلك لجعل المذبذب يهتز (يتذبذب) عند التردد المرغوب فيما يعمل الترانزستور العنصر الفعال في الدارة وتشكل دارة الرنين دارة التغذية الراجعة الموجبة .

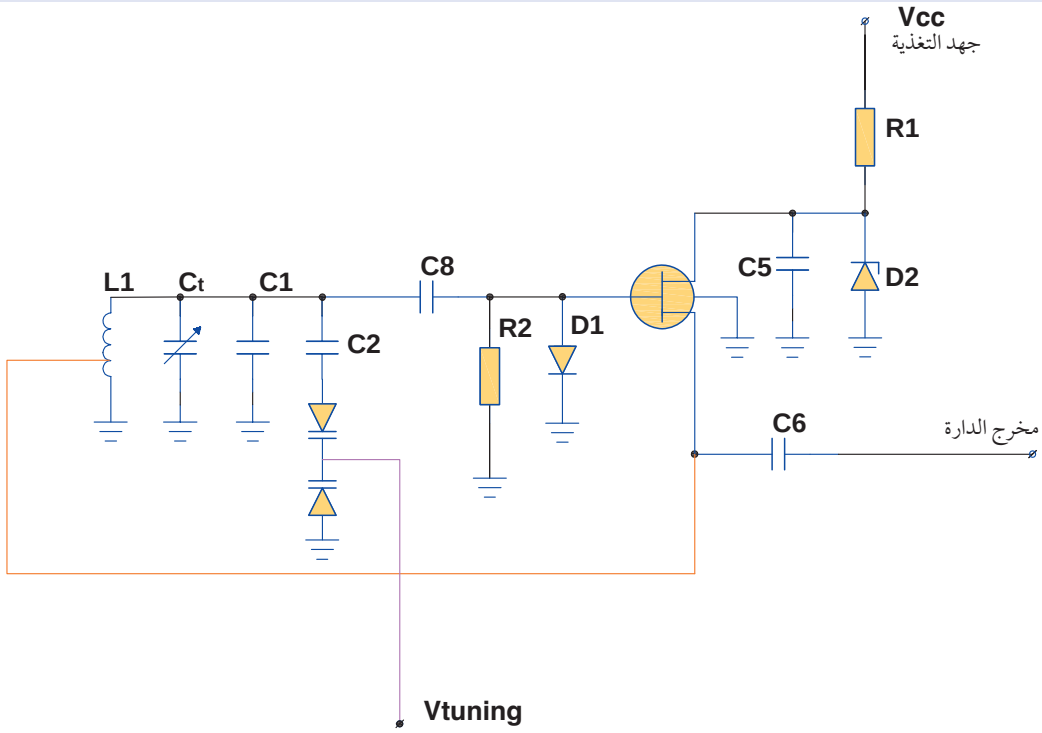
ملاحظة:

جهود الانحياز والعناصر الأخرى غير موضحة في الشكل المجاور .

نشاط:

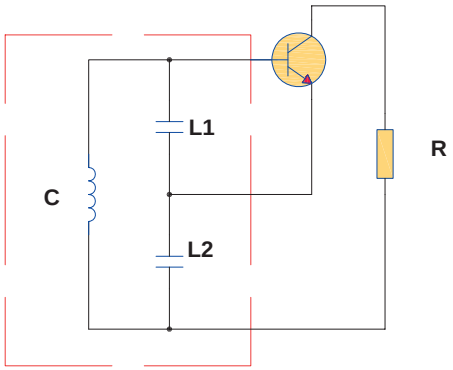
يبين الشكل (١٢) دارة تفصيلية لمذبذب :

- حدد نوع المذبذب .
- حدد دارة الرنين (التغذية الراجعة) .
- ما هو نوع الترانزستور المستخدم؟
- حدد على الشكل العناصر التي تتحكم بتردد المذبذب المبين؟



شكل (١٢)

٢ **مذبذب كولبتس (Colpitts)** : يشبه مذبذب كولبتس مذبذب هارتلي في تركيبه مع فارق أن دارة الرنين المستخدمة هنا تتكون من ملف ومكثفين (مكثف متغير) والشكل (١٣) يبين دارة مذبذب كولبتس مبسطه لتوضيح مبدأ العمل :

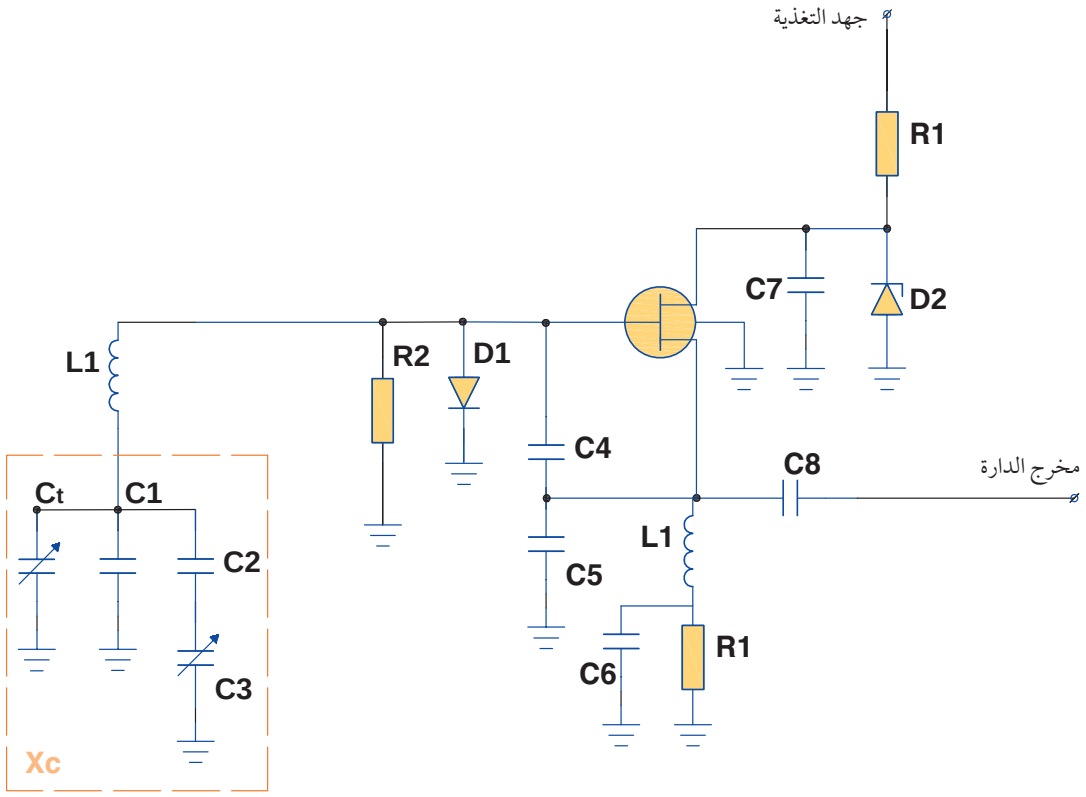


شكل (١٣)

نشاط:

يبين الشكل (١٤) دارة تفصيلية لمذبذب كولبتس بدارة رنين توالي أو ما يطلق عليه مذبذب كلاب (Clapp)، يؤخذ مخرج الدارة من المكثف Co إلى المرحلة التالية عن طريق مكبر عازل (Buffer) وهذا ينطبق على كافة المذبذبات وذلك بسبب السعات الشاردة نتيجة للربط مع المرحلة التالية وتكون سعة مكثف الربط عادة :

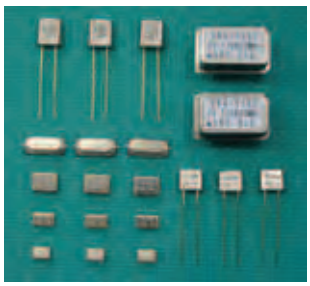
- حدد دارة الرنين (التغذية الراجعة) .
- حدد على الشكل العناصر التي تتحكم بتردد المذبذب المبين؟
- ما هو نوع دارة الرنين المستخدمة؟ (توالي – توازي)

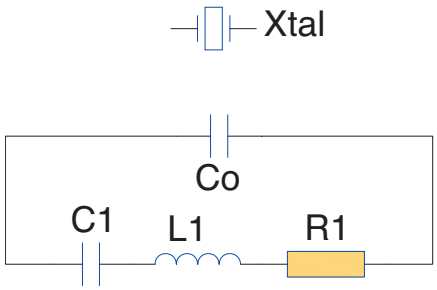


شكل (١٤)

٣ **المذبذب الكريستالي (Crystal Oscillator)** : تعرف المادة الكريستالية بأنها أي مادة صلبه تترتب مكوناتها الأساسية (ذراتها أو جزيئاتها أو أيوناتها) بشكل منتظم ومتكرر ضمن الأبعاد الفراغية الثلاثة . يمكن القول أن أي ماده مرنه يمكن استخدامها كبلورة (كريستالة) حيث أن كافة الأجسام لها تردد رنين طبيعي للاهتزاز . وقد استخدم الحديد على سبيل المثال في التطبيقات التي لا تتطلب دقه عالية حيث أن تكلفتها منخفضه، الا أنه ومن أجل الاستخدام في التطبيقات ذات الأداء الدقيق تستخدم مادة الكوارتز . يعتمد تردد الرنين للمادة الكريستاليه على عدة عوامل أهمها الحجم و الشكل والمرونة وسرعة انتشار الصوت في المادة .

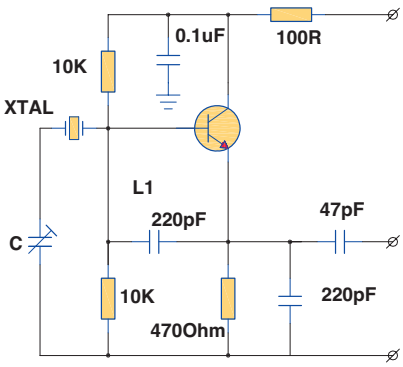
الشكل (١٥) يبين رمز وشكل الكريستالات في الدارات الالكترونية والدارة المكافئة لها حيث تكافئ مقاومة (R1) ومكثف (C1) وملف (L1) متصله على التوالي فيما يتصل المجموع على التوازي مكثف (Co) .





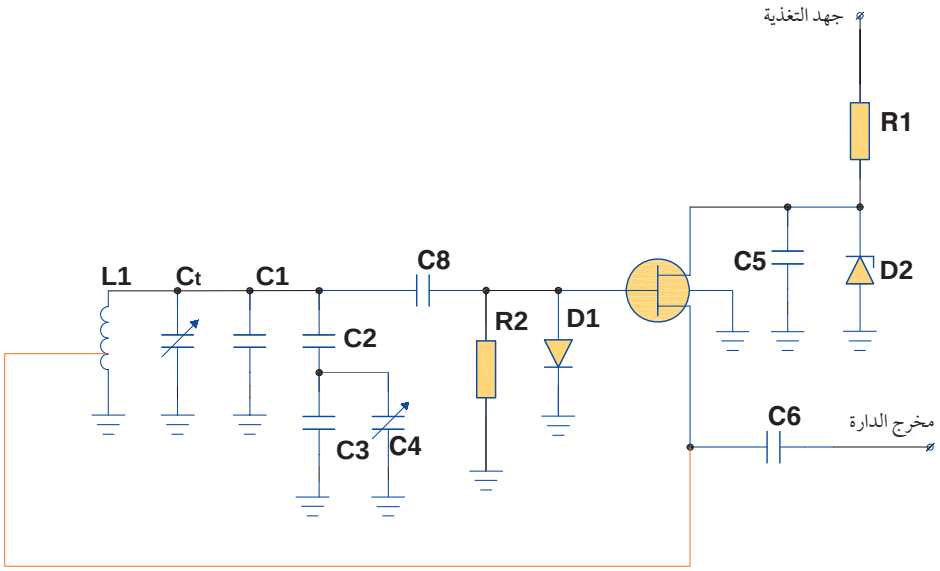
شكل (١٥)

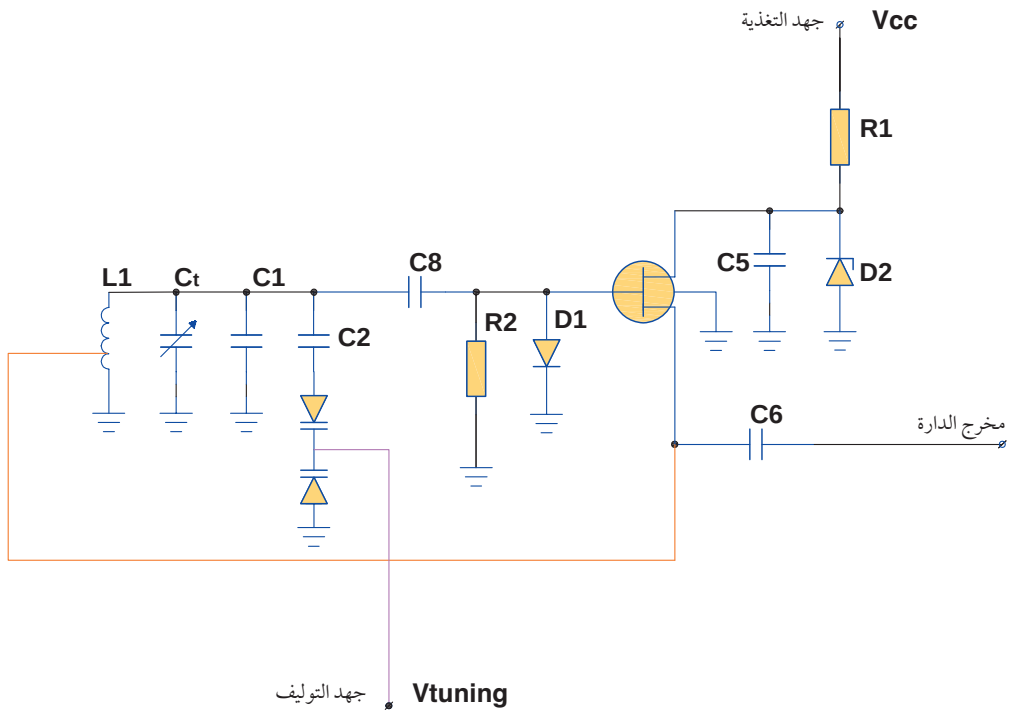
يمتاز المذبذب بثباته عند التردد المطلوب ودقته مما فرض استخدامه في الأجهزه ذات الجودة العالية . تستخدم المذبذبات الكريستاليه في اعطاء إشارات ذات تردد ثابت ومستقر للترددات العالية .



الشكل (١٦) يبين دارة مذبذب يستخدم كريستالة (بلورة)

٤ المذبذب المتحكم به بالجهد (Voltage Controlled Oscillator) : يطلق عليه اختصارا (VCO) ويعتمد في مبدأ عمله على وجود سعه تتغير بتغير الجهد المطبق عليها ، فيمكن التحكم بقيمة التردد الذي يتم الحصول عليه من هذه المذبذبات عن طريق التحكم بالجهد المطبق بين طرفي العنصر ذو السعه المتغيرة (ثنائي الفاريكاب) (Varicap or Varactor Diode) والشكل (١٧) يبين دارة مذبذب (VCO) :





شكل (١٧)

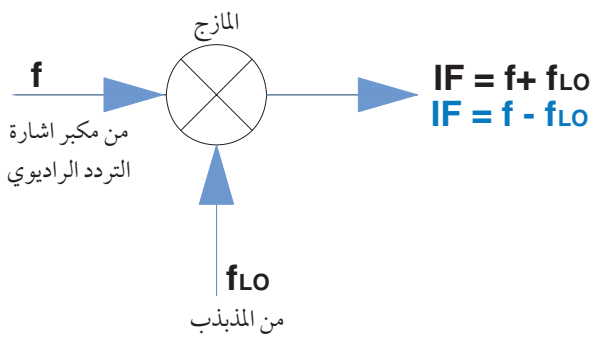
بمقارنة بسيطة مع مذبذب هارتلي نلاحظ أن الاختلاف الوحيد يكمن في العنصر الذي يتحكم بتردد الرنين حيث يستخدم ثنائيي الفاريكاب D1 و D2 المتصلين عكسيا ويتم تغيير سعتهما المكافئه بواسطة جهد التوليف المتغير (1-8 V) . ويستخدم هذا الثنائي في دارات التوليف في جهاز التلفاز .

ملاحظة:

يجب ان يكون جهد التحكم الذي يطبق على ثنائي الفاريكاب جهدا مستمرا منظماً، وهناك انواع عديده أخرى من المذبذبات مثل مولدات الموجة المربعة والمثلثة تبعا للتطبيق المستخدم حيث تستخدم في الدارات الرقمية وأنظمة الاتصال الرقمية .

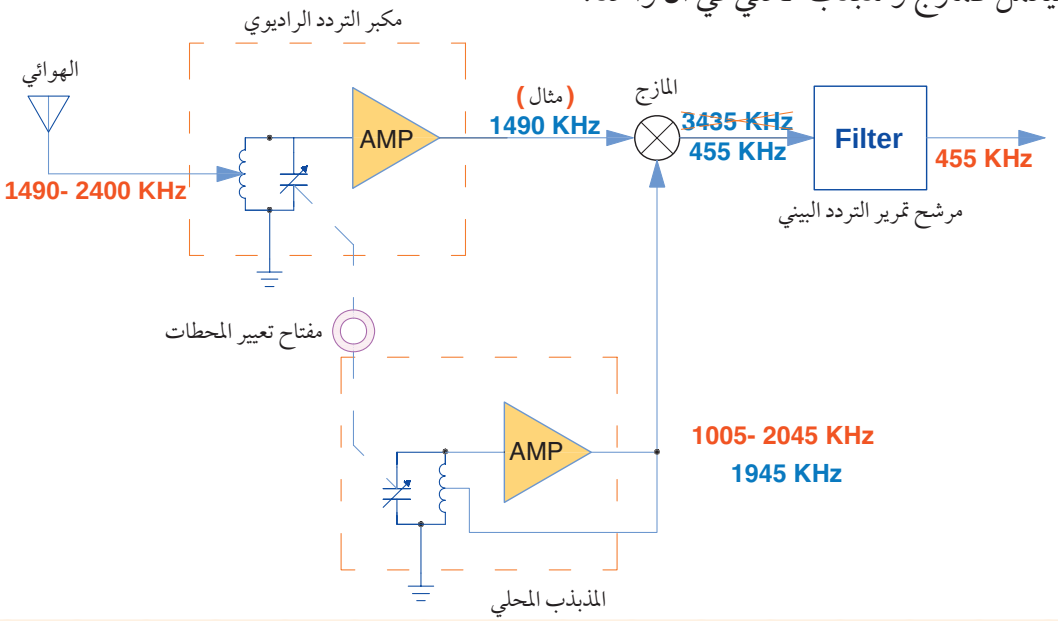
المازج (Mixer):

يبين الشكل (١٨) رمز المازج في مخططات أجهزة الراديو والتلفاز ويطلق عليه أيضا مغير التردد حيث يعمل على تخفيض تردد الإشارة المستقبلة إلى قيمة التردد البيني فيدخله إشارتين إحداهما إشارة المحطة المستقبلة والأخرى إشارة المذبذب المحلي ليعمل على ضرب هاتين الإشارتين لنحصل كما ذكر سابقا على إشارة ذات تردد بيني .



شكل (١٨)

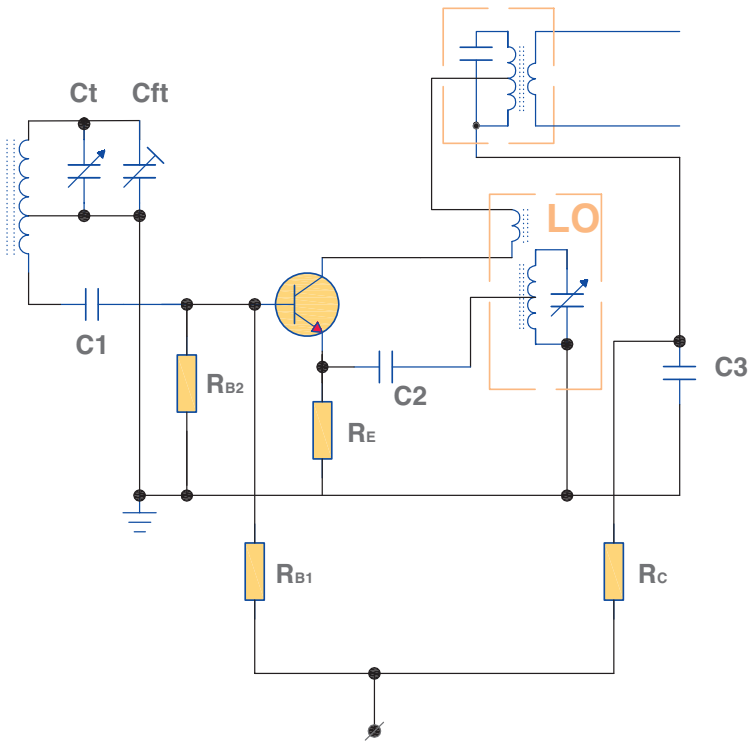
والشكل (١٩) يوضح آلية اتصال المذبذب مع المازج مع دارة توليف الهوائي وكثيرا ما يستخدم ترانزستور واحد ليعمل كمازج ومذبذب محلي في آن واحد .



شكل (١٩)

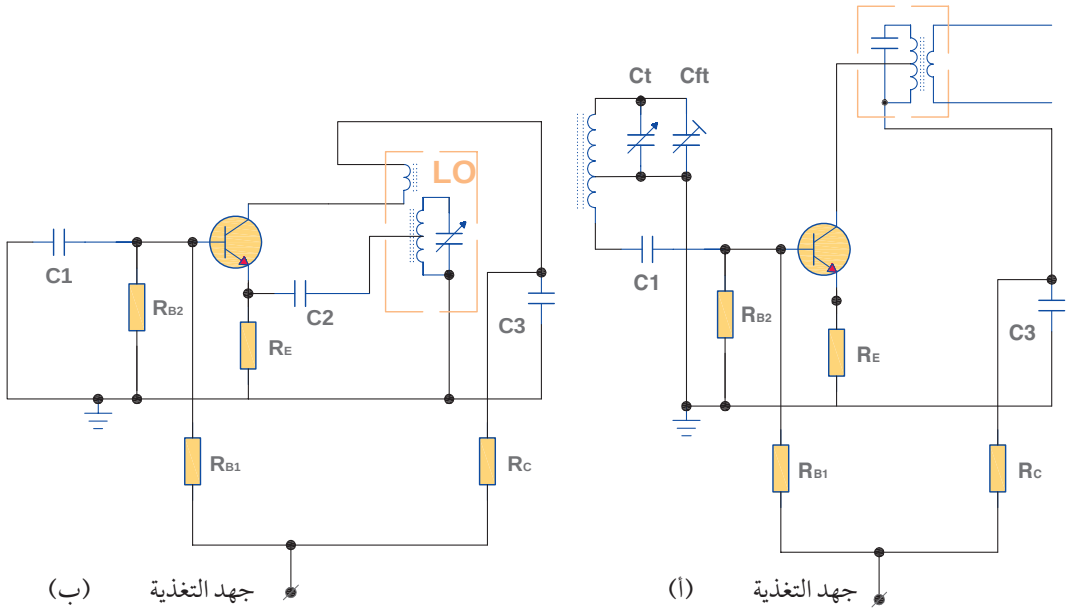
دارة مازج ومذبذب محلي مشتركان بنفس الترانزستور:

يبين شكل (٢٠) دارة ترانزستوريه يعمل الترانزستور بها كمذبذب ومازج في أن واحد .



شكل (٢٠)

لفهم مبدأ عمل الدارة سنعتبر أن الدارة عبارة عند دارتين الأولى المبينة في الشكل (٢١-أ) تظهر دارة مذبذب يعمل كمذبذب محلي يتم التحكم بتردد التذبذب له بواسطة دارة الرنين المبينة فيما يظهر المازج في الدارة (٢١ب).



شكل (٢١)

يلاحظ تكرار بعض العناصر في الدارتين (المازج والمذبذب) وأهمها الترانزستور المكرر في الدارتين.

دارة المذبذب:

عند تشغيل الدارة يتولد تغير طفيف في تيار القاعدة نتيجة للحالة العابرة (لحظة التشغيل)، يقوم الترانزستور بتضخيم هذا التغير عدة مرات مما يسبب تغيرات كبيرة في تيار المجمع. تنتقل إشارة المجمع المتغير عبر المحول مولدة تيارا متغيرا (AC) في الملف الثانوي للمحول حيث يتم التحكم به بواسطة المكثف المتغير. يقوم مكثف الربط بربط تردد التوليف مع باعث الترانزستور. لكي يستمر المذبذب في أداء عمله يجب أن يكون فرق الطور مناسبا ليكون (٣٦٠ درجة) ليعمل على توليد تغذيه راجعه موجبه (شرط التذبذب) وهذا يتم الحصول عليه باختيار مناسب لنسبة عدد اللفات. يلاحظ أن دارة الترانزستور هي دارة قاعدة مشتركة.

دارة المازج:

في هذه الدارة يتم توصيل مكثف التمرير (٠,٠٢) إلى الأرضي حيث انه من الضروري أن يكون الترانزستور بتشكيلة قاعده مشتركه (كمذبذب) يعمل ملف هوائي الفرايت على استقبال الموجات من الجو وبواسطة مكثف التوليف المرتبط مع مكثف توليف المذبذب يتم اختيار تردد المحطة المرغوبة ليتم الحصول عل إشارة التردد البيني. يعمل الترانزستور نفسه كمازج في هذه الدارة، يتم توليف محول التردد البيني ليقوم بتمرير التردد البيني ويرفض

تمرير باقي الإشارات، يلاحظ أنه يتم تغذية إشارة التردد الراديوي (RF) إلى قاعدة الترانزستور فيعمل هذا الترانزستور بتشكيلة باعث مشترك هنا.

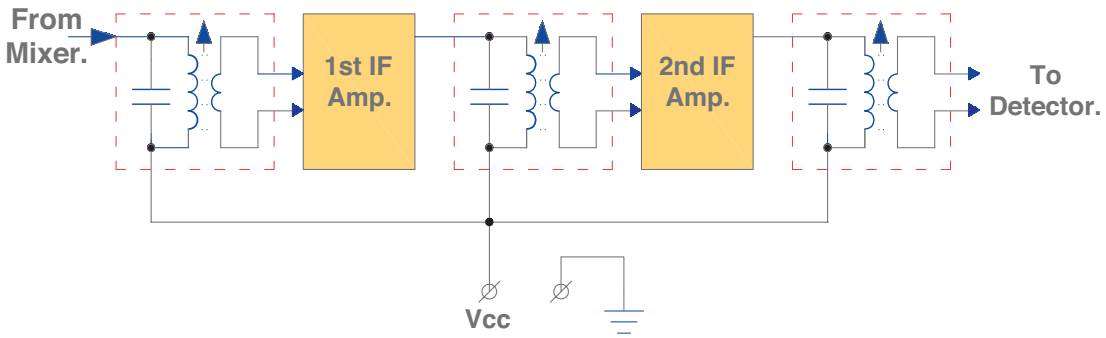
٥ مراحل التردد البيني (Intermediate Frequency Stage) (IF):

يعرف التردد البيني بأنه التردد الذي يخفض إليه تردد إشارة الحامل كتردد وسيط ومرحله وسيطه في أجهزة الإرسال والاستقبال. وقد ظهرت الحاجة لاستخدام هذا التردد نتيجة لظهور أجهزة استقبال السوبرهيتروداين وذلك ليتم العمل على توليف كافة المكبرات على نفس القيمة مما يسهل ذلك ويجعل توليف أجهزة الاستقبال أكثر سهولة، وذات إنتقائيه أفضل.

ويطلق على المرحلة التي يتم بها تكبير إشارة التردد البيني قبل كشفها بمرحلة مكبر التردد البيني واختصارا (IF)، ويمكن أن تحتوي هذه المرحلة على عدة مراحل تكبير تولف كلها عند نفس قيمة التردد.

	قيمة التردد البيني	التطبيق
١	10.7 MHz	تستخدم في التعديل الترددي (FM)
٢	455KHz	تستخدم في مجال تعديل الاتساع (AM)
٣	262KHz	تستخدم في مجال تعديل الاتساع (AM) في السيارات بعض الأحيان

مع وجود الاختلاف في قيمة التردد البيني للاستقبال الإذاعي في حالة AM (455KHz، 262KHz) إلا أن دارات تكبير IF تبقى متشابهة. إن استخدام تردد اقل من 455KHz له مساوئ كثيرة بسبب إمكانية استقبال إشارات ذات مضاعفات ذلك التردد، إلا أن ذلك لا يسبب أي مشكله في أجهزة الاستقبال الإذاعي في السيارة نظرا لانتقائيتها وحساسيته العاليتين وكذلك وجود دارات التوليف الإضافي في دارات توليف هوائي الاستقبال في السيارة، يبين الشكل (٢٢) المخطط الصندوقي لمكبرات التردد البينية.



شكل (٢٢)

يتصل المازج مع مرحلة التكبير الأولى لمكبر التردد البيني من خلال المحول الأول لمكبر التردد البيني الذي يتصل على التوازي مع مكثف ليشكل دارة رنين حيث يتم توليفها على قيمة التردد البيني ليمرر هذا التردد ويمنع مرور باقي الإشارات.

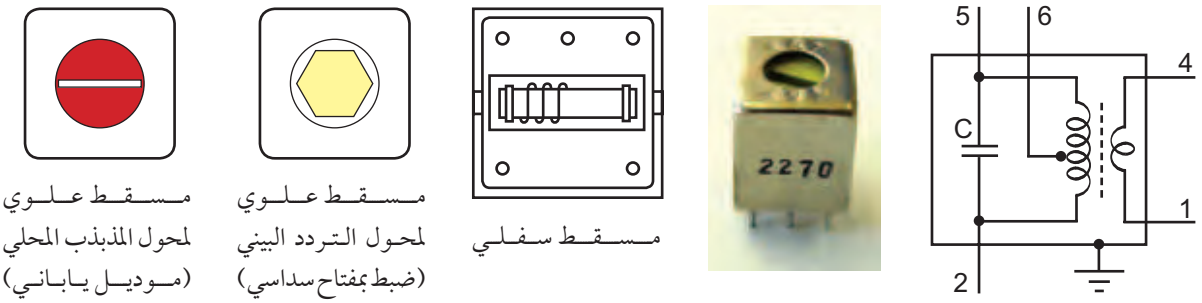
تتراوح عدد المراحل عادة لمكبرات التردد البيني بين ٢-٣ مراحل حيث يبين المخطط الصندوقي جهازا بمرحلتي تكبير .

محولات التردد البيني:

يتركب محول التردد البيني من ملفات ملفوفة على قلب من الفرايت قابل للضبط بواسطة أداة خاصة . تكون هذه الملفات مغلفة بغلاف معدني من كافة الجوانب لمنع التداخلات مع المجالات المغناطيسية والكهربائية المحيطة حيث يطلق على هذه العملية بالحجب (Shielding) .

إن دقة توليف محولات التردد البيني التي تشكل مع المكثف دارة رنين يتم ضبطها على قيمة التردد البيني المحدد بحيث تقوم مكبرات التردد البيني بتكبير إشارة المحطة المستقبلة ولا تمرر إشارات الترددات الأخرى وبالتالي تكون المكبرات ذات انتقائية عالية . عن تعيير مكبرات التردد البيني بشكل سيئ قد يؤدي إلى حدوث صفير في السماعة وقد يؤدي إلى اختفاء المحطات أو ضياع جزء كبير منها .

يبين الشكل (٢٣) تركيب محول التردد البيني وشكله وطريقة عزله وحجبه بواسطة الغلاف المعدني كما ويبين القسم (د) من الشكل مسقطاً علوياً لمحول التردد البيني والشق الخاص بعملية الضبط .



شكل (٢٣)

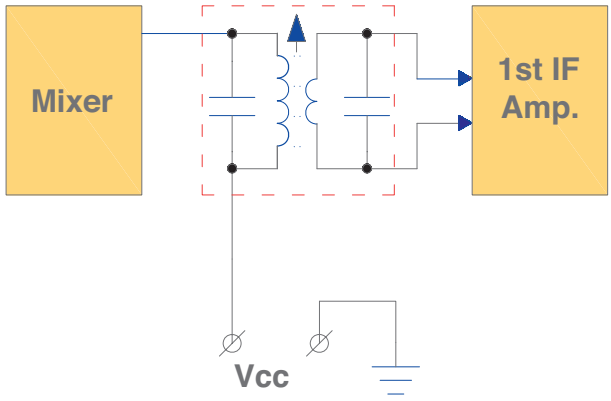
وتكون عادة ملفات IF وملف المذبذب المحلي ملونه كل بلون مختلف فيكون لون ملف المذبذب المحلي أحمراً للتمييز عن باقي الملفات ولا يجوز العبث بتعيير هذا الملف إلا بناءً على تعليمات واضحة و بمنهجيه علميه محدده ستتعرف عليها من خلال التدريب العملي، فيما تحمل ملفات التردد البيني الألوان (أبيض - أسود - أصفر) والألوان الأخرى مثل الأخضر تكون لـ FM .

توفيق الممانعات:

تختلف ممانعة دخل مراحل تكبير التردد البيني حسب تركيب هذه المكبرات ونوع الترانزستور المستخدم في هذه المراحل، ففي حين تكون ممانعة دخل المكبر الترانزستوري ثنائي الوصلة (BJT) منخفضة نسبيا تكون ممانعة دخل المكبرات التي تستخدم ترانزستور ذات تأثير المجال (FET) عالية جدا .

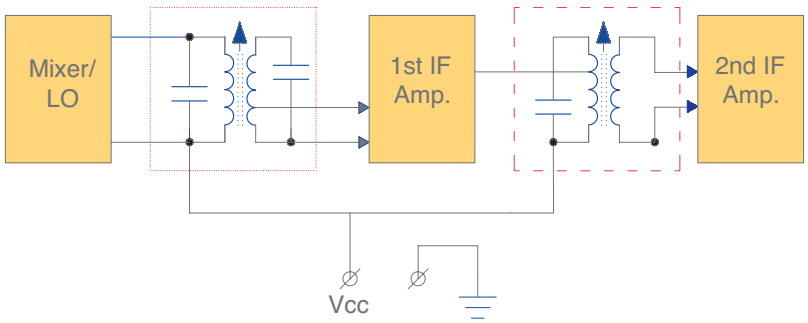
تكون ممانعة مخرج مرحلة المازج عالية ولا يجوز توصيل الإشارة من مرحلة المازج إلى المكبر مباشرة لأن ذلك سيؤدي إلى فقدان كبير في قدرة الإشارة. إن ربط المرحلتين يتطلب وجود دارة ربط (محول ربط) يقوم بخفض جهد الإشارة ورفع تيارها وهنا سنستعرض طرق الربط :

١ الربط مع مكبر ذو ممانعة دخل عالية :



شكل (٢٤)

٢ الربط مع مكبر ذو ممانعة دخل منخفضة :



شكل (٢٥)

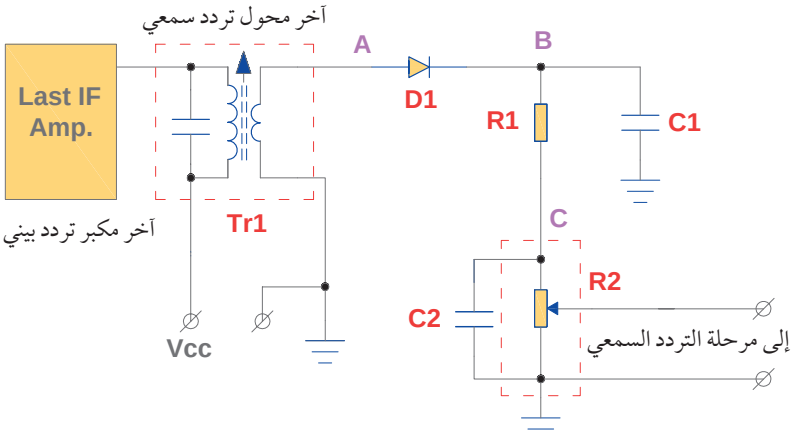
مرحلة الكاشف (Detector):

١ كاشف تعديل الاتساع (AM Demodulator):

تخرج الإشارة من مراحل تكبير الإشارة ذات التردد البيني حيث يكون قد تم تضخيمه بمقدار ١٠٠٠ مرة وبالتالي يمكن معالجة هذه الإشارة ليتم استخلاص إشارة التردد السمعي (إشارة المعلومات) من إشارة التردد البيني ذات القيمة 455 KHz التي يتم حذفها (التخلص منها).

تسمى الدارة التي تقوم بهذه العملية بدارة كاشف تعديل الاتساع. ويتم ذلك بعدة طرق أبسطها والأكثر استخداما في الأجهزة النقالة هي طريقة كاشف الغلاف.

يبين شكل (٢٦) دارة كاشف تعديل الاتساع البسيطة التي تسمى بدارة كاشف الغلاف (Envelope Detector) :



شكل (٢٦)

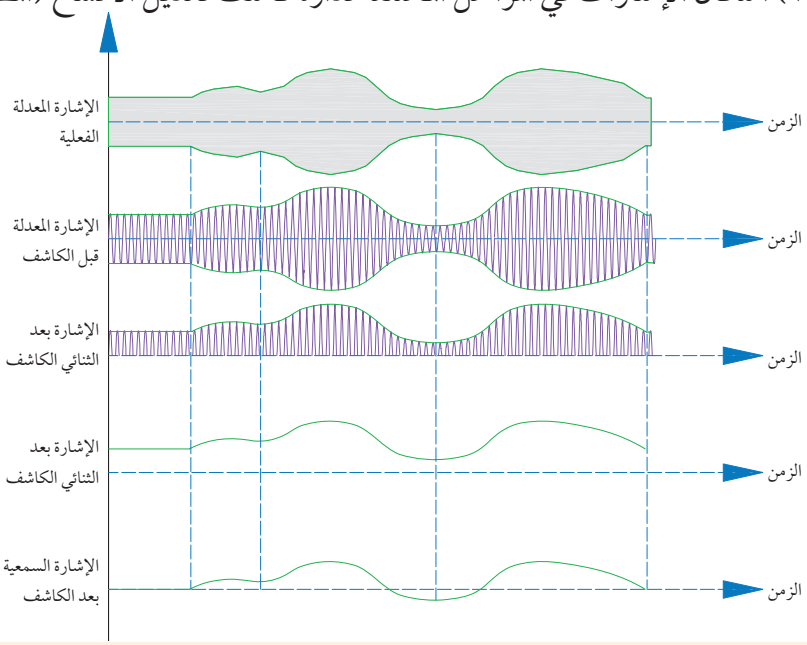
تتركب الدارة من :

- ثنائي كاشف (D1) .
- مكثف التمرير (C1)
- مكثف التمرير (C2) .
- الحمل (R2) .
- مقاومة الترشيح (R1) .

تعلمت في الفصل الأول أن الثنائي يعمل على حذف الأنصاف السالبة، أو الموجبة للإشارة ويبقي نصفها فقط وذلك حسب طريقة توصيله في الدارة (تبعا لقطبية التوصيل) .

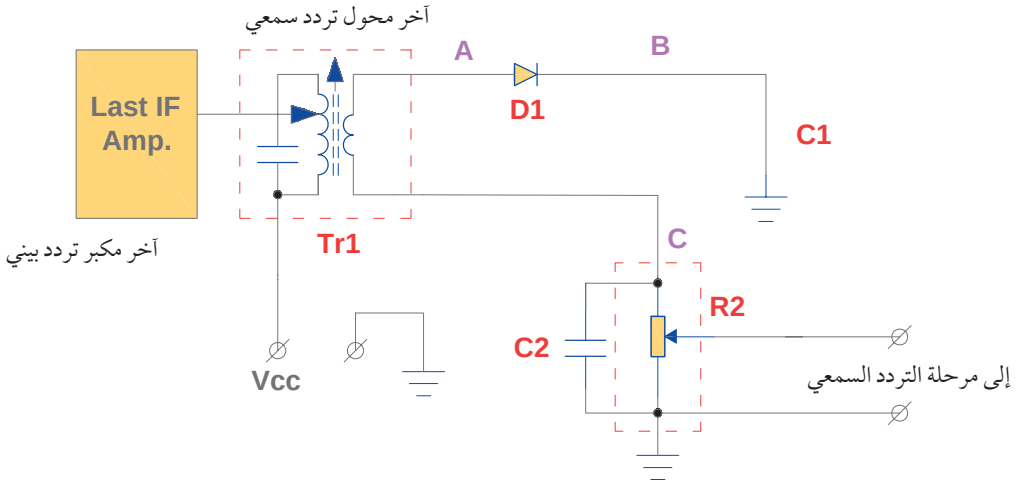
يتم الحصول على إشارة التردد البيني المكبرة من آخر محول تردد بيني ذو الممانعة العالية (ممانعته أعلى من باقي محولات التردد البيني الأخرى) حيث تكون قد ضخمت بشكل كاف ليتم معالجتها للحصول على إشارة التردد السمعي، يتم أولا إدخالها إلى الثنائي الكاشف ويكون هذا الثنائي من نوع جرمانيوم حيث لا يجوز استخدام ثنائيات السليكون لهذه الغاية، يقوم الثنائي بحذف الأنصاف السالبة للإشارة حيث أن النصفان متشابهين ويحملان نفس المعلومات، أما إشارة التردد البيني فيتم التخلص منها بوساطة مكثفات التمرير (C2 ، C1) ذات القيمة (0.015F) التي تمرر الإشارات ذات الترددات العالية ولا تمرر إشارة التردد السمعي التي يتم استخلاصها وتمريرها عبر مفتاح التحكم بشدة الصوت (Volume Control) لتصل إلى المرحلة التالية (مرحلة مكبرات التردد السمعي) .

يبين شكل (٢٧) أشكال الإشارات في المراحل المختلفة لدارة كاشف تعديل الاتساع (المطال) :



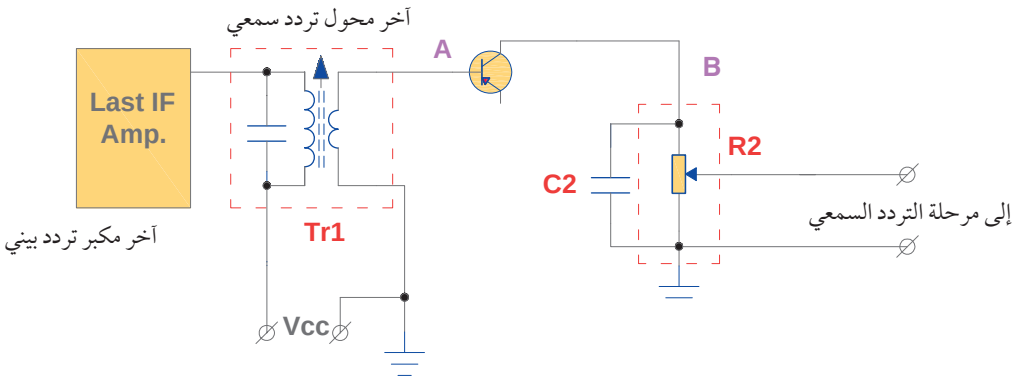
شكل (٢٧)

يمكن أن يختلف شكل دارة الكاشف، إلا أنه في النهاية يقوم بنفس العمل فمثلا الدارة التالية المبينة في الشكل (٢٨) تمثل دارة معدلة عن الدارة السابقة حيث تم وصل مفتاح التحكم بشدة الصوت مع محول التردد البيني الأخير .



شكل (٢٨)

كما ويمكن أن يستخدم في بعض الحالات الترانزستور كعنصر كشف للإشارة عوضا عن المقوم حيث يمكن استخدام إحدى وصلات الترانزستور بدلا من الثنائي الكاشف حيث يمكن تشبيه تركيب الترانزستور بأنه ثنائيين متعاكسين كما مر معك سابقا والشكل (٢٩) يوضح طريقة التوصيل .



شكل (٢٩)

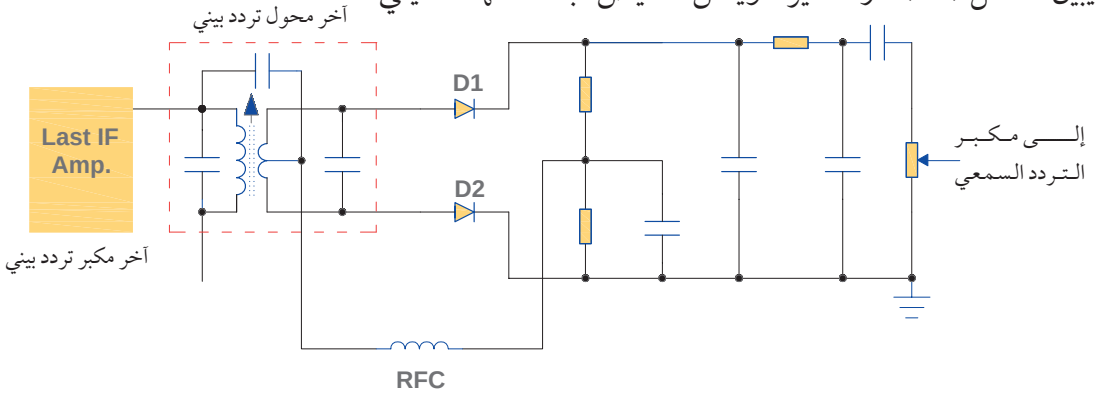
كاشف التعديل الترددي:

لا يمكن استخدام كاشف تعديل الاتساع (كاشف الغلاف) في دارات الكشف الخاصة بالتعديل الترددي وذلك لأن المعلومات لا تكون محمله على مطال الإشارة بل يتغير التردد تبعا لتغير مطال إشارة المعلومات، لهذا فقد تم اللجوء إلى آليه تحول المعلومات إلى مطال الإشارة ليتم كشفها بعد ذلك .

يوجد عدة أنواع من كاشف التعديل الترددي أهمها :

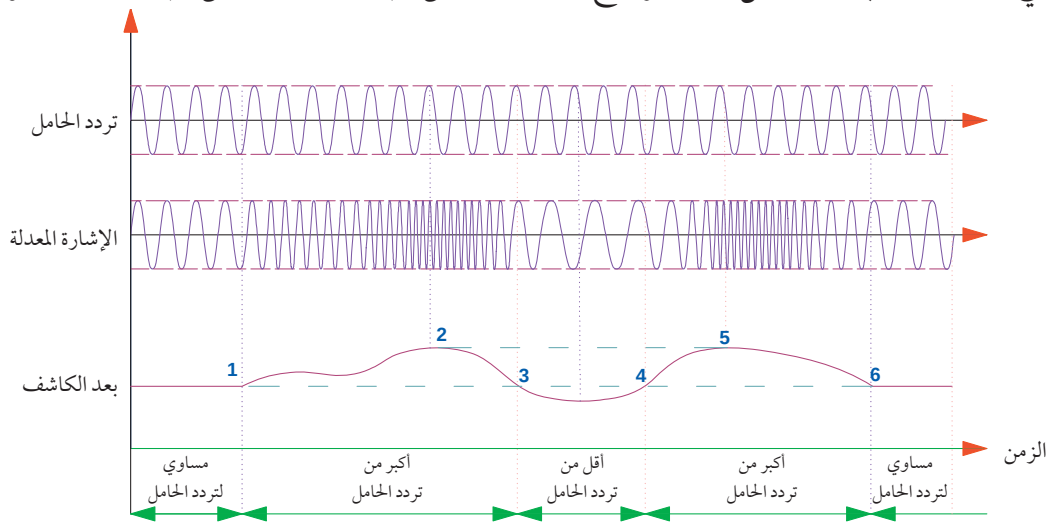
١ المميز (Discriminator):

يبين الشكل (٣٠) دارة المميز ، ويمكن تلخيص مبدأ عملها كما يلي :



شكل (٣٠)

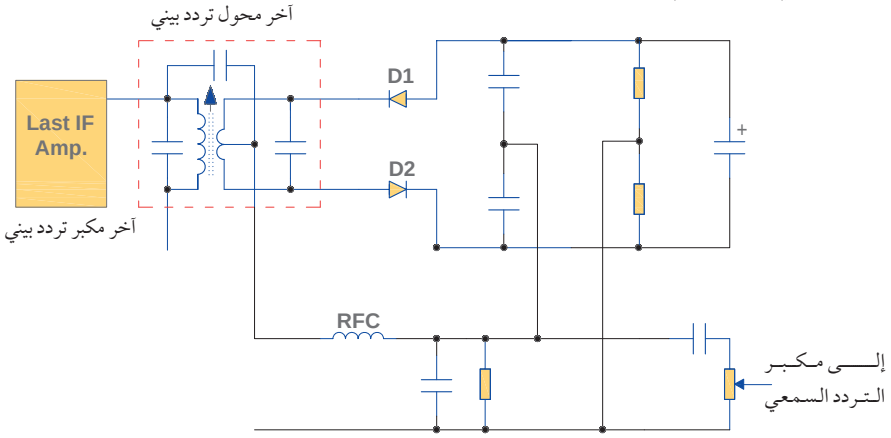
يقوم المحول بتحويل الإشارة المعدلة ترددياً إلى إشارة يتغير اتساعها بتغير التردد (أي تصبح إشارة المعلومات محملة بمطال الإشارة) ، بعد ذلك يتم استخلاص الإشارة السمعية بواسطة دارة الكاشف مع ملاحظة وجود إشارتي غلاف في مخرج الدارة . عند عدم وجود إشارة معلومات معدلة (لا يوجد تغير في التردد) يكون التردد الوحيد هو تردد الحامل وبالتالي لا تظهر أي إشارة في مخرج الكاشف نظراً لتساوي الإشارتين من مخرجي الكاشفين إلا انهما متعاكستين في القطبية فيلغيان بعضهما بعضا . أما عند وجود إشارة في المدخل فانه نتيجة لتغير التردد يتكون فرق في الطور بين الإشارتين مما يجعل إشارة المخرج تساوي مجموع الإشا رتين إتجاهياً . يتغير قيمة هذه الإشارة تبعاً للتغير في التردد ويصل هذه التغير أقصاه عندما يصل فرق التردد إلى 75 KHz وهنا يمكن ان يكون تردد الإشارة اكبر من التردد الحامل مما يجعل التغير في الإشارة في الاتجاه الموجب ، ويمكن أن يكون سالبا مما يجعل التغير لإشارة المخرج في الاتجاه السالب . والشكل (٣١) يوضح آلية استخلاص الإشارة السمعية من الإشارة المعدلة ترددياً .



شكل (٣١)

٢ كاشف النسبة (Ratio Detector):

يشبه شكل دارة كاشف النسبة إلى حد كبير دارة المميز مع اختلاف يتمثل بوجود نقطة وسط (ثالثة) للمحول T1 فيما يتم عكس الثنائي D2 ويتم استبدال المقاومتين (R2 ، R1) بمكثفين .

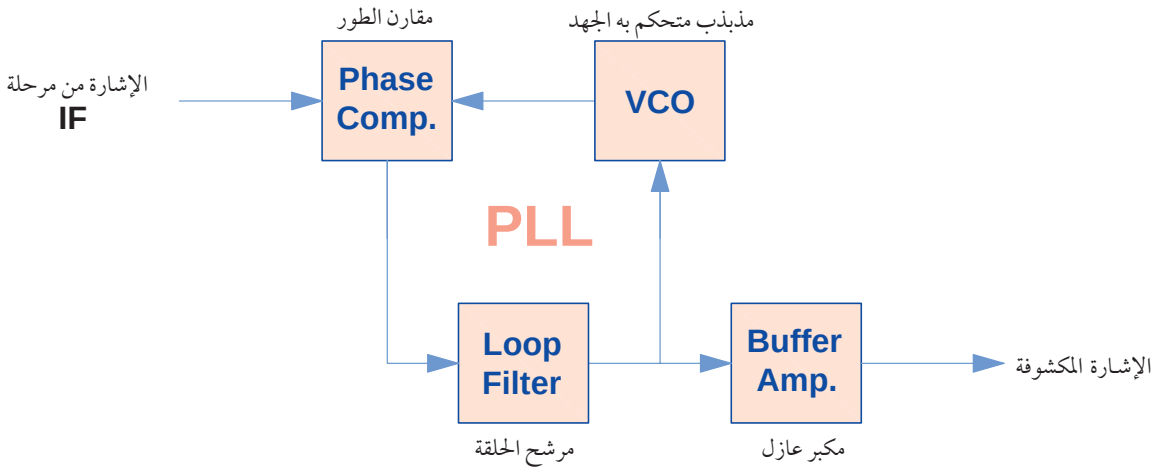


شكل (٣٢) كاشف النسبة

٣ الكاشف باستخدام حلقة إزاحة الطور (Phase Locked Loop) أو ما يطلق عليه اختصارا (PLL):

يبين الشكل (٣٣) المخطط الصندوقي لهذا النوع الذي يستخدم مذبذبا متحكما به بالجهد (VCO) ومقارن طور ومرشح الحلقة والمكبر العازل . ويمتاز هذا النوع بعدم الحاجة لاستخدام ملف مما يجعل استخدامه اقتصاديا .

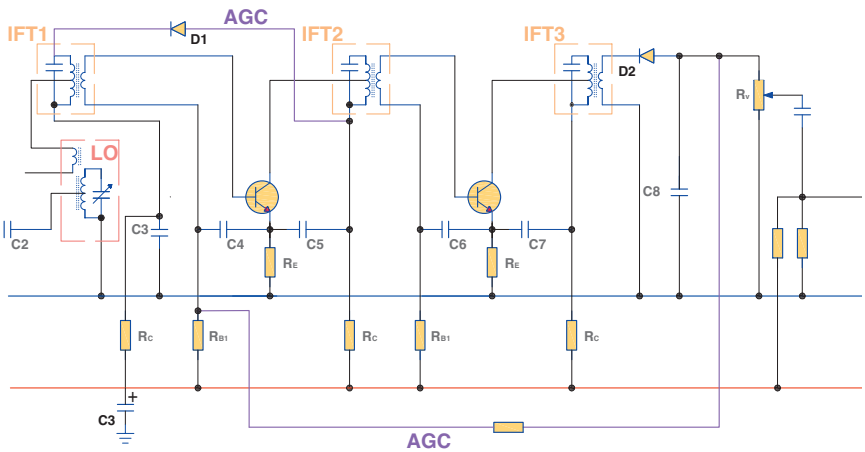
يمكن شرح مبدأ العمل بشكل مبسط بالاعتماد على أن مقارن الطور يغذى بإشارتين إحداهما الإشارة المستقبلة من مرحلة التردد البيني والأخرى من المذبذب (VCO)، فعند عدم وجود إشارة معدلة (تواجد إشارة الحامل فقط) يتم مقارنة الإشارة مع إشارة المذبذب (VCO) ويحافظ على قيمة لجهد مخرج المقارن عند القيمة المتوسطة . أما عند وصول إشارة معدلة فستظهر إشارة جهد في مخرج مقارن الطور يغذى جزء منها إلى المذبذب (VCO) الذي يحاول متابعة التغيرات فيتغير التردد الذي يولده تبعا لمخرج المرشح .



شكل (٣٣)

التحكم الذاتي بالكسب (Automatic Gain Control) (AGC):

تعتمد شدة الإشارة في مخرج الكاشف على مقدار التكبير الذي تعطيه مكبرات التردد البيني والذي يعادل ما يقارب ١٠٠٠ مرة وعلى شدة الإشارة المستقبلة ونظراً لأن شدة الإشارة المستقبلة تختلف تبعا للمحطة المستقبلة كما أن تكبير مضخمات التردد البيني يعتمد على مما يسبب ارتفاع وانخفاض شدة الصوت مع تغيير المحطات بشكل ملحوظ مما يسبب إزعاجا كبير ويتطلب ضبط مفتاح شدة الصوت في كل مرة يتم فيها تغير المحطة، لتجنب هذه الظاهرة، تم استخدام دارة التحكم الذاتي بالكسب كما في الشكل (٣٤):

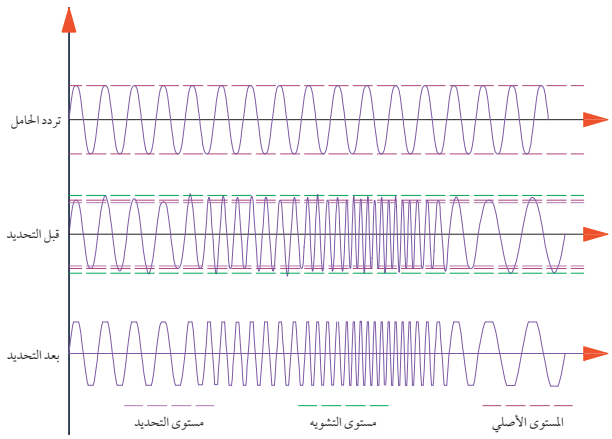


شكل (٣٤)

يتم أخذ جزء من إشارة التردد المسموع بعد الكاشف للتحكم بمقدار تكبير مضخم التردد البيني الأول وذلك بعد تحويله لإشارة (DC) حيث يعمل كتغذية راجعه عبر مقاومه صغيرة ليتحكم بتكبير الترانزستور (Q2) فعند استقبال إشارات قويه يتم تخفيض تكبير مضخم التردد البيني الأول فيما يتم زيادة تكبير المضخم عند الإشارات الضعيفة. يمكن القول نظرياً أن مستوى الإشارة بعد الكاشف يجب أن يبقى ثابتاً بغض النظر عن قوة المحطة المستقبلة عبر الهوائي. يضاف الثنائي (D1) الذي يعمل فقط عند استقبال محطات قويه جداً حيث يعمل على تمرير جزء من الإشارة إلى الأرضي.

التحديد (Limiting):

يلتقط هوائي الاستقبال الإشارات المختلفة تبعا لتردد الموجة الحاملة، وفي كثير من الأحيان تتراكب إشارات أخرى على الإشارة الأصلية تضاف إليها مسببة تشويها للإشارة المستقبلة تنعكس بالتالي على الإشارة السمعية. ويمتاز الاستقبال الإذاعي FM عن الاستقبال الإذاعي AM بامكانية التخلص منه عن طريق قص إشارات التشويه الخارجية حيث تكون المعلومات محملة على التردد وليست في مطال الإشارة.



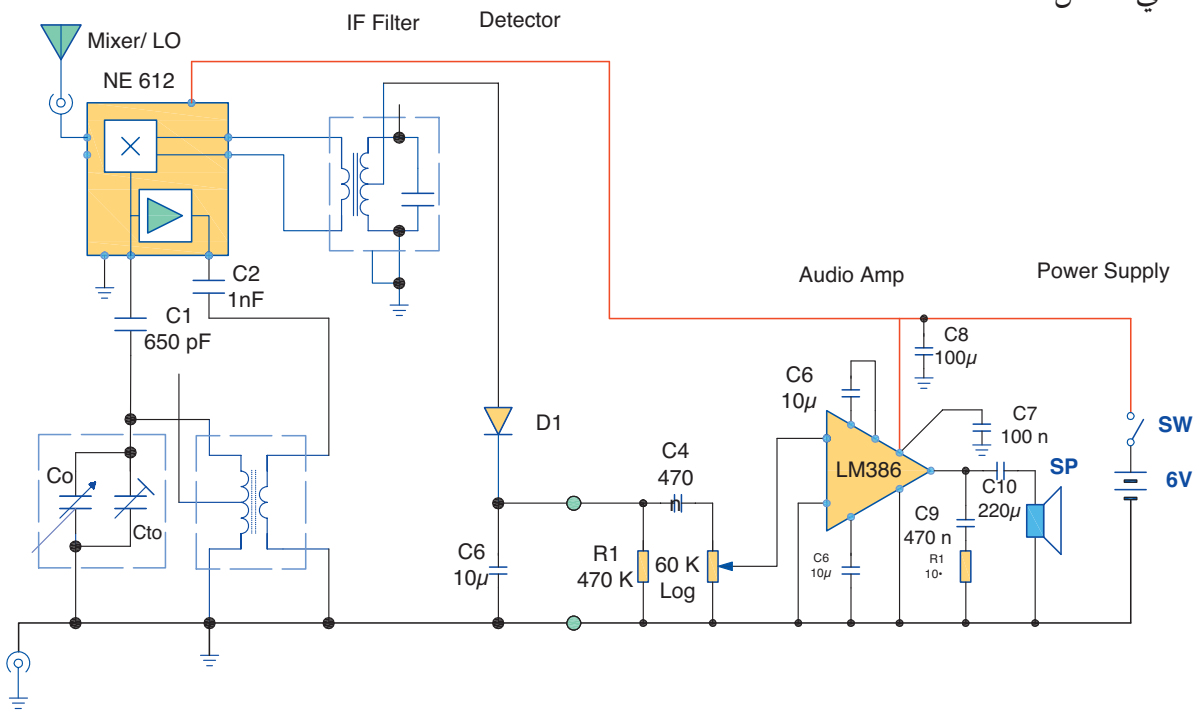
شكل (٣٥)

مقارنة بين تعديل الاتساع والتعديل الترددي:

الرقم		تعديل الاتساع (المطال)	التعديل الترددي
١	المجال الترددي في الاستقبال الإذاعي	الموجة المتوسطة (MW) (463KHz - 1008 KHz) الموجة القصيرة (SW) (2.3-22 MHz)	الترددات العالية جدا (88-108 MHz)
٢	التردد البيني	455 KHz	10.7 MHz
٣	الهوائي	هوائي السلك (الطويل، فرايت، حلقي)	تلسكوبي أو نصف الموجه
٤	تحميل إشارة المعلومات	تحمل على مطال الإشارة	تحمل على التردد
٥	التشويه	لا يمكن قص إشارات التشويه لأن إشارة المعلومات تكون محملة على مطال الإشارة	يمتاز بإمكانية قص إشارات الضجيج والتشويه نظرا لآن ذلك لن يؤثر على المعلومات المحملة على التردد
٦	الكاشف	كاشف الغلاف أو الكاشف المتزامن	كاشف النسبة كاشف فوستر سيللي المميز الحلقة بإزاحة الطور (يوجد دارة تحديد)
٧	الصوت المجسم	غير مستخدم لضيق عرض القناة	محقق بسهولة نظرا للقناة العريضة
٨	مراحل تكبير IF		
٩	مكبر RF	يمكن الاستغناء عن مكبر RF والاكتفاء بدارات الانتقاء	تستخدم ملفات هوائية في مكبر RF
١٠	نقاوة الصوت	مُعرض لإشارات تشويه	الصوت نقي جداً بسبب وجود دارة القص التي تحذف إشارات الضجيج والتشويه
١١	مدى الإرسال	يمكن الاستقبال لمسافات بعيده نظرا لاستقبال إشارات منعكسة عن طبقات الجو العليا.	يجب وجود خط نظر بين المرسل والمستقبل لذلك يكون مدى الإرسال قصيرا
١٢	مراحل تكبير AF	MONO	Stereo

٦ أجهزة الاستقبال باستخدام الدارات المتكامله:

لقد تطورت أجهزة الاستقبال الإذاعي خلال العقود الماضية ومنذ بداية القرن الحالي وتطورت تكنولوجيا تصنيع العناصر الالكترونية بشكل متسارع فلم يعد جهاز الاستقبال الحديث يحتوي كافة العناصر المفردة بالطريقة التي تم شرحها من خلال الفقرات السابقة والتي كان من الضروري توضيحها باستخدام تقنية الترانزستور للتوضيح . لقد أصبح ممكنا باستخدام تقنية الدارات المتكاملة دمج أكثر من عنصر بل عدد كبير من العناصر ضمن قطعة إلكترونيه واحدة (تسمى الدارة المتكاملة) لتقوم بعمل متكامل بمساعدة بعض العناصر الالكترونية الخارجية التي يتم توصيلها معها . فعلى سبيل المثال تستخدم الدارة المتكاملة (NE612) ذات الثمانية أطراف (Pin) كمازج ومذبذب محلي وذلك بعد توصيل العناصر غير الفعالة الضرورية لتحديد قيم التردد للمذبذب المحلي والمازج كما في الشكل (٣٦) .



شكل (٣٦)

حيث أن :

- الطرف ١ ، ٢ مدخل المازج (RF) .
- الطرف ٤ ، ٥ مخرج المازج (إشارة التردد البيني) (IF) .
- الطرف ٣ يوصل مع الأرضي .
- الطرفين ٦ ، ٧ لتوصيل عناصر تحديد التردد للمذبذب المحلي (المكثف المتغير وملف الضبط لتردد المذبذب) .
- جهد التغذية للدارة المتكاملة (+Vcc) .

ويبين الشكل (٣٦) السابق توصيل العناصر مع الدارة المتكاملة .

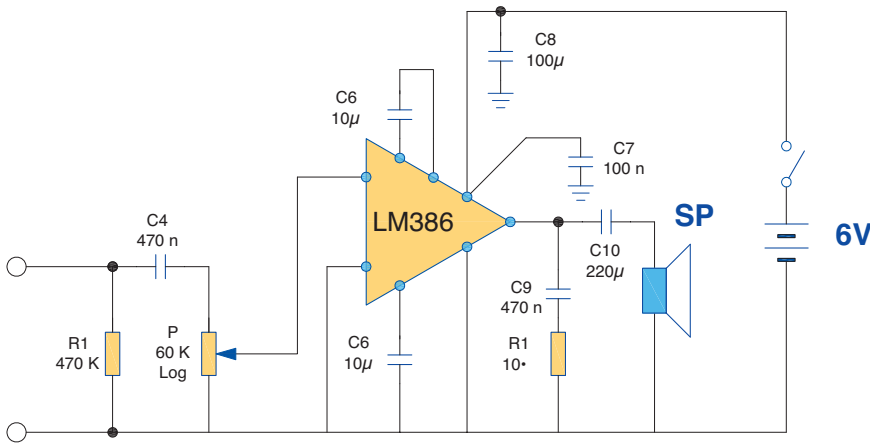
Co : مكثف تعيير المحطات (المكثف المتغير) .

Cto : مكثف الضبط الدقيق .

MFT : محول التردد البيني .

LO : ملف المذبذب المحلي .

تعمل المكثفات Cto ، Co والملف LO كدارة رنين لضبط تردد المذبذب المحلي ، تغذى الإشارة إلى الثنائي الكاشف من محول التردد البيني ، كما ويتم أيضا إدراج مرحلة التردد السمعي ضمن دارة متكاملة واحدة فعلى سبيل المثال تستخدم الدارة المتكاملة LM386 كدارة مكبر اشارة التردد السمعي ، كما في الشكل (٣٧) .

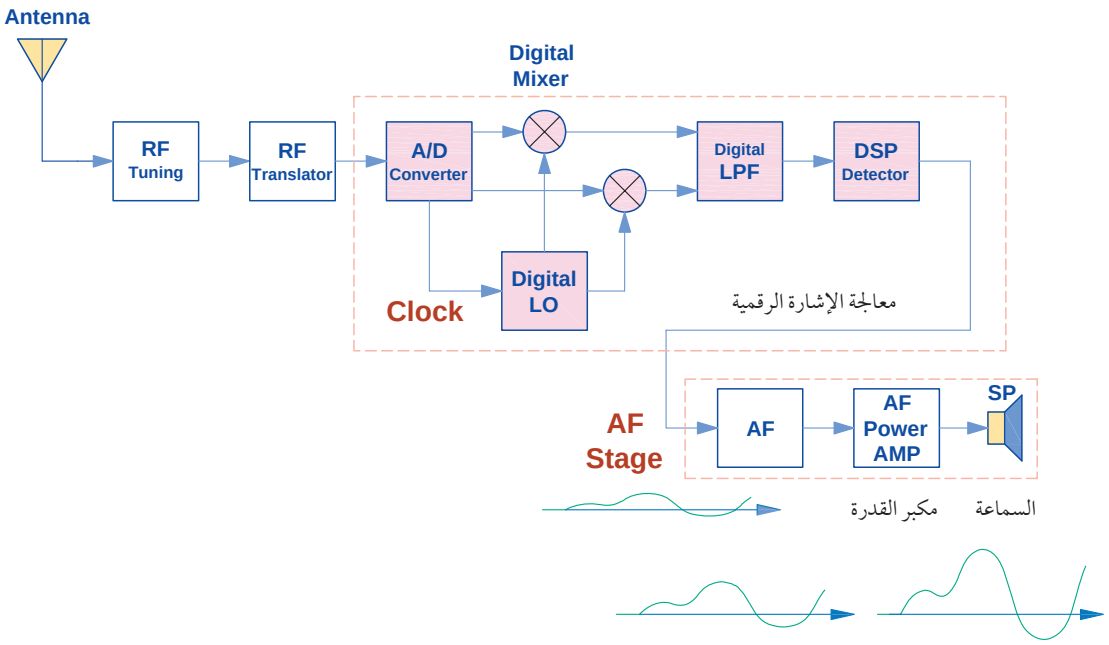


شكل (٣٧)

تمثل المقاومة P حاكم شدة الصوت (مقاومة لوغاريتمية)، توصل السماعة مع الطرف رقم ٦ عن طريق المكثف C10 ، وسيتم التعرض بالتفصيل لهذه الدارة أو لدارات مشابهة خلال التدريب العملي .

جهاز الاستقبال الرقمي:

مع تطور الالكترونيات الرقمية وميزاتها العديدة ، فقد بدأ بالتدريج ظهور تحسينات وإضافات على أجهزة الاستقبال فكانت البداية من خلال وحدة الإظهار (Display) بحيث صار ممكنا ومنذ فترة ليست بقصيرة معرفة تردد المحطة المستقبلة من خلال وحدة الإظهار بدلا من المؤشر القديم كما حدث تطور كبير على معالجة الإشارة داخل جهاز الاستقبال للتحسين من أداء الجهاز وللحصول على صوت نقي وثابت . الشكل (٣٨) يبين المخطط الصندوقي لجهاز استقبال رقمي (يستخدم تقنية معالجة الإشارة ألرقميه) .



شكل (٣٨)

على الرغم من التطويرات الحاصلة في مجال معالجة الإشارة الرقمية إلا أن مبدأ الاستقبال يبقى نفسه، ويمكن تلخيص مراحل معالجة الإشارة الرقمية (Signal Processing) كما يلي :

١ تحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية بسرعة عالية . (A/D Converter) .

٢ تخفيض التردد رقميا . (بواسطة المازج والمذبذب المحلي الرقمي Digital LO) .

٣ الترشيح الرقمي . (Digital LPF) .

٤ الكشف ومعالجة الإشارة الرقمية (DSP Demodulator) .

يقوم الكاشف باستخلاص إشارة المعلومات الرقمية أو التماثلية وذلك بالاعتماد على نوع الإشارة المستقبلة . يتم استقبال الإشارة بوساطة هوائي الاستقبال ويتم تكبيرها في مكبر إشارة التردد العالي حيث أن محول الإشارة التماثلية إلى رقميه (A/D Converter) لا يستطيع التعامل مع الإشارات الضعيفة . كما يجب الانتباه إلى أن الإشارة المستقبلة يمكن أن تكون ذات تردد عالي جدا فوق (45MHz) فيصبح من الصعب تقطيع الإشارة (أخذ العينات) (Sampling) لتحويلها إلى رقميه، لذلك يتم تخفيض التردد لتدخل الإشارة بعد ذلك إلى (A/D Converter) ليقطع الإشارة بمعدل (100MHz) على الأقل . يستقبل المازج إشارتين مقطعتين من المذبذب الرقمي إحداها موجة جيبيه (جا) (I) مقطعه والأخرى موجة (جتا) (Q) مقطعه أيضا بمعدل احذ العينات وسيتم استعراض عملية اخذ العينات بالتفصيل في وحدة لاحقة . يتم تغذية المذبذب الرقمي (LO) بإشارة الساعة (أخذ العينات) حيث يتم استخدام هذه الإشارة في عملية التقطيع (Sampling) . وكما في المازج التماثلي يتم الحصول على إشارتين إحداهما ذات تردد يساوي مجموع ترددي المذبذب والإشارة المستقبلة والأخرى ترددها يساوي الفرق بينهما، حيث يتم الإبقاء على إشارة الفرق فقط وحذف الإشارة الأخرى . تتميز الدارات ألرقميه بالدقة العالية مقارنة نع الدارات التماثلية، ويقوم المازج في هذه الحالة بحذف الإشارات غير المرغوبة تلقائيا .

يتم بعد ذلك إدخال الإشارة إلى مرشح التمرير المنخفض الرقمي (Digital Low Pass Filter) والذي يطلق عليه اختصارا (Digital LPF) حيث يعتبر المرشح الرقمي دقيقا جدا ومستقرا مقارنة بالمرشح التماثلي ، كما أن هذا المرشح ليس بحاجة إلى توليف أو تعيير . يمكن التحكم بالمرشحات الرقمية ببساطة عن طريق تغيير عرض الحزمة بواسطة تقنية البرمجة وذلك ضمن احد المجالين :

- الحزمة الضيقة (Narrowed Beam) ويتراوح ترددها (1KHz – 2.5 MHz) .
- الحزمة العريضة (Wide Band) ويتراوح ترددها (2MHz – 45 MHz) .

يتم بعد ذلك معالجة الإشارة بواسطة المعالج الرقمي (DSP) حيث يتم كشفها وتحويلها من إشارة رقميه إلى إشارة تماثليه بوساطة (Digital to Analog Converter) وهو ما يطلق عليه اختصارا (D/A) .

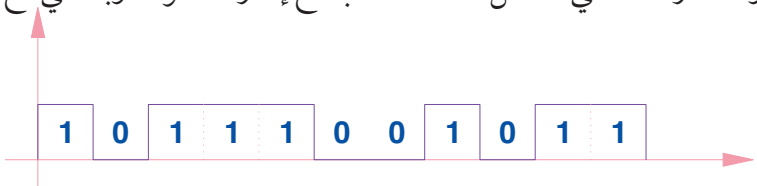
لم يعد بعد ذلك إلا أن تكبر الإشارة بوساطة مكبرات التردد السمعي ليتم إخراجها إلى صوت مسموع من خلال السماعة .

ميزات أجهزة الاستقبال الرقمية:

١. إمكانية البرمجة ببساطة تجعل تطوير هذه الأجهزة من خلال البرمجة باستخدام برمجة أحدث ممكناً دون الحاجة لتغيير أي قطعة من مكونات الجهاز .
٢. على الرغم من أن تكلفة هذه الأجهزة أعلى من تكلفة الأجهزة التماثلية إلا أن تكلفتها النسبية قياساً بعدد المحطات تعتبر أقل .
٣. انخفاض استهلاكها للطاقة .
٤. تمتاز هذه الأجهزة بالثبات في أدائها .
٥. دقة عالية محسنه عن التماثلية .
٦. وثوقية عالية مقارنة بالتماثلية أيضا .

الارسال والاستقبال الرقمي (Digital Radio):

بعد التطور الذي حصل على الإرسال والاستقبال ألتلفازي والقفزة التي تم تحقيقها من خلال الإرسال الرقمي ، فقد ظهر ما يسمى بالراديو الرقمي حيث يتم إرسال واستقبال الصوت بتقنيه جديدة تعرف بالاتصالات الرقمية وهي تقنيه مشابهه لما يتم في (CD Player) . يتم في المرسل معالجة الإشارة التماثلية وتحويلها إلى إشارة رقمية تتكون من واحدات أو أصفار ، كما في الشكل (٣٩) تتناسب مع إشارة الصوت وبالتالي مع الأمواج الصوتية .



شكل (٣٩)

فيما يلي بعض المواصفات الفنية والميزات للإرسال الرقمي:

١ يمكن للإرسال والاستقبال الإذاعي الرقمي في حالة (FM) أن يوفر صوتا نقيا واضحا خاليا من التشويش والضجيج وبجودة تعادل جودة الاستماع للاسطوانات المدمجة (CD)، أو للصوت في الحفلات الموسيقية الكلاسيكية، وهي جودة لا يمكن أن تضاهيها جودة الإرسال التماثلي العادي.

٢ في حالة الإرسال والاستقبال الإذاعي الرقمي (AM) فان جودة الصوت الناتج عن سماعة المستقبل تكون معادلة لجودة الاستقبال الإذاعي (FM) التماثلي المستخدم حالياً. مع ملاحظة عدم التمكن من الوصول إلى نفس جودة FM الرقمي بسبب ضيق عرض المجال الترددي للقناة الإذاعية في حالة AM، ومع ذلك إلا أن تحسنا نوعيا كبيرا سيطرأ على جودة الإرسال والاستقبال الإذاعي (AM).

٣ يعتبر الإرسال والاستقبال الإذاعي الرقمي ذو مناعة عالية ضد التداخل الذي يعاني منه الإرسال والاستقبال الإذاعي التماثلي (AM) التقليدي. يحتمل حدوث تداخل بين المحطات المتجاورة (ترديا) عند الابتعاد عن المرسل (في المناطق البعيدة جدا عن المرسل).

٤ لقد عانى الاستقبال الإذاعي في مجال FM بسبب التداخل من عدم إمكانية استخدام النطاق الترددي الضيق سوى لاستقبال عدد محدود من القنوات الإذاعية فيما أصبح ممكنا مع الاستقبال الإذاعي الرقمي زيادة عدد المحطات بشكل كبير حتى إمكانية الإرسال على نفس التردد دون أن تؤثر إشارة على الأخرى.

٥ يمتاز المستقبل الرقمي عن المستقبل العادي بإمكانية حذف الإشارات غير المرغوبة نظرا لوجود كمبيوتر صغير في داخل كل مستقبل يقوم بترشيح الإشارات، وبالتالي يسمى المستقبل الرقمي بـ "المستقبل الذكي". أما المستقبل التماثلي فلا يستطيع التمييز بين الإشارة المفيدة والضجيج.

إن عملية الانتقال إلى الإرسال والاستقبال الإذاعي الرقمي سينقل التكنولوجيا المستخدمة في كل من الإرسال والاستقبال إلى مرحلة جديدة وجيل جديد. إن ذلك سيؤثر على الأجهزة المستخدمة في المنازل وسيؤثر على نطاقات الإرسال الإذاعي سواء AM أو FM.

إن كل ذلك سيتطلب مرحلة انتقالية يكون فيها الإرسال مختلطاً (رقميا وتماثليا) في نفس الوقت وذلك حتى تبقى إمكانية الاستقبال موجودة للأجهزة المستخدمة حالياً في المنازل. إن تطبيق التكنولوجيا الرقمية الحديثة سيؤدي إلى توسيع النطاق الترددي للإرسال الإذاعي ولكنه لن يؤثر على المستقبلين نظرا لاستمرارية الإرسال التماثلي لنفس المحطات الموجودة حالياً.

ميزات إضافية للمستخدم (المستمع):

يقدم الإرسال والاستقبال الإذاعي الرقمي ميزات عديدة ومتنوعة للمستمع أفضل وأكثر من تلك التي يقدمها الإرسال والاستقبال العادي:

١ خدمات أفضل في المجالات التالية :

- جودة صوت أفضل .
- إشارات قوية .
- مناعة ضد التداخل .
- سهولة اختيار المحطة .
- خدمات صوتيه جديدة (Audio on Demand) .

٢ سهولة اختيار المحطة حيث يتم اختيار المحطة من ضمن المحطات التي تظهر على شاشة الإظهار الرقمية في واجهة الجهاز ويقوم الكمبيوتر الداخلي بكافة أعمال اختيار المحطة الأخرى (المستقبل الذكي)

٣ خدمات إضافية اختيارية أخرى يمكن أن يحصل عليها المستمع على خلفية استماعه للمحطة بحيث يمكن أن يختار المستمع الاستماع إلى (نشرة الأحوال الجوية، أحوال السير على الطرق، معلومات عن المحطات، التنزيلات على الأسعار في المحلات، نشرة السوق المالي والأسهم . . . الخ) .

إن هذه التقنية الحديثة ستتطلب أجهزة استقبال جديدة رقمية تستطيع استقبال النظام الجديد وفي نفس الوقت يمكن أن تستقبل المحطات التماثلية الحالية عن طريق التوليف اليدوي العادي . تفيد الدراسات بان هذا التصميم الجديد (أجهزة الاستقبال الرقمية) سيكون ذو كلفة أعلى من الأجهزة التماثلية إلا أن ذلك سيكون مقابل تقنية عالية الجودة ونقاوة صوت مميزة .

سيكون للراديو الرقمي تأثيرا على خدمات خاصة تقدم في بعض الأحيان من خلال الحامل الفرعي (Sub Carrier Services) حيث يتم في كثير من الدول استخدام الحامل الفرعي لنقل المعلومات للأشخاص الذين لا يستطيعون القراءة .

لقد بدأ فعليا تطبيق التقنية الحديثة في الاتصالات في بعض الدول وأصبح ممكنا استقبال محطات ترسل حسب النظام المزدوج (التماثلي والرقمي) على نفس التردد الخاص بالمحطة بحيث يقوم الجهاز تلقائيا بالتحويل من نمط الاستقبال التقليدي إلى الرقمي خلال عدة ثوان .

شكل (٤٠)

أسئلة الوحدة:

١ أ أرسم جهاز الاستقبال البلوري موضحاً على الرسم أشكال الإشارات في مختلف أجزاء الدارة .

ب أذكر مساوئ وخصائص جهاز الاستقبال البلوري؟

٢ أ أرسم المخطط الصندوقي لجهاز الاستقبال المولف TRF مبينا المراحل على الرسم وأشكال الموجات المختلفة في كافة المراحل .

ب أذكر مساوئ وخصائص جهاز الاستقبال المولف TRF .

ج وضح سبب صعوبة توليف جهاز استقبال TRF ؟

٣ أ أرسم المخطط الصندوقي لجهاز الاستقبال المولف TRF مبينا المراحل على الرسم وأشكال الموجات المختلفة في كافة المراحل .

ب أذكر مساوئ وخصائص جهاز الاستقبال المولف TRF .

ج وضح سبب صعوبة توليف جهاز استقبال TRF ؟

٤ أ أرسم المخطط الصندوقي لجهاز الاستقبال الإذاعي نوع سوبرهيتروداين تعديل اتساع AM مبينا المراحل على الرسم وأشكال الموجات المختلفة في كافة المراحل .

ب وضح قيم الترددات في مختلف أجزاء ومراحل الجهاز؟

٥ أ أرسم المخطط الصندوقي لجهاز الاستقبال الإذاعي نوع سوبرهيتروداين تعديل اتساع FM مبينا المراحل على الرسم وأشكال الموجات المختلفة في كافة المراحل .

ب وضح قيم الترددات في مختلف أجزاء ومراحل الجهاز؟

٦ أ جهاز استقبال AM يستقبل محطة إذاعية بتردد (600 KHz) ، احسب التردد الذي يولده المذبذب المحلي في هذه الحالة .

ب أرسم المخطط الصندوقي لجهاز AM موجة قصيرة مبينا عليه قيم الترددات في كافة المراحل ، وارسم أشكال الإشارات في مختلف المراحل .

ج جهاز استقبال FM يستقبل محطة إذاعية بتردد (90MHz) ، احسب التردد الذي يولده المذبذب المحلي في هذه الحالة .

د أرسم المخطط الصندوقي لمرحلة مغير التردد مبينا (MW) وارسم منحنى الاستجابة الترددي مبينا قيم التردد التي تخرج من المازج محددا التردد الذي يتم الإبقاء عليه في هذه الحالة وأيها يتم الاستغناء عنه .

٧ أ أذكر أهم أنواع المذبذبات .

ب ما الفرق بين مذبذب هارتلي ومذبذب كولبتس ومذبذب كلاب ، وضح ذلك برسم دارة الرنين لكل منها .

جـ ما هو المقصود ب (VCO) ، ما هي ميزاته موضحا سبب انتشار استخدامه .

د ما هي ميزات المذبذب الكريستالي ، أرسم الدارة المكافئة للكريستاله .

٨ أ أرسم دارة كاشف تعديل الاتساع ذاكرا عمل كل عنصر في الدارة .

ب اشرح كيفية استعادة إشارة المعلومات من الإشارة المعدلة .

جـ أرسم أشكال الموجات في كافة مراحل الدارة .

د ما هو تأثير عكس قطبية الثنائي في الدارة؟

٩ أ اشرح باختصار مبدأ عمل كاشف التعديل الترددي .

ب أرسم أشكال الموجات في مختلف المراحل .

١٠ أ ما المقصود بالحجب ولماذا يستخدم .

ب أرسم مخططا يبين المراحل المختلفة لمكبرات التردد البيني .

جـ ما هي قيمة التردد البيني في حالة تعديل AM وفي تعديل FM .

د ما هو السبب في تخفيض تردد المحطة إلى قيمة التردد البيني؟

١١ أ ما هو المقصود بـ PLL .

ب أرسم المخطط الصندوقي لها شارحا مبدأ العمل باختصار .

١٢ يمتاز التعديل الترددي بنقاوة الصوت مقارنة مع تعديل الاتساع (المطال) ، علل ذلك مع التوضيح بالرسم .

١٣ أ ما المقصود بـ AGC .

ب ما المقصود بـ AFC .

١٤ وضح الفرق بين التعديل الترددي وتعديل الاتساع في كل مما يلي :

أ مدى الإرسال .

ب نقاوة الصوت .

جـ هوائي الاستقبال .

د التردد البيني .

١٥ ما هي خواص جهاز الاستقبال الإذاعي .

١٦ أ أرسم المخطط الصندوقي لجهاز استقبال رقمي واشرح مبدأ عمله .

ب ما هي ميزات جهاز الاستقبال الرقمي؟

١٧ أ عرف الإشارة الرقمية موضحا شكلها بالرسم؟

ب أذكر أهم ميزات الإرسال الاستقبال الرقمي مقارنة مع الإرسال والاستقبال التماثلي؟

جـ اشرح أهم الخواص الفنية للإرسال والاستقبال الرقمي؟

١٨ يبين الشكل (٤٥) مخططا لدارة تفصيلية لجهاز استقبال إذاعي (AM) سوبر هيتروداين ويطلب تحديد ما يلي :

أ حصر كافة مراحل الجهاز حسب المخطط الصندوقي الذي تعرفت عليه سابقا .

ب العناصر التي تحدد تردد الرنين للمذبذب المحلي .

جـ محولات التردد البيني .

د تتبع آلية توفير جهود التغذية لكافة مراحل الدارة .

هـ تتبع خط سير الإشارة ابتداءً من هوائي الاستقبال وحتى السماعة .

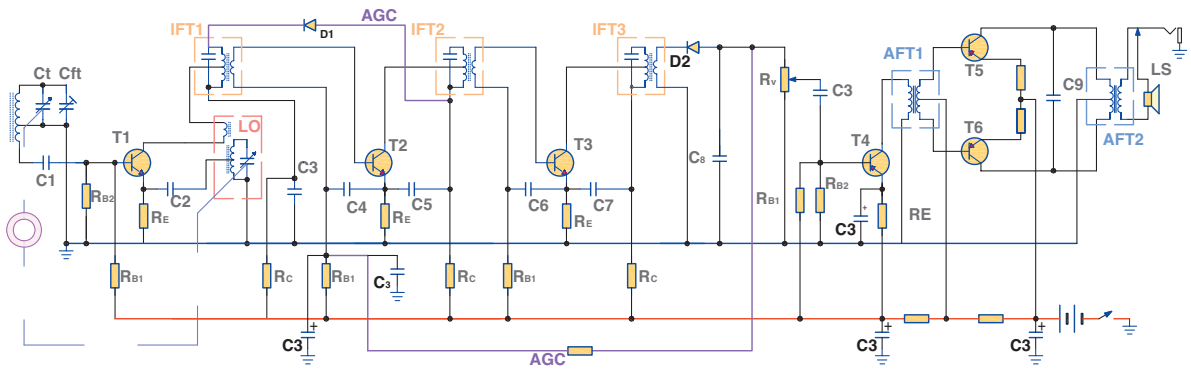
و دارات تكبير إشارة التردد السمعي ونوع مكبر الإشارة المستخدم .

ز عدد مراحل التردد البيني .

ح نوع الترانزستورات المستخدمة في الداره

ط محول الخرج السمعي

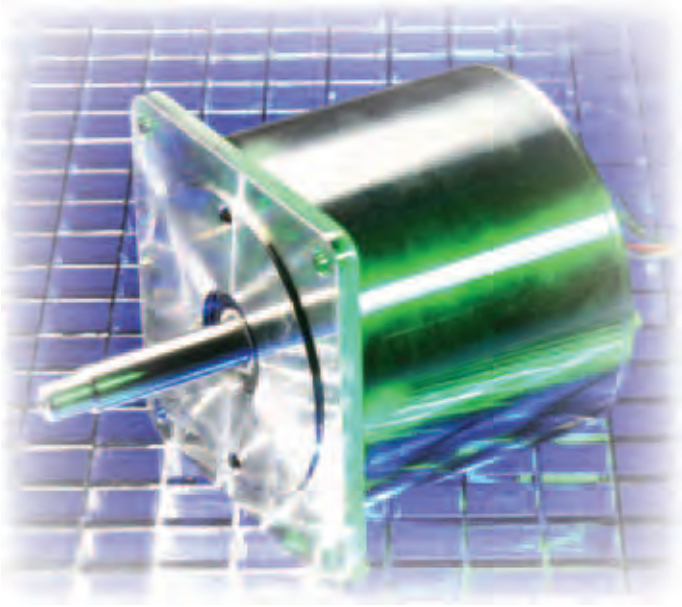
ي دارة التحكم الذاتي بالكسب .



شكل (٤١)

الوحدة ٥

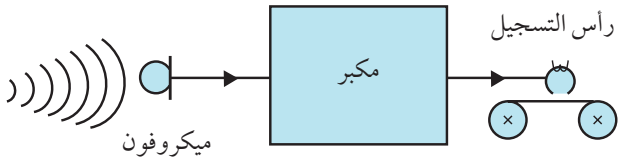
أجهزة التسجيل الصوتي



الوحدة الخامسة أجهزة التسجيل الصوتي:

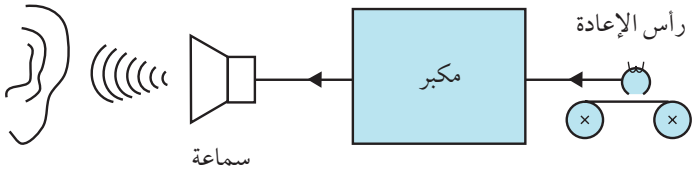
نتيجة للتزايد الهائل في حجم المعلومات والحاجة إلى تخزينها واسترجاعها في فترات لاحقة، تم صنع أجهزة التسجيل المختلفة ومنها الصوتية التي تعمل على تخزين الأصوات على شكل إشارات كهربائية والتي تتم من خلال عملية التسجيل والاسترجاع .

١ **عملية تسجيل الصوت** : هي تحويل اهتزازات الصوت إلى فرق جهد (إشارة كهربائية)، وبعدها تعالج الإشارة في عدة مراحل لتكبيرها ثم يمر التيار المكافيء للصوت في رأس التسجيل الذي هو عبارة عن مغناطيس كهربائي الذي يعيد ترتيب مغنطة شريط التسجيل بشكل متناسب مع التيار .



طريقة التسجيل

٢ **عملية الاسترجاع** : هي عملية سماع الصوت المسجل على الشريط وتتم على النحو الآتي عندما نريد سماع الصوت المسجل نمرر الشريط المغنط أمام رأس الاسترجاع الذي يتولد فيه قوة كهربائية تعتمد على قوة واتجاه المادة المغنطة الموجودة على الشريط ثم تعالج هذه الإشارة في عدة مراحل إلى أن تصل إلى السماعة التي تحول الإشارة الكهربائية إلى أمواج صوتية .



طريقة الاسترجاع .

١ أنواع أجهزة التسجيل:

تصنف أجهزة التسجيل حسب الآتي :

أولاً: حسب نوع شريط التسجيل المستخدم فيها:

١ أجهزة تسجيل البكرات .

٢ تسجيلات الكارتردج .

٣ مسجلات الكاسيت .

تعد مسجلات الكاسيت الأكثر شيوعاً في حين تستخدم مسجلات البكرات في الاستديوهات، وقد شاع استخدام مسجلات الكارتردج لفترة من الزمن في مسجلات السيارات والتي امتازت بغلاء أشرطتها، وكثرة أعطالها والذي ادى إلى عدم استخدامها حالياً.

ثانياً: حسب إمكانياتها وشكلها

١ مسجلات عادية Mono قابلة للنقل.

٢ مسجلات مع راديو (راديو كاسيت) وهي أكثر الأنواع شيوعاً.

٣ مسجلات ستيريو نقالة.

٤ مسجلات ستيريو ثابتة.

٥ مسجلات السيارات.

وسنتعرف فيما يلي على كيفية عمل المسجلات في حالاتها الثلاث:

التسجيل Recording، والاسترجاع Play، والمحو Erase.

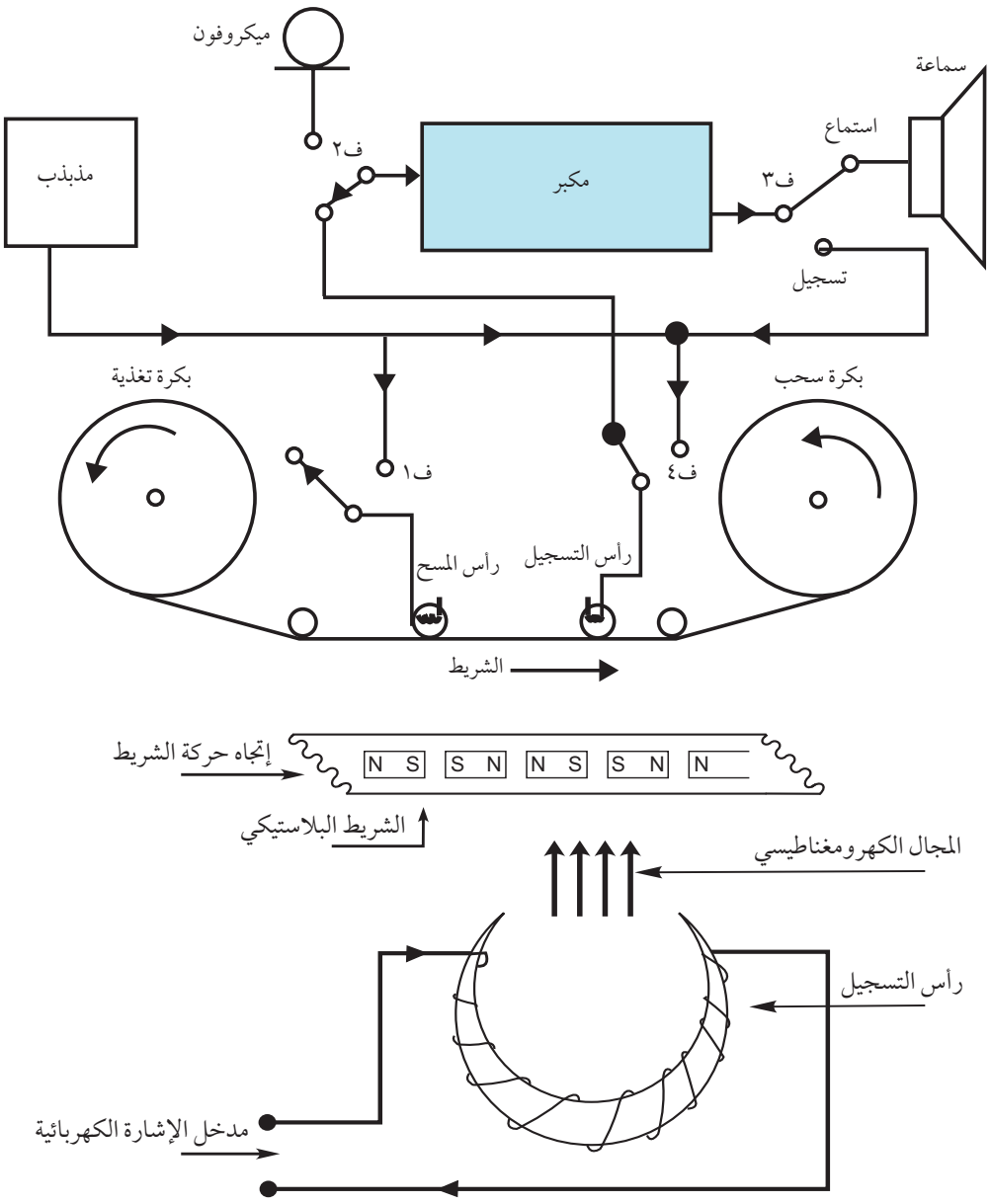
أولا: عملية التسجيل Recording:

تتم عملية تسجيل المعلومات على الشريط من خلال دارة تحوي رأس التسجيل Recording Head، والمضخم Amplifier، والمذبذب Oscillator، والنظام الميكانيكي الذي يسمح بمرور الشريط في حركة محددة، وسرعة ثابتة، ومتزامنة أمام الرأس.

تتم عملية التسجيل على شريط بلاستيكي رقيق مطلي بمادة أكسيد الحديد على شكل رقائق صغيرة تكون كمغانط صغيرة غير مرتبة ومتناثرة بشكل عشوائي، فإذا رغبنا في تسجيل حفلة موسيقية أو حديث تستخدم ميكروفون يقوم بتحويل الصوت إلى إشارة كهربائية متغيرة مكافئة للصوت.

يعمل النظام الميكانيكي على تقريب (تلاصق) رأس التسجيل من الشريط، وضبط نظام الحركة أما النظام الكهربائي فيعمل على توصيل دارات الكترونية وفصل دارات أخرى لتصل الإشارة المراد تسجيلها إلى رأس التسجيل بعد أن يتم تضخيمها بشكل كافٍ، وفي أثناء حركة الشريط أمام رأس التسجيل فأن رأس التسجيل ينتج مجالاً مغناطيسياً يتغير باستمرار حسب تغير الإشارة المكافئة للصوت، مما يجعل المغانط على الشريط تترتب وفق نموذج مغناطيسي على شكل سلسلة متتابعة من المغانط، يتناسب هذا الترتيب مع تغيرات الإشارة الكهربائية، أي أن الاختلافات في المجالات المغناطيسية من ناحية القطبية والشدة معتمدة على التردد الصوتي المطلوب تسجيله على قطعتي القطب.

يحتفظ الشريط بهذا النموذج المغناطيسي بشكل دائم ليتم استخدامه في عمليات الاستماع ويبين الشكل الأتي رسماً يوضح كيفية نقل الجهاز من حالة الاستماع إلى حالة التسجيل والدارات التي تستخدم في كل حالة مع ملاحظة أن وضع المفاتيح في حالة التسجيل.

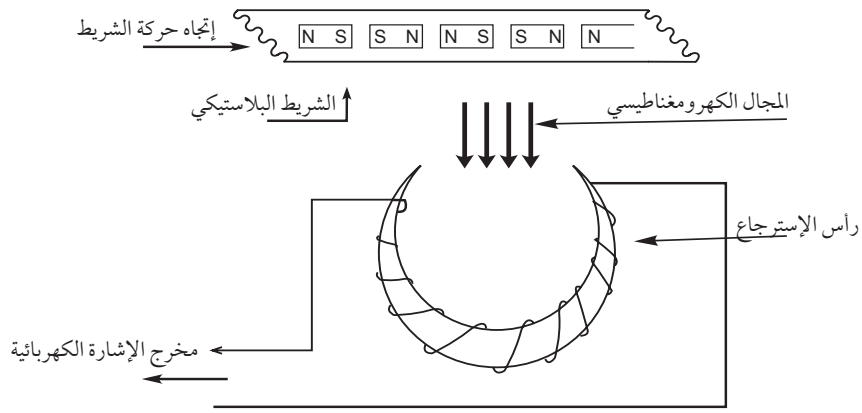


عملية التسجيل الكهرومغناطيسي للصوت

ثانياً: عملية استرجاع الإشارة المسجلة Play:

تسمى عملية سماع المادة المسجلة على الشريط بعملية استرجاع الإشارة المسجلة، وهذه العملية معاكسة في خطواتها لعملية التسجيل، حيث يتم بواسطة القسم الميكانيكي تقريب رأس الإسترجاع play head من الشريط المغنط وبواسطة القسم الألكتروني توصل دارات جديدة متصلة برأس الإسترجاع، فينتج من حركة الشريط أمام رأس الإسترجاع مرور تيار كهربائي بملف الرأس حيث يكون هذا التيار مكافئاً في تغيراته لتغيرات الترتيب المغناطيسي المسجل على الشريط، فيتم معالجة هذا التيار حتى يصل إلى السماعة التي تحوله إلى الصوت الأصلي المسجل.

الشكل الآتي يبين عملية الاسترجاع للإشارة المسجلة .



عملية إسترجاع الإشارة المسجلة

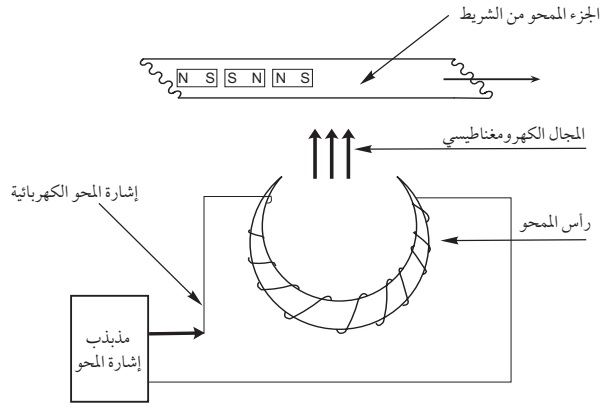
ملاحظة:

رأس الاسترجاع تكون مشابهة جداً لرأس التسجيل وهما رأس واحد مع وجود اعتبارات معينة من ناحية الفجوة المغناطيسية التي كلما كانت ضيقة جداً كانت أفضل في التجاوب مع الترددات العالية .

نتيجة لحدوث التركيب المغناطيسي في مادة الشريط بواسطة المجال الناشيء حول قطعتي القطب في رأس التسجيل بطريقة غير خطية فأنه سيحصل تشويه شديد عند اعادة سماع المادة المسجلة بسبب المغناطيسية الشاردة بالشريط ويتم مقاومة هذا التشويه بإعطاء إشارة ذات تردد فوق سماعي Supersonic يولدها مذبذب بالجهاز مع نفس الإشارة المطلوب تسجيلها على الشريط ، ونظراً لارتفاع تردد هذه الإشارة فإن لا يتم سماعها .

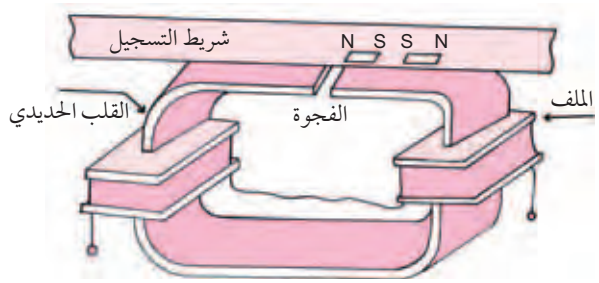
ثالثاً: عملية المسح (المحو) للشريط المغناطيسي (Erase)

تتلخص عملية مسح الشريط في المذبذب الموجود ضمن دارات الجهاز الألكترونية ، يعطي تردداً متغيراً لرأس المسح التي ينتشر أمامه مجال مغناطيسي متغير يقوم بإعادة تنظيم مغناطيسية الشريط ليتم مسح التسجيلات القديمة قبل تسجيل أي مادة جديدة ، تسمى هذه العملية بإزالة المغناطيسية (Degausing) ، ويستخدم رأس منفصل للمسح يعمل في نفس الوقت مع رأس التسجيل (في حالة التسجيل فقط) بحيث يسبقه زمنياً في العمل . والشكل المجاور يبين عملية محو المعلومات عن الشريط .



عملية محو المعلومات

٢ رؤوس جهاز التسجيل:



التركيب العملي لرأس التسجيل

تحتاج عملية التسجيل لثلاثة رؤوس هي :

١ رأس التسجيل : للتسجيل على الشريط .

٢ رأس اعادة التسجيل (الاسترجاع) : لسماع المادة المسجلة .

٣ رأس المسح : لمسح المعلومات عن الشريط قبل إعادة التسجيل عليه ، ومعظم الأجهزة تستخدم رأساً واحداً للتسجيل والإسترجاع ورأساً ثانياً لعملية المسح ، وبعض الأجهزة تستخدم رأساً واحداً للتسجيل والاسترجاع والمسح ، لها أربعة أطراف إثنان منها للمسح وإثنان للتسجيل والاسترجاع .

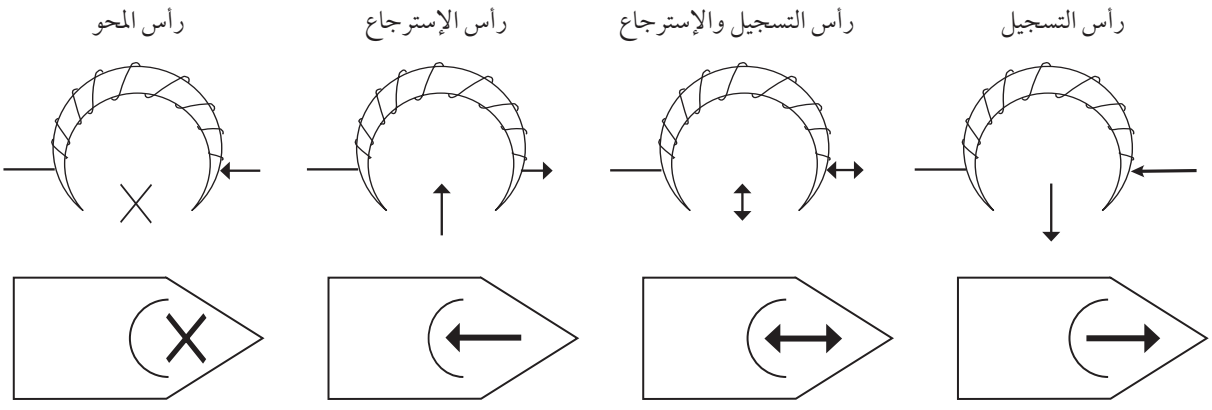
ومهما يكن الهدف من استخدام الرأس فهو يتكون مما يأتي :

١ **القلب** : يصنع من مادة سهلة التمغنط ، ومغنطتها غير دائمة كما هو الحال في الصفائح الحديدية للمحول الكهربائي .

٢ **الملف** : يحتوي الرأس على ملف واحد مثبت حول منطقة وسط القلب ، أو ملفين منفصلين مثبتين حول الأذرع الجانبية ، ويعمل على إنتاج مجال مغناطيسي مكافئ للإشارة الكهربائية أو العكس .

٣ **الفتحة** : وهي ثغرة صغيرة جداً لا تزيد عن (٠١ , ٠ملم) تملأ هذه الثغرة بمواد غير مغناطيسية وتعمل على امرار المجال المغناطيسي عير الشريط الذي ينزلق أمام الرأس لإنتاج مغناطيسيات صغيرة في طبقة الشريط عند التسجيل .

٤ **الغلاف** : غلاف معدني يحتوي جميع أجزاء الرأس لحمايتها وله فتحة أمام الثغرة الهوائية .



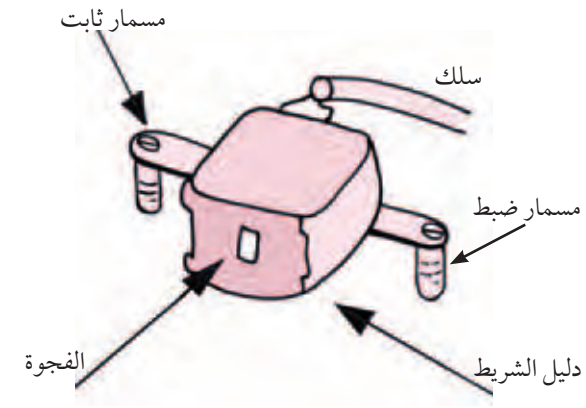
رموز الرؤوس المختلفة المستخدمة في المخططات التمثيلية .

ضبط وضع رأس التسجيل والإسترجاع:

عملية ضبط وضع الرأس تعد من الأمور الهامة والضرورية جداً بهدف الحصول على أعلى كفاءة للتشغيل بالنسبة لطرفي الشريط .

والوضع الصحيح للرأس هو أن يكون في وضع رأسي وأمام الشريط حتى يتم سماع أقوى وانقى صوت .

والتركيب الميكانيكي للرأس يسمح بضبط وضع الرأس بمعايرة مسامير الضبط الجانبية حتى نحصل على أفضل نتيجة والشكل المجاور يبين ذلك .



ضبط الرأس

تنظيف رأس التسجيل:

قد يتسخ رأس التسجيل بفعل التشغيل الطويل للجهاز ، وبفعل تأثر الرأس بطبقة أكسيد الحديد المطلية على الشريط مما يضعف الصوت ويتسبب في الضجيج والتشويش . ولإزالة هذه المواد العالقة بالرأس يوجد غاز مضغوط داخل علب يسمى Head cleaning spray يرش قليلاً منه على فتحة الرأس ، كما وأن هناك أشرطة تنظيف خاصة تباع في الأسواق ، كذلك يمكن تنظيف الرأس بواسطة فوطة مبللة بمادة كحولية مثلاً (كولونيا) .

شريط التسجيل:

الشريط هو الأداة التي تخزن عليها الإشارات الكهربائية على شكل مجالات مغناطيسية مكافئة ، ويجب أن يكون الشريط ذو مواصفات أهمها :

١ مسطحاً وناعماً ولينا .

٢ المادة المغناطيسية موزعه على طول الشريط بشكل جيد .

٣ متين حتى لا ينقطع أثناء التشغيل .

تركيب الشريط:

يتكون شريط التسجيل من قسمين هما :

١ الشريط الحامل للطبقة المغناطيسية ويصنع اما من مادة اسيتات السيليلوز أو من البوليستر ، وهو الأكثر انتشاراً لرخص ثمنه .

٢ **السطح المغناطيسي** : وهو عبارة عن طبقة رقيقة من مادة مغناطيسية تغطي الشريط ، وقد تستخدم مادة أكسيد الحديد للأشرطة المستخدمة في تسجيل الترددات المتخصصة مجال ترددها (٤٠-١٣,٠٠٠)

هيرتز، والتي لا تحتاج إلى دقة متناهية، وقد تستخدم مادة ثاني أكسيد الكروم، أو كروم الحديد، في الأشرطة التي تستخدم في الحالات التي تتطلب دقة عالية في التسجيل، ولتسجيل الترددات العالية والمنخفضة ومجال ترددها (٢٠-١٨,٠٠٠) هرتز.

وأهم ما يميز الأشرطة عن بعضها المواصفات الفنية الآتية:

١ نوع مادة الشريط. ٢ زمن الشريط. ٣ مقاسات الشريط.

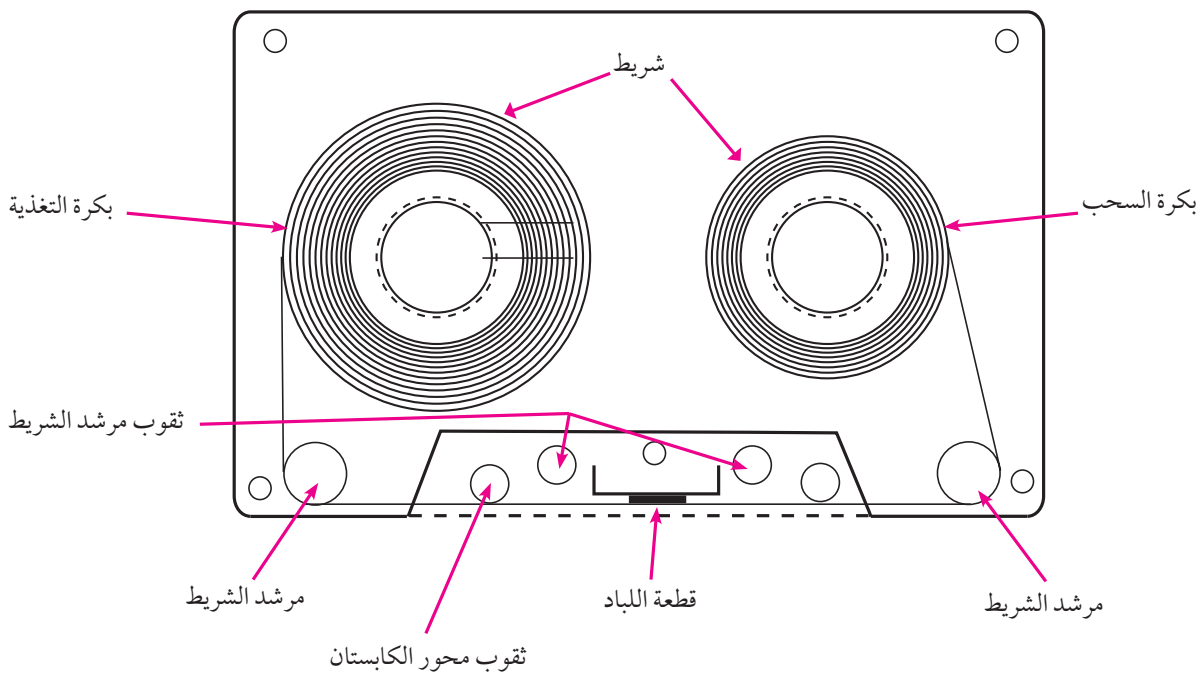
٤ عرض الشريط. ٥ طريقة تغليف الشريط.

وسنتعرض بالشرح التفصيلي لشريط الكاسيت لأنه الأكثر شيوعاً واستخداماً في الأجهزة النقالة.

٣ شريط الكاسيت:

هو شريط مغناطيسي مغلف بعلبة بلاستيكية ذات أبعاد متفق عليها دولياً بداخل العلبة بكرتات السحب والتغذية ومجوعة بكرات التوجيه (المرشدات).

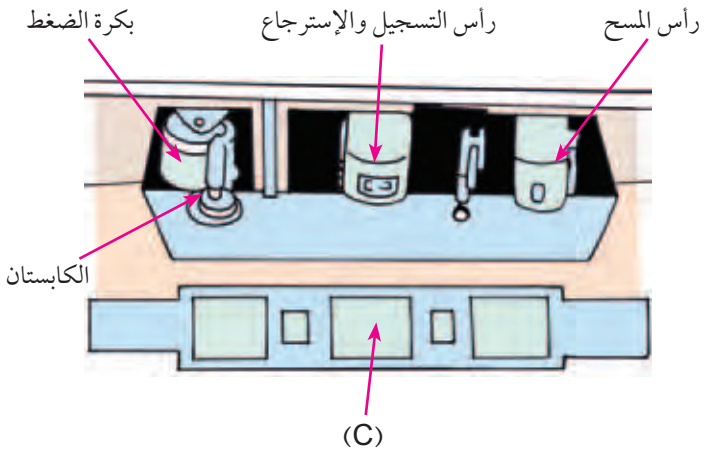
عرض الشريط $\frac{١}{٨}$ إنش وتبلغ سرعة الشريط ٥سم/ث ويبلغ طول الشريط اللازم لتسجيل ساعة واحدة (٩٠م).
تمتاز برخص ثمنها وسهولة استخدامها للتسجيل عليها.



تزود أشرطة الكاست بقطعتين بلاستيكيتين لحمايته من عملية التسجيل على كل وجه فعند كسر هذه القطعة لا يمكن التسجيل على هذا الشريط مرة أخرى.

قطعتي حماية الشريط من التسجيل عليه

تخصص فتحة الوسط لرأس التسجيل والاسترجاع، والفتحتين الجانبيتين لبكرة الضغط، ورأس المسح.



مسارات الشريط:

يقسم الشريط إلى عدة مسارات تمتد على طول الشريط، ويخصص كل مسار لتسجيل إشارة خاصة به، وعلى ضوء ذلك تقسم الأشرطة من حيث عدد المسارات إلى:

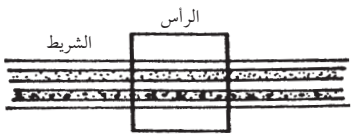
١ **الأشرطة ذات المسارين (الوجه الواحد)**: حيث يقسم الشريط إلى قسمين تسجل على كل قسم إشارة خاصة به، حيث يمر أمام رأس التسجيل والاسترجاع مساراً واحداً، وإذا أردنا تسجيل أو سماع مادة الشريط المسجلة على المسار الثاني يتوجب علينا قلب الشريط ليصبح المسار الثاني مواجهاً لرأس التسجيل والإسترجاع.

٢ **الأشرطة ذات الأربعة مسارات (الوجهين)**: يقسم الشريط إلى أربعة مسارات تسجل على كل مسار إشارة خاصة به مستقلة عن المسارات الباقية فيخصص المسار الأول والثاني لتسجيل إشارتين مستقلتين تشكلان في مجموعهما إشارة صوتية مجسمة (ستيريو) حيث تتكون إشارة الستيريو من إشارتين الأولى تسمى الإشارة اليمنى ويرمز لها بحرف R والإشارة الثانية اليسرى ويرمز لها بالحرف L ويخصص المسار الثالث والرابع لتسجيل الإشارة المجسمه (الستيريو)للوجه الثاني.

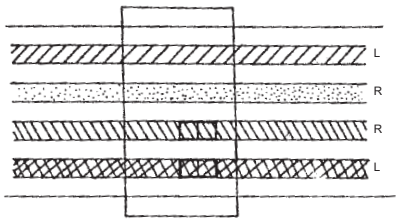
٣ **أشرطة الستيريو ذات الثماني مسارات (الأربعة وجوه)**: تقسم إلى ثمانية مسارات يخصص كل زوج منها لتسجيل إشارة مجسمة بقناتين.

مع العلم أن رأس التسجيل العادي به فتحة واحدة، لذلك يتم تسجيل مساراً واحداً واسترجاعه لكل اتجاه من الإتجاهين المتعاكسين لحركة الشريط، وهذا يناسب الأشرطة ذات الوجه الواحد والمسارين، كما في النوع الأول.

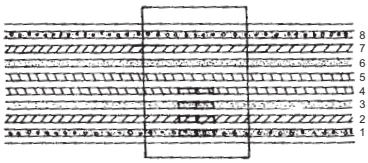
أما رأس الوجهين (الستيريو) ففيه فتحتين، فتحة لكل قناة صوتية، وبذلك يتم تسجيل مسارين واسترجاعهما في كل اتجاه من اتجاهي حركة الشريط، ويكون كل مسار مقابلاً لإحدى الفتحتين في رأس التسجيل والاسترجاع.



شريط تسجيل بقناة واحدة ومسارين



شريط ستيريو ذو وجهين وأربعة مسارات

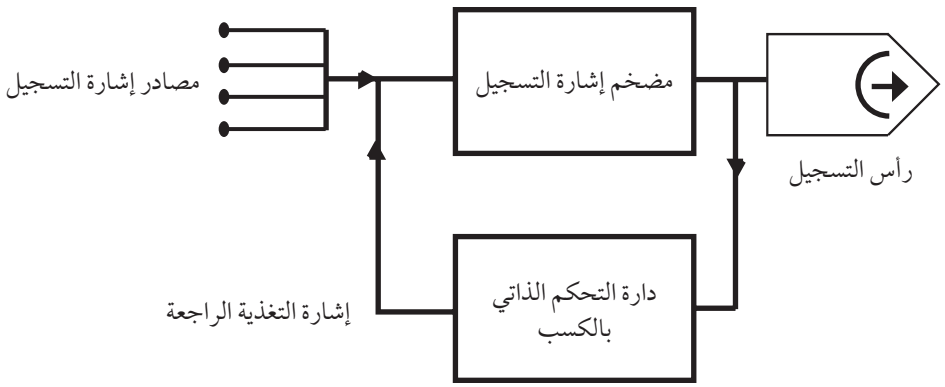


شريط ستيريو ذو أربعة أوجه وثمانية مسارات

٤ الدارات المساعدة في عملية التسجيل:

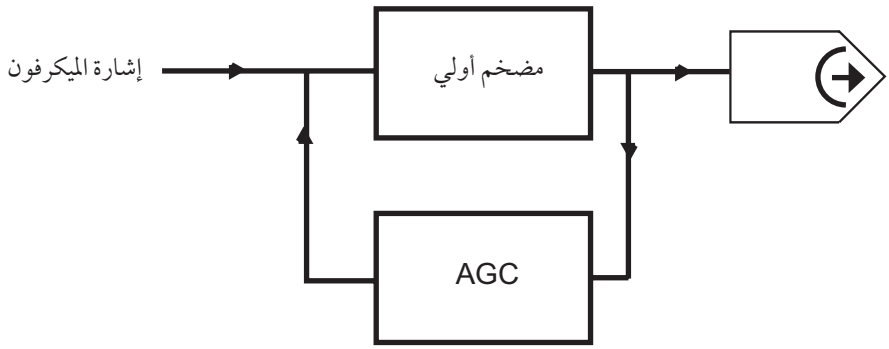
نعلم أن أجهزة التسجيل تتكون من قسمين ميكانيكي يشمل المفاتيح الميكانيكية نظام الحركة القطع الميكانيكية المختلفة، وقسم آخر كهربائي يقوم بمعالجة الإشارات الكهربائية المختلفة، ومع التطور التكنولوجي أضيف إلى الدارات الكهربائية دارات أخرى مساعدة تقوم بتحسين أداء الجهاز بشكل أفضل، هذه الدارات تختلف من جهاز إلى آخر حسب الشركات الصانعة وأهم هذه الدارات.

١ **دارات التحكم الذاتي في الكسب A.G.C (Automatic gain Control)**: تعمل هذه الدارة على التحكم في قيمة الإشارة الواصلة إلى رأس التسجيل عن طريق التحكم في كسب مضخم هذه الإشارة، حيث أن الإشارة المغذاه إلى رأس التسجيل يجب أن لا تريد قيمتها عن حد معين، حتى يتم استرجاعها دون تشويه.



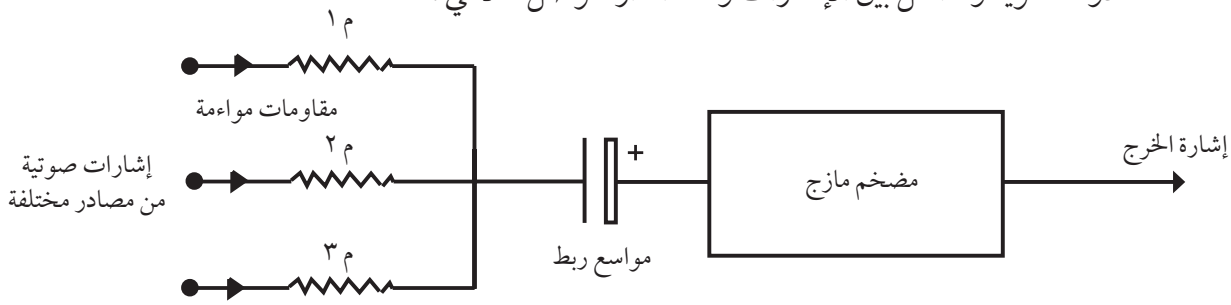
٢ **داره بيان مستوى إشارة التسجيل أو الإسترجاع**: تقوم هذه الدارة بقياس مستوى التسجيل أو الإسترجاع وإظهار قيمة الإشارة بواسطة مؤشر يتحرك على تدريج حركة متناسبة مع قيمة تيار التسجيل.

٣ **دارة تضخيم إشارة الميكرفون**: نعلم أن الإشارة الناتجة من الميكرفون تكون ضعيفة وغير كافية لأن تغذي رأس التسجيل مباشرة دون تضخيم، ولهذا توجد دارات تضخيم في أجهزة التسجيل لتضخيم إشارة الميكرفون، يتم التحكم بمقدار التضخيم عن طريق دارة التحكم الذاتي بالكسب والشكل الآتي يبين هذه الدارة.



دارة تضخم إشارة الميكرفون

٤ **دارة المضخم المازج** : تقوم هذه الدارة بمزج وتضخيم أكثر من إشارة مسموعة ناتجة من مصادر مختلفة دونما تشويه وتداخل بين الإشارات وهذه الدارة توصل كالآتي .



دارة المضخم المازج

٥ **دارة الإيقاف الآلي** : تقوم هذه الدارة بإيقاف الجهاز بطريقة آلية في العمليات التشغيلية كالتسجيل، والاسترجاع، التقديم السريع وكذلك الترجيع السريع .

٦ **داره التحكم في التوازن Balance** : توجد هذه الدارة في مسجلات الستيريو وتستخدم مقاومة متغيرة للتحكم في مضخات الإشارة عن طريق التغذية العكسية، وتعرف المقاومة بضاغط التزامن Balance .

٧ **دارة بيان إشارة الستيريو** : يضيء مصباح صغير أو ثنائي مشع للضوء للدلالة على أن الإشارة المسجلة هي إشارة ستيريو ينتج التيار المضيء للمصباح من دارة تسمى دارة بيان إشارة الستيريو .

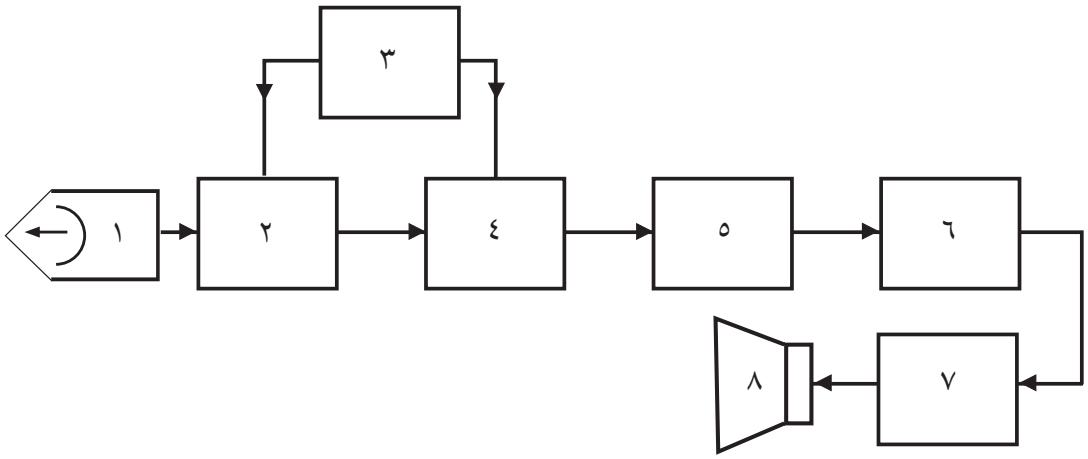
٨ **دارات التحكم والتوقيت الألكتروني** : تستخدم دارات التحكم والتوقيت الألكتروني لإجراء عمليات بطريقة الكترونية ذاتية في حال غياب الإنسان المستخدم للجهاز .

القسم الكهربائي لجهاز التسجيل:

يعمل القسم الكهربائي مع القسم الميكانيكي في جهاز التسجيل معاً بحيث يكمل عمل أحدهما الآخر وسنأتي على شرح القسم الكهربائي أولاً .

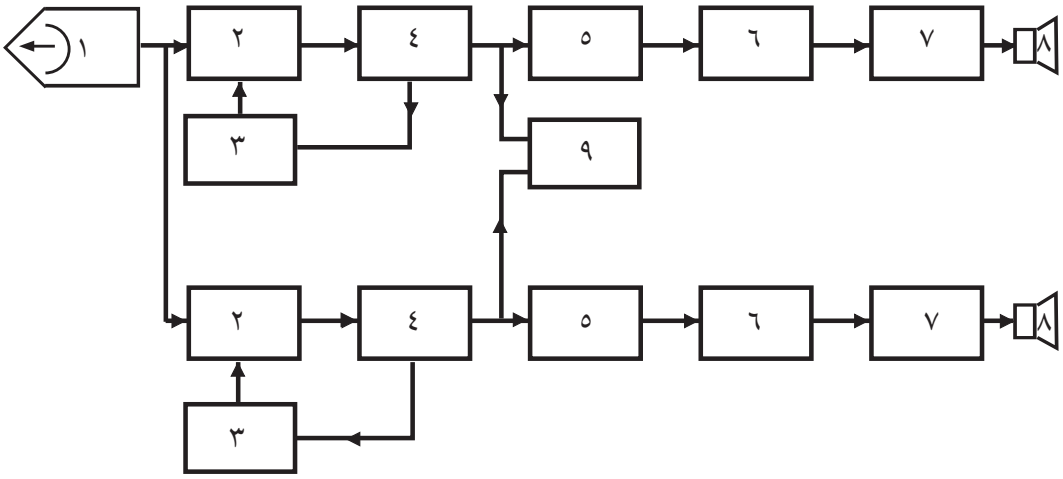
المخطط الصندوقي لجهاز التسجيل في حال الإسترجاع:

يبين الشكل التالي مخططاً صندوقياً لجهاز تسجيل صوتي بقناة واحدة في حال الإسترجاع .



مخطط صندوقي لجهاز تسجيل صوتي بقناة واحدة في حالة الإسترجاع .

كما يبين الشكل التالي مخططاً صندوقياً لجهاز تسجيل صوتي (ستيريو) بقناتين في حالة الإسترجاع .



مخطط صندوقي لجهاز تسجيل صوتي (ستيريو) بقناتين في حالة الإسترجاع .

ويلاحظ أن كلا المخططين متشابهين غير أن الدارة في الشكل الأول مكررة مرتين في المخطط الثاني والدارة الإضافية هي ضابط التوازن Balance ، وهي دارة تعمل على التحكم في كسب مضخمي القناتين بشكل معاكس بحيث أن زيادة كسب أحدهما يؤدي إلى نقص كسب الآخر ، وبهذا يتم التحكم في توزيع الصوت بين القناتين ويمثلها المربع رقم (٩) وسنشرح وظيفة هذه المراحل :

١ رأس الاسترجاع : يحول النموذج المغناطيسي المسجل على الشريط إلى تيار كهربائي مكافئ .

٢ مضخم التحكم الذاتي لمستوى الإشارة المسترجعة : يعمل على تضخم الإشارة إلى المستوى المناسب المرغوب فيه .

٣ كاشف التحكم الذاتي في مستوى الإشارة المسترجعة، يعمل بطريقة التحكم الذاتي بالكسب عن طريق التغذية العكسية حيث يتحكم بخرج المضخم.

٤ المضخم الأولي الأول: وهو مضخم ذو مستوى ضجيج منخفض يعمل على تضخيم الإشارة القادمة من مضخم مستوى الإشارة المسترجعة.

٥ ضابط التحكم بالنغم To: يعمل على التحكم باستجابة دارة التضخيم لمركبات الإشارة ذات الترددات المختلفة بحيث يتم التحكم بنوعية الصوت.

٦ المضخم الأولي الثاني: يعمل على تضخيم ڤولطية الإشارة إلى المستوى الملائم.

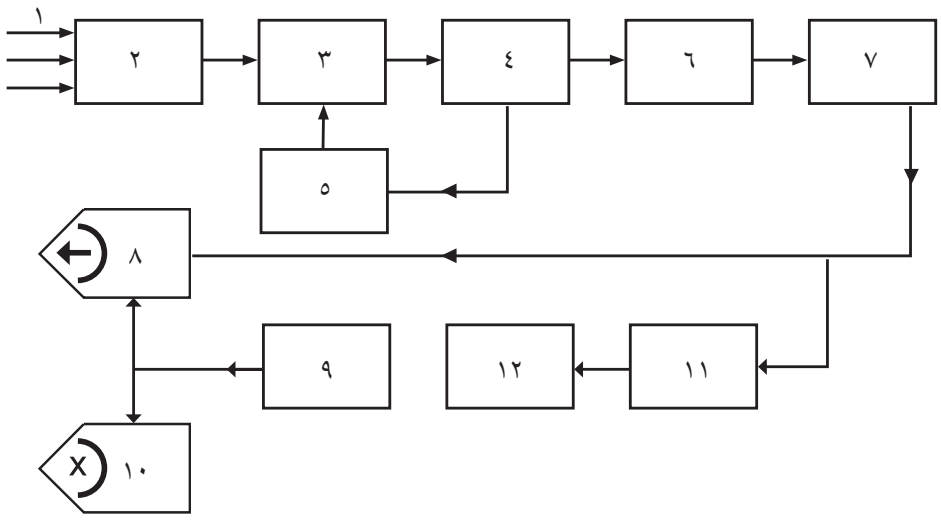
٧ مضخم القدرة: يعمل على تضخيم قدرة الإشارة إلى الحد المناسب لتزويدها إلى السماعة.

٨ السماعة: تحول الإشارة إلى صوت مشابه للصوت الأصلي.

٩ داره التغذية: تقوم بتحويل الڤولطية المتناوبة إلى ڤولطية مباشر وتعمل على تثبيتها حتى لا يتأثر تغير ڤولطية المصدر أو يغير تيار الحمل.

المخطط الصندوقي لآلة التسجيل في حالة التسجيل:

يبين الشكل مخططاً صندوقياًلجهاز تسجيل بقناة واحدة في وضع التسجيل حيث يعمل الجهاز في هذه الحالة بشكل معاكس لعمله في حالة الإسترجاع.



مخطط صندوقي لجهاز تسجيل بقناة واحدة في حالة التسجيل

ويتكون من المراحل الآتية:

١ مصادر الإشارة المسموعة المراد تسجيلها (ميكرفون، راديو، مسجل آخر، تلفزيون، . . . إلخ).

٢ دارات توفيق الممانعة: لتوفيق ممانعة دخل جهاز التسجيل وممانعة خرج مصدر الإشارة، ذلك لضمان نقل أقصى قدر ممكن من الطاقة إلى جهاز التسجيل.

٣ ، ٤ مرحلتا تضخيم أولي : تعملان على تضخيم الإشارة والتحكم بمستواها ذاتياً .

٥ مرحلة الكشف والمقارنة لمستوى إشارة التسجيل : تتحكم بعمل المضخمات .

٦ ، ٧ مرحلتا تضخيم : تعطي احداهما تضخيماً عالياً كما يتم في الأخرى التحكم في التضخيم .

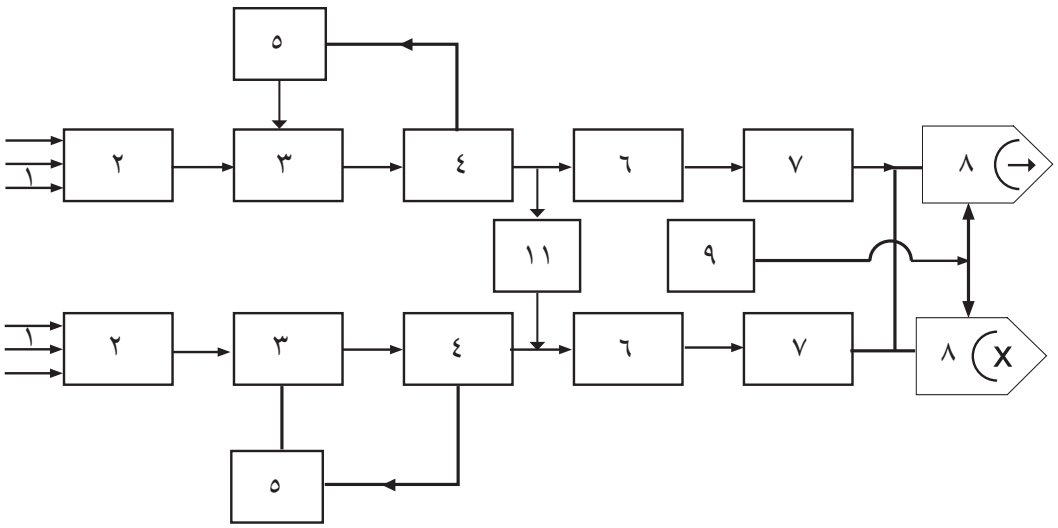
٨ رأس التسجيل : يعمل على تحويل الإشارة المراد تسجيلها إلى تغيرات مغناطيسية مكافئة تسجل على الشريط .

٩ مولد ڤولطية الإنحياز : يولد إشارة متغيرة ذات تردد عالي من (٤٠-٩٠) كيلوهيرتز ويزود كل من رأسي التسجيل والمسح بڤولطية الانحياز اللازمة لكل منهما .

١٠ رأس المسح : يعمل في حالة التسجيل فقط ويعمل على إزالة أي نماذج مغناطيسية مسجلة على الشريط قبل أن يمر الشريط على رأس التسجيل .

١١ مغذي مبين التسجيل : دارة تأخذ جزءاً من الإشارة الواصلة إلى رأس التسجيل وتقوم بتحليلها وتغذيتها إلى مبين التسجيل .

١٢ مبين التسجيل : يبين مستوى الإشارة التي يتم تسجيلها وهو أما أن يكون ميكانيكياً (بمؤشر) أو الكترونياً ثنائيات مضيئة تتوهج حسب مستوى المركبات المختلفة للإشارة المسجلة .



مخطط صندوقي لجهاز تسجيل (ستيريو) بقناتين في حالة التسجيل

٥ القسم الميكانيكي لجهاز التسجيل:

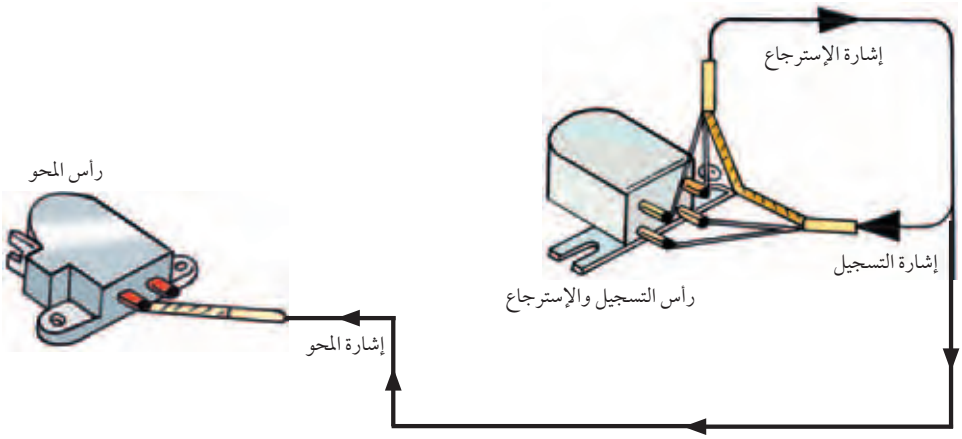
يقصد بالقسم الميكانيكي تلك القطع غير الإلكترونية التي تؤدي أعمالاً ميكانيكية وكذلك القطع الكهروميكانيكية التي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية .

مكونات القسم الميكانيكي لجهاز التسجيل:

١ **المحرك الكهربائي** : وظيفته تحويل القدرة الكهربائية إلى حركة دورانية تنقل بطرق مختلفة إلى بكرات الشريط، لتعمل على تمريره أمام الرؤوس المغناطيسية لجهاز التسجيل ويغذى المحرك بتيار مستمر عند ڤولطية منخفضة، يثبت المحرك على جسم جهاز التسجيل المعدني ببراغي، ومخدات مطاطية لمنع الاهتزاز أثناء الحركة الدورانية، كما يثبت على محوره بكرة صغيرة لوضع السير المطاطي الذي ينقل الحركة إلى باقي الأجزاء الميكانيكية المكونة لنظام الحركة .

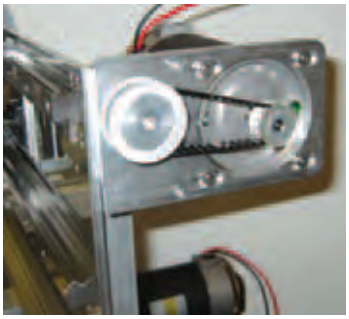
المحرك المستخدم في أجهزة التسجيل .

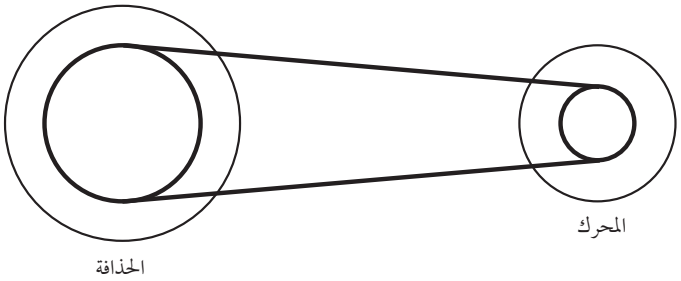
٢ **رؤوس التسجيل والاسترجاع والمحو** : وقد سبق شرحها .



رسم مبسط يوضح رؤوس التسجيل والإسترجاع والمحو

٣ **البكرة الحذافة Fly wheel** : عبارة عن قطعة معدنية مصمتة، ودائرية الشكل وزنها ثقيل لتعمل على استقرار، وتوازن الدوران، وثبات السرعة، يوجد حولها مجرى يربط عليه سير مطاطي يجمع العجلة الحذافة والمحرك الكهربائي .

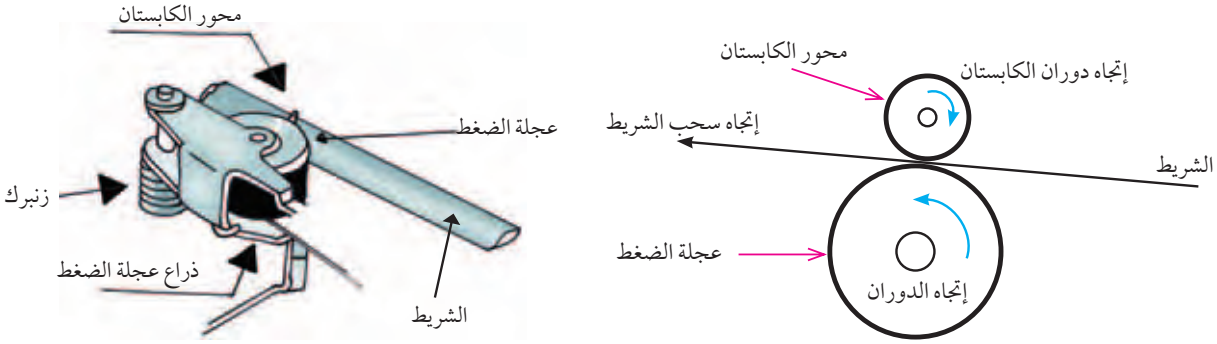




العجلة الحذافة

٤ **محور الرحوية Capstan**: هو المحور الذي يدور مقابل الشريط بحيث يقوم بسحب الشريط أمام الرؤوس بسرعة ثابتة، وذلك خلال عملية التسجيل والاسترجاع عن طريق حشر الشريط بينه، وبين عجلة الضغط، والكابستان مثبت في مركز العجلة الدوارة.

٥ **عجلة الضغط**: تعمل عجلة الضغط على تحديد سرعة مرور الشريط بينها، وبين محور الرحوية بقوة ضغط مناسبة من خلال زنبرك، والشكل الآتي يوضح عجلة الضغط ومحور الرحوية.



حركة الشريط بين المحور والعجلة الضاغطة

نظام الحركة:

يربط السير المطاطي الرئيسي في الجهاز بين البكرة الموجودة على الموتور وبين الحذافة المعدنية بالجهاز التي تزيد السرعة، ويكون محور دوران الحذافة هو الكابستان الذي تنطبق عليه عجلة الضغط والتي تسمى (سحّابة الشريط).

ويوجد سير مطاطي فرعي يربط بين بكرتي الحركة السريعة إلى الأمام Fast Forward (F.F) وإلى الخلف Rewind ويتم الحصول على هذه الحركة السريعة نتيجة وجود بكرات مختلفة تعمل بطريقة الإحتكاك تنقل الحركة بواسطة السيور أو بواسطة احتكاكها مع الحذافة.

وسنوجز نظام الحركة في الخطوات التالية :

عند ضغط مفتاح الاسترجاع play فإن الأمور تسير كما يلي :

١ تتقدم المجموعة الميكانيكية لتدفع مفتاح ميكروي (متمماً) يقوم بتوصيل التيار للجهاز والموتور .

٢ تقوم عجلة الضغط بضغط الشريط على الكابستان .

٣ تدفع للأمام رأس التسجيل والاسترجاع ليواجه ضغط لباده السند الموجودة بالشريط .

٤ يمر الشريط خلال الدليل الموجود في رأس التسجيل والاسترجاع .

٥ يدفع إلى الأمام رأس المحو Erase ، ويأخذ الشريط مكانة ليتولى رأس المحو مسحه قبل وصوله إلى رأس التسجيل والاسترجاع ، وهناك أيضاً توجد عناصر ميكانيكية تساعد على نقل حركة المحاور والبكرات الدوارة بواسطة استخدام الكبسات ، وتسمى الروافع الميكانيكية ، حيث تأخذ الرافعة اسمها من طبيعة العمل الذي تقوم به والكبسة التشغيلية التي تتصل بها . كذلك تستخدم أجهزة التسجيل عدد كبير من الزنبركات ذات الأشكال المختلفة ، حيث تقوم الزنبركات بوظائف عديدة : أهمها ضغط الأجزاء الميكانيكية حتى نحصل على قوة ضغط ثابتة في النظام الحركي .

تعاد الأجزاء الميكانيكية إلى أوضاعها الأساسية بعد إتمام مهمتها نتيجة ضغط كبسة معينة من كبسات التشغيل كما وتوجد في الأجهزة مجموعة كثيرة من القطع الميكانيكية ذات الأشكال ، والأبعاد المختلفة التي تعمل بمجموعها على تحقيق نظام الحركة للقسم الميكانيكي .

مفاتيح التشغيل والتحكم المختلفة لجهاز التسجيل:

تتكون ضوابط التحكم في الجهاز من مفاتيح ، إما دورانية أو انزلاقية تعمل على التحكم بعلو الصوت Volume ونغمة الصوت Tone والتوازن Balance في حالة الستيريو ومفتاح التغذية Power on/off .

أما كبسات التشغل فهي التي تحدد العمليات التشغيلية للجهاز وهي عبارة عن كبسات ميكانيكية تتصل بروافع وفيزلقات التشغيل فأنها تقوم بتجهيز الترتيبية الميكانيكية اللازمة وكذلك تشغيل الدارات الكهربائية للجهاز الملائمة لوضع هذه الكبسة .

والشكل الآتي يبين رموز الكبسات المختلفة في جهاز التسجيل :

اسم الكبسة	رمزها	ما يكتب عليها الإنجليزية	
مفتاح التشغيل	▶	play	play
مفتاح التسجيل	●	REC	Record
مفتاح التقديم السريع	▶▶	F.F	Fast Forward
مفتاح الترجيع السريع	◀◀	Rew	Rewind
مفتاح الايقاف	■	stop	stop
مفتاح الايقاف المؤقت	⏸	pause	pause
مفتاح لفظ الشريط	⏏	EJE	EJECT

الترتيبات الميكانيكية في الأوضاع المختلفة لجهاز التسجيل:

يؤدي جهاز التسجيل وظائف مختلفة في الإسترجاع، والتسجيل، والتقديم السريع، والإرجاع السريع، والإيقاف المؤقت، وفي كل وظيفة من هذه الوظائف تختلف الترتيبات الميكانيكية للجهاز لتؤدي الغرض المطلوب من العملية، وسنوجز شرح الترتيبات الميكانيكية في الحالات المختلفة لجهاز التسجيل :

١ **حالة الاسترجاع** : يتم اختيار هذه الحالة بالضغط على كبسة الاسترجاع فتتقدم رافعة الاسترجاع لتدفع مفتاح ميكروي يوصل التيار الكهربائي للمحرك. وكذلك يتحرك رأس الإسترجاع بحيث يلامس الشريط المغناطيسي، وتقوم رافعة الاسترجاع بدفع بكرة احتكاك لتمس قاعدة بكرة السحب لتعمل على سحب الشريط بعد مروره بالرؤوس والكابستان ولفه على بكرته ضمن الكاسيت، أما قاعدة بكره التغذية فهي تدور بقوة سحب الشريط منها فقط، وتكون الدارات الكهربائية مهيئة لحالة الإسترجاع لذلك فإن الصوت يسمع من السماعة.

٢ **حالة التسجيل** : حتى يكون المسجل في حالة التسجيل تضغط كبسة التسجيل Rec إضافة إلى كبسة الاسترجاع، فتبقى الترتيبة السابقة للبكرات نفسها إضافة إلى أنه يتم تحريك رأس التسجيل ورأس المحو ليلامسان الشريط كما تعمل رافعة ميكانيكية على إدخال الدارات الكهربائية الخاصة بعملية التسجيل بتغير وضع المفتاح الكهربائي الميكروي، فتتم عملية محو المعلومات السابقة عن الشريط وتسجيل المعلومات الجديدة عليه بالتتابع.

٣ **حالة التقديم السريع** : في هذه الحالة تكون رؤوس الجهاز بعيدة عن الشريط فتقوم رافعة ميكانيكية معينة بإدخال بكرة ذات قطر كبير في وضع تعشيق مع البكرة الرحوية، وفي نفس الوقت تصل بكرة اللف السريع بين هذه البكرة الدوارة، وبكرة سحب الشريط فتدير بكرة سحب الشريط بسرعة باتجاه أمامي، ويعمل محور الرحوية كموجة للشريط، وتكون بكرة تغذية الشريط حرة لتدور مع عملية سحب الشريط .

٤ **حالة الإرجاع السريع** : تشبه تماماً حالة التقديم السريع غير أنه عند ضغط كبسة الإرجاع السريع فإن بكرة اللف السريع تصل بين البكرة الدوارة، وبكرة تغذية الشريط، فيدور النظام باتجاه عكسي، وتكون بكرة سحب الشريط في وضع حر لتدور مع عملية السحب .

٥ **حالة البحث السريع الأمامي والعكسي** : التركيبة الميكانيكية لهذه الحالة هي نفس التركيبة الميكانيكية لعملية التقديم السريع أو الإرجاع السريع، غير أن رأس الاسترجاع يكون ملامساً للشريط والدارات الكهربائية لحالة الاسترجاع موصولة إلى أن يتم التعرف على المادة المرغوب فيها فتحرر كبسة البحث السريع التي تعمل فقط باستمرار الضغط عليها، ومع تحررها تصبح التركيبة الميكانيكية هي تركيبة الاسترجاع، ويصبح المسجل في حالة الاسترجاع، هذه العملية لا توجد في جميع الأجهزة وخاصة القديمة منها .

٦ **حالة الإيقاف المؤقت pause** : تستعمل هذه الحالة فقط لإيقاف الشريط عن الحركة دون وضع المسجل بحالة التوقف stop، وذلك خلال حالتي التسجيل، والاسترجاع فقط، وتتم برفع بكرة الضغط عن محور الكابستان وأبعاد البكرة الإحتكاكية عن بكرة السحب، وعند رفع كبسة الإيقاف المؤقت يعود المسجل للعمل بالحالة التي كان يعمل بها .

٦ القرص المضغوط CD- Player Compact Disk:

درست سابقا عن عملية تخزين المعلومات بالأشرطة المغناطيسية، وفوئدها في عملية إسترجاع المعلومات ولكن مع تطور الحياة أصبحت تلك الأجهزة قليلة الإستخدام لصغر سعتها وإمكانية تلفها بسهولة وحاجتها بالعادة للمعالجة التماثلية .

ومع تطور العلوم الرقمية وخاصة الإتصالات في مجال الألياف الضوئية أصبح من الممكن تخزين كم هائل من المعلومات وبجودة ممتازة في إسطوانات الألياف الضوئية وهنا سندرس CD player الإسطوانات المضغوطة

ومع تطور العلوم بهذا المجال ظهر ما يعرف بـ DVD ذا سعة تفوق CD واصبح هذا المجال واسع النطاق للشركات المنتجة .

مكونات جهـاز CD:

١ **الإسطوانة** : تقسم الى عدة طبقات منها :

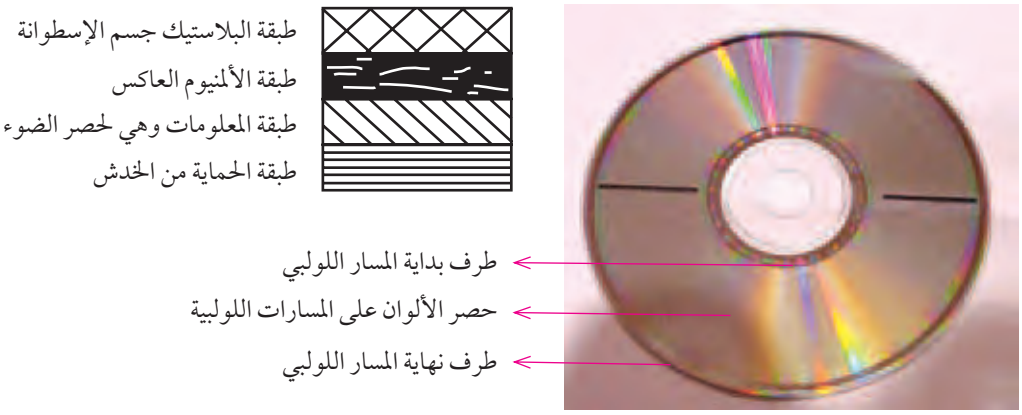
أ الطبقة البلاستيكية : وتشكل جسم الإسطوانة .

ب طبقة العاكس : وتصنع من الألمنيوم .

جـ طبقة المعلومات : لتخزين المعلومات وتصنع من الألياف البصرية fiber optics .

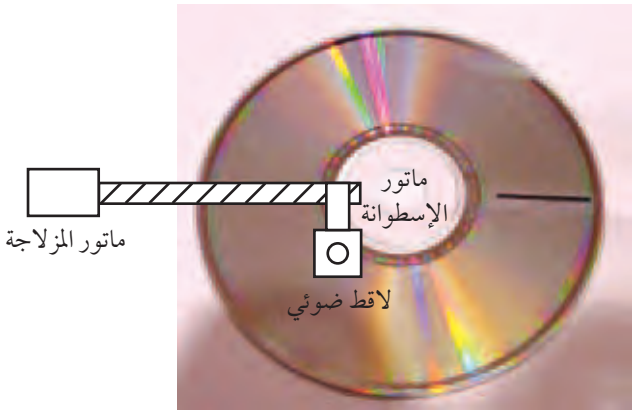
د طبقة للحماية من الخدش : وتصنع من الكريلك .

والشكل التالي يبين هذة الطبقات الأربع :



طريقة عمل الإسطوانة:

تخزن المعلومات على الإسطوانة بمسارات لولبية الشكل، يتم إسترجاعها بإستخدام ما يسمى باللاقط الضوئي الذي يتم تحريكه ميكانيكيا، وسنتعرض لشرحه بالتفصيل لاحقا . والشكل التالي يبين مبدأعمل القراءة (الإسترجاع) .



٢ **نظام الحركة الميكانيكية :** ويتم بمساندتها تحريك لاقط الضوء لقراءة المعلومات من الإسطوانة، وهذه الحركة تقسم الى :

أ حركة دوران الإسطوانة أمام اللاقط Splindle بسرعة تتراوح من ٢٠٠ – ٥٠٠ دورة بالدقيقة .

ب مزلجة اللاقط باتجاه قطري مداه نصف قطر الإسطوانة sled .

والأجهزة المساعدة على الحركة الميكانيكية تقسم الى :

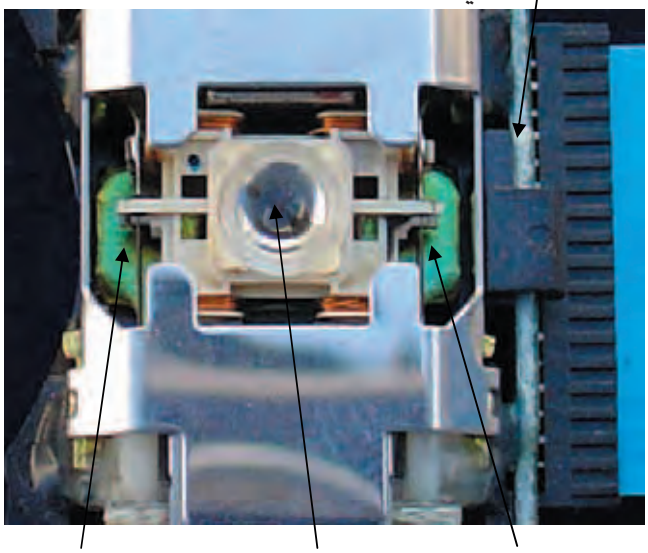
أ محرك المزلاجة Sled Motor .

ب محرك صينية قرص الإسطوانة Disk Motor- spindle .

ج بكرة نقل الحركة .

د ترس عاكس للحركة .

٣ **اللاقط الضوئي :** يقوم بقراءة المعلومات المخزنة على الإسطوانة بإصدار شعاع الليزرمن ثنائي الليزر (laser diode) الذي ينعكس عن طبقة الألمنيوم حاملاً معه المعلومات المضغوطة على الإسطوانة، ثم يتم إستقبال هذا الشعاع الذي يحمل المعلومات بواسطة الثنائي الضوئي (photo diode) .



مراحل دوائر الإسطوانة المضغوطة:

١ **مكبر التردد العالي RF AMP :** تمر الأشارة بعد عملية الإستقبال الى مكبر إشارة تردد راديوي RF حيث تكبير وترمز في مرحلة معالج الإشارة التماثلية ASP .

٢ **معالج الإشارة الرقمية DSP :** وهذا المعالج مسؤول عن فك الترميز، ومعرفة مدى صحة المعلومات ومعالجتها .

المرشح الرقمي: تأتي عملية الترشح وأخراج المعلومات الرقمية بعد معالجتها في المرحلة السابقة للتخلص من الترددات العالية، حيث يمرر إشارة المعلومات فقط للمرحلة التالية.

٣ **ذاكرة الوصول المباشر RAM**: لحفظ المعلومات مؤقتا لغاية معالجتها وتحويلها الى تماثلية.

٤ **تحويل الإشارة الرقمية الى تماثلية**: ويتم بواسطة ما يعرف Digital to Analog converter D/A، ثم تمرر الى مكبر AMP لإخراجها الى مرحلة الخرج السمعي.

يقوم السيرفو Actuator بالمواءمة بين سرعة دوران القرص وسرعة المزلاج ومدى بؤرة تركيز الشعاع، وتتابع تركيز الشعاع tracking، ويقوم حاكم الأنظمة System controller بالتحكم بالعملية السابقة كما ويقوم بالبحث الميكانيكي وتحديد نهايات الإسطوانة والتحكم في مفاتيح التشغيل.

أسئلة الوحدة:

١ ماهو الشريط وماهي مكوناته، ومواصفاته.

٢ بين كيف تتم عملية التسجيل في جهاز التسجيل.

٣ ما فائدة عملية التسجيل المغناطيسي.

٤ ارسم مخططا صندوقيا يبين المراحل الرئيسية لجهاز تسجيل بقناة واحدة في وضع التسجيل.

٥ ما فائدة عملية المسح في جهاز التسجيل، واشرح كيف تتم؟

٦ ما الفرق بين عمليتي التسجيل والاسترجاع من حيث عمل الرؤوس.

٧ مم يتكون رأس التسجيل في جهاز التسجيل؟ وماهو رمزه؟

٨ ما هي مكونات جهاز الـ CD؟

٩ حدد عمل اللاقط الضوئي في CDs.

١٠ قم بشرح مبدأ عمل الـ CDs.

الوحـــدة ٦

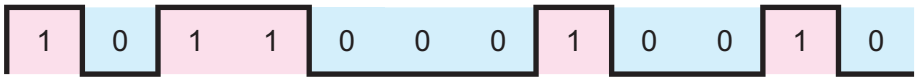
أنظمة الإتصالات الرقمية

الوحدة السادسة أنظمة الاتصالات الرقمية:

درست في وحدة سابقة انظمة الاتصالات التماثلية والتعديل بطريقتي تعديل الاتساع والتعديل الترددي (AM - FM) وفي هذا الباب سنتعرف الى أسس انظمة الاتصال الرقميه وبعض طرق التعديل المستخدمه .

لقد رأينا في تعديل الاتساع والتعديل الترددي انه تم تحميل الاشارة التماثلية على اشارة تماثلية اخرى فكان كل من اشارة الحامل واشارة المعلومات تماثلية .

يمكن ان تكون اشارة المعلومات رقميه (صفر او واحد منطقي) وهي قطار من الـ (bits) كما هو مبين في الشكل بحيث يمكن لكل خانة (bit) أن تاخذ احد الإحتمالين (إما صفر أو واحد) .



تمتاز الاشارة الرقمية عن التماثلية بأنها لا تتأثر بسهولة بإشارات التشويش التي يمكن ان تصاحب الاشارة التماثلية . ومن هنا بدأ انتشار الاتصالات الرقمية بحيث يتم تحويل اشارة المعلومات التماثلية الى اشارة رقمية قبل تحميلها على اشارة التردد العالي وارسالها وسنستعرض هذا الموضوع في وقت لاحق من هذه الوحدة . وفي مبدأ الاتصالات الرقمية كما في الاتصالات التماثلية يتم تحميل اشارة المعلومات على اشارة الحامل ، ويوجد هنا عدة حالات لعملية التحميل :

١ كل من اشارتي المعلومات والحامل تماثلية . (حالتي التعديل التي درستهما سابقا) .

٢ اشارة المعلومات رقميه والحامل تماثلية .

٣ كلا الاشارتين رقمية .

لقد درست في الوحدة الثالثة الحالة الأولى عند دراستك للتعديل الترددي وتعديل الاتساع ، وهنا سندرس الان الحالة الثانية حيث تكون اشارة المعلومات رقمية فيما تكون اشارة الحامل تماثلية (جيبية) .

١ تضمين إمرار النطاق (BPM Band Pass Modulation):

الإقفال:

يطلق على عملية تحميل إشارة المعلومات الرقمية على اشارة حامل تماثلية بالاقفال ، وهناك عدة أنواع للإقفال تبعاً لمعاملات إشارة الحامل وهي :

١ الإقفال بإزاحة المطال (الإتساع) ASK .

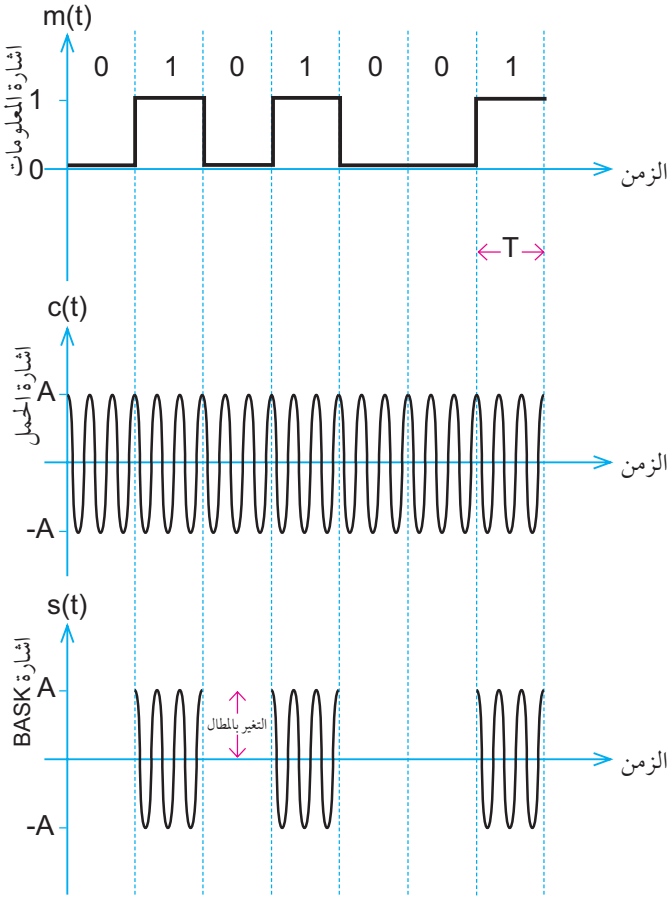
٢ الإقفال بإزاحة التردد FSK .

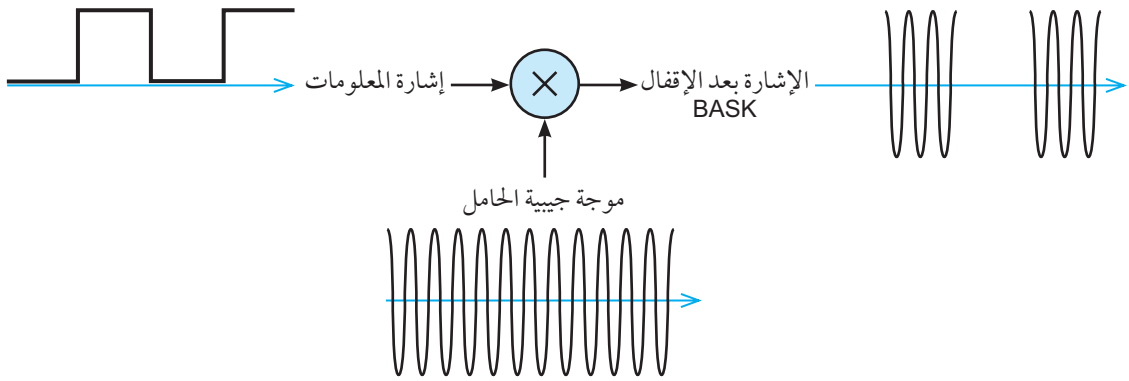
٣ الإقفال بإزاحة الطور PSK .

١ الإقفال بازاحة المطال (Amplitude Shift Keying) (ASK):

يتم هذا النوع من التضمين بتغيير مطال الموجة الحاملة، وذلك بتحميل إشارة المعلومات الرقمية على إشارة الحامل التماثلية، يبين الشكل طريقة الاقفال بإزاحة المطال لإشارة ثنائية (Binary) ويلاحظ هنا أن شكل الاشارة الناتجة عن الاقفال تحتمل إما وجود موجه (خلال فترة 1 منطقي) أو تكون مساوية للصفر عندما تأخذ إشارة المعلومات وضعية 0 منطقي، يطلق على هذا النوع من التعديل (BASK) نظرا لأن إشارة المعلومات ثنائية(Binary).

يبين الشكل طريقة الحصول على إشارة الإقفال بإزاحة المطال حيث يتم ضرب إشارة المعلومات بإشارة الحامل الجيبية.

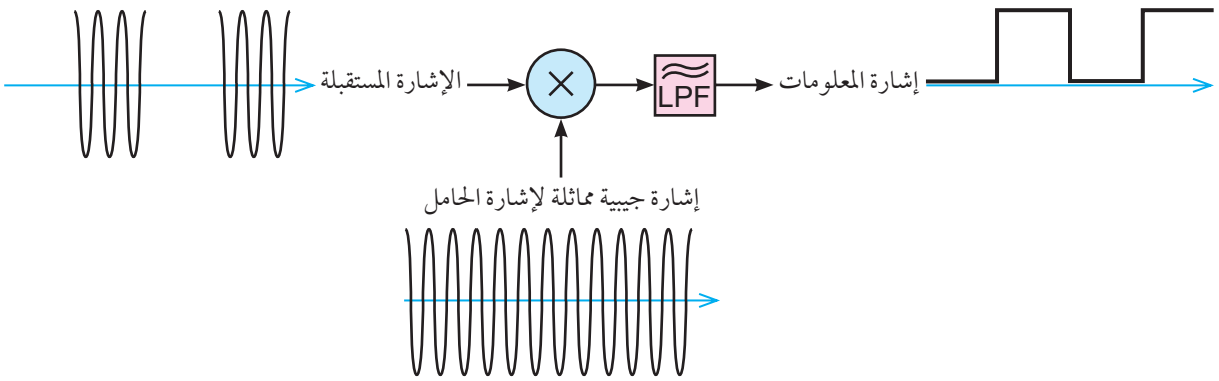




وفي المستقبل يتم الحصول على إشارة المعلومات واستخلاصها من إشارة التردد العالي بواسطة الكاشف حسب احدى الطريقتين:

١ **الكاشف غير المتزامن (Non Coherent Det.)**: حيث يتم كشف إشارة الغلاف كما في تعديل الاتساع.

٢ **الكاشف المتزامن (Coherent Detector)**: حيث يكون هناك تزامن بين المرسل والمستقبل فيتم توليد إشارة في المستقبل تتوافق وتتزامن مع إشارة الحامل المولدة في المرسل لتستخدم في عملية إستعادة إشارة المعلومات كما في الشكل.

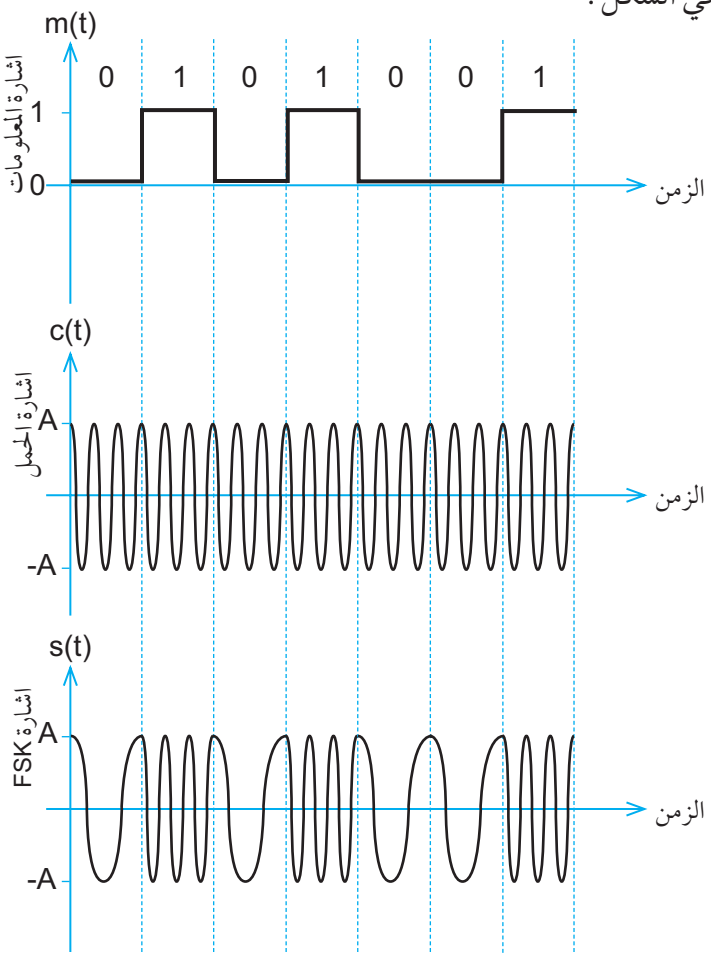


سؤال:

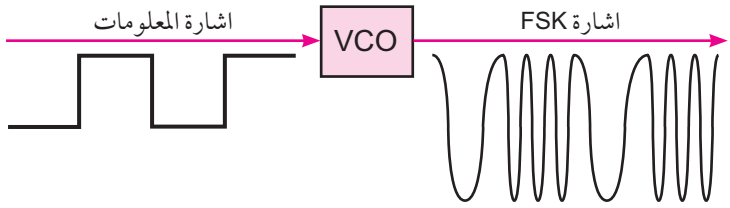
أرسم أشكال الإشارة في كافة مراحل المخطط الصندوقي السابق .

٢ الإقفال بازاحة التردد (Frequency Shift Keying) (FSK):

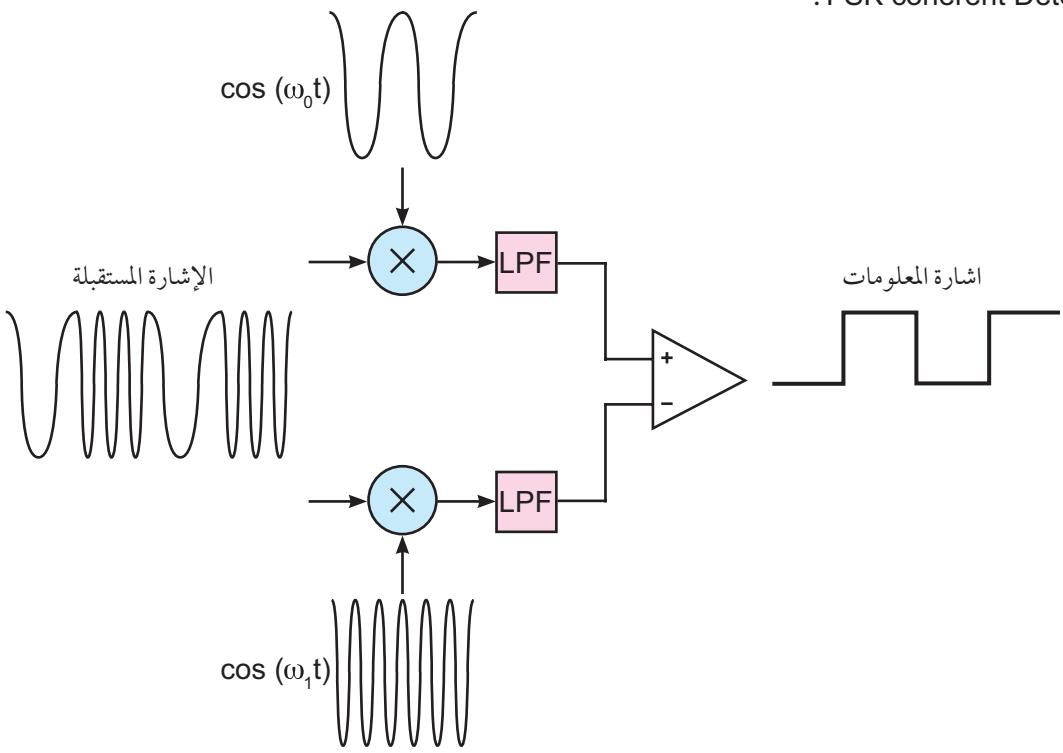
في هذا النوع من الاقفال يتم تحميل إشارة المعلومات الرقميه (الثنائية) على إشارة التردد العالي (الحامل) بحيث يتم تغيير التردد تبعاً لإشارة المعلومات (0 أو 1) وبالتالي تكون إشارة الخرج ذات ترددين مختلفين تبعاً لإشارة المعلومات كما في الشكل .



ويتم الحصول على إزاحة التردد مفتاحيا بإستخدام جهاز VCO المذبذب المحكوم بالفولت وهو عبارة عن دارة متكاملة في شريحة الكترونية واحدة، حيث يعتمد خرج التردد للدارة على جهد الدخل كما هو موضح بالشكل .



وفي المستقبل يتم الكشف عن إشارة إزاحة التردد مفتاحياً FSK بإستخدام الكشف التزامني للتضمين FSK coherent Detection .

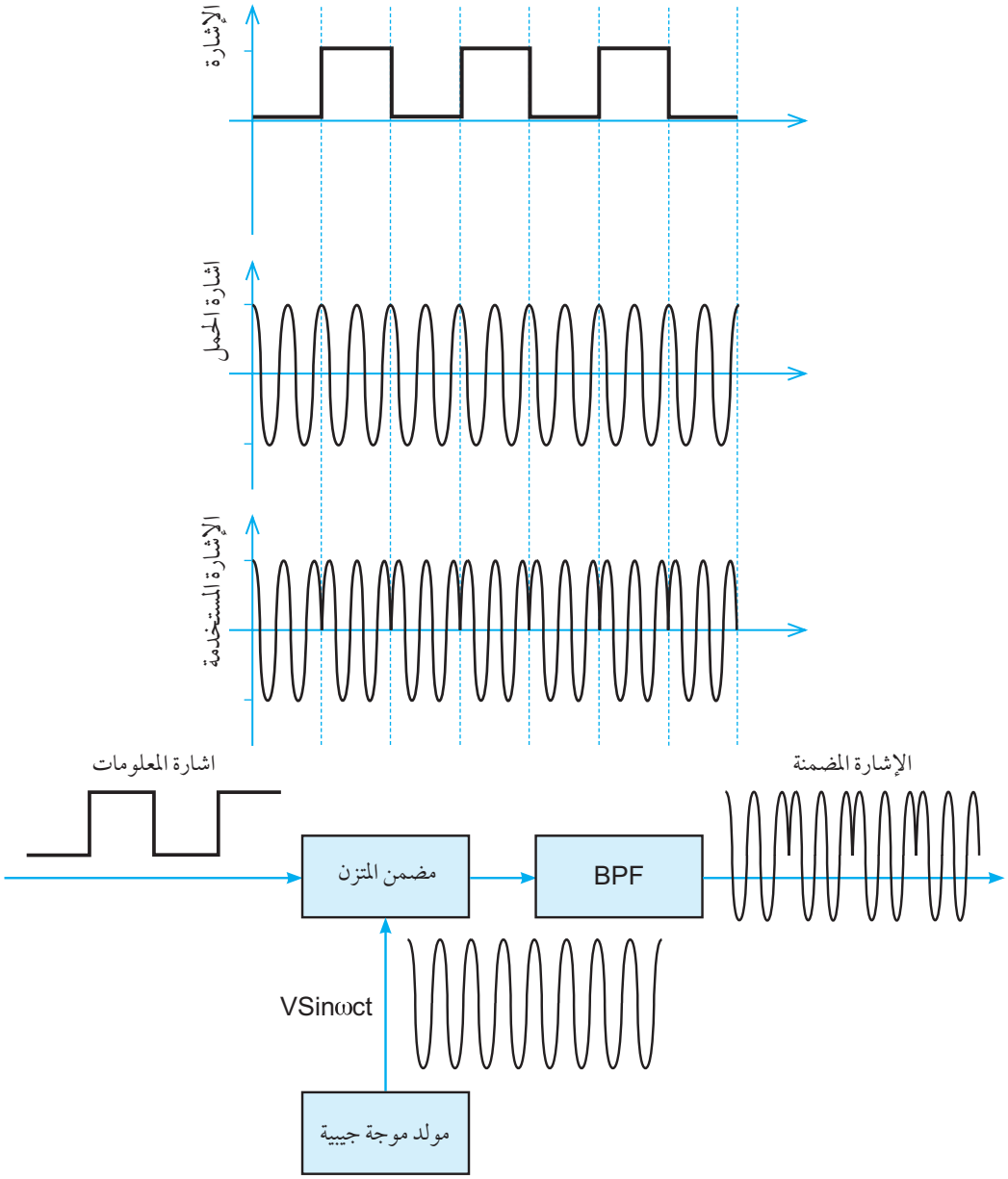


حيث يتم توليد موجة حاملة بالمستقبل بنفس مواصفات تلك المضغوطة من المرسل من حيث الطور والتردد لكلا المنطقين 0 ، 1 ثم تمرر على مرشح للترددات المنخفضة حيث تخرج فقط إشارة المعلومات ويتم مقارنة مطالها مع الإشارات الأخرى التي قد تنتج عن الضجيج ، والتداخل كما بالشكل .

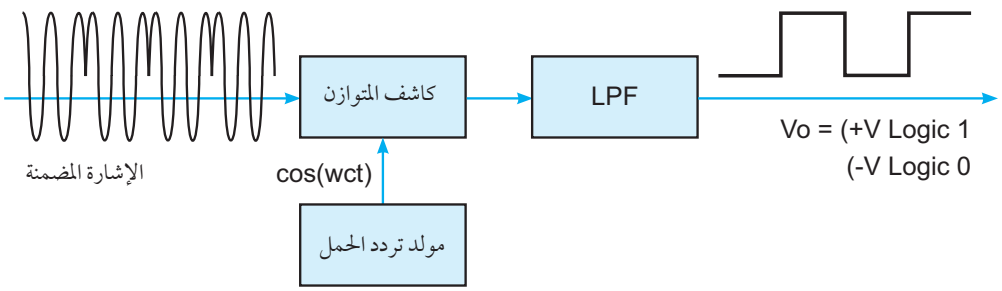
٣ تضمين إزاحة الطور مفتاحياً Phase Shift Keying PSK:

يمتاز بصغر عرض النطاق لأنه لا يستخدم أكثر من تردد كما في FSK كما ويتمتع بجودة عالية ، ولهذا يستخدم في الاتصالات الرقمية بكثرة .

يتم الحصول على هذا النوع بتغيير طور إشارة الحمل فيعطى لـ 0 المنطقي طور يختلف عن 1 المنطقي وعادة يكون الطوران متعامدان أي ان فرق الطور بينهما ٩٠° كما بالشكل .

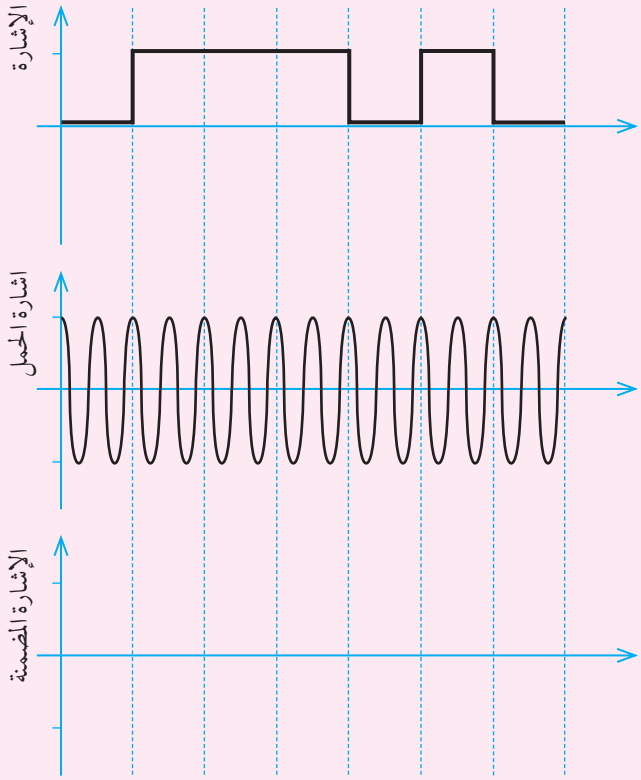


ويتم الحصول على هذا النوع من الإقفال بإستخدام المضمن المتوازن كما في الشكل، حيث يتم إعطاء طور بضرب إشارة الدخل مع إشارة الحمل فإما ان تكون النتيجة موجبة أو سالبة لإشارة الحمل حسب الإشارة المدخلة. وفي المستقبل تحدد الإشارة بنفس طريقة الإرسال بضرب الموجة المضمنة مع إشارة الحامل فإما تكون النتيجة بإشارة الحامل او عكسها وبالتالي نحدد 0 ، 1 المنطقي المرسل سابقاً والمخطط الصندقي التالي يوضح مبدأ العمل.



أسئلة:

١ قم بإكمال الشكل إذا علمت ان **PSK** يتم بتغير الطور بمقدار ٩٠°.



٢ لماذا يستخدم LPF في نهاية الكشف و BPF في عملية الإرسال؟

٢ تحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية:

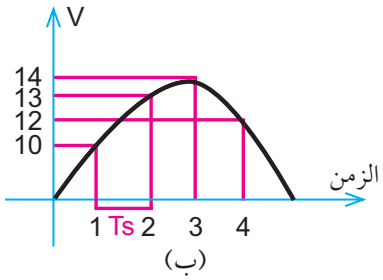
يتم تحويل إشارة المعلومات التماثلية الى رقمية بمراحل مختلفة، وهذه المراحل هي مرحلة أخذ العينات، ومرحلة تكميم الإشارة ومرحلة الترميز، ثم تأتي عملية التضمين التي تم شرحها سابقاً.

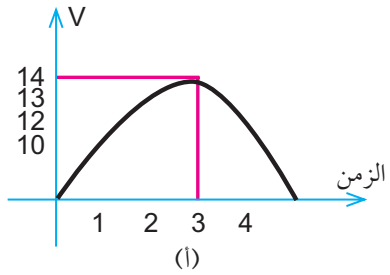
أولاً: أخذ العينات Sampling:

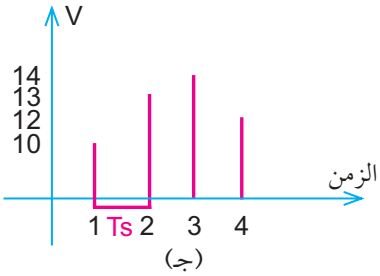
حتى يتسنى لنا التعامل مع الاشارة التماثلية كرقمية لا بد من تحويلها إلى إشارة متقطعة أولاً وتعرف هذه العملية باسم أخذ العينات.

لو فرضنا وجود الاشارة التماثلية كما بالشكل (أ) فيمكننا أخذ عينات عند الزمن ٣، ٢، ١، . . . أي بزمن دوري مقداره Ts يعرف بزمن أخذ العينات، وبالتالي فإن تردد أخذ العينات fs يمكن حسابه من العلاقة:

$$F_s = \frac{1}{T_s}$$

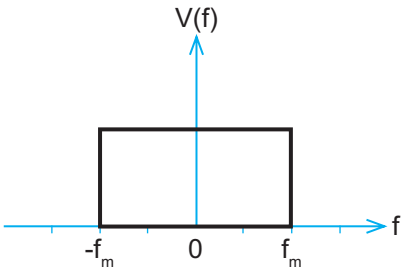






وعليه يكون شكل الاشارة بعد أخذ العينات كما بالشكل (جـ).

ملاحظة:



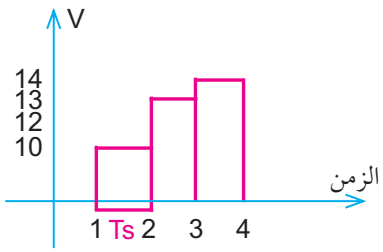
حتى يتم أخذ عينات الاشارة التماثلية لتعطي المعلومة كاملة يجب أن تحقق العلاقة التالية :

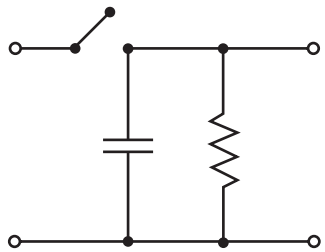
$$f_s \geq 2\, f_m$$

حيث : fs : تردد أخذ العينات .

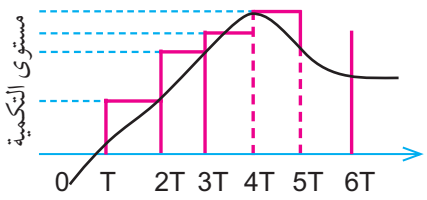
fm : أعلى تردد للإشارة التماثلية لاحظ الشكل .

ومن الناحية العملية تتم عملية أخذ العينات بدارة تسمى دارة أخذ العينات والمحافظة عليها Sample and Hold circuit، وتمثل بمفتاح ومكثف كما بالشكل، فعندما يكون المفتاح مغلقا يكون جهد الخرج مساوياً لجهد الدخل، أما عند فتح المفتاح يكون جهد الخرج مساوياً لجهد المكثف الذي تم شحنه سابقاً وبالتالي يكون شكل إشارة أخذ العينات والمحافظة عليها كما بالشكل .





ثانياً: تكميم الاشارة Quantization:



يتم إدخال إشارة أخذ العينات على مكمم الإشارة ولمكمم الإشارة ما يعرف باسم مستويات التكميم .

مستوى التكميم – يتم فيه تقسيم مجال الإشارة الى مستويات ثابتة عددها 2^n حيث n عدد صحيح يمثل عدد بتات . فلو فرضنا أن n=3 فإننا نقسم مجال الإشارة الى عدد مستويات مقداره $2^3 = 8$ وبالتالي يتم تقسيم مجال الإشارة الى 8 مستويات متساوية، ثم يتم تقريب إشارة أخذ العينات الى أقرب مستوى فإذا كانت قيمة العينة من 0–2 فإنها تمثل بمستوى 1، و 2–4 بمستوى 2 . . . وهكذا كما بالجدول التالي :

مستوى التكميم	مدى القيمة المدخلة V
1	0-2
2	2-4
3	4-6
4	6-8
5	8-10
6	10-12
7	12-14
8	14-16

ثالثاً: الترميـــز Coding:

من الملاحظ أن التكميم لا يعطي الإشارة قيمة بالنظام الثنائي، ولذلك لا بد لنا من طريقة تسمح بتمثيل الإشارة بالنظام الثنائي وتسمى هذه العملية بالترميز coding وتتم بهذه العملية إعطاء رمز 000 (بثلاث خانات ثنائية–بتات) لأدنى مستوى و 111 لأكبر مستوى كما بالجدول، وعليه تكون مثلا قيمة 12V تشفر بـ 110 و 13V بـ 111 .

مستوى الكمية	التشفير
1	000
2	001
3	010
4	011
5	100
6	101
7	110
8	111

أسئلة:

١ ارسم إشارة العينات بزمن أخذ عينات مقداره 1sec ، لدارة أخذ العينات والمحافظة عليها .

٢ قم بإعطاء تكميم للموجة بمستويات عددها 8 مستويات 2 فولت/ مستوى .

٣ قم بعملية التشفير للمستويات الناتجة حسب منحنى أحادية التشفير لثلاثة بتات .

٤ قم بتحويل الرقم العشري $(117)_{10}$ إلى النظام الثنائي .

٥ قم بتحويل الرقم $(1101110)_2$ إلى عشري .

الوحدة ٧

الأنظمة الصوتية

الوحدة السابعة الأنظمة الصوتية:

بداية تم صناعة الأجهزة الصوتية غير مجمعة، إلا أن الحاجة لها في أن تكون مجمعة مع بعضها ضمن نظام صوتي، أو كمجموعة واحدة أدى إلى تطور صناعة هذه الأنظمة والتي مرت بمراحل مختلفة هي :

١ **النظام الصوتي المجمّع (Console)** : يتكون هذا النظام من عدة أجهزة صوتية متعددة لكنها تشترك بدارات الكترونية متصلة، ومتداخلة مع بعضها من أجل أن تؤدي عملها وترتبط بنظام سماعات حيث تكون الأجهزة المتعددة والسماعات ضمن صندوق خشبي واحد.

٢ **النظام الموسيقي المجمع Compact Music SYSTEM** : تكون السماعات في هذا النظام منفصلة عنه وخارجية، حيث يتم وضعها بعيدة عنه حتى لا يحدث تداخل وتشويش نتيجة التغذية العكسية، ومن أجل الحصول على الإستماع الجيد والمناسب يتم إختيار المكان والوضعية المناسبة لهذه السماعات.

٣ **النظام الصوتي المجمع بأجهزة منفردة متعددة** : هذا النظام يحتوي على أجهزة متعددة منفصلة عن بعضها وكذلك الدارات الإلكترونية المكونة لهذه الأجهزة تكون منفصلة ألا أنها ترتبط مع بعضها بوصلات خاصة وتكون صيانتها سهلة، ويمكن تحديد الجهاز المعطوب وتصليحه منفرداً أو استبداله.

الأجهزة المكونة للأنظمة الصوتية:

تحتوي أجهزة الأنظمة المجمعة على التالية :

١ جهاز استقبال إذاعي بتضمين اتساع أو تضمين ترددي.

٢ جهاز تسجيل صوتي من نوع الكاسيت.

٣ جهاز تشغيل الإسطوانات.

٤ جهاز كارتردج يشبه جهاز الكاسيت.

٥ جهاز مسّوي الترددات equalizer.

٦ جهاز القرص المدمج CD وكذلك جهاز DVD.

٧ نظام السماعات.

١ تصنيف أنظمة الصوت:

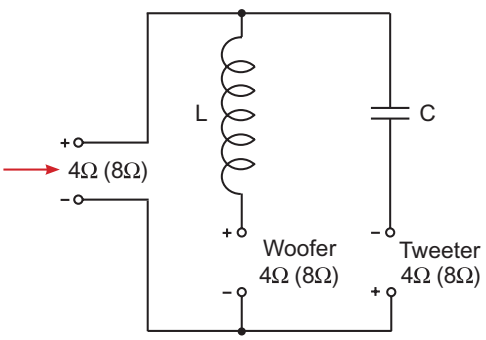
تصنف أنظمة الصوت من ناحية السماعات المستخدمة فيها إلى ثلاث مجموعات هي :

١ **أنظمة الصوت المنزلية** : مثل أجهزة الراديو والمسجلات التي تستخدم سماعات منفصلة، توجد السماعات في هذه الأنظمة في علب منفصلة تساعد على تحسين الإستجابة الترددية للسماعة، وغالباً ما تستخدم سماعة واحدة ذات نطاق ترددي واسع، وأحياناً تضاف إليها سماعة للترددات العالية، أقطار السماعات المستخدمة بين ٨سم و٢٥سم، والاستجابة الترددية لها بين ١٥ – ٦٠ هيرتز.

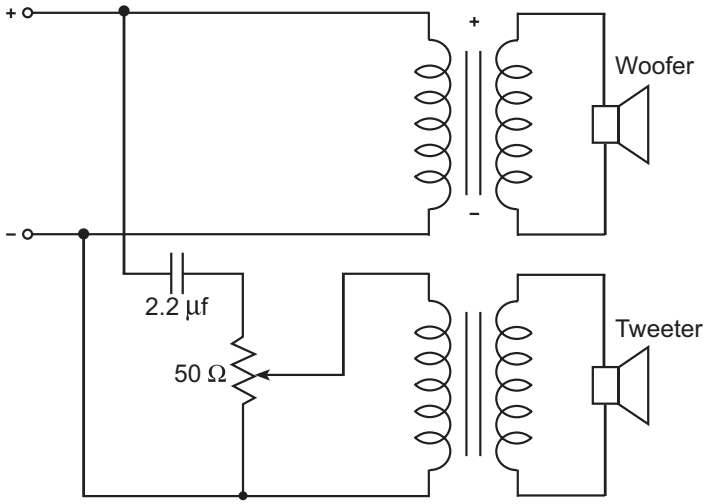
٢ **أنظمة الصوت رخيص الثمن**: يعتمد هذا النظام على العامل الإقتصادي للحصول على سماعات رخيصة الثمن دون التركيز على جودة الصوت إذ توجد هذه السماعات في أجهزة الراديو حيث تكون السماعة صغيرة الحجم دائرية قطرها يتراوح بين (٥-٢١)سم وبيضاوية الشكل أبعادها ١٠ سم و١٥ سم وتكون استجابتها الترددية من (٠) هيرتز إلى (١٠) كيلو هيرتز .

٣ **أنظمة الصوت ذات الجودة العالية (hi fi) high fidelity system**: يستخدم في هذه الأنظمة أكثر من سماعة، لكل منها نطاق ترددي . حيث توصل بطرق خاصة وتضاف إليها بعض دارات الترشيح وتوضع هذه السماعات في علب لها مواصفات، وأبعاد محددة تعطي للصوت جودة وتغطي نطاق ترددي عريض من ٢٠ هيرتز-٢٠ كيلو هيرتز والأمثلة على ذلك :

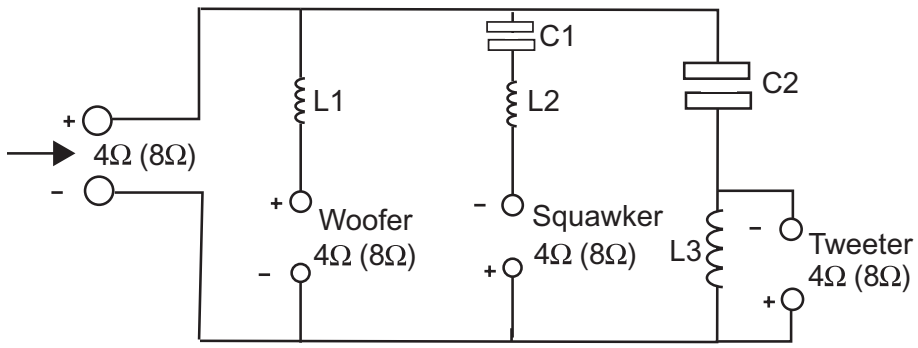
أ **النظام الثنائي والمسمى (2-Way Cross-over Network)**: يحتوي هذا النظام على سماعة حساسة للتردد المنخفض نوع (woofer) مع سماعة حساسة للتردد العالي نوع Tweeter، وهذا النظام بسيط يستعمل ملفاً مع مكثف لفصل الترددات اللازمة لـ Tweeter . والشكل يوضح مكونات المرشح filter، وتستخدم المقاومة المتغيرة في الشكل للتوازن ما بين السماعتين .



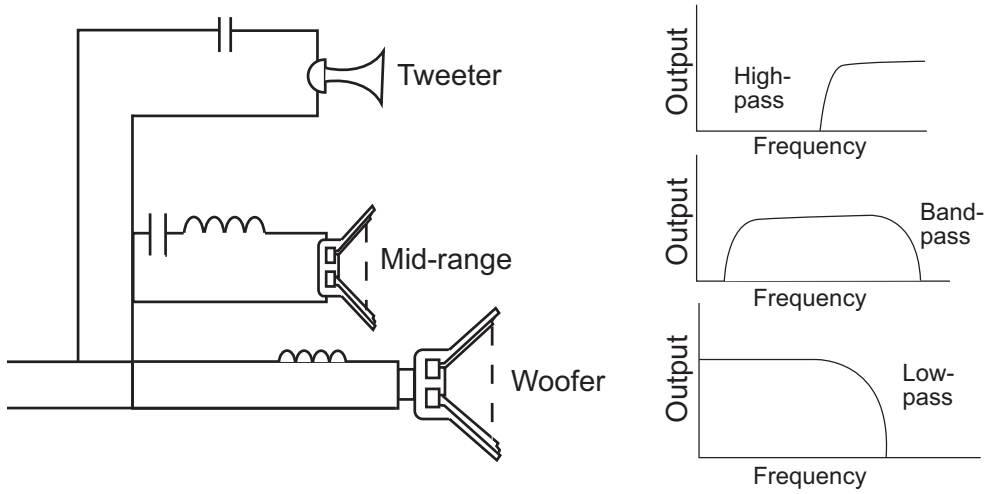
	version 4Ω	8Ω	
L	0.5	1	mH
C	12	5	µf



ب **النظام الثلاثي (3-way cross-over net work)**: يوضح الشكل توصيلة النظام الذي يحتوي على سماعة للتردد المنخفض، وأخرى للتردد العالي، وثالثة للترددات الكلامية التي تقع ضمن الترددات المتوسطة حيث تفصل المركبات الترددية للإشارة المسموعة بواسطة دارات الترشيح التي تختص بفصل الجزء الخاص بكل سماعة من هذه الإشارة . ويوضح الشكل مكونات هذا النظام .



	version 4Ω	8Ω	
L1	2.1	3	mH
L2	0.2	0.35	mH
L3	0.2	0.5	mH
C1	50	24	µf
C2	5	3.3	µf



٢ الإكوالايزر «المسوّي» Equalizer:

يُعرف المسوّى (الإكوالايزر) بأنه معدِّل ارتفاع أو إنخفاض قوة الصوت في المجال الترددي المقصود تعديله إذ يمكن تخيله كمفتاح لكل نطاق من الترددات المعينة في المجال السمعي . وتقوم دارة Equalizer بعملية ترشيح متتالية Multi Filtering للموجة الصوتية التماثلية Analogue Audio Wave علماً بأنه عملية الترشيح هي ليست إلا تغير في كمية الطاقة المحمولة لذبذبة معينة ، أو حزمة من الذبذبات يتضمنها الصوت .

ويتسبب هذا التغير بإخراج موجة جديدة لها تأثير مختلف على الأذن عما ذي قبل . لا يمكننا حصر عدد المركبات الموجية Frequency Components للموجه الواحدة ولكننا في العادة ، نقسم الموجة من ناحية التردد إلى ثلاثة مناطق هي :

أ المدى العالي High Band .

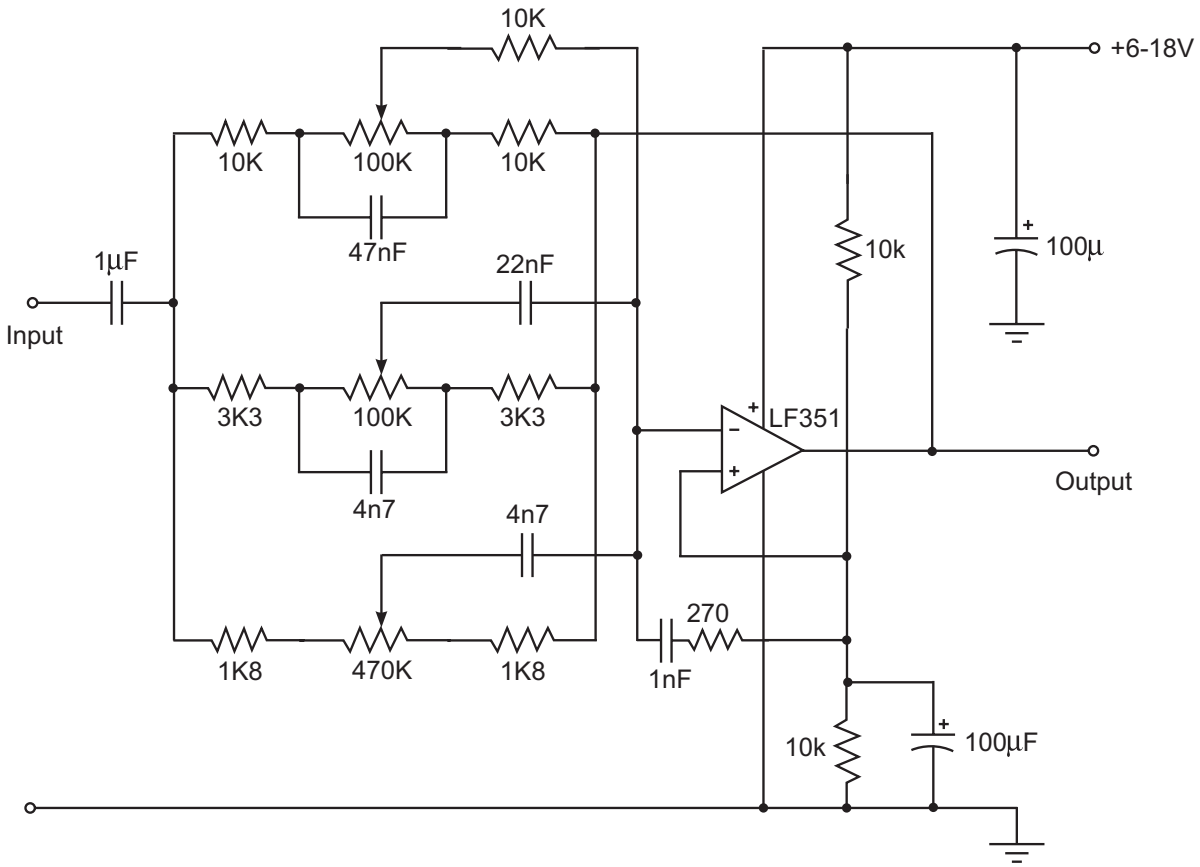
ب المدى المتوسط Mid Band .

ج المدى المنخفض Low Band .

فمثلاً لو كان الميكرفون المستخدم لا يتعامل مع الصوت بمقدار واحد . أي أنه غير حساس في التحكم بمركبات الإشارات ذات الترددات المنخفضة في هذه الحالة نلجأ إلى إستخدام المسوّى(Equalizer) لإصلاح عيب الميكرفون . وكذلك يستخدم المسوّى إذا كان الصوت غير مماثل للحقيقة مثل إذا كان المنشد (المغني يوجد عيب

في نطق الحروف مثل السين فيكون مزعجة وتتعدى المطلوب أو إن مكان التسجيل يمتص الصوت ويفقده محتواه وفي العادة إذا كانت أدوات التسحيل والمعدات والمكان مضبوطاً جداً فأنك لا تحتاج إلى استخدام المسوى إلا بقدر طفيف وقد لا تحتاجه . ربما لاحظت وجود دارة الاكوالايزر على جهاز الستيريو الخاص بك، فغالباً ما يمكنك التحكم بالموجه الصادرة من الجهاز حسب الرغبة . وهذه الأيام أصبحت عملية الترشيح أكثر سهولة بوجود جهاز الكمبيوتر . فما أن تدخل موجة الصوت جهاز الكمبيوتر إلا وأن تتحول إلى إشارة رقمية Digital Audio يسهل ترشيحها بواسطة عمليات رياضية معقدة توفرها برامج تحكم في الصوت Audio Software/digital Equalizer من دون الحاجة إلى كهربائية كبيرة للقيام بهذا العمل .

يوضح الشكل دارة رسوم باستخدام مضخم العمليات op-amp لها ثلاث نطاقات من الترددات هي التردد المنخفض والتردد المتوسط والتردد المرتفع ، ومع قيم المكونات الموضحة تكون قيمة التكبير 20 ديسبل .



دالة أكوالايزر ٢٠ ديسبل ثلاث نطاقات

٣ الضوابط ومفاتيح التحكم:

١ **ضابط الصوت Volume Control** : عبارة عن مقاومة متغيرة توصل في مدخل مرحلة الصوت بعد الكاشف مباشرة في دارة مدخل المضخم الأولي للترددات المسموعة وفي بعض الأجهزة توصل ما بين مرحلة المضخم الأولي للترددات المسموعة ومرحلة مضخم الإخراج ، وعملها هو خفض أو زيادة قيمة

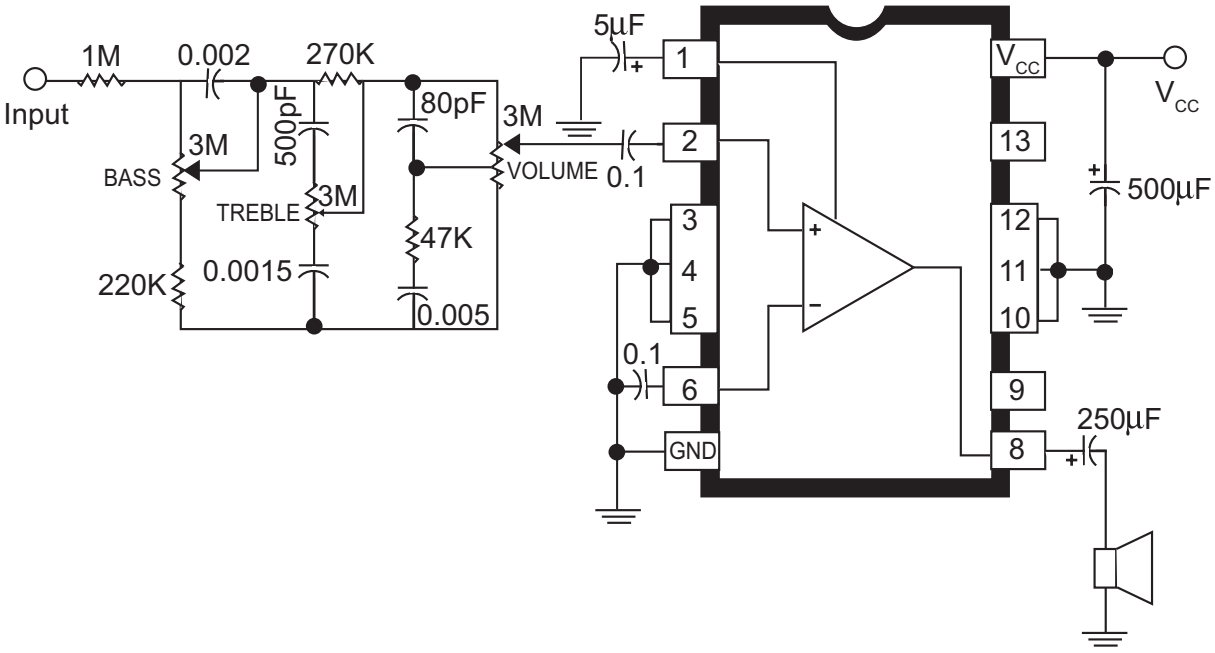
جهد الإشارات ذات الترددات المسموعة، أي زيادة مقدار التضخيم للإشارة الصوتية في مرحلة إخراج الصوت، ويتم ذلك بالتحكم في مقاومة هذا الضابط.

٢ **ضابط النغم Tone Control**: إن الإشارة الصوتية ذات الترددات المسموعة التي تغذى إلى السماعة، تحتوي على ترددات ونغمات مختلفة لذلك فإن الأنظمة الصوتية تحتوي على ضابط يعرف بضابط النغم، بواسطته يمكن التحكم بنغمة الأشارة الصوتية الناتجة عن السماعة (النغمات العالية والنغمات المنخفضة)، وهو عبارة عن مقاومة متغيرة متصلة على التوالي مع مكثف، وتكون موجودة في مرحلة المضخم الأولي للترددات السمعية.

٣ **ضابط التفخيم Bass**: وهي عبارة عن دارة ترشيح حيث يتم بواسطتها تحكم في مركبات الإشارة الصوتية ذات الترددات المنخفضة، وهذا الضابط يكون موجوداً في مرحلة مضخم الترددات السمعية.

٤ **ضابط الحدة Treble**: وهي عبارة عن دارة ترشيح حيث يتم بواسطتها التحكم في مركبات الأشارة الصوتية ذات الترددات العالية وهذا الضابط موجود في مرحلة مضخم الترددات السمعية.

الدارة المرفقة تبين بعض مفاتيح التحكم.



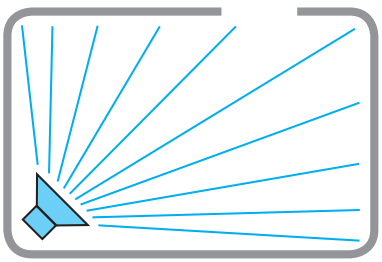
٤ أماكن وضع السماعات في القاعات والمسارح:

إن الصوت الجيد الذي تخرجه السماعات، ونوعية الصوت الذي يصل إلى أذن المستمع يعتمد بشكل مباشر وكبير على الخواص الصوتية للغرفة، لأن الصوت الذي يسمعه المستمع هو مزيج من أصوات تصل بشكل مباشر من السماعات وأصوات منعكسة من الجدران والسقف والمفروشات في الغرفة.

ففي الغرفة عديمة الصدى نسمع فقط الصوت القادم مباشرة من السماعة لأن الصوت الذي يصل الجدران والسقف والأرضية يتم امتصاصة كلياً، وبالتالي لا يحدث أي انعكاس للصوت .

ومن أجل الحصول على التوزيع المناسب للصوت ضمن مساحة الاستماع توضع السماعات في الأماكن المناسبة في الغرف والقاعات بعيدة عن مصدر البث كي نتجنب حدوث التغذية العكسية بين المايكرفون والسماعة . مما يُحدث تشويه يظهر على شكل صفير من السماعة، يمكن إيجاد أفضل وضع للسماعات بالتجربة وبشكل عام ينصح بوضعها في زاوية الغرفة إلا أنه ليس دائماً الوضع الأفضل .

وفي نظام الستيريو يجب وضع السماعات بعيدة عن بضعها وإلا سيحدث تأثير على جودة الصوت كما ينصح بعدم تثبيت السماعات عالية جداً، حيث أن أفضل ارتفاع للسماعة هو حول مستوى الأذن عندما يكون المستمع جالساً وكما ذكرنا فإن الوضع الأفضل يمكن إيجاده بالتجربة فقط .



بعض أوضاع تثبيت السماعات

٥ راديو ومسجل السيارة Automobile Radio:

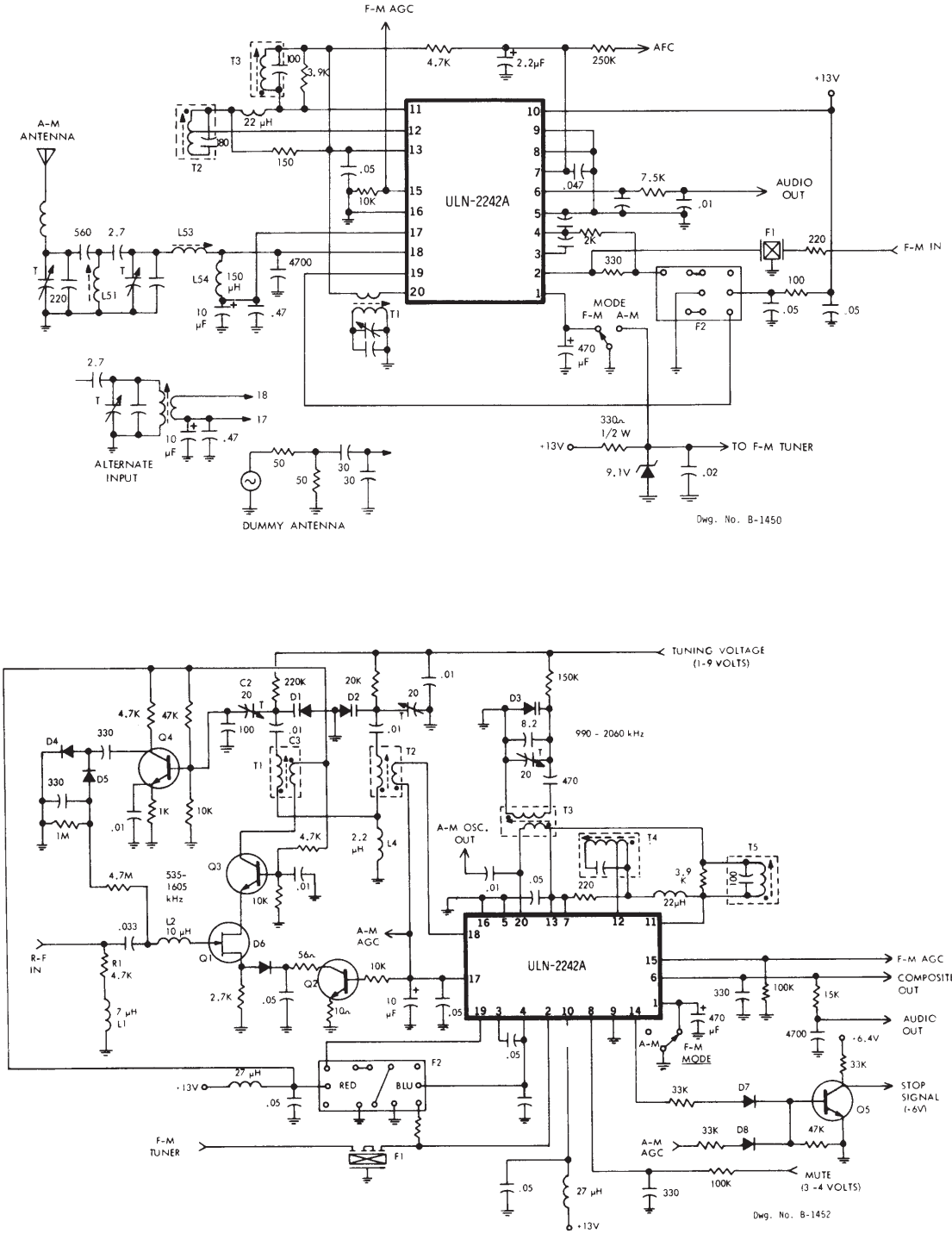
يوضح شكل (١) مخطط تمثيلي لراديو سيارة بقناتين FM/AM حيث يستخدم دارة متكاملة IC نوع ULN-2242A وهي تقوم بمعظم العمليات الأساسية في راديو السيارة FM/AM .

(Complete AM/FM Signal processing system) أي تقوم بعمل المازج، المذبذب، ومرحلة الترددات البينية، وكاشف FM/AM، يستخدم راديو السيارة بالعادة دارتي توليف لترددات الراديوية بالأضافة إلى دارة المذبذب المحلي ولا يستخدم دارة مكبر ترددات راديوية في موجة AM، حيث توفر دارات التوليف الحاسية المطلوبة للجهاز، وسنوضح أهم الأجزاء المكونة لهذا المخطط .

مرشح ١٠,٧ ميجاهرتز للتردد البيني للموجة F.M : F1	(FM IF FILTER)
مرشح للتردد البيني للموجة A.M 455KHZ F2	AM IF FILTER
مذبذب	Tx AM OSC
كاشف A.M	T2 AM detector
كاشف F.M	T3 F.M detector

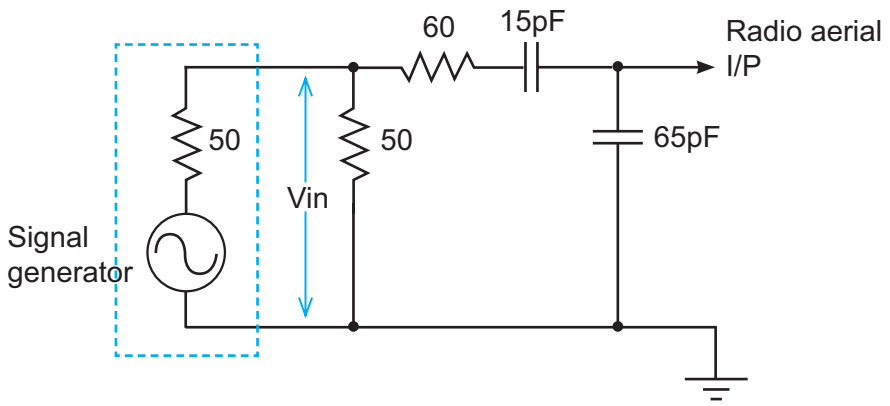
لاحظ أن موقع دارات التوليف ينحصر من هوائي AM حتى طرف ١٨ في الدارة المتكاملة (IC) .

يستخدم راديو السيارة هوائي نوع DUMMY Antena، وهذا الهوائي يختلف في التركيب عن هوائي الاستقبال في الراديو النقال الذي يستخدم هوائي فحمي (فرايت في حالة تعديل اتساع AM كما يستخدم هوائي تلسكوبي في حالة تعديل تردد FM .

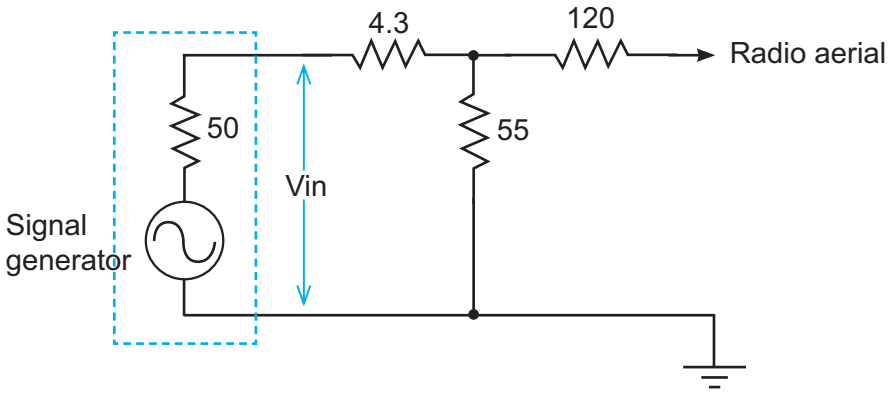


شكل (١) مخطط تمثيلي لراديو سيارة بقناتين FM/AM

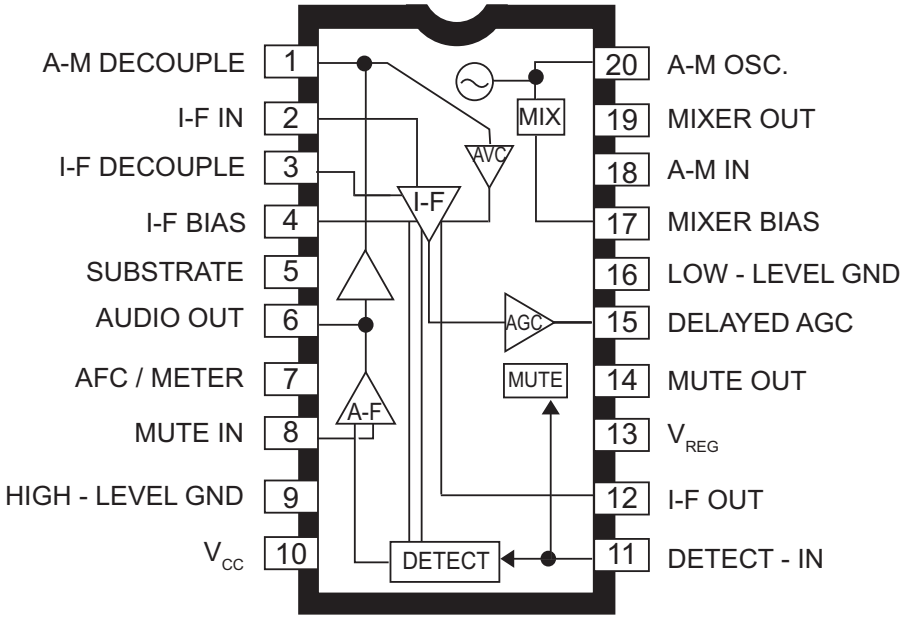
يوضح الشكل مكونات هوائي السيارة :



هوائي السيارة AM



هوائي السيارة FM



مخطط تفصيلي لدارة ULN-2242A

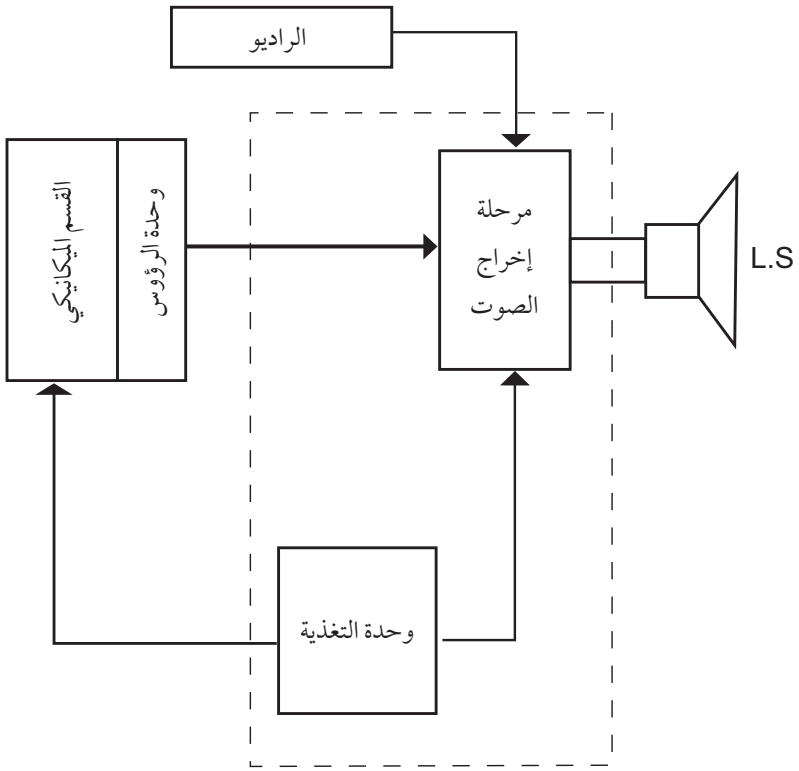
عملية الربط بين راديو ومسجل السيارة:

يتم ربط القسم الإلكتروني براديو السيارة والقسم الميكانيكي من خلال :

١ **دارة التغذية Power Supply** : حيث تزود دارة التغذية الجهود اللازمة للقسم الإلكتروني، وكذلك القسم الميكانيكي وبالتحديد محرك المسجل الذي يقوم بالدوران اللازم، ففي حالة تعطيل دارة التغذية نلاحظ تأثر ذلك على راديو السيارة والمسجل أيضاً مباشرة إذ يتوقفان عن العمل تماماً .

٢ **دارة مضخم الصوت (الاخراج) output amplifier** : يشترك راديو ومسجل السيارة بمرحلة الإخراج حيث يرتبط القسم الميكانيكي (مجموعة الرؤوس) مباشرة مع مضخم الصوت، فعطل مرحلة أخراج الصوت تؤثر مباشرة على المسجل والراديو مع ملاحظة دوران المحرك، أما تعطيل القسم الميكانيكي (وحدة الرؤوس) تؤثر مباشرة على المسجل، بينما إذا كان هناك صوت للراديو ولا يوجد صوت للمسجل يكون العطل في قسم الرؤوس، ومرحلة الأخراج سليمة .

الشكل أدناه يمثل عملية الربط بيم القسم الميكانيكي والكتروني في مسجل وراديو السيارة .



ومن الناحية العملية يمكن استبدال ماكنة مسجل كاملة (القسم الميكانيكي) في حالة تعطلها بأخرى جديدة وذلك بوصل أسلاك المحرك بوحدة التغذية، ووصل أسلاك الرؤوس مع مرحلة الإخراج وتثبيتها بجسم المسجل .

أسئلة الوحدة:

١ وضح المقصود بالمسوي مع شرح مبدء عمله باختصار .

٢ ما هي الاعتبارات الهندسية المختلفة التي يجب مراعاتها عند تصيم قاعة معينة .

٣ ما هي أوجه الاختلاف بين سماعتي الترددات العالية والمنخفضة .

٤ أذكر مع الشرح أنظمة السماعات المعروفة .

٥ ما هي الاعتبارات التي تحدد اختيارك لسماعة ما .

٦ حدد الأجهزة المختلفة التي يتكون منها النظام الصوتي المجمع .

٧ ما هي الدارات المشتركة بين راديو ومسجل السيارة .

٨ ما الفرق بين التردد البيني لراديو السيارة والراديو النقال لاستقبال موجة F.M .

٩ بين صحة التردد البيني لراديو السيارة في حالة استقبال A.M .

١٠ بين موقع وعمل مفاتيح الصوت التالية :

أ ضابط علو الصوت .

ب ضابط النغم .

١١ يوضح الشكل مخطط صندوقي لجهاز راديو ومسجل سيارة، بين باستخدام برامج الانترنت وكتب المكافئات كل مما يلي :

أ عمل الدارات المتكاملة .

ب المخطط التمثيلي لكل من هذا الأجزاء .

جـ مخطط LCD (Liquid crystal Display) .

د لوحة المفاتيح Key Board Configuration .