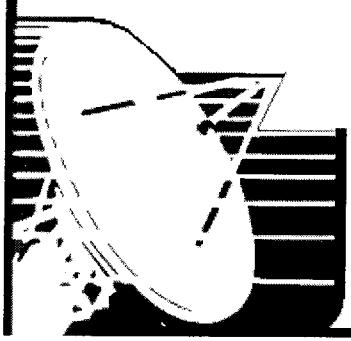
الأقمار الصناعية والإرسال التلفزيونى

- الاقمار الصناعية ووضعها في الفضاء .
- قدرة الإرسال من القمر الصناعي .
- دور القمر الصناعي كعاكس للإرسال .
- استقبال الإشارة من القمر الصناعي .
- مناطق الاستقبال .
- تركيب الهوائي .
- وحدة الضوضاء المنخفضة .
- هوائي الاستقبال من القمر الصناعي .
- الهوائي المسطح .
- نظرية عمل الهوائي المسطح .
- مكونات هوائي الاستقبال المسطح .
- مميزات الهوائي المسطح .
- الهوائي البوقي .
- تصميم الهوائي البوقي
- الهوائي متعدد البؤر .
- هوائي كاسجرين .
- بوق التغذية .
- جسم بوق التغذية .
- تشغيل بوق التغذية.
- أبواق التغذية ذات الحزمة المزدوجة .
- الاستقطاب الدائري .
- المكبر منخفض الضوضاء *LNA* .



obeikandl.com

obeikandl.com

★ الأقمار الصناعية والإرسال التلفزيونى ووضعها فى الفضاء :

مع التقدم الهائل فى وسائل الاتصال شاع فى العالم كله الإرسال التلفزيونى عبر الأقمار الصناعية ، وأصبح الحدث الذى يقع فى أقصى الكرة الأرضية يرى على شاشات التلفزيون فى اللحظة نفسها ، وأصبحت المحطات فى سباق لتقديم ما يجذب المشاهدين ويقدم أفضل الخدمات لهم .

وقبل الشروع فى وصف نظام الإرسال والاستقبال من الأقمار الصناعية يجب أن نفهم كيفية وضع الأقمار الصناعية فى مداراتها حول الكرة الأرضية ، وكيفية التحكم فيها ، وكذلك الهوائيات التى تستقبل إرسالها .

كلنا يعرف أن قوى الجاذبية الأرضية تجذب الأجسام كلها تجاه مركز الكرة الأرضية ، كما أن قوى الطرد المركزى الناتجة عن الدوران تدفع بالأجسام الدائرة إلى اتجاه متباعد عن مركز الدوران ، ويمكننا إدراك ذلك عندما نلف أى ثقل مربوط بحبل ـ مثلاً ـ فى دائرة حيث نجد أن الجسم الدائر يميل إلى الانطلاق بعيداً عن المركز الذى يدور حوله ، ولو أننا أطلقنا الحبل نجد أن الجسم ينطلق بعيدا عن المركز بتأثير قوة الطرد المركزى .

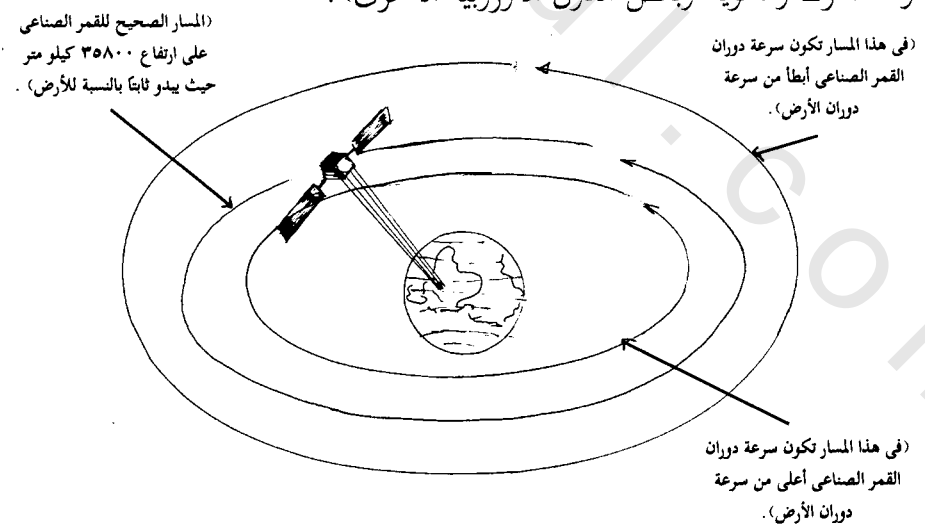
وتعتمد قوة الطرد المركزى على سرعة دوران الجسم المتحرك ، وبالنسبة للأقمار الصناعية فإنها تدور فى مسار تتساوى عنده قوى الطرد المركزى مع تأثير قوة الجذب المغناطيسى للأرض ، وبذلك تتساوى القوتان المضادتان ، ويلغى كل منهما تأثير الآخر وبذلك يثبت القمر الصناعى عند مسافة معينة من الأرض دون الحاجة إلى قوة دفع من القمر الصناعى نفسه .

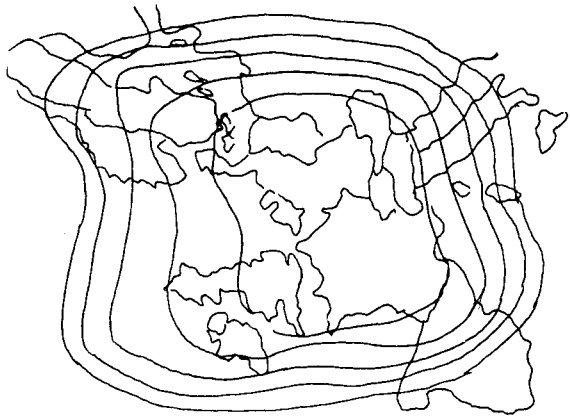
وإذا رغبنا فى أن يظل القمر الصناعى فى وضع ظاهرى ثابت بالنسبة للأرض فإن هذا القمر الصناعى يجب أن يدور حول الأرض بسرعة دوران الأرض نفسها حول نفسها أى مرة كل ٢٤ ساعة ، وبحساب المسافة التى تتحقق فيها هذه المعادلة نجد أنها تساوى ٣٥٨٠٠ كليو متر من سطح الأرض، وبذلك نكون قد وصلنا إلى وضع ثابت ظاهرى للقمر الصناعى بالنسبة للأرض، ونحن بذلك نتعامل مع متغيرين تم تثبيتهما ، هما سرعة دوران القمر الصناعى وهى ١١٠٦٩ كيلو متراً فى الساعة ومسافة أو بعد القمر الصناعى عن الأرض ومقدارها ٣٥٨٠٠ كيلو متر .

ومن المحتم أن يكون مدار القمر الصناعى فوق خط الاستواء لتلافى التذبذب اليومى الظاهرى لمساره ما بين الشمال والجنوب ، فإذا تحققت هذه الشروط كلها نجد أن القمر الصناعى يظل مُعلّقًا فى وضع ثابت فى الفضاء ، ولا يخلو الأمر من بعض الانحراف الخفيف بين الحين والآخر ، ولكن هذا الانحراف قد عمل العلماء حسابه ويتم تصحيحه أولاً بأول عن طريق محركات نفاثة صغيرة موجودة فى القمر الصناعى نفسه للمحافظة على الوضع السليم والثابت للقمر الصناعى باستمرار .

بذلك نكون قد حصلنا على مصدر إرسال ثابت فى الفضاء ، ولكن وضع القمر الصناعى فوق خط الاستواء له بعض العيوب بالنسبة للبلاد الموجودة فى الشمال ؛ لأن الموجات القادمة تجاه الأرض لهذه البلاد ستأتى مائلة بعكس البلاد الواقعة بالقرب من خط الاستواء التى تصل إليها الموجات متعامدة .

وتصدر الموجات المرسلة من القمر الصناعى على الأرض من موقعه فوق خط الاستواء لتصنع ما يسمى «**بصمة القدم**» على المكان المحدد من الكرة الأرضية، والشكل التالى يوضح رسمًا تخطيطيًا لشكل «**بصمة القدم**» لأحد الأقمار الصناعية التى تغطى جزءاً من القارة الأوربية (فرنسا وإيطاليا وإسبانيا وإنجلترا والدنمارك والسويد وبعض الدول الأوروبية الأخرى) .

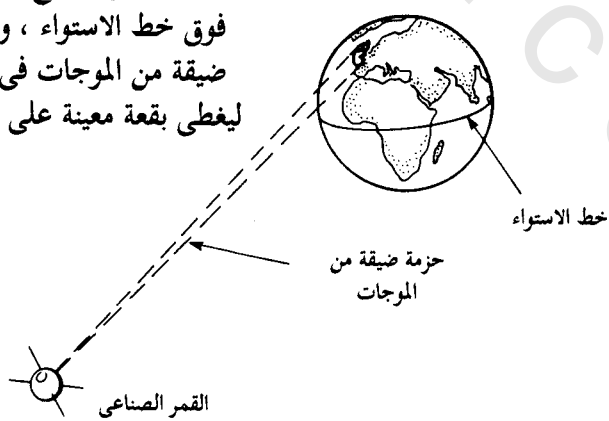




(نموذج «لبصمة القدم» وهى الإشارة الصادرة من أحد الأقمار الصناعية التى تبث إرسالها للقارة الأوروبية)

ولأن الطاقة المرسلة من الأقمار الصناعية تركز فى حزمة ضيقة جداً فإن الهوائى الخاص بالإرسال فى القمر الصناعى يكون موجهًا تمامًا كما لو كان مدفعًا ، وذلك يتطلب دقة بالغة فى ضبط موقع القمر الصناعى نفسه فى الفضاء ودقة بالغة ـ أيضا ـ فى وضع طبق الاستقبال الموجود على الأرض حتى يواجه كل منهما الآخر بالضبط ، ولا يزيد الخطأ فى زاوية موقع القمر الصناعى على زاوية مقدارها سالب أو موجب واحد من عشرة من الدرجة ، ولايزيد الخطأ من زاوية ميل الطبق ـ هوائى الاستقبال ـ على سالب أو موجب نصف درجة .

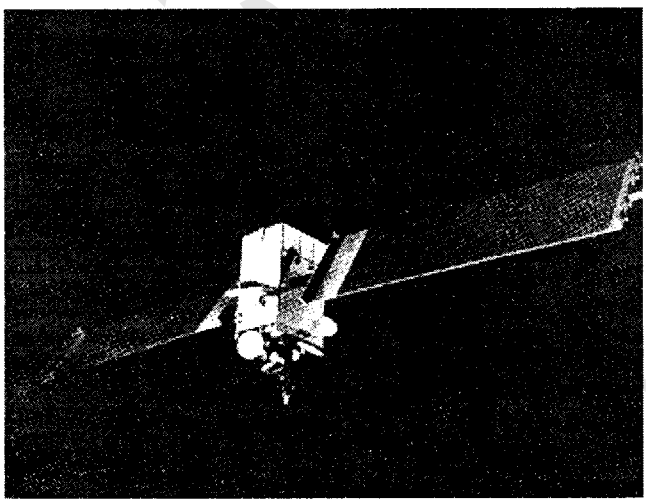
دائما ما يكون موقع القمر الصناعى فوق خط الاستواء ، ويرسل حزمة ضيقة من الموجات فى اتجاه محدد ليغطى بقعة معينة على الكرة الأرضية



★ قدرة الإرسال من القمر الصناعى :

إن الحزمة الضيقة من الموجات المرسلة من القمر الصناعى تركز القدرة ، والهوائى الوحيد القادر على إرسال تلك الحزمة الضيقة من الموجات هو الهوائى الطبقى ، وهو العنصر الأساسى فى مجموعة الإرسال الموجودة فى القمر الصناعى ، وعادة ما يكون قطر هذا الطبق ما بين متر واحد وثلاثة أمتار اعتماداً على زاوية ميل الحزمة الساقطة من القمر الصناعى .

ويستمد القمر الصناعى القدرة من خلايا شمسية تتواجد على جانبيه لتوليد الطاقة الكهربائية من أشعة الشمس ، وتظهر هذه الخلايا الضوئية على جانبى القمر كالجناحين بجانب جسم القمر الصناعى ، وتزود هذه الأجنحة بمحركات صغيرة تجعلها ـ دائماً ـ فى وضع متعامد مع أشعة الشمس لتحقيق أكبر قدر من الاستفادة من ضوء الشمس .

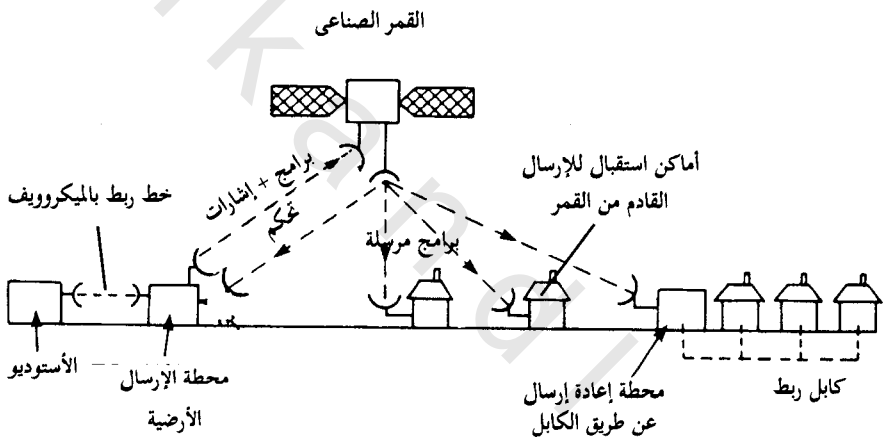


الشكل العام القمر الصناعى المخصص للإرسال وتظهر الخلايا الضوئية على جانبيه كالأجنحة

وتبلغ الطاقة التى تستمد من أشعة الشمس حوالى ٢ كيلو وات ، وقد تزيد على ذلك اعتماداً على كفاءة أجهزة الإرسال ، واحتياجات الأجهزة الأخرى الموجودة على متن القمر الصناعى ، فبعض البلاد ذات المساحة الواسعة وذات البعد الكبير عن خط الاستواء يحتاج الإرسال إليها إلى حزمة موجية أوسع من غيرها ويستلزم هذا زيادة فى الطاقة المرسلة .

★ دور القمر الصناعى كعاكس للإرسال :

من البديهى أن البرامج التى يتم بثها من الأقمار الصناعية لا تنتج على متنه، وإنما هى برامج يتم إنتاجها وإرسالها من محطات أرضية ؛ لذلك فمن الضرورى أن يضم القمر الصناعى بين معداته التى يحملها هوائى لاستقبال البرامج التى ترسل له من المحطة الأرضية ، وكذا الأوامر التى تصحح له مساره ووضعه فى الفضاء والأوامر الهندسية الخاصة بالأجهزة العاملة على متنه ، ويتم هذا الربط عن طريق الموجات فائقة التردد **SHF** التى يتم تبادلها ما بين أطباق الإرسال ، والاستقبال على الأرض ، وعلى متن القمر الصناعى .



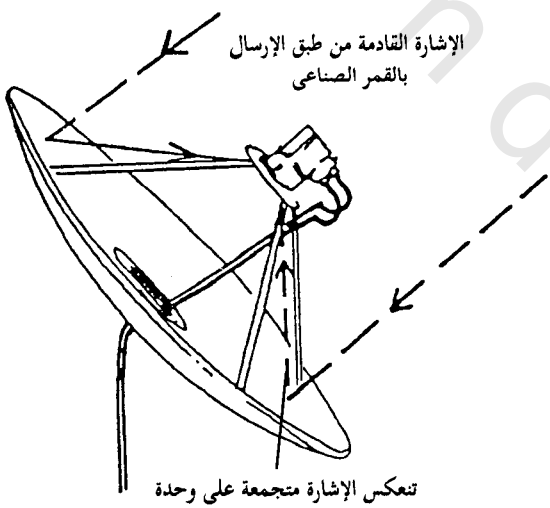
نظام الربط ما بين القمر الصناعى
والمحطات الأرضية وأماكن الاستقبال الأرضية

وينتهى العمر الافتراضى للقمر الصناعى عند نفاد الوقود الذى يغذى محركات الدفع الصغيرة الخاصة بالتوجيه وتصحيح المسار بافتراض عدم حدوث أى عطل خطير لأجهزة القمر طوال فترة التشغيل ، وعادة ما تكون الأجهزة المهمة مضاعفة بوجود احتياطى لها ؛ لذلك نسمع عن استبدال الأقمار الصناعية التى انتهى عمرها الافتراضى بأخرى جديدة كل ١٠ أو ١٥ عامًا .

★ استقبال الإشارة من القمر الصناعى :

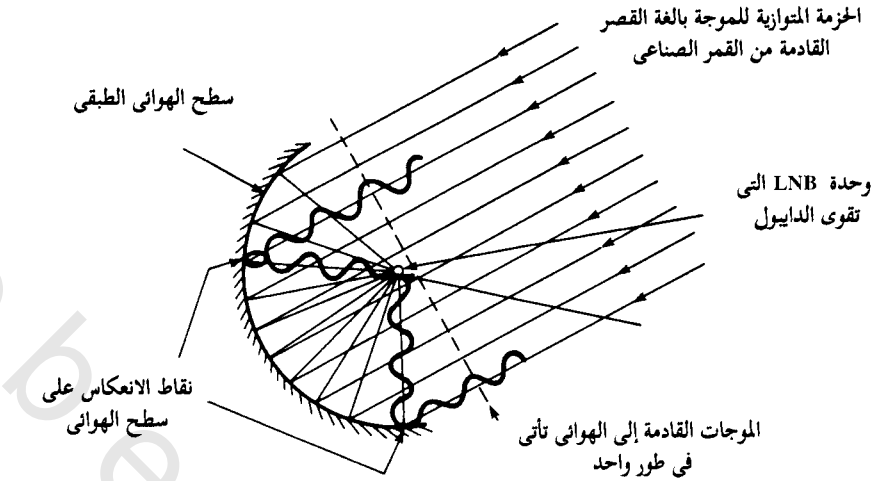
إن عملية استقبال الموجات فائقة التردد التى يبلغ ترددها ١١ جيجا هرتز (أى ١١ألف مليون هرتز) ، وإذا نحن طبقنا نظرية الهوائى المعتاد «**دايبول**» الذى يتناسب مع طول الموجة فإن طول الموجة هنا سيكون فى حدود ٢,٥ سم مما يعنى أن الهوائى المعتاد سيكون من الصغر بحيث يمكن وضعه فى جيب القميص ، ولكن هذا الهوائى بهذا الحجم الصغير لن يناسب الاستقبال من الأقمار الصناعية ؛ لأننا هنا بصدد استقبال حزمة موزعة على مساحة كبيرة لذا يجب علينا تركيزها وتوجيهها إلى «**دايبول**» للحصول على مجال قوى يمكن الاستفادة منه فى استقبال صورة واضحة .

لهذا نستخدم الهوائيات ذات الشكل الطبقى الذى يتمركز فى بؤرته ـ تماماً ـ دايبول صغير تتركز عليه الموجات المجمعة ، وكلما زاد حجم الهوائى زادت قدرته على اعتراض حزمة أكبر من الموجات الساقطة عليه ، وزادت الطاقة التى يمكن جمعها وتركيزها على الدايبول الموجود فى بؤرته ، وهنا تبرز أيضاً أهمية موضوع الاستقطاب فالموجات القادمة من القمر الصناعى لابد وأن يكون استقطابها مماثل لاستقطاب الدايبول كما يجب أن يكون وجه الموجة القادمة متزامناً عند وصوله على الدايبول . انظر الرسم

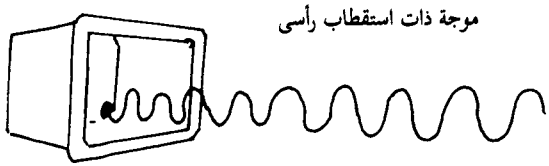


تنعكس الإشارة متجمعة على وحدة LNB الموجودة فى بؤرة الهوائى الطبقى.

ولما كان انعكاس الإشارة القادمة من القمر الصناعى معتمداً على الشكل الهندسى للطبق فإن أى انبعاج أو اعوجاج فى سطح الطبق يقلل من كفاءة الاستقبال .



من أهم خصائص الموجات الكهرومغناطيسية عملية الاستقطاب ، ولكى نفهم هذه الظاهرة علينا أن نتصور سيارة تسير على الطريق وصولاً إلى نقطة معينة ، وأمام هذه السيارة خياران أولهما أن تسير عبر طريق متعرج فى الوديان ، وثانيهما أن تسلك طرقًا عبر التلال صعودًا وهبوطًا فذلك مثل الموجات الكهرومغناطيسية ، فالسيارة التى سلكت الطريق المتعرج الأفقى فى الوديان تماثل فى مسلكها الموجات ذات الاستقطاب الأفقى ، أما السيارة التى اختارت اجتياز التلال صعودًا وهبوطًا فتماثل فى مسلكها الموجات الكهرومغناطيسية ذات الاستقطاب الرأسى . (انظر الرسم)



obeikandl.com

★★ مناطق الاستقبال :

بعكس الإرسال التلفزيونى نجد أن الإرسال عبر الأقمار الصناعية الموجودة فى الفضاء لا تحده الهيئات الطبيعية والموانع كالجبال والمبانى التى نشاهدها على مرمى البصر ؛ لذلك فإن مناطق الاستقبال تكون أكثر تجانسًا فى حالة الاستقبال من الأقمار الصناعية ، وتنقص قدرة الاستقبال كلما ابتعدنا عن مركز «**بصمة القدم**» الخاصة بالقمر الصناعى المرسل ، ففى المنطقة المركزية من «**بصمة القدم**» يمكن استقبال الإرسال بطبق هوائى لا يزيد قطره على ٦٠سم ، أما فى المنطقة الثانية فيلزم أن يكون الطبق فى حدود ٩٠ سم .

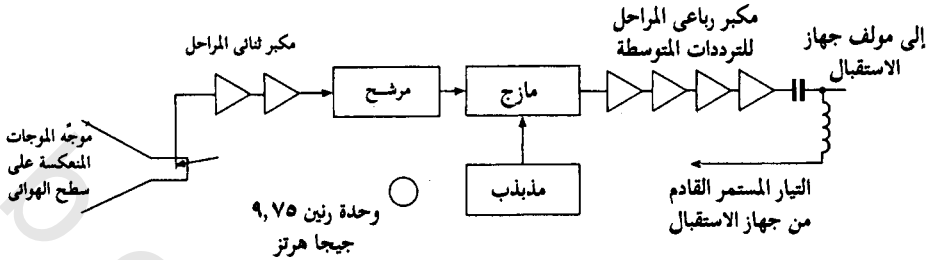
★★ تركيب الهوائى :

لقد أصبحت الهوائيات الطبقية أقل حجماً مع استخدام الموجات فائقة القصر ذات الترددات فى حدود ١١ جيجا هرتز ، بعد أن كانت كبيرة الحجم عندما كانت الموجات المستخدمة فى حدود ٤ جيجا هرتز وكانت هناك صعوبة فى تثبيتها ومنع تأثير الهواء والعواصف عليها ؛ لأن التثبيت الجيد للهوائى يعتمد عليه ضبط زوايا التوجيه للقمر الصناعى وثباتها ، وبمجرد تثبيت الهوائى تثبيتا قوياً يجب البحث عن حزمة القمر الصناعى المراد الالتقاط منه ، ويتطلب ذلك معرفة اتجاه القمر الصناعى بالضبط بالنسبة للمكان المركب فيه هوائى الاستقبال .

★★ وحدة الضوضاء المنخفضة *Low noise block LNB* :

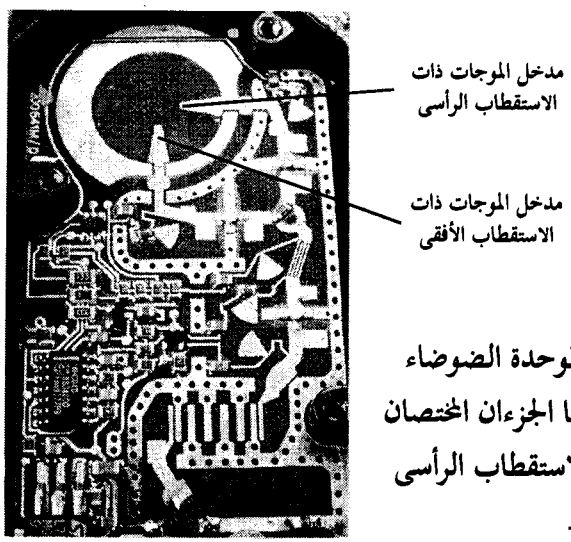
هى أول شىء يقابل الموجات بالغة القصر «**الميكروويف**» المنعكسة من سطح الهوائى الطبقى ، وتركب وحدة الضوضاء المنخفضة **LNB**فى بؤرة الهوائى الطبقى لكى تتجمع عليها الموجات المركزة الساقطة على الهوائى الطبقى ، وبعد اقتياد هذه الموجات خلال مرشد أو موجّه موجى تقابل هذه الموجات قطعة صغيرة تسمى **Micro strip** حيث يتم توجيه الموجات ذات الاستقطاب الرأسى إلى مكان على الدائرة المطبوعة ، والموجات ذات الاستقطاب الأفقى إلى مكان مختلف على الدائرة نفسها أى أن كل منهما يأخذ مساراً مختلفاً عن الآخر

حيث يوصل كل منهما إلى الترانزستور الموجود فى دائرة التكبير الأولى للإشارة، ويتم اختيار نوعية الاستقطاب من دائرة التحكم الموجودة فى جهاز الاستقبال من الأقمار الصناعية .



مكونات وحدة الضوضاء المنخفضة LNB ، ونلاحظ فيها أن كابل توصيل الإشارة إلى جهاز الاستقبال هو نفسه الحامل للتيار المستمر الذى يغذى الوحدة

وتتم عملية اختيار نوعية الاستقطاب الرأسى أو الأفقى عن طريق تغذية وحدة الضوضاء المنخفضة **LNB** بتيار مستمر جهده ما بين ١٣ فولتًا و١٧ فولتًا ، ويصل هذا التيار المستمر إلى وحدة الضوضاء المنخفظة **LNB** عن طريق الكابل نفسه الذى يحمل الإشارات إلى جهاز الاستقبال فهذا الكابل له وظيفتان ، فهو ينقل الإشارات من الهوائى إلى جهاز الاستقبال وفى الوقت نفسه يحمل التيار المستمر الذى يغذى وحدة الضوضاء المنخفضة **LNB** . والرسم السابق يوضح مبدأ عمل وحدة الضوضاء المنخفضة **LNB** .



شكل الدائرة الكهربائية لوحدة الضوضاء المنخفضة LNB ويظهر فيها الجزءان المختصان باستقبال الموجات ذات الاستقطاب الرأسى والأفقى .

ويعمل المكبر الأول على الوصول بالكسب إلى ٢٠ ديسيبل ، ثم تمر الموجات بالغة القصر **SHF** إلى مرشح ، ثم تمر إلى المازج المتكون من الثنائيات السليكونية الذى يعمل مع وحدة الرنين ومذبذب لإصدار موجات متصلة **CW** ثابتة التردد مقدارها ٩,٧٥ جيجا هرتز خالية من الضوضاء ، وتدخل هذه الموجات الثابتة على جانب الترددات المنخفضة للموجات الحاملة القادمة إلى الوحدة .

وتصدر كل موجة حاملة للمرئيات تردداً متوسطاً يتناسب مع الفرق بين ترددها وتردد المذبذب الموجود داخل الوحدة ، ولما كانت كل الموجات الحاملة تتناغم مع إشارة المذبذب فإن النتيجة النهائية هى تحويل كل حزمة القنوات إلى ترددات منخفضة يتم اختيارها فى المرشح الموجود على نهاية المازج ، وتظل الفواصل ما بين القنوات كما هى وتظل كذلك طريقة التعديل الموجى كما هى .

★★ هوائى الاستقبال من القمر الصناعى :

لقد أصبح الشكل العام لهوائى الاستقبال من الأقمار الصناعية هو الشكل الطبقى ، وكلنا يشاهد هذه النوعية من الهوائيات منتشراً فوق أسطح المنازل فى المدن ، ولكن مع انتشار تركيب هذا الهوائى ظهرت بعض الصعوبات التى تحد من تعميم هذا النظام للناس العاديين فى جميع أنحاء العالم ، وذلك للأسباب التالية :

* ارتفاع تكاليف الهوائى الطبقى ومشتملاته بحيث يقتصر استخدامه على القادرين فقط .

* صعوبة توجيه وتركيب الهوائى الطبقى للحصول على أفضل استقبال من القمر الصناعى المُوجّه إليه الطبق .

* هناك صعوبة فى أعمال الصيانة والإصلاح لهذه النوعية من الهوائيات ومكوناتها فى حالة ظهور أعطال بها ، فإعادة الضبط بعد إتمام الإصلاح يستغرق وقتاً وجهداً كبيراً .

* لتثبيت هذه النوعية من الهوائيات وإضافة إمكانية التحكم فى اتجاهاتها ودورانها حول محاور رأسية وأفقية فإننا نحتاج إلى نظام ميكانيكى معقد نوعًا ما حتى يمكن التوجيه فى اتجاه الأقمار الصناعية المختلفة الموجودة فى الفضاء .

* إن نطاق دوران الهوائى الطبقى شرقًا وغربًا محدود بزاوية محددة تحد من قدرته على استقبال كافة الأقمار الصناعية المنتشرة فى الفضاء بحيث يقتصر الاستقبال على عدد محدود من الأقمار الصناعية .

لذلك فقد اتجه العلماء إلى التفكير فى سُبُل أخرى لتسهيل عملية الاستقبال لأن الصعوبات التى ظهرت فى الهوائيات الطبقية لا تساعد على انتشار خدمة الاستقبال التلفزيونى من الأقمار الصناعية فى كافة أنحاء العالم خاصة فى الدول الفقيرة والنامية .

وقد توصل العلماء إلى أنواع جديدة من الهوائيات الخاصة بالاستقبال من الأقمار الصناعية تتوافر فيها مواصفات رخص الثمن وسهولة التركيب وسهولة الضبط ، ومن هذه الأنواع :

* **الهوائى المسطح Flat Antenna .**
* **الهوائى البوقى Horn Antenna .**
* **الهوائى متعدد البؤر Multi Focus Antenna .**

★★ الهوائى المسطح *Flat Antenna* :

يحل هذا الهوائى الجديد مشكلات الهوائيات الطبقية نظرًا لتميزه فى الخصائص التالى :

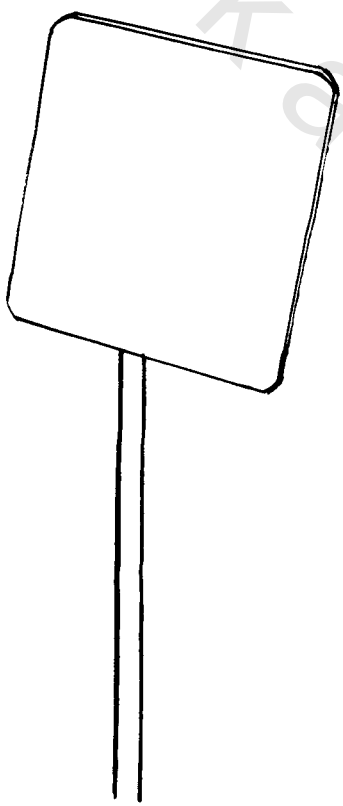
* رخص الثمن بحيث يمكن لأى شخص عادى شراءه ، بل يمكنه تصنيعه بنفسه إذا أراد باستخدام إمكانيات بسيطة فى المنزل ؛ لذلك فمن المتوقع سرعة انتشار هذه النوعية من الهوائيات فى القريب العاجل .

* سهولة التركيب وسهولة الضبط والتوجيه ؛ لأن هذا الهوائى المسطح لا يحتاج إلى ضبط لزوايا الميل أو زوايا التوجيه .

* سهولة الصيانة والإصلاح ، فهذا الهوائى تسهل عملية فكه بإعادة تركيبه بدرجة كبيرة ، وذلك دون الحاجة إلى عمليات ضبط وتوجيه ، مثل التى نحتاجها فى حالة فك وإعادة تركيب الهوائيات الطبقية المعروفة لدينا هذه الأيام.

وقد أكدت الدراسات والأبحاث التى أجريت على هذا الهوائى صلاحيته للاستقبال التلفزيونى من بث الأقمار الصناعية ، وقد بدأت بعض الشركات ـ بالفعل ـ عملية إنتاج الهوائى المسطح ونشره وتوزيعه فى الأسواق ، ومع أن هذا الانتشار ما زال محدوداً فى الوقت الحاضر إلا أنه من المنتظر أن يعمّ استخدام هذا النوع من هوائيات الاستقبال فى المستقبل القريب ليدخل مكان الهوائى الطبقى التقليدى متميزاً عليه فى صفاته ومتغلباً على الصعوبات التى ظهرت مع استخدامه عملياً .

والرسم المقابل يوضح نموذجًا من أشكال هذا الهوائى المسطح الذى نزل ـ فعلا ـ فى أسواق أمريكًا وأوربًا ، ويلاحظ أن شكله العام بسيط ، كما أن عملية تركيبه وضبطه سهلة ميسورة ، لدرجة أن قد أمكن عمليًا تثبيت هذا الهوائى على زجاج النوافذ التى تأخذ اتجاه الجنوب الجغرافى وتواجه مجموعة من الأقمار الصناعية الخاصة بإرسال واستقبال البرامج الإذاعية والتلفزيونية الدولية ، وقد أمكن لهذا الهوائى المسطح المثبت على النافذة استقبال عدد معقول من القنوات الإذاعية والتلفزيونية الدولية بوضوح تام . (انظر الشكل)



الهوائى المسطح يتميز بالبساطة فى الشكل والكفاءة فى الأداء

★★ نظرية عمل الهوائى المسطح :

تعتمد نظرية الهوائى المسطح على بعض الأفكار البسيطة التى يمكن تلخيصها فى النقاط التالية :

(١) إن الموجات بالغة القصر «**الميكروويف**» التى يبثها القمر الصناعى هى فى الأصل موجات كهرومغناطيسية تنتشر بسرعة الضوء ، ولها مواصفات الموجات الضوئية نفسها .

(٢) إن الموجات الضوئية لها خاصية الانعكاس على الأسطح العاكسة ، وبالتالى فإن موجات الميكروويف الصادرة من الأقمار الصناعية تنعكس هى الأخرى على الأسطح العاكسة مثل موجات الضوء .

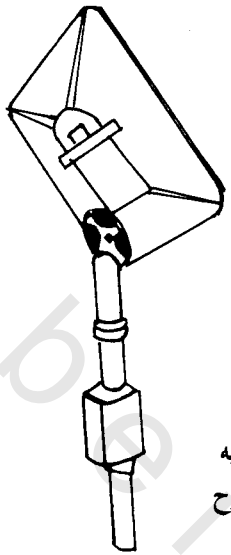
(٣) يمكن تجميع موجات الضوء باستخدام العدسات أو المرايا ، وبالمثل يمكننا ـ أيضا ـ تجميع موجات الميكروويف بالعدسات اللامة .

(٤) يمكن لثنائى القطبية «الدايبول» استقبال الموجات الكهرومغناطيسية بشرط أن يكون طول ثنائى القطبية «الدايبول» مساويا لنصف الطول الموجى للإشارة الساقطة عليه .

وعلى هذه الأفكار البسيطة تم بناء نظرية عمل هوائى الاستقبال المسطح للاستقبال من الأقمار الصناعية اعتمادا على تشابه انتشار موجات الضوء وخصائصه مع موجات الميكروويف من حيث الانعكاس والتجميع .

★★مكونات هوائى الاستقبال المسطح :

يتكون هوائى الاستقبال المسطح ببساطة من لوح من مادة شفافة على شكل مربع يتراوح طول ضلعه ما بين ٢٠سم ، ٥٠سم ، ويبلغ سمكه من ٣ ميلليمترات إلى ٤ ميلليمترات ، وتتم عملية طباعة لعدد ٢٠٠ـ٣٠٠ ثنائى القطبية «الدايبول» على هذا اللوح بحيث تتصل هذه الثنائيات مع بعضها البعض . ومن الممكن أن تكون المادة الشفافة هنا هى زجاج نافذة تطل على اتجاه الجنوب الجغرافى .



كما يمكن أن تطبع حلقات دائرية من مادة عاكسة للضوء مثل القصدير على هذا اللوح الشفاف ، ولكن يفضل أن تكون هذه الحلقات على شكل بيضاوى ، وتعمل هذه الحلقات العاكسة عمل العدسة اللامة حيث تجمع الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة عليها فى بؤرة العدسة التى تقع خلف اللوح الشفاف أو الزجاجى حيث يتم تثبيت بوق التغذية لاستقبال الأشعة التى يتم تجميعها .

الهوائى المسطح عبارة عن لوح شفاف عليه حلقات بيضاوية ، ولوح عاكس خلف اللوح الشفاف لعكس موجات الميكروويف التى تتجمع فى نقطة يوضع عندها بوق التغذية .

وهناك نوعان من الهوائيات المسطحة يستخدم النوع الأول لوحا شفافا عليه حلقات بيضاوية من مادة عاكسة للضوء تعمل كعدسة لامة لتجميع موجات الميكروويف الساقطة عليها فى نقطة تقع خلف اللوح ، ولا يحتاج هذا النوع إلى بوق التغذية الذى يستخدم عادة فى تجميع موجات الميكروويف وتوجيهها .

أما النوع الثانى من أنواع الهوائيات المسطحة فيستخدم لوحًا عاكسًا خلف اللوح الشفاف المطبوع عليه حلقات العكس البيضاوية ، حيث يقوم اللوح العاكس بتجميع موجات الميكروويف فى نقطة أمام اللوح الشفاف ؛ لذلك فإن هذا النوع يحتاج إلى بوق تغذية لتجميع الموجات المنعكسة أمام الهوائى .

★★ مميزات الهوائى المسطح :

يتميز الهوائى المسطح للاستقبال التلفزيونى من الأقمار الصناعية بالمميزات المهمة التالية :

- خفة الوزن .
- عدم الحاجة إلى بوق تغذية أو مكبر منخفض التشويش .

ـ سهل التركيب والضبط والتوجيه .

ـ يسهل نقله من مكان لآخر .

ولكى نأخذ فكرة عن وزن وحجم هذا الهوائى البسيط لنا أن نعرف أن الهوائى المسطح الذى يبلغ طول ضلعه ٣٤,٥ سم يزن ٢,٣ كيلو جرام فقط ، والهوائى المسطح الذى يبلغ طول ضلعه ٧٢ سم يزن ٩ كجم ؛ لذلك فإنه من الممكن استخدام هذا الهوائى المسطح فى الرحلات الخارجية والمعسكرات ، كما يسهل تركيبه فى السفن والقوارب .

★★ تركيب الهوائى المسطح :

نظراً لخفة وزن الهوائى المسطح وصغر حجمه ، فإن هذا النوع من الهوائيات يمكن أن يثبت على قائم رأسى مشابه لذلك الذى نثبت عليه هوائى الاستقبال المعتاد فى المنازل الآن .

★★ الأقمار الصناعية التى يمكن استقبالها بالهوائى المسطح :

يمكن لهذا الهوائى استقبال العديد من قنوات الإرسال التى تبثها الأقمار الصناعية خصوصًا بعد التطوير المستمر ـ لهذا النظام الجديد من الهوائيات ـ المنتظر حدوثه فى العقد القادم .

ويمكن للهوائى المسطح الاستقبال التلفزيونى من الأقمار الصناعية الآتية :

-TDF . -TVSAT . - ASTRA. - TELECOM- F2 .

TELECOM -F1. EUTEL SAT -F1 . - KOPERNIKUS.

INTELSAT.

★★ الهوائى البوقى *Horn Antenna* :

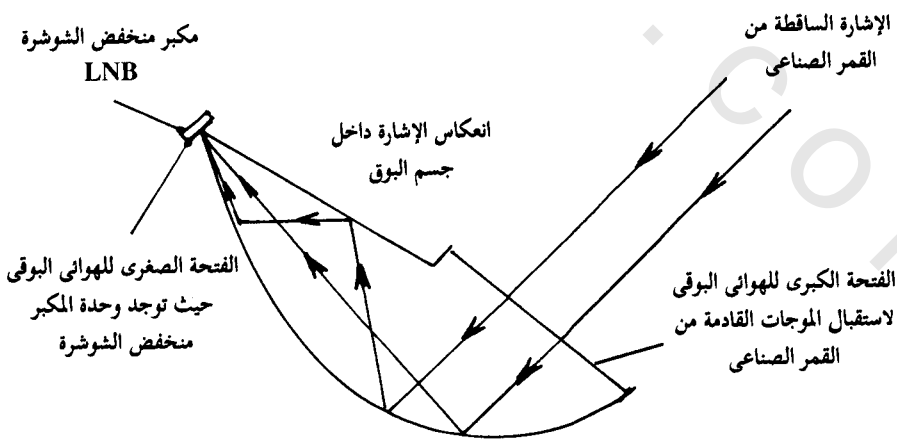
يعتبر الهوائى البوقى صورة جديدة من الصور المتطورة لهوائيات الاستقبال التلفزيونى من الأقمار الصناعية ، وقد صمم هذا الهوائى على هيئة بوق لتجميع موجات الميكروويف المستقبلة من الأقمار الصناعية عند رأس أو قمة هذا البوق حيث يوجد المكبر منخفض التشويش **LNB** .

ويختصر الهوائى البوقى عمل ووجود بوق التغذية المستخدم مع الهوائيات الطبقية ؛ لذلك لا نجد بوقًا للتغذية فى هذه النوعية من الهوائيات حيث يعمل جسم الهوائى نفسه هذا العمل ، ويقتصر وجود المكونات الأخرى على المكبر منخفض التشويش LNB فقط ويتواجد عند قمة البوق .

★★ تصميم الهوائى البوقى :

يشبه هذا الهوائى شكل بوق آلة الساكسفون الموسيقية ، وله فتحتان الأولى كبيرة وهى التى تدخل منها موجات الميكروويف ، والأخرى صغيرة تتجمع عندها الموجات بعد انعكاسها انعكاسات متعددة داخل جسم البوق ، ونحصل منها فى النهاية على الإشارة المطلوب استقبالها من الأقمار الصناعية ويستخدم هذا الهوائى البوقى فى استقبال القنوات الهاتفية ، وقنوات الڤيديو ، ويستخدم ـ أيضا ـ فى تبادل البيانات .

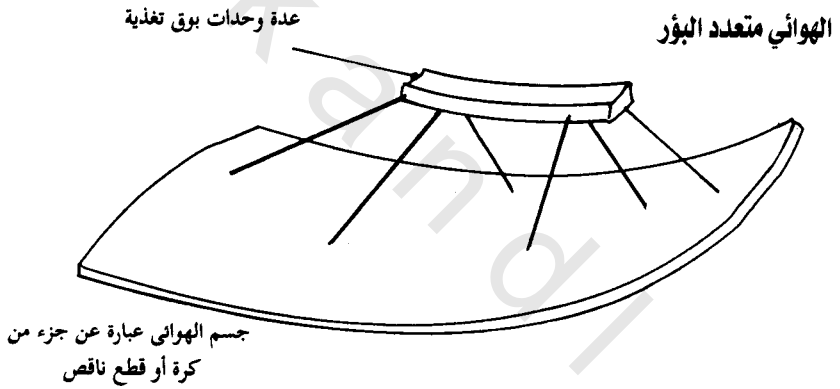
ويركب الهوائى البوقى عادة على أبراج عالية ذات هيكل معدنى مركب حيث يتم توجيه فوهة البوق الكبيرة فى اتجاه القمر الصناعى المطلوب الاستقبال منه ، ويوضح الرسم التخطيطى التالى كيفية دخول الإشارة القادمة من الأقمار الصناعية داخل الهوائى البوقى ، وانعكاسها داخل جسم الهوائى ، ووصولها إلى النهاية الصغرى للهوائى حيث يتم التقاطها بالمكبر منخفض التشويش .



★★ الهوائى متعدد البؤر *Multi Focus Antenna* :

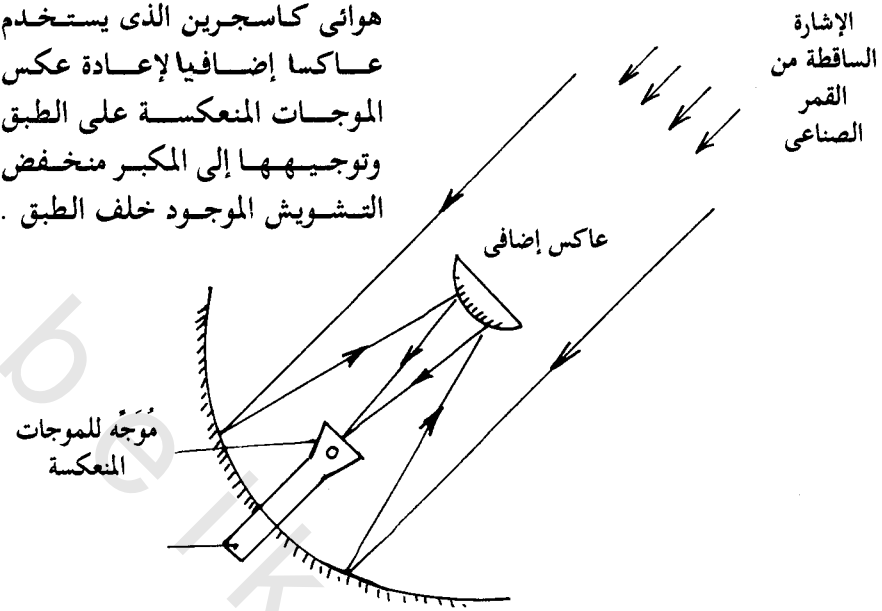
هو نوع من الهوائيات الطبقية المعدل لاستقبال إرسال عدة أقمار صناعية فى وقت واحد مع بقاء الهوائى ثابتًا فى وضع واحد ، وفى الغالب يكون شكل هذا الهوائى على هيئة جزء من كرة أو قطع ناقص ، ويوجد فى المستوى البؤرى أكثر من بوق تغذية يستقبل كل منهم إشارة صادرة من قمر صناعى .

ويستخدم هذا الهوائى الطبقى متعدد البؤر فى الأغراض التجارية لمحطة الإرسال الإذاعى والتلفزيونى الكبيرة ، وقد يصل قطر الهوائى المستخدم فيها إلى ١٦ قدمًا ؛ لذلك فإن هذه النوعية من الهوائيات غير ملائمة للاستخدام المنزلى المعتاد .



★★ هوائى كاسجرين *Cassagrain Antenna* :

هو نوع من الهوائيات الطبقية يستخدم عاكسًا إضافيا لتوجيه موجات الميكروويف المنعكسة على سطح العاكس الطبقى إلى بوق التغذية **Feedhorn** الموجود خلف العاكس الطبقى ، وعادة ما يستخدم هذا النوع من الهوائيات الطبقية فى المناطق ذات الحرارة الشديدة التى تؤثر على كفاءة بوق التغذية ، والمكبر منخفض التشويش **LNB** ؛ لذلك فإن البوق والمكبر يوضعان خلف العاكس الطبقى حماية لهما من تأثير أشعة الشمس الساخنة بحيث يقعان فى ظل الطبق .



★★ بوق التغذية *Feed horn* :

هذا الجزء من أجزاء الاستقبال من الأقمار الصناعية جزء أساسى له وظيفة مهمة ، وهى :

تجميع موجات المكيروويف التى تنعكس من سطح الهوائى مع استبعاد الضوضاء والإشارات الأخرى غير التى فى اتجاه محور الهوائى ، ويجب أن يتم ذلك لأقل فقد فى الإشارة ودون أى تشويش مؤثر ، كما ينتقى بوق التغذية قطبية الإشارة المطلوبة سواء أكانت أفقية أو رأسية ويطرد الإشارات ذات القطبية العكسية ، ومن ذلك نرى أهمية بوق التغذية كعنصر مُوَجِّه ومنقى للقطبية وطارد للتشويش على حد سواء .

★★ جسم بوق التغذية :

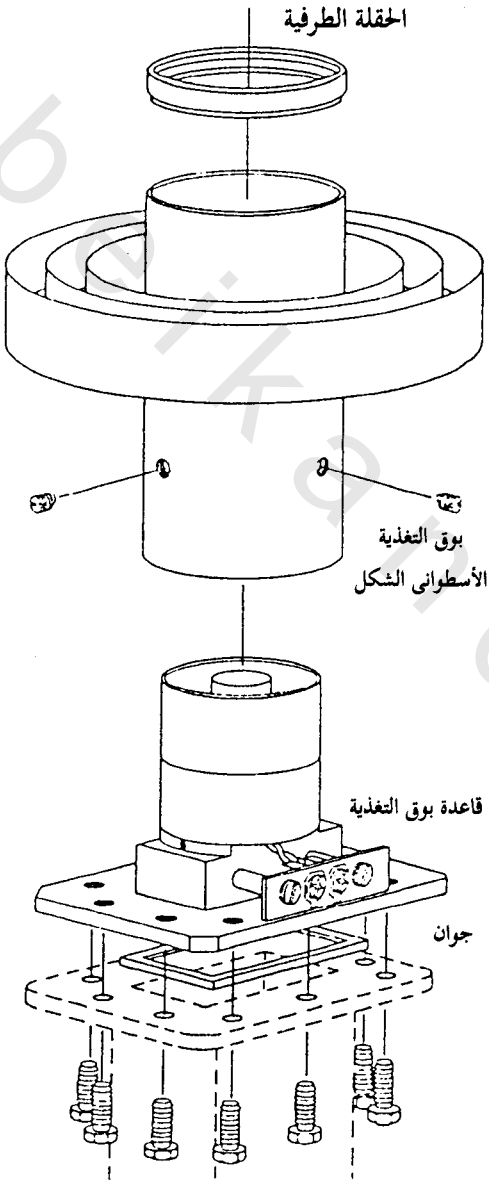
بوق التغذية له جسم ذو شكل أسطوانى من مقدمته ، ثم يميل بزاوية قائمة والإشارة المنعكسة من الطبق عند البعد البؤرى للطبق تدخل مجموعة بوق التغذية خلال الفتحة الأسطوانية التى تسمى محور الاستقبال ، ويوجد مجس فى

قاع الحلق ، ويوضع هذا المجس بحيث يصحح قطبية الإشارة، ويصنع هذا المجس من مادة التيفلون أوالبلاستيك حيث ينقل الإشارة إلى موجّه الموجات ، ثم إلى المكبر منخفض الضوضاء ، ويقوم المحرك الصغير «**السرڤو**» الموجود فى نهاية جسم بوق التغذية بتحريك الدايبول الصغير الذى يلتقط الإشارات بعد توجيهها، ويتم التحكم فى هذا المحرك الكهربائى الصغير عن طريق نبضات تصله من جهاز الاستقبال بحيث يدور بناء على أوامر تصله من جهاز الاستقبال الخاص بالأقمار الصناعية عند قيام المستخدم بتغيير القنوات ، أو عند قيامه بالضغط على مفتاح تغيير الاستقباط **H,V** ، ويوصل المحرك أو السرڤو بثلاثة أسلاك لها ألوان عيارية هى :

الأحمر : تغذية بجهد مستمر قدره ٥ ڤولت .

الأبيض : تغذية بالنبضات القادمة من جهاز الاستقبال .

الأسود : الأرضى .

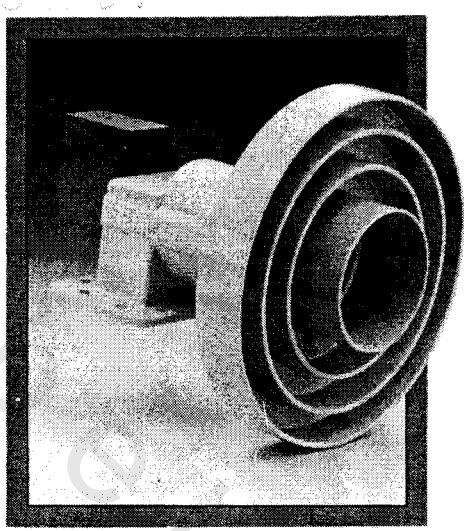


رسم توضيحي
لأجزاء بوق التغذية

يتصل الجزء بالمكبر منخفض الضوضاء .

obeikandl.com

وهناك حلقة مثبتة حول واجهة اتجاه محور الاستقبال من الأمام ، وذلك لموازنة المجالين المغناطيسى والكهربائى لتحسين جودة الاستقبال ، ويمكن أن نجد هذه الحلقات ثابتة فى بعض الأنواع ، أو متحركة يمكن ضبطها فى أنواع أخرى . وعادة ما يغطى مدخل اتجاه محور الاستقبال فى بوق التغذية بغطاء من البلاستيك يسمح بدخول الإشارة بأقل فقد ممكن ويمنع دخول الحشرات أو الطيور داخل الحلق .



بوق التغذية Feed horn ذو الشكل الأسطوانى وعلى طرفه العلوى حلقات لموازنة المجالين الكهربائى والمغناطيسى .

★★ تشغيل بوق التغذية :

يوجد فى بوق التغذية محرك «سرفو» ذو مدى حركة بزاوية ٢٧٠° درجة ويتحمل هذا المحرك الصغير الزيادة المفاجئة فى الجهد ولا يهتز عند تحميله بالنبضات ، كما يتحمل هذا المحرك ظروف التشغيل فى الأجواء الباردة دون خلل فى الأداء .

كما تستخدم بعض أنظمة الاستقبال محرك ١٢ فولتا له مدى حركة بزاوية ٣٦٠ درجة ، وهذه النوعية لا تستخدم النبضات ، وإنما يدور المحرك فى اتجاه واحد عند النقل بين القنوات ؛ لذلك فالأسلاك الواصلة له تكون زوج من الأسلاك ، وليست ثلاثة أطراف كالنوع الآخر الذى يعمل بالنبضات .

★★ أبواق التغذية ذات الحزمة المزدوجة :

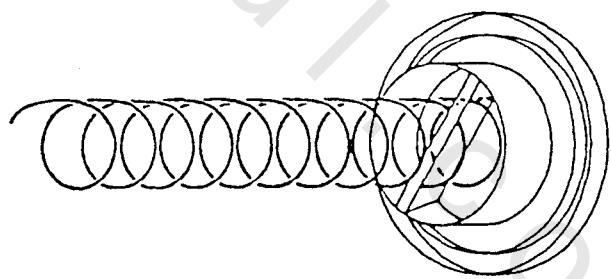
ظهرت أبواق تغذية لها قدرة على استقبال كل من حزمة الإشارات **C** ، **KU** فى الثمانينيات ، وتعمل هذه الأبواق بمحرك واحد للحزمتين كلتيهما ، والدوار

فى نهاية الحلق له مجسان واحد لاستقبال الحزمة "C" والآخر لاستقبال الحزمة "KU" ، ويرتبط المجسان بمحرك واحد مشترك ، وعند إرسال النبضات للمحرك لتغيير القطبية يدور المجسان كلاهما .

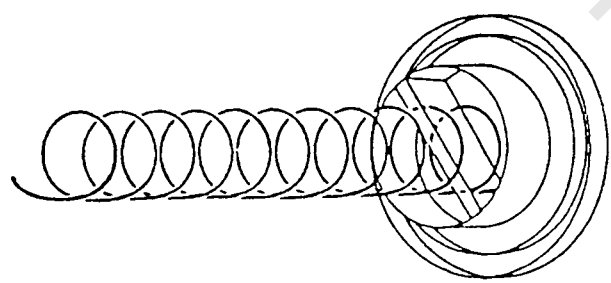
★★ الاستقطاب الدائرى :

ترسل معظم الأقمار الصناعية موجاتها باستقطاب أفقى أو رأسى ، ولكن بعض الأقمار الصناعية ترسل موجاتها باستقطاب دائرى بدلا من الاستقطاب المستقيم ، وقد يكون هذا الاستقطاب الدائرى ذا اتجاه أيمن **(R.H.C.P)** ، أو ذا اتجاه أيسر **(L.H.C.P)** ، والاستقطاب الدائرى معناه أن اهتزاز المجالين المغناطيسى والكهربائى يتبعان مساراً دائرياً عند سيرهما فى الفضاء ، ويمكن لأبواق التغذية المصممة لاستقبال الإشارات ذات الاستقطاب المستقيم أن تستقبل الموجات ذات الاستقطاب الدائرى مع أن القوة المستقطبة تقل بقيمة ٢ـ٣ ديسيبل .

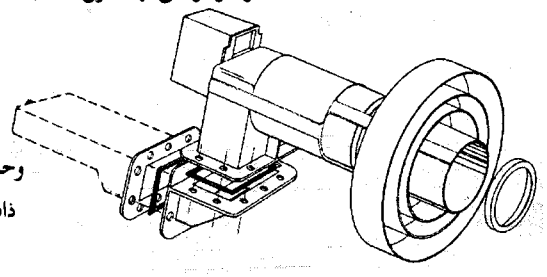
ويمكن استخدام قطعة البلاستيك العازلة للترددات العالية لإمكان التمييز بين القطبية الرأسية والأفقية ، وكذا بين إشارات الاستقطاب الدائرى ذات الاتجاه الأيمن والأيسر .



استقطاب دائرى
ذو اتجاه أيسر



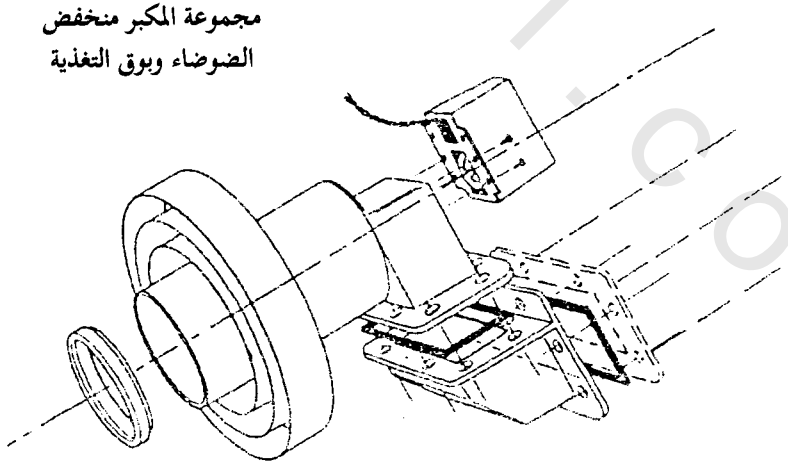
استقطاب دائرى
ذو اتجاه أيمن



بوق التغذية لوحدة الضوضاء المنخفضة .

★★ المكبر منخفض الضوضاء *LNA* :

لهذا المكبر أهمية كبيرة فى عمل مجموعة الاستقبال من الأقمار الصناعية فهو الذى يكشف موجات الميكروويف القادمة من بوق التغذية ، ويحولها إلى تيار كهربائى ، ويكبر هذه الإشارة متناهية الضعف ١٠٠٠٠٠ مرة، وهذا المكبر مع الهوائى الخاص بالاستقبال هما أهم الأجزاء التى تحدد جودة الاستقبال من الأقمار الصناعية ، ويعتبر المكبر هو أول عنصر إلكترونى فى سلسلة المعدات التى تعالج إشارات الأقمار الصناعية .



obeikandi.com

ولكننا نجد أن النظم المستخدمة حديثًا تستخدم وحدة **LNB** ، ومعناها مكبر منخفض الضوضاء مع محول خفض ، أى أن كلمة **LNB** تجمع ما بين وظيفتى التكبير والتحويل المنخفض للتردد حيث يخفض التردد الخاص بالإشارة القادمة تمهيداً لإمكانية استقبالها فى جهاز التلفزيون .

ويوجد داخل وحدة **LNB** مجس داخلى ، هو هوائى الميكروويف الفعلى ، وهذا الجزء المعدنى الصغير هو الذى يستقبل موجات الميكروويف ويحولها إلى تيار كهربائى ، ويمنع هذا المجس الجهود العالية الناتجة من البرق حتى لا تحرق القطع الإلكترونية الداخلية لأن تفريغ الشحنة الكهربائية العالية للبرق خلال المكبر منخفض الضوضاء سيتلف محتوياتها .

ويتم ضبط موضع المجس فى مكانه وزاويته الصحيحة بدقة لزيادة قوة الإشارة المستقبلة ، ولأن بخار الماء له تأثير ضار على الأجزاء الإلكترونية فإن القطع الإلكترونية الخاصة بوحدة **LNB** تجدها مغلفة جيدة داخل صندوق محكم ؛ لحماية هذه الأجزاء الحساسة ، ولا يقتصر دور المكبر الحديث على تكبير إشارة القمر الصناعى فقط ، بل يتعدى دوره هذا إلى القيام بعمل محول خفض التردد ، ودور محول خفض التردد هو تخفيض مدى التردد كليًا أو جزئيًا من حوالى ٤,٢ جيجا هرتز (الجيجا هرتز تساوى ألف مليون أو بليون هرتز) إلى حوالى ٧٠ ميجا هرتز (٧٠ مليون هرتز) .