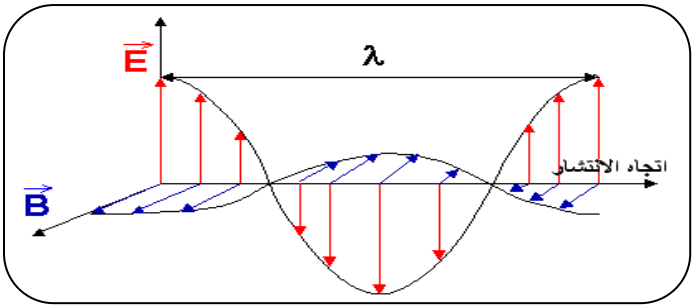
الموجات الكهرومغناطيسية - نقل المعلومات Les ondes électromagnétiques



1 - الموجات الكهرمغنطيسية :

1-1 -تعريف :

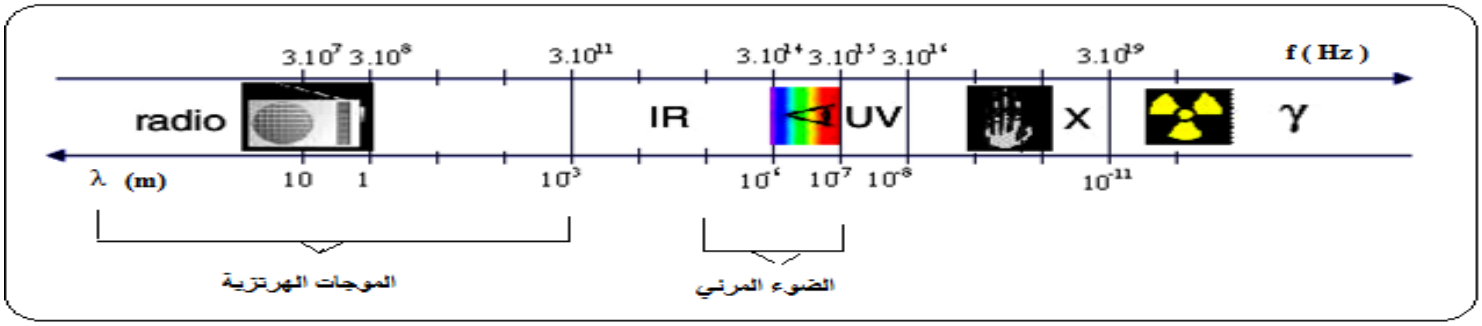
الموجات الكهرومغناطيسية موجة ينتشر خلالها بشكل مزدوج مجال مغنطيسي و مجال كهربائي انطلاقا من منبع معين في جميع الاتجاهات وهي عبارة عن انتقال للطاقة دون انتقال للمادة .

1-2- مميزات الموجات الكهرومغناطيسية :

- تنتشر الموجة الكهرومغناطيسية في وسط متجانس بشكل مستقيمي بسرعة تتعلق بطبيعة الوسط (سرعتها في الفراغ $C = 3 \times 10^8 m/s$) .
- تنعكس على السطوح الفلزية (خاصية تستغل في هوائيات الاستقبال) .
- تتميز الموجات الكهرومغناطيسية بترددها f وطول موجتها λ بحيث : $\lambda = CT = \frac{C}{f}$
- يمكن إنتاج الموجات الكهرومغناطيسية انطلاقا من تيارات كهربائية متغيرة خلال الزمن .

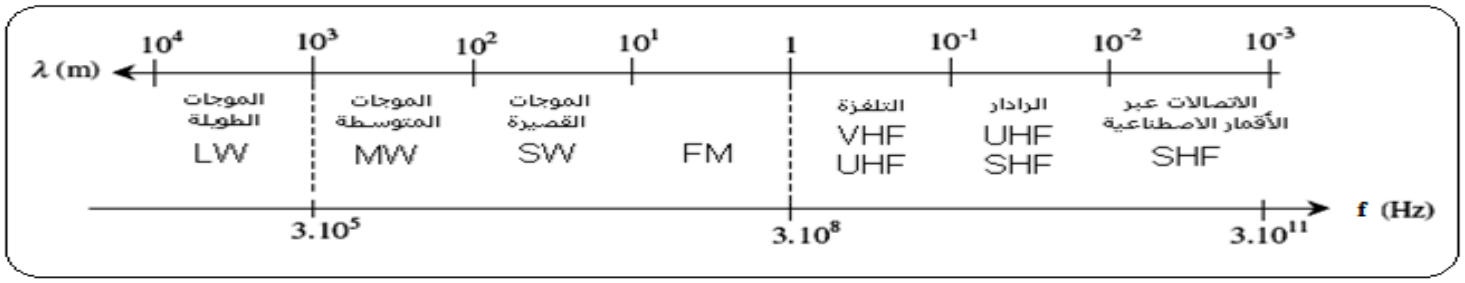
1-3- الطيف الكهرومغناطيسي :

- تمثل الوثيقة أسفله سلم الموجات الكهرومغناطيسية



أ - استعمالات الموجات الهرتزية :

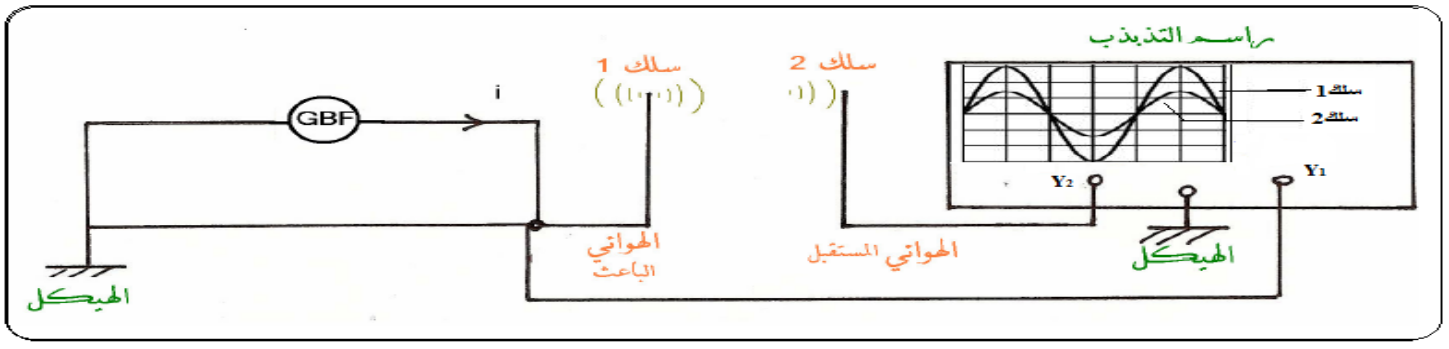
- تستعمل الموجات الهرتزية في نقل المعلومات والإشارات في مجال الاتصالات اللاسلكية والبث الإذاعي والتلفزي ...
- تستعمل الموجات الهرتزية ذات التردد العالي HF كموجات حاملة لنقل إشارات ذات التردد المنخفض BF .



2 -إرسال واستقبال المعلومات بواسطة موجة كهرومغناطيسية :

- يقصد بالمعلومة كل شيء يمكن نقله كالصوت ، الصورة ، المعطيات ...
- لنقل المعلومة يتم تحويلها أولا إلى إشارة كهربائية (توتر أو تيار كهربائي) تتغير بنفس الكيفية مع الزمن .

2-1 -الإبراز التجريبي :



2 2 - التعليل :

- يلعب السلك 1 دور الهوائي الباعث ، بينما السلك 2 دور الهوائي المستقبل .
- التوتران المعاينان على شاشة راسم التذبذب توتران جيبيان لهما **نفس التردد** .

2 3 - ضرورة التضمين :

إن المعلومات التي يتم نقلها (موسيقى ، صوت، صورة ...) تكون ترددتها منخفضة BF (20000hz – 20hz) ويصبح نقلها شبه مستحيل للأسباب التالية :

- يستحيل التمييز بين مختلف الإشارات لضيق مجال الترددات BF (وخاصة الترددات المماثلة) .
- تخضع الإشارات ذات الترددات المنخفضة لظاهرة الخمود خلافا للترددات المرتفعة (الأقمار الصناعية).
- أبعاد هوائيات الاستقبال في حالة الموجات ذات التردد المنخفض كبيرة جدا $L = \lambda/2$. (مثال $\lambda = 150km << f = 2kHz$)

لهذه الأسباب يجب استعمال موجة حاملة ذات تردد عال HF ، $f > 10^5 Hz$ تحمل الإشارة التي تتوفر على المعلومة ، إنها **عملية التضمين** (تضمين موجة حاملة بإشارة تضم المعلومة) .

3 - تضمين موجة جيبية :

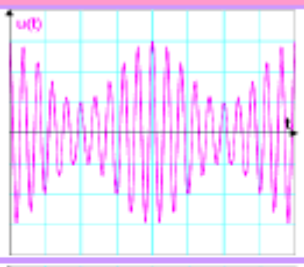
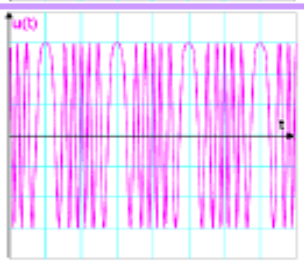
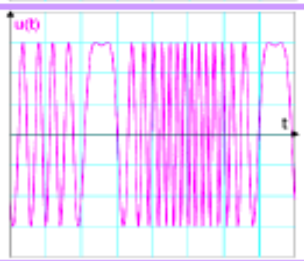
3 1 - مبدأ التضمين :

- تسمى الموجة الكهرومغناطيسية التي تنقل معلومة **موجة حاملة** ، أما المعلومة فتسمى الإشارة **المضمِّنة** .
- تتمثل تقنية التضمين في جعل الإشارة المضمِّنة تغير أحد المقادير المميزة للموجة الحاملة (وسعها ، ترددها أو طورها) بدلالة الزمن .

3 2 - تضمين توتر جيبي :

- **كل إشارة جيبية يمكن تحويلها إلى توتر جيبي له نفس تردد الإشارة ، ليكن u(t) توترا جيبيا بحيث $u(t)=Um\cos(2\pi ft+\varphi)$**

لتضمين التوتر u(t) نجعل إحدى مميزاته (**Um ، f** أو **φ**) **دالة دورية تتعلق بالزمن t ، هناك ثلاثة أنواع أساسية من التضمين :**

	المقدار المضمّن	تعبير u بعد التضمين	التمثيل المبياني
تضمين الوسع (AM)	الوسع	$u(t) = U_m(t)\cdot\cos(2\pi Nt+\varphi)$	
تضمين التردد (FM)	التردد	$u(t) = U_m\cdot\cos(2\pi N(t)t+\varphi)$	
تضمين الطور	الطور	$u(t) = U_m\cdot\cos(2\pi Nt+\varphi(t))$	

4 - تضمين الوسع :

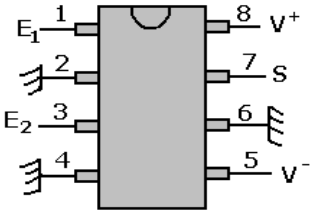
4 1 - مبدأ تضمين الوسع :

يحصل على تضمين الوسع بإنجاز جذاء توترين :

-توتر جيبي عال التردد (الموافق للموجة الحاملة) : $P(t) = P_m.\cos(2\pi F_p t)$.

-وتوتر يساوي مجموع توتر جيبي منخفض التردد $S(t)$ (الموافق للإشارة المضمِّنة) وتوتر مستمر يسمى توتر الإزاحة أو المركِّبة المستمرة U_0 : $S(t) + U_0 = S_m.\cos(2\pi f_s t) + U_0$.

-يستعمل تركيب الكتروني منجز للجذاء للحصول على توتر مضمَّن يتناسب مع هذا الجذاء :

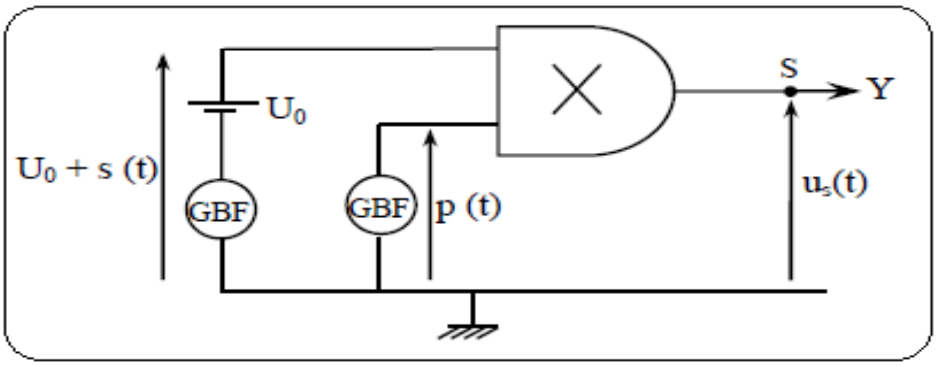


حيث K ثابتة تميز التركيب المنجز للجذاء وحدتها V^{-1} .

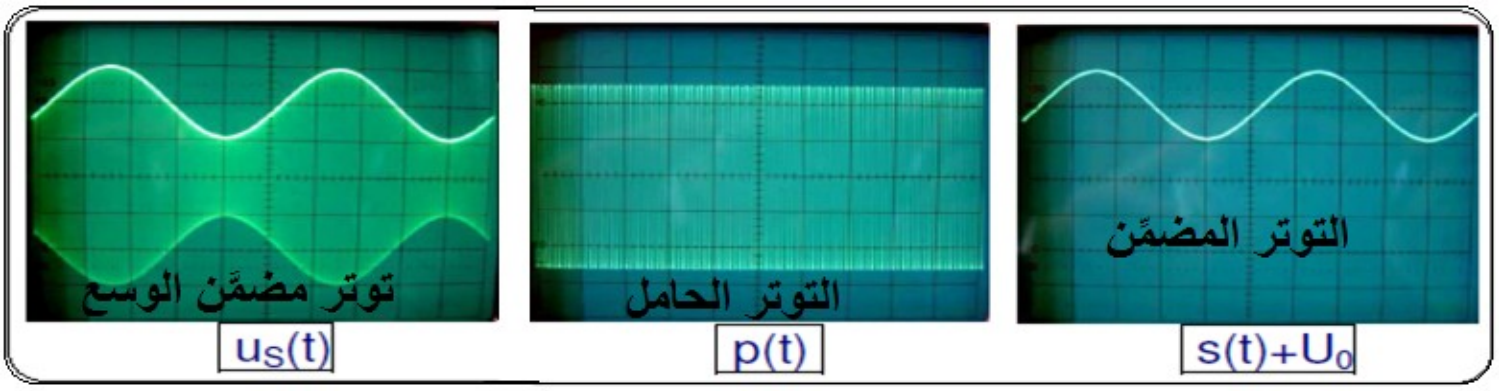
و يتم انجاز هذا الجذاء بواسطة الدارة المتكاملة المنجزة للجداء AD 633 والتي تتوفر على 8 مرابط ، بحيث في المربط 1 يتم ربط الدالة $P(t)$ ، وبالمربط 3 الدالة $S(t) + U_0$ وبالمربط 8 التغذية موجبة $Vcc = +15V$ وبالمربط 5 التغذية السالبة $-Vcc = -15V$ وبالمربط 7 الذي يمثل المخرج للدالة $U_s(t)$ ، أما المرابط المتبقية فنربطها بالهيكل .

4 2 - الإبراز التجريبي لتضمين الوسع :

-ننجز التركيب التجريبي التالي :



ونعاين على شاشة راسم التذبذب المنحنيات الممثل أسفله .



-يلاحظ أن وسع الإشارة المضمَّنة $U_s(t)$ يتغير بدلالة الزمن حسب تغيرات الإشارة المضمِّنة (t) .

أي أن تعبير التوتر المضمَّن يكتب على الشكل التالي $U_s(t) = U_m(t)\cos(2\pi F_p t)$

4 3 - تعبير وسع الإشارة المضمِّنة :

لدينا : $U_s(t) = K \times P(t) \times (S(t) + U_0)$

وبتعويض (t) و $S(t)$ بتعبيرهما نحصل على : $Us(t) = k \times P_m.(S_m.\cos(2\pi f_s t) + U_0) \times \cos(2\pi F_p t)$

حيث وسعه هو : $U_m(t) = k \times P_m.(S_m.\cos(2\pi f_s t) + U_0)$

ومنه : $U_m(t) = (k \times P_m \times U_0) + (k \times P_m(S_m.\cos(2\pi f_s t))$

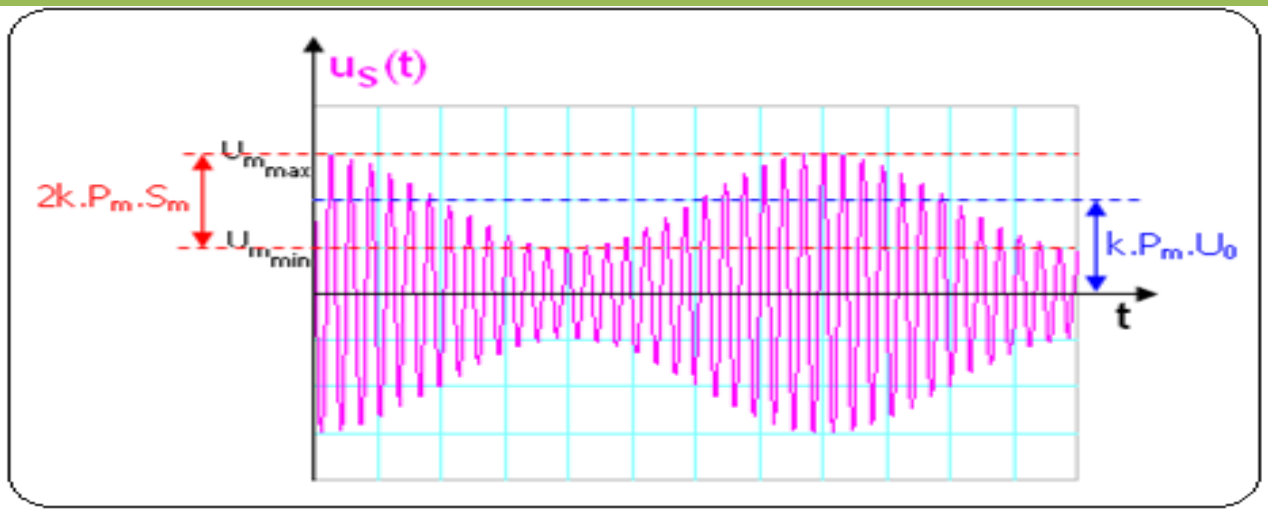
نعمل فنحصل على : $U_m(t) = (k \times P_m \times U_0) \times (\frac{S_m}{U_0}.\cos(2\pi f_s t) + 1)$

نضع : $A = k \times P_m \times U_0$ و $m = \frac{S_m}{U_0}$ يصبح تعبير الوسع هو : $U_m(t) = A(m.\cos(2\pi f_s t) + 1)$

و $m = \frac{S_m}{U_0}$ تسمى بنسبة التضمين .

خاصية : في تضمين الوسع وسع الإشارة المضمَّنة دالة تألفيه للتوتر المضمِّن $U_m(t) = A(m.\cos(2\pi f_s t) + 1)$ ترددها f_s

4 4 - تعبير أخر لنسبة التضمين :

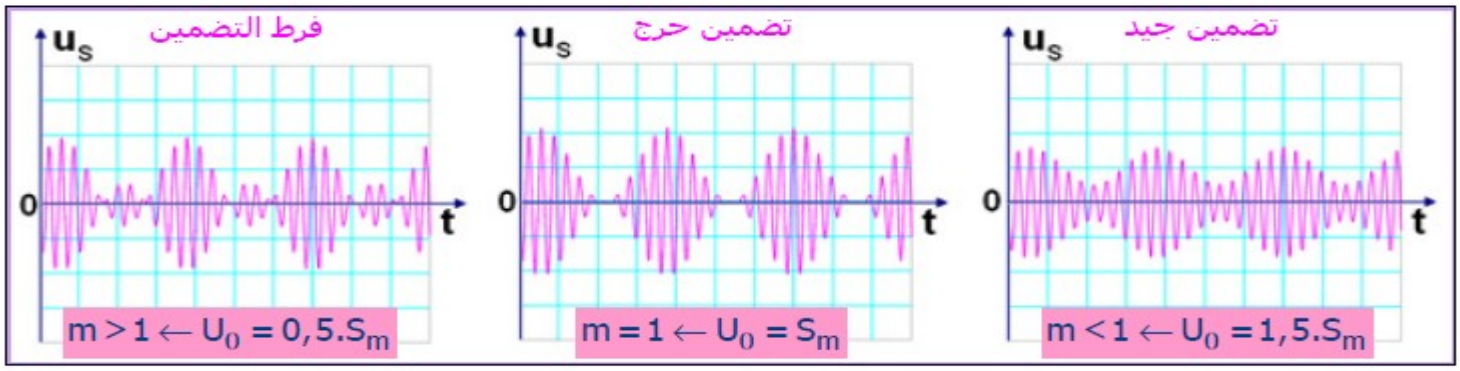


تتغير القيمة القصوى للتوتر المضمَّن (غلاف الإشارة المضمَّنة) بين قيمتين حديتين $U_{m_{max}}$ و $U_{m_{min}}$ بحيث $U_{m_{max}} = A(m+1)$ و $U_{m_{min}} = A(1-m)$ عمليا نحدد نسبة التضمن كما يلي $U_{m_{max}} - U_{m_{min}} = 2A\,m$

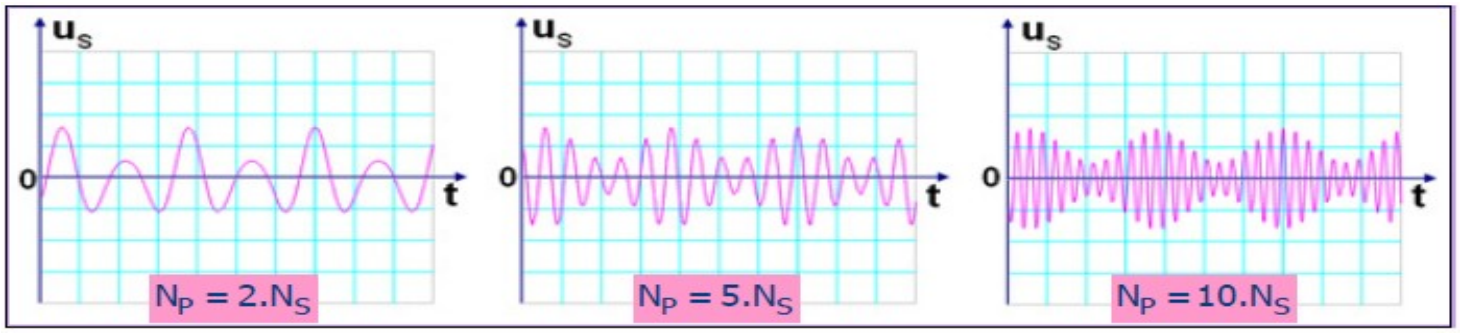
و $U_{m_{max}} + U_{m_{min}} = 2A$ وبالتالي $m = \frac{U_{m_{max}} - U_{m_{min}}}{U_{m_{max}} + U_{m_{min}}}$

4 5 - جودة التضمين :

-تأثير توتر المركبة المستمرة U_0 :



-تأثير التردد f_s :

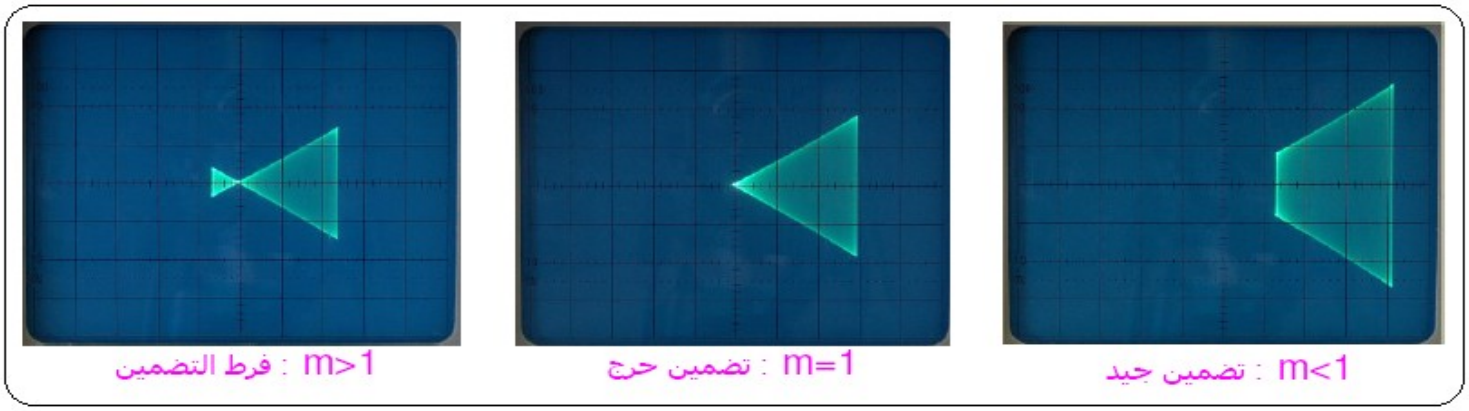


-شرطا التضمين : تتحقق جودة التضمين بالشرطين التاليين :

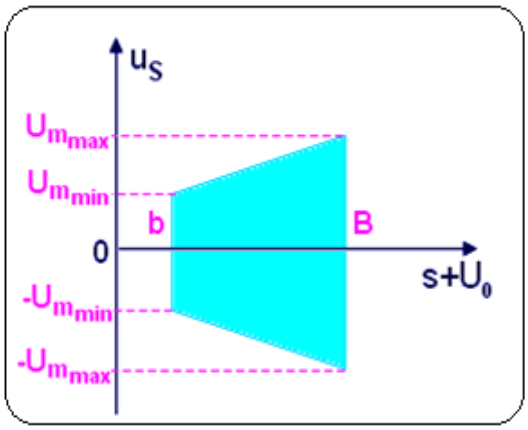
- $m < 1$ أي $U_0 > S_m$
- $F_p >> f_s$ (على الأقل $F_p > 10\ f_s$)

4 6 - التحقق من جودة التضمين مبيانيا :

للتحقق من جودة التضمين تستعمل طريقة شبه المنحرف وفيها يشغل راسم التذبذب على النمط XY أي يحذف الكسح ، حيث نعاين تغيرات التوتر المضمَّن بدلالة التوتر المضمِّن $U_S = f(S + U_0)$.



-**ملحوظة :** يمكن تحديد نسبة التضمين انطلاقا من أبعاد شبه منحرف ، قاعدته الكبرى B وقاعدته الصغرى b بالعلاقة التالية : $m = \frac{B-b}{B+b}$



5 - إزالة تضمين الوسع :

5 1 -مبدأ إزالة تضمين الوسع :

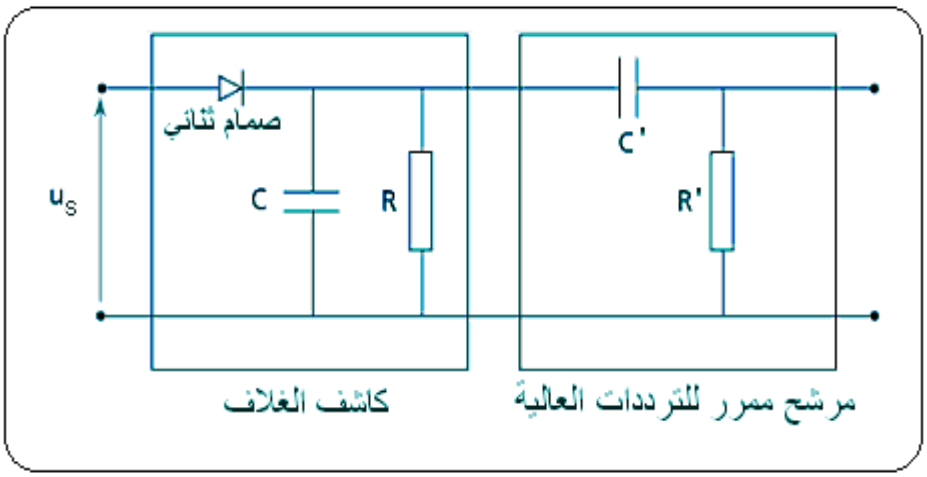
أ تعريف :

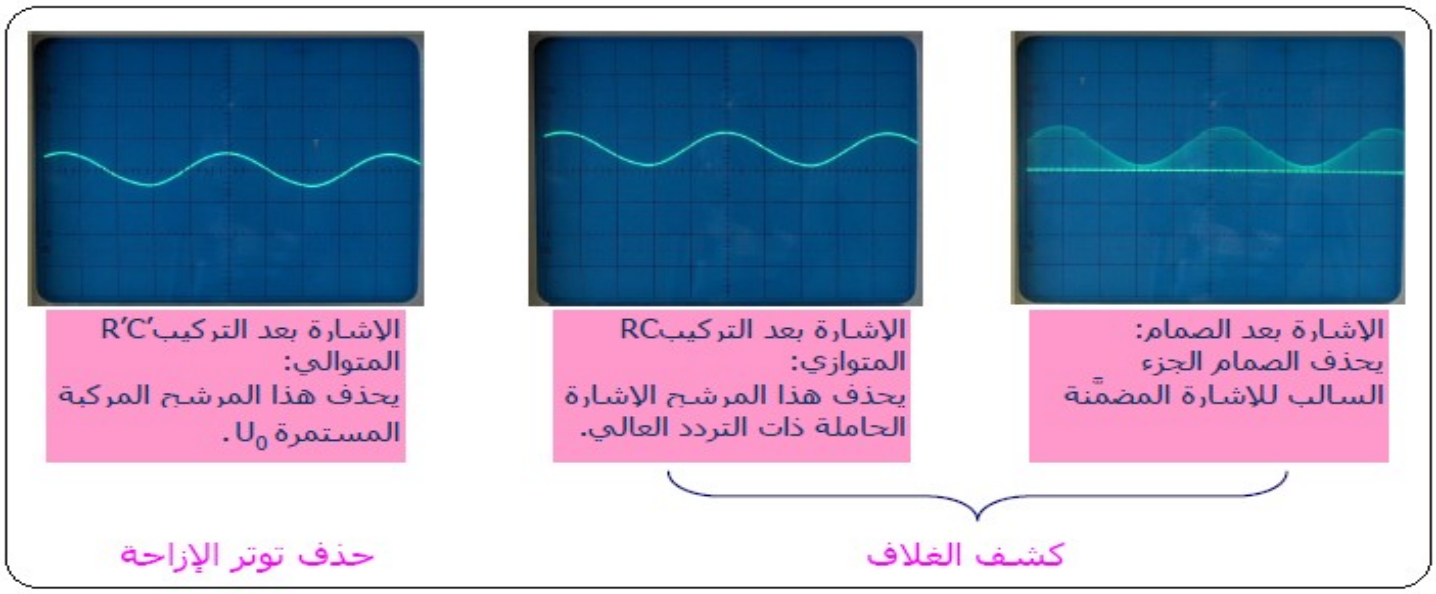
-تتمثل عملية إزالة التضمين في استخراج المعلومة المنقولة (الإشارة المضمِّنة) من الإشارة المضمَّنة وتضم مرحلتين متتاليتين :

- كشف الغلاف أي حذف الموجة الحاملة .
- حذف المركبة المستمرة U_0

5 2 -مرحلتا إزالة تضمين الوسع :

يستعمل التركيب التالي لإزالة التضمين :





5 3 -جودة إزالة تضمين الوسع :

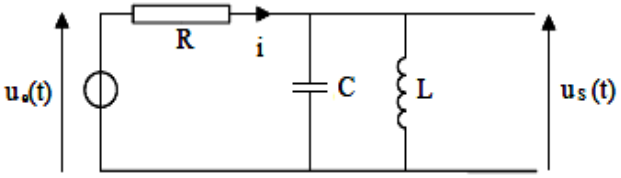
تكمن جودة إزالة التضمين في جودة كاشف الغلاف والتي ترتبط بثابتة الزمن $\tau = RC$ للتركيب (RC) المتوازي .

-شرط إزالة التضمين : للحصول على إزالة التضمين جيدة ينبغي أن تكون الإشارة المضمّنة المسترجعة قليلة التموج

ويتحقق ذلك إذا حققت ثابتة الزمن للتركيب (RC) المكون لكاشف الغلاف الشرط التالي $Tp \ll \tau < Ts$

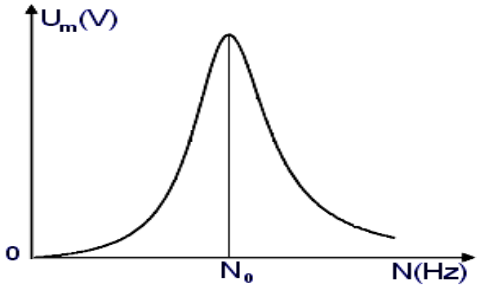
6 - إنجاز مستقبل إذاعي AM :

6 1 -الدارة LC المتوازية :



يطبق المولد توترا جيبيا U_0 وسعه ثابت وتردده قابل للضبط .

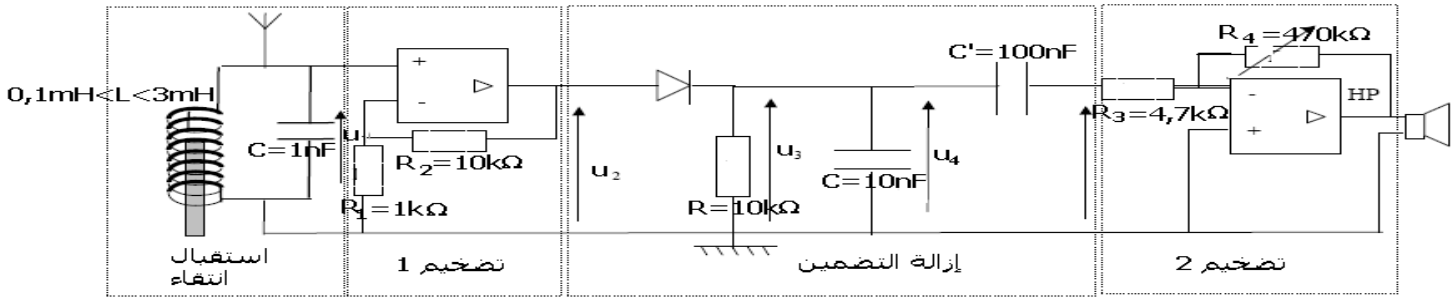
بواسطة فولطمتر أو راسم التذبذب تقاس تغيرات الوسع U_m للتوتر U_S بدلالة التردد . التمثيل المبياني لهذه التغيرات يعطي منحنى الإستجابة جانبه . يبرز هذا المنحنى أن استجابة الدارة LC تكون قصوى عند تساوي تردد المولد مع ترددها الخاص $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.



خاصية : الدارة LC المتوازية هي مرشح ممرر لمنطقة من الترددات حيث تمكن من تمرير الإشارات ذات الترددات الممركزة حول ترددها الخاص الذي يسمى أيضا التردد المركزي $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

6 2 -المستقبل راديو :

يمثل الشكل أسفله مكونات جهاز الراديو :



-هوائي يستقبل الموجات الكهرومغناطيسية مختلفة الترددات .

-دارة الانتقاء يمكن توفيقها على التردد F_P للموجة الحاملة HF الواردة من المحطة الإذاعية بضبط قيمة L و C .

-مضخم الإشارة . - كاشف الغلاف . - مرشح ممرر للترددات العالية لحذف المركبة المستمرة .

-مضخم الإشارة BF المستخلصة . - سماعة أو مكبر الصوت .