

## I: تضمين الوسائط Modulation d'amplitude

### (1) تعريف:

تُستعمل عملية تضمين الوسائط لإرسال موجة ذات تردد منخفض بواسطة موجة كهرومغناطيسية حاملة ذات تردد عال بحيث يتغير وسع هذه الأخيرة حسب الموجة التي تضم المعلومة المراد إرسالها وفي النهاية تتم إزالة عملية التضمين.  
الإشارات التي تضم المعلومة لا يمكن إرسالها مباشرة وتعتبر عملية التضمين ضرورية لعدة أسباب نذكر من ضمنها ما يلي:  
- تتعرض الإشارات ذات التردد المنخفض لعملية الخمود فلا يمكنها قطع مسافات كبيرة.  
- استقبال الإشارات ذات التردد المنخفض يتطلب استعمال هوائيات مستقبلية ذات أبعاد كبيرة غير قابلة للإنجاز.  
- سرعتها ضعيفة مقارنة مع سرعة الموجات الكهرومغناطيسية. (الصوت مثلا ينتشر بسرعة 340m/s في الهواء).

### (2) إنجاز عملية تضمين الوسائط:

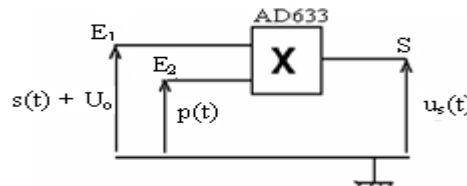
التركيب التجريبي المستعمل يتكون من مولدين GBF وراسم التذبذب بالإضافة إلى مركبة إلكترونية AD633 تسمى بالدارة المتكاملة المنجزة للجداء المولد الأول يمنح الإشارة الجيبية  $s(t)$  المراد إرسالها (مزاحة) ذات تردد منخفض.

لتكن  $s(t)$ : الإشارة ذات التردد المنخفض والمراد إرسالها والتي تسمى بالإشارة المضمّنة ذات تردد  $f_s$ :  $s(t) = S_m \cdot \cos 2\pi \cdot f_s \cdot t$

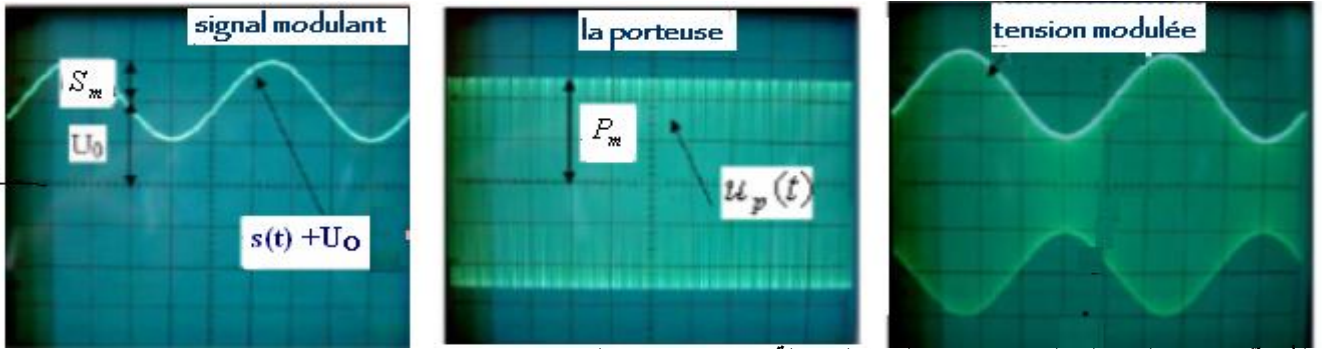
المولد الثاني يمنح الإشارة الجيبية الحاملة  $p(t)$  ذات تردد عال.

لتكن  $p(t)$ : الإشارة الحاملة ترددها  $f_p$  أكبر بكثير من التردد  $f_s$ :  $p(t) = P_m \cdot \cos 2\pi \cdot f_p \cdot t$

عملينا نستعمل المركبة الإلكترونية AD633 وهي الدارة المتكاملة المنجزة للجداء والتي يرمز إليها ب: X تقوم بضرب التوترين المطبقين في مدخلها وتعطي عند مخرجها توترا يتناسب مع هذا الجداء.



نطبق عند المدخل  $E_1$  التوتر  $s(t)$  بعد إضافة إليه توترا  $U_0$  يسمى توتر الإزاحة (والذي سوف نتعرف على أهميته ودوره فيما بعد).  
ثم نطبق عند المدخل  $E_2$  التوتر الحامل  $p(t)$  فنحصل عند المخرج S للدارة المتكاملة المنجزة للجداء التوتر المضمّن  $u_s(t)$ .



التوتر المضمّن  $u_s(t)$  المحصل عليه عند مخرج الدارة المتكاملة يتناسب مع جداء التوترين  $p(t)$  و  $(s(t)+U_0)$ .  
الإشارة المضمّنة و  $U_0$ : توتر ثابت يسمى: توتر الإزاحة.

إذن:  $u_s(t) = K \cdot [s(t) + U_0] \cdot p(t)$   $K$ : ثابت التناسب وهي تعلق بالدارة المتكاملة. وحدتها  $V^{-1}$ . مع  $p(t) = P_m \cdot \cos 2\pi \cdot f_p \cdot t$

وهو على الشكل:  $u_s(t) = U_m(t) \cdot \cos 2\pi \cdot f_p \cdot t$  ومنه وسع التوتر المضمّن:  $U_m(t) = K \cdot [s(t) + U_0] \cdot P_m$  **(3) تعبير وسع التوتر المضمّن:**

وسع التوتر المضمّن:  $U_m(t) = K \cdot [s(t) + U_0] \cdot P_m$  مع  $s(t) = S_m \cdot \cos 2\pi \cdot f_s \cdot t$  إذن:

$$U_m(t) = k \cdot P_m \cdot [S_m \cdot \cos 2\pi \cdot f_s \cdot t + U_0] = k \cdot P_m \cdot U_0 \cdot \left[ \frac{S_m}{U_0} \cdot \cos(2\pi f_s \cdot t) + 1 \right]$$

نضع:  $m = \frac{S_m}{U_0}$   $m$ : تسمى: نسبة التضمين. و:  $A = K \cdot P_m \cdot U_0$

بذلك يصبح وسع الموجة المضمّنة:  $U_m(t) = A \cdot [m \cdot \cos(2\pi f_s \cdot t) + 1]$

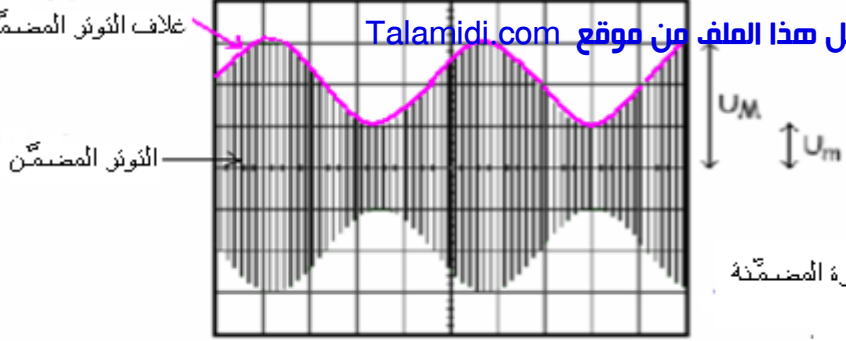
لدينا:  $-1 \leq \cos(2\pi f_s \cdot t) \leq +1$  إذن:  $U_{m.min} = A \cdot (1 - m)$  و  $U_{m.max} = A \cdot (1 + m)$

$U_{m.max} + U_{m.min} = 2A$

$U_{m.max} - U_{m.min} = 2A \cdot m$

نضع  $U_{m.min} = U_m$  و:  $U_{m.max} = U_M$  نسبة التضمين:  $m = \frac{U_M - U_m}{U_M + U_m}$

وتعبير التوتر المضمّن يصبح كما يلي:  $u_s(t) = A \cdot [m \cdot \cos(2\pi f_s \cdot t) + 1] \cdot \cos 2\pi \cdot f_p \cdot t$



شكل الموجة المضمّنة:

الغلاف له نفس تردد ونفس شكل الإشارة المضمّنة ويتغير وسعه بين قيمتين  $U_m$  و  $U_M$ .

يكون التضمين جيدا إذا كان غلاف التوتّر المضمّن يوافق التوتّر المضمّن.

**ملحوظة:** شروط الحصول على تضمين جيد:

(1) يجب أن تكون نسبة التضمين :  $m = \frac{S_m}{U_o} < 1$

(2) يجب أن يكون تردد الموجة الحاملة  $f_p > 10 f_s$ .  
مثال: لنحدد بالنسبة للشكل السابق قيمة نسبة التضمين.

لدينا :  $U_m = 1 \text{ div} \cdot 2V / \text{div} = 2V$  و  $U_M = 3 \text{ div} \cdot 2V / \text{div} = 6V$  إذن :  $m = \frac{U_M - U_m}{U_M + U_m} = \frac{6 - 2}{6 + 2} = \frac{4}{8} = 0,5$  ،  $m < 1$  التضمين جيد.

أو بطريقة أخرى :  $S_m = 1 \text{ div} \times 2V / \text{div} = 2V$  و  $U_o = 4V$  إذن :  $m = \frac{S_m}{U_o} = \frac{2}{4} = 0,5$

**(4) طيف الموجة المضمّنة :**

بنشر تعبير التوتّر المضمّن :

$$u_s(t) = A.[m.\cos(2.\pi.f_s.t) + 1].\cos 2.\pi.f_p.t$$

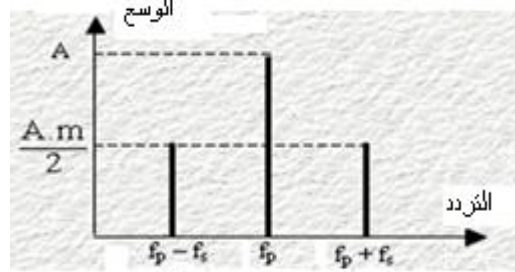
وباستعمال العلاقة التالية :

$$\cos p \times \cos q = \frac{1}{2} [\cos(p+q) + \cos(p-q)]$$

نحصل على ما يلي :

$$u_s(t) = A.\cos(2.\pi.f_p.t) + \frac{A \times m}{2} . \cos(2.\pi.(f_p + f_s).t) + \frac{A \times m}{2} . \cos(2.\pi.(f_p - f_s).t)$$

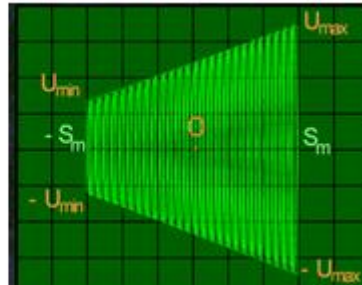
التوتّر المضمّن هو مجموع ثلاث توترات جيبية وبين طيف الموجة المضمّنة أنه يشتمل على ثلاث ترددات :  $f_p - f_s$  ،  $f_p$  و  $f_p + f_s$ .



طيف الموجة المضمّنة

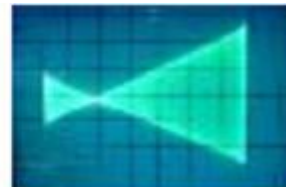
للتأكد من الحصول على تضمين جيد : نربط التوتّر المضمّن  $u_s$  بأحد مدخلي راسم التذبذب والتوتّر المضمّن  $s(t)$  بالمدخل ثم نزيل الكسح باستعمال الزر XY فنحصل على شاشة راسم التذبذب على شكل شبه المنحرف مما يدل على أن التضمين جيد.

حالة التضمين الجيد.



• إذا لم تتوفر شروط التضمين الجيد نحصل على **فوق التضمين** ، بحيث غلاف التوتّر المضمّن لا يوافق التوتّر المضمّن. في هذه الحالة لا نحصل على شبه المنحرف عند استعمال الرز XY لراسم التذبذب ، بل نحصل على الشكل التالي:

حالة التضمين غير الجيد.  $m = \frac{S_m}{U_o} > 1$



$$m = \frac{S_m}{U_0} = 2$$

فوق التضمين



شكل الرسم الذنبني الموافق.

لتفادي الحصول على ظاهرة فوق التضمين يجب أن يكون توتر الإزاحة  $U_0$  أكبر من  $S_m$  وبذلك يتم الحصول على الموجة المضمّنة كاملة بعد إزالة التضمين.

## إزالة التضمين (Démodulation)

### (1) مفهوم إزالة التضمين:

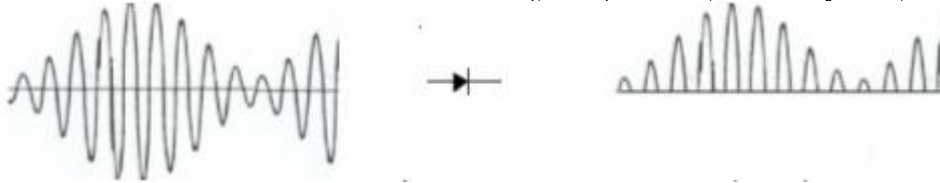
تهدف إزالة التضمين إلى استرجاع الإشارة ذات التردد المنخفض BF المبعوثة عبر الموجة المضمّنة ذات التردد العالي HF. لذلك نستعمل مرشحا للترددات المنخفضة وصماما ثنائيا. أي أن الشيء الذي نود استرجاعه من الموجة المضمّنة هو غلافها العلوي.

**توضيح:**

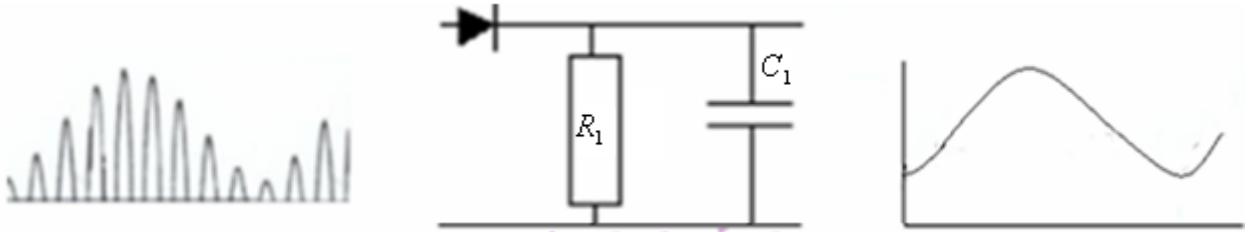
مثلا: الصوت تردده منخفض، وطاقة الموجات الصوتية ضعيفة، وسرعة انتشارها لا تتجاوز 340 متر في الثانية وبالتالي لا يقطع مسافة كبيرة فيخمد. ولنقل الموجات الصوتية لمسافة بعيدة وبسرعة كبيرة نستعمل موجة كهرومغناطيسية. لكن في نهاية الأمر عندما نحقق وصول الموجة الصوتية إلى المكان المرغوب فيه يجب التخلص من الموجة الحاملة وكذا من التوتر الذي تمت إضافته، وهذه العملية هي إزالة التضمين. الغلاف العلوي (في الموجة المضمّنة) هو الموجة الصوتية التي تم نقلها بواسطة الموجة الكهرومغناطيسية. وعندئذ: المستمع للمذياع يصله صوت المذيع كما هو وفي لحظة النطق رغم المسافة الكبيرة الفاصلة بينهما. لأنه أصبح ينتشر بسرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي تعادل سرعة انتشار الضوء في الهواء.

### (2) مراحل إزالة التضمين:

\* في المرحلة الأولى: الصمام الثنائي يزيل القيم السالبة (التقويم) le redressement



\* في المرحلة الثانية: الجزء المتبقي من الحاملة، تتم إزالته باستعمال كاشف الغلاف. بتجميع صمام ثنائي وثنائي قطب ( $R_1C_1$ ) نحصل على كاشف الغلاف وهو رباعي قطب.



**ملحوظة:** للحصول على كشف غلاف جيد ينبغي أن تُحقق ثابتة الزمن لثنائي القطب  $R_1C_1$  لكاشف الغلاف المتراجحة التالية:

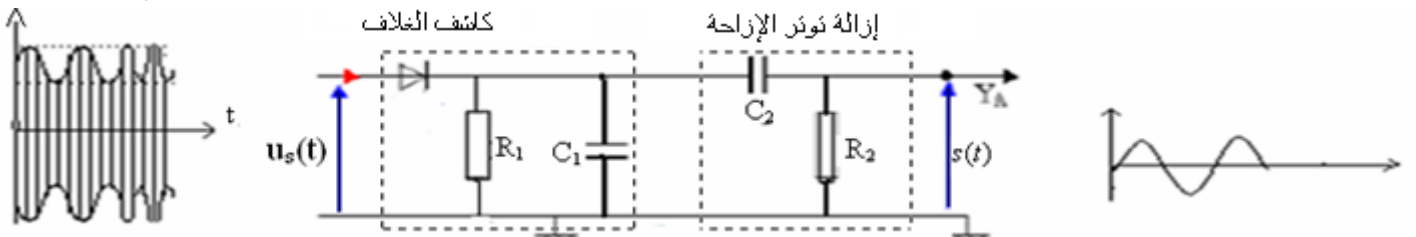
$$T_p \ll T_s \ll T_c \ll T_f$$

أي:

$$f_s \ll \frac{1}{R_1 \cdot C_1} < f_p \ll T_p \ll R_1 \cdot C_1 < T_s$$

\* في المرحلة الأخيرة: بعد إزالة التضمين يجب حذف المركبة المستمرة للتوتر.

من أجل ذلك نستعمل مرشحا للترددات العالية، بحيث يقوم المكثف  $C_2$  بإزالة المركبة المستمرة للتوتر أي توتر الإزاحة  $U_0$ .

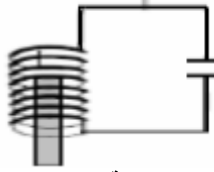


## (III) إنجاز جهاز استقبال بث إذاعي بتضمين الوسع:

### (1) مبدأ اشتغال مرشح ممر للمنطقة:

تعتبر الدارة المتوازية LC مرشحا ممررا للمنطقة (دائرة الانتقاء)، بحيث تسمح بمرور ترددات تنتمي للمنطقة الممررة.

استقبال انتقاء

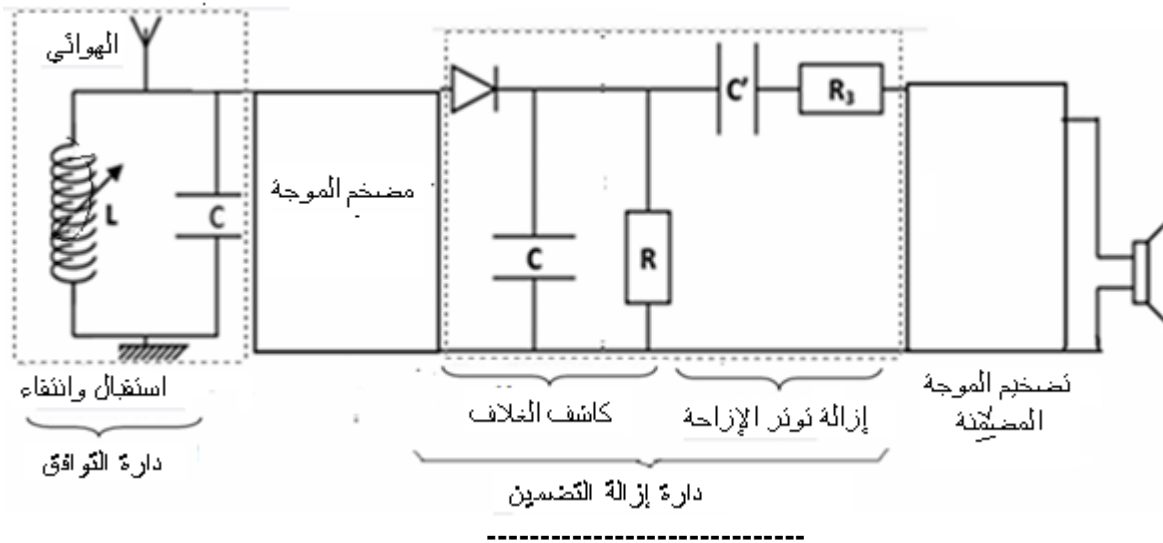


عند ربط دائرة الانتقاء LC بهوائي مستقبل للموجات الكهرومغناطيسية التي ترسلها المحطات الإذاعية، ينشأ توتر كهربائي في الهوائي. ولانتقاء إرسال واحد أو محطة يلزم التوفيق بين التردد الخاص  $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$  للدائرة LC التي تستقبل الإرسال وتردد الموجة المنبعثة من المحطة ، ويتم ذلك بتغيير معامل التحريض ، أو سعة المكثف إلى أن يصبح تردد الموجة الحاملة مساو للتردد الخاص لدائرة الانتقاء  $f_o = f_p$ .

## (2) إنجاز جهاز مستقبل راديو بسيط :

نظرا لكون الموجات الملتقطة من طرف الهوائي ضعيفة ، يتم تضخيمها بعد الاستقبال وبعد إزالة التضمين .  
يتكون المستقبل " الراديو AM من :

- هوائي يلتقط موجات الراديو .
- دائرة التوافق المكونة من ثنائي قطب LC ينتقي المحطة المرغوب فيها.
- مضخم للموجة المضمّنة المنتقاة.
- دائرة إزالة التضمين لاسترجاع الموجة المضمّنة وتتكون من دائرة كاشف الغلاف ومرشح للترددات العالية لإزالة توتر الإزاحة.
- مضخم للموجة المضمّنة التي تحمل المعلومة.



SBIRO Abdelkrim

لا تنسوننا من صالح دعائكم ونسأل الله لكم العون والتوفيق