

I: تضمين الوسائط Modulation d'amplitude

(1) تعريف:

تستعمل 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:

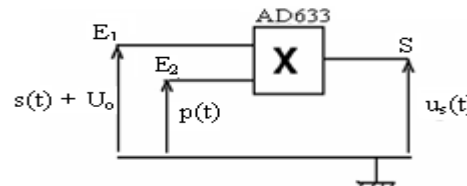
التركيب التجريبي المستعمل يتكون من مولدين GBF ورأس التذبذب بالإضافة إلى مركبة إلكترونية AD633 تسمى بالدائرة المتكاملة المنجزة للجداء المولد الأول يمنح الإشارة الجيبية $s(t)$ المراد إرسالها (مزاخة) ذات تردد منخفض.

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

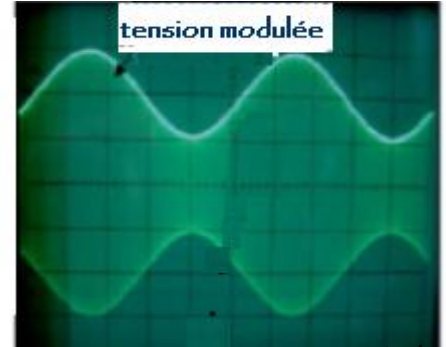
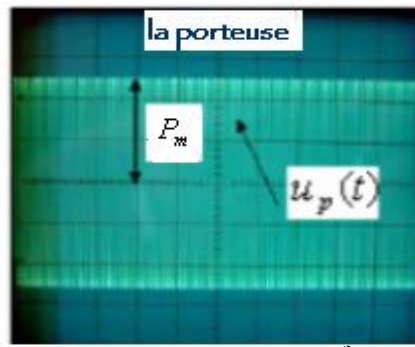
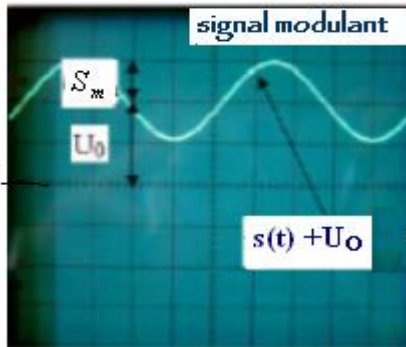
المولد الثاني يمنح الإشارة الجيبية الحاملة $p(t)$ ذات تردد عال.

- 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 نقوم 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 للدائرة 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.

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

وهو على الشكل: $u_s(t) = K \cdot [s(t) + U_0] \cdot P_m \cdot \cos 2\pi \cdot f_p \cdot t$ ومنه وسع التوتر المضمّن: $U_{m(t)} = K \cdot [s(t) + U_0] \cdot P_m$ إذن:

(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:

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

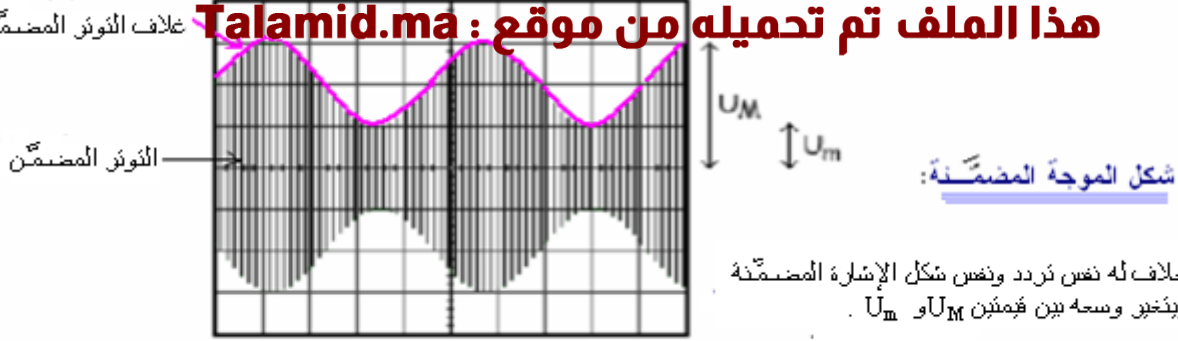
$$A = K \cdot P_m \cdot U_0 \quad \text{و: } m = \frac{S_m}{U_0} \quad \text{نضع: } m: \text{نسبة التضمين.}$$

$$U_m(t) = A \cdot [m \cdot \cos(2\pi f_s \cdot t) + 1]$$

$$\begin{aligned} U_{m \max} + U_{m \min} &= 2A \\ U_{m \max} - U_{m \min} &= 2A m \end{aligned} \quad \text{لدينا: } -1 \leq \cos(2\pi f_s \cdot t) \leq +1 \quad \text{إذن: } \begin{aligned} U_{m \min} &= A \cdot (1 - m) \\ U_{m \max} &= A \cdot (1 + m) \end{aligned}$$

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

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



الخلافاً له نفس تردد ونفس شكل الإشارة المضمّنة ويتغير وسعته بين قيمتين U_m و U_M .

يكون التضمين جيداً إذا كان خلافاً التواتر المضمّن يوافق التواتر 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 : $U_M = 3 \text{ div. } 2V / \text{div} = 6V$ و $U_m = 1 \text{ div. } 2V / \text{div} = 2V$ 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 التواتر المضمّن :

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

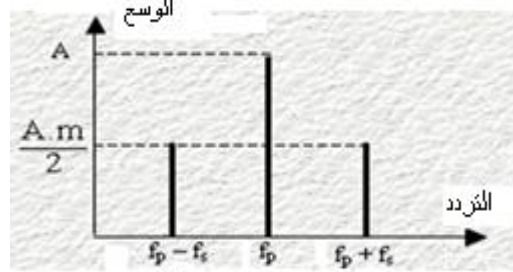
وباستعمال العلاقة التالية :

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

نحصل على ما يلي :

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

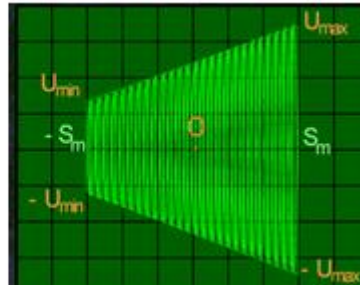
التواتر المضمّن هو مجموع ثلاث تواترات جيبية وبين طيف الموجة المضمّنة أنه يشتمل على ثلاث ترددات : $f_p - f_s$ ، f_p و $f_p + f_s$.



طيف الموجة المضمّنة

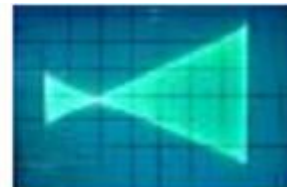
للتأكد من الحصول على تضمين جيد : نربط التواتر المضمّن u_s بأحد مدخلي راسم التذبذب والتواتر المضمّن $s(t)$ بالمدخل ثم نزيل الكسح باستعمال الزر XY فنحصل على شاشة راسم التذبذب على شكل شبه المنحرف مما يدل على أن التضمين جيد.

حالة التضمين الجيد.



• إذا لم تتوفر شروط التضمين الجيد نحصل على **فوق التضمين** ، بحيث خلافاً التواتر المضمّن لا يوافق التواتر 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.

II: إزالة التضمين (Démodulation)

(1) مفهوم إزالة التضمين:

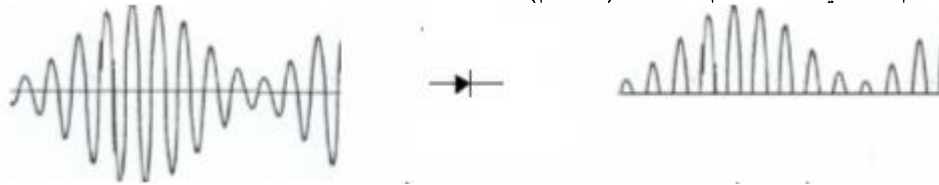
تهدف إزالة التضمين إلى استرجاع الإشارة ذات التردد المنخفض BF المبعوثة عبر الموجة المضمّنة ذات التردد العالي HF. لذلك نستعمل مرشحا للترددات المنخفضة وصماما ثنائيا. أي أن الشيء الذي نود استرجاعه من الموجة المضمّنة هو غلافها العلوي.

توضيح:

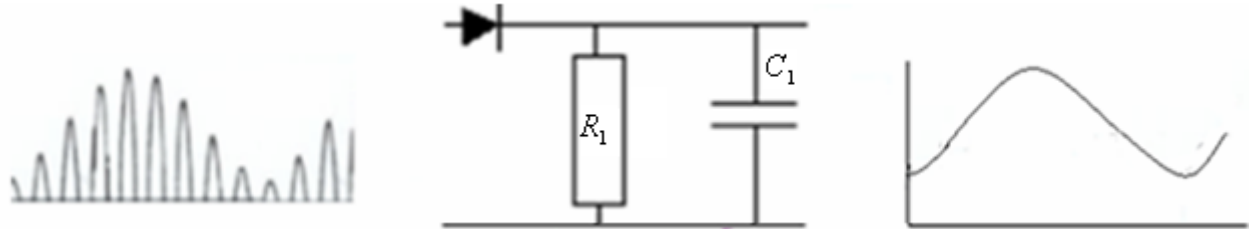
مثلا: الصوت تردده منخفض، وطاقة الموجات الصوتية ضعيفة، وسرعة انتشارها لا تتجاوز 340 متر في الثانية وبالتالي لا يقطع مسافة كبيرة فيخمد. ولنقل الموجات الصوتية لمسافة بعيدة وبسرعة كبيرة نستعمل موجة كهرومغناطيسية. لكن في نهاية الأمر عندما نحقق وصول الموجة الصوتية إلى المكان المرغوب فيه يجب التخلص من الموجة 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 المتبقى من الحاملة، تتم إزالته باستعمال كاشف الغلاف. بتجميع صمام ثنائي وثنائي قطب ($R_1 C_1$) نحصل على كاشف الغلاف وهو رباعي قطب.



ملحوظة: للحصول على كشف غلاف جيد ينبغي أن تُحقق ثابتة الزمن لثنائي القطب $R_1 C_1$ لكاشف الغلاف المتراجحة التالية:

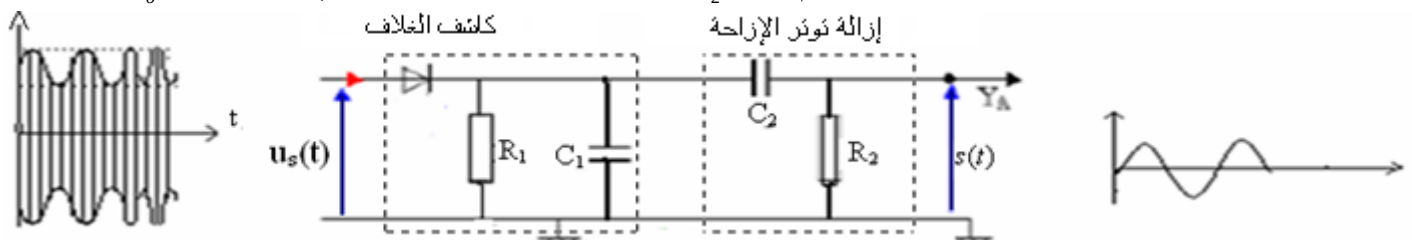
$$T_p \ll \tau < T_s$$

أي: T_p : دور الموجة الحاملة T_s : دور الإشارة المضمّنة.

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

* 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 .

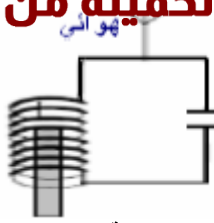


III) إنجاز جهاز استقبال بث إذاعي بتضمين الوسع:

(1) مبدأ اشتغال مرشح ممر للمنطقة:

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

استقبال انتقاء

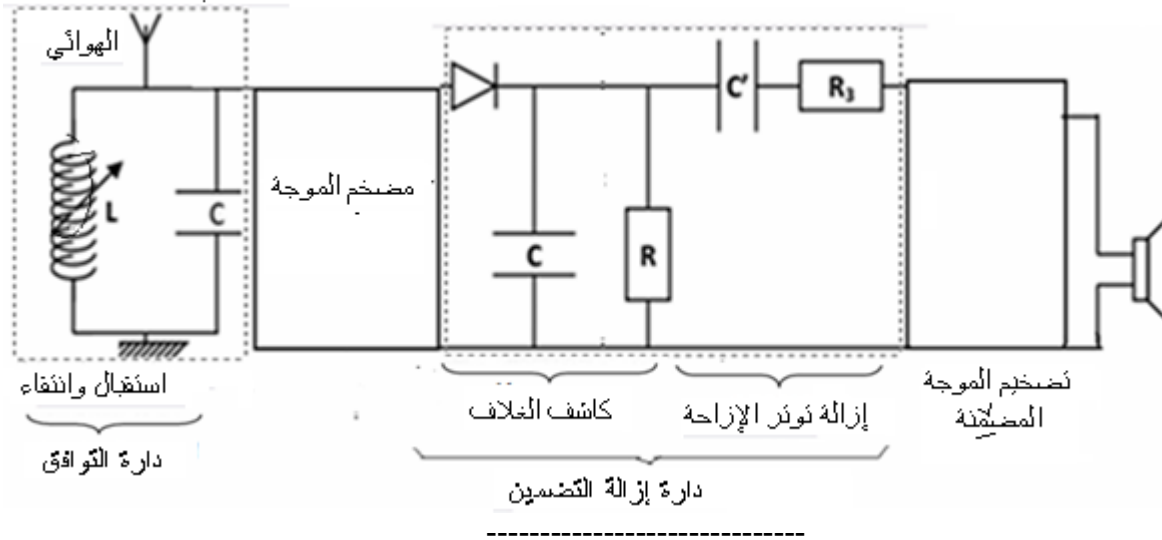


عند ربط دائرة الانتقاء LC بهوائي مستقبل للموجات الكهرومغناطيسية التي ترسلها المحطات الإذاعية، ينشأ توتر كهربائي في الهوائي. ولانتقاء إرسال واحد أو محطة يلزم التوفيق بين التردد الخاص $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ للدائرة LC التي تستقبل الإرسال وتردد الموجة المنبعثة من المحطة ، ويتم ذلك بتغيير معامل 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 المضمنة المنتقاة.
- دائرة إزالة التضمين لاسترجاع الموجة المضمنة وتتكون من دائرة كاشف الغلاف ومرشح للترددات العالية لإزالة توتر الإزاحة.
- مضخم للموجة المضمنة التي تحمل المعلومة.



SBIRO Abdelkrim

لا تنسونا من صالح دعائكم ونسأل الله لكم العون والتوفيق