

تضمين الوسع - إزالة التضمين

I تضمين الوسع: Modulation d'amplitude

(1) مفهوم التضمين:

إرسال رسالة إلى شخص معين، يجب تحويل الأفكار المراد إرسالها إلى نص ، ووضع الرسالة في ظرف، ثم إرساله عبر البريد إلى الوجهة المخصصة ، فالتضمين الذي تم هنا هو تجهيز المعلومات بصورة تكون مناسبة لإرسالها، والذي ساعد في ذلك هو وجود وسيلة حاملة لها .
إذن تجهيز المعلومة وفق معايير معينة، و إرسالها عبر وسيلة تُعدّل خصائصها حسب الغاية، هي ما يسمى بعملية بالتضمين.

(2) تضمين الوسع:

عموما إرسال موجة ذات تردد منخفض يتم بواسطة موجة كهرومغناطيسية حاملة ذات تردد عال بحيث يتغير وسع هذه الأخيرة حسب الموجة التي تضم المعلومة المراد إرسالها (وهذا هو يسمى بتضمين الوسع).
تضمين الوسع تقنية تعتمد على ضرب الإشارة التي تحمل المعلومة في إشارة أخرى عالية التردد تسمى بالإشارة الحاملة، (ويتم ذلك بعد إضافة توتر ثابت للإشارة التي تحمل المعلومة من أجل إزالة التشويش والحصول على تضمين جيد).



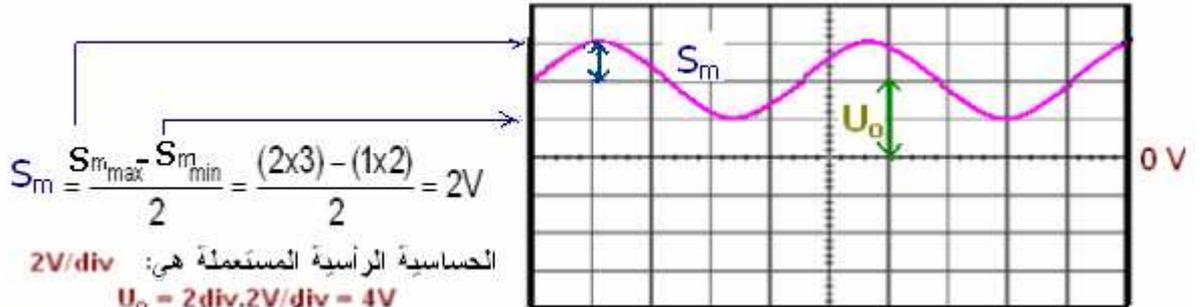
الموجة ذات التردد المنخفض هي التي تضمّن الموجة ذات التردد المرتفع أي تُغيّر وسعها .

(3) تعبير وتردد التوتر الذي يضم المعلومة:

التوتر الذي يضم المعلومة جيبي و دوري تردده f_s :

$$s(t) = S_m \cos 2\pi \cdot f_s \cdot t$$

نضيف إليه التوتر الثابت U_0 فيصبح المجموع: $s(t) + U_0$



$$S_m = \frac{S_{m_{max}} - S_{m_{min}}}{2} = \frac{(2 \times 3) - (1 \times 2)}{2} = 2V$$

الحساسية الرأسية المستعملة هي: 2V/div

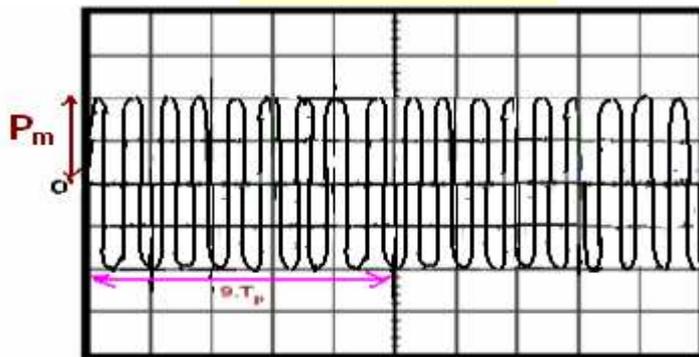
$$U_0 = 2 \text{ div} \cdot 2V/\text{div} = 4V$$

الكسح الأفقي: $s = 500 \mu s/\text{div}$ الدور ممثل ب: $4,5 \text{ div} \leq$ التردد $f_s \approx 444 \text{ Hz}$

(4) تعبير وتردد الموجة الحاملة:

الموجة الحاملة ذات تردد عال وهي: $p(t)$

$$p(t) = P_m \cdot \cos 2\pi \cdot f_p \cdot t$$

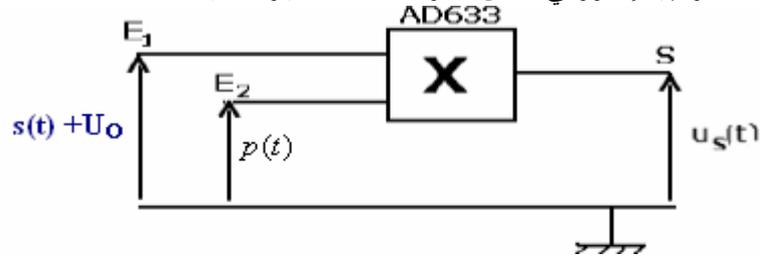


الكسح الأفقي المستعمل هو: $10^{-5} s/\text{div}$ ومنه تردد الموجة الحاملة: $f_p = 18 \cdot 10^4 \text{ Hz} = 180 \text{ kHz}$ وهو تردد جد عال.

الحساسية الرأسية $2V/\text{div} \leq$ وسع الموجة الحاملة: $P_m = 4V$

5) إنجاز عملية التضمين:

وتقنيا، تتم عملية التضمين بواسطة تركيب إلكتروني خاص: دائرة متكاملة منجزة للجداء .



عند مخرج الدائرة المتكاملة المنجزة للجداء نحصل على دالة: $u_s(t)$ تتناسب إطرادا مع الجداء $[s(t) + U_o] \cdot p(t)$

، k : ثابتة التناسب وهي تتعلق بالدائرة المتكاملة . $u_s(t) = k \cdot [s(t) + U_o] \cdot p(t)$

$$\textcircled{1} \quad u_{s(t)} = k \cdot [s(t) + U_o] \cdot P_m \cdot \cos(2\pi f_p t)$$

وبما أن التعبير العام للموجة المضمّنة الموسع يكتب كما يلي :

$$\textcircled{2} \quad u(t) = U_m(t) \cdot \cos(2\pi f_p t)$$

من خلال $\textcircled{1}$ و $\textcircled{2}$ لدينا، الموسع: $U_m(t) = k \cdot P_m \cdot [s(t) + U_o]$

وهو على الشكل: $a \cdot s(t) + b$ ومنه يتضح أن تضمين الموسع هو جعل الموسع المضمّن دالة تآلفية للتوتر المضمّن.

6) تعبير وسع التوتر المضمّن :

بما أن: $s(t) = S_m \cos 2\pi f_s t$ فإن الموسع $U_m(t) = k \cdot P_m \cdot [S_m \cos 2\pi f_s t + U_o]$

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

m: نسبة التضمين.

$$m = \frac{S_m}{U_o} \quad \text{و:}$$

$$A = k \cdot P_m \cdot U_o \quad \text{نضع:}$$

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

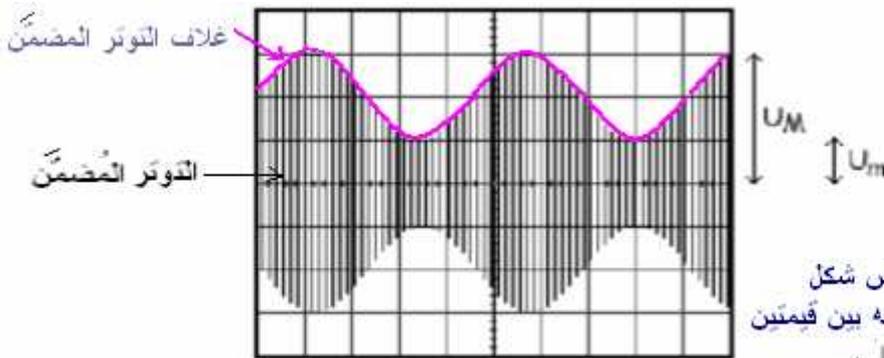
$$-1 \leq \cos(2\pi f_s t) \leq +1 \quad \text{منحصر بين قيمتين حديتين:}$$

$$U_{m,\min} = A \cdot (m - 1) \quad \text{و:} \quad U_{m,\max} = A \cdot (m + 1)$$

ويعبر عن نسبة التضمين بدلالة $U_{m,\max}$ و $U_{m,\min}$ (نضع: U_M هو $U_{m,\max}$ و U_m هو $U_{m,\min}$)

وهي نسبة التضمين

$$m = \frac{U_M - U_m}{U_M + U_m}$$



يكون التضمين جيدا إذا كان غلاف التوتر المضمّن دوافق التوتر المضمّن.

باستعمال المنحنى $u_s(t)$ التالي: أوجد نسبة التضمين m وتردد التوتر المضمّن f_s (الكسح الأفقي المستعمل $500 \mu s/div$ والحساسية الرأسية $2 V/div$).

$$U_M = 3 \text{ div} \cdot 2V / \text{div} = 6V$$

$$U_m = 1 \text{ div} \cdot 2V / \text{div} = 2V$$

وبذلك يتغير وسع التوتر المضمّن بين القيمتين 6V و 2 V.

$$m = \frac{U_M - U_m}{U_M + U_m} = \frac{6 - 2}{6 + 2} = \frac{4}{8} = 0,5$$

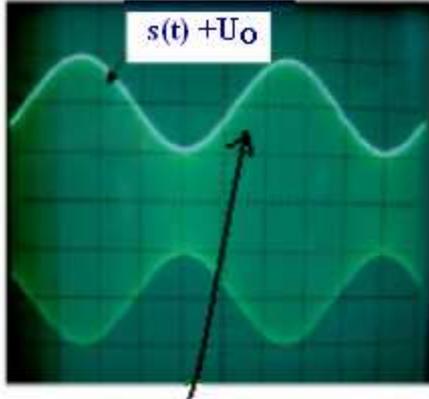
أي نسبة التضمين :

تردد غلاف التوتر المضمّن : $f_s = \frac{1}{4,5 \text{ div} \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ s/div}} = \frac{1}{2,25 \cdot 10^{-3} \text{ s}} \approx 444 \text{ Hz}$.
 يوافق تردد التوتّر المضمّن <= التضمين جيد .

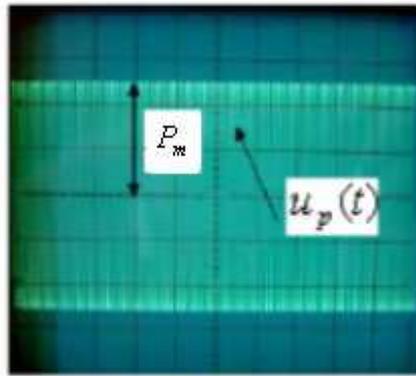
ملحوظة: شروط الحصول على تضمين جيد:

- أن تكون نسبة التضمين : $m = \frac{S_m}{U_o} < 1$ أي : $U_o > S_m$.

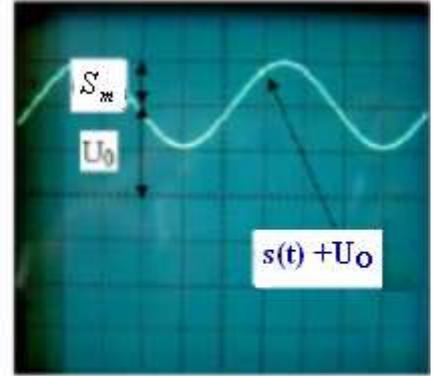
- أن يكون تردد التوتّر الحامل f_p أكبر بكثير من تردد التوتّر المضمّن f_s (على الأقل $f_p > 10 f_s$) .



إشارة التضمين

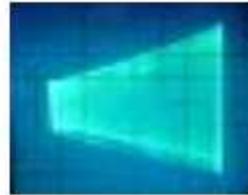


الإشارة الحاملة ذات تردد عالٍ.
 $u_p(t)$



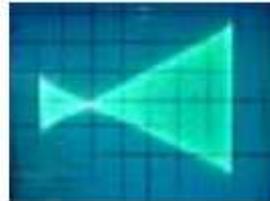
إضافة توتر ثابت للإشارة
التي تحمل المعلومة .
 $s(t) + U_o$

للتأكد من الحصول على تضمين جيد ، نربط التوتّر المضمّن u_m بأحد مدخلي راسم التذبذب والتوتّر المضمّن $s(t)$ بالمدخل الآخر ثم نزيل كسح راسم التذبذب باستعمال الزر XY ، فنحصل على شاشة راسم التذبذب على شكل شبه المنحرف .



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 الغير جيد.



تضمين غير جيد .

توتر الزئج : $U_o < S_m$.

أي التوتّر الذي يضم المعلومة لم تتم إزاحته بما فيه الكفاية لتفادي التشويه الناتج عن وجود القيم السالبة .

(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 وصماما ثنائيا .
 أي أن الشيء الذي نود استرجاعه من الموجة المضمّنة هو غلافها العلوي

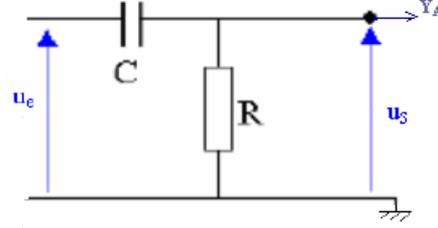
توضيح:

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. (في الموجة المضمّنة) هو الموجة الصوتية التي تم نقلها بواسطة الموجة الكهرومغناطيسية.

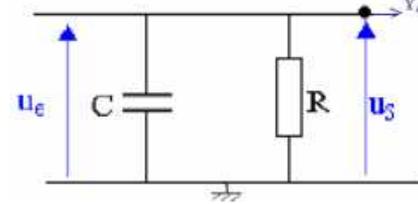
وعندئذ: المستمع للمذياع يصله صوت المذيع كما هو وفي لحظة النطق رغم المسافة الكبيرة الفاصلة بينهما. لأنه ينتشر بسرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي تعادل سرعة انتشار الضوء في الهواء.

(2) تعريف المرشح: Filtres

- المرشح الممر للترددات العالية، يسمح بمرور الإشارات ذات الترددات العالية، وهو مكون من ثنائي قطب RC على التوالي.

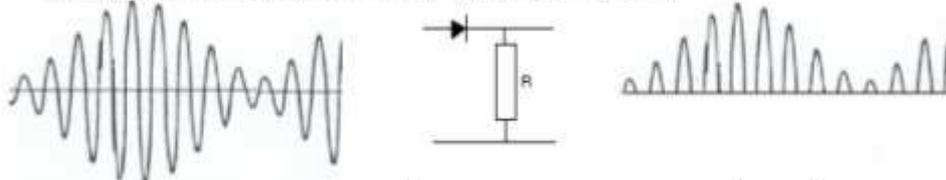


- المرشح الممر للترددات المنخفضة، يسمح بمرور الإشارات ذات الترددات المنخفضة، ويتكون من ثنائي قطب RC على التوازي.

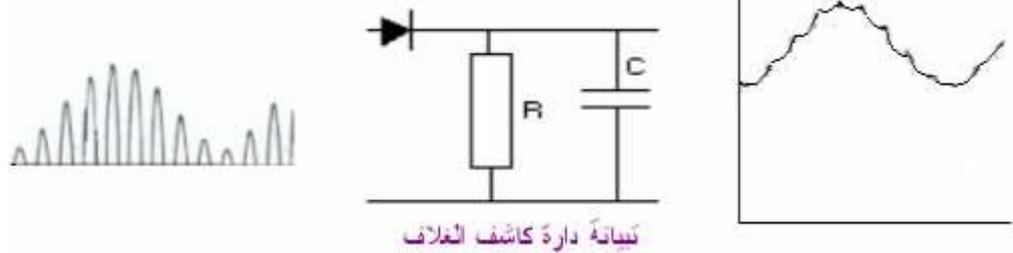


(3) مراحل إزالة التضمين:

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



* في المرحلة الثانية: الجزء المتبقي من الحاملة، تتم إزالته باستعمال كاشف الغلاف.



تبيانة دائرة كاشف الغلاف

بتجميع صمام ثنائي وثنائي قطب (RC على التوازي) نحصل على كاشف الغلاف وهو رباعي قطب.

ينتج عن عملية شحن وتفريغ المكثف الجد سريعة، استرجاع القمم، أي إزالة ما تبقى من الموجة الحاملة بحيث يشحن المكثف خلال

نصف الدور الأول $\frac{T_p}{2}$ وتفريغه الذي يستلزم حوالي 5τ لا يجد المدة الكافية للتفريغ وتفاجئه عملية الشحن الموالية، وكلما كان

تردد الموجة الحاملة كبيرا كلما كان دورها صغيرا الشيء ينتج عنه عمليات شحن متتالية للمكثف و يتم كشف قمم الموجة الحاملة (استخلاص غلافها) والتخلص مما تبقى منها.

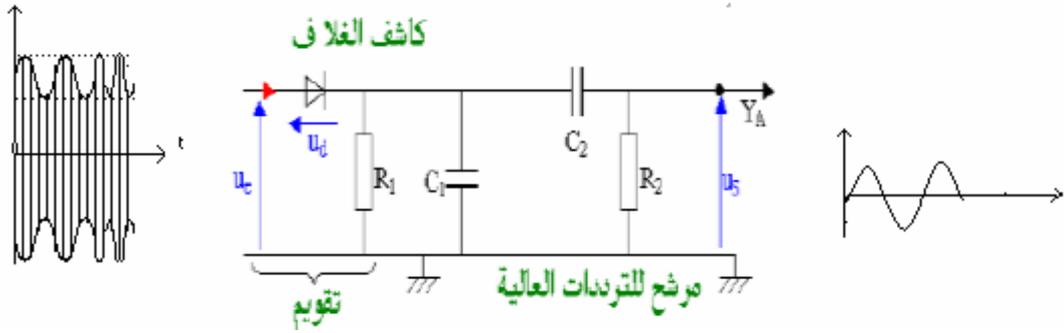


ملحوظة: للحصول على كشف غلاف جيد ينبغي أن تُحقق ثابتة الزمن لثنائي القطب: RC المتراجحة التالية:

$$T_p : \text{دور الموجة الحاملة} \quad T_s : \text{دور الإشارة المضمّنة} \quad T_p \leq \tau \leq T_s$$

* في المرحلة الأخيرة:

بعد إزالة التضمين يجب حذف المركبة المستمرة للتوتر U_0 ، من أجل ذلك نستعمل مرشحا للترددات العالية، بحيث يقوم المكثف C_2 بإزالة المركبة المستمرة للتوتر.



(III) إنجاز جهاز استقبال بثه إذاعي بتضمين الوسع:

(1) مبدأ اشتغال مرشح ممرر للمنطقة:

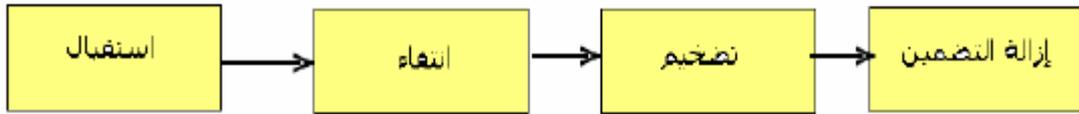
تعتبر الدارة المتوازية LC مرشحا ممررا للمنطقة ، بحيث تسمح بمرور ترددات تنتمي للمنطقة الممررة .



عند ربط الدارة LC بهوائي مستقبل للموجات الكهرومغناطيسية التي ترسلها المحطات الإذاعية، ينشأ توتر كهربائي في الهوائي. ولإنتقاء إرسال واحد أو محطة يلزم التوفيق بين التردد الخاص f_0 للدارة LC التي تستقبل الإرسال وتردد الموجة المنبعثة من المحطة ، ويتم ذلك بتغيير معامل التحريض ، أو سعة المكثف .

(2) إنجاز جهاز مستقبل راديو بسيط :

نظرا لكون الموجات الملتقطة من طرف الهوائي ضعيفة ، يتم تضخيمها قبل إزالة تضمينها .



يتكون المستقبل " الراديو AM " من :

- هوائي يلتقط موجات الراديو .
- ثنائي قطب LC ينتقي المحطة المرغوب فيها .
- مضخم التوتر المضمّن المُنتقى ؛
- دائرة إزالة تضمين الوسع تسمح باسترجاع الإشارة المضمّنة ، وهي مكونة من دائرة كاشف الغلاف ومرشح ممرّر للترددات العالية .

