

تضمين الوسع - إزالة التضمين.

I - تضمين الوسع: Modulation d'amplitude

(1) أسباب ضرورة استعمال التضمين.

أصبحت المعلومات والأخبار في عصرنا تُنقل عبر الراديو والتلفزة والرادارات وفي مجال الاتصالات باستعمال الموجات الكهرومغناطيسية عبر مسافات كبيرة وبسرعة فائقة 300 000 كيلومتر في الثانية .

من أسباب ضرورة استعمال التضمين نذكر ما يلي :

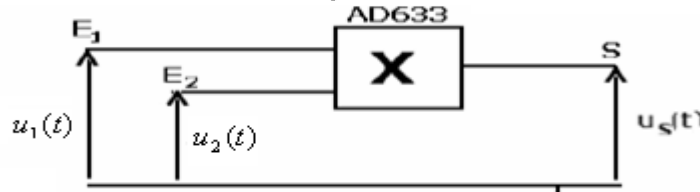
- خمود الإشارات الميكانيكية ذات التردد الضعيف .
- كون سرعة انتشار الموجات الميكانيكية صغيرة خلافا للموجات الكهرومغناطيسية التي لها سرعة انتشار الضوء .
- (الصوت مثلا الذي ينتشر بسرعة 340 متر في الثانية في الهواء لا يمكنه ان يعبر مسافات كبيرة في وقت وجيز .)
- لنقل معلومة صوتية ذات تردد منخفض نقوم أولا بتحويل الإشارة الصوتية إلى إشارة كهربائية بواسطة ميكروفون ثم ننجز تضمين وسع التوتر الحامل لهذه الإشارة الكهربائية .

(2) مفهوم 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 لكي نحصل على الإشارة كاملة وغير منقوصة بعد إزالة التضمين).

وتقنيا، تتم عملية التضمين بواسطة الدارة المتكاملة AD633 تسمى: **الدارة المتكاملة المنجزة للجداء** .

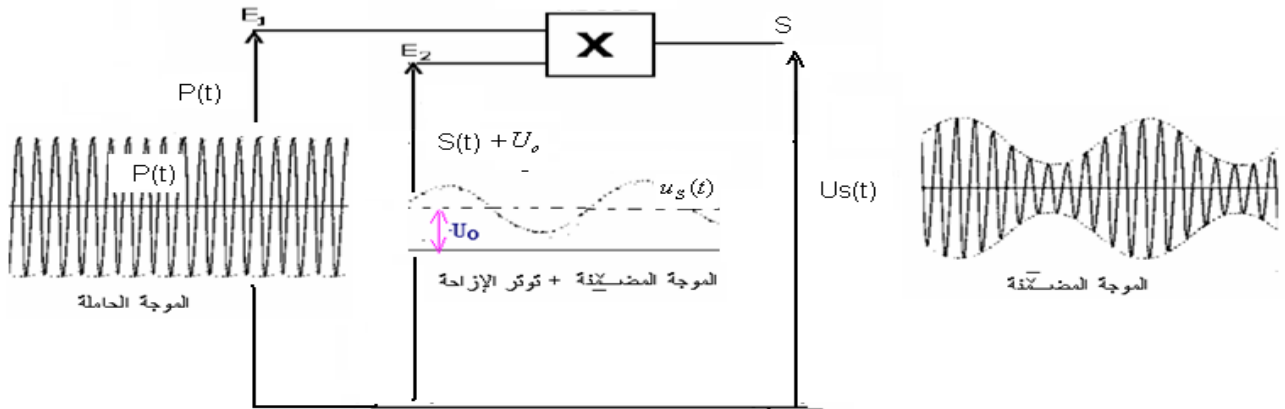


عند مخرج الدارة المتكاملة المنجزة للجداء نحصل على دالة: $u_s(t)$ تتناسب إطرادا مع جداء الدالتين $u_1(t)$ و $u_2(t)$:

$$u_s(t) = K \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$$

K : ثابتة التناسب وهي تتعلق بالدارة المتكاملة .

(3) الإبراز التجريبي لتضمين الوسع:



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

(4) تعبير التوتر المضمن:

التوتر $u_s(t)$ عند مخرج الدارة المتكاملة يمثل التوتر المضمن وهو: $u_s(t) = K \cdot (s(t) + U_0) \cdot p(t)$

بحيث التوتر الحامل $p(t)$: دالة جيبية ترددها f_p والتوتر المضمن $s(t)$: دالة جيبية ترددها f_s .

إذن: $u_s(t) = K \times [s(t) + U_0] \times P_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_p \cdot t)$ مع: $s(t) = S_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_s \cdot t)$

$u_s(t) = U_m(t) \cdot \cos(2\pi \cdot f_p \cdot t)$ وهي على الشكل: $u_s(t) = K \times [S_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_s \cdot t) + U_0] \times P_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_p \cdot t)$

إذن فإن وسع التوتر المضمن $U_m(t) = K \cdot P_m \cdot [S_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_s \cdot t) + U_0]$

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

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

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

وبما أن : $-1 \leq \cos(2\pi f_s t) \leq +1$ ⇒ التوسع المضمّن منحصر بين قيمتين حديتين:

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

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

وهي نسبة التضمين

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

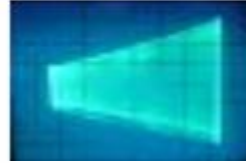
4) جودة التضمين : للحصول على تضمين جيد:

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

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

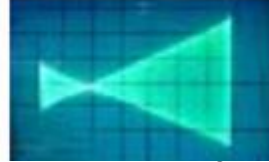
للتأكد من الحصول على تضمين جيد ، نربط التوتّر المضمّن u_m بأحد مدخلي راسم التذبذب والتوتّر المضمّن $s(t)$ بالمدخل الآخر ثم نزيل كسح راسم التذبذب باستعمال الرز XY ، فنحصل على شاشة راسم التذبذب على شكل شبه المنحرف.

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:

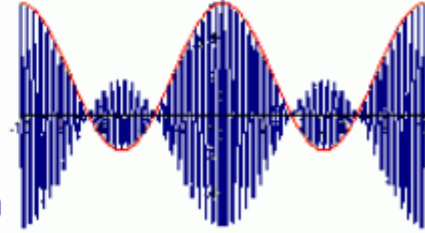
حالة التضمين الغير جيد



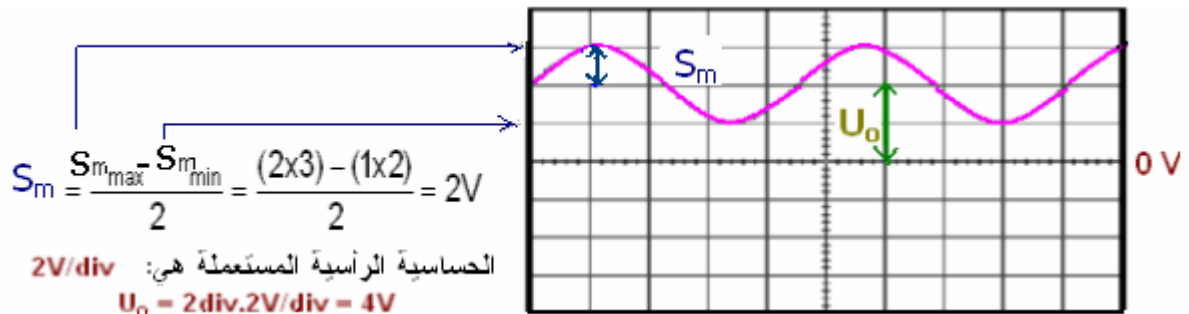
تضمين غير جيد.

توتّر الزيج : $U_o < S_m$

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



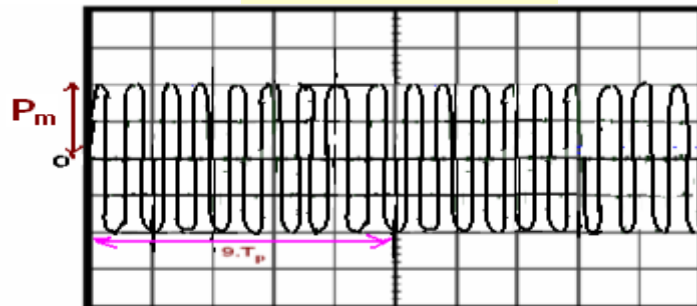
5) مثال توضيحي : • تحديد وسع وتردد الموجة المضمنة وتوتّر الزيج



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

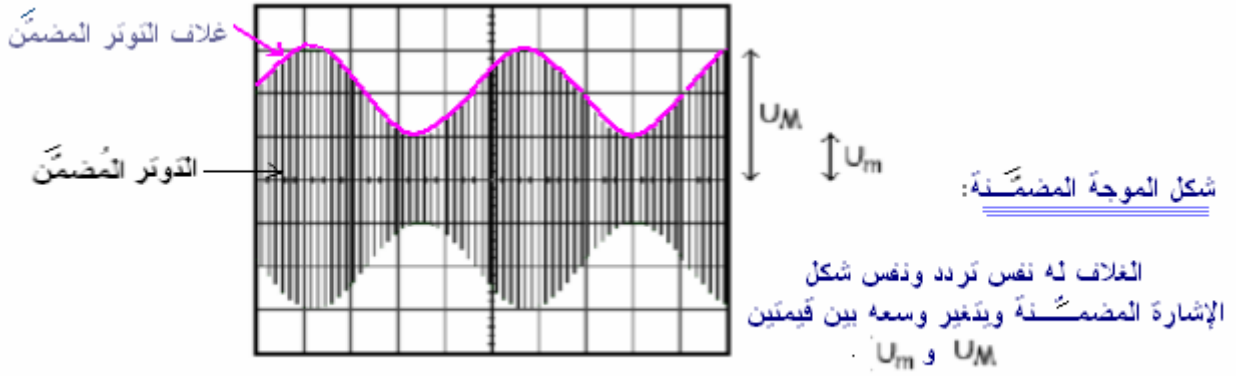
• تحديد وسع وتردد الموجة الحاملة :

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



الكسح الأفقي المستعمل هو : $10^{-5} s/div$ ومنه تردد الموجة الحاملة . $f_p = 18.10^4 Hz = 180kHz$ وهو تردد جد عال .
 الحساسية الرأسية $= 2V/div$ وسع الموجة الحاملة : $P_m = 4V$.

● تحديد نسبة التضمين:



الغلاف له نفس تردد ونفس شكل الإشارة المضمّنة ويغير وسعه بين قيمتين U_m و U_M

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

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

$$U_M = 3div.2V / div = 6V$$

$$U_m = 1div.2V / div = 2V$$

وبذلك يتغير وسع التوتّر المضمّن بين القيمتين $6V$ و $2V$.

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

أي نسبة التضمين :

$$f_s = \frac{1}{4,5div.500.10^{-6} s/div} = \frac{1}{2,25.10^{-3} s} \approx 444Hz$$

تردد غلاف التوتّر المضمّن : $f_s \approx 444Hz$ يوافق تردد التوتّر المضمّن \leq التضمين جيد .

II - إزالة التضمين: Démodulation

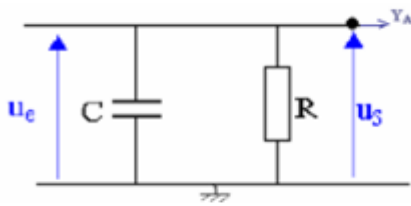
(1) مفهوم إزالة التضمين:

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

ملحوظة: تعرف المرشح: **Filtres**

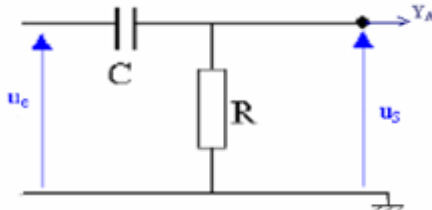
المرشح الممرر للترددات المنخفضة

يسمح بمرور الإشارات ذات الترددات المنخفضة ويتكون من ثنائي قُطب RC على التوازي.



المرشح الممرر للترددات العالية

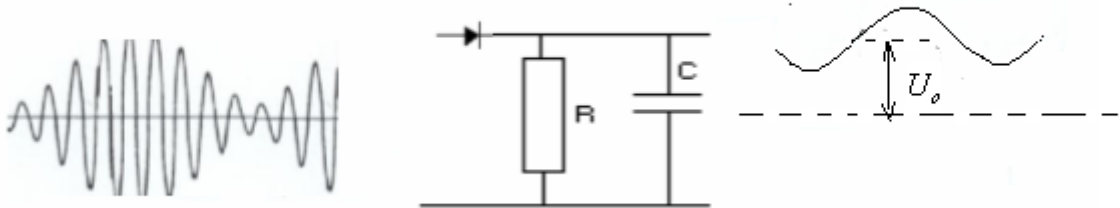
يسمح بمرور الإشارات ذات الترددات العالية وهو مكون من ثنائي قُطب RC على التوالي.



(2) مراحل إزالة التضمين:

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

الجزء المتبقى من الحاملة ، تتم إزالته باستخدام كاشف الغلاف .



تبيانة دائرة كاشف الغلاف

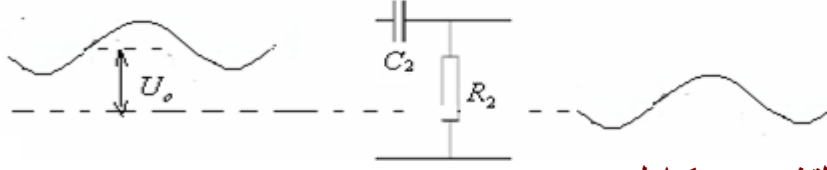
بتجميع صمام ثنائي وثنائي قُطب RC على التوازي) نحصل على كاشف الغلاف وهو رباعي قُطب.

ملحوظة: للحصول على كشاف غلاف جيد ينبغي أن تُحقق ثابتة الزمن لثنائي القطب : RC المراجعة التالية:

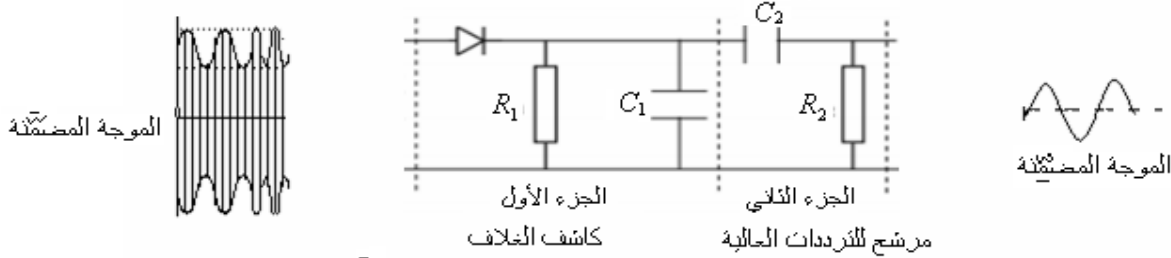
$$T_p : \text{دور الموجة الحاملة } T_s : \text{دور الإشارة المضطّعة} \quad T_p \ll \tau < T_s$$

***في المرحلة الأخيرة:** حذف المركبة المستمرة.

خلال تضمين الوسع تمت إضافة مركبة مستمرة U_0 التي يجب حذفها عند إزالة التضمين من أجل ذلك نستعمل مرشحا للترددات العالية بحيث يقوم المكثف C_2 بإزالة المركبة المستمرة للتوتر .



وبالتالي دارة إزالة التضمين هي كما يلي:

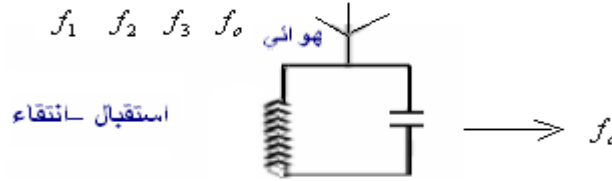


كاشف الغلاف يقوم بإزالة النجم السالبة ثم إزالة ما تبقى من الموجة الحاملة فنحصل على غلاف الموجة المضطّعة الذي يوافق الموجة المضطّعة في حالة التضمين الجيد . وفي المرحلة الأخيرة يقوم المرشح للترددات العالية بإزالة المركبة المستمرة للتوتر المستمر .

III- إنجاز جهاز استقبال بث إذاعي بتضمين الوسع

1) مبدأ اشتغال مرشح ممر للمنطقة:

الدارة المتوالية LC مرشح ممر للمنطقة ، بحيث تسمح بمرور إشارات ذات ترددات متوافقة للتردد الخاص . $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$



لانتقاء إرسال واحد أو محطة يترجم 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 .



تتكون المستقبل " الراديو AM " من :

- هوائي يلتقط موجات الراديو .
- ثنائي قطب LC ينتقى المحطة المرغوب فيها .
- مضخم التوتر المضطّن المُنتقى ؛
- دارة إزالة تضمين الوسع تسمح باسترجاع الإشارة المضطّعة ، وهي مكونة من دارة كاشف الغلاف ومرشح ممر للترددات العالية .

