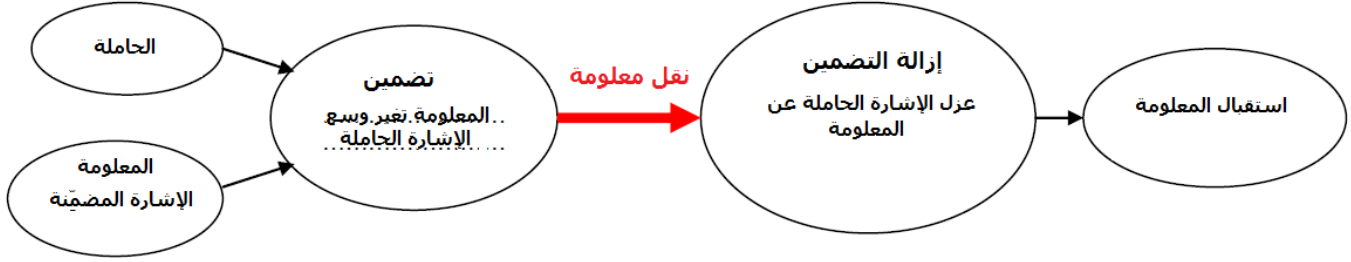


تضمين الوسع

مبدأ نقل معلومة بواسطة موجات كهرومغناطيسية



I - استعمال الدارة المتكاملة المنجزة للجداء AD633

لكي يكون التوتر مضمّن الوسع ، يجب أن يكون على الشكل التالي : $u(t) = U_m(t) \cos(2\pi f t)$ بحيث أن الوسع المضمّن وهو يتغير بدلالة الإشارة المضيفة رياضيا يمكن الحصول على توتر مضمّن الوسع بإنجاز عملية الجداء بين دالتين جيبيتين $s(t) = S_m \cos(2\pi f_s t)$ الإشارة المضيفة أو التوتر المضمّن و $p(t) = P_m \cos(2\pi F_p t)$ الإشارة الحاملة :

$$s(t) \times p(t) = S_m P_m \cos(2\pi f_s t) \cos(2\pi F_p t)$$

نضع $U_m(t) = P_m S_m \cos(2\pi f_s t)$ نحصل على التوتر

$$u_s(t) = U_m(t) \cos(2\pi f t)$$

عمليا ، تمكن الدارة الكهربائية المتكاملة AD633 من إنجاز الجداء حيث نطبق بين مدخليها E_1 و E_2 كل من التوتر المضمّن أي الإشارة المرسلّة و $p(t)$ الإشارة الحاملة فنحصل عند مخرجها على التوتر $u(t)$ مضمّن الوسع .

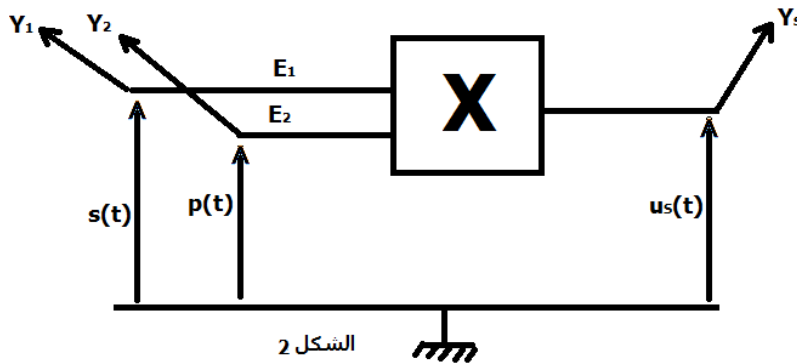
حيث $u_s(t) = k \times s(t) \cdot p(t)$ حيث k ثابتة تناسب وهي

تتعلق بالدارة الكهربائية المتكاملة . وحدة k : $1/V = V^{-1}$

II - إنجاز تضمين الوسع

1 - الإبراز التجريبي لتضمين الوسع

نطبق التوتر $s(t) = U_0 + S_m \cos(2\pi f_s t)$ على المدخل E_1 بحيث أن U_0 توتر مستمر و التوتر $p(t) = P_m \cos(2\pi F_p t)$ على المدخل E_2 ونعاين على شاشة راسم التذبذب توتر الخروج $u_s(t)$

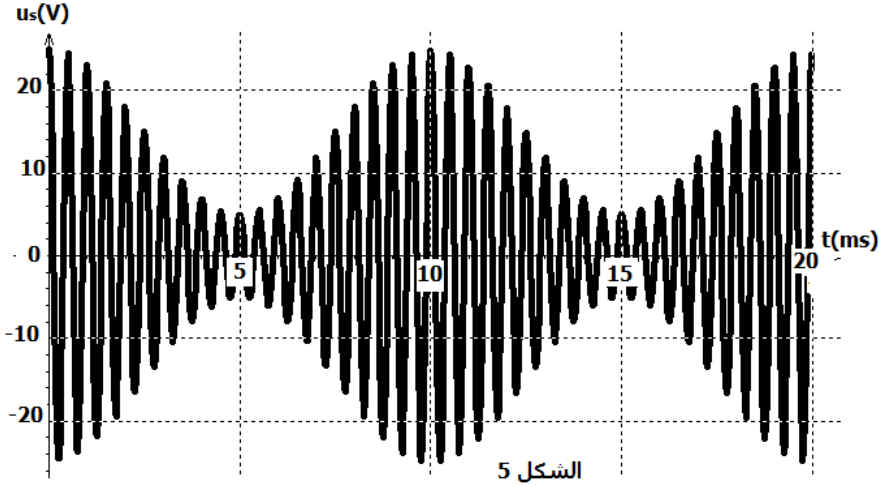
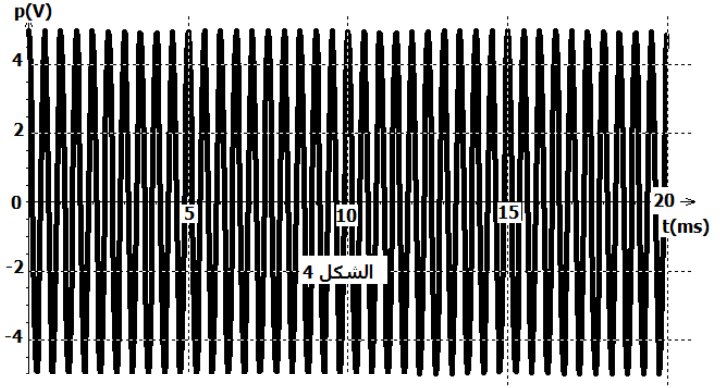
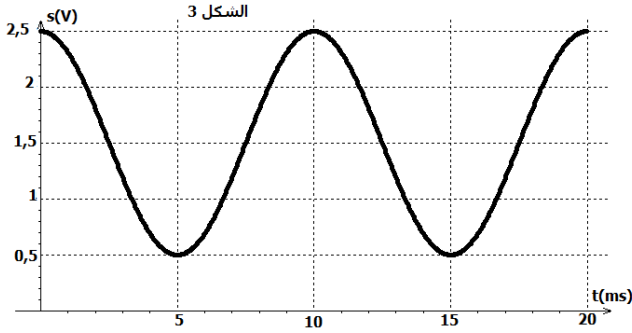


بالنسبة للتوتر $s(t)$: وسعها $S_m = 1V$ وترددتها $f_s = 100Hz$ و التوتر المستمر : $U_0 = 1,5V > S_m$ نعاينه على شاشة راسم التذبذب في المدخل Y_1 الشكل 3

بالنسبة للتوتر $p(t)$: وسعها $P_m = 5V$ وترددتها $F_p = 2kHz$ ، نعاينه على شاشة راسم التذبذب في المدخل Y_2 فنحصل على الشكل 4

نعاين على شاشة راسم التذبذب توتر الخروج $u_s(t)$ الشكل 5

تضمين الوسع



- يمثل المنحنى المحصل عليه في الشكل 3 : المعلومة المراد إرسالها (الإشارة المضمّنة)
- يمثل المنحنى المحصل عليه في الشكل 4 : الإشارة الحاملة
- يمثل المنحنى المحصل عليه في الشكل 5 : الإشارة مضمّنة الوسع

2 - تعبير التوتر مضمّن الوسع la tension modulé

عند المدخل E_1 للدائرة المتكاملة ، لدينا $s(t) = U_0 + S_m \cos(2\pi f_s t)$ مع أن U_0 المركبة المستمرة للتوتر .

والتوتر المطبق عند المدخل E_2 هو : $p(t) = P_m \cos(2\pi F_p t)$

عند المخرج S لدينا التوتر $u_s(t) = k P_m (U_0 + S_m \cos(2\pi f_s t)) \cos(2\pi F_p t)$

نعلم أن التعبير العام لتوتر مضمّن الوسع هو : $u_s(t) = U_m(t) \cdot \cos(2\pi F_p t)$

و $U_m(t)$ الوسع المضمّن أي أنه يعيد تغيرات التوتر المضمّن $s(t)$ يصبح الوسع المضمّن هو :

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

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

نضع : $A = k \cdot P_m \cdot U_0$ و $m = \frac{S_m}{U_0}$ ، فتصبح العلاقة على الشكل التالي :

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

نسمي m نسبة التضمين le taux de modulation

من خلال العلاقة يتبين أن الوسع المضمّن $U_m(t)$ يتغير بين قيمتين :

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

ونعبر عن نسبة التضمين بدلالة $U_{m \max}$ و $U_{m \min}$

تضمين الوسع

بالعلاقة التالية :

$$m = \frac{U_{m \max} - U_{m \min}}{U_{m \max} + U_{m \min}}$$

تطبيق :

من خلال المنحنى أحسب نسبة التضمين
نعطي :

$$m = \frac{U_{m \max} - U_{m \min}}{U_{m \max} + U_{m \min}}$$

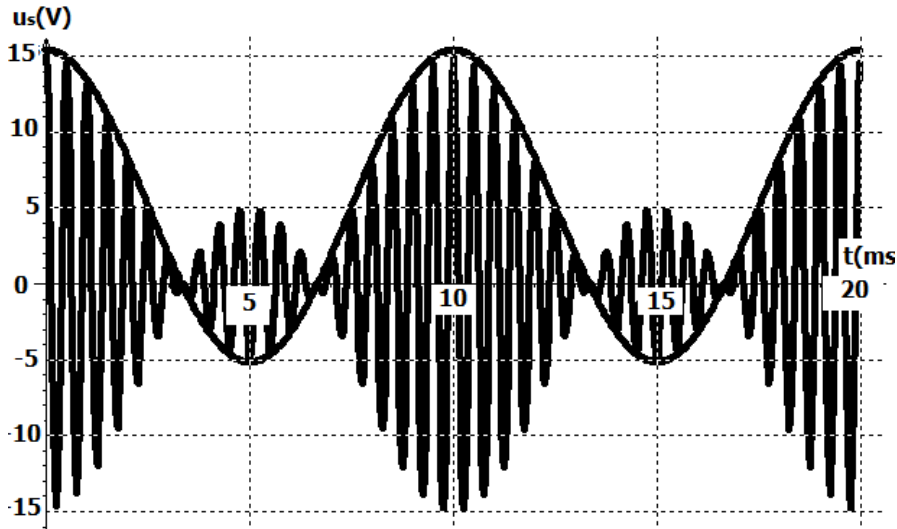
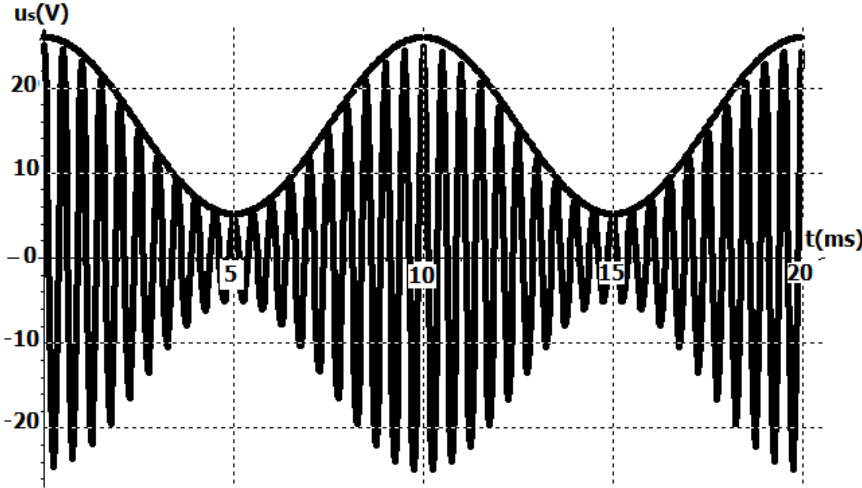
من خلال المنحنى لدينا :

$$U_{m \max} = 25V ; U_{m \min} = 5V$$

$$m = \frac{20}{30} = 0,67$$

3- جودة التضمين

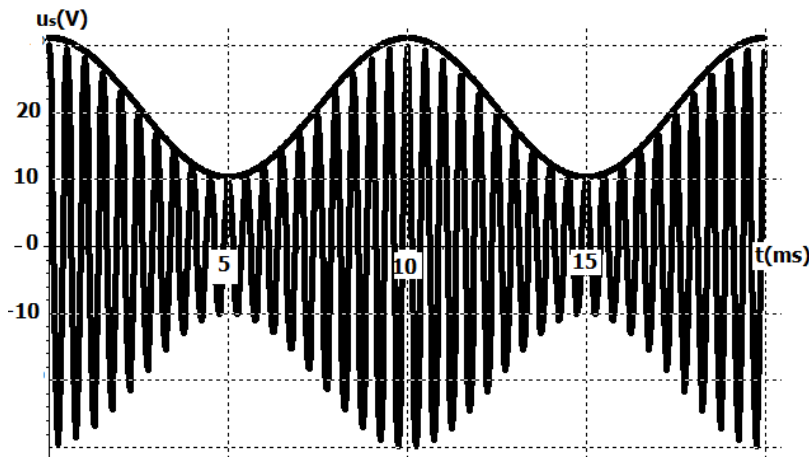
1- الحالة الأولى $m = \frac{S_m}{U_0} > 1$ أي أن $U_0 = 0.5V$



قارن غلاف التوتر $u_s(t)$ مع الإشارة $S(t)$. هل تضمين الوسع في هذه الحالة جيد ؟
التوتر المضمّن $u(t)$ ، غلافه مخالف للتوتر المضمّن $S(t)$ ولا يتبع تغيراته .
في هذه الحالة لا يكون جيد فهو رديء .

2- الحالة الثانية : $m = \frac{S_m}{U_0} < 1$ أي أن $U_0 = 2V$

هل تضمين الوسع في هذه الحالة جيد ؟ علل جوابك .



تضمين الوسع

التوتر المضمّن $u(t)$ ، غلافه مطابق للتوتر المضمّن $s(t)$ فهو يتبع تغيراته .
في هذه الحالة لا يكون التضمين جيد .

طريقة شبه المنحرف

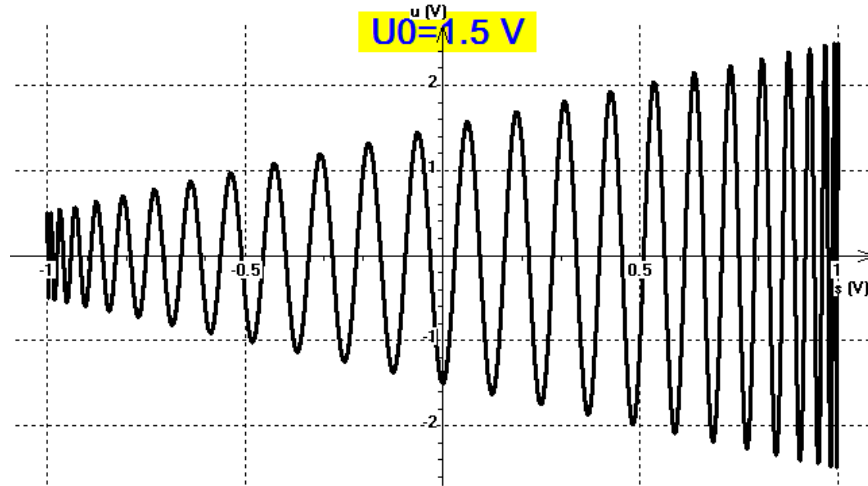
للتأكد من الحصول على تضمين وسع جيد نستعمل طريقة شبه المنحرف وهي تمثيل $u_s(t)$ بدلالة $s(t)$. عمليا نتبع الطريقة التالية :

- ربط التوتر المضمّن $s(t)$ بالمدخل X لراسم التذبذب .

- ربط التوتر المضمّن $u_s(t)$ بالمدخل Y .

- إزالة الكسح لراسم التذبذب (النظام XY) .

ما هو الشكل المحصل عليه في هذه الحالة ؟



نحصل على شكل شبه منحرف

أحسب نسبة التضمين انطلاقا من شكل شبه المنحرف .

شروط الحصول على تضمين جيد للوسع :

للحصول على تضمين للوسع ذي جودة جيدة يجب أن :

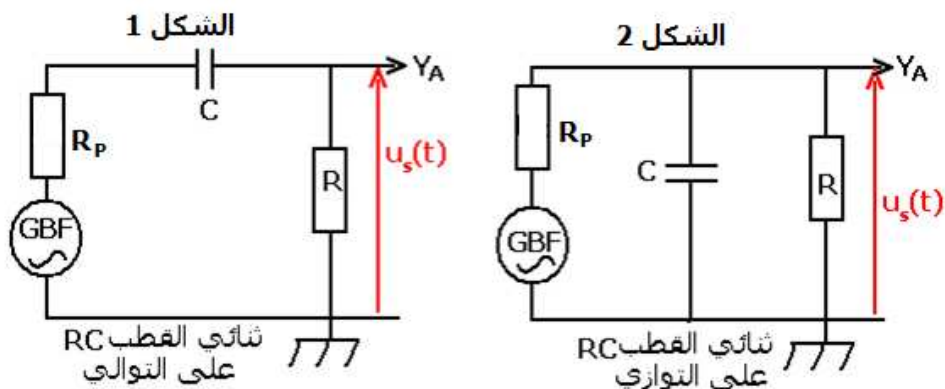
- يكون التوتر U_0 أكبر من S_m ($U_0 > S_m$) أي أن نسبة التضمين تكون $m < 1$

$$S_m < U_0 \Rightarrow \frac{S_m}{U_0} < 1 \Rightarrow m < 1$$

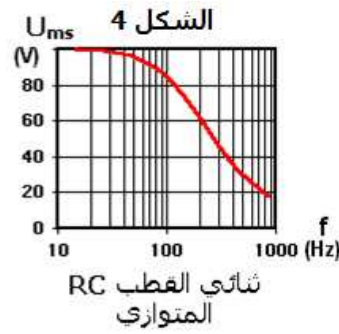
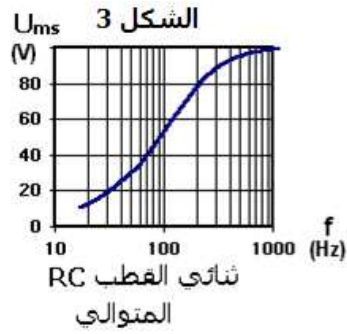
- يكون تردد توتر الحامل F_p أكبر بكثير من تردد التوتر المضمّن f_s ($F_p \gg f_s$) على الأقل $F_p > 10f_s$.

إزالة التضمين

1 - المرشحات RC



نمثل تغيرات الوسع u_{ms} بدلالة التردد f فنحصل على المنحنيين ذي الشكلين (3) الموافق للتركيب RC على التوالي و (4) الموافق للتركيب RC على التوازي .



نسمي مرشح ممرر الإشارات ذات ترددات المنخفضة (filtre passe-bas) الدارة الكهربائية التي تسمح بمرور إشارات ذات ترددات منخفضة . نسمي مرشح ممرر الإشارات ذات ترددات العالية (filtre passe-haut) الدارة الكهربائية التي تسمح بمرور إشارات ذات ترددات عالية .

تعرف على ثنائي القطب RC الذي يلعب دور المرشح الممرر للترددات المنخفضة ، وعلى ثنائي القطب RC الذي يلعب دور المرشح الممرر للترددات العالية .

المرشح الممرر للترددات المنخفضة : ثنائي القطب RC على التوازي (الشكل 4)

المرشح الممرر للترددات العالية : ثنائي القطب RC على التوالي (الشكل 3)

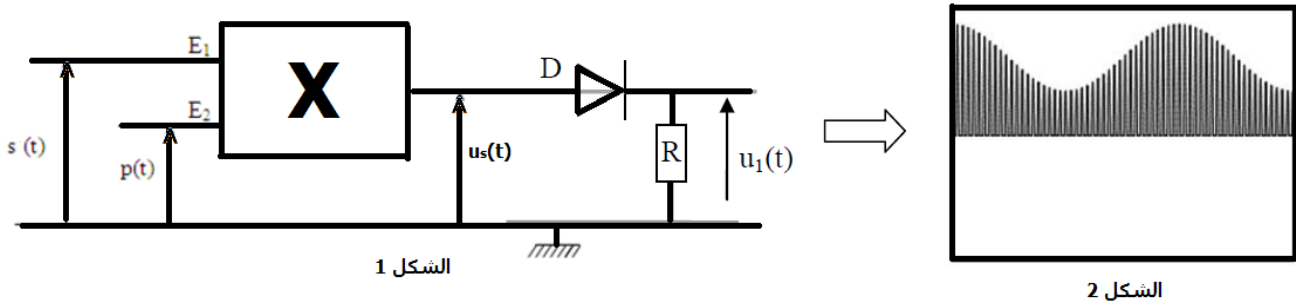
3 - يقوم مرشح الترددات العالية بدور آخر وهو منع مرور التوترات المستمرة ، ما المركبة الكهربائية التي تقوم بذلك ؟ علل جوابك .

التوتر المستمر U_0 تردده منعدم وبالتالي فهو ينتمي إلى الترددات المنخفضة وبما أن مرشح الترددات العالية لا يسمح بمرور التوترات ذات التردد المنخفض إذن فهو يمنع مرور التوتر المستمر .

المركبة التي تقوم بذلك هي : **ثنائي القطب RC المتوالي**

2 - كاشف الغلاف

للحصول على الإشارة المعلومة أي الإشارة المضمّنة $s(t)$ يجب إزالة التضمين لذا نستعمل كاشف غلاف الإشارة المضمّنة ، لهذا الغرض ننجز التركيب الكهربائي وهو عبارة عن رباعي قطب مكون من صمام ثنائي ودارة متوازية RC . نطبق في مدخل هذا التركيب توترا مضمّن الوسع $u_s(t)$ ، محصلا بواسطة دارة متكاملة المنجزة للجداء . الشكل 1



نعين بواسطة راسم التذبذب توتر الخروج $u_1(t)$ الشكل 2

1 - كيف يتصرف الصمام الثنائي والذي نعتبره مثاليا في دارة كهربائية ؟

الصمام الثنائي مركبة إلكترونية لا تسمح بمرور التيار الكهربائي إلا إذا كانت مركبة في المنحى المباشر للتيار حيث يكون التوتر بين مرطبه $U_h > U_s$ أو $U_h = U_s$ بحيث أن U_s عتبة التوتر وبما أنه مثالي $U_s = 0$.

يكون مارا $U_h > 0$ أو $U_h = 0$

يكون حاجزا : $U_h < 0$

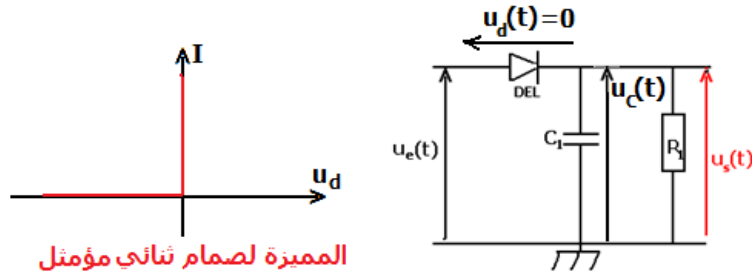
2 - قارن بين التوتر $u_s(t)$ وغلاف التوتر المضمّن $u_1(t)$. ما تأثير الصمام المتألق كهربائيا على الإشارة $u_s(t)$ ؟

الصمام الثنائي المتألق كهربائيا ينجز عمليتين في الدارة الكهربائية :

- العملية الأولى : حذف الجزء السالب للتوتر المضمّن $u(t)$ ولاحتراف بالجزء الموجب تسمى هذه العملية بالتصويب redressement .

- العملية الثانية : عندما يتصرف الصمام كقاطع تيار مغلق أي أن $U_h = 0$ ويكون مارا وفي هذه الحالة يشحن المكثف C_1 . فحسب قانون إضافية التوترات $u_e = U_h + U_C$ وبما أن $U_h = 0$ فإن $u_e = U_C$.

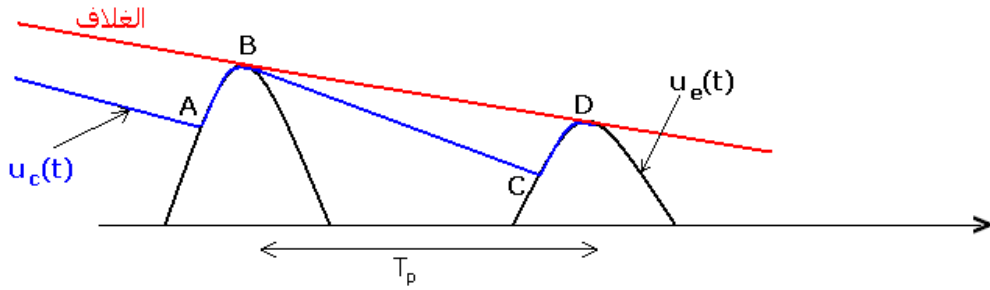
عندما يتصرف الصمام الثنائي كقاطع تيار مفتوح في هذه الحالة يفرغ المكثف في الموصل الأومي وتوتر $u_C = U_s$ يتناقص أسيا حسب ثابتة الزمن $\tau = RC$



المميزة لصمام ثنائي مؤتمل

3 - تحقق من أن كشف غلاف التوتر المضمّن $u_s(t)$ يتم بكيفية جيدة ، إذا كان $T_p \ll R_1 C_1 < T_s$ ، حيث T_p دور التوتر الحامل و T_s دور الإشارة المضمّنة .

التحقق من المتراجحة $T_p \ll \tau = R_1 C_1 < T_s$ ، نكبر جزء من غلاف التوتر ونحصل على الشكل التالي :



- الجزء AB يمثل شحن المكثف : في هذه الحالة تتبع $u_c(t)$ نفس التغيرات التي يفرضها التوتر المضمّن $u_e(t)$.

- في الجزء BC يفرغ المكثف في الموصل الأومي وفق حالتين :

يفرغ المكثف بشكل متأن (متأخر) بحيث يجب أن تكون C قريبة من القمة D للدورة الموالية خلال دور T_p للتوتر الحامل ولكي يتحقق هذا الشرط يجب أن تكون $\tau \gg T_p$.

يفرغ المكثف بشكل سريع لكي لا تكون النقطة C فوق النقطة D عكس ذلك لا يتبع كاشف الغلاف الإشارة المضمّنة أي الحاملة للمعلومة ولكي يتحقق هذا الشرط يجب أن تكون $\tau < T_s$

لكي يتم كشف غلاف جيد يجب أن يتحقق الشرطين في نفس الوقت

خلاصة :

شروط الحصول على كشف غلاف جيد هي :

- أن يكون التوتر في مخرج دائرة كاشف الغلاف ذا تموجات صغيرة وتتبع بكيفية أحسن شكل الإشارة المضمّنة . ويتحقق هذا إذا كانت ثابتة الزمن $\tau = RC$ تحقق المتراجحة التالية :

$$f_s \ll 1/\tau < F_p \text{ أن } T_p \ll \tau = RC < T_s$$

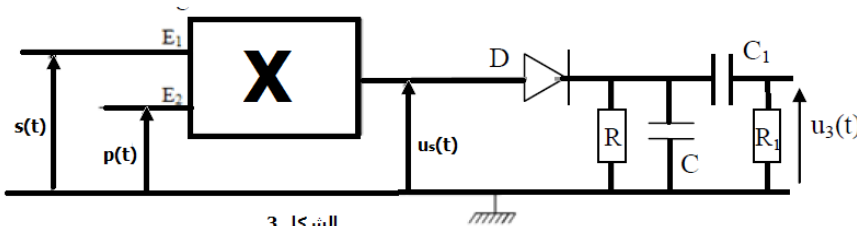
T_p دور التوتر الحامل و T_s دور الإشارة المضمّنة .

* الدور الثاني الذي يلعبه ثنائي القطب RC على التوازي هو مرشح الترددات المنخفضة أي سيمنع مرور التوتر ذي التردد العالي

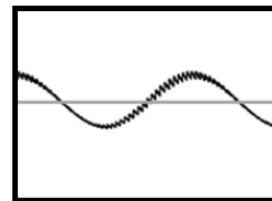
3 - إزالة المركبة المستمرة U_0 : استعمال مرشح الترددات العالية

نضيف للتركيب السابق ثنائي قطب $R_2 C_2$.

نعين بواسطة راسم التذبذب توتر الدخول $u_e(t)$ وتوتر الخروج $u'_s(t)$.



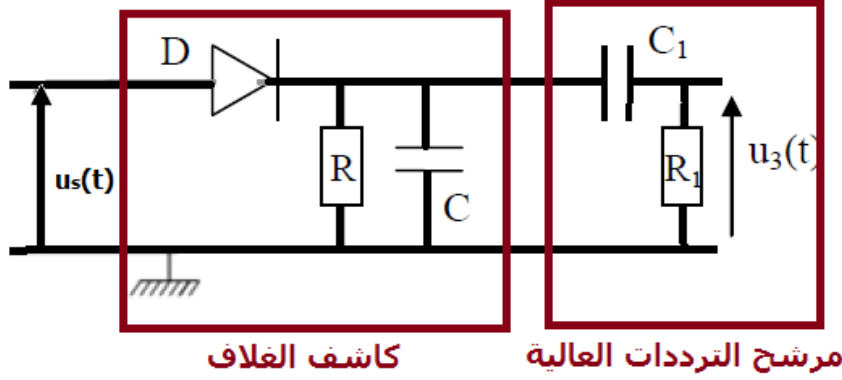
الشكل 3



الشكل 4

تضمين الوسع

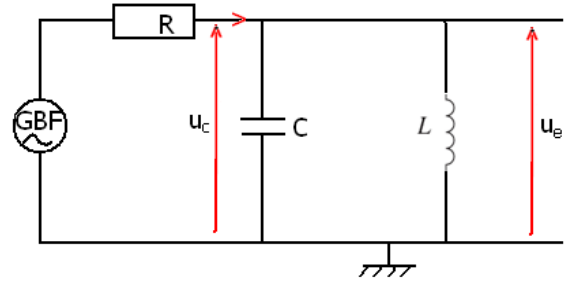
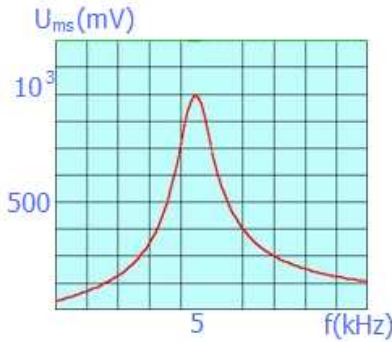
- 1 - ما اسم ثنائي القطب R_1C_1 المستعمل ؟ ما الدور الذي يلعبه ثنائي القطب R_1C_1 في هذه التجربة ؟
 مرشح الترددات العالية ، دوره حذف المركبة المستمرة U_0 التي تمت إضافتها للإشارة التي تحمل المعلومة .
- 2 - أذكر مختلف مراحل عملية إزالة تضمين الوسع لإزالة تضمين توتر مضمن الوسع يجب :
 كشف غلاف التوتر المضمّن بواسطة صمام ثنائي و مرشح للترددات المنخفضة ، ويكون هذا الكشف جيدا إذا تحقق الشرط :
 $f_s \ll 1/\tau < F_p$ أي أن $T_p < \tau = RC < T_s$
 - حذف المركبة المستمرة للتوتر بواسطة مرشح للترددات العالية
 ب - أرسم تبيانة توضيحية تبين هذه المراحل .



III - إنجاز جهاز يستقبل بث إذاعي بتضمين الوسع .

1 - دراسة الدارة المتوازية LC : مرشح ممرر للمنطقة passe - bande

- نجز التركيب الكهربائي جانبه والذي يتكون من مكثف سعته $C=10\mu F$ ووشية مركبة على التوازي مع المكثف معامل تحريضها الذاتي $L=0,1mH$ وموصل أومي مقاومته $R=1k\Omega$.
 يطبق مولد التردد المنخفض توترا جيبييا وسعه 1V ثابت .
 نغير التردد f لمولد GBF ، وفي كل مرة نقيس بواسطة راسم التذبذب الوسع U_{ms} لتوتر الخروج $u_s(t)$.



ندون الناتج في جدول ونخط المنحنى الممثل لتغيرات U_{ms} بدلالة f ، فنحصل على الشكل أعلاه.

- 1 - صف منحنى الاستجابة U_{ms} بدلالة f التردد المحصل .
 من خلال الشكل يتبين أن بالنسبة لترددات أصغر من $f=5kHz$ أن الاستجابة U_{ms} تزداد وبالنسبة لترددات أكبر من $f=5kHz$ أن الاستجابة U_{ms} تنقص .
 وبالنسبة لترددات مساوية ل $f=5kHz$ أن U_{ms} تكون قصوية في هذه الحالة نكون الدارة في حالة رنين .
- 2 - علل لماذا تسمى الدارة المتوازية LC مرشحا ممررا للمنطقة .
 تسمى الدارة المتوازية LC مرشح ممرر للمنطقة لكونها تسمح بمرور إشارات ذات ترددات منتمية للمنطقة الممركزة حول التردد $f_0=5kHz$ حيث الاستجابة U_{ms} قصوية .

- 3 - حدد مبيانيا التردد الموافق للقيمة القصوى للوسع U_{ms} ، تم قارنه مع $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. كيف يمكن انتقاء إشارة ذات تردد

معين f_0 .

$f_0=5kHz$.

تضمين الوسع

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 5\text{kHz} \text{ بتطبيق عددي نجد :}$$

يسمى هذا التردد بالتردد الخاص للدارة LC المتوالية .

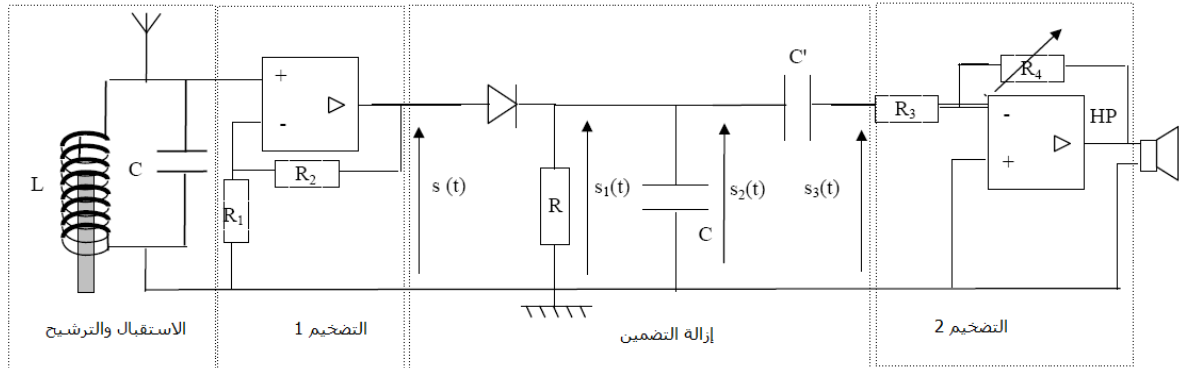
لإنتقاء إشارة يتم التوفيق بين التردد الخاص f_0 للدارة المتوازية LC وتردد الموجة المنبعثة من المحطة ، ويتم ذلك بضبط معامل التحريض الذاتي L أو سعة المكثف C .

2 - مبدأ اشتغال مرشح ممر المنطقة .

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

3 - إنجاز جهاز مستقبل راديو بسيط .

التركيب التالي هو تركيب لجهاز مستقبل راديو بسيط :



الاستقبال والترشيح $C=1\text{nF}, L=0,1\text{mH} \text{ à } 0,3\text{ mH}$

1 التضخم $R_1 = 1\text{k}\Omega$ $R_2 = 10\text{k}\Omega$

إزالة التضمين diode de Ge , $R=10\text{k}$, $C=10\text{nF}$, $C'=100\text{nF}$

2 التضخم $R_3 = 4,7\text{k}\Omega$, $R_4 = \text{potentiometre de } 470\text{k}\Omega$

ننجز التركيب الكهربائي التجريبي أعلاه ونغير معامل التحريض الذاتي L للحصول على بث إذاعي .
نعين بواسطة راسم التذبذب التوترات s_1 , s_2 , s_3 , s ، خلال اشتغال التركيب .

تردد الإشارة الحاملة $F=350\text{kHz}$ و الإشارة المضمّنة $f=1\text{kHz}$

1 - تسمى الدارة المتوازية LC دائرة التوافق circuit d'accord . ما مجال الترددات الممكن كسحه بواسطة هذه الدارة ؟ هل يتم انتقاء الإشارة المضمّنة ؟

لتحديد مجال الترددات الذي يمكن كسحه نحسب التردد الخاص لدارة التوافق : $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$

$$L = 0,1\text{mH} \Rightarrow f_0 = 503292\text{Hz}$$

$$L = 0,3\text{mH} \Rightarrow f_0 = 290576\text{Hz}$$

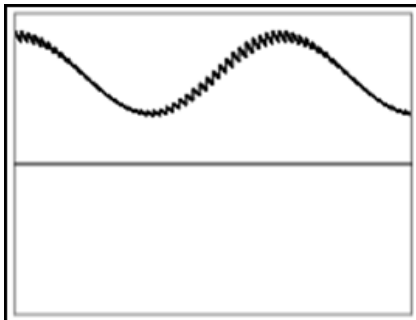
وبالتالي فمجال الترددات الذي يمكن كسحه بواسطة هذه الدارة : $[290576\text{Hz} , 503292\text{Hz}]$
F تنتمي إلى هذا المجال .

2 - ما هو دور الصمام الثنائي ؟ أرسم شكل التوتر $s_1(t)$.

حذف الجزء السالب من التوتر المضمّن والحصول على كشف غلاف جيد

3 - ما هو دور الدارة RC المتوازية ؟ أرسم شكل التوتر $s_2(t)$

منع مرور الترددات العالية (مرشح الترددات المنخفضة)



تضمين الوسع

4 - أحسب ثابتة الزمن τ للدارة RC وقارنها بدور الإشارة الحاملة ودور الإشارة المضمّنة للمعلومة

$$\tau = 10^4 \times 10^{-8} = 0,1 \text{ms}$$

$$\tau \gg T_p = 4,7 \mu\text{s}$$

$$\tau < T_s \approx 1 \text{ms}$$

5 - هل شروط الحصول على كشف غلاف جيد متوفرة ؟ علل الجواب .

بما أن $T_p \ll \tau < T_s$ إذن سيكون هناك كشف غلاف جيد .

6 - ما هو دور المكثف 'C' في تركيب إزالة التضمين ؟

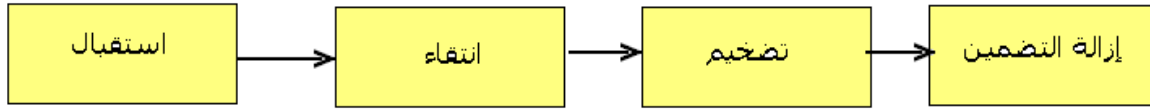
مرشح لترددات عالية ، لا يسمح بمرور الترددات الضعيفة هذا سيؤدي إلى حذف المركبة المستمرة

7 - لماذا تم استعمال عملية التضخيم بعد استقبال الإشارة المضمّنة وبعد إزالة التضمين ؟

خلاصة .

تكون التوترات التي يلتقطها الهوائي ضعيفة جدا لذا يجب تضخيمها قبل إزالة تضمينها .

المبدأ :



يتكون المستقبل " الراديو AM " من :

- هوائي يلتقط موجات الراديو .

- ثنائي قطب LC ينتقي المحطة المرغوب فيها .

- مضخم التوتر المضمّن المنتقى ؛

- دائرة إزالة تضمين الوسع تسمح باسترجاع الإشارة المضمّنة ، وهي مكونة من دائرة كاشف الغلاف ومرشح

ممرر للترددات العالية .