

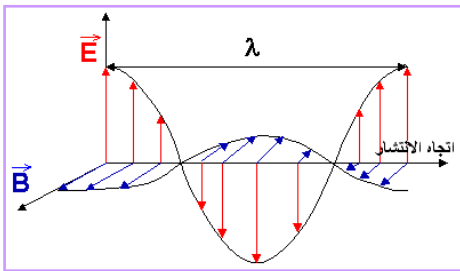
# الموجات الكهرمغناطيسية - نقل المعلومات تضمين الوسع

## I. الموجات الكهرمغناطيسية

### • تعريفها و مميزاتا

#### تعريف

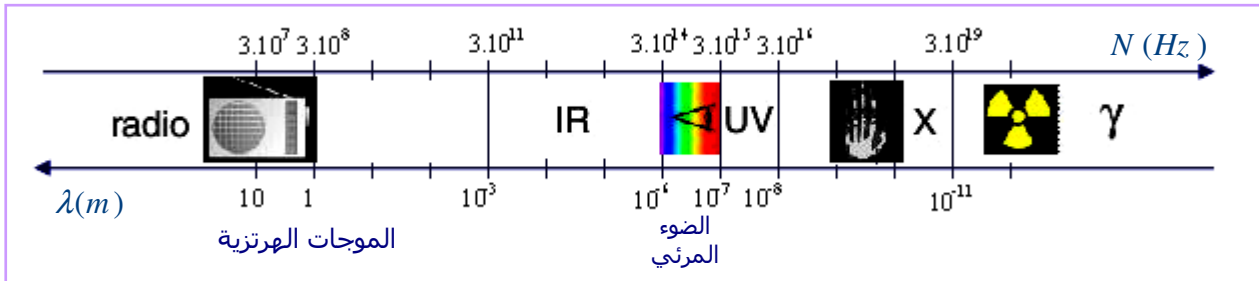
لشحن كهربائية متحركة تأثير كهربائي يمكن وصفه بمجال كهربائي  $\vec{E}$  و تأثير مغناطيسي يمكن وصفه بمجال مغناطيسي  $\vec{B}$ . انتشار هاذين المجالين يشكل موجة كهرمغناطيسية.



- تنتشر الموجات الكهرمغناطيسية في الفراغ كما في الأوساط المادية العازلة بسرعة الضوء:  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$  في الفراغ .
- تنعكس على السطوح الفلزية (خاصة تستغل في هوائيات الاستقبال).
- تتميز موجة كهرمغناطيسية بترددها  $N$  أو بطول موجتها في الفراغ  $\lambda$ ، و هما يرتبطان بالعلاقة التالية:

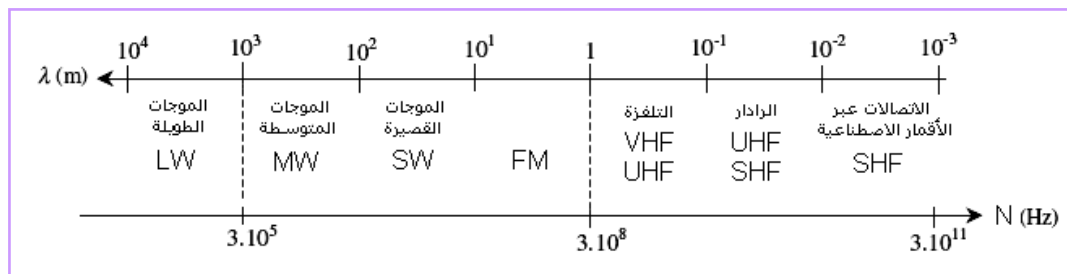
$$\lambda = cT = \frac{c}{N}$$

- الطيف الكهرمغناطيسي:

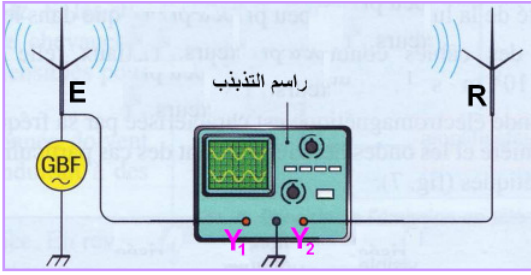


### • الموجات الهرتزية

- تستعمل الموجات الهرتزية في نقل المعلومات و الإشارات في مجال الاتصالات اللاسلكية و البث الإذاعي و التلفزيوني.....
- تستعمل الموجات الهرتزية ذات التردد العالي ( HF ) كموجات حاملة لنقل إشارات ذات تردد منخفض (BF) بواسطة تقنية التضمين.



## II. إرسال و استقبال موجة كهرمغناطيسية



### • الإبراز التجريبي

E سلك يؤدي دور هوائي الإرسال.  
R سلك يؤدي دور هوائي الاستقبال.  
على الشاشة تعين إشارتان كهربائيتان لهما نفس التردد.

### • دور هوائي الإرسال و هوائي الاستقبال

يحول هوائي الإرسال إشارة كهربائية (توتر كهربائي) إلى إشارة كهرمغناطيسية بينما يقوم هوائي الاستقبال بالدور المعاكس.

خاصية للموجة الكهرمغناطيسية و الإشارة الكهربائية المحدثة في هوائي الإرسال أو في هوائي الاستقبال نفس التردد.

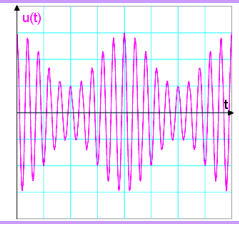
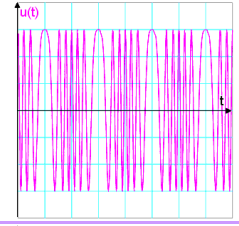
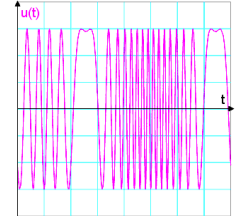
## III. تضمين موجة جيبية

### • مبدأ التضمين

تعريف تسمى الموجة الكهرمغناطيسية التي تنقل معلومة موجة حاملة. أما المعلومة فتسمى الإشارة المضمّنة.  
تتمثل تقنية التضمين في جعل الإشارة المضمّنة تغير أحد المقادير المميزة للموجة الحاملة (وسعها، ترددها، أو طورها) بدلالة الزمن.

### • تضمين توتر جيبية

الجدول التالي يلخص أنماط تضمين توتر جيبية تعبيره:  $u(t) = U_m \cdot \cos(2\pi Nt + \varphi)$

التمثيل المبياني	تعبير u بعد التضمين	المقدار المضمّن	
	$u(t) = U_m(t) \cdot \cos(2\pi Nt + \varphi)$	الوسع	تضمين الوسع (AM)
	$u(t) = U_m \cdot \cos(2\pi N(t) + \varphi)$	التردد	تضمين التردد (FM)
	$u(t) = U_m \cdot \cos(2\pi Nt + \varphi(t))$	الطور	تضمين الطور

## • مبدأ تضمين الوسع

يحصل على تضمين الوسع بإنجاز جذاء توترين:

$$p(t) = P_m \cos 2\pi N_p t \quad \text{- توتر جيبي عالي التردد (الموافق للموجة الحاملة):}$$

- و توتر يساوي مجموع توتر جيبي منخفض التردد  $s(t)$  (الموافق للإشارة المضمّنة) و توتر مستمر

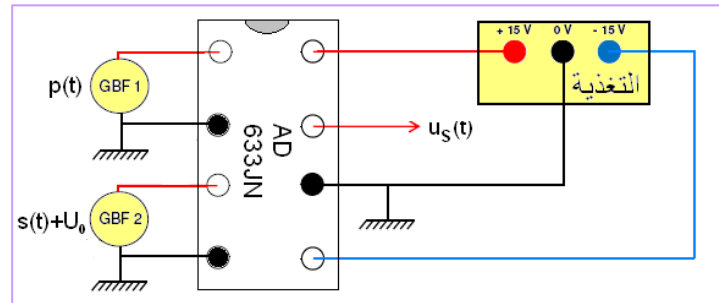
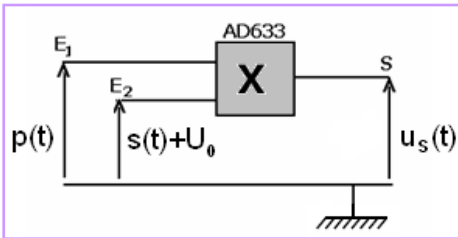
$$s(t) + U_0 = S_m \cos 2\pi N_s t + U_0 \quad \text{يسمى توتر الإزاحة أو المركبة المستمرة:}$$

يستعمل تركيب إلكتروني منجز للجذاء للحصول على توتر مضمّن يتناسب مع هذا الجذاء:

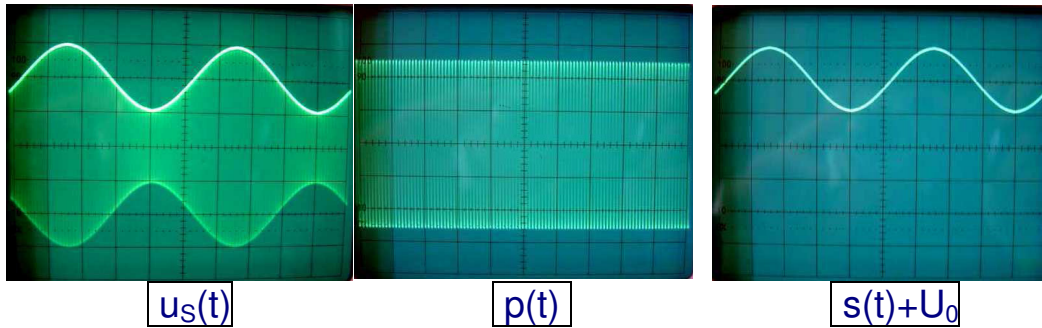
$$u_s(t) = k \cdot p(t) \cdot (s(t) + U_0)$$

معامل التناسب  $k$  يميز التركيب المنجز للجذاء.

## • الإبراز التجريبي لتضمين الوسع



بواسطة راسم التذبذب أو حاسوب تعين مختلف الإشارات:



بلاحظ أن وسع الإشارة المضمّنة  $u_s(t)$  يتغير بدلالة الزمن حسب تغيرات الإشارة المضمّنة  $s(t)$ .

## • تعبير وسع الإشارة المضمّنة

بتعويض  $p(t)$  و  $s(t)$  بتعبيريهما نستنتج معادلة التوتر المضمّن:

$$u_s(t) = k \cdot P_m \cdot (S_m \cos 2\pi N_s t + U_0) \cdot \cos 2\pi N_p t$$

$$U_m(t) = A \cdot (m \cdot \cos 2\pi N_s t + 1) \quad \text{ووسعه:}$$

$$A = k \cdot P_m \cdot U_0 \quad \text{بوضع:}$$

نسبة التضمين

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

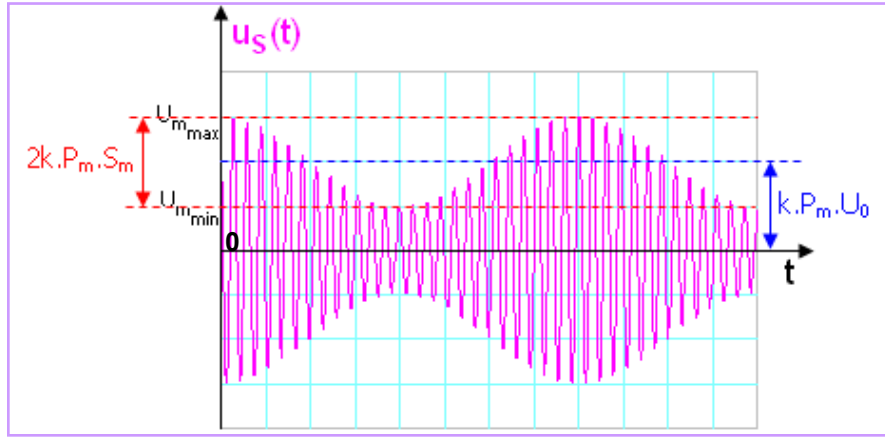
و

في تضمين الوسع وسع الإشارة المضمَّنة دالة تألفية للتوتر المضمَّن:

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

خاصية

• تعبير آخر لنسبة التضمين

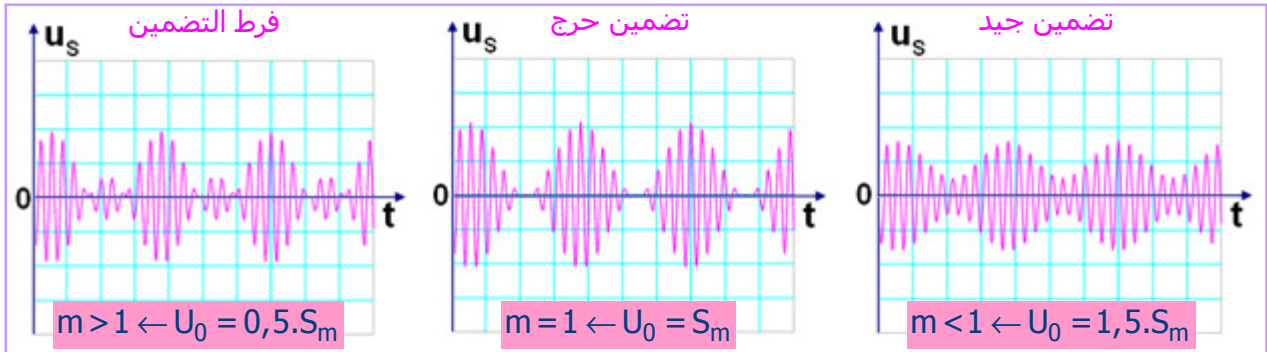


تتراوح القيمة القصوى للتوتر المضمَّن (غلاف الإشارة المضمَّنة) بين قيمتين حديتين  $U_{m_{\max}}$  و  $U_{m_{\min}}$  بحيث:  $U_{m_{\max}} = A \cdot (+m+1)$  و  $U_{m_{\min}} = A \cdot (-m+1)$ ، نستنتج تعبيراً لنسبة التضمين:

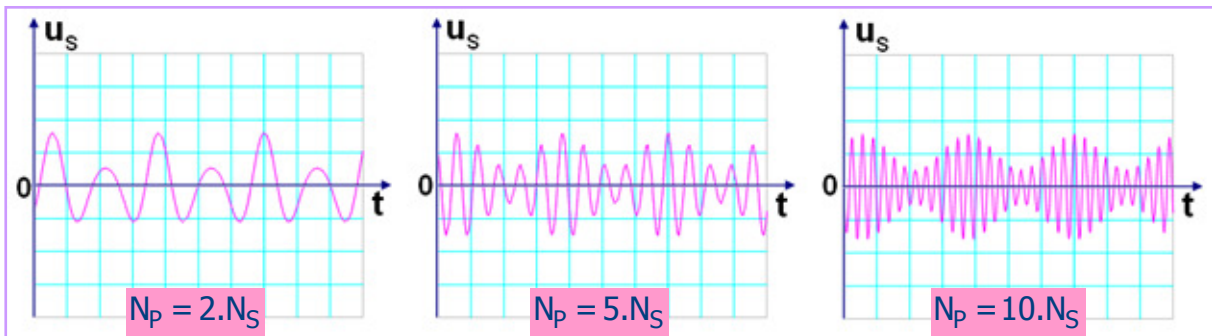
$$m = \frac{U_{m_{\max}} - U_{m_{\min}}}{U_{m_{\max}} + U_{m_{\min}}}$$

• جودة التضمين

• تأثير  $U_0$



• اختيار  $N_p$



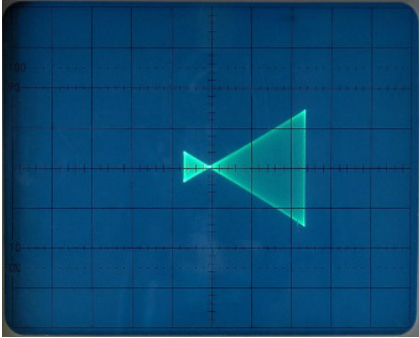
## • شرط التضمين

تتحقق جودة التضمين بالشرطين التاليين:

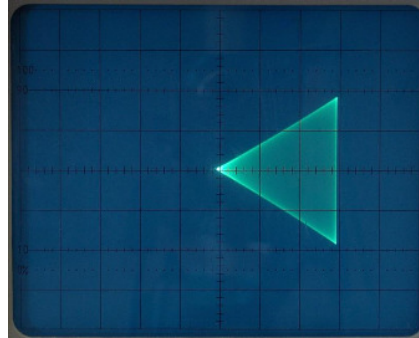
$$\begin{aligned} & U_0 > S_m \quad \text{أي} \quad m < 1 \\ & N_p \gg N_s \end{aligned}$$

## • التحقق من جودة التضمين

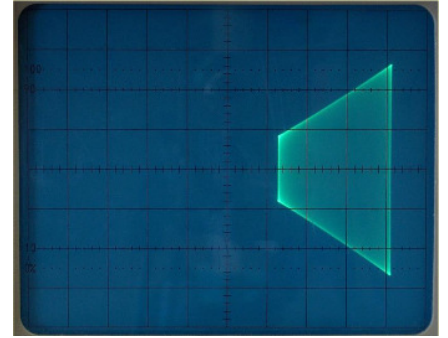
للتحقق من جودة التضمين تستعمل طريقة شبه المنحرف و فيها يشغل راسم التذبذب على النمط XY أي يحذف الكسح، حيث تعين تغيرات التوتر المضمّن بدلالة التوتر المضمّن:  $u_s = f(s + U_0)$



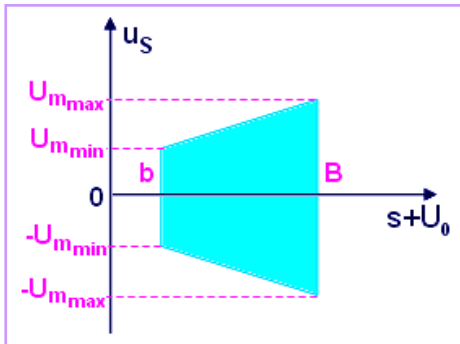
$m > 1$  : فرط التضمين



$m = 1$  : تضمين حرج



$m < 1$  : تضمين جيد



يمكن تحديد نسبة التضمين انطلاقاً من أبعاد شبه المنحرف: قاعدته الكبرى B و قاعدته الصغرى b بالعلاقة التالية:

$$m = \frac{B - b}{B + b}$$

## • مبدأ إزالة تضمين الوسع

تتمثل عملية إزالة التضمين في استخراج المعلومة المنقولة (الإشارة المضمّنة) من

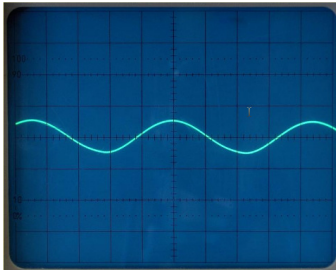
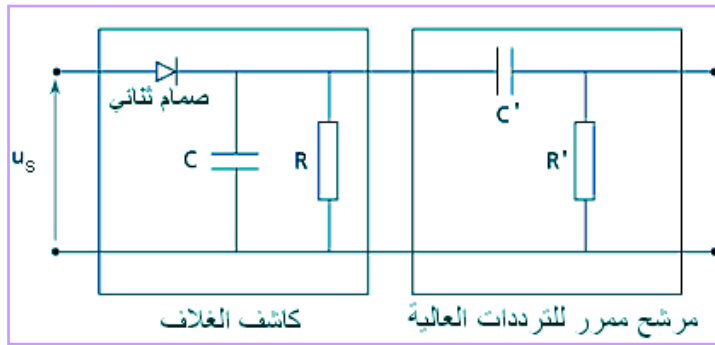
الإشارة المضمّنة و تضم مرحلتين متتاليتين:

- كشف الغلاف أي حذف الموجة الحاملة،
- حذف المركبة المستمرة  $U_0$ .

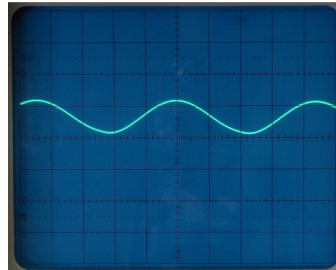
تعريف

## • مرحلتا إزالة تضمين الوسع

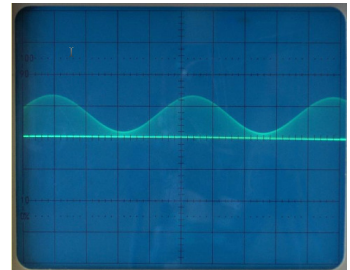
يستعمل التركيب التالي:



الإشارة بعد التركيب  $RC'$   
المتوالي:  
يحذف هذا المرشح المركبة  
المستمرة  $U_0$ .



الإشارة بعد التركيب  $RC$   
المتوازي:  
يحذف هذا المرشح الإشارة  
الحاملة ذات التردد العالي.



الإشارة بعد الصمام:  
يحذف الصمام الجزء  
السالب للإشارة المضمّنة

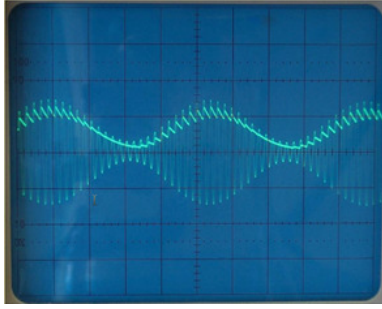
حذف توتر الإزاحة

كشف الغلاف

## • جودة إزالة التضمين

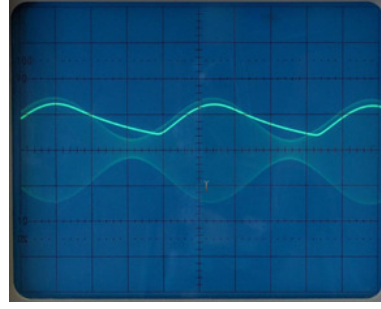
تكمّن جودة إزالة التضمين في جودة كاشف الغلاف و التي ترتبط بثابتة الزمن  $\tau = RC$  للتركيب (RC) المتوازي.

• الإبراز التجريبي لتأثير  $\tau = RC$



$\tau = RC$  صغيرة ( $\tau \approx T_p$ ):

تفريغ سريع للمكثف.  
← كشف غلاف رديء.



$\tau = RC$  كبيرة ( $\tau \approx T_s$ ):

تفريغ بطيء للمكثف.  
← كشف غلاف رديء.

• شرط إزالة التضمين

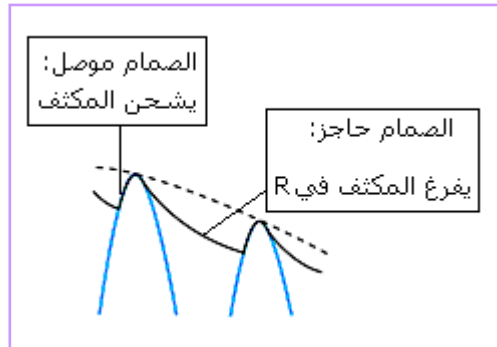
للحصول على إزالة تضمين جيدة ينبغي أن تكون الإشارة المضمّنة المسترجعة قليلة التموج و يتحقق ذلك إذا حققت ثابتة الزمن للتركيب ( $RC$ ) المكون لكاشف الغلاف الشرط التالي:

$$T_p \ll \tau < T_s$$

$$\frac{1}{N_p} \ll RC < \frac{1}{N_s}$$

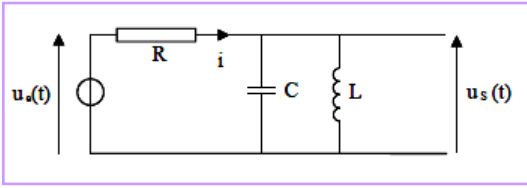
أي:

• تفسير



## VI. سلسلة استقبال بث إذاعي AM

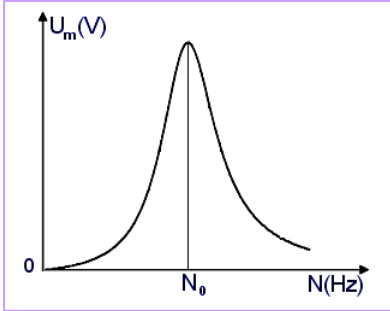
## • الدارة (LC) المتوازية



يطبق المولد توترا جيبييا  $u_0$  وسعه ثابت و تردده قابل للضبط.

بواسطة فولطمتر أو راسم تذبذب تقاس تغيرات الوسع

$U_m$  للتوتر  $u_{s(t)}$  بدلالة التردد. التمثيل المبياني لهذه التغيرات يعطي منحنى الاستجابة جانبه.



يبرز هذا المنحنى أن استجابة الدارة (LC) تكون قصوى عند تساوي

$$N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

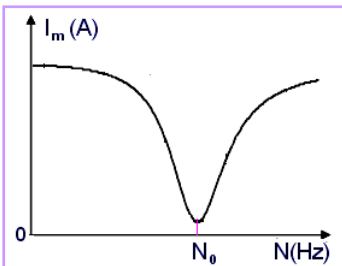
تردد المولد مع ترددها الخاص

الدارة (LC) المتوازية هي مرشح ممر لمنطقة من الترددات حيث تمكن من تمرير الإشارات ذات ترددات ممرزة حول ترددها الخاص الذي يسمى أيضا التردد

خاصية

المركزي:

$$N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



بالنسبة لشدة التيار يكون منحنى الاستجابة على الشكل التالي.

يبين المنحنى أن الدارة المتوازية (LC) تمنع مرور التيار في منطقة للتردد

ممرزة حول ترددها الخاص. و لذلك تسمى "الدارة السدادة" circuit bouchon .

## • المستقبل راديو

يتكون المستقبل راديو مما يلي:

- ① هوائي يستقبل الموجات الكهرمغناطيسية مختلفة الترددات.
- ② دائرة الانتقاء يمكن توفيقها على التردد  $N_p$  للموجة الحاملة (HF) الواردة من المحطة الإذاعية بضبط قيمة L أو C.
- ③ مضخم الإشارة (HF).
- ④ كاشف الغلاف.
- ⑤ مرشح ممر للترددات العالية لحذف المركبة المستمرة.
- ⑥ مضخم الإشارة (BF) المستخلصة.
- ⑦ سماعة أو مكبر الصوت.



