

تمارين في تضمين الوسع

تمرين 1 :

نريد إرسال إشارات (أصوات أو صور) مدى انتشارها قصير جدا ، بين نقطتين متباعدتين . نستعمل كوسيلة لتحقيق هذا الهدف تضمين الوسع . في هذا التمرين ، نريد نقل إشارة جيبية لصوت مسموع ، لذا نستعمل هذه الإشارة على إنتاج توتر كهربائي جيبى بنفس التردد والذي يستعمل لتضمين توتر آخر جيبى يسمى التوتر الحامل . هذا التوتر الحامل يولد بدوره موجة كهرومغناطيسية .

إن إرسال أو استقبال الموجة المضمّنة يتم بواسطة هوائي فلزي مستقيمي . يشتغل هذا الهوائي بشكل جيد إذا كان طوله قريبا من طول الموجة المرسله.

معطيات :

سرعة انتشار الضوء في الفراغ : $C = 3,0.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

مجال تردد الموجات الصوتية المسموعة : $\{20 \text{ Hz} - 20 \text{ kHz}\}$

1- سبب من أسباب التضمين

1.1- إذا أرسلت محطة إذاعية موجات كهرومغناطيسية بنفس تردد الموجات الصوتية ، ما هو مجال طول الموجة الذي تنتمي إليه هذه الموجات ؟

1.2- بالاعتماد على معطيات النص ، حدد سببا واحدا يجعل المحطات الإذاعية لا ترسل بكيفية مباشرة الإشارة الكهرومغناطيسية بنفس التردد للإشارة الصوتية.

2- دراسة التضمين

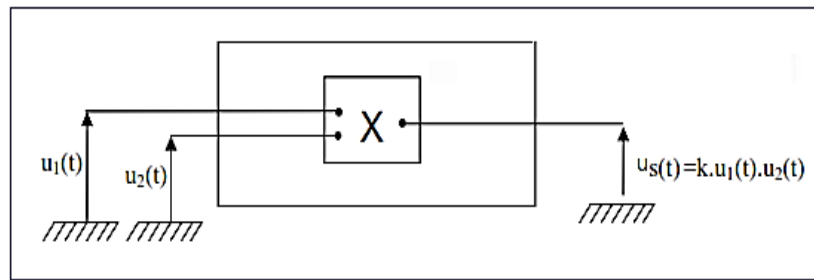
خلال حصة الاشغال التطبيقية ، ينجز تلاميذ تجربة إرسال واستقبال إشارة جيبية ترددها $f_s = 500 \text{ Hz}$.

2.1- لإنجاز تضمين الوسع ، استعمل التلاميذ مضخما منجزا للجداء (ممثلا في الشكل أسفله بالرمز X) للحصول على الجداء بين توترين $u_1(t)$ و $u_2(t)$ تعبيرهما كالتالي :

$$u_1(t) = U_0 + S_m \cos(2\pi f_s \cdot t)$$

$$u_2(t) = P_m \cos(2\pi F_p \cdot t)$$

حيث $S_m \cos(2\pi f_s \cdot t)$ يمثل التوتر المضمّن ، U_0 التوتر الإزاحة و $P_m \cos(2\pi F_p \cdot t)$ التوتر الحامل .



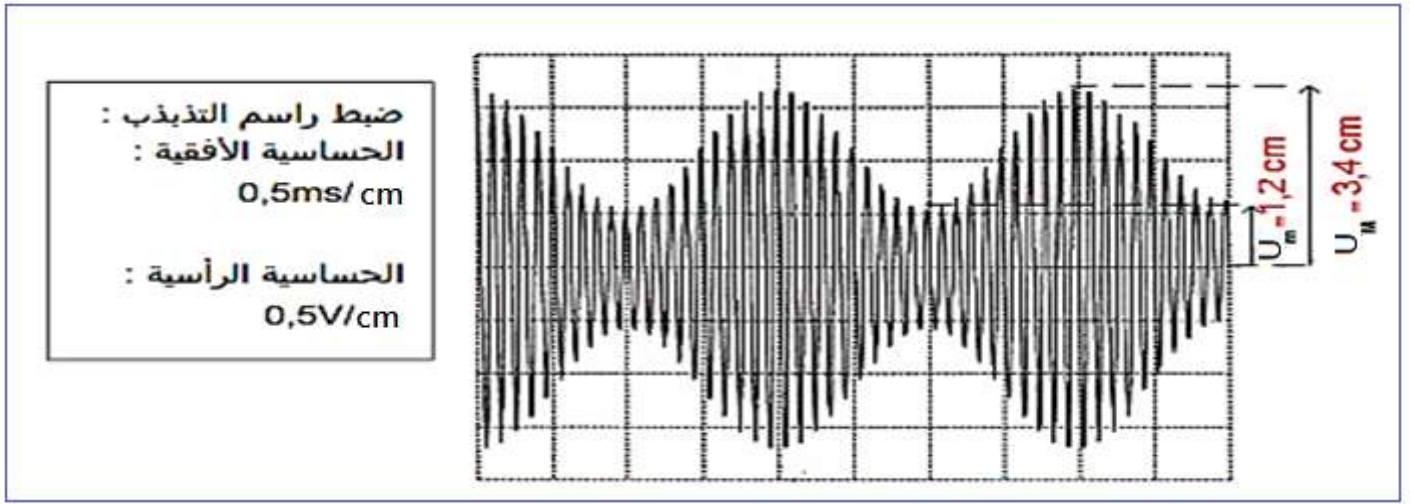
عند مخرج التركيب نحصل على توتر $u_S(t)$ بحيث : $u_S(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$ مع k تتعلق بالجهاز المنجز للجداء .

2.1.1- ما هي وحدة المعامل k ؟

2.1.2- تعبير توتر الخروج $u_S(t)$ يكتب على الشكل : $u_S(t) = A[1 + m \cdot \cos(2\pi f_s \cdot t)] \cdot \cos(2\pi F_p \cdot t)$.

أعط تعبير كلا من A و m . أي شرط يجب أن يحققه m للحصول على تضمين جيد ؟

2.2- حصل التلاميذ عند معاينة التوتر $u_S(t)$ بواسطة راسم التذبذب على المنحنى التالي :



نمبر عن معامل التضمين m كالتالي : $m = \frac{U_M - U_m}{U_M + U_m}$

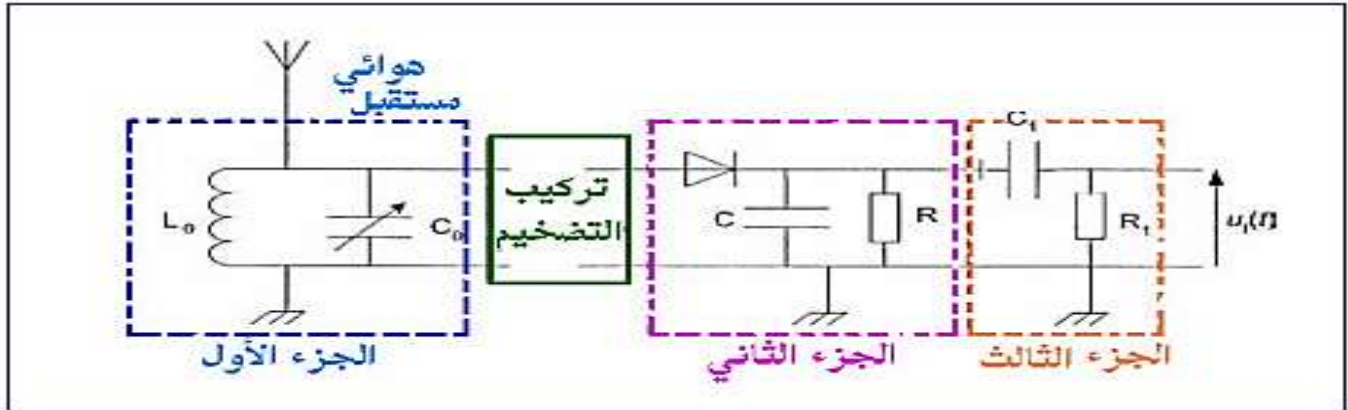
المقداران U_m و U_M ممثلان على الشكل.

2.2.1- باستعمال الشكل حدد قيمة m .

2.2.2- تحقق من ان قيمة تردد الموجة الحاملة هو $F_p = 10 \text{ kHz}$.

3- استقبال الموجة المضمّنة وإزالة التضمين

لاستقبال الموجة الكهرومغناطيسية $u_s(t)$ من طرف هوائي مرتبط بدارة كهربائية (كما بين الشكل أسفله) مكونة من عدة أجزاء . نسمي التوتر المحصل عليه عند مخرج الدارة .



3.1- يتكون ثنائي قطب الجزء الأول من وشيعة معامل تحريضها $L_0 = 2,5 \text{ mH}$ على التوازي مع مكثف سعته C_0 قابلة للتغيير . تعبير التردد الخاص لثنائي القطب هو : $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_0}}$. نذكر ان تردد الموجة الحاملة هو 10 kHz وتردد الموجة المضمّنة هو 500 Hz .

3.1.1- ما دور هذا الجزء الأول في التركيب ؟

3.1.2- ما هي قيمة C_0 لكي يحقق هذا الجزء من الدارة الهدف المتوخى منه ؟ نأخذ $\pi^2 = 1$.

3.2- يحتوي الجزء الثاني على صمام ثنائي ، موصل أومي R ومكثف سعته C .

3.2.1- ما اسم هذا الجزء وما دوره في التركيب؟

3.2.2- للحصول على تضمين جيد يجب ان يتحقق الشرط التالي : $T_p \ll \tau = RC < T_s$.

علما ان : $C = 500 \text{ nF}$ ، اختر معللا جوابك من بين القيم التالية ، قيمة R الملائمة للحصول على تضمين جيد :

$20 \text{ k}\Omega$ ، $2 \text{ k}\Omega$ ، 200Ω ، 20Ω

3.3- ما دور الجزء الثالث ؟

التصحيح

1-سبب من أسباب التضمين

1.1-مجال طول الموجة :

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{20} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{20 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ m}$$

طول موجات الموجات الكهرمغناطيسية محصور بين $1,5 \cdot 10^7 \text{ m}$ و $1,5 \cdot 10^4 \text{ m}$

1.2-للاستقبال الجيد للموجة يجب ان يكون أبعاد الهوائي تتناسب مع طول موجة الإشارة المرسله أي أن طوله يقارب

$1,5 \cdot 10^4 \text{ m} = 15 \text{ km}$ وهذا غير ممكن . لهذا السبب يجعل المحطات لا ترسل الإشارات الكهرمغناطيسية بنفس تردد الإشارة الصوتية .

2-دراسة التضمين

2.1.1-وحدة المعامل k

$$u_S = k \cdot u_1 \cdot u_2 \Rightarrow [k] = \frac{[u_S]}{[u_1] \cdot [u_2]} = \frac{V}{V \cdot V} \Rightarrow [k] = V^{-1}$$

وحدة k هي V^{-1}

2.1.2-تعبير m و A

لدينا : $u_S(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$ مع : $u_1(t) = U_0 + S_m \cos(2\pi f_S \cdot t)$ و $u_2(t) = P_m \cos(2\pi F_P \cdot t)$

إذن : $u_S(t) = k \cdot [U_0 + S_m \cos(2\pi f_S \cdot t)] \cdot P_m \cos(2\pi F_P \cdot t)$

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

نضع : $A = k \cdot P_m \cdot U_0$ و $m = \frac{S_m}{U_0}$ نحصل على : $u_S(t) = A[1 + m \cdot \cos(2\pi f_S \cdot t)] \cdot \cos(2\pi F_P \cdot t)$

للحصول على تضمين جيد يجب أن يكون : $0 < m < 1$

خارج هذا المجال أي $m \geq 1$ يكون التضمين رديئا .

2.2.1-مبيانيا : $U_M = 3,4 \text{ cm} \times 0,5 \text{ V} \cdot \text{cm}^{-1} = 1,7 \text{ V}$ و $U_m = 1,2 \text{ cm} \times 0,5 \text{ V} \cdot \text{cm}^{-1} = 0,6 \text{ V}$

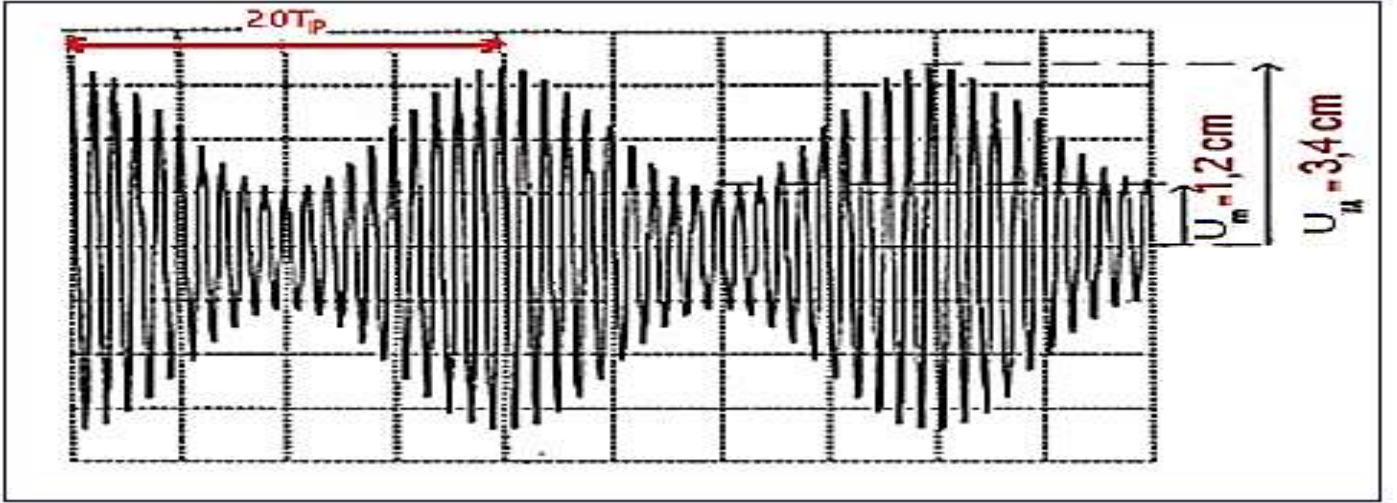
$$m = \frac{U_M - U_m}{U_M + U_m} \Rightarrow m = \frac{1,7 - 0,6}{1,7 + 0,6} = 0,5$$

2.2.2-مبيانيا : $20T_P = 4 \times 0,5 = 2 \text{ ms}$ أي : $T_P = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ ms}$

$$f_P = \frac{1}{T_P} = \frac{1}{0,1 \times 10^{-3}} = 10^4 \text{ Hz}$$

وبالتالي :

$$f_P = 10 \text{ kHz}$$



3- استقبال الموجة المضمّنة وإزالة التضمين

3.1

3.1.1- دور الجزء الاول

يستقبل الهوائي كل الموجات المرسله من محطة الارسال ، دور الجزء الأول من التركيب هو انتقاء ، من بين هذه الموجات ، الموجة المضمّنة الوسع المراد إزالة تضمينها . وهي التي لها نفس تردد الخاص للدارة (LC) .

3.1.2- قيمة C_0

لكي يحقق هذا الجزء الهدف المتوخى منه يجب ان يكون التردد الخاص f_0 للدارة (LC) مساويا لتردد الموجة الحاملة F_p

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 \cdot C_0}} \Rightarrow f_0^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 L_0 \cdot C_0} \Rightarrow C_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 f_0^2 \cdot L_0}$$

$$C_0 = \frac{1}{4 \times 10 \times (10 \times 10^3)^2 \times 2,5 \cdot 10^3} = 10^{-7} F = 0,1 \mu F$$

-3.2

3.2.1- يسمى هذا الجزء كاشف الغلاف . دوره هو الحصول من الموجة $u_s(t)$ المضمّنة على الموجة المضمّنة المزاحة

$$u_1(t) = U_0 + S_m \cos(2\pi f_s \cdot t)$$

3.2.2- تحديد قيمة R

T_p و F_p دور وتردد الموجة الحاملة

T_s و f_s دور وتردد الموجة المضمّنة

$$T_p \ll \tau = RC < T_s \Rightarrow \frac{1}{F_p} \ll RC < \frac{1}{f_s} \Rightarrow \frac{1}{F_p \cdot C} \ll R < \frac{1}{f_s \cdot C}$$

$$\frac{1}{10 \times 10^3 \times 500 \times 10^{-9}} \ll R < \frac{1}{500 \times 500 \times 10^{-9}} \Rightarrow 200 \Omega \ll R < 4000 \Omega$$

المقاومة الملائمة هي $R = 2 k\Omega$

3.2.3- يمكن الجزء الثالث من إزالة المركبة المستمرة U_0 للحصول فقط على الموجة المضمّنة $S_m \cos(2\pi f_s t)$

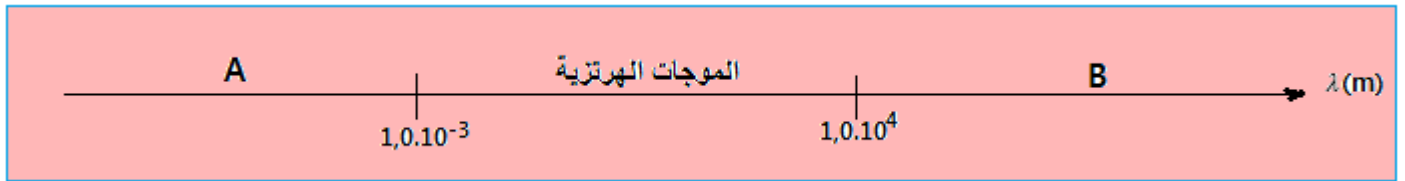
ملحوظة :

دور الجزء الثاني والثالث هو إزالة التضمين : الجزء الثاني كاشف الغلاف والثالث حذف المركبة المستمرة U_0 .

تمرين 2 :

يهدف هذا التمرين إلى دراسة السلسلة الكاملة للاتصال اللاسلكي التي تمكن من إرسال واستقبال موجة الراديو. كما يشير إلى بعض اللحظات التاريخية المتعلقة بالتقدم التكنولوجي لنهاية القرن التاسع عشر بخصوص نقل الموجات الهرتزية .
1- موجات الراديو

1.1- نذكر ان الموجة الهرتزية تشكل جزءا من الموجات الكهرمغناطيسية ، نعطي فيما يلي جزءا من طيف الموجات الكهرمغناطيسية :



ينتمي الضوء المرئي كذلك للموجات الكهرمغناطيسية .

في أي مجال (A أو B) يقع ؟ علل جوابك .

2.1- في العام 1888 أنجز هرتز متذبذبا مكنه من توليد موجات كهرمغناطيسية وتمكن من قياس طول موجتها الذي يساوي : $\lambda = 9,0 m$.

سرعة انتشار الضوء تساوي : $c = 3.10^8 m.s^{-1}$.

أحسب تردد هذه الموجة .

2- إرسال موجة الراديو

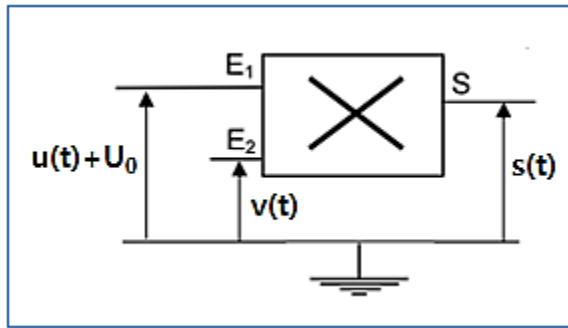
1.2- يريد فيزيائيان إعادة تجربة مماثلة للتجربة التاريخية التي أنجزت في

عام 1898 على يد عالمن تمكنا من إرسال موجات كهرمغناطيسية من

برج إيفل بفرنسا على مسافة تصل إلى 4 km .

التركيب الإلكتروني المنجز للتضمين والذي يولد موجة الراديو ممثل في

الشكل التالي :



1.1.2- يتم تطبيق على المدخلين E_1 و E_2 التوتران $v(t)$

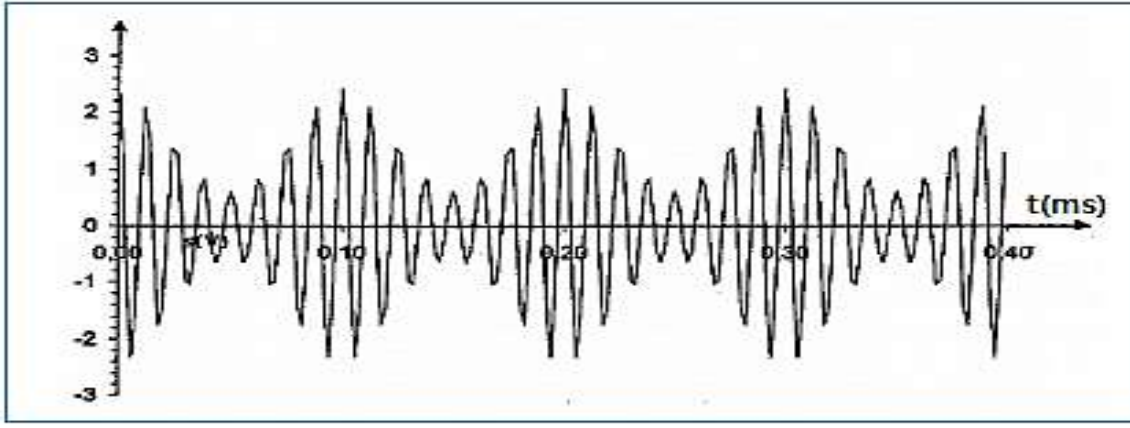
و $u(t) = U_m \cos 2\pi f t$ و $V_m \cos 2\pi F t$ بحيث : $F \gg f$.

أذكر اسم كل من التوترين $v(t)$ و $u(t)$.

ما ذا نسمي المقدار V_m ؟

2.1.2- يضاف إلى التوتر $u(t)$ التوتر المستمر U_0 . أذكر اسم هذا التوتر .

2.2- يمثل المبيان أسفله التوتر المضمّن $s(t)$ الذي تمت معانيته بواسطة نظام معلوماتي :

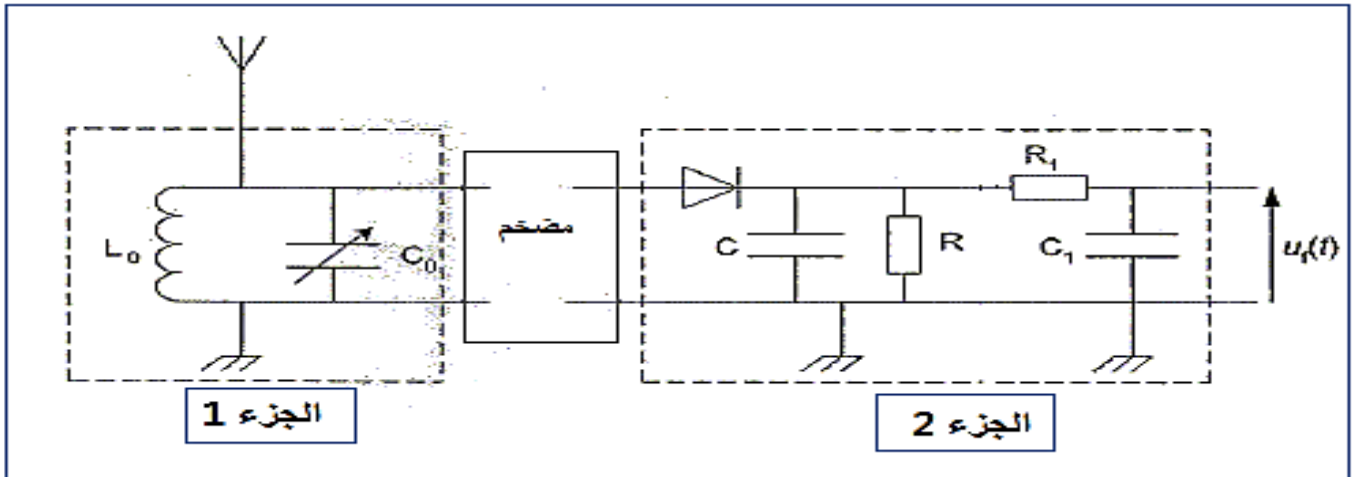


- 1.2.2- مثل شكل التوتر المضمّن على هذا المبيان .
 2.2.2- حدد تردد التوتر المضمّن .
 3.2.2- أحسب نسبة التضمين باستغلال المبيان .
 4.2.2- هل التضمين جيد . علل جوابك؟

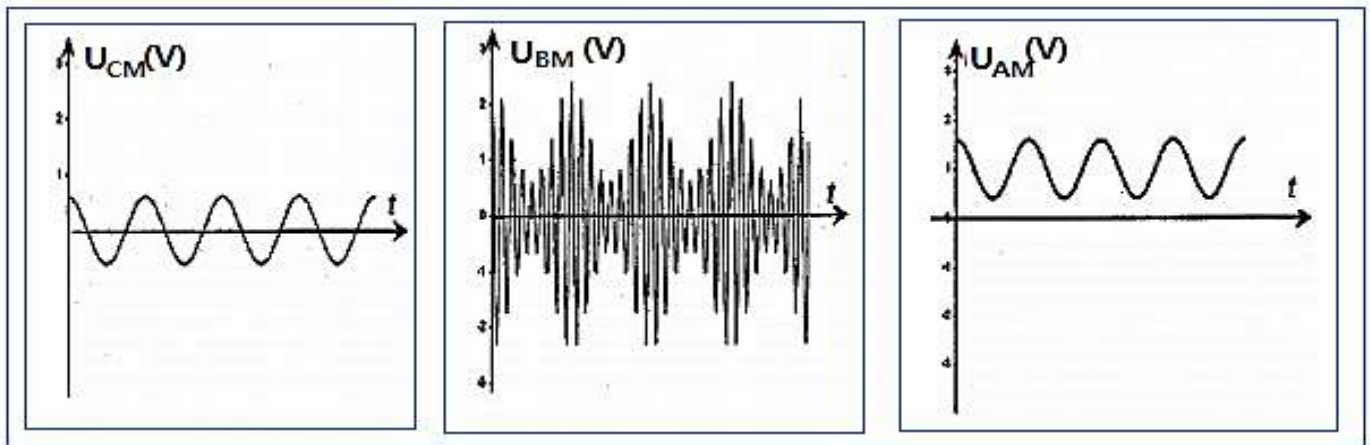
- 3.2- ينبغي لهوائي الإرسال أن يحقق بعض المعايير فيما يتعلق بالطول : يكون هوائي متوافقا مع تردد ما إذا كان طوله يساوي نصف طول الموجة إذا كان أفقيا و يساوي ربع طول الموجة إذا كان عموديا ويتصل بالأرض .
 ولهذا الغرض في عام 1898 شيد هوائي الإرسال على قمة برج إيغل وتم وصله بالأرض .
 1.3.2- علما ان ارتفاع هذا الهوائي كان يساوي 324 m ، حدد القيمة القصوى لطول موجة الراديو التي يمكن إرسالها .
 2.3.2- مجال الموجات الهرتزية المسماة ب " الموجات الطولية " هو كما يلي :

$$1052 \text{ m} \leq \lambda \leq 2000 \text{ m}$$

 هل كان بالإمكان إرسال كل هذا الكم من الموجات الهرتزية من برج إيغل ؟ علل جوابك.
 3- استقبال موجة اديو
 1.3- بعد تمكنهما من إنجاز جهاز الإرسال قام المجران بتحقيق سلسلة الإستقبال الممثلة في الشكل التالي :



- 1.1.3- ما هو الجزء 1 ؟ أذكر اسمه.
 2.1.3- ما دور الجزء 2 ؟ وضع دور الصمام الثنائي في هذا الجزء من التركيب .
 2.3- باستعمال راسم التذبذب أراد الفيزيائيان معاينة التوتر U_{AM} و U_{BM} و U_{CM} الممثلة في الأشكال أسفله .
 حدد على الشكل السابق الممثل لسلسلة الاستقبال النقط A و B و C التي تمكن من الحصول على هذه التوترات .



التصحيح

1.1- طول الموجة للضوء المرئي محصور في المجال التالي :

$$400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm} \quad \text{أي:} \quad 4,0 \cdot 10^{-7} \text{ m} < \lambda < 8,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

وبالتالي فإن الضوء المرئي يقع ضمن المجال A .

2.1- تردد الموجة يحقق التالية :

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

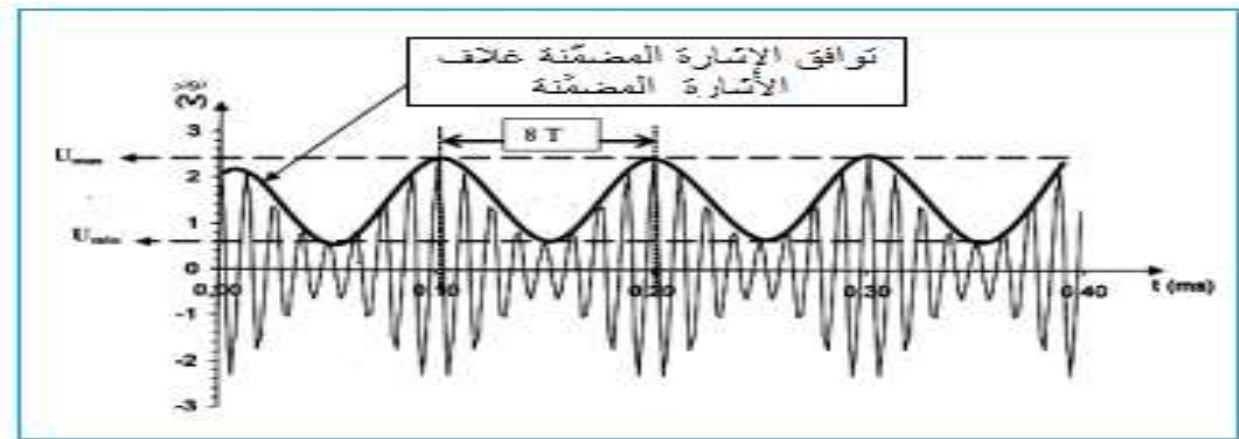
$$N = \frac{3,0 \cdot 10^8}{9} = 3,3 \cdot 10^7 \text{ Hz} \Rightarrow N = 33 \text{ MHz} \quad \text{ت.ع.}$$

1.1.2- تمثل $v(t)$ الموجة الحاملة ذات التردد العالي F . و $u(t)$ تمثل الإشارة المضمّنة ذات التردد المنخفض f

أما V_m فتمثل وسع التوتر الجيبي $v(t)$.

2.1.2- يسمى U_0 المركبة المستمرة أو توتر الإزاحة .

1.2.2- شكل الإشارة المضمّنة (أنظر الشكل أسفله) .



2.2.2- دور التوتر المضمّن :

$$8T = 0,1 \text{ ms} \quad \text{أي:} \quad T = \frac{0,1 \text{ ms}}{8}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{8}{0,1 \times 10^{-3}} = 8,0 \cdot 10^4 \Rightarrow f = 80 \text{ kHz} \quad \text{تردده:}$$

3.2.2-نسبة التضمين هي :

$$m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}} \Rightarrow m = \frac{2,4 - 0,6}{2,4 + 0,6} \Rightarrow m = 0,6$$

4.2.2-التضمين جيد لأن الشرط $m < 1$ تحقق .

1.3.2-القيمة الصوى لطول موجة الراديو التي يمكن إرسالها هي :

$$\lambda = 4L \quad \text{حسب النص : } L = \frac{\lambda}{4} \text{ أي:}$$

$$\lambda = 4 \times 324 = 1296 \approx 1,3 \cdot 10^3 m \Rightarrow \lambda = 1,3 \text{ km} \quad \text{ت.ع:}$$

2.3.2-النطاق الموجي الذي كان بإمكان برج إيغل إرساله هو : $1052 \text{ m} < \lambda < 1296 \text{ m}$

وبالتالي لم يكن بإمكانه إرسال كل الموجات الهرزية .

1.1.3-الجزء الأول يسمى دائرة الانتقاء أو التوافق ودورها هو انتقاء الموجة المراد التقاطها من بين الموجات الأخرى التي

يلتقطها هوائي الاستقبال .

2.1.3-دور الجزء الثاني هو إزالة التضمين : يهدف الصمام الثنائي الجزء السالب من الإشارة المضمّنة بينما يهدف كاشف

الغلاف (R_1C_2) ما تبقى من الإشارة الحاملة . أما المرشح (R_2C_3) فيهدف توتر الإزاحة U_0 .

2.3- يمثل U_{BM} التوتر المضمّن الوسع أي : $s(t)$

و U_{AM} التوتر المضمّن المزاح أي : $u(t) + U_0$

و U_{CM} التوتر المضمّن أي : $u(t)$

