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 جيبي بنفس التردد والذي يستعمل لتضمين توتر آخر جيبي يسمى التوتر الحامل . هذا التوتر الحال يولد بدوره موجة كهرمغنطيسية .

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

معطيات :

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

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

1- سبب من أسباب التضمين

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

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

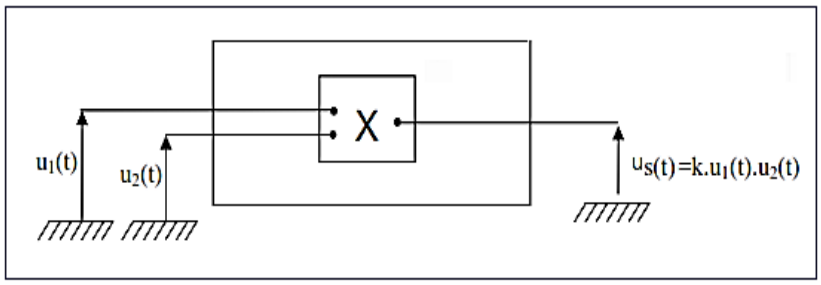
2- دراسة التضمين

خلال حصة الاشغال التطبيقية ، ينجز تلاميذ تجربة إرسال واستقبال إشارة جيبية ترددها $f_S = 500\ Hz$.

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 :

$$u_1(t) = U_0 + S_m\cos(2\pi f_S.t)$$
$$u_2(t) = P_m\cos(2\pi F_P.t)$$

حيث $S_m\cos(2\pi f_S.t)$ يمثل التوتر المضمِّن ، U_0 التوتر الإزاحة و $P_m\cos(2\pi F_P.t)$ التوتر الحامل .



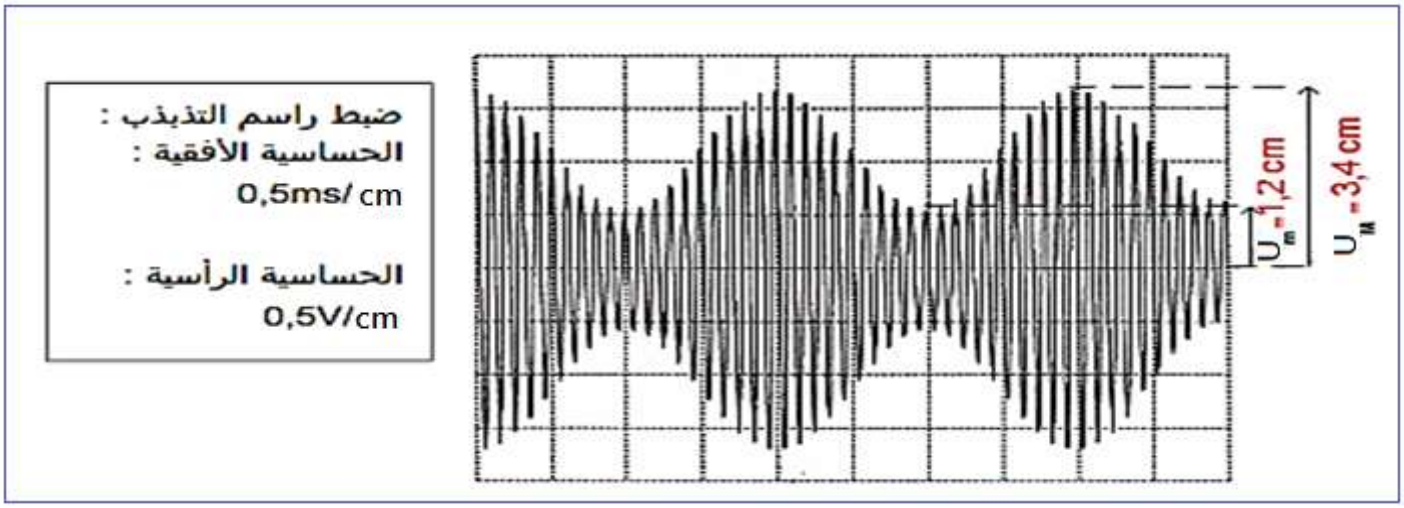
عند مخرج التركيب نحصل على توتر $u_S(t)$ بحيث : $u_S(t) = k.u_1(t).u_2(t)$ مع k تتعلق بالجهاز المنجز للجداء .

2.1.1-ما هي وحدة المعامل k؟

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

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 :



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

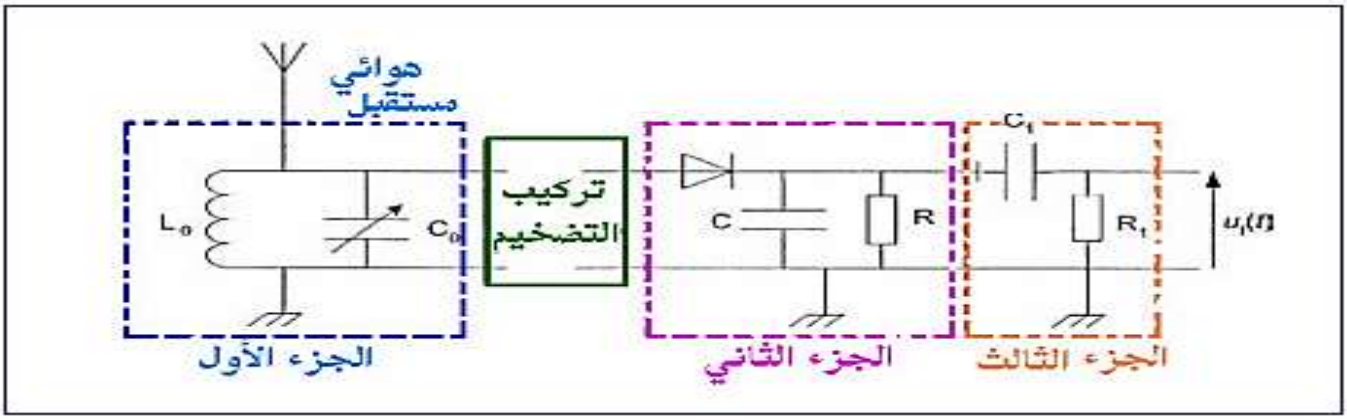
المقداران U_M و U_m ممثلان على الشكل.

2.2.1-باستعمال الشكل حدد قيمة m .

2.2.2-تحقق من ان قيمة تردد الموجة الحاملة هو $F_p = 10\ kH$.

3- استقبال الموجة المضمّنة وإزالة التضمين

لاستقبال الموجة الكهرمغنطيسية $u_S(t)$ من طرف هوائي مرتبط بدارة كهربائية (كما يبين الشكل أسفله) مكونة من عدة أجزاء . نسمي $u_F(t)$ التوتر المحصل عليه عند مخرج الدارة .



3.1-يتكون ثنائي قطب الجزء الأول من وشيعة معامل تحريضها $L_0 = 2{,}5\ mH$ 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 المضمِّنة 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 : $T_P << \tau = RC < T_S$.

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

20Ω ، 200Ω ، $2\ k\Omega$ ، $20\ k\Omega$

3.3-ما دور الجزء الثالث ؟

التصحيح

1-سبب من أسباب التضمين

1.1-مجال طول الموجة :

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{3.10^8}{20} = 1,5.10^7\ m$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{3.10^8}{20.10^3} = 1,5.10^4\ m$$

طول موجات الموجات الكهرمغنطيسية محصور بين : $1,5.10^4\ m$ و $1,5.10^7\ m$

1.2-للاستقبال الجيد للموجة يجب ان يكون أبعاد الهوائي تتناسب مع طول موجة الإشارة المرسلة أي أن طوله يقارب $1,5.10^4\ m = 15\ km$ وهذا غير ممكن . لهذا السبب يجعل المحطات لا ترسل الإشارات الكهرمغنطيسية بنفس تردد الإشارة الصوتية .

2-دراسة التضمين

2.1.1-وحدة المعامل k

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

وحدة k هي : V^{-1}

2.1.2-تعبير A و m

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

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

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

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

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

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

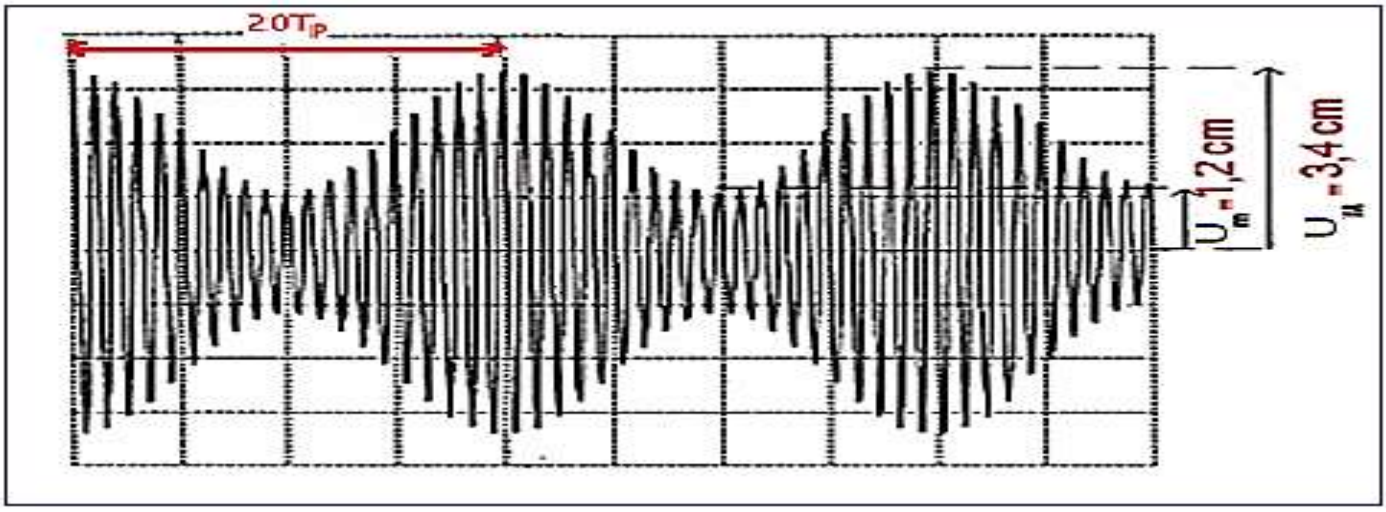
2.2.1-ميبانيا : $U_M = 3,4cm \times 0,5\ V.cm^{-1} = 1,7\ V$ و $U_m = 1,2cm \times 0,5\ V.cm^{-1} = 0,6\ V$

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

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

وبالتالي : $f_P = \frac{1}{T_P} = \frac{1}{0.1\times10^{-3}} = 10^4 Hz$

$$f_P = 10kHz$$



3-استقبال الموجة المضمّنة وإزالة التضمين

3.1

3.1.1-دور الجزء الاول

يستقبل الهوائي كل الموجات المرسلة 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

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

$$\boldsymbol{C_0 = \frac{1}{4\times 10\times (10\times 10^3)^2\times 2,5.10^3} = 10^{-7}\ F = 0,1\ \mu F}$$

-3.2

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

$$u_1(t) = U_0 + S_m\cos(2\pi f_S.t)$$

3.2.2-تحديد قيمة R

T_P و F_P دور وتردد الموجة الحاملة

T_S و f_S دور وتردد الموجة المضمِّنة

$$T_P \ll \tau = RC < T_S \Rightarrow \frac{1}{F_P} \ll RC < \frac{1}{f_S} \Rightarrow \frac{1}{F_P.C} \ll R < \frac{1}{f_S.C}$$

$$\frac{1}{10\times 10^3\times 500\times 10^{-9}} \ll R < \frac{1}{500\times 500\times 10^{-9}} \Rightarrow \boldsymbol{200\ \Omega \ll R < 4\ 000\ \Omega}$$

المقاومة الملائمة هي $\boldsymbol{R = 2\ k\Omega}$

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

ملحوظة :

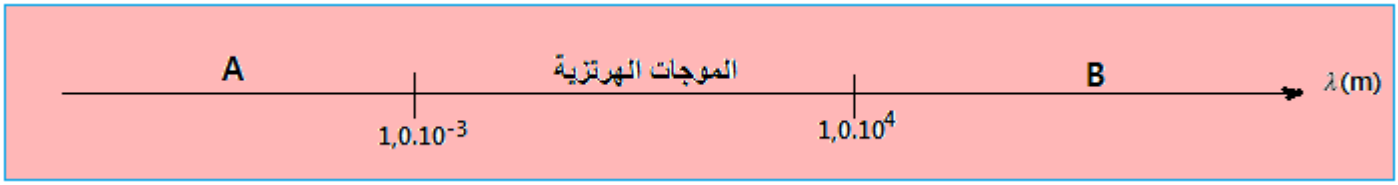
دور الجزء الثاني والثالث هو إزالة التضمين : الجزء الثاني كاشف الغلاف والثالث حذف المركبة المستمرة U_0 .

تمرين 2 :

يهدف هذا التمرين إلى دراسة السلسلة الكاملة للاتصال اللاسلكي التي تمكن من إرسال واستقبال موجة الراديو. كما يشير إلى بعض اللمحات 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 الكهرمغنطيسية ، نعطي فيما يلي جزءا من طيف الموجات الكهرمغنطيسية :



ينتمي الضوء المرئي كذلك للموجات الكهرمغنطيسية .

في أي مجال (A أو B) يقع ؟ علل جوابك .

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

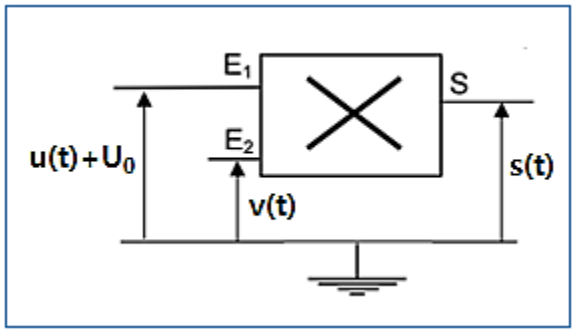
سرعة انتشار الضوء تساوي : $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$.

أحسب تردد هذه الموجة .

2-إرسال موجة الراديو

1.2-يريد فيزيائيان إعادة تجربة مماثلة للتجربة التاريخية التي أنجزت في عام 1898 على يد عالمين تمكنا من إرسال موجات كهرمغنطيسية من برج إيفل بفرنسا على مسافة تصل إلى $4\ km$.

التركيب الإلكتروني المنجز للتضمين والذي يولد موجة الراديو ممثل في الشكل التالي :



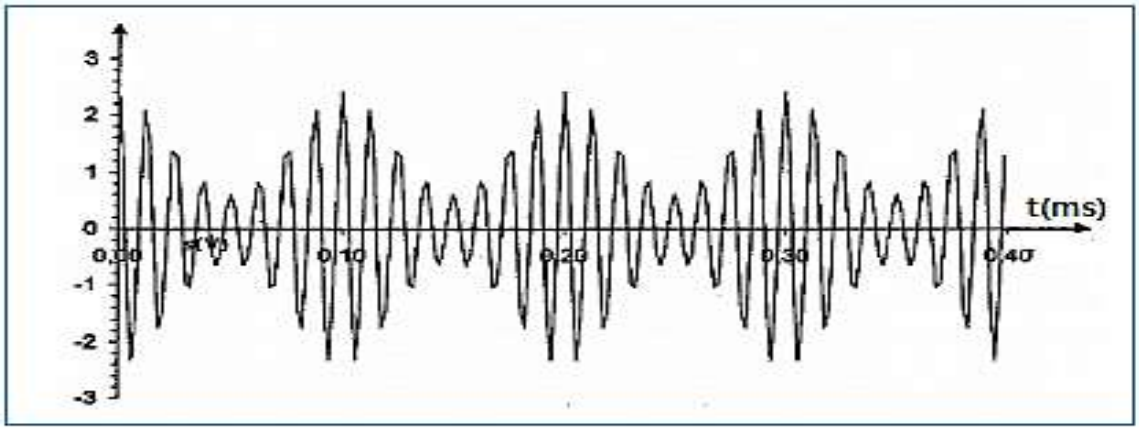
1.1.2-يتم تطبيق على المدخلين E_1 و E_2 التوتران $v(t) =$ $V_m cos2\pi Ft$ و $u(t) = U_m cos2\pi ft$ بحيث : $F \gg f$.

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 المضمَّن $s(t)$ الذي تمت معاينته بواسطة نظام معلوماتي :

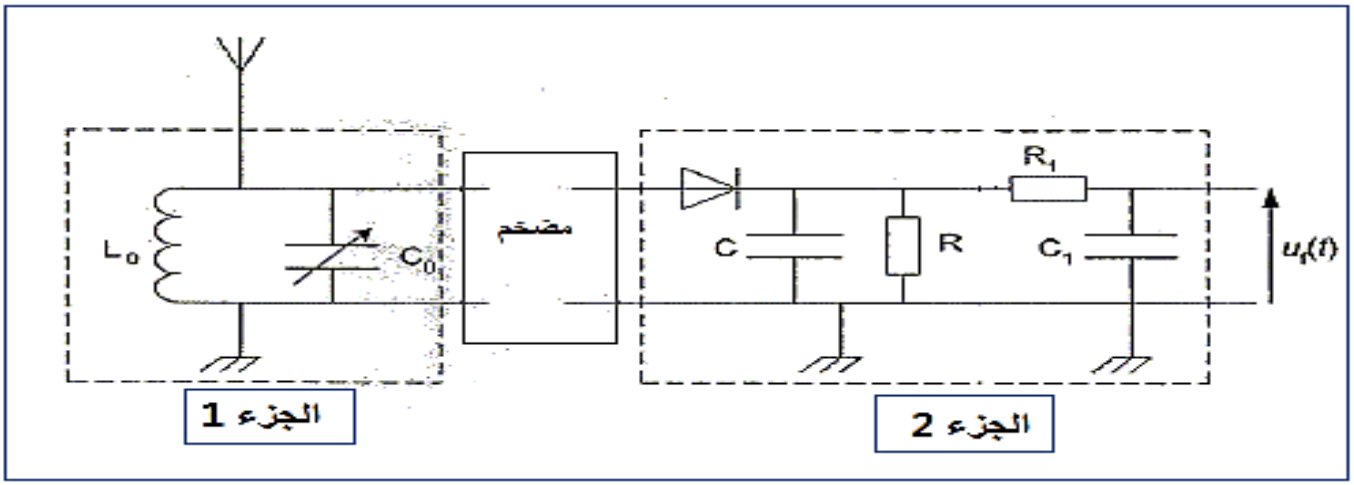


1.2.2-مثل شكل التوتر المضمَّن على هذا المبيان .
2.2.2-حدد تردد التوتر المضمَّن .
3.2.2-أحسب نسبة التضمين باستغلال المبيان .
4.2.2-هل التضمين جيد . علل جوابك؟

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 إيفل 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 المسمات ب " الموجات الطولية " هو كما يلي :

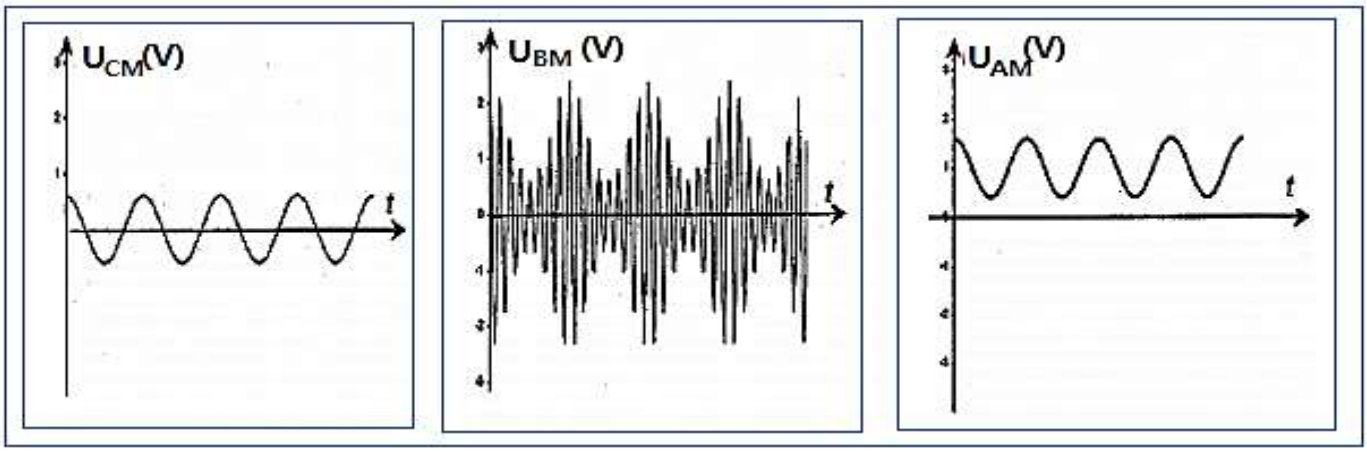
$$1052\ m \leq \lambda \leq 2000\ m$$

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



1.1.3-ما دو الجزء 1 ؟ أذكر اسمه.
2.1.3-ما دور الجزء 2 ؟ وضح 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 :

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

وبالتالي فإن الضوء المرئي يقع ضمن المجال A .

2.1-تردد الموجة يحقق التالية : $N = \frac{c}{\lambda}$

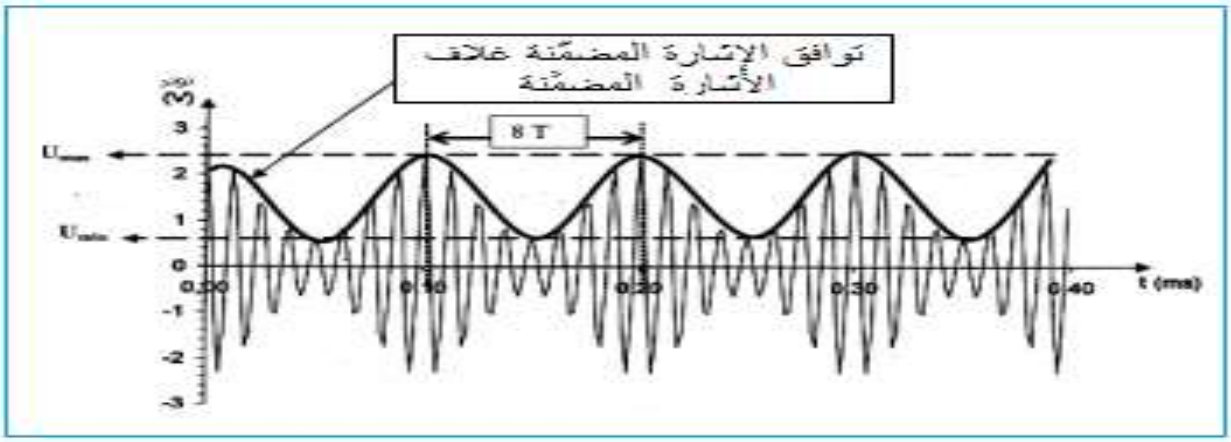
ت.ع : $N = \frac{3,0.10^3}{9} = 3,3.10^7\,Hz \Rightarrow N = 33\,MHz$

1.1.2-تمثل $v(t)$ الموجة الحاملة ذات التردد العالي F. و $u(t)$ تمثل الإشارة المضمِّنة 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 المضمِّنة (أنظر الشكل أسفله) .



2.2.2-دور التوتر المضمَّن : $8T = 0,1\,ms$ أي: $T = \frac{0,1\,ms}{8}$

تردده : $f = \frac{1}{T} = \frac{8}{0,1\times10^{-3}} = 8,0.10^4 \Rightarrow f = 80\,kHz$

3.2.2-نسبة التضمين هي :

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

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

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

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

ت.ع : $\lambda = 4 \times 324 = 1296 \approx 1,3.10^3 m \Rightarrow \boldsymbol{\lambda = 1,3\ km}$

2.3.2-النطاق الموجي الذي كان بإمكان برج إيفل إرساله هو : $1052\ m < \lambda < 1296\ m$

وبالتالي لم يكن بإمكانه إرسال كل الموجات الهرزية .

1.1.3-الجزء الأول يسمى دارة 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 : يحذف الصمام الثنائي الجزء السالب من الإشارة المضمَّنة بينما يحذف كاشف الغلاف (R_1C_2) ما تبقى من الإشارة الحاملة . أما المرشح (R_2C_3) فيحذف توتر الإزاحة U_0 .

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

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

و U_{CM} التوتر المضمِّن أي : $u(t)$