

أنظمة الاتصالات التماثلية

تعديل التردد

تعديل التردد

4

الوحدة الرابعة: تعديل التردد

11

رقم التجربة

FM

اسم التجربة

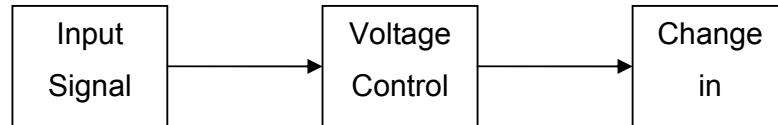
• الزمن المخصص للتجربة 2 ساعتان

• الهدف من التجربة:

سوف يتم في هذه التجربة دراسة المذبذب (VCO) وكيفية الاستفادة منه في تعديل التردد (FM).

• الشرح:

يعتبر (VCO) من أنواع المذبذبات، وتعتمد فكرة هذا المذبذب على أن الدخل يكون له عبارة عن جهد يتم من خلاله التحكم بتردد خرج. ويوضح الشكل (1-11) مثالا له، فعندما نجعل الدخل صفر فولت، فإن الخرج سوف يكون تردده صفراً.



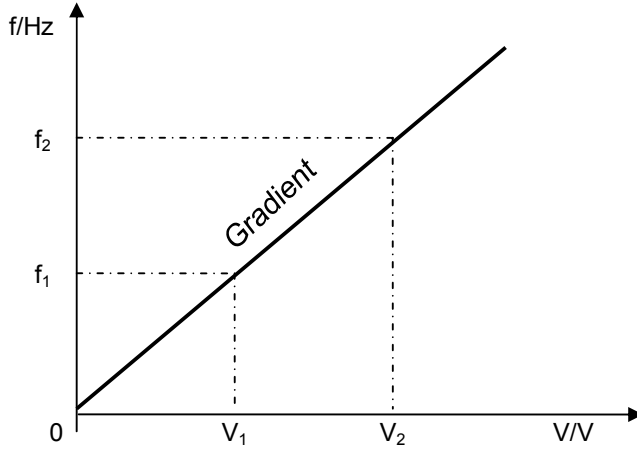
(1-11)

وعند زيادة قيمة الدخل سوف نجد أن قيمة تردد الخرج سوف تزيد بعلاقة طردية. كما هو ظاهر في الشكل (2-11).

ومن خلال هذه الخاصية لهذا المذبذب، تستطيع الاستفادة منه لعمل مضمن التردد (FM) وذلك بالتحكم بقيمة التردد للخرج عن طريق جهد الدخل. وعندما نجعل الدخل للمذبذب (VCO) عبارة عن موجة جيبية أو مربعة، فإن إشارة الخرج سوف تكون موجة جيبية أو مربعة.

بقي سؤال بعد معرفة العلاقة بين التردد للخارج وجهد الدخل، وهو ما مقدار الزيادة التي سوف تطرأ على التردد عند زيادة الجهد؟

ويمكن معرفة ذلك من خلال حساب نسبة التعديل (K coefficient modulator) للمذبذب (VCO) وذلك أن نوع (VCO) يحدد مقدار هذه الزيادة، ويكون حساب هذه النسبة من خلال منحنى العلاقة بين الجهد و تردد الخرج، وتطبيق قانون نسبة التعديل:



$$k = \frac{f_2 - f_1}{V_2 - V_1} \text{ Hz/V}$$

(2-11)

- المعادلة التالية تمثل القيمة اللحظية لجهد الموجة المعدلة (FM):

$$e = A \sin (\omega_c t + m_f \sin \omega_m t)$$

علماً بأن:

A = القيمة العظمى لجهد الموجة الحاملة.

ω_c = السرعة الزاوية (angular velocity) ($\omega = 2 \pi f$)

m_f = معامل التعديل لل FM

ω_m = السرعة الزاوية لموجة التعديل (المعلومة) modulating signal angular velocity

ويعرف معامل التعديل في حالة FM (FM modulation index) كما يلي:

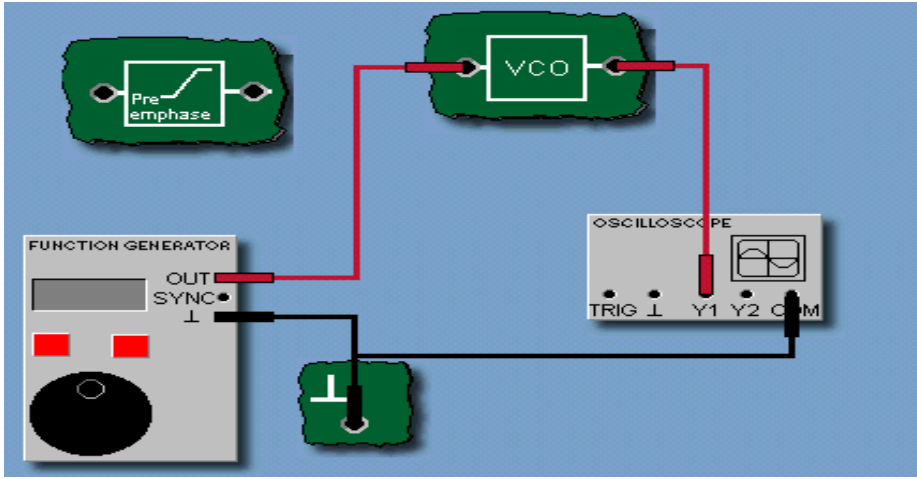
$$m_f = \delta / f_m$$

حيث أن:

δ = أقصى إزاحة للتردد تحدث بواسطة المعلومة (Deviation)

f_m = تردد إشارة التعديل (modulating signal) "المعلومة"

• رسم الدائرة:



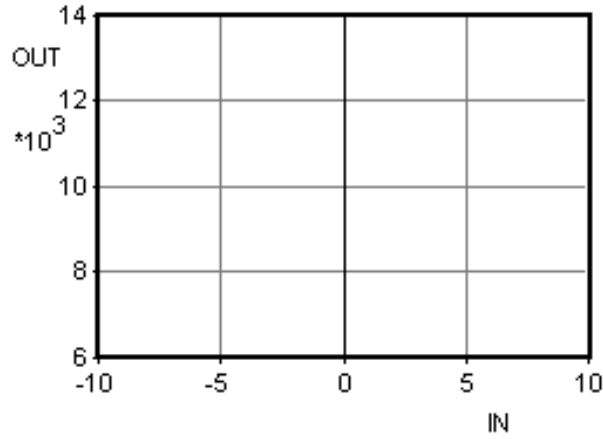
(3-11)

• خطوات التجربة:

1. وصل الدائرة كما في الشكل (3-11).
2. فعل (FM) من خلال شريط المهام.
3. عن طريق مولد الإشارة اضبط إشارة المعلومة على :
DC, $V_{DC} = 0\text{ V}$
4. افتح جهاز (frequency counter) واضبط لوحة التحكم على: trigger = +Y1.
5. اجعل المقاومة المتغيرة للسعة على أعلى قيمة.
6. اضبط المقاومة المتغيرة للتردد بحيث يكون تردد الخرج للمذبذب (10kHz).
7. عن طريق مولد الإشارة اضبط إشارة المعلومة على :
Sine-wave, DC, $V_{DC} = -10\text{ V}$
8. قم بقياس التردد عن طريق جهاز (frequency counter).
9. قم بزيادة الجهد بمقدار (2.5V) ، وأعد الخطوة رقم (8) حتى تصل قيمة الجهد إلى (10V). وقم بإكمال الجدول (1-11).
10. من خلال نتائج الجدول (1-11) الرسم العلاقة بين جهد الدخل وتردد الخرج.
11. قم بحساب (modulation coefficient k) من خلال نقطتين بين ($V_{IN} = 0\text{ V}$).

• النتائج:

IN (V)	-10	-7.5	-5	-2.5	0	2.5	5	7.5	10
OUT (Hz)									



$$V_1 = \underline{\hspace{1cm}} \Rightarrow f_1 = \underline{\hspace{1cm}}$$

$$V_2 = \underline{\hspace{1cm}} \Rightarrow f_2 = \underline{\hspace{1cm}}$$

$$k = \frac{f_1 - f_2}{V_1 - V_2}$$

$$k =$$

• تدريبات:

1. ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة، و (×) أمام العبارة غير الصحيحة:
 - أ- جهد إشارة المعلومة يؤثر على جهد خرج (VCO). ()
 - ب- (VCO) يستخدم في تعديل السعة. ()
 - ج- (Modulator coefficient) يبين مقدار تغير التردد لـ (VCO). ()
- 2- من خلال الجدول (1-11) والرسم (2-11)، ما هي العلاقة بين جهد الدخل وتردد الخرج؟

3. ما هي الفائدة من دراسة منحنى معامل التعديل (Modulator coefficient)؟

• الاستنتاج:

12

رقم التجربة

حساب معامل تعديل FM

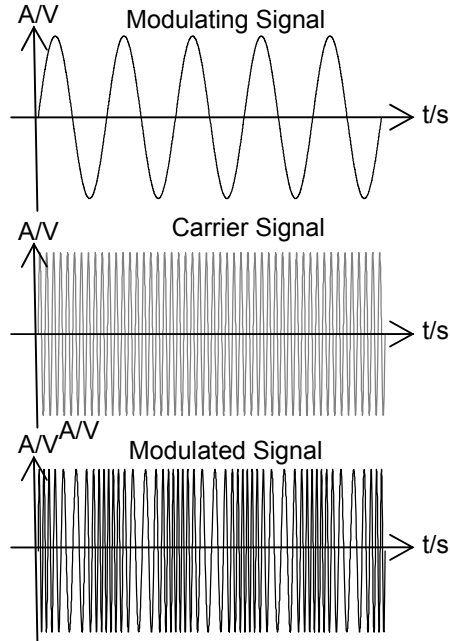
اسم التجربة

- الزمن المخصص للتجربة 2 ساعتان
- الهدف من التجربة:

سوف يتم في هذه التجربة دراسة تعديل التردد (FM)، وكيفية حساب المعاملات له.

- الشرح:

تعديل التردد والطور كلاهما يمثلان (angle modulation)، ففي تعديل الطور (PM) سوف تؤثر إشارة المعلومة على طور الموجة الحاملة. وفي تعديل التردد (FM) فإن إشارة المعلومة سوف تؤثر في تردد الحامل. والشكل (1-12) يوضح تعديل التردد (FM) وكيفية تأثير إشارة المعلومة على الحامل.



شكل (1-12)

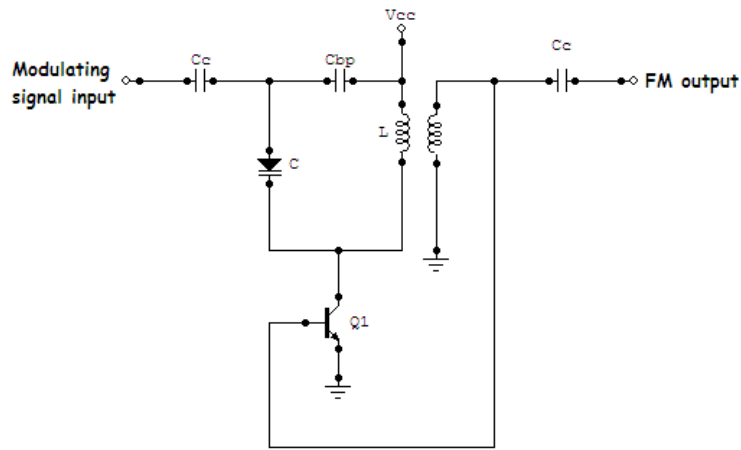
ويمكن تمثيل التعديل الزاوي رياضيا من خلال هذه المعادلة:

$$m(t) = V_c \cos[\omega_c t + \theta(t)]$$

$$m(t) = V_c \cos[\omega_c t + m \cos(\omega_m t)]$$

والشكل (2-12) يمثل تصميم بسيط لأحد أنواع المذبذب (VCO) الذي

يستخدم في تعديل التردد، حيث يعمل (diode) على تحويل تأثير سعة إشارة المعلومة إلى تغير في تردد الخرج.



(2-12)

ويمكن حساب أقصى قيمة لتغير تردد المذبذب من خلال هذا القانون:

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

ويمكن حساب معامل التعديل ومقدار أقصى تغير للتردد من خلال:

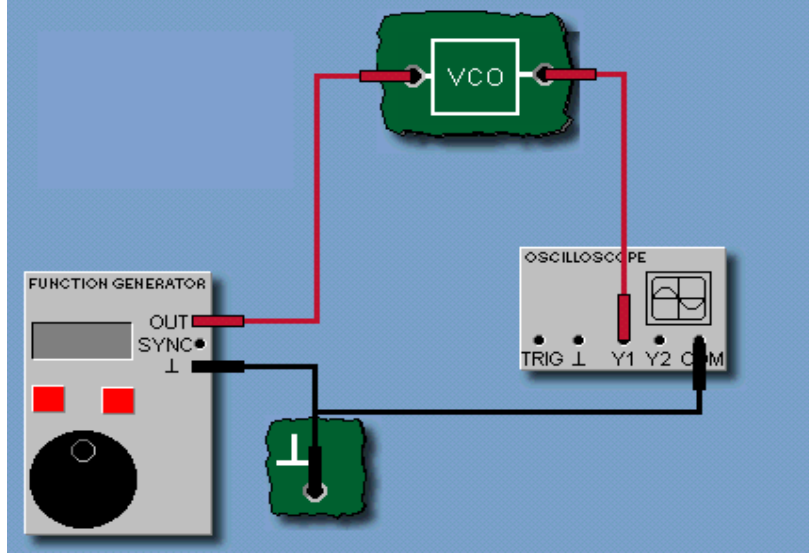
$$m = \frac{k \times V_m}{f_m} = \frac{\Delta f}{f_m}$$

$$\Delta f = k \times V_m$$

و عرض النطاق من خلال قانون (Carson bandwidth):

$$B_{fm} = 2 \times (m+1) \times F_m$$

• رسم الدائرة:



(3-12)

• خطوات التجربة:

1. وصل الدائرة كما في الشكل (3-12).
2. فعل (FM) من خلال شريط المهام.
3. عن طريق مولد الإشارة اضبط إشارة المعلومة على :
DC, $V_{DC} = 0\text{ V}$
4. افتح جهاز (frequency counter) واضبط لوحة التحكم على:
trigger = +Y1
5. اجعل المقاومة المتغيرة للسعة على أعلى قيمة.
6. اضبط المقاومة المتغيرة للتردد بحيث يكون تردد الخرج للمذبذب (10 kHz).
7. اضبط لوحة التحكم على: trigger = OFF
8. عن طريق مولد الإشارة اضبط إشارة المعلومة على :
Sine-wave, $V_{p-p} = 20\text{ V}$, $f_m = 1\text{ kHz}$, $V_{DC} = 0\text{ V}$.
9. افتح جهاز (FFT) واضبط لوحة التحكم على:
curve = Y₁, $f_{\min} = 0\text{ kHz}$, $f_{\max} = 20\text{ kHz}$, $Y_1/\text{div} = 5\text{ V}$, $X/\text{div} = 200\mu\text{s}$.
10. ارسم ناتج تعديل التردد في نطاق التردد ، في الشكل (4-12)

11. قم بحساب : μ ، B_{FM} ، ΔF . واجعل : $k = 280 \text{ Hz} / \text{V}$

12. عن طريق مولد الإشارة اضبط إشارة المعلومة على :

Sine-wave, $V_{p-p} = 10 \text{ V}$, $f_m = 1.5 \text{ kHz}$, $V_{DC} = 0 \text{ V}$.

13. افتح جهاز (FFT) واضبط لوحة التحكم على:

curve = Y_1 , $f_{\min} = 0 \text{ kHz}$, $f_{\max} = 20 \text{ kHz}$, $Y_1/\text{div} = 5 \text{ V}$, $X/\text{div} = 200 \mu\text{s}$.

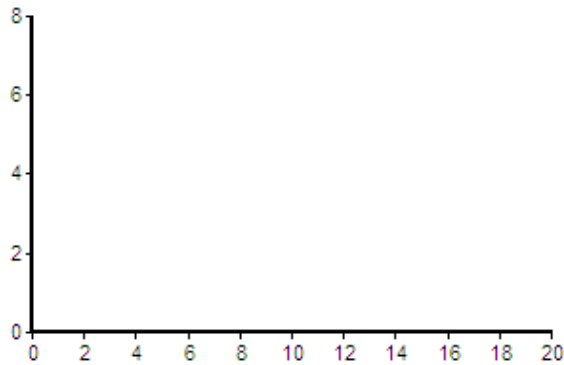
14. ارسم ناتج تعديل التردد في نطاق التردد ، في الشكل (5-12)

15. قم بحساب : μ ، B_{FM} ، ΔF . واجعل : $k = 280 \text{ Hz} / \text{V}$

• النتائج:



(4-12)

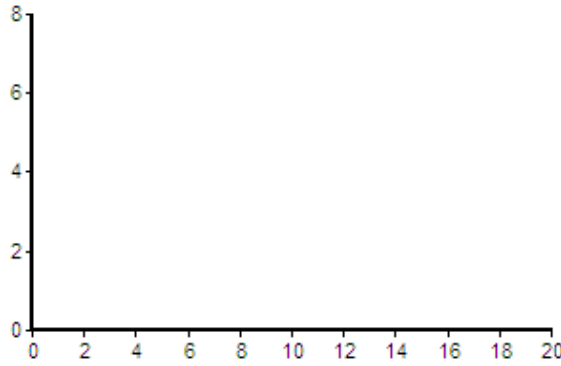


(5-12)

$$m = \frac{k \times V_m}{f_m}, \text{ use } V_m = V_p$$

$$B_{FM} = 2 \times (m + 1) \times f_m =$$

$$\Delta f = k \times V_m =$$



(6-12)

$$m = \frac{k \times V_m}{f_m}, \text{ use } V_m = V_p$$

$$B_{FM} = 2 \times (m + 1) \times f_m =$$

$$\Delta f = k \times V_m =$$

• تدريبات:

1. في (angle modulation) ما هي العناصر التي سوف يتم التأثير عليها من الموجة الحاملة؟

- أ. السعة و الطور. ()
 ب. التردد و السعة. ()
 ج. التردد و الطور. ()

2. ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة، و (×) أمام العبارة غير الصحيحة:

- أ. إشارة المعلومة تؤثر على الطور للحامل في (PM). ()
 ب. (FM modulators) يصمم من خلال المذبذب (VCO). ()
 ج. جهد الدخل يؤثر على جهد الـ (VCO). ()
 د. (Modulator coefficient) يعتمد على نوع الـ (VCO). ()
 هـ. إشارة المعلومة تؤثر على السعة للحامل في (FM). ()

3. ما هي المعاملات التي يتم حسابها من خلال تعديل التردد (FM)؟

- أ. _____
 ب. _____
 ج. _____

4. في تعديل التردد (FM) يتم حساب عرض النطاق من خلال قانون (Carson bandwidth)، هل توجد مركبات في تعديل التردد خارج عرض النطاق المحسوب بطريقة Carson bandwidth)؟

• الاستنتاج:

أنظمة الاتصالات التماثلية

كشف التعديل

كشف تعديل التردد

5

13

رقم التجربة

كشف تعديل التردد (FM demodulation)

اسم التجربة

2 ساعتان

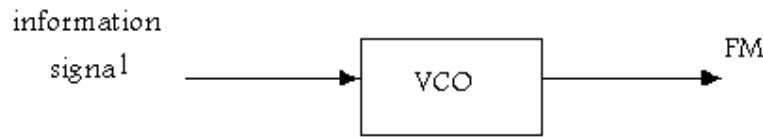
• الزمن المخصص للتجربة

• الهدف من التجربة:

سوف يتم في هذه التجربة دراسة كيفية كشف تعديل التردد (FM).

• الشرح:

سبق في الوحدة الرابعة دراسة (FM) والموضح دائرته كما في الشكل (1-13). وفي هذا الدرس إن شاء الله سوف يكون الحديث عن العملية العكسية للتعديل ألا وهي عملية كشف التعديل (FM demodulation).



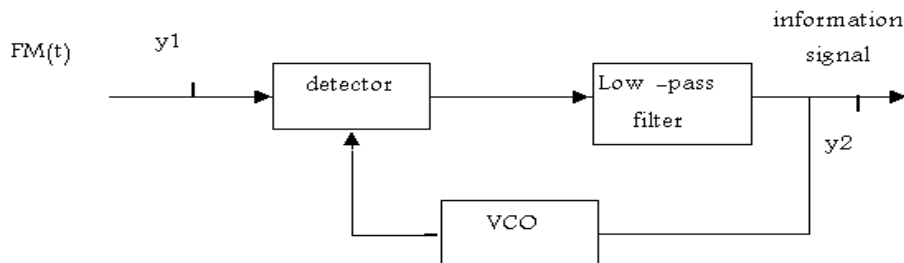
(1-13)

و سبق في الوحدة الرابعة أنه يمكن تمثيل تعديل التردد رياضياً من خلال هذه المعادلة:

$$m(t) = V_c \cos[\omega_c t + \theta(t)]$$

$$m(t) = V_c \cos[\omega_c t + m \cos(\omega_m t)]$$

الإشارة بعد إجراء عملية التعديل يتم إرسالها لأنها أصبحت ذات قيمة عالية، ويتم نقلها من خلال الوسط الناقل، وبعد هذا يتم استقبال الإشارة المضمنة وفي هذه المرحلة يتم عملية كشف التعديل، والشكل (2-13) يمثل دائرة كشف التعديل:



(2-13)

حيث تتكون دائرة كشف تعديل (FM):

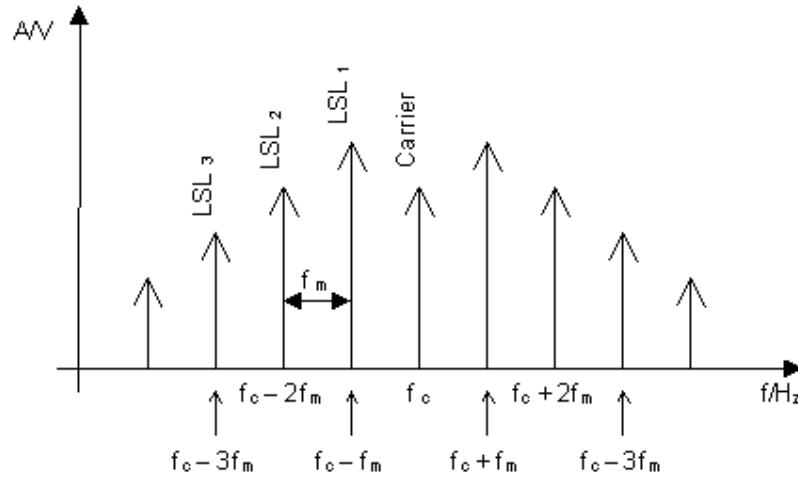
(VCO), (phase detector), (Low-pass filter)

وسوف تكون الإشارة الداخلة على المستقبل (y1) عبارة عن الإشارة المضمنة (FM) كما

في الشكل (3-13). ومن ثم سوف يقوم (phase detector) بالمقارنة في خطأ الإزاحة بين الإشارة

المستقبلية و خرج (VCO). ويقوم الفلتر بأخذ أحد مركبات إشارة المعلومة. ومن ثم يمكن تحويل

الإشارة إلى وضعها الأصلي.



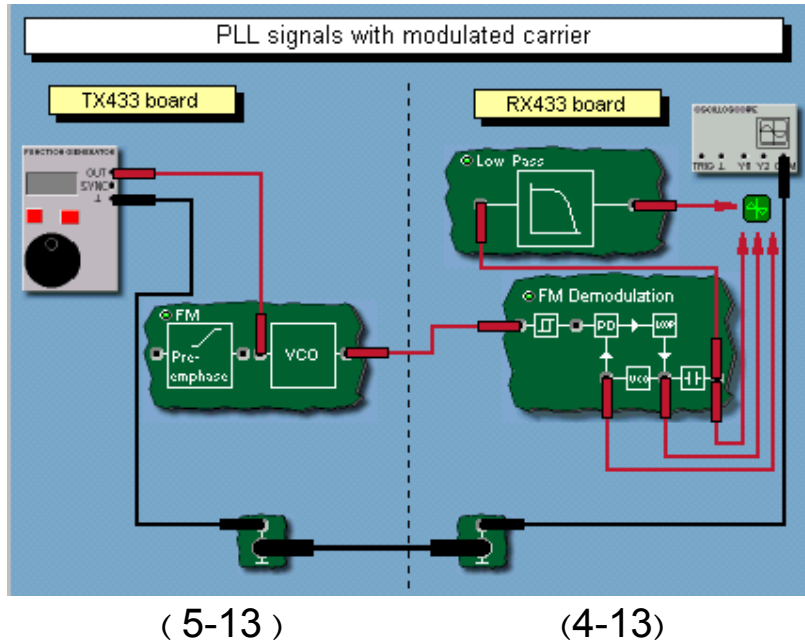
(3-13)

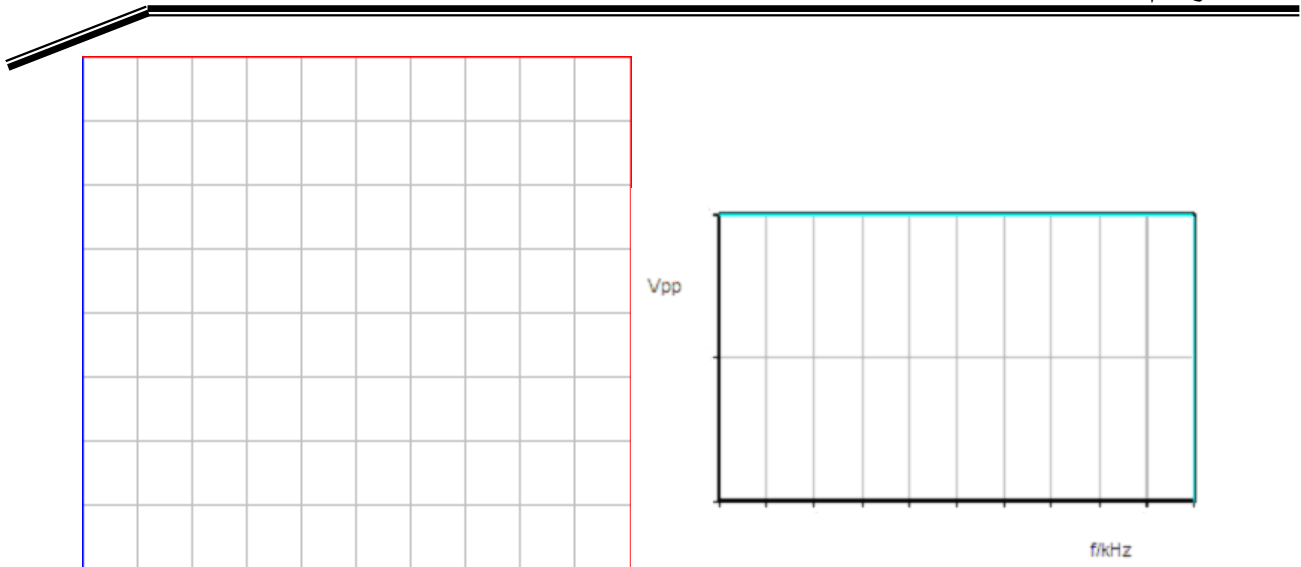
• خطوات التجربة:

1. من خلال الوحدة الخاصة بالإرسال، قم بالآتي:
2. وصل الدائرة كما في الشكل (1-13).
3. فعل (FM) من خلال شريط المهام.
4. عن طريق مولد الإشارة اضبط إشارة المعلومة على :
DC, $V_{DC} = 0 V$
5. افتح جهاز (frequency counter) واضبط لوحة التحكم على : $trigger = +Y1$
6. اجعل المقاومة المتغيرة للسعة على أعلى قيمة.
7. اضبط المقاومة المتغيرة للتردد بحيث يكون تردد الخرج للمذبذب ($10kHz$)
8. اضبط لوحة التحكم على : $trigger = OFF$
9. عن طريق مولد الإشارة اضبط إشارة المعلومة على :
10. Sine-wave, $V_{p-p} = 20 V$, $f_m = 1 kHz$, $V_{DC} = 0 V$.

11. افتح جهاز (FFT) واضبط لوحة التحكم على:
 $\text{curve} = Y_1, f_{\min} = 0 \text{ kHz}, f_{\max} = 20 \text{ kHz}, Y_1/\text{div} = 5V, X/\text{div} = 200\mu s.$
12. ارسم ناتج تعديل التردد في نطاق الزمن والتردد، في الشكل (4-13).
13. من خلال الوحدة الخاصة بالاستقبال، قم بالآتي:
14. وصل الدائرة كما في الشكل (13-2).
15. قم برسم الإشارة عند (y1) في نطاق الزمن و التردد، في الشكل (13-5).
16. قم برسم الإشارة عند (y2) في نطاق الزمن و التردد، في الشكل (13-6).
17. من خلال الخطوة رقم (3) قم بتغيير الدالة إلى مثلثة، ثم نفذ باقي الخطوات وأنظر إلى تأثيرها.

• النتائج:





(6-13)

- تدريبات:

1. هل قيمة السعة للحامل مهمة لكشف عملية التعديل في مرحلة الاستقبال؟

2. ما هي وظيفة (phase detector) في دائرة الاستقبال؟

- الاستنتاج:
