

المحاضرة الخامسة

التعديل المطالي المعتاد وإزالة التعديل

التضمين المطالي المعتاد: Ordinary Amplitude Modulation

Modulation AM

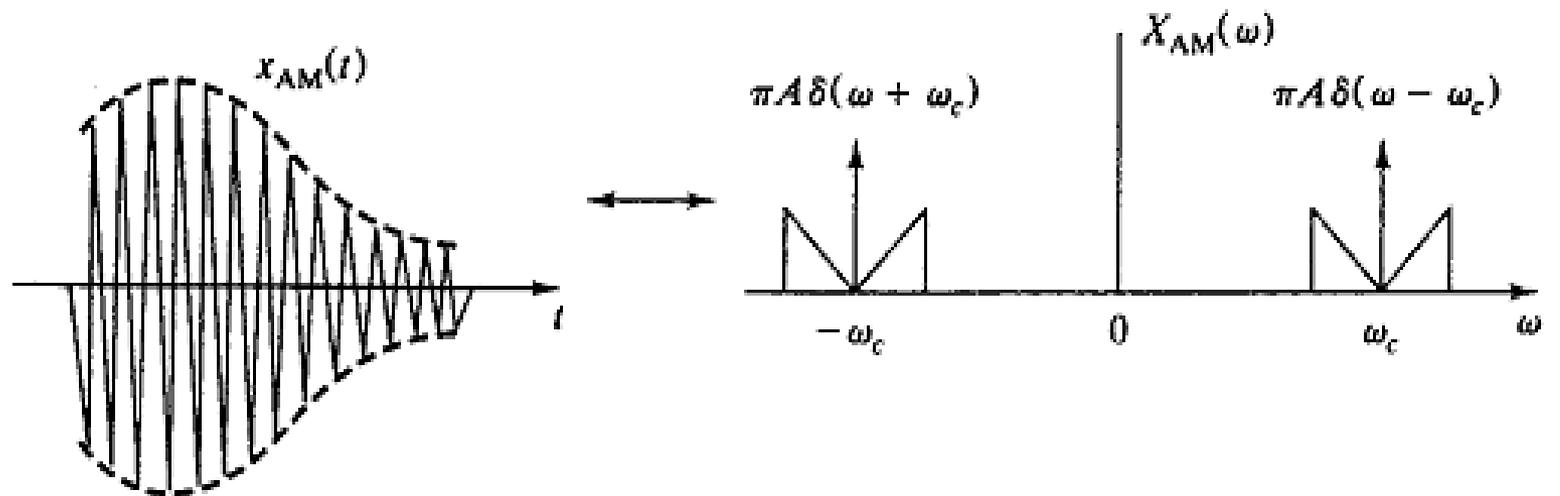
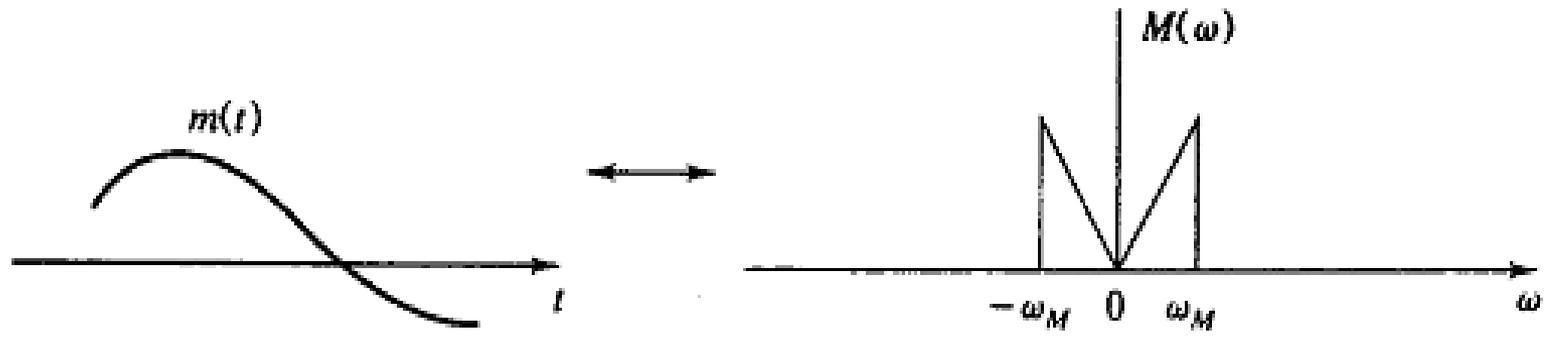
- نسبة لسهولة كشف الإشارة عند طرف الاستقبال التضمين المطالي المعتاد (التضمين المطالي AM) يعتبر من أهم أنواع التضمين المطالي وينتج ذلك بإضافة قيمة كبيرة من إشارة الحامل إلى الإشارة ثنائية الحزمة الجانبية ويكون على

$$X_{AM}(t) = m(t) \cos \omega_c(t) + A \cos \omega_c(t) \quad \text{الصيغة}$$

$$X_{AM}(t) = \{A + m(t)\} \cos \omega_c(t)$$

- طيف إشارة التضمين المطالي $X_{AM}(t)$ في الحيز الترددي بعد تحويل فوريير يكون بالشكل التالي

$$X_{AM}(\omega) = M(\omega - \omega_c) + M(\omega + \omega_c) + \pi A \{ \delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c) \}$$



التعديل المطالي المعتاد

د عثمان محمد دفع الله
 أستاذ مشارك جامعة كرري

معامل التضمين ونسبة التضمين

□ معامل التضمين:

هو عبارة عن معامل نستطيع من خلاله قياس مدى التغير الذي يحدث في مطال موجة ال-AM أثناء عملية التضمين. ويعبر عنه بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

حيث:

m : معامل التضمين

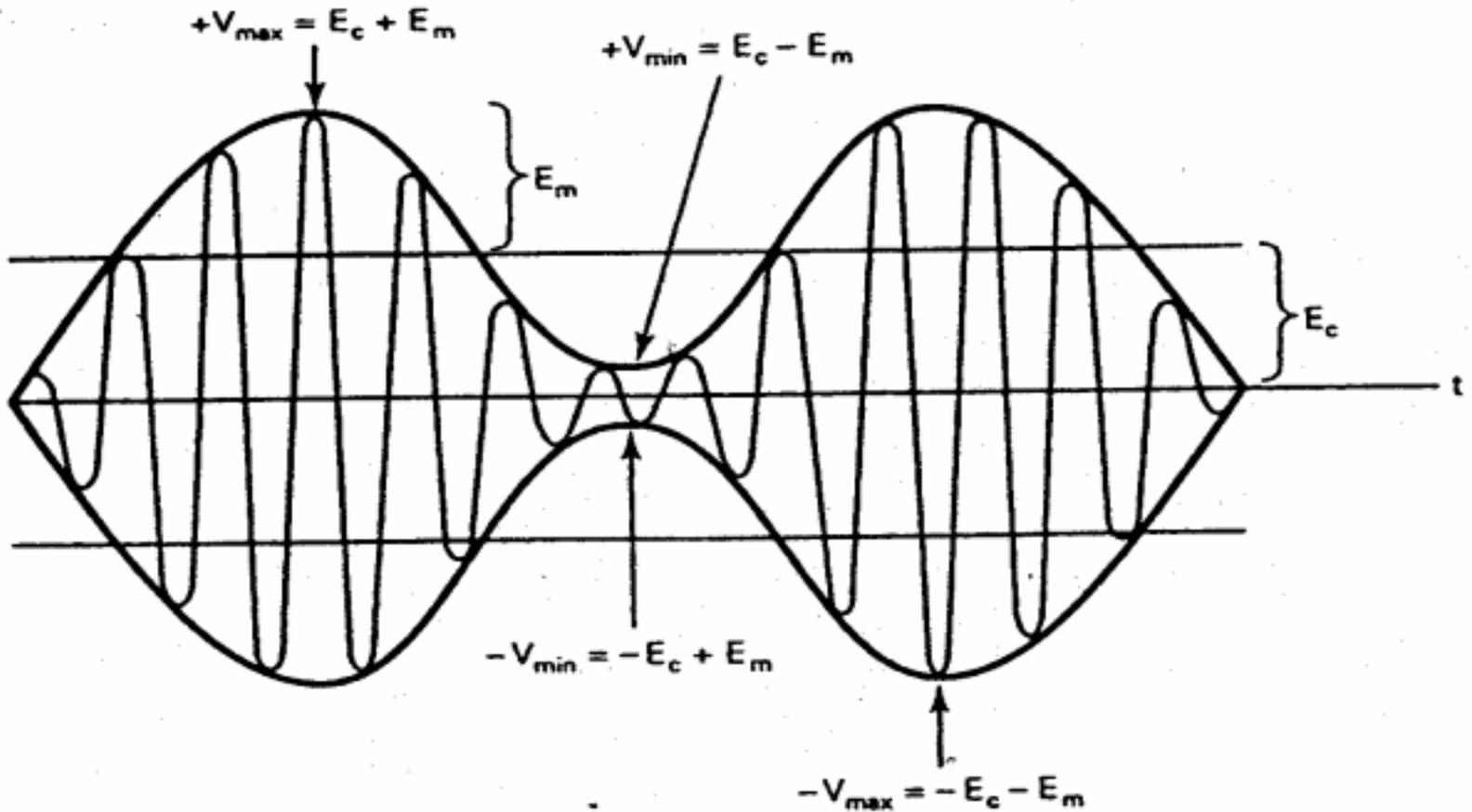
E_m : مقدار التغير الأقصى الذي يطرأ على مطال الموجة المضمنة

E_c : مطال الموجة الحاملة

معامل التضمين ونسبة التضمين

□ النسبة المئوية للتضمين:

هي عبارة عن النسبة المئوية لمعامل التضمين حيث يمكن اشتقاقها من الشكل التالي:



تعديل مطالي

د عثمان محمد دفع الله
 أستاذ مشارك جامعة كرري

معامل التضمين ونسبة التضمين

■ العلاقة بين m, E_m, E_c مبينة في الشكل أعلاه

$$M = \frac{E_m}{E_c} \times 100\%$$

$$E_m = \frac{1}{2}(V_{\max} + V_{\min}) \quad E_c = \frac{1}{2}(V_{\max} - V_{\min})$$

$$M = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \times 100\%$$

V_{\max} : قيمة الجهد الأقصى لموجة الـ AM

V_{\min} : قيمة الجهد الأدنى لموجة الـ AM

إزالة التضمين ثنائي الحزمة الجانبية: DSB

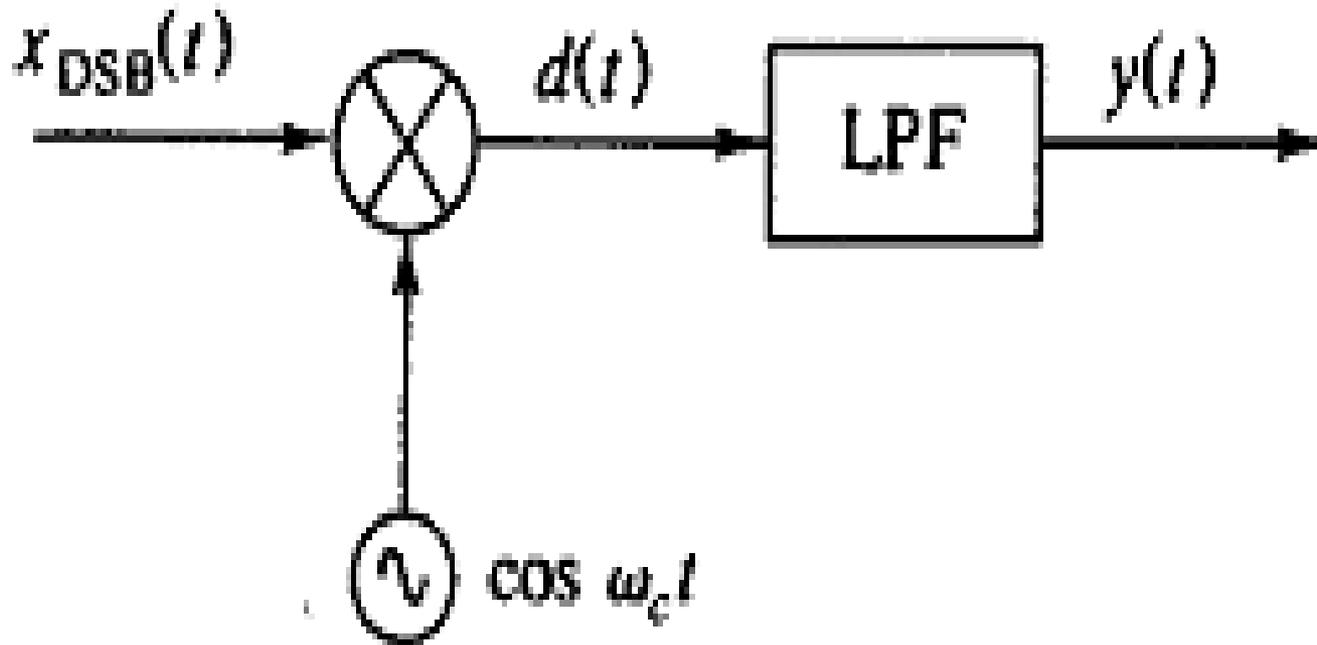
Demodulation

- نقوم باسترجاع أو استخلاص أو كشف إشارة المعلومات من الإشارة المضمنة بعملية عكسية للتضمين تعرف بإعادة التضمين Demodulation أو الكشف Detection.
- حيث يمكننا كشف إشارة المعلومات $m(t)$ من الإشارة المضمنة $X_{DSB}(t)$ عن طريق نفس الإشارة الحاملة لكنها مولدة محليا في طرف الاستقبال
- وضربها في الإشارة المضمنة المستقبلية وتمرير الناتج على مرشح لإزالة الترددات غير المرغوب فيها

إزالة التضمين ثنائي الحزمة الجانبية: DSB

Demodulation

- صعوبة التضمين المطالي ثنائي الحزمة الجانبية تكمن في إزالة التضمين Demodulation حيث أنه يجب على المستقبل توليد إشارة حامل بنفس التردد ونفس الطور وأن تكون متزامنة مع إشارة الحامل المرسلّة
- وعليه يعرف هذا النوع من الكشف بالكشف المترابط Coherent Detection أو إعادة التضمين المتزامن Synchronous Demodulation



إزالة تضمين مترامن

إزالة التضمين ثنائي الحزمة الجانبية: DSB

Demodulation

- يمكن استرجاع إشارة المعلومات كالآتي:-

$$\begin{aligned}d(t) &= X_{DSB}(t) \cos \omega_c(t) \\&= m(t) \cos^2 \omega_c t \\&= \frac{1}{2} m(t) [1 + \cos 2\omega_c t] \\&= \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} m(t) \cos 2\omega_c t \\y(t) &= \frac{1}{2} m(t)\end{aligned}$$

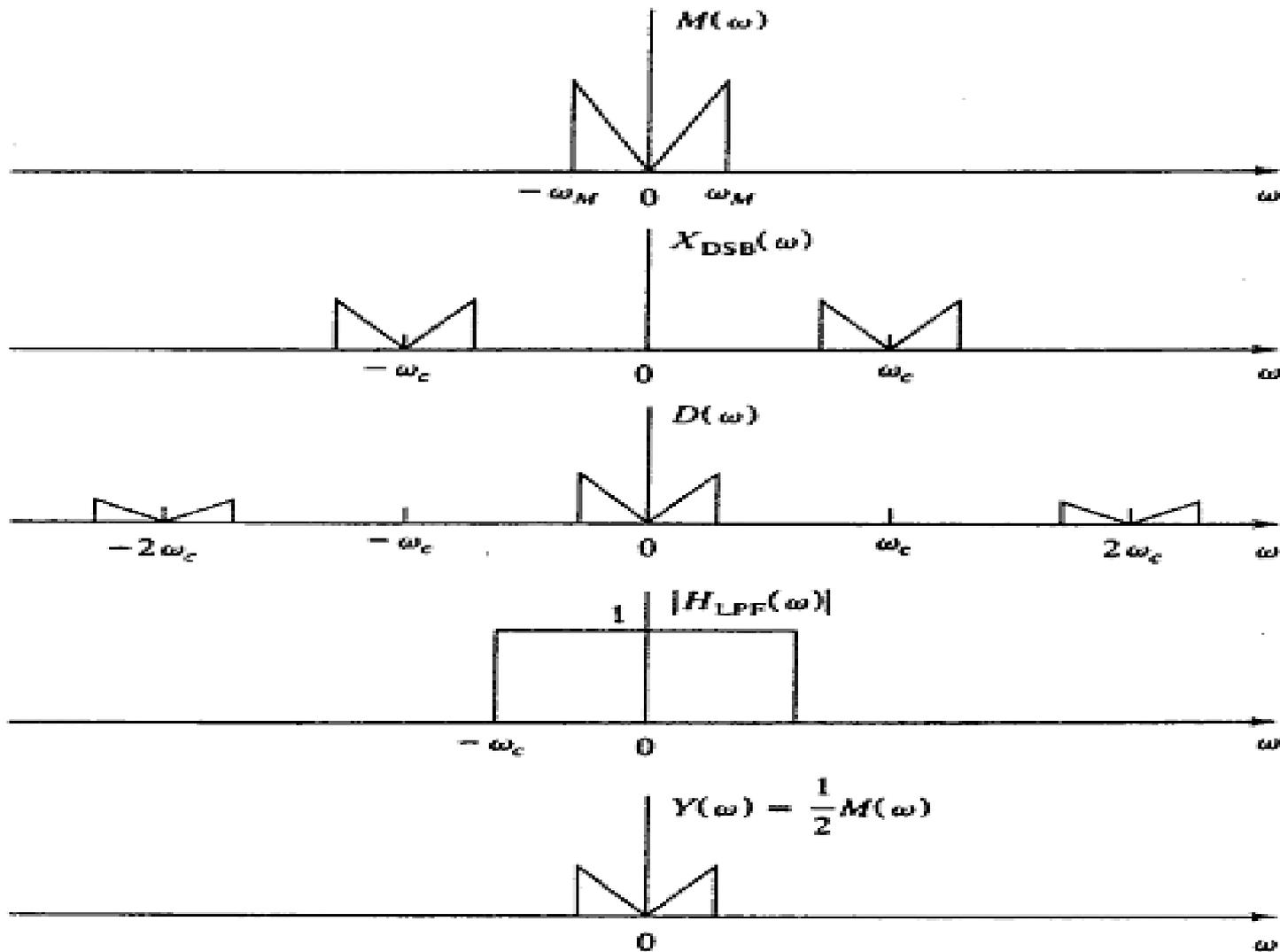
إزالة التضمين ثنائي الحزمة الجانبية: DSB

Demodulation

- بعد عملية الترشيح للإشارة الناتجة يمكن أن نحصل على إشارة المعلومات المرسلّة

$$y(t) = \frac{1}{2}m(t)$$

- عن طريق المكبر المناسب يقوم المكبر بتعويض التوهين الموجود وبذا نكون استرجعنا إشارة المعلومات المرسلّة
 $m(t)$



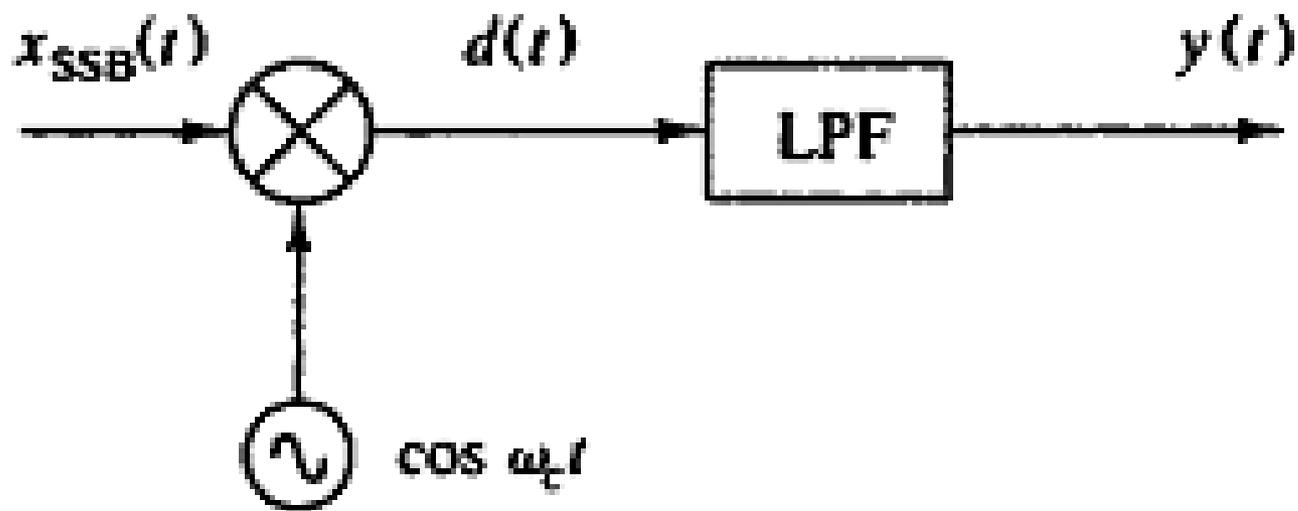
إزالة التضمين ثنائي الحزمة الجانبية

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كروي

إزالة التضمين أحادي الحزمة الجانبية: SSB

DeModulation

- إزالة التضمين أحادي الحزمة الجانبية يمكن الحصول عليه بسهولة باستخدام الكشف المتزامن مثله مثل التضمين ثنائي الحزمة الجانبية
- وذلك بضرب الإشارة المضمنة المستقبلة $x_{SSB}(t)$ بإشارة حامل مولدة محليا وتمرير الناتج على المرشح لإزالة الترددات الغير مرغوب فيها



إزالة تضمين أحادي الحزمة مترامن

إزالة التضمين أحادي الحزمة الجانبية: SSB

DeModulation

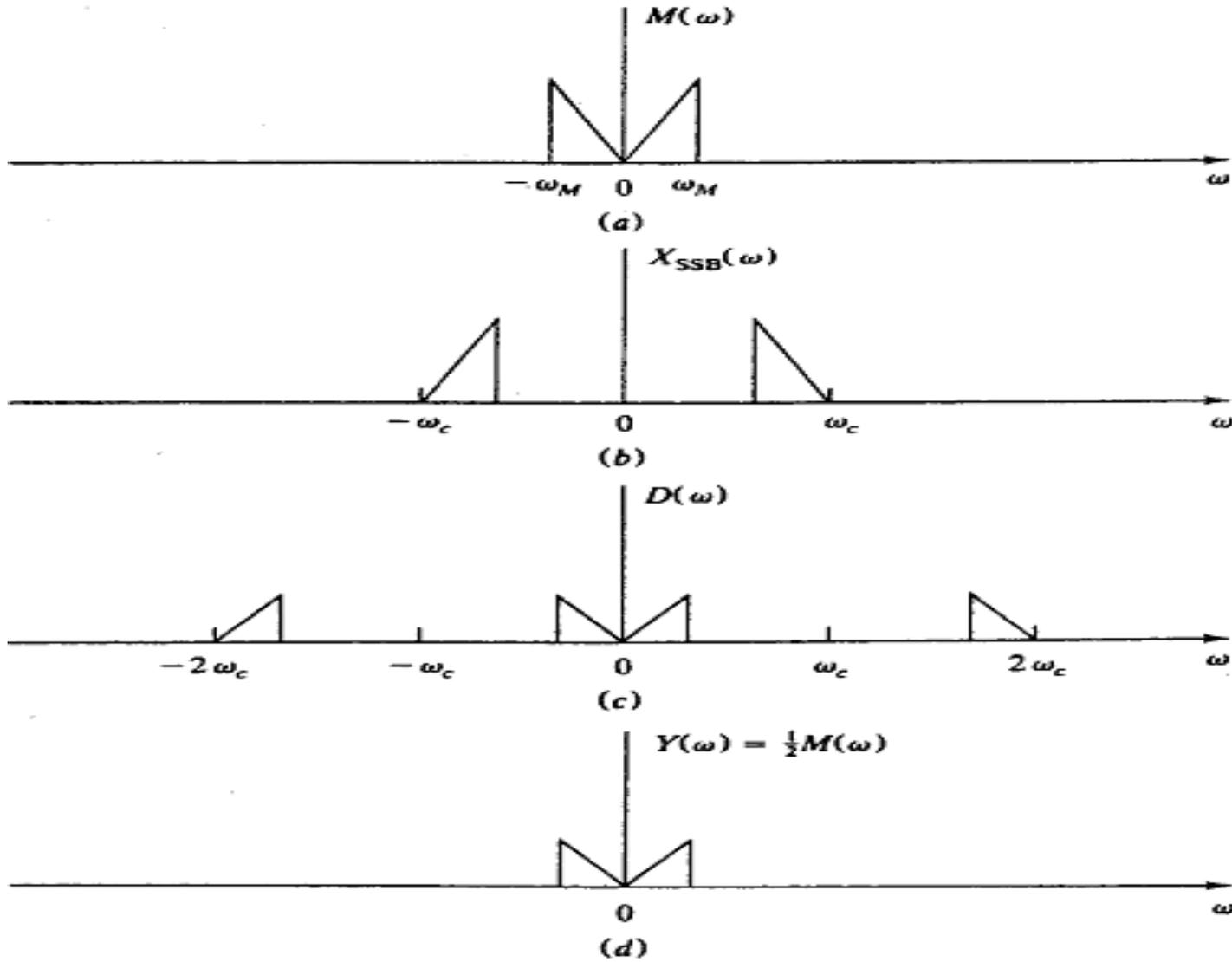
$$X_{SSB}(t) = m(t) \cos \omega_c t \pm m'(t) \sin \omega_c t$$

$$d(t) = X_{SSB} \cos \omega_c t$$

$$= m(t) \cos^2 \omega_c t \pm m'(t) \sin \omega_c t \cos \omega_c t$$

$$= \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} m(t) \cos 2\omega_c t \pm \frac{1}{2} m'(t) \sin 2\omega_c t$$

- بعد الترشيح يقوم المرشح بإزالة الترددات الغير مرغوب فيها وبذا نحصل على $y(t) = 1/2m(t)$ عن طريق المكبر المناسب يقوم المكبر بتعويض التوهين الموجود وبذا نكون استرجعنا إشارة المعلومات المرسله $m(t)$



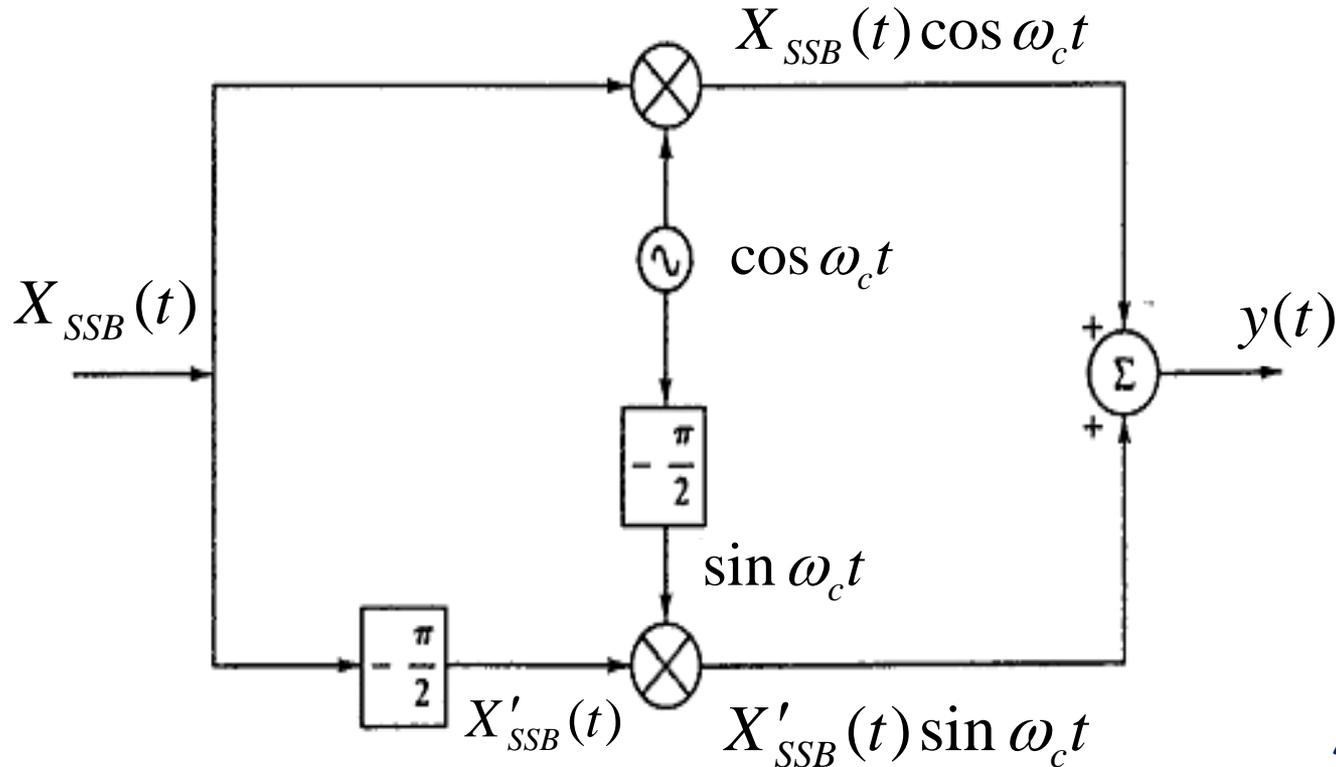
أزالة التضمين أحادي الحزمة الجانبية

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

إزالة التضمين أحادي الحزمة الجانبية: SSB

DeModulation

- الطريقة الثانية لإزالة تضمين الإشارة احادية الحزمة الجانبية هي طريقة إزاحة الطور ويكون ذلك بالشكل التالي



إزالة التضمين أحادي الحزمة الجانبية: SSB

DeModulation

- ويمكن اشتقاق خرج الدائرة أعلاه كالاتي:-

$$X_c(t) = m(t) \cos \omega_c t - m'(t) \sin \omega_c t$$

$$X'(t) = m(t) \sin \omega_c t + m'(t) \cos \omega_c t$$

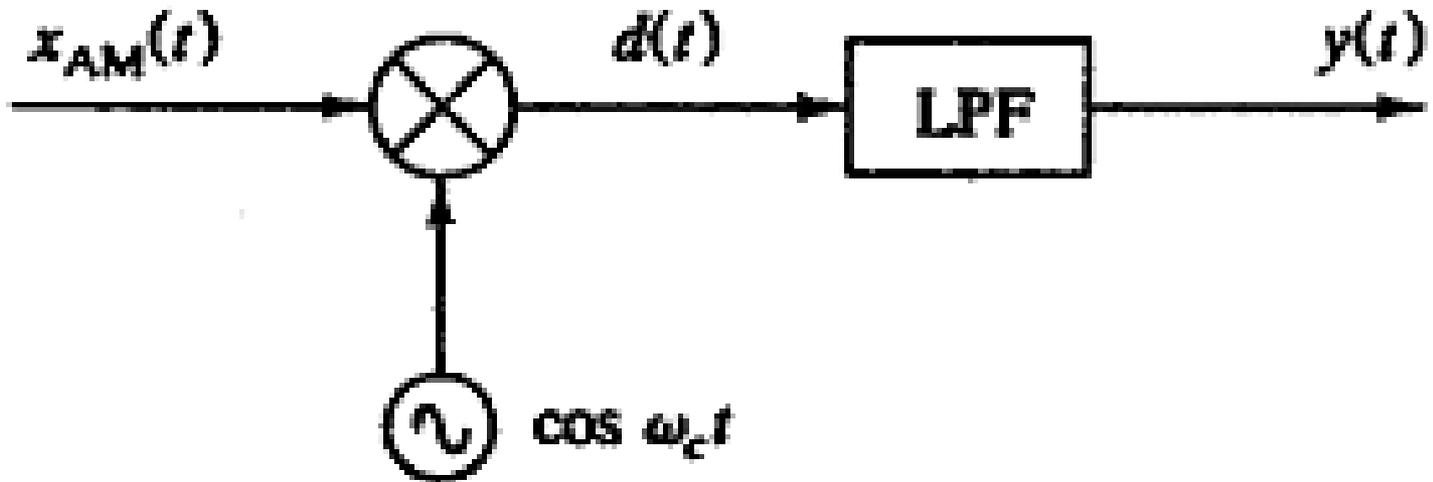
$$y(t) = X_c(t) \cos \omega_c t + X'(t) \sin \omega_c t$$

$$y(t) = m(t) [\cos 2\omega_c t + \sin 2\omega_c t]$$

$$y(t) = m(t)$$

إزالة التضمين المطالي المعتاد: AM Demodulation

- إن الميزة الأساسية للتضمين المطالي على التضمين ثنائي الحزمة الجانبية هي بساطة دائرة المستقبل وسهولة عملية الكشف حتى إذا كانت إشارة الحامل المولدة محليا غير متزامنة مع الإشارة المستقبلة وليس لها نفس التردد أو الطور
- يعرف هذا النوع من إزالة التضمين بكشف الغلاف Envelope Detection الذي يعتمد على مقدار المطال في الإشارة المرسله كلما كان المقدار أكبر كلما ساعد في سهولة الكشف



إزالة الضمين المطالي المعتاد

إزالة التضمين المطالي المعتاد: AM Demodulation

$$d(t) = X_{AM}(t) \cos \omega_c t = [A + m(t)] \cos^2 \omega_c t$$

$$d(t) = \frac{1}{2}[A + m(t)] + \frac{1}{2}[A + m(t)] \cos 2\omega_c t$$

• بعد عملية الترشيح نحصل على الأتي

$$y(t) = \frac{1}{2}[A + m(t)] = \frac{1}{2}m(t) + \frac{1}{2}A$$

• بواسطة المكثف يمكننا نزيل التيار المباشر DC والحصول على إشارة المعلومات المطلوبة $1/2m(t)$

التضمين الزاوي Angle Modulation

- نظراً للتغير الذي يطرأ على محددات الإشارة التماثلية (إشارة الحامل) فإن التضمين السعوي يكون نسبة للتغير الذي يطرأ لسعة إشارة الحامل مع عدم تغير كلاً من التردد والطور
- ونسبة للتغير الذي يطرأ للتردد والطور فإن نوع التضمين الناتج يكون إما تضمين التردد Frequency Modulation (FM) أو تضمين الطور Phase Modulation (PM)
- ولأن التردد والطور هما المكونان لزاوية إشارة الحامل لذا يعتبر كل من التضمين الترددي والتضمين الطوري شكلاً للتضمين الزاوي

أهمية التضمين الزاوي

- توجد هناك خصائص مميزة تستدعي إستخدام التضمين الزاوي بدلاً عن تضمين المطال AM أهمها :-
 - i. مساهمته في تقليل الضوضاء
 - ii. وتحسين دقة نظام الاتصالات
 - iii. وأنه أكثر مردودية في استعمال الطاقة.
- إلا أن أهم عيوب التضمين الزاوي أنه يتطلب دوائر إلكترونية معقدة في كل من جهازي المرسل والمستقبل.

التردد اللحظي: Instantaneous Frequency

• إن التردد اللحظي للتضمين الزاوي هو الركيزة الأساسية لفهم طريقة وعمل كلاً من التضمين الترددي FM والتضمين الطوري PM

• فإنهما ينتجان كلما تغيرت زاوية الموجة الجيبية (إشارة الحامل) بدلالة الزمن.

نعبّر رياضياً عن الإشارة المضمنة زاوياً بواسطة العلاقة التالية

$$V(t) = E_c \cos[2\pi f_c t + \phi(t)] \quad \theta(t) = 2\pi f_c t + \phi(t)$$

$$V(t) = E_c \cos[\theta(t)]$$

التردد اللحظي: Instantaneous Frequency

- من العلاقة السابقة نجد أن $\theta(t)$ هي زاوية الإشارة الجيبية (إشارة الحامل) وهي مرتبطة بالزمن
- من هنا يمكننا أن نعبر عن التردد اللحظي بالمعادلة أدناه:

$$\omega_i = \frac{d\theta(t)}{dt}$$

- بتفاضل قيمة زاوية الإشارة الجيبية نحصل على الآتي:

$$\omega_i = \omega_c + \frac{d\phi(t)}{dt}$$

التردد اللحظي: Instantaneous Frequency

- حيث: $\phi(t)$ يعرف بالانحراف اللحظي في الطور
يعرف بالانحراف اللحظي في التردد $\frac{d\phi(t)}{dt}$

تضمين الطور: Phase Modulation (PM)

- كما أشرنا سابقاً أن أنواع التضمين الزاوي هما
 - ✓ تضمين الطور PM
 - ✓ وتضمين التردد FM
- وأن التردد اللحظي هو ما يفسر طريقة عمل كل واحد منهما
- بالنسبة لتضمين الطور PM فإن الانحراف اللحظي في الطور يتناسب طردياً مع إشارة المعلومات

تضمين الطور: Phase Modulation (PM)

- ويمكن التعبير عنه رياضياً بالعلاقة التالية:

$$\phi(t) = k_p V_m(t)$$

حيث:

k_p هو عبارة عن ثابت إنحراف الطور و وحدته
radian/volt

V_m هو عبارة عن الجهد اللحظي لإشارة المعلومات

تضمين الطور: Phase Modulation (PM)

- وبتعويض قيمة الانحراف اللحظي في الطور في العلاقة الأصلية التي تعبر عن التضمين الزاوي يمكن أن نتحصل على علاقة رياضية تعبر عن التضمين الطوري كالتالي:

$$V(t) = E_c \cos [2\pi f_c t + \phi(t)]$$

$$\phi(t) = k_p V_m(t)$$

$$V_{PM}(t) = E_c \cos [2\pi f_c t + k_p V_m(t)]$$

تضمين التردد: Frequency Modulation (FM)

- بنفس الطريقة بالنسبة لتضمين التردد **FM** فإن الانحراف اللحظي في التردد يتناسب طردياً مع إشارة المعلومات، ويمكن التعبير عنه رياضياً بالعلاقة التالية:

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = k_f V_m(t)$$

- بعد تكامل الطرفين نحصل على الآتي:

$$\phi(t) = k_f \int_{t_0}^t V_m(\lambda) d\lambda + \phi(t_0)$$

تضمين التردد: Frequency Modulation (FM)

حيث:

k_f يمثل ثابت انحراف التردد بوحدة Hz/v

$\phi(t_o)$ تمثل الطور الابتدائي عند

• في الغالب ينعدم عندما يوئل الزمن لسالب ما لانهاية

تضمين التردد: Frequency Modulation (FM)

- وبتعويض قيمة الانحراف اللحظي في التردد في العلاقة الأصلية التي تعبر عن التضمين الزاوي يمكن أن نتحصل على علاقة رياضية تعبر عن التضمين التردد كالتالي

$$V(t) = E_c \cos \left[2\pi f_c t + \phi(t) \right]$$

$$\phi(t) = k_f \int_{t_0}^t V_m(\lambda) d\lambda + \phi(t_0)$$

$$V_{FM}(t) = E_c \cos \left[2\pi f_c t + k_f \int_{-\infty}^t V_m(\lambda) d\lambda \right]$$