جامعة البعث

الكلية التطبيقية

قسم تقنيات الحاسوب

السنة الثانية

أسس هندسة الاتصالات

مدرسة المقرر

م. رانيا العكاري

مفهوم الاتصال:

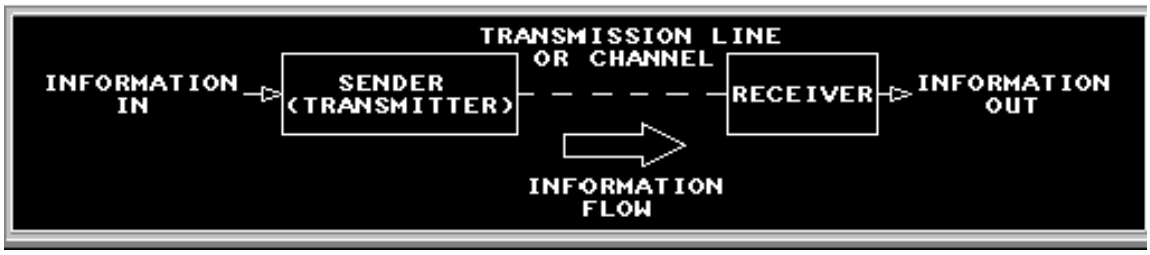
هو نقل المعلومات من مكان إلى آخر.

يتألف أي نظام اتصال من ثلاثة أجزاء رئيسية وهي:

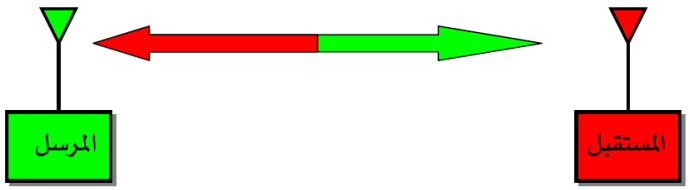
المرسلTransmitter ، قناة الاتصال Channel ، والمستقبل Receiver.

يمكن أن تكون أجهزة الاتصال:

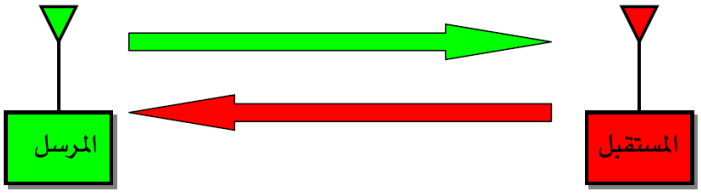
وحيدة الاتجاه unidirectional أي يتم تدفق المعلومات باتجاه وحيد، ويسمى هذا النظام Simplex مثل التلفاز أو الراديو.



ويمكن أن تكون أنظمة الاتصال ثنائية الاتجاه bidirectional أي أن تدفق المعلومات يتم باتجاهين، ويسمى نظام Duplex حيث يكون الإرسال والاستقبال باتجاهين. ويستخدم تردد للإرسال وتردد للاستقبال منعاً للتداخل، مثل نظام الهاتف العادي والموبايل، نطلق على مثل هذا النوع من الأنظمة Full-duplex ، حيث يتم فيها الاتصال المتزامن بين الطرفين



كما يمكن أن يستخدم تردد وحيد في الإرسال والاستقبال في نظام ثنائي الاتجاه، لكن يتم الإرسال والاستقبال في أوقات مختلفة. يسمى هذا النظام Half-duplex مثل هواتف الشرطة.

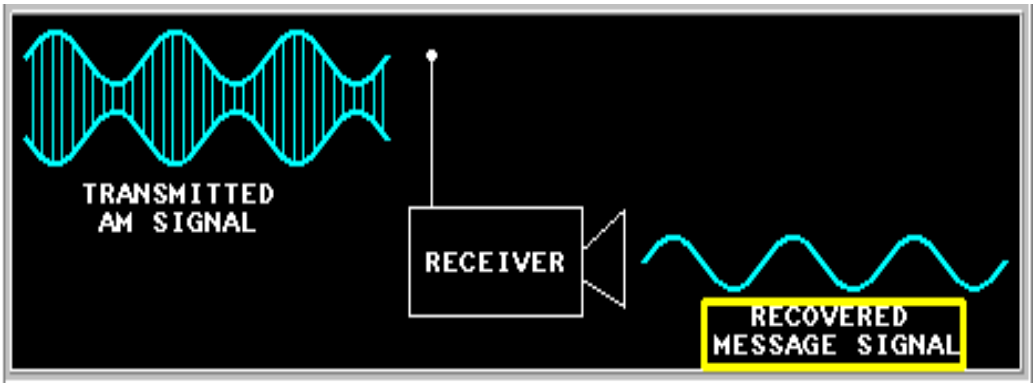


تعتمد أنظمة الاتصال بشكل أساسي على مفهوم التعديل Modulation .

تعريف التعديل Modulation:

التعديل هو عملية تحميل إشارة ذات تردد منخفض (إشارة المعلومات أو إشارة الرسالة المراد إرسالها) على إشارة ذات تردد عالي (إشارة الحامل) بهدف إرسالها إلى مسافات كبيرة. وتتم عملية التعديل في قسم الإرسال.

حالما تصل الموجة المرسلة إلى قسم الاستقبال يجب عندها استرجاع إشارة المعلومات ذات التردد المنخفض من الموجة الحاملة لها ذات التردد العالي. وتسمى هذه العملية بالكشف أو فك التعديل Demodulation.



لماذا يجب تعديل الإشارات قبل إرسالها؟

أولاً: تردد الصوت البشري يتراوح تقريباً بين (300→3400Hz) ، فإذا أرسلت هذه الترددات بشكل مباشر يحصل بين هذه الأمواج تداخل مما يجعلها غير فعالة.

ثانياً: بفرض أننا أرسلنا إشارة المعلومات دون تعديل فإن الهوائي المطلوب في عملية الإرسال والاستقبال سيكون له أبعاد غير معقولة وغير واقعية:

$$\lambda = c / f$$

حيث: c- سرعة الضوء في الخلاء $c = 3.10^8$ m/sec

f- تردد الموجة ويقدر بـ Hz

λ- طول الهوائي (طول الموجة) ويقدر بـ m

إذاً يجب أن يكون تردد الموجة الحاملة عالٍ بشكل كاف بحيث يكون للهوائيات المستخدمة أبعاداً معقولة.

يمكن التعبير عن الموجة الجيبية بالمعادلة التالية:

$$v(t)=V.sin(w.t+\phi)$$

حيث:

v- القيمة اللحظية لتغير المطال

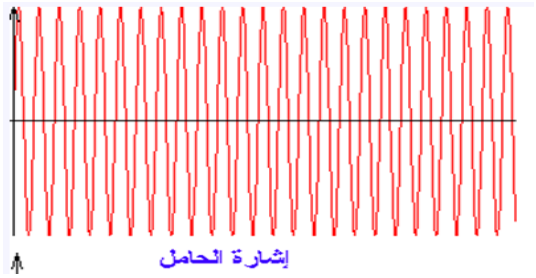
V- السعة (القيمة العظمى للمطال)

w- التردد الزاوي (النبض) $w=2.\pi.f$ *ويقدر بـrad/sec*

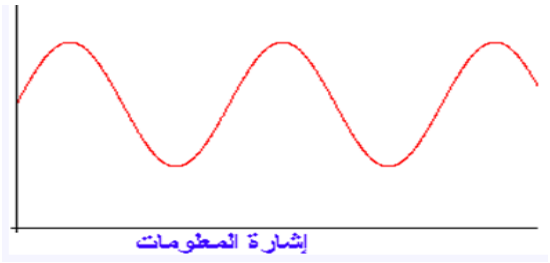
f-تردد الموجة ويقدر بـ Hz

القيم الثلاث التي تحدد الموجة الجيبية هي: المطال، التردد ، زاوية الطور.

لنفرض أن الموجة الحاملة ذات التردد العالي هي إشارة جيبية كما في الشكل:



ولنفرض أن إشارة المعلومات ذات التردد المنخفض لها شكل جيبي أيضاً:



يمكن أن تتغير إشارة الحامل حسب تغير إشارة المعلومات.

- إذا كان الجزء الذي يتغير من إشارة الحامل هو المطال تبعاً لتغير إشارة المعلومات، فإن التعديل يسمى في هذه الحالة: التعديل المطالي أو التعديل السعوي أو تعديل AM

AM=Amplitude Modulation

- إذا كان الجزء الذي يتغير من إشارة الحامل هو التردد تبعاً لتغير إشارة المعلومات، فإن التعديل يسمى في هذه الحالة: التعديل الترددي أو تعديل FM

FM=Frequency Modulation

- إذا كان الجزء الذي يتغير من إشارة الحامل هو زاوية الطور تبعاً لتغير إشارة المعلومات، فإن التعديل يسمى في هذه الحالة: التعديل الطوري أو تعديل PM

PM=Phase Modulation

أنواع التعديل:

1- التعديل التشابهي (التماثلي) Analog Modulation:

تكون فيه إشارة الحامل وإشارة المعلومات هي إشارات تشابهية (جيبية، صوتية، مستمرة)

وله ثلاثة أنواع أساسية:

PM , FM , AM

2- التعديل النبضي- التشابهي Pulse-Analog Modulation:

تكون فيه إشارة الحامل نبضية وإشارة المعلومات تشابهية، وله الأنواع الثلاثة التالية:

PPM , PWM , PAM

3- التعديل النبضي- الرقمي:

تكون فيه إشارة الحامل وإشارة المعلومات إشارات نبضية مثل:

التعديل النبضي المشفر PCM ، تعديل دلتا DM

4- التعديل النبضي بالإزاحة (الرقمي) Digital Modulation:

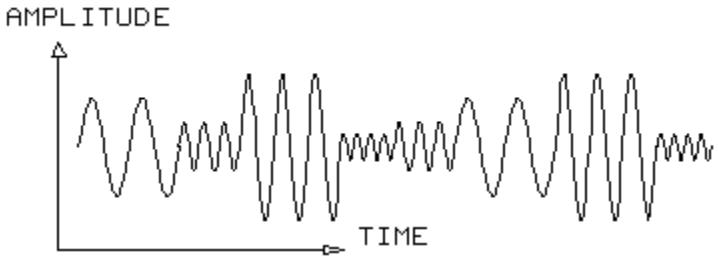
تكون فيه إشارة الحامل تماثلية وإشارة المعلومات رقمية، مثل:

PSK , FSK , ASK

أنواع الإشارات:

1- الإشارة التماثلية (التشابهية) Analog Signal:

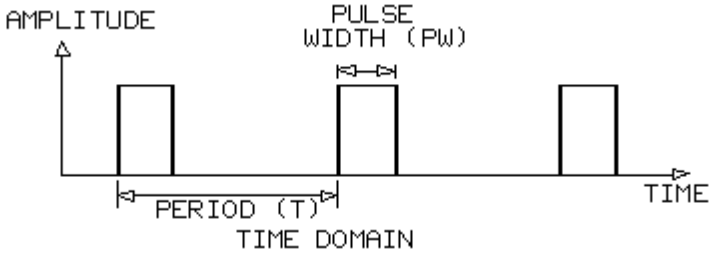
هي إشارة مستمرة مع الزمن. وتشمل الإشارة الجيبية، الصوتية، العشوائية .....



2- الإشارة النبضية (الرقمية) Digital Signal:

هي إشارة متقطعة لها قيم مميزة وثابتة في لحظات معينة وتنحصر بين مستويين ، أي أنه في أي لحظة زمنية

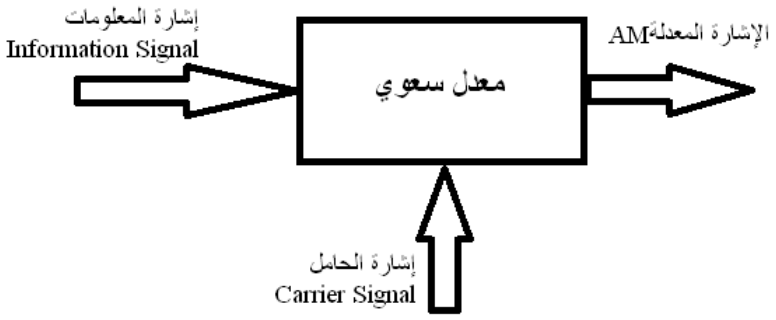
لها فقط إحدى قيمتين

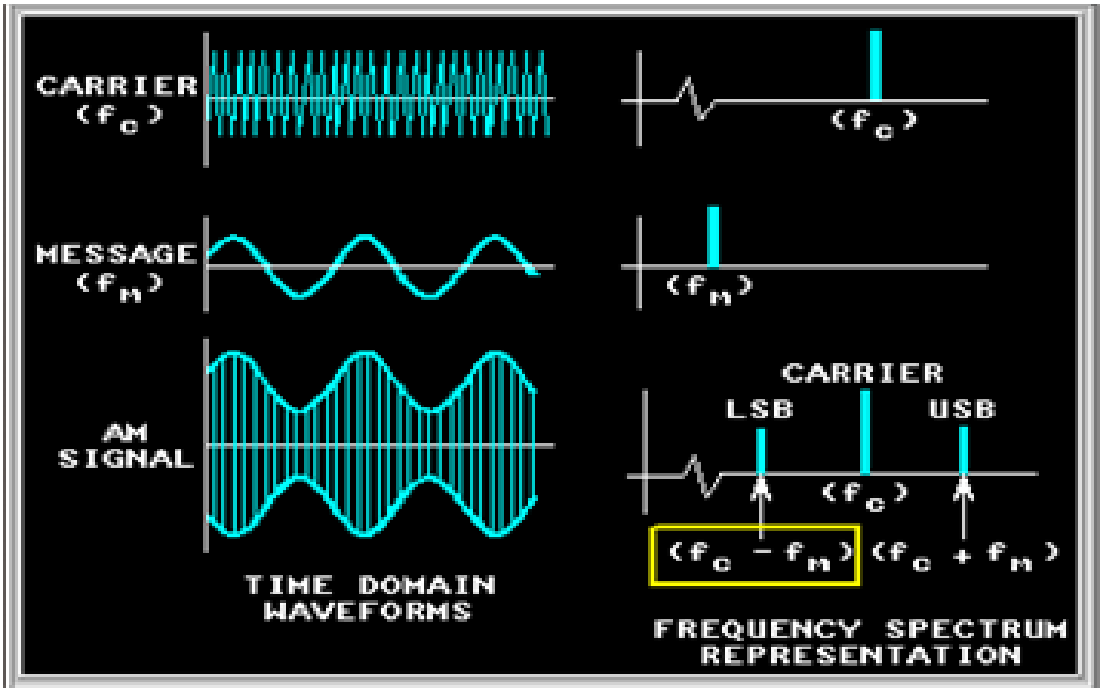


التعديل السعوي (المطالي)

التعديل المطالي (السعوي): يتغير فيه مطال الموجة الحاملة مع تغيرات مطال إشارة المعلومات.

يتم تطبيق الإشارتين: الحامل والمعلومات، على دارة المعدل السعوي والذي يكون عادة عنصر غير خطي، ونحصل في الخرج على إشارة تحوي مجموعة من المركبات الترددية والتي هي إشارة AM.



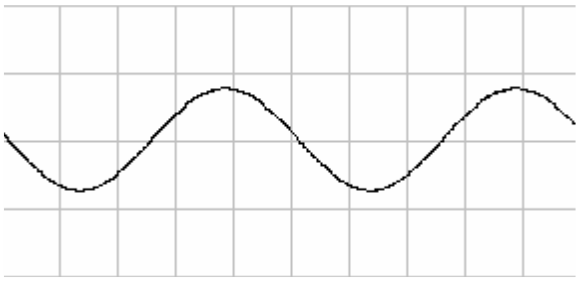


التحليل الرياضي:

إشارة المعلومات (إشارة الرسالة) Information or Message Signal هي إشارة جيبية لها الشكل التالي:

$$v_m=V_m \, . \, Sin \, w_m t \;\; : \;\; w_m = 2.\pi.f_m$$

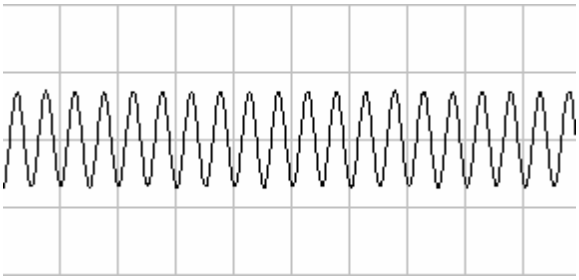
f_m - تردد إشارة المعلومات



إشارة الحامل Carrier Signal هي إشارة جيبية ذات تردد عالي من الشكل:

$$v_c=V_c \, . \, Sin \, w_c t \;\; : \;\; w_c = 2.\pi.f_c$$

f_c – تردد إشارة الحامل



إشارة AM ستقوم بتغيير في مطال الحامل، وبالتالي الإشارة الناتجة:

$$v=(V_c + V_m \, .sin \, (w_m.t)). \, sin(w_c \, t)$$

$$= V_c \,.\, \sin w_c.t + V_m \,.\, \sin w_m.t \,.\, \sin w_c.t$$

وبالاعتماد على العلاقة:

$$\sin a \,.\, \sin b = 1/2\,[\cos(a-b) - \cos(a+b)]$$

$$v = V_C \sin w_c t + \frac{V_m}{2}\,[\cos(w_c - w_m)t - \cos(w_c + w_m)t]$$

$$v = V_C[\sin w_c t + \frac{V_m}{2V_c}\,[\cos(w_c - w_m)t - \cos(w_c + w_m)t]]$$

$$v = V_C\ \sin w_c t + \frac{m_a}{2}\ \cos(w_c - w_m)t - \frac{m_a}{2}\ \cos(w_c + w_m)t$$

حيث اعتبرنا: $m_a = \frac{V_m}{V_c}$ عامل التعديل المطالي

نلاحظ من المعادلة الأخيرة أن هذه الموجة تحوي ثلاث مركبات ترددية عالية هي:

الحد الأول- يعبر عن إشارة الحامل دون أي تغيير وبالتالي لاتحمل أي معلومة.

الحد الثاني- يدعى الحزمة الجانبية السفلية LSB (التردد الجانبي الأدنى LSF) له القيمة f_c - (f_m)

الحد الثالث- يدعى الحزمة الجانبية العليا USB (التردد الجانبي الأعلى USF) له القيمة f_c + (f_m)

LSB = Low Side Band

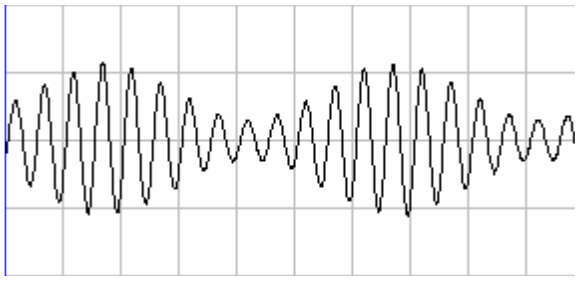
USB = Upper Side Band

أي أن حزمة AM تحوي أكثر من تردد عالي.

نسمي النسبة $m_a = \frac{V_m}{V_c}$ عامل التعديل المطالي. ويعبر عن المقدار الذي يتغير فيه مطال إشارة الحامل بسبب تغير مطال إشارة المعلومات.

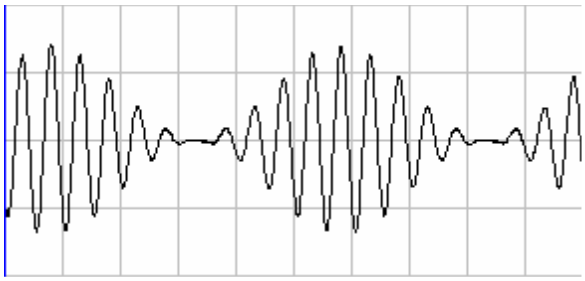
<u>ويكون لـ m_a ثلاث حالات:</u>

1) $m_a < 1$ (أي أن مطال المعلومات أقل من مطال الحامل) : في هذه الحالة يكون التعديل طبيعي ويكون شكل الإشارة كما هو مبين:



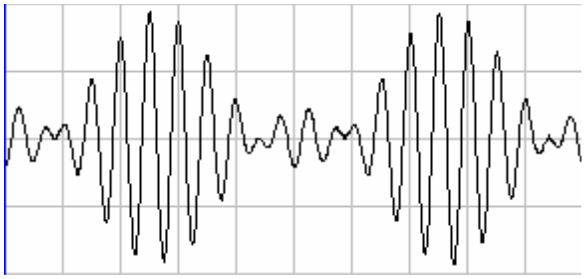
Under Modulation

2) $m_a = 1$ يكون التعديل تام أو مثالي (نسبة التعديل% 100) وفيه يتلامس الغلافين الموجب والسالب، ويكون للإشارة الشكل التالي:



Full Modulation

3) $m_a > 1$ يتداخل الغلافان الموجب والسالب ونحصل على حالة مافوق التعديل. وكشف هذه الحالة صعب.



Over Modulation

طيف الإشارة AM وعرض الحزمة:

وجدنا في الفقرات السابقة أن إشارة AM تحوي ثلاث مركبات ترددية عالية هي:

- مركبة الحامل ذات التردد f_c
- الحزمة الجانبية السفلية ذات التردد $(f_c - f_m)$
- الحزمة الجانبية العلوية ذات التردد $(f_c + f_m)$

من أجل إشارة معلومات جيبية ذات تردد وحيد f_m يكون لدينا:

مركبة حامل، تردد جانبي أدنى، تردد جانبي أعلى.

ويكون في هذه الحالة عرض حزمة الإشارة AM:

$$BW = (f_c + f_m) - (f_c - f_m) = 2 \cdot f_m$$

من أجل إشارة معلومات ذات ترددات تقع ضمن المجال $[f_1, f_2]$ والذي يمثل عرض حزمة إشارة المعلومات، يصبح الطيف الترددي للإشارة وبالتالي عرض حزمة الإشارة AM :

$$BW = (f_c + f_2) - (f_c - f_2) = 2 \cdot f_2$$

وبالتالي عرض الحزمة الترددية اللازم لإرسال إشارة AM هو ضعفي أعلى تردد في إشارة المعلومات.

الاستطاعة في التعديل السعوي AM:

بتطبيق إشارة AM على حمل أومي تكون استطاعة الحامل:

$$P_C^{'} = \frac{V_c^2}{R}$$

وللحصول على القيمة الفعالة للجهد نقسم على $\sqrt{2}$ فيكون:

$$P_c = \frac{V_c^2}{2R}$$

واستطاعة الحزمة الجانبية:

$$P_S^{'} = \frac{\left(\frac{m_a}{2}.V_c\right)^2}{R} = \frac{m_a^2.V_c^2}{4R}$$

والقيمة الفعلية لاستطاعة الحزمة الجانبية:

$$P_s = \frac{m_a^2}{8R}.V_c^2$$

وبالتالي تكون استطاعة الإشارة AM هي حاصل جمع استطاعة الحامل واستطاعة الحزمتين الجانبيتين:

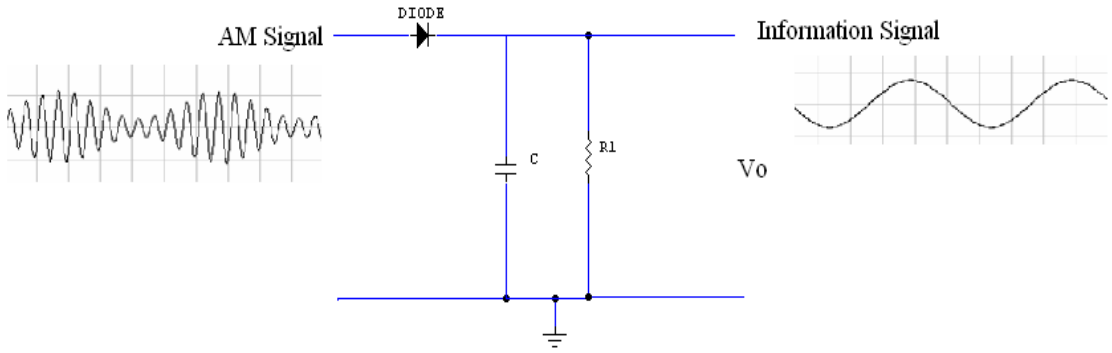
$$P_t = P_c + 2.P_s$$

$$\Rightarrow P_t = \frac{V_c^2}{2R} + 2\left(\frac{m_a^2}{8R}.V_c^2\right)$$

$$\Rightarrow P_t = \left(1 + \frac{m_a^2}{2}\right)P_c$$

كشف التعديل المطالي:

يتم استعادة إشارة المعلومات من الإشارة المعدلة AM باستخدام دارة كاشف الغلاف envelope detector.



دارة كاشف الغلاف

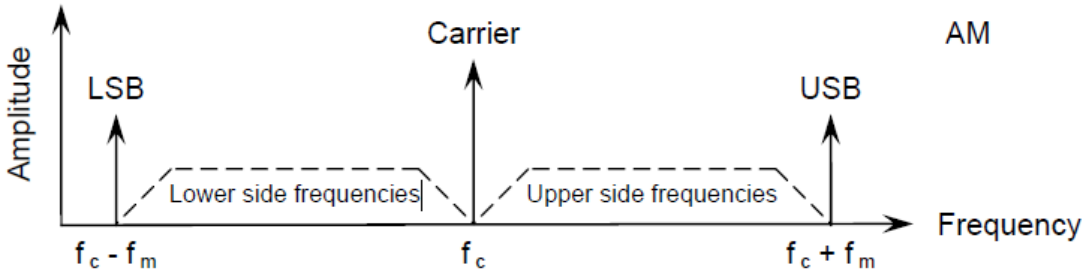
كاشف الغلاف عبارة عن مقوم نصف موجة (ديود) مع مرشح تمرير منخفضLPF.

يقوم المقوم بحذف الجزء السالب من الإشارة، بينما يقوم المرشح بحذف الترددات العالية وتمرير الترددات المنخفضة التي تمثل إشارة المعلومات.

التعديل DSB-SC والتعديل SSB:

بما أن مركبة الحامل في الإشارة المعدلة سعوياً لا تحمل أي معلومات، وتستهلك القسم الأكبر من طاقة الإرسال، فهذه القدرة العالية للحامل تعتبر ضائعة ولا علاقة لها بقدرة إشارة

المعلومات (استطاعة إشارة المعلومات) لذلك يمكن كبت الحامل فنحصل على نظام التعديل DSB-Sc (Double Side Band-suppressed carrier) حيث ترسل حزمتين جانبيتين دون إرسال الحامل، ويكون طيف الإشارة كما هو موضح في الشكل التالي:



في نظام التعديل DSB-SC ترسل الحزمتين الجانبيتين دون إرسال الحامل.

في نظام التعديل SSB-SC ترسل إحدى الحزمتين الجانبيتين فقط.

ويتم في طرف الاستقبال إعادة توليد الحامل لكي تستعاد إشارة المعلومات المرسلة. وبما أن الحزمتين الجانبيتين تحملان نفس المعلومات فيمكن كبت إحداهما وإرسال الأخرى، وذلك لكي نحقق توفيراً في الاستطاعة وفي عرض الحزمة BW. يدعى هذا النظام: نظام إرسال حزمة جانبية وحيدة أو نظام SSB (Single Side Band)

وأبسط طريقة للحصول على إشارة SSB من إشارة DSB بتمرير الأخيرة عبر مرشح تمرير حزمة BPF.

<u>مثال:</u>

عند تعديل إشارة حامل ذات تردد 1MHz تعديلاً سعوياً بإشارة معلومات تقع ترددتها ضمن المجال 15KHz-20KHz . احسب الترددات المولدة في الإشارة، وعرض حزمة الإشارة مع رسم طيف الإشارة.

الحل:

ترددات إشارة AM الناتجة هي ثلاث مركبات:

المركبة الأولى – الحامل ذو التردد: $f_c = 1MHz = 1000KHz$

المركبة الثانية – الحزمة الجانبية السفلى LSB

$f_c - f_1 = 1000 - 15 = 985\ KHz$

$f_c - f_2 = 1000 - 20 = 980\ KHz$

المركبة الثالثة – الحزمة الجانبية العليا USB

$f_c + f_1 = 1000 + 15 = 1015\ KHz$

$f_c + f_2 = 1000 + 20 = 1020\ KHz$

$$BW = 2 \cdot f_2 = 2 \cdot 20 = 40KHz$$

أو:

$$BW = (f_c + f_2) - (f_c - f_2) = 1020 - 980 = 40KHz$$

مثال:

أوجد الاستطاعة في المركبات الترددية لإشارة AM إذا كان مطال الحامل 30V ونسبة التعديل $m_a=0.067$ ومقاومة الهوائي الفعلية 50Ω .

الحل:

$$P_t = P_c + 2.P_s$$
$$P_c = \frac{V_c^2}{2R} = \frac{30^2}{2.50} = \frac{900}{100} = 9watt$$
$$P_s = \frac{m_a^2}{8R}.V_c^2 = \frac{(0.067)^2}{8.50}.900 = 1watt$$
$$P_t = 9 + 2.1 = 11watt$$

مثال:

مرسل AM يعمل عند استطاعة 50KWatt ونسبة تعديل 90% . احسب الاستطاعة المرسلة في كلا الحزمتين الجانبيتين والاستطاعة الكلية.

مثال:

أوجد الاستطاعة في المركبات الترددية لإشارة AM إذا كان مطال الحامل 50V ونسبة التعديل 50% والمقاومة الفعلية للهوائي 50Ω .

التعديل الزاوي :

له نوعان : التعديل الترددي و التعديل الطوري

1- **التعديل الترددي** :

ينتج عن تغير تردد الإشارة الحاملة بواسطة إشارة المعلومات فإذا كان تردد الحامل f_c و الإشارة المراد إرسالها v(t) يكون التردد اللحظي الناتج :

$$f_i = f_c + k\, v(t)$$

أي أن التردد اللحظي سيكون مزاح عن تردد الإشارة الحاملة f_c بواسطة إشارة المعلومات .

$$f_i = f_c + \ k\, v_m(t)$$

$$f_i = f_c \pm \Delta f$$

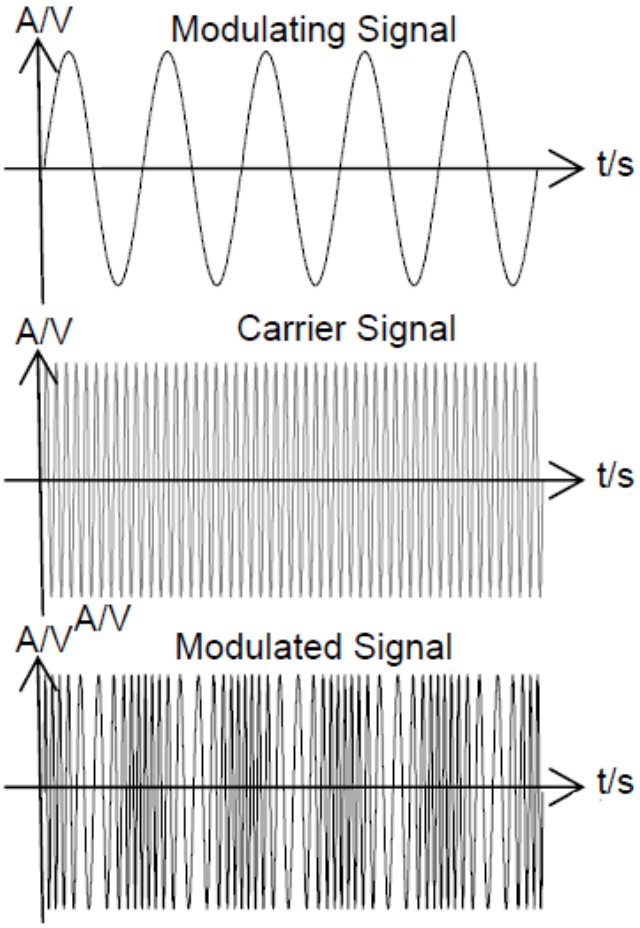
حيث : f_c: تردد الحامل

k: مقدار ثابت يشير إلى حساسية المعدل

يعرف عامل التعديل الترددي بأنه نسبة الانزياح الأعظمي لتردد الاشارة المعدلة Δf_{max} إلى تردد الاشارة المعلومات f_{m}

$$m_f = \frac{\Delta f_{max}}{f_m}$$

و يكون الانزياح الأعظمي $\Delta f_{max} = f_c + \ k\, V$



توليد التعديل الترددي :

تعتمد المعدلات الترددية على ايجاد دارة الكترونية يمكن تغيير قيمة أحد عناصر الرنين (L,C) بواسطة اشارة المعلومات عندها يصبح تردد الاشارة المولدة f_c و معها انزياح ترددي يعتمد على m(t)

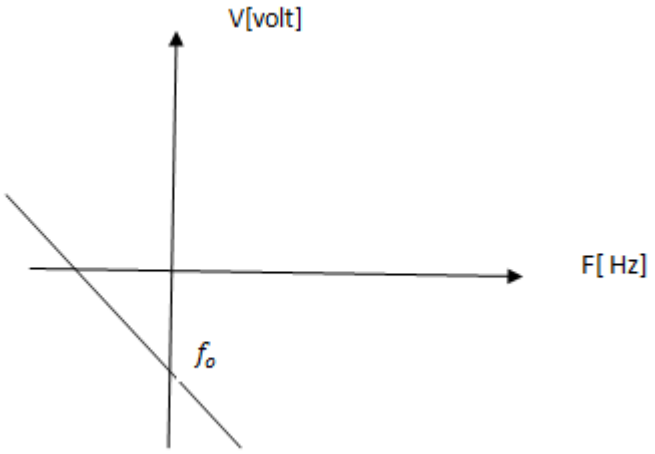
هزاز التحكم بالجهد VCO:

عبارة عن هزاز يتم التحكم بتردده عن طريق تغيير جهد الانحياز المطبق على ثنائي الفاراكتور (ثنائي سعوي تتغير فيه السعة بتغير جهد الانحياز العكسي المطبق عليه) و يستخدم VCO في معدلات FM و أجهزة الاستقبال التلفزيوني , فتغيير مطال الاشارة المرسلة يتغير جهد الانحياز المطبق على ثنائي الفاراكتور مما يغير في سعة الثنائي و بالتالي تغير تردد الهزاز .

و تكون العلاقة بين الجهد و التردد علاقة طردية

$$F \sim v$$

$$F = k \, . v$$



f_o : يمثل تردد الاهتزاز الحر للهزاز و هو تردد الهزاز عندما يكون الجهد المطبق معدوم .

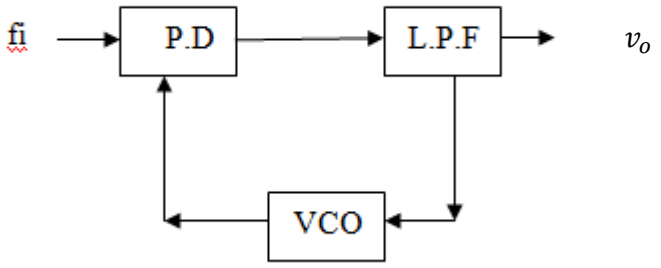
كشف التعديل الترددي (حلقة القفل الطوري PLL):

تتألف من :

1- كاشف طوري : يقوم بمقارنة طور إشارة الدخل المعدلة fi مع تردد خرج VCO و تعطي جهد يتناسب مع الفرق بين هذين الترددين

2- مرشح تمرير منخفض LPF : يقوم بحذف الترددات العالية و اشارة خرجه التي تعبر عن جهد الفرق تغذي VCO

3- هزاز التحكم بالجهد VCO : يغير تردد خرجه حسب هذا الجهد .



طيف الاشارة FM :

بما أن تردد الاشارة المعدلة يتغير لحظيا مع تغيرات اشارة المعلومات فإن الاشارة FM تحوي عدد لا نهائي من المركبات (الحزم) الترددية و كلما كان عامل التعديل أصغر فإن عدد الحزم ينقص .

2- **التعديل الطوري :**

ينتج عن تغير طور الإشارة الحاملة بواسطة إشارة المعلومات فإذا كان طور الحامل θ_c و إشارة المعلومات المراد إرسالها v(t) يكون الطور اللحظي الناتج :

$$\theta_i = \theta_c + k\, v(t)$$

و بالتالي انزياح الطور يزداد مع زيادة جهد الاشارة المعدلة و بالعكس و يتم الحصول على هذا النوع من التعديل عن طريق معدل طوري أو بالاعتماد على المعدل الترددي بعد ادخال اشارة المعلومات دارة تفاضل .

نظم التعديل النبضية :

نظام التعديل النبضي هو النظام الذي تكون فيه الإشارة الحاملة عبارة عن سلسلة من النبضات ذات مطال و عرض و موقع ثابت و تقوم إشارة المعلومات التماثلية بتغيير أحد عناصر هذه النبضات بما يتناسب مع مطال إشارة المعلومات .

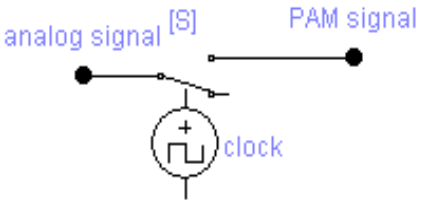
حيث يتم تحويل الإشارة التماثلية إلى عينات عن طريق أخذ عينات من هذه الاشارة و بذلك تحمل كل نبضة عينة من الاشارة .

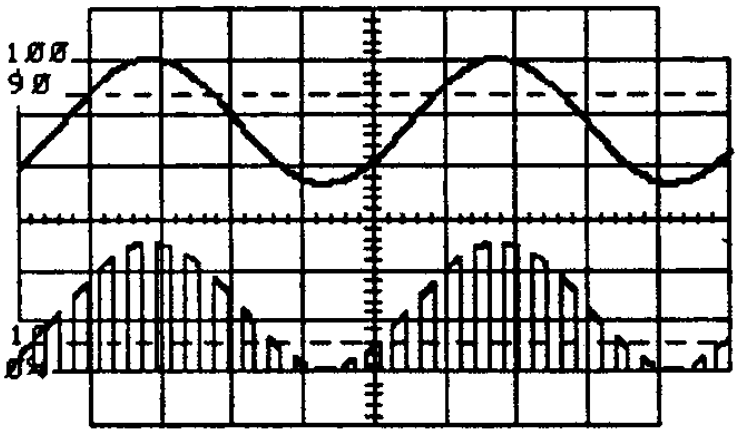
نظام التعديل النبضي يشبه إلى حد كبير التعديل التشابهي حيث يتغير مطال النبضة (نظام PAM) أو عرض النبضة (نظام PWM) أو موقع النبضة (نظام PPM) مع تغيرات مطال إشارة المعلومات .

1- نظام تعديل مطال النبضة PAM :

يتغير فيه مطال قطار النبضات بما يتناسب مع مطال إشارة المعلومات التشابهية حيث تؤخذ عينات من إشارة المعلومات بواسطة قطار النبضات و يعتمد ذلك على نظرية أخذ العينات التي تنص على أنه إذا كان لدينا إشارة تشابهية ذات عرض حزمة محدد , فإنه يمكن الحصول على عينات من الإشارة مفصولة بزمن ($T_s = \frac{1}{f_s}$) بشرط أن يكون تردد أخذ العينات f_s أكبر من ضعفي أعلى تردد في إشارة المعلومات . $f_s \geq 2f_m$

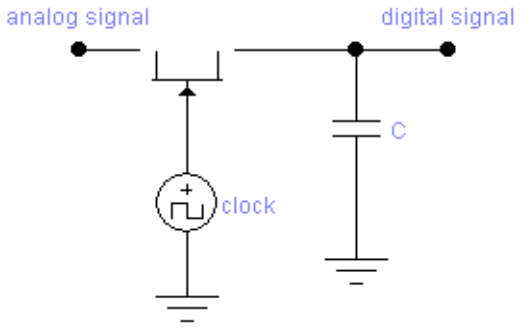
و يدعى $f_s = 2f_m$ بمعدل نايكوست و يمثل أصغر معدل أخذ عينات نظري لتشكيل إشارة معدلة نبضيا .

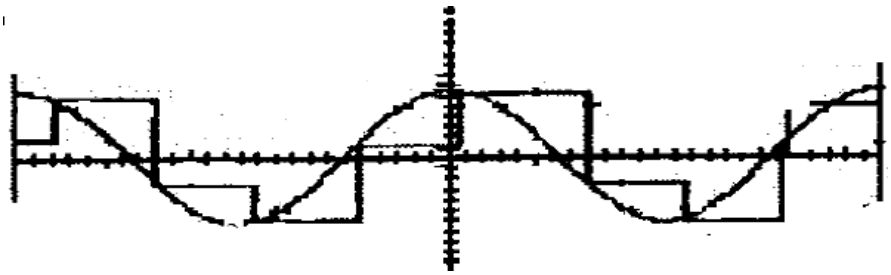




دارة أخذ العينات مع ماسك : (SH)

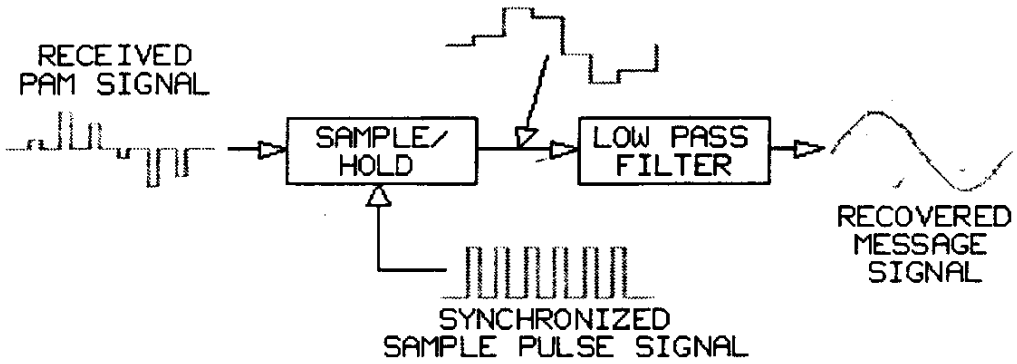
وهي الطريقة الأكثر استخداما لتقطيع الإشارة , حيث يستخدم بالإضافة للترانزستور الحقلي الذي يعمل كمفتاح للسماح بمرور أو عدم مرور إشارة الدخل خلال زمن التقطيع T_s و تحتفظ بهذه القيمة حتى ورود العينة التالية و بالتالي سيكون مطال النبضة ثابت خلال زمن أخذ العينة .





كشف الاشارة PAM :

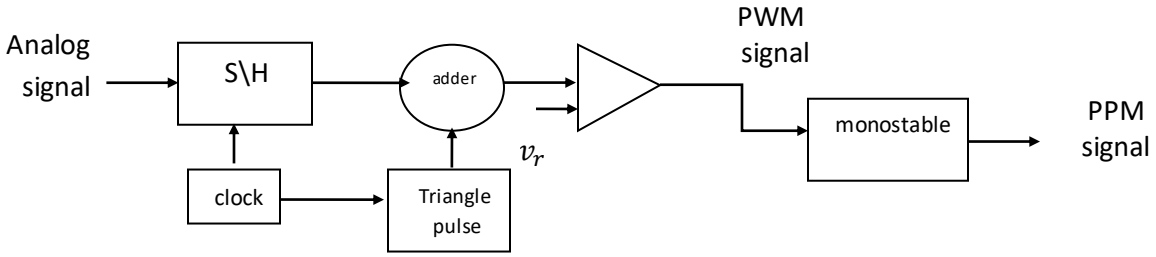
يتم عن طريق تمرير قطار نبضات PAM عبر مرشح تمرير منخفض فنحصل في الخرج على الاشارة الأصلية مع مركبة الاشارة المستمرة و التي نتخلص منها عن طريق تمريرها عب مكثف لإلغائها .



تعديل زمن النبضة (PTM) :

و له نوعان : تعديل عرض النبضة (PWM) و تعديل موقع النبضة (PPM)

طريقة توليد الإشارة :

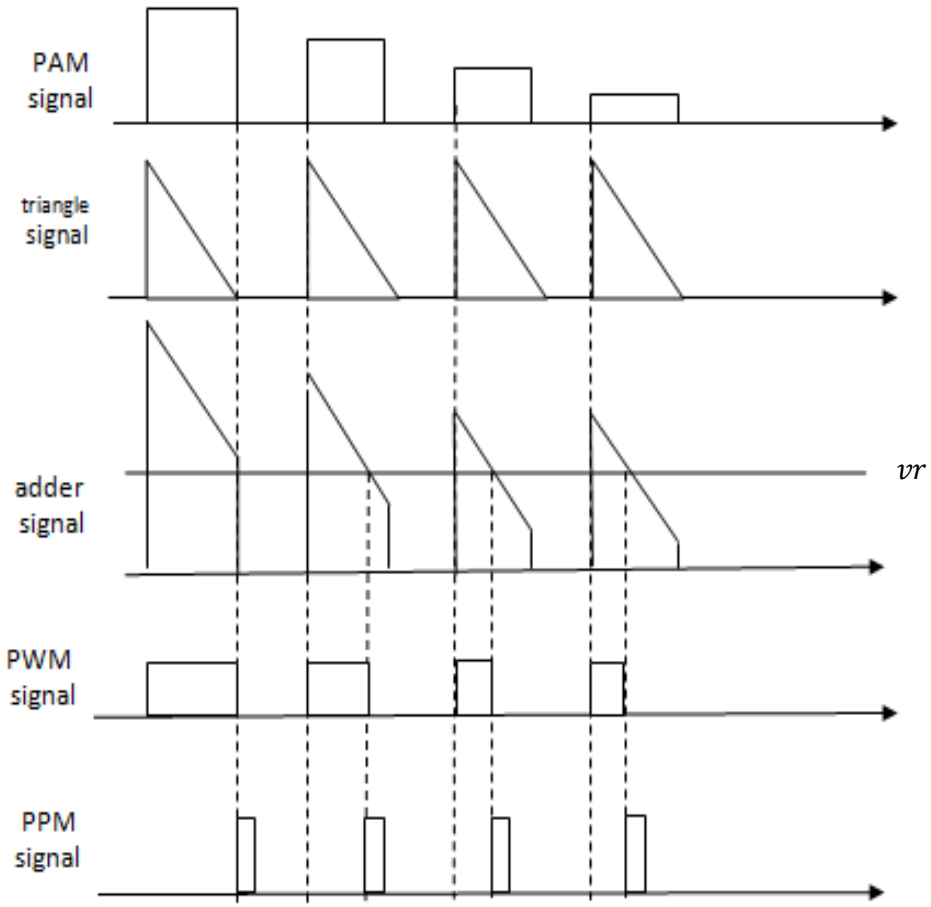


يتم توليد تعديل زمن النبضة بالطريقة المتزامنة حيث يتم جمع إشارةي PAM التي تمثل عينات الإشارة الأصلية مع إشارة سن منشار متزامنة مع إشارة clock في دارة اخذ العينات , إشارة المجموع تقارن مع جهد مرجعي v_r , اشارة خرج المقارن (إشارة PWM) عبارة عن نبضات عرضها يتناسب مع مطال إشارة المعلومات

{ المقارن عبارة عن دارة تعطي قيمة "1" عندما يكون جهد المدخل غير العاكس (+) و المطبق عليه إشارة المجموع أكبر من جهد المدخل العاكس (-) (v_r) , و عندما يصبح v_r أكبر من إشارة المجموع يعطي المقارن "0" } .

بإدخال إشارة خرج المقارن (PWM) إلى دارة وحيد استقرار ينتج نبضات عند كل جبهة هابطة نحصل في الخرج على نبضات البعد بينها يتناسب مع مطال إشارة المعلومات (و عرضها ثابت)

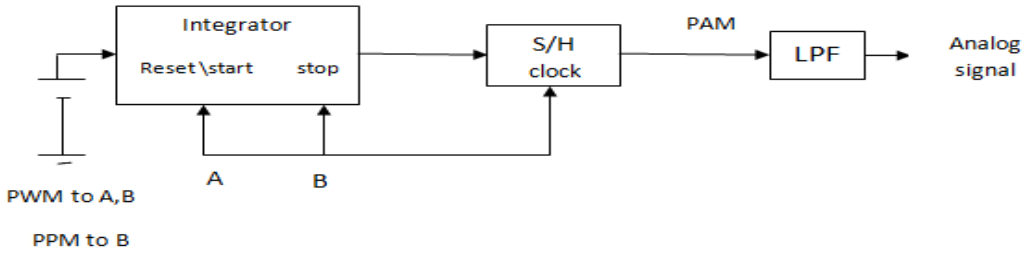
{ وحيد الاستقرار : دارة اهتزاز الحالة المستقرة لها عند "0" و تعطي "1" عند ورود نبضة قدح و ذلك لفترة زمنية محددة ثم يعود للحالة المستقرة "0" حتى ورود جبهة هابطة أخرى }.

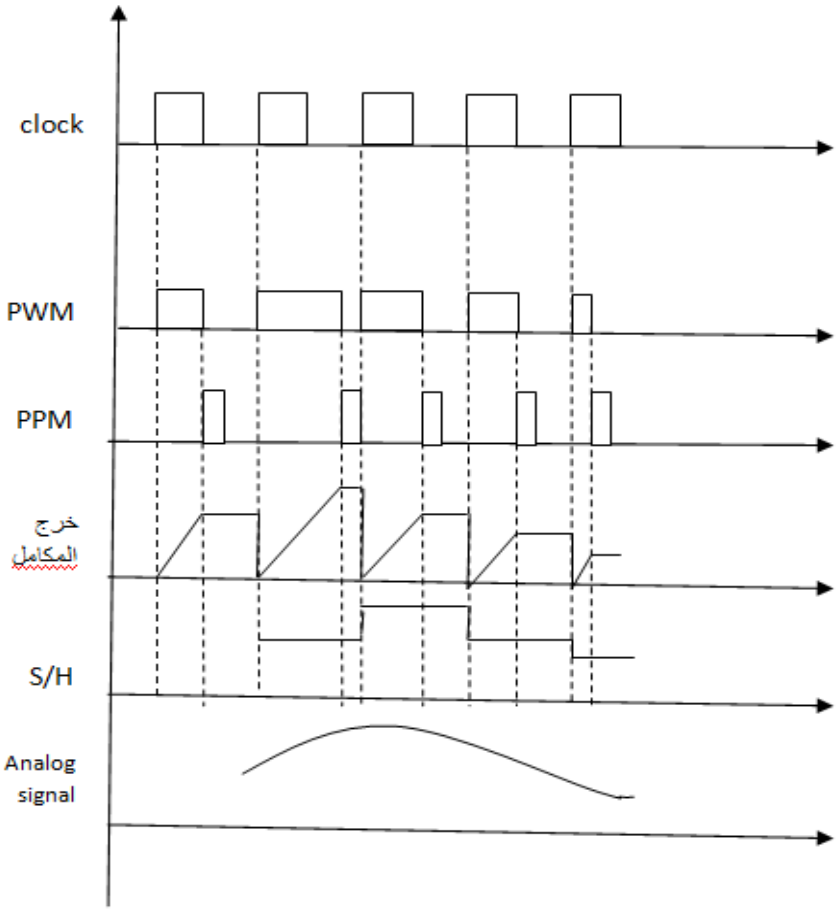


الكشف عن تعديل PWM , PPM :

تستخدم النبضات المعدلة لتشغيل و ايقاف عمل المكامل أي يبدأ المكامل عمله عندما تتغير النبضة من المستوي المنخفض إلى المستوى العالي و يستمر حتى عودة النبضة إلى المستوي المنخفض (stop pulse) . إذا كان مدخل المكامل موصول لمنبع جهد ثابت v_r فإنه يحافظ على القيمة الأخيرة حتى ورود جبهة أمامية (صاعدة) لنبضة ثانية حيث تحدث عملية reset و يبدأ المكامل من الصفر .

نحافظ على مستوى خرج المكامل ليكون مساويا لمستوى نبضات PAM بواسطة دارة حجز عينات (S/H) و بعد ذلك نحصل على الاشارة التشابهية الاصلية بتمرير اشارة PAM عبر مرشح تمرير منخفض (LPF).





مسألة : أوجد الانحراف الأقصى للتردد و عامل التعديل لمعدل FM حساسيته $k_f = 10\ kHz/V$ و اشارة دخله $v(t) = 2\cos(4.\pi 10^3\ t)$

التعديل النبضي المشفر PCM (pulse code modulation) :

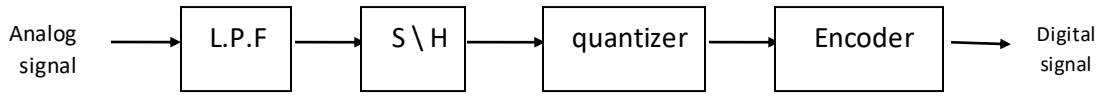
هو عملية تبديل تشابهي رقمي حيث يتم تبديل المعلومات المحتواة في عينات لحظية للإشارة التشابهية بعدد من النبضات الثنائية وفق ترميز معين , و أبسط صورة للشيفرة وجود أو عدم وجود نبضة في القيمة المحددة أو نظام التعديل المشفر الثنائي , و تمثل فيه كل كلمة رقمية بـ n خانة ثنائية , $Q=2^n$ عدد الحالات المحتملة للشيفرة الثنائية .

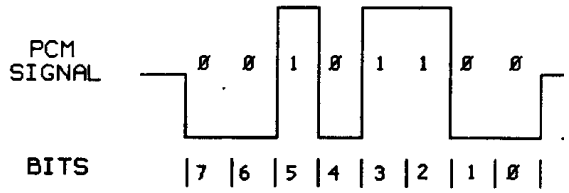
ميزات النظام الرقمي :

1- إمكانية دمج المعطيات المختلفة و إرسالها وفق نظام متعدد الأقنية
2- في الأنظمة الهاتفية تستخدم مكررات repeaters للمسافات البعيدة و نظام PCM يسمح بتوليد إشارة خرج لهذه المكررات خالية من الضجيج .
3- نسبة الإشارة للضجيج (S/N) العالية بالمقارنة مع الأنظمة الأخرى .

مراحل التعديل PCM :

1- مرحلة الترشيح : لتحديد عرض الحزمة الترددية للإشارة وفقا لنوعها .
2- أخذ العينات sampling : يتضمن قياس شدة الإشارة التشابهية عند فواصل زمنية محددة (كل T_s ثانية) و نحصل على إشارة PAM .
3- التكميم quantizing : و هو إعطاء كل عينة قيمة ما حيث يتم تقريب مستويات العينات المأخوذة إلى اقرب مستوي تكميم و يمثل كل مستوي شيفرة رقمية مما ينتج خطا تكميم و هو الفرق بين إشارتي الدخل و الخرج للمكمم , و درجة الدقة تعتمد على عدد مستويات التكميم المستخدمة .
4- التشفير encoding : و هو إعطاء كل مستوي تكميم شيفرة ثنائية تتألف من مجموعة من النبضات الثنائية نسمى الخانات أو البتات n .
$Q=2^n$: عدد مستويات التكمية (في التشفير الثنائي) .





خصائص النظام PCM :

1- معدل إرسال النبضات الرقمية أو معدل البت bit rate : يحدد عدد النبضات الرقمية المرسلة بالثانية :

$$= \frac{1}{T} = n\, f_s = Rr_b$$

n عدد الخانات (bit)

f_s تردد أخذ العينات أو معدل البود (sample / s)

T دور النبضات الرقمية (sec)

T_s المدة الزمنية بين عينات الإشارة (زمن أخذ العينات)

R سرعة النقل (bit / sec) .

2- جودة الإشارة :

و تقاس بنسبة الإشارة للضجيج (S/N) , فكلما ارتفعت هذه النسبة تحسنت جودة الإشارة , و ترتفع هذه النسبة بزيادة عدد المستويات و بالتالي عدد الخانات :

$$S/N = \frac{3Q^2}{1+4(Q^2-1)p_e}$$

حيث : p_e احتمال خطأ البت

3- عرض حزمة الإشارة :

$$Bw = \frac{nf_s}{2} = \frac{R}{2} \quad (Hz)$$

مسائل :

1- في نظام PCM تعطى نسبة الإشارة للضجيج $(S/N)_{dB}$= 40dB و المطلوب :

1- عدد المستويات علما أن Pe=0

2- سرعة النظام إذا كان f_m=4MHz

1 -$(S/N)= 3Q^2/1+4(Q^2-1)Pe = 3Q^2$: Pe=0

$(S/N)dB= 10*\log (S/N) = 40$

$\log (S/N) = 4$ $(S/N) = 10000 = 3Q^2$

Q= 57.7 ≈ 58 level

2- $Q = 2^n \rightarrow$ $\log Q = n \log 2$

n = 3.32 log 58 = 5.8 ≈ 6 bit

3- fs = 2 fm = 2*4 = 8 MHz

R= r_b = n * fs = 6* 8000 = 48 Mbps

Bw =R /2 = 48/2 = 24 kHz

2- مرسل AM معادلة الموجة الحاملة $Vc=10\sin 10\pi*10^5 t$

و إشارة المعلومات $Vm=2\sin 2\pi*10^3 t$

1- استنتاج معادلة الموجة المعدلة

2- ما هي استطاعة المركبات الترددية في هذه الإشارة إذا كانت مقاومة الهوائي 50Ω

1- $v(t)= (10+ 2\sin 2\pi*10^3)\sin 10\pi*10^5 t =$

$10\sin 10\pi*10^5 t+2\sin 2\pi*10^3 \sin 10\pi*10^5 t$

$= 10[\sin 10\pi*10^5 t + m\backslash 2 (\cos (10\pi*10^5 -2\pi*10^3)t – \cos(10\pi*10^5 +2\pi*10^3)t)]$

$= 10\sin 10\pi*10^5 t + 10m/2 (\cos (10\pi*10^5 -2\pi*10^3)t – \cos(10\pi*10^5 +2\pi*10^3)t)]$

يمثل عامل التعديل المطالي $Vm\backslash Vc= 2\backslash 10 = 0.2$

2- $Pc = Vc^2 \backslash 2R = 10^2 \backslash 2*50 = 1$ watt

3- $Ps = m^2 Pc\backslash 4 = 0.2^2 *1\backslash 4 = 0.01$ watt

$$v = V_C \sin w_c t + \frac{m_a}{2} \cos(w_c - w_m)t - \frac{m_a}{2} \cos(w_c + w_m)t$$

مسألة:

في نظام PCM تعطى نسبة الإشارة للضجيج $(S/N)_{dB}= 40dB$ و المطلوب :

3- عدد المستويات علما أن $Pe=0$

4- سرعة النظام إذا كان $f_m=4MHz$

1 -$(S/N)= 3Q^2/1+4(Q^2-1)Pe = 3Q^2$: $Pe=0$

$(S/N)dB= 10*\log (S/N) = 40$

$\log (S/N) = 4$ $(S/N) = 10000 = 3Q^2$

$Q= 57.7 \approx 58$ level

2- $Q = 2^n \rightarrow$ $\log Q = n \log 2$

$n = 3.32 \log 58 = 5.8 \approx 6$ bit

3- $fs = 2\, fm = 2*4 = 8$ MHz

$R= r_b= n * fs = 6* 8000 = 48$ Mbps

$Bw =R /2 = 48/2 = 24$ kHz

مسألة:

في مرسل AM تعطى معادلة الموجة الحاملة $Vc=10\sin 10\pi*10^5 t$

و إشارة المعلومات $Vm=2\sin 2\pi*10^3 t$

المطلوب:

3- استنتاج معادلة الموجة المعدلة

4- ما هي استطاعة المركبات الترددية في هذه الإشارة إذا كانت مقاومة الهوائي 50Ω

4- $v(t)= (10+ 2\sin 2\pi*10^3)\sin 10\pi*10^5 t$

$$=10\sin 10\pi*10^5 t+2\sin 2\pi*10^3 \sin 10\pi*10^5 t$$

$$= 10[\sin 10\pi*10^5 t + 2/10[(\cos (10\pi*10^5 -2\pi*10^3)t - \cos(10\pi*10^5 +2\pi*10^3)t)]$$

$$= 10\sin 10\pi*10^5 t + 2/10[(\cos (10\pi*10^5 -2\pi*10^3)t - \cos(10\pi*10^5 +2\pi*10^3)t)]$$

يمثل عامل التعديل المطالي $Vm\backslash Vc= 2\backslash 10 = 0.2$

5-

استطاعة الحامل $Pc = Vc^2 \backslash 2R = 10^2 \backslash 2*50 = 1$ watt

استطاعة الحزمة الجانبية $Ps = m^2 Pc\backslash 4 = 0.2^2 *1\backslash 4 = 0.01$ watt

<u>مسألة:</u>

عند تعديل إشارة حامل ذات تردد 1MHz تعديلاً سعوياً بإشارة معلومات تقع ترددتها ضمن المجال 15KHz-20KHz . احسب الترددات المولدة في الإشارة، وعرض حزمة الإشارة مع رسم طيف الإشارة.

<u>الحل:</u>

ترددات إشارة AM الناتجة هي ثلاث مركبات:

المركبة الأولى – الحامل ذو التردد: $f_c = 1MHz = 1000KHz$

المركبة الثانية الحزمة الجانبية السفلى LSB

$f_c-f_1 = 1000-15 = 985$ KHz

$f_c-f_2 = 1000-20 = 980$ KHz

المركبة الثالثة – الحزمة الجانبية العليا USB

$f_c+f_1 = 1000+15 = 1015$ KHz

$f_c+f_2 = 1000+20 = 1020$ KHz

$$BW = 2 . f_2 = 2 . 20 = 40KHz$$

أو:

$$BW = (f_c+f_2) – (f_c-f_2) = 1020 – 980 = 40KHz$$

<u>مثال:</u>

أوجد الاستطاعة في المركبات الترددية لإشارة AM إذا كان مطال الحامل 30V ونسبة التعديل $m_a=0.067$ ومقاومة الهوائي الفعلية 50Ω .

<u>الحل:</u>

$$P_t = P_c + 2.P_s$$

$$P_c = \frac{V_c^2}{2R} = \frac{30^2}{2.50} = \frac{900}{100} = 9watt$$

$$P_s = \frac{m_a^2}{8R}.V_c^2 = \frac{(0.067)^2}{8.50}.900 = 1watt$$

$$P_t = 9 + 2.1 = 11watt$$

مثال:

مرسل AM يعمل عند استطاعة 50KWatt ونسبة تعديل 90% . احسب الاستطاعة المرسلة في كلا الحزمتين الجانبيتين والاستطاعة الكلية.

مثال:

أوجد الاستطاعة في المركبات الترددية لإشارة AM إذا كان مطال الحامل 50V ونسبة التعديل 50% والمقاومة الفعلية للهوائي 50Ω .