تطبيقات تراسل البيانات

شبكات البيانات الرقمية

- **الإنترنت**: الوب، البريد الإلكتروني، شبكات التواصل الاجتماعي، الخدمات المصرفية، الأخبار، الأحوال الشخصية، الألعاب.. وإنترنت الأشياء.. وكل شيء.
- **الواي فاي**
- **الشبكات المحلية**

وفي الواقع، من العبث أن نحاول تعداد التطبيقات في الإنترنت.

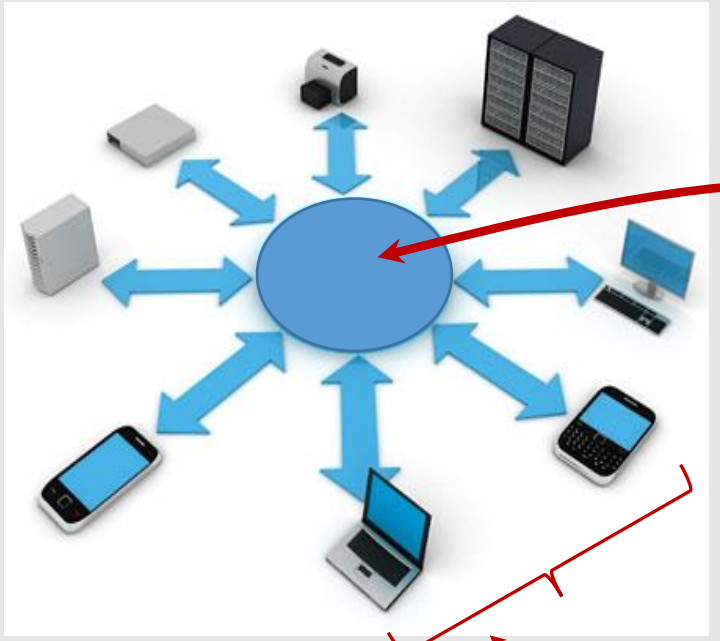
ترميز البيانات في تراسل البيانات

نفس الترميز المستعمل في الحواسيب:

ترميز الأسكي ASCII code

تُحمل رموز البيانات على إشارات كهربائية أو ضوئية أو راديوية

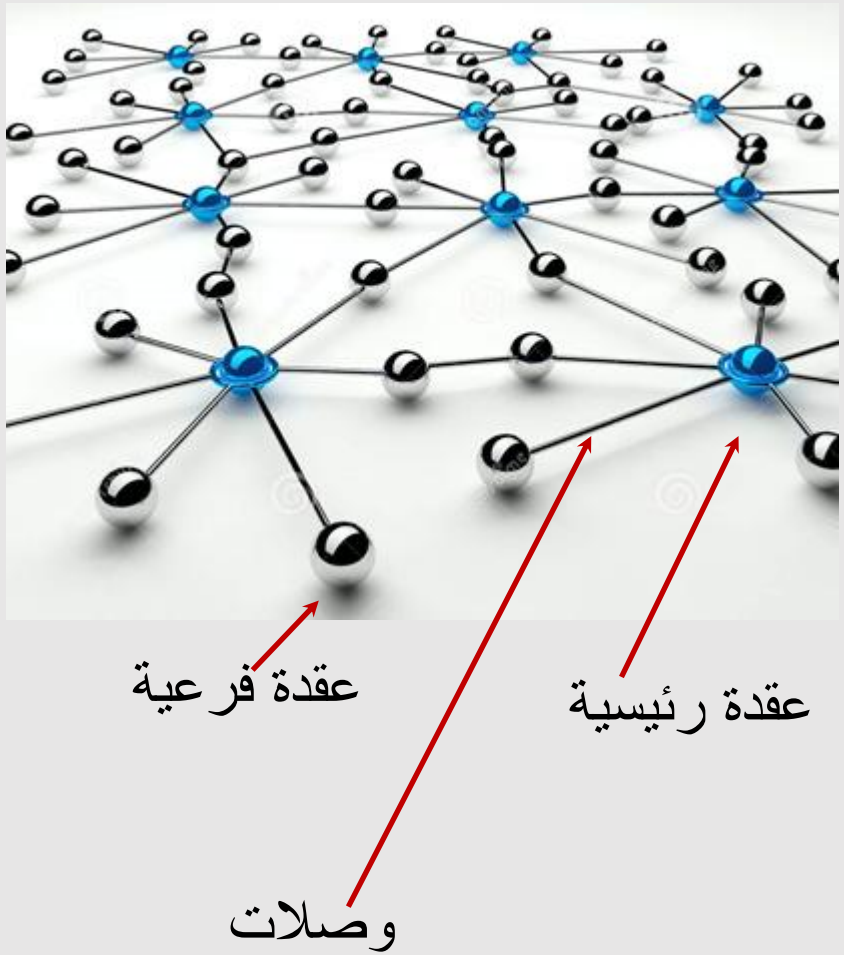
شبكات البيانات الرقمية



تتكوَّن شبكة البيانات الرقمية من:

- شبكة الاتصالات الرقمية
- مجموعة الطرفيات المتصلة بها التي تتبادل البيانات فيما بينها: حواسيب، هواتف ذكية، طابعات، آلات صناعية، مركبات فضائية..

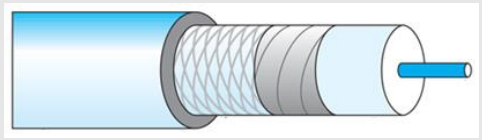
شبكات الاتصالات الرقمية

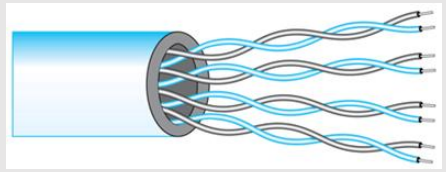


تتكوَّن شبكة الاتصالات الرقمية من:

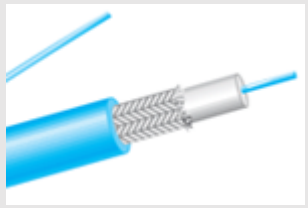
- عقد اتصالات مهمتها توجيه البيانات
- خطوط اتصالات: سلكية، راديوية، فضائية، ألياف ضوئية

وسائل نقل البيانات: عتاديات وبرمجيات

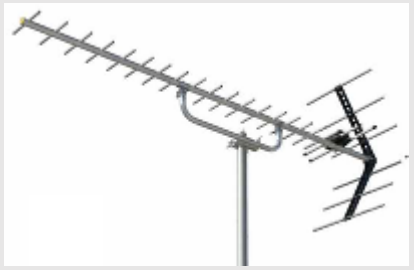




1- خطوط سلكية

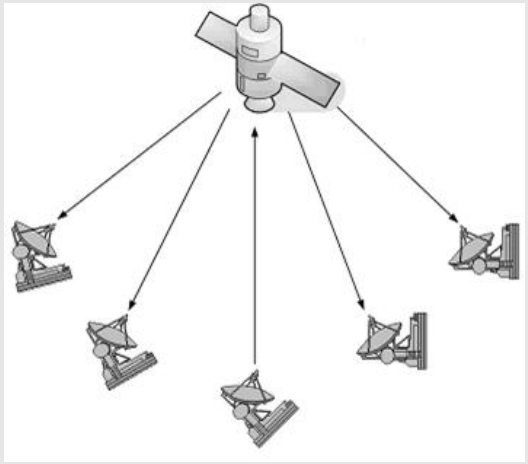


أزواج أسلاك
كبال محورية



2- ألياف ضوئية
3- وصلات راديوية

لاسلكي موجه
أمواج مكروية



4- وصلات أقمار صنعية

5- تجهيزات إلكترونية:

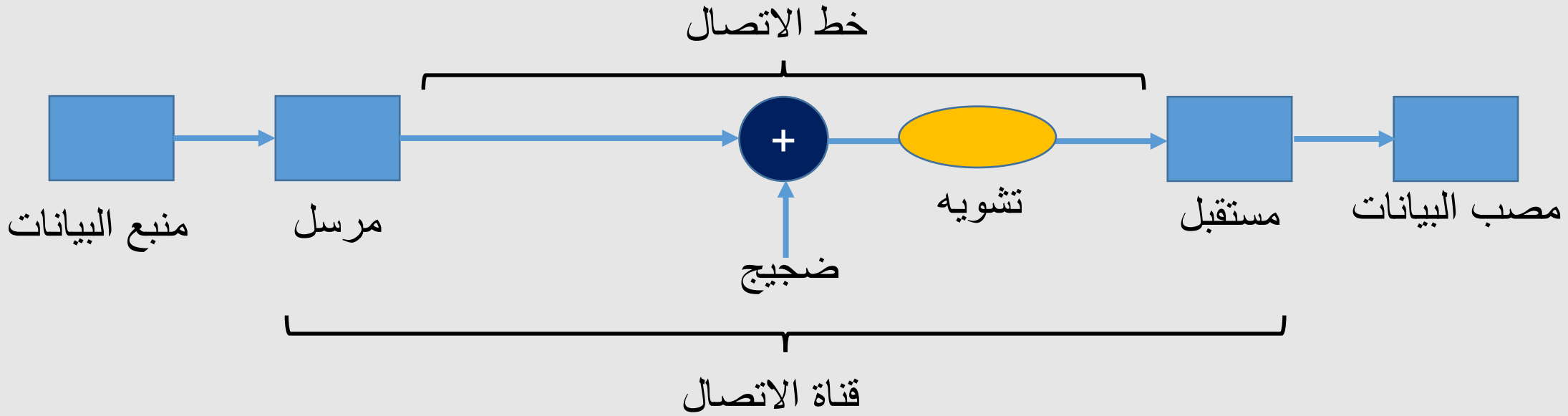
حواسيب، مودمات، راوترات...

6- برمجيات: بروتوكولات

نموذج الاتصال

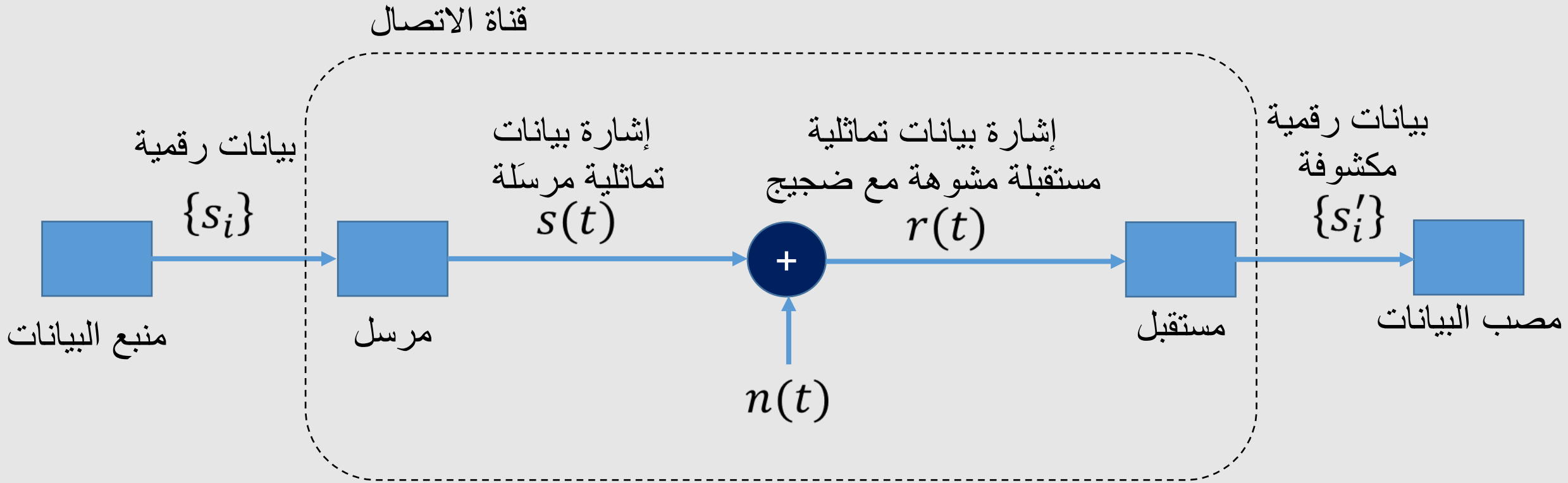
نقل البيانات: مجموعة عمليات أخذ البيانات من مصدرها وتحضيرها للنقل على خطوط الاتصالات وإرسالها واستقبالها وكشفها وتصحيحها وإيصالها إلى مصبها.

نقل البيانات هو عملية جزئية من تراسل البيانات، ويجري على قنوات الاتصالات



قناة الاتصال

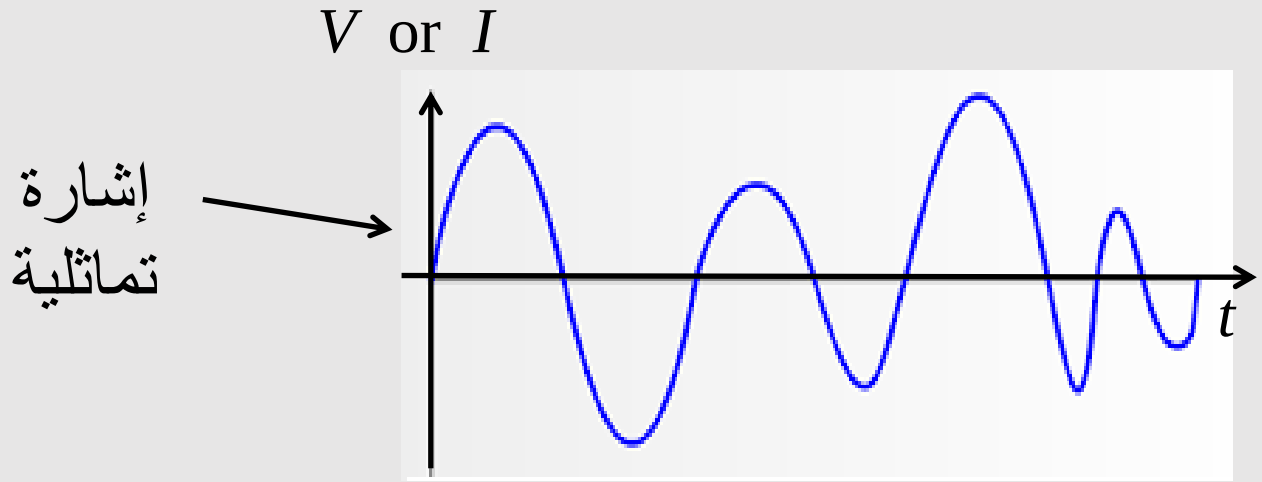
تشتمل قناة الاتصال على جميع العمليات التي تحصل في المرسل والمستقبل، إضافة إلى الضجيج والتشويه اللذين يُدخلهما خط الاتصال في إشارة البيانات.



أساسيات

الإشارة: هي مقدار كهربائي (جهد أو تيار) يعبِّر عن ظاهرة طبيعية (درجة حرارة، صوت، درجة إضاءة..) وتعكس تغيراته تغيرات تلك الظاهرة.

الإشارة التماثلية: هي الإشارة بشكلها الخام، وهي دائما مستمرة ما دامت الظاهرة الطبيعية قائمة.

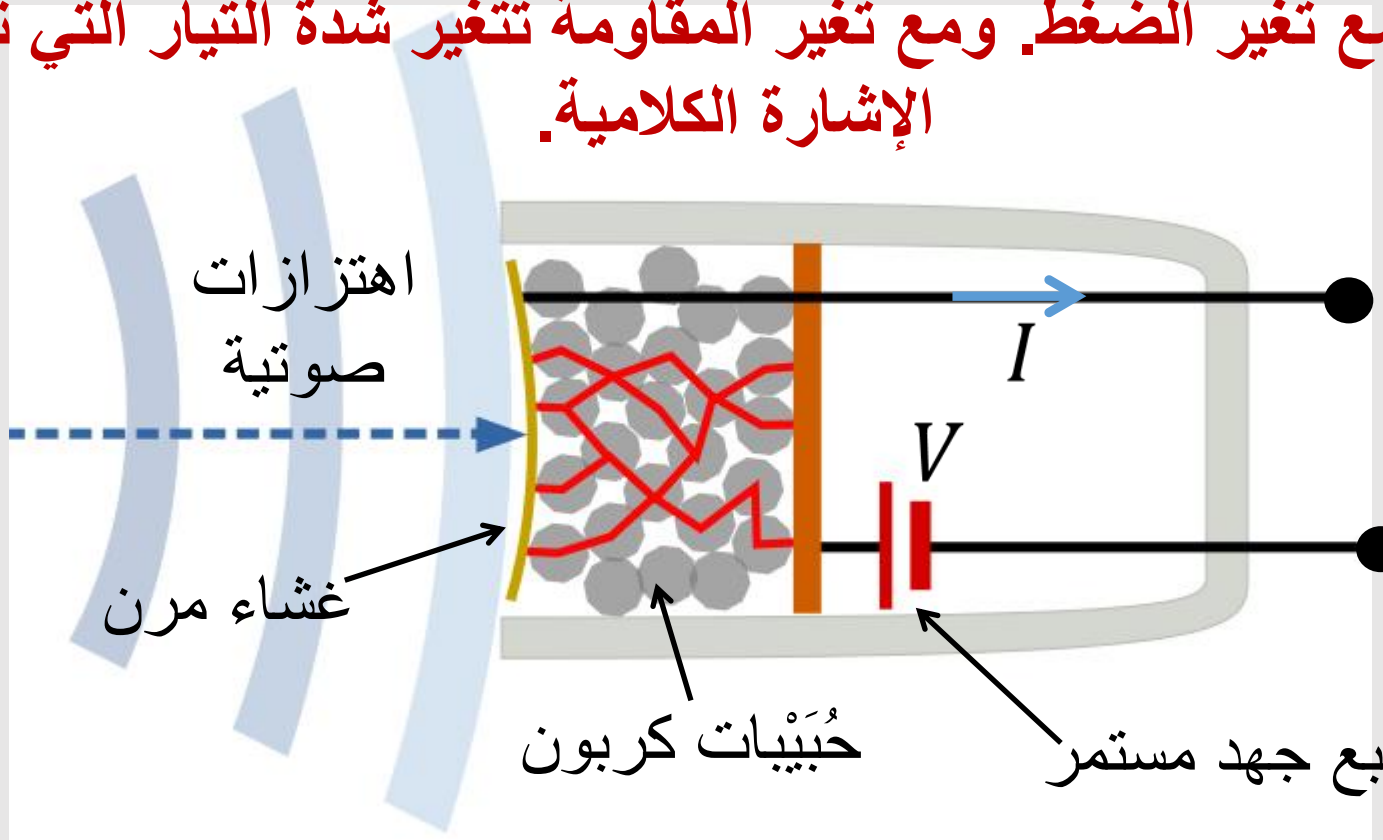


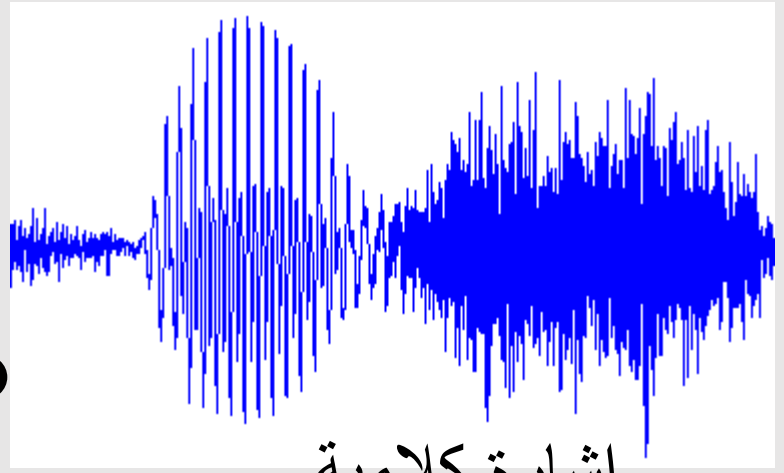
أساسيات

المكروفون الفحمي ظهر أول مرة في القرن التاسع عشر عندما اخترع غرام بل الهاتف عام 1875.

تتغير مقاومة المكروفون الفحمي مع تغير عدد الحبيبات المتماسة الذي يتغير مع تغير الضغط. ومع تغير المقاومة تتغير شدة التيار التي تمثل الإشارة الكلامية.

قانون أوم $V = IR$

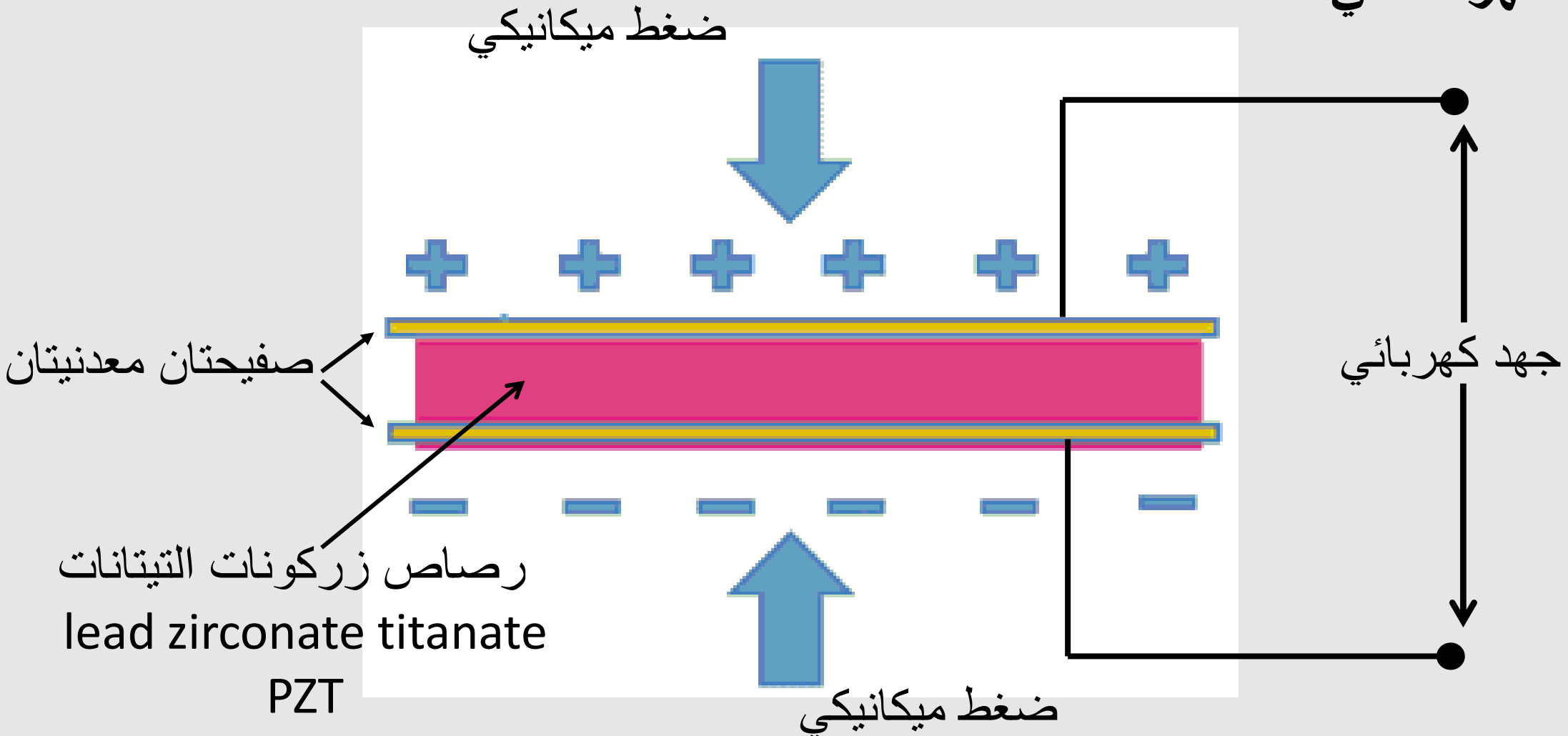




إشارة كلامية

أساسيات

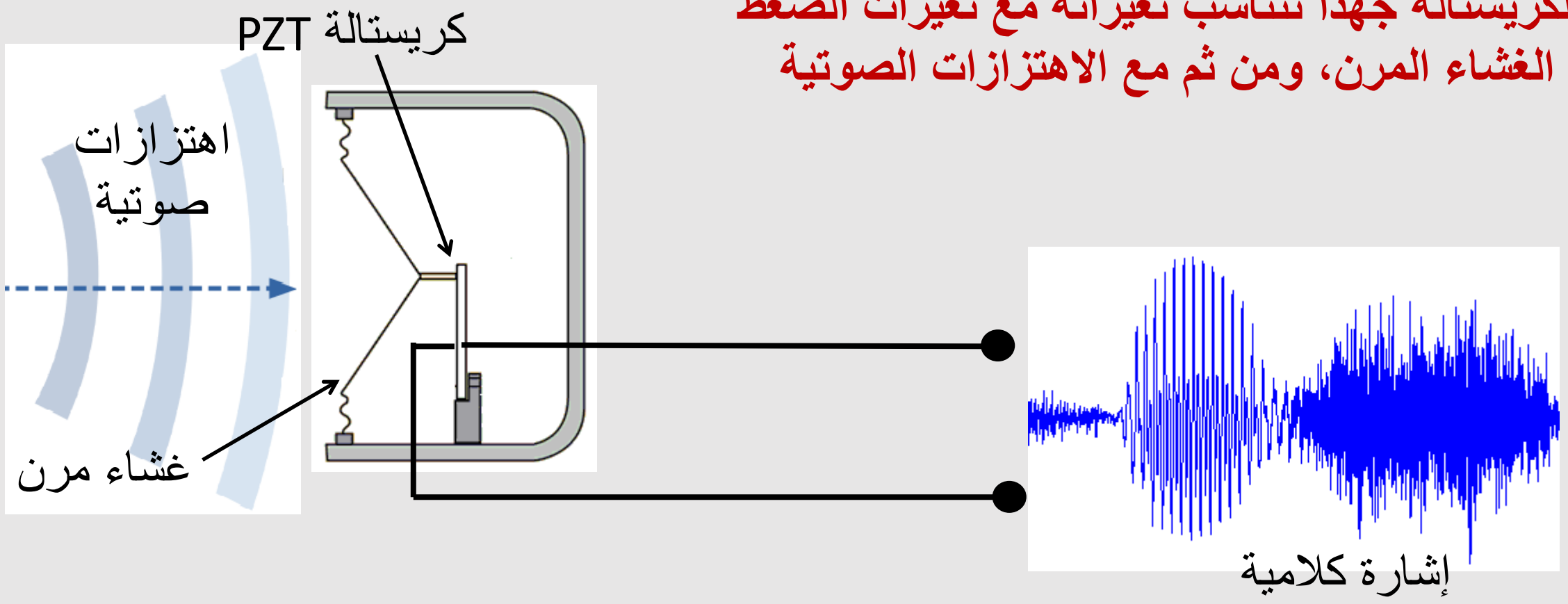
المفعول الكهرضغطي



أساسيات

المكروفون الكريستالي الكهرضغطي

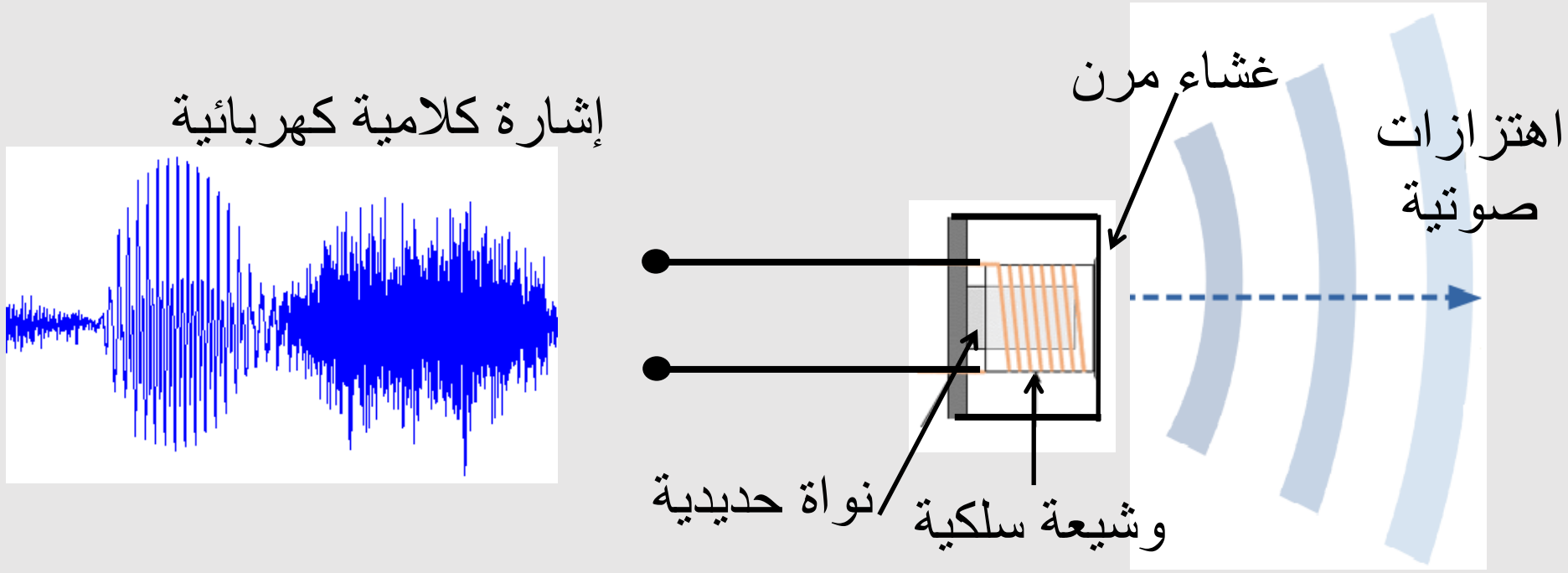
تولّد الكريستالة جهدا تتناسب تغيراته مع تغيرات الضغط على الغشاء المرن، ومن ثم مع الاهتزازات الصوتية



أساسيات

السماعة الكهرمغنطيسية

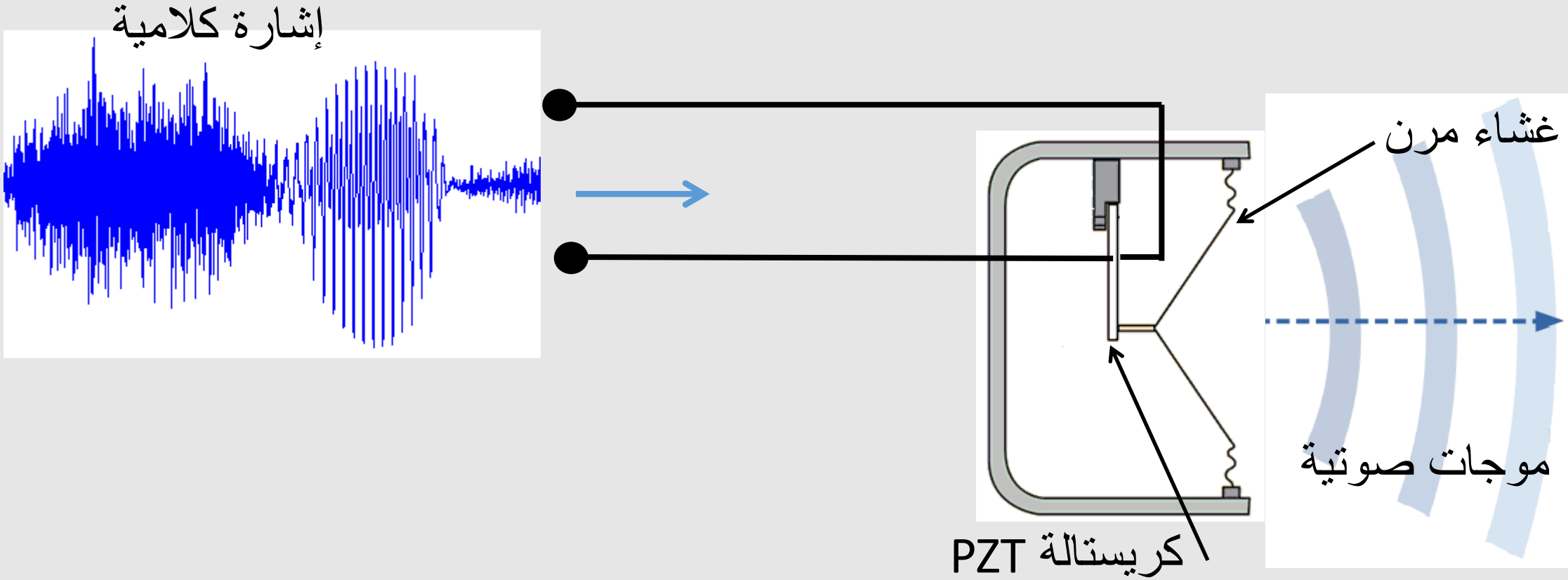
تولّد الإشارة الكلامية الكهربائية حقلا مغنطيسيا متغيرا في الوشيعة والنواة الحديدية فيهتز الغشاء المرن تبعا لتغيرات الإشارة ويُصدر اهتزازات صوتية



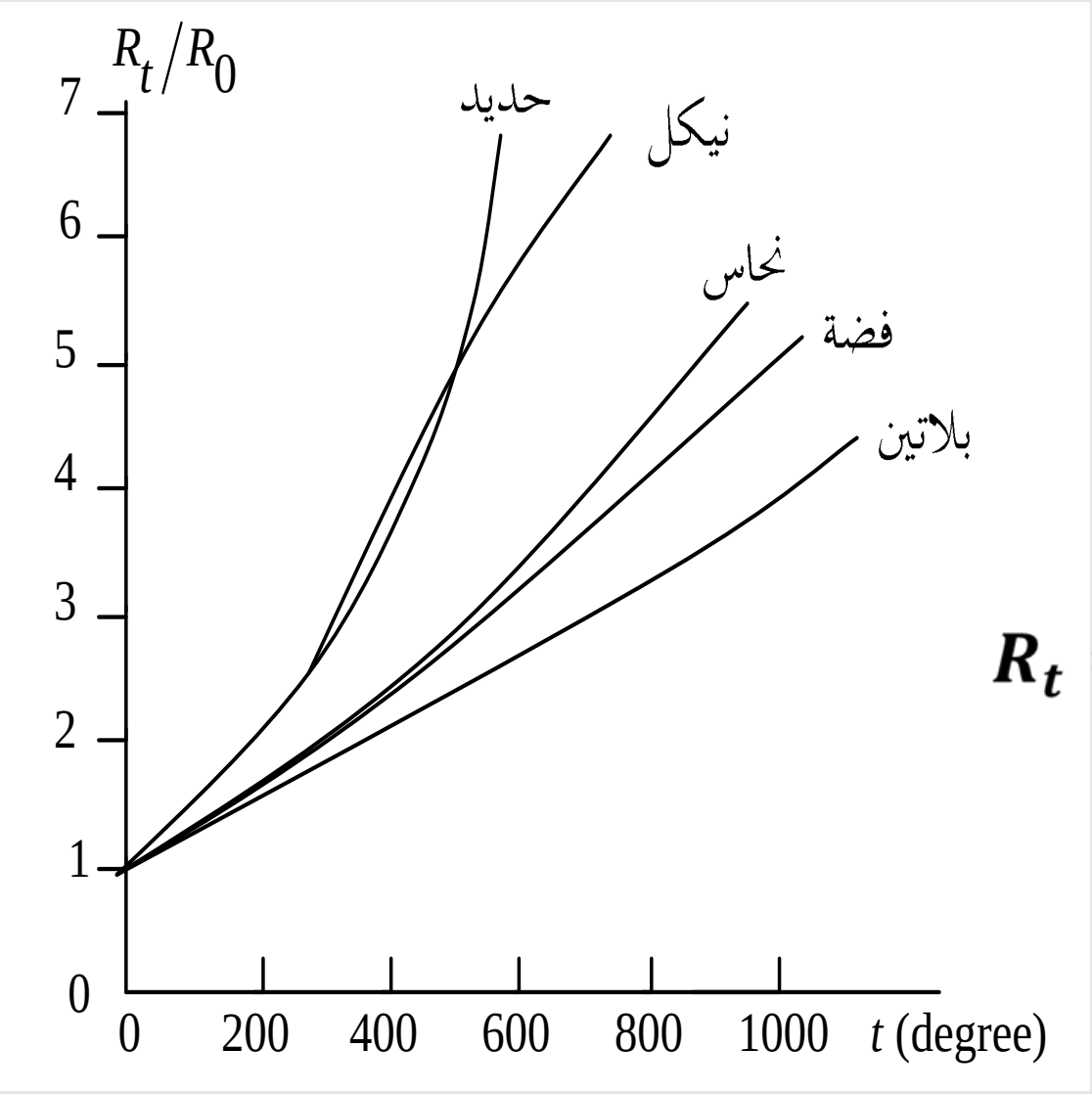
أساسيات

السماعة الكريستالية الكهرضغطية

تولّد الإشارة الكهربائية في الكريستالة اهتزازات متناسبة مع الإشارة الكهربائية الكلامية، ويؤدي ذلك إلى اهتزاز الغشاء وإصداره لموجات صوتية.



أساسيات



المُحِسّ الحراري

تتغير المقاومة الكهربائية لسلك معدني تبعا درجة حرارته

تقريب خطي خشن $R_t = R_0(1 + At)$

تقريب من الدرجة الثانية أدق $R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$

t : درجة الحرارة

A, B, C : ثوابت تابعة لنوع المادة وتحدد تجريبيا.

R_0 : المقاومة عند الدرجة صفر.

أساسيات

مُحِسّات شدة الضوء

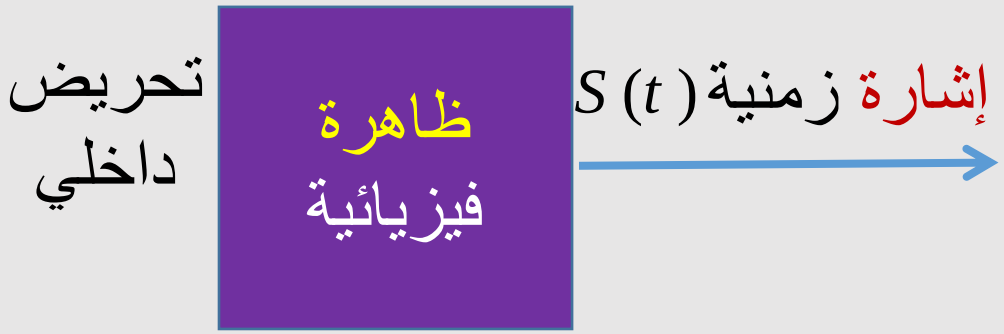
تُستعمل في الكمرات

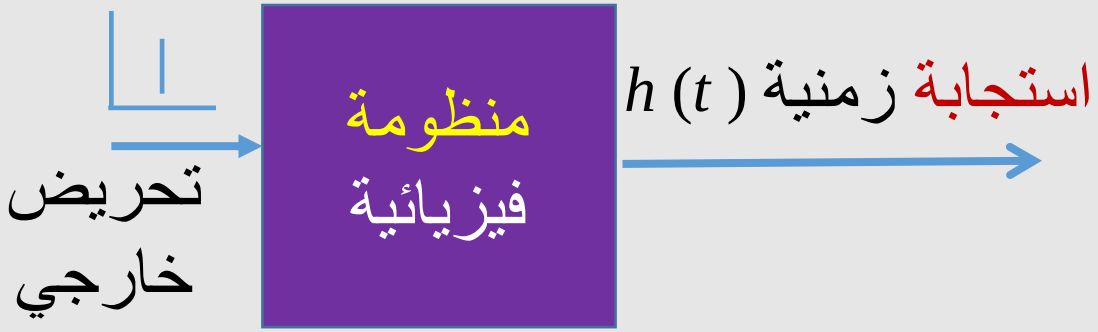
وهي نوعان:

- **مواد تختلف ناقليتها الكهربائية باختلاف شدة الضوء الساقط عليها، ويستخدم في تركيبها على سبيل المثال كبريت الكادميوم أو الجرمانيوم أو السليكون.**
- **الخلايا الكهرضوئية التي تتركب من وصلات أنصاف النواقل المستخدمة في الترانزستور، وتعتمد في مبدأ عملها على نشوء قوة محركة كهربائية بين طرفي الوصلة لدى سقوط الضوء عليها تتناسب قيمتها مع شدته.**

أساسيات

تمثيل الإشارات:





أساسيات

تحويل فورييه:

$$F\{x(t)\} = X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft}dt$$

تحويل فورييه العكسي:

$$F^{-1}\{X(f)\} = x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f)e^{+j2\pi ft}dt$$

$x(t)$: تابع زمني

$X(f)$: تابع ترددي

f : متغير التردد

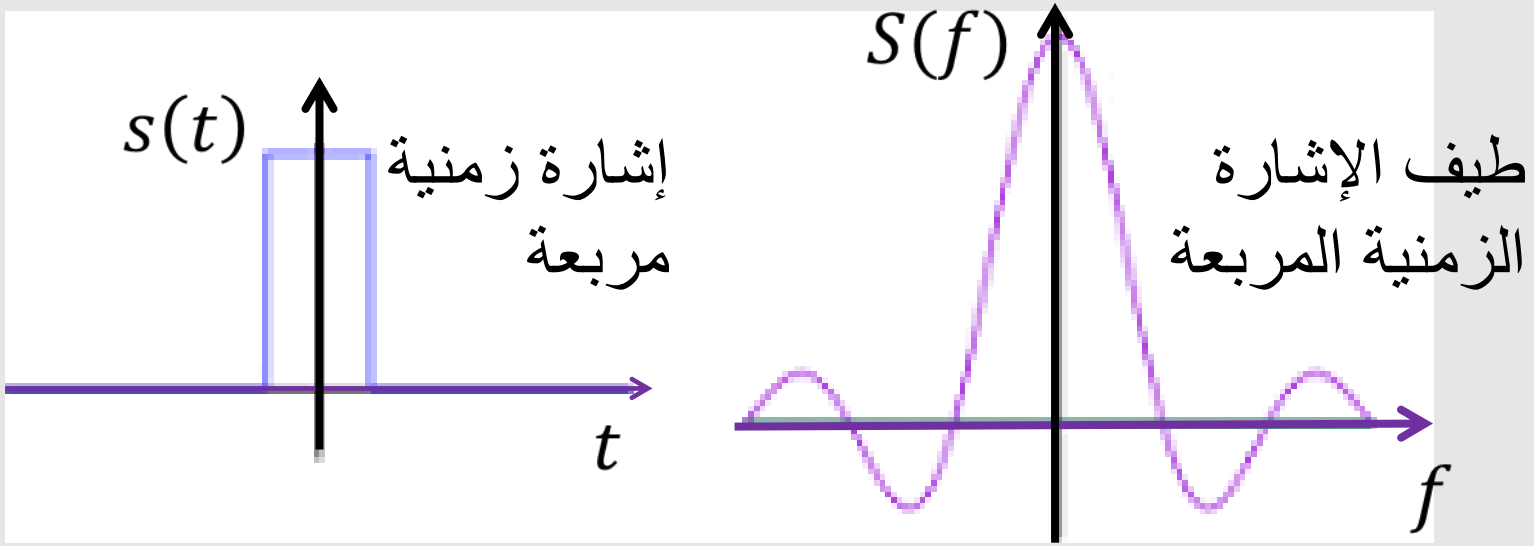
t : متغير الزمن

$j = \sqrt{-1}$

أساسيات

طيف الإشارة الزمنية $s(t)$:

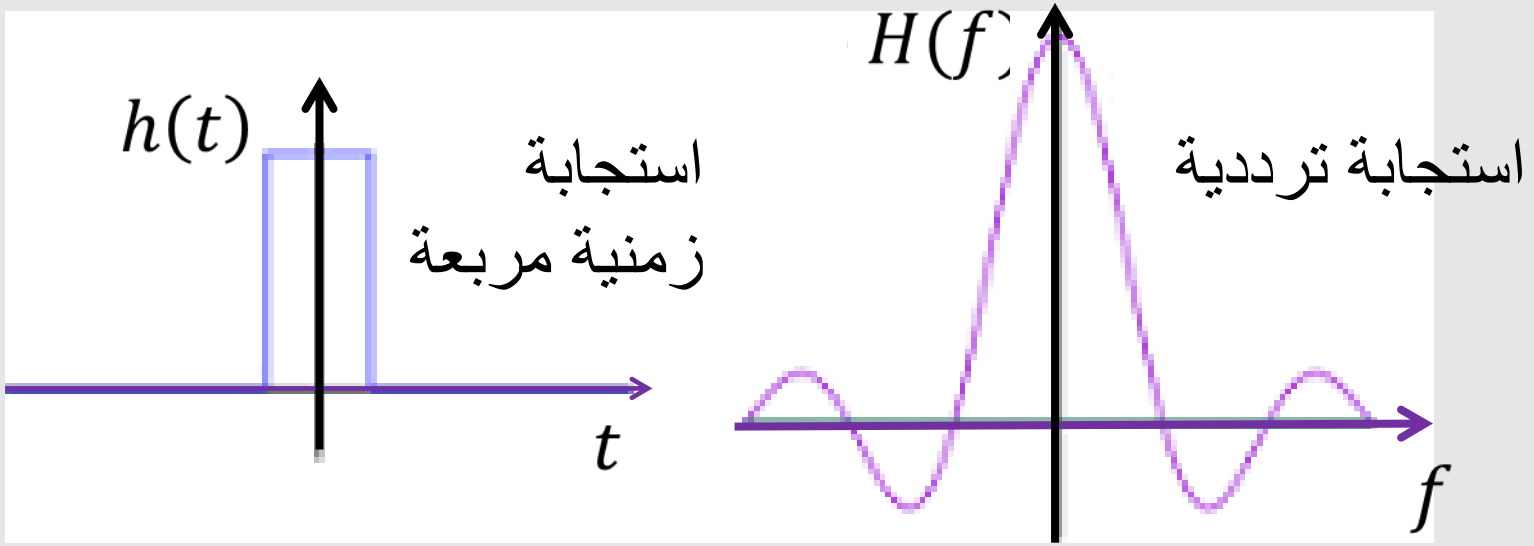
$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi f t} dt$$



أساسيات

الاستجابة الزمنية $h(t)$:

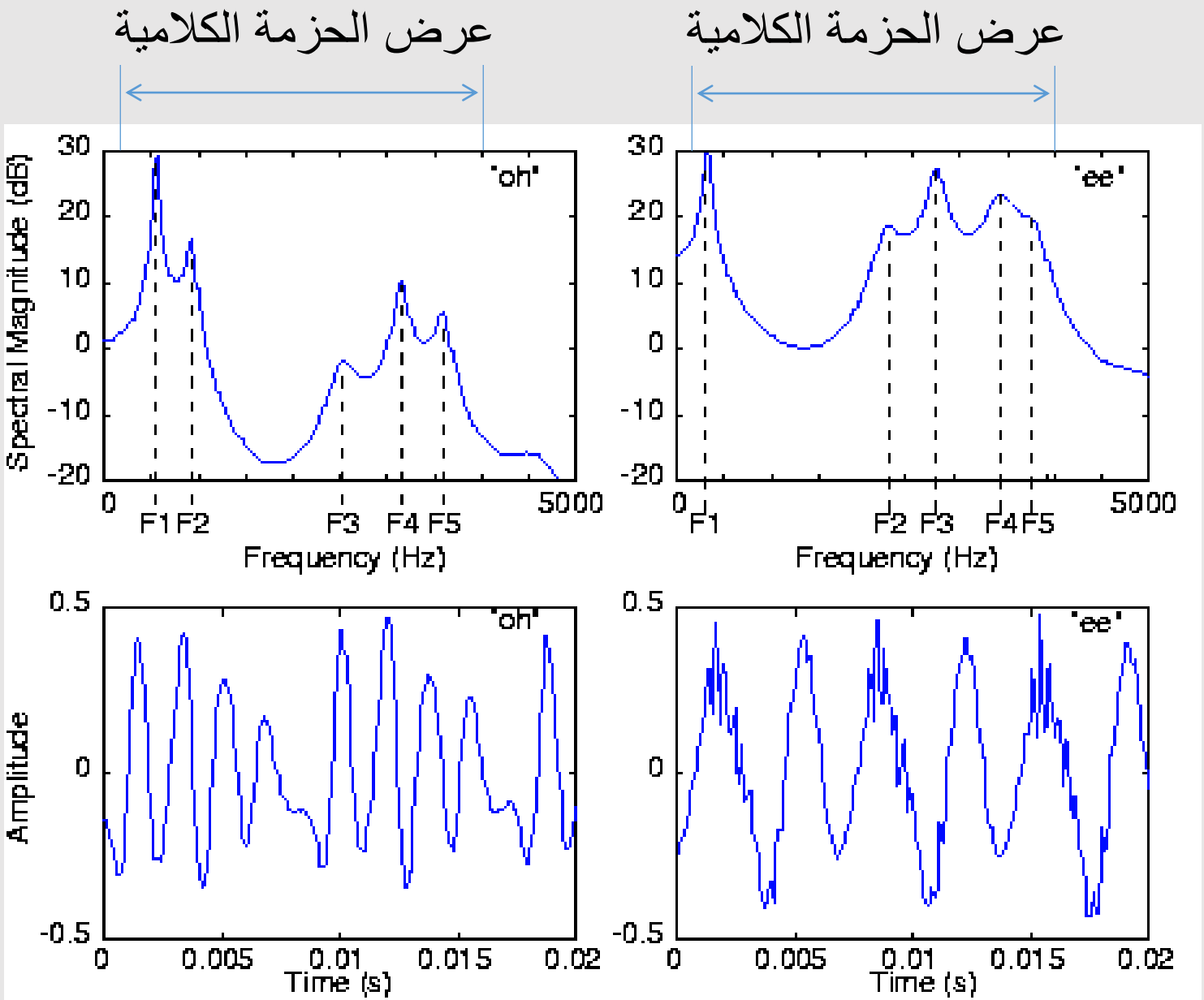
$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j2\pi f t} dt$$



أساسيات

طيف الإشارة الكلامية:

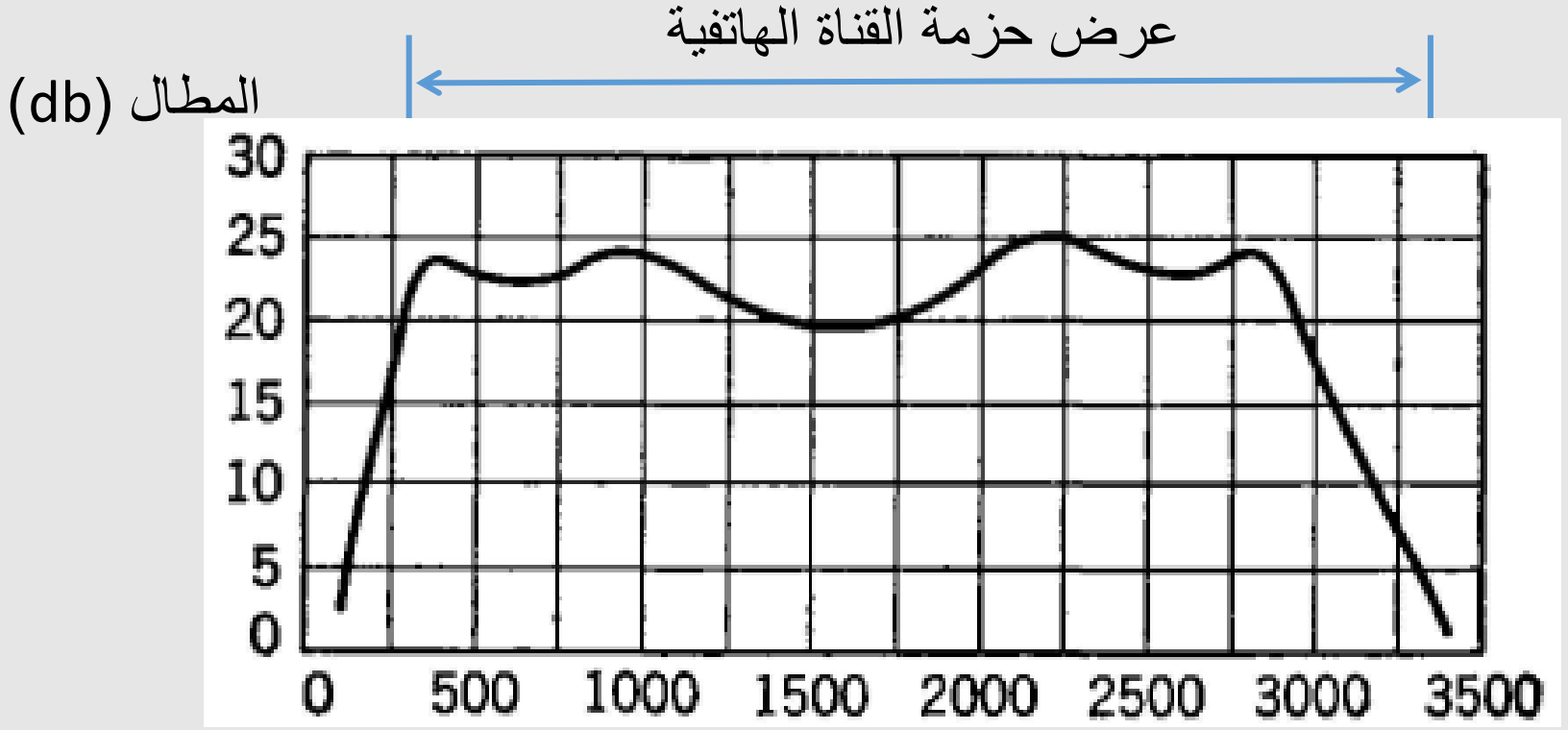
300 – 3400 Hz



أساسيات

الاستجابة الترددية للقناة الهاتفية:

300 – 3400 Hz



أساسيات

الديسيبل (db) decibel:

وحدة لقياس شدة الصوت أو استطاعة الإشارة الكهربائية على السلم اللوغاريتمي مقارنة بمستوى مرجعي.

$$G[db] = 10 \log_{10} \frac{A}{A_0}$$

G: ربح بالديسيبل
A: المقدار المقاس بوحدات خطية
A_0: المقدار المرجعي بوحدات خطية

أساسيات

الديسيبل decibel (db):

قياس الاستطاعة

$$G[db] = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

مثال

$$G[db] = 10 \log_{10} \frac{1000\ watt}{1\ watt} = 30\ db$$

قياس المطال

$$G[db] = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

مثال

$$G[db] = 20 \log_{10} \frac{31.62\ volt}{1\ volt} = 30\ db$$

أساسيات

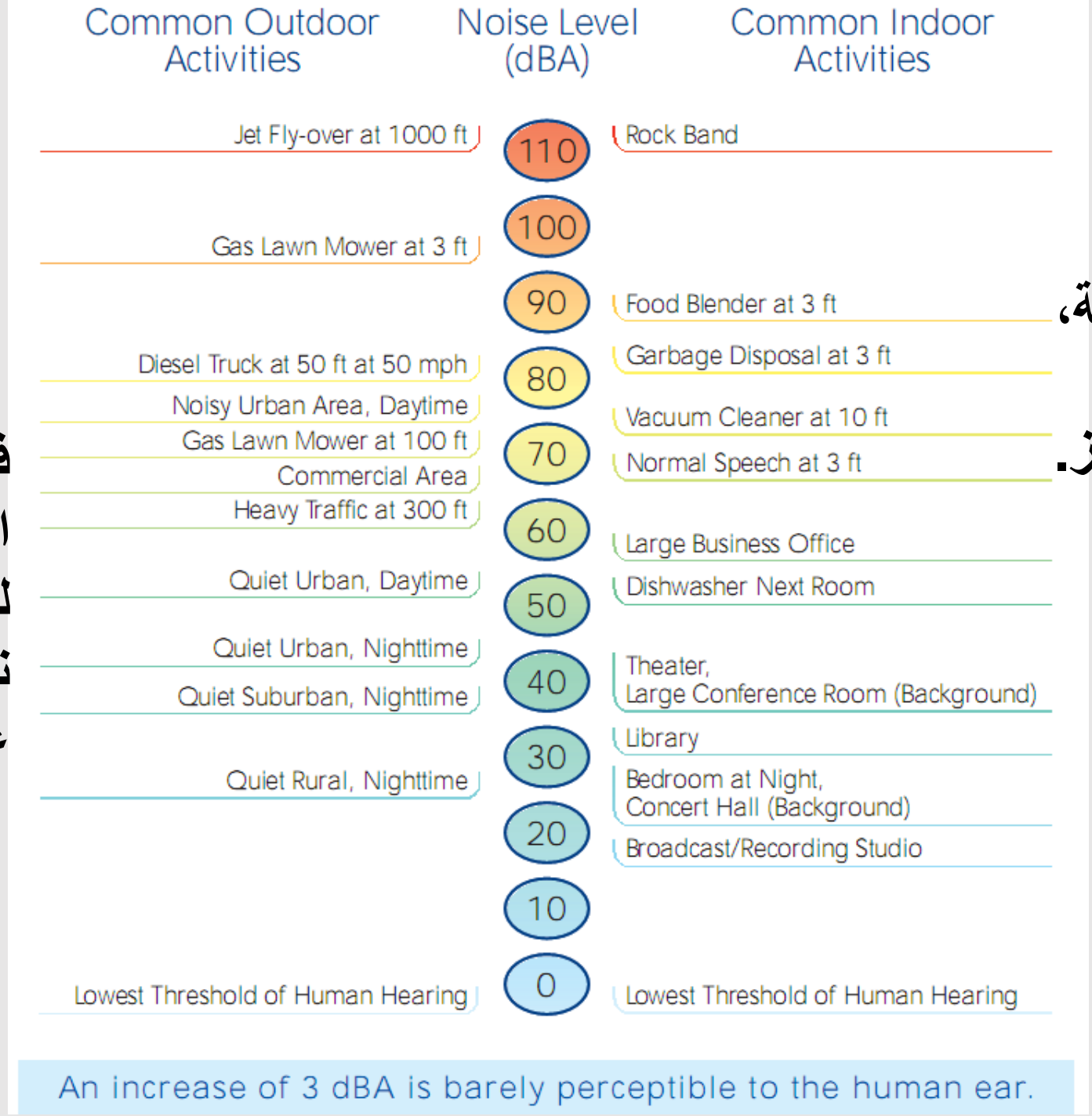
الديسيبل decibel (db):

جدول مقارنة

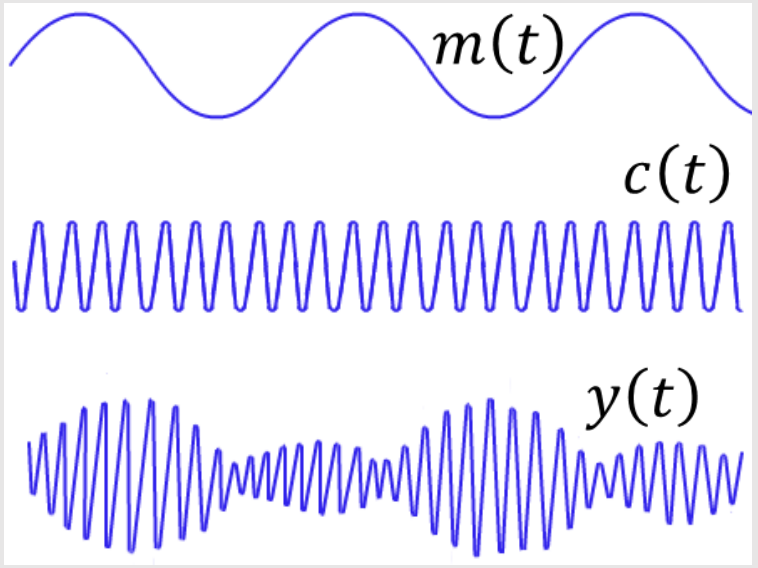
db	نسبة استطاعة	نسبة مطال
100	10 000 000 000	100 000
90	1 000 000 000	31 623
80	100 000 000	10 000
70	10 000 000	3 162
10	10	3 .162
6	3 .981 ≈ 4	1 .995 ≈ 2
3	1 .995 ≈ 2	1 .413 ≈ $\sqrt{2}$
1	1 .259	1 .122
0	1	1
−1	0 .794	0 .891
−3	0 .501 ≈ $\frac{1}{2}$	0 .708 ≈ $\sqrt{\frac{1}{2}}$
−6	0 .251 ≈ $\frac{1}{4}$	0 .501 ≈ $\frac{1}{2}$
−10	0 .1	0 .316 2
−20	0 .01	0 .1

استجابة الأذن البشرية لشدة الصوت لوغاريتمية، ولذا فإن اختلاف الشدة بمقدار 3 db يكاد لا يُميَّز.

في مجال إشارات الاتصالات، يوجد مغزى لزيادة الاستطاعة أو نقصانها بمقدار حتى عُشر الديسيبل فقط.



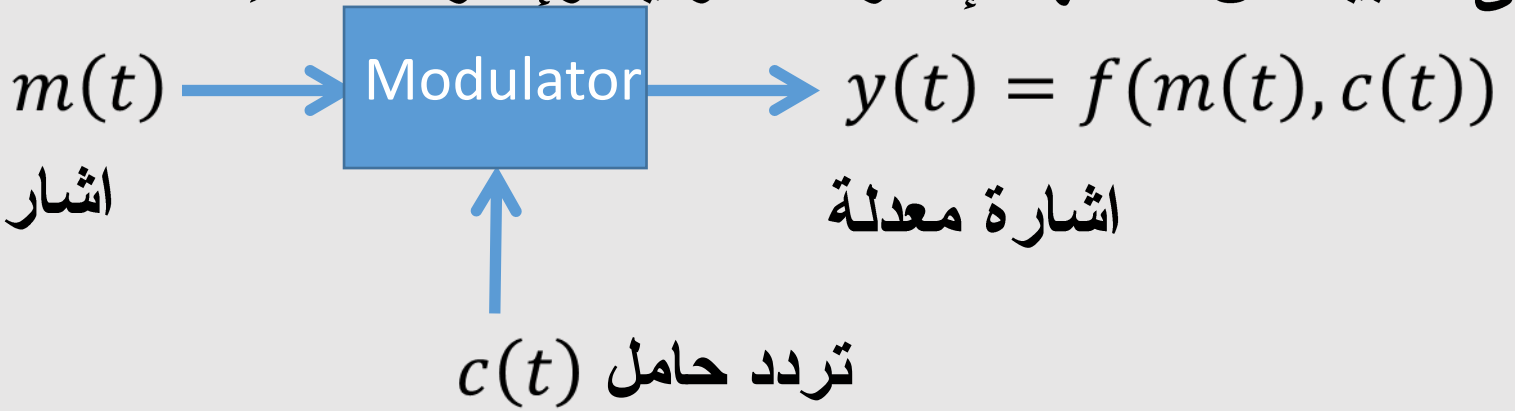
أساسيات



التعديل modulation:

هو عملية تحميل الإشارة القاعدية على تردد حامل.

الإشارة القاعدية: هي الإشارة الطبيعية التي تمثل الظاهرة الطبيعية، وطيفها يمتد عادة الصفر
حتى قيم أعلى نسبيا. من أمثلتها الإشارة الصوتية وإشارات المُحِسَّات المختلفة.

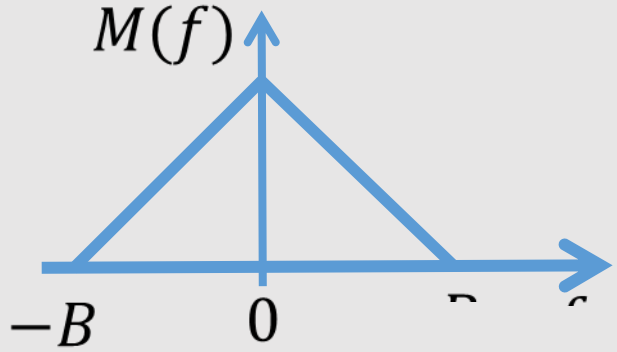


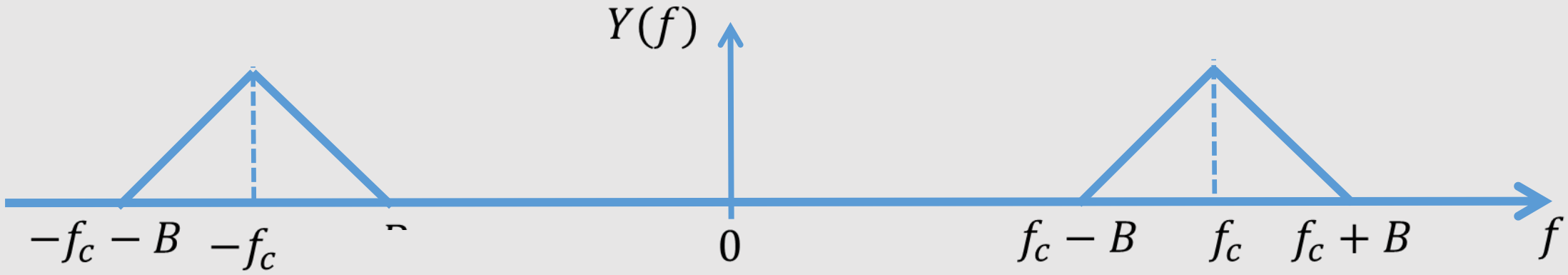
أساسيات

طيف الإشارة المعدلة:

$f_c \gg B$

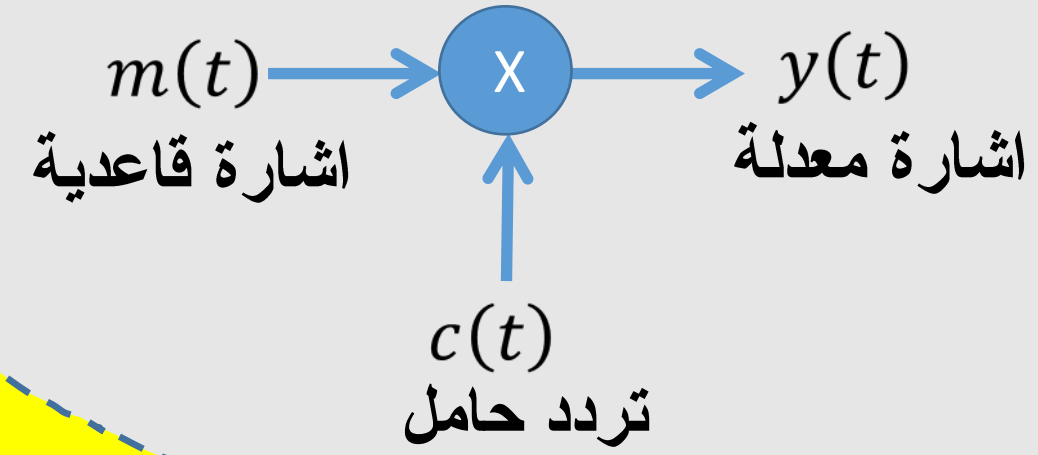
يؤدي التعديل إلى إزاحة طيف الإشارة القاعدة بمقدار قيمة التردد الحامل f_c



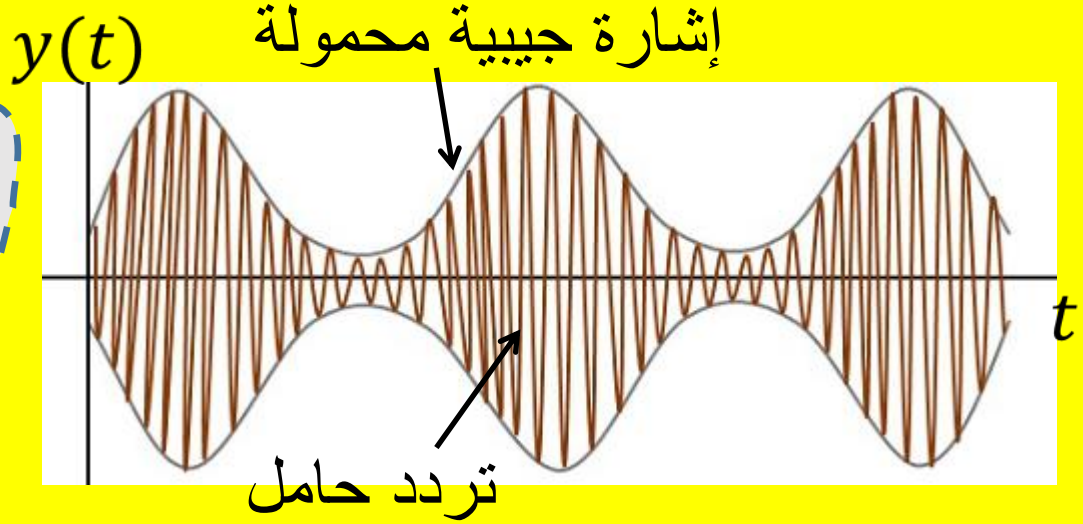


أساسيات

التعديل المطالي
Amplitude Modulation (AM)



مثال: إشارة جيبية معدلة مطاليا



$$m(t) = M.cos(2\pi f_m t + \emptyset); \qquad M < 1$$

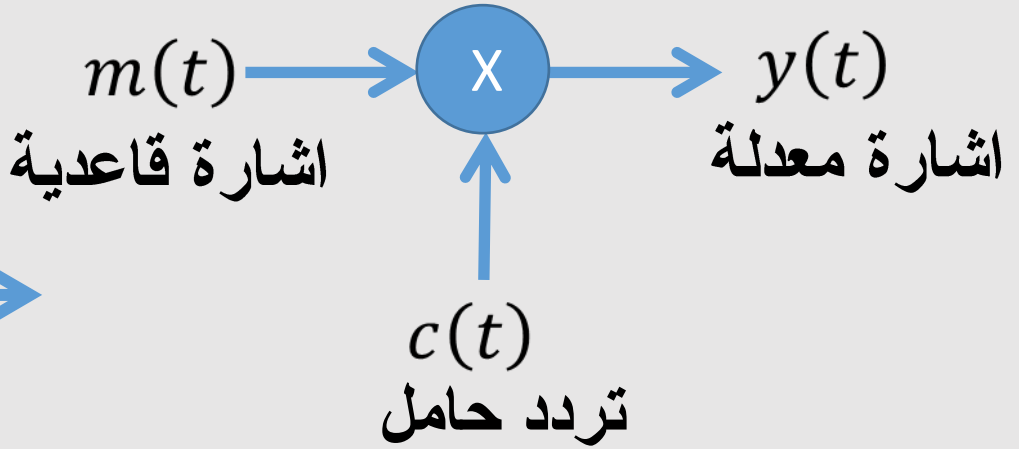
$$c(t) = A.sin(2\pi f_c t)$$

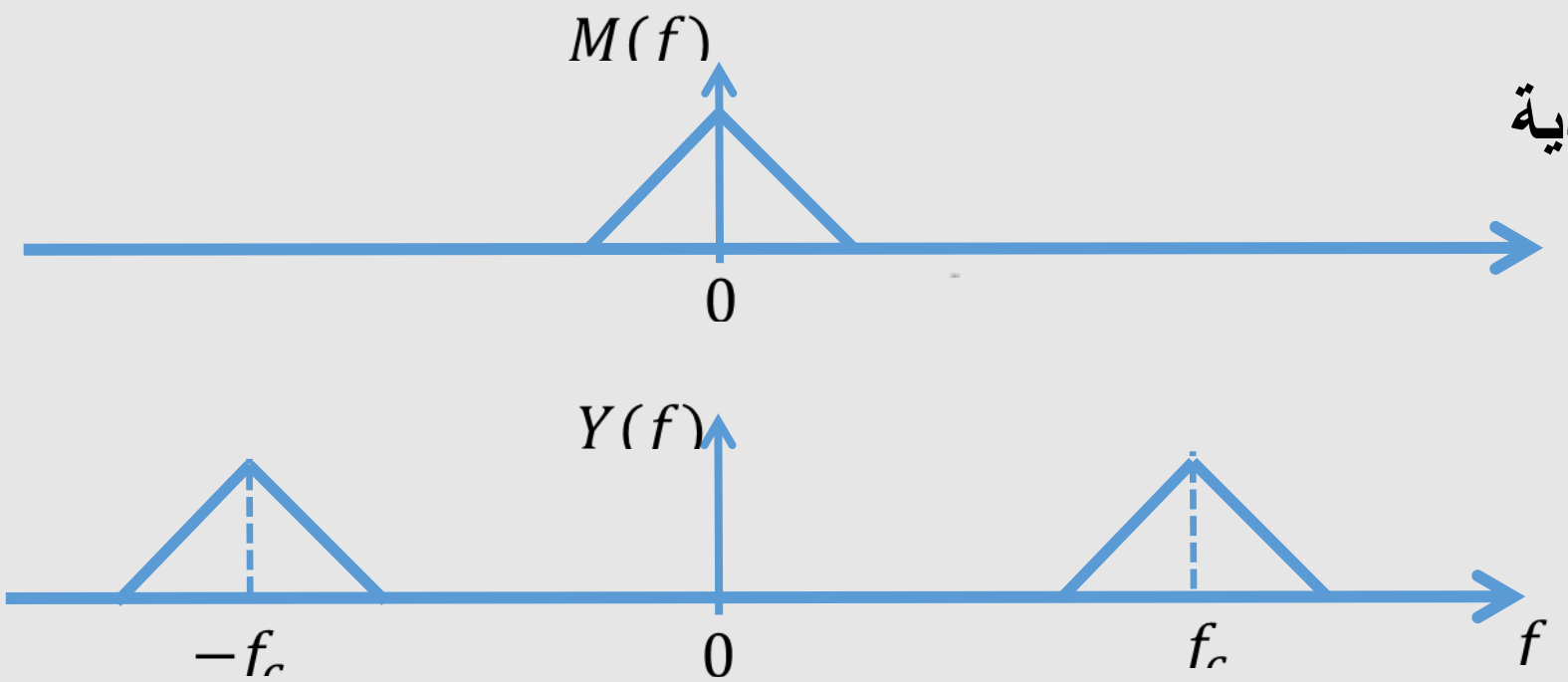
$$y(t) = [1 + m(t)].c(t) = [1 + M.\cos(2\pi f_m t + \emptyset)].A.\sin(2\pi f_c t)$$

$$y(t) = A.sin(2\pi f_c t) + \frac{AM}{2}[sin(2\pi(f_c + f_m)t + \emptyset) + sin(2\pi(f_c - f_m)t - \emptyset)]$$

أساسيات

طيف إشارة التعديل المطالي

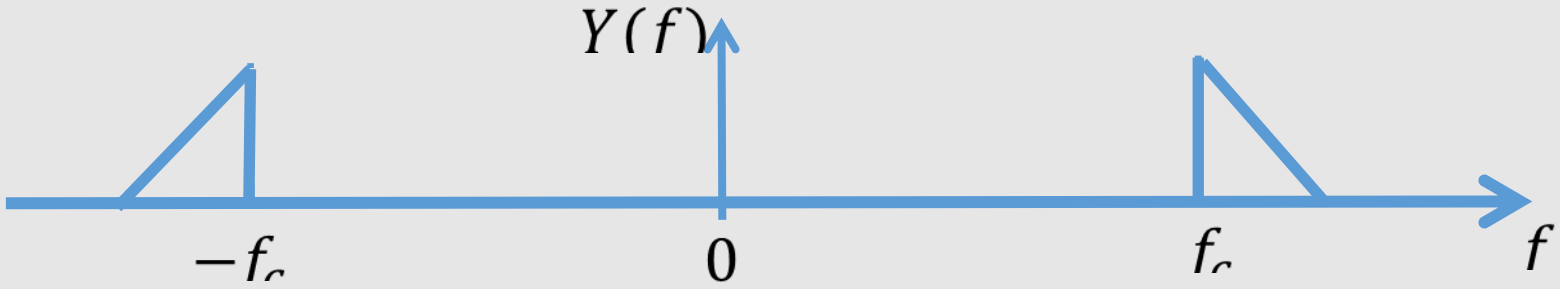




$$Y(f) = A[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)] + K[M(f - f_c) + M(f + f_c)]$$

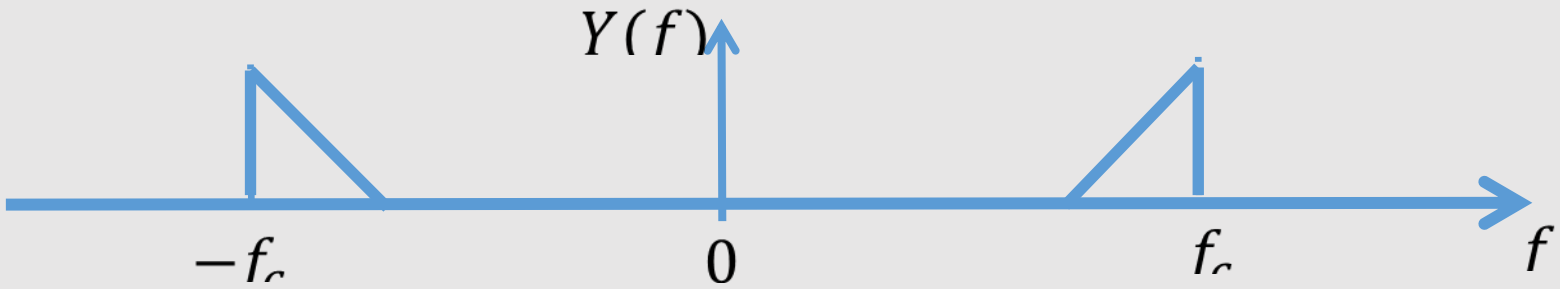
أساسيات

طيف إشارة التعديل المطالي ذو الحزمة الجانبية الواحدة
Single Side Band (SSB)



SSB_h حزمة جانبية عليا

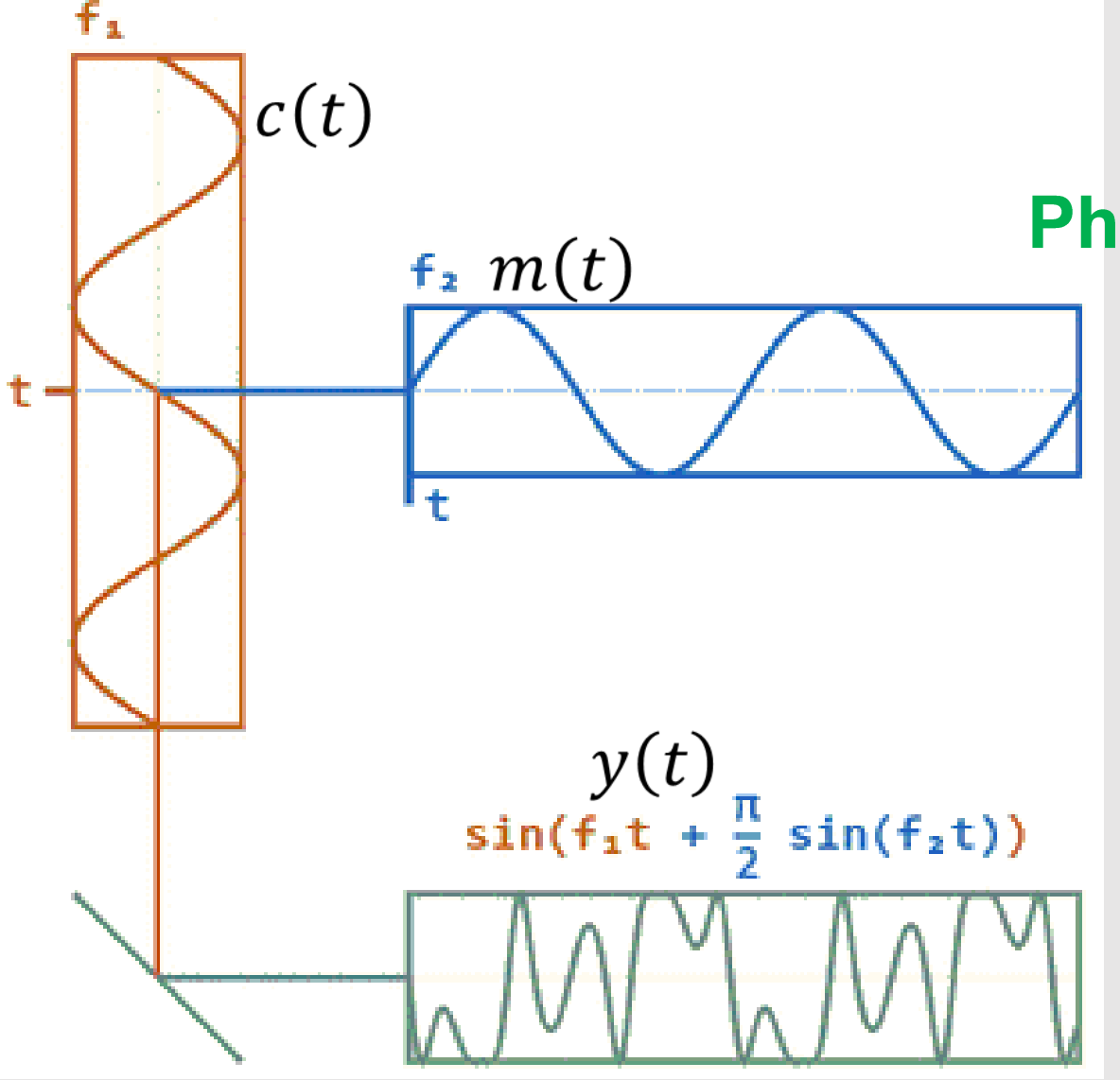
اقتصاد في الطيف

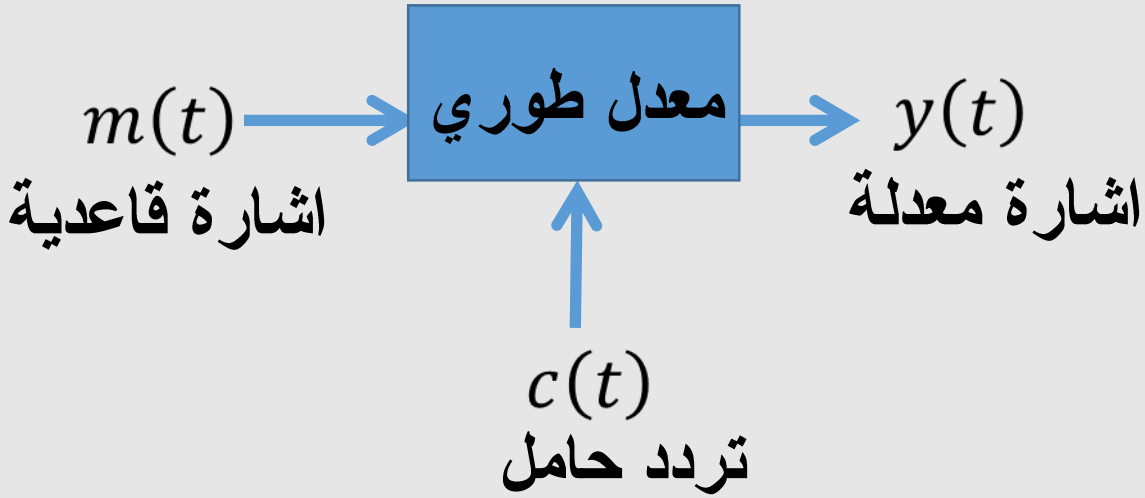


SSB_l حزمة جانبية دنيا

أساسيات

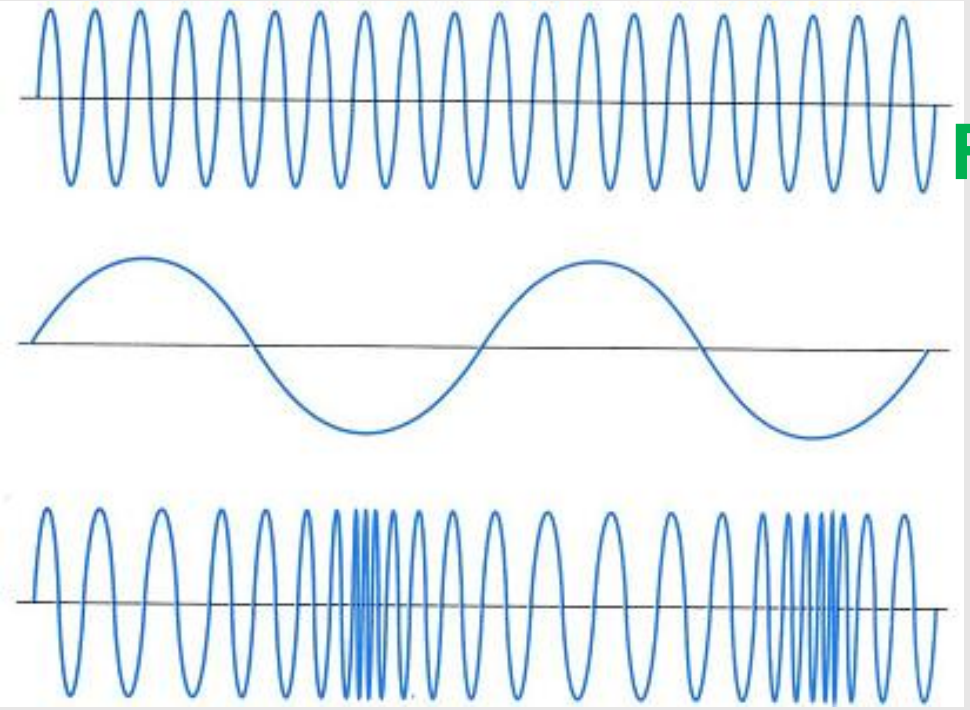
التعديل الطوري Phase Modulation (PM)



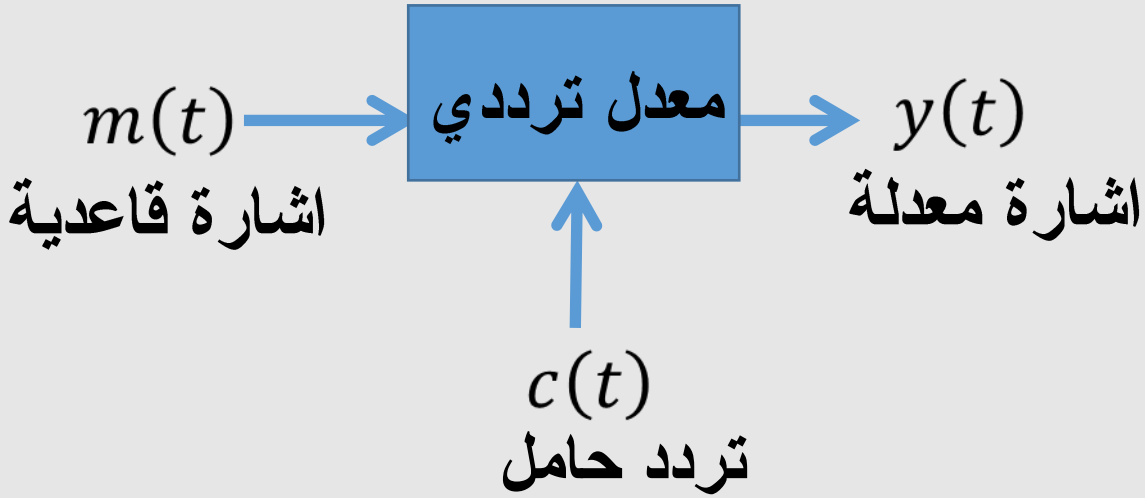


$$c(t) = A_c . sin(2\pi f_c t + \emptyset_c)$$

$$y(t) = A_c . sin(2\pi f_c t + m(t) + \emptyset_c)$$



التعديل الترددي Frequency Modulation (FM)

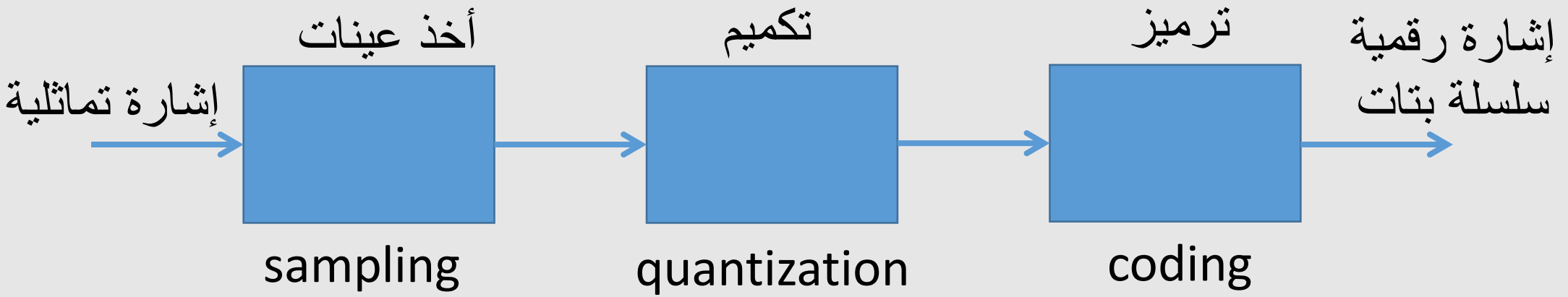


$$y(t) = A_c . cos\left(2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t m(\tau) d\tau\right)$$

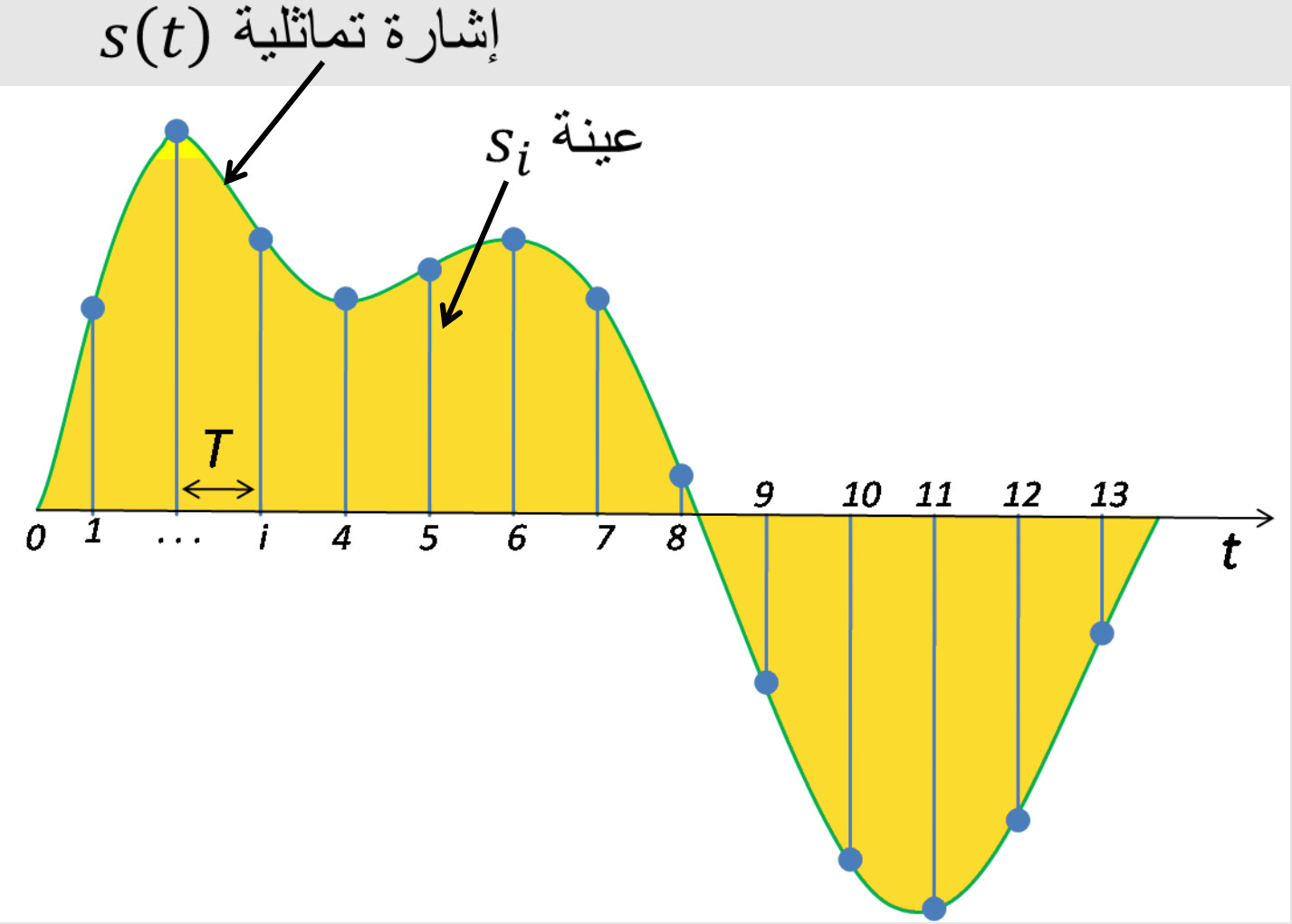
أساسيات

رقمنة الإشارة التماثلية

عملية تحويل الإشارة التماثلية إلى إشارة رقمية



أساسيات



أخذ العينات

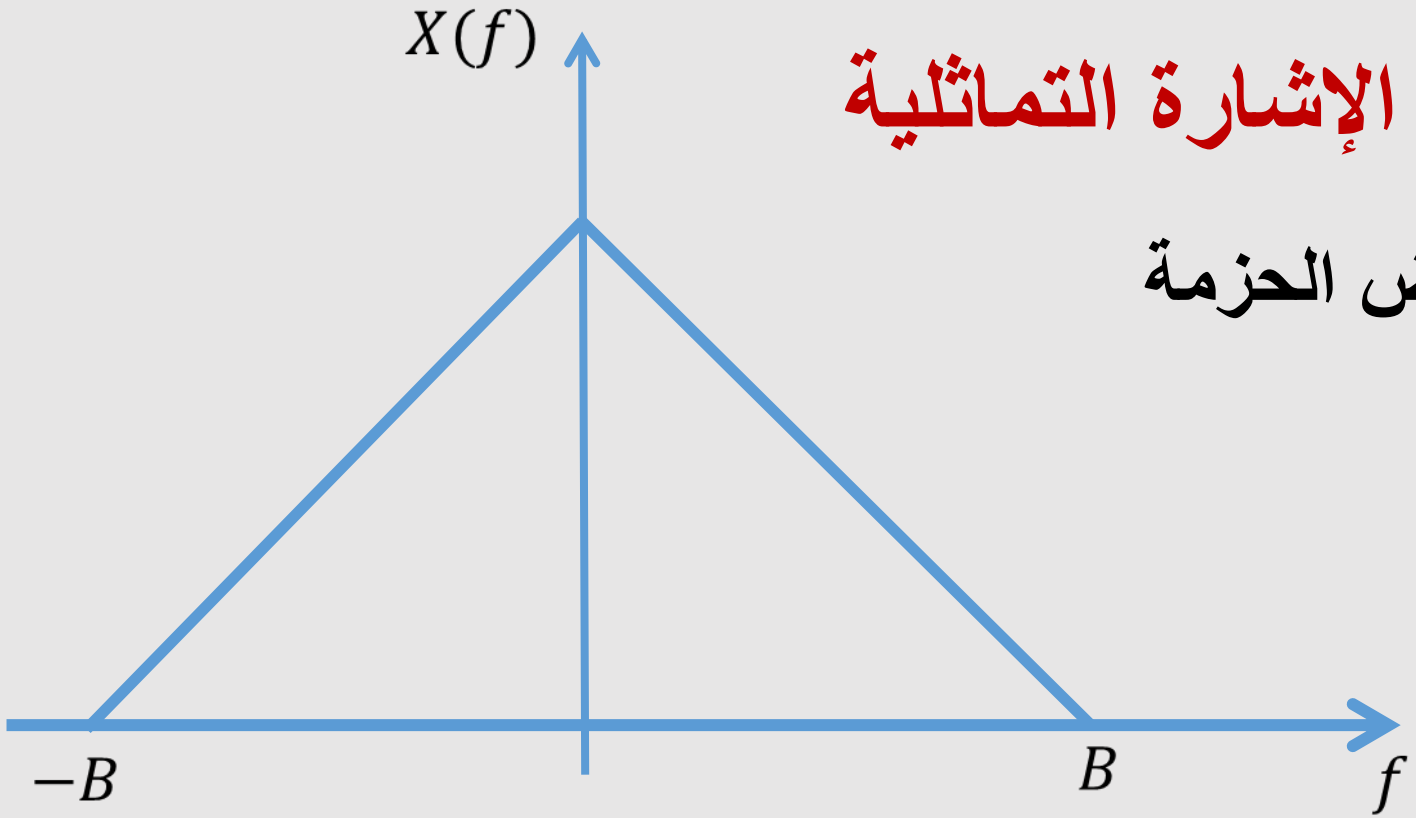
دور التقطيع T

تردد التقطيع $f_s = \frac{1}{T}$

أساسيات

تحديد عرض حزمة طيف الإشارة التماثلية

إشارة تماثلية محدودة عرض الحزمة

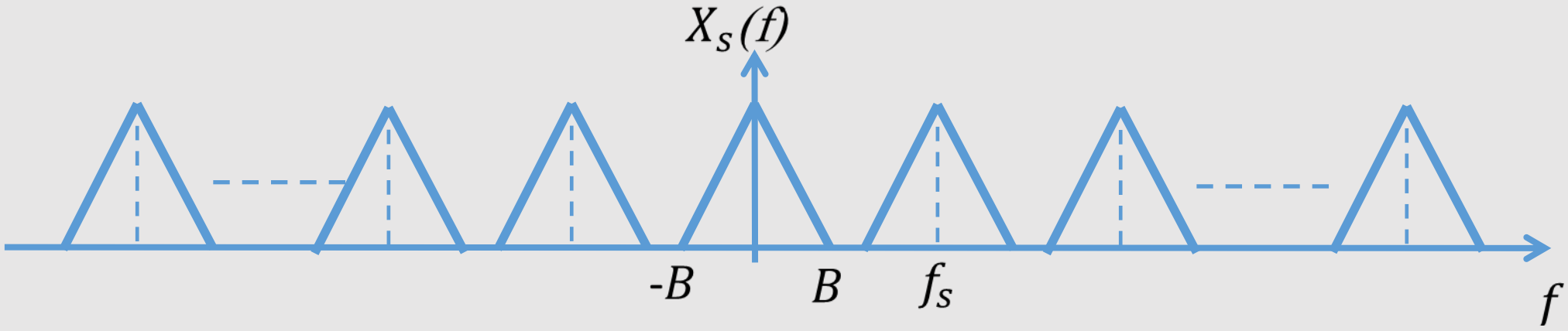


طيف إشارة تماثلية محدودة عرض الحزمة

أساسيات

نظرية نايكويست – شانون
Nyquist–Shannon sampling theorem

يؤدي التقطيع إلى ظهور توافقيات للطيف الأصلي تتكرر على يمين ويسار الطيف الأصلي بلا تناه

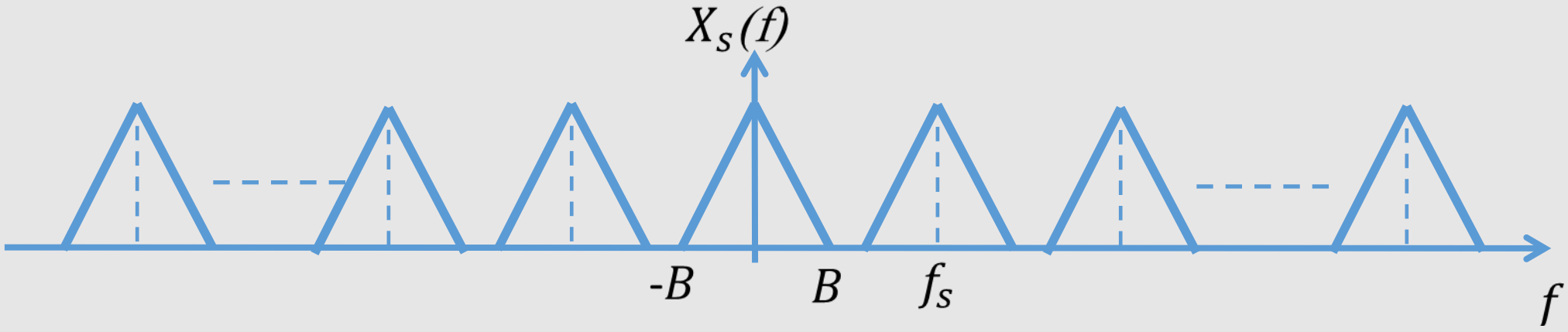


أساسيات

نظرية نايكويست – شانون
Nyquist–Shannon sampling theorem

$$f_s \geq 2B$$

إذا كانت الإشارة التماثلية محدودة عرض المجال، وكان تردد التقطيع أكبر من ضعف أعلى تردد في طيف الإشارة أو يساوي الضعف، أمكن استرداد التماثلية الإشارة الأصلية من العينات. (لا يوجد ضياع المعلومات)

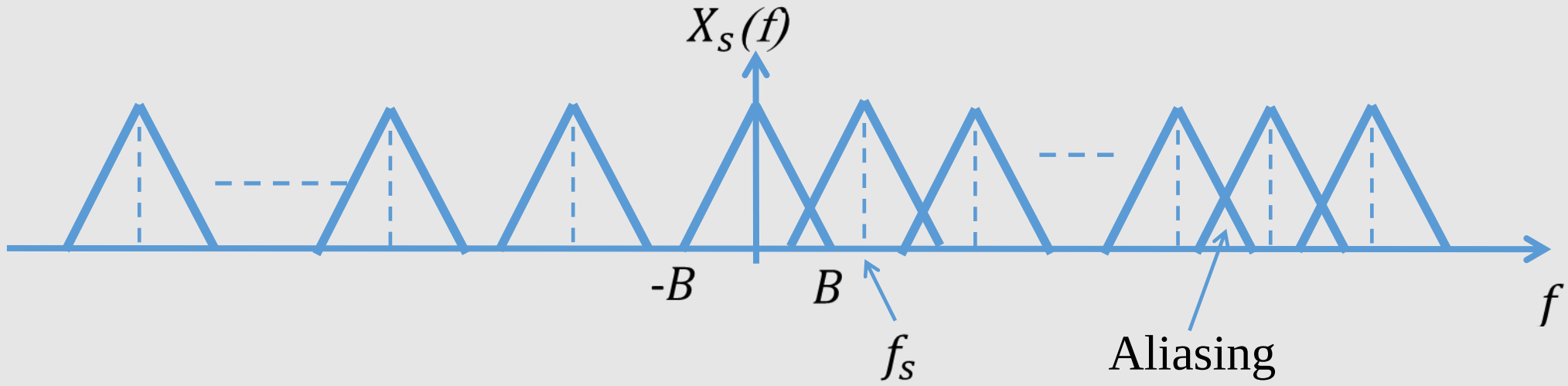


أساسيات

نظرية نايكويست – شانون
Nyquist–Shannon sampling theorem

$f_s < 2B$

وإلا تراكبت أطياف توافقيات الطيف الأصلي مؤدية إلى تشويهها عدم إمكان استرجاع الإشارة الأصلية من العينات. (ضياع المعلومات)



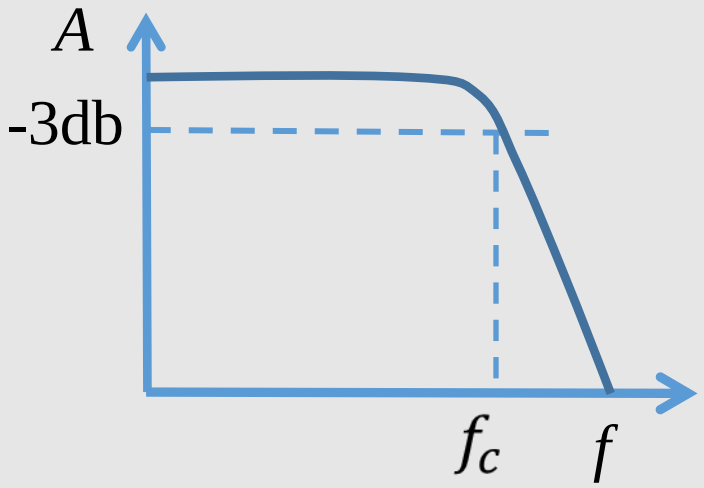
أساسيات

الترشيح:

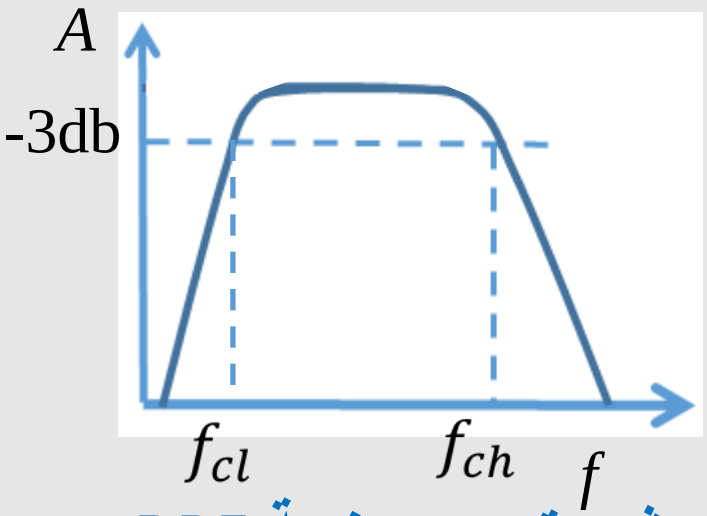
شرط نايكويست

يجب أن يكون تردد التقطيع أكبر من ضعف أعلى تردد في طيف الإشارة أو يساوي ضعفه.

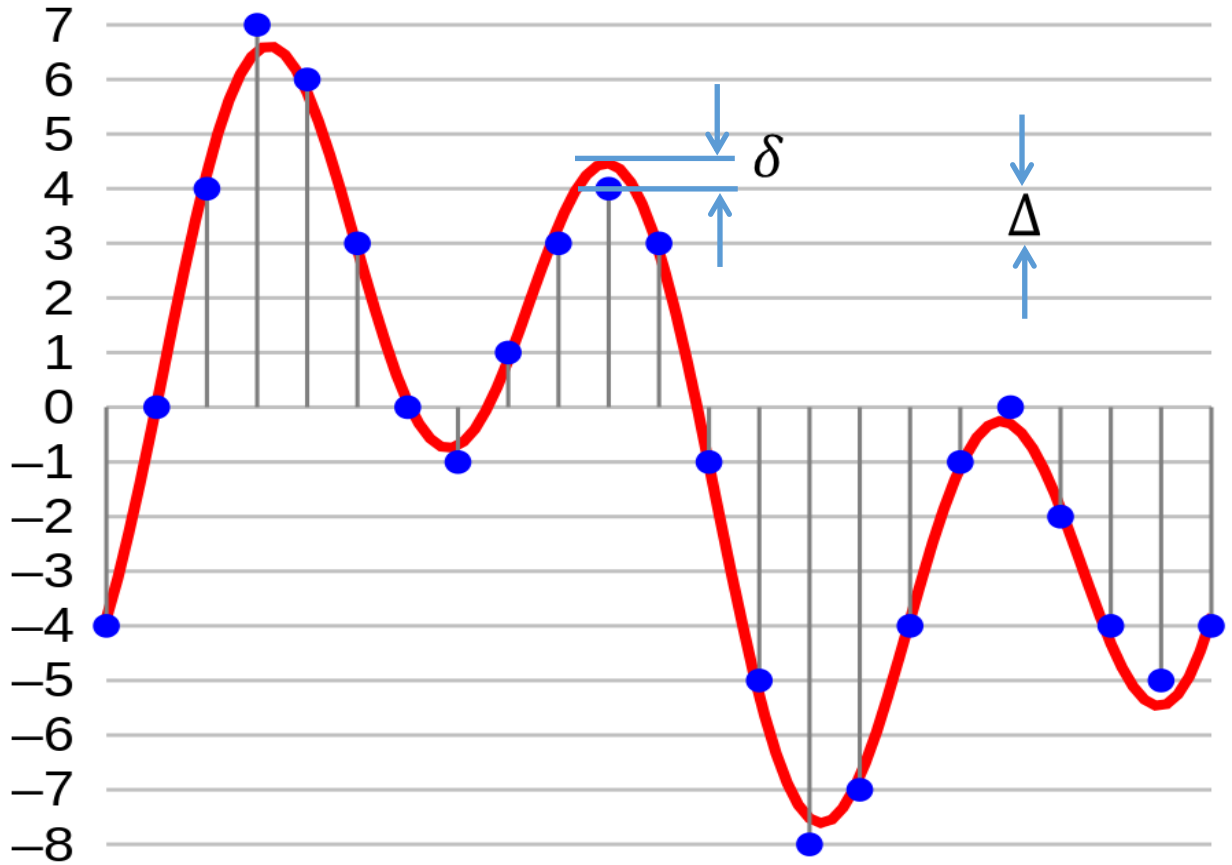
لذا يجب ترشيح الإشارة بواسطة مرشح تحديد عرض الحزمة



مرشح تمرير ترددات منخفضة LPF



مرشح تمرير حزمة BPF



أساسيات

التكميم والترميز

Quantization & Coding

- عدد محدود من المستويات
- من أجل n بت، يوجد 2^n مستوى
  ونقول أن الترميز ذو ميز يساوي n بت
- تقرَّب العينة إلى أقرب مستوى
- خطوة التكميم: Δ
- خطأ التكميم: $\frac{\Delta}{2} \geq \delta$

نسبة الإشارة إلى ضجيج التكميم:

$$SQNR[db] = 6n + 1.76$$

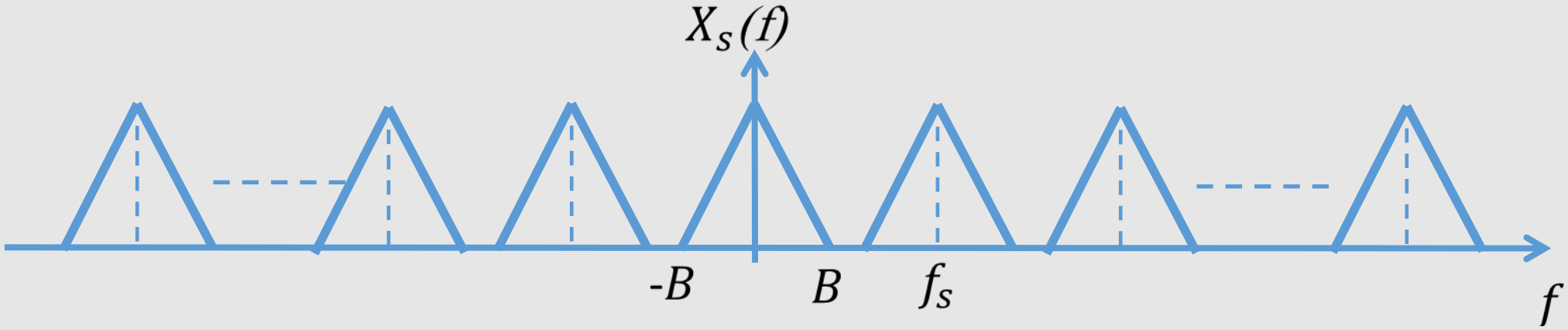
$$SQNR[db] = 6n; \quad n \gg 1$$

أشهر أنواع تحويل الإشارة التماثلية إلى رقيمة هو تعديل الترميز النبضي

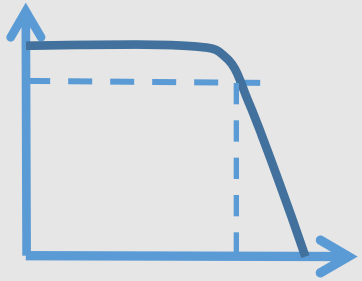
Pulse code modulation (PCM)

أساسيات

استرداد الإشارة التماثلية من الإشارة المقطعة باستعمال مرشح تمرير ترددات منخفضة



مرشح تمرير ترددات منخفضة



أساسيات

أدوات الرقمنة

المبدل التماثلي الرقمي analog to digital converter (ADC)

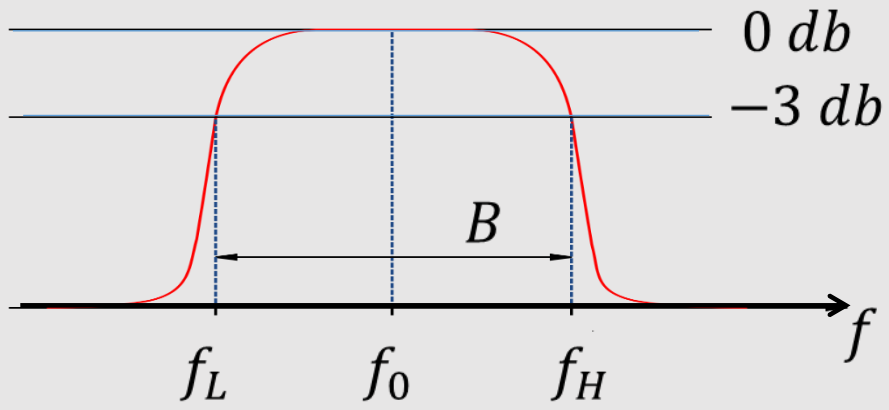
يقوم المبدل التماثلي الرقمي بمهام أخذ العينات والتكميم والترميز

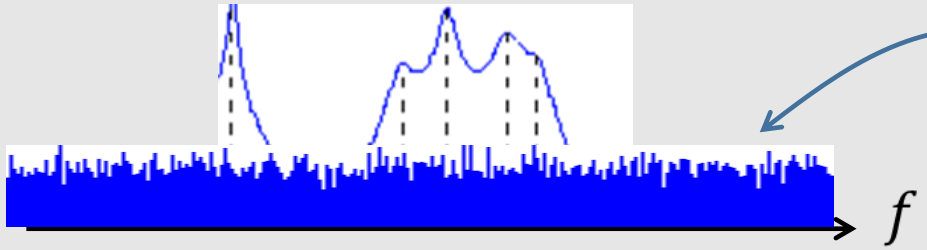
المبدل الرقمي التماثلي digital to analog converter (DAC)

يقوم المبدل الرقمي التماثلي بمهمة تحويل العينات المكممة إلى إشارة تماثلية درجية يجري تنعيمها بواسطة مرشح تمرير الترددات المنخفضة

خصائص قناة الاتصال: عرض الحزمة الترددية

المرسل: هو الأداة التي تحضِّر إشارة البيانات لوضعها على خط الاتصال.
المستقبل: هو الأداة التي تكشف البيانات من الإشارة المستقبلة المضجة والمشوهة.



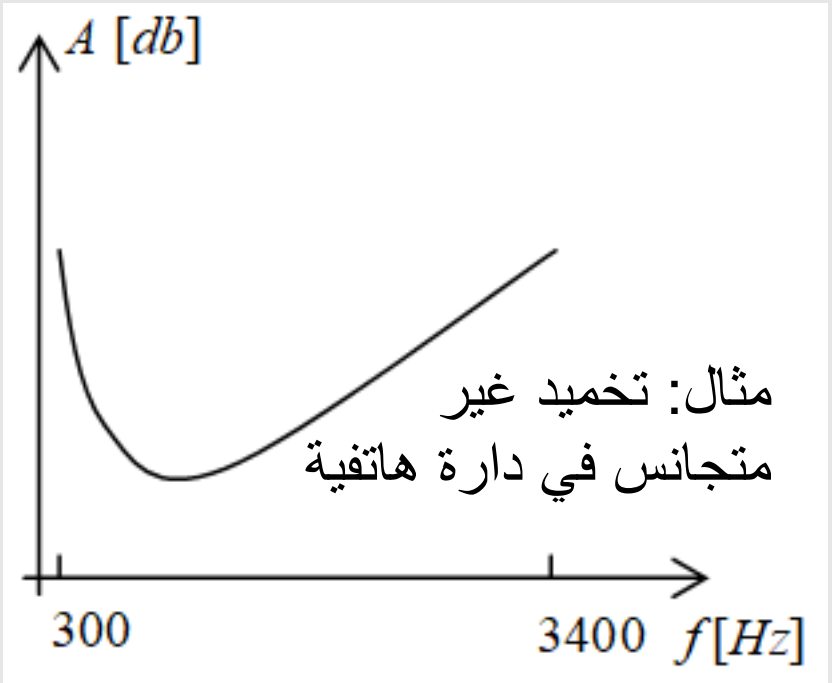


نموذج المرسِل والمستقبل في جميع أنواع الاتصالات:
مرشح تمرير حزمة

- في المرسل: يجب تحديد عرض حزمة طيف الإشارة من أجل منع تداخل أطياف القنوات المتجاورة في وسط النقل.
- في المستقبل: من أجل التخلص من الضجيج الموجود خارج حزمة طيف الإشارة.

خصائص قناة الاتصال: التشويه

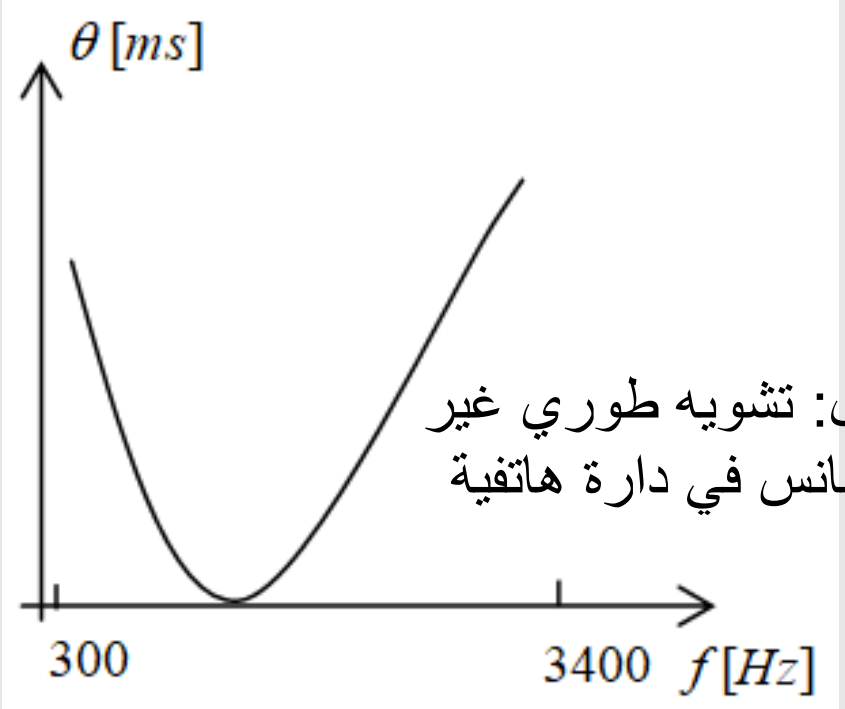
يشتمل على كل التشويهات التي تخضع لها إشارات البيانات حين نقلها من المنبع إلى المصب.



مثال: تخميد غير متجانس في دارة هاتفية

نموذج قناة الاتصال في جميع أنواع الاتصالات:

مرشح تمرير حزمة ذو استجابة ترددية مشوهة من حيث التخميد والتأخير الطوري



مثال: تشويه طوري غير متجانس في دارة هاتفية

خصائص قناة الاتصال: الضجيج

تخضع إشارة البيانات على قناة الاتصالات لأنواع مختلفة من الضجيج:

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

خصائص قناة الاتصال: الضجيج

تخضع إشارة البيانات على قناة الاتصالات لأنواع مختلفة من الضجيج:

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

خصائص قناة الاتصال: الضجيج

تخضع إشارة البيانات على قناة الاتصالات لأنواع مختلفة من الضجيج:

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

خصائصقناة الاتصال: الضجيج

تخضع إشارة البيانات على قناة الاتصالات لأنواع مختلفة من الضجيج:

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

خصائص قناة الاتصال: الضجيج

تخضع إشارة البيانات على قناة الاتصالات لأنواع مختلفة من الضجيج:

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

خصائص قناة الاتصال: الضجيج

تخضع إشارة البيانات على قناة الاتصالات لأنواع مختلفة من الضجيج:

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

خصائص قناة الاتصال: الضجيج

تخضع إشارة البيانات على قناة الاتصالات لأنواع مختلفة من الضجيج:

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

خصائص قناة الاتصال: الضجيج

تخضع إشارة البيانات على قناة الاتصالات لأنواع مختلفة من الضجيج:

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

قناة الاتصال: نسبة الإشارة إلى الضجيج

أحد العوامل التي تحدد جودة القناة هو نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة الضجيج الذي تُدخله القناة في الإشارة، وتقدر عادة بالديسيبل

$$SNR[db] = \frac{signal\ power}{noise\ power}$$

قناة الاتصال: سعة القناة

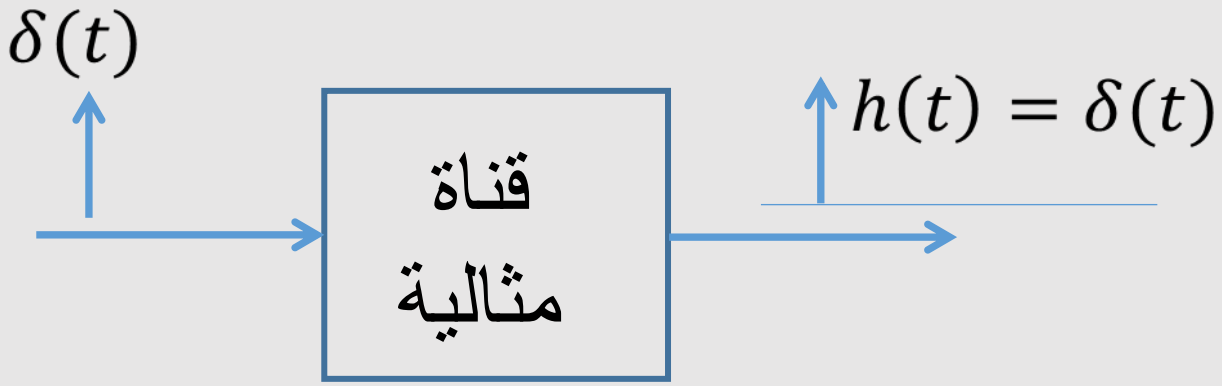
سرعة نقل البيانات على قناة الاتصال المثالية
بوجود الضجيج الحراري (الغوصي) فقط

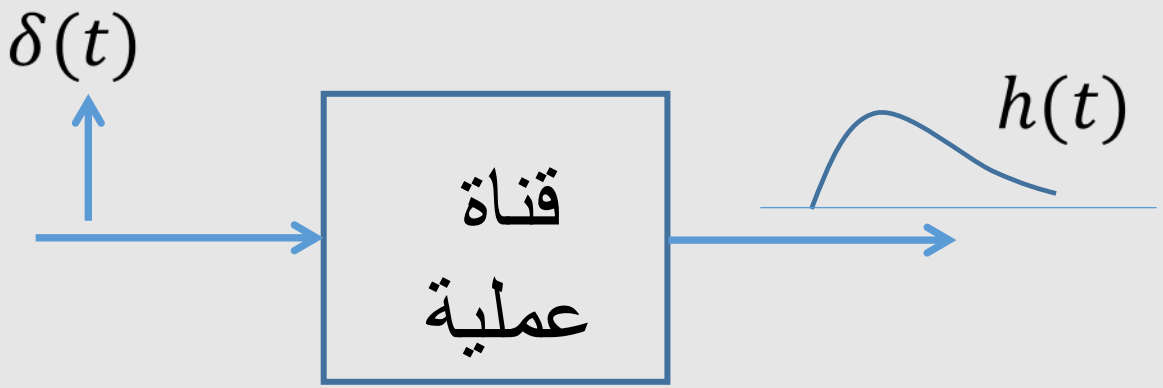
$$C = w\log_2(1 + SNR)\ bit/sec$$

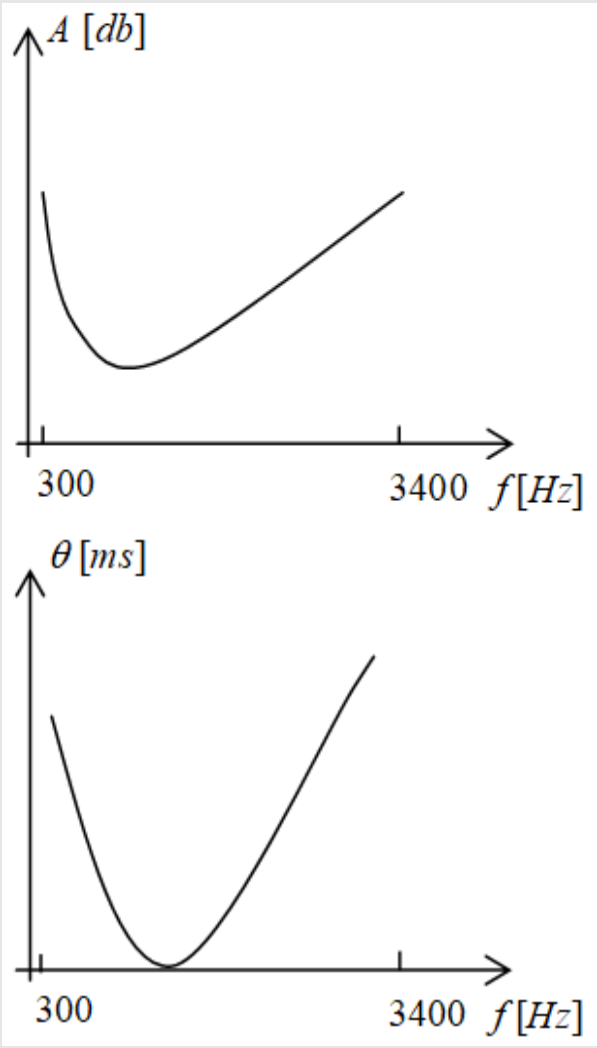
SNR: نسبة الإشارة إلى الضجيج الخطية.
w: عرض الحزمة الترددية للقناة بالهرتز.

عندما يكون الضجيج صفرا، تصبح سعة القناة لانهائية.

استجابة قناة الاتصال

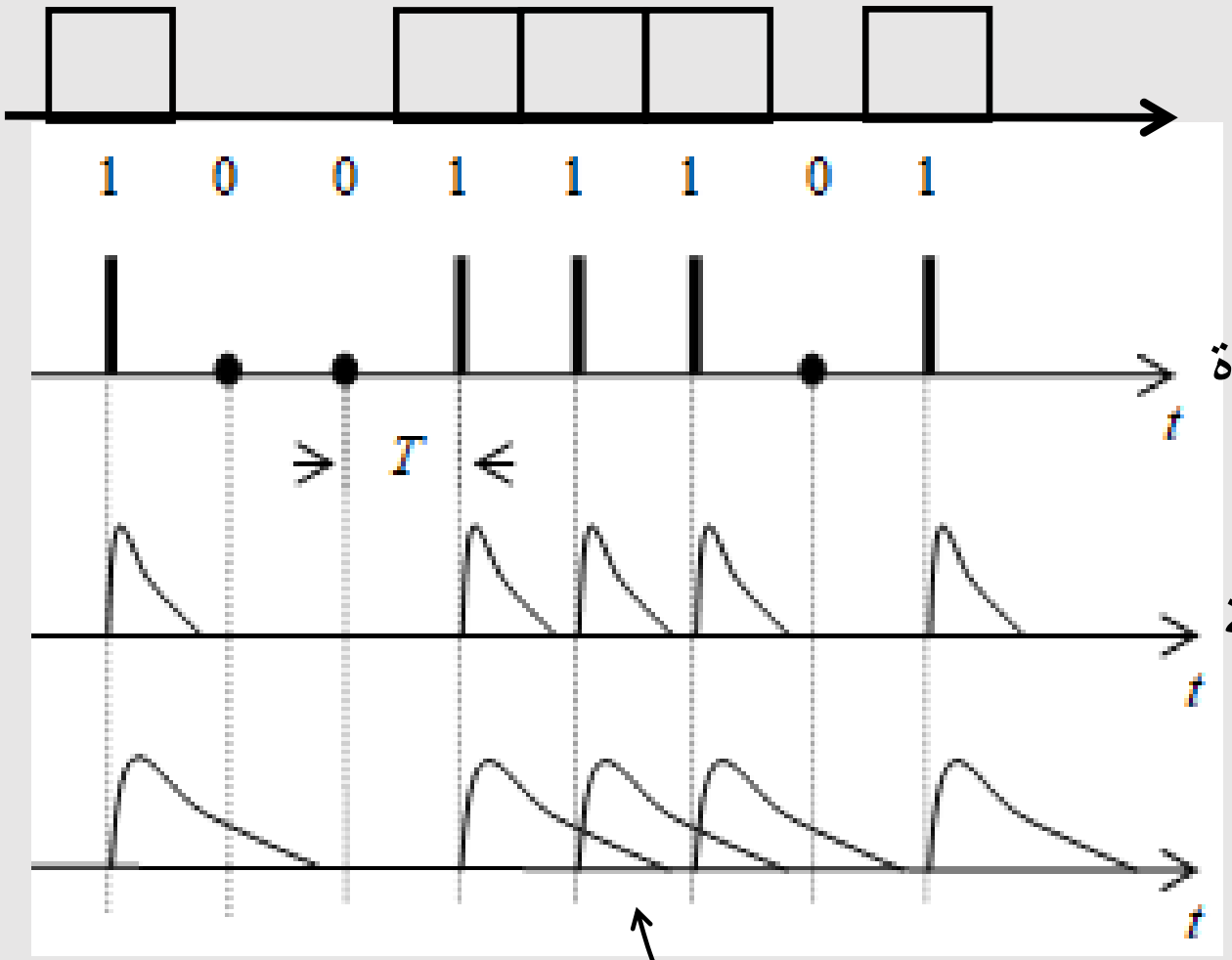






كلما كانت القناة أضيق، وكان عدم تجانس التخميد والتأخير أكبر، كانت استجابة القناة $h(t)$ أكثر امتدادا وتعرجا على محور الزمن.

البتات على قناة الاتصال



تتراكب النبضات في خرج القناة الضيقة مؤدية إلى عدم إمكان كشفها مباشرة.

المودم

وظائف المودم:

- تشكيل الإشارة الرقيمة وتحضيرها للنقل على خط الاتصال في طرف الإرسال.
- كشف الإشارة في طرف الاستقبال بوجود الضجيج والتشويه.

مهام المودم

مرسل المودم:

يمتد طيف الإشارة الرقمية عادة من الصفر إلى ترددات عالية تبعا لدور الإشارة. وغالبا ما تكون قنوات الاتصال ذات استجابة تمرير حزمة. لذا يجب إزاحة طيف الإشارة لكي يتوافق مع استجابة القناة الترددية. إزاحة الطيف تحصل بتحميل الإشارة على حامل، وتُعرف العملية في حالة الإشارة الرقمية بالترنيم shift keying.

الترنيم يقوم بتشكيل الحامل بناء على البيانات

مهام المودم

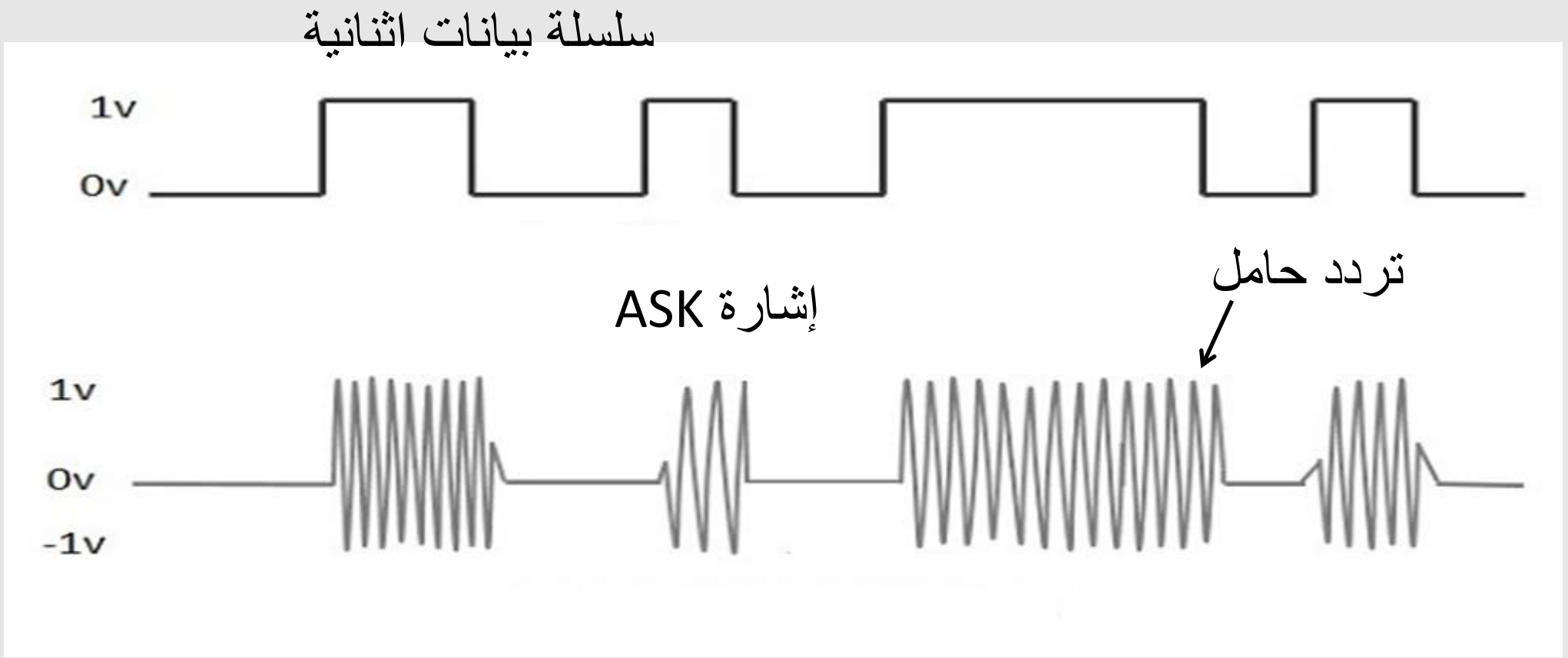
مرسل المودم:

أنواع الترنيم

- **ترنيم بالإزاحة المطالية Amplitude shift keying (ASK)**
- **ترنيم بالإزاحة الطورية Phase shift keying (PSK)**
- **ترنيم بالإزاحة الترددية Frequency shift keying (FSK)**

الترنيم shift keying

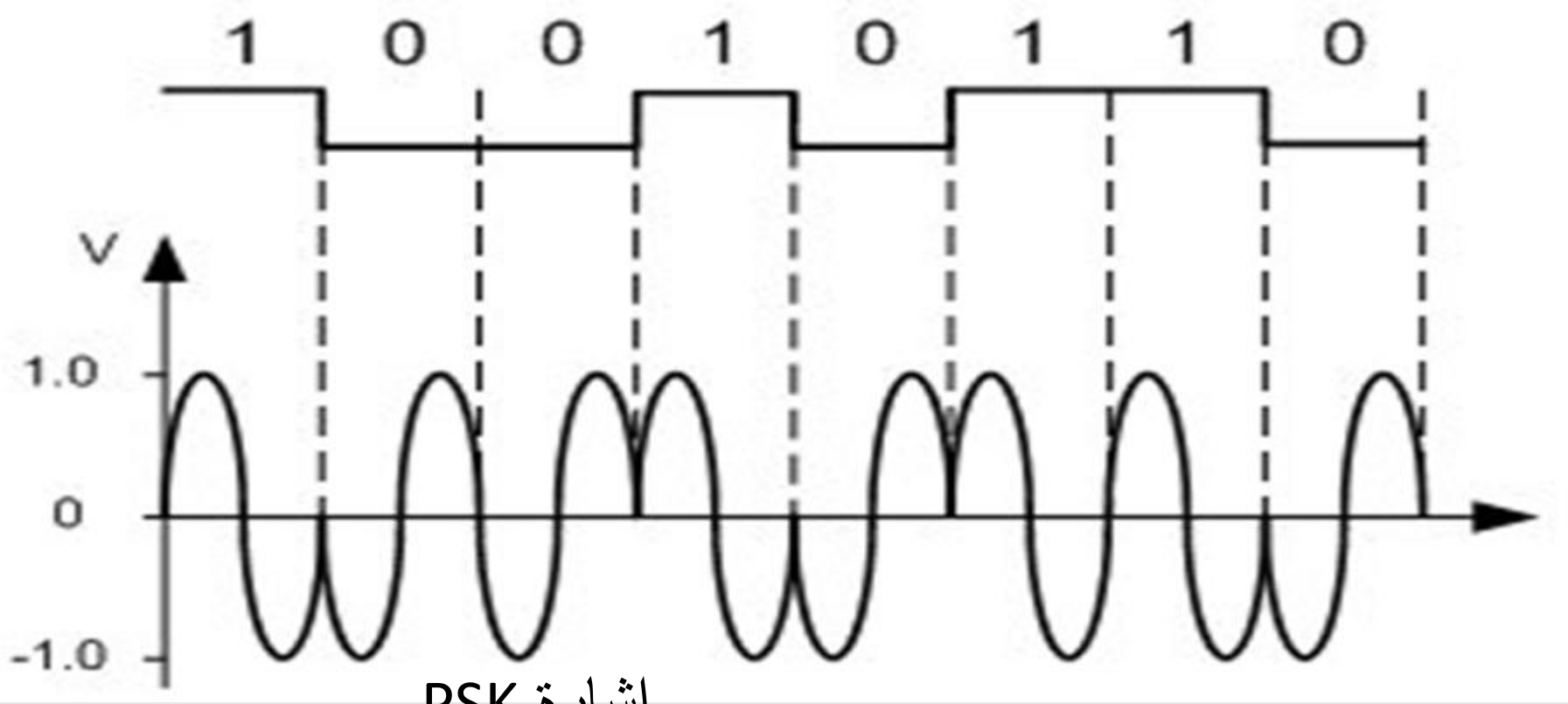
الترنيم بالإزاحة المطالية ASK



الترنيم shift keying

الترنيم بالإزاحة الطورية PSK

سلسلة بيانات اثنانية

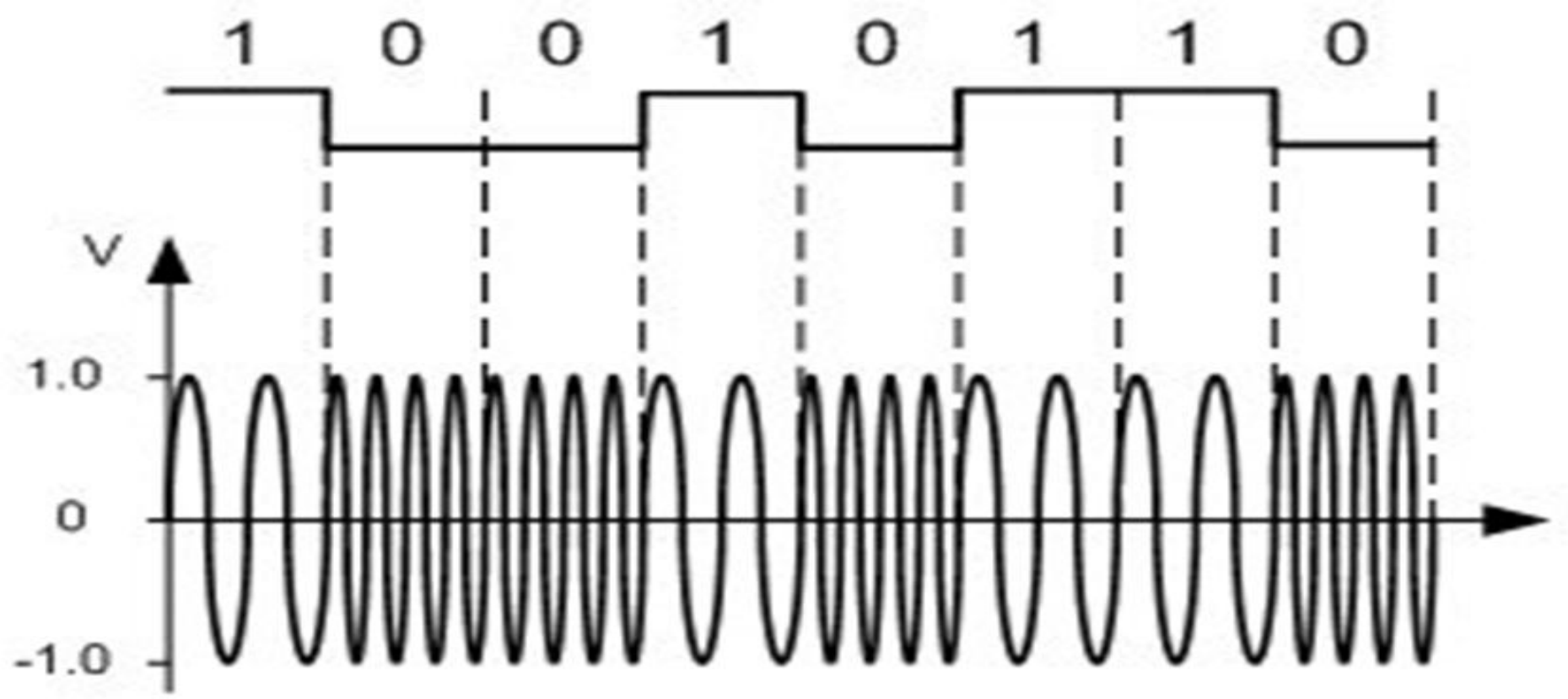


إشارة PSK

الترنيم shift keying

الترنيم بالإزاحة الترددية FSK

سلسلة بيانات اثنانية



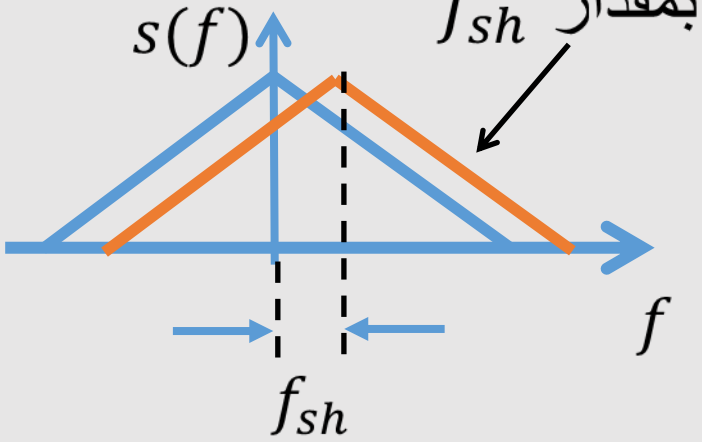
إشارة FSK

مهام مستقبل المودم

مهام مستقبل المودم:

- التخلص من الانزياح الترددي.
- التسوية equalization.
- الترنيم المعاكس وإعادة الإشارة إلى مجالها الترددي الأصلي.
- إشارة البيانات وإرسالها إلى مصبها.

مهام مستقبل المودم



مهام مستقبل المودم:

التخلص من الانزياح الترددي.

طيف الإشارة الأصلي: $S(f)$
طيف الإشارة المنزاحة ترديا: $S(f + f_{sh})$

المشكلة العويصة هي تقدير قيمة f_{sh} المجهولة.
بعد التقدير يُجرى التصحيح بسهولة.

مهام مستقبل المودم

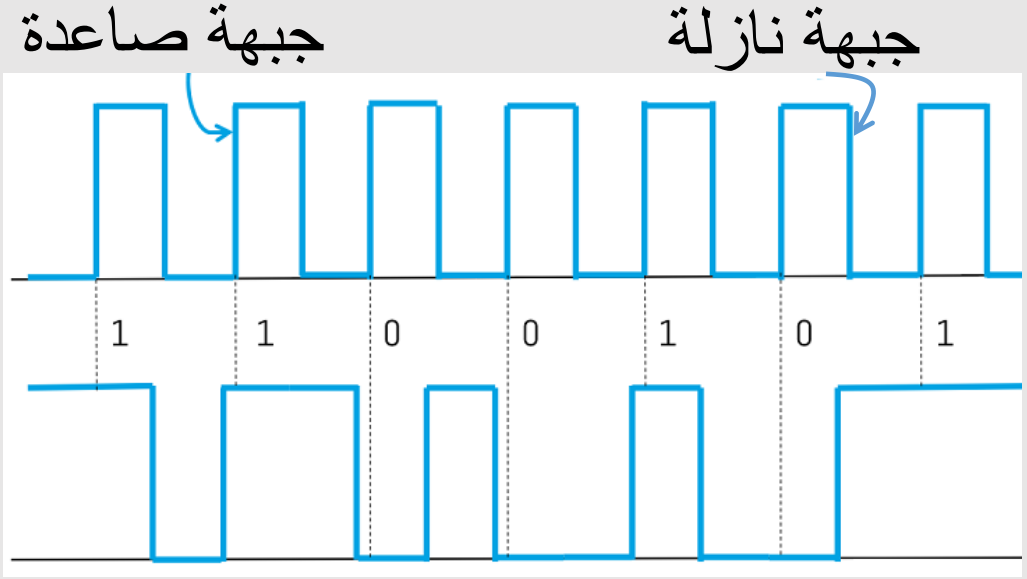
مهام مستقبل المودم:

الترنيم المعاكس والتسوية equalization

نتيجة لضيق عرض استجابة القناة وللتشويهين المطالي والطوري اللذين تُدخلهما في الإشارة، يحصل تراكب لرموز الإشارة المتتالية، وهذا يؤدي إلى منع كشف الإشارة الصحيح إذا لم يُتخلَّص منه.

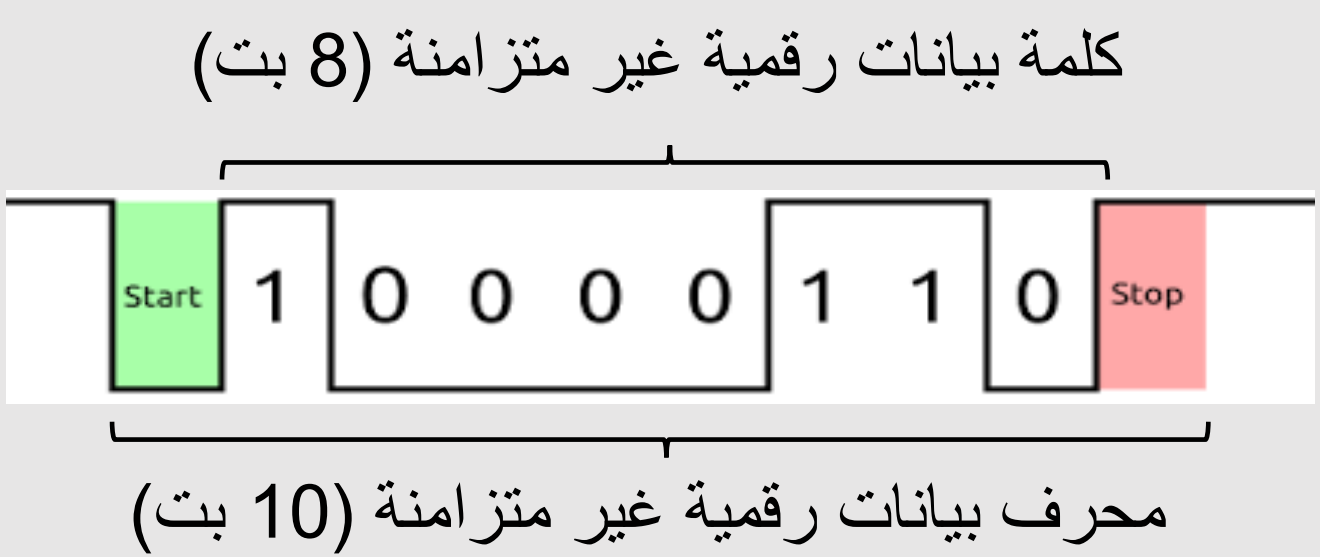
في تقنيات التسوية الحديثة، ثمة خوارزميات تعزل مكونات التداخل بين الرموز وتجمِّع مكونات كل رمز معا، وبذلك ترفع قيمة استطاعة الإشارة إلى الضجيج ومن ثَمَّ تسمح بكشف الإشارة من الضجيج على نحو صحيح. **تسمى هذه العملية بالتسوية.**

البيانات المتزامنة
Synchronous Data



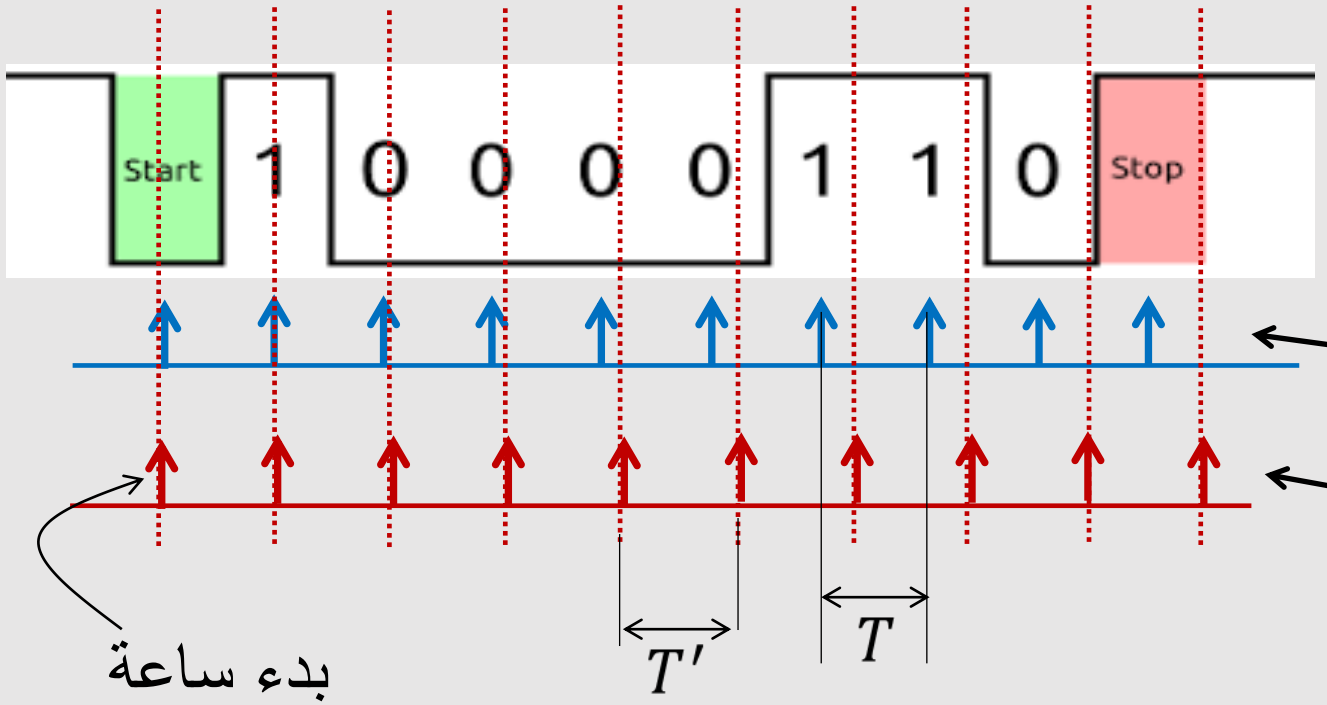
- إشارة البيانات الرقمية المربعة متزامنة مع إشارة ساعة ذات تردد ثابت معروف.
- تؤخذ عينات الإشارة عادة عند الجبهة الصاعدة أو النازلة من نبضات الساعة.
- غالبا ما تُرمَّز البيانات على شكل كلمات طولها 8 بت (ترميز أسكي)، ويمكن أن يصل طول الكلمة إلى 128 أو حتى 1024 بت في بعض التطبيقات.
- يحتاج إلى إجراءات مزامنة للمستقبل مع المرسل قد تكون أحيانا معقدة.

البيانات غير المتزامنة
Asynchronous Data



- **طول المحرف 10 بتات= 8 بتات بيانات + بت بداية + بت نهاية. أحيانا تُضاف بت اختبار قيمتها تساوي مجموع بتات البيانات، وتُستعمل لأغراض تصحيح الأخطاء.**
- **هدر ناجم عن إرسال بتات التزامن مع كل كلمة.**
- **لا يحتاج إلى إجراءات مزامنة للمستقبل مع المرسل.**

البيانات غير المتزامنة
Asynchronous Data



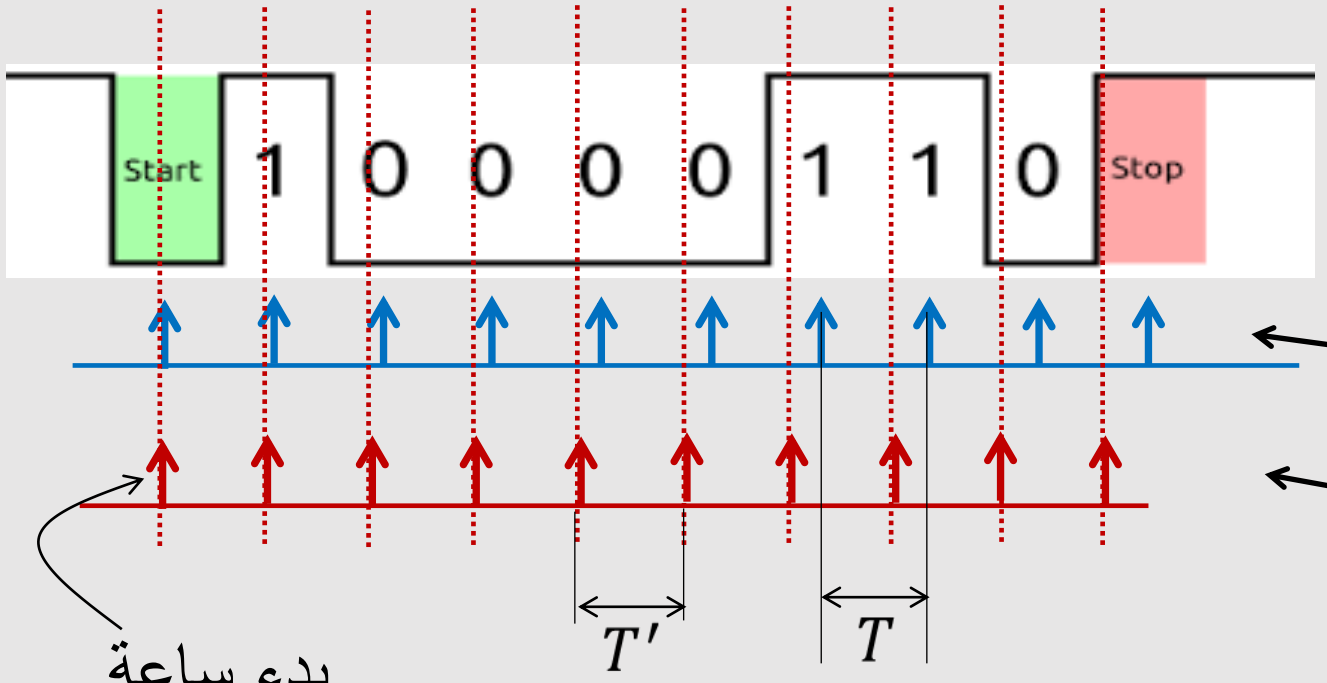
دور ساعة المستقبل أكبر من دور ساعة الإشارة المستقبلة

$$9T' = 9.5T$$

$$T' = \frac{9.5}{9}T$$

الحد الأقصى

البيانات غير المتزامنة
Asynchronous Data



دور ساعة المستقبل أصغر من دور
ساعة الإشارة المستقبلة

$$9T' = 8.5T$$

$$T' = \frac{8.5}{9}T$$

الحد الأدنى

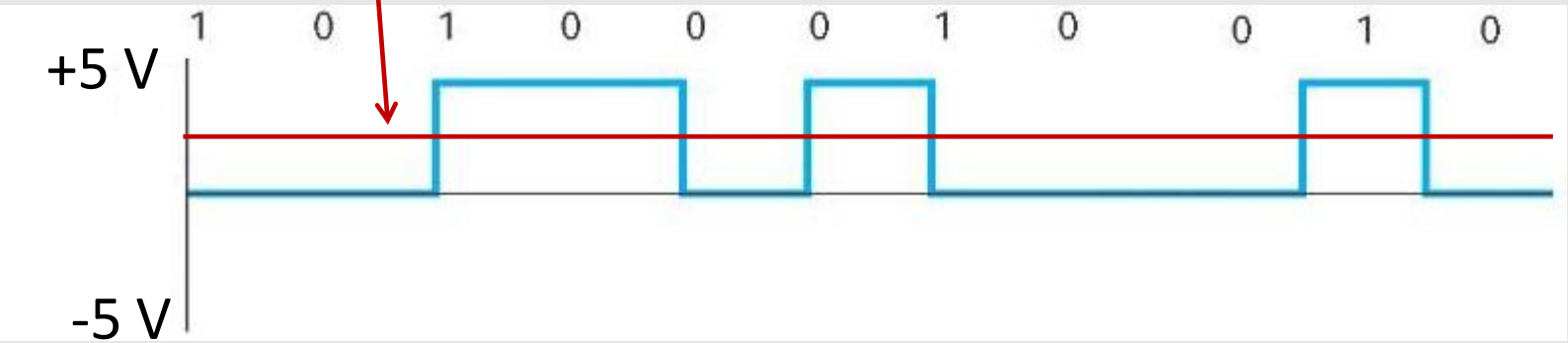
البيانات غير المتزامنة
Asynchronous Data

دور تردد أخذ عينات إشارة الـ start-stop في كلمة طولها n بت:

$$\frac{n-0.5}{n}T < T' < \frac{n+0.5}{n}T$$

تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا
data signal encoding

مركبة تيار مستمر = القيمة الوسطى للإشارة

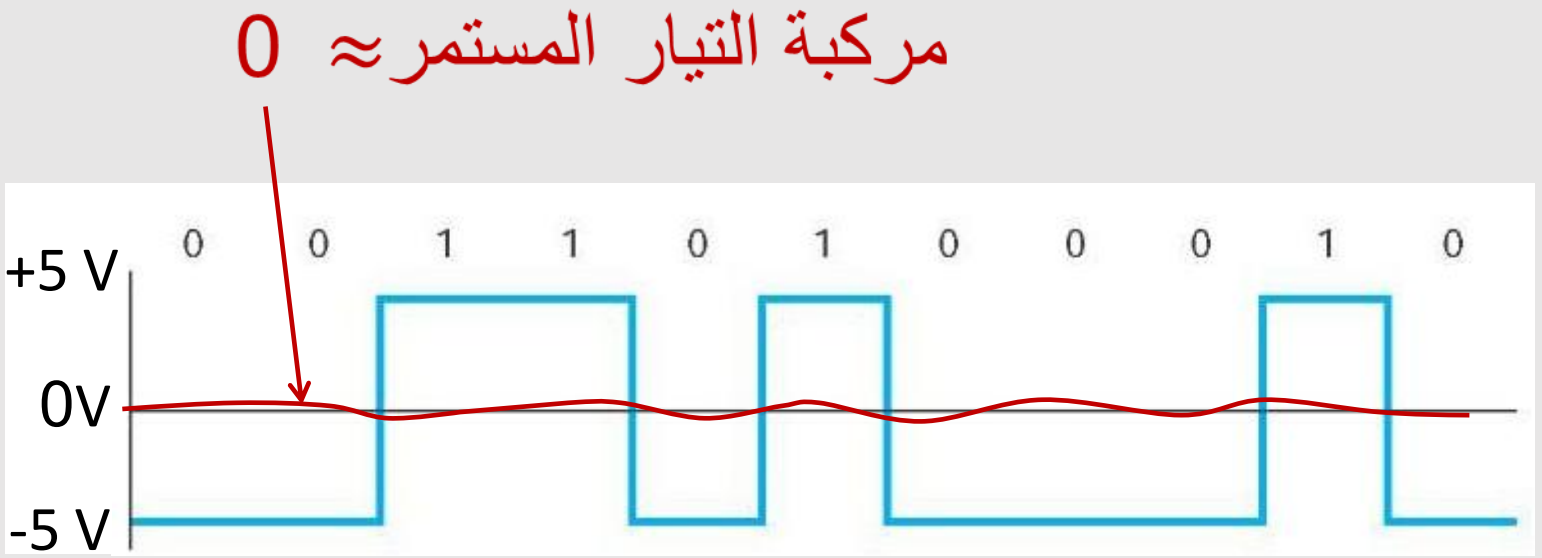


تمثيل وحيد القطبية unipolar
nonreturn-t-zero (NRTZ)

يُستعمل في الدارات الإلكترونية حيث تكون الإشارات ضعيفة ومنخفضة الاستطاعة.

لا يُستعمل في الاتصالات بسبب احتواء الإشارة على مركبة تيار مستمر غير مفيدة لكشف البيانات وضارة من حيث استهلاكها لطاقة غير مفيدة.

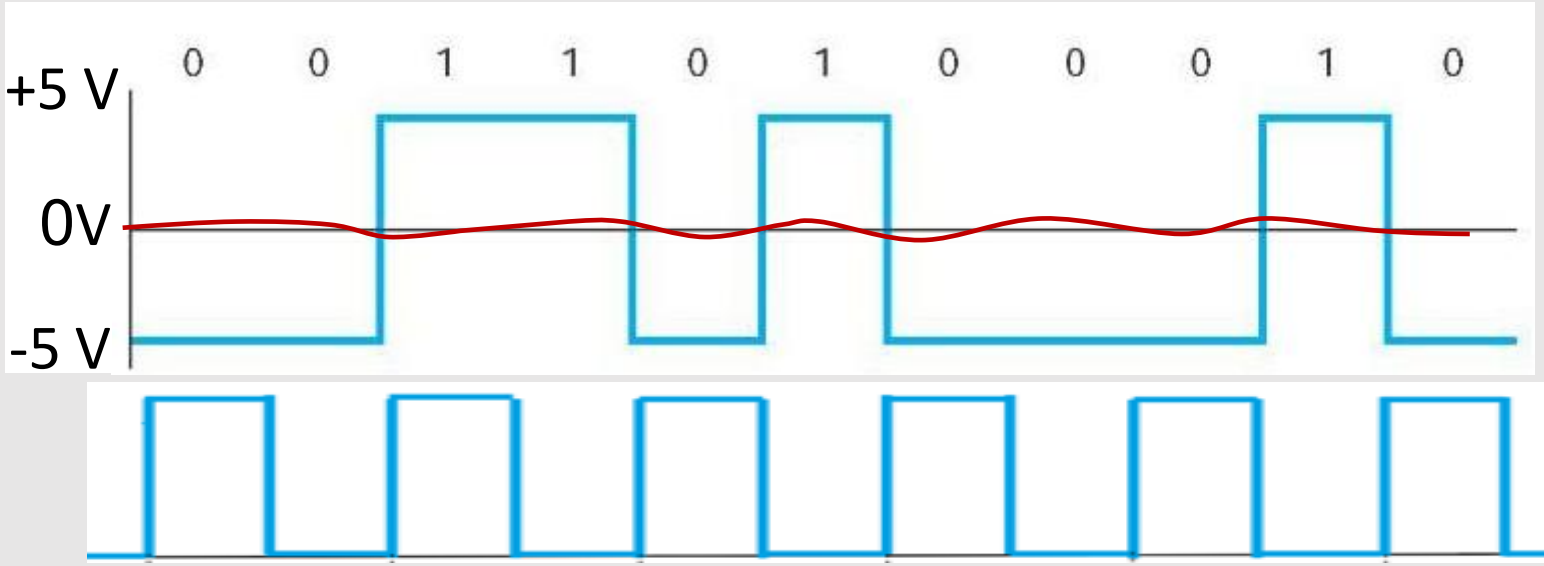
تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا



تمثيل ثنائي القطبية bipolar
nonreturn-t-zero (NRTZ)

تنعدم فيه المركبة المستمرة،
ويُسمى بترميز عدم العودة إلى الصفر nonreturn-t-zero (NRTZ).

تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا



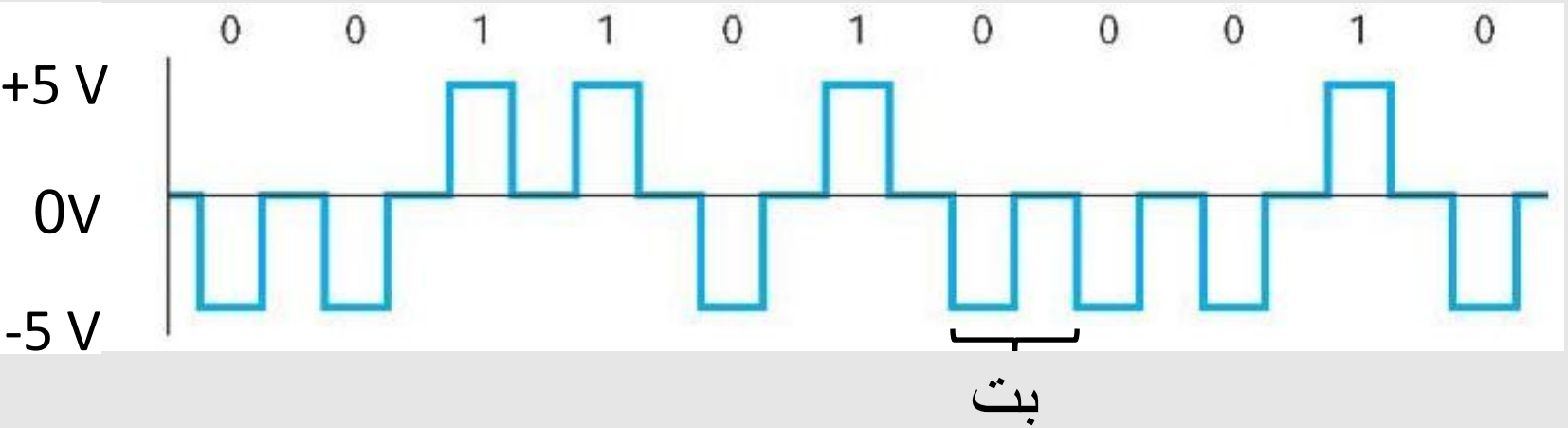
تمثيل ثنائي القطبية مع عدم رجوع إلى الصفر

Bipolar-nonreturn-to-zero (NRTZ)

تحتاج الإشارة الرقمية المتزامنة إلى ساعة في المستقبل من أجل عمل الدارات الإلكترونية على إيقاعها. فإذا كانت الإشارة الرقيمة من هذا النوع، وجب إرسال إشارة الساعة معها مستقلة عنها. **وهذه مثلبة كبيرة.** أو يجب توليد الساعة محليا في المستقبل، وهذا يحتاج إلى مرجع لاشتقاق الساعة منه. وتكون الإشارة الرقمية نفسها حينئذ هي المرجع نظرا لأن تغيراتها متواقتة مع الساعة. لكن إذا وردت ضمن الإشارة الرقمية سلسلة طويلة من الواحدات أو الأصفار، اختفت التغيرات أثناء تلك السلسلة، واضطربت عملية اشتقاق الساعة.

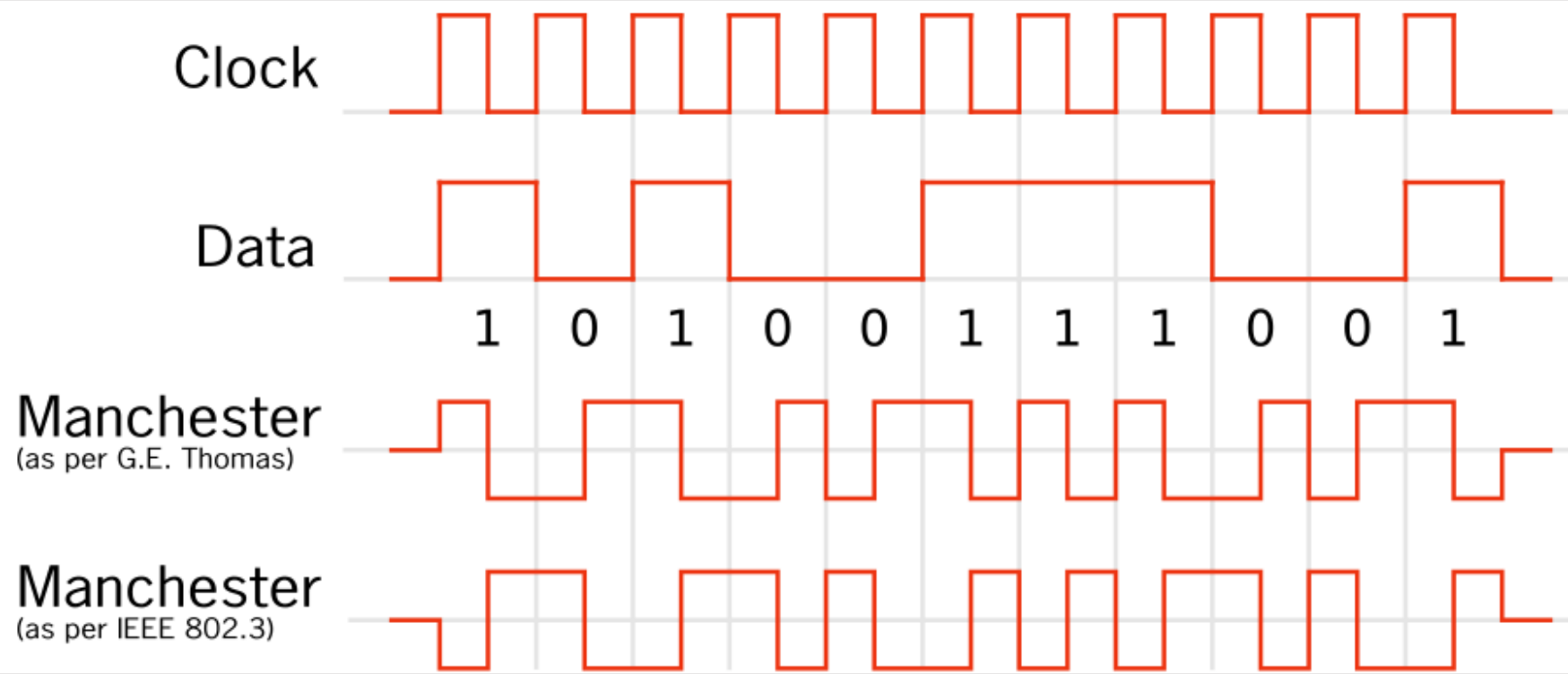
تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا

تمثيل ثنائي القطبية مع عودة إلى الصفر
Bipolar return-t-zero (RTZ)



ثُقسم البت إلى نصفين، يأخذ النصف الأول قيمة المستوي المعبّر عن قيمة البت (+5 V أو -5 V مثلا) وتأخذ النصف الآخر قيمة الصفر. وحينئذ تبقى التغيرات المتواقتة مع الساعة موجودة دائما في الإشارة التي تمثل حينئذ مرجعا ممتازا لدارات اشتقاق الساعة في المستقبل. لكن القيمة الوسطى تبقى متأرجحة حول الصفر بسبب وجود سلاسل طويلة من الواحدات أو الأصفار.

تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا



تمثيل مانشتر

Manchester coding

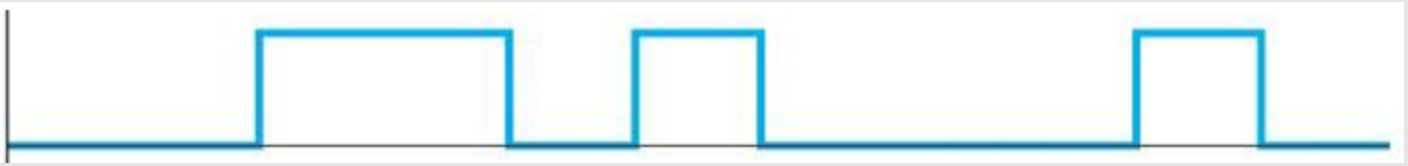
ثُقسم البت إلى نصفين، فإذا كانت قيمتها 1، تأخذ الإشارة قيمة موجبة في النصف الأول، وسالبة في الثاني، والعكس في حالة الـ 0.

مزاياها: تحمل إشارة الساعة التي تُشتق منها مباشرة، ومركبة التيار المستمر منعدمة تماما.

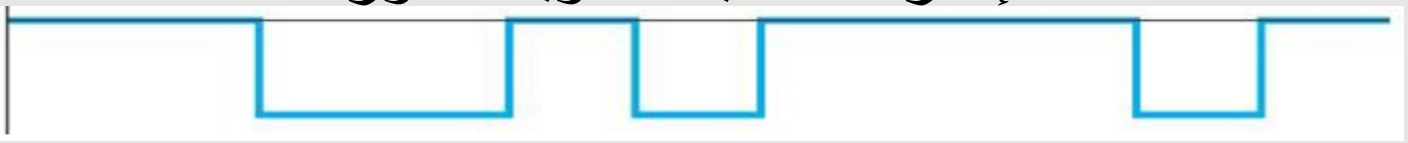
تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا

الترميز التفاضلي
differential coding

إشارة مرسلة



إشارة مستقبلة مقلوبة الطور



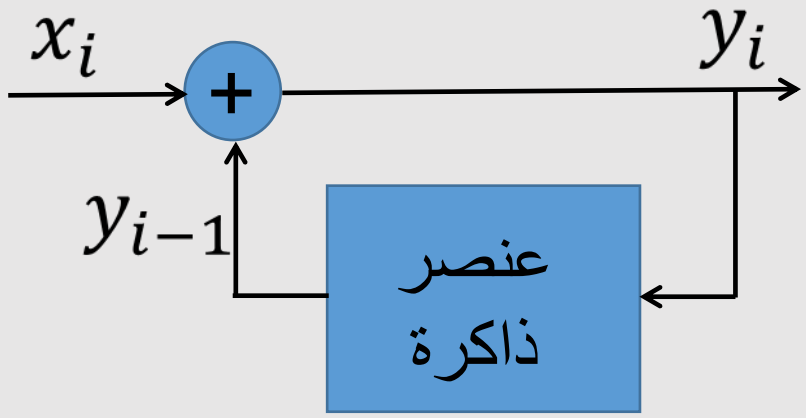
في اتصالات التردد الحامل، وخاصة في حالة الترنيم الطوري، يمكن أن تحصل إزاحة طورية ثابتة في طور الإشارة في المستقبل، وهذا ما يجعله مختلفا عن طورها في المرسل. وهذا يتطلب إجراءات لكشف تلك الإزاحة من أجل التخلص منها. ومن تلك الإجراءات استعمال الترميز التفاضلي.

تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا

الترميز التفاضلي
differential coding

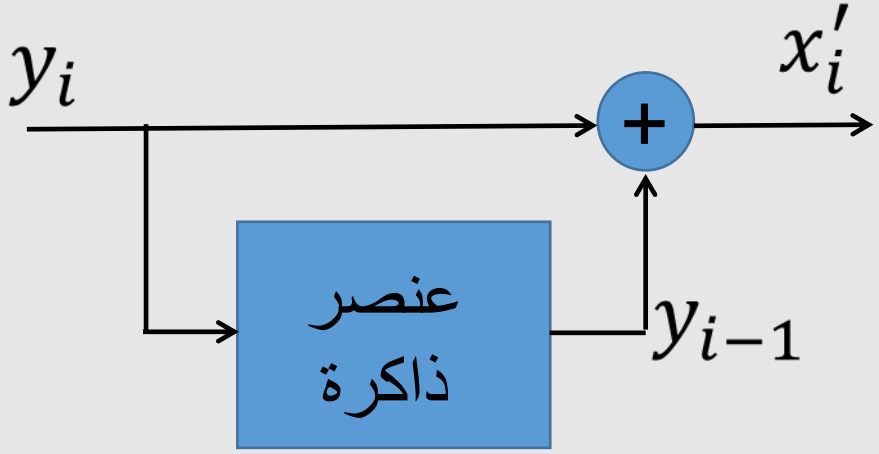
تُحمل قيمة البت فيه على تغير الإشارة، لا على قيمة مستواها. البت المرسلة تساوي سابقتها إذا كانت البت التي سوف تُرسل 0، ومقلوب سابقتها إذا كانت البت التي سوف تُرسل 1.

يُستعمل حيث يمكن أن يحصل تغير في طور الإشارة المستقبلة، أي أن يُستقبل الواحد صفرا والصفر واحدا مثلا.



مرسل

$$y_i = y_{i-1} + x_i$$

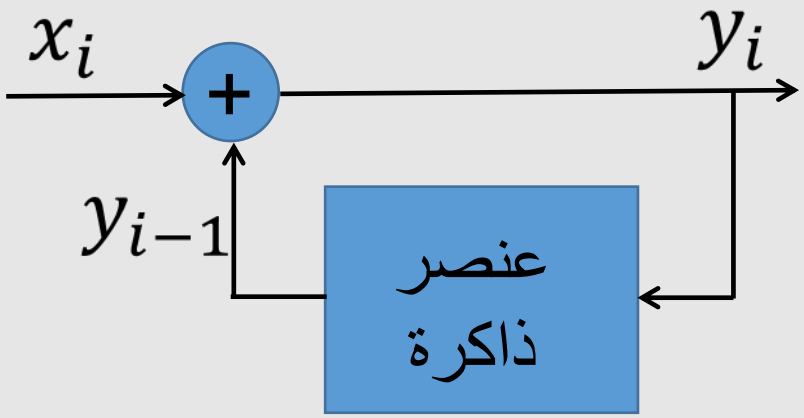


مستقبل

$$x'_i = y_i + y_{i-1}$$

تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا

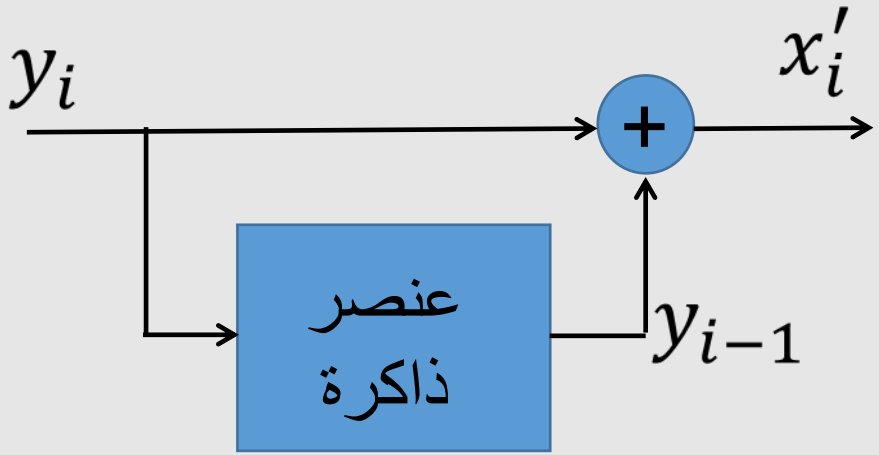
الترميز التفاضلي
differential coding



مرسل

$$y_i = y_{i-1} + x_i$$

سيئة الترميز التفاضلي هو تضاعف عدد أخطاء النقل:
إذا استُقبل y_i خطأ، كان كل من x_i و x_{i+1} خطأ.

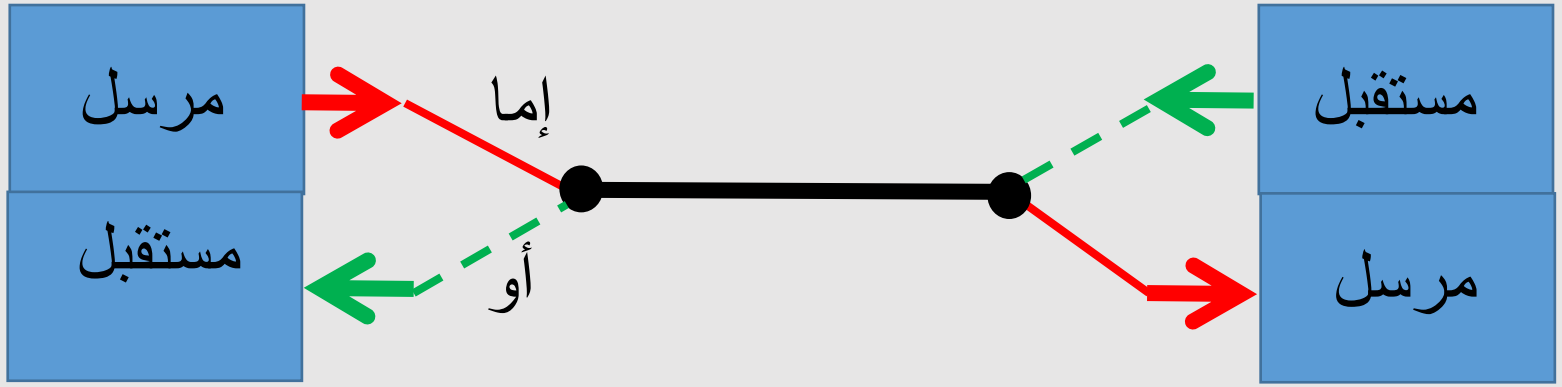


مستقبل

$$x'_i = y_i + y_{i-1}$$

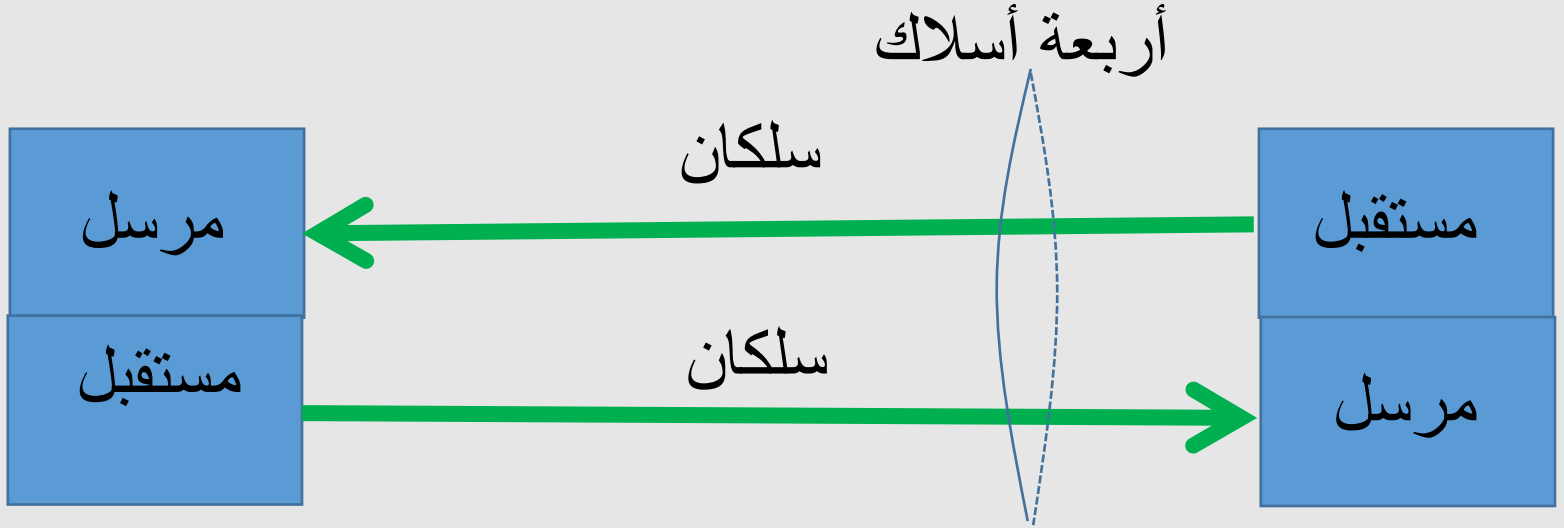
نقل البيانات الوحيد والثنائي الاتجاه بالتناوب

نقل وحيد الاتجاه simplex



نقل ثنائي الاتجاهات بالتناوب
باستعمال خط اتصال واحد
Half Duplex

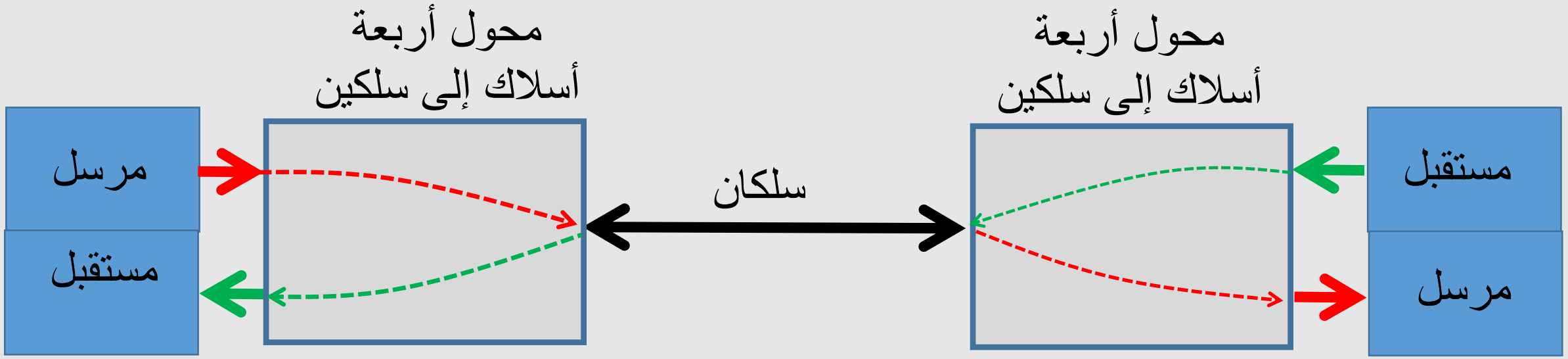
نقل البيانات بالاتجاهين



نقل بالاتجاهين باستعمال خطي اتصال
Full Duplex

- أداء ممتاز
- هدر في خطوط الاتصال

نقل البيانات بالاتجاهين

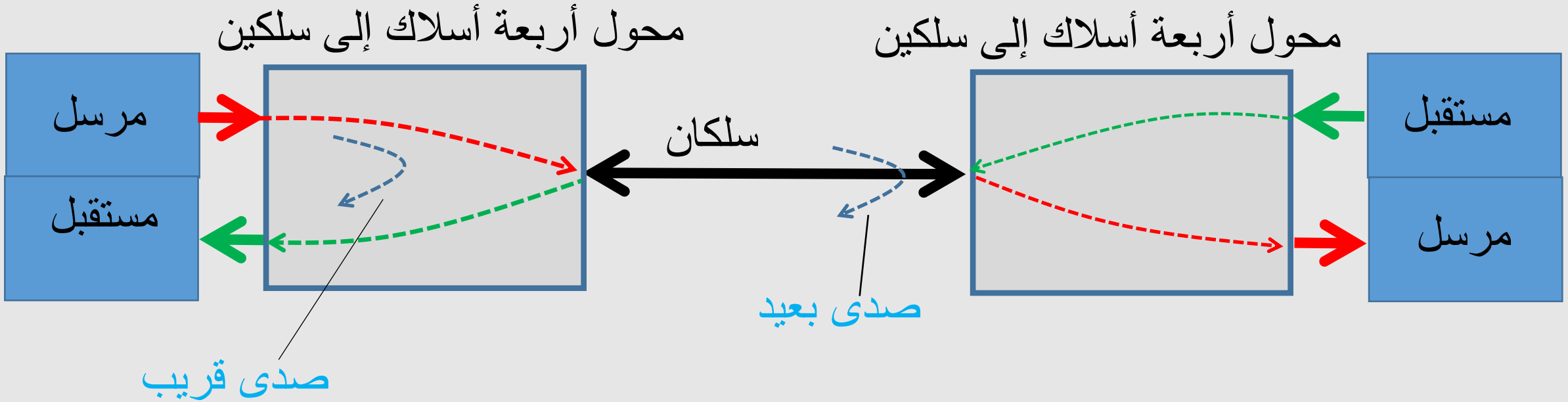


نقل ثنائي الاتجاهات بالتناوب باستعمال خط اتصال واحد
2-wire Full Duplex

- **خط اتصال واحد**
- **يمكن أن تحصل أصداء في حالة عدم توازن محول الأربعة أسلاك إلى سلكين**

الصدى في نقل البيانات

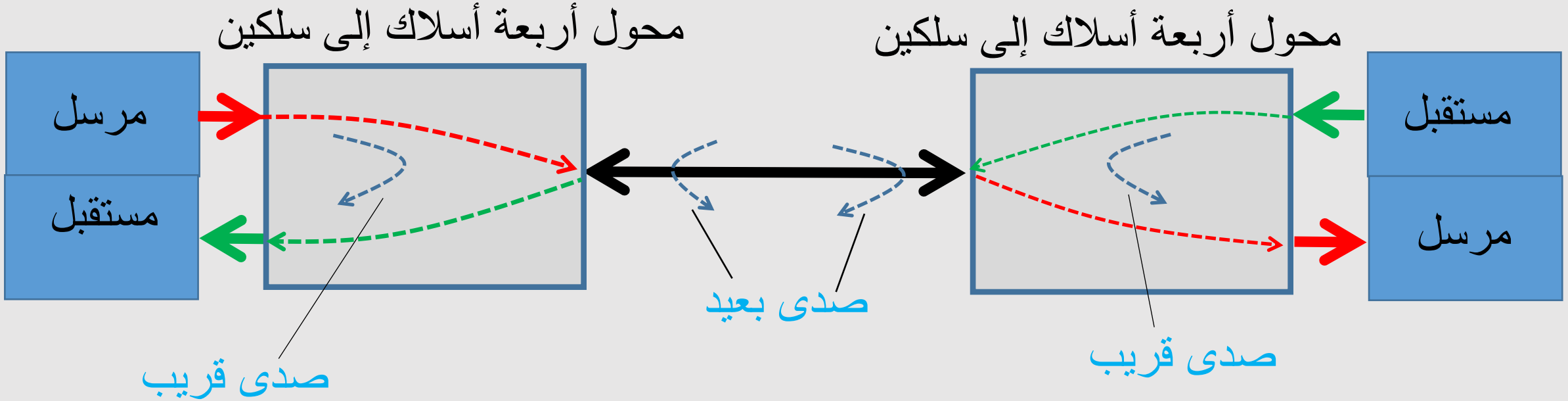
2-wire Full Duplex



- **صدى قريب: ينجم عن انعكاس الإشارة في المحول في نفس طرف الإرسال.**
- **صدى بعيد: ينجم عن انعكاس الإشارة في المحول في طرف الاستقبال.**

نقل البيانات بالاتجاهين

2-wire Full Duplex

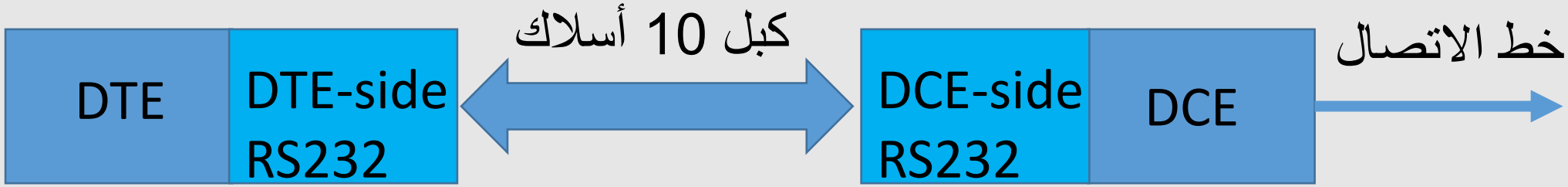


- الصدى مريح في الاتصالات الهاتفية الكلامية الأرضية، ومزعج جدا في الاتصالات الفضائية.
- سيء جدا لنقل البيانات الرقمية.

الإنترفاس التسلسلي RS232

صلة الوصل بين:

- مطراف البيانات (الحاسوب مثلا) data terminal equipment (DTE)
- وجهاز نقل البيانات (المودم مثلا) data communication equipment (DCE)

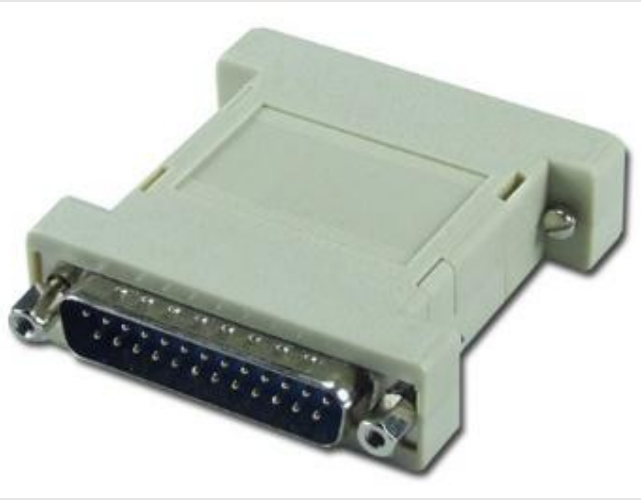


الإنترفاس التسلسلي RS232

Signal			Direction				
Name	V.24 (de) circuit	Abbreviation	DTE	DCE	DB-25	DE-9 (TIA-574)	
Transmitted Data	103	TxD	Out	In	2	3	
Received Data	104	RxD	In	Out	3	2	
Data Terminal Ready	108/2	DTR	Out	In	20	4	
Data Carrier Detect	109	DCD	In	Out	8	1	
Data Set Ready	107	DSR	In	Out	6	6	
Ring Indicator	125	RI	In	Out	22	9	
Request To Send	105	RTS	Out	In	4	7	
Clear To Send	106	CTS	In	Out	5	8	
Signal Ground	102	G	Common		7	5	
Protective Ground	101	PG	Common		1	N/A	

DE 9

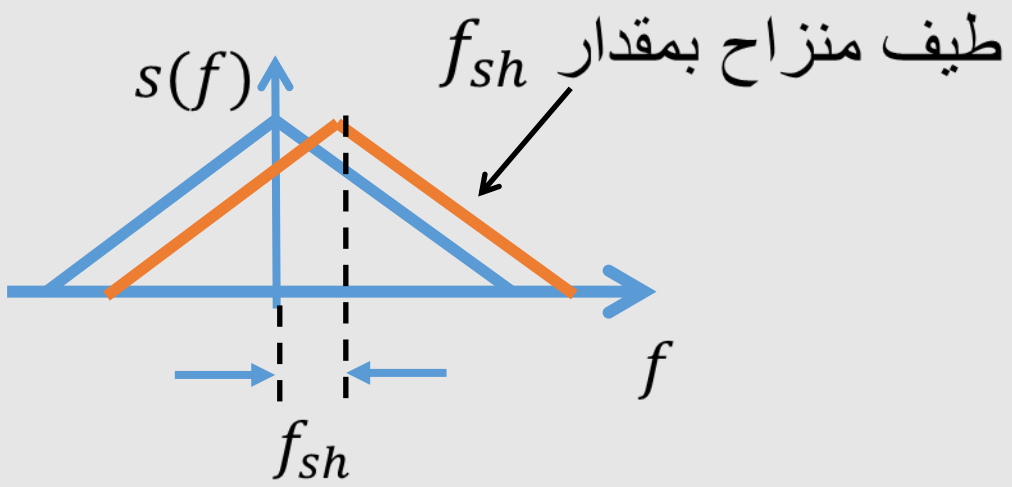
DB 25



انعكاسات تعدد المسارات
Multipath Propagation

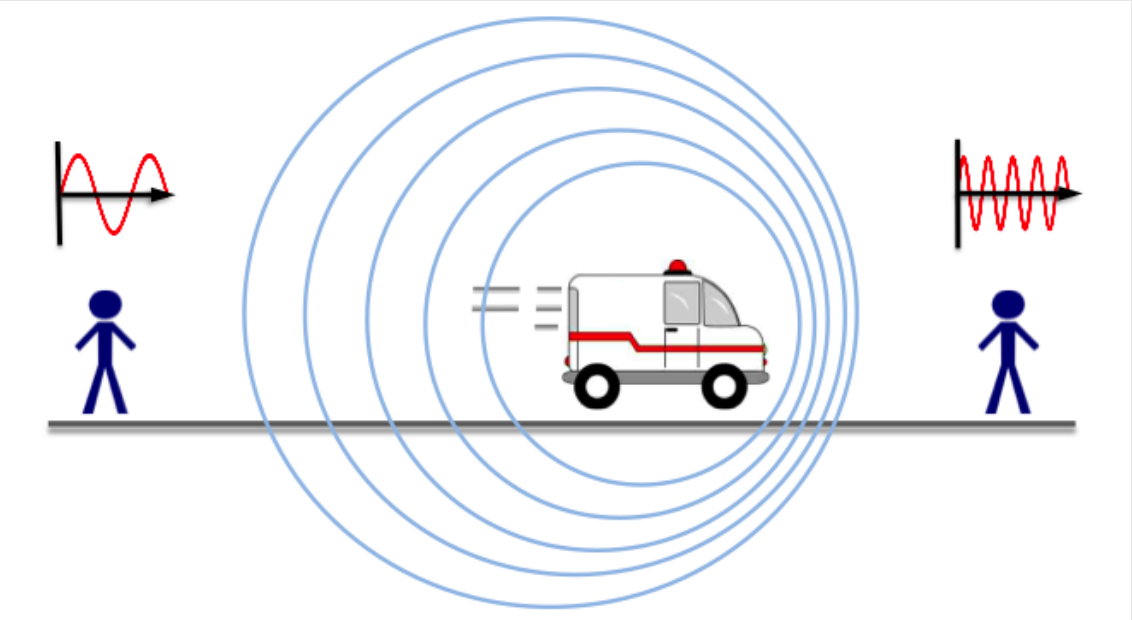
- تسيء الإشارات المنعكسة جدا إلى نقل الإشارة الرقمية.
- تظهر في الاتصالات الراديوية خاصة.
- تؤدي إلى تعدد الظلال في التلفزيون التماثلي الأرضي.

مفعول دوبلر
Doppler Effect



- يسيء جدا إلى نقل الإشارة الرقمية.
- يظهر في اتصالات التردد الحامل، خاصة الراديوية والكبل المحوري نتيجة لاختلاف تردد الكشف المرجعي عن التردد الحامل.
- يظهر على شكل تردد دوبلر الذي ينجم عن الحركة.

مفعول دوبلر Doppler Effect



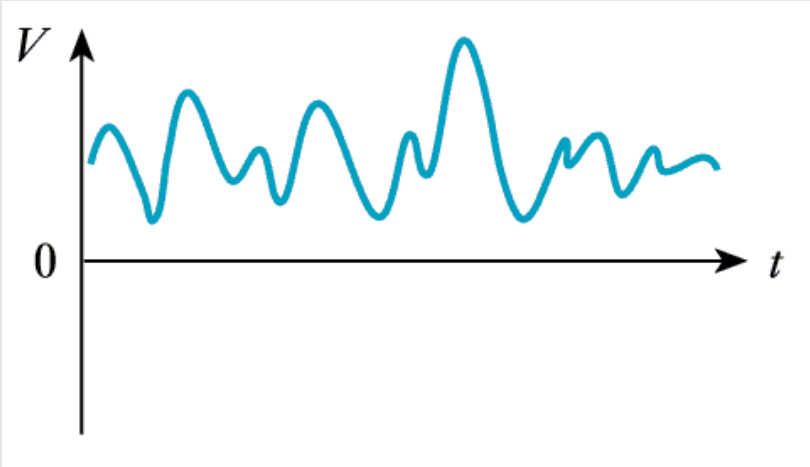
لماذا الانتقال إلى الإشارات الرقمية؟

	الإشارة الرقمية	الإشارة التماثلية
المناعة من الضجيج	**يُعاد توليد** الإشارة الرقمية أثناء نقلها في معيدات خاصة، وهذا يمكّن من استرجاعها كما هي في الأصل. وفي حالة وجود أخطاء نقل، يمكن التخلص منها بتقنيات كشف وتصحيح الخطأ.	**يتراكم الضجيج والتشويه** الموجود ضمن حزمة طيف الإشارة أثناء انتشارها ولا توجد طريقة للتخلص منه.
التداول	سهلة التداول جدا	صعبة التداول
الخزن	سهل جدا	صعب
التكلفة	أقل	أعلى عموما

لماذا الانتقال إلى الإشارات الرقمية؟

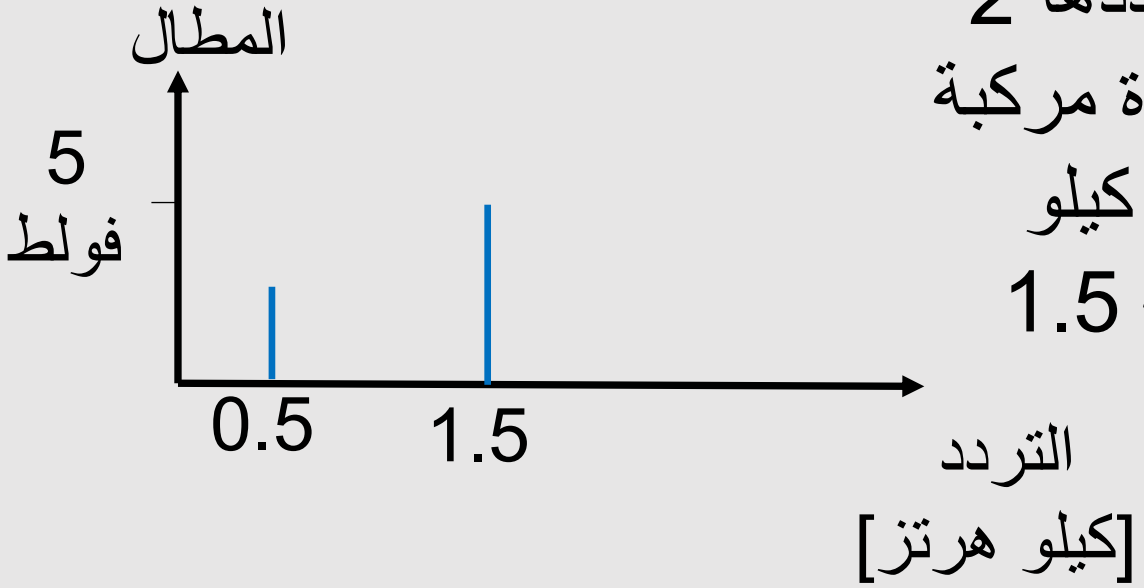
	الإشارة الرقمية	الإشارة التماثلية
المزج	البيانات الرقمية من مصادر مختلفة سهلة المزج معا	لا يمكن مزجها مع بيانات وإشارات من مصادر أخرى
ضجيج الرقمنة	ضجيج التكميم، لكن يمكن تقليصه بزيادة عدد البتات	لا يوجد ضجيج تكميم
عرض الحزمة	تحتاج إلى قناة عريضة الحزمة الترددية	تحتاج إلى قناة استجابتها الترددية متوافقة مع طيفها.
التزامن	تحتاج إلى إجراءات تزامن متنوعة بين المرسل والمستقبل	لا تحتاج إلى تزامن
الإظهار	الإظهار الرقمي سهل جدا	صعوبة بالغة في الإظهار

تمارين

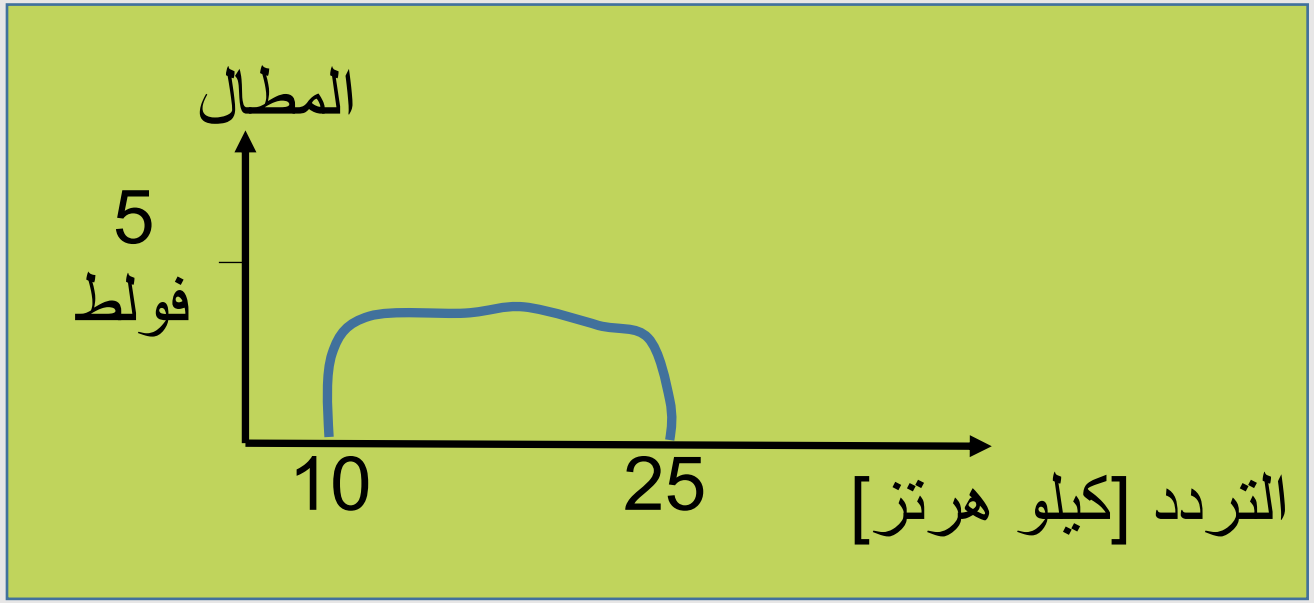


1- ما نوع هذه الإشارة: تماثلية أم رقمية؟

2- ما هذه الإشارة: هل هي إشارة جيبية ترددها 2 كيلو هرتز ومطالها 7.5 فولط؟ أم إشارة مركبة من إشارتين جيبيتين، تردد الأولى 0.5 كيلو هرتز ومطالها 2.5 فولط، وتردد الثانية 1.5 كيلو هرتز ومطالها 5 فولط؟



تمارين



3- ما هو عرض هذه الحزمة الترددية؟

4- ما هو نوع إشارات الظواهر الطبيعية: تماثلية أم رقمية؟ هل تعرف ظاهرة طبيعية خرجها رقمي؟

تمارين

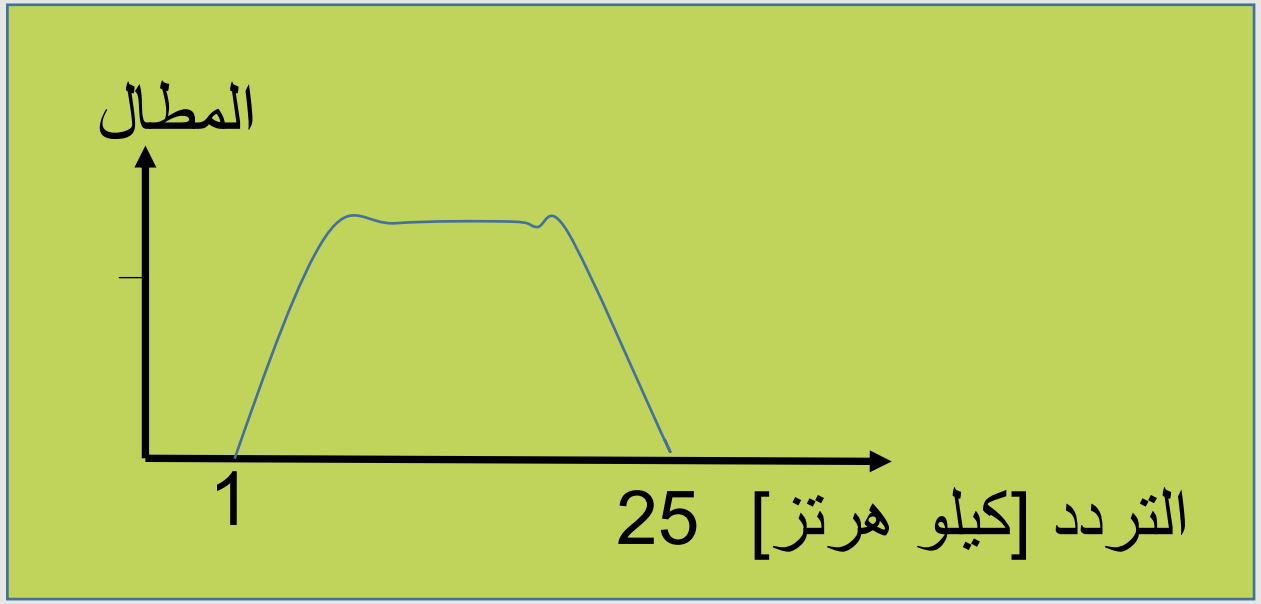
5- كلمة غير متزامنة (ستارت ستوب) مؤلفة من 11 بت وتردد ساعتها يساوي 500 هرتس. ما هي قيمة تردد أخذ عيناتها؟

دور تردد أخذ عينات إشارة الـ start-stop المكونة من n بت:

$$\frac{n-0.5}{n}T < T' < \frac{n+0.5}{n}T$$

تمارين

6- يُري الشكل الاستجابة الترددية لمُحِس كهرضغطي (بيزو). هل تصلح هذه المادة لاستعمالها في صنع مكروفون؟ لماذا؟



تمارين

7- يزيد مستوى استطاعة الضجيج الذي تُصدره فرقة موسيقى الروك 80 db فوق مستوى الصوت في منطقة ريفية ليلا. كم مرة يعادل ذلك؟

8- يقوم مرسل راديوي بتحميل إشارة بيانات يمتد طيفها بين 400 هرتز و 10 كيلو هرتز على تردد حامل تردده يساوي 10 ميغا هرتز باستعمال التعديل المطالي. ارسم طيف الإشارة التلفزيونية الراديوية. حدد قيم الترددات.

9- يقوم مرسل راديوي بتحميل إشارة بيانات يمتد طيفها بين 400 هرتز و 10 كيلو هرتز على تردد حامل تردده يساوي 10 ميغا هرتز باستعمال التعديل المطالي الوحيد الحزمة الجانبية العليا. ارسم طيف الإشارة التلفزيونية الراديوية. حدد قيم الترددات.

تمارين

10- ما هي قيمة تردد التقطيع الواجب استعماله في رقمنة إشارة تلفزيونية يمتد طيفها من الصفر حتى 8 ميغا هرتز؟

11- ما هو عدد البتات اللازم استعماله لترميز إشارة بيانات تماثلية حين رقمنتها بحيث لا تقل نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة ضجيج التكميم SQNR عن 100000 مرة؟ ما مقدار ميز عملية الرقمنة حينئذ؟

12- يساوي عرض الاستجابة الترددية لقناة اتصال هاتفية جيدة جدا 4 كيلو هرتز. ما هي سرعة نقل البيانات القصوى الممكنة على هذه القناة إذا كانت نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة الضجيج الغوصي تساوي 18 ديسيبل؟ و 21 ديسيبل؟ و 30 ديسيبل؟

تمارين

13- إذا كانت نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة الضجيج الغوصي في قناة الاتصال تساوي 25 ديسيبل، فما هو عرض حزمة الاستجابة الترددية للقناة من أجل سرعة نقل قصوى للبيانات تساوي 64 كيلو بت في الثانية؟

14- لماذا تتفوق الإشارة الرقمية على الإشارة التماثلية من وجهة نظر المناعة من الضجيج؟

15- ماذا يعني نقل البيانات المتزامن؟