

# 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 العيب أن نحاول تعداد التطبيقات في الإنترنت.**

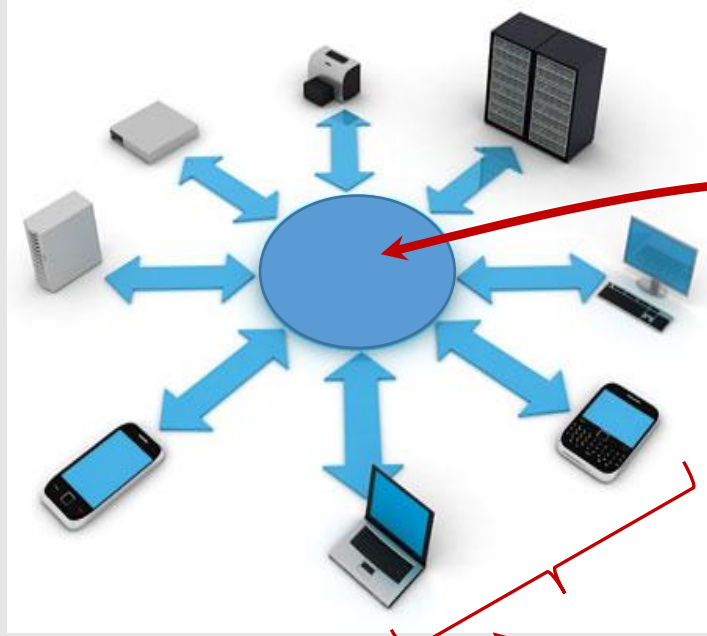
# ترميز البيانات في تراسل البيانات

نفس الترميز المستعمل في الحواسيب:

ترميز الأسكي ASCII code

تُحمل رموز البيانات على إشارات كهربائية أو ضوئية أو راديوية

# شبكات البيانات الرقمية



تتكوّن شبكة البيانات الرقمية من:

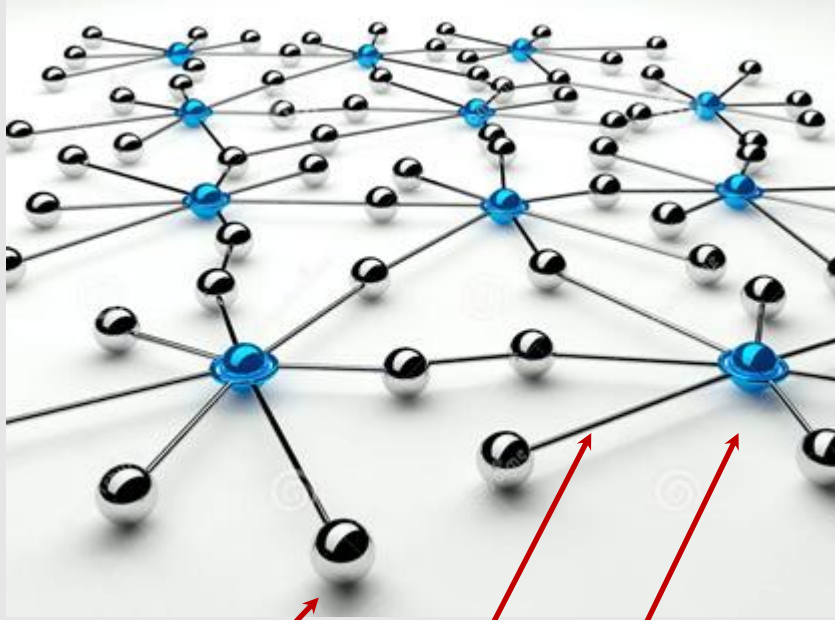
▪ شبكة الاتصالات الرقمية

▪ مجموعة الطرفيات المتصلة بها التي تتبادل

البيانات فيما بينها: حواسيب، هواتف ذكية،

طابعات، آلات صناعية، مركبات فضائية..

# شبكات الاتصالات الرقمية



عقدة فرعية

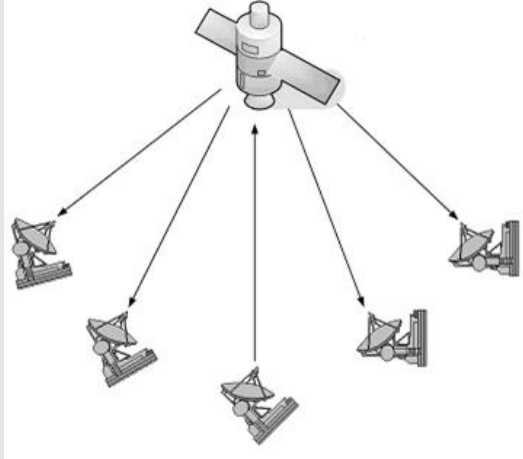
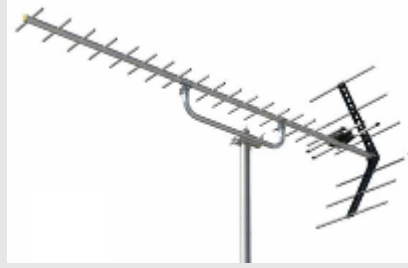
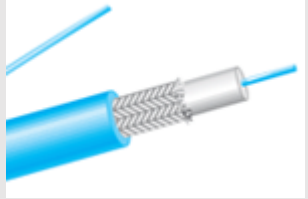
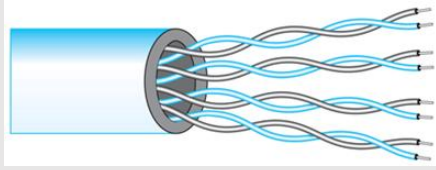
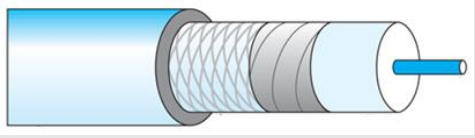
عقدة رئيسية

وصلات

تتكوّن شبكة الاتصالات الرقمية من:

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

# وسائل نقل البيانات: عتاديات وبرمجيات



حواسيب، مودمات، راوترات...

1- خطوط سلكية

أزواج أسلاك  
كبال محورية

2- ألياف ضوئية

3- وصلات راديوية

لاسلكي موجه  
أمواج مكروية

4- وصلات أقمار صناعية

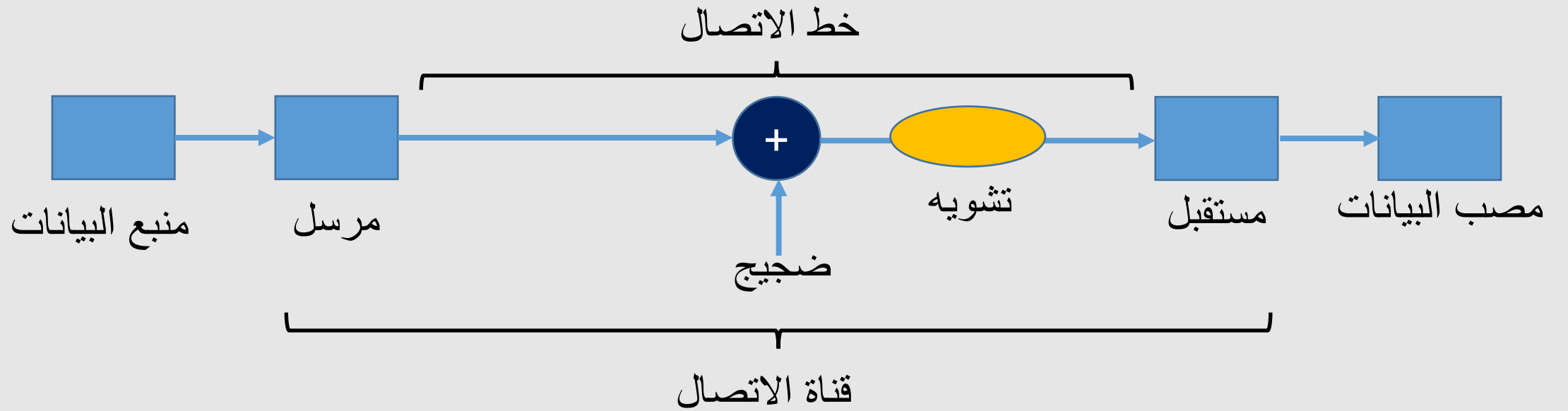
5- تجهيزات إلكترونية:

6- برمجيات: بروتوكولات

# نموذج الاتصال

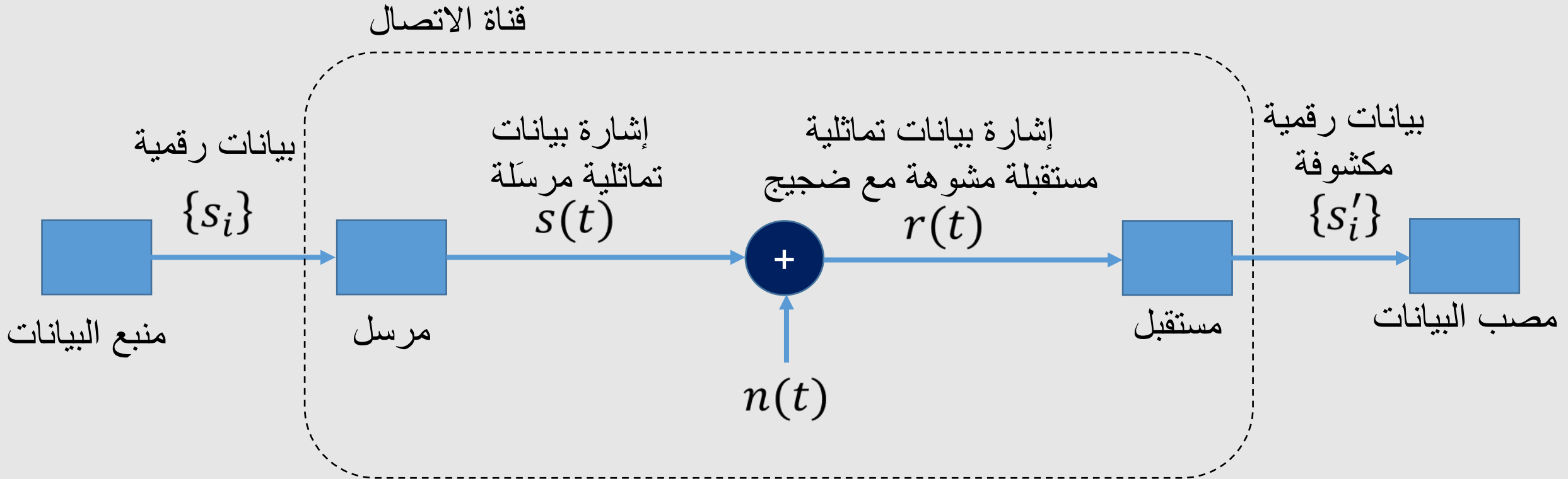
نقل البيانات: مجموعة عمليات أخذ البيانات من مصدرها وتحضيرها للنقل على **خطوط الاتصالات** وإرسالها واستقبالها وكشفها وتصحيحها وإيصالها إلى مصبها.

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



# قناة الاتصال

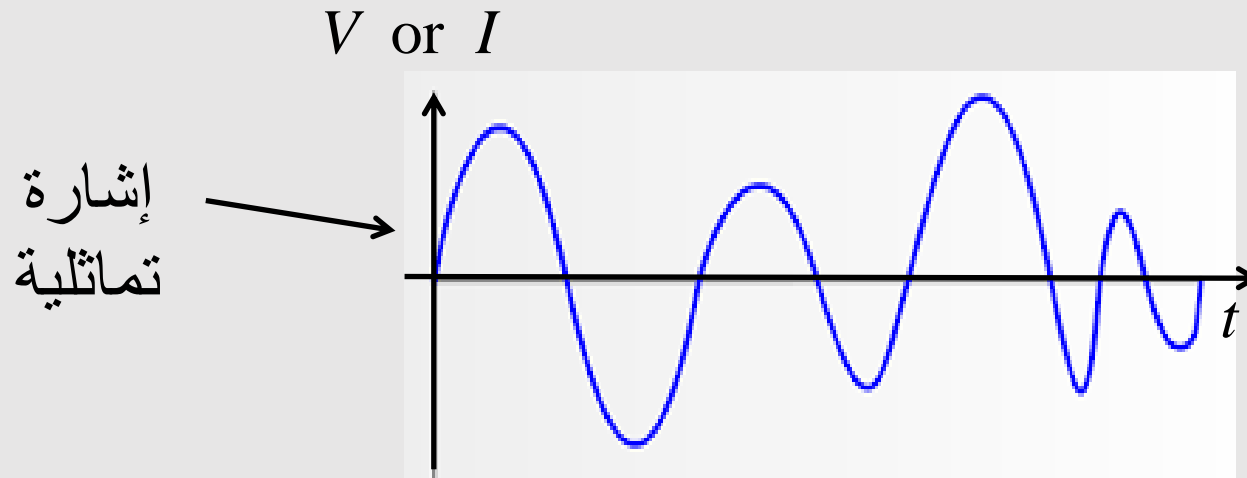
تشتمل قناة الاتصال على جميع العمليات التي تحصل في المرسل والمستقبل، إضافة إلى الضجيج والتشويه اللذين يدخلهما خط الاتصال في إشارة البيانات.



# أساسيات

الإشارة: هي مقدار كهربائي (جهد أو تيار) يعبر 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.



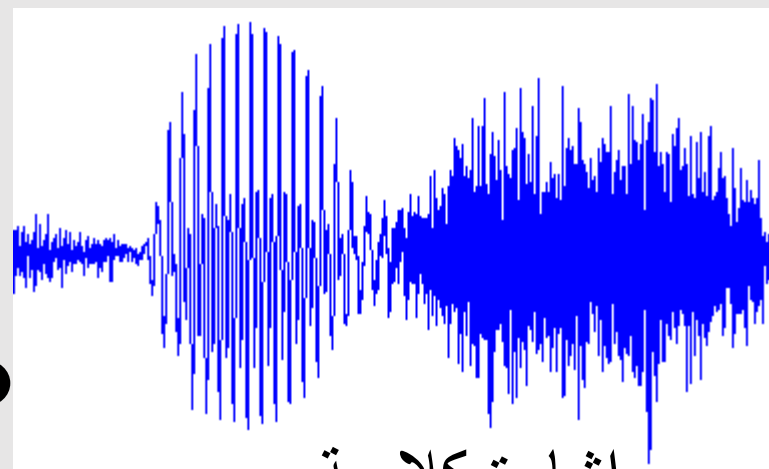
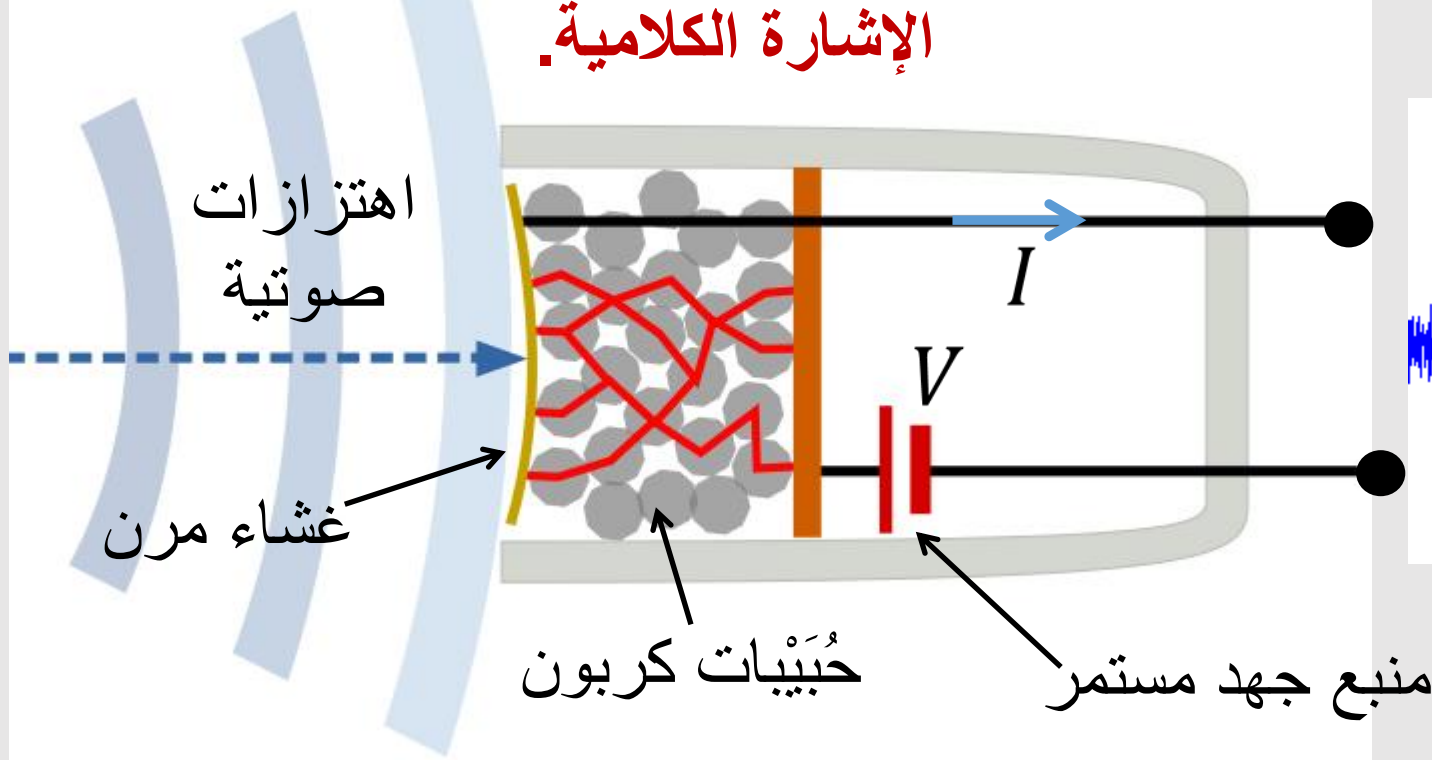


# أساسيات

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

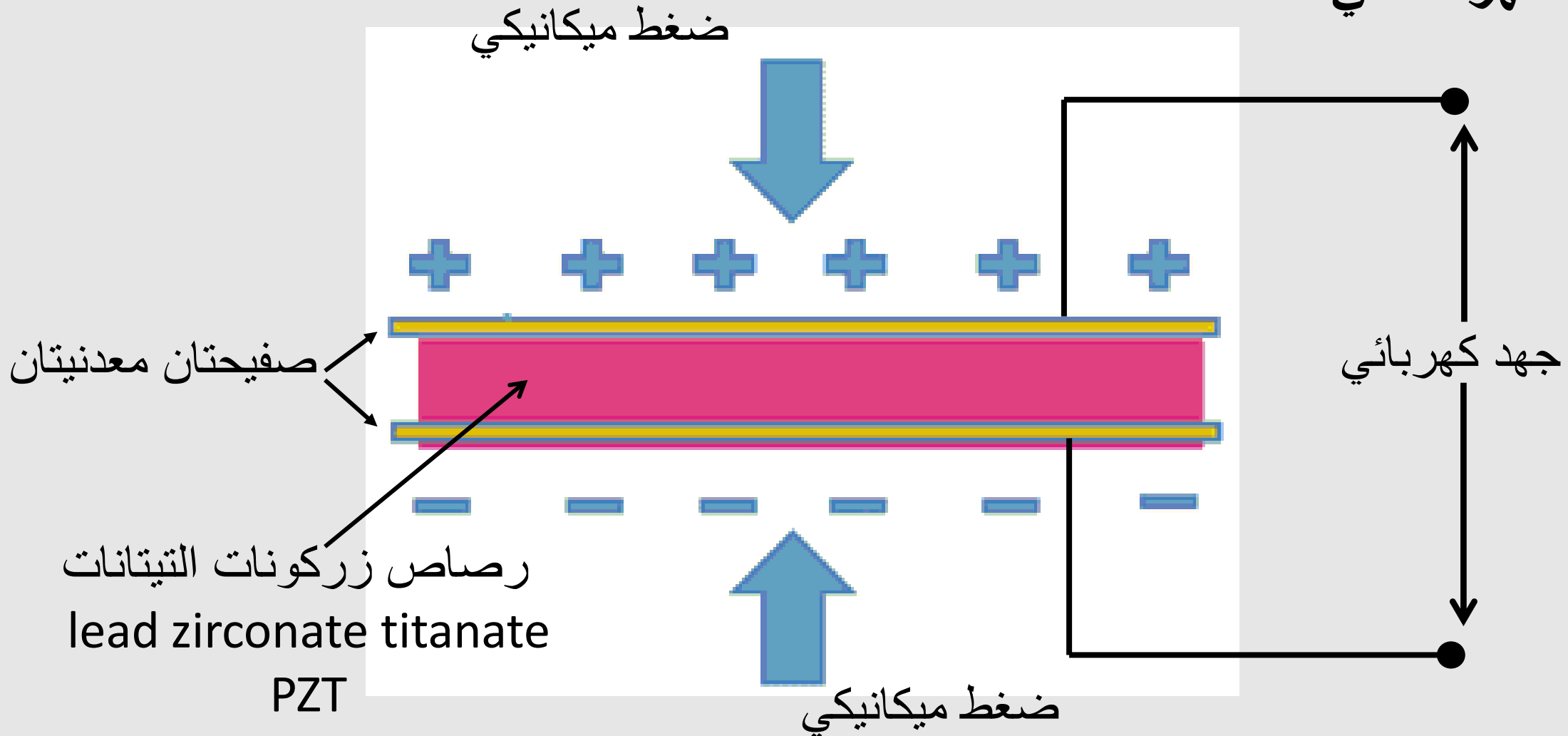
تتغير مقاومة المكروفون الفحمي مع تغير عدد الحبيبات المتماسة الذي يتغير مع تغير الضغط. ومع تغير المقاومة تتغير شدة التيار التي تمثل الإشارة الكلامية.

$$V = IR$$



# أساسيات

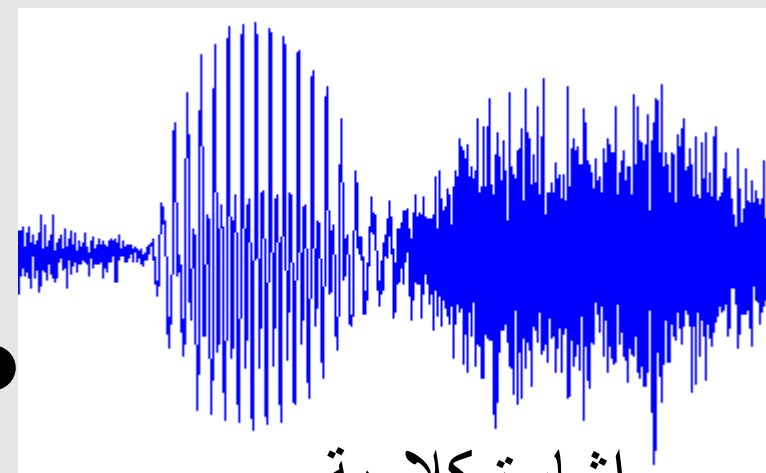
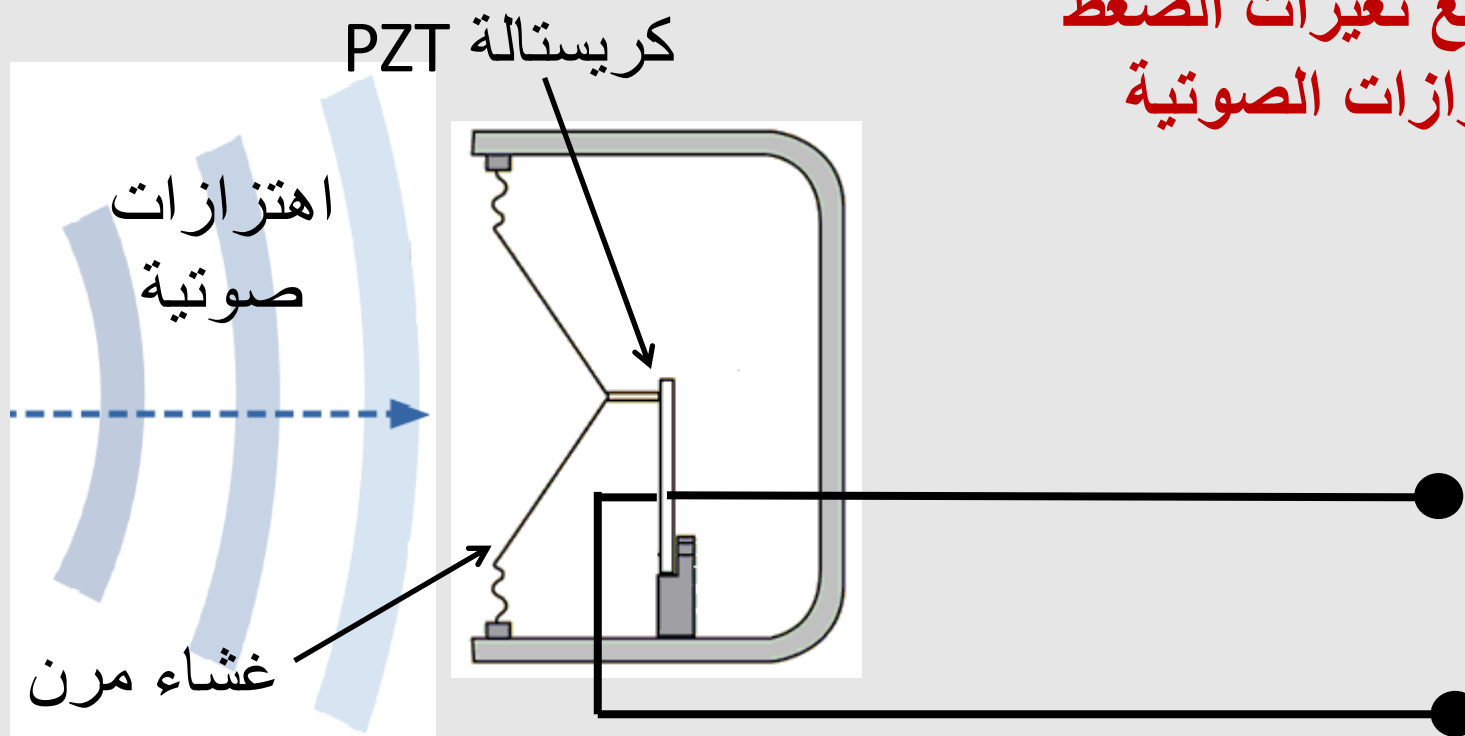
## المفعول الكهرضغطي



# أساسيات

## المكروفون الكريستالي الكهرضغطي

تولّد الكريستالة جهداً متناسباً تغيراته مع تغيرات الضغط على الغشاء المرن، ومن ثم مع الاهتزازات الصوتية

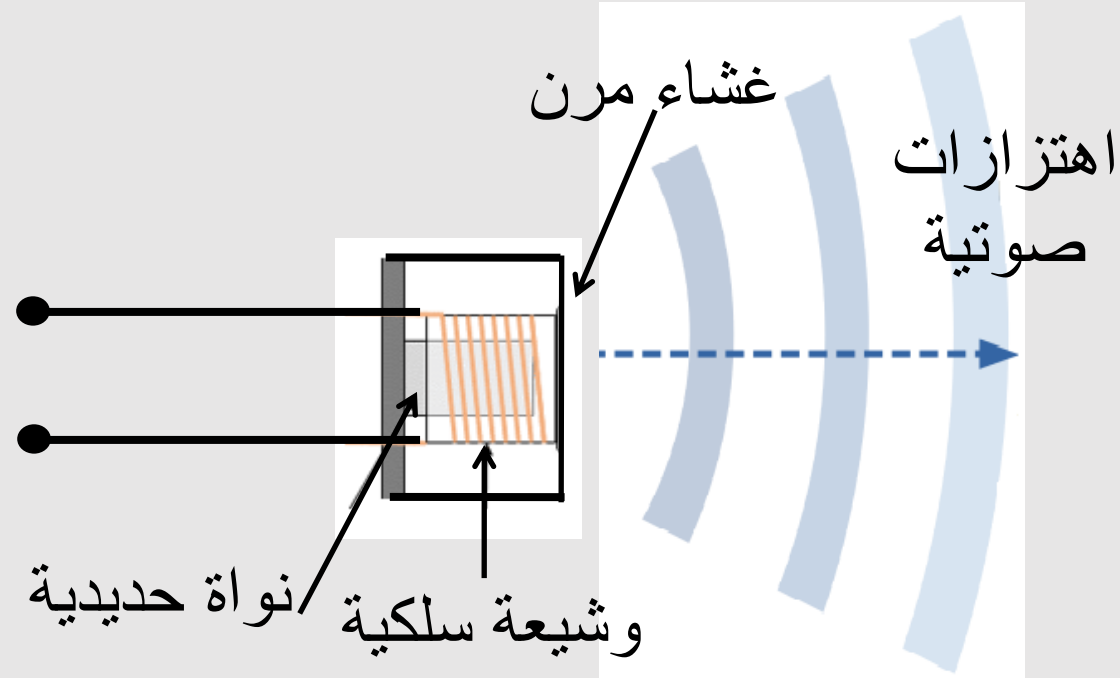
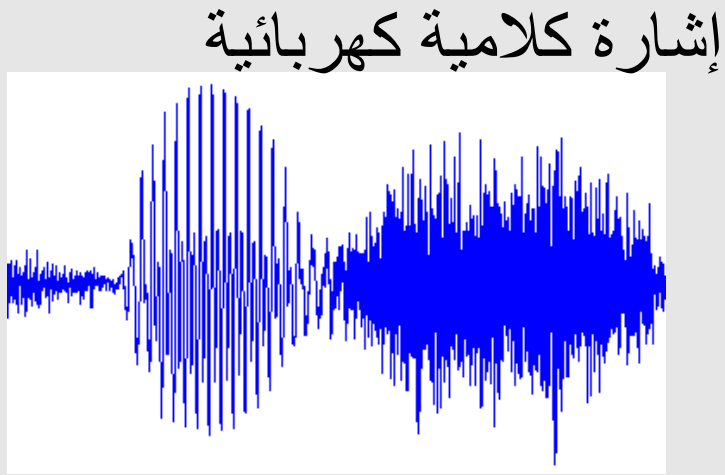


إشارة كلامية

# أساسيات

## السماعة الكهرمغناطيسية

تولّد الإشارة الكلامية الكهربية حقلًا مغناطيسيًا متغيرًا في الوشّعة والنواة الحديدية  
فيهتز الغشاء المرن تبعًا لتغيرات الإشارة ويُصدر اهتزازات صوتية

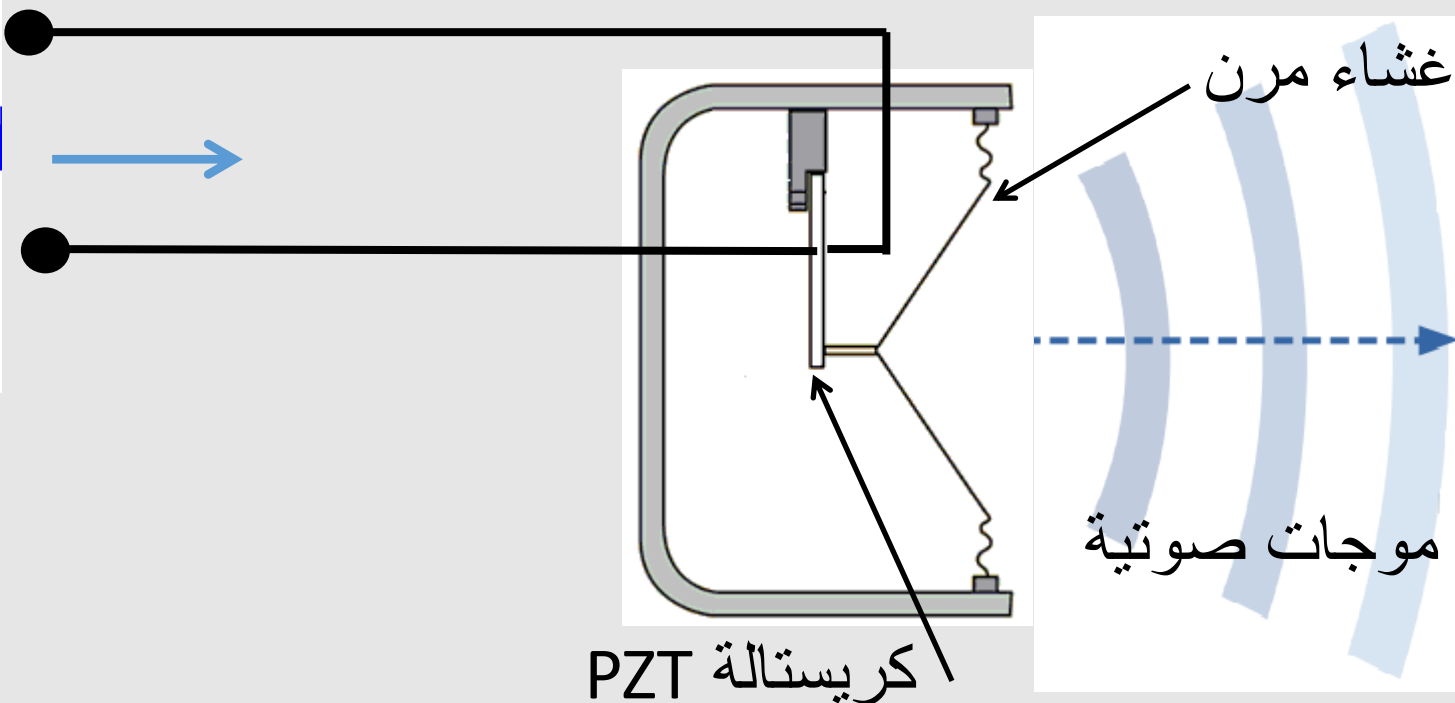
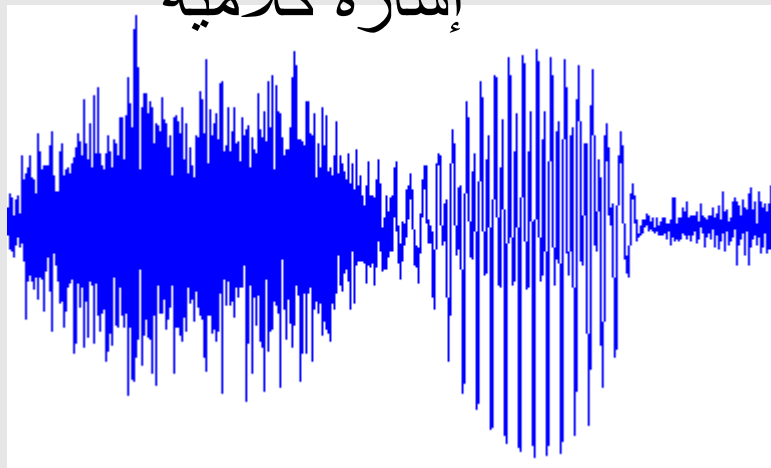


# أساسيات

## السماعة الكريستالية الكهرضغطية

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

إشارة كلامية



# أساسيات

## المُحِسُّ الحراري

تتغير المقاومة الكهربائية لسلك معدني  
تبعاً لدرجة حرارته

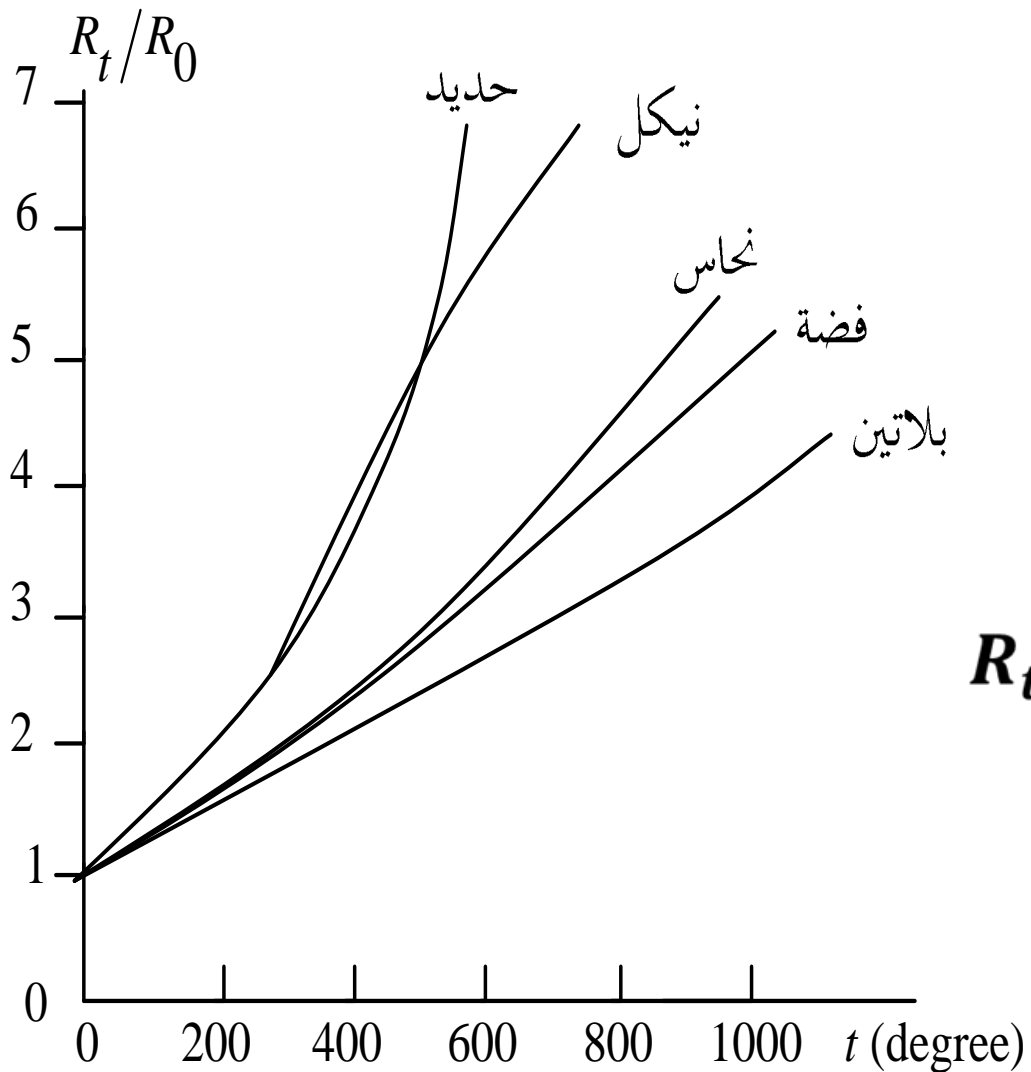
تقريب خطي خشن  $R_t = R_0(1 + At)$

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

$t$  : درجة الحرارة

$A, B, C$  : ثوابت تابعة لنوع المادة وتحدد تجريبياً.

$R_0$  : المقاومة عند الدرجة صفر.



# أساسيات

## مُحِسَّاتُ شِدَّةِ الضَّوْعِ

### تُسْتَعْمَلُ فِي الكَمْرَاتِ

وهي نوعان:

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

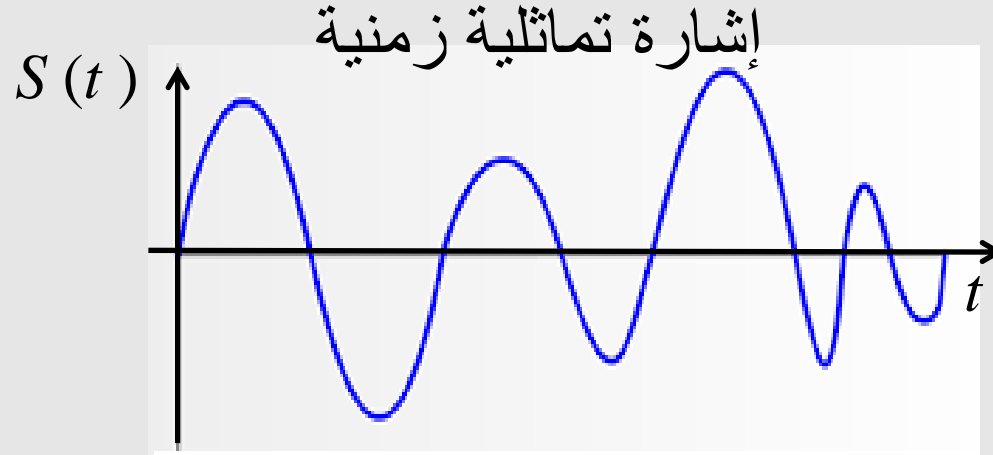
# أساسيات

## تمثيل الإشارات:

تحريض  
داخلي

ظاهرة  
فيزيائية

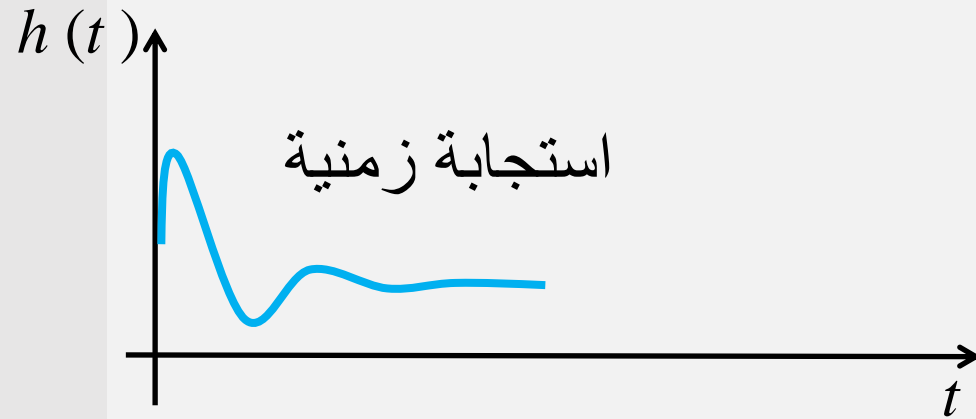
إشارة زمنية  $S(t)$



تحريض  
خارجي

منظومة  
فيزيائية

استجابة زمنية  $h(t)$





# أساسيات

تحويل فورييه:

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

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

تحويل فورييه العكسي:

$x(t)$ : تابع زمني

$X(f)$ : تابع ترددي

$f$ : متغير التردد

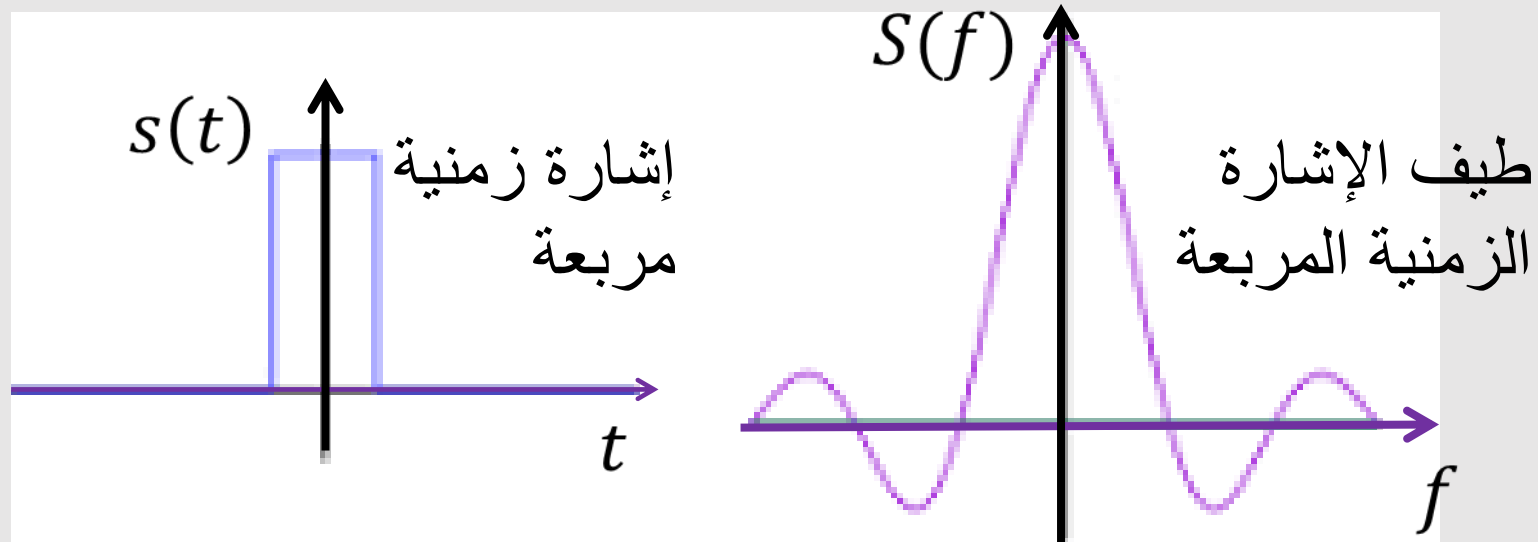
$t$ : متغير الزمن

$$j = \sqrt{-1}$$

# أساسيات

**طيف** الإشارة الزمنية  $s(t)$  :

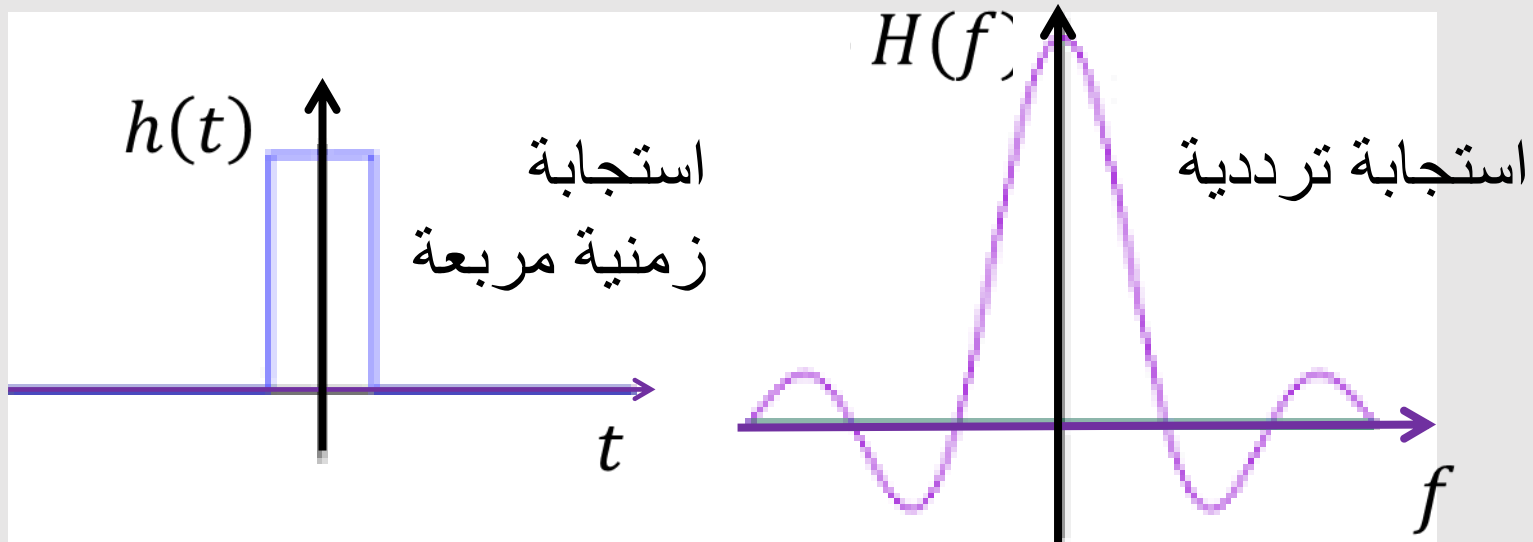
$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi f t} dt$$



# أساسيات

الاستجابة الزمنية  $h(t)$ :

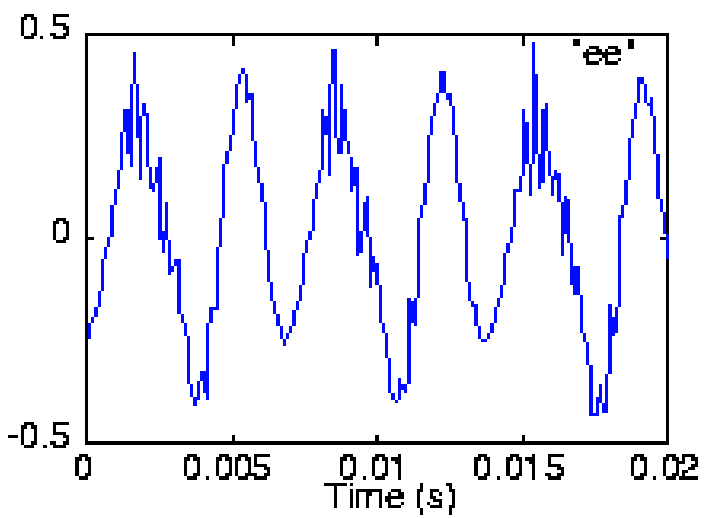
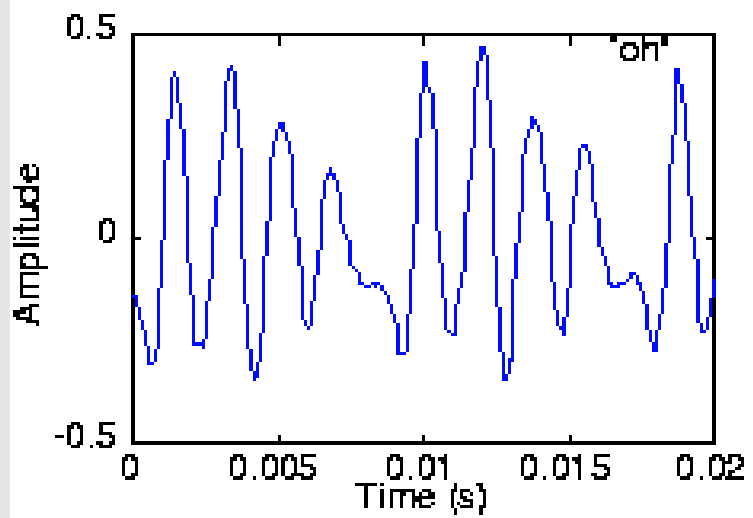
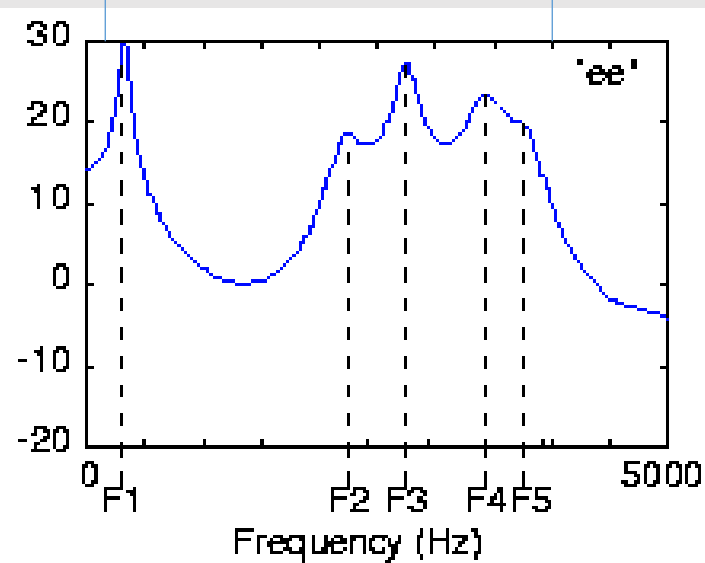
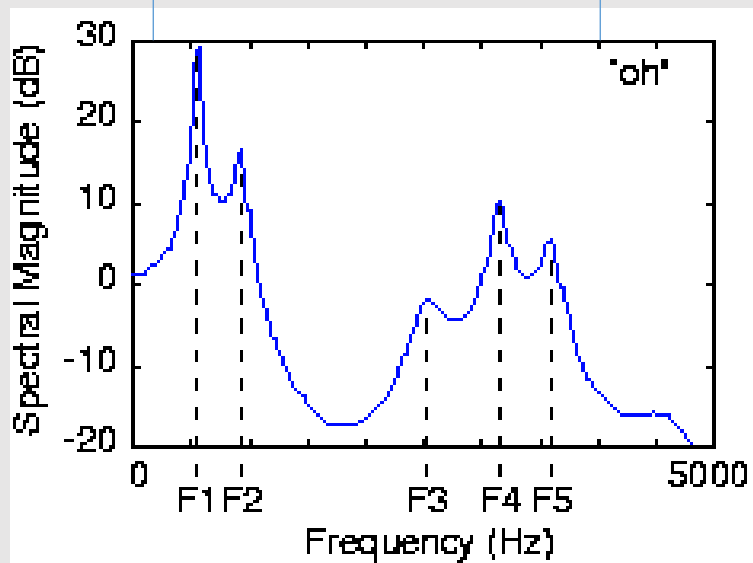
$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j2\pi f t} dt$$



# أساسيات

عرض الحزمة الكلامية

عرض الحزمة الكلامية

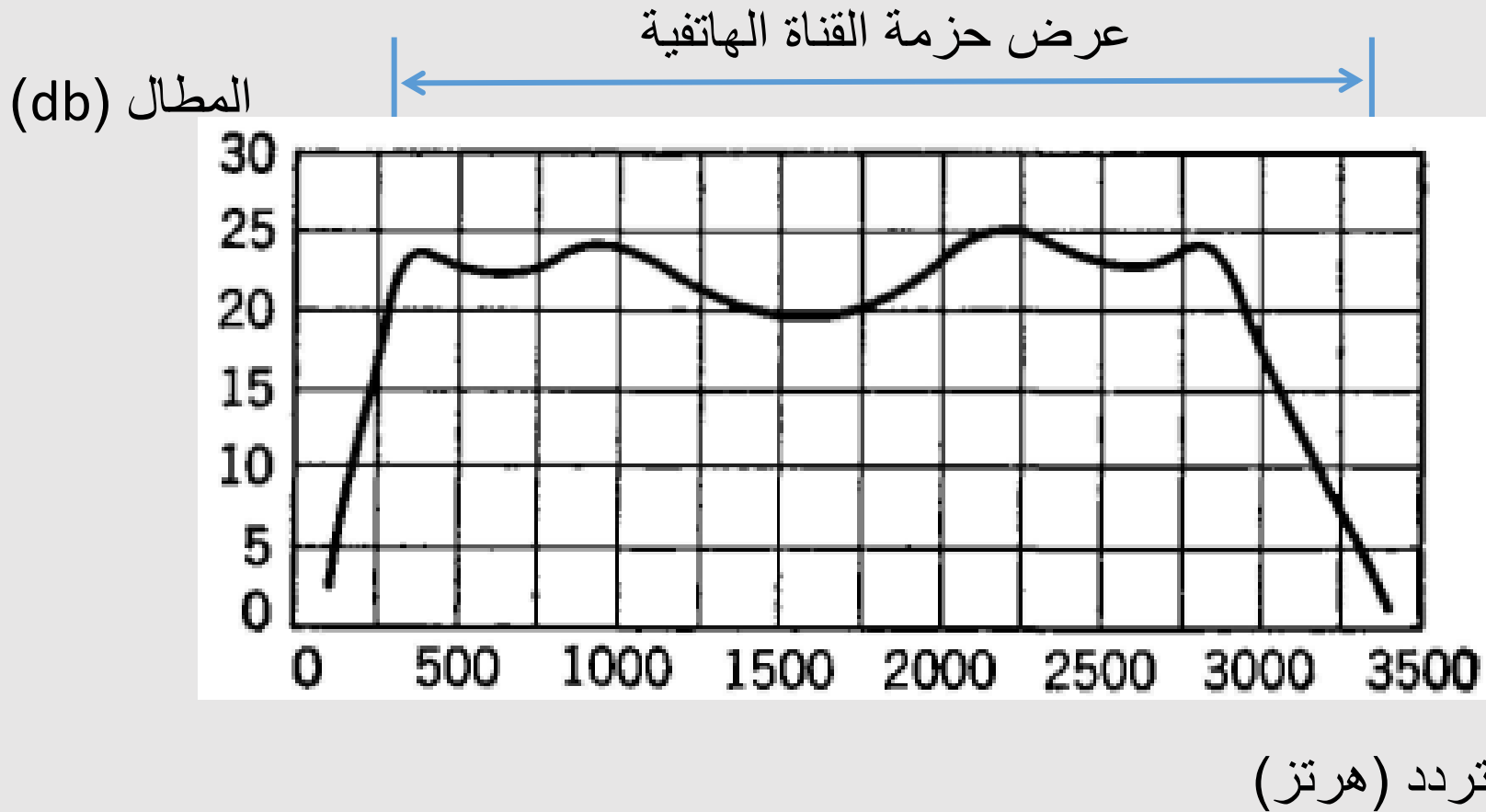


طيف الإشارة الكلامية:

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 (db) :decibel

قياس الاستطاعة

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

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

مثال

قياس المطال

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

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

مثال

# أساسيات

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 $\approx$ 4	1.995 $\approx$ 2
3	1.995 $\approx$ 2	1.413 $\approx$ $\sqrt{2}$
1	1.259	1.122
0	1	1
-1	0.794	0.891
-3	0.501 $\approx$ $\frac{1}{2}$	0.708 $\approx$ $\sqrt{\frac{1}{2}}$
-6	0.251 $\approx$ $\frac{1}{4}$	0.501 $\approx$ $\frac{1}{2}$
-10	0.1	0.316 2
-20	0.01	0.1

**الديسيبل (db) :decibel**

**جدول مقارنة**



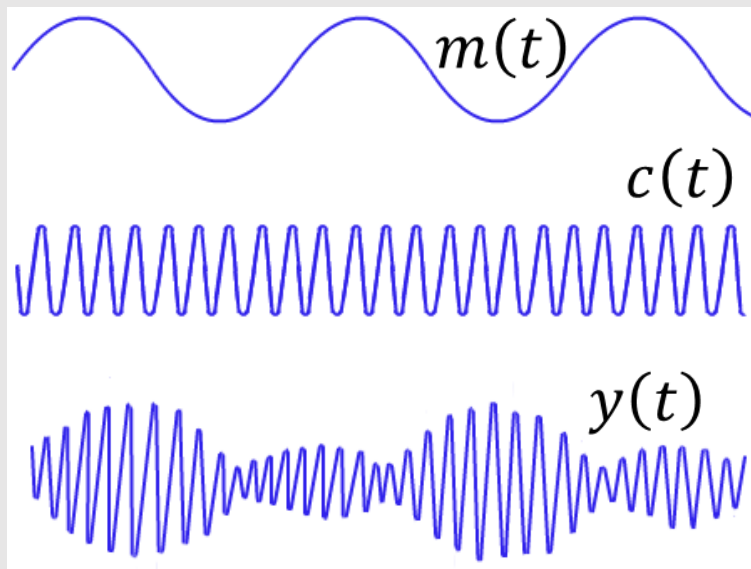
في مجال إشارات  
الاتصالات، يوجد مغزى  
لزيادة الاستطاعة أو  
نقصانها بمقدار حتى  
عُشر الديسيبل فقط.

Common Outdoor Activities	Noise Level (dBA)	Common Indoor Activities
Jet Fly-over at 1000 ft	110	Rock Band
Gas Lawn Mower at 3 ft	100	
	90	Food Blender at 3 ft
Diesel Truck at 50 ft at 50 mph	80	Garbage Disposal at 3 ft
Noisy Urban Area, Daytime		Vacuum Cleaner at 10 ft
Gas Lawn Mower at 100 ft	70	Normal Speech at 3 ft
Commercial Area		
Heavy Traffic at 300 ft	60	Large Business Office
Quiet Urban, Daytime	50	Dishwasher Next Room
Quiet Urban, Nighttime		Theater, Large Conference Room (Background)
Quiet Suburban, Nighttime	40	Library
	30	Bedroom at Night, Concert Hall (Background)
Quiet Rural, Nighttime	20	Broadcast/Recording Studio
	10	
Lowest Threshold of Human Hearing	0	Lowest Threshold of Human Hearing

استجابة الأذن البشرية  
لشدة الصوت لو غار يتمية،  
ولذا فإن اختلاف الشدة  
بمقدار 3 db يكاد لا يُمَيِّز.

An increase of 3 dBA is barely perceptible to the human ear.

# أساسيات

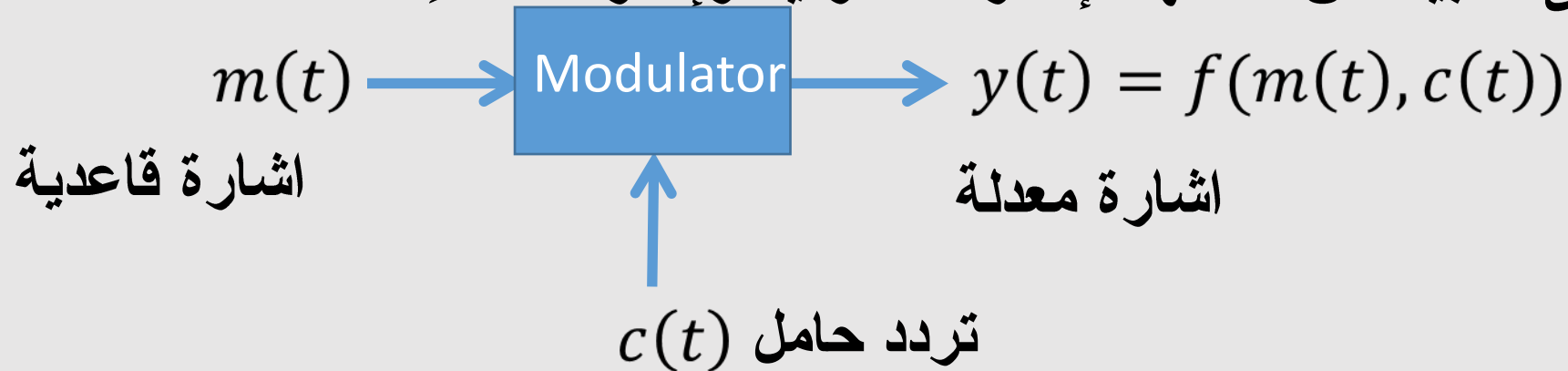


## التعديل modulation:

هو عملية تحميل الإشارة القاعدية على تردد حامل.

الإشارة القاعدية: هي الإشارة الطبيعية التي تمثل الظاهرة الطبيعية، وظيفتها يمتد عادة الصفر

حتى قيم أعلى نسبيا. من أمثلتها الإشارة الصوتية وإشارات المَحِسَّات المختلفة.

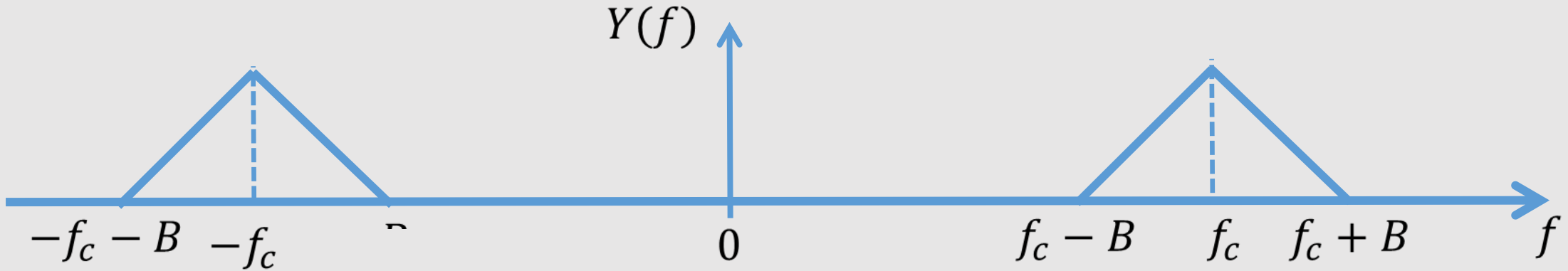
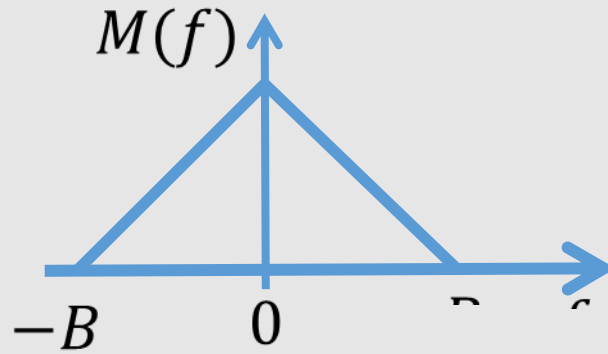


# أساسيات

$$f_c \gg B$$

طيف الإشارة المعدلة:

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

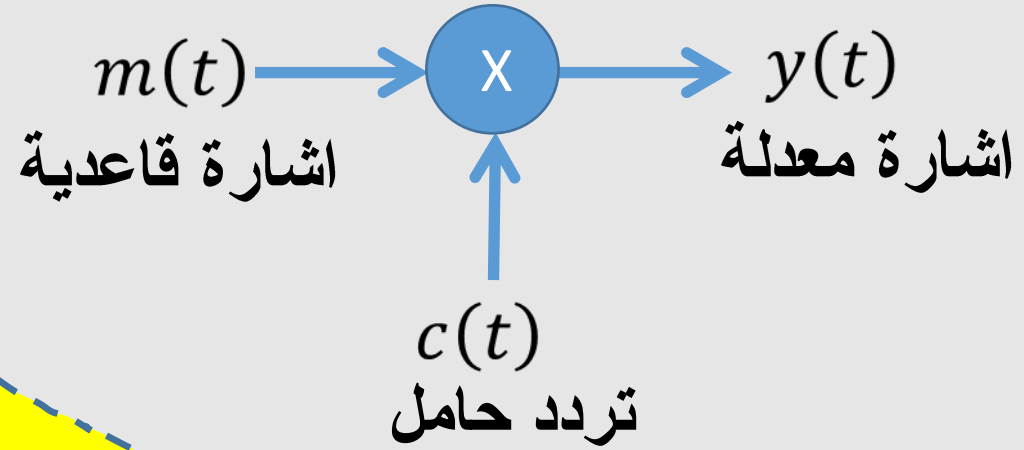
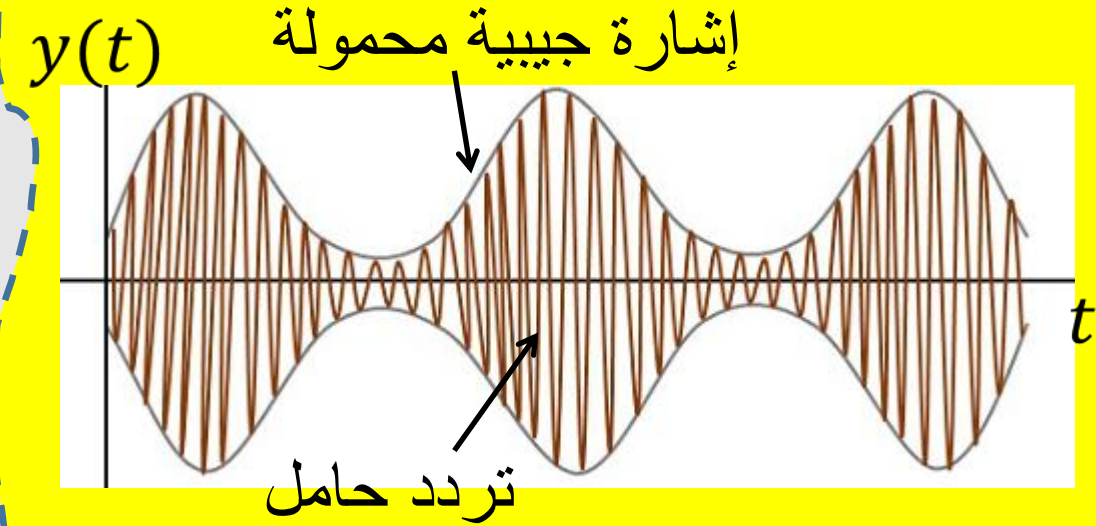


# أساسيات

## مثال: إشارة جيبية معدلة مطاليا

## التعديل المطالي

## Amplitude Modulation (AM)



$$m(t) = M \cdot \cos(2\pi f_m t + \phi); \quad M < 1$$

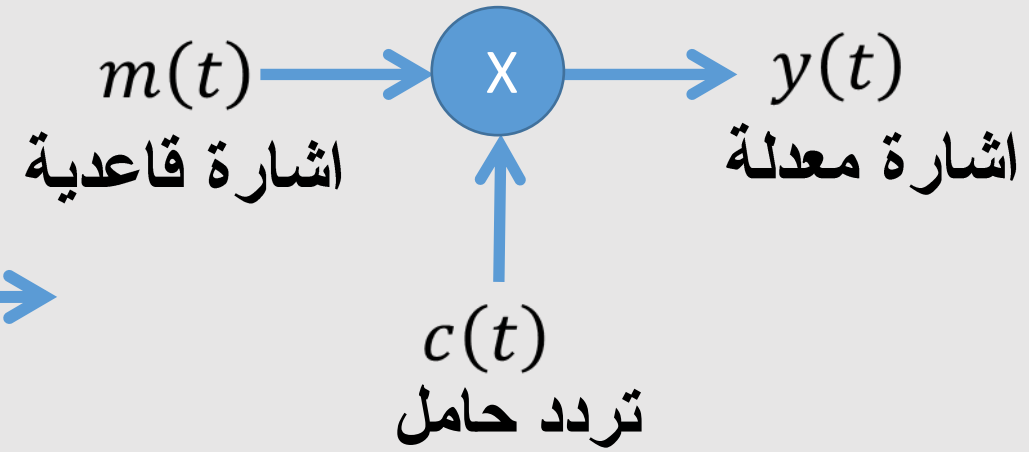
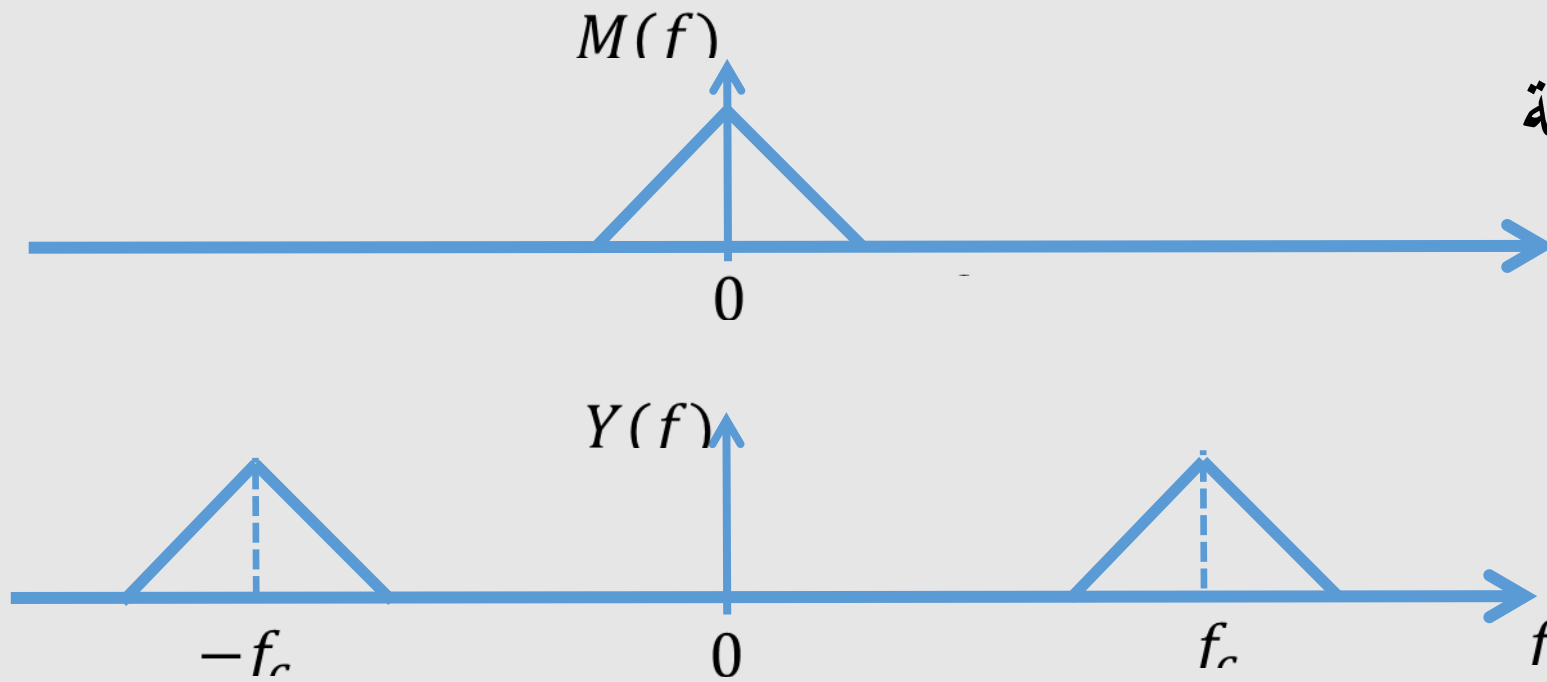
$$c(t) = A \cdot \sin(2\pi f_c t)$$

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

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

# أساسيات

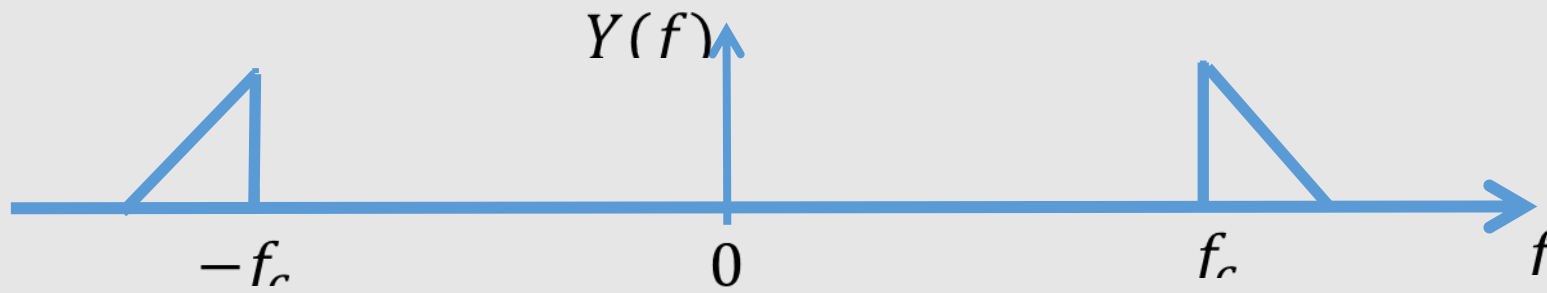
## طيف إشارة التعديل المطالي



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

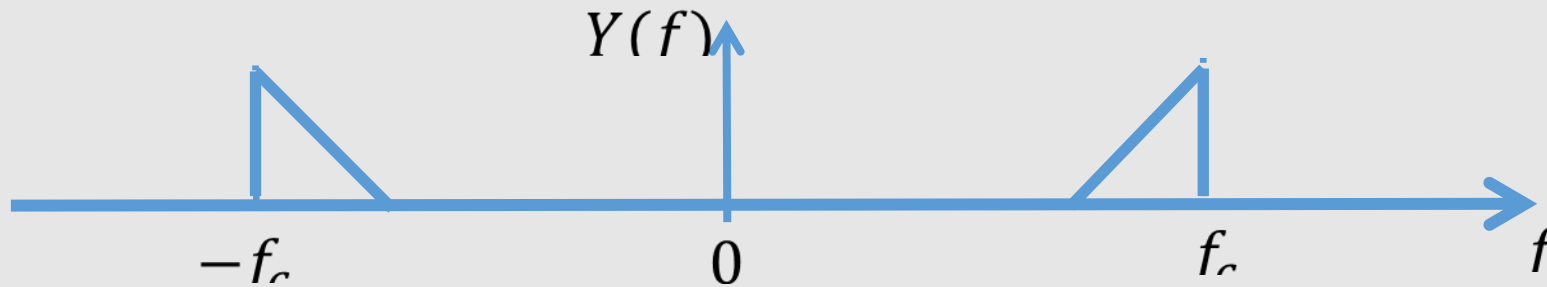
# أساسيات

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



حزمة جانبية عليا  $SSB_u$

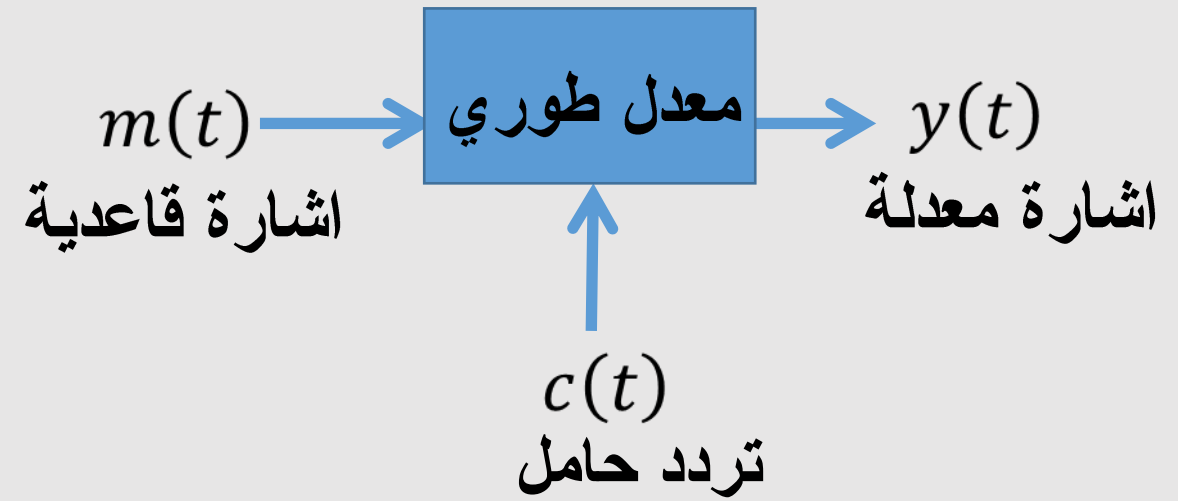
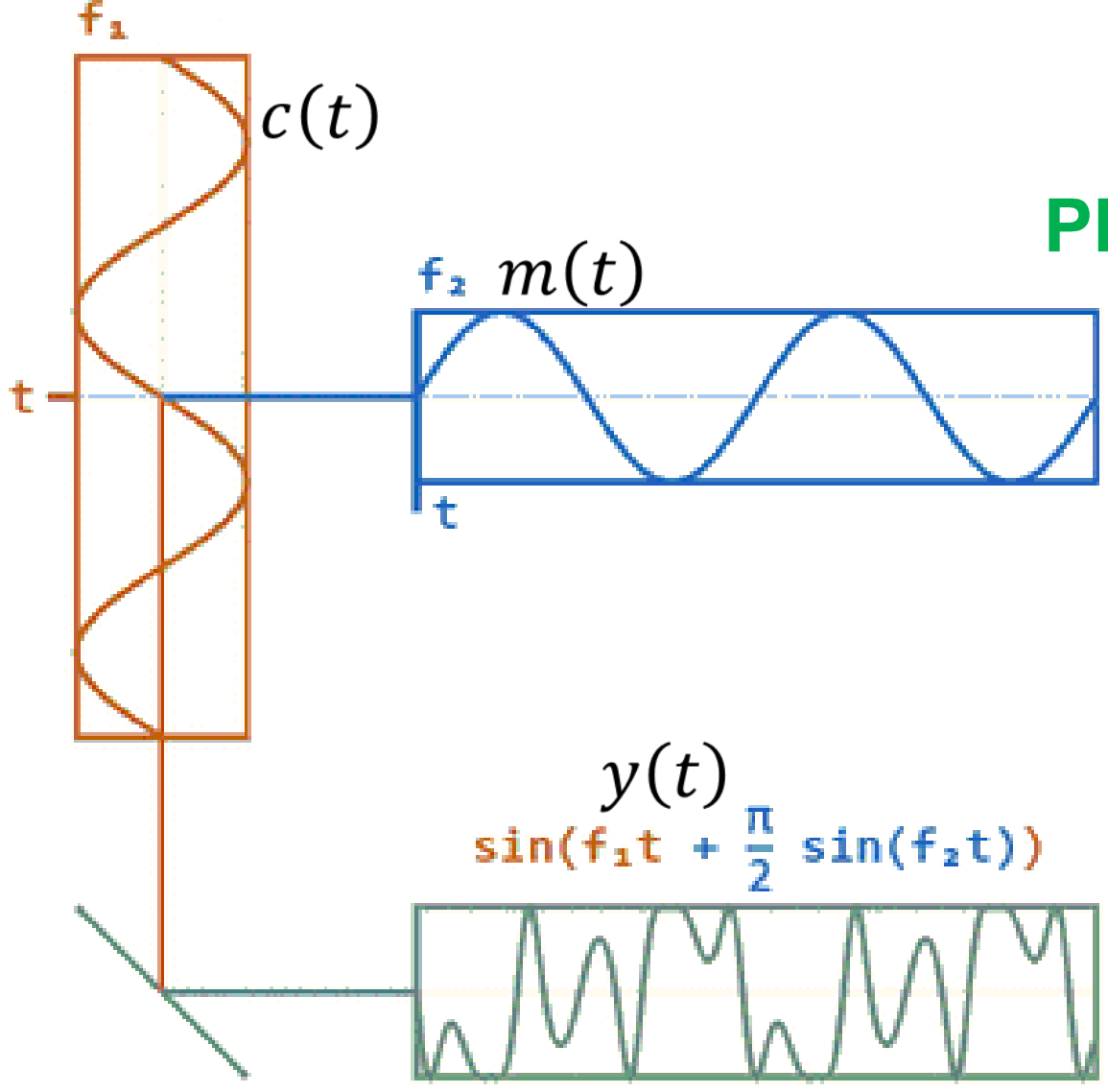
اقتصاد في الطيف



حزمة جانبية دنيا  $SSB_l$

# أساسيات

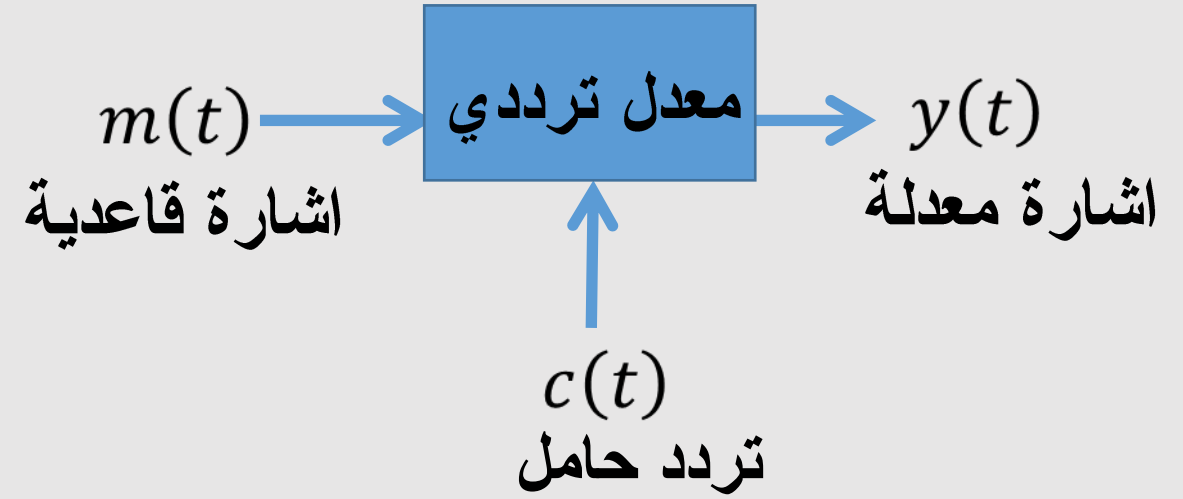
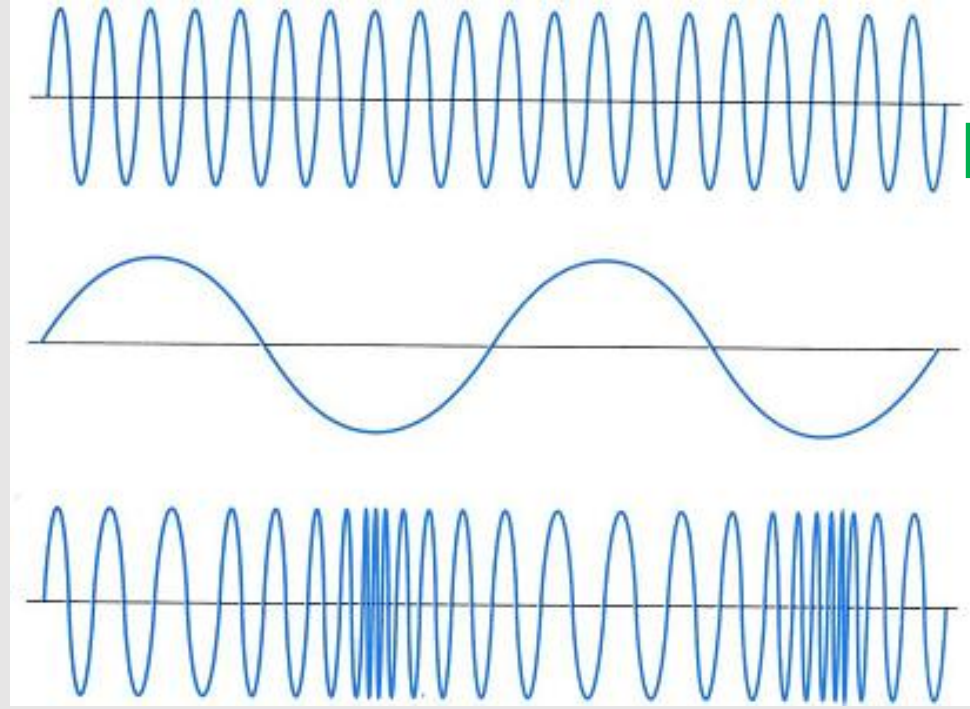
## التعديل الطوري (PM) Phase Modulation



$$c(t) = A_c \cdot \sin(2\pi f_c t + \phi_c)$$

$$y(t) = A_c \cdot \sin(2\pi f_c t + m(t) + \phi_c)$$

# التعديل الترددي (FM) Frequency Modulation



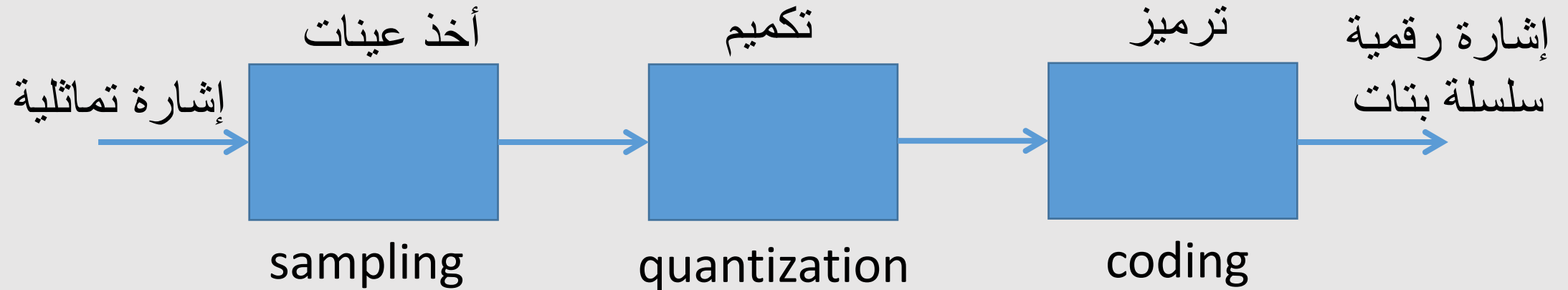
$$y(t) = A_c \cdot \cos \left( 2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t m(\tau) d\tau \right)$$



# أساسيات

## رقمنة الإشارة التماثلية

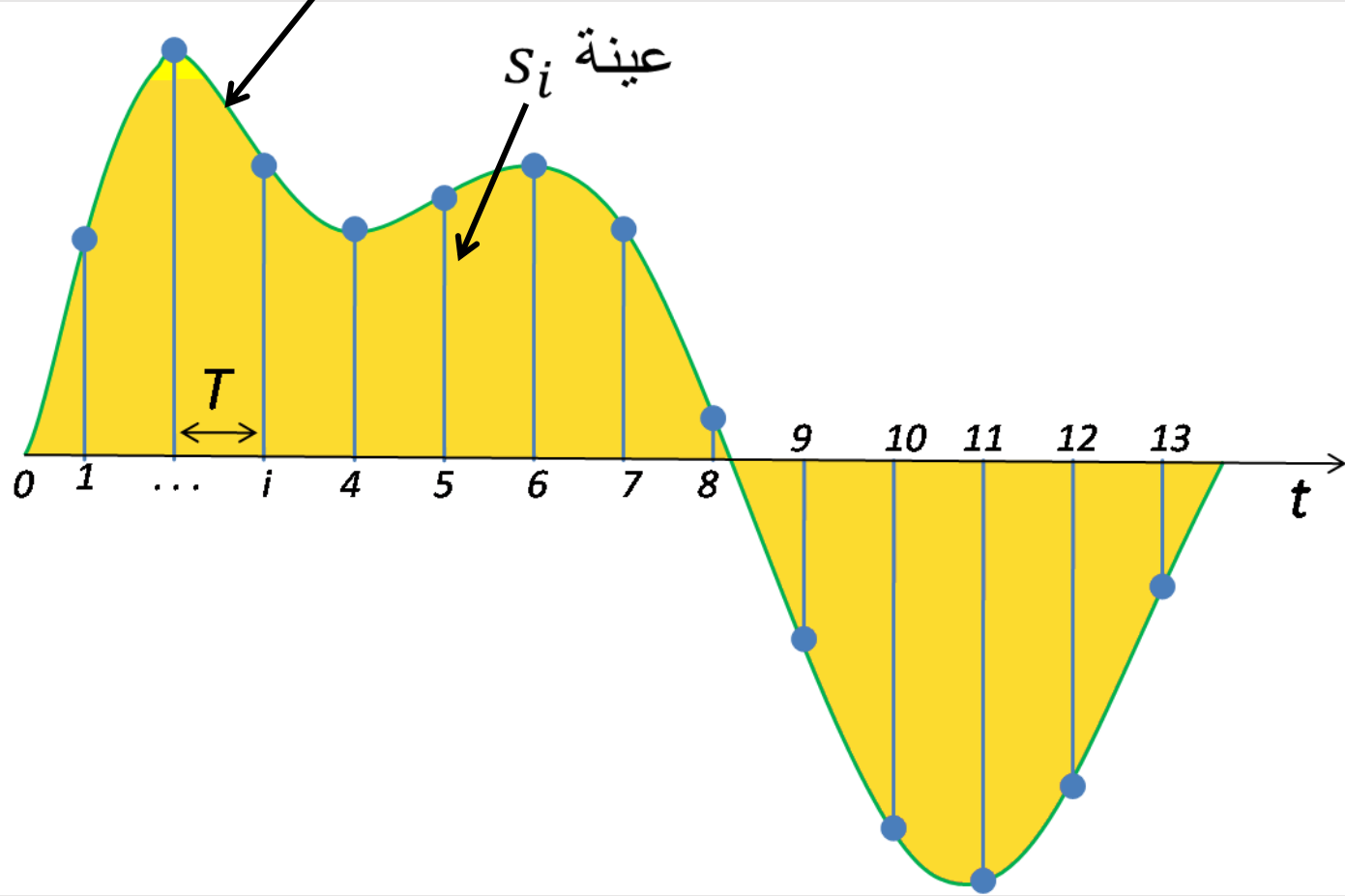
عملية تحويل الإشارة التماثلية إلى إشارة رقمية



# أساسيات

إشارة تماثلية  $s(t)$

عينة  $s_i$



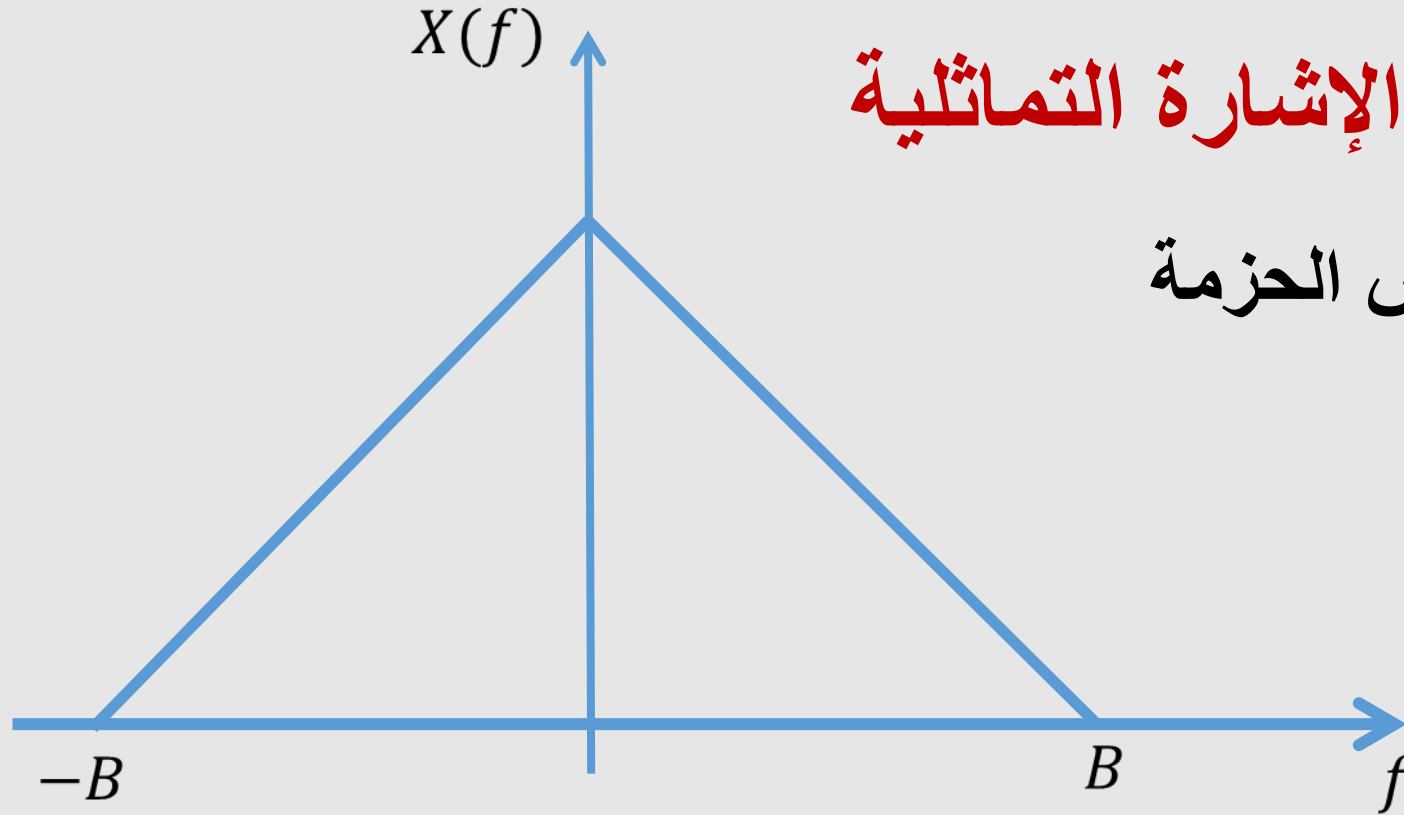
أخذ العينات

دور التقطيع  $T$   
تردد التقطيع  $f_s = \frac{1}{T}$

# أساسيات

تحديد عرض حزمة طيف الإشارة التماثلية

إشارة تماثلية محدودة عرض الحزمة



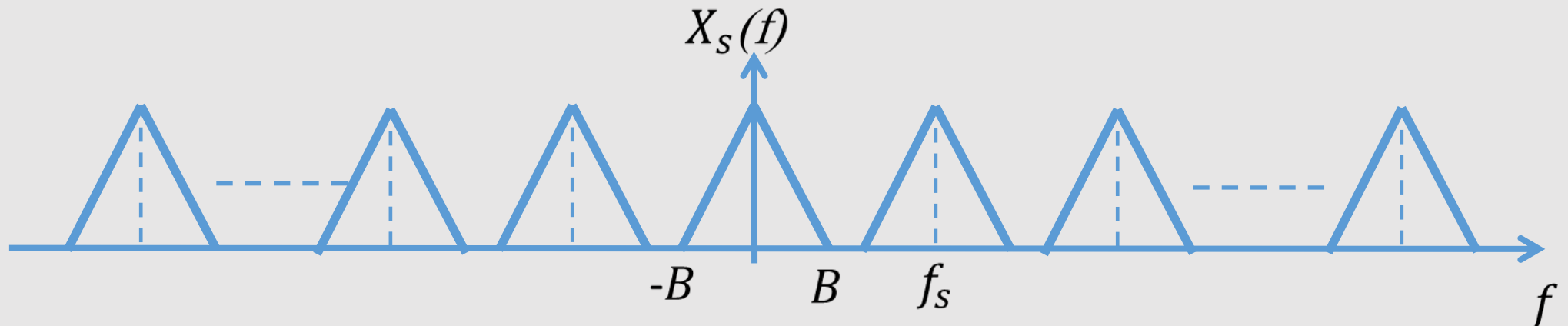
طيف إشارة تماثلية محدودة عرض الحزمة

# أساسيات

نظرية نايكويست – شانون

Nyquist–Shannon sampling theorem

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



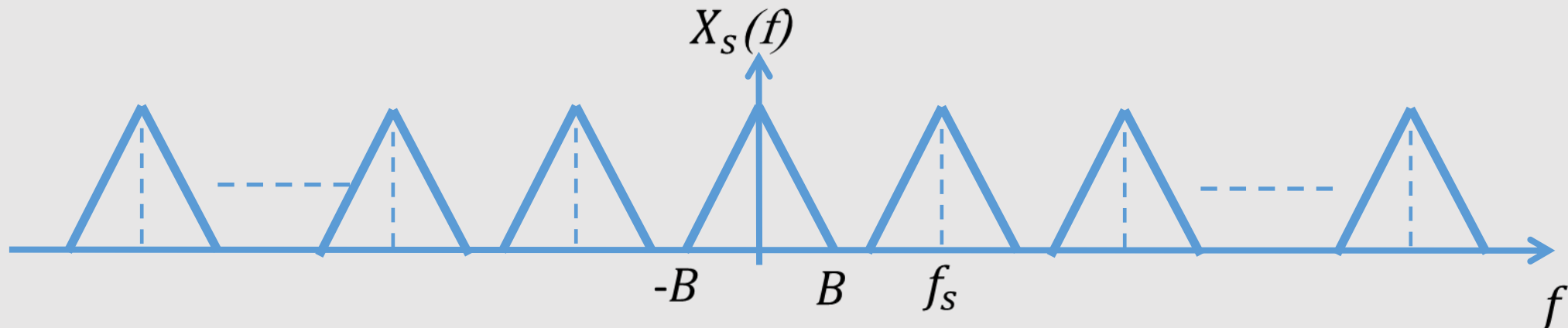
# أساسيات

نظرية نايكويست – شانون

$$f_s \geq 2B$$

Nyquist–Shannon sampling theorem

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)**



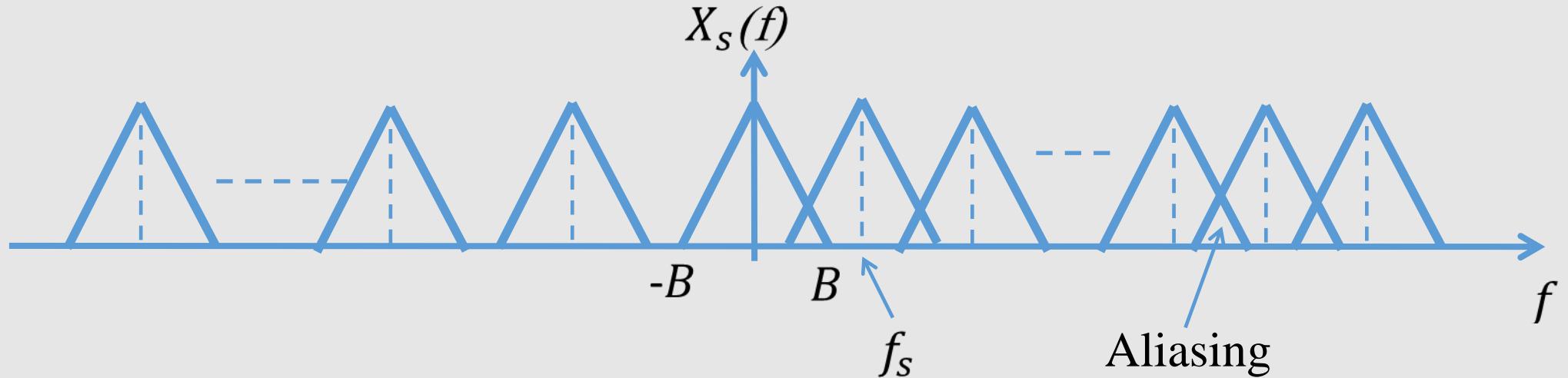
# أساسيات

$$f_s < 2B$$

نظرية نايكويست – شانون

Nyquist–Shannon sampling theorem

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



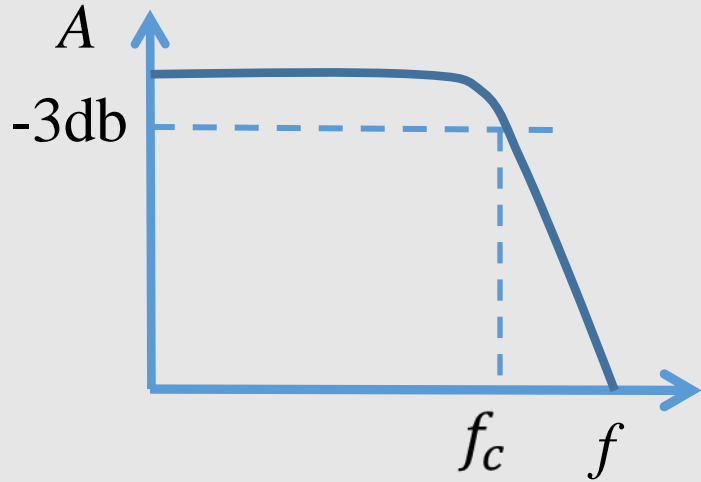
# أساسيات

الترشيح:

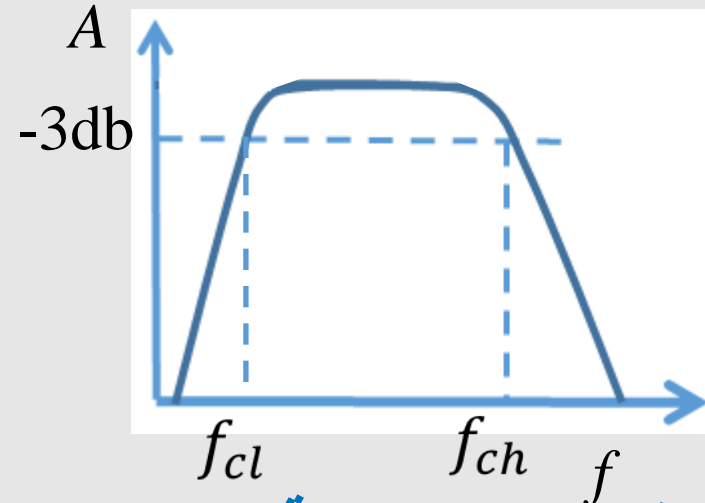
## شرط نايكويست

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

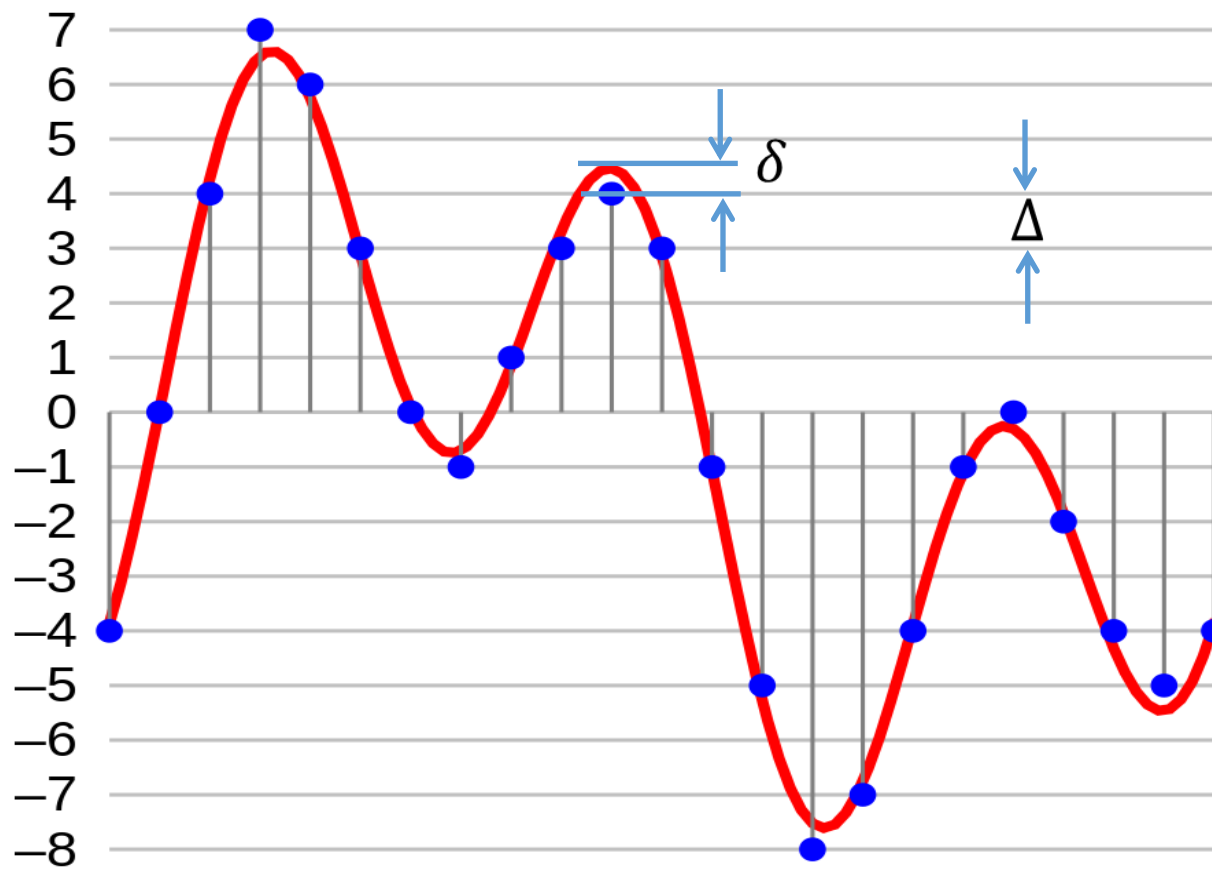


مرشح تمرير حزمة BPF

# 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
- تقرب العينة إلى أقرب مستوى
- خطوة التكميم:  $\Delta$
- خطأ التكميم:  $\frac{\Delta}{2} \geq \delta$

أشهر أنواع تحويل الإشارة التماثلية إلى  
رقمية هو تعديل الترميز النبضي

Pulse code modulation (PCM)

نسبة الإشارة إلى ضجيج التكميم:

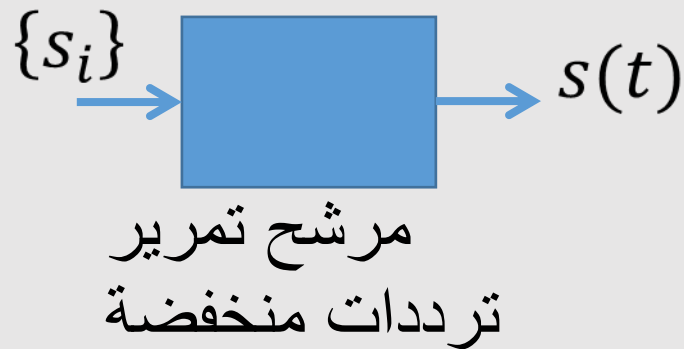
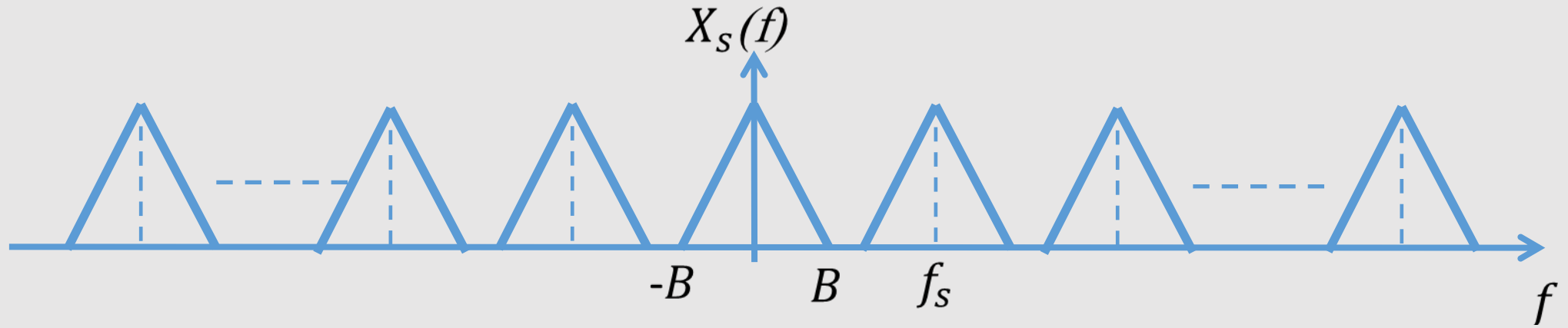
$$SNQR[db] = 6n + 1.76$$

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

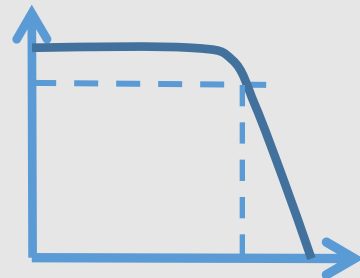


# أساسيات

استرداد الإشارة التماثلية من الإشارة المقطعة باستعمال مرشح تمرير ترددات منخفضة



مرشح تمرير  
ترددات منخفضة



# أساسيات

## أدوات الرقمنة

### المبدل التماثلي الرقمي (ADC) analog to digital converter

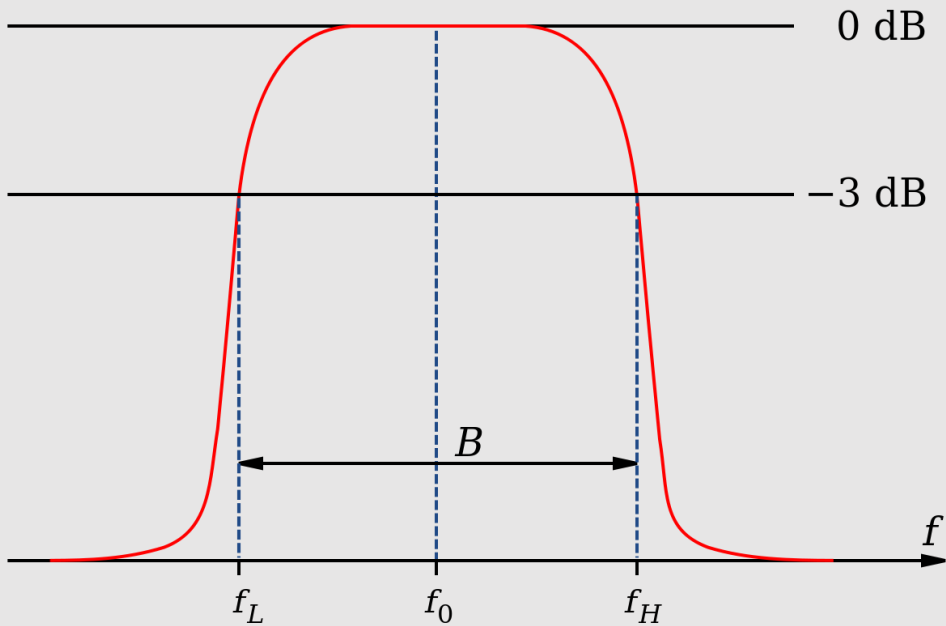
يقوم المبدل التماثلي الرقمي بمهام أخذ العينات والتكميم والترميز

### المبدل الرقمي التماثلي (DAC) digital to analog converter

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

# خصائص قناة الاتصال: عرض الحزمة الترددية

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

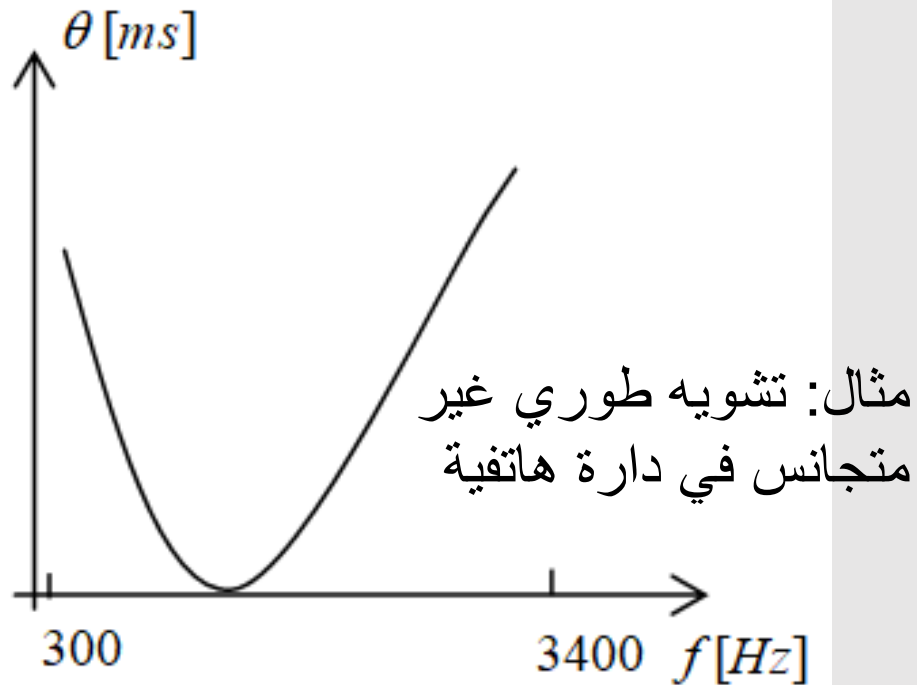
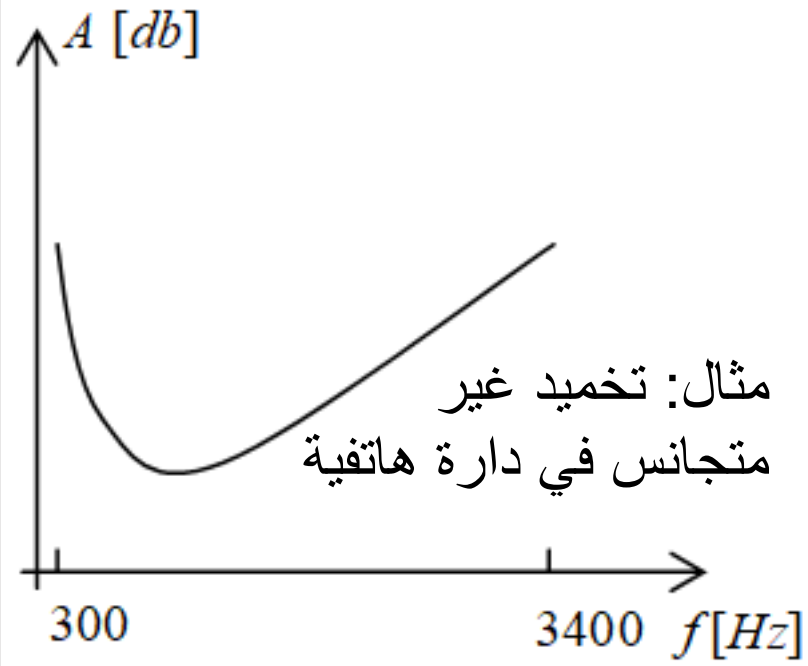


**نموذج المرسل والمستقبل في جميع أنواع الاتصالات:  
مرشح تمرير حزمة**

- في المرسل: يجب تحديد عرض حزمة طيف الإشارة من أجل منع تداخل أطيف 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.



**نموذج قناة الاتصال في جميع أنواع الاتصالات:**  
مرشح تمرير حزمة ذو استجابة ترددية مشوهة من حيث التخميد والتأخير الطوري

# 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 الكهرمغناطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.

• التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق

الكهرمغناطيسي 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 الكهرمغناطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغناطيسي 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 غالباً في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغناطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغناطيسي جيداً.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئاً للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيراً.
- 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 غالباً في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغناطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغناطيسي جيداً.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئاً للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيراً.
- 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 الكهرمغناطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغناطيسي 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 غالباً في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغناطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغناطيسي جيداً.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئاً للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيراً.
- 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 غالباً في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرومغناطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرومغناطيسي جيداً.

• تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئاً للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيراً.

• 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 غالباً في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغناطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغناطيسي جيداً.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئاً للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيراً.
- 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

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

# قناة الاتصال: سعة القناة

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

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

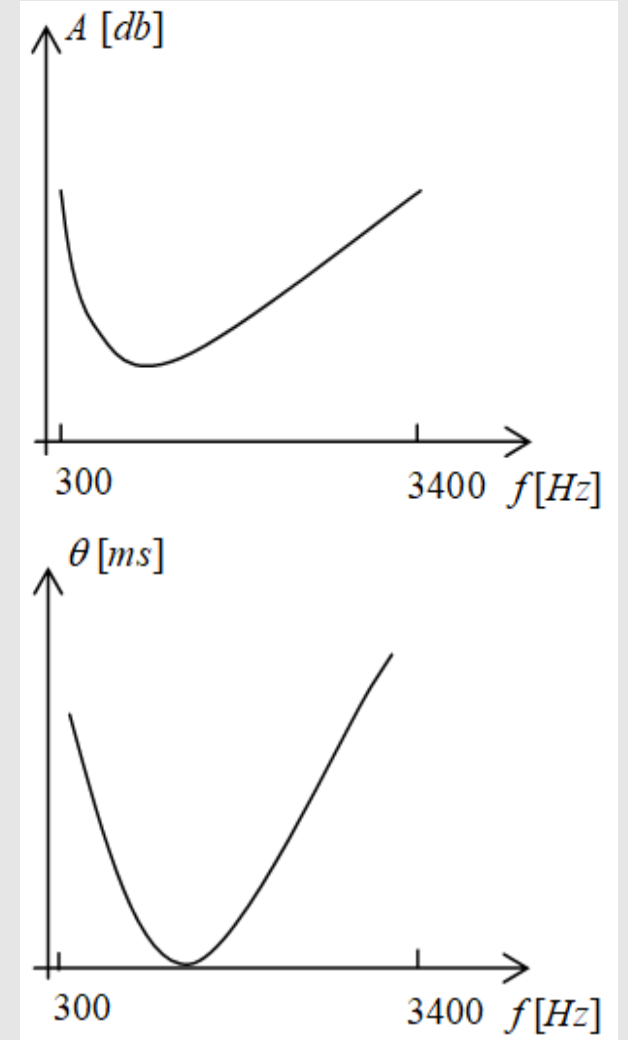
$SNR$ : نسبة الإشارة إلى الضجيج الخطية.  
 $w$ : عرض الحزمة الترددية للقناة بالهرتز.

عندما يكون الضجيج صفراً، تصبح سعة القناة لانهائية.

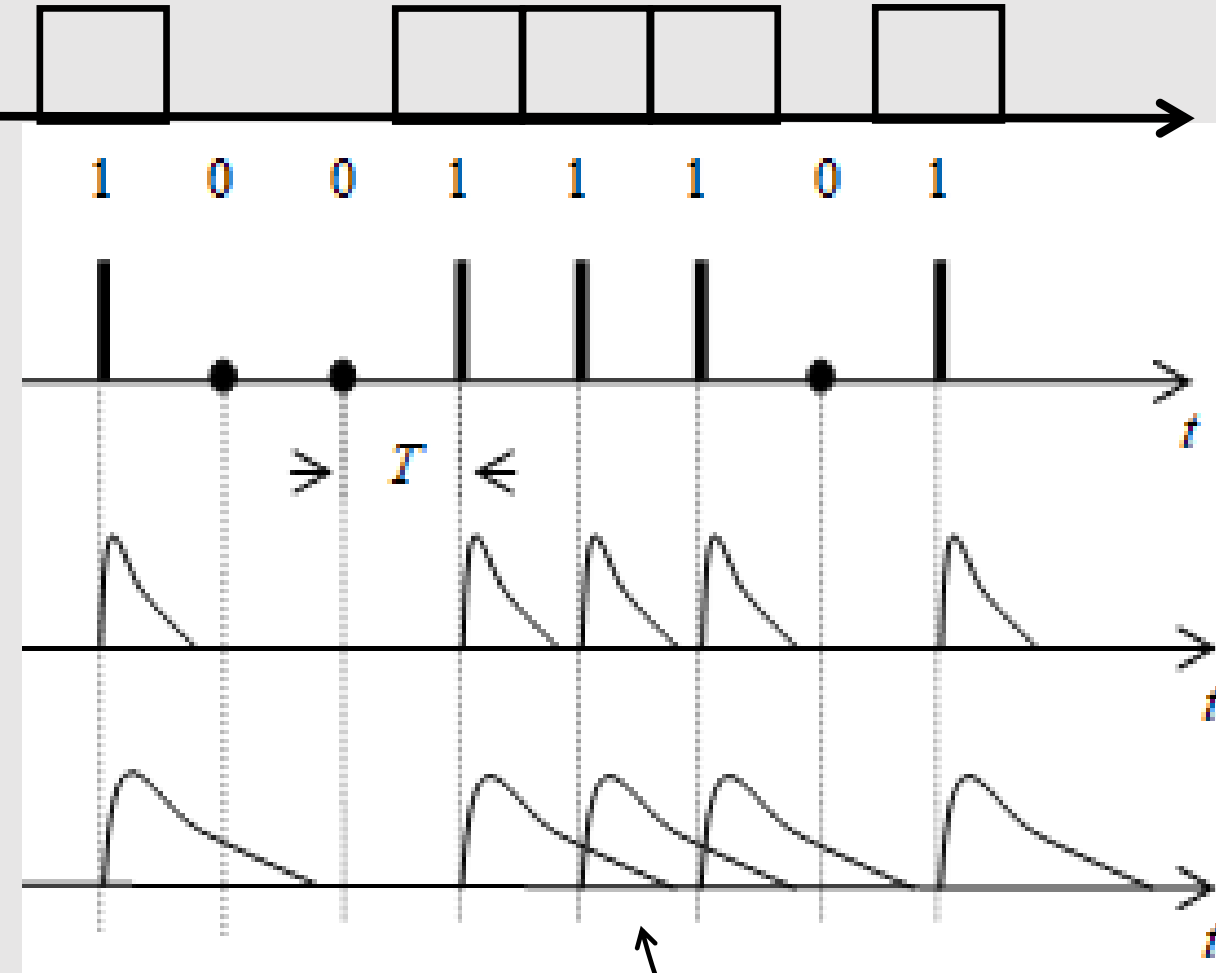
# استجابة قناة الاتصال



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



بيانات اثنائية

نبضات دخل القناة

خرج قناة عريضة

خرج قناة ضيقة

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

تداخل بين الرموز



# المودم

وظائف المودم:

- تشكيل الإشارة الرقمية 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:

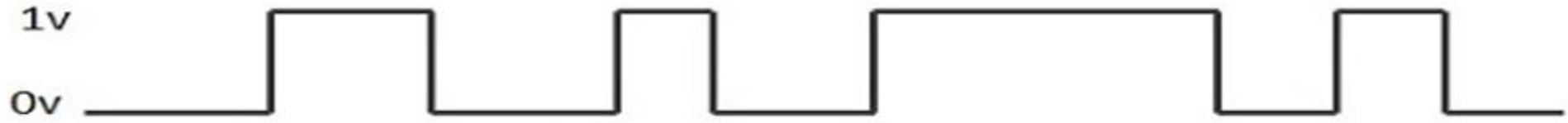
أنواع الترميم

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

# الترنيم shift keying

## الترنيم بالإزاحة المطالية ASK

سلسلة بيانات اثنائية



إشارة ASK

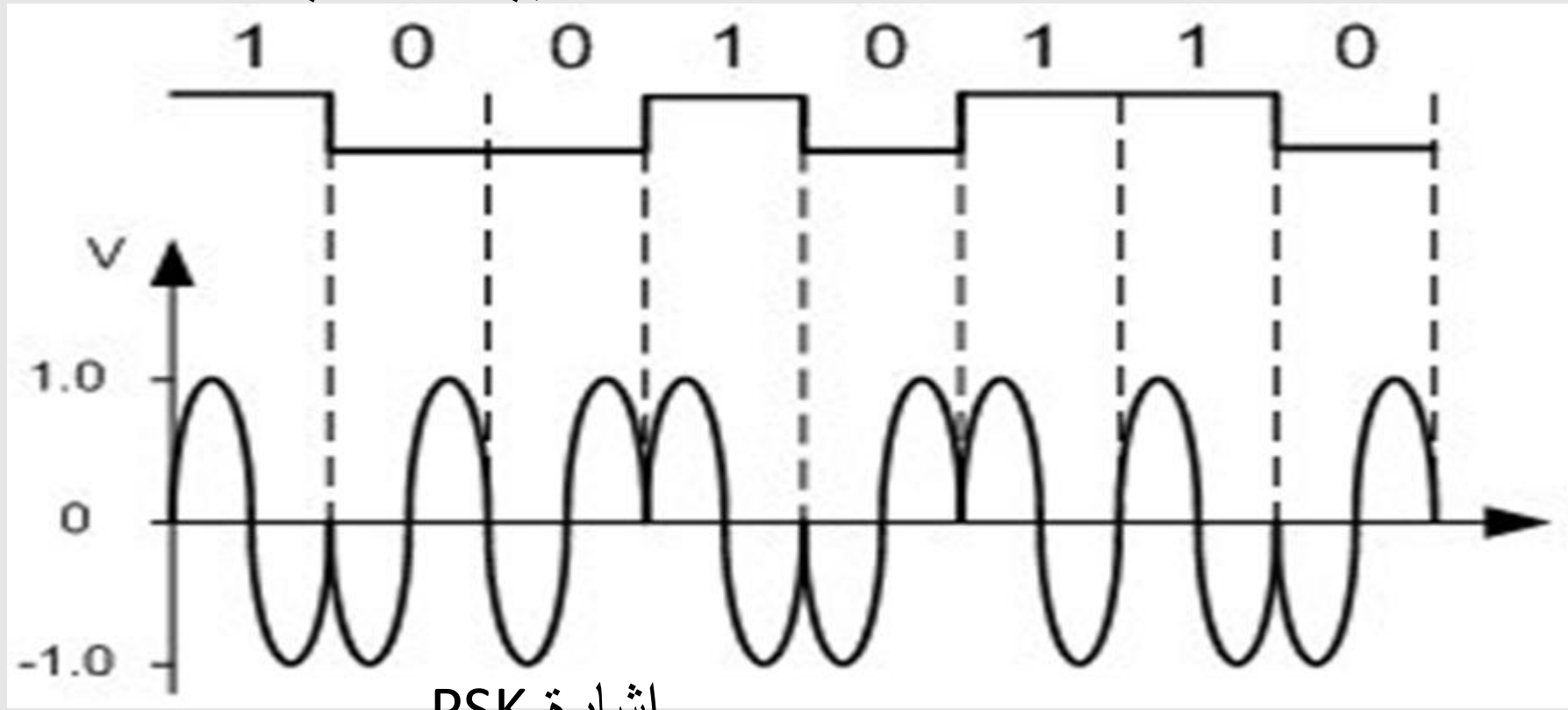
تردد حامل



# الترنيم shift keying

## الترنيم بالإزاحة الطورية PSK

سلسلة بيانات اثنائية

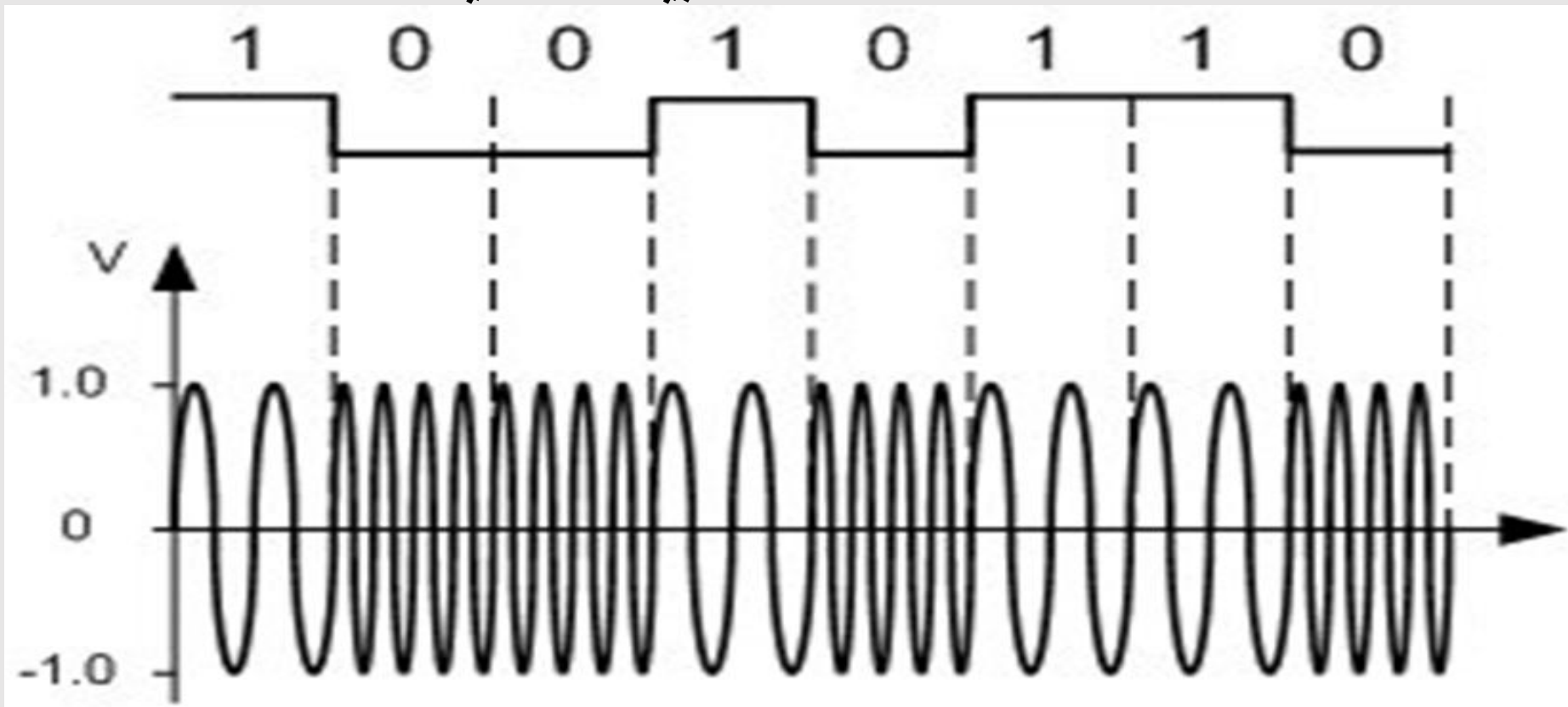


إشارة PSK

# الترنيم shift keying

## الترنيم بالإزاحة الترددية FSK

سلسلة بيانات اثنائية



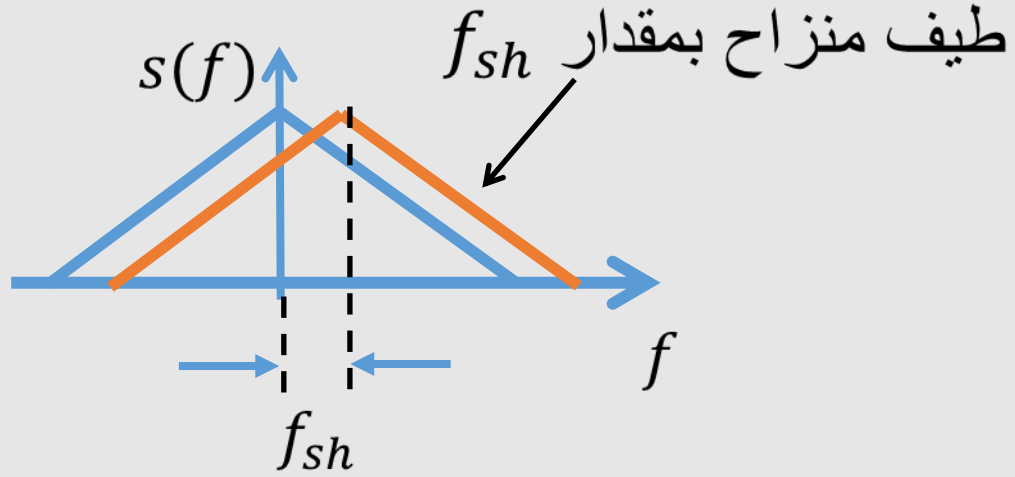
إشارة FSK

# مهام مستقبل المودم

مهام مستقبل المودم:

- التخلص من الانزياح الترددي.
- التسوية equalization.
- الترقيم 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 ترددياً:  $S(f + f_{sh})$

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



# مهام مستقبل المودم

مهام مستقبل المودم:

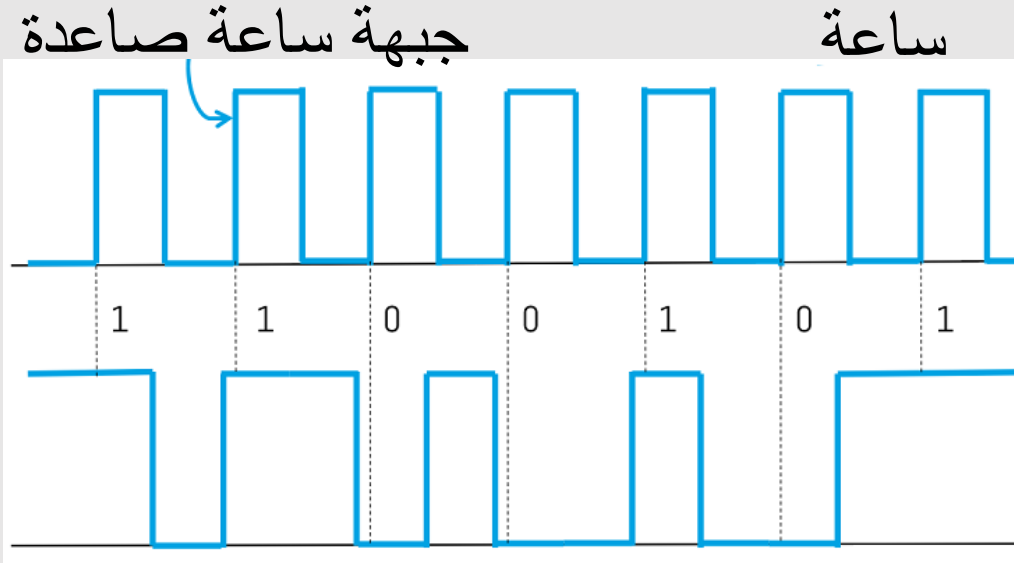
## الترنيم المعاكس والتسوية equalization

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

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

# نقل البيانات المتزامن

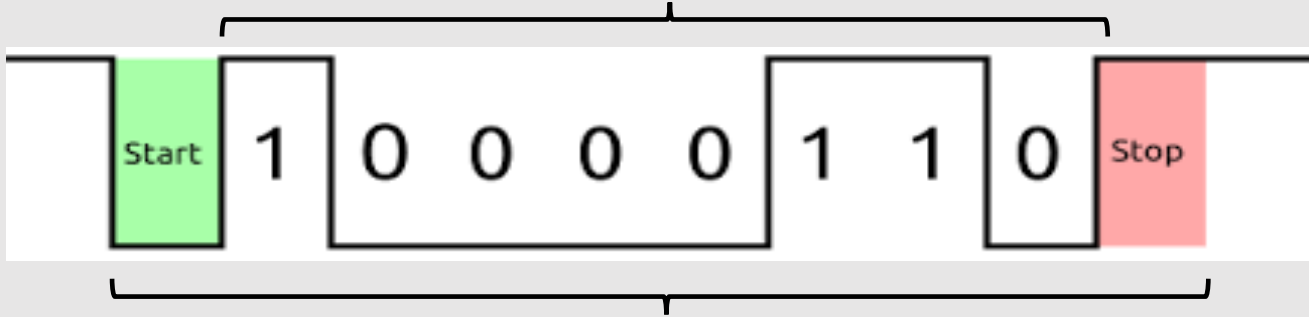
## Synchronous Data Transmission



بيانات رقمية متزامنة

- 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 تُرمز 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.

كلمة بيانات رقمية غير متزامنة (8 بت)

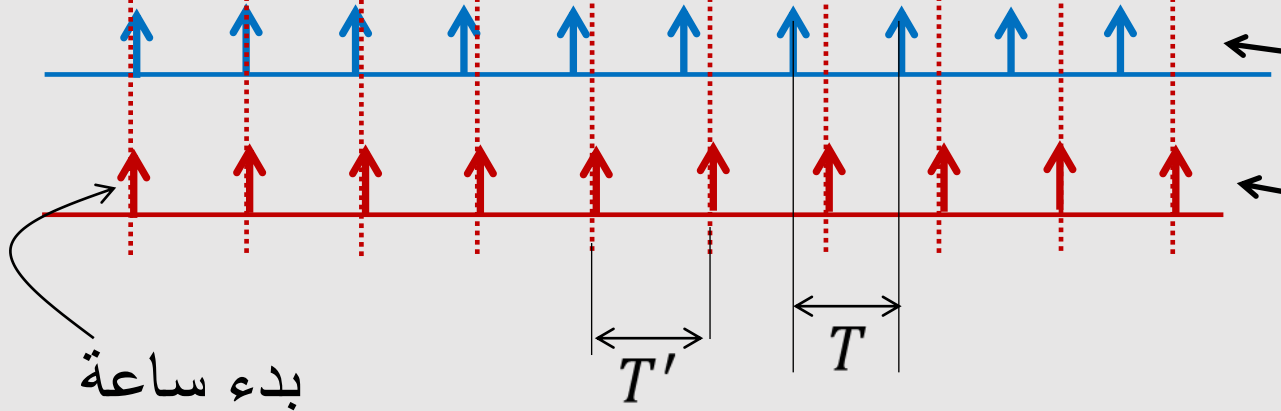
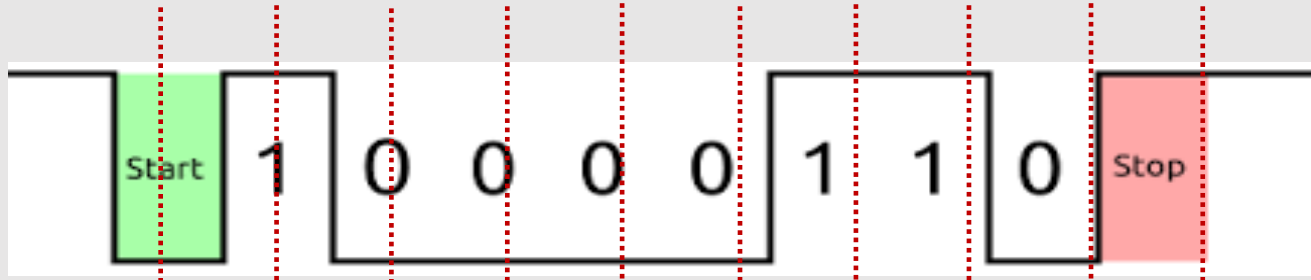


## نقل البيانات غير المتزامن Asynchronous Data Transmission

محرف بيانات رقمية غير متزامنة (10 بت)

- 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.

# نقل البيانات غير المتزامن Asynchronous Data Transmission



ساعة إشارة البيانات المستقبلة

ساعة المستقبل

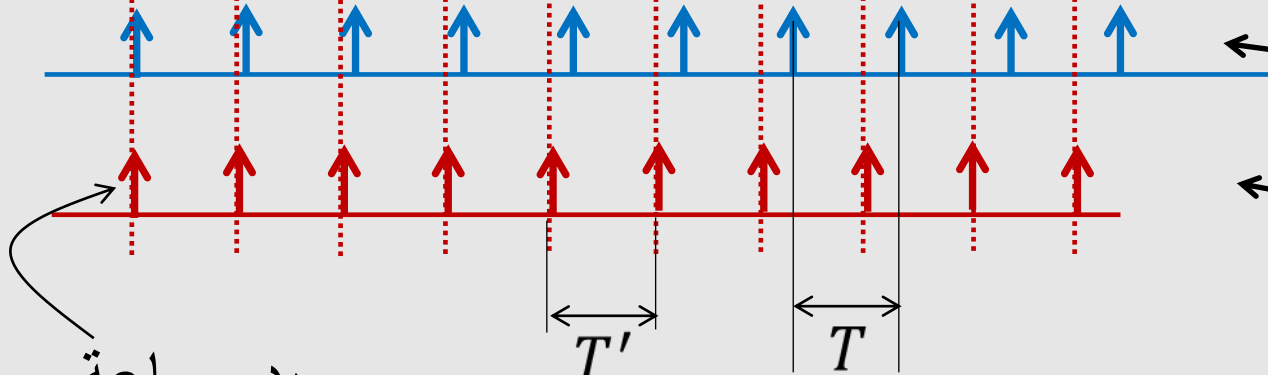
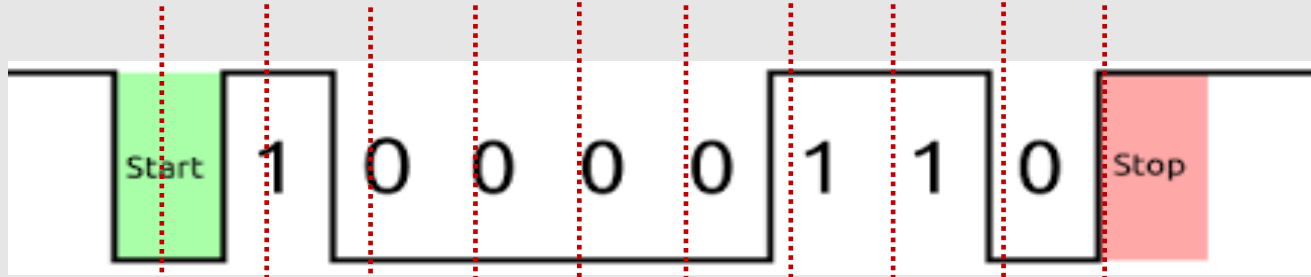
بدء ساعة  
المستقبل بالعمل

$$9T' = 9.5T$$

الحد الأقصى لـ  $T'$

دور ساعة المستقبل أكبر من دور ساعة  
الإشارة المستقبلة

# نقل البيانات غير المتزامن Asynchronous Data Transmission



ساعة إشارة البيانات المستقبلة

ساعة المستقبل

بدء ساعة  
المستقبل بالعمل

دور ساعة المستقبل أصغر من دور  
ساعة الإشارة المستقبلة

$$9T' = 8.5T$$

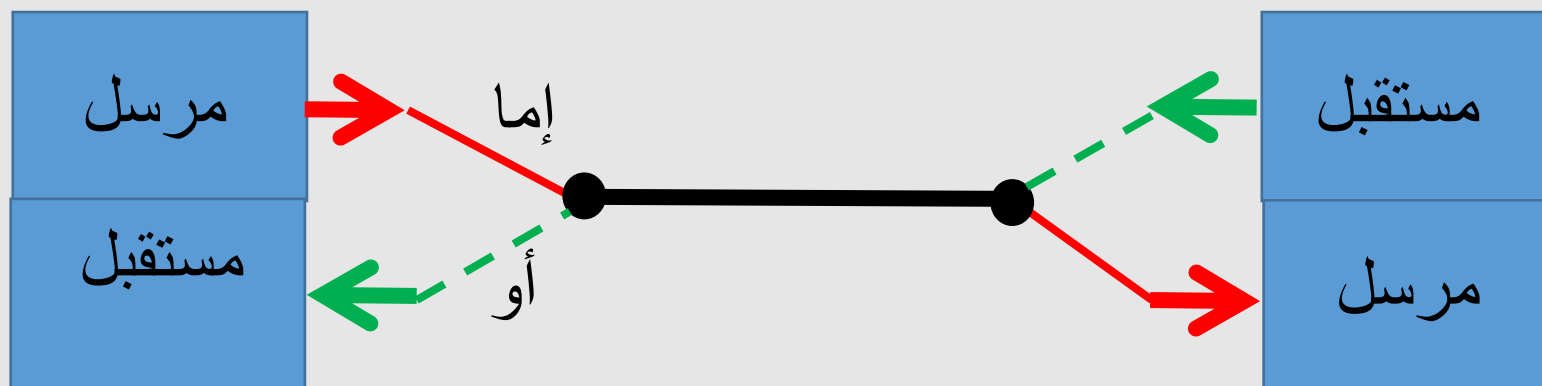
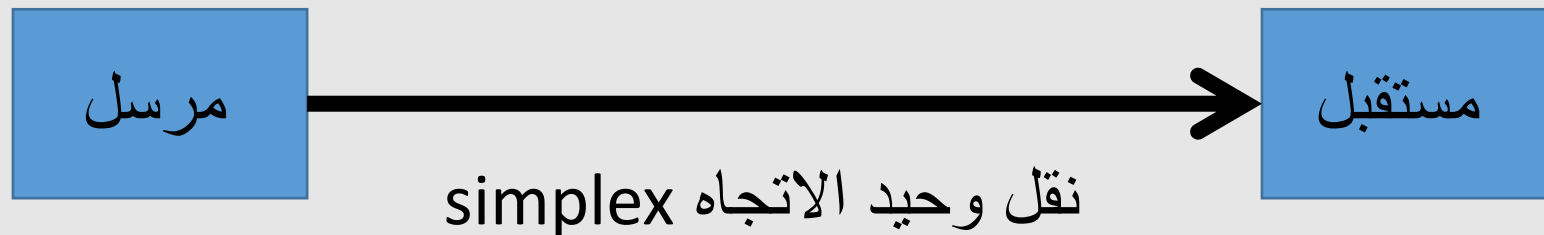
الحد الأدنى لـ  $T'$

# نقل البيانات غير المتزامن

دور تردد أخذ عينات إشارة الـ start-stop

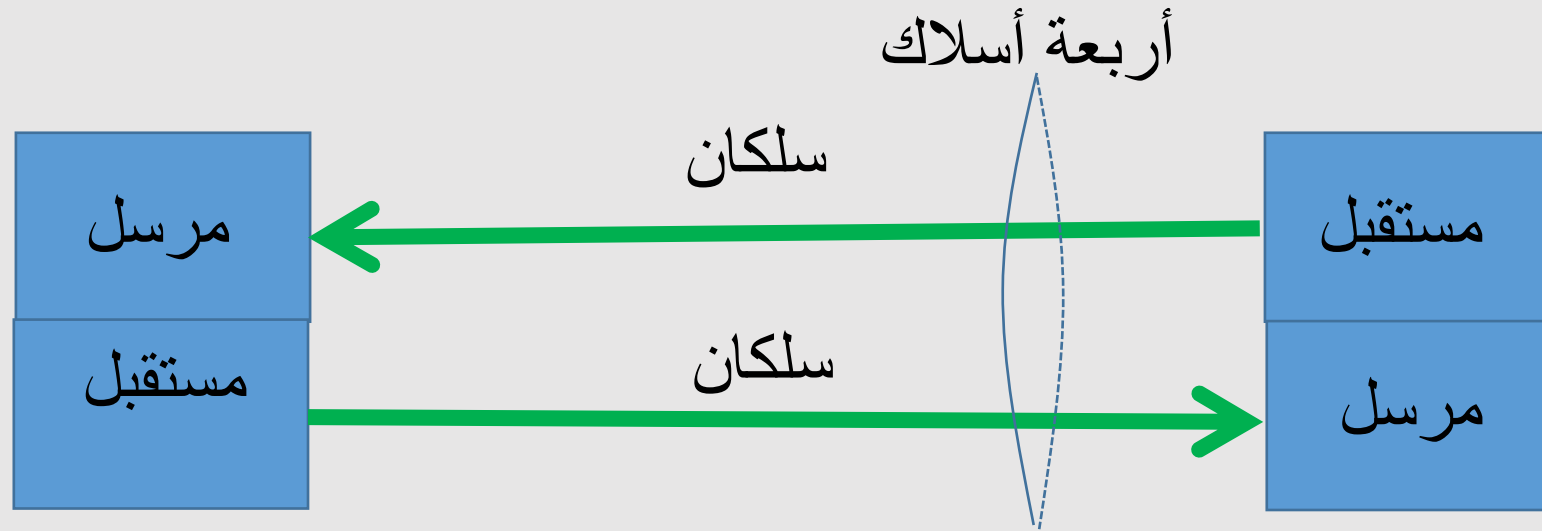
$$\frac{8.5}{9}T < T' < \frac{9.5}{9}T$$

# نقل البيانات الوحيد والثنائي الاتجاه بالتناوب



نقل ثنائي الاتجاه بالتناوب  
باستعمال خط اتصال واحد  
Half Duplex

# نقل البيانات بالاتجاهين

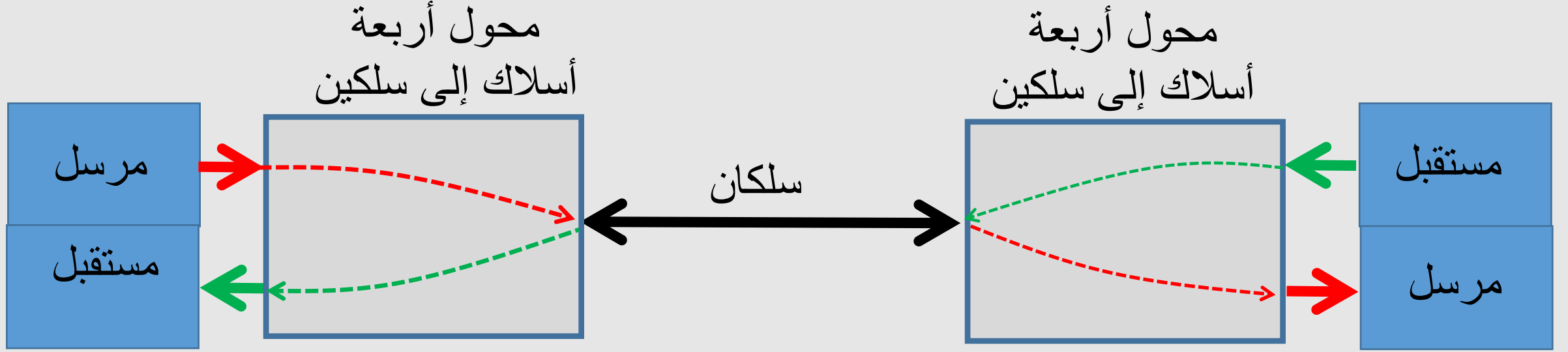


نقل بالاتجاهين باستعمال خطي اتصال  
Full Duplex

- أداء ممتاز
- هدر في خطوط الاتصال



# نقل البيانات بالاتجاهين

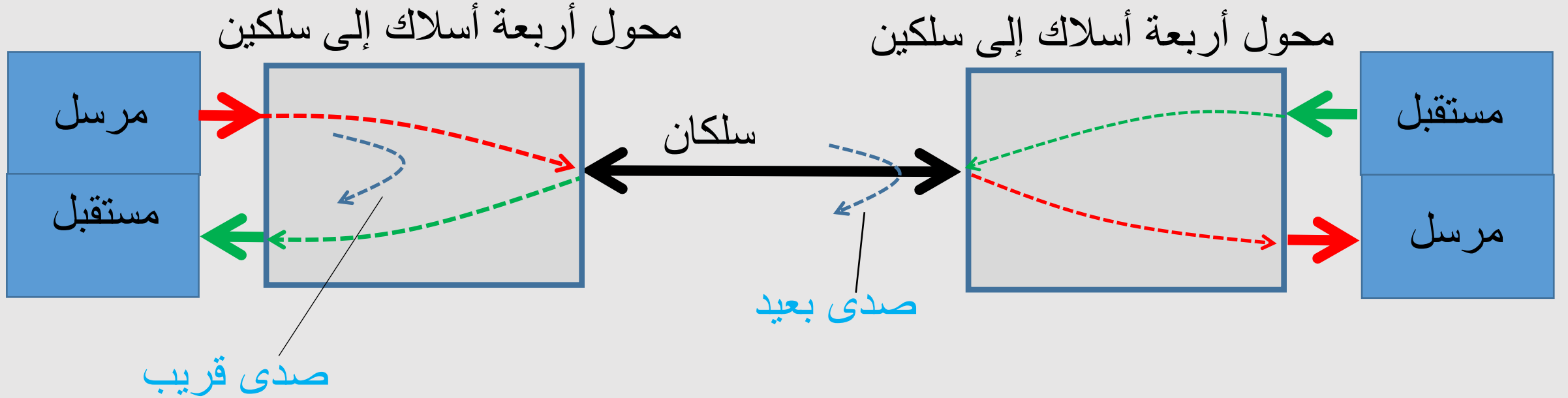


نقل ثنائي الاتجاه بالتناوب باستخدام خط اتصال واحد  
2-wire Full Duplex

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

## 2-wire Full Duplex

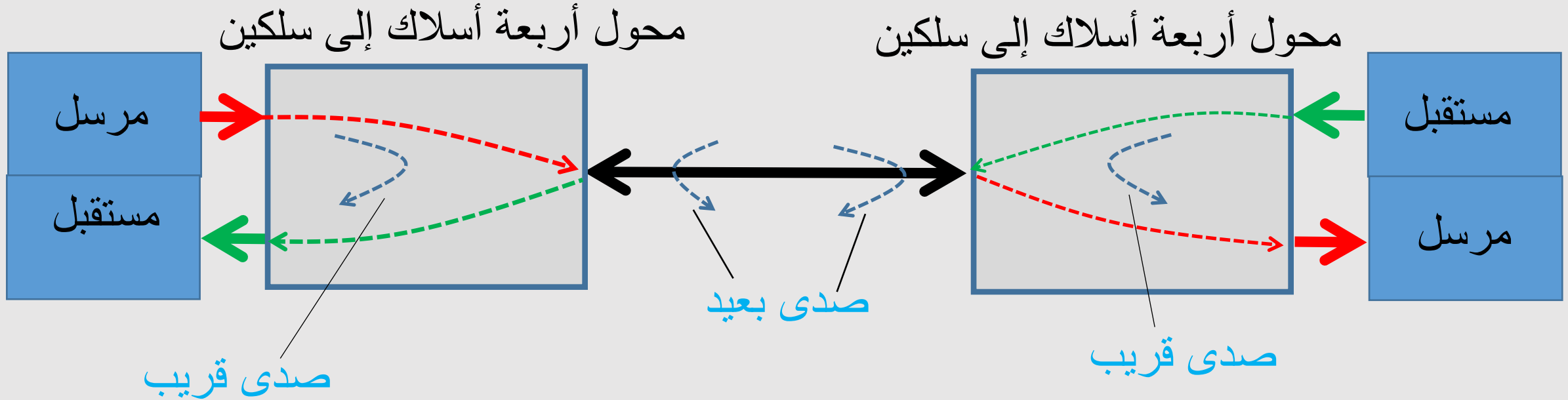
## الصدى في نقل البيانات



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

## 2-wire Full Duplex

## نقل البيانات بالاتجاهين



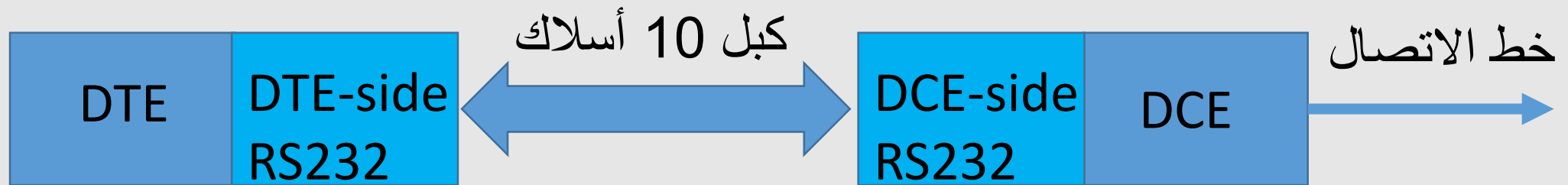
- الصدى مريح في الاتصالات الهاتفية الكلامية الأرضية، ومزعج جدا في الاتصالات الفضائية.

- سيء جدا لنقل البيانات الرقمية.

# الإنترفاس التسلسلي RS232

صلة الوصل بين:

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



# RS232 الإنترفاس التسلسلي

Name	Signal		Direction			
	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

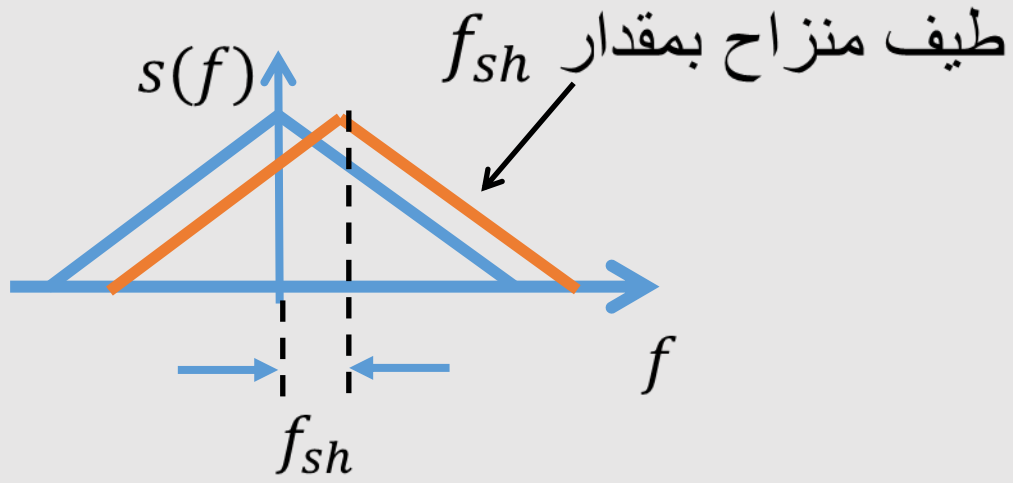


# انعكاسات تعدد المسارات Multipath Propagation

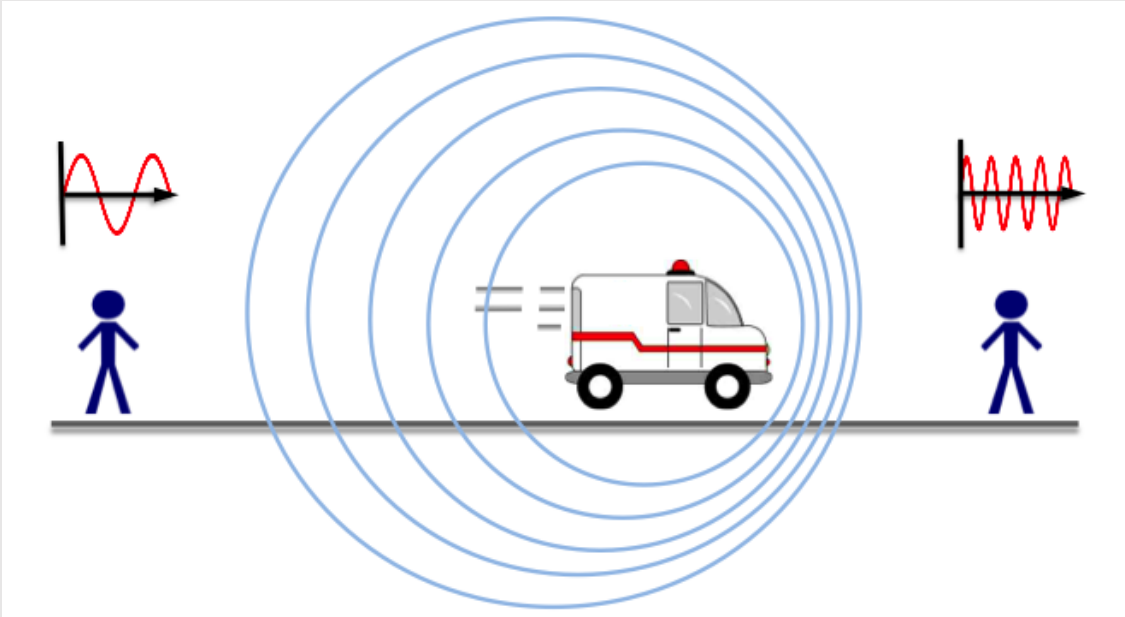


- تسبب الإشارات المنعكسة جدا إلى نقل الإشارة الرقمية.
- تظهر في الاتصالات الراديوية خاصة.
- تؤدي إلى تعدد الظلال في التلفزيون التماثلي الأرضي.

# مفعول دوبلر Doppler Effect



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.

# لماذا الانتقال إلى الإشارات الرقمية؟

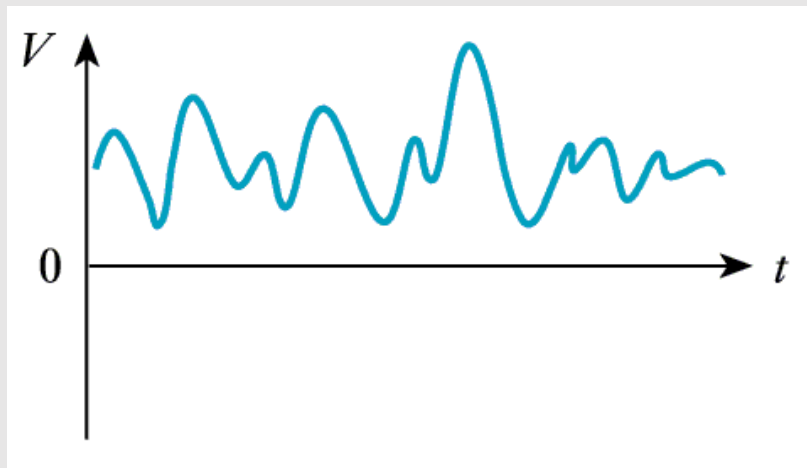
الإشارة التماثلية	الإشارة الرقمية	
يتراكم الضجيج والتشويه الموجود ضمن حزمة طيف الإشارة أثناء انتشارها ولا توجد طريقة للتخلص منه.	يُعاد توليد الإشارة الرقمية أثناء نقلها في معيدات خاصة، وهذا يمكّن من استرجاعها كما هي في الأصل. وفي حالة وجود أخطاء نقل، يمكن التخلص منها بتقنيات كشف وتصحيح الخطأ.	المناعة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



# لماذا الانتقال إلى الإشارات الرقمية؟

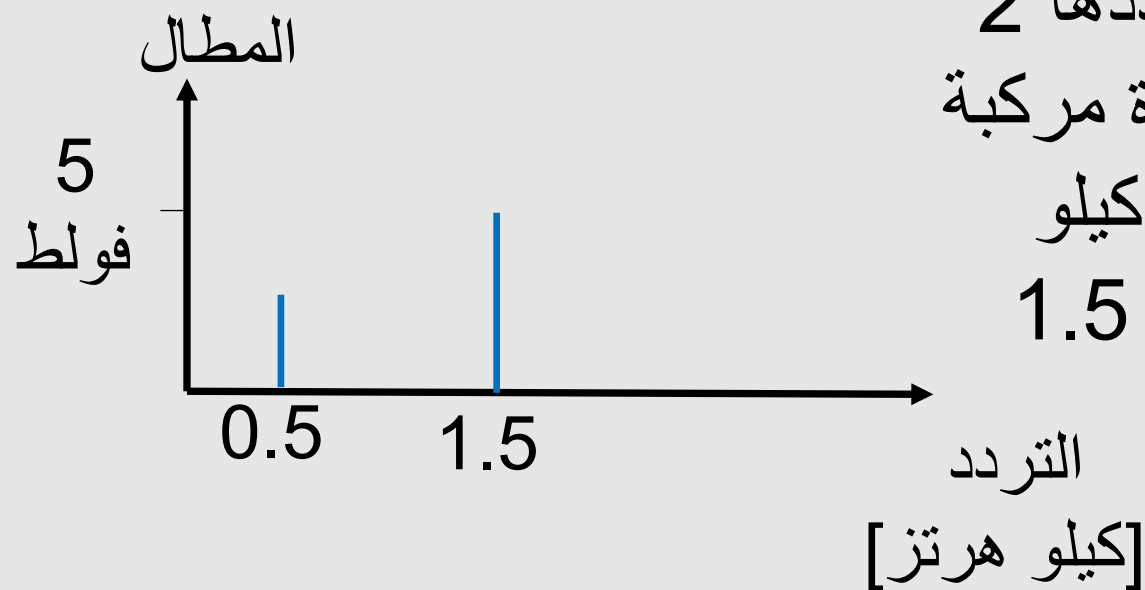
الإشارة التماثلية	الإشارة الرقمية	
لا يمكن مزجها مع بيانات وإشارات من مصادر أخرى	البيانات الرقمية من مصادر مختلفة سهلة المزج معا	المزج
لا يوجد ضجيج تكميم	ضجيج التكميم، لكن يمكن تقليصه بزيادة عدد البتات	ضجيج الرقمنة
تحتاج إلى قناة استجابتها الترددية متوافقة مع طيفها.	تحتاج إلى قناة عريضة الحزمة الترددية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

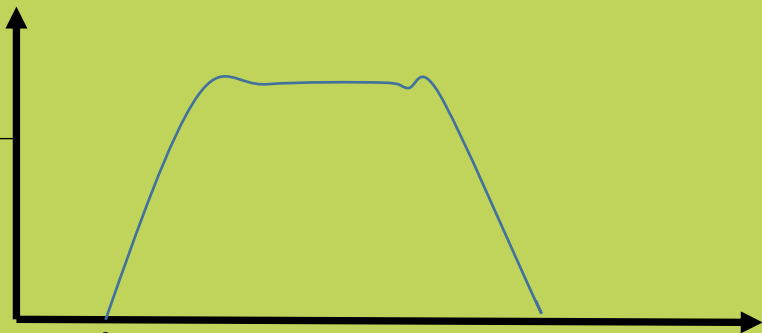
5- كلمة غير متزامنة (ستارت ستوب) مؤلفة من 11 بت وتردد ساعتها يساوي 500 هرتس. ما هي قيمة تردد أخذ عيناتها؟

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

المطال



1

التردد [كيلو هرتز] 25

6- يُري الشكل الاستجابة الترددية لمُحس كهروضغطي (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 ليلاً. 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 رقمتها 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؟