

# أساسيات الاتصالات

مقدمة في الاتصالات

## الوحدة الأولى : مقدمة في الاتصالات

### Introduction to Communications

#### • الهدف

#### • عند نهاية هذه الوحدة باستطاعة المتدرب معرفة :

- أ- معنى الاتصالات الإلكترونية.
- ب- معنى التعديل وكاشف التعديل.
- ج- أهمية عملية التعديل في الاتصالات .
- د- معنى الطيف الكهرومغناطيسي.
- هـ- تحليل الإشارات وتحليل الضوضاء.
- و- مفهوم الخلط و أهمية الاتصالات.
- ز- الفرق بين عرض حيز إشارة المعلومات وعرض حيز قناة الإرسال أو قناة النقل.
- ح- تطبيقات مختلف أنماط الإرسال.
- ط- الضوضاء وأقسام الضوضاء ومختلف الأمثلة على كل قسم.
- ي- نسبة الإشارة إلى الضوضاء.

#### • محتوى الوحدة الأولى :

- ١-١ مقدمة.
- ٢-١ التعديل وكشف التعديل.
- ٣-١ الطيف الكهرومغناطيسي.
- ٤-١ عرض الحيز و القدرة على نقل المعلومات.
- ٥-١ أنماط الإرسال.
- ٦-١ تحليل الإشارات.
- ٧-١ الخلط.
- ٨-١ تحليل الضوضاء.
- ٩-١ نسبة الإشارة إلى الضوضاء

عدد الساعات المطلوبة لتدريس هذه الوحدة : ١٨ ساعات

## ١-١ مقدمة

## Introduction

الاتصالات الإلكترونية هي عبارة عن عملية إرسال، واستقبال ومعالجة الإشارة بين محطتين أو أكثر وذلك باستعمال الدوائر الإلكترونية. إن إشارة المعلومات يمكن أن تأخذ إحدى الصيغتين إما إشارة تماثلية (مستمرة) أو إشارة رقمية (متقطعة).

## أ تاريخ الاتصالات Historical Review

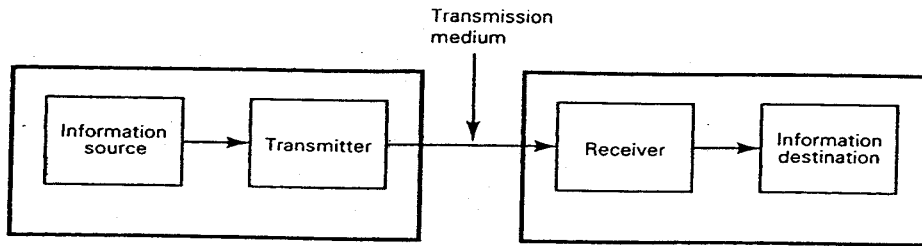
- في سنة ١٨٣٧م استطاع مورس أن يطور أول نظام للاتصالات الإلكترونية.
  - في سنة ١٨٧٦م تم ولأول مرة في التاريخ نقل صوت الإنسان عبر الأسلاك الكهربائية من طرف جراهام بل وتوماس.
  - في سنة ١٨٩٤م بدأت الاتصالات باستخدام موجات الراديو.
  - في سنة ١٩٢٠م بدأ البث الإذاعي باستخدام موجات AM.
  - في سنة ١٩٣٣م اكتشفت موجات FM.
  - في سنة ١٩٣٦م بدأ البث الإذاعي باستخدام موجات FM.
- وبعد أن تم اكتشاف أشباه الموصلات التي أحدثت تقدماً هائلاً في عالم الاتصالات بفضل صناعة الشرائح الإلكترونية الدقيقة والمتناهية في الصغر والتي سمحت لأنظمة الاتصالات الإلكترونية المتطورة والتي تشمل أنظمة رقمية، وأنظمة الميكروبيف، والأقمار الصناعية وأنظمة الاتصالات الضوئية باستعمال الألياف بأن تحول العالم إلى قرية صغيرة.

و يمكن تصنيف أنظمة الاتصالات الإلكترونية إلى نوعين:

نظام الاتصالات التماثلية Analog Communications System هو عبارة عن نظام إلكتروني حيث ترسل الطاقة وتستقبل على شكل مستمر.

- نظام الاتصالات الرقمية: هو عبارة عن نظام إلكتروني حيث الطاقة ترسل وتستقبل على شكل مستويات متقطعة مثل +5V والأرضي.

مهما كان نوع نظام الاتصالات فإنه يتشكل من العناصر التالية: منبع لإشارة المعلومات، وقسم الإرسال (المرسل)، والوسط الناقل (والذي بدوره ينقسم إلى قسمين سلكي ولا سلكي)، وقسم الاستقبال (المستقبل). الشكل (١ - ١) يوضح الأجزاء الرئيسية لأي نظام اتصالات.



الشكل ١-١ يوضح العناصر الأساسية لنظام الاتصالات

## ١-٢ التعديل وكشف التعديل

إن معظم إشارات النطاق الترددي الأساسي الناشئة عن مصادر المعلومات المختلفة لا تكون دائماً مناسبة للنقل عبر الوسط الناقل (قنوات الاتصال المتاحة) ولهذا فإن هذه الإشارات تعدل عادة لتسهيل عملية النقل وتعرف هذه العملية بالتعديل حيث تستعمل إشارة النطاق الترددي الأساسي (إشارة ذات تردد ضعيف) لتعديل بعض خصائص الموجة الحاملة العالية التردد.

وهذه الموجة الحاملة هي عبارة عن إشارة موجية عالية التردد والتي تؤخذ عن طريق المذبذب الموضوعي والمتواجد في قسم الإرسال. والمذبذب هو عبارة عن دائرة إلكترونية والتي تنتج موجة ذبذبات عند الخرج والتي تغذي فقط عند الدخل بواسطة جهد مستمر.

### ١-٢-١ أنواع التعديل

تستعمل إشارة المعلومات والتي يطلق عليها إشارة التعديل في تعديل السعة أو التردد أو الطور للموجة الحاملة. ولهذا يمكن أن نقول أن هناك ثلاثة أنواع من التعديل وهي:

١- تعديل السعة (AM) : وهو عبارة عن تغيير سعة أو اتساع الموجة الحاملة بواسطة إشارة التعديل بمقدار يتناسب مع إشارة التعديل أما الموجة الناتجة فتدعى موجة تعديل السعة (Amplitude Modulation).

٢- تعديل التردد (FM) هو عبارة عن تغيير تردد الموجة الحاملة بواسطة إشارة التعديل بمقدار يتناسب مع التغيير الذي يطرأ على إشارة التعديل أما الموجة الناتجة تدعى موجة تعديل التردد (Frequency Modulation).

٣- تعديل الطور (PM) وهو عبارة عن تغيير في طور الموجة الحاملة بواسطة إشارة التعديل بمقدار يتناسب مع التغيير الحاصل في إشارة التعديل نفسها أما الموجة الناتجة فتدعى موجة تعديل الطور (Phase Modulation).

أما عملية كشف التعديل أو ما يسمى كذلك بإزالة التعديل هي عبارة عن عملية استخلاص إشارة المعلومات (إشارة التعديل أو إشارة النطاق الأساسي الأصلية) من الموجة الحاملة.

نود التنبيه على أن عملية التعديل تتم في قسم الإرسال أما الإشارة الناتجة من عملية التعديل والتي يمكن أن يطلق عليها الموجة المعدلة (modulated wave) ويمكن أن تكون إحدى الأنواع الثلاثة التي سبق ذكرها فإما أن تأخذ صيغة AM أو FM أو PM حسب طبيعة التعديل الذي تم في قسم الإرسال كما هو موضح في الشكل (١ - ٢). أما الإشارة التي تخرج من قسم الاستقبال فهي تدعى الإشارة المستخلصة (Demodulated Signal) والتي سيتم شرحها مفصلاً في الوحدات المتبقية.

### ١ - ٢ - ٢ أهمية التعديل

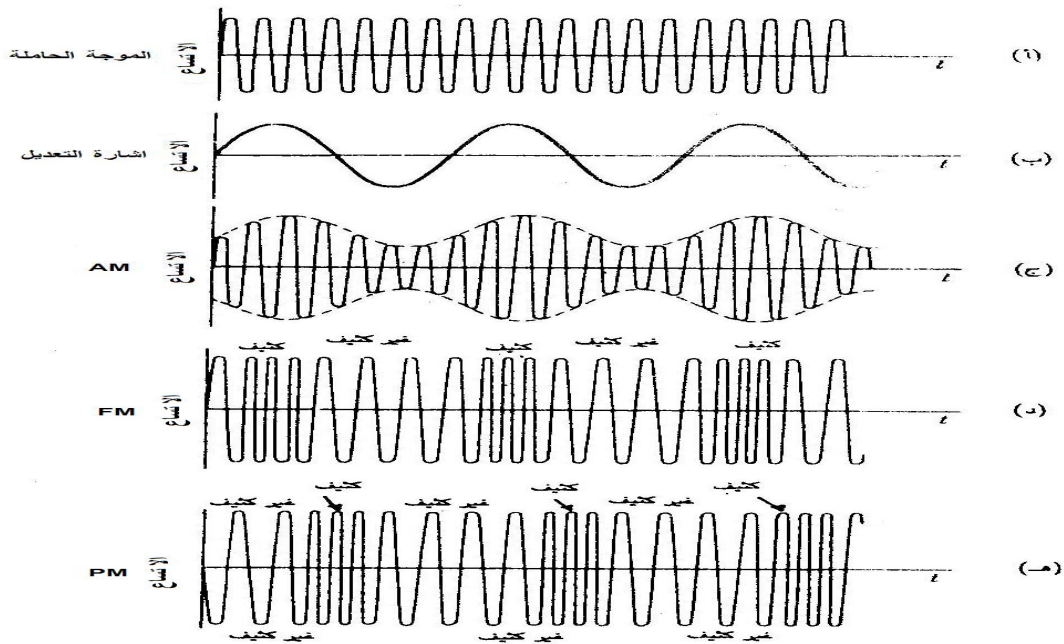
هناك سؤال مهم جداً يطرح نفسه ويطرحة كل قارئ لماذا عملية التعديل ؟ وهل هي عملية ضرورية في الاتصالات ؟ وهل يمكن الاستغناء عنها ؟ للإجابة على هذا السؤال سوف نناقش بعض الأسباب المهمة لعملية التعديل وهي:

#### أ - سهولة الإشعاع

لكي يتم بث الموجات المغناطيسية بكفاءة فإن طول هوائي الإرسال يجب أن يكون في حدود 10% من طول موجة الإشارة المرسله. وبالنسبة لكثير من إشارات النطاق الترددي الأساسي (إشارات المعلومات) فإن أطوال الموجات تكون كبيرة جداً لدرجة أن أبعاد الهوائيات المطلوبة تتجاوز الأرقام المعقولة. وكمثال فإن موجة الصوت تتركز في الترددات بين 100 هيرتز و 3000 هرتز، أي إن أطوال موجاتها تتراوح بين 100م و 3000م كالم على الترتيب مما يستدعي هوائيات ذات أطوال غير عملية (في حدود 10 كم إلى 300 كم). وبدلاً عن ذلك يتم تعديل الموجة الحاملة العالية التردد ذات طول موجي صغير مما يتطلب استعمال هوائيات عملية ذات أقل تكلفة. وبذلك يتم بث الموجة المغناطيسية التي تحمل إشارة المعلومات بكفاءة عالية. وكمثال فلو كان تردد الموجة الحاملة 100 جيجاهرتز لكان الطول الموجي لها 300سم، وبالتالي يمكن استعمال هوائي يبلغ من الطول 30سم. ومن هذه الناحية فإن عملية التعديل تشبه حمل إشارة التردد الأساسي فوق موجة جيبيية عالية التردد (الحامل). ويمكن تشبيه الموجة الحاملة وإشارة المعلومات بقلم وورقة: فلو أردنا أن نرسم الورقة بحالها فلن نذهب بعيداً، ولكن لو لففنا الورقة حول القلم، فإننا نستطيع أن نرسمها إلى مسافة أبعد.

#### ب - النقل المتزامن لعدة إشارات

أفرض أن عدداً من محطات الإذاعة تبث إشارتها الصوتية مباشرة وبدون أي تعديل. بطبيعة الحال سوف تتداخل هذه الإشارات لأن طيفها الترددي يشغل النطاق نفسه تقريباً. ولهذا فلن يكون من الممكن بث أكثر من قناة إذاعية واحدة في الوقت نفسه.



الشكل ١ - ٢ أنواع التعديل عند الإرسال .

وإحدى الطرق الناجحة لحل مثل هذه المعضلة تكمن في استعمال التعديل حيث يمكن تعديل إشارات صوتية متعددة فوق حوامل ذات ترددات مختلفة وبهذا فإننا ننقل كل إشارة إلى نطاق ترددي مختلف. وإذا كانت ترددات الموجات الحاملة بعيدة عن بعضها بما فيه الكفاية فإن أطيف الإشارات المعدلة لن تتداخل مع بعضها، ويمكن في جهاز الاستقبال استعمال مرشح إمرار نطاقي قابل للتغيير لاختيار الإشارة أو المحطة المرغوبة. وتعرف بتقسيم التردد Frequency Division Multiplexing (FDM) حيث تشترك إشارات مختلفة في استعمال النطاق الترددي للقناة بدون أي تداخل.

### Electromagnetic Spectrum

### ٣-١ الطيف الكهرومغناطيسي

تنقسم ترددات الموجات الكهرومغناطيسية التي يجري إرسالها إلى أنظمة الاتصالات المعتادة إلى ثمانية أقسام رئيسية. وتتمتع كل هذه الأقسام بمواصفات إرسال خاصة تجعلها مناسبة لعدد من التطبيقات. ويبين الجدول (١ - ١) هذه الأقسام الثمانية إلى جانب أطوال موجاتها، ويمكن استخلاص أطوال الموجات هذه اعتماداً على القانون التالي:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [m] \quad (1-1)$$

حيث:

$\lambda$  طول الموجة بالمتري

C: سرعة الضوء:  $(300000000 = 10^8)$  م/ث

f: تردد الموجة بالهرتز (Hz).

الجدول ١-١ : يبين الأقسام الرئيسية في طيف الترددات الكهرومغناطيسية

م	القسم	الترددات	أطوال الموجات
١	قسم الترددات المنخفضة جداً (VLF)	3kHz-30kHz	100km-10km
٢	قسم الترددات المنخفضة (LF)	30kHz-300kHz	10km-1km
٣	قسم الترددات المتوسطة (MF)	300kHz-3MHz	1km -100m
٤	قسم الترددات العالية (HF)	3MHz-30MHz	100m-10m
٥	قسم الترددات العالية جداً (VHF)	30MHz-300MHz	10m-1m
٦	قسم الترددات المتفوقة (UHF)	300MHz-3GHz	1m-10cm
٧	قسم الترددات الفائقة (SHF)	3GHz-30GHz	10cm-1cm
٨	قسم الفائقة للغاية (EHF)	30GHz-300GHz	1cm-1mm

حيث نعني بـ V: very ، L: Low ، H: High ، F: Frequency ، M: medium ،  
 .E: Extremely, S: Super, U: Ultra  
 مثال ١-١

أ. أوجد الطوال الموجي ( $\lambda$ ) لكل من الترددات التالية

1 كيلو هرتز (1 KHz)

100 كيلو هرتز (100 KHz)

1 ميغاهرتز (1 MHz)

ب. ماذا تستنتج؟

الحل:

أ. باستعمال العلاقة (1-1) نجد

$$1- f= 1000\text{Hz:} \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1000} = 300 \text{ Km}$$

$$2- f= 10^5 \text{ Hz} \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{10^5} = 3 \text{ Km}$$

$$3- f=10^6 \text{ Hz} \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{10^6} = 300\text{m}$$

ب- من خلال الأرقام التي تحصلنا عليها نستنتج أنه كلما زاد التردد قل طول الموجة، وهذا يوضح لنا لماذا موجات الميكرويف (أو الموجات الدقيقة) تستعمل في الاتصالات بواسطة الأقمار الصناعية لأن أطوال موجاتها قصيرة جداً كما يوضح الجدول (١ - ١) وبالتالي بإمكان الموجة اختراق الغلاف الجوي بكل سهولة ولا يحدث لها انعكاس كما في الترددات المنخفضة والمتوسطة وبالتالي تلتحق هذه الموجات بالأقمار الصناعية ليعاد إرسالها إلى المناطق المرغوبة.

والآن بعدما عرفنا الأقسام الرئيسية لطيف الترددات المغناطيسية لنلقي الضوء فيما يلي على بعض التطبيقات الهامة ضمن كل من هذه الأقسام.

أ- قسم الترددات المنخفضة جداً (VLF)، ومجال الترددات المنخفضة (LF) ويستخدم أساساً في الملاحة .

ب- قسم الترددات المتوسطة (MF): يستخدم غالباً في البث الإذاعي المعتاد.

ج- قسم الترددات العالية (HF): ويستخدم في بعض الهوائيات، والاتصال بين الطائرات والسفن وغير ذلك.

د- قسم الترددات العالية جداً (VHF): ويستخدم في بعض أنظمة التلفاز والإرسال الإذاعي، وأنظمة التحكم بالحركة الجوية، وأنظمة اتصالات الشرطة، وغيرها.

هـ- قسم الترددات المتفوقة (UHF): ويستخدم أيضاً في بعض أنظمة التلفاز، وعدد من أنظمة الرادار، والأقمار الصناعية.

و قسم الترددات الفائقة (SHF): يستخدم في عدد من أنظمة الرادار المختلفة وفي توصيلات موجات الميكرويف، وعدد من أنظمة الاتصالات المتحركة.

ز- قسم الترددات الفائقة للغاية (EHF): ويستخدم في بعض أنظمة القطارات، وبعض أنظمة الرادار.

ونظراً لاتساع مجالات الترددات العليا، وإمكاناتها في استيعاب العديد من التطبيقات، فإنها قسمت بدورها إلى عدد من الأقسام حيث وضع لكل قسم اسم ورمز كما يوضحه الجدول (١ - ٢).

بالإضافة إلى ما سبق من مجالات ترددات معروف يقل في معظم تردداته عن قسم الترددات المنخفضة وهذا يعرف بقسم الترددات الصوتية Voice Frequency VF، حيث تقع تردداته ما بين 300-3400 هرتز.



الجدول ١- ٢ يوضح نطاقات ورموزها في مجال الميكرويف.

نطاق الترددات	الرمز السابق	الرمز الحالي
500 MHz - 1GHz	VHF	C
1GHz - 2GHz	L	D
2GHz - 3GHz	S	E
3GHz - 4GHz	S	F
4GHz - 6GHz	C	G
6GHz - 8GHz	C	H
8GHz - 10GHz	X	I
10GHz - 12.4GHz	X	J
12.4GHz - 18GHz	Ku	J
18GHz - 20GHz	K	J
20GHz - 26.5GHz	K	K
26.5GHz - 40GHz	Ka	K

نود أن نلتفت الانتباه بأن مجموع الأقسام التالية UHF , SHF , EHF هي جزء من مجال ترددات الميكرويف المحصورة بين (300MHz – 300GHz).

أما الترددات التي تفوق قسم الترددات الفائقة EHF فتقسم إلى عدة أقسام وهي:

أ- قسم الترددات الضوئية ويبدأ هذا القسم عن حوالي  $10^{12}$ Hz ويمتد حتى يتجاوز  $10^{16}$ Hz، وينقسم إلى ثلاثة مجالات هي: الأشعة تحت الحمراء infrared، والضوء المرئي Visible، والأشعة فوق البنفسجية ultraviolet.

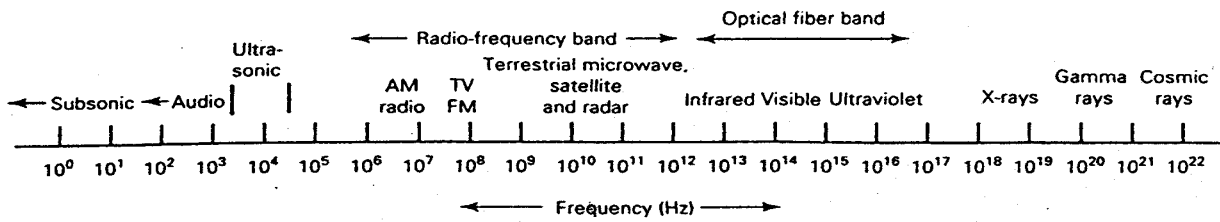
ب- قسم ترددات الأشعة السينية X-rays ويقع ضمن نطاق يتوسطه التردد  $10^{18}$ Hz.

ج- قسم ترددات أشعة جاما Gama rays؛ ويفوق مجال تردداتها الأشعة السينية ويتداخل معه ويقع ضمن ترددات يتوسطه  $10^{20}$ Hz على وجه التقريب.

د- قسم ترددات فوتونات الأشعة الكونية (cosmic photons) ويتجاوز هذا المجال مجال أشعة جاما ويصل إلى أكثر من التردد  $10^{32}$ Hz.

أما ترددات الاتصالات عبر الألياف البصرية Fiber Optics وترددات الليزر Laser تقع ضمن الترددات الضوئية أما الضوء المرئي فهو يشكل جزءاً محدوداً من مجال الترددات الضوئية ويقع هذا الجزء بين بداية الضوء الأحمر ( $4.285 \times 10^{14}$ Hz) وحتى نهاية الضوء البنفسجي ( $7.5 \times 10^{14}$ Hz).

يمكن أن نعبر على كل ما سبق ذكره من مختلف أقسام الترددات بالشكل (١ - ٣).



الشكل ١- ٣ الإشارات الكهرومغناطيسي

## Bandwidth

## ٤-١ العيز (عرض النطاق)

يعتبر عرض النطاق أحد العناصر الأساسية بجانب الضوضاء الذي يقلل من كفاءة نظم الاتصالات. هنا يجب التمييز بين نوعين من عرض النطاق، هناك عرض نطاق إشارة المعلومات ( $BW_{info}$ ) وعرض نطاق قناة الإرسال أو ما يسمى كذلك عرض قناة الاتصال ( $BW_{ch}$ ). فإن عرض نطاق إشارة المعلومات فهو عبارة عن الفرق بين التردد الأعلى والتردد الأدنى المحتويين ضمن إشارة المعلومات. أما عرض نطاق القناة هو عبارة عن الفرق بين التردد الأعلى والأدنى اللذين تسمح لهما القناة بالمرور. وبالتالي نخلص إلى القاعدة التالية حتى تتقل إشارة المعلومات عبر أي قناة لا بد أن يكون عرض نطاق إشارة المعلومات أقل أو يساوي عرض نطاق القناة. أي

$$BW_{info} \leq BW_{ch}$$

(1-2)

 $BW_{info}$ : عرض نطاق إشارة المعلومات $BW_{ch}$ : عرض نطاق قناة الاتصال.

مثال ١- ٢

إذا كان نظام الإرسال التلفزيوني الذي يستخدم الكوابل للنقل له عرض نطاق من 500 كيلو هرتز إلى 5000 كيلو هرتز.

أ. احسب عرض نطاق القناة ( $BW_{ch}$ ).

ب. هل هذه القناة تسمح بمرور الإشارات الصوتية؟

ج. هل تتمكن الإشارات ذات الترددات العالية HF العبور خلال هذه القناة؟

الحل:

أ. عرض نطاق القناة

$$BW_{ch} = 5000 - 500 = 4500 \text{ KHz}$$

ب. عرض نطاق الإشارة الصوتية ( $BW_{voice}$ )

$$BW_{voice} = 3400 - 300 = 3100 \text{ Hz}$$

واضح أن هذه القناة تسمح للإشارات الصوتية بالمرور لأن عرض نطاق هذه القناة أكبر من عرض نطاق الإشارات الصوتية.

ج. عرض نطاق إشارات ذات الترددات العالية HF

$$BW_{HF} = 30 \text{ MHz} - 3 \text{ MHz} = 27 \text{ MHz}$$

واضح أن هذا النوع من الإشارات لا يمكنها العبور خلال هذه القناة لأن عرض نطاقها أكبر بكثير من عرض نطاق القناة.

## Transmission Modes

### ٥-١ أنماط الإرسال

إن الإرسال في نظام الاتصالات الإلكترونية لا بد أن يصمم حسب الاحتياجات التالية:

أ. الإرسال في اتجاه واحد ويدعى Simplex (SX) وكمثال على ذلك المذياع والتلفاز .

ب. الإرسال المتناوب وهو يتم في اتجاهين لكن ليس في نفس الوقت وهو يدعى Half Duplex (HDX) وكمثال على ذلك نظام المذياع ذو اتجاهين (اضغط لتتحدث) .

ج. الإرسال في اتجاهين هنا الإرسال يتم في اتجاهين وفي نفس الوقت ويطلق عليه Full Duplex (FDX)، وكمثال على ذلك نظام الهاتف و الجوال.

د. الإرسال متعدد الاتجاهات في هذا النوع من الإرسال يمكن إرسال واستقبال إلى ومن عدة محطات وفي آن واحد ويطلق عليه Full/Full Duplex (F/FDX) وكمثال على ذلك خدمات البريد.

## Signals Analysis

### ٦-١ تحليل الإشارات

يستخدم علم تحليل الإشارات الوسائل الرياضية لإيجاد مواصفات الموجات في مجال التردد، ومعرفة العلاقات التي تربط هذه المواصفات بتلك القائمة في مجال الزمن. ويفيد هذا العلم مهندس وفني الاتصالات في دراسة الموجات المرسل والمستقبل والمعالجة في أنظمة الاتصالات. إن نظرية تحليل الإشارات تشمل دراسة لنشر فورير بحالاته المختلفة وتطبيقاته في حساب القدرة القياسية للموجات عند تردداتها المختلفة، وكذلك تحويل فورير وتطبيقاته في الطاقة القياسية ونظرية الالتفاق، واستجابة الأنظمة وارتباط الموجات. نحن في هذه الحقيبة نستعرض لنشر فورير فقط، أما من أراد أن يتوسع أكثر فعليه بالرجوع إلى المراجع المذكورة في نهاية الحقيبة.

## Fourier Expansion

### ١-٦-١ نشر فورير

الغاية من نشر فورير هي تحويل دالة مثل دالة الجهد  $V(t)$  المتغيرة بالنسبة للزمن بشكل دوري إلى مركبات الأساسية في مجال التردد. ويعطي هذا النشر معلومات حول هيكل ترددات الموجة، وبالتالي عرض نطاق تردداتها، التي تساعد في تصميم واختيار أجهزة الاتصالات المناسبة.

ولدراسة نشر فوريير نفرض أن لدينا الموجة الدورية  $V(t)$  ، حيث يبلغ دورها  $T$  ، وترددتها  $f$  وترددتها الزاوي  $\omega$ . يعطى نشر فورييه لهذه الموجة على النحو التالي:

$$v(t) = A_0 + A_1 \cos( \omega t ) + A_2 \cos( 2 \omega t ) + \dots + A_n \cos( n \omega t ) + B_0 + B_1 \sin( \omega t ) + A_2 \sin( 2 \omega t ) + \dots + A_n \sin( n \omega t ) \quad (1-9)$$

يمكن كتابة السلسلة (1-9) على الشكل التالي:

$$V(t) = A_0 + \text{fundamenta 1} + 2^{\text{nd}} \text{ harmonic} + 3^{\text{rd}} \text{ harmonic} + \dots + n^{\text{th}} \text{ harmonic} \quad (1-10)$$

حيث :

$A_0$ : يمثل القيمة الثابتة للجهد أو التيار المستمر (DC value).

Fundamental : المركبة الأساسية للموجة كما تدعى التوافق الأساسي للموجة وترددها هو تردد الموجة الأصلية ( $f_1$ ).

$2^{\text{nd}}$  harmonic : المركبة الثابتة للموجة بعد الأساسية وتدعى كذلك التوافق الثاني وترددتها  $f_2=2.f_1$  وهكذا بالنسبة لبقية الحدود.

والغاية من هذا هو السماح بإيجاد مركبات الموجة في المجال الترددي كما تسمح بإيجاد عرض نطاقها.

أما الثوابت  $B_n, B_1, A_n, \dots, A_1, A_0$

فهي تحسب باستعمال العلاقات التالية:

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt \quad (1-11)$$

$$A_n = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos( n \omega t ) dt \quad (1-12)$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \sin( n \omega t ) dt \quad (1-13)$$

هناك حالات خاصة للمعادلة (1-7) فإذا كانت دالة  $V(t)$  دالة زوجية فإن العلاقة (1-9) تختصر إلى

ما يلي:

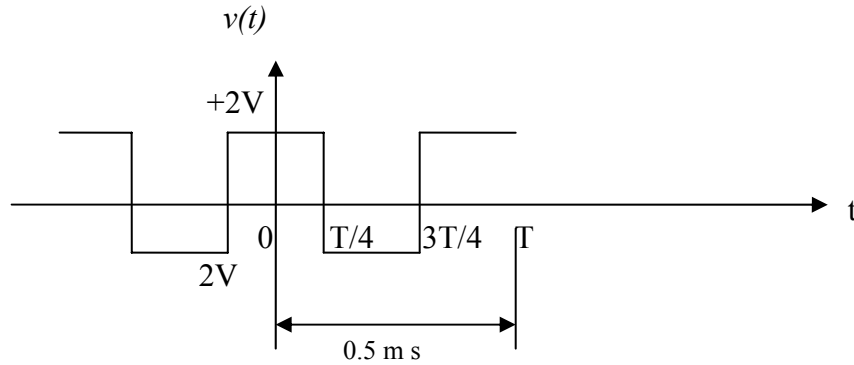
$$V(t) = A_0 + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2 \omega t + \dots + A_n \cos n \omega t \quad (1-14)$$

أما إذا كانت  $V(t)$  دالة فردية فإن العلاقة (9-1) تختصر إلى ما يلي:  

$$V(t) = A_0 + B_1 \sin wt + B_2 \sin 2 wt + \dots + B_n \sin nwt \quad (1-15)$$

مثال ١ - ٣

لدينا موجة النبضات الدورية المبينة بالشكل أوجد سلسلة فورييه للمركبتين الأوليتين (التوافقين الأولين).



١. أوجد التردد للمركبة الأساسية.

٢. أوجد التردد للمركبة الثانية (التوافق الثاني).

٣. ارسم الطيف الترددي للجهد.

الحل:

١. لإيجاد سلسلة فورييه للمركبتين الأوليتين (التوافقين الأولين) نتبع الخطوات التالية:

$$v(t) = A_0 + A_1 \cos( wt ) + A_2 \cos( 2 wt ) + \dots + A_n \cos( nwt )$$

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/4} 2 dt + \frac{1}{T} \int_{T/4}^{3T/4} -2 dt + \frac{1}{T} \int_{3T/4}^T 2 dt = 0$$

$$A_1 = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos( wt ) dt =$$

$$A_1 = \frac{2}{T} \left[ \int_0^{T/4} 2 \cos( wt ) dt + \int_{T/4}^{3T/4} -2 \cos( wt ) dt + \int_{3T/4}^T 2 \cos( wt ) dt \right] = \frac{8}{\pi}$$

باستخدام نفس الخطوات السابقة نحصل على

$$A_2 = 0 \quad \& \quad A_3 = -\frac{8}{3\pi}$$

إذاً سلسلة فورييه للمركبتين الأوليتين تعطى كمايلي:

$$v(t) = \frac{8}{\pi} \cos(\omega t) - \frac{8}{3\pi} \cos(3\omega t)$$

لايجاد التردد للمركبة الأساسية نتبع مايلي:

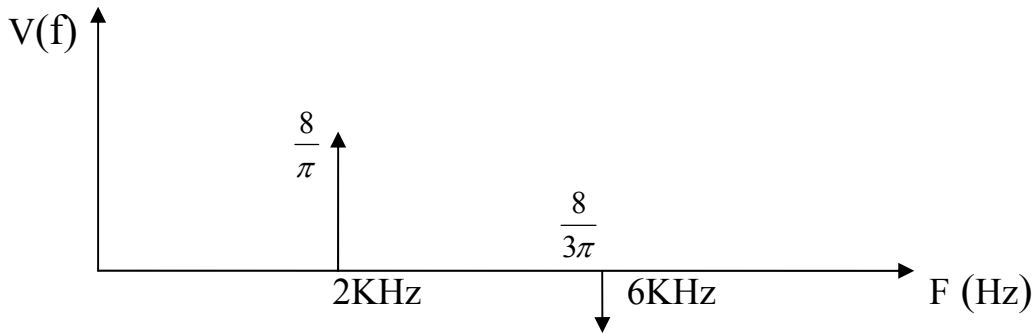
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.5 \times 10^{-3}} = 2000 \text{ Hz}$$

$$f = 2 \text{ KHz}$$

٢. لايجاد التردد للمركبة الثانية نتبع مايلي:

$$f_s = 3f = 3 \times 2 \text{ K} = 6 \text{ KHz}$$

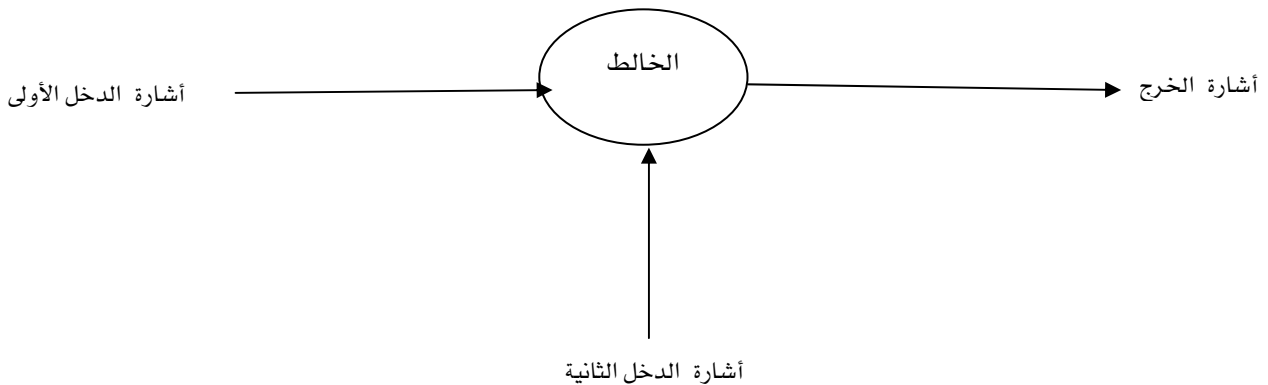
٣. رسمة الطيف الترددي للجهد



Mixer

١- ٧ الخلط

الخالط هو عبارة عن دائرة أو جهاز عادتاً غير خطي له دخلين و خرج واحد يعمل على نقل أو تغيير موقع الترددات على خط الطيف الترددي كما موضح بالشكل ١- ٤. إذا كان ناتج عملية الخلط هي تحويل الترددات من تردد أقل إلى تردد أعلى فتسمى عملية الخلط هذه بالتحويل العلوي و اما إذا كان ناتج عملية الخلط هي تحويل الترددات من تردد أعلى إلى تردد أقل فتسمى عملية الخلط هذه بالتحويل السفلي.



الشكل ١- ٤ المخطط الصندوقي للخالط.

لنفرض أن إشارة الدخل الأول في شكل  $1 - \epsilon$  لها تردد  $f_s$  وإشارة الدخل الثاني لها تردد  $f_o$ ، فإن تردد إشارة الخرج سوف يصبح  $(f_o + f_s)$  في حالة التحويل العلوي و  $(f_o - f_s)$  في حالة التحويل السفلي.

### ٨-١ الضوضاء (التشويش) Noise

يعتبر الضوضاء أحد العوائق الرئيسية لأنظمة الاتصالات وكما يقال لولا الضوضاء لاستطعنا أن نرسل المعلومة إلى أبعد ما يمكن. ويعرّف على أنه الطاقة غير المرغوب فيها التي تنشأ ضمن مختلف عناصر أنظمة الاتصالات لتشارك الإشارة الأصلية بالمرور عبر هذه العناصر.

ينقسم الضوضاء إلى نوعين رئيسيين هما:

#### Uncorrelated Noise

#### ١-٨-١ الضوضاء غير المرتبط بالإشارة

وهو عبارة عن الضوضاء الذي ليس له علاقة بالإشارة الأصلية المطلوب نقلها عبر أنظمة

الاتصالات، وهو ينقسم إلى قسمين:

#### أ. الضوضاء الخارجي External Noise

وهو عبارة عن الضوضاء الذي يتولد من طرف مصادر خارجية أي ليس له علاقة بالدوائر الإلكترونية المستخدمة في أنظمة الاتصالات لكن يؤثر فيها وكمثال على ذلك: ضوضاء الغلاف الجوي، وضوضاء أشعة الشمس، وضوضاء الأشعة الكونية، والضوضاء الناتجة من صنع الإنسان.

#### ب. الضوضاء الداخلي (Internal Noise)

ويقصد به التأثيرات الغير المرغوب فيها الناتجة عن مكونات الدوائر الإلكترونية، مثل المقاومات وغيرها، والتي تؤثر على الموجة الأصلية المطلوب نقلها أثناء عبورها عبر هذه الدوائر. وللضوضاء الداخلي أشكال متعددة تنتج عن أسباب مختلفة وكمثال على ذلك ضوضاء جونسون Johnson Noise وينشأ بسبب ارتفاع درجة الحرارة في مكونات الدوائر الكهربائية.

فارتفاع درجة الحرارة يزيد الحركة العشوائية للذرات والإلكترونات في المادة. ويؤدي ذلك إلى إشعاع طاقة كهرومغناطيسية تظهر على هيئة جهد ضوضاء غير مرغوب فيه. ويقع جهد الضوضاء هذا ضمن ما يسمى بالضوضاء الأبيض White Noise، أي الذي يشمل جميع الترددات. ويزداد هذا الضوضاء كلما ازداد عرض نطاق ترددات نظام الاتصالات. أما المثال الثاني على الضوضاء الداخلي فيتمثل في الضوضاء الناتج عن مشاكل التغذية الكهربائية لمكونات الدوائر الإلكترونية في أنظمة الاتصالات. ويتضمن هذا الضوضاء أثر الطلقة Shot noise وضوضاء التقسيم Partition noise. ويقصد بأثر الطلقة الجهد المتغير الناتج عن تغير تيار التغذية الكهربائية في الوقت الذي يفترض بهذا التيار أن يكون ثابتاً. أما ضوضاء التقسيم فهو الذي ينتج عن اختلال توزيع تيار التغذية بين فروع الدائرة التي يغذيها. وهناك أشكال أخرى كثيرة من الضوضاء الداخلي مثل ضوضاء زمن التحول transit noise الذي ينشأ عن

تمثل زمن حركة الإلكترونات بين أطراف دائرة كهربائية مع دور الموجة المطلوبة التي تعبر الدائرة، والضوضاء الناتج عن الحقول المغناطيسية لمحاولات الربط في المضخات.

### Correlated Noise

### ٢-٨-١ الضوضاء المرتبط بالإشارة

هو عبارة عن الضوضاء المرتبط بالإشارة الأصلية التي تعبر الدوائر الإلكترونية التي تدخل في تكوين نظام اتصالات. هذا النوع من الضوضاء لا يمكن أن يتواجد في الدائرة بدون تواجد الإشارة ولهذا يقال لا إشارة، لا ضوضاء. وإن الضوضاء المرتبط بالإشارة ينتج عن طريق التضخم اللاخطي ويشمل كل من الضوضاء الناتج عن المركبات التمرجية والضوضاء الناتج على التشوه الذي يحدث أثناء عملية التعديل.

نود التنبيه على أن الضوضاء الناتج عن الغلاف الجوي والصادر عن العواصف الرعدية thunderstorms تؤثر تأثيراً مباشراً على البث الإذاعي الذي يستخدم AM: Amplitude Modulation. والسبب في ذلك يعود على أن الموجات الناتجة من العواصف الرعدية تتناسب عكسياً مع التردد الواقع في المجال أقل من 100MHz. أي كلما قل التردد كلما زاد الضوضاء. لكنه أقل تأثيراً على البث الإذاعي والتلفزيوني الذي يستخدم FM: Frequency Modulation حيث مجال تردداته [88MHz – 108 MHz].

لنعود الآن قليلاً إلى الوراء ونقوم بدراسة تفصيلية لنوع مهم في الضوضاء والذي لا تخلو منه أي دائرة إلكترونية هذا النوع هو الضوضاء الحراري Thermal noise ويطلق عليه ضوضاء جونسون. حيث استطاع الباحث Johnson أن يبرهن على أن طاقة الضوضاء الحراري تتناسب طردياً مع عرض النطاق ودرجة الحرارة. يمكن التعبير عليه بالعلاقة الرياضية التالية:

$$N = KTB \quad (1-16)$$

حيث:

N : طاقة الضوضاء (Watts)

B : عرض النطاق (Hz)

T : درجة الحرارة (Kelvin)

ولتحويل من درجة حرارة عادية إلى Kelvin لتستعمل العلاقة التالية:

$$T = C^{\circ} + 273$$

$$K = 1.38 \times 10^{-23} \left( \frac{\text{Joules}}{\text{Kelvin}} \right) \quad \text{ثابت بولتزمان}$$



أما إذا أردنا أن نعبر على الطاقة بوحدة ديسبال Decibel ويرمز له عادة بـ dB، فنأخذ الدالة اللوغارتمية في الأساس 10 للمعادلة (1-16) مضروباً في العدد 10. أي:

$$N_{dB} = 10 \text{ Log} ( KTB ) \quad [ dB] \quad (1-17)$$

حيث:

$N_{dB}$ : طاقة الضوضاء بالديسيبل.

مثال ١ - ٤

إذا كان جهاز إلكتروني يشتغل عند درجة الحرارة  $17^\circ$  وعرض نطاق 10 كيلوهرتز.

احسب ما يلي:

أ- طاقة الضوضاء بالواط.

ب- طاقة الضوضاء بالديسيبل.

الحل:

أ. طاقة الضوضاء بالوات

$$N = KTB = 1.38 \times 10^{-23} \times (17+273) \times 10 \times 10^3 = 4 \times 10^{-17} \text{ Watts}$$

ب. طاقة الضوضاء بالديسيبل

$$N_{dB} = 10 \text{ Log} ( KTB ) = 10 \text{ Log} ( 4 \times 10^{-17} ) \approx -164 \text{ dB}$$

Signal – to – Noise ration

٩ -١ نسبة الإشارة إلى الضوضاء

إن عامل نسبة الإشارة إلى الضوضاء كثيراً ما يستعمل في تباين أداء أنظمة الاتصالات. فكلما

زادت هذه النسبة كلما ازدادت كفاءة نظام الاتصالات. تعرض هذه النسبة كحاصل قسمة قدرة

الإشارة إلى قدرة الضوضاء. يعبر عليها رياضياً بالعلاقة التالية:

$$\frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n} \quad (1-18)$$

ويمكن التعبير على هذه النسبة بواسطة الديسيبل

$$\left( \frac{S}{N} \right)_{dB} = 10 \text{ Log} \left( \frac{P_s}{P_n} \right) \quad (1-19)$$

حيث:

: نسبة قدرة الإشارة إلى قدرة الضوضاء بالديسيبل.  $\left(\frac{S}{N}\right)_{dB}$

$P_s$  : قدرة الإشارة و تعطى بـ (Watts).

$P_N$  : قدرة الضوضاء و تعطى بـ (Watts).

و يمكنك بكل بساطة أن تثبت العلاقات التالية عندما تتعامل مع كل من الجهد والتيار فإن

النسبة تعطى بالعلاقة التالية:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{dB} = 20 \text{Log} \left(\frac{V_s}{V_n}\right) \quad (1-20)$$

و

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{dB} = 20 \text{Log} \left(\frac{I_s}{I_n}\right) \quad (1-21)$$

مثال ١- ٥

إذا كانت طاقة إشارة خرج مضخم تساوي 10W والطاقة لضوضاء إشارة الخرج تساوي 0.01W،

أوجد:

أ. نسبة طاقة الإشارة إلى طاقة الضوضاء  $\left(\frac{S}{N}\right)$ .

ب. نسبة طاقة الإشارة إلى طاقة الضوضاء مقدر بالديسيبل  $\left(\frac{S}{N}\right)_{dB}$ .

الحل:

$$\text{أ. } \frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n} = \frac{10}{0.01} = 1000$$

$$\text{ب. } \left(\frac{S}{N}\right)_{dB} = 10 \text{Log} \left(\frac{P_s}{P_n}\right) = 10 \text{Log}(1000) = 30 \text{dB}$$

## تمارين

### التمرين الأول

- أ. عرف الاتصالات الإلكترونية.
- ب. ما هي العناصر الثلاثة الأساسية لنظام الاتصالات ؟
- ج. ارسم شكلاً توضيحياً لنظام الاتصالات مع كتابة العناصر الأساسية على الشكل.
- د. اذكر الأنواع الأساسية لأنظمة الاتصالات.

### التمرين الثاني

- أ. عرف ما يلي: إشارة التعديل، والموجة الحاملة، والموجة المعدلة، والإشارة المستخلصة.
- ب. عرف التعديل وكشف التعديل.
- ج. اشرح لماذا عملية التعديل عملية ضرورية في الاتصالات.

### التمرين الثالث

- أ. اذكر الخواص الأساسية التي يمكن تغييرها في الموجة الجيبية وما هي أنواع التعديل الناتجة عن ذلك ؟ وعرف كل نوع.
- ب. عرف عرض النطاق.
- ج. اذكر أنواع عرض النطاق.
- د. عرف كل نوع من هذه الأنواع.

### التمرين الرابع:

- أ. اذكر أنماط الإرسال.
- ب. عرف كل نمط من أنماط الإرسال.
- ج. أعط أمثلة تطبيقية على كل نمط من أنماط الإرسال .

**التمرين الخامس**

- أ. عرف الضوضاء.
- ب. اذكر الأقسام الرئيسية للضوضاء وأعط تعريفاً لكل قسم.
- ج. أعط أمثلة من الضوضاء على كل قسم.
- د. لماذا يؤثر الضوضاء الناتج من العواصف الرعدية على البث الإذاعي الذي يستخدم Amplitude Modulation ولا يؤثر على البث الإذاعي والتلفزيوني الذي يستخدم Frequency Modulation.

**التمرين السادس**

- إذا كان جهاز الحاسوب يشتغل عند درجة الحرارة  $27^{\circ}$  بعرض نطاق قدرة 5 كيلو هرتز.
- أ. هل جهاز الحاسوب يتعرض إلى عملية الضوضاء؟
- ب. ما هو نوع هذا الضوضاء، أعط تعريفاً له وكيفية؟
- ج. أحسب طاقة الضوضاء بالوات.
- د. أحسب طاقة الضوضاء بالديسيبل.

**التمرين السابع:**

أثبت صحة العلاقات (1-18) و (1-19).

**التمرين الثامن**

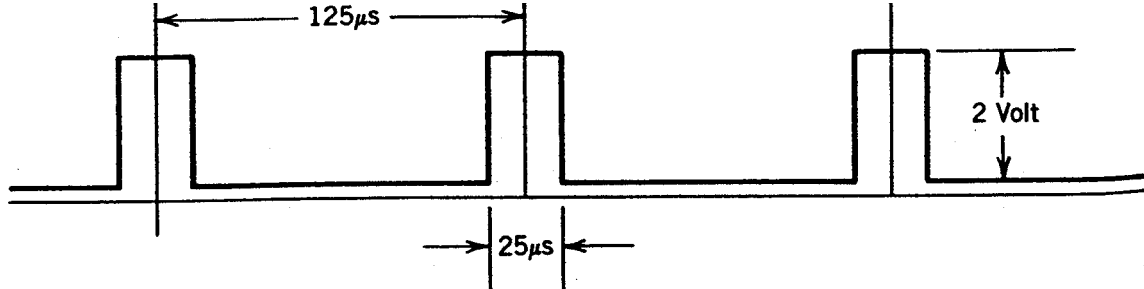
- إذا كانت طاقة إشارة الخرج من جهاز ما 20 وات وطاقة إشارة الضوضاء عند الخرج تساوي 0.02 وات.
- أ. احسب نسبة طاقة الإشارة إلى طاقة الضوضاء.
- ب. احسب هذه النسبة بالديسيبل.

**التمرين التاسع**

- أ. ما هي الغاية المرجوة من دراسة نشر فورييه.
- ب. أعط سلسلة فورييه لموجة  $V(t)$  وكيفية حساب الثوابت التي تدخل في تكوينها.
- ج. على أي شكل يمكن كتابة هذه السلسلة وما هي الفائدة من وراء ذلك.

### التمرين العاشر:

لدينا موجة النبضات الدورية المبينة في الشكل



- ما هو دور هذه الموجة T
- احسب التردد  $f$ .
- احسب سرعتها الزاوية  $\omega$
- ما هو الزمن الفعلي للنبضة.
- أوجد نشر فورير للحدود الخمسة الأولى.
- أوجد تردد لكل مركبة من المركبات الخمسة.
- ارسم الطيف الترددي للجهد.