

# اتصالات البيانات والشبكات

طرق ترميز الإشارات (Data Encoding)

## الوحدة الرابعة: طرق ترميز الإشارات (Data Encoding)

### الجدارة:

التعرف على الطرق المختلفة للترميز وخصائصها ومميزاتها وعيوبها.

### الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً بإذن الله على:

- التعرف على الأنواع المختلفة للترميز.
- التعرف على خصائص ومميزات وعيوب كل نوع من أنواع الترميز.
- الاختيار الصحيح لنوع الترميز المستخدم.
- التعرف على طرق التعديل متعددة المستويات والغرض منها.

### مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدرب على محتويات هذه الوحدة: ٣ ساعات.

### الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

### متطلبات الجدارة:

اجتياز جميع المقررات السابقة.

## ٤- ١ مقدمة

ذكرنا فيما سبق أن البيانات قد تكون بيانات تماثلية مثل الأصوات أو الصور أو الرسوم أو درجة الحرارة و غير ذلك أو قد تكون بيانات رقمية مثل الرموز أو الحروف أو الأرقام وغير ذلك وعند إرسال هذه البيانات عبر وسائط التراسل لابد أن يكون وسط التراسل ملائماً للشيء المراد إرساله لذلك لابد من تحويل هذه البيانات إلى إشارات كهربية أو كهرومغناطيسية أو ضوئية حسب نوع وسط التراسل المستخدم.

ويمكن علي سبيل المثال أيضاً تكون الإشارات الكهربائية التي تمثل هذه البيانات إشارات رقمية كتلك الإشارات الصادرة عن الأجهزة الرقمية والحاسبات الآلية أو تكون إشارات تماثلية كتلك الإشارات الصادرة عن أجهزة الهاتف أو إشارة التيار الكهربائي في المنازل ويطلق علي عملية تحويل البيانات إلى إشارات كهربية بترميز البيانات (Data Coding) كما يطلق على الجهاز المستخدم في عملية الترميز مسمى المرمز (Coder) والجهاز المستخدم في العملية العكسية للترميز مسمى عاكس الترميز أو المحلل (Decoder) وعادة ما يدمج كل من جهاز الترميز وجهاز عاكس الترميز في جهاز واحد ليقوم بالعملتين معاً ويسمى الجهاز في هذه الحالة باسم كودك Codec.

## ٤- ٢ ترميز البيانات الرقمية (Encoding of Digital Data)

يتم ترميز البيانات الرقمية بإشارات رقمية للاستفادة من مزايا التراسل الرقمي التي من أهمها تحسين الأداء والمناعة ضد الضوضاء وحسن تصميم واستخدام الدوائر الرقمية للتراسل، إلا أن الإشارات الرقمية نفسها تتفاوت بين بعضها البعض في خصائصها وطريقة توليدها وعلى ذلك فإنه عند اختيار طريقة الترميز لابد من الأخذ في الاعتبار العوامل التالية:

أ. جهد تراسل الإشارة ومركبة التيار المستمر

مركبة التيار المستمر تسبب مشكلة في عملية التراسل لأنها لا تمثل أي معلومات مرسله وبالتالي فهي تمثل قدرة مفقودة لا يستفاد منها لذلك لابد أن تكون قيمة مركبة التيار المستمر للإشارة المرمزة في طريقة الترميز المستخدمة أقل ما يمكن.

ب- التزامن وسهولة استخلاص نبضات التزامن

لابد من سهولة تتبع التغيرات المتواصلة التي تحدث بين مستويات الإشارة الرقمية من قبل جهاز الاستقبال من مستوى عالي الجهد إلى مستوى منخفض الجهد وأيضا لابد من تحديد بداية ونهاية زمن الإشارة الرقمية وهو ما يطلق عليه تزامن النبضات الرقمية حتى يتم التوافق أو التزامن بين المرسل والمستقبل حتى لا تحدث أي مشاكل عند استقبال الإشارة الرقمية.

### ت- النطاق الترددي للتراسل

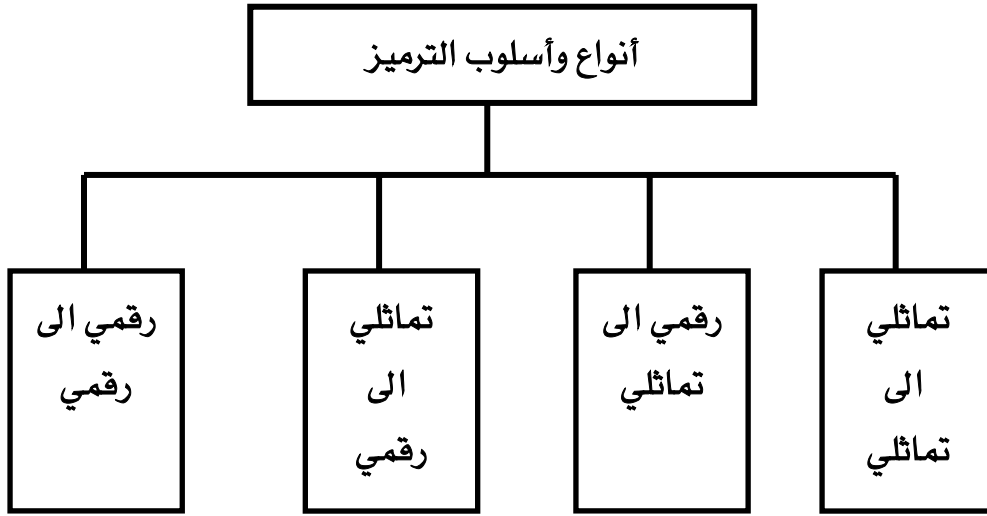
تختلف الإشارات الرقمية في مقدار عرض النطاق الترددي لإرسال تلك الإشارات خلال قنوات التراسل من ترددات منخفضة جداً قد تبلغ الصفر (تيار مستمر) إلى ترددات عالية أو عالية جداً وهذا يعتمد على نوع الترميز المستخدم.

### ث- سهولة الكشف عن النبضات المرمزة وحلها

لابد عند اختيار نوع الترميز المستخدم أن يراعي سهولة الكشف عن النبضات المرمزة عند المستقبل وحلها إلى الصورة التي كانت عليها قبل عملية الترميز (أي صورة البيانات).

### ج- الكشف عن الأخطاء

لابد عند تصميم طريقة الترميز المستخدم أن تراعي إمكانية اكتشاف الأخطاء التي قد تحدث للإشارة الرقمية أثناء تراسلها خلال قناة التراسل نتيجة تعرضها للشوشرة أو معوقات التراسل (مثال تحول النبضة الثنائية 1 إلى النبضة الثنائية 0 أو تحول النبضة الثنائية 0 إلى النبضة الثنائية 1). سنستعرض فيما يلي أنواع وأساليب الترميز ومزايا وعيوب كل منها.



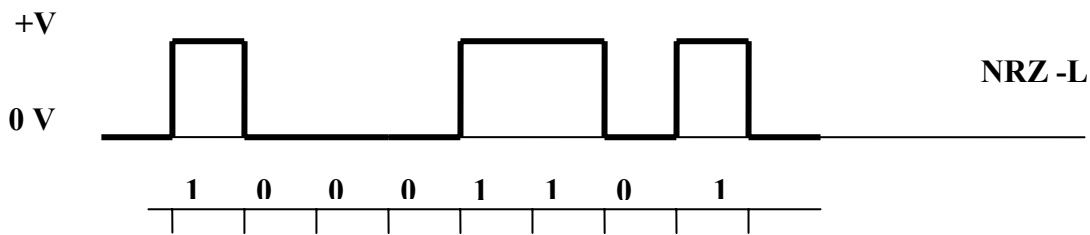
الشكل (٤ - ١)

### ٤ - ٢ - ١ الترميز أحادي القطبية دون الرجوع إلى الصفر (Unipolar NRZ)

يعد هذا النوع من الأنواع الشائعة الاستخدام نظراً لبساطته وكون نبضاته الرقمية الثنائية مكونة من مستويين فقط أحدهما جهد عالي القيمة (High) والآخر جهد صفر القيمة (Low). يمكن تقسيم هذا النوع من الترميز إلى الأنواع التالية:

#### أ- الترميز دون الرجوع إلى الصفر - المستوى NRZ - Level :

يعد هذا النوع من الأنواع الشائعة الاستخدام خاصة في النظم الرقمية المنطقية حيث يكون المطلوب مستويين للجهد لتمثيل النبضات الرقمية الثنائية، أحدهما لتمثيل الرقم الثنائي 1 والآخر لتمثيل الرقم الثنائي 0.



الشكل (٤ - ٢)

#### أسلوب الترميز (Encoding)

- الرقم الثنائي 1 : يتم تمثيله بنبضة موجبة ارتفاعها يساوي  $V+$  خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .

• الرقم الثنائي 0 : يتم تمثيله بنبضة منخفضة ارتفاعها يساوي  $0 V$  خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .

المميزات:

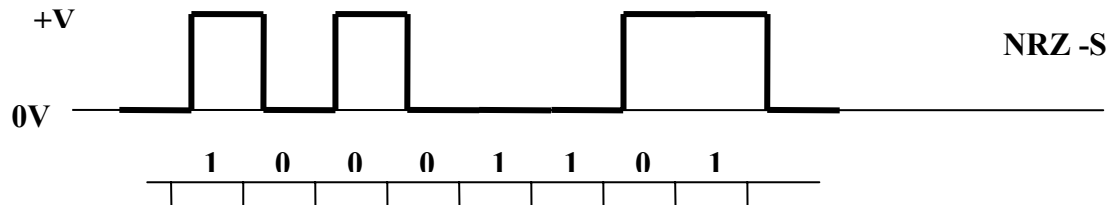
- يعد هذا النوع من الترميز بسيطاً جداً وسهل التكوين.
- يعد النطاق الترددي المطلوب لإرسال هذه النبضات المرمزة متوسطاً من حيث المقدار.

العيوب:

- نظراً لأن هذا النوع من الترميز أحادي القطبية فإن مركبة التيار المستمر تكون عالية جداً.
- يعد هذا النوع من الترميز غير مناسب من حيث التزامن وذلك في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ  $1,s$  أو سلسلة متعاقبة من الـ  $0,s$ .
- يحتاج هذا النوع من الترميز إلى قناة تراسل منفصلة لإرسال نبضات التزامن.

ب- الترميز دون الرجوع للصفر - فراغ (NRZ - Space)

تم استخدام هذا النوع من الترميز لحل مشاكل التزامن في بعض الأحوال فقط وليس في كل الأحوال التراسل.



شكل (٤ - ٣)

## أسلوب الترميز (Encoding)

- الرقم الثنائي 1 : يتم تمثيله بنبضة مشابهة تماماً للنبضة السابقة أي إنه إذا كانت النبضة السابقة ممثلة بـ 0V فإن الرقم الثنائي 1 يتم تمثيله بنبضة ممثلة بـ 0V أيضاً خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$  والعكس صحيح.
- الرقم الثنائي 0 : يتم تمثيله بنبضة معاكسة تماماً للنبضة السابقة أي إنه إذا كانت النبضة السابقة ممثلة بـ 0V فإن الرقم الثنائي 0 يتم تمثيله بنبضة ممثلة بـ +V خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$  والعكس صحيح.

## المميزات:

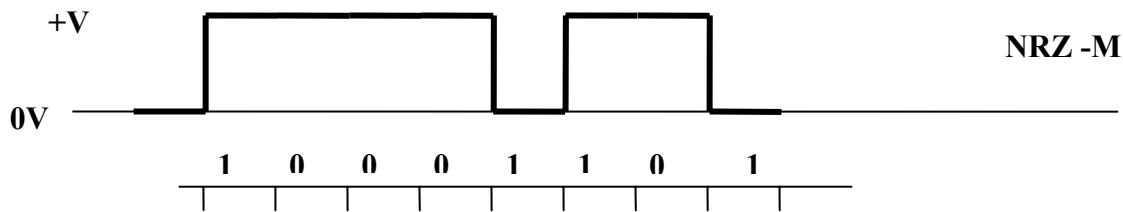
- يعد هذا النوع من الترميز بسيطاً جداً وسهل التكوين.
- يعد النطاق الترددي المطلوب لإرسال هذه النبضات المرمزة متوسطاً من حيث المقدار.

## العيوب:

- نظراً لأن هذا النوع من الترميز أحادي القطبية فإن مركبة التيار المستمر تكون عالية جداً.
- يعد هذا النوع من الترميز غير مناسب من حيث التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 1s.
- يحتاج هذا النوع من الترميز إلى قناة ترانسل منفصلة لإرسال نبضات التزامن.

## ت- الترميز دون الرجوع للصفر - علامة (NRZ - Mark)

هذا النوع من الترميز يسمى في بعض الأحيان بالترميز المعكوس حيث تعتمد حالة النبضة الحالية المراد تمثيلها على حالة النبضة السابقة التي تم تمثيلها فعلاً.



الشكل (٤ - ٤)

## أسلوب الترميز:

- الرقم الثنائي 1: يتم تمثيله بنبضة معاكسة تماماً للنبضة السابقة أي إنه إذا كانت النبضة السابقة ممثلة بـ  $0V$  فإن الرقم الثنائي 1 يتم تمثيله بنبضة ممثلة بـ  $+V$  والعكس صحيح وذلك خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .
- الرقم الثنائي 0: يتم تمثيله بنبضة مشابهة تماماً للنبضة السابقة أي إنه إذا كانت النبضة السابقة ممثلة بـ  $+V$  فإن الرقم الثنائي 0 يتم تمثيله بنبضة ممثلة بـ  $+V$  خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .

## المميزات :

- يعد هذا النوع من الترميز بسيطاً جداً وسهل التكوين.
- يعد النطاق الترددي المطلوب لإرسال هذه النبضات المرمزة متوسطاً من حيث المقدار.

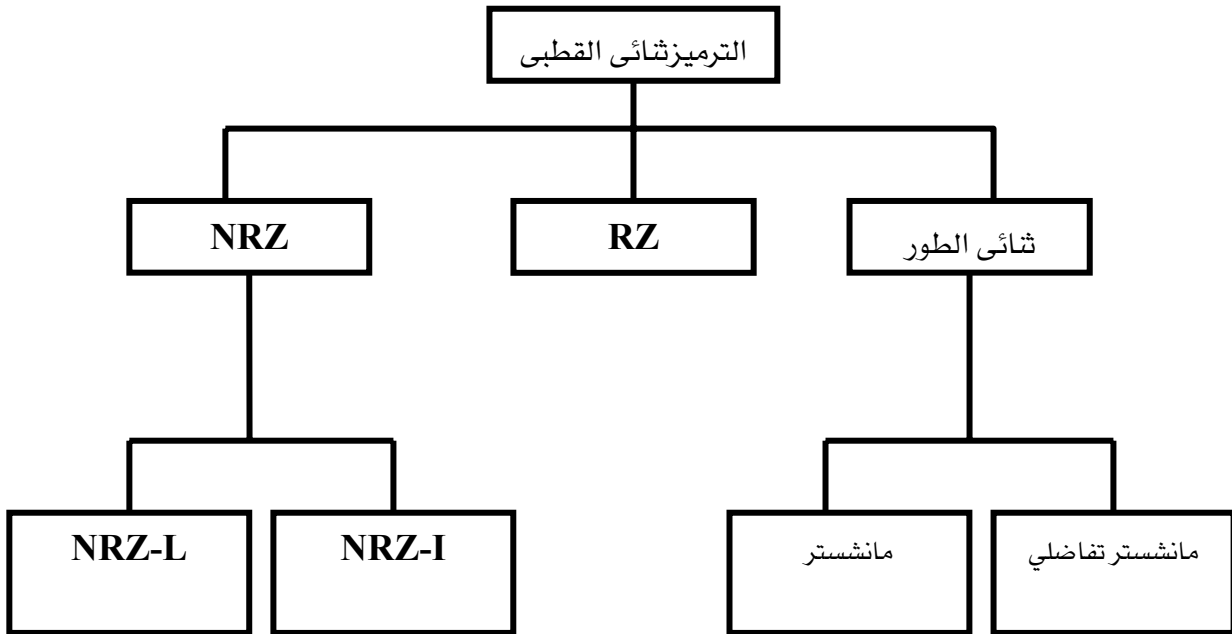
## العيوب:

- نظراً لأن هذا النوع من الترميز أحادي القطبية فإن مركبة التيار المستمر تكون عالية جداً.
- يعد هذا النوع من الترميز غير مناسب من حيث التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ  $0,s$ .
- يحتاج هذا النوع من الترميز إلى قناة تراسل منفصلة لإرسال نبضات التزامن.
- 

## ٤-٢-٢ الترميز ثنائي القطبية (Polar Encoding)

- يستخدم في هذا النوع من الترميز مستويان من الجهد أحدهما ذو جهد موجب  $+V$  والآخر ذو جهد سالب  $-V$ . ويمكن تقسيم هذا النوع من الترميز إلى عدة أنواع كما هو مبين في الشكل (٤-٥).



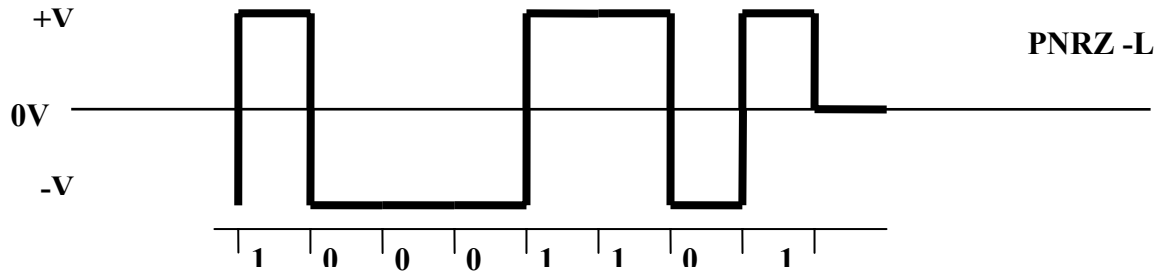


شكل (٤ - ٥)

٤ - ٢ - ٢ - ١ الترميز ثنائي القطبي دون الرجوع للصفر (PNRZ)  
 هذا النوع من الترميز يتكون من نوعين فرعيين هما:

### أ- الترميز ثنائي القطبية دون الرجوع للصفر - مستوى (PNRZ - Level)

في هذا النوع من الترميز تستخدم نبضات موجبة الجهد ونبضات سالبة الجهد لتمثيل البيانات الرقمية الثنائية كما هو مبين في الشكل.



شكل (٤ - ٦)

### أسلوب الترميز (Encoding)

- الرقم الثنائي 1 : يتم تمثيله بنبضة موجبة ارتفاعها  $+V$  خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .
- الرقم الثنائي 0 : يتم تمثيله بنبضة سالبة ارتفاعها  $-V$  خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .

### المميزات:

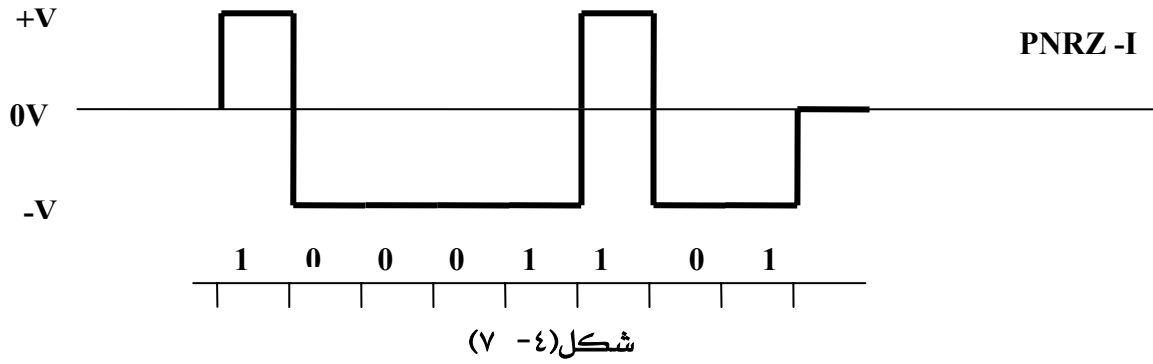
- نظراً لأن هذا النوع من الترميز ثنائي القطبية فإن مركبة التيار المستمر في هذه الحالة تكون منخفضة جداً أو معدومة.
- النطاق الترددي المطلوب لإرسال هذه الإشارة الرقمية المرمزة يكون تقريباً مساوياً لتردد هذه الإشارة.

### العيوب:

- يعتبر هذا النوع من الترميز غير مناسب من حيث التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ  $1_s$  أو سلسلة متعاقبة من الـ  $0_s$  وفي هذه الحالة لابد من توفير قناة ترانسل منفصلة لإرسال نبضات التزامن.

## ب- الترميز ثنائي القطبية دون الرجوع للصفر - تبادلي (PNRZ - I)

هذا النوع من الترميز يستخدم لحل مشاكل التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 1s.



## أسلوب الترميز (Encoding)

- الرقم الثنائي 1: يتم تمثيله بالتناوب أو التبادل بنبضة موجبة +V ثم نبضة سالبة -V خلال السلسلة المتعاقبة من الـ 1s كل خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .
- الرقم الثنائي 0: يتم تمثيله بنبضة سالبة ارتفاعها -V خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .

## المميزات:

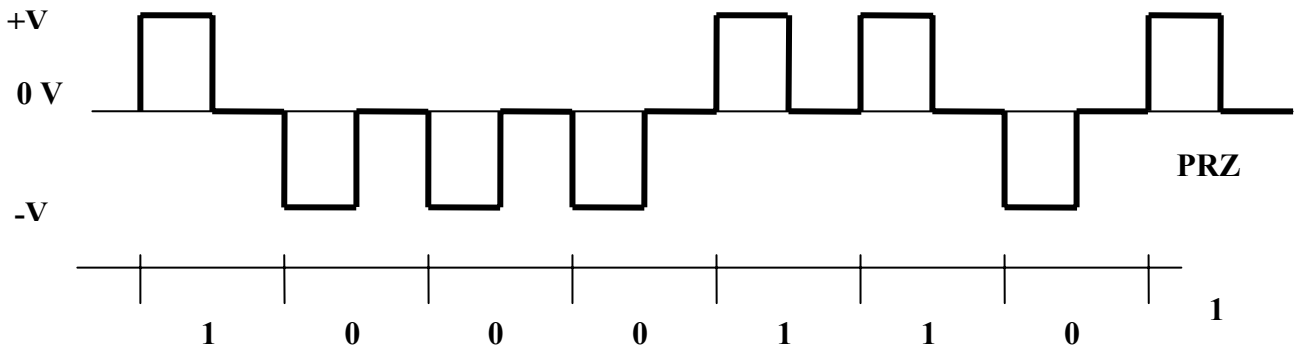
- نظراً لأن هذا النوع من الترميز ثنائي القطبية فإن مركبة التيار المستمر في هذه الحالة تكون منخفضة جداً أو معدومة.
- حل مشكلة التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 1s.
- النطاق الترددي المطلوب لإرسال هذه الإشارة الرقمية المرمزة يكون مساوياً تقريباً لتردد هذه الإشارة.

## العيوب:

- هذا النوع من الترميز يعتبر غير مناسب من حيث التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 0s وفي هذه الحالة لابد من توفير قناة تراسل منفصلة لإرسال نبضات التزامن.

## ٤ - ٢ - ٢ الترميز ثنائي القطبية مع الرجوع للصفر (PRZ)

يعتبر هذا النوع من الترميز أحد الحلول المميزة لمشاكل عملية التزامن خاصة عند إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 1,s وسلسلة متعاقبة من الـ 0,s كما يستخدم هذا النوع من الترميز ثلاثة مستويات للجهد (- , 0 , +V) كما هو مبين في الشكل.



الشكل (٤ - ٨)

## أسلوب الترميز (Encoding)

- الرقم الثنائي 1 : يتم تمثيله بحيث يكون النصف الأول من زمن ن 0 النبضة ،  $T_b/2$  ذا جهد +V بينما النصف الثاني من زمن النبضة يبقى 0V.
- الرقم الثنائي 0 : يتم تمثيله بحيث يكون النصف الأول من زمن النبضة ،  $T_b/2$  ذا جهد -V بينما النصف الثاني من زمن النبضة يبقى 0V.

## المميزات:

- نظراً لأن هذا النوع من الترميز ثنائي القطبية فإن مركبة التيار المستمر في هذه الحالة تكون منخفضة جداً أو منعدمة.
- حل مشكلة التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 1,s أو سلسلة متعاقبة من الـ 0,s نظراً لإمكانية تحديد بداية ونهاية الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .

## العيوب:

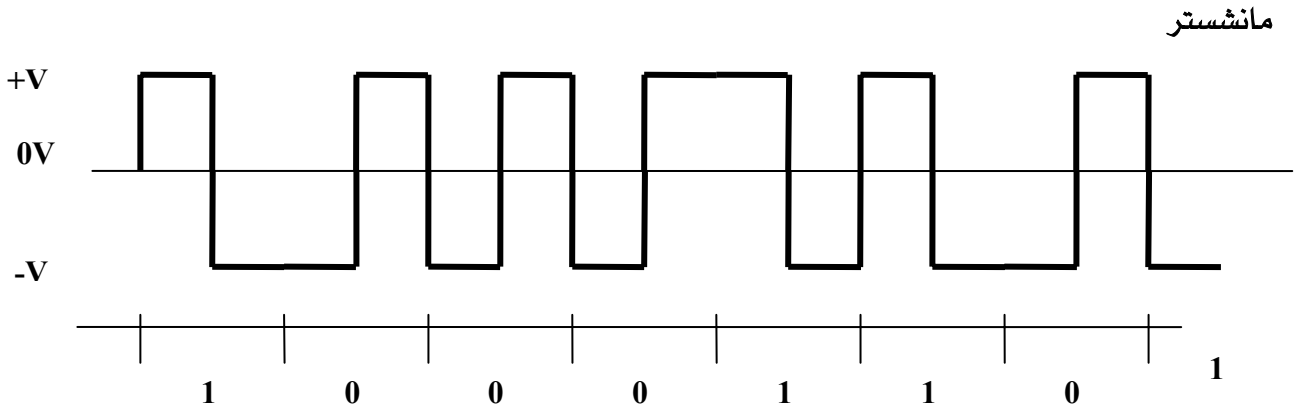
- نظراً لأن هذا النوع من الترميز يحتاج لفترتين زمنيتين لترميز رقم ثنائي واحد فإن هذا يتطلب دوائر رقمية خاصة.
- هذا النوع من الترميز يحتاج إلى نطاق ترددي كبير لإرسال الإشارة الرقمية المرزمة.

## ٤ - ٢ - ٢ - ٣ الترميز ثنائي القطبية - ثنائي الطور (Polar Bi-phase)

يعتبر هذا النوع من الترميز أيضاً أحد الحلول المميّزة لمشاكل عملية التزامن وهو يستخدم بكثرة في شبكات التراسل وينقسم هذا النوع إلى نوعين فرعيين هما:

### أ- الترميز ثنائي القطبية - مانشستر (Polar Manchester)

كان أول ظهور أو استخدام لهذا النوع من الترميز في جامعة مانشستر بإنجلترا ولهذا سمي باسم الجامعة التي ظهر فيها. يستخدم هذا النوع من الترميز مستويين للجهد  $+V$ ،  $-V$  كما هو مبين في الشكل كما يستخدم في الشبكات المحلية من نوع الـ Ethernet.



شكل (٤ - ٩)

### أسلوب الترميز (Encoding)

- الرقم الثنائي 1: يتم تمثيله بحيث يكون النصف الأول من زمن النبضة،  $T_b/2$  ذا جهد  $+V$  بينما النصف الثاني من زمن النبضة ذا جهد  $-V$ .
- الرقم الثنائي 0: يتم تمثيله بحيث يكون النصف الأول من زمن النبضة،  $T_b/2$  ذا جهد  $-V$  بينما النصف الثاني من زمن النبضة ذا جهد  $+V$ .

### المميزات:

- نظراً لأن هذا النوع من الترميز ثنائي القطبية فإن مركبة التيار المستمر في هذه الحالة تكون منخفضة جداً أو معدومة.

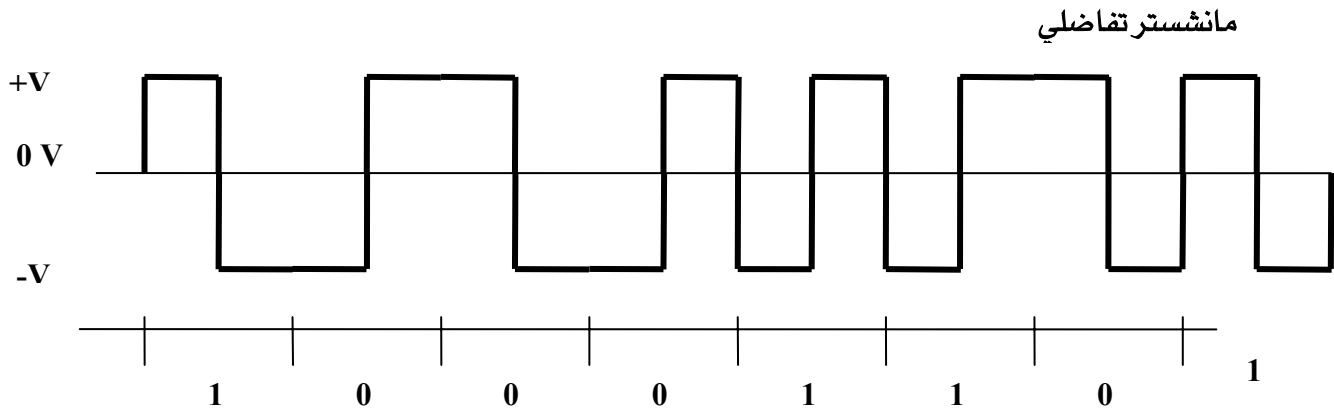
- حل مشكلة التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 1,s أو سلسلة متعاقبة من الـ 0,s نظراً لإمكانية تحديد بداية ونهاية الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .

العيوب:

- نظراً لأن هذا النوع من الترميز يحتاج لفترتين زمنيتين لترميز رقم ثنائي واحد فإن هذا يتطلب دوائر رقمية خاصة.
- هذا النوع من الترميز يحتاج إلى نطاق ترددي كبير لإرسال الإشارة الرقمية المرمزة.

ب- الترميز ثنائي القطبية - مانشستر الفرقية (Polar Differential Manchester)

هذا النوع مشابه للنوع السابق لكنه يتميز بأن تحديد نوع النبضة الحالية لا يعتمد فقط على الرقم الثنائي المراد ترميزه بل أيضاً على حالة النبضة السابقة مما يمنع حدوث أي التباس أو شك حول تحديد نوع النبضة لو حدث تبديل لأسلاك الاتصال. و يستخدم هذا النوع من الترميز في الشبكات من نوع الـ (Token Ring).



شكل (٤- ١٠)

أسلوب الترميز (Encoding)

- الرقم الثنائي 1: يتم تمثيله بحيث يكون النصف الأول من زمن النبضة،  $T_b/2$  ذا جهد يساوي 1 XOR حالة النبضة السابقة 1 أو 0. النصف الثاني من زمن النبضة تمثله عكس النصف الأول.
- الرقم الثنائي 0: يتم تمثيله بحيث يكون النصف الأول من زمن النبضة،  $T_b/2$  ذا جهد يساوي 0 XOR حالة النبضة السابقة 1 أو 0. النصف الثاني من زمن النبضة تمثله عكس النصف الأول.

## المميزات:

- نظراً لأن هذا النوع من الترميز ثنائي القطبية فإن مركبة التيار المستمر في هذه الحالة تكون منخفضة جداً أو معدومة.
- حل مشكلة التزامن نظراً لإمكانية تحديد بداية ونهاية الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$ .

## العيوب:

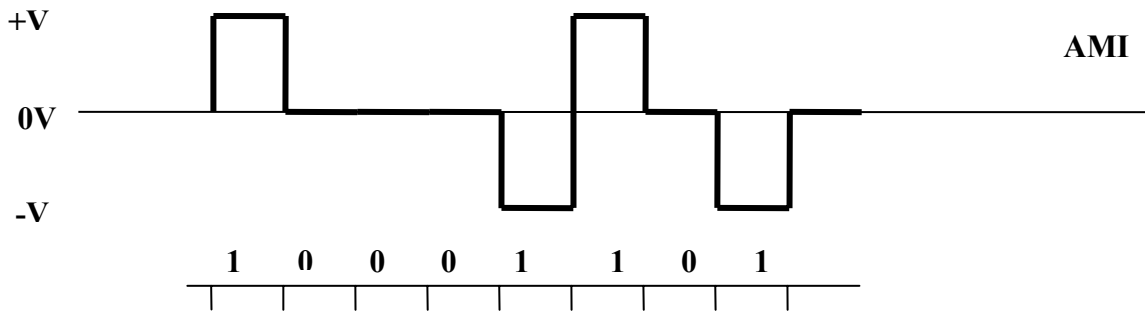
- يحتاج هذا النوع من الترميز دوائر رقمية خاصة لتمثيل البيانات المراد ترميزها.
- يتطلب هذا النوع من الترميز نطاقاً ترددياً عريضاً لإرسال الإشارة الرقمية المرزومة.

## ٤-٣ الترميز المختلط (Scrambled Encoding)

- يستخدم في هذا النوع من الترميز ثلاثة مستويات للجهد لتمثيل البيانات الثنائية  $+V, 0, -V$ . وينقسم هذا النوع من الترميز إلى :

## ٤-٣-١ الترميز عاكس العلامة بالتناوب (AMI)

- في هذا النوع من الترميز يتم تمثيل الـ 1, 0 المتعاقبة بنبضات موجبة وسالبة الجهد بالتناوب بحيث يمكن اكتشاف الخطأ في الإشارة المستقبلية في حالة ورود نبضتين متعاقبتين بنفس الاتجاه.



شكل (٤-١)

## أسلوب الترميز (Encoding)

- الرقم الثنائي 1 : يتم تمثيل الـ 1,S المتعاقبة بنبضات موجبة وسالبة الجهد بالتناوب.
- الرقم الثنائي 0 : يتم تمثيله بنبضة جهدها 0V خلال الفترة الزمنية للنبضة Tb.
- نظراً لهذا التناوب في قطبية الـ 1,S فإن مركبة التيار المستمر في هذه الحالة تكون منخفضة جداً أو معدومة.
- حل مشكلة التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 1,S أو سلسلة متعاقبة من الـ 1,S والـ 0,S.
- يمكن اكتشاف الخطأ في النبضات المستقبلية في حالة ورود نبضتين متتاليتين كل منهما +V أو نبضتين كل منهما -V متتاليتين.

## العيوب:

- يتطلب هذا النوع من الترميز نطاقاً ترددياً كبيراً نسبياً.
- هذا النوع من الترميز غير مناسب من حيث التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 0,S.

## ٤-٣-٢ الترميز عالي الكثافة (HDB3)

هذا النوع من الترميز يستخدم في النظم الأوروبية لتراسل الإشارات الرقمية لمسافات بعيدة كما إنه أمكن حل مشكلة التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 0,S الموجودة بطريقة الترميز AMI. وتستخدم طريقة الترميز HDB3 إذا كان هناك أكثر من ثلاثة 0,S متعاقبة.



## أسلوب الترميز (Encoding)

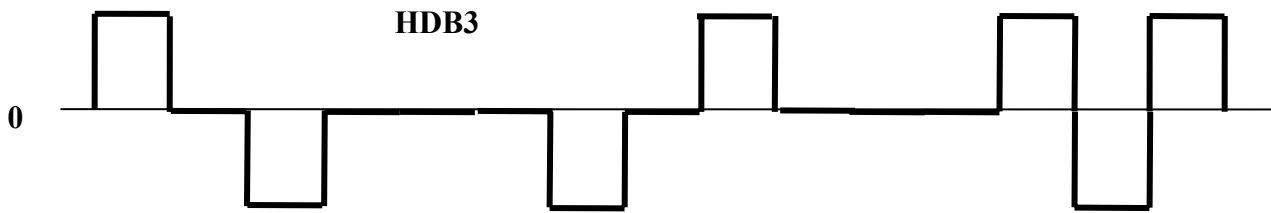
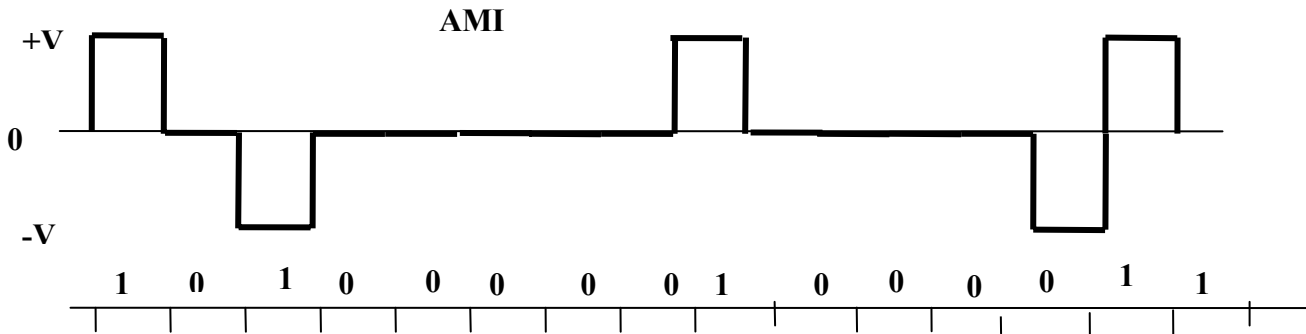
- أول رقم ثنائي 1 يتم تمثيله بنبضة موجبة  $+V$  خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$  مثل تقنية الـ AMI.
- سلسلة الأصفار 0000 يمكن وضعها على الصورة  $000X$  أو  $Y00X$  حيث  $X$  تمثل بنبضة موجبة أو سالبة تسمى  $V$  و  $Y$  تمثل بنبضة تسمى  $B$  ومشابهة لـ  $V$ .
- السلسلة  $000X$  تستخدم لأول سلسلة من الأصفار تظهر في سلسلة البيانات الرقمية الثنائية.
- السلسلة  $000X$  تستخدم أيضاً لثاني سلسلة أصفار تظهر بعد السلسلة الأولى وذلك إذا كان عدد الـ  $1, S$  بين سلاسل الأصفار يكون فردياً.
- السلسلة  $000X$  يمكن أن تكون فيها  $X$  نبضة موجبة أو سالبة اعتماداً على قطبية آخر نبضة سابقة لها ومشابهة لها.
- السلسلة  $Y00X$  تستخدم لسلسلة الأصفار 0000 وذلك إذا كان عدد الـ  $1, S$  بين سلسلة الأصفار السابقة وسلسلة الأصفار اللاحقة يكون زوجياً.
- السلسلة  $Y00X$  يمكن أن تكون فيها  $X, Y$  نبضتين موجبتين أو نبضتين سالبتين اعتماداً على قطبية آخر نبضة سابقة لـ  $Y$  ومعاكسة لها.

## المميزات:

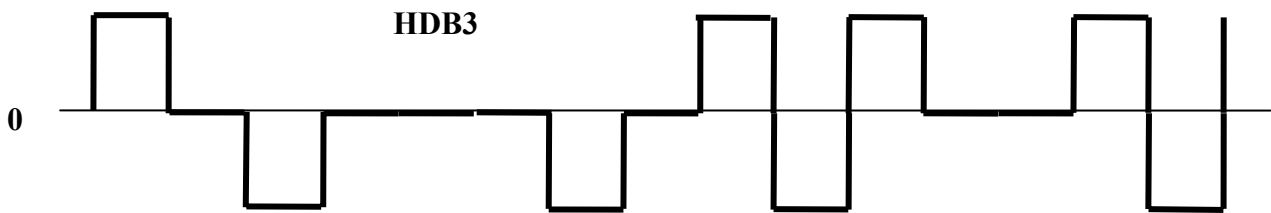
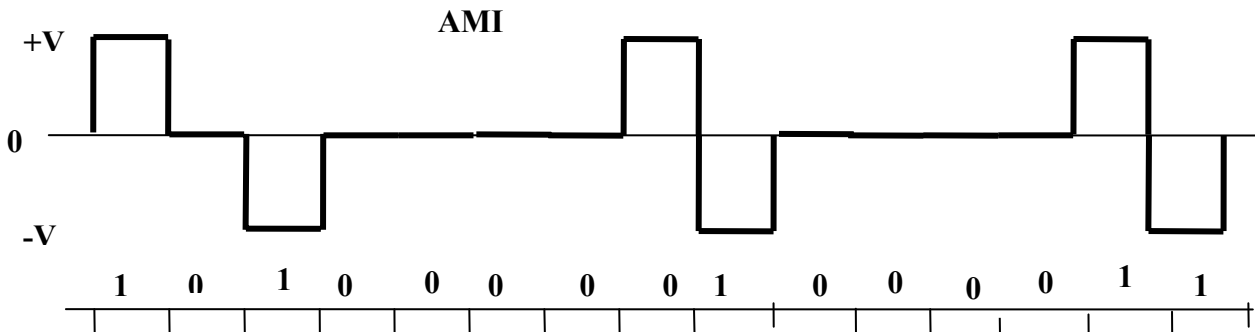
- نظراً لهذا التناوب في القطبية فإن مركبة التيار المستمر للإشارة المرمزة تكون منخفضة جداً أو منعدمة.
- حل مشكلة التزامن في حالة إرسال سلسلة من الأصفار تزيد عن ثلاثة أصفار.
- تستخدم هذه التقنية في حالة ترانس البيانات لمسافات بعيدة.
- يمكن اكتشاف الأخطاء في حالة ورود نبضتين موجبتين متتاليتين أو نبضتين سالبتين متتاليتين.

## العيوب:

- يتطلب هذا النوع من الترميز نطاقاً ترددياً عريضاً نسبياً لإرسال الإشارة الرقمية المرمزة.



Original	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	<b>Signal</b>															
HDB3	1	0	-1	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	1	-1	1	0

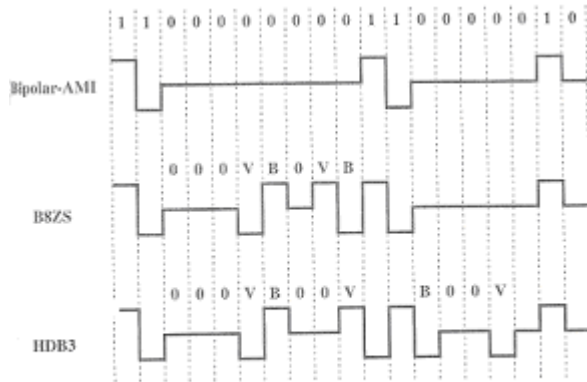


Original	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	<b>Signal</b>															
HDB3	1	0	-1	0	0	0	-1	1	-1	1	0	0	1	-1	1	0

شكل (٤- ١٢)

## ٤-٣-٣ الترميز بالتعويض (B8ZS)

يستخدم هذا النوع من الترميز في النظم الأمريكية لإرسال الإشارات الرقمية لمسافات بعيدة كما إنه من خلاله أمكن حل مشكلة التزامن في حالة إرسال سلسلة متعاقبة من الـ 0, S والموجودة بالتقنية AMI. تستخدم تقنية الـ B8ZS إذا كانت هناك سلسلة من الأصفار عددها ثمانية أو أكثر. الشكل يبين الإشارة المرمزة باستخدام التقنية B8ZS ومقارنتها بالتقنيات AMI, HDB3. كما هو مبين في الشكل (٤-١٣).



شكل ٤-١٣

## أسلوب الترميز (Encoding)

- أول رقم ثنائي 1 يتم تمثيله بنبضة موجبة +V خلال الفترة الزمنية للنبضة  $T_b$  مثل تقنية الـ AMI.
- سلسلة الأصفار الثمانية 00000000 يمكن وضعها على الصورة 000WX0YZ.
- السلسلة 000WX0YZ يمكن وضعها على الصورة 000NP0PN وذلك إذا كانت النبضة السابقة لـ W تكون سالبة.
- السلسلة 000WX0YZ يمكن وضعها على الصورة 000PN0NP وذلك إذا كانت النبضة السابقة لـ W تكون موجبة.
- أول رقم ثنائي 1 يلي بعد ذلك سلسلة الـ 000WX0YZ تكون قطبيته عكس قطبية Z.
- إذا كانت هناك سلسلة من الأصفار أكثر من ثمانية وأقل من ستة عشر فيتم تطبيق تقنية الـ B8ZS على الثمانية أصفار الأولى وهكذا.

**المميزات:**

- نظراً لهذا التناوب في القطبية فإن مركبة التيار المستمر للإشارة المرمزة تكون منخفضة جداً أو معدومة.
- حل مشكلة التزامن في حالة إرسال سلسلة من الأصفار عددها ثمانية أو أكثر.
- يمكن استخدام هذه التقنية لتراسل البيانات لمسافات بعيدة.
- يمكن اكتشاف الأخطاء في حالة ورود نبضتين موجبتين متتاليتين أو نبضتين سالبتين متتاليتين.

**العيوب:**

- يتطلب هذا النوع من الترميز نطاقاً ترددياً عريضاً نسبياً لإرسال الإشارة الرقمية المرمزة.

**٤- الترميز متعدد المستويات ومعدل التعديل****(M- ary Encoding and Modulation Rate)**

البيانات الرقمية مثل تلك البيانات الصادرة من أجهزة الحاسبات الآلية يمكن تحويلها إلى إشارات تماثلية بواسطة استخدام دوائر إلكترونية خاصة تسمى بالمعدلات الرقمية لكي تكون مناسبة لوسط التراسل المستخدم. في هذا التعديل تستخدم موجة حاملة تمثلية جيبيية عالية التردد حيث يتم تعديل أو تشكيل أحد معاملاتها (الاتساع أو التردد أو الطور) بواسطة تلك البيانات الرقمية. فإذا كانت تلك البيانات الرقمية من نوع البيانات الرقمية الثنائية فإن أحد معاملات الموجة الحاملة يتغير بين قيمتين فقط وتسمى عملية الرقمية هذه بـ الإزاحة بالتبديل (Shift Keying). توجد عدة طرق لهذا التعديل الرقمي نوجزها فيما يلي:

**- الإزاحة بتبديل الاتساع (Amplitude Shift Keying-ASK)**

حيث يتغير اتساع الموجة الحاملة بين قيمتين فقط تبعاً لتسلسل البيانات الرقمية بينما تبقى قيمة كل من التردد والطور لا تتغيران.

**- الإزاحة بتبديل التردد (Frequency Shift Keying-FSK)**

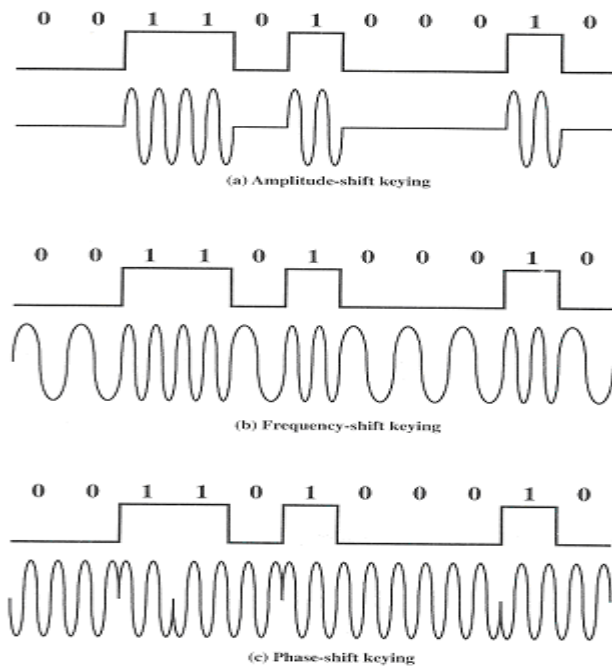
حيث يتغير تردد الموجة الحاملة بين قيمتين فقط تبعاً لتسلسل البيانات الرقمية بينما تبقى قيمة كل من الاتساع والطور لا تتغيران.

## - الإزاحة بتبديل الطور (Phase Shift Keying-PSK)

حيث يتغير طور الموجة الحاملة بين قيمتين فقط تبعاً لتسلسل البيانات الرقمية بينما تبقى قيمة كل من الإتساع والتردد لا يتغيران.

الشكل (٤ - ١٤) يبين الموجة الحاملة وتغيرها تبعاً لتغير البيانات الرقمية لكل نوع من أنواع

التعديل الثلاثة.



Modulation of Analog Signals for Digital Data

الشكل ٤ - ١٤

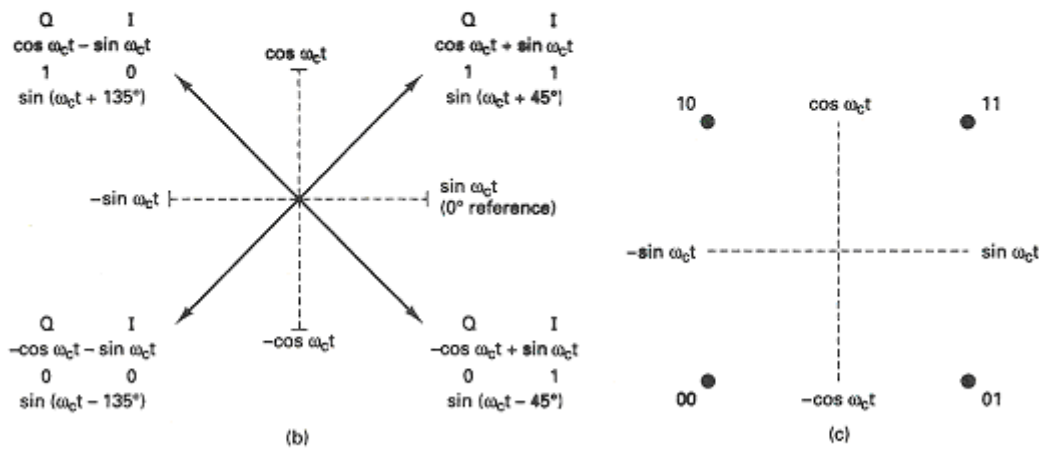
طرق التعديل الرقمية التي ذكرناها هي نظم تعديل رقمية ثنائية حيث يتغير أحد معاملات الموجة الحاملة بين قيمتين فقط، قيمة عندما تكون البيانات الرقمية ممثلة بالرقم الثنائي 1 والقيمة الأخرى عندما تكون البيانات الرقمية ممثلة بالرقم الثنائي 0 وبالتالي تكون سرعة تراسل البيانات مقاسة بعدد النبضات الرقمية الثنائية المرسل في الثانية الواحدة ذات علاقة مع سرعة تراسل الإشارات عبر قناة التراسل والتي يطلق عليها سرعة أو معدل التعديل (modulation rate) كما يطلق عليها أيضاً السرعة بالبود Baud rate والتي تمثل عدد مستويات الإشارة المرسل في الثانية الواحدة. فإذا رمزنا لعدد مستويات الإشارة بالرمز M ففي حالة النظام الرقمي الثنائي تكون  $M=2$ . لذلك لا بد أن نتذكر أن كفاءة التراسل تعتمد على:

- معدل التراسل أو السرعة بالبود.
  - النطاق الترددي للإشارة المراد إرسالها وعلاقته بالنطاق الترددي لقناة التراسل.
  - نسبة قدرة الإشارة إلى الضوضاء.
- كفاءة التراسل يمكن تحسينها وزيادتها بجعل الرمز  $M > 2$  أي باستخدام عدد أكبر من المستويات في نظام التعديل الرقمي وذلك للحصول على نطاق ترددي أقل للإشارة المراد إرسالها.
- وعلى سبيل المثال:

- نظام التعديل BPSK ذو زاويتي الطور  $M=2$  يصبح 4PSK حيث يحتوي على أربع زوايا طور لأن  $M = 4 = 2^2$  حيث يتم تمثيل كل زاوية طور بنبضتين رقميتين ثنائيتين كما هو مبين في الشكل (٤ - ١٥).

Binary input		QPSK output phase
Q	I	
0	0	$-135^\circ$
0	1	$-45^\circ$
1	0	$+135^\circ$
1	1	$+45^\circ$

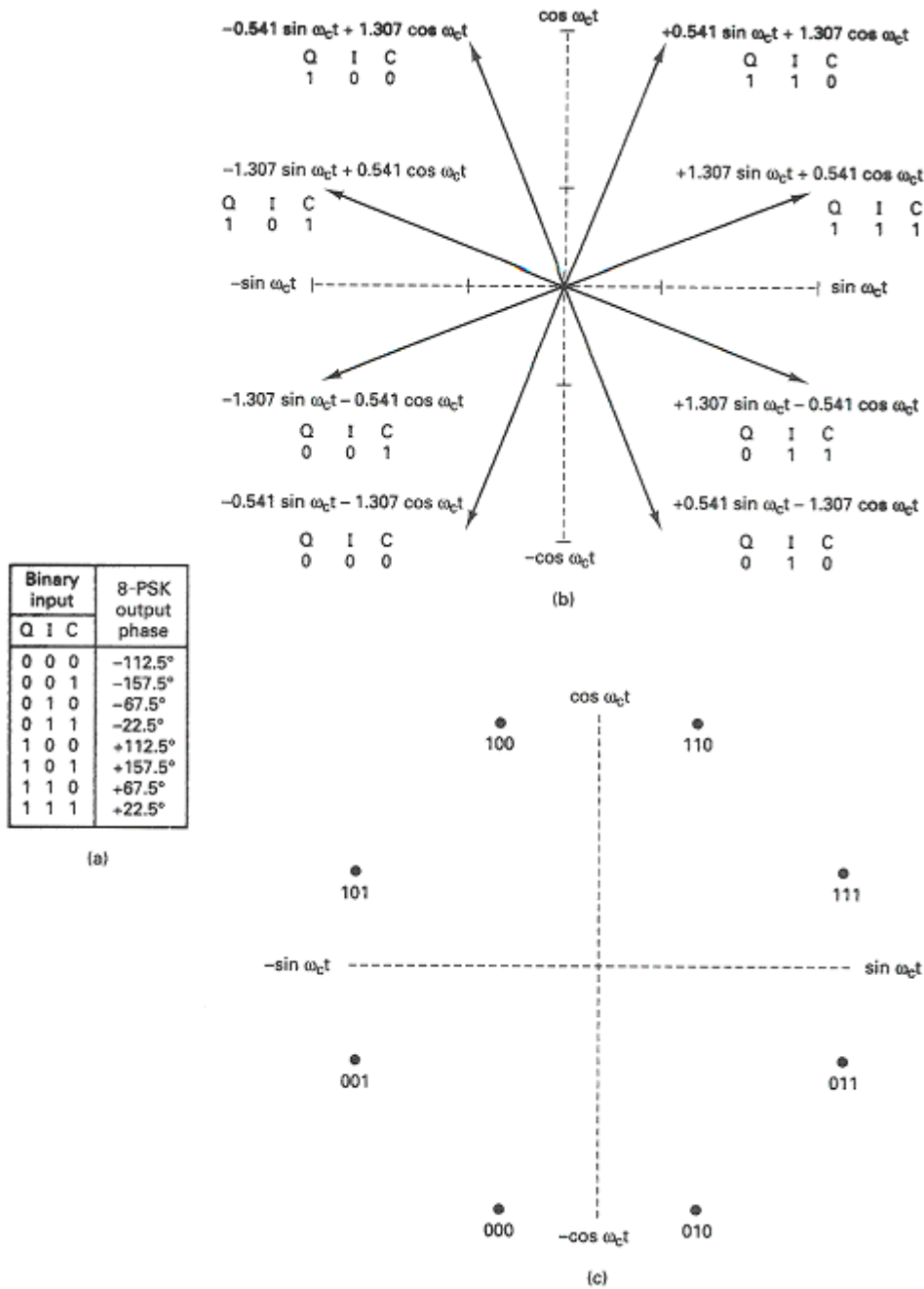
(a)



QPSK modulator: (a) truth table; (b) phasor diagram; (c) constellation diagram

## الشكل ١٥ - ٤

- نظام التعديل BPSK ذو زاويتي الطور  $M=2$  يصبح 8PSK حيث يحتوي على ثمانية زوايا طور لأن  $M=8=2^3$  حيث يتم تمثيل كل زاوية طور بثلاث نبضات رقمية ثنائية كما هو مبين في الشكل (٤ - ١٦).



8-PSK modulator; (a) truth table; (b) phasor diagram; (c) constellation

## الشكل ٤-١٦

الشكل الرياضي للعلاقة بين عدد النبضات الرقمية  $n$  الممثلة لكل زاوية من زوايا الطور  $M$

يمكن كتابتها كما يلي:

$$M = 2^n$$

$$n = \log_2 M$$

وعند رسم متجهات زوايا الطور لابد من الأخذ في الاعتبار ما يلي:

- زاوية الوجه بين أي متجهين على مخطط متجهات الـ  $M$ -ary  $= 360^\circ/M$ .
- زاوية الوجه بين أول متجه والمحور الأفقي القياسي على مخطط المتجهات  $= 180^\circ/M$ .

مثال:

- إذا كانت  $n = 2$  فإن عدد زوايا الوجه للمعدل المستخدم هو  $M = 2^n = 2^2 = 4$ .
- إذا كانت  $n = 3$  فإن عدد زوايا الوجه للمعدل المستخدم هو  $M = 2^n = 2^3 = 8$ .

#### ٤- أداء أنظمة الترميز متعدد المستويات

### (Performance of M-array Encoding Systems)

عند تحليل أداء نظم الترميز المختلفة ومقارنتها ببعض فإن ذلك يتم بحساب معاملين لهذا الأداء

وهما:

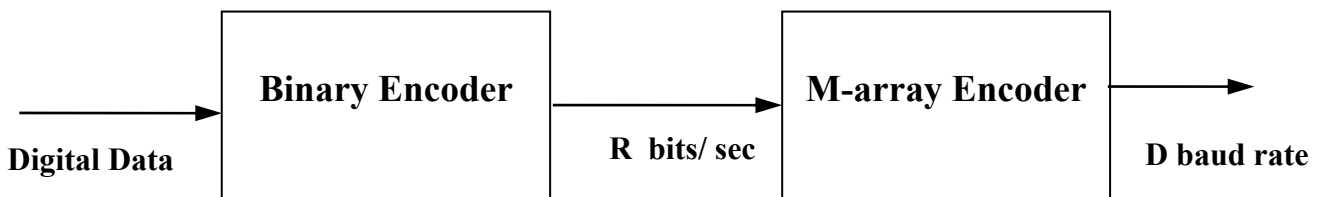
- سرعة التراسل.
- مدى تأثير الطاقة المستخدمة لنبضات التراسل لمنع الضوضاء من إحداث أخطاء في النبضات الرقمية المرسله  $(S/N)$ .

وكما ذكرنا سابقاً، فإن كفاءة التراسل يمكن زيادتها باستخدام عدد أكبر من المستويات في نظم التعديل أي  $M > 2$  وذلك للحصول على نطاق ترددي منخفض للتراسل فإذا كانت سرعة تراسل خرج مصدر البيانات تقاس بالـ بت/ث بينما سرعة التراسل على قناة التراسل تقاس بالبيود/ثانية أو سرعة معدل التعديل modulation rate. ذكرنا سابقاً أن العلاقة بين سرعة التراسل  $R$  بالـ بت/ث وسرعة التراسل  $D$  بالبيود/ث يمكن كتابتها كما يلي:

$$D = \text{Baud Rate} = \text{bit rate} / \text{Baud length} = R/n \quad \text{Baud/ sec.}$$

$$n = \log_2 M$$

$$R = D \cdot n = D \log_2 M \quad \text{bit/sec.}$$



شكل (٤-١٧)



من الشكل (٤- ١٧) نجد أن العلاقة بين سرعة التراسل،  $D$ ، عبر قناة الإرسال وبين النطاق الترددي لقناة الإرسال،  $W$ ، يمكن التعبير عنها كما يلي:

$$D = 2W$$

$$R = D \cdot n = D \log_2 M = 2W \log_2 M \quad \text{bit/sec}$$

$$W = R / 2 \log_2 M \text{ MHz}$$

من العلاقة السابقة نجد أن النطاق الترددي المطلوب للتراسل قد انخفض بمقدار  $\log_2 M$  حيث  $M$  تمثل عدد زوايا الطور المستخدمة في عملية التعديل الرقمي.

مثال:

معدل ذو نظام 8- PSK يستخدم نبضات دخل ذات معدل ١٠ ميغا بت/ث وموجة حاملة ذات تردد قدره ٨٠ ميغا هرتز. أوجد معدل التعديل والنطاق الترددي اللازم للتراسل.

الحل:

$$M = 8 = 2^3 = 2^n$$

$$n = \text{Baud length} = 3 \text{ bits}$$

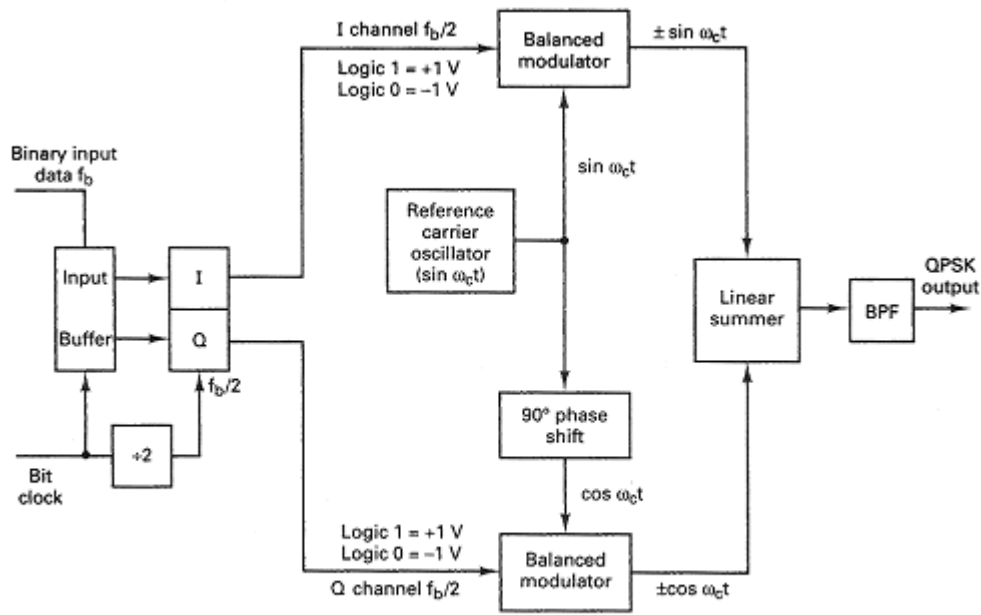
$$R = 10 \text{ M bit/sec}$$

$$D = R/n = 10 \text{ M} / 3 = 3.33 \text{ M Baud/sec}$$

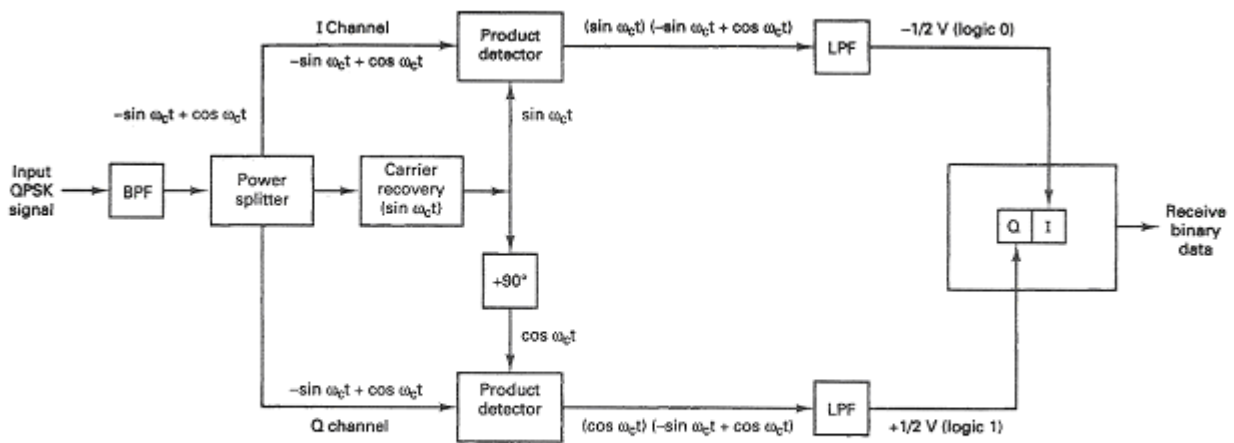
$$W = D/2 = 1.66 \text{ M Hz}$$

#### ٤- ٦ المخطط العام لنظام تعديل (Quaternary Phase Shift Keying-QPSK)

في هذا المخطط تستخدم التقنية M-ary Encoding حيث  $M = 4$  أي توجد ٤ زوايا طور تغيير في زاوية وجه الموجة الحاملة. كل زاوية وجه ناتجة عن نبضتي دخل للمعدل (00 أو 01 أو 10 أو 11) وبالتالي يكون معدل التراسل أو التعديل عند مخرج المعدل يصبح نصف معدل التراسل عند مدخل المعدل. الأشكال التالية (٤- ٢٠، ١٩، ١٨) تبين مخططات المرسل ومستقبل من نوع الـ QPSK بالإضافة إلى الإشارات المختلفة للدخل والخروج.



شكل ٤ - ١٨ QPSK modulator

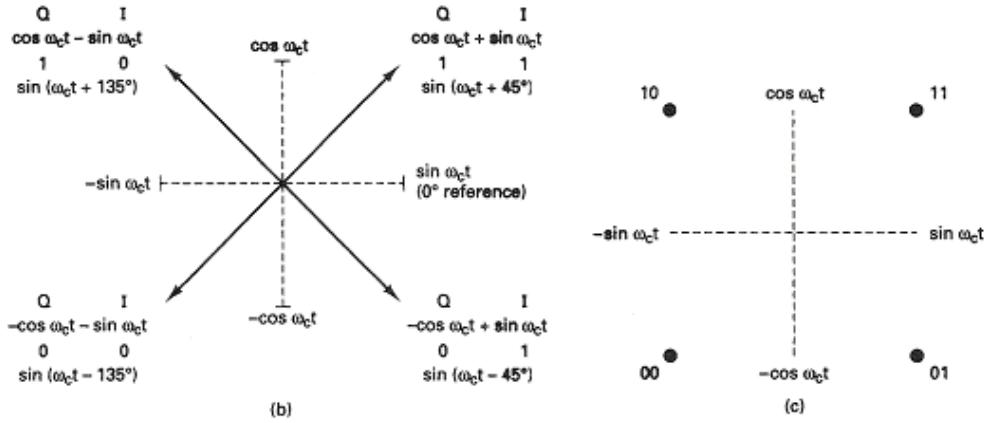


QPSK receiver

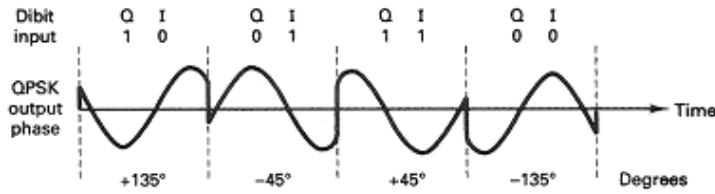
شكل ٤ - ١٩

Binary input		QPSK output phase
Q	I	
0	0	-135°
0	1	-45°
1	0	+135°
1	1	+45°

(a)



QPSK modulator: (a) truth table; (b) phasor diagram; (c) constellation diagram



شكل ٤ - ٢٠

Output phase-versus-time relationship for a QPSK modulator

الشكل (٤-٢٠)

## أسئلة الوحدة الرابعة

أجب عن الأسئلة الآتية:

س١: ما العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تصميم الترميز المراد استخدامه ؟

س٢: اذكر أوجه الاختلاف في خصائص الإشارات الرقمية.

س٣: لماذا لا يفضل في نظم التراسل الرقمي استخدام نظم الترميز التي تنتج إشارات تحوي تياراً مستمراً ؟

س٤: ما الغرض من تحويل البيانات إلى إشارات ؟

س٥: ماذا يحدث في نظام التراسل الرقمي المرمز بنظام NRZ-L في حالة ورود سلسلة من البت الـ 1, S أو سلسلة من البت الـ 0, S ؟

س٦: حدد الصواب أو الخطأ فيما يلي:

- أ- في نظم تعديل الاتساع يتغير الطور دوماً مع تغير البيانات المراد إرسالها.
- ب- من المناسب دائماً إرسال إشارة NRZ عبر القنوات التي تحتوي على محولات كهربية.
- ت- يوجد انتقال دائم في أول الفترة الزمنية للنبضة في نظام ترميز مانشستر.
- ث- عند استخدام نظام 8-PSK تبلغ سرعة التراسل بالبود نصف سرعة التراسل بالبت/ث.
- ج- الغرض من استخدام نظم الترميز متعدد المستويات هو الحصول على نطاق ترددي عريض للإشارة المراد إرسالها.

س٧: اختر الإجابة الصحيحة:

أ- ASK, FSK, PSK, QPSK هي أمثلة لـ :

- Digital-to-digital

- Digital-to-analog

- Analog-to-analog

- Analog-to-digital

ب- نظام الـ PCM هو مثال للتحويل من :

- Digital-to-digital

- Digital-to-analog

- Analog-to-analog

- Analog-to-digital

ت- نظم التعديل الترددي والاتساعي هي أمثلة لنظم التحويل من :

- Digital-to-digital

- Digital-to-analog

- Analog-to-analog

- Analog-to-digital

ث- أي من نظم الترميز الآتية لا يوفر وسيلة التزامن.

- NRZ-L

- RZ

- B8ZS

- HDB3

ج- كم عدد مستويات الاتساع لكل من طرق الترميز الآتية:

Unipolar -

NRZ-L -

NRZ-I -

RZ -

Manchester -

س٨: ارسم الإشارة الرقمية الثنائية المرمزة لسلسلة الأرقام الثنائية 10110101011001 ممثلة بنظام NRZ-L ونظام AMI ونظام مانشستر.

س٩: المطلوب رسم وإعداد كل من المتجهات وجدول الحقيقة للنظام 8-PSK. ما عرض النطاق الترددي المطلوب للتراسل إذا كان معدل التراسل للبيانات هو ٦٤ ك. بت/ث؟

س١٠: ارسم مع الشرح المخطط الخاص بمرسل نظام 4-PSK.