

أنظمة الاتصالات الرقمية

التشفير وفك التشفير

مقدمة: الإرسال (التراسل) الرقمي Digital Transmission

- يتكون نظام الإرسال (التراسل) الرقمي من عدد من الوحدات الأساسية كما يلي:
 - 1- المصدر (مصدر المعلومة) **Source**
 - 2- المشفر **Coder** ويقوم بتحويل المعلومة من الصورة التماثلية إلى الصورة الرقمية عن طريق **ADC**.
 - 3- قناة الاتصال **Channel** وتعتمد على نوع أو طبيعة وسط الانتشار أو النقل.
 - 4- كاشف (فاك) الشفرة **Decoder** ويقوم بتحويل الإشارة المستقبلية من الصورة الرقمية إلى الصورة التماثلية عن طريق المحول **DAC**.
 - 5- المستقبل **Destination**.
- ويوضح الشكل التالي (20 - أ) هذه الوحدات (العناصر).



شكل (20 - أ) وحدات نظام الاتصال الرقمي

ويكون الإرسال عبارة عن إشارة رقمية مكونة من مجموعة من الخانات **bits** وعند الاستقبال يتم تحويل الإشارة الرقمية إلى إشارة تماثلية. أما عملية التشفير فيتم اختيار التشفير المناسب لوسط الانتقال (القناة) للتقليل ما أمكن من الضوضاء **Noise**. ولمعالجة الأخطاء الناتجة من الضوضاء يتم في مرحلة الاستقبال كشف الأخطاء **error detection** من خلال كاشف (فاك) التشفير **Decoder** ومن ثم معالجتها لضمان جودة الإشارة المستقبلية.

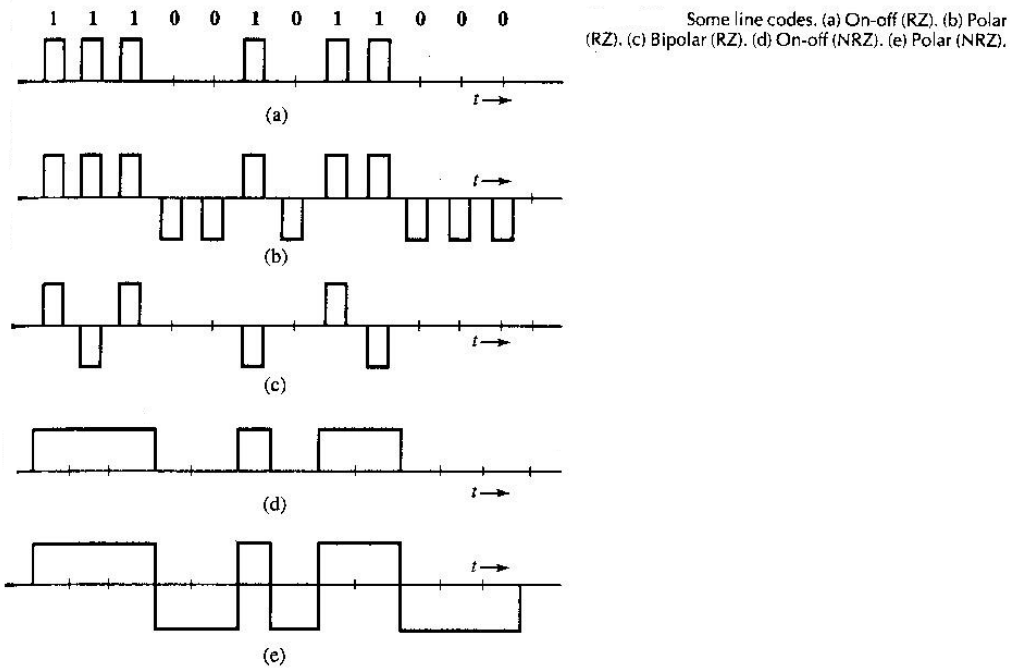
ويجب الإشارة هنا إلى أن طبيعة ومواصفات وسط الانتقال (القناة) وعرض النطاق الترددي لها بالإضافة إلى نوع التعديل **Modulation** المستخدم تحدد بشكل أساسي معدل الإرسال (**Bode rate**) والذي يعبر عن سرعة نقل البيانات ويعرف بأنه عدد الخانات (**bits**) المرسل في الثانية **bps**. أما عملية التشفير وفك الشفرة فهي كما أوضحنا في الجزء السابق. كما أنا أنواع الشفرات قد تم دراستها في الدوائر المنطقية بالتفصيل.

التشفير وفك التشفير Encoding and Decoding

مقدمة: عملية التشفير هي تحويل الإشارة إلى مجموعة من النبضات (0 & 1) التي تيم إرسالها من خلال قناة الاتصال. وفي هذه المقدمة المختصرة نأخذ بعض مكونات نظام الاتصال الرقمي:

- 1- المصدر Source: دخل النظام الرقمي يكون عبارة عن مجموعة متتابعة من النبضات (0 & 1).
- 2- المجمع Multiplexer: عادة ما تكون سعة قناة الاتصال أكبر بكثير من معدل البيانات لمصادر منفردة. وللاستفادة من هذه السعة؛ يتم تجميع عدة مصادر من خلال مجمع رقمي Digital Multiplexer مستخدماً طريقة الإرسال البيني Process of interleaving وبذلك يتم مشاركة زمن القناة من عدة رسائل متزامنة.

- 3- مشفر الخط Line Coder: عملية إرسال الإشارة في صورة مجموعة من النبضات. وتوجد عدة طرق تخصيص (تحويل) النبضات إلى بيانات رقمية كما في شكل التالي:



- **On-off (RZ) شكل - a:** وهو يمثل أبسط أنواع تشفير الخط حيث أن:

الرقم 1 يعني وجود نبضة؛ الرقم 0 يعني عدم وجود نبضة.

- **Polar (RZ) شكل - b:** الرقم 1 يعني وجود نبضة موجبة +ve Pulse؛ الرقم 0 يعني

وجود نبضة سالبة -ve Pulse.

- **Bipolar (RZ) or Psuedoternary or Alternate Mark Inversion(AMI) شكل - c:** الرقم 1 يعني وجود نبضة موجبة +ve Pulse أو سالبة -ve Pulse بحيث

تتم عملية التحويل بالتتابع نبضة موجبة ثم نبضة سالبة؛ أما الرقم 0 يعني عدم وجود نبضة.

- **On-off (NRZ) شكل - d:**

- Polar (NRZ) شكل - e

4- وحدة إعادة توليد النبضات Regenerative Repeater: وهنا يتم وضع الوحدات على مسافات معينة منتظمة خلال خط الإرسال الرقمي لكشف الإشارة الرقمية القادمة وإعادة توليد نبضات نظيفة من الضوضاء والتشويش لمتابعة إرسالها على الخط.

رقم التجربة: 20 & 21

اسم التجربة: تشفير وفك شفرة الخط؛ وتحتوي على تجربتين:

• التجربة الأولى: التشفير.

• التجربة الثانية: فك التشفير.

الزمن اللازم للتجربتين: 4 ساعات

الهدف من التجربة: التعرف على طرق تشفير الخط. تحتوي الوحدة على تجربتين هما:
يتعرف المتدرب في التجربة الأولى على:

1. عملية تشفير الخط بطريقة عدم العودة للصفر (NRZ) (Non Return to Zero).
2. عملية تشفير الخط بطريقة العودة للصفر (RZ) (Return to Zero).
3. عملية تشفير الخط بطريقة مانشستر (MAN) (Manchester).
4. تحديد الاختلافات بين الأنواع الثلاثة وخصائص كل نوع.

أما في التجربة الثانية فيتعرف على:

1. عملية فك تشفير الخط بطريقة عدم العودة للصفر (NRZ) (non return to zero).
2. عملية فك تشفير الخط بطريقة العودة للصفر (RZ) (return to zero).
3. عملية فك تشفير الخط بطريقة مانشستر (MAN) (Manchester).

التجربة الأولى: التشفير

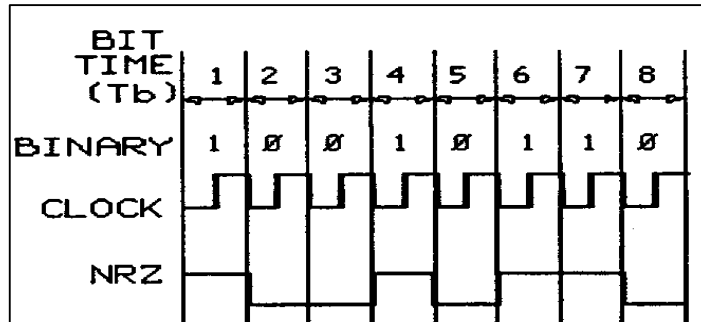
Encoding

الأهداف:

1. التعرف على عملية تشفير الخط بطريقة عدم العودة للصفر (NRZ)(Non Return to Zero).
2. التعرف على عملية تشفير الخط بطريقة العودة للصفر (RZ)(Return to Zero).
3. التعرف على عملية تشفير الخط بطريقة مانشستر (MAN)(Manchester).
4. تحديد الاختلافات بين الأنواع الثلاثة، وخصائص كل نوع.

الشرح:

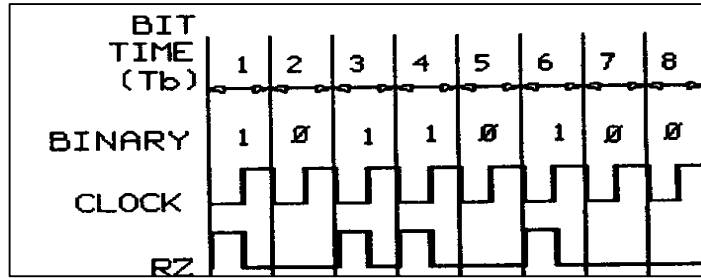
في هذا الجزء سوف تدرس تشفير عدم العودة للصفر (NRZ) والذي يتميز ببقاء الإشارة عالية أو منخفضة على طول ال bit سواء (0 أو 1) كما تلاحظ في الشكل (1-20):



الشكل (1-20)

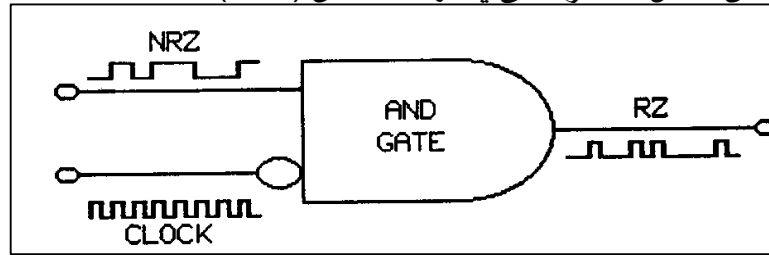
لاحظ أن إشارة (NRZ) تبقى عالية أو منخفضة خلال كافة الدورة الزمنية (زمن الخانة) (bit time) وهذا يعني أنها لا تحتوي على معلومات التزامن (timing information) وهذه من أبرز خصائص (NRZ) وهنا يتطلب الأمر إرسال معلومات التزامن بشكل منفصل.

أما تشفير العودة للصفر (RZ) والذي يتميز بأنه إذا كان ال bit (1) فإنه يمثل في النصف الأول من الزمن عالياً، أما النصف الثاني فيكون منخفضاً. أما إذا كان ال bit (0) فإنه يستمر طوال الفترة الزمنية منخفضاً، كما تلاحظ في الشكل (2-20):



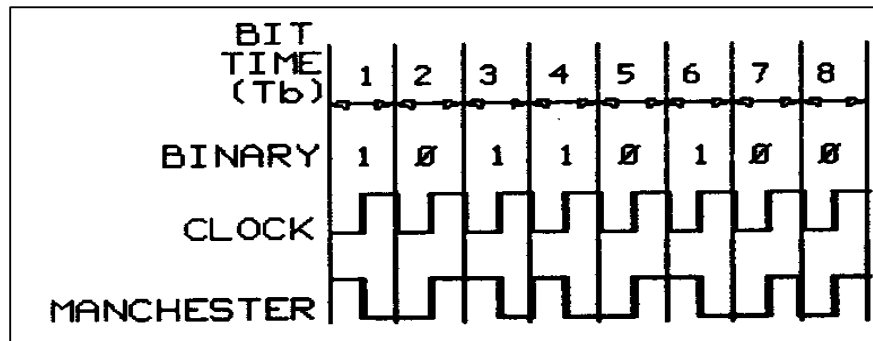
الشكل (2-20)

سوف نحصل على إشارة (RZ) من خلال إشارة (NRZ) التي استخدمناها في الجزء السابق من التجربة ونحصل عليها من خلال الدائرة التي يمثلها الشكل (3-20).



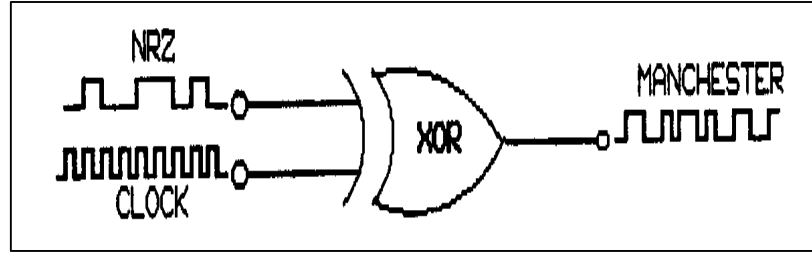
الشكل (3-20)

أما تشفير مانشستر (MAN) والذي يتميز بأنه إذا كان bit (1) فإنه يمثل في النصف الأول من الزمن عالياً، أما النصف الثاني فيكون منخفضاً. أما إذا كان bit (0) فإنه يمثل في النصف الأول من الزمن منخفضاً، أما النصف الثاني فيكون عالياً، كما تلاحظ في الشكل (4-20):



الشكل (4-20)

سوف نحصل على إشارة (MAN) من خلال إشارة (NRZ) التي استخدمناها في الجزء السابق من التجربة ونحصل عليها من خلال الدائرة التي يمثلها الشكل (5-20)

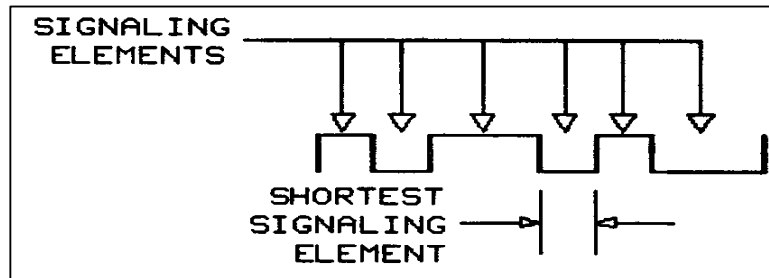


الشكل (5-20)

بقي أن نتعرف معدل سرعة إرسال البيانات (DATA RATE) ويقاس بالخانة لكل ثانية (b/s) ويمكن حسابه من خلال إشارة (CLK) لأن زمن الخانة هو نفسه زمن الساعة فهو يساوي مقلوب زمن الـ (CLK) $(1/T)$

$$T = \frac{\text{ms}}{\text{DATA RATE} = 1/T = \text{b/s}}$$

ومعدل البود (BAUD RATE) وتعرف على أنها مقلوب أقصر عنصر في إشارة البيانات والتي تظهر كما في الشكل (6-20):



الشكل (6-20)

وكما تلاحظ فإن الـ (DATA RATE) و (BAUD RATE) لـ (NRZ) متساويان لأن أقصر عنصر في البيانات يساوي زمن الخانة .

وتلاحظ في (RZ) أن معدل الـ (BAUD RATE) يساوي ضعف معدل (DATA RATE) وذلك لأن أقصر عنصر في إشارة (RZ) يساوي نصف الفترة الزمنية للخانة (bit time).

وتلاحظ في (MAN) أن معدل الـ (BAUD RATE) يساوي ضعف معدل (DATA RATE) وذلك

لأن أقصر عنصر في إشارة (MAN) يساوي نصف الفترة الزمنية للخانة (bit time)

وتلاحظ أن الإشارات ذات التردد المنخفض مثل (NRZ) تتميز بعرض نطاق (Bandwidth) ضيق أما

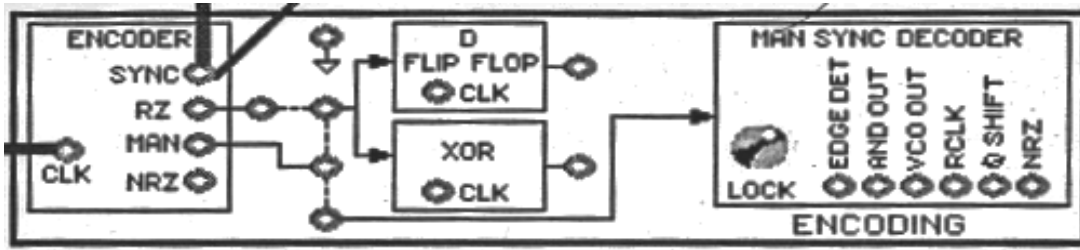
الإشارات ذات التردد العالي مثل إشارة (MAN) فيكون عرض النطاق لها أوسع.

الأجهزة المطلوبة:

1. وحدة تمارين الاتصالات الرقمية (Digital Communications Unit)
2. جهاز راسم الذبذبات ذو القناتين (Oscilloscope)
3. جهاز مولد الدوال (Function Generator)
4. جهاز قياس متعدد الأغراض (Multimeter)

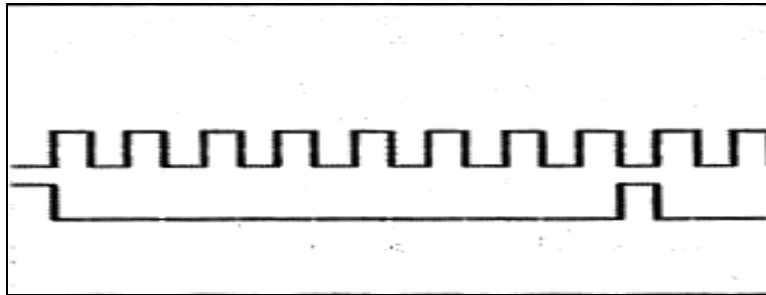
خطوات التجربة:

- 1- على دائرة التشفير(ENCODING) الموضحة في الشكل(7-20) وصل القناة (1) للراسم مع طرف الساعة (CLK) والقناة(2) مع طرف التزامن (SYNC) ثم صل طرف القادح الخارجي للراسم بالطرف(SYNC) لتتزامن الإشارات.



الشكل (7-20)

- 2- اضبط القناتين للراسم على (5V/DIV) ومفتاح الزمن للراسم على (0.5ms/DIV) ثم عدل ضوابط الراسم حتى تحصل على شكل الإشارات كما في الشكل (8-20) ثم قس الدورة الزمنية لإشارة الساعة (CLK) على القناة (1) $T =$ ms



الشكل (8-20)

- 3- تحكم في ضوابط الراسم حتى تجعل الإشارات تظهر كما في الشكل المقابل لكي تتمكن من

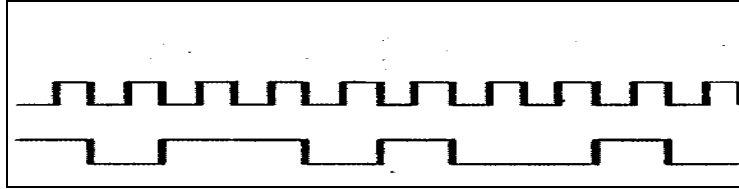
مشاهدة إطار كامل للبيانات (ثمان خانات)

- كم عدد الدورات الزمنية لإشارة (CLK) والتي تحل بين نبضتي التزامن؟

عدد الدورات = دورات

4- حرك القناة (2) إلى الطرف (NRZ) على دائرة التشفير ولا تغيراً من ضوابط الراسم وسترى الإشارة

(NRZ) كما في الشكل (9-20)



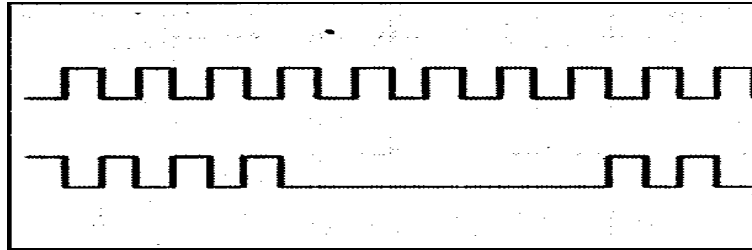
الشكل (9-20)

5- ما التمثيل الثنائي الذي يظهر أمامك لإشارة (8 خانات) أو الإطار كاملاً لإشارة (NR) على القناة (2)؟

الشفرة الثنائية هي ()

6- حرك القناة (2) للرأس إلى الطرف (RZ) على دائرة التشفير (ENCODING) لتشاهد تمثيل تشفير

(RZ) للبيانات كما يظهر في الشكل (10-20) .



الشكل (10-20)

7- ما التمثيل الثنائي الذي يظهر أمامك لإشارة (8 خانات) أو الإطار كاملاً لإشارة (RZ) على القناة (2)؟

الشفرة الثنائية هي ()

- لاحظ أن إشارة (RZ) الناتجة تحتوي على معلومات التزامن بشكل جزئي وتعتمد في ذلك على شكل

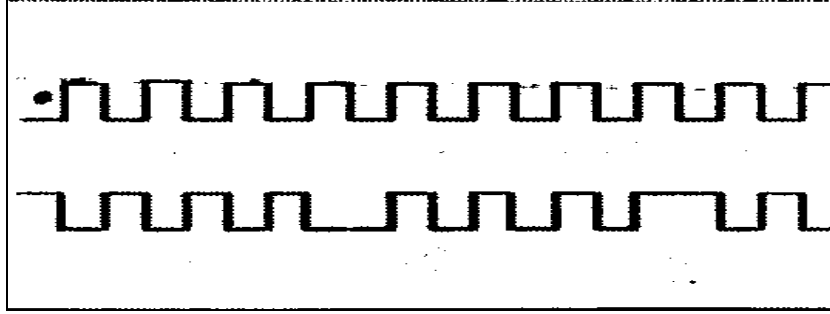
إشارة البيانات الأصلية وهذه من أبرز خصائص هذا النوع

8- معدل سرعة إرسال البيانات (DATA RATE) ويقاس بالخانة لكل ثانية (b/s) ويمكن حسابه

من خلال إشارة (CLK) مثل الحالة السابقة فهو يساوي مقلوب زمن الـ (CLK) (1/T)

$$T = \text{ms} \\ \text{DATA RATE} = 1/T = \text{b/s}$$

- 9- حرك القناة (2) للرسم إلى الطرف(MAN) على دائرة التشفير(ENCODING) لتشاهد تمثيل تشفير (MAN) للبيانات كما يظهر في الشكل (11-20)



الشكل (11-20)

- 10- ما التمثيل الثنائي الذي يظهر أمامك لإشارة (8خانات) أو الإطار كاملاً لإشارة (MAN) على القناة (2)؟

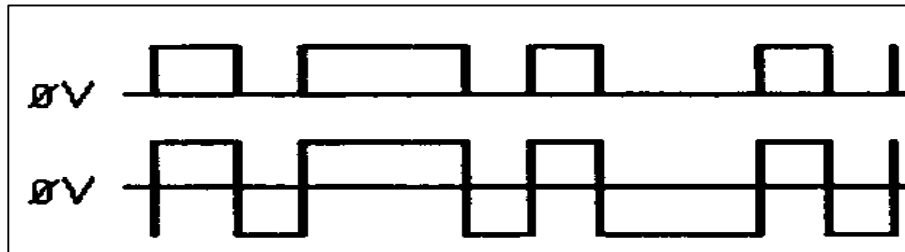
الشفرة الثنائية هي ()

- لاحظ إن إشارة (MAN) الناتجة تحتوي على معلومات التزامن بشكل كامل ولا تعتمد في ذلك على شكل إشارة البيانات الأصلية وهذه من أبرز خصائص هذا النوع ولا نحتاج معه لإرسال معلومات التزامن بشكل منفصل كما في الحالتين السابقتين

- 11- معدل البود (BAUD RATE) وتعرف على أنها مقلوب أقصر عنصر في إشارة البيانات والتي تظهر على القناة (2)

$$\text{BAUD RATE} = \text{baud}$$

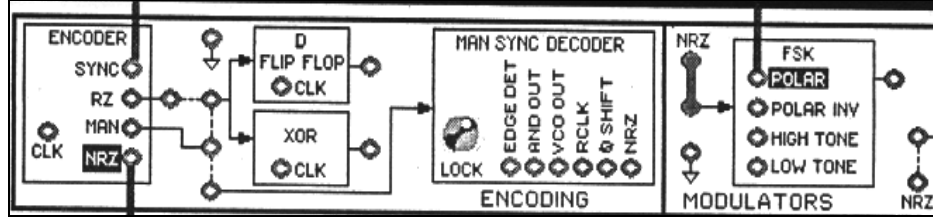
- في هذا الجزء سوف تلاحظ خصائص الإشارة القطبية (polar) وأحادية القطبية (unipolar) والفرق بينهما يمكن ملاحظته من الشكل (12-20)



الشكل (12-20)

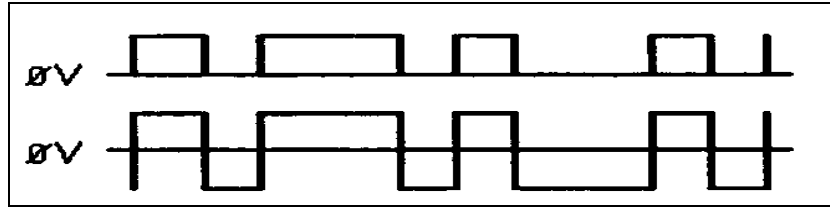
- 12- كرر الخطوات(1 و 2 و 3) التي سبق إجراؤها في الجزء الأول من التجربة

- 13 - في دائرة المعدل (Modulator) الموضحة في الشكل (20-13) أدخل وصلة مزدوجة بين الطرف (NRZ) ومدخل دائرة الـ (FSK) ثم وصل القناة (1) مع طرف (NRZ) في دائرة التشفير والقناة (2) مع الطرف القطبي (polar) في دائرة الـ (FSK)



الشكل (20-13)

- 14 - تعرض القناة (1) إشارة (NRZ) بتمثيل أحادي القطبية (unipolar) والقناة (2) تعرض إشارة (NRZ) بتمثيل قطبي (polar) الشكل (20-14) يوضح الإشارتين



الشكل (20-14)

- لاحظ أن الإشارة على القناة (1) قيمتها تتغير بين الصفر و (+5V) أما الإشارة القطبية التي على القناة (2) فتأخذ قيمتين (+5V) أو (-5V) حسب قيمة الخانة.

15 - قم بقياس مستوى الإشارة المقابل للـ (1) و (0) في كلا التمثيلين
(Unipolar signal) $V(0) = \quad V$ $V(1) = \quad V$

(polar signal) $V(0) = \quad V$ $V(1) = \quad V$

- 16 - أزل القناة (2) من اللوحة ووصل القناة (1) إلى الطرف (polar) فتعرض القناة (1) الآن الشفرة (10110100) بالتمثيل القطبي (polar)

- 17 - باستخدام جهاز قياس الجهد الثابت (Voltmeter) (DC) قم بقياس الجهد لإشارة (NRZ) القطبية
NRZ = \quad mv dc

- 18 - سيقوم (CM) بتعديل الشفرة إلى (01000100) باستخدام جهاز قياس الجهد الثابت (DC) قم بقياس الجهد لإشارة (NRZ) القطبية
NRZ = \quad mv dc

- 19- أزل الوصلة المزدوجة من دائرة المعدل واستبدلها بسلك توصيل يوصل بين (MAN) في دائرة التشفير والطرف القطبي (polar) في دائرة المعدل لعرض القناة (1) الآن الشفرة التالية (10110100) للـ (MAN) بتمثيل قطبي (polar)
- 20- باستخدام جهاز قياس الجهد الثابت (DC) قم بقياس الجهد لإشارة (MAN) القطبية
- $$MAN = mv\ dc$$
- 21- سيقوم (CM) بتعديل الشفرة إلى (01000100) باستخدام جهاز قياس الجهد الثابت (DC) قم بقياس الجهد لإشارة (MAN) القطبية
- $$MAN = mv\ dc$$
- من خلال القيم التي حصلت عليها قارن بين (NRZ) و (MAN) من حيث التيار المباشر
- الجدول الموضح في الشكل (15-20) يوضح المقارنة التي يظهر منها أن (NRZ) يتكون فيه تيار (DC) أكثر من (MAN) ويعتمد في ذلك على شكل الشفرة أما (MAN) فالتيار (DC) صغير وثابت ولا يعتمد على شكل الشفرة وهذه من أبرز مميزاته .

| نمط البيانات الثنائية | تشفير مانشستر | تشفير NRZ المستقطبة |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| 10110100 | 42mVdc | 56m.vdc |
| 01000100 | 42mVdc | -2.43mVdc |

شكل (15-20)

التجربة الثانية

فك التشفير Decoding

الأهداف:

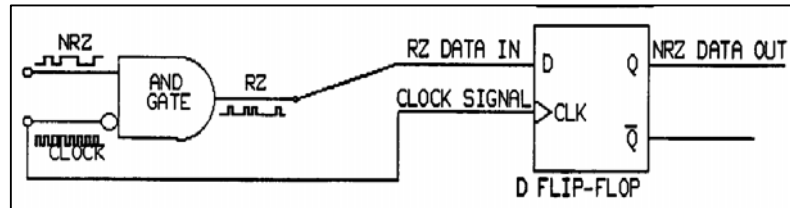
1. التعرف على عملية فك تشفير الخط بطريقة عدم العودة للصفر (NRZ) (non return to zero).
2. التعرف على عملية فك تشفير الخط بطريقة العودة للصفر (RZ) (return to zero).
3. التعرف على عملية فك تشفير الخط بطريقة مانشستر (MAN) (Manchester).

الأجهزة المطلوبة:

1. وحدة تمارين الاتصالات الرقمية (Digital Communications Unit).
2. جهاز راسم الذبذبات ذو القناتين (Oscilloscope).
3. جهاز مولد الدوال (function generator).
4. جهاز قياس متعدد الأغراض (Multimeter).

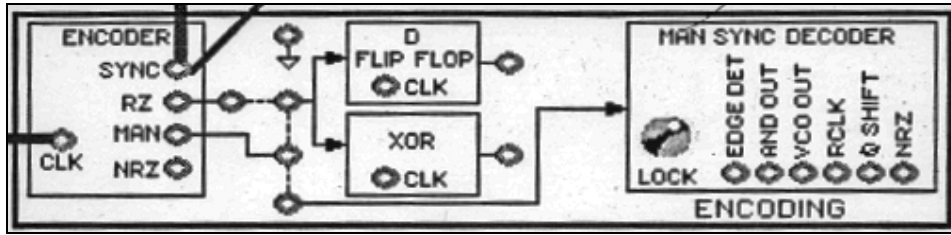
خطوات التجربة:

- تذكر من التجربة الأولى أن مصدر المعلومات هو الطرف (NRZ) ومنه حصلنا على (RZ) و (MAN) بالتشفير والآن سوف نستعيد إشارة (NRZ) بفك التشفير.
- في هذا الجزء سنقوم بفك تشفير (RZ) لاستعادة إشارة (NRZ) والشكل (1-21) يوضح الدائرة المستخدمة لفك التشفير.



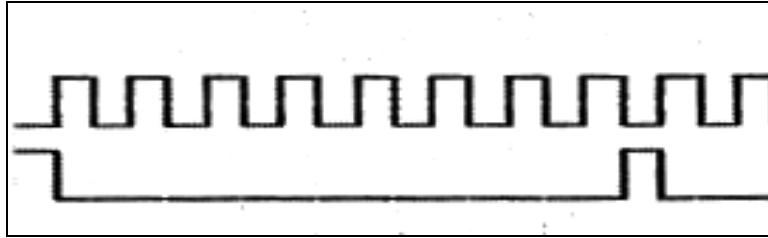
الشكل (1-21)

- 1- على دائرة التشفير (ENCODING) وصل القناة (1) للرأس بطرف الـ (CLK) والقناة (2) بالطرف (SYNC) ثم وصل طرف القادح الخارجي للرأس بالطرف (SYNC) واضبط الرأس على القادح الخارجي (EXT.) والشكل (2-21) يوضح دائرة التشفير المستخدمة.



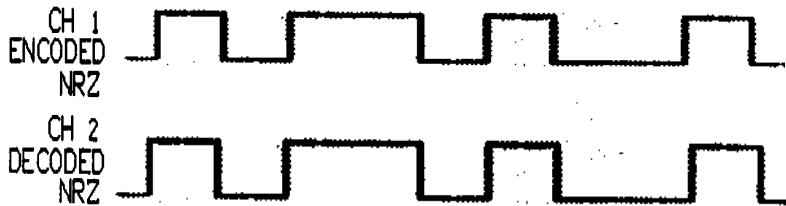
الشكل (2-21)

- 2- اضبط قناتي الراسم على (5V/DIV) والزمن على (0.5ms/DIV) ثم عدل في ضوابط الراسم حتى تحصل على الشكل (3-21) على شاشة الراسم.



الشكل (3-21)

- 3- على دائرة التشفير أدخل وصلة مزدوجة بين الطرف (RZ) ومدخل القلاب (D) وحرك القناة (2) إلى الطرف (RZ) وشاهد الإشارة (RZ).
- 4- حرك القناة (2) إلى مخرج القلاب والقناة (1) إلى الطرف (NRZ) والذي يمثل الإشارة قبل التشفير. الشكل (4-21) يوضح الإشارة قبل وبعد التشفير.

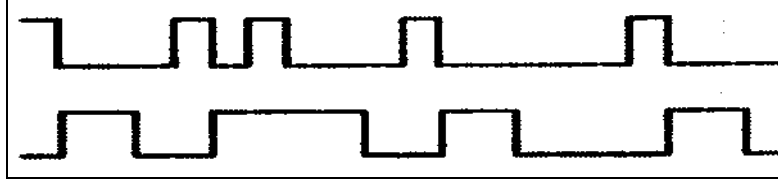


الشكل (4-21)

- يمكنك التحقق من النتيجة بالعودة إلى جدول الصواب للقلاب مع افتراض شكل معين لإشارات المداخل (NRZ) (CLK).

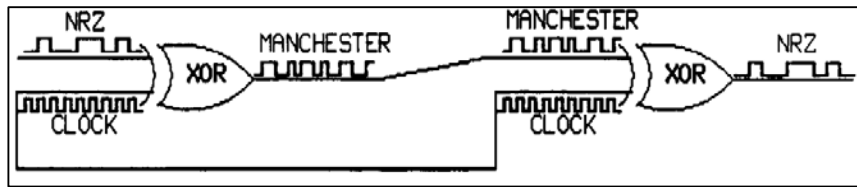
5- قارن بين الإشارة الأصلية على القناة (1) والإشارة المستعادة على القناة (2)

6- حرك القناة (1) إلى مدخل القلاب لترى إشارة (RZ) وإشارة (NRZ) المستعادة على القناة الثانية الشكل (21 - 5) يوضح الإشارات (RZ) المشفرة و (NRZ) المستعادة على الترتيب



الشكل (5-21)

- في هذا الجزء سنقوم بفك تشفير (MAN) لاستعادة إشارة (NRZ) الدائرة الموضحة في الشكل (21-6) المستخدمة

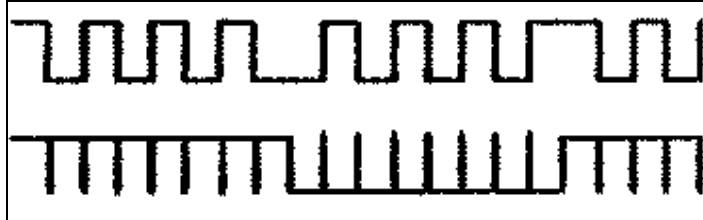


الشكل (6-21)

7- كرر الخطوات (1 و 2) التي سبق إنجازهما في الجزء الأول من التجربة.

8- على دائرة التشفير أدخل وصلة مزدوجة بين الطرف (MAN) ومدخل بوابة (XOR) وحرك القناة (2) إلى الطرف (MAN) وشاهد الإشارة (MAN).

9- حرك القناة (1) إلى مدخل بوابة (XOR) (MAN) وحرك القناة (2) إلى مخرج البوابة (XOR) حيث ستشاهد الإشارة المشفرة (MAN) والإشارة المستعادة (NRZ) على الترتيب كما في الشكل (21-7):

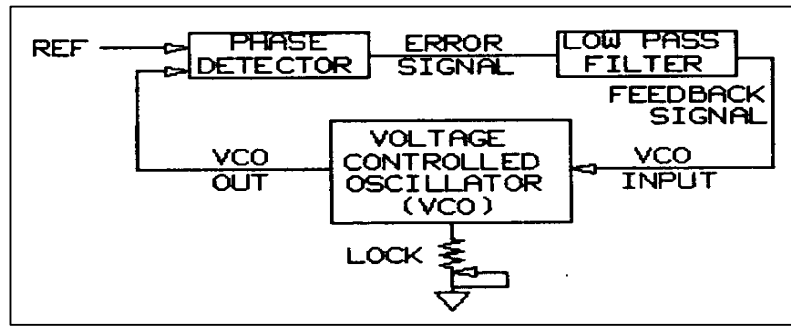


الشكل (7-21)

- 10- حرك القناة (1) إلى الإشارة الأصلية على الطرف (NRZ) -
 - يمكنك التحقق من النتيجة بالعودة إلى جدول الصواب للبوابة مع افتراض شكل معين لإشارات المداخل (NRZ) (CLK).

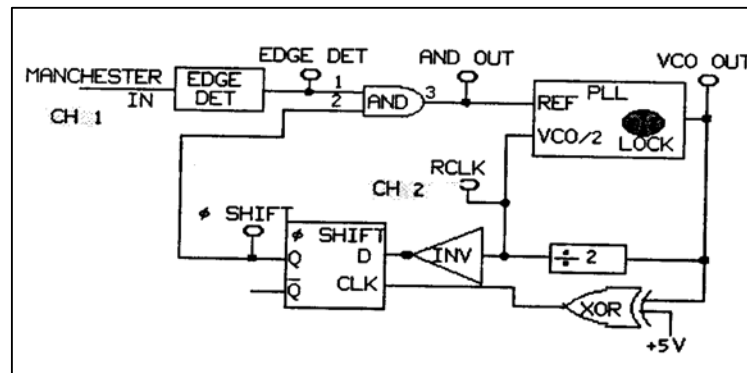
- 11- قارن بين الإشارة الأصلية على القناة (1) والإشارة المستعادة على القناة (2) ؟
 12- لاحظ التزامن بين الإشارتين وهل هما معاً في وجه واحد أم جاءتتا مختلفتين ؟

- في الجزء المتبقي من التجربة سوف نستخدم دائرة مزامنة (PLL) (Phase Locked Loop) (دائرة متابعة الطور المغلقة) لكي نطور إشارة الساعة (CLK) من خلال إشارة بيانات (MAN).
 الشكل (21-8) يبين دائرة الـ (PLL)



الشكل (21-8)

- 13- كرر الخطوات (1و2) التي سبق إنجازهما في الجزء الأول من التجربة
 14- أدخل وصلة مزدوجة بين خرج (MAN) على دائرة التشفير ومدخل دائرة فاك الشفرة المتزامن لـ (MAN) (MAN SYNC DECODER) ثم أدر مفتاح ضبط الغلق (LOCK) على اللوحة باتجاه حركة عقارب الساعة (CW) بالكامل ثم حرك القناة (2) إلى الطرف (RELK) في دائرة فاك الشفرة (DECODER)
 15- أثناء مراقبتك لأشكال الموجة أدر المفتاح (LOCK) حتى تتطابق إشارة الساعة المستعادة (RCLK) على القناة (2) مع إشارة (CLK) على القناة (1) وتصبح دائرة المزامنة الآن مغلقة لإشارة (MAN) الداخلة. الشكل (21-8) يوضح مكونات الدائرة:

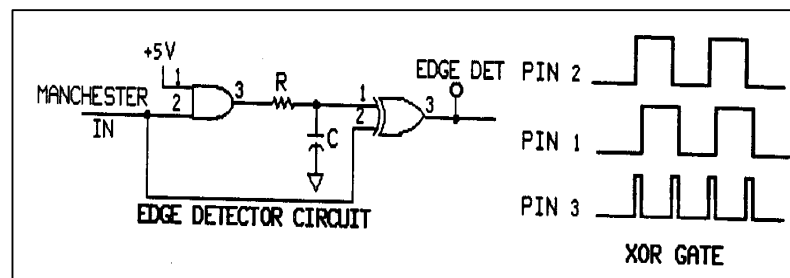


الشكل (9-21)

- فالزمّان يولد إشارة الساعة (RCLK) من إشارة (MAN) بالتزامن مع إشارة ساعة المرسل (CLK) الأقسام التي تتكون منها دائرة المزامنة هي:

كاشف الحافة (EDGE DET.) والبوابة (AND) ودائرة متابعة الطور (PLL) وناقل متغير الوجه (\emptyset -SHIFT)

16- حرك القناة (1) إلى الطرف (MAN) والقناة (2) إلى طرف كاشف الحافة (EDGE DET.) فتكون بيانات (MAN) على القناة (1) هي دخل كاشف الحافة وخرجه على القناة (2) هي سلسلة ذبذبات ضيقة ويمثل مدخلاً (AND) و (XOR) دائرة كاشف الحافة الموضحة في الشكل (21-10) ومدخل (AND) متصل كحاجز وبمحاذاة دائرة (RC) يوفر تأخير الوقت بين مدخلي البوابة (XOR) ويتسبب تأخير الوقت في ترددات ضيقة عند المخرج.



الشكل (10-21)

17- راقب أشكال الموجة فإن دائرة كاشف الحافة تنتج ترددات ضيقة في أي حالة بالنسبة لبيانات الدخل.....

18- وصل القناة (2) بطرف نقل الطور (Ø- SHIFT) والقناة (1) بطرف كاشف الحافة

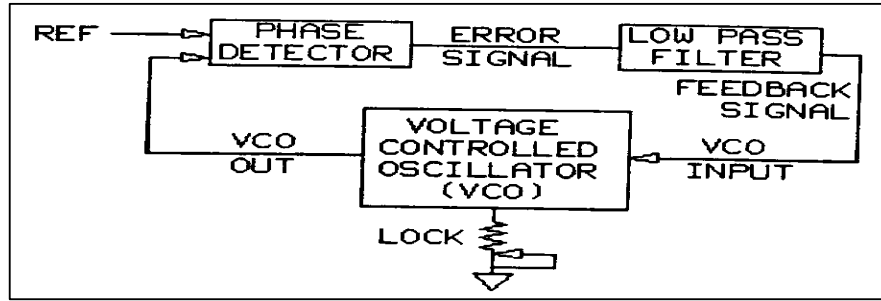
- ومنطقياً فإن مدخل (AND) يتعامل مع إشارة كاشف الحافة على القناة (1) وإشارة نقل الطور (SHIFT - \emptyset) على القناة (2)

19- حرك القناة (2) للطرف (AND OUT) مخرج بوابة (AND)

- لاحظ التشابه والاختلاف بين خرج (AND) وإشارة كاشف الحافة على القناة (1)

20- إن خرج ترددات مدخل (AND) هو الدخل لدائرة (PLL) لإعادة إنشاء إشارة الساعة بالتزامن مع إشارة ساعة المرسل.

21- إن دائرة الـ (PLL) كما في الشكل (11-21) تتكون من: كاشف الطور (phase detector) ومرشح إمرار ترددات منخفضة (L.P.F) ومذبذب محكوم بالجهد (V.C.O)



شكل (11-21)

22- تعمل دائرة (PLL) على جعل الإشارة الناتجة من (VCO) متزامنة مع الإشارة التي على المدخل

(REF) ونضبط تردد (VCO) بواسطة المفتاح (LOCK) على لوحة التمارين

- إشارة خرج (VCO) وإشارة (REF) تمثلان مدخلي كاشف الطور (phase detector) وعندما يتساوى تردد (REF) مع (VCO OUT) تكون دائرة (PLL) في حالة إغلاق

23- في حالة انغلاق (PLL) وحدوث أي تغيير بسيط في (REF) ماهو التغيير الذي يحدث بين (REF) و (VCO OUT) هل هو اختلاف؟

(1) طور (2) طور واتساع

24- وتغير الطور بين (REF) و (VCO OUT) يتسبب في أن يبدل كاشف الطور خرجة وهي إشارة الخطأ التي يمررها مرشح الإمرار المنخفض التردد (LPF) وتصبح دخلاً لدائرة الـ (VCO) وهذه التغذية العكسية تجعل الـ (VCO) يصحح أي ذبذبة غير مطابقة بين (REF) و (VCO OUT).

25- يمكن تعديل دائرة الـ (PLL) بإدخال مقارن ذي جزأين بين (VCO OUT) وكاشف الطور فهل يغير هذا تردد الـ (VCO)؟

26- وصل القناة (2) مع (VCO OUT) والقناة (1) مع (AND OUT) وقارن بين الإشارات

- فماهي نسبة تردد الموجة المربعة على القناة (2) إلى تردد الإشارة التي على القناة(1)؟

27- وصل القناة (2) بالطرف(RCLK) ثم قارن بين الإشارتين على القنوات وهل تتساوى الإشارة على القناة (2) مع الإشارة التي على القناة (1) ؟

28- تذكر أن التردد في (AND OUT) متزامن مع إشارة ساعة المرسل وهذا التردد في منتصف كل وقت خانة تستخدمها دائرة الـ(PLL) لإعادة إنشاء إشارة (RCLK) المشابهة لإشارة ساعة المرسل.

29- حرك القناة(1) إلى الطرف (ϕ SHIFT)

30- قارن أشكال الموجة وهل إشارة (SHIFT) المربعة مطابقة لإشارة الساعة (RCLK) البديلة؟

31- وصل القناة(1) بالطرف (NRZ) في دائرة التشفير والقناة(2) بالطرف(NRZ-OUT) في دائرة فك الشفرة المتزامن للـ(MAN)

- إذا ما استخلصت إشارة الساعة المتزامنة (RCLK) من إشارة (MAN) فإنه يمكن استخدام فك الشفرة قلاب(D) لاستعادة بيانات (NRZ)

32- قارن بين إشارة (NRZ) المستعادة والأصلية من ناحية التزامن وهل هناك فارق زمني وما مقداره؟