مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(6) 2021

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (6) 2021

تطوير نظام جديد متسامح العطل لترميز هامينغ

د.م. سوزي صالح*

هزار فائز محمد**

(تاريخ الإيداع 30 / 3 /2021 . قُبِل للنشر في 28 /6 /2021)

□ ملخّص □

تشكل عمليات نقل البيانات الخالية من الأخطاء تحدياً كبيراً في أنظمة الاتصالات، نتيجة وجود كثيرٍ من الأخطاء التي تحدث في القناة بسبب الضجيج وعوامل الوسط الأخرى. تعد ترامیز كشف وتصحيح الأخطاء من أفضل الوسائل لمواجهة هذه المشاكل حيث تستخدم هذه الترامیز لحماية المعلومات في الذواكر وأثناء نقلها، حيث تتحدد جودة الترميز بعاملين أساسيين هما: عدد الأخطاء المكتشفة والقدرة على تصحيحها.

يعد ترميز هامينغ من أهم الترامیز القادرة على كشف خطأ وحيد وتصحيحه. في هذا البحث قمنا بتطوير مرمز ومفكك ترميز هامينغ ليصبح قادر على كشف خطأ مزدوج وتصحيحه أيضا. وتم التعديل على بنية VLSI له ليتمكن من تحديد الخطأ الثنائي باستخدام الـ Matlab والمكتبة Simulink للتصميم والمحاكاة.

الكلمات المفتاحية: EDC، هامينغ، مرمز، مفكك ترميز، ماتلاب، التسامح مع العطل ، فائضية المعلومات.

*مدرس في قسم هندسة النظم الحاسوبية والإلكترونية –كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات – جامعة طرطوس – سوريا

**طالبة ماجستير في قسم هندسة تكنولوجيا الإلكترونيات – كلّية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات – جامعة طرطوس– سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(6) 2021

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (6) 2021

Design a new fault tolerant hamming code system

Dr.sozi saleh*
hazar faez Mohammad**

(Received 30 / 3/ 2021 . Accepted 28 / 6 / 2021)

□ ABSTRACT □

Error-free data transmission is a big challenge in communication systems, because of many errors that occur in the channel due to noise and other medium factors. Error detection and correction codes are one of the most important methods to confront these problems. These codes are used to protect information in the memory and during its transmission. Where coding quality is determined by two main factors: the number of detected errors and the ability to correct them.

One these codes is Hamming code, which is one of the most important codes witch can detects a single bit error and corrects it. In this research we developed a Hamming encoder and decoder to be able to detect a double bit error and correct it. The VLSI architecture has been modified to be able to determine double bit error using Matlab and the Simulink tool for design and simulation.

Key Words: EDC, hamming, encoder, decoder, Matlab, Simulink, double error.

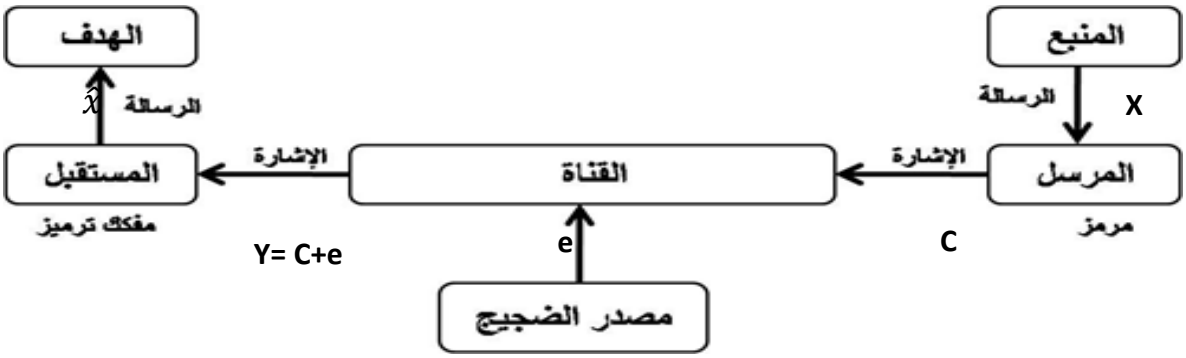
*Teacher, Faculty of information and communication Technology, ICT Department -Tartous University- Tartous- Syria.

** Master student, Electronical Technology Engineering Department, Information and communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

1-المقدمة:

إن الهدف الأساسي لمعظم أنظمة الاتصالات هو كيفية إرسال المعلومات من المرسل إلى المستقبل بشكل موثوق عبر قناة الاتصال دون حدوث أخطاء في البيانات المرسلة. تعد قناة الاتصال الوسط الذي تنتشر عبره الرسالة من المصدر إلى الوجهة، حيث يمكن أن تتعرض هذه البيانات ضمنها إلى تشوه نتيجة وجود الضجيج وبالتالي سيتم استقبال بيانات لا تطابق البيانات الأصلية المرسلة لذا كان من الضروري إيجاد طريقة لضمان وصول البيانات بشكلها الصحيح وهي تراميز كشف وتصحيح الأخطاء، يتم استخدام هذه التراميز في العديد من التطبيقات الشائعة، بما في ذلك أجهزة التخزين الضوئية وذاكرة الوصول العشوائي ونظام الاتصال اللاسلكي وأجهزة المودم عالية السرعة (ADSL وXDSL) ونظام التلفزيون الرقمي.

نظام الاتصال موضح في الشكل(**1**). حيث يتم في المصدر إرسال رسالة x. إذا تم إرساله مباشرة عبر القناة دون إجراء أي تعديل عليها فإن أي ضجيج سيشوه الرسالة بحيث تتلف البيانات المرسلة ولا يتم استقبال رسالة مطابقة للرسالة المرسلة. أما في حال استخدام تراميز كشف وتصحيح الأخطاء يتم إضافة بعض التكرار إليها في المرمز وتسمى كلمة الترميز C، يتم إرسالها عبر القناة حيث تتعرض لتشوه بسبب الضجيج يتم تمثيله بمتجه خطأ e وتصبح كلمة الترميز المستلمة من قبل مفكك الترميز هي y. ثم يتم فك الترميز وكشف وتصحيح الأخطاء لنحصل على البيانات الأصلية $\hat{x}$. [3][2][1] .



الشكل (1): نموذج عام لنظام الاتصالات

2-الدراسات المرجعية:

لقد أجريت العديد من الأبحاث في مجال دارات كشف وتصحيح الأخطاء في مجال الاتصالات والشبكات ، وقدرتها على تحسين وثوقية النظام وقدرته على الارسال والاستقبال رغم وجود أخطاء في الرسالة المستلمة عن طريق تصحيحها بواسطة تراميز متعددة في مجال نظرية المعلومات.

حيث قدم الباحثان Kumar و Umashankar في عام2007 باقتراح تحسن على ترميز هامينغ حيث تم إلحاق بتات التكرار في نهاية بتات البيانات. مما أدى إلى التخلص من الحمل الزائد لتداخل بتات التكرار في نهاية المرسل وإزالتها في نهاية جهاز الاستقبال بعد التحقق من وجود خطأ أحادي البت وما يترتب عليه من تصحيح، إن وجد. علاوة على ذلك، فإن الجهد المطلوب في تحديد قيم بتات التكرار أقل في الطريقة المقترحة[19] .

كما قام الباحثان RAJEEV KUMAR وABHISHEK GUPTA في عام في عام 2011، نقوم بإجراء دراسة مقارنة بين تراميز كشف وتصحيح الأخطاء المختلفة مثل Turbo، Reed–Solomon وLPDC. ولكن من بين كل هؤلاء وجد أن ترميز Reed–Solomon أكثر فاعلية في توصيل البيانات بسبب انخفاض تعقيده وتمت نمذجته باستخدام لغة VHDL [18].

أما في عام 2015 فقد أهتم مجموعة من الباحثين بدراسة التراميز الدورية ومنها ترميز CRC حيث ثبت أنها طريقة جيدة في تصحيح الأخطاء وخاصة أن دارة المرمز ومفكك الترميز لهما نفس البنية [11].

وقد قام مجموعة من الباحثين في عام 2017 بتصميم دارة مرمز ومفكك ترميز هامينغ باستخدام dsch و vhdl ودراسة قدرته على كشف خطأ وحيد وتصحيحه [16].وفي بداية العام 2019 طبق مجموعة من الباحثين بنية لمرمز ومفكك الترميز لكود هامينغ باستخدام Verilogger pro 6.5 و fpga حيث تم إرسال n–bit من المعلومات مع (n–1) بتات تكافؤ إضافية وتم التحقق من عملية الاستقبال بنجاح عند وجود خطأ وحيد [20].

3–أهمية البحث:

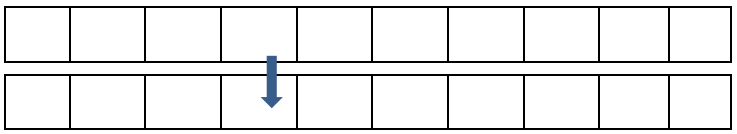
تبرز أهمية البحث في بناء نظام متسامح العطل جديد لترميز هامينغ من خلال الدراسة التفصيلية لكود هامينغ وقدرته على كشف وتصحيح الأخطاء في عملية الاتصال. حيث تم تطويره ليصبح قادرا على كشف وتصحيح الأخطاء الثنائية وهذا يعد تطويرا بارزا في بنيته وقدرته المحدودة في كشف وتصحيح الخطأ الوحيد وبالتالي زيادة وثوقية النظام. وتكمن أهمية البحث أيضا في التعديل على دارة المرمز لتصبح قادرة على تمييز الخطأ الثنائي عند حدوثه حيث تم تصميمه ومحاكاته باستخدام Matlab والمكتبة Simulink.

4– أنواع الأخطاء التي تحدث في البتات:

عند نقل البيانات لابد من حدوث أخطاء نتيجة التداخل في وسط النقل (القناة)، هذا التداخل يمكن أن يغير قيمة بت واحد أو أكثر[21],[12]، هناك نوعان من الأخطاء:

4–1 الخطأ الأحادي:

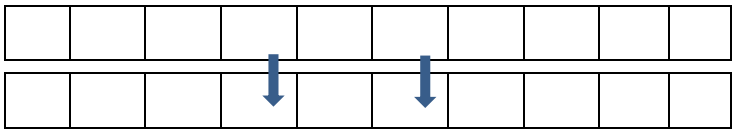
في هذا النوع من الأخطاء يتم تغيير بت واحد فقط من بتات المعطيات[10]، فإذا كان يساوي الواحد يصبح صفر وبالعكس كما في الشكل (2). أخطاء البتات المفردة هي الأقل احتمالاً في أنواع الأخطاء في نقل البيانات التسلسلية.



الشكل (2): الخطأ الأحادي

4–2 الخطأ الرشقي:

في هذا النوع يكون بتين أو أكثر في البيانات قد تغيرت من 0 إلى 1 أو العكس كما في الشكل (3). يقاس طول الخطأ الرشقي من البت الأول التالف إلى آخر بت تالف. قد لا تتلف بعض البتات البينية. الأخطاء الرشقية أكثر حدوثا في النقل التسلسلي [19]. لأن مدة الضجيج تكون عادة أطول من مدة بت واحد، مما يعني أن الضجيج يؤثر على مجموعة من البتات.



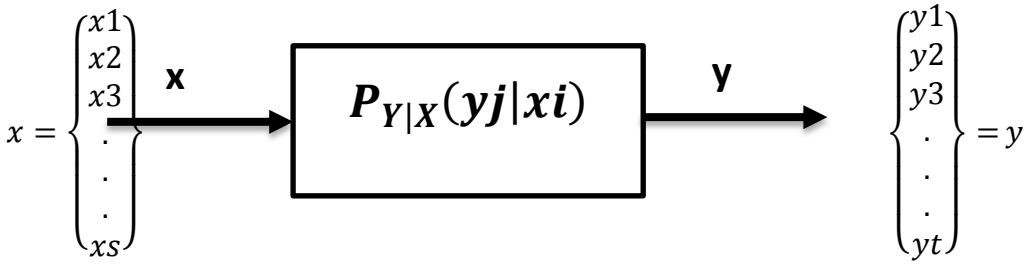
الشكل(3): الخطأ الرشقي

5-القناة:

يتم نمذجة القناة كمجموعة من توابع كثافة الاحتمال الشرطي المتعلقة بمدخلات ومخرجات القناة[4]. من أكثر القنوات النظرية شيوعًا القناة الثنائية وقناة ضجيج غاوس الأبيض المضاف (AWGN).

يتم تعريف القناة بواسطة (y، $P_{Y\,|X}(Y_j \mid X_i)$، x) كما في الشكل (4) حيث:

1. الدخل $x = \{x1, \ldots, xs\}$، حيث تشير s إلى عدد أحرف الدخل.
2. الخرج $y = \{y1, \ldots, yt\}$، حيث تشير t إلى عدد أحرف الخرج.
3. التوزيع الاحتمالي الشرطي $P_{Y\,|X}(Y_j \mid X_i)$، والذي يحدد احتمالية ملاحظ $y = y_j$ عند الخرج عند إرسال $x = x_i$، $1 \le i \le s$ ، $1 \le j \le t$ [1].

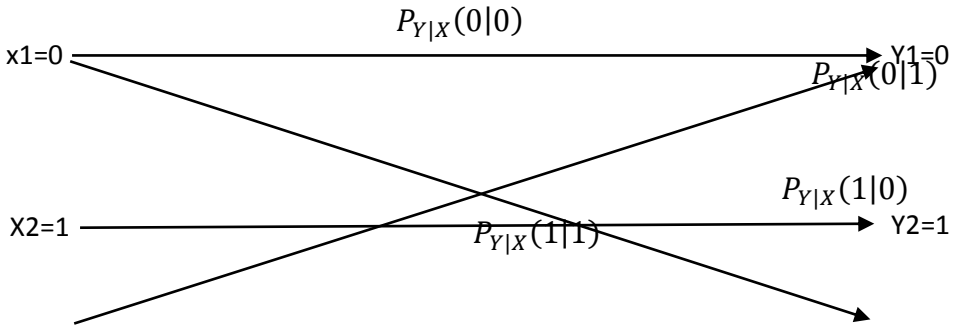


الشكل (4) : نموذج رياضي للقناة

5-1 القناة الثنائية :

هي قناة ثنائية بسيطة تحتوي رمزين للدخل0 و1، ورمزين للخرج 0 و1 كما هو موضح في الشكل (5)، يقال إن القناة الثنائية متماثلة إذا كان [1]:

$$P_{Y|X}(0|0) = P_{Y|X}(1|1)\ , P_{Y|X}(0|1) = P_{Y|X}(1|0) \qquad (1)$$

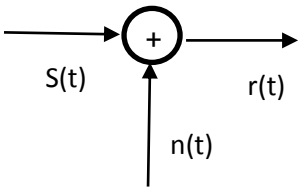


الشكل (5): تمثيل القناة الثنائية المتماثلة

2-5 قناة ضجيج غاوس المضاف :

AWGN هو نموذج ضجيج أساسي يستخدم في نظرية المعلومات لتقليد تأثير العديد من العوامل التي تؤثر على الإشارة في الطبيعة. يعطى النموذج الرياضي للإشارة المستقبلة $r(t)$ حيث الإشارة المرسلة $s(t)$ حيث تتعرض لضجيج غاوس المضاف $n(t)$ عبر قناة AWGN كما ف الشكل (6) .[2]،[7]

$$r(t) = s(t) + n(t) \qquad (2)$$



الشكل (6): تمثيل للضجيج المضاف بواسطة قناة AWGN

6- فائضية المعلومات:

تحدث الأخطاء في البيانات عند نقلها من وحدة إلى أخرى، أو من نظام إلى آخر، أو حتى أثناء تخزين البيانات في وحدة ذاكرة. لتحمل مثل هذه الأخطاء، تم اقراح طريقة تكرار البيانات ما يسمى بفائضية المعلومات. الشكل الأكثر شيوعًا لتكرار المعلومات هو الترميز، والذي يضيف بتات التكافؤ إلى البيانات، مما يسمح بالتحقق من صحة البيانات قبل استخدامها، وفي بعض الحالات، السماح بتصحيح بتات البيانات الخاطئة [5] .

6-1 تراميز كشف الأخطاء وتصحيحها:

في نظام الاتصالات، يعتبر النقل الآمن للبيانات من المرسل إلى المستقبل قضية رئيسية للغاية .[6],[9]

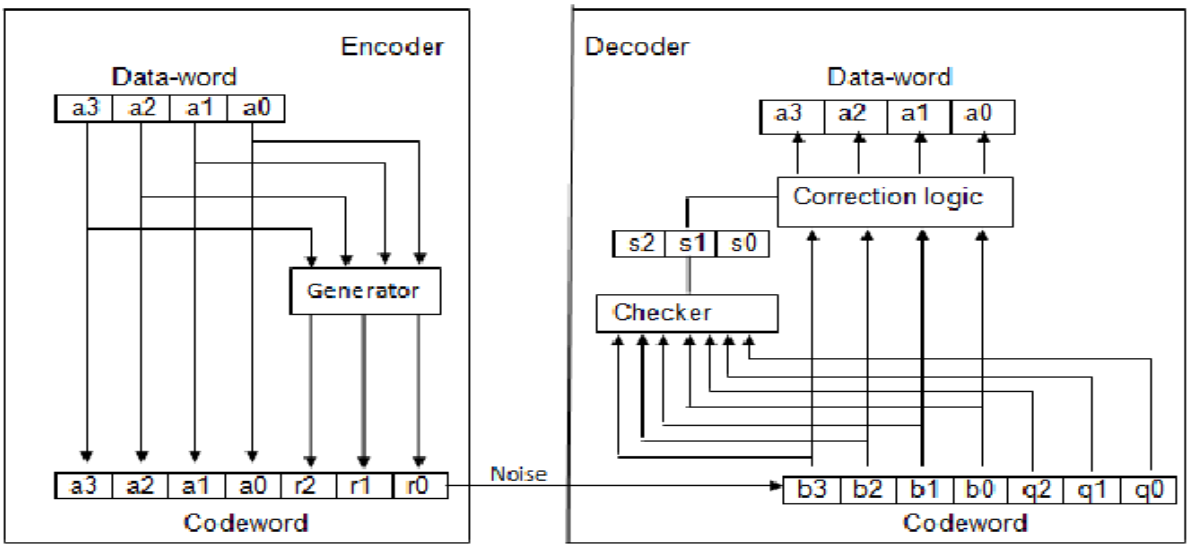
أثناء عملية الإرسال تتلف المعلومات لذلك نحصل على إشارة في جهاز الاستقبال تختلف عن إشارة المعلومات الأصلية. الفكرة الأساسية لتراميز اكتشاف الأخطاء وتصحيحها هي إضافة بعض البتات الإضافية مع الرسالة، والتي يمكن لأجهزة الاستقبال استخدامها للتحقق من الرسالة التي تم استلامها، واستعادة البيانات الأصلية منها[8].

هناك العديد من تراميز كشف وتصحيح الأخطاء التي تعتمد على إضافة بتات إلى الكلمة المرسلة ومن ثم إزالتها في مفكك الترميز للحصول على كلمة صحيحة دون وجود أخطاء منها ترميز هامينغ.

6-1-1 ترميز هامينغ:

ترميز هامينغ هو ترميز خطي لكشف وتصحيح الأخطاء أوجده ريتشارد هامينغ. يمكن أن يكتشف إلى ما يصل إلى خطأين متزامنين في البتات، وتصحيح أخطاء أحادية البت؛ وبالتالي، يكون الاتصال الموثوق ممكنًا عندما تكون مسافة هامينج بين أنماط البت المرسلة والمستقبلة أقل من أو تساوي واحدًا.

في عام 1950 قدم هامينج ترميز hamming (4,7) يقوم بترميز 4 بتات بيانات إلى7 بتات عن طريق إضافة ثلاث بتات تكافؤ كما في الشكل (7). حيث يمكنه اكتشاف الأخطاء المفردة وتصحيحها. يعد ترميز هامينج هو تحسين لطريقة التحقق من التكافؤ [15],[14],[13].



الشكل (7): بنية مرمز ومفكك ترميز هامينغ

في ترميز هامينغ يقوم المصدر بترميز الرسالة عن طريق إدخال وحدات بت زائدة في الرسالة. هذه البتات الزائدة هي بتات إضافية يتم إنشاؤها وإدراجها في مواضع محددة في الرسالة نفسها لتمكين اكتشاف الأخطاء وتصحيحها. عندما تتلقى الوجهة هذه الرسالة، فإنها تجري عمليات إعادة الحساب لاكتشاف الأخطاء والعثور على موضع البت الذي يحتوي على خطأ. إذا كان عدد البتات المرسلة X فإن عدد بتات التكافؤP تحددها العلاقة (3):

$$2^P \geq X + P + 1 \qquad (3)$$

لأربع بتات معلومات X=4، يتم الحصول على عدد بتات التكافؤP باستخدام المعادلة أعلاه. وبالتالي يلزم وجود 3 بتات تكافؤ لـ 4 بتات معلومات ويتم وضع بتات التكافؤ الأربع هذه في المواقع من القوة 2.عملية الترميز تتم وفق الاتي [1]:

1. تضاف بتات التكافؤ P إلى كلمة بيانات X–bit، لتشكل كلمة ترميز من بتات X + P.
2. يتم ترقيم مواضع البتات بالتسلسل من 1 إلى X + P.
3. المواقع التي توافق القوة 2، محجوزة لبتات التكافؤ والبتات المتبقية هي بتات بيانات.
4. يتم حساب بتات التكافؤ من خلال عملية XOR لبعض مجموعات بتات البيانات.

يتم حساب بتات التكافؤ على النحو الآتي [16]:

P1 = XOR of bit positions (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13…)

P2 = XOR of bit positions (2, 3, 6, 7, 10, 11…)

P4 = XOR of bit positions (4, 5, 6, 7, 13….)

P8 = XOR of bit position (8, 9, 10, 11, 12, 13…)

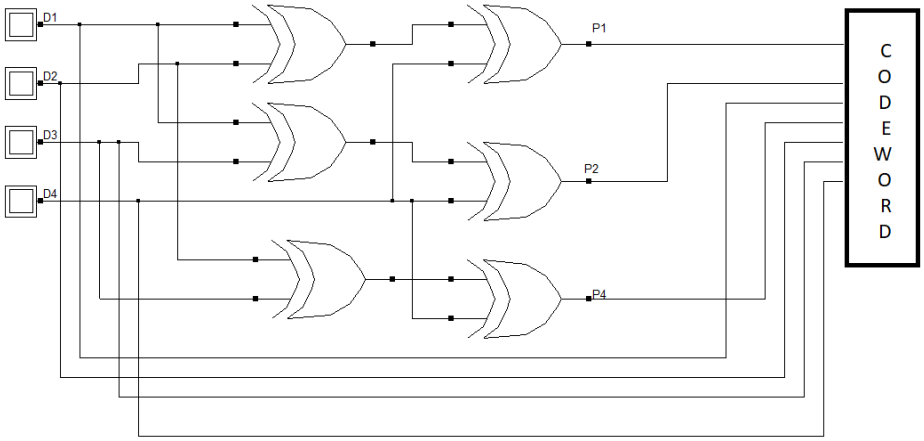
أما عملية فك ترميز الرسالة في هامينغ تتم وفق الآتي:

يتلقى جهاز الاستقبال الرسائل الواردة التي تتطلب إجراء عمليات إعادة الحساب للعثور على الأخطاء وتصحيحها. تتم عملية إعادة الحساب في الخطوات التالية [1]:

1. حساب عدد البتات الزائدة باستخدام نفس طريقة الترميز.
2. تحديد المواقع بشكل صحيح لجميع البتات الزائدة ليتم إزالتها.
3. فحص التكافؤ.

6-1-1-1 دارة المرمز:

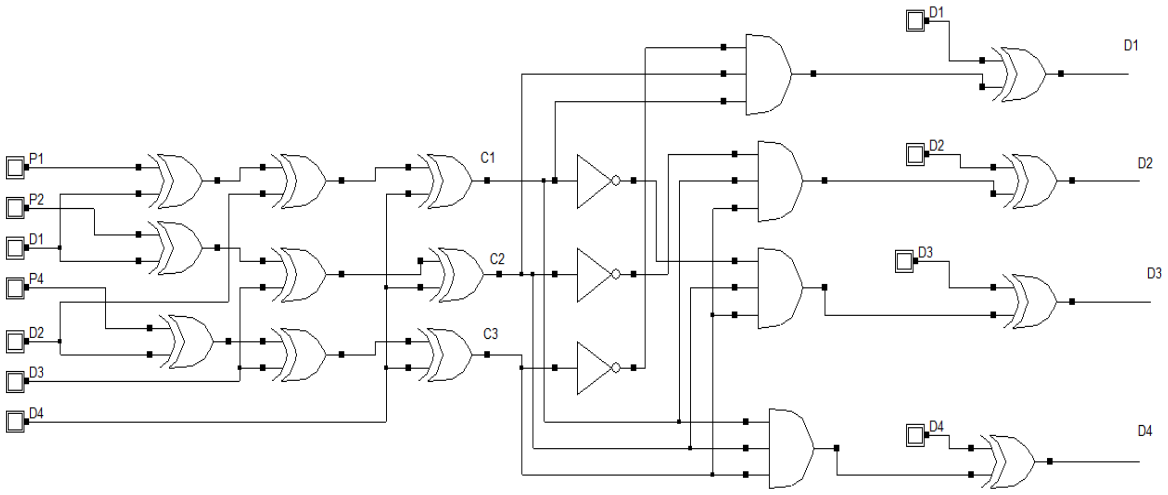
يتم تطبيق كلمة البيانات كمدخل لدائرة التشفير التي تقوم بعمليات XOR على كلمة البيانات المعطاة، وبالتالي يتم إنشاء بتات التكافؤ المطلوبة من مولد بت التكافؤ. تشكل بتات التكافؤ وبتات البيانات معًا الكلمة المرمزة. ويبين الشكل (8) دارة ترميز هامينغ لكلمة بيانات من 4 بتات[16].



الشكل (8): دارة ترميز هامينغ لكلمة بيانات من 4 بتات

6-1-1-2 دارة مفكك الترميز:

يظهر في الشكل (8) دائرة مفكك ترميز هامينغ لكلمة بيانات 4 بت. تتكون الدائرة من 3 إلى8 وحدات فك ترميز وبوابات XOR. في هذه الدارة، يتم تطبيق كلمة الترميز كدخل ثم يتم إنشاء بتات الفحص بواسطة مولد. اعتماداً على خوارزمية التصحيح، حيث سيتم اكتشافها أو تصحيحها[16].



الشكل (9): دائرة مفكك ترميز هامينغ لكلمة بيانات 4 بت.

7-التصميم المقترح:

7-1 منهجية التصميم:

تم استخدام المنهجية افي الشكل (10) في التصميم:

الشكل (10): المخطط الصندوقي لمنهجية التصميم

7-1-1 بنية هامينغ التقليدية باستخدام Communications system toolbox:

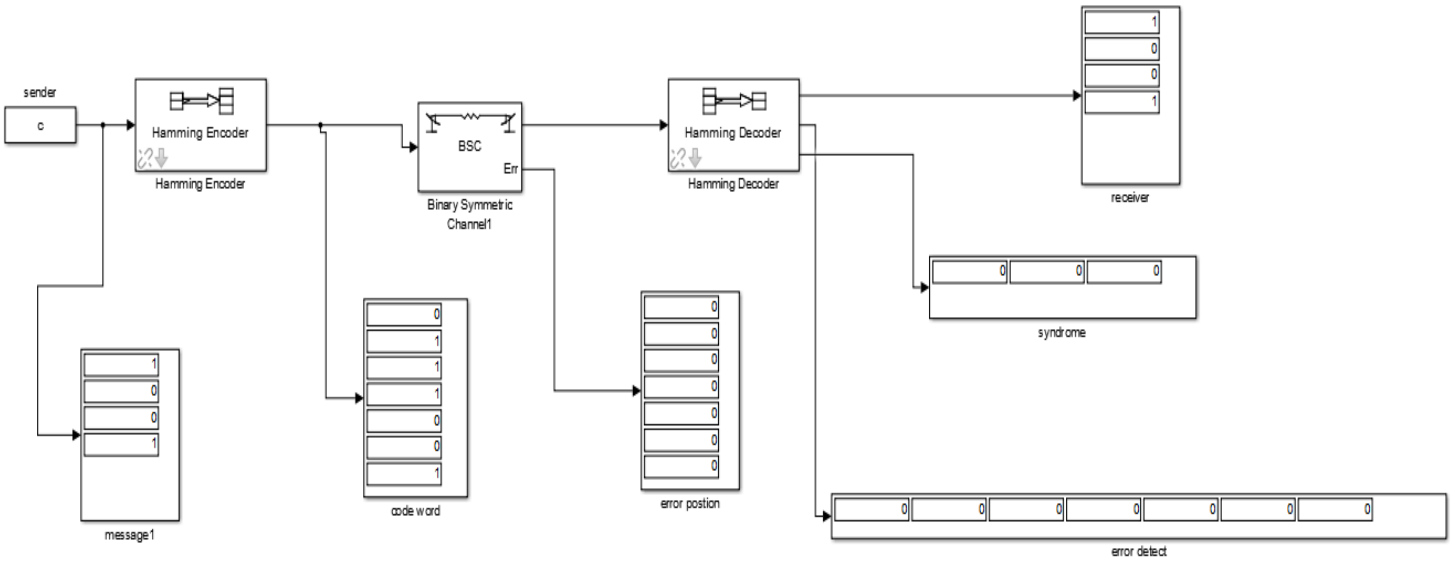
تم محاكاة ترميز هامينغ باستخدام الأداة SIMULNK حيث تم استخدام المرمز ومفكك الترميز في مكتبة communications system toolbox ونقل البيانات في ثلاث حالات.

الحالة الأولى: عند عدم وجود ضجيج في القناة:

يبين الشكل (11) إرسال كلمة المعطيات بشكل صحيح من المرسل الى المستقبل عبر القناة دون وجود أخطاء في البتات المرسلة. نلاحظ أن الـ syndrome تساوي الصفر دلالة على عدم وجود أخطاء في القناة. وتظهر نتائج المحاكاة في الجدول (1).

الجدول (1): نتائج ترميز هامينغ باستخدام مكتبة communications system toolbox عند عدم وجود خطأ

Sending Data				Code word	Decoded data	syndrome	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1001	0111001	1001	000	0	0			0	



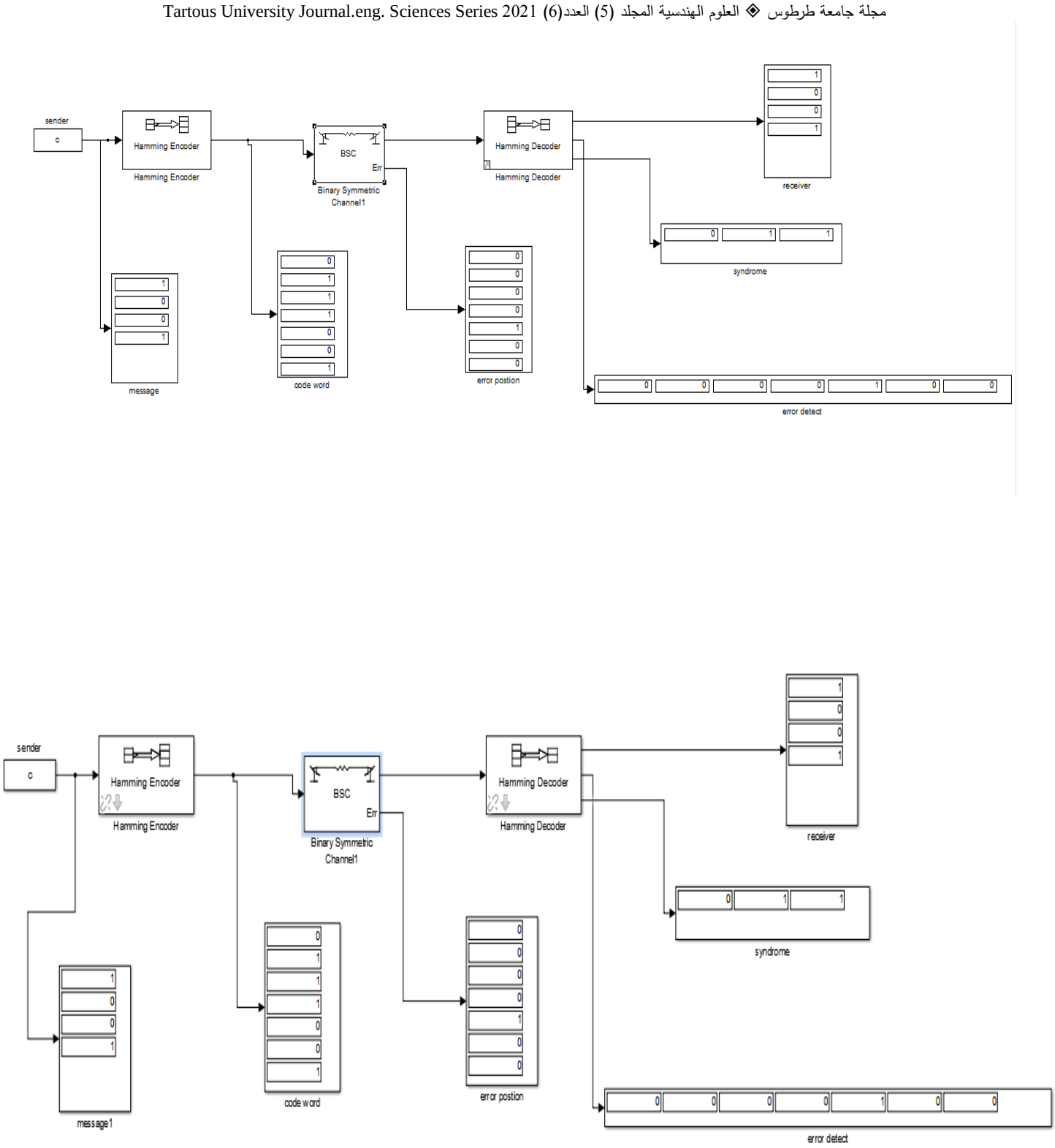
الشكل (11): ترميز هامينغ باستخدام مكتبة communications system toolbox عند عدم وجود خطأ

الحالة الثانية: عند وجود خطأ وحيد:

تتعرض الكلمة المرمزة هنا لضجيج داخل القناة بالتالي يؤدي ذلك الى حدوث تبديل أحد البتات من 0 إلى 1 أو بالعكس. يستطيع مفكك الترميز تصحيح الخطأ ويدل syndrome على موقع حدوث الخطأ في البت الثالث من الكلمة المرسلة كما هو موضح في الشكل (12). ويبين الجدول (2) نتائج المحاكاة والقدرة على كشف الخطأ الوحيد وتصحيحه.

الجدول (2): نتائج ترميز هامينغ باستخدام مكتبة communications system toolbox عند وجود خطأ وحيد

Sending Data	Code word	Decoded data	syndrome	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1001	0111001	1001	011	1	1	1



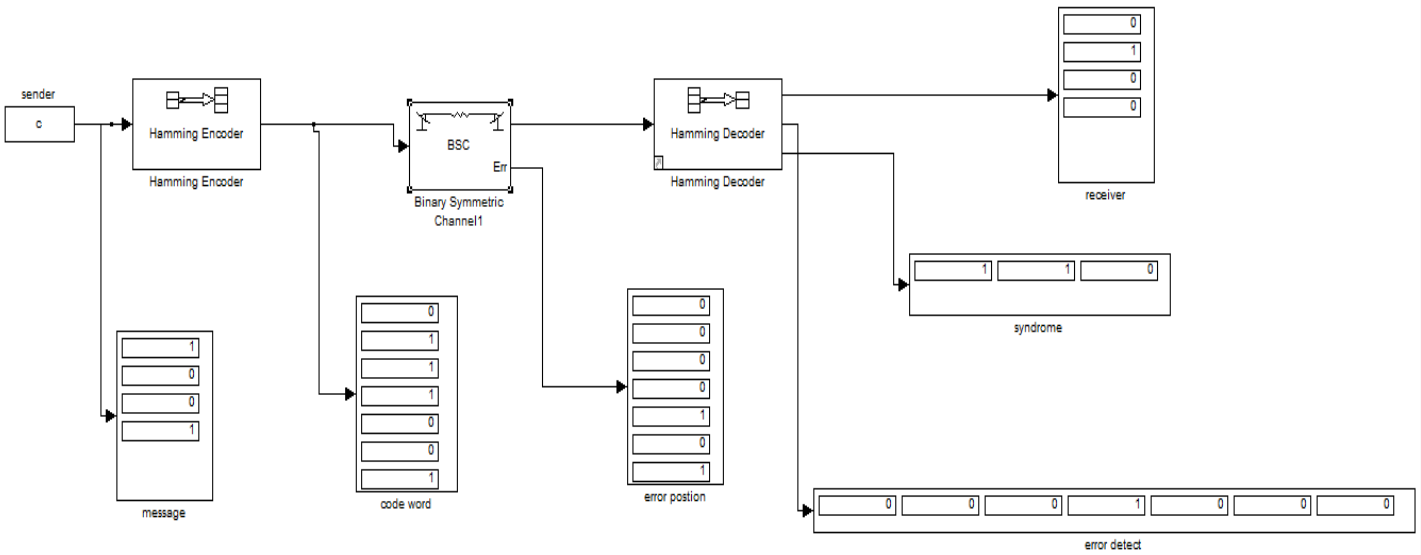
الشكل (12): ترميز هامينغ باستخدام مكتبة communications system toolbox عند وجود خطأ وحيد

الحالة الثالثة: عند وجود خطأين أو أكثر :

يبين الشكل (13) ترميز هامينغ عند وجود خطأين في الكلمة المرمزة لا يستطيع مفكك الترميز تصحيح هذين الخطأين بالتالي سيتم استقبال كلمة خاطئة وsyndrome يدل على موقع خاطئ فعند عكس قيمة هذا البت تبقى الكلمة المستقبلة خاطئة مما يدل على عدم قدرته على تصحيح أكثر من خطأ وحيد. ويظهر هذا واضحا في النتائج المبينة في الجدول (3).

الجدول (3): نتائج ترميز هامينغ باستخدام مكتبة communications system toolbox عند وجود خطأ ثنائي

Sending Data	Code word	Decoded data	syndrome	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1001	0111001	1001	110	2	0	0



الشكل (13): ترميز هامينغ باستخدام مكتبة communications system toolbox عند وجود خطأ ثنائي

7-1-2 الدارة المنطقية لترميز هامينغ التقليدي:

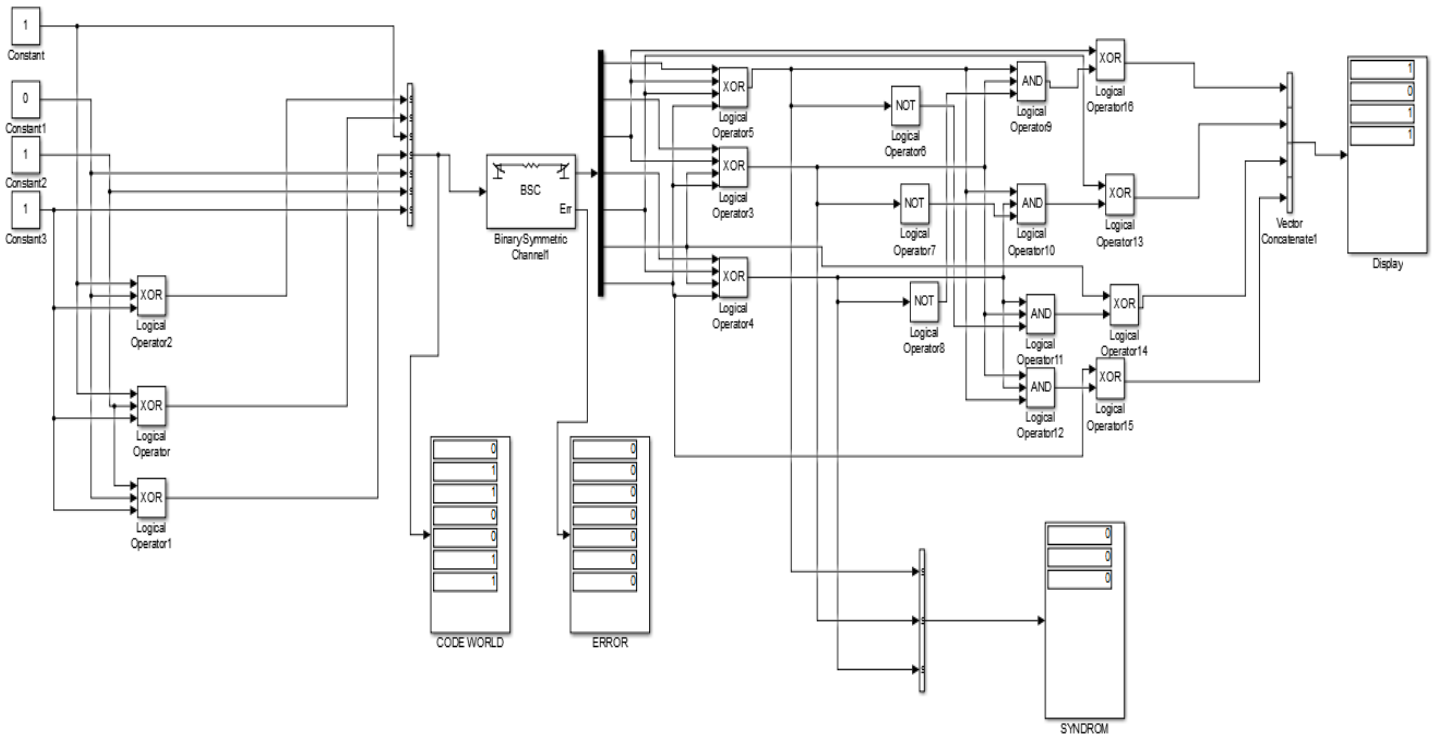
تم تطبيق دارة مرمز ومفكك ترميز هامينغ التقليدي حيث تم في المرمز ترميز 1011 وإضافة بتات التكافؤ لتصبح الكلمة المرمزة 0110011 وإرسالها عبر قناة BSC. حيث تمت المحاكاة في ثلاث حالات:

الحالة الأولى: عدم وجود خطأ

يبين الشكل (14) حالة نقل الكلمة عبر القناة دون إضافة خطأ للكلمة المرسلة تم استقبال الكلمة في مفكك الترميز واستخراج بتات المعطيات منها حيث SYNDROME=000 وهذا يدل على عدم حدوث الخطأ كما هو مبين في الجدول (4).

الجدول (4): نتائج ترميز هامينغ التقليدي باستخدام الدارة المنطقية عند عدم وجود خطأ

Sending Data	Code word	Decoded data	syndrome	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1011	0110011	1011	000	0	0	0



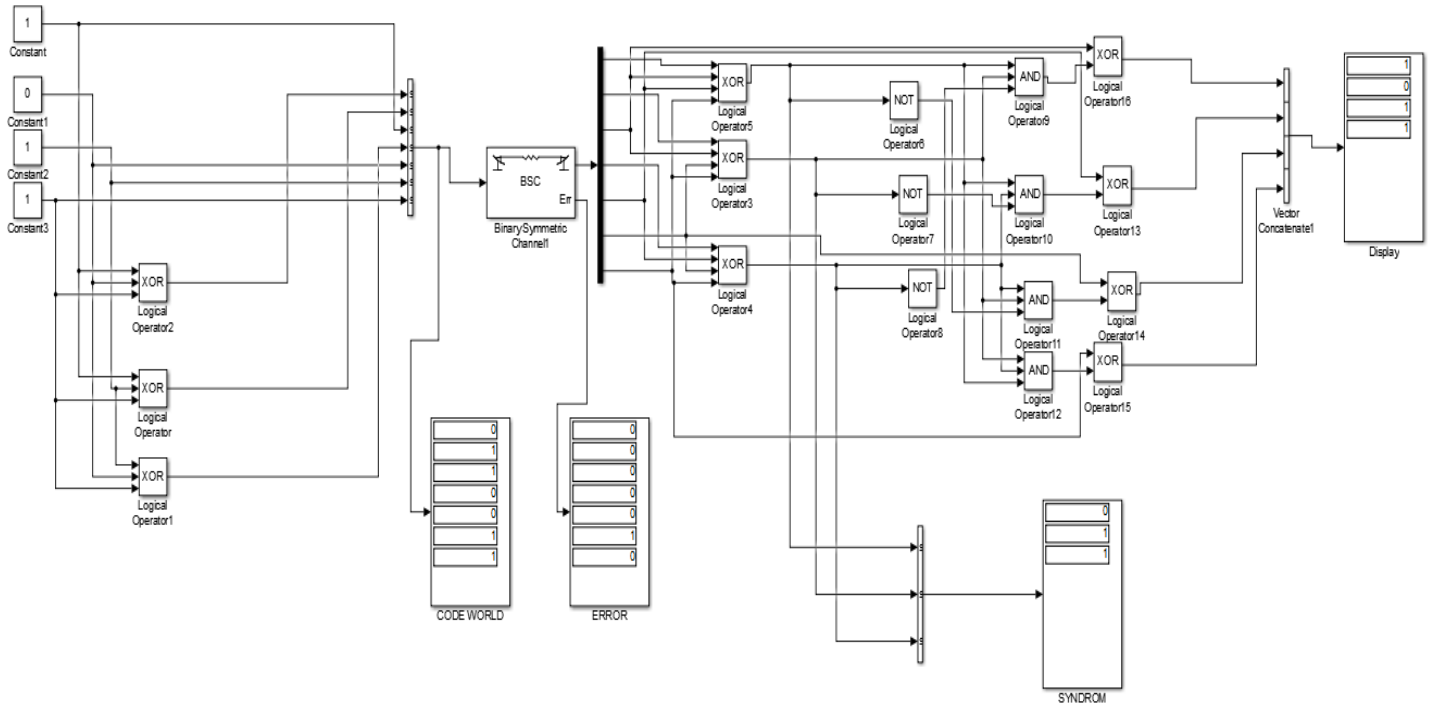
الشكل (14): ترميز هامينغ التقليدي باستخدام الدارة المنطقية عند عدم وجود خطأ

الحالة الثانية: وجود خطأ وحيد

تم نقل الكلمة عبر القناة مع إضافة خطأ وحيد للكلمة المرسلة تم استقبال الكلمة في مفكك الترميز واستخراج بتات المعطيات منها بعد كشف الخطأ وتصحيحه حيثSYNDROME=011 وهذا يدل على حدوث الخطأ في الموقع 3 كما هو مبين في الشكل (15) والنتائج في الجدول (5).

الجدول (5): نتائج ترميز هامينغ التقليدي باستخدام الدارة المنطقية عند وجود خطأ وحيد

Sending Data	Code word	Decoded data	syndrome	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1011	0110011	1011	011	1	1	1



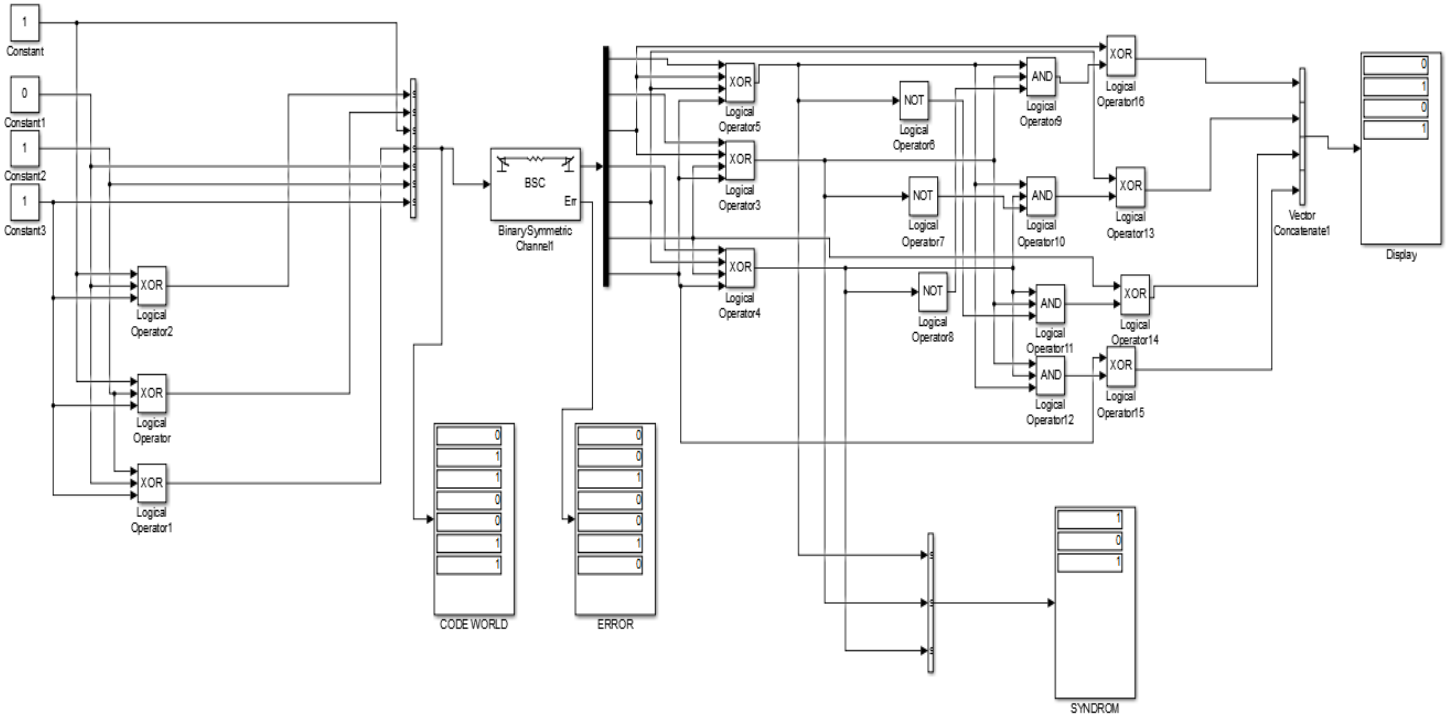
الشكل (15): ترميز هامينغ التقليدي باستخدام الدارة المنطقية عند وجود خطأ وحيد

الحالة الثالثة: وجود خطأ مزدوج

تم نقل الكلمة عبر القناة مع إضافة خطأ مزدوج للكلمة المرسلة تم استقبال الكلمة في مفكك الترميز واستخراج بتات المعطيات منها دون القدرة على كشف الخطأ أو تصحيحه حيث SYNDROME تحدد موقع خاطئ لحدوث الخطأ وبالتالي الكلمة المستلمة خاطئة كما في الشكل (16). كما تظهر لدينا نتائج المحاكاة في الجدول (6).

الجدول (6): نتائج ترميز هامينغ التقليدي باستخدام الدارة المنطقية عند وجود خطأ ثنائي

Sending Data	Code word	Decoded data	syndrome	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1011	0110011	1011	101	2	0	0



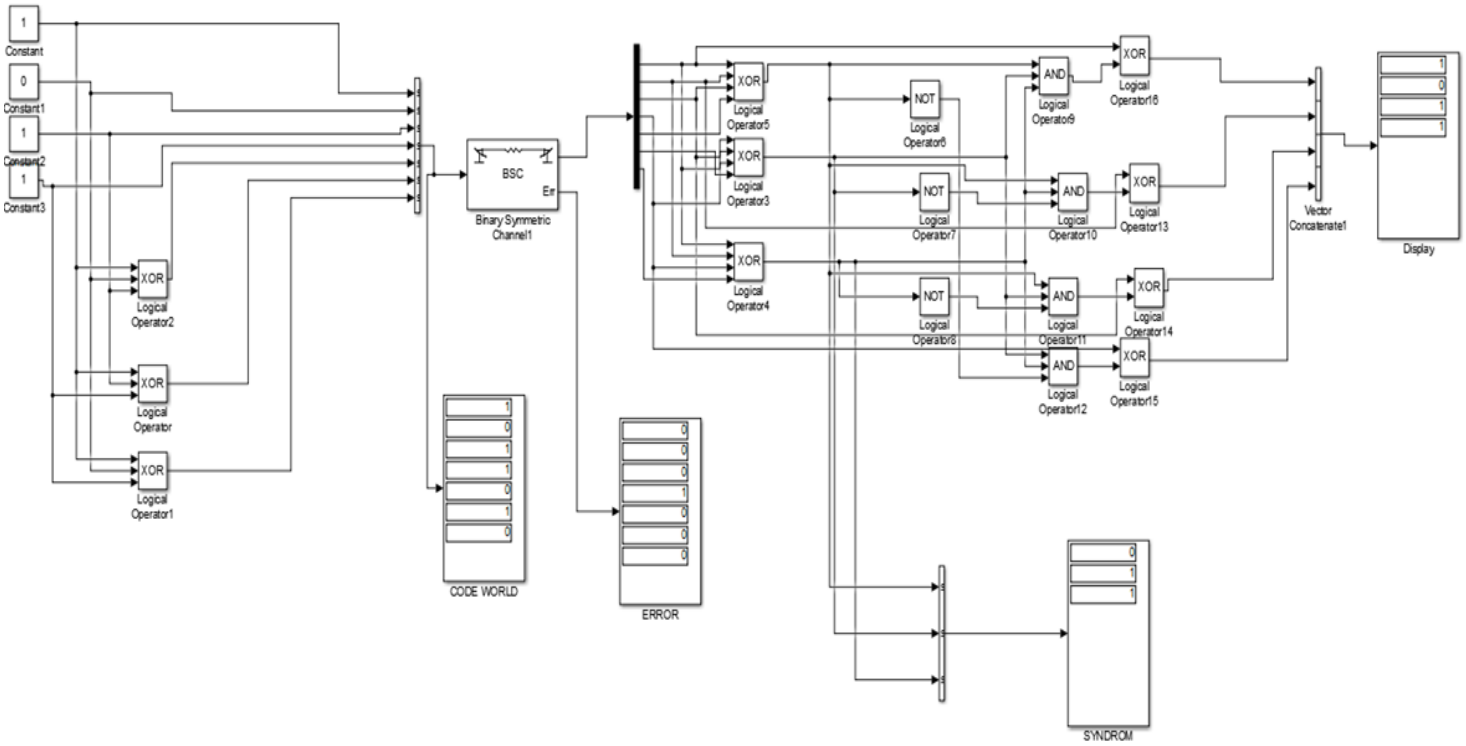
الشكل (16): ترميز هامينغ التقليدي باستخدام الدارة المنطقية عند وجود خطأ ثنائي

7-1-3 تغيير موقع بتات التكافؤ:

تم أجراء تعديل على ترميز هامينغ في كثير من الدراسات الحديثة حيث تبين أن وضع بتات التكافؤ بعد بتات المعلومات تسهل عملية كشف وتصحيح الأخطاء كما في الشكل (17) حيث حصلنا على نفس الكلمة المرمزة في ترميز هامينغ التقليدي مع اختلاف في مواقع البتات فقط وبقيت القدرة على تصحيح الخطأ الوحيد نفسها كما هو مبين في الجدول (7).

الجدول (7): نتائج ترميز هامينغ بعد تغيير مواقع بتات التكافؤ عند وجود خطأ وحيد

Sending Data	Code word	Decoded data	syndrome	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1011	1011010	1011	011	1	1	1



الشكل (17): ترميز هامينغ بعد تغيير مواقع بتات التكافؤ عند وجود خطأ وحيد

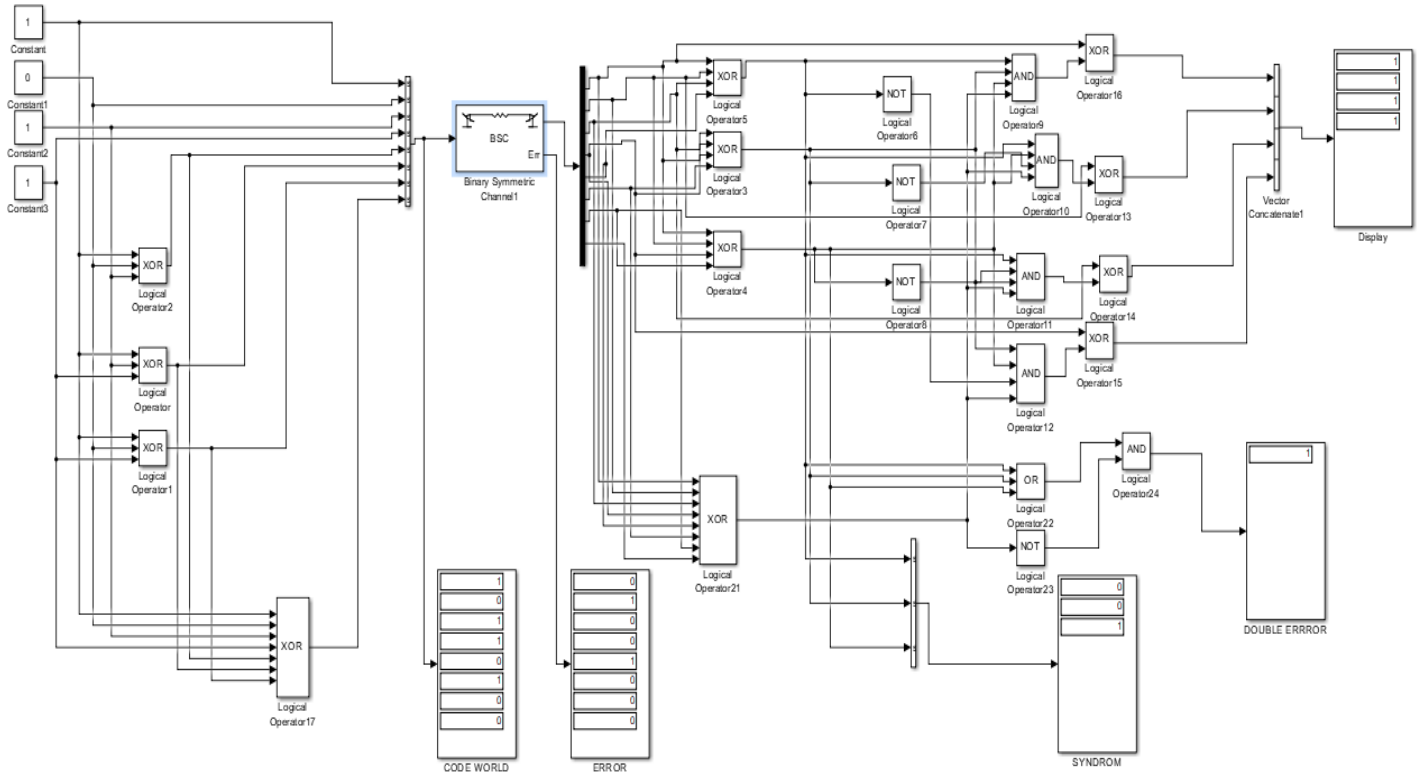
7-1-4 بنية هامينغ المقترحة لكشف الخطأ الثنائي:

من أهم مشاكل ترميز هامينغ هو أن الدارة قادرة على كشف الخطأ الأحادي وتصحيحه وتحديد موقعه بواسطة Syndrome ولكن عند حدوث خطأ ثنائي فليس هناك طريقة لتمييز الخطأ الثنائي. لذا تم التعديل

على المفكك لكي يظهر لدينا وجود الخطأ الثنائي عن طريق إضافة بت تكافؤ للكلمة المرمزة. فعند وجود خطأ ثنائي سوف يكون error double=1 كما في الشكل (18) ويظهر الجدول (8) نتائج المحاكاة في هذه الحالة .

الجدول (8): نتائج ترميز هامينغ المقترح وقدرته على كشف خطأ ثنائي

Sending Data	Code word	Decoded data	syndrome	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1011	10110100	1111	100	2	2	1



الشكل (18): ترميز هامينغ المقترح وقدرته على كشف خطأ ثنائي

5-1-7 بنية هامينغ المقترحة لكشف وتصحيح الأخطاء الثنائية والأحادية:

تبقى المشكلة الأهم في ترميز هامينغ هو عدم قدرته على تصحيح الخطأ الثنائي وهذه مشكلة أساسية تؤثر على وثوقية النظام وقد تم حلها بالبنية المقترحة في الشكل (19). هنا تم تطوير البنية السابقة لتسطيع تصحيح الخطأ الثنائي أيضا عن طريق إضافة بت تكافؤ إضافي في المرمز مع بت التكافؤ الكلي بالتالي تصبح الكلمة المرمزة عبارة عن 9 بتات مع التعديل على مواقع هذه البتات لنتمكن من تصحيح الخطأ الثنائي.

أما في دارة مفكك الترميز يتم فك ترميز الكلمة المستقبلة مع تصحيح الخطأ الثنائي عن طريق بت التكافؤ الإضافي وعن طريق إضافة دارة للتصحيح وكشف الخطأ الثنائي عن طريق دارة مكونة من البوابات التالية (OR,NOT,AND) ويكون دخلها بتات التكافؤ الأربعة S0,S1,S2,S3 مع بت التكافؤ الكلي ST حيث تمثل المعادلة (4) خرج هذه الدارة حيث تعطي 1 عند وجود خطأ ثنائي وتمثل المعادلة (5) موقع حدوث الخطأ الأحادي .

$$DOUBLE\ ERROR = (S0 + S1 + S2 + S3).\overline{ST} \quad (4)$$

SYNDROME=S=S3 S2 S1 S0

(5)

وهنا لدينا ثلاث حالات:

1. S= 0 و double error=0 بالتالي لا يوجد خطأ.
2. S ≠0 و double error=0 بالتالي يوجد خطأ أحادي وسيتم تصحيحه.
3. S ≠0 و double error=1 بالتالي يوجد خطأ ثنائي وسيتم تصحيحه.

يظهر الجدول (9) حالات متعددة من كلمات البيانات المرسلة وحالات متعددة من عدد الأخطاء وأماكن تواجدها مبينا قدرة هذا التصميم المقترح على التسامح مع خطأين وبالتالي زيادة وثوقية ترميز هامينغ على الرغم من زيادة كلمة الترميز بتين إضافيين إلا أن ذلك لم يؤثر تأثيرا كبيرا على حجم المعطيات المرسلة والمستقبلة وبقي أداء النظام مستقرا مع تحسن في وثوقيته وتصحيحه للأخطاء فاحتمالية حدوث الأخطاء زادت مع ذلك أصبح النظام قادراً على تصحيح خطأين معاً.

الجدول (9): نتائج ترميز هامينغ المقترح وقدرته على كشف خطأ ثنائي وتصحيحه

Sending Data	Code word	Received code word	Decoded data	syndrome	Double error	Number of error	Number of Detected error	Number of corrected error
1011	101101000	101101000	1011	0000	0	0	0	0
1011	101101000	101111000	1011	1000	0	1	1	1
1011	101101000	101111001	1011	1000	1	2	2	2
1001	100110010	100110111	1001	0010	1	2	2	2
0001	000101110	000110110	0001	1100	1	2	2	2

8- الاستنتاجات والتوصيات :

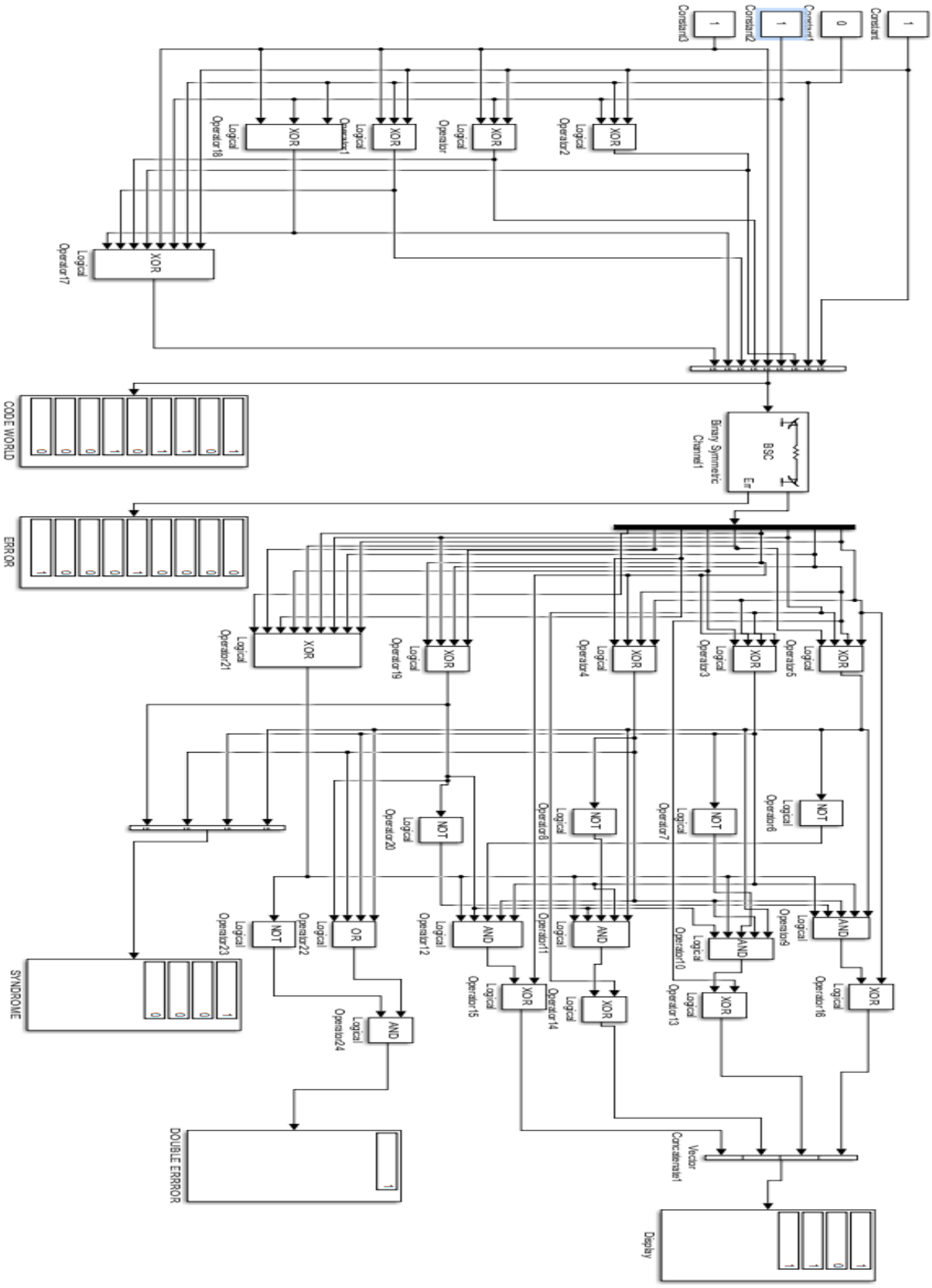
في هذا البحث، تم عرض الدراسة التفصيلية للترميز هامينغ حيث استخدمنا MATLAB للتصميم والمحاكاة.وتم اقتراح بنية جديدة لتحسن ترميز هامينغ ليصبح قادرا على اكتشاف خطأ ثنائي وتصحيحه.

وكدراسات مستقبلية نوصي بالتالي:

1- التعديل على هذه البنية لتصبح قادرة على كشف أخطاء ثلاثية أو أكثر.

2- التحسين من قدرته على تصحيح الأخطاء.

3- النمذجة والمحاكاة باستخدام VHDL ليتم تطبيقها على شريحة FPGA.



الشكل (19): ترميز هامينغ المقترح لكشف خطأ ثنائي وتصحيحه

9- المراجع العلمية:

[1] Moser, S. M., & Chen, P. N. (2012). *A student's guide to coding and information theory*. Cambridge University Press.

[2] Cover, T. M., & Thomas, J. A. (1991). Information theory and statistics. *Elements of Information Theory*, *1*(1), 279-335.

[3]Huffman, W. C., & Pless, V. (2010). *Fundamentals of error-correcting codes*. Cambridge university press.

[4] Devroye, N. (2010). Information theoretical limits on cognitive radio networks. In *Cognitive Radio Communications and Networks* (pp. 307-333). Academic Press.

[5] Dieckmann, A., & Rieskamp, J. (2007). The influence of information redundancy on probabilistic inferences. *Memory & Cognition*, *35*(7), 1801-1813.

[6] أسعد، محمد؛ صارم، عامر .(2018)،إقتراح خوارزمية تشفير جديدة تسبق خوارزمية التشفير RSA.مجلة جامعة طرطوس للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (2)العدد(3,2,1).

[7] Dixon, R. (1998). *Radio receiver design* (Vol. 104). CRC Press.

[8] Pothare, P., Ambatkar, P., Patre, P., Padole, K., Lende, S., & Belekar, A. (2015). Hamming code for single bit error detection & error correction with Even Parity using VHDL. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, *4*(1), 262-265.

[9]Gupta, B. K., Dua, R. L., & Raju, B. S. N. (2012). 30 bit Hamming code for Error Detection and correction with Odd parity Method using VHDL. *International Journal of Computer Science And Communication (ISSN: 0973-7931) volume III Number I.*

[10] عيسى، سالي،(2019)، *اختبار الدارات الرقمية اعتمادا على أنظمة المناعة الاصطناعية*، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات التعلمية، سلسلة العلوم الهندسية المجلد (الثالث) العدد (الرابع).

[11] Sheng-Ju, S. (2015, December). Implementation of cyclic redundancy check in data communication. In *2015 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)* (pp. 529-531). IEEE.

[12] عيسى، سالي،(2020)، *تشخيص الاخطاء في الدارات الرقمية بالاعتماد على أنظمة المناعة الاصطناعية* ، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات التعلمية، سلسلة العلوم الهندسية المجلد (الرابع) العدد (التاسع).

[13] Stojcev, M. (2005). Data Communications and Networking, Behrouz A. Forouzan, McGraw-Hill Higher Education, Boston (2003), Softcover, pp. 973, plus XXXIV, ISBN: 0-07-251584-8.

[14] Hekmat, S. (2005). Communication networks. *PragSoft Corporation", USA*.

[15] Xilinx, I. S. E. (8). Software Manuals and Help: http://www. eng. uwaterloo. ca/~ tnaqvi/downloads/DOC/s d192. *ISE8_1i_manuals. pdf*.

[16] Mokara, D., Naidu, S., & Gupta, A. K. (2017). Design and Implementation of Hamming Code using VHDL & DSCH. *Int J Latest Eng Res Appl (IJLERA)*, *2*(11), 33-40.

[17] صالح، سوزي،(2020)، *تصميم و تحليل اداء دارة جامع كامل متسامح العطل باستخدام تقنيتي CMOS و GDI*، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات التعلمية، سلسلة العلوم الهندسية المجلد (الرابع) العدد (الرابع).

[18] Kumar, R., & Gupta, A. (2011). *VLSI Implementation of Block Error Correction Coding Techniques* (Doctoral dissertation).

[19] Kumar, U. K., & Umashankar, B. S. (2007, February). Improved hamming code for error detection and correction. In *2007 2nd International Symposium on Wireless Pervasive Computing*. IEEE.

[20] Parvez, A. S., Rahman, M. M., Podder, P., Hossain, M., & Islam, M. A. (2019). Design and Implementation of Hamming Encoder and Decoder Over FPGA. In *International Conference on Computer Networks and Communication Technologies* (pp. 1005-1022). Springer, Singapore.

[21] صالح، سوزي،(2019)، *تحليل وتقييم أداء دارة جامع كامل لبت واحد مصنعة وفق تقنية Static CMOS وتقنية GDI وأثر تغير التكنولوجيا المستخدمة في التصنيع على الاداء*، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات التعلمية، سلسلة العلوم الهندسية المجلد (الثالث) العدد (الرابع).