

المعهد العالي للصناعة بمصراته
قسم الهندسة الإلكترونية
شعبة الحاسوب

تصميم دوائر رقمية لترتيب البيانات باستخدام خوارزميات الترتيب

ملخص لمشروع تخرج مقدم للاستكمال الجزئي لنيل درجة البكالوريوس

إعداد:

عمر إبراهيم غلييب

إشراف:

أ. هدى بدرالدين أبوغرسة

العام الجامعي 2009 ف

1. مقدمة

في ظل التقدم العلمي والتطور الهائل في مجال الحاسب والالكترونيات الرقمية زاد التوجه مؤخراً نحو الاعتماد عليها في إنجاز بعض العمليات البرمجية، ولهذا يهدف هذا المشروع إلى تصميم دوائر ترتيب البيانات بالكيان المادي Hardware فقط دون استعمال أي برمجيات وذلك اعتماداً على بعض خوارزميات الترتيب المعروفة حيث تم تطبيقها لتصميم الدوائر المطلوبة، تم في هذا المشروع تصميم دوائر رقمية لترتيب البيانات باستخدام خوارزميتي الترتيب الفقاعي والترتيب بالإدراج.

2. خوارزميات الترتيب

تعتبر عملية ترتيب البيانات إحدى أكثر العمليات استعمالاً في أغلب نظم البرمجة حيث تظهر أهميتها في نواحي عديدة مثل عمليات البحث وغيرها. يتناول هذا الفصل التعريف بمعنى الخوارزميات ثم شرح لأشهر خوارزميات الترتيب المعروفة مع الأمثلة.

تعرف الخوارزمية على إنها خطوات إجرائية معرفة جيداً حيث تخصص قيم معينة كدخل وتنتج قيم أخرى كخرج. أي أنها تسلسل الخطوات الذي يصف خطوات الحل أو خطوات الحصول على الخرج المطلوب من الدخل المعطى.

تعرف خوارزمية الترتيب بأنها الخوارزمية التي تقوم بتنظيم مجموعة عناصر أو بيانات حسب ترتيب محدد، يوجد العديد من الخوارزميات المعروفة منها خوارزمية الترتيب الفقاعي، الترتيب بالإدراج الترتيب بالحشر، الترتيب السريع وغيرها. فيما يلي شرح لخوارزميتي الترتيب الفقاعي والترتيب بالإدراج.

1.2 الترتيب الفقاعي

خوارزمية الترتيب الفقاعي Bubble Sort Algorithm و هي إحدى أشهر وأبسط خوارزميات الترتيب. وتعتمد فكرة هذه الخوارزمية على القيام بمقارنة أول عنصر مع العنصر الثاني واستبداله إذا كان العنصر الثاني أكبر من العنصر الأول (عند الترتيب التنازلي)، بعد ذلك تتم مقارنة ثاني عنصر مع العنصر الثالث ويتم الاستبدال إذا كان العنصر الثالث أكبر من العنصر الأول وهكذا حتى تنتهي العناصر. ويتم تكرار هذه الدورة عدة مرات حتى آخر دورة كاملة لا يوجد فيها أي عملية استبدال. الخطوات التالية توضح خوارزمية الترتيب الفقاعي تصاعدياً لمصفوفة بيانات x بها عدد n من العناصر تبدأ من العنصر $x[0]$ إلى العنصر $x[n-1]$:

1. البداية.

2. اجعل $i=n-1$

3. اجعل علم التبديل Swapped=False.

4. اجعل $j=0$.

5. إذا كان $x[j]>x[j+1]$ بدل العنصرين واجعل Swapped=True.

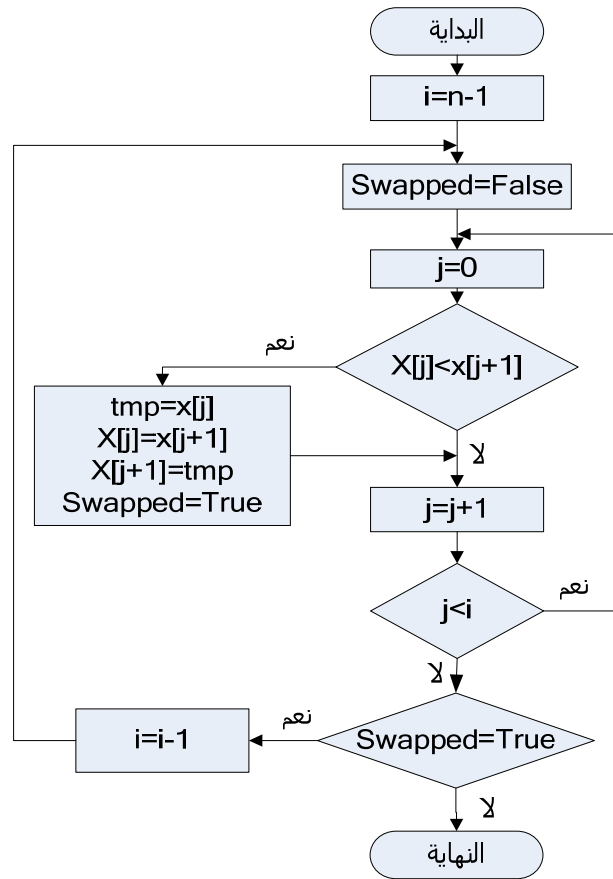
6. اجعل $j=j+1$.

7. إذا كان $j<i$ اذهب إلى الخطوة (5).

8. إذا كان Swapped=True اجعل $i=i-1$ و اذهب إلى الخطوة (3)

9. النهاية.

الشكل (1) يوضح المخطط الانسيابي لخوارزمية الترتيب الفقاعي.



شكل (1) المخطط الانسيابي لخوارزمية الترتيب الفقاعي

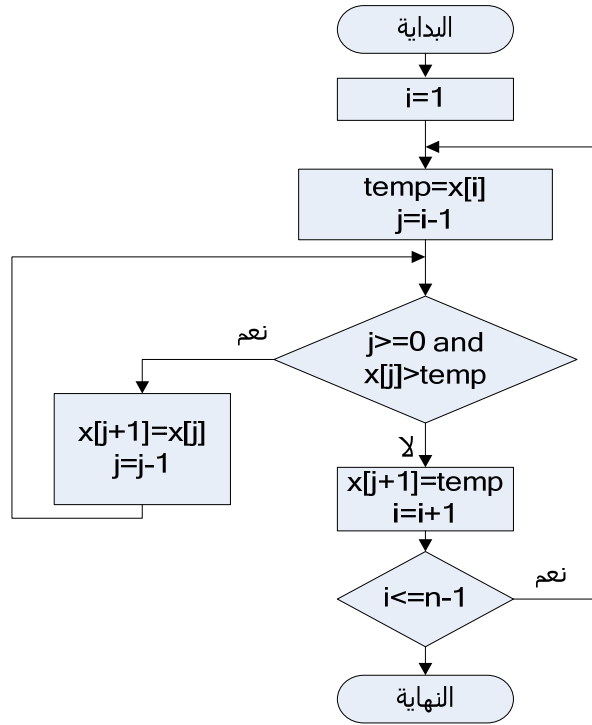
2.2 الترتيب بالحشر أو الإدراج

تتلخص خوارزمية الترتيب بالحشر Insertion sort على اعتبار أن الترتيب من تصاعدي في مقارنة العنصر الثاني مع العنصر الذي قبله فإذا كان أصغر يتم تبديل العنصرين. ثم مقارنة العنصر الثالث مع العنصر الذي قبله فإذا كان المقارن أصغر من العنصر المقارن معه تتم عملية مقارنة أخرى وهي مقارنة العنصر الثالث مع العنصر الأول وهنا إذا كان العنصر المقارن أكبر من العنصر المقارن معه نقوم بعملية حشر ذلك العنصر بعد هذا العنصر مباشرة. تتم إعادة هذه الخطوات مع مراعاة البداية بالعنصر التالي في كل مرة.

الخطوات التالية توضح خوارزمية الترتيب بالحشر تصاعدياً لمصفوفة بيانات x بها عدد n من العناصر تبدأ من العنصر $x[0]$ إلى العنصر $x[n-1]$:

1. البداية.
2. اجعل $i=1$.
3. اجعل $temp=x[i]$ واجعل $j=i-1$.
4. إذا كانت $j \geq 0$ و $x[j] > temp$ انتقل إلى الخطوة (5) وإلا انتقل إلى الخطوة (7).
5. اجعل $x[j+1]=x[j]$.
6. اجعل $j=j-1$ وانتقل للخطوة 4.
7. اجعل $x[j+1]=temp$ واجعل $i=i+1$.
8. إذا كان $i \leq n-1$ اذهب إلى الخطوة (3)
9. النهاية.

الشكل (2) يوضح المخطط الانسيابي لخوارزمية الترتيب بالإدراج.

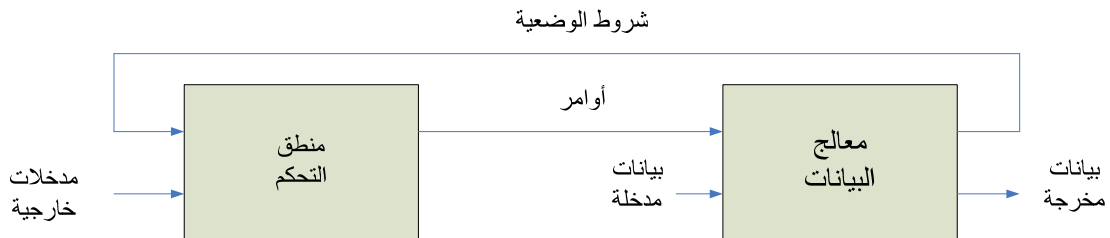


شكل (2.1) المخطط الانسيابي لخوارزمية الترتيب بالإدراج

3. آلات الحالة الخوارزمية

يمكن تصنيف المعلومات الثنائية المخزنة في نظام رقمي إما إلى بيانات أو معلومات تحكم. وتعرف البيانات كعناصر غير مرتبطة من المعلومات يتم معالجتها لأداء عمليات الحساب والمنطق وغيرها. أما معلومات التحكم فهي توفر إشارات الأمر التي تشرف على شتى العمليات في قسم البيانات بهدف إنجاز عمليات معالجة البيانات المطلوبة. لذا يتم تقسيم التصميم المنطقي لنظام رقمي إلى جزأين متميزين، أحدهما يختص بتصميم الدوائر الرقمية التي تقوم بعمليات معالجة البيانات أما الآخر فيعني بتصميم دائرة التحكم التي تشرف على العمليات وتتابعها.

في النظام الرقمي يقوم معالج البيانات بمعالجات البيانات وفقاً لمتطلبات النظام. بينما منطق التحكم يقوم بتوجيه أوامر متتابعة تتابعاً متلائماً إلى معالج البيانات. يستخدم منطق التحكم متغيرات خاصة من معالج البيانات تتم على أساسها اتخاذ قرارات تحدد تتابع إشارات التحكم. الشكل (3) يبين العلاقة بين منطق التحكم ومعالج البيانات، حيث يكون منطق التحكم عادة عبارة عن دائرة تتابعية Sequential Circuit تتحكم الحالات States فيها في تحديد الأوامر الخاصة بالنظام بحيث تقوم الحالة التتابعية لمنطق التحكم، في أي لحظة بإصدار مجموعة محددة من الأوامر لينتقل التحكم التتابعي إلى الحالة التالية لانجاز عمليات أخرى ويتوقف ذلك على شروط النظام وعلى مدخلاته الخارجية.



شكل (3) منطق التحكم ومعالج البيانات

يمكن تحديد عمليتي تتابع التحكم ومعالجة البيانات في نظام رقمي عن طريق خوارزمية خاصة. بشكل عام تعرف الخوارزمية Algorithm بأنها طريقة منهجية تتكون من الخطوات الإجرائية التي تحدد كيفية الحصول على حل لمسألة ما. يستعمل مخطط سير العمليات (المخطط الانسيابي) Flow Chart كوسيلة ملائمة لتحديد تتابع الخطوات الإجرائية ومسالك القرار الخاصة

بالخوارزمية. يوجد مخطط سير عمليات خاص تم تطويره خصيصا لتحديد خوارزميات النظم الرقمية، ويسمى بمخطط آلات الحالة الخوارزمية Algorithm State Machine.

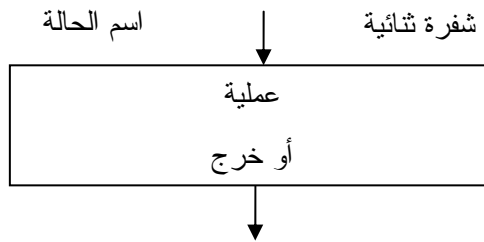
1.3 مخطط آلات الحالة الخوارزمية ASM Chart [1] [4] [5]

مخططات آلات الحالة الخوارزمية مشابهة لمخططات سير العمليات التقليدية لكنها تفسر بطريقة مغايرة نوعا ما، فمخطط سير العمليات يصف تتابع الخطوات الإجرائية ومسارات القرار الخاصة بالخوارزمية بدون الاهتمام بعلاقتها الزمنية بينما مخطط آلات الحالة الخوارزمية يصف متابعة الأحداث وكذلك العلاقة الزمنية بين حالات جهاز تحكم تتابعي والأحداث التي تقع أثناء الانتقال من حالة إلى أخرى. وهذا المخطط طور خصيصا لكي يحدد بدقة تتابع التحكم وعمليات معالجة البيانات في نظام رقمي ما أخذ في الحسبان إمكانيات المكونات الرقمية.

يتألف مخطط ASM من ثلاثة عناصر أساسية هي:

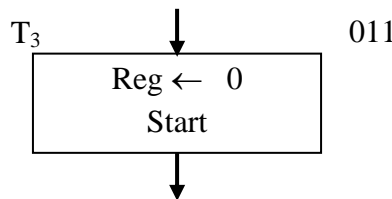
- صندوق الحالة State box.
- صندوق القرار Decision box.
- صندوق الشروط Conditional box.

يشير صندوق الحالة إلى إحدى الحالات في متابعة التحكم كما هو مبين في الشكل (4). يتم إعطاء الحالة اسما رمزيا يوضع في الركن الأيسر العلوي من صندوق الحالة وتوضع الشفرة الثنائية المخصصة للحالة في الركن الأيمن العلوي.



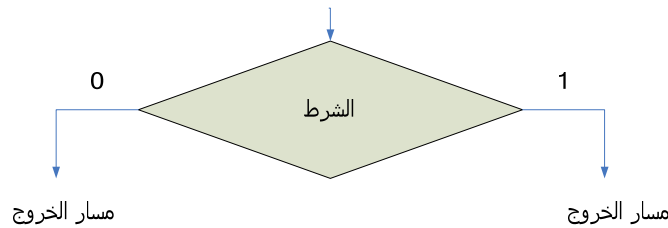
شكل (4) الشكل العام لصندوق الحالة

الشكل (5) يوضح مثال لصندوق الحالة، حيث تحمل الحالة الاسم الرمزي T_3 والشفرة الثنائية لها هي 011. داخل الصندوق تكتب عملية المسجل ($Reg \leftarrow 0$) والتي تشير إلى أن المسجل Reg يتم مسحه عندما يكون النظام في الحالة T_3 . كلمة Start التي قد تدل مثلا على إشارة خرج تقوم بعملية معينة.



شكل (5) مثال لصندوق حالة

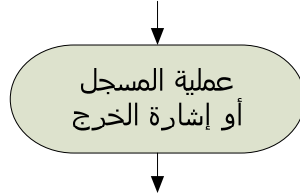
يصف صندوق القرار أثر مدخل ما على نظام التحكم، وتتخذ هذه الخانة شكلا معين له اثنان أو أكثر من مسارات الخروج كما بالشكل (6).



شكل (6) الشكل العام لصندوق القرار

يتم كتابة شرط الدخل المطلوب اختباره داخل الصندوق، ويتبع النظام أحد مسارات الخروج إذا كان الشرط صحيحاً ويتبع مسار آخر إذا كان الشرط خاطئاً. يشار إلى مساري الخروج بالرقمين 1 و 0 عند تخصيص قيمة ثنائية للشرط. يعتبر كلا من صندوق الحالة والقرار مألوفان من خلال استعمالهما في مخططات سير العمليات التقليدية أما صندوق الشرط فمقصود على مخططات ASM ولهذا الصندوق شكل بيضاوي كما في الشكل (7). حيث الأركان الأربعة المستديرة تميزه عن صندوق الحالة. يجب أن يأتي مسار المدخلات إلى صندوق الشروط من أحد مسارات الخروج الخاصة بصندوق من صناديق القرار بالمخطط. تتولد العمليات أو المخرجات داخل صندوق الشروط أثناء حالة معينة على أن يكون شرط المدخل مستوفياً.

من مسار الخروج في خانة القرار



شكل (7) الشكل العام لصندوق الشروط

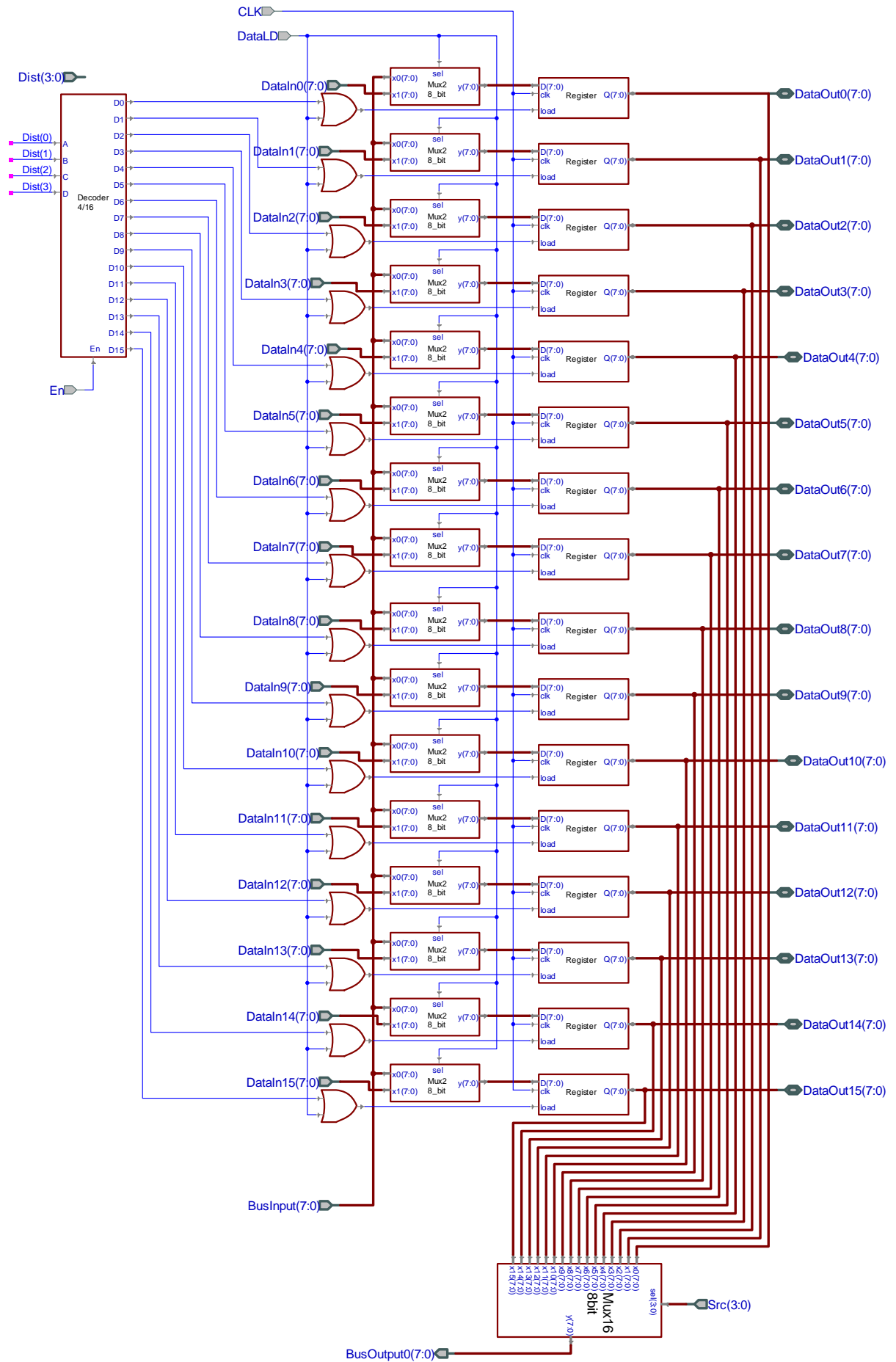
4. تصميم دوائر رقمية لترتيب البيانات

إن عمليات ترتيب البيانات مطلوبة بشكل كبير وواسع في العديد من الأنظمة الرقمية. تعتمد هذه الأنظمة بشكل أساسي على البرمجيات في إنجاز عمليات الترتيب، مما يتطلب وجود معالج ميكروبي وذاكرة رئيسية لتنفيذ عملية ترتيب البيانات برمجياً. يهدف هذا المشروع إلى تصميم دوائر رقمية لترتيب البيانات باستعمال أشهر خوارزميات الترتيب، ثم محاكاتها باستعمال أحد برامج محاكاة الدوائر الرقمية المعروفة..

سيتم تصميم دائرة مجموعة مسجلات لها ناقل مشترك من وإلى أي منها مع تحميل خارجي، هذه الدائرة تم تصميمها للحاجة إليها في مجموعة من عمليات نقل البيانات في الدوائر المصممة، تمنح هذه الدائرة إمكانية نقل البيانات بأحد الأشكال الآتية:

- تحميل جميع المسجلات ببيانات خارجية عن طريق تفعيل الدخل DataLD.
 - تفعيل التحميل الخارجي لأحد المسجلات فقط (المسجل المقصد) عبر الدخل En.
 - تحديد رقم المسجل المقصد عبر الدخل Dis لتحميله بالبيانات الموجودة عند الدخل BusInput.
 - تحديد رقم المسجل المطلوب إخراج بياناته (المسجل المصدر) عبر الدخل Src لإخراج بياناته عبر الخرج BusOutput. تم تصميم دائرة بستة عشر مسجل كل منها 8bit.
- الشكل (8) يبين الدائرة المصممة حيث تحتوي الدائرة على المكونات الآتية:
- مجمعات إشارة بمدخلين كل منهما بثمانية خانات (Mux2_8_bit)، تقوم بتمرير إما البيانات لجميع المسجلات أو البيانات المطلوبة لتحميل أحد المسجلات فقط (المسجل المقصد).
 - مجمع بستة عشر (Mux16_8_bit) لتحديد أي المسجلات سيتم إخراج بياناتها (المسجل المصدر).
 - مفكك شفرة 4 إلى 16 لتمرير إشارة تحميل للمسجل المقصد فقط.
 - بوابات منطقية من نوع (OR) بمدخلان لتفعيل دخل load للمسجلات في حالة التحميل الخارجي لجميع المسجلات أو في حالة تحميل المسجل المقصد فقط.

كما سبق الذكر في هذا المشروع تم تصميم دائرتين رقميتين لترتيب البيانات الأولى تعتمد على استعمال الترتيب الفقاعي والثانية على الترتيب بالحشر. في هذا الجزء سيتم توضيح خطوات تصميم الدائرتين.



شكل (8) دائرة مجموعة مسجلات لها ناقل مشترك من وإلى أي مها مع تحميل خارجي.

1.4 تصميم دائرة ترتيب البيانات باستخدام الترتيب الفقاعي

تصميم دائرة رقمية لترتيب البيانات باستخدام الترتيب الفقاعي اعتمادا على مخططات ASM يمر عبر الخطوات التالية:

1.1.4 تصميم معالج البيانات باستخدام مخطط ASM

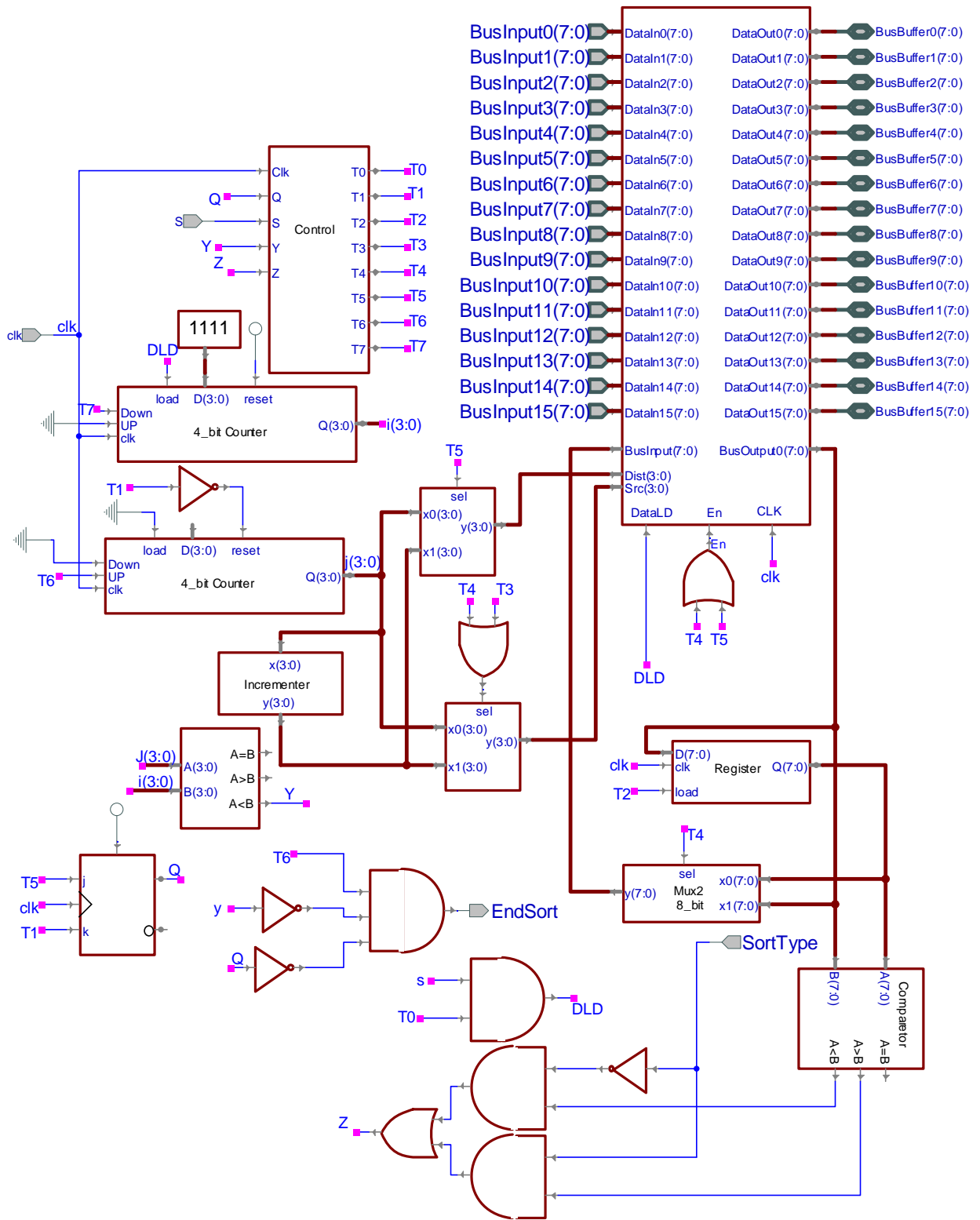
بالرجوع إلى المخطط الانسيابي لخوارزمية الترتيب الفقاعي بشكل (1) يمكن استنتاج معالج البيانات للدائرة كما بالشكل (9) حيث تحتوي هذه الدائرة على المدخل الآتية:

1. عدد 16 مدخل بيانات كل منها بحجم 8bits وتمثل البيانات المطلوب ترتيبها.
 2. مدخل S يمثل إشارة بدء الترتيب.
 3. مدخل Sorttype يمثل نوع الترتيب المطلوب حيث إذا كانت قيمة هذا المدخل Sorttype=1 أي أنه يعني ترتيب تصاعدي للبيانات، أما إذا كان الخط sorttype=0 فإن ترتيب البيانات سيكون تنازليا.
 4. مدخل الساعة CLK.
- كما تحتوي هذه الدائرة على المخارج التالية:

1. عدد 16 مخرج بيانات كل منها بحجم 8bits تمثل البيانات بعد الترتيب.
 2. مخرج Endsort يعطي إشارة بانتهاء عملية الترتيب.
- تتكون دائرة معالج البيانات للترتيب الفقاعي على المكونات التالية:
1. مسجل مؤقت يرمز لدخل التحميل له بالرمز LDtmp.
 2. منظومة مسجلات يرمز لدخل تمكين التحميل الخارجي بالرمز DLD ودخل تمكين التحميل للمسجلات بالرمز En.
 3. دائرة مجمع إشارة Mux2_4bit تستخدم لتمرير إما قيمة z أو قيمة z+1 إلى الدخل dis لمنظومة المسجلات، يرمز لدخل الاختيار لهذه الدائرة بالرمز sel.
 4. دائرة مجمع إشارة Mux2_8bit تستخدم إما لتمرير خرج منظومة المسجلات أو خرج المسجل المؤقت إلى دخل منظومة المسجلات، يرمز لدخل الاختيار بالرمز sel.
 5. قلاب من نوع JK يرمز لخرجه بالرمز Q ودخله Kff , JFF يستعمل كعلم للتبديل.
 6. مقارن 8bit يعطي نتيجة Z=1 إذا كانت الكلمة رقم z أكبر من الكلمة z+1 وكان نوع الترتيب تصاعدي أو إذا كانت الكلمة رقم z أصغر من الكلمة رقم z+1 وكان الترتيب تنازلي.
 7. مقارن 4bit يعطي نتيجة y=1 إذا كان z < i ويعطي y=0 في غير ذلك.
 8. عداد z يرمز لدخل المسح له بالرمز z reset حيث يتم مسح القلاب عندما z=1 reset ويرمز لدخل العد التصاعدي له بالرمز z up .
 9. عداد i يرمز لدخل التحميل له بالرمز DLDi ويرمز لدخل العد التنازلي بالرمز Down i .
 10. دائرة زيادة لقيمة z إلى z+1 .

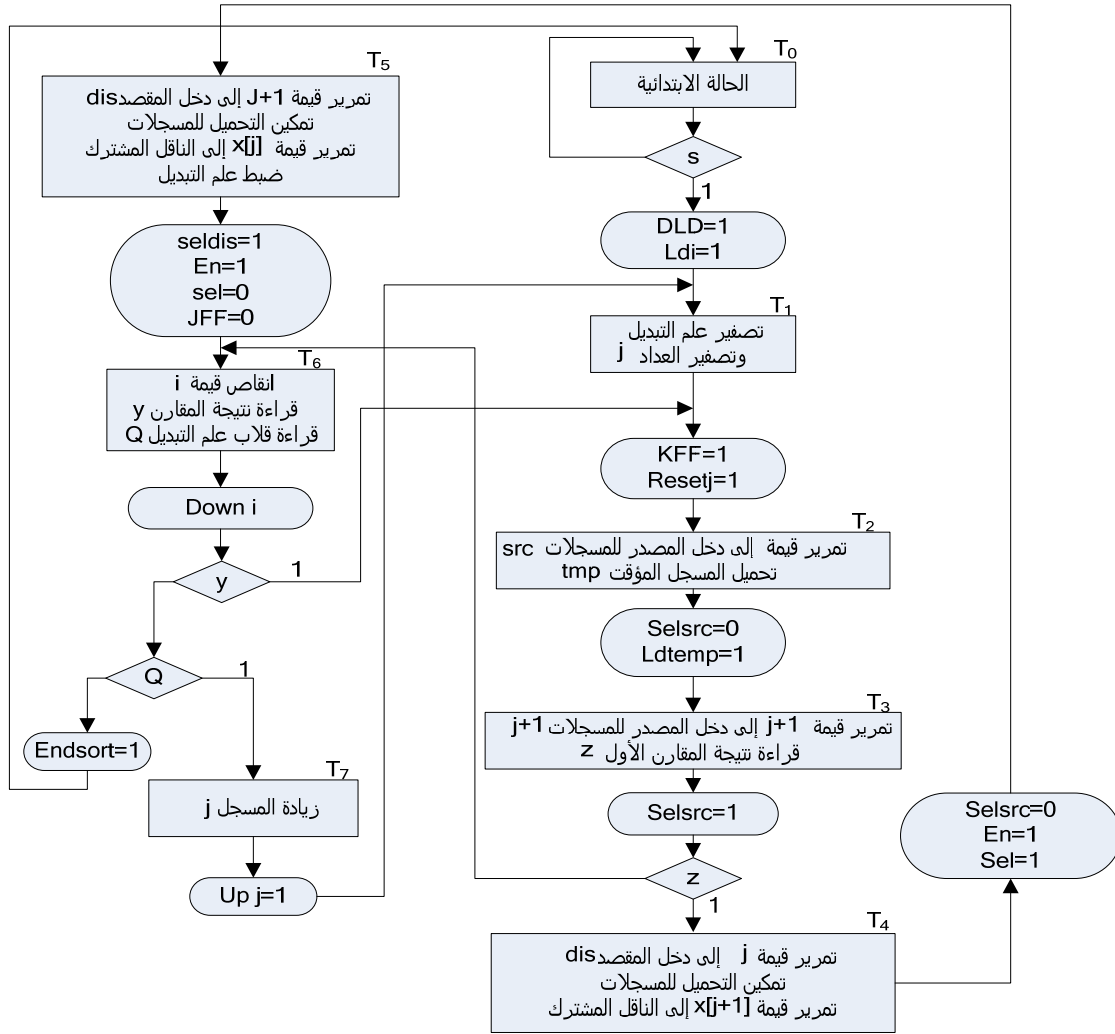
تكون هذا المعالج من وحدة تحكم خرجها يتحكم في مكونات الدائرة كما بالمعادلات التالية:

$$\begin{aligned} \bullet \quad \text{DLD} &= S.T_0 & \bullet \quad \text{En} &= T_4 + T_5 \\ \bullet \quad \text{LDi} &= S.T_0 & \bullet \quad \text{down } i &= T_7 \\ \bullet \quad \text{up } j &= T_6 & \bullet \quad \text{reset } j &= T_1 \\ \bullet \quad \text{LDtemp} &= T_2 & \bullet \quad \text{sel} &= T_4 \\ \bullet \quad \text{KFF} &= T_1 & \bullet \quad \text{JFF} &= T_5 \\ \bullet \quad \text{Endsort} &= T_6 Y'Q' & \bullet \quad \text{seldis} &= T_5 \quad \text{selsrc} = T_3 + T_4 \end{aligned}$$



شكل (9) معالج البيانات لدائرة الترتيب الفقاعي

حيث تم اقتراح معالج البيانات هذا بعد تحويل المخطط الانسيابي إلى مخطط ASM، الشكل (10) يوضح مخطط ASM لهذه الدائرة.



شكل (10) مخطط ASM لدائرة الترتيب الفقاعي

2.1.4 تصميم وحدة التحكم

من مخطط ASM يمكن استنتاج جدول الحقيقة لدائرة التحكم التي تحتوي على عدد ثلاثة قلابات (مطلوبة لتمثيل 8 حالات) يرمز لهذه القلابات بالرموز G2, G1, G0 ، والجدول (6.3) يبين جدول الحقيقة لدائرة التحكم.

جدول (1) جدول الحقيقة لدائرة التحكم.

الدخل				الحالة الراهنة			الحالة القادمة			دخول القلابات			رمز الحالة
Q	Y	Z	S	G2	G1	G0	G2	G1	G0	D2	D1	D0	
X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T0
X	X	X	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	T0
X	X	X	X	0	0	1	0	1	0	0	1	0	T1
X	X	X	X	0	1	0	0	1	1	0	1	1	T2
X	X	0	X	0	1	1	1	1	0	1	1	0	T3
X	X	1	X	0	1	1	1	0	0	1	0	0	T3
X	X	X	X	1	0	0	1	0	1	1	0	1	T4
X	X	X	X	1	0	1	1	1	0	1	1	0	T5
0	0	X	X	1	1	0	0	0	0	0	0	0	T6
1	0	X	X	1	1	0	1	1	1	1	1	1	T6
X	1	X	X	1	1	0	0	1	0	0	1	0	T6
X	X	X	X	1	1	1	0	0	1	0	0	1	T7

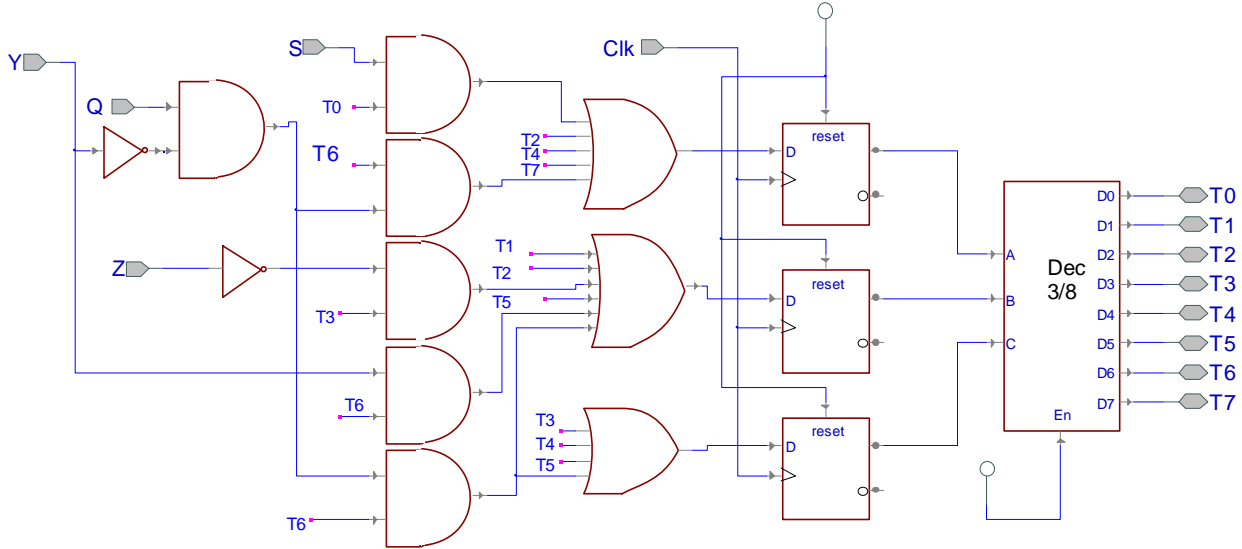
ومن جدول (1) تستطيع الحصول على دخل القلابات وباقي المعادلات المنطقية وستكون كالتالي:

$$D0=S.T_0+T_2+T_4+Y'QT_6+T_7$$

$$D1=T_1+T_2+Z'T_3+T_5+YT_6+Y'QT_6$$

$$D2=T_3+T_4+T_5+Y'QT_6$$

الشكل (11) يوضح تركيب دوائر التحكم المصممة.



شكل (11) وحدة التحكم في دائرة الترتيب الفقاعي

2.4 تصميم دائرة ترتيب البيانات باستخدام خوارزمية الترتيب بالإدراج أو الحشر

تصميم دوائر رقمية لترتيب البيانات باستخدام الترتيب بالحشر اعتماداً على مخططات ASM يمر عبر الخطوات التالية:

1.2.4 تصميم معالج البيانات باستخدام مخطط ASM

بالرجوع إلى المخطط الانسيابي لخوارزمية الترتيب بالحشر بشكل (2) يمكن استنتاج معالج البيانات للدائرة، الشكل (12)

يوضح معالج البيانات لدائرة ترتيب فقاعي حيث تحتوي هذه الدائرة على المداخل الآتية:

- عدد 16 مدخل بيانات كل منها بحجم 8bits وتمثل البيانات المطلوب ترتيبها.
- مدخل S يمثل إشارة بدء الترتيب.
- مدخل Sorttype يمثل نوع الترتيب المطلوب حيث إذا كانت قيمة هذا المدخل $Sorttype=1$ أي أنه يعني ترتيب تصاعدي للبيانات، أما إذا كان الخط $sorttype=0$ فإن ترتيب البيانات سيكون تنازلياً.
- مدخل الساعة CLK

كما تحتوي هذه الدائرة على المخارج التالية:

- عدد 16 مخرج بيانات كل منها بحجم 8bits تمثل البيانات بعد الترتيب.
- مخرج Endsort يعطي إشارة بانتهاء عملية الترتيب.

تتكون دائرة معالج البيانات للترتيب بالإدراج على المكونات التالية:

1. مسجل مؤقت يرمز لدخل التحميل له بالرمز LDtmp.
2. منظومة مسجلات يرمز لدخل تمكين التحميل الخارجي بالرمز DLD ودخل تمكين التحميل للمسجلات بالرمز En.
3. دائرة مجمع إشارة Mux2_4bit تستخدم لتمرير إما قيمة j أو قيمة i إلى الدخل src لمنظومة المسجلات، يرمز لدخل الاختيار لهذه الدائرة بالرمز seldis.
4. دائرة مجمع إشارة Mux2_8bit تستخدم إما لتمرير خرج منظومة المسجلات أو خرج المسجل المؤقت إلى دخل منظومة المسجلات، يرمز لدخل الاختيار بالرمز sel.

5. مقارن 8bit يعطي نتيجة 1 إذا كانت الكلمة رقم j أكبر من الكلمة رقم i وكان نوع الترتيب تصاعدي أو إذا كانت الكلمة رقم i أكبر من الكلمة رقم j وكان الترتيب تنازلي خرج هذا المقارن تتم مقارنته بخرج بوابة NAND مداخلها قيم العداد j وخرجها يكون 1 إذا كان $j=0$ ، ناتج المقارنة (باستعمال بوابة AND) ما بين خرج بوابة NAND ودائرة المقارن يعبر عنها بالرمز Z .

6. عداد j يرمز لدخل المسح له بالرمز j reset حيث يتم مسح القلاب عندما $j=1$ reset ويرمز لدخل العد التنازلي له بالرمز $downj$.

7. عداد i يرمز لدخل التحميل له بالرمز LDi ويرمز لدخل العد التصاعدي بالرمز Upi .

8. دائرة زيادة لقيمة j إلى $j+1$.

9. دائرة إنقاص لقيمة i إلى $i-1$.

يتكون هذا المعالج من وحدة تحكم خرجها يتحكم في مكونات الدائرة كما بالمعادلات التالية:

$$\begin{aligned} \bullet \text{ DLD} &= S.T_0 \\ \bullet \text{ LDi} &= S.T_0 \quad \text{UPI} = T_6 \\ \bullet \text{ Down } j &= T_4 \quad \text{LDj} = T_1 \\ \bullet \text{ LDtemp} &= T_1 \\ \bullet \text{ sel} &= T_3 \\ \bullet \text{ Endsort} &= T_6.(i_3+i_2+i_1+i_0)' \end{aligned}$$

$$\text{seldis} = T_5 \quad \text{selsrc} = T_3 + T_4 \quad \text{En} = T_4 + T_5$$

حيث تم اقتراح معالج البيانات هذا بعد تحويل المخطط الانسيابي إلى مخطط ASM، الشكل (13) يوضح مخطط ASM لهذه الدائرة.

2.2.4 تصميم وحدة التحكم

من مخطط ASM يمكن استنتاج جدول الحقيقة لدائرة التحكم التي تحتوي على عدد ثلاثة قلابات (مطلوبة لتمثيل 8 حالات) يرمز لهذه القلابات بالرموز G_2, G_1, G_0 ، والجدول (2) يبين جدول الحقيقة لدائرة التحكم.

جدول (2) جدول الحقيقة لدائرة التحكم.

الدخل			الحالة الراهنة			الحالة القادمة			دخول القلابات			رمز الحالة
Y	Z	S	G2	G1	G0	G2	G1	G0	D2	D1	D0	
x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T0
x	x	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	T0
x	x	x	0	0	1	0	1	0	0	1	0	T1
x	0	x	0	1	0	1	0	1	1	0	1	T2
x	1	x	0	1	0	0	1	1	0	1	1	T2
x	x	x	0	1	1	1	0	0	1	0	0	T3
x	x	x	1	0	0	1	0	1	1	0	1	T4
x	x	x	1	0	1	1	1	0	1	1	0	T5
0	x	x	1	1	0	0	0	0	0	0	0	T6
1	x	x	1	1	0	0	0	1	0	0	1	T6

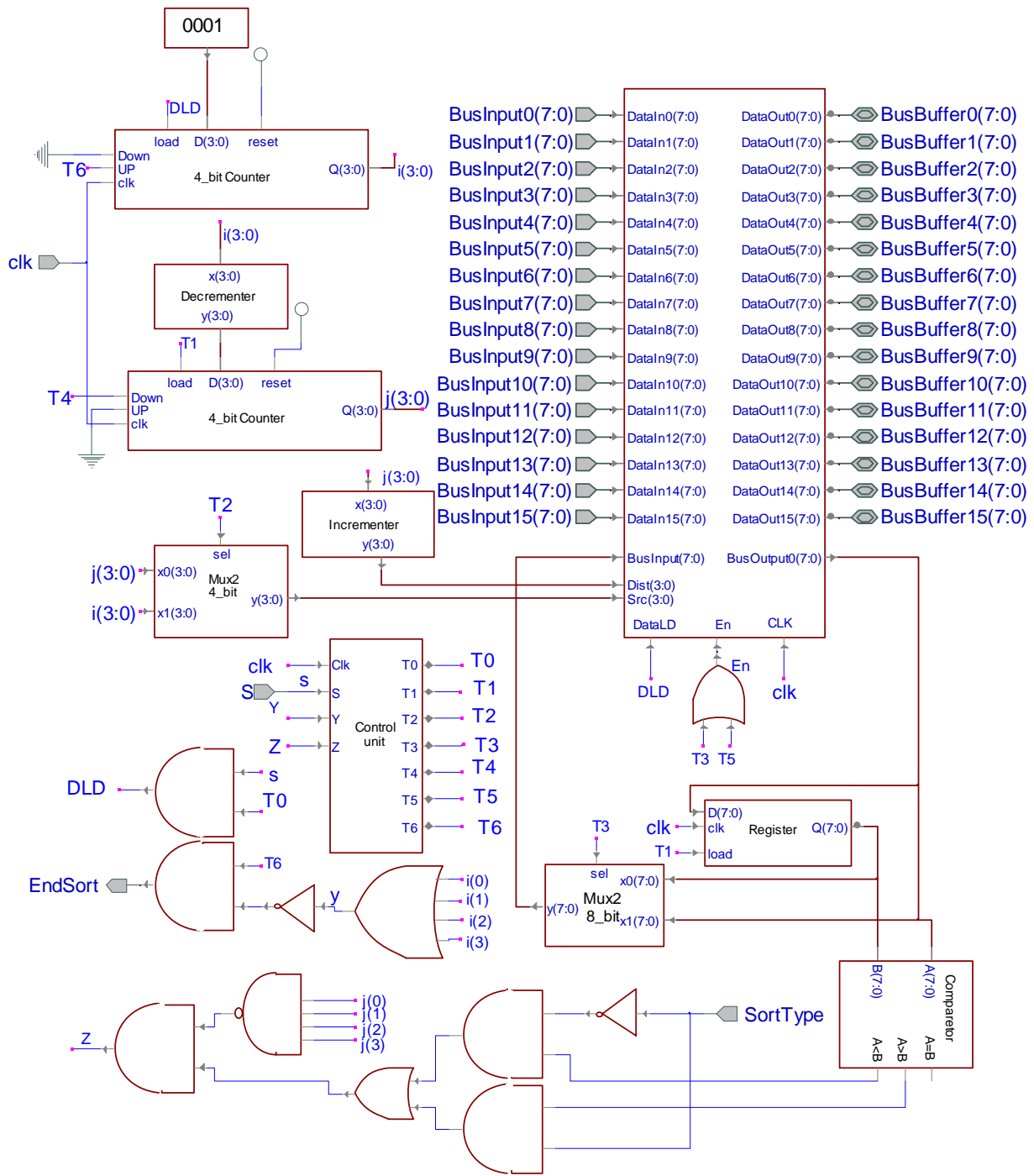
ومن جدول (2) تستطيع الحصول على دخل القلابات وباقي المعادلات المنطقية وستكون كالتالي:

$$D_0 = T_0.S' + T_2 + T_4 + T_6.Y$$

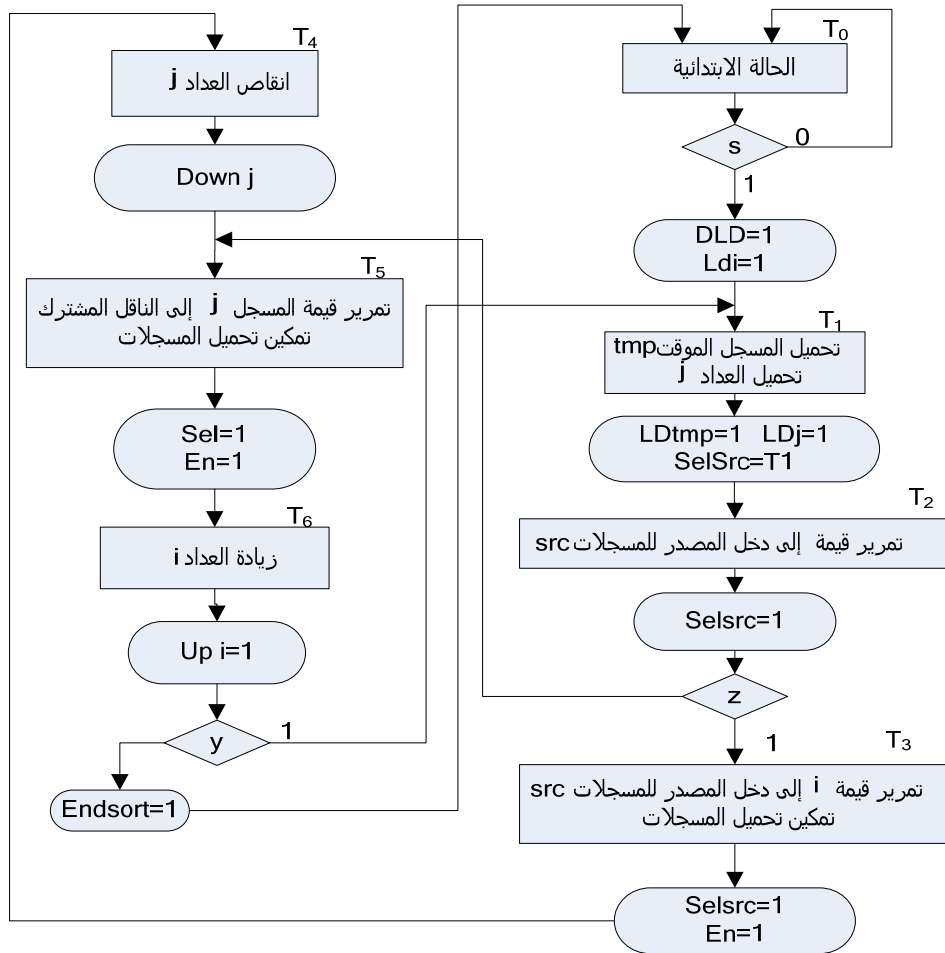
$$D_1 = T_1 + T_2.Z + T_5$$

$$D_2 = T_2.Z' + T_3 + T_4 + T_5$$

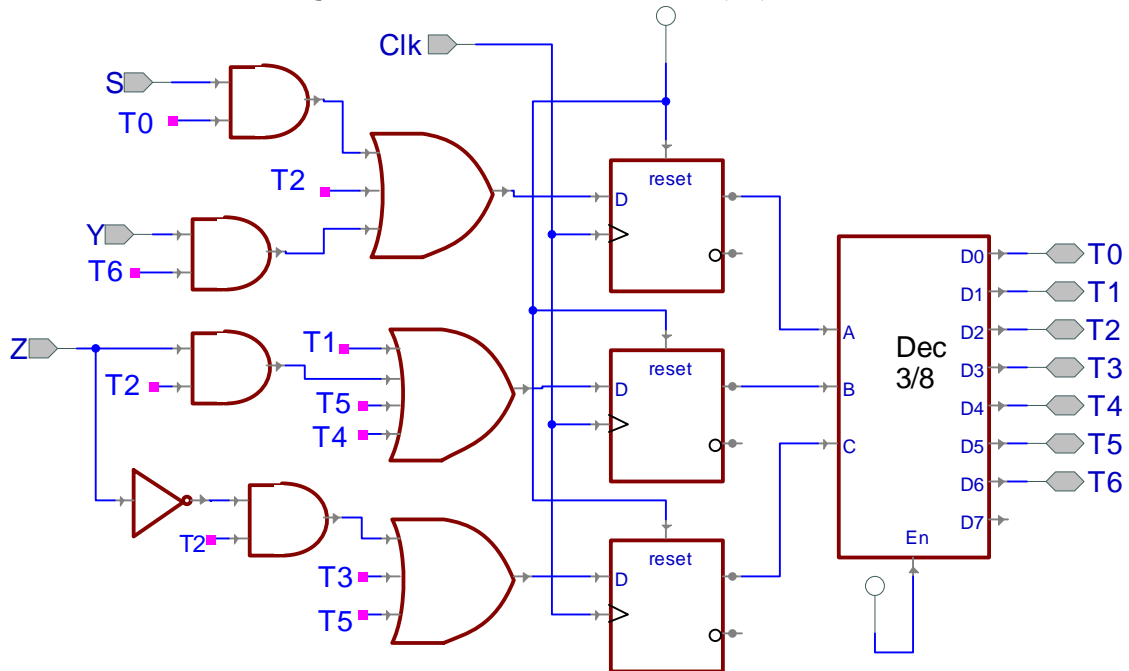
الشكل (14) يوضح وحدة التحكم لدائرة الترتيب بالإدراج.



شكل (12) دائرة معالج البيانات باستخدام الترتيب بالحر



شكل (13) مخطط ASM لدائرة الترتيب بالإدراج



الشكل (14) وحدة التحكم لدائرة الترتيب بالإدراج.

المراجع

1. فتحي حمد بن شتوان، نبيل عثمان، " التصميم الرقمي"، مكتبة طرابلس العالمية، المعهد العالي للصناعة 1997.
2. Aldec's Support Team, "Active HDL 7.1 User Guide", copyright Aldec, ice.
3. Julian Bucknall, " The Tomes of Delphi™ Algorithms and Data Structures", Wordware Publishing, Inc.,2001.
4. Morris Mano, "Digital Design" ,Prentice Hall, Third Edition 2002.
5. Sajjan G. Shjiva, Huntsville, " Introduction to Logic Design", MARCEL DEKKER Inc, second Edition, 1998
6. Sundhakar Yalamanchili "VHDL a Starter Guide", Pearson Prentice Hall, second Edition, 2005.
7. Thomas L. Floyd, "Digital Fundamentals", Prentice Hall, July 2005.
8. Thomas Niemann, " Sorting and Searching Algorithms, A Cookbook", http://members.xoom.com/thomasn/s_man.htm