



آلات الحالة المنتهية

رقم الصفحة	العنوان
3	1. مدخل إلى الدارات المتتابعة Introduction to Sequential Circuits
8	2. خطوات تصميم آلة الحالة Basic Design Steps
20	3. أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot
25	4. خلاصة Summary

كلمات مفتاحية Keywords

المخطط البياني للحالات أو مخطط الحالات State Diagram، جدول الحالات State Table، ترميز الحالات State assignment، الحالة الحالية Present State، الحالة التالية Next State، المخطط الزمني Timing Diagram.

الملخص Abstract

يهدف الفصل الثامن إلى دراسة آلات الحالة المنتهية (Finite State Machines)، والتي يرتبط خرجها بحالتها السابقة، وبقيم مداخلها الحالية. وتسمى أيضاً الدارات التتابعية المتزامنة (Synchronous Sequential Circuits)، والتي تستعمل فيها وفي معظم الحالات إشارة الساعة لتوقيت عملها. كما يمكن أن يوجد في بعض الحالات دارات تتابعية لا تعتمد في عملها على إشارة الساعة وتسمى في هذه الحالة دارات تتابعية غير متزامنة (Asynchronous Sequential Circuits)، وهي خارج إطار بحثنا في هذا الفصل. يعد تصميم الدارات التتابعية المتزامنة أسهل من الأخرى وتستعمل في أكثر التطبيقات العملية. يدخل في بنية آلات الحالة المنتهية أو الدارات التتابعية المتزامنة جزء تراكبي وعدد من القلايات. تستعمل تقنية آلات الحالة المنتهية لتصميم نظم التحكم المنطقية.

الأهداف التعليمية للفصل الخامس ILO5

دراسة عمل آلات الحالة المنتهية وخطوات تصميمها، وطرق ترميز حالاتها.

مخرجات الفصل الخامس ILO5

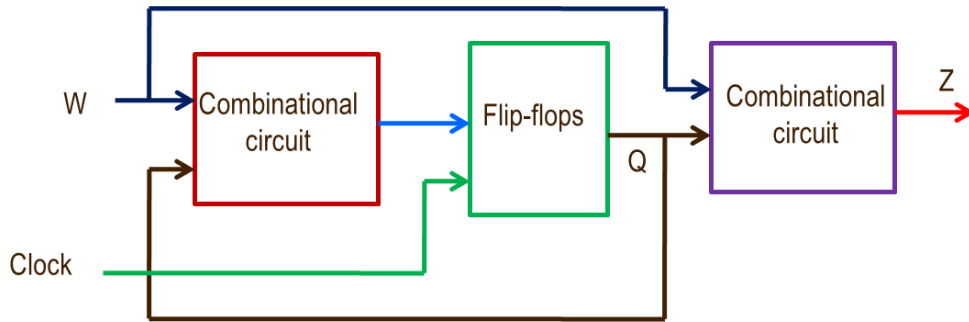
فهم عمل آلات الحالة المنتهية وخطوات تصميمها.

الفهرس Contents

1. مدخل إلى الدارات التتابعية Introduction to Sequential Circuits
2. خطوات تصميم آلة الحالة Basic Design Steps
3. أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot

1. مدخل إلى الدارات التتابعية Introduction to Sequential Circuits

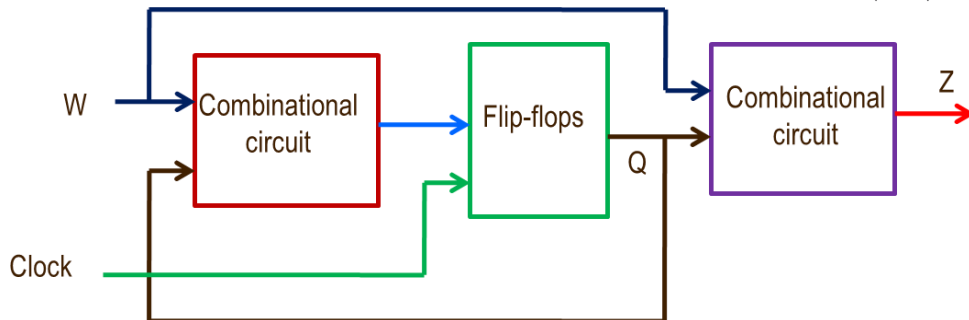
يتحدد خرج الدارات المنطقية التراكيبية (Combinational logic circuit) بالقيمة الحالية لدخلها. وفي القلايات يتحدد الخرج وفقاً لحالة القلاب (Flip flop) المحددة سابقاً إضافة إلى قيمة الدخل الحالية. بينما يتحدد خرج الدارات التتابعية (Sequential circuits) وفقاً لحالة الدارة السابقة إضافة إلى القيمة الحالية لمداخلها. تستعمل إشارة الساعة (Clock signal) في الدارات التتابعية المتزامنة للتحكم في عمل الدارة التتابعية، ونقول أنها متزامنة لأن خرجها يأخذ قيمته الجديدة بالتزامن مع صعود أو هبوط إشارة الساعة. وفي حالة الدارات التتابعية الغير متزامنة لا توجد إشارة ساعة لضبط مخرجها بالتزامن معها. تتميز الدارات التتابعية المتزامنة بسهولة تصميمها واستعمالها في معظم التطبيقات العملية. تتكون الدارات التتابعية المتزامنة من دارة منطقية تراكيبية ومن قلاب أو أكثر كما هو مبين في الشكل (1.5).



الشكل 1.5: المخطط الصندوقي العام لدارة تتابعية متزامنة.

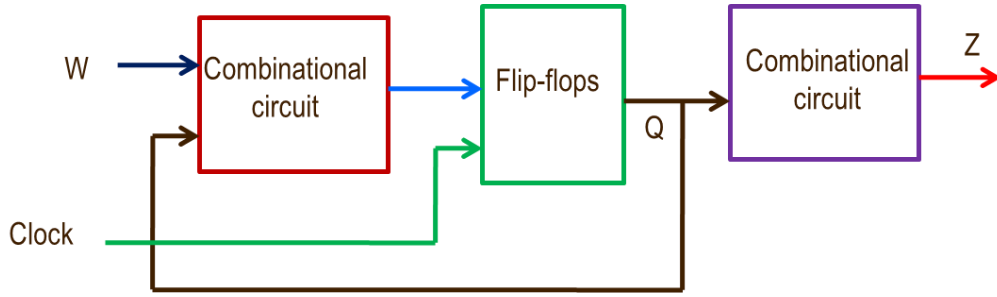
لآلة الحالة مجموعة المداخل الأولية (Primary inputs) نسميها هنا (W)، ولها مجموعة مخرج أولية (Primary outputs) نسميها هنا (Z)، وتمثل (Q) مجموعة مخرج القلايات وتسمى الحالة الحالية (Present State)، وتشكل الدخل الثاني الداخلي للدارة التراكيبية، وتمثل مداخل القلايات (D) التي تعطيها الدارة التركيبية الحالة القادمة (Next state).

تسمى الدارات التتابعية المتزامنة أيضاً آلات الحالة المنتهية (Finite State Machine). يوجد نوعان من آلات الحالة المنتهية: آلات الحالة المنتهية نوع ميلي (Mealy Machine) نسبة إلى مكتشفها ((George Mealy (1950)، وآلات الحالة المنتهية نوع مور (Moore Machine) نسبة إلى مكتشفها ((Edward Moore (1950). يتعلق خرج الدارة التتابعية نموذج (Mealy Machine) بكل من الحالة الحالية للآلة وقيم الدخل الحالية أيضاً، كما هو موضح في الشكل (2.5).



الشكل 2.5: المخطط الصندوقي لآلة الحالة المنتهية نموذج (Mealy).

ويتعلق خرج الدارة التتابعية نموذج (Moore Machine) بالحالة الحالية للآلة فقط، كما هو موضح في الشكل (3.5).



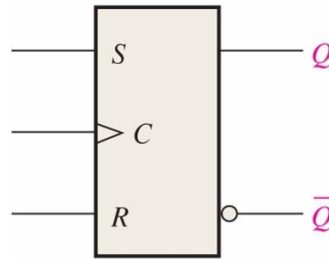
الشكل 3.5: المخطط الصندوقي لآلة الحالة المنتهية نموذج (Moore).

2

قبل أن ندرس خطوات تصميم آلات الحالة المنتهية، نذكر باختصار بالجزء التتابعي لآلات الحالة المنتهية وهو القلابات. يوجد أربع أنواع من القلابات هي: القلاب نوع S-R (S-R Flip-flop)، والقلاب نوع D (D Flip-flop)، والقلاب نوع T (T Flip-flop)، وأخيراً القلاب نوع J-K (J-K Flip-flop).

القلاب نوع S-R

القلاب نوع S-R هو عنصر ذاكرة لتخزين بت واحد، له مدخلان: المدخل (S) هو مدخل وضع القلاب على القيمة المنطقية (1)، والمدخل (R) وهو مدخل وضع القلاب على القيمة المنطقية (0)، بالإضافة إلى مدخل إشارة الساعة (Clock)، وله خرج (Q) يظهر القيمة المخزنة فيه. يبين الشكل (4.5) المخطط الصندوقي للقلاب نوع S-R، ويبين الشكل (5.5) جدول الحقيقة الذي يلخص عمله.

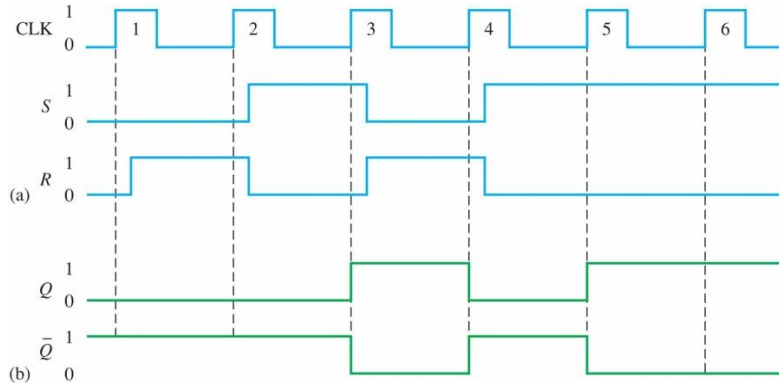


الشكل 4.5: المخطط الصندوقي للقلاب نوع (S-R).

Inputs (مداخل)		Output (مخرج)	Function (عمل القلاب)
Clock	S R	Q+	
↑	0 0	Q	الحالة السابقة (لا يوجد تغيير)
↑	0 1	0	وضع الخرج على القيمة (0)
↑	1 0	1	وضع الخرج على القيمة (1)
↑	1 1	–	غير مسموح به
–	–	Q	الحالة السابقة (لا يوجد تغيير)

الشكل 5.5: جدول الحقيقة للقلاب نوع (S-R).

نلاحظ من جدول الحقيقة أنه عندما يكون $(S=0, R=0)$ ويوجد صعود إشارة ساعة فإن الخرج (Q) يحافظ على قيمته السابقة دوراً كاملاً. وعندما يكون $(S=1, R=0)$ ويوجد صعود إشارة ساعة فإن الخرج (Q) يأخذ القيمة (1) دوراً كاملاً، وعندما يكون $(S=0, R=1)$ ويوجد صعود إشارة ساعة فإن الخرج (Q) يأخذ القيمة (0) دوراً كاملاً. يبين الشكل (6.5) المخطط الزمني لمداخل ومخارج القلاب نوع S-R.



الشكل 6.5: المخطط الزمني لمداخل ومخارج القلاب نوع (S-R).

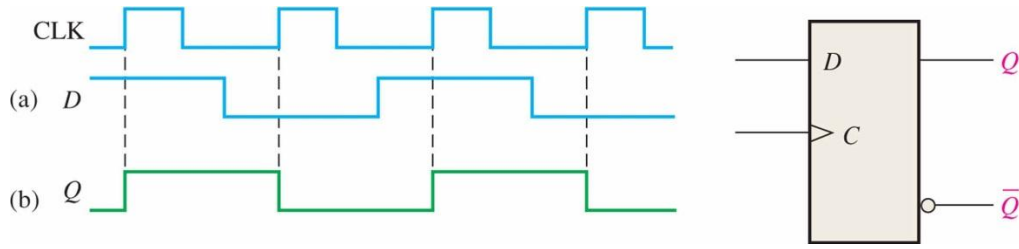
القلاب نوع D

القلاب نوع D هو عنصر ذاكرة لتخزين بت واحد، له مدخل معطيات (D) بالإضافة إلى مدخل إشارة الساعة (Clock)، وله خرج (Q) يظهر القيمة المخزنة فيه. يبين الشكل (7.5) جدول الحقيقة الذي يلخص عمله.

Inputs (مدخل)		Output (مخرج)	Function (عمل القلاب)
Clock	D	Q+	
↑	0	0	الحالة السابقة (لا يوجد تغيير)
↑	1	1	وضع الخرج على القيمة (0)
–		Q	الحالة السابقة (لا يوجد تغيير)

الشكل 7.5: جدول الحقيقة للقلاب نوع (D).

نلاحظ من جدول الحقيقة أن القلاب يأخذ قيمة مدخل المعطيات (D) ويعطيها إلى خرج القلاب خلال دور كامل، وذلك عند صعود إشارة الساعة. يبين الشكل (8.5) المخطط الصندوق للقلاب نوع D، والمخطط الزمني لمداخله ومخرجه.



الشكل 8.5: المخطط الصندوقي للقلاب نوع (D)، والمخطط الزمني لمُدخله ومُخرجه.

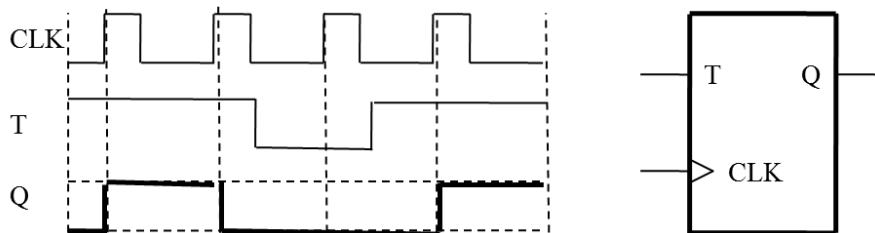
القلاب نوع T

القلاب نوع T له مدخل تحكم (T)، بالإضافة إلى مدخل إشارة الساعة (Clock)، وله خرج (Q). يبين الشكل (9.8) جدول الحقيقة الذي يلخص عمله.

Inputs (مداخل)		Output (مخرج)	Function (عمل القلاب)
Clock	T	Q+	
↑	0	Q	الحالة السابقة (لا يوجد تغيير)
↑	1	\bar{Q}	معكوس الخرج
–	–	Q	الحالة السابقة (لا يوجد تغيير)

الشكل 9.5: جدول الحقيقة للقلاب نوع (T).

نلاحظ من جدول الحقيقة أن القلاب (T) عندما يكون مدخل التحكم ($T=0$) وعند صعود إشارة الساعة لا يتغير مخرجه (Q) خلال دور كامل للساعة. وعندما يكون مدخل التحكم ($T=1$) تنعكس قيمة خرج (Q) دوراً كاملاً. يبين الشكل (10.8) المخطط الصندوقي للقلاب نوع T، والمخطط الزمني لمُدخله ومُخرجه.



الشكل 10.5: المخطط الصندوقي للقلاب نوع (T)، والمخطط الزمني لمُدخله ومُخرجه.

القلاب نوع J-K

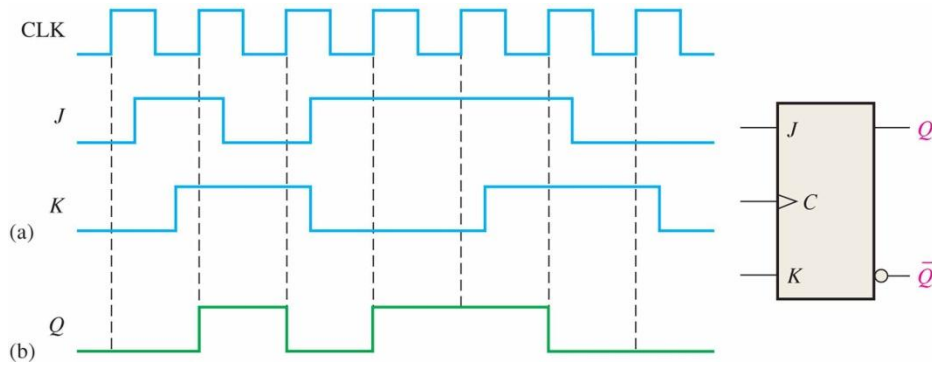
القلاب نوع J-K هو عنصر ذاكرة لتخزين بت واحد، له مدخلان: المدخل (J) ويسمى مدخل وضع القلاب على القيمة المنطقية (1)، والمدخل (K) ويسمى مدخل وضع القلاب على القيمة المنطقية (0)، بالإضافة إلى مدخل إشارة الساعة (Clock)، وله خرج (Q) يظهر القيمة المخزنة فيه. يبين الشكل (11.5) جدول الحقيقة الذي يلخص عمله.

Inputs (مداخل)		Output (مخرج)	Function (عمل القلاب)
Clock	J K	Q+	
↑	0 0	Q	الحالة السابقة (لا يوجد تغيير)
↑	0 1	0	وضع الخرج على القيمة (0)
↑	1 0	1	وضع الخرج على القيمة (1)
↑	1 1	\bar{Q}	معكوس الخرج
-	-	Q	الحالة السابقة (لا يوجد تغيير)

الشكل 11.5: جدول الحقيقة للقلاب نوع (J-K).

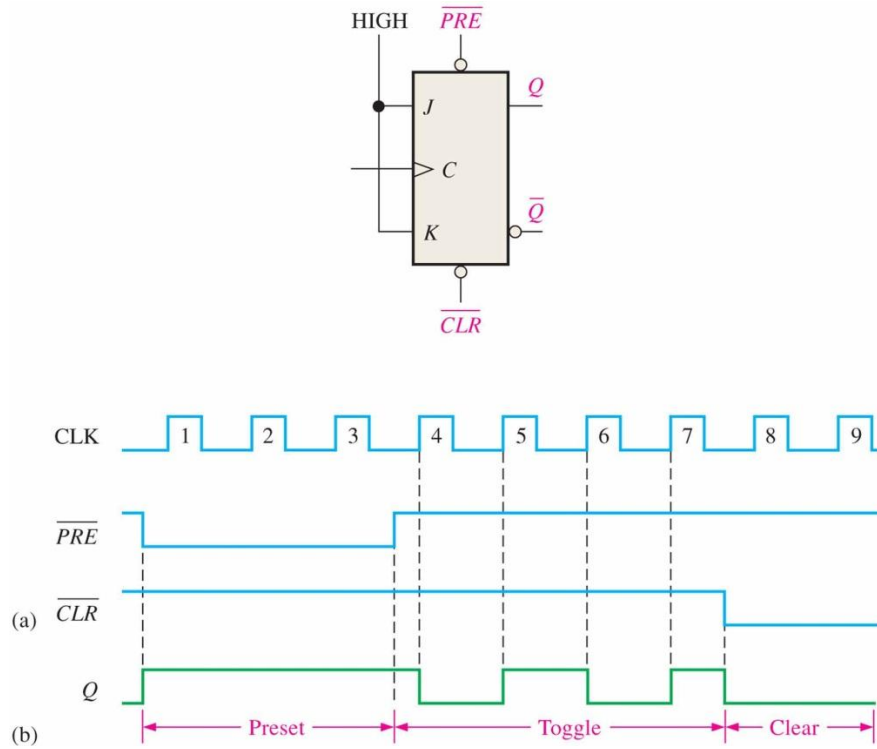
نلاحظ من جدول الحقيقة أنه عندما يكون $(J=0, K=0)$ ويوجد صعود إشارة ساعة فإن الخرج (Q) يحافظ على قيمته السابقة دوراً كاملاً. وعندما يكون $(J=1, K=0)$ ويوجد صعود إشارة ساعة فإن الخرج (Q) يأخذ القيمة (1) دوراً كاملاً. وعندما يكون $(J=0, K=1)$ ويوجد صعود إشارة ساعة فإن الخرج (Q) يأخذ القيمة (0) دوراً كاملاً. وأخيراً عندما يكون $(J=1, K=1)$ ويوجد صعود إشارة ساعة فإن الخرج (Q) يأخذ عكس قيمته السابقة دوراً كاملاً. وفي الزمن المتبقي غير زمن الصعود لا يتغير خرج القلاب.

يبين الشكل (12.5) المخطط الصندوقي للقلاب نوع J-K، والمخطط الزمني لمداخله ومخارجة.



الشكل 12.5: المخطط الصندوقي للقلاب نوع (J-K)، والمخطط الزمني لمداخله ومخارجة.

يمكن أن يكون لأي من القلابات المذكورة أعلاه مدخلان غير متزامنان، أحدهما للتحكم بوضع القلاب على القيمة المنطقية (1) وهو المدخل (Preset)، ويكون فعالاً عادة عند المستوي المنطقي المنخفض. والآخر للتحكم بوضع القلاب على القيمة المنطقية (0) وهو المدخل (Reset) أو المدخل (Clear)، ويكون فعالاً أيضاً عادة عند المستوي المنطقي المنخفض. يبين الشكل (13.5) المخطط الصندوقي للقلاب نوع J-K بمدخلي التحكم غير المتزامنين، والمخطط الزمني الذي يوضح عمله.



الشكل 13.5: المخطط الصندوقي للقلاب نوع (J-K) بمدخل تحكم غير متزامنة، والمخطط الزمني لمداخلة ومخارجة.

2. خطوات تصميم آلات الحالة Basic Design Steps

توصيف دائرة تنبؤية متزامنة أو ما يعرف بآلة الحالة (Specification)

يطلب تصميم آلة حالة تعمل ككاشف تتابع، تتصف بما يلي:

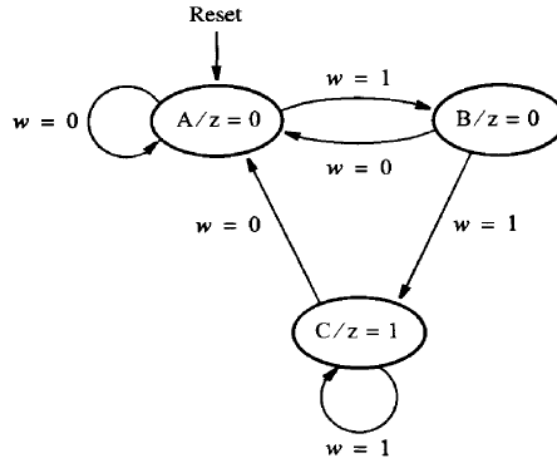
1. للدائرة دخل واحد (w)، وخرج واحد (z).
 2. كل التغيرات التي تحصل في الدائرة تعمل عند صعود إشارة الساعة.
 3. يأخذ الخرج القيمة المنطقية (1)، عندما تستقبل على مدخلها واحدان متتاليان، ويأخذ القيمة (0) بخلاف ذلك.
- لتوضيح مبدأ عمل آلة الحالة نفترض تتابعاً ثنائياً على مدخل (w) ولستجابة مخرجها (z) له خلال أحد عشر دوراً من أدوار إشارة الساعة.

<i>Clock Cycle :</i>	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
w :	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
z :	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0

الخطوة الأولى: إنشاء مخطط الحالات (State diagram)

ننشئ مخطط الحالات للمسألة المطروحة، إذ تمثل الحلقات الحالات، وتمثل الأسهم الموجهة الانتقال من حالة إلى أخرى وفقاً لقيمة الدخل الآتية.

نبدأ ببناء مخطط الحالة من حالة ابتدائية (A) يضعنا فيها إما تطبيق التغذية على الدارة أو إشارة التحكم بالوضع على القيمة الابتدائية لقلابات الآلة، نفترض أن المخرج في الحالة الابتدائية ($z=0$). عندما تستقبل الدارة القيمة الأولى للدخل (w) هناك احتمالان وهما: ($w=0$) يبقينا في الحالة (A)، أو ($w=1$) ينقلنا إلى الحالة (B). عندما نكون في الحالة (B)، يكون المخرج ($z=0$)، إذا كان المدخل ($w=0$) نعود إلى الحالة (A)، وإذا كان المدخل ($w=1$) ننقل إلى حالة جديدة ولتكن (C)، ويأخذ المخرج القيمة ($z=1$)، وهذا ما يدلنا على ورود واحد من متتالين على مدخل الدارة. إذا كان المدخل ($w=0$) نعود إلى الحالة (A)، وإذا كان المدخل ($w=1$) نبقى في الحالة (C)، ويبقى المخرج ($z=1$). يعطي الشكل (14.5) مخطط الحالات للمسألة المطروحة.



الشكل 14.5: مخطط الحالات لكاشف تتابع واحد.

الخطوة الثانية: إنشاء جدول الحالات (State diagram)

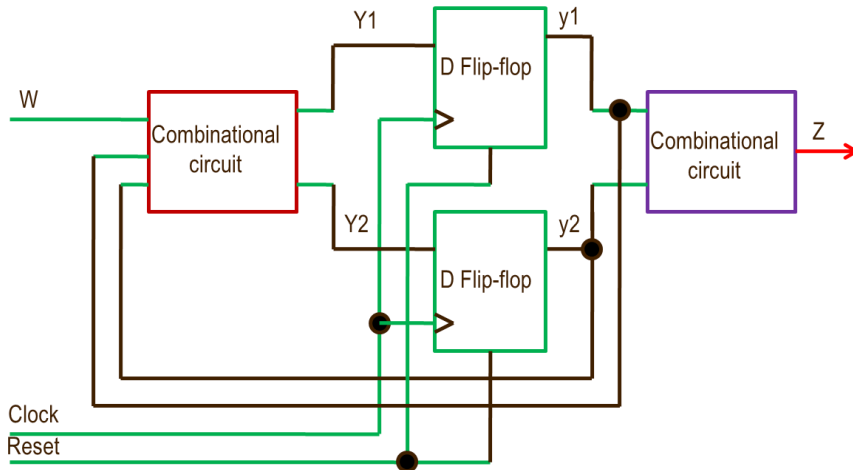
نشئ جدول الحالات استناداً إلى مخطط الحالات. يتكون الجدول من ثلاثة حقول: الحقل الأول ويتكون من عمود واحد هو حقل الحالة الحالية (Present State)، والحقل الثاني هو حقل الحالة التالية (Next State)، ويرتبط عدد أعمدته بعدد مداخله. في حالتنا هذه لدينا مدخل واحد نحتاج إلى ($2^1 = 2$) عموداً؛ أي عمودين اثنين واحد من أجل ($w=0$) وآخر من أجل ($w=1$). والحقل الثالث هو حقل المخرج (z)، ويتعلق عدد الأعمدة فيه إن كانت آلة الحالة من النوع (Mealy) بعدد المداخل كما هو الحال في حالة الحالة التالية، وإن كانت آلة الحالة من النوع (Moore) فإنه يتعلق بالحالة الحالية وهنا في حالتنا هذه يتكون من عمود واحد. هذا ما يتعلق بعدد الأعمدة، أما عدد السطور فيحددها عدد الحالات وبالتالي عدد القلاطات. لدينا هنا ثلاث حالات فنحتاج إلى ثلاثة سطور فعلية أو أربعة سطور يكون فيها السطر الرابع حالة مفترضة؛ لأن الحالات الثلاث تحتاج إلى قلابين يغطيان أربع حالات، يلزمنا منها ثلاث حالات فقط. يبين الشكل (15.5) جدول الحالات المستنبط من مخطط الحالات.

Present state	Next state		Output z
	w = 0	w = 1	
A	A	B	0
B	A	C	0
C	A	C	1

الشكل 15.5: جدول الحالات لكاشف تتابع واحد.

الخطوة الثالثة: ترميز الحالات (State assignment)

تمثل كل حالة من الحالات الممكنة بقيمة محددة من قيم متحولات الحالة (state variables). ينفذ كل متحول من متحولات الحالة على شكل قلاب. تحتاج الحالات الثلاث إلى قلابين أو متحولي حالة (y_1) و (y_2) . يوضح الشكل (16.5) متحولات الحالة في المخطط الصندوقي لآلة الحالة المطلوب تصميمها.



الشكل 16.5: المخطط الصندوقي لآلة الحالة موضحاً عليه متحولات الحالة (القلابات).

نستبدل كل حالة من الحالات الممكنة بقيمة اثنائية لقيم المتحولين، إذ يمثل $(y_2 y_1)$ الحالة الحالية و $(Y_2 Y_1)$ الحالة التالية. فيصبح جدول الحالات كما هو مبين في الشكل (17.5).

Present state	Next state		Output z
	w = 0	w = 1	
A	A	B	0
B	A	C	0
C	A	C	1

Present state $y_2 y_1$	Next state		Output z
	w = 0	w = 1	
	$Y_2 Y_1$	$Y_2 Y_1$	
00	00	01	0
01	00	10	0
10	00	10	1
11	dd	dd	d

الشكل 17.5 : جدول ترميز الحالات (state-assigned table).

يصلح جدول ترميز الحالات كجدول حقيقة للمخرج (z)، ويتضمن كافة المعلومات التي تحدد الحالة التالية (Y_2, Y_1) كتابع إلى كل من الحالة الحالية (y_2, y_1) والمدخل (w).

الخطوة الرابعة: استنتاج معادلات دخل القلابات والخروج بعد اختيار نوع القلابات (Flip-flop input expressions) (and output expression)

غالباً ما يستعمل القلاب (D) في آلات الحالة، لذلك سنقرر استعماله في آلة الحالة المطروحة. نستعمل جداول كارنو لاستنتاج المعادلات المنطقية اللازمة لاستكمال التصميم. نحتاج هنا إلى ثلاثة جداول لأنه يوجد متحولاً حالة (Y_2, Y_1)، ومخرج واحد (z). يبين الشكل (18.5) جداول كارنو الثلاثة، والمعادلات المنطقية الثلاث أيضاً.

Present state $y_2 y_1$	Next state		Output z
	w = 0	w = 1	
	$Y_2 Y_1$	$Y_2 Y_1$	
A	00	01	0
B	00	10	0
C	00	10	1
	dd	dd	d

y_2	y_1		$z = y_2$
	0	1	
0	0	0	
1	1	d	

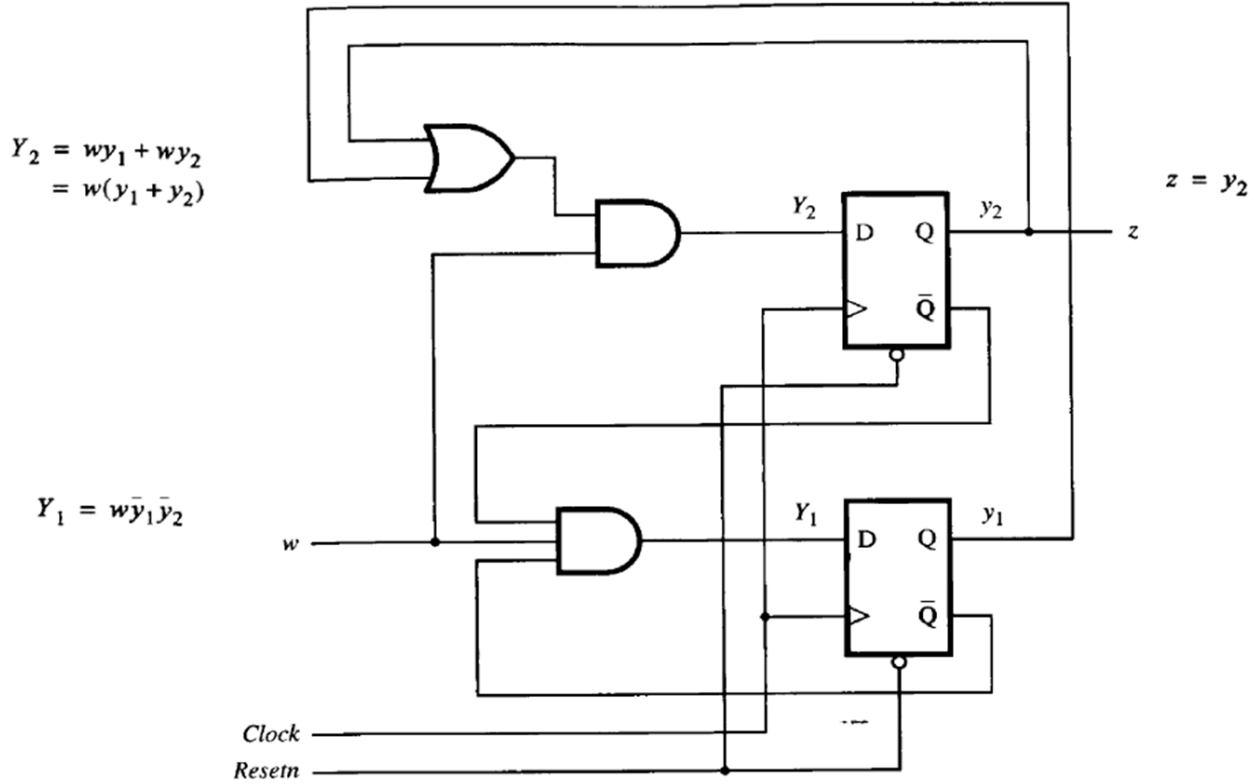
w	$y_2 y_1$				$Y_1 = w\bar{y}_1\bar{y}_2$
	00	01	11	10	
0	0	0	d	0	
1	1	0	d	0	

w	$y_2 y_1$				$Y_2 = wy_1 + wy_2 = w(y_1 + y_2)$
	00	01	11	10	
0	0	0	d	0	
1	0	1	d	1	

الشكل 18.5: جداول كارنو لإيجاد المعادلات المنطقية المختصرة لمتحولات الحالة والمخرج.

الخطوة الخامسة: استنتاج المخطط المنطقي من المعادلات المنطقية (Implementation)

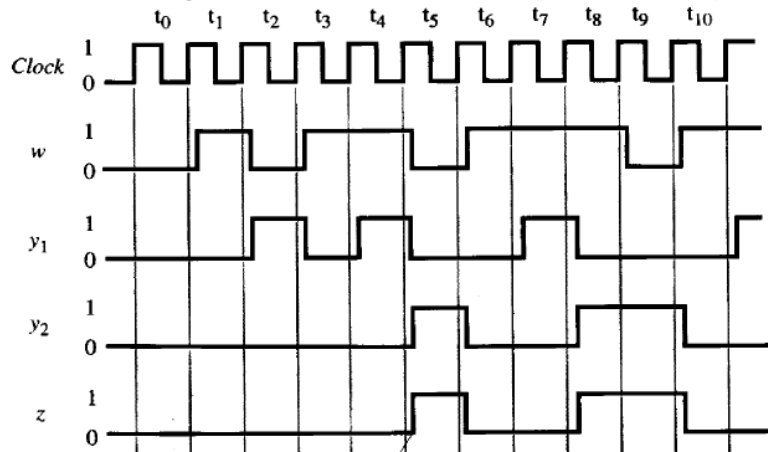
يبين الشكل (19.5) المخطط المنطقي (Logic diagram)، أو مخطط الدارة المنطقية (Schematic) أو المخطط التنفيذي (Implementation) لآلة الحالة.



الشكل 19.5: المخطط المنطقي لآلة الحالة.

الخطوة السادسة: استنتاج المخطط الزمني لآلة الحالة (Timing diagram)

كي نفهم عمل الدارة المصممة، بهدف محاكاتها واختبارها لابد من رسم المخطط الزمني لها لستاداً إلى مخطط الحالات. يبين الشكل (20.5) المخطط الزمني لآلة الحالة المصممة، والمستنتج من مخطط الحالات لها.



الشكل 20.5: المخطط الزمني لآلة الحالة.

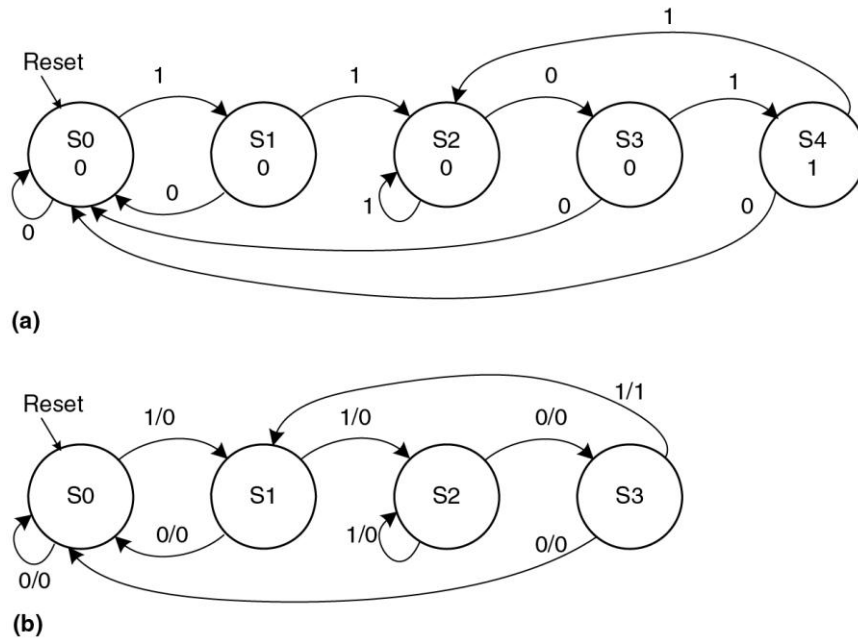
ملخص خطوات التصميم (Summary of Design Steps)

0. الحصول على مواصفات الدارة المنطقية التتابعية المطلوب تصميمها بطريقة آلات الحالة المنتهية (FSM).
1. استنباط مخطط الحالات لآلة الحالة المنتهية مبتدئاً بحالة ابتدائية يضعنا فيها أمر الوضع على حالة ابتدائية (Reset)، أو عند تفعيل التغذية. ينبغي أن يبين مخطط الحالة كل الحالات الممكنة وشروط الانتقال من حالة إلى أخرى وحالات المخارج.
2. إنشاء جدول الحالات اعتماداً على مخطط الحالات.
3. تحديد عدد متحولات الحالة التي تمثل كل الحالات الممكنة، وترميز الحالات. قد يبسط الدارة المطلوب تصميمها الاختيار المناسب لترميز الحالات.
4. اختيار نوع القلابات التي نرغب باستعمالها، واستنتاج المعادلات المنطقية لمداخلها وكذلك المعادلات المنطقية لمخارج الدارة استناداً إلى جداول كارنو.
5. استنتاج الدارة المنطقية استناداً إلى المعادلات المنطقية المحددة في الخطوة السابقة.
6. استنتاج المخطط الزمني اعتماداً على مخطط الحالات، للتمكن من محاكاة الدارة واختبارها.

مثال 1.5

0. الحصول على مواصفات الدارة المنطقية التتابعية المطلوب تصميمها بطريقة آلات الحالة المنتهية (FSM).
- نفترض تصميم حلزون آلي على شكل آلة حالة (FSM). يزحف الحلزون من اليسار إلى اليمين على طول بساط ورقي يتكون من مربعات، يحتوي كل مربع على (0) أو (1). عند كل دور من أدوار الساعة ينتقل الروبوت إلى المربع التالي. يبتسم الروبوت كلما تجاوز أربع مربعات تحتوي من اليسار إلى اليمين على المقدار الإثنائي (1 1 0 1). والمطلوب تصميم آلة الحالة التي تحسب متى يبتسم الروبوت. المدخل (A) هو البت الذي يقع تحت قرن الاستشعار للحلزون الذي يقرأ قيمة البت في كل مربع يقع عليه. يأخذ المخرج (Y) القيمة المنطقية (1) كلما ابتسم الحلزون.
- قارن بين آلة الحالة (Moore) وآلة الحالة (Mealy) التي تمثل عقل الحلزون. وارسم المخطط الزمني مبيناً عليه المدخل والحالات، والمخرج عندما يكتشف الحلزون التابع (1 1 0 1 1 0 1 0) أي عندما يمسخ (9) مربعات.
- الحل

1. استنباط مخطط الحالات لآلة الحالة المنتهية مبتدئاً بحالة ابتدائية يضعنا فيها أمر الوضع على حالة ابتدائية (Reset)، أو تفعيل التغذية (Power supply is on). يبين مخطط الحالة كل الحالات الممكنة وشروط الانتقال من حالة إلى أخرى وحالات المخارج.
- تتطلب آلة الحالة نموذج (Moore) خمس حالات، كما هو موضح في الشكل (21-a.8). أقنع نفسك بمخطط انتقال الحالات. وبالأخص سبب وجود سهم انتقال من الحالة (S4) إلى الحالة (S2)، عندما يكون المدخل (A = 1).
- بالمقابل تتطلب آلة الحالة نوع (Mealy) أربع حالات، كما هو مبين في الشكل (21-b.8). يحدد على كل سهم انتقال (A/Y)، ويمثل الحرف (A) قيمة المدخل التي تسبب الانتقال، ويمثل الحرف (Y) قيمة الخرج المناسبة.



الشكل 21.5: مخطط الحالات لدارة الروبوت، (a) مخطط الحالة نموذج (Moore)، (b) مخطط الحالة نموذج (Mealy).

2. إنشاء جدول الحالات اعتماداً على مخطط الحالات.

يبين الشكل (22.5) جدول الحالات المستنبط من مخطط الحالات نموذج (Moore).

Present state	Next state		Output Y
	A = 0	A = 1	
S0	S0	S1	0
S1	S0	S2	0
S2	S3	S2	0
S3	S0	S4	0
S4	S0	S2	1

الشكل 22.5: جدول الحالات لدارة الروبوت نموذج (Moore).

يبين الشكل (23.5) جدول الحالات المستنبط من مخطط الحالات نموذج (Mealy).

Present state	Next state		Output Y	
	A = 0	A = 1	A = 0	A = 1
S0	S0	S1	0	0
S1	S0	S2	0	0
S2	S3	S2	0	0
S3	S0	S1	0	1

الشكل 23.5: جدول الحالات لدارة الروبوت نموذج (Mealy).

3. تحديد عدد متحولات الحالة التي تمثل كل الحالات الممكنة، وترميز الحالات. الاختيار المناسب لترميز الحالات قد يبسط الدارة المطلوب تصميمها.

يبين الشكل (24.5) جدول الحالات المرمزة المستنبط من جدول الحالات نموذج (Moore).

Present state Q2 Q1 Q0	Next state						Output Y
	D2 D1 D0						
	A = 0			A = 1			
0 0 0	0	0	0	0	0	1	0
0 0 1	0	0	0	0	1	0	0
0 1 0	0	1	1	0	1	0	0
0 1 1	0	0	0	1	0	0	0
1 0 0	0	0	0	0	1	0	1

الشكل 24.5: جدول الحالات لدارة الروبوت نموذج (Moore).

يبين الشكل (25.5) جدول الحالات المرمزة المستنبط من مخطط الحالات نموذج (Mealy).

Present state Q2 Q1		Next state D2 D1		Output Y	
		A = 0	A = 1	A = 0	A = 1
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1

الشكل 25.5: جدول الحالات لدارة الروبوت نموذج (Mealy).

4. اختيار نوع القلايات التي نرغب باستعمالها، واستنتاج المعادلات المنطقية لمداخلها وكذلك المعادلات المنطقية لمخارج الدارة استناداً إلى جداول كارنو.

(a) آلة الحالة (Moore)

نختار القلايات نوع (D)، ونستنتج معادلات مداخل القلايات (D0، D1، D2)، ومعادلة الخرج في حالة آلة الحالة نموذج (Moore)، باستعمال جداول كارنو المبينة في الأشكال (26.5) و (27.5) و (28.5) و (29.5)، وباقتراض الحالات غير المستعملة (-).

Q0 A Q2 Q1	0 0		0 1		1 1		1 0	
	0	0	0	1	1	1	1	0
0 0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 1	0	0	0	0	1	1	0	0
1 1	-	-	-	-	-	-	-	-
1 0	0	0	0	0	-	-	-	-

الشكل 26.5: جدول كارنو لإيجاد المعادلة المنطقية للمدخل (D2).

$$D2 = Q1 Q0 A$$

Q0 A	0 0	0 1	1 1	1 0
Q2 Q1			()	
0 0	0	0	1	0
0 1	(1)	1	0	0
1 1	-	-	-	-
1 0	0	1	(-)	-

الشكل 27.5: جدول كارنو لإيجاد المعادلة المنطقية للمدخل (D1).

$$D1 = \overline{Q1} Q0 A + Q1 \overline{Q0} + Q2 A$$

Q0 A	0 0	0 1	1 1	1 0
Q2 Q1		()		
0 0	(0)	1	0	0
0 1	(1)	0	0	0
1 1	-	-	-	-
1 0	0	0	-	-

الشكل 28.5 : جدول كارنو لإيجاد المعادلة المنطقية للمدخل (D0).

$$D0 = \overline{Q2} \overline{Q1} \overline{Q0} A + Q1 \overline{Q0} \overline{A}$$

Q0	0	1
Q2 Q1		
0 0	0	0
0 1	0	0
1 1	(-)	-
1 0	(1)	-

الشكل 29.5: جدول كارنو لإيجاد المعادلة المنطقية للمخرج (Y).

$$Y = Q2$$

(b) آلة الحالة (Mealy)

نختار القلايات نوع (D)، ونستنتج معادلات مداخل القلايات (D0،D1)، ومعادلة الخرج في حالة آلة الحالة نموذج (Mealy)، باستعمال جداول كارنو المبينة في الأشكال (30.5) و(31.5) و(32.5)، وبافتراض الحالات غير المستعملة (-).

A		
	Q1 Q0	
0	0 0	0
1	0 1	1
	1 1	0
	1 0	1

الشكل 30.5: جدول كارنو لإيجاد المعادلة المنطقية لمدخل القلاب (D1).

$$D1 = Q1 \overline{Q0} + \overline{Q1} Q0 A$$

A		
	Q1 Q0	
0	0 0	0
1	0 1	0
	1 1	1
	1 0	0

الشكل 31.5: جدول كارنو لإيجاد المعادلة المنطقية لمدخل القلاب (D0).

$$D0 = \overline{Q1} \overline{Q0} A + Q1 \overline{Q0} \overline{A} + Q1 Q0 A$$

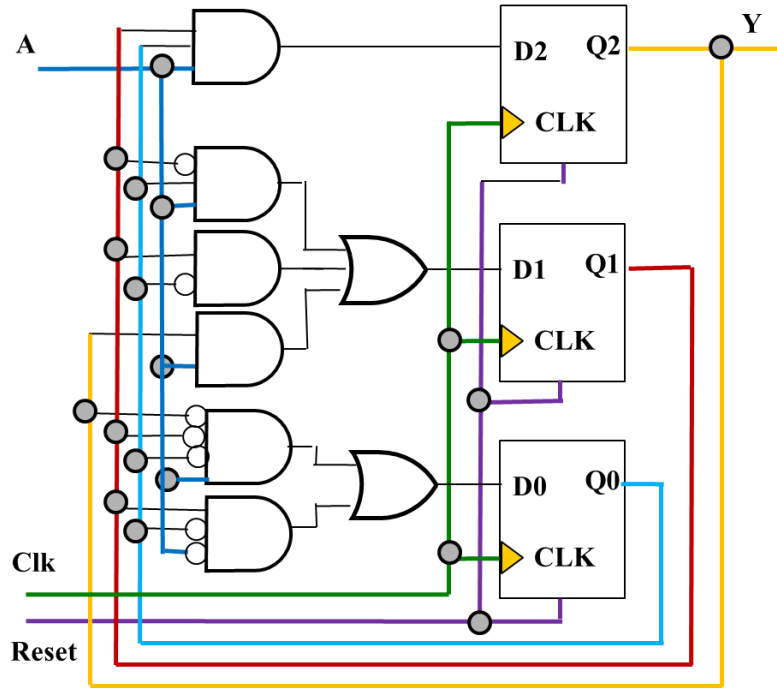
A		
	Q1 Q0	
0	0 0	0
	0 1	0
	1 1	1
	1 0	0

الشكل 32.5: جدول كارنو لإيجاد المعادلة المنطقية للمخرج (Y).

$$Y = Q1 Q0 A$$

5. استنتاج الدارة المنطقية استناداً إلى المعادلات المنطقية المحددة في الخطوة السابقة.

(a) آلة الحالة (Moore): يبين الشكل (33.5) المخطط المنطقي لآلة الحالة نموذج (Moore).

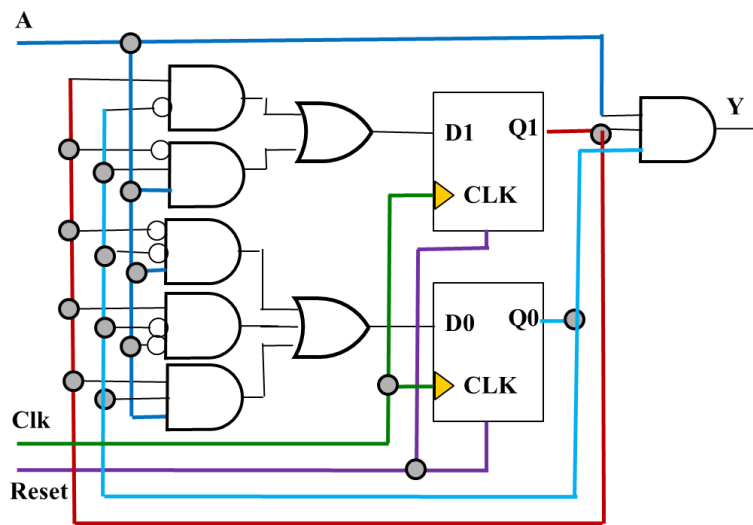


الشكل 33.5: المخطط المنطقي لآلة الحالة نموذج (Moore).

$$D2 = Q1 Q0 A, \quad D1 = \overline{Q1} Q0 A + Q1 \overline{Q0} + Q2 A, \quad D0 = \overline{Q2} \overline{Q1} \overline{Q0} A + Q1 \overline{Q0} \overline{A}, \quad Y = Q2$$

(b) آلة الحالة (Mealy)

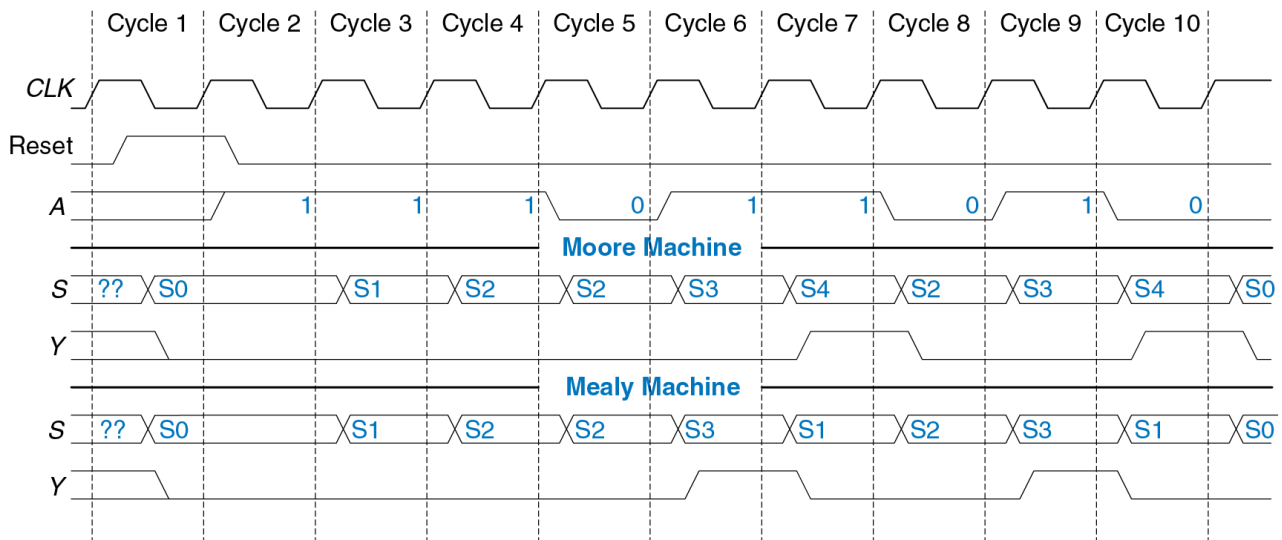
يبين الشكل (34.5) المخطط المنطقي لآلة الحالة نموذج (Mealy).



الشكل 34.5: المخطط المنطقي لآلة الحالة نموذج (Mealy).

$$D1 = Q1 \overline{Q0} + \overline{Q1} Q0 A, \quad D0 = \overline{Q1} \overline{Q0} A + Q1 \overline{Q0} \overline{A} + Q1 Q0 A, \quad Y = Q1 Q0 A$$

6. استنتاج المخطط الزمني اعتماداً على مخطط الحالات، للتمكن من محاكاة الدارة واختبارها.
يبين الشكل (35.5) المخطط الزمني لآلة الحالة.



الشكل 35.5: المخطط الزمني لآلة الحالة نموذج.

3. أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot

في المثال السابق، اختير ترميز الحالات والمخارج بشكل عشوائي. قد يؤدي اختيار آخر للحالات والمخارج إلى دارة مختلفة. والسؤال الذي يطرح نفسه هو كيف يمكن أن نختار الترميز الأفضل الذي ينتج عنه دارة بأقل عدد من البوابات المنطقية وأقل تأخير. للأسف، لا توجد وسيلة بسيطة للعثور على أفضل ترميز باستثناء محاولة كل الاحتمالات، وهذا غير ممكن عندما يكون عدد الحالات كبير جداً. ومع ذلك، فإنه غالباً ما يكون من الممكن اختيار ترميز جيد عن طريق المراقبة والتمحيص، بحيث تتقاسم الحالات والمخارج البتات ذات الصلة. لا شك أن أدوات التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) هي أيضاً وسيلة جيدة للبحث عن مجموعة من الترميزات الممكنة واختيار أنسبها.

القرار الوحيد الهام حول ترميز الحالة هو الاختيار بين الترميز الإثنائي (binary encoding) والترميز (الواحد الساخن) (one-hot encoding) هو الترميز الذي يحوي بتاً واحداً على المستوى المنطقي العالي في كل رمز حالة. في حالة الترميز الإثنائي، يتم تمثيل كل حالة بعدد ثنائي. لأن (K) رقماً ثنائياً الذي يمثل (K) حالة يمكن تمثيله على $(\log_2(K))$ بتاً للحالة، أي أن نظاماً يشمل (K) حالة يحتاج $(\log_2(K))$ بت حالة.

في حالة ترميز الواحد الساخن، يستعمل بت الحالة المنفصل لكل حالة. ويسمى الواحد الساخن لأن بتاً واحداً يكون ساخناً أي قيمته واحد منطقي (1) في أي وقت. على سبيل المثال، آلة حالة بثلاث حالات تستعمل ترميز الواحد الساخن، سيكون الترميز الممكن للحالات الثلاث هو (001) و(010) و(100). يخزن كل بت حالة في قلاب، لذلك يتطلب ترميز الواحد الساخن عدداً أكبر من القلابات مقارنة بالترميز الإثنائي. ومع ذلك، في ترميز الواحد الساخن،

يكون الجزء المنطقي التراكبي لحساب الحالات التالية والمخارج أبسط منه في حالة الترميز الإثنائي، لذلك تكون الحاجة أقل إلى البوابات المنطقية. يعتمد الخيار الأفضل لنوع الترميز على آلة الحالة المحددة.

لترميز حالات آلة حالة ما، يمكن أن نختار أسلوباً واحداً من بين عدة أساليب متاحة لترميز الحالات.

(1) الترميز المفترض هو الترميز الإثنائي: يتميز هذا النوع من الترميز باستعماله أقل عدد من القلايات في جزئه التتابعي، إذ يمكن ترميز (2^n) حالة باستعمال (n) قلاباً. إلا أنه يتطلب عدداً أكبر من البوابات في جزئه التراكبي، وبالتالي سيكون أبطأ من الخيارات الأخرى.

(2) الترميز المفترض هو ترميز الواحد الساخن: يستعمل هذا الترميز قلاباً واحداً لكل حالة، أي يتطلب عدداً أكبر من القلايات في جزئه التتابعي، إذ يمكن ترميز (n) حالة باستعمال (n) قلاباً. بينما يحتاج إلى عدد أقل من البوابات المنطقية في جزئه التراكبي، وبالتالي سيكون هذا النوع من الترميز هو الخيار الأسرع من الخيارات الأخرى.

(3) الترميز المفترض هو ترميز الواحد الساخن: يستعمل هذا الترميز واحدتين في كل رمز لكل حالة. إذ يستعمل (n) قلاباً لترميز $\left(\frac{n(n-1)}{2}\right)$ حالة.

لتوضيح أسلوب ترميز الواحد الساخن وهو حل وسط بين الحلين الحدين المذكورين أعلاه، نفترض آلة حالة تتكون من ست حالات فيكون الترميز الممكن،

Flip – flops	D	C	B	A
State 1	0	0	1	1
State 2	0	1	0	1
State 3	1	0	0	1
State 4	0	1	1	0
State 5	1	0	1	0
State 6	1	1	0	0

أي أن:

$$n \text{ flip – flops} \Rightarrow \frac{n(n-1)}{2} \text{ states}$$

$$4 \text{ flip – flops} \Rightarrow \frac{4(4-1)}{2} \text{ states} = 6 \text{ states}$$

لنقارن بين الأنواع الثلاثة من الترميز لآلة حالة بثمان حالات ونضع النتائج في الجدول المبين في الشكل (36.5).

STATE	Encoding Styles (أساليب الترميز)		
	BINARY (إثنائي)	TOWHOT (الواحدان الساخنان)	ONEHOT (الواحد الساخن)
State0	0 0 0	0 0 0 1 1	0 0 0 0 0 0 0 1
State1	0 0 1	0 0 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0
State2	0 1 0	0 1 0 0 1	0 0 0 0 0 1 0 0
State3	0 1 1	1 0 0 0 1	0 0 0 0 1 0 0 0
State4	1 0 0	0 0 1 1 0	0 0 0 1 0 0 0 0

State5	1 0 1	0 1 0 1 0	0 0 1 0 0 0 0 0
State6	1 1 0	1 0 0 1 0	0 1 0 0 0 0 0 0
State7	1 1 1	1 1 0 0 0	1 0 0 0 0 0 0 0

الشكل 36.5: أنواع ترميز الحالات الثماني لآلة حالة مفترضة.

بمعرفة عدد الحالات، نستنتج عدد القلابات المطلوب في كل نوع من الأنواع الثلاثة للترميز كما هو مبين أدناه.

Binary Code : $2^n = 8 \Rightarrow n = \log_2 8 = 3$ flip – flops

Tow Hot Code : $\frac{n(n-1)}{2} = 8 \Rightarrow n = 5$ flip – flops

One Hot Code : $n = 8$ flip – flops

ينصح باستعمال ترميز الواحد الساخن في التطبيقات التي تتوفر فيها وفرة من القلابات مثل مصفوفات البوابات التي ترمج (Field Programmable Gate Arrays) أو اختصاراً (FPGAs).

كما ينصح باستعمال الترميز الإثنائي في حالة الدارات المتكاملة المختصة (Application Specific Integrated Circuits) أو اختصاراً (ASICs).

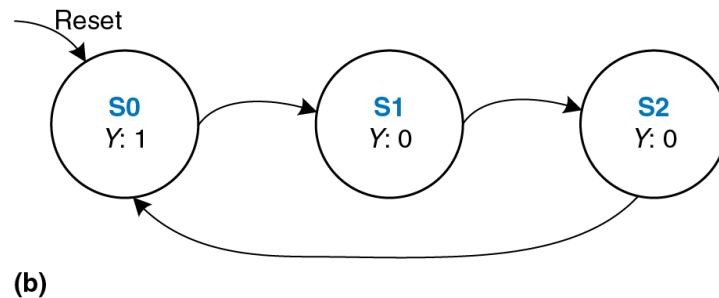
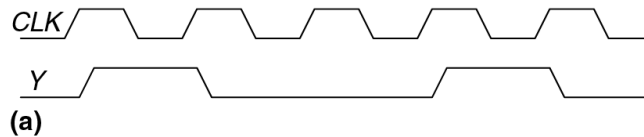
بعد أن درسنا أنواع الترميز لحالات آلة الحالة المنتهية (FSM)، نأخذ مثلاً لآلة حالة نستعمل فيها الترميزين الحديين الترميز الإثنائي والترميز الواحد الساخن على سبيل المقارنة.

مثال 2.5

0. الحصول على مواصفات الدارة المنطقية التتابعية المطلوب تصميمها بطريقة آلات الحالة المنتهية (FSM).

يطلب تصميم دارة عداد كدارة تقسيم على $(N=3)$ ، له خرج واحد وليس له دخل. يأخذ الخرج (Y) القيمة المنطقية العالية خلال دور واحد من أدوار إشارة الساعة كل $(N=3)$ دوراً. وبكلمة أخرى يقسم الخرج تردد الساعة على القيمة $(N=3)$. يبين الشكل (37.5) المخطط الزمني ومخطط الحالات لدارة عداد تقسيم على العدد $(N=3)$.

كما يطلب رسم المخطط المنطقي لدارة العداد المقسم على $(N=3)$ ، في حالتي الترميز الإثنائي، والواحد الساخن.



الشكل 37.5: المخطط الزمني ومخطط الحالات لدارة تقسيم على العدد $(N=3)$.

الحل

1. استنباط مخطط الحالات لآلة الحالة المنتهية مبتدئاً بحالة ابتدائية يضعنا فيها أمر الوضع على حالة ابتدائية (Reset)، أو تفعيل التغذية (Power supply is on). يبين مخطط الحالة كل الحالات الممكنة وشروط الانتقال من حالة إلى أخرى وحالات المخارج.

أعطي في نص المسألة.

2. إنشاء جدول الحالات اعتماداً على مخطط الحالات.

يبين الشكل (38.5) جدول الحالات المستنبط من مخطط الحالات نموذج (Moore).

Present state	Next state	Output Y
S0	S1	1
S1	S2	0
S2	S0	0

الشكل 38.5: جدول الحالات لدائرة عداد التقسيم على العدد ($N=3$) نموذج (Moore).

3. تحديد عدد متحولات الحالة التي تمثل كل الحالات الممكنة، وترميز الحالات. الاختيار المناسب لترميز الحالات قد يبسط الدارة المطلوب تصميمها.

يقارن جدول ترميز الحالات المبين في الشكل (39.5) بين الترميز الإثنائي وترميز الواحد الساخن لحالات دارة عداد التقسيم على العدد ($N=3$).

Present State Binary Encoding Q1 Q0	Next state Binary Encoding D1 D0	Present state One-Hot Encoding Q2 Q1 Q0	Next state One-Hot Encoding D2 D1 D0	Output Y
0 0	0 1	0 0 1	0 1 0	1
0 1	1 0	0 1 0	1 0 0	0
1 0	0 0	1 0 0	0 0 1	0

الشكل 39.5: جدول المقارنة بين الترميز الإثنائي وترميز الواحد الساخن لحالات دارة عداد التقسيم على العدد ($N=3$) نموذج (Moore).

4. اختيار نوع القلايات التي نرغب باستعمالها، واستنتاج المعادلات المنطقية لمداخلها وكذلك المعادلات المنطقية لمخارج الدارة استناداً إلى جداول كارنو.

نختار القلايات نوع (D)، ونستنتج معادلات مداخل القلايات (D0، D1) في حالة الترميز الإثنائي، ومعادلات مداخل القلايات (D0، D1، D2) في حالة ترميز الواحد الساخن، ومعادلة الخرج في الحالتين المذكورتين.

- معادلات مداخل القلايات والخرج في حالة الترميز الإثنائي:

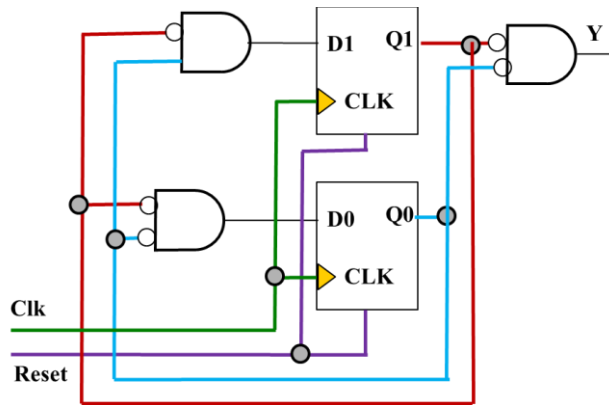
$$D1 = \overline{Q1} Q0, \quad D0 = \overline{Q1} \overline{Q0}, \quad Y = \overline{Q1} \overline{Q0}$$

- معادلات مداخل القلايات والخرج في حالة ترميز الواحد الساخن:

$$D2 = Q1, \quad D1 = Q0, \quad D0 = Q2, \quad Y = Q0$$

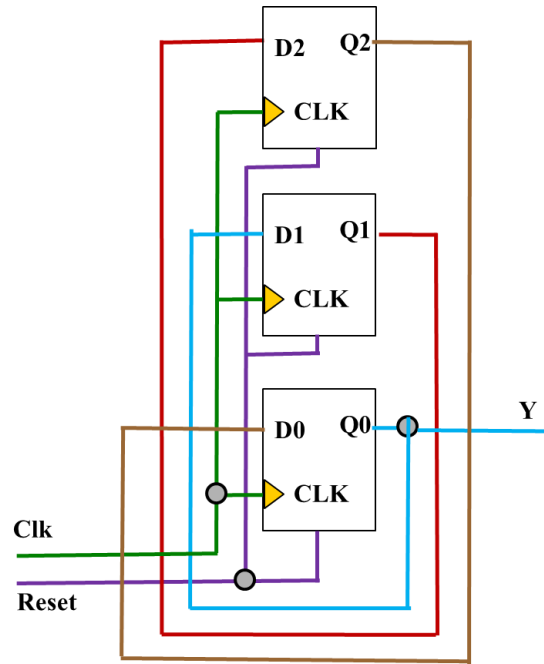
5. استنتاج الدارة المنطقية استناداً إلى المعادلات المنطقية المحددة في الخطوة السابقة.

يبين الشكل (40.5) المخطط المنطقي لدارة عداد مقسم التردد على (N = 3) في حالة الترميز الإثنائي.



الشكل 40.5: المخطط المنطقي لدارة عداد مقسم التردد على (N = 3) في حالة الترميز الإثنائي.

يبين الشكل (41.5) المخطط المنطقي لدارة عداد مقسم التردد على (N = 3) في حالة ترميز الواحد الساخن.



الشكل 41.5: المخطط المنطقي لدائرة عداد مقسم التردد على ($N = 3$) في حالة ترميز الواحد الساخن.

6. استنتاج المخطط الزمني اعتماداً على مخطط الحالات، للتمكن من محاكاة الدارة واختبارها. أعطي المخطط الزمني في نص المسألة مع مخطط الحالات.

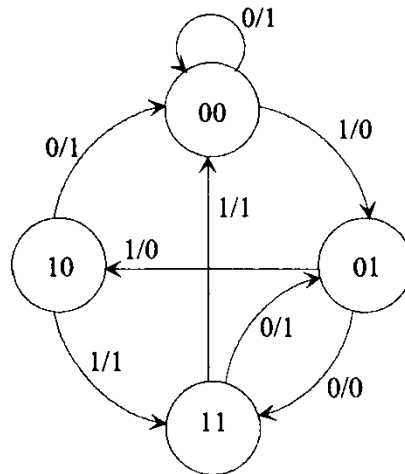
4. خلاصة Summary

آلات الحالة المنتهية (FSM) هي وسيلة منهجية قوية لتصميم الدارات المتتالية بدءاً من مواصفات مكتوبة. تستعمل الإجرائية التالية لتصميم آلات الحالة المنتهية (FSM):

- تحديد المداخل والمخارج
- رسم مخطط الحالات والانتقالات
- في حالة آلة (Moore):
 - كتابة جدول الانتقالات
 - كتابة جدول المخارج
- في حالة آلة (Mealy)
 - كتابة جدول الانتقالات والمخارج
- اختيار ترميز الحالات-ويؤثر اختيارنا لنوع الترميز على تصميم الكيان الصلب
- كتابة المعادلات البوليانية للحالات التالية والمخارج
- رسم مخطط الدارة المنطقية
- تستعمل آلات الحالة المنتهية (FSM) مراراً لتصميم الأنظمة الرقمية المعقدة

مسائل الفصل الخامس Questions and Problems

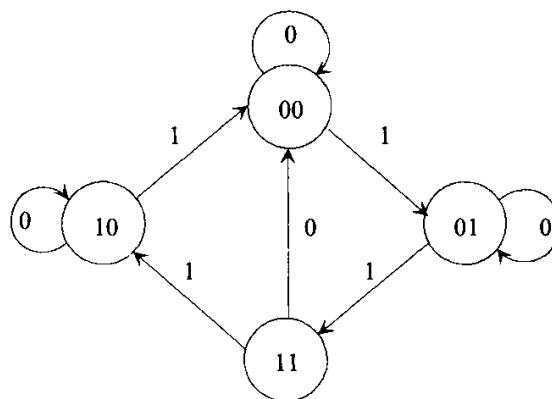
1. صمم دارة تتابعية متزامنة لها مخطط الحالات المبين في الشكل (42.5).



الشكل 42.5: مخطط الحالات للمسألة (1.5).

Ans

2. صمم دارة تتابعية متزامنة لها مخطط الحالة المبين في الشكل (43.5) باستعمال قلايات (JK flip-flops).



الشكل 43.5: مخطط الحالات للمسألة (2.5).

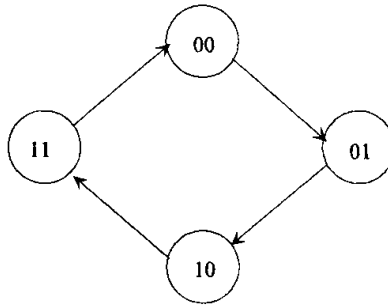
Ans

3. صمم دائرة تتابعية متزامنة لها مدخل (X)، ومخرج (Z). المدخل (X) هو رسالة تسلسلية يقرأها النظام بتاً وراء بت. يأخذ المخرج (Z) القيمة المنطقية (1) كلما صادفنا التتابع (101) في الرسالة التسلسلية. فمثلاً:

If input : 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1
 then output : 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1
 استعمل قلابات (T flip-flops).

Ans

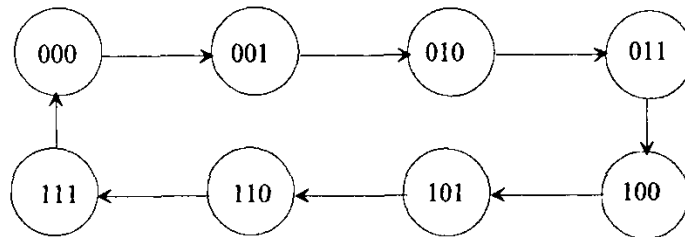
4. صمم دائرة عداد ببطين يعد التتابع (00)، ثم (01)، ثم (10)، ثم (11)، ثم يتكرر وفقاً لما يبينه مخطط الحالات المبين في الشكل (44.5). استعمل قلابات (T flip-flops).



الشكل 44.5: مخطط الحالات للمسألة (4.5).

Ans

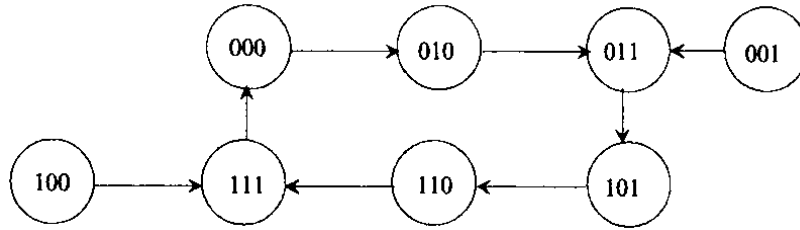
5. صمم دائرة عداد بثلاث بتات يعد التتابع من (000) إلى (111) ثم يتكرر وفقاً لما يبينه مخطط الحالات المبين في الشكل (45.5). استعمل قلابات (JK flip-flops).



الشكل 45.5: مخطط الحالات للمسألة (5.5).

Ans

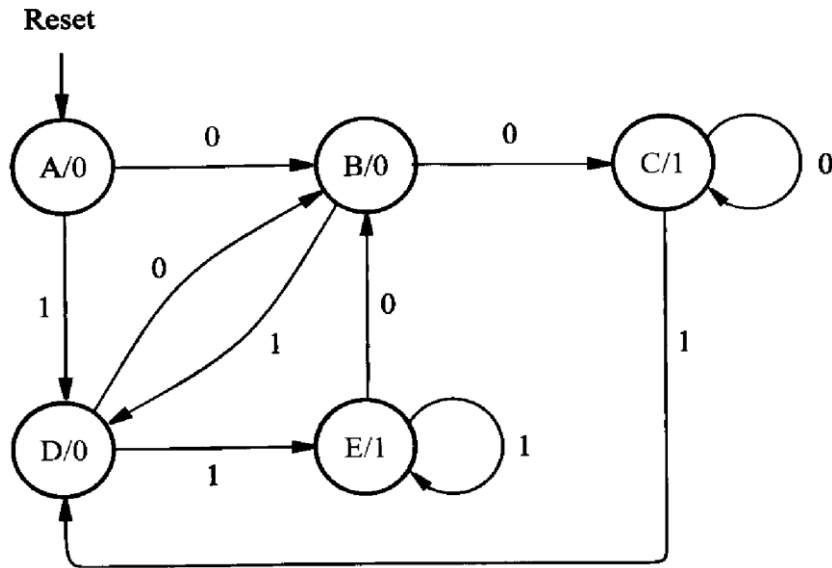
6. صمم دائرة عداد بثلاث بتات يعدد التتابع (000)، ثم (010)، ثم (011)، ثم (101)، ثم (110)، ثم (111) ثم يتكرر التتابع وفقاً لما يبينه مخطط الحالات المبين في الشكل (46.5). توجد حالتان غير مستعملتان هما (001) و (100). نفذ العداد الذي يصلح نفسه إذا ابتداء بإحدى الحالتين غير المستعملتين، بشكل أن يأخذ قيمة صحيحة عند أول إشارة ساعة. عندما تطبق التغذية على دارة العداد يمكن أن يأخذ أية قيمة ممكنة مسموح بها أو غير مسموح بها. استعمل قلابات (T flip-flops).



الشكل 46.5: مخطط الحالات للمسألة (6.5).

Ans

7. صمم آلة حالة (FSM) لها مدخل (w) ومخرج (z)، تكشف تتابع بتات بحيث تعطي خرجاً (z=1) إذا كانتا القيمتان السابقتان للمدخل (00) أو (11)، وفي الحالة المعاكسة (z=0). يمكن توصيف آلة الحالة وفقاً لمخطط الحالات المبين في الشكل (47.5).



الشكل 47.5 : مخطط الحالات للمسألة (7.5).

Ans

8. استنبط الدارتين اللتين تنفذان مخططا الحالات المبينين في الشكلين (48.8) و(49.8). ماهو أثر اختصار الحالات على كلفة التنفيذ؟

Present state	Next state		Output z
	$w = 0$	$w = 1$	
A	B	C	1
B	D	F	1
C	F	E	0
D	B	G	1
E	F	C	0
F	E	D	0
G	F	G	0

الشكل 48.5: جدول الحالات للمسألة (8.5).

Present state	Next state		Output z
	$w = 0$	$w = 1$	
A	B	C	1
B	A	F	1
C	F	C	0
F	C	A	0

الشكل 49.5: جدول الحالات للمسألة (8.5).

Ans

كلية

الجامعة

نموذج امتحان للفصل الخامس: آلات الحالة المنتهية

المادة: الإلكترونيات الرقمية Digital Electronics

أستاذ المادة:

العلامة: 10

المدة: ساعة واحدة

ملاحظات هامة:

- المادة مغلقة
- يسمح باستعمال الآلات الحاسبة

اختر الإجابة الصحيحة (10 علامات)

1. يتحدد تابع خرج الدارات التراكبية (Combinational logic circuits)

- (a) بالحالة الحالية الداخلية
- (b) بالحالة التالية الداخلية
- (c) بالدخل الحالي والحالة الحالية
- (d) بالدخل الحالي فقط.

2. يتحدد تابع خرج الدارات التتابعية المتزامنة (Synchronus Sequential Circuits)

- (a) بالحالة الحالية الداخلية
- (b) بالحالة التالية الداخلية
- (c) بالدخل الحالي والحالة الحالية
- (d) بالدخل الحالي فقط.

3. يتحدد خرج آلة الحالة المنتهية نموذج (Moore)

- (a) بالحالة الحالية الداخلية
- (b) بالحالة التالية الداخلية
- (c) بالدخل الحالي والحالة الحالية
- (d) بالدخل الحالي فقط.

4. يتحدد خرج آلة الحالة المنتهية نموذج (Mealy)

(a) بالحالة الحالية الداخلية

(b) بالحالة التالية الداخلية

(c) بالدخل الحالي والحالة الحالية

(d) بالدخل الحالي فقط.

5. يتميز الترميز الإثنائي لحالات آلة الحالة المنتهية

(a) باستعمال عدد قلابات أكبر

(b) باستعمال عدد قلابات أقل

(c) بالحصول على دارة أسرع

(d) بالحصول على دارة أبطأ.

6. من عيوب الترميز الإثنائي لحالات آلة الحالة المنتهية

(a) استعمال عدد قلابات أكبر

(b) استعمال عدد قلابات أقل

(c) الحصول على دارة أسرع

(d) الحصول على دارة أبطأ.

7. يتميز ترميز الواحد الساخن لحالات آلة الحالة المنتهية

(a) باستعمال عدد قلابات أكبر

(b) باستعمال عدد قلابات أقل

(c) بالحصول على دارة أسرع

(d) بالحصول على دارة أبطأ.

8. من عيوب ترميز الواحد الساخن لحالات آلة الحالة المنتهية

(a) استعمال عدد قلابات أكبر

(b) استعمال عدد قلابات أقل

(c) الحصول على دارة أسرع

(d) الحصول على دارة أبطأ.

9. في حالة ترميز الواحدين الساخنين يعطي استعمال (n) قلاباً عدداً من حالات آلة الحالة المنتهية مقداره

(a) $\left(\frac{n(n-1)}{2}\right)$

(b) (2^n)

(c) (n)

(d) غير ذلك.

10. في حالة الترميز الإثنائي يعطي استعمال (n) قلاباً عدداً من حالات آلة الحالة المنتهية مقداره

(a) $\left(\frac{n(n-1)}{2}\right)$

(b) (2^n)

(c) (n)

(d) غير ذلك

الإجابة الصحيحة لنموذج مذاكرة الفصل الخامس

Ans. $1 \rightarrow (d), 2 \rightarrow (c), 3 \rightarrow (a), 4 \rightarrow (c), 5 \rightarrow (b),$
 $6 \rightarrow (d), 7 \rightarrow (c), 8 \rightarrow (a), 9 \rightarrow (a), 10 \rightarrow (b).$

التغذية الراجعة للسؤال الأول

1 مراجعة مدخل إلى الدارات المتتابعة Introduction to Sequential Circuits

2 مراجعة مدخل إلى الدارات المتتابعة Introduction to Sequential Circuits

3 مراجعة مدخل إلى الدارات المتتابعة Introduction to Sequential Circuits

4 مراجعة مدخل إلى الدارات المتتابعة Introduction to Sequential Circuits

5 مراجعة أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot

6 مراجعة أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot

7 مراجعة أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot

8 مراجعة أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot

9 مراجعة أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot

10 مراجعة أنواع الترميز: من الترميز الإثنائي إلى ترميز الواحد الساخن Encoding Style: From Binary to One-Hot

علامة النجاح بالمذاكرة هي: 6/10

نهاية الفصل الخامس

الإجابة الصحيحة	نموذج مذاكرة الفصل الخامس
d	1
c	2
a	3
c	4
b	5
d	6
c	7
a	8
a	9
b	10

