جامعة المنارة الخاصة

كلية الهندسة

هندسة معلوماتية

الدارات الرقمية

Digital Circuits CECC323

مدرسة المقرر

د. بشرى علي معلا

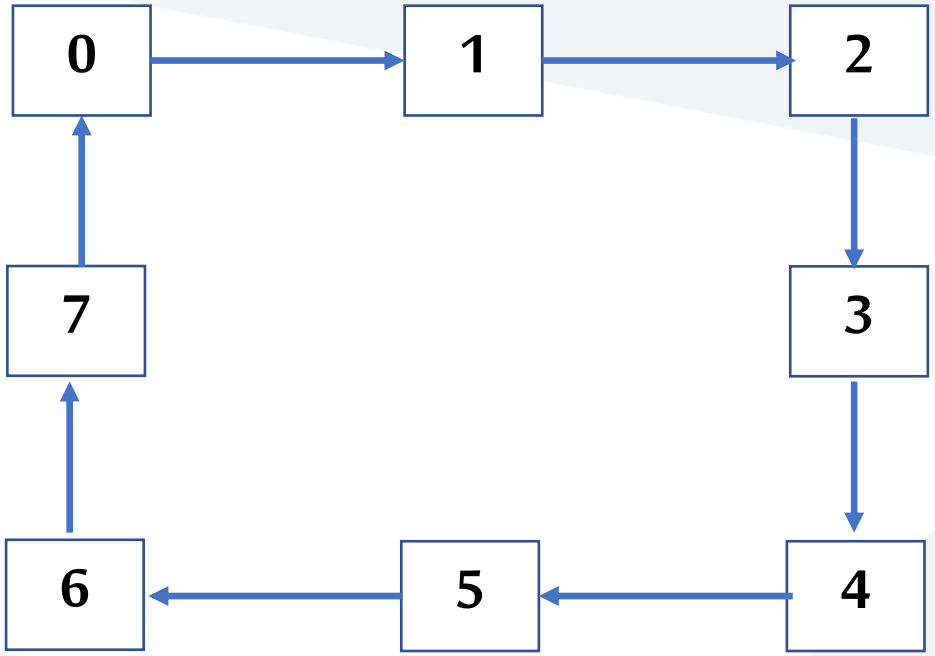
تابع للدارات التتابعية

العدادات

(Counters)

- ✓ العد تصاعدياً (Up Counting)
- ✓ العد تنازلياً (Down Counting)
- ✓ العد بالاتجاهين (Up/ Down Counting)
- ✓ العد ضمن نطاق معين

العددات (Counters)



- العداد: دارة منطقية تتابعية لديها القدرة على العد ثنائياً بترتيب معين : تصاعدياً (Up Counting)، تنازلياً (Down Counting) ، أو بأي ترتيب آخر.
- تستخدم في المعالجات الصغرية و الحاسبات ز في جميع التطبيقات العملية للدارات الرقمية مثل إشارات المرور و في المصانع في عد المنتجات .
- أثناء عملية العد تدعى كل قيمة يصل إليها العداد **حالة (State)**
- ينتقل العداد من حالة إلى أخرى مع **نبضات التزامن (clock)** و بترتيب معين
- يمكن للعداد أن يبدأ العد من أية حالة من حالاته و تسمى هذه الحالة **بالحالة الابتدائية (initial state)**

أنواع العددات

- عدادات متزامنة (Synchronous)

تعمل كل القلابات بشكل متزامن بنبضة تزامن رئيسة واحدة تشغل القلابات جميعها معاً

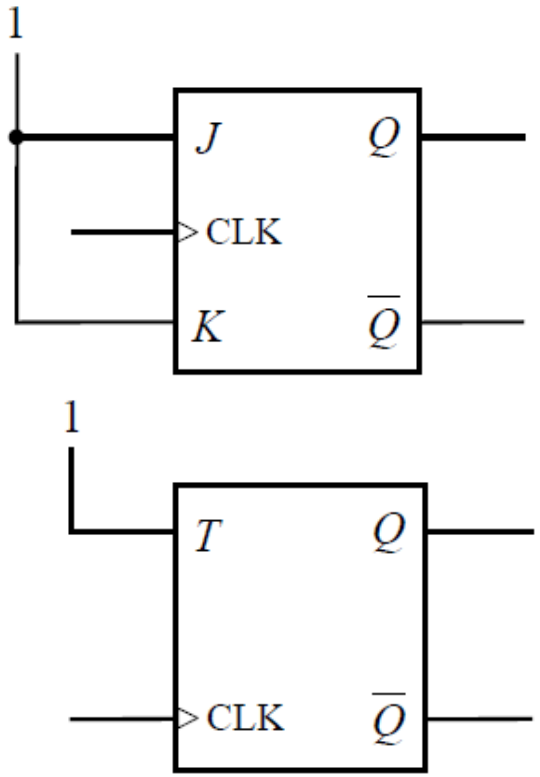
- عدادات غير متزامنة (Asynchronous)

لا توصل نبضة التزامن الرئيسة إلى دخل التزامن لقلابات العداد

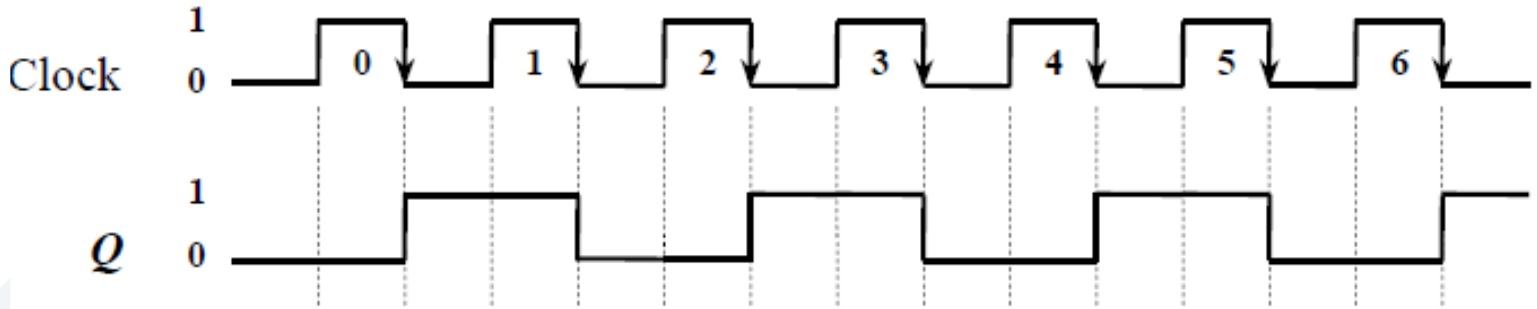
العدادات غير المتزامنة

- العداد التصاعدي
- العداد التنازلي
- العداد تصاعدي /تنازلي
- العداد بأي ترتيب

بناء العدادات



- تبنى العدادات باستخدام القلاب JK أو القلاب T
- في هذا الوضع يعكس القلاب حالته مع كل نبضة من نبضات التزامن كما في الشكل:



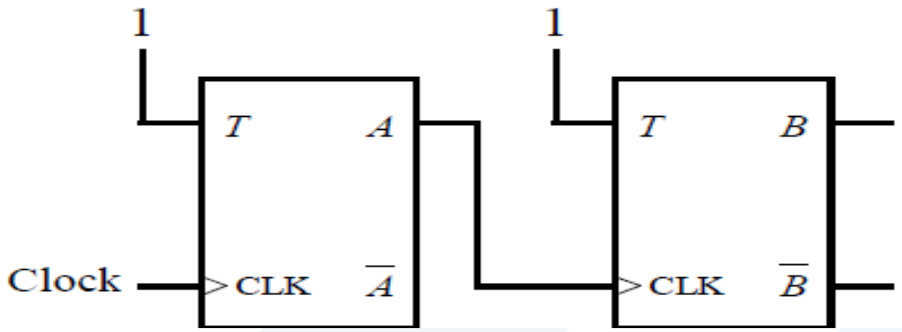
- نلاحظ أن إشارة خرج القلاب يمكن أيضاً اعتبارها إشارة تزامن لكن ترددها نصف تردد إشارة التزامن الداخلة إليه f_C و كأن القلاب قد قام بتقسيم التردد على 2:

$$f_Q = \frac{1}{2} f_C$$

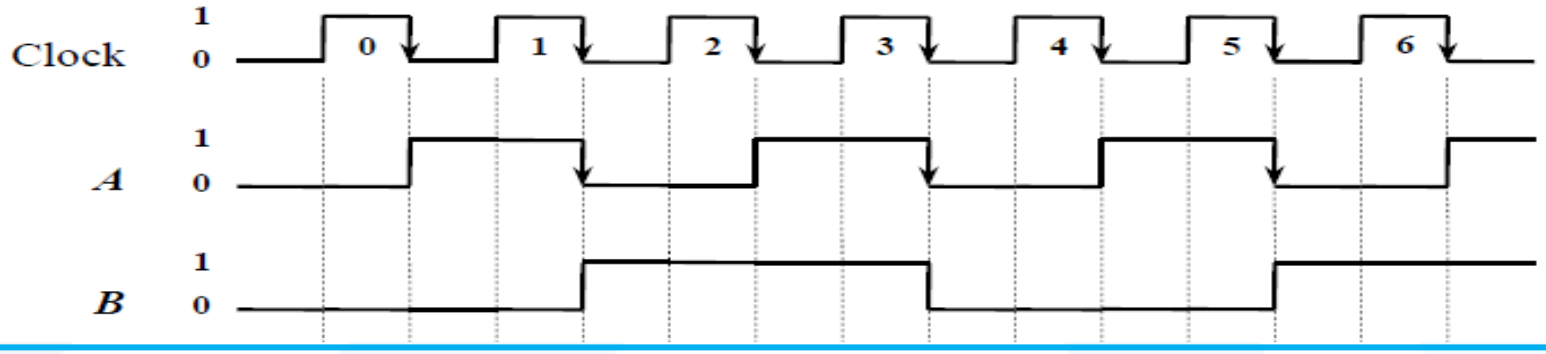
بناء العدادات

العد تصاعدياً (Up Counting)

- إذا أدخلنا إشارة خرج القلاب الأول كإشارة تزامن إلى قلاب ثاني من النوع ذاته هذا سيجعل القلاب الثاني يقسم تردد تلك الإشارة على 2 أيضاً.



- فيكون مخطط التزامن:



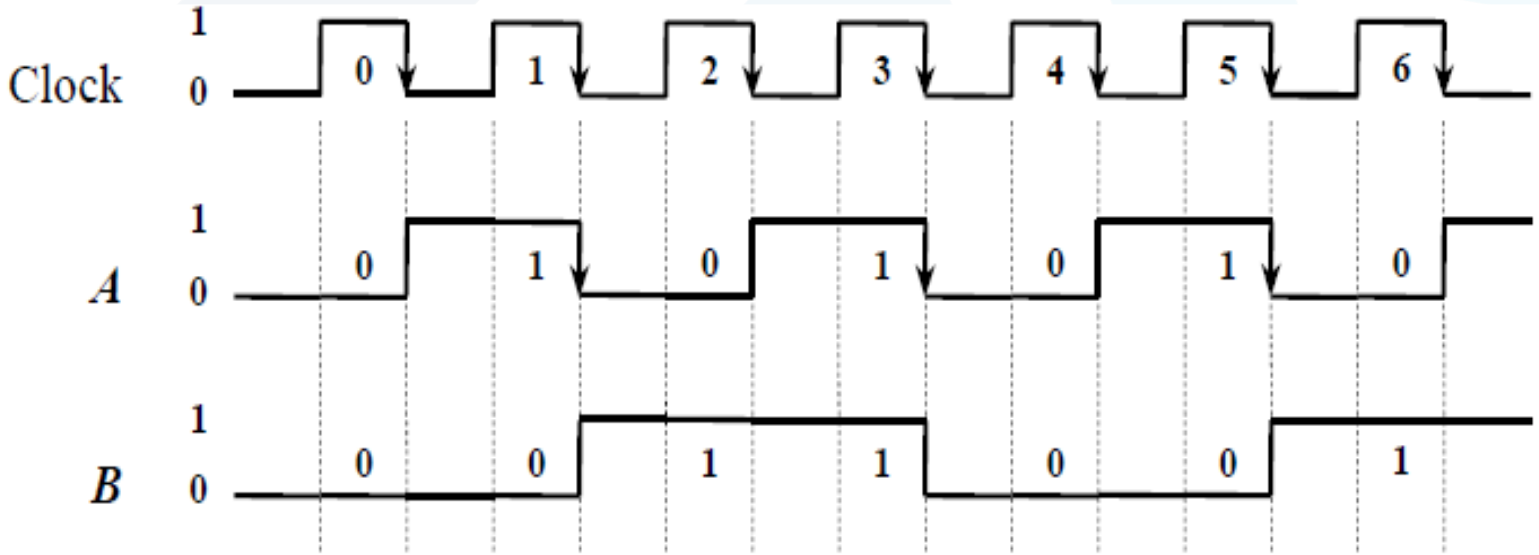
$$f_B = \frac{1}{2} f_A = \frac{1}{4} f_{Clk}$$

بناء العدادت

العد تصاعدياً (Up Counting)

B	A	State
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3
0	0	0
0	1	1
1	0	2

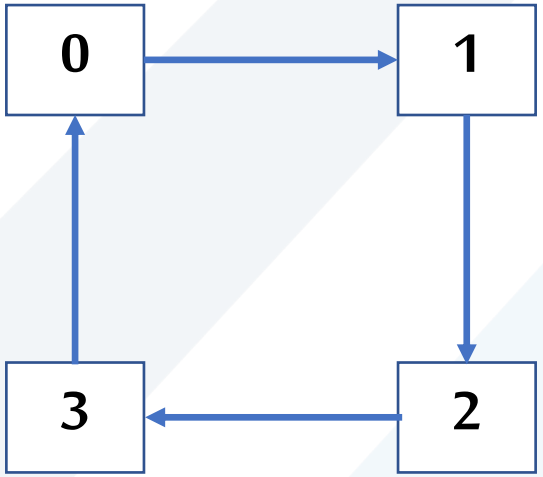
- بملاحظة الإشارة يظهر لدينا أن A تغير حالتها كل نبضة تزامن أي يمكن اعتبارها الخانة LSB بينما B تغير حالتها كل نبضتي تزامن فهي يمكن اعتبارها خانة ثانية .
- يمكن اعتبار أن ما لدينا هو عداد تصاعدي ذي خانتين يمكن من مخطط التزامن تحديد التسلسل:



بناء العدادت

العد تصاعدياً (Up Counting)

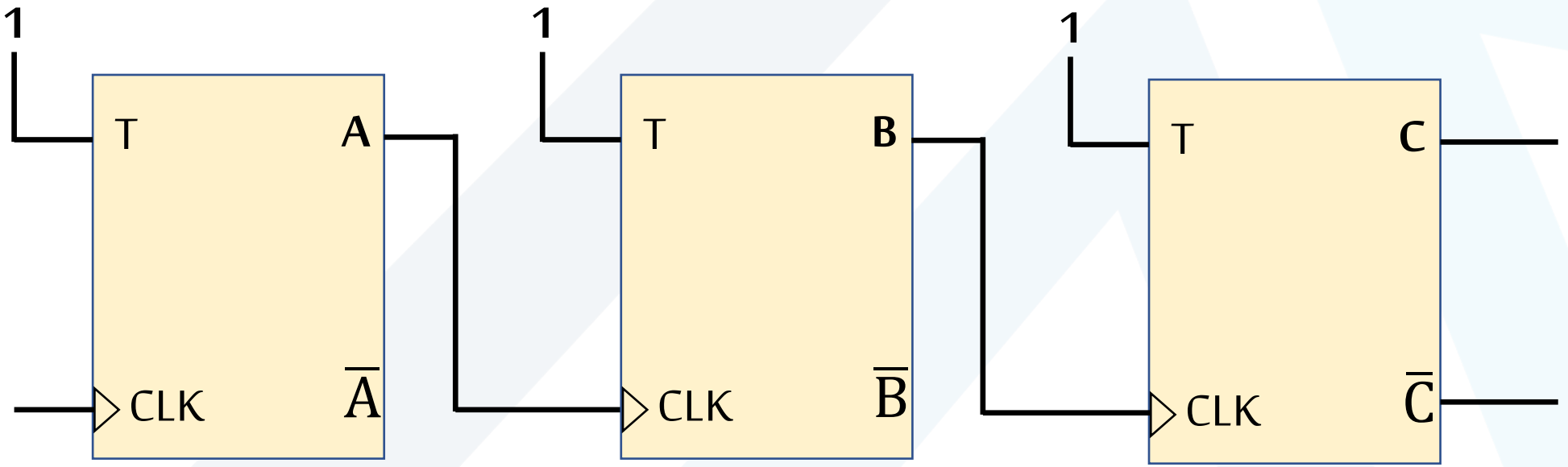
- مخطط الحالات :



❖ مثال1: صمم عداداً تصاعدياً ذي ثلاث خانات (3 bits up counting)وارسم مخطط التزامن له، ثم وضح تسلسل العد و مخطط الحالات و ذلك إذا بدأ العداد العد من الحالة 3

✓ نحتاج عدد قلاباتT = عدد خانات العداد=3

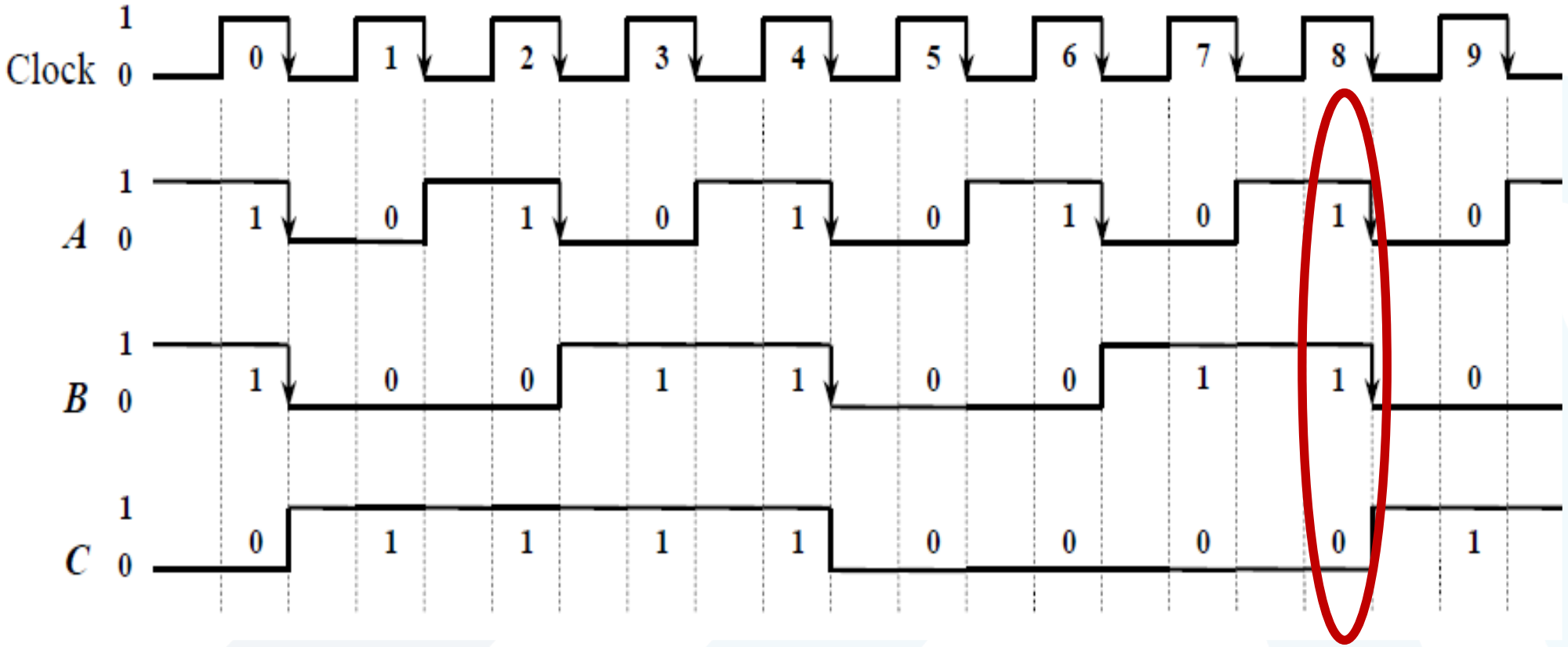
✓ ندخل الخرج غير المعكوس لكل قلاب كإشارة تزامن للقلاب التالي له



$$C\ B\ A$$

$$3 = (0\ 1\ 1)_2$$

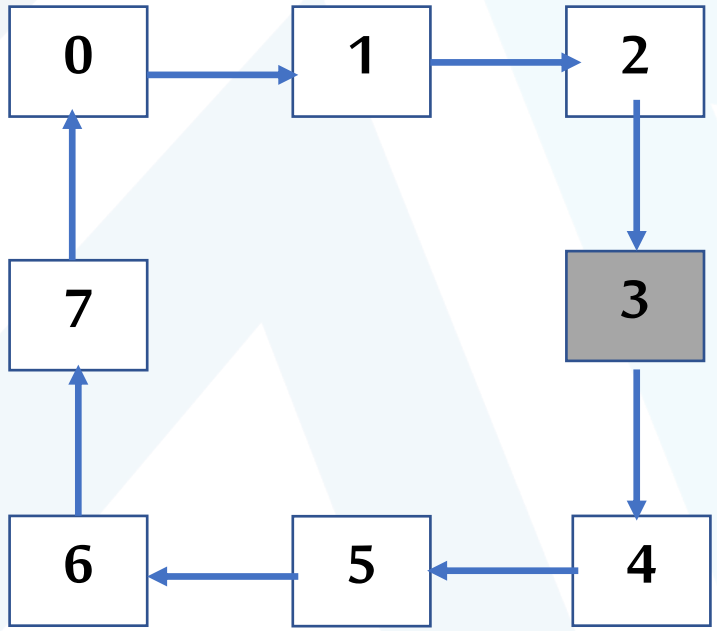
✓ لرسم مخطط التزامن نحتاج لمعرفة الحالة الابتدائية:



C	B	A	State
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
:	:	:	:

- الجدول المجاوريوضح تسلسل العد:

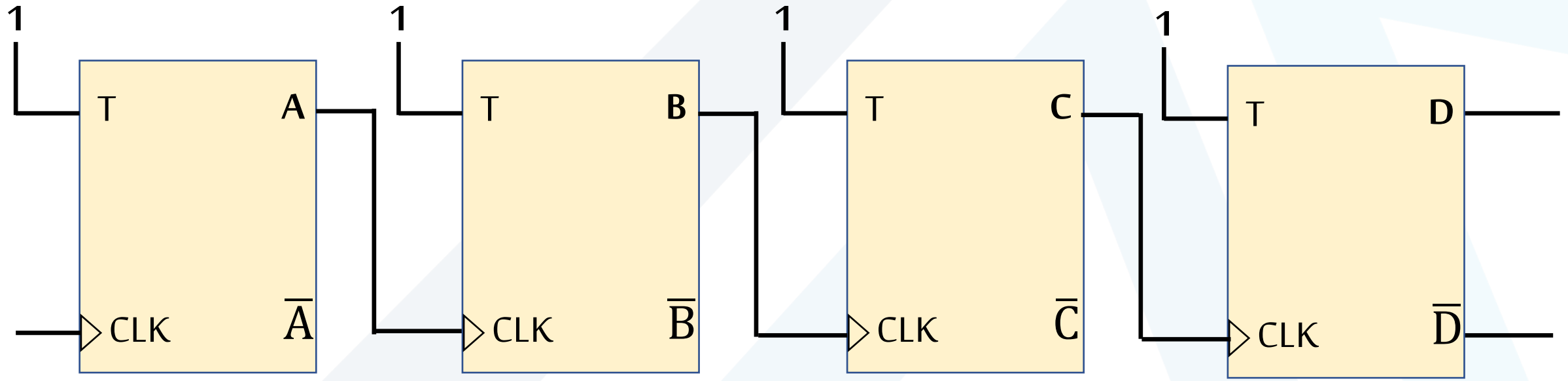
- مخطط الحالات لم يتغيررغم أن الحالة الابتدائية كانت 3:



❖ مثال2: صمم عداداً تصاعدياً ذي أربع خانات (4- bit up counting)وارسم مخطط التزامن له، ثم وضح تسلسل العد و مخطط الحالات و ذلك إذا بدأ العداد العد من الحالة 10

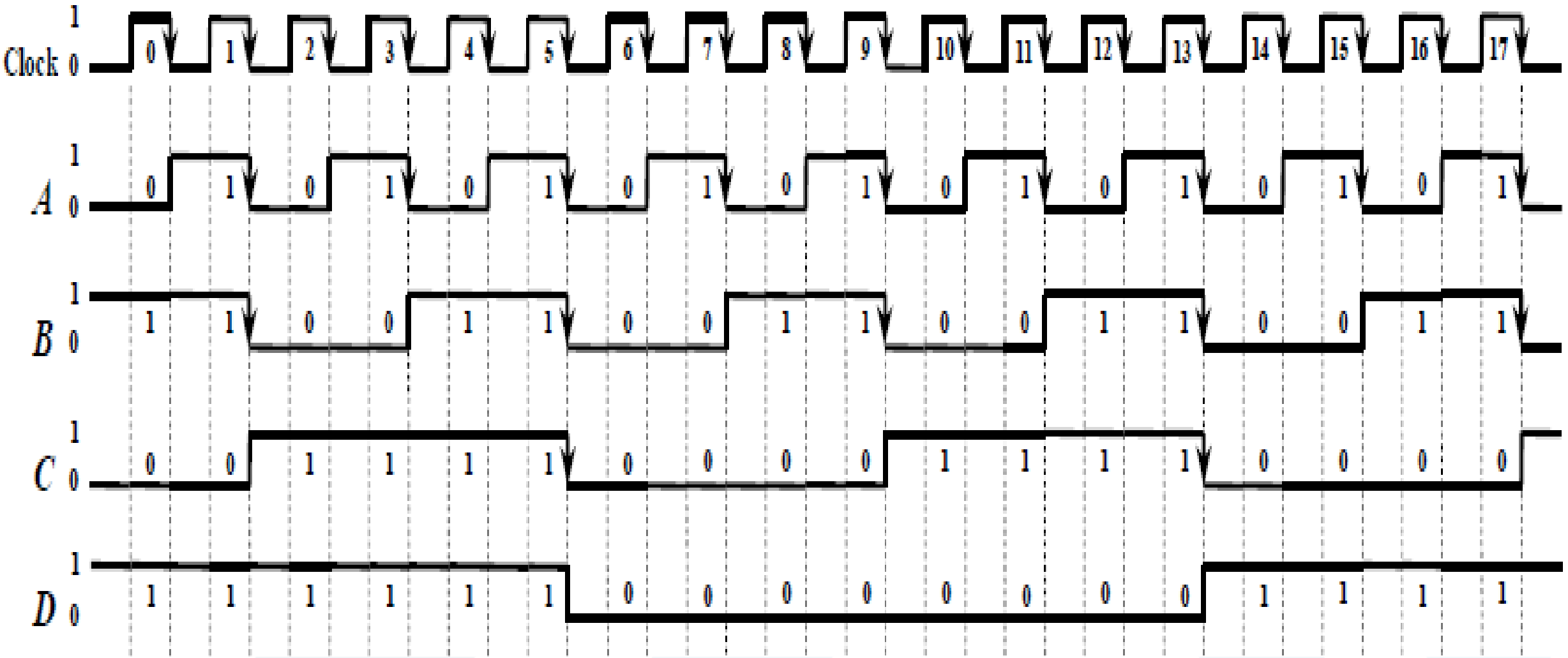
✓ نحتاج إلى 4 قلابات T

✓ ندخل الخرج غير المعكوس لكل قلاب كإشارة تزامن للقلاب التالي له



$D\ C\ B\ A$

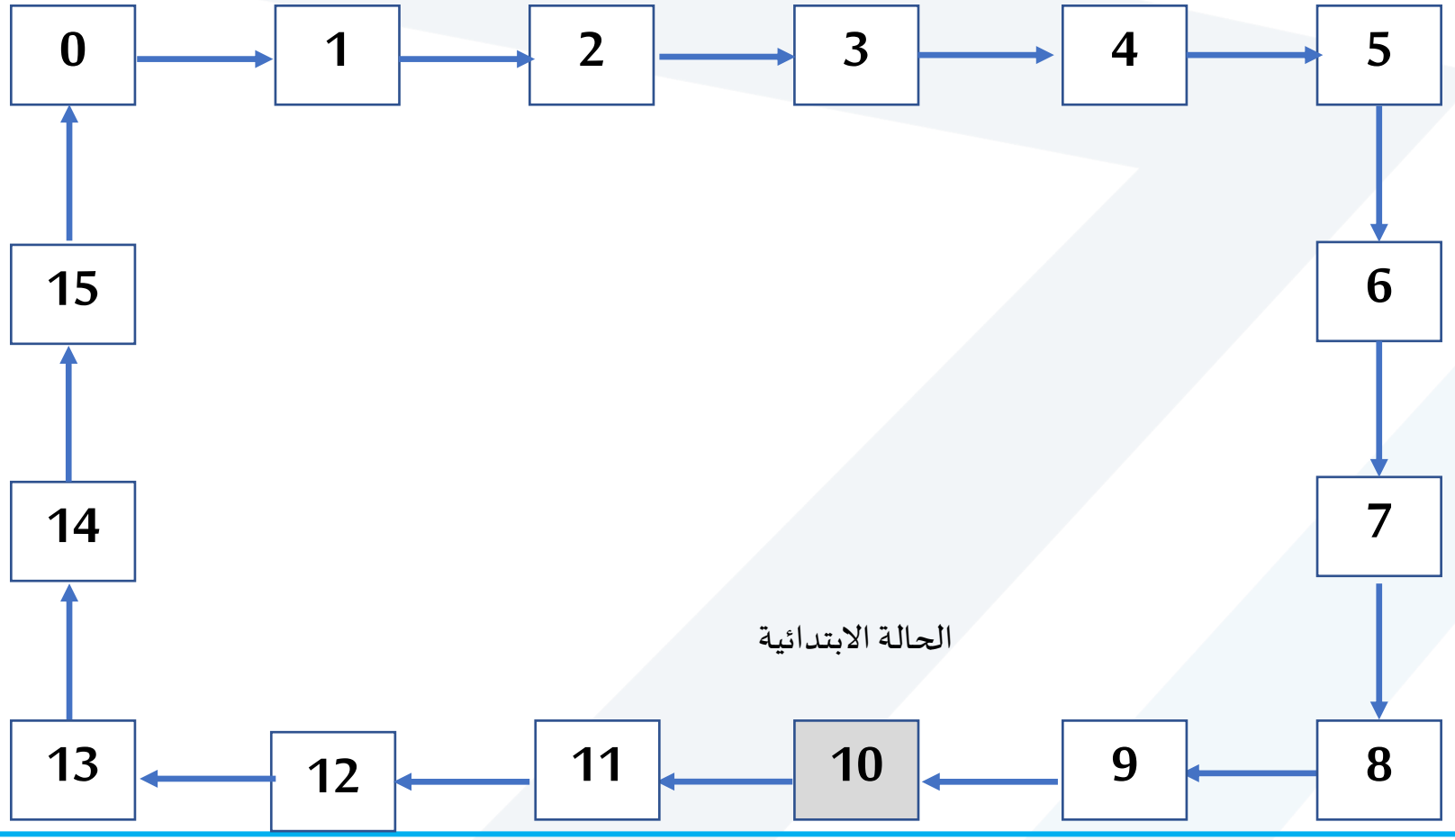
✓ لرسم مخطط التزامن نحتاج لمعرفة الحالة الابتدائية: $10 = (1\ 0\ 1\ 0)_2$



✓ الجدول المجاور يوضح تسلسل العد:

D	C	B	A	State
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10

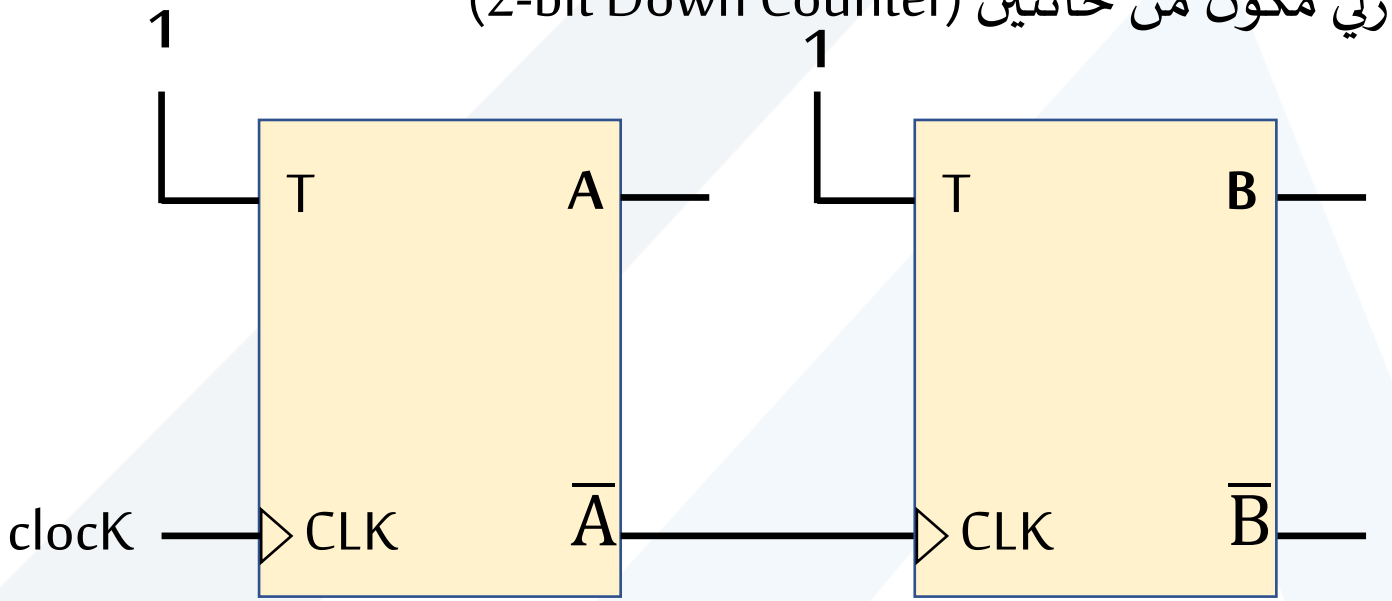
✓ الجدول المجاوريوضح تسلسل العد:



بناء العدادت

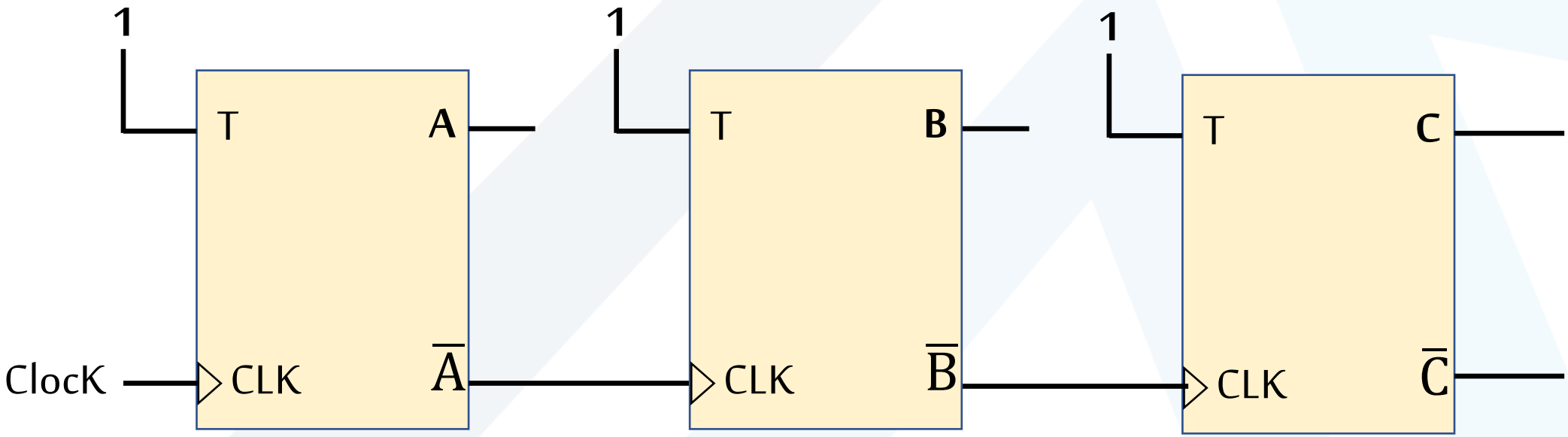
العد تنازلياً (Down Counting)

- إذا أدخلنا إشارة الخرج المعكوس للقلاب الأول كإشارة تزامن إلى قلاب ثاني من النوع ذاته فهذا سيجعل العداد يقوم بالعد تنازلياً
- الدارة المنطقية لعداد تنازلي مكون من خانتين (2-bit Down Counter)



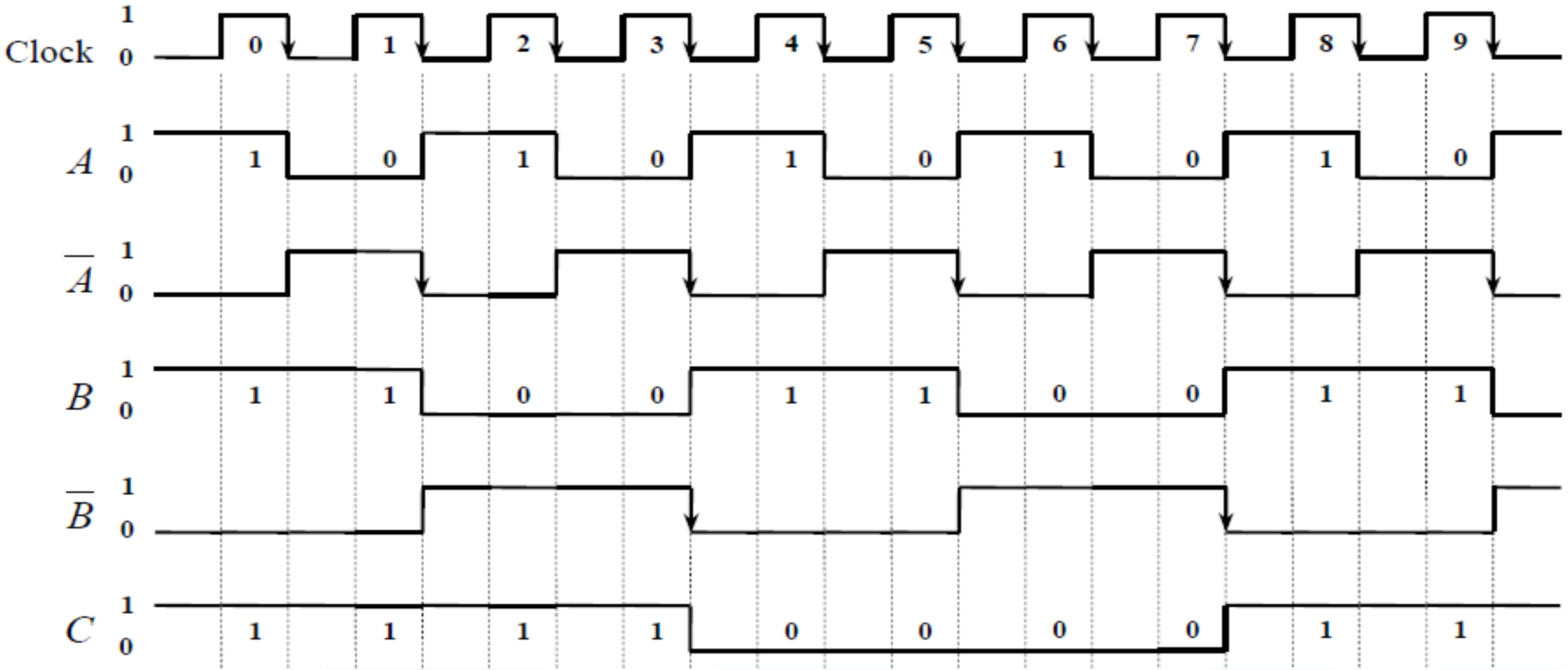
❖ مثال1: صمم عداداً تنازلياً ذي ثلاث خانات (3- bit down counting)وارسم مخطط التزامن له، ثم وضح تسلسل العد و مخطط الحالات و ذلك إذا بدأ العداد العد من الحالة 7

➢ الدارة المنطقية لعداد تنازلي مكون من ثلاث خانات (3-bit Down Counter)



$$C\ B\ A$$
$$7 = (1\ 1\ 1)_2$$

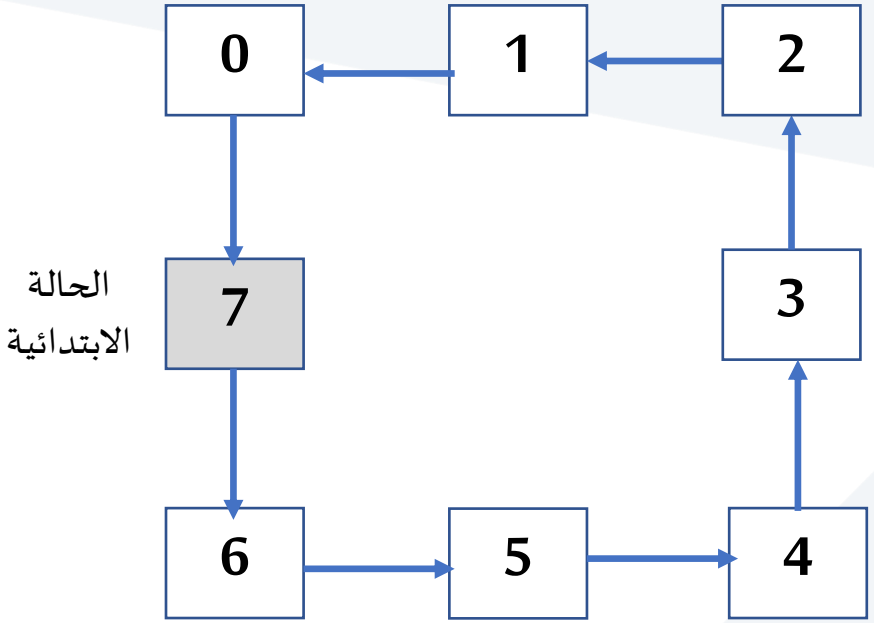
✓ لرسم مخطط التزامن نحتاج لمعرفة الحالة الابتدائية:



✓ الجدول المجاوريوضح تسلسل العد:

C	B	A	State
1	1	1	7
1	1	0	6
1	0	1	5
1	0	0	4
0	1	1	3
0	1	0	2
0	0	1	1
0	0	0	0
1	1	1	7

✓ مخطط الحالات :



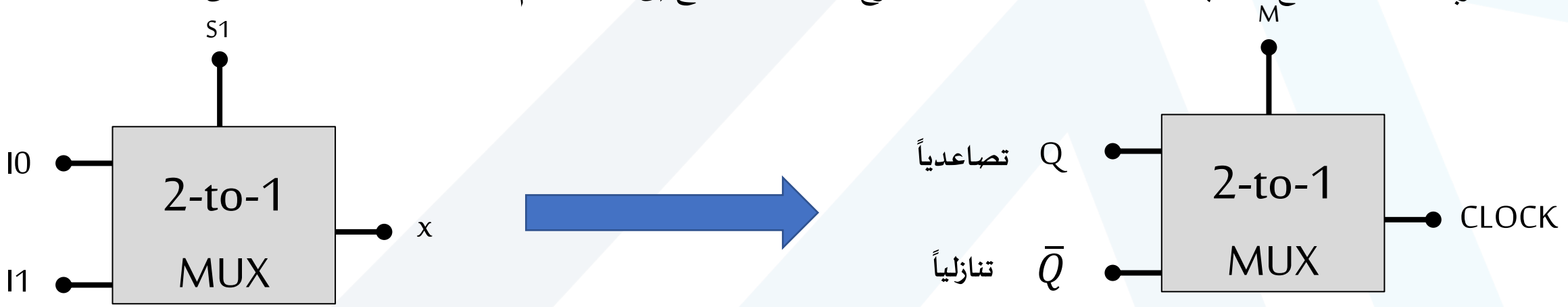
بناء العدادات

العد بالاتجاهين (Up/ Down Counting)

M	CLOCK
0	Q
1	$\bar{Q}$

- هو عداد يقوم بالعد تصاعدياً و تنازلياً حسب قيمة إشارة التحكم
  - يقوم بالعد تصاعدياً من أجل M=0
  - يقوم بالعد تنازلياً من أجل M=1

✓ بما أن ربط القلابات مع بعضها يختلف بحسب اختلاف نوع العد لذا نحتاج إلى استخدام ناخب 2to1 Mux لتحقيق ذلك

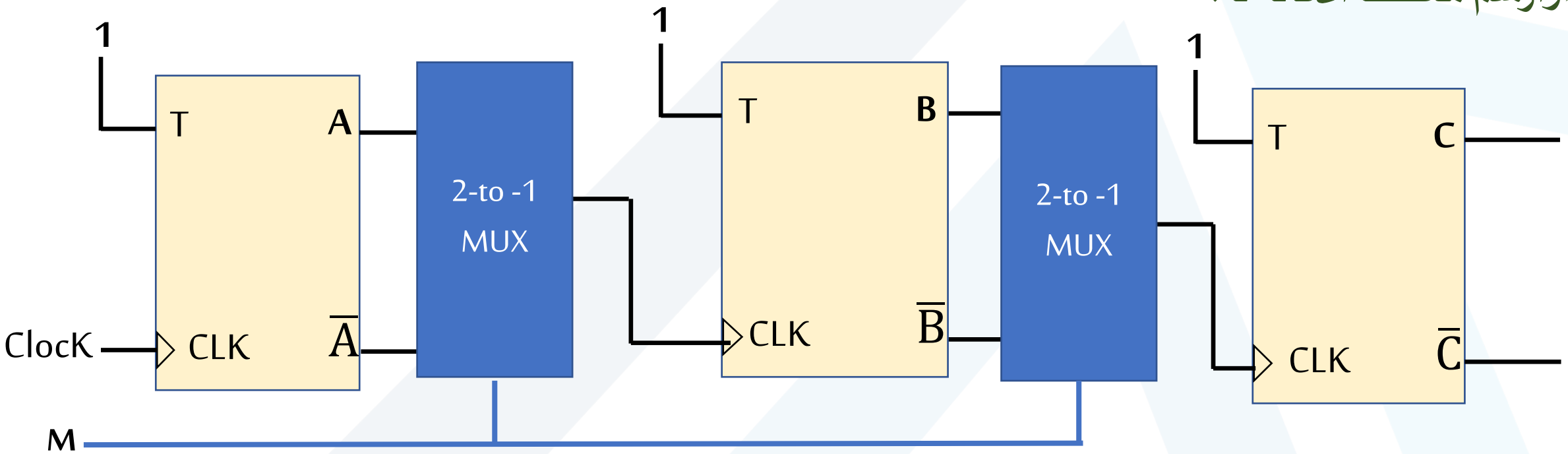


✓ حيث يُدخل الخرج المعكوس والخرج غير المعكوس للقلاب إلى دخلي الناخب الذي يحدد أيهما يُمرر كإشارة تزامن حسب قيمة إشارة التحكم M .

بناء العدادات

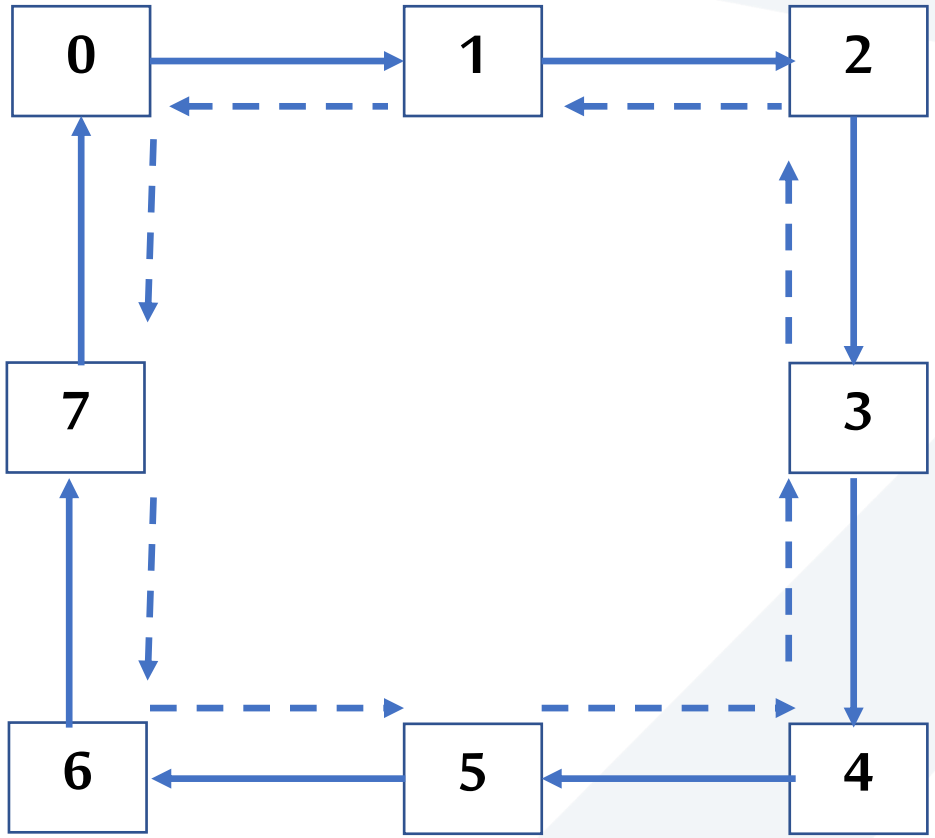
العد بالاتجاهين (Up/ Down Counting)

- مثال: صمم عداد ذي ثلاث خانات (3 bit counter) يقوم بالعد تصاعدياً و تنازلياً إذا بدأ العداد العد من الحالة 0
- وارسم مخطط الحالة له.



بناء العدادت

العد بالاتجاهين (Up/ Down Counting)



- مخطط الحالات للعداد السابق:

العد تصاعدياً ←

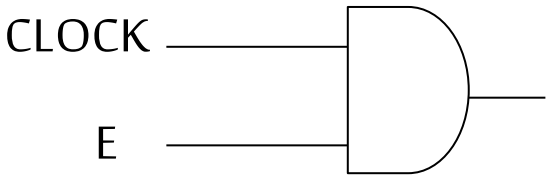
العد تنازلياً ⇠

❖ مثال: صمم عداد ذي أربعة خانات (4bit counter) يستجيب لإشارتي تحكم E,M بحيث:

✓ الإشارة M تحدد ترتيب العد للعداد :

- فيقوم بالعد تصاعدياً عندما تكون مساوية من 0
- تنازلياً عندما تكون مساوية 1

✓ والإشارة E عبارة عن إشارة سماح (ENABLE) تسمح للعداد بالعمل عندما تكون مساوية 1 توقف العداد عن العد عندما تكون مساوية 0



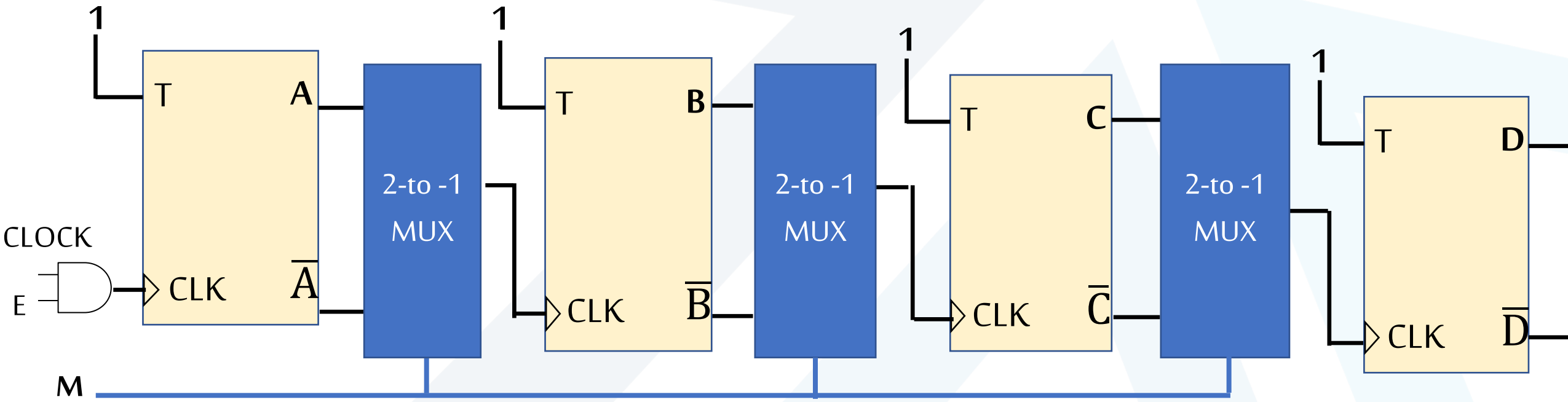
✓ عدد الخانات =عدد القلابات =4

✓ عداد تصاعدي / عداد تنازلي: نحتاج إلى ناخب 2to1 لتحديد نوع العد يتحكم بذلك الإشارة M

✓ عداد في حالة عمل /حالة توقف

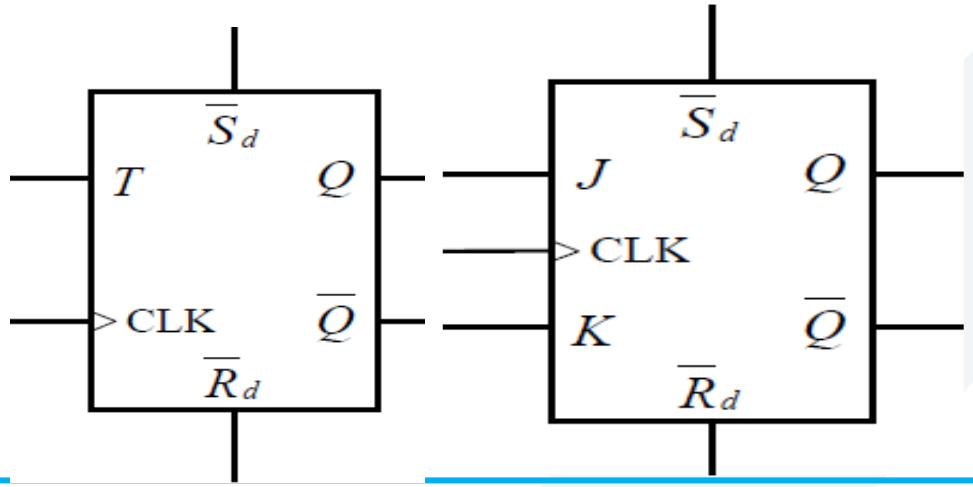
بما أن العداد يستمر في العد طالما إشارة التزامن CLOCK مستمرة فهذا يعني أننا بحاجة في حالة إيقاف العداد إلى إلغاء تأثير إشارة التزامن . هذا يكون من خلال إدخال هذه الإشارة مع إشارة السماح E على بوابة AND

- الدارة المنطقية للعداد:



أطراف الدخل المباشر
Direct Inputs

- تسمى أيضاً بأطراف الدخل غير المتزامن (Asynchronous Inputs) ويرمز لها عادة: $\overline{S_d}$ $\overline{R_d}$
- تستخدم أطراف الدخل المباشر من أجل تغيير حالة القلاب بصورة استثنائية بغض النظر عن إشارة التزامن .
- مثلاً : وضع حالة ابتدائية في القلاب في غياب إشارة التزامن بحيث يبدأ القلاب العمل بدءاً من تلك الحالة عندما تبدأ نبضات التزامن
- مثلاً : تغيير التسلسل الطبيعي الذي تمر به حالات القلاب ووضع حالة معينة فيه.
- و تمثل كما في الشكل لقلاب نوع JK و آخر T مزود بأطراف دخل مباشر:
  - ✓ يستخدم الطرف $\overline{S_d}$ في إجراء عملية SET للقلاب بصورة مباشرة
  - ✓ يستخدم الطرف $\overline{R_d}$ في إجراء عملية RESET للقلاب بصورة مباشرة



أطراف الدخل المباشر
Direct Inputs

- إن أطراف الدخل المباشر نشطة منخفضة (Active Low) أي العملية المطلوب إجراؤها تتم بوضع 0 على الطرف المقابل لها.

- وهذا موضح بالجدول الآتي:

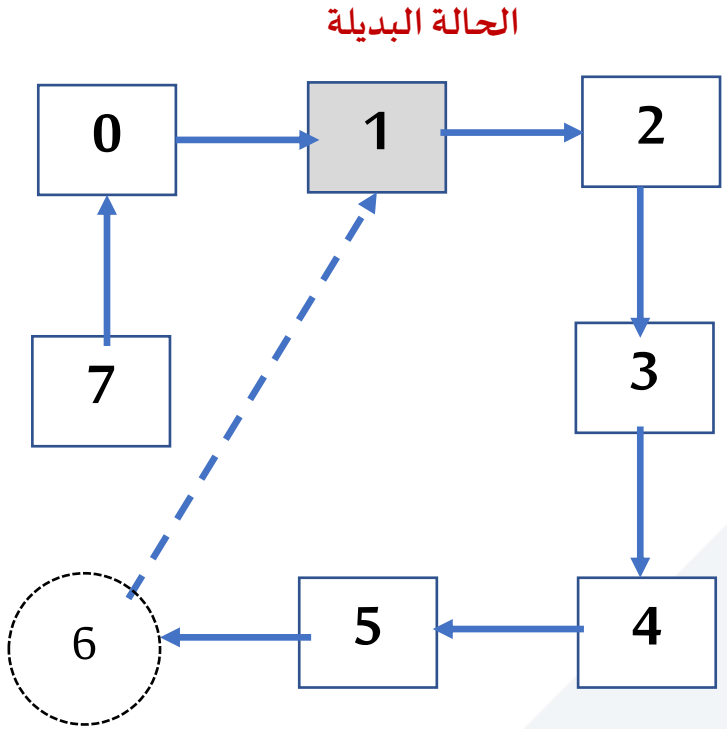
$\overline{S_d}$	$\overline{R_d}$	Qn+1	
0	0	Not used	
0	1	1	SET Direct
1	0	0	RESET Direct
1	1	استجابة للدخل المتزامن	

- ملاحظة: أي طرف من أطراف الدخل المباشر مطلوب وضع قيمة 1 فيها تمكن أن تترك دون توصيل
- مثلاً: لإجراء عملية SET نضع 0على الطرف $\overline{S_d}$ و نترك الطرف $\overline{R_d}$ دون توصيل

بناء العدادت

العد ضمن نطاق معين

- أي بناء عداد يقوم بالعد ضمن مجال محدد من القيم مثلاً بدلاً من أن يقوم العداد التنازلي ذي الثلاث خانات بالعد من 7 حتى 0 يمكن أن نبني عداد يعد من 1 حتى 5 فقط
- يكون ذلك عن طريق التدخل في عمل العداد و تغيير التسلسل الطبيعي لحالاته باستبدال حالة معينة من حالاته بحالة أخرى بصورة متزامنة عن طريق أطراف الدخل المباشرة (Direct Inputs)
- مثلاً حسب مخطط الحالات المجاور:



- إذا بدأ العد بالحالة 1 سيستمر بالعد حتى يصل إلى الحالة 5 و التي هي آخر حالة في تسلسل العد المطلوب . سينتقل بعدها إلى الحالة 6 . عندها يجب استبدال الحالة 6 بصورة فورية عن طريق أطراف الدخل المباشر للقلابات .
- تسمى الحالة التي تلي مباشرة آخر حالة في نطاق العد المطلوب بـ **الحالة المؤقتة** (في مثالنا هي الحالة 6)
- تسمى أول حالة في نطاق العد المطلوب بـ **الحالة البديلة** (في مثالنا هي الحالة 1)

بناء العدادت

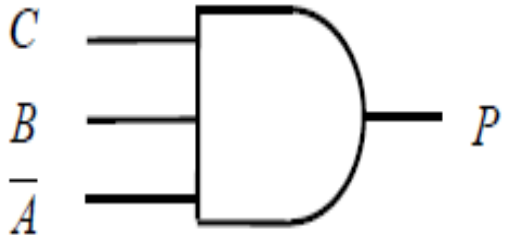
العد ضمن نطاق معين

➢ **اكتشاف الحالة المؤقتة** يتم عن طريق استخدام بوابة ANDأو بوابة NAND

✓ عن طريق بوابة AND

C B A

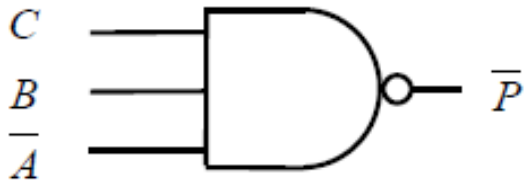
$$6 = (1 \quad 1 \quad 0)_2$$



- حسب المثال الذي لدينا : الحالة المؤقتة هي 6 أي:

وصول الحالة المؤقتة إلى دخل البوابة يصبح خرجها مساو لـ P=1

✓ عن طريق بوابة NAND



وصول الحالة المؤقتة إلى دخل البوابة يصبح خرجها مساو لـ $\overline{P}$=0

بناء العدادات

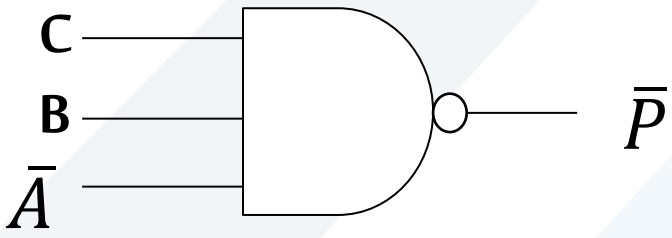
العد ضمن نطاق معين

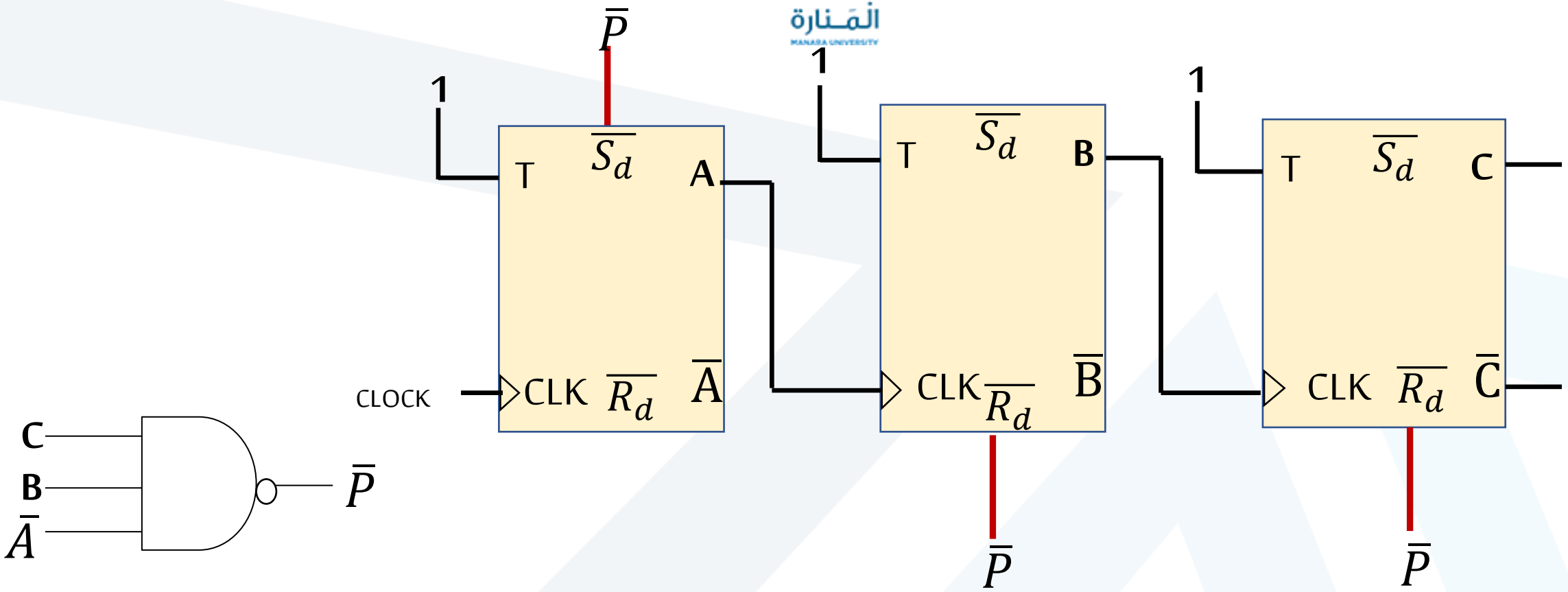
استبدال الحالة المؤقتة بالحالة البديلة:

- ✓ يتم عن طريق أطراف الدخل المباشرة للقلابات.
- ✓ تستخدم الإشارة P الخارجة من بوابة AND أو الإشارة $\bar{P}$ الخارجة من بوابة NAND في إجراء عملية SET أو RESET للقلابات بصورة مباشرة بحيث تستبدل الحالة المؤقتة بالحالة البديلة

$$\begin{matrix} & C & B & A \\ 6 = (1 & 1 & 0)_2 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 1 = (0 & 0 & 1)_2 \end{matrix}$$

- ✓ أي نحتاج إلى عملية SET للقلاب A و عملية RESET لكل من القلابين Cو B .
- ✓ حيث ندخل الإشارة $\bar{P}$ إلى :
  - الطرف $\overline{S_d}$ في القلاب A
  - الطرف $\overline{R_d}$ في القلاب B
  - الطرف $\overline{R_d}$ في القلاب C





- ✓ طالما أن الإشارة $\overline{P}$ مساوية لـ 1 لا تؤثر على القلابات و يعد العداد تصاعدياً بالصورة المعتادة .
- ✓ عندما يصل إلى الحالة المؤقتة (في مثالنا 6) تتغير حالة الإشارة إلى 0 فيقوم القلاب A بعملية SET و يقوم القلابان الآخران بعملية RESET .

فتستبدل الحالة المؤقتة بالحالة البديلة . وتعود عندها الإشارة $\overline{P}$ إلى قيمة 1 و تصبح دون تأثير ليعاود العداد العد و هكذا.

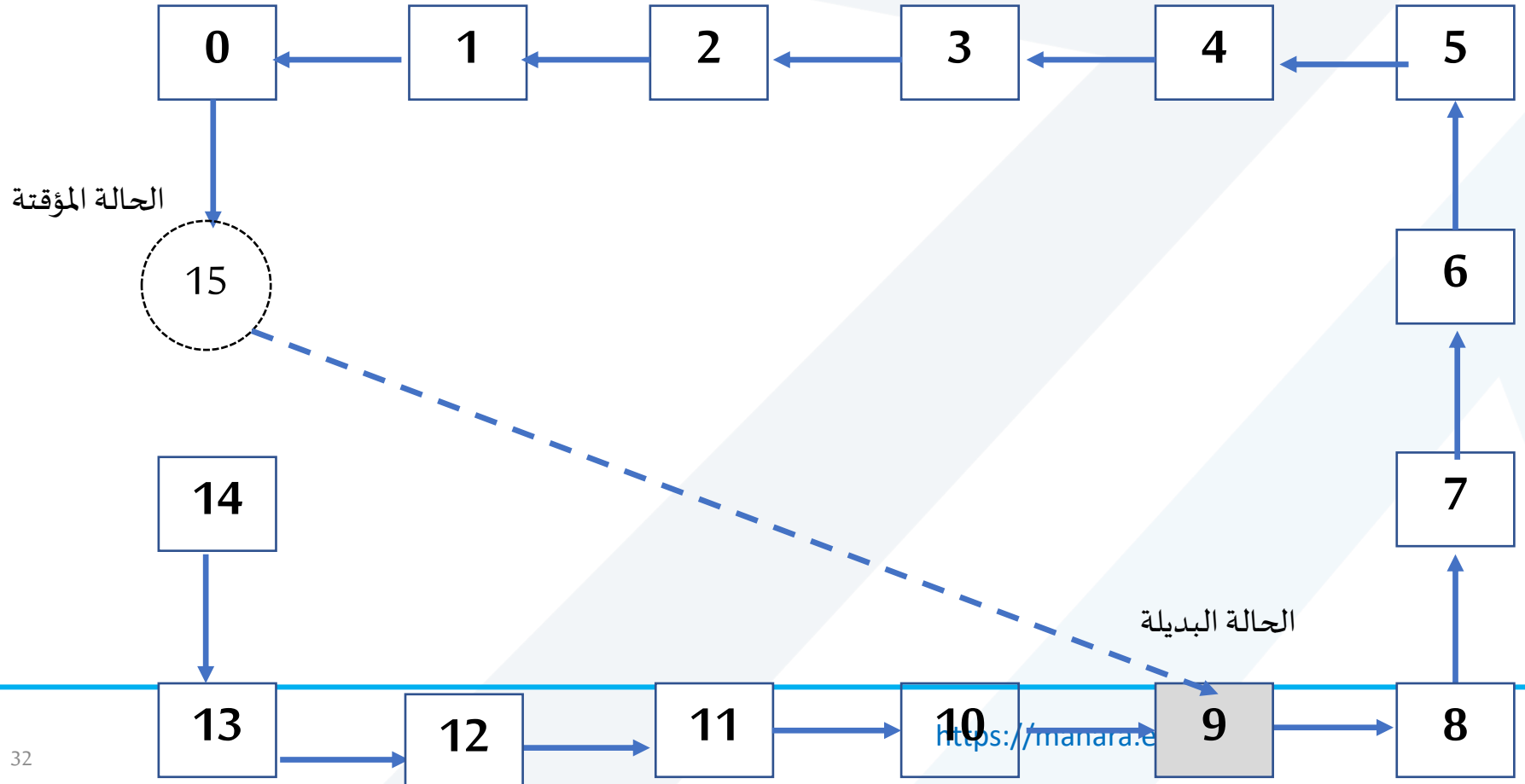
❖ مثال: صمم عداد اً يعد تنازلياً من 9 إلى 0

$$\begin{matrix} D & C & B & A \\ 9 = (1 & 0 & 0 & 1)_2 \end{matrix}$$

لتميثل أكبر عدد موجود 9 نحتاج إلى 4 خانات ثنائية أي سنصمم عداداً تنازلياً من 4 خانات.

أي نحتاج إلى 4 قلابات و بالنتيجة سنصمم عداداً يعد تنازلياً من 15 حتى 0 و لكن مع استبدال الحالة المؤقتة 15 بالحالة البديلة 9 من خلال استخدام أطراف دخل مباشر.

نرسم مخطط الحالات:

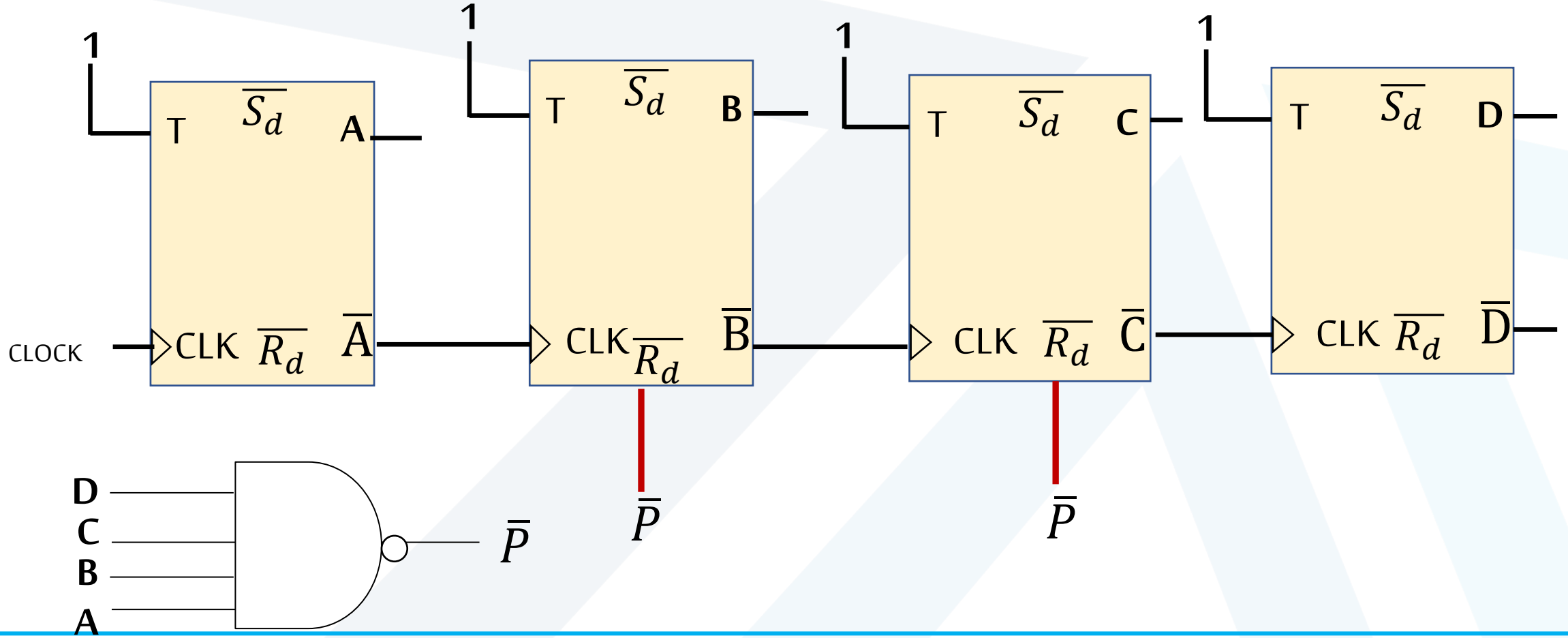


$$\begin{matrix} D & C & B & A \\ 15 = (1 & 1 & 1 & 1)_2 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 9 = (1 & 0 & 0 & 1)_2 \end{matrix}$$

نلاحظ أننا بحاجة إلى إجراء عملية RESET للقلابين C و B

https://manara.e

فتكون دارة العداد المطلوب:



مثال:

صمم عداد اً يستجيب لإشارة تحكم M :

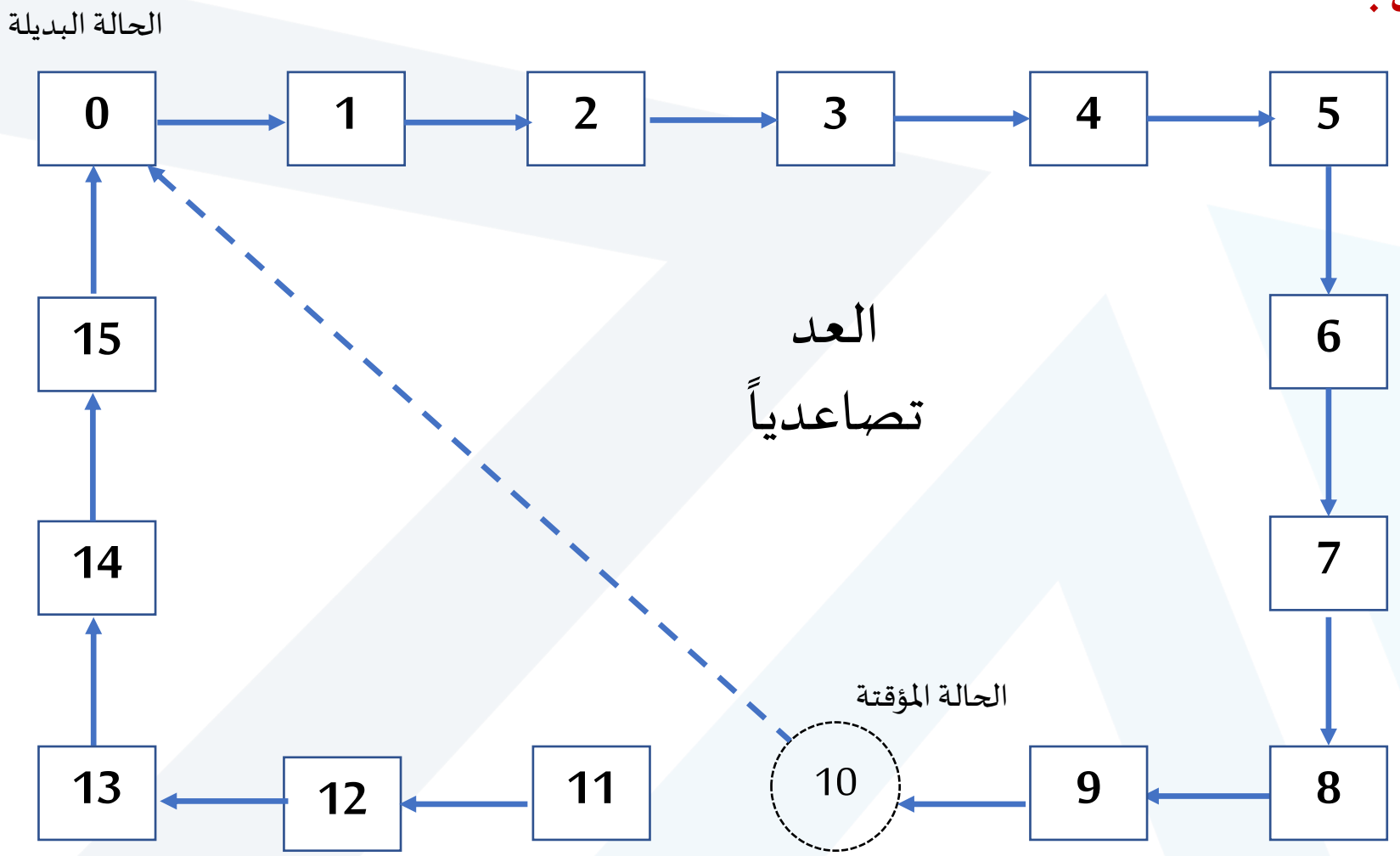
-يعد تصاعدياً من 0 حتى 9 عند M=1

- يعد تنازلياً من 9 إلى0 عند M=0

أي سنصمم عداداً تصاعدياً/تنازلياً ذي أربع خانات أي نحتاج إلى 4 قلابات و سنجري عليه تعديلات بحيث يعد من 0 إلى 9.

حالة العد التصاعدي :

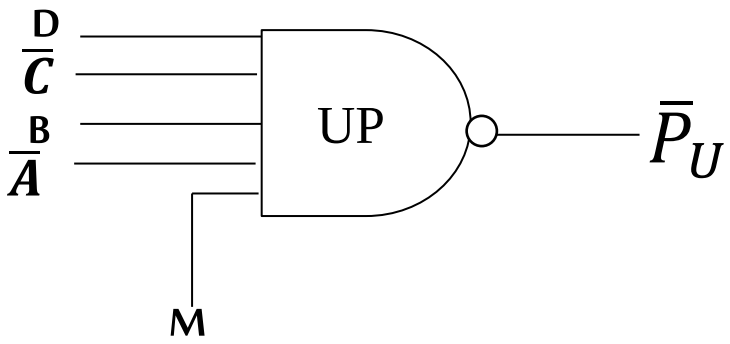
مخطط الحالات :



حالة العد التصاعدي :

من مخطط الحالة نلاحظ :

$$\begin{matrix} D & C & B & A \\ 9 = (1 & 0 & 0 & 1)_2 \end{matrix}$$



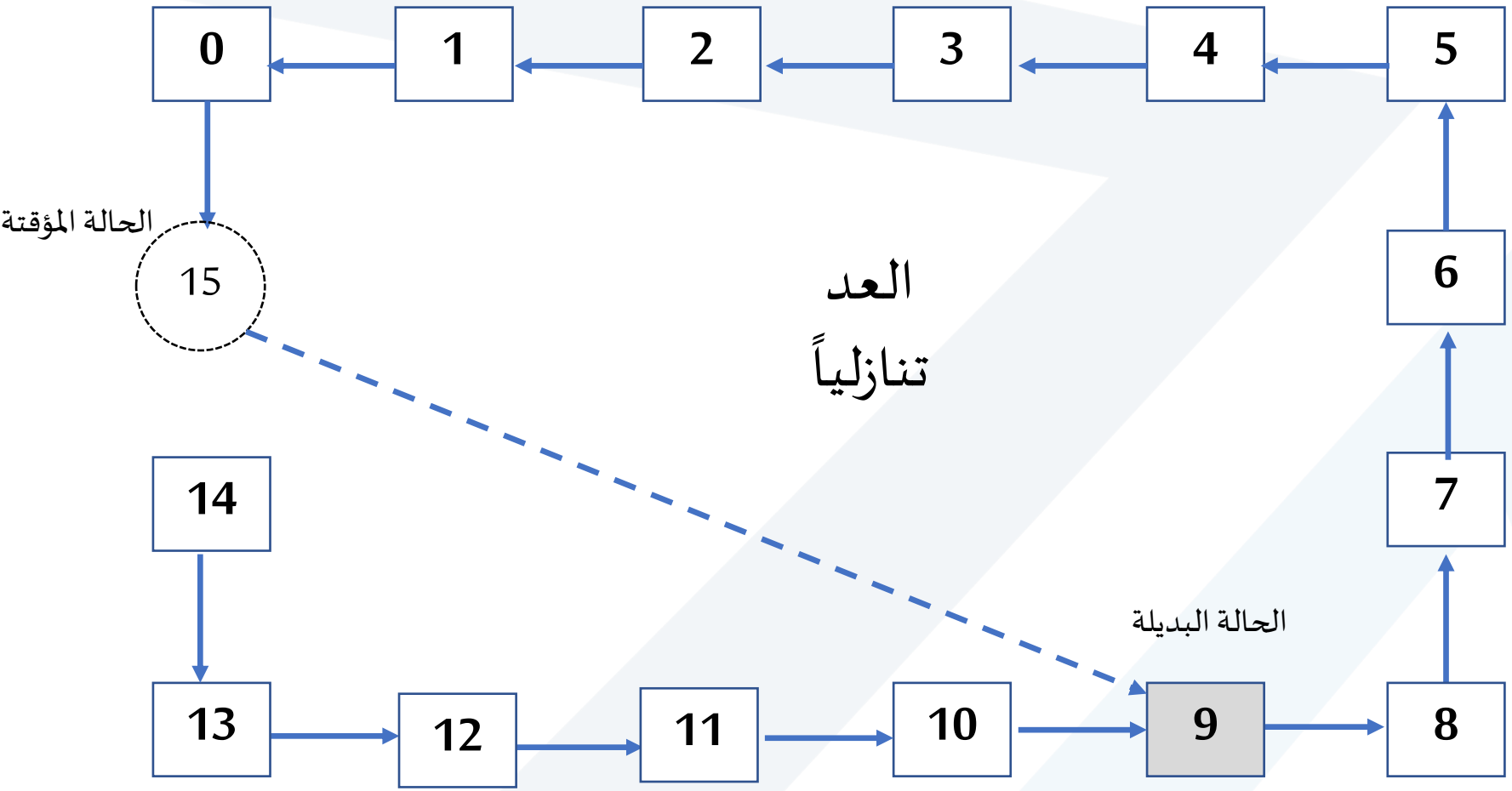
الحالة المؤقتة

الحالة البديلة

$$\begin{matrix} D & C & B & A \\ 10 = (1 & 0 & 1 & 0)_2 \\ 0 = (0 & 0 & 0 & 0)_2 \end{matrix}$$

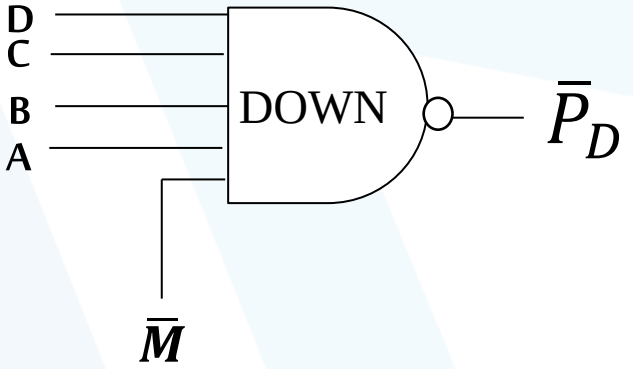
نلاحظ أننا بحاجة إلى إجراء عملية RESET للقلابين B و D

مخطط الحالات في حالة العد تنازلياً :

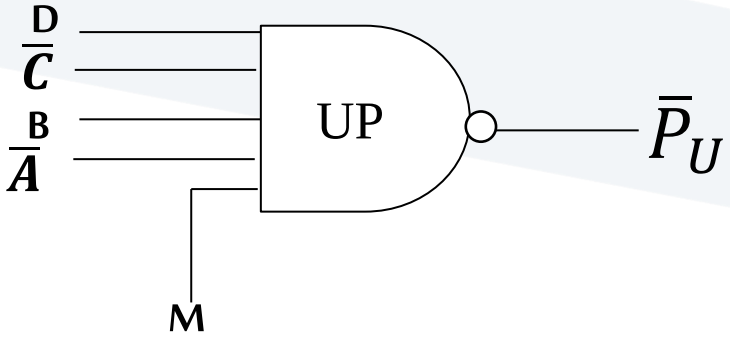


$$15 = (1\ 1\ 1\ 1)_2 \quad (D\ C\ B\ A)$$

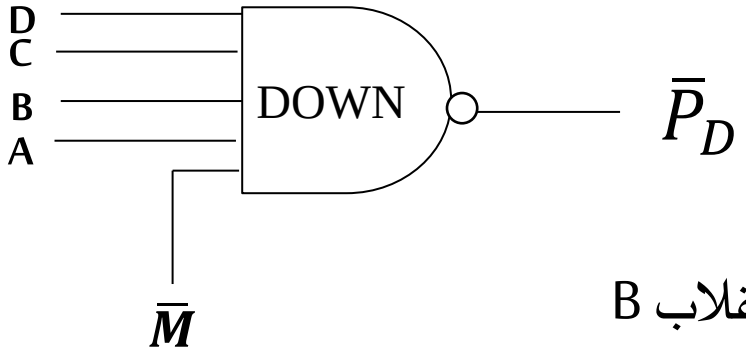
$$9 = (1\ 0\ 0\ 1)_2$$



نلاحظ أننا بحاجة إلى إجراء عملية RESET للقلابين C و B

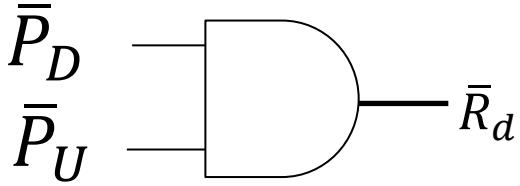


- تستخدم بوابة NAND من أجل اكتشاف الحالة المؤقتة في حالة العد التصاعدي لضمان تنشيط هذه البوابة في حال العد التصاعدي $\overline{P}_U$, وأدخلت M



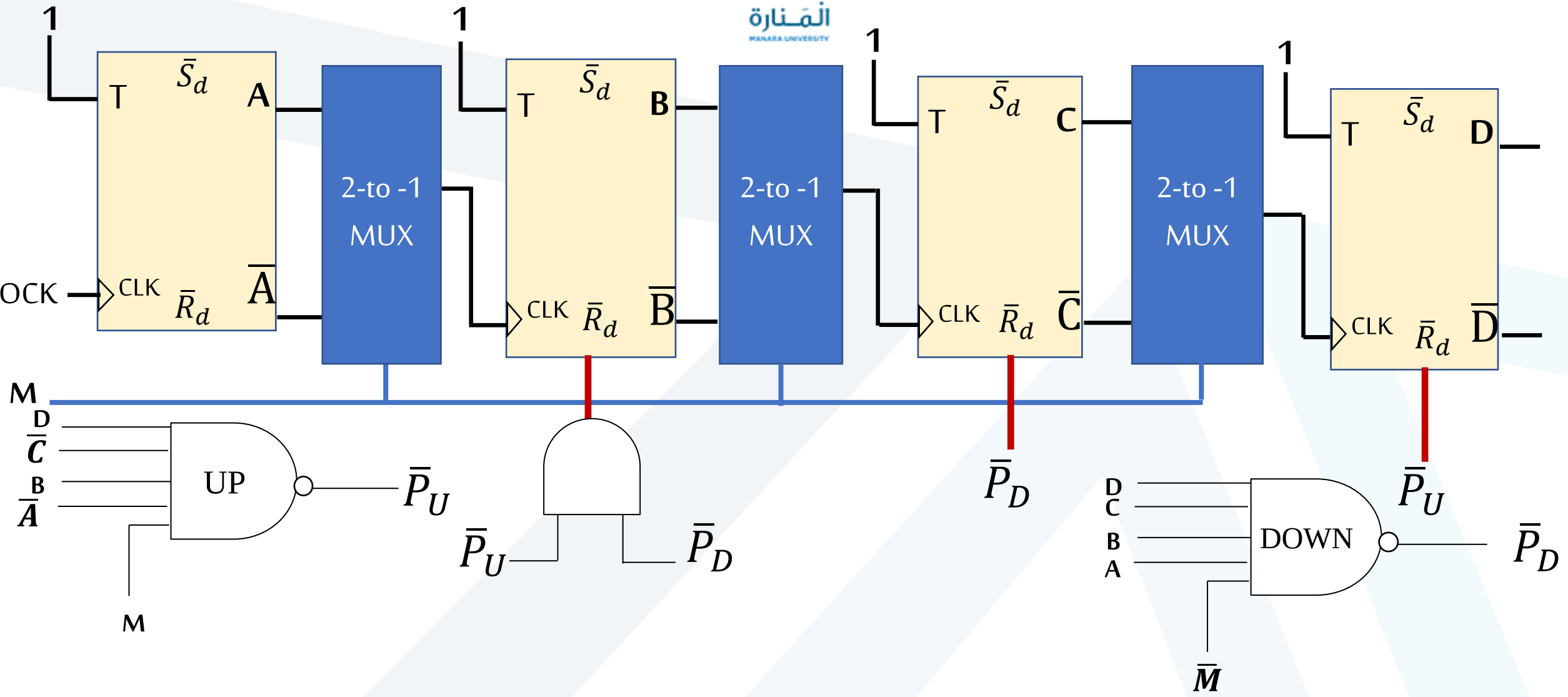
- استخدمت بوابة NAND من أجل اكتشاف الحالة المؤقتة في حالة العد التنازلي لضمان تنشيط هذ البوابة في حال العد التنازلي $\overline{P}_D$ ، و أدخلت $\overline{M}$

- استخدمت بوابة AND في إدخال كلا الإشارتين $\overline{P}_U$ و $\overline{P}_D$ إلى الطرف $\overline{R}_d$ في القلاب B



$$15 = (\begin{matrix}D & C & B & A\\ 1 & 1 & 1 & 1\end{matrix})_2 \qquad 10 = (\begin{matrix}D & C & B & A\\ 1 & 0 & 1 & 0\end{matrix})_2$$

$$9 = (\begin{matrix}1 & 0 & 0 & 1\end{matrix})_2 \qquad 0 = (\begin{matrix}0 & 0 & 0 & 0\end{matrix})_2$$

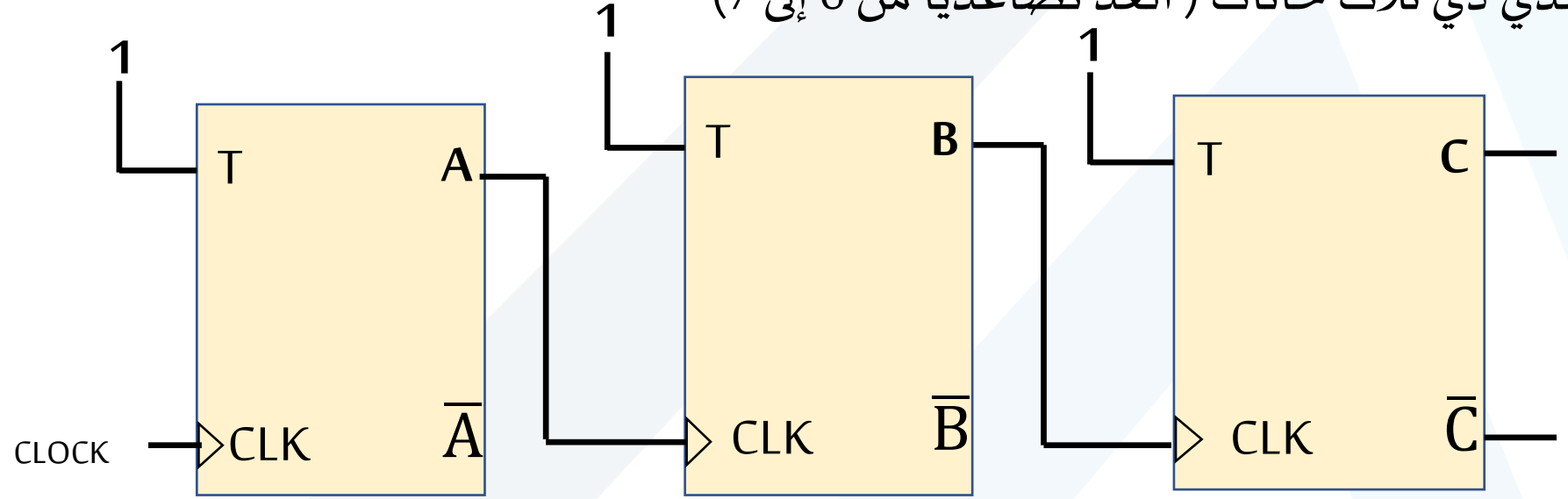

1
T
$\bar{S}_d$
A
$\bar{A}$
CLK
$\bar{R}_d$
OCK
2-to -1
MUX
1
T
$\bar{S}_d$
B
$\bar{B}$
CLK
$\bar{R}_d$
2-to -1
MUX
1
T
$\bar{S}_d$
C
$\bar{C}$
CLK
$\bar{R}_d$
2-to -1
MUX
1
T
$\bar{S}_d$
D
$\bar{D}$
CLK
$\bar{R}_d$
M
D
$\bar{C}$
B
$\bar{A}$
UP
M
$\bar{P}_U$
$\bar{P}_U$
$\bar{P}_D$
$\bar{P}_D$
D
C
B
A
DOWN
$\bar{M}$
$\bar{P}_U$
$\bar{P}_D$

العد بأي ترتيب

- تصميم عداد بتسلسل معين، ولكن بترتيب عد ليس تصاعدياً ولا تنازلياً.
- مثلاً: مطلوب تصميم عداد ذي ثلاث خانات يعد الترتيب التالي: 1→3→5→7→6→4→2→0

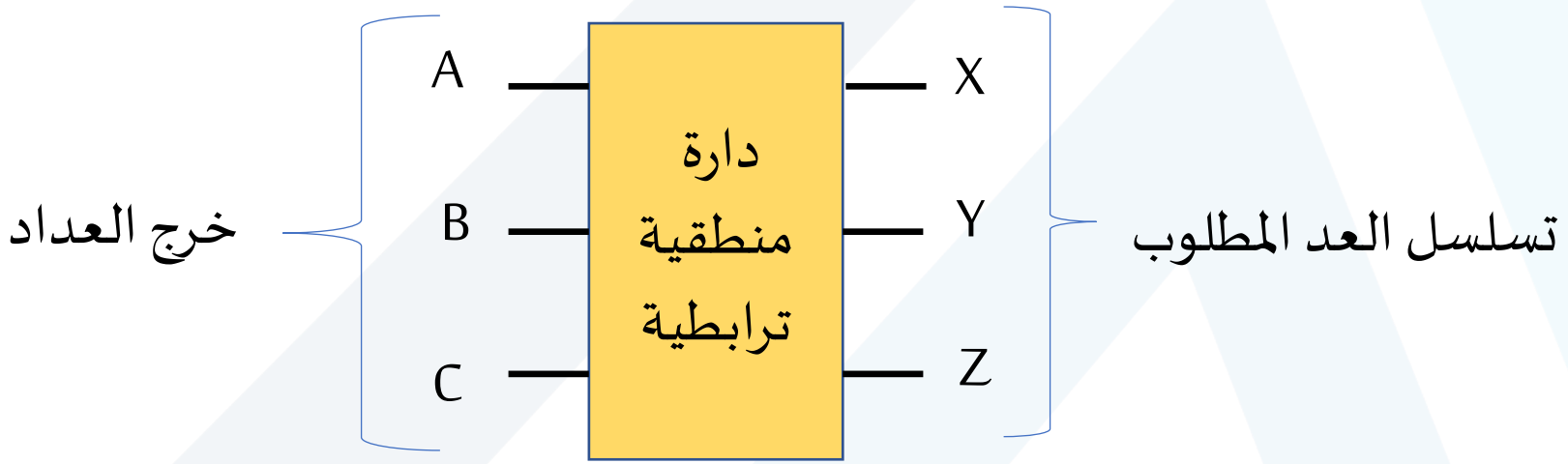
الحل:

1. نصمم عداد تصاعدي ذي ثلاث خانات (العد تصاعدياً من 0 إلى 7)



2. ثم ندخل خرج هذا العداد إلى دارة منطقية ترابطية تحول تسلسل العد إلى التسلسل المطلوب.

العد بأي ترتيب



العد بأي ترتيب

#	C	B	A	Z	Y	X	Dec.
0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1	3
2	0	1	0	1	0	1	5
3	0	1	1	1	1	1	7
4	1	0	0	1	1	0	6
5	1	0	1	1	0	0	4
6	1	1	0	0	1	0	2
7	1	1	1	0	0	0	0

العد بأي ترتيب

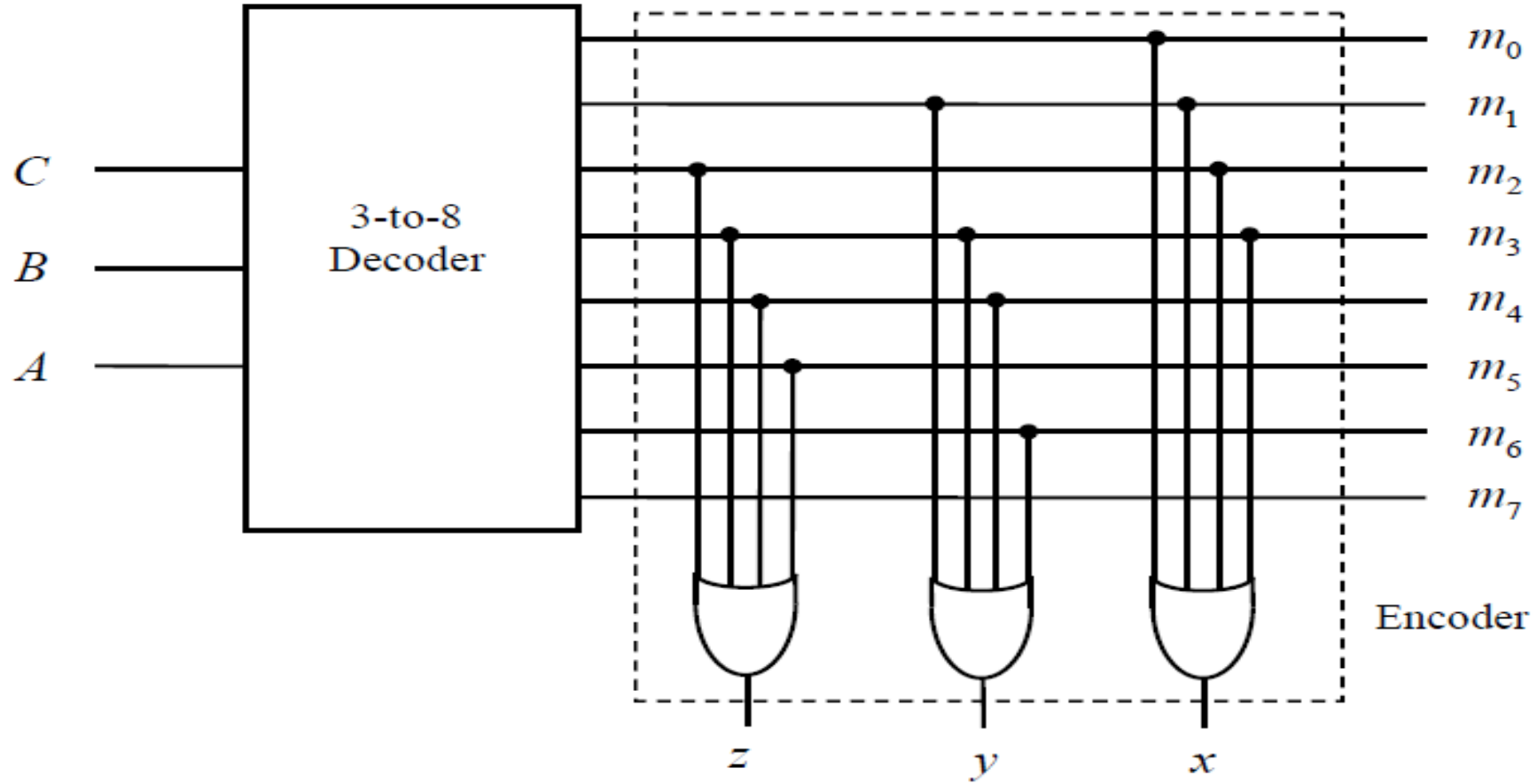
- تصميم الدارة المنطقية الترابطية باستخدام مفكك ترميز و مرمز

$$z = \sum m(2,3,4,5)$$

$$y = \sum m(1,3,4,6)$$

$$x = \sum m(0,1,2,3)$$

العد بأي ترتيب

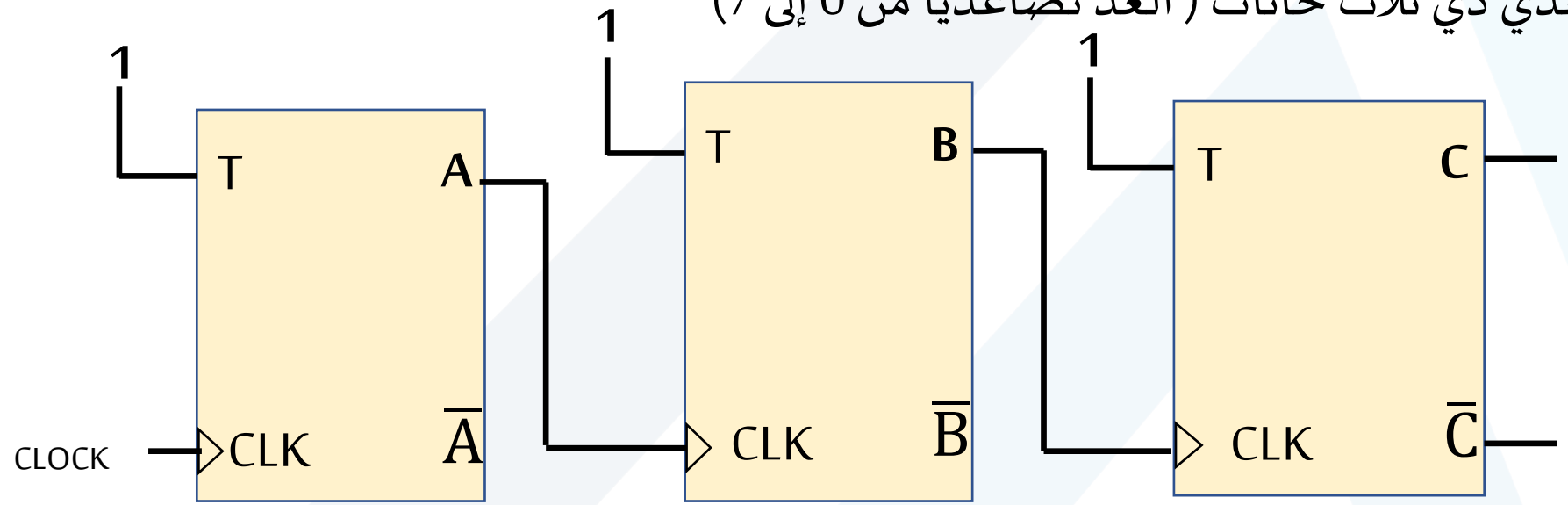


العد بأي ترتيب

- تصميم عداد بتسلسل معين، ولكن بترتيب عد ليس تصاعدياً ولا تنازلياً.
- مثلاً: مطلوب تصميم عداد ذي ثلاث خانات يعد الترتيب التالي: 1→3→5→7→6→4→2→0

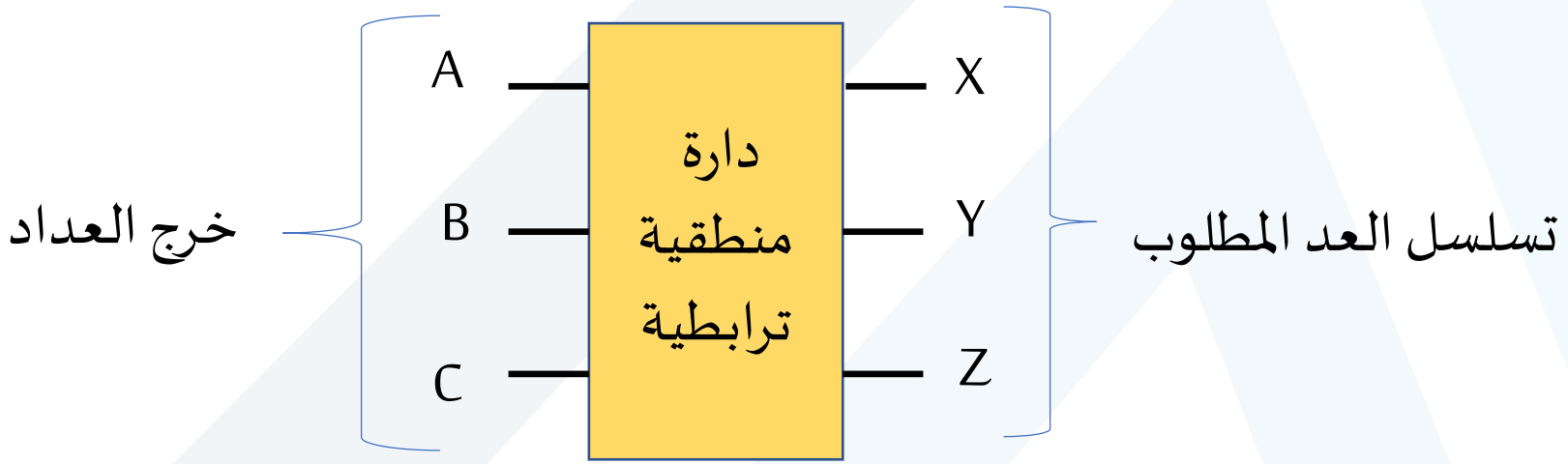
الحل:

1. نصمم عداد تصاعدي ذي ثلاث خانات (العد تصاعدياً من 0 إلى 7)



2. ثم ندخل خرج هذا العداد إلى دارة منطقية ترابطية تحول تسلسل العد إلى التسلسل المطلوب.

العد بأي ترتيب



العد بأي ترتيب

#	C	B	A	Z	Y	X	Dec.
0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1	3
2	0	1	0	1	0	1	5
3	0	1	1	1	1	1	7
4	1	0	0	1	1	0	6
5	1	0	1	1	0	0	4
6	1	1	0	0	1	0	2
7	1	1	1	0	0	0	0

العد بأي ترتيب

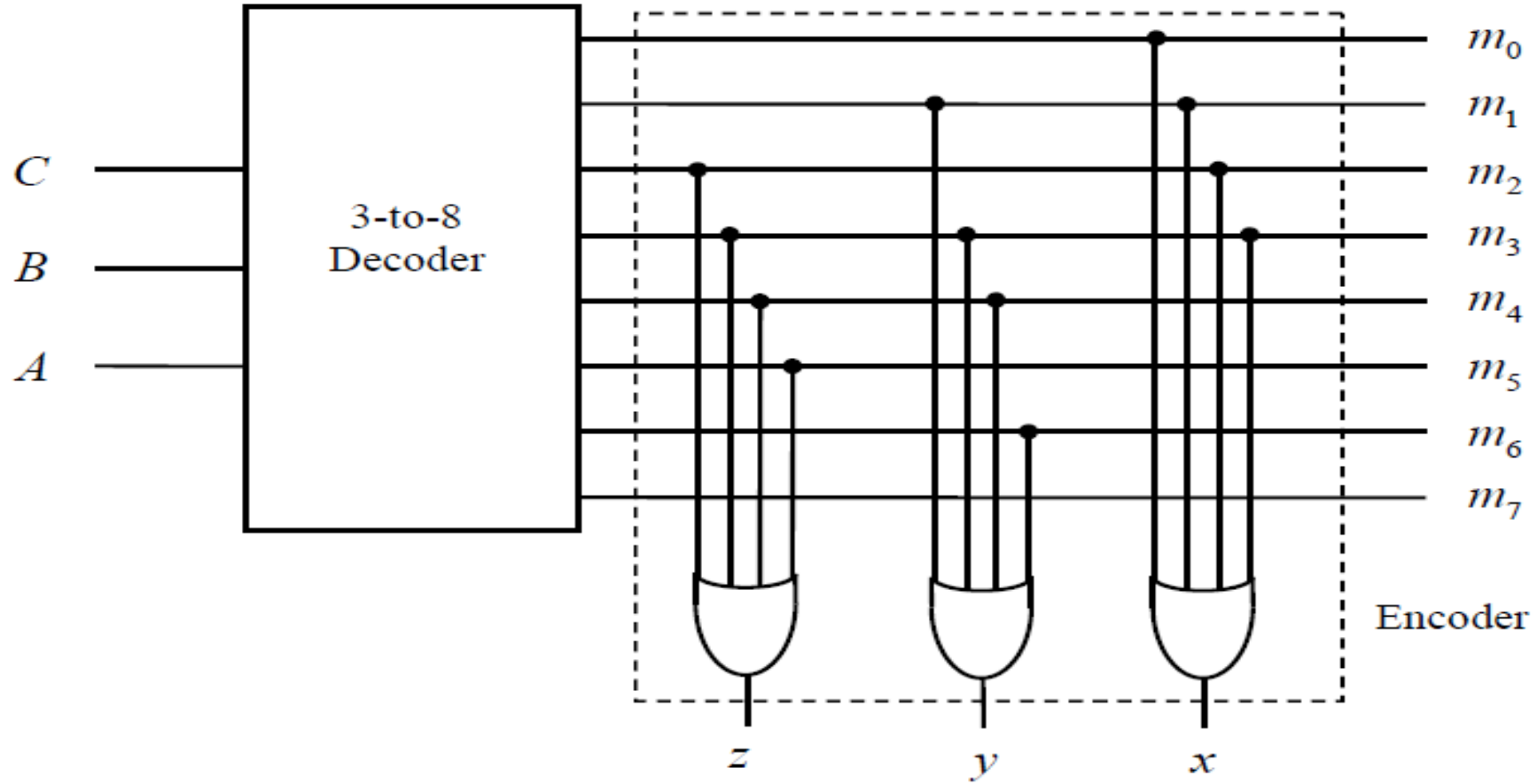
- تصميم الدارة المنطقية الترابطية باستخدام مفكك ترميز و مرمز

$$z = \sum m(2,3,4,5)$$

$$y = \sum m(1,3,4,6)$$

$$x = \sum m(0,1,2,3)$$

العد بأي ترتيب



جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

نهاية المحاضرة العاشرة