جامعة المنارة
كلية الهندسة
هندسة معلوماتية

الدارات الرقمية

Digital Circuits CECC323

مدرسة المقرر
د. بشرى علي معلا

CHAPTER 9

الدارات المنطقية التتابعية

Sequential Logic Circuits

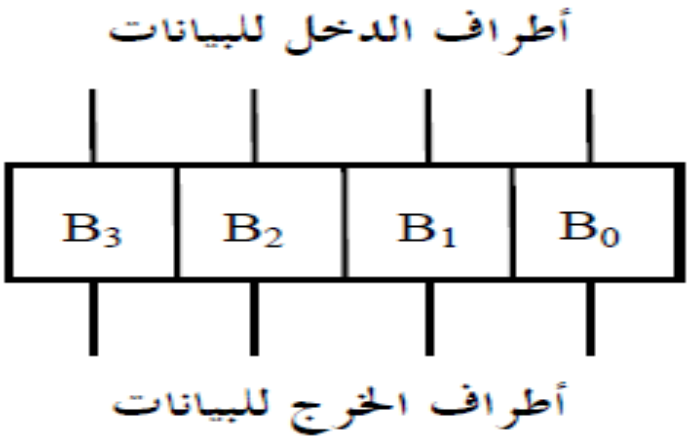
المسجلات (registers)

✓ الغاية من المحاضرة التاسعة:

- ✓ التعرف على المسجلات و العمليات التي تقوم بها
- ✓ التعرف على مسجلات الإزاحة
- ✓ بناء مسجلات الإزاحة

المسجلات (registers)

- المسجل: موقع تخزيني له القدرة على اختزان معلومة مكونة من عدة خانات.
- المسجل: أنه جزء مهم من أي معالج CPU
- المعالج المكون من عدة مسجلات يخفض عدد مرات الولوج إلى الذاكرة و بالنتيجة يبسط تنفيذ المهام البرمجية و يخفض زمن تنفيذها.
- الشكل المجاور : يمثل المخطط المنطقي لمسجل مكونة من أربعة خانات (4-bit Register)



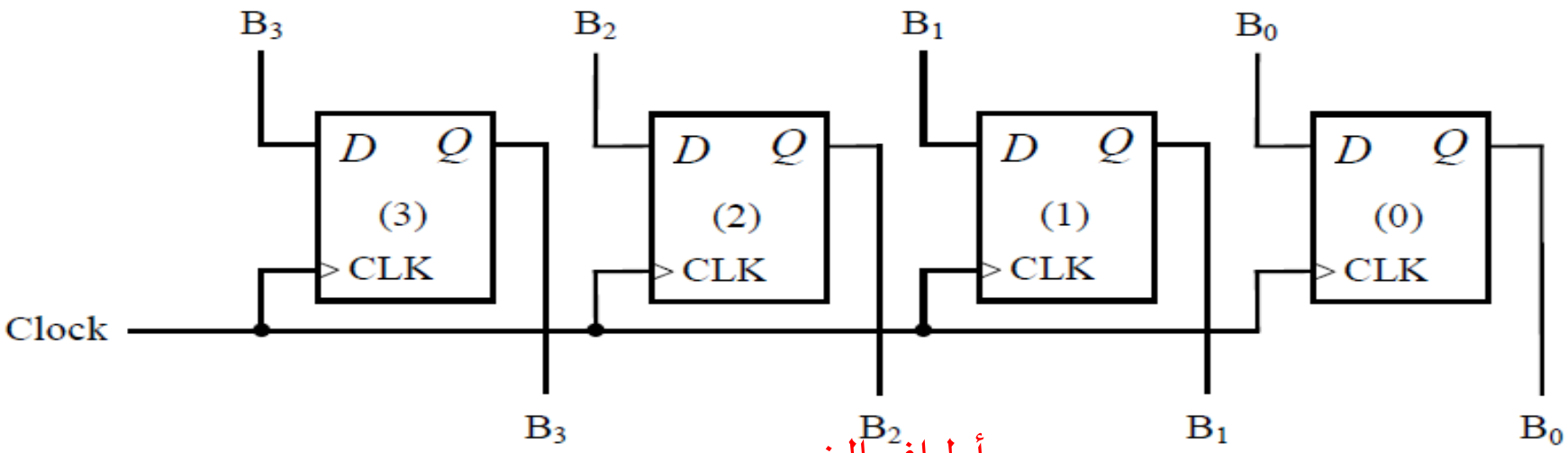
- العمليات التي يمكن إجراؤها على المسجلات هي:
  - ✓ الكتابة (Write): أي تخزين معلومة في المسجل
  - ✓ القراءة (Read): أي استرجاع معلومة مخزنة في المسجل
  - ✓ نقل ما بين المسجلات (Register-to-Register Transfer)

بناء المسجلات (registers)

- تبنى المسجلات باستخدام **القلاب D**
- نحتاج إلى عدد من القلابات مساو لعدد الخانات الثنائية المطلوب تخزينها

- مثال: الدارة المنطقية لمسجل مكون من أربع خانات ثنائية أي نحتاج إلى أربع قلابات D

أطراف الدخل



أطراف الخرج

الكتابة في المسجلات والقراءة منها (1/4)
(Write and Read Operations)

- في إجرائية الكتابة:

تصل المعلومة المراد تخزينها عادة إلى المسجل من خلال ما يسمى ناقل بيانات (Data Bus)

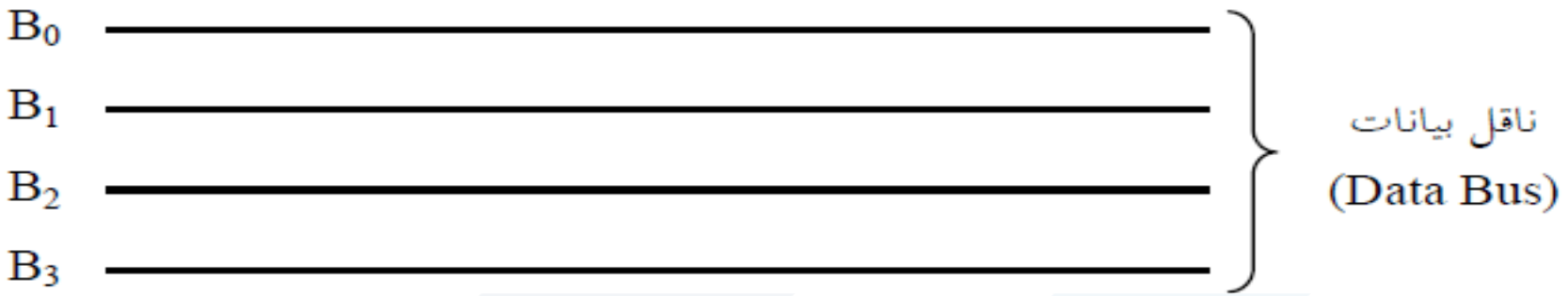
- في إجرائية القراءة:

تنقل المعلومة المسترجعة من المسجل إلى الجهة المقصودة عبر ناقل البيانات

- ناقل البيانات Data Bus:

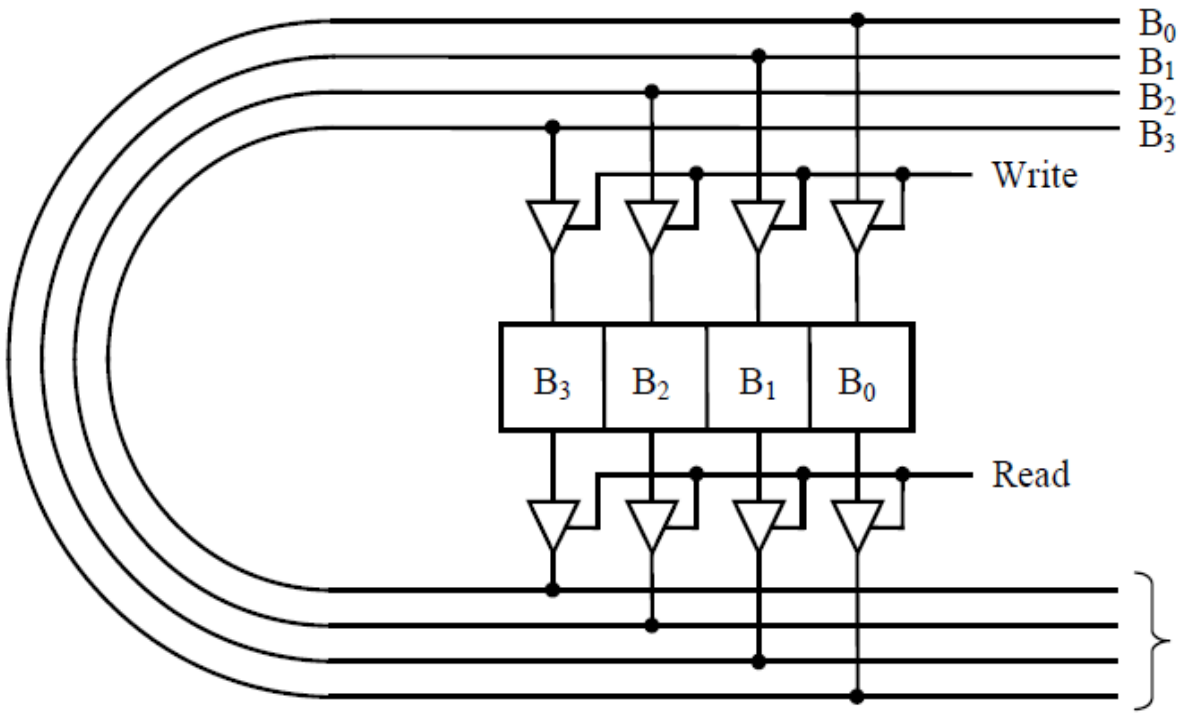
عبارة عن مجموعة من الموصلات كل منها يحمل بت واحد فقط من البيانات.

- مثال: ناقل بيانات ذو أربعة خانات



الكتابة في المسجلات و القراءة منها (2/4)
(Write and Read Operations)

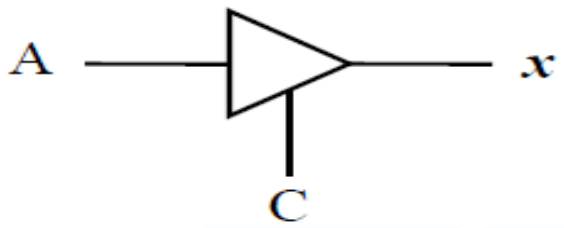
- يربط كل من أطراف الدخل وأطراف الخرج للبيانات للمسجل بناقل البيانات باستخدام عوازل ثلاثية الحالة (tristate buffers)



- العازل ثلاثي الحالة (tristate buffer):

بوابة منطقية لها طرف دخل A

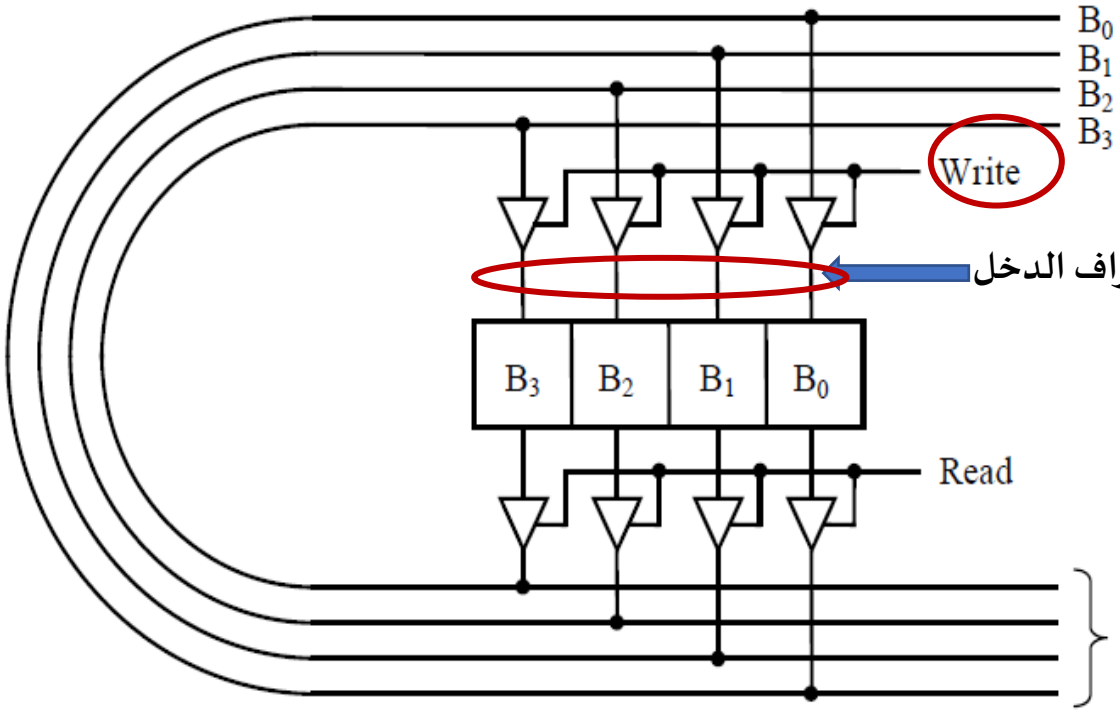
و طرف خرج x و طرف تحكم C



عندما C=1 يمر الدخل إلى الخرج x=A

عندما C=0 يعزل خرج البوابة عن دخلها وتسمى حالة المعاوقة العالية (High Impedance)

الكتابة في المسجلات و القراءة منها (3/4)
(Write and Read Operations)



➢ **لإجراء الكتابة :**

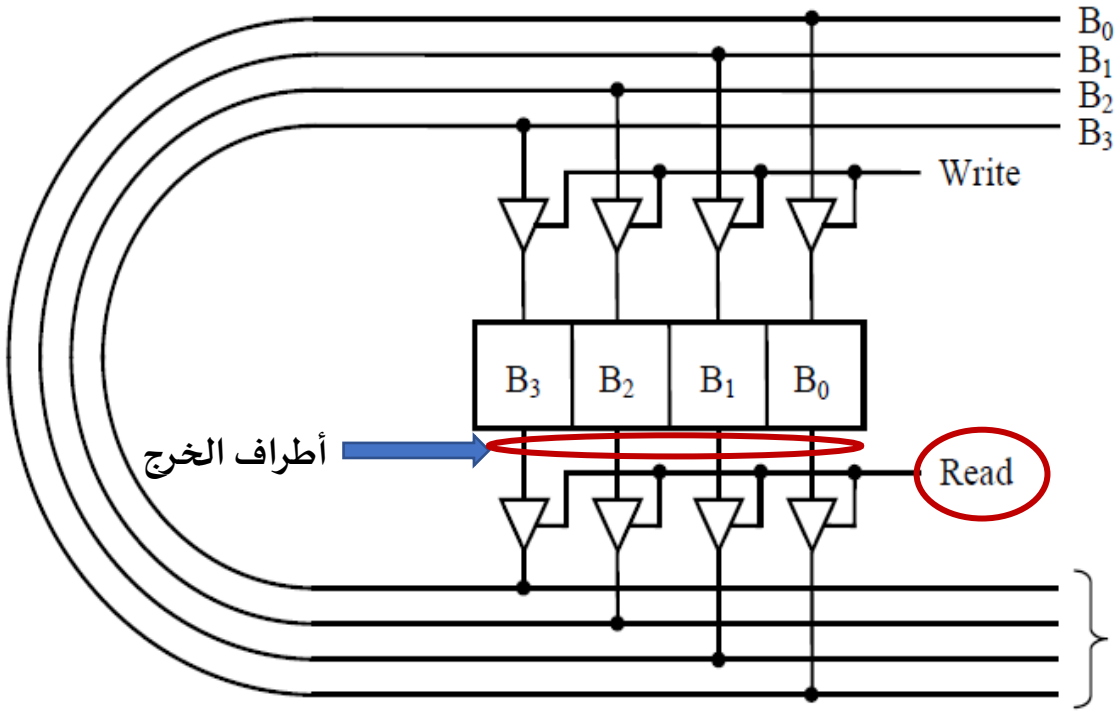
❖ نجعل إشارة **Write =1**

✓ توصل أطراف الدخل للمسجل مع الناقل

✓ تنتقل البيانات الموجودة على الناقل إلى داخل المسجل و تُخزَّن

✓ من ثم توضع Write=0 لفصل أطراف الدخل عن الناقل ليصبح الناقل خالياً ومتاحاً لعمليات أخرى

الكتابة في المسجلات و القراءة منها (4/4)
(Write and Read Operations)

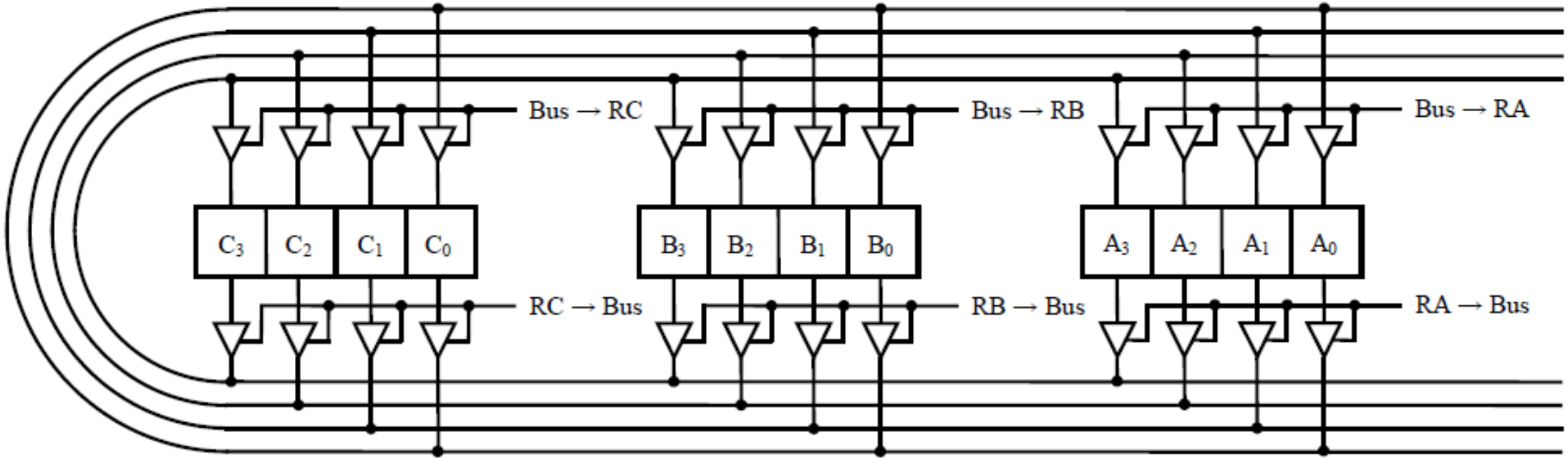


- **لإجراء القراءة :**
  - نجعل إشارة **Read =1**
    - ✓ توصل أطراف الخرج للمسجل مع الناقل
    - ✓ تظهر البيانات المخزنة في المسجل على الناقل و تكون متاحة لقراءتها من الناقل من قبل أية جهة طالبة لها
    - ✓ من ثم توضع Read=0 لفصل أطراف الخرج عن للمسجل عن الناقل. ليصبح الناقل خالياً ومتاحاً لعمليات أخرى

نقل البيانات بين المسجلات (1/2)

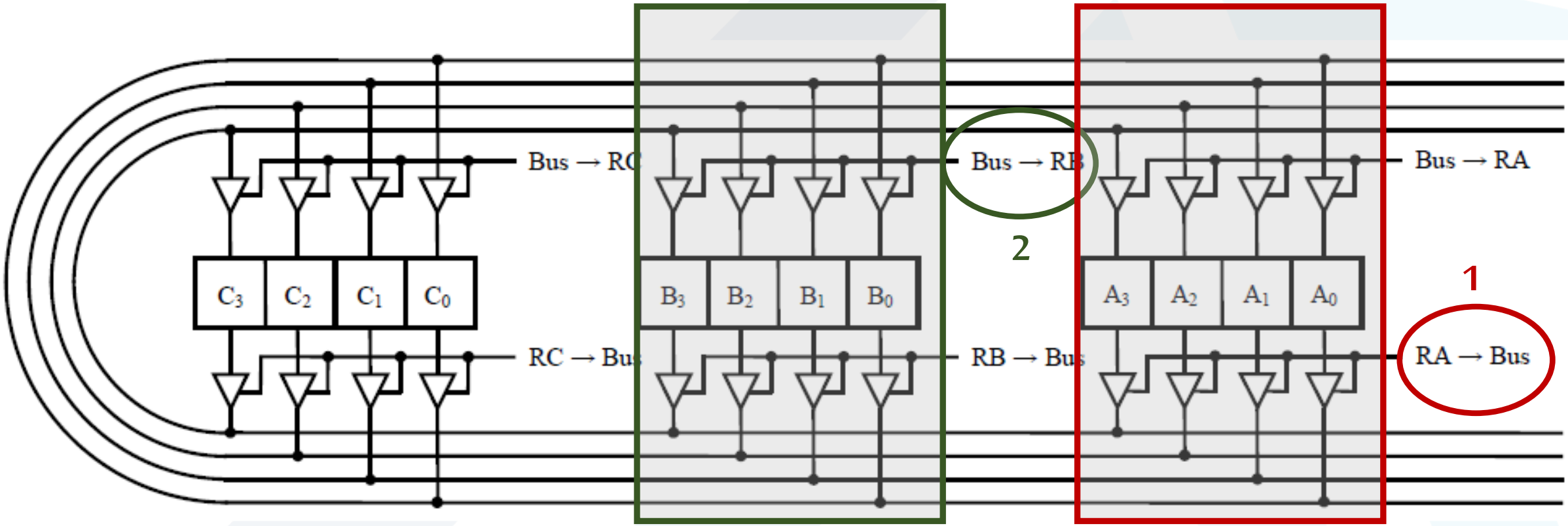
(Register to Register Transfer)

- ✓ لنقل البيانات بين مجموعة من المسجلات تربط تلك المسجلات بناقل مشترك (**Common Bus**)
- ✓ يستخدم الناقل كوسيط لنقل البيانات من مسجل إلى آخر
- ✓ تُقرأ محتويات المسجل الأول لتظهر تلك المحتويات على الناقل وبعد ذلك يتم قراءتها بواسطة المسجل الثاني



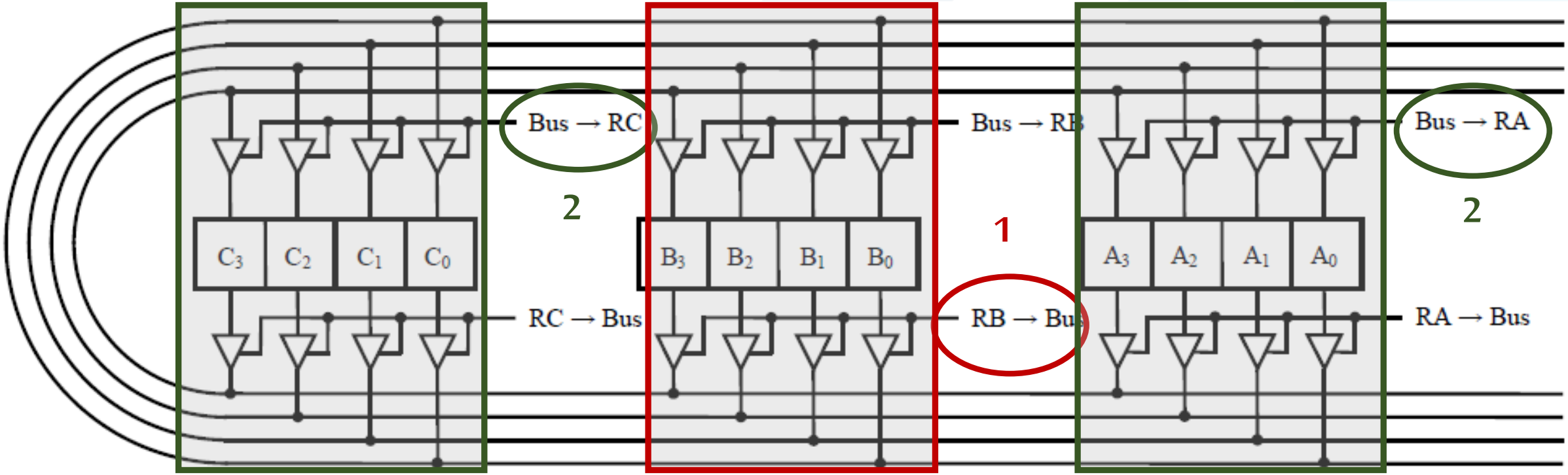
✓ مثال: لإجراء عملية نقل البيانات RA→RB أي نسخ محتويات المسجل RA للمسجل RB

1. نجعل الإشارة BUS→RA مساو لـ 1 فتظهر محتويات المسجل RA على الناقل(read)
2. نجعل الإشارة RB→BUS مساو لـ 1 فتنتقل البيانات الظاهرة على الناقل إلى المسجل RB(write)
3. نعيد الإشارتينBUS→RA و RB→BUS إلى قيمة 0 مرة أخرى لإخلاء الناقل.



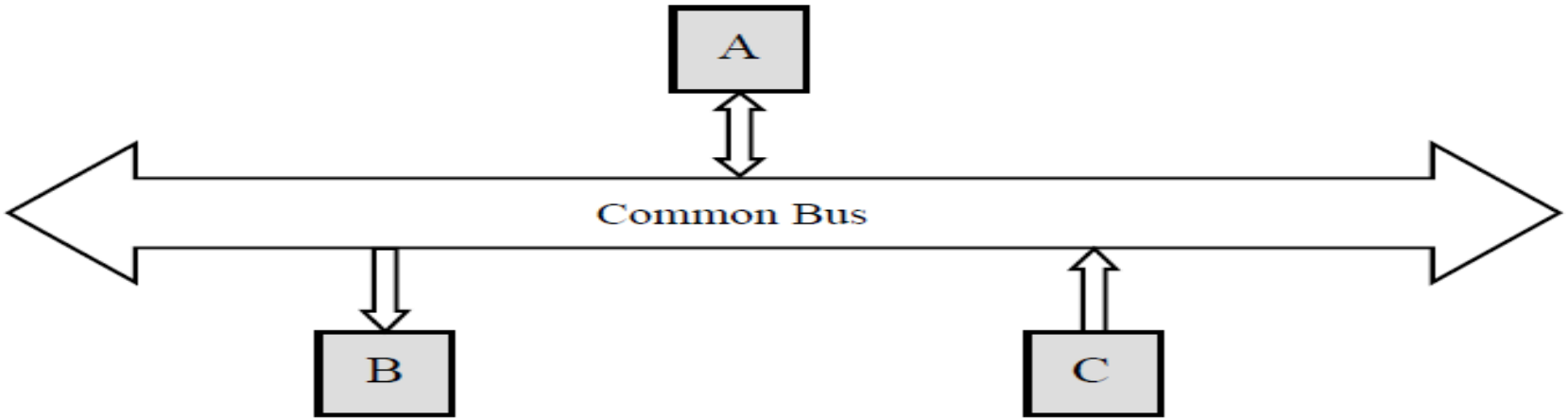
✓ مثال: لإجراء عملية نقل البيانات $\begin{cases} RA \\ RC \end{cases} \longrightarrow RB$ أي نسخ محتويات المسجل RB للمسجلين RC و RA

1. نجعل الإشارة BUS→RB مساو لـ 1 فتظهر محتويات المسجل RB على الناقل
2. نجعل الإشارتين BUS→RC, BUS→RA مساوتين لـ 1 فتنتقل البيانات الظاهرة على الناقل إلى المسجلين RAو RC
3. نعيد الإشارتين BUS→RC, BUS→RA إلى قيمة 0 لإخلاء الناقل



نقل البيانات بين المسجلات (2/2)
(Register to Register Transfer)

- الشائع في الأنظمة الرقمية استخدام ناقل مشترك لنقل البيانات بين الأجزاء المختلفة في النظام الرقمي
- عرض الناقل المشترك من العوامل الهامة في تحديد سرعة عمل النظام الرقمي
- كلما ازداد عرض الناقل كان من الممكن نقل كمية أكبر من البيانات عبره في عملية النقل الواحدة



مسجلات الإزاحة (1/4)
(Shift Registers)

➢ **مسجل الإزاحة:**

عبارة عن مسجل يستطيع إضافة إلى العمليات السابقة، عمل إزاحة للبيانات الموجودة بداخله بمقدار خانة واحدة أو أكثر يميناً أو يساراً .

✓ الإزاحة إلى اليمين (Shift Right):

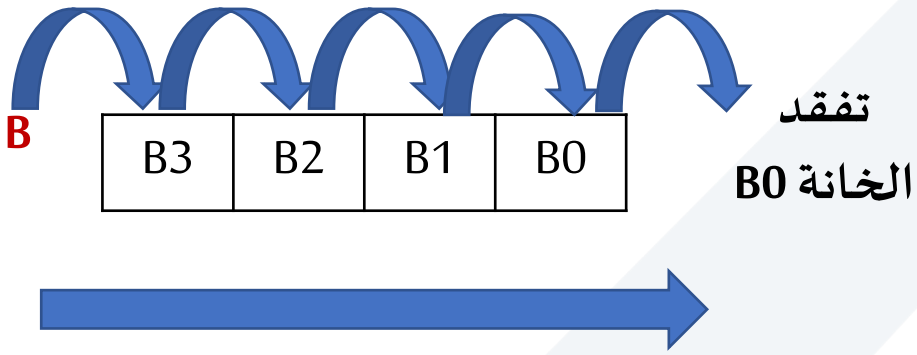
تتم الإزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليمين

تفقد الخانة الدنيا B0 و تحل الخانة B1 محلها

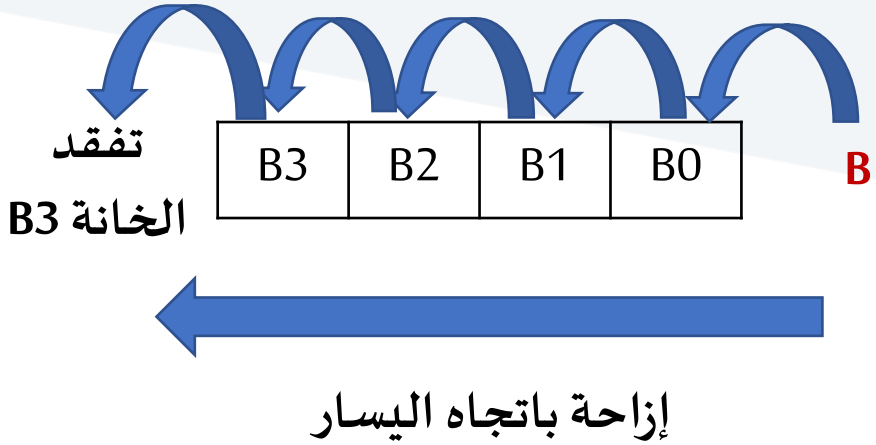
وتحل الخانة B2 محل الخانة B1

وتحل الخانة B3 محل الخانة B2

ويتم إدخال البت من الخارج إلى الخانة الأكثر أهمية (MSB) ليحل محل الخانة B3



مسجلات الإزاحة (2/4)
(Shift Registers)



✓ **الإزاحة إلى اليسار (Shift Left):**

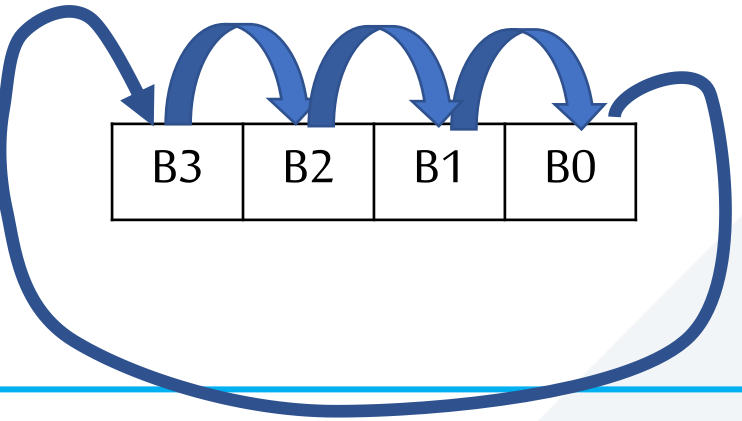
تتم الإزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليسار.

تفقد الخانة العليا B3 و تحل الخانة B2 محلها

وتحل الخانة B1 محل الخانة B2

و تحل الخانة B0 محل الخانة B1

و **يتم** إدخال البت من الخارج إلى الخانة الأقل أهمية (LSB) ليحل محل الخانة B0

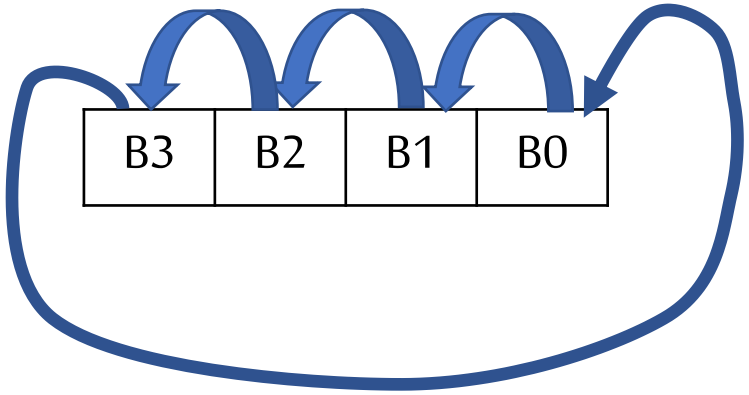


✓ **الإزاحة الدوارنية إلى اليمين (Rotate Right):**

تتم الإزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليمين. ولكن لا يحدث أي فقد أو إدخال من الخارج

و تحل الخانة B0 محل الخانة B3

مسجلات الإزاحة (3/4)
(Shift Registers)



✓ الإزاحة الدوارنية إلى اليسار (Rotate left):

تتم الإزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليسار ولكن لا يحدث أي فقد أو إدخال من الخارج

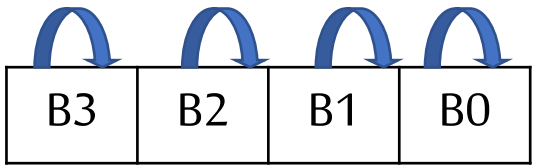
و تحل الخانة B3 محل الخانة B0

❖ جميع أنواع الإزاحة السابقة تحدث بصورة متزامنة أي مرتبطة بإشارة التزامن (clock) مع كل نبضة من نبضات التزامن تحدث إزاحة بمقدار خانة واحدة في الاتجاه المحدد و تستمر الإزاحة ما دامت إشارة التزامن مستمرة

مسجلات الإزاحة (4/4)
(Shift Registers)

➢ **عمليات أخرى يمكن إجراؤها على مسجلات الإزاحة:**

✓ **التوقف (Hold):**

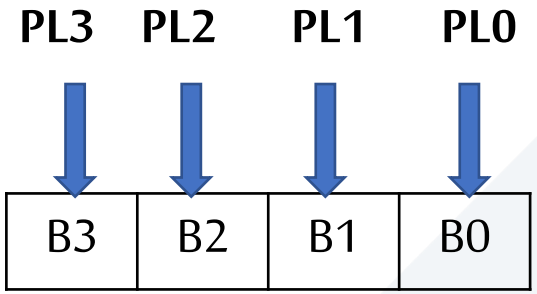


إيقاف عملية الإزاحة الجارية بصورة مؤقتة ويمكن أن تنفذ ذلك بإحدى الطريقتين:

- بإيقاف إشارة التزامن (clock)
- أو أن تحل كل خانة من خانات المسجل محل نفسها (وهو الأسلوب الأفضل)

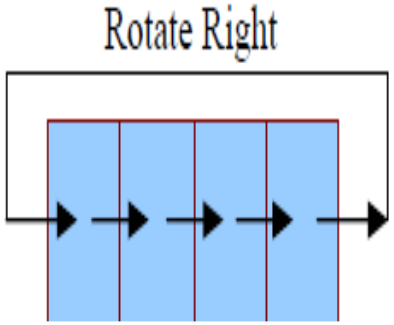
✓ **التعبئة على التوازي (Parallel Load):**

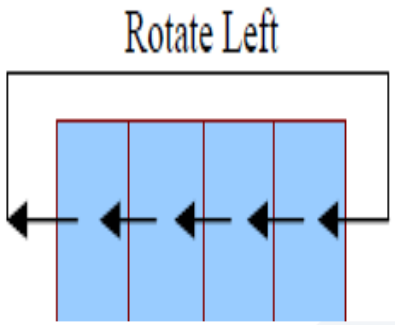
يقصد بها تعبئة المسجل بالبيانات **من الخارج** استعداداً للبدء بعملية الإزاحة:

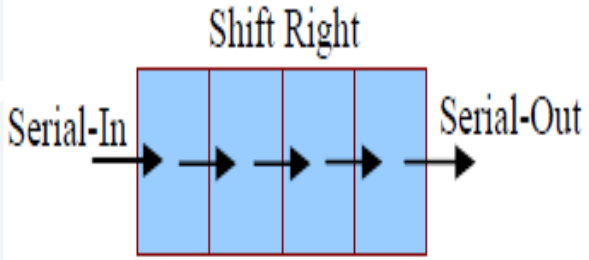


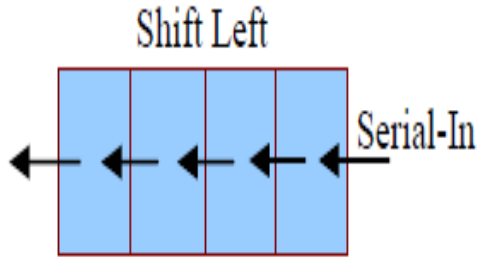
أصناف مسجلات الإزاحة حسب الدخل و الخرج

- مسجل إزاحة دخله تسلسلي و خرجه تسلسلي (Serial in –Serial out SISO).

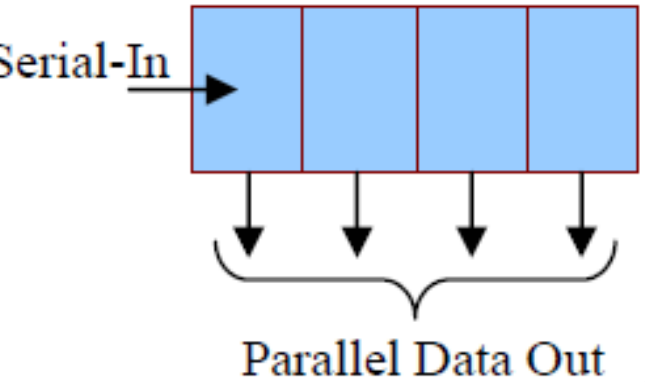




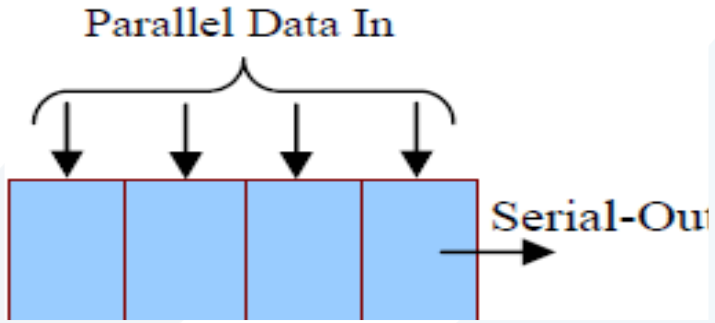




- مسجل إزاحة دخله تسلسلي و خرجه على التوازي (Serial in –Parallel out SIPO).

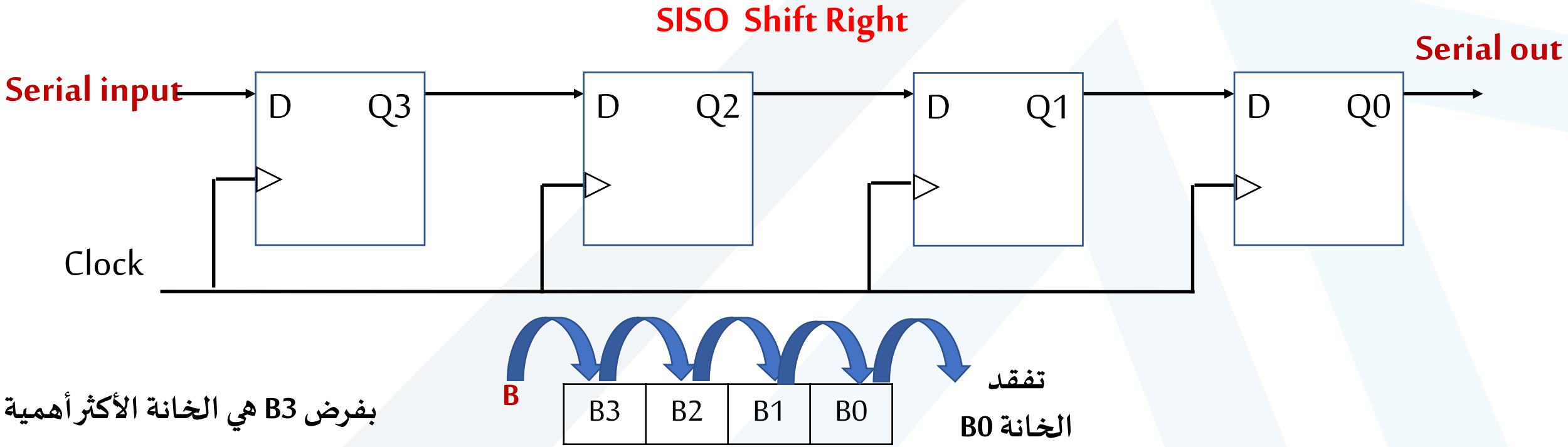


- مسجل إزاحة دخله على التوازي و خرجه على التسلسل (Parallel in –Serial out PISO).



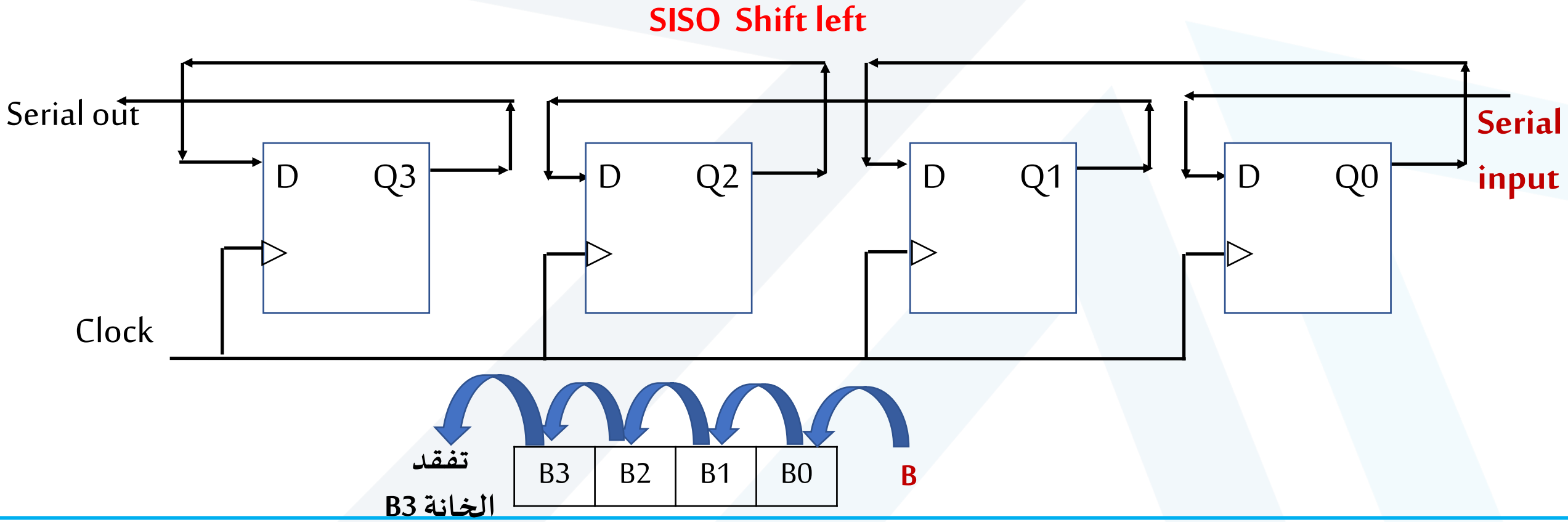
مثال 1: صمم مسجل إزاحة نحو اليمين بأربع خانات دخله تسلسلي و خرجه تسلسلي (SISO)

نحتاج إلى 4 قلابات من النوع D



مثال 2: صمم مسجل إزاحة نحو اليسار بأربع خانات دخله تسلسلي و خرجه تسلسلي (SISO)

نحتاج إلى 4 قلابات من النوع D



بفرض أن القيمة المخزنة بالمسجل (الابتدائية) هي 0110 ، كيف يمكن تخزين البيانات 1001 في هذا المسجل؟

clock	input	Q3	Q2	Q1	Q0
-	-	**0**	**1**	**1**	**0**
1	1				
2	0				
3	0				
4	1				

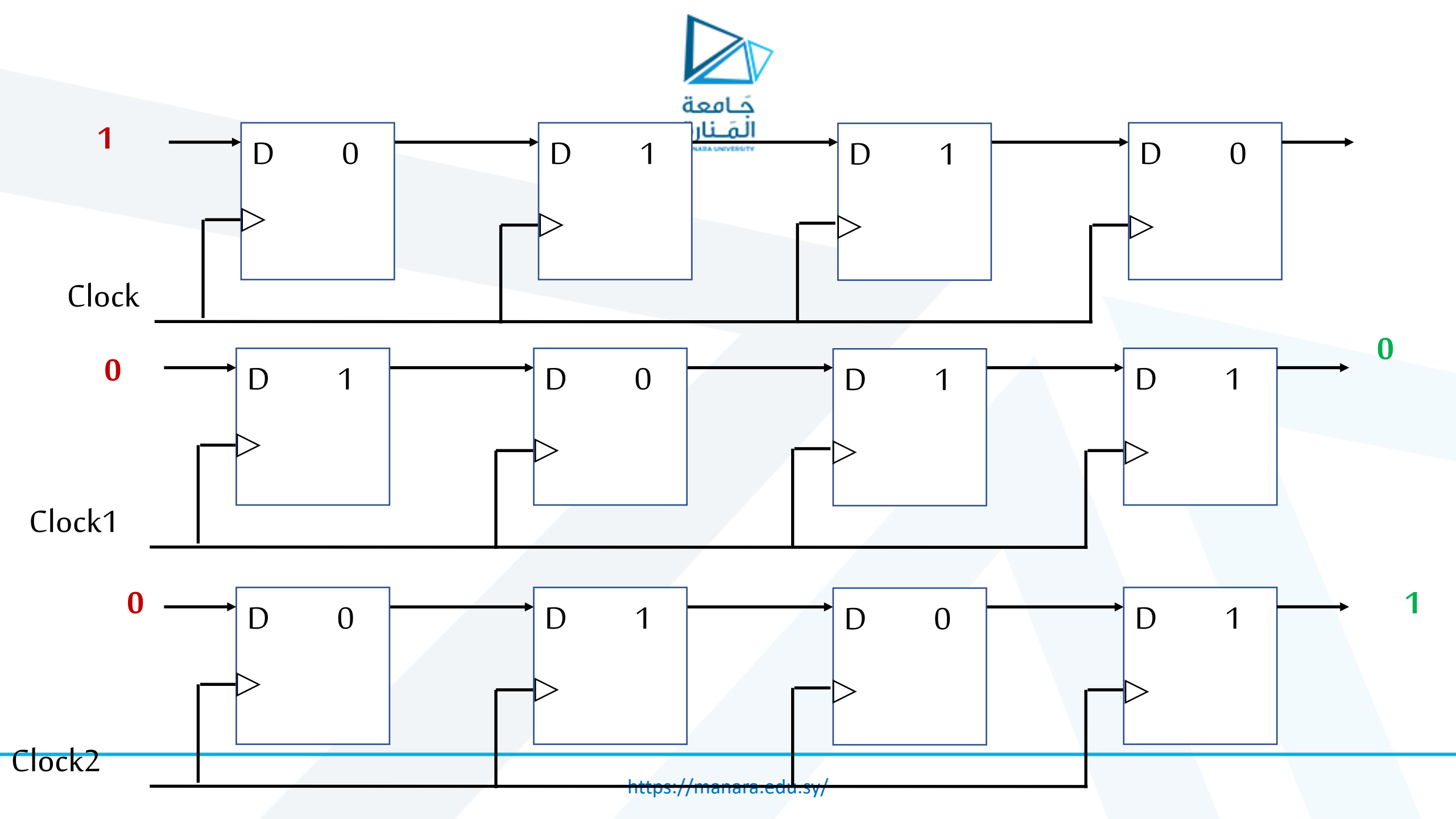
مسجل إزاحة دخله تسلسلي و خرجه تسلسلي (SISO)

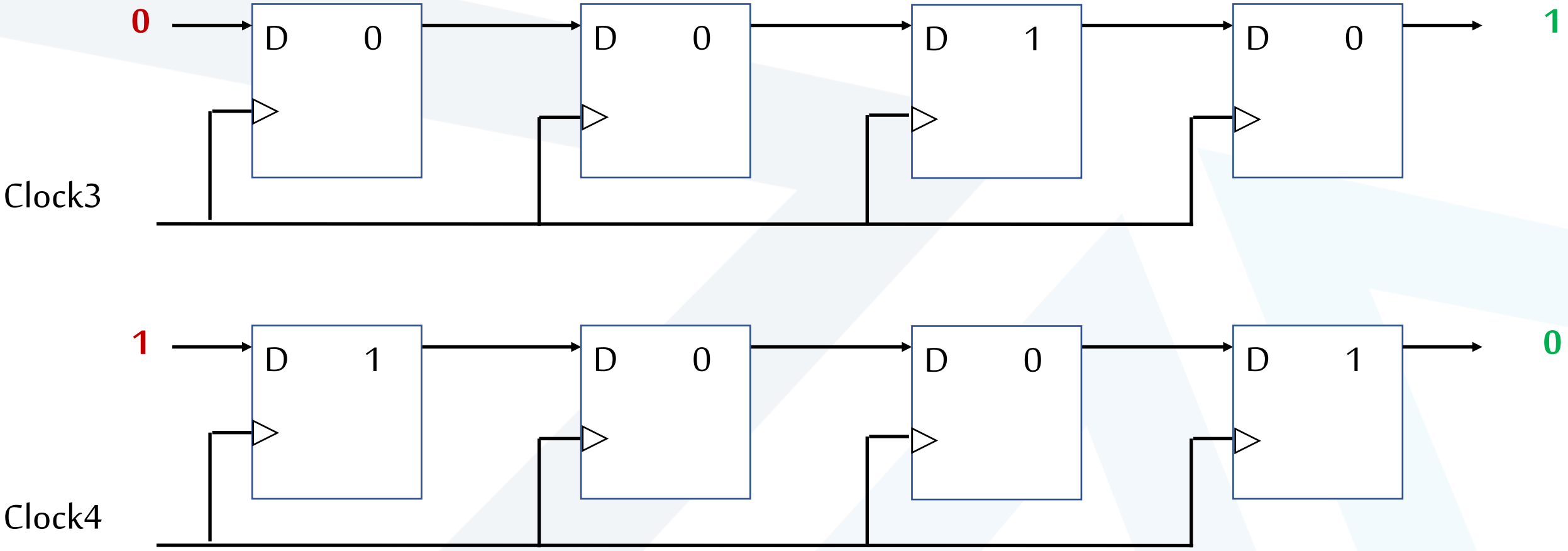
(Serial in –Serial out Shift Registers)

- مع نبضة التزامن الأولى سيحدث إزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليمين للبيانات المخزنة داخل المسجل و في نفس الوقت الخانة الأولى من البيانات المراد تخزينها ستحدث لها إزاحة داخل الخانة الأولى من المسجل

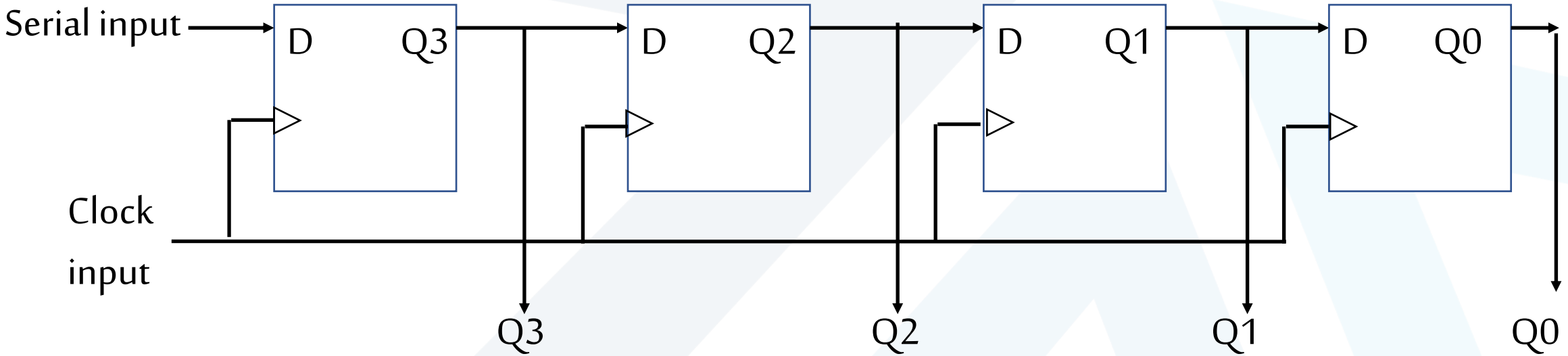
clock	input	Q3	Q2	Q1	Q0
-	-	0	1	1	0
1	1	1	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	0	1	0
4	1	1	0	0	1

- مع نبضة التزامن الثانية سيحدث إزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليمين للبيانات داخل المسجل و في نفس الوقت الخانة االثانية من البيانات المراد تخزينها ستحدث لها إزاحة داخل الخانة الأولى من المسجل
- مع نبضة التزامن الثالثة سيحدث إزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليمين للبيانات داخل المسجل و في نفس الوقت الخانة الثالثة من البيانات المراد تخزينها ستحدث لها إزاحة داخل الخانة الأولى من المسجل
- مع نبضة التزامن الرابعة سيحدث إزاحة بمقدار خانة واحدة إلى اليمين للبيانات داخل المسجل و في نفس الوقت الخانة الرابعة من البيانات المراد تخزينها ستحدث لها إزاحة داخل الخانة الأولى من المسجل


1
D 0
D 1
D 1
D 0
Clock
0
D 1
D 0
D 1
D 1
0
Clock1
0
D 0
D 1
D 0
D 1
1
Clock2


0
D 0
D 0
D 1
D 0
1
Clock3
1
D 1
D 0
D 0
D 1
0
Clock4

- مثال 3 صمم مسجل إزاحة بـ 4 بت دخله تسلسلي و خرجه تفرعي (4-bit SIPO) باستخدام القلاب D :



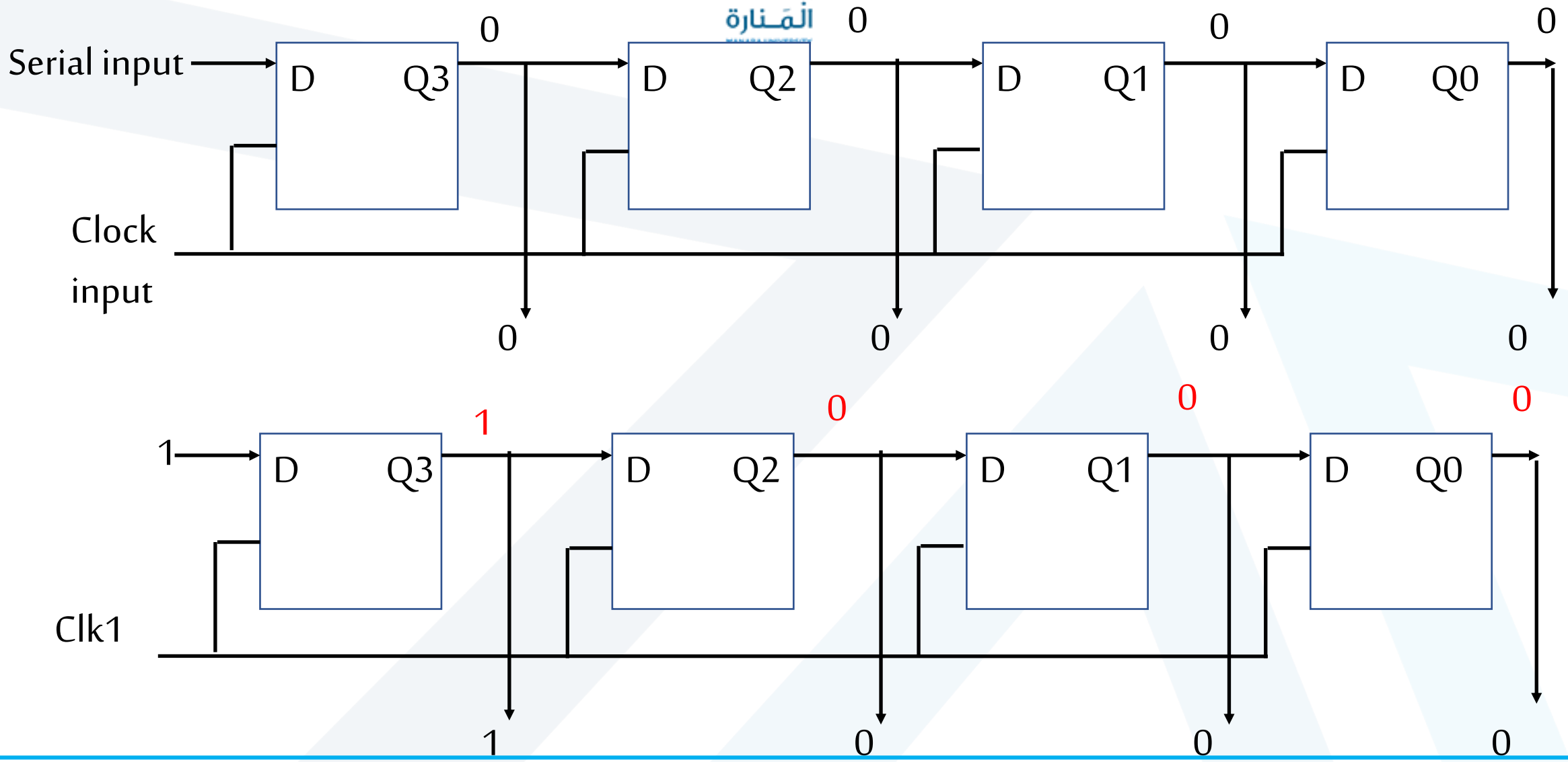
- يتكون هذا المسجل من 4 قلابات نوع D بحيث خرج القلاب الأول هو دخل للقلاب الثاني و كل القلابات متزامنة مع بعضها كونها تستخدم إشارة تزامن واحدة

كيف يمكن تخزين أربع خانات قيمها 1 باستخدام هذا المسجل:

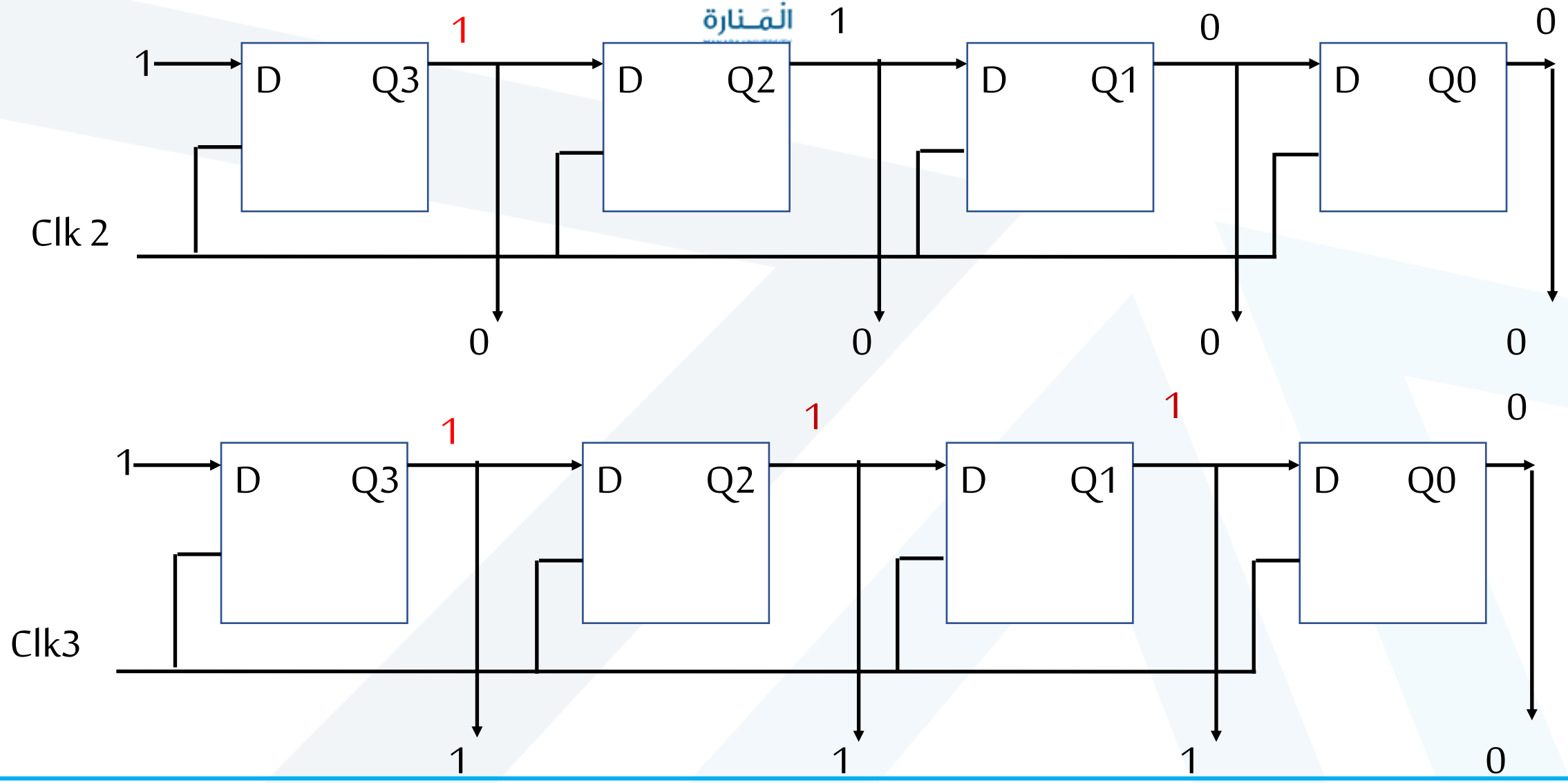
- لإدخال أو تخزين كلمة مكونة من أربع بتات على التسلسل نحتاج إلى أربع نبضات تزامن . البيانات المخزنة داخل مسجل الإزاحة تكون على المخارج الأربعة Q0,Q1,Q2,Q3 كأربع بتات خرج على التوازي

clock	Q3	Q2	Q1	Q0
-	**0**	**0**	**0**	**0**
1	1	**0**	**0**	**0**
2	1	1	**0**	**0**
3	1	1	1	0
4	**1**	**1**	**1**	**1**

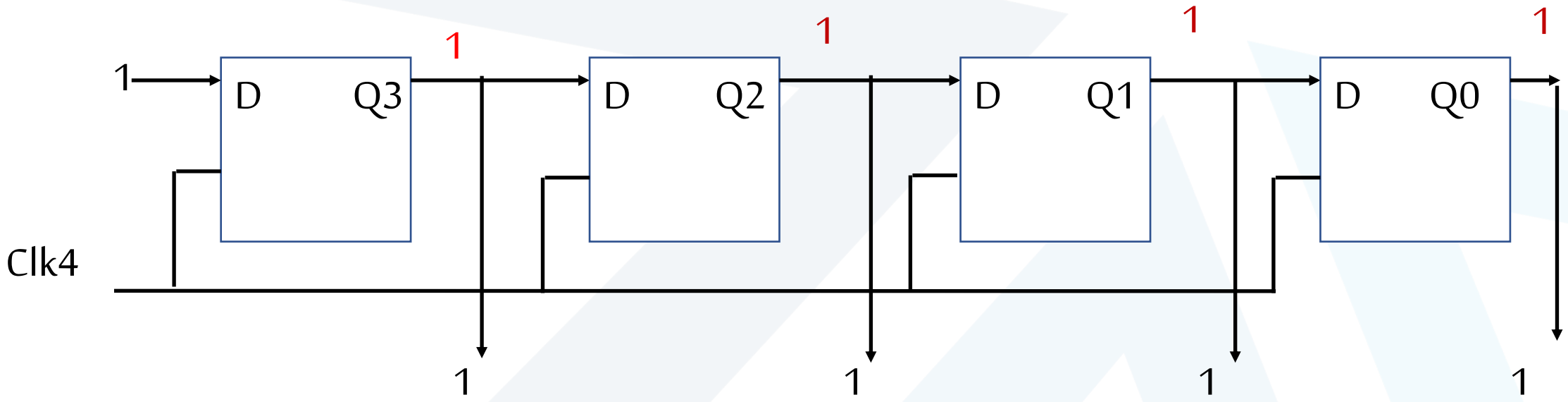
مثال على هذا المسجل هو مسجل إزاحة 4-bit SIPO :



مثال على هذا المسجل هو مسجل إزاحة 4-bit SIPO :

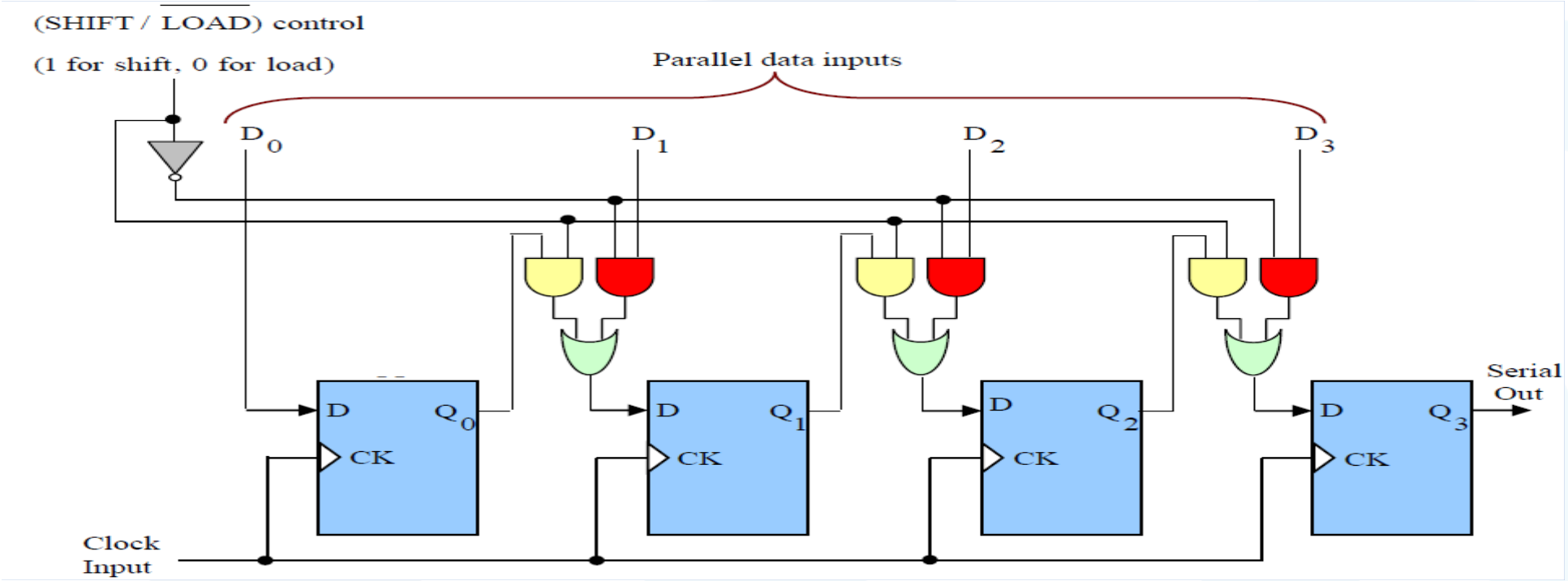


➢ مثال على هذا المسجل هو مسجل إزاحة 4-bit SIPO :



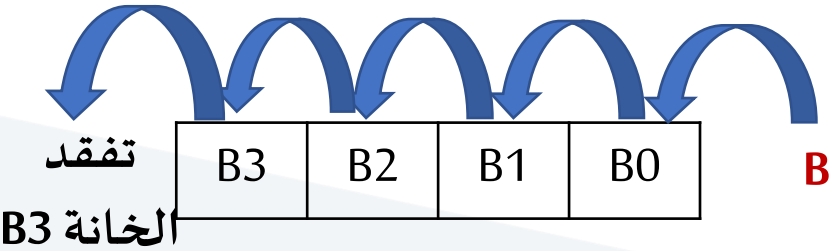
➢ مثال 4 صمم مسجل إزاحة بـ 4 بت مسجل إزاحة دخله على التوازي و خرجه على التسلسل (PISO) باستخدام القلاب D :

➢هو مسجل له دخل على التوازي أي يعطى كل قلاب دخله على حدى في نفس اللحظة و يعطي خرجاً تسلسلياً



آلية عمل مسجل إزاحة بأربعة بت دخله على التوازي و خرجه على التسلسل
(4-Bit Parallel in –Serial out PISO)

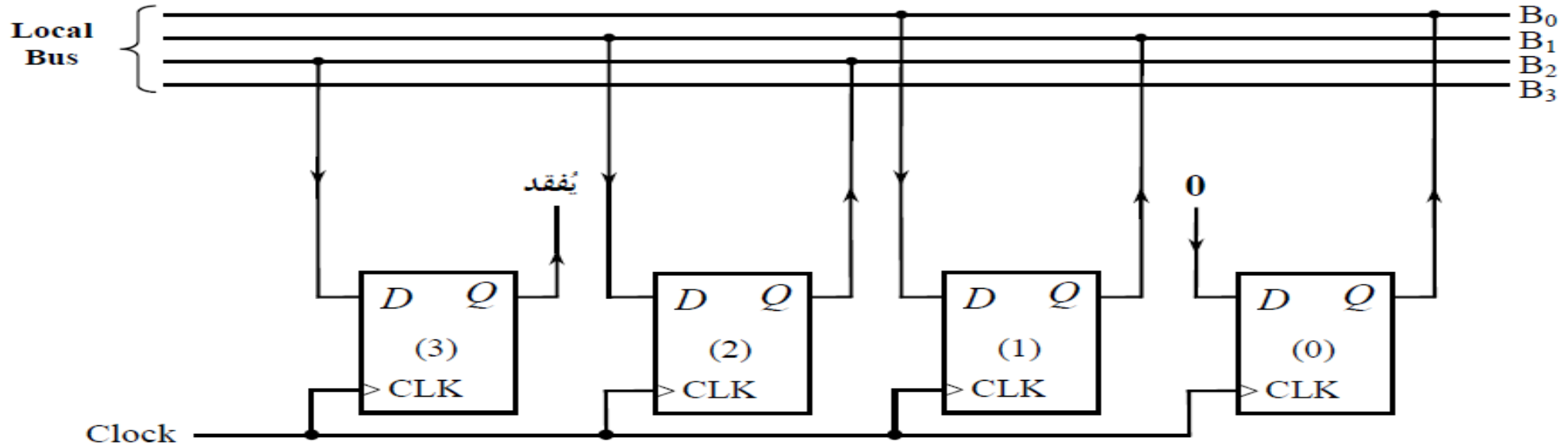
- يتم التحكم في المسجل عن طريق طرف التحكم SHIFT/LOAD .
  - عندما يكون SHIFT/LOAD= 0 تتفعل البوابات التي باللون الأحمر(LOAD)==> تؤدي إلى توصيل البتات من خطوط توصيل البتات إلى خطوط الدخل D0,D1,D2,D3 على مداخل القلابات.
  - عند وصول نبضة التزامن : تختزن هذه البتات داخل المسجل و تظهر على الخرج Q0,Q1,Q2,Q3.
  - عندما يكون SHIFT/LOAD = 1 تتفعل البوابات التي باللون الأصفر(SHIFT) ==> تؤدي إلى توصيل الخرج Q0 إلى دخل القلاب الثاني و توصيل الخرج Q1 إلى دخل القلاب الثالث و توصيل الخرج Q2 إلى دخل القلاب الرابع .
  - هكذا تحدث الإزاحة نحو اليمين بمقدار خانة واحدة عند كل نبضة من نبضات التزامن الموجودة على الدخل



بناء مسجلات الإزاحة باستخدام الناقل المحلي(1/4)

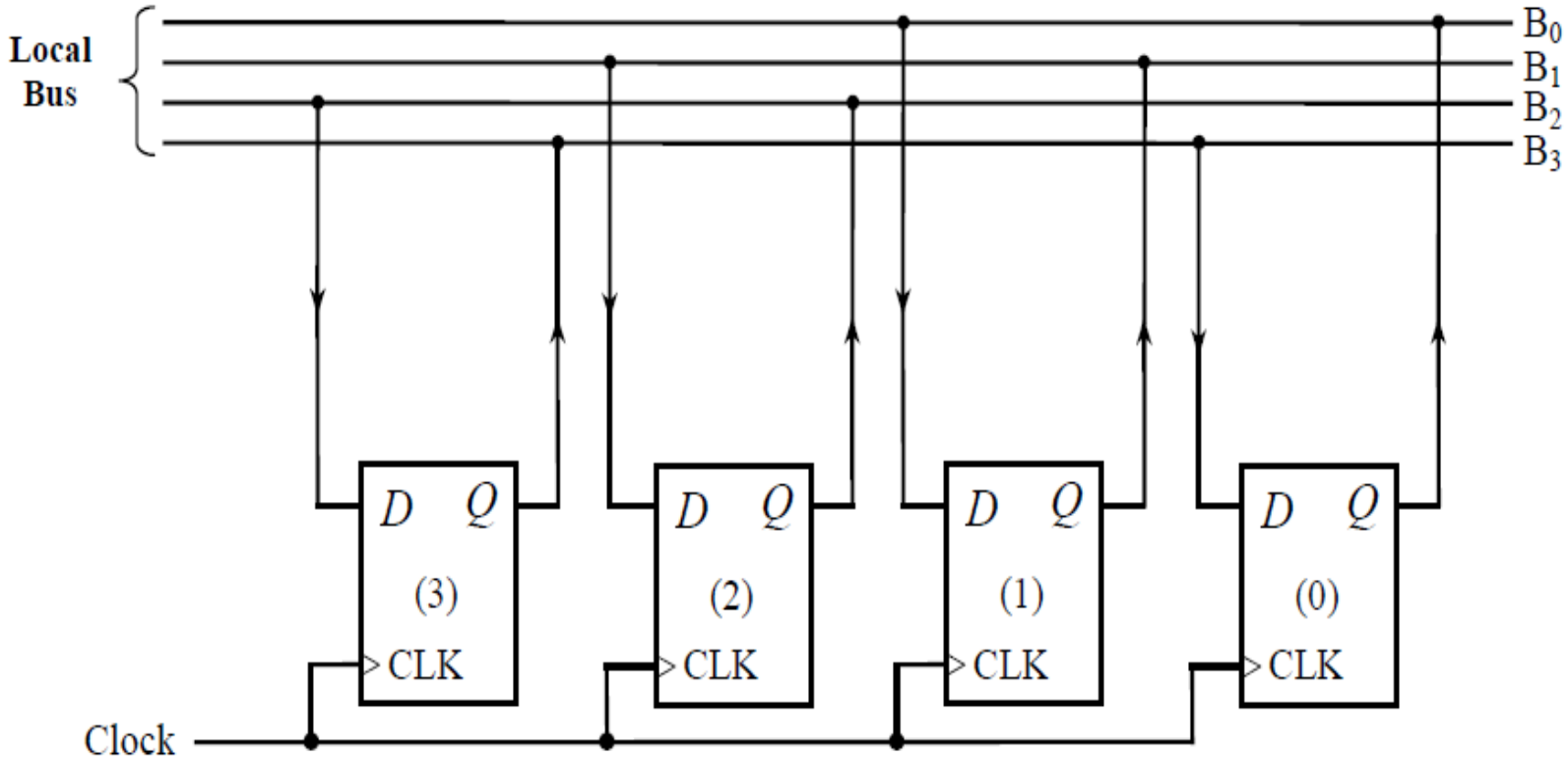
إزاحة باتجاه اليسار

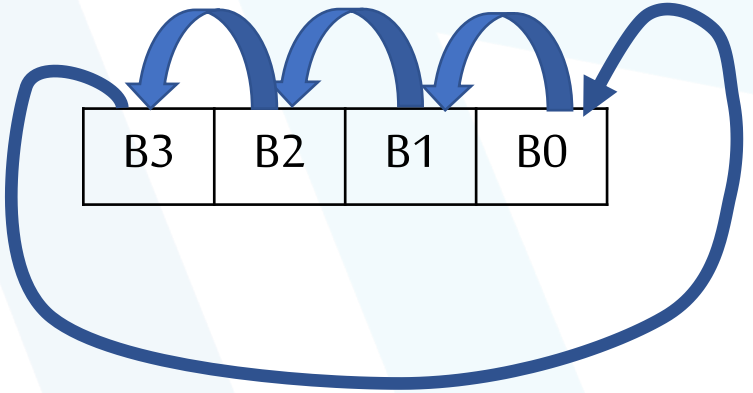
- لتبسيط رسم الدارة يمكن استخدام ما يسمى **بالناقل المحلي (Local Bus)** و الذي يربط القلابات مع بعضها البعض
- **مثال: مسجل إزاحة إلى اليسار مكون من أربع خانات (4 bits Shift left Zero-fill Register) مع الملء بأصفار**

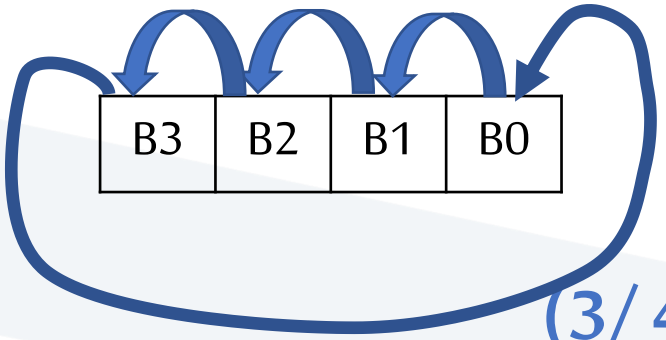


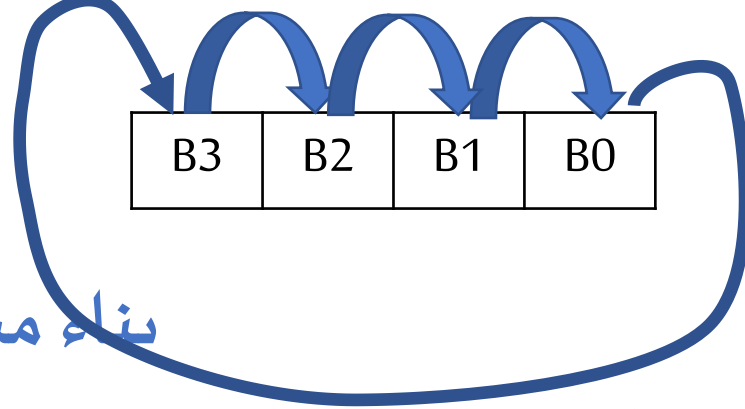
بناء مسجلات الإزاحة باستخدام الناقل المحلي(2/4)

➢ مثال: مسجل إزاحة دورانية نحو اليسار مكون من أربع خانات (4 bits Shift left Zero-fill Register)





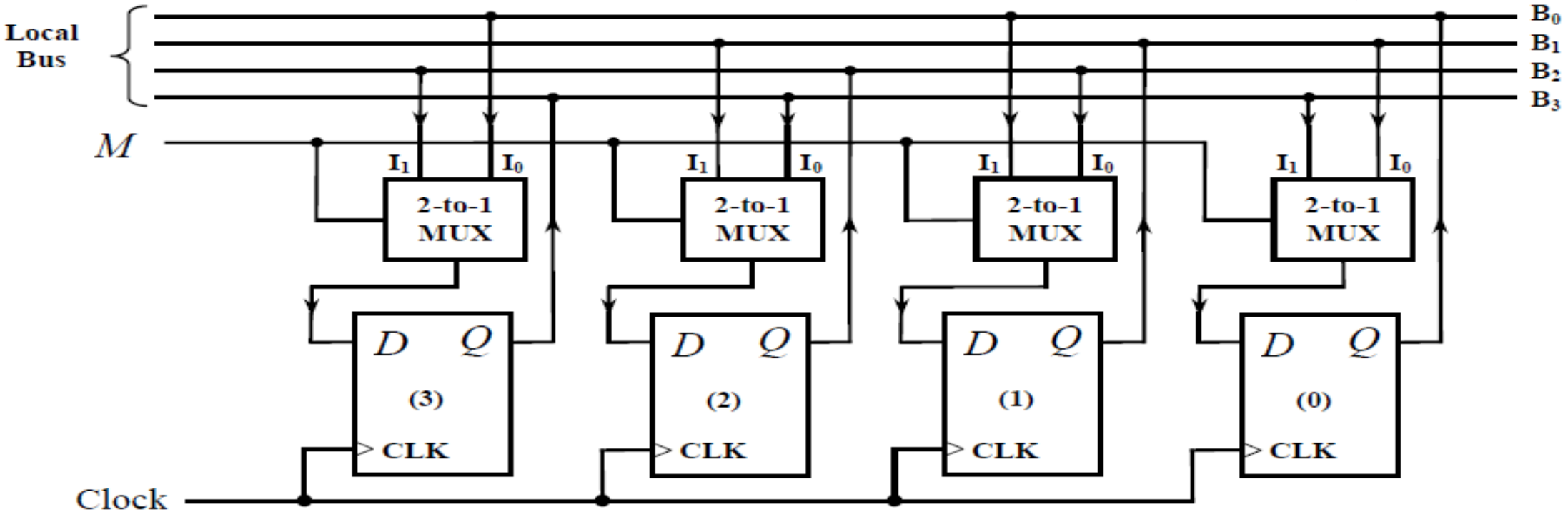




بناء مسجلات الإزاحة باستخدام الناقل المحلي(3/ 4)

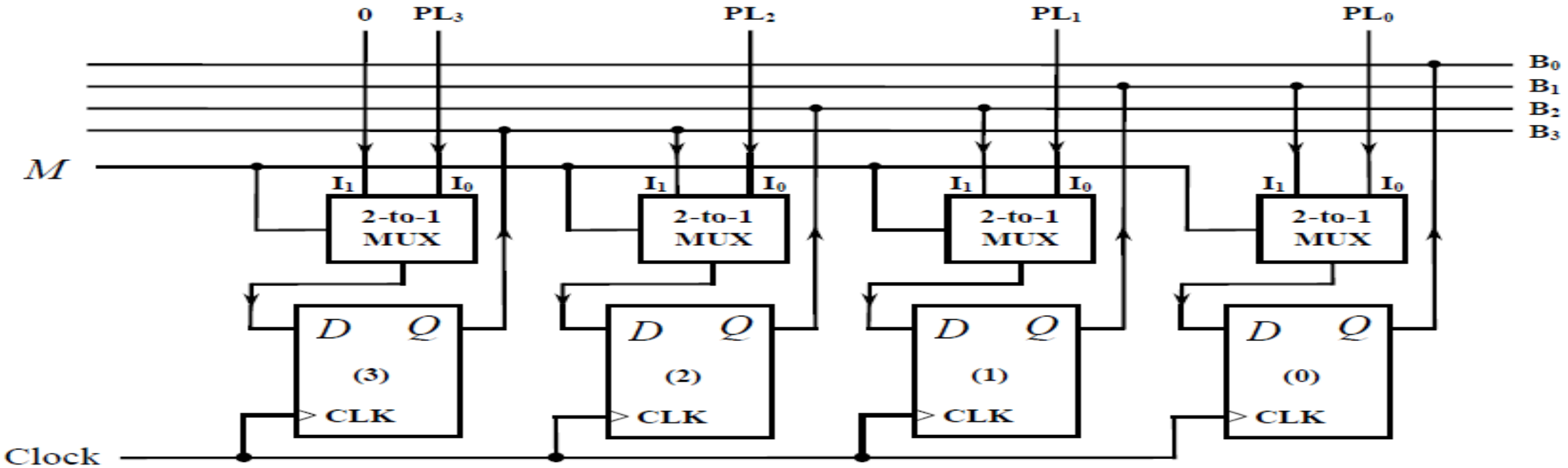
➢ **مثال: صمم مسجل إزاحة مكون من أربع خانات ، ويستجيب لإشارة تحكم M بحيث يقوم بالإزاحة الدورانية إلى اليمين عند M=0 ويقوم بالإزاحة الدورانية إلى اليسار عند M=1**

نلاحظ أننا بحاجة لاستخدام ناخب 1 -2-To لأن لدينا حالتين للإزاحة باتجاهين



بناء مسجلات الإزاحة باستخدام الناقل المحلي(4/4)

- مثال: صمم مسجل إزاحة مكون من أربع خانات ، ويستجيب لإشارة تحكم M بحيث يقبل دخلاً متوازياً عند M=0 و يقوم بالإزاحة إلى اليمين مع الملء بأصفار عند M=1

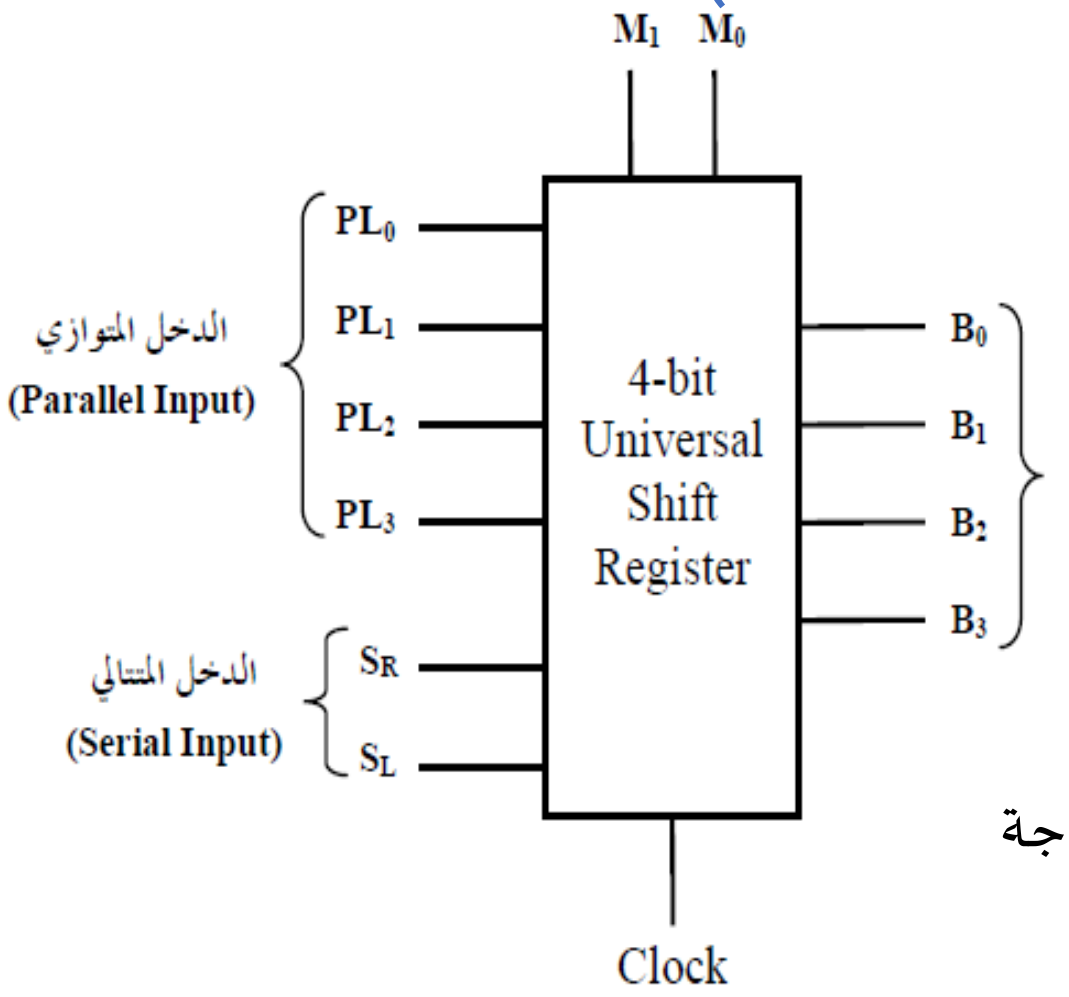


مسجل عام (Universal Shift Register)

- هو عبارة عن مسجل إزاحة يمكن أن يقبل دخلاً متوازياً أو دخلاً متتالياً و يقوم بالإزاحة يميناً و يساراً أو يتوقف عن الإزاحة بناء على قيم إشارتي التحكم M1, M0 وفق الجدول :

I	M1	M0	Operation
I0	0	0	Hold
I1	0	1	Shift Right
I2	1	0	Shift left
I3	1	1	Parallel Load

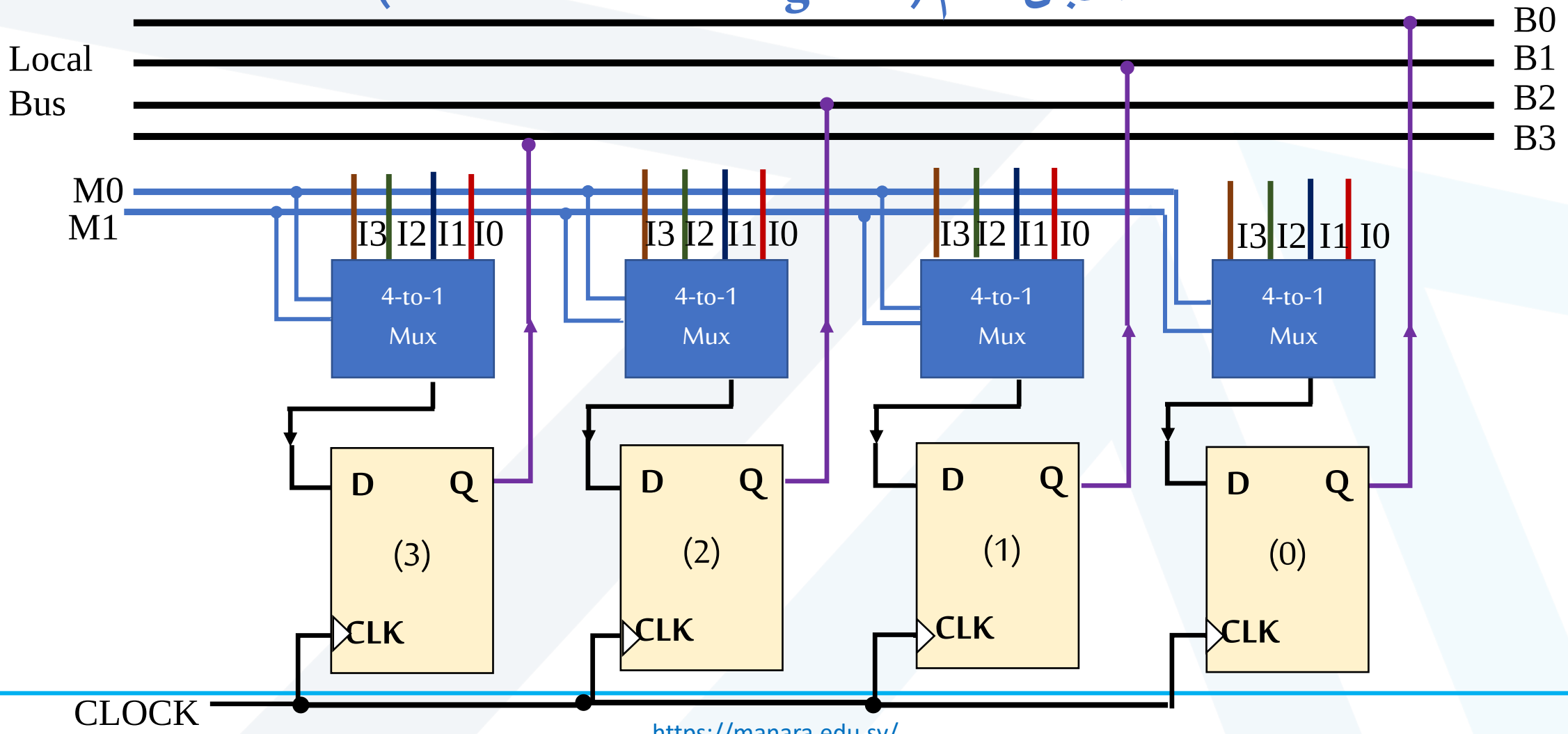
مسجل عام (Universal Shift Register)



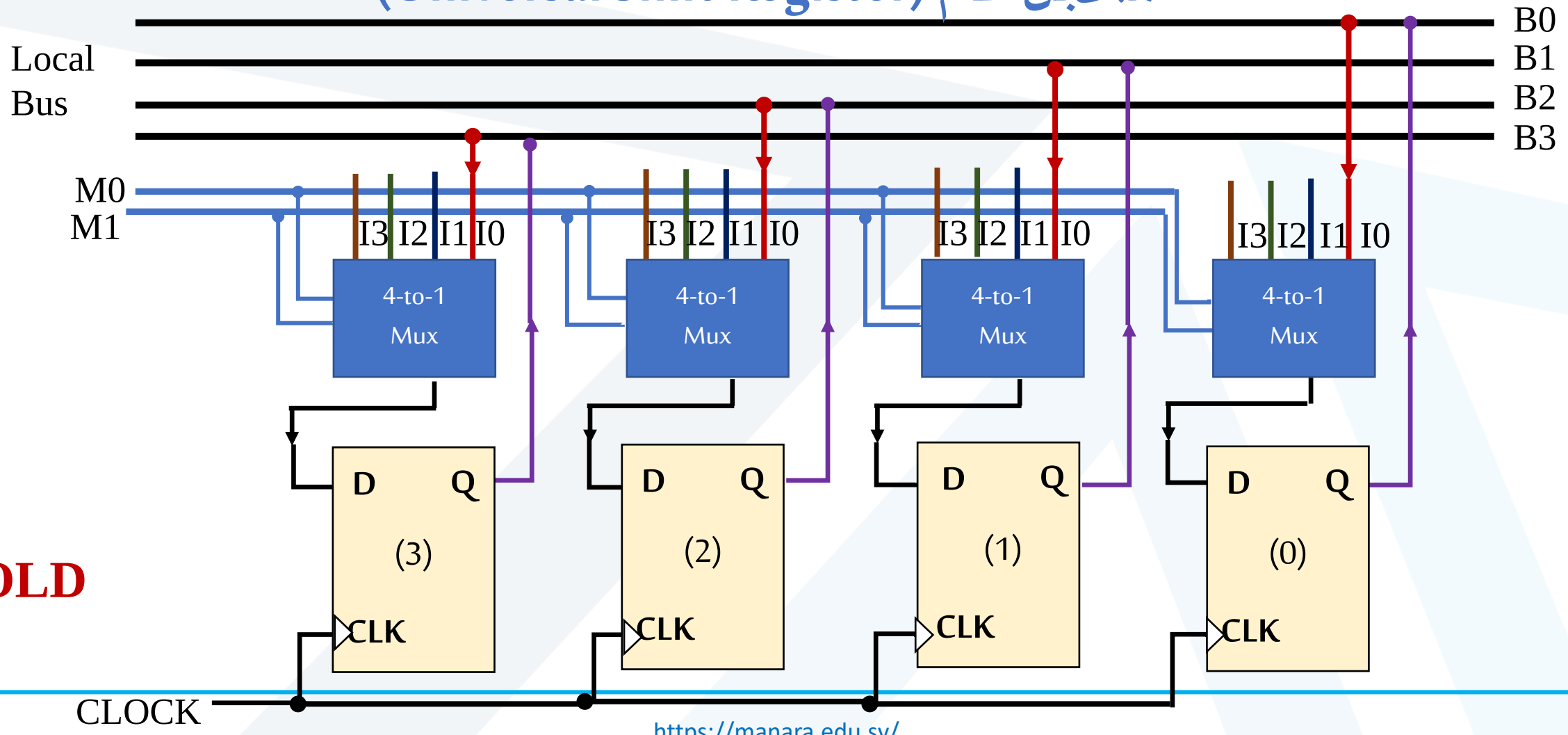
❖ **من المخطط المنطقي للمسجل:**

- الدخل المتوازي يتم عبر أطراف الدخل المتوازي PL3,PL2,PL1,PL0
- الدخل المتتالي :
  - ✓ يتم أثناء عملية الإزاحة إلى اليمين عبر طرف الدخل SR إلى الخانة العليا من المسجل (MSB)
  - ✓ يتم أثناء عملية الإزاحة إلى اليسار عبر طرف الدخل RL إلى الخانة الدنيا من المسجل (LSB)
- بما أن لدينا خطي تحكم M0,M1 أي أربع طرائق للربط فنحن بحاجة إلى ناخب 4to2 MUX

مسجل عام (Universal Shift Register)

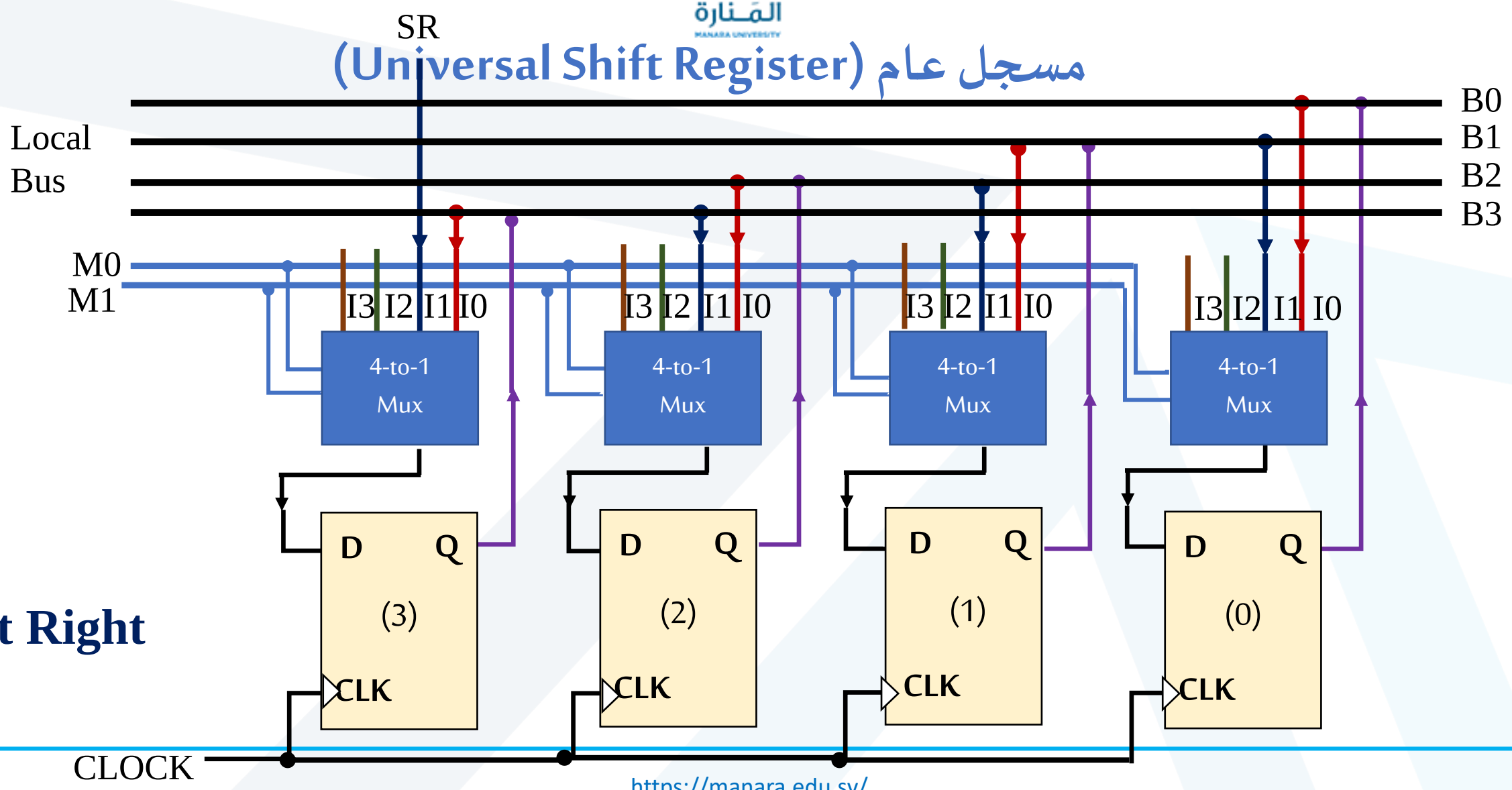


مسجل عام (Universal Shift Register)



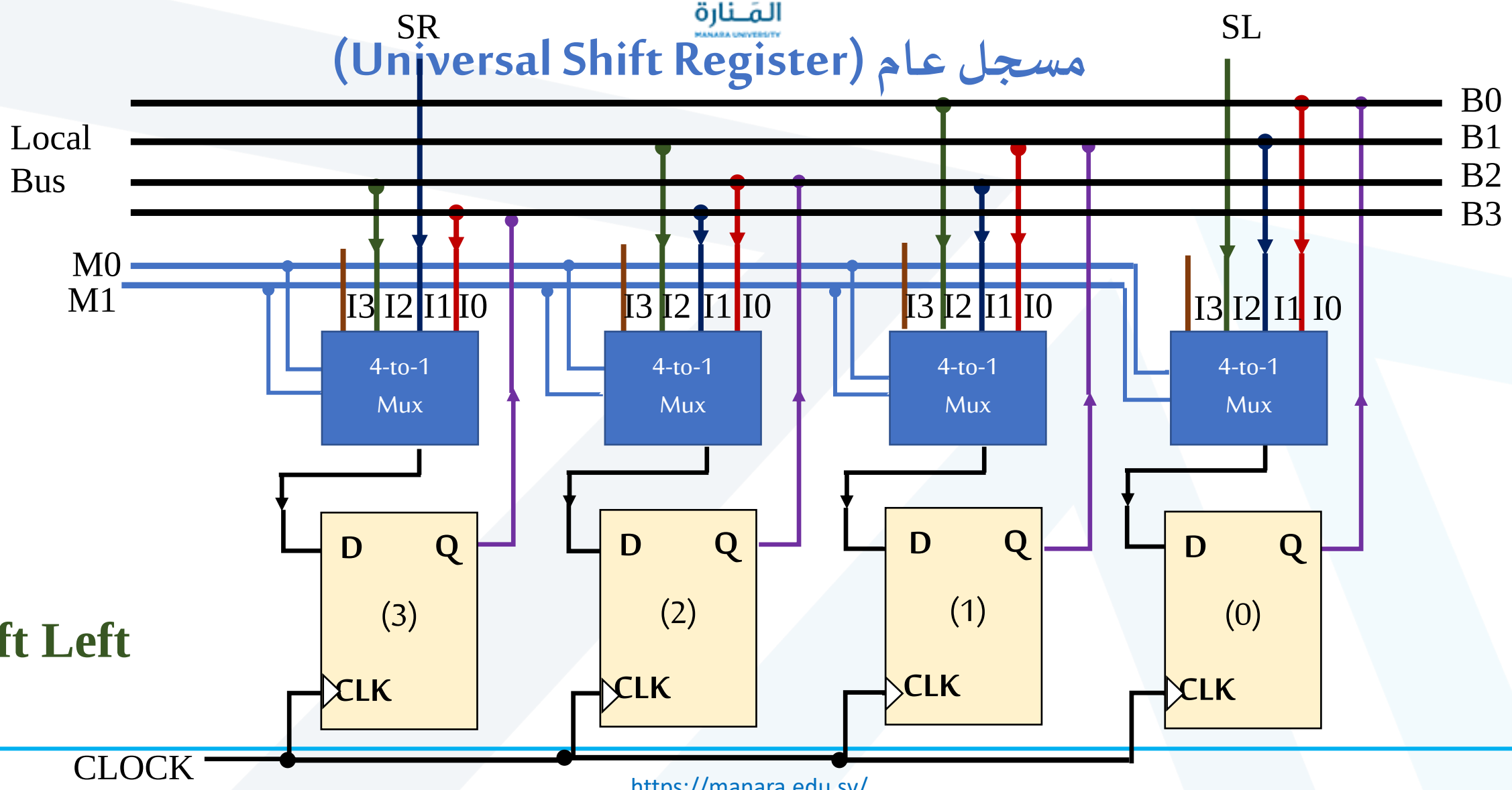
HOLD

(Universal Shift Register) مسجل عام



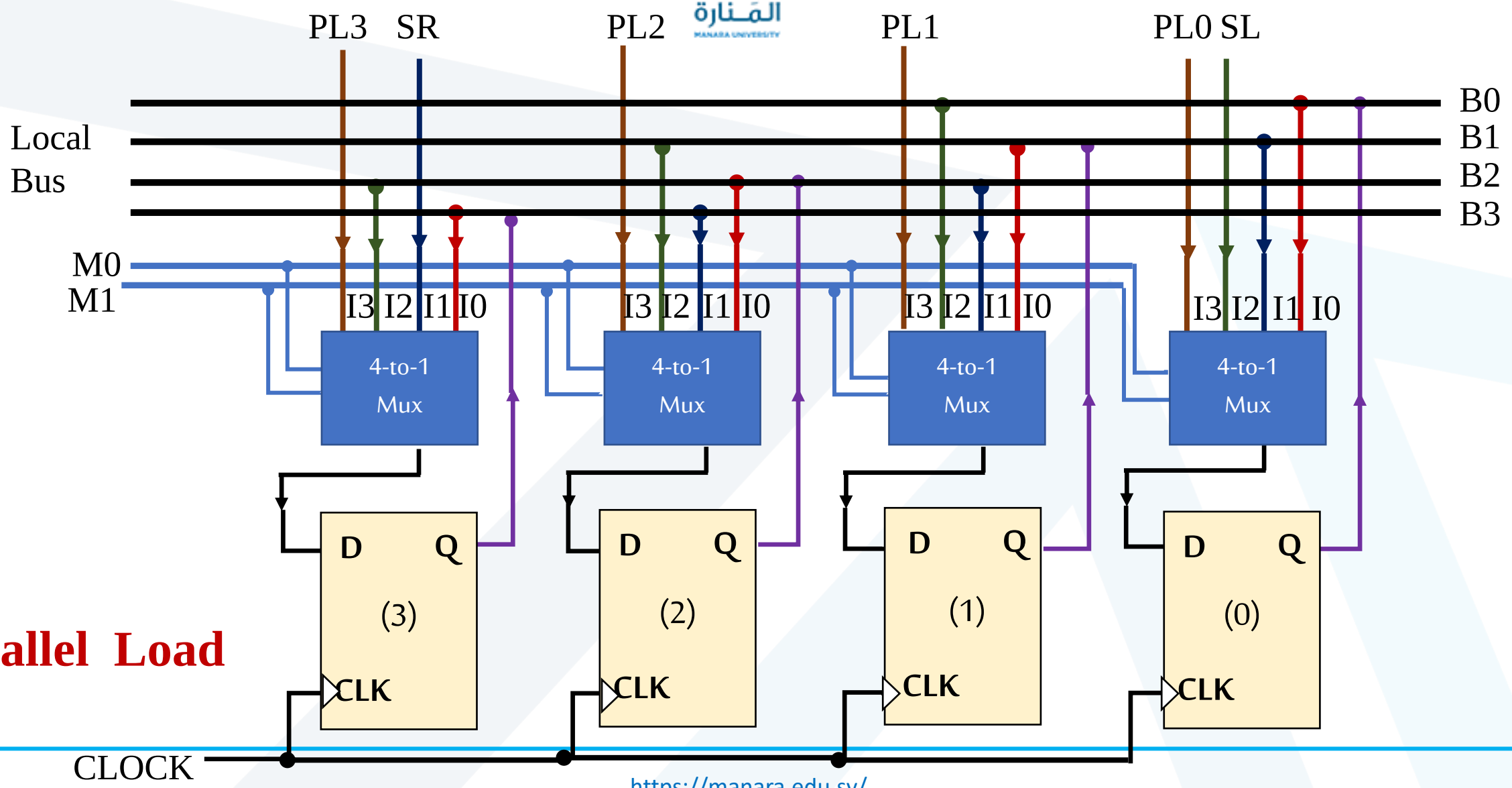
Shift Right

(Universal Shift Register) مسجل عام



Shift Left

مسجل عام (Universal Shift Register)



Parallel Load

جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

نهاية المحاضرة