تصميم الدوائر المنطقية

ITGS 126

المحـاضرة الثامنة

الدوائر المنطقية التتابعية

Sequential Logic Circuits

أ. منار سامي عريف

الدوائر المنطقية التتابعية

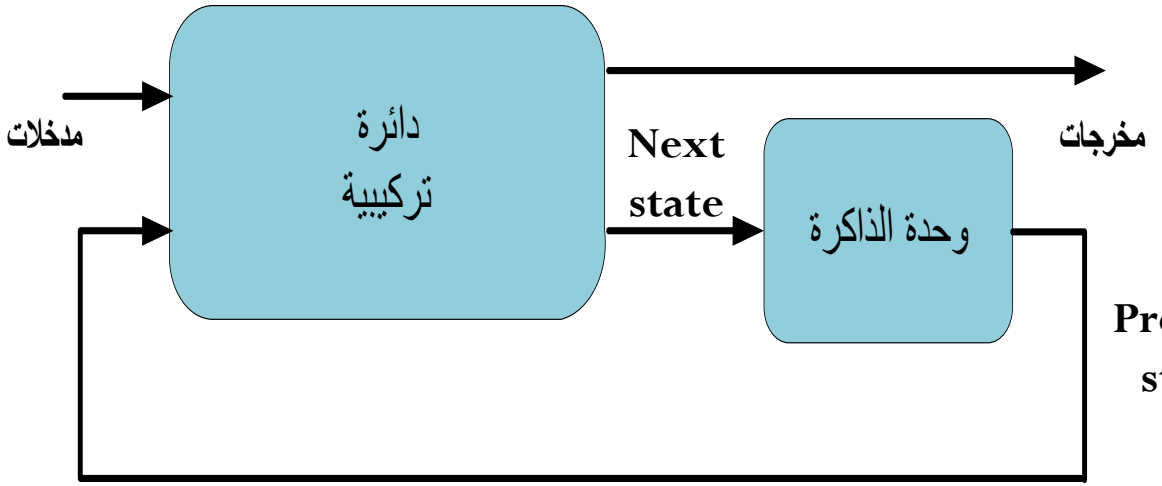
الدوائر المنطقية التتابعية فيها لايعتمد الخرج فقط على القيم الحالية للدخل وإنما يعتمد أيضا على القيم السابقة للخرج أي ان هذا النوع من الدوائر له ذاكرة تستطيع اختزان القيم السابقة لخرج الدائرة بحيث تستطيع التأثير على خرجها الحالي، والسبب في ظهور هذه القدرة التخزينية هو وجود تغذية مرتدة (Feedback) من خرج الدائرة إلى دخلها.

- في الدوائر المنطقية التتابعية تكون وحدة البناء هي دائرة القلاب (Flip-Flop Circuit)
- القلاب عبارة عن دائرة رقمية عملها الأساسي هو تخزين المعلومات بسعة خانة رقمية واحدة إما صفر أو واحد منطقي.
- يوجد القلاب في إحدى حالتين مستقرتين إحداهما تمثل الرقم الثنائي 1 أو الرقم الثنائي 0 وإذا وضع في إحدى حالتي الاستقرار فإنه يظل فيها طالما تم تزويده بمصدر القدرة اللازمة أو حتى يتم تغيير هذه الحالة وذلك بتطبيق مستويات دخل منطقية مناسبة في الدخل .

مقارنة بين الدوائر المنطقية الترابطية و الدوائر المنطقية التتابعية

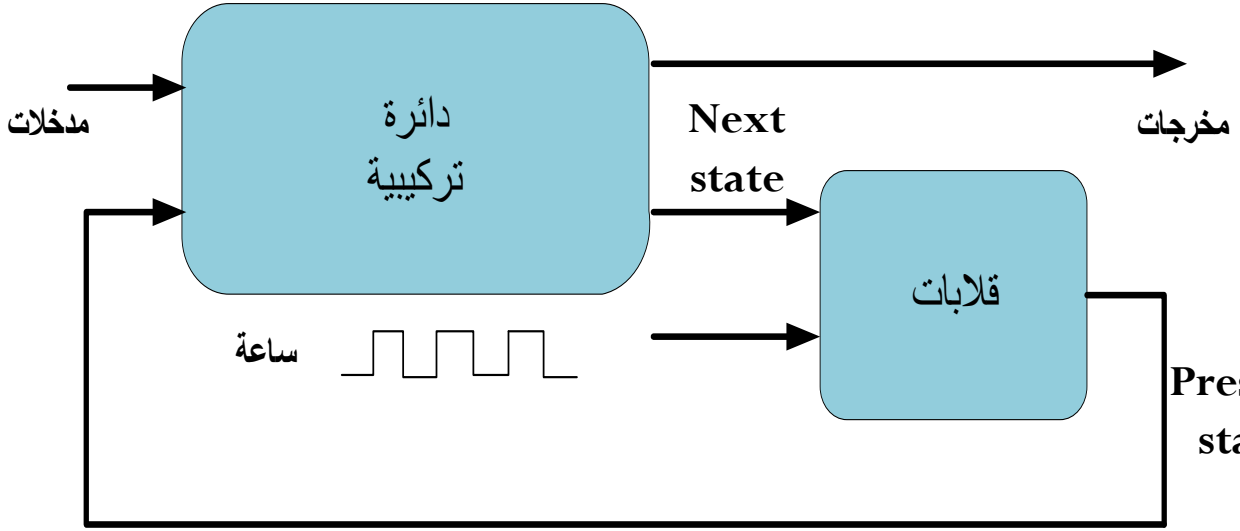
	الدوائر المنطقية الترابطية	الدوائر المنطقية التتابعية
1. الخرج	يعتمد على القيم الحالية للدخل فقط	يعتمد على القيم الحالية للدخل و على القيم السابقة للخرج
2. الذاكرة (Memory)	ليس لها ذاكرة	لها ذاكرة
3. التغذية المرتدة (Feedback)	لا توجد بها تغذية مرتدة	توجد بها تغذية مرتدة
4. الزمن	لا يدخل الزمن فيها كمتغير	يدخل الزمن فيها كمتغير
5. إشارة التزامن (Clock)	لا توجد بها إشارة تزامن	توجد بها إشارة تزامن
6. أمثلة	الجوامع، فاك الشفرة، المشفر، الدامج، المفرق	المراجيح، المسجلات، العدّادات

الدوائر المنطقية التتابعية



غير متزامنة

تتغير حالة المخرجـــات في حين حدوث تغيير في حالة المدخلات للدائرة



متزامنة

تتغير حالة المخرجـات في أزمنة محددة

القلابات الغير متزامنة

S-R Latch

القلاب S-R الغير متزامن دائرة منطقية تتابعية غير متزامنة

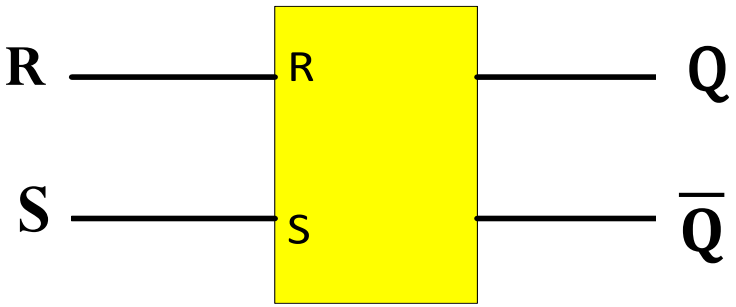
يتكون من مدخلين (R,S) وخرجين ($Q,\overline{Q}$)

يحتوي القلاب على حالتي استقرار SET ,RESET

إذا كان القلاب في حالة SET فإن Q=1

إذا كان القلاب في حالة RESET فإن Q=0

يكون المخرجين $\overline{Q}$, Q عكس بعضهما وتوصف حالة القلاب من خلاله بحالة المخرج Q



الرمز المنطقي

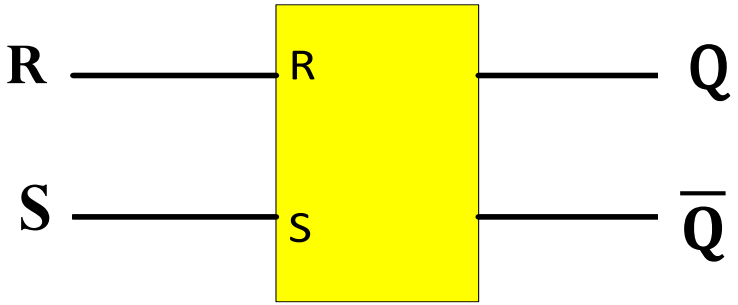
طرق بناء القلاب الغير متزامن S-R Latch

يمكن بناء القلاب الغير متزامن S-R بطريقتين :

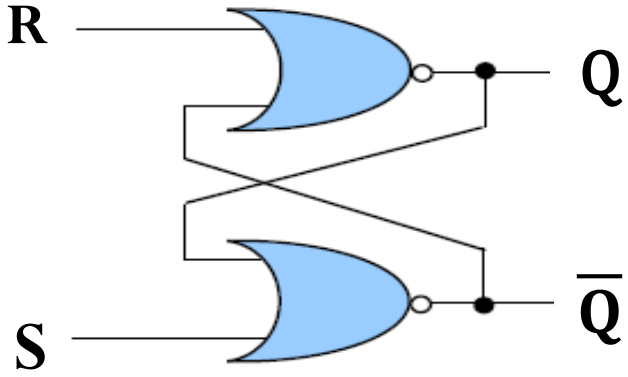
باستخدام بوابات NOR ويسمى في هذه الحالة S-R NOR Latch

باستخدام بوابات NAND ويسمى في هذه الحالة S-R NAND Latch

الرمز المنطقي



الدائرة المنطقية



طرق بناء القلاب الغير متزامن S-R Latch

طريقة العمل :

لتشغيل هذا القلاب يتم تنشيط أحد المداخل فقط يعني

S=1 , R=0 في حالة عمل SET للقلاب (Q=1)

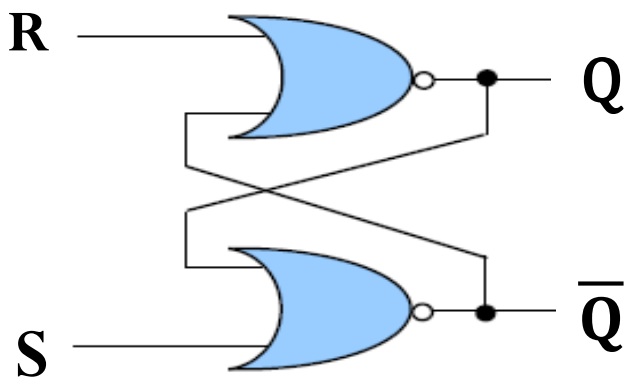
S=0 , R=1 في حالة عمل RESET للقلاب (Q=0)

لجعل القلاب في حالة استقرار بمعنى تغيير قيمة الخرج Q (تخزين)

S=0 , R=0 في هذه الحالة يبقى القلاب في حالته السابقة

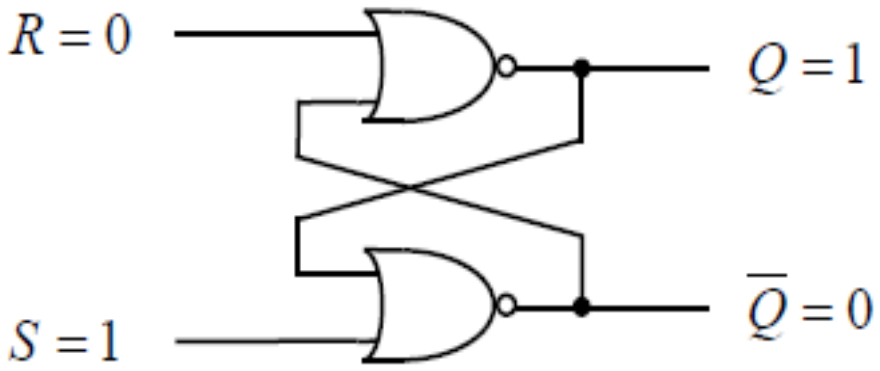
حالة S=1 , R=1 غير مسموح بها لإنها تجعل $Q = \overline{Q}$

الدائرة المنطقية



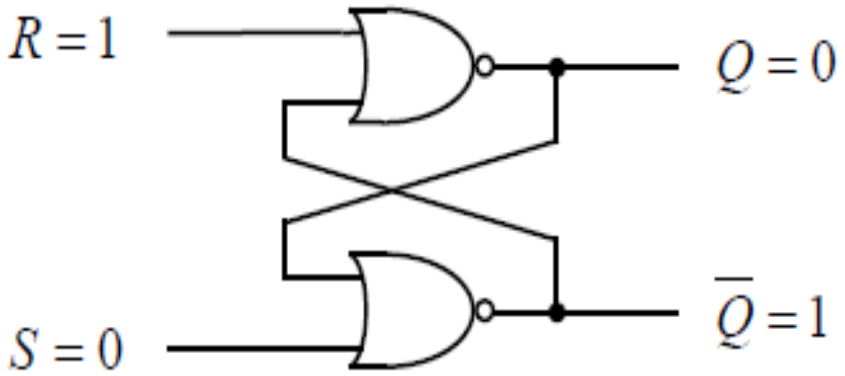
طريقة عمل S-R Latch

- حالة S=1 , R=0
- لإجراء عملية SET للقلاب نضع القيمة المنطقية 1 في الطرف المقابل للعملية المطلوب إجراؤها أي الطرف S، ونضع القيمة المنطقية 0 في الطرف الآخر أي الطرف R
- نلاحظ دخول 1 إلى بوابة NOR الموجودة بالأسفل يحدد خرجها بـــ $\overline{Q} = 0$ وبمعلومية قيمة $\overline{Q}$ وقيمة R يمكن تحديد خرج بوابة NOR الموجودة بالأعلى ب Q=1



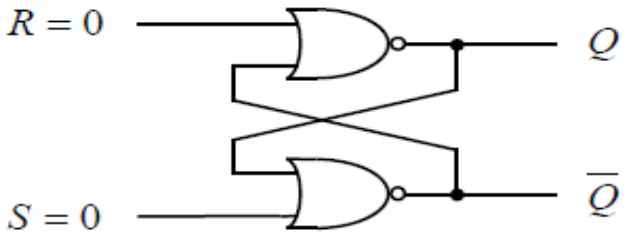
طريقة عمل S-R Latch

- حالة S=0 , R=1
- لإجراء عملية RESET للقلاب نضع القيمة المنطقية 1 في الطرف المقابل للعملية المطلوب إجراؤها أي الطرف R، ونضع القيمة المنطقية 0 في الطرف الآخر أي الطرف S
- نلاحظ دخول 1 إلى بوابة NOR الموجودة بالأعلى يحدد خرجها بـــ $Q = 0$ وبمعلومية قيمة Q وقيمة S يمكن تحديد خرج بوابة NOR الموجودة بالأسفل بـ $\overline{Q} = 1$



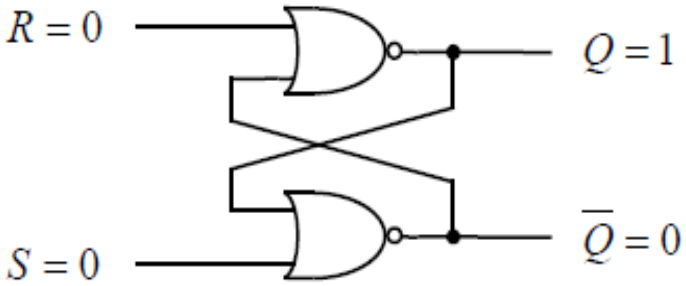
- حالة الدخل S=0 , R=0

- في هذه الحالة لا نستطيع تحديد حالة القلاب الجديدة دون معرفة حالته السابقة، لأنه إذا كانت القيمة الموجودة على أحد طرفي الدخل لبوابة NOR هي 0 فلا يمكن تحديد خرجها دون معرفة القيمة الموجودة على طرف الدخل الآخر.



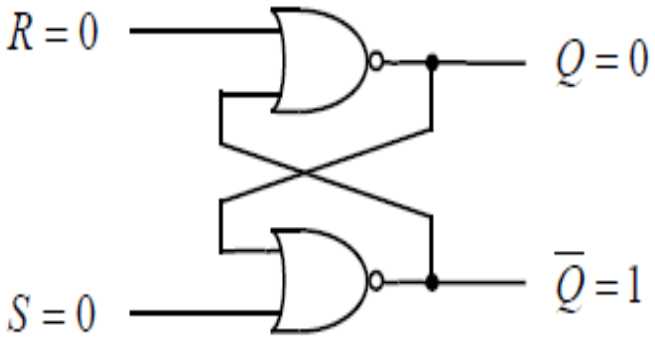
- أولا : إذا كان القلاب في حالة SET أي ان $\overline{Q}= 0$, $Q= 1$

نجد الحالة الجديدة هي ايضا حالة SET أي ان القلاب احتفظ بحالته السابقة



- ثانياً : إذا كان القلاب في حالة RESET أي ان $\overline{Q}= 1$, $Q= 0$

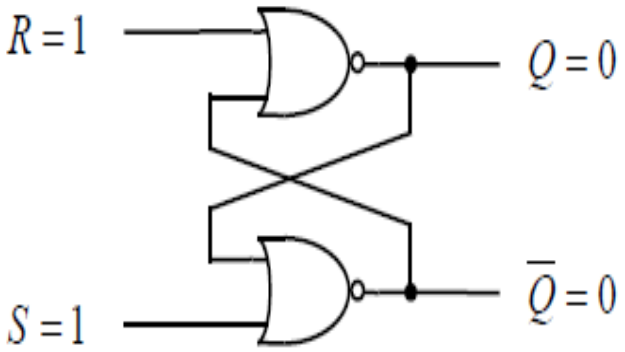
نجد الحالة الجديدة هي ايضا حالة RESET أي ان القلاب احتفظ بحالته السابقة



لذلك نستنتج بأن القلاب في حالة S=0 , R=0 يحتفظ بحالته السابقـة

- حالة الدخل S=1 , R=1

- يؤدي احتمال الدخل هذا إلى جعل كلاً من طرفي الخرج $\overline{Q}$, Q مساويين 0 وهو أمر غير مسموح به كما أنه عند عودة القيمة الموضوعة على طرفي الدخل S,Rمن 1 إلى 0 في وقت واحد فإن حالة القلاب تكون غير محددة أي لا يمكن التكهن بها لأنها تعتمد على أي الطرفين S,R تغير قبل الآخر لذلك فإن احتمال الدخل S=1 , R=1 غير مستخدم أو غير مسموح به (Invalid)



جدول الصدق حسب الاحتمالات السابقة

حيث Qn+1 هي الحالة الجديدة للقلاب وQn هي الحالة السابقة للقلاب

S	R	Q_{n+1}	
0	0	Q_n	Keep
0	1	0	RESET
1	0	1	SET
1	1	Invalid	

الجدول التالي يوضح حالات الخرج المعكوس

S	R	Q_{n+1}	$\overline{Q}_{n+1}$	
0	0	Q_n	$\overline{Q}_n$	Keep
0	1	0	1	RESET
1	0	1	0	SET
1	1	0	0	Invalid

جدول الصدق حسب الاحتمالات السابقة

حيث Q(t+1) هي الحالة الجديدة للقلاب و Q(t) هي الحالة السابقة للقلاب

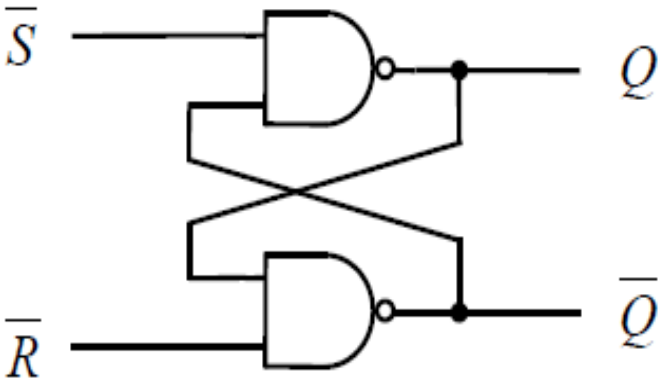
S	R	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	-
1	1	1	-

S	R	Q_{n+1}	
0	0	Q_n	Keep
0	1	0	RESET
1	0	1	SET
1	1	Invalid	

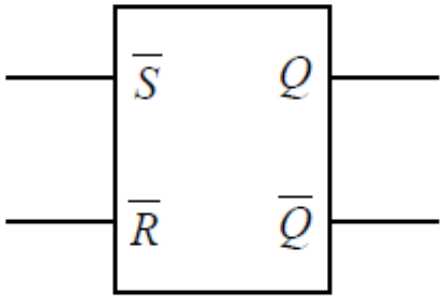
$$Q(t+1) = S + \overline{R}Q(t)$$

طرق بناء القلاب الغير متزامن S-R Latch

باستخدام بوابات NAND ويسمى في هذه الحالة S-R NAND Latch



الدائرة المنطقية



دخل نشط منخفض

(Active Low Inputs)

المخطط المنطقي

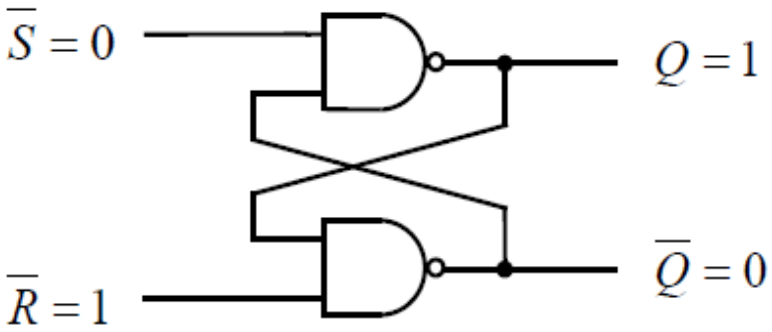
بوابة NAND مثلها مثل بوابة الـ NOR

القلاب أيضا عبارة عن قلاب SET/RESET أو قلاب SR إلا أن دخله نشط منخفض (Active Low) أي أن العملية المطلوبة يتم إجراؤها بوضع 0 في الطرف المقابل لها.

طرق بناء القلاب الغير متزامن S-R Latch

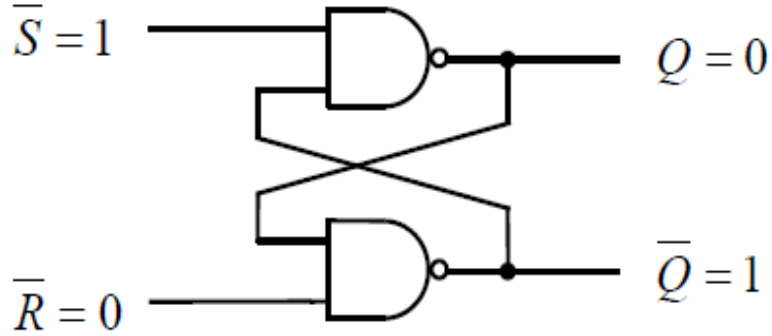
أولا : إجراء عملية SET للقلاب

يتم ذلك بجعل $\overline{S} = 0$ و $\overline{R} = 1$



ثانياً : إجراء عملية RESET للقلاب

يتم ذلك بجعل $\overline{S} = 1$ و $\overline{R} = 0$



وكذلك يمكن بسهولة إثبات أن الدخل $\overline{S} = 1$ و $\overline{R} = 1$ يؤدي لإحتفاظ القلاب بحالته السابقة، والدخل $\overline{S} = 0$ و $\overline{R} = 0$ يؤدي إلى جعل كلاً الخرجين Q , $\overline{Q}$ مساويين للقيمة 1.

يمكن تلخيص جدول الصدق حسب الاحتمالات السابقة

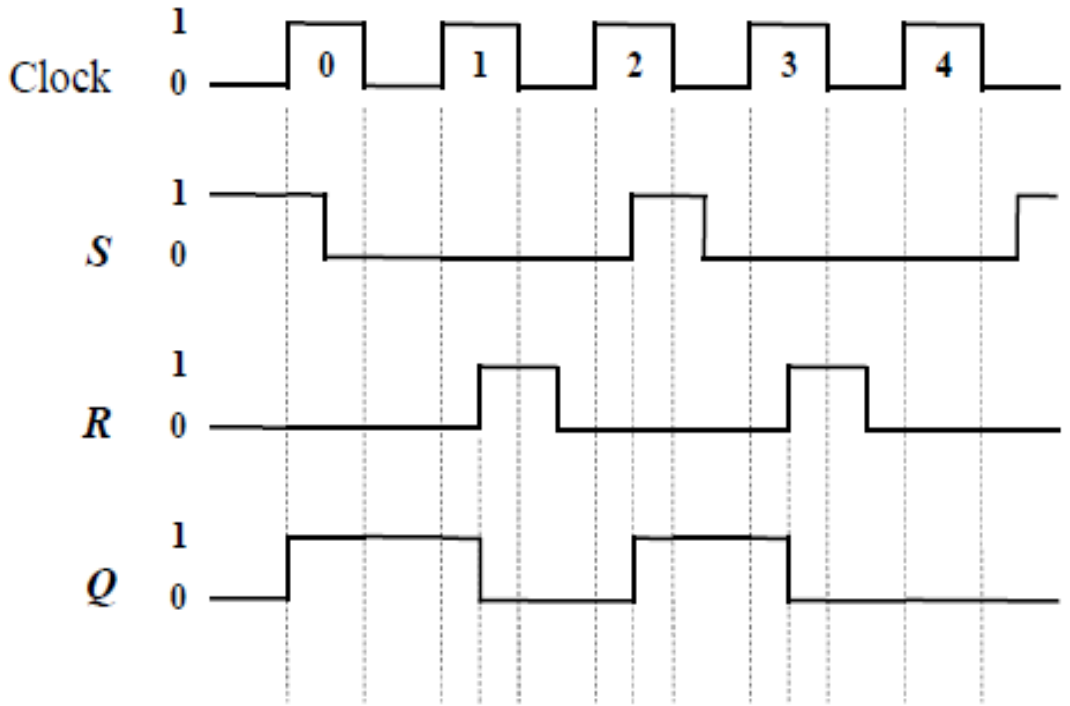
$\overline{S}$	$\overline{R}$	Q_{n+1}	
0	0	Invalid	
0	1	1	SET
1	0	0	RESET
1	1	Q_n	Keep

الجدول التالي يوضح حالات الخرج المعكوس

$\overline{S}$	$\overline{R}$	Q_{n+1}	$\overline{Q}_{n+1}$	
0	0	1	1	Invalid
0	1	1	0	SET
1	0	0	1	RESET
1	1	Q_n	$\overline{Q}_n$	Keep

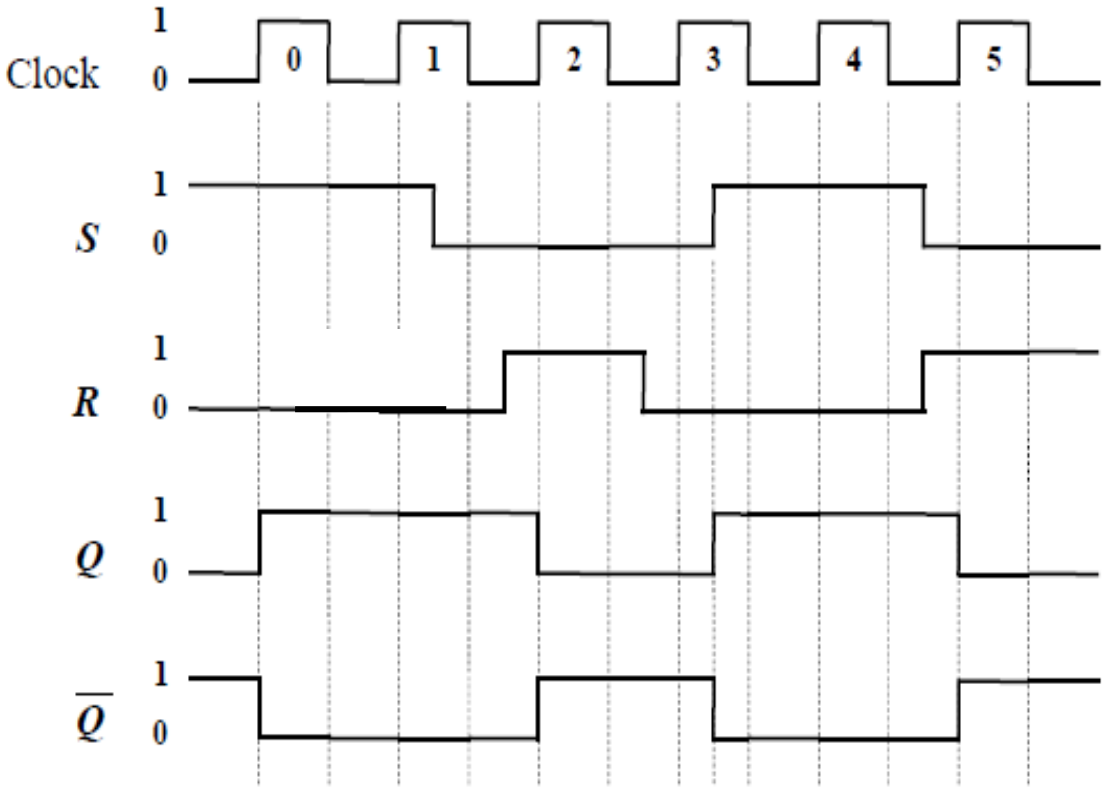
ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب S R إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.

S	R	Q_{n+1}	
0	0	Q_n	Keep
0	1	0	RESET
1	0	1	SET
1	1	Invalid	

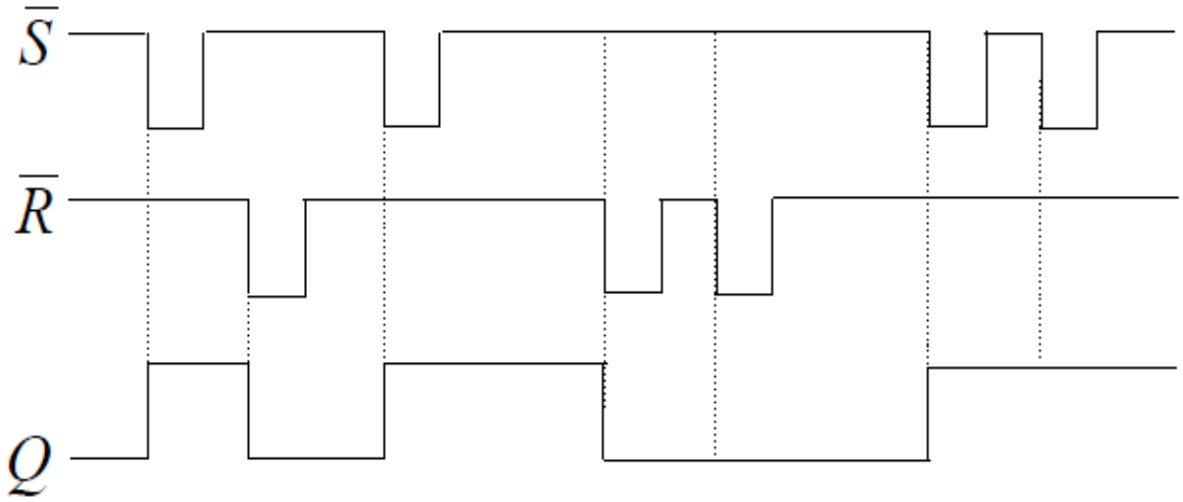


ارسم شكل نبضات الخرج ($Q,\overline{Q}$) لدائرة القلاب S R إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.

S	R	Q_{n+1}	
0	0	Q_n	Keep
0	1	0	RESET
1	0	1	SET
1	1	Invalid	



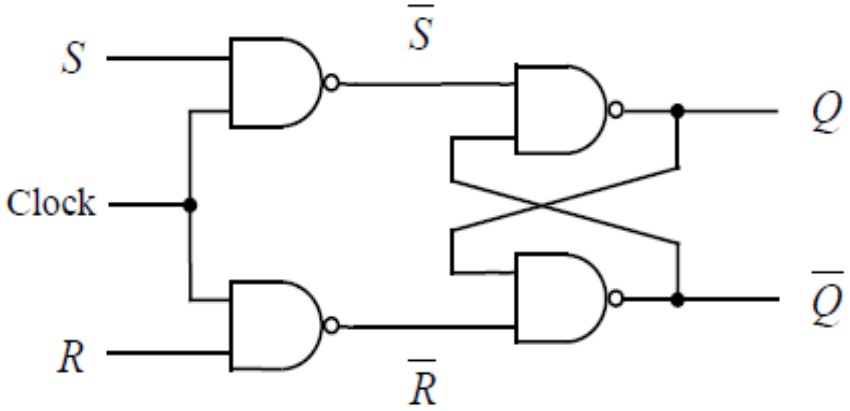
ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب S R إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.



$\overline{S}$	$\overline{R}$	Q_{n+1}	
0	0	Invalid	
0	1	1	SET
1	0	0	RESET
1	1	Q_n	Keep

القلابات المتزامنة S R

القلاب المتزامن (Clock Flip Flop) تدخل عليه إشارة تسمى إشارة التزامن Clock Signal أو Clock إختصاراً، وتدخل إشارة التزامن على القلاب SR



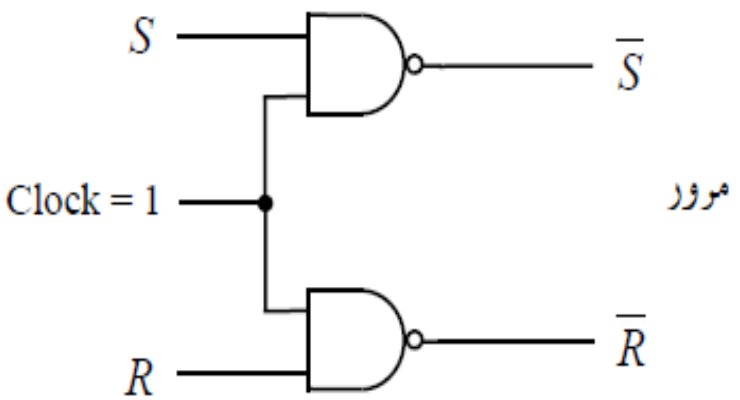
Clock SR Flip Flop

إشارة التزامن (Clock) تشبه في عملها إلى حد كبير إشارة السماح (Enable) فإذا كانت إشارة التزامن مرتفعة (High) أي مساوية إلى 1، تمر الإشارتان R,S إلى القلاب ويستجيب .

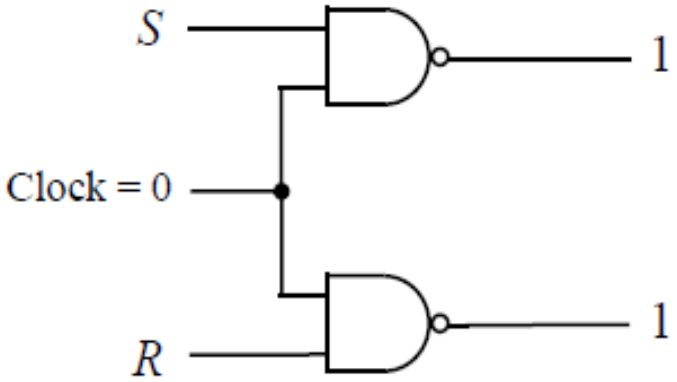
وإذا كانت إشارة التزامن منخفضة (Low) أي مساوية إلى 0، فيتم حجب الإشارتين R,S عن القلاب ويظل القلاب محتفظاً بحالته السابقة.

جدول الصدق للقلاب SR المتزامن

C	S	R	Q_{n+1}	$\overline{Q}_{n+1}$	
0	×	×	Q_n	$\overline{Q}_n$	Keep
1	0	0	Q_n	$\overline{Q}_n$	Keep
1	0	1	0	1	RESET
1	1	0	1	0	SET
1	1	1	1	1	Invalid

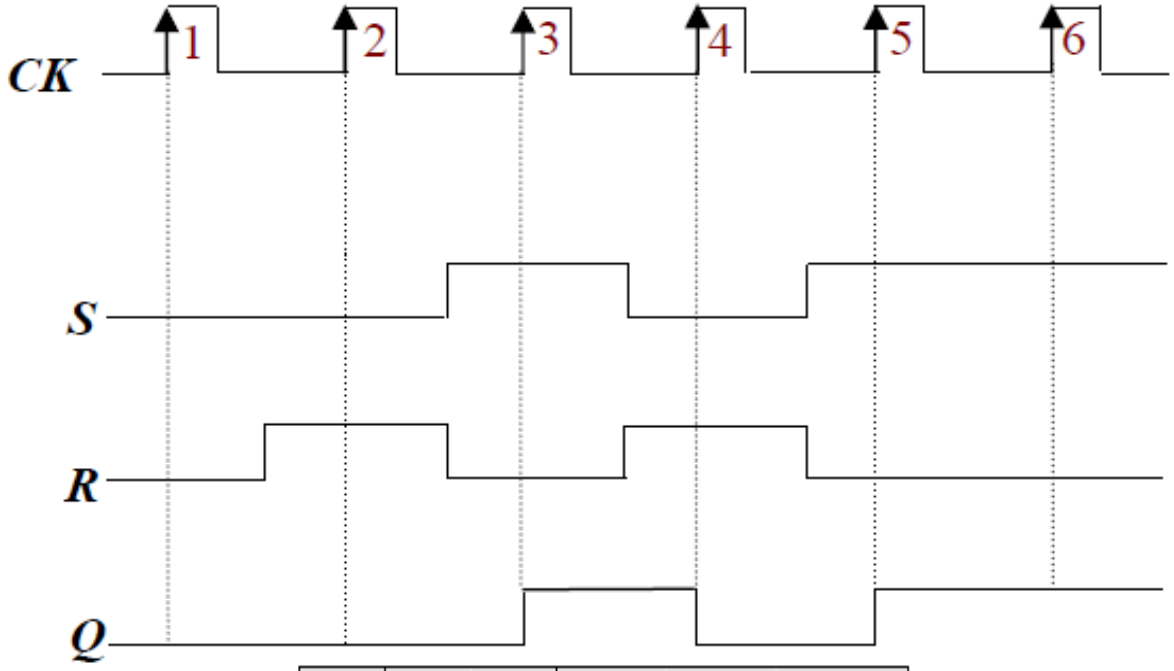


مرور



حجب

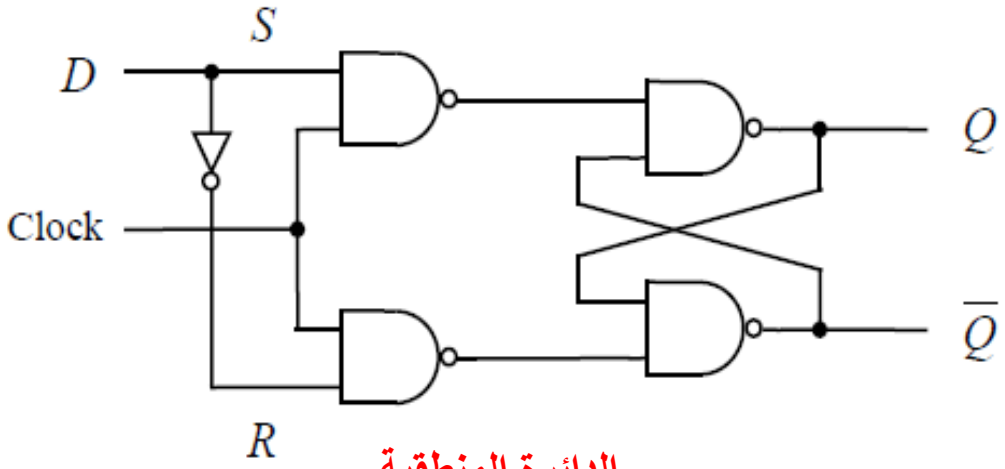
ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب SR إذا كان شكل نبضات الدخل لكل من CK,R,S كما هو موضح وافترض أن دائرة القلاب تعطي خرجاً Q=0 قبل وصول أول نبضة من نبضات التزامن.



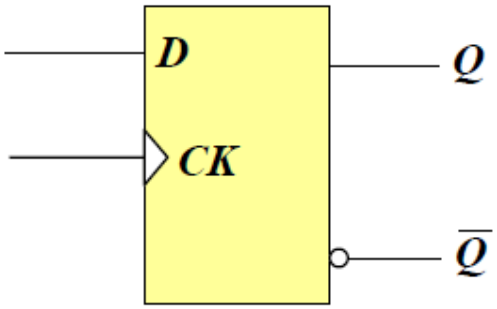
C	S	R	Q_{n+1}	$\overline{Q}_{n+1}$	
0	×	×	Q_n	$\overline{Q}_n$	Keep
1	0	0	Q_n	$\overline{Q}_n$	Keep
1	0	1	0	1	RESET
1	1	0	1	0	SET
1	1	1	1	1	Invalid

القلاب D-Type Flip Flop

قلاب D (حيث D إختصارلكلمة Data) وهو عبارة عن قلاب SR متزامن تم ربط طرفي الدخل R,S له بطرف دخل واحد هو D باستخدام بوابة NOT



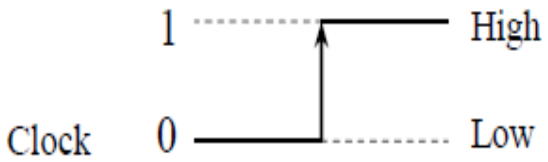
الدائرة المنطقية



المخطط المنطقي

إذا وضعنا القيمة المنطقية 0 في الطرف D يكون S=0 , R=1 فتحدث عملية RESET للقلاب أي يتم اختزان القيمة 0 ، وإذا وضعنا القيمة المنطقية 1 في الطرف D يكـــون S=1,R=0 فتحدث عملية SET للقلاب أي يتم اختزان القيمة 1 فيه أي أن القيمة التي يتم وضعها على الطرف D يتم اختزانها داخل القلاب.

لاحظ ارتباط القيمة الموضوعة على الطرف D واختزانها داخل القلاب بإشارة التزامن (Clock) حيث تنتقل القيمة إلى داخل القلاب وتختزن في اللحظة التى تتغير فيها إشارة التزامن من Low إلى High



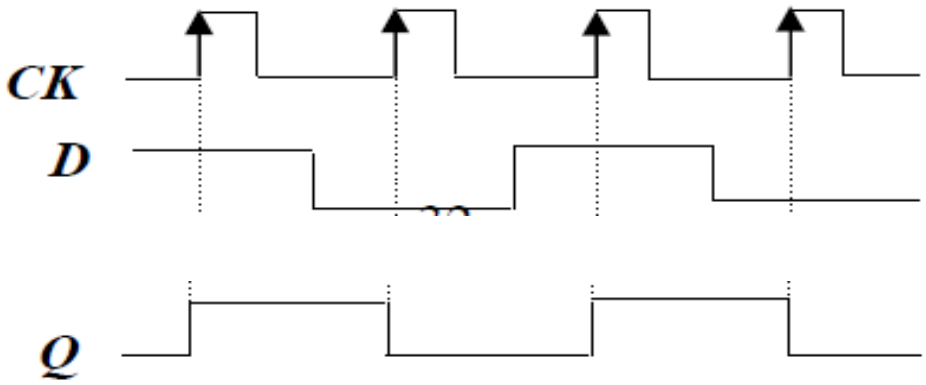
جدول الصدق للقلاب D

D	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

C	D	Q_{n+1}
0	×	Q_n
1	0	0
1	1	1

$$Q(t+1) = D$$

مثال / ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب D وافترض أن دائرة القلاب تعطي خرجاً Q=0 قبل وصول أول نبضة تزامنية

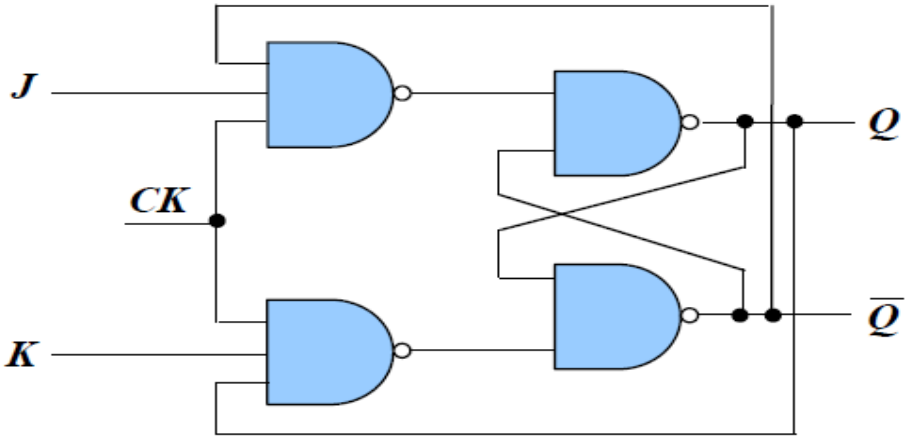


ملاحظة

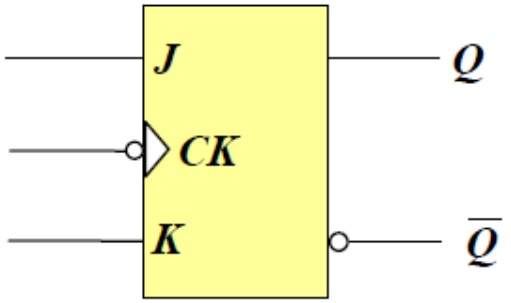
الخرج Q يتبع حالة الدخل D عند الوقت الذي تتغير فيه نبضة التزامن من 0 إلى 1 أي عند الحافة الموجبة

القلاب J-K Flip Flop

قلاب J-K طريقة عمله تماثل تماماً القلاب S-R في الأوضاع الثلاث الأولى للتشغيل وهي عدم التغير أو الإمساك والحالة الفعالة (SET) والحالة الغير فعالة (RESET) والفرق فقط أن القلاب J-K ليس له حالة حظر (غير مسموح بها) كما هو الحال فى حالة القلاب S-R



الدائرة المنطقية



المخطط المنطقي

نلاحظ بأن الخرج $(Q,\overline{Q})$ موصلان على الدخل مرة أخرى.

ملاحظة : استجابة القلاب J-K لا تظهر في خرجه إلا لحظة هبوط نبضة التزامن من High إلى Low وتشير إليه الدائرة الصغيرة المرسومة عند نبضة التزامن CK.

القلاب J-K Flip Flop

جدول الصدق للقلاب J-K

C	J	K	Q_{n+1}	
0	×	×	Q_n	Keep
1	0	0	Q_n	Keep
1	0	1	0	RESET
1	1	0	1	SET
1	1	1	$\overline{Q}_n$	Toggle

يتميز القلاب J-K عن القلاب S-R في عدم وجود دخل غير مسموح به أو غير مستخدم حيث أن الدخل J=1 , K=1 يؤدي إلى عكس حالة القلاب وهي العملية التي تسمى Toggle

جدول الصدق ومعادلة الحالة الجديدة للقلاب

حيث Q(t+1) هي الحالة الجديدة للقلاب و Q(t) هي الحالة السابقة للقلاب

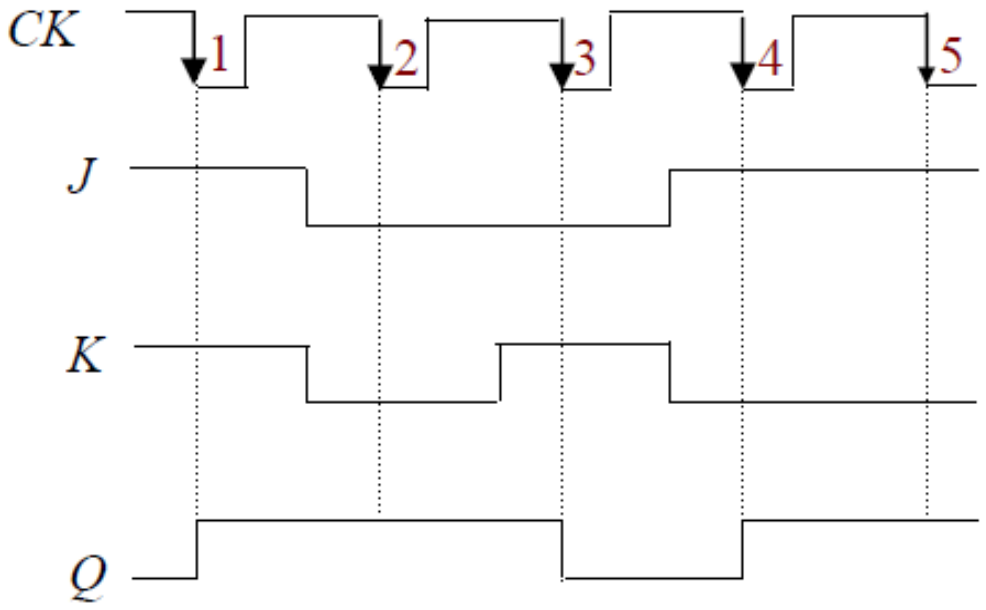
J	K	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

C	J	K	Q_{n+1}	
0	×	×	Q_n	Keep
1	0	0	Q_n	Keep
1	0	1	0	RESET
1	1	0	1	SET
1	1	1	$\overline{Q}_n$	Toggle

$$Q(t+1) = J\overline{Q}(t) + \overline{K}Q(t)$$

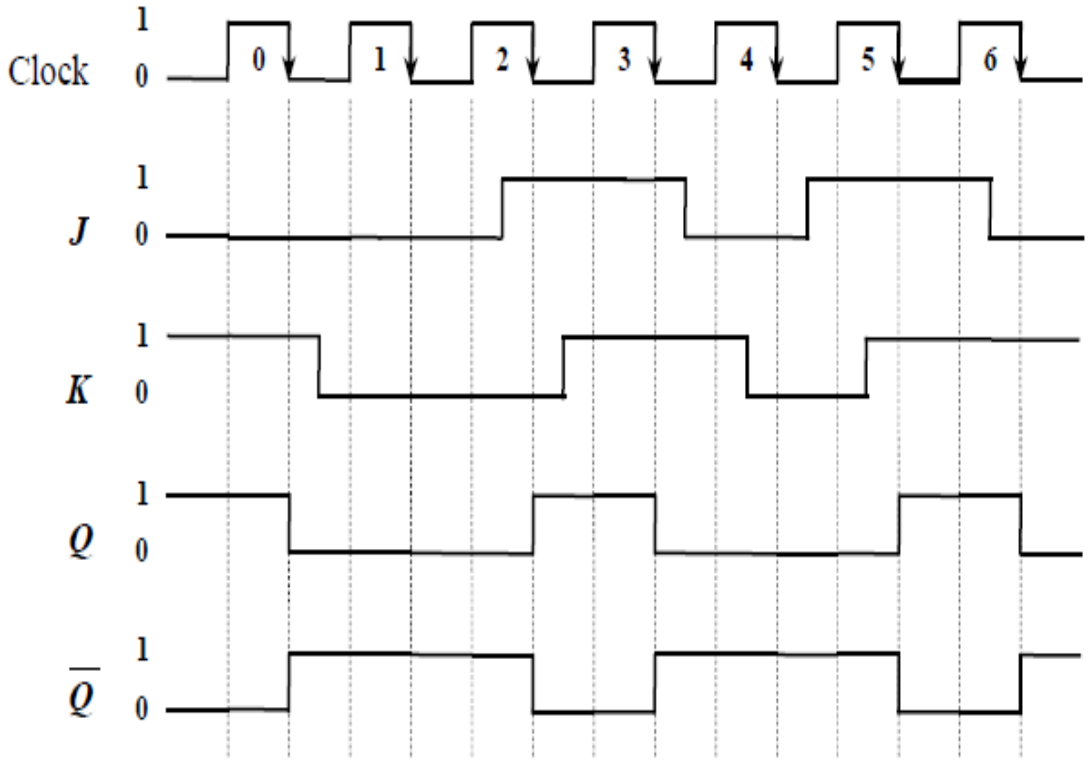
ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب J-K إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.

C	J	K	Q_{n+1}	
0	×	×	Q_n	Keep
1	0	0	Q_n	Keep
1	0	1	0	RESET
1	1	0	1	SET
1	1	1	$\overline{Q}_n$	Toggle



ارسم شكل نبضات الخرج ($\overline{Q},Q$) لدائرة القلاب J-K إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=1.

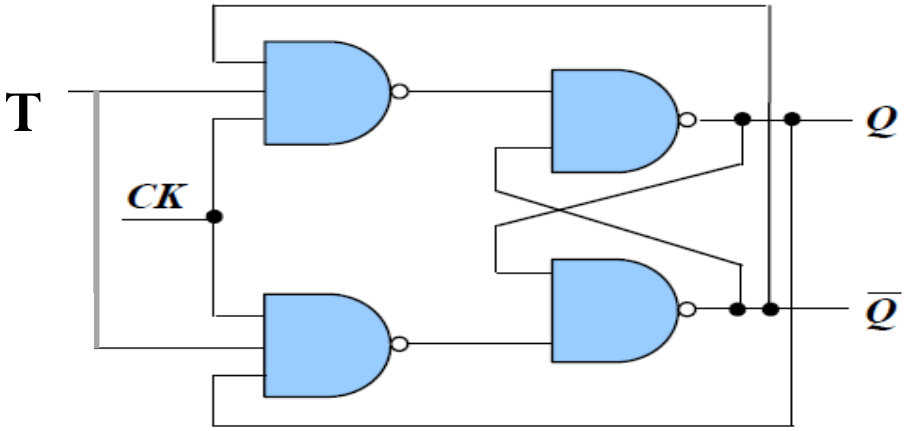
C	J	K	Q_{n+1}	
0	×	×	Q_n	Keep
1	0	0	Q_n	Keep
1	0	1	0	RESET
1	1	0	1	SET
1	1	1	$\overline{Q}_n$	Toggle



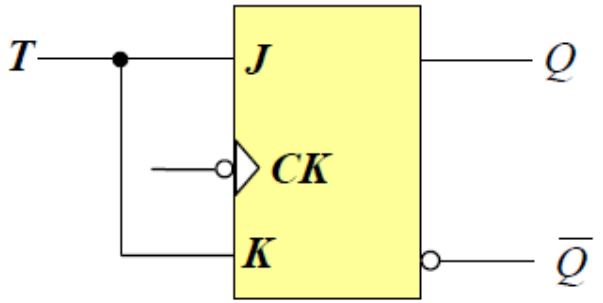
القلاب T Flip Flop

قلاب T يمكن بناؤها من دائرة القلاب J-K المتزامن وذلك بربط كل من الدخلين K,J مع بعضهما البعض ومنها نلاحظ بأن القلاب T له دخل واحد فقط هو T بالإضافة إلى نبضة التزامن .

والرمز T هو اختصار لكلمة Toggle وتعني التبديل أو تغيير الحالة.



الدائرة المنطقية



المخطط المنطقي

عند توصيل الدخل (T) بالمستوى المنطقي (1) مع تغذية المدخل CK بنبضات التزامن ومع استمرار تدفق نبضات التزامن على المدخل CK يبدأ الخرج في التبديل أو التغيير ويحدث التبديل عند الطرف الهابط لنبضة التوقيت .

القلاب T Flip Flop

جدول الصدق للقلاب T

C	T	Q_{n+1}	
0	×	Q_n	Keep
1	0	Q_n	Keep
1	1	$\overline{Q}_n$	Toggle

لاحظ عدم امكانية إجراء عملية SET أو عملية RESET للقلاب T بل يمكن فقط الاحتفاظ بحالته السابقة أو عكس تلك الحالة .

جدول الصدق ومعادلة الحالة الجديدة للقلاب

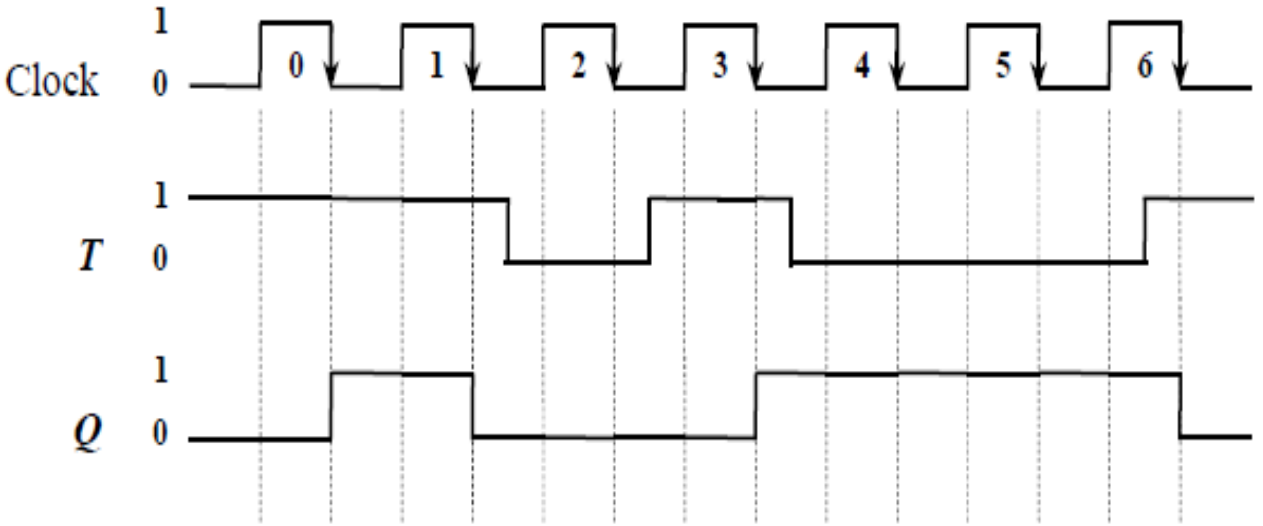
حيث Q(t+1) هي الحالة الجديدة للقلاب و Q(t) هي الحالة السابقة للقلاب

T	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

C	T	Q_{n+1}	
0	×	Q_n	Keep
1	0	Q_n	Keep
1	1	$\overline{Q}_n$	Toggle

$$Q(t+1) = T\overline{Q}(t) + \overline{T}Q(t)$$

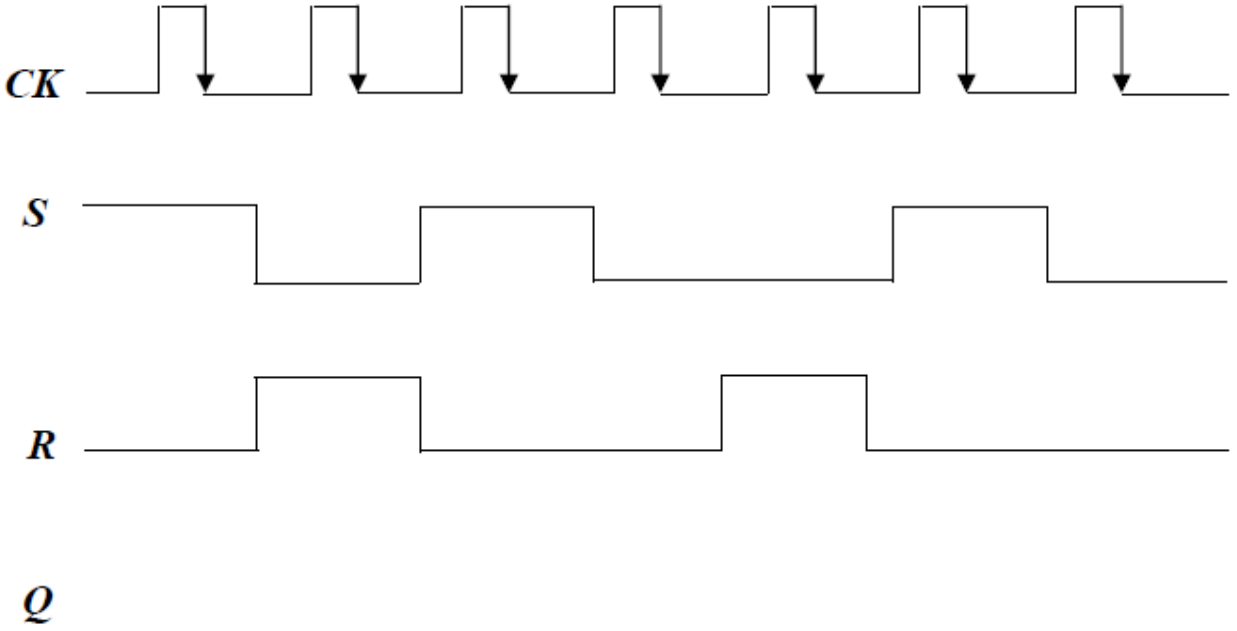
ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب T إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.



C	T	Q_{n+1}	
0	×	Q_n	Keep
1	0	Q_n	Keep
1	1	$\overline{Q}_n$	Toggle

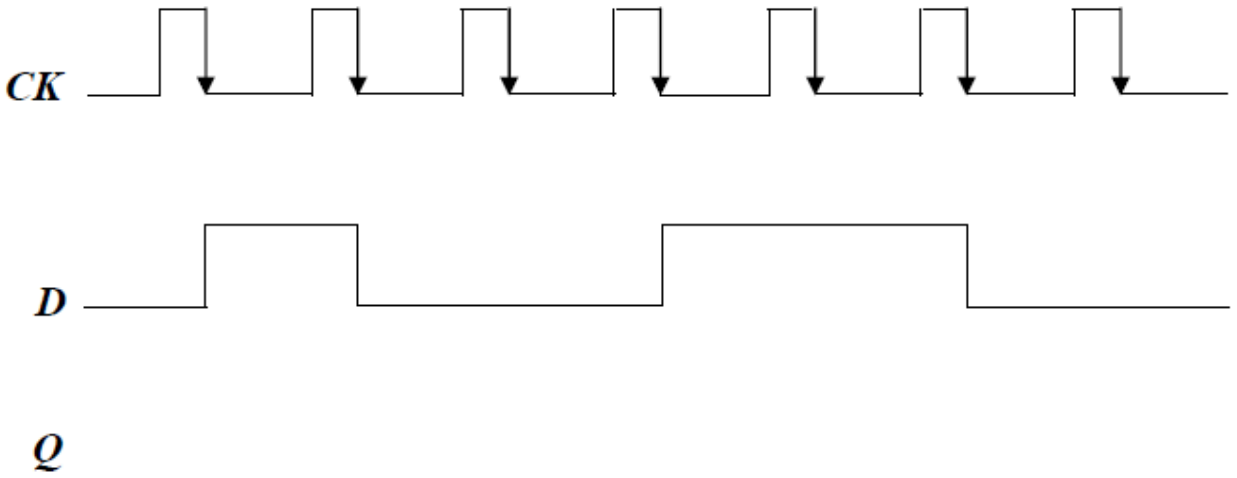
تمارين للواجب

ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب S R والذي يتغير الخرج لها عند الحافة السالبة لنبضات التزامن إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.



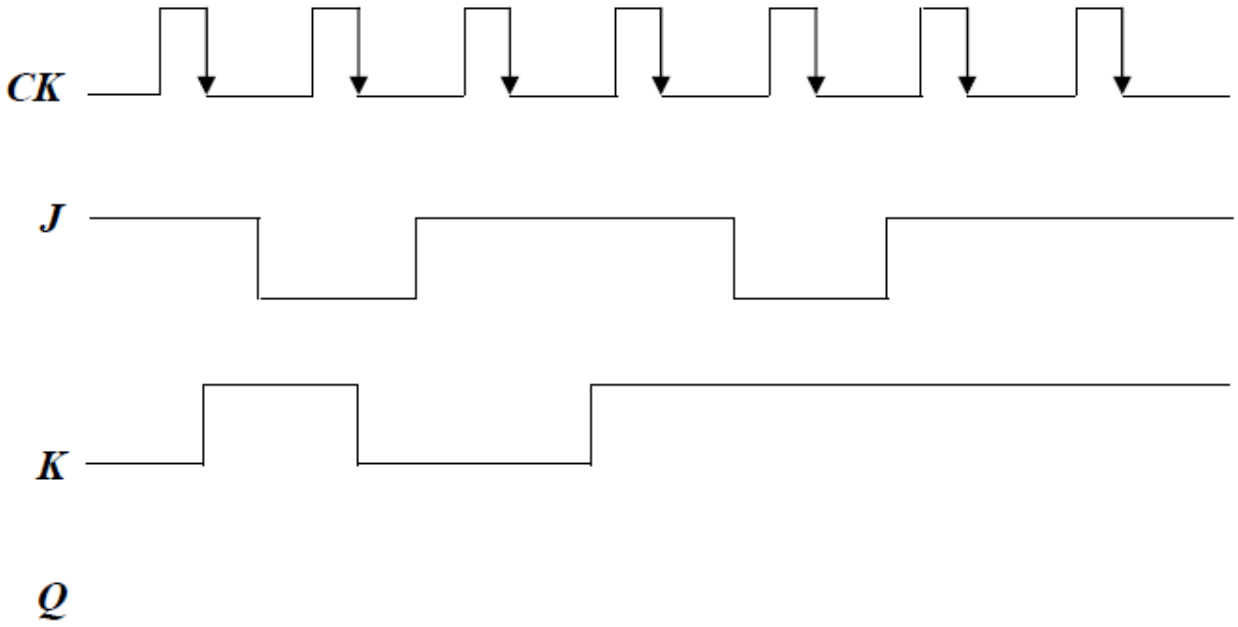
تمارين للواجب

ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب D والذي يتغير الخرج لها عند الحافة الموجبة لنبضات التزامن إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.



تمارين للواجب

ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب JK والذي يتغير الخرج لها عند الحافة السالبة لنبضات التزامن إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.



تمارين للواجب

ارسم شكل نبضات الخرج (Q) لدائرة القلاب T والذي يتغير الخرج لها عند الحافة السالبة لنبضات التزامن إذا كان شكل نبضات الدخل كما هو موضح وافترض أن الحالة التي عليها الخرج Q قبل تطبيق أول نبضة لكلا الدخلين هي Q=0.