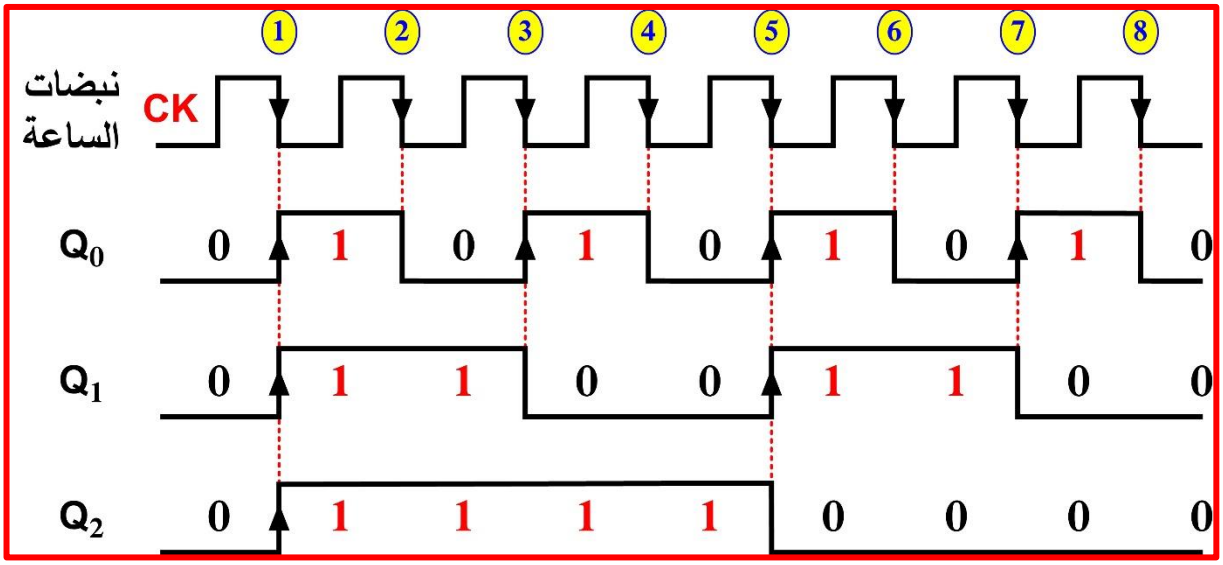
برنامج فني الأجهزة الالكترونية

وحدة جدارات:

تطبيقات الدوائر المنطقية التتابعية

(*Sequential Logic Circuits*)



دليل الطالب

المستوى الثالث

إعداد

أ: محمد شكري موسى عبدالحليم

أ: أشرف محمد عبدالسلام البرهامي

المادة التعليمية الخاصة بالطالب

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى اكساب الطلاب الجدارات المرتبطة باستخدام القلابات وتنفيذ دوائر المسجلات الرقمية المختلفة العدادات في التطبيقات العملية المختلفة.

مخرجات التعلم

١. يستخدم القلابات (Flip Flops) في تطبيقات الدوائر الالكترونية العملية

٢. ينفذ تطبيقات المسجلات) (Registers)

٣. ينفذ تطبيقات العدادات الرقمية (Counters)

٤. يقيم أداءه الخاص ويخطط لتحسينه

مخرج التعلم (١): يستخدم القلابات (Flip Flops) في تطبيقات الدوائر الالكترونية العملية

مقدمة

تُصَنف الدوائر المنطقية إلى نوعين هما:

١- **دوائر منطقية توافقية:** البناء الأساسي في هذا النوع هو البوابات المنطقية.

٢- **دوائر منطقية متتابعة:** البناء الأساسي في هذا النوع هو دوائر القلابات (النطاطات).

في هذه الوحدة سيتم التعامل مع الصنف الثاني من الدوائر المنطقية الرقمية، وهو الدوائر المنطقية المتتابعة، هذه الدوائر تتكون من دخل وخرج حيث يتحدد الخرج عند أي لحظة بقيمة الدخل عند هذه اللحظة والخرج عند اللحظة السابقة، لذلك نقول إن هذه الدوائر تمتلك نوع من أنواع الذاكرة حيث أن الخرج يتحدد جزئياً بالخرج عند اللحظة السابقة الذي تتذكره الدائرة، أي أن هذا النوع من الدوائر له ذاكرة Memory تستطيع تخزين 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.

من أهم أنواع الدوائر المنطقية المتتابعة تكون دوائر الماسكات ومسجلات الإزاحة والعّدادات.

أنواع عناصر الذاكرة:

تنقسم عناصر الذاكرة إلى:

- **النوع الثـــابت:** هي الذاكرة التي تحتفظ بالمعلومات المخزنة بها لمدة غير محددة حتى في حالة انقطاع مصدر القدرة الكهربائية.
- **النوع المتطاير:** هي الذاكرة التي تحتفظ بالمعلومات المخزنة بها فقط طالما استمر مصدر القدرة الكهربائية وتنقسم إلى نوعين هما:

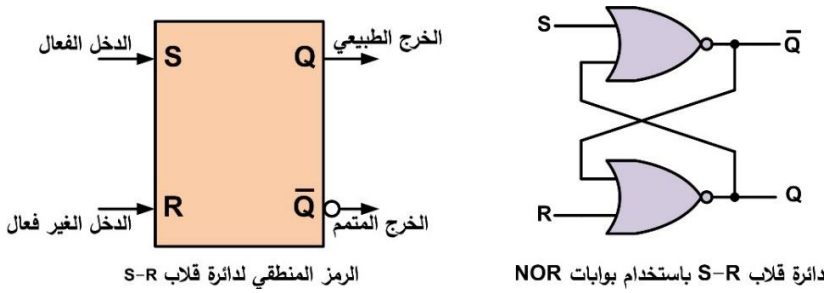
ذاكرة ديناميكية	ذاكرة استاتيكية
وفيها تخزن البيانات في صورة شحنة كهربائية على مكثف ولذلك فإن الشحنة تأخذ في الاضمحلال مع الوقت وتحتاج إلى تنشيط على فترات.	يتم الاحتفاظ بالمعلومات المخزنة بها باستخدام التغذية المرتدة بين البوابات الموصلة تقاطعياً طالما مصدر القدرة موصلاً. ومن عناصرها الأكثر شيوعاً **القلابات**

القلاب:

هو دائرة منطقية تقوم بتخزين 0 أو 1 في خانة ثنائية واحدة (1 بت) ويستمر في تخزين المعلومة طالما استمر إمداده بالقدرة الكهربائية أو تغيير حالة الدخل، وللقلاب خرجان أحدهما متمم للآخر. وفيما يلي شرح لأنواع القلابات.

قلاب S–R

أولاً: قلاب S–R باستخدام بوابات NOR



الرمز المنطقي لدائرة قلاب S-R — دائرة قلاب S–R باستخدام بوابات NOR

الشكل (١–١) قلاب SR باستخدام بوابات NOR

- الشكل (١–١) يوضح قلاب SR الذي يستخدم بوابات NOR وهذا القلاب له دخلان: هما الدخل الفعال S (SET) والدخل الغير فعال R (RESET)
- القلاب له خرجان: هما الخرج الطبيعي **Q** والخرج الآخر هو المتمم $\bar{\mathbf{Q}}$
- القلاب يكون في حالة فعالة (نشطة) عندما يكون:

  الدخل S=1 و R=0 ⬅⬅⬅ الخرج $\mathbf{Q = 1}$ و $\bar{\mathbf{Q}} = \mathbf{0}$
- القلاب يكون في حالة غير فعالة (خاملة) عندما يكون:

  الدخل S=0 و R=1 ⬅⬅⬅ الخرج $\mathbf{Q = 0}$ و $\bar{\mathbf{Q}} = \mathbf{1}$
- عندما يكون S=R=0 لا يحدث تغير في قيم الخرج ويظل كما هو
- عندما يكون S=R=1 لا نعلم ما الذي سيحدث في الخرج وبالتالي هذا الاحتمال محظور الوصول

وضع التشغيل	الخرج بعد التأثير بالدخل	الخرج قبل التأثير بالدخل	الدخل	
	Q	Q	R	S
لا يحدث تغيير (الخرج يبقى كما هو)	0	0	0	0
	1	1	0	0
غير فعال RESET (يكون الخرج دائما 0)	0	0	1	0
	0	1	1	0

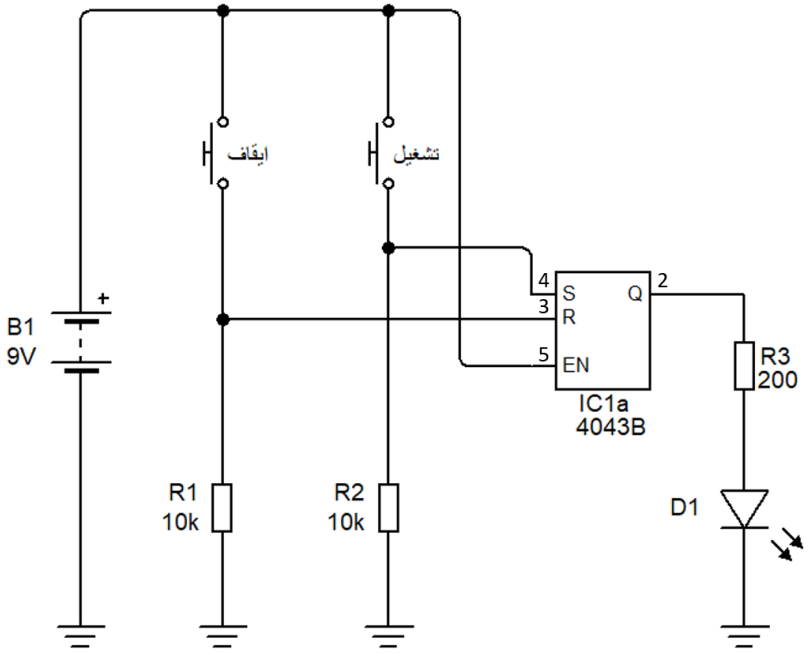
فعال SET (يكون الخرج دائما 1)	1	0	0	1
	1	0	1	1
غير معروف (غير مسموح به)	?	0	1	1
	?	1	1	1

الجدول (١-١) يوضح جدول الحقيقة لقلاب S-R في حالة استخدامه بوابات NOR

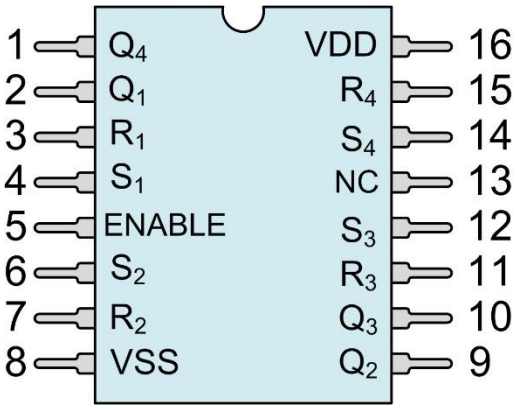
تجربة معملية (١)

اسم التمرين	التحكم في تشغيل أحمال باستخدام قلاب S-R
تاريخ البداية	تاريخ الانتهاء	مدة التنفيذ
الهدف	التحكم في تشغيل أحمال باستخدام قلاب S-R معملياً

الدائرة النظرية



الداتا شيت للدائرة المتكاملة



الخامات المستخدمة

١- الدائرة المتكاملة CD4043B - كقلاب S-R	٢- ثنائي انبعاث ضوئي LED
٣- عدد ٢ مفتاح ضاغط	٤- مقاومة حماية للثنائي 200Ω

٥- كابلات توصيل	٦- عدد ٢ مقاومات كربونية 10KΩ
الأجهزة المستخدمة	
١- لوحة التجارب Breadboard	٢- مصدر قدرة بالتيار المستمر
٣- جهاز قياس متعدد رقمي Digital Multimeter	
خطوات التنفيذ	
١- تأكد من تركيب الدائرة المتكاملة في المكان الصحيح على لوحة التجارب Bread Board ٢- افحص العناصر الإلكترونية وتأكد من قطبية العناصر التي لها قطبية ٣- تأكد من أطراف الدخل والخرج و أطراف التغذية للدائرة المتكاملة مستعينا بالداتا شيت المرفق بالرسم ٤- قم بالتوصيل بين العناصر طبقا للدائرة النظرية ٥- تأكد من قيمة جهد التشغيل قبل توصيلة بلوحة الاختبار وذلك بجهاز القياس المتعدد الرقمي ٦- اضغط على مفتاح التشغيل SET ٧- اضغط على مفتاح الايقاف RESET ٨- لاحظ إضاءة وإطفاء الليد بعد ضغط كل مفتاح.	
الاستنتاج	
.....	
قائمة المخاطر ووسائل السلامة المرتبطة بالتمرين	
١- تأكد من أطراف الدائرة المتكاملة قبل التوصيل ٢- التأكد من وضع الدائرة المتكاملة في المكان المخصص لها بلوحة التجارب ٣- التأكد من توصيل العناصر بالطريقة الصحيحة ٤- عدم تشغيل التمرين وتجربته إلا في وجود مدرس الفصل	

اسم الطالب	توقيع الطالب	اسم المدرس	توقيع المدرس

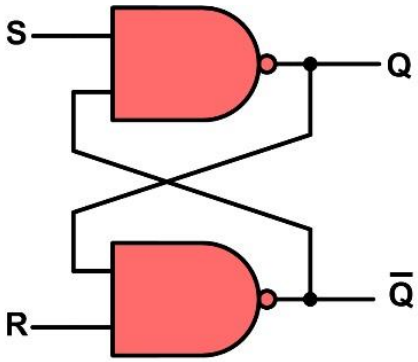
مصادر اثرائية للتعلم
فيديو تعليمي على اليوتيوب: https://cutt.us/08WtY

ثانياً: قلاب S–R باستخدام بوابات NAND

سيتم عكس جميع الاحتمالات عن السابق الذي يستخدم بوابات NOR والجدول (١–٢) يوضح ذلك، حيث أن:

- الحالة الفعالة: (عندما يكون S = 0 , R = 1)
- الحالة الغير فعالة: (عندما يكون S = 1 , R = 0)
- حالة عدم حدوث تغيير: (عندما يكون S = R = 1)

الحالة الغير معروفة والغير مسموح بها: (عندما يكون S = R = 0)



الشكل (١–٢) تركيب قلاب SR المؤلف من بوابات NAND

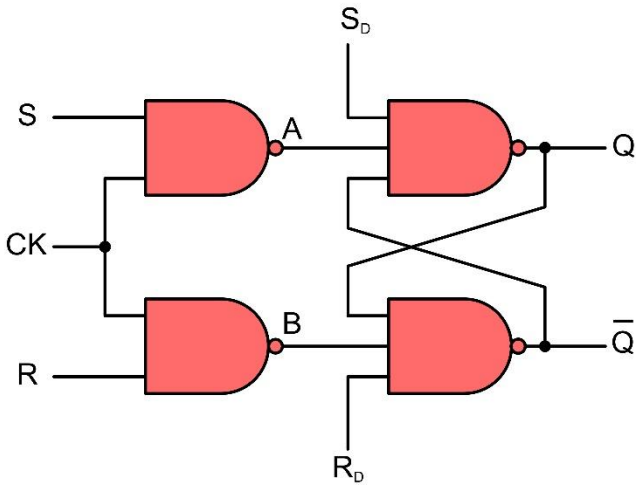
وضع التشغيل	الخرج بعد التأثير بالدخل	الخرج قبل التأثير بالدخل	الدخل	
	Q	Q	R	S
غير معروف	?	0	0	0
(غير مسموح به)	?	1	0	0
فعال SET	1	0	1	0
(يكون الخرج دائما 1)	1	1	1	0
غير فعال RESET	0	0	0	1
(يكون الخرج دائما 0)	0	1	0	1
لا يحدث تغيير	0	0	1	1
(الخرج يبقى كما هو)	1	1	1	1

الجدول (١–٢) يوضح جدول الحقيقة لقلاب S–R في حالة استخدامه بوابات NAND

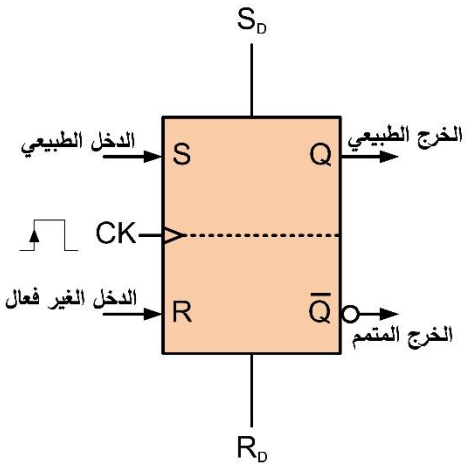
١ – قلاب S–R المتزامن

- عيوب القلابات الغير متزامنة تأخير الانتقال خلال النظام مما يعوق انتقال أو تسلسل المعلومات خلال النظام طبقاً للتوقيت الزمنى المطلوب.
- لذا فان القلاب S–R المتزامن يعمل وفقاً لنبضات تزامن أو توقيت، أي يعمل تزامنياً.
- يتم إضافة طرف ثالث على مدخل ثالث يسمى طرف الساعة C (وأحياناً يرمز له بالرمز CK أو CLK) ويمكن عمل التزامن بطريقتين هما:

الحافة الصاعدة	الحافة الهابطة
هى الانتقال من مستوى منطقي منخفض إلى مستوى منطقي عالي (أي لا يعمل القلاب إلا عند الحافة الصاعدة)	هي الانتقال من مستوى منطقي عالي إلى مستوى منطقي منخفض (أي لا يعمل القلاب إلا عند الحافة الهابطة)



دائرة قلاب S–R المتزامن باستخدام بوابات NAND



الرمز المنطقي لقلاب S–R المتزامن

الشكل (١–٣)

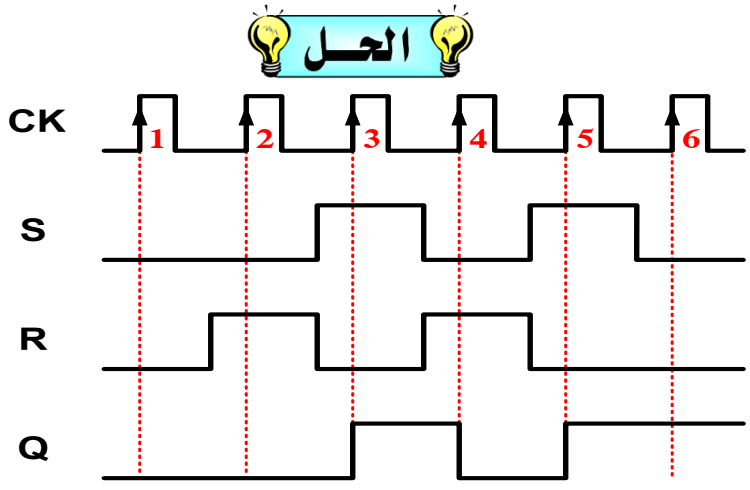
- الشكل (١–٣) يوضح التركيب والرمز المنطقي للقلاب SR المتزامن، نلاحظ أن دخل الساعة CK بدون دائرة صغيرة بالتالي لا يعمل القلاب إلا عندما تصبح الإشارة عليه في الحالة المنطقية "1" أي عند الحافة الصاعدة وتصبح الإشارة الموجودة عند B,A مساوية للإشارة الموجودة على R,S على التوالي.
- بالتالي لا يمكن تغيير حالة القلاب إلا عندما تكون إشارة الساعة الداخلة على CK في الحالة المنطقية "1". والجدول (١–٣) يوضح جدول الحقيقة للقلاب SR المتزامن.
- يمكن زيادة الدائرة القلابة بمداخل أخرى SD, RD لتتحكم في تغيير حالة القلاب بدون أي تأثير من نبضة التزامن أي بالتأثير المباشر على المداخل.

وضع التشغيل	الخرج بعد التأثير بالدخل	الخرج قبل التأثير بالدخل	الدخل		
	Q	Q	CK	R	S
لا يحدث تغيير (الخرج يبقى كما هو)	0	0	↑	0	0
	1	1	↑	0	0
غير فعال RESET (يكون الخرج دائما 0)	0	0	↑	1	0
	0	1	↑	1	0
فعال SET (يكون الخرج دائما 1)	1	0	↑	0	1
	1	1	↑	0	1
غير معروف (غير مسموح به)	?	0	↑	1	1
	?	1	↑	1	1

جدول (١-٣) جدول الحقيقة لقلاب S-R المتزامن

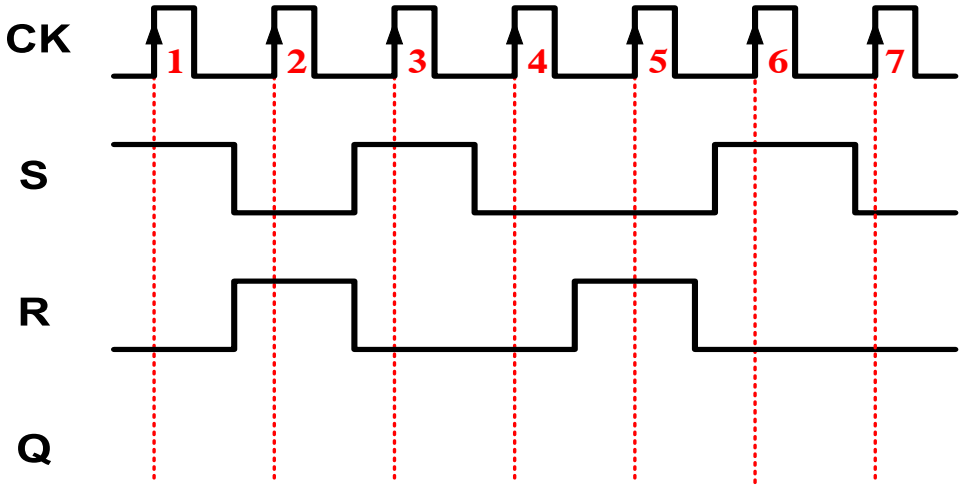
مثال: ارسم شكل نبضات الخرج Q لدائرة القلاب SR المتزامن إذا كانت نبضات الدخل S,R,CK كما بالشكل التالي. افترض أن دائرة القلاب تعطي خرجاً Q = 0 قبل وصول أول نبضة من نبضات التزامن.

الحل



عند نبضة التزامن رقم	كانت قيمة الدخل S	كانت قيمة الدخل R	ستكون قيمة الخرج Q	الحالة
1	0	0	0	عدم تغيير
2	0	1	0	Reset
3	1	0	1	Set
4	0	1	0	Reset
5	1	0	1	Set
6	0	0	1	عدم تغيير

تدريب: ارسم شكل نبضات الخرج Q لدائرة القلاب SR المتزامن إذا كانت نبضات الدخل S,R,CK كما بالشكل التالي. افترض أن دائرة القلاب تعطي خرجاً Q = 0 قبل وصول أول نبضة من نبضات التزامنCK.



عند نبضة التزامن رقم	كانت قيمة الدخل S	كانت قيمة الدخل R	ستكون قيمة الخرج Q	الحالة
1	.....	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....	.....
3	.....	.....	.....	.....
4	.....	.....	.....	.....
5	.....	.....	.....	.....
6	.....	.....	.....	.....
7	.....	.....	.....	.....

٢ – قلاب D

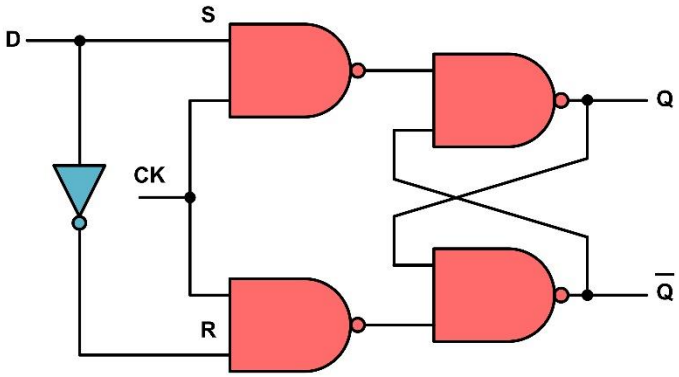
- القلاب D (DELAY) يسمى أحياناً "بقلاب التأخير" إذ أنه يتم تأخير مستوى الدخل المؤثر على مدخل البيانات "D" من الوصول إلى المخرج الطبيعي لمدة نبضة تزامن واحدة، الشكل (١-٤) يوضح التركيب الداخلي لقلاب D.
- القلاب D يعالج عيوب قلابات SR (في حالة الحظر وحالة الإمساك).
- في القلاب D يكون المستويان المؤثران على المدخلان R,S يتمم كلاً منهما الآخر وذلك بتوصيل مستوى منطقي على المدخل S وتوصيل عكسه (متممة) على المدخل R عن طريق بوابة نفى NOT.

مميزات قلاب D:

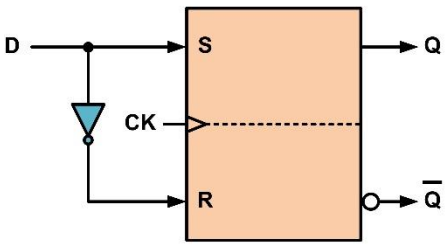
١- عدم وجود حالة الحظر.

٢- عدم وجود حالة الإمساك.

٣- عمل وفقاً لنبضات تزامن.

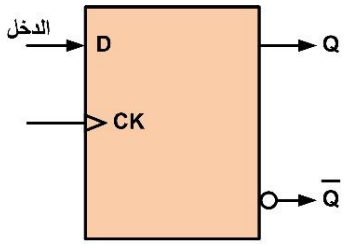


دائرة قلاب D باستخدام بوابات NAND



الرمز المنطقي لقلاب D باستخدام قلاب S-R المتزامن

الشكل (١-٤)



الشكل (١-٥) الرمز المنطقي لقلاب D

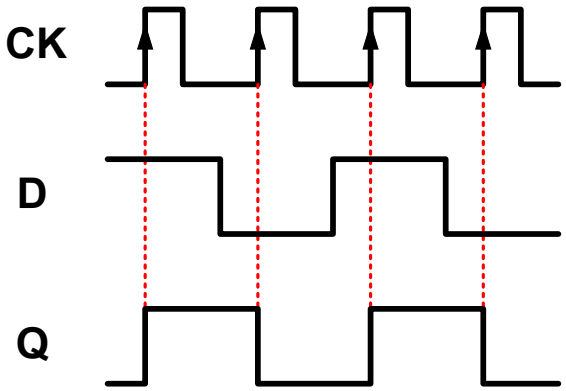
حالة القلاب	الخرج بعد التأثير بالدخل	الخرج قبل التأثير بالدخل	الدخل	
	Q	Q	CK	D
خزن القيمة	0	0	↑	0

0	↑	1	0	0
1	↑	0	1	خزن القيمة
1	↑	1	1	1

جدول (١-٤) جدول الحقيقة لقلاب D

مثال: ارسم شكل نبضات الخرج Q لدائرة القلاب من النوع D إذا كانت نبضات الدخل D,CK كما بالشكل التالي. افترض أن دائرة القلاب تعطي خرجاً Q = 0 قبل وصول أول نبضة تزامن.

الحـل

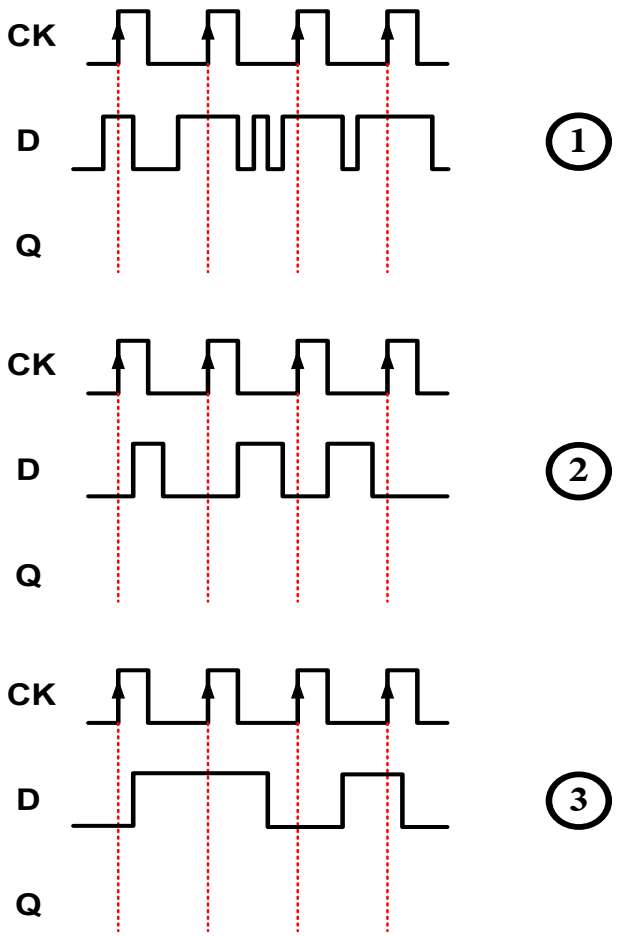


الخرج Q يتبع حالة الدخل D عند الوقت الذي تتغير فيه نبضة التزامن CK من "0" إلى "1" أي عند الحافة الموجبة.

مصادر اثرائية للتعلم

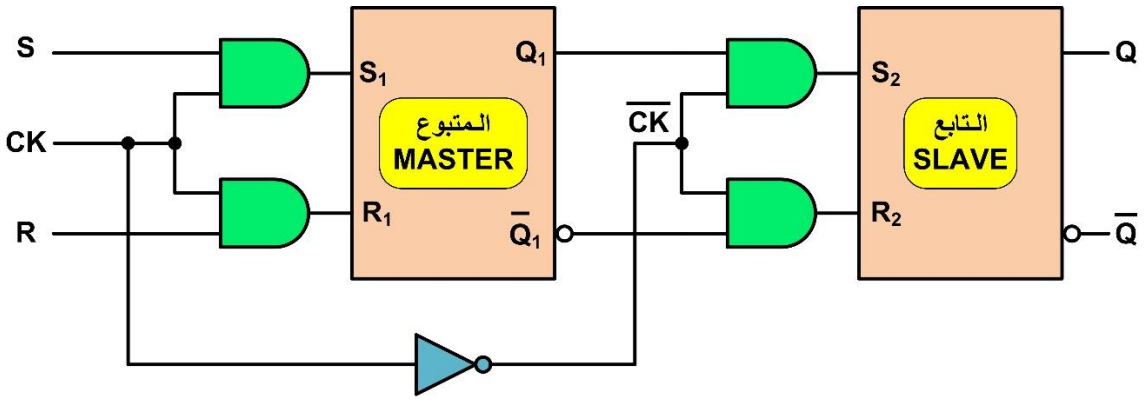
فيديو تعليمي على اليوتيوب:	**https://cutt.us/06Pm3**

تدريب: ارسم شكل نبضات الخرج Q لدائرة القلاب من النوع D إذا كانت نبضات الدخل D,CK كما بالشكل التالي. افترض أن دائرة القلاب تعطي خرجاً Q = 0 قبل وصول أول نبضة تزامن.



٣- قلابات التابع والمتبوع:

- في دوائر القلابات من النوع المتزامن سواء S-R أو D تتم عملية التغيير عند حافة النبضة الصاعدة في النبضة المؤثرة عند CK.
- يؤدي هذا في بعض الأحيان إلى مشاكل في التزامن عند توصيل هذا النوع من القلابات في شبكة عدادات وقد تم تصميم نظام التابع والمتبوع للتغلب على هذه المشاكل.
- تستخدم دائرة التابع والمتبوع اثنين من الدوائر القلابة من نوع S-R موصلتين على التوالي بحيث يكون مدخلا الساعة لهما متتامان، والشكل (١-٦) يوضح ذلك.

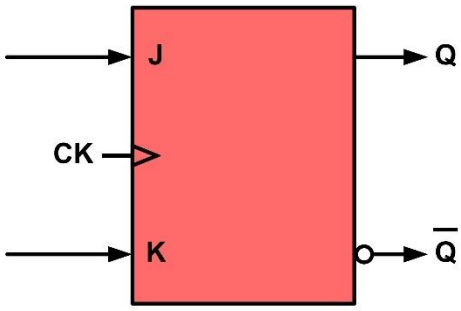


الشكل (١-٦)

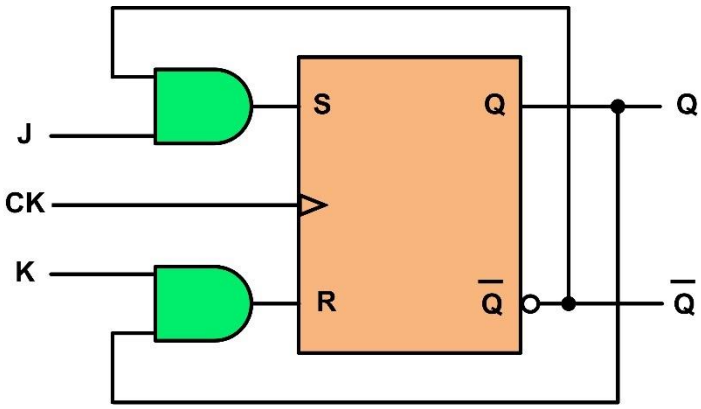
- نلاحظ أن دائرة قلاب المتبوع يمكن أن تتغير للحالة المنطقية " 1 " أو " 0 " عندما يكون مدخل الساعة CK في الحالة " 1 " أي عند الحافة الصاعدة لنبضة الساعة.
- في نفس الوقت تكون دائرة القلاب للتابع مجمدة وغير قابل للتغيير بسبب أن مدخل الساعة لها يكون في الحالة " 0 ".
- وعندما تصبح الإشارة المؤثرة على مدخل الساعة " 0 " وعند الحافة النازلة لنبضة الساعة تصبح الإشارة المؤثرة على دائرة قلاب التابع " 1 " وتتغير الدائرة إلى الحالة الجديدة لدائرة قلاب المتبوع.
- بهذه الطريقة يلاحظ أنه يتم تجهيز النظام وذلك بوضع المتبوع في الحالة المنطقية " 0 " أو " 1 " عند الحافة الصاعدة لنبضة الساعة CK وعند الحافة النازلة لنفس النبضة يتم نقل حالة المتبوع للتابع وبذلك لا يتم ظهور الإشارة عند خرج دائرة القلاب من نوع التابع والمتبوع إلا عند الحافة الهابطة لنبضة الساعة CK.

٤ – قلاب JK

- هذا القلاب هو تطوير للقلاب S–R المتزامن وقد صُمم هذا القلاب ليلاشي عيب القلاب S–R حينما يكون S= R = 1 حيث سيقوم القلاب بقلب قيمة الخرج Q من " 0 " إلى " 1 " أو من " 1 " إلى " 0 ". والشكل (١–٧) يوضح التركيب والرمز المنطقي لقلاب JK.



الرمز المنطقي لقلاب JK



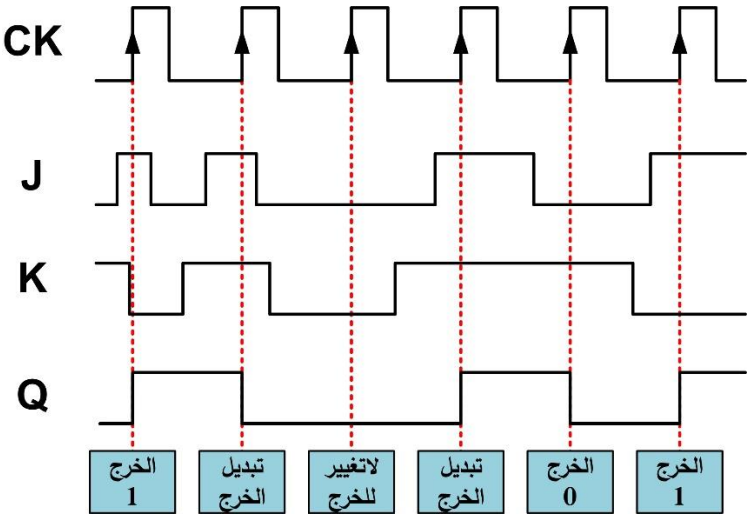
الدائرة المنطقية لقلابJK

الشكل (١–٧) قلاب JK

وضع التشغيل	الخرج بعد التأثير بالدخل	الخرج قبل التأثير بالدخل	الدخل		
	Q	Q	CK	K	J
لا يحدث تغيير	0	0	⊓	0	0
(الخرج يبقى كما هو)	1	1	⊓	0	0
غير فعال RESET	0	0	⊓	1	0
(يكون الخرج دائما 0)	0	1	⊓	1	0
فعال SET	1	0	⊓	0	1
(يكون الخرج دائما 1)	1	1	⊓	0	1
تبديل حالة الخرج	1	0	⊓	1	1
0 يصبح 1 و1 يصبح 0	0	1	⊓	1	1

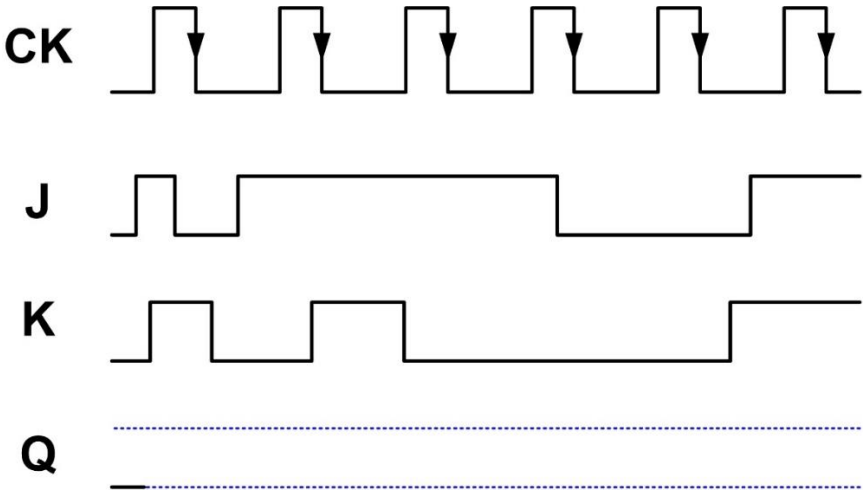
جدول (١–٥) يوضح جدول الحقيقة لقلاب JK

الشكل (١–٨) يوضح شكل نبضات الخرج Q للقلاب من النوع JK إذا كانت نبضات الدخل ونبضات CK كما بالشكل التالي. بفرض أن دائرة القلاب تعطي خرجاً Q = 0 قبل وصول أول نبضة تزامن.



شكل (١-٨)

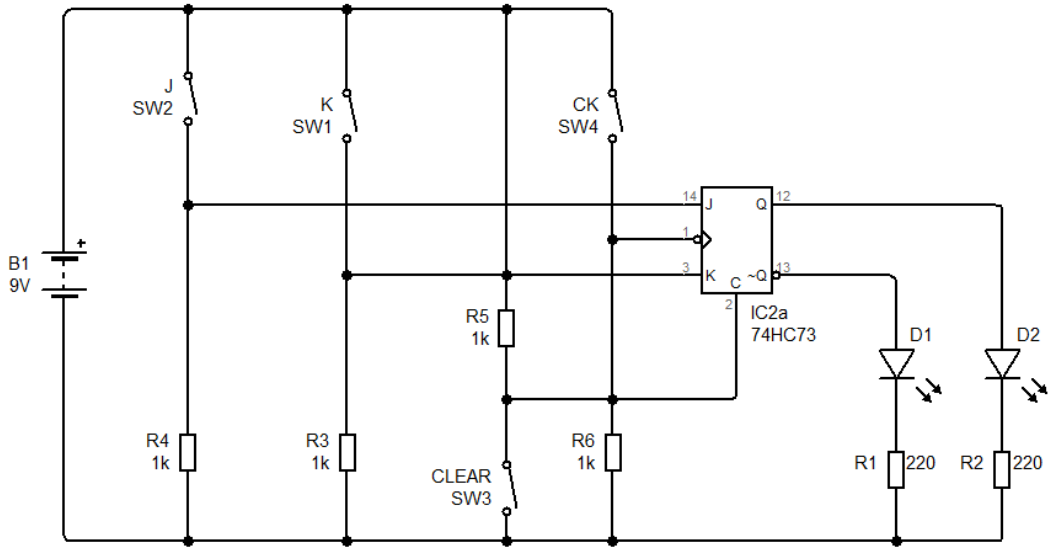
تدريب: ارسم شكل نبضات الخرج Q لدائرة القلاب من النوع JK إذا كانت نبضات الدخل ونبضات CK كما بالشكل التالي. افترض أن دائرة القلاب تعطي خرجاً Q = 0 قبل وصول أول نبضة تزامن CK.



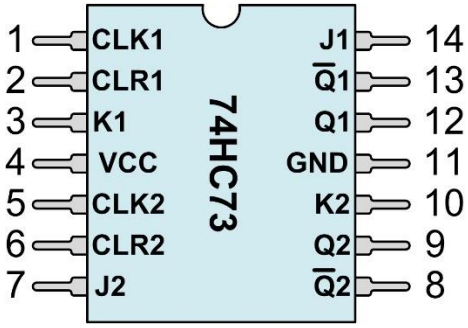
تجربة معملية (٢)

اسم التمرين	قلاب JK
تاريخ البداية	تاريخ الانتهاء	مدة التنفيذ
الهدف	اثبات جدول الحقيقة لقلاب JK معملياً

الدائرة النظرية



الداتا شيت للدائرة المتكاملة



الخامات المستخدمة

١- الدائرة المتكاملة 74HC73 والتي تعمل كقلاب JK	٢- ثنائي انبعاث ضوئي LED
٣- عدد ٤ مفتاح ضاغط	٤- عدد ٤ مقاومات كربونية 220Ω
٥- كابلات توصيل	٦- عدد ٤ مقاومات كربونية 1KΩ

الأجهزة المستخدمة

١- لوحة التجارب Breadboard	٢- مصدر قدرة بالتيار المستمر

٣- جهاز قياس متعدد رقمي Digital Multimeter	

خطوات التنفيذ

١- تأكد من تركيب الدائرة المتكاملة في المكان الصحيح على لوحة التجارب Bread Board

٢- افحص العناصر الإلكترونية وتأكد من قطبية العناصر التي لها قطبية

٣- تأكد من أطراف الدخل والخرج وكذلك أطراف التغذية للدائرة المتكاملة مستعينا بالداتا شيت المرفق بالرسم

٤- قم بالتوصيل بين العناصر طبقا للدائرة النظرية.

٥- تأكد من قيمة جهد التشغيل بالتيار المستمر قبل توصيلة بلوحة الاختبار وذلك بجهاز القياس المتعدد الرقمي.

٦- اضغط على المفاتيح J وK للوصول لكل الاحتمالات.

٧- اضغط على مفتاح CK بعد كل احتمال لكي يعمل القلاب ويعطي قيم للخرج بناءً على احتمالات J وK.

٨- لاحظ كيف كانت حالة الليد D2 قبل كل احتمال وبعد كل احتمال وسجل ذلك في كل جدول.

٩- قارن بين القيم التي سجلتها وجدول الحقيقة لقلاب الـ JK التي تمت بدراسته.

الاستنتاج

.....

.....

.....

.....

قائمة المخاطر ووسائل السلامة المرتبطة بالتمرين

١- تأكد من أطراف الدائرة المتكاملة قبل التوصيل

٢- التأكد من وضع الدائرة المتكاملة في المكان المخصص لها بلوحة التجارب

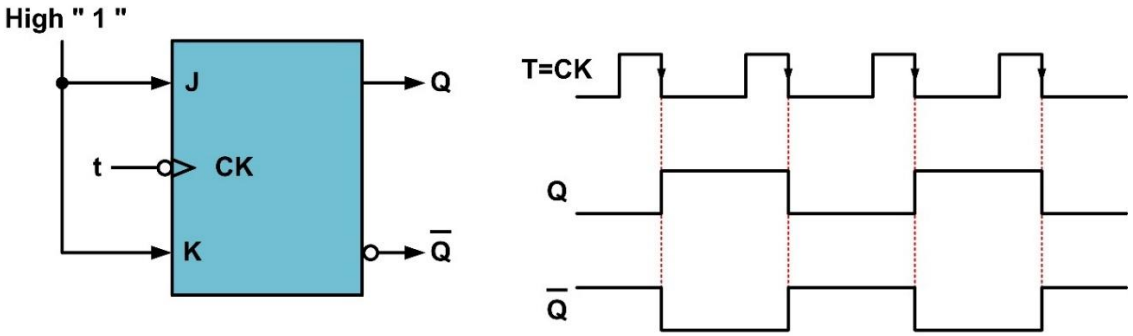
٣- التأكد من توصيل العناصر بالطريقة الصحيحة

٤- عدم تشغيل التمرين وتجربته إلا في وجود مدرس الفصل

اسم الطالب	توقيع الطالب	اسم المدرس	توقيع المدرس

٥- قلاب T

- قلاب T (Toggle) هو حالة خاصة من قلاب JK كما يوضح الشكل (١-٩).
- من جدول الحقيقة لقلاب JK جدول (١-٥)، نجد أنه عندما J = K = 1 يقوم القلاب بتغيير الحالة المنطقية للخرج Q.
- قلاب T يقوم بتبديل حالته المنطقية للخرج Q عند الحافة الهابطة لنبطة الساعة CK بغض النظر عن حالته الأصلية، كما يوضح الشكل الموجي في الشكل (١-٩).
- وبالتالي يصبح T = CK وهو تبديل الحالة المنطقية لخرج القلاب Q.



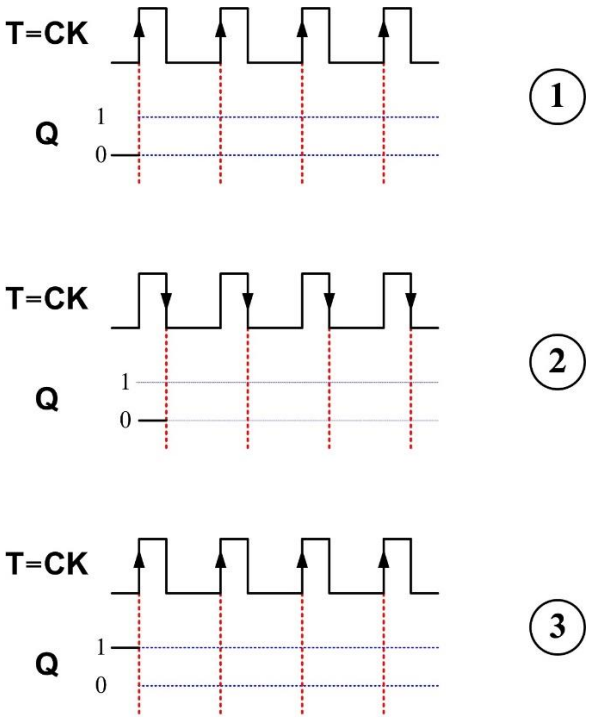
الرمز المنطقي لقلاب T

الشكل (١-٩)

مصادر اثرائية للتعلم

فيديو تعليمي على اليوتيوب:	**https://cutt.us/fWHWt**

تدريب 1-1: ارسم شكل نبضات الخرج Q لدائرة القلاب من النوع T إذا كانت نبضات الدخل كما هو موضح بالشكل التالي:



مخرج التعلم (٢): يفيذ تطبيقات المسجلات Registers

المسجل Register هو عبارة عن دائرة منطقية تعاقبية هلا وظيفتين أساسيتين هما:

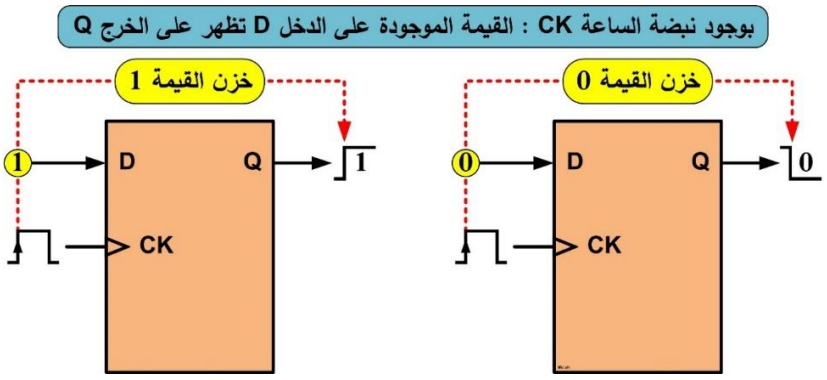
- **تخزين البيانات**
- **نقل البيانات**

قدرات التخزين للمسجل تجعل منه نوع مهم من أجهزة الذاكرة، حيث يعبر المسجل عن موقع تخزيني له القدرة على تخزين معلومة مكونة من عدة خانات (Bits) وهي أحد أنواع الدوائر المنطقية التعاقبية، ووجدنا من دراستنا السابقة لدوائر القلابات أنه يمكن تخزين رقم ثنائي مفرد (Bit) بواسطة دائرة قالب واحدة، ومن ثم يمكن توصيل عدد من دوائر القالب معاً لبناء المسجل، والذي يستخدم كذاكرة مؤقتة لتخزين كمية صغيرة من البيانات ولفترة زمنية قصرية، وذلك تمهيدا لنقلها كما في مسجلات النقل أو العزل Buffer Registers، أو لإزاحة البيانات Shift Registers، أو من أجل نقل البيانات بشكل متسلسل Serial Data أو نقل البيانات بشكل متوازي Parallel Data

والعمليات التي يمكن إجراؤها على المسجلات هي:

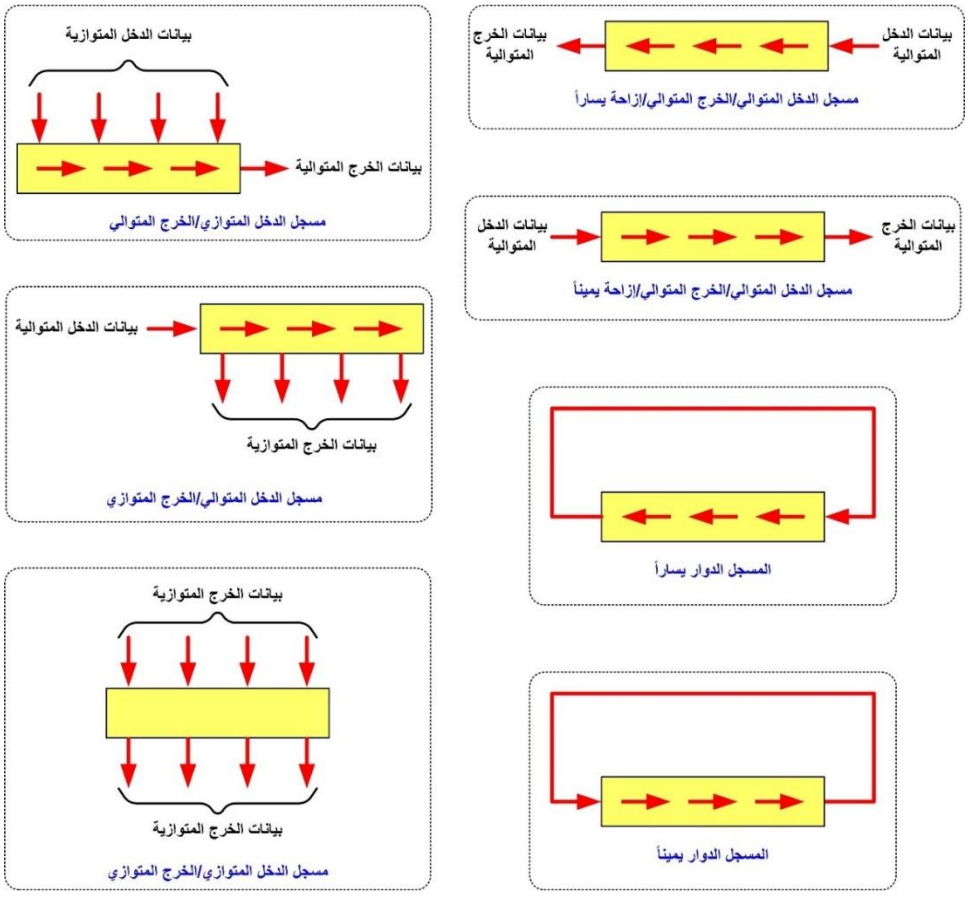
- **الكتابة Write أي تخزين معلومة في المسجل.**
- **القراءة Read أي استرجاع معلومة مخزنة في المسجل.**
- **نقل البيانات فيما بين المسجلات Register-to-Register Transfer**

الشكل (٢-١) يوضح مفهوم تخزين 1 أو 0 في قلاب من نوع دي D flip-flop، عند تطبيق 1 على مدخل البيانات كما هو موضح، فمع نبضة التزامن يتم تخزين 1 في القلاب، وعندما يزال الـ 1 من الدخل، القلاب يحتفظ بحالة الـ 1 أي حالة SET ويتم تخزين الـ 1، وبنفس الطريقة يتم تخزين الـ 0 ويتم تصفير القلاب RESETTING.



الشكل (٢-١) يوضح عملية التخزين في المسجل المبنى من قلاب نوع D

سعة التخزين للمسجل Storage Capacity هي العدد الكلي من الخانات الثنائية (الأصفار والواحدات) للبيانات الرقمية التي يمكنه الاحتفاظ بها، وبالتالي عدد القابلات المؤلف منها المسجل يحدد امكانياته وسعته التخزينية. والشكل (٢-٢) يوضح أنواع حركة البيانات ضمن مسجل الازاحة من أربع خانات 4- Bit Resister



الشكل (٢-٢) أنواع حركة البيانات ضمن مسجل الازاحة من أربع خانات 4-Bit Resister

مصادر اثرائية للتعلم

١- فيديو تعليمي على اليوتيوب:

https://cutt.us/lww2V

٢- فيديو تعليمي على اليوتيوب: https://cutt.us/fTlyb	

انواع مسجلات الازاحة بالاعتماد على طريقة ادخال وإخراج البيانات inputs/outputs:

١- مسجلات الازاحة متوالية المدخل متوالية المخرج (SISO)

٢- مسجلات الازاحة متوالية المدخل متوازية المخرج (SIPO)

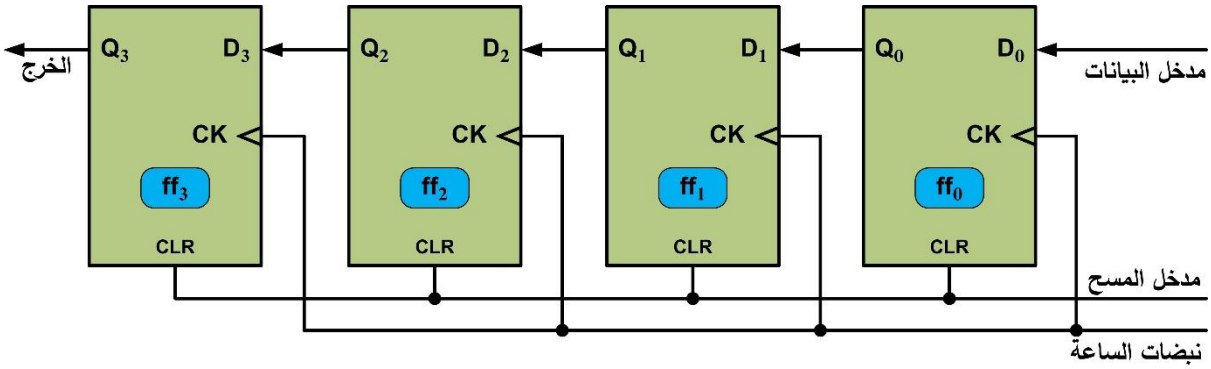
٣- مسجلات الازاحة متوازية المدخل متوالية المخرج (PISO)

٤- مسجلات الازاحة متوازية المدخل متوازية المخرج (PIPO)

- **مسجل الإزاحة جهة اليسار:**

الشكل (٢-٣) يوضح مسجل إزاحة 4 بت يساراً من النوع متوالي الدخل متوالي الخرج (SISO) وفيه يتم توصيل خرج كل دائرة قلاب من النوع D إلى مدخل دائرة القلاب التي تليها.

نلاحظ أن المسجل يتكون من عدد أربع قلابات من النوع D لهذا نستطيع من تسجيل عدد خانات رقمية ثنائية، وإذا أردنا أن نسجل عدد مكون من سبع خانات ثنائية مثلاً فلابد من أن يتكون المسجل من عدد سبع قلابات وهكذا.



شكل (٢-٣) مسجل الازاحة جهة اليسار من النوع SISO

طريقة العمل:

- نفترض أننا نريد تسجيل العدد 1010 بالمسجل.
- عند بداية التشغيل يجب أن يكون محتويات المسجل في البداية 0000 نتيجة لتنشيط مدخل المسح
- نبدأ بإدخال البت الأكثر أهمية MSD من العدد المراد وهي البت التي تكون في أقصى اليسار " 1 " وهذا بالطبع مع أول نبضة إزاحة CK (ساعة). والجدول (٢-١) يوضح خطوات تسجيل القيمة 1010.

Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	رقم نبضة الساعة
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	1	0	1	3
1	0	1	0	4

تصبح القيمة المسجلة 1010

جدول (٢-١)

عيوب هذا المسجل:

يستغرق عدد كبير من نبضات الإزاحة لإتمام التحميل بالقيمة المراد تسجيلها. لذلك يستخدم هذا المسجل لتأخير البيانات.

تدريب 1-2: نريد تسجيل القيمة الثنائية "110" داخل مسجل إزاحة يساراً من النوع SISO موضح اجابتك برسم المسجل وجدول يوضح خطوات التسجيل.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

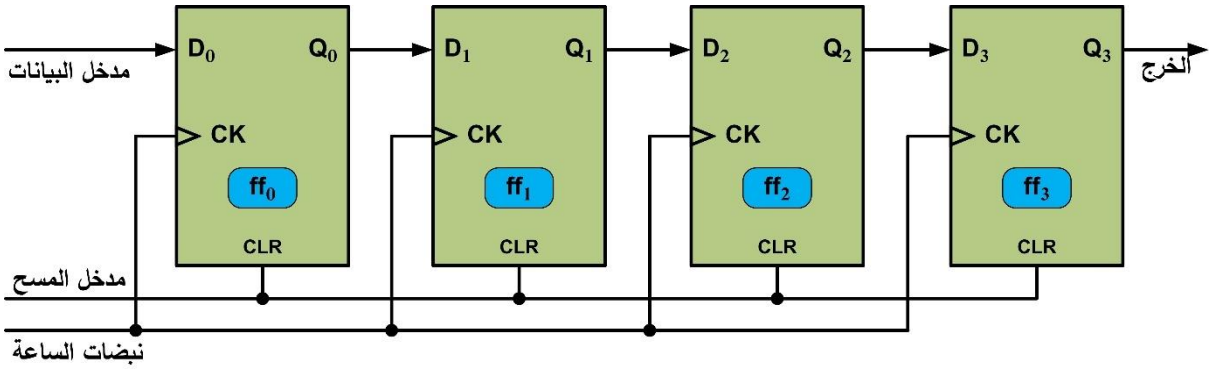
.....

.....

.....

.....

مسجل الإزاحة جهة اليمين:



شكل (٢-٤) مسجل الازاحة جهة اليمين من النوع SISO

- الشكل (٢-٤) يوضح دائرة مسجل إزاحة جهة اليمين سعة 4 بت من النوع (SISO). مكون من أربع قلاب D.
- يعمل هذا المسجل بنفس طريقة مسجل إزاحة اليسار غير أنه يتم إدخال البت الأقل أهمية أولاً مع أول نبضة تزامن.
- وبالتزامن مع نبضات الإزاحة التالية تدخل البيانات التالية تباعاً وتعمل لحظياً على إزاحة محتويات المسجل التي دخلت بالفعل لجهة اليمين وتستمر هذه العملية خانة بعد الأخرى ننتهي من عملية إدخال القيمة المراد تسجيلها.
- الجدول (٢-٢) يوضح جدول الحقيقة لقلاب إزاحة جهة اليمين لإدخال القيمة 1101.

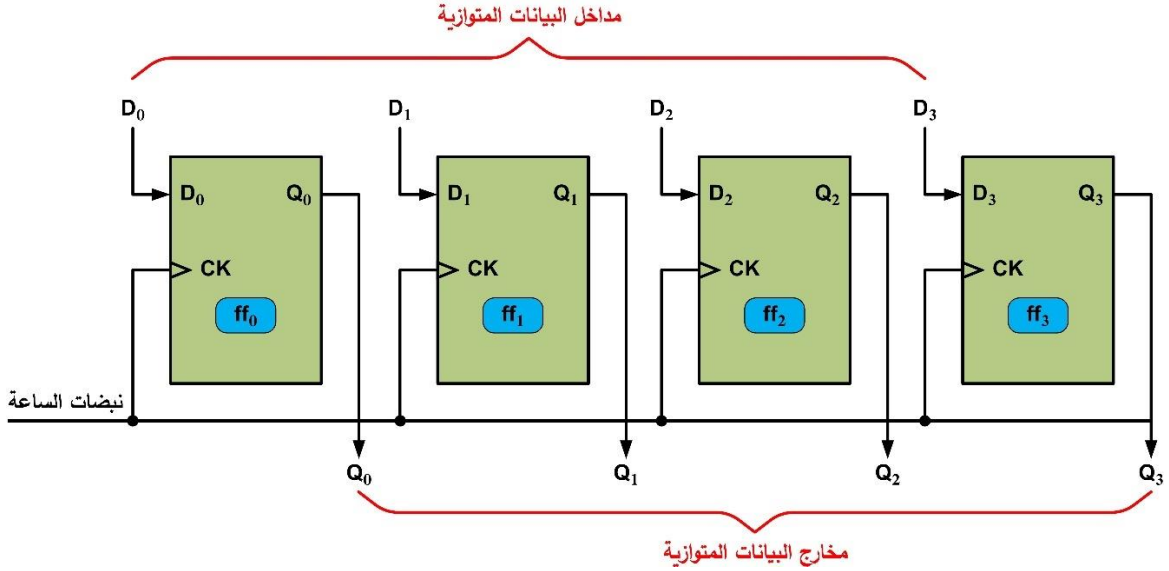
رقم نبضة الساعة	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	0	1	0
4	1	1	0	1

تصبح القيمة المسجلة 1101

جدول (٢-٢)

المسجلات المتوازية (النقل) PIPO:

- هو مسجل يمكن تحميله بكل البيانات (البتات) المطلوب تحميلها (تسجيلها) دفعة واحدة خلال نبضة تزامن واحدة.
- يتطلب التحميل على التوازي خط مستقل لكل خانة (بت) من الخانات المطلوب تخزينها بالمسجل.
- تدخل وتخرج البيانات خلال نفس نبضة التوقيت، بحيث لا يتعدى الفارق الزمني بين الدخول والخروج زمن تأخير الانتقال خلال القلاب الواحد.
- الشكل التالي يوضح مسجل النقل (متوازي الدخل / متوازي الخرج) (PIPO).



شكل (٢-٥) مسجل النقل (متوازي الدخل / متوازي الخرج) (PIPO).

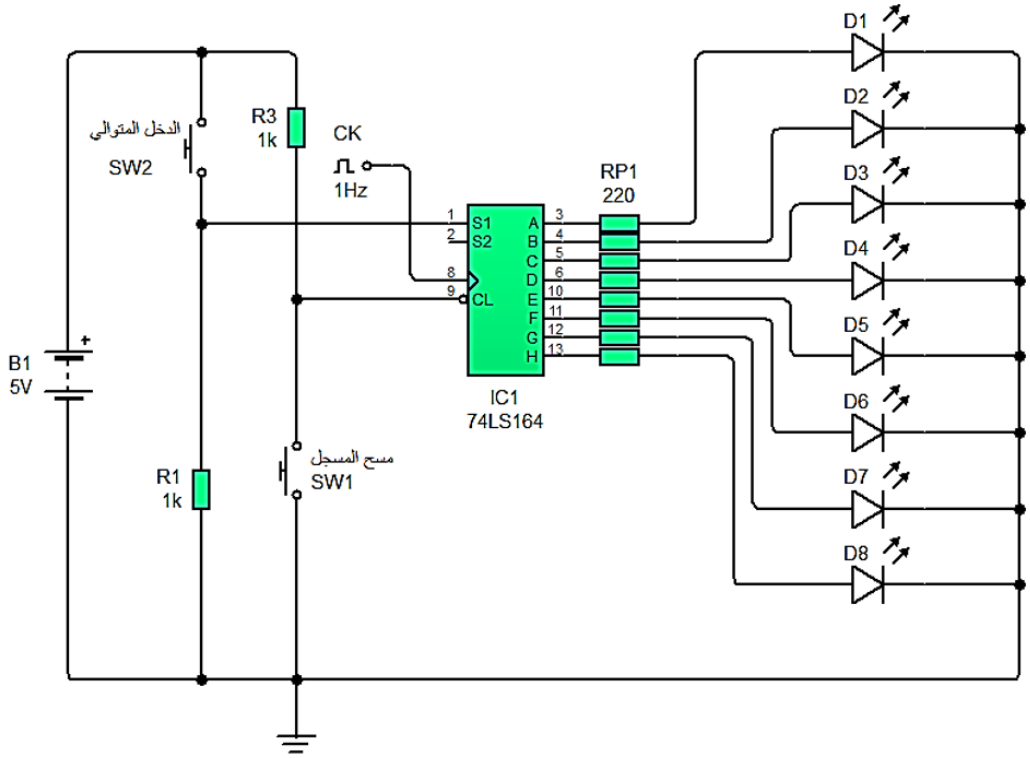
- يجب ملاحظة أنه بغياب نبضة الساعة (التزامن) لا يمكن هناك تأثير للبيانات الواردة للمسجل على البيانات المخزونة بالمسجل إلا بمجرد وصول نبضة الساعة وبمجرد وصول هذه النبضة يتم نقل البيانات إلى داخل المسجل وهكذا.

* هناك أنواع أخرى من المسجلات ولكن سنكتفي بهذا القدر عن المسجلات.

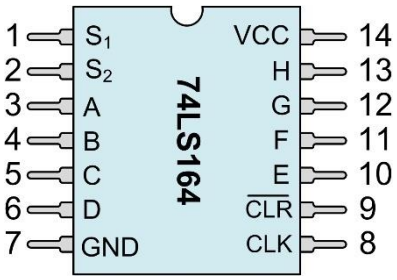
تجربة معملية (٣)

اسم التمرين	مسجل مدخل توالي ومخرج التوازي
تاريخ البداية	تاريخ الانتهاء:	مدة التنفيذ:
الهدف	التحكم في نقل وازاحة البيانات من مكان إلى الآخر

الدائرة النظرية



الداتا شيت للدائرة المتكاملة



الخامات المستخدمة

١- الدائرة المتكاملة 74164	٤- ثنائيات انبعاث ضوئي LEDS
٢- عدد ٢ مفتاح push button	٥- مقاومات حماية للثنائيات 220 Ω
٣- كابلات توصيل	

الأجهزة المستخدمة

١ – لوحة التجارب Breadboard	٢ – مصدر قدرة بالتيار المستمر
٣ – جهاز قياس متعدد رقمي Digital Multimeter	٤ – مولد إشارة (يعمل كنبضات الساعة CLK)

خطوات التنفيذ

١ – تأكد من تركيب الدائرة المتكاملة في المكان الصحيح على لوحة التجارب.

٢ – افحص العناصر الإلكترونية وتأكد من قطبية العناصر التي لها قطبية.

٣ – تأكد من أطراف الدخل والخرج وكذلك أطراف التغذية للدائرة المتكاملة مستعينا بالداتا شيت المرفق بالرسم.

٤ – قم بالتوصيل بين العناصر طبقا للرسم العملي.

٥ – تأكد من قيمة جهد التشغيل بالتيار المستمر قبل توصيلة بلوحة الاختبار وذلك بجهاز القياس المتعدد الرقمي.

٦ – لاحظ إضاءة الليدات وحركة الليدات ونقل البيانات من مكان لآخر.

٧ – يمكن تنفيذ الدائرة على برامج المحاكاة المختلفة.

الاستنتاج

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

قائمة المخاطر ووسائل السلامة المرتبطة بالتمرين

١ – تأكد من أطراف الدائرة المتكاملة قبل التوصيل.

٢ – التأكد من وضع الدائرة المتكاملة في المكان المخصص لها بلوحة التجارب.

٣ – التأكد من توصيل العناصر بالطريقة الصحيحة.

٤ – عدم تشغيل التمرين وتجربته إلا في وجود مدرس الفصل.

اسم الطالب	توقيع الطالب	اسم المدرس	توقيع المدرس

مخرج التعلم (٣): ينفذ تطبيقات العدادات الرقمية (Counters)

العّداد الرقمي عبارة عن مجموعة من القلابات الموصلة مع بعضها بطريقة معينة يمكن بها أن تعد النبضات الداخلة إليها، على حسب طريقة توصيل كل قلاب مع القالب التالي له يتحدد نوع العّداد كما سنرى في هذا المخرج، إذ سنتعرف على أنواع العّدادات وطرق تصميمها بعضها وكيفية تحليل المخططات الزمنية لها مع التعرف على أهم شرائح الدوائر المتكاملة للعّدادات.

العدادات COUNTERS

- العدادات مثل المسجلات يمكن بنائها من القلابات
- يصمم المسجل لتخزين عدد الخانات الثنائية، بينما الخانات الثنائية التي يتم تخزينها عن طريق العداد تمثل عدد نبضات الساعة (التزامن) التي دخلت على مدخل الساعة.
- نبضات الساعة المطبقة على العداد تعمل على تغيير حالة دوائر القلابات المصمم منها العداد وبملاحظة خرج دوائر القلابات يمكننا تحديد عدد نبضات الساعة التي تم تطبيقها على مدخل العداد.
- يوجد نوعان أساسيان من دوائر العدادات الفرق الرئيسي بينهما هو طريقة توصيل نبضات التزامن بين القلابات التي يتكون منها العداد، والنوعان هما:

١- **عدادات غير متزامنة Asynchronous Counters :** هي عدادات تنتقل من وضعٍ إلى وضعٍ تالٍ بحسب متغيرات الدخل، وأغلب القلابات التي يتكون منها لا توصل إلى نبضات التزامن.

٢- **عدادات متزامنة Synchronous Counters :** هي عدادات تنتقل من وضعٍ إلى وضعٍ تالٍ عند ورود نبضة التزامن (حيث توصل نبضة التزامن إلى جميع قلابات العداد).

أولاً: العدادات الغير متزامنة

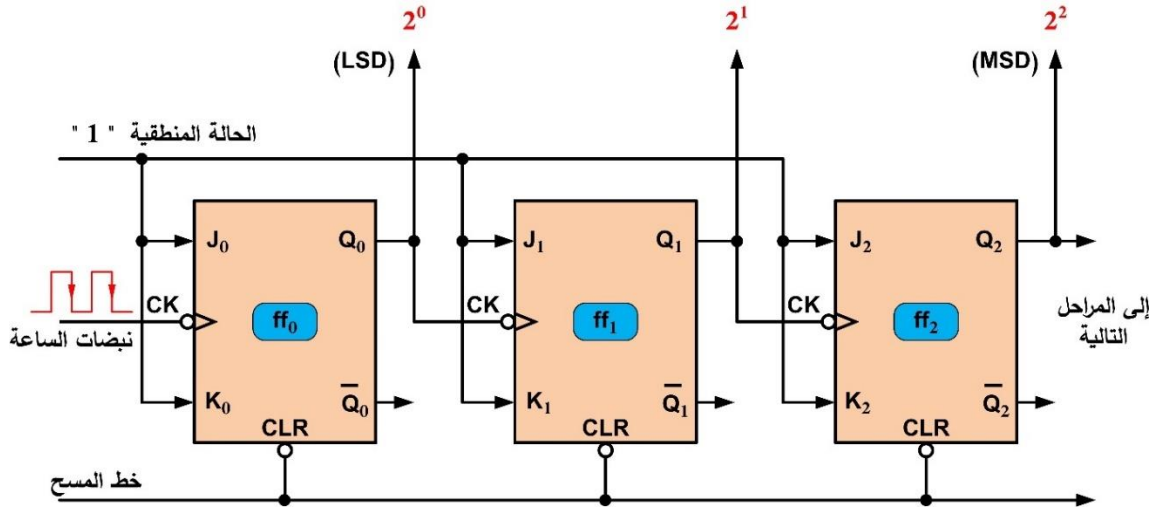
يتألف العداد كما في المسجل من مجموعة قلابات وبوابات منطقية توصل فيما بينها بحيث تحقق العمل المطلوب منها.

والمصطلح غير متزامن يشير إلى أحداث لا تملك فيما بينها علاقات زمنية ثابتة، وبشكل عام لا تحدث عند نفس الزمن.

العداد الغير متزامن هو عداد يتألف من قلابات لا تغير حالتها عند نفس الزمن لأنها لا تملك نبضات تزامن مشتركة.

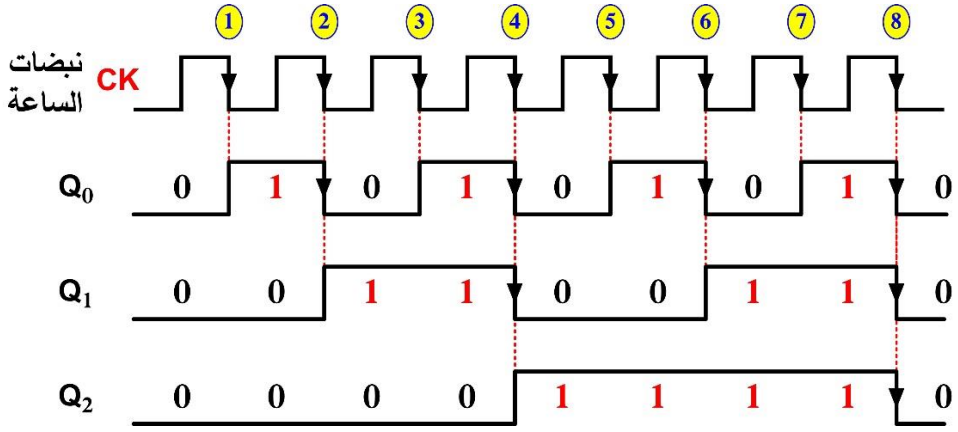
العداد الثنائي التصاعدي الغير متزامن

- العدادات الأكثر شيوعاً تستعمل دائرة قلاب من نوع J–K بحيث تكون الإشارة على J,K تساوي"1" طول الوقت. بمعنى آخر تُستعمل وكأنها دائرة قلاب من نوع T.
- الشكل (٣–١) يوضح دائرة عداد ثنائي تصاعدي غير متزامن يتكون من عدد ثلاث دوائر قلاب ليسجل الأعداد من $(000)_2$ إلى $(111)_2$ وهذا يناظر بالعشري من $(0)_{10}$ إلى $(7)_{10}$.
- ويمكن زيادة مدى العداد بزيادة الدوائر القلابة المركبة في العداد.



شكل (٣–١) تركيب العداد الثنائي التصاعدي الغير متزامن

- يتضح من تركيب العداد أن جميع دوائر القلابات موصلة على التوالي بمعنى أن الخرج لإحدى دوائر القلابات سوف يُستخدم كنبضات ساعة (تزامن) للقلاب الذي يليه.
- خرج كل قلاب سوف يحدث له تبديل مع كل حافة سالبة من نبضات الساعة (التزامن) الداخلة عليه.
- الشكل (٣–٢) يوضح أشكال الموجات لنبضات الساعة (التزامن) الرئيسية لهذه الدائرة مع الخرج Q لكل دائرة قلاب.



الشكل (٣-٢) الموجي للعداد الثنائي التصاعدي الغير متزامن

دخول النبضات	خرج القلابات			قيمة العداد بالثنائي	قيمة العداد بالعشري
	Q_2	Q_1	Q_0		
قبل النبضة الأولى	0	0	0	000	0
1	0	0	1	001	1
2	0	1	0	010	2
3	0	1	1	011	3
4	1	0	0	100	4
5	1	0	1	101	5
6	1	1	0	110	6
7	1	1	1	111	7
8	0	0	0	000	0

جدول (٣-١) يوضح جدول الحقيقة للعداد الثنائي التصاعدي الغير متزامن

- **أقصى عد للعداد N:**

أقصى عدد ممكن أن يصل إليه العداد محكوم بعدد دوائر القلابات المصمم منها العداد، ويمكن حساب أقصى عدد يصل إليه العداد قبل تكرار الدورة من العلاقة التالية:

$$N = 2^n - 1$$

حيث: n هو عدد القلابات في دائرة العداد.

مثال: احسب أقصى عدد يمكن لعداد عده إذا علمت أن العداد يتكون من عدد ثلاث دوائر قلاب.

الحـل

$$N = 2^n - 1$$

$= 2^3 - 1 = 8 - 1 = (7)_{10}$

- **مقياس العداد: Modulus of Counter (MOD)**

يعرف مقياس العداد بأنه عدد التشكيلات المختلفة لخرج العداد. ويمكن حساب MOD لأي عداد باستخدام العلاقة التالية:

$$MOD = 2^n$$

حيث: n هو عدد القلابات في دائرة العداد.

مثال: احسب MOD لعداد يتكون من ثلاث دوائر قلاب

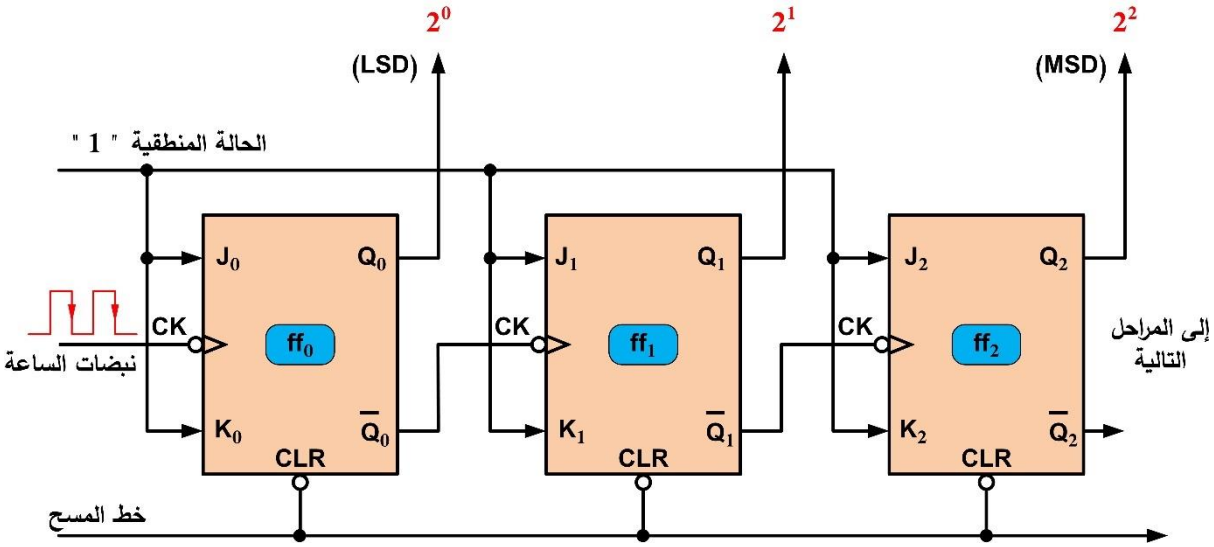
الحـل

$$MOD = 2^n$$

$$= 2^n = 2^3 = 8$$

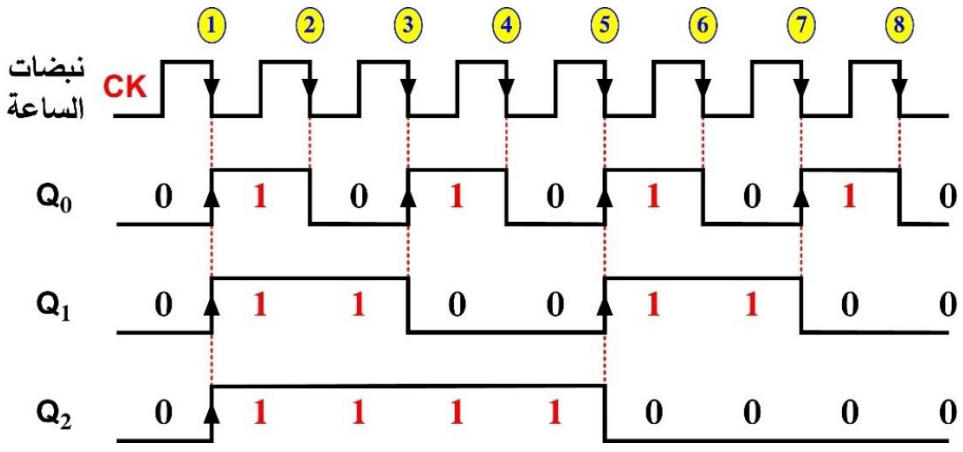
العداد الثنائي التنازلي الغير متزامن

- يمكن جعل العداد الثنائي التنازلي الغير متزامن عداداً تصاعدياً وذلك بأخذ أطراف التنشيط (الإثارة) من المخارج المتممة $\overline{Q}$ بدلاً من المخارج الطبيعية Q كما يتضح من الشكل (٣-٣).



الشكل (٣-٣) تركيب العداد الثنائي الغير متزامن

- الشكل (٣-٤) يوضح أشكال الموجات لنبضات الساعة (التزامن) الرئيسية لهذه الدائرة مع الخرج Q لكل دائرة قلاب.



الشكل (٣-٤) الشكل الموجي للعداد الثنائي التنازلي الغير متزامن

دخول النبضات	خرج القلابات			قيمة العداد بالثنائي	قيمة العداد بالعشري
	Q_2	Q_1	Q_0		
قبل النبضة الأولى	0	0	0	000	0
❶	1	1	1	111	7
❷	1	1	0	110	6
❸	1	0	1	101	5
❹	1	0	0	100	4
❺	0	1	1	011	3
❻	0	1	0	010	2
❼	0	0	1	001	1
❽	0	0	0	000	0

جدول (٣-٢) جدول الحقيقة للعداد الثنائي التنازلي الغير متزامن

ثانيا: العدادات المتزامنة

هذا النوع يعالج عيب العدادات الغير متزامنة والذي ينحصر في التأخير الزمني وفي الحاسبات المتزامنة تكون كل الدوائر المنطقية متزامنة مع الأخرى حسب نظام تحكم وتوقيت رئيسي واحد، حيث تغير كل القلابات من حالتها في نفس اللحظة التي تصل فيها نبضة التوقيت.

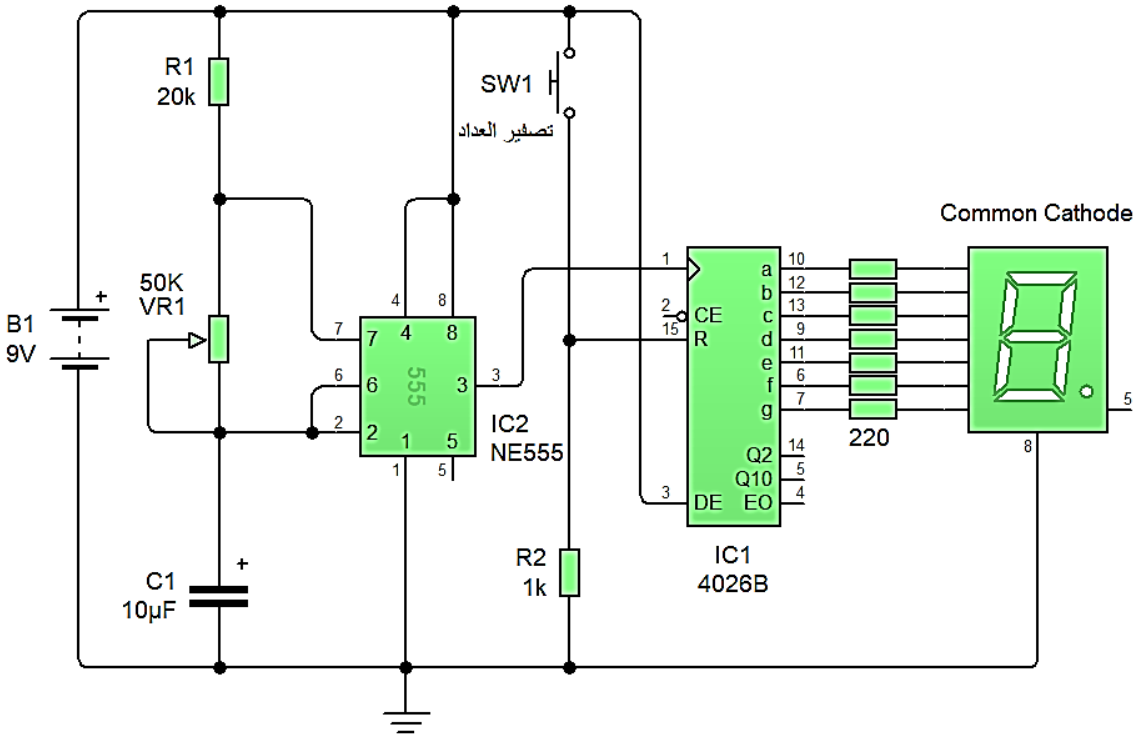
خصائص العدادات المتزامنة:

- تغذى جميع دوائر القلابات التي يتكون منها العداد إشارة تزامن مشتركة في نفس الوقت واللحظة.
- يستخدم لبناء العدادات المتزامنة في أغلب الحالات قلابات J-K.
- يمكن بناء العدادات المتزامنة لتكون تصاعدية أو تنازلية أو عدادات بها إمكانية تغيير اتجاه العد.

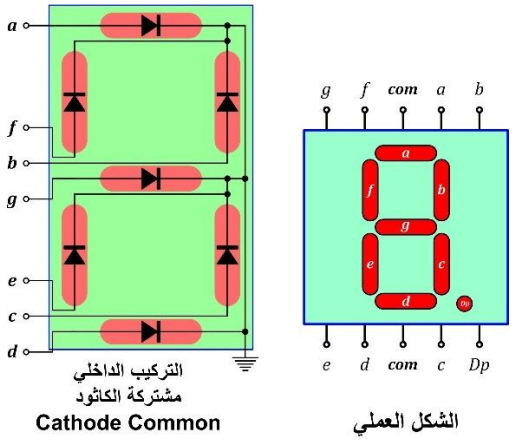
تجربة معملية (٤)

اسم التمرين	عداد تصاعدي متزامن			
تاريخ البداية		تاريخ الانتهاء		مدة التنفيذ
الهدف	تحقيق مبدا العد التصاعدي المتزامن			

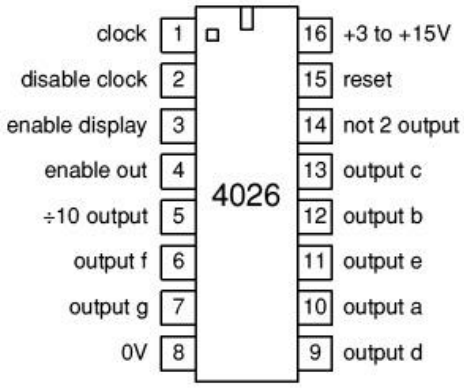
الدائرة النظرية



الداتا شيت لشاشة العرض



الداتا شيت للدائرة المتكاملة



الخامات المستخدمة

١- الدائرة المتكاملة 4026B	٤- مقاومة كربونية متغيرة 50KΩ
٢- دائرة مؤقت NE555	٥- مقاومات كربونية مختلفة القيم
٣- شاشة العرض ذات الأجزاء السبع مشتركة الكاثود	٦- عدد 1 مفتاح ضاغط

٤- مكثف كيميائي 10µF	٧- كابلات توصيل
الأجهزة المستخدمة	
١- لوحة التجارب Breadboard	٢- مصدر قدرة بالتيار المستمر
٣- جهاز قياس متعدد رقمي Digital Multimeter	٤- مولد إشارة (يعمل كنبضات الساعة CLK)

خطوات التنفيذ

١- تأكد من تركيب الدائرة المتكاملة في المكان الصحيح على لوحة التجارب

٢- افحص العناصر الإلكترونية وتأكد من قطبية العناصر التي لها قطبية

٣- تأكد من أطراف الدخل والخرج وكذلك أطراف التغذية للدائرة المتكاملة مستعينا بالداتا شيت المرفق بالرسم

٤- قم بالتوصيل بين العناصر طبقا للرسم العملي

٥- تأكد من قيمة جهد التشغيل بالتيار المستمر قبل توصيلة بلوحة الاختبار وذلك بجهاز القياس المتعدد الرقمي

٦- لاحظ إضاءة الشاشة والعد التصاعدي على الشاشة.

٧- يمكن تنفيذ الدائرة على برامج محاكاة مختلفة

الاستنتاج

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

قائمة المخاطر ووسائل السلامة المرتبطة بالتمرين

١- تأكد من أطراف الدائرة المتكاملة قبل التوصيل

٢- التأكد من وضع الدائرة المتكاملة في المكان المخصص لها بلوحة التجارب

٣- التأكد من توصيل العناصر بالطريقة الصحيحة

٤- عدم تشغيل التمرين وتجربته إلا في وجود مدرس الفصل

اسم الطالب	توقيع الطالب	اسم المدرس	توقيع المدرس

المراجع

١- دوائر منطق – الصف الثاني – قسم الإلكترونيات والحاسبات المدارس الفنية المتقدمة الصناعية (خمس سنوات) – وزارة التربية والتعليم - مصر
٢- الدوائر المنطقية والمعالجات الدقيقة – تخصص اتصالات المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني - السعودية
٣- الدوائر المتكاملة الرقمية والحاسبات باري وولارد – ترجمة د/ سمير إبراهيم شاهين - دار ماكجروهيل للنشر
٤- مجموعة مختلفة من مواقع الانترنت
5- Digital Fundamentals - Thomas L. Floyd - ELEVENTH EDITION