الفصل السابع

٧

الماسكات والقلاباتّ

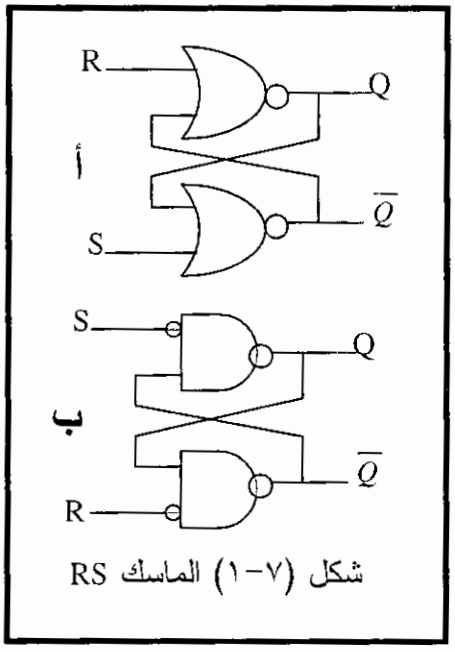
Latches And Flip Flops

٧-١ مقدمة

لقد درسنا فى الفصول السابقة نوع من الدوائر الرقمية تسمى الدوائر التوافقية combinational circuits . هذه الدوائر تتكون من دخل وخرج حيث يتحدد الخرج عند أى لحظة بالدخل الموجود عند هذه اللحظة فقط ، أى أنه لا يوجد أى نوع من أنواع التغذية المرتدة من الخرج إلى الدخل . من أمثلة هذه الدوائر التى درسناها دوائر المشفرات ومحللات الشفرة والمنتخبات ودوائر الحساب وغيرها الكثير . النوع الثانى من الدوائر الرقمية الذى سندرسه فى هذا الفصل والفصول التالية يسمى الدوائر التتابعية sequential circuits . هذه الدوائر تتكون من دخل وخرج حيث يتحدد الخرج عند أى لحظة بقيمة الدخل عند هذه اللحظة والخرج عند اللحظة السابقة . لذلك نقول أن هذه الدوائر تمتلك نوع من أنواع الذاكرة حيث أن الخرج يتحدد جزئيا بالخرج عند اللحظة السابقة الذى تتذكره الدائرة . من أنواع هذه الدوائر الماسكات ومسجلات الإزاحة والعدادات .

٧-٢ الماسكات R-S

الماسك latch هو نوع من أنواع المذبذبات الثنائية الاستقرار bistable multivibrator ، أى التى يستقر خرجها على الواحد أو الصفر . الماسك يكون له خرجان أحدهما يكون دائما عكس الآخر ، لذلك نرمز لهما دائما بالرمزين Q و $\overline{Q}$ ، فإذا كانت Q=0 فإن $\overline{Q}$=1 والعكس صحيح . يتكون الماسك دائما من بوابتين يوصل خرج إحداهما كدخل إلى الأخرى كما فى شكل (٧-١) . هذا الماسك له دخلان ، الأول يسمى R بمعنى التصفير وهى اختصار لكلمة Reset ، والطرف الثانى يسمى S وهى اختصار لكلمة Set أى جعل الخرج واحد . يمكن بناء الماسك من بوابتين NOR كما فى شكل (٧-١أ) أو من بوابتين NAND كما فى شكل (٧-١ب) . فى الماسك الأول (بوابتى NOR) يكون كل من الطرفين R و S عالى الفعالية ، بمعنى أنه عندما تكون R=1 و S=0 فإن ذلك يسبب تصفير Reset للخرج Q ، وعندما يكون الطرف S=1 و R=0 فإن الخرج Q=1 أى يحدث Set للماسك أو يحدث وضع أو تسجيل . فى الماسك الثانى (بوابتى NAND) ، عندما تكون R=1 و S=0 فإن ذلك يسبب تصفير Reset للخرج Q ، وعندما يكون الطرف S=1 و R=0 فإن الخرج Q=1 أى يحدث Set للماسك أو يحدث وضع أو تسجيل . جدول ٧-١ يبين جدول الحقيقة لهذا الماسك . نلاحظ من هذا الجدول أن الحالة S=R=0 سيكون نتيجتها لا تغيير للخرج Q أو $\overline{Q}$ فى الماسك المبنى من بوابات ال NOR ، بينما هذه الحالة يكون غير مسموح بها مع الماسك المبنى من بوابات NAND لأنها ستجعل كل من Q و $\overline{Q}$ يساوى صفر وهذا غير مسموح به بالطبع فى عرف الماسكات . أما الحالة S=R=1 فعلى العكس تكون غير مسموح بها فى حالة الماسك المكون من بوابتى NOR بينما تعطى لا تغيير فى حالة الماسك المكون من بوابتى NAND . حاول تتبع هذه الحالات على الماسكين فى شكل (٧-١) وكذلك باقى حالات الجدول ٧-١ . من الممكن أن يدخل أى واحد من الماسكين الموجودين فى شكل (٧-١) فى حالة عدم استقرار لحظية أو عابرة ثم يستقر

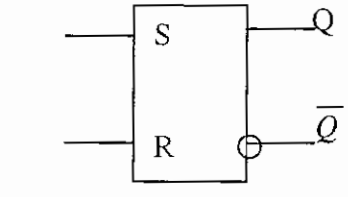


شكل (٧-١) الماسك RS

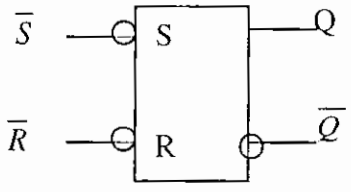
الخرج على حالة استقرار نهائية . مثلا فى الماسك المكون من بوابتى NOR عندما S=1, R=0, Q=0 فإن البوابة السفلى يكون دخليها S=1, Q=0 ولذلك فإنها ستعطى صفر ، وهذا يعنى أن الخرجين Q و $\overline{Q}$ يكون كل منهما صفر ، وهذا غير منطقى بالطبع ، ولكن هذه الحالة لن تستقر كما سنرى . عند ذلك سيكون دخل البوابة العليا هو R=0, و $\overline{Q}$ =0 وهذا سيجعل Q=1 الذى سيدخل مع S=1 فى البوابة السفلى فيجعل خرجها يساوى صفر ، وهذا الصفر مرة أخرى مع الدخل R=0 يجعل الخرج Q=1 . أى أن الخرج Q=1 سيكون حالة مستقرة لن تتغير . حاول تتبع باقى الحالات وتطبيقها على الماسكات الموجودة فى شكل (٧-١) . فى كل الحالات السابقة تذكر جيدا أننا عندما نتكلم عن الخرج Q فإن الخرج الآخر يكون موجود ضمنيا ويكون معكوس كما ذكرنا من خصائص الماسكات . شكل (٧-٢) يبين الرمز المنطقى للماسك عالى الفعالية والماسك منخفض الفعالية .

الدخل		الماسك المكون من بوابتى NOR		الماسك المكون من بوابتى NAND	
R	S	Q	$\overline{Q}$	Q	$\overline{Q}$
0	0	لا تغيير	لا تغيير	غير مسموح	غير مسموح
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	1	غير مسموح	غير مسموح	لا تغيير	لا تغيير

جدول ٧-١ جدول الحقيقة للماسكين الموجودين فى شكل (٧-١)



أ- ماسك RS عالى الفعالية

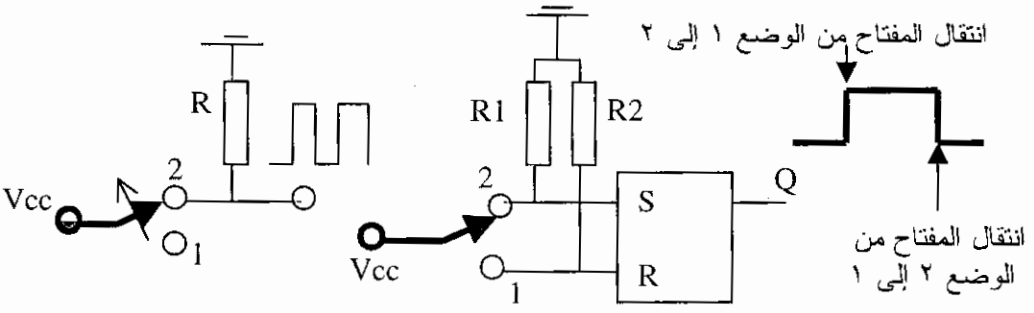


ب- ماسك RS منخفض الفعالية

شكل (٧-٢) رمز الماسك RS

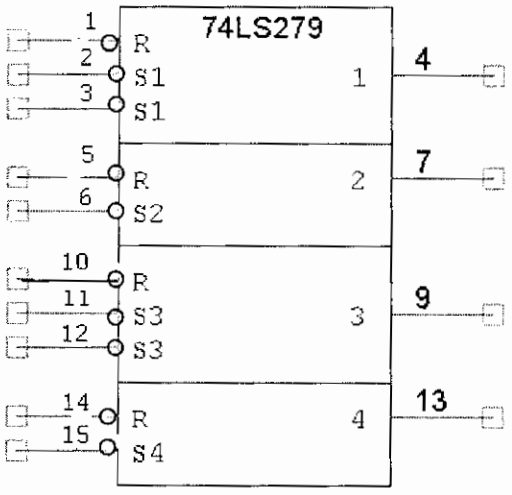
٧-٢-١ الماسك RS كمزيل للاهتزازات

عند غلق أو فتح مفتاح فإنه نتيجة الصدمة الميكانيكية بين قطبيه يحدث تأرجح أو ارتداد لقطبى المفتاح bounce ينتج عنه نبضات كهربية متعددة تؤثر على أداء الدائرة التى تستخدم مثل هذا المفتاح . شكل (٧-٣أ) يبين مثل هذه الاهتزازات الناتجة عن غلق المفتاح . يمكن استخدام ماسك RS للتخلص من هذه الاهتزازات debouncer . شكل (٧-٣ب) يبين هذه الدائرة . فى الوضع الابتدائى عندما يكون المفتاح فى الوضع ١ فإن الطرف R=1 ويكون الطرف S=0 فى نفس الوقت نتيجة اتصاله بالأرضى من خلال المقاومة R1 ، ويكون خرج الماسك فى هذه الحالة Q=0 . عند نقل المفتاح من الوضع ١ للوضع ٢ تصبح R=0 نتيجة اتصالها بالأرضى من خلال المقاومة R2 ويصبح الطرف S=1 نتيجة الوضع الجديد للمفتاح ، فيصبح الخرج نتيجة ذلك Q=1 . عند حدوث اهتزازات على الطرف S فإنه إذا أصبحت S=0 فإن ذلك لن يسبب تغيير للخرج لأن الدخل S=R=0 لا يسبب تغيير للخرج كما ذكرنا . إذا رجع الطرف S=1 مرة أخرى فإن الخرج سيظل على الواحد كما هو . من ذلك نرى أنه بمجرد تغير الخرج من صفر إلى واحد فإنه سيثبت على ذلك ولن يتغير ولن يكون هناك أى تأثير لأى اهتزازات تحدث فى المفتاح عند تغير قطبيه . أنظر شكل (٧-٣) .



شكل (٧-٣) استخدام الماسك RS للتخلص من اهتزازات المفاتيح الميكانيكية

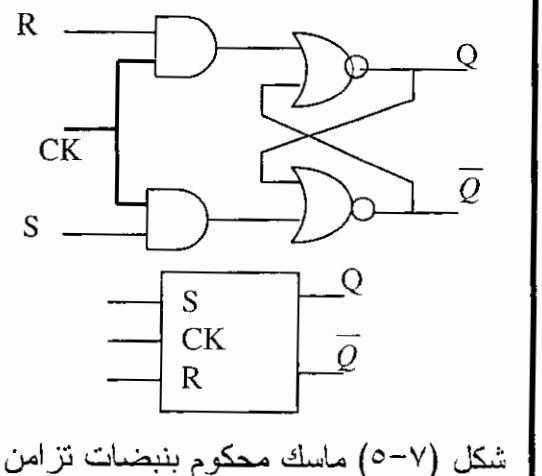
٧-٣ الشريحة 74279 ماسك RS رباعى



شكل (٧-٤) الرسم المنطقى للشريحة 74279

شكل (٧-٤) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة . تتكون هذه الشريحة من ٤ ماسكات من النوع RS . الماسك الأول والثالث كل منهما له طرفان S وطرف واحد R ، أما الماسكان الثانى والرابع فكل منهما له طرف واحد S وطرف واحد R . طرفى القدرة لهذه الشريحة هما الطرف ١٦ يمثل Vcc والطرف ٨ هو الأرضى . الأربع ماسكات الموجودة فى هذه الشريحة كلها منخفضة الفعالية .

٧-٤ الماسك RS المحكوم بنبضات تزامن Clock



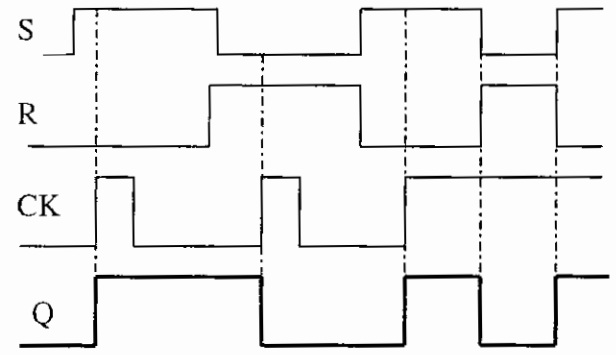
شكل (٧-٥) ماسك محكوم بنبضات تزامن

من المفيد جدا أن يتم التحكم فى الدخلين S و R بحيث لا يتغير الخرج بناء على الإشارة الموجودة عليهما إلا بعد إعطاء نبضة إطلاق للخرج أو نبضة تزامن clock بحيث يتم تغير الخرج فقط بعد إعطاء هذه النبضة . شكل (٧-٥) يبين الدائرة التفصيلية لهذا الماسك والرمز المستخدم لها . لاحظ من هذه الدائرة أنه عندما يكون الطرف CK=0 فإن بوابتى ال AND يكون خرجها أصفارا وبالتالى فإن الماسك لا يتغير خرجه . بينما عندما يكون CK=1 فإن بوابتى ال AND تكون نشطة وتسمح بمرور كل من الإشارتين R و S للتأثير على الماسك فيتغير الخرج تبعا لذلك .

مثال ٧-١

ارسم الخرج Q لماسك RS إذا كان الدخل R و S و نبضات التزامن CK كما هو مبين فى شكل (٧-٦) .

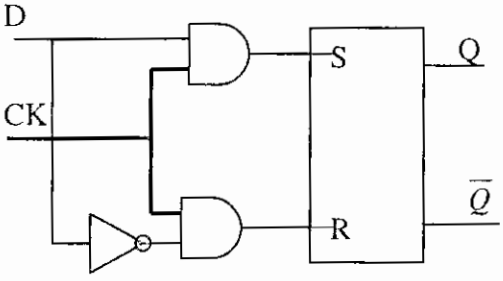
من هذا الشكل نلاحظ أنه عندما تكون CK=1 ننظر لقيمة كل من R و S ونغير الخرج تبعا لذلك وتبعا لجدول الحقيقة لهذا الماسك . انظر لشكل (٧-٦) وتحقق من الخرج عند بداية كل نبضة من نبضات التزامن .



شكل (٧-٦) مثال ٧-١

٧-٥ الماسك D المحكوم بنبضات التزامن

شكل (٧-٧) يبين الدائرة المنطقية والرسم الصندوقى لهذا الماسك . الماسك D هو نفسه الماسك RS سوى أنه تم توصيل كل من الدخلين R و S من خلال عاكس ليصبحا دخلا واحدا كما فى الشكل وذلك حتى نتأكد أن كل من R و S سيكون كل منهما عكس الآخر فلا تكون هناك أى فرصة للدخل الغير مسموح به . لذلك فإنه عندما تكون D=1 و CK=1 فإن الخرج Q يصبح واحد . أنظر جدول الحقيقة لهذا الماسك فى شكل (٧-٧) . أى أن الخرج Q يساوى الدخل D بعد إعطاء نبضة التزامن . أو بمعنى آخر فإن الخرج Q هو الدخل D متأخرا Delayed بمقدار نبضة تزامن واحدة ، ومن هنا كانت التسمية D .

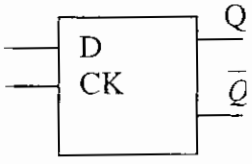


الدائرة المنطقية

CK	D	Q
1	1	1
1	0	0
0	x	لا تغيير

X تعنى لا يهم واحد أو صفر أو do not care

جدول الحقيقة



الرمز أو الرسم الصندوقى

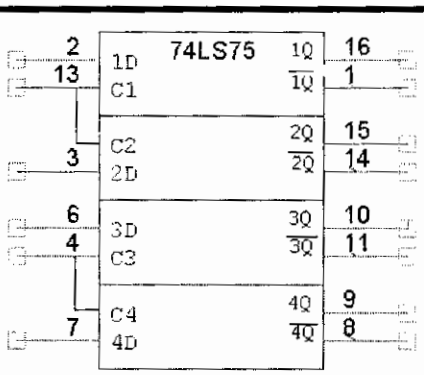
شكل (٧-٧) الماسك D المحكوم بنبضات تزامن

٧-٦ الشريحة 7475 ماسك D رباعى

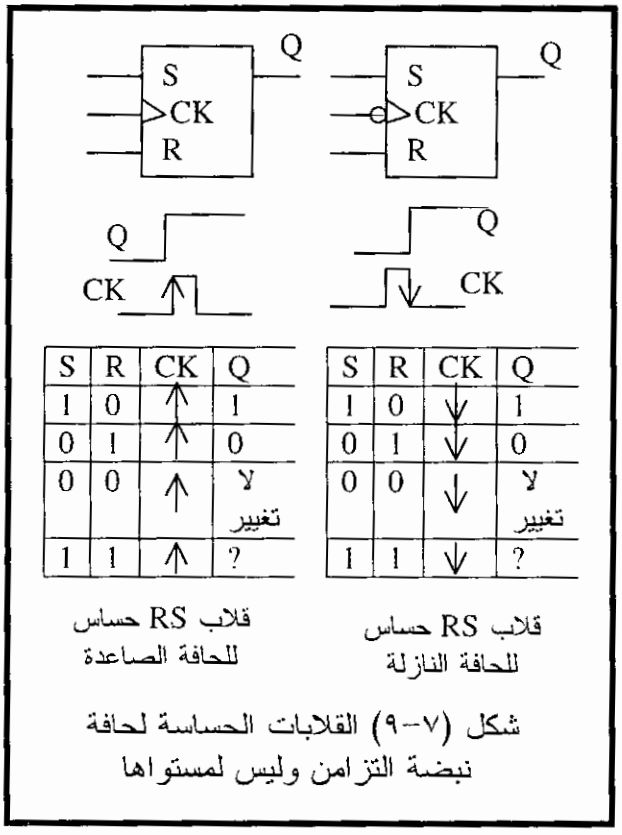
الشريحة 7475 تحتوى ٤ ماسكات D كما فى شكل (٧-٨) الذى يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة . الخرجان Q و $\overline{Q}$ لكل ماسك متاحان كخرج من الشريحة . الماسك ١ و ٢ محكومان بنفس مدخل نبضات التزامن CK1 ، والماسك ٣ و ٤ محكومان بنفس مدخل نبضات التزامن CK2 . القدرة Vcc هو الطرف رقم ٥ بينما الأرضى هو الطرف رقم ١٢ .

٧-٧ القلابات Flip Flops

القلاب هو ماسك محكوم بنبضات تزامن كما رأينا سابقا ولكن الخرج لا يتغير تبعا للدخل إلا عند حافة نبضة التزامن فقط ، سواء الحافة الصاعدة للنبضة أو الحافة النازلة وسنرى كيف يتم ذلك . فى الماسك كان الخرج يتغير طالما أن الطرف CK=1 ، هنا فى القلاب لن يتغير الخرج إلا فى وجود حافة للطرف CK . أى أنه حتى لو تغير الدخل R أو S وكان الطرف CK=1 فإن الخرج لن يتغير إلا بعد عبور الطرف CK لحافة معينة سواء كانت الحافة النازلة أو الحافة الصاعدة . شكل (٧-٩) يبين بعض الرموز المستخدمة مع القلابات . فمثلا وجود رأس السهم مع الطرف CK تعنى أن هذا الطرف يكون فعالا عند حافة وليس عند مستوى للإشارة على هذا الطرف . وجود دائرة عند مدخل هذا الطرف تعنى أنه يكون فعالا مع الحافة النازلة أو الهابطة أو المتأخرة للنبضة على هذا الطرف . عدم وجود دائرة عند هذا الطرف تعنى أن فعال عند الحافة الصاعدة أو المتقدمة للنبضة . فى شكل (٧-٩) نلاحظ جدول الحقيقة والرمز المستخدم فى كل حالة . لاحظ السهم الصاعد الذى يمثل الحافة الصاعدة لنبضة التزامن CK فى جدول الحقيقة ، بينما السهم النازل فيمثل الحافة النازلة .



شكل (٧-٨) الشريحة 74ls75



S	R	CK	Q
1	0	↑	1
0	1	↑	0
0	0	↑	لا تغيير
1	1	↑	?

قلاب RS حساس للحافة الصاعدة

S	R	CK	Q
1	0	↓	1
0	1	↓	0
0	0	↓	لا تغيير
1	1	↓	?

قلاب RS حساس للحافة النازلة

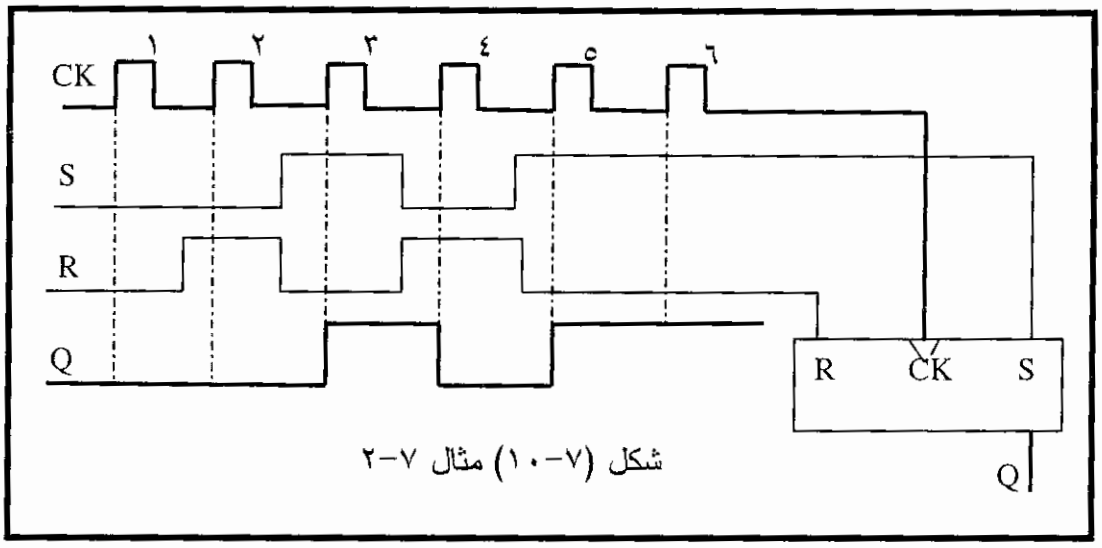
شكل (٧-٩) القلابات الحساسة لحافة نبضة التزامن وليس لمستواها

مثال ٧-٢

ارسم خرج القلاب RS المحكوم بنبضات التزامن CK والنبضات على الدخلين S و R كما فى شكل (٧-١٠) . نبضات التزامن فعالة مع الحافة الصاعدة وسيكون الخرج مع كل نبضة كما يلى :

- مع النبضة ١ ، S=R=0 لذلك فإن الخرج لن يتغير ، وبفرض أنه كان صفر ، لذلك سيظل صفر .
- مع النبضة ٢ ، S=0, R=1 لذلك سيحدث تصفير للخرج ، وهو أصلا صفر ، لذلك سيبقى صفرا .
- مع النبضة ٣ ، S=1, R=0 لذلك سيصبح الخرج واحد .
- مع النبضة ٤ ، S=0, R=1 سيحدث تصفير للخرج .
- مع النبضة ٥ ، S=1, R=0 سيصبح الخرج واحد .

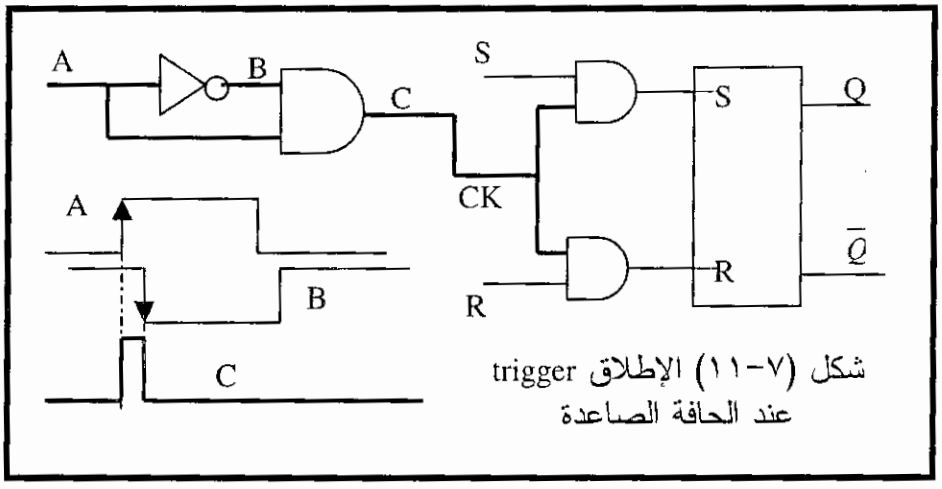
- مع النبضة ٦ ، S=1, R=0 سيصبح الخرج واحد .



شكل (٧-١٠) مثال ٧-٢

٧-٨ طريقة الإطلاق trigger عند أى الحافة

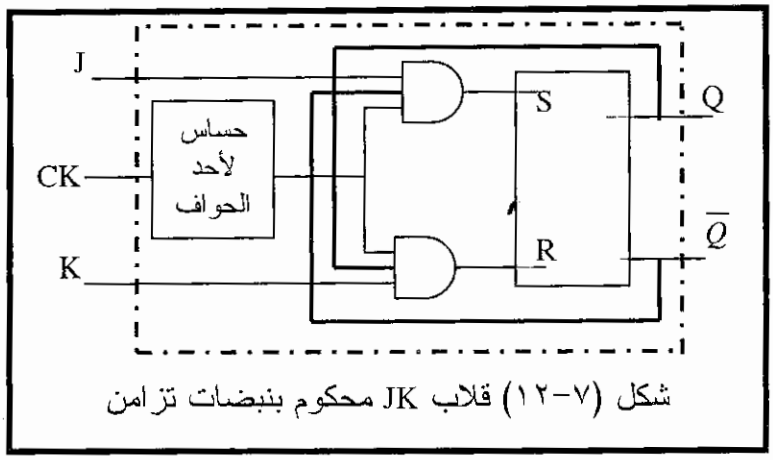
لجعل القلاب يغير من حالته عند أى حافة لنبضة الساعة سواء الحافة الصاعدة أو النازلة فإنه يتم وضع حساس للحافة عند مدخل نبضات التزامن فى القلاب . حساس حافة النبضة عبارة عن دائرة تدخل لها نبضة التزامن بأى زمن للدورة فتعطى فى الخرج نبضة ذات فترة زمنية قصيرة جدا يقدر عرضها الزمنى بعدد قليل من الميكروثانية عند الحافة المطلوبة سواء كانت الحافة الصاعدة أو النازلة . شكل (٧-١١) يبين هذه الدائرة ، حيث نلاحظ أنها عبارة عن بوابة AND تم تأخير أحد دخليها عن الآخر بمقدار زمن التأخير لعاكس واحد ، وهذا الزمن يساوى تقريبا القليل من الميكروثانية وهى مقدار عرض النبضة الناتجة التى ستسبب إطلاق الدخل وتغيير الخرج . يمكن الحصول على إطلاق عند الحافة النازلة لنبضات الساعة بوضع عاكس آخر على نبضات الساعة A فى شكل (٧-١١) . بالطبع فإن الإطلاق عند الحافة النازلة أو الصاعدة ليس مقصورا على الماسك RS فقط ، ولكن يمكن تطبيقه مع كل أنواع الماسكات أو القلابات حتى التى سنقوم بشرحها فيما بعد ، بل إن معظم القلابات تعمل عند حافة نبضة الساعة سواء الصاعدة أو النازلة .



شكل (٧-١١) الإطلاق trigger عند الحافة الصاعدة

٧-٩ القلاب JK

القلاب JK يعتبر من أكثر القلابات استخداما . الحرفان J و K ليس لهم أى معنى أو دلالة معينة تتعلق بعمل هذا النوع من القلابات . هذا القلاب يشبه تماما القلاب RS الذى تمت دراسته فى كل حالات التشغيل ، ويختلف عنه فقط فى الحالة الغير محددة الخرج التى كانت تحدث عندما كان R=S=1 . فى حالة القلاب JK هذه الحالة أصبحت محددة تماما ومعروف خرج القلاب JK عندما يكون كل من الدخلين J و K يساوى واحد . فى هذه الحالة يكون خرج القلاب عكس الحالة السابقة Toggle . فإذا كان Q=1 وجعلنا J=K=1 وأعطينا نبضة إطلاق (تزامن) فإن الخرج ينعكس ، أى يصبح صفرا (Q=0) . وأما إذا كان Q=1 وجعلنا J=K=1 وأعطينا نبضة إطلاق (تزامن) فإن الخرج ينعكس ، أى يصبح واحد (Q=1) . شكل (٧-١٢) يبين التركيب الداخلى لهذا القلاب . نلاحظ من هذا الشكل أن التركيب الداخلى هو نفسه تركيب الماسك RS سوى أن هناك تغذية مرتدة من الخرج Q مع الدخل K وتغذية أخرى مرتدة من الخرج $\overline{Q}$ مع الدخل J .



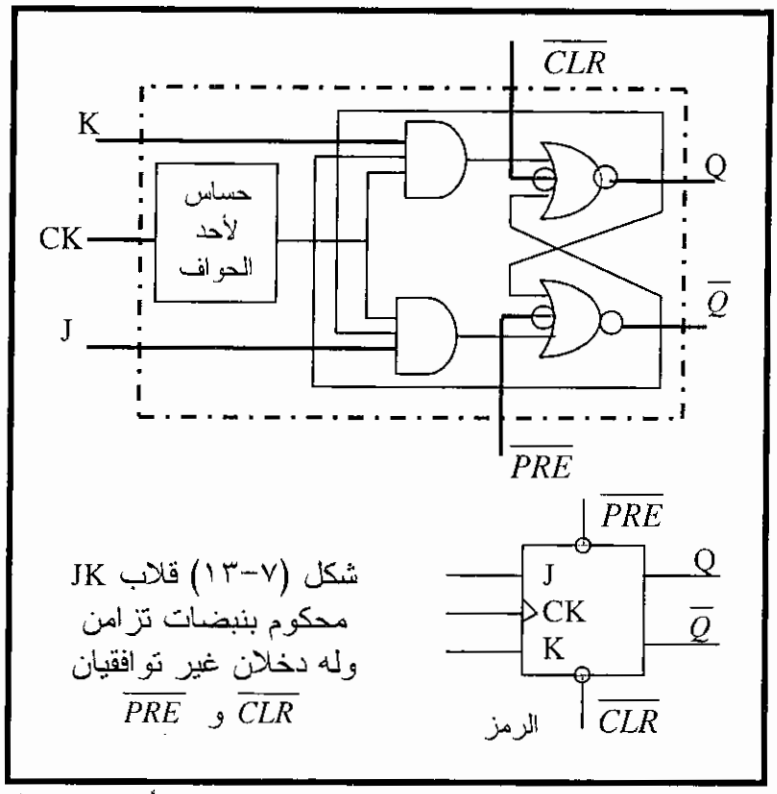
شكل (٧-١٢) قلاب JK محكوم بنبضات تزامن

J	K	CK	Q(n+1)	تعليق
0	0	↑	Q(n)	لا تغيير
1	0	↑	1	
0	1	↑	0	
1	1	↑	$\overline{Q(n)}$	عكس الخرج السابق

جدول ٧-٢ جدول الحقيقة للقلاب JK

جدول ٧-٢ يبين جدول الحقيقة للقلاب JK . يمكننا تتبع الحالة J=1, k=0 ونفرض أن الخرج السابق هو Q(n)=0 . فى هذه الحالة سنجد أنه عند إعطاء نبضة التزامن فإن البوابة AND العليا سيكون كل دخولها وحايد وبالتالى سيكون خرجها واحد ، بينما ال AND السفلى فعندها K=Q=0 لذلك فإن خرجها سيكون صفر . هذا الواحد على الطرف R للقلاب والصفر على الطرف S سيجعل الخرج Q(n+1)=1 أى Setting للخرج . الخرج الآخر $\overline{Q(n+1)}$ سيكون صفرا بالطبع . الآن ننظر إلى الحالة الحرجة التى عندها J=K=1 . فى هذه الحالة بفرض أن Q=0 فإن ال AND العليا سيكون كل دخولها وحايد وبالتالى سيكون خرجها واحد ، وال AND السفلى سيدخل لها صفر كتغذية مرتدة من الخرج Q ولذلك سيكون خرجها صفر . إذن هناك صفر على الطرف R للقلاب وواحد على الطرف S وهذا من شأنه أن يجعل الخرج Q=1 أى ينعكس . يمكن تتبع الإشارة J=K=1, Q=1 حيث سنجد فى هذه الحالة أن الخرج سينعكس ليصبح Q=0 . بينما الحالة J=K=0 فإنها لن تسبب تغيير للخرج . تتبع كل هذه الحالات على شكل (٧-١٢) وجدول ٧-٢ وتأكد من أن كل حالات هذا الجدول صحيحة . يمكن توصيل كل من الطرفين J و K من خلال عاكس للحصول على قلاب D كما فعلنا فى حالة الماسك RS . أيضا على حسب حساس الحافة الموجود فى مدخل نبضات التزامن يمكن تصميم قلاب JK حساس للحافة النازلة أو الحافة الصاعدة .

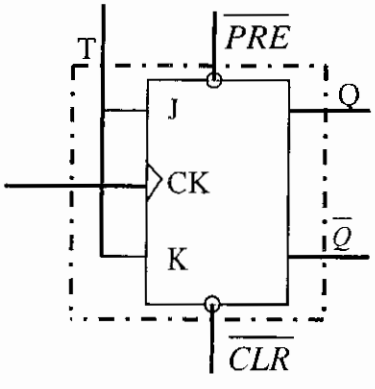
٧-١٠ الدخول الغير متوافقة Asynchronous Inputs



شكل (٧-١٣) قلاب JK محكوم بنبضات تزامن وله دخلان غير توافقيان $\overline{PRE}$ و $\overline{CLR}$

الدخلان J و K يعتبران دخول توافقية **synchronous** لأنها لا يحدث لها تأثير على الخرج إلا إذا كانت هناك نبضة تزامن . أى أن هذه الدخول متوافقة مع نبضات التزامن . أحيانا تضطرنا الحاجة إلى إضافة دخول غير متوافقة مع نبضات التزامن تستخدم فى الكثير من التطبيقات لوضع حالات ابتدائية على خرج القلاب ، كأن نجعل الخرج Q=0 قبل البدأ فى التشغيل ودون اعتماد على نبضات التزامن لإدخال هذه الحالات . شكل (٧-١٣) يبين التركيب الداخلى لقلاب JK بعد إضافة دخلين غير متوافقين له . الدخل الأول هو دخل التصفير $\overline{CLR}$ وهذا الدخل كما نرى منخفض الفعالية نتيجة الشرطة الموجودة على اسمه وهذا يعنى أنه بوضع صفر على هذا الدخل سيجعل الخرج Q يساوى صفر دون النظر إلى نبضات التزامن . هناك أيضا الدخل الثانى $\overline{PRE}$ الذى عندما يكون صفر يجبر الخرج على أن يكون واحد دون النظر أيضا لنبضات التزامن CK . انظر الرمز المستخدم للقلاب فى هذه الحالة .

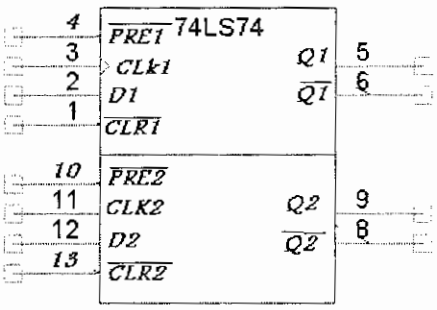
٧-١١ القلاب T



شكل (٧-١٤) القلاب T

القلاب T هو نفسه القلاب JK ولكن بعد توصيل كل من الطرفين J و K مع بعضهما مباشرة ليكونا دخلا واحدا يسمى الدخل T . كما رأينا فإنه عندما يكون كل من J=K=1 فإن خرج القلاب يعكس حالته . بتطبيق ذلك على القلاب T نجد أنه بجعل الدخل T=1 فإن خرج القلاب سيعكس حالته . هذا القلاب يستخدم بكثرة فى بناء العدادات الثنائية كما سنرى . شكل (٧-١٤) يبين الرمز المستخدم لهذا القلاب . تذكر أن الحرف T اختصار لكلمة toggle التى تعنى العكس أو الانقلاب وهذه هى وظيفة هذا القلاب كما رأينا .

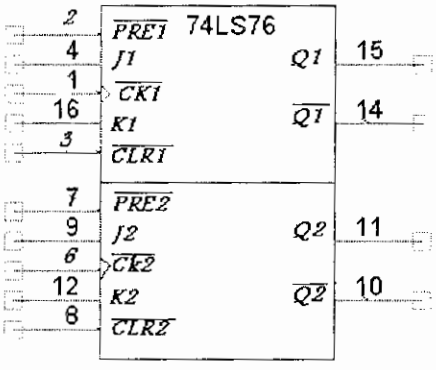
٧-١٢ الشريحة 74ls74 قلابان من النوع D



شكل (٧-١٥) الشريحة 74ls74

هذه الشريحة تحتوى قلابان من النوع D لا يعتمد أى منهما على الآخر فيما عدا طرفى القدرة Vcc على الطرف ١٤ وطرف الأرضى على الطرف ٧ للشريحة فهما مشتركان لكل من القلابين . كل من القلابين حساس للحافة الصاعدة لنبضات الساعة . الشريحة لها طرف تصفير $\overline{CLR}$ وطرف وضع $\overline{PRE}$ ، وكل منهما منخفض الفعالية ، أى ينشط عندما يكون صفر . شكل (٧-١٥) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة .

٧-١٣ الشريحة 74ls76 قلابان من النوع JK



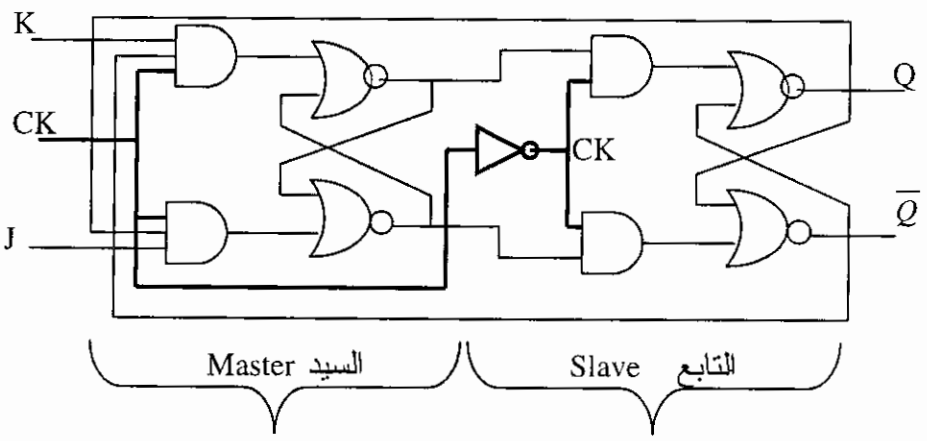
شكل (٧-١٦) الشريحة 74ls76

هذه الشريحة تحتوى قلابان من النوع JK لا يعتمد أى منهما على الآخر فيما عدا طرفى القدرة Vcc على الطرف ٥ وطرف الأرضى على الطرف ١٣ للشريحة فهما مشتركان لكل من القلابين . كل من القلابين حساس للحافة النازلة لنبضات الساعة . الشريحة لها طرف تصفير $\overline{CLR}$ وطرف وضع $\overline{PRE}$ ، وكل منهما منخفض الفعالية ، أى ينشط عندما يكون صفر . شكل (٧-١٦) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة .

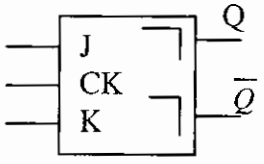
٧-١٤ قلاب السيد والعبد Master Slave Flip Flop

بالرغم من أن هذا النوع من القلابات تم استبداله بالقلابات الحساسة للحافة (سواء الصاعدة أو النازلة) إلا أنه يستحق أن نلقى عليه نظرة لأنه مازال يصنع وسوف تجده فى الكثير من الأجهزة القديمة . نفهم من ذلك أن الهدف من هذا القلاب كان بغرض الحصول على قلاب حساس لأحد حواف نبضات التزامن edge triggered ، لذلك فإن جدول الحقيقة له سيكون هو نفسه جدول الحقيقة لأى قلاب حساس للحافة ، الاختلاف فقط هو فى تركيب كل منهما . شكل (٧-١٧) يبين تركيب قلاب JK من نوع السيد والعبد . جدول ٧-٣ يبين جدول الحقيقة لهذا القلاب . كما نرى من شكل (٧-١٧) فإن هذا القلاب يتكون من وحدتين من القلابات RS موصلتين على التتابع . الوحدة الأولى تسمى السيد master والوحدة الثانية تسمى العبد أو التابع slave . خرج المرحلة الأولى موصل كدخل للمرحلة الثانية . نبضات التزامن الداخلة لمرحلة العبد تكون عكس نبضات التزامن الداخلة لمرحلة السيد . هناك تغذية مرتدة من الخرجين Q و $\overline{Q}$ لمرحلة العبد إلى دخل المرحلة الأول (السيد) للحصول على أداء القلاب

JK . دخل المرحلة الأولى هو الدخل JK للقلاب كله . كذلك فإن خرج المرحلة الثانية يمثل خرج القلاب كله كما فى شكل (٧-١٧) .



شكل (٧-١٧) تركيب قلاب JK من النوع السيد والتابع Master Slave



شكل (٧-١٨) الرمز المستخدم للقلاب من النوع السيد والتابع

J	K	CK	Q(n+1)	تعليق
0	0	⎍	Q(n)	لا تغيير
1	0	⎍	1	
0	1	⎍	0	
1	1	⎍	$\overline{Q(n)}$	عكس الخرج السابق

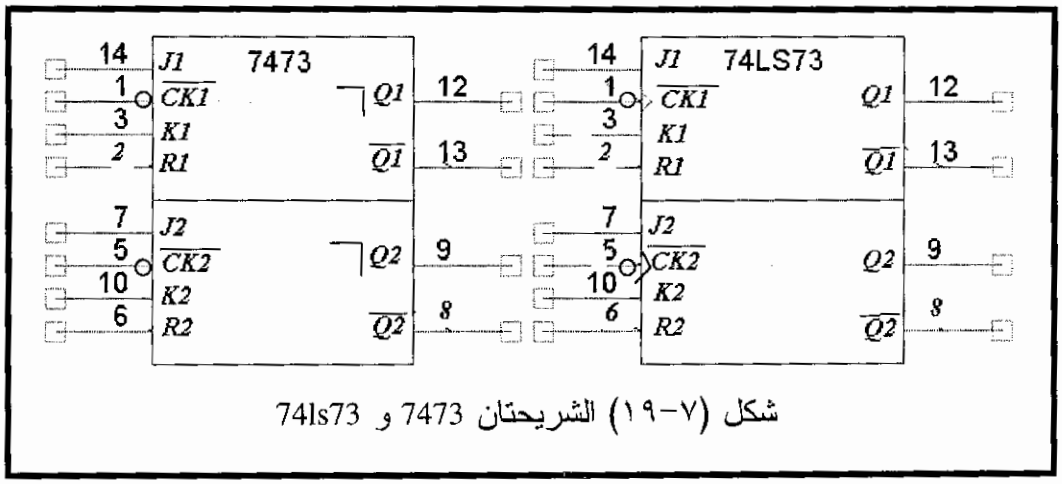
جدول ٧-٣ جدول الحقيقة للقلاب JKمن النوع السيد والتابع

الجديد فى هذا القلاب أنه ليس حساس للحافة ولكن خرجه النهائى يتغير عند الحافة النازلة لنبضة التزامن . عند اعطاء نبضة تزامن على الطرف CK عند دخل المرحلة الأولى (مرحلة السيد) ومع الحافة الصاعدة لها يتغير خرج هذه المرحلة . لاحظ أن نبضة التزامن يتم عكسها قبل الدخول للمرحلة الثانية ، لذلك فإن خرج هذه المرحلة لن يتغير لأن الإشارة هناك فى هذه اللحظة تكون نازلة من الواحد للصفر . عند الحافة النازلة لنبضة التزامن ونتيجة العاكس تصعد الإشارة من صفر إلى واحد عند الدخل CK للمرحلة الثانية ، ولذلك فإن خرج المرحلة الثانية سيتغير تبعا للإشارة الموجودة على خرج المرحلة الأولى . بمعنى آخر فإن الخرج Q يتغير عند الحافة النازلة لنبضة التزامن وليس عند الحافة الصاعدة كما كان مفروضا فى حالة القلاب العادى . شكل (٧-١٨) يبين الرمز المستخدم لهذا النوع من القلابات . الجديد فى هذا الرمز هو وجود النبضة النازلة عند خرجى القلاب للدلالة على أن التغيير يتم بناء على الحافة النازلة للنبضة .

٧-١٥ الشريحة 7473 قلابان JK من نوع السيد والتابع

هذه الشريحة تحتوى قلابان JK من نوع السيد والتابع حيث مع الحافة الصاعدة لنبضات الساعة يتغير خرج مرحلة السيد ، وعند الحافة النازلة يتغير مرحلة التابع . لابد أن تكون الإشارة على الطرفين J و K ثابتة فى أثناء استمرار الإشارة CK=1 وإلا فإنه من الممكن أن يحدث عدم استقرار لخرج الدائرة . هذه الشريحة لها طرف واحد للتصفير الغير تزامنى للخرج $\overline{CLR}$ وهذا الطرف منخفض الفعالية . الشريحة 74ls73 هى نفسها الشريحة 7473

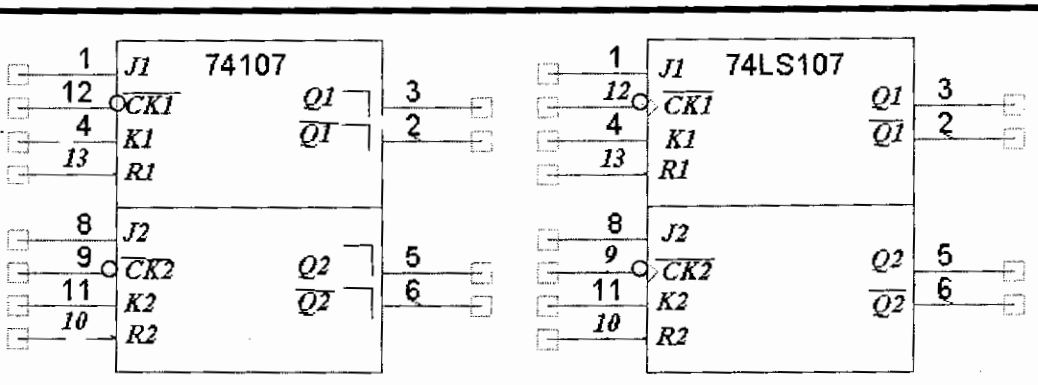
سوى أنها ليست من نوع السيد والتابع ولكنها حساسة للحافة النازلة لنبضات الساعة . القدرة Vcc لهذه الشريحة على الطرف ٤ وأما الأرضى GND فعلى الطرف ١١ . شكل (٧-١٩) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة .



شكل (٧-١٩) الشريحتان 7473 و 74ls73

٧-١٦ الشريحة 74107 قلابان JK من نوع السيد والتابع

هذه الشريحة تحتوى قلابان JK من نوع السيد والتابع حيث مع الحافة الصاعدة لنبضات الساعة يتغير خرج مرحلة السيد ، وعند الحافة النازلة يتغير مرحلة التابع . لابد أن تكون الإشارة على الطرفين J و K ثابتة فى أثناء استمرار الإشارة CK=1 وإلا فإنه من الممكن أن يحدث عدم استقرار لخرج الدائرة . هذه الشريحة لها طرف واحد للتصفير الغير تزامنى للخرج $\overline{CLR}$ وهذا الطرف منخفض الفعالية . الشريحة 74ls107 هى نفسها الشريحة 74107 سوى أنها ليست من نوع السيد والتابع ولكنها حساسة للحافة النازلة لنبضات الساعة . القدرة Vcc لهذه الشريحة على الطرف ١٤ وأما الأرضى GND فعلى الطرف ٧ . شكل (٧-٢٠) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة .

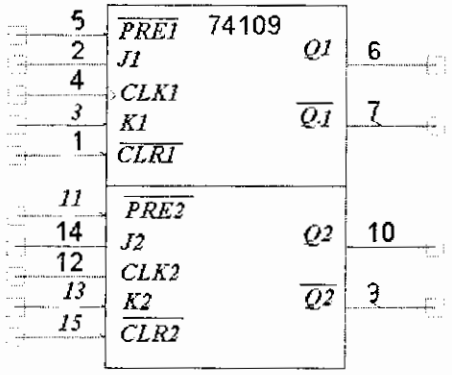


شكل (٧-٢٠) الشريحتان 74107 و 74ls107

٧-١٧ الشريحة 74109 قلابان JK حساس للحافة الصاعدة

هذه الشريحة تحتوى على قلابين JK كل منهما حساس للحافة الصاعدة لنبضات التزامن . كما تحتوى دخلا للتصفير الغير متزامن $\overline{CLR}$ وآخر لجعل الخرج واحد $\overline{PRE}$ بغير تزامن

أيضا مع الساعة . شكل (٧-٢١) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة . طرف القدرة Vcc هو الطرف ١٦ وأما الأرضى GND فهو الطرف ٨ .



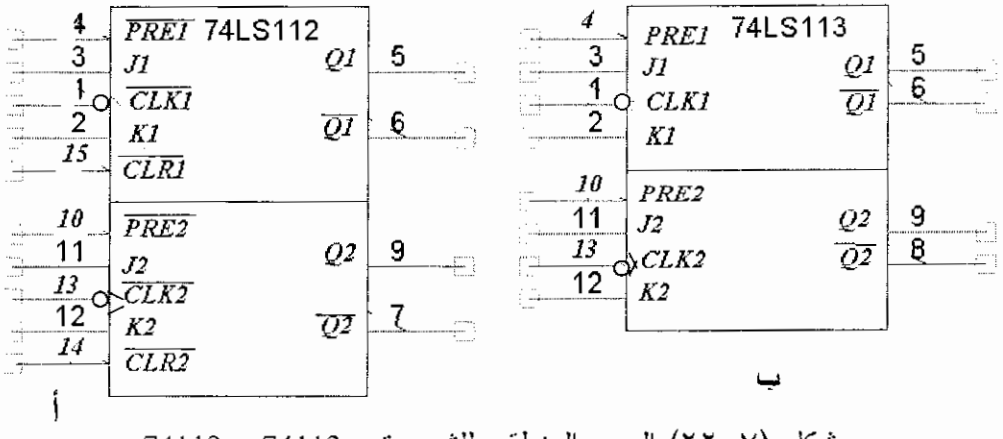
شكل (٧-٢١) الرسم المنطقى للشريحة 74109

٧-١٨ الشريحة 74112 قلابان JK حساس للحافة النازلة

هذه الشريحة تحتوى على قلابين JK كل منهما حساس للحافة النازلة لنبضات التزامن . كما تحتوى دخلا للتصفير الغير متزامن $\overline{CLR}$ وآخر لجعل الخرج واحد $\overline{PRE}$ بغير تزامن أيضا مع الساعة . شكل (٧-٢٢أ) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة . طرف القدرة Vcc هو الطرف ١٦ وأما الأرضى GND فهو الطرف ٨ .

٧-١٩ الشريحة 74113 قلابان JK حساس للحافة النازلة

هذه الشريحة تحتوى على قلابين JK كل منهما حساس للحافة النازلة لنبضات التزامن . كما تحتوى دخلا لجعل الخرج واحد $\overline{PRE}$ بغير تزامن مع الساعة . شكل (٧-٢٢ب) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة . طرف القدرة Vcc هو الطرف ١٤ وأما طرف الأرضى GND فهو الطرف ٧ .

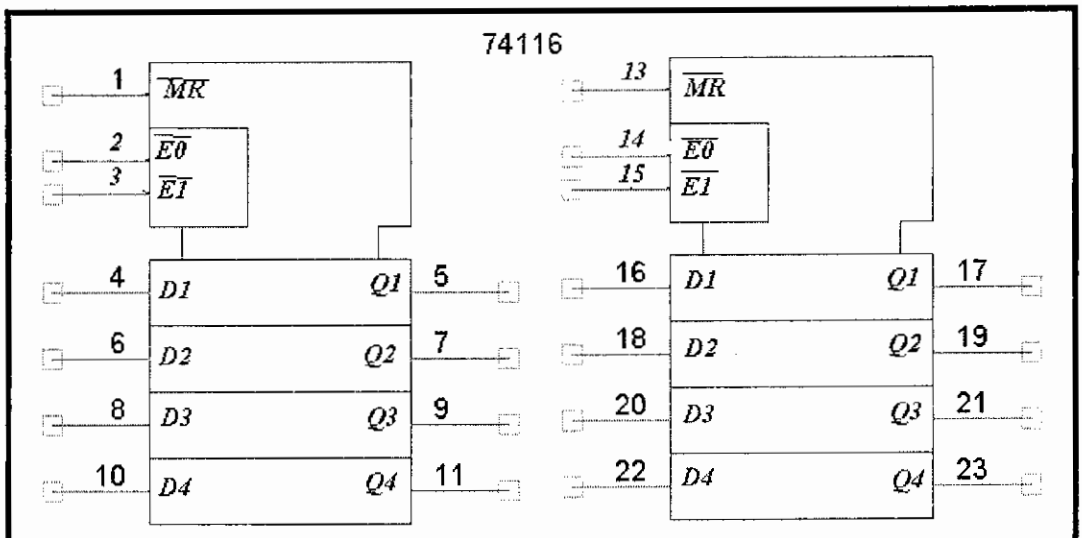


شكل (٧-٢٢) الرسم المنطقى للشريحتين 74112 و 74113

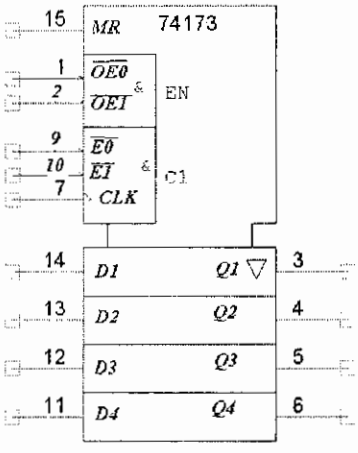
٧-٢٠ الشريحة 74116 ماسكان ذو ٤ بت لكل منهما

تحتوى هذه الشريحة على ماسكان كل منهما ٤ بت ، وكل منهما لا يعتمد على الآخر على الإطلاق . كل ماسك له طرفا تنشيط $\overline{E0}$ و $\overline{E1}$ ، وكل منهما منخفض الفعالية . أى أنه عندما يكون كل من طرفا التنشيط يساوى صفر فإن الإشارة الموجودة على المداخل D تنتقل إلى الخرج المقابل Q . أى أن الخرج Q يتبع الدخل D طالما أن طرفى التنشيط كل منهما يساوى صفر ، لذلك يطلق على هذه الشريحة بأنها شفافة transparent . كل ماسك له طرف

تصفير منخفض الفعالية $\overline{MR}$ يجعل كل مخارج الماسك أصفارا . شكل (٧-٢٣) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة . طرف القدرة Vcc لهذه الشريحة هو الطرف ٢٤ وطرف الأرضى GND هو الطرف ١٢ . الشريحة لها ٢٤ طرف .



شكل (٧-٢٣) الرسم المنطقى للشريحة 74116



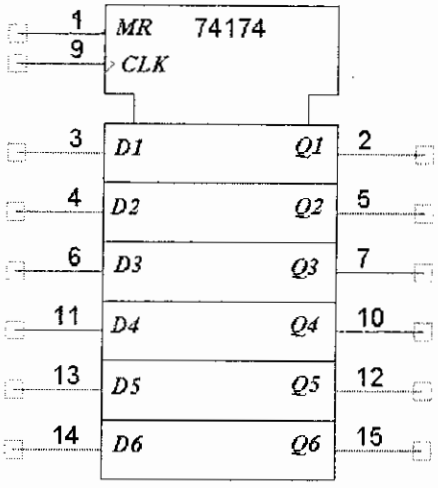
شكل (٧-٢٤) الرسم المنطقى للشريحة 74173

٧-٢١ الشريحة 74173 أربع قلابات من النوع D خرجها من خلال بوابات ثلاثية المنطق

تتكون هذه الشريحة من ٤ قلابات من النوع D ينتقل دخلها إلى خرجها مع الحافة الصاعدة لنبضة التزامن CLK ، بشرط أن يكون طرفى التنشيط $\overline{E0}$ و $\overline{E1}$ كل منهما يساوى صفر حيث أنهما منخفضى الفعالية . عندما يكون أى واحد من هذين الخطين يساوى واحد فإنه يلغى تأثير نبضات التزامن ، وبذلك يمنع أى تغيير فى الخرج . الخرج Q لكل قلاب ينتقل إلى طرف الشريحة من خلال بوابة ثلاثية المنطق . كل البوابات ثلاثية المنطق الأربعة لها خط تحكم واحد وهذا الخط ينشط من خلال بوابة NOR داخل الشريحة لها دخلين هما الطرفان $\overline{OE0}$ و $\overline{OE1}$ وكل منهما منخفض الفعالية ، أى أنه لكى يظهر الخرج على أطراف الشريحة لابد أن يكون كل من $\overline{OE0}$ و $\overline{OE1}$ يساوى صفر . عندما يكون أى واحد من هذين الطرفين يساوى واحد تصبح كل المخارج فى حالة المقاومة العالية . الشريحة لها طرف تصفير غير توافقى عالى الفعالية وهو الطرف MR الذى يجعل كل الخروج تساوى صفر إذا كان هذا الطرف يساوى واحد . شكل (٧-٢٤) يبين الرسم المنطقى للشريحة . الشريحة لها ١٦ طرف ، الطرف ١٦ هو طرف القدرة Vcc بينما الطرف ٨ هو طرف الأرضى GND . لاحظ رمز المثلث على الخرج ليدل على أن المخارج ثلاثية المنطق .

٧-٢٢ الشريحة 74174 ستة قلابات من النوع D

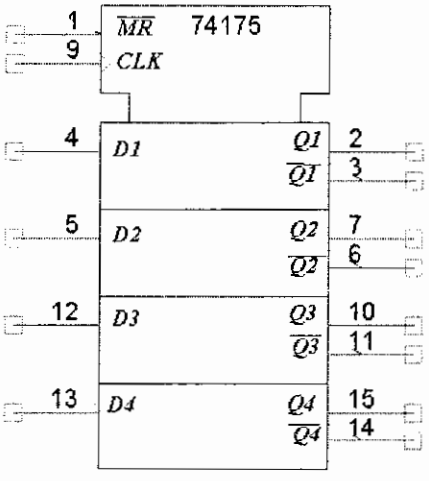
تحتوى هذه الشريحة على ستة ماسكات من النوع D لها نفس طرف نبضات التزامن حيث ينتقل دخل كل منها إلى الخرج Q مع الحافة الصاعدة لنبضة التزامن . الشريحة لها طرف تصفير منخفض الفعالية $\overline{MR}$ يجعل كل المخارج أصفارا عندما يكون هذا الطرف يساوى صفر . الشريحة لها ١٦ طرف ، الطرف ١٦ يمثل القدرة Vcc والطرف ٨ يمثل الأرضى GND . شكل (٧-٢٥) يبين الرسم المنطقى للشريحة .



شكل (٧-٢٥) الرسم المنطقى
للشريحة 74174

٧-٢٣ الشريحة 74175 أربع قلابات من النوع D

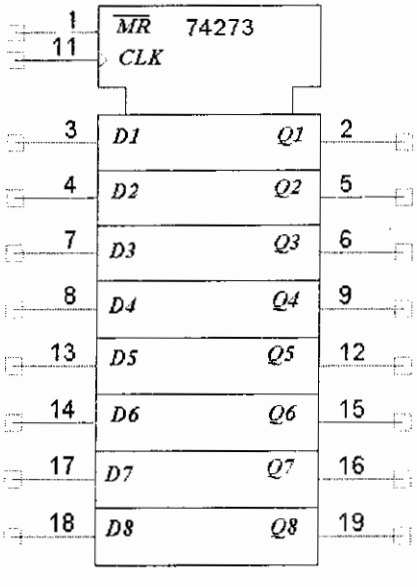
تحتوى هذه الشريحة على أربع ماسكات من النوع D لها طرف تزامن واحد حساس للحافة الصاعدة عند انتقال الإشارة عليه من صفر إلى واحد يتم تسجيل الدخل على الخرج . كل ماسك له المخرجين Q و $\overline{Q}$. الشريحة لها طرف تصفير عام $\overline{MR}$ منخفض الفعالية يجعل جميع المخارج أصفار عندما يكون صفر . الشريحة لها ١٦ طرف ، الطرف ١٦ يمثل القدرة Vcc والطرف ٨ يمثل الأرضى GND . شكل (٧-٢٦) يبين الرسم المنطقى للشريحة .



شكل (٧-٢٦) الرسم المنطقى
للشريحة 74175

٧-٢٤ الشريحة 74273 ثمان قلابات من النوع D

تحتوى هذه الشريحة على ثمان قلابات من النوع D تنتقل الإشارة الموجودة عليها إلى الخرج المقابل لكل منها مع الحافة الصاعدة لطرف التزامن CLK . الشريحة لها طرف تصفير $\overline{MR}$ منخفض الفعالية يجعل كل المخارج أصفار عندما يكون صفرا . الشريحة لها ٢٠ طرف ، الطرف رقم ٢٠ هو طرف

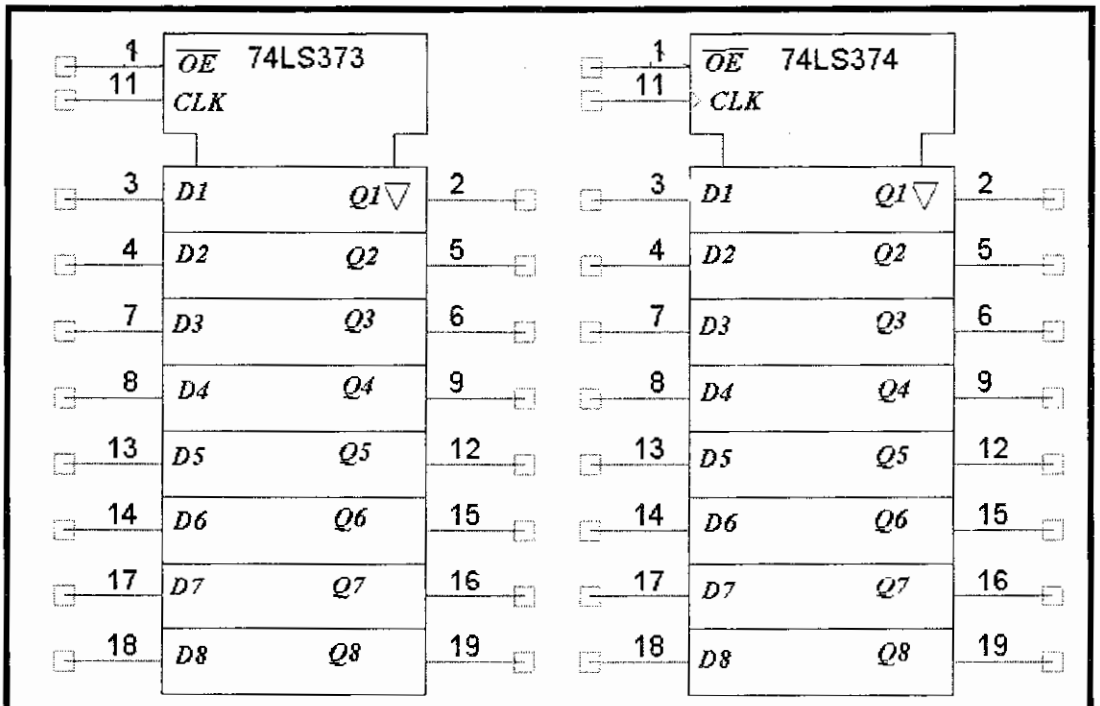


شكل (٧-٢٧) الرسم المنطقى
للشريحة 74273

القدرة Vcc ، والطرف ١٠ هو طرف الأرضى GND . شكل (٧-٢٧) يبين الرسم المنطقى لهذه الشريحة .

٧-٢٥ الشريحة 74373 و 74374 ثمان قلابات من النوع D خرجها من خلال بوابات ثلاثية المنطق

تحتوى هذه الشرائح على ثمان قلابات من النوع D التى ينتقل دخلها إلى خرجها مع الحافة الصاعدة لنبضات التزامن CLK فى حالة الشريحة 74374 . نبضات التزامن CLK فى حالة الشريحة 74373 ليست حساسة لأى من الحافتين ولكنها حساسة لمستوى النبضة ، أى أن الخرج يساوى الدخل طالما أن هذا الطرف يساوى واحد ، لذلك يقال أن هذه الشريحة شفافة transparent . خرج هذه القلابات يتصل بأطراف الشريحة من خلال ثمان بوابات ثلاثية المنطق طرف التنشيط لها هو الطرف $\overline{OE}$ المنخفض الفعالية فى كل من الشريحتين . عندما يكون هذا الطرف صفر ينتقل خرج القلابات إلى أطراف الشريحة وعندما يكون واحد تكون جميع المخارج فى حالة المقاومة العالية . شكل (٧-٢٨) يبين الرسم المنطقى للشريحتين . كل من الشريحتين لها ٢٠ طرف ، الطرف ٢٠ هو القدرة Vcc والطرف ١٠ هو الأرضى GND.



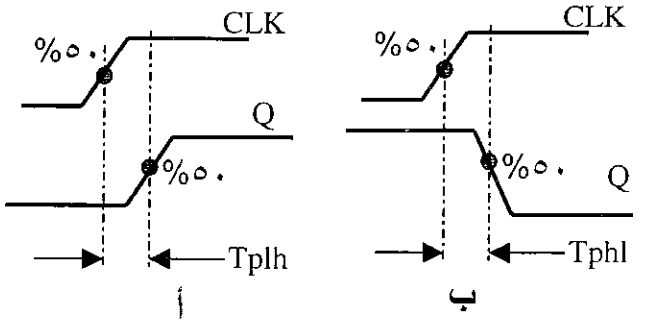
شكل (٧-٢٨) الرسم المنطقى للشريحتين 74373 و 74374

٧-٢٦ بعض الخواص المهمة للقلابات

٧-٢٦-١ زمن الانتشار أو زمن العبور Propagation delay time

زمن الانتشار هو الفترة الزمنية بين وضع الدخل للقلاب وتغير خرجه إلى قيمة ثابتة بناء على هذا الدخل . هناك أكثر من صورة لهذا الزمن على حسب شكل نبضة التزامن وكيفية تغير الخرج بناء عليها . شكل (٧-٢٩) يبين هذه الصور ، وهى كالتالى :

١- الزمن Tplh وهو الفترة الزمنية من منتصف الحافة المؤثرة لنبضة التزامن (الصاعدة أو النازلة) إلى أن يصعد الخرج من صفر إلى ٥٠ % من قيمة الجهد المنطقى واحد أو القيمة العظمى . أنظر شكل (٧-٢٩ أ) .



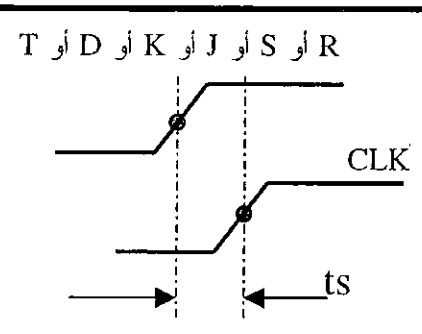
شكل (٢٩) زمن الانتشار أو زمن العبور فى القلابات

٢- الزمن Tphl وهو الفترة الزمنية من منتصف الحافة المؤثرة لنبضة التزامن (الصاعدة أو النازلة) إلى أن ينزل الخرج من واحد (أو القيمة العظمى) إلى ٥٠% من قيمة الجهد المنطقى صفر أو القيمة الصغرى . أنظر شكل (٧-٢٩ ب) .

يمكن تعريف هذا الزمن فى حالة تغير الخرج نتيجة الدخول الغير توافقية على أطراف التصفير $\overline{CLR}$ أو أطراف جعل الخرج يساوى واحد $\overline{PRE}$.

٧-٢٦-٢ زمن الاستقرار Set up time

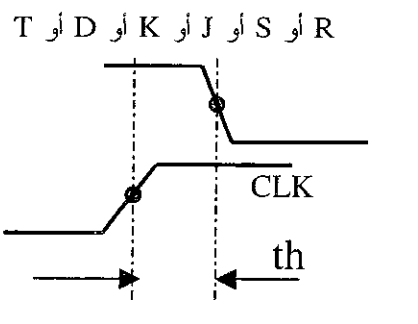
زمن الاستقرار ts هو الفترة الزمنية التى يجب أن تثبت عليها الدخول المنطقية (R أو S أو J أو K أو D أو T) قبل تطبيق الحافة المؤثرة لنبضة التزامن حتى يثبت الخرج على قيمته الجديدة . أى أن الدخول المنطقية إذا تغيرت أو لم تستقر حتى يمر هذا الزمن ، فإن قيمة الخرج لن تكون ثابتة أو محددة . شكل (٧-٣٠) يبين هذا الزمن . تذكر جيدا أن هناك فرق بين زمن الاستقرار وزمن العبور .



شكل (٧-٣٠) زمن الاستقرار ts فى القلابات

٧-٢٦-٣ زمن المسك Hold time

زمن المسك th هو الزمن الذى يجب أن يظل الدخل (R أو S أو J أو K أو D أو T) مستقرا فيه بعد تطبيق الحافة المؤثرة لنبضة التزامن ، وإلا فإن الخرج لن يستقر . شكل (٧-٣١) يبين تمثيلا لهذا الزمن .



شكل (٧-٣١) زمن الاستقرار th فى القلابات

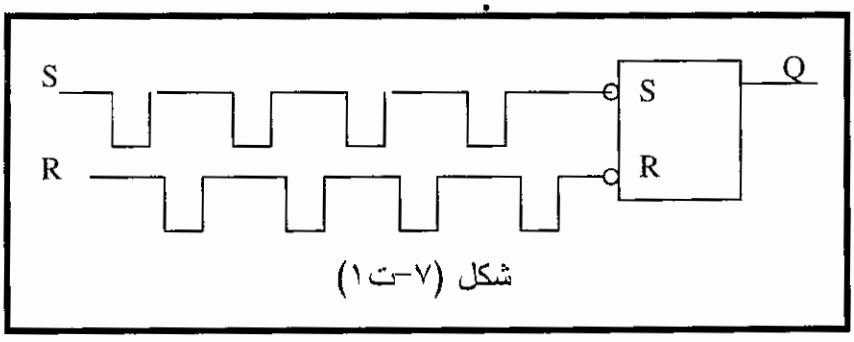
٧-٢٦-٤ أقصى قيمة لتردد الساعة Maximum clock frequency

أقصى قيمة لتردد الساعة أو تردد نبضات التزامن fmax هى أعلى تردد يمكن تطبيقه لتشغيل القلاب قبل أن يفشل القلاب فى العمل أو متابعة الدخل .

٧-٢٧ تطبيقات القلابات

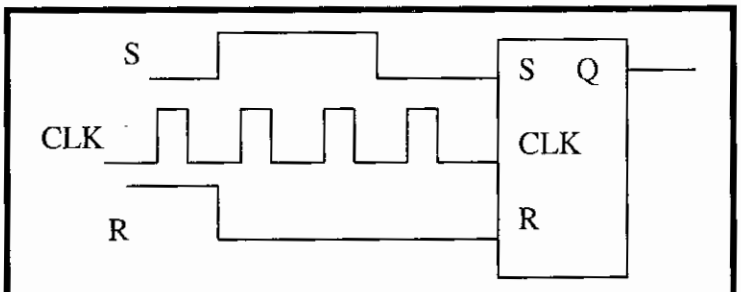
من أهم التطبيقات التى تستخدم القلابات مسجلات الإزاحة والعدادات الثنائية ، ولقد تم تخصيص فصل كامل لشرح كل منها ، ولذلك سنرجىء الكلام عن تطبيقات القلابات حتى ندرس هذين الفصلين حيث عندها سنقدر دور القلابات فى الكثير من الأجهزة والتطبيقات الرقمية .

٧-٢٨ تمارين



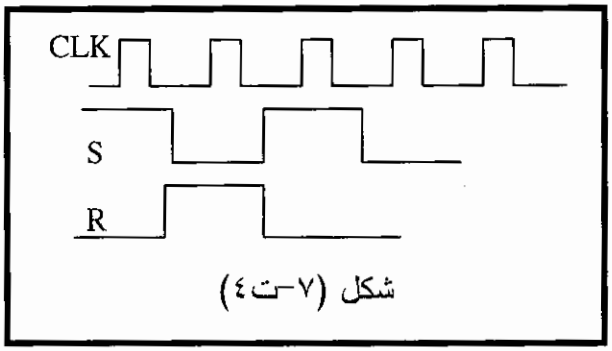
شكل (٧-ت١)

١- شكل (٧-ت١) يبين شكل الإشارة المطبقة على كل من الدخلين R و S لماسك من النوع RS المبين فى نفس الشكل . ارسم شكل الإشارة على خرج الماسك Q إذا كانت هذه الدخول كلها منخفضة الفعالية ؟



شكل (٧-ت٢)

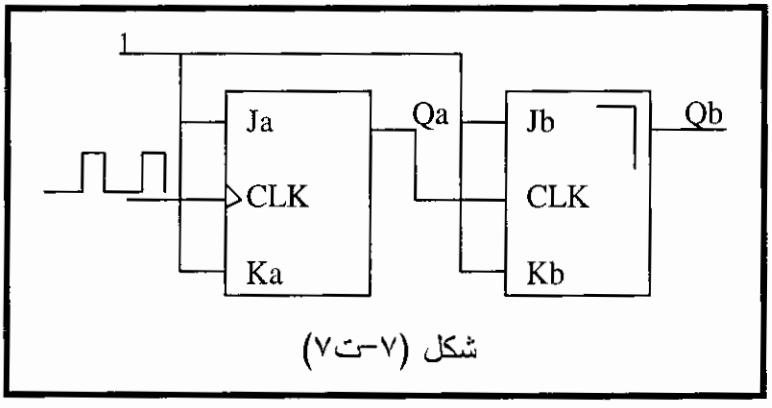
٢- ارسم شكل الإشارة على الخرج Q لماسك RS محكوم بنبضات تزامن CLK إذا كانت الإشارة الموجودة على الدخول كما هو مبين فى شكل (٧-ت٢) .



شكل (٧-ت٤)

٣- أعد السؤال ٢ إذا كان الماسك من النوع D بدلا من RS ؟

٤- قلابان من النوع RS أحدهما حساس للحافة الصاعدة والآخر حساس للحافة النازلة . تم إدخال الإشارات الموجودة فى شكل (٧-ت٤) على كل منهما على حده ، ارسم خرج كل قلاب على حدة واذكر الفرق بين كل منهما ؟



شكل (٧-ت٧)

٥- أعد السؤال الرابع لقلابان من النوع D بدلا من RS ؟

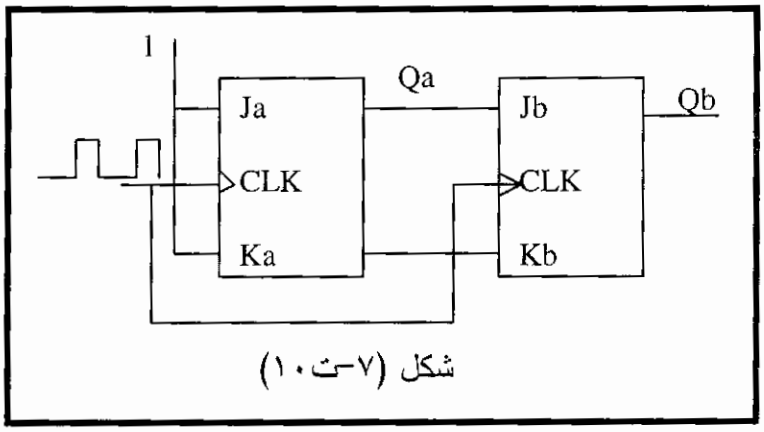
٦- أعد السؤال الرابع لقلابان من النوع JK بدلا من RS ؟

٧- ارسم شكل الخرج Qb للدائرة الموجودة فى شكل (٧-ت٧) ؟

٨- حاول الحصول على كتالوجات كل القلابات والماسكات التى جاء ذكرها فى هذا الفصل واكتب قيمة كل مما يأتى لكل قلاب أو ماسك : زمن الاستقرار ، زمن المسك ، زمن العبور أو الانتشار ، القيمة العظمى لتردد الساعة ؟

٩- أحد القلابات ينص الكتالوج الخاص بها على أن أقل زمن تكون فيه نبضة الساعة منخفضة هو ٣٠ نانوثانية وأقل زمن تكون فيه النبضة مرتفعة هو ٣٧ نانوثانية ، ما هو أقصى تردد لنبضات الساعة يمكن أن يعمل عنده هذا القلاب ؟

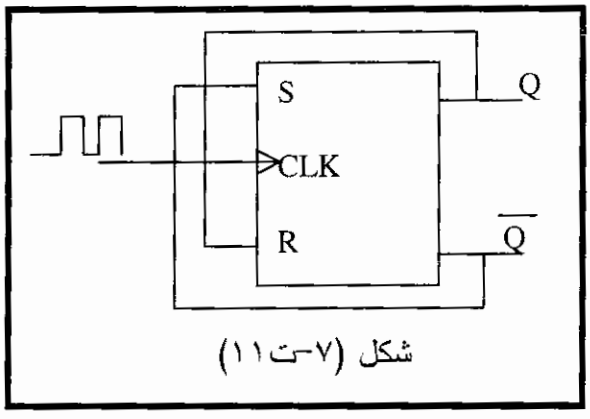
١٠- للدائرة الموجودة فى شكل (٧-ت١٠) ما هو أعظم تردد يمكن أن تعمل عنده هذه الدائرة إذا كان زمن العبور لكل قلاب هو ٢٠ نانوثانية ، وزمن الاستقرار ٢٥ نانوثانية وزمن المسك ٢٥ نانوثانية أيضا ؟



شكل (٧-ت١٠)

١١- ارسم خرج القلاب RS الموجود فى شكل (٧-ت١١) ؟

١٢- للدائرة الموجودة فى شكل (٧-١٠) ارسم شكل الخرج لكل من القلابين لمدة ١٠ نبضات تزامن ؟ ارسم ذلك بالتوافق مع نبضات التزامن .



شكل (٧-ت١١)