

الفصل الحادى عشر

۱۱

دوائر التوقيت

Timing Circuits

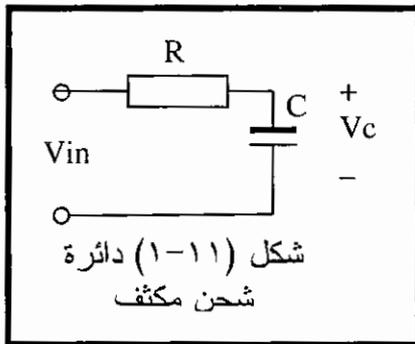
obeykandi.com

١-١١ مقدمة

إن التقدم السريع الذي حدث في مجال الإلكترونيات وبالذات في مجال الدوائر التكاملية جعل تصميم دوائر التوقيت مسألة سهلة وبسيطة . لقد أصبح من الممكن أن تشتري بقروش قليلة دائرة توقيت timer كاملة على شريحة تكاملية صغيرة وهذه الشريحة قادرة على اعطاء توقيتات تتراوح في الصغر الى بعض المايكروثانية وتصل في الكبر الى عدد من السنين . في هذه الأيام قد كثرت التطبيقات التي تحتاج لمثل هذه الدوائر ، ومن هذه التطبيقات ما يلي :

- الغسالات الأوتوماتيكية
- المجففات
- أفران الميكروويف
- السرائر المائية
- الألعاب
- مساحات السيارات
- أجراس الانزار المختلفة
- أجهزة ري التربة
- أجهزة التصوير الفوتوغرافي
- وهذه التطبيقات هي قليل من كثير .

نحن هنا سندرس بالتفصيل بعض الشرائح التكاملية التي تستخدم في مثل هذه الأغراض . قبل أن ندخل في تفاصيل هذه الشرائح سنقدم بعض الخلفيات الضرورية المطلوب معرفتها قبل الدخول في شرح هذه الشرائح . بعض هذه المعلومات سبق شرحها في فصول سابقة وهذه سنمر عليها سريعا على سبيل التذكرة .



١١-٢ معادلة الجهد على مكثف في دائرة مقاومة ومكثف

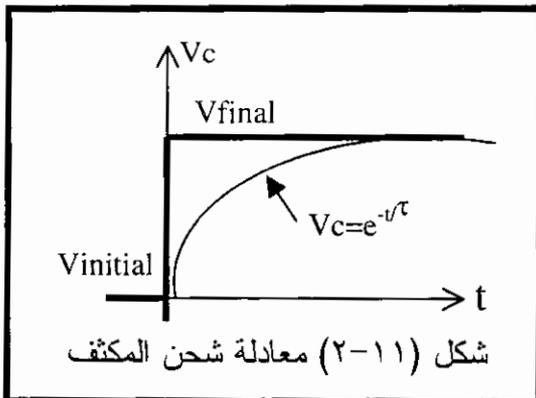
إذا كان لدينا دائرة مكونة من مقاومة ومكثف C و R كما هو مبين في شكل (١-١١) وتغير جهد الدخل من قيمة ابتدائية $V_{initial}$ الى قيمة نهائية هي V_{final} فإن معادله الجهد على المكثف في هذه الحالة تعطي بالعلاقة التالية:

$$V_c = V_{initial} + (V_{final} - V_{initial}) (1 - e^{-t/\tau}) \quad (١-١١)$$

حيث τ هي الثابت الزمني للدائرة ويعطى بالعلاقة التالية :

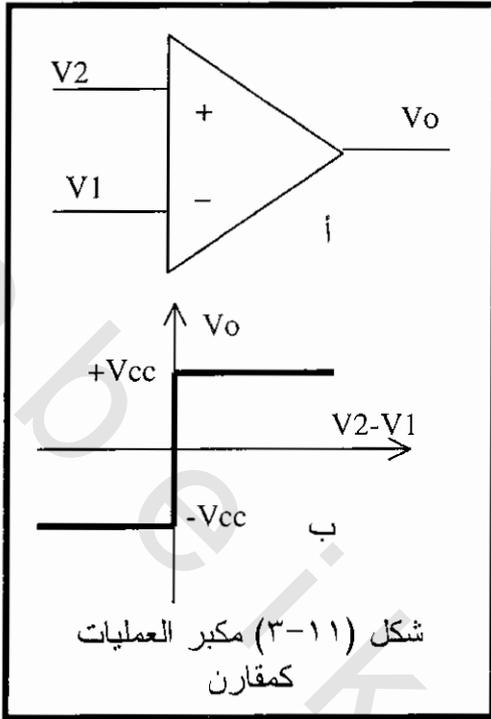
$$\tau = RC \quad (٢-١١)$$

لاحظ بأنه بوضع $t=0$ في المعادلة ١-١١ فإن جهد المكثف يكون $V_c = V_{initial}$ وهي القيمة الابتدائية ، وبوضع $t=\infty$ فإن جهد المكثف يكون $V_c = V_{final}$ وهي القيمة النهائية وهذا منطقي لأن التيار في النهاية يكون صفرا بعد استقرار الجهد على المكثف . شكل (٢-١١)



يبين شكل معادلة تغير جهد الشحن للمكثف مع الزمن حيث نلاحظ أن هذا التغير هو تغير أسي . وعلى ذلك فإنه لايجاد معادلة جهد الشحن على مكثف عند أي لحظة أثناء الشحن ، فإن

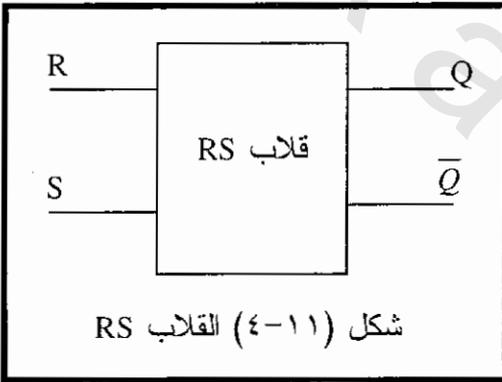
كل ما علينا هو معرفة القيمة الابتدائية والقيمة النهائية لجهد الدخل والتعويض في المعادلة (١-١١) .



٣-١١ المقارن Comparator

دائرة المقارن التي نقصدها هنا هي المقارن الانسيابي الذي يقارن إشارتين كل منهما من النوع التناسبي . أبسط هذه المقارنات التي سنستخدمها هنا هي مكبر العمليات كما في شكل (٣-١١) و (ب) . مكبر العمليات المفتوح ، أي الذي لا يوجد به أي تغذية عكسية ، يمثل مقارن . عندما يكون الجهد الموصل على الدخل الموجب V_2 أكبر من الجهد الموصل على الدخل السالب V_1 فإن خرج المكبر يكون هو جهد الانحياز الموجب V_{cc} كما في شكل (٣-١١) (ب) . أما إذا كان $V_1 > V_2$ فإن جهد الخرج يساوي جهد الانحياز السالب $-V_{cc}$ كما في نفس الشكل . يمكن تصميم هذه المقارنات بحيث تتوافق مع الدوائر المنطقية بحيث إذا كان

$V_2 > V_1$ فإن الخرج يكون ٥ فولت (الواحد المنطقي) ، وإذا كان $V_1 > V_2$ فإن الخرج يساوي صفر ، وهذا هو المكبر المستخدم في دوائر التوقيت عادة . أحد مكبرات العمليات الرخيصة التي يمكن استخدامها كمقارن هي الشريحة $uA741$ و $uA311$.



٤-١١ القلاب Flip Flop

القلاب الذي يهمننا هنا هو من النوع R-S وكما

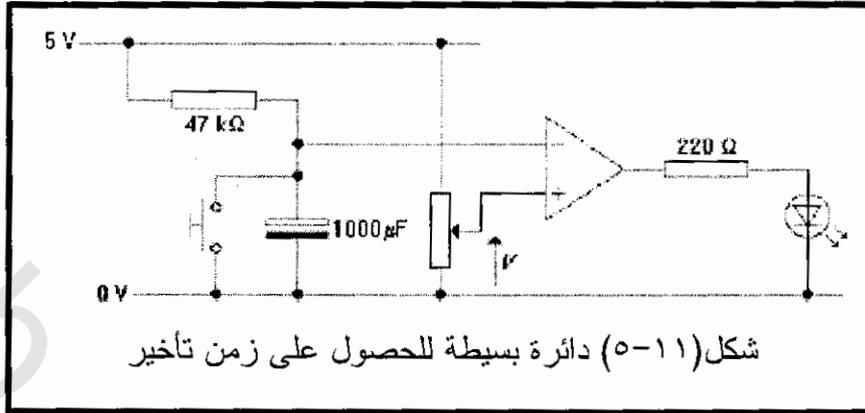
نعلم فإن مثل هذا القلاب له جدول حقيقة truth table كما هو موضح في شكل (٤-١١) . من هذا الشكل نلاحظ أنه لتغيير خرج القلاب من صفر إلى واحد فإن S لابد أن تكون واحد و R لابد أن تكون صفر ، ولكي نغير الخرج من واحد إلى صفر فإن S لابد أن تكون صفر و R لابد وأن تكون واحد . راجع هذا النوع من القلابات في الفصل السابع . إذا كان الخرج $Q=0$ ونريده أن يبقى كذلك فإنه يمكن عمل ذلك بطريقتين ، إما أن نجعل $S=0$ و $R=0$ وهذا معناه لا تغيير في الحالة أو نجعل $S=0$ و $R=1$. كل من الحالتين يمكن كتابتهما كما في الجدول ١-١١ السطر الأول في صورة $S=0$ و $R=d$

الدخل المطلوب		لتغيير الخرج من إلى	
Qn	Qn+1	R	S
0	0	d	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	d

جدول ١-١١ جدول الحقيقة للقلاب RS

حيث d معناها do not care (غير مهم أن تكون صفر أو واحد) كذلك إذا كان $Q=1$ ونريده أن يبقى كذلك ، فيمكن الحصول على ذلك بجعل $S=0$ و $R=0$ وهذا معناه لا تغيير أو أن نجعل $S=1$ و $R=0$ وكل من الحالتين يمكن كتابتهما كما في السطر الأخير في الجدول ١-١١ على الصورة $S=d$ و $R=0$.

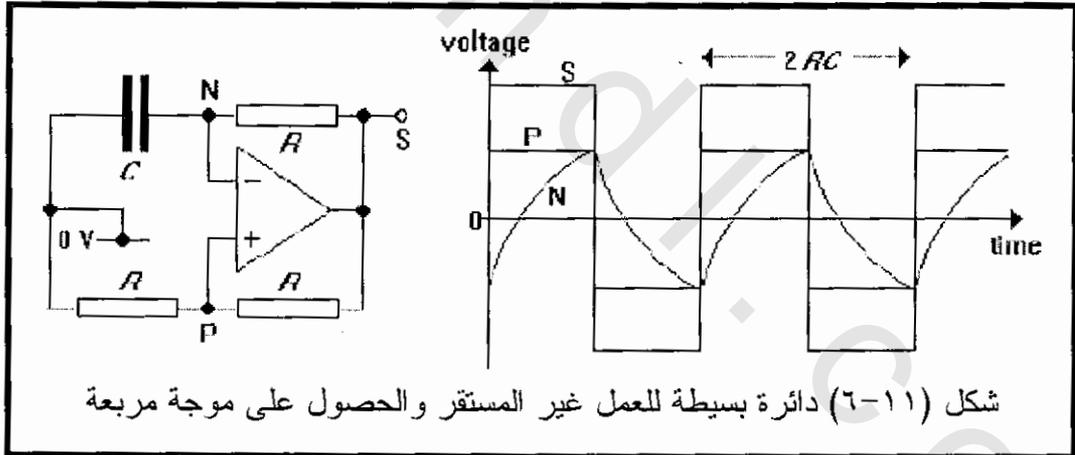
يمكن الحصول على دائرة توقيت بسيطة ورخيصة باستخدام مقاومتين ومكثف كما في شكل (٥-١١) . هذه الدائرة مع بساطتها إلا أنها ستعكس لنا أساسيات الحصول على دائرة توقيت ذات امكانيات عالية . في هذه الدائرة عندما يكون المفتاح مفتوح فإن المكثف يشحن لجهد



شكل (٥-١١) دائرة بسيطة للحصول على زمن تأخير

يجعل الطرف السالب للمقارن أعلى من الطرف الموجب ويكون خرج المقارن صفر والمبين الموجود في الخرج يكون مطفاً . عند قفل المفتاح فإن

المكثف يفرغ شحنته فوراً ، وعند ترك المفتاح يفتح مرة ثانية يبدأ المكثف في الشحن . لاحظ أنه عند نزول جهد المكثف للصفر يصبح جهد الطرف الموجب للمقارن أعلى من جهد الطرف السالب ويصبح الخرج ٥ فولت ويضئ لمبة البيان . تظل لمبة البيان مضيئة طوال مدة شحن المكثف إلى أن يصل الجهد عليه لقيمة تجعل جهد الطرف السالب أعلى من الموجب حيث عندها يرجع خرج المقارن للصفر مرة أخرى وتطفئ لمبة البيان وتستقر الدائرة على هذا الوضع . مدة عدم الاستقرار بالطبع تتوقف على قيمة المكثف وقيمة المقاومة $R=47K\Omega$ وقيمة الجهد V المثبت على الطرف الموجب للمقارن . يمكنك بناء هذه الدائرة وتجربتها عند قيم مختلفة للمقاومات والمكثف وقياس زمن التأخير في كل حالة باستخدام ساعة إيقاف . سنرى بعد قليل كيفية حساب زمن الاستقرار عند دراسة شرائح التوقيت .



شكل (٦-١١) دائرة بسيطة للعمل غير المستقر والحصول على موجة مربعة

طريقة التشغيل السابقة تسمى الطريقة أحادية الاستقرار حيث أن الخرج كما رأينا يكون مستقراً عند الصفر وعند الإثارة يرتفع إلى الواحد لفترة زمنية معينة يمكن التحكم فيها ثم يعود مرة أخرى للصفر وهو الوضع المستقر ويظل كذلك إلى أن تتم إثارته مرة أخرى . هناك الطريقة عديمة الاستقرار التي لا يستقر فيها الخرج على وضع معين حيث يكون الخرج مرتفع لفترة زمنية يمكن التحكم فيها ثم ينخفض لفترة زمنية أخرى يمكن التحكم فيها أيضاً ، ثم يرتفع مرة أخرى ، ثم ينخفض ، وهكذا يظل الخرج متأرجحاً بين الارتفاع والانخفاض دون أن يستقر على وضع معين . أي أن الخرج يكون عبارة عن موجة مربعة . شكل (١١-٦) يبين دائرة مقارن بسيطة تعمل بالطريقة عديمة الاستقرار . لكي نفهم طريقة عمل هذه الدائرة سنبدأها بافتراض أن الخرج عند النقطة S مرتفع ويساوي جهد القدرة V_{cc} . جهد

النقطة P سيكون نصف هذه الكمية نتيجة المقاومتين الموصلتين بين الخرج والأرضى . في هذه الأثناء يشحن المكثف ويرتفع الجهد عليه محاولا الوصول القيمة V_{cc} . عندما يصل جهد المكثف وبالتالي جهد النقطة N أعلى قليلا من جهد النقطة P فإن خرج المكثف يتغير من V_{cc} إلى $-V_{cc}$ ويصبح جهد النقطة P سالبا ويبدأ المكثف في التفريغ . يظل المكثف يفرغ وتقل الشحنة عليه ويقل جهد النقطة N إلى أن يصل إلى جهد النقطة P أو أقل قليلا حيث عندها ينقلب خرج المقارن ويعود إلى الموجب مرة ثانية وهكذا يظل الخرج يتأرجح بين الموجب والسالب والمكثف بين الشحن والتفريغ في حالة من عدم الاستقرار إلى مالا نهاية . شكل (١١-٦) يوضح أيضا المخطط الزمني لهذه الدائرة عند كل نقاط الدائرة فحاول متابعته . معادلة أزمنة الشحن والتفريغ سندرسها بالتفصيل مع شرائح التوقيت .

١١-٥ التركيب الداخلى وطريقة التشغيل للشريحة NE555

الشريحة NE555 تعتبر أحد شرائح دوائر التوقيت الشائعة الاستخدام نتيجة رخص ثمنها وملائمتها للكثير من التطبيقات وأيضا بساطة التعامل معها . هذه الشريحة قادرة على العمل بطريقتين ، الطريقة الأولى هي طريقة التشغيل أحادية الثبات Monostable والطريقة الثانية هي الطريقة عديمة الثبات Astable ، ونحن هنا سنعرض الطريقتين بالتفصيل . شكل (١١-٧) يبين الرسم الطرفي لهذه الشريحة . الطرف Q هو خرج الشريحة ، الطرف TR هو طرف الإطلاق Trigger ، الطرف CV هو طرف جهد التحكم Control Voltage ، الطرف DIS هو طرف التفريغ Discharge ، الطرف THR هو طرف جهد التشبع Threshold ، والطرف R هو طرف إعادة الوضع Reset ، وكل هذه الأطراف سنعرف استخداماتها

وظائفها في الأجزاء القادمة .
طرف القدرة هو الطرف ٨ والأرضى على الطرف ١ .

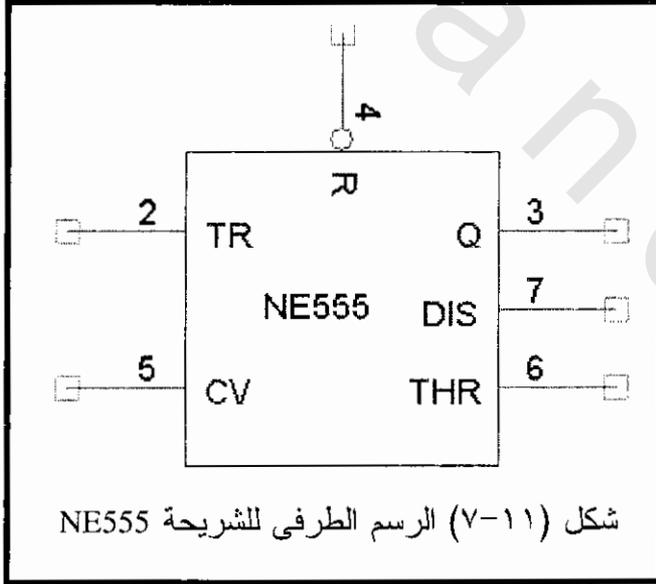
١١-٦ طريقة التشغيل أحادية الثبات

Monostable Operation

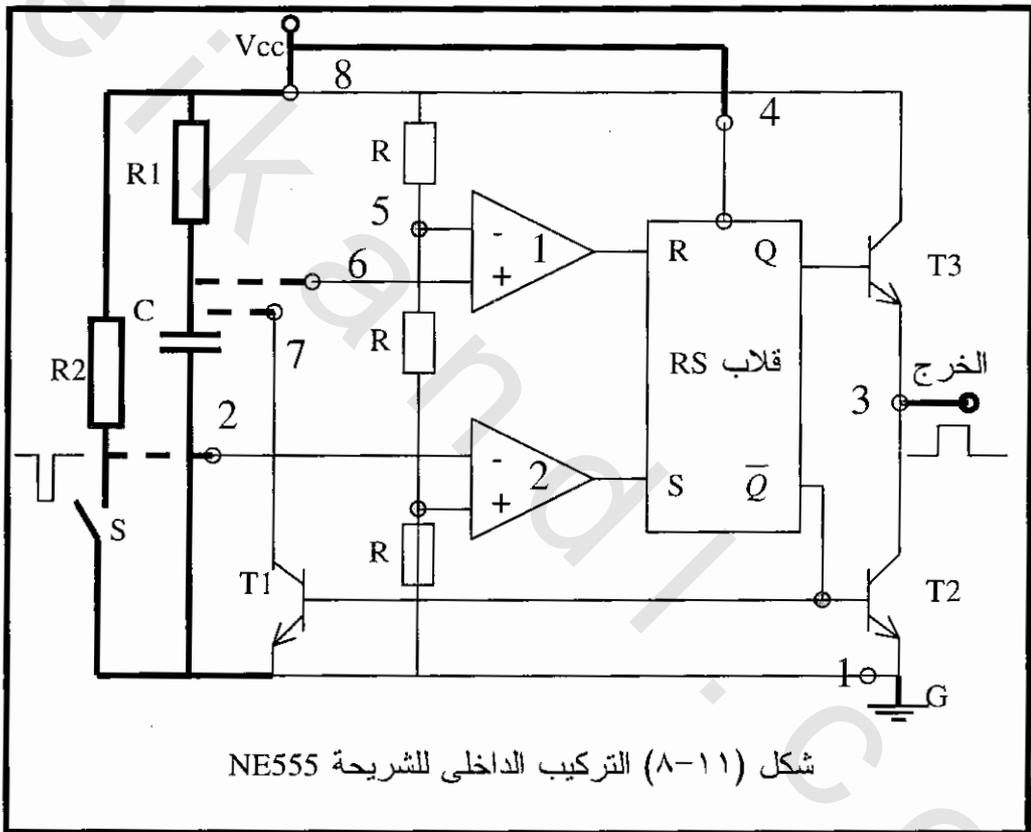
في الطريقة أحادية الاستقرار يكون الخرج Q مستقرا تماما على القيمة صفر . عند إعطاء نبضة إطلاق Trigger على الطرف ٢ يرتفع الخرج إلى القيمة V_{cc} لفترة زمنية معينة يتحدد مقدارها بقيمة كل من

المقاومة R والمكثف C اللذان يوصلان من خارج الشريحة كما سنرى .

شكل (١١-٨) يوضح التركيب الداخلى للشريحة NE555 مع توصيل المقاومة R والمكثف C من خارج الشريحة لتشغيلها بالطريقة أحادية الثبات . كل التوصيلات الغامقة تعتبر توصيلات من خارج الشريحة . الأرقام من ١ إلى ٨ هي أرقام أطراف الشريحة حيث أن الشريحة لها ٨ أطراف فقط كما رأينا في شكل (١١-٧) . هناك إصدار لهذه الشريحة يتكون من ١٤ طرف . يوجد بداخل الشريحة ثلاث مقاومات متساوية تماما في المقدار وقيمة كل منها R ومتصلة بجهد المصدر V_{cc} من ناحية وبالأرضى من الناحية الأخرى ، وعلى ذلك فإن كل واحدة من هذه المقاومات ستحمل ثلث هذا الجهد . معنى ذلك أن المقارن ١ كما في شكل (١١-٨)



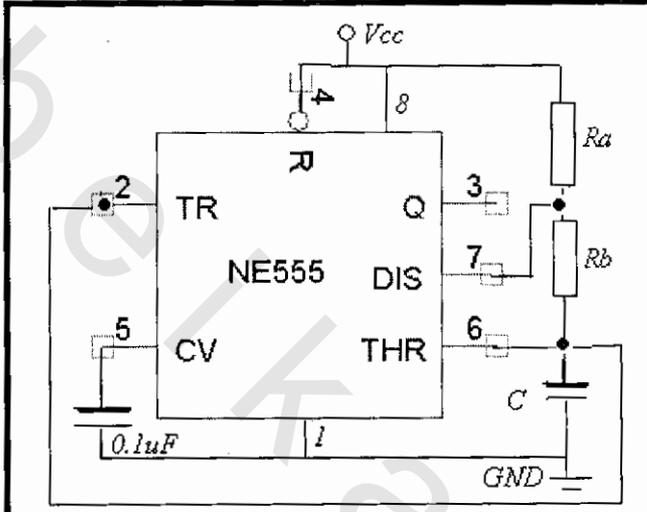
يتصل دخله السالب بجهد مقداره ثلثا $(\frac{2}{3})$ جهد المصدر V_{cc} ، والمقارن ٢ يتصل دخله الموجب بجهد مقداره ثلث $(\frac{1}{3})$ جهد المصدر V_{cc} . أيضا فإن دخل المقارن ١ الموجب يتصل بجهد المكثف C ، أما دخل المقارن ٢ السالب فيتصل بدخل الشريحة وهو الطرف ٢ الذى سنعطى من عليه نبضة الإطلاق trigger . كما نرى فى شكل (٨-١١) فإن الطرف ٢ يتصل دائما بجهد المصدر V_{cc} من خلال المقاومة R_2 (هذه المقاومة ليس لها دخل بتحديد قيمة زمن التأخير) وعلى ذلك فإن جهده سيكون دائما V_{cc} إلا عند ضغط المفتاح S لإعطاء نبضة الإطلاق حيث عندها سيكون جهد هذا الطرف يساوى صفر . أى أنه لكي نبدأ فترة عدم استقرار جديدة ينتقل فيها الخرج من صفر إلى واحد لمدة معينة علينا إعطاء نبضة إطلاق ينتقل فيها الطرف ٢ من الواحد إلى صفر ثم إلى واحد مرة أخرى . واحد نعى بها جهد المصدر V_{cc} والصفر هو الأرضى ، وهذه الشريحة من الممكن أن يصل جهد المصدر لها إلى ١٨ فولت ، وأقل جهد لها هو ٥ فولت .



خرج المقارن ١ يتصل بالدخل R للقلاب ، وخرج المقارن ٢ يتصل بالدخل S لهذا القلاب . لاحظ أن خرج أي واحد من المقارنين إما أن يكون واحد إذا كان جهده دخله الموجب أكبر من جهده دخله السالب أو أن يكون صفر إذا كان جهده دخله السالب أكبر من جهده دخله الموجب . وعلى ذلك فإن الإشارات الداخلة لكل من S و R ستكون إما واحد أو صفر على حسب خرج هذه المقارنات . خرج القلاب Q يتصل بقاعدة الترانزستور T_3 ومن علي باعثة $Emitter$ هذا الترانزستور نأخذ خرج الشريحة . أما الخرج الآخر للقلاب \bar{Q} فيتصل بقاعدة كل من الترانزستور T_2 و T_1 في نفس الوقت . يجب أن نتذكر دائما في هذا المجال أن الترانزستورات T_1 و T_2 و T_3 كلها تعمل كمفاتيح ، أي أنها إما أن تكون موصلة تماما كما

وضع للقلاب ويصبح الخرج $Q=0$ و $\bar{Q}=1$ وبالتالي يصبح الترانزستور T3 مفصولا مرة أخرى ويعود خرج الشريحة إلى الصفر . أما T2 و T1 فيصبح كل منهما موصلا مرة أخرى أيضا ، وبالتالي سيوصل المكثف C على الأرضي ليفرغ شحنته وينتهي من دورة عدم الاستقرار التي حدثت له نتيجة الإثارة التي حدثت على الطرف ٢ للشريحة . كما رأينا فإن هذه الفترة هي عبارة عن فترة شحن المكثف من صفر محاولا الوصول إلى الجهد V_{cc} ولكن عندما يصل جهده إلى $\frac{2}{3}V_{cc}$ سيتوقف ويفرغ شحنته . بالطبع فإن هذا الزمن سيتوقف على

قيمة كل من C و R ويمكن حساب هذا الزمن من المعادلات التالية :



$$V_c = V_{cc}(1 - e^{-t/RC}) \quad (3-11)$$

عندما يكون $t=T$ حيث T هي نهاية زمن الشحن كما في شكل (٩-١١) ، فإن جهد المكثف V_c يساوي $\frac{2}{3}V_{cc}$. بالتعويض بذلك في المعادلة (٣-١١) نحصل على ما يلي :

$$\frac{2}{3}V_{cc} = V_{cc}(1 - e^{-T/RC}) \quad (4-11)$$

ومنها يمكن حساب الزمن T كما يلي :

$$T = RC \ln(3) \quad (5-11)$$

وهذه يمكن كتابتها كما يلي :

$$T = 1.1RC \quad (6-11)$$

في المعادلات السابقة عندما تكون R بالأوم و C بالفاراد فإن T تكون بالثانية . شكل (٩-١١) يبين مرة أخرى طريقة توصيل الشريحة لتعمل بالطريقة أحادية الاستقرار ، كما يبين المخطط الزمني على الأطراف المختلفة . القيم العملية

للمقاومة R ما بين ١٠٠ أوم وواحد ميجا أوم ، وأما قيم المكثف C فتتراوح بين ١٠٠ بيكوفاراد إلى ١٠٠٠ ميكروفاراد وعلى ذلك فإن زمن التأخير الذي يمكن الحصول عليه من مثل هذه الدائرة يتراوح ما بين ١٠ نانوثانية و ١٠٠٠ ثانية أي ما يساوي حوالي ساعتين ونصف تقريبا .

١١-٧ طريقة التشغيل عديمة الاستقرار Astable Operation

في هذه الطريقة يتم توصيل الطرف ٢ بالطرف ٦ للشريحة وبالتالي يصبح الدخل السالب للمقارن ٢ يرى جهد المكثف هو الآخر . هناك أيضا مقاومة جديدة Rb بين الطرفين ٦ و ٧ للشريحة وهذه سيقوم المكثف بالتفريغ من خلالها . شكل (١٠-١١) يوضح ذلك . معنى عديم الاستقرار أن الخرج يصعد للقيمة واحد لفترة زمنية معينة سنرى أنها تتحدد بقيمة مجموع المقاومتين Ra و Rb والمكثف C ، ثم بعد ذلك ينزل مرة ثانية للصفر لفترة تتحدد بقيمة المقاومة Rb فقط والمكثف C ويستمر في ذلك بين الصعود للواحد والنزول للصفر إلى

مالانهاية ، أى أننا سنحصل فى الخرج على موجة مربعة وليس نبضة وحيدة كما سبق .
 سنبدأ مع جهد المكثف عند أى لحظة ولنكن أثناء شحنه . فى هذه الأثناء يشحن المكثف من
 خلال المقاومتين Ra و Rb ويظل الجهد عليه فى الارتفاع محاولا الوصول إلى Vcc ، ولكن
 عندما يصل جهده إلى القيمة $\frac{2}{3}V_{cc}$ أو أعلى قليلا يصبح خرج المقارن رقم 1 يساوى واحد
 وبذلك يحدث إعادة وضع للقلاب ويصبح خرجه وبالتالي خرج الشريحة يساوى صفر . فى
 هذه الأثناء تصبح $\bar{Q}=1$ وبالتالي يصبح كل من T1 و T2 موصلا وبالتالي يبدأ المكثف C فى
 التفريغ فى من خلال المقاومة Rb نتيجة اتصال الطرف ٧ بالأرضى نتيجة توصيل
 الترانستور T1 . يظل المكثف فى التفريغ ويظل الجهد عليه فى النقصان إلى أن يصل جهده
 إلى القيمة $\frac{1}{3}V_{cc}$ أو أقل قليلا حيث عندها يصبح جهد الطرف السالب للمقارن ٢ أقل من
 جهده الموجب وبالتالي تصبح S=1 وعندها ينقلب الحال ويصبح Q=1 وبالتالي خرج الشريحة
 ينقلب هو الآخر إلى واحد مرة أخرى ويبدأ المكثف فى الشحن مرة أخرى من خلال
 المقاومتين Ra و Rb كما سبق ويستمر فى ذلك إلى أن يصل جهده إلى $\frac{2}{3}V_{cc}$ حيث عندها
 ينقلب الخرج مرة أخرى ، وهكذا تتكرر العملية إلى مالانهاية . الآن سنحاول حساب زمن
 الشحن T1 وزمن التفريغ T2 .

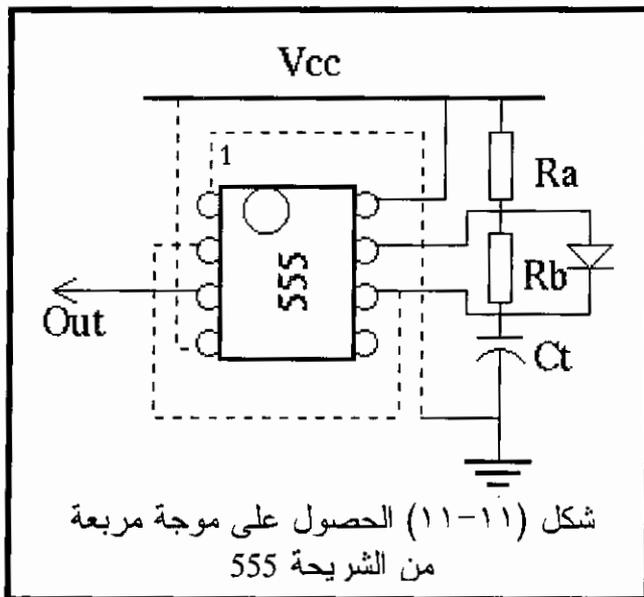
فى أثناء الزمن T1 يشحن المكثف مبتدءا من القيمة الابتدائية $\frac{1}{3}V_{cc}$ محاولا الوصول إلى
 القيمة النهائية Vcc ولكن عندما يصل إلى $\frac{2}{3}V_{cc}$ يبدأ فى التفريغ . على ذلك يمكن كتابة
 معادلة شحن المكثف كما يلى :

$$V_c = \frac{1}{3}V_{cc} + (V_{cc} - \frac{1}{3}V_{cc})(1 - e^{-t/(Ra+Rb)C}) \quad (٧-١١)$$

عندما $t=T1$ يكون $V_c = \frac{2}{3}V_{cc}$ وبالتعويض عن ذلك فى المعادلة السابقة مع بعض
 الاختصارات نحصل على الزمن T1 كما يلى :

$$T1 = (Ra+Rb)C \ln 2$$

$$T1 = 0.693(Ra+Rb)C \quad (٨-١١)$$



فى أثناء الزمن T2 يفرغ المكثف
 شحنته من خلال المقاومة Rb ابتداء
 من القيمة $\frac{2}{3}V_{cc}$ محاولا الوصول
 إلى القيمة النهائية صفر ، وعلى
 ذلك فإن معادلة التفريغ للمكثف
 يمكن كتابتها كما يلى :

$$V_c = \frac{2}{3}V_{cc} e^{-t/RbC} \quad (٩-١١)$$

عندما $t=T2$ يكون $V_c = \frac{1}{3}V_{cc}$

ومن هنا يمكن حساب T2 كما يلى :

$$T2 = RbC \ln 2$$

$$T2 = 0.693RbC \quad (١٠-١١)$$

كما رأينا فإن الخرج يكون عبارة عن موجة مربعة زمن الدورة لها يمكن حسابه من المعادلتين ١١-٨ و ١١-١٠ كما يلي :

$$T=T1+T2 \\ =0.693(Ra+2Rb)C \quad (11-11)$$

كما يمكن وضع معادلة لتردد الموجة الناتجة كما يلي :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(Ra + 2Rb)C} \quad (12-11)$$

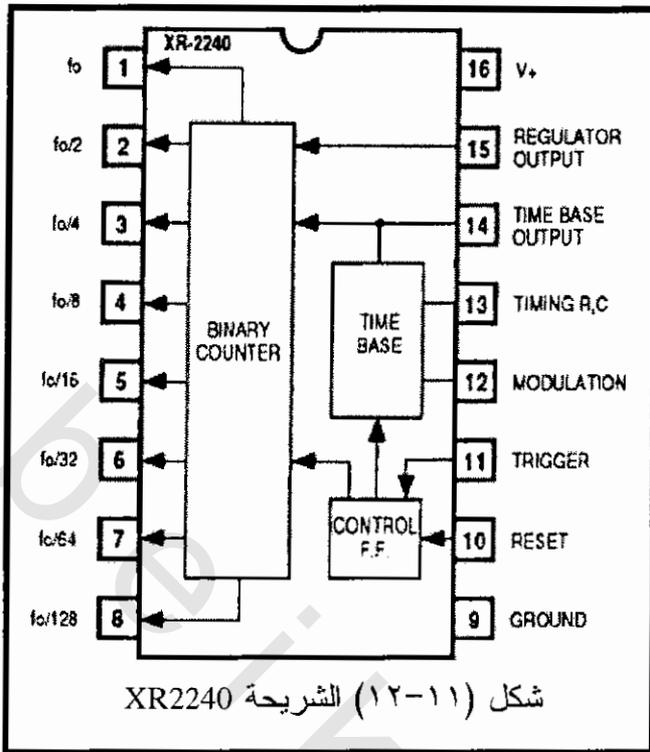
وعلى ذلك فإنه باستخدام مقاومتين ومكثف يمكن التحكم في تردد الموجة الناتجة ، كما يمكن التحكم في نسبة زمن الواحد لزمن الصفر لهذه الموجة . كما نرى من طريقتي تشغيل الشريحة NE555 فإنها يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات ، وأن التطبيقات التي ذكرناها في مقدمة هذه الفصل ما هي إلا قليل من كثير يمكن عمله بهذه الشريحة .

في التشغيل غير المستقر للشريحة 555 تتم عملية الشحن من خلال المقاومتين Ra+Rb ، بينما تتم عملية التفريغ من خلال المقاومة Rb فقط ولذلك فإنه من الصعب جدا الحصول على زمن تفريغ يساوي زمن الشحن وهذا من عيوب الاستخدام الغير مستقر لهذه الشريحة . البعض يقول نضع Ra=0 وهذا لا يمكن لأنه معنى ذلك أن توصل طرف التفريغ بجهد القدرة مباشرة فلن يتمكن المكثف من التفريغ . شكل (١١-١١) يبين دائرة مقترحة يمكن الحصول منها على موجة مربعة متساوية الزمنين (زمن التفريغ وزمن الشحن) . هنا تم وضع دايود على المقاومة Rb بحيث يكون هذا الدايود موصلا في حالة الشحن فقط فيلغى المقاومة Rb وتكون معادلة زمن الشحن هي $T1=0.693RaC$. بينما في حالة التفريغ يكون الدايود غير موصل ويتم التفريغ من خلال Rb فقط وتكون معادلة التفريغ هي $T2=0.693RbC$. وعلى ذلك لو وضعنا Ra=Rb فإننا سنحصل على زمن شحن مساوي بدرجة كبيرة جدا لزمن التفريغ .

هذا النوع من دوائر التوقيت والتي تمثلها الشريحة NE555 تسمى بمؤقتات النبضة الواحدة one shot timers أو المؤقتات الغير قابلة للبرمجة unprogrammable . بمعنى أن الشريحة لنفس قيمة المقاومة R والمكثف C تعطى زمن تأخير واحد فقط . ذلك على العكس من المؤقتات الأخرى التي يمكن برمجتها لتعطى أكثر من زمن تأخير لنفس قيمة هذه المكونات الخارجية كما سنرى . المؤقتات أحادية النبضة تعاني من بعض العيوب وأهمها هي الحدود التي يمكن أن تضعها قيم كل من المقاومة والمكثف الخارجيين على قيمة زمن التأخير الناتج . فكما رأينا أنه لكي نحصل على زمن تأخير صغير لابد أن نصغر قيم كل من المقاومة والمكثف لأقصى درجة ، وبالطبع سيكون هناك حد لذلك حيث أن المقاومة الداخلية للدخل والمكثفات الطفيلية ستضع حدا لذلك . كما أنه للحصول على أزمنة تأخير كبيرة فإنه لابد من تكبير قيم كل من المقاومة والمكثف ، وبالطبع فإنه مع تكبير هذه القيم ستلعب دقة هذه المكونات دورا كبيرا في خطأ حساب الزمن الناتج . لذلك كان التفكير في نوع آخر من المؤقتات وهي المؤقتات التي تحتوى عدادات أيضا Timer/Counter أو أحيانا يطلق عليها المؤقتات القابلة للبرمجة .

١١-٨ المؤقتات ذات العدادات Timer Counters

تستخدم هذه المؤقتات في الحصول على أزمنة تأخير كبيرة جدا تصل إلى أيام وباستخدام تتابعات منها من الممكن الحصول على أزمنة تأخير تصل إلى سنين . تتكون هذه الشرائح عادة من مذبذب ، وهذا المذبذب يكون غالبا دائرة توقيت تعمل في الطريقة عديمة الاستقرار حيث يكون خرجه موجة مربعة يتم التحكم فيها باستخدام مقاومة ومكثف خارجيين كما رأينا مع الشريحة NE555 . هناك أيضا بداخل هذه الشرائح عداد ثنائي ، يمكن ضبطه ليعد عدد



معين من النبضات الخارجة من المذبذب ، بعدها يعطى نبضة على خرجه تمثل زمن التأخير المطلوب من المؤقت . أى أن زمن التأخير فى هذه الحالة يكون عدد معين من النبضات التى يمكن التحكم فى زمن النبضة الواحدة منها كما يمكن التحكم فى عددها . بذلك يمكن الحصول على أزمنة تأخير كبيرة باستخدام قيم صغيرة للمكثف والمقاومة . أشهر شريحة ممثلة لهذا النوع من دوائر التوقيت هى الشريحة XR2240 التى سنلقى الضوء عليها فى هذا الجزء .

١١-٩ الشريحة XR2240 المؤقت بعداد Timer

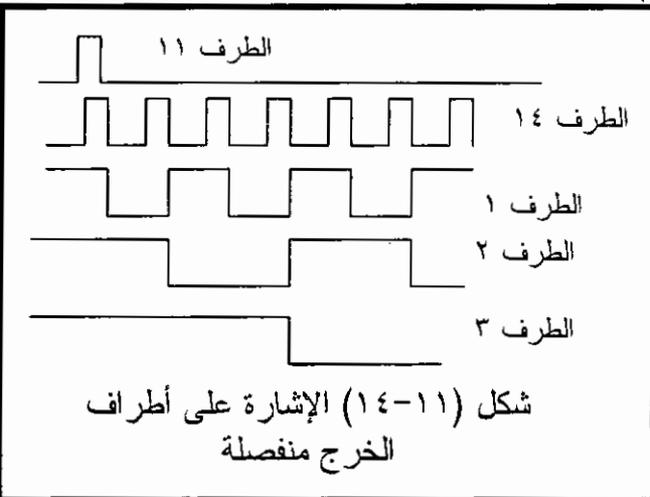
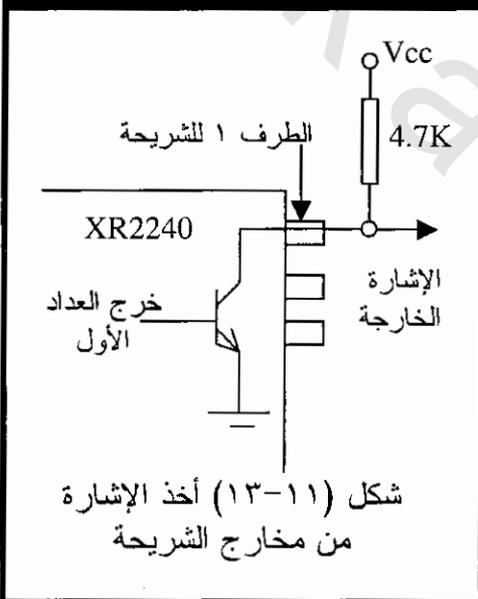
Counter

كما هو موضح فى شكل (١١-١٢) فهذه الشريحة تتكون من ثلاث أجزاء رئيسية هى كالتالى :

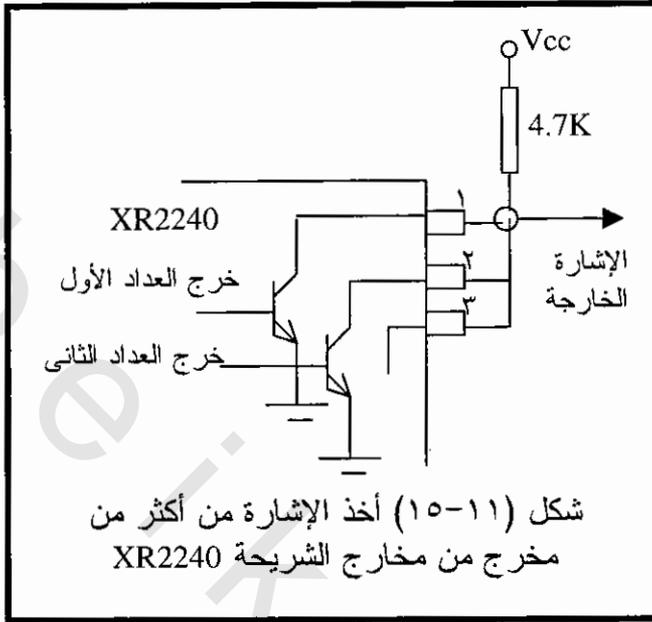
١- مذبذب وهو عبارة عن دائرة شريحة 555 تعمل فى الطريقة عديمة الاستقرار ويتم التحكم فى تردد هذه الذبذبات عن طريق مقاومة يتم توصيلها من الطرف ١٣ إلى المصدر Vcc على الطرف ١٦ ، ومكثف يتم توصيله بين الطرف ١٣ والأرضى على الطرف ٩ . خرج هذا المذبذب يكون عبارة عن موجة مربعة متماثلة . خرج هذا المذبذب يمكن قراءته مباشرة على الطرف ١٤ كما أنه يعتبر دخلاً للعداد الثنائى كما هو موضح فى الشكل (١١-١٢) . الطرف

١٢ هو الطرف السالب فى المقارن ١ فى الشريحة 555 . هذا الطرف يمكن توصيل جهد متغير عليه لنحصل على موجة مربعة معدلة التردد على frequency modulated خرج الشريحة.

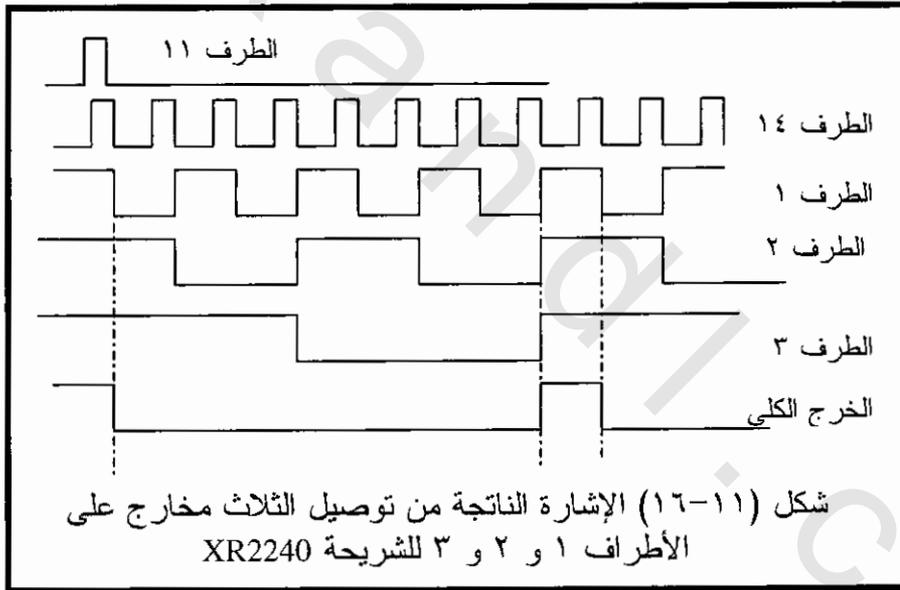
٢- الجزء الثانى فى الشريحة هو عداد ثنائى من ٨ مراحل وله ٨ خروج كما فى شكل (١١-١١)



(١٢) . هذا العداد يعد النبضات الداخلة له والقادمة من خرج المذبذب . كما نعلم من خصائص أى عداد ثنائى فإن الخرج الأول للعداد يقسم التردد الداخلى على ٢ (f_0 فى شكل (١١-١٢)) والخرج الثانى يقسم على ٤ وهكذا حتى الخرج الثامن الذى يقسم الدخل على ٢٥٦ أى $f_0/128$.

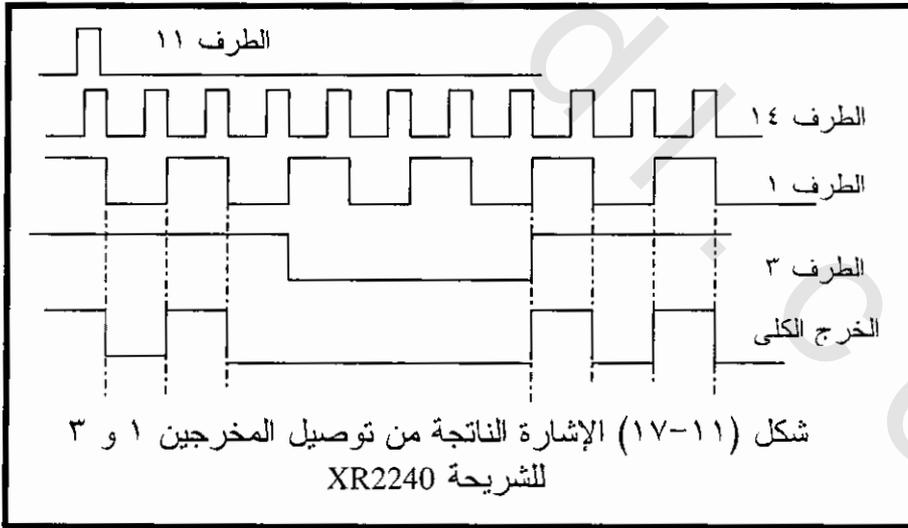


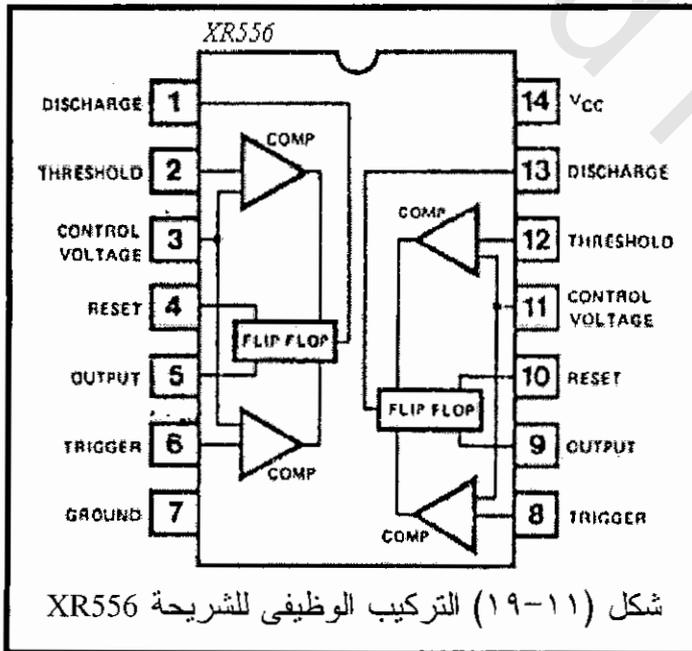
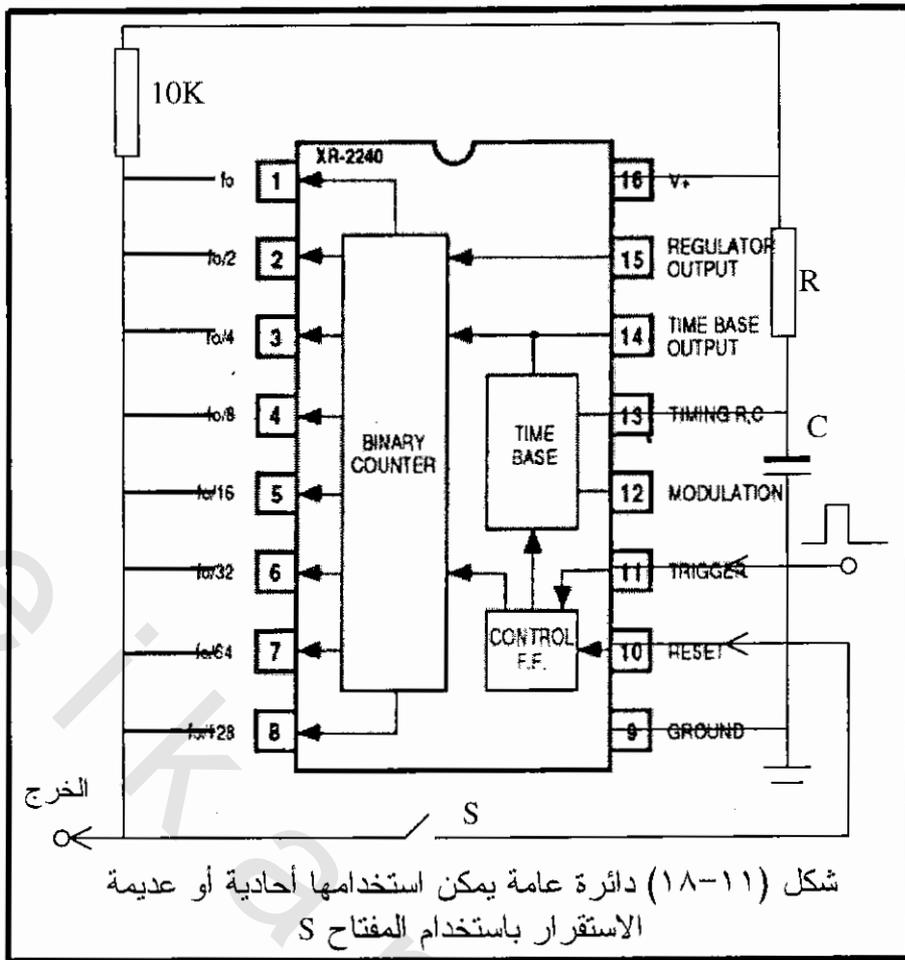
٣- الجزء الثالث هو قلاب التحكم فى الشريحة حيث من خلال هذا القلاب يمكن إعادة وضع عداد الشريحة أى تصفيره Reset عن طريق إعطاء نبضة على الطرف ١٠ . كما يمكن بدأ فترة توقيت جديدة عن طريق إعطاء نبضة على الطرف ١١ trigger . كما يمكن عن طريق هذين الطرفين التحكم فى تشغيل الشريحة ، إما بالطريقة أحادية الاستقرار ، أو الطريقة عديمة الاستقرار كما سنرى .



جميع مخرجات العداد الثمانية موصلة على أطراف الشريحة من خلال ترانزستور مفتوح المجمع open collector . معنى ذلك أنه لكى نأخذ خرج من أى طرف من هذه الأطراف لابد من توصيل هذا الطرف من خلال مقاومة ٤,٧ كيلو أوم تقريبا على الجهد V_{cc} . شكل (١١-١٣) يبين المخرج f_0 ، الطرف ١ ، وكيفية أخذ الإشارة من عليه . كما نرى من هذا الشكل فإنه عندما يكون خرج العداد واحد فإن الطرف ١ سيكون صفر ، بينما عندما يكون خرج العداد صفر فإن الطرف سيكون واحد . وعلى ذلك فإنه مع تكرار النبضات الخارجة من العداد فإننا سنحصل على نفس هذه النبضات ولكن معكوسة كما فى شكل (١١-١٤) . عند توصيل مقاومة ومكثف على الطرف ١٣ للحصول على موجة معينة وإعطاء نبضة بدأ على الطرف ١١ فإننا سنحصل على موجات مربعة ذات قواسم مختلفة من على كل طرف على حده كما فى نفس الشكل (١١-١٤) مع ملاحظة أن كل موجة على أى طرف تكون ذات تردد

نصف تردد الموجة على الطرف السابق له . معنى ذلك أنه يمكن الحصول على ٨ قيم مختلفة لأزمنة التأخير من على الثمانية مخارج كل على حده .
 يمكن الحصول على قيم أخرى لأزمنة التأخير عن طريق توصيل أكثر من خرج من مخارج الشريحة مع بعضها وتوصيلها على الجهد V_{cc} من خلال مقاومة واحدة كما في شكل (١١-١٥) . هذه التوصيلة تسمى بوابة أور الموصلة Wired OR gate . هذه البوابة سيكون خرجها الكلي صفر طالما أن أى واحد من المخارج الموصلة صفر ، وستكون واحد فقط عندما تكون كل هذه المخارج تساوى وحيد . شكل (١١-١٦) يبين المخطط الزمني على المخارج الثلاثة الأولى f_0 و $f_0/2$ و $f_0/4$ حيث نلاحظ أن الخرج الكلي أصبح صفراً لمدة ٧ نبضات من نبضات المذبذب . لاحظ أن مجموع قواسم هذه المخارج الثلاثة يساوى $٧=٤+٢+١$ ، والخرج الكلي الناتج كان صفر لمدة ٧ نبضات وواحد لمدة نبضة واحدة ثم يبدأ في التكرار كما في شكل (١١-١٦) . بالمثل لو وصلنا الأطراف ١ و ٢ و ٣ و ٤ فإننا سنحصل على موجة تكون صفر لمدة ١٥ نبضة وواحد لمدة نبضة واحدة وهكذا . عند توصيل أطراف غير متتالية مثل الطرف ١ والطرف ٥ مثلاً فإننا سنحصل في خرجها على نموزج مختلف للموجة الناتجة كما في شكل (١١-١٧) . من ذلك نرى أنه يمكن الحصول على ٢٥٦ نموزج مختلف لموجة الخرج عن طريق التوصيلات المختلفة بين أطراف الخرج .
 كما رأينا فإن كل هذه التوصيلات من النوع عديم الاستقرار الذى نحصل منه على موجة بنموزج خرج متكرر طوال الوقت إلى مالانهاية . يمكن التشغيل في الطريقة أحادية الاستقرار عن طريق أخذ أى خرج من المخارج وتوصيله على الطرف ١٠ (Reset) . عند أى حافة صاعدة على هذا الطرف يتم تصفير جميع مخارج العداد ليبدأ عملية العد من جديد . شكل (١٨) يبين توصيل هذه الشريحة لتعمل في الطريقة أحادية الاستقرار التى تعطى نبضة مقدارها واحد لمدة نبضة واحدة بعد ٢٥٥ نبضة من بدء نبضة الإطلاق على الطرف ١١ وذلك عند قفل المفتاح S .





١٠-١١ الشريحة XR

556

هذه الشريحة تحتوي على مؤقتين كل منهما متطابق تماما من حيث طريقة التشغيل مع المؤقت الموجود في الشريحة 555 . شكل (١١-١٩) يبين محتويات الشريحة 556 حيث نلاحظ وجود المؤقتين والأطراف الخاصة بكل منهم حيث نرى أن كل مؤقت لا يعتمد على المؤقت الآخر ، بمعنى أن كل منهم له الأطراف الخاصة به فقط وليس هناك أي أطراف عامة للمؤقتين سوى

طرف القدرة Vcc الذي يتراوح من ٥ إلى ١٨ فولت ، وطرف الأرضي . كل من المؤقتين يمكن تشغيله في الطريقة أحادية الاستقرار والطريقة عديمة الاستقرار عن طريق توصيل

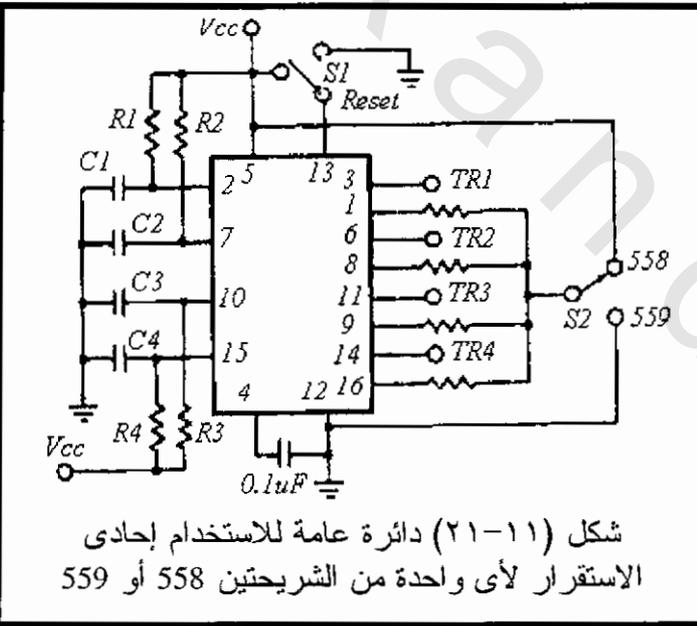
مقاومة ومكثف في الحالة أحادية الاستقرار ، ومقاومتين ومكثف في الحالة عديمة الاستقرار . كل مؤقت يمكنه أن يدفع أو يبتلع تيار مقداره ١٥٠ ميلي أمبير .

١١-١١ الشريحتان XR 558/559

تحتوي هذه الشريحة على أربعة مؤقتات لا يعتمد أي واحد فيها على الآخر سوى في طرف إعادة الوضع Reset فهو مشترك للأربعة مؤقتات كما في شكل (١١-٢٠) الذي يبين التركيب الداخلي لهذه الشريحة . يمكن تشغيل أي واحد من هذه

المؤقتات في الطريقة أحادية الاستقرار عن طريق مقاومة ومكثف توصل من الخارج كما في

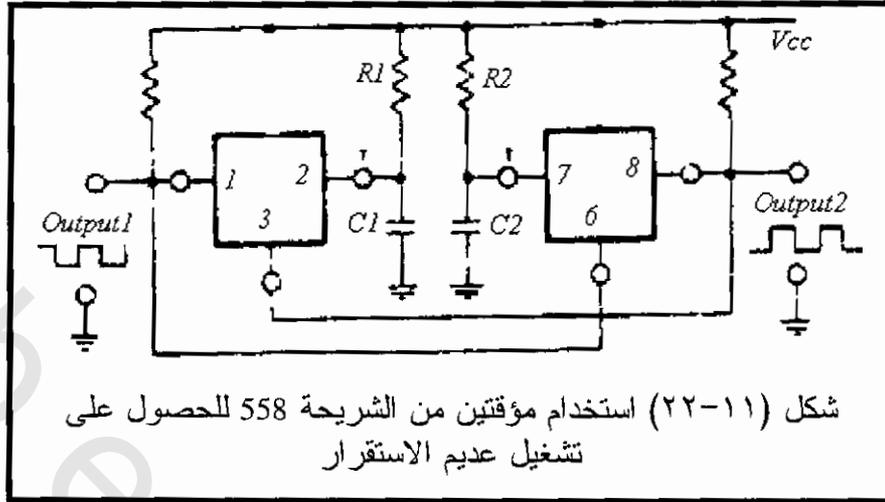
الشريحة 555 تماما . لا يمكن تشغيل أي واحد من هذه المؤقتات في الطريقة عديمة الاستقرار وحده نتيجة غياب طرف التثبيط Discharge كما في الشريحة 555 والشريحة 556 . للتشغيل بالطريقة عديمة الاستقرار يمكن استخدام مؤقتين حيث يستخدم خرج الأول كنبضة إثارة Trigger للثاني ، وخرج الثاني كنبضة إثارة لأول كما في شكل (١١-٢٢) . خرج كل المؤقتات الموجودة في الشريحة 558 مأخوذ من خلال ترانزستور بمجمع مفتوح open collector . لذلك عند التعامل مع هذه المؤقتات لابد من توصيل الخرج بجهد القدرة V_{cc} من خلال مقاومة حوالي ٤,٧ كيلو أوم . في هذه الحالة سيكون الخرج مستقرا على الصفر إلا عند الإثارة فإن الخرج يتغير إلى V_{cc} للفترة الزمنية المحددة التي تحدد بالمقاومة والمكثف . في هذه الحالة يمكن للشريحة أن تبتلع حتى ١٠٠ ميلي أمبير . الشريحة 559 هي نفسها تماما الشريحة 558 سوى أن الخرج في هذه الحالة مأخوذ من خلال باعث مفتوح open emitter وليس مجمع مفتوح كما في حالة الشريحة 558 . لذلك فإنه عند التعامل مع مؤقتات الشريحة 559 فلا بد من توصيل الخرج على الأرض من خلال مقاومة ٤,٧ كيلو أوم . الشريحة يمكنها أيضا أن تبتلع حتى ١٠٠ ميلي أمبير . في هذه الحالة أيضا سيكون الخرج صفر إلا عند إثارة الشريحة فإن الخرج يرتفع إلى V_{cc} . جهد القدرة للشريحتان يتراوح من ٥ إلى ١٨ فولت . شكل (١١-٢١) يبين دائرة عامة لتوصيل إما الشريحة 558 أو الشريحة 559 لتعمل



شكل (١١-٢١) دائرة عامة للاستخدام إحدى الاستقرار لأي واحدة من الشريحتين 558 أو 559

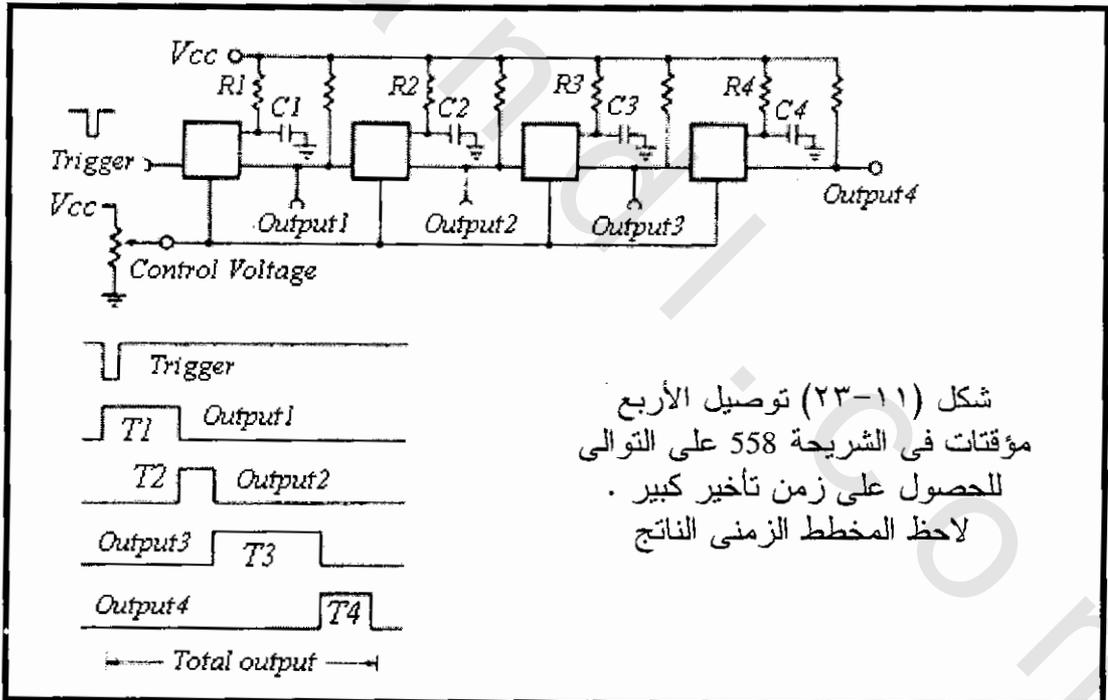
collector . لذلك عند التعامل مع هذه المؤقتات لابد من توصيل الخرج بجهد القدرة V_{cc} من خلال مقاومة حوالي ٤,٧ كيلو أوم . في هذه الحالة سيكون الخرج مستقرا على الصفر إلا عند الإثارة فإن الخرج يتغير إلى V_{cc} للفترة الزمنية المحددة التي تحدد بالمقاومة والمكثف . في هذه الحالة يمكن للشريحة أن تبتلع حتى ١٠٠ ميلي أمبير . الشريحة 559 هي نفسها تماما الشريحة 558 سوى أن الخرج في هذه الحالة مأخوذ من خلال باعث مفتوح open emitter وليس مجمع مفتوح كما في حالة الشريحة 558 . لذلك فإنه عند التعامل مع مؤقتات الشريحة 559 فلا بد من توصيل الخرج على الأرض من خلال مقاومة ٤,٧ كيلو أوم . الشريحة يمكنها أيضا أن تبتلع حتى ١٠٠ ميلي أمبير . في هذه الحالة أيضا سيكون الخرج صفر إلا عند إثارة الشريحة فإن الخرج يرتفع إلى V_{cc} . جهد القدرة للشريحتان يتراوح من ٥ إلى ١٨ فولت . شكل (١١-٢١) يبين دائرة عامة لتوصيل إما الشريحة 558 أو الشريحة 559 لتعمل

في الطريقة أحادية الاستقرار . أطراف الإثارة Trigger في كل من الشريحتين حساس للحافة
النازلة للإشارة على هذه الأطراف . لذلك يمكن توصيل أكثر من مؤقتات متتاليا مباشرة ودون



أي دوائر ربط للحصول على أزمنة تأخير كبيرة كما في شكل (١١-٢٣) الذي يبين الأربع مؤقتات وقد تم توصيلها كلها على التتابع وبأزمنة تأخير مختلفة لكل منها حيث سيكون

زمن التأخير الكلي هو مجموع هذه الأزمنة . عند وجود حافة نازلة على طرف إعادة الوضع Reset وهو الطرف ١٣ فإن خرج جميع المؤقتات يرجع إلى الصفر . الطرف ٤ وهو طرف جهد التحكم Control voltage يعتبر طرف عام للأربعة مؤقتات كلها حيث يمكن من خلاله الحصول على تعديل لنبضات الخرج Pulse width modulation حيث يتغير زمن النبضة تبعا لتغير جهد هذا الطرف . في الوضع العادي يوصل هذا الطرف على الأرضى من خلال مكثف كما في شكل (١١-٢١) .

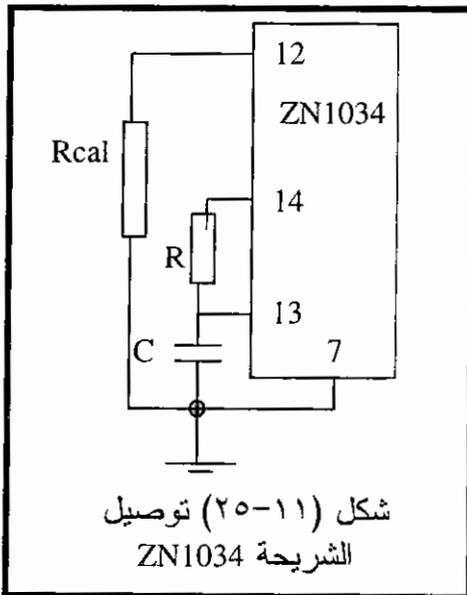
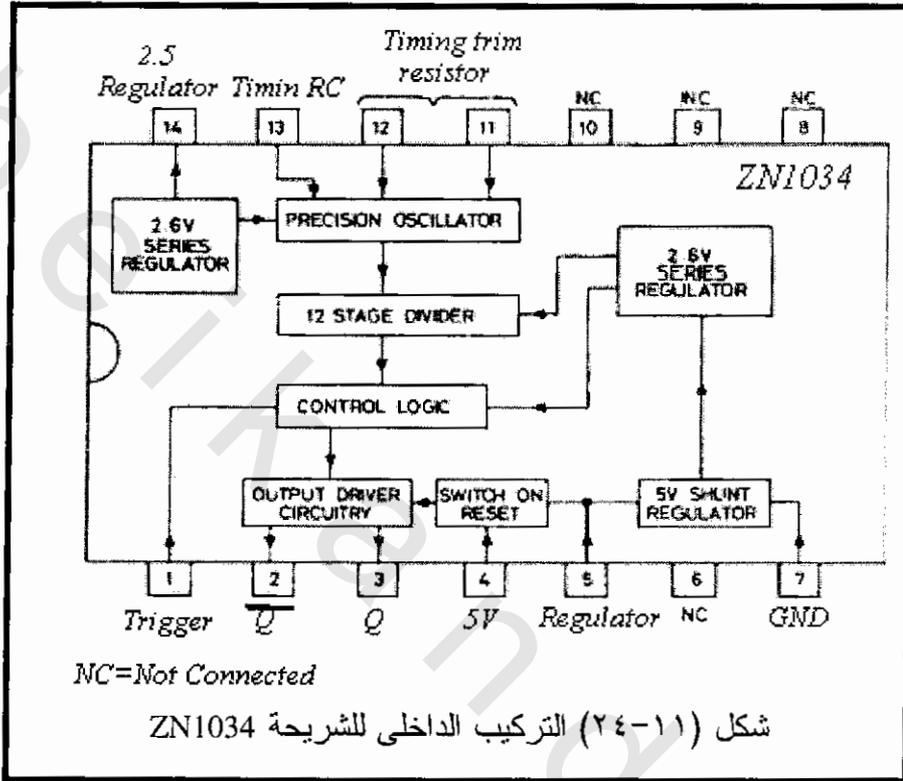


شكل (١١-٢٣) توصيل الأربع مؤقتات في الشريحة 558 على التوالي للحصول على زمن تأخير كبير . لاحظ المخطط الزمني الناتج

١١-١٢ الشريحة ZN1034

هذه الشريحة عبارة عن مؤقت بعدد بنفس فكرة الشريحة XR2240 ولكنها غير قابلة للبرمجة كما سنرى . شكل (١١-٢٤) يبين التركيب الداخلي لهذه الشريحة . إنها تتكون من مذبذب يمكن التحكم في تردده عن طريق مقاومة خارجية بين الطرف ١٤ والطرف ١٣ ومكثف بين

الطرف ١٣ والأرضى . تحتوى الشريحة أيضا على عداد ثنائى مكون من ١٢ مرحلة ، أى أنه يعد من صفر حتى ٤٠٩٥ ، أى ٤٠٩٦ نبضة وهى القيمة ^{١٢} . عند إعطاء نبضة البدء Trigger على الطرف ١ يبدأ العداد فى عد النبضات المولدة عن طريق المذبذب والموصلة داخليا كدخل له . عندما يصل العداد إلى أقصى قيمة له ، أى بعد ٤٠٩٦ نبضة فإن الشريحة يرتفع جهد خرجها Q على الطرف ٣ إلى القيمة Vcc وينخفض جهد الخرج \bar{Q} على الطرف ٢ إلى الأرضى . أى أن الطرفين ٢ و ٣ عبارة عن خرجان للشريحة كل منهما عكس الآخر . كل من الخرجين يمكنه أن يدفع أو يبتلع تيار حتى ٢٥ ميلي أمبير .



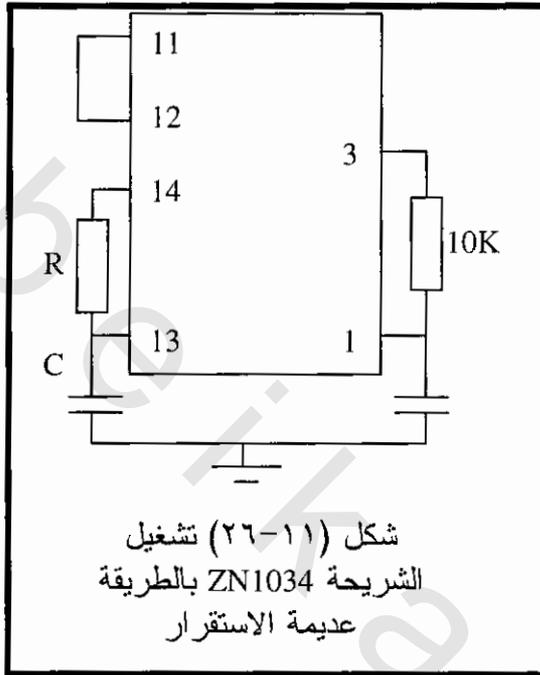
زمن التأخير الناتج يعطى بالمعادلة التالية:

$$T=K4095RC$$

حيث R مقاومة توصل بين الطرف ١٤ والطرف ١٣ ، و C مكثف يوصل بين الطرف ١٣ والأرضى . أما K فهو ثابت يستخدم للتحكم فى دقة زمن التأخير . هذا الثابت تحدد قيمته تبعا لمقاومة (توضع فى العادة متغيرة) خارجيا بين الطرفين ١٢ والأرضى كما فى شكل (١١-٢٥) . يمكن استخدام مقاومة داخلية من داخل الشريحة لهذا الغرض عن طريق التوصيل المباشر بين الطرفين ١١ و ١٢ بسلكة ، short circuit ، فى هذه الحالة يكون الثابت K يساوى 0.668 . فى المعادلة السابقة يتم التعويض عن R بالأوم وعن C بالفاراد فيكون الزمن الناتج بالثانية . جدول ١ يبين زمن التأخير الناتج مع

استعمال قيم مختلفة لمقاومة ومكثف التوقيت ، وعند استعمال مقاومة خارجية Rcal مرة

تساوى ١٠٠ كيلو أوم ومرة تساوى ٣٠٠ كيلو أوم . لاحظ كيف أن زمن التأخير الناتج يتغير من ١ ثانية (ويمكن النزول لقيم أقل) إلى ٢,٧ أسبوع (ويمكن الارتفاع إلى قيم أعلى من ذلك) . جهد القدرة كما رأينا لهذه الشريحة هو ٥ فولت . يمكن تشغيل هذه الشريحة فى الطريقة عديمة الاستقرار عن طريق توصيل الخرج من الطرف ٣ إلى الطرف ١ من خلال مقاومة ١٠ كيلو أوم كما فى شكل (١١-٢٦) . المكثف الموجود على الطرف ١ للتنعيم فقط .



شكل (١١-٢٦) تشغيل الشريحة ZN1034 بالطريقة عديمة الاستقرار

C	R	Rcal= 100KΩ	Rcal= 300KΩ
0.01uF	39K	1sec	2.9sec
0.1uF	220K	1min	2.7min
1uF	100K	5min	12.5min
1uF	1.2M	1Hr	2.5Hrs
10uF	3.3M	1day	2.7days
100uF	2.2M	1week	2.7weeks

جدول ١١-٢ زمن التأخير الناتج من الشريحة ZN1034 عند قيم مختلفة لمقاومة ومكثف التوقيت ومقاومة ضبط الثابت K

١١-١٣ تمارين

- ١- فى الدائرة الموضحة فى شكل (١١-٥) :
 - ما هو تأثير تغيير قيمة المقاومة ٤٧ كيلو أوم .
 - ما هو تأثير تغيير قيمة المقاومة المتغيرة (أو فرق الجهد V) .
 - ما هو تأثير تغيير قيمة المكثف C .
 - ما هى قيمة R و C للحصول على زمن تأخير مقداره دقيقة واحدة .
- ٢- ارسم رسم صندوقى يوضح تركيب الشريحة 555 و اشرح كيفية تشغيلها فى الطريقة أحادية الاستقرار .
- ٣- كرر السؤال الثانى مع شرح الطريقة عديمة الاستقرار .
- ٤- اشرح طريقة استنتاج المعادلة (١١-١٢) .
- ٥- احسب قيم كل من R و C للحصول على أزمنة التأخير التالية باستخدام الشريحة 555 فى الطريقة أحادية الاستقرار : ١٠ ثوان ، ٥ دقائق ، نصف ساعة ، ١٢ ساعة .
- ٦- احسب قيم كل من R و C للحصول على الموجات المربعة ذات الترددات التالية باستخدام الشريحة 555 فى الطريقة عديمة الاستقرار : ١٠٠ هرتز ، ٥٠٠ هرتز ، ١٠٠٠ هرتز ، ٥ كيلوهرتز . اجعل نسبة زمن الواحد للصفر تساوى ١ إلى ٣ .
- ٧- مطلوب عمل دائرة توقيت لفرن ميكرويف يتم ضبطه الساعة ٨ صباحا (بدأ التشغيل) ليفتح فى تمام الساعة ٢ (بعد ٦ ساعات) لمدة نصف ساعة ثم يطفىء . ارسم الدائرة اللازمة واحسب قيم جميع المقاومات والمكثفات المستخدمة .
- ٨- أعد السؤال ٥ مستخدما الشريحة ٢٢٤٠ .

- ٩- أعدد السؤال ٦ مستخدماً الشريعة ٢٢٤٠ .
- ١٠- أعدد السؤال ٧ مستخدماً الشريعة ٢٢٤٠ .
- ١١- صمم دائرة توقيت توقد مصباح فى الشقة أبتداء من الساعة ٨ مساء حتى الساعة ٦ صباحاً ثم تطفىء المصباح من ٦ صباحاً حتى ٨ مساء وهكذا إلى مالانهاية وذلك لإيهام أى حرامى أن هناك أشخاص داخل الشقة .
- ١٢- صمم دائرة توقيت يظل خرجها صفر لمدة ٣ سنوات ، وبعدها يقلب إلى الواحد لمدة ساعة ويعود للصفر . (أحادى الاستقرار) .
- ١٣- ارسم شكل الإشارة الناتجة من الشريعة ٢٢٤٠ فى حالة أخذ الخرج من المخارج التالية :

- ٧ ، ٣ ، ١
- ٨ ، ٥ ، ١
- ٦ ، ٣ ، ٢ ، ١
- جميع المخارج الثمانية .