الفصل الحادى عشر

١١

دوائر التوقيت

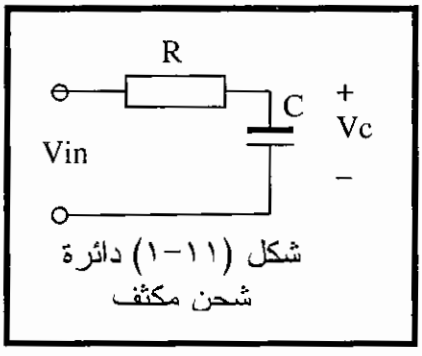
Timing Circuits

١١-١ مقدمة

إن التقدم السريع الذي حدث في مجال الالكترونيات وبالذات فى مجال الدوائر التكاملية جعل تصميم دوائر التوقيت مسألة سهلة وبسيطة . لقد أصبح من الممكن أن تشترى بقروش قليلة دائرة توقيت timer كاملة على شريحة تكاملية صغيرة وهذه الشريحة قادرة على اعطاء توقيتات تتراوح فى 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 الأوتماتيكية
- 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 فى تفاصيل هذه الشرائح سنقدم بعض الخلفيات الضرورية المطلوب معرفتها قبل الدخول فى شرح هذه الشرائح . بعض هذه المعلومات سبق شرحها فى فصول سابقة وهذه سنمر عليها سريعا على سبيل التذكرة .

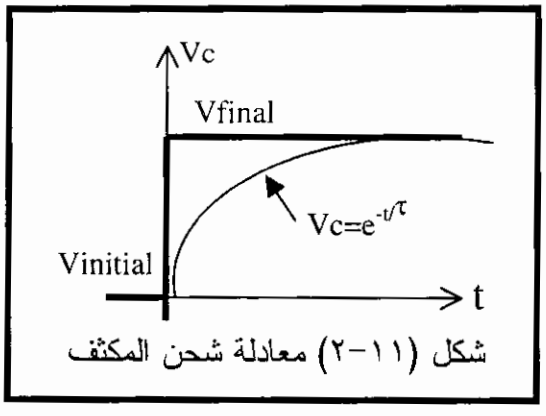


شكل (١١-١) دائرة شحن مكثف

١١-٢ معادلة الجهد على مكثف في دائرة مقاومة ومكثف

اذا كان لدينا دائرة مكونة من مقاومة ومكثف C و R كما هو مبين فى شكل (١١-١) وتغير جهد الدخل من قيمه ابتدائيه Vinitial الى قيمه نهائيه هي Vfinal فإن معادله الجهد على المكثف فى هذه الحالة تعطي بالعلاقة التالية:

$$Vc = Vinitial + (Vfinal - Vinitial)(1-e^{-t/\tau}) \quad (١١-١)$$



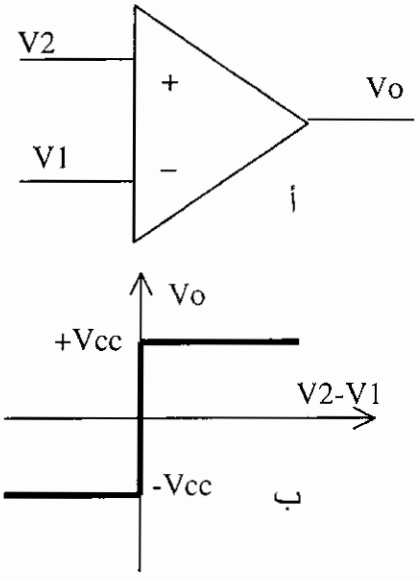
شكل (١١-٢) معادلة شحن المكثف

حيث τ هي الثابت الزمني للدائرة ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\tau = RC \quad (٢-١١)$$

لاحظ بأنه بوضع t=0 في المعادلة ١١-١ فإن جهد المكثف يكون Vc=Vinitial وهي القيمة الابتدائية ، وبوضع t=∞ فإن جهد المكثف يكون Vc=Vfinal وهي القيمة النهائية وهذا منطقي لأن التيار في النهاية يكون صفرا بعد استقرار الجهد علي المكثف . شكل (١١-٢) يبين شكل معادلة تغير جهد الشحن للمكثف مع الزمن حيث نلاحظ أن هذا التغير هو تغير أسى . وعلى ذلك فإنه لايجاد معادلة جهد الشحن علي مكثف عند أى لحظة أثناء الشحن ، فان

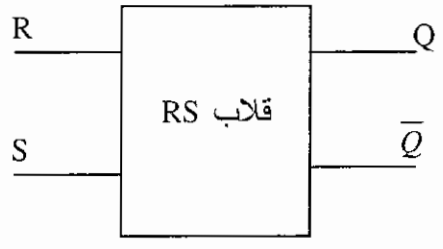
كل ما علينا هو معرفة القيمة الابتدائية والقيمة النهائية لجهد الدخل والتعويض في المعادلة (١١-١) .



شكل (١١-٣) مكبر العمليات كمقارن

١١-٣ المقارن Comparator

دائرة المقارن التى نقصدها هنا هى المقارن الانسيابى الذى يقارن إشارتين كل منهما من النوع التناسبى . أبسط هذه المقارنات التى سنستخدمها هنا هى مكبر العمليات كما فى شكل (١١-٣أ و ب) . مكبر العمليات المفتوح ، أى الذى لا يوجد به أى تغذية عكسية ، يمثل مقارن . عندما يكون الجهد الموصل على الدخل الموجب V2 أكبر من الجهد الموصل على الدخل السالب V1 فإن خرج المكبر يكون هو جهد الانحياز الموجب Vcc كما فى شكل (١١-٣ب) . أما إذا كان V1>V2 فإن جهد الخرج يساوى جهد الانحياز السالب Vcc- كما فى نفس الشكل . يمكن تصميم هذه المقارنات بحيث تتوافق مع الدوائر المنطقية بحيث إذا كان V2>V1 فإن الخرج يكون ٥ فولت (الواحد المنطقى) ، وإذا كان V1>V2 فإن الخرج يساوى صفر ، وهذا هو المكبر المستخدم فى دوائر التوقيت عادة . أحد مكبرات العمليات الرخيصة التى يمكن استخدامها كمقارن هى الشريحة uA741 و uA311 .



شكل (١١-٤) القلاب RS

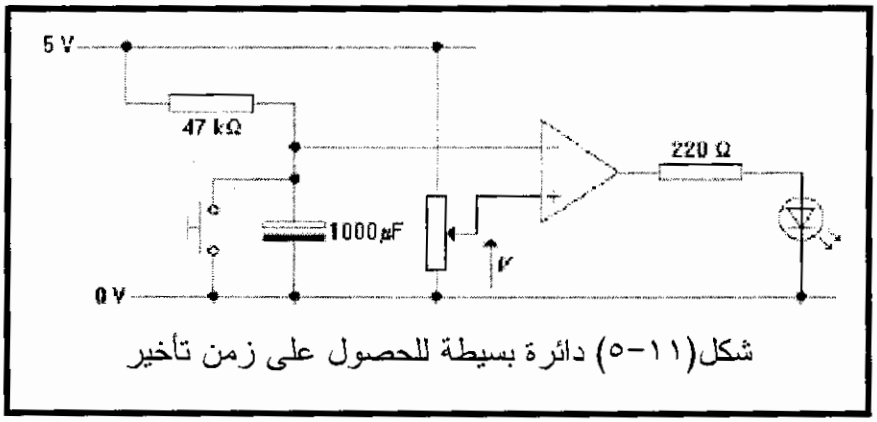
١١-٤ القلاب Flip Flop

القلاب الذي يهمنا هنا هو من النوع R-S وكما نعلم فإن مثل هذا القلاب له جدول حقيقة truth table كما هو موضح في شكل (١١-٤) . من هذا الشكل نلاحظ أنه لتغير خرج القلاب من صفر الى واحد فإن S لابد ان تكون واحد و R لابد وان تكون صفر ، ولكي نغير الخرج من واحد الي صفر فإن S لابد أن تكون صفر و R لابد وأن تكون واحد . راجع هذا النوع من القلابات فى الفصل السابع . إذا كان الخرج Q=0 ونريده أن يبقى كذلك فانه 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 ١١-١ السطر الأول في صورة S = 0 و R = d حيث d معناها do not care أو (غير مهم أن تكون صفر أو واحد) كذلك اذا 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 ١١-١ على الصورة S=d و R=0 .

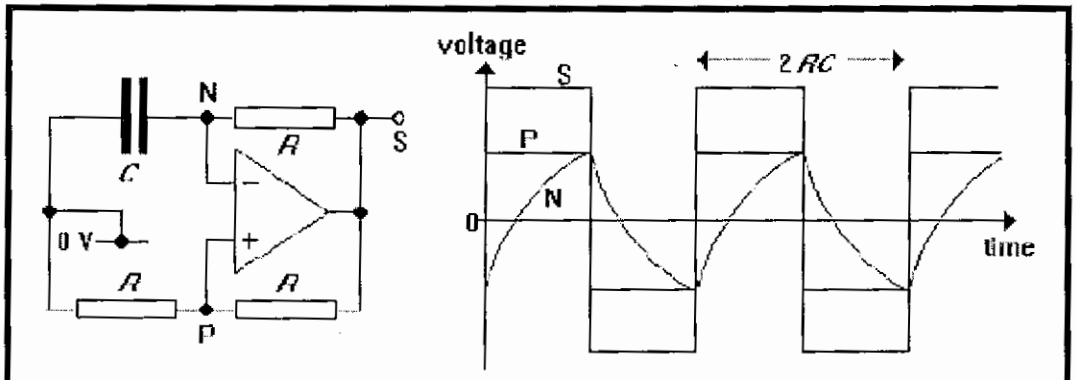
الدخل المطلوب		لتغيير الخرج إلى من	
S	R	Qn+1	Qn
0	d	0	0
1	0	1	0
0	1	0	1
d	0	1	1

جدول ١١-١ جدول الحقيقة للقلاب RS

يمكن الحصول على دائرة توقيت بسيطة ورخيصة باستخدام مقاومتين ومكثف كما فى شكل (١١-٥) . هذه الدائرة مع بساطتها إلا أنها ستعكس لنا أساسيات الحصول على دائرة توقيت ذات امكانيات عالية . فى هذه الدائرة عندما يكون المفتاح مفتوح فإن المكثف يشحن لجهد يجعل الطرف السالب للمقارن أعلى من الطرف الموجب ويكون خرج المقارن صفر والمبين الموجود فى الخرج يكون مطفأ . عند قفل المفتاح فإن المكثف يفرغ شحنته فورا ، وعند ترك المفتاح ينفتح مرة ثانية يبدأ المكثف فى الشحن . لاحظ أنه عند نزول جهد المكثف للصفر يصبح جهد الطرف الموجب للمقارن أعلى من جهد الطرف السالب ويصبح الخرج ٥ فولت ويضيء 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 وتطفيء 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 فى كل حالة باستخدام ساعة إيقاف . سنرى بعد قليل كيفية حساب زمن الاستقرار عند دراسة شرائح التوقيت .



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



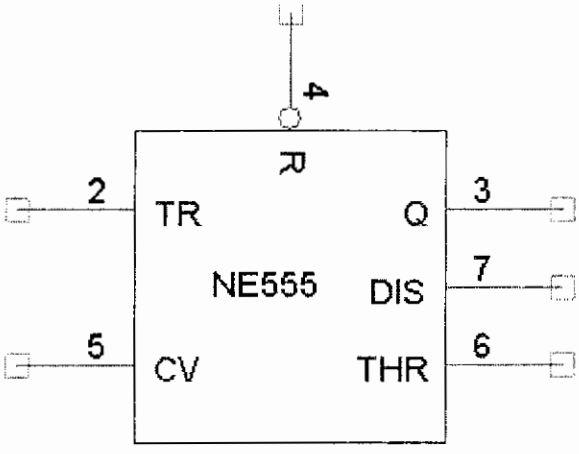
شكل (١١-٦) دائرة بسيطة للعمل غير المستقر والحصول على موجة مربعة

طريقة التشغيل السابقة تسمى الطريقة أحادية الاستقرار حيث أن الخرج كما رأينا يكون مستقرا 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 التى لا يستقر فيها الخرج على وضع معين حيث يكون الخرج مرتفع لفترة زمنية يمكن التحكم فيها ثم ينخفض لفترة زمنية أخرى يمكن التحكم فيها أيضا ، ثم يرتفع مرة أخرى ، ثم ينخفض ، وهكذا يظل الخرج متأرجحا بين الارتفاع والانخفاض دون أن يستقر على وضع معين . أى أن الخرج يكون عبارة عن موجة مربعة . شكل (١١-٦) يبين دائرة مقارن بسيطة تعمل بالطريقة عديمة الاستقرار . لكى نفهم طريقة عمل هذه الدائرة سنبدأها بافتراض أن الخرج عند النقطة S مرتفع ويساوى جهد القدرة Vcc . جهد

النقطة P سيكون نصف هذه الكمية نتيجة المقاومتين الموصلتين بين الخرج والأرضى . فى هذه الأثناء يشحن المكثف ويرتفع الجهد عليه محاولا الوصول القيمة Vcc . عندما يصل جهد المكثف وبالتالى جهد النقطة N أعلى قليلا من جهد النقطة P فإن خرج المكبر يتغير من Vcc إلى Vcc- ويصبح جهد النقطة P سالبا ويبدأ المكثف فى 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 فى حالة من عدم الاستقرار إلى مالانهاية . شكل (١١-٦) يوضح أيضا المخطط الزمنى 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 الطرفى 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 ووظائفها فى الأجزاء القادمة . طرف القدرة هو الطرف ٨ والأرضى على الطرف ١ .



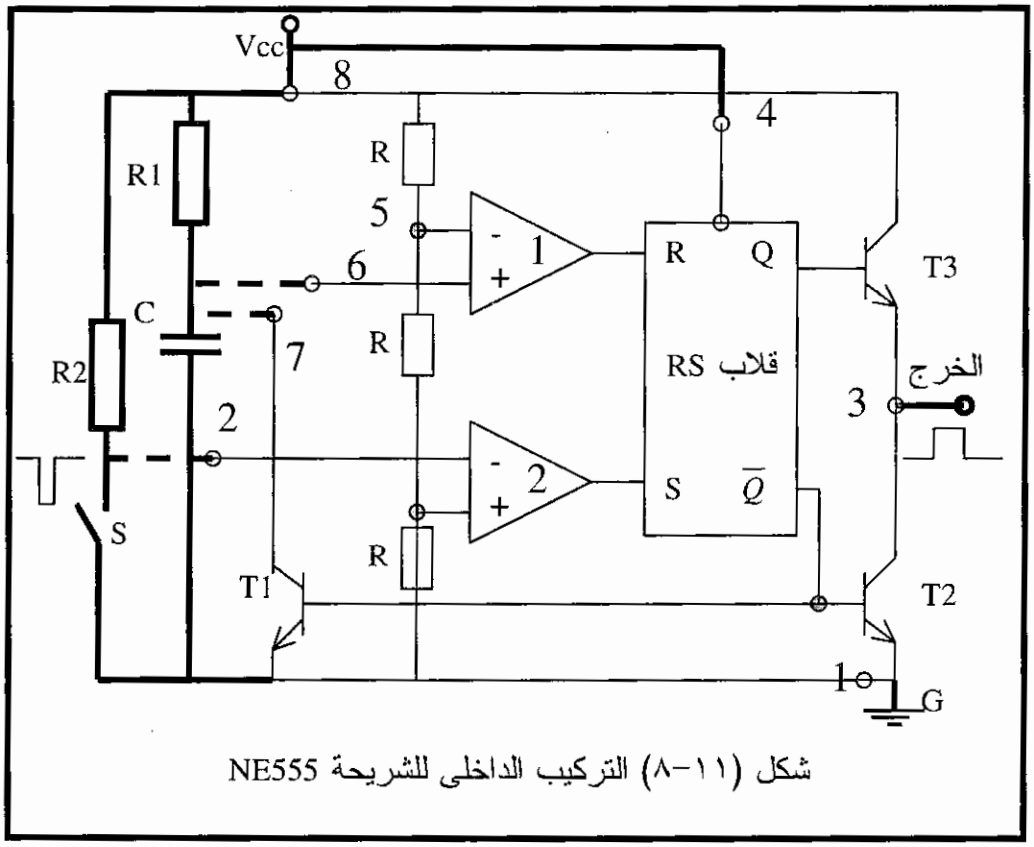
شكل (١١-٧) الرسم الطرفى للشريحة NE555

١١-٦ طريقة التشغيل أحادية الثبات Monostable Operation

فى الطريقة أحادية الاستقرار يكون الخرج Q مستقرا تماما على القيمة صفر . عند إعطاء نبضة إطلاق Trigger على الطرف ٢ يرتفع الخرج إلى القيمة Vcc 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 هى أرقام أطراف الشريحة حيث أن الشريحة لها ٨ أطراف فقط كما رأينا فى 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 Vcc من ناحية وبالأرضى من الناحية الأخرى ، وعلى ذلك فإن كل واحدة من هذه المقاومات ستحمل ثلث هذا الجهد . معنى ذلك أن المقارن ١ كما فى شكل (١١-٨)

يتصل دخله السالب بجهد مقداره ثلثا $\left(\frac{2}{3}\right)$ جهد المصدر Vcc ، والمقارن ٢ يتصل دخله الموجب بجهد مقداره ثلث $\left(\frac{1}{3}\right)$ جهد المصدر Vcc . 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 (١١-٨) فإن الطرف ٢ يتصل دائما بجهد المصدر Vcc من خلال المقاومة R2 (هذه المقاومة ليس لها دخل بتحديد قيمة زمن التأخير) وعلى ذلك فإن جهده سيكون دائما Vcc إلا عند ضغط المفتاح S لإعطاء نبضة الإطلاق حيث عندها سيكون جهد هذا الطرف يساوى صفر . أى أنه لكى 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 نعنى بها جهد المصدر Vcc والصفر هو الأرضى ، وهذه الشريحة من الممكن أن يصل جهد المصدر لها إلى ١٨ فولت ، وأقل جهد لها هو ٥ فولت .

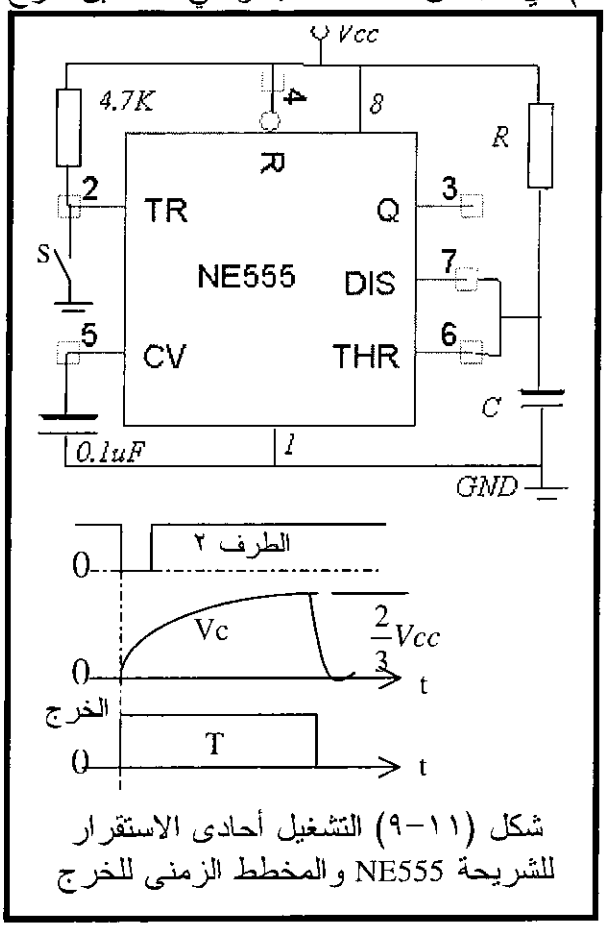


شكل (١١-٨) التركيب الداخلى للشريحة NE555

خرج المقارن ١ يتصل بالدخل R للقلاب ، وخرج المقارن ٢ يتصل بالدخل S لهذا القلاب . لاحظ أن خرج أي واحد من المقارنين إما ان يكون واحد اذا كان جهد دخله الموجب أكبر من جهد دخله السالب أو أن يكون صفر اذا كان جهد دخله السالب اكبر من جهد دخله الموجب . وعلى ذلك فإن الاشارات الداخلة لكل من R و S ستكون إما واحد أو صفر على حسب خرج هذه المقارنات . خرج القلاب Q يتصل بقاعدة الترانزستور T3 ومن علي باعث Emitter هذا الترانزستور نأخذ خرج الشريحة . أما الخرج الآخر للقلاب $\overline{Q}$ فيتصل بقاعدة كل من الترانزستور T1 و T2 في نفس الوقت . يجب أن نتذكر دائما في هذا المجال أن الترانزستورات T1 و T2 و T3 كلها تعمل كمفاتيح ، أي أنها إما أن تكون موصلة تماما كما

لو كان الباعث متصلا تماما بالمجمع collector وذلك يتأتي عندما يكون جهد القاعدة موجب ، وإما أن تكون هذه الترانزستورات مفتوحة تماما وفي هذه الحالة يكون الباعث غير متصل علي الاطلاق بالمجمع open circuit وهذا يتأتي عندما يكون جهد القاعدة صفرا .

لكي نشرح كيفية عمل هذه الشريحة سنبدأ بافتراض أنة ليست هناك أية إشارة علي دخل الشريحة (الطرف ٢) لذلك فان هذا الطرف سيكون متصلا بجهد موجب مقداره Vcc ، لذلك فان دخل المقارن ٢ السالب سيكون أكبر من دخله الموجب ، وبالتالى سيكون خرج هذا المقارن يساوى صفر أى أن الطرف S للقلاب سيكون صفر هو الآخر . وعلي ذلك فإن Q ستكون صفرا ، و $\overline{Q}$ ستكون واحد . نتيجة ذلك فإن T3 سيكون مفتوح أما T2 و T1 فسيكونان موصلان ، وعلي ذلك فإن خرج الشريحة سيكون صفر وسيكون المكثف C متصلا بالأرضى نتيجة أن T1 موصلا ، وستستقر الشريحة على ذلك . فى هذه الأثناء سيكون دخل المقارن ١ الموجب يساوى صفر (لأنه موصلا بالمكثف) أي أقل من دخله السالب وعلي ذلك فإن خرج هذا المقارن سيكون صفرا أيضا ، أي أن R=0 وعلي ذلك فإن خرج القلاب Q سيظل صفرا طالما أنه ليست هناك أية إثارة على الطرف ٢ .



شكل (١١-٩) التشغيل أحادى الاستقرار للشريحة NE555 والمخطط الزمنى للخرج

تعال نفترض الآن حدوث إثارة علي الطرف ٢ للشريحة عن طريق الضغط على المفتاح S ثم تركه ، أي أن جهد هذا الطرف تغير من واحد إلى الصفر ثم رجع إلى الواحد مرة أخرى كما هو موضح في شكل (١١-٨) . نتيجة هذه الأثارة سيكون دخل المقارن ٢ السالب أقل من دخله الموجب ، وعلي ذلك فإن خرج هذا المقارن سيرتفع من صفر إلي واحد . أي أن S ستصبح واحد وهذا سيقلب حالة القلاب Q من صفر إلي واحد ، أي أن Q=1 ، وبالتالي $\overline{Q}$=0 . نتيجة ذلك فإن كل من T1 و T2 سيكون مفتوح ولن يري المكثف C جهد الأرض لذلك فإنه سيبدأ في الشحن من خلال المقاومة R بثابت زمني مقداره RC محاولا الوصول إلي الجهد Vcc . فى نفس الوقت سيكون الترانزستور T3 موصلا وبالتالى فإن خرج الشريحة يتصل بجهد المصدر Vcc ويصبح واحد .

كما ذكرنا فإنه بمجرد أن يصبح الترانزستور T1 غير موصل فإن المكثف C سيبدأ فى الشحن محاولا الوصول إلى القيمة Vcc . لاحظ أيضا أن جهد المكثف أثناء عملية الشحن موصلا على الدخل الموجب للمقارن ١ ، وعلى ذلك فإن جهد هذا الطرف سيتبع تماما نفس التغير الحادث على المكثف . مع زيادة الجهد على طرف المكثف يزداد بالتالى الجهد على الطرف الموجب للمقارن ١ إلى أن يصل جهد المكثف إلى ثلثين Vcc أو أعلى قليلا حيث عندها يصبح الطرف الموجب لهذا المقارن أعلى من طرفه السالب ، فيتغير خرجه إلى الواحد بدلا من الصفر ، وبالتالى تصبح R=1 . لاحظ أن S=0 فى هذه الأثناء ، وبالتالى سيحدث إعادة

وضع للقلاب ويصبح الخرج Q=0 و $\overline{Q}$=1 وبالتالى يصبح الترانزستور T3 مفصولا مرة أخرى ويعود خرج الشريحة إلى الصفر . وأما T2 و T1 فيصبح كل منهما موصلا مرة أخرى أيضا ، وبالتالى سيوصل المكثف C على الأرضى ليفرغ شحنته وينتهى من دورة عدم الاستقرار التى حدثت له نتيجة الإثارة التى حدثت على الطرف ٢ للشريحة . كما رأينا فإن هذه الفترة هى عبارة عن فترة شحن المكثف من صفر محاولا الوصول إلى الجهد Vcc ولكن عندما يصل جهده إلى $\frac{2}{3}Vcc$ سيتوقف ويفرغ شحنته . بالطبع فإن هذا الزمن سيتوقف على قيمة كل من C و R ويمكن حساب هذا الزمن من المعادلات التالية :

$$Vc = Vcc(1-e^{-t/RC}) \qquad (٣-١١)$$

عندما يكون t=T حيث T هى نهاية زمن الشحن كما فى شكل (١١-٩) ، فإن جهد المكثف Vc يساوى $\frac{2}{3}Vcc$. بالتعويض بذلك فى المعادلة (١١-٣) نحصل على ما يلى :

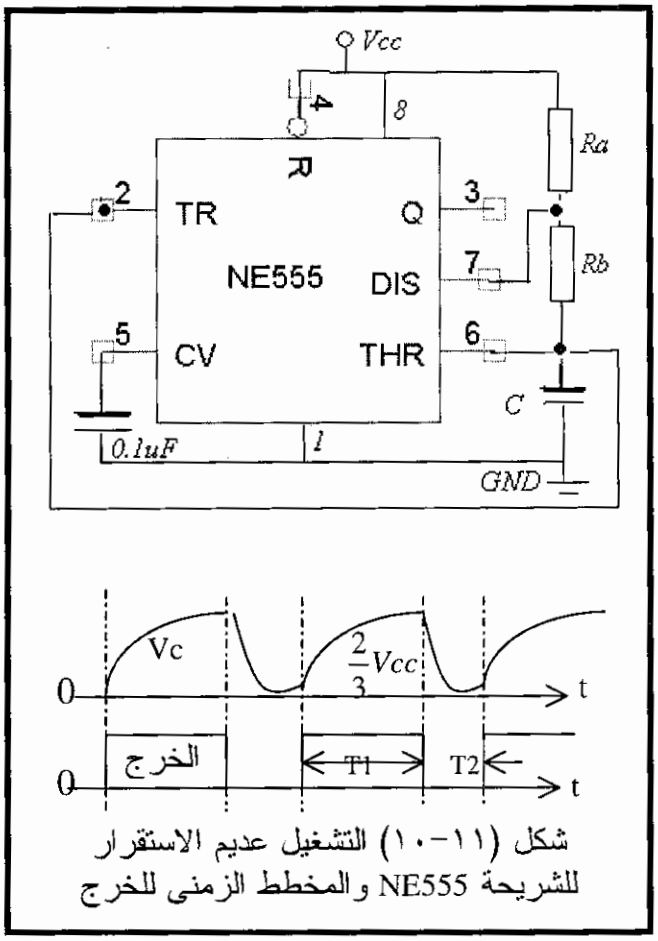
$$\frac{2}{3}Vcc = Vcc(1-e^{-T/RC}) \qquad (٤-١١)$$

ومنها يمكن حساب الزمن T كما يلى :

$$T=RC\ln(3) \qquad (٥-١١)$$

وهذه يمكن كتابتها كما يلى :

$$T=1.1RC \qquad (٦-١١)$$



شكل (١١-١٠) التشغيل عديم الاستقرار للشريحة NE555 والمخطط الزمنى للخرج

فى المعادلات السابقة عندما تكون R بالأوم و C بالفاراد فإن T تكون بالثانية . شكل (١١-٩) يبين مرة أخرى طريقة توصيل الشريحة لتعمل بالطريقة أحادية الاستقرار ، كما يبين المخطط الزمنى على الأطراف المختلفة . القيم العملية للمقاومة R ما بين ١٠٠ أوم وواحد ميجاأوم ، وأما قيم المكثف C فتتراوح بين ١٠٠ بيكوفاراد إلى ١٠٠٠ ميكروفاراد وعلى ذلك فإن زمن التأخير الذى يمكن الحصول عليه من مثل هذه الدائرة يتراوح ما بين ١٠ نانوثانية و ١٠٠٠ ثانية أى ما يساوى حوالى ساعتين ونصف تقريبا .

١١-٧ طريقة التشغيل عديمة الاستقرار Astable Operation

فى هذه الطريقة يتم توصيل الطرف ٢ بالطرف ٦ للشريحة وبالتالى 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 (١١-١٠) 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 فى 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 ولتكن 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 $\frac{2}{3}Vcc$ أو أعلى قليلا يصبح خرج المقارن رقم ١ يساوى واحد وبذلك يحدث إعادة وضع للقلاب ويصبح خرجه وبالتالى خرج الشريحة يساوى صفر . فى هذه الأثناء تصبح $\overline{Q}$=1 وبالتالى يصبح كل من T1 و T2 موصلا وبالتالى 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 $\frac{1}{3}Vcc$ أو أقل قليلا حيث عندها يصبح جهد الطرف السالب للمقارن ٢ أقل من جهده الموجب وبالتالى تصبح S=1 وعندها ينقلب الحال ويصبح Q=1 وبالتالى 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 $\frac{2}{3}Vcc$ حيث عندها ينقلب الخرج مرة أخرى ، وهكذا تتكرر العملية إلى مالانهاية . الآن سنحاول حساب زمن الشحن T1 وزمن التفريغ T2 .

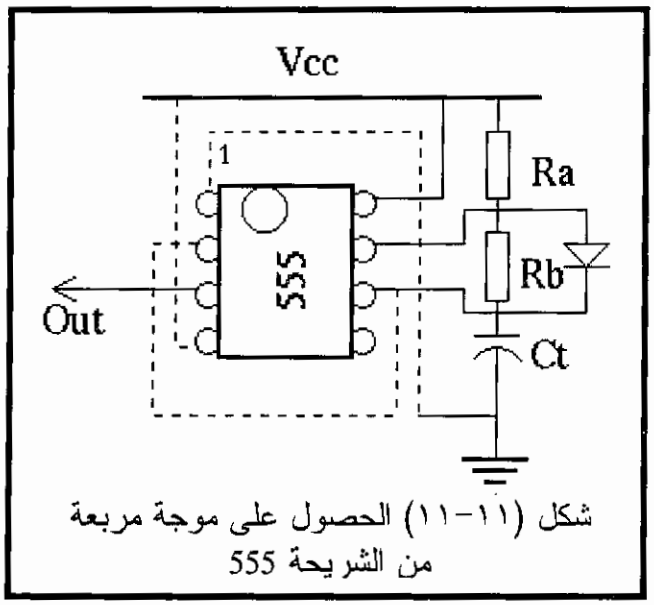
فى أثناء الزمن T1 يشحن المكثف مبتدءا من القيمة الابتدائية $\frac{1}{3}Vcc$ محاولا الوصول إلى القيمة النهائية Vcc ولكن عندما يصل إلى $\frac{2}{3}Vcc$ يبدأ فى التفريغ . على ذلك يمكن كتابة معادلة شحن المكثف كما يلى :

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

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

T1=(Ra+Rb)Clin2

T1=0.693(Ra+Rb)C (٨-١١)



شكل (١١-١١) الحصول على موجة مربعة من الشريحة 555

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

$$Vc=\frac{2}{3}Vcce^{-t/RbC} \quad (٩-١١)$$

عندما t=T2 يكون Vc=$\frac{1}{3}Vcc$ ومنها يمكن حساب T2 كما يلى :

T2=RbClin2

T2=0.693RbC (١٠-١١)

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

$$T=T1+T2$$
$$=0.693(Ra+2Rb)C \qquad (١١-١١)$$

كما يمكن وضع معادلة لتردد الموجة الناتجة كما يلى :

$$F=\frac{1}{T}=\frac{1.44}{(Ra+2Rb)C} \qquad (١١-١٢)$$

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

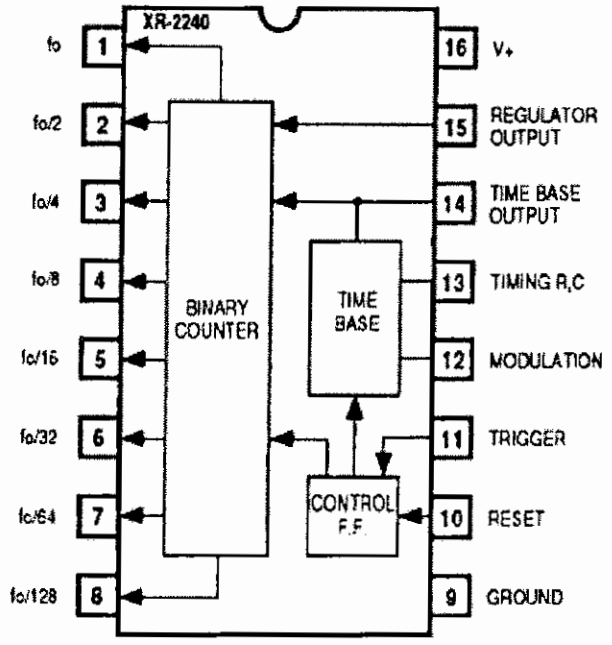
فى التشغيل غير المستقر للشريحة 555 تتم عملية الشحن من خلال المقاومتين Ra+Rb ، بينما تتم عملية التفريغ من خلال المقاومة Rb فقط ولذلك فإنه من الصعب جدا الحصول على زمن تفريغ يساوى زمن الشحن وهذا من عيوب الاستخدام الغير مستقر لهذه الشريحة . البعض يقول نضع Ra=0 وهذا لا يمكن لأنه معنى ذلك أن توصل طرف التفريغ 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 فى حالة الشحن فقط فيلغى المقاومة Rb وتكون معادلة زمن الشحن هى T1=0.693RaC . بينما فى حالة التفريغ يكون الدايود غير موصل ويتم التفريغ من خلال Rb فقط وتكون معادلة التفريغ هى T2=0.693RbC . وعلى ذلك لو وضعنا Ra=Rb فإننا سنحصل على زمن شحن مساوى بدرجة كبيرة جدا لزمن التفريغ .

هذا النوع من دوائر التوقيت والتى 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 التى يمكن برمجتها لتعطى أكثر من زمن تأخير لنفس قيمة هذه المكونات الخارجية كما سنرى . المؤقتات أحادية النبضة تعانى من بعض العيوب وأهمها هى الحدود التى يمكن أن تضعها قيم كل من المقاومة والمكثف الخارجيين على قيمة زمن التأخير الناتج . فكما رأينا أنه لكى 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 فى خطأ حساب الزمن الناتج . لذلك كان التفكير فى نوع آخر من المؤقتات وهى المؤقتات التى تحتوى عدادات أيضا Timer/Counter أو أحيانا يطلق عليها المؤقتات القابلة للبرمجة .

١١-٨ المؤقتات ذات العدادات Timer Counters

تستخدم هذه المؤقتات فى 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 فى 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 ثنائى ، 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 .



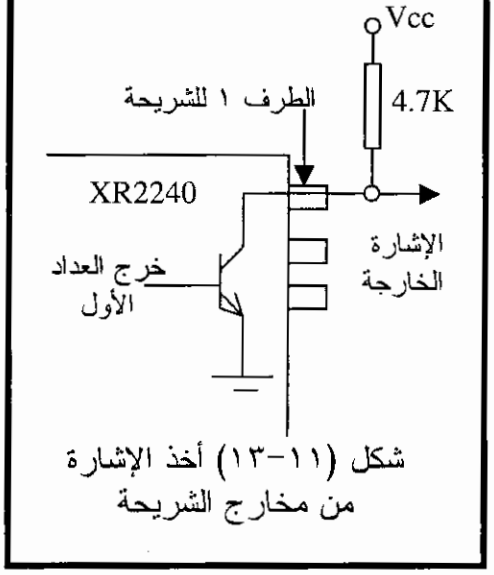
شكل (١١-١٢) الشريحة XR2240

١١-٩ الشريحة XR2240 المؤقت بعداد Timer Counter

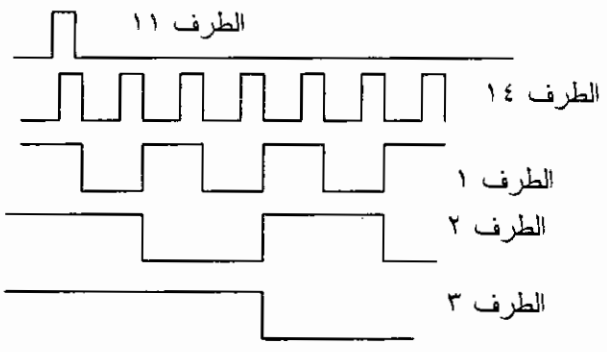
كما هو موضح فى شكل (١١-١٢) فهذه الشريحة تتكون من ثلاث أجزاء رئيسية هى كالتالى :

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 دخلا 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 frequency modulated على خرج الشريحة.

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



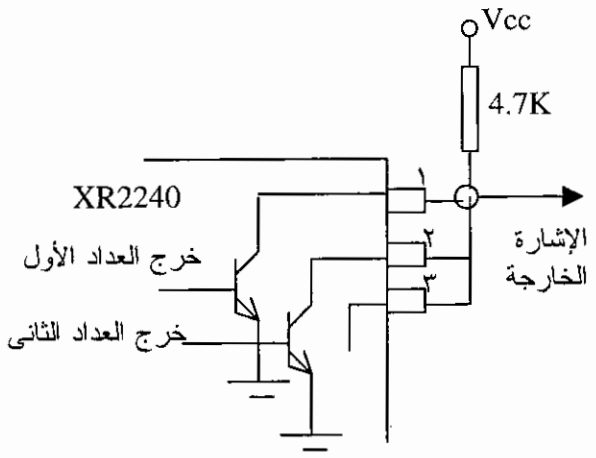
شكل (١١-١٣) أخذ الإشارة من مخارج الشريحة



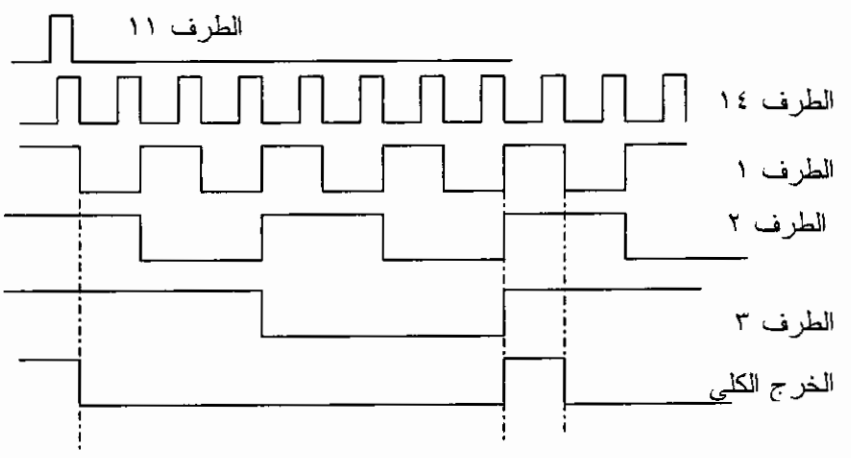
شكل (١١-١٤) الإشارة على أطراف الخرج منفصلة

١٢) . هذا العداد يعد النبضات الداخلة له والقادمة من خرج المذبذب . كما نعلم من خصائص أى عداد ثنائى فإن الخرج الأول للعداد يقسم التردد الداخل على ٢ (f0 فى شكل (١١-١٢)) والخرج الثانى يقسم على ٤ وهكذا حتى الخرج الثامن الذى يقسم الدخل على ٢٥٦ أى f0/128 .

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 .



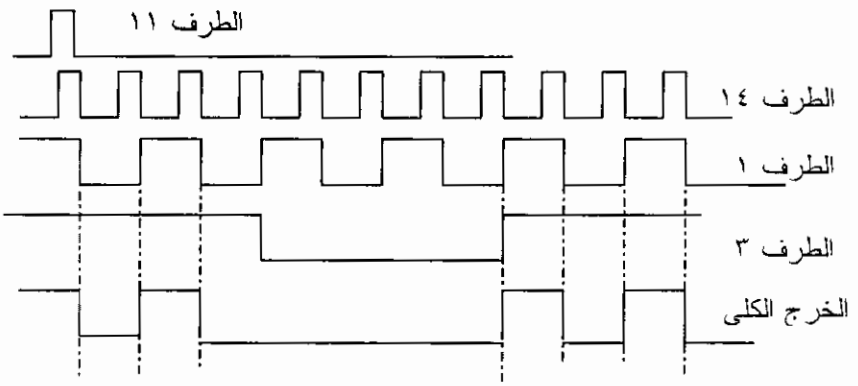
شكل (١١-١٥) أخذ الإشارة من أكثر من مخرج من مخارج الشريحة XR2240



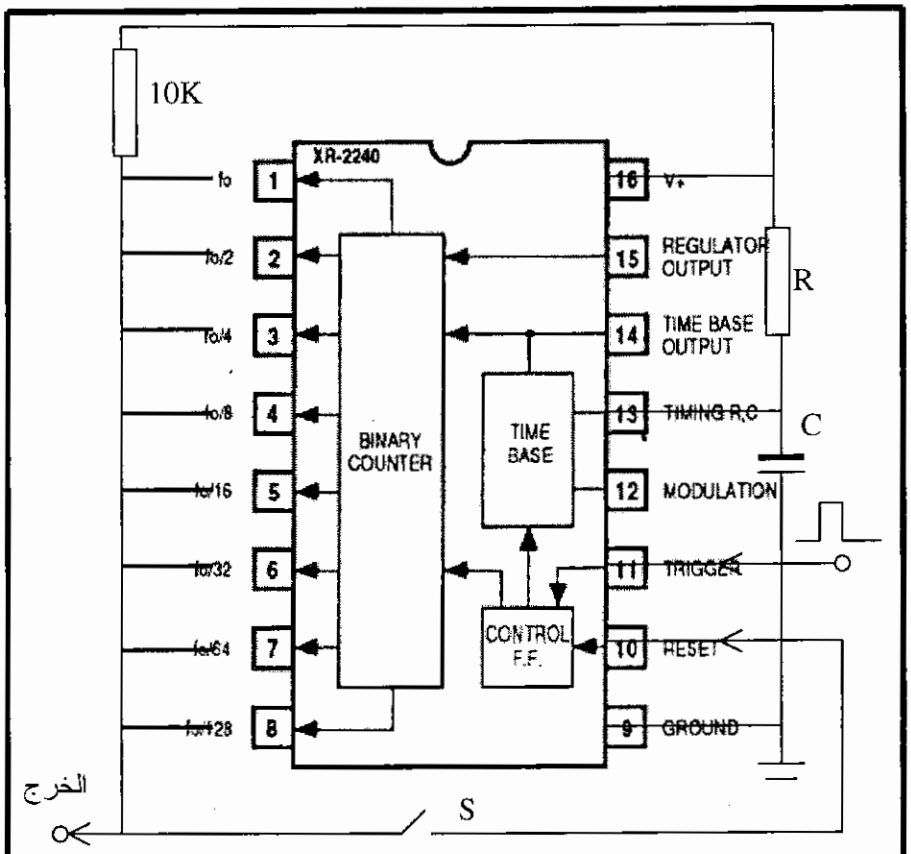
شكل (١١-١٦) الإشارة الناتجة من توصيل الثلاث مخارج على الأطراف ١ و ٢ و ٣ للشريحة XR2240

جميع مخارج 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 كيلوأوم تقريبا على الجهد Vcc . شكل (١١-١٣) يبين المخرج f0 ، 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 الخارجه 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 Vcc من خلال مقاومة واحدة كما فى شكل (١١-١٥) . هذه التوصيلة تسمى بوابة أور الموصلة Wired OR gate . هذه البوابة سيكون خرجها الكلى صفر طالما أن أى واحد من المخارج الموصلة صفر ، وستكون واحد فقط عندما تكون كل هذه المخارج تساوى وحايد . شكل (١١-١٦) يبين المخطط الزمنى على المخارج الثلاثة الأولى f0 و f0/2 و f0/4 حيث نلاحظ أن الخرج الكلى أصبح صفرا لمدة ٧ نبضات من نبضات المذبذب . لاحظ أن مجموع قواسم هذه المخارج الثلاثة يساوى ١+٢+٤=٧ ، والخرج الكلى الناتج كان صفر لمدة ٧ نبضات وواحد لمدة نبضة واحدة ثم يبدأ فى التكرار كما فى 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 مثلا فإننا سنحصل فى خرجهما على نموزج مختلف للموجة الناتجة كما فى 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 فى 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 فى 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 .



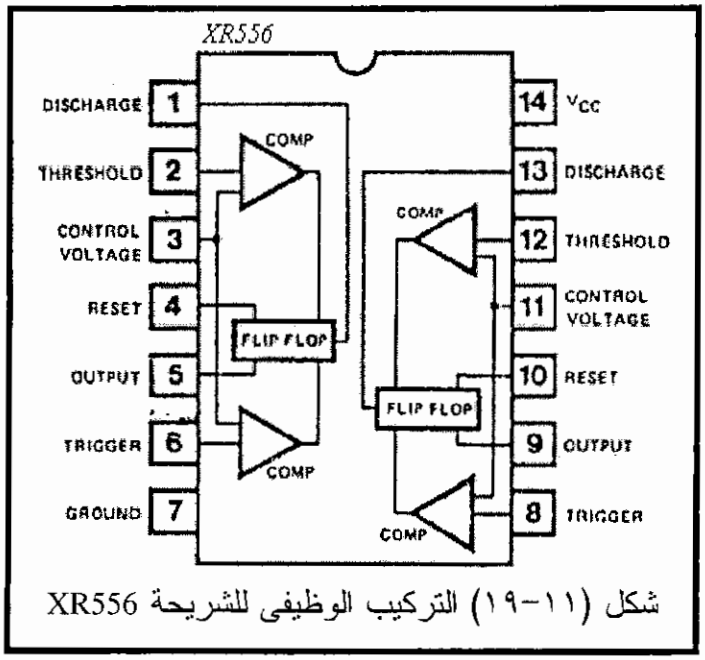
شكل (١١-١٧) الإشارة الناتجة من توصيل المخرجين ١ و ٣ للشريحة XR2240



شكل (١١-١٨) دائرة عامة يمكن استخدامها أحادية أو عديمة الاستقرار باستخدام المفتاح S

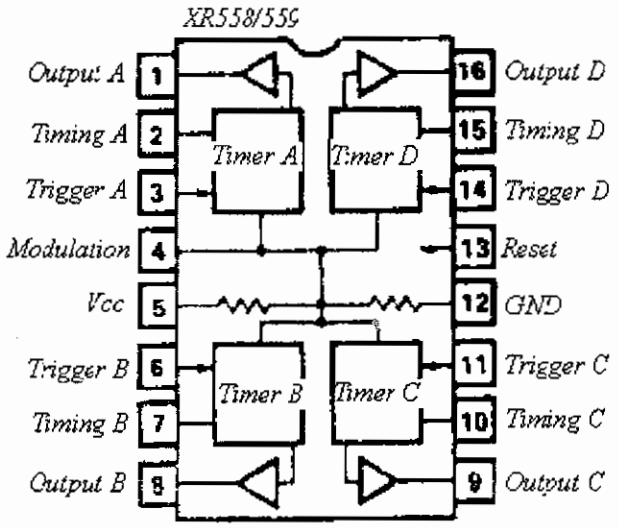
١١-١٠ الشريحة XR 556

هذه الشريحة تحتوى على مؤقتين كل منهما متطابق تماما من حيث طريقة التشغيل مع المؤقت الموجود فى 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 أى أطراف عامة للمؤقتين سوى طرف القدرة Vcc الذى يتراوح من ٥ إلى ١٨ فولت ، وطرف الأرضى . كل من المؤقتين يمكن تشغيلة فى الطريقة أحادية الاستقرار والطريقة عديمة الاستقرار عن طريق توصيل



شكل (١١-١٩) التركيب الوظيفى للشريحة XR556

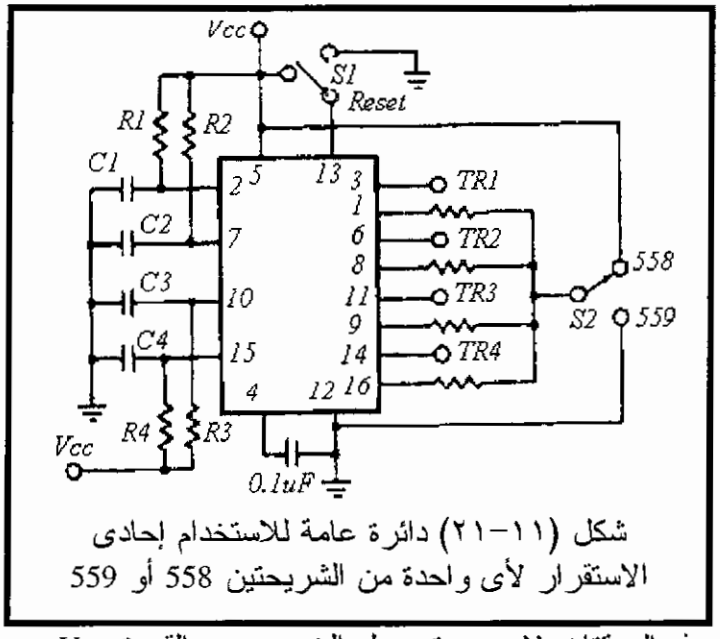
مقاومة ومكثف فى الحالة أحادية الاستقرار ، ومقاومتين ومكثف فى الحالة عديمة الاستقرار . كل مؤقت يمكنه أن يدفع أو يبتلع تيار مقداره ١٥٠ ميللى أمبير .



شكل (١١-٢٠) التركيب الداخلى للشريحة XR 558/559

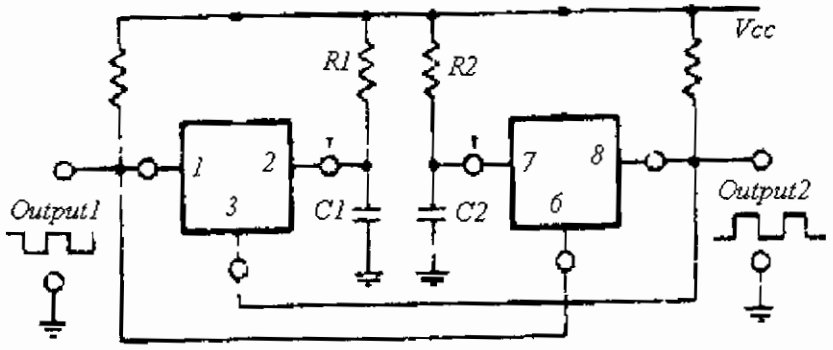
١١-١١ الشريحتان XR 558/559

تحتوى هذه الشريحة على أربعة مؤقتات لا يعتمد أى واحد فيها على الآخر سوى فى طرف إعادة الوضع Reset فهو مشترك للأربعة مؤقتات كما فى شكل (١١-٢٠) الذى يبين التركيب الداخلى لهذه الشريحة . يمكن تشغيل أى واحد من هذه المؤقتات فى الطريقة أحادية الاستقرار عن طريق مقاومة ومكثف توصل من الخارج كما فى الشريحة 555 تماما . لا يمكن تشغيل أى واحد من هذه المؤقتات فى الطريقة عديمة الاستقرار وحده نتيجة غياب طرف التشبع Discharge كما فى الشريحة 555 والشريحة 556 . للتشغيل بالطريقة عديمة الاستقرار يمكن استخدام مؤقتين حيث يستخدم خرج الأول كنبضة إثارة Trigger للثانى ، وخرج الثانى كنبضة إثارة للأول كما فى شكل (١١-٢٢). خرج كل المؤقتات الموجودة فى الشريحة 558 مأخوذ من خلال ترانزستور بمجمع مفتوح open collector . لذلك عند التعامل مع هذه المؤقتات لابد من توصيل الخرج بجهد القدرة Vcc من خلال مقاومة حوالى ٤,٧ كيلوأوم . فى هذه الحالة سيكون الخرج مستقرا على الصفر إلا عند الإثارة فإن الخرج يتغير إلى Vcc للفترة الزمنية المحددة التى تحدد بالمقاومة والمكثف . فى هذه الحالة يمكن للشريحة أن تبتلع حتى ١٠٠ ميللى أمبير . الشريحة 559 هى نفسها تماما الشريحة 558 سوى أن الخرج فى هذه الحالة مأخوذ من خلال باعث مفتوح open emitter وليس مجمع مفتوح كما فى حالة الشريحة 558 . لذلك فإنه عند التعامل مع مؤقتات الشريحة 559 فلابد من توصيل الخرج على الأرضى من خلال مقاومة ٤,٧ كيلوأوم . الشريحة يمكنها أيضا أن تبتلع حتى ١٠٠ ميللى أمبير . فى هذه الحالة أيضا سيكون الخرج صفر إلا عند إثارة الشريحة فإن الخرج يرتفع إلى Vcc . جهد القدرة للشريحتان يتراوح من ٥ إلى ١٨ فولت . شكل (١١-٢١) يبين دائرة عامة لتوصيل إما الشريحة 558 أو الشريحة 559 لتعمل

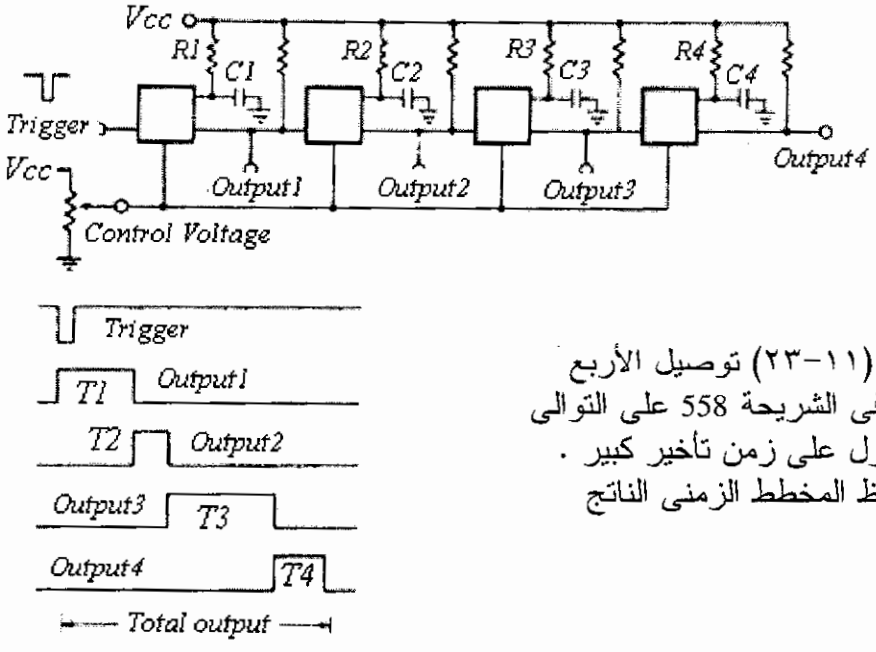


شكل (١١-٢١) دائرة عامة للاستخدام إحادى الاستقرار لأى واحدة من الشريحتين 558 أو 559

فى الطريقة أحادية الاستقرار . أطراف الإثارة Trigger فى كل من الشريحتين حساس للحافة النازلة للإشارة على هذه الأطراف . لذلك يمكن توصيل أكثر من مؤقت تتابعيا مباشرة ودون أى دوائر ربط للحصول على أزمنة تأخير كبيرة كما فى شكل (١١-٢٣) الذى يبين الأربع مؤقتات وقد تم توصيلها كلها على التتابع وبأزمنة تأخير مختلفة لكل منها حيث سيكون زمن التأخير الكلى 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 . فى الوضع العادى يوصل هذا الطرف على الأرضى من خلال مكثف كما فى شكل (١١-٢١) .



شكل (١١-٢٢) استخدام مؤقتين من الشريحة 558 للحصول على تشغيل عديم الاستقرار

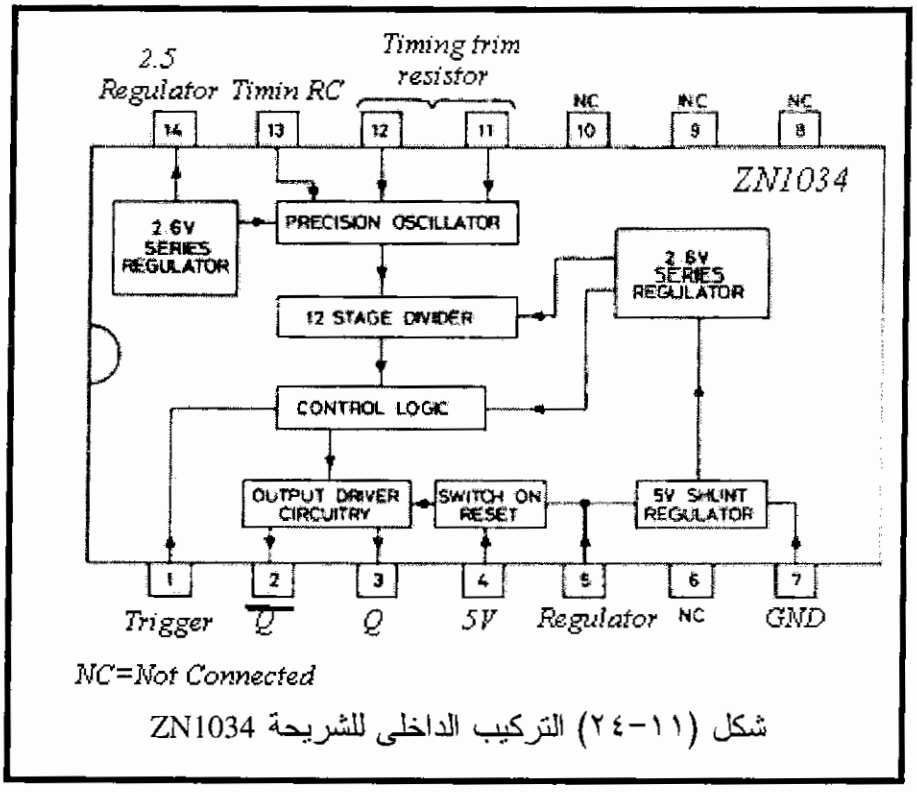


شكل (١١-٢٣) توصيل الأربع مؤقتات فى الشريحة 558 على التوالى للحصول على زمن تأخير كبير . لاحظ المخطط الزمنى الناتج

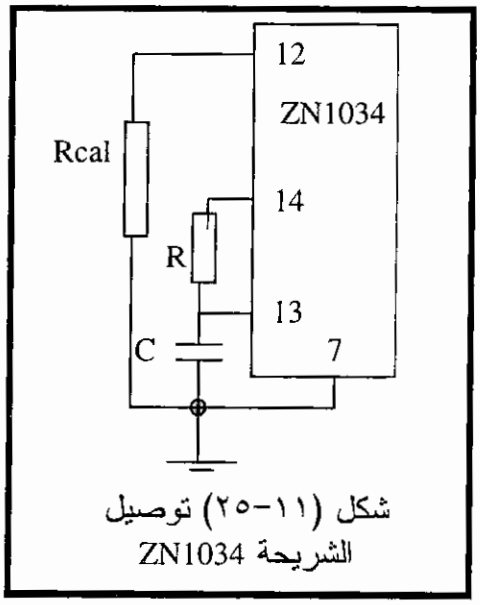
١١-١٢ الشريحة ZN1034

هذه الشريحة عبارة عن مؤقت بعداد بنفس فكرة الشريحة XR2240 ولكنها غير قابلة للبرمجة كما سنرى . شكل (١١-٢٤) يبين التركيب الداخلى لهذه الشريحة . إنها تتكون من مذبذب يمكن التحكم فى 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 2^{12} . عند إعطاء نبضة البدأ 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 $\overline{Q}$ على الطرف ٢ إلى الأرضى . أى أن الطرفان ٢ و ٣ عبارة عن خرجان للشريحة كل منهما عكس الآخر. كل من الخرجين يمكنه أن يدفع أو يبتلع تيار حتى ٢٥ ميللى أمبير .



شكل (١١-٢٤) التركيب الداخلى للشريحة ZN1034



شكل (١١-٢٥) توصيل الشريحة ZN1034

زمن التأخير الناتج يعطى بالمعادلة التالية:

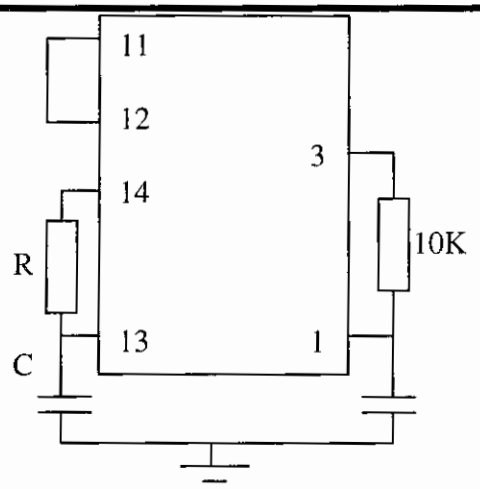
$T=K4095RC$

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 كيلوأوم ومرة تساوى ٣٠٠ كيلوأوم . 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 كيلوأوم كما فى شكل (١١-٢٦) . المكثف الموجود على الطرف ١ للتنعيم فقط .

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



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

١١-١٣ تمارين

١- فى الدائرة الموضحة فى شكل (١١-٥) :
- ما هو تأثير تغيير قيمة المقاومة ٤٧ كيلوأوم .
- 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- إرسم رسم صندوقى يوضح تركيب الشريحة 555 واشرح كيفية تشغيلها فى الطريقة أحادية الاستقرار .

٣- كرر السؤال الثانى مع شرح الطريقة عديمة الاستقرار .

٤- إشرح 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 . إجعل نسبة زمن الواحد للصفر تساوى ١ إلى ٣ .

٧- مطلوب عمل دائرة توقيت لفرن ميكروويف 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- أعد السؤال ٦ مستخدما الشريحة ٢٢٤٠ .

١٠- أعد السؤال ٧ مستخدما الشريحة ٢٢٤٠ .

١١- صمم دائرة توقيت توقد مصباح فى الشقة أبتداء من الساعة ٨ مساء حتى الساعة ٦ صباحا ثم تطفىء المصباح من ٦ صباحا 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 الشريحة ٢٢٤٠ فى حالة أخذ الخرج من المخارج التالية :

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