به نام خداوند بخشندهء مهربان

آی سی‌های تایمر

مقدمه

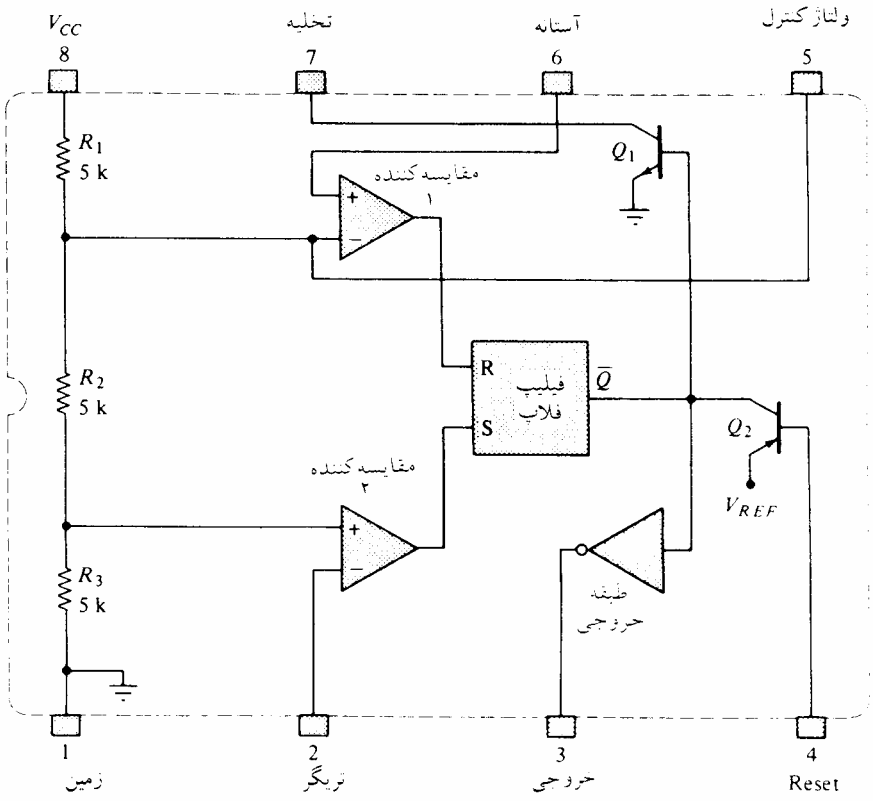
آی سی های تایمر از مقایسه کننده‌های ولتاژ، فلیپ ـ فلاپها و طبقات خروجی با امپدانس پایین تشکیل می‌شوند. البته تمام اینها در یک بسته‌بندی قراردارند. با اتصال مقاومتها و خازنهای خارجی می‌توان به کمک این IC ها مونواستابل، آستابل، مولد موج مربعی و تایمر ترتیبی ساخت. روش محاسبه عناصر خارجی بسیار ساده است.

۸-۱ تایمر ۵۵۵

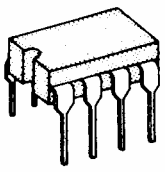
آی سی ۵۵۵ هزاران کاربردمختلف، به عنوان مونواستابل، آستابل، مولد شیب، تایمر ترتیبی و غیره دارد. نمودار بلوکی این تایمر (شکل ۸-۱) درنظر اول ممکن است پیچیده به نظر رسد، ولی درک طرز کار آن برای کسانی که آشنایی مختصری با فیلیپ فلاپ و مقایسه کننده ولتاژ دارند، بسیار آسان و محاسبه عناصر خارجی برای کاربردهای متفاوت هم خیلی ساده است.

شکل ۸-۱ را نگاه کنید، تایمر ۵۵۵ از یک **شبکه تقسیم ولتاژ** R_1، R_2 و R_3؛ **دو مقایسه کننده ولتاژ**؛ یک **فیلیپ فلاپ** $S-R$؛ یک **طبقه خروجی** وارونساز و دو ترانزیستور تشکیل شده است. برگه اطلاعات ضمیمه ۱-۱۶ نشان می‌دهد که این آی سی با منبع تغذیه بین V ۴/۵ تا V ۱۸ به خوبی کار می‌کند. فیلیپ فلاپ $S-R$ را در فصل ۱۳ بررسی می‌کنیم. فعلاً کافی است بدانیم که با اعمال پالس مثبت به پایانهٔ *set*، خروجی **پایین** می آید وبااعمال پالس مثبت به پایانهٔ *reset* خروجی **بالا** می‌رود.

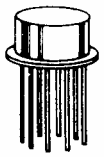
شبکه تقسیم کننده ولتاژ، بایاس پایانه منفی مقایسه کننده ۱ و پایانه مثبت مقایسه کننده ۲ را فراهم می‌کند. دو پایانهٔ دیگر این مقایسه کننده‌ها به پایانه‌های ۲ و ۶، به ترتیب موسوم به **تریگر** و **آستانه**، متصل اند.



(الف) دیاگرام بلوکی عملکردی

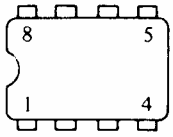


(ب) بسته دو ردیفه

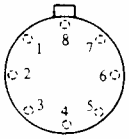


(ج) قابلمه‌ای

تصویر از بالا



تصویر از بالا



شکل ۸-۱ آی سی ۵۵۵ از یک شبکه تقسیم ولتاژ، دو مقایسه‌کننده ولتاژ، یک فیلیپ فلاپ، یک طبقه خروجی وارونساز، یک ترانزیستور تخلیه و یک ترانزیستور *reset* تشکیل شده است.

خروجی مقایسه کننده‌ها فیلیپ فلاپ را کنترل می‌کنند و خروجی فیلیپ فلاپ به طبقه خروجی و بیس ترانزیستور Q_1 متصل است. هنگام بالا (*High*) بودن خروجی فیلیپ فلاپ، ترانزیستور Q_1 **روشن** می‌شود. کار این ترانزیستور **تخلیه خازن** متصل به پایانه ۷ است. هنگام **پایین** (*Low*) بودن خروجی فیلیپ فلاپ Q_1 **خاموش** است. ***طبقه خروجی*** باعث می‌شود که مقاومت خروجی مدار پایین باشد و همچنین خروجی فیلیپ فلاپ را وارون می‌کند. هنگام **بالا** بودن ولتاژ خروجی فیلیپ فلاپ، ولتاژ پایانه ۳ **پایین** خواهد بود، و برعکس. پایانه خروجی می‌تواند حداکثر ۲۰۰ mA جریان **بدهد** یا **بگیرد**. (برگه اطلاعات ۵۵۵ را در ضمیمه ۱-۱۶ ببینید).

ترانزیستور Q_2، *pnp* است. امیتر این ترانزیستور به یک **ولتاژ مرجع** V_{REF}، که از V_{CC} کوچکتر است، وصل است. اگر پایانه *reset* به V_{CC} وصل شود اتصال بیس امیتر در بایاس معکوس است، Q_2 ***خاموش*** می‌ماند. هنگامی که ولتاژ پایانهٔ ۴ به زیر ولتاژ V_{REF} می‌رسد، Q_2 **روشن** می‌شود. که در این صورت Q_1 **روشن** می‌شود، خروجی پایانه ۳ به ولتاژ زمین می‌رسد و فیلیپ فلاپ *reset* می‌شود، یعنی خروجی آن **بالا** می‌رود.

با بررسی کاربردهای این آی سی بهتر می‌توان به طرز کار آن پی برد.

۸-۲ منواستابل با ۵۵۵

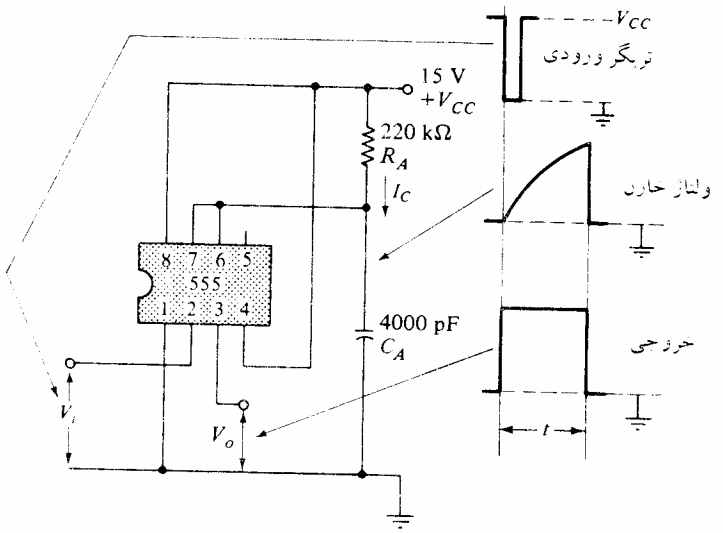
شکل ۸-۲ یک مدار منواستابل با ۵۵۵ را نشان می‌دهد. منبع تغذیه بین پایانه‌های ۸ ($+V_{CC}$) و ۱ (زمین) وصل شده است. پایانه ۲ (**تریگر**) مستقیماً به منبع تریگر وصل شده است. C_A خازنی است که هنگام ***خاموش*** بودن Q_1 (شکل ۸-۱ را ببینید) توسط V_{CC} و از طریق R_A پُر می‌شود. پایانه ۴ را به V_{CC} وصل کرده‌ایم تا مطمئن باشیم ترانزیستور Q_2 دائماً ***خاموش*** می‌ماند (شکل ۸-۱ را ببینید). پایانه ۵ مدار باز است و خروجی از پایانه ۳ گرفته می‌شود.

طرز کار مونواستابل ۵۵۵ مرحله به مرحله توضیح داده شده است. شکلهای ۸-۱ و ۸-۲ را نگاه کنید.

حالت اولیه

- پایانه ۲ **بالا** (*High*) است، زیرا سطح منبع تریگر در حالت عادی **بالا** است.
- خروجی مقایسه کننده ۲ **پایین** است، زیرا پایانه ۶ (ورودی مثبت) **پایین** و ورودی مثبت مقایسه کننده V_{R3} است، که در آن:

$$V_{R3} = V_{CC} \times \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1}{3} V_{CC}$$



شکل ۸-۲ با اتصال یک خازن و یک مقاومت به ۵۵۵ می‌توان یک مونواستابل ساخت. مقاومت از $R_A = V_{CC}/(۳\ I_{C(min)})$ و خازن از $t = ۱/۱\ C_A R_A$ به دست می‌آید.

- خروجی مقایسه‌کننده ۱ **پایین** است، زیرا پایانه ۶ (ورودی مثبت) **پایین** و ورودی منفی مقایسه کننده $V_{(R_۲ + R_۳)}$ است، که در آن:

$$V_{(R_۲ + R_۳)} = Vcc \times \frac{R_۲+R_۳}{R_۱+R_۲+R_۳} = \frac{۲}{۳} V_{CC}$$

- فلیپ فلاپ *reset* و خروجی Q آن **بالا** است.
- $Q_۱$ **روشن** است، زیرا خروجی فلیپ فلاپ **بالا** است.
- خازن C_A کاملاً تخلیه است، زیرا $Q_۱$ روشن است.
- به علت **روشن** بودن $Q_۱$ ولتاژ پایانه‌های ۶ و ۷ **پایین** است.
- به علت **بالا** بودن خروجی فلیپ فلاپ، خروجی پایانهٔ ۳ **پایین** است.

حالت تریگر شده

- ورودی تریگر پایانه ۲ را کمتر از $V_{R_۳}$ می‌کند، یعنی ولتاژ ورودی وارونساز مقایسه‌کننده ۲ کمتر از ولتاژ ورودی ناوارونساز آن می‌شود.
- خروجی مقایسه‌کننده ۲ به علت اعمال تریگر **بالا** می‌رود.
- فلیپ فلاپ توسط بالا شدن *(high)* خروجی مقایسه‌کننده ۲، *set* می‌شود (خروجی آن **پایین** می‌آید).

- با پائین رفتن خروجی فیلپ فلاپ، Q_1 **خاموش** می‌شود.
- پایانه ۳ **بالا** می‌رود، زیرا خروجی فیلیپ فلاپ **پایین** است.
- با خاموش شدن Q_1، خازن C_A که بین پایانه‌های ۶ و ۷ وصل شده است از طریق R_A شروع به پُر شدن می‌کند و ولتاژ آن به طور نمایی زیاد می‌شود.
- ولتاژ تریگر پایانهٔ ۲ دوباره **بالا** می‌رود، خروجی مقایسه‌کننده ۲ **پایین** می‌آید و فیلیپ فلاپ در حالت *set* باقی می‌ماند.

حالت نهایی

- هنگامی که ولتاژ خازن (پایانه ۶) به $V_{(R_2 + R_3)} = \frac{2}{3} V_{CC}$ می‌رسد، خروجی مقایسه‌کننده ۱ **بالا** می‌رود.
- خروجی مقایسه‌کننده ۱ ، فیلیپ فلاپ را *reset* می‌کند، یعنی خروجی Q **بالا** می‌رود.
- Q_1 **روشن** می‌شود.
- Q_1 به سرعت خازن C_A را تخلیه می‌کند، و ولتاژ پایانه‌های ۶ و ۷ کم می‌شود.
- به علت **بالا** بودن خروجی فیلیپ فلاپ، خروجی پایانه ۳ **پایین** می‌آید.
- به علت کاهش ولتاژ پایانهٔ ۶، خروجی مقایسه‌کننده ۱ دوباره پایین می‌آید و فیلیپ فلاپ در حالت *reset* باقی می‌ماند .
- حالت نهایی مدار مانند حالت اولیه آن است. مدار برای تریگر شدن آماده است.

هر بار که مونواستابل ۵۵۵ تریگر می‌شود، خروجی آن یک پالس خواهد بود. پهنای پالس به R_A و C_A و ولتاژهای داخلی مدار ۵۵۵ بستگی دارد.

۸-۳ طراحی مونواستابل ۵۵۵

برای طراحی مدار مونواستابل شکل ۸-۲ تنها باید R_A و C_A را برگزید. ولتاژ منبع تغذیه می‌تواند بین ۴/۵ V تا ۱۸ V باشد (ضمیمه ۱-۱۶ را ببینید). V_{CC} هر چه باشد، $V_{R_3} = (1/3)\ V_{CC}$ و $V_{(R_2+R_3)}=(2/3)V_{CC}$. دیدیم که پس از تریگر شدن مدار، C_A شروع به پُر شدن می‌کند تا به $\frac{2}{3} V_{CC}$ برسد، در این هنگام مدار به حالت اولیه برمیگردد. t مدت زمانی که طول می‌کشد تا C_A از صفر به $\frac{2}{3} V_{CC}$ برسد، عرض پالس را تعیین می‌کنند. به کمک معادله ۲-۹ می‌توان این زمان را محاسبه کرد.

$$t = R_c \ln\left[\frac{E-E_o}{E-e_c}\right]$$

برای مدار شکل ۸-۲ :

$$C = C_A\,, \qquad R = R_A\,, \qquad E = V_{CC}\,, \qquad E_o = ۰$$

و $e_C = \frac{۲}{۳} V_{CC}$ ولتاژ خازن در لحظه تغییر حالت مدار است. باگذاشتن این مقادیر در معادله ۲-۹ خواهیم داشت:

$$t = ۱/۱\ C_A R_A \qquad (۱-۸)$$

C_A باید تا حد ممکن کوچک انتخاب شود، تا $Q_۱$ بتواند به سرعت آن را تخلیه کند (شکل ۸-۱ را ببینید). البته C_A نباید آنقدر کوچک باشد که خازنهای پراکنده بر آن تأثیر بگذارد. اگر C_A باید تا حد امکان کوچک باشد، جریان خازن هم باید تا حد امکان کوچک باشد. می‌نیمم جریان خازن هنگام ماکزیمم شدن ولتاژ خازن، یعنی در $e_C = (۲/۳)\ V_{CC}$، رخ می‌دهد. در این هنگام جریان R_A برابر است با:

$$V_{RA} = V_{CC} - \frac{۲}{۳} V_{CC} = \frac{۱}{۳} V_{CC}$$

جریان خازن در این موقع برابر است با:

$$I_{C(min)} = \frac{(۱/۳)V_{CC}}{R_A}$$

یا

$$R_A = \frac{V_{CC}}{۳\ I_{C(min)}} \qquad (۲-۸)$$

$I_{C(min)}$ باید طوری انتخاب شود که از جریان آستانه که به I_{th} پایانهٔ ۶ می‌ریزد بسیار بزرگتر باشد، تا I_{th} اثر زیادی بر I_C نداشته باشد. پس روند طراحی عبارت است از:

۱. I_{th} را از برگه اطلاعات ۵۵۵ به دست آورید.

۲. $I_{C(min)}$ را خیلی بزرگتر از I_{th} انتخاب کنید.

۳. R_A را به کمک معادله ۸-۲ به دست آورید.

۴. C_A را به کمک معادله ۸-۱ به دست آورید.

مثال ۸-۱

یک مونواستابل ۵۵۵ طرح کنید که عرض پالس خروجی آن $۱\ ms$ باشد. ولتاژ منبع تغذیه $V_{CC} = ۱۵V$ است.

حل با توجه به ضمیمه ۱-۱۶ برای ۵۵۵، $I_{th(max)} = ۰/۲۵\ \mu A$.

$$I_{C(min)} >> I_{th}$$

فرض کنید $I_{C(min)} \approx ۱۰۰ \times I_{th}$

$$\approx ۱۰۰ \times ۰/۲۵\,\mu A = ۲۵\,\mu A$$

با توجه به معادله ۸-۲

$$R_A = \frac{V_{CC}}{۳\, I_{C(min)}} = \frac{۱۵\ V}{۳ \times ۲۵\,\mu A}$$

$$= ۲۰۰\ K\Omega \qquad (\text{مقدار استاندارد } ۲۲۰\ K\Omega)$$

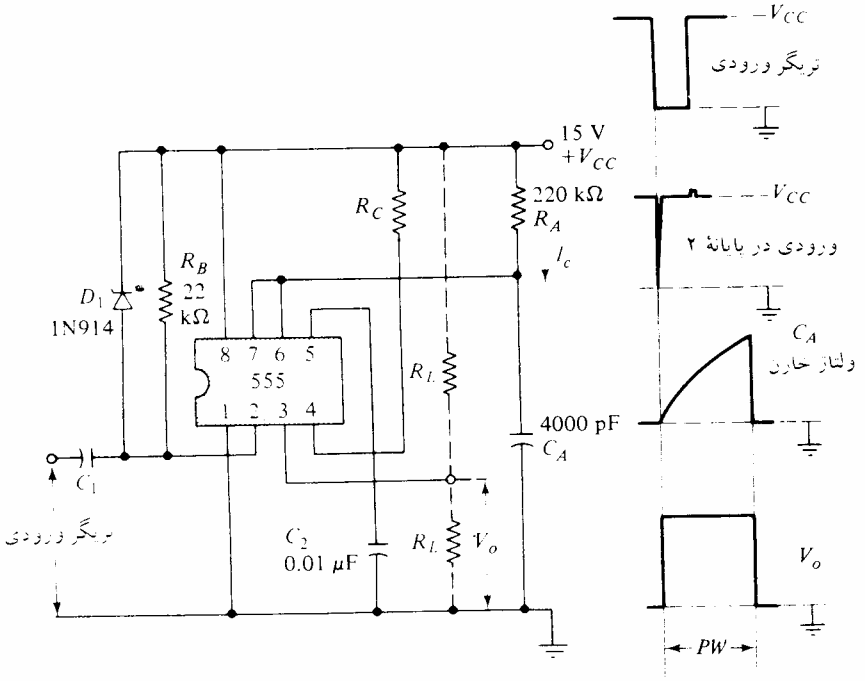
با توجه به معادله ۸-۱

$$C_A = \frac{t}{۱/۱\, R_A} = \frac{۱\ ms}{۱/۱ \times ۲۲۰\ k\Omega}$$

$$\approx ۴۰۰۰\ PF \qquad (\text{مقدار استاندارد})$$

۸-۴ اصلاحاتی در مدار مونواستابل ۵۵۵

شکل ۸-۳ یک مونواستابل را نشان می‌دهد که در آن ورودی تریگر با *تزویج خازنی* به پایانه ۲ اعمال شده است. پایانه ۲ توسط مقاومت R_B به V_{CC} وصل شده است. در این صورت مطمئن خواهیم بود که تا قبل از اعمال تریگر، پایانهٔ منفی مقایسه‌کننده ۲ در ولتاژ V_{CC} می‌ماند. C_1 و R_B از پالس ورودی مشتق



شکل ۸-۳ مدار مونواستابل ۵۵۵ با تریگر تزویج شده با خازن (C_1 ، D_1 ، R_B)، مقاومت بار (R_L)، و خازن جداساز نویز (C_2).

می‌گیرند و دیود D_1 قسمت مثبت پالس سوزنی را می‌برد. (شکل موجهای نشان داده شده در شکل ۸-۳ را ببینید).

کار مقاومت R_B شکل ۸-۳ دقیقاً همان کار R_B مدار ***وارونساز با تزویج خازنی ذاتاً - خاموش*** است که در بخش ۴-۶ مورد بحث قرار گرفت، به عبارت دیگر این R_B هم یک ترانزیستور (داخل IC) را در حالت ***خاموش*** نگه می‌دارد. همانطور که در بخش ۴-۶ گفتیم مقاومت $22\ K\Omega$ ماکزیمم مقدار مناسب برای R_B است.

می‌نیمم C_1 توسط جریان ورودی تریگر تعیین می‌شود (در ضمیمه ۱-۱۶ این جریان به صورت $I_T=0/5\ \mu A$ مشخص شده است). جریان مقاومت R_B در هنگام اعمال تریگر هم باید در نظر گرفته شود. به این ترتیب محاسبه C_1 دقیقاً مطابق محاسبهٔ خازن تزویج مدار وارونساز صورت می‌گیرد (بخش ۴-۸ را ببینید). البته با این تفاوت که باید t را برابر ***زمان صعود خروجی*** ۵۵۵ گرفت، نه برابر عرض پالس ورودی. ضمیمه ۱-۱۶ زمان صعود خروجی را $100\ ns$ نشان می‌دهد.

خازن جداساز C_2 (معمولاً $0/01\ \mu F$) اثر نویزهای ناخواسته بر ورودی مقایسه کننده ۱، هنگام عدم اتصال عنصر خارجی به پایانه ۵ ***(ولتاژکنترل)***، را به حداقل می‌رساند. خازن C_2 کار یک خازن کنارگذر (*bypass*) برای ثابت نگه داشتن ولتاژ مقاومتهای داخلی R_2 و R_3، هنگام بالا بودن فرکانس تریگر، را نیز انجام می‌دهد.

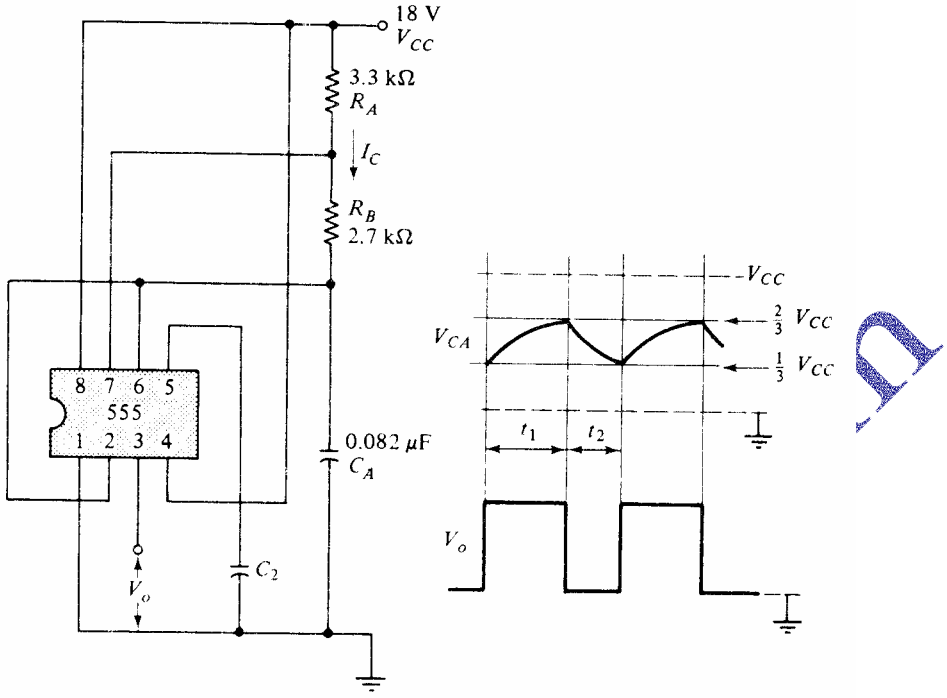
همانطور که در شکل ۸-۳ نشان داده شده، مقاومت بار را هم می‌توان بین پایانه ۳ و V_{CC} و هم بین پایانه ۳ و زمین قرار داد. این کار بر ولتاژ پایانه خروجی ۵۵۵ تأثیری ندارد، ولی جهت جریان بار به آن بستگی دارد.

بین پایانه *reset* (۴) و V_{CC}، میتوان یک مقاومت R_C قرار داد و به این ترتیب می‌توان ولتاژهای *reset* را با خازن به پایانه ۴ تزویج کرد، با این کار می‌توان مدار را قبل از اتمام پالس خروجی به حالت اولیه برگرداند. ماکزیمم مقدار مناسب R_C، $22\ K\Omega$ است (بخش ۴-۶ را ببینید).

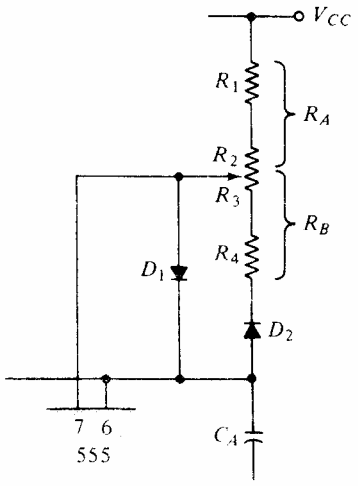
۸-۵ مولتی ویبراتور آستابل ۵۵۵

با اتصال مستقیم پایانه **تریگر** (پایانه ۲) به پایانه ***آستانه*** (پایانه ۶) می‌توان مدار مونواستابل را به مدار آستابل تبدیل کرد. [شکل ۸-۴ (الف) را ببینید]. به جای مقاومت پرکنندهٔ خازن دومقاومت R_A و R_B قرار گرفته، محل اتصالشان به پایانه ***تخلیه*** (پایانه ۷) وصل می‌شود.

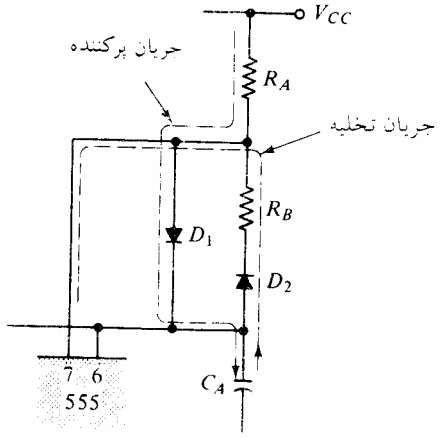
هنگامی که ولتاژ خازن (که به پایانه‌های ۶ و ۲ وصل است) کمتر از $(1/3)V_{CC}$ می‌شود، ولتاژ ورودی منفی مقایسه کنندهٔ ۲ کمتر از ولتاژ ورودی مثبت آن (که برابر است با $(V_{R_3}=(1/3)V_{CC}$) می‌شود. در نتیجه خروجی مقایسه کننده ۲ ***بالا*** می‌رود و فیلیپ فلاپ را *set* می‌کند، در حالت *set*



(الف) مدار استابل



(ج) تغییر برای داشتن زمان وظیفه قابل تنظیم با PRF ثابت



(ب) تغییر برای داشتن زمان وظیفه ۵۰٪

شکل ۸-٤ مدار آستابل ۵۵۵ در حقیقت یک مونواستابل خود تریگر است. (الف) خروجی یک موج پالسی با زمان وظیفه بزرگتر از ۵۰٪ است. زمان تناوب از $t = ۰/۶۹\ C_AR$ به دست می‌آید. با استفاده از دیود، زمان وظیفه را می‌توان به صورت شکلهای (ب) و (ج) تغییر داد.

خروجی فیلیپ فلاپ پایین است. Q_1 **خاموش** و C_A از طریق R_A و R_B پُر می‌شود.

با شارژ شدن C_A وقتی ولتاژ خازن به $(۲/۳)V_{CC}$ می‌رسد، ولتاژ ورودی مثبت مقایسه‌کننده ۱ (که از طریق پایانه ۶ به C_A وصل است) از ولتاژ ورودی منفی آن بزرگتر می‌شود. خروجی مقایسه‌کننده ۱ **بالا** می‌رود و فیلیپ فلاپ را *reset* می‌کند، خروجی فیلیپ فلاپ **بالا** می‌رود و ترانزیستور Q_1 را **روشن** می‌کند. حال Q_1 خازن C_A را از طریق مقاومت R_B تخلیه می‌کند. عمل تخلیه تا آنجا ادامه می‌یابد که ولتاژ C_A به V_{CC} $(۱/۳)$ برسد. در این موقع خروجی مقایسه‌کننده ۲ **بالا** می‌رود، فیلیپ فلاپ *set* می‌شود و Q_1 را **خاموش** می‌کند. این سیکل دوباره شروع و مرتباً تکرار می‌شود.

در طراحی آستابل ۵۵۵ تنها باید R_A، R_B و C_A را محاسبه کرد. توجه داشته باشید که I_C باید از جریان تریگر و جریان آستانه خیلی بزرگتر باشد. خازن C_2 معمولاً $۰/۰۱\ \mu F$ است. C_A از طریق $(R_A + R_B)$ از ولتاژ V_{CC} $(۱/۳)$ به ولتاژ V_{CC} $(۲/۳)$ می‌رود، ولتاژ اولیه خازن $E_o=(۱/۳)V_{CC}$ و ولتاژی که در آن مدار تغییر حالت می‌دهد $e_C = (۲/۳)\ V_{CC}$ است. ولتاژ تغذیه خازن هم $E = V_{CC}$ است. باگذاشتن این مقادیر در معادله ۲-۹ نتیجه می‌شود:

$$t_1 = ۰/۶۹۳\ C_A(R_A + R_B) \qquad (۳-۸)$$

برای حالت تخلیه خازن $E_o = \frac{۲}{۳} V_{CC}, e_C = \frac{۱}{۳} V_{CC}$ و $E = ۰$. باگذاشتن این مقادیر در معادله ۲-۹ نتیجه می‌شود:

$$t_2 = ۰/۶۹۳\ C_A R_B \qquad (۴-۸)$$

مثال ۸-۲

یک آستابل **۵۵۵** طرح کنید که دارای $PRF = ۲\ KHz$ و زمان وظیفه ٦٦٪ باشد. $V_{CC} = ۱۸\ V$

حل با توجه به شکل موج شکل ۸-۴ (الف)

$$t_1 + t_2 = \frac{۱}{PRF} = \frac{۱}{۲\ KHz}$$

$$= ۵۰۰\ \mu s$$

$$t_1 = (\text{زمان وظیفه}) \times (t_1 + t_2)$$

$$= \frac{۶۶}{۱۰۰} \times ۵۰۰\ \mu s$$

$$= ۳۳۰\ \mu s$$

$$t_2 = (t_1 + t_2) - t_1 = ۵۰۰\ \mu s - ۳۳۰\ \mu s = ۱۷۰\ \mu s$$

با توجه به برگه اطلاعات

$$I_{C(min)} >> I_{th} = ۰/۲۵\,\mu A$$

و

$$I_{C(min)} >> I_{trig} = ۰/۵\,\mu A$$

فرض می کنیم

$$I_{C(min)} = ۱\ mA$$

با توجه به معادله ۸ـ۲

$$R_A + R_B = \frac{V_{CC}}{۳\ I_{C(min)}} = \frac{۱۸\ V}{۳ \times ۱\ mA}$$

$$= ۶\ K\Omega$$

با توجه به معادله ۸ـ۳

$$C_A = \frac{t_۱}{۰/۶۹۳(R_A + R_B)} = \frac{۳۳۰\ \mu s}{۰/۶۹۳ \times ۶\ K\Omega}$$

$$\approx ۰/۰۸\,\mu F$$ (مقدار استاندارد $۰/۰۸۲\,\mu F$ را انتخاب می‌کنیم)

با توجه به معادله ۸ـ۴

$$R_B = \frac{t_۲}{۰/۶۹۳\ C_A} = \frac{۱۷۰\ \mu s}{۰/۶۹۳ \times ۰/۰۸\,\mu F}$$

$$= ۳/۰۷\ K\Omega$$ (مقدار استاندارد $۲/۷\ K\Omega$ را انتخاب می‌کنیم)

$$R_A = (R_A + R_B) - R_B$$

$$= ۶\ K\Omega - ۲/۷\ K\Omega$$

$$= ۳/۳\ K\Omega$$ (مقدار استاندارد)

مثال ۸ـ۳

مدار طرح شده در مثال ۸ـ۲ راتحلیل کنید و مقادیر واقعی PRF و زمان وظیفه را به دست آورید.

حل با توجه به معادله ۸ـ۳

$$t_۱ = ۰/۶۹۳\ C_A(R_A + R_B)$$

$$= ۰/۶۹۳ \times ۰/۰۸۲\,\mu F \times (۳/۳\ K\Omega + ۲/۷\ K\Omega)$$

$$= ۳۴۱\ \mu s$$

با توجه به معادله ۸ـ۴

$$t_۲ = ۰/۶۹۳\ C_A R_B$$

$$= ۰/۶۹۳ \times ۰/۰۸۲\,\mu F \times ۲/۷\ K\Omega$$

$$= ۱۵۳\,\mu s$$

$$t_۱ + t_۲ = ۳۴۱\,\mu s + ۱۵۳\,\mu s$$

$$= ۴۹۴\,\mu s$$

$$PRF = \frac{۱}{(t_۱ + t_۲)} = \frac{۱}{۴۹۴\,\mu s}$$

$$= ۲/۰۲\ KHz$$

$$\text{زمان وظیفه} = \frac{t_۱}{t_۱ + t_۲} \times ٪۱۰۰ = \frac{۳۴۱\,\mu s}{۴۹۴\,\mu s} \times ٪۱۰۰$$

$$= ٪۶۹$$

۸-۶ اصلاحاتی در مدار آستابل ۵۵۵

آستابل با زمان وظیفه ۵۰٪

با توجه به معادلات ۸-۳ و ۸-۴ می‌بینیم که همیشه $t_۱$ از $t_۲$ بزرگتر است (به عبارت دیگر زمان وظیفه از ۵۰٪ بزرگتر است). زیرا در معادلهٔ ۸-۳، $R_A + R_B$ را داریم ولی در معادله ۸-۴ که به $t_۲$ مربوط است تنها R_B را داریم. واضح است که برای داشتن $t_۱ = t_۲$ باید داشته باشیم، $R_A + R_B = R_B$ که امر ناممکنی است. (زیرا $R_A = ۰$ غیرممکن است).

شکل ۸-۴ (ب) اصلاح لازم برای رساندن زمان وظیفه به ۵۰٪ و پایینتر را نشان می‌دهد. در طی زمان شارژ شدن خازن، دیود $D_۲$ خاموش و دیود $D_۱$ روشن است و خازن C_A توسط V_{CC} و از طریق R_A و $D_۱$ پُر می‌شود. با روشن شدن $Q_۱$ (شکل ۸-۱)، ولتاژ پایانهٔ ۷ نزدیک صفر شده، C_A از طریق $D_۲$ و R_B تخلیه می‌شود. در این حالت معادله ۸-۳ به صورت زیر درمی‌آید:

$$t_۱ = ۰/۶۹۳\ C_A R_A$$

ولی معادله ۸-۴ همچنان به صورت زیر می‌ماند:

$$t_۲ = ۰/۶۹۳\ C_A R_B$$

اکنون اگر داشته باشیم $R_A = R_B$، $t_۱$ و $t_۲$ برابر شده، زمان وظیفه ۵۰٪ می‌شود. اگر R_A از R_B کوچکتر باشد، $t_۲ > t_۱$ و زمان وظیفه از ۵۰٪ کمتر می‌شود.

مدار با زمان وظیفه متغیر

با انجام اصلاحاتی به صورت شکل ۸-۴ (ج) می‌توان زمان وظیفه مدار را تغییر داد، بدون اینکه PRF

تغییر کند. زمان وظیفه به نسبت R_A و R_B بستگی دارد. چون مقاومت متغیر $R_3 + R_4$ به طور همزمان R_A را زیاد و R_B را کم می‌کند (و یا برعکس)، زمان وظیفه تغییر خواهد کرد.

فرکانس تکرار پالس، عکس $t_1 + t_2$ است، پس :

$$PRF = \frac{1}{t_1 + t_2}$$

$$t_1 + t_2 = 0/693\ C_A R_A + 0/693\ C_A R_B$$
$$= 0/693\ C_A\ [(R_1 + R_2) + (P_3 + R_4)\ ]$$

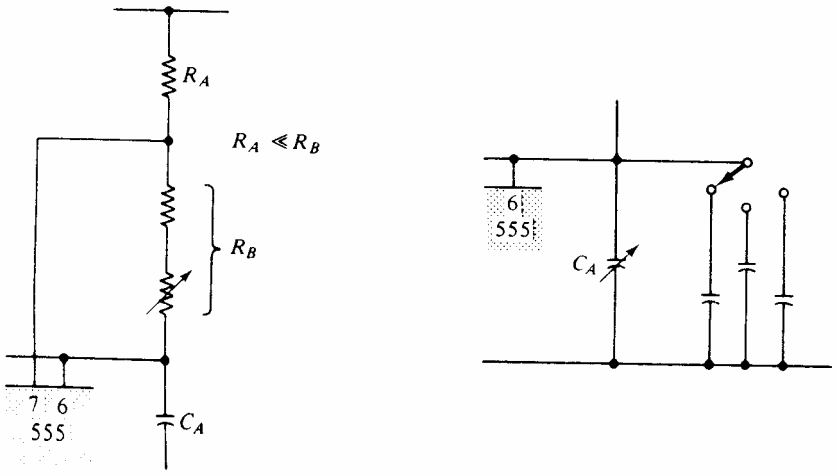
یا

$$PRF = \frac{1}{0/693\ C_A[(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)]}$$

پس PRF، مستقل از نسبت R_A و R_B، ثابت می‌ماند.

مولد موج مربعی با فرکانس متغیر

یکی از مدارهای پُرکاربرد مولد موج مربعی با فرکانس متغیر است، زمان وظیفه این موج نباید با تغییر فرکانس تغییر کند. با انتخاب یک خازن متغیر به جای C_A می‌توان به این هدف دست یافت. با گذاشتن یک کلید چند وضعیتی که هر بار خازن خاصی را انتخاب کند، می‌توان گستره فرکانسی وسیعی را



(ب) تنظیم با مقاومت

(الف) تنظیم با خازن

شکل ۸-۵ به کمک مدار آستابل ۵۵۵ و انتخاب خازنهای متفاوت یا تغییر مقاومت می‌توان یک مولد موج مربعی با فرکانس متغیر ساخت.

پوشاند. یک خازن متغیر هم می‌توان افزود و با آن فرکانس را در هر فاصله به طور پیوسته تغییر داد [شکل ۸-۵ (الف)]. این تدبیر را هم در مورد مدار اصلی آستابل [۸-۴ (الف)] و هم در مورد مدارهای اصلاح شده شکلهای ۸-۴ (ب) و (ج) می‌توان اعمال کرد.

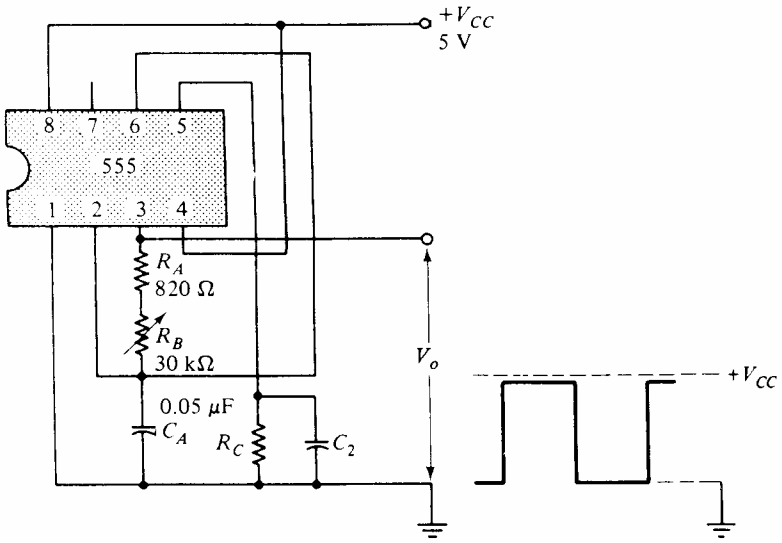
روش دیگر ساختن مولد موج مربعی با زمان وظیفهٔ تقریباً ثابت، استفاده از مدار آستابل شکل ۸-۴ (الف) است. به جای R_B ترکیب سری یک مقاومت ثابت و یک مقاومت متغیر را می‌گذاریم [شکل ۸-۵ (ب) را ببینید]. R_A باید از می‌نیمم مقدار R_B خیلی کوچکتر باشد. با تغییر R_B می‌توان فرکانس خروجی را تنظیم کرد. چون $(R_A + R_B)$ همیشه کمی از R_B بزرگتر است، زمان وظیفه همیشه کمی از ۵۰٪ بیشتر خواهد بود، ولی با تغییر فرکانس تغییر زیادی نخواهد کرد. R_A نباید کمتر از حدود $1K\Omega$ باشد، تا اثر بارگذاری آن بر ترانزیستور تخلیه Q_1 زیاد نباشد (شکل ۸-۱ را ببینید).

یک مولد موج مربعی دیگر

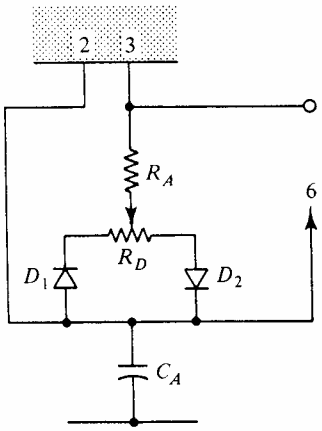
شکل ۸-۶ (الف) روش دیگری برای ساختن مولتی ویبراتور آستابل با زمان وظیفهٔ ۵۰٪ را نشان می‌دهد. در این مدار خازن C_A از طریق R_A و R_B و از پایانهٔ با امپدانس خروجی کم ۳ پُر و خالی می‌شود نه از V_{CC}. همانند شکل ۸-۴ حدود **پایین** و **بالای** ولتاژ خازن توسط پایانه‌های ۲ و ۶ تشخیص داده می‌شود. پایانه ۷ بازگذاشته شده است.

هنگامی که خروجی (پایانهٔ ۳) **بالا** ست، C_A پُر می‌شود تا به ولتاژ $(۲/۳)V_{CC}$ می‌رسد (پایانه ۶ این مسأله را تشخیص می‌دهد). سپس خروجی پایین می‌آید و C_A از طریق همان دو مقاومت تخلیه می‌شود تا به V_{CC} $(۱/۳)$ می‌رسد (پایانه ۲ این مسأله را تشخیص می‌دهد). دوباره خروجی **بالا** می‌رود و فرآیند تکرار می‌شود.

یکی از مشکلات مدار آن است که خروجی پایانهٔ ۳ کاملاً به V_{CC} نمی‌رسد، بلکه معمولاً یک ولت پایینتر از ولتاژ منبع تغذیه می‌ماند. در اینجا استفاده از معادله ۸-۳ کاملاً درست نیست، زیرا C_A در این حالت توسط منبعی با ولتاژ $V_o \approx V_{CC} - ۱\ V$ پُر می‌شود. مقاومت R_C متصل به پایانهٔ ۵ می‌تواند این خطا را اصلاح کند. شکل ۸-۱ را ببینید، متوجه می‌شوید که مقاومت بین پایانه ۵ و زمین با $R_۲$ و $R_۳$ موازی می‌شود. با انتخاب R_C مناسب می‌توان کاری کرد که $V_{R۳} = (۱/۳)\ V_o$ و $(V_{R۲} + V_{R۳}) = (۲/۳)\ V_o$ باشد. در این صورت زمان وظیفه خروجی مدار شکل ۸-۶، ۵۰٪ خواهد بود. به کمک مقاومت R_B می‌توان فرکانس خروجی را تنظیم کرد، بدون اینکه زمان وظیفه تغییر کند. شکل ۸-۶ (ب) روشی برای کنترل زمان وظیفه این مدار را نشان می‌دهد. دیودهای $D_۱$ و $D_۲$ و پتانسیومتر R_D، مقاومت مسیرهای پُر شدن و خالی شدن خازن C_A را نابرابر می‌کنند.



(الف) مدار با زمان وظیفه ۵۰٪



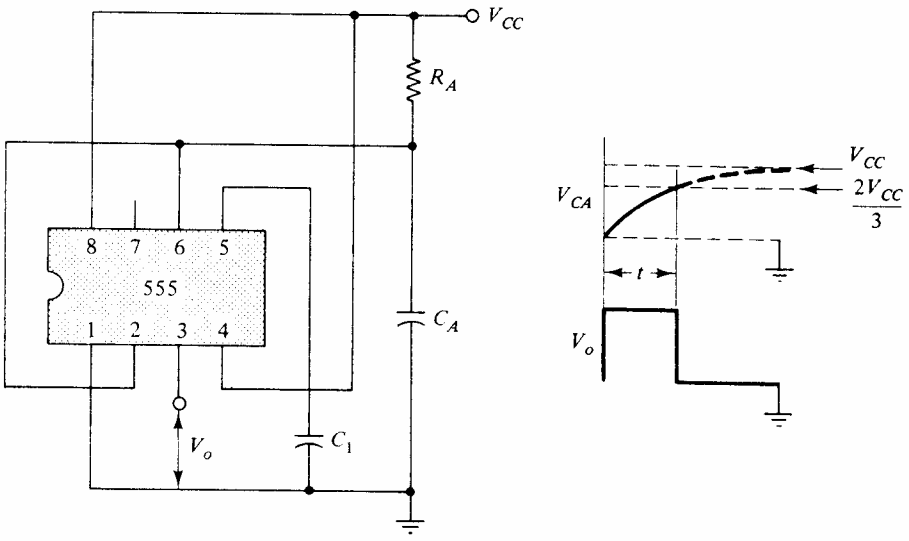
(ب) تغییر برای زمان وظیفه قابل تنظیم

شکل ۸-۶ یک مولد موج مربعی با ۵۵۵. در (الف) خازن از پایانه خروجی ۳ پُر و خالی می‌شود نه از V_{CC}. در (ب) برای تنظیم زمان وظیفه از دیود و مقاومت متغیر استفاده شده است.

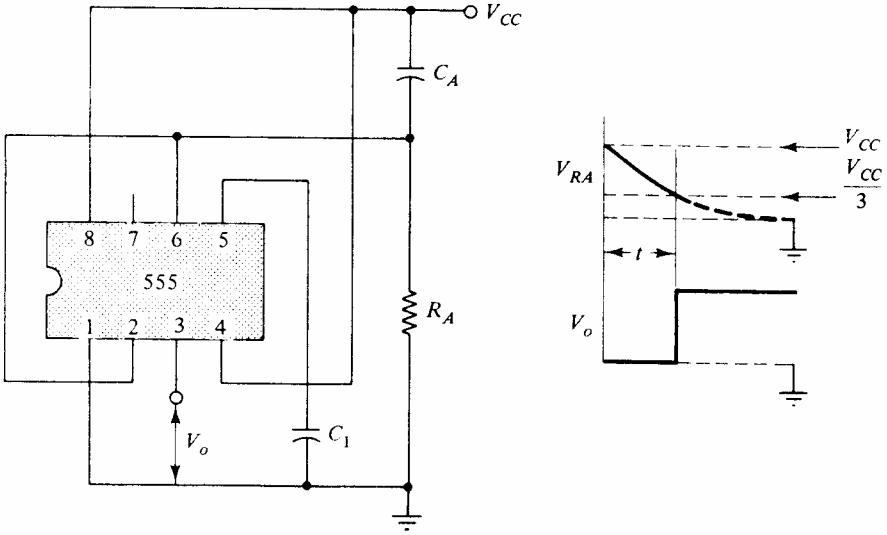
۸-۷ کاربردهای دیگر تایمر ۵۵۵

زمان‌سنج‌های تأخیری

در دو مدار شکل ۸-۷، پس از روشن شدن مدار یک خروجی تأخیردار ظاهر می‌شود. به کمک



(**الف**) خروجی به مدت t بالا است



(ب) خروجی به مدت t پائین است

شکل ۸-۷ زمان‌سنجهای تأخیری شبیه مونواستابل هستند، با این تفاوت که پایانهٔ تریگر ۲ مستقیماً به خازن وصل است. در مدار (الف) خروجی برای مدت t بالاست. در مدار (ب) بعد از اُفت V_{RA} به $V_{CC}/۳$ خروجی بالا می‌رود. خروجی به مدت t پایین می‌ماند.

خروجی مدار (الف) می‌توان مدار دیگری را، t ثانیه بعد از روشن شدن این مدار، روشن کرد. خروجی مدار (ب) t ثانیه بعد از روشن شدن مدار پایین می‌رود. به کمک این مدار هم می‌توان زمان روشن شدن مدارهای دیگر را تنظیم کرد.

هر دومدار در اصل مونواستابلهای خود - تریگر هستند. با اتصال مستقیم پایانه تریگر به خازن عمل تریگر خود به خود صورت می‌پذیرد. توجه کنید که در هر دو حالت پایانه ۷ باز است.

وقتی V_{CC} به مدار ۸-۷ (الف) وصل می‌شود، خازن در حالت تخلیه است. پس $V_{CA} = 0$ و این ولتاژ پایین که به پایانه ۲ وصل است، مدار را تریگر می‌کند. تا وقتی V_{CA} به $2V_{CC}/3$ نرسد، خروجی بالا می‌ماند. در این موقع ولتاژ آستانه پایانه ۶، مدار را *reset* می‌کند و خروجی پایین می‌آید. در شکل ۸-۷(ب) جای C_A و R_A عوض شده است. در این وضعیت خازن خالی باعث می‌شود که با وصل V_{CC} به مدار ولتاژ پایانه‌های ۲ و ۶ برابر V_{CC} باشد. بالا بودن ولتاژ در پایانه آستانه باعث می‌شود که خروجی پایین بماند. با پُر شدن خازن ولتاژ روی مقاومت کم می‌شود. وقتی V_{RA} به $V_{CC}/3$ برسد، ولتاژ پایانه ۲ مدار را تریگر می‌کند و خروجی بالا می‌رود.

روش طراحی این مدارها دقیقاً شبیه طراحی مدار مونواستابل است.

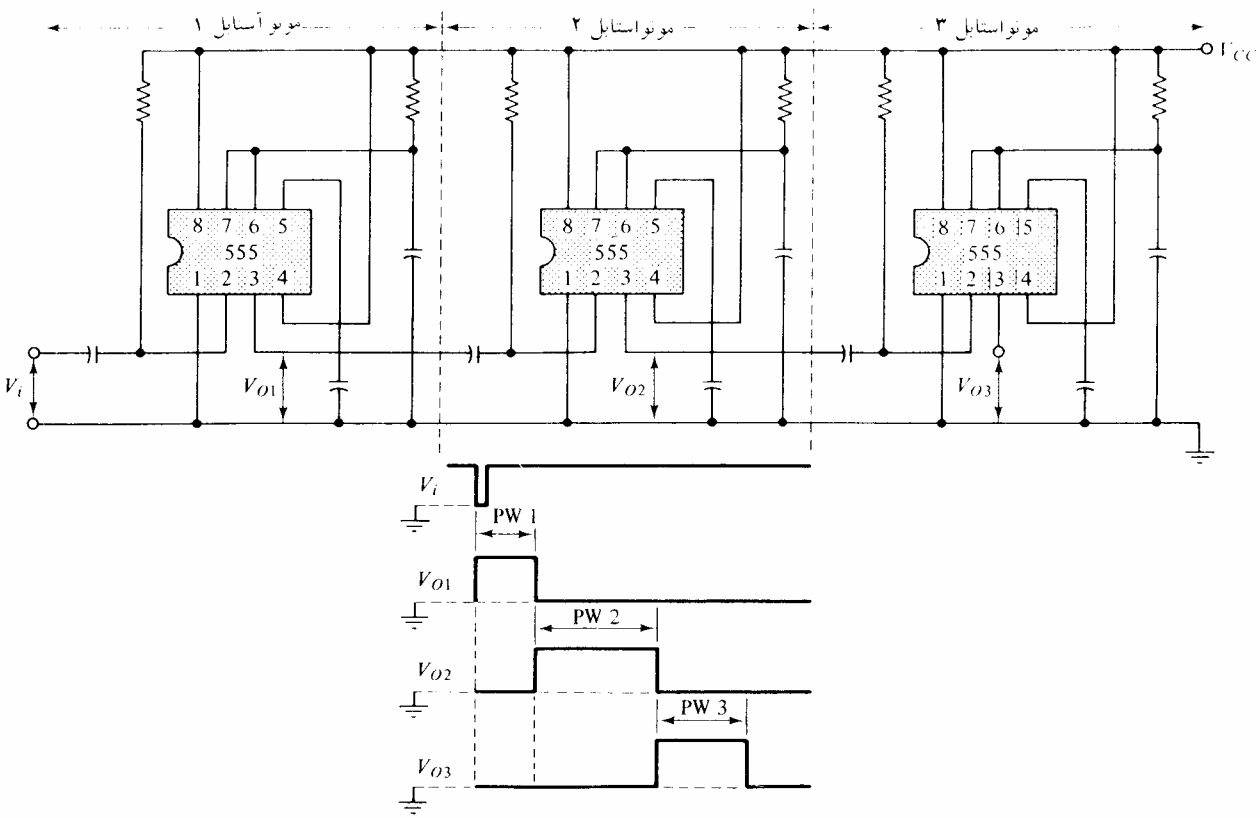
زمان سنج (تایمر) ترتیبی

شکل ۸-۸ سه مونواستابل ۵۵۵ را نشان می‌دهد که به صورت متوالی وصل شده، یک زمان‌سنج ترتیبی به وجود آورده‌اند. پالس ورودی V_i *مونواستابل* ۱ را تریگر می‌کند و خروجی آن پالسی با عرض PW_1 به وجود می‌آورد. با پایین رفتن ولتاژ خروجی مونواستابل ۱، لبهٔ پایین روندهٔ آن *مونواستابل* ۲ را تریگر می‌کند و این مونواستابل پالسی با عرض PW_2 به وجود می‌آورد. به همین ترتیب در پایان PW_2، *مونواستابل* ۳ تریگر می‌شود و پالسی با عرض PW_3 به وجود می‌آورد. هر یک از مونواستابل‌ها جداگانه طراحی شده‌اند تا عرض پالس مطلوب را ایجاد کنند.

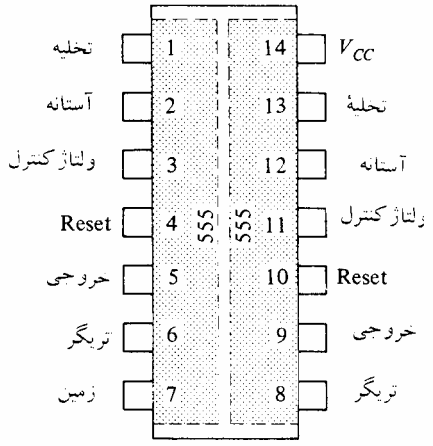
در مدارهایی که چند IC ۵۵۵ لازم دارد، به دلایل اقتصادی (از نظر حجم و قیمت) بهتر است از تایمر دوقلو ۵۵۶ استفاده شود. شکل ۸-۹ آرایش پایانه‌های ۵۵۶، که دو ۵۵۵ در یک بسته است، را نشان می‌دهد. دو مدار به جز از لحاظ V_{CC} و زمین کاملاً مستقل‌اند.

نوسان ساز *Pulsed - tone*

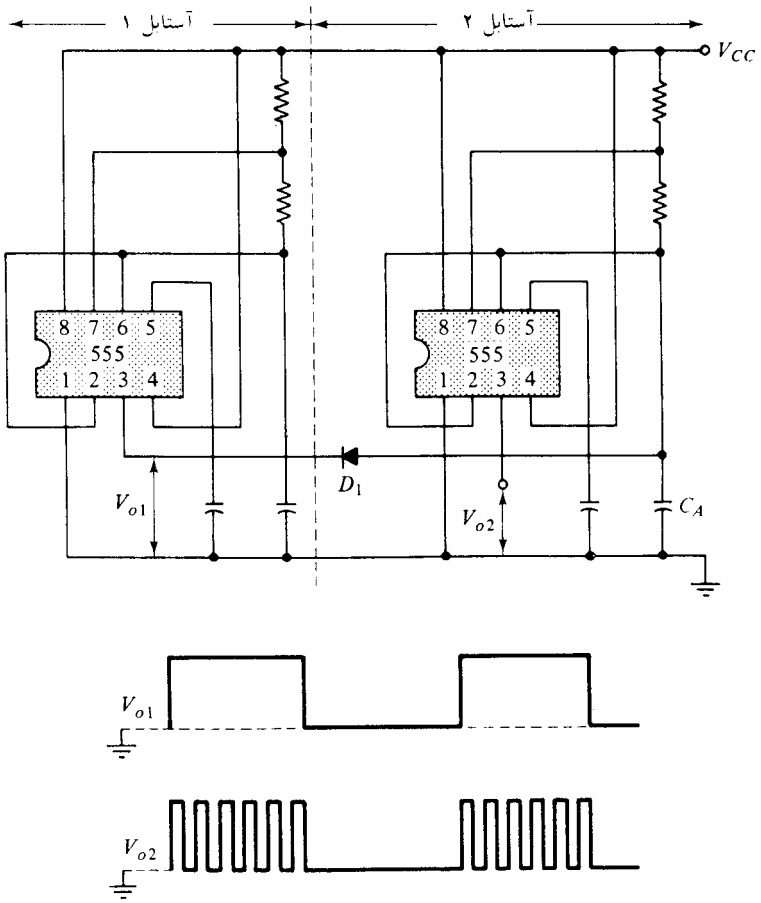
مدار نوسان ساز *Pulsed - tone* شکل ۸-۱۰ یک رشته بسته‌های فرکانس بالا تولید می‌کند. هر دو قسمت مدار آستابل ۵۵۵ است. خروجی *آستابل* فرکانس پایین ۱ *آستابل* ۲ را کنترل می‌کند. وقتی خروجی *آستابل* ۱ پایین است، C_A *آستابل* ۲ از طریق دیود D_1 در حالت تخلیه نگه داشته می‌شود. با



شکل ۸-۸ زمان‌سنج ترتیبی از چند مونواستابل متوالی تشکیل می‌شود. منواستابل ۱ منواستابل ۲ را تریگر می‌کند و منواستابل ۲ منواستابل ۳ را.



شکل ۸-۹ تایمر ۵۵۶ دو تایمر ۵۵۵ درداخل یک بسته است. تنها پایانه‌های V_{CC} و زمین دو تایمر ۵۵۵ مشترک‌اند.



۸-۱۰ نوسان‌ساز *Pulsed-tone* از دو مدار آستابل تشکیل می‌شود. آستابل فرکانس بالای ۲ مدت بالا بودن خروجی استابل ۱ نوسان می‌کند.

بالا رفتن خروجی آستابل ۱، D_1 خاموش می‌شود. امکان پُر شدن C_A فراهم می‌شود و *آستابل* ۲، همانطور که در شکل نشان داده شده، در مدتی برابر عرض پالس آستابل ۱ نوسان می‌کند.

نوسان‌ساز کنترل شده با ولتاژ (*VCO*)

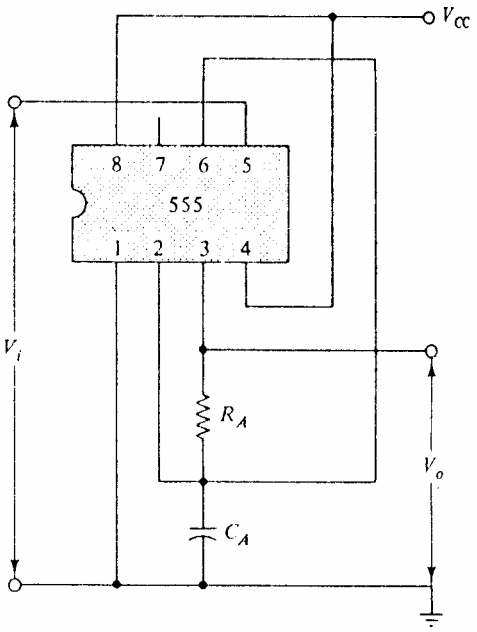
مدار شکل ۸-۱۱ یک مولد موج مربعی، مانند مدار شکل ۸-۶(الف)، است. با این تفاوت که ولتاژ یک خارجی V_i به پایانه ۵ (پایانه ولتاژ کنترل) آن اعمال شده است. یادآوری می‌کنیم که پایانه ۵ از داخل به محل اتصال R_1 و R_2 شبکه تقسیم ولتاژ متصل است (شکل ۸-۱). اگر ولتاژ خروجی اعمال نشود، ولتاژ پایانهٔ ۵ برابر $V_5 = 2V_{CC}/3$ و ولتاژ محل اتصال R_2 و R_3 برابر $V_{CC}/3$ (یا $V_5/2$) خواهد بود. گفتیم که هنگام کار به عنوان آستابل، خازن بین ولتاژهای $2V_{CC}/3$ و $V_{CC}/3$ پُر و خالی می‌شود. با اعمال V_i، خازن تا V_i پُر و تا $V_i/2$ تخلیه می‌شود. با تغییر V_i زمان پُر و خالی شدن خازن تغییر می‌کند، به‌این ترتیب فرکانس و زمان وظیفه خروجی هم عوض می‌شود. بنابراین مدار ***نوسان‌ساز کنترل شده با ولتاژ*** خواهد بود. اثر شبکه تقسیم ولتاژ داخل *IC* بر سیگنال اعمالی معادل بار $R_1 \parallel (R_2 + R_3)$ است. بنابراین مقاومت داخلی منبع سیگنال باید از $R_1 \parallel (R_2 + R_3)$ بسیار کوچکتر باشد.

۸-۸ مدارهای تایمر *CMOS*

آی سی ۷۵۵۵ *M* تایمر *CMOS*، محصول کارخانه *Intersil* است. تقریباً در تمام مدارها می‌توان به جای *IC* دوقطبی ۵۵۵، آی سی ۷۵۵۵ را گذاشت. البته ۷۵۵۵ تنها ۸۰ μA از منبع جریان می‌کشد، در حالی که ۵۵۵ به اندازهٔ ۱۰ mA جریان لازم دارد. همچنین ۷۵۵۵ می‌تواند با منبع تغذیه تا ۲V هم‌کار کند در صورتی که کمترین ولتاژ منبع تغذیه ۵۵۵، ۴/۵ V است. مزیت دیگر ۷۵۵۵ *CMOS*، آفست بسیار پایین ولتاژ خروجی (پایانهٔ ۳) آن است یعنی خروجی بین ولتاژ زمین و V_{CC} نوسان می‌کند. پس برای مثال اگر در مولد موج مربعی شکل ۸-۶ تایمر ۷۵۵۵ را به‌کار بریم، مقاومت R_C لزومی نخواهد داشت.

ماکزیمم جریانهای تریگر و آستانهٔ ۷۵۵۵ برابر ۵۰ pA است، این مقادیر را با ۰/۵ μA و ۰/۲۵ μA تایمر ۵۵۵ مقایسه کنید. به علت این جریانهای پایین، اگر در محاسبه مقاومتها روش طراحی قبل را به‌کار بریم (یعنی جریانها را ۱۰۰ برابر جریان ورودی بگیریم)، مقاومتهای بسیار بزرگی به دست خواهد آمد. در صورت بالا بودن مقاومتها مقدار خازنها کوچک به دست می‌آید. مثال ۸-۱ را درنظر بگیرید. اگر از ۷۵۵۵ استفاده کنیم و همان روش طراحی را به‌کار بریم، R_1 برابر ۱۰۰ $M\Omega$ و C_A تقریباً ۱۰ pF به دست می‌آید. خازنهای پراکنده می‌توانند بر این خازن کوچک تأثیر بگذارند، و مقدار بزرگ مقاومتها مدار را در معرض نویز قرار می‌دهد.

برای اینکه طراحی مدارهای ۷۵۵۵ رضایت‌بخش باشد ابتدا از خازن شروع می‌کنیم و آن را بسیار



شکل ۸-۱۱ نوسان‌ساز کنترل شده با ولتاژ ۵۵۵. این مدار یک آستابل است که V_i به پایانهٔ ۵ آن وصل شده است. با تغییر V_i دو حد تغییر ولتاژ خازن عرض می‌شود. به این ترتیب زمان تناوب و فرکانس موج خروجی کنترل می‌شود.

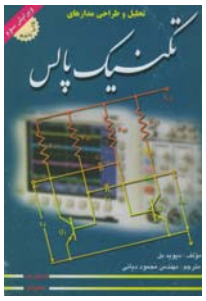
بزرگتر از خازنهای پراکنده، حداقل pF ۱۰۰۰ ، انتخاب می‌کنیم. سپس با استفاده از رابطه R و C مقدار مقاومتها را محاسبه می‌کنیم.

۷۵۵۶ شامل دو ۷۵۵۵ در یک بسته‌بندی است. پایانه‌های IC های ۷۵۵۵ و ۷۵۵۶ شبیه آرایش پایانه‌های ۵۵۵ و ۵۵۶ است.

برگرفته از کتاب :

تکنیک پالس

اثر دیوید بل


تحلیل و طراحی مدارهای
تکنیک پالس