

به نام خداوند بخشندهء مهربان



السَّلَامُ عَلَيْكَ يَا ابْنَ عَبْدِ اللَّهِ الْحُسَيْنِ  
السَّلَامُ عَلَيْكَ يَا ابْنَ عَبْدِ اللَّهِ الْحُسَيْنِ



URI : [www.ir-micro.com](http://www.ir-micro.com)

-----

[www.ir-micro.com](http://www.ir-micro.com)

# آی سی های تایمر

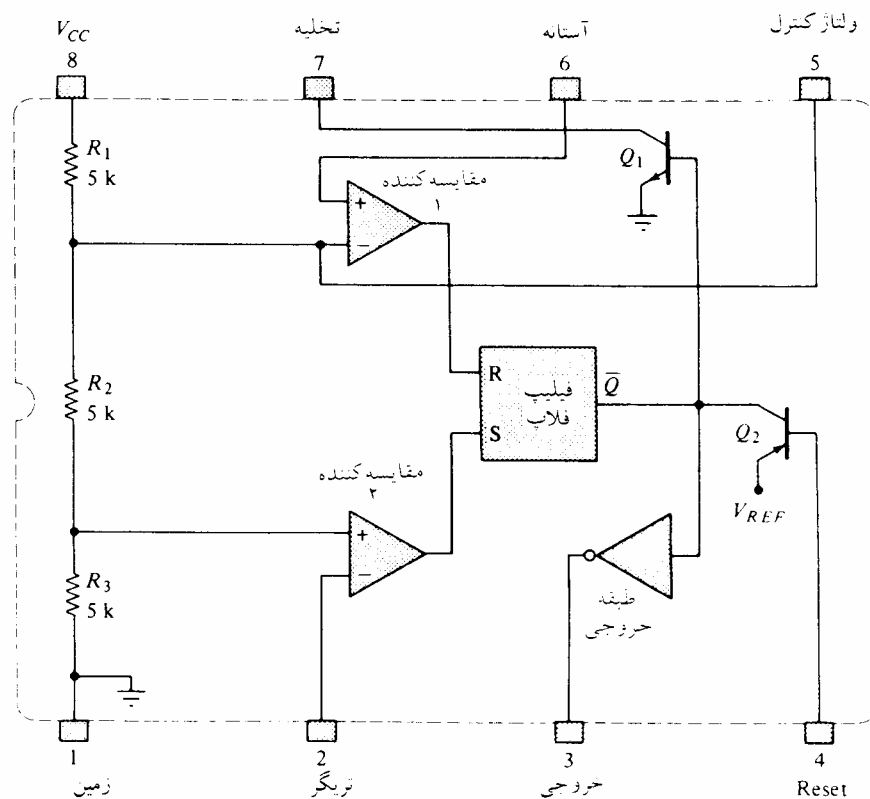
## مقدمه

آی سی های تایمر از مقایسه کننده های ولتاژ، فلیپ، فلاپها و طبقات خروجی با امپدانس پایین تشکیل می شوند. البته تمام اینها در یک بسته بندی قرار دارند. با اتصال مقاومتها و خازنهای خارجی می توان به کمک این IC ها منواستابل، آستابل، مولد موج مربعی و تایمر ترتیبی ساخت. روش محاسبه عناصر خارجی بسیار ساده است.

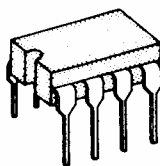
## ۱-۸ تایمر ۵۵۵

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

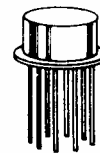
شکل ۸-۱ را نگاه کنید، تایمر ۵۵۵ از یک شبکه تقسیم ولتاژ  $R_1$ ،  $R_2$  و  $R_3$ ؛ دو مقایسه کننده ولتاژ؛ یک فلیپ فلاپ  $R-S$ ؛ یک طبقه خروجی وارون ساز و دو ترانزیستور تشکیل شده است. برگه اطلاعات ضمیمه ۱-۱۶ نشان می دهد که این آی سی با منبع تغذیه بین  $4/5 V$  تا  $18 V$  به خوبی کار می کند. فلیپ فلاپ  $R-S$  را در فصل ۱۳ بررسی می کنیم. فعلاً کافی است بدانیم که با اعمال پالس مثبت به پایانه  $set$ ، خروجی پایین می آید و با اعمال پالس مثبت به پایانه  $reset$  خروجی بالا می رود. شبکه تقسیم کننده ولتاژ، بایاس پایانه منفی مقایسه کننده ۱ و پایانه مثبت مقایسه کننده ۲ را فراهم می کند. دو پایانه دیگر این مقایسه کننده ها به پایانه های ۲ و ۶، به ترتیب موسوم به تریگر و آستانه، متصل اند.



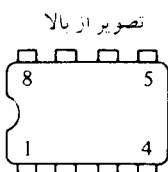
(الف) دیاگرام بلوکی عملکردی



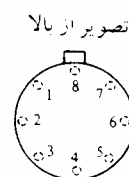
(ب) بسته دو ردیفه



(ج) قابلمه ای



تصویر از بالا



تصویر از بالا

شکل ۸-۱ آی سی ۵۵۵ از یک شبکه تقسیم ولتاژ، دو مقایسه کننده ولتاژ، یک فلیپ فلاپ، یک طبقه خروجی وارون ساز، یک ترانزیستور تخلیه و یک ترانزیستور *reset* تشکیل شده است.

خروجی مقایسه کننده‌ها فلیپ فلاپ را کنترل می‌کنند و خروجی فلیپ فلاپ به طبقه خروجی و بیس ترانزیستور  $Q_1$  متصل است. هنگام بالا (High) بودن خروجی فلیپ فلاپ، ترانزیستور  $Q_1$  روشن می‌شود. کار این ترانزیستور تخلیه خازن متصل به پایانه ۷ است. هنگام پایین (Low) بودن خروجی فلیپ فلاپ  $Q_1$  خاموش است. طبقه خروجی باعث می‌شود که مقاومت خروجی مدار پایین باشد و همچنین خروجی فلیپ فلاپ را وارون می‌کند. هنگام بالا بودن ولتاژ خروجی فلیپ فلاپ، ولتاژ پایانه ۳ پایین خواهد بود، و برعکس. پایانه خروجی می‌تواند حداکثر  $200\text{ mA}$  جریان بدهد یا بگیرد. (برگه اطلاعات ۵۵۵ را در ضمیمه ۱-۱۶ ببینید).

ترانزیستور  $Q_2$ ،  $pnp$  است. آمپتر 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 آمپتر در بایاس معکوس است،  $Q_2$  خاموش می‌ماند. هنگامی که ولتاژ پایانه 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 فلیپ فلاپ  $reset$  می‌شود، یعنی خروجی آن بالا می‌رود.

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

## ۲-۸ منواستابل با ۵۵۵

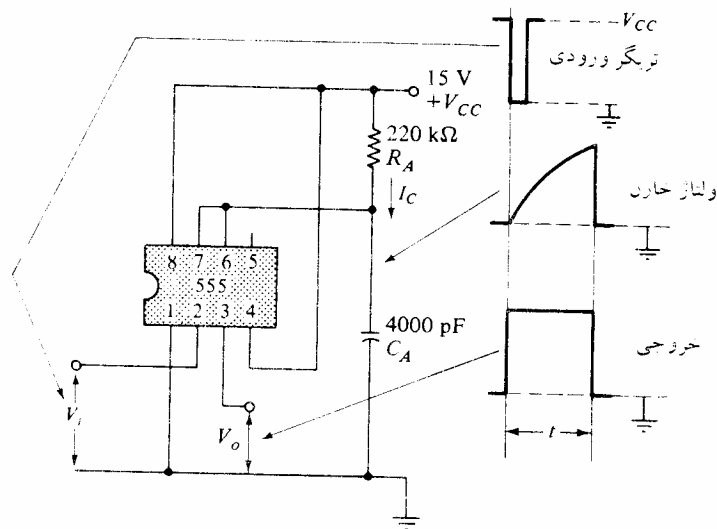
شکل ۲-۸ یک مدار منواستابل با ۵۵۵ را نشان می‌دهد. منبع تغذیه بین پایانه‌های ۸ ( $+V_{CC}$ ) و ۱ (زمین) وصل شده است. پایانه ۲ (تریگر) مستقیماً به منبع تریگر وصل شده است.  $C_A$  خازنی است که هنگام خاموش بودن  $Q_1$  (شکل ۸-۱ را ببینید) توسط  $V_{CC}$  و از طریق  $R_A$  پُر می‌شود. پایانه ۴ را به  $V_{CC}$  وصل کرده ایم 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 منواستابل 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:

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



شکل ۸-۲ با اتصال یک خازن و یک مقاومت به ۵۵۵ می‌توان یک مونواستابل ساخت. مقاومت از  $R_A = V_{CC} / (3 I_{C(max)})$  و خازن از  $t = 1/1 C_A R_A$  به دست می‌آید.

- خروجی مقایسه‌کننده ۱ پایین است، زیرا پایانه ۶ (ورودی مثبت) پایین و ورودی منفی مقایسه‌کننده  $V_{(R_1 + R_2)}$  است، که در آن:

$$V_{(R_1 + R_2)} = V_{CC} \times \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{2}{3} V_{CC}$$

- فلیپ فلاپ  $reset$  و خروجی  $Q$  آن بالا است.
- $Q_1$  روشن است، زیرا خروجی فلیپ فلاپ بالا است.
- خازن  $C_A$  کاملاً تخلیه است، زیرا  $Q_1$  روشن است.
- به علت روشن بودن  $Q_1$  ولتاژ پایانه‌های ۶ و ۷ پایین است.
- به علت بالا بودن خروجی فلیپ فلاپ، خروجی پایانه ۳ پایین است.

### حالت تریگر شده

- ورودی تریگر پایانه ۲ را کمتر از  $V_{R_2}$  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 فلیپ فلاپ،  $Q_1$  خاموش می شود.
- پایانه ۳ بالا می رود، زیرا خروجی فلیپ فلاپ پایین است.
- با خاموش شدن  $Q_1$ ، خازن  $C_A$  که بین پایانه های ۶ و ۷ وصل شده است از طریق  $R_A$  شروع به پر شدن می کند و ولتاژ آن به طور نمایی زیاد می شود.
- ولتاژ تریگر پایانه ۲ دوباره بالا می رود، خروجی مقایسه کننده ۲ پایین می آید و فلیپ فلاپ در حالت  $set$  باقی می ماند.

### حالت نهایی

- هنگامی که ولتاژ خازن (پایانه ۶) به  $V_{CC} \frac{2}{3}$  می رسد، خروجی مقایسه کننده ۱ بالا می رود.
- خروجی مقایسه کننده ۱، فلیپ فلاپ را  $reset$  می کند، یعنی خروجی  $Q$  بالا می رود.
- $Q_1$  روشن می شود.
- $Q_1$  به سرعت خازن  $C_A$  را تخلیه می کند، و ولتاژ پایانه های ۶ و ۷ کم می شود.
- به علت بالا بودن خروجی فلیپ فلاپ، خروجی پایانه ۳ پایین می آید.
- به علت کاهش ولتاژ پایانه ۶، خروجی مقایسه کننده ۱ دوباره پایین می آید و فلیپ فلاپ در حالت  $reset$  باقی می ماند.
- حالت نهایی مدار مانند حالت اولیه آن است. مدار برای تریگر شدن آماده است.
- هر بار که مونواستابل ۵۵۵ تریگر می شود، خروجی آن یک پالس خواهد بود. پهنای پالس به  $R_A$  و  $C_A$  و ولتاژهای داخلی مدار ۵۵۵ بستگی دارد.

## ۳-۸ طراحی مونواستابل ۵۵۵

برای طراحی مدار مونواستابل شکل ۸-۲ تنها باید  $R_A$  و  $C_A$  را برگزید. ولتاژ منبع تغذیه می تواند بین  $4.5V$  تا  $18V$  باشد (ضمیمه ۱-۱۶ را ببینید).  $V_{CC}$  هر چه باشد،  $V_{R+} = (1/3) V_{CC}$  و  $V_{(R+R+)} = (2/3) V_{CC}$ . دیدیم که پس از تریگر شدن مدار،  $C_A$  شروع به پر شدن می کند تا به  $(2/3) V_{CC}$  برسد، در این هنگام مدار به حالت اولیه برمیگردد. مدت زمانی که طول می کشد تا  $C_A$  از صفر به  $(2/3) V_{CC}$  برسد، عرض پالس را تعیین می کنند. به کمک معادله ۲-۹ می توان این زمان را محاسبه کرد.

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

برای مدار شکل ۸-۲:

$$C = C_A, \quad R = R_A, \quad E = V_{CC}, \quad E_o = 0$$

و  $e_C = \frac{2}{3} V_{CC}$  ولتاژ خازن در لحظه تغییر حالت مدار است. با گذاشتن این مقادیر در معادله ۲-۹ خواهیم داشت:

$$t = \frac{1}{\omega} C_A R_A \quad (1-8)$$

$C_A$  باید تا حد ممکن کوچک انتخاب شود، تا  $Q_1$  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. می‌نیم جریان خازن هنگام ماکزیمم شدن ولتاژ خازن، یعنی در  $e_C = (\frac{2}{3}) V_{CC}$ ، رخ می‌دهد. در این هنگام جریان  $R_A$  برابر است با:

$$V_{RA} = V_{CC} - \frac{2}{3} V_{CC} = \frac{1}{3} V_{CC}$$

جریان خازن در این موقع برابر است با:

$$I_{C(min)} = \frac{(\frac{1}{3})V_{CC}}{R_A}$$

یا

$$R_A = \frac{V_{CC}}{3 I_{C(min)}} \quad (2-8)$$

$I_{C(min)}$  باید طوری انتخاب شود که از جریان آستانه که به  $I_{th}$  پایانه 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 ۲-۸ به دست آورید.

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

### مثال ۸-۱

یک مونواستابل ۵۵۵ طرح کنید که عرض پالس خروجی آن  $1 \text{ ms}$  باشد. ولتاژ منبع تغذیه  $V_{CC} = 15 \text{ V}$  است.

محلول: با توجه به ضمیمه ۱-۱۶ برای ۵۵۵،  $I_{th(max)} = 0.25 \mu\text{A}$ .

$$I_{C(min)} \gg I_{th}$$

$$I_{C(min)} \approx 100 \times I_{th}$$

فرض کنید

$\approx 4000 \text{ PF}$  (مقدار استاندارد)

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  $(C_2)$ .



می گیرند و دیود  $D_1$  قسمت مثبت پالس سوزنی را می برد. (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 می دارد. همانطور که در بخش ۴-۶ گفتیم مقاومت  $22\text{ K}\Omega$  ماکزیمم مقدار مناسب برای  $R_B$  است.

می نیمم  $C_1$  توسط جریان ورودی تریگر تعیین می شود (در ضمیمه ۱-۱۶ این جریان به صورت  $I_T = 0.5\text{ }\mu\text{A}$  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 محاسبه خازن تزویج مدار وارونساز صورت می گیرد (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  $100\text{ ns}$  نشان می دهد.

خازن جداساز  $C_2$  (معمولاً  $0.1\text{ }\mu\text{F}$ ) اثر نویزهای ناخواسته بر ورودی مقایسه کننده ۱، هنگام عدم اتصال عنصر خارجی به پایانه ۵ (ولتاژ کنترل)، را به حداقل می رساند. خازن  $C_2$  کار یک خازن کنار گذر (*bypass*) برای ثابت نگه داشتن ولتاژ مقاومت های داخلی  $R_2$  و  $R_3$ ، هنگام بالا بودن فرکانس تریگر، را نیز انجام می دهد.

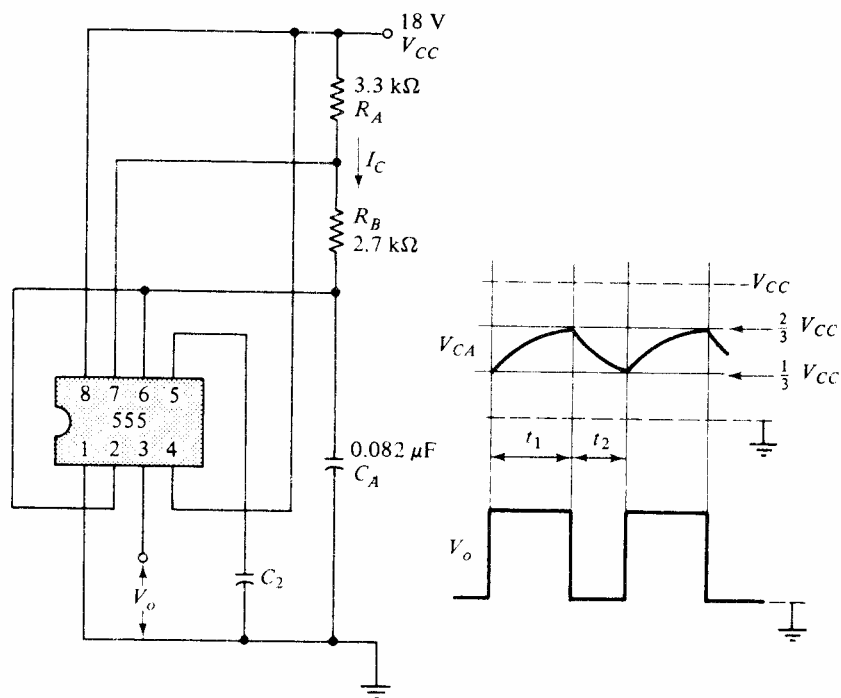
همانطور که در شکل ۸-۳ نشان داده شده، مقاومت بار را هم می توان بین پایانه ۳ و  $V_{CC}$  و هم بین پایانه ۳ و زمین قرار داد. این کار بر ولتاژ پایانه خروجی ۵۵۵ تأثیری ندارد، ولی جهت جریان بار به آن بستگی دارد.

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

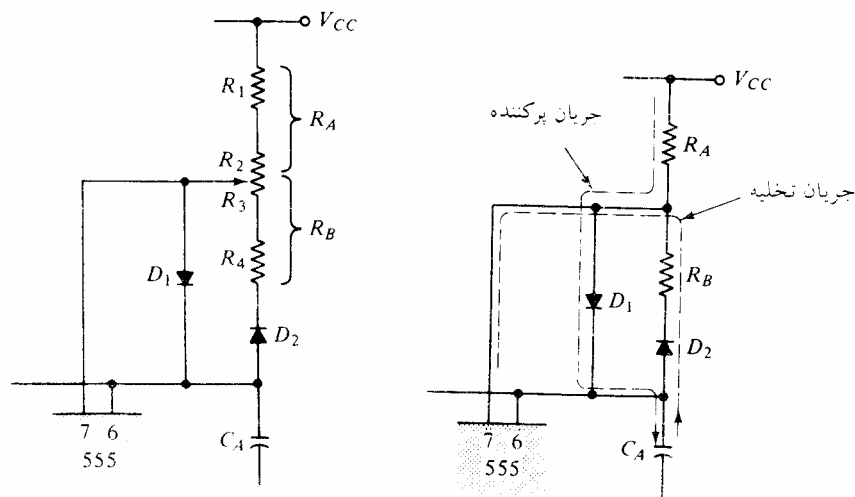
## ۸-۵ مولتی ویراتور آستانبل ۵۵۵

با اتصال مستقیم پایانه تریگر (پایانه ۲) به پایانه آستانه (پایانه ۶) می توان مدار مونواستابل را به مدار آستانبل تبدیل کرد. [شکل ۸-۴ (الف) را ببینید]. به جای مقاومت پرکننده خازن دومقاومت  $R_A$  و  $R_B$  قرار گرفته، محل اتصالشان به پایانه تخلیه (پایانه ۷) وصل می شود.

هنگامی که ولتاژ خازن (که به پایانه های ۶ و ۲ وصل است) کمتر از  $(1/3)V_{CC}$  می شود، ولتاژ ورودی منفی مقایسه کننده ۲ کمتر از ولتاژ ورودی مثبت آن (که برابر است با  $(1/3)V_{CC}$ ) می شود. در نتیجه خروجی مقایسه کننده ۲ بالا می رود و فلیپ فلاپ را *set* می کند، در حالت *set*



(الف) مدار استابل



(ج) تغییر برای داشتن زمان و طبقه قابل تنظیم  
با  $PRF$  ثابت

(ب) تغییر برای داشتن زمان و طبقه ۵۰٪

شکل ۸-۴ مدار استابل ۵۵۵ در حقیقت یک مونواستابل خود تریگر است. (الف) خروجی یک موج پالسی با زمان و طبقه بزرگتر از ۵۰٪ است. زمان تناوب از  $t = 0.69 C_A R$  به دست می آید. با استفاده از دیود، زمان و طبقه را می توان به صورت شکل های (ب) و (ج) تغییر داد.

خروجی فلیپ فلاپ پایین است.  $Q_1$  خاموش و  $C_A$  از طریق  $R_A$  و  $R_B$  پُر می شود. با شارژ شدن  $C_A$  وقتی ولتاژ خازن به  $(2/3)V_{CC}$  می رسد، ولتاژ ورودی مثبت مقایسه کننده ۱ (که از طریق پایانه ۶ به  $C_A$  وصل است) از ولتاژ ورودی منفی آن بزرگتر می شود. خروجی مقایسه کننده ۱ بالا می رود و فلیپ فلاپ را  $reset$  می کند، خروجی فلیپ فلاپ بالا می رود و ترانزیستور  $Q_1$  را روشن می کند. حال  $Q_1$  خازن  $C_A$  را از طریق مقاومت  $R_B$  تخلیه می کند. عمل تخلیه تا آنجا ادامه می یابد که ولتاژ  $C_A$  به  $(1/3)V_{CC}$  برسد. در این موقع خروجی مقایسه کننده ۲ بالا می رود، فلیپ فلاپ  $set$  می شود و  $Q_1$  را خاموش می کند. این سیکل دوباره شروع و مرتباً تکرار می شود.

در طراحی آستانه 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  $C_T$  معمولاً  $0.1 \mu F$  است.  $C_A$  از طریق  $(R_A + R_B)$  از ولتاژ  $(1/3)V_{CC}$  به ولتاژ  $(2/3)V_{CC}$  می رود، ولتاژ اولیه خازن  $E_o = (1/3)V_{CC}$  و ولتاژی که در آن مدار تغییر حالت می دهد  $e_C = (2/3)V_{CC}$  است. ولتاژ تغذیه خازن هم  $E = V_{CC}$  است. با گذاشتن این مقادیر در معادله ۲-۹ نتیجه می شود:

$$t_1 = 0.693 C_A (R_A + R_B) \quad (3-8)$$

برای حالت تخلیه خازن  $E_o = \frac{2}{3}V_{CC}$ ،  $e_C = \frac{1}{3}V_{CC}$  و  $E = 0$ . با گذاشتن این مقادیر در معادله ۲-۹ نتیجه می شود:

$$t_2 = 0.693 C_A R_B \quad (4-8)$$

### مثال ۸-۲

یک آستانه ۵۵۵ طرح کنید که دارای  $PRF = 2 \text{ KHz}$  و زمان وظیفه ۶۶٪ باشد.  $V_{CC} = 18 \text{ V}$

محل. با توجه به شکل موج شکل ۸-۴ (الف)

$$t_1 + t_2 = \frac{1}{PRF} = \frac{1}{2 \text{ KHz}}$$

$$= 500 \mu s$$

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

$$= \frac{66}{100} \times 500 \mu s$$

$$= 330 \mu s$$

$$t_2 = (t_1 + t_2) - t_1 = 500 \mu s - 330 \mu s = 170 \mu s$$

با توجه به برگه اطلاعات

$$I_{C(min)} \gg I_{th} = 0.25 \mu A$$

$$I_{C(min)} \gg I_{trig} = 0.5 \mu A$$

$$I_{C(min)} = 1 \text{ mA}$$

و فرض می کنیم

با توجه به معادله ۸-۲

$$R_A + R_B = \frac{V_{CC}}{I_{C(min)}} = \frac{18 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 18 \text{ K}\Omega$$

با توجه به معادله ۸-۳

$$C_A = \frac{t_1}{0.693(R_A + R_B)} = \frac{330 \mu s}{0.693 \times 18 \text{ K}\Omega}$$

$$\approx 0.08 \mu F \quad (\text{مقدار استاندارد } 0.082 \mu F \text{ را انتخاب می کنیم})$$

با توجه به معادله ۸-۴

$$R_B = \frac{t_2}{0.693 C_A} = \frac{170 \mu s}{0.693 \times 0.08 \mu F}$$

$$= 3.07 \text{ K}\Omega \quad (\text{مقدار استاندارد } 2.7 \text{ K}\Omega \text{ را انتخاب می کنیم})$$

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

$$= 18 \text{ K}\Omega - 3.07 \text{ K}\Omega$$

$$= 14.93 \text{ K}\Omega \quad (\text{مقدار استاندارد})$$

### مثال ۸-۳

مدار طرح شده در مثال ۸-۲ را تحلیل کنید و مقادیر واقعی  $PRF$  و زمان وظیفه را به دست آورید.

حل با توجه به معادله ۸-۳

$$t_1 = 0.693 C_A (R_A + R_B)$$

$$= 0.693 \times 0.082 \mu F \times (14.93 \text{ K}\Omega + 3.07 \text{ K}\Omega)$$

$$= 341 \mu s$$

با توجه به معادله ۸-۴

$$t_2 = 0.693 C_A R_B$$

$$= 0.693 \times 0.082 \mu F \times 3.07 \text{ K}\Omega$$

$$= 153 \mu s$$

$$t_1 + t_2 = 341 \mu s + 153 \mu s$$

$$= 494 \mu s$$

$$PRF = \frac{1}{(t_1 + t_2)} = \frac{1}{494 \mu s}$$

$$= 2.02 \text{ KHz}$$

$$\text{زمان وظیفه} = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \times \% 100 = \frac{341 \mu s}{494 \mu s} \times \% 100$$

$$= \% 69$$

## ۸-۶ اصلاحاتی در مدار آستانبل ۵۵۵

### آستانبل با زمان وظیفه ۵۰٪

با توجه به معادلات ۸-۳ و ۸-۴ می بینیم که همیشه  $t_1$  از  $t_2$  بزرگتر است (به عبارت دیگر زمان وظیفه از ۵۰٪ بزرگتر است). زیرا در معادله ۸-۳،  $R_A + R_B$  را داریم ولی در معادله ۸-۴ که به  $t_2$  مربوط است تنها  $R_B$  را داریم. واضح است که برای داشتن  $t_2 = t_1$  باید داشته باشیم،  $R_A + R_B = R_B$  که امر ناممکنی است. (زیرا  $R_A = 0$  غیر ممکن است).

شکل ۸-۴ (ب) اصلاح لازم برای رساندن زمان وظیفه به ۵۰٪ و پایتتر را نشان می دهد. در طی زمان شارژ شدن خازن، دیود  $D_2$  خاموش و دیود  $D_1$  روشن است و خازن  $C_A$  توسط  $V_{CC}$  و از طریق  $R_A$  و  $D_1$  پر می شود. باروشن شدن  $Q_1$  (شکل ۸-۱)، ولتاژ پایانه  $V$  نزدیک صفر شده،  $C_A$  از طریق  $D_2$  و  $R_B$  تخلیه می شود. در این حالت معادله ۸-۳ به صورت زیر درمی آید:

$$t_1 = 0.693 C_A R_A$$

ولی معادله ۸-۴ همچنان به صورت زیر می ماند:

$$t_2 = 0.693 C_A R_B$$

اکنون اگر داشته باشیم  $R_A = R_B$ ،  $t_1$  و  $t_2$  برابر شده، زمان وظیفه ۵۰٪ می شود. اگر  $R_A$  از  $R_B$  کوچکتر باشد،  $t_1 < t_2$  و زمان وظیفه از ۵۰٪ کمتر می شود.

### مدار با زمان وظیفه متغیر

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

تغییر کند. زمان وظیفه به نسبت  $R_A$  و  $R_B$  بستگی دارد. چون مقاومت معبر  $R_p + R_r$  به طور همزمان  $R_A$  را زیاد و  $R_B$  را کم می کند (و یا برعکس)، زمان وظیفه تغییر خواهد کرد. فرکانس تکرار پالس، عکس  $t_1 + t_2$  است، پس:

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

$$\begin{aligned} t_1 + t_2 &= 0.693 C_A R_A + 0.693 C_A R_B \\ &= 0.693 C_A [ (R_1 + R_2) + (R_p + R_r) ] \end{aligned}$$

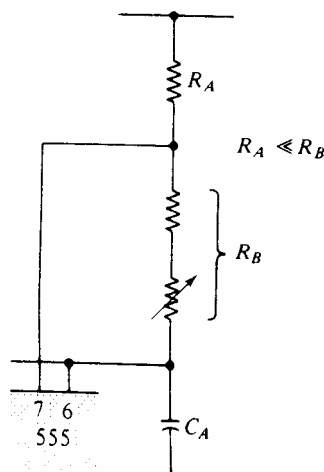
با

$$PRF = \frac{1}{0.693 C_A [(R_1 + R_2) + (R_p + R_r)]}$$

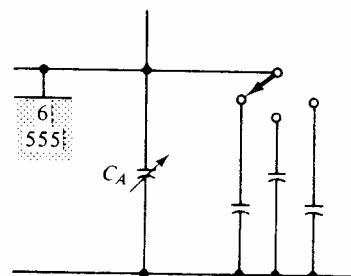
پس  $PRF$ ، مستقل از نسبت  $R_B$  و  $R_A$ ، ثابت می ماند.

### مولد موج مربعی با فرکانس متغیر

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



(ب) تنظیم با مقاومت



(الف) تنظیم با خازن

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

پوشاند. یک خازن متغیر هم می توان 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) می توان اعمال کرد.

روش دیگر ساختن مولد موج مربعی با زمان وظیفه 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 می گذاریم [شکل ۸-۵ (ب) را ببینید].  $R_A$  باید از می نیمم مقدار  $R_B$  خیلی کوچکتر باشد. با تغییر  $R_B$  می توان 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

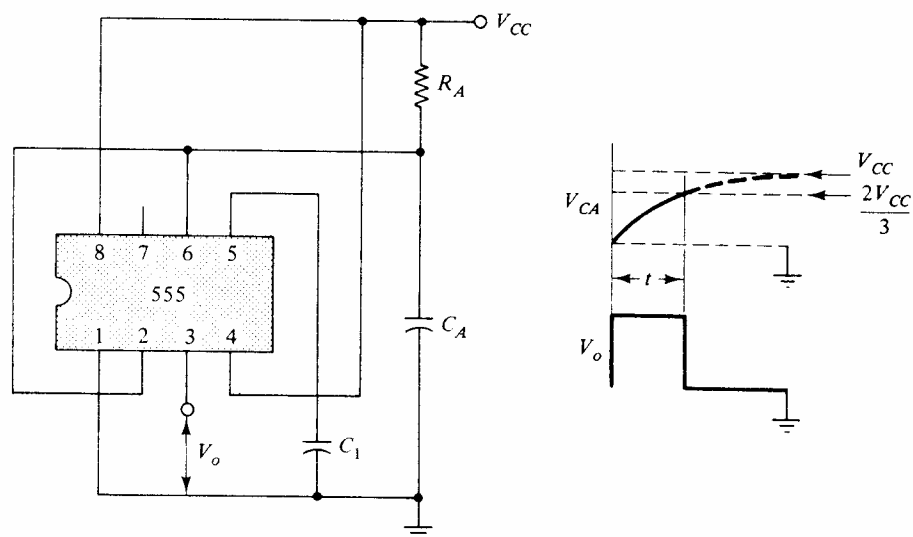
شکل ۸-۶ (الف) روش دیگری برای ساختن مولتی ویراتور آستابل با زمان وظیفه ۵۰٪ را نشان می دهد. در این مدار خازن  $C_A$  از طریق  $R_A$  و  $R_B$  و از پایانه با امپدانس خروجی کم ۳ پُر و خالی می شود نه از  $V_{CC}$ . همانند شکل ۸-۴ حدود پایین و بالای ولتاژ خازن توسط پایانه های ۲ و ۶ تشخیص داده می شود. پایانه ۷ باز گذاشته شده است.

هنگامی که خروجی (پایانه ۳) بالاست،  $C_A$  پُر می شود تا به ولتاژ  $(2/3)V_{CC}$  می رسد (پایانه ۶ این مسأله را تشخیص می دهد). سپس خروجی پایین می آید و  $C_A$  از طریق همان دو مقاومت تخلیه می شود تا به  $(1/3)V_{CC}$  می رسد (پایانه ۲ این مسأله را تشخیص می دهد). دوباره خروجی بالا می رود و فرآیند تکرار می شود.

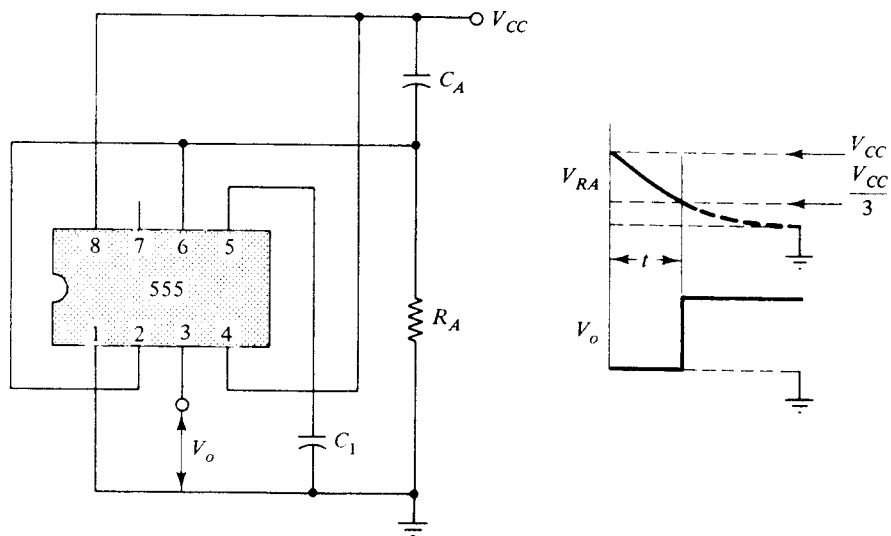
یکی از مشکلات مدار آن است که خروجی پایانه ۳ کاملاً به  $V_{CC}$  نمی رسد، بلکه معمولاً یک ولت پایینتر از ولتاژ منبع تغذیه می ماند. در اینجا استفاده از معادله ۸-۳ کاملاً درست نیست، زیرا  $C_A$  در این حالت توسط منبعی با ولتاژ  $V \approx V_{CC} - 1$  پُر می شود. مقاومت  $R_C$  متصل به پایانه ۵ می تواند این خطا را اصلاح کند. شکل ۸-۱ را ببینید، متوجه می شوید که مقاومت بین پایانه ۵ و زمین با  $R_2$  و  $R_3$  موازی می شود. با انتخاب  $R_C$  مناسب می توان کاری کرد که  $V_{R_2} = (1/3)V_o$  و  $(V_{R_2} + V_{R_3}) = (2/3)V_o$  باشد. در این صورت زمان وظیفه خروجی مدار شکل ۸-۶، ۵۰٪ خواهد بود. به کمک مقاومت  $R_B$  می توان فرکانس خروجی را تنظیم کرد، بدون اینکه زمان وظیفه تغییر کند. شکل ۸-۶ (ب) روشی برای کنترل زمان وظیفه این مدار را نشان می دهد. دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  و پتانسیومتر  $R_D$ ، مقاومت مسیرهای پُر شدن و خالی شدن خازن  $C_A$  را نابرابر می کنند.







(الف) خروجی به مدت  $t$  بالا است



(ب) خروجی به مدت  $t$  پایین است

شکل ۷-۸ زمان سنجهای تأخیری شبیه مونواستابل هستند، با این تفاوت که پایانه تریگر ۲ مستقیماً به خازن وصل است. در مدار (الف) خروجی برای مدت  $t$  بالاست. در مدار (ب) بعد از افت  $V_{RA}$  به  $V_{CC}/3$  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 دو مدار 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 ۷-۸ (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  $V_{CC}/3$  نرسد، خروجی بالا می‌ماند. در این موقع ولتاژ آستانه پایانه ۶، مدار را  $reset$  می‌کند و خروجی پایین می‌آید. در شکل ۷-۸ (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

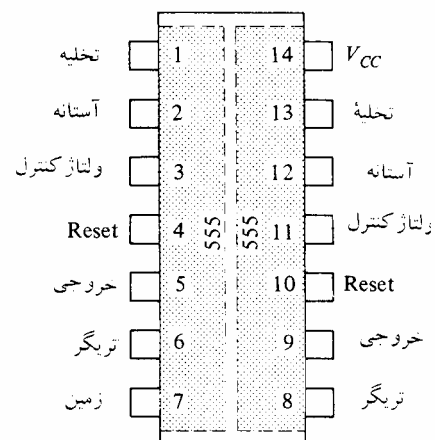
شکل ۸-۸ سه مونواستابل ۵۵۵ را نشان می‌دهد که به صورت متوالی وصل شده، یک زمان سنج ترتیبی به وجود آورده‌اند. پالس ورودی  $V_i$  مونواستابل ۱ را تریگر می‌کند و خروجی آن پالسی با عرض  $PW_1$  به وجود می‌آورد. با پایین رفتن ولتاژ خروجی مونواستابل ۱، لبه پایین رونده آن مونواستابل ۲ را تریگر می‌کند و این مونواستابل 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 دو قلو 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.

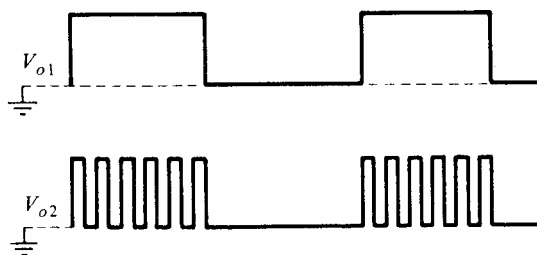
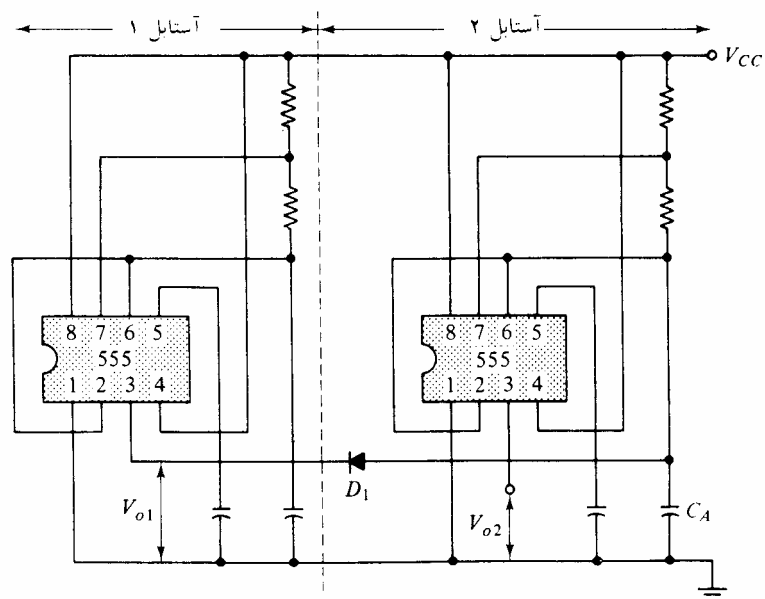
### نوسان ساز Pulsed - tone

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



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

بالا رفتن خروجی آستانه ۱،  $D_1$  خاموش می شود. امکان پُر شدن  $C_1$  فراهم می شود و آستانه ۲، همانطور که در شکل نشان داده شده، در مدتی برابر عرض پالس آستانه ۱ نوسان می کند.

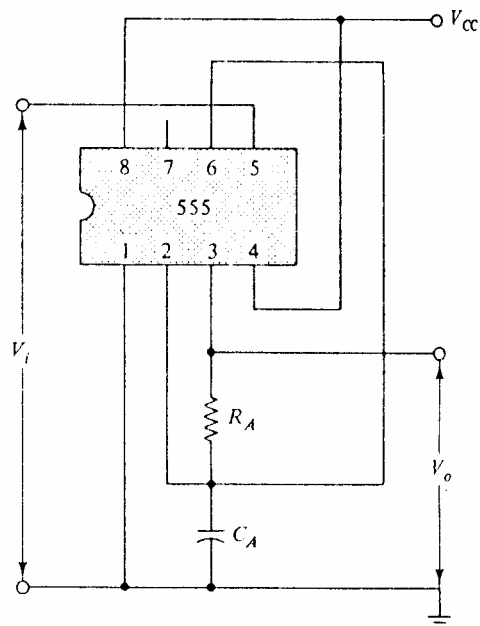
### نوسان ساز کنترل شده با ولتاژ (VCO)

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 می کنیم 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 پایانه ۵ برابر  $V_D = 2V_{CC}/3$  و ولتاژ محل اتصال  $R_1$  و  $R_2$  برابر  $V_{CC}/3$  (یا  $V_D/2$ ) خواهد بود. گفتیم که هنگام کار به عنوان آستانه، خازن بین ولتاژهای  $2V_{CC}/3$  و  $V_{CC}/3$  پُر و خالی می شود. با اعمال  $V_i$ ، خازن تا  $V_i/2$  پُر و تا  $V_i/2$  تخلیه می شود. با تغییر  $V_i$  زمان پُر و خالی شدن خازن تغییر می کند، به این ترتیب فرکانس و زمان وظیفه خروجی هم عوض می شود. بنابراین مدار نوسان ساز 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 ۷۵۵۵M تایمر CMOS، محصول کارخانه Intersil است. تقریباً در تمام مدارها می توان به جای IC دو قطبی ۷۵۵۵، آی سی ۷۵۵۵ را گذاشت. البته ۷۵۵۵ تنها  $80 \mu A$  از منبع جریان می کشد، در حالی که ۷۵۵۵ به اندازه  $10 mA$  جریان لازم دارد. همچنین ۷۵۵۵ می تواند با منبع تغذیه تا  $2V$  هم کار کند در صورتی که کمترین ولتاژ منبع تغذیه ۷۵۵۵،  $4/5 V$  است. مزیت دیگر CMOS ۷۵۵۵، آفت بسیار پایین ولتاژ خروجی (پایانه ۳) آن است یعنی خروجی بین ولتاژ زمین و  $V_{CC}$  نوسان می کند. پس برای مثال اگر در مولد موج مربعی شکل ۸-۶ تایمر ۷۵۵۵ را به کار ببریم، مقاومت  $R_C$  لزومی نخواهد داشت. ماکزیمم جریانهای تریگر و آستانه ۷۵۵۵ برابر  $50 pA$  است، این مقادیر را با  $0.5 \mu A$  و  $0.25 \mu A$  تایمر ۷۵۵۵ مقایسه کنید. به علت این جریانهای پایین، اگر در محاسبه مقاومتها روش طراحی قبل را به کار ببریم (یعنی جریانها را  $100$  برابر جریان ورودی بگیریم)، مقاومتها بسیار بزرگی به دست خواهد آمد. در صورت بالا بودن مقاومتها مقدار خازنهای کوچک به دست می آید. مثال ۸-۱ را در نظر بگیرید. اگر از ۷۵۵۵ استفاده کنیم و همان روش طراحی را به کار ببریم،  $R_1$  برابر  $100 M\Omega$  و  $C_1$  تقریباً  $10 pF$  به دست می آید. خازنهای پراکنده می توانند بر این خازن کوچک تأثیر بگذارند، و مقدار بزرگ مقاومتها مدار را در معرض نویز قرار می دهد.

برای اینکه طراحی مدارهای ۷۵۵۵ رضایت بخش باشد ابتدا از خازن شروع می کنیم و آن را بسیار



شکل ۸-۱۱ نوسان‌ساز کنترل شده با ولتاژ ۵۵۵. این مدار یک آستانه است که  $V_i$  به پایانه 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  $1000\text{ pF}$ ، 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.

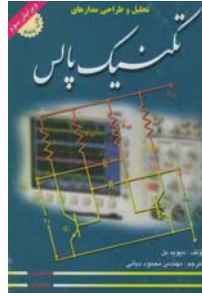
از سایت دیدن فرمایید:

URI : [www.ir-micro.com](http://www.ir-micro.com)

E-mail : [hamed@ir-micro.com](mailto:hamed@ir-micro.com)

**HAMED**

برگرفته از کتاب :  
تکنیک پالس  
اثر دیوید بل



[www.ir-micro.com](http://www.ir-micro.com)