تکنیک پالس

مدرس: مهندس توکلی

نویسنده :

فهرست:

فصل اول: بررسی موجها
فصل دوم:بررسی مدارات RC
فصل سوم: سوییچینگ دیود و ترانزیستور
فصل چهارم:مولتی ویبراتورها
فصل پنجم: کاربردهای آپ امپ
فصل ششم: کاربرد آی سی 555

فصل اول:بررسی موجها

مقدمه :

- در درس مدارهای الکتریکی والکترونیکی پاسخ عناصر فعال و غیر فعال به شکل موجهای سینوسی بررسی می شود.

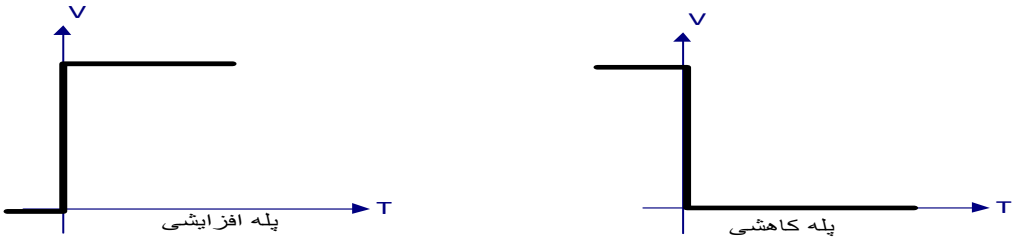
- کمتر مدار الکترونیکی وجود دارد که در آن فقط شکل موج سینوسی به کار رفته باشد.وموجها عمدتا به صورت جهشی یا ضربه ای هستند.

- پاسخ مدارهای مختلف به موجهای سینوسی با پاسخ آنها به امواج غیر سینوسی متفاوت است وامواج غیر سینوسی کاملا تغییر شکل می یابند .

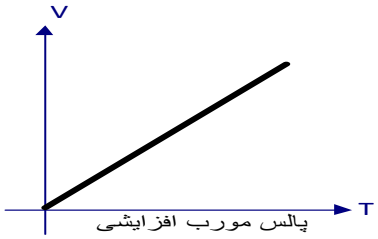
- سیگنالهای با تغییرات جهشی را پالس می‌گویند.

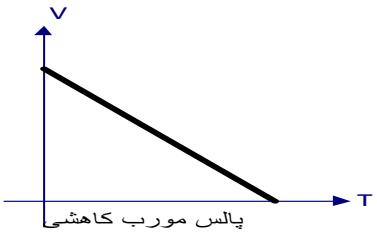
- مهم ترین سیگنالهای غیر سینوسی که در درس تکنیک پالس بررسی می شوند عبارتند از:

1-پالس پله ای(STEP PULSE)

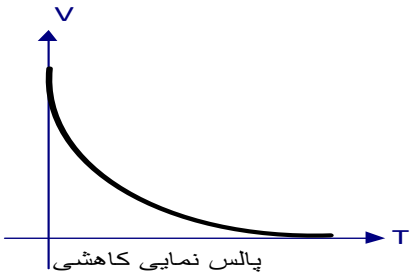


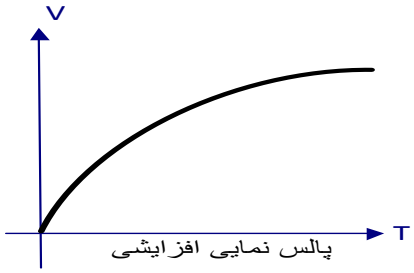
2-پالس مورب(ramp pulse)



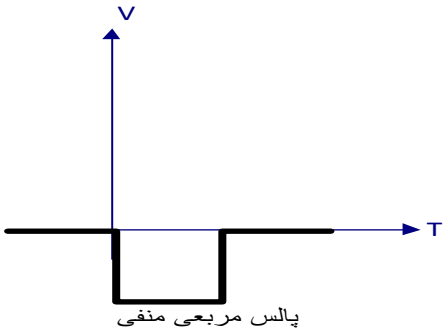


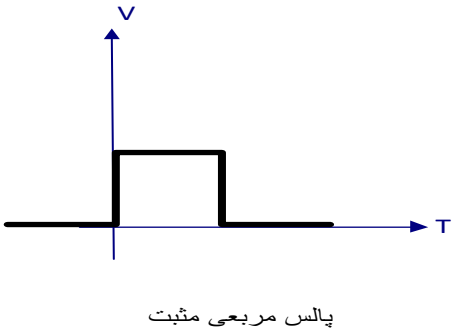
3-پالس نمایی(exp onential pulse)



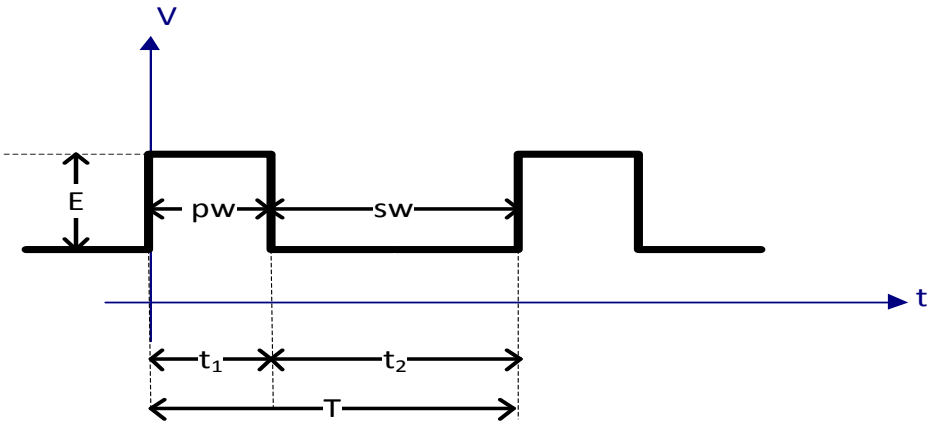


4-پالس مربعی(square pulse)





5-موج مربعی(square wave)



عرض پالس PW(PULSE WIDTH)

نسبت عرض پالس به فضای خالی $\frac{M}{S}\left(\frac{MARK}{SPACE}\right)$

فاصله خالی SW(SPACE WIDTH)

$$\frac{M}{S} = \frac{PW}{SW}$$

زمان تناوب:

$$T = t_1 + t_2$$

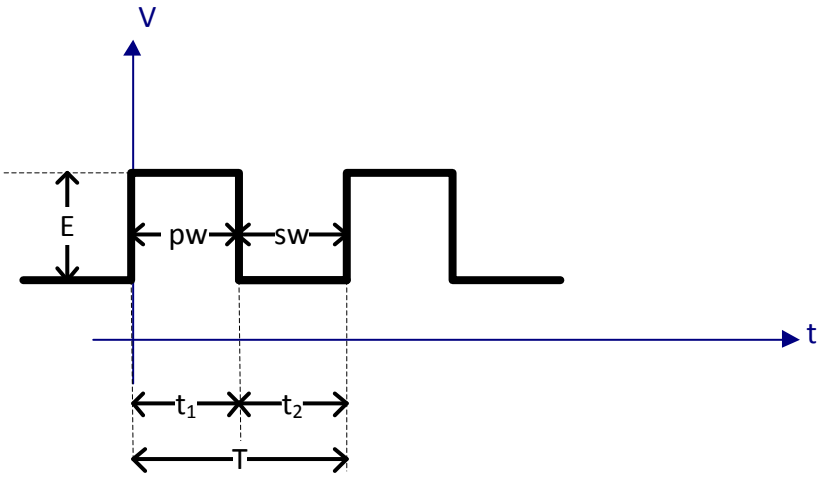
دامنه پالس:

$$E = E_2 - E_1$$

زمان وظیفه DC(DUTY CYCLE)

$$DC = \frac{PW}{T} \times 100$$

موج مربعی متقارن:



$E = E_2 - E_1$ $E_1 = -E_2$

M/S= 1 DC=50%

$t_1 = t_2 = \frac{T}{2}$

طیف فرکانسی موج مربعی متقارن:

*موج مربعی متقارن از چندین مولفه (هارمونیک)تشکیل می شود.

*فرکانس این هارمونیک ها مضرب فردی از فرکانس اصلی است.

*با افزایش شماره هارمونیک ها دامنه آنها کاهش می یابد.

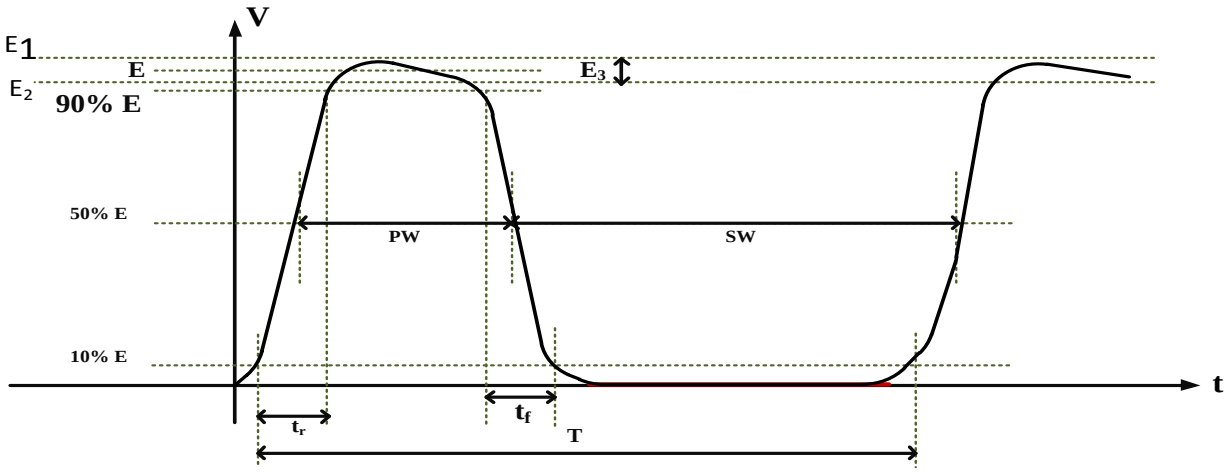
*ممکن است علاوه بر مولفه های اصلی وهارمونیک های آن .مولفه DCهم وجود داشته باشد.

*با جمع هارمونیک های مختلف رفته رفته موج مربعی اصلی تشکیل می شود.

دونکته مهم:

1-سطح ولتاژ موج مربعی توسط مولفه های فرکانس پایین مشخص می شود بنابراین کج بودن سطح بالا وپایین موج مربعی در اثر تضعیف و تغییر فاز فرکانس های پایین ایجاد می شود.

2-تیزی لبه های موج مربعی توسط مولفه های فرکانس بالا مشخص می شود بنابراین طولانی بودن زمان صعود ونزول موج مربعی نشان دهنده تضعیف فرکانس های بالاوپاسخ مدار به فرکانس های بالا می باشد.



در این موج:

E_1 دامنه ماکزیمم پالس و E_2 دامنه مینیمم پالس می باشد وEدامنه متوسط پالس است : $E = \frac{E_1+E_2}{2}$

اختلاف بینE_1 و E_2 را E_3 می نامیم : $E_3 = E_2 - E_1$

کجی پالس(tilt) طبق رابطه زیر تعریف می شود :

$$P = \frac{E_3}{E} \times 100 = \frac{E_2-E_1}{E} \times 100$$

زمان صعود(t_r) :زمانی است که طول می کشد تا موج از 10% مقدار ماکزیمم به 90% مقدار ماکزیمم برسد.

زمان صعود(t_f) :زمانی است که طول می کشد تا موج از 90% مقدار ماکزیمم به 10% مقدار ماکزیمم برسد.

رابطه زمان صعود و نزول با فرکانس قطع بالا: فرکانس قطع بالا f_h=

$$t_r = t_f = \frac{0.35}{f_h}$$

برای داشتن اعوجاج فرکانس بالای قابل قبول باید زمان صعود ونزول بسیار کوچکتر از پهنای پالس باشند یعنی:

$$t_r = t_f \leq \frac{pw}{10}$$

اگر یک موج مربعی که دارای زمان صعود ونزول است به مداری اعمال شود که این مدار نیز دارای فرکانس قطع بالا باشد (مانند اسیلوسکوپ) آنگاه زمان صعود خروجی از رابطه زیر بدست می آید :

$$t_{ro} = \sqrt{{t_{rs}}^2 + {t_{rc}}^2}$$

t_{rs} : زمان صعود سیگنال اصلی

t_{rc} : زمان صعود ناشی از مدار

t_{ro} : زمان صعود سیگنال خروجی

رابطه کجی و فرکانس قطع پایین: $\text{کجی نسبی} = 2\pi . f_L . pw$

اگر موج مربعی متقارن باشد یعنی $pw = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f}$ آنگاه :

$$\text{کجی نسبی} = \frac{\pi . f_L}{f}$$

تمرین های فصل1:

1-الف-مداری که حد فرکانسی بالای آن 1MHZ است یک موج پالسی 12MHZرا تقویت می کند.برای اینکه تقویت بدون اعوجاج باشد حداقل عرض پالس را تعیین کنید.

ب-اگر زمان وظیفه موج 12 کیلو هرتزی برابر با 10% شود حداقل فرکانس قطع بالای مدار را برای تقویت بدون اعوجاج بدست آورید.

2-موج مربعی خروجی یک تقویت کننده دارای فرکانس 1KHZ,tr=350ns و کجی نسبی5% است فرکانس قطع بالا وپایین تقویت کننده را بدست آورید.

3-اگر باند عبور یک تقویت کننده از 10KHZ تا 500KHZ باشد زمان صعود و کجی موج خروجی آن چقدر خواهد بود ؟فرکانس موج مربعی ورودی برابر 5KHZمی باشد.

4-فرکانس قطع بالای یک اسیلوسکوپ 10MHZ است.

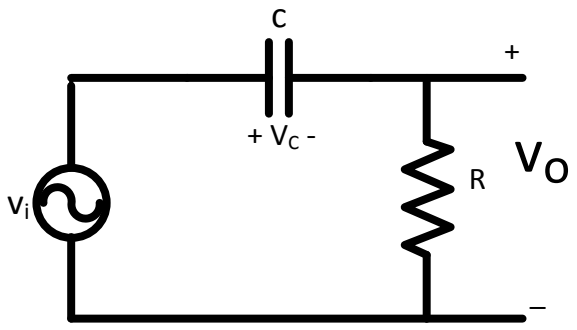
الف)کوچکترین زمان صعودی که اسیلوسکوپ می تواند نشان دهد چقدر است؟

ب) اگر زمان صعود پالس ورودی tr=30ns باشد زمان صعود موج نشان داده شده چقدر است؟

فصل دوم: بررسی پاسخ مدارات RC

الف) RC بالاگذر

1)پاسخ مدار RCبالاگذر به ورودی سینوسی:

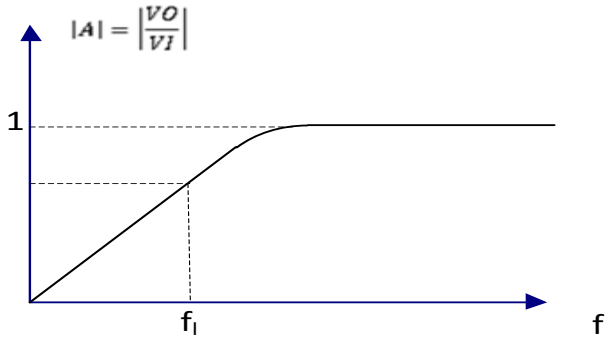


(تمرین: اثبات شود.) $A=\frac{\dot{V}_O}{\dot{V}_i}=\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f_L}{f}\right)^2}}\angle \tan^{-1}\left(\frac{f_L}{f}\right)$

در این رابطه fL فرکانس قطع 3db پایین مداربوده برابر است با:

$$f_L=\frac{1}{2\pi RC}$$

اندازه وزاویه فازA برابر است با:

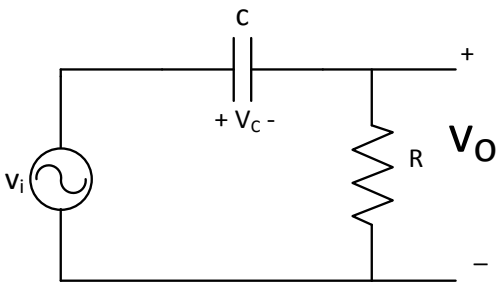


$$\begin{cases} |A| = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{f_L}{f})^2}} \\ \varphi = \tan^{-1}(\frac{f_L}{f}) \end{cases}$$

$$f \ll f_L \begin{cases} |A| = 0 \\ \varphi = \frac{\pi}{2} \end{cases} \qquad f = f_L \begin{cases} |A| = \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \varphi = \frac{\pi}{4} \end{cases} \qquad f \gg f_L \begin{cases} |A| = 1 \\ \varphi = 0 \end{cases}$$

نکته: در مدارات RC اگر ورودی سینوسی باشد شکل موج خروجی تغییر نمی کند بلکه دامنه وفاز موج ممکن است تغییر کند.

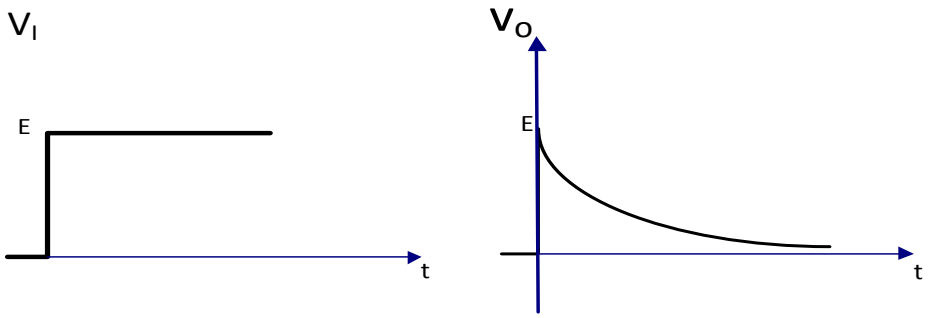
2) پاسخ مدارRC بالاگذر به ورودی پله:

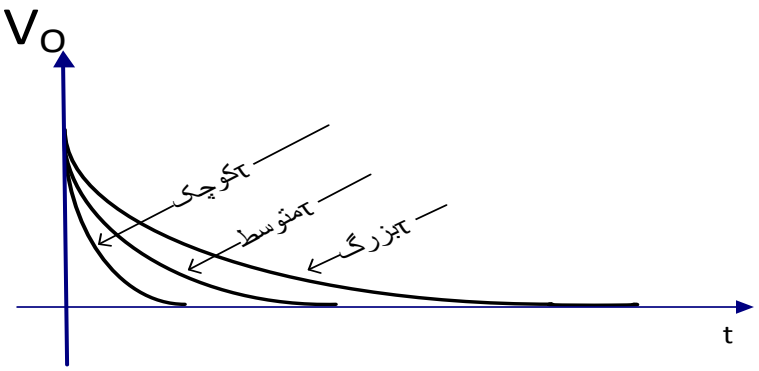


$$V_C(0^-) = 0 \rightarrow V_C(0^+) = V_C(0^-) = 0 = A + B$$
$$\left.\begin{array}{l} V_C(\infty) = VI = E = A \\ \text{(در هد نمی عبور وجریانی است کامل شارژ خازن)} \end{array}\right\} B = -E$$
$$\tau = RC$$

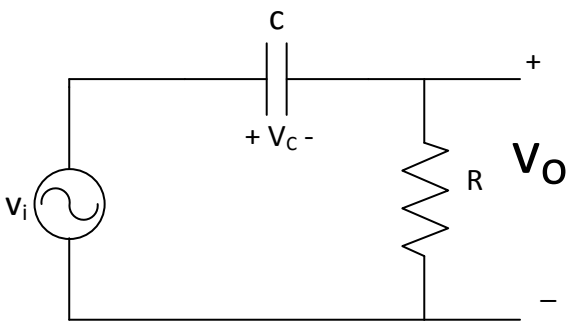
$$V_C(t) = A + B.e^{\frac{-t}{\tau}} = E - E.e^{\frac{-t}{\tau}}$$

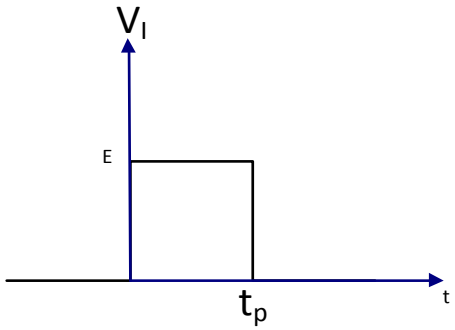
$$V_O(t) = V_I - V_C(t) = E - \left(E - E.e^{\frac{-t}{RC}}\right) \rightarrow V_O(t) = E.e^{\frac{-t}{RC}}$$

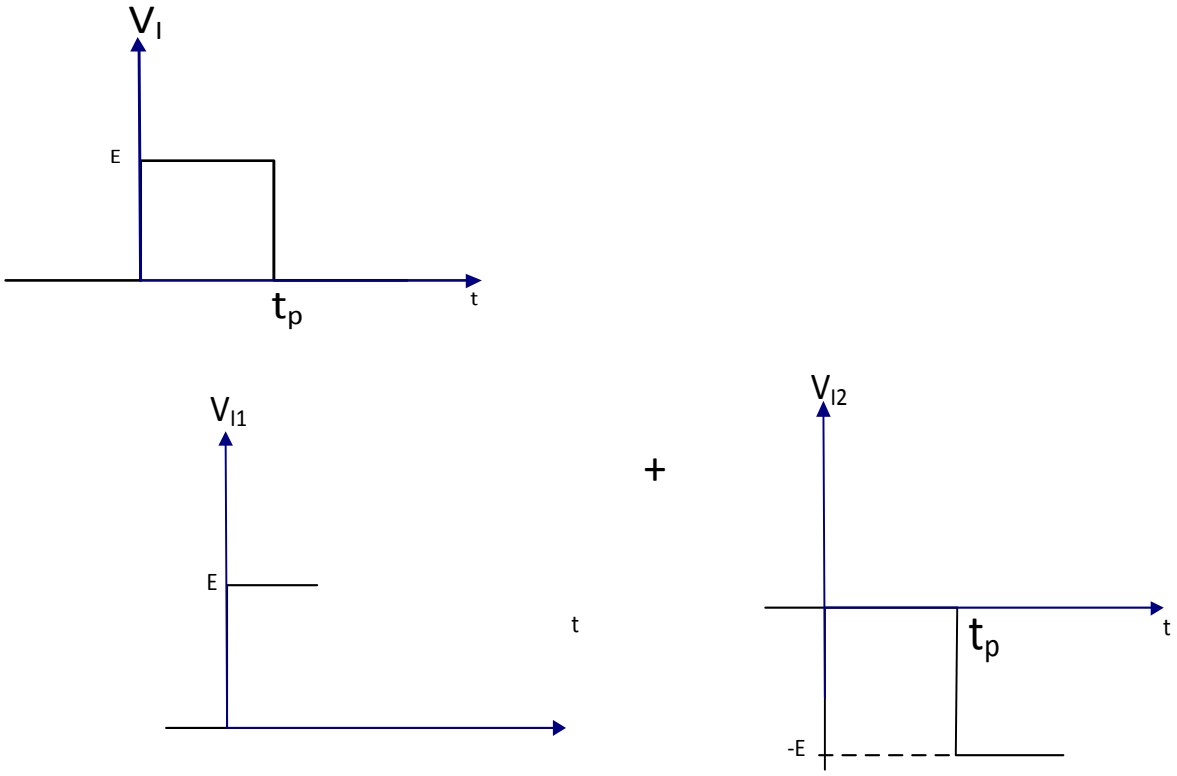




3) پاسخ مدارRCبالاگذر به ورودی پالس:







بنابراین پاسخ این مدار در t=0 مانند پاسخ به ورودی پله V_I1 است یعنی:

$$0 < t < t_p : \begin{cases} v_c(t) = E - E.\, e^{\frac{-t}{RC}} \\ v_o(t) = E.\, e^{\frac{-t}{RC}} \end{cases}$$

ودر لحظه $t=tp^-$ خواهیم داشت:

$$t = t_p{}^- : \begin{cases} v_c(tp^-) = E - E.\, e^{\frac{-t_p}{RC}} \\ v_o(tp^-) = E.\, e^{\frac{-t_p}{RC}} \end{cases}$$

در لحظه t=tp نیز پله V_{I2} به مدار اعمال می شود:

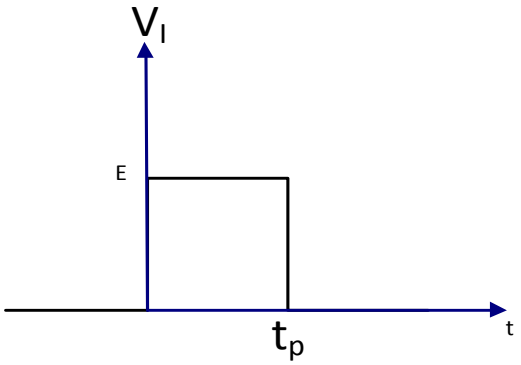
$$v_c(t_{p^-}) = v_c(t_{p^+}) = E - E.\, e^{\frac{-t_p}{RC}}$$

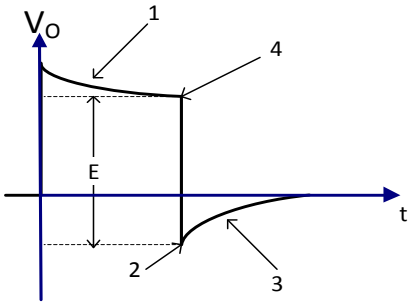
$$v_o(t_{p^+}) = VI(t_p) - v_c(t_{p^+}) = 0 - \left(E - E.\, e^{\frac{-t_p}{RC}}\right)$$

$$\Rightarrow v_o(t_{p^+}) = -E - E.e^{\frac{-t_p}{RC}}$$

$$\left.\begin{array}{c} v_o(t_{p^+}) = -E - E.e^{\frac{-t_p}{RC}} = A + B \\ v_o(\infty) = 0 = A \\ \tau = RC \end{array}\right\} \Rightarrow B = -E + E.e^{\frac{-t_p}{RC}}$$

$$v_o(t) = A + B.e^{-\frac{t-t_p}{RC}} \Rightarrow v_o(t) = \left(-E + E.e^{\frac{-t_p}{RC}}\right)e^{-\frac{t-t_p}{RC}} \quad : (\ t > t_p)$$





1) $v_o(t) = E.e^{\frac{-t}{RC}}$

2) $-E + E.e^{\frac{-t_p}{RC}}$

3) $v_o(t) = (-E + E.e^{\frac{-t_p}{RC}})e^{-\frac{t-t_p}{RC}}$

4) $E.e^{\frac{-t_p}{RC}}$

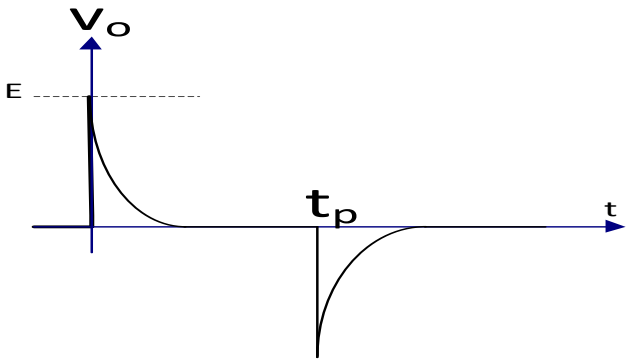
نکته :

_ اگر $\tau << t_p$ باشد آنگاه ولتاژ خروجی قبل از رسیدن به زمان t_p برابر صفر می شود چون :

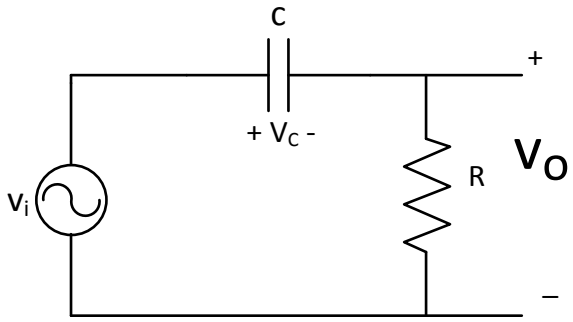
$$\tau = RC \ll t_p \rightarrow e^{\frac{-t_p}{RC}} \simeq 0$$

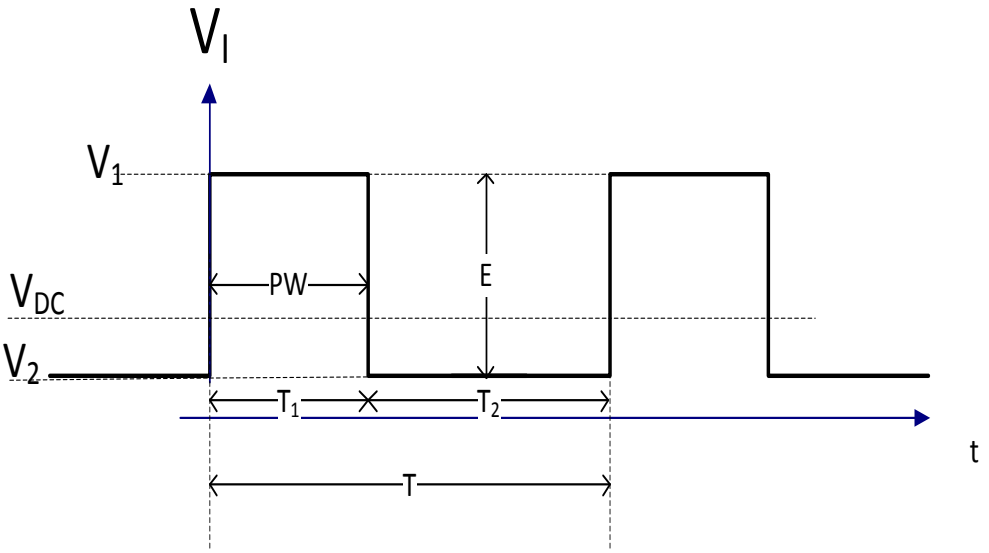
در نتیجه $v_o(t_p^-)=0$ و معادله شکل موج خروجی به صورت زیر در می آید :

$$\begin{cases} v_o(t) = E.e^{\frac{-t_p}{RC}} & : 0 < t < t_p \\ v_o(t) = -Ee^{-\frac{t-t_p}{RC}} & : t > t_p \end{cases}$$

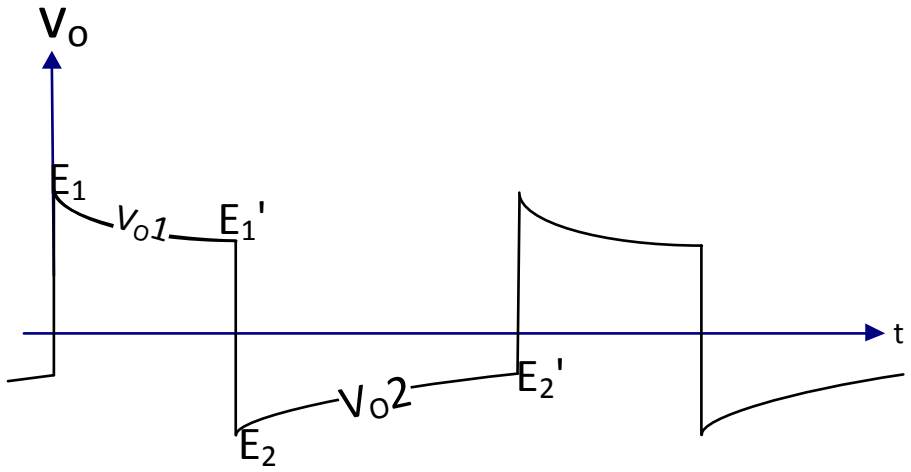


4) پاسخ مدار RC با لاگذر به ورودی موج مربعی:



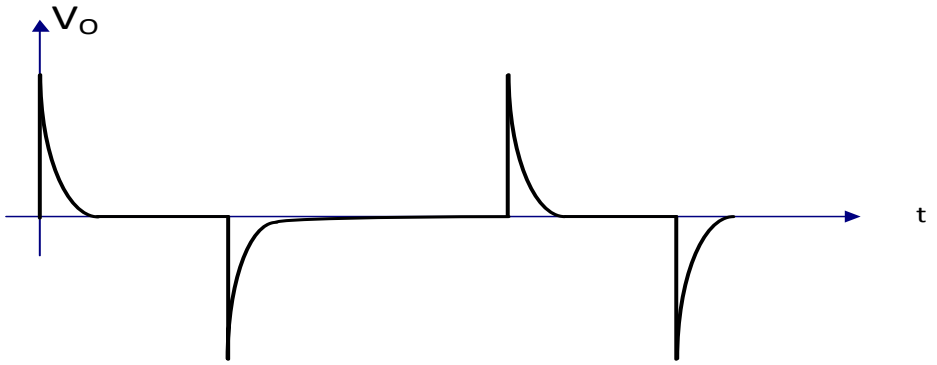


شکل موج خروجی در حالت پایدار:



$$\begin{cases} v_{o1}(t) = E1.e^{\frac{-t}{RC}} & : 0 < t < T1 \\ v_{o2}(t) = E2.e^{\frac{-(t-T1)}{RC}} & : T1 < t < T \end{cases}$$

شکل موج خروجی وقتی که τ<<PW باشد:



با استفاده از روابط زیر می توان مقادیرE1_E2 معادلات فوق را محاسبه کرد:

1) $E_1' = E_1.e^{\frac{-T_1}{RC}}$

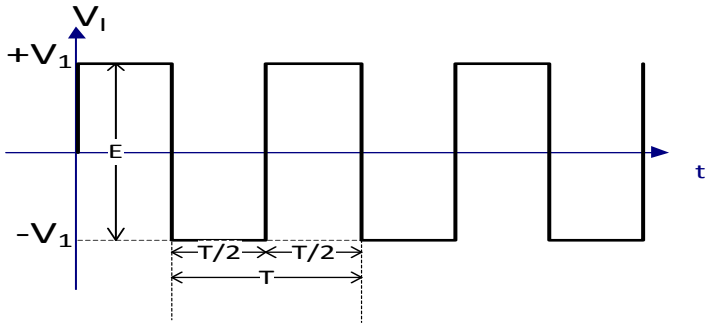
2) $E_2' = E_2.e^{\frac{-T_2}{RC}}$

3) $E_1' - E_2 = E$

4) $E_1 - E_2' = E$

با حل دستگاه چهار معادله چهار مجهولی فوق مقادیر E_1 و E_2بدست می آید .

اگر موج ورودی مربعی متقارن باشد آنگاه:



$$E_2 = -E_1$$

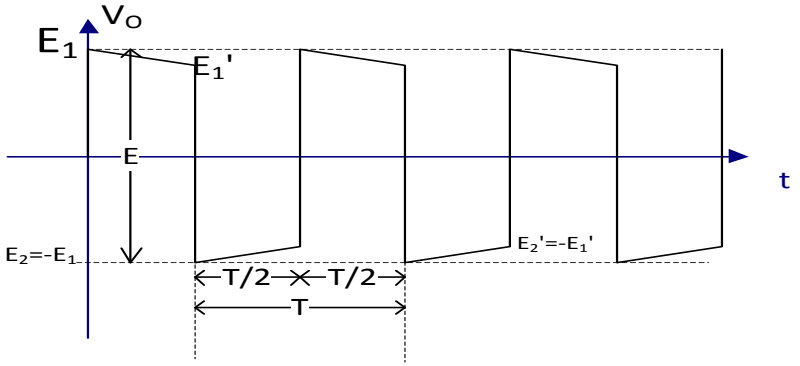
$$E_2' = -E_1'$$

$$T1 = T2 = T/2$$

در نتیجه می توان نوشت:

$$E_1 = \frac{E}{1+e^{\frac{-T}{2RC}}} \ , \ E_2 = -E_1$$

$$E_1' = E + E_2 = E - E_1 \Longrightarrow E_1' = \frac{E.e^{-\frac{T}{2RC}}}{1+e^{-\frac{T}{2RC}}} \quad , \quad E_2' = -E_1'$$



محاسبه درصد کجی (TILT)برای موج مربعی متقارن:

$$\text{TILT} = \frac{E_1 - E_1'}{\frac{E}{2}} \times 100$$

$$E_1 - E_1' = \frac{E}{1+e^{-\frac{T}{2RC}}} - \frac{E.e^{-\frac{T}{2RC}}}{1+e^{-\frac{T}{2RC}}} = \frac{E(1-e^{-\frac{T}{2RC}}}{1+e^{-\frac{T}{2RC}}}$$

اگر RC<<T/2 یا (T<<2RC) باشد آنگاه $e^{-\frac{T}{2RC}} \simeq 1 - \frac{T}{2RC}$ و در نتیجه می توان نوشت:

$$E_1 - E_1' = \frac{\left[1-\left(1-\frac{T}{2RC}\right)\right]}{1+\left(1-\frac{T}{2RC}\right)} = \frac{E\left(\frac{T}{2RC}\right)}{2-\frac{T}{2RC}}$$

چون T<<2RC می باشد پس مخرج کسر تقریبا برابر2 می شود(T/2RC<<2) بنابراین:

$$E_1 - E_1' = E.\frac{T}{4RC}$$

$$\text{درصد کجی} = \frac{E_1 - E_1'}{E/2} \times 100 = \frac{T}{2RC} \times 100$$

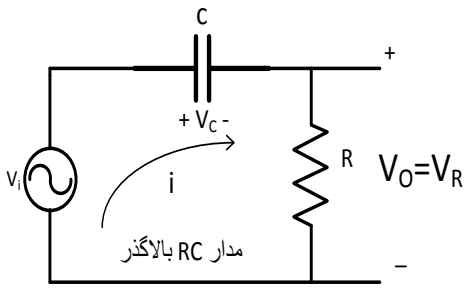
با توجه به اینکه $fl = \frac{1}{2\pi RC}$ می توان نوشت: $\frac{1}{2RC} = \pi fl$ و در نتیجه:

در صد کجی برای موج مربعی متقارن:

$$\text{درصد کجی} = \pi.fl.T \times 100 = \frac{\pi.fl}{f} \times 100$$

مدار RC بالا گذر به عنوان مشتق گیر:

*در مدار RC بالاگذر اگر ثابت زمانی τ=RC کوچک باشد در اینصورت $V_R << V_C$ خواهد شد:

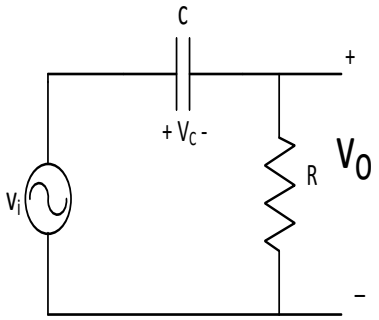


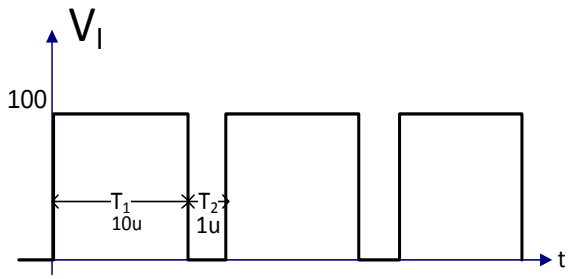
$$\left.\begin{matrix} v_i=v_c+v_R \\ v_R \ll v_c \end{matrix}\right\} \Longrightarrow \left.\begin{matrix} v_i \simeq v_c \\ i_c=c.\frac{dv_c}{dt} \end{matrix}\right\} \Longrightarrow i = c.\frac{dv_i}{dt}$$

$$V_O = R.i \Longrightarrow V_O = R.C\frac{dv_i}{dt}$$

شکل موج پاسخ پالس مربعی در حالتیکه τ<<pw می باشد یعنی مدار به صورت مشتق گیر عمل می کند در همان قسمت رسم شد.

مثال: موج متناوب زیر به مدار مشتق گیری با ثابت زمانی 10میکرو ثانیه وارد می شود.خروجیرا دقیقا رسم کنید.





حل:

E=100V , $PW = T_1 = 10\mu S$, $T_2 = 1\mu S$,$\tau = 10\mu$

$$E_1^{'} = E_1.e^{\frac{-T_1}{RC}} = E_1.e^{\frac{-10\mu}{10\mu}} = 0.36E_1$$

$$E_2^{'} = E_2.e^{\frac{-T_2}{RC}} = E_2.e^{\frac{-1\mu}{10\mu}} = 0.904E_2$$

$$E_1' - E_2 = 100$$

$$E_1 - E_2' = 100$$

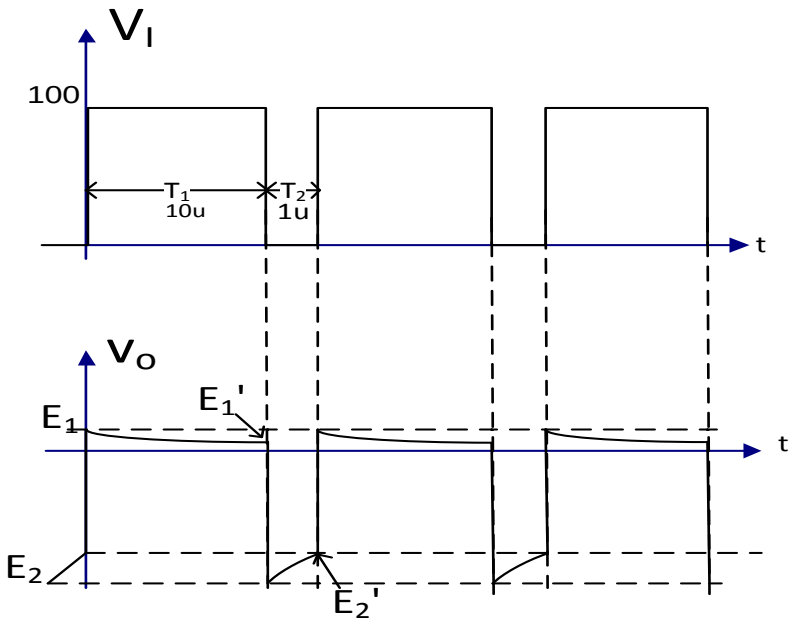
$$\begin{cases} 0.36E_1 - E_2 = 100 \\ E_1 - 0.904E_2 = 100 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} E_1 = 14.36V \\ E_2 = -94.72V \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1^{'} = 0.36E_1 = 5.27 \\ E_2^{'} = 0.904E_2 = -85.62 \end{cases}$$

معادله V_{O1}, V_{O2} به شکل زیر است:

$V_{O1}(t)=E_1.e^{\frac{-t}{RC}}=14.366.e^{\frac{-t}{10\mu}}$: $0<t<T_1$

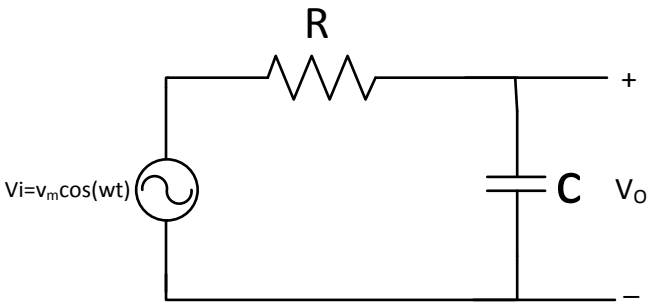
$V_{O2}(t)=E_2.e^{\frac{-t-T_1}{RC}}=-94.72.e^{\frac{-t-10\mu}{10\mu}}$: $T_1<t<T$



شکل موج خروجی با توجه به اینکه τ خیلی کوچکتر از T_1 نیست بنابراین قبل از اتمام پالس موج خروجی به مقدار نهایی نمی رسد.

ب)مدار RC پایین گذر

1) پاسخ مدار RCپایین گذر به ورودی سینوسی:



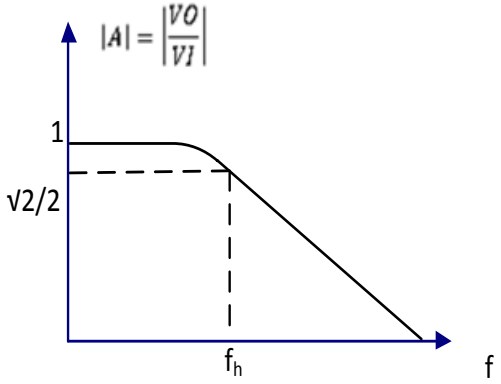
$$A=\frac{\dot{V}_O}{\dot{V}_I}=\frac{1}{\sqrt{1+(\frac{f}{f_H})^2}}\angle\tan^{-1}\left(\frac{f}{f_H}\right)$$ (تمرین: اثبات شود)

در این رابطه f_H فرکانس قطع 3db بالای مدار بوده و برابر است با:

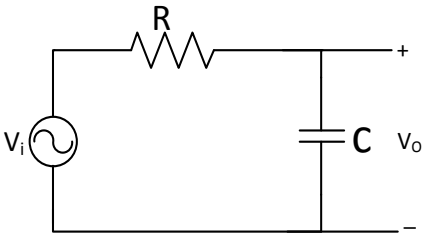
$$f_h = \frac{1}{2\pi RC}$$

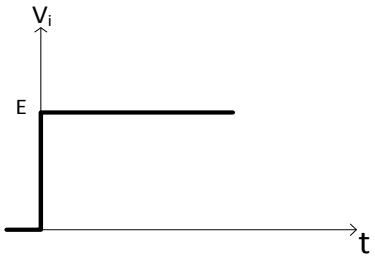
اندازه وزاویه فاز Aبرابر است با:

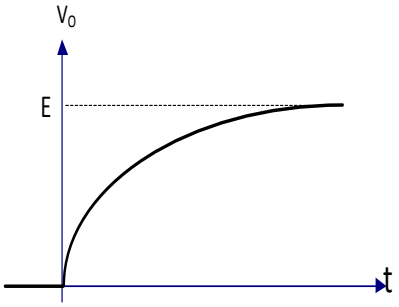
$$f \ll f_H \begin{cases} |A| = 1 \\ \varphi = 0 \end{cases} \qquad f = f_H \begin{cases} |A| = \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \varphi = \frac{\pi}{4} \end{cases} \qquad f \gg f_L \begin{cases} |A| = 0 \\ \varphi = \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

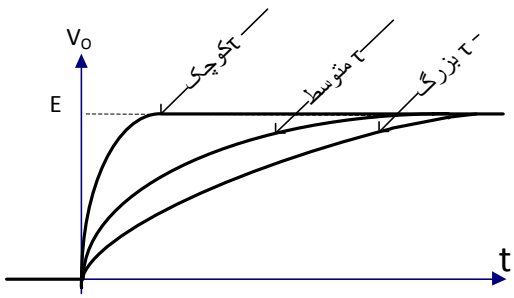


2)پاسخ مدار RC پایین گذر به ورودی پله:

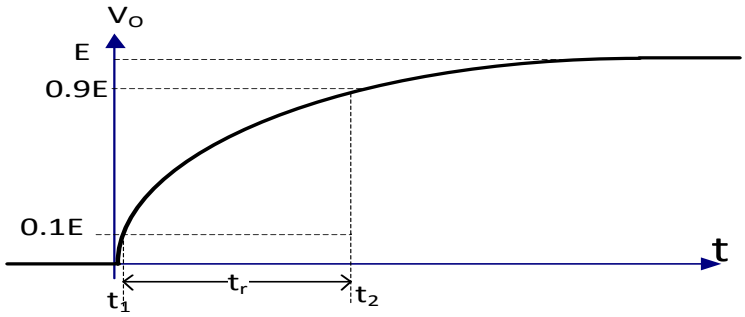








محاسبه زمان صعود : زمانی است که طول می کشد تا خروجی از 10% مقدار ماکزیمم (0.1E) به 90% مقدار ماکزیمم (0.9E) برسد.

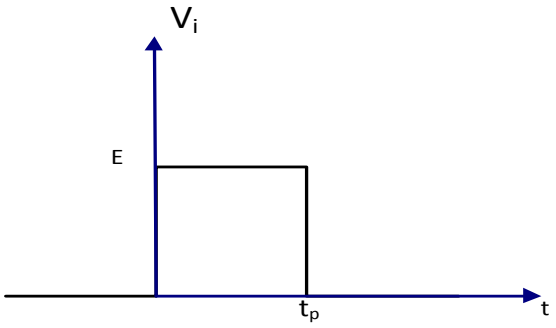


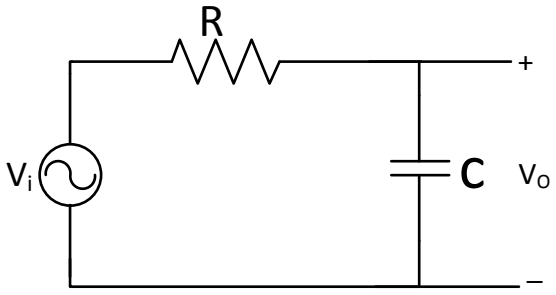
$$v_o(t) = E - Ev_o(t) = E - E$$

$$\left.\begin{aligned} v_o(t_1) = 0.1E = E - E.e^{\frac{-t_1}{RC}} &\Rightarrow e^{\frac{-t_1}{RC}} = 0.9 \Rightarrow -\frac{t_1}{R.C} = \ln 0.9 = -0.1 \Rightarrow t_1 = 0.1RC \\ v_o(t_2) = 0.9E = E - E.e^{\frac{-t_2}{RC}} &\Rightarrow e^{\frac{-t_2}{RC}} = 0.1 \Rightarrow -\frac{t_2}{R.C} = \ln 0.1 = -2.3 \Rightarrow t_2 = 2.3RC \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

$$\left.\begin{aligned} t_r = t_2 - t_1 \Rightarrow t_r = 2.2R.C \\ f_h = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow RC = \frac{1}{2\pi f_h} \end{aligned}\right\} \Rightarrow t_r = \frac{2.2}{2\pi f_h} \Rightarrow t_r = \frac{0.35}{f_h}$$

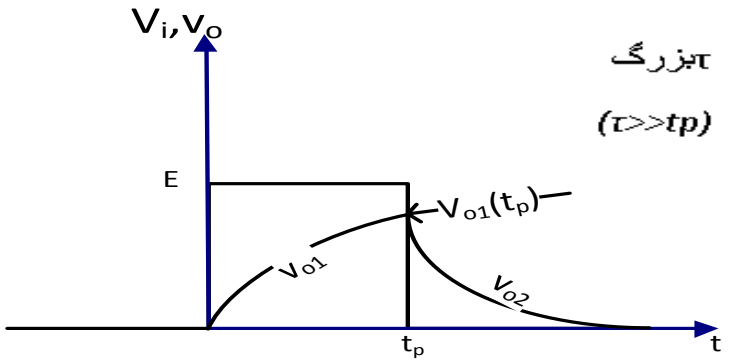
3-پاسخ مدار RC پایین گذربه ورودی پالس:



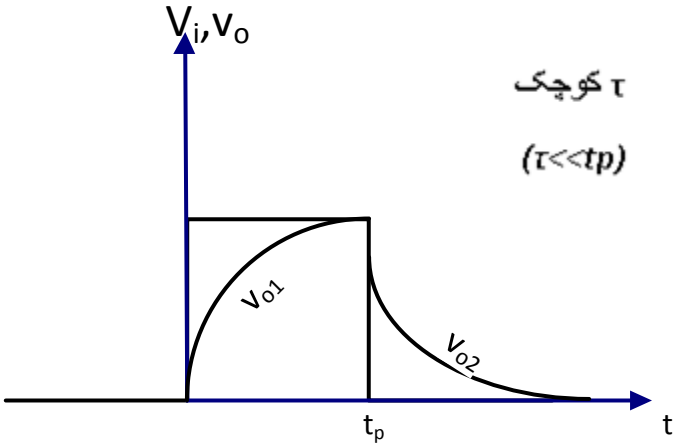


$$\begin{cases} v_{o1}(t) = E - E.e^{\frac{-t}{RC}} & : 0 < t < t_p \\ v_{o2}(t) = \left(E - E.e^{\frac{-t_p}{RC}}\right).e^{\frac{-t-t_p}{RC}} & : t > t_p \end{cases}$$

تذکر: در $t > t_p$, vi برابر صفر است در نتیجه $V_C(t) = -V_R(t)$ است.



$$v_{o1}(t_p) = E - E.e^{\frac{-t_p}{RC}}$$



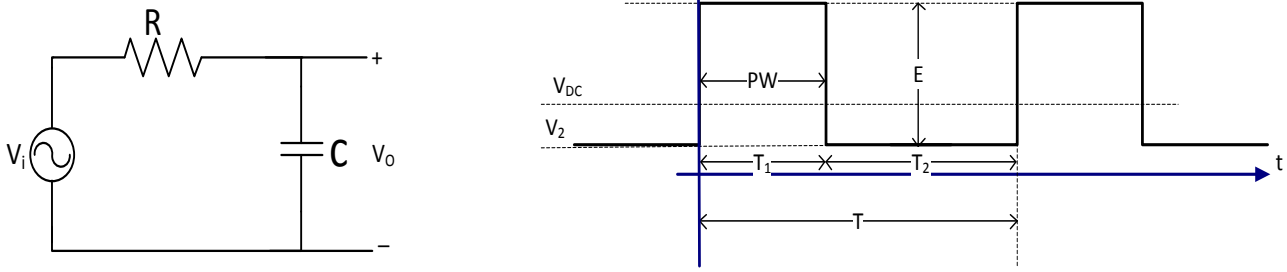
در حالتی که $t_p >> \tau$ است $v_o1(t_p) = E$ می شود بنابراین معادله v_o بصورت

$$v_o2(t) = E.e^{-\frac{t-t_p}{RC}}$$

در می آید.زمان صعود ونزول این مدار نیز از رابطه $t_r = 2.2RC =$ بدست می آید. $t_r = \frac{0.35}{f_h}$

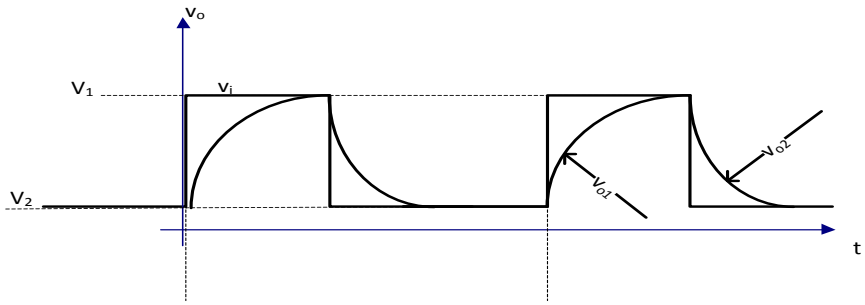
برای اینکه مدار RC پایین گذر تغییر زیادی در شکل موج ورودی پالس ایجاد نکند باید $t_p >> t_r$ باشد.

4- پاسخ مدار RC پایین گذر به ورودی موج مربعی:



معادله ولتاژ $v_{o1}(t)$و $v_{o2}(t)$ برای دوحالتτ<<pwو τ>>pw به صورت زیر می باشد:

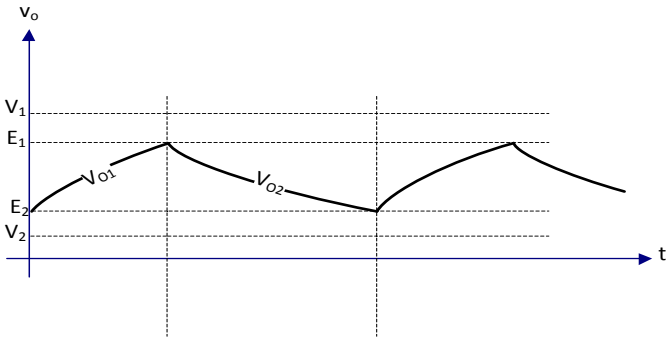
τکوچک(τ<<pw):



$$v_{o1}(t) = v_1 + (v_2 - v_1)e^{\frac{-t}{RC}}$$

$$v_{o2}(t) = v_2 + (v_1 - v_2)e^{-\frac{t-T_1}{RC}}$$

τ بزرگ(τ>>PW) :



$$v_{o1}(t) = v_1 + (E_2 - v_1)e^{\frac{-t}{RC}}$$

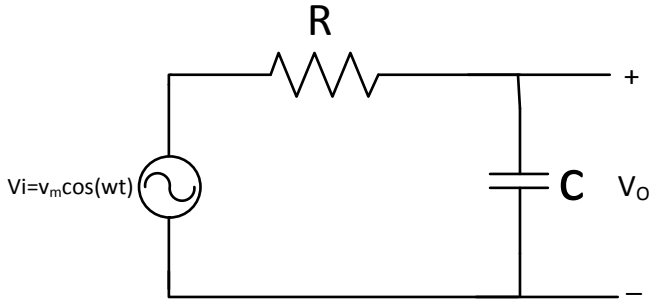
$$v_{o2}(t) = v_2 + (E_1 - v_2)e^{-\frac{t-T_1}{RC}}$$

$$E_1 = v_o1(T1) = v_1 + (E_2 - v_1)e^{\frac{-T_1}{RC}}$$

$$E_2 = v_o2(T) = v_2 + (E_1 - v_2)e^{\frac{-T_2}{RC}}$$

*مدار RCپایین گذر به عنوان انتگرال گیر:

در مدار RCپایین گذر وقتی ثابت زمانی خیلی بزرگ باشد در این صورت VC<<VR خواهد شد.

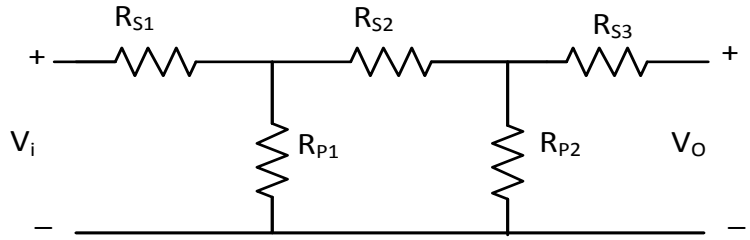


$$\left.\begin{matrix} v_i = v_c + v_R \\ v_C \ll v_R \end{matrix}\right\} \Longrightarrow \left.\begin{matrix} v_i \simeq v_R = Ri \Rightarrow i = \frac{v_i}{R} \\ v_C = \frac{1}{C}\int i_c dt \end{matrix}\right\} \Longrightarrow v_C = \frac{1}{RC}\int v_i(t)dt$$

شکل موج پاسخ پالس و موج مربعی در حالتیکه T>>PW می باشد.ومدار به صورت انتگرال گیر عمل می کند درهمان قسمت رسم شده است و ملاحظه می شود که شکل موج خروجی به سمت موج مثلثی نزدیکمی شود.

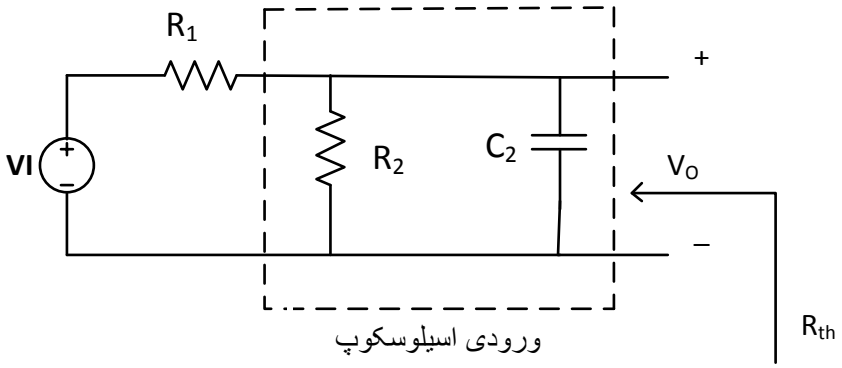
تضعیف کننده ها :

مدار تضعیف کننده اهمی فقط دامنه سیگنال را تضعیف می کند ولی مدار تضعیف کننده اهمی - خازنی علاوه بر تضعیف دامنه سیگنال در شکل موج نیز تغییر ایجاد می کند.



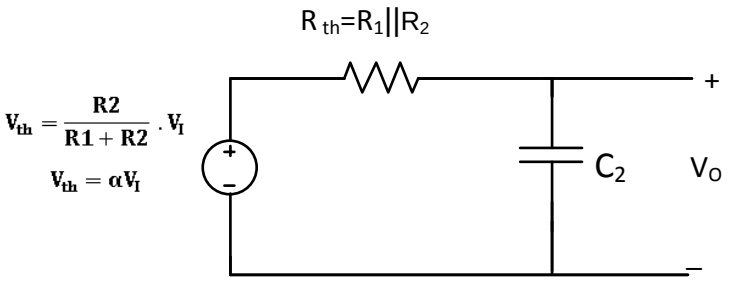
شبکه تضعیف کننده اهمی

در شکل مقابل مدار تضعیف کننده ورودی یک دستگاه مثل اسیلوسکوپ را نشان می دهد.



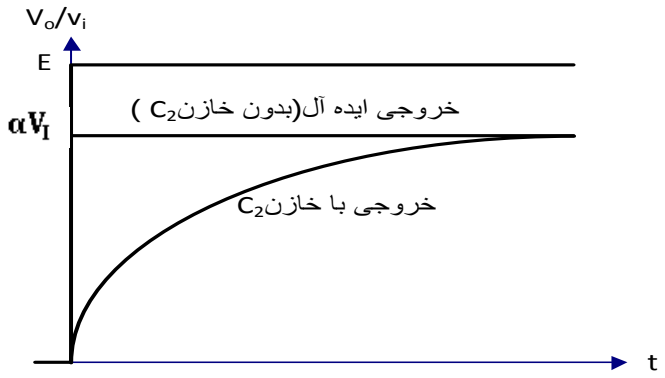
ورودی اسیلوسکوپ

با رسم مدار معادل دیده شده در سمت چپ خازن C2داریم :

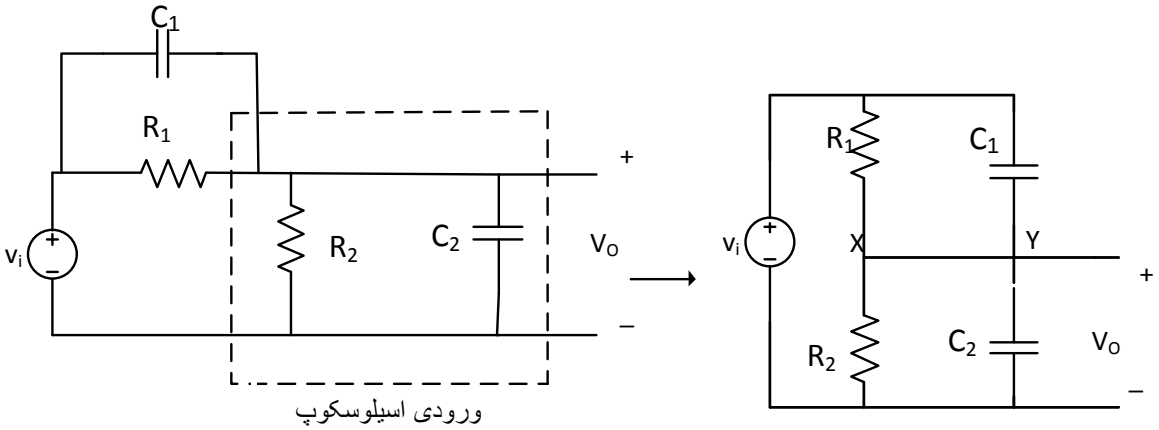


$$V_{th} = \frac{R2}{R1 + R2} \cdot V_I = \alpha V_I \qquad \alpha = \frac{R2}{R1 + R2}$$

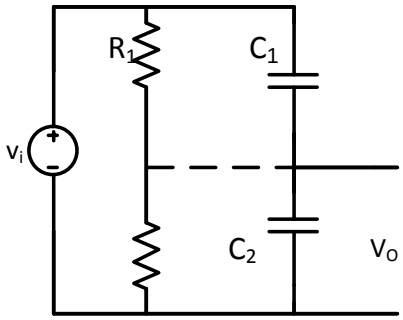
در نتیجه مدار به شکل مدار RC پایین گذر در می آید وپاسخ پله این مدار در دوحالت الف)بدون خازن C2 وب)با خازن C2 در شکل زیر رسم شده است:



برای جبران اثر خازن c2وجلوگیری از تغییر شکل موج خازنی را با R1 موازی می کنیم که خازن جبران ساز نام دارد.



اگر پل در حالت تعادل باشد از مسیر XY جریانی عبور نکرده و این مسیر به صورت باز در می آید با توجه به اینکه در $t = 0^+$ ولتاژ خروجی توسط خازنها ودر t=∞ توسط مقاومتها مشخص می شود پس اگر پل در حالت تعادل باشد ولتاژخروجی در $t = 0^+$ و t=∞ برابر می باشد.



شرط تعادل پل:

R1.C1=R2.C2

$$C1 = \frac{R2.C2}{R1}$$

$$V_O(0^+) = \left(\frac{C1}{C1+C2}\right).VI$$

$$V_O(\infty) = \left(\frac{R2}{R1+R2}\right).VI$$

بررسی سه حالت مختلف برای انتخاب خازن جبران ساز C_1 :

حالت الف)جبران کامل:در این صورت $C_1 = \frac{R_2.C_2}{R_1}$ وپل در حالت تعادل می باشد در نتیجه:

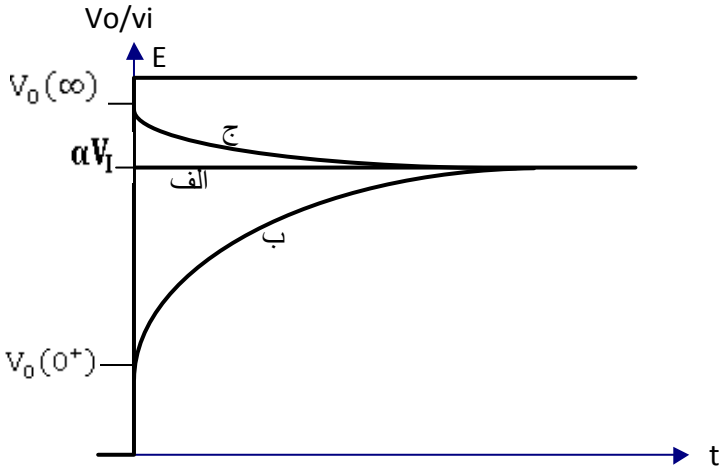
$$V_O(0^+) = V_O(\infty)$$

حالت ب)جبران کم:در این صورت $C_1 < \frac{R_2.C_2}{R_1}$ وپل در حالت تعادل نیست در نتیجه:

$$V_O(0^+) < V_O(\infty)$$

حالت ج) فوق جبران:در این صورت $C_1 > \frac{R_2.C_2}{R_1}$ وپل در حالت تعادل نیست در نتیجه:

$$V_O(0^+) > V_O(\infty)$$



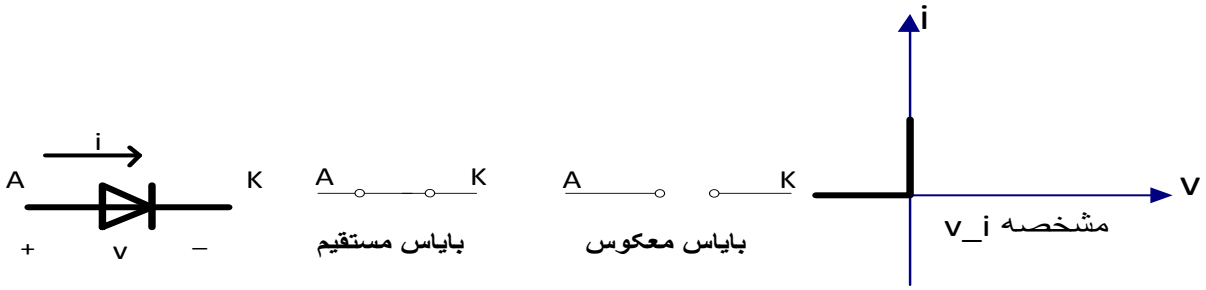
تذکر: اگر منبع مقاومت داخلی هم داشته باشد آنگاه جبران کامل ممکن نیست.

فصل سوم: سوئیچینگ دیود و ترانزیستور

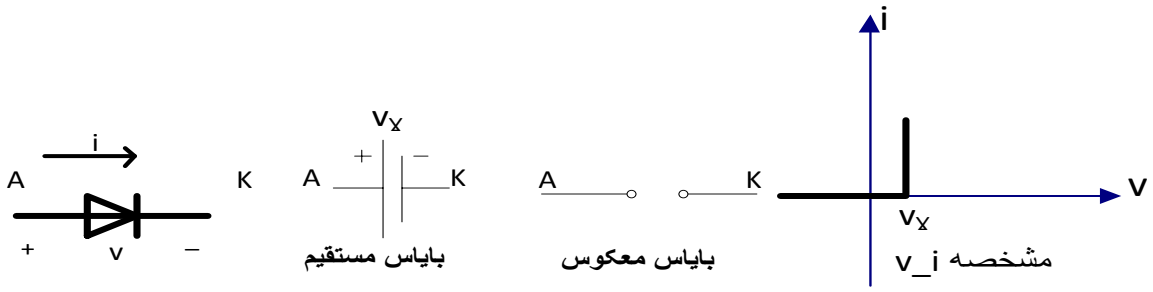
الف) سوییچینگ دیود

مدار معادل دیود:

1- دیود ایده آل:

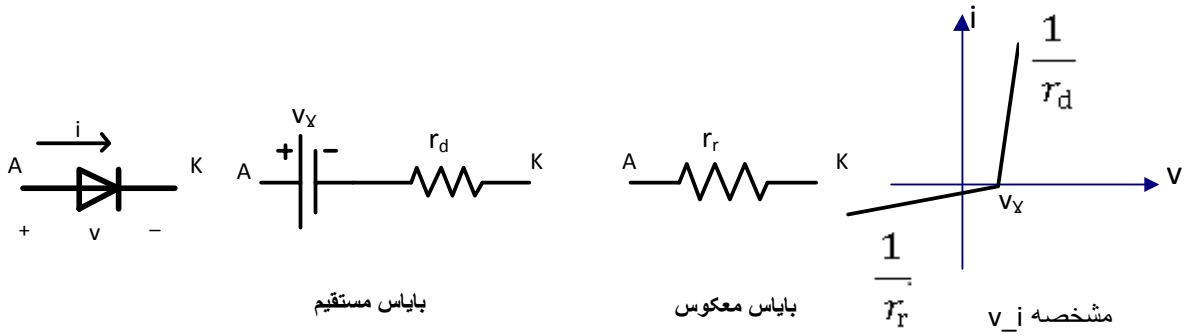


2-مدل نیمه ایده آل:



$$v_\gamma = \begin{cases} 0.6 & \text{si diode} \\ 01 & \text{Ge diode} \end{cases}$$

3-مدل تقریب پاره خطی:



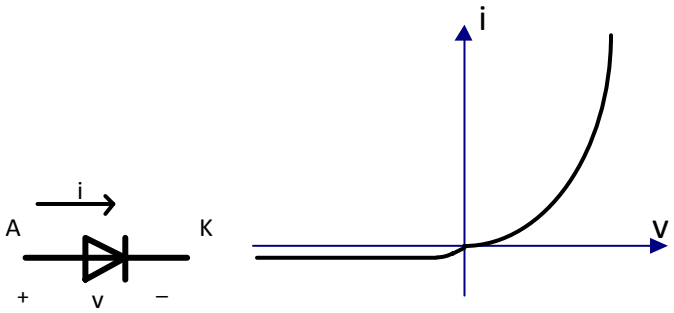
r_r :مقاومت دیود در بایاس معکوس است که بسیار بزرگ می باشد.

r_d :مقاومت دیود در بایاس مستقیم (مقاومت دینامیکی)می باشد که از رابطه $r_d = \frac{dv}{di} = \frac{ID}{V_T}$ بدست می آید.

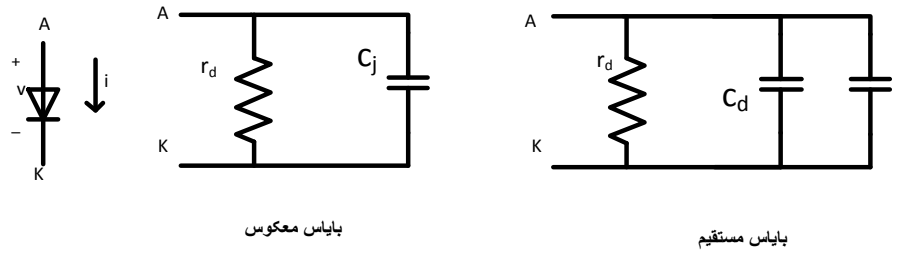
4-مدل نمایی(واقعی): رابطه جریان وولتاژ دیود در حالت کلی به صورت زیر است که غیر خطی و نمایی می باشد:

$$i_s = I_s(e^{-\frac{V}{V_T}} - 1)$$

در این رابطه I_s جریان اشباع معکوس و $V_T = \frac{K.T}{q} = 25mv$ می باشد.



5-مدل دیود در حالت سوئیچینگ(فرکانس بالا):



C_j :خازن پیوند و C_d انتشار نام دارد.

با افزایش ولتاژ دیود خازنهای C_j و C_d افزایش می یابند.

در بایاس معکوس خازن C_j اهمیت دارد ولی در بایاس مستقیم خازن C_d تعیین کننده است

زمانهای بازیابی دیود:

1) زمان بازیابی مستقیم (t_{fr}) (forward recovery time) : این مشخصه در شرایط قطع به وصل دیود اتفاق می افتد ومدت زمانی است که ولتاژ دیود از 10% مقدار نهایی به 90% مقدار نهایی می رسد

2) زمان بازیابی معکوس (t_{rr}) (reverce recovery time) :با منفی شدن ولتاژ ورودی دیود به طور ناگهانی قطع نمی شود بلکه ابتدا جریان معکوس

$I_R \simeq \frac{V_R}{R}$ در دیود برقرار می شود.(به علت تخلیه شدن حاملهای اقلیت)

وپس از مدت زمان t_S جریان دیود به تدریج صفر می شود.

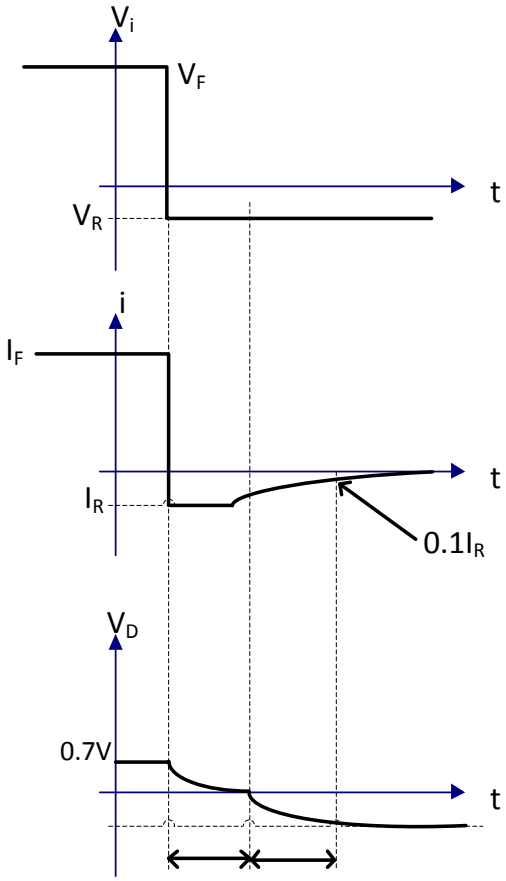
*زمان ذخیره(t_S) :مدت زمانی است که طول می کشد تا حاملهای اقلیت تخلیه شوند.

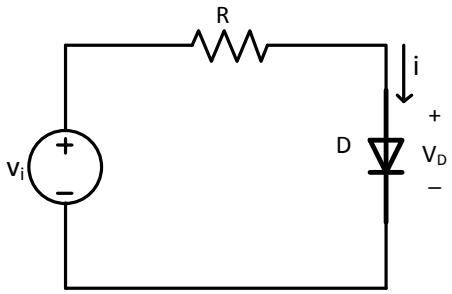
*زمان بازیابی(t_r) :مدت زمانی است که طول می کشد تا خازن ناحیه تخلیه پر شود در این زمان جریان دیود از I_R به $0.1I_R$ می رسد.

*زمان بازیابی معکوس(t_{rr}) : مجموع زمانهای ذخیره وبازیابی می باشد:

$$t_{rr} = t_S + t_r$$

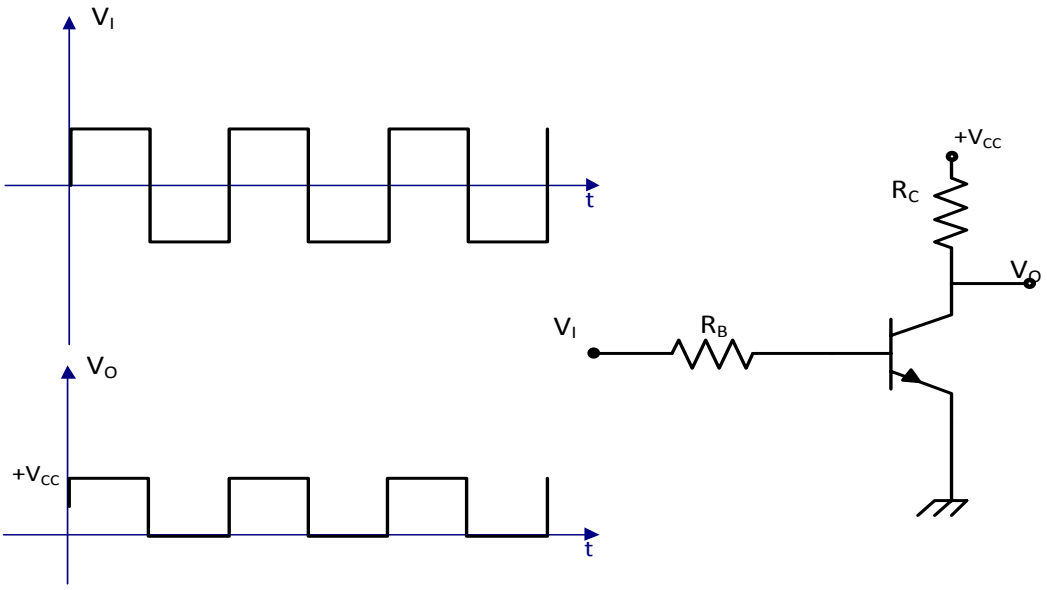
برای کاهش زمان بازیابی معکوس باید جریان مستقیم را به طور تدریجی کم کرد.





ب) سوئیچینگ ترانزیستور:

از ترانزیستور در دوناحیه قطع واشباع می توان استفاده کرد :



$V_i = -V \Longrightarrow Q: OFF \Longrightarrow V_O = +V_{CC}$

$V_i = +V \Longrightarrow Q: sat \Longrightarrow V_O = V_{CE}(sat) \simeq 0$

$I_B = \frac{+V - V_{BE}}{R_B}$

در ناحیه اشباع:

$$I_C(max) = \frac{V_{CC} - V_{CE}(sat)}{R_C}$$

شرط اشباع بودن ترانزیستور:

$$I_B \geq \frac{I_C}{\beta_{min}} \rightarrow \frac{V - V_{BE}}{R_B} \geq \frac{V_{CC} - V_{CE}(sat)}{\beta_{min}.R_C}$$

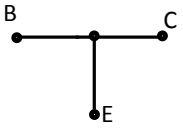
شرط اشباع شدن ترانزیستور:

$$\frac{V}{R_B} \geq \frac{V_{CC}}{\beta_{min}.R_C}$$

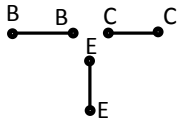
حد اکثر مقدار R_B برای اشباع شدن ترانزیستور:

$$R_B \leq \frac{V}{V_{CC}}.\beta_{min}.R_C$$

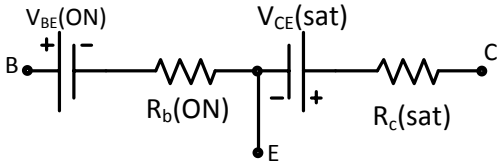
مدار معادل ترانزیستور در حالت سویچینگ(قطع و اشباع):



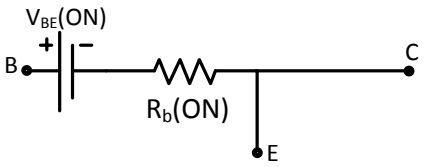
مدل ایده آل در ناحیه اشباع



مدل ایده آل در ناحیه قطع

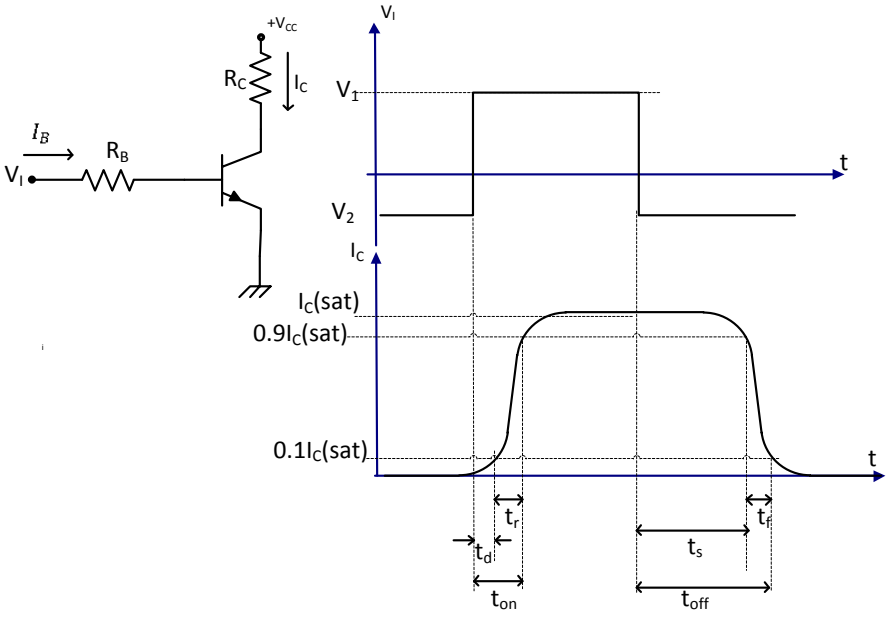


کامل ترین مدل در ناحیه اشباع



مدل دقیق تر در ناحیه اشباع

زمانهای سویچینگ ترانزیستور:



t_d : زمان تاخیر:فاصله زمانی بین شروع سیگنال تا وقتی که جریان کلکتور به10% مقدار نهایی برسد.

t_r : زمان صعود:مدت زمانی است که جریان کلکتور از 10% به 90% مقدار نهایی افزایش می یابد.

t_{on} : زمان روشن شدن: $t_{on} = t_d + t_r$

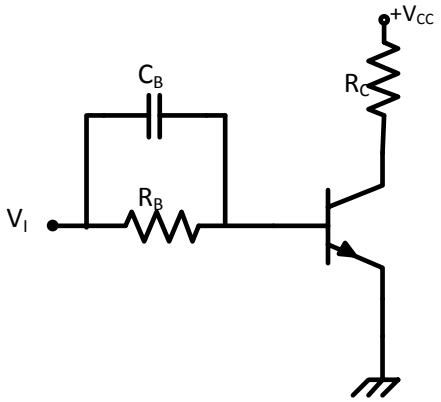
t_s : زمان ذخیره:فاصله زمانی بین قطع سیگنال ورودی تا وقتی که جریان کلکتور از 90% به10% مقدار نهایی کاهش می یابد.

t_f :زمان نزول: مدت زمانی است که جریان کلکتور از 90% به 10% مقدار نهایی کاهش می یابد.

t_{off} :زمان خاموش شدن: $t_{off} = t_s + t_f$

خازن تسریع کننده (speed up) :

اگر قبل از اعمال پالس ورودی بیس در بایاس معکوس باشد زمان تاخیر افزایش یافته در نتیجه زمان روشن شدن ترانزیستور افزایش می یابد .برای کاهش زمان روشن شدن ترانزیستور می توان جریان بیس را زیاد نمود (بیشتر از حداقل مقدار لازم برای اشباع شدن ترانزیستور) ولی این امر باعث افزایش زمان ذخیره ودر نتیجه زیاد شدن زمان خاموش شدن ترانزیستور می شود.برای کاهش زمان خاموش شدن می توان در زمان خاموش شدن ولتاژ منفی بزرگ به بیس اعمال نمود ولی این کار در زمان روشن شدن ترانزیستور (همانطور که گفته شد)زمان روشن شدن را افزایش می دهد.با استفاده از خازن تسریع کننده C_B که با مقاومت بیس موازی می شود می توان تمام شرایط فوق را فراهم کرد.



قبل از اعمال پالس ولتاژ خازن صفر است.با اعمال پالس جریان بیس در ابتدا از طریق خازن تامین می شود ودر نتیجه جریان زیادی به بیس اعمال شده وسبب روشن شدن سریع ترانزیستور می شود.

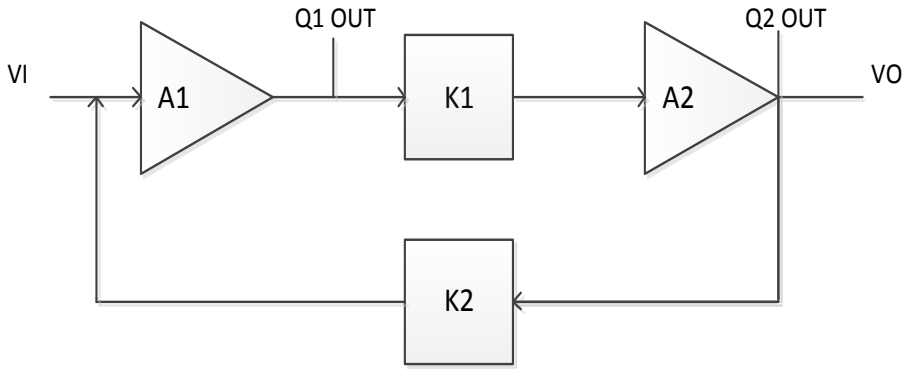
به تدریج که خازن شارژ می شود جریان بیس کاهش می یابد تا وقتی که خازن شارژ کامل شود به اندازه: $V - V_{BE}$ ازاین زمان به بعد جریان بیس برابر $I_B = \frac{V - V_{BE}}{R_B}$ خواهد شد.

وقتی که پالس ورودی قطع شده وبه صفر می رسد ولتاژ خازن به صورت معکوس در بیس قرار می گیرد یعنی: $V_B = -V_C = -V + V_{BE}$. این ولتاژ معکوس سبب خاموش شدن سریع تر ترانزیستور خواهد شد . البته تا قبل از اعمال پالس بعدی خازن در مقاومت R_B تخلیه شده وبرای پالس بعدی آماده می شود.ظرفیت خازن تسریع کننده باید تا حدی زیاد باشد که جریان آن در طی زمان روشن شدن ترانزیستور در حد ماکزیمم باقی بماند ولی در زمان خاموش شدن ترانزیستور تا قبل از اعمال پالس بعدی کاملا تخلیه شود .یعنی حد بالای ظرفیت این خازن به ماکزیمم فرکانس سیگنال ورودی بستگی دارد.

فصل چهارم:مولتی ویبراتورها

اصول کار مولتی ویبراتورها:

مولتی ویبراتور یک تقویت کننده چند طبقه با فیدبک مثبت قوی و دارای چند حالت پایدار می باشد.بلوک دیاگرام یک مولتی ویبراتور به صورت زیر می باشد:



در بلوک دیاگرام فوق A_1 و A_2 تقویت کننده و K_1 و K_2 مدار رابط(کوپلاژ) می باشند. V_I ورودی تریگر می باشد و اعمال انرژ ی کمی از طریق این ورودی توسطA_1 و A_2 تقویت شده و دوباره به ورودی فیدبک می شود.به علت همفاز بودن سیگنال اولیه وسیگنال تقویت شده عمل تقویت مجددا انجام شده تا اینکه تقویت کننده ها به شرایط قطع واشباع برسند.به این پدیده عمل نوزایی (Regenerative) می گویند.

شرط اینکه مداری به صورت مولتی ویبراتور عمل کند این است که:

1) دوتقویت کننده A_1 و A_2 هم علامت باشند.یعنی: $A_1A_2 > 0$ باشد.

2) بهره حلقه مدار از یک بیشتر باشد یعنی: $|A_1A_2\,K_1K_2| > 1$ باشد.

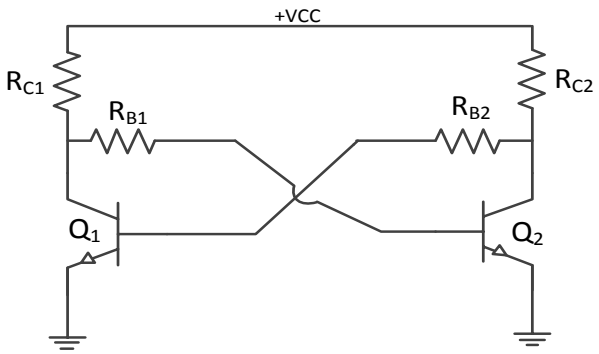
انواع مولتی ویبراتور:

1-مولتی ویبراتور بی استابل(bistable) : که دوحالت پایدار دارد و اعمال تحریک خارجی مدار را از یک حالت پایدار به حالت پایدار دیگر می برد.در این مولتی ویبراتور مدار کوپلاژ K_1 و K_2 مقاومتی هستند.به این مولتی ویبراتور فلیپ فلاپ گفته می شود.

2-مولتی ویبراتور مونو استابل(monostable) : که یک حالت پایدار دارد با تحریک خارجی مدار از یک حالت پایدار به حالت نا پایدار رفته وپس از مدت زمان مشخص به حالت پایدار بر می گردد.در این مولتی ویبراتور مدار کوپلاژ K_1 و K_2 مقاومتی_خازنی(RC) است.از این مولتی ویبراتوربرای ایجاد تاخیر زمانی استفاده می شود.

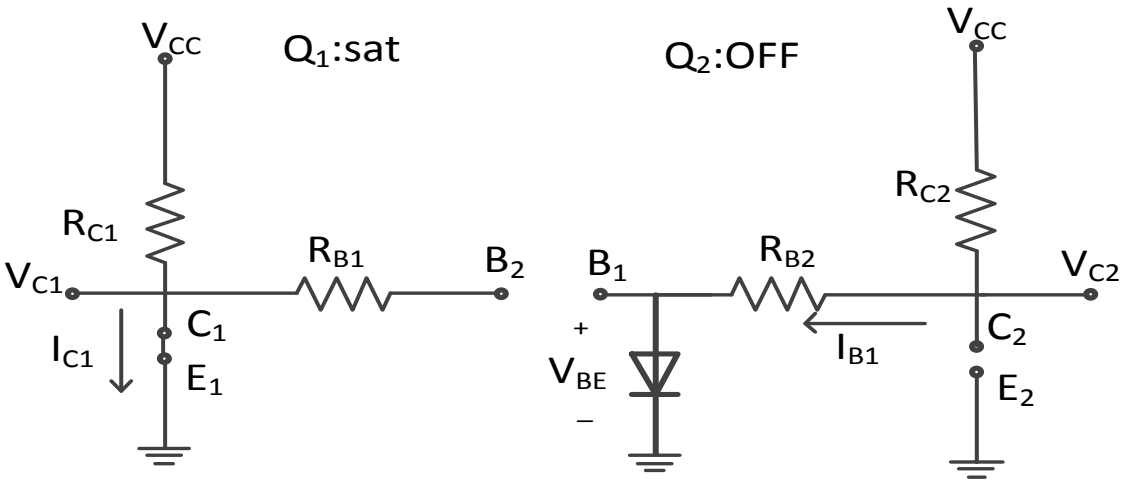
3-مولتی ویبراتورآ استابل(Astable) : که حالت پایدار ندارد و بدون اعمال تحریک خارجی مدار از یک حالت به حالت دیگر نوسان می کند. مدار کوپلاژ K_1 و K_2 خازنی است.به این مولتی ویبراتور نوسان ساز موج مربعی می گویند.

الف-مولتی ویبراتور بی استابل(bistable) :



در حالت پایدار یکی از ترانزیستورها اشباع ودیگری قطع می باشد.(حتی وجود برابر بودن عناصر مشابه. عواملی مثل نویز وداشتن تلرانس هدایت یکی از ترانزیستور ها بیشتر و در نتیجه هدایت ترانزیستور دوم کم می شود واین امر سبب اشباع شدن یکی از ترانزیستورها وقطع شدن ترانزیستور دوم می شود.)

مدار معادل مدار فوق با فرض اشباع شدن Q_1 وقطع بودنQ_2 به صورت زیر است:



$$I_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{C2} + R_{B2}}$$

$$I_{C1} = \frac{V_{CC} - V_{CE}(sat)}{R_{C1}} \simeq \frac{V_{CC}}{R_{C1}}$$

$$V_{C2} = V_{CC} - R_{C2}.I_{B1}$$

$$V_{C1} = V_{CE}(sat) \simeq 0$$

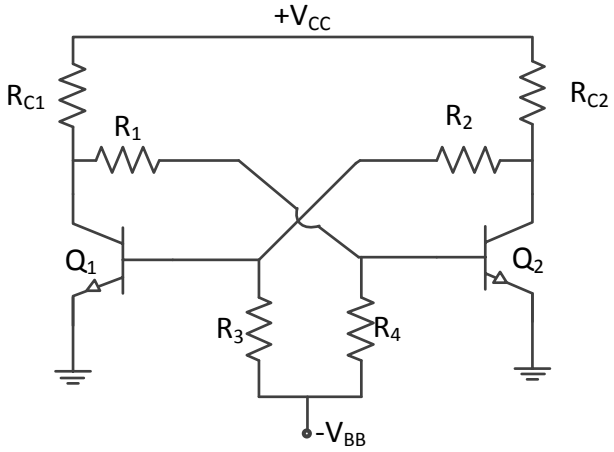
$$V_{B2} = V_{C1}$$

$$V_{B1} = V_{BE}$$

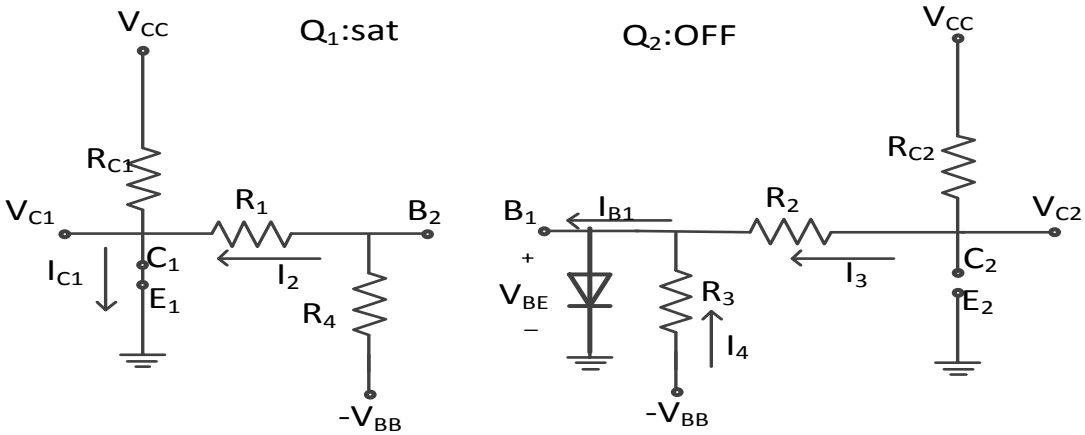
حداقل β مورد نیاز برای اشباع شدن ترانزیستور:

$$\beta_{min} \geq \frac{I_{C1}}{I_{B1}}$$

ب)مدار مولتی ویبراتور بی استابل با تغذیه ثابت:در این مدار بیس ترانزیستور که قطع می باشد با ولتاژمنفی بایاس می شود در نتیجه از ایجاد تغییرات ناخواسته وتغییر حالت مدار جلوگیری می شود.



با فرض $Q_1 = \text{sat}$ و $Q_2 = \text{OFF}$ داریم :



$$I_{B1} = I_3 + I_4 = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{C2} + R_2} + \frac{-V_{BB} - V_{BE}}{R_3}$$

$$I_{C1} = I_1 + I_2 = \frac{V_{CC}}{R_{C1}} + \frac{-V_{BB}}{R_1 + R_4}$$

$$V_{C1} \simeq 0$$

$$V_{C2} = V_{CC} - R_{C2}.I_3$$

$$V_{B1} = V_{BE}$$

$$V_{B2} = -V_{BB} - R_4.I_2$$

حداقل β مورد نیاز برای اشباع شدن ترانزیستور:

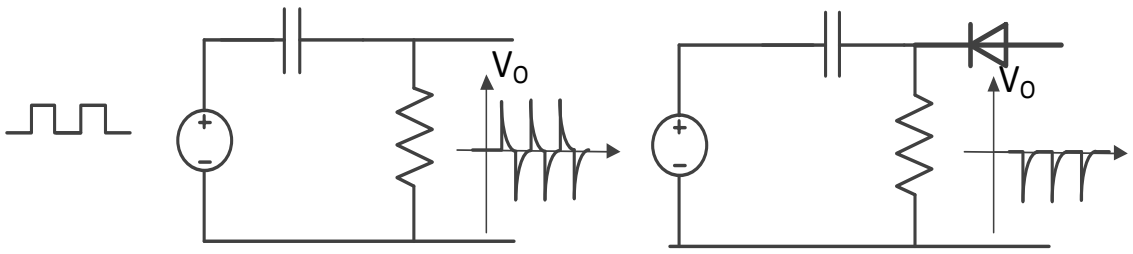
$$\beta_{min} \geq \frac{I_{C1}}{I_{B1}}$$

تمرین1:در مدار فوق الف)تمام ولتاژها وجریانهای ترانزیستورها رابدست آورید؟ب)حداقل β لازم برای اشباع شدن ترانزیستور روشن چقدر باید باشد؟

$$\begin{cases} R_2 = R_1 = 15K\ , R_3 = R_4 = 100K\ , -V_{BB} = -12V, V_{CE}(sat) = 0.2V \\ R_{C2} = R_{C1} = 2.2K, V_{CC} = 12V, V_{BE}(ON) = 0.7V \end{cases}$$

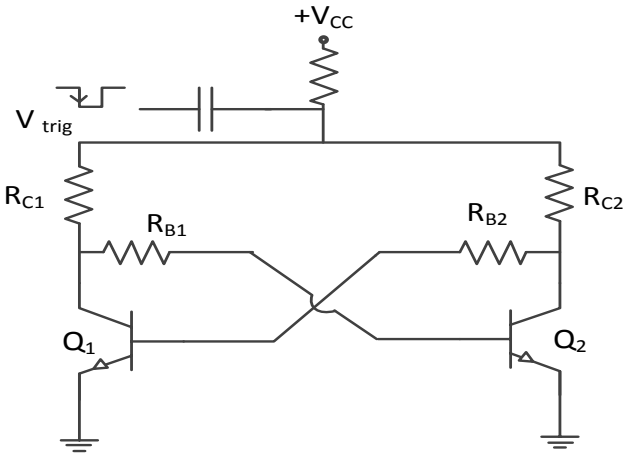
تریگر کردن مولتی ویبراتور:

از یک مدار RC بالاگذر(مشتق گیر)می توان به عنوان مولد پالس تریگر استفاده کرد.البته به کمک یک دیود می توان تنها پالسهای تریگر مثبت یا منفی را عبور داده وبه مدار مولتی ویبراتور اعمال کرد:

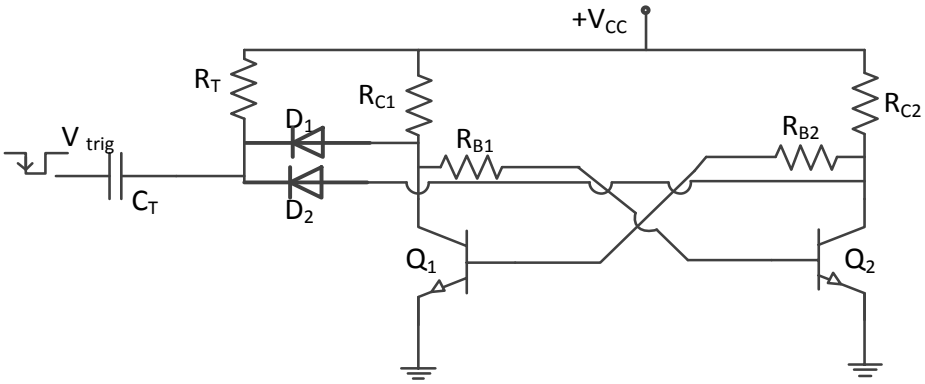


-چند نمونه مدار تریگر:

1-تریگر متقارن ساده از طریق کلکتور: پالس تریگر بر کلکتور ترانزیستور در حال هدایت اثری ندارد ولی در لبه پایین رونده آن باعث کاهش ولتاژ بیس ترانزیستور در حال هدایت شده وآن را به سمت قطع می برد.وبا شروع پدیده REGENERATIVE تغییر حالت در مدار ایجاد می شود.



2-تریگر متقارن از طریق کلکتور:

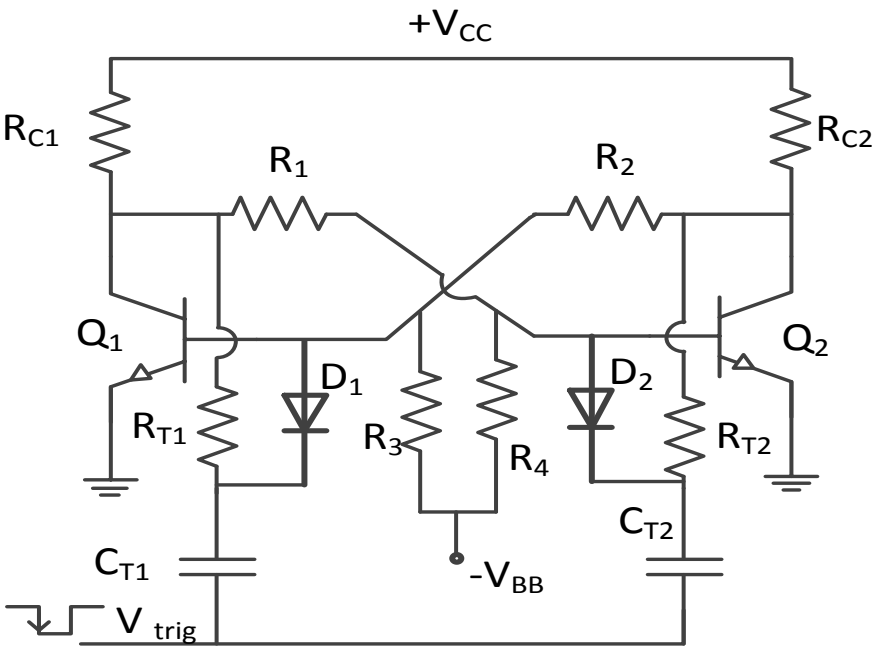


قبل از اعمال پالس تریگر هر دو دیود در حالت قطع هستندزیرا با فرض $Q_1 = \text{sat}$ و $Q_2 = \text{OFF}$ داریم:

$$\begin{cases} D_1 = \text{OFF} \\ A_{D1} = V_{CE}(\text{sat}) \simeq 0 \\ K_{D1} = V_{CC} \end{cases} \qquad \begin{cases} D_2 = \text{OFF} \\ A_{D2} = V_{CC} - R_{C2}.I_{B1} \\ K_{D2} = V_{CC} \end{cases}$$

ولی چون اختلاف ولتاژآند و کاتد D_1 بیشتر است بنابراین D_1 در بایاس معکوس بیشتری است وبا اعمال پالس تریگر منفی به کاتد دیودها دیود D_2 زودتر هدایت کرده وبا هدایت آن ولتاژ منفی به بیس Q_1 که در حالت هدایت است رسیده وولتاژ بیس Q_1 را کاهش داده و Q_1 را به سمت ناحیه قطع می برد وبا شروع پدیده نوزایی تغییر حالت در ترانزیستورها ایجاد می شود.

3-تریگر متقارن از طریق بیس:

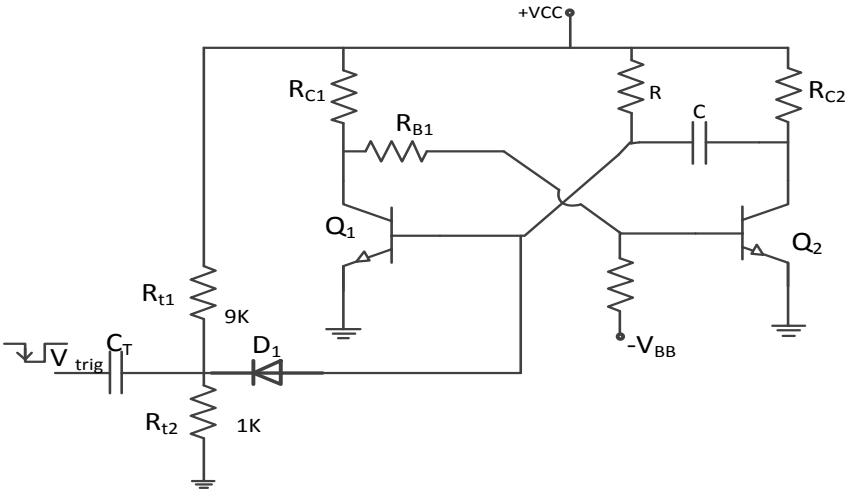


قبل از اعمال پالس تریگر:

با فرض $Q_1 = \text{sat}$ و $Q_2 = \text{OFF}$ دیود D_1 در آستانه هدایت قرار داشته ولی دیود D_2 با ولتاژ منفی زیاد در بایاس معکوس می باشد (اثبات کنید)

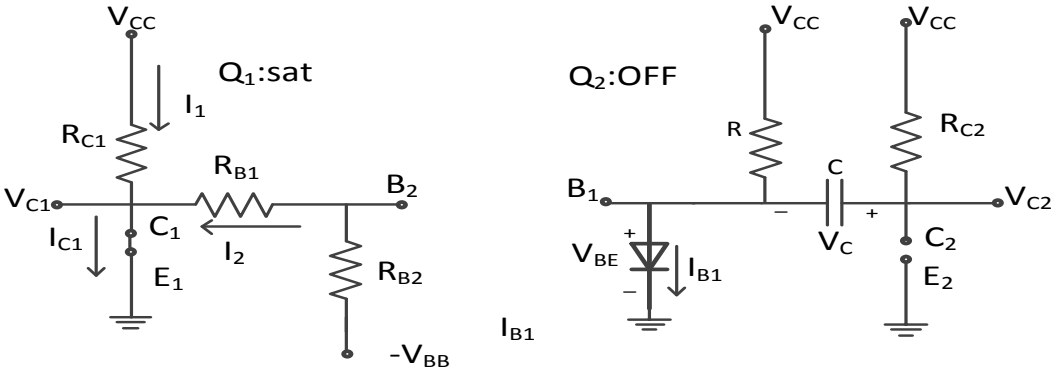
در نتیجه با اعمال پالس تریگر منفی دیود D_1 سریعتر هدایت کرده وباعث کاهش ولتاژ بیس Q_1 شده واین ترانزیستور را به سمت ناحیه قطع می برد.در نتیجه با شروع پدیده REGENERATIVE تغییر حالت در ترانزیستورها ایجاد می شود.

2-مولتی ویبراتور مونو استابل: مدار مولتی ویبراتور مونو استابل با کوپلاژ کلکتور:



در حالت پایدار (قبل از اعمال پالس تریگر)خازن شارژ کامل بوده وباز است.بنابراین $Q_1 = \text{sat}$ و$Q_2 = \text{OFF}$

وضعیت مدار در t<0 :



$$V_{C1} = V_{CE}(sat) \simeq 0$$

$$V_{B1} = V_{BE} = 0.7$$

$$I_{C1} = I_1 + I_2 = \frac{V_{CC}}{R_{C1}} + \frac{-V_{BB}}{R_{B1}+R_{B2}}$$

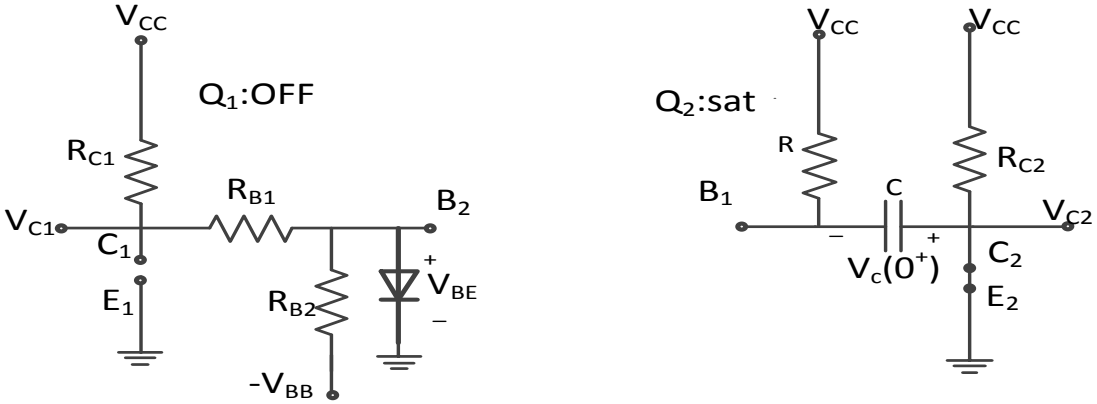
$$I_{B1} = \frac{V_{CC}-V_{BE}}{R}$$

$$V_{B2} = -V_{BB} - R_{B2}.I_2 = R_{B1}.I_2$$

$$V_{C2} = V_{CC}$$

$$V_C(0^-) = V_{C2} - V_{B1} = V_{CC} - V_{BE} \rightarrow V_C(0^+) = V_C(0^-) = V_{CC} - V_{BE}$$

در t=0 پالس تریگر به مدار اعمال شده ودر نتیجه $Q_1 = \text{sat}$ و $Q_2 = \text{OFF}$ می شود.مدار معادل در $t = 0^+$ به صورت زیر می باشد.



خازن c از طریق R می خواهد تا $-V_{CC}$ شارژ شود یعنی $V_C(\infty) = -V_{CC}$ (علامت منفی به خاطر پلاریته در نظر گرفته شده برای ولتاژ خازن است.)

معادله ولتاژ خازن به صورت زیر می باشد:

$$\begin{Bmatrix} V_C(0^+) = V_{cc} - 0.7 = A + B \\ V_C(\infty) = -V_{CC} = A \\ \tau = RC \end{Bmatrix} B = 2V_{cc} - 0.7$$

$$V_C(t) = -V_{cc} + (2V_{cc} - 0.7)e^{-\frac{t}{RC}}$$

معادله ولتاژ بیس در t>0 به صورت زیر می باشد:

$$V_{B1}(t) = -V_C(t) = V_{cc} - (2V_{cc} - 0.7)e^{-\frac{t}{RC}}$$

ولی وقتی ولتاژ بیس Q_1 به 0.7 برسد ترانزیستور Q_1 روشن می شود .زمان رسیدن ولتاژ V_{B1} به 0.7 یعنی t_p برابر است با:

$$V_{B1}(t_p) = 0.7 = V_{cc} - (2V_{cc} - 0.7)e^{-\frac{t_p}{RC}}$$

پهنای پالس خروجی مولتی ویبراتور:

$$t_p = R.C.\ln\left(\frac{2V_{cc}-0.7}{V_{cc}-0.7}\right)$$

اگر از 0.7 در مقابل V_{cc} صرف نظر کنیم خواهیم داشت:

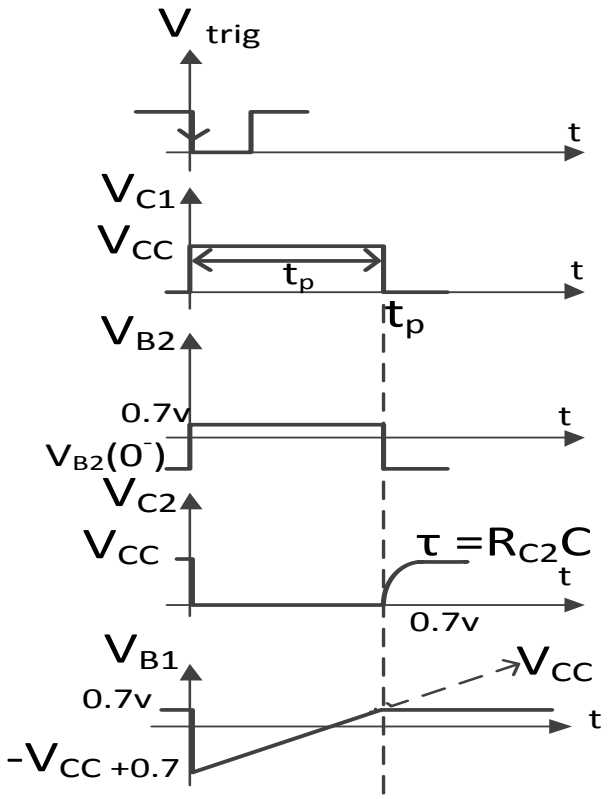
$$t_p = R.C.\ln 2 = 0.693.R.C$$

پس از زمان t_p مدار به وضعیت پایدار رفته و Q_1 اشباع و Q_2 قطع می شود.

البته خازن از طریق R_{C2} که در مقایسه با مقاومت R کوچک است با ثابت زمانی $R_{C2}.C$ تا ولتاژ حالت پایدار از $V_{cc} - 0.7$ شارژ شده وبه حالت پایدار می رود.

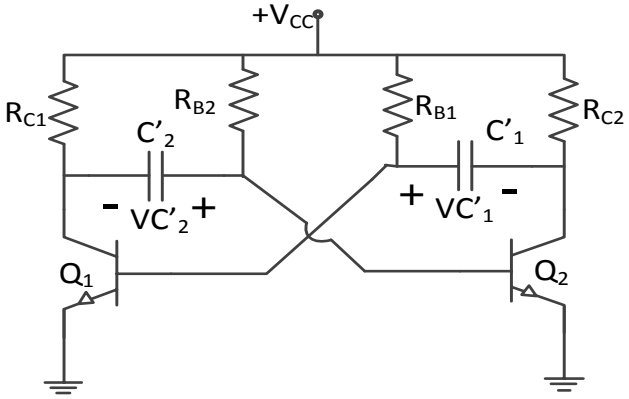
تذکر: ولتاژ کلکتور V_{C1} در t>0 برابر است با:

$$V_{C1}(0^+) = \frac{R_{B1}}{R_{C1}+R_{B1}}(V_{cc} - V_{BE})$$

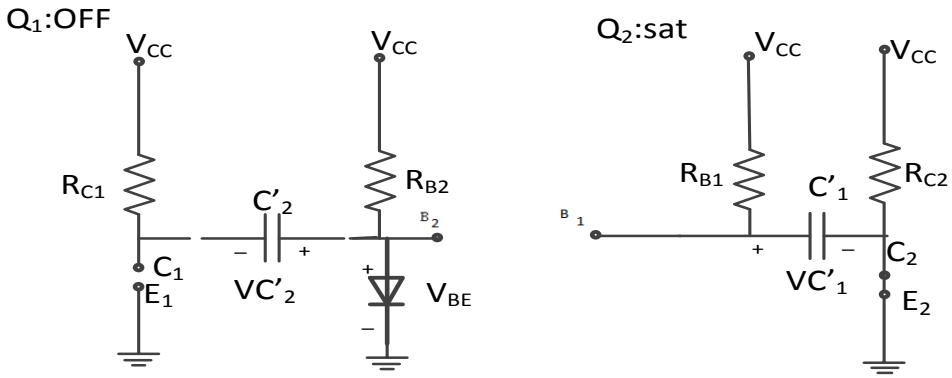


3-مولتی ویبراتور آستابل:

در این مدار حالت پایدار وجود ندارد ولی می توانیم لحظه ای که مدار می خواهد تغییر حالت دهد را برای شروع تحلیل در نظر بگیریم.



فرض می کنیم در $t=0^-$ ترانزیستور Q_1 قطع ولی در آستانه هدایت $(V_{BE1}=0.5V)$ وترانزیستور Q_2 اشباع باشد (در t<0 که Q_2 اشباع می باشد خازن C'_2 از طریق R_{C1} شارژ شده وبه حالت پایدار رسیده است ولی خازن C'_1 از طریق R_{B1} در حال شارژ می باشد وبا شارژ آن Q_1 به سمت هدایت پیش می رود).مدار معادل در $t=0^-$ به صورت زیر می باشد:



مدار در $t=0^-$:

$$V_{C1}(0^-)=V_{cc}$$

$$V_{B2}(0^-)=V_{BE}=0.7V$$

$$V_{C'2}(0^-)=V_{B2}-V_{C1}=0.7-V_{cc}=V'_{C2}(0^+)$$

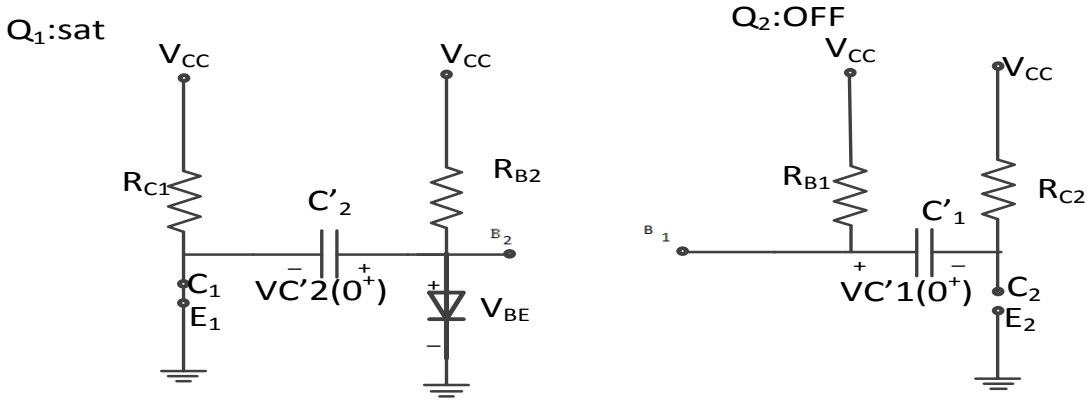
$$V_{C2}(0^-)=V_{CE}(sat)\simeq 0$$

Q_1 در آستانه هدایت است

$$V_{B1}(0^-) = 0.5V$$

$$V_{C'1}(0^-) = V_{B1} - V_{C2} = 0.5 = V'_{C1}(0^+)$$

در $t = 0^+$ ترانزیستور Q_1 هدایت کرده و Q_2 قطع می شود:



$$V_{C'1}(0^+) = 0.5V$$

$$V_{C1}(0^+) = V_{CE}(sat) \simeq 0$$

$$V_{B1}(0^+) = 0.7V$$

$$V_{C'2}(0^+) = V'_{C2}(0^-) = 0.7 - V_{cc}$$

$$V_{B2}(0^+) = 0.7 - V_{cc}$$

$$V_{C2}(0^+) = -V'_{C1}(0^+) + V_{BE1} = -0.5 + 0.7 = 0.2V$$

یعنی ولتاژ V_{B2} که در $t = 0^-$ برابر با 0.7 بود در $t = 0^+$ به $0.7 - V_{cc}$ میرسد و Q_2 کاملا در ناحیه قطع قرار می گیرد. ولی با شارژ خازن C'_2 از طریق R_{B2} . ولتاژ V_{B2} شروع به افزایش می کند.

خازن C'_2 از طریق R_{B2} می خواهد تا $+V_{cc}$ شارژ شود ولی وقتی که ولتاژ V_{B2} به ولتاژ استانه هدایت 0.5 برسد Q_2 هدایت می کند و وضعیت مدار عوض می شود.

$$\left.\begin{matrix} V_{C'2}(0^+) = 0.7 - V_{cc} = A + B \\ V_{C'2}(\infty) = +V_{CC} = A \\ \tau_1 = R_{B2}.C'_2 \end{matrix}\right\} B = 0.7 - 2V_{cc}$$

$$V_{C'2}(t) = V_{cc} + (0.7 - 2V_{cc})e^{-\frac{t}{R_{B2}.C'_2}}$$

$$V_{B2}(t) = V'_{C2}(t) = V_{cc} + (0.7 - 2V_{cc})e^{-\frac{t}{R_{B2}.C'_2}}$$

زمانیکه ولتاژ V_{B2} به آستانه هدایت 0.5 میرسد برابر است با :

$$V_{B2}(t_1) = 0.5 = V_{cc} + (0.7 - 2V_{cc})e^{-\frac{t_1}{R_{B2}.C'_2}}$$

$$t_1 = R_{B2}.C'_2 \ln\frac{2V_{cc}-0.7}{V_{cc}-0.5}$$

اگر از 0.5 در مقابل V_{cc} صرف نظر کنیم می توان نوشت:

$$t_1 \simeq R_{B2}.C'_2 \ln 2 = 0.693.R_{B2}.C'_2$$

چون خازن C'_1 از طریق R_{c2} که بسیار کوچکتر از R_B است شارژ می شود بنابراین در زمان بسیار کوچکتر از t_1 خازن C'_1 شارژ کامل شده وبه حالت پایدار رسیده است.

یعنی در $t = t_1^-$:

$$V_{C2}(t_1^-) = V_{cc}$$

$$V_{C'1}(t_1^-) = 0.7 - V_{cc} = V'_{C1}(t_1^+)$$

در $t = t_1$ وضعیت مدار تغییر کرده و Q_1 قطع و Q_2 اشباع می باشد واین بار خازن C'_1 از طریق R_{B1} شارژ می شود تازمانیکه V_{B1} به آستانه هدایت برسد .زمان رسیدن بیس Q_1 به آستانه هدایت برابر t_2 می باشد و می توان نوشت:

$$V_{B1}(t) = V_{cc} + (0.7 - 2V_{cc})e^{-\frac{t-t_1}{R_{B1}.C'_1}}$$

$$t_2 = R_{B1}.C'_1 \ln\frac{2V_{cc}-0.7}{V_{cc}-0.5}$$

$t_2 \simeq R_{B1} . C'_1 \ln 2 = 0.693 . R_{B1} . C'_1$

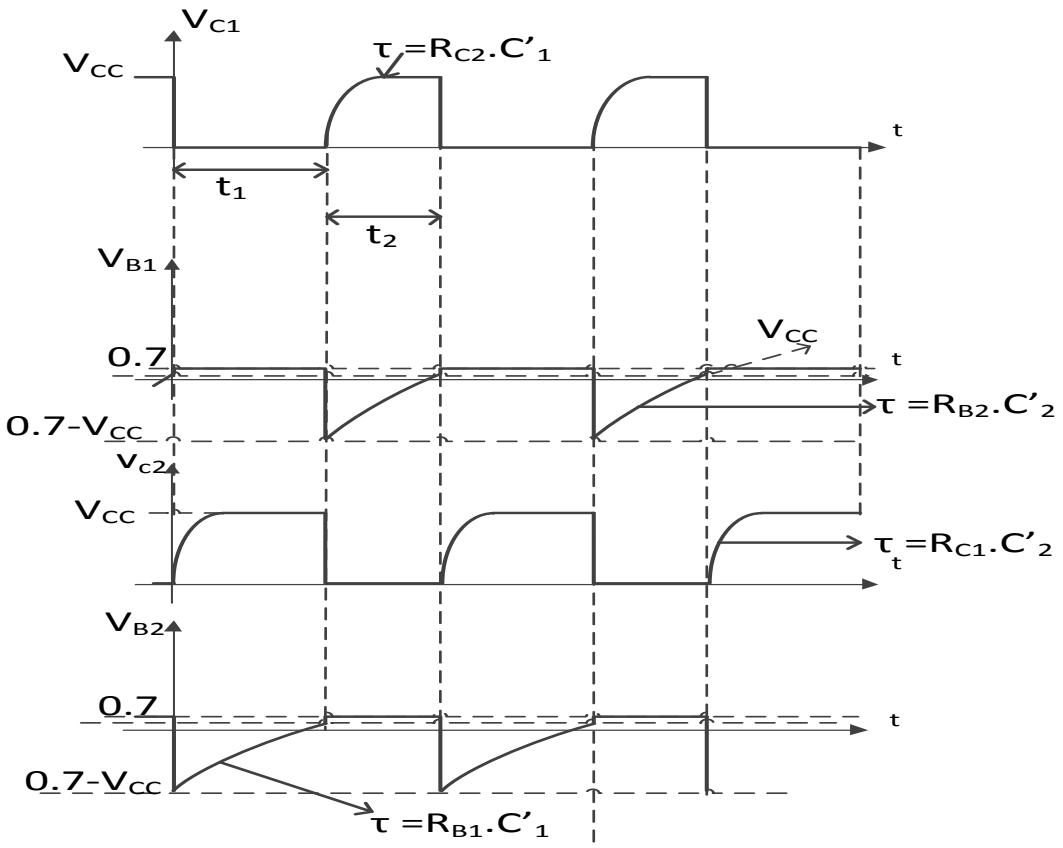
زمان تناوب برابر است با :

$T = t_1 + t_2 = 0.693(R_{B1} . C'_1 + R_{B2} . C'_2)$

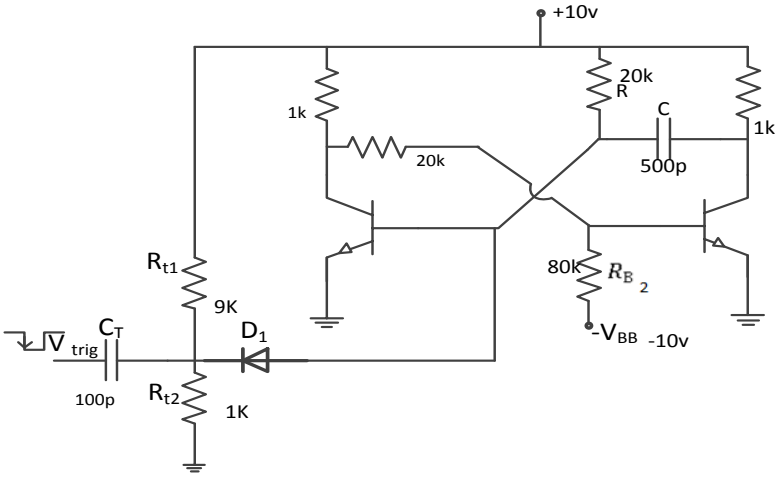
اگر $R_{B1} = R_{B2} = R_B$ و $C'_1 = C'_2 = C'$ با شد آنگاه $t_2 = t_1$ و در نتیجه :

$T = 2 . R_B . C' . \ln 2 \simeq 1.4 . R_B . C'$

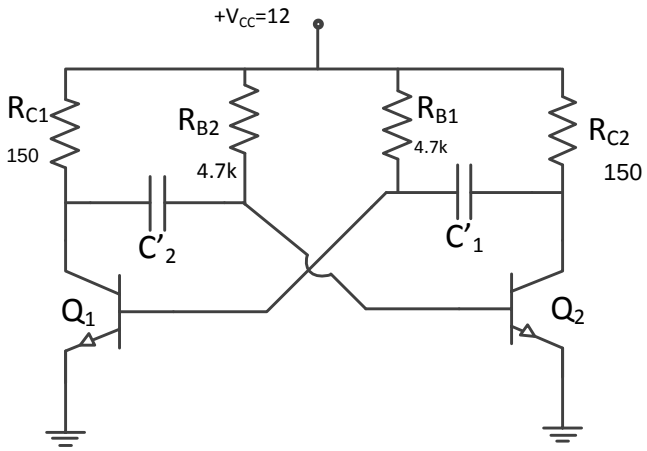
شکل موج ولتاژ پایه های ترانزیستور:



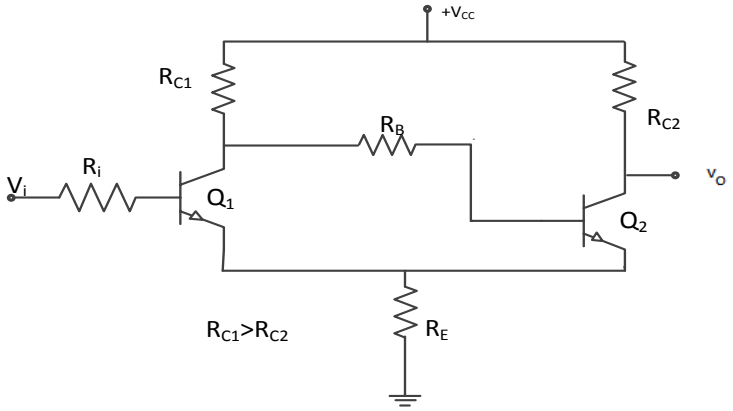
تمرین1:در مدار زیر :الف)ولتاژها وجریانهای ترانزیستور را در حالت پایدار t<0 ونیز در لحظه $t = 0^+$ (پس از اعمال پالس تریگر)بدست آورید.ب)حداقل β ترانزیستور ها برای اشباع شدن چقدر است؟ج)پهنای پالس خروجی V_{C1} را بدست آورید؟ $v_{BE}(on) =$ 0.7 , $v_{CE}(sat) = 0.2$

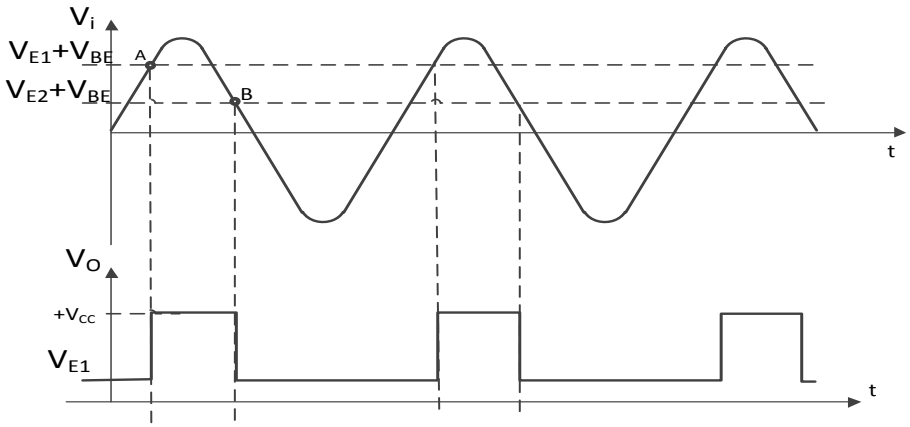


تمرین2:در مدار زیر:الف)خازنهای C'_1 و C'_2 را طوری انتخاب کنید که در خروجی v_o2 موج مربعی با فرکانس $10K_{HZ}$ و دیوتی سایکل 70 درصد ایجادشود.ب)شکل موج v_o2 رارسم کنید.ج) اگر $C'_1 = C'_2 = 1n$ باشد فرکانس و دیوتی سایکل موج خروجی v_o2 را بدست آورید. $v_{BE}(on) = 0.7$, $v_{CE}(sat) =$ 0.2



اشمیت تریگر:





فرض می کنیم v_i آنقدر کوچک باشد که Q_1 قطع باشد در اینصورت Q_2 روشن شده وبه اشباع می رود با فرض $v_{CE}(sat) \simeq 0$ داریم:

$$v_o = v_{E1} = \frac{R_E}{R_E+R_{C2}} . V_{CC}$$

$$UTP = v_{E1} + 0.7$$

تازمانیکه $v_i < v_{E1} + 0.7$ باشد Q_1 قطع می باشد.

اگر $v_i > v_{E1} + 0.7$ شود Q_1 هدایت کرده وبه اشباع می رود.در نتیجه Q_2 قطع خواهد شد.

در این صورت:

$$v_{E2} = \frac{R_E}{R_E+R_{C1}} . V_{CC}$$

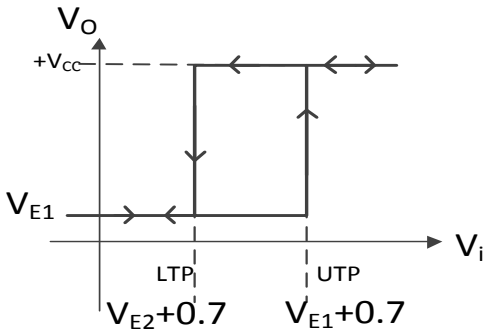
$$v_o = V_{CC}$$

از این پس تا زمانیکه $v_i > v_{E2} + 0.7$ باشد Q_1 هدایت کرده واگر $v_i < v_{E2} + 0.7$ شود Q_1 قطع می شود.

$$LTP = v_{E2} + 0.7$$

دوسطح ولتاژ خروجی برابر v_{E1} و V_{CC} می باشد.

منحنی $V_0 - V_I$ مدار فوق به صورت زیر است. این منحنی دارای ناحیه هیسترزیس می باشد.

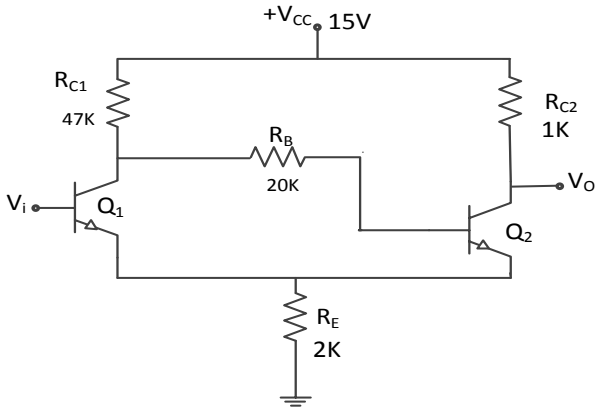


تمرین1 :در مدار اشمیت تریگر زیر:

الف)مقدار UTP و LTP را بدست آورید. ب)سطح بالا وپایین ولتاژ خروجی را محاسبه کنید.

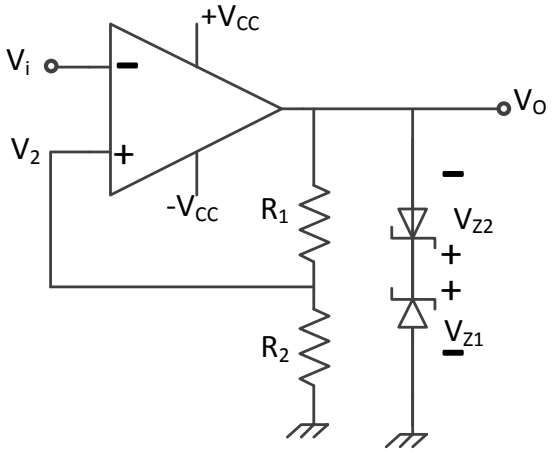
ج)منحنی مشخصه خروجی $V_0 - V_I$ مدار زیر را رسم کنید.

$v_{BE}(on) = 0.7$, $v_{CE}(sat) = 0.2$,$\beta = 150$



فصل پنجم: کاربردهای OP_AMP در تکنیک پالس

1-1 اشمیت تریگر با OP_AMP :



با توجه به اینکه op_AMP فیدبک منفی ندارد خروجی دارای دو سطح مثبت $+V_I$ و منفی $-V_I$ می باشد.

در صورت نبود دیودهای زنر این سطوح همان ولتاژهای اشباع مثبت ومنفی خواهد بود ودر صورتی که دیودهای زنر در خروجی قرار داشته باشند ولتاژهای سطح مثبت و منفی توسط دیودهای زنر محدود می شوند یعنی:

$$+V_O = V_{Z1} + V_D$$

$$_V_O = -(V_{Z2} + V_D)$$

اگر ورودی کوچکتر از ولتاژ پایه ورودی مثبت op_AMP یعنی V_2 باش($V_I < V_2$) آنگاه خروجی در سطح مثبت قرار دارد:

$$V_O = +V_O = V_{Z1} + V_D \rightarrow V_2^+ = \frac{R_2}{R_1+R_2}(+V_O) = \frac{R_2}{R_1+R_2}(V_{Z1} + 0.7)$$

هر گاه V_I بخواهد از V_2^+ بزرگتر شود خروجی تغییر حالت می دهد بنابراین :

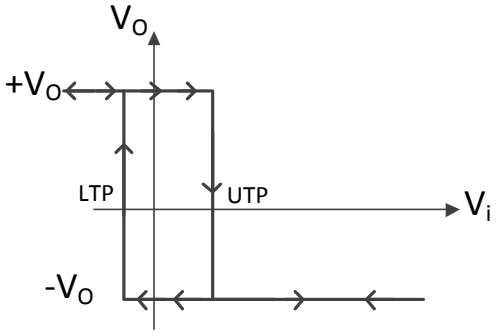
$$UTP = \frac{R_2}{R_1+R_2}(V_{Z1} + 0.7)$$

پس از اینکه $V_I > V_2^+$ شد خروجی تغییر حالت داده وبه $_V_O = -(V_{Z2} + 0.7)$ می رسد.در نتیجه V_2 برابر است با:

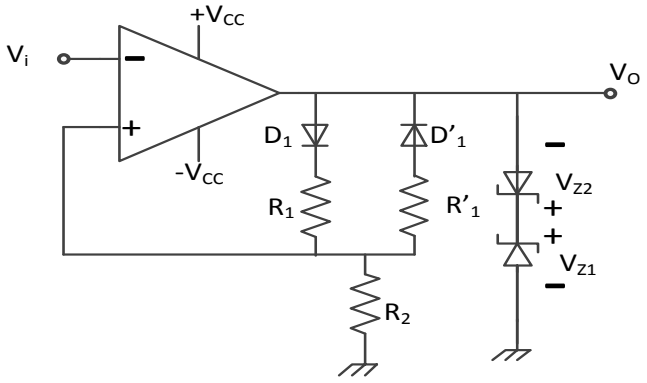
$$V_2^- = \frac{R_2}{R_1+R_2}(_V_O) = \frac{R_2}{R_1+R_2} = (-V_{Z2}_0.7)$$

تا وقتیکه $V_I > V_2^-$ می باشد خروجی در همان حالت باقی می ماند ولی زمانی که $V_I < V_2^-$ شود خروجی تغییر حالت داده وبه $V_O = +V_O = V_{Z1} + 0.7$ می رسد بنابراین:

$$LTP = \frac{R_2}{R_1+R_2}(-V_{Z2}_0.7)$$



به کمک مدار زیر می توان اشمیت تریگری با UTP وLTP مختلف طراحی کرد:



$+V_O = V_Z + V_D$

$_V_O = -(V_Z + V_D)$

$UTP = \frac{R_2}{R_1+R_2}(+V_O - V_{D1}) \rightarrow UTP = \frac{R_2}{R_1+R_2}.(+V_Z)$

$LTP = \frac{R_2}{R_1+R_2}(-V_O + V'_{D1}) \rightarrow LTP = \frac{R_2}{R_1+R_2}.(-V_Z)$

تمرین1:در مدار صفحه قبل اگر $V_Z = 6.8V$, $\pm V_{CC} = \pm 15V$, $R_1 = 5K$, $R'_1 = 2K$, $R_2 = 8K$

باشد الف)UTP,LTP را بدست آورید.ب)منحنی مشخصه $V_0 - V_I$ را رسم کنید.

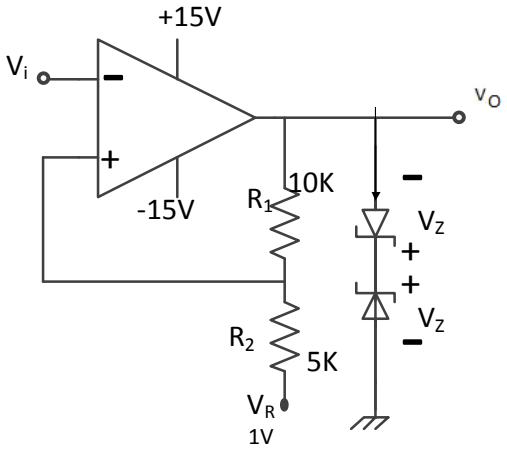
تمرین2:با استفاده از OP_AMP با مشخصات زیر مدار اشمیت تریگری با UTP=5V,LTP=-5V طراحی کنید.

$\pm V_{CC} = \pm 15V$, $V_0(P.P) = 30V$, $I_{bias\,(op_{amp})} = 10\mu A$

تمرین3:در مدار زیر الف)UTP,LTP را بدست آورید.ب)منحنی مشخصه $V_0 - V_I$ را رسم کنید.

ج)نقش V_R چیست؟ $V_Z = 6.2V$, $V_D = 0.7V$

د)قسمت های الف و ب را به ازای $V_R = 5V$ حل کنید.



تمرین4:با استفاده از OP_AMP با مشخصات زیر مدار اشمیت تریگری با UTP=3V,LTP=-6V طراحی کنید.

$$\pm V_{CC} = \pm 12V\ , V_0(P.P) = 5.4V\ , I_{bias} = 50\mu A$$

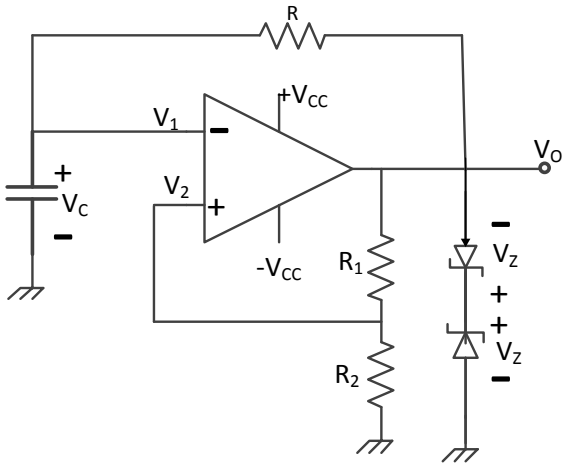
1-2 –مولتی ویبراتور آاستابل (مولد موج مربعی)باOP_AMP :

فرض $V_{Z1} = V_{Z2} = V_Z$

سطوح ولتاژ خروجی:

$$+V_O = V_Z + 0.7$$

$$_V_O = -V_Z - 0.7$$



مدار را در حالتی در نظر می گیریم که V_O در سطح مثبت $+V_O$ قرار دارد و در نتیجه

$V_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2}(+V_O)$ می باشد و خازن C از طریق مقاومت R در حال شارژ شدن با ولتاژ $+V_O$ می باشد.

$$\left.\begin{array}{l} V_1<V_2 \Rightarrow V_O=+V_O=V_{Z1}+0.7 \Rightarrow V_2^+=\frac{R_2}{R_1+R_2}(+V_O) \\ \frac{R_2}{R_1+R_2}=\beta \end{array}\right\} \Longrightarrow V_2^+ = +\beta\, V_O$$

وقتی ولتاژ خازن که همان V_1 است بخواهد از V_2^+ بیشتر شود خروجی تغییر حالت داده وبه $_V_O = -V_Z - 0.7$ می رود.ودر نتیجه $V_2^- = -\beta.V_O$ می باشد.از این به بعد خازن می خواهد از طریق R تا $-V_O$ شارژ شود.

$$\left.\begin{array}{c} V_C(0^+) = V_2^- = -\beta.V_O = A + B \\ V_C(\infty) = +V_O = A \\ \tau = RC \end{array}\right\} B = -\beta.V_O - V_O = -V_O(1+\beta)$$

$$V_C(t) = +V_O - V_O(1+\beta)e^{-\frac{t}{R.C}}$$

ولی وقتی که V_C به $V_2^+ = +\beta.V_O$ برسد مجددا خروجی تغییر حالت می دهد زمان رسیدن V_C به V_2^+ برابر است با:

$$V_C(T_1) = +\beta.V_O = V_O - V_O(1+\beta)e^{-\frac{T_1}{R.C}}$$

$$\rightarrow e^{-\frac{T_1}{R.C}} = \frac{V_O(1-\beta)}{V_O(1+\beta)} \rightarrow T_1 = R.C.ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$$

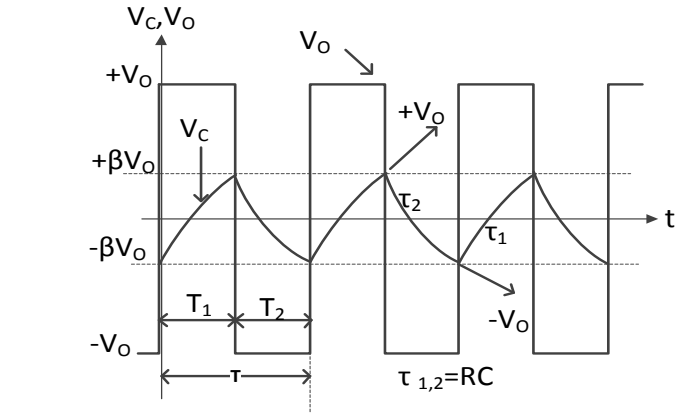
در زمان $t = T_1$ که V_C به $+\beta.V_O$ رسید خروجی به سطح $-V_O$ می رسدواین بار خازن از $+\beta.V_O$ به سمت $-V_O$ شارژ می شود.واین چرخه ادامه پیدا می کند.زمان رسیدن ولتاژ خازن به $-\beta.V_O$ به طور مشابه بدست می آید:

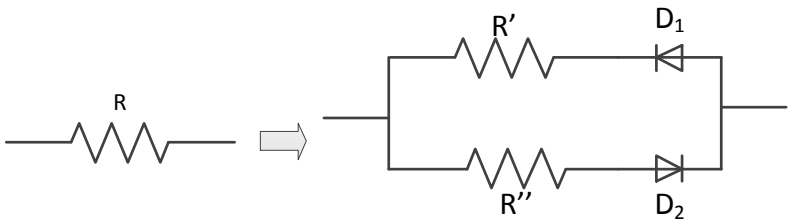
$$T_2 = R.C.ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$$

زمان تناوب برابر است با:

$$T = T_1 + T_2 = 2R.C.ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$$

دیوتی سایکل مدار فوق برابر 50% می باشد. اگر بخواهیم دیوتی سایکل عددی غیر از 50% باشد یعنی موج مربعی متقارن نباشد بجای مقاومت R از مدار زیر استفاده می کنیم:





$$T_1 = R'.C.ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$$

$$T_2 = R_{وو}.C.ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$$

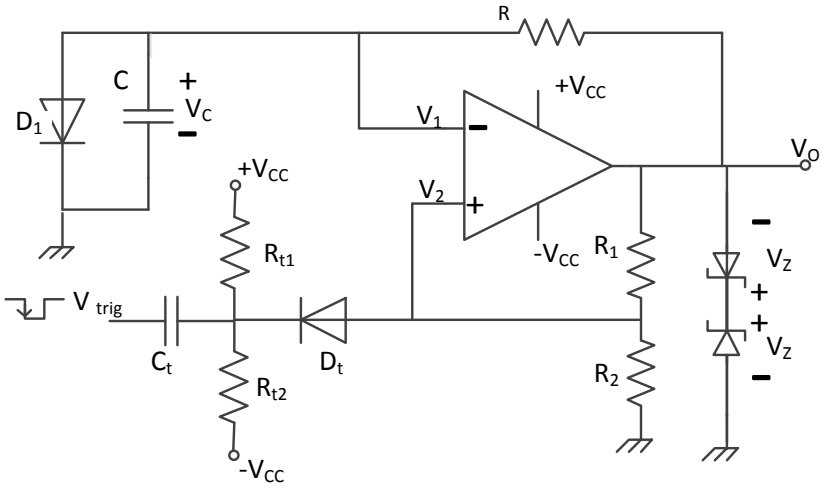
1-3-مولتی ویبراتور مونواستابل (مولد پالس مربعی)با OP_AMP :

فرض $V_{Z1} = V_{Z2} = V_Z$

سطوح ولتاژ خروجی:

$$+V_O = V_Z + 0.7$$

$$_V_O = -V_Z - 0.7$$



مقاومتهای R_1, R_2 طوری انتخاب می شوند که در حالت پایدار $V_1 < V_2$ شود.(در حالت پایدار خازن C شارژ کامل بوده و باز میباشد.)در نتیجه خروجی در $+V_O$ قرار دارد:

$$V_1 = V_D = 0.7$$

$$V_2^+ = \frac{R_2}{R_1+R_2}(+V_O) = +\beta.V_O$$

$$V_C(0^-) = V_D = 0.7$$

با اعمال پالس تریگر منفی $t = 0^+$ ولتاژ ورودی مثبت op_amp یعنی V_2 کاهش یافته ودر نتیجه خروجی op_amp در سطح منفی قرار می گیرد: $V_O = -V_O$

و ولتاژ V_2 در این حالت برابر است با:

$$V_2^- = \frac{R_2}{R_1+R_2}(-V_O) = -\beta.V_O$$

در نتیجه دیود D_1 قطع شده وخازن C از طریق مقاومت Rبا ولتاژ $-V_O$ شارژ می شود.

$$\begin{Bmatrix} V_C(0^+) = 0.7 = A + B \\ V_C(\infty) = -V_O = A \\ \tau = RC \end{Bmatrix} B = V_O + 0.7$$

$$V_C(t) = -V_O + V_O(V_O + 0.7)e^{-\frac{t}{R.C}}$$

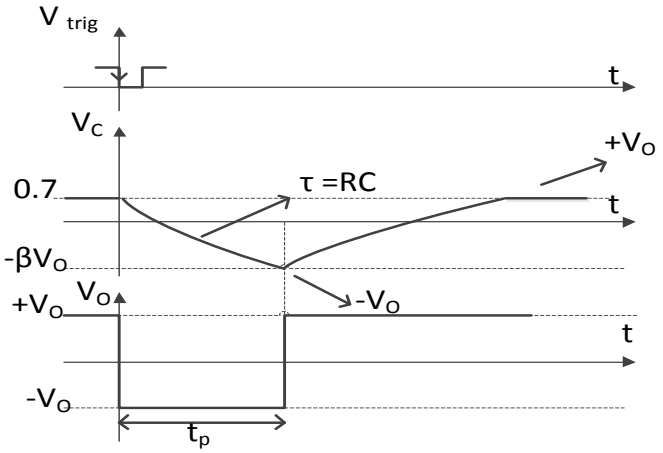
ولی وقتی ولتاژ خازن به ولتاژ پایه مثبت اپ امپ یعنی $-\beta.V_O$ برسد وبخواهد از آن منفی تر شود خوجی تغییر حالت داده و مجددا به $+V_O$ می رسد.زمان رسیدن ولتاژ خازن به $-\beta.V_O$ همان پهنای پالس (t_p) می باشد:

$$V_C(t_p) = -\beta.V_O = -V_O + (V_O + 0.7)e^{-\frac{t_p}{R.C}}$$

$$\rightarrow e^{-\frac{t_p}{R.C}} = \frac{V_O(1-\beta)}{V_O+0.7} \rightarrow t_p = R.C.ln\frac{V_O+V_D}{V_O(1-\beta)} \rightarrow t_p \simeq R.C.ln\frac{1}{(1-\beta)}$$

پس از زمان t_p که خروجی به سطح $+V_O$ رسید خازن C از طریق مقاومت R شارژ می شود ولی وقتی ولتاژ خازن به $V_D = 0.7$ رسید دیود هدایت کرده ودر نتیجه ولتاژ خازن در 0.7 ولت ثابت می ماند ومدار در حالت پایدار قرار می گیرد.

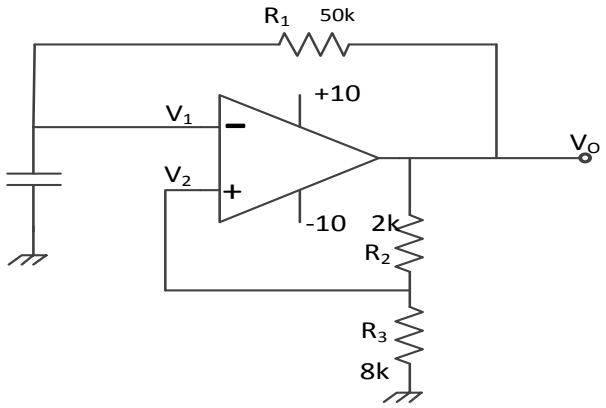
نکته : R_{t1}, R_{t2} باید طوری انتخاب شوند که قبل از اعمال پالس تریگر دیود D_t قطع باشد یعنی $v_{AD_t} < v_{KD_t}$ در نتیجه باید: $\frac{R_{t2}.V_{CC}}{R_{t1}+R_{t2}} > \beta.V_O$ باشد.



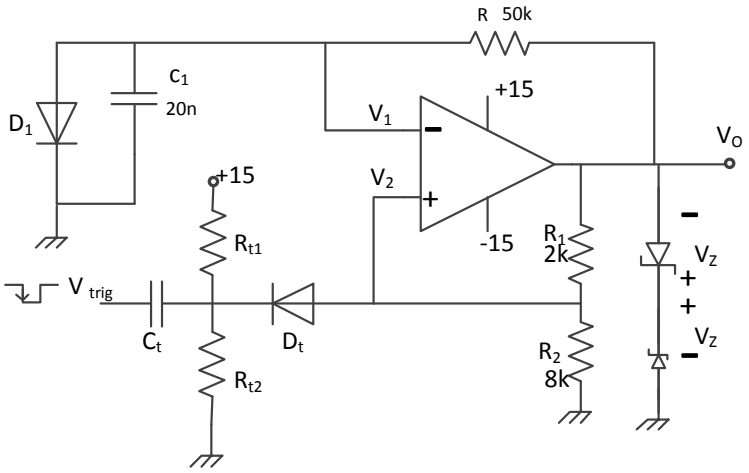
تمرین1:با استفاده از اپ امپ مداری طراحی کنید که در خروجی آن موج مربعی با فرکانس 2K و دیوتی سایکل 60% ایجاد شود.

تمرین2:در مدار مولتی ویبراتور آستابل مقابل:الف)فرکانس و دیوتی سایکل موج خروجی را بدست آورید.

ب)شکل موج V_C و V_O را رسم کنید.

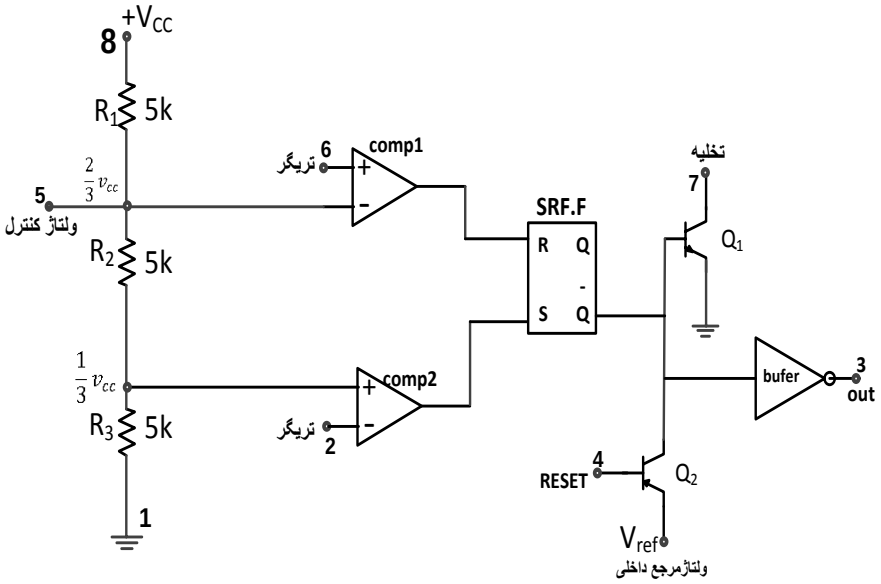


تمرین3:در مدار مولتی ویبراتور مونواستابل مقابل:الف)پهنای پالس خروجی را بدست آورید.ب) C_1 را طوری انتخاب کنید که پهنای پالس خروجی برابر 10us باشد.ج)مقدار R_{t1}, R_{t2} مناسب رابیابید.د) شکل موج V_C و V_O را رسم کنید. $V_Z = 3.3v, V_D = 0.7V$.



فصل ششم: کاربردهای ای سی تایمر555 در تکنیک پالس:

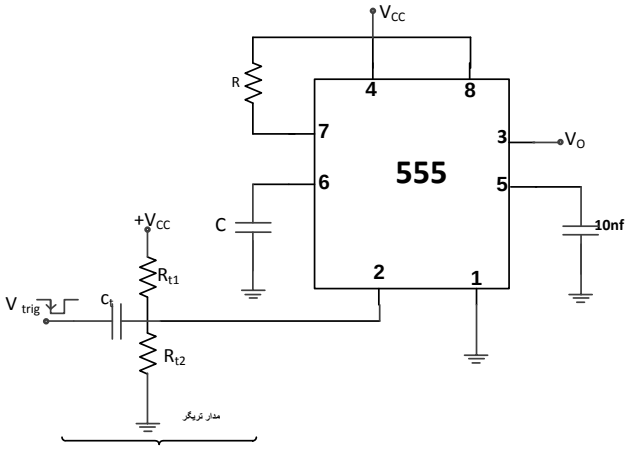
مدار داخلی ای سی 555 :



ولتاژ ورودی مثبت مقایسه کننده شماره 2 برابر $\frac{1}{3}v_{cc}$ و ولتاژ ورودی منفی مقایسه کننده شماره 1 برابر $\frac{2}{3}v_{cc}$ است.بنابراین وقتی ولتاژپایه 2 کمتر از $\frac{1}{3}v_{cc}$ شود فلیپ فلاپ set شده و خروجی $\bar{Q}$ آن صفر می شود.درنتیجه اولا خروجی ای سی (پین3) در سطح بالا (high) قرار می گیرد وثانیا ترانزیستور داخلی Q_1 قطع شده وخازن متصل به پایه7 شارژ می شود. وقتی که ولتاژ پایه 6 بیشتر از $\frac{2}{3}v_{cc}$ شود فلیپ فلاپRESET شده و خروجی $\bar{Q}$ آن یک می شود.در نتیجه اولا خروجی ای سی در سطح پایین(LOW) قرار می گیرد.وثانیا ترانزیستورQ_1 روشن شده وخازن متصل به پایه7 از طریق این ترانزیستور تخلیه می شود.

بنابراین با پایه شماره2 می توان ای سی را set وبا پایه شماره 6 آن راRESET کرد.

1-1-مولتی ویبراتور مونو استابل با555 :



مقاومتهای R_{t1}, R_{t2} طوری انتخاب می شوند که در حالت پایدار ولتاژ پایه2 بیشتر از $\frac{1}{3}v_{cc}$ باشد تا خروجی مقایسه کننده در سطح پایین قرار داشته باشد.پس باید:

$$\frac{R_{t2}}{R_{t1}+R_{t2}}.v_{cc} > \frac{1}{3}v_{cc} \rightarrow R_{t2} > \frac{R_{t1}}{r}$$

در حالت پایدار (قبل از اعمال پالس تریگر)خروجی مقایسه کننده 2 پایین وخروجی مقایسه کننده 1 نیز پایین است علت پایین بودن خروجی مقایسه کننده 1 این است که قبل از اعمال پالس تریگر ترانزیستور Q_1 روشن بوده و خازن c کاملا تخلیه می باشد در نتیجه ولتاژ پایه 6یا7 ای سی صفر می باشد.

بطور کلی قبل از اعمال پالس تریگر ای سیRESET می باشد وخروجی آن LOWاست. با اعمال پالس تریگر منفی و پایین امدن سطح ولتاژ پایه 2 ای سی . فلیپ فلاپ SET شده و اولا خروجی ای سیhigh می شودو ثانیا ترانزیستور Q_1 خاموش شده و خازن c از طریق مقاومت Rبا ولتاژ v_{cc} شارژ می شود.

$$\left.\begin{matrix} V_C(0^-) = 0 = A + B \\ V_C(\infty) = v_{cc} = A \\ \tau = RC \end{matrix}\right\} B = -v_{cc}$$

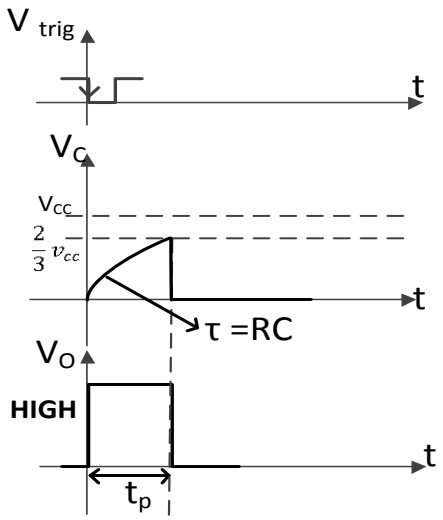
$$V_C(t) = v_{cc} - v_{cc}e^{-\frac{t}{R.C}}$$

ولی وقتی که ولتاژ خازن بخواهد از $\frac{2}{3}v_{cc}$ بیشتر شود. خروجی مقایسه کننده شماره 1 در سطح بالا قرار گرفته و در نتیجه فلیپ فلاپ RESET می شود. واولا خروجی در سطح LOW قرار گرفته وثانیا ترانزیستور Q_1 روشن شده وخازن را به سرعت تخلیه می کند.

پهنای پالس خروجی (t_p) برابر است با:

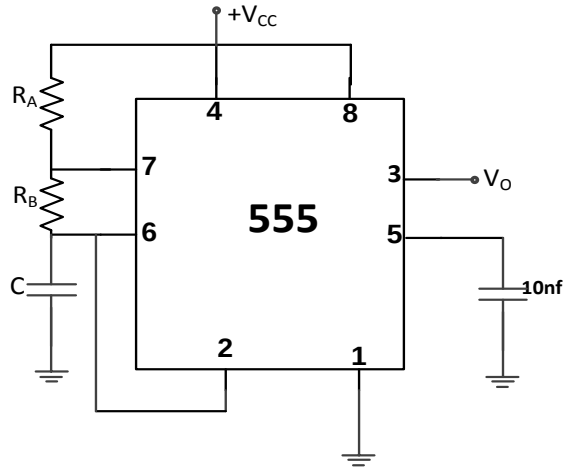
$$V_C(t_p) = \frac{2}{3}v_{cc} = v_{cc} - v_{cc}e^{-\frac{t_p}{R.C}} \rightarrow t_p = R.C.ln\,3 = 1.1R.C$$

پس از زمان t_p مجددا مدار به حالت پایدار بر می گردد.



تمرین:با استفاده از ای سی 555 مداری طراحی کنید که در خروجی آن پالسی با پهنای 10ms ایجاد شود.

2-1-مولتی ویبراتور آستابل با555 :



خازن c بین $\frac{1}{3}v_{cc}$ تا $\frac{2}{3}v_{cc}$ دائما در حال شارژ ودشارژ می باشد.خازن در حال شارژ از طریق R_A, R_B با ولتاژ v_{cc} شارژ می شود ودر این مدت خروجی ای سی در سطح high قرار دارد وترانزیستور Q_1 نیز قطع می باشد.

وقتی ولتاژ خازن به $\frac{2}{3}v_{cc}$ برسد خروجی در سطح LOW قرار می گیرد.علاوه بر آن ترانزیستور Q_1 روشن شده وخازن c از طریق R_B تخلیه می شود.

معادله شارژ خازن:

$$\begin{Bmatrix} V_C(0^+) = \frac{1}{3}v_{cc} = A + B \\ V_C(\infty) = v_{cc} = A \\ \tau = (R_A + R_B)C \end{Bmatrix} B = -\frac{2}{3}v_{cc}$$

$$V_{C_1}(t) = v_{cc} - \frac{2}{3}v_{cc}\, e^{-\frac{t}{\tau_1}}$$

در زمان t_1 ولتاژ خازن به $\frac{2}{3}v_{cc}$ میرسدو مدار تغییر وضعیت می دهد:

$$V_{C_1}(t_1) = \frac{2}{3}\mathrm{v}_{cc} = v_{cc} - \frac{2}{3}v_{cc}\, e^{-\frac{t_1}{\tau_1}} \rightarrow t_1 = (R_A + R_B).C.ln\,2$$

$$t_1 = 0.7(R_A + R_B).C$$

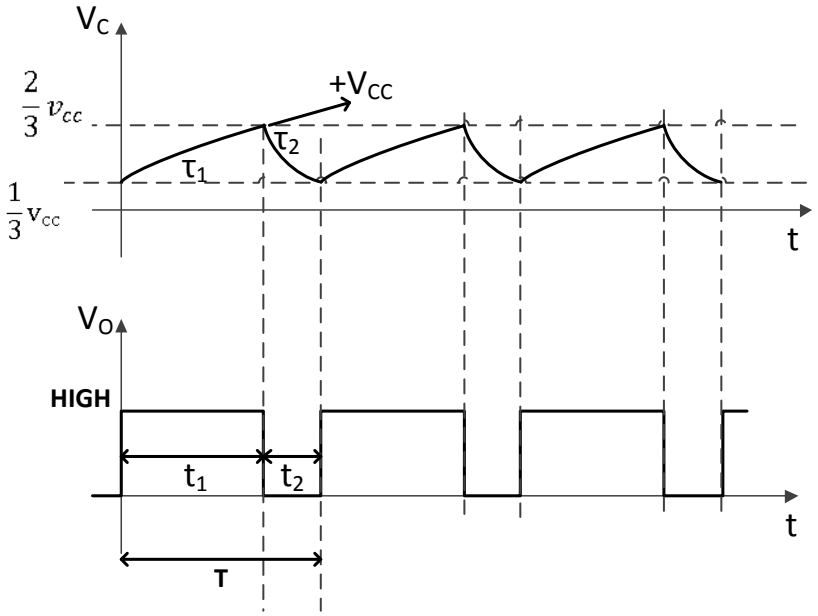
به طریق مشابه می توان معادله دشارژ خازن را بدست آورد:

$$\begin{Bmatrix} V_C(t_1^+) = \frac{2}{3}v_{cc} = A + B \\ V_C(\infty) = 0 = A \\ \tau = R_B C \end{Bmatrix} B = \frac{2}{3}v_{cc}$$

در زمان t_2 ولتاژ خازن به $\frac{1}{3}v_{cc}$ رسیده و مدار تغییر وضعیت می دهد:

$$V_{C_2}(t_2) = \frac{1}{3}v_{cc} = \frac{2}{3}v_{cc}\, e^{-\frac{t_2}{\tau_2}} \rightarrow t_2 = R_B.C.\ln 2 = 0.7R_B.C$$

و مدار به همین صورت نوسان می کند.



$$T = t_1 + t_2$$

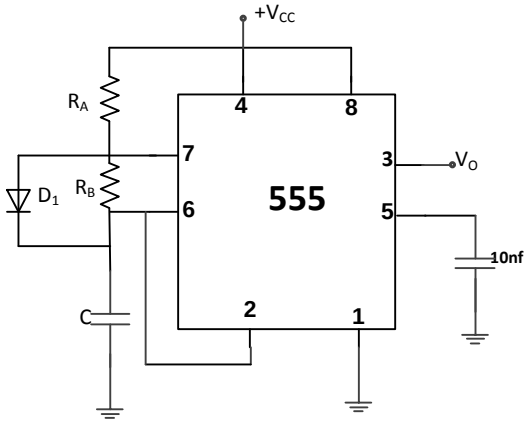
$$DC = \frac{t_1}{T}$$

$$F = \frac{1}{T}$$

در مدار فوق دیوتی سایکل همواره بزرگتر از 50% می باشد.

با تغییر مدار فوق به صورت زیر می توان هر دیوتی سایکل دلخواهی را بدست آورد:

با قرار دادن دیود در هنگام شارژ خازن دیود D_1 هدایت کرده و درنتیجه دیود فقط از طریق R_A شارژ می شود.در هنگام دشارژ دیود قطع بوده وخازن از طریق R_B دشارژ می شود:



$t_1 = 0.7.R_A.C$

$t_2 = 0.7.R_B.C$

$T = t_1 + t_2$

$DC = \frac{t_1}{T}$

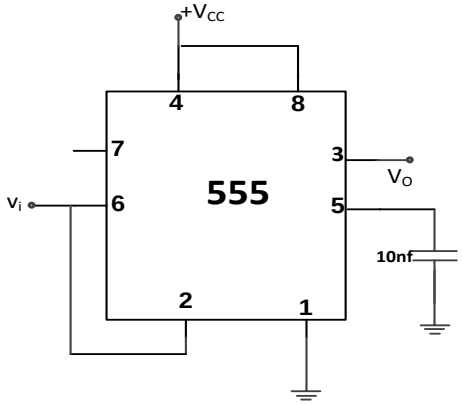
برای اینکه شرایط شارژ و دشارژ خازن یکسان شود می توان دیود دیگری به صورت سری با R_B ودر جهت عکس D_1 در مدار قرار داد.

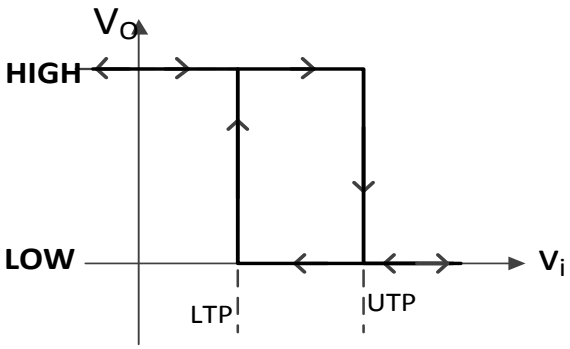
تمرین1:با استفاده از تایمر555 مداری طراحی کنید که در خروجی آن موج مربعی با فرکانس 20K و دیوتی سایکل 50% و75% ایجاد شود.

تمرین2:مدار فوق را برای دیوتی سایکل 50% و 75% طراحی کنید.

3-1-مدار اشمیت تریگر با 555:

در هنگام افزایش V_i . وقتی $V_i > \frac{2}{3}v_{cc}$ شود خروجی در سطح LOW قرار می گیرد.و درهنگام کاهش V_i وقتی $V_i < \frac{1}{3}v_{cc}$ شود خروجی در سطح high قرار می گیرد

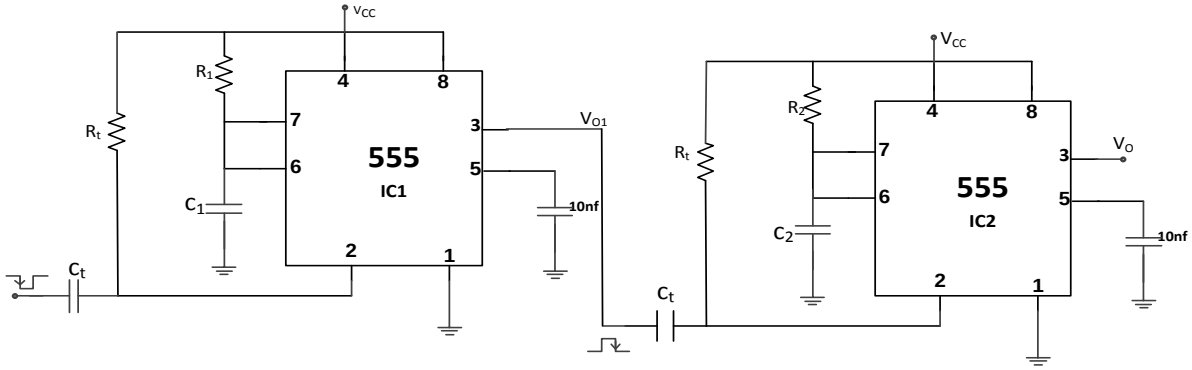




$$\text{LTP} = \frac{1}{3}\text{v}_{\text{cc}}$$

$$\text{UTP} = \frac{2}{3}\text{v}_{\text{cc}}$$

مدار مولد پالس تاخیری:



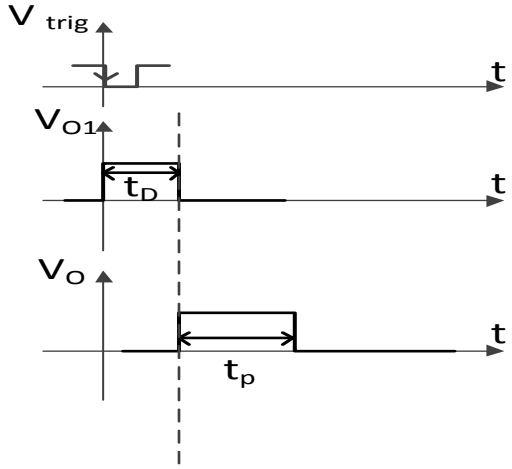
IC1 : مولتی ویبراتور مونو استابل

زمان تاخیر: $t_D = 1.1.R_1.C_1$

IC2 : مولتی ویبراتور مونو استابل

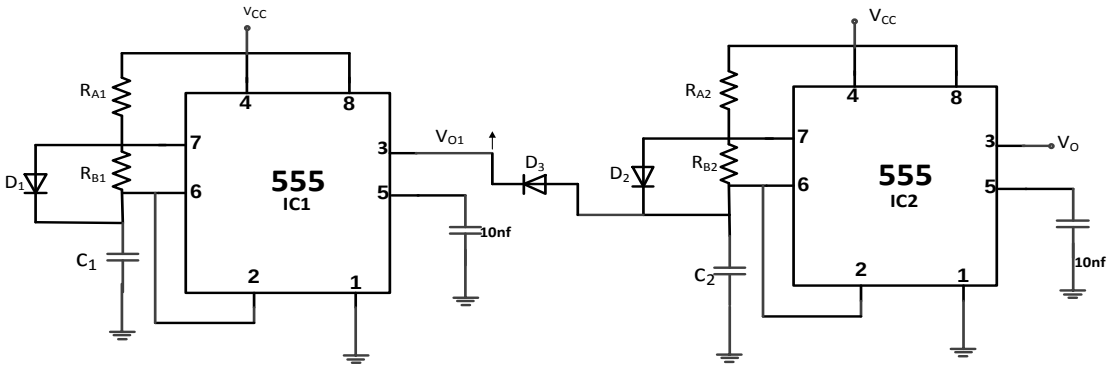
پهنای پالس: $t_P = 1.1.R_2.C_2$

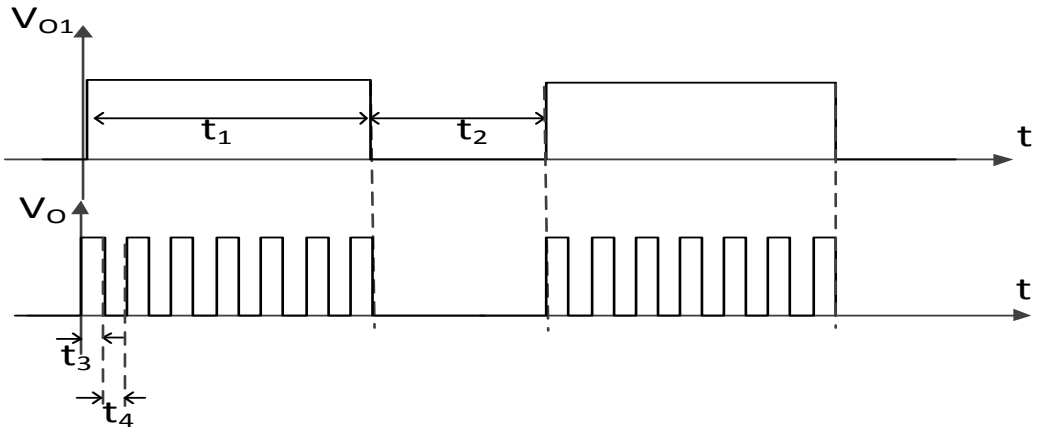
مولتی ویبراتور اول برای ایجاد تاخیر و مولتی ویبراتور دوم برای ایجاد پالس با پهنای دلخواه مورد استفاده قرار می گیرد.



برای ایجاد تا خیر بیشتر می توا ن تعداد بیشتری از مولتی ویبراتورهای مونو استابل را پشت سر هم بست.

نوسان ساز PULSED_TONE: از به دنبال هم بستن دو مولتی ویبراتور آستابل می توان نوسان ساز PULSED_TONE ساخت که یک رشته پالس فرکانس بالا تولید می کند.





مولتی ویبراتورآستابل اول:

$$t_1 = 0.7.R_{A_1}.C_1$$

$$t_2 = 0.7.R_{B_1}.C_1$$

$$T_1 = t_1 + t_2$$

$$DC = \frac{t_1}{T}$$

مولتی ویبراتورآستابل دوم:

$$t_3 = 0.7.R_{A_2}.C_2$$

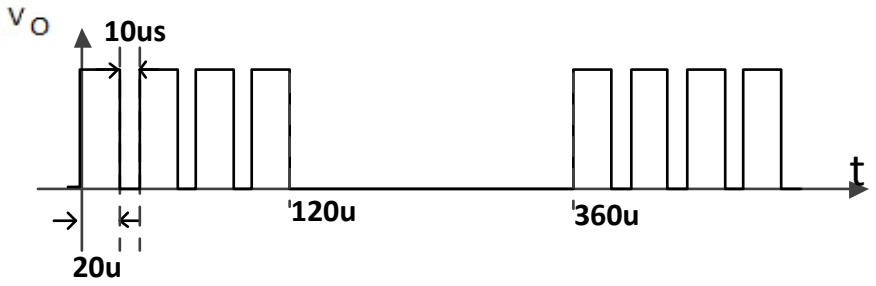
$$t_4 = 0.7.R_{B_2}.C_2$$

$$T_2 = t_3 + t_4$$

$$DC = \frac{t_3}{T_2}$$

تمرین1: با استفاده از تایمر 555 مداری طراحی کنید که در خروجی آن پالسی با پهنای 50ms وبا تاخیر 200ms ایجاد شود.

تمرین2: با استفاده از تایمر 555 مداری طراحی کنید که شکل موج خروجی آن به صورت زیر باشد.


Vo
10us
120u
360u
t
20u

+You
Gmail
Images
Micro_designer@outlook.com
Google
مایکرو دیزاینر الکترونیک
Google Search
I'm Feeling Lucky