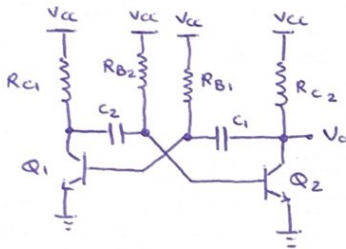


تمرین ۶ تکلیف ۱۰ - مولتی ویسراترهای ثایای

۸-۲۹ یک مدار ثایای با ترانزیستورهای کلاسیک که در تصویر نشان داده شده است، یک موج مربعی ۵ kHz با دامنه ۱۰V و ولتاژ منبع تغذیه ۱۰V است. در پایان، باید ۵۰ mA باشد.



Assume: $I_C \gg I_L \rightarrow I_C = 100 I_L = 100 \times 50 \mu A = 5 \text{ mA}$

$$R_{C1} = R_{C2} = \frac{V_{CC} - V_{CE,sat}}{I_C} = \frac{10 - 0.2}{5 \text{ mA}} = 1.96 \text{ k}\Omega$$

استاندارد $\rightarrow R_{C1} = R_{C2} = 2 \text{ k}\Omega$ OR $R_{C1} = R_{C2} = 1.8 \text{ k}\Omega$

انتخاب بهتر \rightarrow چون هر یک در مقادیر انتخابی کمتر باشد، جریان کلکتور بیشتری دارد ($I_C \gg I_L$)

$$\Rightarrow I_C = \frac{10 - 0.2}{1.8 \text{ k}} = 5.4 \text{ mA} \xrightarrow[\text{ایستادگی}]{\text{پیش شرط}} I_B \geq \frac{I_C}{\beta_{min}} = \frac{5.4 \text{ mA}}{100} = 0.054 \text{ mA} = 54 \mu A$$

معانی: Q_1 خاموش و Q_2 در حال است، خازن C_2 تا زمانی شارژ می شود که ولتاژ به سمت مثبت V_{CC} برسد و سمت راست آن $V_{be,on}$ $\leftarrow V_{be,on} = V_{CC} - V_{be,on}$ $\xrightarrow[\text{شارژی شود}]{\text{باز می ماند}}$ $V_C = V_{CC} - V_{be,on}$ $\xrightarrow[\text{شارژی شود}]{\text{باز می ماند}}$ $I_{B2} = I_{C2} = \frac{V_{CC} - V_{be,on}}{R_{B1}}$ (شارژی)

برای زمان Q_1 روشن و Q_2 خاموش هم دقیقاً به همین صورت است \leftarrow

$$V_C = V_{CC} - V_{be} \leftarrow \frac{V_{CC}}{V_{be}} \quad I_{CQ1} = I_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{be,on}}{R_{B2}}$$

در اینجا داریم: $I_B \geq 54 \mu A \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{be,on}}{R_B} = \frac{10 - 0.7}{R_B} \geq 54 \mu A$

$$\Rightarrow \frac{9.3}{R_B} \geq 54 \mu A \Rightarrow 9.3 \geq 54 \cdot R_B \Rightarrow R_B \leq \frac{9.3}{54} = 0.172 \text{ k}\Omega = 172 \text{ }\Omega$$

استاندارد $\rightarrow R_{B1} = R_{B2} = 160 \text{ }\Omega$

تأخیر: $T_1 = \tau_1 \ln \frac{2V_{CC}}{V_{BE} - V_{CC}} = \tau_1 \ln 2$, $T_2 = \tau_2 \ln \frac{2V_{CC}}{V_{BE} - V_{CC}} = \tau_2 \ln 2$, $\tau_1 = R_{B1}C_1$, $\tau_2 = R_{B2}C_2$

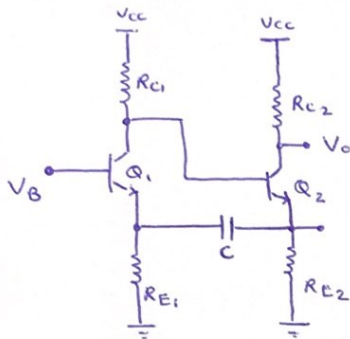
$$* T = T_1 + T_2 = \tau_1 \ln 2 + \tau_2 \ln 2 = (\tau_1 + \tau_2) \ln 2 = (R_{B1}C_1 + R_{B2}C_2) \ln 2$$

* $f = \frac{1}{2T}$, $PW = \frac{1}{2f}$, $C = \frac{PW}{0.69 R_B} = \frac{0.1}{0.69 \times 172} = 800 \text{ PF}$ $\xrightarrow[\text{استاندارد}]{}$ 820 PF

Duty cycle
50%

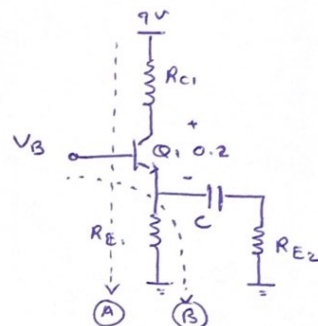
$$\rightarrow PW = \frac{1}{2 \times 5} = \frac{1}{10}$$

34-8) یک مدار شایای با توزیع استیجی با این مشخصات طرح کنید: $PW = 100 \mu s$, $I_L = 50 \mu A$, $V_{CC} = 9V$



$$I_C \gg I_L \Rightarrow I_C = 100 I_L = 100 (50 \mu A) = 5 mA$$

$$\begin{cases} Q_1: \text{ON (sat)} \\ Q_2: \text{off} \end{cases}$$



$$KVL @ A: -V_{CC} + R_{C1} I_{C1} + 0.2 + V_E = 0 \quad \xrightarrow{V_E = R_{E1} I_{E1}}$$

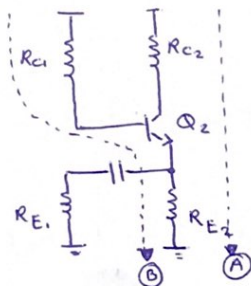
$$-V_{CC} + R_{C1} I_{C1} + 0.2 + R_{E1} I_{E1} = 0 \quad (I)$$

$$KVL @ B: -V_B + V_{BE, \text{ON}} + V_E = 0 \Rightarrow V_B = V_E + V_{BE, \text{ON}} \quad (II)$$

$$I_{C1} \approx I_{C2} : (I) \quad -9 + R_{C1} (5) + 0.2 + R_{E1} (5) = 0 \Rightarrow 5(R_{C1} + R_{E1}) = 8.8$$

$$\Rightarrow \boxed{R_{C1} + R_{E1} = 1.76} (*) \quad , \quad \boxed{V_B = 5R_{E1} + 0.7} (**)$$

$$\begin{cases} Q_1: \text{off} \\ Q_2: \text{ON (sat)} \end{cases}$$



$$KVL @ A: -9 + I_{C2} R_{C2} + 0.2 + R_{E2} I_{E2} = 0$$

$$KVL @ B: -9 + R_{C1} I_{B2} + 0.7 + R_{E2} I_{E2} = 0$$

$$\xrightarrow{I_{C2} = I_{C1} = I_{E2}} R_{C1} \left(\frac{5 mA}{100} \right) + R_{E2} (5) = 8.3$$

$$\Rightarrow \boxed{0.05 R_{C1} + 5 R_{E2} = 8.3} (***)$$

$$R_{C1} = R_{C2} , R_{E1} = R_{E2}$$

$$\begin{cases} R_{C1} + R_{E1} = 1.76 \\ 0.05 R_{C1} + 5 R_{E1} = 8.3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow R_{C1} = R_{C2} = 0.1^k = 100 \Omega$$

$$R_{E1} = R_{E2} = 1.6^k$$

$$V_B = 8.8^V$$

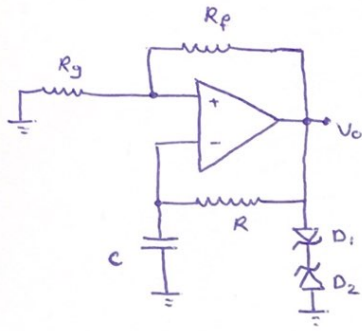
$$PW = T_2 = \tau_2 \ln \left(\frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{V_B - V_{BE} + V_{CE, \text{sat}}} \right) = R_{E2} C \ln \left(\frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{V_B - V_{BE} + V_{CE, \text{sat}}} \right) \Rightarrow$$

زمانی که Q_1 روشن و Q_2 خاموش است

$$100 \mu s = 1.6^k \times C \ln \left(\frac{9 - 2(0.7)}{8.8 - 0.7 + 0.2} \right)$$

$$C = \frac{100 \mu s}{1.6^k \times \ln \left(\frac{7.6}{8.2} \right)} = 822^{\text{nF}} \xrightarrow{\text{استاندارد}} \boxed{C = 820^{\text{nF}}}$$

37-8 در مدار شکل زیر، $R_f = 2 \text{ k}\Omega$ ، $R_g = 1 \text{ k}\Omega$ ، $V_{Z1} = 6.3 \text{ V}$ ، $V_{Z2} = 3.3 \text{ V}$ در تریا بلیری.
 الف) مدار C را به منظور انتخاب لیند که فرکانس خروجی مدار 1 kHz باشد.
 ب) زمان وولفیه شکل موج خروجی را تعیین کنید.



$$\begin{cases} V_{o+} = 3.3 + 0.7 = 4 & D_1 \text{ بایاس مستقیم، } D_2 \text{ بایاس معکوس} \\ V_{o-} = -(6.3 + 0.7) = -7 \text{ V} & D_1 \text{ بایاس معکوس، } D_2 \text{ مستقیم} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{اگر } V_i^- > V_i^+ &\Rightarrow V_{o-} : LTP = \frac{R_g}{R_f + R_g} V_{o-} = \frac{1}{1+2} (-7) = \frac{-7}{3} \\ \text{اگر } V_i^- < V_i^+ &\Rightarrow V_{o+} : UTP = \frac{R_g}{R_g + R_f} V_{o+} = \frac{1}{1+2} (4) = \frac{4}{3} \end{aligned}$$

زمانیکه ولتاژ پایه منفی $\frac{4}{3} \text{ V}$ برسد، مدار تغییر حالت داده و به اشیاع منفی (V_{o-}) می رود.
 با تغییر حالت مدار و رفتن به اشیاع منفی، خازنی که تا $\frac{4}{3} \text{ V}$ شارژ شده بود، توسط مقاومت R دشارژ می شود تا به -7 V برسد. اما زمانی که به LTP می رسد ($V_i^- < V_i^+$) مجدداً مدار تغییر حالت داده و به اشیاع مثبت می رود. و این عمل به صورت تریا تری می شود.

$$\begin{aligned} V_i^-(0^+) &= \frac{-7}{3} \Rightarrow V_i^-(t) = V_i^-(\infty) + [V_i^-(0^+) - V_i^-(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}} \\ V_i^-(\infty) &= 4 \text{ V} \\ \tau &= R_{TH} \cdot C \end{aligned}$$

$$\text{اگر } V_i^-(t) = T_1 = \frac{4}{3} : \frac{4}{3} = 4 - \frac{19}{3} e^{-\frac{T_1}{RC}} \Rightarrow T_1 = 0.865 RC$$

(ولتاژ شارژ خازن)

$$\begin{aligned} \text{در زمان دشارژ:} \quad \begin{cases} V_i^-(0^+) = \frac{4}{3} \\ V_i^-(\infty) = -7 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow V_i^-(t) = -7 + \left[\frac{4}{3} + 7 \right] e^{-\frac{t}{RC}} = -7 + \frac{25}{3} e^{-\frac{t}{RC}} \\ \tau &= RC \end{aligned}$$

$$\text{اگر } V_i^-(t) = \frac{-7}{3} = T_2 : -\frac{7}{3} = -7 + \frac{25}{3} e^{-\frac{T_2}{RC}} \Rightarrow T_2 = 0.58 RC$$

(زمان دشارژ خازن)

$$T = \text{زمان دشارژ} + \text{زمان شارژ} = T_1 + T_2 = 0.865 RC + 0.58 RC = 1.445 RC$$

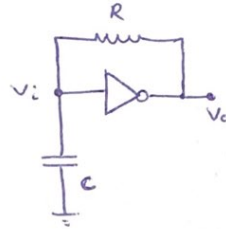
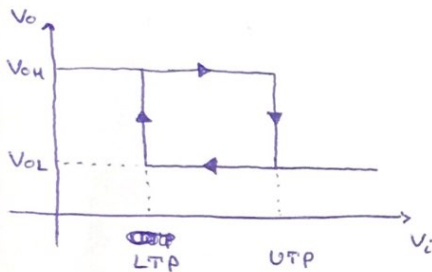
$$f = 1 \text{ kHz} \rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1 \text{ k}} = 1 \text{ msec} \Rightarrow 1.445 RC = 1 \text{ msec} \Rightarrow RC = 0.692 \text{ ms}$$

= 692 μs

انتخاب $R = 1^k$: $C = \frac{692 \mu s}{R} = \frac{692 \mu s}{1^k} = 692 \text{ nF} = 692000 \text{ PF} \xrightarrow{\text{استاندارد}} C = 68000 \text{ PF}$

پ) Duty cycle = $\frac{T_1}{T_1 + T_2} \times 100 = \frac{0.865 RC}{1.445 RC} \times 100 = 59\%$

شکل زیر، یک مدار تایمینگ با یک دیود و یک خازن می دهد که باید دارای هسیتزیس یافته شده است. نمودار ورودی - خروجی تایمینگ شکل نشان داده شده است. با فرض تأخیر بدون جریان ورودی و خروجی، نشان دهید که خروجی یک مربعی با دوره تناوب زیر است.



$$T = RC \left[\ln \frac{V_{tu} - V_{ol}}{V_{tl} - V_{ol}} + \ln \frac{V_{oh} - V_{tl}}{V_{oh} - V_{tu}} \right]$$

اگر فرض کنیم $V_{oh} = 1 \text{ logic}$ و $V_{ol} = 0 \text{ logic}$ و $V_{tu} = UTP$ و $V_{tl} = LTP$ و $\tau = RC$ از معادله اولی

$$V_o(0^+) = V_{tu} \quad , \quad V_o(\infty) = V_{oh} \quad , \quad \tau = RC$$

$$V_o(t) = V_o(\infty) + [V_o(0^+) - V_o(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}} = V_{oh} + [V_{tu} - V_{oh}] e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{if } V_o(t) = V_{tu}$$

$$V_{tu} = V_{oh} + [V_{tu} - V_{oh}] e^{-\frac{T_1}{RC}} \Rightarrow V_{tu} - V_{oh} = [V_{tu} - V_{oh}] e^{-\frac{T_1}{RC}}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{tu} - V_{oh}}{V_{tu} - V_{oh}} = e^{-\frac{T_1}{RC}} \xrightarrow{\ln} \ln \left(\frac{V_{tu} - V_{oh}}{V_{tu} - V_{oh}} \right) = \frac{-T_1}{RC} \xrightarrow{\times -RC} T_1 = RC \ln \left(\frac{V_{oh} - V_{ol}}{V_{tu} - V_{oh}} \right)$$

اگر فرض کنیم $V_{ol} = 0 \text{ logic}$ و $V_{oh} = 1 \text{ logic}$ و $V_{tl} = LTP$ و $V_{tu} = UTP$ و $\tau = RC$ از معادله اولی

$$V_o(0^+) = V_{tu} \quad , \quad V_o(\infty) = V_{ol} \quad , \quad \tau = RC$$

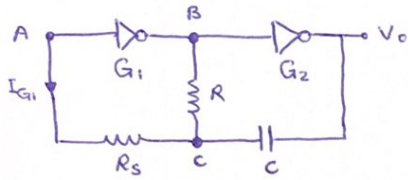
$$V_o(t) = V_o(\infty) + [V_o(0^+) - V_o(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}} = V_{ol} + [V_{tu} - V_{ol}] e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{if } V_o(t) = V_{tl}$$

$$V_{tl} = V_{ol} + [V_{tu} - V_{ol}] e^{-\frac{T_2}{RC}} \Rightarrow V_{tl} - V_{ol} = [V_{tu} - V_{ol}] e^{-\frac{T_2}{RC}} \Rightarrow \frac{V_{tl} - V_{ol}}{V_{tu} - V_{ol}} = e^{-\frac{T_2}{RC}}$$

$$\xrightarrow{\ln} \ln \left(\frac{V_{tl} - V_{ol}}{V_{tu} - V_{ol}} \right) = \frac{-T_2}{RC} \xrightarrow{\times -RC} T_2 = RC \ln \left(\frac{V_{tu} - V_{ol}}{V_{tl} - V_{ol}} \right)$$

$$\Rightarrow T = T_1 + T_2 = RC \ln \left(\frac{V_{oh} - V_{ol}}{V_{tu} - V_{oh}} \right) + RC \ln \left(\frac{V_{tu} - V_{ol}}{V_{tl} - V_{ol}} \right) = RC \left[\ln \frac{V_{oh} - V_{ol}}{V_{tu} - V_{oh}} + \ln \frac{V_{tu} - V_{ol}}{V_{tl} - V_{ol}} \right]$$

8-42) برای کاهش وابستگی فرکانس نوسان از سافت پایداری و ولتاژ آستانه می توان از مدار شکل زیر استفاده کرد. نشان دهنده در صورت بزرگ بودن مقاومت R_s ، بیش فرکانس به ولتاژ آستانه کاهش می یابد.



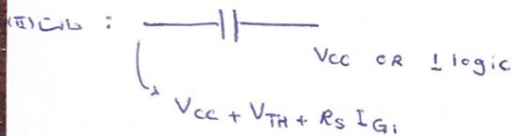
A	B	V_O
0	1	0
1	0	1

حالت (I) ←
حالت (II) ←

اگر در ابتدا فرض شود $V_O = 0$ Logic $\leftarrow V_B = 1$ Logic $\leftarrow V_A = 0$ Logic $\leftarrow V_A - V_C = R_s I_{G1}$
 خازن شارژی شود تا زمانی که منطبق خروجی عوض شود. زمانی که $V_A = V_{TH}$ به $V_O = 1$ Logic $\leftarrow V_B = 0$ Logic $\leftarrow V_A = 1$ Logic می شود. مقدار آن $V_O = 1$ Logic به آستانه خود میرسد، مقدار آن $V_O = 1$ Logic $\leftarrow V_B = 0$ Logic $\leftarrow V_A = 1$ Logic



خروجی از 0 Logic به 1 Logic
 پرتی کمده ، پس سمت چپ
 خازن هم باید به همین اندازه پرتی کند.



در این حالت (II) ، ولتاژ نقطه A به سمت منفی می کند اما مجدداً زمانی که به V_{TH} می رسد تغییر منطبق می دهد و خروجی به اندازه V_{CC} پرتی می کند (کاهش می یابد) بنابراین هر چقدر R_s مقدار بزرگتری باشد، حاصل ضرب آن در I_{G1} مقدار بزرگتری شود و می توان از V_{TH} ، برابر آن صاف نقطه کرد و این یعنی کاهش وابستگی فرکانس خروجی مدار به V_{TH} (ولتاژ آستانه)