

## حل مسائل پایان ترم تکنیک پالس ۹۱/۱۰/۱۶

۱- رابطه KCL را برای ورودی گیت اول می‌نویسیم :

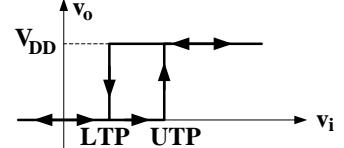
$$\frac{V_i - V}{R_1} = \frac{V}{R_2} + \frac{V - V_o}{R_3} \rightarrow \frac{V_i}{R_1} + \frac{V_o}{R_3} = \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \frac{V}{R_1} \Rightarrow V = \frac{\frac{V_i}{R_1} + \frac{V_o}{R_3}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1}}$$

وقتی که ولتاژ ورودی زیاد می‌شود، ولتاژ  $V$  نیز افزایش یافته و با فرض اینکه خروجی در ۰ منطقی بسر می‌برد به محض اینکه ولتاژ  $V$  به  $V_T$  می‌رسد، خروجی ۱ منطقی شده و با افزایش ورودی و افزایش مجدد  $V$  تغییری در آن حاصل نمی‌شود. پس UTP برابر است با :

$$V_T = \frac{\frac{V_i}{R_1} + \frac{0}{R_3}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1}} \rightarrow V_i = V_T \left( \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3} + 1 \right) \Rightarrow UTP = \frac{V_{DD}}{2} \left( \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3} + 1 \right)$$

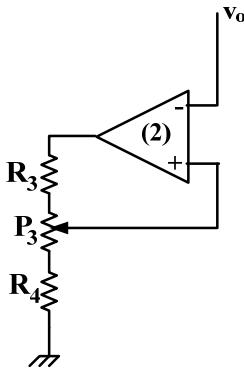
وقتی که ولتاژ ورودی کاهش می‌یابد، ولتاژ  $V$  نیز کاهش یافته و با توجه به اینکه خروجی در ۱ منطقی بسر می‌برد، به محض اینکه ولتاژ  $V$  به  $V_T$  می‌رسد، خروجی ۰ منطقی شده و با کاهش ورودی و کاهش مجدد  $V$  تغییری در آن حاصل نمی‌شود. پس LTP برابر است با :

$$V_T = \frac{\frac{V_i}{R_1} + \frac{V_{DD}}{R_3}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1}} \rightarrow V_i = V_T \left( \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3} + 1 \right) - \frac{R_1}{R_3} V_{DD} \Rightarrow LTP = \frac{V_{DD}}{2} \left( \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_1}{R_3} + 1 \right)$$

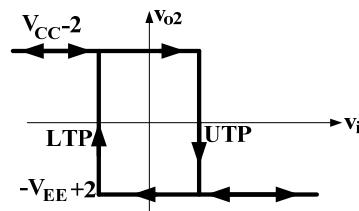


۲- دوم به همراه مقاومتها R<sub>3</sub> و R<sub>4</sub> و P<sub>3</sub> یک مدار اشمیت تریگر را تشکیل می‌دهند،

بطوریکه  $x = P_{32}$  و :



$$v_{+2} = \frac{P_{32} + R_4}{P_{32} + R_3 + P_{31} + R_4} v_{o2} \rightarrow UTP = \frac{13}{12}(x+1), \quad LTP = \frac{-13}{12}(x+1)$$



در مدار اصلی جریان این مقاومتها یکسان نبوده و از ولتاژ  $v_{+2}$  جریانی برای مقاومت R<sub>2</sub> صادر می‌شود. پس ولتاژ UTP و LTP از معادلات بالا بدست نمی‌آیند. لذا مجدداً این پارامترها را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{V_{o2} - V_{+2}}{R_3 + P_{31}} = \frac{V_{+2}}{R_4 + P_{32}} + \frac{V_{+2}}{R_2} \rightarrow \frac{V_{o2}}{11-x} = \frac{V_{+2}}{11-x} + \frac{V_{+2}}{x+1} + V_{+2} \rightarrow \frac{V_{o2}}{11-x} = V_{+2} \left[ \frac{x+1+11-x+10x+11-x^2}{(x+1)(11-x)} \right]$$

$$V_{+2} = \frac{x+1}{23+10x-x^2} V_{o2} \rightarrow UTP = \frac{(V_{CC}-2)(x+1)}{23+10x-x^2}, \quad LTP = \frac{(-V_{EE}+2)(x+1)}{23+10x-x^2} \quad \text{ماکزیمم و می‌نیم دامنه خروجی}$$

وقتی که ولتاژ  $v_o$  افزایش یافته و به UTP می‌رسد، op.2 به اشباع منفی رفت و  $v_{+2}$  نیز به مقدار LTP می‌رود. یک تقویت کننده با بهره منفی است که ولتاژ خروجی آن در این حالت مثبت خواهد بود. لذا جریان خازن ثابت بوده و از سمت مقاومت  $P_1$  شارژ می‌شود. لذا ولتاژ  $v_o$  کاهش می‌یابد. پس از مدتی این ولتاژ به LTP رسیده و op.2 به اشباع مثبت رفت و  $v_{+2}$  نیز به مقدار UTP می‌رود. با توجه به بهره منفی تولید شده توسط تقویت کننده op.3، ولتاژ خروجی آن منفی شده و لذا جریان خازن ثابت بوده و از سمت مقاومت  $P_2$  دشارژ می‌شود. لذا ولتاژ  $v_o$  افزایش می‌یابد. پس از مدتی این ولتاژ به UTP رسیده و سیکل کار تکرار می‌شود.

$$\frac{v_{o3} - V_{D1}}{P_1} = C \frac{dv_C}{dt} \rightarrow \frac{-\frac{R_1}{R_2} v_{+2} - V_{D1}}{P_1} = C \frac{dv_C}{dt} \rightarrow \frac{-\frac{R_1}{R_2} LTP - V_{D1}}{P_1} = C \frac{-dv_o}{dt} \Rightarrow v_o = \frac{\frac{R_1}{R_2} LTP + V_{D1}}{P_1 C} t + k_1 \quad \text{هنگام کاهش } v_o$$

$$v_o(0^+) = UTP \rightarrow k_1 = UTP \Rightarrow v_o = \frac{\frac{R_1}{R_2} LTP + V_{D1}}{P_1 C} t + UTP$$

$$v_o(T_i^-) = LTP \rightarrow T_i = \frac{P_1 C}{\frac{R_1}{R_2} LTP + V_{D1}} (LTP - UTP) \Rightarrow T_i = \frac{2P_1 C}{\frac{R_1}{R_2} LTP + V_{D1}} LTP \quad \text{هنگام افزایش } v_o$$

$$\frac{-v_{o3} - V_{D2}}{P_2} = C \frac{dv_C}{dt} \rightarrow \frac{\frac{R_1}{R_2} v_{+2} - V_{D2}}{P_2} = -C \frac{dv_C}{dt} \rightarrow \frac{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_{D2}}{P_2} = C \frac{dv_o}{dt} \Rightarrow v_o = \frac{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_{D2}}{P_2 C} (t - T_i) + k_2$$

$$v_o(T_i^+) = LTP \rightarrow k_2 = LTP \Rightarrow v_o = \frac{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_{D2}}{P_2 C} (t - T_i) + LTP$$

$$v_o(T_i^-) = UTP \rightarrow T_2 = \frac{P_2 C}{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_{D2}} C (UTP - LTP) \Rightarrow T_2 = \frac{2P_2 C}{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_{D2}} UTP$$

$$T = T_i + T_2 = \frac{2P_1 C}{\frac{R_1}{R_2} LTP + V_{D1}} LTP + \frac{2P_2 C}{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_{D2}} UTP = \frac{-2P_1 C}{\frac{R_1}{R_2} UTP + V_{D1}} UTP + \frac{2P_2 C}{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_{D2}} UTP$$

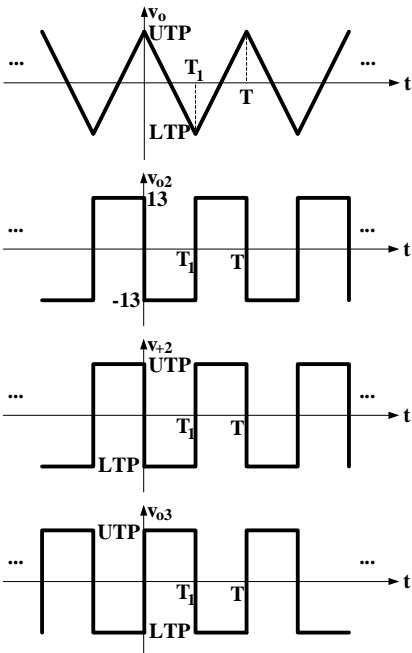
$$V_{D1} = V_{D2} = V_D \rightarrow T = \frac{2(P_1 + P_2)C}{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_D} UTP \quad , \quad f = \frac{\frac{R_1}{R_2} UTP - V_D}{2(P_1 + P_2)C} \frac{1}{UTP}$$

ب- مشتق تابع UTP نسبت به  $x$  همواره صعودی است.

$$UTP = \frac{(V_{CC} - 2)(x + 1)}{23 + 10x - x^2} = \frac{13(x + 1)}{23 + 10x - x^2}, \quad LTP = \frac{(-V_{CC} + 2)(x + 1)}{23 + 10x - x^2} = \frac{-13(x + 1)}{23 + 10x - x^2}$$

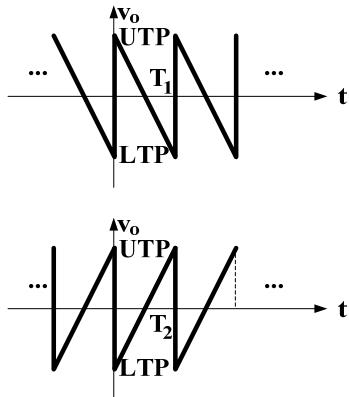
$$0 \leq x \leq 10 \rightarrow \frac{13}{23} \leq UTP \leq \frac{143}{23}, \quad \frac{-143}{23} \leq LTP \leq \frac{-13}{23}$$

$$P_1 = P_2 = 0 \rightarrow f_{max} = \infty, \quad P_1 = P_2 = 10 \text{ K}\Omega \rightarrow f_{min} = \frac{250(UTP - 0.5)}{UTP} \quad UTP = \frac{13}{23} \rightarrow f_{min} = \frac{750}{26} \approx 28.84 \text{ Hz} \Rightarrow f \geq 28.84 \text{ Hz}$$



یک نمونه از شکل موج نقاط مختلف مطابق شکل مقابله است، بطوریکه در این شکل فرض شده نیم پریودها مساویند یعنی هر دو پتانسیومتر  $P_1$  و  $P_2$  بطور مشابه عمل می کنند.

شکل موج خروجی می تواند به ۲ صورت دیگر باشد. بطوریکه در یکی از آنها نیم پریود  $T_1$  و در دیگری نیم پریود  $T_2$  صفر است.



۳- الف- مدار آستابل است. فرض کنید که خروجی در  $t = 0$  در ۱ منطقی بوده و در  $t = 0$ ، به ۰ منطقی می رود. در واقع در این لحظه  $S = 0$  و  $R = 0$  شده اند. به عبارت دیگر خازن در حال دشارژ بوده و ولتاژ آن به  $\frac{1}{3}V_{CC}$  رسیده است. با شدن خروجی، ترانزیستور  $T_1$  قطع شده و خازن شارژ می شود.

$$\tau_1 = R_A C \quad , \quad v_C(t) = V_{CC} + k_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}} \quad , \quad v_C(+) = \frac{1}{3}V_{CC} \rightarrow k_1 = \frac{-2}{3}V_{CC} \Rightarrow v_C(t) = V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC} e^{-\frac{t}{\tau_1}}$$

$$v_C(T_1^-) = \frac{2}{3}V_{CC} \rightarrow T_1 = \tau_1 \ln 2$$

در لحظه  $t = T_1$  و  $R = 1$  و  $S = 0$  می شود. لذا خروجی ۱ منطقی شده و ترانزیستور  $T_1$  روشن شده و خازن دشارژ می گردد.

$$\tau_2 = (R_A \parallel R_B)C \quad , \quad v_C(t) = \frac{R_B}{R_A + R_B} V_{CC} + k_2 e^{-\frac{t}{\tau_2}} \quad , \quad v_C(T_1^+) = \frac{2}{3}V_{CC} \rightarrow k_2 = (\frac{2}{3}V_{CC} - \frac{R_B}{R_A + R_B} V_{CC}) e^{\frac{T_1}{\tau_2}}$$

$$v_C(t) = \frac{R_B}{R_A + R_B} V_{CC} + (\frac{2}{3}V_{CC} - \frac{R_B}{R_A + R_B} V_{CC}) e^{-\frac{t-T_1}{\tau_2}} \quad v_C(T_2^-) = \frac{1}{3}V_{CC} \rightarrow T_2 = \tau_2 \ln \frac{\frac{2}{3} - \frac{R_B}{R_A + R_B}}{\frac{1}{3} - \frac{R_B}{R_A + R_B}} \Rightarrow T_2 = \tau_2 \ln \frac{2R_A - R_B}{R_A - 2R_B}$$

در لحظه  $t = T_2$  و  $R = 0$  و  $S = 1$  می شود. لذا خروجی ۰ منطقی شده و خازن شارژ می گردد. پس سیکل کار تکرار می شود.

برای عملکرد صحیح مدار بایستی زمان  $T_2$  قابل تعریف باشد. به عبارت دیگر وقتی مقدار نهایی در نیم پریود دوم کمتر از  $\frac{1}{3}V_{CC}$  باشد، امکان تغییر حالت وجود دارد. پس:

$$\frac{R_B}{R_A + R_B} V_{CC} < \frac{1}{3}V_{CC} \rightarrow R_A > 2R_B$$

$$f = 100 \text{ KHz} \rightarrow T = 10 \mu\text{sec.} \rightarrow T_2 = \tau_2 \ln \frac{2R_A - R_B}{R_A - 2R_B} \quad , \quad T_1 = \tau_1 \ln 2$$

$$\frac{12}{13}R_B C \ln 2.3 + 12R_B C \ln 2 = 10 \mu\text{sec.} \Rightarrow R_B = 1100.5 \Omega \quad , \quad R_A = 13206 \Omega$$

- ب

ج- زمان High بودن خروجی بسیار کمتر از زمان Low بودن آن است. زیرا :

لذا به کمک دو طبقه مدار ترانزیستوری مطابق شکل مقابل می‌توان مدار PAM را تهیه کرد.

هر دو ترانزیستور در حالت روشن در وضعیت اشباع کار می‌کنند.

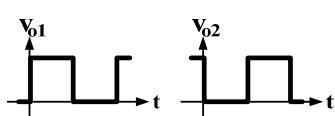
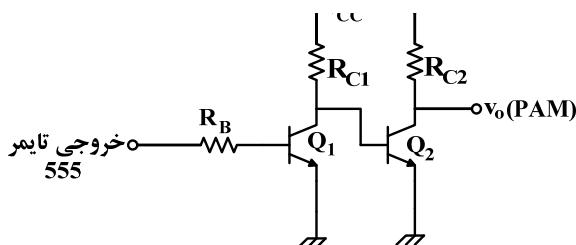
محدودیت از آنجا ناشی می‌شود که ممکن است ولتاژ اطلاعات منفی باشد.

در این صورت دیود BC ترانزیستور دوم روشن می‌شود.

برای رفع این اشکال کافی است اطلاعات به مقدار لازم (حداقل بیش از ماکریم

قدر مطلق مقدار منفی اطلاعات)، با مقدار مثبتی جمع شود و سپس به محل  $x$  داده شود.

-الف-

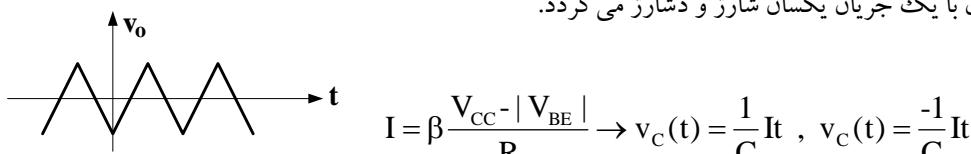


ب- هنگامی که خروجی اول High باشد، سوئیچ فوکانی فعال بوده و ترانزیستور اول روشن شده و خازن بطور خطی شارژ می‌شود. سپس خروجی دوم

High شده و سوئیچ پائین فعال خواهد شد. لذا خروجی تعویت کننده برابر  $V_{CC}$  - V<sub>BE</sub> و ترانزیستور دوم روشن شده و خازن بطور خطی دشارژ می‌شود.

مسیر بایاس هر دو ترانزیستور مشابه بوده لذا خازن با یک جریان یکسان شارژ و دشارژ می‌گردد.

پس شب خروجی یکسان خواهد بود.



$$I = \beta \frac{V_{CC} - |V_{BE}|}{R_B} \rightarrow v_C(t) = \frac{1}{C} It, \quad v_C(t) = \frac{-1}{C} It$$

$$T_1 = \frac{R_1 C_1 V_{CC}}{4(V_{CC} - V_C)} \quad \text{۵-هنگامی که ولتاژ پایه ۳ High است، ترانزیستور قطع بوده و خازن } C_1 \text{ دشارژ می‌شود. این زمان برابر است با:}$$

وقتی که ولتاژ خازن به سطح LTP اشمت تریگر بررسد، ولتاژ پایه ۳، Low شده و ترانزیستور روشن شده و خازن  $C_1$  بطور خطی شارژ می‌گردد.

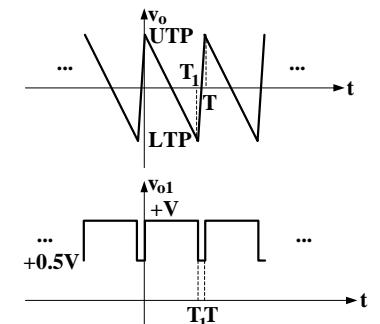
وقتی که ولتاژ خازن به سطح UTP اشمت تریگر بررسد، ولتاژ پایه ۳، High شده و ترانزیستور خاموش می‌شود و سیکل کار تکرار می‌گردد.

$$I = \beta \frac{+V - V_{EB} - V_3}{R_B} = \beta \frac{+V - V_{EB} - 0.5(+V)}{R_B} = \beta \frac{+0.5V - V_{EB}}{R_B} \rightarrow v_C(t) = \frac{1}{C} It + k_1$$

$$v_C(T_1^+) = LTP = 0.25(+V) \rightarrow k_1 = \frac{-1}{C} IT_1 + 0.25(+V) \Rightarrow v_C(t) = \frac{1}{C} I(t - T_1) + 0.25(+V)$$

$$v_C(T^-) = UTP = 0.5(+V) \Rightarrow T_2 = \frac{0.25C_1 V_{CC}}{I} \Rightarrow f = \frac{1}{T_1 + T_2}$$

خازن  $C_2$  برای جلوگیری از نوسانات ناخواسته در منبع جریان داخلی IC بکار می‌رود.



$$f = 1 \text{ KHz} \rightarrow T = 1 \text{ msec.} \rightarrow T_1 = 0.97 \text{ msec.}, \quad T_1 = 0.03 \text{ msec.} \quad V_C = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_{CC} = 6$$

$$I = \beta \frac{+0.5V - V_{EB}}{R_B} = 0.1 \text{ A} \quad \text{-ب}$$

$$T_2 = \frac{0.25C_1 V_{CC}}{I} = 0.00003 \Rightarrow C = 1 \mu\text{F} \quad T_1 = \frac{R_1 C_1 V_{CC}}{4(V_{CC} - V_C)} = 0.00097 \Rightarrow R_1 = 1940 \Omega$$