

۱۴-۱۰ با استفاده از آپ امپ 741 یک مولد شیب بوت استرپ آزادرو طراحی کنید. دامنه‌ی شیب خروجی  $\pm 3V$  و فرکانس آن  $2KHz$  می‌باشد از منبع تغذیه  $\pm 12V$  استفاده کنید.

✓ حل:

ابتدا ترینگر اشمیت را طراحی می‌کنیم چون دامنه‌ی شیب خروجی  $\pm 3V$  می‌باشد پس در مدار ترینگر اشمیت  $D_3$  را حذف می‌کنیم جریان بایاس پایه‌های آپ امپ 741 برابر  $500nA$  می‌باشد برای اینکه جریان پایه‌ها تأثیری روی تقسیم ولتاژ ترینگر اشمیت نداشته باشد جریان مقاومت‌ها باید بسیار بزرگتر از  $I_{B(max)}$  باشد پس:

$$I_{R_5} \gg I_{B(max)} = 500nA$$

$$I_{R_5} = 100 \times I_{B(max)} = 100 \times 500nA = 50\mu A$$

مقدار مقاومت  $R_5$  عبارتست از:

$$R_5 = \frac{UTL}{I_{R_5}} = \frac{3V}{50\mu A} = 60k\Omega$$

که مقدار استاندارد  $R_5 = 56k\Omega$  را در نظر می‌گیریم اگر با فرض اینکه خروجی در آپ امپ 741 یک ولت کمتر از تغذیه باشد مقدار  $UTL$  عبارتست از:

$$UTL = \frac{R_5}{R_4 + R_5} v_o = \frac{R_5}{R_4 + R_5} (v_{CC} - 1)$$

با جاگذاری مقادیر معلوم مقدار  $R_4$  بدست می‌آید:

$$R_4 = 149.3k\Omega$$

که مقدار استاندارد  $R_4 = 150k\Omega$  را برمی‌گزینیم. اگر حداکثر میزان غیرخطی بودن شیب را 2% در نظر بگیریم و 1% آن مربوط به جریان معکوس دیود باشد جریان پرکننده خازن را 100 برابر آن ( $3\mu A$ ) در نظر می‌گیریم:

$$I_{C_1} = 100 \times I_{R_1} = 100 \times 3\mu A = 300\mu A$$

از طرفی دوره تناوب موج خروجی عبارتست از:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2\text{KHz}} = 500\mu\text{s}$$

فرض می‌کنیم زمان پر شدن خازن  $455\mu\text{s}$  و زمان خالی شدن آن  $45\mu\text{s}$  باشد مقدار خازن  $C_1$  به صورت زیر بدست می‌آید:

$$C_1 = \frac{I_{C_1} \Delta t}{\Delta v} = \frac{300\mu\text{A} \times 455\mu\text{s}}{6\text{V}} = 22750\text{pF}$$

که مقدار استاندارد  $22000\text{pF}$  را در نظر می‌گیریم. بنابراین  $R_1$  از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$R_1 = \frac{v_{R_1}}{I_{C_1}} = \frac{v_{CC} - v_{\gamma_1} - v_{CE(\text{sat})} - (-v_{EE})}{I_{C_1}}$$

$$R_1 = \frac{12\text{V} - 0.7\text{V} - 0.7\text{V} - 0.2\text{V} + 12\text{V}}{300\mu\text{A}} = 74.67\text{k}\Omega$$

که مقدار استاندارد  $R_1 = 75\text{k}\Omega$  را انتخاب می‌کنیم.

اگر 1% غیر خطی بودن را به تخلیه  $C_2$  نسبت دهیم و مقدار اولیه  $v_{C_2}$  برابر  $12\text{V}$  می‌باشد پس تغییر آن از مقدار  $\Delta v_{C_2} = 0.01 \times 12 = 0.12$  کمتر است جریان تخلیه کننده  $C_2$  همان  $300\mu\text{A}$  می‌باشد پس:

$$C_2 = \frac{I_{C_1} \times \Delta t}{\Delta v_{C_2}} = \frac{300\mu\text{A} \times 455\mu\text{s}}{0.12\text{V}} = 1.14\mu\text{F}$$

که مقدار استاندارد  $C_2 = 1\mu\text{F}$  را برمی‌گزینیم.

زمان تخلیه  $C_1$  تقریباً 0.1 زمان پر شدن آن می‌باشد پس جریان تخلیه  $C_1$  باید ده برابر جریان پر کننده باشد یعنی:

$$I_{\text{dischg}} = 10I_{\text{chg}} = 10 \times 300\mu\text{A} = 3\text{mA}$$

در نتیجه با در نظر گرفتن  $\beta_{(\text{min})} = 100$  جریان بیس ترانزیستور برابر است با:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{(\text{min})}} = \frac{3\text{mA}}{100} = 30\mu\text{A}$$

و مقدار  $R_2$  از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$R_2 = \frac{-v_{\gamma} + v_{BE} - LTL}{I_B} = \frac{4.4\text{V}}{30\mu\text{A}} = 146.7\text{k}\Omega$$

که مقدار استاندارد  $R_2 = 150\text{k}\Omega$  را در نظر می‌گیریم.

۱۵-۱۰ یک انتگرالگیر طراحی کنید که به صورت مولد شیب عمل کند. شکل موجهای ورودی و خروجی را رسم کرده و عملکرد مدار را توضیح دهید.



۱۹-۱۰ اگر بخواهیم دامنه و فرکانس مدار مسئله ۱۰-۱۸ تا مقدار  $\pm 20\%$  قابل تنظیم باشد. تغییرات لازم را در مدار اعمال کنید.

✓ حل:

برای تنظیم دامنه تا  $\pm 20\%$  پتانسیومتری با  $R_4$  سری می‌کنیم در اینصورت دامنه بین مقادیر زیر تغییر می‌کند:

$$A_{\min} = A - 0.2A = 0.8A = 0.8 \times 2.5V = 2V$$

$$A_{\max} = A + 0.2A = 1.2A = 1.2 \times 2.5V = 3V$$

بنابراین  $UTL$  از مقدار زیر بدست می‌آید:

$$UTL = \frac{R_4 + R_5}{R_3} (V_{CC} - 1)$$

با انتخاب  $R_3 = 11k\Omega$  اگر  $UTL$  برابر  $2V$  باشد مقدار پتانسیومتر باید در کمترین مقدار خود قرار بگیرد. اگر  $R_5 = 0$  مقدار  $R_4$  بدست می‌آید:

$$2V = \frac{R_4}{11k\Omega} (11V)$$

که  $R_4 = 2k\Omega$  بدست می‌دهد حال اگر  $UTL$  برابر  $3V$  باشد مقدار پتانسیومتر در بیشترین مقدار خود قرار می‌گیرد. با توجه به مقادیر بدست آمده برای  $R_3$  و  $R_4$  داریم:

$$3V = \frac{2k\Omega + R_5}{11k\Omega} (11V)$$

که  $R_5 = 1k\Omega$  بدست می‌دهد. اگر پتانسیومتر بین صفر تا  $1k\Omega$  تغییر کند دامنه بین ۲ تا ۳ ولت  $\pm 20\%$  مقدار پایه (۲ ولت) می‌باشد قابل تنظیم می‌باشد.

برای تنظیم فرکانس تا  $\pm 20\%$  پتانسیومتری با  $R_1$  سری می‌کنیم. در اینصورت فرکانس بین مقادیر زیر تغییر می‌کند:

$$f_{\min} = f - 0.2f = 0.8f = 0.8 \times 500Hz = 400Hz$$

$$f_{\max} = f + 0.2f = 1.2f = 1.2 \times 500Hz = 600Hz$$

مقدار خازن  $C_1$  را طوری انتخاب می‌کنیم که جریان آن بسیار بزرگتر از  $I_{B(\max)}$  باشد:

$$I = \frac{C_1 \Delta V}{\Delta t}$$

رابطه فوق باید برای بدترین حالت جواب بدهد یعنی برای کمترین مقدار  $\Delta V$  و بیشترین مقدار  $\Delta t$ .

که  $\Delta V_{\min} = 4V$  و  $\Delta t_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{f_{\min}} = 1.25ms$  پس اگر  $I = 50\mu A$  برگزینیم مقدار  $C_1$  بدست می‌آید:

۳۵۰ ■ تشریح کامل مسائل مدارهای تکنیک پالس (دیوید بل)

$$C_1 = \frac{I \Delta t}{\Delta v} = \frac{50 \mu A \times 1.25 ms}{4v} = 0.0156 \mu F$$

برای اینکه جریان می‌نیمم ارضا شود باید خازن استاندارد بیشتر یعنی  $0.022 \mu F$  را انتخاب کنیم.  
مقدار سری  $R_1$  و  $R_6$  برابر است با:

$$\frac{C_1 \Delta v}{\Delta t} = \frac{v_i}{R_1 + R_6} \rightarrow R_1 + R_6 = \frac{v_i \Delta t}{C_1 \Delta v}$$

اگر مقدار  $R_6$  در کمترین مقدار خود قرار بگیرد برای هر مقدار دامنه و بزرگترین فرکانس باید جوابگو باشد پس  $\Delta v_{\max}$  و  $\Delta t_{\min}$  را در نظر می‌گیریم که:

$$\Delta v_{\max} = 6v, \quad \Delta t_{\min} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{f_{\max}} = 0.833 ms$$

بنابراین مقدار  $R_1$  بدست می‌آید:

$$R_1 = \frac{1v \times 0.833 ms}{0.022 \mu F \times 6v} = 69.4 k \Omega$$

که مقدار استاندارد کمتر یعنی  $R_1 = 68 k \Omega$  را در نظر می‌گیریم تا محدوده قابل تنظیم را در برگیرد.  
بیشترین مقدار  $R_6$  به ازای  $\Delta t_{\max}$  و  $\Delta v_{\min}$  بدست می‌آید که:

$$\Delta v_{\min} = 4v, \quad \Delta t_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{f_{\min}} = 1.25 ms$$

بنابراین مقدار ماکزیمم  $R_6$  برابر است با:

$$R_6 = \frac{v_i \Delta t}{C_1 \Delta v} - R_1 = \frac{1v \times 1.25 ms}{0.022 \mu F \times 4v} - 68 k \Omega = 156.25 k \Omega$$

که مقدار استاندارد  $R_6 = 160 k \Omega$  را برمی‌گزینیم تا محدود موردنظر را در برگیرد بنابراین اگر پتانسیومتر بین صفر تا  $160 k \Omega$  تغییر کند فرکانس بین  $400 Hz$  تا  $600 Hz$  که  $\pm 20\%$  مقدار پایه ( $500 Hz$ ) و حتی کمی کمتر از  $400 Hz$  و بیشتر از  $600 Hz$  قال تنظیم می‌باشد.

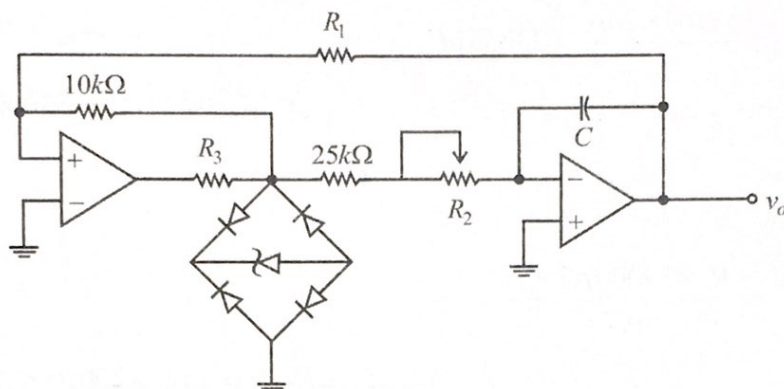
۵ ۲۷-۱۰ مدار شکل م ۲۷-۱۰ از یک مولد شیب انتگرالگیر و یک تریگر اشمیت آپ امپی تشکیل یافته است. سطوح خروجی تریگر اشمیت توسط پل دیودی به مقادیر مشخصی محدود شده است تا ولتاژ خروجی آپ امپ بر رفتار مدار تأثیر نداشته باشد. پتانسیومتر  $R_2$  برای تنظیم فرکانس خروجی بکار می‌رود. ولتاژ زنر دیود زنر  $3.6V$  است.

(الف)  $R_1$  را طوری حساب کنید که دامنه‌ی موج مثلثی خروجی به  $\pm 5V$  محدود شود.

(ب) مقدار  $R_2$  و  $C$  را طوری محاسبه کنید که فرکانس را بتوان بین  $20Hz$  و  $100Hz$  تنظیم کرد.

(ج)  $R_3$  بر چه اساسی باید تعیین شود؟





شکل م ۱۰-۲۷

✓ حل:

خروجی تریگر اشmitt به مقادیر زیر محدود می‌شود:

$$v_{o, sch} = \pm (v_T + v_z + v_T) = \pm 5V$$

مقدار دامنه‌ی موج مثلثی از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$UTL = \frac{R_1}{10k\Omega} v_{o, sch}$$

مقدار  $R_1$  برابر است با:

$$R_1 = 10k\Omega \times \frac{UTL}{v_{o, sch}} = \frac{5V}{5V} = 1k\Omega$$

که مقداری استاندارد می‌باشد.

(ب) مقدار جریان گذرنده از  $R_2$  که همان جریان خازن  $C$  می‌باشد بسیار بزرگتر از جریان بایاس ( $I_{B(max)} = 500nA$ ) باشد.

زمانیکه  $R_2 = 0$  جریان گذرنده از مقاومت برابر است با:

$$I = \frac{5V}{25k\Omega} = 0.2mA = 200\mu A$$

که بسیار بزرگتر از جریان بایاس ماکزیمم می‌باشد چون با افزایش مقاومت به ازای خازن ثابت فرکانس کاهش می‌یابد پس به ازای  $R_2 = 0$  خازن  $C_1$  را برای فرکانس ماکزیمم یعنی  $100Hz$  محاسبه می‌کنیم.

$$T_{min} = \frac{1}{f_{max}} = \frac{1}{100Hz} = 10ms$$

$$\Delta t_{min} = \frac{T}{2} = 5ms$$

با توجه به برابری جریان مقاومت  $25k\Omega$  و خازن  $C$  داریم:

$$\frac{C \Delta v}{\Delta t} = \frac{v_i}{R}$$

با جاگذاری مقادیر مربوطه مقدار خازن بدست می‌آید:

$$\frac{C \times 10v}{5ms} = \frac{5v}{25k \Omega}$$

که مقدار  $C = 0.1 \mu F$  را نتیجه می‌دهد که مقداری استاندارد است. حالا برای فرکانس  $20Hz$  مقدار پتانسیومتر را محاسبه می‌کنیم:

$$T_{\max} = \frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{20Hz} = 50ms$$

$$\Delta t_{\max} = \frac{T}{2} = 25ms$$

با توجه به برابری جریان خازن و مقاومت پتانسیومتر داریم:

$$\frac{0.1 \mu F \times 10v}{25ms} = \frac{5v}{25k \Omega + R_2}$$

که مقدار  $R_2 = 100k \Omega$  را بدست می‌دهد پس یک پتانسیومتر صد کیلو اهمی است.

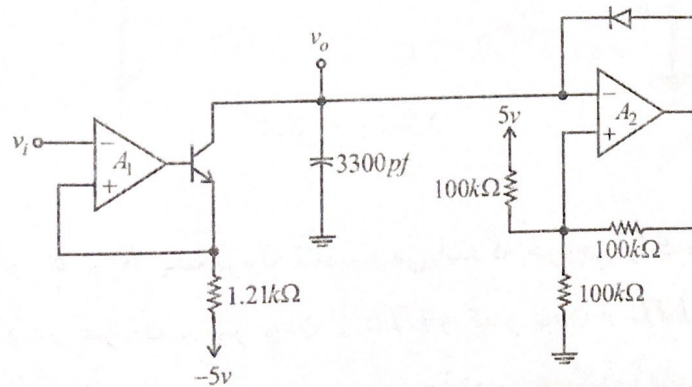
(ج) براساس جریان و ولتاژ ماکزیمم خروجی انتخاب می‌شود.

۵ ۲۹-۱۰ مدار شکل م ۲۹-۱۰ خروجی مثلثی تولید می کند.

(الف) هر قسمت از این مدار چه کاری انجام می دهد؟

(ب) خروجی آپ امپ  $A_2$  می تواند بین صفر و ۵V باشد. شکل موج نقاط مختلف را رسم نمایید.

(ج) فرکانس خروجی و دامنه آن را برحسب ولتاژ کنترل ورودی  $V_C$  پیدا کنید.



شکل م ۲۹-۱۰



☑ حل:

(الف) آپ‌آمپ  $A_1$  به همراه مقاومت  $1.21k\Omega$  یک منبع جریان می‌باشد که خازن را دشارژ می‌کند و آپ‌آمپ  $A_2$  به همراه مقاومت‌های  $100k\Omega$  یک تریگر اشmitt بوده مقدار دامنه‌ی خروجی را تنظیم می‌کند و مقدار خازن و  $v_C$  مقدار فرکانس را تعیین می‌کند.

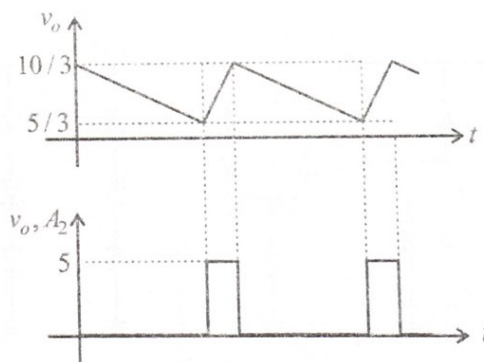
عملکرد مدار به این صورت است که ابتدا خازن خالی است و ولتاژ سر و ولتاژ سر وارونساز صفر است از آنجا که ولتاژ سر ناوارونساز مقداری مثبت است خروجی  $A_2$  اشباع مثبت شده و دیود هدایت می‌کند و خازن شارژ شده و خروجی افزایش می‌یابد تا زمانی که به مقدار  $UTL$  برسد با رسیدن خروجی به این مقدار خروجی  $A_2$  صفر شده و دیود بایاس معکوس می‌شود و خازن توسط منبع جریان دشارژ می‌شود تا زمانی که به مقدار  $LTL$  برسد سپس دیود وصل شده و فراگیر تکرار می‌شود. مقادیر  $UTL$  و  $LTL$  عبارتست از:

$$v(+)=\frac{100k\Omega\parallel 100k\Omega}{100k\Omega+(100k\Omega\parallel 100k\Omega)}(5)+\frac{100k\Omega\parallel 100k\Omega}{100k\Omega+100k\Omega\parallel 100k\Omega}v_o$$

$$UTL=\frac{10}{3}v, \quad v_{oA_2}=5v$$

$$LTL=\frac{5}{3}v, \quad v_{oA_2}=0$$

(ب) خروجی  $v_o$  و خروجی آپ‌آمپ  $A_2$  به صورت زیر می‌باشد:



(ج) اگر زمان شارژ در برابر دشارژ کوچک باشد طوری که بتوان از آن صرف‌نظر نمود زمان دشارژ خازن را همان دوره‌ی تناوب در نظر می‌گیریم از آنجا که جریان خازن را خطی فرض می‌کنیم با جریان منبع جریان ترانزیستوری برابر است یکسان در نظر بگیریم می‌توان رابطه زیر را نوشت:

$$I_{\text{current source}} = I_{\text{discharge capacitor}}$$

با جاگذاری مقدار منبع جریان و رابطه خطی خازن داریم:

۳۶۲ ■ تشریح کامل مسائل مدارهای تکنیک پالس (دیوید بل)

$$\frac{v_C - v_{EE}}{R_E} = \frac{C \Delta v}{\Delta t}$$

$$\frac{v_C - (-5v)}{1.2k\Omega} = \frac{3300pF \times \left( \frac{10}{3}v - \frac{5}{3}v \right)}{T}$$

که فرکانس برابر است با:

$$f = \frac{v_C + 5}{6.6} MHz$$

۱۰-۳۶ می‌خواهیم با آی‌سی 8038 موج دندان اره‌ای ایجاد کنیم. قسمت مثبت موج طی  $750\mu s$  باید به  $3V$  برسد. بخش منفی‌رو باید  $100\mu s$  طول بکشد. مدار را رسم کرده و ولتاژ منبع تغذیه و مقدار تمامی عنصر لازم را محاسبه کنید.

✓ حل:



چون دامنه قله به قله موج  $0.33v_s$  می‌باشد پس منبع تغذیه برابر است با:

$$v_s = 3 \times 3v = 9v$$

اگر منبع را حول صفر متقارن در نظر بگیریم:

$$v_{CC} = +4.5v, \quad v_{EE} = -4.5v$$

مقدار مقاومت  $R_A$  با فرض اینکه  $I_A = 100\mu A$  باشد بدست می‌آید:

$$R_A = \frac{0.22v_s}{100\mu A} = \frac{0.22 \times 9v}{100\mu A} = 19.8k\Omega$$

مقدار استاندارد  $R_A = 20k\Omega$  را انتخاب می‌کنیم. مقدار خازن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C = \frac{2T_2}{3R_A} = \frac{2 \times 750\mu s}{3 \times 20k\Omega} = 25nF = 25000pF$$

که مقدار استاندارد  $C = 22000pF$  را انتخاب می‌کنیم و مقدار  $R_B$  از روی معادله زیر حاصل می‌شود.

$$R_B = 2R_A \frac{T_1}{T_1 + T_2} = 2 \times 20k\Omega \times \frac{100\mu s}{100\mu s + 750\mu s} = 4.7k\Omega$$

که مقداری استاندارد می‌باشد و مقدار  $R_C = 82k\Omega$  طبق پیشنهاد سازنده و مقدار  $R_L$  بصورت زیر می‌باشد:

$$R_L = \frac{v_s}{1mA} = \frac{9v}{1mA} = 9k\Omega$$

که مقدار استاندارد  $9.1k\Omega$  را انتخاب می‌کنیم. آی‌سی و اتصالات آن بصورت زیر می‌باشد:

