به نام خدا

گزارش تمرین دوم

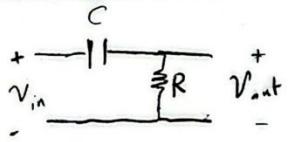
ابزار دقیق ـ دکتر نیری

امیرمحمد میرحسینی ۸۱۰۱۰۲۶۰۱

سوال ۱)

الف، ب، ج)

سوال ۱) الف)



$$v_{out} = \frac{RCs}{RCs+1} v_{in} \longrightarrow \omega_c = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

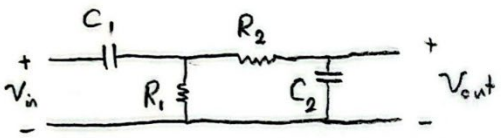
$C = 10\,\mu F$ $\qquad f_c = 20Hz \Rightarrow R \approx 796\,\Omega$

ب)

$$v_{out} = \frac{1}{RCs+1} v_{in} \longrightarrow \omega_c = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$C = 470\,nF$ $\qquad f_c = 200Hz \Rightarrow R \approx 1.693\,k\Omega$

ج)



$R_1 = 796\,\Omega \quad C_1 = 10\,\mu F$

$R_2 = 1.693\,k\Omega \quad C_2 = 470\,nF$

۱. فیلتر میانگذر

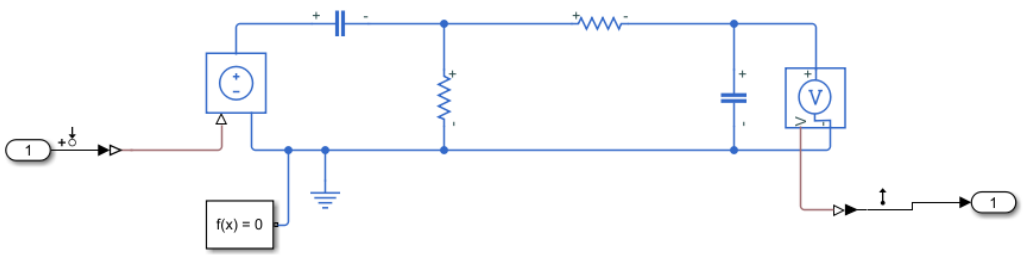
۲. $f_H = 200Hz \quad f_L = 20Hz \qquad f_{center} = \sqrt{f_L f_H} = 63.246\,Hz$

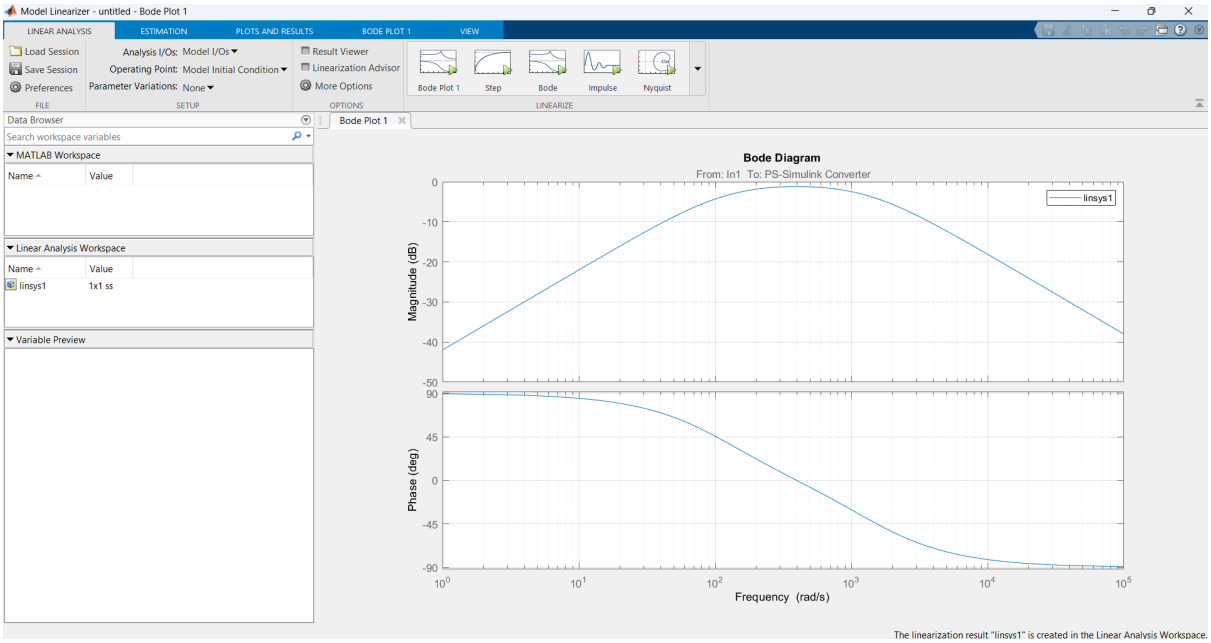
۳. (افت ۳ دسیبل نمودار بود ($\frac{1}{\sqrt{2}}$) در فرکانس های قطع مشاهده می شود.)

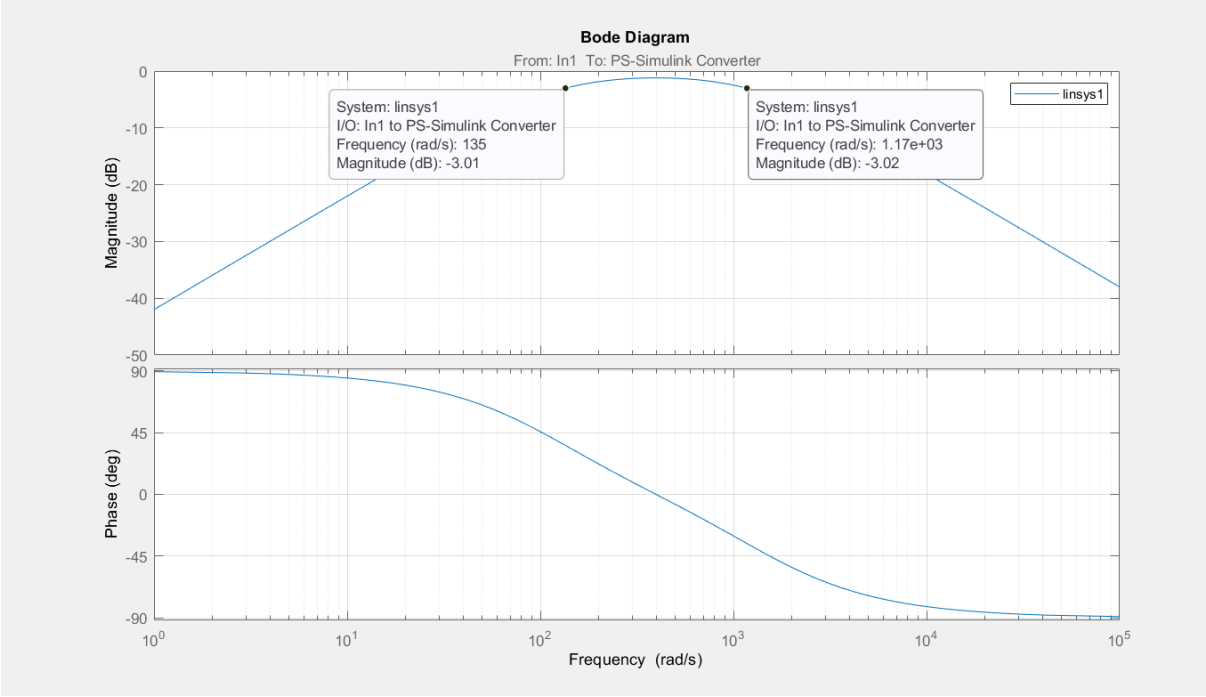
$f_H - f_L = 180Hz = BW$

۴. $Q = \frac{f_{center}}{BW} = 0.351$

د)

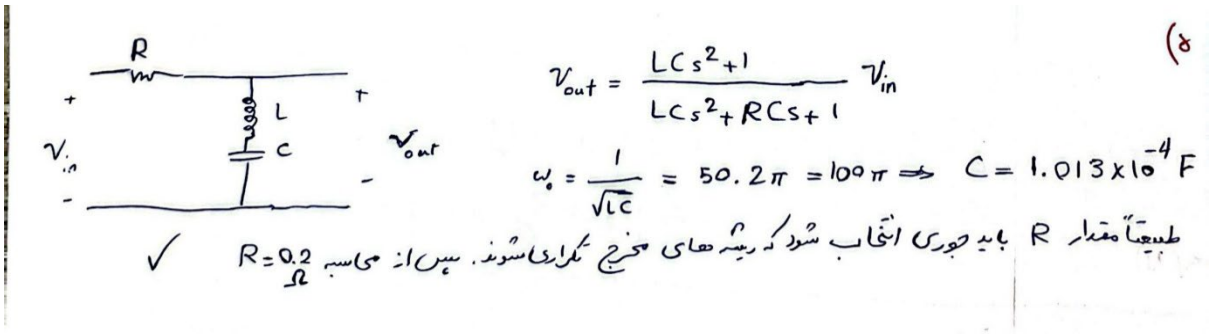






همانطور که از دروس گذشته می‌دانیم یک فیلتر فرکانس‌هایی را عبور می‌دهد که از اندازه از منفی سه دسیبل یا $\frac{1}{\sqrt{2}}$ بیشتر باشد. به همین دلیل با تنظیم مقادیر R , C در هریک از فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر توانستیم کاری کنیم که فیلتر فرکانس‌های ۱۳۴ رادیان بر ثانیه تا ۱۱۷۰ رادیان بر ثانیه را عبور می‌دهد که تقریبا با خواسته‌ی سوال یعنی عبور فرکانس‌های ۲۰ تا ۲۰۰ هرتز همخوانی دارد. روابط ریاضی و چگونگی عملکرد فیلتر در بخش‌های قبل نوشته شده است.

۵)



همانطور که از مدارهای الکتریکی خوانده‌ایم می‌دانیم فرمول ضریب کیفیت Q برابر است با:

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

و با کوچکتر کردن مقدار R می‌توانیم کاری کنیم که فیلتر فرکانس های نزدیک به ۵۰ هرتز را تضعیف نکند. مثلا بجای ۰.۲ اهم از ۰.۰۱ اهم استفاده کنیم.

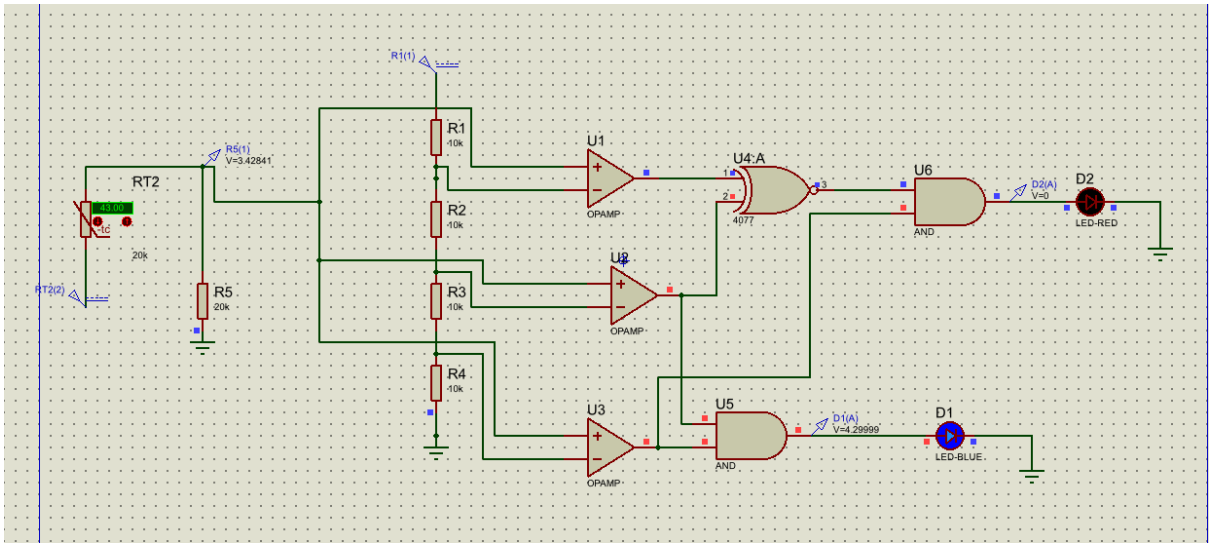
راه حل دیگر این است که بجای فیلتر PASSIVE از فیلتر **ACTIVE** که با آپ امپ ساخته می‌شود، استفاده کنیم.

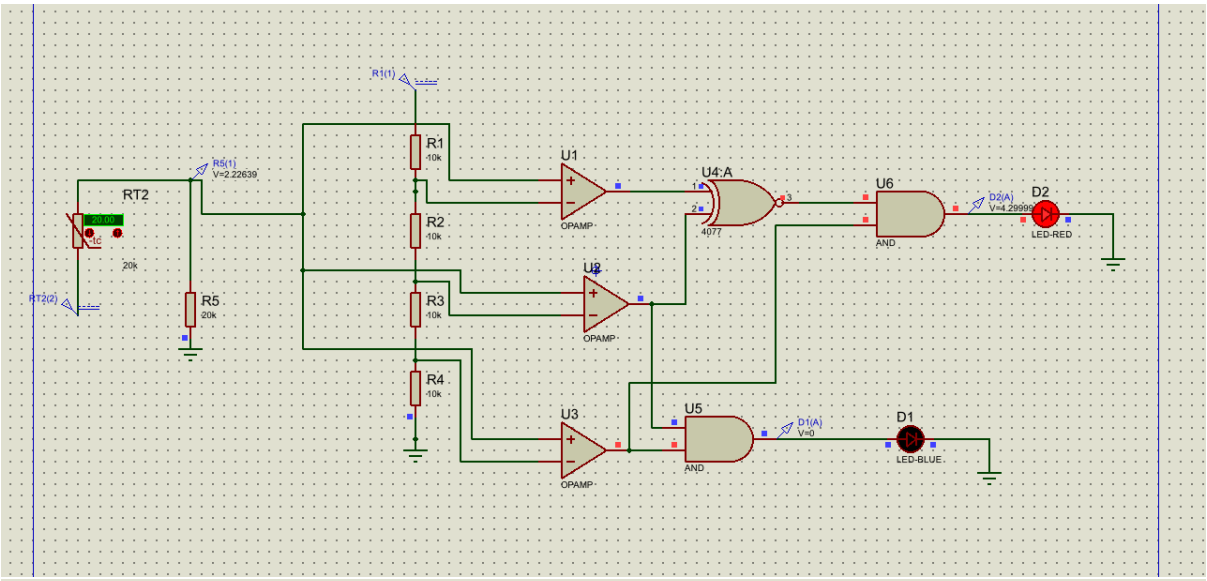
مشابه فیلتر اکتیو ای که در میانگذر بود و در درس خواندیم، فیلتر میان نگذر نیز وجود دارد که این فیلترها دقت بالاتری از فیلترهای پسیو دارند زیرا فرکانس های گوشه (فرکانس ابتدایی و انتهایی) در فیلتر های فعال به دلیل بحث تطبیق امپدانس به راحتی قابل طراحی و تنظیم هستند در حالیکه برای فیلترهای غیر فعال به دلیل اثر بارگذاری اینطور نیست.

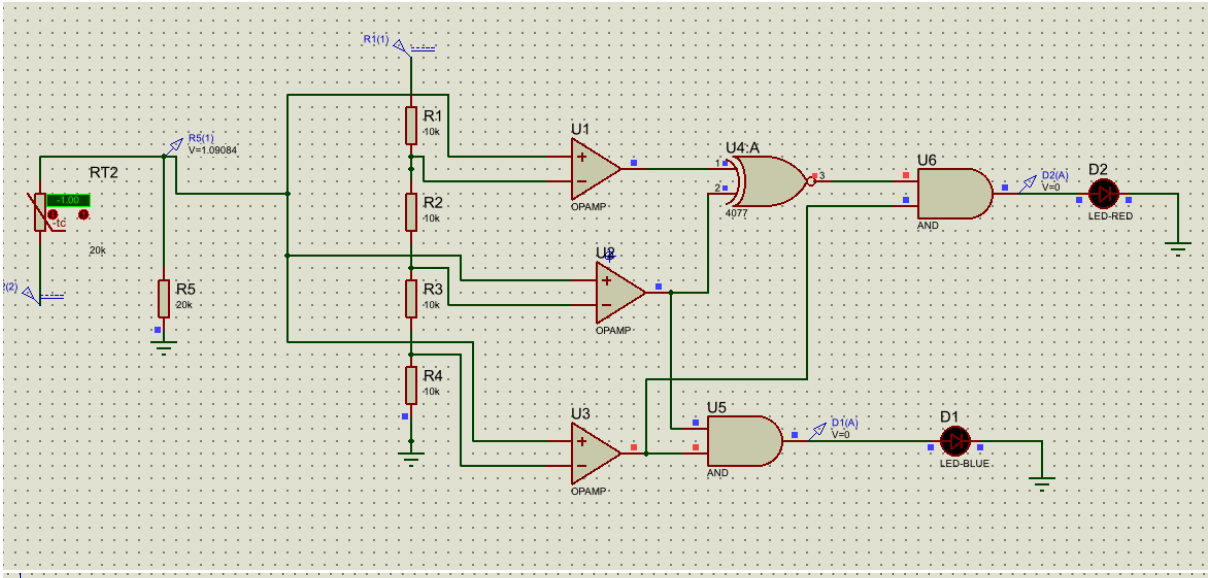
سوال ۲)

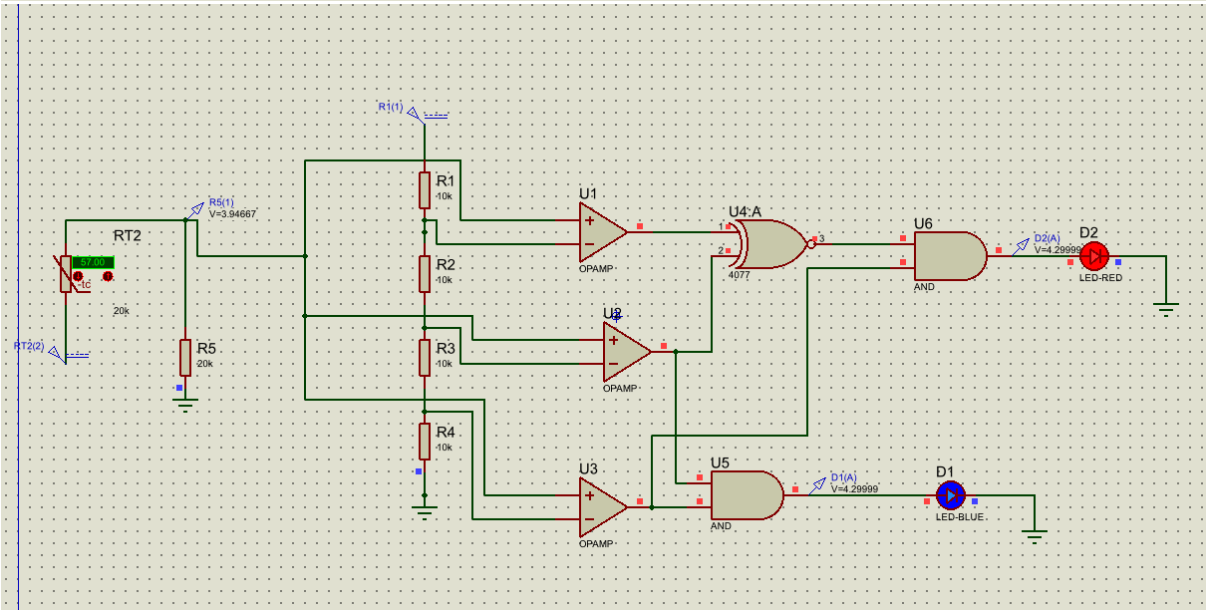
در شکل‌های زیر هر ۴ حالت گفته شده نشان داده شده است. توضیح مدار: پیشفرض مقاومت حرارتی در دمای اتاق مقدار ۲۰ کیلواهم را دارد. از تقسیم مقاومتی با مقاومت ثابت که مقدار آن دقیقا یکسان با مقدار مقاومت حرارتی در دمای اتاق است استفاده شده است.

با افزایش دما مقدار مقاومت حرارتی افزایش یافته و ولتاژ بزرگتری را به ADC می‌رسد. به دلیل ایده‌آل بودن LED ها از مقاومت در مسیرشان استفاده نشده که از عبور جریان بالا و احتمال سوختن آنها جلوگیری کند.




R1(1)
R5(1)
V=2.22639
RT2
20k
RT2(2)
R5
20k
R1
10k
R2
10k
R3
10k
R4
10k
U1
OPAMP
U2
OPAMP
U3
OPAMP
U4:A
4077
U5
AND
U6
AND
D1(A)
V=0
D1
LED-BLUE
D2(A)
V=4.29999
D2
LED-RED


R1(1)
R5(1)
V=1.09084
RT2
20k
R5
20k
R1
10k
R2
10k
R3
10k
R4
10k
U1
OPAMP
U2
OPAMP
U3
OPAMP
U4:A
4077
U5
AND
U6
AND
D1(A)
V=0
D1
LED-BLUE
D2(A)
V=0
D2
LED-RED

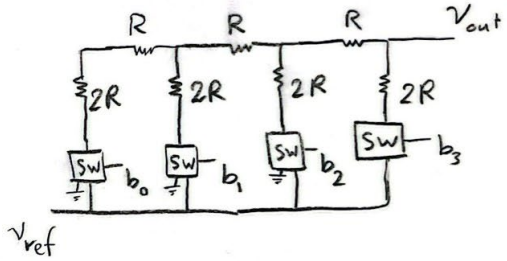

R1(1)
R5(1)
V=3.94667
RT2
20k
RT2(2)
R5
20k
R1
10k
R2
10k
R3
10k
R4
10k
U1
OPAMP
U2
OPAMP
U3
OPAMP
U4:A
4077
U5
AND
U6
AND
D1(A)
V=4.29999
D1
LED-BLUE
D2(A)
V=4.29999
D2
LED-RED

سوال ۳)

تئوری:

سوال ۳) تئوری :

$$v_{out} = (b_1 a_1 + b_2 a_2 + b_3 a_3 + b_0 a_0) V_{ref}$$



مشخص کردن مقادیر a_i با جمع آنالوگ (یکی از b_i ها را ۱ بگیریم و باقی صفر و v_{out_i} را حساب کنیم) خواهیم داشت:

$$a_3 = \frac{1}{2} \quad a_2 = \frac{1}{4} \quad a_1 = \frac{1}{8} \quad a_0 = \frac{1}{16}$$

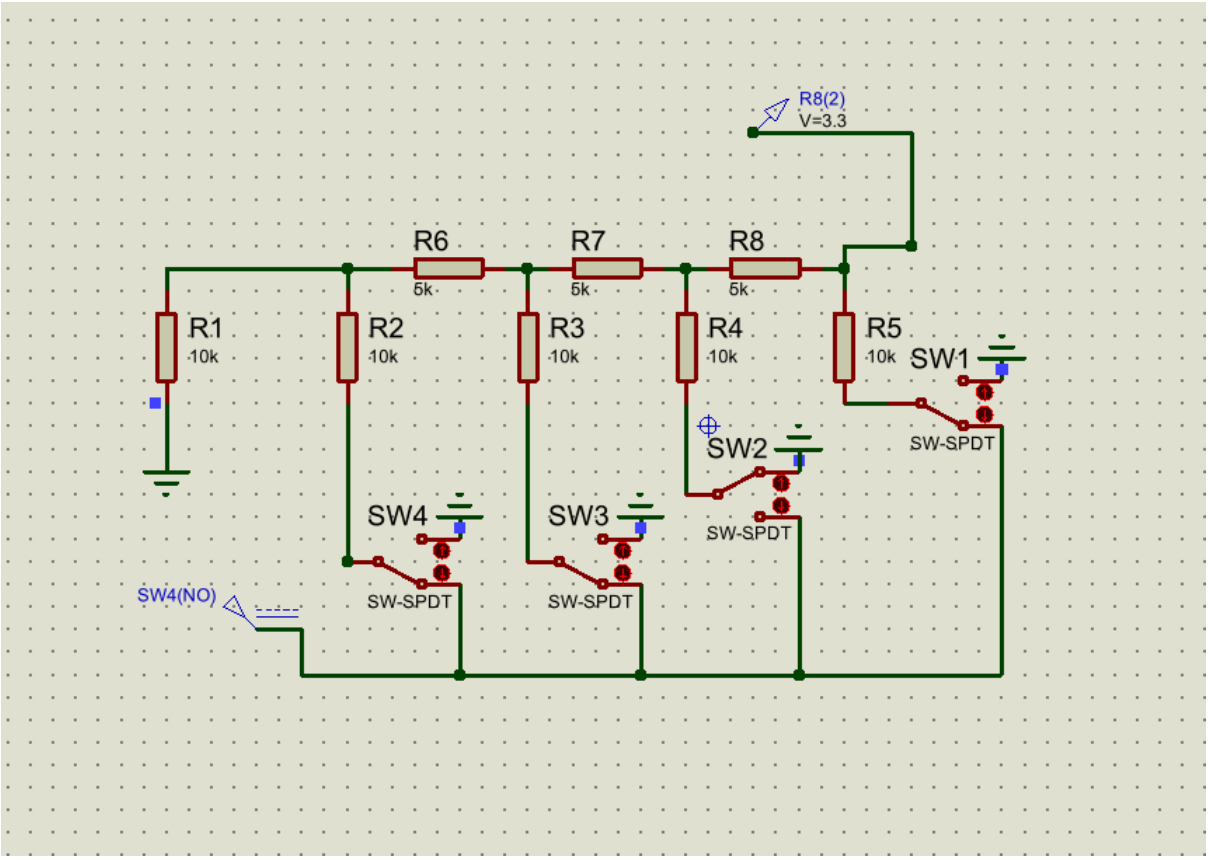
$$v_{out} = \left(\frac{11}{16}\right) V_{ref} = 3.3V \quad : 1011$$

$$v_{out} = \left(\frac{14}{16}\right) V_{ref} = 4.2V \quad : 1110$$

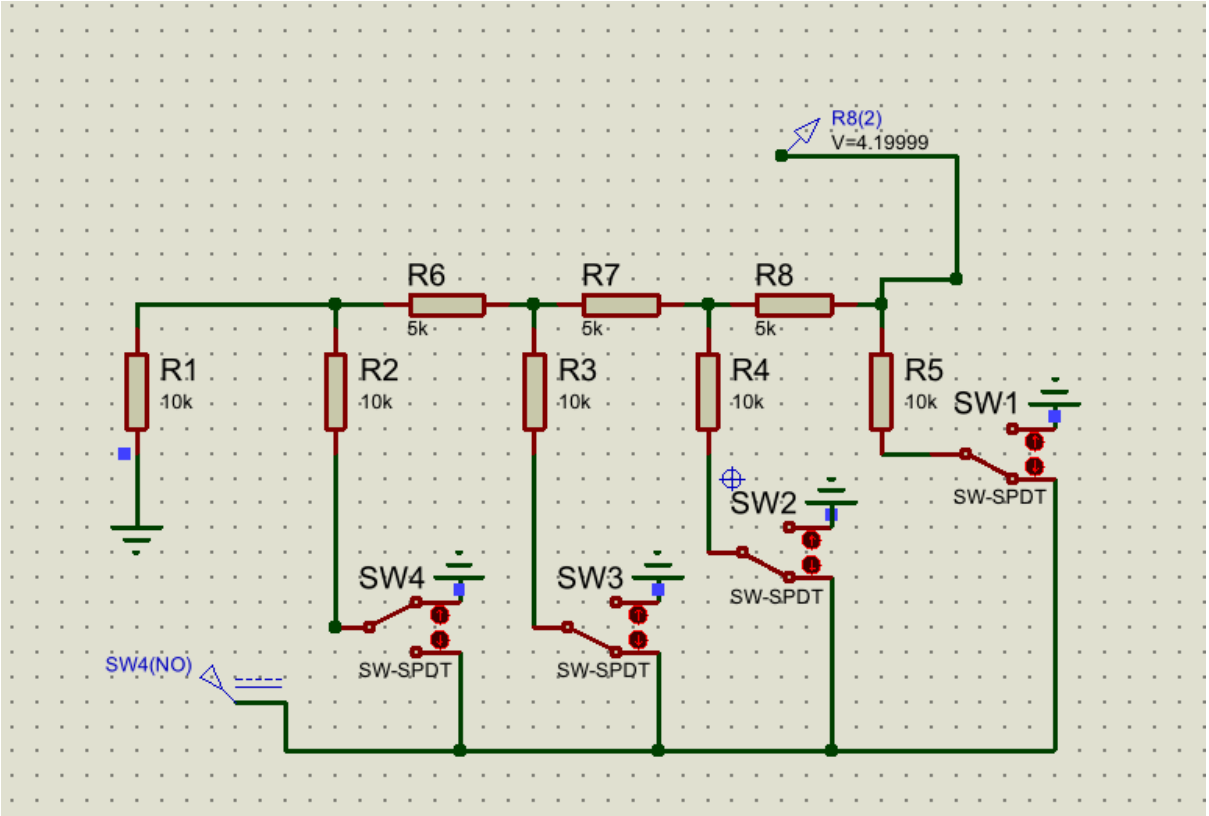
Scanned with CamScanner

شبیه‌سازی: در بخش اول چون نیاز به کنترل دیجیتالی نبود از سوییچ SW-SPDT استفاده شد اما در بخش های بعد چون نیاز به کنترل دیجیتالی بود، از DSWITCH استفاده شده است.

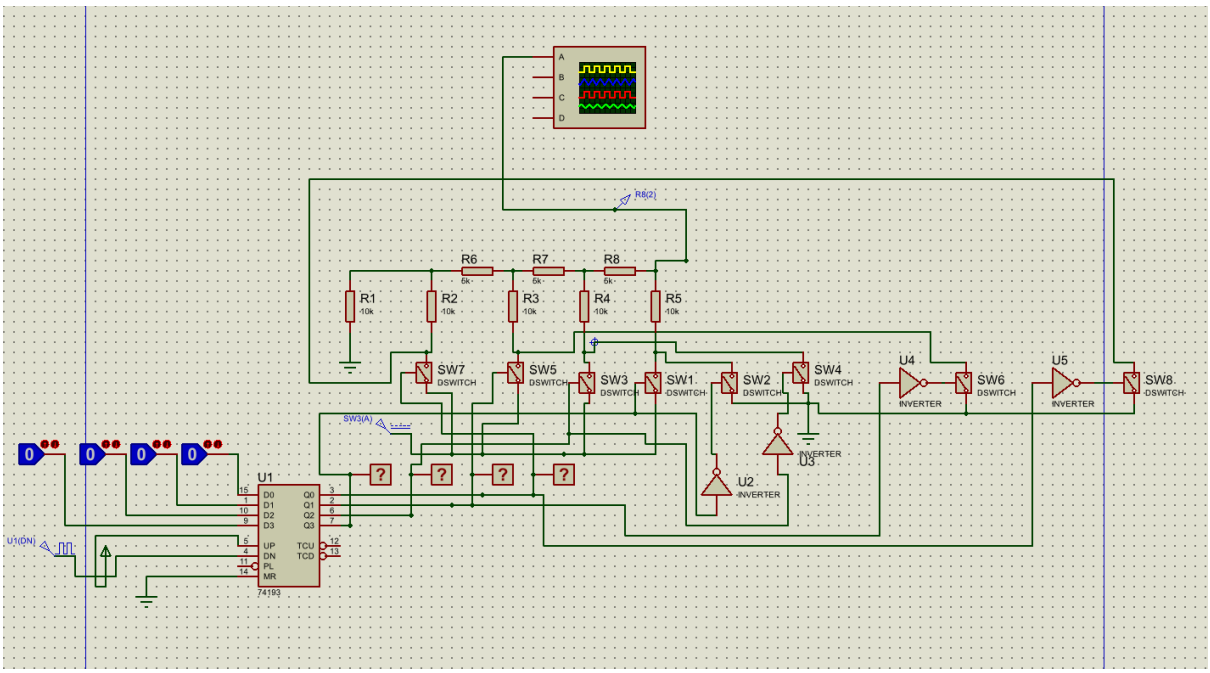
الف): ۱۰۱۱:

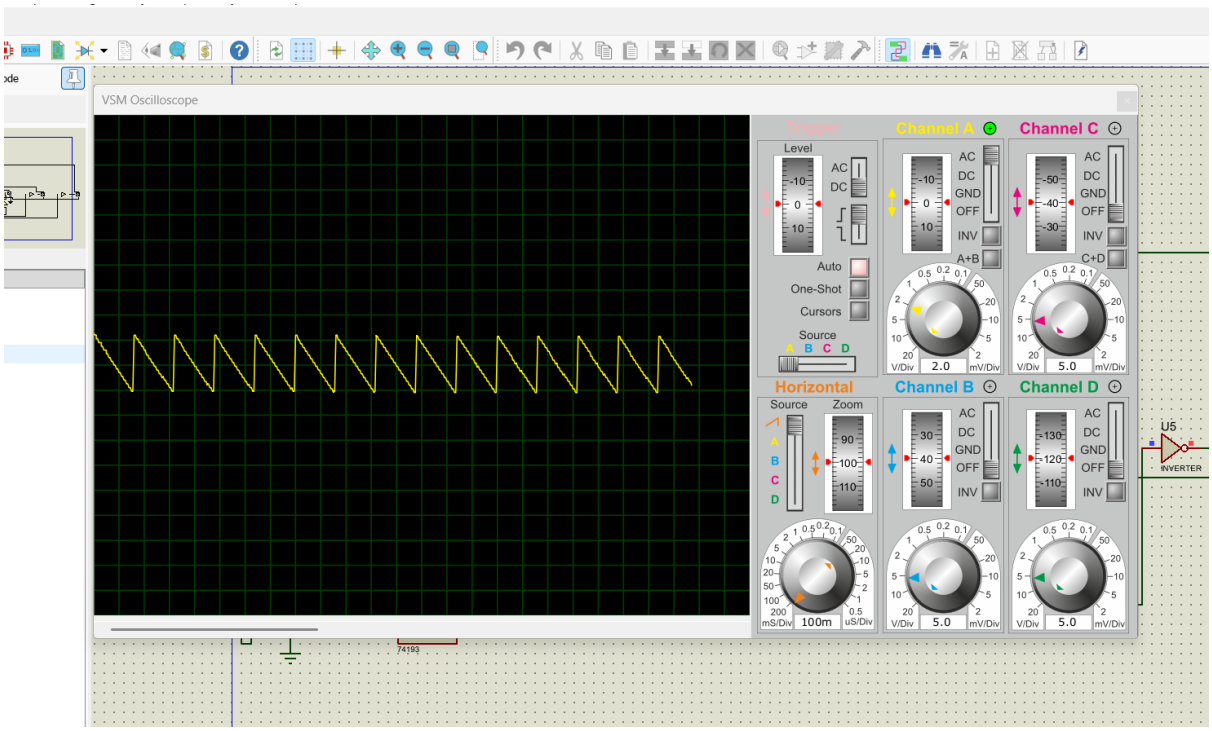


:۱۱۱۰


R8(2)
V=4.19999
R6
5k
R7
5k
R8
5k
R1
10k
R2
10k
R3
10k
R4
10k
R5
10k
SW1
SW-SPDT
SW2
SW-SPDT
SW4
SW-SPDT
SW3
SW-SPDT
SW4(NO)

بخش ب)


R6
R7
R8
R1
R2
R3
R4
R5
SW7
SW5
SW3
SW1
SW2
SW4
U4
SW6
U5
SW8
U1
74193
U2
U3

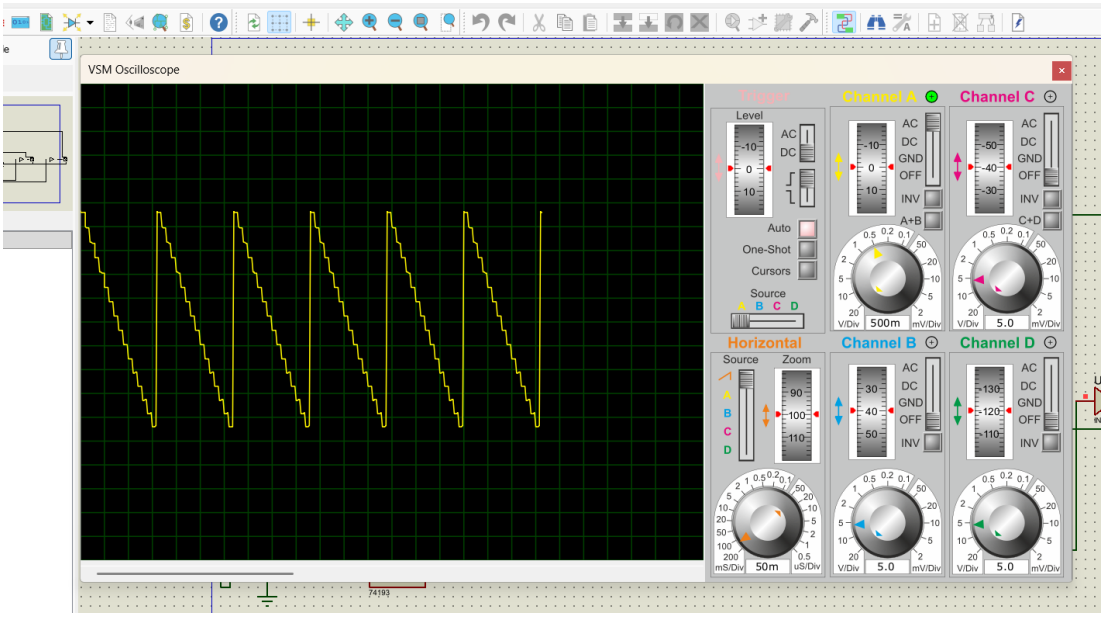


DOWNCOUNT رو به DCLOCK وصل شده و UPCOUNT به پاور.

هر بیت خروجی شمارنده به صورت مستقیم به کنترل سوییچی که به ولتاژ رفرنس وصل شده، متصل شده و به صورت اینورت شده به سوییچی که به زمین وصل است، متصل شده. این کار به این دلیل است که در صورت صفر بودن بیت مقاومت بیت متناظر به زمین وصل باشد و از مدار حذف نشود.

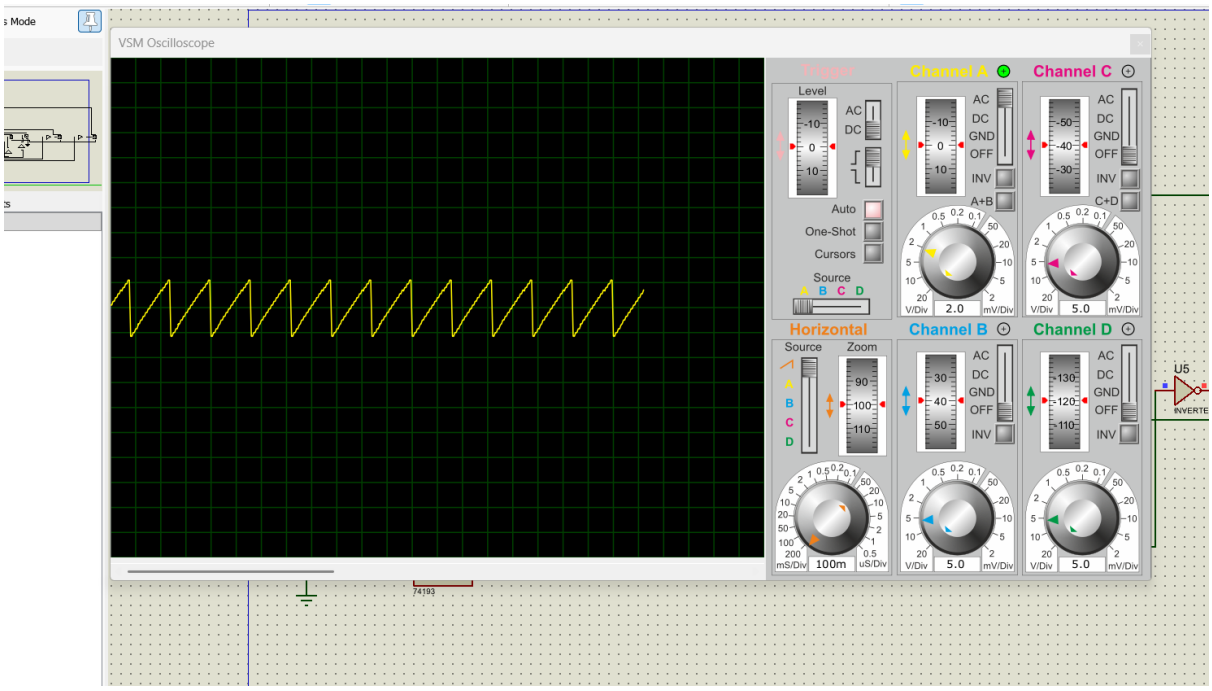
ج)

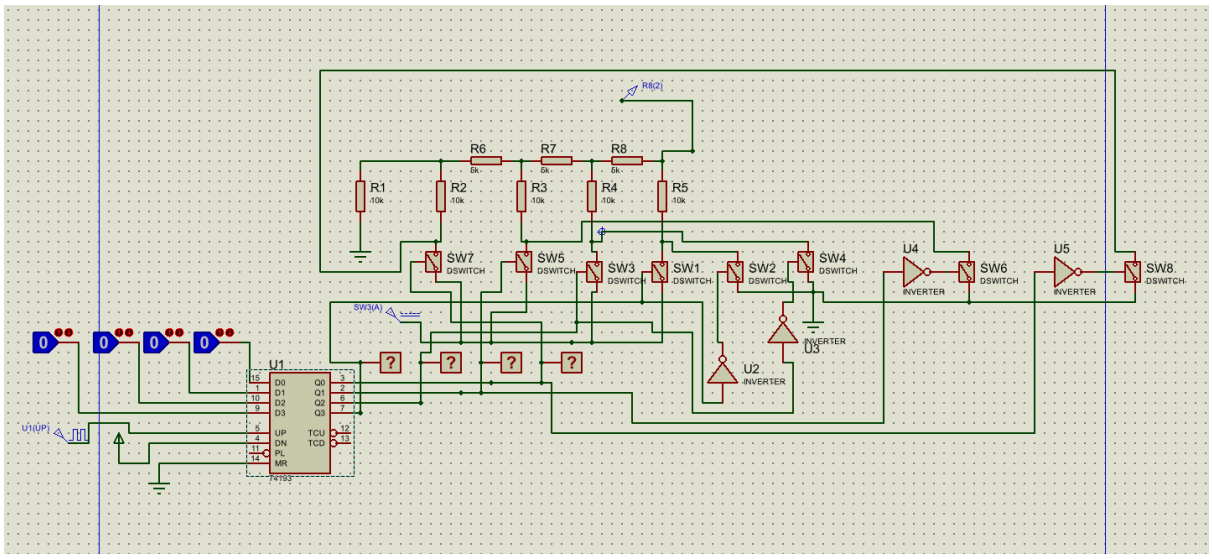
در ظاهر تفاوتی مشاهده نمی‌شود اما با بزرگ کردن ولت پر دیو اسیلوسکوپ میبینیم که ولتاژ بصورت پله به پله در شیب منفی مثلثی کاهش می‌یابد. دلیل آن استفاده از شمارنده است. فرکانس روی ۱۰۰ هرتز است و هر ۰.۰۱ ثانیه DOWNCOUNT انجام می‌شود یعنی از ۰.۰۱ ثانیه فعلی تا بعدی مقدار ولتاژ خروجی ثابت می‌ماند و بصورت ناگهانی در ۰.۰۱ ثانیه DOWNCOUNT می‌شود.



حل این مشکل با افزایش تعداد بیت قابل حل است تا با چشم دیده نشود. (یا افزایش فرکانس) .

به غیر از آن تفاوتی مشاهده نمی‌شود که بخواهیم آنرا تغییر دهیم اگر منظور این بوده که با UPCOUNT چه فرقی دارد مدار UPCOUNT به صورت زیر است که شیب شکل موج مثلثی متفاوت خواهد بود:



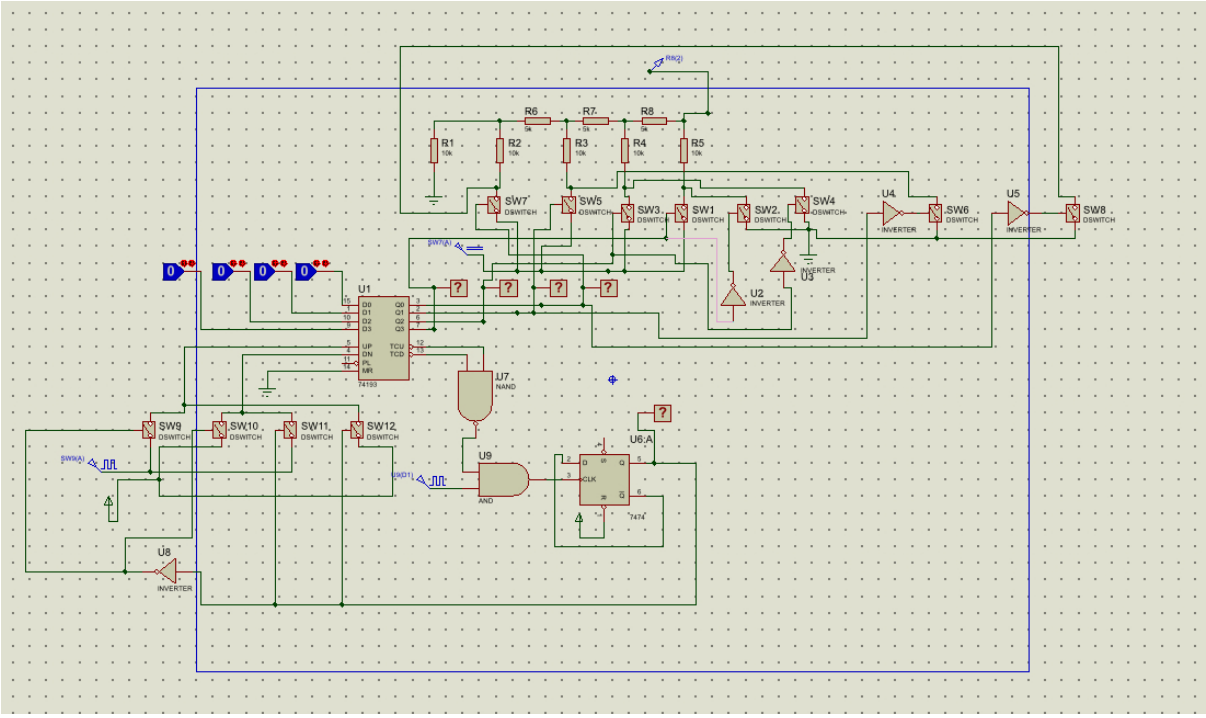


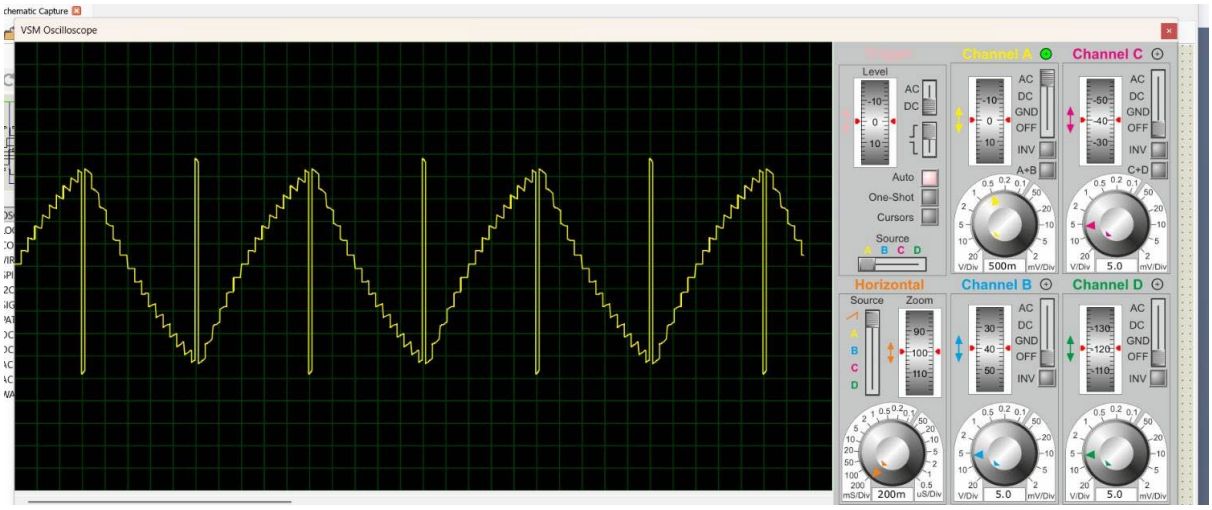
اینجا DCLOCK به UPCOUNT وصل شده و POWER هم به DOWNCOUNT وصل شده.

د)

اگر از ۰ تا ۱۵ UPCOUNT کند و پس از رسیدن به ۱۵ بجای ریست شدن(صفر شدن) شروع به DOWN COUNT کند و دوباره هنگامی که به صفر رسید شروع به UPCOUNT کند... این سیکل به ما شکل موج مثلثی کامل را می‌دهد.

۵)





تنها ایراد مدار این است که وقتی به ۱۵ می‌رسد برای یک سیکل صفر می‌شود و دوباره سیکل بعد به مقدار قبلی برمی‌گردد

و وقتی به صفر می‌رسد نیز برای یک سیکل به ۱۵ می‌رود و سیکل بعد به همان صفر برمی‌گردد

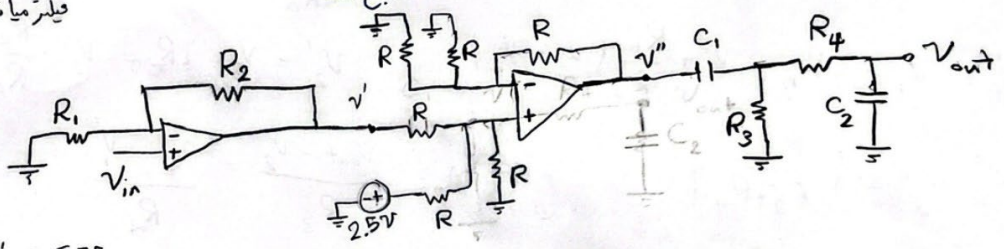
ایراد از این است که در این لحظه UP , DN همزمان فعال هستند و آن سیگنالی که باید خاموش شود یک سیکل دیرتر خاموش می‌شود. متاسفانه راه حلی برای درست کردن این مشکل پیدا نکردم.

سوال ۴)

۱.

سوال ۴) تقویت از $500\mu V$ به $5V$ ← تقویت کننده مستقیم و جمع کننده ، محدوده فرکانس کاری ۱۰ تا ۱۰۰ هرتز فیلتر میانگذر

۱.



$v'' = v' + 2.5V$

$$\frac{v'}{v_{in}} = \left[1 + \frac{R_2}{R_1}\right] \qquad \frac{|v'''|}{|v''|} = \frac{R_3C_1\omega}{\sqrt{R_3^2C_1^2\omega^2+1}} \qquad \frac{|v_{out}|}{|v'''|} = \frac{1}{\sqrt{R_4^2C_2^2\omega^2+1}}$$

$$\frac{1}{R_3C_1} = 2\pi\times 10 = 20\pi \Rightarrow R_3C_1 = \frac{1}{20\pi} \qquad \frac{1}{R_4C_2} = 2\pi\times 100 = 200\pi \Rightarrow R_4C_2 = \frac{1}{200\pi}$$

می‌شود از بهره فیلترها صرف نظر کرد چون بهره آنها نزدیک به ۱ می‌باشد.
(؟)

ضرب بهره فیلترها بین 0.7 تا ۱ می‌باشد. (به ازای فرکانس های متفاوت این مقدار فرق می‌کند.)

← صرف نظر می‌کنیم.

$$\frac{v'}{v_{in}} = \frac{2.5}{500\times10^{-6}} = 5000 = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 4900 \Rightarrow \boxed{R_2 = 4900\ R_1}$$

$v'' = v' + 2.5\ V$

دامنه در این مرحله از ۰ تا ۵ ولت است

$$R_3C_1 = \frac{1}{20\pi} \qquad R_4C_2 = \frac{1}{200\pi} \qquad R_1 = 1k\Omega \Rightarrow R_2 = 4.9\ M\Omega$$

$R_3 = 5k\Omega \Rightarrow C_1 = 3.1831\ \mu F$

$R = 10k\Omega$

Scanned with CamScanner

$R_4 = 1k\Omega \Rightarrow C_2 = 1.5916\ \mu F$

۲، ۳.

۲) ۴. I عبوری مجهول از R_a : $I = \frac{v_1 - v_2}{R_a}$ ، جریان عبوری از پایه‌های آپ امپ صفر است بنابراین

$$v_1' = v_1 + IR_b = v_1 + \frac{R_b}{R_a}(v_1 - v_2) \qquad v_2' = v_2 - IR_c = v_2 - \frac{R_c}{R_a}(v_1 - v_2)$$

$$v_2'' = v_2'\left(\frac{R_4}{R_2+R_4}\right)$$

ولتاژ ورودی

kcl ورودی A_3 : $\frac{v_{out} - v_2''}{R_3} = \frac{v_2'' - v_1'}{R_1}$

$$A_3 \Rightarrow v_{out} = \frac{R_3}{R_1}(v_2'' - v_1') + v_2'' = v_2'\left(\frac{R_4}{R_2+R_4}\right)\left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) - v_1'\left(\frac{R_3}{R_1}\right)$$

۳.

می‌خواهیم: $v_{out} = 3(v_2 - v_1)$ شود.

برای اینکار $\frac{R_4}{R_2} = \frac{R_3}{R_1}$ ← دراینصورت خواهیم داشت

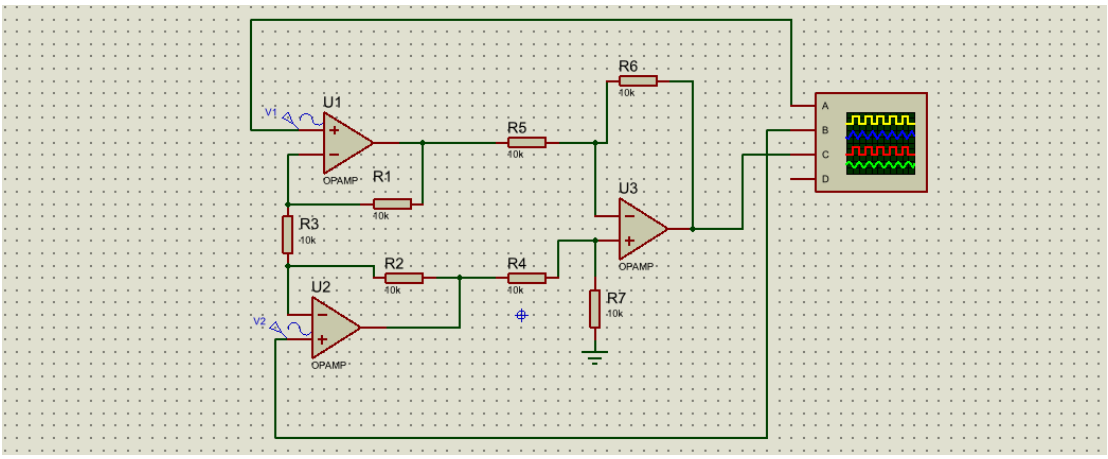
$$v_{out} = \frac{R_3}{R_1}(v_2' - v_1')$$

$$v_2' - v_1' = (v_2 - v_1)\left(\frac{R_b + R_c}{R_a} + 1\right) \Rightarrow v_{out} = \overbrace{\frac{R_3}{R_1}\left(\frac{R_b+R_c}{R_a} + 1\right)}^{3}(v_2 - v_1)$$

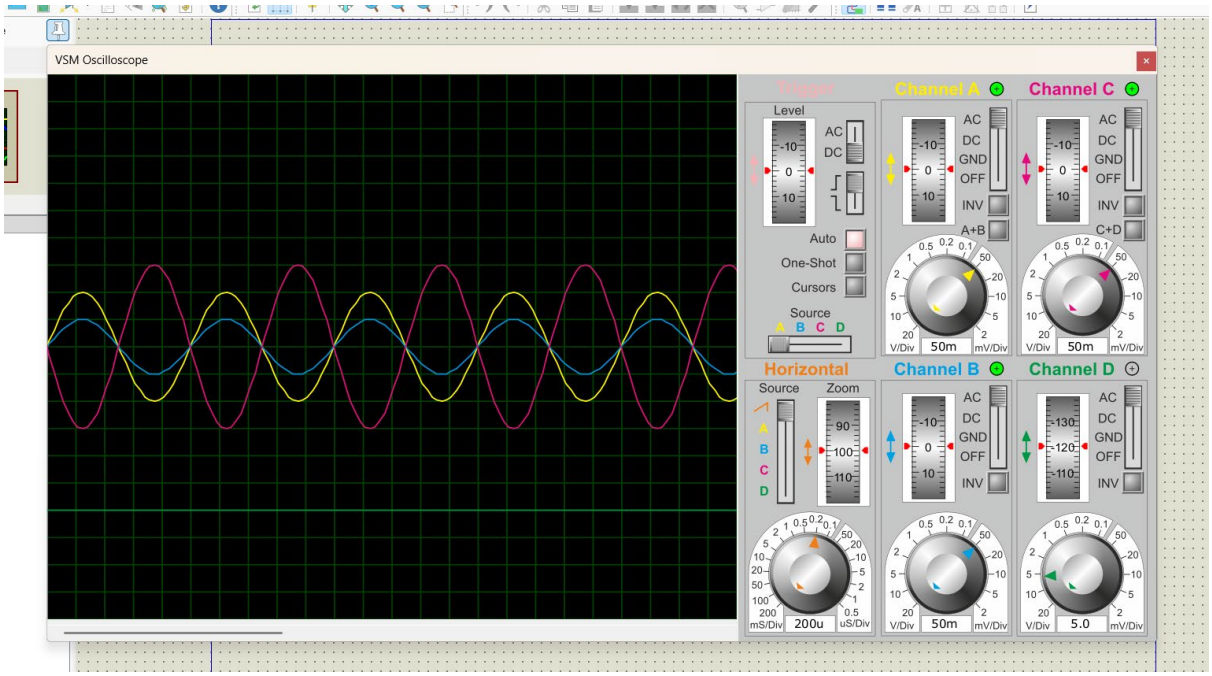
درصورت برابر داشتن $R_2 = R_4 = R_a = R_3 = R_1 = R_b = R_3$ ← اتوماتیک بهره ۳ میشه

$= 10\,k\Omega$ ✓

۴.

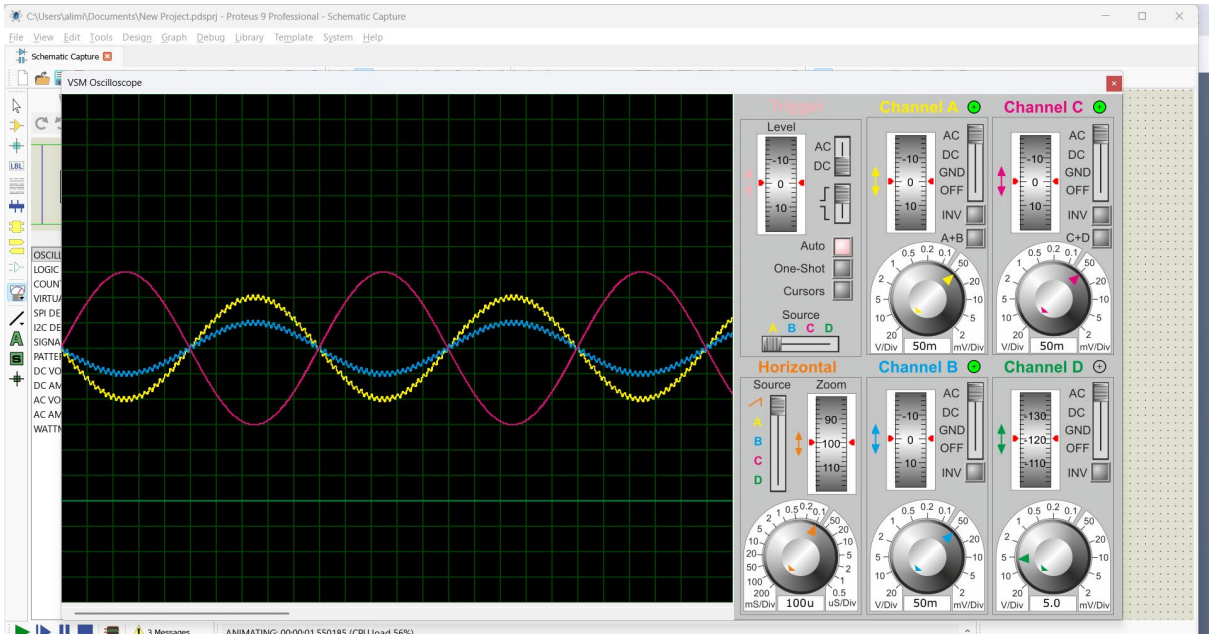


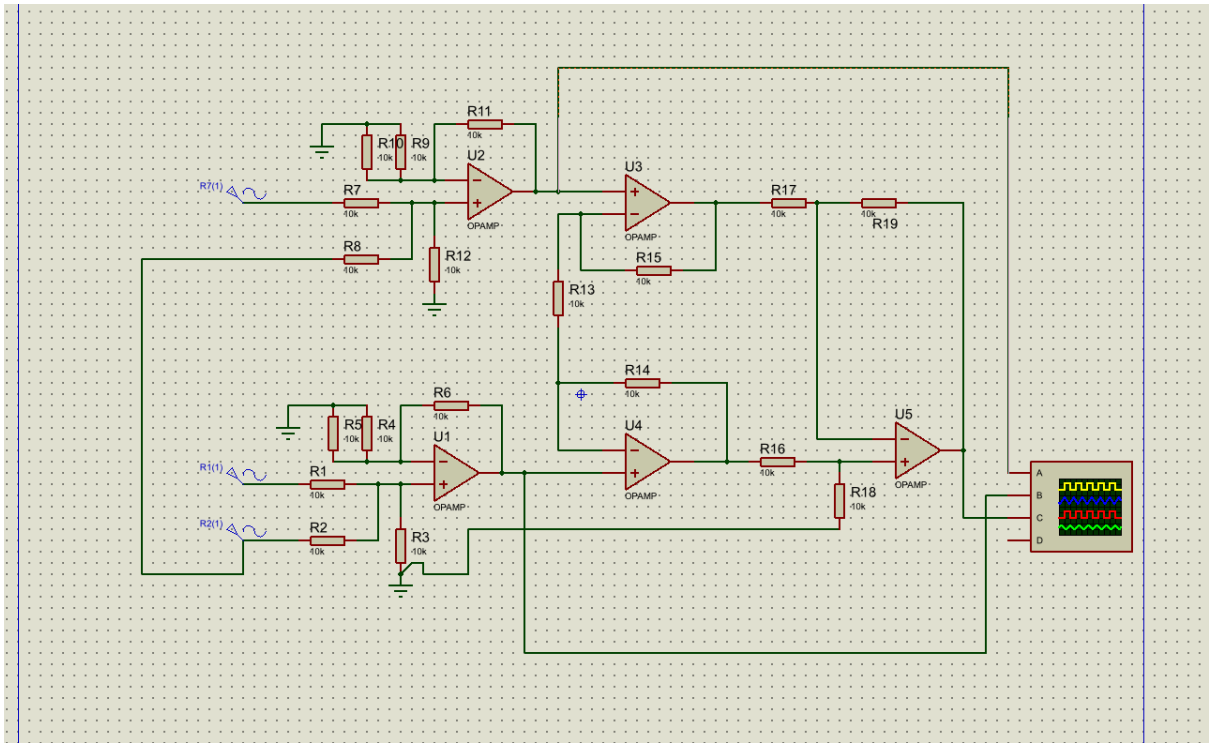
خروجی به کانال قرمز ، ورودی ۱ به کانال زرد ، ورودی ۲ به کانال آبی



مطابق انتظارات بود.

۵. برای نویز از سینوسی با دامنه ۵ میلی ولت و فرکانس ۵۰ کیلوهرتز استفاده شده که با جمع کننده به ولتاژهای سینوسی v1 و v2 اضافه می‌کنیم. چون نویز یکسان است و خروجی سه برابر اختلاف ورودی‌ها را می‌دهد همانطور توقعی که داشتیم نویز از سیگنال خروجی حذف می‌شود.





.۶

دلیل اصلی استفاده از پل وتستون در مدارهای دارای سنسور کرنش‌سنج، توانایی آن در تبدیل تغییرات بسیار کوچک مقاومت(کرنش سنج بخاطر تغییر شکل جسم دارای تغییر مقاومت می‌شود اما این به تنهایی برای اندازه‌گیری کافی نیست باید به ولتاژ تبدیل بشه و بهترین مدار پل وتستون هست) به یک سیگنال ولتاژ قابل اندازه‌گیری با دقت بالاست.

بررسی بهتر:

پل وتستون این تغییر مقاومت ناچیز را به یک اختلاف پتانسیل تبدیل می‌کند که به راحتی توسط طبقات بعدی (مثل آی‌سی AD620) قابل تقویت هست.

در حالت عادی که هیچ فشاری به سنسور وارد نمی‌شود، پل در حالت تعادل است (همانطور که از شکل مشخصه همه مقاومت‌ها در حالت تعادل ۳ کیلو اهم هستند) و ولتاژ خروجی **تفاضلی** پل دقیقاً صفر ولت می‌شود. این ویژگی باعث می‌شود هرگونه خروجی ولتاژ غیر از صفر، مستقیماً ناشی از اعمال فشار باشد و کالیبره کردن سیستم بسیار ساده شود.

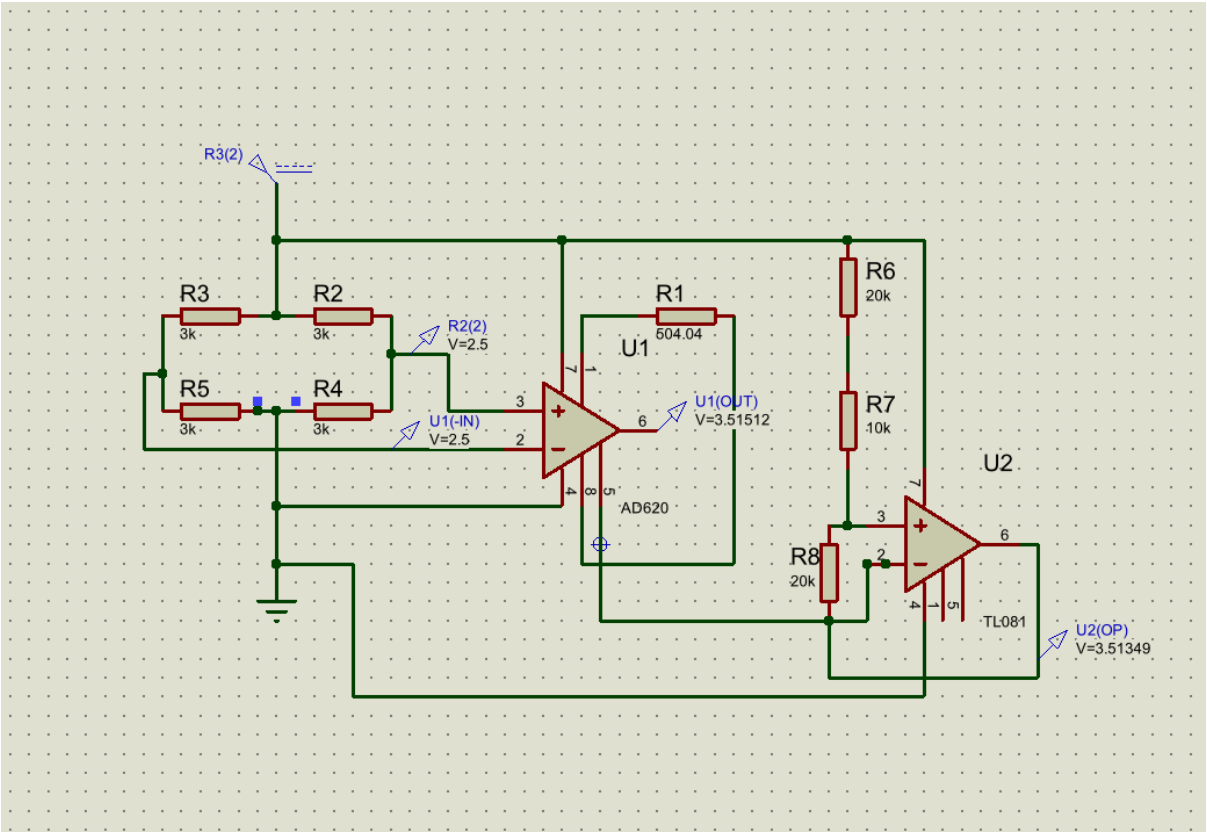
همچنین به دلیل ایجاد ولتاژ تفاضلی و اشاره به بخش های قبلی سوال، این ساختار تفاضلی باعث می‌شود نویزهای محیطی یا نوسانات منبع تغذیه که به طور یکسان روی هر دو پایه اثر می‌گذارند (در الکترونیک۲ می‌گفتیم مد مشترک)، توسط امپلیفایر حذف شوند و فقط سیگنال خالص ناشی از فشار تقویت شود.

.۷

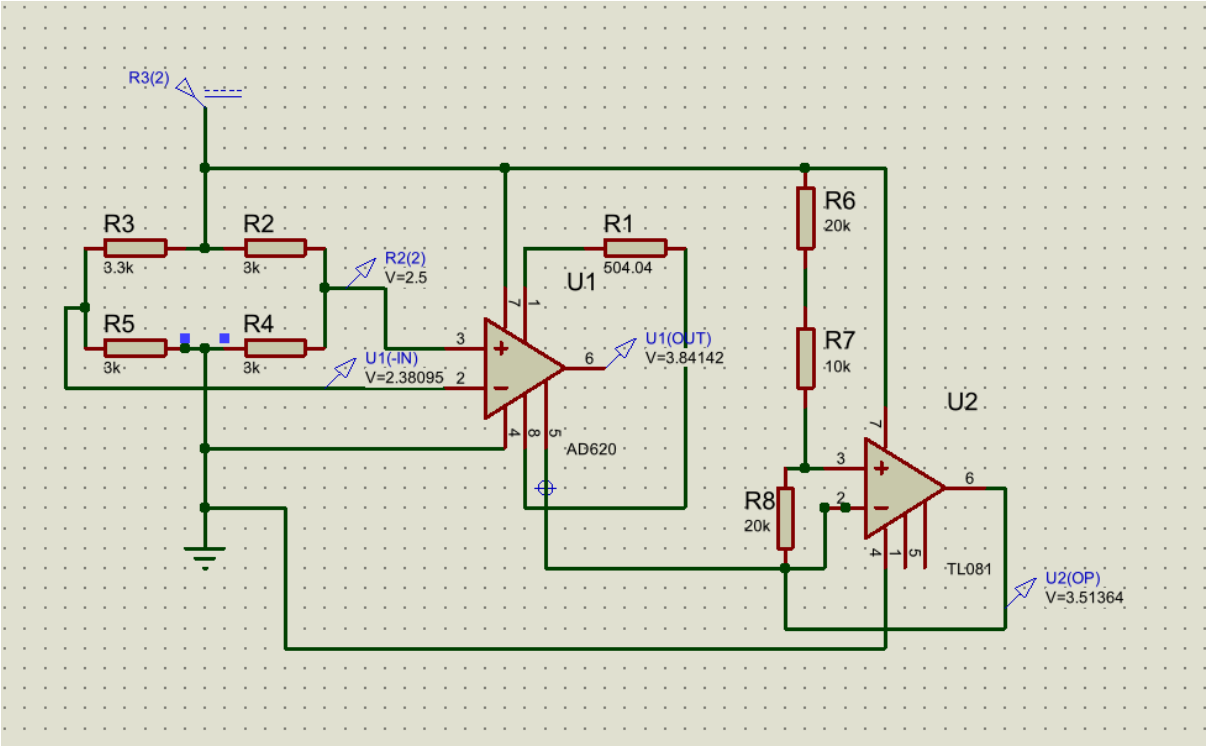
$$R_G = \frac{49.9\,K\Omega}{G-1} \Rightarrow G = \frac{49.9\,k\Omega}{R_G} + 1 \Rightarrow 99 = \frac{49.9\,k\Omega}{R_G} \Rightarrow R_G = 504.04\,\Omega$$

Scanned with CamScanner

مدار در حالت تعادل (فشاری وارد نمی‌شود و همه مقاومت ها ۳ کیلواهم هستند)

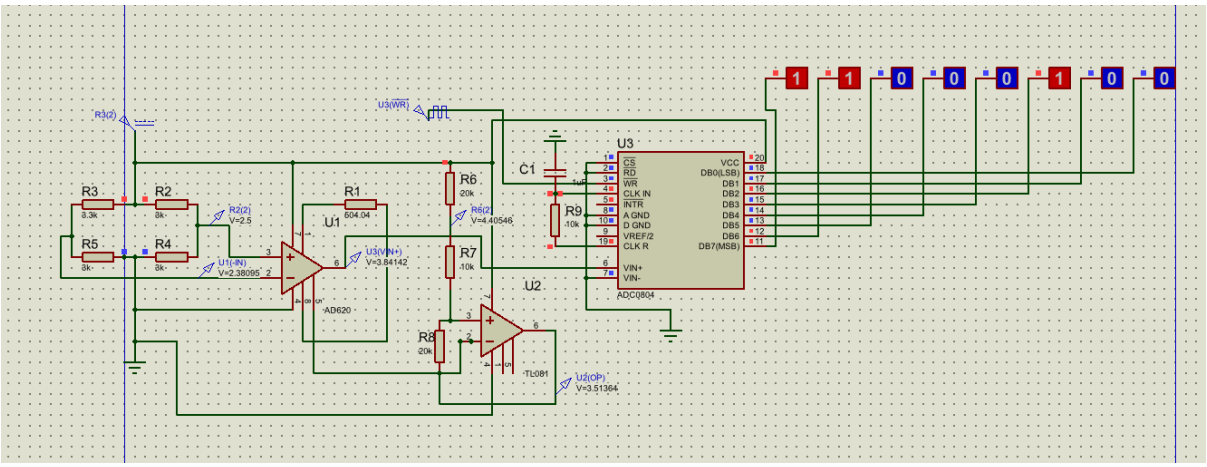


مدار در حالت اعمال فشار (یکی از مقاومت‌های پل ۳.۳ کیلواهم است):



همانطور که مشاهده می‌شود ولتاژ خروجی تقویت کننده سمت راستی با حالت تعادل فرقی نکرده است اما ولتاژ خروجی تقویت کننده سمت چپی با حالت تعادل فرق کرده است. می‌توانیم از تفاضل این دو متوجه شویم که آیا فشار به سنسور وارد شده است یا خیر.

مدار دارای **ADC**:



همانطور که مشخص است خروجی آپ امپ ۳.۸۴ ولت است که این عدد در صورت مرجع گرفتن ۵ ولت بصورت

$$2.5 + 1.25 + 0.078125 = 3.828125 \approx 3.84142V$$

است که نشان می‌دهد مدار به درستی کار می‌کند. ۱۱۰۰۰۱۰۰

نکته: دلیل استفاده از امپلیفایرهای متفاوت(ولی مشابه) به این دلیل بود که پروتئوس کامپوننت های ذکر شده را نداشت.