آزمایشگاه مدار مجتمع خطی

مدارات op-amp

محمد بهرامی

پاییز 1391

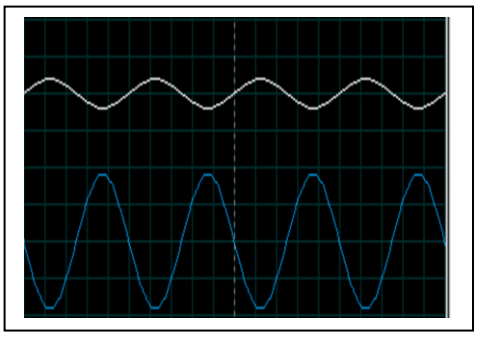
دانشکده فنی شهید جباریان استان همدان

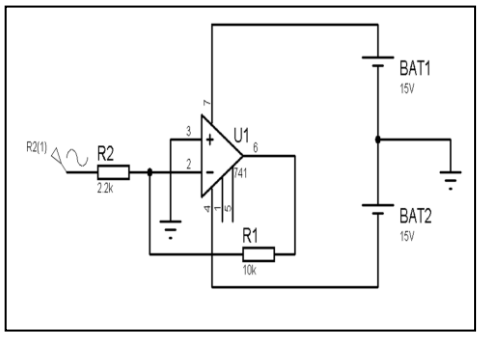
Electronic.loxblog.com

قسمت اول) مدارات پایه:

1- تقویت کننده معکوس کننده:

همانطوری که ملاحظه می کنید سیگنال خروجی (سیگنال پایین)و سیگنال ورودی(سیگنال بالا)180 درجه اختلاف فاز دارند.به همین دلیل به این تقویت کننده،تقویت کننده معکوس کننده گفته می شود.فرمول سیگنال خروجی –R1/R2 Vin می باشد که در مدار مورد نظر ولتاژ خروجی باید در حدود 5 برابر سیگنال ورودی باشد.در مدار مورد نظر دامنه سیگنال ورودی 2 ولت می باشد و سیگنال خروجی 10 ولت می باشد.



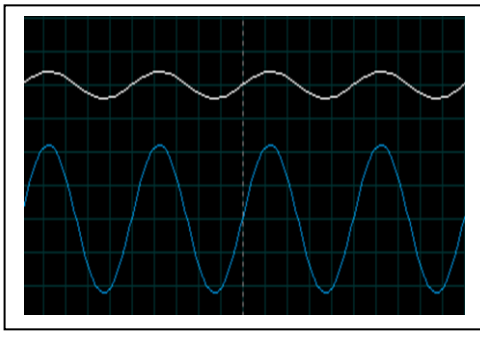


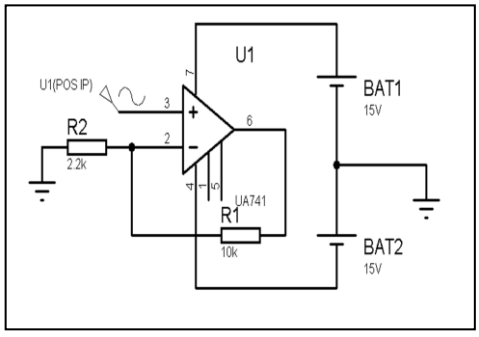
در فرکانس های بالای 14 کیلوهرتز شکل موج خروجی مثلثی می شود پس می توان نتیجه گرفت که پهنای باند این تقویت کننده 14 کیلو هرتز است.

از آنجایی که این مدار شبیه سازی شده است جریان ورودیDC پایه ها در حالت ایده ال صفر است.

2- تقویت کننده غیر معکوس کننده:

همانطوری که ملاحظه می کنید سیگنال خروجی (سیگنال پایین)و سیگنال ورودی(سیگنال بالا)اختلاف فازی ندارند.به همین دلیل به این تقویت کننده،تقویت کننده غیر معکوس کننده گفته می شود.فرمول سیگنال خروجی R1+R2/R2Vin می باشد که در مدار مورد نظر ولتاژ خروجی باید در حدود 6 برابر سیگنال ورودی باشد.در مدار مورد نظر دامنه سیگنال ورودی 2 ولت می باشد و سیگنال خروجی 11 ولت می باشد.



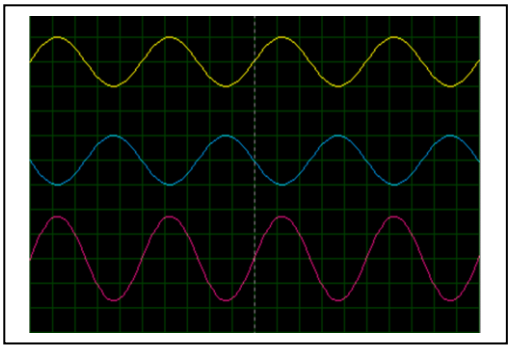


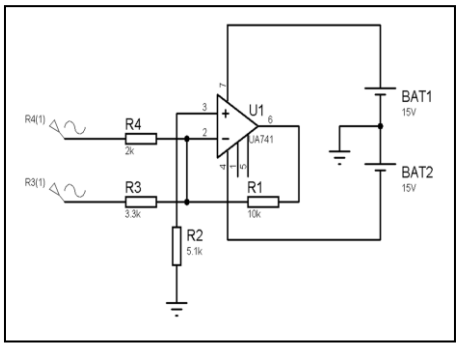
در فرکانس های بالای 11 کیلوهرتز شکل موج خروجی مثلثی می شود پس می توان نتیجه گرفت که پهنای باند این تقویت کننده 11 کیلو هرتز است.

جریانDC پایه مثبت 14 میکروآمپر و جریان پایه منفی 18 میکرو آمپر و جریان خروجی هم در حدود صفر می باشد.

3- تقویت کننده تفاضلی:

در شکل مقابل دامنه دو سیگنال ورودی 1 ولت است و با هم 180 درجه اختلاف فاز دارند.در حالت عادی فرمول سیگنال خروجی vout=(R1+R2/R3+R4)R4/R1V2-R2/R1V1 می باشد که در شکل مقابل سیگنال خروجی به صورت عملی 6.8 ولت می باشد.در حالتی که مقاومت های به صورت R1=R3 ,R2=R4 باشد فرمول سیگنال خروجی VOUT=R2/R1(V2-V1)می باشد.



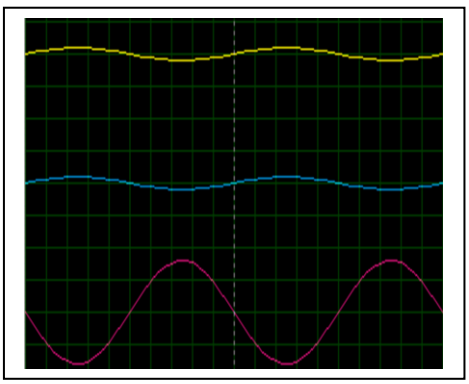


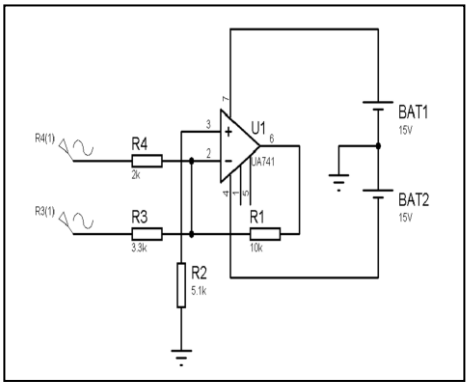
پهنای باند این مدار 33 کیلو اهم و مقاومت ورودی 4 کیلو اهم و مقاومت خروجی 800 اهم می باشد.

جریان پایه + 0.15 میکرو آمپر و جریان پایه – 0.16 میکرو آمپر می باشد.جریان خروجی نیز 25 میلی آمپر می باشد.

4- جمع کننده معکوس:

مدار مورد نظر دو یا چند سیگنال را گرفته و با هم جمع می کند و با 180 درجه اختلاف فاز در خروجی ظاهر می نماید.از آنجایی که مقاومت های R1 , R3 , R4 با هم برابر نمی باشند می توان گفت که این مدار هم جمع کننده است و هم تقویت کننده است. فرمول این مدار به صورت روبه رو می باشد. Vout=-R1(V1/R4+V2/R3) .بهره مدار به صورت تئوری 8 می باشد.مقدار سیگنال خروجی شبیه سازی شده 7.5 ولت و مقدار ورودی هریک از سیگنال ها 1 ولت می باشد.مقدار عملی سیگنال خروجی 7.2 ولت می باشد.



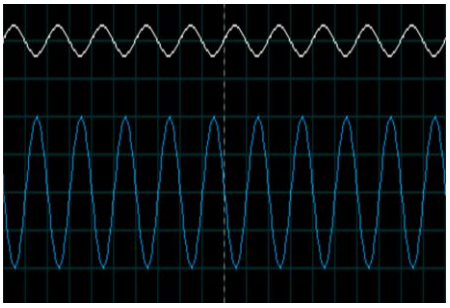


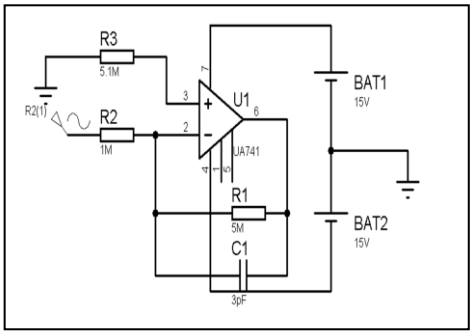
پهنای باند مدار 17 کیلوهرتز می باشد.مقاومت ورودی پایه مثبت 8.8 مگااهم و پایه منفی 2 کیلو می باشد پس مقاومت ورودی 9 مگا اهم می باشد.مقاومت خروجی نیز برای شبیه سازی قابل مشاهده نمی باشد.(مقاومت خروجی پایین است).

جریان دی سی پایه – 0.08 میکرو آمپر و جریان پایه منفی هم 0.07 میکرو آمپر و جریان خروجی نیز28 میلی آمپر می باشد.

5- تقویت کننده معکوس کننده با امپدانس ورودی بالا:

همانطوری که ملاحظه می کنید سیگنال خروجی (سیگنال پایین)و سیگنال ورودی(سیگنال بالا)180 درجه اختلاف فاز دارند..به همین دلیل به این تقویت کننده،تقویت کننده غیر معکوس کننده گفته می شود.فرمول سیگنال خروجی R1/R2Vin می باشد که در مدار مورد نظر ولتاژ خروجی باید در حدود 5 برابر سیگنال ورودی باشد.در مدار مورد نظر دامنه سیگنال ورودی 2 ولت می باشد و سیگنال خروجی 10 ولت می باشد.



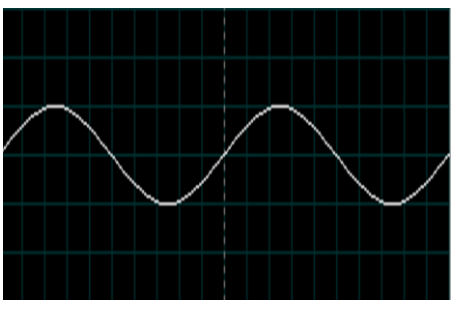


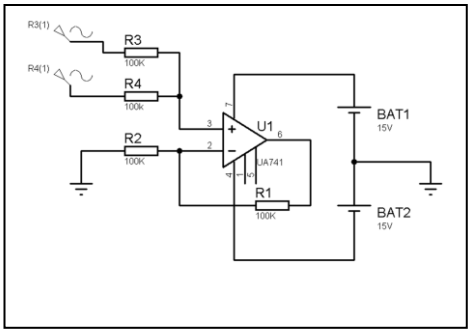
در فرکانس های بالای 9 کیلوهرتز دامنه سیگنال به مقدار 70 درصد مقدار تقویت خود می رسد پس می توان نتیجه گرفت که پهنای باند این تقویت کننده 9 کیلو هرتز می باشد.این مدار شبیه مدار تقویت کننده معکوس کننده ساده می باشد با این تفاوت که مشکل مثلثی شدن موج ورودی حل شد ولی پهنای باند کمتر شد.البته پهنای باندی که برای مدار تقویت کننده معکوس کننده لحاظ شد از نظر شکل موج بود.ولتاژ ACورودی 1.4 ولت و جریان ورودی 1.32 میکرو آمپر می باشد.پس می توان نتیجه گرفت که مقاومت ورودی در حدود 1 مگا اهم می باشد.

جریان DCپایه مثبت 0.1 میکروآمپر و جریان پایه منفی 2.2 میکرو آمپر و جریان خروجی هم در حدود 32میلی آمپر می باشد می باشد.

6- جمع کننده غیر معکوس کننده:

این مدار دامنه سیگنال ورودی را جمع می کند.از آنجایی که مقاومت ها دقیقا مثلا هم انتخاب شده اند این فرمول برای سیگنال خروجی صادق می باشد : Vo=V1+V2 .این مدار دقیقا از لحاظ فرمول بندی و سایر موار شبیه جمع کننده معکوس کننده می باشد با این تفاوت که سیگنال خروجی اختلاف فازی با سیگنال ورودی ندارد.



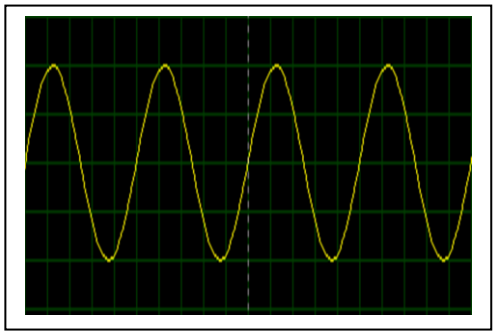


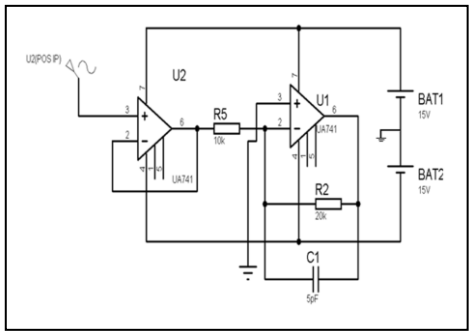
در فرکانس های بالای 65 کیلوهرتز سیگنال خروجی به صورت مثلثی می باشد با توجه به این قضیه پهنای باند ما 65 کیلو هرتز خواهد بود.

جریان DCپایه مثبت 0.19 میکروآمپر و جریان پایه منفی 0.11میکرو آمپر و جریان خروجی هم در حدود 29 میلی آمپر می باشد می باشد.

7- تقویت کننده غیر معکوس کننده AC

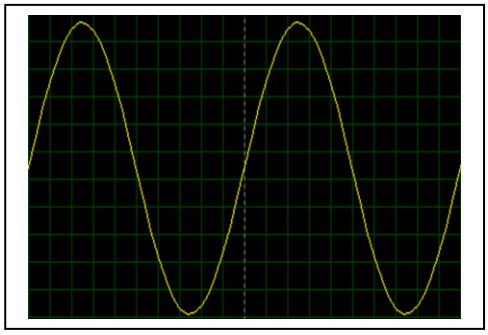
این هم یک تقویت کننده می باشد که بهره آن از رابطه R2/R5 بدست می آید.شاید تنها تفاوت این مدار با مدارهای معمولی تقویت کننده این باشد که پهنای باند این مدار بیشتر است.پهنای باند این مدار 55 کیلوهرتز می باشد.

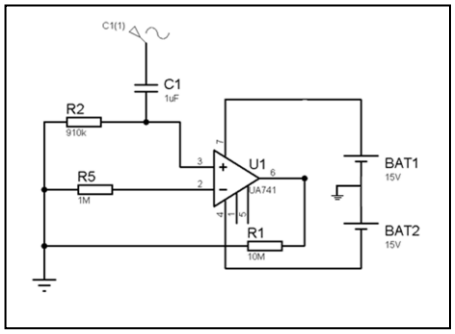




8- جمع کننده معکوس کننده با امپدانس ورودی بالا:

این مدار یک تقویت کننده قدرت می باشد که اگر ما مثلا به ورودی 5 میلی ولت بدهیم خروجی را 40 برابر می کند!یعنی اینکه بهره ما 40 می باشد و در این حالت سیگنال خروجی ما 200mv ولت می شود.در واقع این مدار یک تقویت کننده amplifier می باشد.



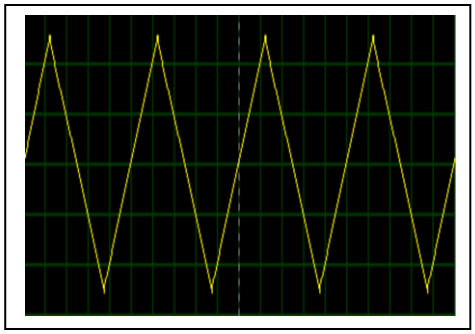


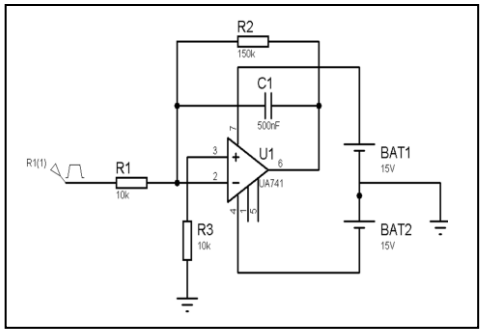
مقاومت ورودی 700 کیلو اهم می باشد.مقاومت خروجی 1 کیلو اهم می باشد.

پهنای باند مدار هم 17 کیلو هرتز می باشد.

9- انتگرال گیر:

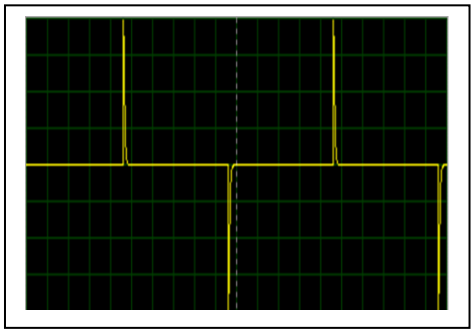
این مدار از سیگنال ورودی انتگرال می گیرد.در مدار روبرو سیگنال ورودی مربعی میباشد.خازن c1 و مقاومت R2 ثابت زمانی خروجی را تعیین می کند.مقاومت R1 نیز ثر دامنه خروجی تاثیر گذار است.این مدار یک فیلتر پایین گذر می باشد. فرکانس قطع مدار نیز از رابطهFC=1/6.28*R1C1 به دست می آید.

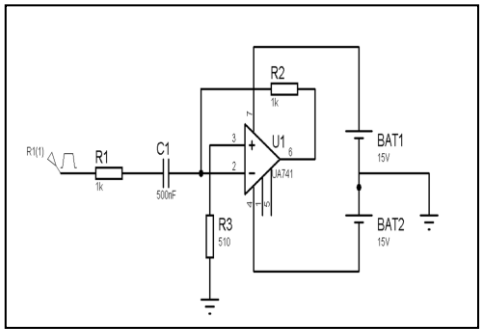




10- مشتق گیر:

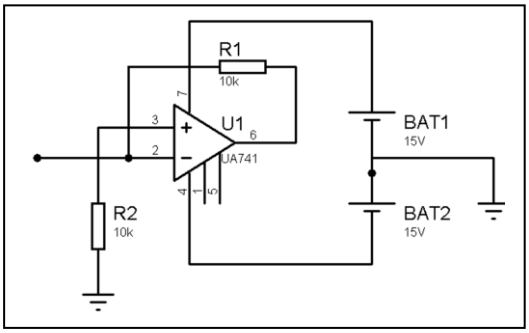
این مدار از سیگنال ورودی مشتق می گیرد.در مدار روبرو سیگنال ورودی مربعی میباشد.خازن c1 و مقاومت R1 ثابت زمانی خروجی را تعیین می کند.مقاومت R2 نیز ثر دامنه خروجی تاثیر گذار است.فرکانس قطع مدار نیز از رابطه FC=1/6.28*R2C1 به دست می آید.





11–مبدل جریان به ولتاژ:

این مدار جریان ورودی را به ولتاژ تبدیل می کند البته ولتاژ خروجی 180 درجه اختلاف فاز خواهد داشت.

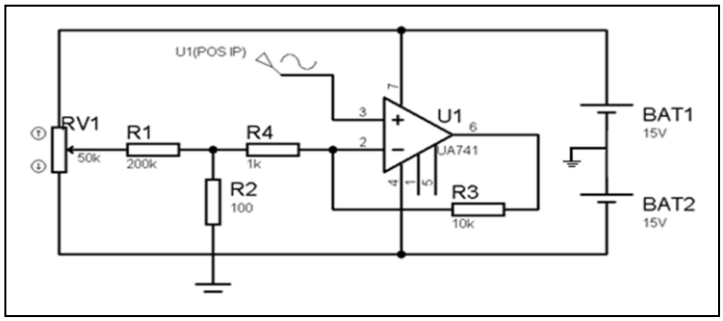


12– انتگرال گیر سریع:این مدار را نرم افزار شبیه سازی نمی تواند شبیه سازی کند.

13– مدار آشکار ساز حد با فعال ساز دوبل: :این مدار را نرم افزار شبیه سازی نمی تواند شبیه سازی کند،چرا که پایه 8 در نرم افزار وجود ندارد.

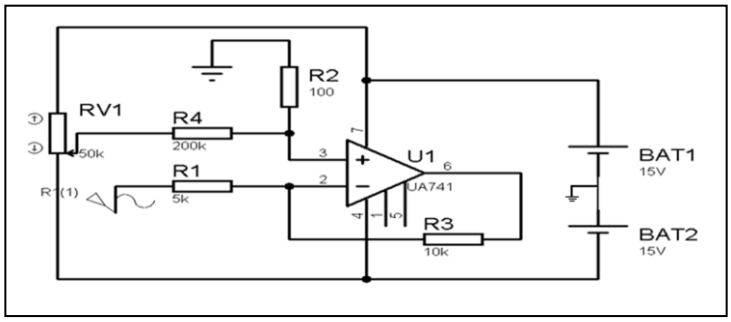
14– ولتاژقابل تنظیم برای تقویت کننده های غیر معکوس کننده:

این مدار همان تقویت کننده غیر معکوس کننده می باشد با این تفاوت که می توانیم میزان ولتاژ آفست ورودی را با پتانسیومتر تنظیم کنیم. range=+,-R2/R1 می باشد.



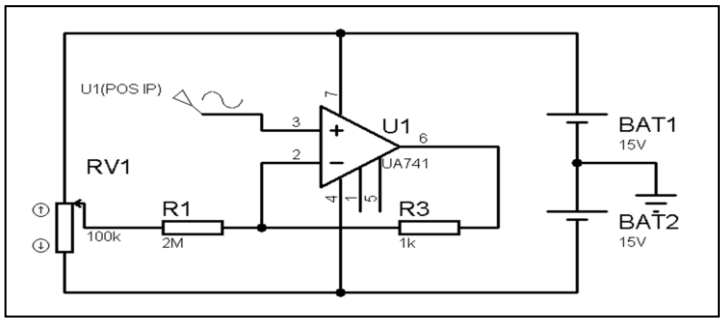
15– ولتاژقابل تنظیم برای تقویت کننده های معکوس کننده:

این مدار همان تقویت کننده معکوس کننده می باشد با این تفاوت که می توانیم میزان ولتاژ آفست ورودی را با پتانسیومتر تنظیم کنیم.فرمول رنج تغییر range=+,-R2/R4 می باشد.



16– ولتاژقابل تنظیم برای بافرهای ولتاژ:

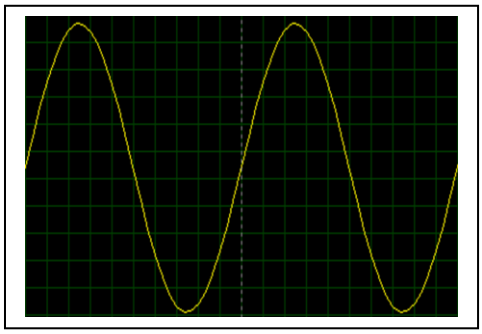
این مدار همان تقویت کننده معکوس کننده می باشد با این تفاوت که می توانیم میزان ولتاژ آفست ورودی را با پتانسیومتر تنظیم کنیم. range=+,-R3/R1 می باشد.

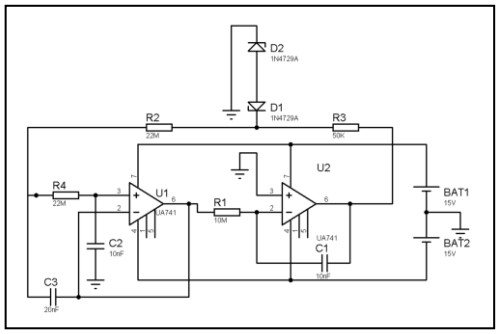


قسمت دوم:مدارات سیگنال ژنراتور:

17- مولد موج سینوسی فرکانس پایین همراه با خروجی کسینوسی:

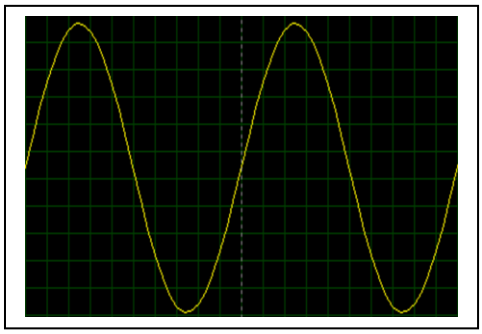
این مدار یک مدار مولد سیگنال سینوسی و کسینوسی است که فرکانس آن 1 هرتز است.در شکل مقابل خروجی سینوسی را مشاهده می کنید.

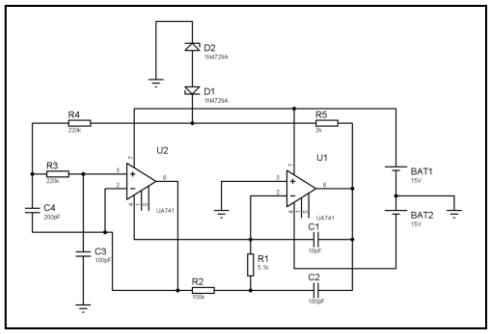




18- مولد موج سینوسی فرکانس بالا همراه با خروجی کسینوسی:

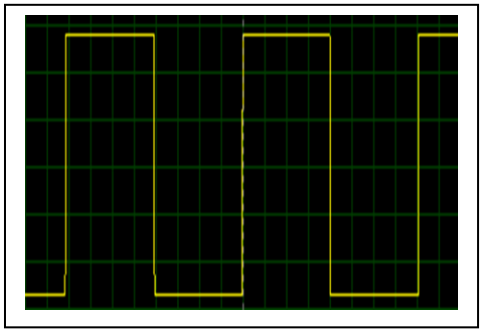
این مدار یک مدار مولد سیگنال سینوسی و کسینوسی است که فرکانس آن 1کیلو هرتز است.در شکل مقابل خروجی سینوسی را مشاهده می کنید.

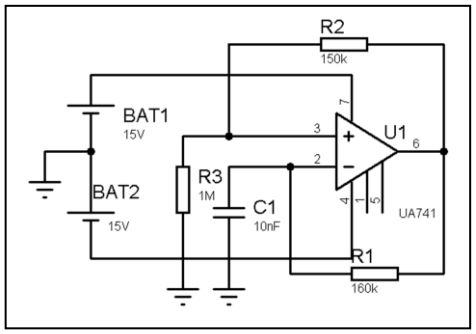




19- مولتی ویبراتور با کارکرد آزاد:

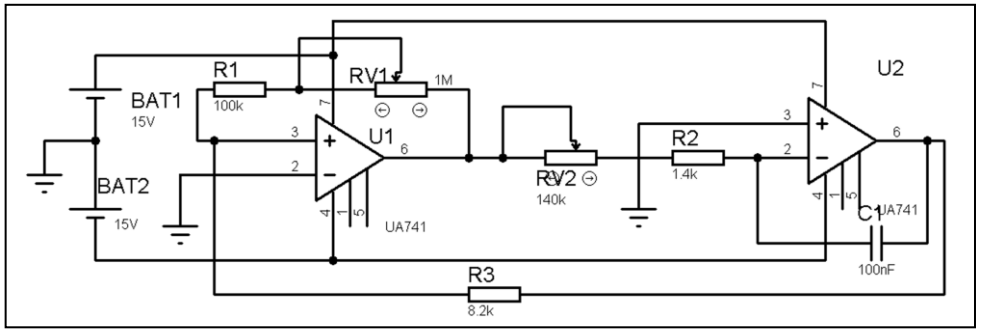
این مدار یک مولتی ویبراتور می باشد که رابطه فرکانس خروجی آن به صوت FO=1/6.28*R1C1می باشد.خروجی مدار را که از پایه 6 آپ امپ گرفته می شود را در روبرو مشاهده می کنید.



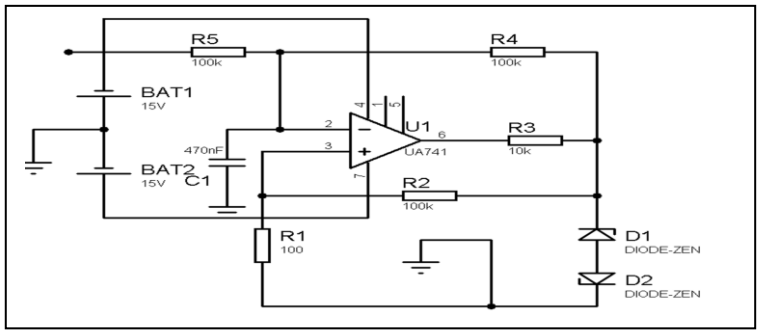


20- فانکشن ژنراتور:

این مدار یک فانکشن ژنراتور است که فرکانس آن با تغییر پتانسیومتر تغییر می کند.خروجی آپ مپ اولی مربعی می باشد و خروجی آپ امپ دوم مثلثی می باشد.حداکثر فرکانس تولیدی 5 کیلوهرتز است و حداقل فرکانس تولیدی 111 هرتز میباشد.پهنای باند فرکانس این مدار 2.5 کیلوهرتز میباشد.پتانسیومتر شماره 1 نقش fine را داراست.

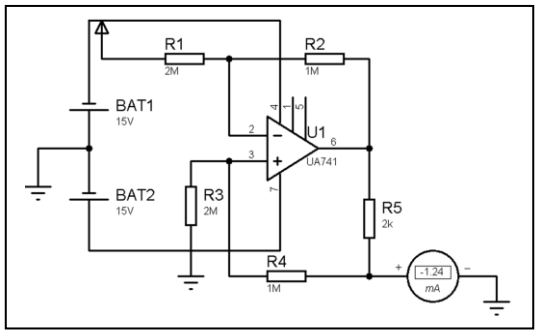


21- مدلاتور pwm عرض پالس:



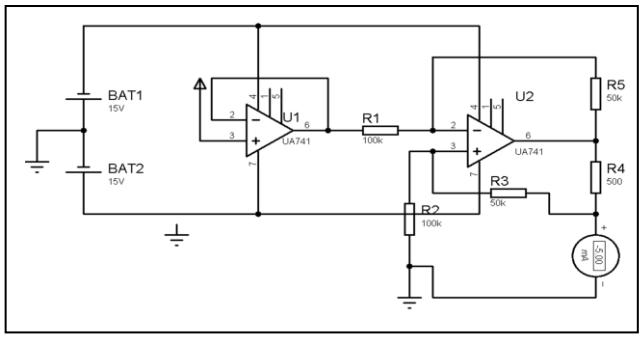
این مدار با توجه به ولتاژی که در ورودی مقاومت 100 کیلواهم به آن داده می شود مدلاسیون pwm را در خروجی پایه 6 آپ امپ به ما ارائه می کند.متاسفانه نرم افزار شبیه سازی قادر به شبیه سازی این مدار نمی باشد ولی در عمل ما مدلاسیون را مشاهده نمودیم.

22- منبع جریان دوطرفه:



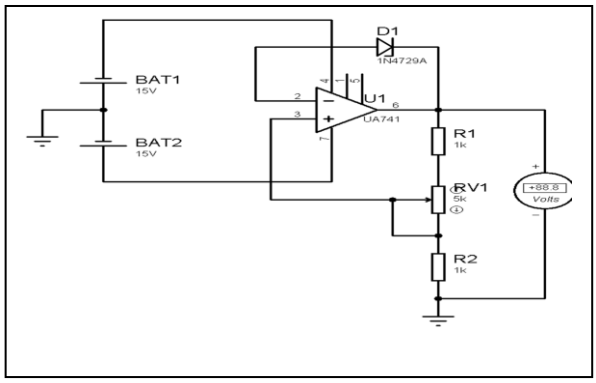
این مدار یک مدار منبع جریان می باشد.در شکل مقابل نحوه دریافت جریان را مشاهده می کنید.فرمول رابط جریان خروجی به صورت Iout=R2*VIN/R1*R5 می باشد.که در مدار مقابل با توجه به مقاومت ها جریان خروجی 1.24میلی آمپر می باشد.اثر بارگذاری هم بسیار کم می باشد.

23- منبع جریان دوطرفه:



این مدار یک مدار منبع جریان می باشد.در شکل مقابل نحوه دریافت جریان را مشاهده می کنید.فرمول رابط جریان خروجی به صورت Iout=R5*VIN/R1*R4 می باشد.که در مدار مقابل با توجه به مقاومت ها جریان خروجی 5میلی آمپر می باشد.اثر بارگذاری هم بسیار کم می باشد.

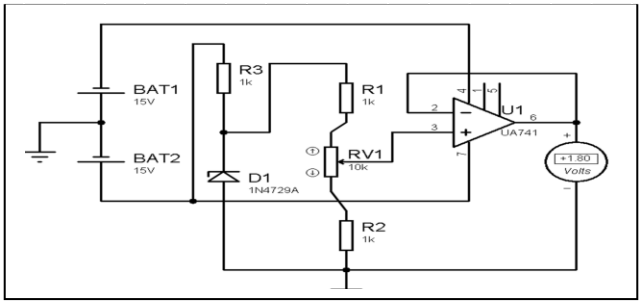
24- ولتاژ مرجع مثبت:



این مدار ولتاژ مرجع را برای ما فراهم میکند.ولتاژ خروجی مثبت است و تابعی از مقاومت متغیر می باشد.

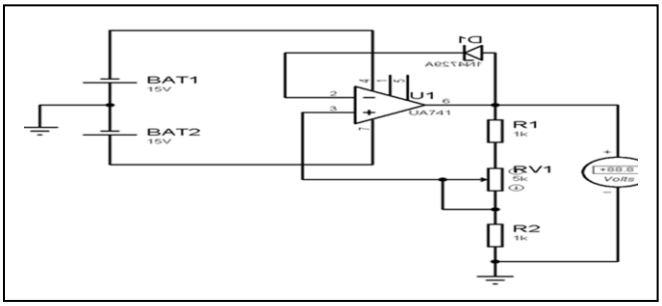
25- ولتاژ مرجع مثبت:

این هم مدار دیگری است که ولتاژ مرجع را برای ما فراهم میکند.ولتاژ خروجی مثبت است و تابعی از مقاومت متغیر می باشد.



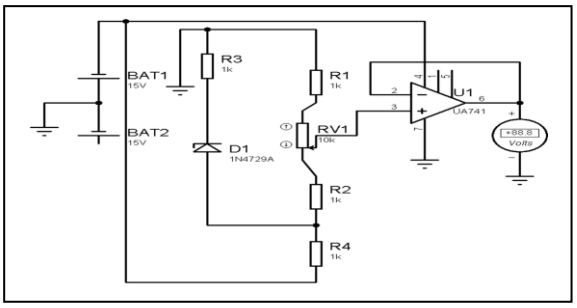
26- ولتاژ مرجع منفی:

این هم مدار دیگری است که ولتاژ مرجع را برای ما فراهم میکند.ولتاژ خروجی منفی است و تابعی از مقاومت متغیر می باشد.



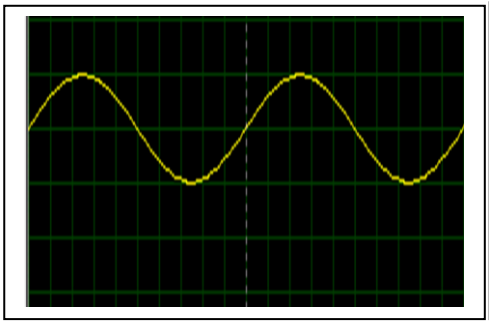
27- ولتاژ مرجع منفی:

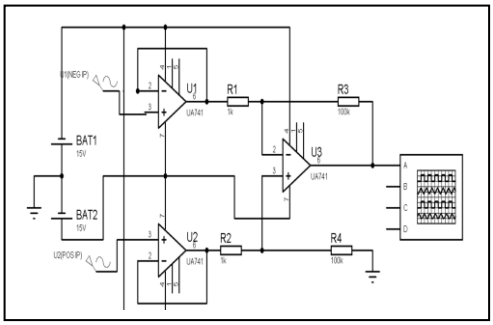
این هم مدار دیگری است که ولتاژ مرجع را برای ما فراهم میکند.ولتاژ خروجی منفی است و تابعی از مقاومت متغیر می باشد.



28- تقویت کننده ابزار دقیق:

این تقویت کننده یک تقویت کننده ابزار دقیق می باشد که سیگنال های کوچک در حد میلی ولت را تقویت می کند.رابطه بهره ولتاژ av=R3/R1 می باشد.در شکل مقابل ورودی تفاضل 20 میلی ولت و سیگنال خروجی 2 ولت می باشد. پاسخ فرکانس این مدار 16 کیلو هرتز می باشد.

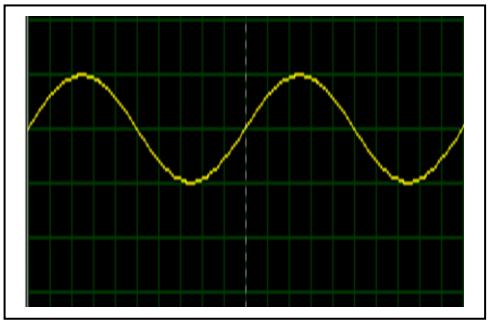


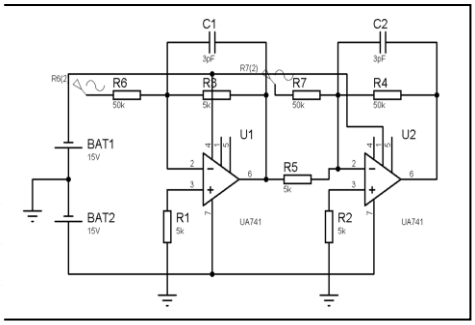


29 – تقویت کننده ابزار دقیق همراه با ورودی تفاضلی:این تقویت کننده هم مشابه تقویت کننده بالا می باشد.

30- تقویت کننده ابزار دقیق با رنج حالت مشترک متقارن 100 ولت:

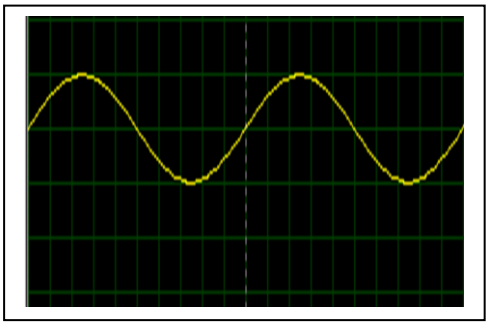
این تقویت کننده یک تقویت کننده ابزار دقیق می باشد که سیگنال های کوچک در حد میلی ولت را تقویت می کند.رابطه بهره ولتاژ av=R7/R4 می باشد.در شکل مقابل ورودی تفاضل 20 میلی ولت و سیگنال خروجی 2 ولت می باشد.پاسخ فرکانس این مدار 15 کیلو هرتز می باشد.

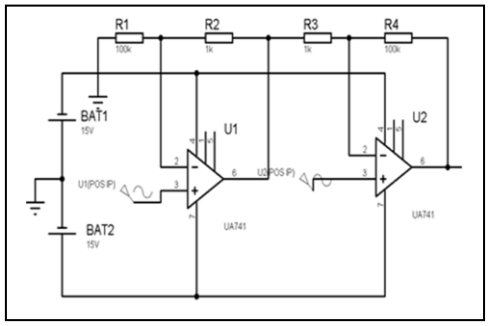




31- تقویت کننده ابزار دقیق با امپدانس ورودی بالا:

این تقویت کننده یک تقویت کننده ابزار دقیق می باشد که سیگنال های کوچک در حد میلی ولت را تقویت می کند.رابطه بهره ولتاژ 1+r1/r2 می باشد.در شکل مقابل ورودی تفاضل 20 میلی ولت و سیگنال خروجی 2 ولت می باشد.پاسخ فرکانس این مدار 15 کیلو هرتز می باشد.

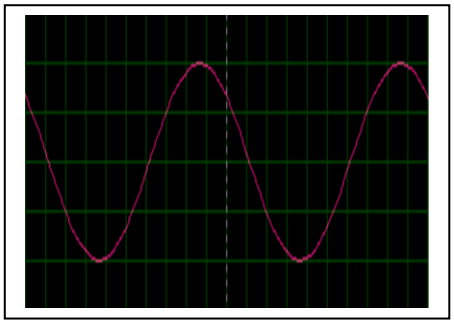


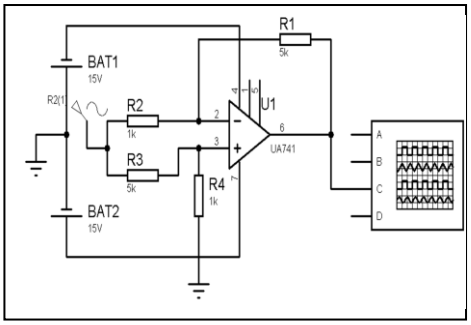


32- دیود ایده آل:متاسفانه به دلیل نبود پایه 8 در برنامه شبیه سازی،این آزمایش انجام نشد.

33- تقویت کننده پل:

این مدار نیز یک تقویت کننده می باشد که مقدار بهره آن از رابطه vout=vin*(1-R1/R2) به دست می آید.البته این رابطه زمانی صادق است که نسبت r1/r2با r3/r4 صحیح باشد.پاسخ فرکانس 15 کیلوهرتز می باشد.

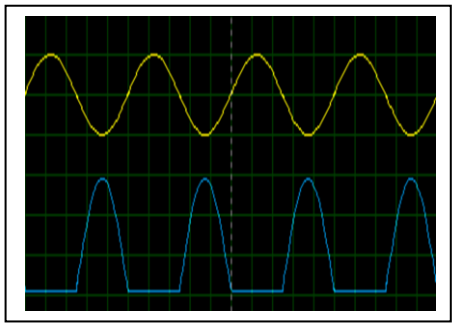


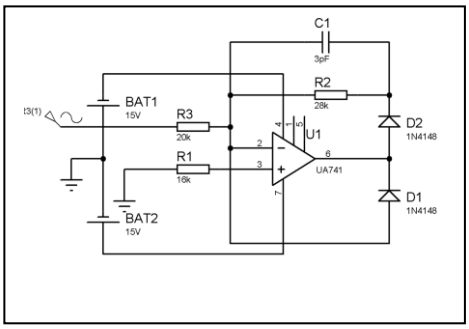


جریان پایه + 0.16 میکرو و جریان پایه- 0.18 میکرو آمپر می باشد.جریان پایه خروجی هم 14 میلی آمپر می باشد.مقاومت ورودی 1 کیلو اهم و مقاومت خروجی هم در حدود 10 اهم می باشد.

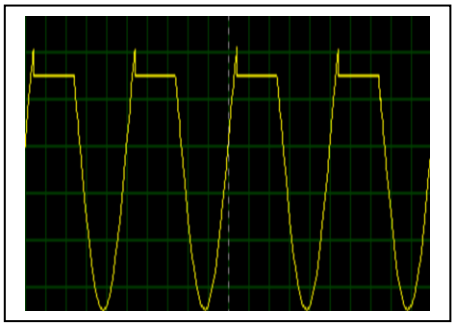
34- برش دهنده نیم موج سریع:

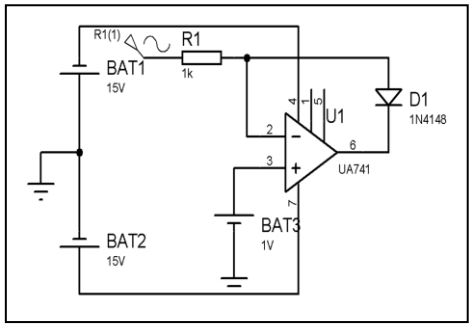
این مدار نیز یک برش دهنده منفی می باشد.خروجی را از کاتد d2 دریافت می کنیم





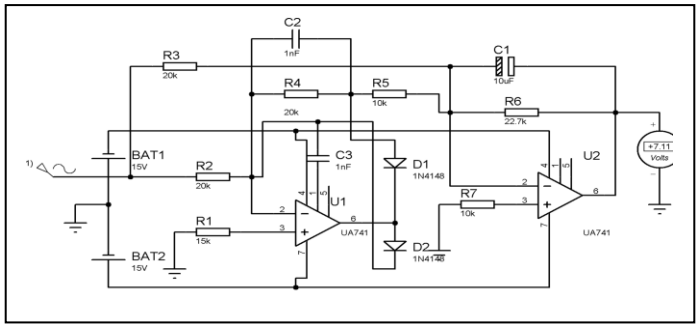
این مدار نیز یک برش دهنده مثبت می باشد.خروجی را از آند d1 دریافت می کنیم.محدوده برش نیم سیکل مثبت را نیز می توانیم توسط پایه +تعیین کنیم.





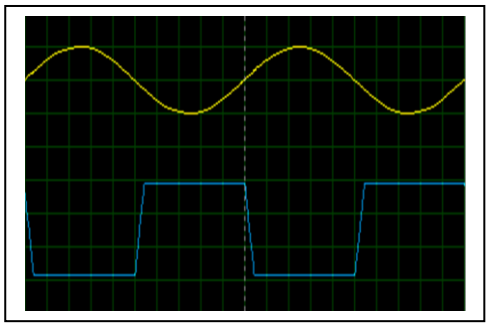
36–مبدل ac به dc دقیق:

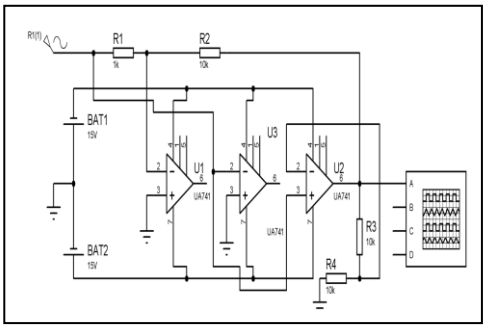
این مدار یک مبدل ac به دی سی می باشد.که با آزمایش صورت گرفته وقتی که دامنه ورودی 10 ولت باشد خروجی ما 7 ولت دی سی می باشد.



37– تقویت کننده مطلق همراه با آشکار ساز علامت ولتاژ:

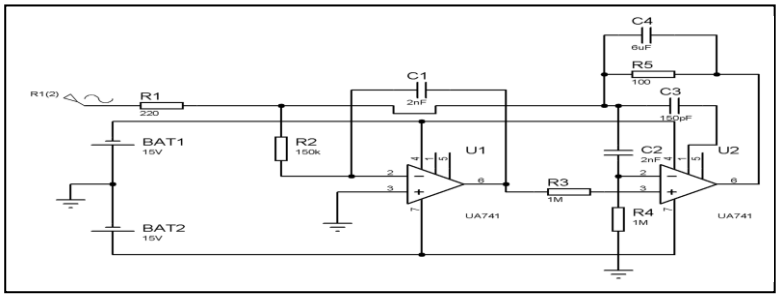
این مدا یک تقویت کننده دقیق می باشد.که سیگنال ما را تقویت می کند.علاوه بر تقویت کنندگی حد سیگنال و پلاریته سیگنال را برای ما مشخص می کند.در شکل مقابل سیگنال خروجی ما 10 ولت است و سیگنال ورودی ما هم 5 ولت.سیگنال خروجی 180 درجه اختلاف فاز دارد و به همین خاطر سیگنال پایینی که از خروجی اپ امپ 3 گرفته شده است پلاریته سیگنال را نشان می دهد.





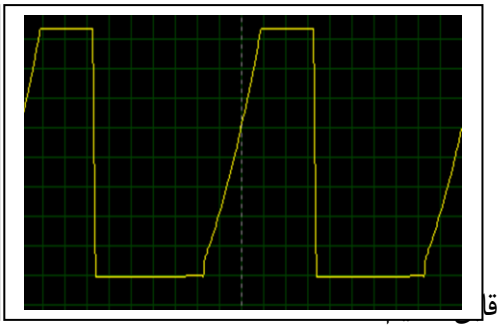
38–مدار جمع کننده سریع همراه با جریان ورودی کم:

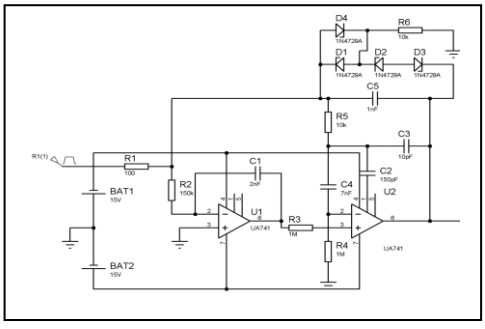
متاسفانه مدار مورد نظر در شبیه سازی جواب نداد.



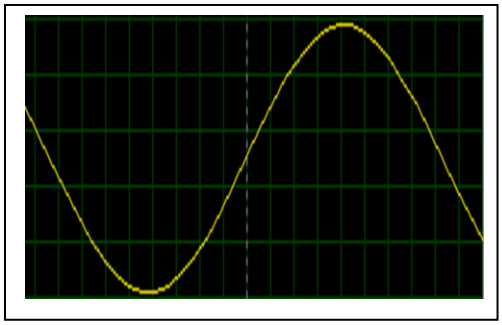
39– انتگرال گیر سریع با جریان ورودی کم:

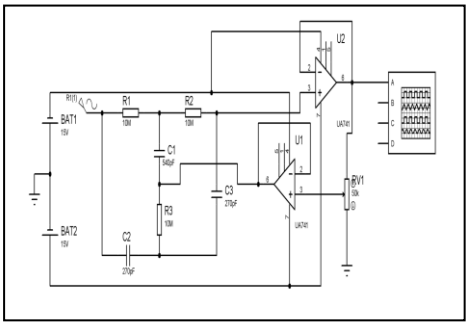
این مدار یک انتگرال گیر می باشد.که از موج ورودی انتگرال می گیرد.در مدار مقابل موج ورودی مربعی می باشد.





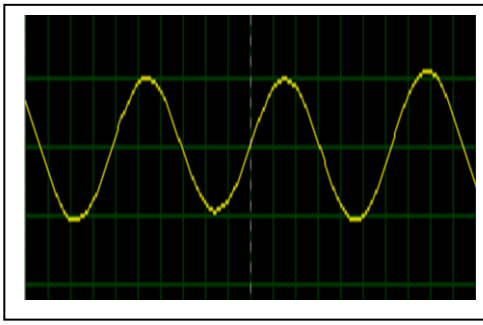
مدار روبه رو یک فیلتر میان نگذر می باشد.فرمول فرکانس خروجی که رزونانس فیلتر میان نگذر در آن قرار دارد از رابطه fo=1/6.28R1C2 به دست می آید.

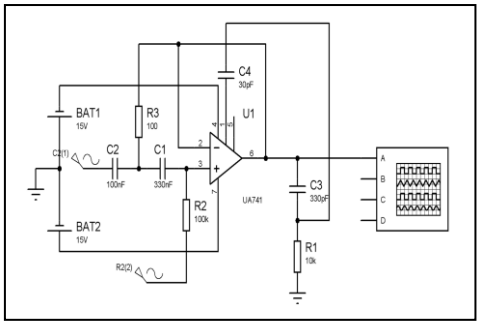




41- مدار تنظیم دقیق:

این مدر دقیق در لحظه ای که فرکانس ورودی مطابق با فرمول $fo=1/6.28\sqrt{R2R3C1C2}$ است دامنه مناسب را می دهد .در مدار مقابل فرکانس روی 1.6 کیلو هرتز قرار گرفته است.برای این تنظیم وجود سیگنال دوم لازم است.

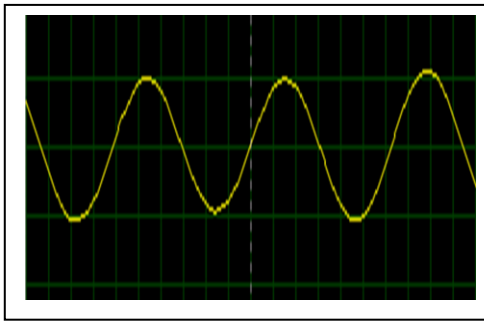


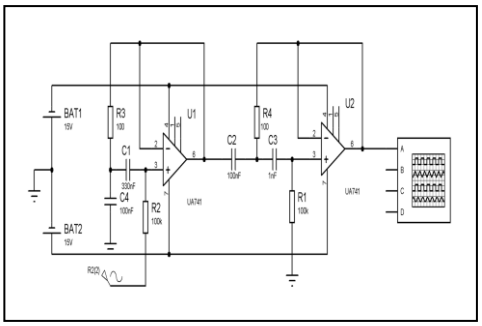


42- فیلتر میان نگذر ساده:این مدار نیز مشابه مدار شماره 40 می باشد.

43- مدار تنظیم دقیق دو طبقه:

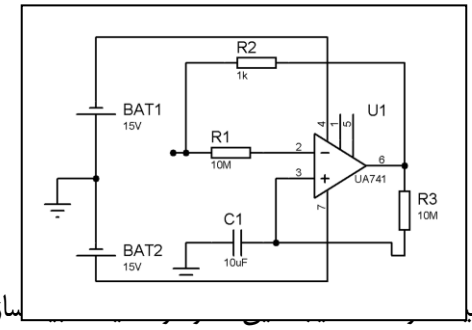
این مدر دقیق در لحظه ای که فرکانس ورودی مطابق با فرمول $fo=1/6.28\sqrt{R2R3C4C2}$ است دامنه مناسب را می دهد ..





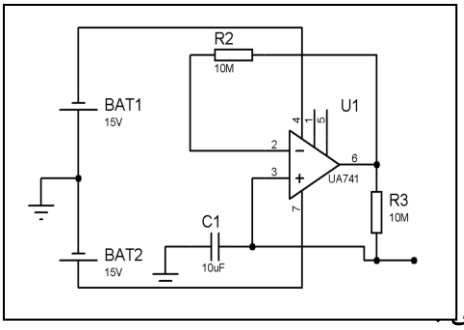
44-چند باربر کننده خازن منفی:

این مدر خازن منفی را می دهد.فرمول خازن منفی خروجی به صورت c=r1/r2 می باشد.



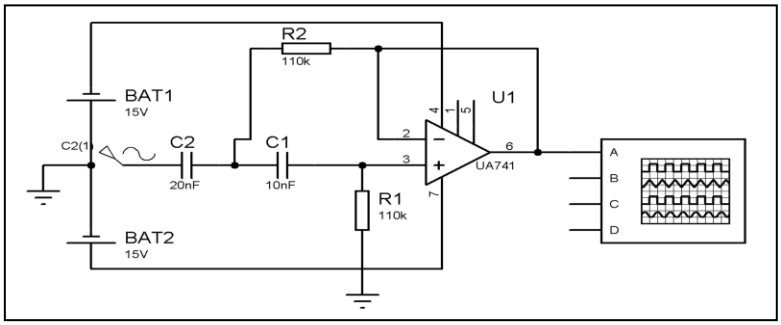
45- چند برابر کننده خازن مثبت:

این مدر خازن + را می دهد.فرمول خازن + خروجی به صورت c=r1/r2 می باشد.



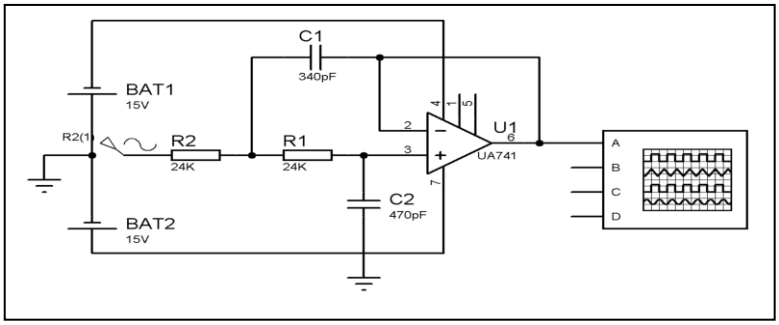
47- فیلتر فعال بالاگذر:

این مدار یک فیلتر بالا گذر می باشد.فرکانس قطع 24 کیلوهرتز می باشد.

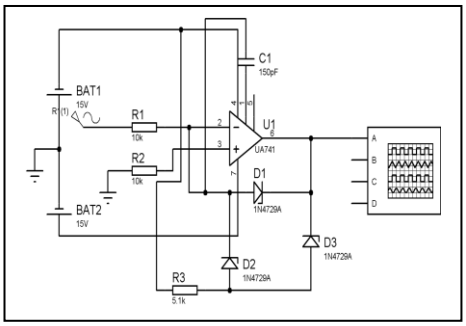


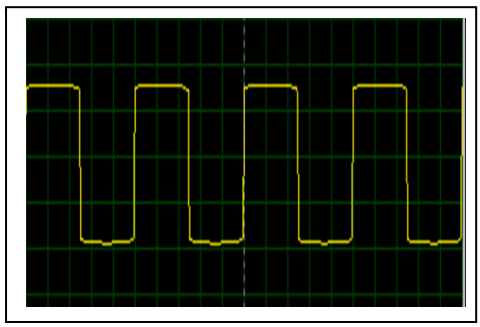
48- فیلتر فعال پایین گذر

این مدار یک فیلتر بالا گذر می باشد.فرکانس قطع 15 کیلوهرتز می باشد.



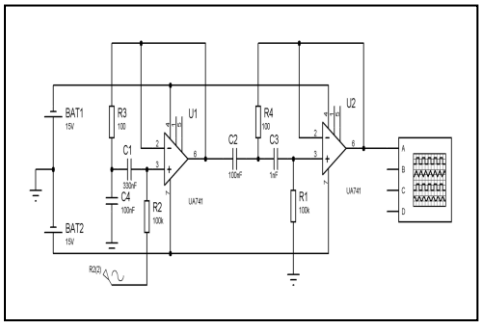
49-آشکار ساز سریع گذر از صفر:

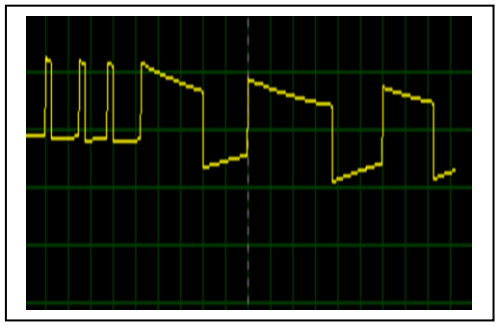




50- مدار تایمر با فواصل طولانی:

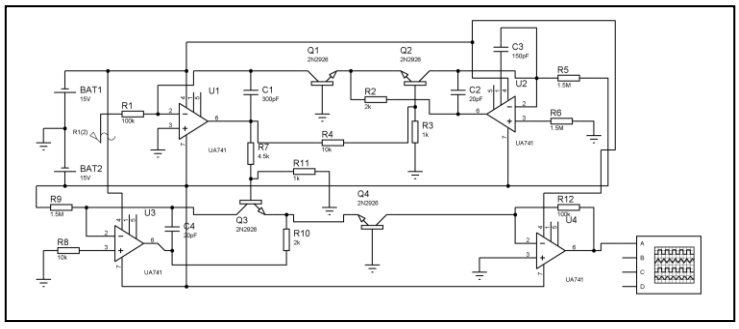
توسط این مدار می توانیم یک تایمر با فواصل طولانی ایجاد کنیم.در هنگام باز بودن کلید تایمر از مقدار +15 ولت که ولتاژ تغذیه می باشد به مقدار صفر می رسد و وقتی کلید در حالت بسته قرار دارد خروجی از مقدار منفی به صفر می رسد.

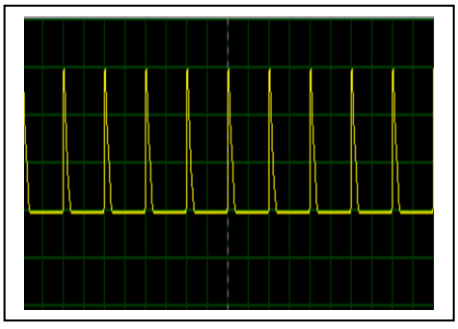




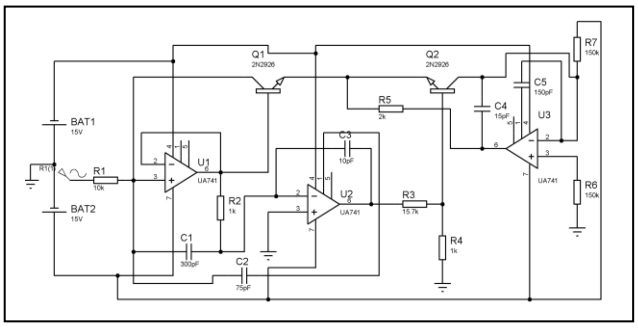
51- مدار توان سه:

این مدار از سیگنال ورودی را به توان 3 می رساند.



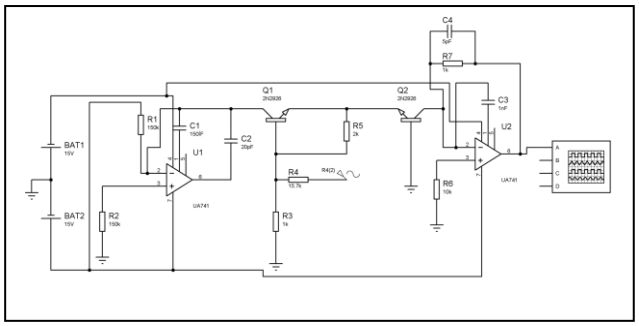


52- مدار لگاریتم گیر سریع:



این مدار از سیگنال ورودی انتگرال می گیرد.متاسفانه توسط نرم افزار شبیه ساز این مدار شبیه سازی نمی شود.

53-مدار آنتی لگاریتم گیر:



این مدار بر خلاف مدار بالا آنتی لگاریتم گیر است.متاسفانه توسط نرم افزار شبیه ساز این مدار شبیه سازی نمی شود.

نکته:برخی از مدارات در محیط شبیه سازی جواب نمی دادند و برخی نیز به دلیل محدودیت المان های موجود در نرم افزار قابل شبیه سازی نبودند.

پایان