به نام خداوند جان و خرد

درس ابزار دقیق

گروه کنترل

مدرس: محمدرضا نیری | تمرین سری دوم | نیمسال دوم ۱۴۰۵-۱۴۰۴

سوال 1)

سیگنال خروجی یک حسگر لرزش نصب شده روی یک دستگاه صنعتی قرار است پردازش شود. بررسی اولیه نشان می‌دهد که اطلاعات مفید این حسگر عمدتا در بازه فرکانسی 20 Hz تا 200 Hz قرار دارد. با این حال:

- **مولفه‌های فرکانسی کمتر از 20 Hz ناشی از دریفت، جابجایی آرام پایه و ارتعاشات بسیار کند، مزاحم هستند.**
- **مولفه‌های فرکانسی بیشتر از 200 Hz ناشی از نویز الکترونیکی و تداخل‌های فرکانسی بالا، نامطلوب هستند.**
- **یک مولفه‌ی مزاحم 50 Hz ناشی از برق شهر نیز در خروجی حسگر مشاهده می‌شود.**

برای بهبود کیفیت سیگنال لازم است یک فیلتر مناسب برای این سامانه طراحی و تحلیل شود.

الف) یک فیلتر بالاگذر RC طراحی کنید به گونه‌ای که مولفه‌های فرکانسی کمتر از 20 Hz را تضعیف کند. با فرض $C_1 = 10\mu F$ مقدار مقاومت مورد نیاز را بیابید.

ب) یک فیلتر پایین‌گذر RC طراحی کنید به گونه‌ای که مولفه‌های فرکانسی بیشتر از 200 Hz را تضعیف کند. با فرض $C_2 = 470nF$ مقدار مقاومت مورد نیاز را بیابید.

ج) فیلترهای طراحی شده را به یکدیگر متصل کنید به صورتی که ابتدا فیلتر بالاگذر و سپس پایین‌گذر قرار گیرد. سپس موارد زیر را گزارش کنید:

۱. **نوع فیلتر حاصل**
۲. **فرکانس مرکزی تقریبی باند عبور** $f_{center} = \sqrt{f_L f_H}$
۳. **پهنای باند**
۴. **ضریب کیفیت Q تقریبی** $Q = \frac{f_{center}}{BW}$

د) مدار حاصل از بخش‌های بالاگذر و پایین‌گذر را در Simulink رسم کرده و پاسخ فرکانسی آن را بررسی کنید و توضیحات کافی در مورد نحوه‌ی تضعیف فرکانس‌ها دهید.

ه) برای حذف مولفه‌ی مزاحم 50 Hz، یک فیلتر حذف باند (Notch) در نظر بگیرید. اگر $L = 100mH$ باشد، مقدار خازن لازم را محاسبه کنید.

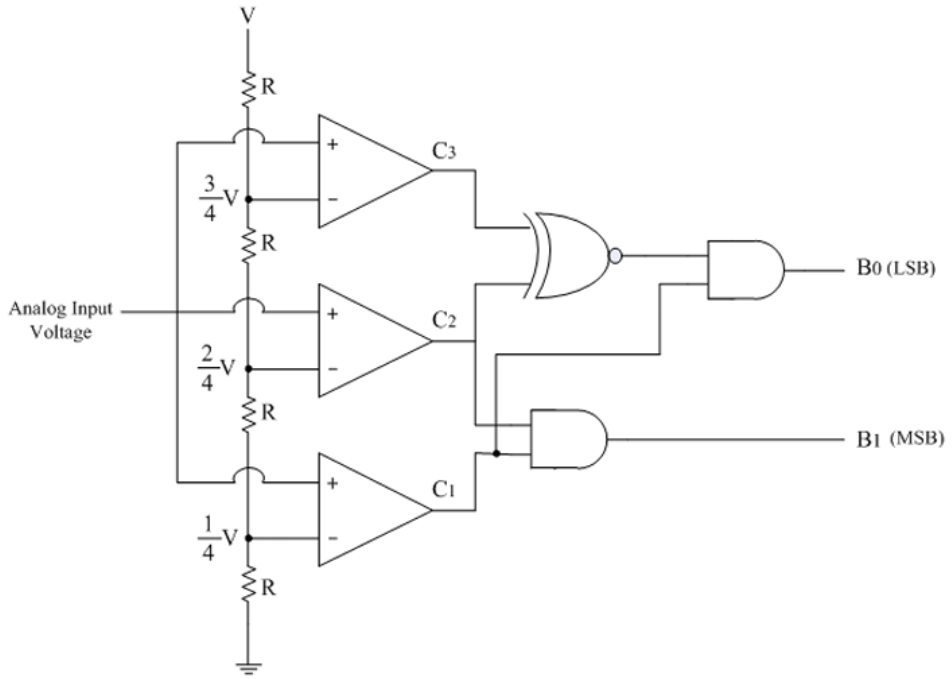
درباره‌ی تاثیر این فیلتر بحث کنید و بگویید چه راهکارهایی میتوان برای بهبود عملکرد فیلتر ناچ انجام داد.

سوال 2)

در نرم افزار Proteus مداری طراحی کنید که شامل یک ADC و یک تقسیم کننده ی ولتاژ باشد. یکی از مقاومت های این تقسیم ولتاژ یک سنسور NTC است (مقاومتی که با افزایش دما مقدار آن کاهش می یابد). خروجی تقسیم ولتاژ به ورودی ADC وصل می شود.

رفتار مدار باید به این صورت باشد:

- **اگر ولتاژ ورودی ADC از 1.25V بیشتر شود، LED قرمز روشن شود.**
- **اگر ولتاژ ورودی ADC از 2.5V بیشتر شود، LED آبی روشن شود.**
- **اگر ولتاژ ورودی ADC از3.75V بیشتر شود، هر دو LED به طور هم زمان روشن شوند.**
- **LED ها به خروجی ADC وصل می شوند.**



سوال 3)

در این سوال قصد داریم مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC) 4 بیتی از نوع R-2R را در پروتئوس پیاده سازی و تست کنیم.

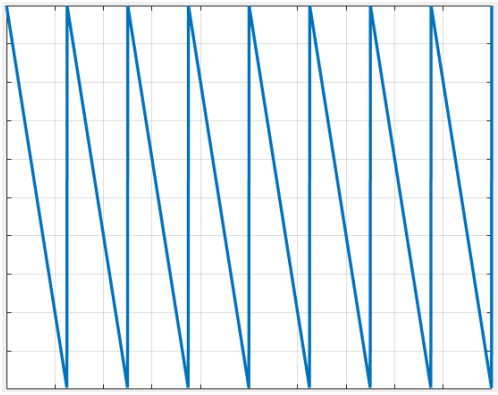
- Feedback Resistor$(R_f) = 10\text{K}\Omega$
- $R = 5K\Omega$
- $Refrence\ Voltage(V_{ref}) = 4.8V$

الف) ابتدا به ازای ورودی های دیجیتالی زیر، ولتاژ خروجی را به صورت تئوری محاسبه کنید:

- 1011
- 1110

اکنون این مبدل را در نرم افزار پروتئوس رسم کرده و به ازای ورودی های دیجیتالی، ولتاژ خروجی را گزارش دهید و با مقادیر محاسبه شده در بالا مقایسه کنید.

ب) برای تولید امواج سینوسی یا حتی مثلثی میتوان از DAC استفاده کرد. در این بخش به دنبال تولید نیم موج مثلثی هستیم. به عبارتی میخواهیم سیگنالی به صورت زیر با استفاده از این مبدل تولید کنیم:

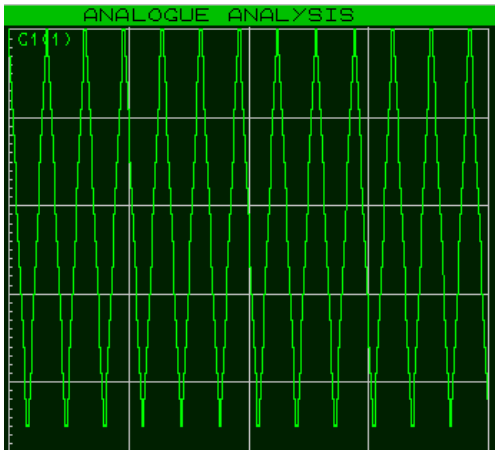


این کار را با دادن ورودی های دیجیتالی 4 بیتی به ترتیب انجام دهید و سیگنال آنالوگ بدست آمده را به صورت گراف نمایش دهید. (یعنی ابتدا 0000 وارد مبدل شود و تا 1111 ادامه پیدا کند. این کار باید به صورت متناوب انجام شود)

ج) آیا سیگنال آنالوگ بدست آمده در خروجی دقیقا مشابه سیگنال خواسته شده است؟ در صورتی که تفاوتی بین این دو مشاهده میکنید دلیل آنرا بیان کنید و سعی کنید سیگنال را به فرم مشابه سیگنال بالا تبدیل کنید.

د) همان طور که در بخش های قبلی دیدیم، ما فقط توانستیم نصف یک موج مثلثی را تولید کنیم. اکنون بیان کنید که جهت تولید یک موج مثلثی کامل چه کاری باید انجام دهیم؟

ه) قسمت قبل را به صورت کامل در پروتئوس پیاده سازی کرده و خروجی را نمایش دهید. (شکل نهایی باید یک موج مثلثی کامل را مشابه زیر به صورت متناوب نشان دهد)



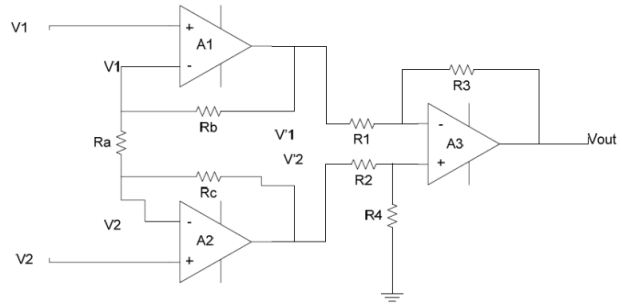
سوال 4)

همانطور که در درس آموختیم، تقویت کننده های ابزار دقیق از مهمترین مدار های آنالوگ در سیستم های اندازه گیری هستند، که برای تقویت سیگنال های ضعیف به کار میرود. از این تقویت کننده ها در بسیاری از کاربرد های اندازه گیری و حسگرها مانند کرنش سنج ها استفاده میشود. در این سوال به بررسی این تقویت کننده ها میپردازیم.

1. **یکی از کاربرد های مهم این تقویت کننده ها در پروب های بیولوژیکی مانند ECG است. سیگنال دریافت شده از این پروب ها معمولا در دامنه میکروولت هستند بنابراین نیاز است قبل از پردازش، این سیگنال ها تقویت شوند.**

   فرض کنید سیگنال یک پروب دارای دامنه $\pm 500\mu v$ است. هدف طراحی مداری بهسازی است که این سیگنال را برای ورود به یک ADC با بازه ولتاژ ۰ تا ۵ ولت آماده کند. همچنین فرض کنید این ADC دارای محدوده فرکانس کاری بین ۱۰ تا ۱۰۰ هرتز است. یک مدار بهسازی کامل به این منظور طراحی کنید و شماتیک آن را با جزییات رسم کنید. اندازه تمامی عناصر و منابع مورد استفاده را تعیین و مشخص کنید.

2. **در شکل زیر یک تقویت کننده ابزار دقیق متشکل از سه تقویت کننده عملیاتی نشان داده شده است:**



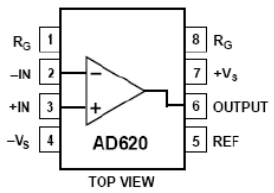
رابطه بین ولتاژهای ورودی و ولتاژ خروجی را بدست آورید.

۳. اگر ورودی V_1 یک سیگنال سینوسی با دامنه ۱۰۰ میلی ولت و فرکانس ۱ کیلوهرتز و ورودی V_2 هم یک سیگنال سینوسی با فرکانس یکسان و دامنه ۵۰ میلی ولت باشد، مقادیر مقاومت های مدار را به گونه ای تعیین کنید که بهره خروجی مدار سه برابر اختلاف ورودی ها باشد.

۴. مدار فوق را در Proteus شبیه سازی کنید و شکل موج ورودی ها و خروجی ها را نمایش دهید.

۵. حال به هر دو ورودی مدار یک نویز یکسان اعمال کنید و خروجی را تحلیل و با حالت قبل مقایسه کنید.

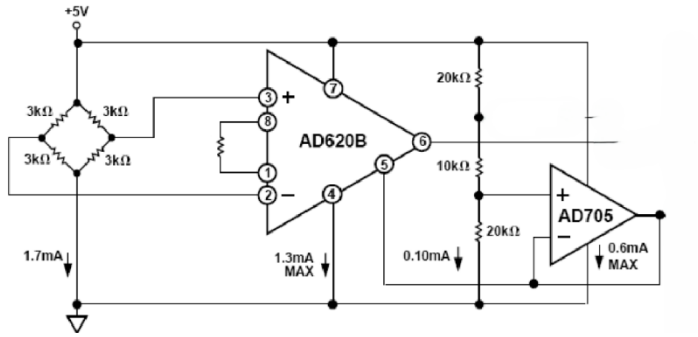
یکی دیگر از پرکاربرد ترین تقویت کننده های ابزار دقیق،AD620 است. این تقویت کننده یک قطعه نسبتا ارزان، با دقت بالا و بهره قابل تنظیم است. بهره این تقویت کننده با اتصال یک مقاومت خارجی بین پایه ۱ و ۸ قابل تنظیم از ۱ تا ۱۰۰۰ است.



رابطه بین مقاومت تنظیم بهره (R_g) و بهره تقویت کننده به صورت زیر است که این مقاومت بین پایه ۱ و ۸ قرار میگیرد:

$$R_g = \frac{49.9K\Omega}{G-1}$$

۶. فرض کنید قصد داریم یک سیستم اندازه گیری فشار طراحی کنیم. برای این منظور از یک حسگر فشار مبتنی بر کرنش سنج استفاده شده است. با توجه به مدار زیر که یک نمایش ساده از مدار نمایش فشار است، توضیح دهید چرا در این مدار از پل وتسون استفاده شده و وجود آن چه اهمیتی دارد.



۷. مقدار R_g را به گونه ای محاسبه کنید که بهره تقویت کننده AD620 برابر 100 شود. سپس مدار را در Proteus در حالی که به علت اعمال فشار به این حسگر یکی از مقاومت های پل تغییر کرده و $R_1 = 3.3\ K\Omega$ شده است شبیه سازی کنید. اگر خروجی مدار به یک ADC هشت بیتی متصل شود، مقدار دیجیتال متناظر با ولتاژ خروجی چه میشود؟

لطفا در ارسال تمرینات به موارد زیر توجه بفرمایید ، در صورت عدم رعایت هر یک از موارد زیر تمرین شما تصحیح نخواهد شد :

- **تشابه در حل سوالات به صورت جدی بررسی خواهد شد. در صورت تشخیص تمرین مشابه نمره تقسیم خواهد شد.**
- **در صورت دست نویس بودن تمرین ، نوشته ها خوانا باشند و کیفیت اسکن آن ها مناسب باشد.**
- **پاسخ ها در قالب یک فایل *pdf* تجمیع و ارسال شوند. همچنین تمامی کد ها با ذکر اینکه مربوط به کدام سوال هستند در پوشه ای با نام *Codes* ذخیره شده سپس تمامی فایل ها در قالب یک فایل *zip* تجمیع و با نام *student_number.zip* ارسال شوند .**
- **در صورت هر گونه ابهام در سوالات برای هر یک از سوالات به دستیار مربوطه تنها از طریق ایمیل دانشگاهی با موضوع *Series#-Q#* (که در آن # شماره سری تمرین و سوال مورد نظر است) ایمیل زده و ایمیل دستیار ارشد را نیز *CC* کنید.**

  سوال ۱) آقای روزبهانی ایمیل *samyar.rouzbahani@ut.ac.ir*

  سوال۲) آقای محمودی ایمیل *momahdimahmoodi@ut.ac.ir*

  سوال۳) آقای زارع ایمیل *ali.zare.bilondy@ut.ac.ir*

  سوال۴) خانم شمائی ایمیل *negar.shamaie@ut.ac.ir*

  ایمیل دستیار ارشد *bayan.mahdiyar@ut.ac.ir*
- **همچنین تمامی دستیاران داخل گروه بله عضو هستند و ترجیحا سوالات در آنجا مطرح شود تا بقیه دوستان هم استفاده کنند.**