



UNIVERSITY OF
TEHRAN

Instrumentation

Homework 2

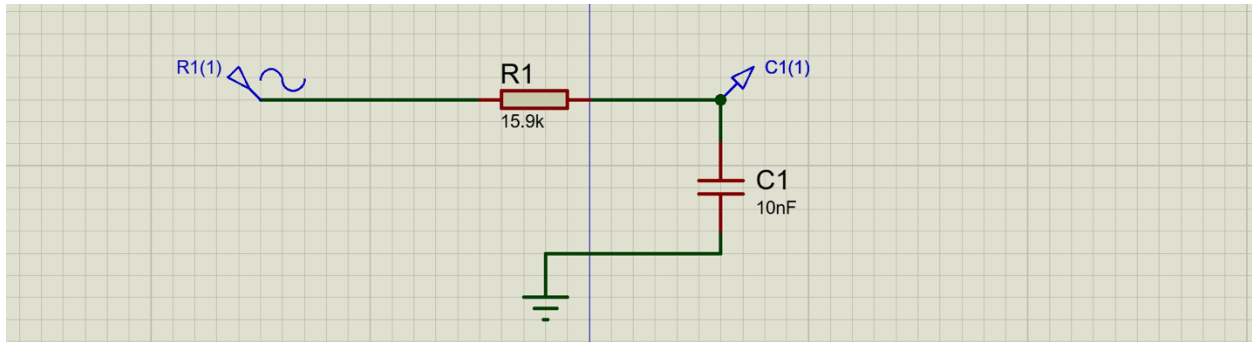
Spring 2025

Amir Shahang

810101448

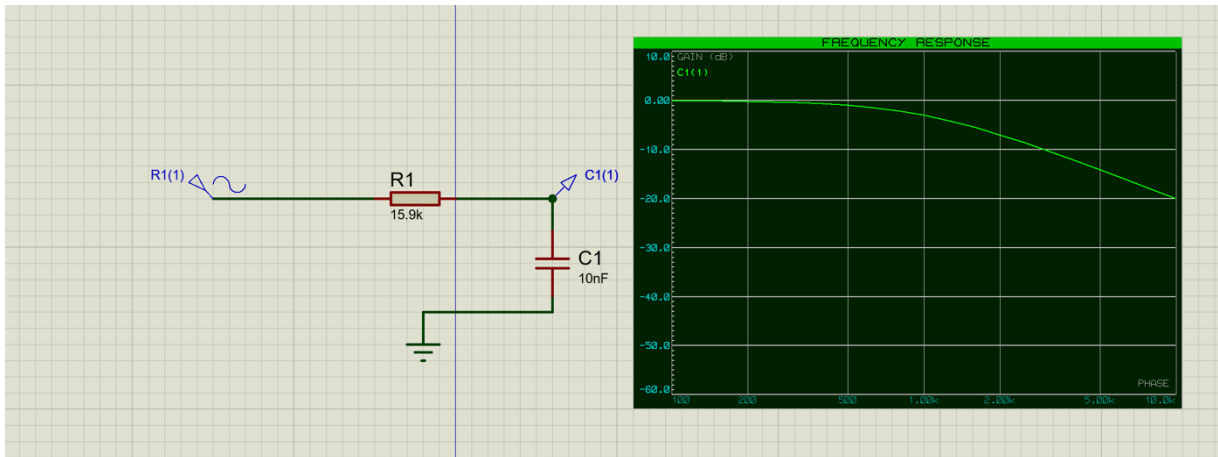
Q1

RC Low pass filter :

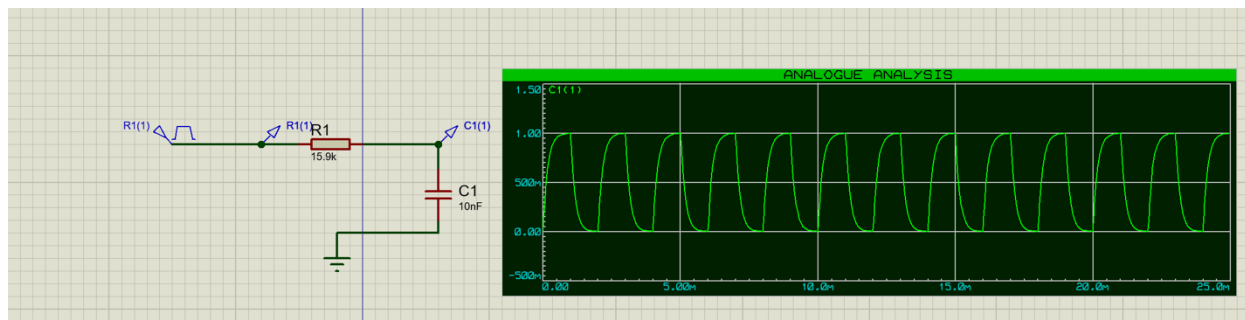


$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow 1000 = \frac{1}{2\pi R * 10 * 10^{-9}} \Rightarrow R = 15.9 \text{ k}\Omega$$

$$t.f = \frac{V_{out(s)}}{V_{in(s)}} = \frac{\frac{1}{CS}}{R + \frac{1}{CS}} = \frac{1}{RCS + 1}$$



پاسخ فیلتر به موج مربعی :



یک موج مربعی با فرکانس 500 Hz از ترکیب هارمونیک‌های فرد تشکیل شده است :

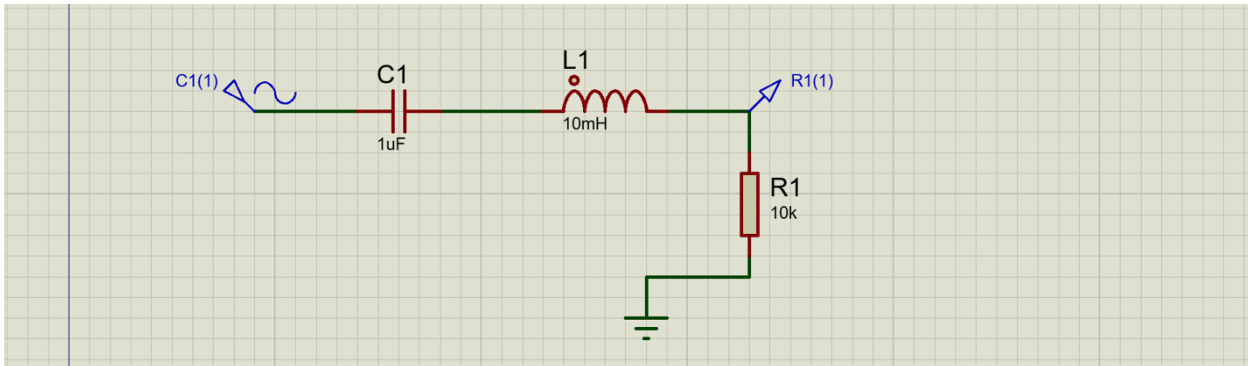
$$V_{in}(t) = A \left(\sin(2\pi f_0 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi(3f_0)t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi(5f_0)t) + \dots \right)$$

بنابراین، این موج شامل فرکانس‌های 500Hz 1500Hz 2500Hz و ... خواهد بود که هرچه مرتبه هارمونیک بالاتر رود، دامنه آن کاهش می‌یابد.

با توجه به اینکه فیلتر پایین گذر طراحی شده فرکانس قطع 1kHz دارد مؤلفه ی 500Hz به خوبی عبور میکند ولی هارمونیک های بالا تر به شدت تضعیف خواهد شد.

با عبور مؤلفه 500Hz و تضعیف شدید هارمونیک‌های بالاتر، لبه‌های تیز موج مربعی صاف خواهند شد. هرچه فرکانس هارمونیک‌های بالاتر بیشتر تضعیف شود، خروجی به شکل سینوسی نزدیک‌تر می‌شود. به دلیل اینکه مقداری از هارمونیک سوم (1500Hz) نیز عبور میکند شکل موج همچنان شباهتی به موج مربعی دارد، ولی با لبه‌های گرد شده .

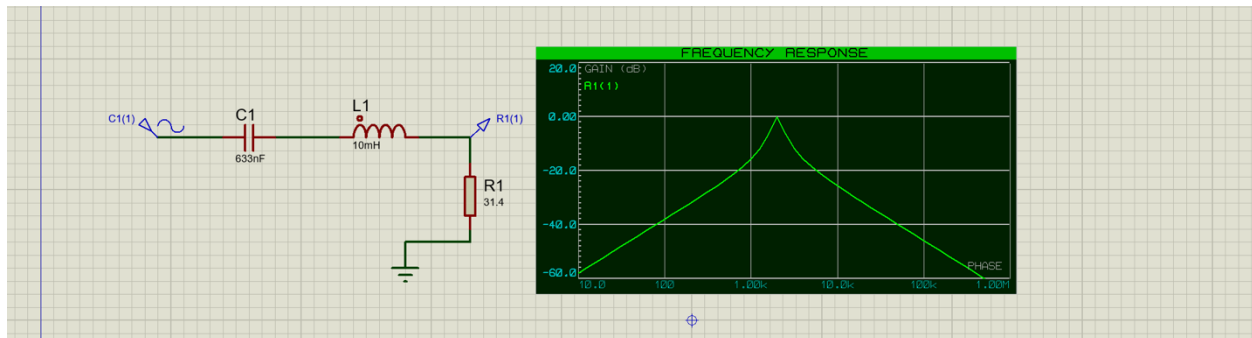
RLC Bandpass filter :



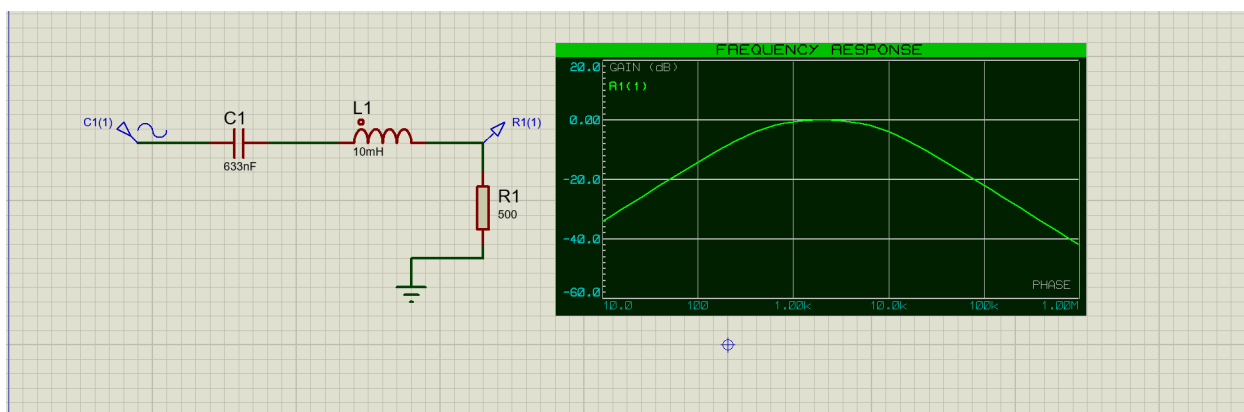
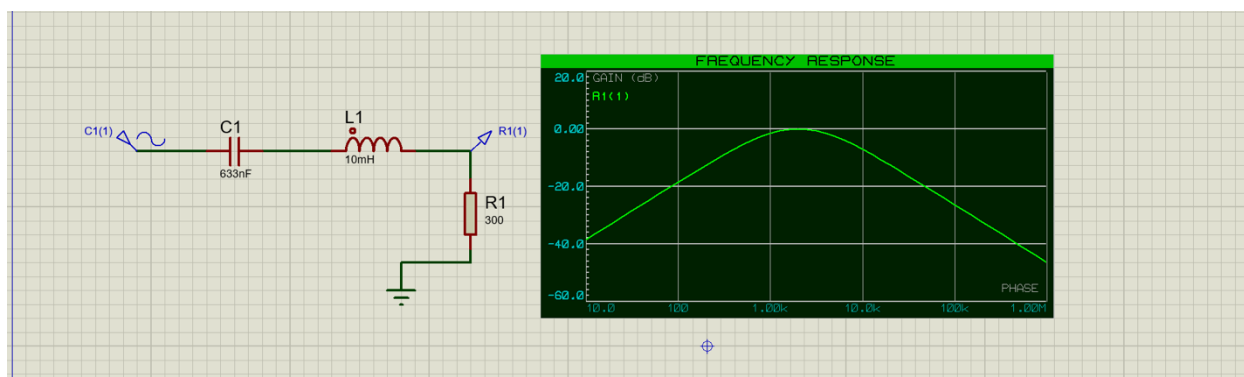
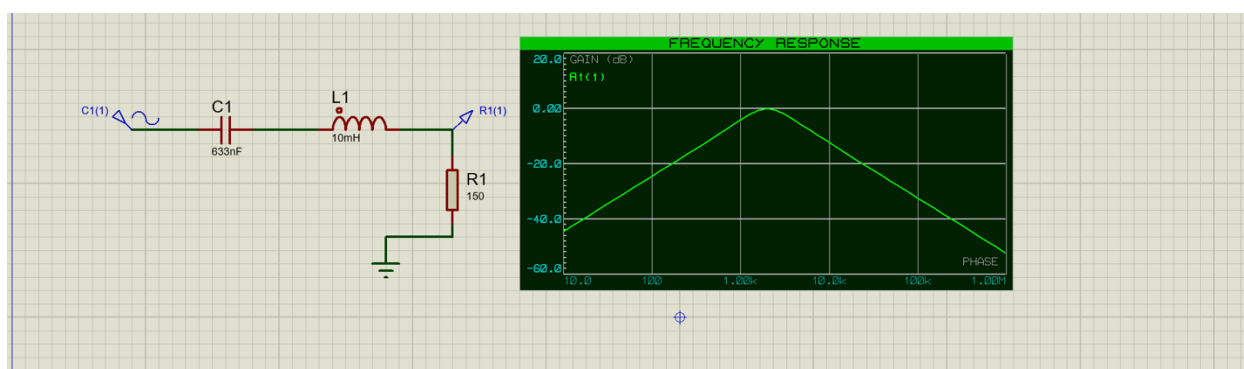
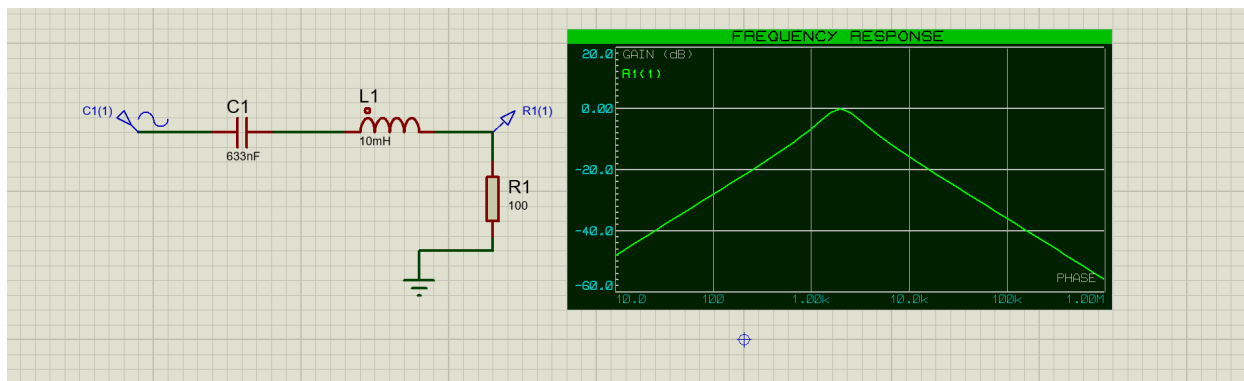
$$f_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow 2000 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C * 10^{-2}}} \Rightarrow \sqrt{C} = \frac{10}{4000\pi} \Rightarrow C = 633 \text{ nF}$$

$$BW = \frac{R}{2\pi L} \Rightarrow 500 = \frac{R}{2\pi * 10^{-2}} \Rightarrow R = 31.4\Omega$$

$$Q = \frac{f_0}{BW} = \frac{2000}{500} = 4$$

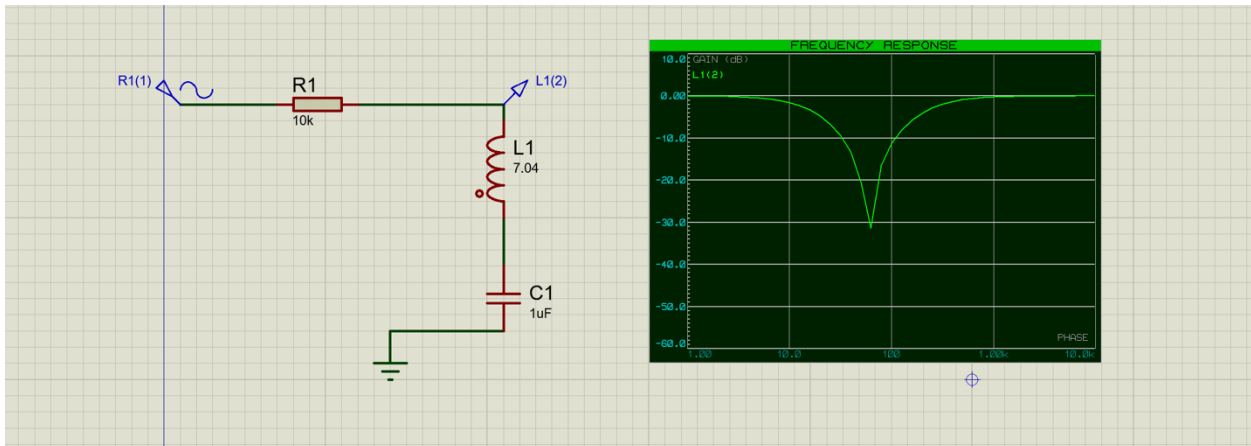


طبق فرمول های بالا با زیاد شدن مقاومت BW افزایش یافته و ضریب کیفیت یا همان Q کاهش میابد:



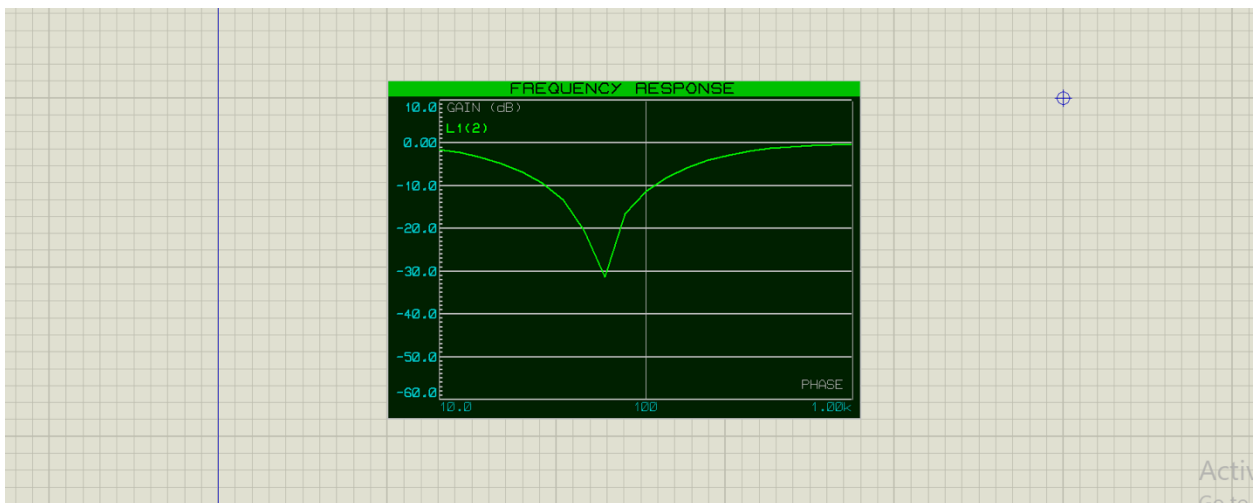
LC Notch filter :

$$f_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow 60 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L * 10^{-6}}} \Rightarrow \sqrt{L} = \frac{1000}{120\pi} \Rightarrow L = 7.04 \text{ H}$$



با توجه به شکل موج خروجی میزان تضعیف در فرکانس 60 بی نهایت نبوده و این موضوع به دلیل ایده آل نبودن فیلتر و داشت مقاومت داخل اجزا است که باعث میشود میزان تضعیف حدود 30 db شود.

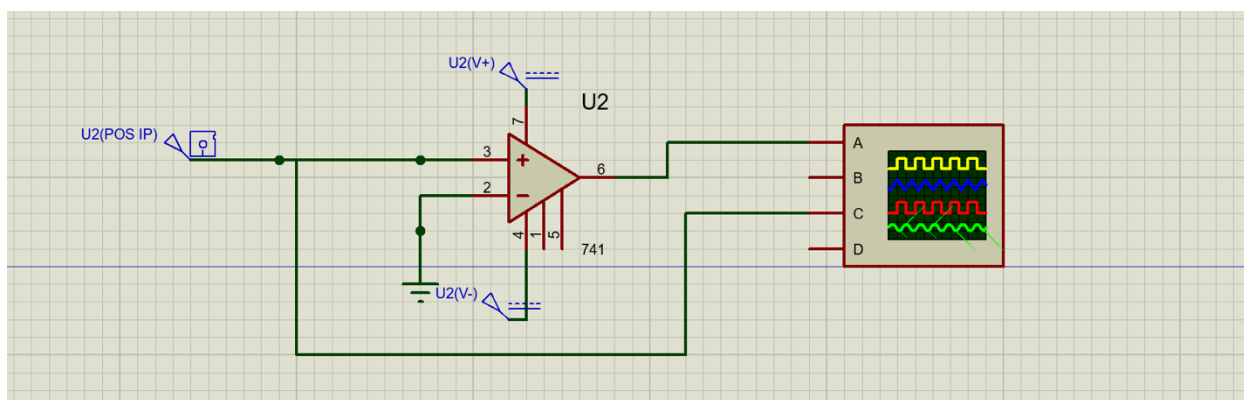
پاسخ فرکانسی از 10 تا 1000 هرتز:



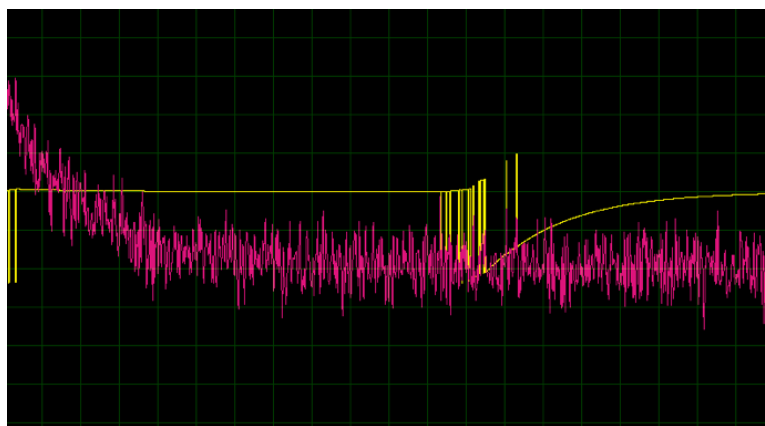
برای بهبود عملکرد فیلتر میتوان از اجزا دقیق تر با تلفات کمتر استفاده کرد
همچنین می توان با کاهش مقاومت سری ضریب کیفیت فیلتر را بالا تر برد تا عملکرد فیلتر
بهبود یابد

Q2

با استفاده از LM 741 یک مدار مقایسه گر به صورت single supply طراحی میکنیم
و برای اینکه با سطح مرجع صفر مقایسه کند سر منفی آن را زمین میکنیم :

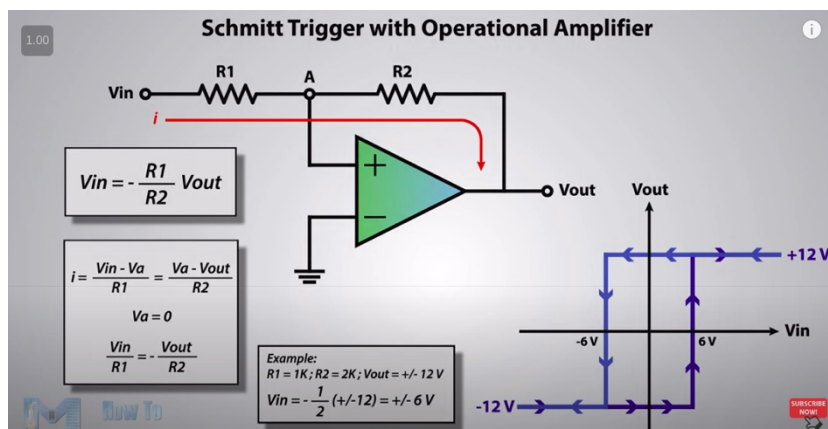


سپس شکل موج خروجی روی اسیلوسکوپ مشاهده میکنیم:

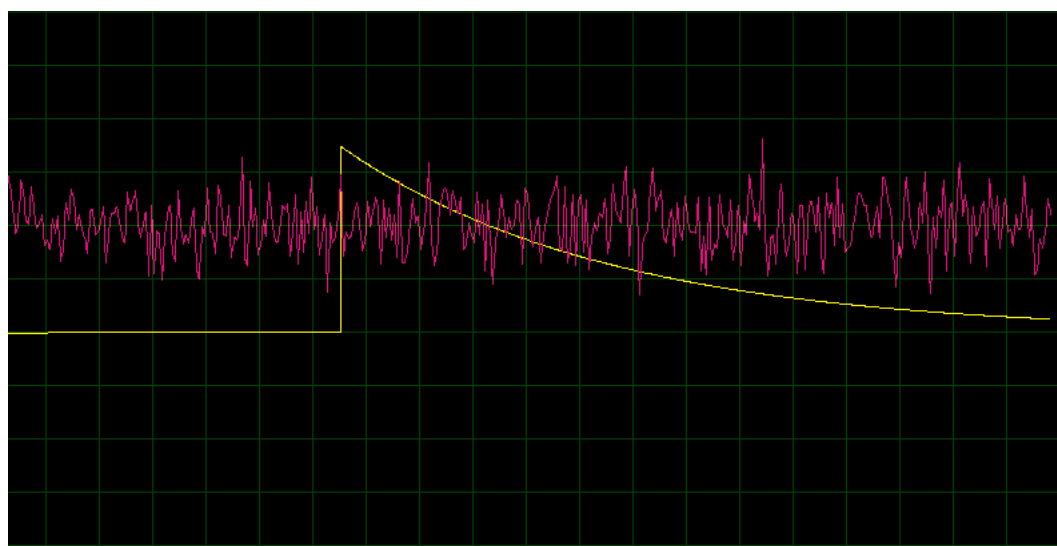
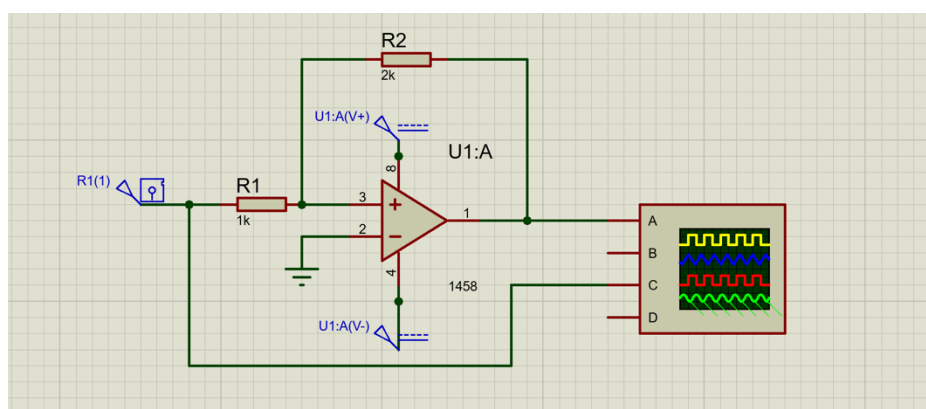


(ب)

برای حل مشکل نوسانات خروجی که در خروجی کاملاً مشخص است یک مدار اشمیت
تریگرماتند شکل پایین طراحی میکنیم :



مدار طراحی شده با V_{CC} های $+12$ و -12 ولت به صورت زیر می باشد :

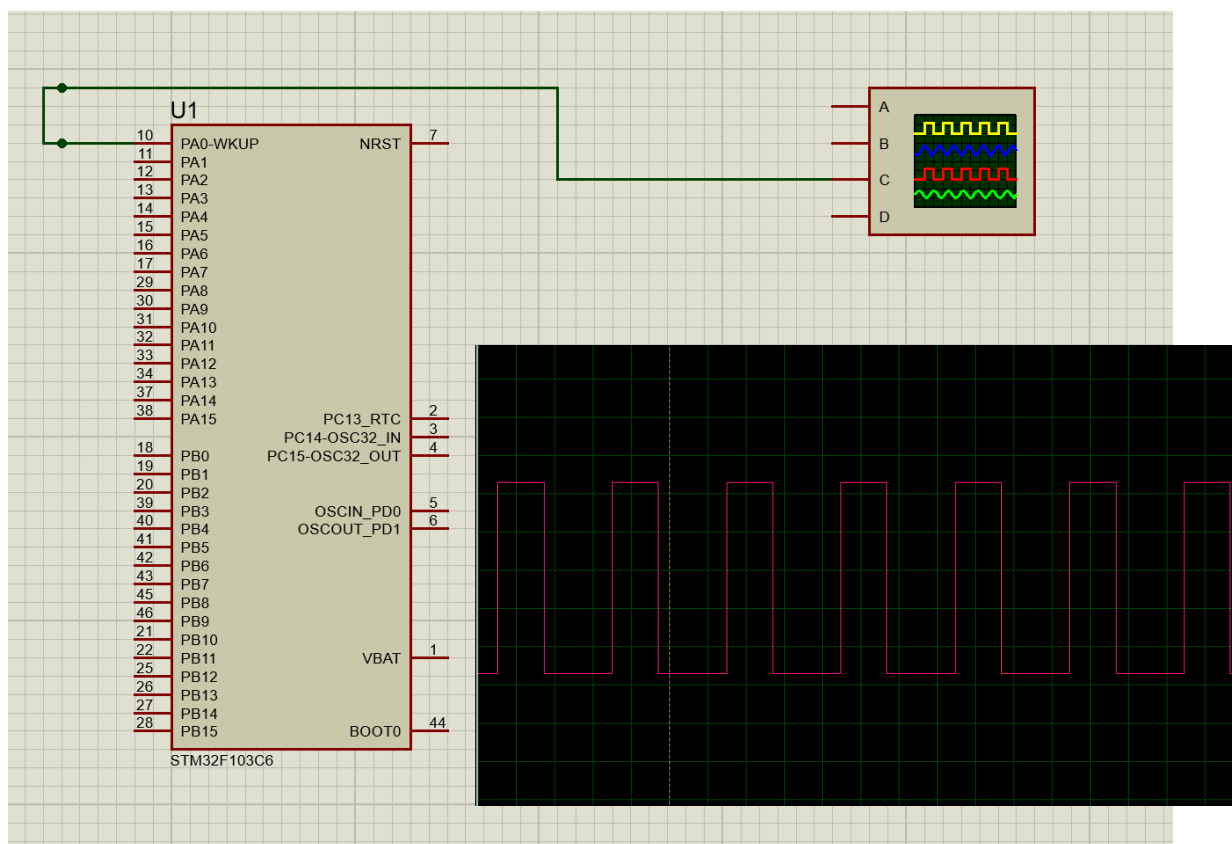


با توجه به شکل موج خروجی مشاهده شده مشخص میشود با استفاده از پدیده هیستریزیس مشکل نوسانات خروجی به طور قابل توجهی حل شده و به یک خروجی پایدار که تنها یکبار تغییر حالت دهد دستیافتیم

Q3

(الف)

سیگنال PWM را که یک موج مربعی است با استفاده از قرار دادن یک Prob بر روی پین PA0 نشان میدهیم:

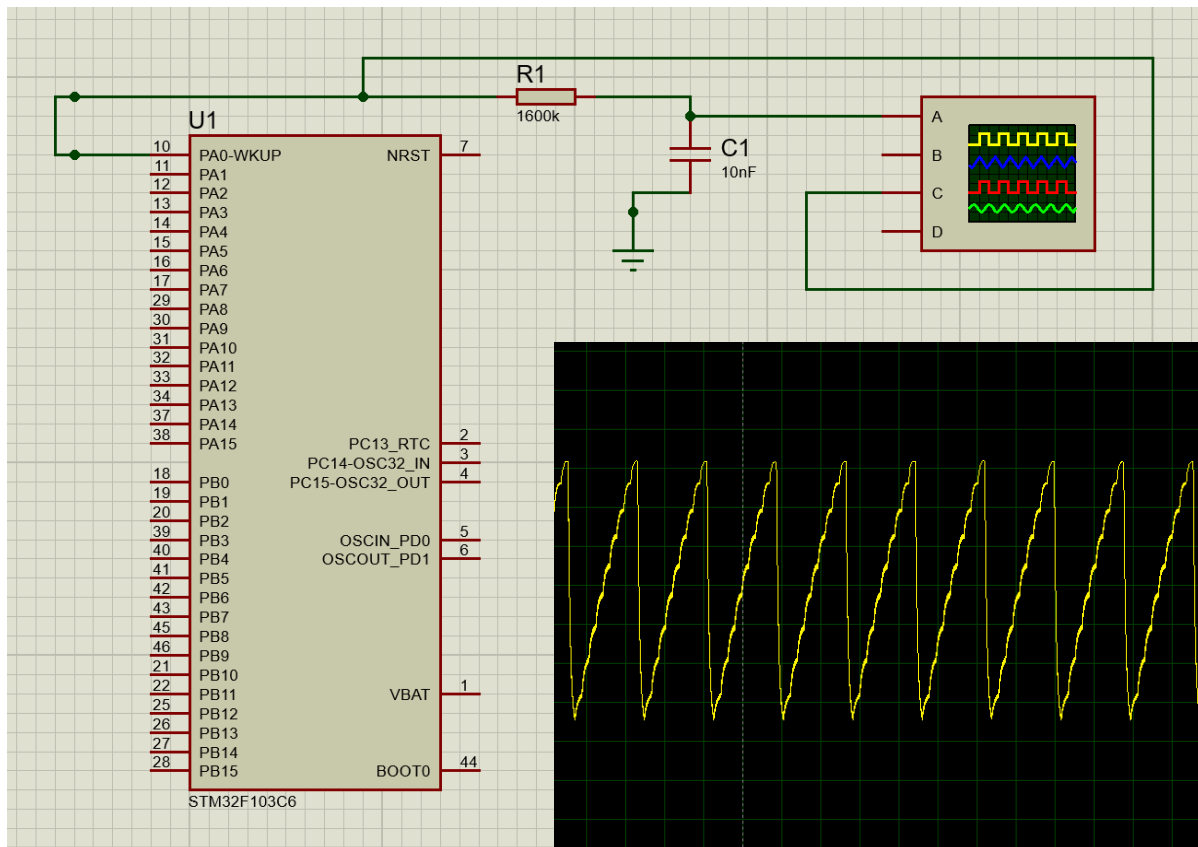


(ب)

برای حذف نویز محیط و سیگنال های ناخواسته باید PWM را باید از یک فیلتر عبور دهیم. به دلیل اینکه دیگر سیگنال های بدن فرکانس های پایینی دارند باید از یک فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع خیلی پایین استفاده کنیم (در حدود 10 هرتز)

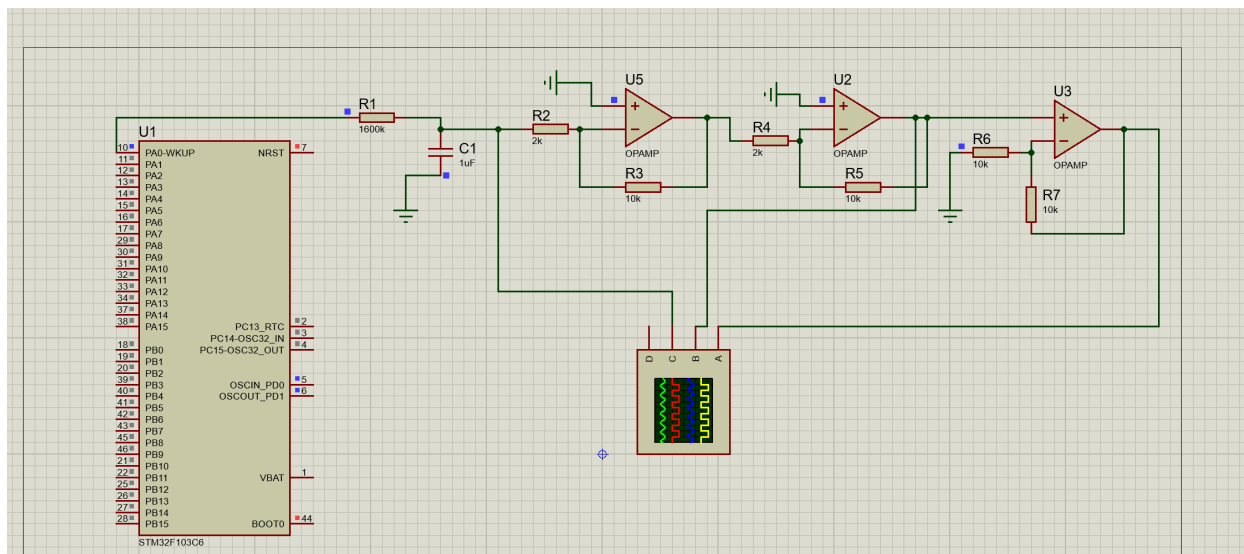
با استفاده از یک خازن 10nF و یک مقاومت 1.6M اهمی یک فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع 10Hz میسازیم و با عبور سیگنال PWM از آن خروجی را مشاهده میکنیم :

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi * 1.6 * 10^6 * 10 * 10^{-9}} \Rightarrow f_c = 10 \text{ Hz}$$

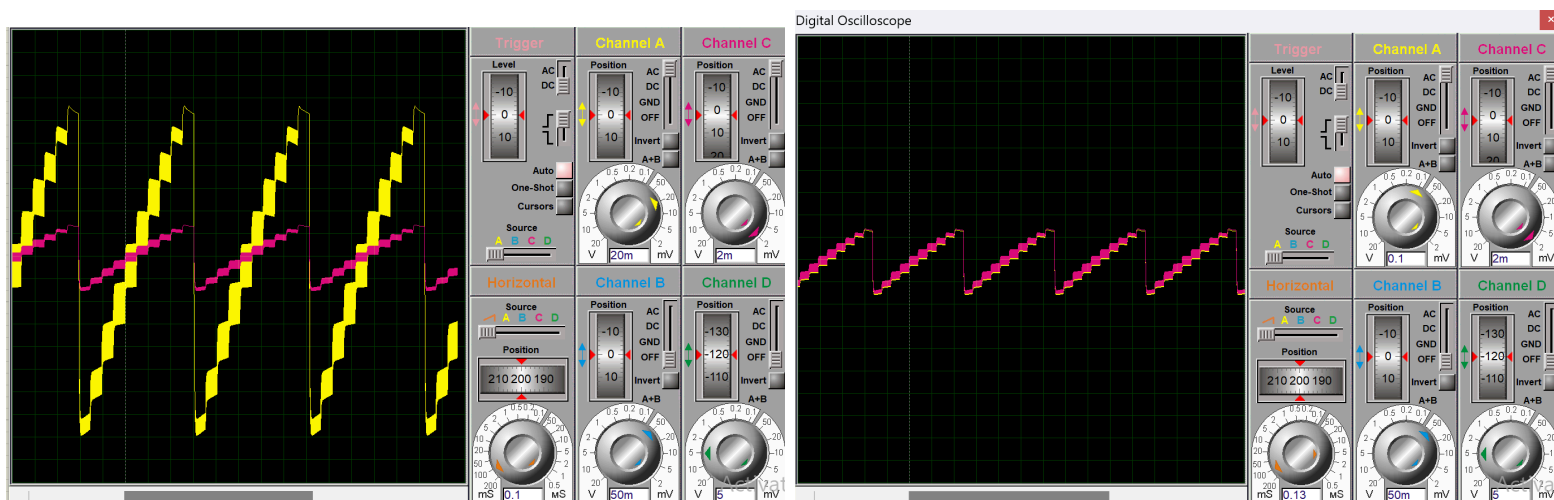


(ج)

برای اینکه بین سیگنال‌ها را به خوبی مشاهده کنیم یک مدار بهسازی طراحی میکنیم تا دامنه را 50 برابر تقویت کند این مدار در سه طبقه طراحی میشود که به ترتیب دو طبقه آن جمع‌کننده معکوس‌کننده و یک طبقه آن جمع‌کننده معکوس‌نکننده است:



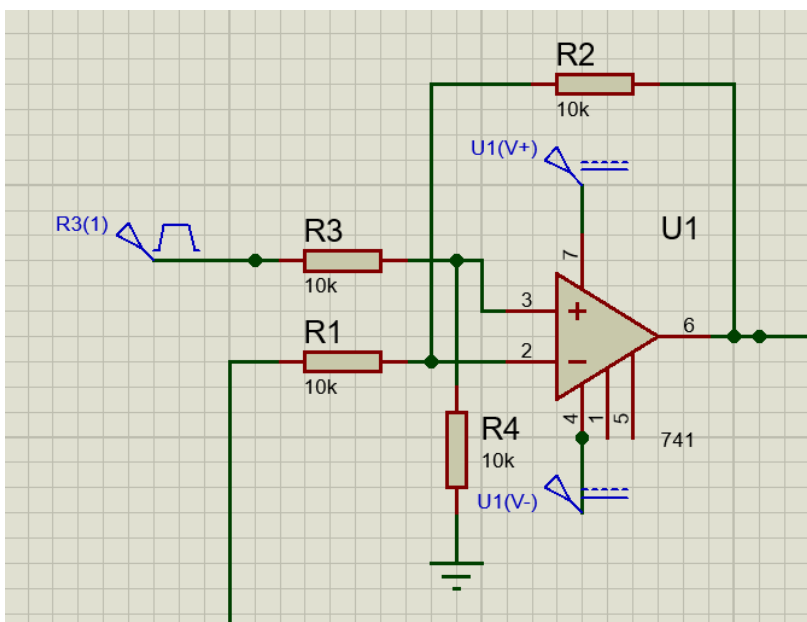
با توجه به توضیحات داده شده مدار بهسازی را در سه طبقه با بهره های 5,5,2 پیاده سازی میکنیم و شکل موج خروجی را مشاهده میکنیم:



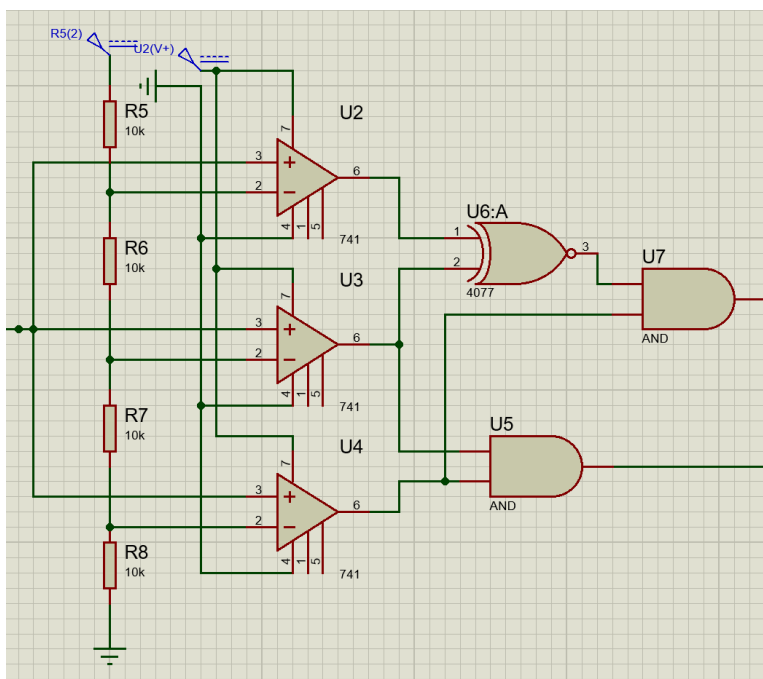
هنگامی که چنل A را روی 0.1v و چنل C را روی 2mv تنظیم کنیم مشاهده میشود که شکل موج ورودی و خروجی روی هم می افتد و مشخص میشود بهره تقویت کننده 50 است.

Q4

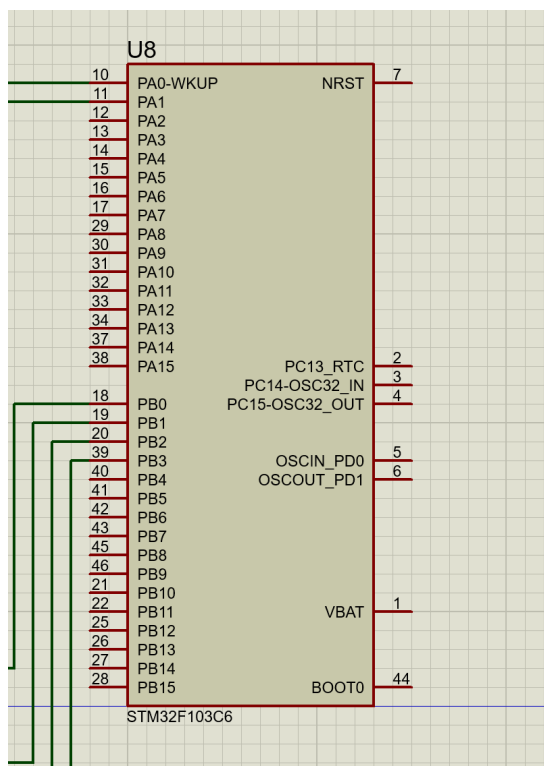
برای تولید سیگنال $e(t)$ از یک تفریق کننده استفاده میکنیم و به صورت زیر آن را پیاده سازی میکنیم :



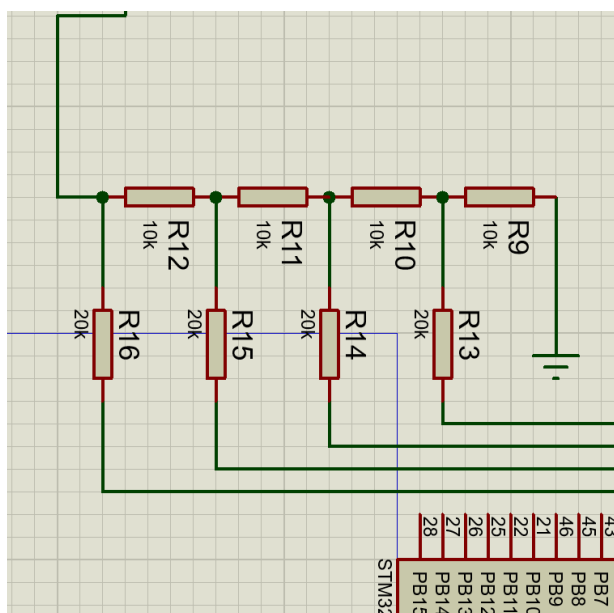
برای مبدل آنالوگ به دیجیتال مانند شماتیک سوال عمل کرده و یک 2bit Flash پیاده سازی میکنیم:



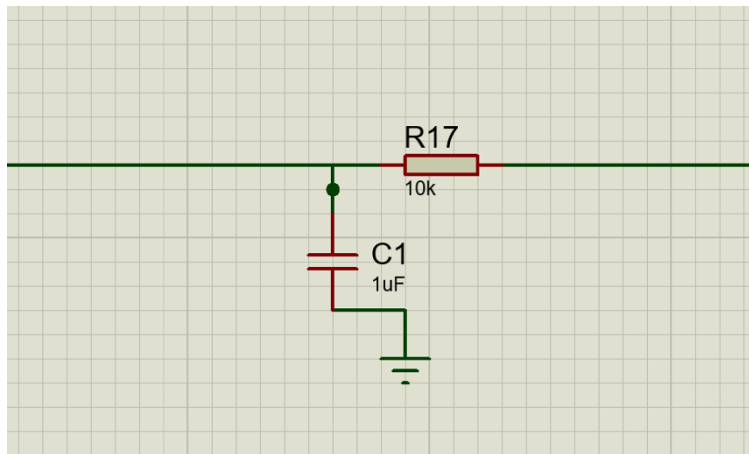
برای کنترل کننده از میکرو برد ARM استفاده میکنیم و پس از load کردن مبدل آنالوگ به دیجیتال را به آن متصل میکنیم



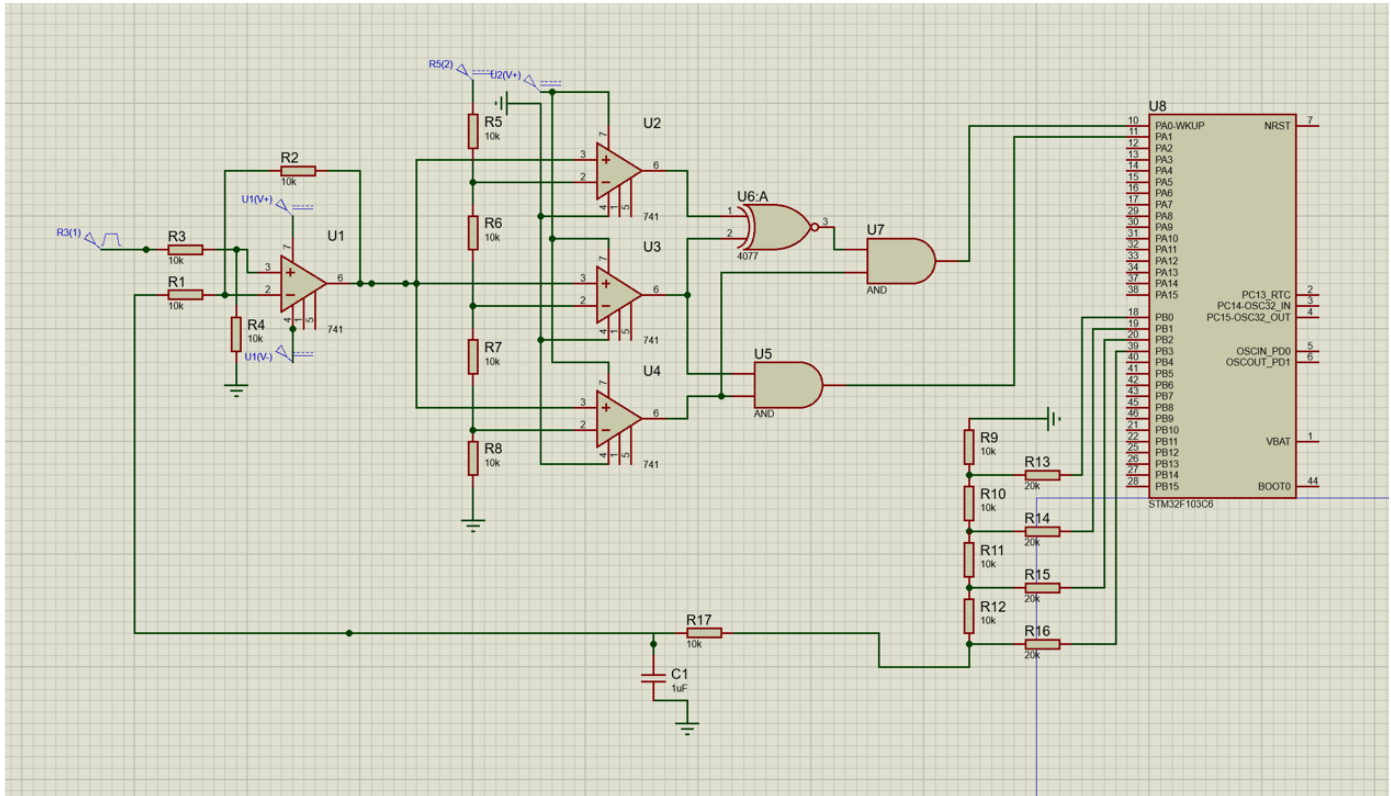
برای اعمال سیگنال به سیستم باید از تبدیل سیگنال دیجیتال به آنالوگ استفاده کرده و برای این کار از یک مبدل R2R 4 بیتی استفاده میکنیم :



در نهایت برای Plant سیستم نیز از یک فیلتر پایین گذر استفاده میکنیم:



اکنون خروجی فیلتر را به عنوان فیدبک به سر دیگر تفریق کننده متصل کرده تا کنترل کننده دیجیتال ساخته شود :



اکنون شکل موج خروجی را به همراه شکل موج ورودی و سیگنال $e(t)$ روی اسیلوسکوپ مشاهده میکنیم:

