

LAB VEŽBA 1 – ANALOGNA KOLA I SIGNALI

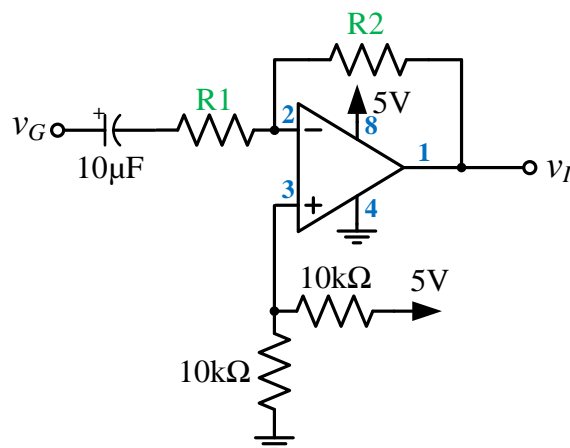
Tema: Cilj ove laboratorijske vežbe je upoznavanje studenata sa analognim signalima i kolima za pojačanje ovih signala. Generisanje i merenje analognih signala obavljaće se korišćenjem zvučne kartice. U toku laboratorijske vežbe studenti će realizovati i jednostavno kolo pojačavača i iskoristiti ovo kolo za merenje nepoznate otpornosti. Na kraju će biti realizovano kolo analognog sabirača i demonstriran efekat sabiranja signala različitih amplituda, faza i frekvencija.

Komponente potrebne za vežbu:

1. 4x otpornik $10\text{k}\Omega$
2. 3x otpornik $1\text{k}\Omega$
3. 2x kondenzator $10\mu\text{F}$
4. 1x LM358 – operacioni pojačavač
5. Plavi otpornik nepoznate otpornosti

ZADATAK 1 – ANALOGNI POJAČAVAČ

U okviru prvog zadatka potrebno je na univerzalnoj radnoj ploči povezati kolo pojačavača prikazano na slici 1.

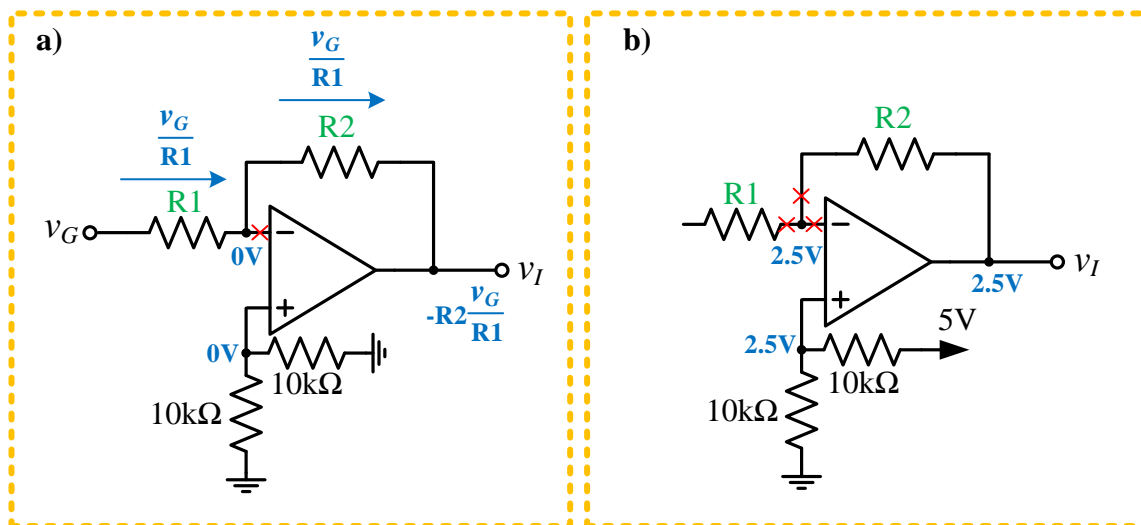


Slika 1. Kolo analognog pojačavača

U nastavku će biti opisan ovaj postupak korak po korak ali pre toga, potrebno je odrediti vrednost izlaznog napona v_I u funkciji ulaznog napona v_U i otpornosti R_1 i R_2 . Kako imamo dva izvora napona (konstantni napon vrednosti 5V na plus priključku, i naizmenični izvor na minus priključku) problem se može rešiti primenom principa superpozicije. Analiza kola pojačavača je prikazana prikazana je na slici 2. Finalni oblik izlaznog napona je:

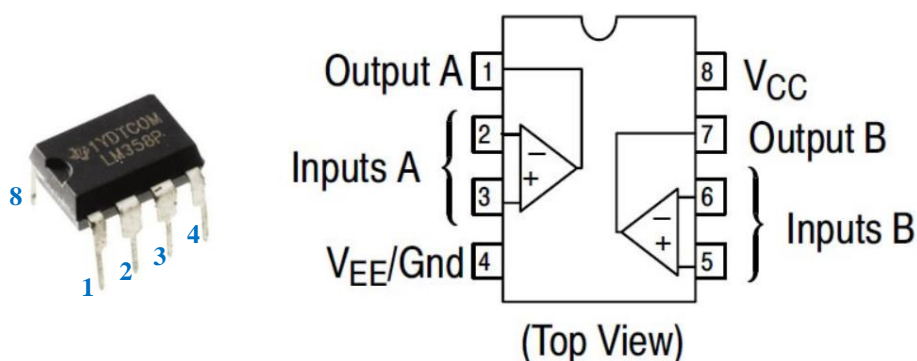
$$v_I = 2.5\text{V} - \frac{R_2}{R_1} v_G$$

Digresija: Obratiti pažnju da kolo sa slike 1. predstavlja kolo invertujućeg pojačavača ali da je u odnosu na topologiju predstavljenu na časovima predavanja dodat konstantan napon od 2.5V na plus priključak. Na ovaj način je dodat konstantan ofset u izlaz pojačavača, čime je obezbeđeno da izlazni napon ne izlazi izvan opsega 0-5V iako se pojačava naizmenični signal. Ovo je neophodno uzimajući u obzir da pojačavač ima jednostrano napajanje, što znači da ne može generisati negativne napone na izlazu.



Slika 2. Analiza kola analognog pojačavača

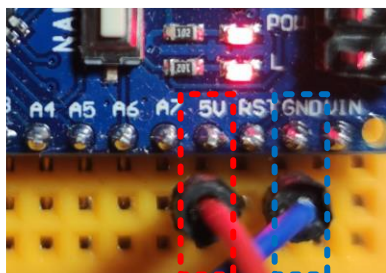
Prilikom povezivanja kola pojačavača sa slike 1. za operacioni pojačavač se koristi čip LM358 koji se nalazi u kompletu komponenti. U okviru ovog čipa se nalaze 2 operaciona pojačavača. Na slici 3. je prikazana struktura LM358 integrisanog kola. Ovo kolo ima 8 pinova i sadrži 2 operaciona pojačavača. Obratiti pažnju na polukružni zarez na kućištu čipa. Ovaj zarez služi da identifikuje poziciju prvog pina čipa. Ukoliko se čip okrene tako da zarez pokazuje na gore, pin broj 1 se nalazi na levoj strani. Kada se odredi položaj prvog pina ostali pinovi se označavaju redom u krug kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Struktura čipa LM358

Integrisana kola se obično sastoje iz aktivnih komponenti i zahtevaju odgovarajući napon napajanja da bi ispravno radila. Negativni kraj napona napajanja (ili masa) se dovodi na pin 4 dok se pozitivan kraj napona napajanja dovodi na pin 8. Vrednost napona napajanja se može pronaći u korisničkom upustvu (eng datasheet) za komponentu - [link](#). U laboratorijskoj vežbi biće korišćeno jednostrano napajanje od 5V odnosno $V_{EE} = 0$ i $V_{CC} = 5V$. Kako se u laboratorijskog vežbi koristi samo jedan operacioni pojačavač, može se iskoristiti bilo koji od dostupnih A ili B. U nastavku teksta biće pokazan primer sa povezivanjem operacionog pojačavač A.

Kako Arduino Nano pločica koja je dostupna u paketu komponenti ima mogućnost generisanja jednosmernog napona od 5V, kao što je prikazano na slici 4. to ona predstavlja idealan kandidat za generator napona napajanja. Sama Arduino pločica se napaja preko USB porta računara, tako da je potrebno da se poveže na jedan od dostupnih USB portova.



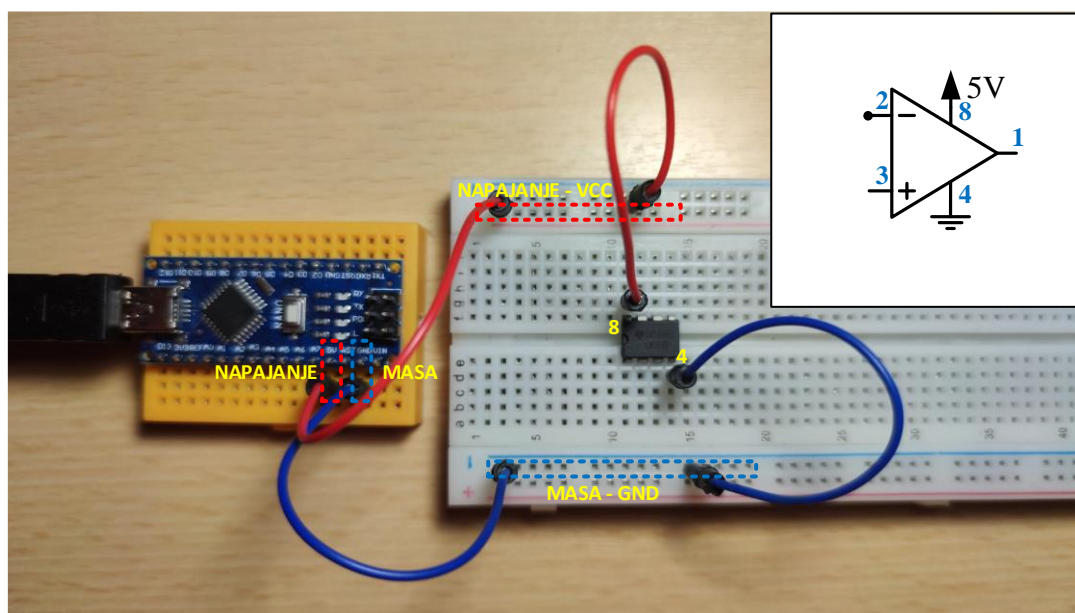
Slika 4. Izvlačenje napona napajanja sa Arduino Nano pločice

Na slici 5. je prikazano povezivanje napona napajanja i mase na LM358 čip. Obratiti pažnju da su ovo naponi koji će se potencijalno voditi na više mesta unutar kola i zbog toga su povezani na uzdužne, signalne linije. Integrisano kolo je postavljeno na sredini ploče (pinovi sa gornje i donje strane prereza nisu međusobno povezani, tako d gornji i donji red pinova nisu kratko spojeni).

NAPOMENA: Rupice u protobordu predstavljaju mehaničke kontakte i često mogu da se zaglave pogotovo kod jeftinijih radnih ploča. S druge strane nogice komponenti otpornika, kondenzatora, potenciomentra kao i pinovi integrisanih kola su dosta osetljive i veoma lako se iskrive ili čak polome. Kako biste smanjili krivljenje komponenti, savet je da pre nego što ubacite nogicu neke komponente u rupu univerzalne radne ploče, najpre probate da u tu istu rupu ubacite pin kabla. Ukoliko se pin zaglavljuje probati više puta. Pinovi na krajevima kabla su dosta čvršći i otporniji i lakše će napraviti odgovarajući prostor. Nakon toga bi trebalo da možete ubaciti nogicu komponente bez većih problema koji bi doveli do krivljenja ili pucanja nogice.

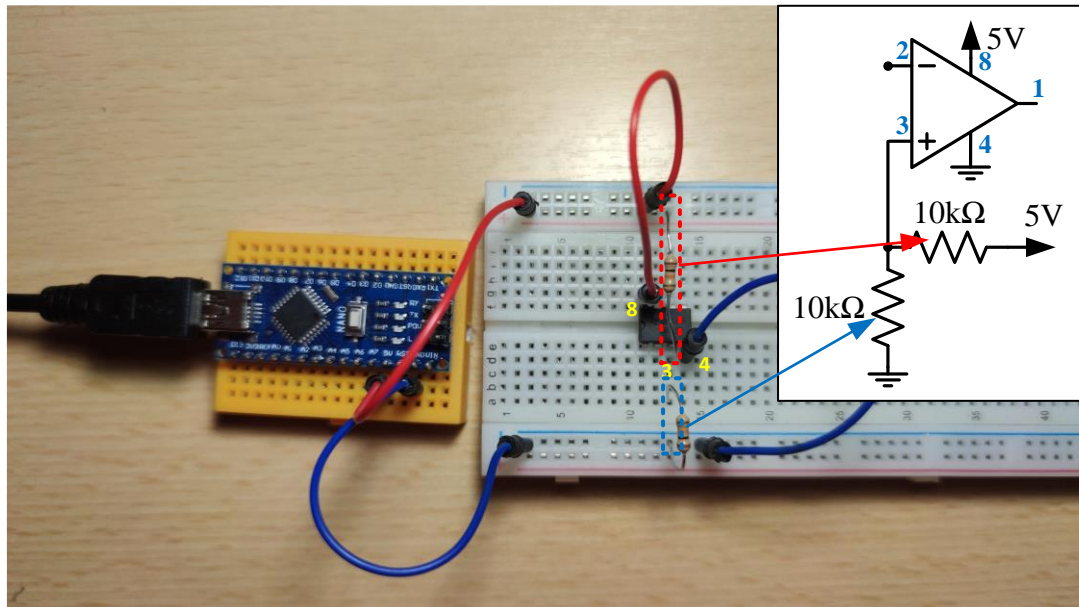
Nakon povezivanja integrisanog kola na univerzalnu radnu ploču, potrebno je dovesti napon 5V na pin 8 operacionog pojačavača i masu na pin 4 kao što je prikazano na slici 5.

NAPOMENA: Prilikom biranja kablova za povezivanje potrebno je usvojiti neku konvenciju čime će umnogome biti olakšano povezivanje kola i otkrivanje potencijalnih grešaka. Na primer jedno od pravila je da se za linije napajanja koriste crveni a za linije mase plavi konektori. Za ostale linije se ostavlja studentima da osmisle neki svoj sistem u kojem će biti dosledni tokom povezivanja kola.



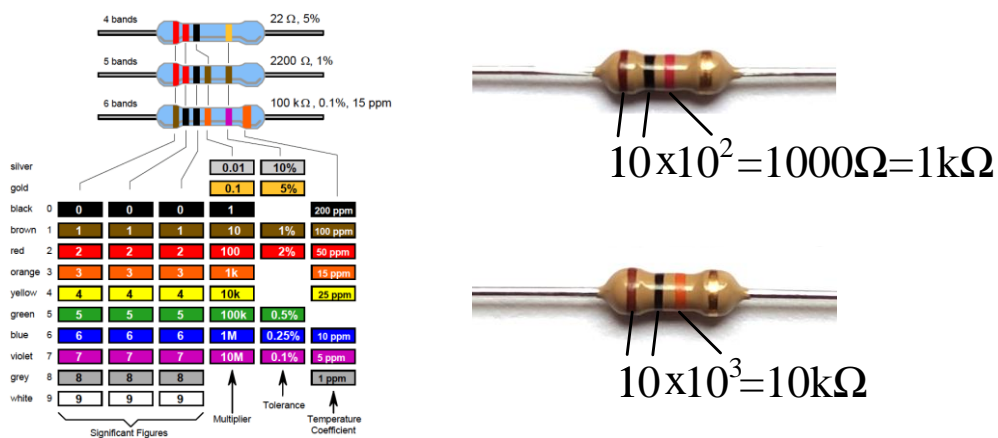
Slika 5. Povezivanje napona napajanja na LM358 čip

Sledeći korak nakon povezivanja napajanja na čip je dovođenje naponskog ofseta od polovine napona napajanja na plus priključak operacionog pojačavača. Polovina napona napajanja se generiše korišćenjem naponskog razdelnika koji se sastoji od dva otpornika identičnih otpornosti. U okviru ove vežbe su za naponski razdelnik iskorišćeni otpornivi od 10kΩ. Plus priključak operacionog pojačavača A se nalazi na pinu 3. Jedan otpornik je dakle potrebno povezati između napona napajanja i pina 3, dok se drugi otpornik nalazi između pina 3 i mase. Povezivanje naponskog razdelnika je prikazano na slici 6.



Slika 6. Povezivanje naponskog razdelnika na plus priključak operacionog pojačavača

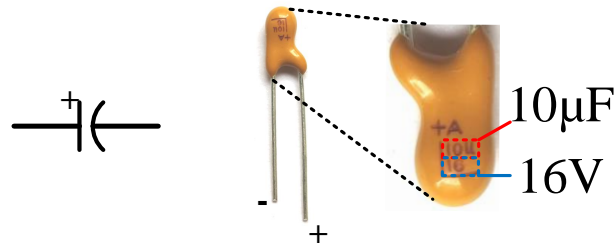
Vrednosti otpornika su naznačene obojenim trakama. Prve 2 ili 3 trake označavaju dvocifreni ili trocifreni broj, naredna traka označava eksponent dok poslednja traka koja je obično zlatna ili srebrna označava toleranciju. Na slici 7. je prikazana tabela sa brojnim vrednostima za svaku boju kao i šema očitavanja vrednosti otpornosti. Na slici 7. su takođe prikazane očitane vrednosti dve vrste otpornika koje se nalaze u kompletu opreme. Braon-crna-crvena boja označavaju otpornik od 1kΩ dok braon-crna-narandžasta predstavljaju otpornik od 10kΩ.



Slika 7. Očitavanje vrednosti otpornosti otpornika

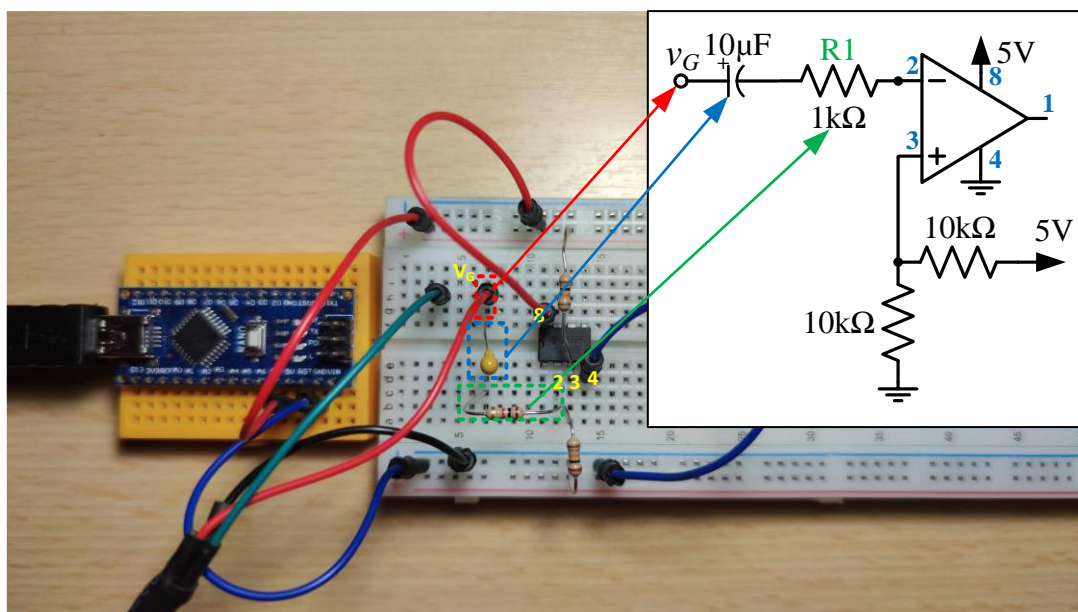
Povezivanje ulaznog dela pojačavača prikazano je na slici 8. Kao generator signala se koristi audio izlaz eksterne zvučne kartice. Signal koji se generiše na audio izlazu predstavlja naizmenični signal koji je

superponiran na jednosmerni napon kako bi ukupan signal bio uvek pozitivan. Kako je od interesa pojačanje samo naizmenične komponente signala potrebno je ukloniti ovaj ofset. Ovo se može postići postavljanjem rednog kondenzatora što veće kapacitivnosti. U pakovanju je na raspolaganji tantal kondenzator kapacitivnosti $10\mu\text{F}$ i maksimalnog napona 16V .



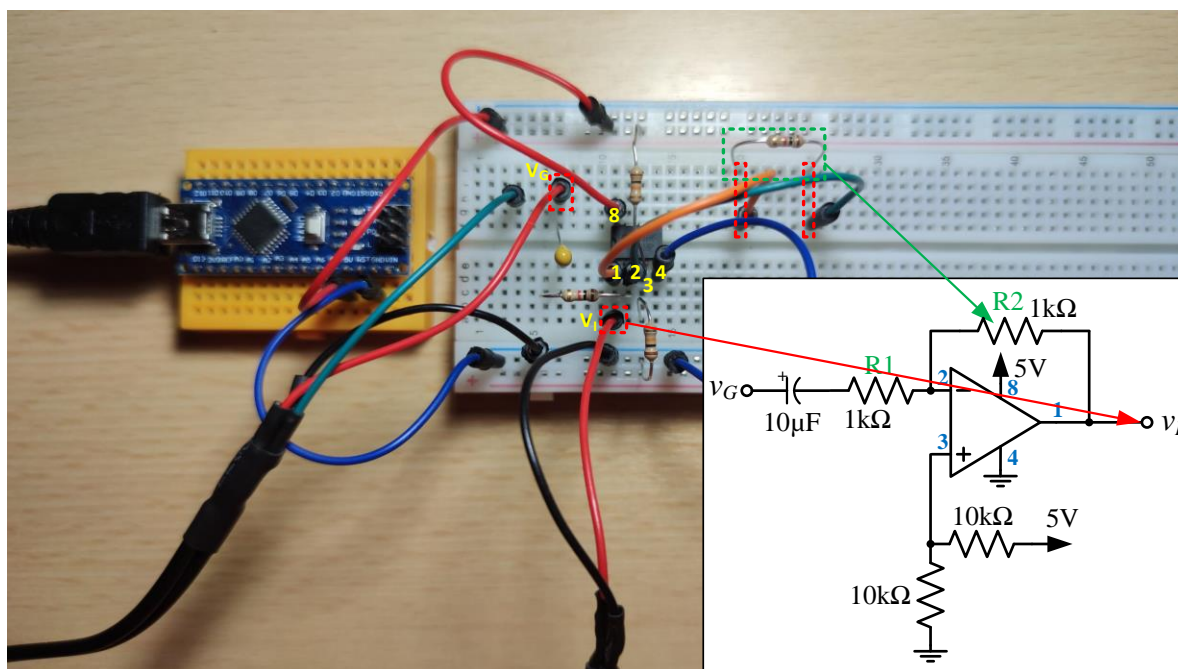
Slika 8. Označavanje tantal kondenzatora

NAPOMENA: Za razliku od otpornika kod kojih su oba kraja ekvivalentna, tantal kondenzatori imaju pozitivan i negativan kraj kao što je prikazano na slici 8. Pozitivan kraj tantal kondenzatora se označava nešto dužom nogicom u odnosu na negativan kraj. **JAKO JE BITNO DA SE TANTAL KONDEZATOR POVEŽE NA ISPRAVAN NAČIN U KOLO INAČE MOŽE DOĆI OD UNIŠTENJA KOMPONENTE!** Pozitivan kraj se uvek vezuje na tačku višeg potencijala u slučaju jednosmernih napona.



Slika 9. Povezivanje ulaznog dela analognog pojačavača

Povezivanje ulaznog dela analognog pojačavača prikazano je na slici 9. Otpornik vrednosti $1\text{k}\Omega$ se vezuje direktno na minus priključak operacionog pojačavača odnosno pin 2 integrisanog kola. Minus priključak kondenzatora (kraća nogica) se povezuje na drugi kraj otpornika dok se plus priključak kondenzatora povezuje na kanal 1 generatora signala (crveni kabl). **Ne zaboravite da je neophodno povezati masu generatora signala (crni kabl) na masu sistema, tj na donju horizontalnu liniju gde su povezana masa sa Arduino!**



Slika 8. Povezivanje povratne sprege i izlaznog dela pojačavača

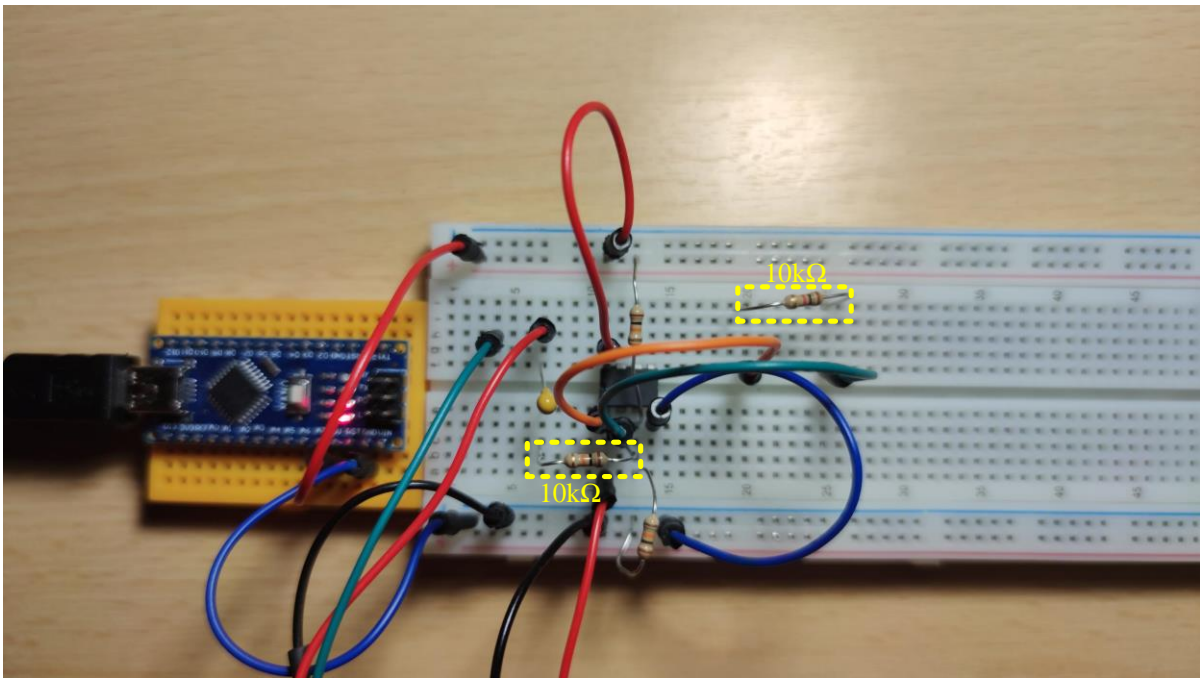
Na kraju je potrebno dodati otpornik u povratnoj sprezi i povezati osciloskop na izlazni deo pojačavača. Kako bi se obezbedilo komotnije povezivanje i kasnija promena otpornike u povratnoj sprezi signali sa pinova 1 (izlaz pojačavača) i 2 (minus priključak) su izvedeni zasebnim kablovima (narandžasti i zeleni) na slobodni deo radne ploče. Sada se otpornik od $1k\Omega$ koji se nalazi u povratnoj sprezi može povezati između ove dve linije. Izlaz operacionog pojačavača se nalazi na pinu 1 integrisanog kola. Izlaz celog našeg sistema koji želimo da posmatramo nalazi se upravo na ovom pinu i tu je potrebno povezati plus priključak osciloskopa (crveni kabl). **Ne zaboravite da je neophodno povezati masu osciloskopa (crni kabl) na masu sistema, tj na donju horizontalnu liniju gde su povezana masa sa Arduinoa!**

MERENJE: Nakon povezivanja kompletnog kola pojačavača kao na slici 8 potrebno je na kanalu 1 generatora signala generisati sinusoidalni signal na ulazu amplitude (pk-pk) $200mV$ i učestanosti $100Hz$. Podrazumeva se da su generator signala i osciloskop kalibrisani, kao što je opisano u uputstvu za korišćenje opreme, tako da je ukupno pojačanje sistema generisanje-merenje napona jednako 5. Kako su otpornici R_1 i R_2 jednaki to je pojačanje pojačavača jednako 1 i ostaje smo pojačavanje sistema za generisanje signala-čitanje koje iznosi 5. Dakle, u okviru prozora osciloskopa bi trebalo da se pojavi sinusoidalni signal iste učestanosti i amplitude približno $1V$. Ukoliko ovo nije slučaj potrebno je proveriti (prodrtati) kontakte i dodatno pritisnuti integrisano kolo kako bi se ostvario bolji kontakt. Sve vreme posmatrati izgled osciloskopa kako bi se otkrilo eventualno mesto slabog kontakta. **NE ZABORAVITE DA PRIKLUČITE PLOČU ARDUINA NA RAČUNAR POŠTO SE ODATLE GENERIŠE NAPAJANJE POJAČAVAČA.** Ukoliko se na osciloskopu pojavi signal koji je nemiran može se zaustaviti



odabirom opcije **Single** u okviru **Trigger** podešavanja. Nakon što je signal zaustavljen amplituda se može izmeriti korišćenjem kursora što je opisano i uputstvu za korišćenje opreme.

Nakon potvrde da je kolo dobro povezano i da daje tražen napon na izlazu zameniti otpornike vrednosti $1k\Omega$ sa otpornicima $10k\Omega$ kao na slici 9. i potvrditi da se i dalje dobija isti napon na izlazu.



Slika 9. Zamena otpornika vrednosti $1\text{k}\Omega$ sa otpornicima $10\text{k}\Omega$

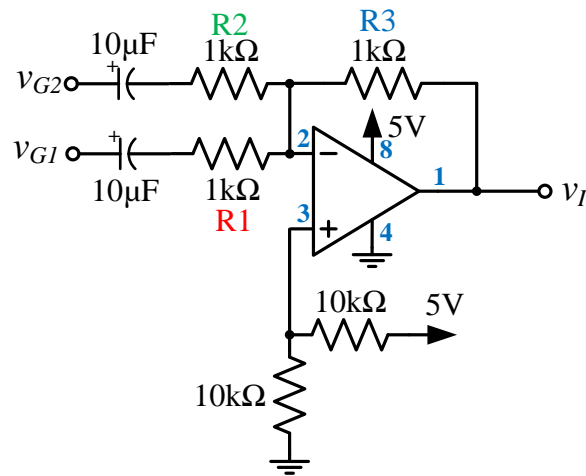
Nakon potvrde da kolo pojačavača ispravno radi može se preći na izradu zadatka.

ZADATAK – 5 poena: U skupu komponenti za lab vežbe nalazi se jedna plava komponenta koja po obliku liči na otpornik. To zapravo i jeste otpornik, samo što je njegova otpornost nepoznata. **Vaš zadatak je da korišćenjem kola pojačavača, odredite vrednost nepoznate otpornosti.**

Ukoliko se ispostavi da je vrednost koju merite prevelika, može se odrediti vrednost otpornosti paralelne veze otpornika $10\text{k}\Omega$ i nepoznate otpornosti. Poznajući vrednost paralelne veze može se odrediti nepoznata otpornost. Ukoliko je moguće dosta je preciznije odrediti ovu otpornost direktno bez paralelnog povezivanja s poznatom otpornošću.

ZADATAK 2 – ANALOGNI SABIRAČ

U okviru drugog zadatka potrebno je modifikovati realizovano kolo pojačavača sa slike 1. tako da se dobije kolo analognog sabirača koje je prikazano na slici 10.

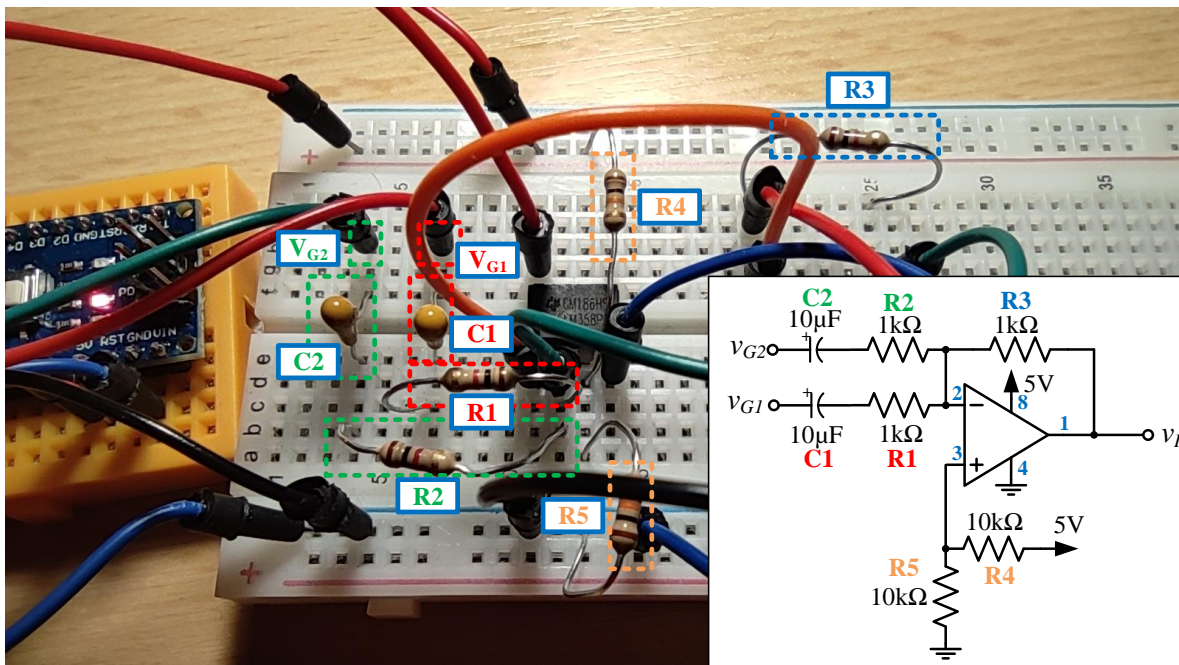


Slika 10. Kolo analognog sabirača

Primenjivanjem identičnog postupka kao pri određivanju izlaza analognog pojačavača dobija se izraz za oblik izlaznog napona analognog sabirača:

$$v_I = 2.5V - \frac{R_1}{R_3} v_{G1} - \frac{R_2}{R_3} v_{G2} = 2.5V - \frac{1}{R_3} (R_1 v_{G1} + R_2 v_{G2})$$

Povezivanje kola analognog sabirača na univerzalnoj radnoj ploči prikazano je na slici 11.



Slika 11. Realizacija analognog sabirača na protobordu

Potvrditi da je kolo ispravno povezano merenjem proizvoljno odabranog signala.

Nakon potvrde ispravnosti rada kola može se preći na izradu zadatka.

ZADATAK – 5 poena: Korišćenjem kola analognog sabirača izgenerisati sledeće izlazne napone:

- 1) $v_I(t) = 0.5V (\sin(2\pi f_0 t) + \sin(4\pi f_0 t))$
- 2) $v_I(t) = 0.5V (\sin(2\pi f_0 t) + \sin(2\pi f_0 t + \pi))$
- 3) $v_I(t) = 0.5V (\sin(2\pi f_0 t) + \sin(14\pi f_0 t))$
- 4) $v_I(t) = 0.5V (\sin(2\pi f_0 t) + \sin(2.2\pi f_0 t))$
- 5) $v_I(t) = 0.5V (\sin(2\pi f_0 t) + \sin(2.123\pi f_0 t))$