

# PREDLOZI PROJEKATA IZ ELEKTROMAGNETIKE

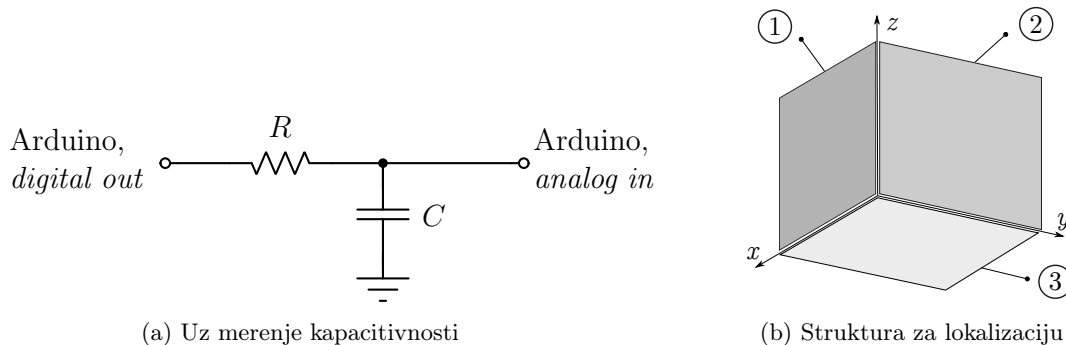
**Napomene.** Postavke projekata su definisane sukcesivno, odnosno, preporučuje se da ih čitate redom kojim su navedeni u ovom dokumentu da biste razumeli sve potrebne detalje. U svim projektima se može koristiti hobi *open hardware* mikrokontroler **Arduino** (*web.* <https://www.arduino.cc/>). Detaljnu dokumentaciju za njegovu upotrebu možete naći na njegovom sajtu.

Za prijavu projekta, neophodno je poslati mejl na [mnikolic@etf.rs](mailto:mnikolic@etf.rs). Ukoliko postoji dovoljan broj zainteresovanih, svi prijavljeni studenti će dobiti potreban materijal

## Projekti koji primenjuju sporopromenljivo EM polje.

### 1. Merenje kapacitivnosti, lokalizacija provodnog tela

Arduino ima digitalne pinove nominalnog napona 5V kroz koje može proticati struja maksimalne dozvoljene jačine 40 mA. Ovo se može iskoristiti za punjenje kondenzatora nepoznate kapacitivnosti preko otpornika poznate otpornosti  $R$  – tako odabrane, da se najveća dozvoljena struja pina ne prekorači. Snimanjem napona kondenzatora na nekom od analognih ulaznih pinova Arduina se može meriti napon kondenzatora  $U_C(t)$ . Pomoću ovih merenja, moguće je na više načina proceniti nepoznatu kapacitivnost. Na primer, merenjem trajanja usponske ivice odskočnog odziva moguće je indirektno izmeriti vremensku konstantu  $t_{\text{rise}} = \tau \ln 9 = RC \ln 9$ . Principijska šema merenja prikazana je na slici 1a.



Slika 1: Uz zadatak 1

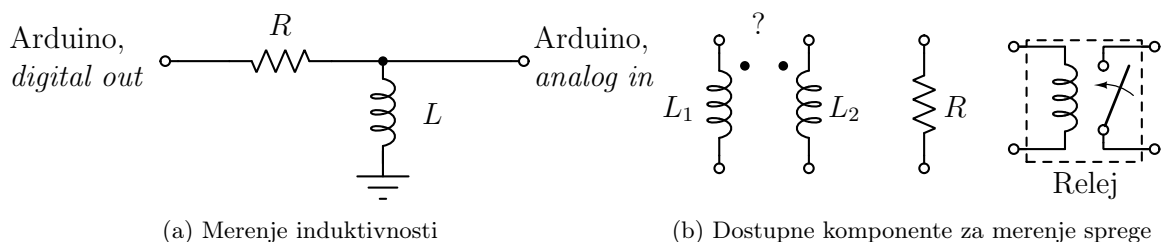
**[Faza 1]** Potrebno je implementirati zadati sistem merenja kapacitivnosti, a potom nekom metodom i izračunati nepoznatu kapacitivnost.

**[Faza 2]** Na slici 1b prikazana je elektromagnetska struktura koju sačinjavaju tri provodne folije kvadratnog oblika stranice  $L$  koje su postavljene u ortogonalnim koordinatnim ravninama. Folije su električki priključene čvorovima koji su označeni kao 1,2 i 3. U odnosu na njih, sistem se formalno može opisati  $a$ ,  $b$  i  $c$  parametrima. Potrebno je izmeniti kod iz prethodne tačke, tako da se izmeri neki od ovih parametara.

**[Faza 3]** U opštem slučaju, ovi parametri zavise od parametara sredine. A na osnovu ovoga, moguće je grubo proceniti položaj malog predmeta postavljenog u oblast polja sve tri ploče (u ovom slučaju, u oktantu  $L > x, y, z > 0$ ). Za ovo je potrebno meriti sopstvene kapacitivnosti folija (kapacitivnosti prema beskonačnosti) i na osnovu toga osmisliti idejno rešenje za približno određivanje položaja predmeta. Izlaz sistema treba da bude položaj tela u Dekartovim koordinatama.

### 2. Merenje induktivnosti, određivanje karakteristika magnetske sprege

Na sličan način kao u prethodnom zadatku, primenom rednog  $RL$  kola, moguće je meriti induktivnosti primenjujući šemu sa slike 2a.



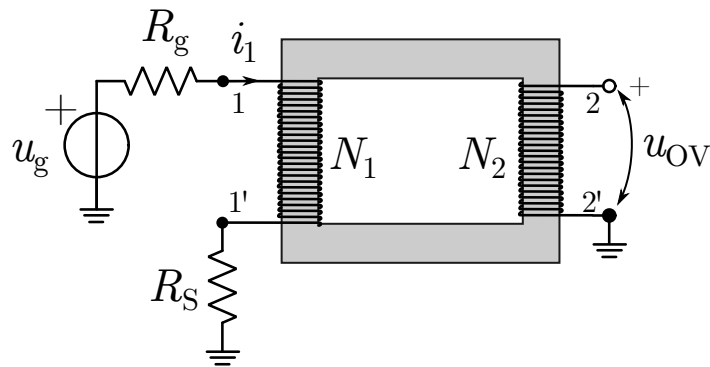
Slika 2: Uz zadatak 2

[Faza 1] Potrebno je implementirati zadati sistem merenja induktivnosti, a potom nekom metodom i izračunati nepoznatu induktivnost.

[Faza 2] Potrebno je projektovati i implementirati sistem za automatizovano merenje koeficijenta induktivne sprege. Na raspolaganju su proizvoljan broj otpornika, i dva kalemata koje treba meriti kao i proizvoljan broj releja. Relej je elektronski upravljani prekidač koji na komandu zadatu iz, na primer, Arduina može da izmeni topologiju kola. Releji mogu biti upravljani, odnosno mogu biti u stanju kratkog spoja ili otvorene veze, na osnovu digitalnog stanja Arduino kontrolera. Potrebno je osmisлити topologiju kola, sa što manje releja, koja omogućava da se mere (i) induktivnost prvog kalemata  $L_1$ , (ii) induktivnost drugog kalemata  $L_2$ , (iii) međusobna induktivnost kalemova  $M = L_{12} = L_{21}$  kao i (iv) smer motanja – relativni položaj tačaka u šematskoj predstavi spregnutih kalemova.

### 3. Merenje magnetskog histerezisa gvođenog jezgra

Potrebno je implementirati sistem za automatsko merenje histerezisa. Šema kola koje se može upotrebiti u tu svrhu prikazana je na slici 3. Brojevi navojaka se mogu smatrati poznatim. Napon generatora je prostoperiodičan, oblika  $u_g(t) = U\sqrt{2}\cos(\omega t)$ . Potrebno je odrediti i nacrtati krivu magnetskog histerezisa zajedničkog jezgra na koje su namotani kalemovi.



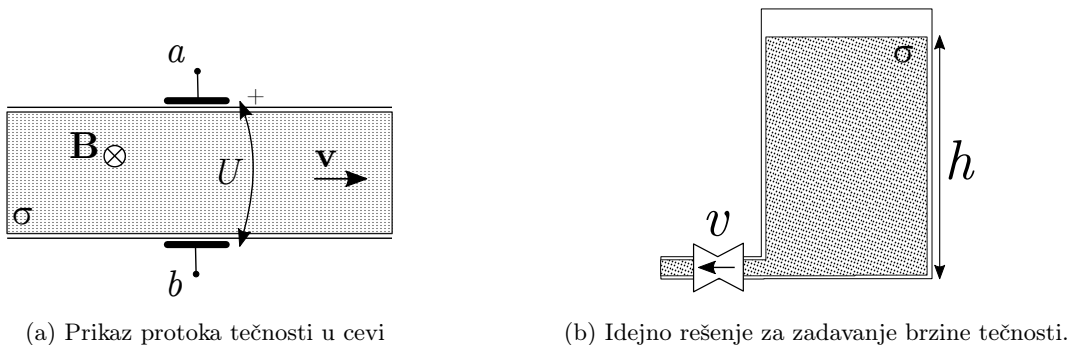
Slika 3: Uz merenje histerezisa

[Faza 1] Pomoću Arduina, mogu se izmeriti analogni naponi čvorova 1' i 2 pomoću kojih se mogu odrediti struja prvog kalemata  $i_1(t)$ , kao i napon drugog kalemata  $u_{OV}(t)$ . Napisati Arduino program koji snima napone ovih čvorova i na osnovu njih određuje struju  $i_1(t)$  i  $u_{OV}(t)$ .

[Faza 2] Teorijski odrediti intenzitete jačine magnetskog polja  $H(t)$  i magnetske indukcije u jezgru  $B(t)$  polazeći od merenih veličina. Koristeći izmerene podatke (struje i napone), izračunati parametre polja u jezgru. Dobljene rezultate nacrtati u obliku dijagrama  $B = B(H)$ . *Pitanje za razmišljanje:* Proceniti snagu gubitaka usled histerezisa na osnovu dobijenog dijagrama.

### 4. Merenje brzine protoka tečnosti pomoću HALLOvog efekta

Na slici 4a je prikazan poprečni presek cevi kroz koju protiče slabo provodna tečnost čija je provodnost  $\sigma$  unutar neprovodne cevi. Označeni napon  $U$  između elektroda  $a$  i  $b$ , pri vremenski konstantnoj magnetskoj indukciji  $\mathbf{B}$ , je praktično proporcionalan brzini  $v$  kojom protiče tečnost kroz cev. Ovaj mehanizam se može iskoristiti za implementaciju senzora brzine protoka tečnosti.



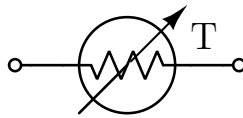
Slika 4: Uz zadatak 4

[Faza 1] Konstruisati senzor sa slike 4a. Kao izvor magnetskog polja upotrebiti odgovarajuće postavljeni stalni magnet. Analogni napon na elektrodama  $U$  meriti primenom analognog ulaza Arduina. Kao tečnost se može koristiti voda. Provodnost vode  $\sigma$  se može povećavati dodavanjem soli, čime se može povećati osetljivost instrumenta.

[Faza 2] Osmisliti sistem koji zadaje poznatu brzinu fluida radi referentnog merenja. Predlog mehanizma ne na slici 4b, kod koje je brzina tečnosti određena TORRICELLIJEVIM zakonom  $v \approx \sqrt{2gh}$ . Po konstrukciji tog sistema, verifikovati ispravnost implementiranog senzora.

## 5. Merenje temperaturske zavisnosti otpornosti

Poznato je da je otpornost otpornika zavisna od temperature. Ovaj fenomen se može iskoristiti za merenje temperature. Otpornici naročito osetljivi na temperaturu tzv. *termistori*, primenljivi u ovu svrhu, su NTC (eng. *Negative Temperature Coefficient*) otpornici kod kojih se sa porastom temperature smanjuje otpornost. Najčešća šematska oznaka ovog otpornika prikazana je na slici 5. Treba biti pažljiv da sami Džulovi gubici otpornika mogu značajno da promene njegovu temperaturu u odnosu na temperaturu ambijenta. Iz tog razloga je potrebno da je struja otpornika minimalna, dok je ipak potrebno da bude dovoljno velika da je merenje napona pouzdano.



Slika 5: Oznaka termistora

[Faza 1] Za određivanje referentnog merenja može se koristiti senzor LM35 čija se proizvođačka dokumentacija može videti na linku <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>. Implementirati očitavanje senzora.

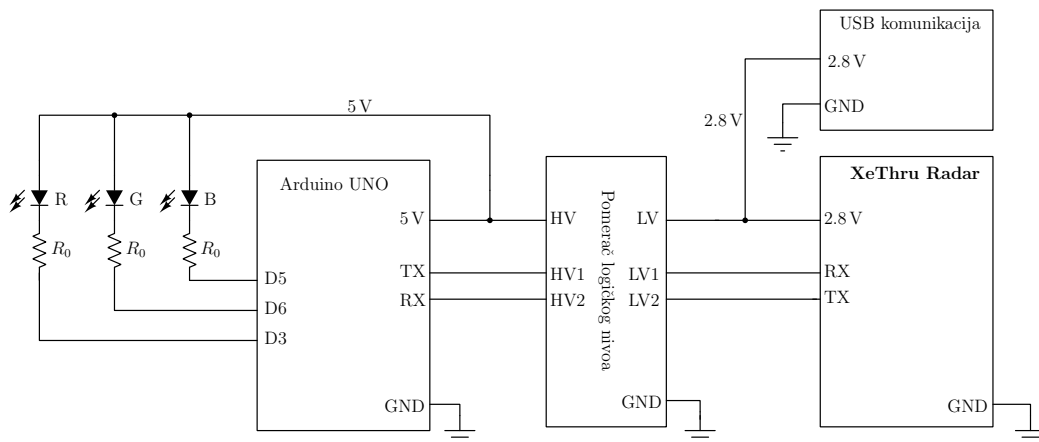
[Faza 2] Otpornost otpornika se može meriti pomoću naponskog razdelnika i etalonskog otpornika – za koji se pretpostavlja da ne menja temperaturu značajno. Koristeći se referentnim senzorom implementiranim u prethodnoj tački, izmeriti zavisnost otpornosti datog termistora od temperature. Koristeći se tim rezultatom, napisati program koji na osnovu očitavanja senzora izračunava ambijentnu temperaturu.

## Projekti koji primenjuju brzopromenljivo EM polje.

### 6. Kontrola LED lampice pomoću radara i Arduina

Projekat koristi XeThru radarski modul koji se može primeniti za detekciju kretanja ili disanja u prostoriji pomoću elektromagnetskog zračenja. Na ovaj način mogu se napraviti protivprovalni sistemi, sistemi za praćenje disanja bolesnika ili starijih ljudi, itd. U ovom konkretnom zadatku, cilj je da se pomoću daha kontroliše jačina svetlosti LED lampice. Pored radarskog modula, koristi se i Arduino uređaj. Šema uređaja je prikazana na slici 6, a detaljno objašnjenje se nalazi u tutorijalu

<https://www.build-electronic-circuits.com/arduino-radar-tutorial>

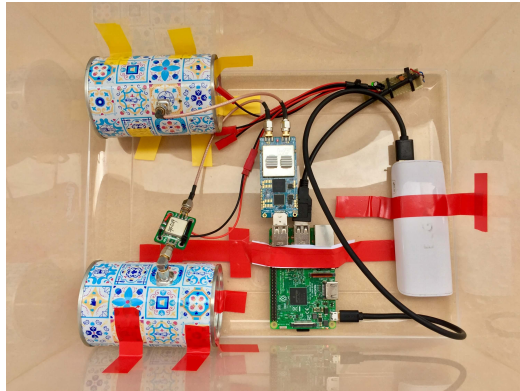


Slika 6: Principska šema i napajanja sistema

## 7. Napravite Doplerov radar pomoću konzervi!

Ovaj jednostavan uređaj koristi primopredajnik **LimeSDR Mini**, računar (npr. *Raspberry Pi* ili *Arduino*, kao na slici 7 ), dve konzerve i niskošumni pojačavač. Pokretan objekat, usled Doplerovog efekta, menja fazu i frekvenciju primljenog signala što se može iskoristiti za detekciju objekata koji se kreću. Detaljno objašnjenje može se pronaći na sajtu

<https://www.rtl-sdr.com/a-limesdr-mini-based-doppler-radar/>



Slika 7: Primer implementacije radara