

IEE2580 Antennid ja raadiolevi eksamiprojekt

Projekti eesmärkideks on aines õpitud teoreetiliste teadmiste kinnitamine läbi praktilise tegevuse ning aines omandatud teadmiste taseme hindamine. Eksamiprojekti sisuks on aine teemadega seonduva maketi või simulatsiooni teostamine. Üliõpilane peab valima sobiva seadme, selle disainima, arvutama, simuleerima, koostama, häälestama ja mõõtma. Tulemuste kohta valmib aruanne mille tulemuste kohta tuleb teha ka lühiettekanne. Eksamiprojekti eest võib tulemuseks saada kuni 40 punkti, aine läbimiseks vajalik minimaalne tulemus on 20 punkti.

Ajakava

Projekt algab semestri õppetöö esimesel nädalal ja peab olema sooritatud hiljemalt eksamisessiooni viimase tööpäeva lõpuks. Allolevas tabelis on toodud projekti ajakava. Kui tähtaeg on antud õppenädala täpsusega, siis selle lõpuks loetakse pühapäeva südaööd. Iga tähtaja ületamise eest vähened lõpptulemus ühe punkti võrra. Kui projekt ei ole lõpptähtajaks valmis, siis jääb aine sooritamata.

Tabel 1. Eksamiprojekti ajakava

Etapp	Tulemus	Tähtaeg
Teema valik ja sellega tutvumine	Valminud on sissejuhatus ja lühikene ülevaade võimalikest lahendustest (Viienda peatüki esimene osa).	3. nädal
Konkreetsel lahenduse disain ja arvutused	Viies peatükk, esialgne komponentide nimekiri. Trükkplaadi disain ei pea veel valmis olema.	5. nädal
Simulatsioonid	Simulatsioonide peatükk, vajadusel muudatused esialgses disainis.	8. nädal
Lõplik disain on valmis	Esitatakse trükkplaatide disainifailid (Gerberid) ja lõplik komponentide nimekiri. NB! Aruandes esitada kindlasti joonised trükkplaadi kõikidest kihtidest.	10. nädal
Füüsiline makett on valmis	Aruandesse on lisatud fotod valmis maketist, valmis on töö seitsmes peatükk.	14. nädal
Makett on häälestatud ja selle parameetrid on mõõdetud	Aruandesse on lisatud kaheksas - mõõtmiste peatükk.	04.01.27 kell 23:59
Aruande kaitsmine – lõppettekanne	Lõpparuanne on valmis ja õppejõule hindamiseks esitatud, projekti tulemuste ettekanne on valmis ja esitatud.	20.01.27 kell 17:00

Teemad

Pakutud teemade nimekiri on Moodle keskkonnas eraldi välja toodud. Vastastikusel kokkuleppel õppejõuga võib valida ka mõne muu, endale meelepärase, teema.

Simulatsioonid

Järgnevalt on toodud mõned soovitusel simulatsioonide jaoks vajaliku tarkvara kohta.

- **AWR Design Environment** on mikrolainetehnika simulatsioonitarkvara millel on 180 päevane tasuta tudengilitsents <https://shop.cadence.com/Ecom/>.

- **MATLAB** tarkvaral on olemas laienduse, **RF Toolbox**, raadiosageduslike ahelate analüüsi jaoks ning **RF PCB Toolbox** trükkplaadil realiseeritud seadmete ja süsteemide analüüsimiseks.

MATLAB tarkvara installeerimise ja litsentseerimise juhendi leiab siit: [Matlab - IT info - Confluence \(atlassian.net\)](#).

- Silicon Labs' vabavaraline [OpenEMS Antenna Simulation Workbench](#).
- Vabavaraline tarkvara antennide simuleerimiseks: [4nec2 antenna modeler and optimizer](#).
- Klassis U02-204 on kohapeal kasutamiseks olemas COMSOL tarkvara koos RF mooduliga [Modeling Software for RF, Microwave, and Millimeter-Wave Designs](#).
- Sonnet Lite™ sobib tasapinnaliste EM struktuuride simuleerimiseks. [Sonnet Lite \(sonnetsoftware.com\)](#).
- [Elmer FEM – open source multiphysical simulation software](#) on lõplike elementide meetodit kasutav vabavara füüsikaliste nähtuste simuleerimiseks. Seda saab kasutada ka elektromagnetiliste nähtuste simuleerimiseks.
- QucsStudio vabavara [Home - QucsStudio](#).
- Elektriskeemide üldiseks simuleerimiseks võib kasutada mistahes SPICE tarkvara. Näiteks Analog Device'i tasuta **LTspice**'i täisversiooni [LTspice Information Center | Analog Devices](#).

Kui tead ise mõnda head, tasuta või tudengilitsentsiga kasutatavat, simulatsioonitarkvara, siis jaga seda informatsiooni aine Moodle foorumis ka teistega.

Trükkplaadi disain

Trükkplaadi maksimaalsed mõõdud on kas 5 x 5 cm või 10 x 10 cm, paksus võib olla kas 0,6; 0,8; 1; 1,2 või 1,6 mm. Kasutatavaks materjaliks on FR4. Trükkplaadid võivad olla ühe-, kahe- või neljakihilised. Põhjendatud vajadusel saab koostada ka suuremate mõõtmetega või suurema kihtide arvuga trükkplaate.

Trükkplaadi disaini lõpptulemuseks peavad olema standardsed Gerber formaadis failid. Minimaalselt on vajalik esitada järgnevad kihid:

- Vask (*copper*), kas üks- või mõlemad kihid;
- jootemask (*solder mask*), kas üks- või mõlemad kihid;
- prinditud tekst (*silcscreen*), samuti kas ühe- või mõlema poole jaoks;
- NC drill fail puuraukude kohtade ja suurustega, kui plaadil pole puuritud avasid, siis võib ka puududa;
- Trükkplaadi kuju (*PCB outer layout*).

Järgnevalt on toodud mõned võimalikud soovitusel trükkplaatide disainimiseks sobiva tarkvara kohta.

- **KiCad** on tasuta täisfunktsionaalsusega vabavara: [KiCad EDA - Schematic Capture & PCB Design Software](#).

- **Eagle Cad** on üldiselt tasuta kuid võimalik on alla laadida tasuta, piiratud versioon mis võimaldab disainida kuni kahekihilist trükkplaati pindalaga kuni 80 cm²: [Download EAGLE | Free Download | Autodesk](#).
- **Altium Designer** on professionaalne, tasuta tarkvara. Instituudis on kasutada mõned litsentsid. Suhteliselt keeruks seadistamine ei pruugi lihtsamate projektide puhul kogu vaeva väärt olla.

Kui tead ise mõnda head, tasuta või tudengilitsentsiga kasutatavat, trükkplaatide disainimise tarkvara, siis jaga seda informatsiooni aine Moodle foorumis ka teistega.

Trükkplaadid ise tellitakse üldjuhul [JLCPCB](#) käest. Seega neile kehtivate [nõuete ja piirangutega](#) saab vastava tutvuda vastava ettevõtte kodulehel.

Komponentide tabel

Tabelis peavad olema kõik välja toodud kõik maketi koostamiseks vajalikud komponendid. Minimaalselt on vaja välja tuua:

- Komponenti tüüp: takisti, kondensaator, induktiivpool, diod, transistor, ...
- Passiivkomponendi puhul nimiväärtus: takistus, mahtuvus, induktiivsus jne.
- Aktiivkomponendi puhul piisab ainult tootja koodist (näiteks nagu: 2N2222, 1N4148, UA741);

Vajadusel võib lisada täiendavaid andmeid nagu:

- Korpuse tüüp (viikudega- või pindmontaazi komponent) ja suurus (näiteks 0806);
- Hüvtegur, maksimaalne lubatud hajuvõimsus, omaresonantsisagedus jne.

Kõik komponendid tellitakse [Mouser Electronics'i e-poest](#). Tellimise lihtsustamiseks lisada iga komponendi juurde sellele viitav link. Kuna lingid ise on pikad, siis võib need saata kas eraldi failis või lisada tootja koodi juurde nagu on tehtud näitena Tabel 2.

Tabel 2. Komponentide tabeli näide

Komponent	Väärtus	Korpuse tüüp/suurus	Tootja kood	Arv	Hind
Takisti	100 Ω	SMD / 1206	RN73C2B100RBTDF	1	1,13 €
“Emane” pesa	50 Ω	SMA	CON-SMA-EDGE	3	2,15 €

Kasutatavad komponendid on soovitatav valida piisavalt suured et nende jootmisega saaks käsitsi hakkama. Vajadusel saab jootmiseks kasutada suurendusklaasi, mikroskoopi ja kuumaõhu jootejaama.

Töövahendid ja -ruumid

Maketti kokku jootmiseks ja mõõtmiseks saab kasutada õppelaborit U02-209, samuti saab vajadusel kasutada prototüüpimise õppelaborit MEK-044. Kui neile ruumidele on vaja ligipääsu õppetöö välisel ajal siis saate õppejõule kiri järgmiste andmetega:

- RFID võimekuse kaardi number (näiteks ISIC kaart);
- Millistele ruumidele juurdepääsu vaja on (kas siis U02-209, MEK-044 või mõlemad);
- Millisel ajavahemikul juurdepääsu vaja on – kuupäevade vahemik, mis nädalapäevad ja mis kellaajad.

Arvestada tuleb sellega, et U02-209 laborit kasutatakse ka õppetöös ja mõlemas laboris võib tundide välisel ajal olla ka teisi kasutajaid.

Aruande vormistamine

Aruande üldine vormistamine toimub vastavalt IT teaduskonna lõputööde vormistamise [juhendile](#). Valminud aruanne tuleb esitada Moodle keskkonnas elektroonilisel kujul, kas .doc, .docx, .rtx või .odt failina. Järgnevalt on välja toodud nimekiri aruande kohustuslikest osadest.

1. Tiitelleht

pealkiri – teema nimi;
koostajate nimed;
juhendaja nimi;
aruande esitamise kuupäev ja asukoht (Tallinn).

2. Annotatsioon (2 p)

Ülevaade töö eesmärkidest, olulisematest käsitletud probleemidest, tähtsamatest tulemustest ning järeldustest. Pikkus mitte enam kui 150 kuni 300 sõna. Valmib viimasena.

3. Lühendite ja mõistete sõnastik

4. Sissejuhatus (3 p)

Töö teema ja eesmärkide tutvustus – **mida** me tahame saavutada?;
Lähtetingimuste kirjeldus, vajadusel ka alamülesanded ja täiendavad nõuded/piirangud;
Milline oli lahendatav probleemistik;
Ülevaade aruande ülesehitusest – mida iga järgnev peatükk käsitleb.

5. Maketi disain (11 p)

Lühikene ülevaade võimalikest lahendustest - **kuidas** taolist probleemi saab lahendada (1 p);
Valitud konkreetse lahenduse põhjalik kirjeldus (tööpõhimõtte), tööpõhimõtte teoreetilised alused. Võrdlus alternatiivsete lahendustega (eelised ja puudused). Tööpõhimõtte kirjelduse juurde käivad üldjuhul ka selgitavad skeem(id) või joonis(ed) ning avaldised. (5 p);
Arvutused – komponentide elektrilised väärtused, lainejuhtide mõõdud, trükkplaadi dimensioonid jne. Kõik arvutuskäigud ja lahendused peavad olema töös esitatud (4 p).
Vajalike komponentide tabel, trükkplaadi disain – töös esitada ka joonised trükkplaadi kõikidest kihtidest (1 p).

6. Simulatsioonid (8 p)

Mida simulatsiooni käigus sooviti välja selgitada ja kuidas (metoodika) (2 p);
Simulatsioonitulemused – arvulised väärtused, tabelid, graafikud jms (2 p);
Simulatsioonitulemuste võrdlus soovitu/eeldatuga. Suuremate lahknevuste ilmnemisel võimalike põhjuste selgitud ja vajalike muudatuste lühikirjeldus (4 p).

7. Maketi koostamine (5 p)

Lühike ülevaade maketi koostamisel ette tulnud probleemides ja kuidas need lahendati;
Foto(d) valminud maketist.

8. Mõõtmised (8 p)

Mõõteplaan – mida on plaanis mõõta, et kinnitada valminud maketi nõuetekohast tööd.
Milliseid vahendeid selleks vaja on (mõõtevahendite tabel), metoodika kirjeldus – kuidas mõõtmised välja näevad, kuidas on mõõteseadmed maketiga ühendatud, milliseid väärtuseid ja mis tingimustel on vajalik mõõta, milliseid arvutusi on mõõtetulemustega vajalik sooritada.
Mõõtetulemuste esitamine, nende võrdlus eeldatavate tulemuste- ja simulatsioonitulemustega.

9. Kokkuvõte (6 p)

Mis oli töö põhieesmärk, kas see saavutati ja kui suures ulatuses;

Vastused/lahendused sissejuhatuses esitatud küsimustele/probleemidele;
Olulisemad tulemused ja järeldused.

10. Kasutatud kirjanduse loetelu

Iga hinnatava osa taha on kirjutatud ka maksimaalne võimalik punktisumma selle osa eest. Tagasisidet antakse vahetähtaegadeks esitatud töö osade kohta jooksvalt. Lõpparuannet saab vajadusel korral, peale esialgset tagasisidet, veel ühe korra uuesti esitada. **Puuduliku vormistuse** eest võib hindaja töö eest saadavat **punktisummat vähendada**.