



Madis Metsala

ELEKTROONIKA LABORITÖÖDE ÜLESANNETE JA KATSEPLAADI KOOSTAMINE

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut
Elektritehnika eriala

Tallinn 2023

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina/meie,

...Madis Metsala.....

.....,

tõendan/tõendame, et lõputöö on minu/meie kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (nimi, allkiri)Indrek Tukmann.....

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, ...Madis Metsala.....
(*autori nimi*)

sünnikuupäev: ...14.02.1987.....

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

.....“Elektroonika laboritööde ülesannete ja katseplaadi koostamine „
(*lõputöö pealkiri*)

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, allkirjastatud digitaalselt.

SISUKORD

1.	SISSEJUHATUS	4
1.1.	Probleemi püstitus ja töö eesmärk	4
1.2.	Uurimistöö aktuaalsus ja taust	5
1.3.	Elektroonilise katseplaadi projekteerimise teoreetiline taust	5
2.	OLEMASOLEVA OLUKORRA KIRJELDUS	7
2.2	Lucas-Nülle stendi kirjeldus	8
2.3	Kasutatav joonestustarkvara ja lahenduste ülevaade	10
3.	LABORI PLAADI VALMISTAMINE	13
3.1	Töö programmiga KiCAD.	14
3.2	Komponentide valik	18
3.3	Projekteerimise faas	25
3.4	Projekteeritud plaadi põhilised omadused.....	26
4.	ÜLESANNETE VALMISTAMINE.....	29
4.1	Näidisülesanne	31
5.	TULEMUSED JA ANALÜÜS.....	34
5.1.	Katseplaadi projekteerimise ja valmistamise tulemused	34
5.2.	Laboratoorsete ülesannete analüüs	35
5.3.	Töö järeldused.....	36
5.4	Edasised uurimissuunad ja arendusvõimalused	38
6.	KOKKUVÕTE	40
7.	SUMMARY	41
	LISA 1 ÜLESANNETE KOGU	42
	LISA 2 VIITED	47
	KASUTATUD KIRJANDUS	48

1. SISSEJUHATUS

Füüsika ja elektrotehnika on teadusharud, mille teoreetiliste põhimõtete mõistmine ja omandamine on üliõpilastele sageli keeruline ülesanne. Eriti oluline on see elektrotehnika eriala üliõpilaste jaoks, kellel tuleb omandada sügavad teadmised elektroonika ja elektrotehnika valdkonnas. Üheks võimalikuks lahenduseks, mis aitab teoreeme paremini kinnistada, on laboratoorsete katsete läbiviimine, kus õpilased saavad praktiliselt kontrollida ja testida teoreetiliste põhimõtete toimimist. Seejuures on oluline, et õpilased saaksid võimaluse rakendada avastusõpet, mida psühholoogias nimetatakse vabas vormis probleemi lahendamiseks. Avastusõppe käigus on õpilasel võimalus valida ise probleemi lahendamise meetodid, mis võimaldab tal leida omanäolisi lahenduskäike.

Elektriinseneri eriala on autori hinnangul üks keerulisemaid erialasid, mida on võimalik kõrgkoolis õppida. Selle eriala üliõpilased seisavad silmitsi mitmete väljakutsetega, millest üheks on keskkooli ebapiisav ettevalmistus elektrotehnika ja elektroonika valdkonnas. See võib omakorda mõjutada üliõpilaste võimet mõista ja omandada keerukaid teoreetilisi kontseptsioone.

Üheks suunaks elektroonikas on ka tähelepanu pööramine keskkonnasõbralikkusele, sest elektroonika jõuab lõpuks välja prügimäele. Nii on hakatud pöörama tähelepanu näiteks jootematerjalide keskkonnasõbralikkusele. On aretatud välja plii-vabad [1] jootetinaid, mis võivad sisaldada: puhast tina, tina ja vismutit, tina ja vaske, tina ja hõbedat.

1.1. Probleemi püstitus ja töö eesmärk

Elektrotehnika ja elektroonika on valdkonnad, mis on tänapäeva tehnoloogilises ühiskonnas äärmiselt olulised. Nende valdkondade põhimõtete mõistmine ja praktiliste oskuste omandamine on hädavajalikud inseneride ja teadlaste koolitamiseks. Üheks oluliseks osaks elektrotehnika ja elektroonika õppeprotsessis on laboratoorsed tööd, mis võimaldavad üliõpilastel rakendada teoreetilisi teadmisi praktilistes situatsioonides. Siiski on sageli täheldatud, et laboratoorsete tööde ülesanded ei ole alati piisavalt mitmekesised ega paku üliõpilastele piisavalt väljakutseid.

Käesoleva töö eesmärgiks on pakkuda välja uusi ülesandeid elektroonika laboratooriumi jaoks, mis aitaksid üliõpilastel paremini mõista elektrotehnika ja elektroonika põhimõtteid ning toetaksid nende praktiliste oskuste arendamist. Töö eesmärk on ka analüüsida olemasolevaid laboratoorseid töid ja pakkuda välja võimalikke parandusi ja täiendusi.

1.2. Uurimistöö aktuaalsus ja taust

Elektrotehnika ja elektroonika valdkondade areng on viimastel aastatel olnud kiire ja pidev. Uute tehnoloogiate ja seadmete väljatöötamine nõuab inseneridelt ja teadlastelt põhjalikke teadmisi ning praktilisi oskusi. Seetõttu on üliõpilaste ettevalmistamine nendes valdkondades muutunud üha olulisemaks. Laboratoorsed tööd on üheks peamiseks vahendiks, mis võimaldavad üliõpilastel omandada praktilisi oskusi ja kogemusi.

Käesoleva töö aktuaalsus tuleneb vajadusest parandada elektroonika laboratooriumi õppekvaliteeti ja pakkuda üliõpilastele kaasaegseid ja asjakohaseid ülesandeid. Uurimistöö taustaks on varasemad teadustööd ja publikatsioonid elektrotehnika ja elektroonika õpetamise meetoditest ning laboratoorsete tööde korraldamisest.

1.3 Elektroonilise katseplaadi projekteerimise teoreetiline taust

Trükkplaadi projekteerimine on oluline osa elektrooniliste seadmete väljatöötamisel, mis nõuab süsteemset lähenemist ja põhjalikke teadmisi elektrotehnika ja elektroonika valdkonnast. Käesolevas alapeatükis käsitletakse trükkplaadi projekteerimise põhimõtteid, sealhulgas trükkplaadi kujunduse optimeerimist, elektromagnetiliste häirete vähendamist, termilise juhtivuse tagamist ning mehaanilise tugevuse ja vastupidavuse nõudeid. Samuti käsitletakse trükkplaadi kihistruktuuri ja materjalide valikut ning vase radade paigutuse ja laiuse valimise kriteeriume.

Elektrooniliste komponentide valik ja paigutus trükkplaadile on kriitilised etapid projekteerimisprotsessis, mis mõjutavad oluliselt trükkplaadi toimivust ja usaldusväärsust. Antud alapeatükis käsitletakse elektrooniliste komponentide valiku kriteeriume, sealhulgas nende tehnilisi omadusi, elektrilisi parameetreid ja kasutusotstarvet. Samuti tutvustatakse pindmontaažiga (SMT) ja aukude kaudu paigaldatavate (THT) komponentide eripärasid ning nende valiku kaalutlusi. Lisaks

käsitletakse komponentide paigutuse optimeerimist trükkplaadil, arvestades elektromagnetilisi omadusi, termilist juhtivust, mehaanilist stabiilsust ja tootmisnõudeid.

KiCad on avatud lähtekoodiga elektroonilise trükkplaadi projekteerimise tarkvara, mida kasutatakse laialdaselt elektroonika valdkonnas. Käesolevas alapeatükis tutvustatakse KiCad tarkvara peamisi funktsioone ja võimalusi, sealhulgas skeemide joonestamist, trükkplaadi kujunduse loomist, komponentide paigutust ja tootmisfailide genereerimist. Samuti käsitletakse KiCad tarkvara eeliseid, nagu kasutusmugavus, paindlikkus, lai kasutajakogukond ja avatud lähtekoodi olemus, mis võimaldab tarkvara kohandada ja arendada vastavalt kasutaja vajadustele. Lisaks tutvustatakse KiCad tarkvara kasutamise näiteid elektroonilise katseplaadi projekteerimisel ning antakse ülevaade tarkvara kasutamise protsessist ja töövoogudest.

2. OLEMASOLEVA OLUKORRA KIRJELDUS

Tallinna Tehnikakõrgkooli elektrotehnika laboris kasutatakse kaasaegseid õppevahendeid, et tagada üliõpilastele praktiliste oskuste omandamine ja teoreetiliste teadmiste kinnistamine. Üheks selliseks õppevahendiks on Saksamaa firma Lucas-Nülle toodetud õppekeskused, mis on spetsiaalselt välja töötatud elektrotehnika ja elektroonika valdkonna õppe- ja uurimistööks.[2]

Lucas-Nülle õppekeskused on varustatud erinevate elektrotehniliste moodulite ja seadmetega, mis võimaldavad läbi viia mitmesuguseid laboratoorseid katseid ja eksperimente. Õppekeskused on loodud nii, et neid saab hõlpsasti ühendada arvutiga kasutades USB kaablit või wifi võrku. See võimaldab õppekeskuste juhtimist ja andmete kogumist arvuti kaudu, muutes laboritööde läbiviimise tõhusamaks ja täpsemaks.

Iga õppekeskus vajab funktsioneerimiseks arvutit, mis jagab ülesandeid ja kuhu sisestatakse vastused. Õppeprotsess on korraldatud nii, et kasutaja peab end sisse logima ja valima oma ülesannete teema. Seejärel esitatakse kasutajale ülesanded läbi veebilehe, mis on spetsiaalselt loodud laboritööde läbiviimiseks. Veebilehe kaudu saavad üliõpilased tutvuda ülesannete kirjelduse ja nõuetega, teostada katseid ja eksperimente ning sisestada saadud tulemused ja vastused.

Kuigi olemasolevad laboritööd ja õppekeskused võimaldavad üliõpilastel omandada olulisi praktilisi oskusi, on siiski vajalik laboritööde valikut laiendada. Laiendatud valik võimaldaks käsitleda elektrotehnika erinevaid aspekte ja teemasid, pakkudes üliõpilastele võimalust süvendada oma teadmisi ja oskusi mitmekesisites valdkondades. Lisaks võimaldaks uute laboritööde lisamine käsitleda kaasaegseid tehnoloogiaid ja innovaatilisi lahendusi, mis on elektrotehnika arengu seisukohalt olulised.

Näiteks võib laboritööde valikut laiendada selliste teemade nagu taastuvenergia, elektromagnetism, digitaalelektronika, mikrokontrollerite programmeerimine, anduritehnoloogia ja paljude teiste valdkondadega. Uute laboritööde väljatöötamisel on oluline tagada, et need oleksid praktilised, interaktiivsed ja õppekava eesmärkidega kooskõlas. Samuti tuleks arvestada üliõpilaste erinevaid eelteadmisi ja oskusi, et tagada laboritööde läbiviimine erinevatel õppeastmetel.

Lisaks laboritööde valiku laiendamisele on oluline pöörata tähelepanu ka õppekeskuste tarkvara ja riistvara uuendamisele. Kaasaegsed elektrotehnika õppekeskused peaksid olema varustatud

tarkvaraga, mis võimaldab paindlikku ja tõhusat laboritööde läbiviimist. Tarkvara peaks võimaldama üliõpilastel visualiseerida ja analüüsida katsete tulemusi, simuleerida elektrotehnilisi protsesse ning koostada aruandeid ja dokumentatsiooni.

Laboritööde läbiviimiseks vajalike arvutite osas tuleks tagada, et need oleksid tehniliselt võimekad ja vastaksid kaasaegsetele nõuetele. Arvutid peaksid olema varustatud piisava arvutusvõimsuse, mälu ja salvestusruumiga, et võimaldada sujuvat laboritööde läbiviimist ja andmete töötlemist. Samuti on oluline tagada arvutite ja õppekeskuste turvaline ühendamine, et kaitsta andmeid ja tagada laboritööde ohutus.

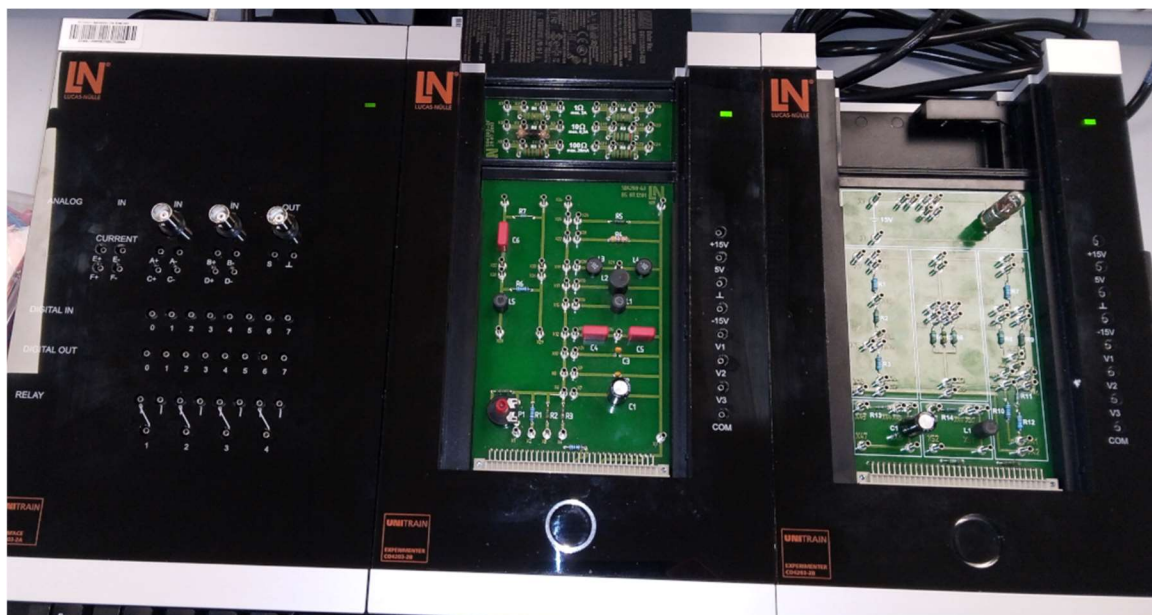
Tallinna Tehnikakõrgkooli elektrotehnika laboris kasutatavad Lucas-Nülle õppekeskused on oluline vahend elektrotehnika eriala üliõpilaste praktiliste oskuste arendamiseks. Laboritööde valiku laiendamine ja õppekeskuste uuendamine aitavad kaasa üliõpilaste teadmiste süvendamisele, võimaldavad käsitleda kaasaegseid elektrotehnilisi teemasid ning aitavad kaasa elektrotehnika eriala arengule ja innovatsioonile.

2.2 Lucas-Nülle stendi kirjeldus

Lucas-Nülle on Saksamaal asuv ettevõtte, mis on spetsialiseerunud tehniliste õppevahendite tootmisele ja arendamisele. Firma pakub laia valikut õppekeskusi ja laboriseadmeid, mida kasutatakse tehniliste erialade, sealhulgas elektrotehnika ja elektroonika, õpetamiseks ja uurimiseks. Lucas-Nülle õppekeskused on tuntud oma kvaliteedi, paindlikkuse ja innovaatilisuse poolest ning neid kasutatakse paljudes haridusasutustes üle maailma.

Laboris kasutatakse Lucas-Nülle õppekeskusi, mis on varustatud erinevate funktsioonide ja seadmetega, et võimaldada üliõpilastel ja teadlastel läbi viia mitmesuguseid elektrotehnilisi katseid ja mõõtmisi. Üheks oluliseks omaduseks on õppekeskuse võime anda alalispinget vahemikus 0 kuni 10 volti. See võimaldab uurida erinevaid elektrilisi nähtusi ja protsesse, mis on olulised elektrotehnika põhimõtete mõistmiseks ja rakendamiseks.

Lucas-Nülle õppekeskuse üks eripära on võimalus vahetada erinevaid trükkplaate (Joonis 1), mis on ette nähtud erinevate katsete ja eksperimentide jaoks. Trükkplaadid on mõõtmetega 10x16 cm ja paksusega 1,6 mm, mis võimaldab neid hõlpsasti paigaldada ja eemaldada õppekeskuse seadmest. Trükkplaadid on varustatud erinevate elektrooniliste komponentide ja ühenduspunktidega, mis võimaldavad õpilastel uurida erinevaid elektrotehnilisi skeeme ja süsteeme.



Joonis 1 Trükkplaadi paigaldus õppekeskuses

Lisaks alalispinge allikale sisaldab iga Lucas-Nülle õppekeskus ka funktsioonigeneraatorit, ostsilloskoopi ja toiteplokki. Funktsioonigeneraator võimaldab genereerida erinevaid perioodilisi signaale, nagu siinus-, ristkülik- ja kolmnurksignaale, mida saab kasutada elektrooniliste süsteemide testimiseks ja analüüsimiseks. Ostsilloskoop on seade, mis võimaldab visualiseerida elektrilisi signaale ajas ning mõõta nende amplituudi, perioodi ja faasi.

Toiteplokk on oluline komponent, mis võimaldab varustada elektrotehnilisi süsteeme vajaliku pingega. Lucas-Nülle õppekeskuse toiteplokk on mitmekülgne seade, mis võib anda nii ühefaasilist kui ka kolmefaasilist voolu, võimaldades seeläbi uurida erinevaid elektrilisi süsteeme ja nende käitumist erinevate toiteallikate korral. Toiteploki väljundpinge ja voolutugevus on reguleeritavad, mis võimaldab kohandada toiteparameetreid vastavalt konkreetsele katsele või eksperimendile.

Lucas-Nülle õppekeskuste trükkplaadid on loodud nii, et need oleksid vastupidavad ja usaldusväärsed, tagades täpsed ja stabiilsed mõõtmistulemused. Trükkplaadid on valmistatud kvaliteetsetest materjalidest, mis tagavad nende pikaajalise töökindluse ja vastupidavuse. Lisaks on trükkplaadid varustatud selgete märgistustega, mis aitavad õpilastel paremini mõista elektriskeemide ülesehitust ja komponentide paigutust.

Lucas-Nülle õppekeskuste kasutamine laboris võimaldab üliõpilastel omandada praktilisi oskusi ja kogemusi elektrotehnika valdkonnas. Õppekeskused aitavad kaasa teoreetiliste teadmiste kinnistamisele, võimaldades õpilastel rakendada õpitud põhimõtteid praktilistes katsetes. Samuti võimaldavad õppekeskused arendada õpilaste analüüsi- ja probleemilahendusoskusi, mis on olulised nii akadeemilises kui ka töökeskkonnas.

Lucas-Nülle õppekeskuste kasutamine laboris toetab ka kaasaegse õppe läbiviimist, kus rõhk on iseseisval uurimistööl, loovatel lahendustel ja meeskonnatööl. Õppekeskused võimaldavad õpilastel töötada erinevates koosseisudes, jagada teadmisi ja kogemusi ning leida koostöös uusi ja innovaatilisi lahendusi elektrotehnilistele probleemidele.

2.3 Kasutatav joonestustarkvara ja lahenduste ülevaade

Trükkplaatide projekteerimine on oluline osa elektroonika arendusprotsessist, mis võimaldab luua elektroonilisi seadmeid ja süsteeme. Üheks levinud tarkvaralahenduseks trükkplaatide projekteerimisel on KiCAD, mis on avatud lähtekoodiga elektroonika projekteerimise automatiseerimise (Electronic Design Automation, EDA) tarkvara [3]. KiCAD pakub kasutajatele võimalust luua elektrooniliste seadmete skeeme, projekteerida trükkplaate ning genereerida vajalikke tootmisfaile.

KiCAD trükkplaadi projekteerimistarkvara kasutamine võimaldab projekteerida uusi õppe-trükkplaate, mida saab kasutada elektrotehnika ja elektroonika erialade õpetamiseks ja uurimiseks. Õppe-trükkplaadid on mõeldud selleks, et aidata üliõpilastel ja teadlastel paremini mõista elektrooniliste komponentide tööpõhimõtteid, uurida erinevaid elektriskeeme ning viia läbi praktilisi katseid ja eksperimente.

Trükkplaatide projekteerimise protsess KiCAD tarkvaras algab elektroonilise skeemi loomisest, kus määratakse kindlaks komponentide paigutus ja ühendused. Seejärel viiakse läbi trükkplaadi kujundamine, kus määratakse kindlaks trükkplaadi kuju, komponentide asukoht, juhtmete rajad ja muud olulised parameetrid. Lõplik trükkplaadi kujundus genereeritakse tootmisfailidena, mida saab edastada trükkplaate tootvale firmale.

Trükkplaadid on võimalik tellida erinevatest trükkplaate tootvatest firmadest, mis asuvad nii Eestis kui ka välismaal. Näiteks Eestis tegutseb trükkplaatide tootja Brandner, mis pakub laia valikut trükkplaatide tootmise teenuseid, sealhulgas prototüüpide valmistamist ja väikeseeria tootmist. Belgias asub trükkplaatide tootja Eurocircuits, mis on tuntud oma kvaliteetsete toodete ja paindlike

lahenduste poolest. Hiinas tegutseb trükkplaatide tootja JLPCB, mis on üks maailma suurimaid trükkplaatide tootjaid ja pakub konkurentsivõimelisi hindu.

Projekteeritud õppe-trükkplaatide eesmärk on pakkuda kasutajatele võimalust koostada erinevaid elektroonilisi skeeme. Näiteks võib trükkplaadil olla mitmeid erinevaid elektroonilisi komponente, nagu takistid, kondensaatorid, diodid ja mikrokontrollerid, mida saab omavahel ühendada erinevateks skeemideks. Trükkplaadi disain võib sisaldada ka erinevaid pistikühendusi, mis võimaldavad ühendada väliseid seadmeid, nagu andurid, aktuaatorid ja toiteallikad.

Õppe-trükkplaadi üheks oluliseks omaduseks on selle modulaarsus ja paindlikkus. See tähendab, et trükkplaadil olevaid komponente saab ühendada erinevatel viisidel, võimaldades õpilastel katsetada ja uurida erinevaid elektroonilisi skeeme ja lahendusi. Selline lähenemine toetab avastusõpet ja loovat probleemilahendust, aidates õpilastel arendada oma analüüsi- ja projekteerimisoskusi.

Lisaks praktilistele oskustele aitab õppe-trükkplaadi kasutamine kaasa ka teoreetiliste teadmiste kinnistamisele. Õpilased saavad näha, kuidas elektroonilised komponendid töötavad koos, kuidas elektrivool liigub läbi skeemi ja kuidas erinevad parameetrid, nagu pinge, vool ja takistus, mõjutavad süsteemi käitumist. See aitab õpilastel paremini mõista elektrotehnika ja elektroonika põhimõtteid ning rakendada neid praktilistes olukordades.

Trükkplaadi projekteerimine KiCAD tarkvaras võimaldab ka luua kohandatud lahendusi, mis vastavad konkreetsetele õppe- ja uurimisvajadustele. Näiteks võib trükkplaadi kujundada nii, et see sobib konkreetse laboriseadme või õppekeskusega, või et see võimaldab uurida spetsiifilisi elektrotehnilisi nähtusi. Selline lähenemine võimaldab õppeasutustel ja teadlastel luua unikaalseid õppevahendeid, mis aitavad kaasa elektrotehnika hariduse arengule ja innovatsioonile.

Trükkplaadi projekteerimine ja tootmine on keeruline protsess, mis nõuab täpsust, tehnilisi teadmisi ja oskusi. KiCAD tarkvara võimaldab projekteerijatel luua trükkplaate, mis vastavad nii tehnilistele nõuetele kui ka õppe-eesmärkidele. Tänu KiCAD tarkvara avatud lähtekoodile ja aktiivsele arendajate kogukonnale on see tarkvara pidevalt arenev ja uuenev, pakkudes kasutajatele uusimaid funktsioone ja võimalusi. Alternatiivsete programmidenä on saadaval veel Altium Designer ja Eagle CAD. Altium Designer on tasuline tarkvara, pakkudes 1kuulist prooviperioodi. Eagle CAD programm on tasuta kuni projekteeritav trükk plaat jääb 80 cm² piirile, mis on liialt väike.

Trükkplaatide tootvad firmad, nagu Brandner Eestis, Eurocircuits Belgias ja JLPCB Hiinas, pakuvad erinevaid tootmisvõimalusi, sealhulgas prototüüpide valmistamist, väikeseeria tootmist ja suuremahulist tootmist. Need firmad kasutavad kaasaegseid tootmistehnoloogiaid ja kvaliteedikontrolli protsesse, et tagada trükkplaatide vastavus tehnilistele spetsifikatsioonidele ja kliendi nõuetele.

Lõpetuseks võib öelda, et trükkplaatide projekteerimine ja tootmine on oluline osa elektrotehnika ja elektroonika valdkonna arengust. Õppe-trükkplaatide kasutamine laborites ja õppeasutustes aitab kaasa üliõpilaste praktiliste oskuste arendamisele, teoreetiliste teadmiste süvendamisele ja teadusliku uurimistöö edendamisele. KiCAD tarkvara ja trükkplaatide tootvate firmade teenused võimaldavad luua kohandatud ja kvaliteetseid trükkplaatide, mis aitavad kaasa elektrotehnika ja elektroonika hariduse ja innovatsiooni edendamisele.

3. LABORI PLAADI VALMISTAMINE

Trükkplaatide kasutamine elektrotehnika ja elektroonika laborites on oluline osa praktilise õppe läbiviimisest. Trükkplaadid võimaldavad õpilastel tutvuda elektrooniliste komponentide ja skeemidega, viia läbi erinevaid katseid ja eksperimente ning omandada praktilisi oskusi elektrotehniliste süsteemide projekteerimisel, ehitamisel ja analüüsimisel.

Antud juhul on vaja kaheksa ühesugust trükkplaati, et õpilased saaksid katsetada kaheksal õppekohal korraga. Selline lähenemine võimaldab korraldada praktilisi laboritöid suuremale hulgale õpilastele, tagades samal ajal iga õpilase jaoks iseseisva töökoha ja vajalikud seadmed. See on oluline nii õpilaste individuaalse arengu kui ka meeskonnatöö oskuste arendamise seisukohast, kuna õpilased saavad teha koostööd, jagada teadmisi ja kogemusi ning leida ühiseid lahendusi tehnilistele probleemidele.

Lisaks trükkplaatidele on oluline koostada ka ülesanded ehk laborikatsed, mis aitavad õpilastel paremini mõista elektrotehnika ja elektroonika põhimõtteid ning rakendada neid praktilistes olukordades. Laborikatsed peaksid olema selgelt sõnastatud, sisaldama ülesande kirjeldust, eesmärgi, nõudeid ja juhiseid. Samuti on soovitatav lisada laborikatsete juurde teoreetiline taust, mis selgitab katses käsitletavaid füüsikalisi ja tehnilisi nähtusi.

Trükkplaatide projekteerimine ja tootmine võib toimuda kas ise projekteerides või tellides valmislahendusi tootjafirma kataloogist. Ise projekteeritud trükkplaatide eeliseks on võimalus kohandada plaate vastavalt konkreetsetele õppevajadustele ja eesmärkidele. Näiteks võib trükkplaadile lisada erinevaid elektroonilisi komponente, ühenduspunkte ja mooduleid, mis võimaldavad uurida erinevaid elektrotehnilisi nähtusi ja protsesse. Samuti võimaldab ise projekteerimine optimeerida trükkplaadi kujundust, et tagada selle vastavus labori seadmetele ja töövahenditele.

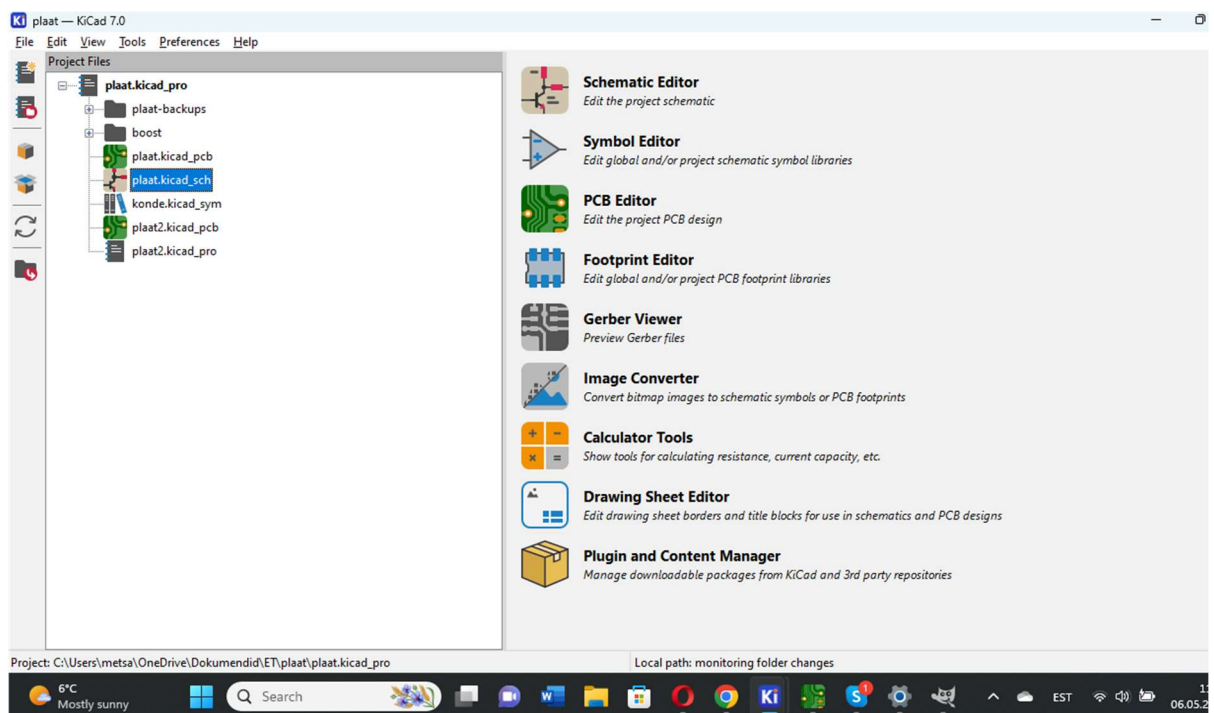
Lisaks on ise projekteeritud trükkplaatide puhul võimalik saavutada soodsam hind võrreldes tootjafirma kataloogist tellitud trükkplaatidega. See on oluline aspekt, eriti kui on vaja suuremat kogust trükkplaate, nagu antud juhul kaheksa plaati. Ise projekteerimine võimaldab kontrollida kulusid, valida sobivad materjalid ja komponendid ning optimeerida tootmisprotsessi.

Siiski tuleb arvestada, et ise projekteeritud trükkplaatide puhul on vajalik omada teadmisi ja oskusi elektroonika projekteerimise, trükkplaatide kujundamise ja tootmistehnoloogiate valdkonnas. Trükkplaadi projekteerimine nõuab hoolikat planeerimist, täpset arvutust ja tehnilist analüüsi, et

tagada trükkplaadi korrektne toimimine ja ohutus. Selleks võib kasutada spetsiaalseid trükkplaadi projekteerimise tarkvarasid, nagu näiteks KiCAD, mis võimaldavad luua trükkplaadi kujunduse, genereerida tootmisfaile ja teostada trükkplaadi simulatsioone.

3.1 Töö programmiga KiCAD.

KiCAD ei ole üks programm vaid koosneb erinevatest iseseisvatest programmidest. Avades programmi, näeme esmalt vasakul projekti failide puud. Paremal näeme alamprogrammide valikut (Joonis 2).



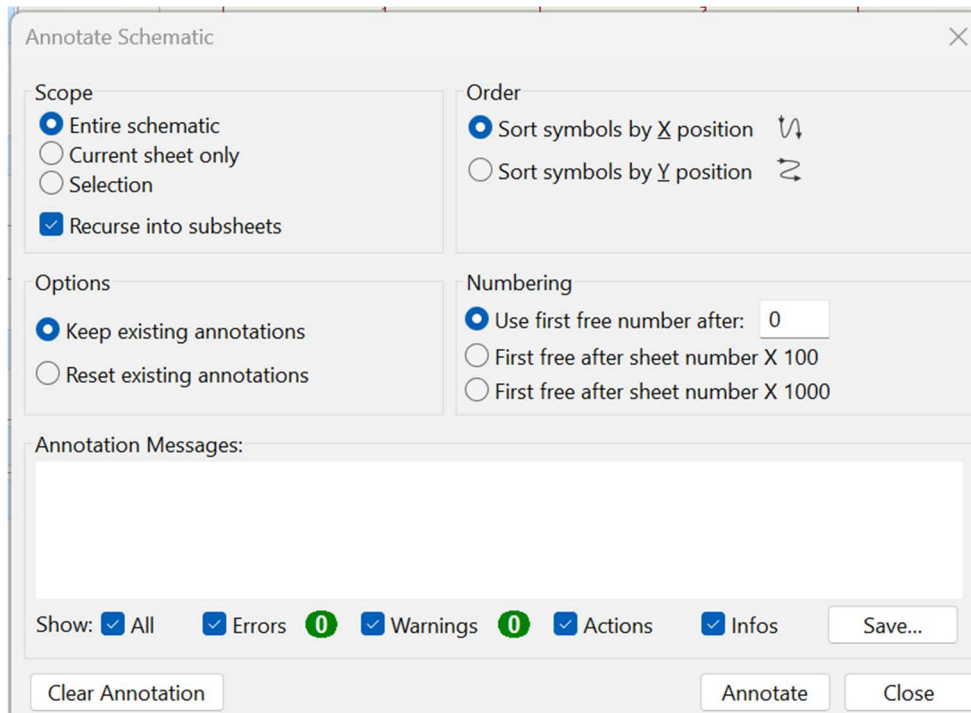
Joonis 2 Avakuva, programm KiCad.

Alamprogrammideks on: Skeemiredaktor, sümboliredaktor, trükkplaadiredaktor, kontaktiredaktor, Gerberfaili vaatur, pildikonverter, kalkulaator, joonise kirjanurga redaktor, pistikprogrammi manager. Uue plaadi loomiseks tuleb teha uus projekt. File->New Project ja sisestada projekti nimi.

Töö uue plaadiga algab skeemiredaktorist. Skeemiredaktoris valitakse skeemi elemendid, sisestatakse elementide elektrilised suurused ja joonistatakse esmased ühendusrajad. Elemendi sisestamine käib vajutades klahvistikult täht a (add component), see järel kuvatakse olemasolevate skeemielementide valik. Skeemielementide andmebaasi on võimalik ka täiendada, joonistades puudu oleva elemendi ise või kasutades täiendavaid andmebaase.

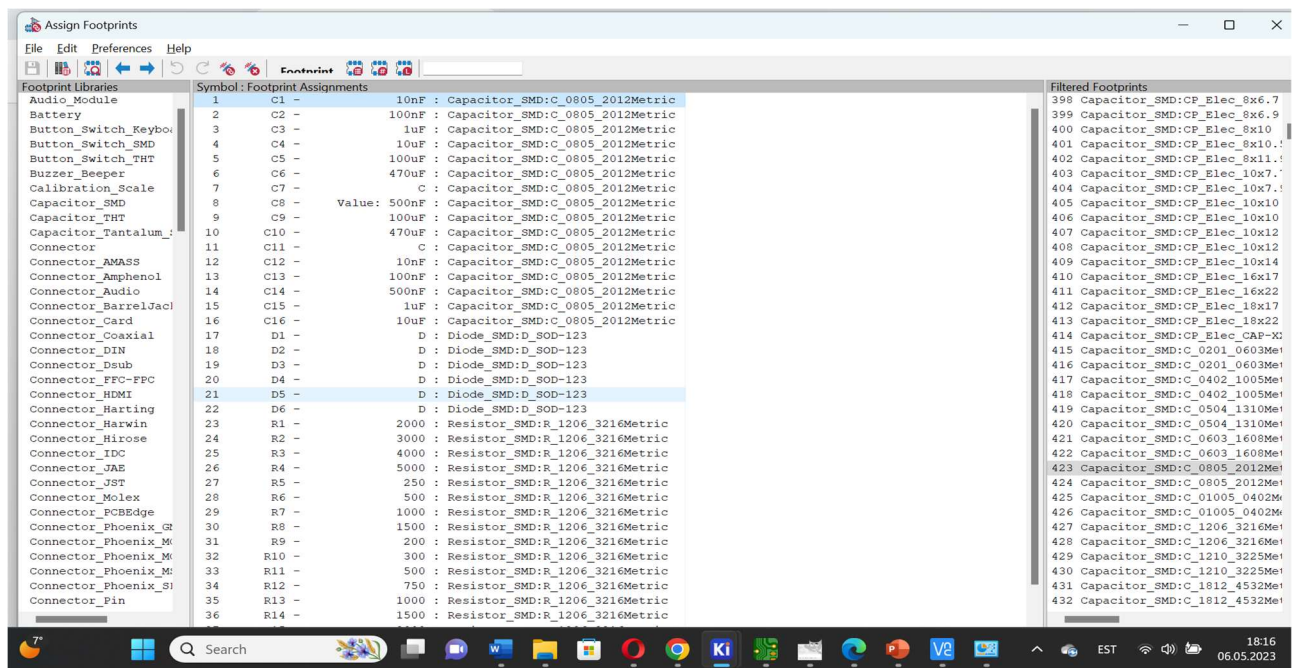
Skeemielementi on võimalik liigutada vajutades klaviatuurim M klahvi(move). Skeemielemendi nime ja väärtust on võimalik muuta vajutades E klahvi(edit).

Tools->Annotate Schmetic annab elementidele automaatselt notatsiooni(nime) (**Joonis 3**).



Joonis 3 Elementide notatsiooni tööriist.

Tools->Assign Footprints abil on võimalik valida igale elemendile kontaktid KiCAD andmebaasist. Ühtlasi viiakse kokku element ja selle kolmemõõtmeline kujundus.



Joonis 4 Elementide seostamine, KiCad

Tööriist Assign Footprints koosneb kolmest tulpast (**Joonis 4**) vasakpoolest tulpast saab valida elemendi üldtüübi, näiteks pindmontaaži kondensaator või pindmontaaži takisti. Keskmine tulp näitab skeemil olevaid elemente, nende väärtusi ja näitab milline kontakt on elemendile andmebaasist määratud. Parempoolne lahter näitab andmebaasist välja filtreeritud elemente.

Tools->Generate BOM tekitab nimekirja kõikidest skeemil olevatest elementidest. Generate BOM kasutab komaga eraldatud väärtusi(comma separated values). Excel loeb tekitatud faili suhteliselt hästi. Toon siia ära enda skeemi nn. poenimekirja (**Tabel 1**:

Id	Designato	Package	Quantity	Designatic
1	C12,C1	C_0805_2012Metric	2	10nF
2	J42,J22,J40,J7,J41,J12,J47,J8,J13,J40,		76	
3	R15,R1	R_1206_3216Metric	2	2000Ω
4	R14,R8	R_1206_3216Metric	2	1500Ω
5	D6,D3,D2,	D_SOD-123	6	D
6	C16,C4	C_0805_2012Metric	2	10uF
7	C5,C9	C_0805_2012Metric	2	100uF
8	C2,C13	C_0805_2012Metric	2	100nF
9	R10	R_1206_3216Metric	1	300Ω
10	R9	R_1206_3216Metric	1	200Ω
11	C6,C10	C_0805_2012Metric	2	470uF
12	R6,R11	R_1206_3216Metric	2	500Ω
13	R13,R7	R_1206_3216Metric	2	1000Ω
14	R16,R4	R_1206_3216Metric	2	5000Ω
15	R2	R_1206_3216Metric	1	3000Ω
16	R12	R_1206_3216Metric	1	750Ω
17	C8,C14	C_0805_2012Metric	2	500nF
18	R5	R_1206_3216Metric	1	250Ω
19	C11,C7	C_0805_2012Metric	2	C
20	C3,C15	C_0805_2012Metric	2	1uF
21	R3	R_1206_3216Metric	1	4000Ω

Tabel 1 Tarvitatud elementide nimekiri

R klahv(rotate) abil saab muuta tekstide ja skeemielementide orientatsiooni.

KiCAD eristab trükkplaadil erinevaid kihte, toon ära olulisemad:

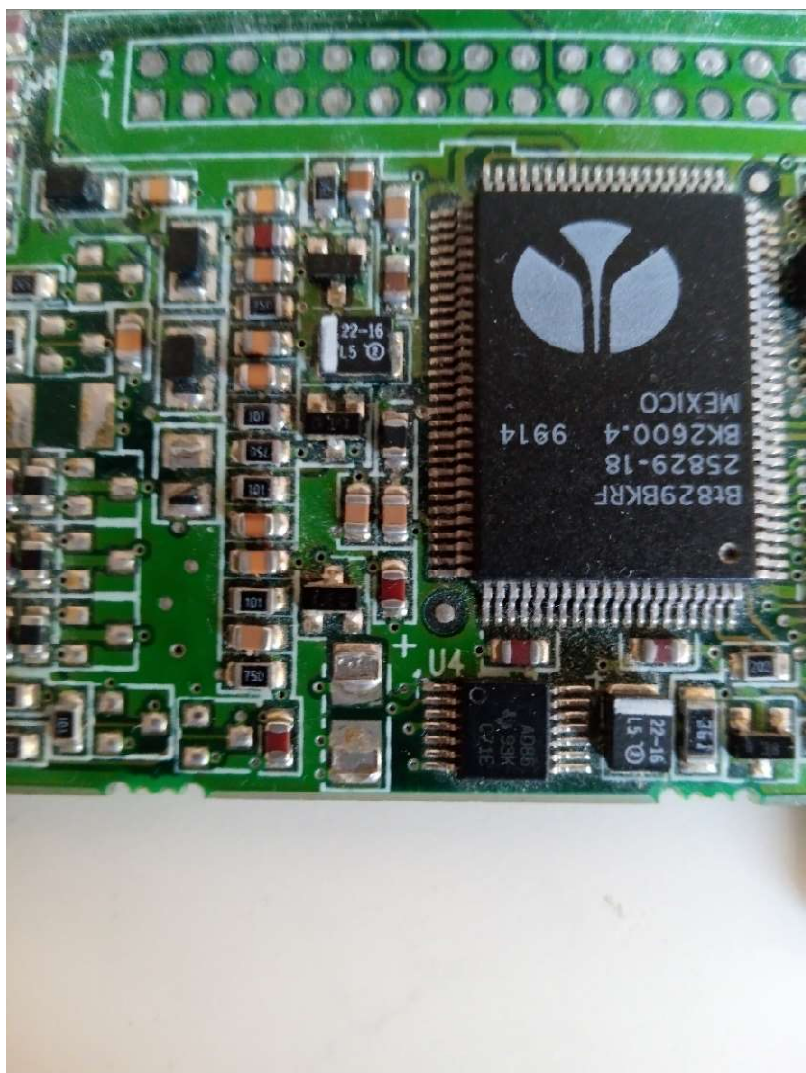
- F.silkscreen- legend ehk tekst trükplaadi peal.
- B.silkscreen-tekst trükplaadi taga.
- F.Cu- vaskrajad.
- Courtyard- ala ümber elemendi.
- Edge-cuts-trükkplaadi välimine äär.

Selleks, et teksti ilmuks trükkplaadil endal, peab ta olema kihil F.Silkscreen. Teksti üle viimiseks teisele kihile tuleb tekst valida ja vajutada klahvi e. Järgmisena avaneb aken, kus on valik layer:, seal valida mõni teine kiht.

3.2 Komponentide valik

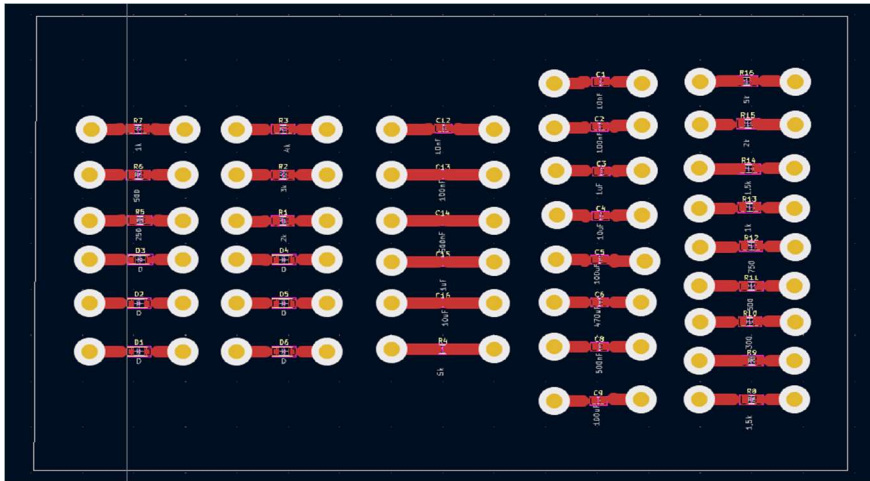
Trükkplaatide projekteerimisel ja elektrooniliste seadmete ehitamisel on oluline valida sobivad elektroonilised komponendid, mis vastavad seadme tehnilistele nõuetele ja funktsionaalsusele. Komponentide valikul tuleb arvestada nende tehnilisi mõõtmeid, elektrilisi omadusi ja kasutusotstarvet. Samuti on oluline valida komponentide korpus, mis sobib trükkplaadi kujundusega ja võimaldab komponentide paigaldamist ja jootmist.

Antud juhul on trükkplaadile valitud erinevad takistid, mille takistusväärtused algavad 200 oomist ja ulatuvad kuni 5000 oomini. Takistid on passiivsed elektroonilised komponendid, mida kasutatakse elektrivoolu piiramiseks ja pinge reguleerimiseks elektriskeemides. Valitud takistid on korpusega 1206, mis on levinud pindmontaaži (surface-mount technology, SMT) korpus (**Joonis 5**). Pindmontaaži komponentide eeliseks on nende väikesed mõõtmed ja võimalus automatiseerida tööd.



Joonis 5 Pindmontaažiga trükkplaat.

Lisaks takistitele on trükkplaadil kujutatud ka diodid (tähistatud skeemil tähega "D") ja kondensaatorid (tähistatud tähega "C") (**Joonis 6**). Diod on lihtsaim pooljuhtelement, mis koosneb ühest pn-siirdest ja võimaldab elektrivoolu läbida ainult ühes suunas. Diodi maksimaalne pärivool on suurim vool, mida diod talub ilma kahjustumata. Kondensaatorid on elektroonilised komponendid, mida kasutatakse elektrienergia salvestamiseks ja vooluahela pinge stabiliseerimiseks.



Joonis 6 Plaat avatuna trükkplaadi redaktoris

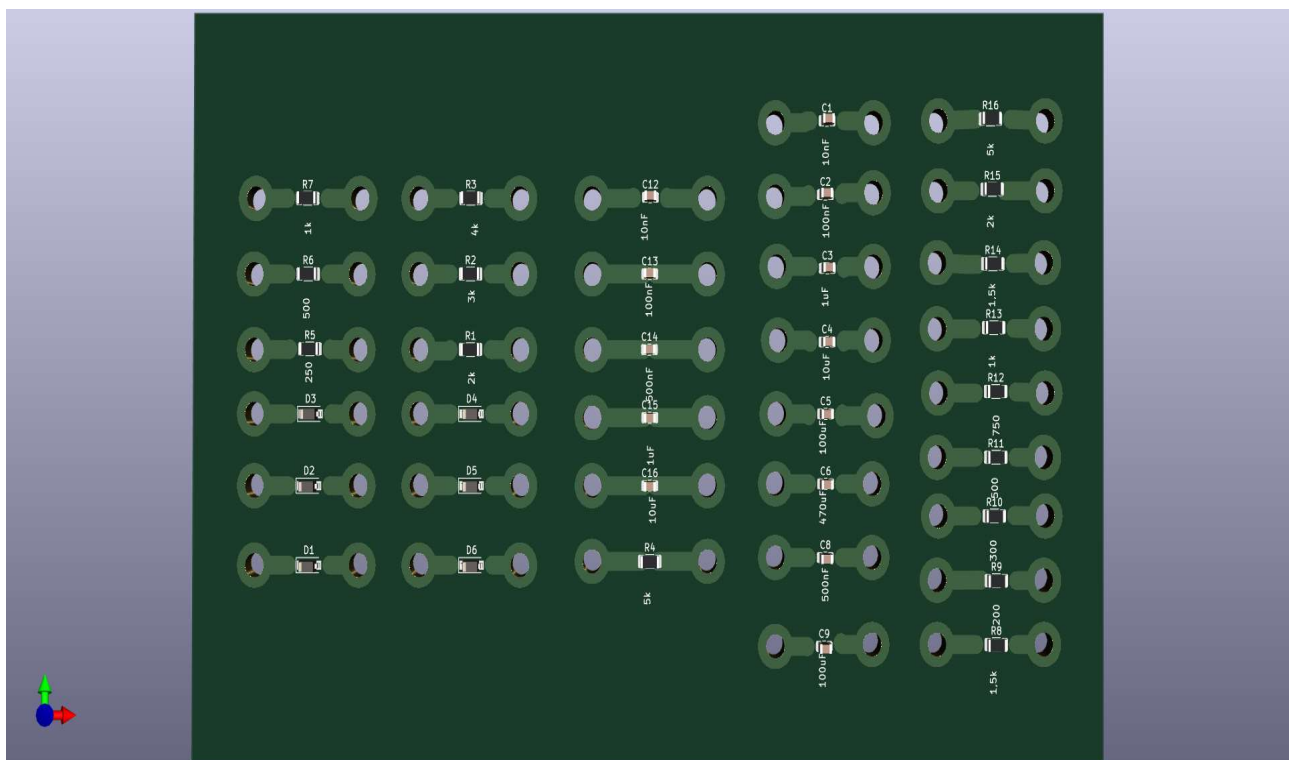
Trükkplaadil olevad elektroonilised elemendid (jalad) joodetakse kokku klemmidega, mis võimaldavad ühendada vajalikud juhtmed trükkplaadile. Torukesed on trükkplaadi osa, mis on ette nähtud juhtmete ühendamiseks ja eemaldamiseks ilma jootmise vajaduseta. Laboratoorsete tööde sooritamiseks ühendatakse vajalikud juhtmed ühendusklemmidega vastavalt antud ülesandele, mis võib hõlmata erinevaid elektriskeeme ja katseid.

Trükkplaadid valmistatakse tavaliselt klaaskiust, mis on tugev ja kuumuskindel materjal, sobides hästi elektrooniliste seadmete jaoks. Klaaskiu baasmaterjal tagab trükkplaadi mehaanilise stabiilsuse ja elektrilise isolatsiooni, võimaldades trükkplaadi kasutamist erinevates keskkondades ja tingimustes.

Trükkplaadi projekteerimisel on oluline valida komponendid, mis vastavad laboratoorsete tööde eesmärkidele ja nõuetele. Näiteks võib trükkplaadil olla mitu erinevat diodi, millel on erinevad pärivoolu väärtused ja mida saab kasutada erinevate diodiskeemide uurimiseks. Samuti võib trükkplaadil olla erinevaid kondensaatoreid, mille mahtuvusväärtused võivad varieeruda, võimaldades uurida kondensaatorite laadimise ja tühjenemise protsesse.

Laboratoorsete tööde käigus saavad õpilased tutvuda elektrooniliste komponentide omadustega, mõista nende tööpõhimõtteid ja rakendada neid praktilistes katsetes. Näiteks võib ülesanne hõlmata diodi karakteristiku mõõtmist, mille käigus õpilased mõõdavad diodi pinget ja voolu suhet erinevatel töörežiimidel. Samuti võivad ülesanded hõlmata kondensaatorite kasutamist vooluahela +pinge stabiliseerimiseks või vahelduvvoolu filtreerimiseks.

Trükkplaadi elementide ruumilise ulatuse mõistmiseks on kasulik ka selle 3D esitus (**Joonis 7**).



Pooljuhtseadised on elektroonilised komponendid, mis põhinevad pooljuhtide omadustel ja mida kasutatakse laialdaselt elektroonikas ja mikroelektroonikas. Pooljuhtide eripära seisneb nende võimes muuta oma elektrijuhtivust sõltuvalt temperatuurist, rakendatud pingest ja muudest teguritest. Pooljuhtide juhtivuse reguleerimiseks kasutatakse legeerimist, mille käigus lisatakse pooljuhi kristallvõresse teatud tüüpi lisandaine aatomeid.

Enamiku pooljuhtseadiste talitluseks on vaja, et pooljuhi ühes piirkonnas oleksid ülekaalus vabad elektronid, teises, vahetult kõrvalasuvas piirkonnas aga augud. Vabad elektronid on negatiivselt laetud osakesed, mis võivad liikuda pooljuhi kristallvõres, samas kui augud on positiivselt laetud osakesed, mis tekivad elektronide puudumisel kristallvõres. Vabade elektronide ja aukude olemasolu võimaldab pooljuhtidel juhtida elektrivoolu ja toimida erinevate elektrooniliste seadmete alusena.

Sellise olukorra saab luua sobiva lisandaine aatomite manustamise teel pooljuhi kristallivõres. Lisandaine sisseviimist nimetatakse legeerimiseks (inglise keeles "doping"). Legeerimine võimaldab reguleerida pooljuhi omadusi, sealhulgas elektrijuhtivust, laengukandjate kontsentratsiooni ja pooljuhi tüüpi.

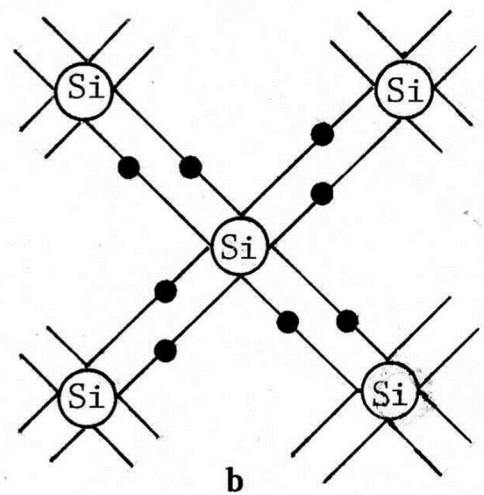
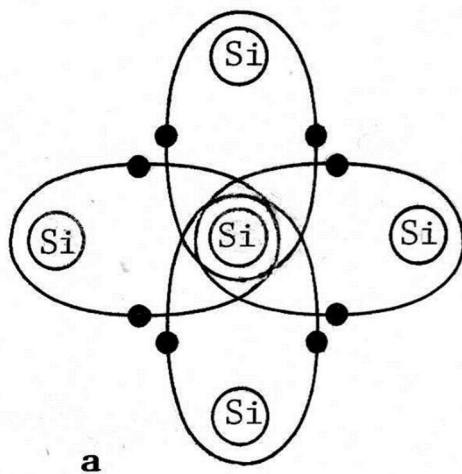
Kõige enam levinud pooljuht on räni. Räni on [4] poolmetall, millel on palju soodsaid omadusi, sealhulgas hea termiline stabiilsus, suur elektriline isolatsioonivõime ja lai kasutusala elektroonikas. Räni materjali juhtivust võib märkimisväärselt suurendada legeerimise teel. Räni aatom on sarnaselt süsinikuga neljavalentne, mis tähendab, et tal on neli välisele kestale kuuluvat elektroni, mis võivad moodustada kovalentseid sidemeid teiste aatomitega. **Joonis 9** kujutab räni aatomi kovalentseid sidemeid (a) ja kristallvõre lihtsustatud, tasapinnalist kujutist (b). Räni aatomid moodustavad tegelikult tetraeedrilise kristallvõre, kus iga aatom on seotud nelja naaberaatomiga kovalentsete sidemetega. See struktuur annab räni kristallile stabiilsuse ja kindlad elektrilised omadused.

Selleks, et lisada ränile juhtivuselektrone, lisatakse puhtale ränile viievalentseid aatomeid, nagu arseen, fosfor ja antimon (**Joonis 9a**). Iga viievalentne aatom moodustab kovalentse sideme nelja räni aatomiga, jättes ühe elektroni vabaks. Sellest, kristalli jaoks ülejäänud elektronist saab juhtivuselektron, mis võib liikuda kristallvõres ja osaleda elektrivoolu juhtimises.

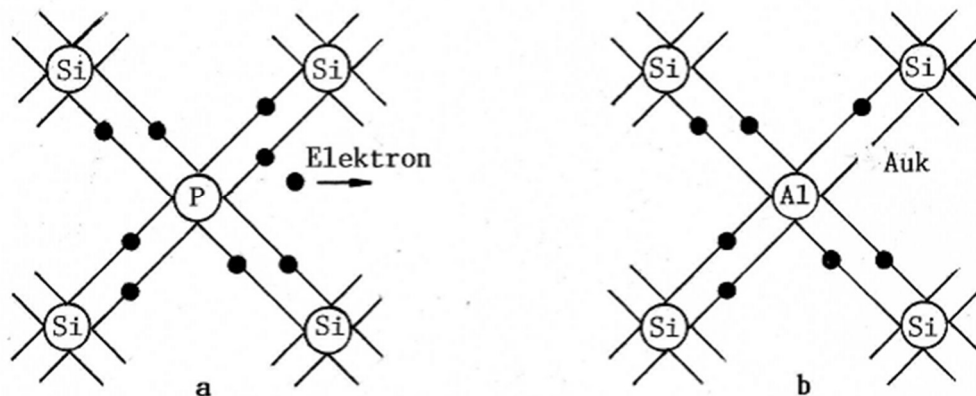
Selleks, et suurendada aukude hulka puhtas ränis, legeeritakse räni kolmevalentsete aatomitega, nagu näiteks alumiinium, gallium ja boor (**Joonis 9b**). Iga kolmevalentne aatom moodustab kovalentse sideme neljavalentse räniga, kuid jääb puudu üks elektron, tekitades seeläbi ühe augu. Auk on positiivselt laetud osake, mis tekib elektroni puudumisel kristallvõres ja võib liikuda vastassuunas vabadele elektronidele.

Ränidiod on pooljuhtseade, mis koosneb kahest erineva tüüpi pooljuhtpiirkonnast – n-tüüpi ja p-tüüpi. N-tüüpi pooljuht sisaldab rohkem vabu elektrone kui auke, samas kui p-tüüpi pooljuht sisaldab rohkem auke kui vabu elektrone. Ränidiodis voolavad elektronid kergesti päriveroolu, st suunas n-tüüpi pooljuhist p-tüüpi pooljuhi poole. Nii kaua kuni diodile rakendatud pinge on suurem barjääri potentsiaal, on skeemis pidev vool. Barjääri potentsiaal on pinge, mille juures diod hakkab juhtima elektrivoolu.

Zeneri diod on eritüüpi pooljuhtdiod, mis töötab vastuvoolu ehk pinge suunas, mis on vastupidine päriveroolule. Zeneri diodi eripära seisneb selles, et sellel on määratud nn Zeneri pinge, mille juures diod hakkab juhtima elektrivoolu vastuvoolu suunas. Zeneri dioode kasutatakse sageli pinge reguleerimiseks ja stabiliseerimiseks elektroonilistes seadmetes.



Joonis 8 Räni aatomi kovalentsidemed (a) ja kristallivõre lihtsustatud, tasapinnaline kujutis (b) [et.wikipedia.org]



Joonis 9 Viievalentse (a) ja kolmevalentse (b) lisandaine aatom pooljuhi kristallivõres
[\[et.wikipedia.org\]](http://et.wikipedia.org)

Pooljuhtseadiste toimimine tihedalt seotud pooljuhi kristallivõre omaduste ja legeerimisprotsessiga. Legeerimine võimaldab muuta pooljuhi elektrijuhtivust ja luua erinevaid pooljuhtseadiseid, nagu diodid ja Zeneri diodid, millel on spetsiifilised omadused ja rakendused elektroonikas. Räni on levinud pooljuht, mida kasutatakse laialdaselt elektrooniliste komponentide ja seadmete valmistamisel. Räni legeerimine viievalentsete ja kolmevalentsete lisandainetega võimaldab luua n-tüüpi ja p-tüüpi pooljuhte, mis on aluseks paljudele pooljuhtseadistele.

Ränidiodid ja Zeneri diodid on olulised elektroonilised komponendid, mida kasutatakse elektrivoolu juhtimiseks, pinget reguleerimiseks ja stabiliseerimiseks. Ränidiodid võimaldavad elektrivoolu juhtida päriveri suunas, kui rakendatud pinget ületab barjääri potentsiaali. Zeneri diodid seevastu töötavad vastuvoolu suunas ja võimaldavad pinget stabiliseerimist kindlal Zeneri pingel.

Pooljuhtseadiste projekteerimisel ja tootmisel on oluline valida sobivad lisandid, mis vastavad seadme tehnilistele nõuetele ja funktsionaalsusele. Samuti on oluline arvestada pooljuhi kristallivõre struktuuri ja omadusi, mis mõjutavad seadise tööd ja efektiivsust. Pooljuhtseadiste arendamine ja kasutamine on oluline osa kaasaegse elektroonika ja mikroelektroonika valdkonnast, aidates kaasa tehnoloogilisele arengule ja innovatsioonile.

3.3 Projekteerimise faas

Tarkvara valik elektrooniliste trükkplaatide projekteerimiseks on oluline samm trükkplaadi kujundamise protsessis. Üheks populaarseks ja laialdaselt kasutatavaks trükkplaadi projekteerimise tarkvaraks on KiCad, mis on avatud lähtekoodiga ehk vabavara. KiCadi eeliseks on selle kättesaadavus, paindlikkus ja võimekus luua keerukaid trükkplaadi kujundusi. Tarkvara võimaldab kasutajatel joonestada trükkplaadi kujundusi, paigutada elektroonilisi komponente, genereerida tootmisfaile ja teostada trükkplaadi simulatsioone.

Elementide valik on samuti kriitiline etapp trükkplaadi projekteerimisel. Elektrooniliste komponentide valikul tuleb arvestada mitmeid tegureid, sealhulgas komponentide tehnilisi omadusi, paigaldusmeetodit ja trükkplaadi kujunduse nõudeid. Üheks võimaluseks on valida pindmontaažiga (surface-mount technology, SMT) komponendid, mis on väiksemad ja kompaktsemad kui traditsioonilised aukude kaudu paigaldatavad (through-hole) komponendid. Pindmontaažiga komponentide kasutamine võimaldab trükkplaadi efektiivsemat kasutamist, lihtsustab paigaldusprotsessi ja vähendab trükkplaadi suurust.

Joonestamise etapis on oluline tagada trükkplaadi kujunduse optimeerimine ja tehniliste nõuete täitmine. Näiteks tuleb jälgida, et vase rajad ei oleks liiga pikad, kuna pikad rajad võivad tekitada elektromagnetilisi häireid ja mõjutada trükkplaadi toimimist. Samuti tuleb arvestada komponentide vahelist kaugust, et tagada mõistlik vahe ja vältida lühiseid. Otsikute paigutamisel tuleb veenduda, et toru mahub otsikute külge, võimaldades juhtmete ühendamist ja eemaldamist.

Diodide paigaldamine trükkplaadile on vajalik mitmete elektrooniliste ülesannete jaoks. Näiteks võib diode kasutada elektrivoolu suuna kontrollimiseks, pingestabiliseerimiseks või vooluahela kaitseks. Diodide paigutamisel tuleb arvestada nende töörežiimi ja elektrilisi omadusi. Näiteks võib olla vajalik paigaldada diodid nii, et need moodustavad kerge silla, mis võimaldab voolu juhtimist teatud suunas.

Trükkplaadi valmistamiseks on oluline, et elektroonilised elemendid oleksid sümmetriliselt paigaldatud. See tähendab, et komponentide paigutus trükkplaadil peaks olema korrapärane ja tasakaalustatud, et tagada trükkplaadi stabiilsus ja usaldusväärne toimimine. Lisaks on oluline järgida trükkplaadi valmistaja nõudeid, mis võivad hõlmata komponentide paigutuse, vase radade laiuse, trükkplaadi materjali ja muude tehniliste parameetrite järgimist.

Takistite teema on oluline osa trükkplaadi projekteerimisest, kuna takistid on ühed levinumad elektroonilised komponendid, mida kasutatakse elektrivoolu piiramiseks, pinge reguleerimiseks ja signaali konditsioneerimiseks. Takistite valikul tuleb arvestada nende takistusväärtust, võimsustaluvust, temperatuurikoefitsienti ja muid tehnilisi omadusi. Näiteks võib trükkplaadil olla vaja kasutada erinevaid takistusväärtusi, et saavutada soovitud voolu- ja pingetingimused erinevates vooluahela osades.

Pindmontaažiga takistid on sageli eelistatud valik trükkplaadi projekteerimisel, kuna need võimaldavad kompaktsemat paigutust ja lihtsamat paigaldusprotsessi. Pindmontaažiga takistid on saadaval erinevates korpuse suurustes, näiteks 1206, 0805, 0603 jne, kus numbrid tähistavad takisti pikkust ja laiust millimeetrites. Takistite paigutamisel trükkplaadil tuleb jälgida nende orientatsiooni ja ühendusi, et tagada õige elektriline toimimine ja vältida vigu.

Trükkplaadi projekteerimise protsessis on oluline kasutada tarkvara, mis võimaldab täpset ja efektiivset kujundamist. KiCad on üks selline tarkvara, mis pakub mitmeid tööriistu ja funktsioone trükkplaadi kujundamiseks, sealhulgas skeemide joonestamist, komponentide paigutust, trükkplaadi marsruutimist ja tootmisfailide genereerimist. KiCadi avatud lähtekoodi olemus võimaldab kasutajatel kohandada tarkvara vastavalt oma vajadustele ja arendada uusi funktsioone.

Trükkplaadi projekteerimine keeruline ja mitmetahuline protsess, mis nõuab tehniliste nõuete ja standardite järgimist, samuti elektrooniliste komponentide hoolikat valimist ja paigutamist. Kvaliteetse trükkplaadi loomine on oluline samm elektrooniliste seadmete ja süsteemide arendamisel, mis tagab nende usaldusväärse ja tõhusa toimimise. Trükkplaadi projekteerimisel tuleb arvestada mitmete aspektidega, sealhulgas tarkvara valik, komponentide valik ja paigutus, joonestamine, vase radade optimeerimine, diodide paigaldamine ja takistite teema. Kõigi nende aspektide hoolikas läbimõtlemine ja korrektne rakendamine aitavad kaasa trükkplaadi kvaliteedi tagamisele ja elektrooniliste süsteemide edukale toimimisele.

3.4Projekteeritud plaadi põhilised omadused

Valmistatud katseplaadi õppevend on elektrooniline seade, mis on loodud elektroonika ja elektrotehnika õppe eesmärgil. Õppevendi eesmärk on võimaldada õpilastel läbi viia erinevaid elektroonilisi eksperimente ja ülesandeid, mis hõlmavad selliseid teemasid nagu pingejagur,

ajakonstant ja dioodalaldi. Õppestend on varustatud erinevate elektrooniliste komponentidega, sealhulgas diodide, takistite ja kondensaatoritega.

Katseplaadi õppestendi valmistamise olulised omadused ja detailid on järgmised:

- Tarkvara: Katseplaadi projekteerimiseks on kasutatud avatud lähtekoodiga elektroonilise trükkplaadi projekteerimise tarkvara KiCad. KiCad võimaldab joonestada trükkplaadi kujundusi, paigutada elektroonilisi komponente ja genereerida tootmisfaile.
- Elementide valik: Katseplaadil kasutatakse pindmontaažiga (surface-mount technology, SMT) elektroonilisi komponente, mis on väiksemad ja kompaktsemad kui traditsioonilised aukude kaudu paigaldatavad komponendid. Elementide valikul on arvestatud nende tehnilisi omadusi ja trükkplaadi kujunduse nõudeid.
- Joonestamine: Trükkplaadi joonestamisel on tagatud optimeeritud kujundus, arvestades vase radade pikkust, komponentide vahelist kaugust ja otsikute paigutust. Vase rajad ei ole liiga pikad, et vältida elektromagnetilisi häireid. Otsikute paigutamisel on veendutud, et toru mahub otsikute külge, võimaldades juhtmete ühendamist ja eemaldamist.
- Diodid: Katseplaadil on paigaldatud diodid, mida kasutatakse erinevate elektrooniliste ülesannete jaoks, näiteks elektrivoolu suuna kontrollimiseks ja pinge stabiliseerimiseks. Diodide paigutus on optimeeritud nende töörežiimi ja elektriliste omaduste põhjal.
- Sümmeetriline paigutus: Elektroonilised elemendid on paigaldatud trükkplaadile sümmeetriliselt, et tagada trükkplaadi stabiilsus ja usaldusväärne toimimine.
- Järeltöötlus: Pärast trükkplaadi valmistamist viiakse läbi järeltöötlus, mis hõlmab komponentide jootmist trükkplaadile. Jootmine on vajalik, et tagada komponentide kindel ühendus trükkplaadiga. Jootmisprotsessi käigus tuleb arvestada otsikute paigutust, mis on vajalik stendi juhtmete ühendamiseks.
- Ülesanded: Katseplaadi õppestend võimaldab läbi viia umbes 8 näidisülesannet, mis hõlmavad erinevaid elektroonika ja elektrotehnika teemasid, nagu pingejagur, ajakonstant ja dioodaladi. Ülesanded on kavandatud nii, et õpilased saavad rakendada oma teoreetilisi teadmisi praktilistes situatsioonides ja arendada oma oskusi.
- Unitraini keskkond: Katseplaadi õppestendi andmed ja ülesanded võivad olla lisatud Unitraini keskkonda, mis on elektroonika ja elektrotehnika õppeplatvorm. See võimaldab õpilastel ja õppejõududel juurdepääsu katseplaadi materjalidele ja ülesannetele.
- Hind: Katseplaadi valmistamise ligikaudne hind on umbes 40 eurot tüki kohta. Originaalplaadi hind ei ole teada, kuna see ei ole kataloogist leitav.

Katseplaadi õppestend on oluline vahend elektroonika ja elektrotehnika õppe jaoks, mis võimaldab õpilastel paremini mõista elektrooniliste süsteemide toimimist, arendada praktilisi oskusi ja saada väärtuslikke kogemusi.

4. ÜLESANNETE VALMISTAMINE

Bloomi taksonoomia on pedagoogiline raamistik, mille eesmärk on süstematiseerida õppimise ja mõtlemise protsesse ning aidata õpetajatel ja õppijatel mõista ja hinnata õppimise taset. Taksonoomia looja, Benjamin Bloom, töötas selle välja 20. sajandi keskel koos teiste haridusteadlastega. Bloomi taksonoomia on leidnud laialdast kasutamist haridusasutustes üle kogu maailma ning on oluline vahend õppekavade kavandamisel, õppematerjalide koostamisel ja õpilaste õpitulemuste hindamisel.

Bloomi taksonoomia kognitiivse haru kõige tuntum ja laiemalt levinud osa on kognitiivne domeen, mis koosneb kuuest astmest: teadmised, mõistmine, rakendamine, analüüs, süntees ja hindamine. Iga aste tähistab erinevat tüüpi kognitiivset tegevust, mida õpilased võivad õppimise protsessis läbi viia.

Probleemide lahendamine on üks olulisi oskusi, mida Bloomi taksonoomia kognitiivne haru toetab. Probleemide lahendamise protsess eeldab esmajoonel probleemi põhijoonte tuvastamist, mis võib olla keeruline, kuna kõrvaline informatsioon võib juhtida tähelepanu kõrvale, eriti kui kõrvaline informatsioon on väga huvitav või meelitav. Õpilased peavad suutma eristada olulist teavet ebaolulisest ning keskenduma probleemi lahendamisele.

Geštaltpsühholoogid on uurinud õppimise ja probleemide lahendamise protsesse ning on välja toonud mõiste "ahhaa-elamus" ehk momentaanne taipamisvälgatus, mis viitab äkilisele arusaamisele või lahenduse leidmisele. Geštaltpsühholoogia uurib tervikkujundite tajumist ning kuidas inimesed ja loomad tajuvad ja mõistavad keerukaid visuaalseid ja ruumilisi mustreid. Wolfgang Köhler, üks geštaltpsühholoogia rajajaid, demonstreeris selle kontseptsiooni kehtivust, uurides, kuidas šimpansid lahendavad probleeme. Köhleri [5] eksperimentides anti šimpansitele lahendada erinevaid ülesandeid, näiteks kuidas kätte saada puuri lakke riputatud banaan. Šimpansid leidsid loovalt lahendusi, kasutades toigast abivahendina banaani kättesaamiseks ning ühendades lühemaid toigaid, et saada kätte pikem toigas. Köhleri uurimused näitasid, et avastused ja probleemide lahendamise oskus ei ole omased ainult inimkonnale, vaid ka teistele liikidele.

Laboritööde teemad, nagu filtrid, alaldid, kondensaatori laadimine ja pingejagur, on olulised elektroonika ja elektrotehnika valdkonnas. Need teemad võimaldavad õpilastel rakendada Bloomi taksonoomia kognitiivse haru kõrgemaid astmeid, nagu analüüs, süntees ja hindamine. Näiteks filtrite uurimisel peavad õpilased mõistma, kuidas erinevad filtrid mõjutavad signaale, ning analüüsima nende tööd erinevates rakendustes. Alaldite uurimisel peavad õpilased mõistma, kuidas alaldid muundavad vahelduvvoolu alalisvooluks, ning hindama nende efektiivsust ja kasutusvõimalusi.

Kondensaatori laadimise ja pingejaguri teemad aitavad õpilastel arendada arusaamist elektrivoolu ja pinge käitumisest erinevates vooluahela elementides.

Laboritööde läbiviimine võimaldab õpilastel rakendada teoreetilisi teadmisi praktilistes situatsioonides, arendada praktilisi oskusi ja saada kogemusi elektrooniliste seadmete ja süsteemidega töötamisel. Laboritööde käigus saavad õpilased katsetada erinevaid skeeme, mõõta elektrilisi suurusid, analüüsida saadud tulemusi ja teha järeldusi. Selline praktiline õpe toetab õpilaste kriitilist mõtlemist, probleemide lahendamise oskust ja loovust.

Bloomi taksonoomia on oluline vahend õpetajatele, kes soovivad kavandada tõhusaid õppekavasid ja õppematerjale, mis toetavad õpilaste arengut erinevatel tasemetel. Taksonoomia aitab õpetajatel mõista õpilaste õppimise protsesse, seada õpieesmärke ja hinnata õpilaste saavutusi. Bloomi taksonoomia abil saavad õpetajad luua mitmekülgseid ja tasakaalustatud õppeprogramme, mis hõlmavad nii teoreetilisi teadmisi kui ka praktilisi oskusi.

Tõhus õppimine on protsess, mis hõlmab õpilaste aktiivset osalemist, teadmiste omandamist, mõistmist, rakendamist ja hindamist. Bloomi taksonoomia pakub raamistikku, mis aitab õpilastel ja õpetajatel mõista õppimise erinevaid tahke ja saavutada kõrgemaid õpitulemusi. Tõhus õppimine eeldab õpilaste motivatsiooni, uudishimu, avatust uutele ideedele ja valmisolekut katsetada. See hõlmab ka õpilaste võimet kriitiliselt analüüsida informatsiooni, leida loovaid lahendusi probleemidele ja teha koostööd teistega.

Bloomi taksonoomia oluline pedagoogiline tööriist, mis aitab toetada tõhusat õppimist ja arendada õpilaste mõtlemisvõimet, emotsionaalset arengut ja praktilisi oskusi. Selle rakendamine elektroonika ja elektrotehnika laboritöös aitab õpilastel paremini mõista elektrooniliste süsteemide toimimist, arendada praktilisi oskusi ja saada väärtuslikke kogemusi, mis aitavad neil tulevikus olla edukad insenerid, teadlased ja innovaatorid.

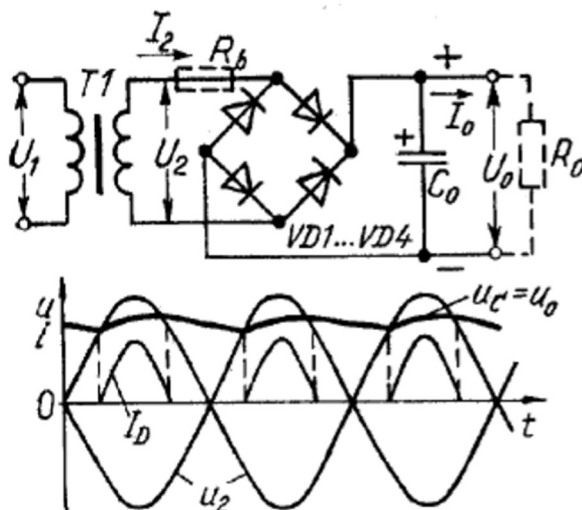
Bloomi taksonoomia kasutamine õppeprotsessis võimaldab õpetajatel luua õppekavasid, mis on kooskõlas õpilaste vajadustega ja võimetega. See aitab kaasa õpilaste iseseisva mõtlemise arendamisele, võimaldab neil omandada sügavamaid teadmisi ja mõista keerukaid kontseptsioone. Bloomi taksonoomia on väärtuslik vahend, mis aitab õpetajatel ja õpilastel saavutada kõrgeid akadeemilisi tulemusi ja arendada elukestvat õppe oskusi.

Laboritööde teemad, nagu filtrid, alaldid, kondensaatori laadimine ja pingejagur, on olulised nii teoreetilise kui ka praktilise õppe seisukohast. Need teemad võimaldavad õpilastel rakendada oma teadmisi reaalsetes situatsioonides, saada kogemusi elektrooniliste seadmete käsitlemisel ja mõista elektrooniliste süsteemide toimimise põhimõtteid. Lisaks võimaldavad laboritööd õpilastel arendada tehnilisi oskusi, analüüsida andmeid ja teha järeldusi, mis on olulised oskused elektroonika ja elektrotehnika valdkonnas töötamiseks.

4.1 Näidisülesanne

Mahtuvusliku koormusega sildalaldi on elektrooniline seade, mida kasutatakse vahelduvvoolu (AC) muundamiseks alalisvooluks (DC). Sildalaldi koosneb tavaliselt neljast diodist, mis on ühendatud sillakonfiguratsioonis, ning mahtuvuslikust koormusest, mis on ühendatud alaldi väljundisse. Sildalaldi võimaldab voolu läbida kahte diodi korraga, tekitades positiivse ja negatiivse poolperioodi ajal alalisvoolu väljundpinge. Mahtuvuslik koormus toimib filtrina, siludes väljundpinge kõikumisi ja vähendades pulsatsiooni.

Laboratoorses töös uuritakse mahtuvusliku koormusega sildalaldi toimimist (**Joonis 10**), keskendudes eriti sisendsignaali silumise protsessile. Eesmärk on analüüsida, kuidas mahtuvuslik koormus mõjutab alaldi väljundpinge kuju ning kui palju erineb reaalne väljundpinge kõver ideaalsest kõverast.



Joonis 10 Mahtuvusliku koormusega sildalaldi

Eksperimenti käigus kasutatakse vahelduvvooluallikat, sildalaldi, mahtuvuslikku koormust ning mõõteseadmeid, nagu ostsilloskoop ja multimeeter. Vahelduvvooluallikas genereerib sisendsignaali, mille sagedus ja amplituud on reguleeritavad. Sildalaldi muundab sisendsignaali alalisvooluks, mille kuju sõltub mahtuvusliku koormuse väärtusest.

Eksperimenti käigus mõõdetakse alaldi väljundpinge kuju erinevate mahtuvuslike koormuste korral. Ostsilloskoobi abil saab jälgida väljundpinge kõverat ning hinnata, kui sujuvalt toimub sisendsignaali silumine. Samuti mõõdetakse väljundpinge maksimaalne ja minimaalne väärtus, et arvutada pulsatsiooni ulatus.

Tulemuste analüüsimisel võrreldakse reaalselt väljundpinge kõverat ideaalse kõveraga, mis oleks saadud, kui sisendsignaali silumine oleks olnud täiuslik. Ideaalne kõver oleks konstantse pinge kõver, ilma pulsatsioonideta. Reaalne kõver võib aga näidata teatud pulsatsiooni ulatust, mis on tingitud mahtuvusliku koormuse piiratud võimest siluda sisendsignaali kõikumisi.

Eksperimenti tulemused aitavad mõista mahtuvusliku koormuse mõju sildalaldi toimimisele ning selgitavad, millised tegurid mõjutavad sisendsignaali silumise efektiivsust. Näiteks võib selguda, et mahtuvusliku koormuse suurendamine toob kaasa sujuvama väljundpinge kõvera ja väiksema pulsatsiooni ulatuse. Samuti võib täheldada, et sisendsignaali sageduse ja amplituudi muutmine mõjutab väljundpinge kuju ja pulsatsiooni taset.

Lisaks võib eksperiment näidata, et reaalne väljundpinge kõver erineb ideaalsest kõverast mitmel viisil. Esiteks võib reaalne kõver näidata mõningast pulsatsiooni, mis on tingitud mahtuvusliku koormuse võimest hoida pinget konstantsena ainult lühikese aja jooksul. Teiseks võib reaalne kõver näidata viivitusi ja faasinihkeid, mis on seotud diodide lülitusomadustega ja mahtuvusliku koormuse laadimis- ja tühjenemisdünaamikaga.

Eksperimendi tulemuste põhjal on võimalik teha järeldusi mahtuvusliku koormusega sildalaldi tööpõhimõtete ja omaduste kohta. Samuti võib eksperiment anda väärtuslikku teavet alaldi optimeerimise ja kohandamise kohta erinevate rakenduste jaoks. Näiteks võib selguda, milline mahtuvuslik koormuse väärtus on optimaalne konkreetse sisendsignaali sageduse ja amplituudi korral, et saavutada võimalikult hea silumise efekt ja minimeerida pulsatsiooni.

Kokkuvõttes on mahtuvusliku koormusega sildalaldi uurimine oluline osa elektroonika ja elektrotehnika õppekavast, mis aitab õpilastel paremini mõista alaldite tööpõhimõtteid, silumisprotsesse ja pulsatsiooni nähtust. Laboratoorsete katsete ja analüüsi abil saavad õpilased omandada praktilisi oskusi, arendada kriitilist mõtlemist ja saada väärtuslikke kogemusi, mis aitavad neil tulevikus olla edukad insenerid, teadlased ja innovaatorid.

5. TULEMUSED JA ANALÜÜS

Käesoleva töö üheks oluliseks osaks on elektroonilise katseplaadi projekteerimine ja valmistamine. Katseplaadi eesmärk on pakkuda üliõpilastele praktilist õppevahendit, mis võimaldab läbi viia erinevaid elektrotehnika ja elektroonika laboratoorseid ülesandeid. Projekteerimisprotsessi käigus on arvestatud mitmete oluliste aspektidega, sealhulgas trükkplaadi kujunduse, elektrooniliste komponentide valiku ja paigutuse ning trükkplaadi valmistamise tehniliste nõuetega. Käesolevas alapeatükis esitatakse katseplaadi projekteerimise ja valmistamise tulemused, kirjeldatakse projekteerimisprotsessi etappe ning antakse hinnang saavutatud tulemustele.

5.1. Katseplaadi projekteerimise ja valmistamise tulemused

Trükkplaadi kujunduse loomisel on pööratud erilist tähelepanu komponentide paigutusele ja vase radade paigutusele. Komponentide paigutus on optimeeritud nii, et tagada nende funktsionaalne töö ja vähendada elektromagnetilisi häireid. Vase radade paigutus on teostatud selliselt, et tagada signaalide selge ja häireteta edastamine. Lisaks on arvestatud trükkplaadi mõõtmeid, et tagada selle sobivus kasutatavasse laboriseadmesse.

Trükkplaadi valmistamise protsess hõlmab mitmeid etappe, sealhulgas trükkplaadi kujunduse ettevalmistamist tootmiseks, materjalide valikut, trükkplaadi tootmist ja kvaliteedikontrolli. Tootmisprotsessis on kasutatud kvaliteetseid materjale, mis tagavad trükkplaadi pikaajalise vastupidavuse ja usaldusväärse toimimise. Kvaliteedikontrolli käigus on kontrollitud trükkplaadi vastavust projekteeritud kujundusele, elektrooniliste komponentide korrektset paigaldamist ning trükkplaadi elektrilisi omadusi.

Valminud katseplaadi funktsionaalsus ja usaldusväärsus on olulised tegurid, mis mõjutavad selle kasutatavust laboratoorses ülesannetes. Katseplaadi funktsionaalsus hõlmab võimalust läbi viia erinevaid elektrotehnika ja elektroonika ülesandeid, sealhulgas pingejagurite, ajakonstantide ja diodidega seotud katseid. Katseplaadi usaldusväärsus tähendab selle võimet töötada stabiilselt ja täpselt, tagades õpilastele selge ja informatiivse tagasiside nende tegevuste kohta.

Katseplaadi funktsionaalsuse testimise käigus viidi läbi mitmeid laboratoorseid katseid, mis hõlmasid erinevaid elektroonika ja elektrotehnika teemasid. Testimise käigus hinnati trükkplaadi tööd erinevates tingimustes, sealhulgas erinevate sisendpingete ja koormuste korral. Samuti kontrolliti elektrooniliste komponentide tööd ja nende vastavust tehnilistele nõuetele.

Trükkplaadi projekteerimise ja valmistamise tulemusi võrreldi algsete projekteerimiseesmärkidega, et hinnata töö edukust ja saavutatud tulemuste vastavust seatud eesmärkidele. Võrdluse käigus hinnati trükkplaadi tehnilisi omadusi, funktsionaalsust ja kasutusmugavust. Samuti võrreldi trükkplaadi kvaliteeti ja töökindlust teiste turul saadaolevate lahendustega.

Tulemuste analüüs näitas, et projekteeritud katseplaat vastab seatud eesmärkidele ja on sobilik kasutamiseks elektroonika ja elektrotehnika laboratoorsetes ülesannetes. Katseplaadi kujundus on optimeeritud, et tagada komponentide efektiivne paigutus ja minimeerida elektromagnetilisi häireid. Valminud trükkplaat võimaldab läbi viia mitmeid praktilisi katseid, mis aitavad õpilastel paremini mõista elektrotehnika ja elektroonika põhimõtteid ning arendada oma praktilisi oskusi.

5.2. Laboratoorsete ülesannete analüüs

Laboratoorsete ülesannete roll elektrotehnika ja elektroonika õppeprotsessis on oluline, kuna need võimaldavad üliõpilastel rakendada omandatud teoreetilisi teadmisi praktilistes situatsioonides ning arendada oma tehnilisi oskusi. Käesolevas alapeatükis analüüsitakse väljatöötatud laboratoorsete ülesannete sisu ja eesmärke, et hinnata nende sobivust õppeprotsessi toetamiseks ja õpilaste arengu soodustamiseks. Analüüsi käigus käsitletakse ülesannete struktuuri, teoreetilist tausta ja praktilist teostust ning tuuakse välja nende tugevused ja kitsaskohad. Samuti tehakse ettepanekuid ülesannete täiustamiseks, et suurendada nende pedagoogilist väärtust ja tõhustada õppeprotsessi.

Laboratoorsete ülesannete teoreetiline taust on kooskõlas elektrotehnika ja elektroonika õppekava teemadega, pakkudes üliõpilastele võimalust süvendada oma teadmisi ja mõista valdkonna põhimõtteid. Ülesanded on välja töötatud nii, et need käsitleksid erinevaid elektrotehnika ja elektroonika teemasid, nagu vooluahelate analüüs, pooljuhtseadised ja vahelduvvooluahelad.

Laboratoorsete ülesannete praktiline teostus toimub elektrotehnika ja elektroonika laboris, kus üliõpilased saavad kasutada erinevaid mõõteseadmeid, elektroonilisi komponente ja katseplaate. Praktilise tegevuse käigus viivad üliõpilased läbi erinevaid katseid, mõõtmisi ja analüüse, et uurida elektrotehnika ja elektroonika nähtusi ning seaduspärasusi. Ülesannete praktiline teostus võimaldab üliõpilastel arendada oma tehnilisi oskusi, õppida kasutama laboriseadmeid ning omandada kogemusi mõõtmistulemuste tõlgendamisel ja analüüsimisel.

Laboratoorsete ülesannete hindamine toimub nii protsessi käigus kui ka pärast ülesannete täitmist. Protsessi käigus jälgivad õppejõud ja laboriassistent üliõpilaste tegevust, et tagada ohutus ja korrektne mõõtmisprotseduur. Pärast ülesannete täitmist esitavad üliõpilased oma mõõtmistulemused

ja järeldused kirjalikus vormis, mis võimaldab hinnata nende mõistmist ja analüüsisioskust. Samuti võib ülesannete hindamisel kasutada suulist tagasisidet, et arutada tulemusi ja selgitada võimalikke küsimusi.

Laboratuursete ülesannete sobivust elektrotehnika ja elektroonika õpetamiseks hinnatakse nende pedagoogilise väärtuse, praktilise rakendatavuse ja õpilaste tagasiside põhjal. Ülesanded on välja töötatud nii, et need toetaksid õppekava eesmärgi, pakuksid üliõpilastele praktilisi kogemusi ja aitaksid neil paremini mõista valdkonna põhimõtteid. Ülesannete praktiline rakendatavus laboris võimaldab üliõpilastel omandada väärtuslikke oskusi, nagu mõõtmistehnika, andmete analüüs ja probleemide lahendamine.

5.3. Töö järeldused

Käesoleva töö raames on teostatud elektroonilise katseplaadi projekteerimine ja valmistamine, mille eesmärk on pakkuda üliõpilastele praktilist õppevahendit elektrotehnika ja elektroonika laboratuursete ülesannete läbiviimiseks. Töö käigus on läbi viidud põhjalik projekteerimisprotsess, hinnatud valminud katseplaadi funktsionaalsust ja usaldusväärsust ning analüüsitud laboratuursete ülesannete sisu ja eesmärgi. Käesolevas alapeatükis esitatakse töö peamised järeldused, hinnatakse saavutatud tulemusi ning tehakse järeldused projekteeritud katseplaadi ja õppeendi efektiivsuse kohta.

Valminud elektrooniline katseplaat on projekteeritud nii, et see vastaks elektrotehnika ja elektroonika laboratuursete ülesannete nõuetele ja võimaldaks üliõpilastel läbi viia erinevaid praktilisi katseid. Katseplaadi kujundus on optimeeritud, et tagada komponentide efektiivne paigutus, minimeerida elektromagnetilisi häireid ja tagada signaalide selge edastamine. Trükkplaadi valmistamise protsessis on kasutatud kvaliteetseid materjale ja tootmistehnoloogiaid, mis tagavad trükkplaadi pikaajalise vastupidavuse ja usaldusväärse toimimise.

Töö eesmärkidele vastavuse hindamine näitab, et projekteeritud katseplaat on sobilik kasutamiseks elektrotehnika ja elektroonika laboratuursetes ülesannetes. Katseplaadi kujundus ja tehnilised omadused võimaldavad läbi viia mitmeid praktilisi katseid, mis aitavad üliõpilastel paremini mõista elektrotehnika ja elektroonika põhimõtteid ning arendada oma praktilisi oskusi.

Laboratuursete ülesannete analüüs näitab, et väljatöötatud ülesanded toetavad elektrotehnika ja elektroonika õppekava eesmärgi, pakkudes üliõpilastele võimalust rakendada teoreetilisi teadmisi praktilistes situatsioonides. Ülesanded on välja töötatud nii, et need käsitleksid erinevaid

elektrotehnika ja elektroonika teemasid, nagu vooluahelate analüüs, pooljuhtseadised, vahelduvvooluahelad. Iga ülesanne võimaldab üliõpilastel süvendada oma teadmisi ja arendada tehnilisi oskusi.

Laboratoorsete ülesannete analüüsi käigus hinnati ka nende pedagoogilist väärtust ja mõju õpilaste õpitulemustele. Ülesannete praktiline rakendatavus laboris võimaldab üliõpilastel omandada väärtuslikke oskusi, nagu mõõtmistehnika, andmete analüüs ja probleemide lahendamine. Samuti aitavad ülesanded kaasa teoreetiliste teadmiste kinnistamisele ja mõistmise süvendamisele.

Õppestendi kasutamine elektrotehnika ja elektroonika laboratoorsetes ülesannetes on positiivselt mõjutanud õpilaste praktiliste oskuste arendamist ja teoreetiliste teadmiste kinnistamist. Projekteeritud katseplaat võimaldab üliõpilastel läbi viia erinevaid katseid, mis aitavad neil paremini mõista elektrotehnika ja elektroonika põhimõtteid ning rakendada oma teoreetilisi teadmisi praktilistes situatsioonides.

Õppestendi kasutamine on soodustanud õpilaste aktiivset osalemist õppeprotsessis, aidates neil arendada oma analüüsi- ja probleemilahendusoskusi. Samuti on õppestendi abil võimalik demonstreerida keerukamaid elektrotehnika ja elektroonika nähtusi, mis aitab kaasa õpilaste mõistmise süvendamisele ja teadusliku uurimistöö edendamisele.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et projekteeritud katseplaat ja õppestend on osutunud efektiivseks vahendiks elektrotehnika ja elektroonika õppeprotsessis. Katseplaadi projekteerimine ja valmistamine on toimunud vastavalt seatud eesmärkidele, tagades selle funktsionaalsuse, usaldusväärsuse ja sobivuse laboratoorsete ülesannete läbiviimiseks.

Laboratoorsete ülesannete analüüs on näidanud, et need toetavad elektrotehnika ja elektroonika õppekava eesmärgi ning aitavad kaasa üliõpilaste praktiliste oskuste arendamisele ja teoreetiliste teadmiste kinnistamisele. Ülesanded on välja töötatud nii, et need käsitleksid erinevaid valdkonna teemasid, pakuksid üliõpilastele praktilisi kogemusi ja võimaldaksid neil rakendada omandatud teadmisi reaalses laboritingimustes.

Õppestendi kasutamine on positiivselt mõjutanud õpilaste õpitulemusi, aidates neil paremini mõista elektrotehnika ja elektroonika põhimõtteid ning arendada oma tehnilisi oskusi. Samuti on õppestendi abil võimalik illustreerida keerukamaid elektrotehnika ja elektroonika nähtusi, mis aitab kaasa õpilaste teadusliku uurimistöö edendamisele ja nende mõistmise süvendamisele.

5.4 Edasised uurimissuunad ja arendusvõimalused

Käesoleva töö tulemused on oluline panus elektrotehnika ja elektroonika õppeprotsessi toetamisse ning üliõpilaste praktiliste oskuste arendamisse. Siiski on mitmeid võimalusi töö edasiseks arendamiseks ja laiendamiseks, et suurendada selle pedagoogilist väärtust ja mõju õpilaste õpitulemustele. Järgnevalt käsitletakse mõningaid olulisi uurimissuundi ja arendusvõimalusi, mis võiksid aidata kaasa elektrotehnika ja elektroonika hariduse arengule.

Üheks võimalikuks arendussuunaks on katseplaadi täiustamine, et lisada uusi elektroonilisi komponente ja funktsioone. See võimaldaks läbi viia veelgi mitmekesisemaid laboratoorseid katseid ning käsitleda laiemat valikut elektrotehnika ja elektroonika teemasid. Näiteks võib kaaluda programmeeritavate mikrokontrollerite, andurite või võrgukomponentide lisamist, et võimaldada üliõpilastel uurida programmeeritavate süsteemide, andmetöötluse ja sidesüsteemide põhimõtteid.

Lisaks võib teha tööd trükkplaadi kujunduse optimeerimisega, et parandada selle ergonoomikat, kasutusmugavust ja vastupidavust. See võib hõlmata trükkplaadi mõõtmete ja komponentide paigutuse kohandamist, et tagada parem juurdepääs mõõtmispunktile ja vähendada elektromagnetilisi häireid.

Laboratoorsete ülesannete laiendamine on veel üks oluline uurimissuund, mis võimaldaks käsitleda täiendavaid elektrotehnika ja elektroonika põhimõtteid ning pakkuda üliõpilastele rohkem praktilisi kogemusi. Võimalikud teemad võivad hõlmata vahelduvvooluahelate analüüsi, digitaalelektronika põhimõtteid, võimsuselektronikat ja juhtimissüsteeme. Laboratoorsete ülesannete laiendamine aitab kaasa üliõpilaste teoreetiliste teadmiste kinnistamisele ja praktiliste oskuste arendamisele.

Õppestendi integreerimine elektrotehnika ja elektroonika õppekavadesse on oluline samm selle kasutamise tõhustamiseks ja õpilaste õppekogemuse parandamiseks. Õppestendi kasutamine võib olla osa erinevatest kursustest, sealhulgas elektroonika alused, vooluahelate analüüs, digitaaltehnika ja elektromagnetism. Õppejõud võivad integreerida laboratoorsed ülesanded loengute ja seminaridega, et pakkuda üliõpilastele praktilist kogemust ja süvendada nende arusaamist teoreetilistest kontseptsioonidest.

Lisaks elektrotehnika ja elektroonika kursustele võib õppestendi kasutamist laiendada ka teistesse õppeainetesse, näiteks automaatika, robotika, mehhatroonika ja juhtimissüsteemid. Selline interdistsiplinaarne lähenemine võimaldab üliõpilastel näha elektrotehnika ja elektroonika seoseid teiste tehnikavaldkondadega ning arendada oma oskusi ja teadmisi laiemas kontekstis.

Elektrotehnika ja elektroonika hariduse arendamiseks on mitmeid uurimissuundi, mis võiksid aidata kaasa õpilaste õppekogemuse parandamisele ja praktiliste oskuste omandamisele. Üheks võimalikuks uurimissuunaks on pedagoogiliste meetodite uurimine ja arendamine, et leida tõhusaid viise teoreetiliste teadmiste ja praktiliste oskuste integreerimiseks. See võib hõlmata aktiivõppe, probleemipõhise õppe, projektipõhise õppe ja koostööõppe meetodite kasutamist.

Lisaks võib uurida elektrotehnika ja elektroonika õppevahendite ja -materjalide arendamist, et pakkuda üliõpilastele kaasaegseid ja interaktiivseid ressursse. See võib hõlmata digitaalsete õppematerjalide, simulatsioonide, videote ja virtuaalsete laborite loomist.

Samuti on oluline uurida õpilaste tagasisidet ja hindamist, et mõista nende vajadusi, huve ja raskusi elektrotehnika ja elektroonika õppimisel. Õpilaste tagasiside analüüs võimaldab õppejõududel kohandada õppematerjale ja -meetodeid ning pakkuda tuge ja juhendamist seal, kus seda kõige rohkem vajatakse.

6. KOKKUVÕTE

Antud töö keskendub elektroonilise katseplaadi projekteerimisele ja valmistamisele, kasutades selleks avatud lähtekoodiga elektroonilise trükkplaadi projekteerimise tarkvara KiCad. Töö eesmärk on luua õpepeend, mis võimaldab läbi viia erinevaid elektroonika ja elektrotehnika ülesandeid ning toetab õpilaste praktiliste oskuste arendamist.

Töö käigus on valitud sobivad elektroonilised komponendid, mille hulka kuuluvad pindmontaažiga (SMT) elemendid. Elementide valikul on arvestatud nende tehnilisi omadusi ja trükkplaadi kujunduse nõudeid. Joonestamise etapis on optimeeritud trükkplaadi kujundus, tagades vase radade sobiva pikkuse, komponentide vahelise kauguse ja otsikute paigutuse. Samuti on paigaldatud diodid, mida kasutatakse erinevate elektrooniliste ülesannete täitmiseks. Töös on rõhutatud elektrooniliste elementide sümmeetrilise paigutuse olulisust, et tagada trükkplaadi stabiilsus ja usaldusväärne toimimine.

Pärast trükkplaadi valmistamist viiakse läbi järeltöötlus, mis hõlmab komponentide jootmist trükkplaadile. Jootmine on vajalik, et tagada komponentide kindel ühendus trükkplaadiga. Jootmisprotsessi käigus tuleb arvestada otsikute paigutust, mis on vajalik stendi juhtmete ühendamiseks.

Katseplaadi õpepeend võimaldab läbi viia umbes 8 näidisülesannet, mis hõlmavad erinevaid elektroonika ja elektrotehnika teemasid, nagu pingejagur, ajakonstant ja dioodalaldi. Ülesanded on kavandatud nii, et õpilased saavad rakendada oma teoreetilisi teadmisi praktilistes situatsioonides ja arendada oma oskusi. Katseplaadi õpepeendi andmed ja ülesanded võivad olla lisatud Unitraini keskkonda, mis on elektroonika ja elektrotehnika õppeplatvorm.

Katseplaadi valmistamise ligikaudne hind on umbes 40 eurot tüki kohta. Originaalplaadi hind ei ole teada, kuna tegemist on firma omaloominguga, mis ei ole kataloogist leitav.

Töö tulemusena on loodud funktsionaalne katseplaadi õpepeend, mis toetab elektroonika ja elektrotehnika õppeprotsessi ning aitab õpilastel omandada praktilisi oskusi ja kogemusi. Töö annab väärtuslikku teavet trükkplaadi projekteerimise ja valmistamise protsessi kohta ning aitab kaasa elektroonika ja elektrotehnika valdkonna arengule hariduses.

7. SUMMARY

This work focuses on the design and fabrication of an electronic test board using the open-source electronic printed circuit board (PCB) design software KiCad. The goal of the work is to create a test bench that allows for the execution of various electronics and electrical engineering tasks and supports the development of students' practical skills.

During the work, suitable electronic components have been selected, including surface-mount technology (SMT) components. The selection of components has taken into account their technical characteristics and the requirements of the PCB design. In the drawing phase, the PCB design has been optimized, ensuring the appropriate length of copper traces, the distance between components, and the placement of terminals. Diodes have also been installed, which are used for various electronic tasks. The work emphasizes the importance of symmetrical placement of electronic components to ensure the stability and reliable operation of the PCB.

After the fabrication of the PCB, post-processing is carried out, which involves soldering components to the PCB. Soldering is necessary to ensure a secure connection of the components to the PCB. During the soldering process, the placement of terminals must be taken into account, as it is necessary for connecting wires to the test bench.

The test board bench allows for the execution of about 8 sample tasks, which cover various topics in electronics and electrical engineering, such as voltage dividers, time constants, and diode rectification. The tasks are designed so that students can apply their theoretical knowledge in practical situations and develop their skills. The test board bench data and tasks can be added to the Unitrain environment, which is an electronics and electrical engineering learning platform.

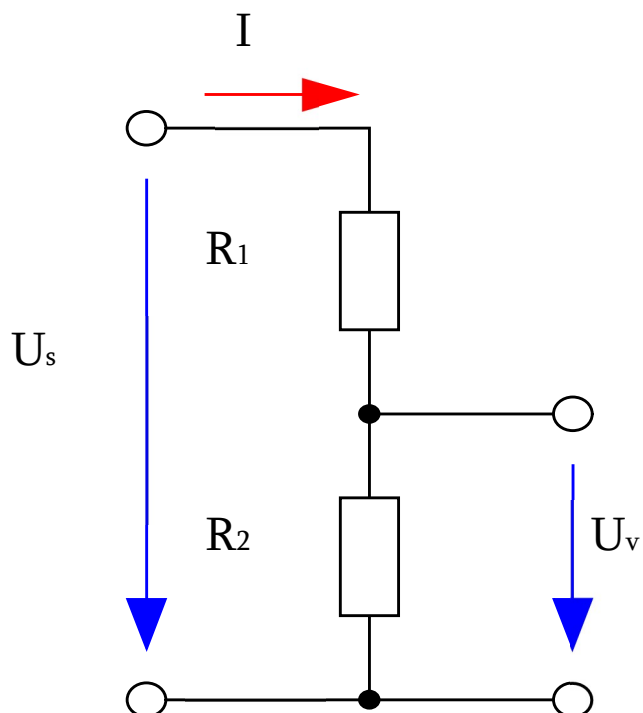
The approximate cost of fabricating the test board is about 40 euros per piece. The price of the original board is unknown, as it is a custom design that is not available in the catalog.

As a result of the work, a functional test board bench has been created that supports the electronics and electrical engineering learning process and helps students acquire practical skills and experience. The work provides valuable information about the PCB design and fabrication process and contributes to the development of the field of electronics and electrical engineering in education.

LISA 1 ÜLESANNETE KOGU

ÜLESANNE

Lihtsaim skeem on pingejagur **Joonis 11** Pingejagur koosneb kahest takistist R_1 ja R_2 . Ahelale rakendatakse toitepinge. Ahela väljundpinge on murdosa sisendpingest. Kui R_1 ja R_2 on võrdsed, siis on väljundpinge pool sisendpingest.



Joonis 11 Pingejagur

	$U_v = U_s \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$	
Kus	U_v -väljundpinge	
	U_s -sisendpinge	

Teen läbi mõned näited erinevate väärtuste korral.

$R_1 = 467\Omega$	$R_1 = 2k\Omega$	$R_1 = 2k\Omega$
-------------------	------------------	------------------

$R_2=2k\Omega$	$R_2=467\Omega$	$R_2=1k\Omega$
$U_v=4,06V$	$U_v=0,86V$	$U_v=1,54V$
$U_s=5V$	$U_s=5V$	$U_s=5V$

ÜLESANNE

Funktsioonigeneraatoril valida sisendfunktsiooniks kolmnurkpinge. Uurida kuidas RC ahel mõjutab algsignaali kuju. Uurida milline on põhiharmoonik ja millised kõrgemad harmoonikud ilmnevad. Leida nende sagedused ja intensiivsused.

ÜLESANNE

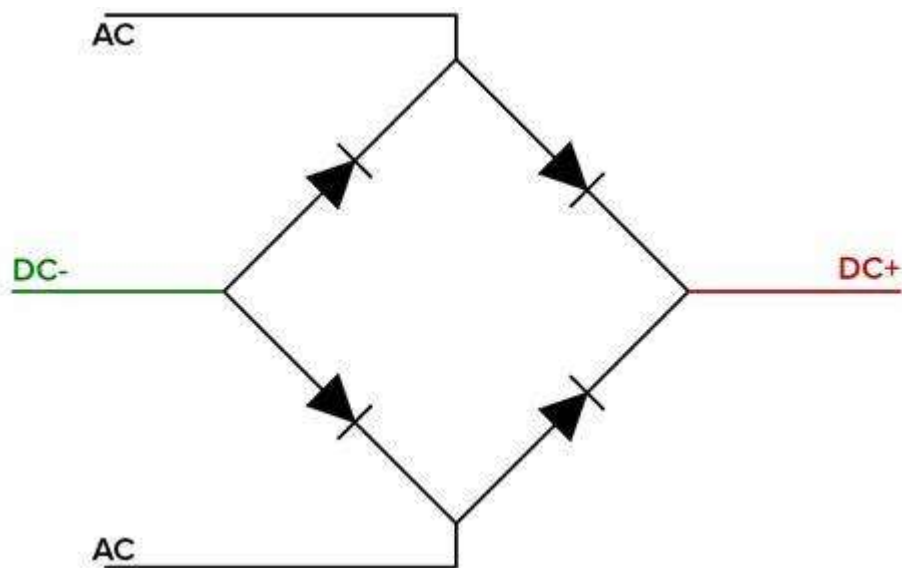
Funktsioonigeneraatoril valida sisendfunktsiooniks ristkülikpinge. Uurida kuidas RC ahel mõjutab algsignaali kuju. Uurida milline on põhiharmoonik ja millised kõrgemad harmoonikud ilmnevad. Leida nende sagedused ja intensiivsused.

ÜLESANNE

Funktsioonigeneraatoril valida valge müra(intensiivsus(f)=const). Uurida, kas RC ahel tekitab muutusi valges müras. Hinnata sagedusjaotuse muutust, mida põhjustab RC filter.

ÜLESANNE

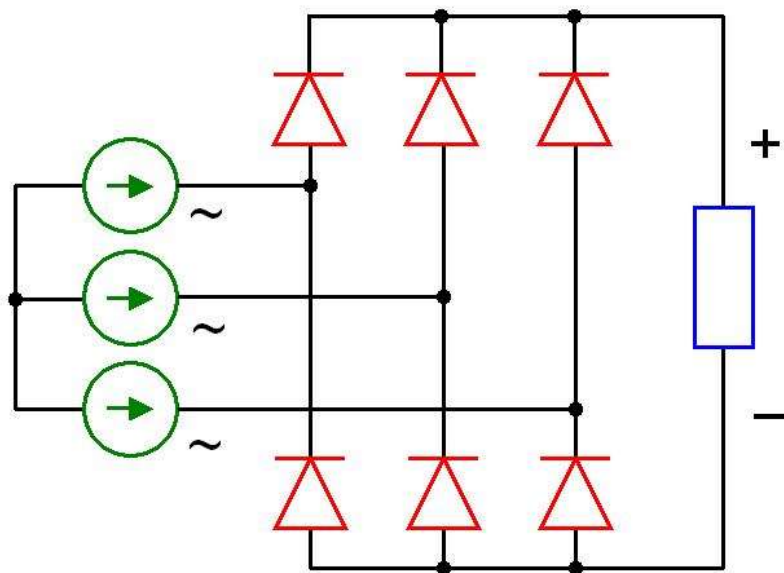
Koostada ühefaasiline dioodalaldi. Uurida kuidas toimub sisendsignaali silumine.



Joonis 12 Ühefaasiline dioodalaldi

ÜLESANNE

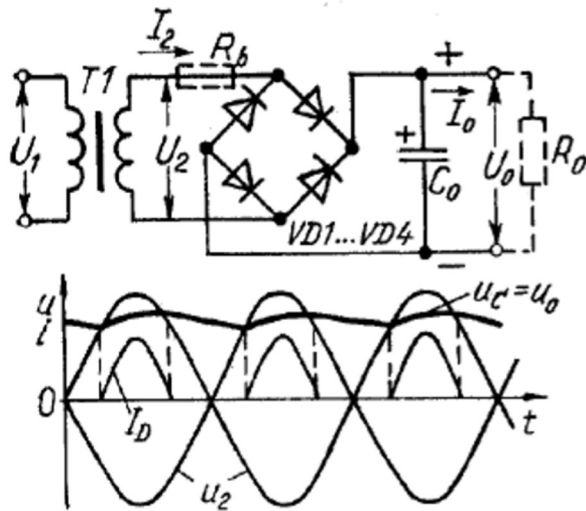
Koostada kolmefaasiline dioodalaldi. Uurida kuidas toimub sisendsignaali silumine.



Joonis 13 Kolmefaasiline dioodalaldi

ÜLESANNE

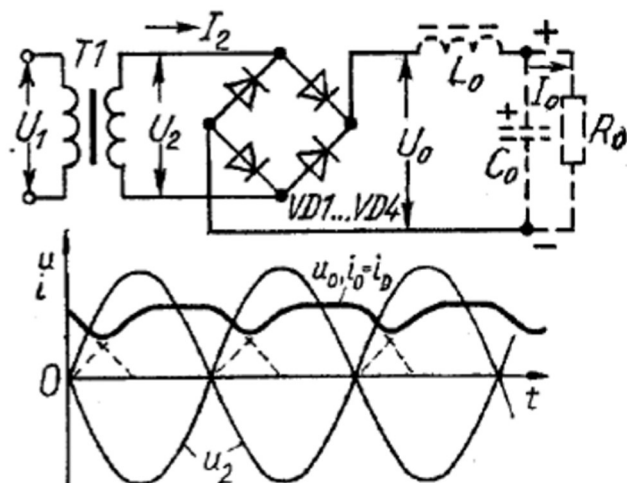
Mahtuvusliku koormusega sildalaldi. Uurida kuidas toimub sisendsignaali silumine. Kui palju erineb reaalne kõver allpool toodud kõverast?



Joonis 14 Mahtuvusliku koormusega sildalaldi

ÜLESANNE

Induktiivse koormusega sildalaldi. Induktiivsust ühendada eraldi. Uurida kuidas toimub sisendsignaali silumine. Induktiivsust leida ja ühendada eraldi. Uurida kuidas toimub sisendsignaali silumine. Kui palju erineb reaalne kõver allpool toodud kõverast?



Joonis 15 Induktiivse koormusega sildalaldi

LISA 2 VIITED

- [1] J. X. Wang, *Green electronics manufacturing: creating environmental sensible products*. Boca Raton (Fla.) [etc.]: CRC Press, 2013. lk1
- [2] 'UniTrain-Multimedia-Desktop-Lab-Catalog.pdf'.
- [3] 'Getting Started in KiCad'.
- [4] A. P. Malvino, *Electronic principles*, 5th ed., International ed. in McGraw-Hill international editions. Electrical engineering series. New York [etc.]: Glencoe, 1993. lk20
- [5] Lindgren, *Pedagoogiline psühholoogia koolipraktikas*. lk196

LISA 3 KASUTATUD KIRJANDUS

1. Lehtla, M. Elektroonikaseadmete raalprojekteerimine, Tallinn, 2002
2. Vodovozov, Jansikene Jõuelektroonika, Tallinn, 2008
3. R Clark Handbook of printed circuit manufacturing, New York, 1985
4. Lahtmets Elektrotehnika I alalisvool. Tallinn 2002
5. Käämbre Füüsika XII klassile Aatom molekul kristall, Tallinn, 1998
6. L.Landers Electronics Manufacturing processes Prentice-Hall International 1994
7. R Võrk, V Mägi Elektrotehnika Tallinn 1989