

Nasjonale planer

FTE02 Elektronikk

Innhold

Innledning.....	2
Om utdanningen.....	2
Overordnet læringsutbytte.....	3
Emneoversikt	5
Emnebeskrivelser.....	5
Redskapsemner.....	5
Realfaglig redskap	5
Kommunikasjon.....	6
Ledelse, økonomi og markedsføring (LØM).....	8
Grunnlagsemner	10
Elektriske systemer	10
Elektroniske systemer.....	12
Fordypningsemner	15
Analoge systemer	15
Datamaskiner og programmering.....	18
Digitale systemer.....	21
Styrings- og reguleringsystemer.....	23
Elektroniske kommunikasjonssystemer (Ekom).....	25
Hovedprosjekt	26

Innledning

Tilbudet innen høyere yrkesfaglig utdanning i Norge er mangfoldig og skal være tilpasset samfunnets behov for kompetanse. Høyere yrkesfaglig utdanning skal gi kompetanse som kan tas i bruk for å løse oppgaver i arbeidslivet uten ytterligere opplæringstiltak.

De nasjonale planene for gradstudier i høyere yrkesfaglig utdanning utvikles og vedlikeholdes gjennom nasjonale fagråd.

I henhold til lov om høyere yrkesfaglig utdanning (fagskoleloven, 2018), fastsettes innhold og bestemmelser for gjennomføring av utdanningene av styret ved den enkelte tilbyder av høyere yrkesfaglig utdanning. De nasjonale planene gir veiledende rammer som skal sikre at høyere yrkesfaglig utdanning innen samme studieretning holder høy og tilsvarende kvalitet og gir samme kompetanse, uavhengig av fagskole og studiested. I tillegg sikres det at fagskoleutdanningene er på riktig nivå i henhold til Nasjonalt kvalifikasjonsrammeverk for livslang læring (NKR). De nasjonale planene er dermed et viktig grunnlag når den enkelte fagskole skal utvikle egne studieplaner som utgjør det faglige grunnlaget for akkreditering av Nasjonalt organ for kvalitet i utdanning (NOKUT).

Nasjonalt fagråd for tekniske fag (NFTF) har ansvar for godkjenning av nasjonale planer innen tekniske fag. Fagrådet skal også bidra til faglig utvikling av høyere yrkesfaglig utdanning på et nasjonalt nivå, samt være et organ for samhandling mellom tilbydere av høyere yrkesfaglig utdanning i tekniske fag, arbeidsgiver- og arbeidstakerorganisasjoner samt relevante myndigheter og myndigheter som gir sertifisering.

Denne planen er godkjent av NFTF den 27.06.2022. Emneplanen for redskapsemner og LØM er godkjent av NFTF den 15.12.2022.

Om utdanningen

Utdanningen skal utdanne fagskoleingeniører med solid faglig kompetanse for praktisk arbeid, og et godt teoretisk grunnlag i en spennende elektroniske verden.

Fagskoleingeniøren vil få innblikk i konstruksjon, programmering og vedlikehold av elektronikk og datamaskiner. Elektronikkstudiet gjør fagskoleingeniøren attraktiv innenfor en stor sektor av næringslivet som driver med elektroniske systemer og kommunikasjon nasjonalt eller internasjonalt. Du får den teorien som kreves for å bli kvalifisert person for ekomnett-autorisasjon (ENA).

Etter de grunnleggende fagene i det første studieåret, vil utdanningen omhandle fordypningsemner innen analoge- og digitale systemer, elektronisk kommunikasjon, programmering, samt styring og reguleringsteknikk jf. kapittel «Emneoversikt». Noen emner består av obligatorisk lab-arbeid og/eller praktiske prosjekter, dette gir studentene praktiske erfaringer som kommer god til nytte i arbeidslivet.

Overordnet læringsutbytte

Kunnskap

Studenten

- har kunnskap om elektrotekniske teorier, beregningsmodeller og styrings- og reguleringsprinsipper benyttet i elektriske og elektroniske systemer
- har kunnskap om teorier, modeller, prosesser, elektriske instrumenter, maskin- og programvarebaserte verktøy og datakommunikasjon som anvendes innenfor elektronikkfaget
- har kunnskap om utviklingsprosesser og måleteknikk innen elektronikk samt informasjons- og kommunikasjonssikkerhet
- har kunnskap om kalibrering, justering, reparasjon og levetidsberegninger i elektroniske systemer
- har kunnskap om økonomistyring, organisasjon og ledelse samt markedsføringsledelse
- har kunnskap om prosjekt- og kvalitetsstyring
- har kunnskap om generelle prinsipper innen logistikk og produksjonsflyt innenfor eget fagområde
- kan vurdere eget arbeid i forhold til gjeldende forskrifter, normer og krav, samt IPC-kvalitetsstandard innenfor elektronikkproduksjon og regelverk for ekom (elektronisk kommunikasjon)
- har kunnskap om elektronikkbransjen og kjennskap til yrkesfeltet
- kjenner til elektronikkbransjens historie, tradisjon, egenart og plass i samfunnet lokalt, nasjonalt og internasjonalt
- kan oppdatere sin yrkesfaglige kunnskap innen elektronikkfaget med litteratur og relevante fora innenfor bransjen.
- har innsikt i egne utviklingsmuligheter innenfor elektronikkbransjen

Ferdigheter

Studenten

- kan gjøre rede for valg av verktøy, programvare, løsninger, instrumenter og prosesser som benyttes i elektronikkfaget
- kan utføre og gjøre rede for valg av måle- og feilsøkningsmetoder
- kan utføre vedlikehold gjøre rede for valg av vedlikeholds strategi
- kan gjøre rede for valg av metoder og prinsipper innen prosjektplanlegging, prosjektstyring, logistikk og produksjonsflyt innenfor eget fagområde
- kan reflektere over egen faglig utøvelse innen elektronikk og justere denne ved behov
- kan finne og henvise til informasjon innen elektronikk og vurdere relevansen for en yrkesfaglig problemstilling
- kan identifisere hendelser og farekilder ved elektroniske systemer, gjøre en risikovurdering og kartlegge behov for iverksetting av tiltak
- kan vurdere eget arbeid i forhold til gjeldende elektrotekniske forskrifter, normer og krav, samt IPC-kvalitetsstandard innenfor elektronikkproduksjon og regelverk for

ekom

Generell kompetanse

Studenten

- kan planlegge, prosjektere og gjennomføre arbeidsoppgaver innen elektronikkproduksjon og installasjon, alene og som deltaker eller leder i gruppe og i tråd med etiske krav og retningslinjer som gjelder for miljø og kvalitet nasjonalt og internasjonalt
- kan bygge relasjoner med fagfeller innen elektronikkfaget og på tvers av fag, samt med eksterne målgrupper på fysiske og virtuelle plattformer
- kan utveksle synspunkter med andre med bakgrunn innen elektronikkfaget og delta i diskusjoner om utvikling av god praksis for å vurdere fagspesifikke problemstillinger
- kan bidra til utvikling i organisasjonen ved å følge med på ny teknologi innen elektronikkfaget som kan føre til kvalitetsheving, nyskapning og innovasjon
- kan utføre arbeidet på en bærekraftig måte gjennom sin kompetanse om elektriske og elektroniske komponenters og apparaters påvirkning på miljøet etter ulike målgruppers behov

Emneoversikt

Emnenavn	Studiepoeng
Realfaglige redskap	10
Kommunikasjon	10
LØM	10
Elektriske systemer	15
Elektroniske systemer	15
Analoge systemer	10
Datamaskiner og programmering	10
Digitale systemer	10
Styrings- og reguleringsystemer	10
Elektroniske kommunikasjonssystemer (Ekom)	10
Hovedprosjekt	10
Til sammen	120

Emnebeskrivelser

Redskapsemner

Realfaglig redskap

Emne	Tema
Realfaglig redskap, 10 studiepoeng	Tilordnes av den enkelte tilbyder
Læringsutbytte	
<p>Kunnskaper</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om realfag som redskap innen sitt fagområde. • har kunnskap om realfaglige begreper, teorier, analyser, strategier, prosesser og verktøy som anvendes • kan utføre beregninger, overslag og problemløsning relevant for dimensjoneringer og andre problemstillinger innen studieretningen • kan vurdere eget arbeid i henhold til matematiske og fysiske lover • kan utvide sine kunnskaper og har innsikt i egne utviklingsmuligheter innen realfag. • kjenner til matematikkens og fysikkens egenart og plass i samfunnet 	

Ferdigheter

Studenten

- kan gjøre rede for valg av regnemetode som anvendes for å løse faglige problemer
- kan gjøre rede for valg av digitale verktøy som anvendes til problemløsning innen realfaglige tema
- kan anvende digitale hjelpemidler til å løse likninger og andre matematiske oppgaver
- kan vurdere resultater av beregninger, samt reflektere over egen faglig utøvelse og justere denne under veiledning
- kan finne og henvise til relevant informasjon og fagstoff i formelsamlinger, tabeller og fagbøker
- kan kartlegge en situasjon og identifisere realfaglige problemstillinger
- har kjennskap til og kan anvende grunnleggende fysiske lover og fysikkens metodikk
- kan tolke og anvende modeller som benyttes innen matematikk og fysikk

Generell kompetanse

Studenten

- kan planlegge og gjennomføre yrkesrettede arbeidsoppgaver og prosjekter alene og som deltaker i gruppe ved å anvende realfag i tråd med etiske krav, retningslinjer og målgruppens behov
- har innsikt i hvilke forutsetninger og forenklinger man har gjort i sine beregninger
- har innsikt i rekkevidde og begrensninger for de metoder som anvendes
- kan utveksle synspunkter og samarbeide om fagspesifikke problemstillinger med realfag som tverrfaglig fundament med fagfeller og dermed bidra til organisasjonsutvikling

Kommunikasjon

Emne	Tema
Kommunikasjon, 10 studiepoeng	Tilordnes av den enkelte tilbyder

Læringsutbytte

Kunnskaper

Studenten

- har kunnskap om grunnleggende kommunikasjonsteori
- kjenner til hvilken betydning kulturell identitet har for samarbeid og kommunikasjon på arbeidsplassen

- har kunnskap om engelske faguttrykk som anvendes innenfor eget fagområde
- har kunnskap om sentrale retoriske begreper og virkemidler
- har kunnskap om kildebruk etter standard for høyere utdanning
- kjenner til vanlige digitale verktøy for kildehenvisning, dokumentasjon, tekstproduksjon, deling, presentasjon og møter
- har kjennskap til prinsipper for tekstorganisering og -produksjon
- har kunnskap om hva som kjennetegner en problemstilling og hvordan svare på denne

Ferdigheter

Studenten

- kan reflektere over møter mellom forskjellige arbeidslivskulturer
- kan bruke relevante begreper for å analysere egen og andres tekst
- kan reflektere over og revidere tekster
- kan reflektere over hvordan retorikk benyttes
- kan bygge opp saklig argumentasjon og bruke retoriske appellformer
- kan innhente informasjon fra ulike kilder og bruke den kritisk, hensiktsmessig og etterrettelig
- kan reflektere over egen kommunikasjon i profesjonell sammenheng
- kan produsere tekster der form og innhold er tilpasset situasjon, mål og mottaker
- kan bruke digitale kommunikasjonsverktøy i profesjonell sammenheng
- kan uttrykke seg med nyansert ordvalg, variert setningsstruktur og tekstbinding
- kan planlegge, strukturere og gjennomføre møter og presentasjoner

Generell kompetanse

Studenten

- kan kommunisere hensiktsmessig for å bidra til en inkluderende organisasjonskultur
- kan tilpasse språk og argumentasjon etter mål og mottaker
- kan produsere tekster med korrekt rettskriving, grammatikk og tegnsetting
- behersker relevante kommunikasjonsverktøy
- kan kommunisere gjennom relevante tekster og kanaler
- kan samarbeide om tekstproduksjon

Ledelse, økonomi og markedsføring (LØM)

Emne	Tema
LØM, 10 studiepoeng	Økonomistyring Organisasjon og ledelse Markedsføringsledelse
Læringsutbytte	
<p>Kunnskaper</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om sentrale begreper innen økonomi, organisasjon og markedsføring knyttet til ledelse av foretak • har kunnskap om lønnskostnader • har kunnskaper om mål, tiltak og handlingsplaner • kjenner til emnets aktuelle lover og avtaler 	
<p>Ferdigheter</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan kartlegge eksterne og interne arbeidsbetingelser og utarbeide situasjonsanalyser • kan gjøre rede for bedriftens økonomiske status ved å hente ut økonomiske data fra regnskapet og bruke dem i analyser og kalkyler • kan vurdere bedriftens betalingsevne og kapitalbehov • kan planlegge økonomiske milepæler ved å utarbeide budsjett og gjøre rede for økonomisk måloppnåelse ved å vurdere eventuelle avvik • kan gjennomføre en investeringsanalyse og reflektere over lønnsomheten i en mulig fremtidig investering • kan bruke regneark i arbeidet med regnskap, budsjett, analyser og kalkyler • kan foreta en helhetlig prisvurdering og utarbeide kalkyler • kan vurdere organisasjonsstruktur og -kultur samt arbeidsmiljø for å videreutvikle virksomheten • kan kommunisere, lede og motivere personalet på måter som fremmer effektivitet og trivsel • kan identifisere, analysere og utvikle medarbeidernes kompetanse • kan planlegge og gjennomføre gode rekrutteringsprosesser, fra behovsanalyse til introduksjon • kan gjøre rede for kjøpsprosessen i ulike markeder og kan vurdere kundens kjøpsatferd i disse • kan vurdere valg av markedskommunikasjonstiltak i aktuelle medier og kunne tilpasse budskap til utvalgte målgrupper i de aktuelle medier • kan vurdere hvilke produkter bedriften bør satse på, i hvilke markeder satsningen bør skje og hvilke distribusjonskanaler som bør benyttes • kan vurdere valg av virksomhets- og markedsstrategi 	

Generell kompetanse

Studenten

- kan innen gitte tidsfrister, alene og i samarbeid med andre, planlegge, gjennomføre, dokumentere og levere arbeidsoppgaver og prosjekter
- kan etablere, utvikle og lede en organisasjon på måter som fremmer både effektivitet, arbeidsmiljø, bærekraft og samfunnsansvar
- har digital kompetanse til å søke kunnskap og informasjon, og kan tolke og bruke informasjonen i videre arbeid
- kan kommunisere internt og eksternt og benytte digitale verktøy til dette.
- kan utarbeide relevante faglige dokumenter som for eksempel pristilbud, tiltak/handlingsplaner, arbeidsavtaler, møteinnkallinger med saksframlegg, forretningsplan og markedsplaner
- kan reflektere over samfunnsutvikling og kan relatere dette til bedriftens situasjon

Grunnlagsemner

Elektriske systemer

Emne	Tema
Elektriske systemer, 15 studiepoeng	Jf. «Sentrale tema» i siste del av dette emne
Læringsutbytte	
Kunnskaper	
Studenten	
<ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om grunnleggende elektriske lover og formler og forstår virkemåte og oppbygging av elektriske kretselementer og systemer • har kunnskap om DC-kretser og AC-kretser som inneholder resistanser, kapasitanser og induktanser, strømkilder og spenningskilder • har kunnskap om aktuelle matematiske modeller, beregningsmetoder og nettverksteoremer for ulike elektriske kretselementer • har kunnskap om måleteknikk for elektriske systemer og bruk av relevant måleverktøy • har kunnskap om krav til framstilling og oppdatering av dokumentasjon innen fagområdet elektro, samt kan forstå dokumentasjon fra andre tekniske fagområder • har innsikt i relevant regelverk som omhandler elsikkerhet • kan vurdere om dokumentasjon er i henhold til gjeldende normer, bransjestandarder og krav til kvalitet for arbeid med elektriske systemer • kan oppdatere sin yrkesfaglige kunnskap om elektriske systemer • har innsikt i egne utviklingsmuligheter innen elektriske systemer 	
Ferdigheter	
Studenten	
<ul style="list-style-type: none"> • kan gjøre rede for strømmer, spenninger og effekter i sammensatte parallelle og seriekoblede elektriske DC-kretser og AC-kretser som inneholder resistanser, kapasitanser og induktanser, strømkilder og spenningskilder • kan gjøre rede for valg av simuleringsverktøy for beregning av strømmer og spenninger i elektriske kretser • kan gjennom laboratoriearbeid/simulering anvende relevant måleutstyr for måling og feilsøking på elektriske kretselementer og systemer, og vurdere måleresultatene • kan reflektere over resultater fra målinger med relevant måleutstyr på elektriske systemer og justere disse under veiledning • kan gjøre rede for valg av dokumentasjon innen fagområdet elektro, samt forstå dokumentasjon fra andre tekniske fagområder 	

- kan reflektere over egen faglig utøvelse innen elektriske systemer og justere denne under veiledning
- kan finne og henvise til informasjon og fagstoff og vurdere relevansen for en yrkesfaglig problemstilling
- kan kartlegge en situasjon og identifisere faglige problemstillinger og behov for iverksetting av tiltak

Generell kompetanse

Studenten

- kan planlegge, dokumentere og gjennomføre yrkesrettede arbeidsoppgaver og prosjekter i forbindelse med elektriske systemer alene og som deltaker i gruppe og i tråd med etiske krav og retningslinjer
- kan utarbeide planer og instruksjoner innen fagområdet elektriske systemer etter kundens behov
- kan bygge relasjoner med fagfeller innen elektriske systemer og på tvers av fag, samt med eksterne målgrupper
- kan utveksle synspunkter med andre med bakgrunn innen elektrofaget og delta i diskusjoner for å vurdere fagspesifikke problemstillinger
- kan bidra til faglig utvikling ved å følge med på ny teknologi innen elektriske systemer som kan føre til kvalitetsheving, nyskaping og innovasjon

Sentrale tema

Elektromatematikk (Integrert)

Elektromatematikk er en integrert del av emnet

Kretsteknikk i like- og vekselstrømkretser

Grunnleggende komponentlære for bruk i like- og vekselstrømkretser
Forståelse av relasjonene mellom resistans, kapasitans, induktans og tilhørende spenning over komponentene, motstand, kondensator og spole.

Elektromagnetisme

Den delen av fysikken som beskriver alle elektriske og magnetiske fenomener beskrevet ved Maxwells likninger. Her omfattes blant annet elektrisk ladning, elektrisk strøm, elektriske og magnetiske krefter og elektromagnetisk stråling. Maxwells likninger danner også grunnlaget for oppbygging av spoler og kondensatorer samt beregning av kapasitans og induktans.

Måleteknikk for elektriske systemer

Elektriske systemer kan bestå av både passive (resistans, spole, kondensator) og aktive komponenter (transistor), som kobles sammen ved hjelp av elektriske ledere. Begrepet måleteknikk for elektriske systemer, defineres som måling og feilsøking på elektriske kretser ved å bruke egnet måleutstyr for å tolke måleresultatene riktig.

Sentrale tema
<p>Laboratoriearbeid/simulering Alternative muligheter for arbeid med elektriske systemer er databasert simulering eller fysisk arbeid på lab. Begrepet laboratoriearbeid defineres både som en fysisk ferdighetstrening i en lab eller som simulering av elektriske systemer ved hjelp av relevant simuleringsverktøy.</p> <p>Konstruksjon, dokumentasjon og regelverk Bygge opp, lage eller utføre en konstruksjon som innebærer tegningsunderlag for elektromontasje. Sammen med regelverk blir dette dokumentasjon som inngår i faglig ledelse.</p>

Elektroniske systemer

Emne	Tema
Elektroniske systemer, 15 studiepoeng	Jf. «Sentrale tema» i siste del av dette emne
Læringsutbytte	
<p>Kunnskaper</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om oppbygging og virkemåte til digitale og analoge systemer • har kunnskap om ulike metoder for elektronisk kommunikasjon og overføring av signaler mellom enheter • har kunnskap om kvalitetsvurdering av kommunikasjonsløsninger og dimensjonering av analoge og digitale systemer • har kunnskap om begreper og definisjoner innen datanettverk og nettverksstrukturer • har kunnskap om mikrokontrollerkretser og bruken av disse • har kunnskap om ESD og måleteknikk for elektroniske systemer og bruk av relevant måleverktøy • kan vurdere eget arbeid med elektroniske systemer i henhold til gjeldende normer, bransjestandarder og krav til kvalitet • kan oppdatere sin yrkesfaglige kunnskap om elektroniske systemer • har innsikt i egne utviklingsmuligheter innen elektroniske systemer 	
<p>Ferdigheter</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan gjøre rede for valg av komponenter og utstyr til digitale og analoge systemer fra datablader og teknisk dokumentasjon og ta hensyn til EMC i forbindelse med støypåvirkning og temperaturendringer 	

- kan gjøre rede for valg av simuleringsverktøy til elektroniske systemer for test og verifisering av virkemåte
- kan gjennom laboratoriearbeid/simulering anvende relevant måleutstyr for måling og feilsøking på elektroniske systemer, og vurdere måleresultatene
- kan reflektere over resultater fra målinger med relevant måleutstyr på elektroniske systemer og justere disse under veiledning
- kan gjøre rede for valg av elektroniske tegneverktøy til framstilling og systematisering av dokumentasjon
- kan reflektere over egen faglig utøvelse innen elektroniske systemer og justere denne under veiledning
- kan finne og henvise til informasjon og fagstoff og vurdere relevansen for en yrkesfaglig problemstilling
- kan kartlegge en situasjon og identifisere faglige problemstillinger og behov for iverksetting av tiltak

Generell kompetanse

Studenten

- kan planlegge, dokumentere og gjennomføre yrkesrettede arbeidsoppgaver og prosjekter i forbindelse med elektroniske systemer alene og som deltaker i gruppe og i tråd med etiske krav og retningslinjer
- kan utarbeide planer og instruksjoner innen fagområdet elektroniske systemer etter kundens behov
- kan bygge relasjoner med fagfeller innen elektroniske systemer og på tvers av fag, samt med eksterne målgrupper
- kan utveksle synspunkter med andre innen elektrofaget med medarbeidere og formidle sin kompetanse til brukere av systemene
- kan bidra til faglig utvikling ved å følge med på ny teknologi innen elektroniske systemer som kan føre til kvalitetsheving, nyskaping og innovasjon

Sentrale tema

Elektromatematikk (Integrert)

Elektromatematikk er en integrert del av emnet

Analog- og digitalteknikk

Praktisk kjennskap til konstruksjons- og beregningsmåter for analoge og digitale kretser

Mikrokontrollteknikk

Bestående av mikrokontrollernes oppbygging, funksjon og bruksområder, i tillegg til enkel programmering og funksjonstesting

Sentrale tema

Elektronisk måleteknikk og statisk elektrisitet (ESD)

Arbeid knyttet til måling og feilsøking på elektroniske kretser ved å bruke egnet måleutstyr og riktig behandling av elektroniske komponenter.

Elektronisk kommunikasjon

Grunnleggende innsikt i hvordan ulike transmisjonsmetoder kan brukes, herunder BUS-topologi for nettverkssystemer, samt forstå hvilke fysiske begrensninger som gjelder.

Laboratoriearbeid/simulering

Alternative muligheter for arbeid med elektroniske systemer er databasert simulering eller fysisk arbeid på lab. Begrepet laboratoriearbeid defineres både som en fysisk ferdighetstrening i en lab eller som simulering av elektroniske systemer ved hjelp av relevant simuleringsverktøy.

Konstruksjon, dokumentasjon og regelverk

Bygge opp, lage eller utføre en konstruksjon som innebærer tegningsunderlag for elektroniske kretser og kretskortlayout for elektronikkproduksjon. Sammen med regelverk blir dette dokumentasjon som inngår i faglig ledelse.

Fordypningsemner

Analoge systemer

Emne	Tema
Analoge systemer, 10 studiepoeng	Jf. «Sentrale tema» i siste del av dette emne
Læringsutbytte	
<p>Kunnskaper</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om elektroniske komponenter og analoge kretssystemer • har kunnskap om beregninger av kretsstørrelser i elektroniske kretser • har kunnskap om diskrete og integrerte analoge halvleder kretser • har kunnskap om hvordan forvrengning og støy oppstår • har kunnskap om utvikling og bygging av kretskort og kan lage prototyper og produkt dokumentasjon i samarbeid med kortprodusent og montasjebedrift • kjenner til standarder innenfor elektronikkproduksjon • har bransjekunnskap og kjenner til fagområdet elektronikk og elektronikkproduksjon • kjenner bransjens historie med økende miniatyreringsgrad, spenningstoleranse og frekvensområder samt hva dette betyr for dagens samfunn • har innsikt i egne utviklingsmuligheter og utfordringer i en bransje som er i rask endring 	
<p>Ferdigheter</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan gjøre rede for valg av komponenter og utstyr basert på datablader og annen teknisk dokumentasjon • kan ta hensyn til støypåvirkning og EMC (elektromagnetisk kompatibilitet) • forstår hvordan endringer og avvik i komponentspesifikasjoner påvirker en elektronisk krets • kan gjøre rede for sine faglige valg ved konstruksjon av analoge elektroniske kretser • kan reflektere over egen faglig utøvelse • kan velge hensiktsmessige metoder, instrumenter, verktøy og programvare i forbindelse med strategisk feilsøking og laboratorietester på analoge elektroniske kretser • kan bruke resultater fra feilsøking og laboratorietester for å bidra til, og bekrefte, at analoge elektroniske kretser fungerer i henhold til spesifikasjoner • kan dokumentere arbeid forbundet med design, feilsøking og funksjonstesting 	

- kan vurdere eget arbeid i forhold til gjeldende elektrotekniske forskrifter, normer og krav
- kan oppdatere sin kunnskap innen fagfeltet elektronikk, både gjennom informasjonsinnhenting, kontakt med fagmiljøer og egen praksis
- kan finne og henvise til informasjon, som datablader og fagstoff innen elektronikk og elektronikkproduksjon og vurdere relevansen for en yrkesfaglig problemstilling

Generell kompetanse

Studenten

- kan planlegge, iverksette, dokumentere og vedlikeholde elektroniske systemer alene og som deltaker i gruppe i tråd med etiske krav og retningslinjer for en sikker og effektiv produksjon
- kan utføre arbeidet etter leverandørers og spesialisters behov og krav
- kan bygge relasjoner med fagfeller, kunder, leverandører og eksterne spesialister for erfaringsutveksling og drøfting av løsninger
- kan utveksle synspunkter med andre med bakgrunn innen elektronikk og elektronikkproduksjon og delta i diskusjoner om utvikling av nye løsninger, effektivt vedlikehold og god praksis
- kan bidra til å utvikle en sunn bedriftskultur basert på de verdier som samfunnet ønsker og som vil gi bedriften et godt omdømme
- forstår sammenhengen mellom tid, økonomi og kvalitet i en arbeidsprosess

Sentrale tema

Faglig ledelse (integrert)

Regelverk, dokumentasjon og IPC standarder.

Transistorbaserte forsterkere

Forspenningsanalyse og forspenningsdesign. Beregning av forsterkning samt inngangs- og utgangsresistans. Beregning av arbeidsområde (inn- og utgangssignalets range).

Operasjonsforsterkebaserte kretser

Komparator, inverterende forsterker, ikke-inverterende forsterker, spenningsfølger, summasjonsforsterker, differanseforsterker og instrumenteringsforsterker. Førsteordens filtre, integratorer og derivatorer og filtre av høyere orden.

DC Spenningsforsyninger

Analyse av halv- og helbølge likeretter med rippelfilter. Zenerdioden brukt som spenningsregulator. Transistorbaserte serie- og shuntregulatorer samt integrerte regulatorer. Svitsjede kraftforsyninger (SMPS). Effektberegninger og virkningsgrad.

Sentrale tema

Kraftelektronikk

Vekselspenningsstyringer (dimmere). Omforming fra DC til AC (vekselretter) og fra DC til DC (likespenningsomformere). Pulsbreddemodulasjon.

Pådragsorganer og givere

Lyskilder (LED, halogen og lysrør) samt dimming av disse. Høytalere og summere (buzzer).

Elektronisk måleteknikk og feilsøking

Valg av måleutstyr og tolking av måleresultater samt valg av feilsøkingstrategi. Støy i elektroniske kretser.

Laboratoriearbeid/simulering

Alternative muligheter for arbeid med elektronikk-konstruksjon er simulering og fysisk arbeid på laboratorium. Begrepet laboratoriearbeid defineres både som en fysisk ferdighetstrening i et laboratorium og som simulering av elektriske kretser ved hjelp av relevant simuleringsverktøy.

Prosjekt med komplett utviklingsprosess

Valg av kretstype og kretselementer. Valg av komponentstørrelser, prellfilter og avkoblingskondensator. Simulering av ferdig krets med eventuelle justeringer av kretstype, kretselementer og komponentstørrelser. Fysisk utprøving av prototype med eventuelle justeringer av kretstype, kretselementer og komponentstørrelser samt ny simulering. Kretskortutlegg, bestilling av kretskort (hullmontert og SMD), lodding og test av ferdig krets.

Datamaskiner og programmering

Emne	Tema
Datamaskiner og programmering, 10 studiepoeng	Jf. «Sentrale tema» i siste del av dette emne
Læringsutbytte	
<p>Kunnskaper</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om datamaskinens oppbygging og samhandlingen mellom de forskjellige delene • har kunnskap om datamaskinens historie, tradisjon, egenart og plass i samfunnet i dag • har kunnskap om forskjellige operativsystemer og deres bruksområder • har kunnskap om datamaskinens forskjellige grensesnitt, tilkobling av utstyr internt og eksternt og konfigurering av drivere til utstyret • har kunnskap om lisensiering av operativsystemer og programvare • har kunnskap om sikkerhetsmessige vurderinger av utstyret og programvaren som benyttes innen datamaskiner og programmering, og hvordan gode rutiner lages for datasikkerhet • har kunnskap om begreper, teorier, tallsystemer, verktøy og fysiske størrelser som benyttes innen datamaskiner og programmering • har kunnskap om grunnleggende programmeringsprinsipper, ulike programmeringsspråk og programmeringens historie • har kunnskap om programmering for ulike plattformer, som mikrokontrollersystemer, kommandolinje og grafiske grensesnitt • har kunnskap om kommunikasjon med, datainnhenting fra og styring av eksterne enheter, moduler og komponenter • har grunnleggende kunnskap om databasesystemer • kan oppdatere sin yrkesfaglige kunnskap innen datamaskiner og programmering • har innsikt i egne utviklingsmuligheter og utfordringer i databransjen som er i rask endring 	
<p>Ferdigheter</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan gjøre rede for operativsystemer, lisenser og brukerprogrammer som benyttes i datamaskiner og programmering • forstår operativsystemets oppgaver og egenskaper • kan installere, konfigurere og oppgradere ulike operativsystemer, direkte på maskinvare og virtuelt • kan installere programvare på ulike operativsystemer og tilpasse denne for brukere • kan gjøre rede for valg av programvare og utstyr 	

- kan vurdere eget arbeid i forhold til gjeldende forskrifter, normer og krav fra myndighetene for datamaskiner og programmering
- kan gjøre rede for valg av programmerings-språk, -metoder og -verktøy
- kan skrive programmer for mikrokontrollersystemer, skriptprogrammer, programmer med grafisk grensesnitt og anvende egnede programbiblioteker
- kan innhente og logge data fra eksterne enheter, moduler eller komponenter og lagre data.
- kan oppdatere sin kunnskap innen fagfeltet datamaskiner og programmering gjennom informasjonsinnhenting, kontakt med fagmiljøer og egen praksis
- kan finne og henvise til informasjon, som datablader og fagstoff innen datamaskiner og programmering og vurdere relevansen for en yrkesfaglig problemstilling
- kan kartlegge en situasjon innen datamaskiner og programmering og identifisere faglige problemstillinger og behov for iverksetting av tiltak
- kan reflektere over egen faglige utøvelse

Generell kompetanse

Studenten

- kan planlegge og gjennomføre prosjekter innen datamaskiner og programmering alene og som deltaker i gruppe og i tråd med etiske krav og retningslinjer
- kan utarbeide nødvendig dokumentasjon og brukerveiledninger for prosjekter innen datamaskiner og programmering
- kan utføre arbeidet etter kunders, leverandørers og spesialisters behov og krav
- kan bygge relasjoner med fagfeller innen datamaskiner og programmering og på tvers av fag, samt eksterne målgrupper som leverandører og spesialister for erfaringsutveksling og drøfting av innovative løsninger
- kan utveksle synspunkter med andre med bakgrunn innen datamaskiner og programmering og delta i faglige diskusjoner og utvikling av god praksis
- kan bidra til å utvikle en sunn bedriftskultur basert på de verdier som samfunnet ønsker og som vil gi bedriften et godt omdømme

Sentrale tema

Faglig ledelse (integrrert)

Samarbeid og versjonskontroll (med f.eks. GIT). Regelverk, dokumentasjon og standarder.

Datamaskiner og Operativsystemer

Datamaskinens oppbygning. Operativsystemets oppgaver og egenskaper. Bruksområder for ulike operativsystemer. Installasjon, oppgradering, konfigurering og vedlikehold av ulike operativsystemer. Lisensiering av programvare. Virtualisering. Datamaskinen som måle- og loggeinstrument. Dokumentasjon og brukerveiledninger. Innføring i databasesystemer.

Nettverk

Datanettverkets oppgaver og strukturer. Distribuerte systemer og dens strukturer. Sammenkobling av datamaskiner og nødvendig utstyr i lokalnett. Installasjon av programmer i et lokalnett og tilpasning for brukere. Rutiner for datasikkerhet og brukerrettigheter. Utarbeide nødvendig dokumentasjon og brukerveiledninger. Kjenne til krav fra datatilsynet og etiske regler for innsyn i andres data.

Programmering

Grunnleggende programmeringsprinsipper og historie. Blokkprogrammering vs. Tekst. Designprosess, gjenbruk av kode, programmeringsteknikker. Top-down vs. Hendelsesbasert, avbruddsrutiner. Funksjonell vs. Objektorientert programmering.

Mikrokontrollersystemer

Programmering av mikrokontrollersystemer. Bruk av sensorer og aktuatorer. Trådløse sensorer og sensornettverk. Internet of Things.

Logging og styring

Hente inn og behandle data. Presentere innsamlet data. Styre prosesser. Konfigurere eksterne instrumenter.

Laboratoriearbeid/simulering

Alternative muligheter for arbeid med datamaskiner og programmering er simulering og fysisk arbeid på laboratorium. Begrepet laboratoriearbeid defineres både som en fysisk ferdighetstrening i et laboratorium og som simulering av elektriske kretser ved hjelp av relevant simuleringsverktøy, samt virtuelle installasjoner av operativsystemer.

Digitale systemer

Emne	Tema
Digitale systemer, 10 studiepoeng	Jf. «Sentrale tema» i siste del av dette emne
Læringsutbytte	
<p>Kunnskaper</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om elektroniske komponenter for digitale kretssystemer • er kjent med begrepene: <ul style="list-style-type: none"> - Field Programmable Gate Array (FPGA) - Application Specific Integrated Circuit (ASIC). - Very High-Speed Integrated Circuit Hardware Description Language (VHDL) - System-on-Chip (SoC) • har kunnskap om konstruksjon av digitale design i FPGA ved bruk av maskinvaredesignspråket VHDL • har bransjekunnskap og kjenner til fagområdet elektronikk og elektronikkproduksjon • kjenner bransjens historie med økende miniatyriseringsgrad og minkende prosesseringstid • har innsikt i egne utviklingsmuligheter og utfordringer i en bransje som er i rask endring 	
<p>Ferdigheter</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan gjøre rede for valg av komponenter og utstyr basert på datablader og annen teknisk dokumentasjon • kan ta hensyn til støypåvirkning og EMC (elektromagnetisk kompatibilitet) • kan bruke maskinvaredesignspråk på en strukturert måte • kan gjøre rede for sine faglige valg ved konstruksjon av digitale elektroniske systemer • kan reflektere over egen faglig utøvelse • kan bruke resultater fra feilsøking for å fjerne feil i programmeringskoden (bugs) • kan dokumentere arbeid forbundet med design, feilsøking og funksjonstesting • kan vurdere eget arbeid i forhold til gjeldende elektrotekniske forskrifter, normer og krav • kan oppdatere sin kunnskap innen fagfeltet elektronikk, både gjennom informasjonsinnhenting, kontakt med fagmiljøer og egen praksis • kan finne og henvise til informasjon, som datablader og fagstoff innen digital elektronikk, og vurdere relevansen for en yrkesfaglig problemstilling 	

- kan kartlegge en situasjon innen digital elektronikk og identifisere faglige problemstillinger og behov for iverksetting av tiltak

Generell kompetanse

Studenten

- kan planlegge, iverksette, dokumentere og vedlikeholde elektroniske systemer alene og som deltaker i gruppe i tråd med etiske krav og retningslinjer for en sikker og effektiv produksjon
- kan utføre arbeidet etter leverandørers og spesialisters behov og krav
- kan bygge relasjoner med fagfeller, kunder, leverandører og eksterne spesialister for erfaringsutveksling og drøfting av løsninger
- kan utveksle synspunkter med andre med bakgrunn innen digital elektronikk og delta i diskusjoner om utvikling av nye løsninger, effektivt vedlikehold og god praksis
- kan bidra til å utvikle en sunn bedriftskultur basert på de verdier som samfunnet ønsker og som vil gi bedriften et godt omdømme
- forstår sammenhengen mellom tid, økonomi og kvalitet i en arbeidsprosess

Sentrale tema

Faglig ledelse (integret)

Regelverk, dokumentasjon og standarder.

Klassisk logikk

Tilstandsmaskiner, Moore og Mealy. Minnetyper og minnekretser. Databusser og TriState-logikk. Brukergrensesnitt (LCD).

Bruk av maskinvaredesignspråket VHDL til konstruksjon av digitale design i FPGA

Synkron og asynkron prosess. Datatyper i VHDL. Vipper og låser med VHDL. Tellere, skiftregistre og tilstandsmaskiner med VHDL. Bruk av eksternt minne. Timing og synkronisering. Løkker. Seriell kommunikasjon.

Laboratoriearbeid/simulering

Alternative muligheter for arbeid med digital elektronikk er simulering og fysisk arbeid på laboratorium. Begrepet laboratoriearbeid defineres både som en fysisk ferdighetstrening i et laboratorium og som simulering av elektriske kretser ved hjelp av relevant simuleringsverktøy.

Styrings- og reguleringsystemer

Emne	Tema
Styrings- og reguleringsystemer, 10 studiepoeng	Jf. «Sentrale tema» i siste del av dette emne
Læringsutbytte	
<p>Kunnskaper</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om regulerings-tekniske prinsipper • har kunnskap om anvendt styrings- og regulerings-teknikk • har kunnskap om analoge og digitale signaler til bruk for styring og regulering • har kunnskap om støypåvirkning, EMC og EMI i styrings- og regulerings-systemer • har kunnskap om målemetoder, analyseverktøy og teknisk utstyr som anvendes i styrings- og regulerings-systemer • kan oppdatere sin yrkesfaglige kunnskap innen styrings- og regulerings-systemer 	
<p>Ferdigheter</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan gjøre rede for valg av digitale verktøy og metoder for planlegging og gjennomføring av prosjektaktiviteter i styrings- og regulerings-systemer • kan reflektere over simulering og analyse av prosesser og vurdere resultatene for kontroll og optimalisering av regulerings-tekniske egenskaper • kan utføre feilsøking i styrings- og regulerings-systemer og identifisere behov for iverksetting av tiltak • kan bruke metoder og verktøy som anvendes ved risikovurdering, planlegging og dokumentasjon av styrings- og regulerings-systemer • kan gjøre rede for valg av løsninger etter kundens behov og som oppfyller krav til sikkerhet, klima, miljø og kvalitet 	
<p>Generell kompetanse</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan planlegge, dokumentere og gjennomføre arbeid i styrings- og regulerings-systemer som deltaker i en gruppe i tråd med etiske krav, retningslinjer, sikkerhet og relevante lover og forskrifter • kan utveksle synspunkter med medarbeidere som arbeider med installasjonssystemer og automatiserte anlegg og delta i diskusjoner om utvikling av god praksis for gjennomføring av prosjekter • kan utveksle synspunkter med medarbeidere som arbeider med installasjonssystemer og automatiserte anlegg og drøfte løsninger for effektivt vedlikehold og optimalisering av produksjonsprosesser og ta miljøhensyn 	

- kan utøve faglig ledelse

Sentrale tema

Faglig ledelse (integrert)

Sikkerhet og HMS. Regelverk, normer og standarder.

Styringsteknikk

Definere styringsoppgaver for strukturering, oppbygging og dokumentering. Underveis- og slutt dokumentasjon. Symbolikk, kommentarer og kode. Kjennskap til programmeringsverktøy og programmeringsspråk som FBD, LAD og STL og logiske grunninstruksjoner. Programeksekering (syklisk/interrupt). Analoge og digitale variabler. Lokale/globale formater og tallsystem. Simulering og test av program og utstyr.

Reguleringsteknikk

Grunnleggende begreper og egenskaper i en reguleringsløyfe som blant annet består av prosess, prosessvariabel, pådrag, Skal-verdi, Er-verdi, avvik, dødtid og tidskonstant. Grunnleggende elementer i en reguleringsløyfe besående av blant annet regulator, forstillingsorganer, pådragsorganer (ventiler, frekvensomformere, servo- AC-motorer), instrumenter og målomformere. Regulatorens basisfunksjoner som proporsjonalbånd, regulatorens P-, I- og D-ledd. Regulatorinnstillinger og simulering. Underveis- og slutt-dokumentasjon med instrumenteringssymboler og koder, samt tekn. Flytskjema/blokkskjema.

Målemetoder og feilsøking

Valg av måleutstyr og tolking av måleresultater samt valg av feilsøkingstrategi
Støypåvirkning i elektroniske kretser, EMC (elektromagnetisk kompatibilitet) og EMI (elektromagnetiske forstyrrelser) i styrings- og reguleringsystemer

Laboratoriearbeid/simulering

Alternative muligheter for arbeid med styrings- og reguleringsystemer er simulering og fysisk arbeid på laboratorium. Begrepet laboratoriearbeid defineres både som en fysisk ferdighetstrening i et laboratorium og som simulering av styrings- og reguleringsystemer ved hjelp av relevant simuleringsverktøy.

Elektroniske kommunikasjonssystemer (Ekom)

Emne	Tema
Elektroniske kommunikasjonssystemer (Ekom), 10 studiepoeng	Jf. «Sentrale tema» i siste del av dette emne
Læringsutbytte	
<p>Kunnskaper</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • har kunnskap om planlegging, oppbygging og virkemåte for elektroniske kommunikasjonsnett (Ekom-nett) og de tjenester som skal distribueres • kan vurdere eget arbeid i forhold til Ekom-loven, relevante forskrifter og standarder • kan vurdere alle aspekter ved installasjon i forhold til gjeldende standarder og krav til elsikkerhet, og kvalitet • har kunnskap om jording, EMC og EMI i Ekom-nett og hvordan elektromagnetisk støy påvirker andre installasjoner • har kunnskap om risikovurdering, planlegging, prosjektering og dokumentasjon av Ekom-nett 	
<p>Ferdigheter</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan gjøre rede for sine valg i prosjektering av Ekom-nett • kan gjøre rede for sine valg av materiell og utstyr som installeres eller vedlikeholdes ut ifra teknisk dokumentasjon og de typer tjenester som skal distribueres • kan bruke test- og måleinstrumenter og vurdere resultatet av målinger, tester og analyser • kan utarbeide dokumentasjon • kan reflektere over egen faglig utøvelse ved å måle, teste og analysere elektroniske kommunikasjonssystemer, tolke resultater og justere under veiledning 	
<p>Generell kompetanse</p> <p>Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • kan planlegge, prosjektere og velge riktig materiell for å installere, drifte og vedlikeholde Ekom-nett alene og som deltaker i gruppe, i henhold til gjeldende regelverk og etiske krav • kan utføre arbeidet etter spesifikasjoner og gjeldene krav • kan forstå innholdet i kontrakt og referanser til standarder 	

- kan bygge relasjoner med andre fagfelt innen Ekom og på tvers av fag, samt eksterne målgrupper som leverandører og spesialister for erfaringsutveksling og drøfting av løsninger
- kan utveksle kunnskap og erfaring med andre med bakgrunn innen Ekom og delta i diskusjoner om utvikling av nye løsninger, effektivt vedlikehold og god praksis
- kan bidra til å utvikle en sunn bedriftskultur basert på de verdier som samfunnet ønsker og som vil gi bedriften et godt omdømme
- kan utøve faglig ledelse og bli forberedt på sertifisering fra NKOM

Sentrale tema

Faglig ledelse (integret)

HMS og risikovurdering. Planlegging og prosjektering.

Ekom regelverk

Utførelse, måling, dokumentasjon og drift. Elsikkerhet, jording, EMC. Infrastruktur.

Hovedprosjekt

Emne	Tema
<p>Hovedprosjekt, 10 studiepoeng</p> <p>I tillegg kommer to studiepoeng fra emne «Yrkesrettet kommunikasjon». Disse to studiepoengene legges til og integreres i arbeidet med emne «Hovedprosjekt»</p>	<p>Jf. «Sentrale tema» i siste del av dette emne</p>

Læringsutbytte

Kunnskaper

Studenten

- har kunnskap om hvordan man skriver en teknisk rapport om et prosjekt
- har kunnskap om møteledelse og referatskriving
- har særskilte kunnskaper om et selvvalgt tema med en problemstilling innenfor utdanningen
- har kunnskap om hvordan man innhenter informasjon om tema for et hovedprosjekt
- kan vurdere eget prosjekt i forhold til normer og krav
- kjenner til bransjen/yrker som er knyttet til tema i hovedprosjektet
- kan forklare sammenhengen mellom planlegging og beslutninger og hvordan dette kommuniseres
- har kunnskap om styring av prosjekt etter fremdriftsplaner og målformuleringer

Ferdigheter

Studenten

- kan identifisere, kartlegge og vurdere en faglig problemstilling
- kan delta i teamarbeid, planlegge, kommunisere og presentere prosjektarbeid og resultat
- kan utarbeide en teknisk rapport om et prosjekt
- kan reflektere over eget prosjekt og justere dette under veiledning av fagfolk
- kan finne og henvise til informasjon og fagstoff for å vurdere relevansen til en problemstilling i et prosjekt
- kan gjøre rede for verktøy og metoder for å ivareta samarbeid på en arbeidsplass
- kan utføre en muntlig presentasjon for en større gruppe

Generell kompetanse

Studenten

- kan planlegge og gjennomføre et prosjektarbeid alene og som deltaker i gruppe i tråd med formelle og etiske krav og retningslinjer
- har utviklet en bevissthet rundt prosjektarbeid og kan fordype seg i tema som danner grunnlag for prosjektet, samt tenke kreativt og nyskapende
- kan utvikle og dokumentere produkter eller tjenester i dialog med oppdragsgiver og andre aktører knyttet til oppdragets mål kan utveksle synspunkter med andre i team eller bedrift og delta i diskusjoner om utvikling av et prosjekt
- kan ta ansvar for egen læring, fordeling og samordning av arbeid i team, samt øving i kommunikasjon og presentasjon av eget arbeid

Sentrale tema

Faglig ledelse (integret)

HMS og risikovurdering.

Prosjektering

Bruke prosjektstyringsverktøy for planlegging, organisering og administrering av ressurser for å nå bestemte mål. Lage framdriftsplan med funksjoner som Gantt-diagrammer, tidslinjer og tidsfrister. Gjøre bruk av funksjoner som kalender, dokumenthåndtering, ressursplanlegging og rapportering. Framdriftsplanens historikk som enkelt viser justeringer, endringer og nye behov som oppstår underveis.

Møtereferat og arbeidslogg

Lage møtereferat fortløpende som en beskrivelse av- og en utsjekk på om prosjektet er etter planen. Referatene inneholder også beskrivelser med begrunnelse for justeringer, endringer og nye behov som oppstår underveis i prosjektforløpet.

Sentrale tema

Skrive individuelle arbeidslogger for hver prosjektdeltager som beskriver arbeid i prosjektet både med oppgaver og omfang i tid pr. arbeidsdag.

Laboratoriearbeid/simulering

Alternative muligheter for arbeid med digital elektronikk er simulering og fysisk arbeid på laboratorium. Begrepet laboratoriearbeid defineres både som en fysisk ferdighetstrening i et laboratorium og som simulering av elektriske kretser ved hjelp av relevant simuleringsverktøy.