

Juho Kolehmainen

Anturien demo- ja kytkentäkotelot opetuskäyttöön

Opinnäytetyö

Insinööri

Sähkö- ja automaatiotekniikka

2020



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Juho Kolehmainen
Työn nimi	Anturien demo- ja kytkentäkotelot opetuskäyttöön
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu
Vuosi	2021
Sivut	26 sivua, liitteitä 12 sivua
Työn ohjaaja(t)	Risto Kuitunen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda anturien demo- ja kytkentäkoteloiden Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulun Mikkelin kampuksen tekniikan yksikön opetuskäyttöön. Tavoitteena oli viedä opettajalta työkuormaa pois ja luoda opiskelijoille mahdollisuus oppia anturitekniikasta mahdollisimman yksinkertaisella ja helpolla tavalla. Opiskelijoiden tulisi ymmärtää antureiden toimintaperiaatteet, miten ne kytketään, miten niitä voidaan soveltaa ja missä niitä käytetään automaatiotekniikassa.

Tässä työssä käytettiin suunnitteellista tutkimusmenetelmää. Työ alkoi pohtimalla, minkälaiset vaatimukset työlle asetetaan. Laitteiden tulisi olla helppokäyttöisiä, kompakteja, helposti huollettavissa, turvallisia ja ennen kaikkea niiden vaikutus opetusympäristössä tulisi olla merkittävä. Työn fyysisten laitteiden suunnittelu aloitettiin suunnittelemalla, minkälaiselle alustalle opetuskäyttöön rakennettavat laitteet tulisi rakentaa. Seuraavaksi valittiin anturit oppilaitoksen valikoimasta. Antureiden tulisi olla toimintavarmoja, edullisesti vaihdettavissa, tarpeeksi pieniä, jotta ne mahtuisivat koteloon ja tarpeeksi monipuolisia mittaustekniikoiltaan. Seuraavaksi tilattiin koteloiden sisäiset komponentit, joiden avulla opiskelijat suorittavat antureiden toimintaan tutustumiseksi kytkentäharjoituksia. Koteloiden sisäiset johdotuksiin vaaditut johtimet valmistettiin ja kotelot koottiin, kun komponentit saapuivat. Kannessa sijaitsevien liittimien merkitsemiseksi tulostettiin tarroja. Lopuksi suoritettiin koteloiden testaukset ja luotiin opetusmateriaali, johon kuului harjoituskortit.

Työn lopputuloksena syntyneet kotelot täyttivät asetetut vaatimukset. Kotelosta tuli helppokäyttöisiä, kompakteja, helppohuoltoisia, turvallisia ja niitä voidaan hyödyntää opetuksessa tehokkaasti. Aikataulun takia koteloiden ei ehditty kokeilla ulkopuolisella osapuolella.

Jatkokehityksenä koteloihin voisi kehittää kiinnitysjärjestelmän, johon saisi anturin johtimen kiinni. Anturin johdin jää jatkuvasti kannen väliin, kun sen yrittää sulkea. Mittaavien antureiden koteloihin voisi kehitellä lisää toimintoja.

Asiasanat: anturi, automaatiotekniikka, opetuksen apuvälineet

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Juho Kolehmainen
Thesis title	Sensor demonstration and connecting cases for educational use
Commissioned by	South-Eastern Finland University of Applied Sciences
Time	April 2020
Pages	26 pages, 12 pages of appendices
Supervisor	Risto Kuitunen

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to create demo and connecting cases for sensors for teaching purposes at the South-Eastern Finland University of Applied Sciences Mikkeli campus' technology unit. The goal was to take the workload away from the teacher and to create an opportunity for students to learn about sensor technology in the simplest and easiest way possible. Students should understand the operating principles of sensors, how they are connected, how they can be applied and where they are used in automation technology.

A planned research method was used in this thesis. The work began with a reflection on the requirements for the work. Equipment should be easy-to-use, compact, easy to maintain, safe and, above all, have a significant impact on the teaching environment. The design of the physical equipment of the work began with the design of the platform on which the equipment for teaching use should be built. Next, the sensors were selected from the selection at the educational institution. The sensors should be reliable, preferably replaceable, small enough to fit in the cases and versatile enough in their measurement techniques. Next, the internal components of the cases were ordered, by means of which the students perform switching exercises to familiarize themselves with the operation of the sensors. The wires required for the internal wiring of the cases were prepared and the cases were assembled when the components arrived. Labels were printed to mark the connectors on the cover. Finally, tests were performed on the cases and instructional material was created that included exercise cards.

The cases created as a result of this thesis met the set requirements. The cases became easy to use, compact, easy to maintain and safe and they can be used effectively in teaching. Due to the schedule, the cases could not be tested by an outside party.

As a further development of the cases, a fastening system could be developed to which the sensor wire could be attached. The sensor wire is constantly caught between the cover when you try to close it. More functions could be developed for the measuring sensor cases.

Keywords: sensor, automatic control technology, teaching aids,

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUTKIMUSMENETELMÄ.....	6
3	TOIMEKSIANTAJA	8
4	ANTURIT.....	9
4.1	Yleistä antureista.....	9
4.2	Raja-arvoanturit.....	9
4.2.1	NPN.....	10
4.2.2	PNP	10
4.3	Mitta-anturit	10
4.4	Antureiden tiedonsiirto.....	11
4.4.1	Analoginen viesti	11
4.4.2	Digitaalinen viesti	11
4.4.3	Kenttäväylä.....	12
4.5	Anturit ammattimaailmassa	14
4.5.1	Yleisimmät anturit.....	14
5	TYÖN TOTEUTUS	19
5.1	Suunnittelu	19
5.2	Komponentit	19
5.3	Kokoonpano	20
5.4	Opetusaineiston laadinta.....	21
5.5	Testaus	21
6	POHDINTA.....	22
	LÄHTEET	25

LIITTEET

Liite 1. Harjoituskortti, kapasitiivinen anturi

Liite 2. Harjoituskortti, induktiivinen anturi

Liite 3. Harjoituskortti, ultraäänianturi raja-arvo

Liite 4. Harjoituskortti, optinen anturi

Liite 5. Harjoituskortti, ultraäänianturi mittaava

Liite 6. Harjoituskortti, paineanturi

Liite 7. Tarkituskortti, kapasitiivinen anturi

Liite 8. Tarkituskortti, induktiivinen anturi

Liite 9. Tarkituskortti, ultraäänianturi raja-arvo

Liite 10. Tarkituskortti, optinen anturi

Liite 11. Tarkituskortti, ultraäänianturi mittaava

Liite 12. Tarkituskortti paineanturi

1 JOHDANTO

Anturitekniikka on oleellinen osa automaatiotekniikkaa. Tämän takia on tärkeää, että opiskelijat tuntevat anturien toiminnan ja tietävät, miten niitä voidaan soveltaa automaatiokäytössä.

Opinnäytetyössä aiheena on kehittää opetuksen tehostamiseksi **anturien demo- ja kytkentäkoteloida**, jotka ovat kompakteja, helppokäyttöisiä, turvallisia ja helposti liikuteltavissa. Kotelot ja niille laadittavat **opetusmateriaalit** vievät työkuormaa pois opettajalta ja luovat opiskelijoille mahdollisimman yksinkertaisen tavan oppia tuntemaan anturien toiminnan.

Opinnäytetyö aloitetaan pohtimalla, mitä demo-/kytkentäkoteloidella halutaan saavuttaa. Tämän perusteella koteloihin valitaan anturit ja muut komponentit. Seuraavaksi vuorossa on komponenttien sijoittelun ja kotelon reikien suunnittelu. Koteloiden suoritetaan vaaditut jyrkinnät. Koteloiden varten täytyy myös tulostaa tarroja. Seuraavaksi suoritetaan koteloiden kokoonpano ja testaukset. Lopuksi jokaiselle kotelolle laaditaan harjoituskortit, joissa lukee tehtävänanto, jonka perusteella opiskelijat piirtävät kytkennät ja tekevät kytkennät koteloihin ja vastaavat harjoituskorteissa oleviin kysymyksiin. Harjoituskorteista tehdään opettajalle sähköinen kansio, johon tulee harjoituskortit ja tarkistuskortit DRW-muodossa sekä tulostetaan laminoitavat kortit, jotka säilytetään koteloiden kanssa.

2 TUTKIMUSMENETELMÄ

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä noudattaa piirteiltään **suunnitteellista tutkimusta**. Opinnäytetyössä on tarkoituksena luoda opetuksen tehostamiseksi demo- ja kytkentäkoteloida, joilla saadaan opettajalta poistettua työkuormaa ja oppilaille luotua yksinkertainen ja helppokäyttöinen opetusala.

Suunnitteellinen tutkimus eli **konstruktiivinen tutkimus** vastaa kysymyksiin: onko mahdollista rakentaa tietty innovaatio ja kuinka hyödyllinen se on? Millainen innovaation tulisi olla ja miten sen voi rakentaa? [1, s. 103.] Hyvä esimerkki on tässä opinnäytetyössä rakennetut kotelot; Miten saisimme tehostettua opetusta anturitekniikan suhteen?

Suunnittelutieteen tarkoitus on konstruktion suunnittelua ja toteutusta varten luoda tietämystä, toisin sanoen **suunnittelutietämystä**, tai parantaa nykyisiä systeemejä eli lopputuloksena syntyvän **mallin**, **metodin** tai **systemin** tulee olla parempi, kuin nykyinen. Innovaation hyödyllisyys tulee myös arvioida. Suunnittelutietämys voidaan jakaa kolmeen osaan: **kohteen**, **prosessin** ja **toteutuksen suunnitteluun**. Kohteen suunnittelu kattaa työssä lopputuloksena syntyvän tuotteen suunnittelun sekä sille asetettavat määrittelyt. Prosessin suunnittelu kattaa miten resursseja tulisi käyttää, jotta haluttu lopputulos saavutettaisiin. Toteutuksen suunnittelu sisältää käytännössä tehtävien toimenpiteiden suunnittelua, joiden avulla työ saadaan vietyä alusta loppuun [1, s. 103–104.]

Opinnäytetyössä **lopputila** saavutettiin ensin suorittamalla **spesifiointiprosessi**. Spesifiointiprosessin tarkoitus on luoda kuvaus tavoitetilasta. Spesifiointiprosessissa asetettiin opinnäytetyössä syntyville koteloille vaatimukset. Vaatimuksina olivat, että kotelot ovat kompakteja, helppokäyttöisiä, turvallisia ja liikuteltavissa. Tämän jälkeen aloitettiin **implementointiprosessi**. Implementointiprosessi kuvastaa tapaa, jolla saavutetaan haluttu **tilanmuutos**. Tässä kontekstissa haluttu tilanmuutos on spesifiointiprosessista tavoitetilaan, eli vaatimusten asettamisesta valmiiseen lopputuotteeseen. Implementointiprosessissa aloitettiin työn **analysointi**, vaadittavan **teoreettisen tiedon kerääminen** ja koteloiden **suunnitteleminen**. Valmisosien hankinta suoritettiin analysoinnin aikana tulleiden johtopäätösten perusteella. Tässä opinnäytetyössä valmisosien hankinta sisälsi eri komponenttien vertailun. Osien saavutua aloitettiin implementointiprosessin seuraava vaihe; koteloiden kokoonpano [1, s. 108–111.] Kokoonpano-osuuden valmistuessa, työhön valmisteltiin opetusaineisto. Opetusaineisto perusteella koteloille suoritettiin testaukset.

Lopuksi työlle suoritettiin **arviointi**. Innovaation arviointia varten on olemassa esimerkkitaulukko (taulukko 1), johon on kerätty eri tutkijoiden ja kirjailijoiden näkökulmista määriteltyjä **mittareita** eli **kriteereitä**.

Taulukko 1. Suunnitteellisen eli konstruktivisen tutkimuksen arviointikriteereitä [1, s. 123].

tutkimustulos	March ja Smith sekä heidän yleiset mittarinsa	täydennyksiä	uusia kriteerejä
käsitteistö	[täydellisyys, yksinkertaisuus, eleganssi, ymmärrettävyys] ja helppokäyttöisyys	vrt. Boland ja Tenkasi (1995) yhteiset rajakäsitteet	hyödynnettävyys
malli, tavoitteita	[mallin ja todellisuuden vastaavuus, täydellisyys, yksityiskohtaisuus, lujuus] ja sisäinen johdonmukaisuus	kuvien esitysmuodon ja sisällön suhde (Järvinen 2001); median valinta (Yap and Bjørn-Andersen 1998)	
metodi	operationaalisuus (metodin kyky suorittaa tehtävä tai ihmisten kyky tehokkaasti käyttää algoritmita metodia), tehokkuus, yleisyys ja helppokäyttöisyys	sovellusalue (Mathiassen and Munk-Madsen 1986) tarvittavat tekniset, inhimilliset tai tiedolliset resurssit; liikkeelle panevat ja estävät mekanismit (van Aken 2004)	
realisaatiot	artefaktin (innovaation) tehokkuus ja vaikuttavuus sekä sen vaikutukset ympäristöön ja käyttäjiin	innovaation odottamattomat positiiviset ja negatiiviset vaikutukset (Orlikowski 1995), taloudellisten, teknisten ja fyysisten vaikutusten lisäksi vaikutukset sosiaalisiin, poliittisiin ja historiallisiin konteksteihin (Kling 1987) investointien arviointi (Irani ja Love 2002)	laajuus-, arvostus-, mittaus-, jaksotus- ja kohdistusongelmat Virkkunen (1951); korjaava, sopeuttava, parantava ja ehkäisevä huolto (Lientz 1983, Lano ja Houghton 1992), vallanjako (Dahlbom ja Mathiassen 1997)

Työlle valittiin kriteereiksi helppokäyttöisyys, turvallisuus, kompaktius, hyödynnettävyys, ymmärrettävyys, huollettavuus ja vaikutukset opetusympäristössä. Arviointi on käyty läpi sivulla 22.

3 TOIMEKSIANTAJA

Toimeksiantajana työssä toimi **Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulun** Mikkelin kampuksen tekniikan yksikkö.

Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulun eli **Xamkin** toimipisteet sijaitsevat Mikkelissä, Kotkassa, Savonlinnassa ja Kouvolassa. Tämänhetkisiä tutkinto-opiskelijoita Xamkissa on n. 9500. [2.]

4 ANTURIT

Tässä luvussa pureudutaan anturien yleistietoihin, **raja-arvoantureihin** ja **mittaaviin antureihin** ja niiden toimintaperiaatteisiin sekä viesteihin. **Teollisuusautomaatio** ja **kiinteistöautomaatio** ovat oleellisena osana anturitekniikasta puhuttaessa. Luvussa käydään lopuksi läpi niiden yleisimmät käytössä olevat anturit ja niiden käyttökohteet.

4.1 Yleistä antureista

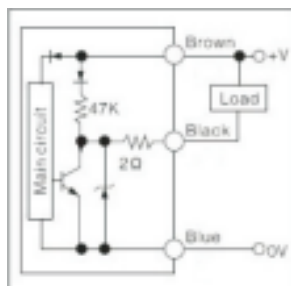
Anturit ovat edistäneet automaatiota, niitä voidaan pitää itsestäänselvyytenä nykymaailmassa. Antureita käytetään monipuolisesti automaatiotekniikassa eri fysikaalisten suureiden mittaamiseen ja kemiallisten aineiden tunnistamiseen. Anturit koostuvat toiminnan kannalta kolmesta tärkeästä osasta: **tuntoelimestä**, **mittamuuntimesta** ja **mittalähettimestä**. Tuntoelin suorittaa varsinaisen mittauksen tai tunnistuksen anturissa. Mittamuunnin käsittelee mitattuja arvoja ja muuntaa ne **mittausviestiksi**. Mittalähetin muuntaa mittausarvot **lähtöviestiksi**. [3, s. 206.] Antureista lähtevä signaali on joko yksinkertaista on/off-viestiä (**binääriviesti**), virta-, jännite- tai taajuusmuotoista viestiä (**analoginen viesti**) tai väyläviestiä (**digitaalinen viesti**), joka viedään mittarille tai automaatiojärjestelmälle. Lähetettävästä viestistä riippuen anturit voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään: raja-arvolla toimivat anturit ja mittaavat anturit.

4.2 Raja-arvoanturit

Raja-arvolla toimivat anturit eli rajakytkimet antavat yksinkertaista on/off-viestiä, ns. binääriviestiä. Raja-arvoanturit ovat yleensä joko **NO (Normally Open)** tai **NC (Normally Closed)**, mutta on myös olemassa sellaisia, joissa on molemmat. Yleisimpiin raja-arvolla toimiviin antureihin lukeutuvat mm. induktiiviset ja kapasitiiviset lähestymiskytkimet, optiset lähestymiskytkimet, reed-anturit, hall-anturit ja mekaaniset rajakytkimet. [4.] Raja-arvolla toimivat anturit voidaan jakaa lähetettävän viestin polaarisuuden mukaan kahteen eri ryhmään; NPN ja PNP. Polaarisuus riippuu anturin sisäisestä transistorista.

4.2.1 NPN

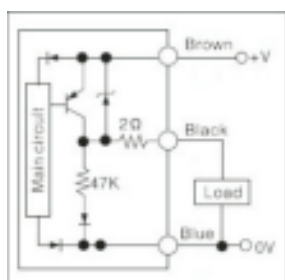
NPN-tyyppisessä anturissa viesti tulee negatiiviselta puolelta, kuorma kytkeään positiiviseen puoleen kiinni kuvan 1 mukaisesti. Anturi antaa täten negatiivisen viestin. [4.] NPN-tyyppinen transistori koostuu kahdesta n-tyyppisestä puolijohdemateriaalista, jotka on erotettu p-tyyppisellä materiaalilla. NPN-transistorissa virta kulkee kollektorista emitteriin. [5.]



Kuva 1. NPN-anturin kytkentä [6]

4.2.2 PNP

PNP-tyyppisessä anturissa viesti tulee positiiviselta puolelta ja kuorma kytkeään negatiiviseen puoleen kiinni kuvan 2 mukaisesti. Anturi antaa täten positiivisen viestin. [4.] PNP on yleisemmin käytetty kuin NPN [7]. PNP-tyyppinen transistori koostuu kahdesta p-tyyppisestä puolijohdemateriaalista, jotka on erotettu n-tyyppisellä materiaalilla. PNP-transistorissa virta kulkee emitteristä kollektoriin. [5.]



Kuva 2. PNP-anturin kytkentä [6]

4.3 Mitta-anturit

Kun halutaan saada jatkuvaa tietoa ja kohteen mittausarvot muuttuvat mittausajan kuluessa, käytetään mittaavia antureita. Mittaavilla antureilla saadaan useimmiten **analoginen signaali**. [3, s. 206.] Mittaavilla antureilla on

useita eri mittaustekniikoita, esim. lämpötilan muutos kasvattaa anturin sisäisen vastuksen resistanssia tai etäisyyttä mitattaessa anturi laskee mittatiedon sen mukaan, kuinka pitkään lähetetyllä ääniaallolla kestää kimmota takaisin.

4.4 Antureiden tiedonsiirto

Yksi mittaavien antureiden tärkeimmistä ymmärrettävistä asioista on **tiedonsiirto**. Mittaavilla antureilla saadaan useimmiten virta- tai jänniteviestiä (**analoginen viesti**). Viestin tulee olla **standardimuotoista**, jotta sen käyttäminen olisi helppoa. Tietoa voidaan siirtää langallisesti ja langattomasti.

4.4.1 Analoginen viesti

Viesti, joka **muuttuu mitattaessa portaattomasti**, on analogista viestiä [3, s. 206]. Analoginen viesti on yleensä joko virta- tai jännitemuotoista. Virtaviesti on suuruudeltaan yleensä **0 mA...20 mA** tai **4 mA...20 mA** ja jänniteviesti **0...5 V** tai **0...10 V**. Virtaviestiä käytetään sen häiriönsietokyvyn vuoksi. Jänniteviesti taas on halpa ja helppokäyttöinen [8, s. 11.] Analoginen viesti muunnetaan digitaalseksi viestiksi, kun se pitää viedä esim. prosessiasemalle tai säätimelle luettavaksi.

4.4.2 Digitaalinen viesti

Digitaalista viestiä käytetään **kenttäväyläteknikassa**. Viesti voidaan jakaa kolmeen osaan riippuen sen ajallisesta käyttäytymisestä: **staattinen, dynaaminen ja sarjamuotoinen viesti**. [9, s. 99.]

Staattinen viesti ei tarvitse jatkuvaa tarkkailua, vaan se voidaan lukea silloin, kun on tarve. Tästä johtuen staattinen lähtevä viesti muuttuu silloin, kun se päivitetään. Viesti on joko **yksi- tai monibittistä**. [9, s. 99.]

Dynaaminen viesti on tapahtuman tai muutoksen aiheuttama **kertaluontoinen ilmiö**. Jotta dynaaminen viesti voidaan havaita, tarvitaan joko **jatkuvaa** tai edes tarpeeksi **tiheää tarkkailua**. Lähtöviesti voidaan muuttaa staattiseksi viestiksi esim. digitaalisella kiikkupiirillä. Dynaaminen lähtöviesti luodaan esim. laskurilla. [9, s. 99.]

Sarjamuotoiset viestit ovat useimmiten **binäärilukuja**, jotka koostuvat yksittäisistä perätoisensa jälkeen lähetetyistä biteistä. Viesti voi myös olla esim. taa-juusmodulointua signaalia, joka tulee U/f-muuntimelta. [9 s. 99.]

Digitaalinen signaali saadaan tekemällä anturin antamalle analogiselle signaalille **A/D-muunnos**. Muunnoksella syntyvän digitaalisen signaalin bitit **yleensä** esitetään **jännitetasoisina**. Signaalin tarkkuus riippuu siitä, kuinka moni bit-tiseksi analoginen signaali on muunnettu. Otetaan esimerkiksi mitattava suure, jonka mittatieto vaihtelee 1—100V välillä. Taulukossa 4 nähdään, miten analoginen signaali muuntuu digitaalseksi signaaliksi kaksibittisenä. [3, s. 207.]

Taulukko 2. A/D-muunnos kaksibittiseksi digitaalseksi signaaliksi [3, s. 207]

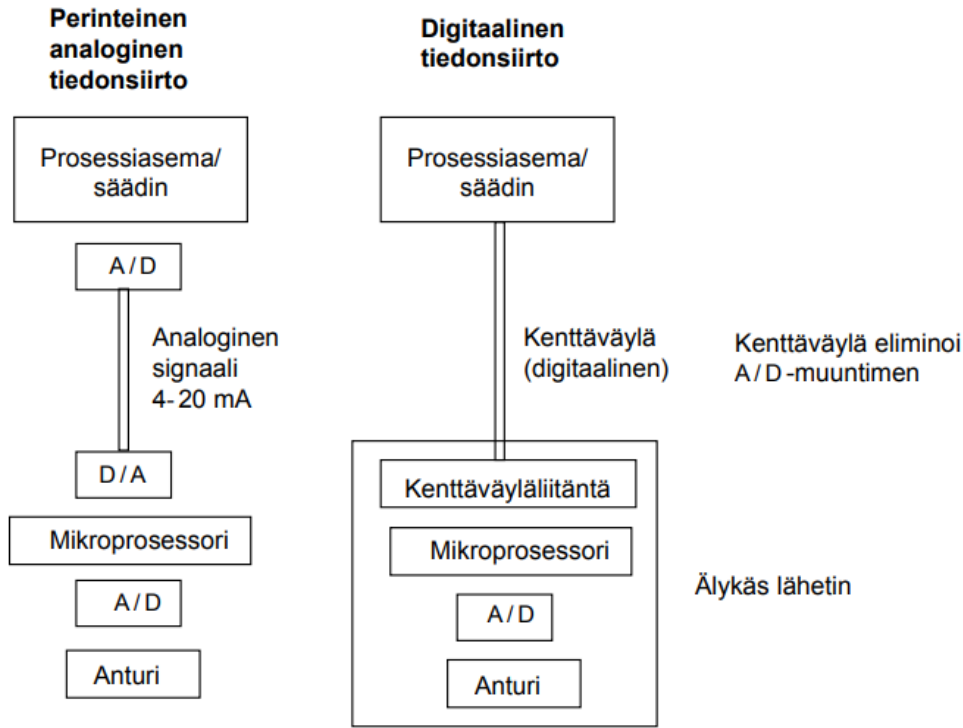
Jännitealue 1-100V	Bitti n:o 1	Bitti n:o 2	Digitaalinen signaali
1-25 V	0	0	00
26-50 V	0	1	01
51-75 V	1	0	10
76-100 V	1	1	11

Vastaavasti, jos kaksibittisenä saadaan lähetettyä tietoa neljä pykälää (00, 01, 10 ja 11), saadaan kymmenbittisenä lähetettyä 1024 pykälää tietoa. Näin ollen saavutetaan signaalitiedossa promillen tarkkuus.

4.4.3 Kenttäväylä

Kenttäväyläkäsitteitä on olemassa useita, mutta **kenttäväylän** voi yksinkertaistaa seuraavanlaisesti; kenttäväylä on **tiedonsiirtojärjestelmä**, joka mahdollistaa kentälaitteiden ja automaatiojärjestelmän välillä **kaksisuuntaisen digitaalisen tiedonsiirron**. Yleisimmät käytössä olevat kenttäväylät ovat Pro-fibus-, AS-i- ja Foundation Fieldbus –kenttäväylät [10.] Kenttäväylän avulla

voidaan tiedonsiirtoprosessista poistaa **A/D-muunnin** (Analog to Digital) ja pitää täten tieto digitaalisena anturilta prosessiasemalle (kuva 3). A/D-muunnin voisi muuten aiheuttaa **viiveitä** ja **virheitä**. [11, s. 2.]



Kuva 3. Analoginen ja digitaalinen tiedonsiirto [11]

Kenttäväylän ansiosta kytkennöissä käytettävien kaapeleiden määrä laskee huomattavasti, joka johtuu kenttäväylän rakenteesta. Perinteisesti analoginen viesti ja binääri viesti viedään kaapelilla anturilta prosessiasemalle. Tämä johtaa siihen, että kaapeloinnin pituudet kasvavat. Väyläteknikka ratkaisee tämän ongelman. Kenttäväyliä voidaan rakentaa kahdella eri tavalla; **langallisesti** ja **langattomasti**. [12, s. 11.]

- **Langallisessa** kenttäväylässä tieto kulkee kaapelissa antureilta kenttäväylään, josta se kulkee prosessiasemalle. Tiedonsiirtoa varten ei siis tarvitse tehdä yksittäisiä pitkiä kaapelointeja. Langallisessa kenttäväylässä tulee ottaa myös sen **rakenne** eli **verkkotopologia** huomioon. Verkkotopologia kertoo, miten laitteet on liitetty verkossa toisiinsa [13.]
- **Langaton** kenttäväylä poistaa tiedonsiirtoon liittyvän kaapeloinnin kokonaan. Langattomassa kenttäväylässä tiedonsiirto voi tapahtua kolmella eri tavalla; **radiotaajuus-**, **mikroaaltotai lyhyen kantaman infra puna –kommunikoinnilla** [14, s. 9.]

4.5 Anturit ammattimaailmassa

Antureita käytetään monipuolisesti erilaisissa automaatiojärjestelmissä. Kenties oleelliset ja yleisimmät automaation osa-alueet opinnäytetyön osalta ovat **teollisuus- ja kiinteistöautomaatio**. Mittaavia antureita käytetään enimmäkseen kiinteistöautomaatiossa ja prosessiteollisuudessa, joissa tarvitaan jatkuvaa tietoa mitattavista kohteista. Raja-arvoantureita käytetään lähinnä kappaletavara-automaatiossa kappaleiden tunnistuksessa. [3, s. 206.]

4.5.1 Yleisimmät anturit

Teollisuusautomaatiossa yleisimpiin antureihin lukeutuvat mekaaniset anturit, optiset anturit, induktiiviset ja kapasitiiviset rajakytkimet, lämpötila-anturit, ulträänianturit ja paineanturit [15]. Kiinteistöautomaatiossa tärkeimmät anturit ovat lämpötila-anturit ja paineanturit, mutta lisäksi käytetään valaistuksen ohjaukseen läsnäolo- ja valoisuusantureita [16, s. 24].

Mekaanisia antureita (kuva 4) käytetään usein esimerkiksi hätä-seis-piireissä. Nykyään niiden käyttö on vähenemässä mm. induktiivisten antureiden yleistyessä. Mekaanisen anturin toiminta perustuu **mekaaniseen kosketukseen** esim. vipua hyväksikäyttäen. [3, s. 212.]



Kuva 4. Mekaaninen anturi [17]

Optisia antureita (kuva 5) käytetään usein tuotantoprosesseissa tuotannon porrastukseen ja turvajärjestelmissä. Porrastus tapahtuu optisten antureiden

avulla siten, että optisen anturin eteen tulee kappale ja anturi lähettää signaalin ohjelmoitavalla logiikalle, joka ohjaa prosessia. Hyvä esimerkki turvajärjestelmästä on aidatulle sahausalueelle johtava aukko aidassa, johon on liitetty optinen anturi. Kun joku liikkuu anturin edessä, kyseinen alue prosessista pysähtyy.



Kuva 5. Optinen anturi.

Optisten antureiden toiminta perustuu tunnistettavan kappaleen havainnointiin **anturin valonsäteeseen kohdistuvien muutosten** perusteella [4]. Optinen anturi koostuu **lähettimestä** ja **vastaanottimesta**. Lähetin lähettää valoa lyhyinä pulsseina n. 1–10 kHz:n taajuudella. Vastaanottimen **suodatin** päästää lävitseen ainoastaan lähettimen lähettämän valon. Optiset anturit voidaan jakaa neljää eri luokkaan niiden tunnistustavan perusteella; **lähetin-vastaanotinparit**, **peiliheijasteiset anturit**, **kohdeheijasteiset anturit** ja **kuituvalokennot**. [3, s. 214.]

- Kaikista toimintavarmoin on **lähetin-vastaanotinpari**. Se sietää muita optisia antureita paremmin ulkoisia häiriöitä ja ilman epäpuhtauksia. Se kuitenkin on kalliimpi johtuen siitä, että pitää ostaa kaksi erillistä komponenttia. Tunnistus tapahtuu, kun tunnistettava esine katkaisee lähettimen ja vastaanottimen välisen valonsäteen. [3, s. 214.]
- Eniten käytetty on **peiliheijasteinen anturi**. Ne ovat edullisia ja niitä voidaan asentaa ahtaisiin tiloihin. Peiliheijasteisissa antureissa huonona puolena on ennen ollut tunnistusvarmuuden heikkeneminen johtuen siitä, että tunnistettava kappale on voinut heijastaa valon takaisin peilin sijaan. Ongelma on ratkaistu polarisaation avulla. Tunnistus tapahtuu, kun tunnistettava kappale estää valonsäteen heijastumisen peilistä. [3, s. 215.]

- **Kohdeheijasteiset anturit** käyttävät hyödykseen kohteiden heijastuskykyä. Tunnistettavilla esineillä voi tosin olla huono heijastavuus, joka johtaa siihen, että anturin tunnistusetaisyys on heikko. Anturin tunnistus tapahtuu, kun anturin edessä oleva esine heijastaa anturin lähettämän valon takaisin anturille. Jos anturin valon heijastumisetäisyyttä voidaan muuttaa, anturia voidaan käyttää syvyyserojen tunnistuksessa. [3, s. 216.]
- **Kuituvalokennoanturi** koostuu **valokuiduista** ja **vahvistimesta**. Tämän takia niiden suurimmat kytkentäetäisyydet ovat 12–20 metrin välillä. Kuituvalokenno antureita käytetään olosuhteiltaan vaativissa ja vaikeasti tavoitettavissa ympäristöissä. Niitä voidaan siksi käyttää esimerkiksi robotiikassa. Ne voivat käyttää kolmea edellä mainittua tunnistustapaa, mutta eivät useampaa kuin yhtä samanaikaisesti. [3, s. 216.]

Induktiivisia ja kapasitiivisia antureita (voidaan käyttää myös käsitettä **rajakytkin**) käytetään useimmiten materiaalien tunnistamiseen. Antureiden erona on materiaalit, mitä ne tunnistavat. **Induktiivinen anturi** tunnistaa metalliset materiaalit, **kapasitiivinen anturi** tunnistaa myös ei-metallisia materiaaleja. **Induktiivinen anturi** (kuva 6) sisältää **oskillaattoriin**, jonka **tuntokela** muodostaa magneettikentän. [3, s. 209.] Kun kenttään tulee metallinen kappale, osa magneettikentästä **indusoituu** siihen. Tämä lisää oskillaattorin kuormaa, jonka avulla anturi tunnistaa kappaleen. [18, s. 1.]



Kuva 6. Induktiivinen anturi.

Kapasitiivinen anturi (kuva 7) sisältää **oskillaattoriin**, jonka **kondensaattoriossa** muodostaa sähkökentän [3, s. 211]. Tunnistettavilla materiaaleilla

on ominainen **dielektrisyysvakio**. Jos materiaalin dielektrisyysvakio on suurempi kuin 2, anturi tunnistaa sen (vrt. ilman dielektrisyysvakio = 1). Tunnistus tapahtuu tunnistettavan kappaleen tullessa sähkökenttään, joka muuttaa kondensaattorin **kapasitanssia**. [18, s. 2.]



Kuva 7. Kapasitiivinen anturi

Lämpötila-antureita (kuva 8) käytetään nimensä omaisesti lämpötilamittauksissa mm. nesteiden lämpötilojen mittaukseen ja lämmityksen ohjauksessa. Teollisuudessa käytetään useimmiten sähköisiä lämpötilamittausmenetelmiä. Olennaisia sähköisen lämpötilamittausmenetelmän etuja ovat joustavat käyttöominaisuudet, tarkkuus ja helppous muokattaessa anturin tuntoelimeltä saatava viesti sähköiseksi standardiviestiksi. [19, s. 36.] Anturin toiminta perustuu anturin **resistanssin muutokseen**, joka tapahtuu anturin materiaalissa, kun lämpötila muuttuu.



Kuva 8. Lämpötila-anturi [20]

Ultraääniantureita (kuva 9) käytetään enimmäkseen lähestymisantureina ja etäisyysantureina mm. autojen peruutustutkissa ja etäisyyksien mittauksissa.

Ultraäänianturin toiminta perustuu sen lähettämiin lyhyisiin, **korkeataajuisiin ultraäänipulsseihin**, joita se lähettää tasaisin väliajoin. Ultraäänipulssi heijastuu takaisin osuessaan kappaleeseen ja ultraäänianturi vastaanottaa pulssin. Anturi **laskee** kuluneen ajan mukaan etäisyyden kappaleeseen, ja toiminnosta riippuen anturi lähettää joko virta- tai jänniteviestiä (mittaava) tai yksinkertaisen on/off-viestin (raja-arvo). [21.]



Kuva 9. Rajakytkin-ultraäänianturi

Paineanturia (kuva 10) käytetään kaasujen ja nesteiden paineen mittaamiseen esim. painesäiliöissä ja IV-järjestelmissä. On olemassa useita eri tapoja, joilla paineanturit mittaavat painetta, mutta opinnäytetyössä keskitytään **differentialipaineanturiin** eli **paine-eroanturiin**. Anturissa on kimmoisa rasia tai putki, jota kutsutaan **tuntoelimeksi**. Kun paine kasvaa, tuntoelimen muoto muuttuu. [22, s. 4.] Muodon muuttuessa tuntoelimen kalvolla sijaitsevien vastusten **resistanssi muuttuu**, joka säätää lähetettävää viestiä [23, s. 3].



Kuva 10. Paineanturi

5 TYÖN TOTEUTUS

Tässä luvussa käydään läpi työn fyysinen osuus. Työssä suurin osa ajasta kului suunnitteluun ja kokoonpanoon. Opinnäytetyötä varten kerättiin tietoa antureista niiden datalehdistä, eri oppilaitosten julkaisemasta materiaalista, tieteellisistä artikkeleista ja kirjallisuudesta. Työssä käytännön osuuteen vaadittavat tiedot saatiin ohjaavalta opettajalta, joka on aikaisemmin rakentanut kyseisiin koteloihin opetuslaitteistoja, sekä datalehdistä, joiden avulla mm. anturien kytkennät suoritettiin. Koteloiden suunnitelmia ja kytkentäharjoituksia laatiessa käytettiin CAD-ohjelmistoa. Kyseinen ohjelmisto on ollut opintojen aikana tiiviisti käytössä, joten sen käyttäminen nopeutti ja ennen kaikkea helpotti työskentelyä. Suunnittelu tapahtui koululla. Itse koteloiden rakentaminen suoritettiin Xamkin Mikkelin kampuksen E-rakennuksen protopajassa, jossa hyödynnettiin oppilaitoksen työkaluja ja osia koteloiden kokoamisessa.

5.1 Suunnittelu

Työssä suunnittelu alkoi pohtimalla, millaiselle **alustalle** työ kannattaisi rakentaa. Alustan täytyisi olla tarpeeksi kompakti ja kestävä. **Koteloon** päädyttyä pohdittiin, mitä **antureita** työssä kannattaisi käyttää. Valittavien antureiden täytyi olla toimintavarmoja, riittävän edullisia ja helposti saatavissa mahdollisten rikkoutumisien varalta, tarpeeksi monipuolisia mittaustekniikoiltaan ja tarpeeksi pieniä, jotta ne mahtuisivat koteloihin. Kun anturit saatiin valittua, mietittiin mitä komponentteja työ vaatisi toimiakseen opetusympäristössä. Kun komponentit oli valittu, tehtiin koteloille **sommittelukuva** eri osien sijoittelusta. Koteloille piti tehdä myös **reikäkuvat**, jotta koteloihin saatiin jyrskyä reiät naaras-banaaniliittimille sekä lasiputkisulakepesille.

5.2 Komponentit

Työssä käytettiin pohjana **Spelsbergin IP55 luokiteltua AK 12 -moduulikotelo**a. Kyseinen kotelo on todettu kestäväksi ja toimivaksi jo aikaisemmin koululla olevien ”Alpha-koteloiden” perusteella. Antureina käytetään **UB800-18GM40-U-V1**- ja **UB1000-18GM75-E6-V15 UÄ** -antureita, **7MF1641-3BA00-1AA0** -paineanturia, kahta **UM-Z3SV** -optista anturia, kahta **LJC30A3-H-Z/BY** -kapasitiivista anturia ja kahta **SN04-N** -induktiivista an-

turia. Paineanturille tarvitaan myös **vastus**, jotta paineanturin lähettämä **virtaviesti** voidaan lukea vastuksesta **jänniteviestinä**. Työ vaati **merkkivalon**, jonka avulla antureiden toimintaa voidaan havainnoida. Työhön tarvittiin myös **kytkin** ja **rele**. On/off- viesti menee releelle, jolla ohjataan merkkivalolle menevää jännitettä. Kytkimellä ohjataan, käytetäänkö merkkivaloa käsi- vai automaattikäyttöisenä. Rele vaati myös estosuuntaisen **diodin**, eli **nolladiodin**, jolla poistetaan induktiivinen virta. Anturit tarvitsivat **lasiputkisulakepesän** ja **sulakkeet** niihin, jotta ne eivät menisi rikki. Kotelo tarvitsi **naaras-banaaniliittimiä**, jotta opiskelijat pystyisivät suorittamaan kytkentöjä helposti ja turvallisesti. Anturin johto kiinnitettiin kanteen, ja sille tehtiin vedonpoisto **liima-ankkureilla**.

5.3 Kokoonpano

Työssä ensimmäiseksi rei'itettiin koteloiden kannet, jotta niihin saatiin liitettyä naaras-banaaniliittimet sekä lasiputkisulakepesät. Naaras-banaaniliittimet kiinnitettiin paikoilleen, jonka jälkeen releet, kytkimet ja merkkilamput kiinnitettiin kotelon pohjassa sijaitsevaan DIN-kiskoon. Kotelon sisäiset johtimet mitoitetiin komponenteilta banaaniliittimille ja niihin kiinnitettiin Abiko-liittimet. Johtimet kiinnitettiin kannessa oleviin banaaniliittimiin. Releiden A2 – A1 välille tuleviin nolladiodeihin juotettiin ML-johdosta jatkoa, lisättiin liittimet päihin ja diodin johtimet eristettiin kutistesukalla. Seuraavaksi kotelon kanteen tulostettiin tarrat, jotka osoittavat mihin naaras-banaaniliittimet kytkeytyvät sekä komponenttien sähköpiirustukset tunnuksineen ja laatikon kannen päälle tarra, jossa näkyy koteloon liitetty anturi. Antureiden johtoihin lisättiin liittimet, jotta ne saatiin kiinnitettyä banaaniliittimiin ja lasiputkisulakepesään. Seuraavaksi johtimet liitettiin komponentteihin kiinni ja anturille tehtiin vedonpoisto liima-ankkureilla. Lopuksi koteloon laitettiin peitelevy. Lopputuloksena syntyi kuvan 11 mukaisia koteloita.



Kuva 11. UÄ-anturi raja-arvo demo-/kytkentäkotelo

5.4 Opetusaineiston laadinta

Opetusaineistoa varten piirrettiin CAD-ohjelmistolla **kytkentäharjoitus**, jossa on selosteena, mitä harjoituksessa halutaan saavuttaa ja erilaisia kysymyksiä liittyen kyseiseen anturiin. Kytkentäharjoituksista syntyneistä **harjoituskortteista** luotiin kaksi eri versiota; opiskelijoille tarkoitettu ”puhdas” alusta, jossa ei ole vastattu kysymyksiin tai tehty kytkentäharjoitusta valmiiksi ja opettajalle tarkistusversio, jonka avulla opettaja voi nopeasti tarkistaa opiskelijoiden vastaukset. Jokaiselle kotelolle tulostettiin ja laminoitiin harjoituskortit.

5.5 Testaus

Koteloiden toiminta testattiin kytkemällä kotelot harjoituskorttien ohjeiden mukaan E006-luokassa sijaitsevaan sähköpöytään. Kotelosta pitää mitata anturilta releelle menevä ohjausjännite anturin molemmissa tiloissa (on/off), joka lisätään opettajan harjoituskortin tarkistusversioon, jonka avulla hän voi nopeasti tarkistaa oppilaiden vastaukset. Mittasin myös mittaavien antureiden antaman jänniteviestin varmistaakseni, että ne toimivat. Testauksen aikana rikoin molemmat induktiiviset anturit ja niiden sulakkeet kytkettyäni ne väärin. Tä-

män **ansioista** harjoituskortteihin lisättiin punaisella tekstillä ohje säätää virtalähteen virtaraja 0,12 ampeeriin. Testauksen aikana huomasin myös, että anturin kaapeli jää jatkuvasti kannen väliin, kun sen yrittää sulkea.

6 POHDINTA

Opinnäytetyössä syntyneiden konstruktioiden arviointia varten määriteltiin kriteerit **Tutkimusmenetelmät**-osiossa sivulla 7. Kriteereitä varten opinnäytetyön aikataulun takia työssä ei voitu hankkia feedbacktietoa oppilailta (ns. takaisinkytkentä) liittyen koteloihin: ovatko helposti ymmärrettävissä, ymmärrettävä harjoituksen jälkeen kyseisen anturin toiminnan, ovatko ”opiskelijavarvoja”? jne. Arviointi suoritettiin ilman ulkopuolisen osapuolen (opiskelijan ja opettajan) testaamista. Arviointi tulisi suorittaa uudestaan koteloiden ollessa opetuskäytössä.

Kotelot saavuttivat halutun lopputuloksen kompaktiuden, turvallisuuden, hyödynnettävyyden, helppokäyttöisyyden, ymmärrettävyyden, huollettavuuden ja opetusympäristöön vaikuttamisen osalta. Kotelot mahtuvat pieneen tilaan kuvan 12 mukaisesti.



Kuva 12. Kotelot säilytyksessä

Koteloita voidaan hyödyntää opetuksessa tehokkaasti johtuen koteloihin tehtyjen opetusaineistojen ymmärrettävyydestä ja kytkentäharjoitusten helppoudesta naaras-banaaniliittimien ansiosta. Kotelot ovat myös turvallisia käyttää, eikä kotelo sisällä paljaita johtimia. Opiskelijat eivät pääse koteloiden sisäisiin kytkentöihin käsiksi ilman kotelon purkamista. Koteloiden vaikutus opetusympäristöön tulee olemaan merkittävä, sillä vastaavanlaisia konstruktioita ei ole aiemmin voitu hyödyntää. Koteloiden huollettavuus on myös halutulla tasolla. Komponentit, joilla on suurempi mahdollisuus rikkoontua, ovat helposti vaihdettavissa ja saatavissa.

Opetusmateriaali saavutti sille asetetut vaatimukset. Materiaali on hyvin ymmärrettävissä, se on tarpeeksi haastava ja se **pakottaa** opiskelijan tutustumaan antureiden toimintaan. Opetusaineisto sisältää kytkentäharjoituskortteja, tyhjiä pohjia, jotka opiskelijat täyttävät ja täytetyt pohjat, joilla opettaja tarkistaa opiskelijoiden tehtävät. Opiskelijat piirtävät CAD-ohjelmalla kytkennät valmiiksi siten, että ne toimivat ohjeistuksen mukaisesti. Raja-arvokytkimien harjoituskorteissa tulee vastata antureihin liittyviin kysymyksiin. Mittaavilla antureilla tulee tehdä Mitsubishi Alpha Programming -ohjelmistolla ohjelma, joka toimii harjoituskortin ohjeiden mukaisesti. **Harjoituskorttien** pohjat löytyvät liitteistä 1—6 ja **tarkistusohjat** löytyvät liitteistä 7—12.

Opinnäytetyön jatkokehittämistä varten jokaiselle kotelolle voisi luoda jonkinlaisen systeemin, johon anturin kaapeli voidaan kiinnittää helposti. Kun koteloiden kannen laittaa kiinni, anturin johto jää usein kannen väliin. Kotelolle voisi luoda lisää opetusmateriaalia, jotta niitä voisi käyttää useammalla eri kurssilla. Mittaavien antureiden koteloihin voisi lisätä komponentteja jatkokehityksenä.

Opin opinnäytetyön ansiosta todella paljon antureista ja opetuskäyttöön soveltuvien laitteistojen rakentamisesta. Ymmärrän, mikä merkitys hyvällä opetuslaitteistolla voi olla oppimisen kannalta.

Opinnäytetyön aikataulutuksen olisi voinut suorittaa paremmin. Opinnäytetyössä tekeminen oli jatkuvasti kiireellistä, mutta se johtui asettamastani opinnäytetyön valmistumisajankohdasta. Eri opinnäytetyöhön liittyvien tiedostojen

nimeämisessä olisin voinut käyttää mm. päivämäärää mukana, tämä olisi helpottanut tiedoston oikean version löytämisessä. Kytkeäharjoituskortit olisi kannattanut piirtää valmiiksi, ennen kuin aloitin testausvaiheen. Olisi säästynyt muutama sulake ja anturi.

LÄHTEET

1. Järvinen, P. & Järvinen, A. Tutkimustyön metodeista. 1. painos. Tampere: Opinpajan kirja. 2004.
2. XAMK. Tietoa Xamkista. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/xamk/xamkin-avainluvut/#/0> [viitattu 4.5.2021].
3. Keinänen, T. & Sumujärvi, M. Automaatiotekniikka. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro. 2019.
4. Metropolia. Rajakytkimet. WWW-dokumentti. 2010. Saatavissa: <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio> [viitattu 9.5.2021].
5. Illustrationprize. NPN- ja PNP-transistorin välinen ero. WWW-dokumentti. Saatavissa: [NPN: n ja PNP-transistorin välinen ero \(illustrationprize.com\)](http://www.illustrationprize.com) [viitattu 22.5.2021].
6. Aksotronik. Brochure (Proximity Sensor-Square Type). PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://pliki.aksotronik.pl/sn04.pdf> [viitattu 19.5.2021].
7. Schneider Electric. What is the difference between PNP and NPN when describing 3 wire connection of a sensor? WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.se.com/uk/en/faqs/FA142566/> [viitattu 5.5.2021].
8. Kiviluoma, P. Kone- ja rakennustekniikan laboratoriotyöt. PDF-dokumentti. 2016. Saatavissa: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/299605/mod_resource/content/2/KON-C3004_Anturit_2016_19_9.pdf [viitattu 12.5.2021].
9. Piikkilä, V. & Shalstén, T. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät: Tietotekniset järjestelmät. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy. 2017
10. Verwer Training and Consultancy Ltd. Tutorial – Introduction to Fieldbus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://verwertraining.com/tutorials/tutorial-introduction-to-fieldbus-and-profibus/> [viitattu 12.5.2021].
11. OAMK. Automaation tietoliikennetekniikka. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/05_0_Automaation%20tietoliikenne.pdf [viitattu 15.5.2021]
12. Aalto-yliopisto. Automaation kenttäväylät. PDF-dokumentti. 2014. Saatavissa: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/293729/mod_resource/content/1/ELEC-C1210_4.1_automaation_kenttavaylat.pdf [viitattu 18.5.2021].
13. Todo list online. Verkon topologiat Info compTIA A + sertifiointi – dummies 2021. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: [Verkon topologiat Info compTIA A + sertifiointi - dummies 2021 - Todo list online](http://www.todo-list.com/Verkon_topologiat_Info_compTIA_A_+_sertifiointi_-_dummies_2021_-_Todo_list_online) [viitattu 19.5.2021].
14. Kruidhof, T., Schotborg, L. & Vreede, R. Field bus: why wireless? PDF-dokumentti. Saatavissa: [Field Bus: Why wireless? \(maritimesymposium-rotterdam.nl\)](http://www.maritimesymposium-rotterdam.nl) [viitattu 19.5.2021].

15. Electronicsforu. Sensors for Industrial Automation: 'A Choice to Make'. WWW-dokumentti. 2013. Saatavissa: [Sensors for Industrial Automation: 'A Choice to Make' | Electronics For You \(electronicsforu.com\)](https://www.electronicsforu.com/industrial-automation-a-choice-to-make/) [viitattu 7.5.2021].
16. Haapamäki, M. Rakennusautomaatiojärjestelmät ja rau-asetajan opas. Oulun ammattikorkeakoulu. Insinöörikoulutus, sähkö- ja automaatiotekniikka. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201803143349> [viitattu 9.5.2021].
17. Omron. ZC. WWW-dokumentti. Saatavissa: [ZC | Omron, Suomi](https://www.omron.com/fi/automation/zc/) [viitattu 22.5.2021].
18. Elmatik. Induktiiviset/kapasitiiviset kytkimet. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Lähestymiskytkimet.indd \(elmatik.ee\)](https://www.elmatik.com/inductiv-capacitive-relays/) [viitattu 8.5.2021].
19. Halko, P., Härkönen, S., Lähteenmäki, I. & Välimaa, T. Teollisuuden mitaustekniikka: Perusmittauksia. 3. painos. Helsinki: Painatuskeskus Oy. 1993.
20. WIKA. Lämpötila-anturi. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.wika.fi/landingpage_temperature_sensor_fi_fi.WIKA [viitattu 21.5.2021].
21. Microsonic. Ultrasonic principle. WWW-dokumentti. Saatavissa: [ultrasonic principle | ultrasonic sensors | microsonic](https://www.microsonic.com/ultrasonic-principle/) [viitattu 8.5.2021].
22. Parikka, R. & Tervo J. Anturit hydrauliiikan mittauksissa. PDF-dokumentti. 1999. Saatavissa: [Microsoft Word - HydrDiag1.doc \(vttresearch.com\)](https://www.vttresearch.com/microsoft-word-hydrdiag1.doc) [viitattu 8.5.2021].
23. Sensorland. The Pressure Sensor. WWW-dokumentti. Saatavissa: [pres-sure sensors - how sensors work \(sensorland.com\)](https://www.sensorland.com/pressure-sensors-how-sensors-work/) [viitattu 8.5.2021].

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
	A	ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS I_{lim} 0.12 A																										A	
	B																											B	
	C																											C	
D	D	1. Tutki ANTURIN LJC30A3-15-H-Z/BY kytkentää valmistajan ohjeista. Suunnittele ja toteuta seuraava kytkentä:																										D	
	E	Kun ANTURI tunnistaa VASTEEN lamppu H1 syttyy KONTAKTORIN K1 ohjaamana. KYTKIN S1 kytketään siten, että:																										E	
	F	A-asennossa ANTURI ohjaa KONTAKTORIA																										F	
	G	K-asennossa KONTAKTORI on päällä jatkuvasti																										G	
	H																											H	
	J																											J	
	K																											K	
	L																											L	
	M	2. Lisää kytkentään V-MITTARI ja mittaa KONTAKTORIN OHJAUSJÄNNITE ANTURIN molemmissa tiloissa.																										M	
	N																											N	
	O	3. Piirrä kytkentään myös ANTURIN SISÄINEN KYTKENTÄ (pääpiirteittäin) ja merkitse ANTURIN JOHDINVÄRIT																										O	
	P																											P	
	R																											R	
	S	4. Mitä MATERIAALEJA ANTURI TUNNISTAA ja MILTÄ ETÄISYYDELTÄ?																										S	
		XAMK, Mikkeli, E006																											
		ANTURIHARJOITUKSET																											
		Kapasitiivinen anturi																											
		Suunn. J.K. / 7.6.2021																											
		Filt. Turc																											
		Kokonaisuus																											
		Sähköpostilla																											
		Lehti 1/1																											
		Päiväladunumero																											
		SÄH 200-1																											

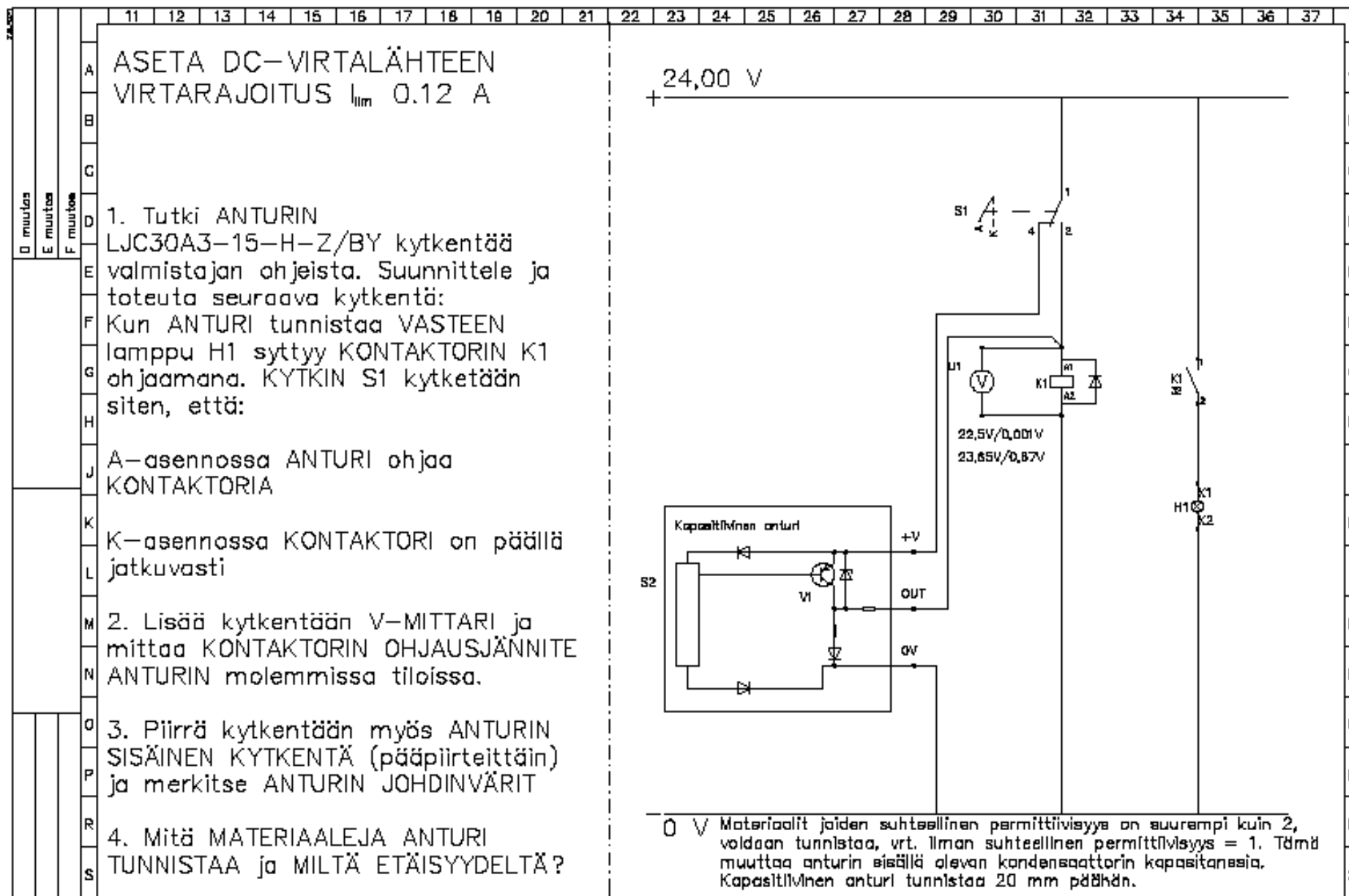
											11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
D muutos E muutos F muutos	A	ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS $I_{lim} 0.12 A$																																			
	B																																				
	C																																				
	D	1. Tutki ANTURIN SN04-N kytkentää valmistajan ohjeista. Suunnittele ja toteuta seuraava kytkentä: Kun ANTURI tunnistaa VASTEEN lampun H1 syttyy KONTAKTORIN K1 ohjaamana. KYTKIN S1 kytketään siten, että:																																			
	E	Kun ANTURI tunnistaa VASTEEN lampun H1 syttyy KONTAKTORIN K1 ohjaamana. KYTKIN S1 kytketään siten, että:																																			
F	A-asennossa ANTURI ohjaa KONTAKTORIA																																				
G	K-asennossa KONTAKTORI on päällä jatkuvasti																																				
H																																					
J																																					
K	2. Lisää kytkentään V-MITTARI ja mittaa KONTAKTORIN OHJAUSJÄNNITTE ANTURIN molemmissa tiloissa.																																				
L																																					
M																																					
N	3. Piirrä kytkentään myös ANTURIN SISÄINEN KYTKENTÄ (pääpiirteittäin) ja merkitse ANTURIN JOHDINVÄRIT																																				
O																																					
P																																					
R	4. Mitä MATERIAALEJA ANTURI TUNNISTAA ja MILTÄ ETÄISYYDELTÄ?																																				
S																																					
A muutos B muutos C muutos											XAMK, Mikkeli, ED06					ANTURIHARJOITUKSET Induktiivinen anturi					Suunn. J.K. / 2.5.2008		Kokonaisuus		Sähköisesti		Tunnus										
																				Lähif. 1/1		Pituusnumero		SÄH 200-2													

A B C D E F G H J K L M N O P R S	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37	<p>ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS I_{lm} 0.12 A</p> <p>1. Tutki ANTURIN UB1000-18GM75-E6-V15 kytkentää valmistajan ohjeista. Suunnittele ja toteuta seuraava kytkentä: Kun ANTURI tunnistaa VASTEEN lamppu H1 syttyy KONTAKTORIN K1 ohjaamana. KYTKIN S1 kytketään siten, että:</p> <p>A-asennossa ANTURI ohjaa KONTAKTORIA</p> <p>K-asennossa KONTAKTORI on päällä jatkuvasti</p> <p>2. Lisää kytkentään V-MITTARI ja mittaa KONTAKTORIN OHJAUSJÄNNITE ANTURIN molemmissa tiloissa.</p> <p>3. Piirrä kytkentään myös ANTURIN SISÄINEN KYTKENTÄ (pääpiirteittäin) ja merkitse ANTURIN JOHDINVÄRIT</p> <p>4. MIHIN ANTURIN TOIMINTA PERUSTUU ja MILTÄ ETÄISYYDELTA ANTURI TUNNISTAA?</p>		A B C D E F G H J K L M N O P R S												
D muutos E muutos F muutos A muutos B muutos C muutos		<p>XAMK</p>	<p>XAMK, Mikkeli, E006</p>													
		<p>ANTURIHARJOITUKSET</p> <p>Ultraäänianturi raja-arvo</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">Suunn. JK / TALEN</td> <td style="font-size: small;">Kokonaisuus</td> <td style="font-size: small;">Sähköpiirros</td> <td style="font-size: small;">Työnumero</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Piirt.</td> <td style="font-size: small;">Lohu V/1</td> <td style="font-size: small;">Pituusnumero</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Titt.</td> <td></td> <td style="font-size: large; font-weight: bold;">SÄH 200-3</td> <td></td> </tr> </table>	Suunn. JK / TALEN	Kokonaisuus	Sähköpiirros	Työnumero	Piirt.	Lohu V/1	Pituusnumero		Titt.		SÄH 200-3		
Suunn. JK / TALEN	Kokonaisuus	Sähköpiirros	Työnumero													
Piirt.	Lohu V/1	Pituusnumero														
Titt.		SÄH 200-3														

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
D muutos E muutos F muutos G H J K L M N O P R S	A	ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS I_{lim} 0.12 A																									
	B																										
	C																										
	D																										
	E	1. Tutki ANTURIN UM-Z3SV kytkentää valmistajan ohjeista. Suunnittele ja toteuta seuraava kytkentä:																									
	F	Kun ANTURI tunnistaa VASTEEN lamppu H1 syttyy KONTAKTORIN K1 ohjaamana. KYTKIN S1 kytketään																									
	G	siten, että:																									
	H																										
	J	A-asennossa ANTURI ohjaa KONTAKTORIA																									
	K	K-asennossa KONTAKTORI on päällä jatkuvasti																									
	L																										
	M	2. Lisää kytkentään V-MITTARI ja mittaa KONTAKTORIN OHJAUSJÄNNITTE ANTURIN molemmissa tiloissa.																									
	N																										
O																											
P	3. Piirrä kytkentään myös ANTURIN SISÄINEN KYTKENTÄ (pääpiirteittäin) ja merkitse ANTURIN JOHDINVÄRIT																										
R																											
S	4. Mikä on ANTURIN TOIMINTAPERIAATE ja MILLÄ ETÄISYYDELLÄ ANTURI TOIMII?																										
												XAMK, Mikkeli, E006						ANTURIHARJOITUKSET Optinen anturi					Sähkösähkö SÄH 200-4				

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37									
TULO	A	<p>ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS I_m 0.12 A</p>																																			
	B																																				
D muutos	C	<p>1. Piirrä ULTRAÄÄNIANTURIN UB800-1BGM40-U-V1 (0-10 V jänniteviesti) kytkentä ALFA-logiikan Inputtiin 5 (johdinväreineen). LOGIIKAN kytkentäkotelossa on valmiina 24 VDC virtalähde, jonka liittimet ulkoisia laitteita varten löytyvät kotelon kupeesta.</p>																																			
E muutos	D	<p>2. Kytke ANTURI LOGIIKAN kytkentäkoteloon.</p>																																			
F muutos	E	<p>3. Toteuta ALFA-ohjelma, joka LASKEE ohjelmassa olevan LASKIMEN avulla VASTEEN etäisyyden ANTURISTA ja näyttää sen NÄYTTÖRUUDUSSA (mm).</p>																																			
	F	<p>4. Toteuta ohjelma, joka näyttää pinnankorkeuden millimetreinä, kun pinnan nollataso on 800 mm päässä anturista.</p>																																			
	G	<p>5. Toteuta ohjelma, joka näyttää pinnankorkeuden millimetreinä, kun pinnan nollataso on 500 mm päässä anturista.</p>																																			
	H	<p>6. Toteuta ohjelma, joka käynnistää OUTPUT1:n, kun pinta nousee korkeudelle 400 mm ja sammuttaa vasta, kun pinta laskee korkeudelle 100 mm. Kytke merkkilamppu näyttämään OUTPUT1 toiminta.</p>																																			
	J																																				
	K																																				
	L																																				
	M																																				
	N																																				
	O																																				
	P																																				
	R																																				
	S																																				
A muutos																																					
B muutos		<p>XAMK, Mikkeli, E006</p>																																			
C muutos		<p>ANTURIHARJOITUKSET Ultraäänianturi mittaava</p>																																			
		<p>Siun. NÄ / KUMI</p>					<p>Kokonaisuus</p>					<p>Sähköpöytä</p>					<p>Yönumero</p>																				
		<p>Päiv.</p>					<p>Lehti 1/1</p>					<p>Pitkätunnus</p>					<p>SÄH 200-5</p>																				
		<p>Tark.</p>																																			

A B C D E F G H J K L M N O P R S	D muutos E muutos F muutos	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37	A B C D E F G H J K L M N O P R S	<p>ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS I_m 0.12 A</p> <p>1. Piirrä PAINEANTURIN 7MF1641-3BA00-1AA0 (4-20 mA virtaviesti) kytkentä ALPHA-logiikan inputtiin 5 (johdinväreineen). LOGIIKAN kytkentäkotelossa on valmiina 24 VDC virtalähde, jonka liittimet ulkoisia laitteita varten löytyvät kotelon kupeesta. Laske tarvittavan vastuksen R1 arvo ja piirrä se kytkentään.</p> <p>2. Kytke ANTURI LOGIIKAN kytkentäkoteloon.</p> <p>3. Toteuta ALPHA-ohjelma, joka LASKEE ohjelmassa olevan LASKIMEN avulla ANTURIN mittaaman PAINE-ERON ja näyttää sen NÄYTTÖRUUDUSSA (mbar).</p> <p>4. Toteuta ohjelma, joka käynnistää outputteja (ja jättää päälle) 1:stä alkaen paineen noustessa 0,5 bar välein (OUTPUT1 = 0,5 bar, OUTPUT2 = 1,0 bar jne.) Ohjelmoi 16 reset-painikkeeksi. INPUT6 ja OUTPUTit toimivat monitorointi-toiminnan avulla (ei tarvita ulkoisia kytkentöjä).</p>				
A muutos B muutos C muutos			XAMK, Mikkeli, E006	ANTURIHARJOITUKSET Paineanturi	Muun. jk. / 2/2021 Pirt. / Tark.	Kokonaisuus Lehti 1/1	Sähkösäädin Pituusnumero SÄH 200-6	Työnumero



		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
		<p>ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS $I_{lim} 0.12 A$</p>																										
		<p>1. Tutki ANTURIN SN04-N kytkentää valmistajan ohjeista. Suunnittele ja toteuta seuraava kytkentä: Kun ANTURI tunnistaa VASTEEN lamppu H1 syttyy KONTAKTORIN K1 ohjaamana. KYTKIN S1 kytketään siten, että:</p>												<p>24,00 V</p>														
D muutos		<p>A-asennossa ANTURI ohjaa KONTAKTORIA</p>												<p>Induktiivinen anturi</p>														
E muutos		<p>K-asennossa KONTAKTORI on päällä jatkuvasti</p>												<p>0 V Induktiivinen anturi tunnistaa metalleja. Anturin magneettikenttään tullessa metallinen esine indusoihtuu ja tästä johtuen oskillaattorin kuorma kasvaa. Anturi tunnistaa 3,2 mm päähän.</p>														
F muutos		<p>2. Lisää kytkentään V-MITTARI ja mittaa KONTAKTORIN OHJAUSJÄNNITE ANTURIN molemmissa tiloissa.</p>																										
		<p>3. Piirrä kytkentään myös ANTURIN SISÄINEN KYTKENTÄ (pääpiirteittäin) ja merkitse ANTURIN JOHDINVÄRIT</p>																										
		<p>4. Mitä MATERIAALEJA ANTURI TUNNISTAA ja MILTÄ ETÄISYYDELTÄ?</p>																										
A muutos														<p>ANTURIHARJOITUKSET</p>														
B muutos		<p>XAMK, Mikkeli, ED06</p>												<p>Induktiivinen anturi</p>														
C muutos														<p>SÄH 200-2</p>														

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37										
	A	ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS I_{lim} 0.12 A																																				
	B																																					
	C																																					
	D	1. Tutki ANTURIN UB1000-18GM75-E6-V15 kytkentää valmistajan ohjeista. Suunnittele ja toteuta seuraava kytkentä:																																				
	E	Kun ANTURI tunnistaa VASTEEN lamppu H1 syttyy KONTAKTORIN K1 ohjaamana. KYTKIN S1 kytketään siten, että:																																				
	F	A-asennossa ANTURI ohjaa KONTAKTORIA																																				
	G	K-asennossa KONTAKTORI on päällä jatkuvasti																																				
	H																																					
	J																																					
	K																																					
	L																																					
	M	2. Lisää kytkentään V-MITTARI ja mittaa KONTAKTORIN OHJAUSJÄNNITTE ANTURIN molemmissa tiloissa.																																				
	N																																					
	O																																					
	P	3. Piirrä kytkentään myös ANTURIN SISÄINEN KYTKENTÄ (pääpiirteittäin) ja merkitse ANTURIN JOHDINVÄRIT																																				
	R																																					
	S	4. MIHIN ANTURIN TOIMINTA PERUSTUU ja MILTÄ ETÄISYYDELTÄ ANTURI TUNNISTAA?												<p>0 V Anturin toiminta perustuu sen lähettämille ultrahäänteille, jotka uB-anturi niiden kimmottua takaisin vastaanottaa ne. Anturi laskelee kuluneen ajan mukaan etäisyyden kappaleeseen ja lähettää on/off-vestin. Kyseinen anturi tunnistaa 70...1000 mm välillä</p>																								
														<table border="1"> <tr> <td>ANTURIHARJOITUKSET</td> <td>Suunn. J.K. / T. A. 2021</td> <td>Kokonaus</td> <td>Sivut</td> <td>1/1</td> </tr> <tr> <td>Ultraäänianturi raja-arvo</td> <td>Lehti V1</td> <td>Pitokumero</td> <td>Sähkönumero</td> <td>SÄH 200-3</td> </tr> </table>															ANTURIHARJOITUKSET	Suunn. J.K. / T. A. 2021	Kokonaus	Sivut	1/1	Ultraäänianturi raja-arvo	Lehti V1	Pitokumero	Sähkönumero	SÄH 200-3
ANTURIHARJOITUKSET	Suunn. J.K. / T. A. 2021	Kokonaus	Sivut	1/1																																		
Ultraäänianturi raja-arvo	Lehti V1	Pitokumero	Sähkönumero	SÄH 200-3																																		
	A	A muutos																																				
	B	B muutos																																				
	C	C muutos																																				

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
		<p>ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS $I_{lim} 0.12 A$</p>																										
D muutos	E muutos	<p>1. Tutki ANTURIN UM-Z3SV kytkentää valmistajan ohjeista. Suunnittele ja toteuta seuraava kytkentä: Kun ANTURI tunnistaa VASTEEN lamppu H1 syttyy KONTAKTORIN K1 ohjaamana. KYTKIN S1 kytketään siten, että:</p>											<p>24,00 V</p>															
		<p>A-asennossa ANTURI ohjaa KONTAKTORIA</p>											<p>U1 23,46V/1000V asti 23,46V/mense n. -0,005V</p>															
		<p>K-asennossa KONTAKTORI on päällä jatkuvasti</p>											<p>Optinen anturi</p>															
		<p>2. Lisää kytkentään V-MITTARI ja mittaa KONTAKTORIN OHJAUSJÄNNITE ANTURIN molemmissa tiloissa.</p>											<p>PS OUT av</p>															
		<p>3. Piirrä kytkentään myös ANTURIN SISÄINEN KYTKENTÄ (pääpiirteittäin) ja merkitse ANTURIN JOHDINVÄRIT</p>											<p>H1</p>															
		<p>4. Mikä on ANTURIN TOIMINTAPERIAATE ja MILLÄ ETÄISYYDELLÄ ANTURI TOIMII?</p>											<p>0 V Optisen anturin toiminta perustuu tunnistettavan kappaleen havainnointiin anturin valonsäteeseen kohdistuvien muutosten perusteella. Tunnistusväli on 5...30 mm välillä.</p>															
A muutos	B muutos												<p>ANTURIHARJOITUKSET Optinen anturi</p>															
C muutos		<p>XAMK Mikkeli, E006</p>											<p>Suunn. / 7.3.2021 Pilt. Loh. Pilt. / 26.3.2021</p> <p>Kokouksen Loh. Pilt. / 26.3.2021</p> <p>Sähköpöytä Pilt. / 26.3.2021</p> <p>Työnumero SÄH 200-4</p>															

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
T.LK	A	ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS I_m 0.12 A																										
	B																											
	C																											
	D																											
	E	1. Piirrä ULTRAÄÄNIANTURIN UB800-1BGM40-U-V1 (0-10 V jänniteviesti) kytkentä ALPHA-logiikan Inputtiin 5 (johdinväreineen). LOGIIKAN kytkentäkotelossa on valmiina 24 VDC virtalähde, jonka liittimet ulkoisia laitteita varten löytyvät kotelo- kupeesta.																										
	F																											
	G	2. Kytke ANTURI LOGIIKAN kytkentäkoteloon.																										
	H																											
	J	3. Toteuta ALPHA-ohjelma, joka LASKEE ohjelmassa olevan LASKIMEN avulla VASTEEN etäisyyden ANTURISTA ja näyttää sen NÄYTTÖRUUDUSSA (mm).																										
	K																											
	L	4. Toteuta ohjelma, joka näyttää pinnankorkeuden millimetreinä, kun pinnan nollataso on 800 mm päässä anturista.																										
	M																											
	N	5. Toteuta ohjelma, joka näyttää pinnankorkeuden millimetreinä, kun pinnan nollataso on 500 mm päässä anturista.																										
O																												
P	6. Toteuta ohjelma, joka käynnistää OUTPUT1:n, kun pinta nousee korkeudelle 400 mm ja sammuttaa vasta, kun pinta laskee korkeudelle 100 mm. Kytke merkkilamppu näyttämään OUTPUT1 toiminta.																											
R																												
S																												
A. muutos	XAMK											ANTURIHARJOITUKSET											Suunn. UK / J.A.M.B.	Koteloisuus	Sähköpiirros	Työnumero		
B. muutos	XAMK											Mikkeli, E006											Päiv.	Lehti	Pituusnumero			
C. muutos	XAMK											Mikkeli, E006											Tark. UK / J.A.M.B.	1/1	SÄH 200-5			

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37											
		<p>ASETA DC-VIRTALÄHTEEN VIRTARAJOITUS I_m 0.12 A</p>																																					
		<p>1. Piirrä PAINEANTURIN 7MF1641-3BA00-1AA0 (4-20 mA virtaviesti) kytkentä ALPHA-logiikan inputtiin 5 (johdinväreineen). LOGIIKAN kytkentäkotelossa on valmiina 24 VDC virtalähde, jonka liittimet ulkoisia laitteita varten löytyvät kotelon kupeesta. Laske tarvittavan vastuksen R1 arvo ja piirrä se kytkentään.</p>																																					
D muutos		<p>2. Kytke ANTURI LOGIIKAN kytkentäkoteloon.</p>																																					
E muutos		<p>3. Toteuta ALPHA-ohjelma, joka LASKEE ohjelmassa olevan LASKIMEN avulla ANTURIN mittaaman PAINE-ERON ja näyttää sen NÄYTTÖRUUDUSSA (mbar).</p>																																					
F muutos		<p>4. Toteuta ohjelma, joka käynnistää outputteja (ja jättää päälle) 1:stä alkaen paineen noustessa 0,5 bar välein (OUTPUT1 = 0,5 bar, OUTPUT2 = 1,0 bar jne.) Ohjelmoi I6 reset-painikkeeksi. INPUT6 ja OUTPUTit toimivat monitorointi-toiminnan avulla (ei tarvita ulkoisia kytkentöjä).</p>																																					
D muutos																																							
A muutos																																							
B muutos		<p>XAMK, Mikkeli, E006</p>																																					
C muutos		<p>ANTURIHARJOITUKSET Paineanturi</p>											<table border="1"> <tr> <td>Suunn. JK / A.S.M.</td> <td>Katkaissuora</td> <td>Sähköpiirros</td> <td>Työnumero</td> </tr> <tr> <td>Piir. JK / A.S.M.</td> <td>Lehti 1/1</td> <td>Piirustusnumero SÄH 200-6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tark. JK / A.S.M.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>															Suunn. JK / A.S.M.	Katkaissuora	Sähköpiirros	Työnumero	Piir. JK / A.S.M.	Lehti 1/1	Piirustusnumero SÄH 200-6		Tark. JK / A.S.M.			
Suunn. JK / A.S.M.	Katkaissuora	Sähköpiirros	Työnumero																																				
Piir. JK / A.S.M.	Lehti 1/1	Piirustusnumero SÄH 200-6																																					
Tark. JK / A.S.M.																																							