



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Janne Mähönen

Sulautetut järjestelmät opintokoko- naisuuden suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Master of Engineering

Information Technology

Master's Thesis

23. Toukokuuta 2021

Tekijä(t) Otsikko	Janne Mähönen Sulautetut järjestelmät suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	33 sivua + 2 liitettä 23.5.2021
Tutkinto	Master of Engineering
Tutkinto-ohjelma	Information Technology
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Ville Jääskeläinen
<p>Tämän opinnäyttyön aihe ja aloitus juontaa vuoden 2020 alkupuolelle, jolloin oli selvää, että uusi opetussuunnitelma toteutuu alkavaksi saman vuoden syksyllä. Sulautettujen järjestelmien opetukseen uuden opintosuunnitelman mukaan ei ollut vielä silloin opetta-jaa eikä materiaalia. Aihe on itselleni mielenkiintoinen ja tietotekniikan tämän hetken ajanku-vaan mainiosti sopiva. Oma taustani on tietokonetekniikan insinööri, joka antaa hyvän tie-topohjan sulautettujen järjestelmien kokonaisuuden ymmärtämiselle.</p> <p>Tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa opetussuunnitelman mukainen opetuskokonai-suus “entry level” tasolta “advanced” tasolle sulautettujen järjestelmien opetuksen tueksi Stadin ammattioppilaitokseen Tieto- ja viestintätieteiden opintosuunnalle. Tiesin jo etu-kä-teen, että tämän kanssa menee monta kaunista kesäpäivää sekä syksyisiä viikkoja, viikon-lopusta puhumattakaan.</p> <p>Stadin ammattiopisto on mahdollistanut hyvin omien ajatusteni toteuttamisen harjoituksia ja ympäristöjä suunnitellessani, kiitokset siitä.</p> <p>Opetuskokonaisuutta valmistellessani olen seurannut eri kanavista artikkeleita, podcasteja, videoita, ja artikkeleita eri lehdistä sekä eteen muuten tulleita aiheideoita. Olen poiminut kaikkea mielenkiintoista aiheeseen liittyvää aineistoa ja lähtenyt niistä sitten karsimismene-telmällä hakemaan lopullista sisältöä. Harjoituksiin on löytynyt hyviä ideoita Youtube:sta.</p> <p>Matka tämän kanssa on opettanut itselleni sulautettujen järjestelmien maailmasta ehkä enempi mitä itse alkuun osasin kuvittelinkaan. Viimeisimpänä olen tutustunut myös laitteeseen, jolla COVID-19 voidaan tunnistaa ilmasta. Kun kaikki on kiinni internetissä, niin lait-teet sulautuvat toiminnallisesti hyvin ympäristöömme. Tämä luo myös dystopisen tulevai-suuden kuvan, mutta oikein toteutettuna tulee auttamaan meitä kaikkia monessa eri asi-assa.</p> <p>Ohjaavaa opettajaani olen vaivannut monessa asiassa ja saanut asiantuntevaa ohjausta, hyviä neuvoja ja rakentavaa palautetta aina kun olen niitä kaivannut. Tästä erityiskiitokset Ville Jääskeläiselle jaksamisesta vastata niihin välillä ihmeellisiinkin kysymyksiin.</p>	
Avainsanat	IoT, Embedded Systems, Arduino, Raspberry, CrowPi

Author(s) Title	Janne Mähönen Embedded System Planning and Realization
Number of Pages Date	33 sivua + 2 liitettä 23.5.2021
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Instructor(s)	Principal Lecturer Ville Jääskeläinen
<p>The idea of this thesis started at the beginning of 2020 when a new curriculum was starting for autumn semester. At that moment Stadin Vocational College had no material or even a teacher who would take the responsibility from embedded system teaching.</p> <p>A basic idea was to build a clear and complete path from entry level to advanced level studies. I knew already that this project would require a lot of work till end of year, but I adopted the challenge. Now later one could look back and be proud that “it was done”, but slightly over the predefined schedule. The main idea included that students should follow an attached video, do the same exercise by themselves, and find out basics of the topic. They will continue with the same exercise but different type of variations of it. Each exercise has several variations from the basic exercise.</p> <p>The school accepted ideas of my plans from realization of used environments, hands-on exercises, and ways of teaching.</p> <p>During my thesis planning and working I read several articles, listen podcasts, watch videos and read professional magazines to collect ideas and background material.</p> <p>Internet of Things (IoT) and embedded world are now hot topics, and they are connected to many other applications in different areas. Today and in the future, when everything is connected, sets some challenges, such as security, anonymous, surveillance, quantum technologies, computation, new sensors.</p> <p>I want to say special thanks to my teacher Ville Jääskeläinen, who gave me good instructions ja guided me very patiently all this time as well as answered some of my strange questions clearly.</p> <p>Finally, both (Arduino and Raspberry) hands-on exercise sets fulfil the requirements according to discussions with students. Mainly the students were satisfied and found the way to learn themselves. Guidance in the material could be clearer and if it is possible to add more videos concerning complicate exercises. This time with COVID-19 pandemic limited our resources to offer traditional teaching methods.</p>	
Keywords	IoT, Embedded Systems, Arduino, Raspberry, CrowPi

Sisällys

1	Opintokokonaisuudelle asetetut vaatimukset	4
1.1	Ammattitaitovaatimukset	4
1.2	Millaisiin tehtäviin sulautettujen järjestelmien osaajia halutaan	9
2	Oppimisympäristön esittely	12
2.1	BBC Micro:bit	12
2.2	Arduino	14
2.3	Raspberry Pi	15
3	Sulautettujen järjestelmien opetuksen toteuttaminen	19
3.1	Orientaatio ja perehdyttäminen aiheeseen	21
3.2	Arduino harjoitukset	23
3.3	Raspberry Pi (CrowPi) harjoitukset	25
3.4	Käytetyt menetelmät ja materiaali	27
4	Palaute opintojen toteutuksesta	28
5	Johtopäätökset	30
Liitteet		
Liite 1. Arduino 03: Muuttujat		
Liite 2. CrowPi 01: Summeri / Buzzer		

Luettelo kuvista

Kuva 1: Prosessikaavio työn vaiheista	2
Kuva 2: BBC Micro:bit	13
Kuva 3: Arduino UNO	14
Kuva 4: Raspberry Pi 4	15
Kuva 5: CrowPi salkku	17
Kuva 6: Prosessikaavio opiskelupolku	20
Kuva 7: Tehtävän kuvaus	22
Kuva 8: Palautusdokumentti	22

Lyhenteet

Arduino	Avoimeen laitteistoon perustuva mikro-ohjain-/elektroniikka-alusta
AT&T	Yhdysvaltojen suurin teleoperaattori
Bell Labs	Yhdysvaltalainen tutkimus- ja kehitysorganisaatio
DHCP serveri	Dynamic Host Configuration Protocol, jonka tehtävä on jakaa IP-osoitteita uusille lähiverkkoon kytkeytyville laitteille
DNS serveri	Domain Name System, internetin nimipalvelujärjestelmä
FireWall	Palomuri, suodattaa verkkoliikennettä
HOKS	Henkilökohtainen osaamisen kehittämissuunnitelma
IoT	Internet of Things (esineiden tai asioiden internet)
Linux	Unixin kaltaisten käyttöjärjestelmien perheeseen
NAS serveri	Network-attached storage, eli verkkotallennuspalvelin
osp	Osaamispiste
Python	Tulkattava ohjelmointikieli, helppo oppia yksinkertaisen syntaksin takia
R&D	Research and development, eli tuotekehitys
Raspberry Pi	Yhden piirilevyn tietokone
Scripting	Komentokieli tai komentosarjakieli
SITRA	Suomen itsenäisyyden juhlarahasto
TCP/IP	Internet-liikennöinnissä käytettävän tietoliikenneprotokollan yhdistelmä
TVT	Tieto- ja viestintäteknikka
Unix	Käyttöjärjestelmä, AT&T:n Bell Labsin työntekijöiden 1969 kehittämä
WEB serveri	WWW-palvelin, joka lähettää haluttua sisältöä pyytäjälle

Johdanto

Stadin ammatti- ja aikuisopisto on toisen asteen monialainen ammatillinen oppilaitos, joka tarjoaa koulutusta nuorille ja aikuisille sekä räätälöityjä kokonaisuuksia yrityksille. Ammattiopisto jakaantuu viidelle eri kampukselle, joista Kampus 5:lle on keskitetty tieto- ja viestintätekniiikan opetus. Tällä hetkellä oppilaitos tarjoaa viisi eri suuntautumisvaihtoehtoa (Elektroniikka-asentaja, Hyvinvointiteknologia-asentaja, IT-tukihenkilö, Ohjelmistokehittäjä ja Tietoverkkoasentaja), joihin opiskelijat jakaantuvat orientaatio- ja ICT-perusteet jaksojen jälkeen [1]. Sulautetut järjestelmät liittyvät elektroniikkaan ja hyvinvointiteknologiaan olennaisena osana, mutta valinnaisena ammattiaineena sen voi sisällyttää muihinkin [2]. IT-tukihenkilön ja tietoverkkoasentajan on hyvä myös ymmärtää millaisen ympäristön sulautetut järjestelmät muodostavat.

Tieto- ja viestintätekniiikan perustutkinnon perusteet astuivat voimaan 1.8.2020. Stadin ammatti- ja aikuisopisto tarjoaa joustavia koulutusratkaisuja perustutkintoon opiskeleville. Opiskelijan opinnot suunnitellaan yksilöllisesti HOKS-keskustelujen pohjalta. Koulutus on työelämälähtöistä ja antaa hyvät valmiudet työelämään tai jatko-opintoihin pyrkiville.

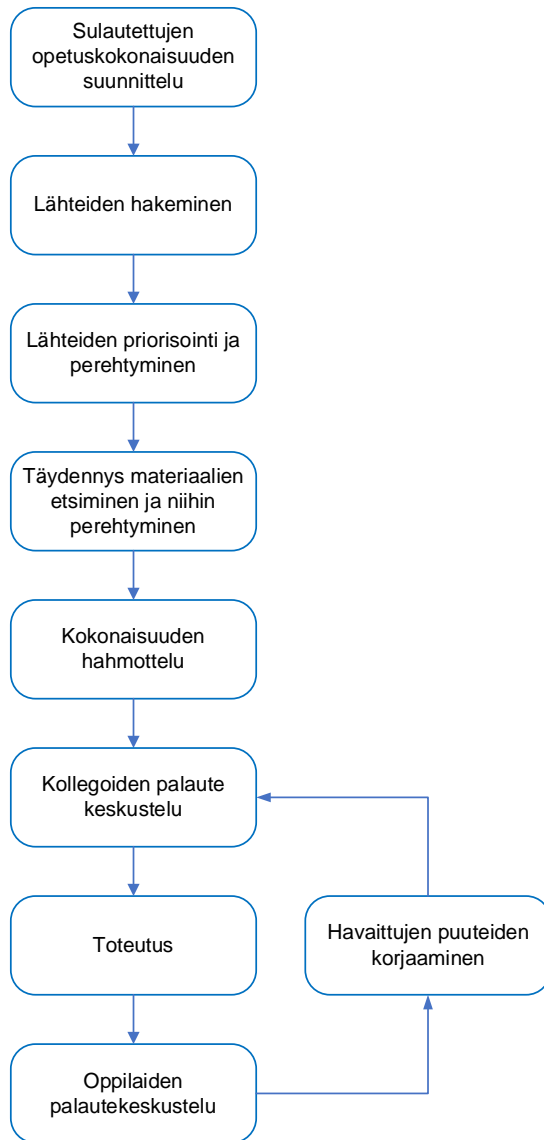
Tutkinnon muodostuminen on laajuudeltaan 180 osaamispistettä (osp). Tutkinto muodostuu ammatillisista tutkinnon osista (145 osp) ja yhteisistä tutkinnon osista (35 osp). Ammatillisista tutkinnon osista pakollisia on 70 - 115 osp ja valinnaisia 30 - 75 osp.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on saada aikaiseksi uuden opetussuunnitelman mukainen opetuskokonaisuus sulautettujen järjestelmien (45 osp) opetuksen tueksi Stadin ammattioppilaitoksessa Tieto- ja viestintätekniiikan opintosuunnalle. Ammatillisissa oppilaitoksissa on ollut syksyllä 2020 todennäköisesti sama tilanne kaikkialla sulautettujen järjestelmien opetuksen kanssa. Uuden opetussuunnitelman sisäänajo, joka vaatii melko suuren remontin opetusmateriaaleihin ja ympäristöihin, sekä vanhan opintosuunnitelman mukaan jatkavista huolehtiminen.

Stadin ammattioppilaitoksessa on vanhoja jatkavia opiskelijoita, joilla sulautetut järjestelmät jatkuvat, mutta vanhan opetussuunnitelman mukaan. Uudet aloittavat opiskelija suorittavat syksyn aikana tieto- ja viestintätekniiikan perustehtävät (TVT, 25 osp), jonka jälkeen he pääsevät tutustumaan sulautettuihin järjestelmiin, joko heti loppu vuodesta 2020 tai vuoden 2021 alussa. Nyt pitää organisoida ja hallita kahta erilaista opetuskoko-

naisuutta (vanha ja uusi), jotta kaikille saadaan hyvät ja riittävät harjoitus- sekä oppimis-ympäristöt.

Sulautettujen järjestelmien opetuskokonaisuus alkoi opetussuunnitelmaan perehtymällä ja sen pohjalta opetuksen rungon hahmottamisella.



Kuva 1: Prosessikaavio työn vaiheista

Itse pidän kollegoiden palautekeskustelua tärkeänä osana koko prosessia, sillä se antaa itselleni palautetta omasta työstäni. Sulautettujen kurssi jaetaan kahteen osaan. Aloitus osassa, käydään läpi Arduino ja siihen liitettäviä sensoreita ja muita toimilaitteita. Arduinon myötä perehdytään C-ohjelmointikieleen ja ohjelman rakenteen ymmärtämiseen. Arduinon voisi luonnehtia lähinnä mikrokontrolleriksi, jolle löytyy erilaisia sovellusalueita

teollisuudesta ja taloautomaatiosta. Toisessa osassa perehdytään Raspberry Pi ympäristöön, jossa tutustutaan Python ohjelmointikieleen sekä Linux käyttöjärjestelmään. Raspberry Pi on täysiverinen tietokone, jolle käyttökohteita löytyy myös antureista saatavan tiedon paikallisesta laskennasta. Tämän työn tavoite on suunnitella ja toteuttaa selkeä ja helposti hahmotettava kokonaisuus, jota myös opiskelijoiden olisi helppo sisäistää ja motivoitua harjoituksiin. Opetuksen tukena käytetään videoita, jolloin omatoiminen opiskelu onnistuu, kunhan opiskelijat ovat riittävän motivoituneita. Opetuskokonaisuutta voidaan käyttää itsenäisessä ja omatoimisessa opiskelussa, kuin luokassa tapahtuvassa lähiopetuksessa. Lähiopetuksen positiivinen puoli on välitön palaute ja neuvot opettajalta opiskelijalle.

Sulautetuista järjestelmistä käytetään paremmin kuvaavaa suomen kielen termiä esineiden internet [3]. Ympäristömme muuttuu koko ajan kiihtyvää tahtia ja laitteita kehitetään ja tuotteita tarjotaan nyt jo ihan tavallisille elektroniikan kuluttajille. Tulevaisuuden näkymä on, että osaajia tarvitaan.

1 Opintokokonaisuudelle asetetut vaatimukset

Tässä luvussa kerrotaan sulautettujen järjestelmien opintokokonaisuudelle asetetuista ammattitaitovaatimuksista sekä niiden arviointi perusteista.

1.1 Ammattitaitovaatimukset

Ammatillisen koulutuksen tavoitteena on kehittää opiskelijan ammatillista osaamista sekä kasvua sivistyneeksi ihmiseksi ja yhteiskunnan jäseneksi. Se kehittää osaltaan työelämää ja vastaa työelämän osaamistarpeisiin, edistää yrittäjyyttä sekä tukee elinikäistä oppimista. Ammatillinen koulutus antaa myös mahdollisuuden jatkaa opintoja korkeakoulussa.

Ammatillinen koulutus avaa monia mahdollisuuksia iästä ja taustasta riippumatta. Ammatillisissa perustutkinnoissa hankitaan alalla vaadittavat perustaidot. Ammatti- ja erikoisammattitutkinnot mahdollistavat osaamisen kehittämisen työuran eri vaiheissa. Tutkintojen lisäksi järjestetään valmentavaa koulutusta [4].

Ammattitaitovaatimukset tulevat suoraan ePerusteista (2.9. Sulautetun järjestelmän toteuttaminen, 45 osp (106421)) [5], jossa on seuraavat vaatimukset:

Opiskelija suunnittelee sulautetun järjestelmän toteutuksen

- selvittää työkokonaisuuden toiminnalliset vaatimukset (1448)
- etsii ratkaisuvaihtoehtoja ja suunnittelee ratkaisun (1447)
- perustelee valitsemansa ratkaisun (1446)

Opiskelija tekee sulautettuun järjestelmään liittyvät asennukset

- kokoaa mikro-ohjaimista tai mikroprosessoreista, komponenteista ja muista osista koostuvan kokonaisuuden (1445)
- paikallistaa, etsii ja korjaa vian sulautetussa järjestelmässä (1444)
- yhdistää sulautetun järjestelmän laitteiston ohjelmointiympäristöön (1443)

Opiskelija toteuttaa sulautetun järjestelmän

- kirjoittaa ylläpidettävää ohjelmointikoodia sekä käyttää funktioita, aliohjelmia, keskeytyksiä ja ajastimia (1442)
- ohjelmoi mikro-ohjainta tai mikroprosessoria (1441)
- suorittaa sulautetun järjestelmän toiminnan testauksen (1440)
- varmistaa laitteiston säädösten ja määräysten mukaisen turvallisuuden (1439)
- luovuttaa sulautetun järjestelmän ja dokumentoi työpaikan käytänteiden mukaan (1438)

Opetuskokonaisuuden suunnittelussa lähdetään todennäköisesti kaikissa ammattioppilaitoksissa samasta tilanteesta, jossa oppilas ei ole aikaisemmin ollut tekemisissä aiheen kanssa. Vaatimusta ”Opiskelija suunnittelee sulautetun järjestelmän toteutuksen” voidaan pitää kokonaisuuden suunnittelussa lähtökohtana. Näyttöön valmistauduttaessa selvitetään oppilaan taso ja millaista järjestelmää hän voisi kyetä suunnittelemaan. Kokonaisuuden suunnittelussa päädyin käyttämään Yuotube:sta löytyvää valmista video materiaalia, koska se vastaa hyvin aloitustasolta edistyneeseen. Englannin kielen tekninen ammattisanasto tulee myös näin esille ja käyttöön.

Näyttöjen suunnittelussa annetaan vain päämäärä sekä mahdollisesti toteutukseen tarvittavat tietyt komponentit. Valmistelun edetessä opiskelija voi kysyä opettajalta tarkentavia neuvoja sekä mahdollisesti lähteitä mistä lisätietoa voi hakea.

Vaatimus ”Opiskelija tekee sulautettuun järjestelmään liittyvät asennukset” tehdään pääsääntöisesti simulaattorilla, koska koronapandemia asettaa lähiopetukselle rajoituksia. Opettaja ohjaa etänä ja tästä on saatu ihan hyvää palautetta, mutta lähiopetuksena tämä vaihe on laadultaan parempaa.

Vaatimus ”Opiskelija toteuttaa sulautetun järjestelmän” toteutuu näytössä, joka suoritetaan luokassa. Tähän sisältyy myös näytön palaute keskustelu, jossa pyritään antamaan näytöstä positiivinen palaute sekä mahdolliset kehitettävät osa-alueet. Näytön dokumentointi on yksi keskeinen arvioinnin peruste ja siinä on havaittu puutteita. Näytön dokumentoinnissa voidaan käyttää joustavaa aihejakoa, mutta tässä voisi olla siihen hyvä runko:

1. Näytön otsikko, päivämäärä, tekijä ja paikka
2. Sisällysluettelo

3. Johdanto
4. Käytetyt välineet
5. Työn suorittaminen
6. Näytön tulokset ja sen esittely
7. Yhteenvedo, jossa mahdolliset esille tulleet ongelmat ratkaisuihin
8. Näytössä käytetyt lähteet

Arviointi

Samoin kuin ammattitaitovaatimukset, niin arviointi perusteet löytyvät myös ePerusteista.

Tyydyttävä 1

- toteuttaa työn ohjeiden mukaisesti
- toimii yhteistyökykyisesti
- tarvitsee joissakin tilanteissa lisäohjeita
- hyödyntää työssä tarvittavaa perustietoa
- muuttaa toimintaansa saamansa palautteen mukaisesti

Tyydyttävä 2

- toteuttaa työn oma-aloitteisesti ja ohjeiden mukaisesti
- toimii yhteistyökykyisesti ja vuorovaikutteisesti
- tarvitsee vain harvoissa tilanteissa lisäohjeita
- hyödyntää työssä tarvittavaa tietoa tarkoituksenmukaisesti
- muuttaa toimintaansa saamansa palautteen ja omienhavaintojen mukaisesti

Hyvä 3

- toteuttaa työkokonaisuuden itsenäisesti
- toimii yhteistyökykyisesti ja aloitteellisesti vuorovaikutustilanteissa
- selviytyy tavanomaisista ongelmanratkaisutilanteista

- hyödyntää työssä tarvittavaa tietoa monipuolisesti
- arvioi suoriutumistaan realistisesti

Hyvä 4

- suunnittelee ja toteuttaa työkokonaisuuden itsenäisesti
- toimii yhteistyökykyisesti ja rakentavasti vuorovaikutustilanteissa
- selviytyy ongelmanratkaisutilanteista hyödyntäen monipuolisia ratkaisutapoja
- soveltaa työssä tarvittavaa tietoa monipuolisesti ja perustellusti
- arvioi suoriutumistaan realistisesti sekä tunnistaa vahvuuksiaan ja kehittämisen kohteitaan

Kiitettävä 5

- suunnittelee ja toteuttaa työkokonaisuuden itsenäisesti ottaen huomioon muut toimijat
- toimii yhteistyökykyisesti ja rakentavasti haastavissakin vuorovaikutustilanteissa
- soveltaa työssä tarvittavaa tietoa ongelmanratkaisutilanteissa monipuolisesti ja kriittisesti
- esittää työhön ja toimintaympäristöön liittyviä perusteltuja kehittämissuhteita
- arvioi suoriutumistaan realistisesti ja esittää perusteltuja ratkaisuja osaamisensa kehittämiseen
- ymmärtää oman työnsä merkityksen osana laajempaa kokonaisuutta

Ammattitaidon osoittamistavat

Opiskelija osoittaa ammattitaitonsa näytössä käytännön työtehtävissä toimimalla elektronikan tuotantoympäristöissä tai asiakasprojekteissa sulautetun järjestelmän toteuttamistehtävissä.

Siltä osin kuin tutkinnon osassa vaadittua ammattitaitoa ei voida arvioida näytön perusteella, ammattitaidon osoittamista täydennetään yksilöllisesti muilla tavoin.

Näytöt

Näytön toteuttamaan on kokeiltu jo muutaman opiskelijan kanssa. Raspberry:n ja CrowPi:n kanssa harjoituksissa oppilaat ovat edenneet hyvin ja osaavat jo käsitellä harjoitusympäristöä riittävällä tehokkuudella. Keskustellut oppilaiden kanssa näytöistä ja niiden sisällöistä antavat hyvän mahdollisuuden oppilaille miettiä omaa osaamistaan ja määritellä millaiseen arviointiin he haluavat pyrkiä.

Kun tehtäviä tehdään per sensori tai toimilaite, niin näytössä tulee olla joku looginen kokonaisuus koostuen useammasta komponentista. Useamman komponentin samanaikainen toimiminen ja toistaan riippuvat toiminnot haastavat opiskelijan osaamista ja kykyä ymmärtää suunnittelemansa näyttökokonaisuus sopivasti.

Näyttö esimerkkejä

Näytössä on tarkoitus tehdä laajennettu toteutus läpikäydyistä harjoituksista. Keskustelin kahden oppilaan ryhmälle, että he tekisivät näytön seuraavilla vaatimuksilla. RFID-harjoituksesta kuvitteellinen tunnistautuminen esim. lukon avaamiseksi tehdään RFID-tägin lukemisella ja tarkastamalla sen pääsyoikeus tiedostosta. Oikea tägi avaa "lukon", mutta väärä tägi ei. Väärän tägin ID ja lukuaika tallennetaan salattuna tiedostoon. Kun avatusta tilasta poistutaan kytkintä painamalla, lukko aukeaa. Myös tästä avaamisesta tehdään poistumisaikamerkintä salattuna tiedostoon. Tämän voisi toteuttaa myös uudelleen lukemalla tägi, jolloin saadaan tieto siitä, kuka poistui tilasta ja mihin aikaan.

Toinen näyttö on ns. matopeli, joka toteutetaan CrowPi-alustalla olevalla 8x8 LED-matriisi elementillä. Tähän tarvitaan ensin pelin säännöt ja sääntöjen toteutus Python koodilla. Madon ohjaus tapahtuu joko alustalla olevilla näppäimillä tai vaihtoehtoisesti joystick:llä.

Lämpömittarin toteutus analogisella (servo) sekä digitalisella (LCD) näytöllä ja asteikon valinta (Celcius/Fahrenheit) kytkimellä. Laskennallisena lisänä tulee maksimi ja minimi arvot sekä mittausajan keskiarvo. Kun käytössä ei ole reaaliaika kelloa, niin tyydytään vain aloitushetken ja tarkasteluhetken arvoihin. Asteen merkin tuottaminen katsotaan positiivisena yrityksenä.

1.2 Millaisiin tehtäviin sulautettujen järjestelmien osaajia halutaan

Tässä luvussa annetaan muutamia esimerkkejä, siitä mitä voi odottaa tulevaisuudessa sekä miten erilaisiin tehtäviin halutaan alan osaajia.

Sulautettujen järjestelmien tulevaisuus muuttaa muotoaan perinteisestä automaatio-sovelluksesta koneoppimiseen ja tekoälyn hyväksikäyttöön. Uusi syvällisen oppimisen AI-ohjelmisto on tutkijoiden mukaan riittävän kompakti, jotta se sopisi tietokonepiireille, joita voidaan käyttää monenlaisissa sovelluksissa älypuhelimista teollisiin robotteihin. Kiinalainen Huawei on kehittänyt tekoälyosuuden sisältävän piirisarjan kännyköihinsä. Tällainen sulautettu tekoäly mahdollistaa laitteiden toimivan internetistä riippumattomasti ja suoriutuu silti melkein yhtä hyvin kuin kytkettynä hermoverkkoihin [6].

Tehtävä ovat Oikotien työpaikat portaalista hakusanalla "sulautetut" (21.8.2020) avoinna olevia tehtäviä. Näistä voi helposti huomata, että ei ole vain yhtä sulautettujen järjestelmien "insinööriä", vaan tehtävät ovat hyvin erilaisia ja eri tasoisia. Avointen tehtävien vaatimuksissa korostuu ohjelmointi ja yleensä monipuolisuus tietotekniikasta ja elektronikasta.

Tehtävä 1:

Ajoneuvojärjestelmiä valmistavan yhtiön prototyypipajaan.

Järjestelmäsuunnittelussa käytetään alustana Linux, Win10 IOT, C++ ja C# työkaluja. Tuntemus CAN väylistä lasketaan eduksi. Aiempi kokemus vastaavasta työstä katsotaan eduksi, mutta se ei ole välttämätöntä.

Tehtävä 2:

Haemme laitekehitystiimiimme ohjelmointitaitoista projekti-insinööriä, joka toimii ohjelmistoasiantuntijana erityyppisissä maksupalvelu- ja tutkimushankkeissa. Tehtävän menestyksellinen hoitaminen edellyttää alan koulutusta ja hyvää ohjelmointiosaamista sulautettujen järjestelmien (C/C++) ja/tai web-palvelujen (html, css, php, sql) osalta. Muu ohjelmointiosaaminen (mm. Labview, Java) sekä palvelin ja sulautettujen järjestelmien tuntemus katsotaan eduksi.

Tehtävä 3:

Komponenttikehityksen tukeminen, erityisesti nopeus- ja paikka-anturointi sähkökäytöissä, anturointiratkaisujen ylläpito ja kehittäminen, olemassa olevien tuotteiden järjestelmäylläpito ja uusien tuotteiden testaus ja dokumentointi

Odotamme:

Tehtävään soveltuva tekninen tausta, esimerkiksi sähkötekniikka. Sinulla on hyvät valmiudet työskennellä anturi- ja niiden ohjaustekniikan parissa. Tehtävässä on etua sulautettujen järjestelmien, elektroniikan, mekaniikan ja sähköautomaation perusteista. Taustasi voi olla yhdistelmä useammasta tekniikan alasta.

Tehtävä 4:

Etsimme nyt ohjelmistokehittäjää Smart Products RD -tiimiin. Yrityksemme on erikoistunut teollisuusventtiileihin ja älykkäisiin venttiiliohjaimiin. Tiimimme kehittää venttiiliohjaimia sekä niiden diagnostiikkaa ja kunnonvalvontaa.

Työskentelysi painottuu Windows-sovelluksiin, joilla kenttälaitteemme integroidaan asiakkaan automaatiojärjestelmiin. Niitä kehittäessäsi perehdyt tarvittaviin rajapintoihin ja ymmärrät käyttäjien tarpeet. Kehität sekä graafisia käyttöliittymiä että niiden taustalla olevaa toiminnallisuutta. Perehdyt myös kenttäväyläkommunikointiin ja kehität automaattista testausta. Osaamisestasi riippuen työskentelet ehkä myös sulautetun ohjelmiston parissa.

Odotamme, että tunnet Windows-pohjaisia järjestelmiä ja sinulla on vahva ymmärrys ohjelmistokehityksestä. Omaat tehtävään soveltuvan tutkinnon. Hallitset C++ ja C# -kielet ja osaat ehkä Pythonia. Tunnet Visual Basicin ja COM-tekniikan tai olet halukas perehtymään niihin. Kiinnostus sulautettuun ohjelmistoon on eduksi.

Tehtävä 5:

Keskeisenä tehtävänäsi on työskennellä toiminnallisen turvallisuuden asiantuntijana asiakasprojekteissamme, joissa arvioimme tuotteiden ja järjestelmien vaatimustenmukaisuutta. Tehtäviisi kuuluu myös kouluttaa sisäisiä ja ulkoisia asiakkaita alan vaatimuksista ja standardeista.

Vahva halu kehittyä ja ottaa vastaan uusia haasteita. Tehtävä painottuu ohjelmoitavien järjestelmien toiminnallisen turvallisuuden osaaminen.

Toivomme Sinulta

- aiempaa työkemusta koneturvallisuuden/toiminnallisen turvallisuuden parista
- standardien kuten IEC 61508 ja/tai ISO 13849 tuntemusta
- ymmärrystä elinkaarimallin soveltamisesta käytäntöön
- pitkäjänteistä, tavoitehakuista toimintaotetta

- sujuvaa englannin kielen taitoa, saksan kielen taito katsotaan eduksi
 - osaaminen sulautetuista järjestelmistä ja niiden ohjelmistoista katsotaan eduksi
- Matkustusvalmius ja hyvät vuorovaikutustaidot ovat tehtävässä tärkeässä roolissa.

2 Oppimisympäristön esittely

Oppimisympäristön esittelyssä perehdytään siihen millaisiin alustoihin opiskelijat tutustuvat, sekä niihin ohjelmointiympäristöihin kuinka näitä alustoja hallitaan.

Stadin ammattioppilaitoksessa jatkavat opiskelijat ovat aikaisemmin jo keväällä 2020 tehneet Arduinon Projects Book:n [7] tehtävät ja näytöt niistä sekä jatkavat opiskelua Raspberry PI alustan kanssa.

Kaikkien uusien ja jatkavien opiskelijoiden kanssa käydään läpi motivaatiokeskustelu henkilökohtaisesti. Keskustelulla yritetään hahmottaa mikä on opiskelijan motivaatio, mikä häntä kiinnostaa ja onko tarkoitus myös osata ja ymmärtää sulautettujen maailmaa paremmin.

Oppilasjako on tehty niin, että vanhan opetussuunnitelman mukaan jatkavat opiskelijat aloittavat kertaamalla vanhoja Arduinon tehtäviä. Kun tässä on päästy hyvin alkuun ja riittävän pitkälle, niin sitten he jatkavat siitä oman osaamisen mukaan erilaisten antureiden, ja niiden yhdistelmien kanssa. Mukaan myöhemmissä vaiheissa tulee myös tulostamiseen liittyvät harjoitukset, jos niitä ei ole jo aikaisemmin käsitelty. Pidemmälle edenneille voidaan aloittaa Raspberry Pi ympäristön rakentaminen, käyttöönotto ja harjoitukseen perehtyminen.

Lyhenne “IoT” toistuu melkein kaikissa alan uutisissa. SITRAn Megatrendit 2020 päivityksestä lainaan lausetta “teknologia sulautuu kaikkeen: osaksi yhteiskuntaa ja arkea” [8]. Tämä kuvaa hyvin tätä päivää ja tulevaisuutta sulautettujen järjestelmien kanssa.

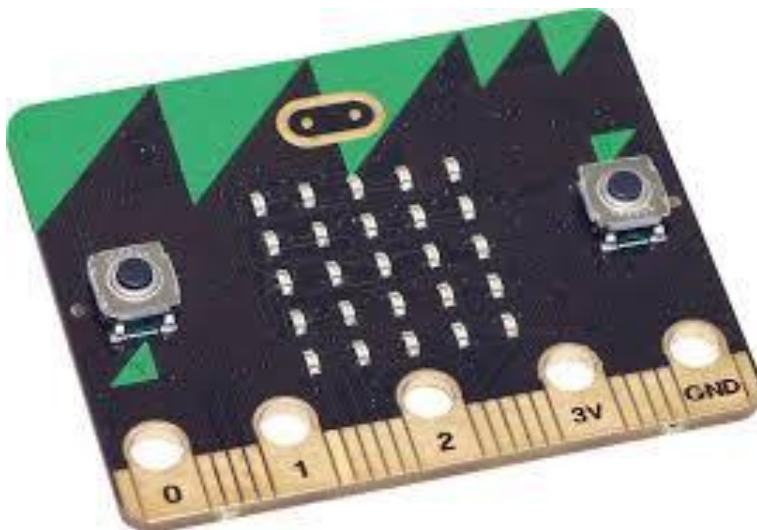
2.1 BBC micro:bit

Uusien oppilaiden mukana voi olla henkilöitä, joille tietotekniikka komponenttitasolla on aivan uutta. Mikäli aloittavissa opiskelijoissa on komponenttitason tekniikkaan perehtymättömiä, niin heidän kanssaan aloitetaan BBC micro:bit ympäristöllä [9].

BBC:n micro:bit alustaa ei ole syytä yhtään väheksyä, sillä sen avulla pystyy tekemään monimutkaisiakin projekteja. “Entry level” alustana micro:bit on aivan erinomainen, jolla kuka tahansa pääsee omatoimisestikin tutustumaan tietokoneen toimintaan syvällisemmin.

Alustalla saadaan hyvä ja oikea tuntuma ohjelmointiin ja tietokoneen toimintaan. BBC micro:bit [10] tarjoaa myös simulaattori mahdollisuuden, jolloin opiskelun aloittaminen ei vaadi uusia ylitsepääsemättömiä panostuksia. Simulaattori löytyy netistä ilmaisena palveluna kahtena eri vaihtoehtona. Alkuperäisessä BBC micro:bit simulaattorissa on myös valmiita monipuolisia ohjattuja perusharjoituksia. Ympäristö on erinomainen aloitus tietokoneen toiminnan ymmärtämiselle. TinkerCad.com tarjoaa toisen hieman erilaisen simulaattori ympäristön käytettäväksi.

BBC micro:bit on ARM-pohjainen kehitysalusta, jonka Britannian yleisradioyhtiö BBC on kehittänyt koulujen tietotekniikan opetukseen. Micro:bit on mitoiltaan 43x52 mm ja sisältää Nordic Semiconductorin valmistaman ARM Cortex-M0 käskykantaan tukevan nRF51822-suorittimen. Mikrokontrolleri sisältää langatonta tiedonsiirtoa varten Bluetooth Low Energy -toteutuksen ja valmistajan oman 2.4 GHz taajuudella toimivan aaltomuodon. Prosessorin lisäksi piirilevyllä on 25:stä (5x5) ledistä muodostuva näyttö, kiihtyvyyden- ja magneettikenttäanturit, sekä kolme painiketta. Micro:bit saa jännitteen USB- tai JST-liittimien kautta. Piirikortin reunassa on 23 nastainen kortinreunaliitin, jonka nastoista osa on muita suurempia ja niihin kytketään usein johtimia hauenleukaliittimillä.



Kuva 2: BBC micro:bit

Opetuksessa voidaan käyttää joko tietokonetta ja fyysistä micro:bit alustaa, mutta se onnistuu myös tarkoitusta varten tehdyllä simulaattorilla tai TinkerCAD simulaattoriohjelmalla joihin pääsee kiinni millä tahansa selaimella.

Valmiita perustehtäviä opasteineen löytyy opetusohjelmista [11]. Alla muutama esimerkki siitä millaisia tehtäviä on olemassa. Osio on tarkoitettu heille, jotka eivät ole koodanneet aikaisemmin tai eivät ole tietoisia tietokoneen toiminnasta sen enempää. Harjoitukset voi tehdä joko lohko-ohjelmointikielellä, Pythonilla tai JavaScriptillä.

Opetusohjelmat:

- Flashing Heart [12], muodostetaan sykkivä sydän kuvio LED-matriisiin
- Name Tag [13], kirjoitetaan oma nimi LED-matriisiin
- Smiley Buttons [14], luetaan tieto kumpi "naama" LED-matriisiin muodostetaan
- Dice [15], muodostetaan ravistamalla satunnainen luku LED-matriisiin
- Love Meter [16], Luetaan analogia tietona johtavuutta ja tulos kirjoitetaan LED-matriisiin

Micro:bit tehtävien palautuksena riittää, että opiskelija laittaa linkin omista projekteistaan opettajalle tai jollain muulla yhteisesti sovitulla tavalla kertoo tehtävän sisällön.

2.2 Arduino



Kuva 3: Arduino UNO

Arduino on avoimeen laitteistoon perustuva mikro-ohjain-/elektroniikka-alusta ja ohjelmointiympäristö. Laitteisto perustuu 8-bittiseen Atmel AVR -mikro-ohjaimen, jonka piniin voi kytkeä erilaisia antureita, moottoreita, LED-valoja ja muita komponentteja. Laitteistoa ohjelmoidaan C ja C++:aan perustuvalla Arduino-ohjelmointikielellä. [17]

Arduinon kotisivulta [18] löytyy paljon lisää tietoa mitä tällä alustalla voi tehdä. Erilaisia Arduino projekteja löytyy myös heidän projektisivuiltaan [19].

Arduinon löytyy hyvä ja käyttökelpoinen avoin simulaattori [20], joka vaatii kirjautumisen ja jolla voidaan kaikki tehtävät suorittaa ilman alkuperäistä Arduino alustaa. Tarkoitus on, että harjoitukset tehtäisiin ensin TinkerCAD:llä, ja sen jälkeen ne siirrettäisiin varsinaiselle oikealle alustalle. Korona-pandemian takia olemme tehneet harjoituksia pääsääntöisesti etänä, jolloin käsin kytkentä on jäänyt vähemmälle.

2.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi josta käytetään usein nimeä "Raspi", on yhden piirilevyn tietokone, jonka on kehittänyt brittiläinen Raspberry Pi Foundation.

Laitteisto perustuu Broadcomin BCM2835-järjestelmäpiiriin (suorittimena ARM1176JZF-S), joka sisältää suorittimen, muistin ja integroidun grafiikkapiirin. Tietokone kytketään televisioon tai monitoriin, syöttölaitteina voi käyttää USB-/Bluetooth-näppäimistöä ja hiirtä, massamuistina on Secure Digital (SD) -kortti. Virtalähteeksi sopii kännykän laturi. Tietokoneen suoritin on samanlainen kuin vanhemmissa älypuhelimissa. Laitteen suorituskykyä on verrattu 300 MHz Pentium II:een, grafiikkapiirin puolestaan ensimmäiseen Xboxiin. Raspberry Pi julkaistiin alkuvuonna 2012. [21]



Kuva 4: Raspberry Pi 4

Raspberry:n harjoitukset ovat usein lohkomaisia, joissa valmiita tai puolivalmiita moduuleja yhdistellään oikean lopputuloksen aikaansaamiseksi käyttäen apuna Python ohjelmointikieltä.

Jos verrataan Arduinon harjoituksiin, niin ne ovat lähempänä ”rakentelua”. Raspberry Pi:n harjoitukset ovat yleensä moduulien hyväksikäyttöä, vähän kuin Lego palikoilla rakentelua.

Ohjelmointi tänä päivänä on lähempänä moduuli ja kirjasto rakenteita, joissa pyritään ”Lego palikka” tyyppisiin nopeampiin ratkaisuihin. Toki on hyvä osata suunnitella ja rakentaa laitteita tiettyihin erikoistarkoituksiin. Moduulien käytön ja toiminnan ymmärtäminen on ehdoton edellytys hyvin tehdyille harjoitustyölle. ”Copy-Paste” -menetelmä näkyy heti näytön aikana, jos moduulin toimintaan ja käyttöön ei ole perehdytty.

Raspberry:n harjoitukset ovat tarkoitus tehdä opetuskäyttöön tarkoitetulla CrowPi salkulla [22]. Salkussa on valmiina useita eri komponentteja, sensoreita ja antureita. Ympäristöstä on tehty hyvät ja havainnolliset videot [23]. Ensimmäiset 22 videota käyvät läpi salkun kaikki sensorit ja anturit esimerkein. Raspberry:n käyttöjärjestelmänä on Linux. Linux vaihtoehtoja on hyvin monta, mutta käytämme opetuksessa ARM pohjaista CrowPi:n omaa Linux jakelua. Jakelu sisältää harjoitusten vaatimat kirjastot valmiiksi sekä itse harjoitusesimerkit. Jos käyttää jotain muuta Linux jakelua, niin tarvittavat kirjastot tulee ladata erikseen. Opetuksessa käytettävät harjoitukset esimerkkeineen ja niiden Python lähdekoodin voi ladata GitHub:sta [24], mikäli käyttää muuta Linux jakelua kuin Elecrow:n.



Kuva 5: CrowPi salkku

Kun Raspberry on lähempänä oikeaa tietokonetta, niin siihen löytyy hyvin paljon kaikenlaisia muitakin sovelluksia, kuten WEB serveri, DHCP serveri, FireWall (palomuuuri), DNS serveri, Verkon monitorointi, NAS serveri, sekä paljon muuta. Raspberry alustaan löytyy myös ohjeet, kuinka Windows 10 asennetaan. Raspberry taipuu myös clusteriksi vaikka, kryptovaluuttojen louhintaan, pilviympäristöksi, jne. Edellä mainittuihin Raspberry sovelluksiin löytyy hyviä ohjeita PiMyLifeUp palvelusta [25], jossa on hyvät ja yksityiskohtaiset ohjeet moneen Raspberry:n sovellukseen. Sivulta löytyy ohjeita myös Arduinolle, Linuxille, koodaukseen (Python) ja peruselektroniikkaan.

Raspberry:stä saa rakennettua myös ”Hacking Lab” ympäristön penetraatio testausta varten Kali Linuxilla, jos hieman monimutkaisemmat kyber- ja tietoturva-asiat kiinnostavat.

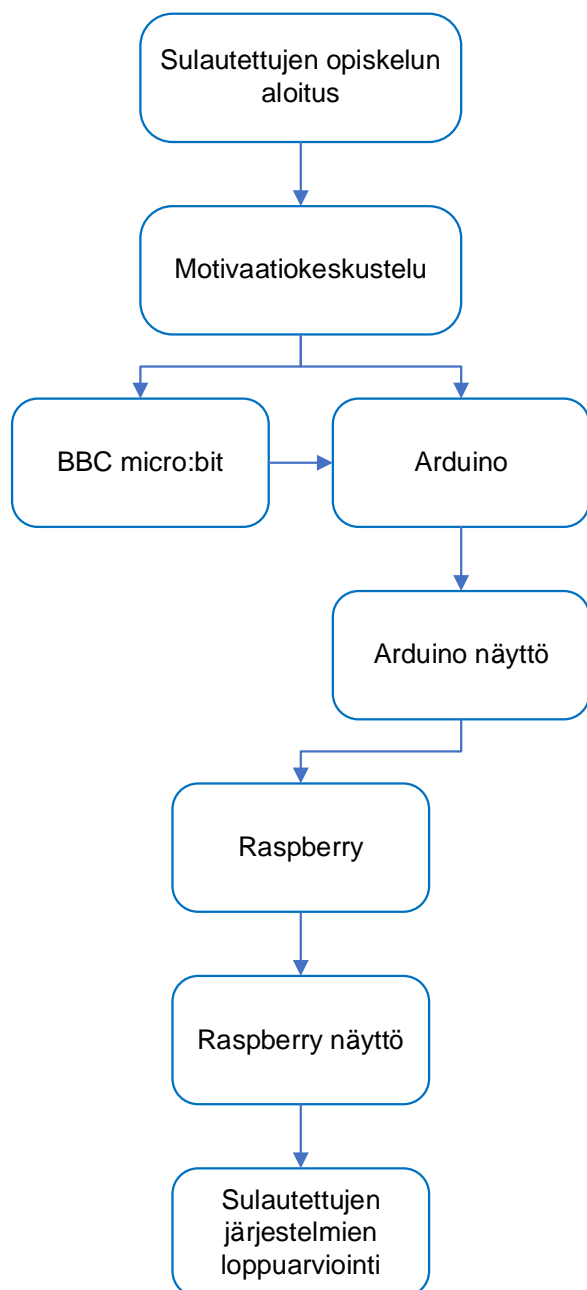
Harjoitusten alku on mietitty niin että aina kulloisenkin elementin hallinta onnistuu seuraamalla videon esimerkkejä. Harjoituksiin lisätään uusia tehtäviä perustehtävän muunnelmina, jolloin vaikeustaso aina hieman kasvaa. Harjoituksissa ideana on joko muuttaa kytkentää tai koodia, mutta toiminnallinen ratkaisu on mietittävä itse. Näitä muunnelmia voi olla muutamasta yli kymmeneen. Mukana voi olla myös kysymyksiä, joilla pyritään kohdentamaan huomio tiettyihin komponentin tai koodin ominaisuuksiin.

3 Sulautettujen järjestelmien opetuksen toteuttaminen

Sulautettujen järjestelmien opetuksessa keskitytään läpikäymään ensin Arduino ja sen toiminallisuus sekä sitten Raspberry Pi. Molemmissa tullaan tarvitsemaan matematiikkaa, logiikkaa sekä elektroniikan ja sähkötekniikan perusteita. Nämä elektroniikan ja sähkötekniikan perusteet voidaan hyvin sisällyttää näihin harjoituksiin eri muodoissaan. Mikäli oppilaalla ei ole mitään aikaisempaa osaamista tai kokemusta tietokoneiden toiminnasta ja/tai ohjelmoinnista, niin perehdyttäminen voidaan aloittaa vaikka BBC:n opetuskäyttöön kehittämällä micro:bit alustalla.

Arduino ympäristö oppimisen kannalta on helpompi hahmottaa ja omaksua kuin Raspberry Pi. Raspberry:n kanssa tulee mukaan myös TCP/IP, Linux ja Python, sekä mahdollisesti Linux scripting. IoT maailmaan on helpompi tutustua Arduinon kanssa. Arduinolla pystytään tekemään hyvinkin monimutkaisia ja kompleksisia toteutuksia. Raspberry Pi on toki monipuolisempi, jolla voidaan toteuttaa myös erilaisia tietoteknisiä sovelluksia.

Molemmissa ympäristöissä käytetään hyväksi YouTubesta löytyviä valmiita video materiaaleja, joita käydään tarkemmin läpi tehtävien muodossa ja niiden variaatioissa. Videot ovat pääsääntöisesti englanninkielisiä, joten kurssilla opitaan myös tietotekniikan sanastoa englanniksi.



Kuva 6: Opiskelupolku

Arduinon opettelussa on myös käytössä Arduino Projects Book, jossa on 15 eri tasoista projektia ohjeistettu ihan alusta loppuun asti. Nämä ovat myös opetuksen tukena samalla tavalla kuin muutkin tehtävät. Niistä tehdään tehtävä ensin ohjeistuksen mukaan ja siitä erilaisia variaatioita, joissa oma osaaminen sekä oppiminen tapahtuvat luontevasti. Näihin Projects Book -harjoituksiin löytyy Lehtori Kimmo Kotron [26] tekemiä videoita havainnollisesti selostettuna.

Harjoitukset ovat merkitty siten että Arduinon harjoitukset ovat Arduino ## nimisiä, Raspberry Pi:n harjoitukset CrowPi## ja Arduinon Project Book harjoitukset Arduino P##. Riisuaita (#) tässä tarkoittaa järjestysnumeroa.

Opinnäytetyö ei sisällä varsinaisia tehtäviä tai harjoituksia, muuten kuin otsikkotasolla. Mikäli jokin toinen ammattioppilaitos joutuu suunnittelemaan sulautettujen järjestelmien opetusta, niin tämän työn pohjalta voi verrata omaa harjoitus- ja koulutusympäristöä sekä sovittaa parhaaksi katsomansa osat omaan kokonaisuuteen.

Ajatuksena on antaa aluksi miettimistehtävä ja keskustella opiskelijoiden kanssa yhdessä siitä, miten he näkevät ennen opintojen aloittamista millaisia sulautetut järjestelmät heidän mielestään ovat. Tämä keskustelu toimii myös osittain oppilaiden tiedon ja motivaation kartoittajana.

3.1 Orientaatio ja perehdyttäminen aiheeseen

Tehtävä: Mitä ovat sulautetut järjestelmät?

Keskustelu: Käydään yleinen keskustelu sulautetuista järjestelmistä ja niihin liittyvistä asioista

Tehtävien palautuksen tarkoitus on saada selkeä ja ymmärrettävä dokumentaatio aikaiseksi. Tämä esimerkki on vain suuntaa antava, eikä sen ole tarkoitus sitoa oppilaiden ajatuksia tietyn tyyppiseen aseteluun. Tärkeintä on saada osaamisinformaatio välitettyä tehtävien palautuksissa, katso kuvat 7 ja 8.

1. Tehtävät rakentuvat siten että ensin on aihe ja otsikko, joka kuvaa tehtävää yleisesti.
2. Aiheeseen liittyvä kuva tai jonkin muun kyseisen elementin tehtävän antoon liittyvä lisäys. Tällä halutaan hieman elävöittää välillä varsin tylsänkin tuntuista dokumenttia. Joku tarkkaavainen saattaa löytää myös osan tai koko vastauksen kuvasta, mutta toivottavasti ainakin ajatuksen.
3. Samassa yhteydessä on alustus tehtävään, sekä mahdollisia lisätietoja ja/tai linkkejä.

4. Video on se olennainen tieto-osa tehtävää. Videolla kerrotaan miten kyseinen otsikkoon liittyvät tehtävät tulisi tehdä. Videolla käydään läpi yleensä tehtävistä se ensimmäinen.
5. Muut tehtävät ovat muunnoksia ensimmäisestä tehtävästä. Jos ensimmäisen voi ja ehkä pitääkin kopioida, mutta niin että ajatus on mukana. Tehtävät pyrkivät vaikeutumaan loppua kohden. Joissakin on myös ”Kysymys”, sen tarkoitus on kohdentaa huomio sellaiseen yksityiskohtiin, jotka kytkennässä tai ohjelmoinnissa voisi aiheuttaa harmia. Esimerkkinä on, jos if-lauseessa käytetään < (pienempi kuin) ja > (suurempi kuin) vertailuja, niin niiden väliin jää = (yhtä suuri kuin) jolle ei välttämättä ole mietitty toimintaa.

Stadin ammatti- ja aikuisopisto / Sulautetut järjestelmät
Janne Mähönen
12.7.2020

1 **Arduino: Tehtävän ja sen palautus**

Tämä harjoitus on tehtävän palautusharjoitus, jossa palautetaan tässä tehtävässä olevat osatehtävät.

Voit tehtävästä riippuen palauttaa henkilökohtaisen dokumentin, jonka opettaja on määrittänyt sinulle, luoda oman Google Docs -dokumentin tai lisätä tiedostoja tehtävään.

3

Jos haluat muokata palautamaasi tehtävää, voit peruuttaa tehtävän lähetyksen. Kaikki viimeisen palautuspäivän jälkeen palautetut tai valmiiksi merkityt tehtävät merkitään kuitenkin myöhästyneiksi.

2

<https://support.google.com/edu/classroom/answer/6020285?co=GENIE.Platform%3DDesktop&hl=fi>, 12.7.2020)

4

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=3qhoCPEnM70>

5

Tehtävä 1:
Kirjoita dokumentti palautettavasta tehtävästä ja vastaa siinä kaikkiin osa tehtäviin. Tai voit palauttaa myös jokin Google Classroom:n muun **luovutettavan** dokumentin esim. Quiz (Google Forms tyyppinen dokumentti) eli kysely.

Tehtävä 2:
Palautus dokumentissa tulee olla dokumentin tyyppi (esim. Tehtävän palautus), suoritus paikka, tekijän nimi ja päivämäärä sekä tarkempi kuvaus palautuksesta esim. "Arduino 00: Tehtävä ja sen palautus".

Tehtävä 3:
Tarkista palautus, että olet vastannut kaikkiin osatehtäviin tai muihin kyselyihin, sekä lue itse vastaukset vielä kerran läpi kirjoitusvirheiden ja kieliooppi virheiden varalta.

Tehtävä 4
Kirjoita koodi, joka tulostaa luvut 0–99, 250 ms viipeellä ja alkaa alusta uudestaan.

Kuva 7: Tehtävän kuvaus

6 **TEHTÄVÄN PALAUTUS**
12.7.2020

Janne Mähönen
Stadin **ag** / Sulautetut järjestelmät

7

8

9

Arduino: Tehtävän ja sen palautus

Tehtävä 1:
Kirjoita dokumentti palautettavasta tehtävästä ja vastaa siinä kaikkiin osa tehtäviin.
Tämä on vastaus dokumentti.

Tehtävä 2:
Palautus dokumentissa tulee olla dokumentin tyyppi (esim. Tehtävän palautus), suoritus paikka, tekijän nimi ja päivämäärä sekä tarkempi kuvaus palautuksesta.
Tässä dokumentissa löytyy ko. tiedot.

Tehtävä 3:
Tarkista palautus, että olet vastannut kaikkiin osatehtäviin tai muihin kyselyihin, sekä lue itse vastaukset vielä kerran läpi kirjoitusvirheiden ja kieliooppi virheiden varalta.
Käyttämässäni MS Word:ssä on suomenkielinen oikoluku, joka näyttää kirjoitus virheet ja olen lukenut kertaalleen vastaukset läpi, mutta kieliooppi virheitä ei ollut.

Tehtävä 4:
Kirjoita koodi, joka tulostaa luvut 0–99, 250 ms viipeellä ja alkaa alusta uudestaan.

```
//Arduino: Tehtävän ja sen palautus
//Janne Mähönen: Stadin ag
//12.7.2020

int i = 0;
int alka = 250;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  if (i > 99)
  {
    Serial.println(i);
  }
  else
  {
    Serial.println(i);
    i++;
    delay(alka);
  }
}
```

10

Kuva 8: Palautusdokumentti

6. Palautus dokumentissa on tietysti oltava tekijän nimi ja suoritus paikka, esim. luokka TVE423.
7. Dokumentin nimi / otsikko ja päivämäärä. Päivämäärän paikka voi olla kyllä muuallakin, mutta selkeästi löydettävissä.

8. Selvästi kerrottu mihin tehtävään tämä palautus liittyy ja tässä esimerkissä se on sulautettujen järjestelmien Arduinon yhteydessä tehtävä palautus dokumenttiharjoitus.
9. Tehtävässä pitää olla kerrottu myös mitä siinä osatehtävässä haluttiin ja sitten vastaus tai muu tieto mikä liittyy vastaukseen. Vastaus voi myös olla, ettei kyseistä tehtävää voi tai pysty tekemään ja siihen syy miksi ei.
10. Jos on jokin ohjelmointitehtävä, niin vastaukseen tulee sisällyttää koodi, joka vastaa tehtävää. Tässä kyseisessä kohdassa on laskurin tulostus jätetty tarkoituksella pois, mutta normaalisti sekin pitää liittää mukaan. Se voi olla kuvakaappaus, tulostus tai vaikka video.

3.2 Arduino harjoitukset

Esimerkki harjoituksena on Arduino 03: Muuttujat -harjoitus on liitteenä (Liite: 1), josta selviää tarkemmin harjoituksen sisältö ja rakenne. Kaikki harjoitukset noudattavat samaa kaavaa.

Tässä alla on lista millaisia harjoituksia tämä Arduino-osio pitää sisällään.

Arduino 00: Pinnit ja niiden merkitys

Arduino 01: Asetukset ja ohjelmointi

Arduino 02: LED ja etuvastus

Arduino 03: Muuttujat

Arduino 04: LED binääri Laskuri

Arduino 05: analogWrite() komento

Arduino 06: Ohmin laki ja analogRead() komento

Arduino 07: Serial Port ja print komento

Arduino 08: Potentiometri

Arduino 09: If komento

Arduino 10: Himmennettävä LED

Arduino 11: for silmukka

- Arduino 12: while silmukka
- Arduino 13: Syötteen lukeminen sarjaportin kautta
- Arduino 14: RGB-Led
- Arduino 15: Summerista (Buzzer)
- Arduino 16: Valovastus ja -ilmaisin
- Arduino 17: Painokytkin ja sen toiminta
- Arduino 18: Servomoottori
- Arduino 19: Joystick
- Arduino 20: Askelmoottori (stepper motor)
- Arduino 21: Tilt switch (asentokytkin)
- Arduino 22: Tasavirtamoottori (DC motor)
- Arduino 23: Heksadesimaalijärjestelmä
- Arduino 24: Siirtorekisteri (74HC595 Shift register)
- Arduino 25: 16x2 LCD näyttö
- Arduino 26: LCD näytön sovellus
- Arduino 27: DHT11 Lämpötila ja kosteus anturi
- Arduino 28: Ultraäänianturi HC-SR04 anturi
- Arduino 29: IDE:n plotteri

Arduino tehtäviä on enemmän kuin tarvitaan, mutta tämä on tehty tarkoituksella. Mikäli joku opiskelija innostuu oikein kunnolla, niin hänelle on sitten materiaalia tehtävien muodossa tarjolla. Kaikkia tehtäviä ei ole tarkoitus tehdä järjestyksessä, vaan voidaan valita tehtäviä myös oman mielenkiinnon mukaan. Ajatus on myös pyrkiä motivoimaan opiskelijaa omatoimiseen opiskeluun ja hakemaan tietoa verkosta, koska sitä ainakin sulautetuista järjestelmistä löytyy vaikka, kuinka paljon. Joissakin tehtävissä annetaan lyhyt ohje tai vihje esimerkiksi johonkin ohjelmakirjaston funktioihin tutustumiseen.

Sulautettujen järjestelmien kurssin aloituksessa on syytä kartoittaa oppilaiden motivaatiota sekä kertoa millaista osaamisen opettelu on tarjolla, sekä mitä se vaatii opiskelijalta. Aivan aluksi on käytävä oppilaiden kanssa kahdenkeskinen keskustelu, ellei tämä ole tapahtunut jo HOKS keskusteluiden yhteydessä.

Sulautettujen järjestelmien Arduino osa käsittää n. 30 eri tehtävä kokonaisuutta. Tästä pitää oppilaan arvioinnin saadakseen suorittaa 50 %.

Jos opiskelija haluaa laajemman kokonaisuuden kuin vain Arduinon, niin silloin hänen kanssaan keskustellaan siitä mitä Raspberry Pi alustana vaatii. Arduinon verrattuna Raspberry:ssä pitää ymmärtää Linux käyttöjärjestelmää ja Python ohjelmointikieltä. Toki molemmat oppii tekemällä. Oppilas voi siirtyä vapaasti Arduinon ja Raspberry tehtävien välillä, mikäli hän niin haluaa. Suurin osa sensoreista ovat samoja, mutta niiden hallinta ja ohjelmointi eroavat alustasta johtuen.

3.3 Raspberry Pi (CrowPi) harjoitukset

Alempana on luettelo CrowPi-salkun mukana tulevista harjoituksista. Tämä jo pelkäänsä on kattava kokonaisuus monipuolisista sensoreista ja niiden hallinnasta CrowPi ympäristössä.

Ennen kuin Raspberry Pi saadaan toimivaksi alustaksi, on siihen asennettava käyttöjärjestelmä. Yksinkertaisimmillaan toimitaan samoin kuin tehtäisiin boottaava USB-tikku, MicroSD muistikortille. Huomattakoon että kahden ensimmäisen harjoituksen nimeäminen on Raspberry ##, eikä CrowPi ##. Tämä erotuksena siitä, että ensin tehdään alustan käyttöönotto.

Raspberry 00: Linux asennus ja alustan käyttöönotto

Harjoituksen kuvauksessa on yksityiskohtaiset ohjeet siitä, kuinka käyttöjärjestelmä asennetaan MicroSD kortille. Raspberry toimii kaikilla ARM 64 -bittisillä käyttöjärjestelmillä, myös Windowsilla. Jos asentaa Elecrow:n oman Linux jakelun, niin siinä tulee mukana myös tarvittavat kirjastot salkun sensoreiden hallintaan.

Raspberry 01: Alustan pinnijärjestys ja ominaisuudet

Samalla tavalla kuin Arduinossa tässä dokumentissa käydään läpi alustan pinni järjestys ja millaisia toimintoja niiden pinnien takaa löytyy.

Raspberry harjoitusten aloitus vaatii alkuun alustan asennuksen sensoriympäristöön (CrowPi salkku), sekä testaamisen että kaikki on kunnossa ja valmiina tehtävien tekemistä varten.

CrowPi 00: Salkku ja sen käyttöönotto

CrowPi 01: Buzzer

CrowPi 02: Button & Buzzer

CrowPi 03: Relay

CrowPi 04: Vibration

CrowPi 05: Sound sensor

CrowPi 06: Light sensor

CrowPi 08: Motion sensor

CrowPi 08: Distance sensor

CrowPi 09: 7-Segment display

CrowPi 10: LCD Display

CrowPi 11: RFID Module

CrowPi 12: Step motor

CrowPi 13: Servomotor

CrowPi 14: 8x8 Matrix LED

CrowPi 15: Touch Sensor

CrowPi 17: Tilt Sensor

CrowPi 18: Button Matrix

CrowPi 19: IR Sensor

CrowPi 20: Own circuit on breadboard

CrowPi 21: Camera

Raspberry Pi:n harjoituksia on vähemmän kuin Arduinon, mutta kaiken kaikkiaan harjoitukset tekemällä saavuttaa hyvän osaamisen sulautettujen järjestelmien ympäristöissä.

3.4 Käytetyt menetelmät ja materiaali

Kurssikokonaisuuden suunnittelussa ja kokoamisessa on tarkoituksella käytetty video-materiaalia Youtube:sta. Aivan aluksi piti tehdä päätös siitä, käytetäänkö valmista netti-materiaalia vai tehdäänkö vastaava itse suomenkielisenä. Päätös oli lopuksi melko helppo, sillä valmis Youtube materiaali on englanniksi, joka on tietotekniikassa vallitseva käyttökieli. Näin myös yhdistetään vieraan kielen ja ammattiaineen oppimista yhdessä.

Raspberry:n harjoitukset tehdään lähiopetuksen yhteydessä, sillä koulu on tehnyt päätöksen, ettei alustoja lainata oppilaille. Lähiopetuksessa on myös helppo ohjata oppilaita, mikäli vaikeuksia ymmärtämisen tai muun kanssa ilmenee. Etäopiskelussa tilanne on hieman haastavampi, mutta ei ylitsepääsemätön. Kun ohjataan oppilasta etänä, niin oman näytön jakamisella saavutetaan lähes lähiopetuksen tasoinen tilannekuva.

Raspberry harjoituksiin ja näyttöjen aiheisiin on ollut suurena apuna Raspberry Pi Cookbook kirja [27], jota myös suosittelen muille kollegoilleni sulautettujen järjestelmien taustamateriaaliksi.

4 Palaute opintojen toteutuksesta

Olen pyytänyt oppilailta palautetta molemmista tehtäväryhmistä (Arduino ja Raspberry), mutta hyvin hanakalalta vaikuttaa. Omakohtainen oletukseni on, että opiskelijat eivät joko osaa tai uskalla antaa palautetta. Palautteen anonymisointi saattaa myös nostaa palautteiden määrää, mutta toistaiseksi sellaista mahdollisuutta meillä ei ole tarjota.

Palautteiden parempaan saantoon voisi kokeilla tehtävä ryhmän viimeiseksi tehtäväksi palautteen antamisen kyseisestä kokonaisuudesta. Vaihtoehtoisesti viimeisenä tehtävän voisi olla forms-tyyppinen teorial testi, jossa olisi vapaasti kirjoitettava palauteosa. Kun palaute liittyy osana tehtävien tekemiseen ja sen sisällyttäminen palautusdokumenttiin, niin palautteiden saanto-osuus olisi huomattavasti parempi kuin nyt.

Palaute 1

Palaute oven avaus ja tunnistetiedot salattuna tiedostoon.

Raspberry tehtävät olivat ihan kivan haastavia, vaikka osa oli ehkä hieman liian helppoja. Crowpi youtube kanavan videot olivat hieman ehkä puutteellisia minun mielestäni, koska ne eivät juurikaan käyneet koodia läpi videoilla, joita katsoin (en katsonut kaikista tehtävistä niitä videoita) joten niistä en saanut hirveästi oppia.

Näytöksi tein sen RFID jutun ja kryptauksen, joka oli hieman liian vaikeata siihen verrattuna, että oltiin harjoiteltu koodaamista ehkä noin puolivuotta.

Palaute 2

Arduino-kurssi ja näyttö.

Arduon oppia oli varsin mielenkiintoinen. Oli paljon tehtäviä, jotta voin oppia käyttämään Arduon ohjaamia päälaitteita koodin avulla. Tehtävät suoritettiin käyttämällä Arduino-projektikirjan yksityiskohtaisia ohjeita. Kirja osoittaa useiden hankkeiden toteuttamisen Arduon kanssa. Lisätietoja löytyy Internetistä. Tähän on paljon ilmaisia resursseja. Arduino-projektien prototyypit voidaan suorittaa ilmaisella TinkerCad-sovelluksella. Tämä on erittäin kätevä sovellus, jossa voit luoda ja testata Arduino-pohjaisia laitteita. Tinker Cadilla on kaikki tarvittavat komponentit tähän.

Suoritettuani kaikki tarvittavat tehtävät sain testitehtävän. Minun oli luotava prototyyppi lämpömittari. Tässä tapauksessa lämpötilatietojen tulisi näkyä LCD-näytössä. Laite käyttää myös servomoottoria, jonka kiertokulma riippuu lämpötila-anturin lämpötilasta. Tehtävä oli varsin mielenkiintoinen, koska sinun on käytettävä useita laitteita Arduinon avulla. Ennen sitä tein tehtäviä jokaiselle laitteelle erikseen. Nyt oli tarpeen oppia yhdistämään useita laitteita yhteen järjestelmään. Kommutointiin ei liittynyt erityisiä ongelmia. Koodin luominen vei enemmän aikaa, koska koodi on kirjoitettava huolellisesti ja pieni virhe tarkoittaa, että järjestelmä ei toimi. Ongelmana oli astesymbolin näyttäminen lämpötilan osoittamiseksi. Tarvittavan tiedon löytäminen kesti paljon aikaa, mutta turhaan. Myös lämpötilan laskentakaava herättää kysymyksiä. Ilmeisesti tätä aihetta tulisi tutkia erikseen. Näyttö suoritettiin kokonaisuutena tyydyttävästi.

5 Johtopäätökset

Tutkinto on laajuudeltaan 180 osaamispistettä ja muodostuu ammatillisista tutkinnon osista ja yhteisistä tutkinnon osista. Pakollisia tutkinnon osia on 70 - 115 osp. ja valinnaisia 30 - 75 osp.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on saada aikaiseksi uuden opetussuunnitelman mukainen opetuskokonaisuus sulautettujen järjestelmien (45 osp) opetuksen tueksi Stadin ammattioppilaitoksessa Tieto- ja viestintätekniikan opintosuunnalle. Uuden opetussuunnitelman sisäänajo, joka vaati melko suuren remontin opetusmateriaaleihin ja ympäristöihin, sekä vanhan opintosuunnitelman mukaan jatkavista huolehtiminen.

Stadin ammattioppilaitoksessa on vanhoja jatkavia opiskelijoita, joilla sulautetut järjestelmät jatkuvat, mutta vanhan opetussuunnitelman mukaan. Uudet aloittavat opiskelija suorittavat syksyn aikana tieto- ja viestintätekniikan perustehtävät (TVT, 25 osp), jonka jälkeen he pääsevät tutustumaan sulautettuihin järjestelmiin.

Sulautettujen järjestelmien opetuskokonaisuus alkoi opetussuunnitelmaan perehtymällä ja sen pohjalta opetuksen rungon hahmottamisella. Sulautettujen kurssi jaetaan kahteen osaan. Aloitus osassa, käydään läpi Arduino ja siihen liitettäviä sensoreita ja muita toimilaitteita. Arduinon myötä perehdytään C-ohjelmointikielen ja ohjelman rakenteen ymmärtämiseen. Toisessa osassa perehdytään Raspberry Pi ympäristöön, jossa tutustutaan Python ohjelmointikielen sekä Linux käyttöjärjestelmään. Raspberry Pi on täysiverinen tietokone, jolle käyttökohteita löytyy myös antureista saatavan tiedon paikallisesta laskennasta.

Työlle asetettu tavoite saavutettiin kohtuullisen hyvin, mutta oman ohjaajan rooliini pitäisi sisällyttää useammin henkilökohtaisia keskusteluja opiskelijoiden omista huomioista ja kommentteista.

Harjoitusten sisältöä pitää vielä kehittää niin että aloitus uusille oppilaille olisi mahdollisimman mutkatonta. Kuten tuosta palautteesta voi huomata, niin näytön valmistelussa tulisi yhdessä opettajan kanssa katsoa niitä lähteitä mistä tarvittavaa materiaalia ja tietoa voisi löytyä. Kun näyttöä tehdään niin myös siinä olisi hyvä olla paremmin läsnä ja pyrkiä auttamaan tarvittavan tiedon löytämisessä.

Harjoituksia tulisi myös valmistella niin että oppilaan mielenkiinto säilyy koko kurssin ajan ja hän saa hyvät perusteet sulautettujen suunnittelusta, rakentamisesta ja puuttuvan tiedon hakemisesta.

Opetuskokonaisuuden lopullinen muoto muuttuu uuden tekniikan mukana eikä työ ole koskaan valmis, mutta hyvä pohja on jo olemassa. Kun seuraa sulautettujen järjestelmien ja sensoritekniikan kehitystä, niin uusien harjoitustehtävien tuonti osaksi opetuskokonaisuutta onnistuu helposti. Mikäli video materiaalia aiheesta ei löydy valmiina, niin on aiheellista miettiä sellaisen tekemistä itse. Video materiaalin tekeminen vaatii tekijältään aikaa, vaivaa ja laitteita. Peruskokoonpanossa puhelimen kameraa voi käyttää, mutta myöhemmässä vaiheessa useamman kameran käyttö tulee varmasti harkintaan. Video materiaalin tekeminen on oma maailmansa, eikä tässä työssä ole tarkoitus siihen paneutua tarkemmin. Itse tehty video materiaali on kohdistetusti laadukkaampaa, sillä siihen voi sisällyttää juuri niitä asioita, joita tehtävissä halutaan tuoda esiin.

Uusien tehtävien matka ideasta toteutukseen voi olla hyvinkin lyhyt. Kun lukee jonkin artikkelin aiheesta tai näkee jokin sensoritoteutuksen uudella tavalla, niin se toimii hyvänä herätteenä. Aluksi täytyy miettiä, että saako tästä tehtyä harjoituksen, eli onko se liian vaikea. Jos pohdinnoissa päädytään harjoituksen tekemiseen, niin sen jälkeen perehdytään komponenttiin taustamateriaalin kanssa. Opetellaan itse komponentin toiminta ja siihen liittyvät mahdolliset muut ominaisuudet. Tehdään alkuun perusharjoitus, jolla saadaan ymmärrys komponentin toiminnasta. Loput variaatiot perusharjoituksesta onkin jo helpompi ideoida.

Näyttöihin voisi tehdä valmiita aihioita, josta voi opiskelijan kanssa keskustella, jos hänellä ei ole omaa ajatusta näytönaiheesta. Näytöstä voisi sopia, että esim. tällä kombinaatiolla saa maksimissaan arvion kolme (3), mutta jos sovitusta jää puuttumaan jotakin toiminteita, niin se vähentää vaan alkuperäistä maksimi arviota.

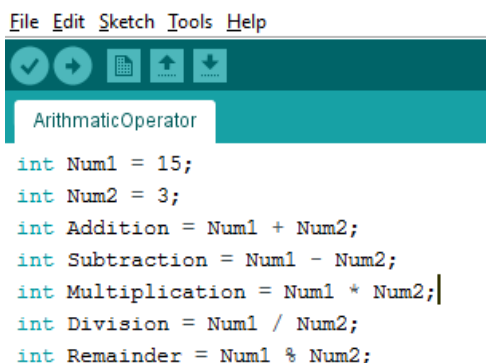
Omana huomiona on, että opiskelijat osaavat itse hakevat tietoa lähteistä, jotka ovat heille ehkä tutumpia.

Viitteet

- 1 Stadin ammattiopiston TVT perustutkinto <<https://stadinao.fi/perustutkinnot/tieto-ja- viestintatekniikan-perustutkinto/>>. Luettu 8.5.2021
- 2 Sulautettujen järjestelmien toteutus suunnitelma <<https://sites.google.com/edu.hel.fi/tltstadi/valinnaiset-ammattilliset-tutkinnon-osat/sulautetun-j%C3%A4rjestelm%C3%A4n-toteuttaminen-45-osp?authuser=0>>. Luettu 8.5.2021
- 3 Esineiden internet. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Esineiden_internet>. Luettu 23.10.2020.
- 4 Ammatillisen koulutuksen tavoitteet. <<https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/amatillinen-koulutus>>. Luettu 9.5.2021
- 5 ePerusteet. <<https://eperusteet.opintopolku.fi/eperusteet-service/api/dokumentit/6943479>>. Luettu 21.12.2020
- 6 Sulautettujen järjestelmien tulevaisuus. <<https://www.uusiteknologia.fi/2017/11/20/sulautettu-tekoaly-vapauttaa-pilvesta/>>. Luettu 9.5.2021
- 7 Arduino Projects Book. <https://bastiaanvanhengel.files.wordpress.com/2016/06/arduino_projects_book.pdf>. Luettu 9.5.2021
- 8 SITRAn Megatrendit 2020. <<https://media.sitra.fi/2019/12/15143428/megatrendit-2020.pdf>>. Luettu 9.5.2021
- 9 BBC Micro:bit alusta. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Micro_Bit>. Luettu 8.7.2020
- 10 BBC Micro:bit kotisivu. <<https://microbit.org/>>. Luettu 8.7.2020
- 11 Micro:bit perustehtäviä. <<https://makecode.microbit.org/#>>. Luettu 14.7.2020
- 12 Flashing Heart. <<https://www.youtube.com/watch?v=NvEOKZ8wh9s>>. Luettu 14.7.2020
- 13 Name Tag. <<https://www.youtube.com/watch?v=xpRI5jjQ31E>>. Luettu 14.7.2020
- 14 Smiley Buttons. <<https://www.youtube.com/watch?v=BgDxz3M7JIM>>. Luettu 14.7.2020
- 15 Dice. <https://www.youtube.com/watch?v=OmrmitOm_sQ>. Luettu 14.7.2020
- 16 Love Meter. <https://www.youtube.com/watch?v=1IYsy0_9n8g>. Luettu 14.7.2020
- 17 Arduino alusta. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Arduino>>. Luettu 17.5.2020
- 18 Arduinon kotivu. <<https://www.arduino.cc/>>. Luettu 17.5.2020
- 19 Arduino projekteja. <<https://user-zh1vhaz.cld.bz/Arduino-Education-Catalogue-2020>>. Luettu 17.5.2020

- 20 Arduino simulaattori. <<https://www.tinkercad.com/>>. Luettu 17.5.2020
- 21 Raspberry Pi alusta. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi>. Luettu 13.7.2020
- 22 CrowPi salkku. <<https://www.elecrow.com/crowpi-compact-raspberry-pi-educational-kit.html>>. Luettu 13.7.2020
- 23 CrowPi salkun harjoitus videot. <<https://www.youtube.com/watch?v=Luvy1fcbeUk&list=PLwh4PlcPx2Gf5Wg65cdmo6i4YrjrhvWiP>>. Luettu 13.7.2020
- 24 Harjoitusten Python-kieliset esimerkit. <<https://github.com/Elecrow-RD/CrowPi>>. Luettu 13.7.2020
- 25 Raspberry Pi projekteja. <<https://pimylifeup.com/>>. Luettu 20.7.2020
- 26 Lehtori Kimmo Kotron YouTube-kanava <https://www.youtube.com/channel/UC4P0XeJ1_giB6TiRhUsD-7g/featured>. Luettu 26.4.2021
- 27 Raspberry Pi Cookbook / Simon Monk. ISBN: 978-1-491-93910-9

Arduino 03: Muuttujat



```
File Edit Sketch Tools Help
ArithmeticOperator
int Num1 = 15;
int Num2 = 3;
int Addition = Num1 + Num2;
int Subtraction = Num1 - Num2;
int Multiplication = Num1 * Num2;
int Division = Num1 / Num2;
int Remainder = Num1 % Num2;
```

Tässä harjoituksessa selvitetään muuttujien merkitys ohjelmakoodissa.

Muuttuja (engl. variable) tarkoittaa ohjelmoinnissa nimettyä eli symbolista tietovarastoa, josta tietoa voidaan hakea ja johon tietoa voidaan kirjoittaa, mikäli muuttuja ei ole ns. vakio (tällöin on tietenkin harhaanjohtavaa puhua muuttujasta). Muuttujia käytetään yleisesti ohjelmointikielissä tiedon varastointipaikkana. ([https://fi.wikipedia.org/wiki/Muuttuja_\(ohjelmointi\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Muuttuja_(ohjelmointi)), 29.12.2019)

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=nPOKOi1jIK0> (englannin kielinen) (4)

<tyyppi> <nimi> = <arvo>; Tyypillä tarkoitetaan minkä tyyppinen muuttuja on kyseessä. Onko se kokonaisluku, liukuluku, boolean, merkkijono, merkki, tavu, tai jonkin muun tyyppinen muuttuja. Esim. jos merkkijono tyyppiseen muuttujaan talletetaan, vaikka numerot "123" muuttujaan **num**, joka on tyyppiä **String**, niin niitä ei voi laskea yhteen. Jos tulostetaan **num + num**, niin tuloksena tulee merkkijono "123123".

int redLED = 8; Määrittelee **redLED** nimisen muuttujan arvoksi 8. Muuttujan tyyppi **int** tarkoittaa integer (englanniksi) kokonaisluku.

int i; Määrittelee **i** nimisen muuttujan kokonaislukutyypiksi, mutta ei aseta sille arvoa.

`float pi = 3.14;` Määrittelee muuttujan `pi` arvoksi 3.14 (pistettä "." käytetään poikkeuksellisesti desimaali pilkkuna). Liukuluku (desimaaliluku) on floating englanniksi, joka ohjelmointikielessä lyhennetään "float".

`String myName = "Olli Opiskelija";` Määrittelee muuttujan `myName` arvoksi merkkijonon, tässä esimerkissä Olli Opiskelija.

Esimerkki:

Määritellään muuttuja nimeltään `summa`. Tässä esimerkissä `summa` on kokonaisluku (integer) muuttuja, eli varasto, johon saadaan talletettua vain kokonaislukuja.

```
int summa = 100;
```

`summa = summa + 10;` vastaa laskutoimitusta $100 + 10$, eli lopputulos on 110, joka tallennetaan samaan paikkaan `summa`.

Jos halutaan käyttää muuttujaa laskurina, jota kasvatetaan aina yhdellä, niin silloin se voidaan merkitä `i++`; jossa `i` on kokonaisluku muuttuja ja `++` merkitsee muuttujan arvon lisäämistä yhdellä. Vastaavasti `i--`; on vastaava mutta vähentää laskuria.

Tehtävä 1:

Tee videon mukainen kytkentä, joka lähettää SOS morse koodia (<https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6tys>, 7.7.2020).

Tehtävä 2:

Tee kytkentä ja ohjelma, joka lähettää morse koodattua sanomaa, joka on oma etunimesi. Käytä muuttuja määriytyksiä ohjelmakoodissa.

Tehtävä 3:

Tee kytkentä, jossa jokainen kolmen ledin "suora" vilkkuu peräkkäin. Siis ensimmäiseksi LED1 yhden kerran, LED2 yhden kerran ja LED3 yhden kerran.

Tehtävä 4:

Muuta koodia, niin että ledit (LED1, LED2 ja LED3) vilkkuvat yhtä aikaa.

Tehtävä 5:

Muuta koodia niin että LED1 vilkkuu hitaasti (palaa pidemmän aikaa) yhden kerran, LED2 kaksi kertaa nopeasti (palaa lyhyen aikaa) ja LED3 kolme kertaa hitaasti.

Tehtävä 6:

Muuta koodia, niin että ledit vilkkuvat yhtä aikaa, mutta joka kierroksella yhden vilkahduksen enempi. Siis ensimmäisellä kierroksella LED1 ledi yhden kerran, LED2 yhden kerran ja LED3 yhden kerran. Seuraavalla kierroksella kaikki ledit kaksi kertaa, jne ...

Tehtävä 7:

Muuta koodia niin että ledit vilkkuvat LED1 5 kertaa, LED2 3 kertaa ja LED3 kerran.

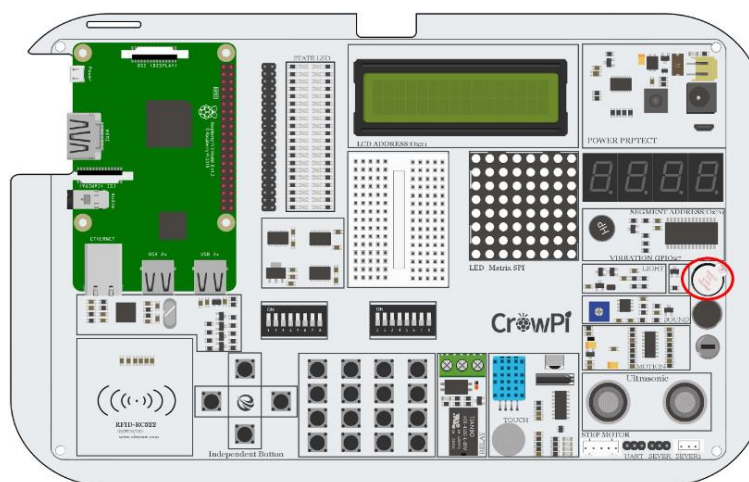
Tehtävä 8:

Muuta koodia niin että ledit vilkkuvat yhden kerran (vilkahduksen) useammin kuin edellisellä kierroksella.

BONUS:

Muuta koodia niin että ledit vilkkuvat satunnaisen (1 – 10) määrän kukin vuorollaan.

CrowPi 01: Sumneri / Buzzer



Tässä harjoituksessa perehdytään Raspberry Pi:n käyttöön CrowPi alustan kanssa. Jos olet aikaisemmin tehnyt töitä/harjoituksia Arduinolla, niin tässä on vain muutamia eroavaisuuksia, mutta periaate on samanlainen. Kaikki harjoitukset voi tehdä myös ilman CrowPi:n salkkia, mutta silloin nuo liitännäisosat pitää hankkia erikseen sekä kytkeä esim. koekytkentälevylle.

Perustehtävät löytyvät tästä dokumentista <https://www.elecrow.com/download/CrowPi-lessons.pdf>. Perustehtävien lisäksi niitä muutellaan hieman, jolloin itse joutuu myös pohtimaan tehtävän toteutusta, eli yleensä sitä millaista koodia tarvitaan ja suunnittelemaan sen.

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=Luvy1fcbeUk> (englannin kielinen)

Kun aloitat tekemään harjoitusta ja avaat esimerkki tiedoston, niin tee siitä ensin itsellesi kopio, johon teet kaikki muutokset. Jos joudut myöhemmin palaamaan alkuperäiseen, niin se on helppoa. Jos joudut hakemaan alkuperäiset esimerkit, niin ne löytyvät osoitteesta: (<https://github.com/Elecrow-RD/CrowPi/blob/master/Examples/>, 15.7.2020).

Vihjeitä: `print("tulostettava teksti")`
`round(luku, desimaalit)`

Tehtävät:

1. Laita kaikki DIP-Switch kytkimet ON asentoon.



2. Seuraa videon ohjeita ja tee siinä esitetty kytkentä sekä ohjelma koodi, niin että sumneri soi ohjelman käynnistyksen jälkeen puoli sekuntia (0,5 s).

HUOM: Videossa ja esimerkeissä on hieman eroavaisuuksia.

Jos määrittäminen on `GPIO.setmode(GPIO.BCM)` niin `buzzer_pin = 18`

Jos taas `GPIO.setmode(GPIO.BOARD)` niin `buzzer_pin = 12`

3. Muuta koodia, niin että sumneri soi vain 0,1 sekuntia.
4. Muuta ohjelmaa niin että sumneri soi puolen sekunnin jaksoissa (piip 0,5s, hiljaa 0,5s) viisi kertaa. Eli äänen pitäisi muistuttaa "piipitystä".
5. Muuta koodia niin että "piipitys"-hiljaa -jakso on 0,1 sekunnin viisi kertaa.
6. Muuta koodia niin että, kun "piipitys" alkaa, niin näytölle tulostuu "Piipitys alkaa" ja kun "piipitys" loppuu, niin näytölle tulostuu "Piipitys loppui".
7. Lisää koodiin tulostus niin että jokaisen piippauksen yhteydessä tulostuu näytölle tieto, monesko piippaus oli kyseessä.
8. Ovatko piippaukset ja tulostukset synkronissa, eli tulostus samaan aikaan kuin ääni? Jos et pysty erottamaan niin muuta piippaus väliä 0,5s:iin.
9. Muuta koodia niin että piippaus ja tauko muuttuvat tasaisesti. Alussa piippaus on lyhyt ja tauko pitkä, mutta lopussa päinvastoin.

Bonus:

10. Tutki Pythonin time-kirjastoa (<https://docs.python.org/3/library/time.html>) ja muuta koodia niin että ohjelman päättyessä näytölle tulostuu suoritukseen käytetty aika 0,1 sekunnin tarkkuudella.
11. Tulosta kellon aika (min:sec) ohjelman alussa ja lopussa. Katso pitääkö edellinen tehtävä paikkansa. Vertailun voit tehdä vain sekunnin tarkkuudella.

Jos tarvitset apua, niin pyydä opettajaa avuksi. Esimerkiksi voit tarvita apua ohjelmakirjaston toiminnan selvittämiseksi. Tätä samaa kirjastoa tullaan käyttämään myöhemminkin, joten se olisi hyvä osata.