



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

ELEC-A4010/A4910 Sähköpaja, kevät 2024

Clemens Icheln

Yliopistonlehtori

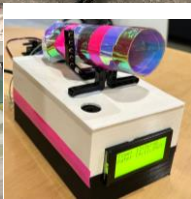
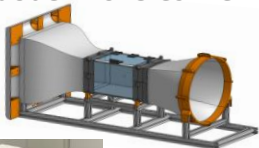
Elektroniikan ja nanotekniikan laitos ("ELE")

clemens.icheln@aalto.fi

8.1.2024

Tervetuloa tutkimusretkelle elektroniikkaan, robottikaan ja koodaamiseen!

(vuoden 2023 esimerkkejä:)



Sähköpaja ELEC-A4010 kurssi, 8 op*

in a nutshell / pähkinänkuoressa — pohinää arvostetaan!

Tässä kurssissa pääset **yhdistämään softaa ja rautaa**, eli näet omien koodien toiminnan fyysisten laitteiden toimintana! Ihan(a) sähkötekniikka!

1. Luennot ja pajaharjoitukset - Lectures and exercises

- Omatoiminen opiskelu, dokumentointi opiskelupäiväkirjaan
- Henkilökohtainen **opiskelupäiväkirjan** palautus MyCoon, sekä periodissa I että periodissa II (Study diary, return in MyCo 2x)

2. Projektityö ja sen dokumentointi [Aalto-Wikiin](#) (ryhmänä)

(Project work and documentation in [Aalto-Wiki](#) as a group)

- AVP:n ja Aaltonautin **tehtävät** projektiryhmille (2 kpl, ks. MyCo)

*ELEC-A4910, 5 op: seuraa kurssia [ELEC-A4010 MyCoursesissa!](#)

Opettaja, projektitöiden ohjaajat ja luennoitsijat:

Vastuupettaja: **Clemens** Icheln ELEC, clemens.icheln@aalto.fi

Kurssiassistentit: **Juha** Biström ELEC , **Valentin** Rainio ELEC, **Pinja** Mäkeläinen ELEC, **Justus** Ojala ELEC, **Tom** Railio BIZ , **Henrik** Toikka ELEC, **Iiro** Karppanen ELEC, **Max** Eriksson ELEC, **Pekka** Parkkonen ELEC

Luennoitsijat: **Juha** Biström ELEC, **Risto** Järvinen ELEC, **Valentin** Rainio ELEC, **Anders Hägman** Aaltonaut, **Meri** Kuikka AVP, **Elina** Kähkönen A! Co-Educator, ja **Olli** Auranen Koulun ulkopuolinen

Edellisten lukuvuosien aikana saatu palaute:

- ”antaa **kaikille** mahdollisuuden oppia mikrokontrollereista, komponenteista sekä esimerkiksi kytkentäkaavoista **oman tasonsa, tietämyksen ja tahdin mukaan.**”
- mutta myös: ”Ei suorana soveltavaa kurssia heti yliopisto-opintojen aluksi.”

V: Tämän kurssin pääidea onkin: jokainen oman osaamisen mukaan, enemmänkin tutkittavaa kuin soveltavaa! Projektityön aihe/tavoite voi itse valita (ryhmäläisten kanssa)! Kun toisille luennot ja harjoitukset ovat sopivan haastavia, toisille harjoitukset ovat ehkä liian helppoja, jolloin kannatta etsiä omatoimisesti lisää haasteita oman mielenkiinnon mukaan - ja/tai mielellään myös auttaa/tukee muita kurssin opiskelijoita pajalla!

Kokeneemmat elektroniikan harrastajat haastetaan neuvomaan muita ja ideoimaan kurssin kehittämisessä! Olkaa mentoreita! Inspiroikaa muita!

Edellisten lukuvuosien aikana saatu palaute:

- ”Oli hienoa päästä tekemään **yhdessä** projektia.”
- mutta myös: ”Ryhmätyöskentely on **haastava**.”

V: Ryhmätyöskentely onhan yleinen ja tärkeä tapa opiskella, ja toimia työelämässäkin. Se voi olla ihan huippua fiilis kun ryhmänä esittelette ryhmäprojektinne lopputuloksen muille loppunäytöksessä!

Tässä kurssissa opettaja ja assistentit auttavat tarvittaessa ryhmien muodostamisessa ja projektiryhmien toiminnassa, etenkin pajassa.

Me pyrimme auttamaan aina jos tulee ongelmia esiin.

Sen lisäksi me pidämme karkeasti kirjaa ryhmien aktiivisuudesta pajassa, joten lopuksi, epätasaista työnjako ryhmissä voidaan ottaa huomioon arvioinnissa.

Luennot / Lectures (MyCo:n Luennot ja harjoitukset -sivulla)

Ma/Mon klo/at 10.15–11.45, Maarintie 8:n salissa/room TU2

- Järjestäytymisluento
 - Harjoituksissa tutustutaan Arduinoon
- Käytännön elektroniikan perusteita
- **Arduinon** ohjelmointi
 - Harjoituksissa Arduino-esimerkkejä
- **3D-mallinnus ja 3D-tulostus**, OpenSCAD, laserleikkaus
 - Harjoituksissa 3D-tulostaminen
- **Arduino** ja oheiskomponentit, lisää elektroniikan perusteita
 - Harjoituksissa anturiharjoitus Arduinolla
- **Arduinon** väylät ja radiopiirit (luennot ja harjoitukset)
- Muotoiluluento, **prototyypin teko** + harjoitustehtävä
- Kestävään kehitykseen liittyvä luento + tehtävä

Harjoitukset pajalla / Exercises in ELEC workshop

Tehtävät ja ohjeet: ks. MyCourses ja sieltä Luennot ja harjoitukset-välilehti!

- Tarkoitus on, että harjoituksia ja omaa projektia tehdään muinakin aikoina
- Käy tekemässä harjoituksia, vaikka muu ryhmäsi ei pääsisi!
 - Harjoitusparit tai -ryhmät saa muodostaa myös paikan päällä; saa myös tehdä yksinkin (tai tarvittaessa muualla/kotona).
- Tarkoituksena on siis nimenomaan **avittaa projektitöissä**
- Jos jokin harjoitustyö tuntuu liian helpolta, etsi sopivasti haasteellisen muualta ja tee tuo.

- Raportoikaa pajaharjoituksista **opiskelupäiväkirjassanne** (mutta myös osallistumisestanne luennoille sekä pajatyöskentelyyn! Ks. ohjeet: <https://mycourses.aalto.fi/mod/assign/view.php?id=1130015>)

Henkilökohtainen opiskelupäiväkirja (vapaamuotoinen)

Pakollinen, [ks. ohje MyCossa](#). Korvaa tentin. Kirjataan päivittäin:

- Mitä on opiskellut tai oppinut kurssin kuluessa (johtopäätöksiä?)
- Miten on opiskellut (esim. nettisivut ja -haut).
- Kirjatkaa heti 1. luento ja pajavierailut! Mitä ajatuksia heräsi?
Voit kertoa myös omista lähtökohdistasi kurssille. Tästä se lähtee!
- Päiväkirjasta arvostellaan sisällön kattavuus ja järjestyminen
- [Palautus PDF-muotoisena MyCoon](#) (A4910 → A4010-sivulle)
- **Osa I** (ajalta 8.1.– 1.3.): palautus viimeistään **Pe 1.3.2024**
- **Osa II** (ajalta 4.3.– 21.5.): palautus viimeistään **Ti 28.5.2024**
(sisällytä tähän osa I)
- Kokonaislaajuus noin 15 sivua, eli noin **ynsi sivu/viikko**
- Kuvat ovat toivottavia, mutta **tekstiäkin pitää olla reilusti!**
- Arvostelu ei ole ankaraa, mutta suppea päiväkirja ei tuota hyvää

Projektityöt: yhdistetään "softaa ja rautaa"

Mikro-ohjainta (esim. Arduino Uno, Teensy tai Raspberry Pi) käyttäen

- **Tehdään kolmen tai neljän hengen ryhmissä (!)**
- Ryhmän saa koostaa vapaasti (mielellään tällä tai ensi viikolla)
 - Ryhmien muodostamisessa autetaan (kysy assarilta tai Clemensilta, tai etsi jäsenet ryhmällesi [keskustelupalstassa MyCossa](#))
- Aiheen saa valita itse (tai tarvittaessa kurssiassistenttien kanssa)
 - Pohjana saa käyttää netistä ym. löytyviä projekteja
 - Valmiita lohkoja saa mielellään käyttää (vipuvaikutus)
- Oleellista on **tekeminen, avun pyytäminen ja dokumentointi**
- **Pakollinen ryhmäkohtainen [projektisuunnitelma MyCoon](#)**
- **Ma 19.2.2024 mennessä** (aihetta saa vielä vaihtaa myöhemmin)
- Töiden **dokumentointi [Aalto-Wikiin](#)** (ks. linkit MyCo:ssa)
 - [Ulla Tuomisen säätiö palkitsee parhaita töitä!](#)
- **Loppunäytös 21.5.2024 klo 12-16 Maarintie 8 sali AS2**



Yleistä projekteista

- Ennako-osaamista **ei** vaadita – tarkoitushan täällä kurssilla on nimenomaan opiskella.
- Epäonnistumisia on turha pelätä! Tulet yllättymään siitä, miten **hienon projektin** pystytte kurssin aikana tekemään!
 - Tavoite kannattaa asettaa korkealle, pienin askelin.
 - Tärkeämpää on "Proof of Concept" kuin sulava toiminta.
- Projekti tulee todennäköisesti muuttumaan kurssin aikana.
 - Suunnitelmaan voi tehdä muutoksia myös tekniikan aiheuttamien rajoitusten takia.
- Valitse kiinnostava aihe tai aihepiiri – teknisen toteutuksen voi ratkaista **assistenttien avulla** myöhemmin.
 - Harrastuksiin tai muuhun elämään liittyvät aiheet ovat hyviä.
 - Jokainen aihe osoittautuu kiinnostavaksi, kun siihen perehtyy.
- Suositellen valitsemaan alustavan aiheen **aika heti**.



Ryhmäkohtaiset projektiselostukset Aalto-Wikiin

<https://wiki.aalto.fi/pages/viewpage.action?pageId=251562592>

Dokumentoinnin laatu ja laajuus ovat tärkeä arvosanaperuste

- Projektin **ideat ja tavoitteet, ongelmat ja mahdolliset ratkaisut**
- Lopputulos; mielellään **valokuvia**, linkkejä videoihin
- "Edustuskuva(t)", jossa työ näkyy kokonaisena – ehjänä tai avattuna
- **Kytkenäkaavio, lohkokaavio**
- Mistä otettu mallia, jos ei ole kokonaan oma produktio
- Kommentoitu **ohjelmakoodi**
- Jäsenten työnjako (tarvittaessa)
- Ryhmäkohtainen **video** (Wiki, Youtube, Panopto), jossa esittelette haluamallanne tavalla projektityötä. Se suunnataan mm. toisille ryhmille mahdollisesti abeille. Video ei varsinaisesti ole työnarvostelun peruste, mutta hyvä video voi nostaa arvosanaa. Laittakaa videoon aina **ryhmän jäsenten nimet!** (Materiaalia omaan CV:hen?)

Sivuaineopiskelijat, ELEC-A4910 (5 op.)

ELEC-A4910, 5op: seuraa kurssia ELEC-A4010 MyCo:ssa!

<https://mycourses.aalto.fi/course/view.php?id=39059>

ELEC-A4910: ehkä kevyempi projekti, muuten sama sisältö, sivuaineopiskelijat **voivat valita** suorittavatko 8 op:n tai 5 op:n version.

Päiväkirjojen ja projektisuunnitelman palautus tehdään kurssin [ELEC-A4010 sivulle](#), ja projektin dokumentointi [samaan Wikiin](#).

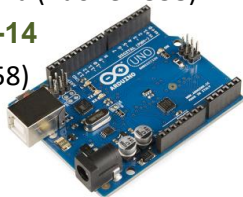
Jos et ole ilmoittautunut tälle kurssille (olet siis vain kurssilla A4910), pyydä Clemens lisäämään sinut MyCoon toisellekin kurssille, jotta sivut ovat kokonaan käytettävissäsi!

Varsinainen ilmoittautuminen kurssille tapahtuu Sisussa (ja arvosanan rekisteröinti) – en pysty itse tekemään sinne muutoksia – opintoneuvojat pystyvät.

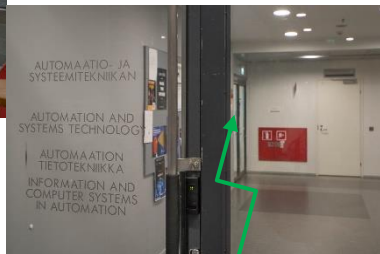
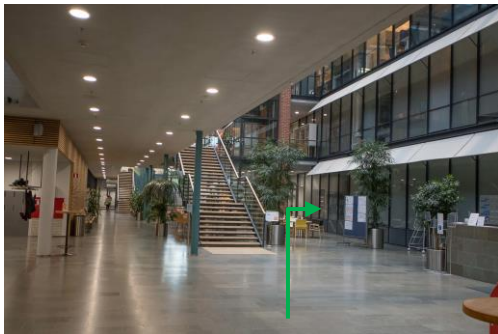


Päaset aloittamaan välittömästi - Let's get started!

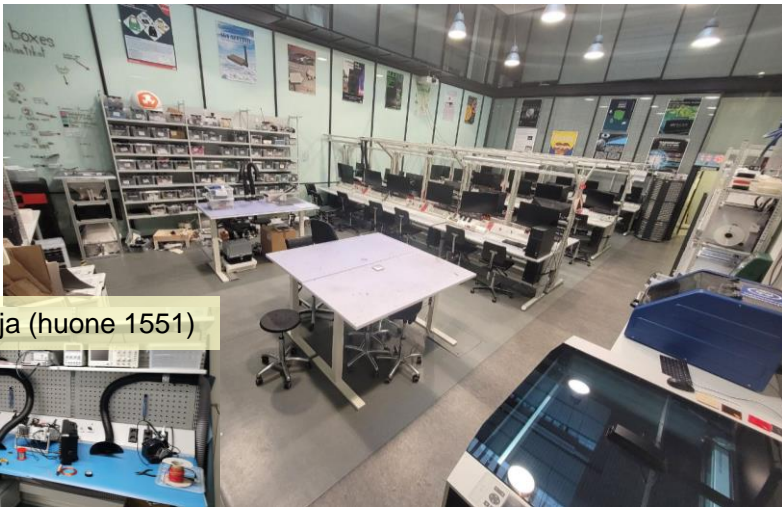
- Tutustuminen **Vilhon pajaan** harjoitusaikoina **heti 8.1. alkaen**.
- **Harjoitukset** alkavat **tällä viikolla/tänään**, Vilhon pajalla (huone 1558) **ma + ke klo 12-14, to klo 12-16, sekä pe klo 10-14**
- **Exercises** start this week, in our workshop (room 1558)
 - Ihan ensin **Arduino** IDE softan asentaminen, sekä Pajaan ja assistentteihin tutustuminen!!!
 - Tutustu netissä Arduino-konseptiin jo etukäteen!
(Arduino UNO = elektroniikka-alustaµcontroller board)
- Toisella luennolla (15.1.) keskustellaan **projektiaiheistanne** ja pyritään muodostamaan loput **projektiryhmiä** (3-4 opiskelijaa/ryhmä).
- Visit <https://mycourses.aalto.fi/course/view.php?id=39059>



Vilho Väisälän paja (ent. Sähköpaja, huone 1558) sijaitsee Maarintie 8-talon 1. kerroksessa: vahtimestarin tiskin jälkeen hissien luota oikeaan lasioven kautta suoraan, ja vasemmalla olevan lasioven jälkeen oikeaan noin 15m



Vilho Väisälän paja (ent. "Sähköpaja", huone 1558):



Piiripaja (huone 1551)



Pajan resursseja

- 25 **PC**:tä (Win&Linux, Arduino IDE softa), saa käyttää omaa läppäriä
- Komponentteja, akkuja, verkkolaitteita
- Työkaluja, porat, Dremel, jyrsin (Carvey)
- **Mittalaitteet** (esim. oskilloskooppi), stereomikroskooppi
- **3D-tulostus**: 8 x Ultimaker (3 x 2+, 3 ext, 2 x S5, 2 x S3)
- Sinterit Lisa Pro SLS-tulostin (selective laser sintering)
- **Laser-leikkuri** maks. 3 mm:n akryylille, paperille, kankaalle
 - **Kapa-levyä ja akryylia sopii mainiosti kotelointiin**
- Erillisessä Piiripajassa (huone 1551): Kolvaustyöpisteitä (6 kpl),
Printtilevyjen (PCB:n) valmistuslinja ja reflow-uuni
- **Assistenttiapua kannattaa hyödyntää kaikessa!**
(paikalla ma + ke klo 12-14, to klo 12-16, sekä pe klo 10-14)

Järjestys ja turvallisuus

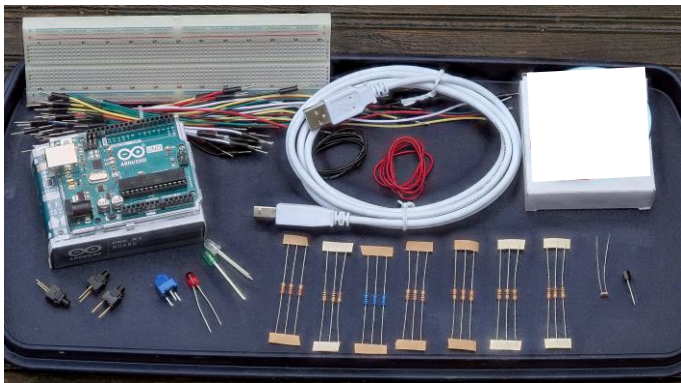
- Älä jätä tavaroita lojumaan pöydille tai lattialle!
- **Siivoa aina vähintään omat jälkesi!**
- **Pyydä aina assistenttiapua!**
- Älä lataa alkaliparistoja
- LiPo-akkuja ei kannata käyttää, ellei se ole projektissa välttämätöntä

Huom:

- **Metallipajaa** saa käyttää vain assistentin valvonnassa.
 - Metallityökoneet ja monet työkalut ovat turvallisuusriski.
 - Sorvia ja jyrshintä saa käyttää vain koulutettu henkilö.



Peruskomponentit harjoituksiin ja kokeiluihin (basic components needed in exercises and first tests)

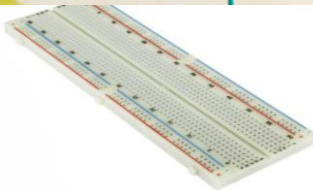
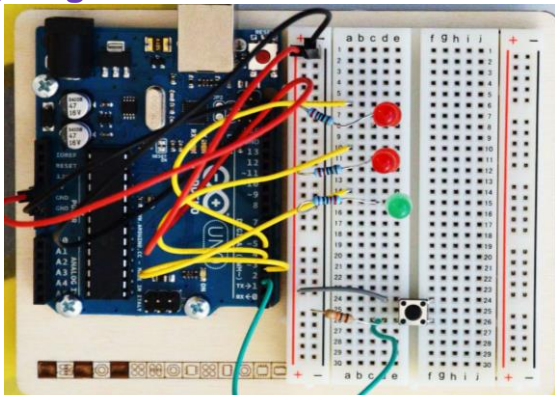


- Kaikki osat helposti löydettävissä joko pajassa tai varastossa
 - saa tarvittaessa lainata kotiin vaikka viikoksi - muista aina palauttaa!
- (All parts needed for exercises can be found in our workshop or its storage)

”Leipälauta” ja ”hyppylangat”

Breadboard and jumper cables

- **Koekytälevy** on oivallinen Arduinin kytkennöissä
- Koekytälevyllä ja **koekytäjohtoilla** asennat nopeasti harjoitusten ja myös projektien **koepiirejä**
- Voi helposti purkkaa



Peruskomponentit eri harjoitukseen

<https://wiki.aalto.fi/display/SPK2021/Harjoitukset>

- **Leipälauta** eli breadboard sekä siihen sopivia hyppylankoja
- **Arduino UNO** ja USB-kaapeli
- Musta painonappikytkin
- Sininen trimmeripotentiometri eli säätövastus (10 k Ω)
- LEDi, esim. punainen tai vihreä
- Nelijohtiminen (kirkas) RGBLED (yhteinen katodi)
- Vastuksia eri kokoa [Ω]: 100, 180, **220**, 270, 330, 4,7k, 10k
- Valoherkkä vastus (LDR)

(Antureita, servoja, askelmootoreita, LCD-näyttöjä, Bluetooth-moduuleja ym. voi lainata **vain lyhyeksi ajaksi kotiin.**)



Arduino-konsepti

Mikro-ohjain eli mikrokontrolleri, yhdistää ohjelmistot ja elektroniikkapiirit

<http://www.arduino.cc>

<http://www.pjrc.com/store/teensy.html>

Helppo ohjelmointikieli perustuu C++:aan

Vastaava mikro-ohjain (esim. ATmega 328P) usein sarjavalmistteisissa laitteissa

Saatavilla mm.

Arduinot (mm. **UNO**, Mega), Teensyt, ESP32 , Raspberry Pi ym.

Arduino-yhteensopivia lisäosia, etenkin kaikenlaisia antureita, LCD näyttöjä, LED-nauhoja, moottoreita, kaiuttimia jne.

Erilliskomponentteja on käytettävissä tarpeen mukaan

Mittalaitteita (esim. oskilloskooppi)

Tilaamme koko ajan lisää tavaraa - ehdottakaa!



Hajahuomioita

- **Vältä suurikokoisia ja suuritehoisia töitä!** Mikään työ ei kestä ihmisen painoa.
 - Parhaat työt ovat yleensä olleet **shakkilaudan kokoluokkaa** tai vähän pienempiä tai suurempia.
 - Älä pyydä tilaamaan havuvaneria (on liian iso käsiteltäväksi)!
 - Vältä aiheita, joissa sama rakenne toistuu monta kertaa.
- Käytä (myös) kierrätysmateriaaleja.
 - Huomaa, että työtä ei ehkä koskaan käytetä valmiina – se voi vaikuttaa materiaalivalintoihin.
- **Drone** on osoittautunut kaikkein **huonoimmaksi** projektiaiheeksi – yhtä hyvin voisit tehdä Arduinolle repun.
- Tehkää projektityö **mahdollisimman aikaisin alustavaan toimintakuntoon** – viimeistelyyn menee lyhimmilläänkin viikkoja.
- Aulan (2. kerros) näyttelyyn olisi tarpeen saada uusia töitä! 😊

Arvostelu / Assessment

Arvosana (1...5) määräytyy seuraavista osista:

1. **Opiskelupäiväkirja**, vapaamuotoinen, ks. ohje. 40–50 %
2. **Luento- ja harjoitusaktiivisuus** max 10 % eli ± 0.5 arvosanayksikkö. Sitoutuneisuus heijastuu muuallekin kurssiin.
3. **Ryhmän projektityö ja sen dokumentointi**. min. 40–50 %

Visio Kohtalaisella ahkeruudella pääset pohjatiedoista riippumatta varmasti läpi! Ei mitään järkeä jättää kesken! Myöhemmin ei enää ole aikaa eikä puuhastelu tunnu yhtä hauskalta.

Fakta: 8 op on aika paljon, yhteensä noin 216 työtuntia 2.5 periodissa, eli 14 tuntia viikossa — yksi työpäivä per viikko on liian vähän!

Muistakaa: Ryhmätöiden dokumentointi tapahtuu Wikissa:
<https://wiki.aalto.fi/pages/viewpage.action?pageId=251562592>



Kirja

Kimmo Silvonen, *Elektroniikka ja sähkötekniikka*, Gaudeamus 2018, 504 s.

Samaa kirjaa käytetään *Protopaja*-kesäkurssilla ja 2. syksyn *Sähkötekniikka- ja elektroniikka* -kurssilla.

Lue heti perusteita sivuilta 13-23 ja "Staattisen sähköön vaarat" sivulta 26!



Elektroniikka
ja sähkötekniikka



Kesäkurssi: <http://protopaja.aalto.fi/> (10 op)



Projekti-ideoita

Kannattaa keksiä itse lisää

- ➔ Mietikää ensin, mitä tekisitte; muokkaa sitten **assistentin kanssa (!)** toteutusta ja komponenttivalintoja

<http://www.youtube.com/watch?v=RQtKc61p0Is> (Aalto marketing)

Vanhojen sähköpajaprojektien dokumentaatiot Aaltowikissä:

Syksy 2023 <https://wiki.aalto.fi/pages/viewpage.action?pageId=234042155>

Kevät 2023 <https://wiki.aalto.fi/pages/viewpage.action?pageId=234034167>

Syksy 2022 <https://wiki.aalto.fi/pages/viewpage.action?pageId=216929208>

tai googlaa: ”Arduino projects”

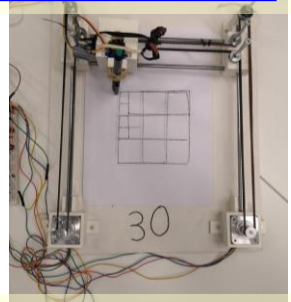


Palkitut työt, syksy 2023,
Ulla Tuomisen säätiö
Satunnainen järjestys

Puttimaatti



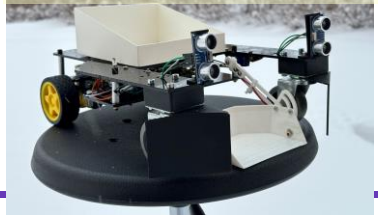
Piirtobotti x/o



Tuulitunneli



Scoop-ama-tron



Sähköpaja ELEC-A4010, Clemens Icheln

8.1.2024

Ulla Tuomisen säätiön palkinnon kriteerit

Ulla Tuominen oli ensimmäinen Teknillisestä korkeakoulusta sähkötekniikan DI:ksi valmistunut nainen.

- Palkittavat kurssin projektityöt valitaan jo ennen kurssin loppua, **viim. 20.5.24, silloisen valmiusasteen** pohjalta.
- Aiheen **haastavuus, kekseliäisyys** ja omaperäisyys.
- **Toteutus ja viimeistely** (täydellistä toimintaa ei vaadita).
- Työryhmän **paja-aktiivisuus** ja muille ryhmille tarjottu huomattava **apu** katsotaan eduksi.
- Työ joka on tehty pääosin Sähköpajan ulkopuolella palkitaan vain erityisestä syystä.
- Palkittavat työt valitaan yleensä niistä kurssin ryhmistä, jotka esiintyvät loppunäytöksessä **suullisesti**.

Ulla Tuomisen säätiön palkinto ja kurssista saatu arvosana eivät liity toisiinsa. Vaikka työtä ei palkittaisi, se voi saada huippuarvosanan ja paikan näyttelyissä.

Mitä nyt tehdään? What's next?

- **Tänään:** Aloita **opintopäiväkirjan** rustaaminen, kerro ensimmäisestä luennosta, ajatuksistasi ja mm. pajakäynneistäsi! (start your study diary!)
- **1.-2. viikolla:**
 - Tutustuminen **Pajaan**
 - Tee Arduino-harjoitukset (ks. [Aalto-Wiki](#)) pajalla
 - Aloita ryhmien perustaminen, keskustele muiden opiskelijoiden kanssa
 - Aloita projektityön suunnittelun, keskustele siitä assistenttien kanssa!
- **3.-4. viikolla:**
 - Pyytäkää ryhmällemme nimikkoassistentti (Pajalla); sopikaa tapaaminen! (1 designated assistant/group! Ask them in workshop, agree on meeting, group+assistant)
 - Alustava projektisuunnitelma MyCo:on 19.2.24 (return project plan v.0.1)

Tehdään nyt yhdessä kurssi, jonka muistamme vielä pitkään!

Important course dates, Merkitse kalenteriisi!

8.1.24 Päiväkirjan kirjoittaminen alkaa. Ala etsiä ryhmää!

8.–19.1. Ensimmäiset käynnit Sähköpajalla, ryhmien muodostaminen.

15.–26.1. Pyydä Pajalla ryhmälle numero ja assistentti.

15.–26.1. Sopikaa kokouksesta nimikkoassistentin kanssa.

15.1.–19.2. Alustava projektiaiheen valinta.

19.2.24 Alustavan projektisuunnitelman palautus deadline.

Projektityön aloitus niin aikaisin kuin mahdollista.

1.3. Päiväkirjan 1. osion deadline (voit parannella sitä myöhemmin).

Maaliskuun aikana: kaksi ryhmätehtävää (ks. luennot).

Huhtikuussa: Aloittakaa Projektin dokumentointi Aalto-Wikissa.

20.5. Alustavan dokumentoinnin deadline (UT:n palkinnot).

21.5. Loppunäytös : Maarintie 8, Sali AS2, klo 12-16.

28.5. Päiväkirjojen deadline.

4.6.24 Projektien dokumentoinnin hard deadline (arvostelu).

