



Olli Heikkinen

## **EMFI-KALVON SOLUJEN PAIKANNUS**

## **EMFI-KALVON SOLUJEN PAIKANNUS**

Olli Heikkinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma, langaton tietoliikenne

---

Tekijä: Olli Heikkinen  
Opinnäytetyön nimi: Emfi-kalvon solujen paikannus  
Työn ohjaajat: Henry Hinkula ja Timo Vainio  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2012  
Sivumäärä: 29 + 1 liite

---

Työssä suunniteltiin ja toteutettiin Emfi-kalvon solujen paikannus, jonka avulla mitattiin jalan painekohtia. Kalvolta saadaan ulos aktivoitujen solujen kohdat, jotka auttavat paineen tunnistuksessa. Toteutus vaati tietämystä multipleksaamisesta sekä taustatietoja, mitä tietoja lähetetään eteenpäin Arduinolta sarjaportin avulla PC:lle. Arduino toimi työssä testialustana. Työssä käytettyä paineenmittausalustaa on aiemmin käytetty hyvinvointiteknologian puolella.

Toteutus tehtiin vaiheittain. Opinnäytetyö toteutettiin tekijän sekä ohjaajien avulla koulun T&K-laboratoriossa. Toteutus sisälsi HW-suunnittelun, datansiirron sarjaportin läpi PC:lle, englanninkielisen tiivistelmän sekä suomenkielisen loppuraportoinnin. Toteutus vaatii ennen kaikkea tietämystä multipleksaamisesta sekä operaatiovahvistimista.

Tuloksista saatiin kokonaisuudessaan ihan hyvät, vaikka loppuvaiheessa tuli ongelmia piirilevyn ja ohjelmoinnin kanssa. Muistettiin kuitenkin se, että työ toimi testialustana seuraavia projekteja varten. Kokonaisuudessaan opinnäytetyö onnistui ihan hyvin.

---

Asiasanat: Emfi-kalvo, Arduino, multipleksaus, operaatiovahvistin

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in Information Technology,  
Option of Wireless Devices and Networks

---

Author: Olli Heikkinen  
Title of thesis: Cell positioning of the Emfi membrane  
Supervisors: Henry Hinkula and Timo Vainio  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2012  
Pages: 29 + 1 appendice

---

The work planned and carried out Emfi membrane localization of cells to detect foot pressure points. Cell lines can be activated from membrane, which pressure to assist identification. Implementation requires knowledge about multiplexing and what information will be forwarded Arduino serial port to the PC. Arduino is working as a test equipment.

The implementation was made phases. The thesis was carried out with mentors. Implementation includes the HW-design, the data transmission through the serial port of a PC, the summary in English and Finnish end reporting. Implementation also requires knowledge about operational amplifiers.

Results obtained were pretty good, although there were some problems in the the circuit board design and in board programming. However, it must be remembered that this work will be further developed in later projects. The schedule of this work was quite ambitious, but in spite of that, the main targets were encountered.

---

Keywords: Emfi membrane, Arduino, multiplexing, operational amplifier

## **ALKULAUSE**

Olen erittäin kiitollinen, että sain osallistua tekemään opinnäytetyötä oman kouluni hankkeelle. Kiitän työskentelyni edistämisestä tilaajan yhdyshenkilöä Henry Hinkulaa, ohjaajani Timo Vainiota sekä tilaajani Tommi Sallista. Myös Auno Latvalehdolle, joka tekee piirilevyjä koululla, olen erittäin tyytyväinen isosta avusta piirilevyäni tekemisen aikana.

Oulu 29.5.2012

Olli Heikkinen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn lähtökohdat	8
2 EMFI-KALVO	9
2.1 Emfi-antureiden määrittely	10
2.1.1 L-sarjat	10
2.1.2 R-sarjat	10
2.1.3 S-sarjat	11
2.2 Emfi-anturin valinta	12
3 TOTEUTUS	13
3.1 Vaatimukset ja määrittelyt	13
3.1.1 Multiplekseri	13
3.1.2 Operaatiovahvistin	14
3.1.3 Arduino-mikrokontrolleri	14
3.2 HW-suunnittelu	15
3.2.1 Komponenttien tilaus	16
3.2.2 Piirilevyn kytkentäkaavio ja suunnittelu	16
3.2.3 Piirilevyn tilaus	16
3.2.4 Piirilevyn kasaaminen ja testaus	16
3.3 Datansiirto sarjanportin läpi ja ohjelmointi	17
3.4 Loppuraportointi	17
4 TULOKSET JA TESTAUS	18
4.1 Emfi-anturin valinta	18
4.2 HW-suunnittelu	19
4.3 Piirilevyn kytkentäkaavio ja suunnittelu	21
4.4 Piirilevyn kasaaminen ja testaus	23
4.5 Datansiirto sarjanportin läpi ja ohjelmointi	25

4.6 Loppuraportointi	26
5 POHDINTA	27
LÄHTEET	28
LIITE 1. Arduino-koodi	30

# 1 JOHDANTO

Hyvinvointiteknologian tarkoituksena on ideoida ja suunnitella ergonomisesti ja käyttäjäystävällisesti toimivia teknisiä tuotteita. Erilaiset hankkeet ja yritykset pyrkivät auttamaan hyvinvointiteknologiaa eteenpäin tekemällä erilaisia töitä ja projekteja kyseiselle teknologialle. Töiden ja projektien tarkoituksena on antaa hyvinvointiteknologialle mahdollisuus soveltaa tehtäviä ja teorioita käytännön työtehtävissä. Nämä auttavat myös parantamaan työllistymismahdollisuuksia työelämän vaatimuksiin. Oman kouluni hankkeen kautta saamalla opinnäytetyöllä minulla on mahdollisuus parantaa hyvinvointiteknologiaa eteenpäin.

## 1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa Emfi-kalvon solujen paikannus, jonka avulla on tarkoitus mitata jalan painekohtia. Kalvolta saadaan ulos aktivoitujen solujen kohdat. Toteutus vaatii tietämystä multipleksaamisesta sekä taustatietoja, mitä tietoja kannattaa lähettää eteenpäin Arduinolta sarjaportin avulla PC:lle. Arduinon idea on toimia työssä testialustana. Työn tekeminen sisältää HW-suunnittelun, datansiirron Arduinolta sarjaportin läpi PC:lle, englanninkielisen tiivistelmän sekä suomenkielisen loppuraportoinnin. (1.)

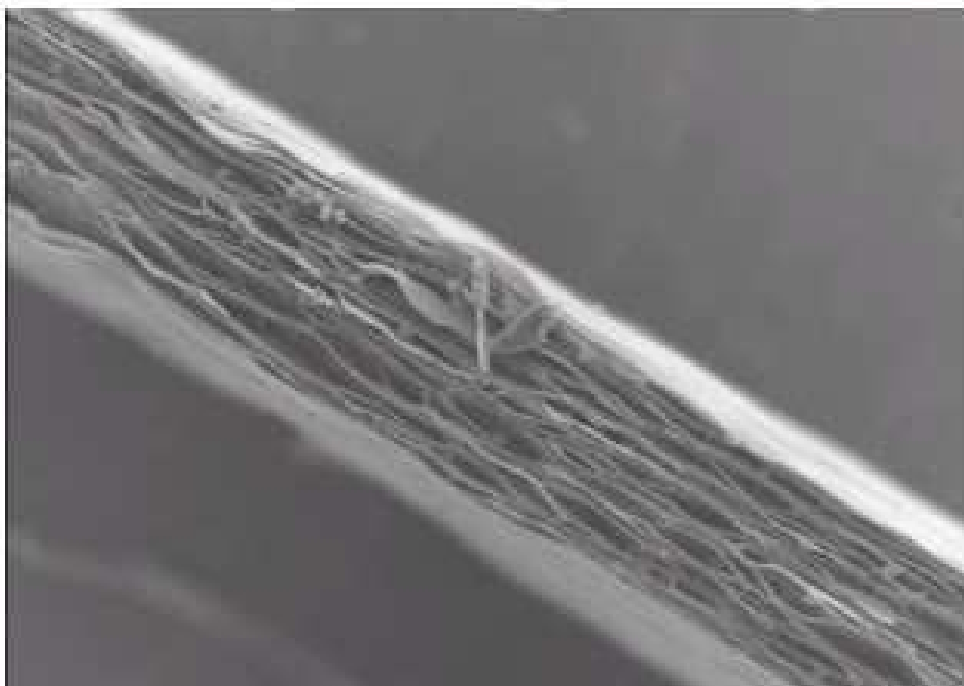
## 1.2 Työn lähtökohdat

Työn lähtökohtana toimii Oulun seudun ammattikorkeakoulun tietotekniikan osasto, joka haluaa auttaa hyvinvointiteknologiaa tämän opinnäytetyön avulla. Opinnäytetyön avulla parannetaan omaa ammatillista kehitystä. Tämänlaisia töitä on ennenkin toteutettu hyvinvointiteknologian puolella, mutta kehityksessä on aina parantamisen varaa. Pääpainona on se, että tekijä huolehtii itse opinnäytetyön tekemisestä ja aikataulutuksesta. Tilaukset, laitteistot ja työkalut hoidetaan kyseisessä työssä koulun kautta.



## 2 EMFI-KALVO

Jos halutaan tunnistaa jalan painekohtia, voidaan mitata paineenvaihtelua kävelvän ihmisen ja lattian välillä. Paineenvaihtelua mitataan Emfi-teknologiaan perustuvien sensoreiden ja niiltä saatua signaalia mittaavan piirikortin avulla. Kaikki sensorit ovat pysyvästi varattuja monikerroksisia elektreettikalvoja, jotka muuntavat esimerkiksi askeleen aiheuttaman mekaanisen rasituksen sähköenergiaksi. (Kuva 1.) Kyseinen kalvo on erittäin herkkää, ja sitä voidaan käyttää jopa mikrofona. Sensoreista tuleva sähköenergia välitetään vahvistimien kautta tiedonkeruukortille, joka välittää sen taas eteenpäin tietokonesovelluksille.



*KUVA 1. Emfi-kalvosta otettu SEM-kuva (2.)*

SEM-kuva tarkoittaa pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM, Scanning Electron Microscope) otettua kuvaa, joka muodostetaan elektroneista, mitkä irtoavat tai heijastuvat näytteen pinnasta. Sen takia pintakuvasta näkee pinnanmuodot yksityiskohtaisesti. (3.)

Emfi-kalvo on myös vain muutaman millimetrin paksuinen, huokoinen ja orientoitu kalvo. Sen erikoisen sisäisen rakenteen ja korkean resistiivisyyden avulla se pystyy varastoimaan suuria pysyviä varauksia. Varaus käyttää  $\sim 10 \text{ kV cm}^{-1}$ :n

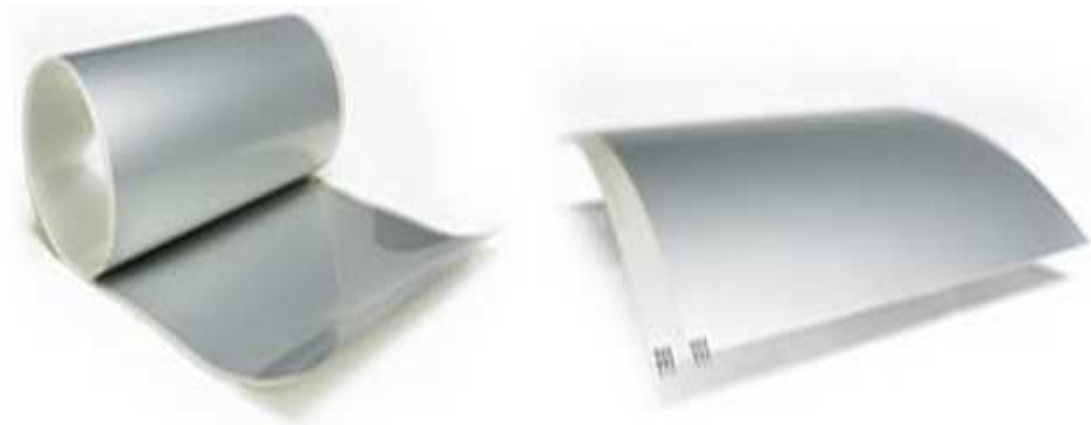
kenttiä, jolloin luodaan sisäinen kaasupurkauslaitteisto solurakenteen sisälle. Paksuus antureissa ja toimilaitteiden sovelluksissa on usein 30–70 mikrometriä. Emfi-materiaali koostuu myös kolmesta eri tasosta. Tasot ovat rakenteeltaan sileitä, homogeenisia ja paksuja. (2.)

## **2.1 Emfi-antureiden määrittely**

Emfi-anturin määrittelyssä otetaan huomioon, minkä sarjan antureita käytetään. On olemassa kolme eri sarjaa antureita, jotka ovat kooltaan erilaisia. Ominaisuudet ovat kuitenkin kaikissa antureissa samat, mutta käyttösovellukset erilaiset. Anturit ovat luokiteltu L-sarjoihin, R-sarjoihin ja S-sarjoihin.

### **2.1.1 L-sarjat**

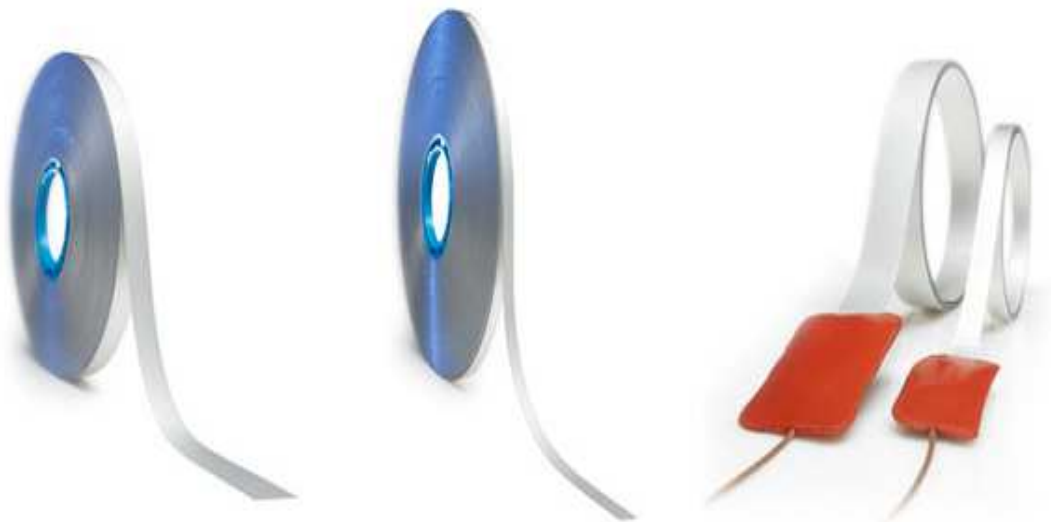
L-sarjan antureita käytetään yleensä turvallisuusmattoihin, kytkimiin ja ajoneuvojen ja jalankulkijoiden laskentaan. Ne ovat kooltaan suurimpia antureita. (Kuva 2.) (4.)



*KUVA 2. L-sarjan antureita (4.)*

### **2.1.2 R-sarjat**

R-sarjan anturit ovat toiseksi suurimpia. Näitä antureita käytetään L-sarjan antureiden käyttösovellukset mukaan lukien painonlaskennassa, potilaan sänkyjen näytössä, äänen havaitsemisessa sekä tärinän tunnistuksessa. (Kuva 3.) (5.)



*KUVA 3. R-sarjan antureita (5.)*

### **2.1.3 S-sarjat**

S-sarjan antureita ei käytetä L-sarjan käyttösovelluksiin. Sitä käytetään yleensä värinän tunnistuksessa, kiihtyvyyssmittareissa, äänen havaitsemisessa, yhteysmikrofoneissa sekä pyrometreissa. (Kuva 4.) (6.)



*KUVA 4. S-sarjojen antureita (6.)*

## **2.2 Emfi-anturin valinta**

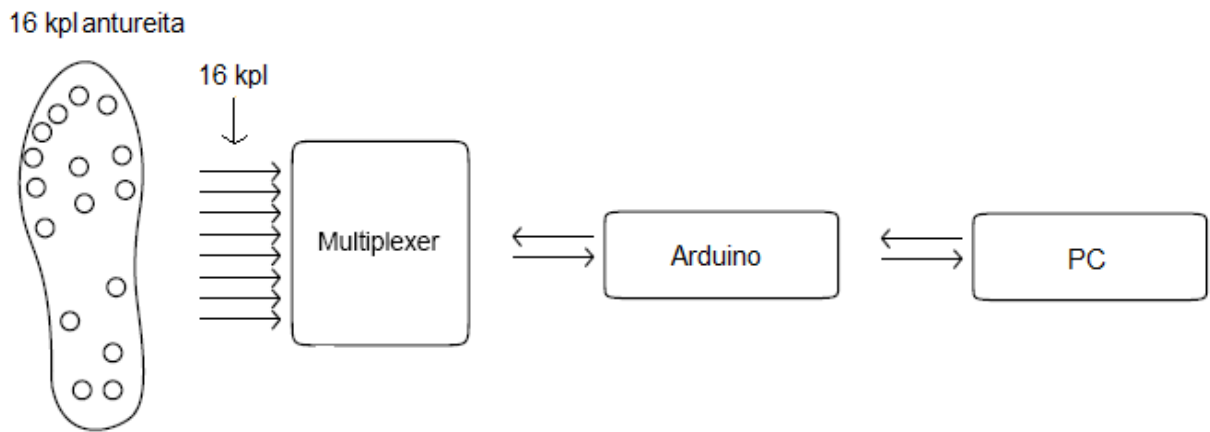
Antureiden valinnassa on tärkeää muistaa, että on hyvä tutustua antureihin erittäin tarkkaan. Antureiden rakenteet ja ominaisuudet ovat samanlaisia, joten pienet asiat voivat vaikuttaa antureiden valintaan. Valinnan tarkkuus on erittäin merkittävää työn tulosten kannalta.

### 3 TOTEUTUS

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Emfi-kalvon paikannus. Toteutus tapahtuu vaiheittain. Opinnäytetyö toteutetaan tekijän sekä ohjaajien avulla koulun T&K-laboratoriossa. Työhön varataan aikaa noin 400 tuntia.

#### 3.1 Vaatimukset ja määrittelyt

Työn alussa etsitään erilaisia tietoja ja materiaaleja. Suurin osa tietoista ja materiaaleista löytyy internetistä. Ennen kuin vaatimuksia ja määrittelyjä ruvetaan etsimään, on hyvä hahmottaa, millainen idea työssä on. (Kuva 5.)



KUVA 5. Emfi-kalvon solujen paikannuksen toteutus

Kuvasta näkee, kuinka 16 kappaletta S-sarjan anturia sijoitetaan jalkapohjaan, joka toimii paineenmittausalustana. Antureiden ohjaus tapahtuu multiplekserin avulla ja operaatiovahvistimia käyttäen. Sen jälkeen tieto menee multiplekserin kautta Arduino-mikrokontrollerille, joka välittää datansiirron PC:lle.

##### 3.1.1 Multiplekseri

Multiplekseri (MUX) on elektroninen laite, jolla valitaan yksi monesta sisään tulevast signaalista ja ohjataan se ulostuloon. Ulostuloon ohjatut signaalit ovat sovellusalueesta riippuen analogisia tai digitaalisia. Jos käytetään digitaalisia signaaleja, multiplekseri on laite, jolla on tietty määrä digitaalista sisääntuloa ja ohjausbittä, joiden avulla valitaan yksi sisääntulo ulostuloon. Esimerkiksi 16-to-

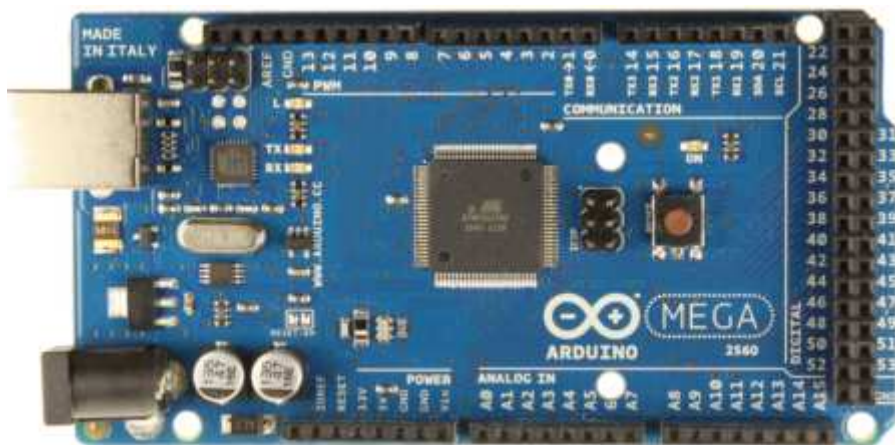
1-multiplekserillä on 16 sisääntuloa ja yksi ulostulo. Tällainen multiplekseri vaatii neljä ohjausbittä. (7.)

### 3.1.2 Operaatiovahvistin

Operaatiovahvistin on vahvistin, jonka avulla käsitellään analogisia signaaleja. Tämä vahvistin on usein suuren vahvistuksen elektroninen jännitevahvistin, jolla on miinusmuotoinen tulo ja tavallisesti yksipuolinen lähtö. Se antaa lähtöjännitteen, joka on usein satoja tuhansia kertoja suurempi kuin tulopinnien välinen jännite-ero. (8.)

### 3.1.3 Arduino-mikrokontrolleri

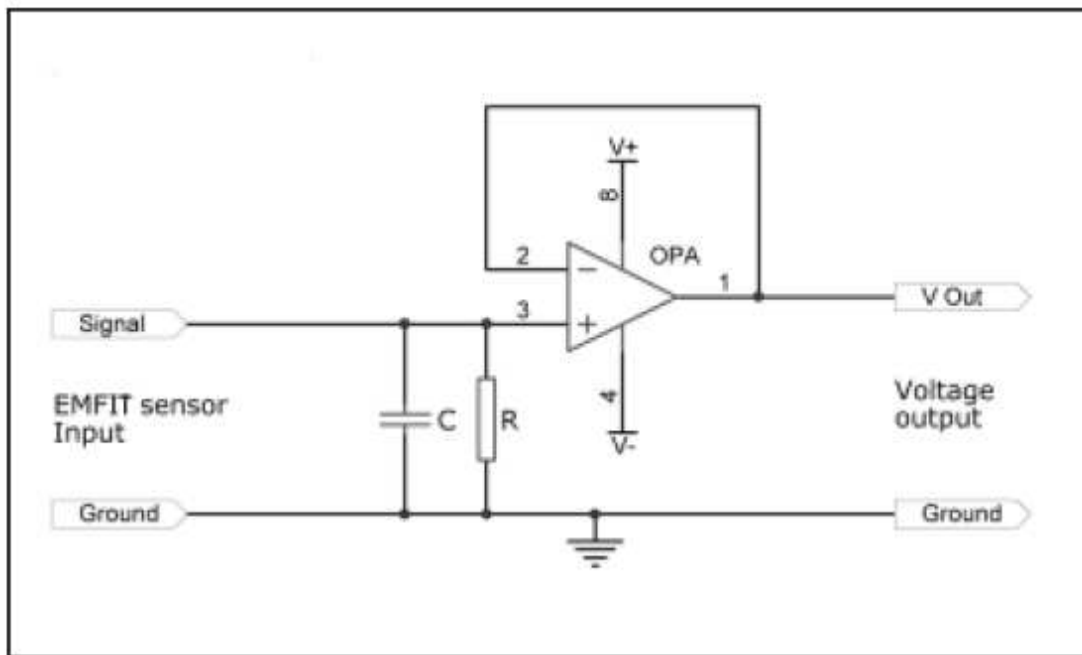
Arduinon kontrollerilla tarkoitetaan tietynlaista elektroniikka-alustaa, jolla voidaan ohjelmoida. Laitteisto perustuu 8-bittiseen Atmel AVR -mikrokontrolleriin, jonka pinneihin on mahdollista kytkeä erilaisia sensoreita, LED-valoja ja muita erilaisia komponentteja. (Kuva 6.) Ohjelmointi tapahtuu tässä alustassa C++:aan perustuvalla Arduino-ohjelmointikielellä. Tiedonsiirto tapahtuu PC:lle USB-portin kautta. (9.)



KUVA 6. Arduino Mega 2560 (8.)

### 3.2 HW-suunnittelu

Piirilevyn tekemisessä otetaan huomioon monenlaisia asioita. Ensimmäiseksi mietitään, millaisia komponentteja tulee tulevaan piirilevyyn. Sen jälkeen suunnitellaan piirilevyn kytkentäkaavio ja mietitään piirilevyn rakennetta. Näiden vaiheiden jälkeen piirilevy tilataan, jonka jälkeen pääsee piirilevyn kasaukseen ja testaukseen. Suurin huomio HW-suunnittelussa on operaatiovahvistimien (kuva 7) ja multiplekserin merkitys tulevassa piirilevyssä.



KUVA 7. S-sarjan anturin operaatiovahvistin (10.)

### **3.2.1 Komponenttien tilaus**

Komponenttien tilaus tehdään Farnell FI:n kautta, joka on johtava korkean palvelun komponenttijakelija. Komponenttien tilauksissa mietitään komponentin pakettityypin kokoa, jolloin piirilevyn tilaus ja kasaaminen onnistuu. Tässä opinnäytetyössä tilataan kaikki komponentit.

### **3.2.2 Piirilevyn kytkentäkaavio ja suunnittelu**

Piirilevyn kytkentäkaavio ja suunnittelu toteutetaan EAGLE-ohjelmalla koulun T&K-laboratoriossa. Kytkentäkaaviota varten voidaan joutua lataamaan komponentteja vastaavia kirjastoja. EAGLE-ohjelmaan varataan paljon aikaa, koska kytkentäkaavion tekemisessä ja suunnittelussa kannattaa olla todella tarkka. Kaavio muodostetaan kokonaisuudessaan erilaisten komponenttien avulla. Piirilevyn suunnittelussa otetaan huomioon se, miten suureksi piirilevy tehdään ja millainen sen rakenne kannattaa olla.

### **3.2.3 Piirilevyn tilaus**

Piirilevyn tilaus tapahtuu Oulun seudun ammattikorkeakoulun laboratoriossa Auno Latvaledon johdolla. Piirilevyn valmistus kestää noin 3 päivää. Piirilevyn valmistumisen aikana suunnitellaan piirilevyn kasaamista ja testausta.

### **3.2.4 Piirilevyn kasaaminen ja testaus**

Piirilevyn kasaaminen ja testaus toteutetaan hyvin huolellisesti. Kasauksessa otetaan huomioon se, että komponentit ovat pintaliitoskomponentteja. Esiharjoittelu on hyvin tärkeää tehdä, ennen kuin lopullisesti juottaa komponentit piirilevyyn. Kasaaminen ja testaus toteutetaan myös koulun laboratoriossa ja siihen varataan tarvittava määrä aikaa. Piirilevyn testauksessa otetaan ensimmäisenä huomioon kasattavan piirilevyn juotosvirheet, jos niitä tulee. Sen jälkeen tehdään tarvittavat testausmenetelmät.



### **3.3 Datansiirto sarjanportin läpi ja ohjelmointi**

Sarjaportin läpi menevä datansiirto sekä ohjelmointi toteutetaan tulevan piirilevyn, Arduino-mikrokontrollerin, jalkapohjan sekä PC:n avulla. Tämä vaihe on tämän opinnäytetyön yksi haastavimmista, joten siihen varataan myös riittävästi aikaa. Apuja tähän kyseiseen vaiheeseen saa ohjaajilta.

### **3.4 Loppuraportointi**

Lopullinen raportointi tehdään koulun ohjeiden mukaan sekä tilaajan ja ohjaajan toimesta. Suomenkielisestä raportoinnista tehdään suurempi kirjoitelma kuin englanninkielisestä tiivistelmästä. Raporteissa käytetään hyväksi työn aika tehtyä asioita sekä muistiinpanoja.

## 4 TULOKSET JA TESTAUS

### 4.1 Emfi-anturin valinta

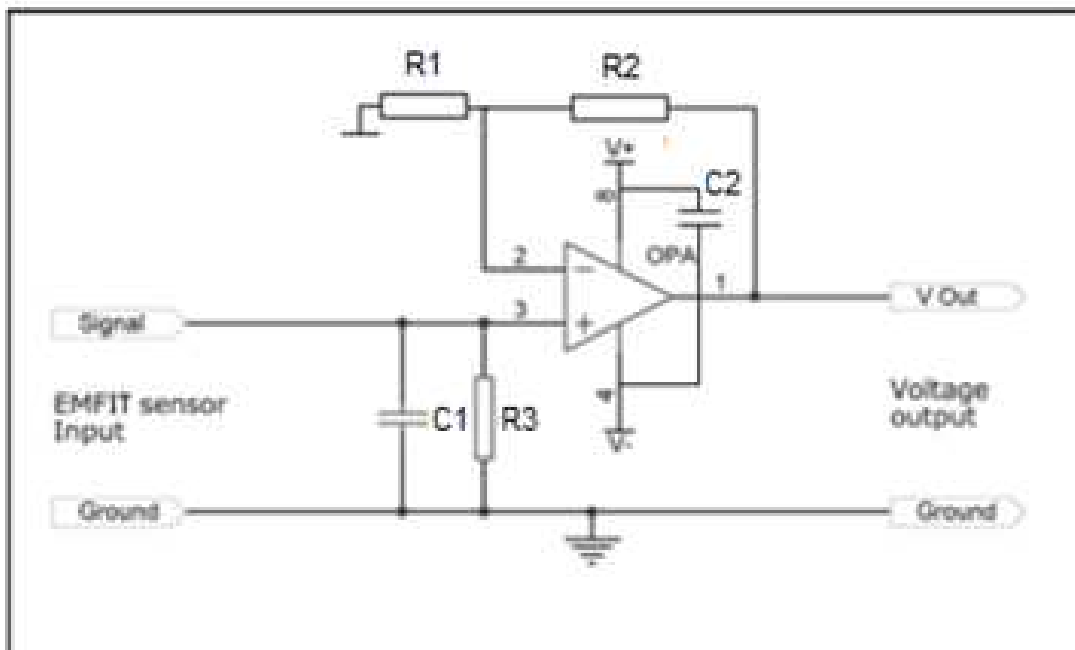
Työn alkutarkoituksena oli, että työssä otettiin huomioon se, että anturien piti olla kooltaan pienimmästä päästä. Koska L-sarjan anturit olivat suurimpia, sitä sarjaa ei otettu huomioon. R-sarjan anturit olivat myös liian suuria tätä opinnäytetyötä varten, joten niitä ei myös käytetty. S-sarjan anturit olivat pienimpiä, joten ne olivat paras vaihtoehto tähän opinnäytetyöhön, koska jalan painekohdan mittauksen pystyi hyvin suunnittelemaan monen pienen anturin avulla. Koska S-sarjan anturit valittiin, tutustuttiin näihin antureiden paremmin. Piti muistaa, että S-sarjan antureiden rakenteet ja ominaisuudet olivat samanlaisia kuin muissa antureissa, mutta koko oli pienin. Anturin tiedot nähdään taulukosta 1.

*TAULUKKO 1. S-sarjan antureiden ominaisuudet (11.)*

Property	Symbol	Value	Unit	Tolerance	Conditions
Storage temperature	Ts	from -40 to +50	°C		
Operating temperature <sup>1</sup>	Tr	from -20 to +50	°C		
Thickness	D	0,5	mm	±5 %	1-layer structure
Sensitivity <sup>2</sup>	Sq	25	pC/N	±20 %	normal force
Relative permittivity	er	1,1		±10 %	@ 10 kHz
Capacitance	C	22	pF/cm <sup>2</sup>	±5 %	@ 1–150 kHz, EQV 1
Tensile strength at break, TD		535	N	±10 %	ISO-527-1
Elongation at break, TD		20	%	±20%	
Youngs modulus, TD		0,5	Mpa	±50 %	
Operating force range	P	N/cm <sup>2</sup>	>100		

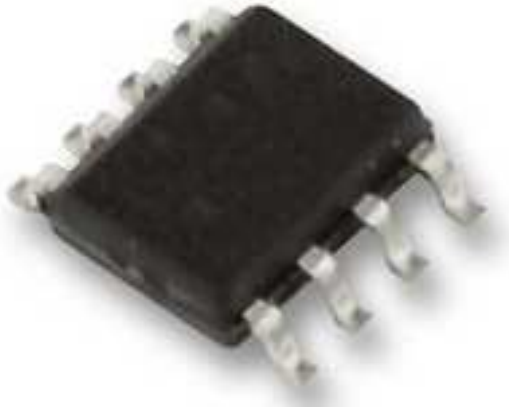
## 4.2 HW-suunnittelu

Heti alkuun huomattiin, että operaatiovahvistimiin jouduttiin tekemään muutoksia. Operaatiovahvistimesta huomattiin, että tarvitaan kondensaattori jännitelähteen välille häiriönsietoa estämään sekä kaksi vastusta varalle kasvattamaan V Out:a. Huomioitiin myös, että R2:n piti olla isompi kuin R1. (Kuva 8.)



KUVA 8. S-sarjan anturin operaatiovahvistimen muunnokset

Operaatiovahvistimena käytettiin AD820-komponenttia, jolla oli tarvittavat ominaisuudet. Se oli Rail-to-Rail-tyyppinen vahvistin, joka oli hyvä analogisessa ratkaisussa. (Kuva 9.) (12.)



*KUVA 9. AD820 (13.)*

Multiplekseriksi valittiin ADG706-komponentti, koska se oli 16-kanavainen. S-sarjan antureita tuli 16 kappaletta, jolloin multiplekserin piti olla 16-kanavainen. (Kuva 10.) (14.)

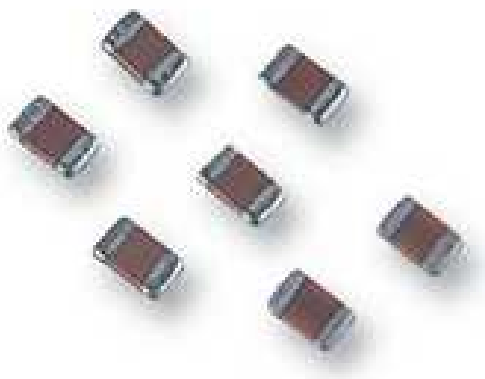


*KUVA 10. ADG706 (15.)*

Vastukset olivat kooltaan suuria melkein aina operaatiovahvistimissa, jolloin jouduttiin tilaamaan 1 M $\Omega$ :n, 2 M $\Omega$ :n ja 100 M $\Omega$ :n vastuksia (kuva 11). Kondensaattorit olivat yleensä 100 pF:n kokoisia operaatiovahvistimissa (kuva 12).



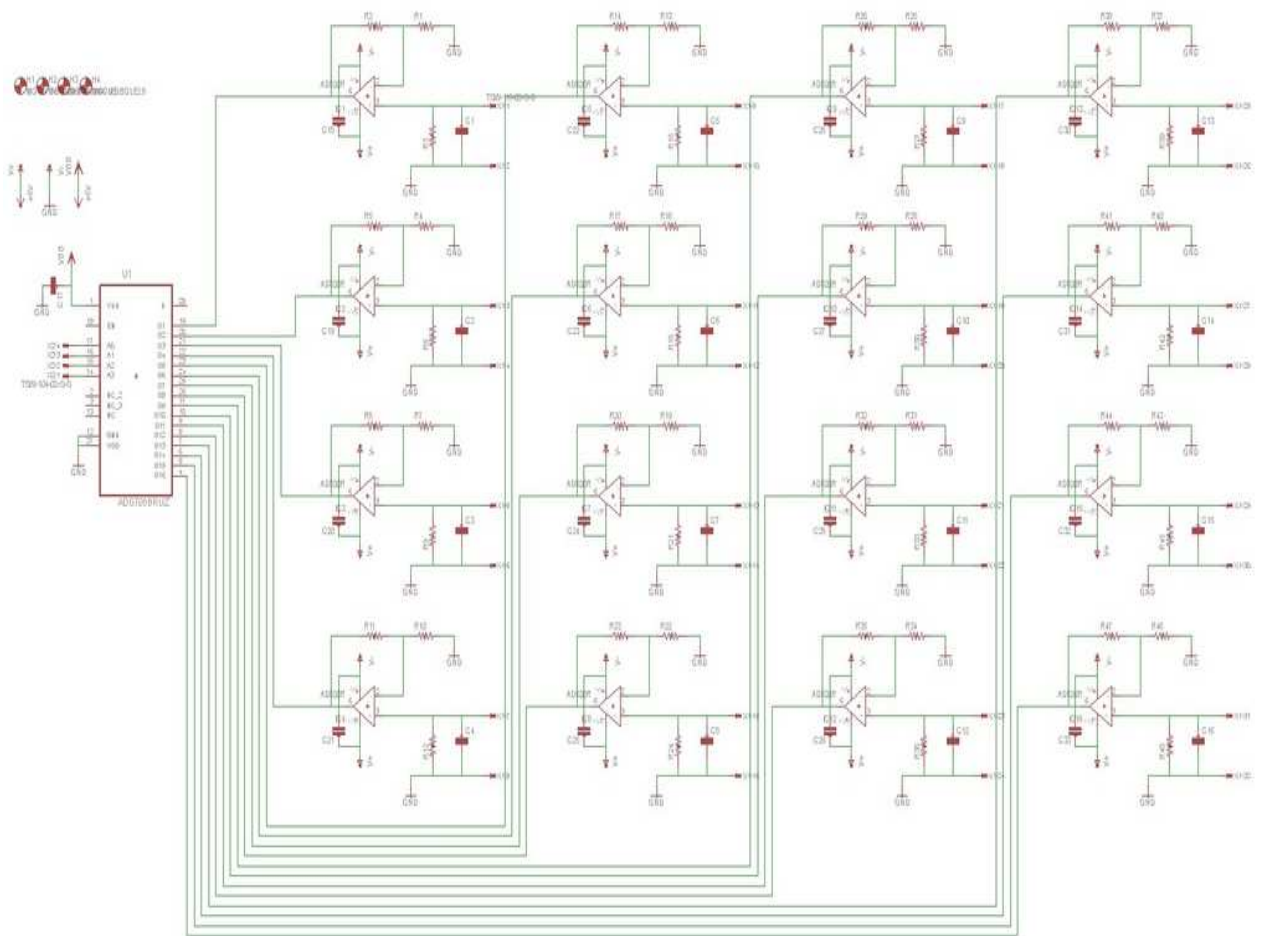
*KUVA 11. Vastukset (16.)*



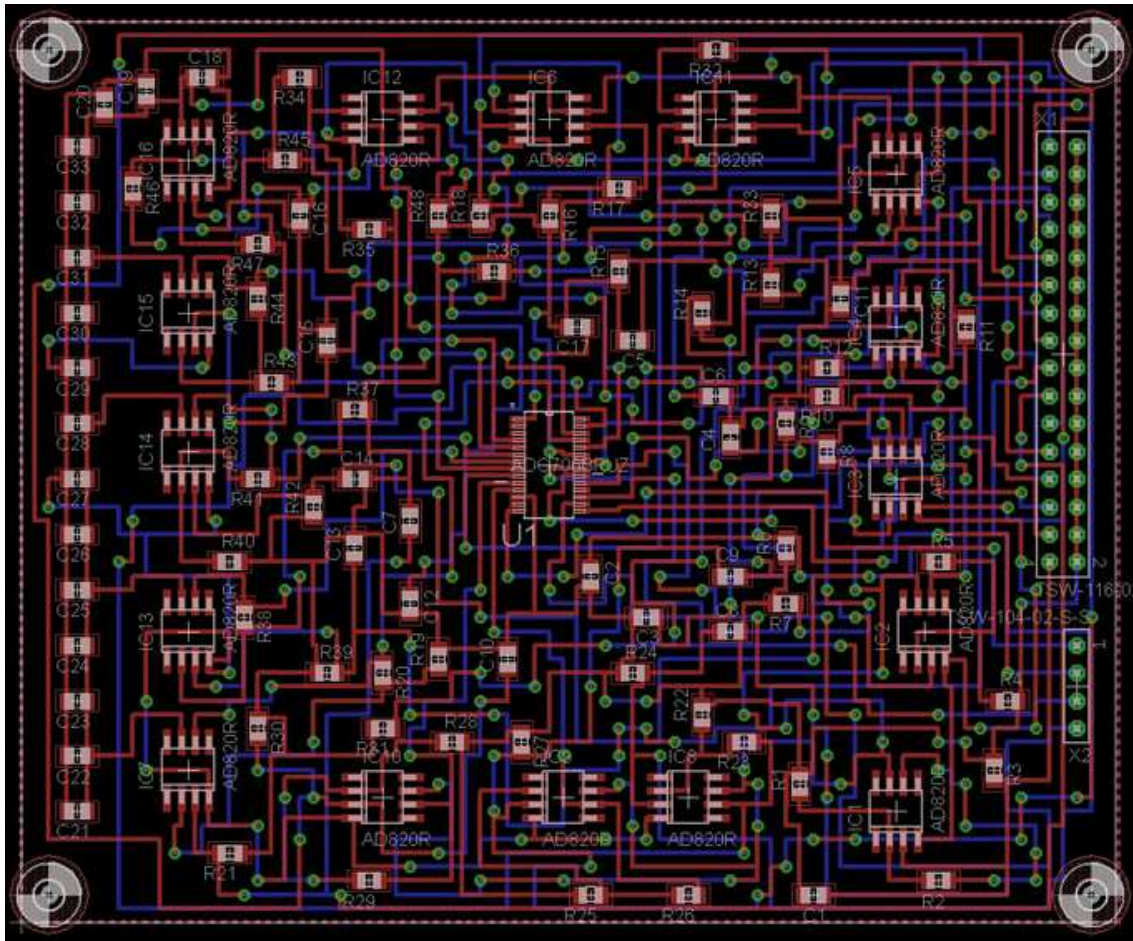
*KUVA 12. Kondensaattorit (17.)*

### **4.3 Piirilevyn kytkentäkaavio ja suunnittelu**

Piirilevyn kytkentäkaavio muodostettiin edellä mainittujen komponenttien avulla sekä muutaman header-komponentin avulla. Kytkentäkaaviota varten jouduttiin lataamaan Farnellin sivun kautta ADG706-komponenttia vastaava kirjasto, jolloin kytkentäkaavio voitiin toteuttaa. (Kuva 13.) Piirilevyn suunnittelussa otettiin huomioon se, että levystä tehtiin kaksipuolinen, jolloin vedot piirilevylle oli helpompi tehdä. Suunnittelussa kannatti ottaa huomioon myös se, että multiplekseri laitettiin keskelle ja operaatiovahvistimet sen ympärille komponentteineen. Myös header-komponentit kannatti laittaa piirilevyn reunaan, jotta jännittesyötöstä tulisi helpompaa. (Kuva 14.)



KUVA 13. Piirilevyn kytkentäkaavio

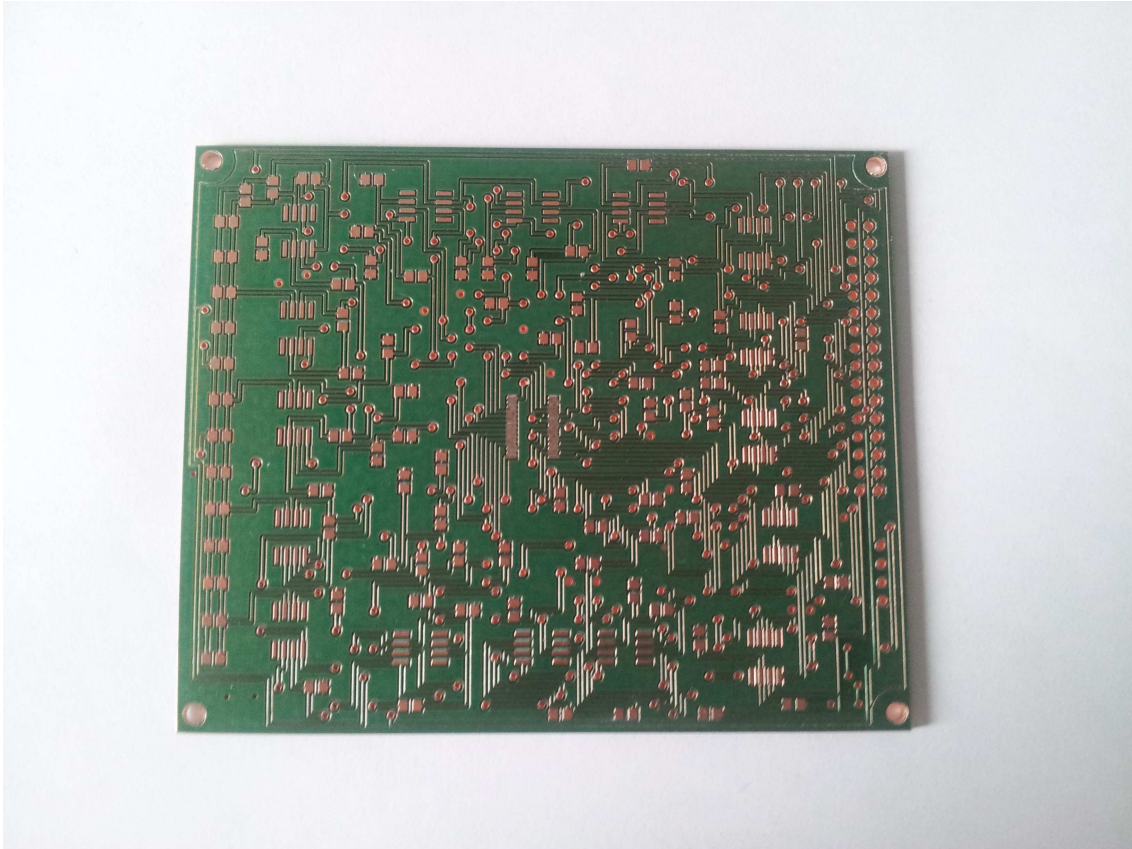


KUVA 14. Piirilevyn suunnittelu

#### 4.4 Piirilevyn kasaus ja testaus

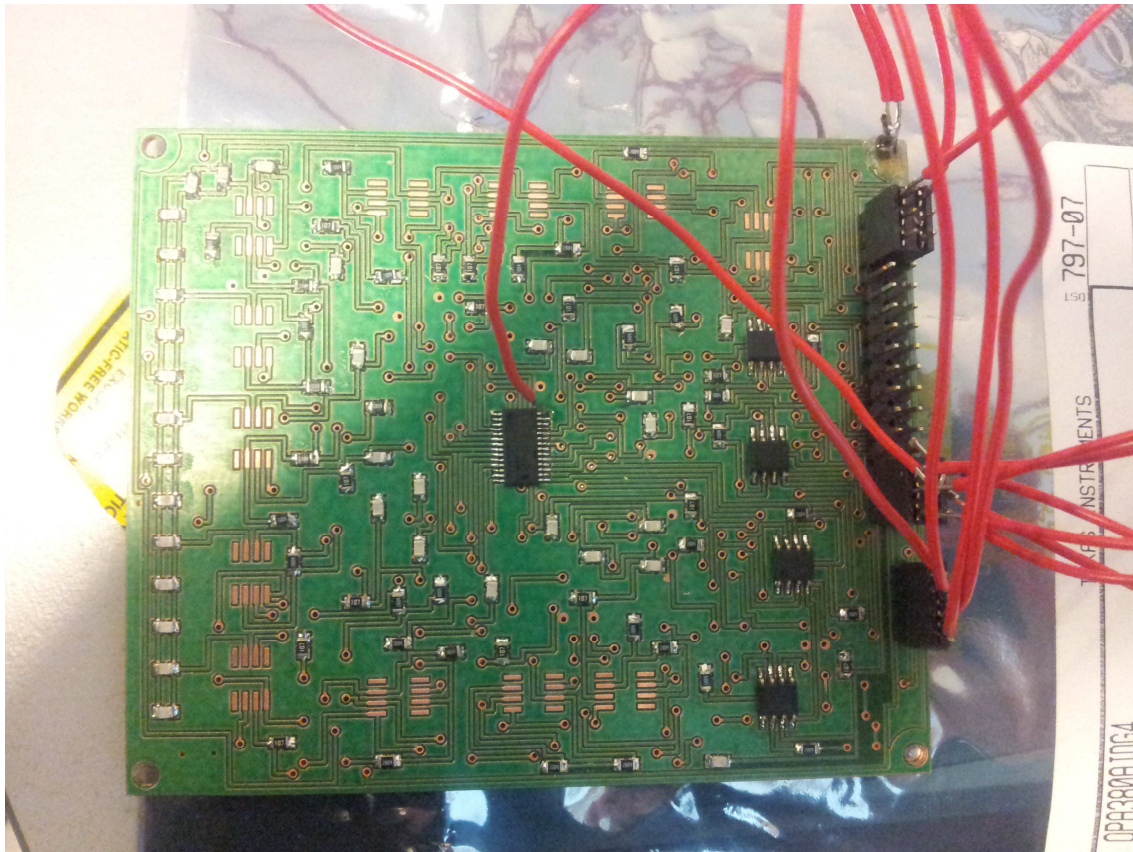
Piirilevyn kasaus aloitettiin, kun piirilevy oli valmis tilauksen kannalta (kuva 15). Pintaliitoskomponenttien juottamisessa käytettiin apuvälineinä kolvia, tinaa, tinnaimuria, tinasukkaa, kuparin kiillotukseen käytettävää kynää sekä juoksutetta eli fluksia. Myös alkoholia oli hyvä käyttää ylimääräisen fluksin poistoon. Kaikkia komponentteja ei saatu juotettua piirilevyyn, koska komponenttien tilauksissa ei saatu tarvittava määrä AD820-komponentteja. AD820-komponenttien tilalle juotettiin myös OPA380-komponentteja, jotta datansiirto sarjaportin läpi ja ohjelmointi voitiin toteuttaa. (Kuva 16.) Piirilevyn kasaukseen jälkeen tarkastettiin, että piirilevystä tuli sellainen kuin haluttiin. Piirilevy oli kokonaisuudessaan onnistunut. (18.)





*KUVA 15. Piirilevy ilman komponentteja*



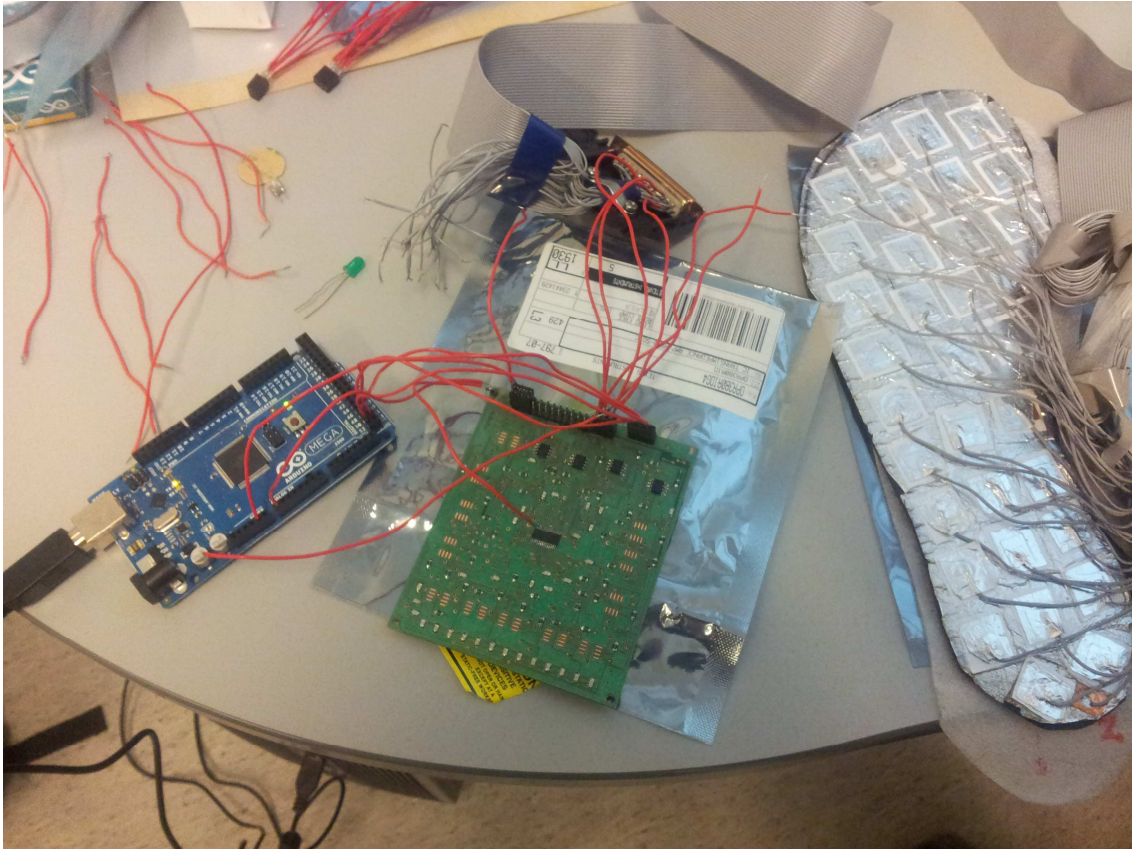


*KUVA 16. Piirilevy komponenttien kanssa*

Piirilevyn testauksessa ensimmäisenä oli hyvä tarkastaa yleismittarilla juotosten toimivuus. Juotoksissa ei ollut oikosulkuja, joten piirilevyn kokoaminen onnistui ihan mallikkaasti. Testauksessa käytettiin myös 5 V:n käyttöjännitettä.

#### **4.5 Datansiirto sarjaportin läpi ja ohjelmointi**

Datansiirron toteutus vaati kytkennän piirilevyn, Arduino-mikrokontrollerin, jalkapohjan sekä PC:n välillä (kuva 17). Jalkapohja saatiin hyvinvointiteknologian puolelta, jossa oli sensoreita laitettu valmiiksi tarvittava määrä. Vaiheen aikana huomattiin, että piirilevyn suunnittelun aikana oli tullut virheitä, jotka piti korjata hyppylankojen avulla piirilevyssä. ADG706-komponentin kytkennästä puuttui kokonaan vedot drain terminal -pinnistä sekä active high device enable -pinnistä piirilevylle. Myös vastukset olivat liian suuret operaatiovahvistimissa. Hyppylankojen avulla korjaus kuitenkin onnistui ihan hyvin.



*KUVA 17. Datansiirron toteutus*

Sarjaportin läpi tuleva datansiirto ohjelmoitiin Arduinon omalla ohjelmalla. Ohjelmasta tehtiin sellainen, että se näyttää, miten eri sensoreista tulee dataa sarjaportin läpi. Ohjelman tarkoitus oli toimia pohjana tuleville samanlaisille projekteille. (Liite 1.)

#### **4.6 Loppuraportointi**

Raportointi tehtiin työn loppuvaiheessa. Apuna käytettiin työn aikana tehtyjä asioita sekä muistiinpanoja. Suomenkielinen raportointi tehtiin koulun ulkopuolella, mutta siihen käytettiin myös ohjaajien apua. Tilaajan pyynnöstä kirjoitettiin myös englanninkielinen tiivistelmä.

## 5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Emfi-kalvon solujen paikannus, jonka avulla oli tarkoitus mitata jalan painekohtia. Tavoitteet onnistuivat työssä ihan mallikkaasti, vaikka loppuvaiheessa tuli ongelmia eteen. Aikataulu vaikeutti tavoitteiden saavuttamista, mutta suuri panostus varsinkin loppuvaiheessa paransi työn kokonaistulosta. Työssä onnistui myös kaikki ihan hyvin tuloksien kannalta, vaikka ohjelmointi jäi lopulta hieman vajaaksi ja piirilevyn suunnittelussa tuli pieniä virheitä. Kuitenkin on hyvä muistaa, että piirilevy oli tietynlainen prototyyppi seuraavia projekteja varten.

Oma panostus ja tietämys vaikuttivat myös työn kokonaistulokseen. Opin uusia asioita varsinkin piirilevyn suunnittelun ja ohjelmoinnin aikana. Sen verran haluan olla kriittinen tätä työtä ajatellen, että olisi ollut helpompaa tehdä työtä, jos aiempia samanlaisia töitä olisi ollut näytettävillä minulle ennen työn aloittamista. Tämä opinnäytetyö oli kuitenkin erinomainen kokemus tulevaisuuttani ajatellen siinä mielessä, että tiedän taas enemmän, miten itsenäisesti työskennellään ja raportoidaan. Ohjaajien panostus työssä oli myös positiivista ja koululta tarvittavat muut apuvälineet olivat heti saatavilla.

## LÄHTEET

1. Multiplexing. 2012. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Multiplexing>. Hakupäivä 15.2.2012.
2. Science Direct. 2000. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424799002691>. Hakupäivä 17.2.2012.
3. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. 2012. EMFi. Saatavissa: <http://hyvinvointiteknologia.oamk.fi/projektit/EMFi/>. Hakupäivä 15.2.2012.
4. L-series. 2012. Saatavissa: [http://www.emfit.com/en/sensors/products\\_sensors/l-series/](http://www.emfit.com/en/sensors/products_sensors/l-series/). Hakupäivä 15.2.2012.
5. R-series. 2012. Saatavissa: [http://www.emfit.com/en/sensors/products\\_sensors/r-series/](http://www.emfit.com/en/sensors/products_sensors/r-series/). Hakupäivä 15.2.2012.
6. S-series. 2012. Saatavissa: [http://www.emfit.com/en/sensors/products\\_sensors/s-series/](http://www.emfit.com/en/sensors/products_sensors/s-series/). Hakupäivä 15.2.2012.
7. Multiplexer. 2012. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Multiplexer>. Hakupäivä 15.2.2012.
8. Operaatiovahvistin. 2012. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Operaatiovahvistin>. Hakupäivä 15.2.2012.
9. Arduino Board Mega 2560. 2012. Saatavissa: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. Hakupäivä 15.2.2012.
10. Emfit Preamplifiers For Emfit Sensors. 2003. Saatavissa: [http://www.emfit.com/uploads/pdf/Emfit\\_preamplifiers\\_for\\_emfit\\_sensors.pdf](http://www.emfit.com/uploads/pdf/Emfit_preamplifiers_for_emfit_sensors.pdf). Hakupäivä 15.2.2012.

11. Emfit S-series Specifications. 2003. Saatavissa:  
[http://www.emfit.com/uploads/pdf/Emfit\\_S-series\\_specifications.pdf](http://www.emfit.com/uploads/pdf/Emfit_S-series_specifications.pdf). Hakupäivä 15.2.2012.
12. Farnell FI. 2011. Saatavissa:  
<http://www.farnell.com/datasheets/1511569.pdf>. Hakupäivä 1.3.2012.
13. Farnell FI. 2012. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/analog-devices/ad820arz/op-amp-fet-rro-p-smd-soic8-820/dp/9426469>. Hakupäivä 1.3.2012.
14. Farnell FI. 2012. Saatavissa: <http://www.farnell.com/datasheets/77732.pdf>. Hakupäivä 22.2.2012.
15. Farnell FI. 2012. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/analog-devices/adg706bruz/ic-mux-16ch-smd-tssop28-706/dp/9604332>. Hakupäivä 22.2.2012.
16. Farnell FI. 2012. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/vishay-draloric/crcw08051m00fkea/thick-film-chip-resistor/dp/1652946>. Hakupäivä 1.3.2012.
17. Farnell FI. 2012. Saatavissa:  
<http://fi.farnell.com/avx/08051a101jat2a/capacitor-0805-100pf-100v/dp/499171RL>. Hakupäivä 1.3.2012.
18. Texas Instruments OPA380. 2007. Saatavissa:  
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa380.pdf>. Hakupäivä 3.5.2012.

## LIITE 1. Arduino-koodi

LIITE 1/1

```
//Mux control pins
```

```
int a0 = 50;
```

```
int a1 = 51;
```

```
int a2 = 52;
```

```
int a3 = 53;
```

```
//Mux in "D" pin
```

```
int D_pin = A0;
```

```
void setup(){
```

```
  pinMode(a0, OUTPUT);
```

```
  pinMode(a1, OUTPUT);
```

```
  pinMode(a2, OUTPUT);
```

```
  pinMode(a3, OUTPUT);
```

```
  digitalWrite(a0, LOW);
```

```
  digitalWrite(a1, LOW);
```

```
  digitalWrite(a2, LOW);
```

```
  digitalWrite(a3, LOW);
```

```
Serial.begin(9600);

}

void loop(){

    //Loop through and read all 16 values
    for(int i = 1; i < 17; i ++){

        Serial.print("Value at channel ");

        Serial.print(i);

        Serial.print(" is : ");

        Serial.println(readMux(i));

        delay(100);

    }

}

int readMux(int channel){

    int controlPin[] = {a0, a1, a2, a3};

    int muxChannel[16][4]={
```

```
//{0,0,0,0}, //channel 1  
//{0,0,0,1}, //channel 2  
//{0,0,1,0}, //channel 3  
//{0,0,1,1}, //channel 4  
//{0,1,0,0}, //channel 5  
{0,1,0,1}, //channel 6  
//{0,1,1,0}, //channel 7  
//{0,1,1,1}, //channel 8  
//{1,0,0,0}, //channel 9  
//{1,0,0,1}, //channel 10  
//{1,0,1,0}, //channel 11  
//{1,0,1,1}, //channel 12  
//{1,1,0,0}, //channel 13  
//{1,1,0,1}, //channel 14  
//{1,1,1,0}, //channel 15  
//{1,1,1,1} //channel 16  
};
```

```
//Loop through the 4 D  
//for(int i = 0; i < 4; i ++){
```



```
//digitalWrite(controlPin[i], muxChannel[channel][i]);  
  
//}  
  
//Read the value at the D pin  
  
int val = analogRead(D_pin);  
  
//Return the value  
  
return val;  
  
}
```