

Juhani Kuoppala

**Valonjakokäyrän mittauslaitteisto**

Sähköinen suunnittelu ja ohjelmointi

Opinnäytetyö

Syksy 2009

Tekniikan yksikkö

Tietotekniikan koulutusohjelma

Sulautettujen järjestelmien suuntautumisvaihtoehto



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

### OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Tietotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Sulatettujen järjestelmien suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Juhani Kuoppala

Työn nimi: Valonjakokäyrän mittauslaitteisto

Ohjaaja: Heikki Palomäki

Vuosi: 2009

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 4

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä eri kulmissa valoa mittaava laitteisto. Laitteistolla on mahdollista saada tiedot valonjakokäyrään, josta ilmenee miten valaistusvoimakkuus jakautuu lampun ympärillä. Valonjakokäyrän avulla voidaan suunnitella valaistusta eri tiloihin.

Tavoitteena oli kehittää sähköinen sekä ohjelmallinen osuus. Ohjelmointialustana käytettiin LabVIEW-ohjelmaa tietokoneella. LabVIEW-ohjelmalla on mahdollista luoda monenlaisia mittausohjelmia, erilaisia tutkimuksia sekä muunneltavia käyttöliittymiä.

Opinnäytetyö sisältää laitteiston suunnittelua ja LabVIEW-ohjelman osia, esimerkiksi sarjamuotoista tiedonsiirtoa, kulman mittaus kiihtyvyyssanturilla ja tiedostonkäsittelyä.

Avainsanat: kulman mittaus, LabVIEW, valon mittaus, valonjakokäyrä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Thesis abstract**

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Information Technology  
Specialisation: Embedded Systems

Author: Juhani Kuoppala

Title of the thesis: Measuring equipment for a light distribution curve.

Supervisor: Heikki Palomäki

Year: 2009                      Number of pages: 40      Number of appendices: 4

---

The purpose of this thesis is to make measuring equipment which is used to measure light at different angles. This is called a light distribution curve that shows how luminous intensity is polarized around the light. After that, this data can be used to design lighting for facilities.

The object of this project is to create the hardware and a software model. The software is made with the LabVIEW program. LabVIEW can be used to create a fully functional measurement application with an analysis and a custom user interface. This thesis contains different parts of LabVIEW, for example, serial communication, angle measurement with an acceleration meter and file saving operations.

Keywords: angle measurement, LabVIEW, light distribution curve, light measurement

## SISÄLTÖ

### OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

### THESIS ABSTRACT

### SISÄLTÖ

### KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

### KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | JOHDANTO .....                            | 7  |
| 1.1 | Työn tausta .....                         | 7  |
| 1.2 | Työn tavoitteet.....                      | 8  |
| 1.3 | Työn rakenne .....                        | 9  |
| 1.4 | Yritysesittely .....                      | 10 |
| 2   | FYSIKAALISET ILMIÖT TYÖN TAUSTALLA .....  | 11 |
| 2.1 | Valo.....                                 | 11 |
| 2.2 | Kiihtyvyys .....                          | 12 |
| 3   | KÄYTETYT OHJELMISTOT JA LAITTEET .....    | 13 |
| 3.1 | National Instruments LabVIEW .....        | 13 |
| 3.2 | National Instruments USB-6008.....        | 15 |
| 3.3 | NI LabVIEW SignalExpress for Windows..... | 16 |
| 3.4 | Deltaohm HD2102.2.....                    | 17 |
| 3.5 | DeltaLog9.....                            | 18 |
| 3.6 | Kiihtyvyyssanturi .....                   | 18 |
| 3.7 | Muut laitteet ja ohjelmistot.....         | 19 |
| 4   | TOIMINNALLINEN KUVAUS .....               | 20 |
| 4.1 | Käyttöliittymä.....                       | 20 |
| 4.2 | Ohjelman toiminta .....                   | 21 |
| 5   | TYÖN ETENEMINEN.....                      | 22 |
| 5.1 | Suunnittelu .....                         | 22 |
| 5.2 | Esivalmistelut .....                      | 24 |
| 5.3 | A/D-mittauksen lukeminen .....            | 25 |

|   |    |
|---|----|
| 5.3.1 Kiihtyvyyssanturilta kulman laskeminen.....                       | 26 |
| 5.3.2 Painikkeen ja kytkimen toiminta .....                             | 26 |
| 5.4 Sarjaportin toiminta ja valoisuuden mittaus.....                    | 26 |
| 5.5 Tiedon tallennus ja lukeminen.....                                  | 28 |
| 5.5.1 Kalibrointitieto .....  | 28 |
| 5.5.2 Mittaustiedon kokoaminen ja tallentaminen .....                   | 29 |
| 5.6 Virtuaali-instrumentin kääntäminen suoritettavaksi ohjelmaksi ..... | 30 |
| 5.6.1 Ohjelman (.exe) luominen .....                                    | 31 |
| 5.6.2 Asennuspaketin luominen .....                                     | 32 |
| 6 TESTAUS .....   | 33 |
| 6.1 Testaus kehitysympäristön koneessa .....                            | 34 |
| 6.2 Testaus toisessa tietokoneessa .....                                | 35 |
| 7 JATKOKEHITYS JA VAIHTOEHTOISET RATKAISUT .....                        | 36 |
| 8 YHTEENVETO.....   | 37 |
| LÄHTEET .....   | 38 |
| LIITTEET.....   | 39 |

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>A/D</b>            | ADC, Analog to Digital Converter, analogia-digitaalimuunnin.   |
| <b>DIP</b>            | Dual in-line package. Elektronisen piirin kotelointityyppi, jossa on nastoja kahdella piirin sivulla.                                      |
| <b>I/O</b>            | Input/output, sisääntulo/ulostulo.   |
| <b>IP-luokitus</b>    | Euroopassa käytettävä luokitusjärjestelmä sähkölaitteiden tiiviiden määrittämiseksi.   |
| <b>LabVIEW</b>        | Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.   |
| <b>LCD</b>            | Liquid Crystal Display. Nestekidenäyttö.   |
| <b>NI</b>             | National Instruments.  |
| <b>SI-järjestelmä</b> | Kansainvälinen yksikköjärjestelmä.   |
| <b>SICRAM</b>         | Sistema Computerizado de Retransmissao Automatica de Mensagens. Automaattinen anturin tunnistus ja kalibrointitiedon tallennusjärjestelmä. |
| <b>Suure</b>          | Kappaleen tai ilmiön mitattava ominaisuus.   |
| <b>USB</b>            | Universal Serial Bus.  |

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

|  |    |
|--|----|
| Kuva 1. Mittauskehikon periaate .....              | 8  |
| Kuva 2. LabVIEW Block Diagram ja Front Panel. .... | 14 |
| Kuva 3. National Instruments USB-6008. ....        | 15 |
| Kuva 4. NI LabVIEW SignalExpress. ....             | 16 |
| Kuva 5. Deltaohm HD2102.2. ....                    | 17 |
| Kuva 6. Kiihtyvyyssanturi. ....                    | 18 |
| Kuva 7. Ohjelman käyttöliittymä.....               | 20 |
| Kuva 8. A/D-mittauksen lukeminen. ....             | 25 |
| Kuva 9. Sarjaportin toimintaesimerkki.....         | 26 |
| Kuva 10. Tiedostonkäsittely esimerkki. ....        | 28 |
| Kuva 11. Projektinäkömä .....                      | 30 |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

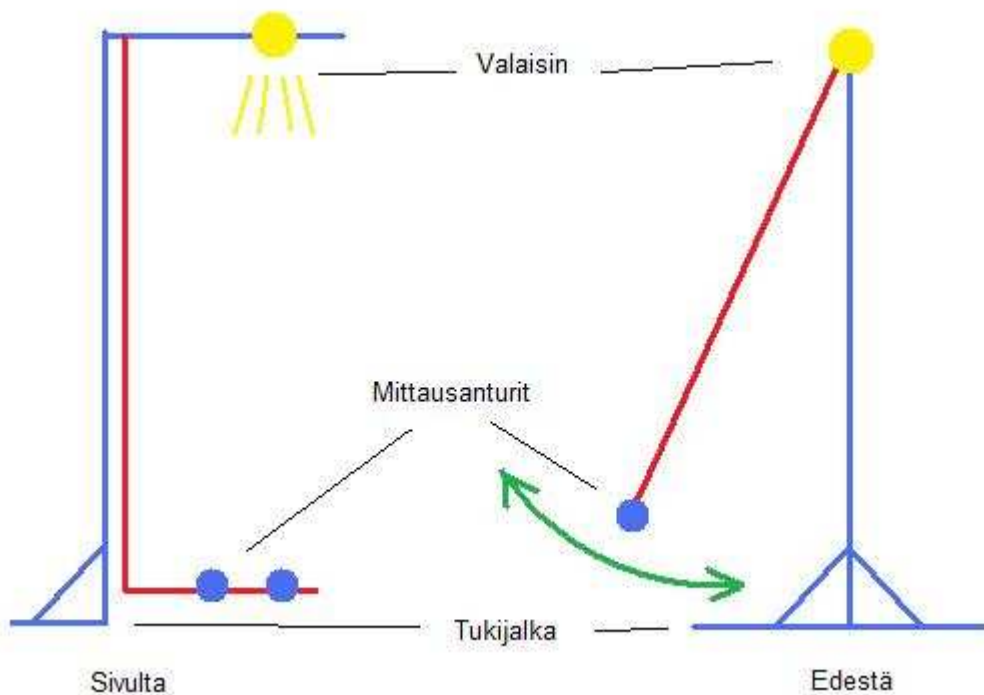
Suunniteltaessa valaistusta suureen tilaan asiakas voi määrittellä kuinka suuri valoteho tilaan tarvitaan. Tämä tarkoittaa sitä, että valaisimesta on tiedettävä tarkkaan sen säteilemä valoteho, sekä valon kohdistuminen valaisimesta. Valonjakokäyrä on kuvio, jossa edellä mainitut tiedot kuvataan havainnollisesti. Taulukkomuotoisesta tiedosta voidaan muuntaa valaistustieto Dialux-valaistuslaskentaohjelmaan käsin tai apuohjelman avulla. Dialuxissa voidaan tämän datan avulla laskea erilaisien tilojen valaistusvoimakkuuksia sekä valaisimien määrää. (Konster 2009.)

Tähän asti Centaurea Oy:llä valmistettuihin teollisuusvalaisimiin yritys on hankkinut valonjakokäyrän mittauksen ulkopuoliselta mittaajalta. Yrityksellä on ollut aikomus hankkia laadukas mittauslaite, jolla he voisivat itse suorittaa valonjakomittauksen. Yritys ei kuitenkaan vielä ollut toteuttanut aikomusta hankinnastaan, mikä mahdollisti tämän opinnäytetyön teon.



## 1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on valonjakomittaukseen tarvittavan laitteiston sähköinen suunnittelu ja tiedonkeruuohjelmiston ohjelmointi. Centaurea Oy:n kanssa yhdessä suunniteltiin laitteiston mekaaninen osuus, jonka yritys lupasi itse rakentaa. Toiminnot keskittyisivät mittauskehikkoon (ks. kuva 1), jossa ympärikeinuvassa päässä mittausanturit sijaitsevat. Tarkasteltava lamppu sijaitsee mittauskehikon keskellä, jonka ympäri tämä mittauspää pyörii. Tavoitteeksi jäi suunnitella ja ohjelmoida valomittauslaitteen käyttö ohjelmiston avulla, kulman mittaus sekä tietojen tallennus tekstitiedostoon jatkokäyttöä varten. Ohjelmaan on saatava hyvät säätömahdollisuudet manuaalista mittausta varten ja muiden myöhemmin ilmenevien ongelmien ehkäisemiseksi.



Kuva 1. Mittauskehikon periaate

### 1.3 Työn rakenne

Työssä ensimmäisenä pohditaan sitä millaisia ohjelmia sekä laitteita työhön tarvitaan ja mitkä soveltuvat parhaiten tähän työhön. Lisäksi suunnitellaan kuinka näiden tulisi toimia tässä työssä ja miten näihin ratkaisuihin sekä valintoihin päästiin.

Seuraavassa osassa tutustutaan LabVIEW-ympäristöön ja A/D-muunnoksen sisällyttämistä siihen mukaan. Tarkastellaan myös kulman mittaamista kiihtyvyyssanturilla ja miten tämä saadaan LabVIEW-ympäristössä toimimaan.

Kolmanneksi tutkitaan sarjaväylän käyttöä LabVIEW-ympäristössä ja sen toimintakuntoon asettamista. Sen jälkeen tarkastellaan valomittarin käyttöä sarjaväylällä ja ratkaisua sen toimintaan LabVIEW-ympäristössä.

LabVIEW-ympäristössä tarkastellaan tapoja suorittaa tiedontaulukointia ja tiedontallennusta suoraan tekstitiedostoon.

Lopuksi testataan mittausten ja ohjelmiston toimintaa erilaisilla käyttökokeilla. Lisäksi tarkastellaan löytyykö toiminnasta ongelmia ja pohditaan ratkaisuja niihin.

## 1.4 Yritysesittely

Centaurea Oy on suomalainen siirrettävien valaisimien valmistaja, joka nykyään tunnetaan teollisuusvalaisimista ja räjähdysvaarallisten tilojen valaisimista. Yritys on perustettu vuonna 1991, jolloin päätuotteena olivat normaalit siirrettävät teollisuusvalaisimet. Aikojen kuluessa ja pitkän kehitystyön tuloksena päätuotteeksi muodostui räjähdysvaarallisiin tiloihin suunnatut valaisimet. Kehitykseen on vaikuttanut myös räjähtävien kaasujen ja pölyjen turvamääräyksiä sisältävä ATEX-direktiivi, jonka myötä asiakkaiden keskuudessa turvallisuustietämys on lisääntynyt. (Centaurea Oy 2004.)

Centaurea Oy:n valmistamat teollisuusvalaisimet tunnetaan niiden räätälöitävyydestään ja hyvästä kestävydestään. Hyvä räätälöitävyys lähtee aina asiakkaan tarpeiden mukaisesti ja valaisimet varustellaan toiveiden mukaan. Tästä syystä teollisuusvalaisimet valmistetaan ainoastaan tilauksesta, jolloin varastotuotteita ei ole. Tilauksessa asiakas voi määrittää valaisimelle käyttöjännitteen, kaapelityypin, kaapelin pituuden ja pistotulpat. Itse perustuote käsittää valaisimen, jossa yritetään ottaa huomioon myös muita asiakkaan toiveita. Hyvä kestävyys on teollisuusvalaisimelle tärkeä ominaisuus, jolloin rikkiäinen valaisin ei pääse aiheuttamaan työhön vaaratilanteita tai muita ongelmia. Tätä varten valaisimet on suunniteltu siten, että ne kestävät kolhimista ja huolimattontakin käyttöä. Teollisuusvalaisimien kestävyuden tärkeys korostuu työmaakäytössä, kun valaistus on pitkään ja pelkääntään väliaikaisen valaistuksen varassa. (Centaurea Oy 2004.)

## 2 FYSIKAALISET ILMIÖT TYÖN TAUSTALLA

### 2.1 Valo

Valo on fysikaalisesti sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituusalue on noin 400 - 760 nm. Valoa lyhytaaltoisempaa säteilyä kutsutaan ultraviolettisäteilyksi ja vastaavasti infrapunasäteilyksi kutsutaan pitempiaaltoista säteilyä. Valon eli sähkömagneettisen säteilyn etenemisnopeus on noin 300000 km/s. (Aalto 1977, 12.)

Fotometria liittyy valoon siten, että se käsittelee erilaisia valaistukseen liittyviä suureita. Silmä on optinen koje, jolla on erilainen herkkyys eriväriselle valolle. Tämä erilainen herkkyys on huomioitu tässä fotometriassa. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2004, 254.)

Fotometrian suureita:

- Avaruuskulma (yksikkö  $[\Omega] = \text{sr}$ , steradiaani) on kolmiulotteinen kulma valaistussuureiden määrittelyyn, koska valonlähteet säteilevät koko avaruuteen tai osaan avaruutta. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2004, 254-255.)
- Valovoima (yksikkö  $[I] = \text{cd}$ , kandela) on SI-järjestelmän perussuure. Valovoima kuvaa valon voimakkuutta tarkastelusuunnassa, jossa on otettu huomioon silmän spektriherkkyys. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2004, 255.)
- Valovirta (yksikkö  $[\Phi] = \text{lm}$ , lumen) on valonlähteen valotehoa kuvaava suure, jossa on otettu huomioon silmän spektriherkkyys. Valovirta on valovoiman ja avaruuskulman tulo. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2004, 255-256.)

- Valaistusvoimakkuus (yksikkö  $[E] = \text{lx}$ , luks) kertoo pintaan osuvan valovirran tiheyttä. Valaistusvoimakkuus on valovirran ja pinta-alayksikön osamäärä. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2004, 256.)

## 2.2 Kiihtyvyys

Kiihtyvyys on fysiikkaan liittyvä suure, joka tarkoittaa jonkin kappaleen keskikihtyvyyttä. Kappaleen keskikihtyvyys saadaan laskemalla, kun kappaleen nopeuden muutos jaetaan kyseiseen muutokseen kuluneella ajalla. Hidastuvasta liikkeestä puhutaan silloin, kun kiihtyvyys on negatiivista. Kiihtyvyydelle ja hidastuvalle liikelle käytetään yhteisnimitystä muuttuva liike. Kiihtyvyyttä on myös maan vetovoima, jota kutsutaan putoamiskiihtyvyydeksi. (Hautala & Peltonen 2003, 15-32.)

Paikoillaan olevasta kiihtyvyyssanturista saadaan putoamiskiihtyvyyden avulla laskettua kiihtyvyyssanturin asento, jota hyödynnetään mittauskehikon kulman määrittelyyn. Kulman laskemisesta on kerrottu tarkemmin luvussa 5.3.1.

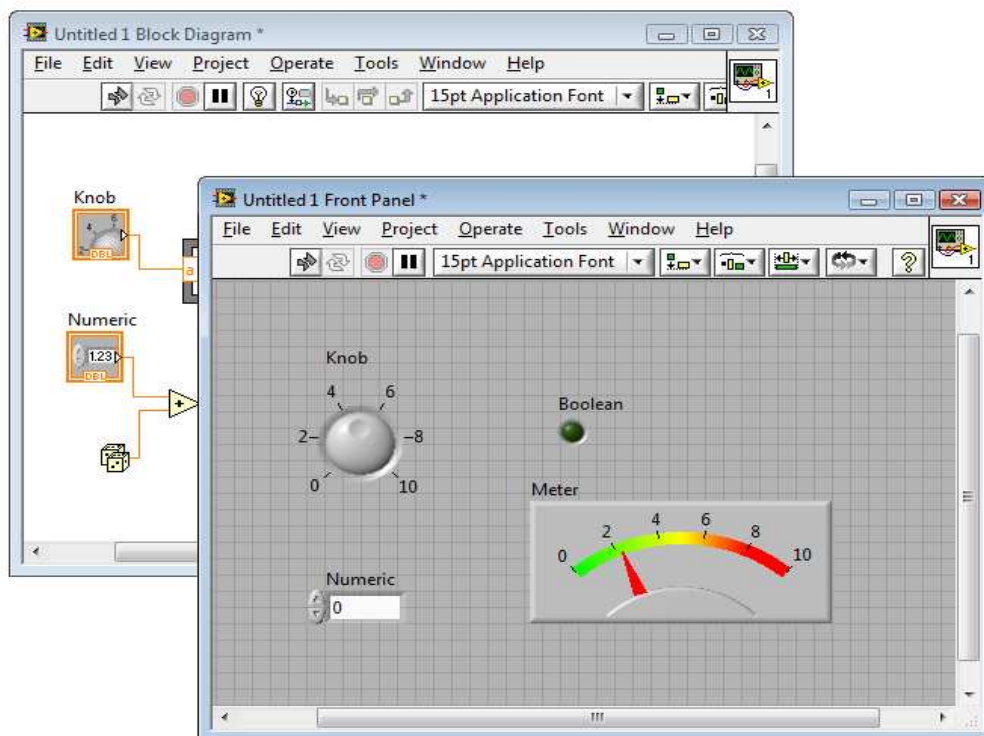
## 3 KÄYTETYT OHJELMISTOT JA LAITTEET

### 3.1 National Instruments LabVIEW

National Instruments on perustettu vuonna 1976 Austinissa, Texasissa. Perustajat James Truchard, Jeffrey Kodosky ja William Nowlin työskentelivät yliopistossa Austinissa kaikuluotainprojektissa, jota tehtiin laivastolle. Tällöin James etsi tapaa yhdistää testauslaitteistoa PDP-11-tietokoneeseen ja päätti kehittää liitännän käyttöliittymälle, josta myöhemmin syntyi LabVIEW sekä käsite virtuaali-instrumentti. Samalla syntyi National Instruments, joka nykyään kehittää laitteistoja sekä ohjelmistoja mittaukseen, prosessien ohjaamiseen ja datan tallennukseen ja analysointiin. (Bishop 2007, 3-4.)

LabVIEW on lyhennys sanoista **L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench. Se on tehokas ja joustava graafinen kehitysympäristö. LabVIEW on suuri tekijä testauksen, mittauksen, automaation ja tiedon analysoinnin alueella. (Bishop 2007, 3-4.)

LabVIEW:llä tehtyjä ohjelmia kutsutaan virtuaali-instrumenteiksi (Virtual Instruments, VI). LabVIEW käyttää graafista G-ohjelmointikieltä, joka eroaa selvästi tekstipohjaisista ohjelmointikielistä esim. C-kielestä. G-kielessä luodaan ohjelmia graafisten symbolien riippuvuuksista, jotka kuvaavat ohjelman toimintaa. Terminologia on käytössä tuttua insinööreille ja graafiset G-kieliset ikonit ovat havainnollistavia ominaisuuksistaan. (Bishop 2007, 3-4.)



Kuva 2. LabVIEW Block Diagram ja Front Panel.  
(LabVIEW-ohjelma.)

Jokainen virtuaali-instrumentti koostuu kahdesta osasta, jotka ovat käyttöliittymä (Front Panel) ja lohkokaavio (Block Diagram). Käyttöliittymä on se osa, joka sisältää kaiken käyttäjälle näkyvän osan, esim. säätimet, kytkimet, mittarit, graafiset kuvaajat jne. Lohkokaavio puolestaan sisältää funktiot ja toiminnan määräävät komponentit. Virtuaali-instrumentista voidaan luoda aliohjelmaa (SubVIs), joilla on omat ikonit ja liittimet. Näitä aliohjelmaa voidaan käyttää muissa virtuaali-instrumenteissa selkeyttämään rakennetta ja helpottamaan ohjelmointia. (Sokoloff 2004, 1-4.)

LabVIEW Professional Development System -pakettiin lisäksi sisältyy NI LabVIEW Application Builder -ohjelma, jolla on mahdollista luoda erillisen ajettavan ohjelman. Tähän ajettavaan ohjelmaan on mahdollista sisällyttää asennuspaketti, joka sisältää sekä asentaa kaikki tarvittavat kirjastot ja ajurit, joita kyseinen virtuaali-instrumentti tarvitsee. Toiseksi tällä saadaan suojattua lohkokaavio muutoksilta ja estettyä tekijänoikeuksien alaisten tietojen leviämisen. (National Instruments 2008b.)

### 3.2 National Instruments USB-6008



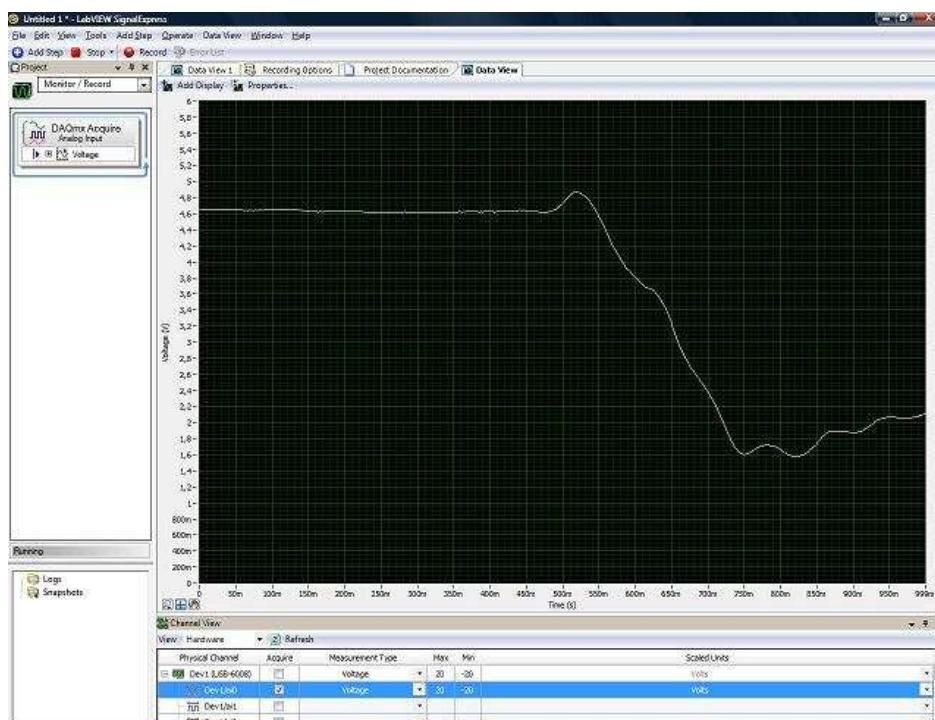
Kuva 3. National Instruments USB-6008.  
(National Instruments 2008a.)

National Instruments USB-6008 on edullinen ja pienikokoinen USB-liitännällä varustettu mittausyksikkö peruskäyttöön ja vaativampiin käyttökohteisiin. USB-6008 tarjoaa helpon mittausalustan erilaisiin ohjelmistoihin ja käyttöjärjestelmiin. Käyttöjärjestelmistä tuetaan Windowsia, Linuxia ja Mac OS X:ää, ja ohjelmistoista tuetaan LabVIEWia, LabWindows/CVIa, Visual Studio .NET:ia ja ANSI C/C++:aa. Mittausyksikön valttina ovat sen monipuoliset ominaisuudet yksinkertaisessa tiedon tallennuksessa, hyvässä siirrettävyydessä ja vaativissa mittausjärjestelmissä. Mittausyksikön mukana tulee NI LabVIEW SignalExpress -ohjelma, jolla onnistuu mittausyksikön monipuolinen käyttö (josta tarkemmin seuraavassa luvussa). (National Instruments 2008a.)

Liitäntöjä USB-6008:ssa on 10 kpl analogisia, 12 kpl digitaalisia ja lisäksi kaksi vakiojännitettä. Analogiapuolella on 8 kpl 12 bittisiä tuloja ja lähtöjä on vain kaksi, jotka ovat myös 12 bittisiä. Digitaalisia I/O paikkoja on 12 kpl. Laskureita laitteessa on yksi 32 bittinen. Lisätietoja on liitteessä 3. (National Instruments 2008a.)



### 3.3 NI LabVIEW SignalExpress for Windows



Kuva 4. NI LabVIEW SignalExpress.  
(SignalExpress-ohjelma.)

NI LabVIEW SignalExpress on reaaliaikainen mittauksien analysointi- ja tallennusohjelmisto, jolla onnistuu myös nopeat mittaukset ja graafiset näytöt. Ohjelmisto tukee satoja laitteita ja mittareita, joita voidaan käyttää samanaikaisesti. Raporttien tekeminen onnistuu helposti ja raportit voidaan tarvittaessa muuntaa suoraan esimerkiksi Excel-muotoon. (National Instruments 2009.)

SignalExpressin käyttö on helppoa raahaa ja pudota -menetelmällä, ja käyttäjän ei tarvitse osata minkäänlaisia ohjelmointitaitoja. Mittauksesta voidaan luoda tiedon tallennukselle ja signaalien säädöille yhteinen projekti, joka voidaan muuntaa yhdellä napin painalluksella LabVIEW:ssa toimivaksi osaksi (National Instruments 2009.)

### 3.4 Deltaohm HD2102.2



Kuva 5. Deltaohm HD2102.2.  
(Deltaohm S.r.L 2008.)

Deltaohm HD2102.2 on kannettava mittauslaite suurella LCD-näytöllä. Se mittaa valoa, luminanssia ja säteilyä. Mittauspää on varustettu SICRAM automaattisella tunnistusmoduulilla, jolloin automaattisesti valitaan oikea mittaussuure ja saadaan mittauspäiden kalibroitieto. HD2102.2 on myös tiedonkeruulaite, joka tallentaa jopa 38000 näytettä. Laitteen tallentamat näytteet voidaan siirtää tietokoneelle käyttäen USB-porttia ja käsitellä esim. laitteen mukana tulevalla DeltaLog9-ohjelmalla (josta tarkemmin seuraavassa luvussa). Näytteiden tallennusväli sekä tulostus voidaan asettaa laitteen asetuksista. Tietoliikenneyhteydellä on mahdollista siirtää mittaustulosta reaaliaikaisesti tietokoneelle tai kannettavalle tulostimelle. Laitteesta löytyy toiminnot suurimman, pienimmän ja keskiarvon laskemiseksi. Muita toimintoja on suhteellinen mittaus, lukitustoiminto ja automaattinen virran katkaisu. Laitteella on IP67-suojausluokitus. Lisätietoja on liitteessä 2. (Deltaohm S.r.L. 2008.)

### 3.5 DeltaLog9

DeltaLog9 on ohjelma, jolla voidaan käyttää helposti Deltaohmin mittareita. (Vain sarjat: HD21xx.1, HD21xx.2, HD34xx.2, HD32.7, HD326.8.8 ja HD32.8.16.) Muihin malleihin on olemassa oma versio DeltaLog-ohjelmasta. (Deltaohm S.r.L. 2005.)

Jos käytössä on tiedonkeruulaite, tallennus voidaan aloittaa ja pysäyttää ohjelmasta ja lopuksi siirtää kaikki mittarin muistissa olevat mittaukset suoraan tietokoneelle. Kaikissa malleissa on mahdollista muokata laitteen asetuksia, tarkistaa paristojen kunto ja lukea reaaliaikaisesti mittaustulosta. Mittaustulokset näytetään sekä taulukossa että graafisesti näytöllä, jonka jälkeen ne voidaan tulostaa, tallentaa tiedostoon tai kääntää Excel-muotoon. (Deltaohm S.r.L. 2005.)

### 3.6 Kiihtyvyyssanturi



Kuva 6. Kiihtyvyyssanturi.  
(VTI Hamlin Oy 2001.)

CB1H1G on SCA610 sarjaan kuuluva kiihtyvyyssanturi, jonka on valmistanut VTI Hamlin Oy. Anturi on pienikokoinen 8-nastainen komponentti DIP-kotelossa, jolla on painoa alle gramman. Tällä anturilla voidaan kiihtyvyyden lisäksi mitata kulmaa, liikettä ja värinää. Lisätietoja on liitteessä 4. (VTI Hamlin Oy 2001.)

### **3.7 Muut laitteet ja ohjelmistot**

Centaurea Oy:ltä työhön varataan kannettava tietokone, jolla voidaan käyttää mitausohjelmistoa.

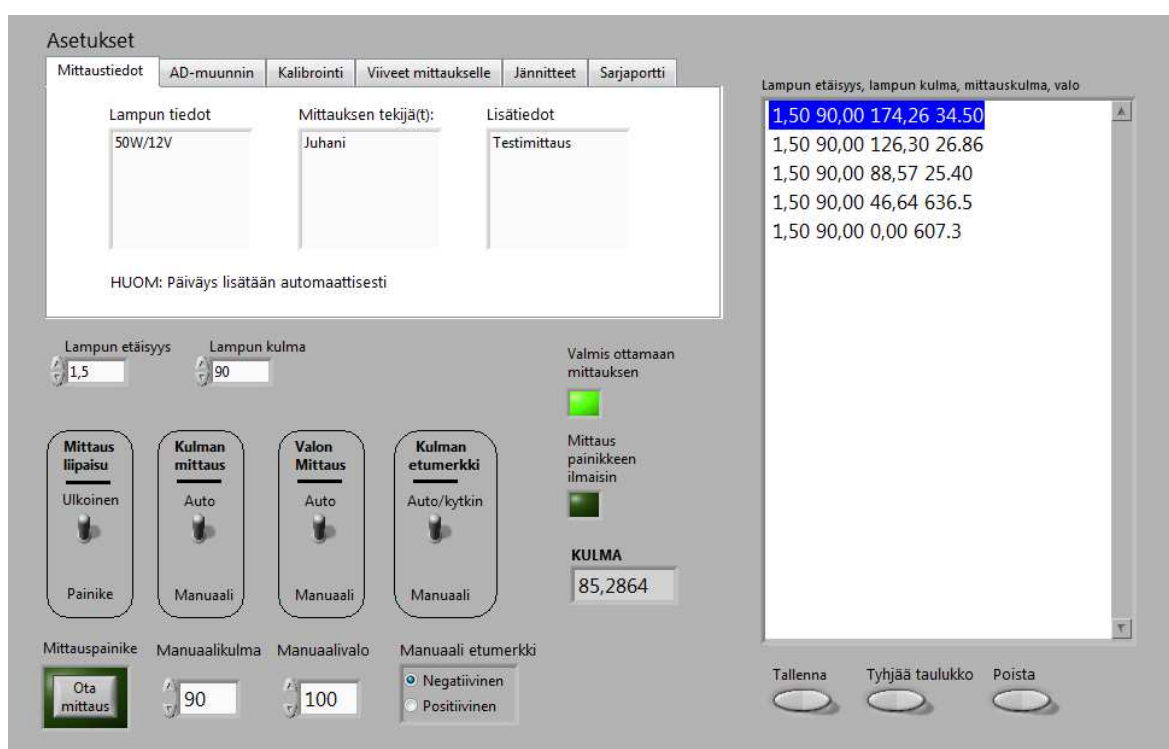
Centaurea Oy:ltä saadaan myös tarvittavat napit ja kytkimet omasta varastosta.

Hyperterminal on Windows-käyttöjärjestelmissä mukana tuleva ohjelma tietoliikennettä varten. Tässä työssä Hyperterminaalia käytetään valomittarin sarjaportin käskyjen testaamiseen.

## 4 TOIMINNALLINEN KUVAUS

Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti ohjelmiston käytöstä ja toiminnasta. Tarkemmin ohjelman käytöstä on kerrottu käyttöohjeessa (LIITE 1).

### 4.1 Käyttöliittymä



Kuva 7. Ohjelman käyttöliittymä

Ohjelmaa käynnistettäessä on asetettava oikeat asetukset sarjaportille sekä A/D-mittauksien kanaville. Ennen mittauksien suorittamista täytyy tehdä kalibrointi käsin tai muistissa olevan kalibrointitiedon avulla. Asetuksien ollessa oikein tehdään vielä muutamia mittauksiin liittyviä säätöjä. Lampun etäisyys ja lampun kulma tulevat mukaan jokaiseen mittaukseen. Ennen mittauksia tai mittauksien aikana on mahdollista asettaa mittauksen käynnistävä tapa. Muut säädöt tarkoittavat valintaa, otetaanko käyttöön laitteilta ja antureilta saatavat mittaukset vai manuaaliset käsin syötettävät arvot.

Mittauksia suoritetaan valinnasta riippuen ulkoisella mittauspainikkeella tai ohjelman mittauspainikkeella. Jokainen mittaus tulee taulukkoon omaksi riviksi. Ensimmäisenä mittausrivissä tulee lampun etäisyys, lampun kulma, mittauskulma ja lopuksi valaistusvoimakkuus. Rivejä eli mittauksia saadaan erillisellä painikkeella poistettua yksitellen tarpeen mukaan. Mittauksien ollessa valmiita käyttäjä voi halutessaan kirjoittaa lampun tietoja ja muita lisätietoja, jonka jälkeen ohjelma tallentaa kaikki tiedot ja mittaukset tekstitiedostoon.

## **4.2 Ohjelman toiminta**

Ohjelma koostuu erilaisista osista, joista osaa suoritetaan reaaliaikaisesti ja toista osaa vaan käyttäjän toimesta. A/D-mittauslaitteen kanavia luetaan reaaliaikaisesti ja kulma lasketaan kiihtyvyyssanturin avulla yhdestä mittauskanavasta. Kalibrointi-toimintoja käytettäessä tekstitiedostoja luetaan tai tallennetaan. Näiden tietojen avulla kiihtyvyyssanturilta tulevasta jännitteestä lasketaan kulman suuruus. Mittausta ottaessa lähetetään sarjaporttiin komento, josta odotetaan mittausvastausta tietyn ajan verran. Tämän jälkeen kerätään lampun etäisyys, lampun kulma, kulman suuruus sekä valaistusvoimakkuuden arvot yhdeksi mittausriviksi ja näytetään taulukossa. Uusia mittauksia otettaessa mittausrivi lisätään edellisten rivien jatkoksi. Tietojen tallennusvaiheessa mittausrivit, päiväys sekä muut tiedot kootaan yhdeksi kokonaisuudeksi ja tallennetaan käyttäjän haluamaan tiedostoon. Ohjelman toimintaa on tarkemmin kuvattu seuraavassa luvussa.

## 5 TYÖN ETENEMINEN

### 5.1 Suunnittelu

Opinnäytetyötä suunniteltiin yhdessä Centaurea Oy:n kanssa, jolloin keskusteltiin tarvittavista toiminnoista ja ominaisuuksista kyseiseen työhön liittyen. Lähtökohtana oli se, että tietokoneella saadaan luettua valomittaria ja kulmaa sekä tulostettua nämä taulukoksi tietokoneelle. Yrityksellä oli suunnitelmissa hankkia tässä työssä käytetty valomittari jo aikaisemmin ja tämä opinnäytetyö antoi heille syyn sen hankintaan. Mittari on itsenäinen mittauslaite sarjaliikenneväylällä. Mittaria voidaan käyttää sellaisenaan, tai sitä voidaan käyttää sarjaliikenneväylän avulla. Mittarille on siis yrityksellä muunkinlaista käyttöä, eivätkä sen käyttömahdollisuudet rajoitu vain tähän työhön. Mittarista on saatavilla kaksi erilaista mallia, josta valittiin USB-liitännällä olevan mallin, koska uusimmista tietokoneista harvoin löytyy enää sarjaporttia.

Kulman mittaamiseksi tuli monenlaisia ideoita esille mm. mekaanisia kytkimiä ja muita liikkuvia osia sisältäviä ratkaisuja. Parhaaksi ratkaisuksi osoittautui kiihtyvyyssanturi, joka ei sisällä itsessään liikkuvia mekaanisia osia. Kiihtyvyyssanturit ovat nykyään hyvin edullisia sekä kestäviä.

A/D-mittauslaitteen täytyi olla hyvin suorituskykyinen, monikanavainen ja helposti kytkettävissä tietokoneeseen. Kytkentäesimerkkejä olisi ollut saatavilla itse rakennettavaksi, mutta tähän työhön valittiin käytettäväksi valmis laite, jolloin aikaa saadaan säästettyä itse mittausohjelman suunnitteluun ja sen tekemiseen. Työn suunnitteluvaiheessa koululle oli saapunut useampi NI USB-6008 -mittausyksikkö koulutuskäyttöön, josta saatiin yksi lainaksi tätä opinnäytetyötä varten. Tämä osoittautui lyhyessä koekäytössä sopivaksi käytettäväksi tähän opinnäytetyöhön. Mittausyksiköstä löytyy useampi analoginen sisääntulo, jotka ovat tarpeen kiihtyvyyssanturia ja painikkeita varten. Lisäksi 5 V:n syöttöjännite kiihtyvyyssanturille ja painikkeille saadaan suoraan mittausyksiköstä. USB-liittimellä varustettuna tämä ei tar-

vitse erillistä virtalähdettä. Valinnan selkiytyttyä Centaurea Oy tilasi tämän mittausyksikön opinnäytetyötä ja mahdollista muuta myöhempää käyttöä varten.

Ohjelmointiympäristöä valittaessa täytyy ottaa huomioon mahdollisuudet valomittarin ja mittausyksikön ohjaamiseen sekä lukemiseen. Vaihtoehtoista ensimmäiseksi mieleen tulee C++/C#-kielinen ohjelma. Tällä ympäristöllä onnistuisi helposti ainakin tietoliikenne valomittarin ohjaukseen ja lukemiseen, sekä erilaiset tiedostonkäsittelyt. Toinen vaihtoehto oli Centaurea Oy:n ehdotus, koska heillä oli käytössä eräänlainen testausasema toteutettuna LabVIEW:llä. Koska mittausyksiköllä oli sama valmistaja kuin LabVIEW:llä, niin täytyi näiden yhteensovittamisen olla mahdollista. LabVIEW:n ollessa joustava ja monipuolinen ympäristö oli selvää, että sillä myös onnistuvat muut tarvittavat toiminnot esim. tietoliikenne ja tiedostonkäsittely.

Ohjelmaa tarkemmin suunniteltaessa Centaurea Oy:n kanssa ilmeni, että ohjelmassa tulisi olla seuraavaa:

- valomittarin ohjaus ja lukeminen
- kiihtyvyyssanturin lukeminen ja kulman näyttäminen
- kulman kalibrointi (säätö, tallennus ja lukeminen)
- painikkeiden toiminta (mittauksen ottaminen ja kulman etumerkin vaihto)
- automaattinen ja manuaalinen valinta (valaistusvoimakkuus, kulma, kulman etumerkki ja mittauspainike)
- säädöt (tietoliikenneasetukset, mittausyksikön asetukset, jännitteiden vertailu ja viiveiden säädöt)



- mittaustuloksien taulukointi ja tallennus tietokoneelle.

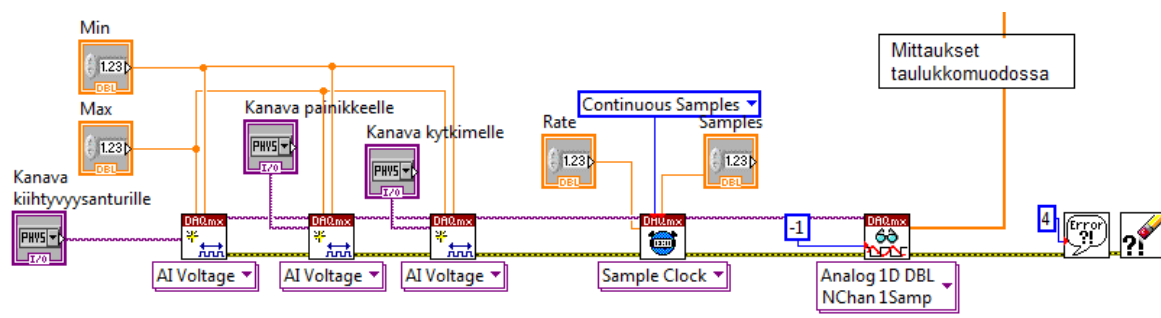
Näistä on tarkemmin seuraavissa luvuissa.

## 5.2 Esivalmistelut

Esivalmisteluissa asennettiin LabVIEW-kehitysympäristö omalle tietokoneelle, joka saatiin ohjelman kehitystyötä varten koulun kautta. Muulla tavalla hankittuna se olisi maksanut suuria summia, eikä se olisi ollut kannattavaa yhtä työtä varten. Centaurea Oy:llä ei myöskään ole tätä LabVIEW-kehitysympäristöä, mutta heillä on harkinnassa sen hankkiminen. Tällä kehitysympäristöllä luodaan myöhemmin ajettava LabVIEW-virtuaali-instrumentti, joka ei tarvitse kehitysympäristöä toimiakseen, mutta ei mahdollista uudelleen muokkaamista.

Tässä vaiheessa myös asennettiin NI USB-6008:n ajurit, kirjastot ja omat ohjelmat, jotka olivat nimeltään NI-DAQmx ja LabVIEW Signal Express. Lisäksi asennettiin valomittarin ajurit. Valomittari kytketään tietokoneeseen USB-liittimellä, mutta valomittari sisältääkin USB-sarjasovittimen. Tämän sovittimen oli valmistanut Texas Instruments ja se oli mallityypiltään TI USB3410. Tämän avulla valomittari toimii tietokoneeseen kytkettäessä sarjaporttina.

### 5.3 A/D-mittauksen lukeminen



Kuva 8. A/D-mittauksen lukeminen.

Yllä olevassa kuvassa (kuva 8) on toimintaosat jatkuvalle kolmen analogisen kanavan lukemiselle. Osille on annettava tarvitsemat alustusasetukset, jotka voivat olla käyttäjän vaihdettavissa tai kiinteitä arvoja. Lisätietoja löytyy LabVIEW-ohjelman ohjeesta.

Tässä työssä luetaan kolmea analogista mittausta kuva 8:n mukaisesti. Ensimmäiset toimintaosat (kuvassa "AI Voltage") ovat mittausosia, joille tarvitsee antaa laitteen mittauskanavat ja asetukset mittausrajoille. Toisena osana (kuvassa "Sample Clock") on mittauksien kellottaja, jolla saadaan valittua jatkuva mittaus tai tietty määrä mittauksia tietyssä ajassa. Kolmantena osana (kuvassa "Analog 1D DBL NChan 1Samp") on mittauksien kokoaja, joka tässä tapauksessa kokoaa yhden mittauksen jokaisesta kanavasta yhteen taulukkoon ja päivittää kyseistä taulukkoa uusien mittauksien mukaisesti. Lopuksi tulevat virheenkäsittelyn osat, jotka kertovat käyttäjälle mahdolliset virhetilanteet.

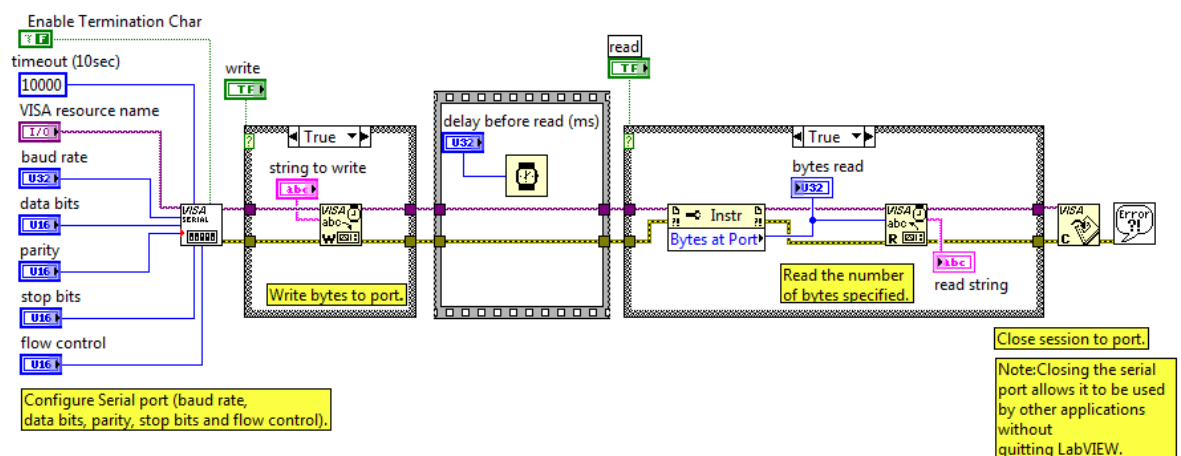
### 5.3.1 Kiihtyvyyssanturilta kulman laskeminen

Kiihtyvyyssanturin kulmanmittaus perustuu anturiin vaikuttavaan putoamiskiihtyvyyteen, jonka aiheuttaa maan vetovoima. Näin ollen kiihtyvyys vaihtelee sen mukaan mihin suuntaan kiihtyvyyssanturi suuntautuu. Kulman laskemiseen käytetään kalibrointitietoa, joka sisältää jännitearvot anturin ollessa kohtisuorassa ylös- ja alaspäin. Näiden ja sen hetkisten jännitearvojen avulla saadaan sinilauseella laskettua kulman suuruus.

### 5.3.2 Painikkeen ja kytkimen toiminta

Painikkeen ja kytkimen tilaa tarkkaillaan reaaliaikaisesti ohjelmaa ajettaessa. Kyseisille toiminnolle on ennalta määritetty vertailuarvot, joiden ylittyessä toimintoja lähdetään suorittamaan. Painikkeiden ja kytkimien alusvetovastukset estävät jännitearvojen kellumisen. Tämä tarkoittaa sitä, että vastuksilla varmistetaan tulojännitteet nolliksi silloin, kun painikkeet tai kytkimet eivät ole painettuina.

## 5.4 Sarjaportin toiminta ja valoisuuden mittaus



Kuva 9. Sarjaportin toimintaesimerkki.  
(LabVIEW examples.)

Yllä olevassa esimerkikuvassa (kuva 9) ovat toimintaosat sarjaportin toiminnalle. Sarjaportin alustustoiminnolle on kuvan mukaisesti annettava alustusasetuksia,

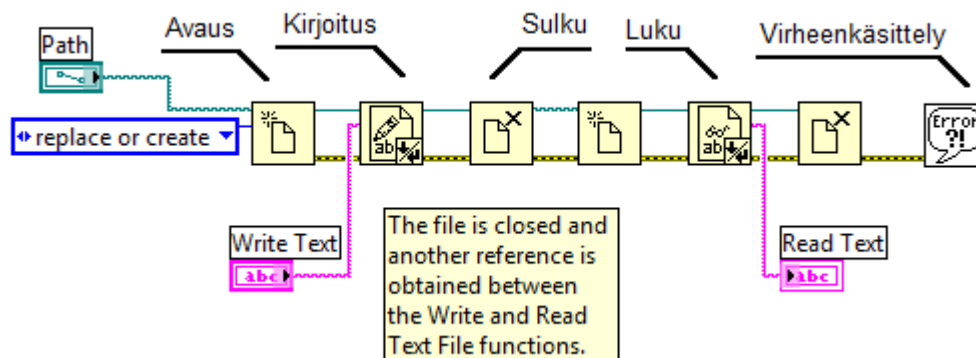
jotka määrittelevät käytettävän sarjaportin numeron, sarjaportin nopeuden ja muut asetukset. Toisena osana on sarjaporttiin kirjoitus, jonne tarvitsee määritellä vain kirjoitettava teksti. Ennen sarjaportin luku -osaa on kirjoituksen ja lukemisen välille viiveen tekevä osa. Luku-osassa ensimmäisenä tulee toiminto, joka kertoo sarjaportissa olevan tiedon määrän ja toisena toiminto, joka lukee annettavan tiedon määrän sekä antaa sen käyttäjälle. Lopuksi tulevat sarjaportin sulkua- sekä virheenkäsittelytoiminto.

Tässä työssä valaistusvoimakkuutta mitataan erillisen mittarin avulla, josta mittaus saadaan lähettämällä sarjaporttiin mittauskomento. Vastaanottaessaan komennon mittari lähettää mittausarvon takaisin sarjaporttiin. Tällöin sarjaportin käsittelyä suoritetaan vain mittauksien suorittamisen yhteydessä, jolloin koko sarjaportin toiminta täytyy laittaa erilliseen silmukkaan suoritettavaksi. Tälle toiminnalle on asetettu käyttäjän määritettävissä oleva aika, jolloin toimintoja suoritetaan.

Mittauksen suorittamisen yhteydessä käynnistetään sarjaportin toiminta, jolloin lähetetään sarjaporttiin komento, ja jäädään lukemaan sarjaportin vastausta. Suoritusajan täytyessä saadusta mittaustuloksesta poistetaan välit sekä yksiköt pois, jolloin pelkkä mittaustulos jää käytettäväksi.

Toiminta erillisen komennon lähetyksessä on samanlainen kuten yllämainitussa, mutta sarjaportista tulevaa vastausta ei siivota tai lyhennetä. Tämä vastaus näytetään käyttäjälle erillisessä tekstikentässä.

## 5.5 Tiedon tallennus ja lukeminen



Kuva 10. Tiedostonkäsittelyn esimerkki.  
(LabVIEW examples)

Yllä olevassa esimerkkikuvassa (kuva 10) on toimintaosat tiedostonkäsittelyille. Tiedoston avaustoiminnolle on vaihtoehtoisesti kuvan mukaisesti annettava asetuksia, jotka määrittelevät tiedoston nimeen, avaukseen ja kirjoitukseen liittyviä asetuksia. Näitä asetuksia ohjelma ei vaadi, mutta tällöin käyttöön tulevat oletusasetukset ja tiedostolle aukeava oma kehote. Kirjoitustoiminto suorittaa määritellyn merkkijonon kirjoituksen tiedostoon. Lukutoiminto suorittaa tiedoston lukemisen ja antaa käyttäjälle luetun merkkijonon. Sulkutoiminto sulkee avoinna olevan tiedoston ja lopuksi tulee virheenkäsittelytoiminto.

### 5.5.1 Kalibrointitieto

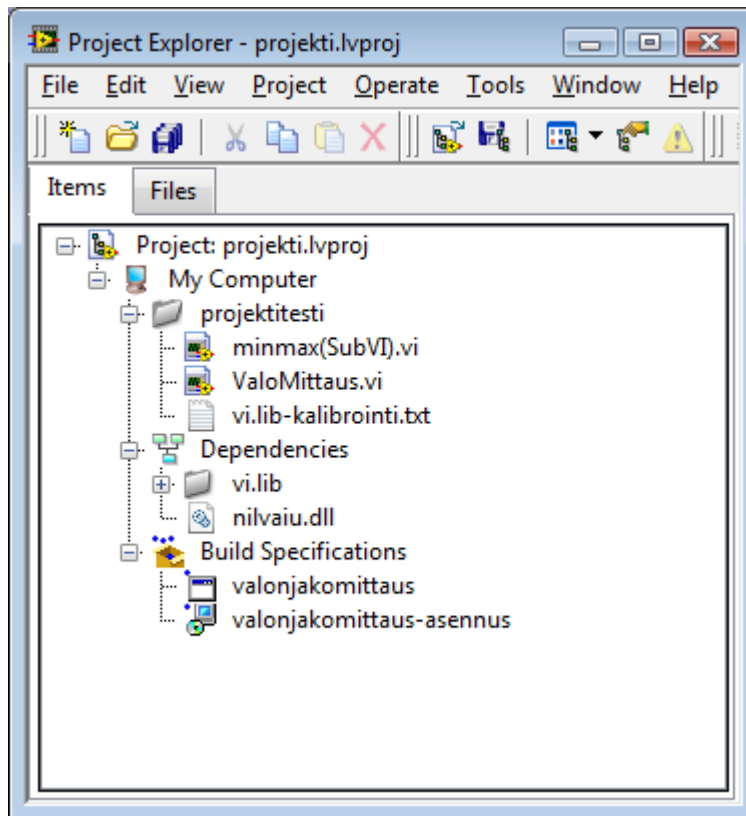
Tässä työssä kalibrointitietoa sekä tallennetaan että luetaan. Käyttäjän tallentaessa tarkistetaan onko tallennustiedosto valittuna automaattisesti vai käyttäjän valitsemassa sijainnissa, jonka jälkeen siihen tallennetaan kalibrointitieto. Luettaessa kalibrointitietoa tarkistetaan tiedostonimi samoin kuin kirjoittaessa, jolloin lukemisen jälkeen tiedot siirretään kulman suuruuden laskevaan kaavaan.

### 5.5.2 Mittaustiedon kokoaminen ja tallentaminen

Mittausta suoritettaessa tarkistetaan käytetäänkö A/D-muuntimelta ja valomittarilta saatavia mittaustuloksia vai käytetäänkö käyttäjän käsin syöttämiä arvoja. Näiden arvojen lisäksi samaan mittausriviin lisätään lampun etäisyys ja lampun kulma. Jokaisesta mittauksesta muodostetaan kyseinen mittausrivi ja ne lisätään taulukkoon. Taulukko näytetään näytöllä, josta käyttäjän on mahdollista valita mittausrivi ja poistaa sen tarvittaessa. Taulukon tyhjäminen kerralla kokonaan onnistuu painikkeesta, jota ennen käyttäjältä kysytään varmennus tyhjäämiseen.

Mittaustietojen tallennusvaiheessa käynnistyy mittaustietojen taulukon sekä muiden lisätietojen tallennus tiedostoon. Tallennusvaiheessa ensimmäisenä käyttäjältä kysytään tallennuskohde ja tiedostonimi, jonka jälkeen tallennus suoritetaan. Käyttäjä on voinut ennalta määrittellä lisätietoja (lampun tiedot, mittauksen tekijän tiedot sekä lisätiedot), joita haluaa tallentaa mittauksien mukaan. Päivämäärä ja kellonaika lisätään myös tiedostoon.

## 5.6 Virtuaali-instrumentin kääntäminen suoritettavaksi ohjelmaksi



Kuva 11. Projektinäkömä

Tähän asti tehtiin tavallista virtuaali-instrumenttia ja sen ohjelmaksi kääntämiseen tarvitaan pohjalle LabVIEW-projekti. Projekti luodaan tyhjänä projektina, jonka jälkeen aukeaa Project Explorer (kuva 11). Tämän jälkeen lisätään tarvittavat tiedostot ja kansiot kohtaan "My Computer". Ohjelman ja asennuspaketin luomiset ovat hyvin samankaltaisia, mutta asennuspaketti tarvitsee suoritettavan ohjelman käännöksessä.

### 5.6.1 Ohjelman (.exe) luominen

Suoritettavan ohjelman luominen alkaa valitsemalla hiiren kakkospainikkeella "New -> Application (EXE)" -kohdasta "Build Specifications". Tämän jälkeen aukeaa "Application properties". Tästä ikkunasta määritetään tarkemmin ohjelman tiedot ja asetukset. Oleellisimmat asiat:

- ohjelman nimi ja kohdehakemisto
- ohjelmaan käytettävät VI-tiedostot
- ohjelman kuvake
- ohjelmistoversion ja yrityksen tiedot.

Tietojen ja asetusten ollessa valmiita voidaan käännös aloittaa "Build"-painikkeella.

Tässä työssä ohjelman käännös eteni yllämainitulla tavalla, johon määriteltiin oletus virtuaali-instrumentti käynnistyväksi ohjelmaksi sekä "minmax"-aliohjelma sisältymään käännökseen. Käännöksessä syntyi kolme tiedostoa: exe-, aliases- ja ini-päätteiset.



## 5.6.2 Asennuspaketin luominen

Asennuspaketin luomiseen tarvitsee olla valmiiksi käännetty suoritettava ohjelma. Luominen alkaa valitsemalla hiiren kakkospainikkeella "New -> Installer" -kohdasta "Build Specifications". Tämän jälkeen aukeaa "Installer properties". Tästä ikkunas- ta määritetään tarkemmin asennuspaketin tiedot ja asetukset. Oleellisimmat asiat:

- asennuspaketin tiedot ja kohdehakemisto
- lähdetiedostot ja määrytykset
- asennuskohde ja pikakuvakkeet
- rekisterimäärytykset
- muut asennuspaketit.

Tietojen ja asetusten ollessa valmiita voidaan käynnös aloittaa "Build"- painikkeella.

Tässä työssä asennuspaketin käynnös eteni lähes yllämainitulla tavalla. Asennet- taviin tiedostoihin lisättiin kalibroititiedosto, jolloin ensikäynnistyksessä on käytet- tävissä kalibroititietoa. Muita asennuspaketteja valittiin A/D-mittauslaitteen sekä sarjaportin toimintaa varten, jotka olivat "NI-DAQmx" ja "NI-VISA Runtime". Kään- nöksessä tuli yhteensä yli tuhat tiedostoa ja yhteiskoko oli reilu 900 Mt.

## 6 TESTAUS

Testausta tarvitaan jokaisen ohjelmakehityksen aikana, jolloin toiminta todetaan oikeaksi ja mahdollisia virhetilanteita ei pääse syntymään. Tämä ohjelma tarvitsi testausta sekä ohjelmointiympäristön tietokoneessa että tietokoneessa ilman valmiita ohjelmistoympäristöjä. Testaus auttaa huomaamaan ominaisuuksia ja ongelmia ajettavassa virtuaali-instrumentissa, mitä kehitysympäristössä ei mahdollisesti ilmene lainkaan.

Aluksi laitteistojen testausta suoritettiin NI LabVIEW SignalExpress- ja DeltaLog9-ohjelmilla. NI LabVIEW SignalExpress -ohjelmalla saatiin testattua USB-6008-mittauslaitteen ja kiihtyvyyssanturin toimintaa. DeltaLog9-ohjelmalla saatiin testattua valomittarin toimintaa ja Hyperterminal-ohjelmalla valomittarin sarjaporttiko-mentoja.

Lopullinen testaus tässä vaiheessa täytyi tehdä ilman mittaukseen käytettävää mittauskehikkoa, jolloin kokonaiskattavaa testausta ei voida suorittaa. Ilman mittauskehikkoa laitteiden ja ohjelman toimivuus saadaan kuitenkin riittävän hyvin testattua. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan testauksen lisäksi myös ongelmakohtia ja mahdollisia ratkaisuja niihin.

## 6.1 Testaus kehitysympäristön koneessa

Testaus LabVIEW-kehitysympäristössä on huomattavasti nopeampaa ja helpompaa verrattuna ajettavaan virtuaali-instrumenttiin. LabVIEW:ssa voidaan kaikkia tietolinjoja tarkastella virtuaali-instrumenttia ajettaessa, jolloin on mahdollista huomata ongelmakohtia. Tästä syystä kehityksessä on hyödyllistä sekä suositeltavaa tehdä testausta tasaisin väliajoin.

Sarjaportin toimintaa testattaessa ilmeni hyvin harvoin ongelma, jossa mittari ei saanut komentoa oikein. Tämä ilmeni siten, että komennon lähetyksen jälkeen mittari vastaa pelkällä kysymysmerkillä. Ongelma ilmeni vain ohjelman käynnistämisen jälkeen ensimmäistä komentoa lähetettäessä ja harvoin silloinkin. Toista komentoa lähetettäessä ongelmaa ei enää esiintynyt.

A/D-mittauksia luettaessa ongelmia ei esiintynyt, mutta tässä vaiheessa ei ollut käytössä lopullisia painikkeita ja kytkimiä. Näitä jäljiteltiin kuitenkin hyvin koekytännöillä ja häiriöitä ei ilmennyt alusvetovastuksien vuoksi.

Kulmaa laskettaessa mittausturinin asennon ollessa täysin alhaalla tai ylhäällä ilmeni ajoittain virhetilanne. Tämä johtuu virheestä kalibroinnissa, jolloin saatu mitaustulos ylittää kalibrointi-arvon ja aiheuttaa laskennan epäonnistumisen. Tätä varten tehtiin huomiovalo, joka ilmoittaa käyttäjälle kalibroinnista virheen sattuesssa.

Tiedosto-operaatiot (lukeminen sekä kirjoittaminen) toimivat kaikissa tilanteissa moitteettomasti. Kysyttäessä käyttäjältä tallennusvaiheessa polkua ja tiedostonimeä, joutuu käyttäjä antamaan myös tiedostopäätteen. Kalibrointitiedostoissa tämä ei haittaa, koska tieto pystytään lukemaan takaisin ohjelmaan ilman tiedostopäätettäkin.

## 6.2 Testaus toisessa tietokoneessa

Toisessa tietokoneessa oletuksena ei ole kehitysympäristöjä, kirjastoja tai ajureita asennettuina. Tällöin testaus täytyy aloittaa valomittarin asennuksella. CD-levyltä löytyy valomittarin tarvitsema ajuri (vain Win9x ja WinXP, nimeltään USB-Serial Adapter). Asennuksen jälkeen ajurit on purettu paikalliseen Ohjelmatiedostot-hakemistoon, josta ne täytyy hakea valomittarin ajureita asennettaessa. Asennusohjelma ei siis suoraan asentanut ajureita järjestelmään, vaan ne piti asentaa erikseen.

Tämän jälkeen voitiin käynnistää LabVIEW:llä luotu asennuspaketti. Asennuksessa kului aikaa, koska asennuspaketti sisältää kaikki tarvittavat ajurit mittausyksikölle, kirjastot LabVIEW-ohjelmalle, suoritettavan ohjelman ja muut tarvittavat tiedostot. Asennuksen ollessa valmis Käynnistä-valikkoon tulee kyseisen ohjelman pikakuvake.

Ohjelman käynnistäessä virtuaali-instrumentti lähti ajotilaan. Tämän takia näyttöön tulee heti virheilmoitus, jos alkuperäiset asetukset ovat väärin. Ongelma johtuu esimerkiksi siitä, että ohjelmointiympäristössä virtuaali-instrumenttia ajettaessa käytössä on eri numero sarjaportilla kuin testikoneella olevassa. Tämä ongelma on mahdollista korjata sillä, että ennen virtuaali-instrumentin käynnistystä asetetaan oikea sarjaportti. Ongelmaksi tulee tässä tapauksessa portin numero, joka voi olla eri jossain toisessa tietokoneessa. Ratkaisuksi voidaan ajatella vaihtoehtoa, jossa virtuaali-instrumenttiin asetetaan tiedossa oleva suuri numero sarjaportille ja tietokoneen laitehallinnasta muutetaan sarjaportin numeroksi kyseinen numero.

Myös tässä tietokoneessa testattaessa ilmeni samanlaisia asioita, kuten kehitysympäristön tietokoneessakin.

## 7 JATKOKEHITYS JA VAIHTOEHTOISET RATKAISUT

Varsinaisen käyttökokemuksen avulla virtuaali-instrumenttia voitaisiin korjata ja parannella monin tavoin. Tähän kuitenkin tarvittaisiin monia suoritettuja mittauksia, joissa mittauslaitteet ovat asennettuna mittauskehikkoon. Yleensä ohjelmien käyttö sekä toimivuus voisivat olla parempia, ja tämä ei ole siinä poikkeus.

Varsinainen jatkokehityksen mahdollisuus olisi ollut mittaustietojen muuntaminen Dialux-ohjelman ymmärtämään muotoon. Tämä olisi mahdollistanut kyseisen ohjelman nopean käytön valaistuslaskentatehtävissä.

Toinen kehitysmahdollisuus kyseiseen ohjelmaan olisi ollut mittaustietojen avulla piirrettävä graafinen valonjakokäyrä. Ohjelman tarkoituksena on mitata tiedot valonjakokäyrään, ja käyrän piirtäminen olisi ollut ohjelmaan hieno lisä.

Vaihtoehtoiseksi ratkaisuksi olisi mahdollista tehdä C++/C#-kielinen ohjelma mitausten keräämiseksi. Mittausyksikön mukana tuli suuri määrä kirjastoja ja ohjeita, joiden avulla mittauksien lukeminen onnistuu myös tässä ympäristössä. C++/C#-kielisten ohjelmien luonteen vuoksi reaaliaikainen mittaustiedon lukeminen on monimutkaisempi toteuttaa, mutta yksittäisten mittauksien lukeminen onnistuu yksinkertaisesti komentojen avulla. Sarjaportti- ja tiedostonkäsittelytoiminnot ovat myös C++/C#-kielissä yksinkertaisesti toteutettavissa.

## 8 YHTEENVETO

Valaisimen valonjakokäyrä on kuvaaja valaisimen ominaisuudesta, jota ei usein tule tavallisen kuluttajan mieleen. Valaisimien valmistajille ja valaistussuunnittelijoille valonjakokäyrä on hyvin tärkeää tietoa. Tässä työssä yrityksellä oli hyvä mahdollisuus saada valonjakokäyrän mittauslaitteisto omaan käyttöön.

Työn osista tuli tasapainoinen ja toimiva kokonaisuus, jossa työn tavoitteet täytettiin. Laitteistojen osalta työhön löytyi monipuoliset laitteet, joiden käyttökohteet eivät rajoittuneet pelkästään tähän työhön. Laitteiden liittämiseen tarvitsi vain kaksi USB-liitäntää, jotka löytyvät lähes kaikista tietokoneista. Ohjelmistosta tuli selkeä käyttää, säädöt ja asetukset on eritelty omille välilehdilleen. Keskeisimmät toiminnot on aseteltu omaan alueeseensa, josta niitä on mahdollista muokata.

Ohjelman toimintaa testattiin erilaisin käyttökokein ilman mittauskehikkoa ja suuremmilta ongelmilta vältyttiin. Pieni ongelma syntyi mitattaessa kulmaa ylä- ja alasennessa, jos kalibrointia ei ollut tehty todella tarkasti. Näiden käyttökokeiden perusteella mittaukset kuitenkin onnistuivat hyvin.

Työ antoi opinnäytetyön tekijälle paljon kokemusta LabVIEW-ohjelmoinnissa, jossa erilaisia osia saatiin toimimaan yhdessä suuressa osassa. Erilaiset toiminnot toimivat hyvin yksinään, mutta kun erilaisia toimintoja sekä viiveitä laitetaan toimimaan yhdessä, niin se oli haastavaa.

## LÄHTEET

Aalto, M, ym. 1977. Valaistustekniikan käsikirja. Helsinki: Sähköliikkeiden Palvelu ja Kustannus Oy

Bishop, R. 2007. Labview 8 student edition. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

Centaurea Oy. 2004. Yritysesittely. Centaurea Oy. Ei julkaistu

Deltaohm S.r.L. 2005. DeltaLog9 Handbook, DeltaLog9 software manual.

Deltaohm S.r.L. 2008. Instruction manual [WWW-dokumentti]. [Viitattu 26.1.2009]. Saatavissa: [http://www.deltaohm.com/ver2008/uk/depliant/hd2102.1-2\\_D\\_uk.pdf](http://www.deltaohm.com/ver2008/uk/depliant/hd2102.1-2_D_uk.pdf)

Hautala, M. & Peltonen, H. 2003. Insinöörin (AMK) FYSIIKKA OSA I. Jyväskylä: Lahden Teho-Opetus Oy.

Konster, M. 2009. Tuoteinsinööri. Centaurea Oy. Keskustelu 15.1.2009.

National instruments. 2008a. Data Sheet. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 26.1.2009]. Saatavissa: <http://www.ni.com/pdf/products/us/20043762301101dlr.pdf> (USB-6008)

National Instruments. 2008b. NI LabVIEW Application Builder. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 26.1.2009]. Saatavissa: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/10730>

National Instruments. 2009. NI LabVIEW SignalExpress for Windows. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 26.1.2009]. Saatavissa: <http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/en/nid/14216>

Peltonen, H., Perkkiö, J. & Vierinen, K. 2004. Insinöörin (AMK) FYSIIKKA osa II, Saarijärvi: Lahden Teho-Opetus Oy.

Sokoloff, L. 2004. Applications in LabVIEW. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice-Hall.

VTI Hamlin Oy. 2001. Accelerometer Chip. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 26.1.2009]. Saatavissa: <http://www.datasheetarchive.com/SCA610-CB1H1G-datasheet.html>

## **LIITTEET**

LIITE 1. Ohjelmiston käyttöohje.

LIITE 2. Deltaohm HD2102, INSTRUMENT TECHNICAL CHARACTERISTICS.

LIITE 3. National Instruments USB-6008 Specifications.

LIITE 4. SCA610 Series, CHARACTERISTICS.