

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Elektroniikan suuntautumisvaihtoehto

Jari Koskinen

EPS-ELEMENTTIEN KOESTUSLAITE

Insinöörityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi insinöörin
tutkintoa varten Tampereella 16.12.2005

Työn valvoja: Yliopettaja Mauri Inha
Työn ohjaaja: Rauno Koskinen, ThermiSol Oy

Tekijä: Jari Koskinen
Työn nimi: EPS-elementtien koestuslaite
Päivämäärä: 16.12.2005
Sivumäärä: 20 sivua ja 9 liitesivua
Hakusanat: OOPic, mikrokontrolleri, anturi
Koulutusohjelma: Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto: Elektroniikka
Työn valvoja: Yliopettaja Mauri Inha
Työn valvoja: Laadunvalvoja Rauno Koskinen ThermiSol Oy, Vammala
<p>EPS-elementti koostuu umpisoluista kestumuovia olevasta ytimestä ja sen molemmille puolille liimatusta haluttua materiaalia olevasta pinnoitteesta, joka on useimmiten peltiä. Tässä insinöörityössä suunniteltiin EPS-elementtien taivutusmurtolujuuden ja lommahääduslujuuden tutkimiseen mittalaite. Laitteella taivutetaan mitattavaa kappaletta alipaineen avulla ja mitataan kappaleeseen vaikuttava voima ja kappaleen taipuma.</p> <p>Mittalaitteen tärkein osa on OOPic-mikrokontrolleri, joka on pieni olio-ohjelmoitava tietokone jonka toimintaa saa muutettua muuttamalla sen ohjelmaa. OOPic:llä luetaan ja tulkitaan voima- ja etäisyysantureiden lukemat ja ohjataan relekytkennän avulla tyhjiöpumppua, joka synnyttää tarvittavan alipaineen. Mittalaitteen toimintaa ohjataan ohjauksyksiköllä, joka koostuu OOPic-mikrokontrollerista, näppäimistöstä ja lcd-näytöstä.</p> <p>Työssä perehdyttiin tarvittaviin komponentteihin ja niiden toimintaperiaatteisiin. Työssä koottiin monipuolisista osista toimiva kokonaisuus. Työn tuloksena saatiin mittalaitteen suunnitelma, jonka perusteella voidaan myöhemmin toteuttaa laite käytännössä. Kokonaisuudessaan suunnitelma on onnistunut ja täyttää sille asetetut etukäteisvaatimukset. Suunnitelmaan voidaan tehdä helposti muutoksia, esimerkiksi voidaan vaihtaa joitakin komponentteja tai muuttaa ohjelmaa.</p>

Author:	Jari Koskinen
Title:	Measurement Device for EPS-Elements
Date:	16.12.2005
Number of pages:	20 pages and 9 appendix pages
Key words:	OOPic, microcontroller, sensor
Program:	Computer Systems Engineering
Specialisation:	Electronics
Supervisor:	Senior Lecturer Mauri Inha
Instructor:	Instructor of Quality Rauno Koskinen ThermiSol Oy, Vammala
<p>An EPS-element consists of a core, which is made of expanded polystyrene, and coating, which is most often sheet metal. The main purpose of the thesis is to design a measurement device for EPS-elements. The function principle of the device is very simple. Vacuum is produced below the element making it to bend. The applied force and the amount of the bending are measured.</p> <p>The most important component of the device is an OOPic-microcontroller, which is a small computer whose behaviour can be changed by changing its program. One force sensor and one distance sensor are connected to the microcontroller, which reads and converts the readings of the sensors and controls a vacuum pump.</p> <p>The thesis handles a planning of the measurement device. As a result, an actual device can be constructed. The plan is very formable; it is easy to change individual components as well as the program of the device.</p>	

ALKUSANAT

Idea tähän insinööriyöhön kypsyi kauan, kunnes isäni tarjosi tätä aihetta tehtäväksi työpaikalleen. Itse perusidea laitteen tekemisestä OOPic:llä lähti vajaan vuoden takaisesta Mikrobotin artikkelista, jossa samaisella piirillä toteutettiin kätevä robotti.

Työn olen pääasiassa tehnyt itsekseni kotona tietokoneen ääressä istuen. Olisi oikein mielenkiintoista päästä toteuttamaan tämä projekti käytännössä, mikä voi olla myöhemmin jopa mahdollistakin.

Kiitokset työni valmistumisesta kuuluvat ehdottomasti vanhemmilleni, jotka väsymättä kannustivat minua eteenpäin. Kiitokset myös yliopettaja Mauri Inhalle, joka on toiminut joustavasti kanssani yhteistyössä tämän prosessin aikana.

Vammalassa 16. joulukuuta 2005

Jari Koskinen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	ii
ABSTRACT	iii
ALKUSANAT.....	iv
SISÄLLYSLUETTELO	v
1 JOHDANTO.....	1
2 MITTALAITTEEN SUUNNITTELU	3
2.1 Toimintaperiaate.....	3
2.2 Lähtötiedot.....	4
2.3 Mittalaitteessa tarvittavat osat	4
2.3.1 Ohjausyksikön mikrokontrolleri.....	4
2.3.2 Virtalähde	7
2.3.3 Näyttö	7
2.3.4 Näppäimistö.....	8
2.3.5 Ohjausyksikön kotelo	9
2.3.6 Etäisyysanturi	10
2.3.7 Voima-anturi.....	10
2.3.8 Tyhjiöpumppu ja sen ohjaus.....	11
2.4 Mittalaitteen ohjelma.....	12
2.5 Kustannusarvio	19
YHTEENVETO	20
LÄHDELUETTELO	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena suunnitella ThermiSol Oy:lle EPS-ytimien ja -elementtien testaukseen sopiva mittalaite. Laitteella on tarkoitus testata sekä EPS-ytimien että EPS-elementeissä käytettävien peltien ominaisuuksia.

ThermiSol Oy:n Vammalan toimipaikassa valmistetaan EPS-eristeitä ja EPS-elementtejä. Lyhenne EPS tulee englannin sanoista expanded polystyrene ja tarkoittaa paisutettua polystyreenimuovia. EPS on umpisoluista kestopuovia, jonka hyvä lämmöneristyskyky perustuu liikkumattomaan ilmaan. EPS-elementit valmistetaan liimaamalla EPS-ytimen kummallekin puolelle haluttu pintamateriaali, yleisimmin pelti. EPS-elementtejä käytetään esimerkiksi jäähallien, kauppahallien ja muiden suurten rakennelmien seinämateriaalina. /1/

Opinnäytteessä suunnitellulla mittalaitteella on tarkoitus tutkia EPS-ytimistä ja -elementeistä otettuja näytekappaleita. Laitteella voidaan tehdä kaksi mittausta: taivutusmurtolujuuden ja lommahduslujuuden mittaus.

Taivutusmurtolujuutta tutkittaessa ydintä taivutetaan kasvavalla voimalla kunnes se murtuu. Mittauksessa kirjataan ytimen kestävä suurin voima ja siinä tällöin ilmennyt taipuma. Taivutusmurtolujuus kertoo ytimen ominaisuuksista: kuinka hyvin EPS-pavut ovat sintraantuneet eli kiinnittyneet toisiinsa ytimen valmistusvaiheessa.

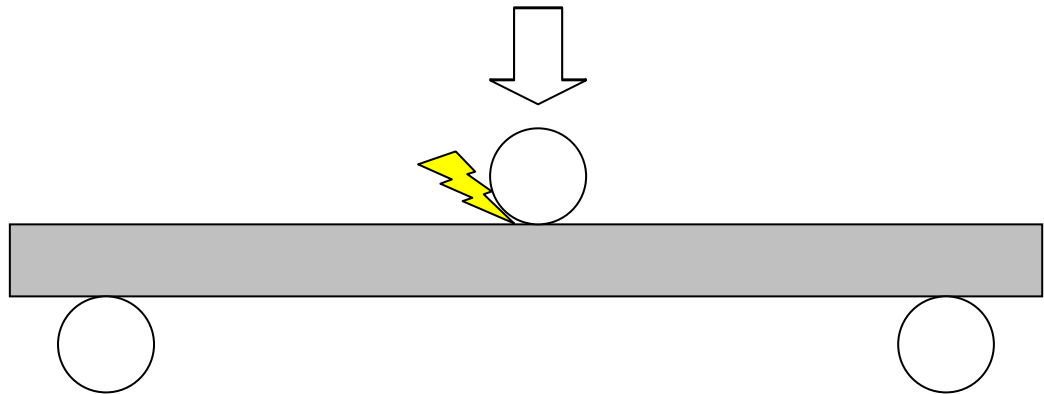
Lommahduslujuutta tutkittaessa mitataan pelletetyn elementin kestävä maksimi-voimaa ja taipumaa, minkä lisäksi kirjataan taipuma tietyllä voimalla. Lommahduslujuus kertoo päällystemateriaalina käytetyn pellin ominaisuuksista: kuinka hyvin se kestää pitkittäistä kuormitusta ennen lommahtamista eli äkillistä mutkalle taipumista.

ThermiSolilla on jo ennestään käytössä mittalaite jänneväliltään 3,1 m pitkien elementtien lommahduslujuuden mittaamiseen, mutta sillä ei voida mitata pienempiä, jänneväliltään 1,2 m pituisia näytepaljoja. Laite toimii siten, että elementti asetetaan kahden laakeroidun tuen varaan metalliseen altaaseen. Elementin ja altaan päälle asetetaan vahva muovi, minkä jälkeen altaasta ruvetaan imemään tyhjiöpumpulla ilmaa pois. Kun alipaine elementin alapuolella kasvaa riittävän suureksi, elementti taipuu. Taipumaa mitataan elementin keskikohdasta mittakellolla ja elementtiin kohdistuvaa voimaa voima-anturilla. Kuormitusta lisätään lineaarisesti kolmen minuutin ajan, jonka jälkeen kirjataan voima ja taipuma ylös. Tämän jälkeen elementin kuormitusta lisätään lineaarisesti niin kauan, että elementti lommahtaa, ja kirjataan tiedot ylös.

Ytimistä otettujen näytepaljojen taivutusmurtolujuuden mittaamiseen on myös mittalaite olemassa, mutta siinä on ongelma, joka johtuu käytetystä mittaomenetelmästä. Tällä hetkellä mittaus tehdään käyttäen kolmi- tai nelipistetäivutusta.

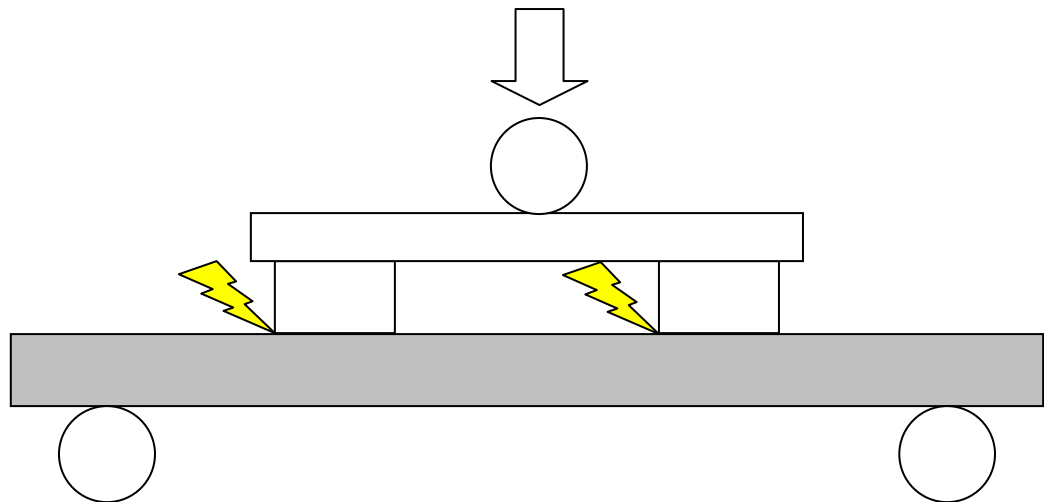
Kolmipistetäivutuksessa (kuva 1) mitattava kappale asetetaan kahden pyöreän tangon päälle ja sitä painetaan niin ikään pyöreällä tangolla keskikohdasta ylhäältä

alaspäin. Näin kappale taipuu, mutta myös antaa periksi tankojen kohdalta, mikä vaikuttaa mittaustuloksiin.



Kuva 1 Kolmipistetäivutus

Nelipistetäivutuksessa (kuva 2) kappale asetetaan samalla tavalla tankojen päälle, mutta sen päälle asetetaan kaksi laakeroitua palaa, joiden päälle pannaan levy, jota taas painetaan keskikohdasta. Kappale taipuu, mutta yläpuoliset palat rikkovat sen pinnan ja uppoavat kappaleeseen hieman, mikä myös vaikuttaa mittaustuloksiin.



Kuva 2 Nelipistetäivutus

Uuden mittalaitteen on tarkoitus ratkaista nämä ongelmat ja yhdistää kaksi eri mitausta tehtäväksi samalla laitteella.

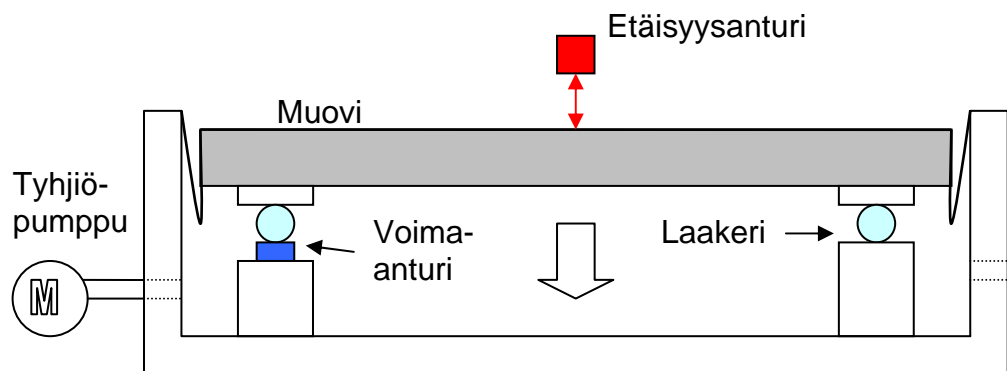
Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan mittalaitteen elektroniikka ja ohjausyksikön ohjelmointi, valitaan sopivat anturit ja esitetään niiden kytkennät. Työssä esitetään myös suuntaa antava kustannusarvio. Työssä ei puututa juuri lainkaan mittalaitteen fyysisen rakenteen suunnitteluun muuten kuin peruseriaatteiltaan.

2 MITTALAITTEEN SUUNNITTELU

Mittalaitteessa käytetään samaa peruseriaatetta kuin jo olemassa olevassa suurehkojen elementtien lommahduslujuuden mittalaitteessa.

2.1 Toimintaperiaate

Mitattavaa ydintä tai elementtiä ei taivuteta fyysisen kontaktin avulla, vaan käyttäen hyväksi ilmanpainetta. Kappaleen alapuolelle synnytetään tyhjiöpumpulla alipaine, jolloin ilmanpaine kohdistaa kappaleeseen ylhäältä alaspäin vaikuttavan voiman (kuva 3). Ilmanpaine kuormittaa kappaletta mahdollisimman tasaisesti, jolloin saadaan paras mittaustarkkuus.



Kuva 3 Mittalaitteen periaatekuva

Kappale lepää altaassa kahden laakeroidun tuen päällä. Tuissa on laakerit, jotta kappaleen alapinta ei vaurioituisi taipuessaan. Toisessa tuessa on voima-anturi, joka mittaa kappaleen kuormituksen eli siihen vaikuttavan voiman. Koska voima-anturi on vain toisessa tuessa, on sen lukema vain puolikuorma, mikä otetaan huomioon kun mittaustulosten perusteella lasketaan haluttuja arvoja.

Kun mittaukset aloitetaan, kappale peitetään vahvalla, ilmatiiviillä muovilla. Muovi kiinnitetään tiiviisti altaan reunoihin sitä varten valmistetulla reunuksella. Muovi tulee kuitenkin jättää kuvan 3 mukaisesti hieman löysälle, jotta sillä on liikkumavaraa kappaleen taipuessa.

Altaassa on myös korvausilmalle käsikäyttöinen venttiili, jolla voidaan säätää alipaineen kasvunopeutta. Laitteen asennus- ja testausvaiheessa venttiilille haetaan kokeilupperiaatteella kuhunkin mittaukseen sopivin asento.

Mittalaitteen sydämenä ja aivoina toimii ohjauskeskus. Ohjauskeskuksessa on näyttö, josta voidaan seurata antureiden lukemia ja tarjota käyttäjälle valintoja. Ohjauskeskukseen tarvitaan myös näppäimistö, jolla käyttäjä voi ohjata laitteen toimintaa sekä päävirtakytkin.

2.2 Lähtötiedot

Lähtötietoina tiedetään:

- mitattavien kappaleiden koko
 - pituus 1200 mm
 - leveys 100...300 mm
 - korkeus 50...250 mm
- voiman suuruusluokka
 - enintään 500 N
- taipuman suuruusluokka
 - enintään 30 cm

2.3 Mittalaitteessa tarvittavat osat

Laitteessa tarvitaan seuraavat osat:

- ohjausyksikkö
- virtalähde
- näyttö
- näppäimistö
- etäisyysanturi
- voima-anturi
- tyhjiöpumppu

Lähtötietojen perusteella voidaan valita sopivat osat.

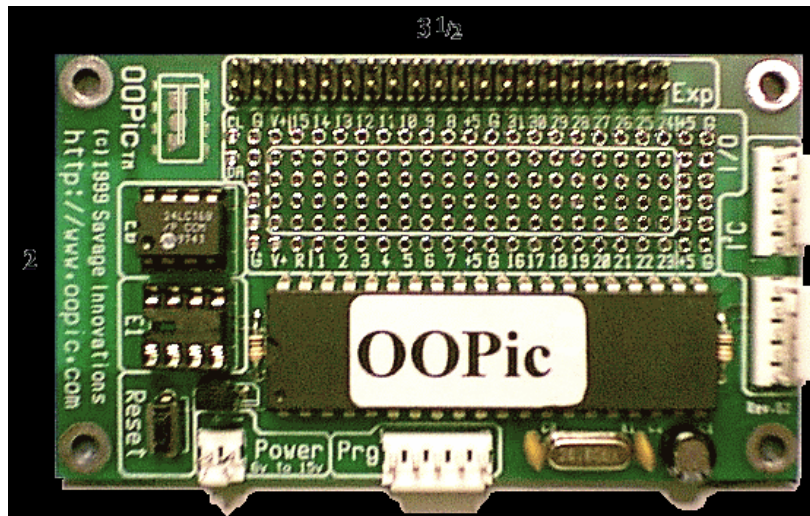
2.3.1 Ohjausyksikön mikrokontrolleri

Ohjausyksikön sydämenä käytetään mikrokontrolleria. Mikrokontrolleri on pieni tietokone, joka on suunniteltu ohjaamaan erilaisia laitteita saamiensa syötteiden perusteella. Tässä projektissa käytetään Savage Innovationsin OOPic- eli object-oriented programmable integrated circuit -mikrokontrolleria. OOPic siis tarkoittaa olio-ohjelmoitavaa mikropiiriä. OOPic:n maahantuojana toimii Esutech Oy, jonka www-sivuilta (<http://www.esutech.com>) löytyy paljon informaatiota siitä, mitä kaikkea OOPic:llä voi tehdä. Tässä opinnäytteessä on sovellettu monia Esutechin www-sivuilla olevia esimerkkikytkentöjä.

Mikrokontrolleri vaatii sisäänsä ohjelman, jonka perusteella se toimii. OOPic:n ohjelmointiin voidaan valita Java, C++ tai Visual Basicin perustuva ohjelmointikieli. Ohjelmointikielen valinnalla ei ole juurikaan merkitystä, sillä kaikille kielille löytyy samat oliot. Tässä opinnäytteessä ohjelmointikielenä on käytetty Visual Basicin muotoa, koska siihen löytyi ohjelmointiopas.

Kuvassa 4 on OOPic S-tyypin piirilevyllä, joka on paras vaihtoehto, kun halutaan itse määrätä kaikkien I/O-liitäntöjen asetukset. Piirilevy sisältää ohjelmointiliittimen, joka kytketään mukana tulevalla kaapelilla tietokoneen kirjoitinporttiin ohjelmointia varten, joten mikrokontrollerin ohjelmointi ei vaadi erillistä ohjelmointilaitetta. Ohjelmointiohjelmiston voi ladata ilmaiseksi internetistä. Ohjelma käyn-

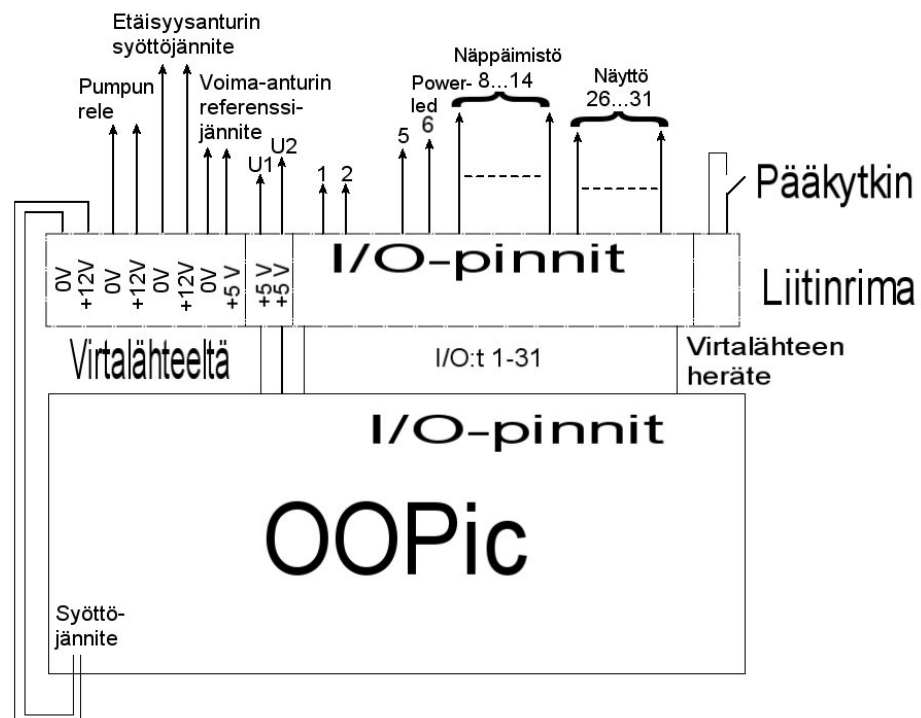
nistyy heti kun se on ladattu OOPic:hen ja säilyy sen muistissa, vaikka virta katkaistaisiinkin.



Kuva 4 OOPic-mikrokontrolleri /2/

OOPic tarjoaa 31 digitaalista I/O-linjaa, joista neljässä on A/D-muuntimet. A/D-muunninlinjoilla luetaan voima- ja etäisyysantureiden ulostulojännitteet. Muihin I/O-linjoihin kytketään näytön ja näppäimistön tarvitsemat ohjaussignaalit, virta päällä -ledi ja tyhjiöpumpun releen ohjaus.

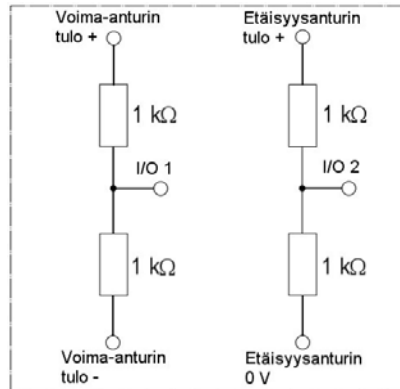
OOPic:n osalta kytkentä näkyy kuvassa 5. Siinä näkyvät käytetyt I/O-linjat, virransyötöt ja kytkennät. Tarvittavat I/O-linjat ja virransyötöt viedään riviliittimeen, johon on helppo yhdistää antureiden johtimet ilman juotoksia.



Kuva 5 Mikrokontrollerin kytkennät

I/O-linjaan 1 kytketään voima-anturin tulo, linjaan 2 etäisyysanturin tulo ja linjaan 5 tyhjiöpumpun ohjausrele. Linjaa 6 käyttää power-ledi, linjoja 8...14 näppäimistö ja linjoja 26...31 lcd-näyttö.

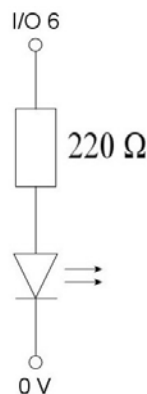
Voima- ja etäisyysanturit antavat mittaustietona ulos 0...10 V:n jännitteen. 10 V:n jännitettä ei voi suoraan kytkeä mikrokontrollerin I/O-linjoihin, koska niiden maksimijännite on 5 V. Tämän vuoksi tulosignaalit pitää sovittaa sopiviksi. Se tehdään yksinkertaisella jännitteenjakokytkennällä (kuva 6).



Kuva 6 Tulojännitteiden muuntaminen sopiviksi

Koska anturit antavat kumpikin maksimissaan 10 V:n jännitteen ja mikrokontrollerin tulojen maksimijännite on 5 V, pitää tuleva jännite puolittaa. Tämä onnistuu tekemällä kumpikin jännitteenjako kahdella yhtä suurella vastuksella. Valitaan vastusarvoiksi 1 k Ω , jolloin OOPic:hen ei kulje liian iso virta, eikä jännitteenjako häiritse mittaustuloksia. Vastuskytkennät voidaan tehdä suoraan riviliittimeen, jolloin ei tarvitse tehdä juotoksia.

I/O-linjaan 6 kytketään valodiodi eli ledi kuvan 7 mukaisesti. Ledillä on käytettävä etuvastusta rajoittamaan virtaa, jotta ledi ei rikkoontuisi. Kun ledi palaa, sen yli jää noin 0,6 V:n jännite. Tällöin etuvastuksen yli vaikuttaa $5,0 - 0,6 = 4,4$ V:n jännite. Kun ledi toimii 20 mA:n virralla, saadaan etuvastuksen kooksi $R = U / I = 4,4 \text{ V} / 0,02 \text{ A} = 220 \Omega$.



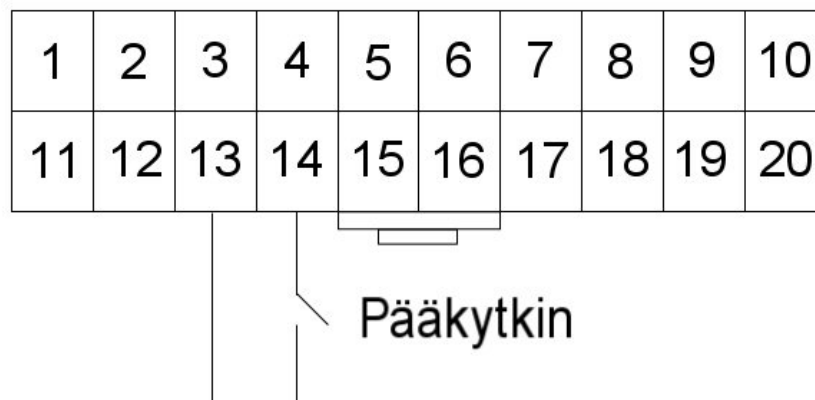
Kuva 7 Ledin kytkeminen I/O-linjaan

2.3.2 Virtalähde

Mikrokontrolleri vaatii syöttöjännitteekseen 6...18 V joten sen saisi toimimaan normaalilla 9 V:n paristolla. Mittalaite on kuitenkin kiinteästi asennettava ja anturit ja tyhjiöpumpun ohjausrele tarvitsevat omat käyttöjännitteensä, joten on järkevintä asentaa laitteeseen oma virtalähde, joka tarjoaa kaikki tarvittavat jännitteet.

Helpoin ja halvin ratkaisu on käyttää tavallista tietokoneen atx-virtalähdettä. Se tarjoaa taatusti riittävän tehon ja 5 V:n ja 12 V:n jännitteet, jotka sopivat kaikille mittalaitteessa tarvittaville komponenteille. Mikä tahansa saatavilla oleva virtalähde käy mittalaitteeseen. Virtalähde voidaan purkaa pois omasta kotelostaan ja asentaa huomaamattomasti ohjausyksikön koteloon.

Atx-virtalähdettä käyttämällä saadaan helposti lisättyä ohjausyksikköön päävirtakatkaisija, jolla saadaan tarvittaessa virta myös heti pois päältä. Atx-virtaliitin on kuvan 8 mukainen.

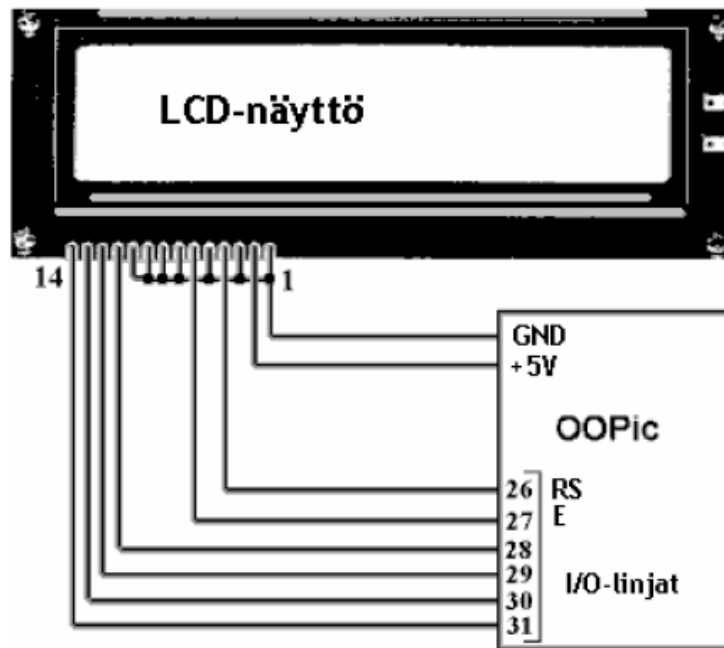


Kuva 8 Kytkin atx-virtaliittimessä

Atx-virtaliittimessä johtimessa 14 kulkee PS-ON-signaali, jolla ohjataan virtalähde päälle ja pois päältä. Kun johtimen 14 (vihreä) kytkee maajohtoon (musta, esimerkiksi johdin 13), kytkeytyy virtalähde toimimaan.

2.3.3 Näyttö

OOPic:hen voidaan kytkeä 44780-piirisarjaa käyttävä LCD-näyttö ja käyttää sitä oLCD-olion avulla. Käytetään SP-Elektroniikka Oy:n 4*20-merkkistä näyttöä, jossa on taustavalo /3/. Näyttö kytetään kuvan 9 mukaisesti.



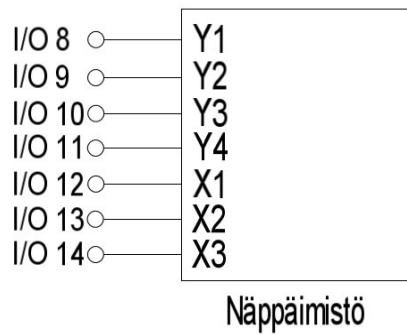
Kuva 9 LCD-näytön kytkeminen OOPic:hen /4/

2.3.4 Näppäimistö

Käytetään mittalaitteen ohjaamiseen puhelimesta tuttua 3*4-numeron näppäimistöä (kuva10). Se kytketään OOPic:n I/O-linjoihin 8 – 14. Näissä linjoissa on ylös veto-vastukset, joten mitään muita komponentteja ei tarvita. Näppäimistö kytketään kuvan 11 mukaisesti. Näppäimistöä ohjataan oKeypad-olion avulla.



Kuva 10 3*4-numeron näppäimistö



Kuva 11 Näppäimistön kytkeminen OOPic:hen

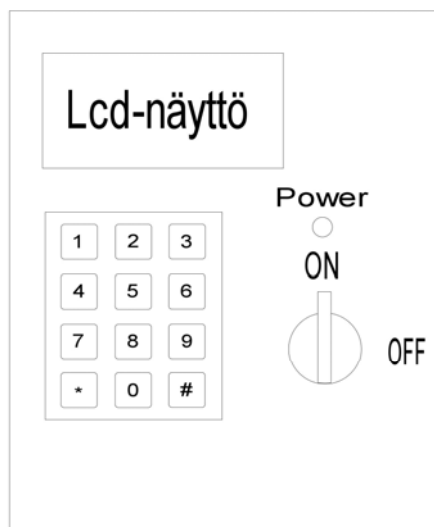
2.3.5 Ohjausyksikön kotelo

Ohjausyksikön kotelona voidaan käyttää mitä vain saatavilla olevaa kotelomallia. Sopiva voisi olla esimerkiksi Elfa Oy:llä /5/ myynnissä oleva ABS 200/100 XHG -kotelo (kuva 12). Sen mitat ovat 255 * 180 * 100 mm.



Kuva 13 Ohjausyksikön kotelo /5/

Ohjausyksikön kanteen tehdään reiät, mistä tuodaan siististi läpi lcd-näyttö, näppäimistö, power-ledi ja päävirtakytkin. Antureille, pumpun releelle ja päävirralle tuodaan kotelon takaa tai alakyljestä läpi tarvittavat johdot. Valmiina ohjausyksikö voisi näyttää kuvan 14 mukaiselta.



Kuva 14 Ohjausyksikön etulevy

2.3.6 Etäisyysanturi

Koekappaleiden taipuman mittaamiseen käytetään laserdiodiin perustuvaa optista etäisyysanturia (kuva 15). Anturi koostuu kahdesta osasta: itse lasermittapäältä ja vahvistinelektronikasta. Etäisyysanturin toiminta perustuu kolmiomittaukseen. Laserdiodi lähettää nopeaa laserpulsssia, joka aluksi kohdistetaan mitattavan kappaleen pintaan, josta pulssi heijastuu takaisin mittapään sensoriin. Kun kappaleen etäisyys muuttuu, lasersäde heijastuu takaisin hieman eri kohtaan sensoria, minkä perusteella anturin vahvistinelektronikka muodostaa etäisyyden suhteen lineaarisesti muuttuvan ulostulojännitteen. Ulostulo voi olla 0...10 V tai virtaviestinä 2...20 mA. /6/



Kuva 15 Etäisyysanturi /7/

Mittalaitteessa voidaan käyttää esimerkiksi MEL Mikroelektronikin 100...400 mm:n etäisyyksiä mittaavaa MIL-mallia, joka lähettää suunniteltavaan mittalaitteeseen sopivan 0...10 V:n jänniteviestin. Anturi tarvitsee 12...28 V:n käyttöjännitteen, joten se toimii myös virtalähteen tarjoamalla 12 V:n jännitteellä. Anturia tuo maahan MurrElektronik Oy (<http://www.murrelektronik.fi>). Anturin tarkat tiedot, kuten johtojen kytkennät, löytyvät liitteestä 1.

2.3.7 Voima-anturi

Koekappaleisiin vaikuttavan kuormitusvoiman mittaamiseen käytetään voima-anturia (kuva 16). ThermiSolilla tiedetään HBM:n anturit hyviksi ja luotettaviksi, joten mittalaitteessa käytetään tämän valmistajan sopivaa mallia.



Kuva 16 Voima-anturi /8/

Sopiva malli on C9B:n 500 N:iin asti mittaava malli. Voima-anturi antaa etäisyysanturin tapaan 0...10 V: ulostulojännitteen ja tarvitsee 5 V jännitteen toimiakseen,

mikä voidaan syöttää virtalähteeltä. Anturin tarkat tiedot ja kytkentäohjeet löytyvät liitteestä 2.

2.3.8 Tyhjiöpumppu ja sen ohjaus

Jotta mitattavan kappaleen alapuolelle saataisiin aikaan alipaine, tarvitaan tyhjiöpumppu. Koska pumppuja on imukyvyltään erilaisia, ensin tarvitsee laskea tarvittun alipaineen suuruus. Tämä voidaan laskea, kun tiedetään mitattavan kappaleen koko ja suurin siihen kohdistettava voima. Paine tarkoittaa tietylle pinta-alalle kohdistuvaa voimaa eli $p = F / A$. Lähtötietona (kohta 2.2) tiedetään mitattavan kappaleen kokorajat ja siihen kohdistuva maksimi puolikuorma. Suurin paine kohdistuu pienimmälle pinta-alalle, joten voidaan laskea:

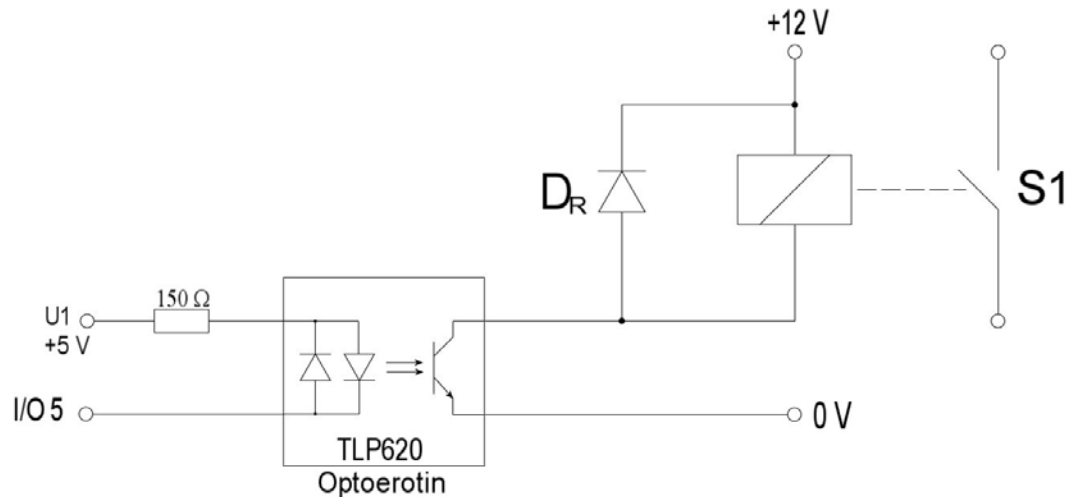
$$p_{MAX} = \frac{F}{A_{MIN}} = \frac{2 \cdot 500 \text{ N}}{1,2 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m}} = 8,3 \text{ kPa} .$$

Tarvitaan siis 8,3 kPa eli 83 millibaarin alipaine. Rietschle Thomasilla (www.rtpumps.fi) on paljon erilaisia pumppuja valikoimassaan. Valitaan pumpuksi YP-20V (kuva 17), joka pystyy kehittämään 100 millibaarin alipaineen ja vielä pumppaamaan tehokkaasti. Pumpun tarkat tiedot löytyvät liitteestä 3.

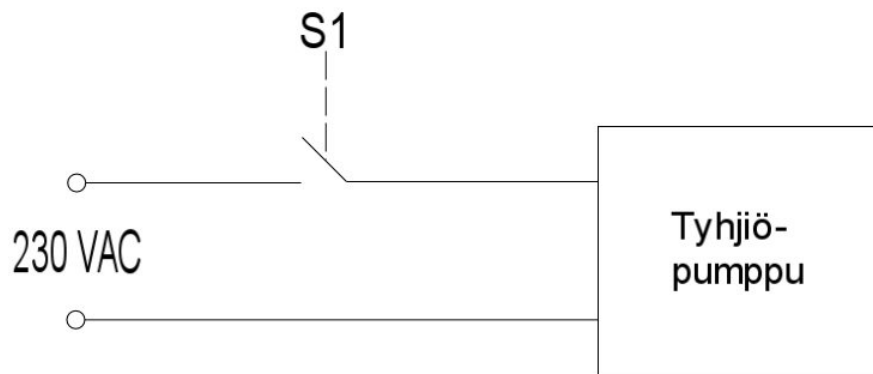


Kuva 17 Tyhjiöpumppu /10/

Tyhjiöpumpun käyttöjännite on 230 VAC, joten sitä ei voi ohjata suoraan mikrokontrollerilla. Pumppua pitää siis ohjata releellä, jota puolestaan ohjataan mikrokontrollerilla. Relettä ei voi kytkeä suoraan mikrokontrolleriin, koska releen ohjauksessa koskettimia syntyy virtapiikkejä, jotka voisivat rikkoa mikrokontrollerin. Rele kytketään mikrokontrolleriin optoerottimen kautta, joten niillä ei ole sähköistä yhteyttä keskenään. Näin toiseen piiriin voi tulla vikaa ilman että toinenkin rikkoutuu. Pumppua ohjataan kuvien 18 ja 19 kytkennöillä.



Kuva 18 Releen kytkeminen OOPic:hen /11/



Kuva 19 Tyhjiöpumpun ohjaus releellä

Optoerotin kytketään OOPic:n tarjoamaan 5 V:n jännitteeseen ja I/O-linjaan 5. Kun releen halutaan vetävän ja kytkevän pumppuun virran, ohjataan I/O 5 maahan. Diodi estää jännitepiikkien vaikutuksen. /11/

2.4 Mittalaitteen ohjelma

Mittalaite ei tee mitään, jos siinä ei ole ohjelmaa. Niinpä tässä opinnäytetyössä on tehty myös ohjelmakoodi. Koodi on toimintaperiaatteeltaan oikeanlainen, mutta muuten vain suuntaa antava, koska sen toimivuutta ei ole voitu mitenkään todentaa.

Ohjelman laatiminen on lähtenyt siitä, että ensin on määrätty mittaustapahtumat ja mittaajan tarvitsemat tiedot, toiminnot ja näytöt. Kuvassa 20 on esitetty mittaustapahtuma käyttäjän näkökulmasta.

Aivan ensimmäiseksi, kun käyttäjä laittaa virran päälle, sytytetään virtaledi ja näytetään käyttäjälle valikko, josta hän voi valita mitataanko taivutusmurtolujuutta vai

lommahduslujuutta. Käyttäjä tekee valintansa painamalla näppäimistön numeroa 0 tai 1.

Seuraavaksi näytetään käyttäjälle anturien lukemat: kappaleeseen vaikuttava voima ja kappaleen etäisyys etäisyysanturista. Näytetään myös seuraava mahdollinen valinta eli anturien nollaus.

Kun käyttäjä painaa näppäintä 0, nollataan anturit ja näytetään nollalukemat myös näytöllä. Näytetään myös seuraava mahdollinen valinta eli mittauksen aloittaminen.

Kun käyttäjä painaa näppäintä *, aloitetaan mittauksen tekeminen. Ensin käynnistetään tyhjiöpumppu, joka imee mitattavan kappaleen alta ilmaa pois aiheuttaen sen taipumisen. Käynnistetään myös ajanotto. Mittauksen ollessa käynnissä käyttäjälle näytetään kappaleeseen vaikuttavan voiman suuruus samoin kuin kappaleen taipuma eli etäisyysanturin lukema. Näytetään myös mittaukseen kulunutta aikaa. Käyttäjälle tarjotaan myös mahdollisuus lopettaa mittaus painamalla #-näppäintä.

Jos kyseessä on lommahduslujuuden mittaus, kolmen minuutin kuluttua näytetään kymmenen sekunnin ajan silloin vaikuttanut voima ja kappaleen taipuma. Näin tehdään, jotta käyttäjä ehtii kirjoittamaan kyseiset arvot mittauspöytäkirjaansa. Kymmenen sekunnin kuluttua palataan näyttämään antureiden reaaliaikaisia arvoja.

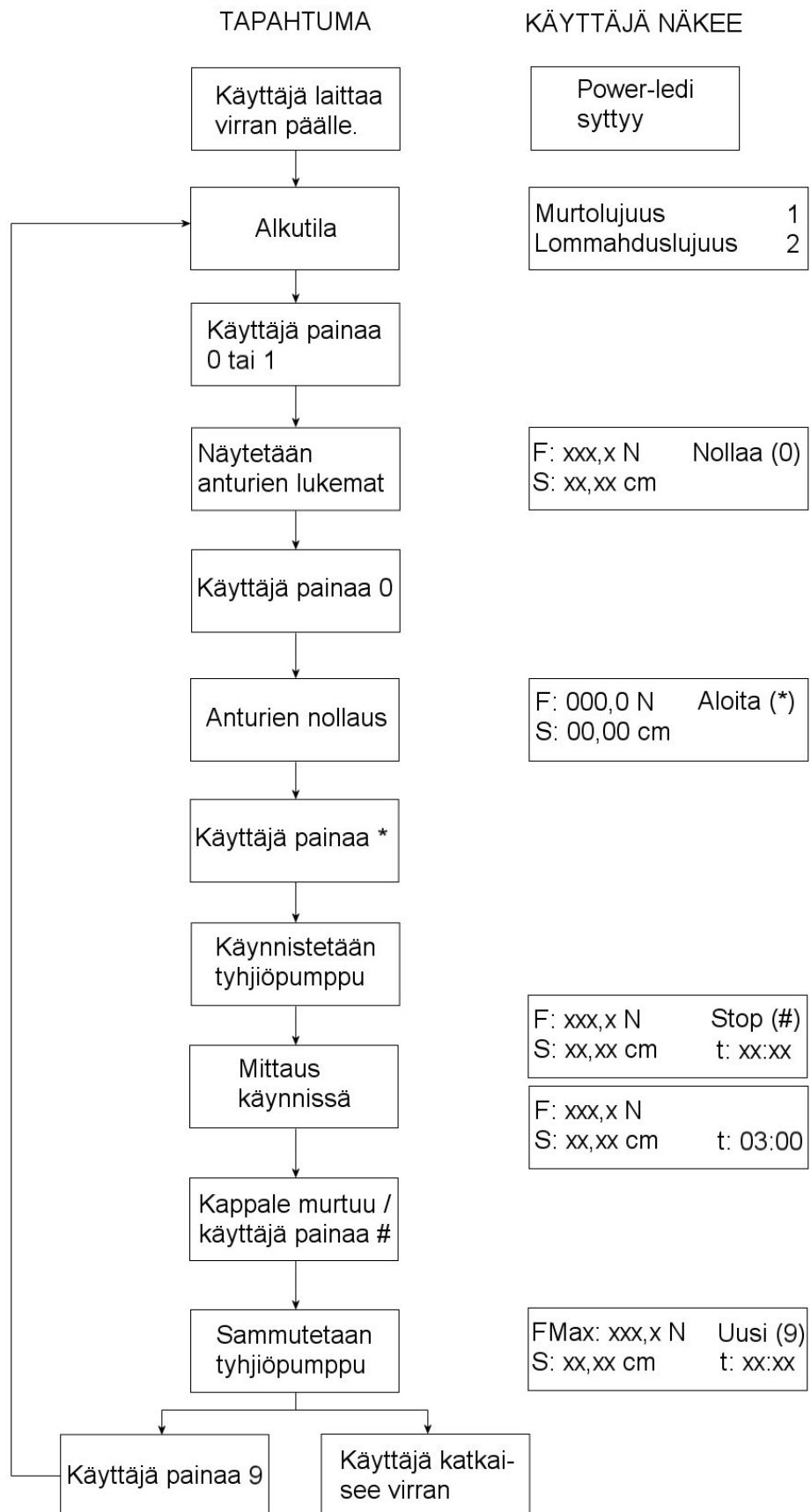
Kun kappaleeseen vaikuttava voima kasvaa riittävän suureksi, kappale murtuu tai lommahtaa, riippuen siitä, onko ydin pinnoitettu vai ei. Kun näin tapahtuu, tai käyttäjä painaa #-näppäintä, mittaus lopetetaan sammuttamalla tyhjiöpumppu. Tällöin kappaleen alapuolelle palautuu korvausilmaventtiilin kautta normaali ilmanpaine.

Käyttäjälle näytetään mittaukseen kulunut aika, kappaleeseen vaikuttanut suurin voima ja tällöin mitattu taipuman arvo. Näytetään myös seuraava valinta: käyttäjä voi aloittaa uuden mittauksen painamalla näppäintä 9.

Käyttäjä joko painaa näppäintä 9 eli aloittaa uuden mittauksen, jolloin ohjelma aloitetaan alusta eli käyttäjä voi valita mittaustyyppin, tai käyttäjä katkaisee mittalaitteesta virran.

Mittaustapahtuma on yksinkertainen ja sitä on käyttäjän helppo ohjata, joten käyttökoulutusta ei juurikaan tarvita. Mittalaitteen ohjelma on myös suhteellisen yksinkertainen suunnitella, kun tiedetään käyttäjän tarvitsemat näytöt ja hänen mahdollisesti tekemänsä valinnat. Ohjelman laatimista helpottaa myös se, että kaksi tehtävää mittausta, taivutusmurtolujuuden mittaus ja lommahduslujuuden mittaus, eivät olennaisesti eroa toisistaan.

Erona mittauksissa on se, että lommahduslujuuden mittauksessa pitää saavuttaa kolmessa minuutissa tietty, spesifikaatioissa määrätty voima. Voiman kasvunopeutta säädetään käsikäyttöisellä korvausilman venttiilillä, joten sillä ei ole ohjelman kannalta mitään vaikutusta. Ainoa ero ohjelman kannalta taivutusmurtolujuuden ja lommahduslujuuden mittauksilla on se, että lommahduslujuuden mittauksessa pitää näyttää antureiden lukemaa kolmen minuutin mittausajan kohdalla.



Kuva 20 Mittaus käyttäjän näkökulmasta

Kuvan 20 kaavion pohjalta on seuraavaksi suunniteltu ohjelman vuokaavio (kuva 21). Vuokaaviosta nähdään ohjelman kulku alusta loppuun käyttäjän valintojen ohjaamana. Vuokaavion perusteella tiedetään myös, mitä muuttujia varsinaisessa ohjelmakoodissa pitää olla ja nähdään selvästi, mitkä kokonaisuudet voidaan toteuttaa omina aliohjelminaan.

Ohjelman suorittaminen käynnistyy heti, kun käyttäjä laittaa virran päälle. Ensimmäiseksi ohjelma sytyttää power-ledin. Ledi saataisiin palamaan myös kytkemällä se virtalähteeseen, mutta tekemällä se ohjelmallisesti saadaan varmuus siitä, että ohjelma on todella käynnistynyt.

Seuraavaksi näytöllä näytetään ohjelman vaatima mittaustyyppin valinta. Näppäimistöltä luetaan käyttäjän valinta, minkä perusteella asetetaan myöhemmin käytetty v-muuttuja joko yhdeksi tai nolllaksi.

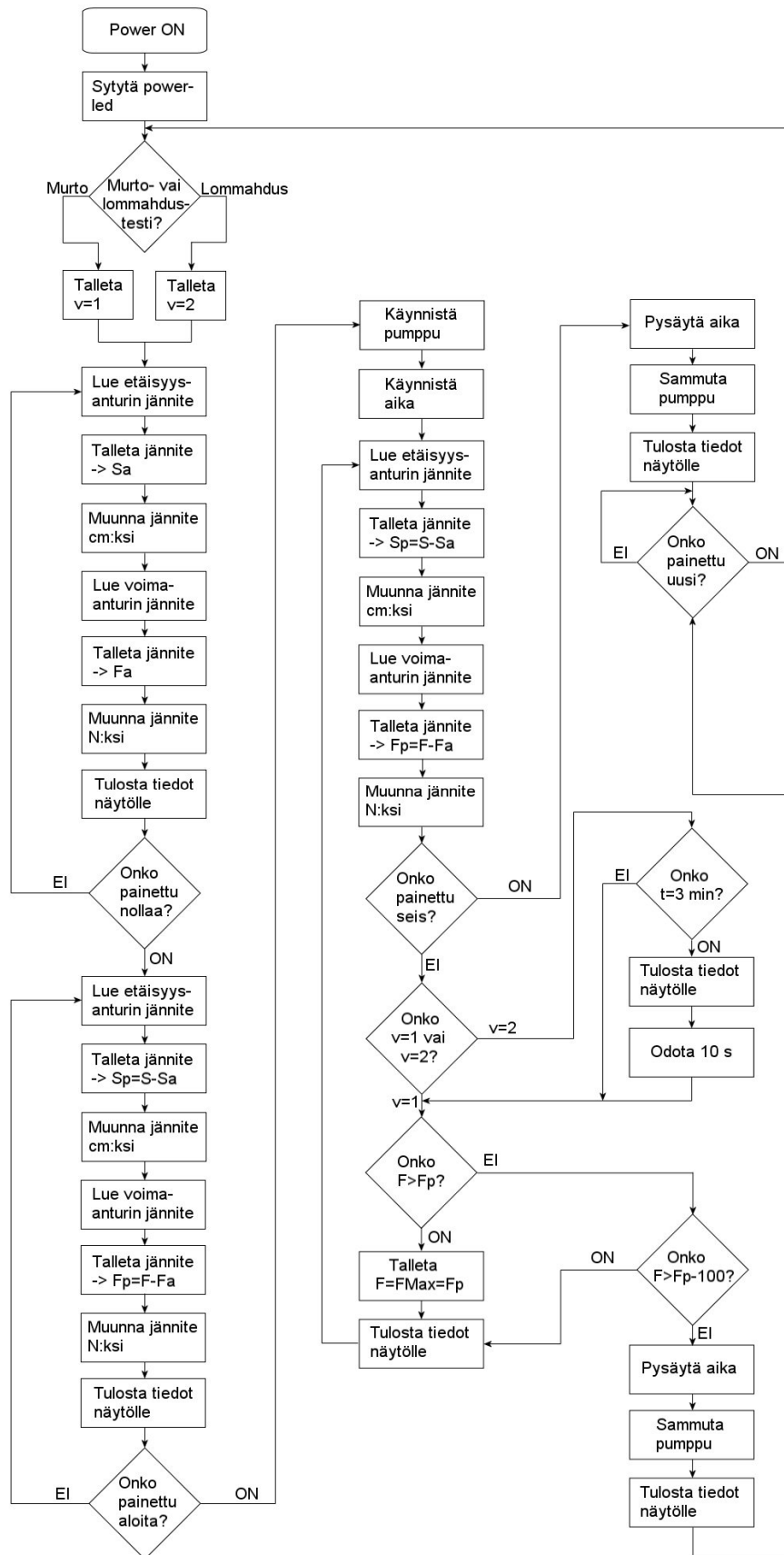
Seuraavaksi pitää lukea etäisyys- ja voima-antureiden jännitteet OOPic:n A/D-muuntimet sisältävistä I/O-linjoista. Jännitteet muunnetaan newtoneiksi ja senttimetreiksi ja tallennetaan muistiin. Tallennetut lukemat myös näytetään käyttäjälle. Tätä jatketaan niin kauan, kunnes käyttäjä painaa näppäintä 0.

Kun käyttäjä painaa 0, edetään seuraavaan vaiheeseen. Luetaan ja muunnetaan jännitteet kuten edellisessäkin vaiheessa. Vähennetään antureilta tulevista arvoista aiemmin tallennetut arvot, jolloin tuloksena pitäisi olla nolla, tai ainakin hyvin lähellä nolla. Tallennetaan näin saadut lukemat ja näytetään ne käyttäjälle. Tehdään näin, kunnes käyttäjää aloittaa mittauksen painamalla *.

Kun käyttäjä painaa *-näppäintä, käynnistetään tyhjiöpumppu ja aloitetaan mittauksen ajanotto. Jälleen luetaan ja muunnetaan antureiden lukemat, vähennetään alkuarvot ja talletetaan saadut arvot. Jos käyttäjä ei ole painanut #-näppäintä, jatketaan eteenpäin. Tarkistetaan onko kyseessä taivutusmurtolujuuden mittausta vai lommahduslujuuden mittausta. Jos mitataan lommahduslujuutta, tarkistetaan onko kulunut jo kolme minuuttia: jos on kulunut, tulostetaan tiedot näytölle, muuten jatketaan samaan kohtaan kuin jos on kyseessä taivutusmurtolujuuden mittausta.

Seuraavaksi tarkastetaan onko luettu voiman arvo suurempi kuin jo muistissa oleva arvo. Tämä on tarpeen, koska mitattavan elementin ja ytimen ominaisuuksista johtuen voima ei kasva aivan tasaisesti, vaan pientä epälineaarisuutta on odotettavissa. Myös kappaleen murtuminen ja lommahtaminen havaitaan voiman äkillisestä laskusta. Siksi tarkastetaan myös nykyisen voiman ero edelliseen lukemaan. Jos voima on selvästi pienempi, kappale on murtunut tai lommahtanut ja mittausta lopetetaan. Jos voima on suurempi kuin ennen, talletetaan se omaan muuttujaansa. Tulostetaan tiedot näytölle ja luetaan uudet arvot antureilta.

Jos käyttäjä lopettaa mittauksen tai kappale murtuu tai lommahtaa, sammutetaan tyhjiöpumppu ja pysäytetään ajan mittaaminen. Tulostetaan tiedot näytölle ja jätetään odottamaan käyttäjän painavan 9-näppäintä, minkä jälkeen palataan mittauksen valintaan.



Kuva 21 Ohjelman vuokaavio

Seuraavaksi on vuokaavion pohjalta tehty varsinainen ohjelmakoodi, joka on esitetty liitteessä 4. Koodia tehtäessä on apua haettu osoitteesta www.oopic.com, josta löytyy englanninkielinen OOPic-ohjelmoinnin opas.

Kaikki ohjelmassa käytetyt muuttujat ovat globaaleja eli mikä vain aliohjelma voi lukea ja muuttaa niiden arvoja. Muuttujat määritellään käyttämällä muotoa: **Dim nimi as new tyyppi**. Ohjelmassa on käytetty muuttujatyyppejä: oDio1, oLCD, oKeyPad, oBit, oA2D, oByte, oWord, oEvent ja oWire.

oDio1 on muuttujatyyppi, jolla voidaan ohjata OOPic:n digitaalisia I/O-linjoja. IO-Line-parametrilla määrätään muuttujan käyttämä I/O-linja ja Direction-parametrilla linjan suunnaksi joko output tai input. Asettamalla muuttujan arvoksi cvOn saadaan I/O-linjaan 5 V:n jännite ja arvolla cvOff saadaan jännitteeksi 0 V.

```
Dim PowerLed as new oDio1
PowerLed.IOLine = 6
PowerLed.Direction = cvOutput
PowerLed = cvOn
```

OOPic:ssä on valmiina näppäimistön ja näytön käsittelyyn tarvittavat rutiinit, joita käytetään luomalla oLCD- ja oKeyPad-tyyppiset oliot.

```
Dim LCD as new oLCD
Dim KBD as new oKeyPad
```

Näyttö saadaan toimimaan kun määritetään sen käyttämät I/O-linjat. Asettamalla Operate-parametrin arvo yhdeksi näyttö käynnistetään ja Init-parametrilla näyttö alustetaan.

```
LCD.IOLineRS = 26
LCD.IOLineE = 27
LCD.IOGroup = 3
LCD.Nibble = 1
LCD.Operate = 1
LCD.Init
```

Alustuksen jälkeen näyttöön voidaan kirjoittaa merkkejä käyttämällä String-parametria. Locate-parametri siirtää kursorin haluttuun paikkaan, esimerkiksi käsky Locate(2,0) siirtää kursorin ensimmäisen rivin alkuun.

```
LCD.String = "Valitse mittaus"
LCD.Locate(2,0)
LCD.String = "Murtolujuus" 1"
LCD.Locate(3,0)
LCD.String = "Lommahdus" 2"
```

OKeyPad-oliolla voidaan lukea näppäimistön painalluksia ja suorittaa niiden mukaan haluttuja toimintoja. Mode-parametrilla määritellään näppäimistön tyyppi joko 3*4-näppäminen puhelinnäppäimistö tai 4*4-merkin heksadesimaalinäp-

päimistö. Operate-parametrilla näppäimistö kytketään toimintaan. Value-parametrin arvo määräytyy painetun näppäimen perusteella.

```
KBD.Mode = 1
KBD.Operate = cvTrue
KBD.Value = 5
```

oBit-muuttuja on nimensä mukaisesti vain yhden bitin kokoinen eli se voi saada arvot tosi ja epätosi. Epätodeksi käy vain arvo 0, todeksi kaikki muut.

oA2D-muuttujaa käytetään kun luetaan OOPic:n neljää ensimmäistä I/O-linjaa, joissa on A/D-muuntimet. IOLine-parametrilla määrätään, mitä I/O-linjaa muuttuja käyttää ja Operate-parametri asettaa A/D-muunnoksen päälle ja pois.

```
Dim Etaisyys as new oA2D
Etaisyys.IOLine = 2
Etaisyys.Operate = cvTrue
```

oByte-muuttuja on 8-bittinen eli voi saada arvoja välillä 0...255. oWord-muuttuja on 16-bittinen eli voi saada arvoja välillä 0...65535.

oEvent-tyyppinen muuttuja kutsuu aliohjelmaa aina kun se tunnistaa tietyn tilamuutoksen. oWire-tyyppisellä muuttujalla kytketään oEvent-muuttuja tutkimaan tietyn I/O-linjan tilaa. Käsky oopic.hz1 muuttaa Apu-muuttujan tilaa yhden hertsin taajuudella.

```
Dim Aika as new oEvent
Dim W as new oWire
Dim Apu as new oDiol
Apu = oopic.hz1
W.Input.Link(Apu)
W.Output.Link(Aika.Operate)
W.Operate = cvTrue
```

oEvent-tyyppiseen muuttujaan liittyy aina aliohjelma, jonka nimi on sama kuin oEvent-muuttujan nimi + "_CODE". Aliohjelma Aika_CODE pyörittää mittaukseen kulunutta aikaa kasvattamalla sekunti- ja minuutti-muuttujien arvoja.

```
Sub Aika_CODE()
    sec = sec + 1
    If sec > 59 Then
        min = min + 1
        sec = 0
    End If
End Sub
```

Ohjelmakoodissa käytetään haarautumisten hallintaan tavanomaisia *if*-rakenteita. Esimerkiksi mittauksen tyyppiä valittaessa asetetaan v-muuttujan arvoksi joko 0 tai 1 riippuen käyttäjän painamasta näppäimestä. V-muuttujaa käytetään myöhemmin koodissa jälleen haarautumisten hallintaan.

```
If KBD.Value = 0 Then
    v=0
Elseif KBD.Value = 1 Then
    v=1
End If
```

2.5 Kustannusarvio

Kustannusarvio on todellakin vain arvio, koska kalleimpien osien, eli etäisyys- ja voima-anturien ja tyhjiöpumpun, hintoja ei löydy suoraan myyjien internetsivuilta, vaan niistä pitäisi jättää tarjous. Pienempien komponenttien hinnat on ilmoitettu hyvinkin tarkasti. Alla olevassa taulukossa on esitetty mittalaitteen arvioidut kustannukset arvonlisäveroineen.

Komponentti	Jälleenmyyjä	Hinta	Hinta-arvio
OOPic II+ Starter Pack	Esutech	80,52 €	
12-näppäimen näppäimistö	Esutech	12,81 €	
12 V Rele	Bebek	2,00 €	
Vastukset 6 kpl	Bebek	0,20 €	
Power-ledi	Bebek	0,20 €	
Optoerotin	Bebek	2,00 €	
Diodi	Bebek	0,20 €	
Kytkin	Bebek	2,00 €	
4*20 merkin lcd-näyttö	SP-Elektroniikka	32,50 €	
Kotelo	Elfa	42,90 €	
Etäisyysanturi			1 000,00 €
Voima-anturi			700,00 €
Tyhjiöpumppu			150,00 €
Atx-virtalähde		30,00 €	
Yhteensä		205,33 €	1 850,00 €

Kuten taulukosta huomataan, halvempien komponenttien hinnoilla ei juuri ole merkitystä mittalaitteen kokonaishinnassa. Tosin antureiden ja pumpun hinnat on arvioitu ilman mitään vahvaa perustetta, paitsi tietoa siitä, että ne ovat suhteellisen arvokkaita. Mittalaitteen hintaan voi siis vaikuttaa hyvinkin paljon kilpailuttamalla arvokkaimpia osia myyviä yrityksiä tehokkaasti.

Lisäksi kokonaiskustannuksiin pitää laskea mittausaltaan suunnittelu, materiaalit ja asennustyöt. Samoin elektroniikan asentamiseen ja ohjelman muokkaamiseen menee aikaa ja niin ollen myös rahaa. Voidaan kuitenkin esittää arvio, että kokonaiskustannukset olisivat suuruusluokaltaan 3000... 5000 €

Muutaman tuhannen euron hinta mittalaitteelle on varsin kohtuullinen, kun otetaan huomioon, että yritykselle voi tulla satojen tuhansien eurojen suuruiset tappiot, jos heikompileatuista materiaalia pääsee tuotantoon asti.

YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin onnistuneesti johdannossa tavoitteeksi määritelty mittalaite. Tarvittavat komponentit määritettiin ja valittiin ominaisuuksiltaan sopivat mallit. Myös ohjausyksikön vaatima ohjelma suunniteltiin ja koodattiin. Kustannusarvio laadittiin niin, että se ei todennäköisesti ylitä.

Suunnitelma on käyttökelpoinen apuväline varsinaisen mittalaitteen rakentamisessa. Joitakin yksityiskohtia joudutaan tietenkin aina säätämään, mutta yleensä ottaen tämä opinnäytetyö on hyödyllinen lähtökohta mittalaitteen jatkokehitystä ajatellen.

Suurin muokkausta vaativa osuus on ohjelmakoodi, koska sitä ei ole voitu testata käytännössä eikä työn tekijällä ole varsinaista ohjelmoinnin erikoisosaamista. Muutoksia suunnitelmaan joudutaan tekemään myös silloin, jos päätetäänkin käyttää joitakin muita komponentteja kuin opinnäytteessä määriteltyjä.

ThermiSolilta päin on projektille ehkä jatkumahdollisuuksia luvassa, koska opinnäytteessä suunnitellulle mittalaitteelle on olemassa selkeä tarve. Jos suunnitelman mukainen mittalaite päätetään toteuttaa, on suunniteltava laitteen fyysinen rakenne tarkemmin ja paneuduttava kunnolla ohjelmakoodin yksityiskohtiin.

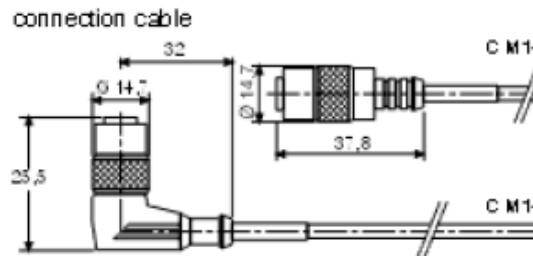
LÄHDELUETTELO

- 1 ThermiSol Oy. [www-sivu]. [viitattu 10.11.2005]. Saatavissa:
<http://www.thermisol.fi/>
- 2 Esutech Oy. [kuva]. [viitattu 12.11.2005]. Saatavissa:
<http://www.esutech.com/OOPic/gif/oopic529.gif>
- 3 SP-Elektroniikka. [www-sivu]. [viitattu 25.11.2005]. Saatavissa:
<http://www.spelektroniikka.fi/>
- 4 Esutech Oy. [kuva]. [viitattu 27.11.2005]. Saatavissa:
http://www.esutech.com/OOPic/lcd_naytto.pdf
- 5 ELFA. [tuoteluettelo ja kuva]. [viitattu 30.11.2005]. Saatavissa:
<http://www.elfa.se/fi/index0.html>
- 6 MEL Mikroelektronik GmbH. [www-sivu]. [viitattu 28.11.2005]. Saatavissa:
<http://www.melsensor.de/MEL186-195.html>
- 7 Murrelektronik Oy. [kuva]. [viitattu 29.11.2005]. Saatavissa:
<http://www.murrelektronik.fi/tuotteet/mel/>
- 8 HBM. [pdf-tiedosto ja kuva]. [viitattu 29.11.2005]. Saatavissa:
<http://www.hbm.com/data/softdoc/hbm/data/B0140.PDF>
- 9 MEL Mikroelektronik GmbH. [www-sivu]. [viitattu 30.11.2005]. Saatavissa:
<http://www.melsensor.de/MEL186-198.html>
- 10 Rietschle Thomas Ltd. [pdf-tiedosto ja kuva]. [viitattu 30.11.2005]. Saatavissa:
[http://www.rtpumps.fi/rtpumps/central/products/resource.nsf/imgref/Download_Linear_diaphragm_pumps_YP_4015_4025_LP_17000162.pdf/\\$FILE/Linear_diaphragm_pumps_YP_4015_4025_LP_17000162.pdf](http://www.rtpumps.fi/rtpumps/central/products/resource.nsf/imgref/Download_Linear_diaphragm_pumps_YP_4015_4025_LP_17000162.pdf/$FILE/Linear_diaphragm_pumps_YP_4015_4025_LP_17000162.pdf)
- 11 Esutech Oy. [pdf-tiedosto]. [viitattu 20.11.2005]. Saatavissa:
http://www.esutech.com/OOPic/optoerotin_ja_rele_lahdossa.pdf

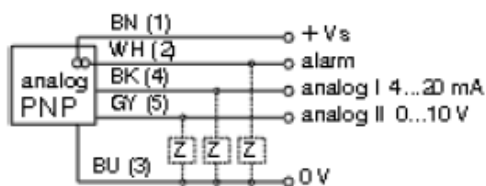
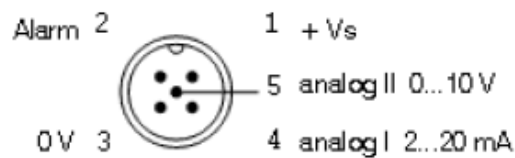
Sensor	M1L/	M1L/	M1L/	M1L/
	20	100	200	400
Range [mm]	20	100	200	400
Range begin [mm]	30	30	50	100
Linearity* ± [mm]	0,1	0,2	0,9	1,5
Resolution* [mm]	0,1	0,3	0,4	0,6
Light spot diameter [mm]	1	2	2	3
Light source	Laser 670 nm, red visible			
Laser protection class	2			
Distance output	4 ... 20 mA / 0...10 V, optional RS 485			
Reaction time	10 ms			
Bandwith	100 Hz (-3 dB)			
Temperature drift	0,04 % / K of range			
Too less light	PNP 100 mA			
Ambient light	10.000 Lux			
Operation time	for Laser Diode 50.000 h			
Operation temperature	0° ... + 50 °C			
Storage temperature	- 20° ... + 70 °C			
Humidity	< 90 % RH			
Protection class	IP 67			
Supply	12 ... 28 VDC < 150 mA			

* Measurement on object color white

Delivery:
 Sensor without connection cable
 and without connector
 Please order cable and connector
 as accessories



pin assignment

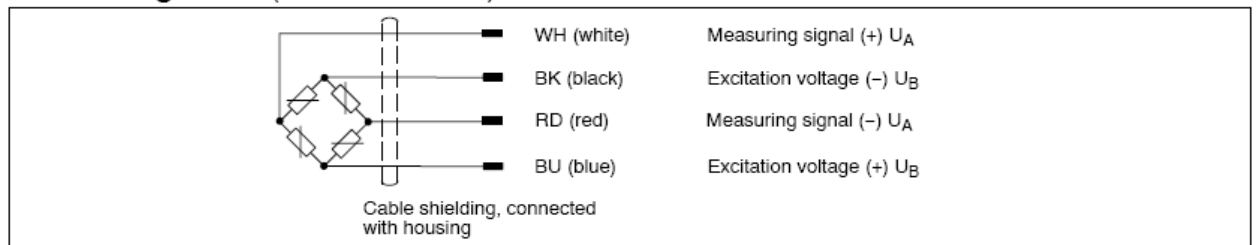


Specifications

Type			C9B									
Nominal (rated) force	N		50	100	200							
	kN					0.5	1	2	5	10	20	50
Accuracy class			0.5									
Nominal (rated) sensitivity	C_{nom}	mV/V	1									
Rel. sensitivity deviation	d_c	%	≤ 1									
Temperature effect on the sensitivity, per 10 K in the nominal (rated) temperature range in the service temperature range	TK_C	%	$\leq \pm 0.5$									
		%	$\leq \pm 0.8$									
Temperature effect on the zero signal, per 10 K in the nominal (rated) temperature range in the service temperature range	TK_0	%	$\leq \pm 0.5$									
		%	$\leq \pm 0.8$									
Linearity			$\leq \pm 0.5$									
Rel. reversibility error	U	%	$\leq \pm 0.5$									
Rel. repeatability error without rotation			$\leq \pm 0.5$									
Creep at nominal (rated) force and reference temperature over 30 min	d_{crF+E}	%	$\leq \pm 0.2$									
Input resistance blk-blu at reference temperature	R_e	Ω	> 345									
Output resistance red-whi at reference temperature	R_a	Ω	300-400									
Insulation resistance	R_{Is}	G Ω	> 1									
Service range of supply voltage	$U_{U,G}$	V	0.5...12									
Reference supply voltage	U_{ref}	V	5									
Reference temperature	t_{ref}	$^{\circ}C$ [$^{\circ}F$]	+23 [+73]									
Nominal (rated) temperature range	$B_{t,nom}$	$^{\circ}C$ [$^{\circ}F$]	-10...+70 [+14...+158]									
Service temperature range	$B_{t,G}$	$^{\circ}C$ [$^{\circ}F$]	-30...+85 [-22...+185]									
Storage temperature range	$B_{t,S}$	$^{\circ}C$ [$^{\circ}F$]	-30...+85 [-22...+185]									
Protection to DIN EN 60 529			IP 67									
Nominal (rated) measurement displacement $\pm 15\%$	S_{nom}	mm	< 0.1			0.04			0.06	0.09	0.11	0.13
Natural frequency $\pm 15\%$			7.3	10	15.7	3.5	5	7	13	15.1	20	12
Working force	(F_G)	%	300			120						
Breaking force	(F_B)	%	> 500			> 400						
Relative static side-force limit ^{*)}	(F_Q)	%	100			40						
Permissible vibration amplitude to DIN 50 100			70									40
Weight, approx.			55			65						260
Cable length			1.5									

^{*)} referred to the 2 mm force introduction point above diaphragm

Cable assignment (Four wire-circuit)



Pneumatic Data			
Description	YP-6V	YP-15V	YP-20V
Part number	52500009	52500014	52500021
Flow at rated pressure	6 l/min	15 l/min	20 l/min
Rated pressure	±100 mbar	±100 mbar	±100 mbar
Operating range	-150 to 150 mbar	-200 to 200 mbar	-200 to 200 mbar

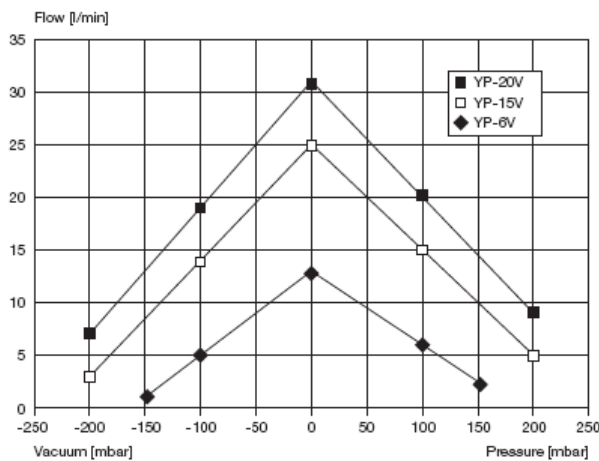
Electrical Data			
Motor type	Linear drive	Linear drive	Linear drive
Voltage	230 V 50/60 Hz	230 V 50/60 Hz	230 V 50/60 Hz
Power consumption at rated pressure	7 W	13 W	18 W

General Data			
Ambient temperature	-10 to 40 °C	-10 to 40 °C	-10 to 40 °C
Weight	2,1 kg	2,4 kg	2,4 kg
Inlet/outlet	Rc 1/8	Rc 1/8	Rc 1/8
Average noise level	32 dB (A)	34 dB (A)	34 dB (A)

Service Parts	Part Numbers		
Chamber block set	700017	700017	700017

Please refer to operating instructions and service manual for additional information.
All listed values are measured at standard atmospheric conditions and at 50 Hz.

Flow Curves



Supplied as standard:
Cable/Euro-plug

Service parts:
Chamber block consists of:
2 x Pump head
2 x Valve plate gasket
2 x Pump body with valves
2 x Diaphragm
2 x Diaphragm ring
2 x Diaphragm nut
2 x Diaphragm washer

Accessories:
Tube connector I.D. 8 mm
(part number 61206)

The information presented in this material is based on technical data and test results of nominal units. It is believed to be accurate and reliable and is offered as an aid to help in the selection of Rietschle Thomas products. It is the responsibility of the user to determine the suitability of the product for the intended use and the user assumes all risk and liability whatsoever in connection therewith. Rietschle Thomas does not warrant, guarantee or assume any obligation or liability in connection with this information.

**** Mittalaite 0.5 beta.

**** Jari Koskinen

**** 28.11.2005

**** Muuttujien määrittely. Kaikki muuttujat ovat globaaleja.

Dim PowerLed as new oDio1	'Virtavalo-muuttuja
Dim LCD as new oLCD	'LCD-muuttuja
Dim KBD as new oKeyPad	'Näppäimistön olio
Dim v as new oBit	'Muuttuja kokeen valinnalle
Dim Etäisyys as new oA2D	'Etäisyysanturin jännite
Dim Voima as new oA2D	'Voima-anturin jännite
Dim sa as new oWord	'Etäisyyden alkuarvo
Dim fa as new oWord	'Voiman alkuarvo
Dim sp as new oWord	'Etäisyyden arvo
Dim fp as new oWord	'Voiman arvo
Dim Pumppu as new oDio1	'Pumppu-muuttuja
Dim fmax as new oWord	'Voiman maksimiarvo
Dim s as new oWord	'Etäisyyden nykyinen arvo
Dim f as new oWord	'Voiman nykyinen arvo
Dim min as new oByte	'Minuutti-muuttuja
Dim sec as new oByte	'Sekunti-muuttuja
Dim Aika as new oEvent	'Aika-tapahtuma
Dim W as new oWire	'Yhteys aika <-> I/O 7
Dim Apu as new oDio1	'Apu-muuttuja ajalle

**** Pääohjelma.

Sub Main()

do

call Power 'Ledin sytytys

call Nappain

do

call Alkuvalikko 'Alkuvalikko

loop until KBD.Value = 0 OR KBD.Value = 1 'kunnes painetaan 1 tai 2

call Mittaus

call Nappain 'Näytetään anturien tiedot

do

call Alkutila

call AlkuNaytto

loop until KBD.Value = 13 'kunnes painetaan 0

call Nappain

do

call Nollaus

call Naytto

loop until KBD.Value = 12 'näytetään niiden tiedot

call PumppuStart 'kunnes painetaan *

call PumppuStart 'Pumppu käyntiin

call Nappain

min = 0

'Alustetaan minuutit

```

sec = 0
Apu.IOLine = 7
Apu.Direction = cvInput
Apu = oopic.hz1
do
    W.Input.Link(Apu)
    W.Output.Link(Aika.Operate)
    W.Operate = cvTrue
    call Mittaus
    loop until KBD.Value = 14 Or Pumppu = 1

call Nappain
do
    call LoppuNaytto
    loop until KBD.Value = 8
loop until KBD.Value = 8
End Sub

```

```

'ja sekunnit
'Apu-muuttuja I/O7:ään
'Yhdistetään se muuttamaan
'tilaansa kerran sekunnissa

'Apu-muuttujan tilan muutos
'aiheuttaa keskeytyksen

'Mittaus käynnissä
'kunnes painetaan # tai
'pumppu sammutetaan

'Näytetään tulokset
'kunnes painetaan 9

'Pääohjelman loppu

```

*** Sytytetään Power-ledi kun virta laitetaan päälle.

```

Sub Power()
PowerLed.IOLine = 6
PowerLed.Direction = cvOutput
PowerLed = cvOn
End Sub

```

```

'Ledi käyttää IO-linjaa 6
'Suunta output
'Ledi päälle

```

*** Alustetaan nestekidenäytön toiminta.

*** Koodi on peräisin: http://www.esutech.com/OOPic/lcd_naytto.pdf

```

Sub LcdAlustus()
LCD.IOLineRS = 26
LCD.IOLineE = 27
LCD.IOGroup = 3
LCD.Nibble = 1
LCD.Operate = 1
LCD.Init
LCD.Clear
LCD.Locate(0,0)
End Sub

```

```

'Asetetaan käytettävät IO-linjat.

'Linjat 28-31 muodostavat IO-ryhmä
'3:n ylemmän puolikkaan
'Käynnistetään oLCD-olio.
'Alustetaan LCD-näyttö.
'Tyhjennetään näyttö.
'Sijoitetaan kursori 1. rivin 1. sarakkeeseen.

```

*** Seuraavissa apuohjelmissa määritetään käyttäjälle näkyvät valikot ja muut *** näytöt.

*** Alkuvalikko, joka näkyy aivan aluksi.

```

Sub Alkuvalikko()
call LcdAlustus
LCD.String = "Valitse mittaus"
LCD.Locate(2,0)
LCD.String = "Murtolukuus    1"

```

```

'Näytön alustus

'Kohdistin rivin 1 alkuun
'Alkuvalikon tulostus

```

```
LCD.Locate(3,0)
LCD.String = "Lommahdus      2"
End Sub
```

'*** Näytetään anturien lukemat ja odotetaan että käyttäjä painaa 0.

```
Sub AlkuNaytto()
call LcdAlustus           'Näytön alustus
LCD.String = "F: ",fa,"N"
LCD.Locate(1,0)           'Kohdistin rivin 2 alkuun
LCD.String = "S: ",sa,"cm"
LCD.Locate(3,0)           'Kohdistin rivin 4 alkuun
LCD.String = "Nollaa (0)"
End Sub
```

'*** Näytetään anturien lukemat – alkuarvot (pitäisi näyttää nolliä) ja odotetaan
'*** että käyttäjä painaa *.

```
Sub Naytto()
call LcdAlustus           'Näytön alustus
LCD.String = "F: ",fp,"N"
LCD.Locate(1,0)           'Kohdistin rivin 2 alkuun
LCD.String = "S: ",sp,"cm"
LCD.Locate(3,0)           'Kohdistin rivin 4 alkuun
LCD.String = "Aloita (*)"
End Sub
```

'*** Kun mittaus on käynnissä, näytetään anturien lukemat ja kulunut aika.
'*** Odotetaan käyttäjän painavan # tai koekappaleen murtumista.

```
Sub MurtoNaytto()
call LcdAlustus           'Näytön alustus
LCD.String = "F: ",fp,"N"
LCD.Locate(1,0)           'Kohdistin rivin 2 alkuun
LCD.String = "S: ",sp,"cm"
LCD.Locate(2,0)           'Kohdistin rivin 3 alkuun
LCD.String= "t: ",min,":":sec
LCD.Locate(3,0)           'Kohdistin rivin 4 alkuun
LCD.String = "Keskeyta (#)"
End Sub
```

'*** Jos käynnissä on lommahduskoe, jätetään näyttöön kymmeneksi sekunniksi '*** kolmen minuutin kohdalla olleet anturien lukemat, jonka jälkeen palataan '*** näyttämään reaaliaikaisia lukemia.

```
Sub LommahdusNaytto()
call LcdAlustus           'Näytön alustus
LCD.String = "F: ",fp,"N"
```



```

LCD.Locate(1,0)                'Kohdistin rivin 2 alkuun
LCD.String = "S: ",sp,"cm"
LCD.Locate(2,0)                'Kohdistin rivin 3 alkuun
LCD.String = "t: ",min,"":sec
End Sub

```

'*** Mittauksen päätyttyä näytetään mitattu maksimivoima, sillä hetkellä mitattu '*** etäisyys ja mittaukseen kulunut kokonaisaika. Odotetaan käyttäjän painavan '*** 9.

```

Sub LoppuNaytto()
call LcdAlustus                'Näytön alustus
LCD.String = "FMax: ",fmax,"N"
LCD.Locate(1,0)                'Kohdistin rivin 2 alkuun
LCD.String = "S: ",sp,"cm"
LCD.Locate(2,0)                'Kohdistin rivin 3 alkuun
LCD.String = "t: ",min,"":sec
LCD.Locate(3,0)                'Kohdistin rivin 4 alkuun
LCD.String = Uusi (9)
End Sub

```

'*** Seuraavissa aliohjelmissa on ohjelman toiminnan kannalta tärkeimmät osat.

'*** Luetaan antureiden jännitearvot ja talletetaan ne oikeissa mittayksiköissä
'*** muistiin. Etäisyysanturin mittausalue on 100 mm...400 mm ja a/d-
'*** muuntimelle näkyvä jännite 0...5 V. Tällöin 1 V vastaa 60 mm eli 6 cm.
'*** Voima-anturin mittausalue on 0...500 N ja a/d-muuntimelle näkyvä jännite '*** 0...5 V.
Tällöin 1 V vastaa 100 N.

```

Sub Alkutila()
Etaisyys.IOLine = 2            'Etäisyysanturi I/O:ssa 2
Etaisyys.Operate = cvTrue     'A/D-muunnos päälle
Voima.IOLine = 1              'Voima-anturi I/O:ssa 1
Voima.Operate = cvTrue       'A/D-muunnos päälle
sa = Etaisyys.Value * 6      'Talletetaan etäisyys cm:nä
fa = Voima.Value * 100       'Talletetaan voima N:na
End Sub

```

'*** Alustetaan näppäimistö toimintaan.

```

Sub Nappain()
KBD.Mode = 1                  'Puhelimen näppäimistö
KBD.Operate = cvTrue         'oKBD-olio päälle
KBD.Value = 5                 'KBD:n alkuarvo
End Sub

```

**** Asetetaan v-muuttuja sen mukaan, onko käyttäjä valinnut murto- vai
**** lommahdusmittauksen.

```
Sub Mittaus()
If KBD.Value = 0 Then                'Jos painettiin 1
    v=0
Elseif KBD.Value = 1 Then           'Jos painettiin 2
    v=1
End If
End Sub
```

**** Nollataan antureiden näytöt. Luetuista ja muunnetuista arvoista vähennetään **** aluksi
saadut arvot, jolloin näytöllä näkyy lukemina nollia.

```
Sub Nollaus()
Etaisyys.IOLine = 2                'Etäisyysanturi I/O:ssa 2
Etaisyys.Operate = cvTrue          'A/D-muunnos päälle
Voima.IOLine = 1                   'Voima-anturi I/O:ssa 1
Voima.Operate = cvTrue             'A/D-muunnos päälle
sp = Etaisyys.Value * 6 - sa       'Talletetaan etäisyys cm:nä
fp = Voima.Value * 100 - sa        'Talletetaan voima N:nä
End Sub
```

**** Käynnistetään tyhjiöpumppu releen avulla.

```
Sub PumppuStart()
Pumppu.IOLine = 5                  'Pumpun ohjaus I/O 5:llä
Pumppu.Direction = cvOutput       'Suunta output
Pumppu = cvOff                     'I/O nollaksi
End Sub
```

**** Mittaus käynnissä. Luetaan ja muunnetaan anturien lukemat ja verrataan
**** voimaa edelliseen arvoon. Jos uusin arvo on isoin mitattu, talletetaan se fmax **** -
muuttujaan. Jos arvo on pienempi, se vain näytetään, mutta jos se on paljon **** pienempi (100
N), mitattava kappale on murtunut ja mittaus lopetetaan.

```
Sub Mittaus()
Etaisyys.IOLine = 2                'Etäisyysanturi I/O:ssa 2
Etaisyys.Operate = cvTrue          'A/D-muunnos päälle
Voima.IOLine = 1                   'Voima-anturi I/O:ssa 1
Voima.Operate = cvTrue             'A/D-muunnos päälle
s = Etaisyys.Value * 6 - sa        'Talletetaan etäisyys cm:nä
f = Voima.Value * 100 - sa        'Talletetaan voima N:nä
```

```
If v = 1 Then
    If f >= fp Then
        fmax = f
        fp = f
```

```
Elseif f < fp Then
If f < fp-100 Then
    Pumppu = cvOn
Elseif f > fp-100 Then
call MurtoNaytto
End If
End If
```

```
Elseif v = 0 Then
If t = 180 Then
call LommahdusNaytto
Delay = 10000
Else
If f >= fp Then
fmax = f
fp = f
Elseif f < fp Then
If f > fp-100 Then
Pumppu = cvOn
Elseif f < fp-100 Then
call MurtoNaytto
End If
End If
End If
End If
```

End Sub

‘*** Lasketaan mittaukseen kulunutta aikaa.

```
Sub Aika_CODE()
    sec = sec + 1
    If sec > 59 Then
        min = min + 1
        sec = 0
    End If
```

End Sub