



Jaakko Kela

MOPODYNAMOMETRI

MOPODYNAMOMETRI

Jaakko Kela
Opinnäytetyö
7.11.2011
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Kone- ja tuotantotekniikka	Opinnäytetyö	37	+	6
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Koneautomaatio	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Oulun seudun ammattikorkeakoulu	Jaakko Kela			
Työn nimi				
Mopodynamometri				
Avainsanat				
dynamometri, mopo, mikrokontrolleri, voima-anturi				

Työssä käydään läpi mopodynamometrin suunnittelu, komponentit, rakentaminen ja testaus. Työ tehtiin Oulun seudun ammattikorkeakoululle, jolta työn on pyytänyt kehittämään Oulun poliisi.

Työn pohjana käytettiin valmiina olevaa prototyyppiä. Dynamometrissä käytettiin vain prototyypin rullat, rungon rakenne ja laakeripesät. Automaattinen jarru, kotelointi ja voimanmittaus syntyivät suunnittelun kautta.

Dynamometri rakennettiin tekniikan yksikön laboratorioissa. Työssä käytettiin mahdollisimman paljon koululta löytyneitä materiaaleja ja komponentteja. Joitakin valmiita komponentteja jouduttiin kuitenkin tilaamaan internet-kaupoista ja ostamaan paikallisilta yrityksiltä, esimerkiksi laakerit.

Suurimpana ja haastavimpana osa-alueena oli jarrun muuttaminen sähkömekaaniseksi. Dynamometrin toiminta testattiin kahdella eri mopolla. Nopeusmittaus ja voima-anturi testattiin molempien antamien arvojen oikeellisuuden todentamiseksi.

Dynamometri simuloi ajovastusta eli ilman- ja vierintävastusta sähkömoottorin avulla säätyvällä levyjarrulla. Sähkömoottorilla säädetään jarrutus vastaamaan nopeuden mukaista ajovastusta. Nopeus ja sähkömoottorin liike esitetään LCD-näytöllä, joka päivittyy kahden sekunnin välein.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ	2
1 JOHDANTO	6
2 DYNAMOMETRI	7
2.1 Toimintaperiaatteet.....	7
2.2 Mopodynamometri.....	8
3 MOPODYNAMOMETRIN TOIMINTAPERIAATE	9
4 MOPODYNAMOMETRIN RAKENTAMISEEN TARVITTAVAT LASKUT	11
4.1 Ilmanvastus	11
4.2 Vierintävastus.....	11
4.3 Ajovastus.....	12
4.4 Nopeus.....	12
4.5 DC-moottorin mitoitus.....	13
4.6 Laskut.....	14
5 MOPODYNAMOMETRIN ELEKTRONIIKKA	17
5.1 Induktiivinen lähestymiskytkin	17
5.2 Voima-anturi	18
5.3 DC-moottori	19
5.4 Mikrokontrolleri	20
5.5 DC-moottorihjain	21
5.6 LCD-näyttö	21
6 MOPODYNAMOMETRIN RAKENNE	23
6.1 Runko.....	24
6.2 Rullat, akselit ja laakerointi	24
6.3 Kotelointi.....	25
6.4 Sähkömoottorilla toimiva levyjarru	26
7 ELEKTRONIIKKA JA OHJELMOINTI	28
7.1 Elektroniikka.....	28
7.2 Ohjelmointi	31
8 KALIBROINTI JA TESTAUS	32
8.1 Kalibrointi.....	32
8.2 Testaus.....	32
9 LOPPUSANAT	34

LÄHTEET.....	35
LIITTEET	37

1 JOHDANTO

Mopon rakenteellinen nopeus ei saa Suomessa ylittää 45 km/h. Nykypäivänä kuitenkin mopot kulkevat tehtaalta tullessaan reilusti yli 45 km/h. Suomeen tuotaessa mopoihin joudutaan asentamaan kuristimet esimerkiksi pakoputkeen, kaasuttimeen tai variaattoriin, jotta ne täyttäisivät Suomen lakipykälät. Rajoittimien poistamisen helppouden takia Suomen teillä liikkuu paljon laittomia mopoja.

Poliisi joutuu nykyisin testaamaan mopon huippunopeuden tutkaamalla ja etsimään tällä tavoin laittomat mopot. Työssä suunniteltavan ja toteutettavan mopodynamometrin lähtökohtana oli luoda laite, joka helpottaa poliisin työtä. Esimerkkinä voidaan ajatella koululla suoritettava ratsia. Dynamometrin ansiosta jokaisesta mopoa ei enää tarvitse ajaa tutkaan, vaan mopot voidaan pikaisesti käyttää dynomometrissä ja todeta niiden laillisuus. Mahdolliset laittomat mopot joudutaan kuitenkin varmistamaan vielä tutkassa.

Opinnäytetyössä käydään läpi olemassa olevan prototyypin ongelmien ratkaisu. Työhön sisältyvät myös uuden dynamometrin suunnittelu, sähköistys, ohjelmointi ja rakentaminen (liite 1).

2 DYNAMOMETRI

2.1 Toimintaperiaatteet

Dynamometri on laite, jolla mitataan moottorin tuottamaa vääntöä (kuva 1). Saadusta vääntömomentista ja nopeudesta lasketaan teho. Teho mitataan moottorin vauhtipyörältä tai vetäviltä pyöriltä.



KUVA 1. Moottoripyörädynamometri (1, hakusana moottoripyörädynamometri)

Mittauksessa moottoria käytetään tyhjäkäyntikierröksiltä maksimikierroksiin asti. Tulokset mitataan ja esitetään graafisena käyränä. Suoraan vauhtipyörältä mitattuna mittaustapa ei ota huomioon voimansiirron aiheuttamaa tehohäviötä.

Vetäviltä pyöriltä tehoa mittaavaa dynamometriä kutsutaan jarru- tai tehopenkiksi. Tällöin dynamometri koostuu neljästä tai kahdesta rullasta, joiden väliin tai päälle renkaat ajetaan. Kitkasta ja voimansiirrosta aiheutuvien häviöiden takia mitattu teho on noin 15 - 20 prosenttia alhaisempi kuin vauhtipyörältä mitattu teho (2, hakusana dynamometri).

2.2 Mopodynamometri

Suunniteltavalla mopodynamometrillä ei mitata suoraan tehoa vaan mopon huippunopeutta (kuva 2). Tässä työssä on tarkoituksena käyttää levyjarrua, jolla simuloidaan vierintä- ja ilmanvastusta. Mopodynamometrin tarkoitus on nopeuttaa poliisin pitämiä moporatsioita, missä dynamometrillä seulotaan viritetyt mopot. Epäillyt viritetyt mopot varmistetaan laittomiksi ajamalla tutkaan.

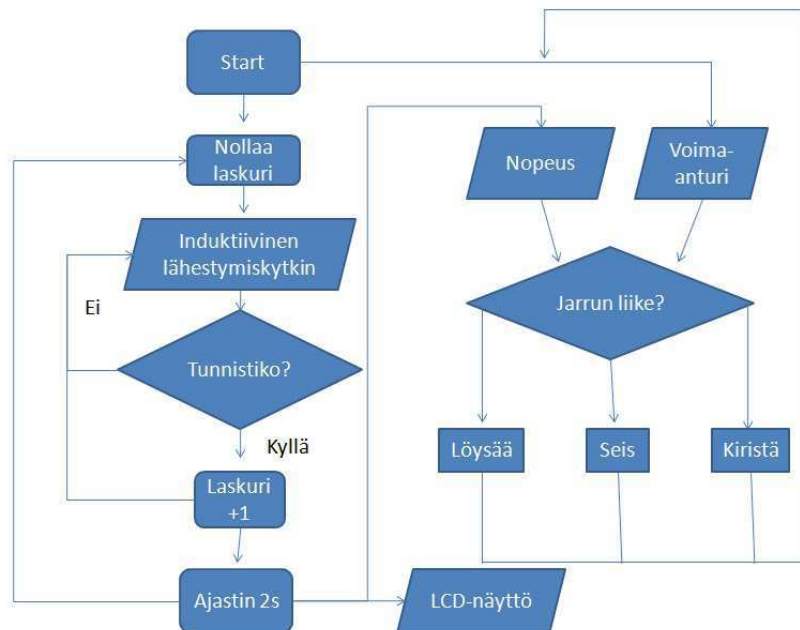


KUVA 2. Mopodynamometri

3 MOPODYNAMOMETRIN TOIMINTAPERIAATE

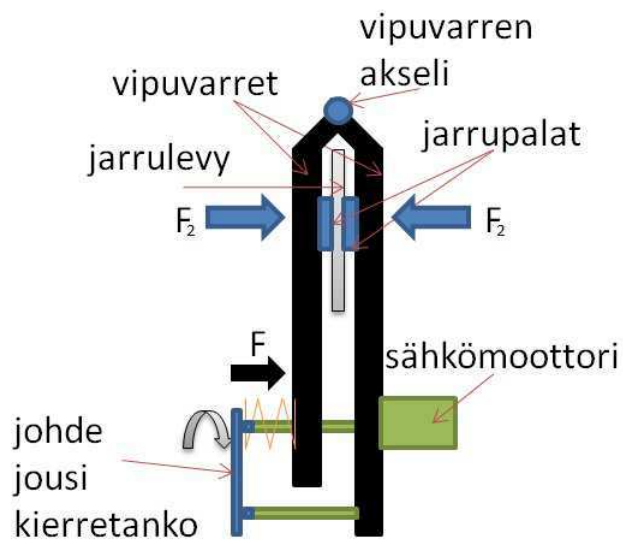
Mopodynamometrillä luodaan jarrun avulla tilanne, missä simuloidaan ilman- ja vierintävastusta, jotka vaikuttavat mopon saavuttamaan huippunopeuteen suoralla tiellä. Pelkkiä rullia pyörittämällä mopo voi helposti saavuttaa sallitun 45 km/h nopeuden, sillä se ei vaadi moottorilta paljoa vääntöä.

Tässä työssä nopeus mitataan laskemalla mopon pyörittämät rullan pyörähdykset kahden sekunnin ajan. Kierros saadaan aina induktiivisen lähestymiskytkimen antamasta pulssista. Kierrosten määrä kahden sekunnin aikana muutetaan muotoon km/h ja tulostetaan LCD-näytölle (kuva 3).

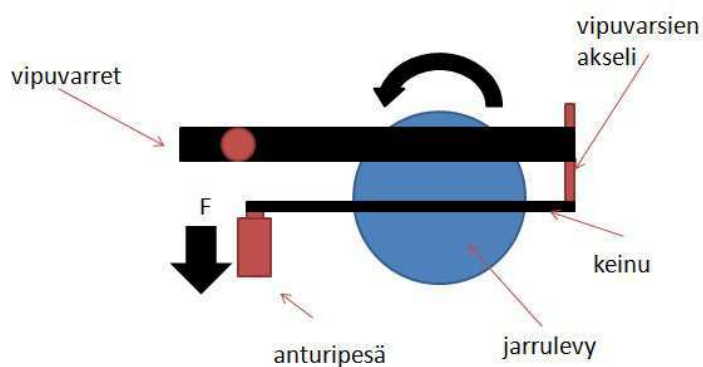


KUVA 3. Vuokaavio mopodynamometrin toiminnasta

DC-moottorilla mutteria kiristäessä painuu jousi kasaan voimalla, joka puristaa jarrupaloja levyä vasten aiheuttaen mopolla pyöritettävälle rullalle vastustavaa voimaa (kuva 4). Tämä voima mitataan keinun päästä voima-anturilla (kuva 5). Anturin antaman arvon ja nopeuden perusteella säädellään jarrutusvoima oikeaksi. LCD-näytöllä ilmoitetaan nopeus ja se, että onko jarru tuottanut oikean jarrutusvoiman. Oikea jarrutusvoima näkyy näytöllä, kun sähkömoottorin liike on seis-tilassa.



KUVA 4. Sähkömoottorilla toteutettava jarrutus



KUVA 5. Voima-anturille tuleva voima

4 MOPODYNAMOMETRIN TARVITTAVAT LASKUT

RAKENTAMISEEN

4.1 Ilmanvastus

Ilmanvastuksella tarkoitetaan kappaleen liikettä vastustavaa voimaa, joka aiheutuu kappaleen ja ilman välisestä vuorovaikutuksesta (3, hakusana ilmanvastus). Ilmanvastuksen huomioiminen on tärkeää suunniteltaessa liikkuvaa laitetta. Ilmanvastus kasvaa nopeuden neliössä (kaava 1).

$$F_A = \frac{1}{2} \rho C_W A v^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

F_A = vastustava voima

ρ = ilman tiheys

v = kappaleen nopeus

A = kappaleen pinta-ala

C_W = muotokerroin

4.2 Vierintävastus

Vierintävastus on vastus joka syntyy, kun pyöreä esine kuten pallo tai rengas rullaa tasaisella alustalla (kaava 2). Vierintävastus pysyy aina vakiona (4, s.104).

$$F_R = C_r * m * g \quad \text{KAAVA 2}$$

C_r = kitkakerroin

m = massa

g = maanvetovoima

4.3 Ajovastus

Mopolla ajaessa sen huippunopeutta vähentävät ilman- ja vierintävastus. Laskemalla ilman- ja vierintävastus yhteen saadaan ajovastus laskettua (kaava 3).

$$F_w = F_a + F_R =$$

KAAVA 3

$$F_w = \text{ajovastus}$$

$$F_a = \text{ilmanvastus}$$

$$F_R = \text{vierintävastus}$$

4.4 Nopeus

Nopeus ilmoittaa tietyssä ajassa edetyn matkan pituuden ja suunnan. Nopeus on fysiikassa vektorisuure, koska sillä on suuruuden lisäksi suunta, tosin termiä nopeus käytetään vaikka liikkeen suunta ei olisikaan määritelty. Termiä vauhti käytetään nopeuden itseisarvosta, jolloin suuntaa ei määritetä. Kulkuneuvojen nopeus ilmoitetaan normaalisti kilometreinä tunnissa (kaava 4). Hetkellinen nopeus saadaan mittaamalla lyhyessä ajassa kuljettu matka ja jakamalla se mittausajalla.

$$v = \frac{s}{t}$$

KAAVA 4

$$v = \text{nopeus}$$

$$s = \text{matka}$$

$$t = \text{aika}$$

4.5 DC-moottorin mitoitus

DC-moottorille valitaan haluttu lineaarivoima, millä se puristaa jousta kasaan. Tarvitaan myös tietää hyötysuhde ja kierteen nousu (kaava 5) (5, hakusana vääntömomentin laskeminen ruuville).

$$Md = \frac{F \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot 0,1}$$

KAAVA 5

Md = vääntömomentti

F = lineaarivoima

ρ = kierteen nousu

4.6 Laskut

Ilmanvastusta laskettaessa eri nopeuksilla on valittu lämpötilaksi 15 celsiusastetta, mikä vastaa hyvin pitkälti lämpötiloja toukokuussa ja elokuussa (taulukko 1). Muotokerroin ja pinta-ala saatiin arvioimalla moposta ja kuskista syntyvät arvot.

$$F_A = \frac{1}{2} \rho C_W A v^2$$

$$\rho = 1.255 \text{ lämpötila } 15^\circ\text{C}$$

$$C_W = 0,7$$

$$A = 0,8\text{m}^2$$

$$v^2 = \text{m/s}$$

TAULUKKO 1. Ilmanvastuksen voimat eri nopeuksilla

Nopeus	Voima
40 km/h	43,4 N
45 km/h	54,9 N
50 km/h	67,8 N
55 km/h	82 N
60 km/h	97,6 N
65 km/h	114,6 N

Kitkakerrointa varten katsottiin rengasvalmistajien antamia arvoja. Massa tulee kuskin ja mopon painosta. Mopon paino tuli laskemalla useamman valmistajan mopoista keskiarvo:

$$F_R = C_r * m * g$$

$$C_r = 0,015$$

$$m = 140 \text{ kg}$$

$$F_R = 20,6 \text{ N.}$$

Ajovastus saatiin laskemalla yhteen ilman- ja vierintävastus (taulukko 2).

$$F_w = F_a + F_R$$

TAULUKKO 2. Ajovastukset eri nopeuksilla

Nopeus	Voima
40 km/h	64 N
45 km/h	75,5 N
50 km/h	88,4 N
55 km/h	102,6 N
60 km/h	118,2 N
65 km/h	135,2 N

DC-moottorin vääntömomentin mitoituksessa arvioitiin riittäväksi lineaarivoimaksi 100 N. M8-kierteen nousu saatiin katsomalla valmistajien taulukosta. Kierretangolla on huono hyötysuhde, koska liukupinnat ovat vinot. Tästä johtuen kitka on isompi. Hyötysuhde tiputettiin trapetsiruuvia 0,2 - 0,6 heikommaksi, josta saatiin arvoksi 0,1 (6, hakusana trapetsiruuvi hyötysuhde).

$$Md = \frac{100N * 0,0015m}{2 * \pi * 0,1} = 0,24Nm$$

5 MOPODYNAMOMETRIN ELEKTRONIIKKA

5.1 Induktiivinen lähestymiskytkin

Induktiivinen anturi tunnistaa luotettavasti vain metalleja (kuva 6). Toiminta perustuu mittakelan induktanssin muutokseen tunnistettaessa kappaleen aiheuttaman permeabiliteetin muutoksen, joka aiheuttaa värähtelytaajuuden muutoksen.



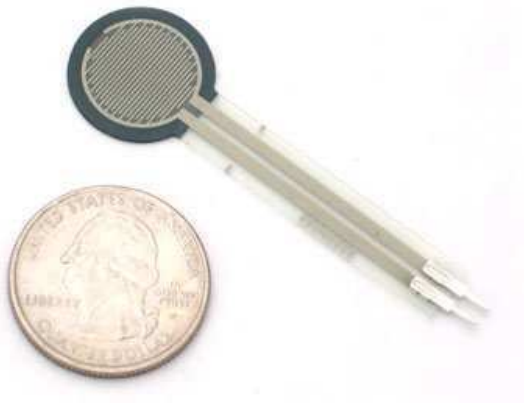
KUVA 6. Induktiivinen lähestymiskytkin (7, hakusana induktiivinen lähestymiskytkin)

Anturi toimii ilman kosketusta, joten se on mekaanisesti erittäin kestävä. Tavallisesti nimellistunnistusetäisyys on 2 mm - 20 mm ja joillakin erikoismalleilla 70 mm:iin saakka.

Anturi vaatii kolme johtoa maa, käyttöjännite ja ulostulo. Anturi voi olla normally closed- (nc) tai normally open-tyyppinen (no) (8, hakusana anturointi).

5.2 Voima-anturi

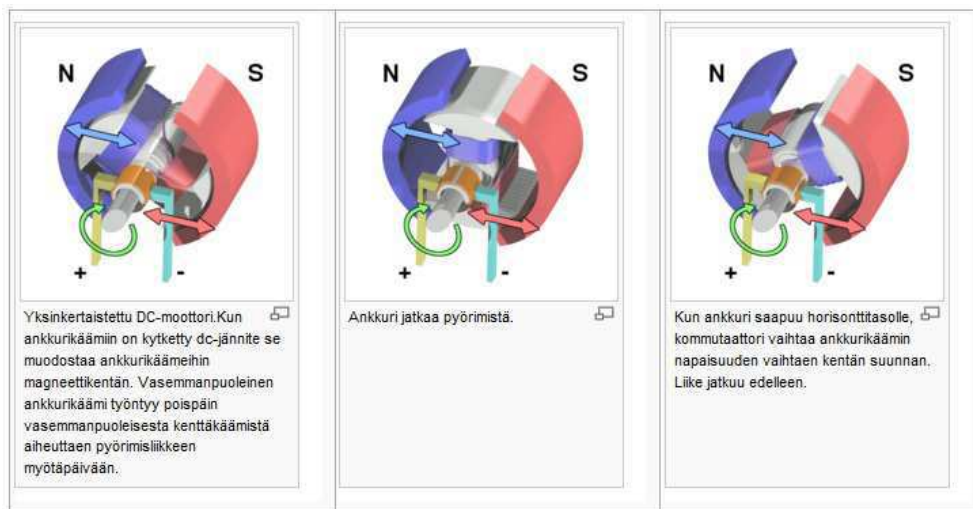
Periaate anturin toiminnassa on mitata jännitteen muutosta. Riippuen anturin (kuva 7) toimintatavasta painuessa tai venyessä resistanssi laskee ja läpi menevä jännite kasvaa.



KUVA 7. FSR voima-anturi (9, hakusana FSR 402)

5.3 DC-moottori

Tasavirtamoottorissa on kelalle käärittyjä magnetoituvia johtimia eli käämejä. Käämeihin luodaan sähkön avulla magneettikenttä (kuva 8). Magneettia tarvitaan moottorin pyörivään osaan eli roottoriin sekä paikallaan olevaan staattoriin. Sähkökentän napaisuutta muuttamalla sopivalla taajuudella saadaan moottori pyörimään (8, hakusana sähkömoottori).



KUVA 8. DC-moottorin toiminta (10, hakusana DC-moottori)

5.4 Mikrokontrolleri

Mikrokontrollereilla (kuva 9) on yleensä mm. nopeus ja muistinosoituskky rajallisempi kuin varsinaisilla mikroprosessoreilla (11, s.14). Mikrokontrollerilla tehdyn toteutuksen ansiosta komponenttimäärä ja tehonkulutus jäävät alhaiseksi. Kontrollereita käytetään yleisesti vaatimatonta laskentakapasiteettia tarvitsevilla ohjaussovelluksissa sekä kulutuselektronikan tuotteissa esimerkiksi kaukosäätimet, mikroaaltouunit ja niin edelleen.

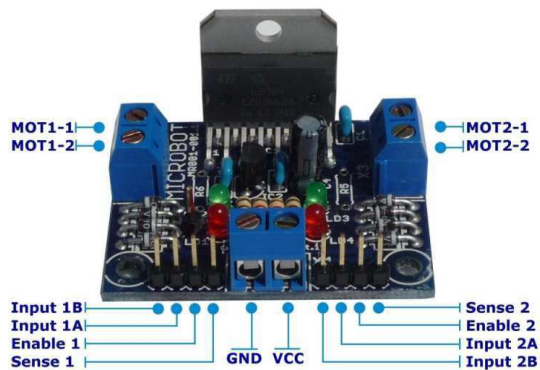


KUVA 9. Arduino Uno -mikrokontrolleri

Mikrokontrolleria voidaan myös käyttää isommissa tietokoneissa osatehtävän suorittamiseen. Esimerkiksi PC-tietokoneessa näppäimistön lukemiseen ja merkin lähetykseen pääprosessorille.

5.5 DC-moottoriohjain

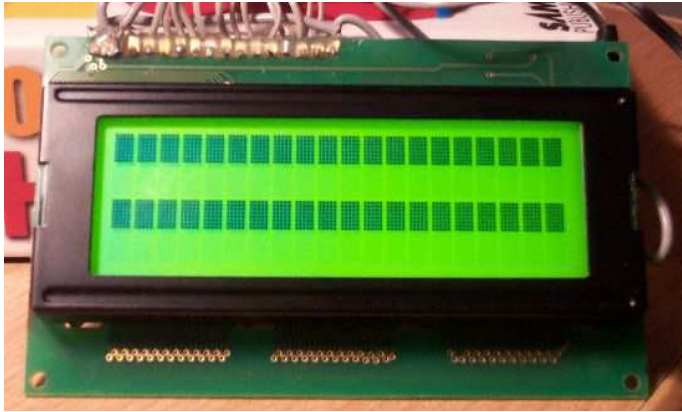
Tasavirtamoottoriohjainta toimii samalla periaatteella kuin himmennin eli säädin pilkkoo jännitettä moottorille haluttuun kierroslukuun (kuva 10). Moottoria ohjataan pulssisuhteella PWM eli Pulse Width Modulation. Muuttamalla sähkövirran kulkusuuntaa ohjaimella saadaan moottori myös pyörimään molempiin suuntiin (8, hakusana pwm).



KUVA 10. DC-moottoriohjain

5.6 LCD-näyttö

Yksinkertainen LCD-näyttö sulautetuissa järjestelmissä on mustavalkoinen merkinäyttö (kuva 11). Siinä on kahden lasilevyn väliin pantu ohut noin 10 μm :n nestekidekalvo. Lasilevyjen pintaan tehdään näkymättömillä hyvin ohuilla johtimilla ruudukus, pistematriisi tai segmenttejä. Johtimiin tuodaan jännite, jolla saadaan aikaan levyjen välille sähkökenttä (12, hakusana LCD-näyttö).



KUVA 11. LCD-näyttö

Ohjaamalla sähkökenttää vaikutetaan nestekidemolekyylien asentoon. Asento vaikuttaa valon läpäisyyn. Yhdessä asennossa valo pääsee läpi ja toisessa ei. Yleisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi matkapuhelit, kelloradiot ja niin edelleen.

6 MOPODYNAMOMETRIN RAKENNE

Mopodynamometrin lähtökohtana oli itävaltalaisen vaihto-opiskelijoiden rakentama prototyyppi. Dynamometrillä luotiin jarruttava voima käyttämällä mikroauton hydraulista levyjarrua hyväksi. Sopiva jarruttava voima tehtiin itse puristamalla kahvasta. Voimaa mitattiin kolmella reed-anturilla, jotka aktivoituivat vuorollaan, kun jouset painuivat vipuvarren päässä tietyllä voimalla alas.

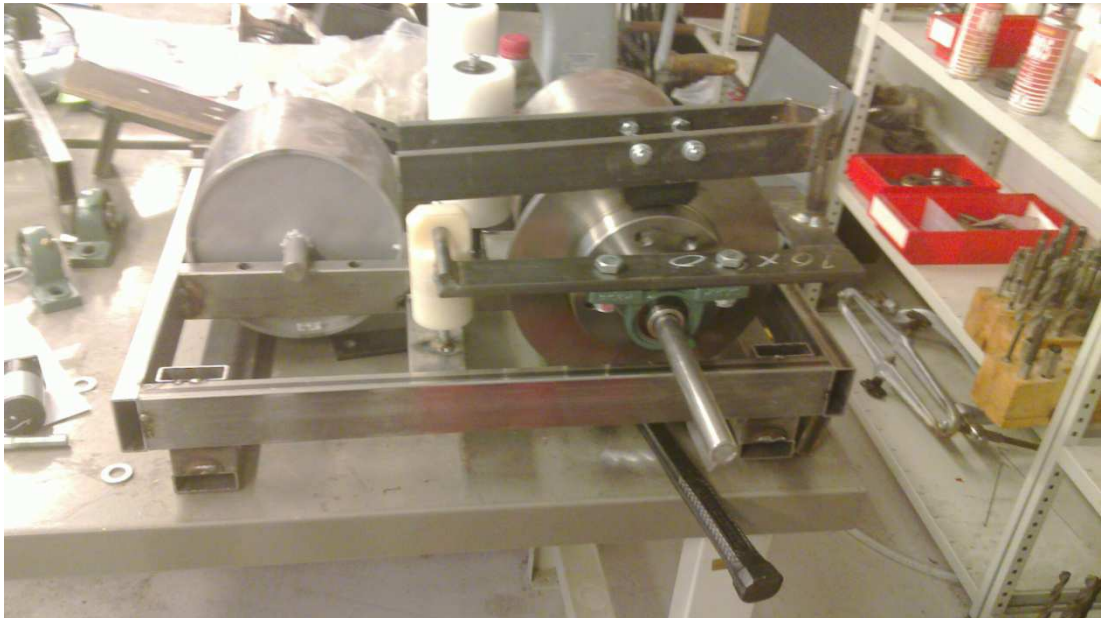
Prototyypin ongelmia olivat seuraavat:

- jarruosan kalleus
- jarrun käytön vaikeus käyttöturvallisuutta huomioitaessa
- jouset eivät painuneet tasaisesti, vaan aiheuttivat mittavarressa hyppimistä.

Prototyypistä käytettiin lopulta vain rullat ja laakeripesät. Lähtökohtana oli automatisoida jarruttaminen ja muuttaa jarruvoiman mittaus aiempaa tarkemmaksi. Myös laitteen rakennuskustannukset pyrittiin pitämään mahdollisimman pieninä. Komponenttien tarkemmat mitat ovat mopodynamometrin piirustuksissa (liite 2).

6.1 Runko

Dynamometrin runko ja jalat on rakennettu 50x20x2 suorakaideputkesta (kuva 12). Tukirullien kiinnikeputki tehtiin 25x25x2 neliöputkesta. Putket sahattiin metallivannesahalla ja irtonaisiin putkiin porattiin pylväsporakoneella piirrustusten mukaiset reiät. Liitokset tehtiin pyöristämällä kulmat ja hitsaamalla MIGillä saumat. Ulkopuoliset saumat hiottiin, mutta sisäpuoliset ns. näkymättömät saumat jätettiin koskemattomiksi. Laakeripesien reikiin hitsattiin alapuolelle mutterit, jotta pesien kiinnittäminen onnistuisi helposti.



KUVA 12. Dynamometrin runko

6.2 Rullat, akselit ja laakerointi

Mopon renkaalla pyöritettävät rullat otettiin prototyypistä. Rulla on rakennettu Ø195 mm x 5 mm pyöröputkesta, missä on 5 mm paksut päätylaipat. Laippoihin on tehty keskelle 20 mm kokoiset reiät akselia varten. Jarrullisen rullan vanha akseli irrotettiin sorvissa ja hitsattiin uusi akseli paikalle. Jarrulliseen rullaan hitsattiin myös pieni metallinatsa nopeusmittausta varten.

Rullien laakeripesät ovat P204-mallia ja esimerkiksi SKF:n valmistama SYJ 20TF laakeripesät ovat vastaavia. Samoja laakeripesiä käytettiin myös jarrussa. Yhteensä laakeripesiä oli käytössä seitsemän.

Tukirullat sorvattiin Aikolonilta ostetusta Ø65 mm nylontangosta. Tukirullat laakeroitiin molemmista päistä SKF 6301-2RSH pölysuojatuilla laakereilla. Sähkömoottorille aiheutuvan vetävän voiman estävänä laakerina toimi SKF 6300-2RSH-laakeri.

6.3 Kotelointi

Kotelo rakennettiin 1,5 mm RSH-pelistä kahdessa osassa. Pelti leikattiin sopivan kokoiseksi kaarisaksilla. Pellin päälle asetettiin A0-tulostimella tehty sapluuna, jonka avulla saatiin piirrettyä leikattavat aukot. Aukot leikattiin kulmahiomakoneeseen kiinnitetyllä 1 mm paksulla RSH-laikalla. Pellit kantattiin käsikäyttöisellä kanttauskoneella. Kanttauksesta jääneet pienet raot hitsattiin MIGillä umpeen.

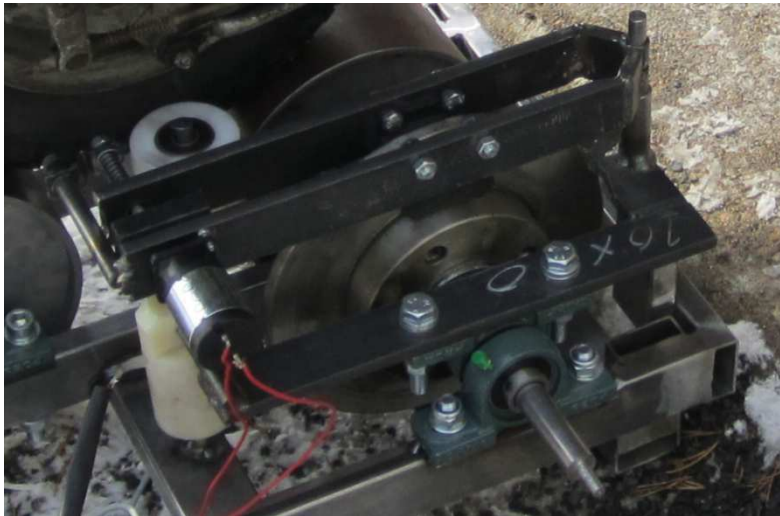
Kotelo hitsattiin runkoon kiinni. Kaikki saumat hiottiin puhtaaksi. Lopulta kotelo käytiin läpi vesihiomapaperilla. Puhdistetun kotelon päälle ruiskutettiin ruosteenestopohjamaali ja punainen maalipinta. Kotelon molempiin päihin kiinnitettiin itsestään porautuvilla ruuveilla kahvat helpottamaan kantamista.

Jarrulle rakennettiin oma kotelointi 1,5 mm RSH-pelistä. Jarrun kotelosta tehtiin irroitettava. Kotelon kiinnitys tehtiin lukkosalvalla. Runko-osaan kiinnitettiin popniiteillä L-profiilin alumiinilistat, joiden avulla saatiin kotelo tukevasti pysymään oikeassa asennossa.

6.4 Sähkömoottorilla toimiva levyjarru

Jarrun rakentaminen lähti liikenteeseen etsimällä mahdollisimman pieni ja halpa jarrulevy. Tällainen löytyi Biltemasta Audin malliin 100 tarkoitettu jarrulevy osanumerolla art. 64-027. Jarrulevyllä jouduttiin koneistamaan CNC-jyrsimellä napa, minkä avulla levy saatiin kiinnitettyä akselille. Navan materiaalina käytettiin alumiinipyörötankoa. Sopivat jarrupalat löytyivät myös Biltemasta sedan mallisen Opel Omegan 86-88 takajarruista osanumerolla 65-9052. Jarrupalojen kiinnitysreiät jouduttiin poraamaan 6 mm isoiksi.

Jarrun keinuviipu rakennettiin 40 mm x 10 mm lattaraudasta. Ennen kokoamista lattarautoihin porattiin reiät valmiiksi. Ennen hitsaamista raudan hitsikohtiin tehtiin viisteet. Jarrupalojen vipuvarsia varten sorvattiin Ø20 mm pyörötangosta akseli. Ulomman lattaraudan päähän hitsattiin Ø10 mm pyörötangosta pidike voima-anturin kotelolle (kuva 13).



KUVA 13. Dynamometrin jarru

Voima-anturin kotelo jyrsittiin Ø50 mm nylontangosta oikeaan muotoon. Lisäksi sorvissa tehtiin reikä kotelon pohjaan. Anturin johtoa varten tuleva reikä porattiin pylväsporakoneella. Anturille leikattiin vielä kumista suojat molemmin puolin estämään mahdollisia painaumia, jotka aiheuttavat vääristymiä mittauksissa ja rikkovat anturin.

Vipubarret rakennettiin myös 40 mm x 10 mm lattaraudasta. Vipubarret hitsattiin kasaan. Akseliin kiinnitystä varten molempiin varsiin hitsattiin Ø14 mm putkesta pätkät. Varret hepattiin reikien poraamista varten toisiinsa kiinni. Sähkömoottorin kierretankoa varten porattiin kaksi kappaletta 14 mm reikiä molempiin vipuvarsiin ja viilalla yhdistettiin reiät. Lopuksi varret erotettiin toisistaan.

Ulompaan vipuvarteeseen hitsattiin päähän Ø10 mm pyörötanko, joka toimii ruuville johteenä, jota pyörittää sähkömoottori. Sähkömoottorin laakerille tehtiin nylonmuovista kotelo. Sähkömoottori ja laakerinkotelo kiinnitettiin samoilla ruuveilla. Kierretanko ja sähkömoottori kiinnitettiin toisiinsa adapterilla, jossa toisella puolella on M8-kierre ja toisella puolella ruuvilukitus sähkömoottorin akselille. Samalla adapteri kiinnitettiin sähkömoottorin tukilaakeriin.

Jarrutusvoiman teko tapahtuu säätämällä sähkömoottorin avulla jousen puristusta. Sopiva jousi etsittiin puristamalla jousia vaakaa vasten. Sopiva jousi on noin 70 N.

7 ELEKTRONIikka JA OHJELMOINTI

7.1 Elektroniiikka

Nopeusmittauksena toimi PNP-tyyppinen induktiivinen lähestymiskytkin. Anturi on Feston valmistama malli SIEH-M12B-PS-K1. Anturi löytyi valmiina koululta. Kyseistä anturia ei enään valmisteta. Anturi on speksattu 10 - 30 VDC, mutta toimii hyvin 5 V käyttöjännitteellä. Mahdollisena ostettavana anturina toimisi Feston malli SIEH-M12B-PS-K-L.

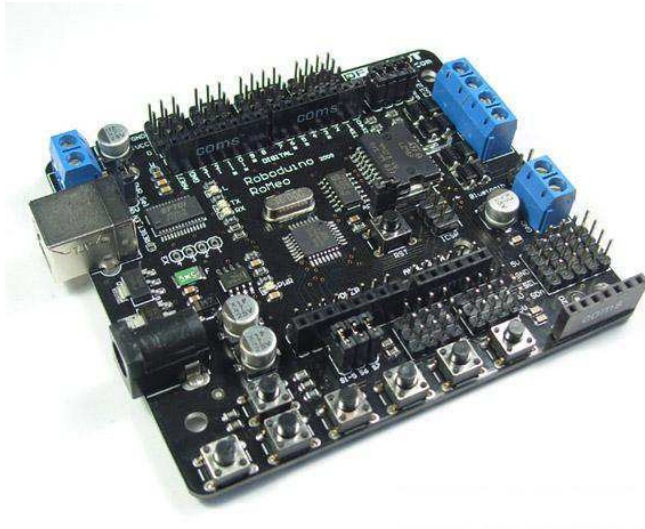
Voiman mittaukseen käytettiin Interlinkin FSR-anturia malliltaan 402. Anturi lupaa mittausalueeksi 0 - 100 newtonia ja mittauskäyrä on lähes lineaarinen (liite 5). Anturi oli suunniteltu 12 V käyttöjännitteelle, mutta laittamalla 10k Ω vastuksen kanssa sarjaan pystyttiin käyttämään anturia ilman pelkoa, että virta rikkoisi mikrokontrollerin.

LCD-näyttö hankittiin SP-elektroniiikasta (kuva 14). Näytön malli on LM1125 (liite 5), kaksirivinen ja 16 merkkiä/rivi. Ohjain on HD 44780-standardin mukainen. Näytön taustavalo jätettiin kytkemättä ja kontrastin säätö maadoitettiin, jolloin kontrasti oli täysillä. Näytöllä näytetään nopeus km/h muodossa ja sähkömoottorin liike löysää=L, kiristää=K tai seis=S.



KUVA 14. LM1125 (13, hakusana LM1125)

Romeo All-In-One on Arduino yhteensopiva kontrolleri (kuva 15). Romeo sisältää integroidun DC-moottoriohjaimen, valmiit liitännät servoille ja erillisille virtalähteille moottoreita ja servoja varten (liite 5). Romeo perustuu avoimeen lähdekoodiin ja suunnitteluun. Ohjelmointi tapahtuu C++-sukuisella koodikielellä Java-perustaisessa ohjelmassa.



KUVA 15. Arduino Romeo All-In-One

DC-moottoriksi löytyi sopiva moottori koululta. DC-moottori on Maxon motorsin valmistama 2140-937-23.112-050 malli. Kyseistä mallia ei enään valmisteta. Moottori on 12 V ja sisältää myös vaihteiston mikä muuntaa voiman suhteessa 30:1.

Liittiminä käytettiin XLR-liittimiä saatavuuden ja helppouden takia. Naarasliittimet kiinnitettiin dynamometrin runkoon popniiteillä. Kaikki johdot kolvattiin kiinni ja suojattiin kutistesukalla.

Laitekoteloksi löytyi SP-elektroniikasta mittalaitekotelo 50 mm x 160 mm x 140 mm (kuva 16). Koteloon leikattiin etulevyyn reikä ja kiinnitettiin pleksilevy. Pleksiin porattiin ruuveille reiät ja kiinnitettiin ruuveilla LCD-näyttö. Kotelon pohjaan tuli kiinni peltilevy, johon oli hitsattu pieni mutteri, joka mahdollisti kamerajalustan kiinnittämisen. Mikrokontrolleri ja piirilevy tulivat koteloon kiinni pienillä messinkisillä adaptereilla, joita käytetään tietokoneen emolevyjen korokepaloina. Kotelon taakse johtojen läpivientiin laitettiin vedonpoistajat. Jalustana käytettiin normaalia kameran kolmijalkaista jalustaa, joka löytyi jo koululta valmiina.

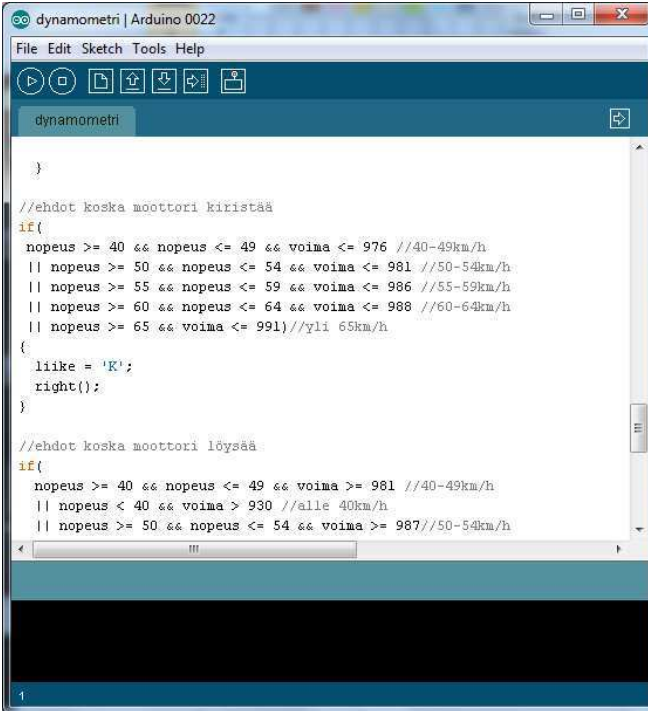


KUVA 16. Laitekotelo

Dynamometri saa sähkön porakoneen akusta. Runkoon kiinnitettiin porakoneen latausteline, jonka johdosta menee liittimelle sähkö. Akun lataus tapahtuu toisella laturilla. Akku on 12 V.

7.2 Ohjelmointi

Mikrokontrolleri ohjelmoitiin mukana tulevalla käyttöohjelmalla (kuva 17). Jokainen komponentti koodattiin toimimaan ensin itsenäisesti. Tämän jälkeen koodit yhdistettiin aliohjelmiksi ja luotiin pääohjelma (liite 3).



```
dynamometri | Arduino 0022
File Edit Sketch Tools Help
dynamometri
}
//ehdot koska moottori kiristää
if(
nopeus >= 40 && nopeus <= 49 && voima <= 976 //40-49km/h
|| nopeus >= 50 && nopeus <= 54 && voima <= 981 //50-54km/h
|| nopeus >= 55 && nopeus <= 59 && voima <= 986 //55-59km/h
|| nopeus >= 60 && nopeus <= 64 && voima <= 988 //60-64km/h
|| nopeus >= 65 && voima <= 991 //yli 65km/h
{
  liike = 'R';
  right();
}
//ehdot koska moottori löysää
if(
nopeus >= 40 && nopeus <= 49 && voima >= 981 //40-49km/h
|| nopeus < 40 && voima > 930 //alle 40km/h
|| nopeus >= 50 && nopeus <= 54 && voima >= 987 //50-54km/h
```

KUVA 17. Arduinon ohjelmointisovellus

8 KALIBROINTI JA TESTAUS

8.1 Kalibrointi

Jarrullisen rullan ulkokehälle hitsattiin pultti mittauksia varten. Analogista kalavaakaa hyväksi käyttämällä tehtiin laskujen mukaiset voimat tietyillä nopeuksilla ja otettiin voima-anturin antamat arvot ylös. Mittaukset toistettiin kolme kertaa ja jokaisella kerralla arvot olivat samat.

Induktioanturin antama nopeus tarkastettiin kiinnittämällä rullan akselille heijastinnauha ja mittaamalla kierroslukujen määrä mittarilla. Kierrosluvusta laskettiin nopeus ja todettiin nopeuden täsmäävän.

8.2 Testaus

Mopodynamometri testattiin kahdella eri mopolla, jotka olivat Tunturi Tiger ja Suzuki pv 80CC. Molemmat testauskerrat antoivat halutunlaiset tulokset.

Tunturi Tiger oli vakiomopo, jossa näkyi jo ajan patina. Mopolla päästiin 43 km/h maksimivauhtiin, jolloin mopodynamometri oli jo aloittanut jarruttamisen. Johtuen sähkömoottorin nopeudesta meni hetki kunnes jarru oli saavuttanut oikein jarrutusvoiman. Tämän takia mopon nopeus tipahti alle 40 km/h, joka aiheutti sen, että dynamometri lopetti jarruttamisen kokonaan. Testistä voitiin kuitenkin päätellä dynamometrin toimivan oikealla tavalla. Testi uusittiin kuitenkin vielä tehokkaammalla mopolla asian varmistamiseksi (kuva 18).



KUVA 18. Mopodynamometrin testaus

Suzuki pv oli reilusti viritetty (kuva 18). Mopolla ajettiin tasaisesti 55 km/h vauhtia. Testikuski huomasi selvän vastuksen kasvun ja joutui lisäämään hieman kaasua. Tästä pystyi päättämään jarrun toimivan oikein. Kokeilimme myös isommilla vauhdeilla dynamometriä ja totesimme sen toimivan hyvin 65 km/h vauhdissa, mihin oli viimeinen jarrutusvoima mitoitettu. Käytimme myös vauhtia 75 km/h ja emmekä huomanneet mitään ongelmia toiminnassa. Mopolla olisi mitä luultavimmin päästy lähemmäs 100 km/h, mutta emme nähneet kokeilua tarpeellisena. Dynamometrin tarkoitus on kuitenkin vain seuloa viritetyt mopot ja kevytmoottoripyörän raja menee 65 km/h nopeudessa.

9 LOPPUSANAT

Mopodynamometrin rakentaminen oli mielenkiintoista ja haastavaa. Erityisesti mielenkiintoa lisäsi se, ettei työ jäänyt pelkästään paperille vaan se rakennettiin ja testattiin. Pyrin käyttämään mahdollisimman paljon koulun koneautomaatiolaboratorion tarjoamia komponentteja. Joitain osia ei enää valmisteta, joten etsin niille vastaavat markkinoilta saatavat komponentit.

Pääsin tavoitteisiin ja sain rakennettua toimivan mopodynamometrin. Valmistuskustannukset laskivat huomattavasti verrattuna prototyyppiin. Myös laitteen käyttö on yksinkertaista ja helppoa automaation ansiosta. Testaajan tarvitsi vain nostaa mopon takarengas dynamometrin rullille ja kiihdyttää mopo maksimivauhtiin. LCD-näytöltä katsotaan vain nopeus ja se, onko jarru saavuttanut haluamansa voiman.

Dynamometrin valmistuminen venyi kuitenkin alun perin sovitusta maaliskuun lopusta huhtikuun loppuun. Viivästyminen johtui useista asioista. Materiaalien hankinnassa kului odotettua kauemmin aikaa ja joidenkin osien valmistaminen vei oletettua pitempään. Myös välillä joutui odottamaan koneiden vapautumista muiden käytöstä.

Työn valmistumisen jälkeen on tullut mieleen muutamia parannusehdotuksia jatkokehittelyä varten. Dynamometriin voitaisiin lisätä mahdollisuus asettaa mopon paino, joka saataisiin rekisteriotteesta. Ohjelmakoodiin jouduttaisiin muuttamaan niin, että itse ohjelmassa laskettaisiin vaadittavat voimat eri nopeuksilla. Tällä hetkellä ohjelmakoodissa itsessään on valmiiksi laskettuna keskiarvo eri mopojen painosta ja sen mukaisesti tehdään jarruttava voima.

LÄHTEET

1. Moottoripyörädynamometri. 2011. Saatavissa: <http://www.huolto-kaksikko.com/index.php?id=5>. Hakupäivä 6.9.2011.
2. Dynamometri. 2011. Saatavissa: <http://www.autowiki.fi/index.php/Dynamometri>. Hakupäivä 6.9.2011.
3. Ilmanvastus. 2011. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org>. Hakupäivä 3.1.2011.
4. Mäkelä, Mikko - Soininen, Lauri - Tuomola, Seppo - Öistämö, Juhani - Kulmala Marko 2005. Tekniikan kaavasto. 5. painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.
5. Vääntömomentin laskeminen ruuville. 2011. Saatavissa: http://www.mekanex.se/ber/fi-vridmom_skruvdrift.shtml. Hakupäivä 3.1.2011.
6. Trapetsiruuvi hyötysuhde. 2011. Saatavissa: <http://www.mekanex.se/produkter/trans/fi-trapetssskruvar.shtml>. Hakupäivä 3.1.2011.
7. Induktiivinen lähestymiskytkin. 2011. Saatavissa: <http://www.tekniikka.oamk.fi/~timohei/k/TL6021/IO/>. Hakupäivä 6.9.2011.
8. Honkanen, Harri 2011. Opetusmateriaali. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honhar/ma/>. Hakupäivä 26.1.2011.
9. FSR 402. 2011. Saatavissa: <http://www.adafruit.com/products/166>. Hakupäivä 8.9.2011.

10. DC-moottori. 2011. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Tasavirtamoottori>. Hakupäivä 8.9.2011.
11. Rantala, Pekka 2001. Mikrotietokonetekniikka. Kotka: KymData.
12. Microsallo. 2011. LCD-näyttö. Saatavissa:
http://www.microsallo.com/malli_2.pdf. Hakupäivä 6.9.2011.
13. SP-elektroniikka. 2011. LM1125. Saatavissa:
<http://www.spelektroniikka.fi/tuotteet/elektroniikka-lcd-naytot/lcd-naytto-lm1125-100383>. Hakupäivä 8.9.2011.

LIITTEET

- Liite 1. Lähtötietomuistio
- Liite 2. Piirrustukset
- Liite 3. Ohjelmakoodi
- Liite 4. Sähkökaavio
- Liite 5. Komponenttien datalehdet
- Liite 6. Huolto- ja käyttöohjeet

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä¹ Jaakko Kela

Tilaaaja² Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot³ Eero Korhonen

Työn nimi⁴ Mopodynamometri

Työn kuvaus⁵ Nykyisen prototyypin pohjalta suunnitellaan ja tehdään kenttä käyttöön soveltuva versio

Työn tavoitteet⁶ _____

Toimiva prototyyppi ja kattava dokumentointi

Tavoiteaikataulu⁷ _____

Suunnittelu valmis 2010 lopussa ja laite valmis helmikuun 2011 lopussa.

Päiväys ja allekirjoitukset⁸ 29.11.2010

¹ Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

² Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.

³ Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.

⁴ Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.

⁵ Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.

⁶ Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.

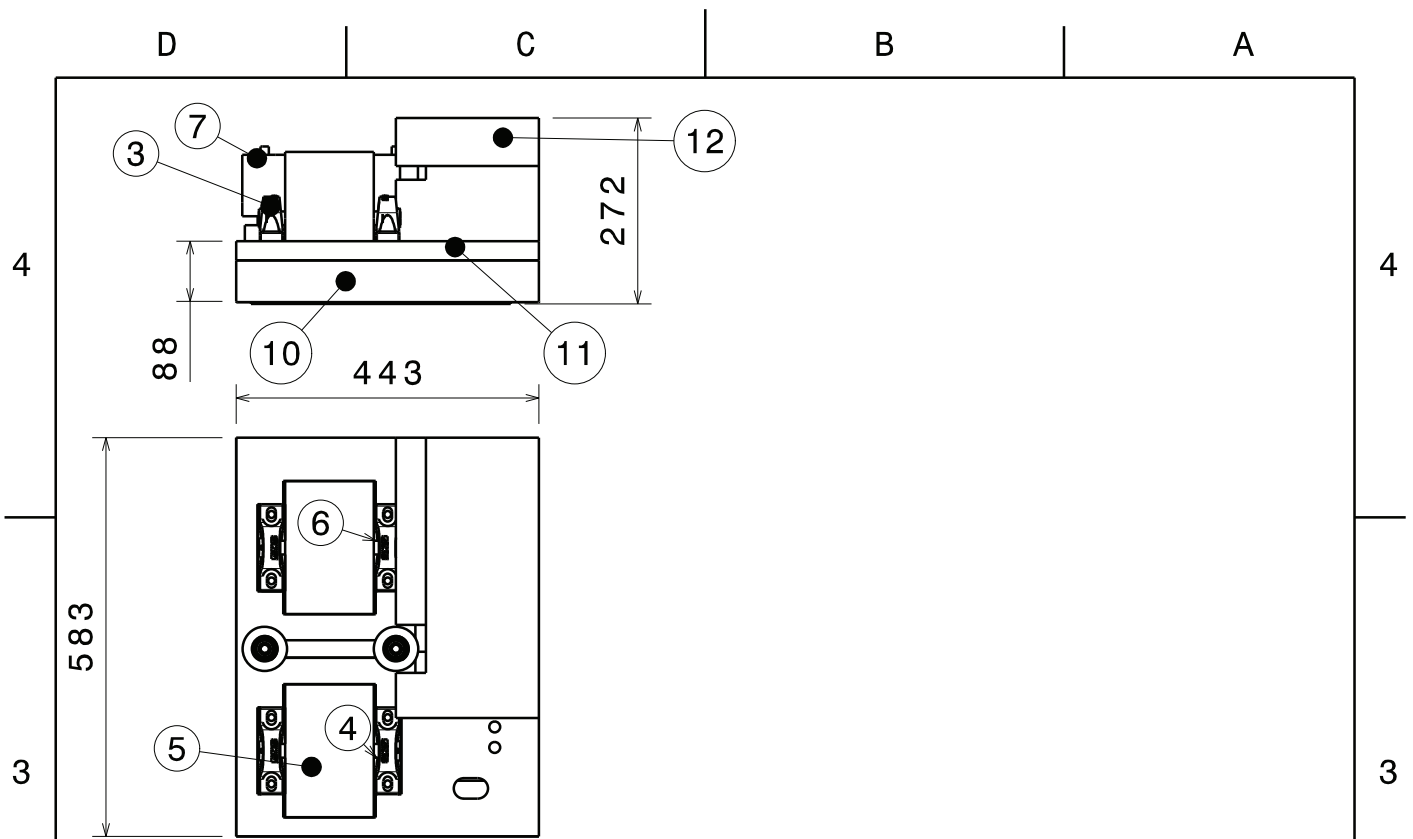
⁷ Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun.

Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.

⁸ Lähtötietomuistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö

Piirustusnumero

DYN100	mopodynamometri
DYN101	laakeripesän tukilevy
DYN102	etummainen akseli
DYN103	jarrun akseli
DYN104	navan lukitustappi
DYN105	pohjalevy
DYN106	kotelon yläosa
DYN107	jarrukotelo
RU100	runko
RU101	tukirullan akseli
RU102	25 x 25 x 2 neliöputki
RU103	runkopalkki 580
RU104	50 x 20 x 2.5 palkki
RU105	laakeripalkit
RU106	rungon jalka
RU107	ulompi runkopalkki 540
RU108	laakerilevy
RU109	anturin palkki
RU110	50 x 20 x 2 toppari
RULLA100	rulla
RULLA101	päätylaippa
RULLA102	rullan putki
TUKI100	tukirulla
JAR100	jarru
JAR101	anturipesä
JAR102	keinu
JAR103	napa
JAR104	sähkömoottorin johde
JAR105	adapteri
JAR106	laakerin kotelo
JAR107	vasen nivel
JAR108	oikea nivel



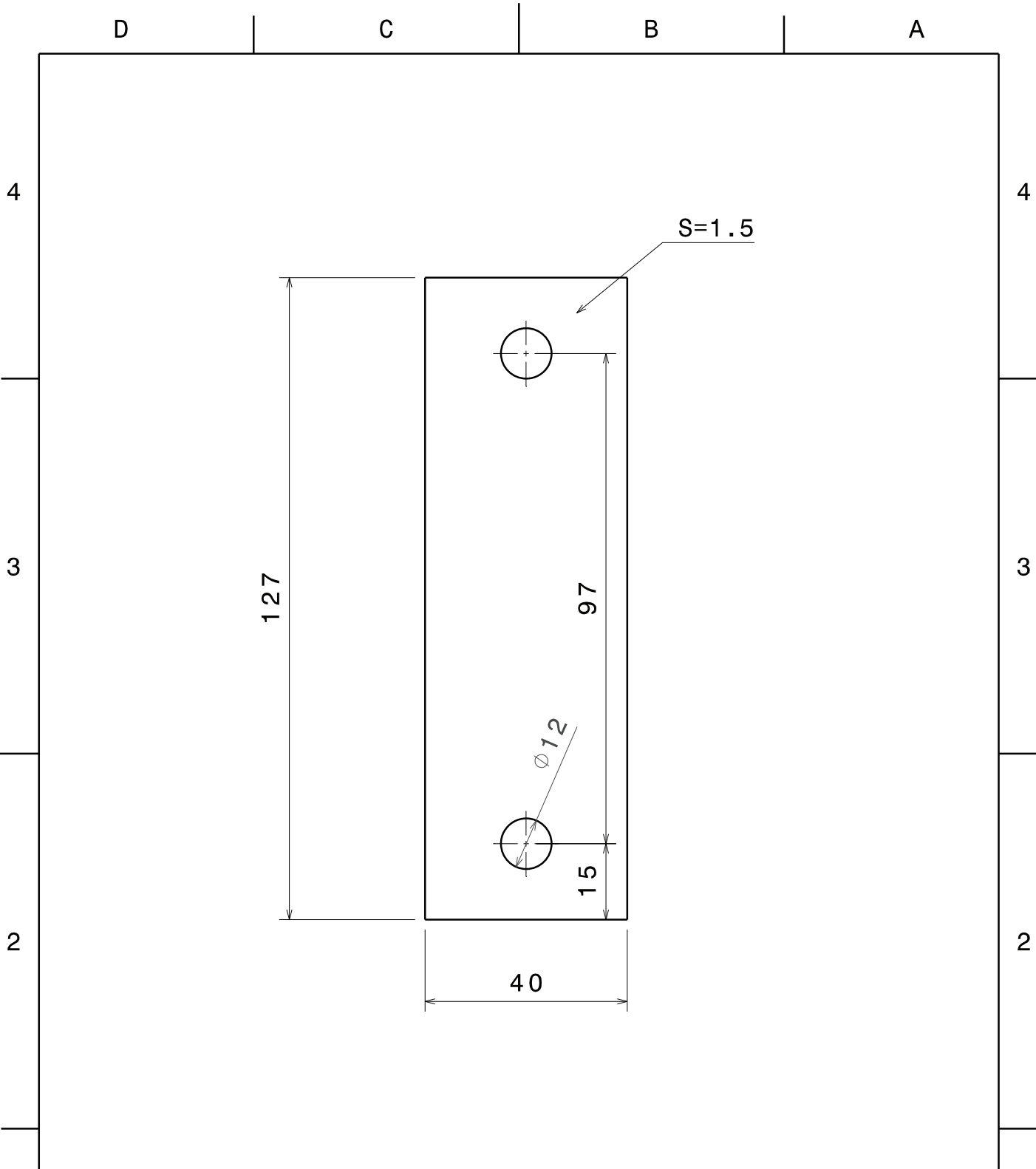
Mopodynamometri

Quantity	Number	Part Number	Type
1	1	RU100	Assembly
4	2	DYN101	Part
7	3	SYJ 20 TF	Assembly
1	4	DYN102	Part
2	5	RULLA100	Assembly
1	6	DYN103	Part
2	7	TUKI100	Assembly
1	8	JAR100	Assembly
1	9	DYN104	Part
1	10	DYN105	Part
1	11	DYN106	Part
1	12	DYN107	Part

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	mopodynamometri		
ISO 2768-m	1:10					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				DYN100		
Tark						Koko
Hyv.						

D

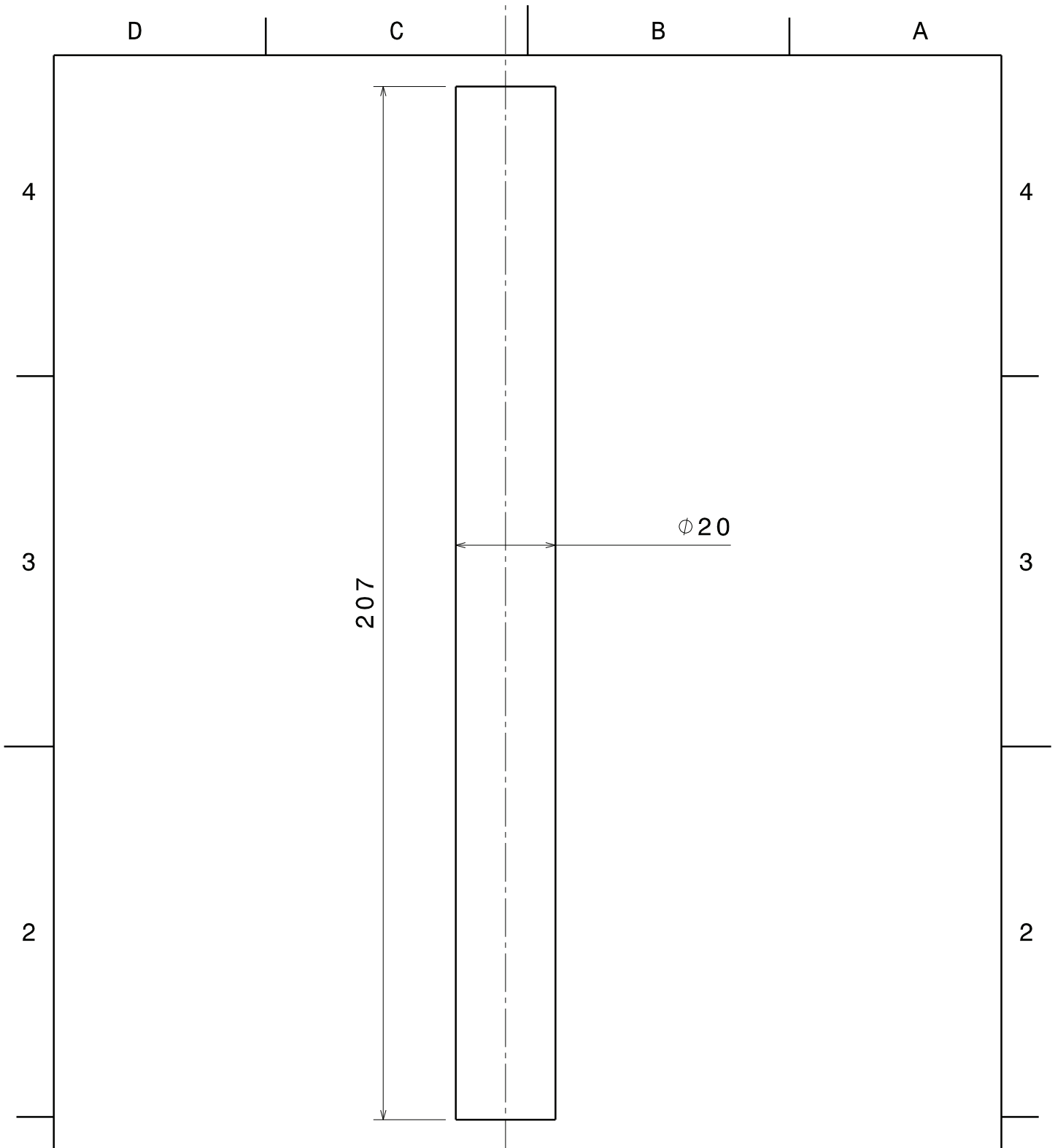
A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl		
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Laakerinpesän tukilevy			
ISO 2768-m	1:1						
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö	Piirustusnumero		Lehti		
Suunn.			DYN101	XXX Koko A4			
Tark					XXX	Massa (kg)	XXX
Hyv.					XXX	XXX	

D

A

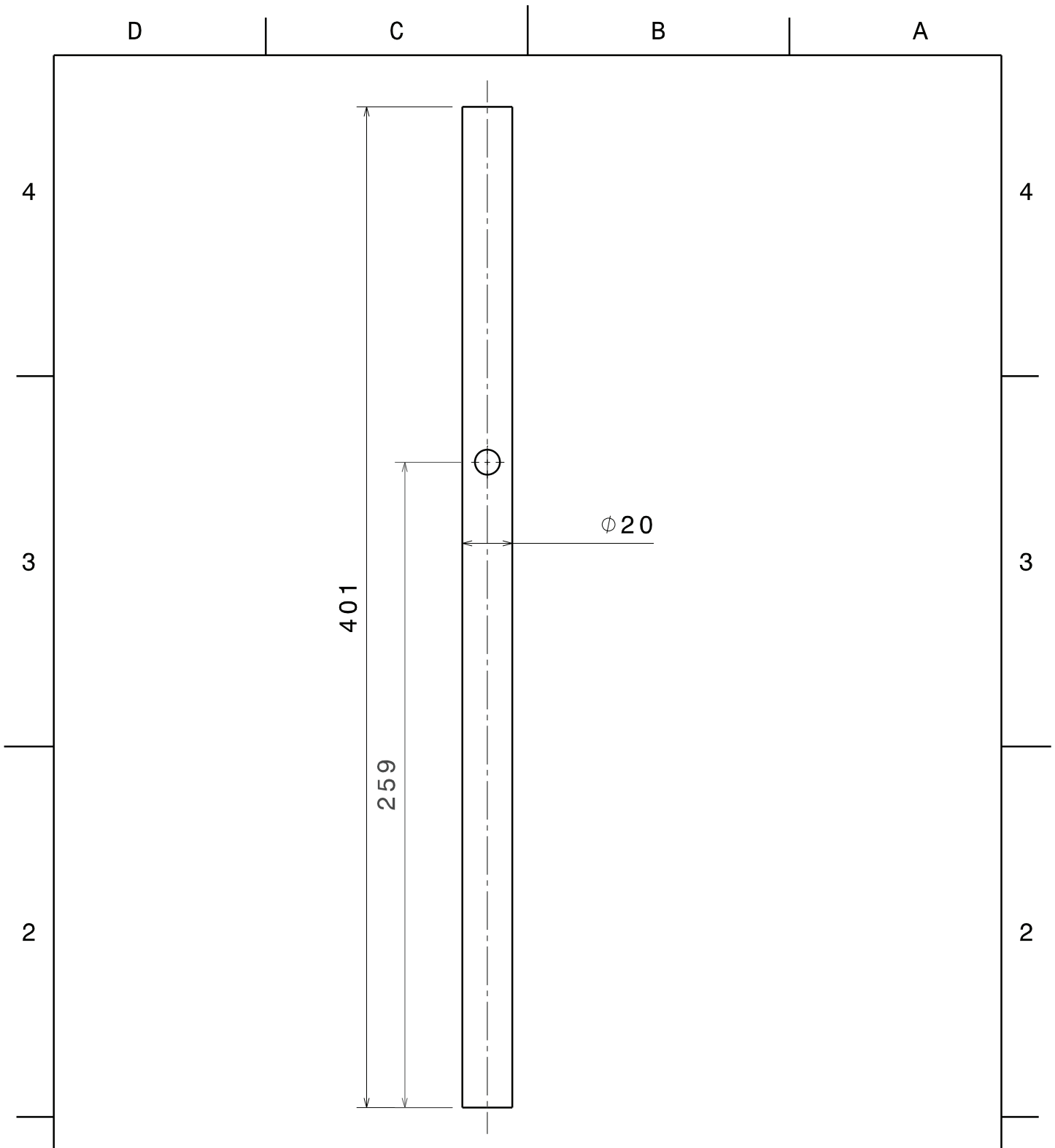


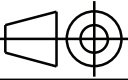
Front view

Scale 1:1

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi			Luettelo, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Etummainen akseli				
ISO 2768-m	1:1							
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö			Piirustusnumero		Lehti	
Suunn.					DYN102		XXX	
Tark					Massa (kg)			Koko
Hyv.							A4	

D A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelun nimi, määrä			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Jarrun akseli		
ISO 2768-m	1:2			1		
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				DYN103	XXX Koko A4	
Tark						
Hyv.						

D A

D

C

B

A

4

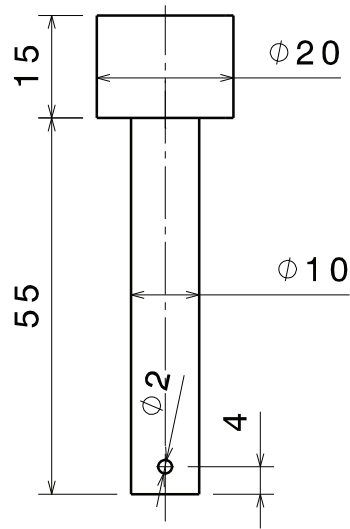
4

3

3

2

2



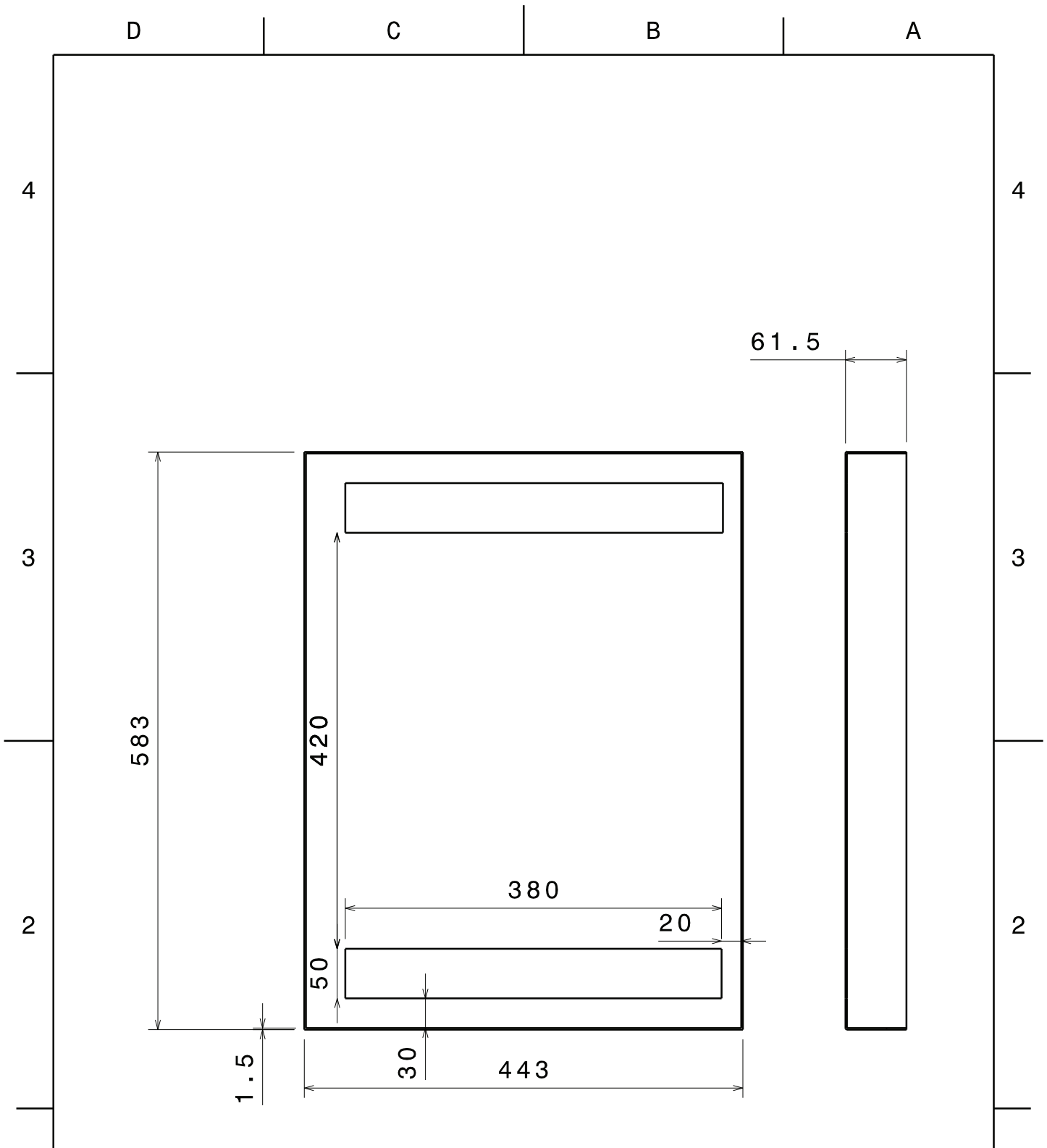
1

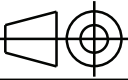
1

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Navan lukitus tappi		
ISO 2768-m	1:1					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				DYN104	XXX	
Tark					Koko	
Hyv.					A4	

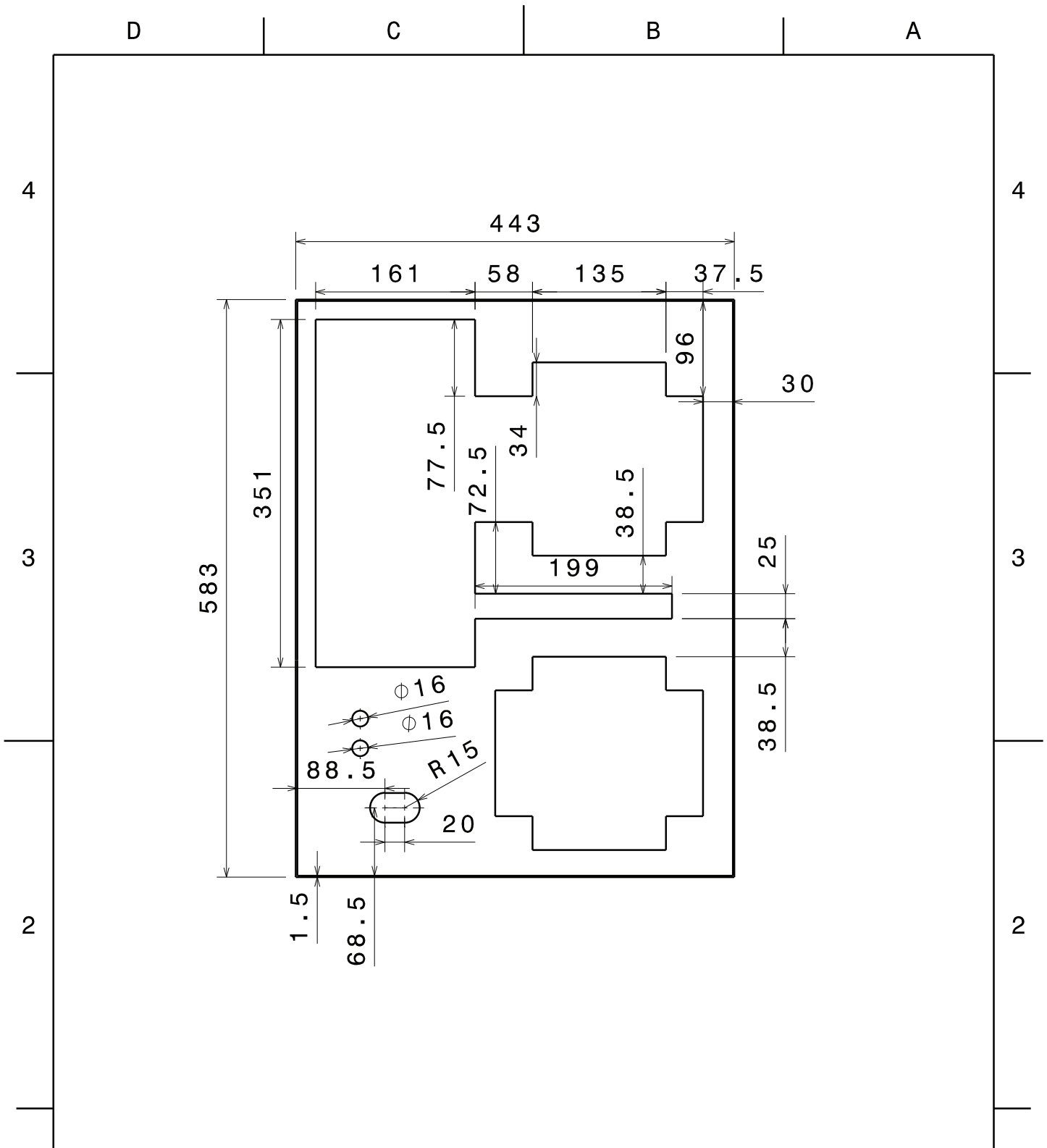
D

A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelomerkki	Luoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl	
1	Yleistoleranssit ISO 2768-m	Mittakaava 1:5	Tuote	Liittyy	Pohjalevy	
	Piirt.	 Massa (kg) XXX	OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	
	Suunn.				DYN105	Lehti
	Tark					XXX Koko A4
	Hyv.					

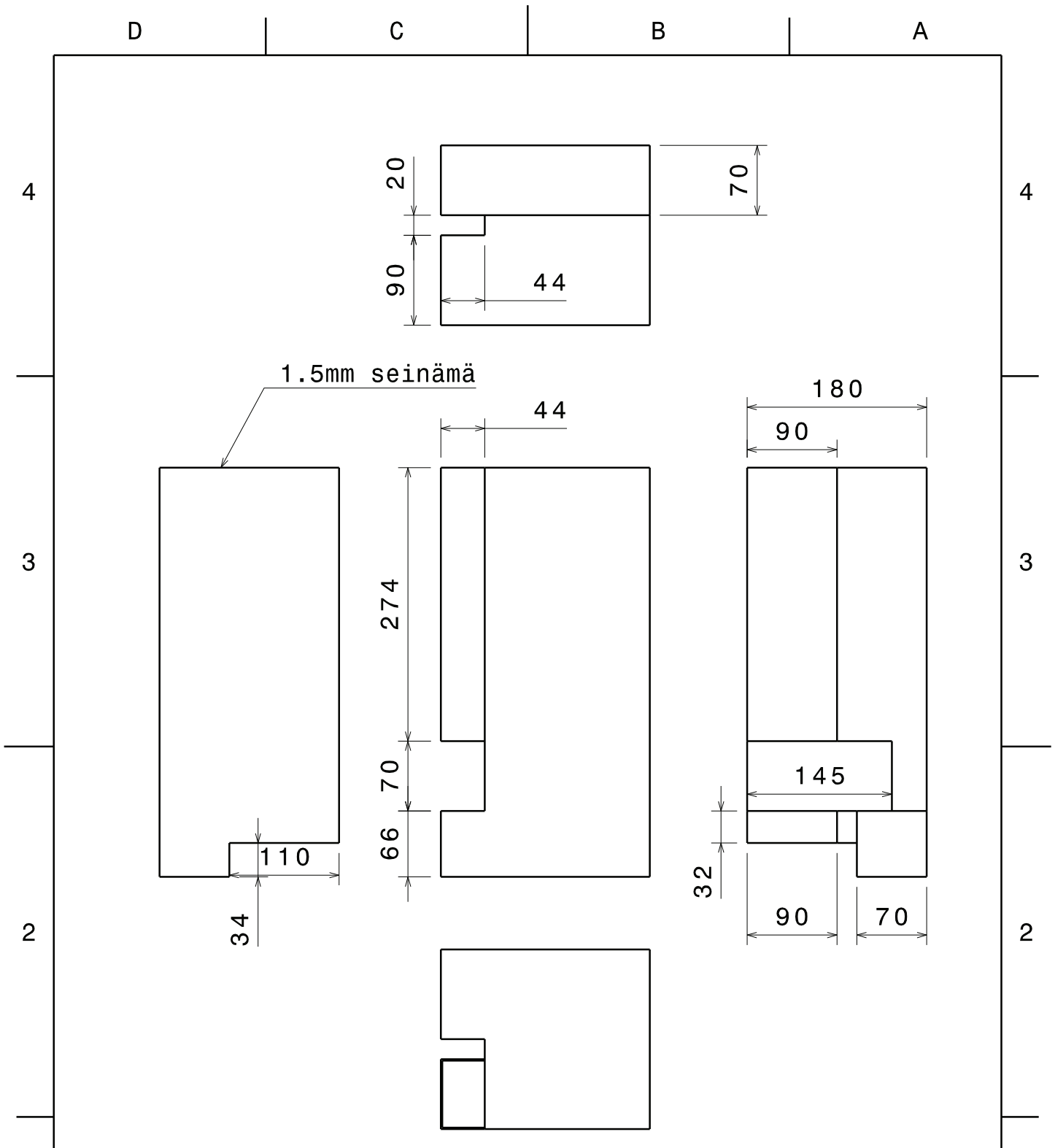
D | | | | A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Kotelon yläosa	
ISO 2768-m	1:5				
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti
Suunn.				DYN106	XXX
Tark					Koko
Hyv.					A4

D

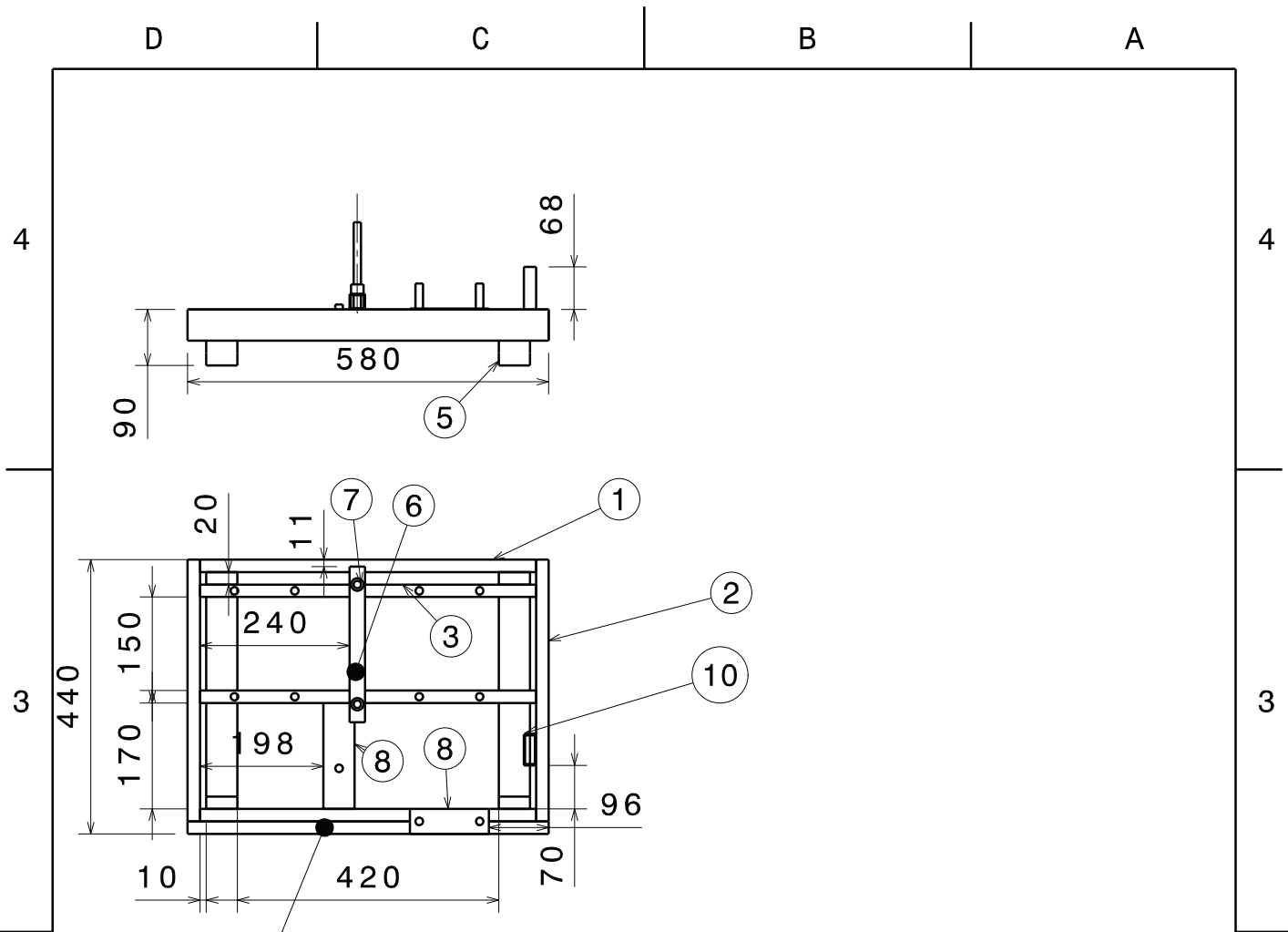
A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Jarrukotelo				
ISO 2768-m	1:5							
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö			Piirustusnumero		Lehti	
Suunn.					DYN107		XXX	
Tark					Massa (kg)			Koko
Hyv.							A4	

D

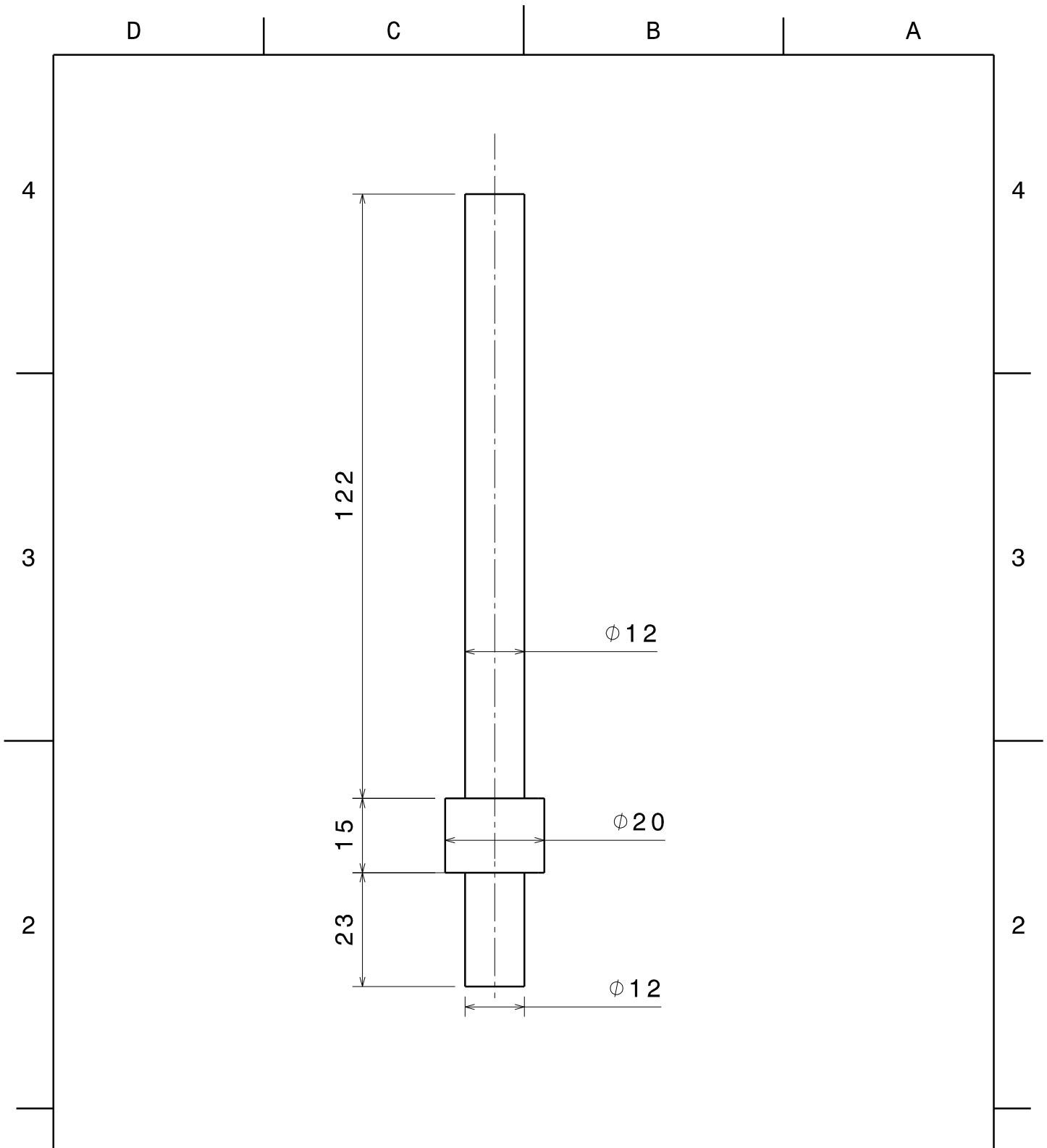
A



Number	Quantity	Part Number
1	2	RU107
2	2	RU104
3	2	RU105
4	1	RU103
5	2	RU106
6	1	RU102
7	2	RU101
8	1	RU108
9	1	RU109
10	1	RU110

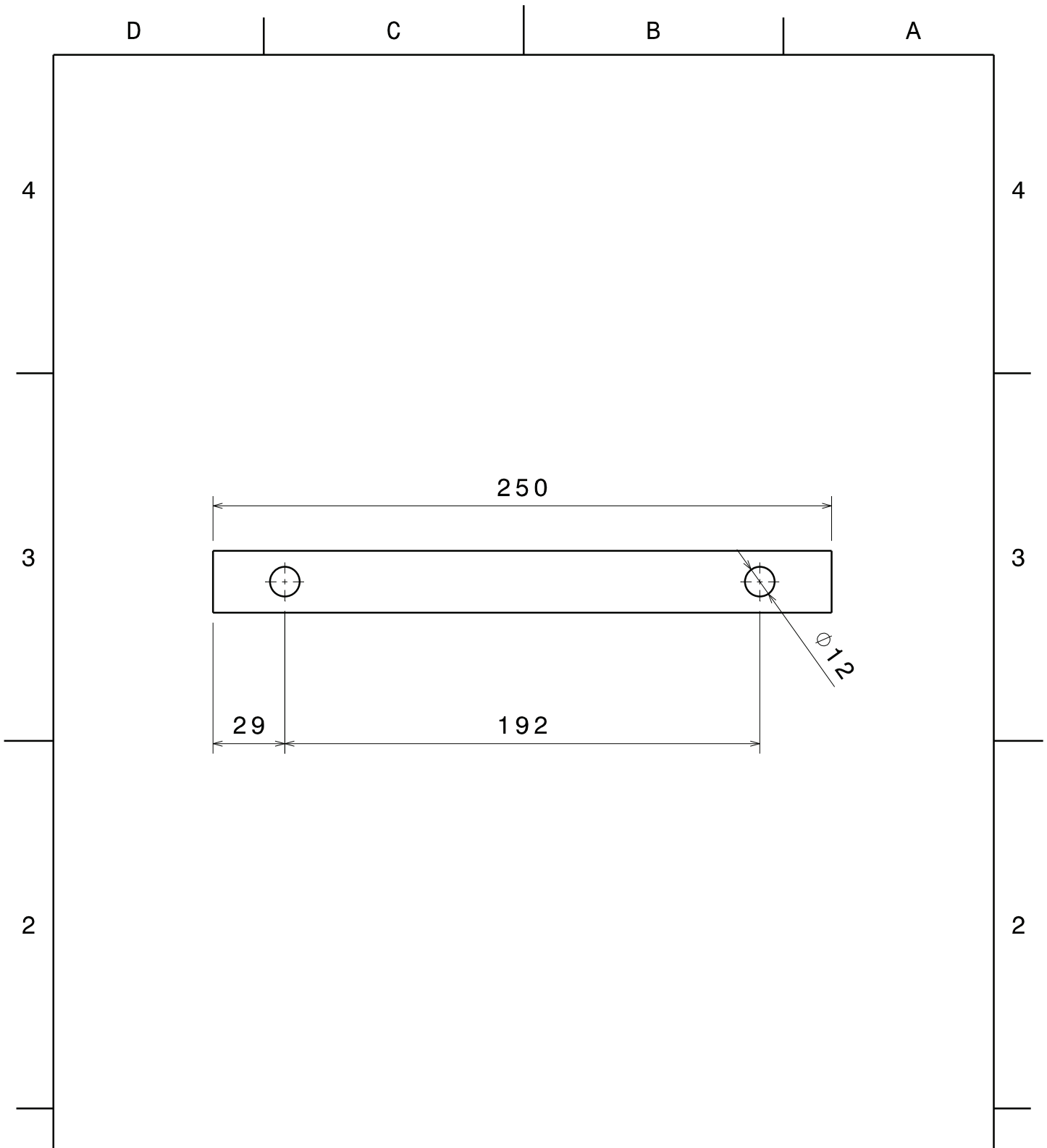
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelomerkki	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
1	ISO 2768-m	Mittakaava 1:5	Tuote	Liittyy	Runko	
Piirt.			OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti
Suunn.	Massa (kg)				RU100	XXX
Tark						Koko
Hyv.						A4

D A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	mopodynamometri		
ISO 2768-m	1:1	akseli	runko	1		
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö			Piirustusnumero	Lehti
Suunn.					ru101	XXX
Tark						Koko
Hyv.						A4

D A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelomerkki			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	25x25x2 neliöputki		
ISO 2768-m	1:1					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				RU102	XXX	
Tark.					Koko	
Hyv.					A4	

D A

D

C

B

A

4

4

3

3

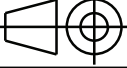
2

2

580

1

1

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelomerkki			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Runkopalkki 580		
ISO 2768-m	1:5					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				RU103	XXX	
Tark					Koko	
Hyv.					A4	

D

A

D

C

B

A

4

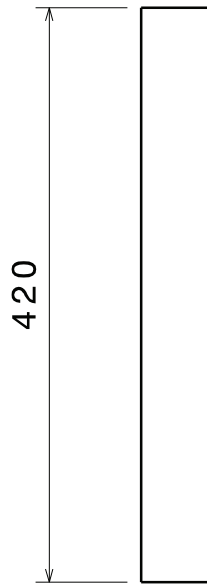
4

3

3

2

2



1

1

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			tuote, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl		
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	50*20*2.5					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö			Piirustusnumero	Lehti			
Suunn.					Ru104		XXX		
Tark					Massa (kg)			Koko	
Hyv.								A4	

D

A

D

C

B

A

4

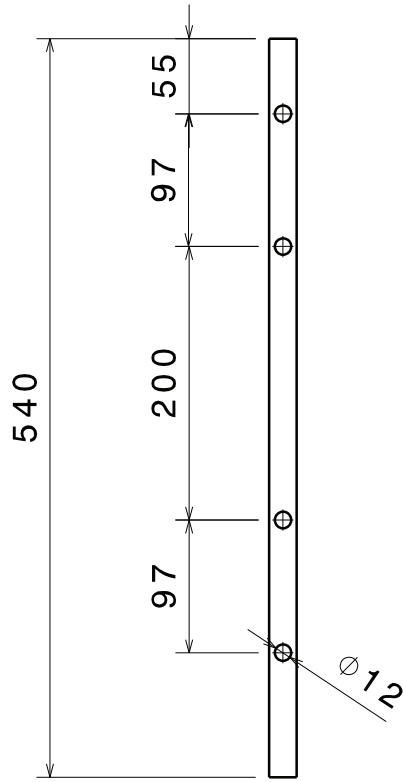
4

3

3

2

2



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Luoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	laakeripalkit			
ISO 2768-m	1:5						
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero		Lehti	
Suunn.				RU105		XXX	
Tark				Massa (kg)		Koko	
Hyv.				XXX		A4	

1

1

D

A

D

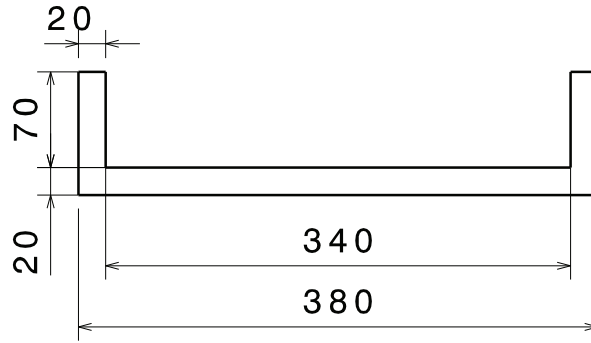
C

B

A

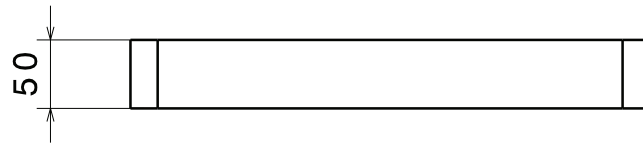
4

4



3

3



2

2

1

1

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo	Siirtola Lajimerkki	tuoto, malli, määrä Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Rungon jalka		
ISO 2768-m	1:5					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				RU106	XXX	
Tark.	XXX					A4
Hyv.	XXX					

D

A

D

C

B

A

4

4

3

3

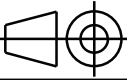
2

2

540

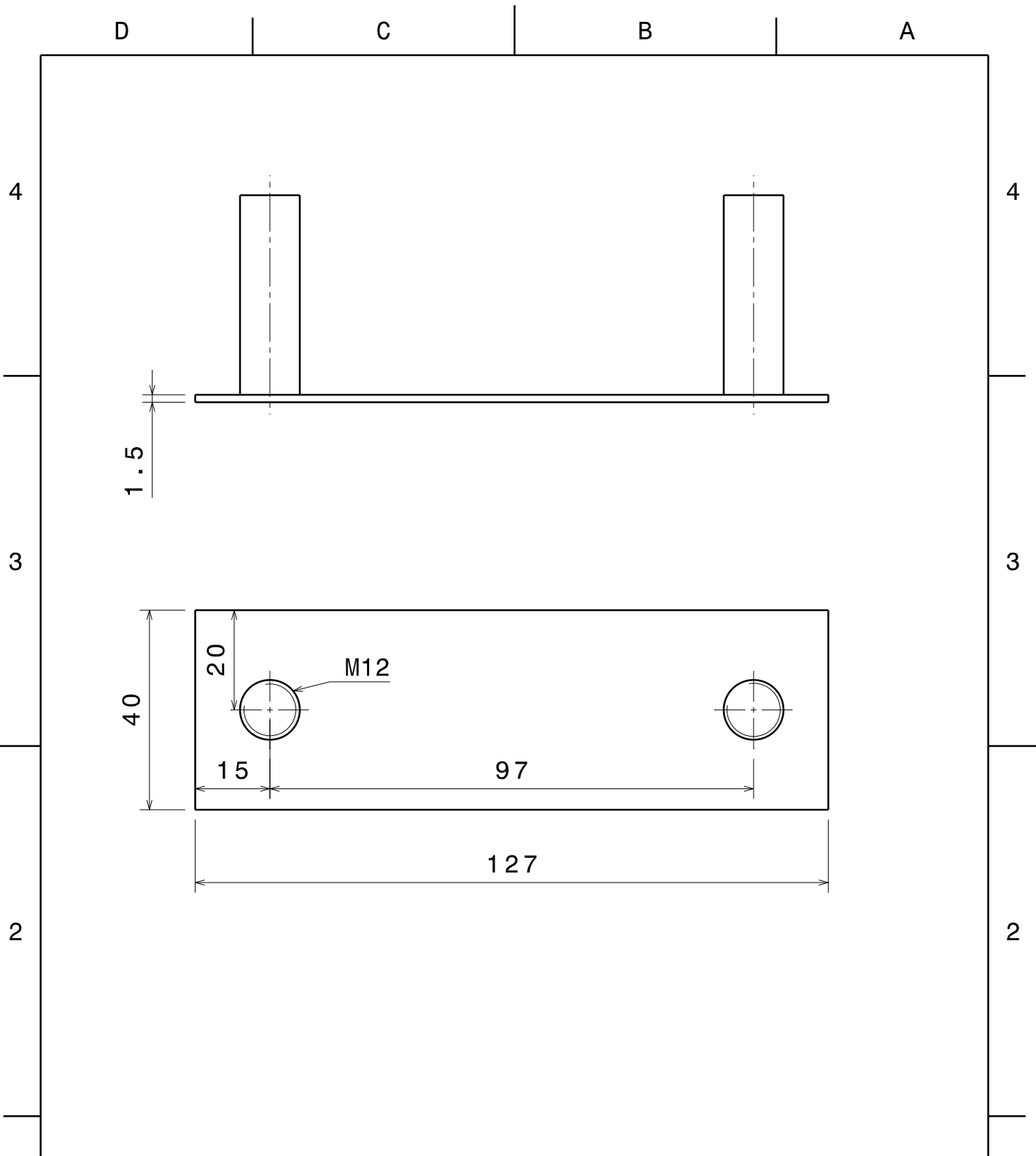
1

1

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Ulompi runkopalkki 540		
ISO 2768-m	1:5					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				RU107	XXX Koko A4	
Tark						
Hyv.						

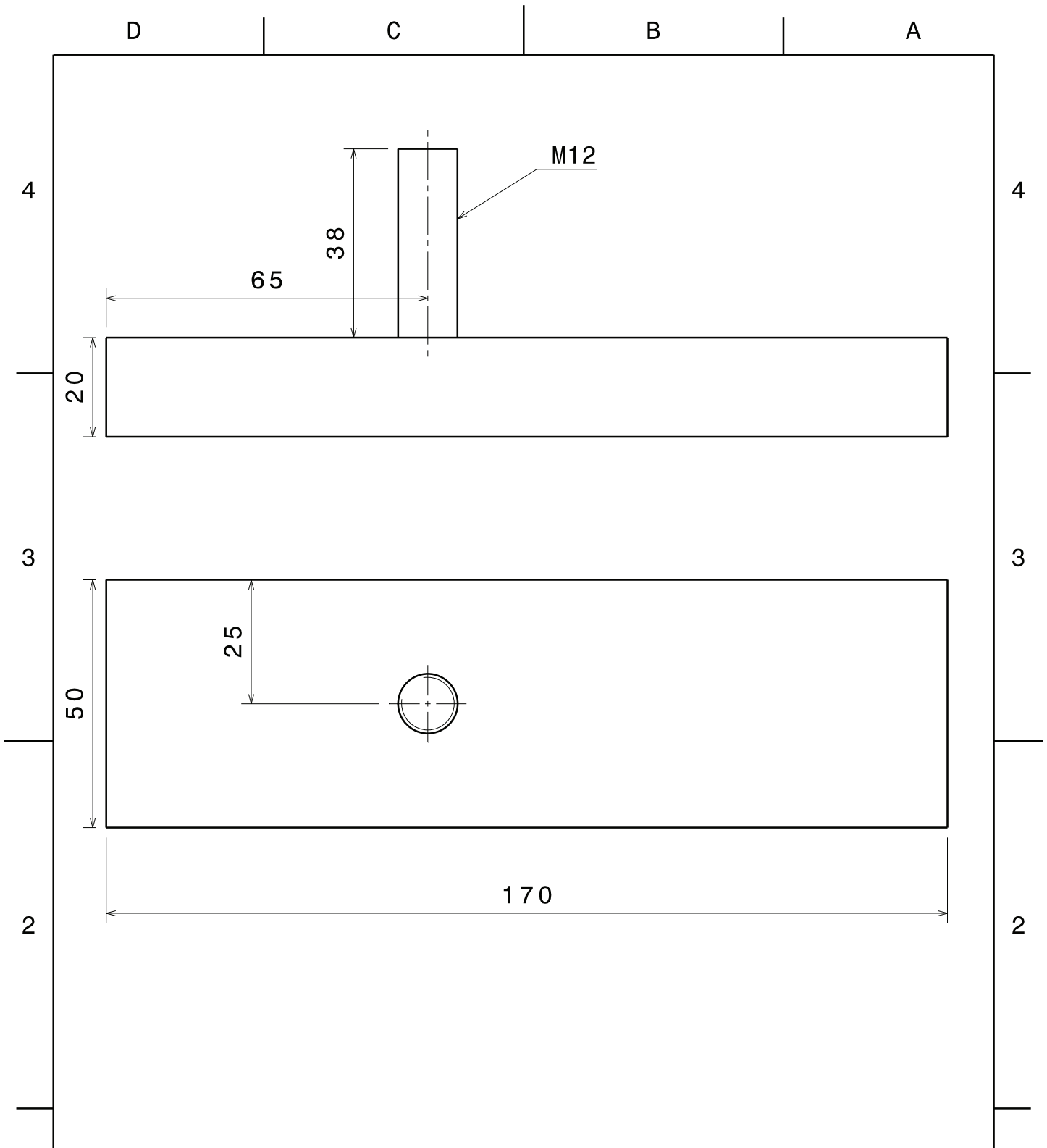
D

A



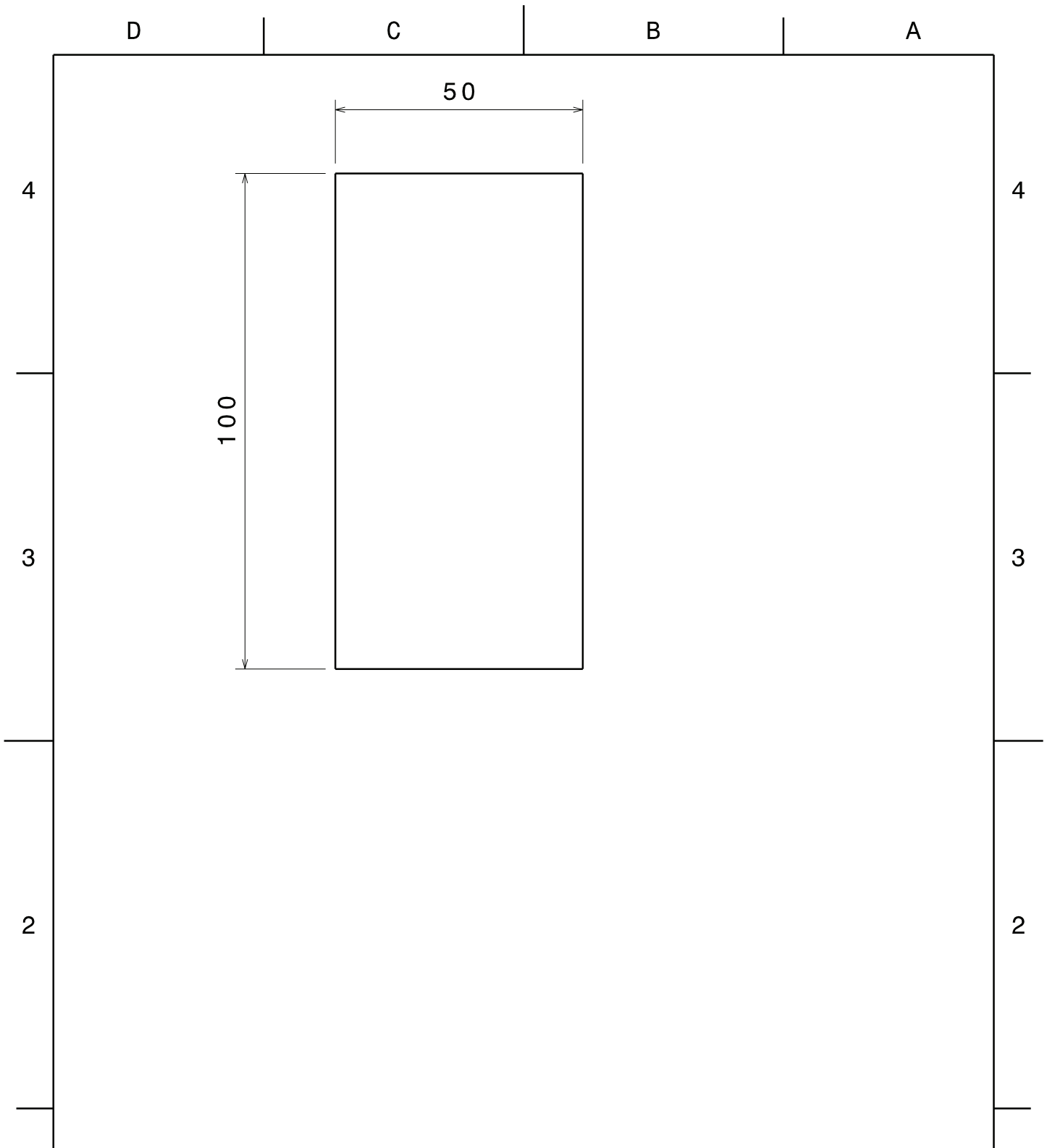
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelomerkki			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Laakerilevy		
ISO 2768-m	1:1					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero		Lehti
Suunn.	Massa (kg)			RU108		XXX
Tark						Koko
Hyv.						A4

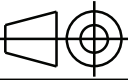
D | | | A



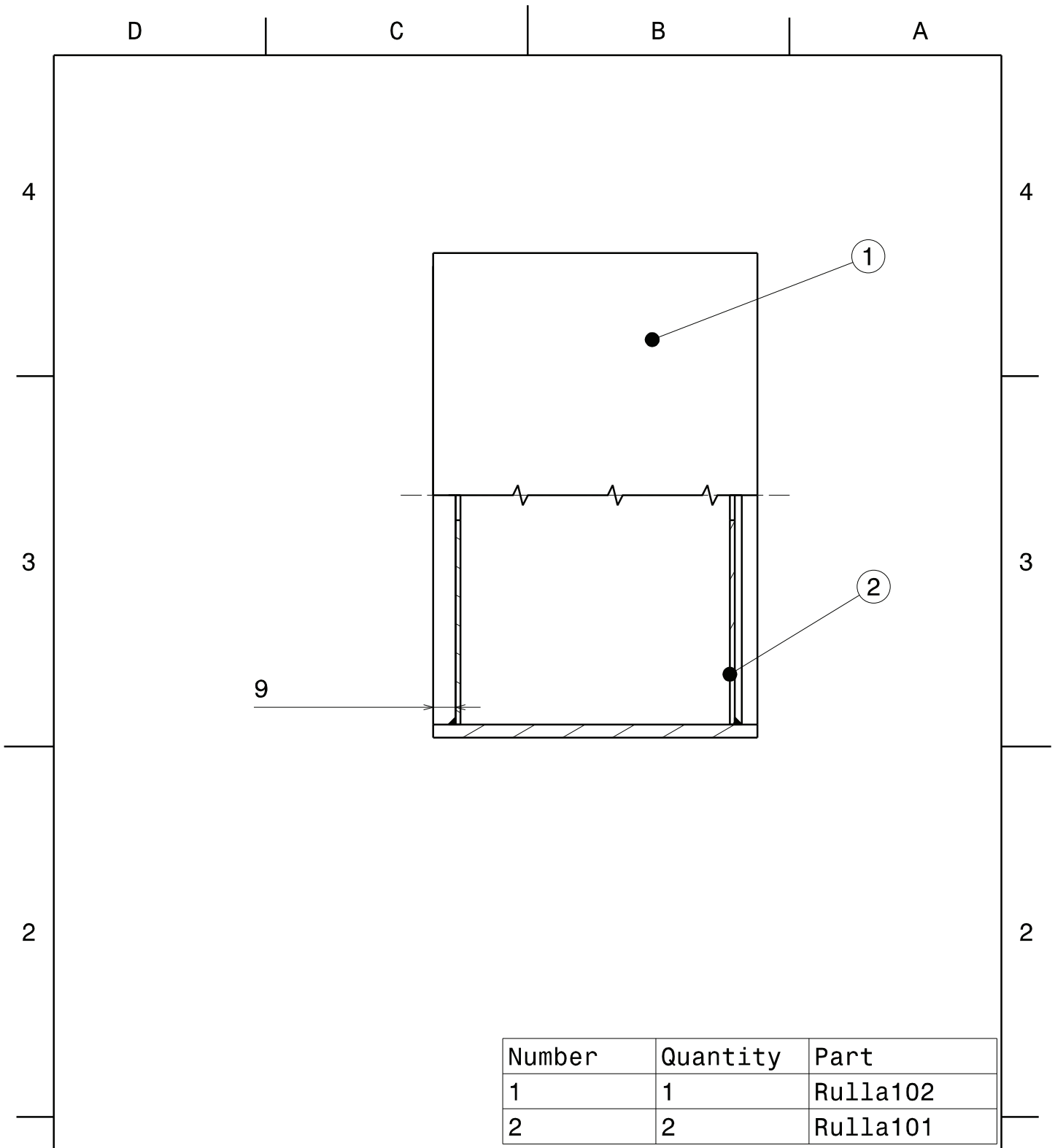
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Anturin palkki		
ISO 2768-m	1:1					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				RU109	XXX Koko A4	
Tark						
Hyv.						

D | | | A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelomerkki			Luoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
1	Yleistoleranssit ISO 2768-m	Mittakaava 1:1	Tuote	Liittyy	50x20x2 toppari		
	Piirt.	 Massa (kg)	OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
	Suunn.				RU110	XXX Koko A4	
	Tark						
	Hyv.						

D A



Number	Quantity	Part
1	1	Rulla102
2	2	Rulla101

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelun nimi	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Rulla
ISO 2768-m	1:2			
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö	Piirustusnumero	Lehti
Suunn.			Rulla100	XXX
Tark				Koko
Hyv.				A4

D A

D

C

B

A

4

4

3

3

2

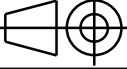
2

S = 5

 $\phi 183.7$ $\phi 20$

1

1

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Päätylaippa	
ISO 2768-m	1:2				
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti
Suunn.				Rulla101	XXX
Tark.					Koko
Hyv.					A4

D

A

D

C

B

A

4

4

 $\phi 183.7$ $\phi 193.17$

3

3

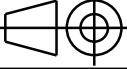
2

2

130

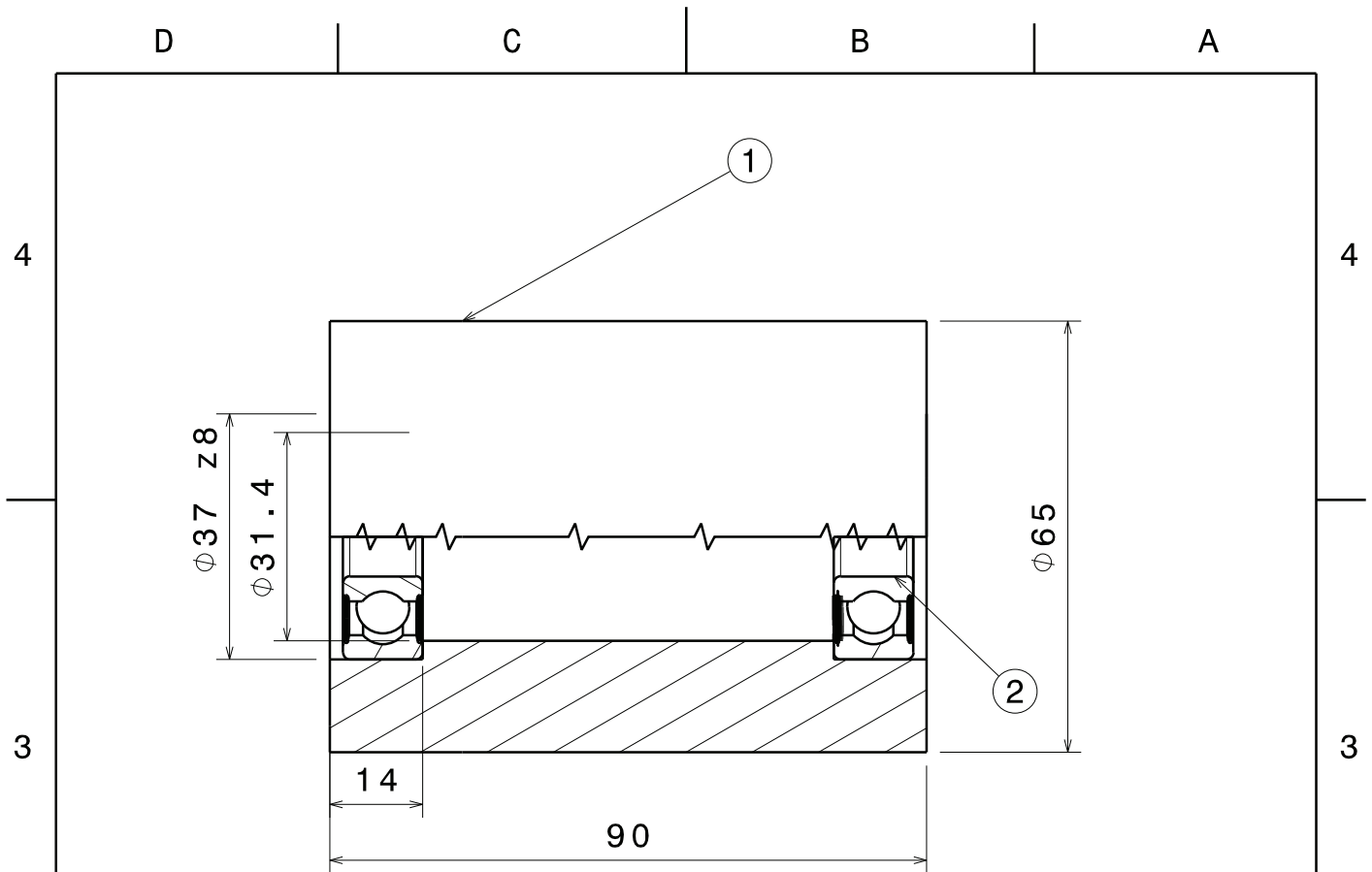
1

1

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Rullan putki	
ISO 2768-m	1:2				
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti
Suunn.				rulla102	XXX
Tark					Koko
Hyv.					A4

D

A



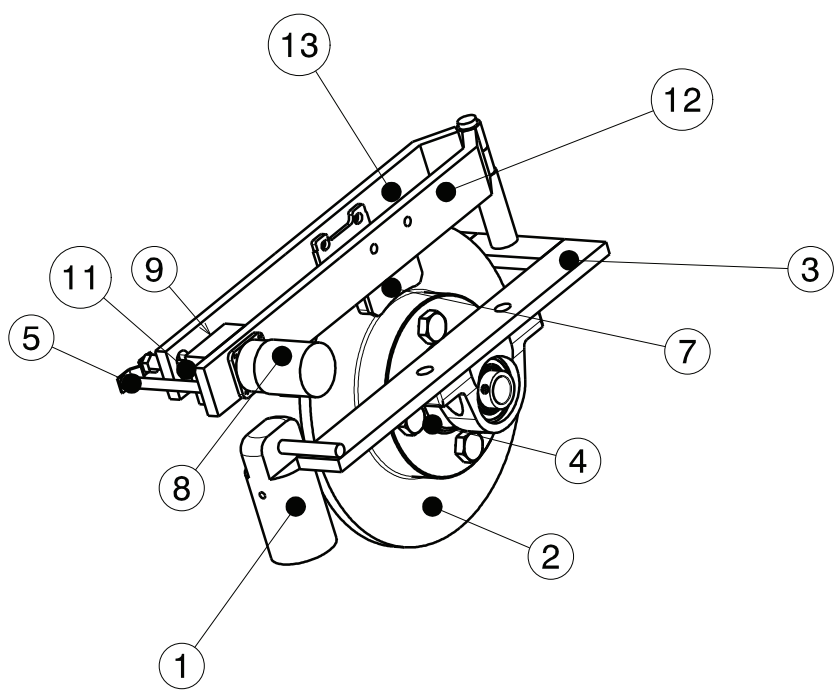
Number	Quantity	Part Number
1	1	Tukirulla
2	2	6301-2RSH

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelomerkki	Siisäily Lajimerkki	Muoto, malli, määrä Laatu	Kpl		
1	ISO 2768-m	Mittakaava 1:1	Tuote	Liittyy	Tukirulla		
Piirt.			OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero Tuki100		
Suunn.	Massa (kg)					Lehti	
Tark						XXX	
Hyv.						Koko A4	

D C B A

4

4



3

3

2

2

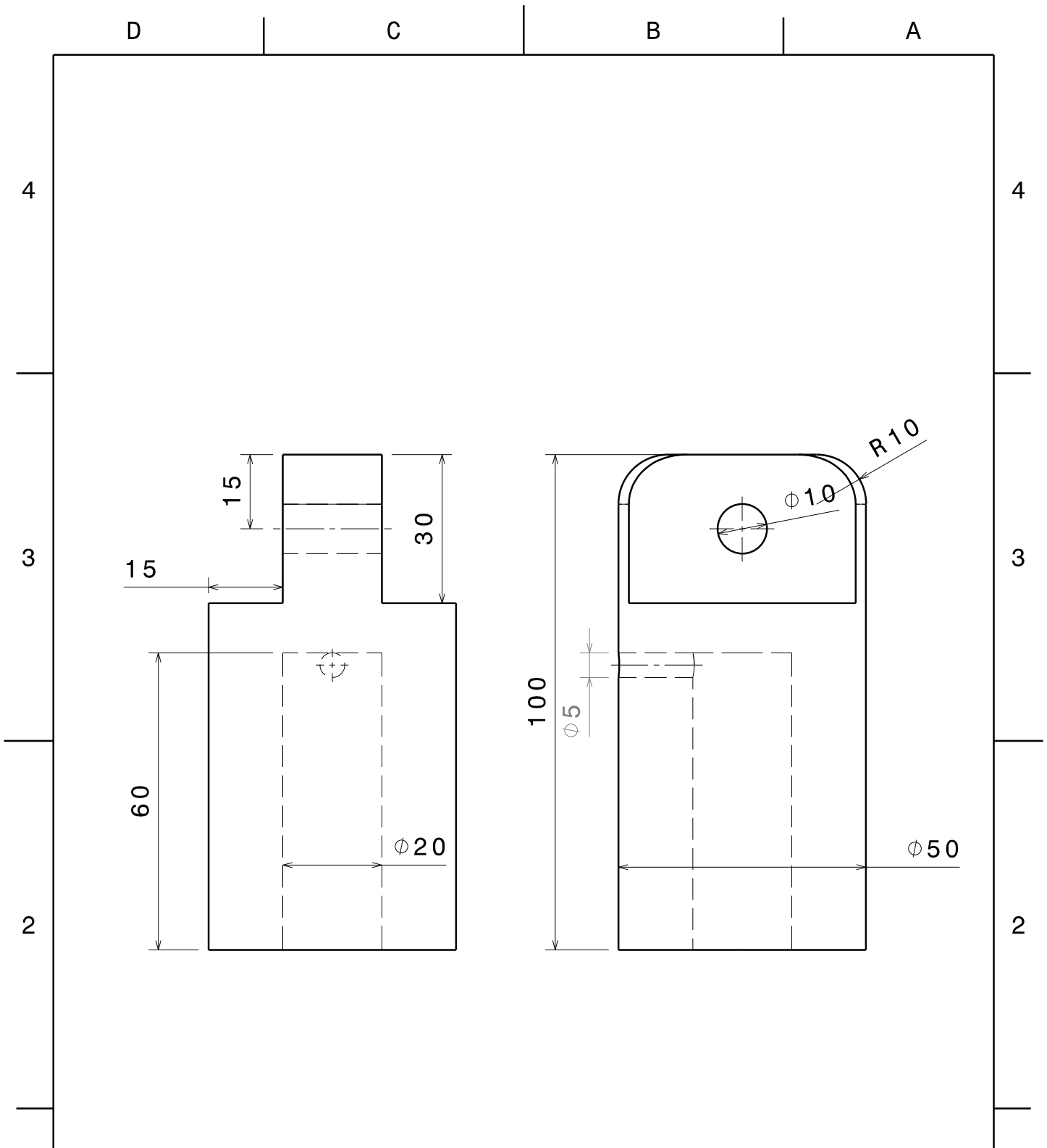
Number	Quantity	Part Number
1	1	JAR101
2	1	Jarrulevy 64-027
3	1	JAR102
4	1	JAR103
5	1	JAR104
6	1	JAR105
7	2	jarrupala 65-9052
8	1	sahkomoottori maxon
9	1	JAR106
10	1	6300-2RSH
11	1	kierretanko M8
12	1	JAR107
13	1	JAR108

1

1

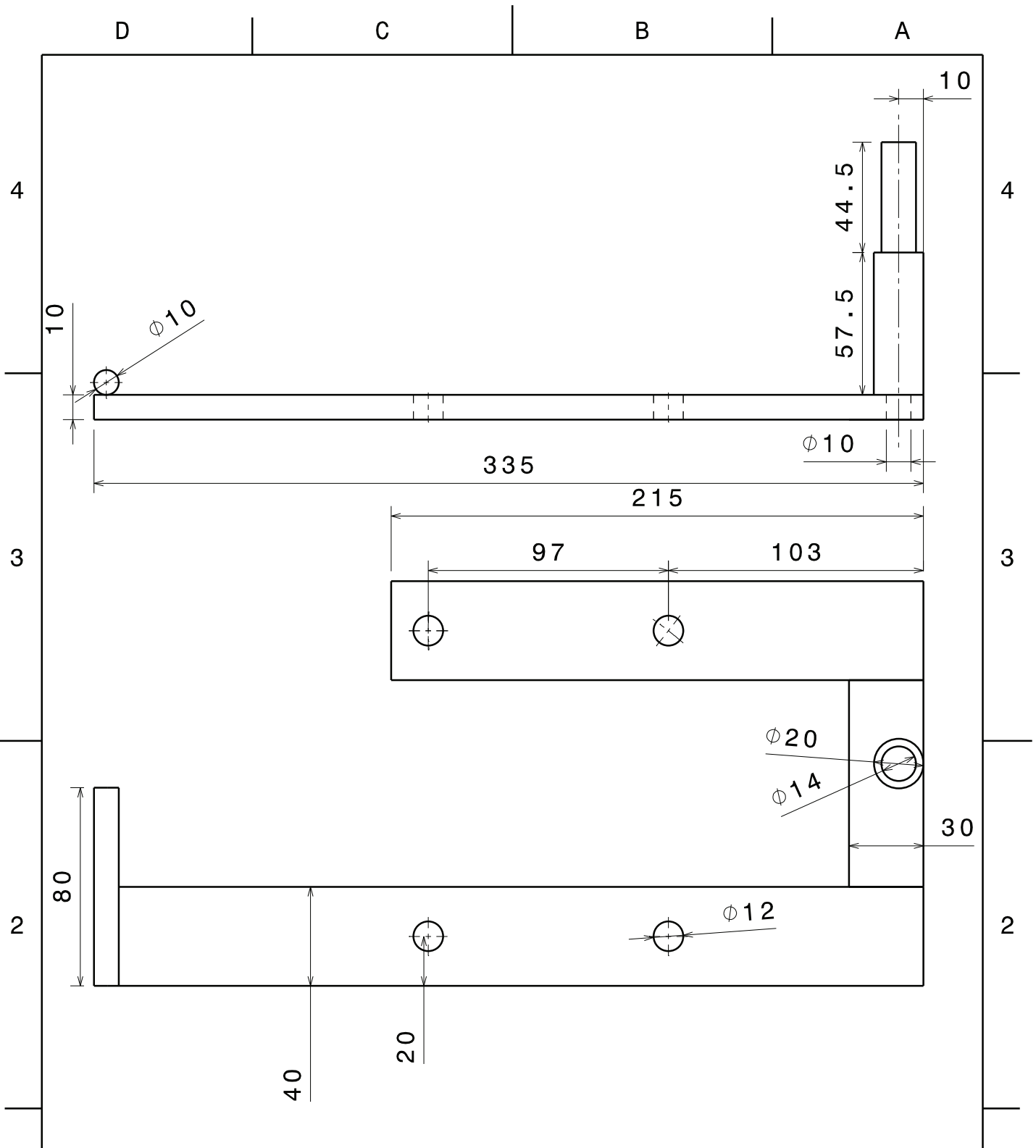
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Jarru		
ISO 2768-m	1:5					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				JAR100	XXX	
Tark					Koko	
Hyv.					A4	

D A



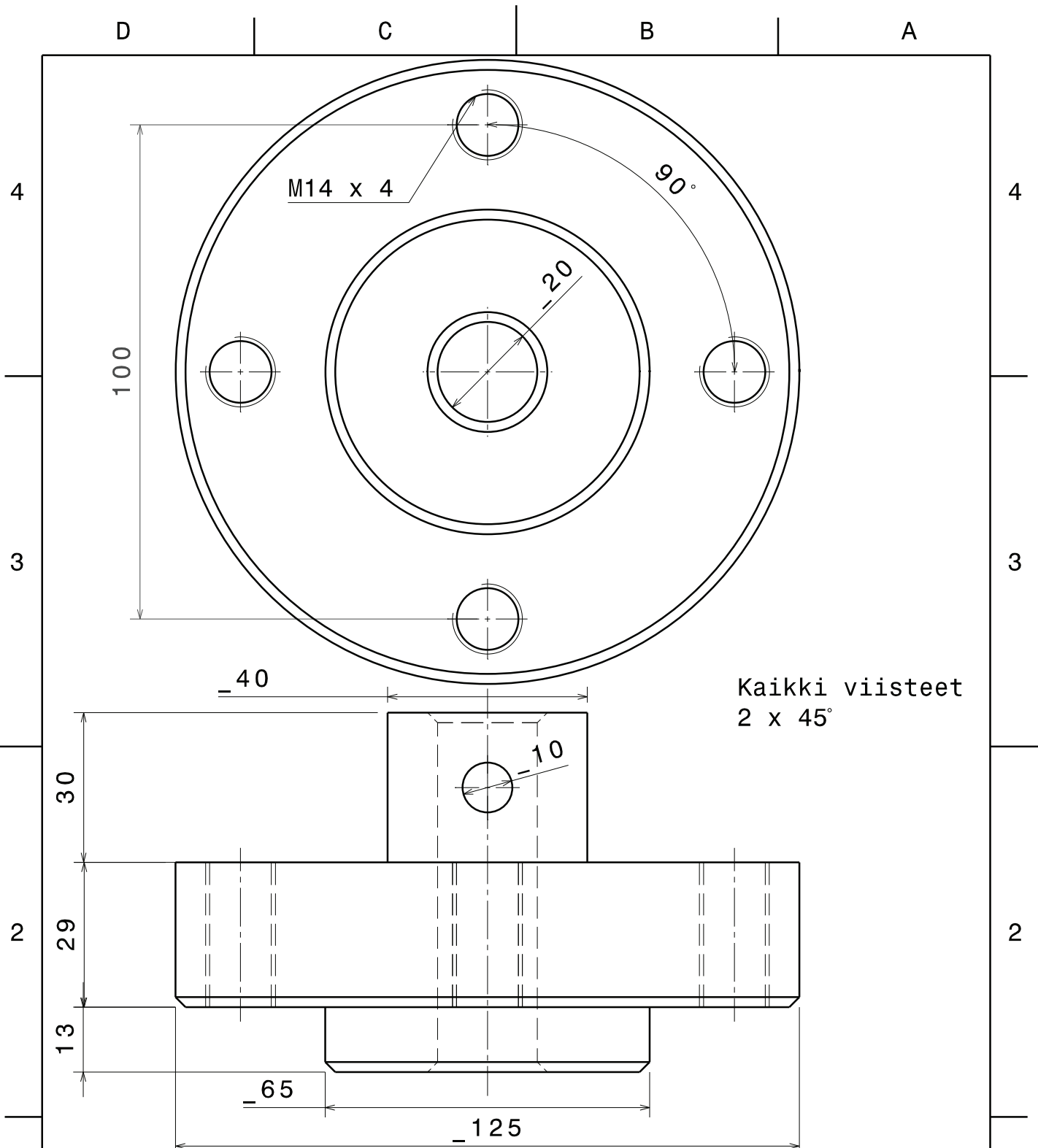
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
1	Yleistoleranssit ISO 2768-m	Mittakaava 1:1	Tuote	Liittyy	Anturipesä		
	Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
	Suunn.				Jar101	1/1	
	Tark					Koko	
	Hyv.					A4	

D | | | A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Keinu		
ISO 2768-m	1:2					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				JAR102	XXX	
Tark					Koko	
Hyv.					A4	

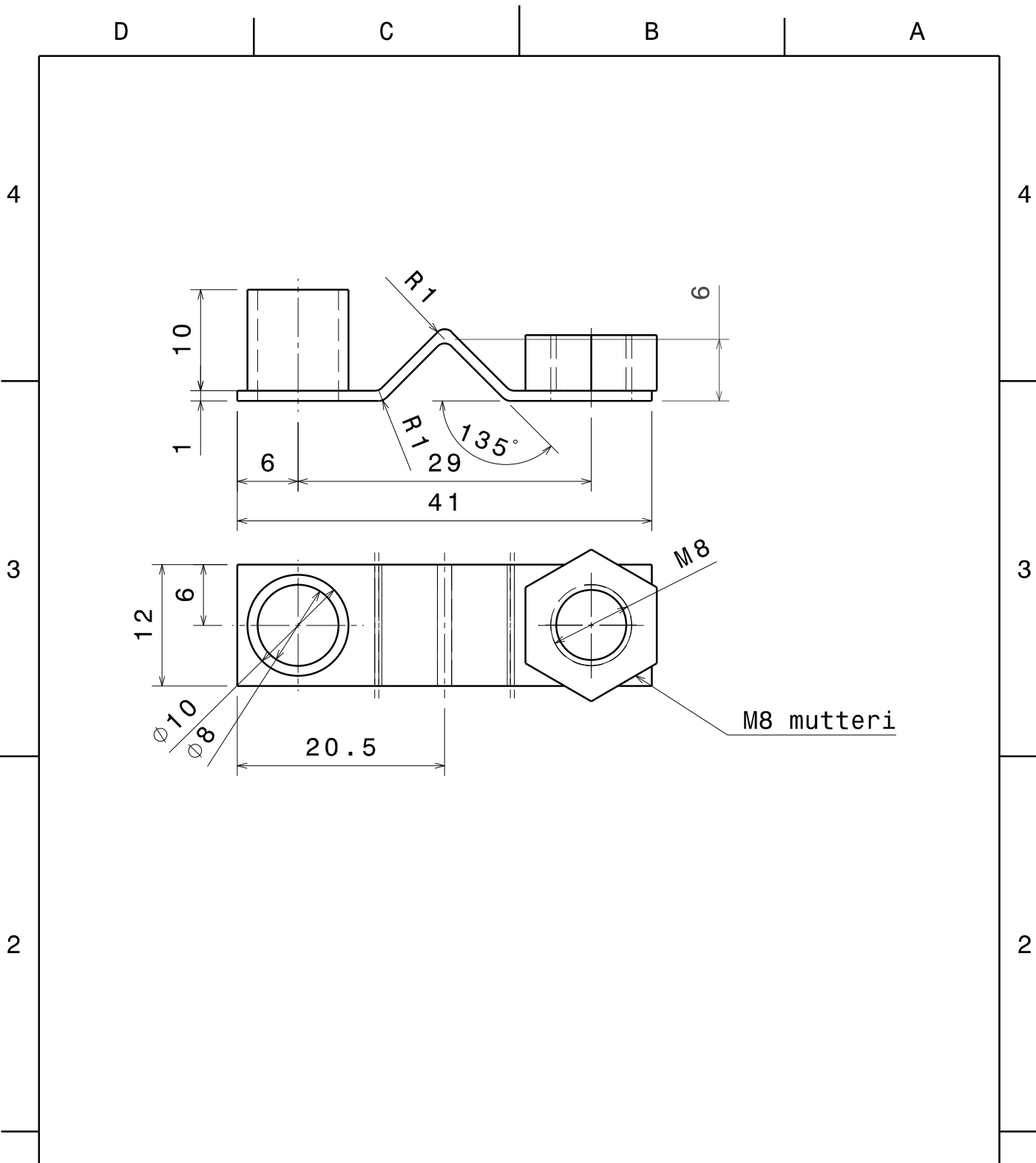
D A



SFS-EN

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl		
1	Yleistoleranssit ISO 2768-m	Mittakaava 1:1	Tuote	Liittyy	Napa			
	Piirt.		<p>OAMK Tekniikan yksikkö</p>		Piirustusnumero	Lehti		
	Suunn.				<p>JAR103</p>		1/1	Koko
	Tark						A4	
	Hyv.							

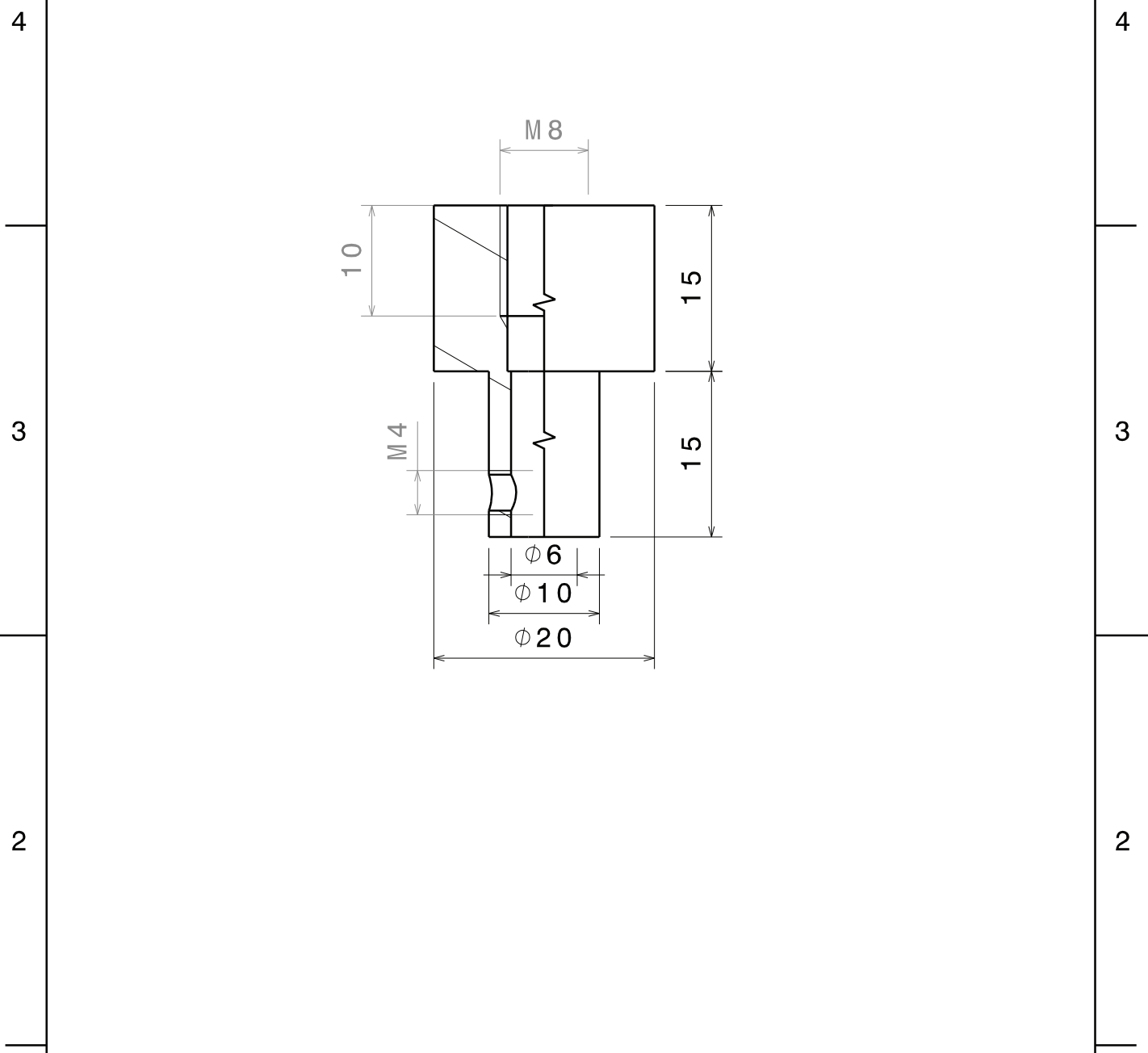
D A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelun nimi	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kp1	
1	Yleistoleranssit ISO 2768-m	Mittakaava 2:1	Tuote	Liittyy	Sähkömoottorin johde	
	Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	
	Suunn.				JAR104	Lehti
	Tark. XXX					Koko A4
	Hyv. XXX					

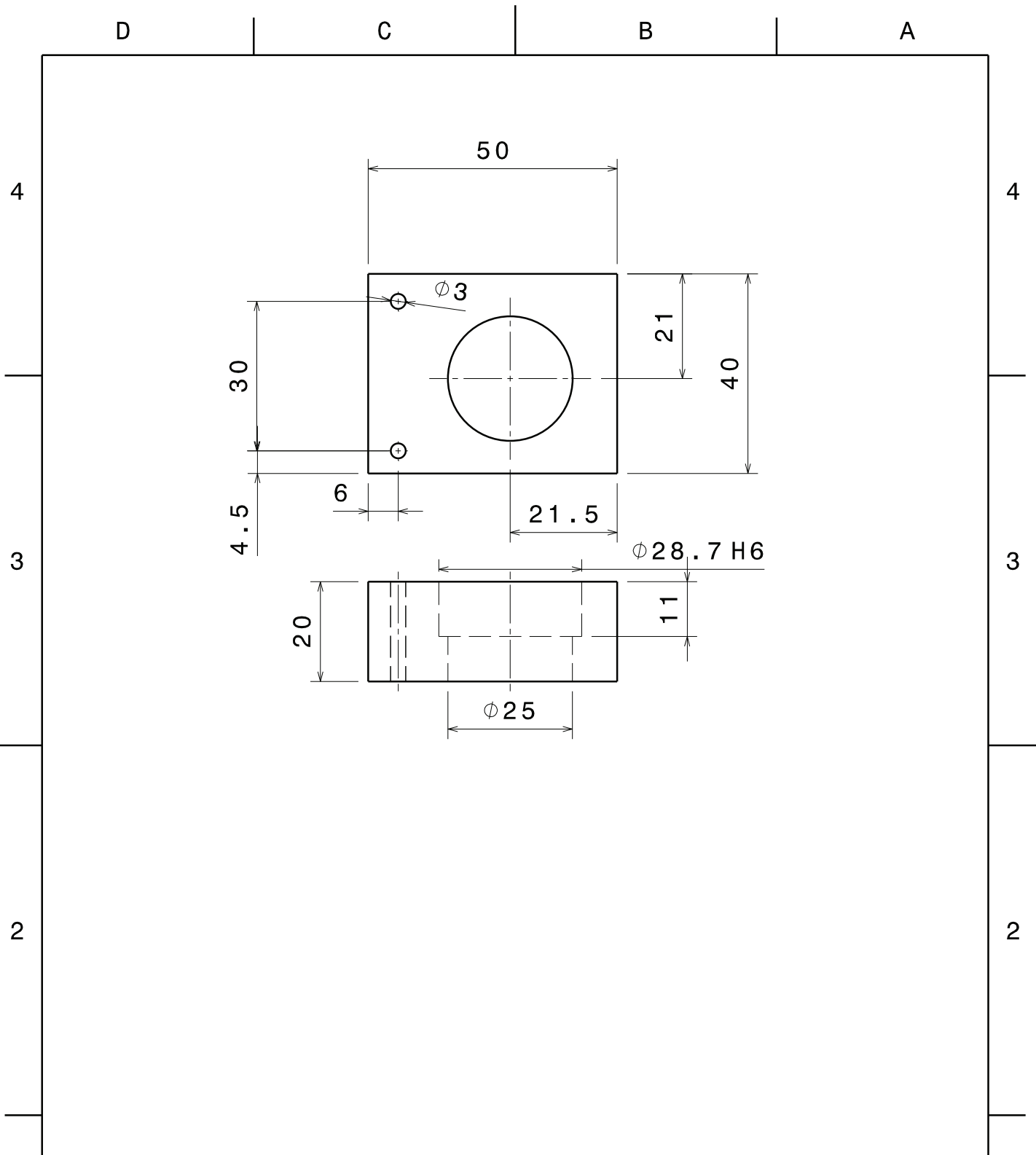
D A

D C B A



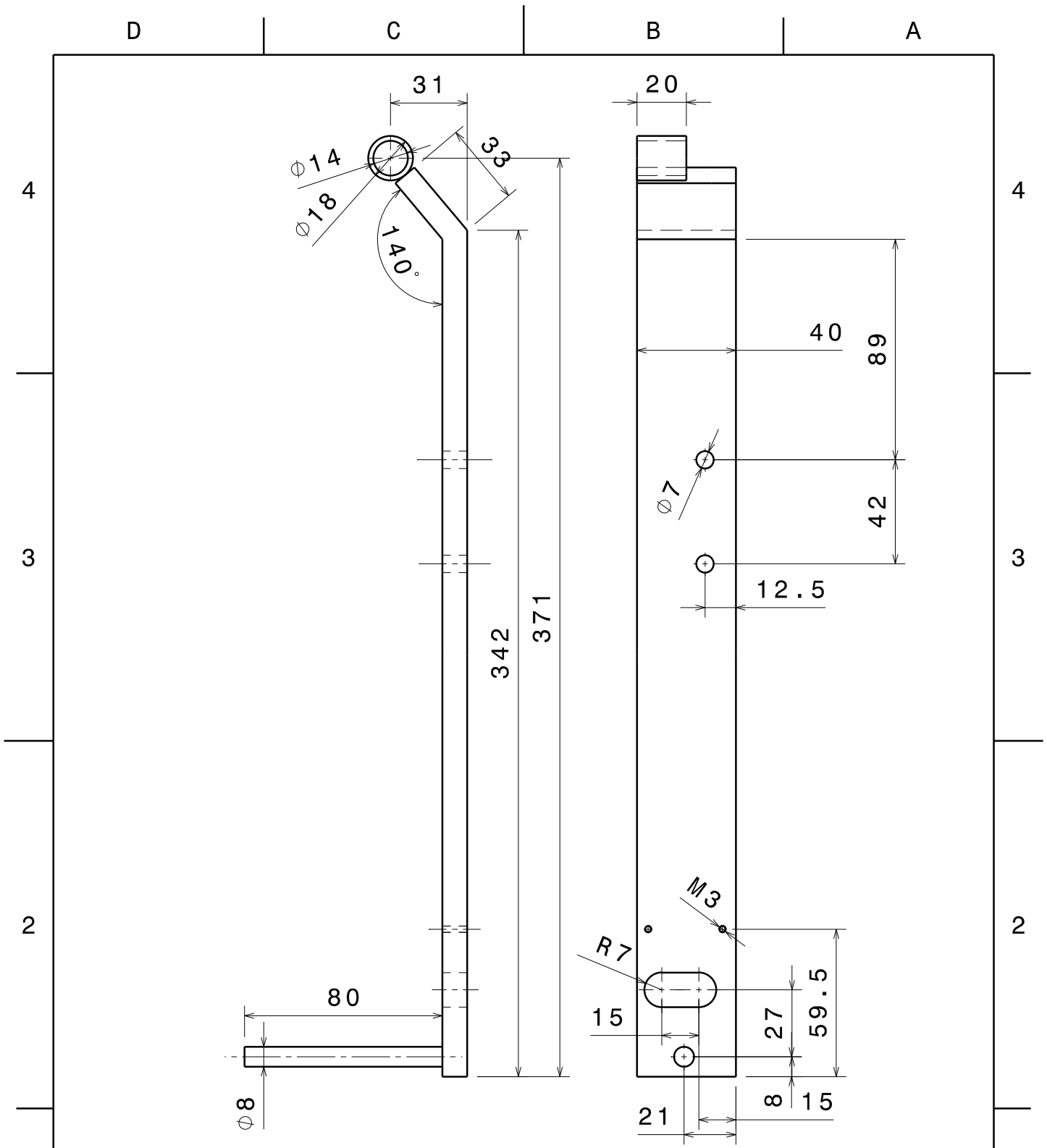
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Adapteri				
ISO 2768-m	2:1							
Piirt.		<p style="text-align: center;">OAMK Tekniikan yksikkö</p>			Piirustusnumero	Lehti		
Suunn.					XXX		Koko	
Tark	XXX				Massa (kg)		A4	
Hyv.	XXX				XXX		A4	

D A



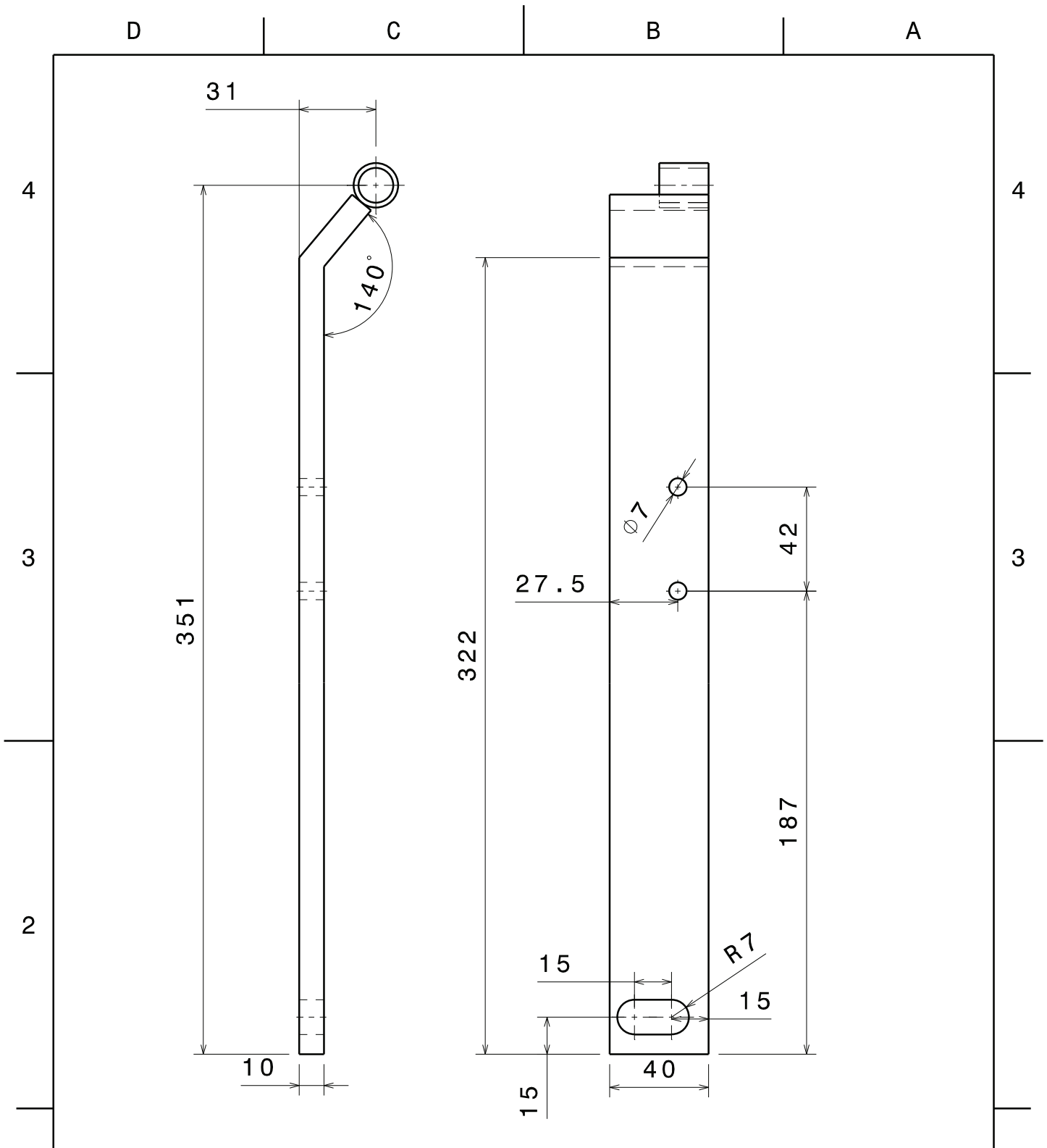
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Laakerin kotelo	
ISO 2768-m	1:1				
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti
Suunn.				JAR106	XXX
Tark.					Koko
Hyv.					A4

D A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä Lajimerkki	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Vasen nivel		
ISO 2768-m	1:2					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				JAR107	XXX	
Tark					Koko	
Hyv.					A4	

D A



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Oosan tai kokoonpanoryhmän standardi tai luettelo			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Oikea nivel		
ISO 2768-m	1:2					
Piirt.		OAMK Tekniikan yksikkö			Piirustusnumero	Lehti
Suunn.					JAR108	XXX
Tark						Koko
Hyv.						A4

D A

```
#include <LiquidCrystal.h>

#include <MsTimer2.h>

//int newton; //voima-anturin newton arvo

int E2 = 6; //M2 enable pinni

int M2 = 7; //M2 suunta pinni

int anturiPin = 13; //induktioanturin pinni

int voimaPin = A0; //voima-anturin analogia0 pinni

int moottori = 255; //moottorin pwm-nopeus

int nopeus; //nopeus muuttuja

float laskuri = 0; //laskuri alkuarvo 0

int voima; //voima niminen muuttuja

int anturiState = 0; //anturintila

float speedo; //nopeus m/s

float matka = 0.196 * PI; //lasketaan rullan pyörähdysten matka metreinä

int liike; //moottorin liikkeen muuttuja

//lcd näytön lähtöjen määrittely
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

//Funktio disp

//void voiman(void) //muutetaan voima-anturin arvoneuwtoneiksi.

//{

//if(voima >= 977 && voima <=980)

//newton = 76;

//else if(voima >= 981 && voima <=986)

//newton = 88;

//else if(voima >= 987 && voima <=988)
```



```
//newton = 103;

//else if(voima >= 989 && voima <=991)

//newton = 118;

//else if(voima >= 992 && voima <=993)

//newton = 135;

//else if(voima > 993)

//newton = 999;

//else if(voima < 977)

//newton =0;

//}

void disp()

{

speedo = matka * laskuri / 2;//lasketaan nopeus m/s

nopeus = int(speedo * 3.6);//lasketaan nopeus km/h kokonaislukuina

lcd.clear();

lcd.setCursor(7, 0);

lcd.write(liike);//kirjoitetaan kirjain aakkosina näytölle.

// lcd.print("N");

lcd.setCursor(7, 1);

lcd.print(nopeus);

lcd.print("km/h");

laskuri = 0; //nollataan laskuri

}
```

```
// asetusten määrittäminen
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //sarjaportin baudin määrä
  pinMode(anturiPin, INPUT); //Määritellään anturiPin tuloksi
  lcd.begin(16, 2); //lcd:n koko
  MsTimer2::set(2000, disp); //määritetään ajastimen aika millisekunteina ja mitä tehdään keskeytyksessä.
  Kutsutaan disp() funktiota
  MsTimer2::start(); //käynnistetään ajastin
}

//moottori pysäytys
void hold(void)
{
  digitalWrite(E2, LOW);
}

//moottori löysää
void left(void)
{
  analogWrite(E2,moottori); //pwm-pulssi, nopeus moottori muuttujasta
  digitalWrite(M2, HIGH);
}

//moottori kiristää
void right(void)
{
  analogWrite(E2,moottori);
  digitalWrite(M2, LOW);
}
```

```
//pääohjelma
void loop()
{
    voima = analogRead(voimaPin);//luetaan voima-anturin arvo

//laskurin lisäys yhdellä jos induktioanturi tunnistaa. Estetään useampi tunnistuskerralla
    if(digitalRead(anturiPin) == 1 && anturiState == 0)
    {

        laskuri = laskuri + 1;//lisätään yhdellä laskuria
    }

//ehdot koska moottori kiristää
    if(
        nopeus >= 40 && nopeus <= 49 && voima <= 976 //40-49km/h
        || nopeus >= 50 && nopeus <= 54 && voima <= 981 //50-54km/h
        || nopeus >= 55 && nopeus <= 59 && voima <= 986 //55-59km/h
        || nopeus >= 60 && nopeus <= 64 && voima <= 988 //60-64km/h
        || nopeus >= 65 && voima <= 991)//yli 65km/h
    {
        liike = 'K';
        right();
    }
}
```

```
//ehdot koska moottori löysää
```

```
if(
```

```
nopeus >= 40 && nopeus <= 49 && voima >= 981 //40-49km/h
```

```
|| nopeus < 40 && voima > 930 //alle 40km/h
```

```
|| nopeus >= 50 && nopeus <= 54 && voima >= 987//50-54km/h
```

```
|| nopeus >= 55 && nopeus <= 59 && voima >= 989 //55-59km/h
```

```
|| nopeus >= 60 && nopeus <= 64 && voima >= 992 //60-64km/h
```

```
|| nopeus >= 65 && voima >= 994)//yli 65km/h
```

```
{
```

```
liike='L';
```

```
left();
```

```
}
```

```
//ehdot koska moottori pysähtyy
```

```
if(
```

```
nopeus < 40 && voima <= 930 //alle 40km/h
```

```
|| nopeus >= 40 && nopeus <= 49 && voima <= 980 && voima >= 977//40-49km/h
```

```
|| nopeus >= 50 && nopeus <= 54 && voima >= 981 && voima <= 986 //50-54km/h
```

```
|| nopeus >= 55 && nopeus <= 59 && voima >= 987 && voima <= 988 //55-59km/h
```

```
|| nopeus >= 60 && nopeus <= 64 && voima >= 989 && voima <= 991 //60-64km/h
```

```
|| nopeus >= 65 && voima >=992 && voima <= 993)//yli 65km/h
```

```
{
```

```
liike ='S';
```

```
hold();
```

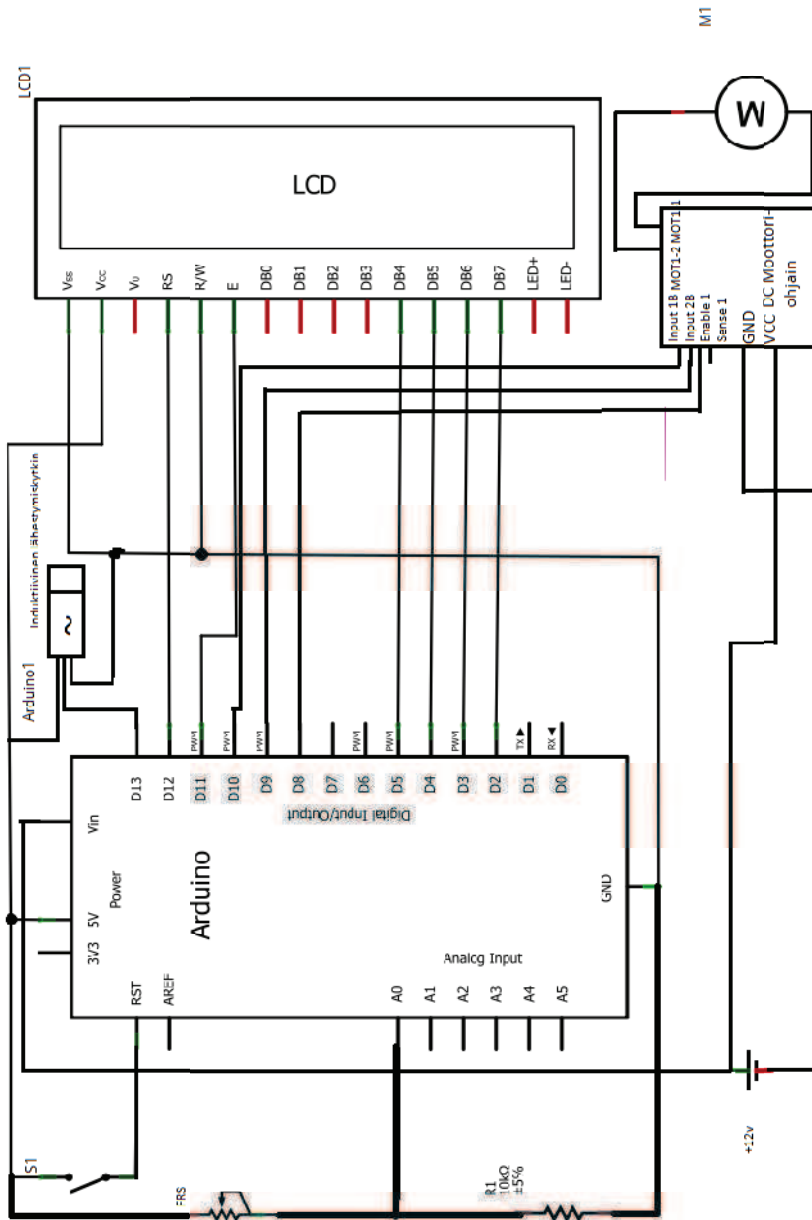
```
}
```

```
//luetaan induktio-anturin viimeisin tila anturistate muuttujaan.
```

```
anturiState = digitalRead(anturiPin);
```

```
//voiman();
```

```
}
```



Datalehdet

FSR 402, Force sensing Resistorin käyttöohje

<http://www.interlinkelec.com/Product/Standard-402-FSR>

SP-elektroniiikan laitekotelo

<http://www.spelektronikka.fi/kuvat/koko2008.pdf>

LM1125 LCD-näyttö

<http://www.spelektronikka.fi/tuotteet/elektronikka-lcd-naytot/lcd-naytto-lm1125-100383>

DFRduino Romeon käyttöohje

http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&product_id=56



State-of-the-Art Pointing Solutions for the OEM



FSR[®]

Force Sensing Resistor[®]

Integration Guide and

Evaluation Parts Catalog

400 Series Evaluation Parts
With Suggested Electrical Interfaces

INTERLINK
ELECTRONICS



546 Flynn Road • Camarillo, CA 93012
(805) 484-1331 • Fax (805) 484-8989
<http://www.interlinkelectronics.com>

The product information contained in this document is designed to provide general information and guidelines only and must not be used as an implied contract with Interlink Electronics, Inc. Acknowledging our policy of continual product development, we reserve the right to change, without notice, and detail in this publication. Since Interlink Electronics has no control over the conditions and method of use of our products, we suggest that any potential user confirm their suitability before adopting them for commercial use.

Version 1.0

90-45632 Rev. D

FSR[®] Integration Guide & Evaluation Parts Catalog With Suggested Electrical Interfaces

Force Sensing Resistors [®] – An Overview of the Technology	Page 3
Force vs. Resistance.....	Page 3
Force vs. Conductance.....	Page 4
FSR Integration Notes – A Step-by-Step Guide to Optimal Use	Page 6
FSR Usage Tips – The Do’s and Don’ts	Page 8
Evaluation Parts Catalog – Descriptions and Dimensions	Page 9
General FSR Characteristics	Page 12
Simple FSR Devices and Arrays.....	Page 12
For Linear Pots	Page 13
Glossary of Terms	Page 14
Suggested Electrical Interfaces - Basic FSRs	Page 16
FSR Voltage Divider	Page 16
Adjustable Buffers	Page 17
Multi-channel FSR to Digital Interface	Page 18
FSR Variable Force Threshold Switch	Page 19
FSR Variable Force Threshold Relay Switch	Page 20
FSR Current-to-Voltage Converter	Page 21
Additional FSR Current-to-Voltage Converters	Page 22
FSR Schmitt Trigger Oscillator	Page 23

Interlink Electronics manufactures custom FSR devices to meet the needs of specific customer applications. FSR devices can be produced in almost any shape, size, and geometry. To discuss custom design or to obtain a quote, contact Interlink Electronics at (805) 484-8855.

Force Sensing Resistors

An Overview of the Technology

Force Sensing Resistors (FSR) are a polymer thick film (PTF) device which exhibits a decrease in resistance with an increase in the force applied to the active surface. Its force sensitivity is optimized for use in human touch control of electronic devices. FSRs are not a load cell or strain gauge, though they have similar properties. FSRs are not suitable for precision measurements.

Force vs. Resistance

The force vs. resistance characteristic shown in Figure 2 provides an overview of FSR typical response behavior. For interpretational convenience, the force vs. resistance data is plotted on a log/log format. These data are representative of our typical devices, with this particular force-resistance characteristic being the response of evaluation part # 402 (0.5" [12.7 mm] diameter circular active area). A stainless steel actuator with a 0.4" [10.0 mm] diameter hemispherical tip of 60 durometer polyurethane rubber was used to actuate the FSR device. In general, FSR response approximately follows an inverse power-law characteristic (roughly 1/R).

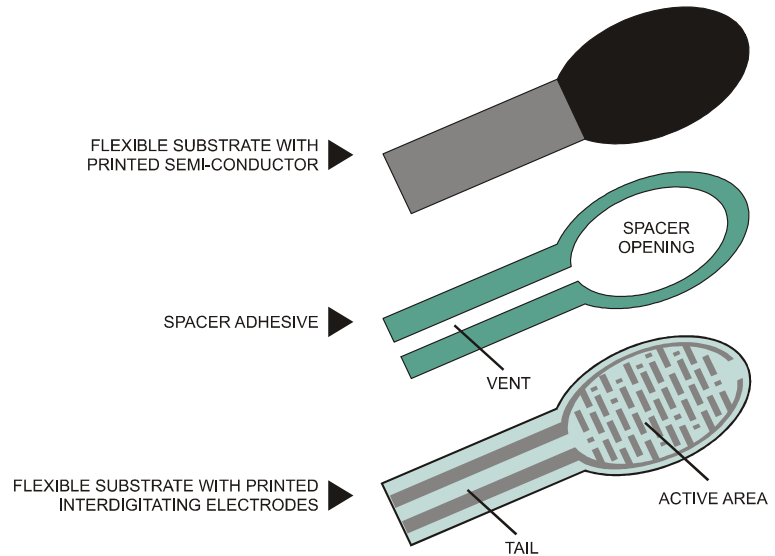


Figure 1: FSR Construction

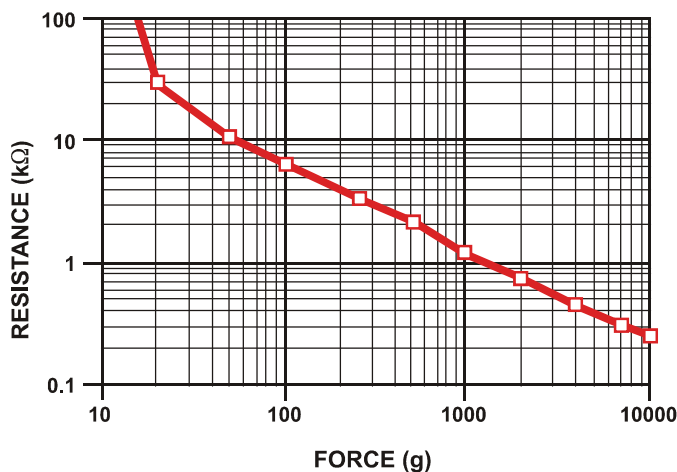


Figure 2: Resistance vs. Force

Referring to Figure 2, at the low force end of the force-resistance characteristic, a switch-like response is evident. This turn-on threshold, or “break force”, that swings the resistance from greater than 100 kΩ to about 10 kΩ (the beginning of the dynamic range that follows a power-law) is determined by the substrate and overlay thickness and flexibility, size and shape of the actuator, and spacer-adhesive thickness (the gap between the facing conductive elements). Break force increases with increasing substrate and overlay rigidity, actuator size, and spacer-adhesive thickness. Eliminating the adhesive, or keeping it well away from the area where the force is being applied, such as the center of a large FSR device, will give it a lower rest resistance (e.g. stand-off resistance).

At the high force end of the dynamic range, the response deviates from the power-law behavior, and eventually saturates to a point where increases in force yield little or no decrease in resistance. Under these conditions of Figure 2, this saturation force is beyond 10 kg. The saturation point is more a function of pressure than force. The saturation pressure of a typical FSR is on the order of 100 to 200 psi. For the data shown in Figures 2, 3 and 4, the actual measured pressure range is 0 to 175 psi (0 to 22 lbs applied over 0.125 in²). Forces higher than the saturation force can be measured by spreading the force over a greater area; the overall pressure is then kept below the saturation point, and dynamic response is maintained. However, the converse of this effect is also true, smaller actuators will saturate FSRs earlier in the dynamic range, since the saturation point is reached at a lower force.

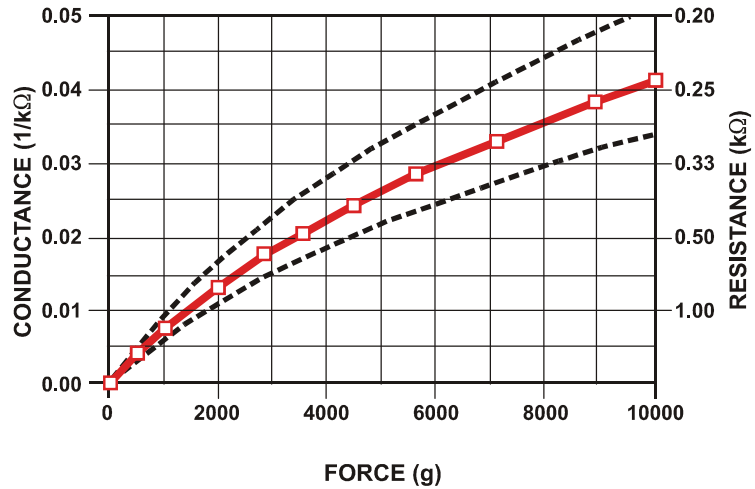


Figure 3:
Conductance vs. Force (0-10Kg)

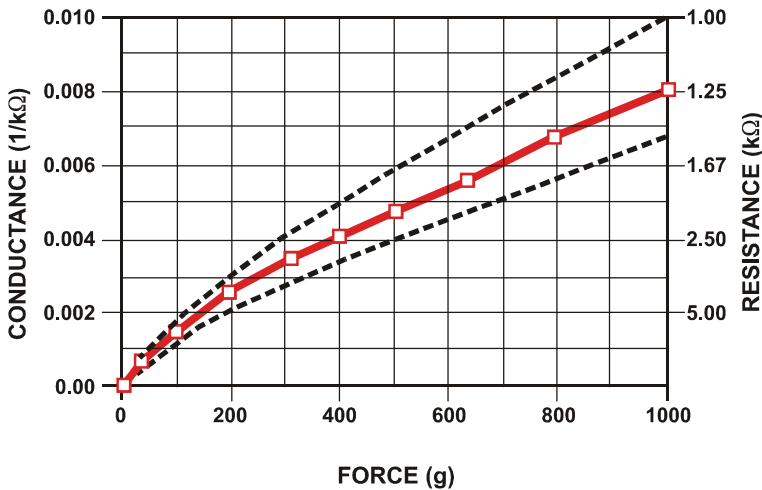


Figure 4:
Conductance vs. Force (0-1Kg) Low Force Range

Force vs. Conductance

In Figure 3, the conductance is plotted vs. force (the inverse of resistance: $1/r$). This format allows interpretation on a linear scale. For reference, the corresponding resistance values are also included on the right vertical axis. A simple circuit called a current-to-voltage converter (see page 21) gives a voltage output directly proportional to FSR conductance and can be useful where response linearity is desired. Figure 3 also includes a typical part-to-part repeatability envelope. This error band determines the maximum accuracy of any general force measurement. The spread or width of the band is

strongly dependent on the repeatability of any actuating and measuring system, as well as the repeatability tolerance held by Interlink Electronics during FSR production. Typically, the part-to-part repeatability tolerance held during manufacturing ranges from $\pm 15\%$ to $\pm 25\%$ of an established nominal resistance.

Figure 4 highlights the 0-1 kg (0-2.2 lbs) range of the conductance-force characteristic. As in Figure 3, the corresponding resistance values are included for reference. This range is common to human interface applications. Since the conductance response in this range is fairly linear, the force resolution will be uniform and data interpretation simplified. The typical part-to-part error band is also shown for this touch range. In most human touch control applications this error is insignificant, since human touch is fairly inaccurate. Human factors studies have shown that in this force range repeatability errors of less than $\pm 50\%$ are difficult to discern by touch alone.

FSR Integration Notes

A Step-by-Step Guide to Optimal Use

For best results, follow these seven steps when beginning any new product design, proof-of-concept, technology evaluation, or first prototype implementation:

1. Start with Reasonable Expectations (Know Your Sensor)

The FSR sensor is not a strain gauge, load cell or pressure transducer. While it can be used for dynamic measurement, only qualitative results are generally obtainable. Force accuracy ranges from approximately $\pm 5\%$ to $\pm 25\%$ depending on the consistency of the measurement and actuation system, the repeatability tolerance held in manufacturing, and the use of part calibration.

Accuracy should not be confused with resolution. The force resolution of FSR devices is better than $\pm 0.5\%$ of full use force.

2. Choose the Sensor that Best Fits the Geometry of Your Application

Usually sensor size and shape are the limiting parameters in FSR integration, so any evaluation part should be chosen to fit the desired mechanical actuation system. In general, standard FSR products have a common semiconductor make-up and only by varying actuation methods (e.g. overlays and actuator areas) or electrical interfaces can different response characteristics be achieved.

3. Set-up a Repeatable and Reproducible Mechanical Actuation System

When designing the actuation mechanics, follow these guidelines to achieve the best force repeatability:

- Provide a consistent force distribution. FSR response is very sensitive to the distribution of the applied force. In general, this precludes the use of dead weights for characterization since exact duplication of the weight distribution is rarely repeatable cycle-to-cycle. A consistent weight (force) distribution is more difficult to achieve than merely obtaining a consistent total applied weight (force). As long as the distribution is the same cycle-to-cycle, then repeatability will be maintained. The use of a thin elastomer between the applied force and the FSR can help absorb error from inconsistent force distributions.
- Keep the actuator area, shape, and compliance constant. Changes in these parameters significantly alter the response characteristic of a given sensor. Any test, mock-up, or evaluation conditions should be closely matched to the final use conditions. The greater the cycle-to-cycle consistency of these parameters, the greater the device repeatability. In human interface applications where a finger is the mode of actuation, perfect control of these parameters is not generally possible. However, human force sensing is somewhat inaccurate; it is rarely sensitive enough to detect differences of less than $\pm 50\%$.
- Control actuator placement. In cases where the actuator is to be smaller than the FSR active area, cycle-to-cycle consistency of actuator placement is necessary. (Caution: FSR layers are held together by an adhesive that surrounds the electrically active areas. If force is applied over an area which includes the adhesive, the resulting response characteristic will be drastically altered.) In an extreme case (e.g., a large, flat, hard actuator that bridges the bordering adhesive), the adhesive can present FSR actuation

- Keep actuation cycle time consistent. Because of the time dependence of the FSR resistance to an applied force, it is important when characterizing the sensor system to assure that increasing loads (e.g. force ramps) are applied at consistent rates (cycle-to-cycle). Likewise, static force measurements must take into account FSR mechanical setting time. This time is dependent on the mechanics of actuation and the amount of force applied and is usually on the order of seconds.

4. Use the Optimal Electronic Interface

In most product designs, the critical characteristic is Force vs. Output Voltage, which is controlled by the choice of interface electronics. A variety of interface solutions are detailed in the TechNote section of this guide. Summarized here are some suggested circuits for common FSR applications.

- For FSR Pressure or Force Switches, use the simple interfaces detailed on pages 16 and 17.
- For dynamic FSR measurements or Variable Controls, a current-to-voltage converter (see pages 18 and 19) is recommended. This circuit produces an output voltage that is inversely proportional to FSR resistance. Since the FSR resistance is roughly inversely proportional to applied force, the end result is a direct proportionality between force and voltage; in other words, this circuit gives roughly linear increases in output voltage for increases in applied force. This linearization of the response optimizes the resolution and simplifies data interpretation.

5. Develop a Nominal Voltage Curve and Error Spread

When a repeatable and reproducible system has been established, data from a group of FSR parts can be collected. Test several FSR parts in the system. Record the output voltage at various pre-selected force points throughout the range of interest. Once a family of curves is obtained, a nominal force vs. output voltage curve and the total force accuracy of the system can be determined.

6. Use Part Calibration if Greater Accuracy is Required

For applications requiring the highest obtainable force accuracy, part calibration will be necessary. Two methods can be utilized: gain and offset trimming, and curve fitting.

- Gain and offset trimming can be used as a simple method of calibration. The reference voltage and feedback resistor of the current-to-voltage converter are adjusted for each FSR to pull their responses closer to the nominal curve.
- Curve fitting is the most complete calibration method. A parametric curve fit is done for the nominal curve of a set of FSR devices, and the resultant equation is stored for future use. Fit parameters are then established for each individual FSR (or sensing element in an array) in the set. These parameters, along with the measured sensor resistance (or voltage), are inserted into the equation to obtain the force reading. If needed, temperature compensation can also be included in the equation.

7. Refine the System

Spurious results can normally be traced to sensor error or system error. If you have any questions, contact Interlink Electronics' Sales Engineers to discuss your system and final data.

FSR Usage Tips *The Do's and Don'ts*

- **Do** follow the seven steps of the FSR Integration Guide.
- **Do**, if possible, use a firm, flat and smooth mounting surface.
- **Do** be careful if applying FSR devices to curved surfaces. Pre-loading of the device can occur as the two opposed layers are forced into contact by the bending tension. The device will still function, but the dynamic range may be reduced and resistance drift could occur. The degree of curvature over which an FSR can be bent is a function of the size of the active area. The smaller the active area, the less effect a given curvature will have on the FSR's response.
- **Do** avoid air bubbles and contamination when laminating the FSR to any surface. Use only thin, uniform adhesives, such as Scotch[®] brand double-sided laminating adhesives. Cover the entire surface of the sensor.
- **Do** be careful of kinks or dents in active areas. They can cause false triggering of the sensors.
- **Do** protect the device from sharp objects. Use an overlay, such as a polycarbonate film or an elastomer, to prevent gouging of the FSR device.
- **Do** use soft rubber or a spring as part of the actuator in designs requiring some travel.
- **Do not** kink or crease the tail of the FSR device if you are bending it; this can cause breaks in the printed silver traces. The smallest suggested bend radius for the tails of evaluation parts is about 0.1" [2.5 mm]. In custom sensor designs, tails have been made that bend over radii of 0.03" (0.8 mm). Also, be careful if bending the tail near the active area. This can cause stress on the active area and may result in pre-loading and false readings.
- **Do not** block the vent. FSR devices typically have an air vent that runs from the open active area down the length of the tail and out to the atmosphere. This vent assures pressure equilibrium with the environment, as well as allowing even loading and unloading of the device. Blocking this vent could cause FSRs to respond to any actuation in a non-repeatable manner. Also note, that if the device is to be used in a pressure chamber, the vented end will need to be kept vented to the outside of the chamber. This allows for the measurement of the differential pressure.
- **Do not** solder directly to the exposed silver traces. With flexible substrates, the solder joint will not hold and the substrate can easily melt and distort during the soldering. Use Interlink Electronics' standard connection techniques, such as solderable tabs, housed female contacts, Z-axis conductive tapes, or ZIF (zero insertion force) style connectors.
- **Do not** use cyanoacrylate adhesives (e.g. Krazy Glue[®]) and solder flux removing agents. These degrade the substrate and can lead to cracking.
- **Do not** apply excessive shear force. This can cause delamination of the layers.
- **Do not** exceed 1mA of current per square centimeter of applied force (actuator area). This can irreversibly damage the device.

Evaluation Parts

Descriptions and Dimensions

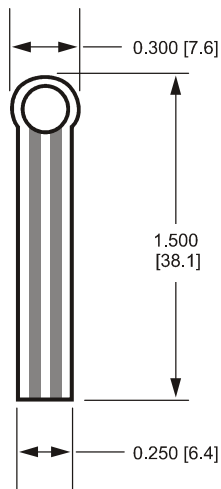


Figure 5:
Part No. 400 (0.2" Circle)

Active Area: 0.2" [5.0] diameter

Nominal Thickness: 0.012" [0.30 mm]

Material Build:

Semiconductive layer

0.004" [0.10] PES

Spacer adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Conductive layer

0.004" [0.10] PES

Rear adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Connector options

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

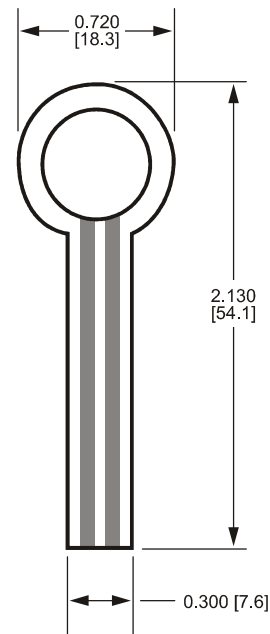


Figure 6:
Part No. 402 (0.5" Circle)

Active Area: 0.5" [12.7] diameter

Nominal thickness: 0.018" [0.46 mm]

Material Build:

Semiconductive Layer

0.005" [0.13] Ultem

Spacer Adhesive

0.006" [0.15] Acrylic

Conductive Layer

0.005" [0.13] Ultem

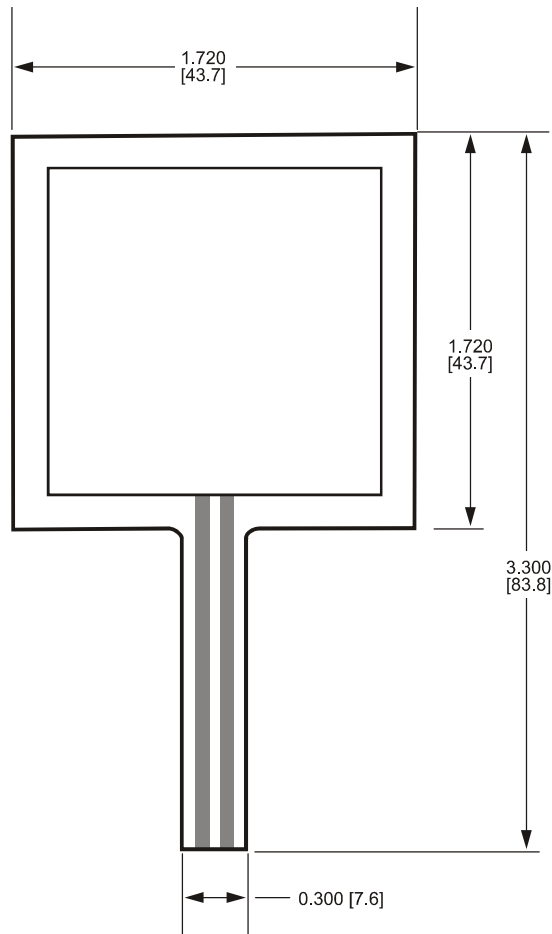
Rear Adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Connector

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

Dimensions in brackets: millimeters • Dimensional Tolerance: $\pm 0.015"$ [0.4] • Thickness Tolerance: $\pm 10\%$



Active Area: 1.5" [38.1] x 1.5" [38.1]

Nominal thickness: 0.018" [0.46 mm]

Material Build:

Semiconductive Layer

0.005" [0.13] Ultem

Spacer Adhesive

0.006" [0.15] Acrylic

Conductive Layer

0.005" [0.13] Ultem

Rear Adhesive

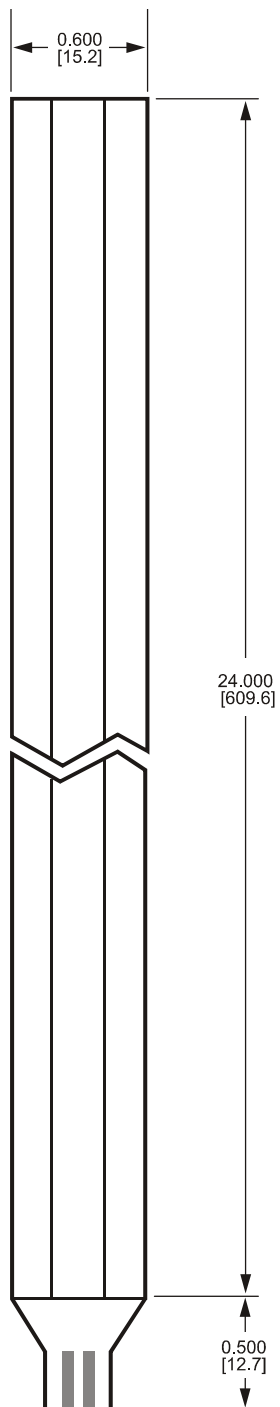
0.002" [0.05] Acrylic

Connectors

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

Figure 7:
Part No. 406 (1.5" Square)

Dimensions in brackets: millimeters • Dimensional Tolerance: ± 0.015" [0.4] • Thickness Tolerance: ± 10%



Active Area: 24" [609.6] x 0.25" [6.3]

Nominal thickness: 0.135" [0.34 mm]

Material Build:

Semiconductive Layer

0.004" [0.10] PES

Spacer Adhesive

0.0035" [0.089] Acrylic

Conductive Layer

0.004" [0.10] PES

Rear Adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Connectors

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

Figure 8
Part No. 408 (24" Trimmable Strip)

Dimensions in brackets: millimeters
Dimensional Tolerance: ± 0.015 " [0.4]
Thickness Tolerance: $\pm 10\%$

General FSR Characteristics

These are typical parameters. The FSR is a custom device and can be made for use outside these characteristics. Consult Sales Engineering with your specific requirements.

Simple FSR Devices and Arrays

PARAMETER	VALUE	NOTES
Size Range	Max = 20" x 24" (51 x 61 cm) Min = 0.2" x 0.2" (0.5 x 0.5 cm)	Any shape
Device thickness	0.008" to 0.050" (0.20 to 1.25 mm)	Dependent on materials
Force Sensitivity Range	< 100 g to > 10 kg	Dependent on mechanics
Pressure Sensitivity Range	< 1.5 psi to > 150 psi (< 0.1 kg/cm ² to > 10 kg/cm ²)	Dependent on mechanics
Part-to-Part Force Repeatability	± 15% to ± 25% of established nominal resistance	With a repeatable actuation system
Single Part Force Repeatability	± 2% to ± 5% of established nominal resistance	With a repeatable actuation system
Force Resolution	Better than 0.5% full scale	
Break Force (Turn-on Force)	20 g to 100 g (0.7 oz to 3.5 oz)	Dependent on mechanics and FSR build
Stand-Off Resistance	> 1MΩ	Unloaded, unbent
Switch Characteristic	Essentially zero travel	
Device Rise Time	1-2 msec (mechanical)	
Lifetime	> 10 million actuations	
Temperature Range	-30°C to +70°C	Dependent on materials
Maximum Current	1 mA/cm ² of applied force	
Sensitivity to Noise/Vibration	Not significantly affected	
EMI / ESD	Passive device	
Lead Attachment	Standard flex circuit techniques	

For Linear pots

PARAMETER	VALUE	NOTES
Positional Resolution	0.003” to 0.02” (0.075 to 0.5 mm)	Dependent on actuator size
Positional Accuracy	Better than $\pm 1\%$ of full length	

FSR terminology is defined on pages 14 and 15 of this guide.

The product information contained in this document is designed to provide general information and guidelines only and must not be used as an implied contract with Interlink Electronics. Acknowledging our policy of continual product development, we reserve the right to change without notice any detail in this publication. Since Interlink Electronics has no control over the conditions and method of use of our products, we suggest that any potential user confirm their suitability before adopting them for commercial use.

Glossary of Terms

Active Area	The area of an FSR device that responds to normal force with a decrease in resistance.
Actuator	The object which contacts the sensor surface and applies force to FSRs.
Applied Force	The force applied by the actuator on the active area of the sensor.
Array	Any grouping or matrix of FSR sensors which can be individually actuated and measured.
Break Force	The minimum force required, with a specific actuator size, to cause the onset of the FSR response.
Cross-talk	Measurement noise or inaccuracies of a sensor as a result of the actuation of another sensor on the same substrate. See also false triggering.
Drift	The change in resistance with time under a constant (static) load. Also called resistance drift.
Durometer	The measure of the hardness of rubber.
EMI	Electromagnetic interference.
ESD	Electrostatic discharge.
False triggering	The unwanted actuation of a FSR device from unexpected stimuli; e.g., bending or cross-talk.
Fixed Resistor	The printed resistor on linear potentiometers that is used to measure position.
Footprint	Surface area and force distribution of the actuator in contact with the sensor surface.
Force Resolution	The smallest measurable difference in force.
FSR[™]	Force Sensing Resistors [®] . A polymer thick film device with exhibits a decrease in resistance with an increase in force applied normal to the device surface.
Graphic Overlay	A printed substrate that covers the FSR. Usually used for esthetics and protection.
Housed Female	A stitched on AMP connector with a receptacle (female) ending. A black plastic housing protects the contacts. Suitable for removable ribbon cable connector and header pin attachment.
Hysteresis	In a dynamic measurement, the difference between instantaneous force measurements at a given force for an increasing load versus a decreasing load.
Interdigitating Electrodes	The conductor grid. An interweaving pattern of linearly offset conductor traces used to achieve electrical contact. This grid is shunted by the semiconductor layer to give the FSR response.
Lead Out or Busing System	The method of electrically accessing each individual sensor.
Lexan[®]	Polycarbonate. A substrate used for graphic overlays and labels. Available in a variety of surface textures.

Melinex®	A brand of polyester(PET). A substrate with lower temperature resistance than Ulterm® or PES, but with excellent flexibility and low cost. Similar to Mylar™.
Part or Device	The FSR. Consists of the FSR semiconductive material, conductor, adhesives, graphics or overlays, and connectors.
PES	Polyethersulfone. A transparent substrate with excellent temperature resistance, moderate chemical resistance, and good flexibility.
Pin Out	The descriptions of a FSR's electrical access at the connector pad (tail).
Repeatability	The ability to repeat, within a tolerance, a previous response characteristic.
Response Characteristic	The relationship of force or pressure vs. resistance.
Saturation Pressure	The pressure level beyond with the FSR response characteristic deviates from its inverse power law characteristic. Past the saturation pressure, increases in force yield little or no decrease in resistance.
Sensor	Each area of the FSR device that is independently force sensitive (as in an array).
Solder-tabs	Stitched on AMP connectors with tab endings. Suitable for direct PC board connection or for soldering to wires.
Space and Trace	The widths of the gaps and fingers of the conductive grid; also called pitch.
Spacer Adhesive	The adhesive used to laminate FSR devices tighter. Dictates stand-off.
Stand-off	The gap or distance between the opposed polymer film layers when the sensor is unloaded and unbent.
Stand-off Resistance	The FSR resistance when the device is unloaded and unbent.
Substrate	Any base material on which the FSR semi-conductive or metallic polymers are printed. (For example, polyetherimide, polyethersulfone and polyester films).
Tail	The region where the lead out or busing system terminates. Generally, the tail ends in a connector.
Ulterm®	Polyetherimide (PEI). A yellow, semi-transparent substrate with excellent temperature and chemical resistance and limited flexibility.

Interlink Electronics, Inc. holds international patents for its Force Sensing Resistor technology. FSR is a trademark and Force Sensing Resistors is a registered trademark of Interlink Electronics. Interlink and the six dot logotype are registered marks of Interlink Electronics.

Ulterm and Lexan are registered trademarks of G.E., Melinex is a registered trademark of ICI, and Mylar is a trademark of E.I. Dupont & Co.

Suggested Electrical Interfaces Basic FSRs

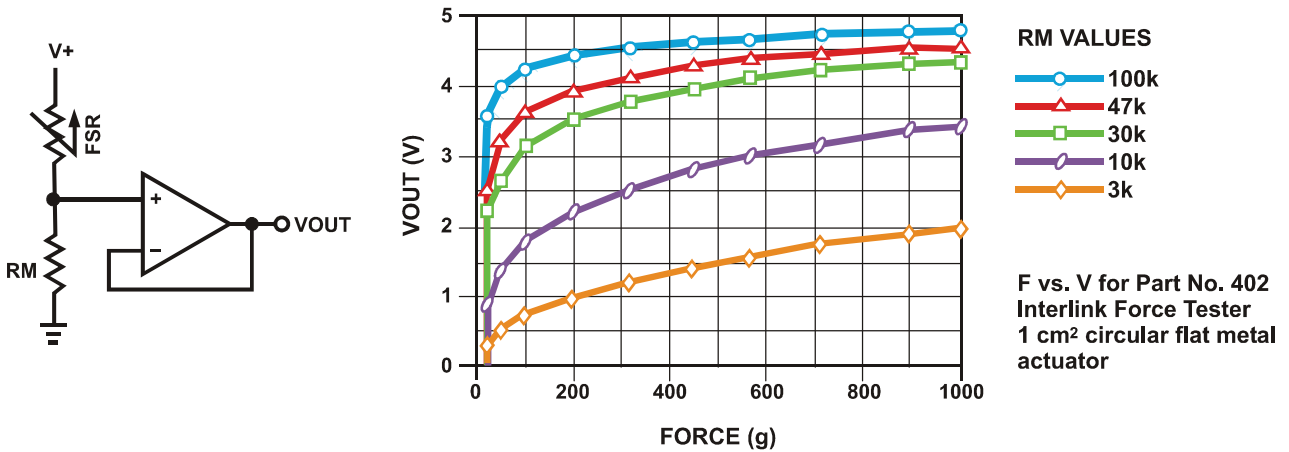


Figure 9
FSR Voltage Divider

FSR Voltage Divider

For a simple force-to-voltage conversion, the FSR device is tied to a measuring resistor in a voltage divider configuration. The output is described by the equation:

$$V_{OUT} = (V+) / [1 + R_{FSR}/R_M]$$

In the shown configuration, the output voltage increases with increasing force. If R_{FSR} and R_M are swapped, the output swing will decrease with increasing force. These two output forms are mirror images about the line $V_{OUT} = (V+) / 2$.

The measuring resistor, R_M , is chosen to maximize the desired force sensitivity range and to limit current. The current through the FSR should be limited to less than 1 mA/square cm of applied force. Suggested op-amps for single sided supply designs are LM358 and LM324. FET input devices such as LF355 and TL082 are also good. The low bias currents of these op-amps reduce the error due to the source impedance of the voltage divider.

A family of FORCE vs. V_{OUT} curves is shown on the graph above for a standard FSR in a voltage divider configuration with various R_M resistors. A $(V+)$ of +5V was used for these examples.

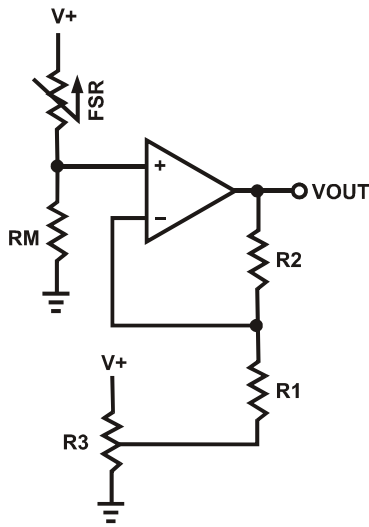


Figure 10
Adjustable Buffer

Adjustable Buffers

Similar to the FSR Voltage Divider, these interfaces isolate the output from the high source impedance of the Force Sensing Resistor. However, these alternatives allow adjustment of the output offset and gain.

In Figure 10, the ratio of resistors R2 and R1 sets the gain of the output. Offsets resulting from the non-infinite FSR resistance at zero force (or bias currents) can be trimmed out with the potentiometer, R3. For best results, R3 should be about one-twentieth of R1 or R2. Adding an additional pot at R2 makes the gain easily adjustable. Broad range gain adjustment can be made by replacing R2 and R1 with a single pot.

The circuit in Figure 11 yields similar results to the previous one, but the offset trim is isolated from the adjustable gain. With this separation, there is no constraint on values for the pot. Typical cal for R5 and the pot are around 10kΩ.

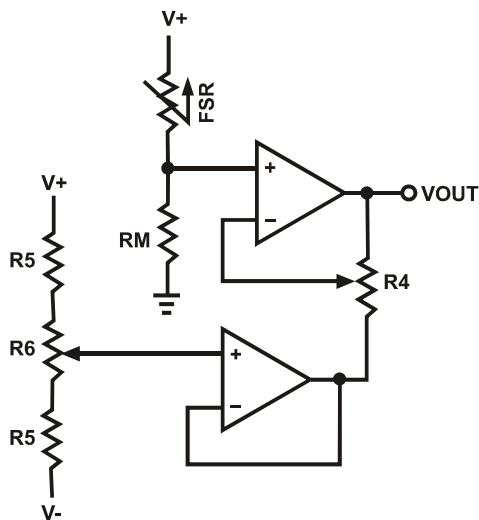


Figure 11
Adjustable Buffer

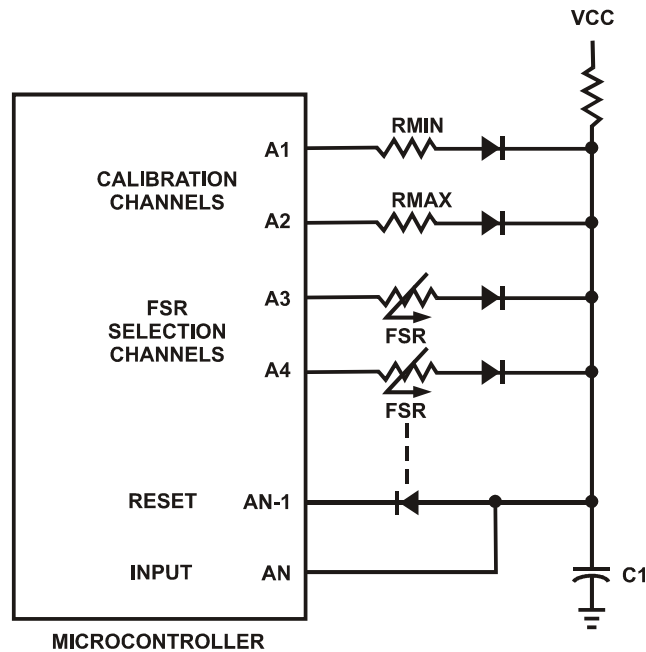


Figure 12
Multi-Channel FSR-to-Digital Interface

Multi-Channel to FSR-to-Digital Interface

Sampling Cycle (any FSR channel):

The microcontroller switches to a specific FSR channel, toggling it high, while all other FSR channels are toggled low. The RESET channel is toggled high, a counter starts and the capacitor C1 charges, with its charging rate controlled by the resistance of the FSR ($t \sim RC$). When the capacitor reaches the high digital threshold of the INPUT channel, the counter shuts off, the RESET is toggled low, and the capacitor discharges.

The number of “counts” it takes from the toggling of the RESET high to the toggling of the INPUT high is proportional to the resistance of the FSR. The resistors RMIN and RMAX are used to set a minimum and maximum “counts” and therefore the range of the “counts”. They are also used periodically to re-calibrate the reference. A sampling cycle for RMIN is run, the number of “counts” is stored and used as a new zero. Similarly, a sampling cycle for RMAX is run and the value is stored as the maximum range (after subtracting the RMIN value). Successive FSR samplings are normalized to the new zero. The full range is “zoned” by dividing the normalized maximum “counts” by the number of desired zones. This will delineate the window size or width of each zone.

Continual sampling is done to record changes in FSR resistance due to change in force. Each FSR is selected sequentially.

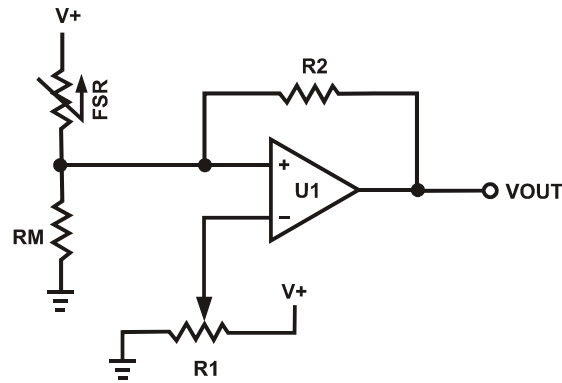


Figure 13
FSR Variable Force Threshold Switch

FSR Variable Force Threshold Switch

This simple circuit is ideal for applications that require on-off switching at a specified force, such as touch-sensitive membrane, cut-off, and limit switches. For a variation of this circuit that is designed to control relay switching, see the following page.

The FSR device is arranged in a voltage divider with R_M . An op-amp, U1, is used as a comparator. The output of U1 is either high or low. The non-inverting input of the op-amp is driven by the output of the divider, which is a voltage that increases with force. At zero force, the output of the op-amp will be low. When the voltage at the non-inverting input of the op-amp exceeds the voltage of the inverting input, the output of the op-amp will toggle high. The triggering voltage, and therefore the force threshold, is set at the inverting input by the pot R1. The hysteresis, R2, acts as a “debouncer”, eliminating any multiple triggerings of the output that might occur.

Suggested op-amps are LM358 and LM324. Comparators like LM393 also work quite well. The parallel combination of R2 with R_M is chosen to limit current and to maximize the desired force sensitivity range. A typical value for this combination is about 47k Ω .

The threshold adjustment pot, R1, can be replaced by two fixed value resistors in a voltage divider configuration.

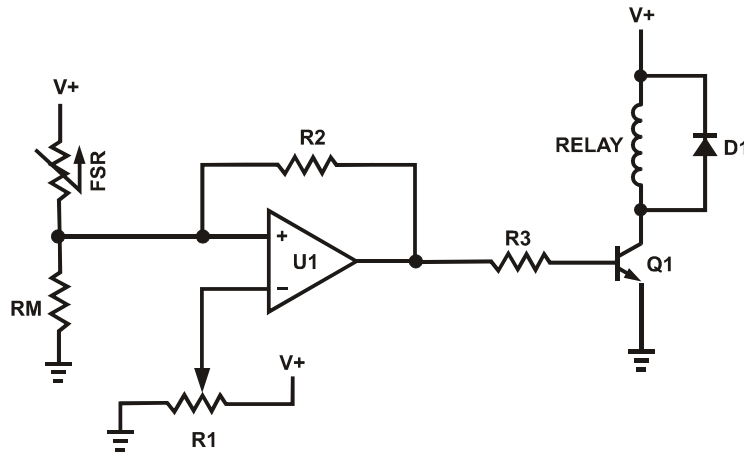


Figure 14
FSR Variable Force Threshold Relay Switch

FSR Variable Force Threshold Relay Switch

This circuit is a derivative of the simple FSR Variable Force Threshold Switch on the previous page. It has use where the element to be switched requires higher current, like automotive and industrial control relays.

The FSR device is arranged in a voltage divider with R_M . An op-amp, U1, is used as a comparator. The output of U1 is either high or low. The non-inverting input of the op-amp sees the output of the divider, which is a voltage that increases with force. At zero force, the output of the op-amp will be low. When the voltage at the non-inverting input of the op-amp exceeds the voltage of the inverting input, the output of the op-amp will toggle high. The triggering voltage, and therefore the force threshold, is set at the inverting input by the pot R1. The transistor Q1 is chosen to match the required current specification for the relay. Any medium power NPN transistor should suffice. For example, an NTE272 can sink 2 amps, and an NTE291 can sink 4 amps. The resistor R3 limits the base current (a suggested value is $4.7k\Omega$). The hysteresis resistor, R2, acts as a “debouncer”, eliminating any multiple triggerings of the output that might occur.

Suggested op-amps are LM358 and LM324. Comparators like LM393 and LM339 also work quite well, but must be used in conjunction with a pull-up resistor. The parallel combination of R2 with R_M is chosen to limit current and to maximize the desired force sensitivity range. A typical value for this combination is about $47k\Omega$.

The threshold adjustment pot, R1, can be replaced by two fixed value resistors in a voltage divider configuration. The diode D1 is included to prevent flyback, which could harm the relay and the circuitry.

FSR Current-to-Voltage Converter

In this circuit, the FSR device is the input of a current-to-voltage converter. The output of this amplifier is described by the equation:

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot [-R_G/R_{FSR}].$$

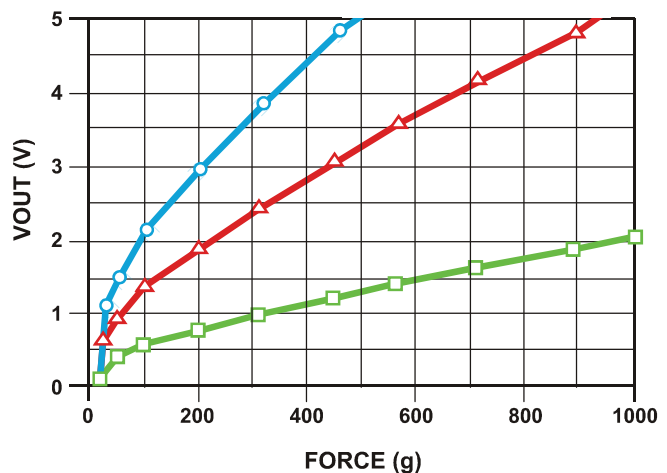
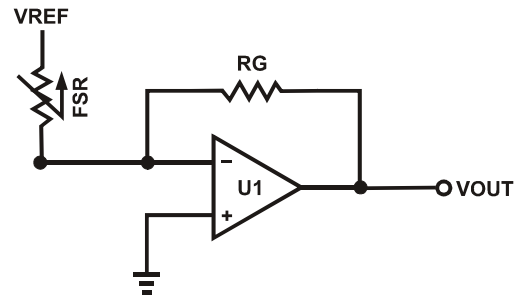
With a positive reference voltage, the output of the op-amp must be able to swing below ground, from 0V to $-V_{REF}$, therefore dual sided supplies are necessary. A negative reference voltage will yield a positive output swing, from 0V to $+V_{REF}$.

$$V_{OUT} = (-R_G \cdot V_{REF}) / R_{FSR}.$$

V_{OUT} is inversely proportional to R_{FSR} . Changing R_G and/or V_{REF} changes the response slope. The following is an example of the sequence used for choosing the component values and output swing:

For a human-to-machine variable control device, like a joystick, the maximum force applied to the FSR is about 1kg. Testing of a typical FSR shows that the corresponding R_{FSR} at 1kg is about $4.6k\Omega$. If V_{REF} is $-5V$, and an output swing of 0V to $+5V$ is desired, then R_G should be approximately equal to this minimum R_{FSR} . R_G is set at $4.7k\Omega$. A full swing of 0V to $+5V$ is thus achieved. A set of FORCE vs. V_{OUT} curves is shown in Figure 15 for a standard FSR using this interface with a variety of R_G values.

The current through the FSR device should be limited to less than 1 mA/square cm of applied force. As with the voltage divider circuit, adding a resistor in parallel with R_{FSR} will give a definite rest voltage, which is essentially a zero-force intercept value. This can be useful when resolution at low forces is desired.



RG VALUES
 —○— 7.5k
 —△— 4.7k
 —□— 1.5k

**F vs. V for Part No. 402
 Interlink Force Tester
 1 cm² circular flat metal
 actuator**

Figure 15
FSR Current-to-Voltage Converter

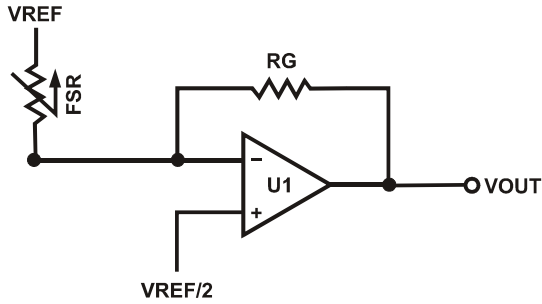


Figure 16
Add'l FSR Current-to-Voltage Converter

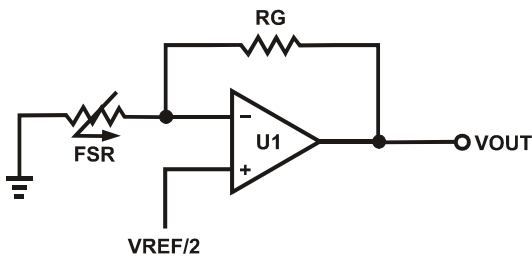


Figure 17
Add'l FSR Current-to-Voltage Converter

Additional FSR Current-to-Voltage Converters

These circuits are a slightly modified version of the current-to-voltage converter detailed on the previous page. Please refer to it for more detail.

The output of Figure 16 is described by the equation:

$$V_{OUT} = [V_{REF}/2] * [1 - R_G/R_{FSR}]$$

The output swing of this circuit is from $(V_{REF}/2)$ to $0V$. In the case where R_G is greater than R_{FSR} , the output will go into negative saturation.

The output of Figure 17 is described by the equation:

$$V_{OUT} = V_{REF}/2 * [1 + R_G/R_{FSR}]$$

The output swing of this circuit is from $(V_{REF}/2)$ to V_{REF} . In the case where R_G is greater than R_{FSR} , the output will go into positive saturation.

For either of these configurations, a zener diode placed in parallel with R_G will limit the voltage built up across R_G . These designs yield one-half the output swing of the previous circuit, but only require single sided supplies and positive reference voltages. Like the preceding circuit, the current through the FSR should be limited to less than 1 mA/square cm of applied force.

Suggested op-amps are LM358 and LM324.

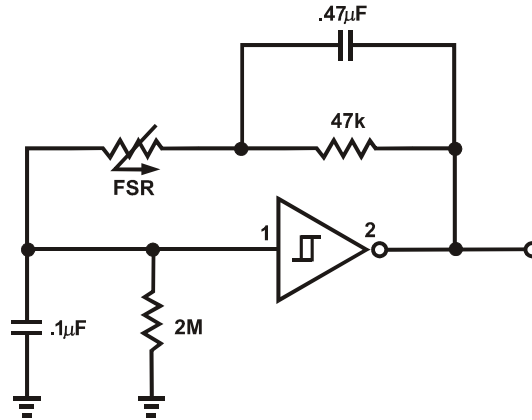
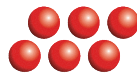


Figure 18
FSR Schmitt Trigger Oscillator

FSR Schmitt Trigger Oscillator

In this circuit, an oscillator is made using the FSR device as the feedback element around a Schmitt Trigger. In this manner, a simple force-to-frequency converter is made. At zero force, the FSR is an open circuit. Depending on the last stage of the trigger, the output remains constant, either high or low. When the FSR is pressed, the oscillator starts, its frequency increasing with increasing force. The $2\text{M}\Omega$ resistor at the input of the trigger insures that the oscillator is off when FSRs with non-infinite resistance at zero force are used. The $47\text{k}\Omega$ resistor and the $0.47\ \mu\text{F}$ capacitor control the force-to-frequency characteristic. Changes in the “feel” of this circuit can be made by adjusting these values. The $0.1\ \mu\text{F}$ capacitor controls the frequency range of the oscillator. By implementing this circuit with CMOS or TTL, a digital process can be controlled by counting leading and/or trailing edges of the oscillator output. Suggested Schmitt Triggers are CD40106, CD4584 or 74C14.



INTERLINK
ELECTRONICS

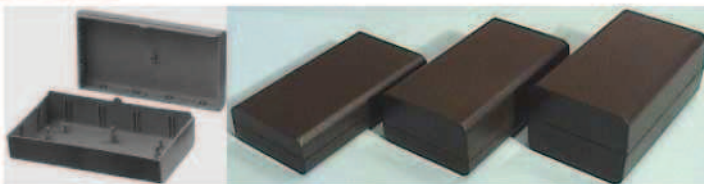
www.interlinkelectronics.com

546 Flynn Road • Camarillo, CA 93012
805-484-8855 Phone • 805-484-8989 Fax

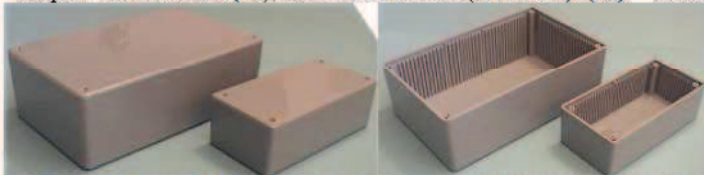


SP - ELEKTRONIIKKA

HINNAT SISÄLTÄVÄT ALV 22%, KATSO UUTUDET www.spelektroniikka.fi



"Snap in" muovikotelo (30), 29 x 72 x 124 mm (ulkomitat). (30) 2.50€
"Snap in" muovikotelo (31), 40 x 72 x 124 mm (ulkomitat). (31) 3.40€
"Snap in" muovikotelo (32), 52 x 72 x 124 mm (ulkomitat). (32) 3.70€



Siniharmaat muovikotelot, korttiurilla, 45 x 65 x 130 mm, yleiskäyttöinen muovikotelo pienilaitteille. Muovikotelo (33) 3.50€
Muovikotelo siniharmaa, 65 x 115 x 185 mm. Muovikotelo (34) 6.50€



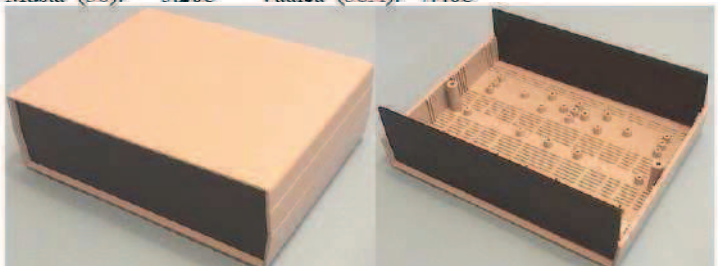
Harmaat tiivisteelliset muovikotelot, kaikki kiinnitysruuvien reiät ovat tiivisteiden ulkopuolella, tällöin saadaan hyvä tiiviyys. Erittäin hyvä kotelo ulkokäyttöön, vaativiin olosuhteisiin ym. Seinämät n. 3 mm. Tiivisteellinen harmaa muovikotelo 35 x 58 x 64 mm. (35) 7.30€
Tiivisteellinen harmaa muovikotelo 55 x 120 x 170 mm. (36) 13.60€



Muovikotelo (37), "MITTALAITEKOTELO", muovi tassut, irrotettavat etu- ja takalevyt, ulkomitat n.60x160x140 mm, materiaalipaksuus n.3mm. Musta (37): 4.50€ Vaalea (37A): 6.80€



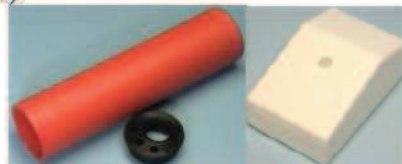
Muovikotelo (38), "MITTALAITEKOTELO", irrotettavat etu- ja takalevyt, ulkomitat n. 43 x 187 x 130 mm, materiaalipaksuus n. 3.5 mm. Mittapiirustukset nettisivuillamme. Musta (38): 5.20€ Vaalea (38A): 7.40€



Muovikotelo (39), "MITTALAITE / VERKKOLAITE" kotelo, vaalean sävyinen tyylikäs, mustat etu ja takalevyt, kaiutin/tuuletin ritiläaukko, sisällä kiinnityspaikkoja ja uria piirilevyille. lev.200 mm x syv.160 mm x kork.65 mm. Mittapiirustukset nettisivuillamme. Muovikotelo (39) 8.40€



Muovikotelo (40), "MITTALAITE / VERKKOLAITE" kotelo, vaalean sävyinen tyylikäs, mustat etu ja takalevyt, jäähdytysaukot, kaiutin/tuuletin ritiläaukko, sisällä kiinnityspaikkoja ja uria piirilevyille. lev.255 mm x syv.190 mm x kork.83mm. Mittapiirustukset nettisivuillamme. Muovikotelo (40) 10.90€



BID99 8DB01

"Anturikotelo", punainen putkilomainen, pit. 85 mm, sisä halk. 19mm, ulkohalk. 22 mm, materiaalipaksuus 1.5 mm seinissä ja pohjassa, kannessa reiät kaapeleille. Muovia. (BID99) 4.50€
Muovikotelo, valkoinen, hieman viistottu mattapintainen kansi, pohja kiiltävä, kiinnitys yhdellä ruuvilla, johdon läpivienti paikka merkitty, 45x72 x max.kork. 28 mm. (BDB01) 4.20€



Modular pinta- asennuskotelo, 4/6 naarasliitin, 22 x 50 x 57 2.50€
Modular pinta- asennuskotelo, 8/8 naarasliitin, 22 x 50 x 57 2.50€

Säilytyslokerikko 18 -osainen, läpinäkyvä, kork. 30, lev.110, pit.210 mm lokero 32 x 32 mm, kannessa lukitus. (SÄLO 2) 3.00€



Alumiinikotelo, pulverimaalattu musta, kaksi korttiuraa sisällä, kiinnitys reunukset, ei päätylevyjä, erittäin hyvä kotelo suodattimille, vahvistimille, RF -käyttöön ym. mitat, (ei sisällä kiinnitys reunusten leveyttä.) kork. 33, lev. 54.5, syv. 120 mm. (SRF3) 4.50€



RoyalTek Sapphire RGM-2000, GPS-vastaanotin USB

Erittäin pienikokoinen, magnetilla varustettu USB-liitäntäinen GPS-vastaanotin kannettavaan tietokoneisiin sekä PDA-laitteisiin. Ajurituki: Windows 9x/ME/2x/XP, Pocket PC, Linux & MAC. Lähettää standardinmukaista NMEA-paikkatietoa, joten toimii kaikkien paikannussovellusten kanssa. NMEA-0183 v2.2, 12 rinnakkaista satelliittia, 2D/3D tuki. Mitat: 62x50x28mm, paino: 40g, käyttölämpötila: 0...70C. Ei sisällä kartta-ohjelmistoa. Pakkauksessa: Englanninkielinen ohjekirja, asennus CD, GPS -vastaanotin n. 2m USB -kaapelilla. SATUNNAISTUOTE !!! Niin kauan kuin varastoa riittää... RGM-2000 60.00€

CHARACTER GENERATOR ROM

INSTRUCTIONS

Instruction	Code										Description	Execution Time (max) (when fcp or fosc is 250 KHZ)	
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0			
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears entire display and sets DD RAM address 0 in address counter.	1.64 μ s
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Sets DD RAM address 0 in address counter. Also returns display being shifted to original position. DD RAM contents remain unchanged.	1.64 μ s
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets cursor move direction and specifies shift of display. These operations are performed during data write and read.	40 μ s
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets ON/OFF of entire display (D), cursor ON/OFF (C), and blink of cursor position character (B).	40 μ s
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Moves cursor and shifts display without changing DD RAM contents.	40 μ s
Function Set	0	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	Sets interface data length (DL)number of display lines (L) and character font(F).	40 μ s
Set CG RAM Address	0	0	0	0	1	ACG					Sets CG RAM address. CG RAM data is sent and received after this setting.	40 μ s	
Set DD RAM Address	0	0	0	1	ADD					Sets DD RAM address. DD RAM data is sent and received after this setting.	40 μ s		
Read Busy Flag & Address	0	1	BF		AC					Reads Busy flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads address counter contents.	0 μ s		
Write Data to CG or DD RAM	1	0	Write Data									Writes data into DD RAM or CG RAM.	40 μ s $t_{ADD}=6 \mu$ s(Note2)
Read Data From CG or DD RAM	1	1	Read Data									Reads data from DD RAM or CG RAM.	40 μ s $t_{ADD}=6 \mu$ s(Note2)
	I/D = 1: Increment I/D = 0: Decrement S = 1: Accompanies display shift S/C = 1: Display shift S/C = 0: Cursor move R/L = 1: Shift to the right R/L = 0: Shift to the left DL = 1: 8 bits, DL = 0: 4 bits N = 1: 2 lines, N = 0: 1 line F = 1: 5x10 dots, F = 0: 5x7 dots BF = 1: Internally operating BF = 0: Can accept instruction										DD RAM: Display data RAM CG RAM: Character generator RAM ACG : CG RAM address ADD : DD RAM address : Corresponds to cursor address. AC : Address counter used for both DD and CG RAM address.	Execution time changes when frequency changes. Example: When fcp or fosc is 270 KHZ : 40μ s $\times \frac{250}{270} = 37 \mu$ S	

*NO Effect

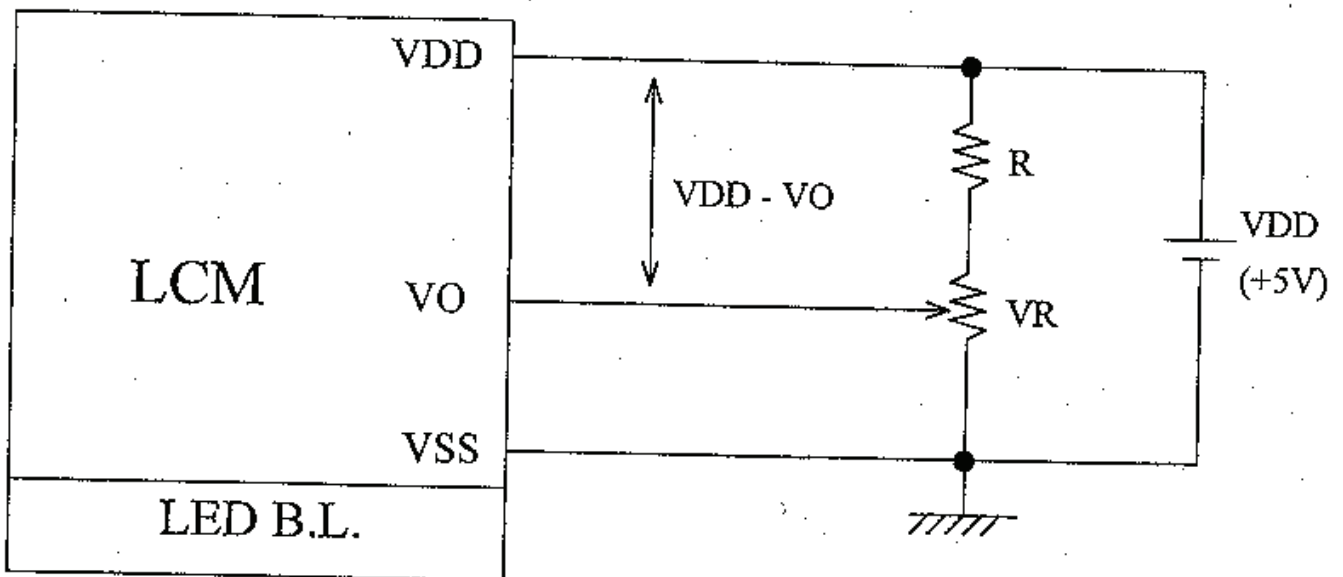
		Higher 4-bit (D4 to D7) of Character Code (Hexadecimal)																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F			
Lower 4-bit (D0 to D3) of Character Code (Hexadecimal)	0	CG RAM (1)	+		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
	1	CG RAM (2)	=	!	!	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	2	CG RAM (3)	7	"	2	B	R	b	r	e	B	S	'	e	S	e	S	e	S	e
	3	CG RAM (4)	L	#	3	C	S	c	s	a	S	a	'	P	M	e	P	e	P	e
	4	CG RAM (5)	7	@	4	D	T	t	a	T	a	T	'	+	T	S	T	S	T	S
	5	CG RAM (6)	7	%	5	E	V	e	v	e	v	e	'	+	T	A	T	A	T	A
	6	CG RAM (7)	7	&	6	F	V	v	a	V	a	V	'	+	T	A	T	A	T	A
	7	CG RAM (8)	7	'	7	G	V	v	e	V	e	V	'	+	T	A	T	A	T	A
	8	CG RAM (1)	7	(	8	H	X	x	a	X	a	X	'	+	T	A	T	A	T	A
	9	CG RAM (2)	7	)	9	I	Y	y	w	Y	w	Y	'	+	T	A	T	A	T	A
	A	CG RAM (3)	*	*	*	J	Z	z	a	Z	a	Z	'	+	T	A	T	A	T	A
	B	CG RAM (4)	7	+	*	K	X	x	C	X	C	X	'	+	T	A	T	A	T	A
	C	CG RAM (5)	=	.	.	L	V	v	I	V	I	V	'	+	T	A	T	A	T	A
	D	CG RAM (6)	7	-	-	M	N	n	S	N	S	N	'	+	T	A	T	A	T	A
	E	CG RAM (7)	#	.	.	N	N	n	A	N	A	N	'	+	T	A	T	A	T	A
	F	CG RAM (8)	#	/	/	O	L	l	A	L	A	L	'	+	T	A	T	A	T	A

INTERFACE OF PIN CONNECTIONS

TYPE A VSS = GND, VDD = +5V

Pin No	1	2	3	4	5	6	7	
Symbol	VSS	VDD	VO	RS	R/W	E	DBO	
Pin No	8	9	10	11	12	13	14	
Symbol	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	

8. POWER SUPPLY FOR LCM AND LED BACKLIGHT.



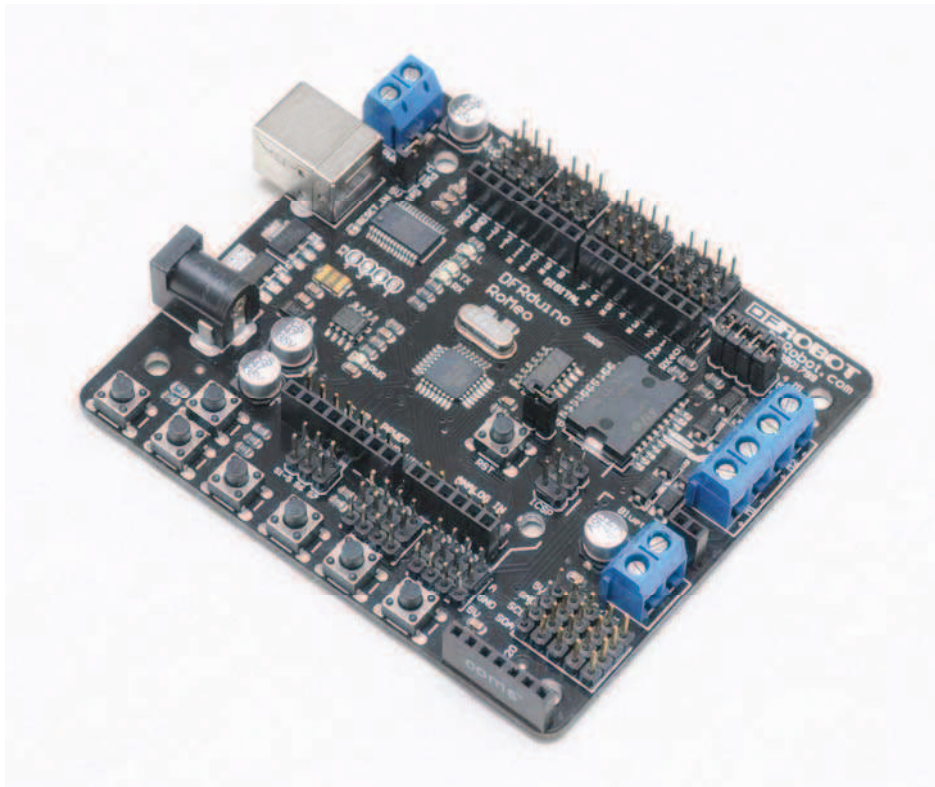
VDD - VO : LCD DRIVING VOLTAGE

VR : 10KΩ ~ 20KΩ

RECOMMEND RESISTOR R : $VDD - VO \geq 1.5V$



DFRduino RoMeo Users Manual



Version 1.0

DFRduino RoMeo

- A. Please read this manual carefully before applying power on the device.
- B. Do not use this device for military or medical purpose as they are not designed to.

DFRduino RoMeo

Introduction

RoMeo is an All-in-One microcontroller especially designed for robotics application. Benefit from Arduino open source platform, it is supported by thousands of open source codes, and can be easily expanded with most Arduino Shields. The integrated 2 way DC motor driver and wireless socket gives a much easier way to start your robotic project.

Specification

- Atmega 168/328
- 14 Channels Digital I/O
- 6 PWM Channels (Pin11,Pin10,Pin9,Pin6,Pin5,Pin3)
- 8 Channels 10-bit Analog I/O
- USB interface
- Auto sensing/switching power input
- ICSP header for direct program download
- Serial Interface TTL Level
- Support AREF
- Support Male and Female Pin Header
- Integrated sockets for APC220 RF Module and DF-Bluetooth Module
- Five I2C Interface Pin Sets
- Two way Motor Drive with 2A maximum current
- 7 key inputs
- DC Supply: USB Powered or External 7V~12V DC。
- DC Output: 5V /3.3V DC and External Power Output
- Dimension: 90x80mm

DFRduino RoMeo Pinout

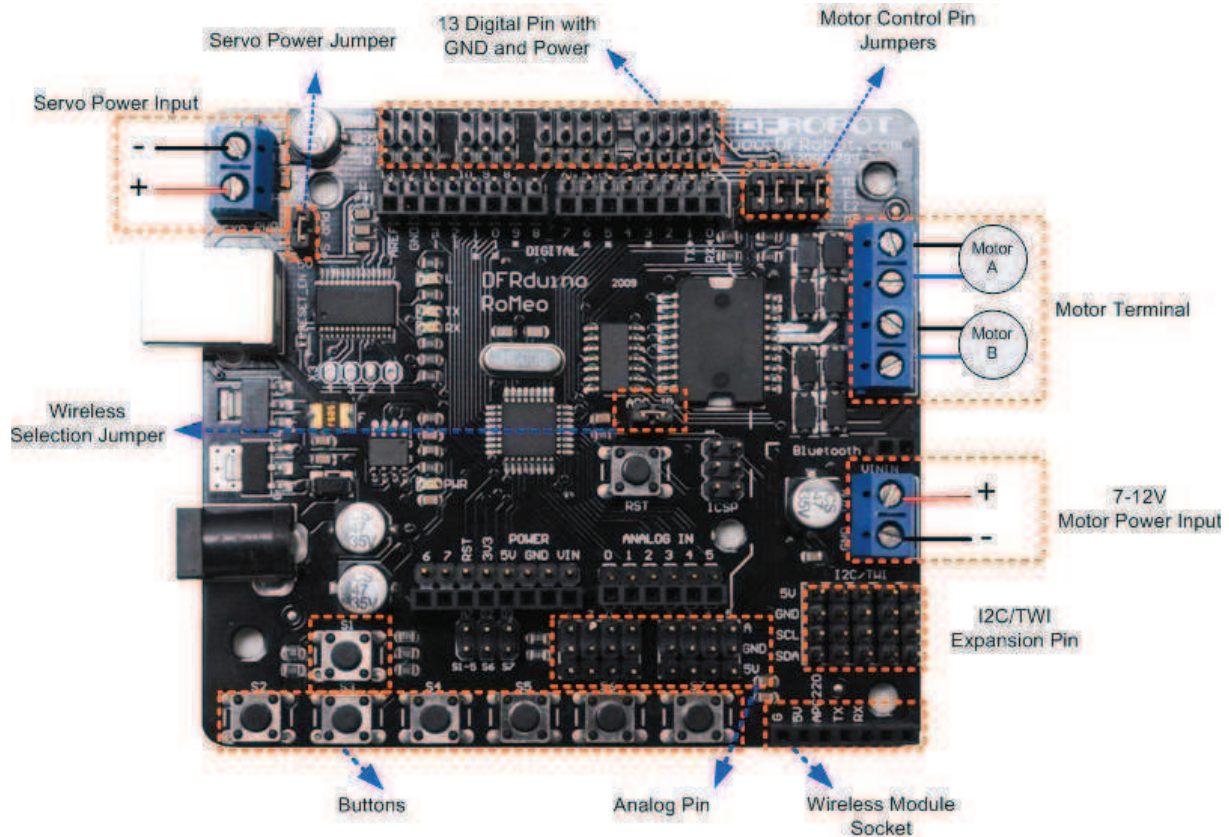


Figure 1 Romeo Pin Out

The picture above shows all of the I/O lines and Connectors on the Romeo, which includes:

- One Regulated Motor Power Input Terminal (6v to12v)
- One Unregulated Servo Power Input Terminal (you supply regulated 4v to 7.2v)
- One Servo input power selection jumper
- One Serial Interface Module Header for APC220/Bluetooth Module
- Two DC Motor Terminals – Handles motor current draw up to 2A, each terminal
- One I2C/TWI Port – SDA, SCL, 5V, GND
- One Analog Port with 8 analog inputs – one input is tied internally to the supply voltage
- One General Purpose I/O Port with 13 I/O lines – 4,5,6,7 can be used to control motors
- One Reset Button
- Jumper bank to Enable/Disable Motor Control

Before you start

Applying Power:

This is one of the most important steps in getting the Romeo up and communicating with your host controller. You **MUST** make sure that you apply power to the Power Terminal using the correct polarity. Reverse Polarity will damage the Romeo. *We are not responsible for such damage, nor do we warranty against such damage.* Make sure you take time to apply power correctly. Otherwise, it could get costly for you!

Power from USB:

Simply plug USB cable, and the Romeo is able to work. Please notice that the USB can only supply 500 mA current. It should be able to meet the most requirements for LED lit application. However it is not enough to power DC motors or servo.

Power from Motor Power Input:

Simply connect the ground wire from your supply to the screw terminal labeled "GND", and then connect the positive wire from your supply to the screw terminal labeled "VIN".

NOTE: Maximum supply voltage cannot exceed 14V DC.

Software:

RoMeo can be programmed by Arduino IDE 0014 and above version. It can be downloaded at <http://arduino.cc/en/Main/Software>, Please select "Arduino Nano" as the hardware.

Romeo Configuration

Servo Power Select Jumper:

As most servo draw more current than the USB power source can supply. A separate servo power terminal is provided to power the servo individually which can be Enable/Disable by the Servo Power Select Jumper.

When the Servo Power Select Jumper is applied, the servo is powered by internal 5V.

When the Servo Power Select Jumper is not applied, the servo is powered by external power source.

Motor Control Pin Jumper:

Applying the Motor Control Pin Jumpers will allocate Pin 5,6,7,8 for motor control.

Removing the jumpers will release the above Pins.

Wireless Select Jumper:

Applying the Wireless Select Jumper will allow the Romeo communicate via its wireless module such as APC220 and DF-Bluetooth module. If no wireless module is plugged, this jumper does not make any difference.

Removing the jumper will disable wireless module and allows the sketch to be uploaded.

Tutorial

1. Button Press

RoMeo has 7 build in buttons S1-S7 (Figure 2). S1-S5 use analog input, S6,S7 use digital input.



Figure 2 Romeo Buttons

To enable S6 and S7, please apply the jumpers indicated in the red circle. S6 uses Digital Pin2, S7 uses Digital Pin3. Once these enable jumpers have been applied, Pin 2 and 3 will be occupied (Figure 3).

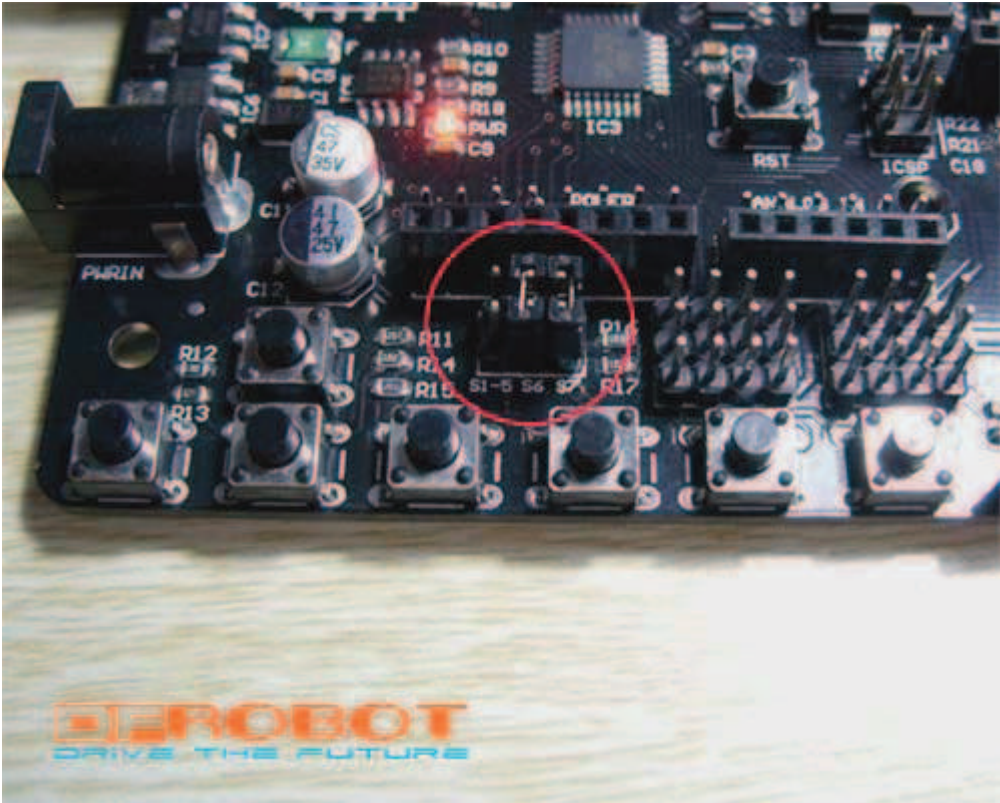


Figure 3 Button Enable Jumpers

Sample code:

```
int ledPin = 13;
int key_s6 = 2;
int val=0;
void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT);    // Set Pin13 to output mode
  pinMode(key_s6, INPUT);     // Set Pin12 to output mode
}
void loop()
{
  if(digitalRead(key_s6)==0)  //
  {
    while(!digitalRead(key_s6));
    val++;
  }
  if(val==1)
  {
    digitalWrite(ledPin, HIGH); //
  }
  if(val==2)
  {
    val=0;
    digitalWrite(ledPin, LOW);  //
  }
}
```

Sample 2:

Code function: Press button S6, turn on LED, Press button S7, turn off LED.

Sample code:

```
int ledPin = 13;           //
int key_s6 = 2;           //
int key_s7 = 3;           //
void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT); //
  pinMode(key_s6, INPUT);  //
  pinMode(key_s7, INPUT);  //
}
```

```
void loop()
{
  if(digitalRead(key_s6)==0)  //
  {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  //
  }
  if(digitalRead(key_s7)==0)  //
  {
    digitalWrite(ledPin, LOW);  //
  }
}
```

2. Two way DC Motor Control

Hardware Setting:

Connect four motor wires to Motor Terminal. And apply power through motor power terminal (Figure 4).

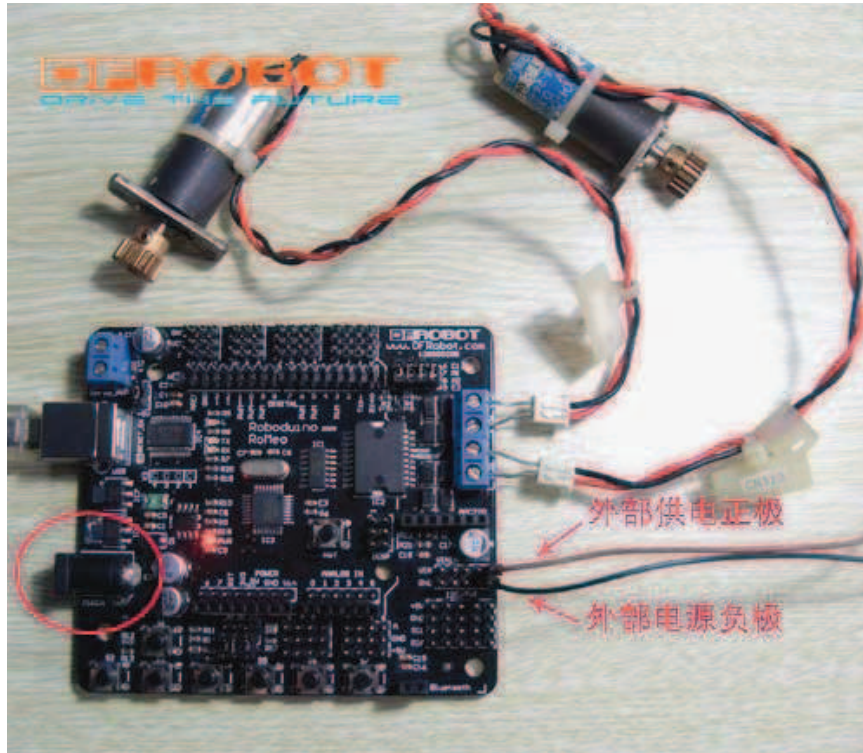


Figure 4 Romeo Motor Connection Diagram

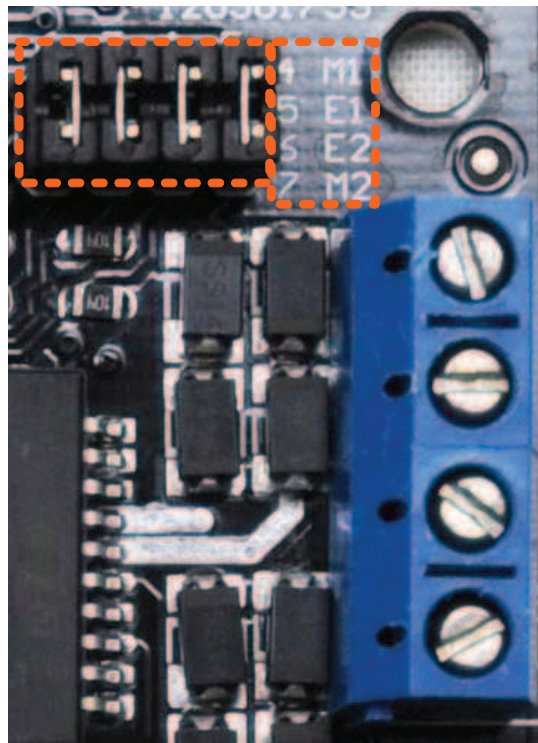


Figure 5 Motor Control Pin Jumpers

The motor control is implemented by manipulating two digital IO pins and two PWM pins. As illustrated in the diagram above (Figure 5), Pin 4,7 (7,8 for old Romeo version) are motor direction control pins, Pin 5,6 (6,9 for old Romeo version) are motor speed control pins.

For previous Romeo board, the pins used to control the motor is Pin 7,8 (Direction), Pin 6,9 (Speed). You can find the information at the right side of the Motor Control Pin Jumpers.

Sample Code:

```
int E1 = 5;    //M1 Speed Control
int E2 = 6;    //M2 Speed Control
int M1 = 4;    //M1 Direction Control
int M2 = 7;    //M1 Direction Control

///  
//For previous Romeo, please use these pins.
int E1 = 6;    //M1 Speed Control
int E2 = 9;    //M2 Speed Control
int M1 = 7;    //M1 Direction Control
int M2 = 8;    //M1 Direction Control

void stop(void)           //Stop
{
```



```

        digitalWrite(E1,LOW);
        digitalWrite(E2,LOW);
    }
void advance(char a,char b)           //Move forward
    {
        analogWrite (E1,a);           //PWM Speed Control
        digitalWrite(M1,HIGH);
        analogWrite (E2,b);
        digitalWrite(M2,HIGH);
    }
void back_off (char a,char b)        //Move backward
    {
        analogWrite (E1,a);
        digitalWrite(M1,LOW);
        analogWrite (E2,b);
        digitalWrite(M2,LOW);
    }
void turn_L (char a,char b)          //Turn Left
    {
        analogWrite (E1,a);
        digitalWrite(M1,LOW);
        analogWrite (E2,b);
        digitalWrite(M2,HIGH);
    }
void turn_R (char a,char b)          //Turn Right
    {
        analogWrite (E1,a);
        digitalWrite(M1,HIGH);
        analogWrite (E2,b);
        digitalWrite(M2,LOW);
    }
void setup(void)
    {
        int i;
        for(i=6;j<=9;i++)
            pinMode(i, OUTPUT);
        Serial.begin(19200);         //Set Baud Rate
    }
void loop(void)
    {
        char val = Serial.read();
        if(val!=-1)
            {
                switch(val)
                    {
                        case 'w'://Move Forward

```

```

        advance (100,100); //PWM Speed Control
        break;
    case 's'://Move Backward
        back_off (100,100);
        break;
    case 'a'://Turn Left
        turn_L (100,100);
        break;
    case 'd'://Turn Right
        turn_R (100,100);
        break;
    }
    delay(40);
}
else stop();
}

```

Release Date	Version	Comments
August 14, 2009	1.0	First Release
November 15, 2009	1.1	Modified Motor Control Pin for New Romeo

Copyright by DFRobot&YeRobot

HUOLTO JA KÄYTTÖOHJE

Mopodynamometriä käytetään mopon huippunopeuden mittaamiseen. Dynamometri tuottaa ajovastuksen säätämällä sähkömoottorin avulla jarrutusvoimaa. Jarrutus alkaa 40 km/h vauhdissa ja voima muuttuu 5 km/h välein 65 km/h asti. LCD-näytölle tulostuu sähkömoottorin tila ja nopeus kahden sekunnin välein.

1. Kiinnitä laitekotelo kolmijalkaan kiinni.
2. Kiinnitä XLR-liittimet mopodynamometriin.
3. Laita dynamometrin akku kiinni. Tarkista, että näyttöön tulee tekstit.
4. Aseta käynnissä oleva mopo dynamometrin rullille
5. Käytä mopon etujarrua samalla, kun kiihdytät mopon huippunopeuteen!
6. Seuraa näytöltä jarrun toimintaa L =sähkömoottori löysää jarrua, S = sähkömoottori on ajanut moottorin oikeaan asentoon tai K = sähkömoottori kiristää jarrua.
7. Kun näytöllä näkyy kirjain S ja nopeus ei enään kasva on jarrutusvoima saavuttanut oikean lukeman. Silloin mopo on saavuttanut huippunopeuden..
8. Mahdollisesti mopon huippunopeus on jarrutusvoimien rajoilla, jolloin sähkömoottori muuttaa jarrun asentoa useasti. Silloin voi kirjaimet vaihdella näytöllä.
9. HOX! Mopodynamometri jarruttaa vain maksimissaan 65km/h nopeutta. Yli menevät huippunopeudet eivät enää vastaa oikeasti ajettavia nopeuksia.
10. Mittaustuloksen saatua pyöritä dynamometrin rullia mopon avulla alle 40km/h nopeudessa, kunnes jarru on kokonaan auennut ja näytöllä näkyy S kirjain.

Mahdollisia huoltotoimia

Jos jarrupalat tai levy on kuluneet huomattavasti on ne vaihdettava uusiin. Piirrustuksissa löytyy oikeat varaosanumerot.

Jos näyttöön ei tule kuvaa lataa akku.

Jarrun jumiutuessa kiinni asentoon auta pyörittämällä pihdeillä kierretanko auki. Paina sen jälkeen jarrun anturin puoleisesta päästä, jolloin moottori lähtee aukaisemaan jarrua. Rasvaa johde ja kierretanko. Tarkista myös akun varaus.