

Janne Karhu

**HEIJASTUSMETRIN ILMAISIMIEN ELEKTRONIIKAN TOTEUTUS**

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ala  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Kevät 2008



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Janne Karhu	
Työn nimi Heijastusmetrin ilmaisimien elektroniikan toteutus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Sulautetutjärjestelmät	Ohjaaja(t) Ilpo Niskanen, Pentti Romppainen Toimeksiantaja Oulun yliopisto, Mittalaitelaboratorio
Aika Kevät 2008	Sivumäärä ja liitteet 21+17
<p>Tämä työ tehtiin Oulun yliopiston Mittalaitelaboratoriolle. Sen eräs tutkimusalue on nesteiden optisten ominaisuuksien määrittäminen heijastusmittauksen avulla.</p> <p>Työssä suunniteltiin ja rakennettiin jo olemassa olevaan heijastusmittauslaitteistoon uudentyyppinen ilmaisimien, joka hyödyntää rivivalodioditeknologiaa. Rivivalodiodi mahdollistaa nesteiden nopeamman taitekertoimen määrittämisen kuin nykyinen yksi-ikkunainen ilmaisimien. Käyttämällä rivivalodiodia voidaan myös luopua mittalaitteesta käytettävästä askelmoottorista, jolloin laite on pienempi ja edullisempi.</p> <p>Laitteisto sisältää rivivalodiodin lisäksi myös kaksi yksi-ikkunaista valodiodia ja kaksi lämpötilan mittaukseen tarkoitettua lämpötila-anturia. Näiltä signaali viedään suoraan päävahvistinkortille. Rivivalodiodi tarvitsee erillisen esivahvistinkortin, joka vahvistaa ja tekee rivivalodiodin antamasta signaalista pulssijonon. Pulssijono voidaan vasta tämän jälkeen viedä päävahvistinkortille. Josta signaalit viedään National Instrumentsin tiedonkeruukortille, joka on kytketty tietokoneeseen. Mittauslaitteiston tiedonkeruu on tehty käyttäen National Instrumentsin LabVIEW-ohjelmistoa.</p> <p>Lämpötila-antureina käytettiin Pt100-vastuselementtejä. Rivivalodiodia varten tarvittava C9004-esivahvistinkortti oli valmis komponentti. Elektroniikan suunnittelussa käytettiin PADS-ohjelmistoa.</p> <p>Elektroniikan toiminta varmennettiin mittaamalla. Yksi-ikkunaisten valodiodien toiminta testattiin käyttämällä valolähdettä ja katkojaa. Rivivalodiodin toiminta varmistettiin käyttämällä valolähdettä, joka kohdennettiin erikseen jokaiseen rivivalodiodin ikkunaan.</p> <p>Valonilmaisimet toimivat suunnitellulla tavalla. Varsinaisia mittauksia ei vielä pystytty suorittamaan, koska uusi ilmaisimien vaatii erilaisen mittauskennon rakentamisen.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Heijastusmittaus, rivivalodiodi, kohina
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Janne Karhu	
Title Implementation of Electronic Detectors for Reflectometer	
Optional Professional Studies Embedded Systems	Instructor(s) Ilpo Niskanen, M.Sc. Pentti Romppainen, D.Sc
	Commissioned by University of Oulu, Measurement and Sensor Laboratory
Date Spring 2008	Total Number of Pages and Appendices 21+17
<p>This bachelor's thesis was commissioned by the Measurement and Sensor Laboratory of Oulu University. One field of research of the Measurement and Sensor Laboratory is the determination of optical properties in liquids by using reflection measurement technology.</p> <p>The objective of the thesis was to design and build to already existing reflection measurement equipment a new kind of detector, which utilizes the so called array detector technology. The array detector can determine the reflection index faster than a single-window detector. By a using array detector it is also possible to abandon the stepper motor, making the equipment lighter and cheaper.</p> <p>This equipment also contains two single-window detectors and two temperature measurement elements. From the detectors and the temperature sensor the signal will be conducted straight to the main amplifier card. The array detector will need an individual preamplifier card which will amplify the signal and convert it into a pulse group. The pulse group can be conducted to the main amplifier card after that. From the main amplifier card the signal will be conducted to the data acquisition card which is connected to the computer. Information collection was made by using the LabVIEW software of National Instruments.</p> <p>The temperature was measured by the Pt100 resistor elements. The preamplifier was a plug-in component. The PADS program was used in the design of electronics.</p> <p>The functioning of electronics was certified by making measurements. The single-window detectors were tested by using a lightsource and a chopper. The array detector was tested by using a light source focused at each channel of the array detector one at a time.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Reflection, array detector, noise
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Oulun yliopiston Kajaanin yliopistokeskuksen Mittalaitelaboratorion toimeksiannosta. Työn valvojana toimi Pentti Romppainen Kajaanin ammattikorkeakoulusta ja ohjaajana Ilpo Niskanen Mittalaitelaboratoriosta. Haluan osoittaa heille kiitokset ohjauksesta työn eri vaiheissa.

Kiitokset myös Pertti Karjalaiselle neuvoista elektroniikan suunnittelussa ja Veijo Sutiselle hänen tekemästään rivivalodiodin testausohjelmasta. Kiitän myös ammattikorkeakoulun opettajia Eero Soinista ja Seija Heikkistä työn kielellisestä ohjauksesta.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 VALOILMAISIMET	2
2.1 Valodiodin toiminta	2
2.2 Rivivalodiodi	3
3 VALODIODIN KOHINAOMINAISUUKSISTA	4
3.1 Johnsonin kohina	4
3.2 Raekohina	4
3.3 $1/f$ -kohina	5
4 TAITEKERROIN	6
5 MITTAUSLAITTEISTO	8
5.1 Optiikka	8
5.2 Elektronikka	9
5.2.1 Ilmaisimet	10
5.2.2 Rivivalodiodin esivahvistinkortti	11
5.2.3 Päävahvistinkortti	12
6 MITTAUSLAITTEISTON TESTAUS JA TULOKSET	14
7 TULOSTEN TARKASTELU	19
8 YHTEENVETO	20
LÄHTEET	21
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Oulun yliopiston Mittalaitelaboratorio soveltaa ja siirtää tuottamaansa tekniikkaan liittyvää osaamista teollisuuden tarpeisiin. Erikoisalana on optinen mittaustekniikka. Osaamisalueista voidaan mainita esimerkiksi partikkelianalyysi, heijastusmetria, prosessivesien on-line-mittaustekniikka, UV-, fluoresenssi- ja polarisaatiomikroskopia.

Mittalaitelaboratoriossa on rakennettu useita nesteiden heijastusmittaukseen perustuvia mittalaitteita eli heijastusmetrejä [1] [2]. Näissä laitteissa ilmaisimina käytetään valodiodeja. Työn tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa tällaiseen laitteeseen uudentyyppinen ilmaisim. Tämä ilmaisim perustuu rivivalodiodiin. Sen avulla nesteiden taitekerroin voidaan määrittää nopeammin ja helpommin kuin yksi-ikkunaisella valodiodilla. Työhön kuului myös vahvistinkorotin sekä vertailu- ja läpäisyilmaisimien suunnittelu ja rakentaminen.

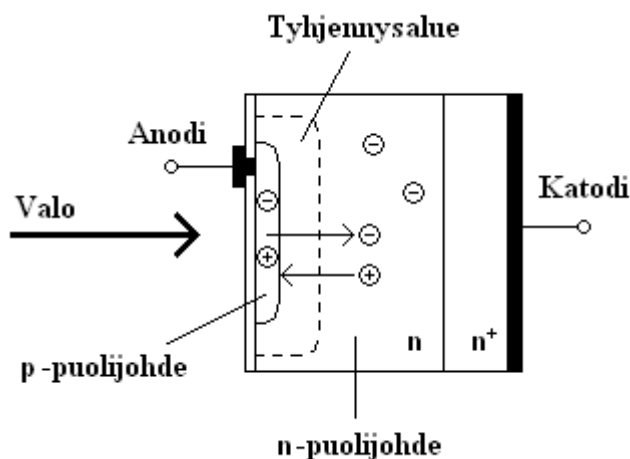
Uutta heijastusmetriä tullaan käyttämään prosessinesteiden optisten ominaisuuksien määrittämiseen mahdollisissa on-line-sovellutuksissa.

## 2 VALOILMAISIMET

Valoilmaisimien tehtävä on muuttaa valon fotonit sähköiseksi signaaliksi. Sähköisiä valoilmaita on monenlaisia. On muun muassa LDR-vastuksia, valodiodeja, valomonistinputkia ja CCD-kennoja. Näistä käytetyin on valodiodeja. Nykyiset valodiodit ovat pienikokoisia, herkkiä ja toimivat lineaarisesti hyvin laajalla alueella. Spektraalinen toiminta-alue ulottuu ultraviolettialueesta lähi-infrapuna-alueeseen. Lisäksi sähköisen signaalin tuottaminen on helppoa. Niiden elinikä on pitkä, ja ne ovat mekaanisesti kestäviä. [3.] Seuraavassa käsitellään tarkemmin valodiodin toimintaperiaatetta.

### 2.1 Valodiodin toiminta

Valodiodeja on valolle herkkä diodeja. Estosuuntaan esijännitetyin puolijohdediodin pn-liitosrajapinta on tyhjä varauksenkuljettajista. Niinpä diodin läpi ei kulje virtaa. Jos tähän puolijohteen tyhjennysalueeseen tulee fotoni, joka absorboituu ja käyttää energiansa elektronin nostamiseen valenssivyöltä johtavuusvyöhön, syntyy vapaa elektroni-aukkopari, joka aiheuttaa sähkövirran diodin läpi (kuva 1).



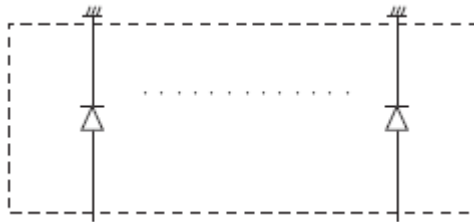
Kuva 1. Valodiodin rakenne [2]

Näin diodin vuotovirta on suoraan verrannollinen valon fotonivuohon (intensiteettiin). Jos diodin yli ei ole estosuuntaisjännitettä, synnyttävät valon generoimat varauksenkuljettajat

diodin napoihin jännitteen. Anodi on positiivinen napa. Tällä tavoin käytettyä valodiodia kutsutaan myös valokennoksi tai aurinkoparistoksi. [3.] [4.]

## 2.2 Rivivalodiodi

Rivivalodiodin toiminta yksittäisen valodiodin tasolla on samanlaista kuin yksiikkunaisessakin valodiodissa. Rivivalodiodissa on useita yksiikkunaisia valodiodeja rivissä yhden sijasta. Valodiodit ovat integroituna yhteen piiriin. Kuvassa 2 on rivivalodiodin periaatekuva.



Kuva 2. Rivivalodiodin periaatekuva [5]



### 3 VALODIODIN KOHINAOMINAISUUKSISTA

Kohinaa esiintyy aina ja kaikkialla, kun toimitaan absoluuttisen nollapisteen yläpuolella. Valodiodin kohinaominaisuudet (-virta) määräävät, miten pieniä valotehoja sillä voidaan havainnoida. Kokonaiskohina jaetaan yleensä kolmeen eri kohinalähteeseen ja niitä vastaaviin kohinavirtoihin: (1) Johnsonin kohina eli terminen kohina, (2) raekohina ja (3) 1/f-kohina. [3.]

#### 3.1 Johnsonin kohina

Johnsonin kohina eli lämpökohina aiheutuu varauksen kuljettajien lämpöliikkeestä resistiivisessä materiaalissa. Paikalliset satunnaiset varauksenkuljettajien liikkeet aiheuttavat paikallisia virtagradiентteja, vaikka resistiivisen materiaalin varaus olisi vakio. Johnsonin kohina on tyypiltään valkoista kohinaa ja signaalista riippumatonta. Lämpökohina  $U_N$  lasketaan kaavalla

$$U_N = \sqrt{4kTBR}, \quad (1)$$

jossa  $k$  on Boltzmannin vakio,  $T$  on lämpötila,  $R$  on resistanssi ja  $B$  on mittauskaistan leveys. [6.]

#### 3.2 Raekohina

Raekohinan voidaan ajatella olevan peräisin mitattavan suureen diskreettiluonteesta, kuten esimerkiksi valokvanttien saapuminen valodiodille tai yksittäisten elektronien liikkeestä aiheutuva sähkövirta. Absorboituneet fotonit tuottavat valoelektroneja satunnaisin välein, mikä ilmenee niinsanottuna raekohinavirtana  $I_N$ . Tämä syntyy aina, kun valodiodi on biasoitu, toisin sanoen diodi on kytketty estosuuntaan.

Raekohina  $I_N$  lasketaan kaavalla

$$I_N = \sqrt{2eIB}, \quad (2)$$

jossa  $e$  on elektronin varaus,  $I$  on virta ja  $B$  on mittauskaistan leveys. [6.]

### 3.3 1/f-kohina

1/f-kohinan syntymekanismia ei tiedetä tarkasti. Tätä kohinaa voidaan kuitenkin arvioida empiirisellä kaavalla

$$i_{\frac{1}{f}}(s) = I_0 \left(\frac{1}{s}\right)^\alpha, \quad (3)$$

jossa  $I_0$  on funktio valodiodin aktiivisesta alueesta,  $\alpha$  on kokeellinen vakio ja  $s=j\omega$ . Yleensä vakio  $\alpha$  saa arvon väliltä 0,25–1,0. Alle sadan Hz:n taajuuksilla 1/f-kohina tulee merkittäväksi. Suuremmilla taajuuksilla ilmaisimen toimintaa häiritsevät muut kohinalähteet. [6.]

## 4 TAITEKERROIN

Taitekerroinkäsitettä havainnollistaa mielikuva, jossa vesilasiin laitettu lusikka näyttää kuin lusikan varsi taittuksi ilma-vesi-rajapinnassa. Vaihdettaessa vesi väkevään sokeriliuokseen lusikan varsi näyttää taittuvan selvästi enemmän kuin vedessä. Tullessa viistosti väliaineesta toiseen, optiselta tiheydeltään erilaiseen aineeseen valonsäteen suunta muuttuu. Tätä kutsutaan valon taittumiseksi. Analysoimalla taittunutta tai heijastunutta valoa voidaan määrittää tutkittavan aineen taitekerroin.

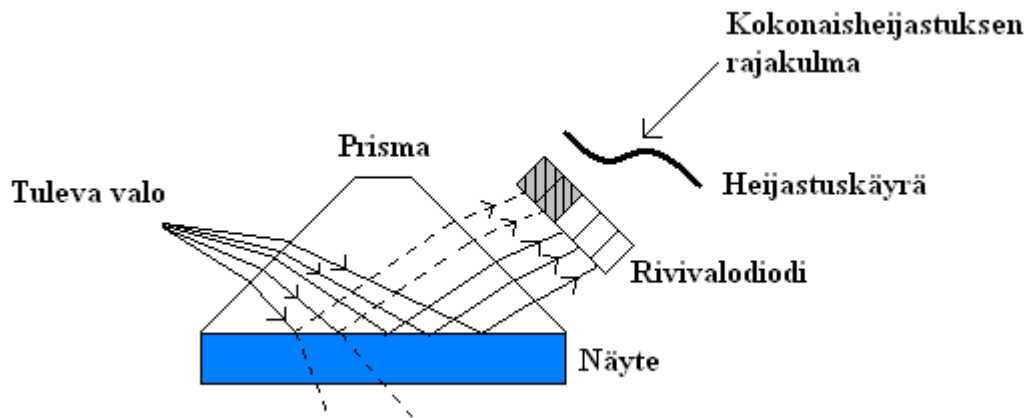
Taitekerroin  $n$  määritellään yhtälöllä

$$n = \frac{c}{c_v}, \quad (4)$$

jossa  $c$  on tyhjiössä etenevän valon nopeus ja  $c_v$  on valon nopeus aineessa. Aineen taitekerroin ei ole vakio, vaan sen arvo riippuu aallonpituudesta. Tätä aallonpituusriippuvuutta kutsutaan dispersioksi.

Taitekerrointa mittaamalla voidaan identifioida nesteitä, määrittää niiden pitoisuutta, tiheyttä ja jopa lämpötilaa. Eniten heijastusmittausta käytetään elintarviketeollisuudessa sokeripitoisuuden mittaamiseen juomista, mehuista, hilloista ynnä muista sokeripitoisista elintarvikkeista.

Mittalaitetta, jolla aineen taitekerroin voidaan määrittää, kutsutaan refraktometriksi. Yksi refraktometrin toimintatavoista perustuu siihen, että valolähteeltä tulevat säteet saapuvat prismalle ja näytteeseen eri kulmissa (kuva 3). Osa rajapinnalle tulevasta valosta heijastuu osittain ja taittuu osittain näytteeseen. Tietyllä valon tulokulmalla valo heijastuu kokonaan. Kulmaa, jolla valo alkaa heijastua kokonaan, kutsutaan kriittiseksi kulmaksi tai kokonaisheijastuksen rajakulmaksi. [7.]



Kuva 3. Kokonaisheijastuksen rajakulman määrittämisen periaatekuva

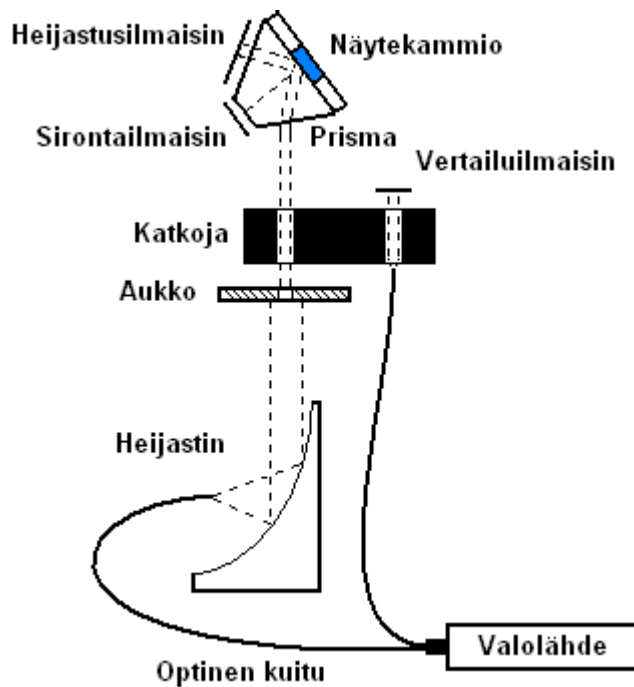
Kuvan 3 mukaisessa heijastusmittauksessa käytetään rivivalodiodia. Kokonaan heijastunut valo näkyy rivivalodiodilla vaaleana alueena, ja osittain heijastunut näkyy harmaana alueena. Rivivalodiodin eri kanaviin heijastuneet säteet muodostavat heijastuskäyrän, jossa näkyy myös kokonaisheijastuksen rajakulma. Harmaan ja vaalean alueen rajapinnan sijainti muuttuu taitekertoimen mukaan.

## 5 MITTAUSLAITTEISTO

Mittauslaitteisto koostuu optiikasta ja elektroniikasta.

### 5.1 Optiikka

Optiikka koostuu valolähteestä, kuidusta, heijastimesta, aukosta, katkojasta, prismasta, näyttekammioista, heijastus- sekä vertailuilmaisimesta. Kuvassa 4 on esitetty optisten komponenttien sijoittelu mittalaitteessa.



Kuva 4. Optiikan toteutus

Optiikan avulla valo tuodaan tutkittavan aineen pinnalle. Elektroniikan tehtävä on kerätä talteen heijastunut tai sironnut valo suorittaessa mittausta.

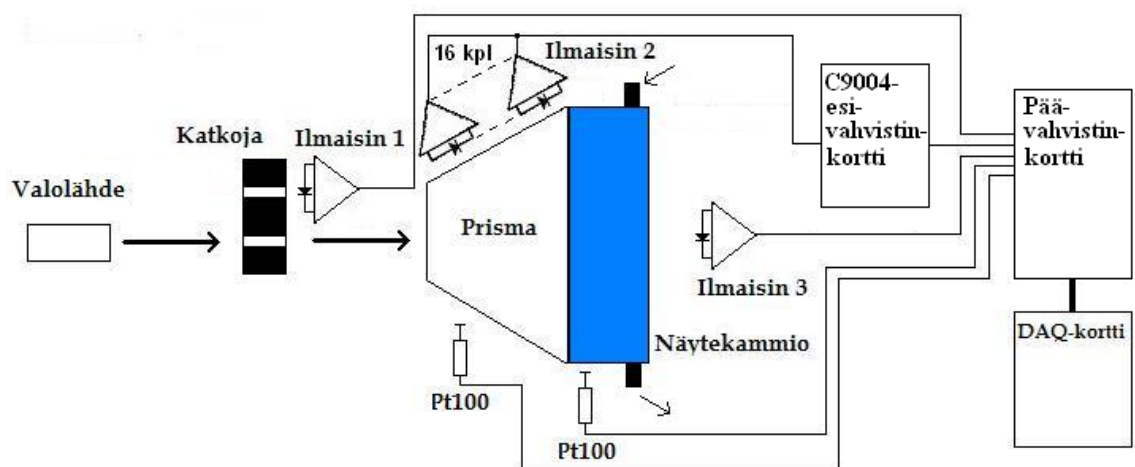
Heijastusmitarissa käytetään valolähteenä Orielin spectral luminatoria, jossa on 150 W ksenonlamppu. Ksenonlamppu tuottaa valoa UV-alueelta infrapuna-alueelle. Lampun säteilyspektri on tasainen lukuun ottamatta aallonpituusaluetta 800–1000 nm, jossa on emissiopeikkejä.

Ksenonlampun valosta valitaan haluttu aallonpituus monokromaattorin hilaa säätämällä. Hilassa on 1200 viivaa/mm. Saaduista aallonpituuksista suodatetaan häiritsevät monikerrat pois. Tämän jälkeen valo johdetaan 2-haaraisella optisella 200  $\mu\text{m}$ :n liitänkuidulla mittausmoduuliin ja vertailuilmaisimelle. Kuidun pää viedään paraboliseen heijastimeen, jossa valo kootaan yhdensuuntaiseksi säteeksi. Yhdensuuntainen säde menee käsin säädettävälle aukolle. Aukon jälkeen valo menee katkojan läpi. Katkoja tekee valosta jaksollisen pulssin, jonka taajuus on 400 Hz, ettei 1/f-kohina tule merkittäväksi.

Katkojalta valo ohjataan prismaan ja näytteeseen. Näytteestä heijastunut valo mitataan rivivalodiodilla. Sirontailmaisinta voidaan käyttää myös läpäisyilmaisimena kääntämällä prismaa ja näytekammiota siten, että sirontailmaisin on kohtisuorassa valon tulosuuntaa vasten.

## 5.2 Elektroniikka

Tässä työssä tehtiin päävahvistinkortin sekä ilmaisimien esivahvistimien elektroniikka. Kuvasssa 5 on esitetty elektroniikan kaaviokuva. Elektroniikan tehtävänä on siirtää sähköiset signaalit ilmaisimilta tietokoneeseen kytkettyyn tiedonkeruukorttiin. Piirilevyjen suunnittelussa on noudatettu yleisiä piirilevyn suunnittelu sääntöjä, jotta signaalit saataisiin ilmaisimilta tiedonkeruukortille mahdollisimman häiriöttömästi. Elektroniikkakytkennät on suunniteltu PADS Logic -ohjelmalla ja piirilevyt PADS Layout- ja PADS Router -ohjelmilla. Piirilevyt jyrksittiin LPKF Protomat s91 -piirilevyjyrsimellä.

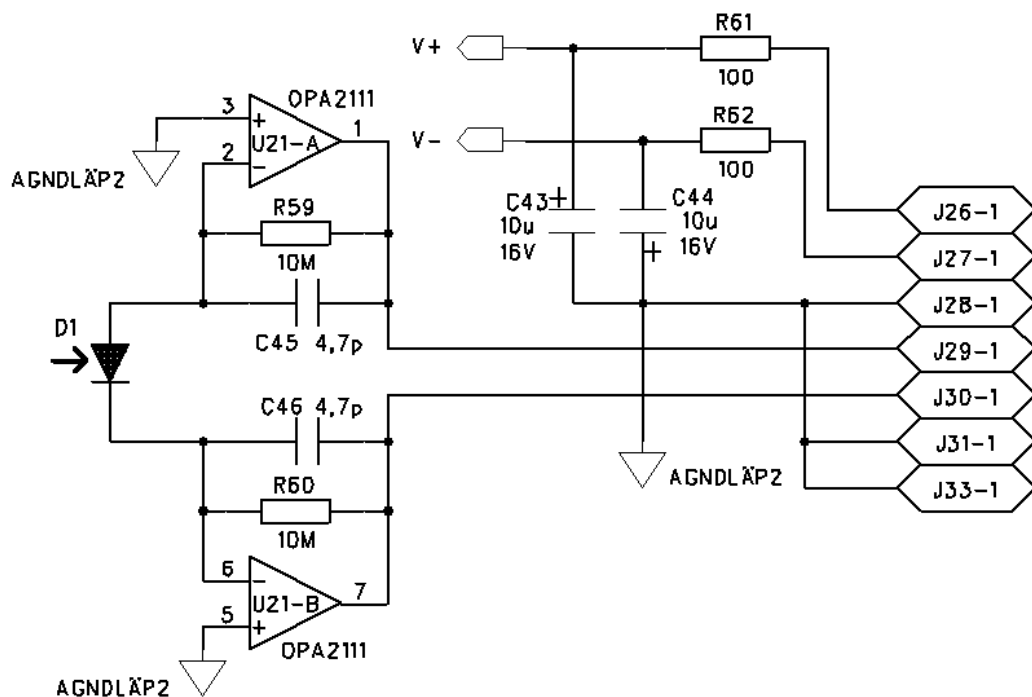


Kuva 5. Elektroniikan kaaviokuva

### 5.2.1 Ilmaisimet

Kuvassa 5 on esitetty myös ilmaisimien sijoittelu. Ilmaisimien 1 on vertailuilmaisimien. Ilmaisimena toimii Hamamatsun S1227-1010BQ-valodiodeja. Sen tekniset tiedot on esitetty liitteessä 1. Heijastusta mitataan ilmaisimella 2. Sinä toimii Hamamatsun S4111-16Q-rivivalodiodeja. Rivivalodiodeja varten tarvitaan erillinen esivahvistinkortti. Valodiodeja S4111-16Q tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2. Hamamatsun S3588-08-valodiodeja toimii ilmaisimena 3. Sitä voidaan käyttää läpäisseen valon sekä sironnan mittaamiseen riippuen mittaussuunnasta. Sen tekniset tiedot on esitetty liitteessä 3.

Ilmaisimet 1 ja 3 sisältävät valodiodeja tarvitseman esivahvistimen. Ilmaisimien S3588-08 ja S1227-1010BQ esivahvistimen kytkentä on esitetty kuvassa 6. Ilmaisimien piirilevykuvat on esitetty liitteessä 4.



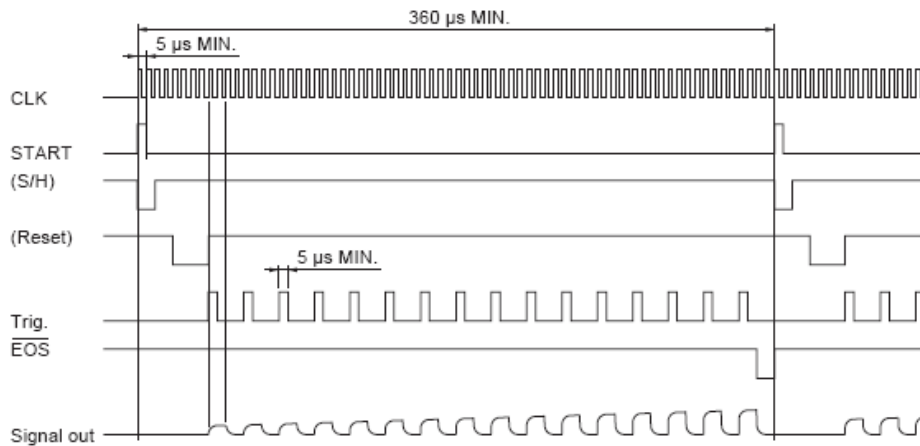
Kuva 6. Valodiodeja S3588-08 ja S1227-1010BQ ilmaisimen esivahvistinkytkentä

Lämpötila-antureina toimivat Pt100-vastuselementit. Pt100-anturit voidaan kytkeä päävahvistinkortille kaksi- tai nelijohdinkytkennällä. 0 °C:ssa Pt100-anturin nimellisresistanssi on 100 Ω. Pt100:n hyviä ominaisuuksia ovat tarkkuus, lineaarisuus ja laaja lämpötila-alue. Resistanssin muutos on 0,0385 Ω/°C.

### 5.2.2 Rivivalodiodin esivahvistinkortti

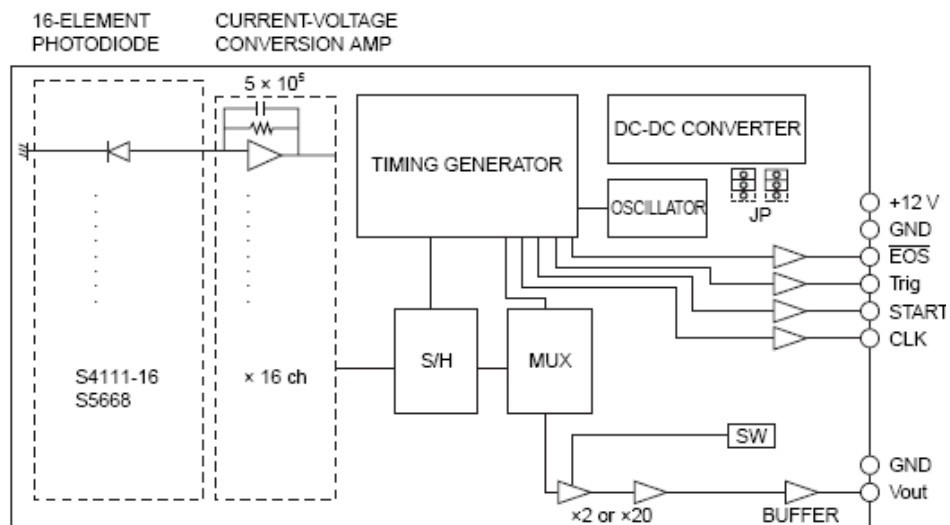
Rivivalodiodin antaman jännitetiedon lukemiseen tarvitaan päävahvistinkortin lisäksi sille tarkoitettua esivahvistinkorttia. Esivahvistin vahvistaa jokaista rivivalodiodin kanavaa. Kanavat näytteistetään ja näyteistä muodostetaan pulssijono. Rivivalodiodin esivahvistimena käytettiin Hamamatsun C9004:ää. Sen datatiedot on esitetty liitteessä 5.

Kuvassa 7 on esitetty C9004-esivahvistimen pulssikuva. Signal out -nasta antaa ulos pulssijonoa, jonka pituus on 16 pulssia. Jokainen pulssi vastaa yhtä rivivalodiodin 16:sta kanavasta. Pulssitaajuus on asetettu 12,5 kHz:iin.



Kuva 7. C9004-esivahvistimen pulssikuva [5]

Kuvassa 8 on esitetty C9004-esivahvistinkortin lohkokaavio.

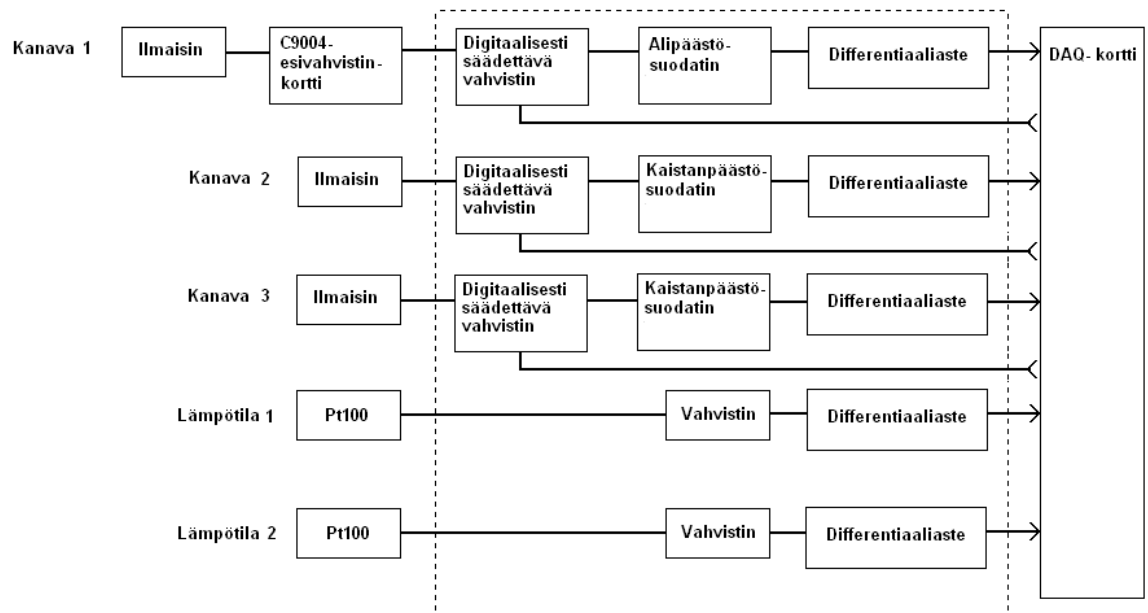


Kuva 8. C9004-vahvistinkortin lohkokaavio [5]



### 5.2.3 Päävahvistinkortti

Päävahvistinkortti sisältää kolme kanavaa valodiodeille ja kaksi kanavaa lämpötila-antureille. Lämpötilan mittauskanavat on toteutettu käyttäen MAX4236-vahvistinpiiriä. MAX4236 on nimenomaan suunniteltu käytettäväksi lämpötilan mittaukseen. Päävahvistinkortin suunnittelussa lähtökohtana oli että ilmaisimilta tiedonkeruukortille vietävä signaali olisi mahdollisimman häiriötöntä. Korkeataajusten häiriöiden poistamiseksi signaaleja suodatetaan kanavasta riippuen joko alipäästö- tai kaistanpäästösuodattimella. Kuvassa 9 on päävahvistinkortin lohkokaavio. Päävahvistinkortin kytkentäkuva on esitetty liitteessä 6 ja piirilevykuva liitteessä 7. Lisäksi liitteessä 8 on kuva fyysisestä kortista.

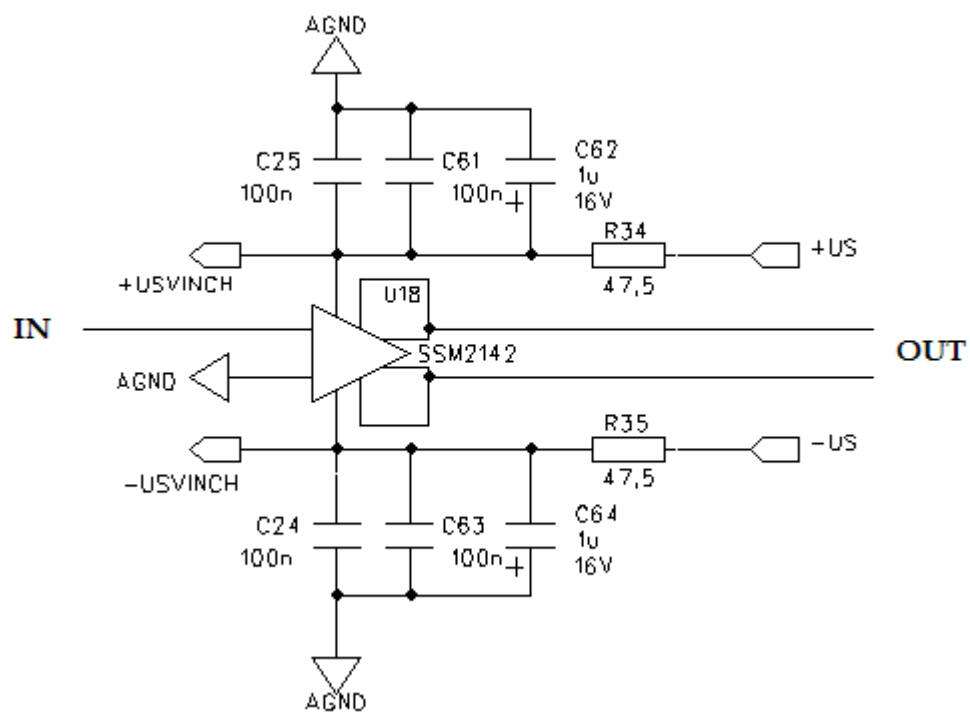


Kuva 9. Päävahvistinkortin lohkokaavio

Kanava 1 koostuu säädettävästä vahvistinpiiristä, alipäästösuodattimesta ja balansoidusta linjaohjaimesta. Kanavissa 2 ja 3 alipäästösuodattimen tilalla on kaistanpäästösuodatin. Säädettävänä vahvistimena toimii PGA202-piiri, jota ohjataan kahdella digitaalitulolla. Digitaaliset ohjaukset on galvaanisesti erotettu optoerottimella. Kaksibittinen ohjaus mahdollistaa neljä eri vahvistustasoa. PGA202-piirin perusvahvistukset ovat 1, 10, 100, 1000. Kanavaan 1 syötettävä signaali tulee rivivalodiodin esivahvistinkortilta C9004. Signaali on pulssisignaalia, jonka taajuus on 12,5 kHz. Säädettävän vahvistimen jälkeen signaalia suodatetaan alipäästösuodattimella, jonka ylärajataajuus on 200 kHz. Kanavissa 2 ja 3 säädettävän vahvistimen jälkeen signaalia suodatetaan kaistanpäästösuodattimella, jonka keskitaajuus on 400 Hz.

Käyttämällä DAQCard-6062E-tiedonkeruukorttia voidaan jokaiselle kanavalle määrittää oma mittausalue. Näin saadaan valittua sopivampi mittausjännitealue ja päästään parempaan resoluutioon.

Jokainen kanava muutetaan differentiaaliseksi ennen tiedonkeruukortille viemistä. Signaalin differentiaaliseksi muuttaminen on toteutettu balansoidulla linjaohjaimella SSM2142. Kuvassa 10 on esitetty kytkentä, jolla signaalin muuntaminen differentiaaliseksi vähentää signaalissa esiintyvää kohinaa ja parantaa resoluutiota.



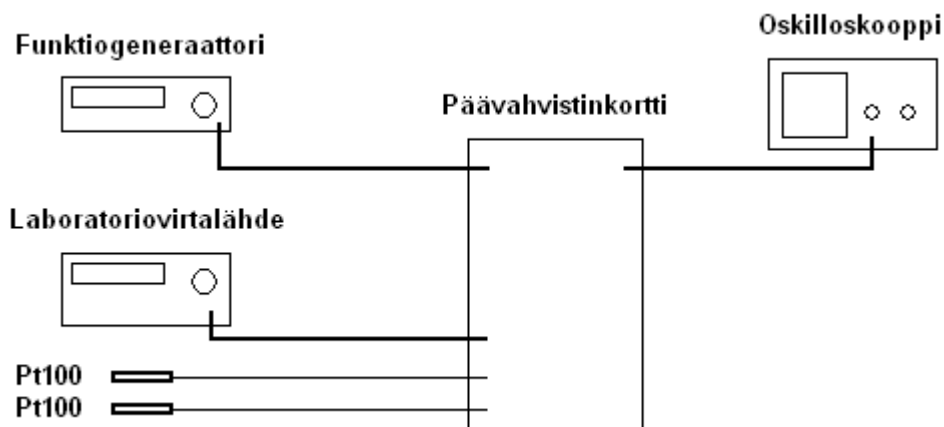
Kuva 10. Signaalin muuntaminen differentiaaliseksi

## 6 MITTAUSLAITTEISTON TESTAUS JA TULOKSET

Testaamisessa käytettiin seuraavia laitteita:

- laboratoriovirtalähde HP E3631A
- funktiogeneraattori Agilent 33250A
- oskilloskooppi HP 54610B
- Melles Griot HeNe-laser

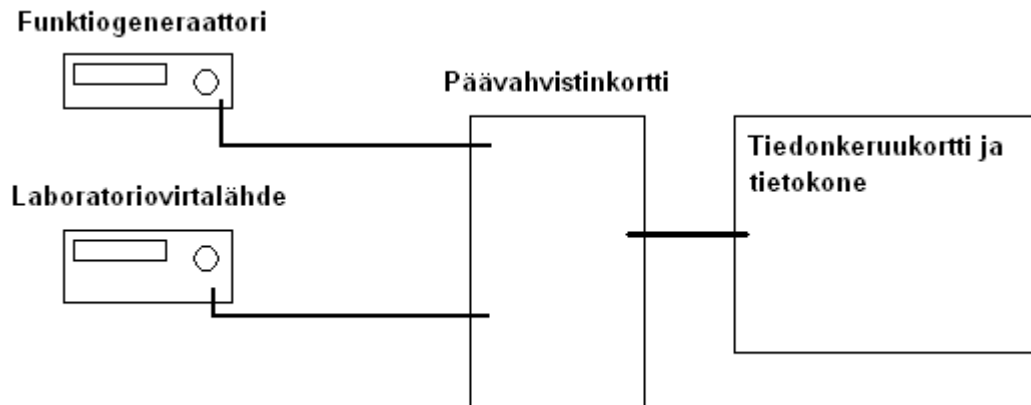
Päävahvistinkortin testaaminen aloitettiin kytkemällä korttiin käyttöjännitteet ja tarkkailemalla kortin ottamaa virtaa. Kortti tarvitsee kaksipuoleisen käyttöjännitteen, joten on muistettava tarkkailla kummankin, negatiivisen ja positiivisen jännitteen virtaa. Kortti testattiin kuvan 11 mukaisella kytkennällä.



Kuva 11. Vahvistinkortin testauskytkentä

Kanavaan 1 syötettiin signaaligeneraattorilla 12,5 kHz kanttiaaltoa, ja liittimestä, johon DAQ-kortti kytketään, mitattiin oskilloskoopilla lähtevää signaalia. Kanaviin 2 ja 3 syötettiin signaaligeneraattorilla 400 Hz sinisignaalia. Syötettyjen signaalien amplitudi oli 10 mV<sub>p-p</sub>. Lämpötilan mittauskanavat testattiin kytkemällä Pt100-lämpötila-anturit korttiin ja mittaamalla DAQ-kortille lähtevästä liittimestä oskilloskoopilla.

Seuraavaksi päävahvistinkortti kytkettiin tiedonkeruukorttiin ja tietokoneeseen kuvan 12 mukaisesti. Tietokoneella luotiin analogiset kanavat ilmaisimille ja digitaalinen ohjausportti. Signaalia syötettiin kanaviin edelleen funktiogeneraattorilla. Tietokoneella säädettiin vahvistuksia ja tarkkailtiin signaalin lähtötasoja. Näin saatiin testattua vahvistuksen säätö. Lähtötasot on esitetty taulukossa 1.

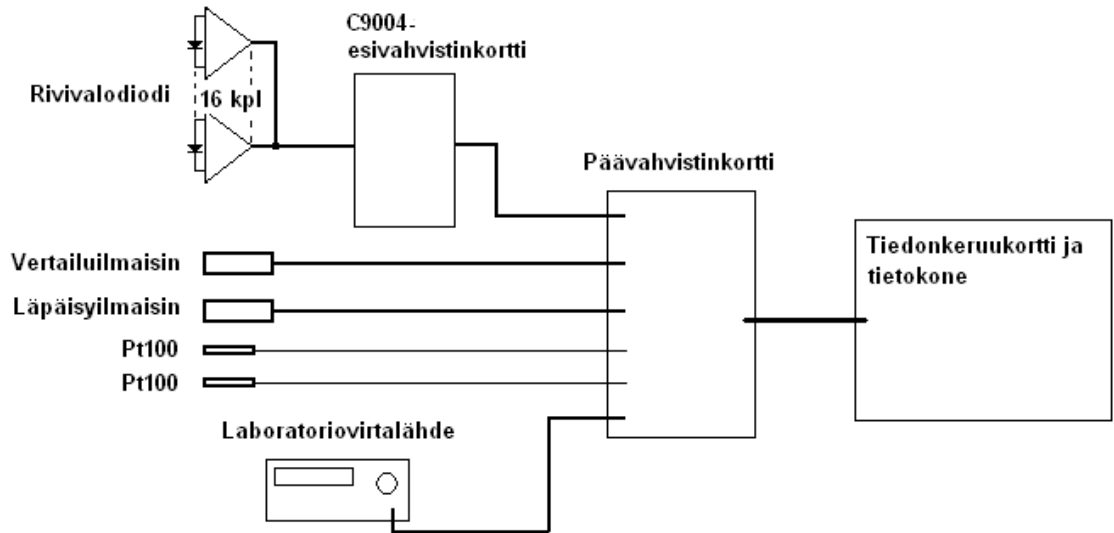


Kuva 12. Päävahvistinkortin testauskytkentä

Taulukko 1. Mitatut vahvistustasot,  $U_{in}=10\text{mVp-p}$

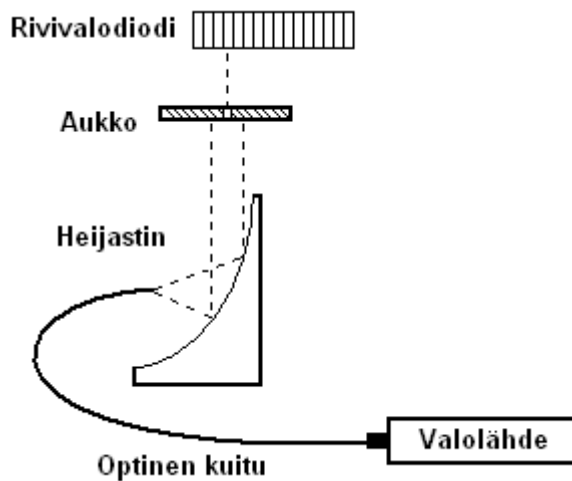
$U_{in}/\text{mV}$	Ohjauksen tila	Vahvistus	Lähtö $U/\text{mVp-p}$
10	00	1	10
10	01	10	105
10	10	100	1020
10	11	1000	9950

Ilmaisimien testauskytkentä oli kuvan 13 mukainen. Rivivalodiodeja ja esivahvistinkortti testattiin käyttäen valolähdettä ja aukkoa. Testausjärjestely on kuvan 14 mukainen. Valo ohjataan aukolta suoraan rivivalodiodille, jonka jokainen kanava testataan yksitellen.



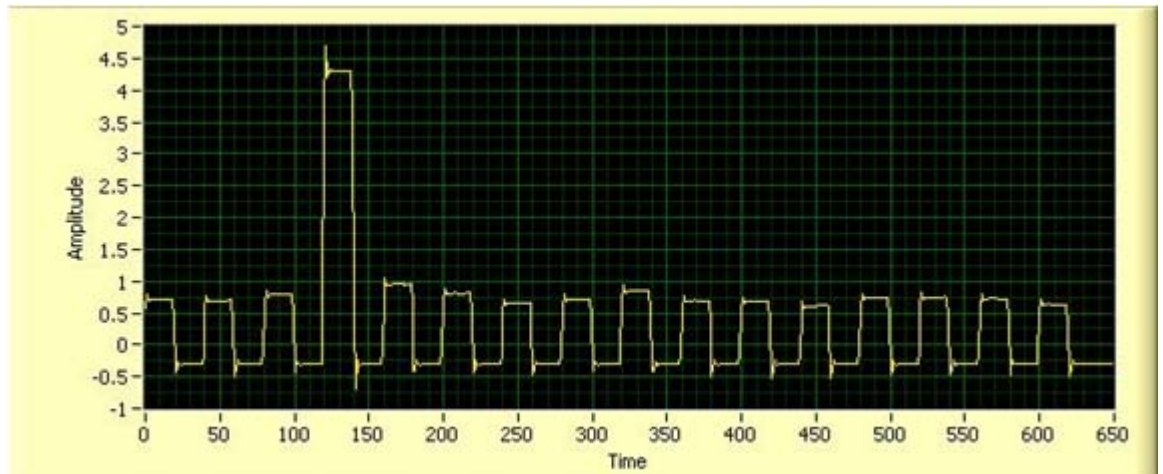
Kuva 13. Valmiin elektronikan kytkentäkuva

Rivalodiodille tehtiin oma testausohjelma. Ohjelma näyttää rivivalodiodin jokaisen kanavan amplitudin. Mittaustapahtuma voidaan tallentaa tiedostoon myöhempää tarkastelua varten. Valolähteenä käytettiin Melles Griot HeNe-laseria, jonka aallonpituus oli 633 nm.



Kuva 14. Rivivalodiodin testauksen toteutus

Kuvassa 15 esimerkkinä testataan rivivalodiodin kanavaa 4. Laser kohdistetaan suoraan ainoastaan neljänteen kanavaan. Pulssien amplituditasot on esitetty taulukossa 2.

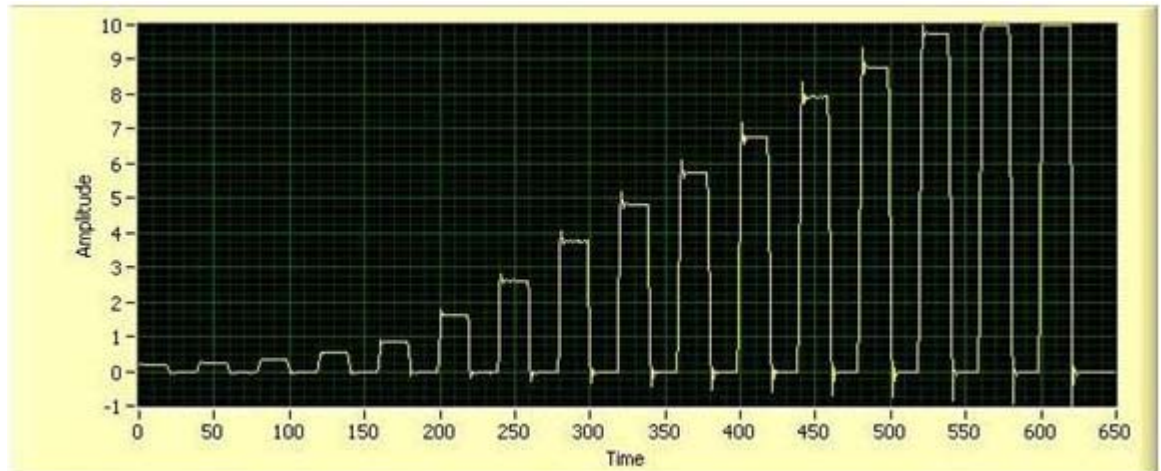


Kuva 15. Mittausohjelman näkymä mitattaessa kanavaa 4

Taulukko 2. Rivivalodiodin jokaisen kanavan pulssin maksimi- ja minimiarvot sekä keskiarvo

Keskiarvotulokset (asetettujen parametrien mukaan)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
KA	0.71	0.72	0.78	4.34	0.96	0.79	0.65	0.68	0.81	0.69	0.64	0.61	0.77	0.74	0.68	0.61
MAKS	0.77	0.76	0.84	4.49	1.01	0.86	0.72	0.74	0.87	0.76	0.7	0.67	0.83	0.79	0.74	0.66
MIN	0.65	0.65	0.7	4.23	0.89	0.72	0.59	0.61	0.76	0.63	0.59	0.57	0.71	0.67	0.62	0.55

Kuvassa 16 on esimerkki rivivalodiodin muodostamasta heijastuskäyrästä. Heijastuskäyrä on muodostettu keinotekoisesti peittämällä rivivalodiodia siten, että valo pääsee kokonaan tai osittain vain joihinkin kanaviin. Taulukossa 3 on esitetty heijastuskäyrän pulssien amplitudit.

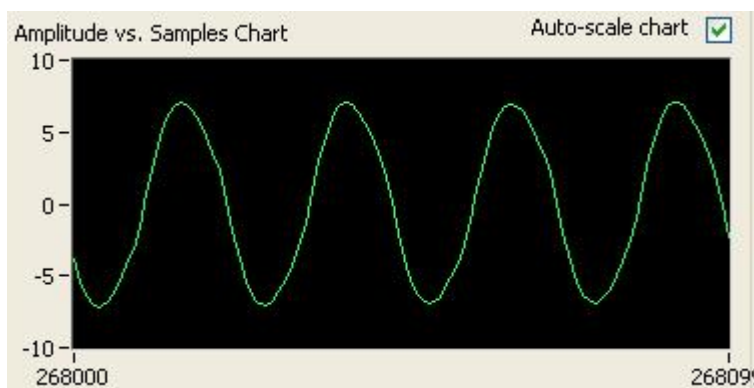


Kuva 16. Rivivalodiodin kanavanäkymä mittausohjelmassa mitattaessa keinotekoisista heijastuskäyrää

Taulukko 3. Heijastuskäyrän pulssien amplitudit

Keskiarvotulokset (asetettujen parametrien mukaan)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
KA	0.2	0.25	0.33	0.53	0.86	1.68	2.66	3.79	4.86	5.77	6.82	7.97	8.81	9.82	10	10
MAKS	0.21	0.27	0.35	0.56	0.93	1.84	2.79	3.94	4.99	5.89	6.95	8.05	8.89	9.93	10	10
MIIN	0.19	0.24	0.32	0.51	0.83	1.62	2.6	3.73	4.81	5.72	6.77	7.92	8.76	9.76	10	10

Vertailuilmaisimien ja läpäisyilmäin testattiin myös kuvan 14 esittämällä tavalla, mutta mukana oli myös mekaaninen katkoja. Kuvassa 17 on esitetty ilmaisimien muodostama siniaalto.



Kuva 17. Läpäisy- ja vertailuilmaisimien muodostama siniaalto

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

Testattaessa päävahvistinkorttia kuvan 11 mukaisella kytkennällä havaittiin, että kanavaan 1 syötetty signaali ei tullut tiedonkeruukortin liittimelle. Viaksi paljastui alipäästösuodattimen viallinen operaatiovahvistinpiiri. Piirin vaihtamisen jälkeen signaali näkyi liittimeltä mitattaessa. Kanavat 2 ja 3 toimivat moitteettomasti. Päävahvistinkortin kanaviin syötettiin 10 mV<sub>p-p</sub> signaalia. Digitaalisella ohjauksella 00 testausohjelmassa näkyi 10 mV<sub>p-p</sub> jännite. Muutettaessa ohjaus arvoon 01 jännite kasvoi 105 mV<sub>p-p</sub>:iin. Ohjauksella 10 jännite oli jo 1020 mV<sub>p-p</sub>. Maksimivahvistuksella 11 saadaan jännittearvoksi 9950 mV<sub>p-p</sub>. Suuremmilla vahvistuksilla myös kohina erottuu selvemmin signaalista. Vahvistuksien testaustulokset on esitetty taulukossa 1. Tulosten perusteella päävahvistinkortin vahvistukset toimivat halutulla tavalla.

Kuvassa 11 on esitetty myös lämpötilanmittauskanavien testaus. Lämpötila-antureita lämmitettäessä signaalin tason muuttuminen näkyi oskilloskoopilla mitattaessa. Tämän perusteella lämpötilan mittaukseen tarkoitetut kanavat toimivat.

Kuvassa 15 on näkymä mittausohjelmasta, kun laser kohdistetaan rivivalodiodin neljänteen kanavaan. Havaitaan, että neljännen pulssin amplitudi on muiden pulssien amplitudia suurempi. Tämän perusteella rivivalodiodi toimi halutulla tavalla. Pulseissa on selvästi nähtävissä piikki. Tämä piikki johtuu siitä, että signaali vaatii tietyn ajan asettuakseen oikealle tasolle. Tällainen piikki vaikuttaa pulssin amplitudin määrittämiseen. Tästä syystä ohjelma näytteistää tietynpituisen määrän 16 pulssin pulssijonoja ja laskee jokaisen pulssin keskeltä tietyn alueen, mistä se mittaa maksimi- ja minimiarvot ja laskee niistä pulssin keskiarvon. Tämä alue voidaan määrittää halutuksi. Signaalissa ei ole havaittavissa häiriöitä, joten myös signaalin suodatus toimii odotusten mukaisesti.

Kuvassa 16 esitettävistä pulsseista voidaan todeta, että rivivalodiodi soveltuu heijastusmittauksiin ja sillä voidaan muodostaa heijastuskäyrä taitekertoimen laskemista varten.

Kuvassa 17 on esitetty vertailu- ja läpäisyilmaisimen muodostama siniaalto. Ilmaisimien antamat signaalit ovat samanlaisia. Siniaallon muodosta voidaan päätellä, että suodatus ja vahvistus toimivat. Tutkittaessa kuvaa voidaan todeta, että kanavien suodatus toimii toivotulla tavalla. Signaalissa ei esiinny mainittavasti häiriöitä.



## 8 YHTEENVETO

Tässä työssä suunniteltiin ja rakennettiin jo olemassa olevaan nesteiden optisten ominaisuuksien mittaamiseen tarkoitettuun laitteistoon uudentyyppinen ilmaisimien perustuu rivivalodiodiin. Rivivalodiodi mahdollistaa nesteiden nopeamman taitekertoimen mittaamisen verrattuna perinteisiin yksi-ikkunaisiin valodiodeihin. Elektroniikka sisältää ilmaisimet, päävahvistinkortin ja tiedonkeruukortin. Ilmaisimia on kolme, läpäisyilmaisimien, heijastusilmaisimien ja vertailuilmaisimien. Heijastusilmaisimena toimii Hamamatsun S4111-16Q-rivivalodiodi, läpäisyilmaisimena Hamamatsun S3588-08-valodiodi ja vertailuilmaisimena Hamamatsun S1227-1010BQ-valodiodi. Lämpötilaa mitataan Pt100-vastuselementeillä. Tiedonkeruukorttina toimii National Instrumentsin DAQCard-6062E. Se on kytkettynä tietokoneen PCMCIA-väylään. Kortin näytteistystaajuus on 500 kS/s, resoluutio on 12 bittiä ja analogiakanavia 16 kpl tai vastaavasti differentiaalisia analogiakanavia 8 kpl.

Elektroniikka suunniteltiin käyttäen PADS-ohjelmistoa. Kytkentäkuvat suunniteltiin PADS Logic -ohjelmalla ja piirilevyt PADS Layout- ja PADS Router -ohjelmilla.

Varsinaisia mittauksia ei tässä vaiheessa vielä pystytä suorittamaan. Uusille ilmaisimille on suunniteltava ja rakennettava uusi mittauskenno, jolloin ilmaisimet saadaan mahtumaan riittävän lähelle mittausprismaa. Rivi-ilmaisimen mittausdatan tallentaminen ja taitekertoimen laskenta vaativat uuden ohjelmiston suunnittelua.

## LÄHTEET

- 1 Rätty, J. Keränen, E. Peiponen, K-E. A multifunction spectrophotometer for measurement of optical properties of transparent and turbid liquids.
- 2 Rätty, J. Keränen, E. Peiponen, K-E. The complex refractive index measurement of liquid by a novel reflectometer apparatus for the UV-visible spectral range.
- 3 Rätty, J. Peiponen, K.-E. Asakura, T. UV-Visible Reflection Spectroscopy of Liquids. Sivut 139-156. ISBN 3-540-40582-8
- 4 Heikkinen, T. Tiedonkeruun rakentaminen veden laadun optiseen mittalaitteeseen. Sivun 8.
- 5 Hamamatsu Photonics. Luettu 22.1.2008. [WWW-dokumentti].  
[http://jp.hamamatsu.com/resources/products/ssd/pdf/c9004\\_kacc1081e02.pdf](http://jp.hamamatsu.com/resources/products/ssd/pdf/c9004_kacc1081e02.pdf)
- 6 Tampereen teknillinen yliopisto. Luettu 9.4.2008. [WWW-dokumentti].  
[http://www.mit.tut.fi/7503050/Web/K2\\_2005\\_L6\\_01.pdf](http://www.mit.tut.fi/7503050/Web/K2_2005_L6_01.pdf)
- 7 Kyyrönen, P. Laajala, P. TAKE-projekti. Tutkimusraportti.

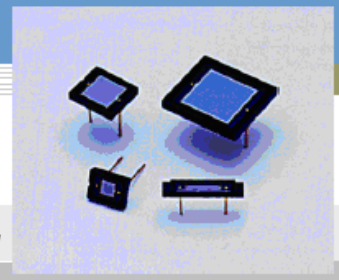
## LIITTEIDEN LUETTELO

- 1 Valodiiodi S1227-1010BQ
- 2 Valodiiodi S4111-16Q
- 3 Valodiiodi S3588-08
- 4 Ilmaisimien esivahvistimen piirilevykuva
- 5 Esivahvistinkortti C9004:n datatiedot
- 6 Päävahvistinkortin kytkentäkuva
- 7 Päävahvistinkortin piirilevykuvat
- 8 Kuva valmiista päävahvistinkortista

PHOTODIODE

# Si photodiode S1227 series

For UV to visible, precision photometry; suppressed IR sensitivity



**Features**

- High UV sensitivity: QE 75 % ( $\lambda=200$  nm)
- Suppressed IR sensitivity
- Low dark current

**Applications**

- Analytical equipment
- Optical measurement equipment, etc.

■ General ratings / Absolute maximum ratings

Type No.	Dimensional outline/ Window material *	Package (mm)	Active area size (mm)	Effective active area (mm <sup>2</sup> )	Absolute maximum ratings		
					Reverse voltage V <sub>R</sub> Max. (V)	Operating temperature T <sub>opr</sub> (°C)	Storage temperature T <sub>stg</sub> (°C)
S1227-16BQ	①/Q	2.7 × 15	1.1 × 5.9	5.9	5	-20 to +60	-20 to +80
S1227-16BR	②/R						
S1227-33BQ	③/Q	6 × 7.6	2.4 × 2.4	5.7			
S1227-33BR	④/R						
S1227-66BQ	⑤/Q	8.9 × 10.1	5.8 × 5.8	33			
S1227-66BR	⑥/R						
S1227-1010BQ	⑦/Q	15 × 16.5	10 × 10	100			
S1227-1010BR	⑧/R						

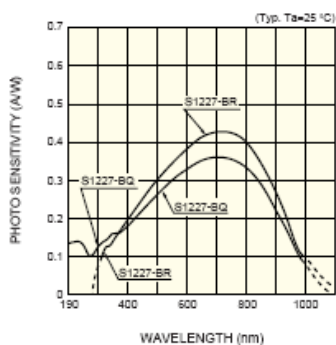
■ Electrical and optical characteristics (Typ. T<sub>a</sub>=25 °C, unless otherwise noted)

Type No.	Spectral response range $\lambda$ (nm)	Peak sensitivity wavelength $\lambda_p$ (nm)	Photo sensitivity S (A/W)				Short circuit current I <sub>sc</sub> 100 lx		Dark current I <sub>o</sub> V <sub>R</sub> =10 mV Max. (pA)	Temp. coefficient T <sub>cid</sub> (times/°C)	Rise time t <sub>r</sub> V <sub>R</sub> =0 V R <sub>L</sub> =1 k $\Omega$ (μs)	Terminal capacitance C <sub>t</sub> V <sub>R</sub> =0 V f=10 kHz (pF)	Shunt resistance R <sub>sh</sub> V <sub>R</sub> =10 mV (G $\Omega$ )		NEP (W/Hz <sup>1/2</sup> )		
			$\lambda_p$	200 nm		He-Ne Laser 633 nm	Min.	Typ.					Min.	Typ.		Min.	Typ.
				Min.	Typ.												
S1227-16BQ	190 to 1000	720	0.36	0.10	0.12	0.34	2	3.2	5	1.12	0.5	170	2	20	2.5 × 10 <sup>-15</sup>		
S1227-16BR	320 to 1000		0.43	-	-	0.39	2.2	3.7							2.1 × 10 <sup>-15</sup>		
S1227-33BQ	190 to 1000		0.36	0.10	0.12	0.34	2	3.0	5		1.12	0.5	160	2	20	2.5 × 10 <sup>-15</sup>	
S1227-33BR	320 to 1000		0.43	-	-	0.39	2.2	3.7								2.1 × 10 <sup>-15</sup>	
S1227-66BQ	190 to 1000		0.36	0.10	0.12	0.34	11	16	20			1.12	2	950	0.5	5	5.0 × 10 <sup>-15</sup>
S1227-66BR	320 to 1000		0.43	-	-	0.39	13	19									4.2 × 10 <sup>-15</sup>
S1227-1010BQ	190 to 1000		0.36	0.10	0.12	0.34	32	44	50	1.12			7	3000	0.2	2	8.0 × 10 <sup>-15</sup>
S1227-1010BR	320 to 1000		0.43	-	-	0.39	36	53									6.7 × 10 <sup>-15</sup>

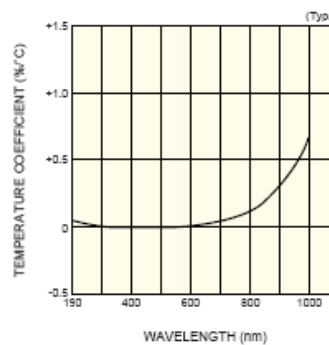
\* Window material Q: quartz glass, R: resin coating

Si photodiode **S1227 series**

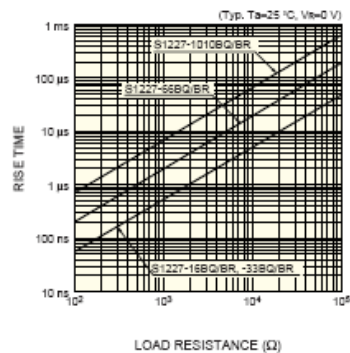
■ Spectral response



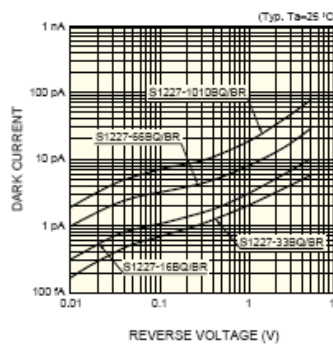
■ Photo sensitivity temperature characteristic



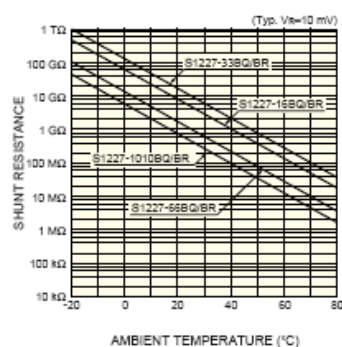
■ Rise time vs. load resistance



■ Dark current vs. reverse voltage



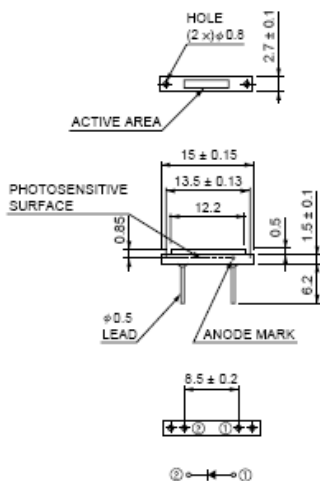
■ Shunt resistance vs. ambient temperature



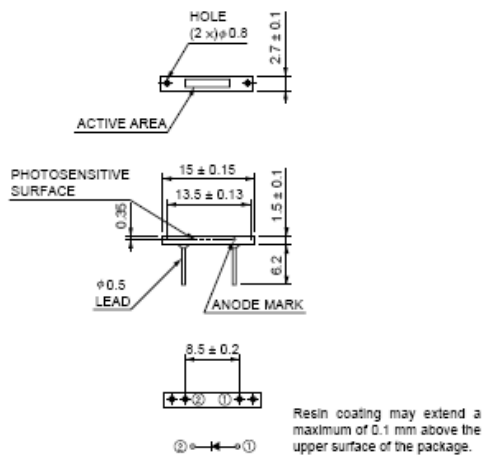
**Si photodiode S1227 series**

■ Dimensional outlines (unit: mm)

① S1227-16BQ



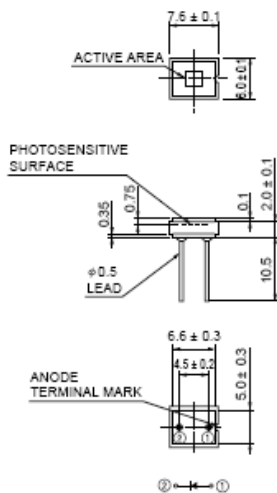
② S1227-16BR



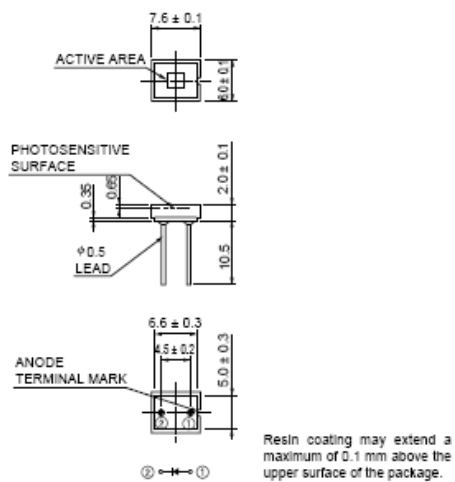
ESPOONKIEKA

ESPOONKIEKA

③ S1227-33BQ



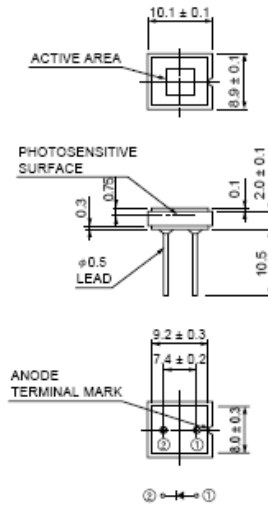
④ S1227-33BR



Resin coating may extend a maximum of 0.1 mm above the upper surface of the package.

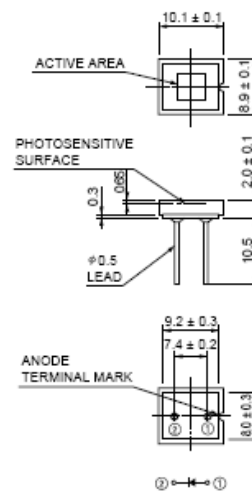
Si photodiode **S1227 series**

⑤ S1227-66BQ



KIPDAK0906A

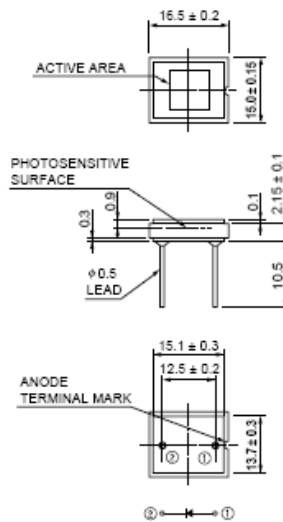
⑥ S1227-66BR



Resin coating may extend a maximum of 0.1 mm above the upper surface of the package.

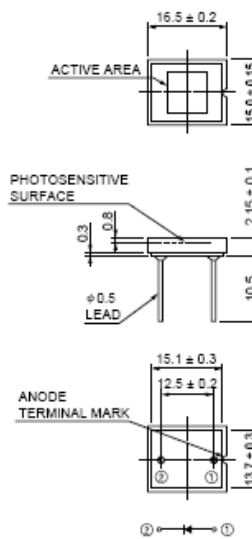
KIPDAK0906A

⑦ S1227-1010BQ



KIPDAK1006A

⑧ S1227-1010BR



Resin coating may extend a maximum of 0.1 mm above the upper surface of the package.

KIPDAK1010A

PHOTODIODE

# Si photodiode array S4111/S4114 series

16, 35, 46 element Si photodiode array for UV to NIR



S4111/S4114 series are Si photodiode linear array mounted in ceramic DIPs (Dual In-line Packages). These photodiode arrays are primarily developed for low-light-level detection such as spectrophotometry, and cover a wide spectral range from UV to near infrared light. Since all elements can be used with a reverse bias for charge storage readout, S4111/S4114 series are able to detect low level light with high sensitivity. Cross-talk between elements is minimized to maintain signal purity. Special filters can be attached as the input window.

**Features**

- Large active area
- Low cross-talk
- Wide spectral response range
- High UV sensitivity
- Wide linearity
- S4111 series: Enhanced infrared sensitivity, low dark current
- S4114 series: Low terminal capacitance, high-speed response

**Applications**

- Multichannel spectrophotometers
- Color analyzers
- Light spectrum analyzers
- Light position detection

■ General ratings / Absolute maximum ratings

Type No.	Dimensional outline/ Window material *	Package (mm)	Active area (per 1 element)		Between elements measure (mm)	Between elements pitch (mm)	Number of elements	Absolute maximum ratings		
			Size (mm)	Effective area (mm <sup>2</sup> )				Reverse voltage VR Max. (V)	Operating temperature T <sub>opr</sub> (°C)	Storage temperature T <sub>stg</sub> (°C)
S4111-16Q	①/Q	18 pin DIP	1.45 × 0.9	1.305	0.1	1.0	16	15	-20 to +60	-20 to +80
S4111-16R	②/R									
S4111-35Q	③/Q	40 pin DIP	4.4 × 0.9	3.96	0.1	1.0	35	15	-20 to +60	-20 to +80
S4111-46Q	④/Q	48 pin DIP					46			
S4114-35Q	③/Q	40 pin DIP					35			
S4114-46Q	④/Q	48 pin DIP					46			

■ Electrical and optical characteristics (Typ. T<sub>a</sub>=25 °C, per 1 element, unless otherwise noted)

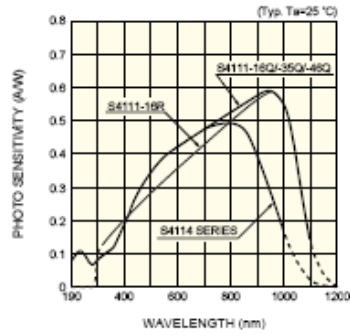
Type No.	Spectral response range λ (nm)	Peak sensitivity wavelength λ <sub>p</sub> (nm)	Photo sensitivity S			Dark current I <sub>D</sub> Max.		Shunt resistance R <sub>sh</sub>		Terminal capacitance C <sub>t</sub>		Rise time t <sub>r</sub> R <sub>L</sub> =1 kΩ λ=655 nm		NEP λ=λ <sub>p</sub>	
			λ <sub>p</sub>	200 nm	633 nm	V <sub>R</sub> =10 mV	V <sub>R</sub> =10 V	Min	Typ.	V <sub>R</sub> =0 V	V <sub>R</sub> =10 V	V <sub>R</sub> =0 V	V <sub>R</sub> =10 V	V <sub>R</sub> =0 V	V <sub>R</sub> =10 V
			(A/W)	(A/W)	(A/W)	(pA)	(pA)	(GΩ)	(GΩ)	(pF)	(pF)	(μs)	(μs)	(W/Hz <sup>1/2</sup> )	(W/Hz <sup>1/2</sup> )
S4111-16Q	190 to 1100	960	0.58	0.08	0.43	5	25	2.0	250	200	50	0.5	0.1	4.4 × 10 <sup>-16</sup>	1.7 × 10 <sup>-16</sup>
S4111-16R	320 to 1100			-	0.39										
S4111-35Q	190 to 1100	800	0.50	0.08	0.43	10	50	1.0	30	550	120	1.2	0.3	1.3 × 10 <sup>-16</sup>	0.1 × 10 <sup>-16</sup>
S4111-46Q	190 to 1100														
S4114-35Q	190 to 1000	800	0.50	0.08	0.43	60	300	0.15	2	35	20	0.1	0.05	5.7 × 10 <sup>-16</sup>	3.0 × 10 <sup>-16</sup>
S4114-46Q	190 to 1000														

\* Window material R: resin coating, Q: quartz glass

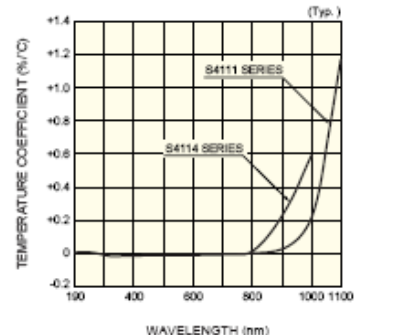


**Si photodiode array S4111/S4114 series**

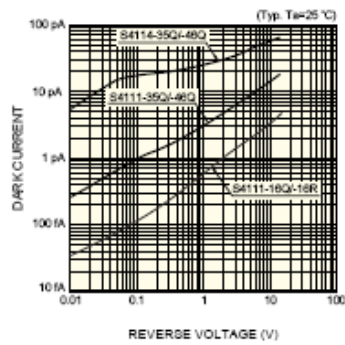
■ Spectral response



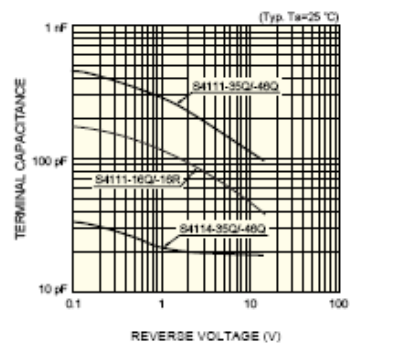
■ Photo sensitivity temperature characteristics



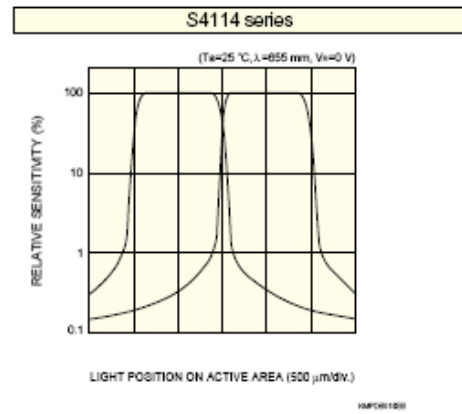
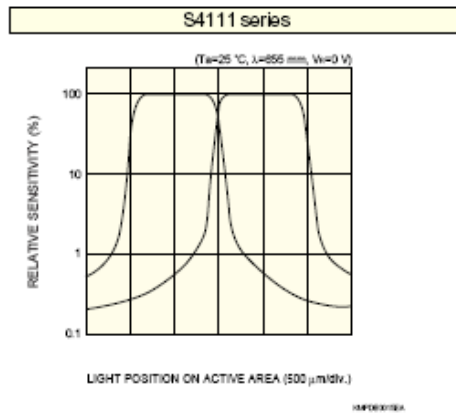
■ Dark current vs. reverse voltage



■ Terminal capacitance vs. reverse voltage



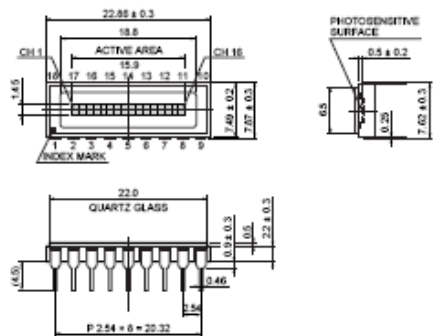
■ Example of cross-talk



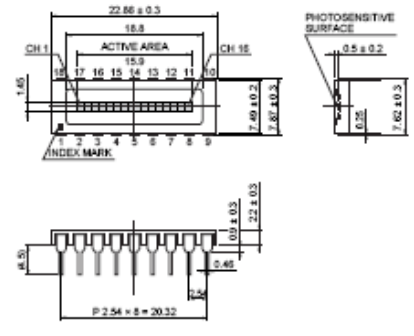
**Si photodiode array S4111/S4114 series**

■ Dimensional outlines (unit: mm)

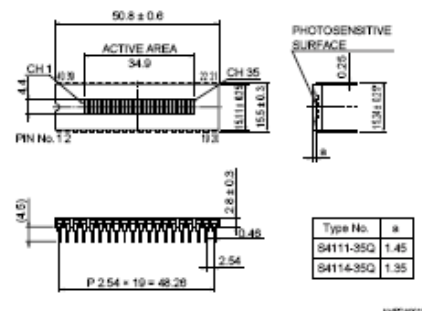
① S4111-16Q



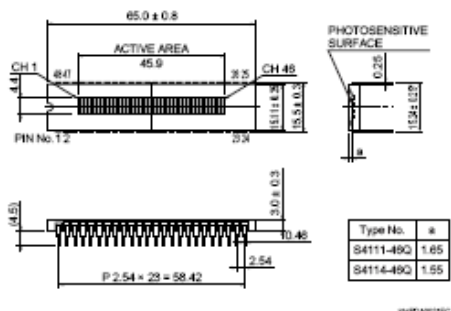
② S4111-16R



③ S4111-35Q, S4114-35Q



④ S4111-46Q, S4114-46Q



■ Details of elements (for all types)



IMP/DAI/TOR/A

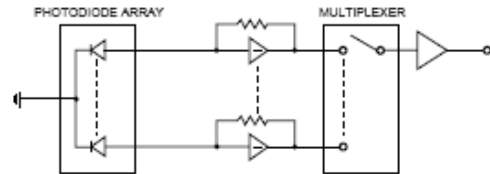
Si photodiode array S4111/S4114 series

■ Pin connections

Pin No.	16-element type	35-element type	48-element type
1	KC	KC	KC
2	2	2	2
3	4	4	4
4	6	6	6
5	8	8	8
6	10	10	10
7	12	12	12
8	14	14	14
9	16	16	16
10	KC	18	18
11	15	NC	20
12	13	20	22
13	11	22	24
14	9	24	26
15	7	26	28
16	5	28	30
17	3	30	32
18	1	32	34
19		34	36
20		NC	38
21		KC	40
22		35	42
23		33	44
24		31	46
25		29	KC
26		27	45
27		25	43
28		23	41
29		21	39
30		19	37
31		17	35
32		15	33
33		13	31
34		11	29
35		9	27
36		7	25
37		5	23
38		3	21
39		1	19
40		NC	17
41			15
42			13
43			11
44			9
45			7
46			5
47			3
48			1

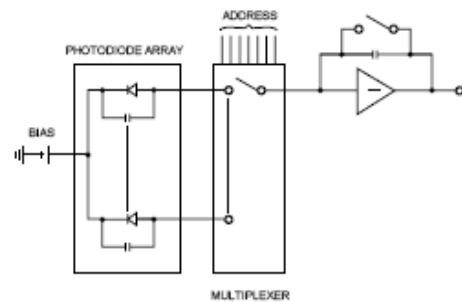
■ Operating circuits

① In the most generally used circuit, operational amplifiers are connected to each channel to read the output in real time. The output of an operational amplifier is of low impedance and thus can be easily multiplexed.



HWPC00018A

② In the charge storage readout method, the charge stored in the junction capacitance of each channel, which is proportional to the incident light intensity, can be read out in sequence by a multiplexer. With this method, reverse voltage must be applied to the photodiodes, so S4111 and S4114 series are suitable. One amplifier is sufficient but care should be taken regarding noise, dynamic range, etc.

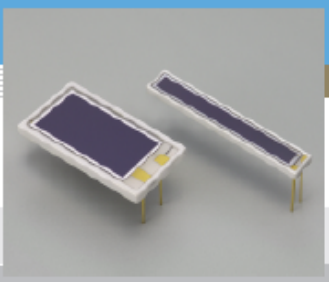


HWPC00019A

PHOTODIODE

# Si PIN photodiode S2744/S3588-08, -09

Large area sensors for scintillation detection



**Features**

- Higher sensitivity and low dark current than conventional type
- Sensitivity matching with BGO and CsI (TI) scintillators
- High quantum efficiency QE=85 % ( $\lambda=540$  nm)
- Low capacitance
- High-speed response
- High stability
- Good energy resolution

**Applications**

- Scintillation detectors
- Calorimeters
- Hodoscopes
- TOF counters
- Air shower counters
- Particle detectors, etc.

■ General ratings / Absolute maximum ratings

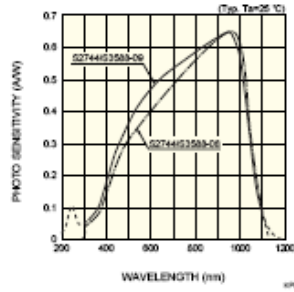
Type No.	Dimensional outline	Window material	Active area (mm)	Depletion layer thickness (mm)	Absolute maximum ratings			
					Reverse voltage VR Max.	Power dissipation P (mW)	Operating temperature Topr (°C)	Storage temperature Tstg (°C)
S2744-08	①	Epoxy resin	10 × 20	0.3	100	100	-20 to +60	-20 to +80
S2744-09		Window-less						
S3588-08	②	Epoxy resin	3 × 30					
S3588-09		Window-less						

■ Electrical and optical characteristics (Typ. Ta=25 °C, unless otherwise noted)

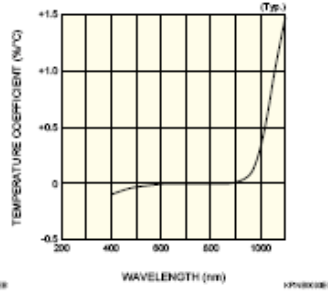
Type No.	Spectral response range $\lambda$ (nm)	Peak sensitivity wavelength $\lambda_p$ (nm)	Photo sensitivity S				Short circuit current Isc 100 lx (μA)	Dark current ID VR=70 V		Temp. coefficient of ID TCID (times/°C)	Cut-off frequency fc VR=70 V (MHz)	Terminal capacitance Ct f=1MHz VR=70 V (pF)	NEP VR=70 V (W/Hz <sup>1/2</sup> )
			$\lambda=\lambda_p$ (A/W)	LSO 420 nm (A/W)	BGO 480 nm (A/W)	CsI(Tl) 540 nm (A/W)		Typ.	Max.				
S2744-08	320 to 1100	960	0.66	0.20	0.30	0.36	200	3	10	1.12	25	85	4.7 × 10 <sup>-14</sup>
S2744-09			0.66	0.22	0.33	0.41							
S3588-08			0.66	0.20	0.30	0.36	90	3	10	1.12	40	40	
S3588-09			0.66	0.22	0.33	0.41							

**Si PIN photodiode S2744/S3588-08, -09**

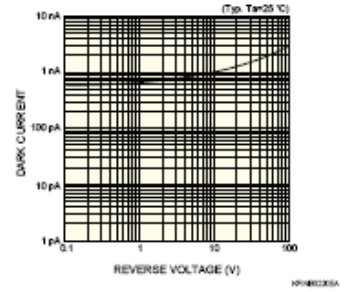
■ Spectral response



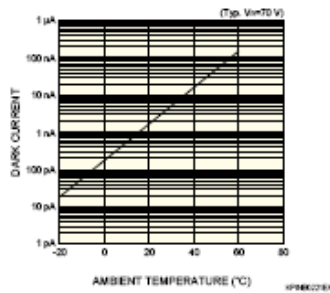
■ Photo sensitivity temperature characteristic



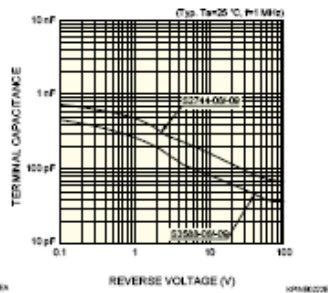
■ Dark current vs. reverse voltage



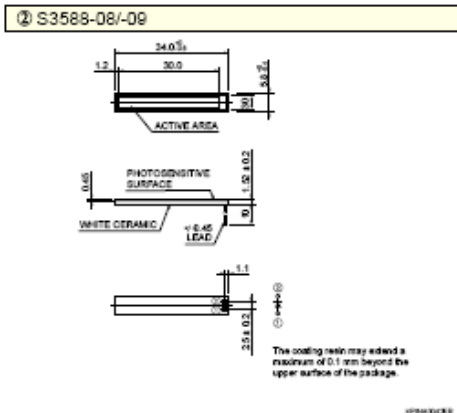
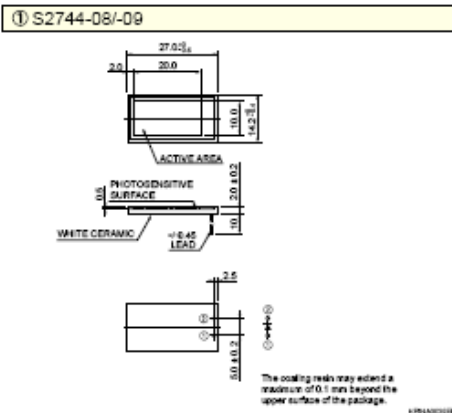
■ Dark current vs. ambient temperature

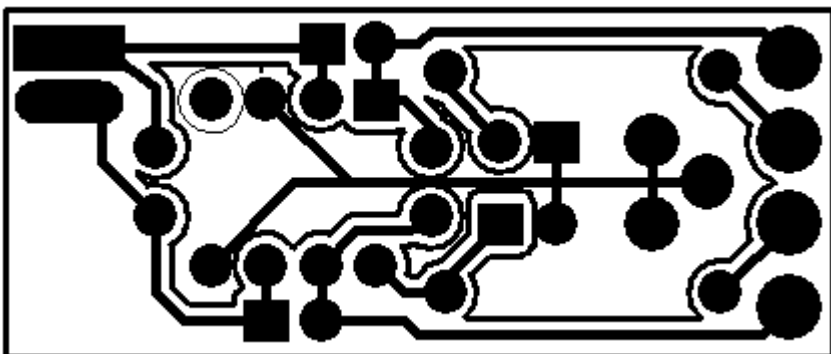
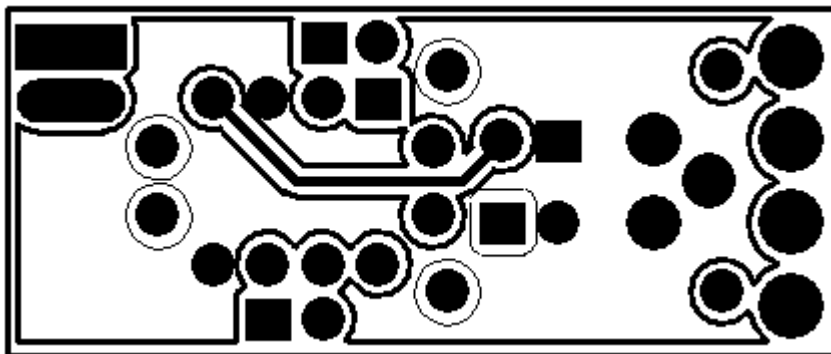


■ Terminal capacitance vs. reverse voltage



■ Dimensional outlines (unit: mm)





MODULE

# Driver circuit for Si photodiode array C9004

Driver circuit for 16-element photodiode array



### Features

- High precision and high-speed measurement by simultaneous 16-channel readout
- Assembled with pulse generator (8-step adjustable oscillatory frequency)
- CLK, START, A/D conversion Trig and EOS pulse output
- Choice of gain (conversion impedance):  $1 \times 10^6$  or  $1 \times 10^7$  (V/A)
- Hamamatsu S4111-16 series, S5668 series photodiode arrays are directly mountable on board.
- Single power supply operation: +12 V

### Applications

- Performance evaluation of Hamamatsu S4111-16 series, S5668 series photodiode arrays
- Position measurement
- Displacement measurement

### ■ Absolute maximum ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply voltage	Vcc Max.	+18	V
Input current	Iin Max.	$+6.7 \times 10^{-3}$	A
Operating temperature	Topr	0 to +50	°C
Storage temperature	Tstg	-20 to +80	°C

### ■ Electrical and optical characteristics (Ta=25 °C)

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input current range	Iin	Tz=1 × 10 <sup>6</sup>	-	-	1 × 10 <sup>-5</sup>	A
		Tz=1 × 10 <sup>7</sup>	-	-	1 × 10 <sup>-6</sup>	A
Conversion impedance *1	Tz		1 × 10 <sup>6</sup>	-	1 × 10 <sup>7</sup>	V/A
Output offset voltage	Vos	Tz=1 × 10 <sup>6</sup> (set up prior to shipping)	-	0.025	-	V
		Tz=1 × 10 <sup>7</sup> *2	-	0.25	-	V
Output amplitude voltage	Vo	Tz=1 × 10 <sup>6</sup> , RL=1 kΩ	0	-	+10	V
		Tz=1 × 10 <sup>7</sup> , RL=1 kΩ	0	-	+10	V
Output noise voltage	enp-p	Tz=1 × 10 <sup>6</sup> (full bandwidth)	-	5	-	mVp-p
		Tz=1 × 10 <sup>7</sup> (full bandwidth)	-	10	-	mVp-p
Rise time	tr	Tz=1 × 10 <sup>6</sup> , RL=1 kΩ	-	5.6	-	μs
		Tz=1 × 10 <sup>7</sup> , RL=1 kΩ	-	5.6	-	μs
Capacitive load	CL		-	-	100	pF
Oscillatory frequency (OUT) *3	CLK		1.5625	-	200	kHz
Start pulse width (OUT) *3	-		5	-	640	μs
Output format *4	-		-	TTL	-	-
Current consumption	Icc		-	200	250	mA

\*1: Conversion impedance can be changed with the switch on the circuit board.

\*2: The variable resistor VR on the circuit board must be used for making offset adjustments.

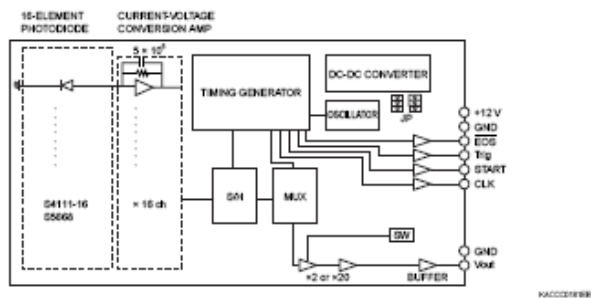
\*3: Adjustable in 8 steps by using the BCD rotary switch on the circuit board.

\*4: CLK, START, Trig and EOS pulse output format.

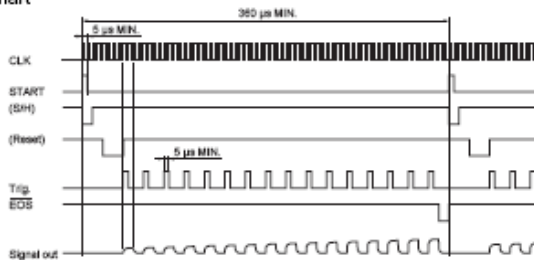
**SOLID STATE DIVISION**

**Driver circuit for Si photodiode array C9004**

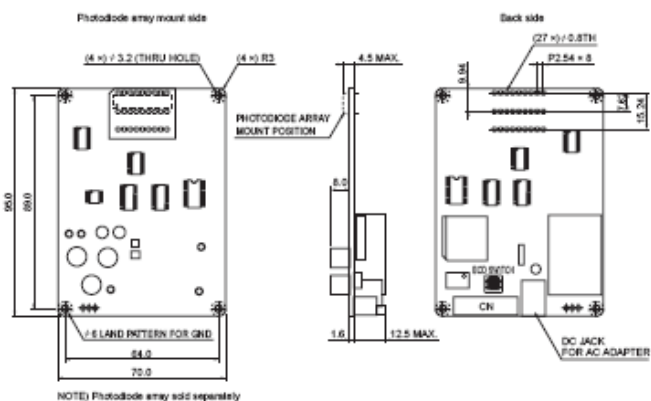
■ Block diagram



■ Timing chart



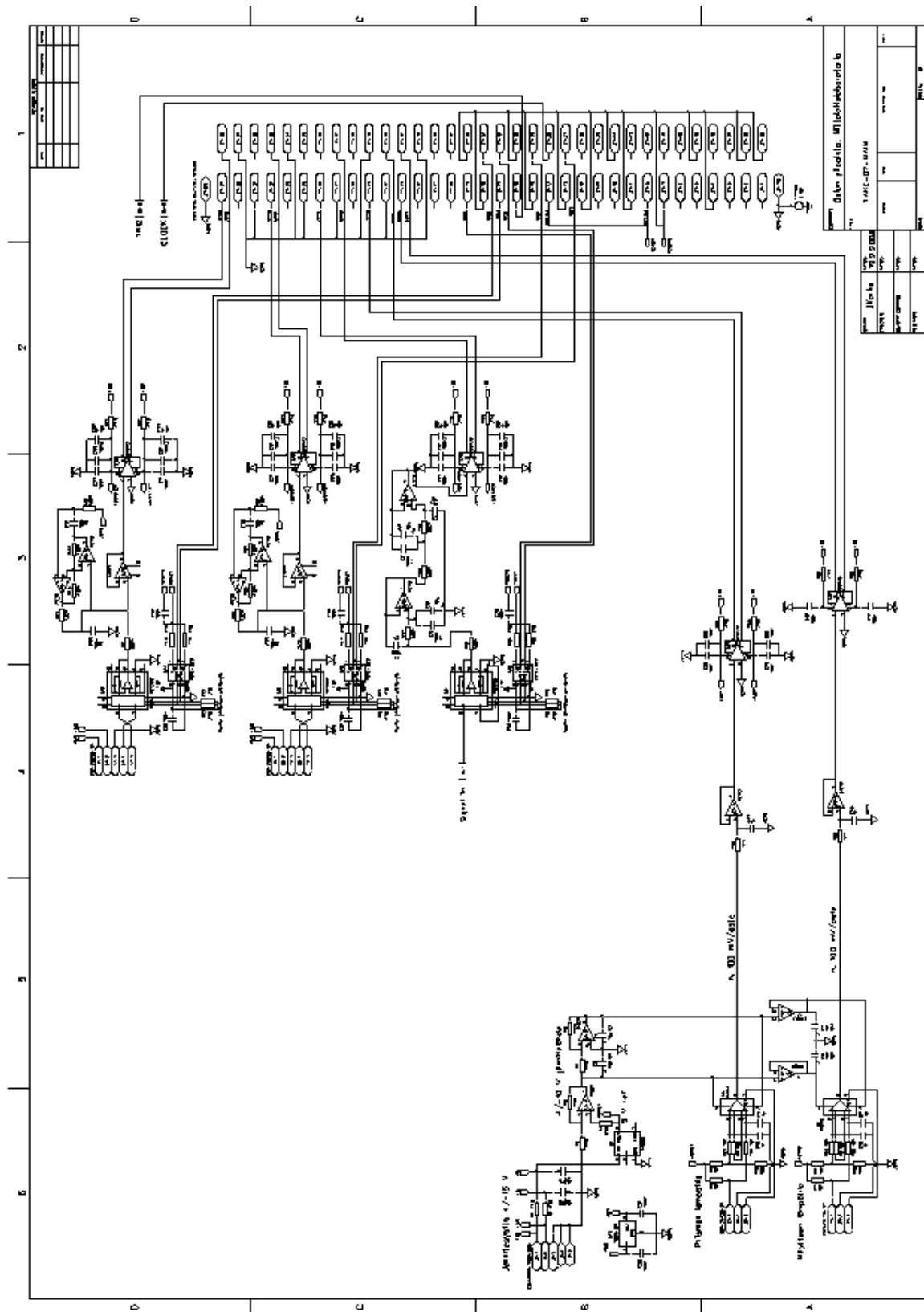
■ Dimensional outline (unit: mm)



■ Accessories

- Dedicated AC adapter
- Flat cable (20 cm) with I/O connector receptacle





1	
2	
3	
4	
5	
6	

Datan Aluehio. M100M10000000	
1.001-07-1000	
1	
2	
3	
4	
5	
6	

1	
2	
3	
4	
5	
6	

