



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jarkko Harri

LASER OHJATTAVA LED-MATRIISI

Tekniikka ja liikenne
2011

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jarkko Harri
Opinnäytetyön nimi	Laser ohjattava led-matriisi
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	30 + 2 liitettä
Ohjaaja	Jukka Matila

Työn alkuperäisenä tavoitteena oli kehittää näyttävä led-matriisitaulu, jolla voi myös näyttää kuvia tietokoneen avulla. Matriisitaulua suunniteltaessa tuli esiin toive isosta taulusta, jota voisi käyttää mainoksena, voisi piirtää laserosoitimen avulla kuvioita ja sen tulisi soveltua ulkokäyttöön.

Matriisitaulu toteutettiin modulaarisena, joka mahdollistaa erikokoisten taulujen rakentamisen helposti. Valon kirkkauden tunnistamiseen käytetään matriisin ledejä. Yhden moduulin suurin tehonkulutus näyttötilassa on noin 3,2W mikä saattaa muodostua ongelmaksi isoja tauluja suunniteltaessa.

Laitteen testauksessa huomattiin, että ledien kirkkautta tulisi lisätä seuraaviin kehitysversioihin. Nykyisellään ledit erottuvat heikosti kirkkaassa valaistuksessa.

ABSTRACT

Author	Jarkko Harri
Title	Laser Controlled LED Matrix
Year	2011
Language	Finnish
Pages	30 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Jukka Matila

The original aim of the work was to develop an impressive led matrix table, which can also display images from a computer. Requirements of the matrix table included it should be a big table that could be used in an advertisement, to draw laser pointer patterns and should be suitable for outdoor use.

Matrix table was designed to be modular since it allows different sizes of constructions with numerous boards with ease. Brightness detection is done by using leds to identify light brightness. One of the biggest concerns was the power consumption of the modules which in display mode is about 3,2W and which may pose a problem for larger tables.

At the testing phase it was discovered that the brightness of the leds should be increased for the following versions of the device. Currently the leds can rather poorly be differentiated from bright light.

LYHENNELUETTELO

A/D	Analog to Digital. Analogisesta digitaliseen.
I/O	Input / Output. Tulo / Lähtö.
LED	Light Emitting Diode
MOSFET	Metal–Oxide–Semiconductor Field-Effect Transistor
PWM	Pulse-Width Modulation
RISC	Reduced Instruction Set Computer
SRAM	Static Random-Access Memory
TQFP	Thin Quad Flat Pack
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	YLEISET TOTEUTUSTAVAT.....	9
3	LED-SEINÄ	10
	3.1 Led yleisesti	10
	3.2 Valon voimakkuuden tunnistus.....	10
	3.2.1 Käänteisen jännitteen mittaus	12
	3.2.2 Suora mittaus.....	13
	3.3 Mittausnopeuteen ja -tarkkuuteen vaikuttavat ominaisuudet	13
	3.4 Mittauskytkennän toteutus	14
4	KESKEISTEN KOMPONENTTIEN VALINTA.....	15
	4.1 Mikrokontrolleri.....	15
	4.2 Led-matriisit.....	17
	4.3 Moduulin virtalähde.....	18
5	TOTEUTUS	19
6	OHJELMISTO	24
	6.1 Sulautettu ohjelma	24
	6.2 Matriisien osoitteet.....	25
	6.3 Kommunikaatio.....	26
7	TESTAUS JA TULOKSET	28
8	LOPPUPÄÄTELMÄT	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1: Keltaisen ledin tuottama jännite huoneenvalossa.....	11
Kuvio 2: Käänteinen jännite.....	13
Kuvio 3: Suora mittaus.....	13
Kuvio 4: Ledin ohjaus yksinkertaisesti	14
Kuvio 5: Prosessorien valintataulukko.....	16
Kuvio 6: ATmega2560 mikrokontrollerin lohkokaavio. /1/.....	17
Kuvio 7: LM-88HR23-CC led-matriisi.....	18
Kuvio 8: Virtalähteen piirikaavio.....	18
Kuvio 9: 7W2-liittimet.....	19
Kuvio 10: Kommunikaatio moduulissa.....	19
Kuvio 11: Matriisien kytkentä prosessoreihin.....	20
Kuvio 12: Ohjaavat mosfetit sekä led-matriisi.....	21
Kuvio 13: Matriisin sisäinen kytkentä.....	21
Kuvio 14: Valmis protolaite.....	22
Kuvio 15: Moduulin virtalähde.....	23
Kuvio 16: Sulautetun ohjelman yksinkertaistettu vuokaavio.....	24
Kuvio 17: Moduulien välinen kommunikaatio.....	25
Taulukko 1: Mittaustulokset.....	11
Taulukko 2: Moduulin osien tehot.....	23

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Emolevyn piirikaavio**LIITE 2.** Virtalähteen piirikaavio

1 JOHDANTO

Työn alkuperäisenä tavoitteena oli kehittää näyttävä led-matriisitaulu, jolla voi myös näyttää kuvia tietokoneen avulla. Matriisitaulua suunniteltaessa tuli esiin toive isosta taulusta, jota voisi käyttää mainostauluna. Taulun tulisi tunnistaa siihen kohdistuvan valon kirkkaus ja sen tulisi soveltua ulkokäyttöön. Taulu päätettiin toteuttaa modulaarisena, joka mahdollistaa eri kokoisten taulujen rakentamisen helposti. Moduuleja voi liittää toisiinsa lähes rajattomasti. Taulua suunniteltaessa tulee ottaa huomioon virransyöttöön liittyvät tehorajat. Työ tehtiin Vaasan ammattikorkeakoululle. Ohjelmiston laitteisiin teki Anssi Jäntti.

Taulu tunnistaa siihen kohdistuvan valon kirkkauden ja siihen voidaan piirtää kuvioita esimerkiksi laserosoittimella. Kun keskiarvoa kirkkaampi valo huomataan, niin laite sytyttää ne ledit, joihin kohdistuva valo on keskiarvoa kirkkaampi.

Taulu toimii hyvin mainoskäytössä juuri sen takia, että siihen voi itse piirtää kuvioita. Tämä ominaisuus herättää kiinnostusta useissa ihmisissä, koska ledin käyttö valon voimakkuuden mittaamiseen kuulostaa hyvin erikoiselta.

Taulu voidaan kiinnittää esimerkiksi rakennuksen seinään ja PC-ohjelmiston avulla taulua voidaan käyttää myös tiedotukseen.

Erikoisuutensa vuoksi tätä taulua voi käyttää myös ihmisten houkutteluun esittelypisteelle esimerkiksi messuilla.

2 YLEISET TOTEUTUSTAVAT

Valon tunnistukseen oli käytettävissä muutamia eri tapoja esimerkiksi fototransistorit, fotodiodit, erilaiset valokennot sekä LDR-vastukset. Mitä kirkkaampi valo LDR-vastukseen osuu sitä pienempi sen resistanssi on. LDR-vastusten tai muiden erillisten komponenttien käyttäminen olisi kuitenkin ollut hankalaa, koska valmiiden matriisien käyttö olisi ollut käytännössä mahdotonta ja olisimme joutuneet käyttämään yksittäisiä ledejä valoa mittaavien komponenttien rinnalla. Erillinen mittauskomponentti olisi myös aiheuttanut ongelmia piirtotarkkuuden kanssa, eli kun valo osuu anturiin, niin led anturin vieressä syttyisi. Erillisistä komponenteista rakennetussa matriisissa valo saattaa päästä vuotamaan viereiseen anturiin.

Internetistä löytyi muutamia mielenkiintoisia projekteja, joissa valon kirkkauden tunnistamiseen käytettiin lediä. Ledin käyttäminen myös tunnistukseen mahdollisti valmiiden matriisien käyttämisen. Tämä mittaustapa säästää rahaa ja tilaa huomattavasti. Moduuleissa olisi voinut myös käyttää yksittäisiä ledejä, mutta tuotanto olisi ollut huomattavasti hankalampaa ja kalliimpaa. Tässä työssä käytetty 64 ledin matriisi maksaa n. 2 € / kappale riippuen ostopaikasta. 64 lediä maksaisi noin 6,5 € ostopaikasta riippuen. Matriisien eduksi voidaan laskea myös siistimpi ulkonäkö. Led-matriisin rakenne estää valoa vuotamasta viereiseen LEDiin, ja valo syttyy juuri siinä paikassa mihin on osoitettu, eikä osoitetun paikan vieressä.

Ledeille asetettu 20mA virta aiheutti ongelmia suunnittelussa, koska piti saada aikaiseksi ohjaus, joka ei vaikuta valon voimakkuuden mittaamiseen.

3 LED-SEINÄ

Jo aikaisessa vaiheessa nousi esiin moduulien suuri tehon tarve, joka muodostuu ongelmaksi isompia tauluja toteutettaessa. Jos halutaan rakentaa 3m x 3m taulu, olisi sen maksimiteho näyttötilassa jopa 2,2kW. Moduulien käyttöjännitteen ollessa 24V olisi maksimivirta jopa 92A. Yhden moduulin virtalähde on mitoitettu 5W teholle ja normaalitilassa moduuli vie enimmillään n. 3,5W.

3.1 Led yleisesti

Led on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirta. Ledit olivat pitkään käytössä vain elektronisten laitteiden merkkivaloina, mutta viime aikoina ne ovat yleistyneet myös valaistuksessa. Ledejä voidaan käyttää tasajännitteellä virtaa rajoittavan vastuksen kanssa tai tasajännitepulsseja antavalla PWM-ohjaimella, jolla voidaan säätää ledin kirkkautta helposti. Osa tehosta kuluu etuvastuksen kautta lämmöksi, jolloin kaikki teho ei mene valoksi. Vakiovirtalähdettä käytettäessä ei etuvastusta tarvita ollenkaan. Ledejä on saatavilla useita eri värejä. Väreinä on mm. infrapuna, punainen, oranssi, keltainen, vihreä, sininen, violetti, purppura, ultravioletti sekä valkoinen.

3.2 Valon voimakkuuden tunnistus

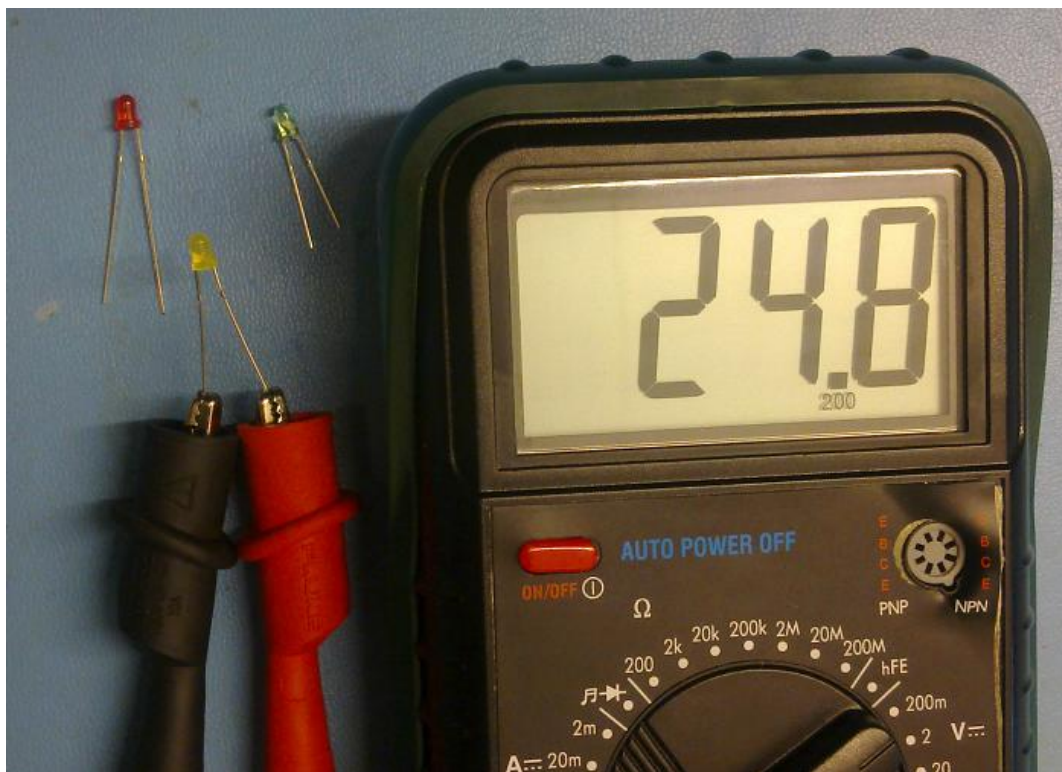
Laserosoitimen valon havaitsemiseen käytetään matriisien omia ledejä.

Kun ledin puolijohdeeseen (PN) osuu fotoni, saattaa se vapauttaa energiansa atomin elektronille ja tämä energia aiheuttaa hyvin pienen virran puolijohdeeseen. Mitä enemmän fotoneja puolijohdeeseen osuu sitä enemmän energiaa led tuottaa /3/. Valovoiman mittaukseen käytetään kahta eri tekniikkaa, jotka yhdessä mahdollistavat yksittäisen ledin lukemisen matriisista (kohdat 3.2.1 ja 3.2.2).

Taulukossa 1 on eriväristen ledien tuottamia jännitteitä ja virtoja huoneenvalossa, erittäin kirkkaassa valkoisessa valossa sekä punaisessa laservalossa. Mitatut LEDit olivat halkaisijaltaan 3mm ja väreinä oli punainen, keltainen ja vihreä.

Taulukko 1: Mittaustulokset.

Ledin väri	Jännite ja virta huoneenvalossa	Jännite ja virta kirkkaassa valossa	Jännite ja virta punaisessa laser-valossa
Punainen	0,01mV 0,0mA	0,247V 0,0mA	10,1mV 0,0mA
Keltainen	24,8mV 0,0mA	1,611V 0,022mA	24,8mV 0,0mA
Vihreä	28,6mV 0,0mA	1,667V 0,015mA	28,6mV 0,0mA



Kuvio 1. Keltaisen ledin tuottama jännite huoneenvalossa.

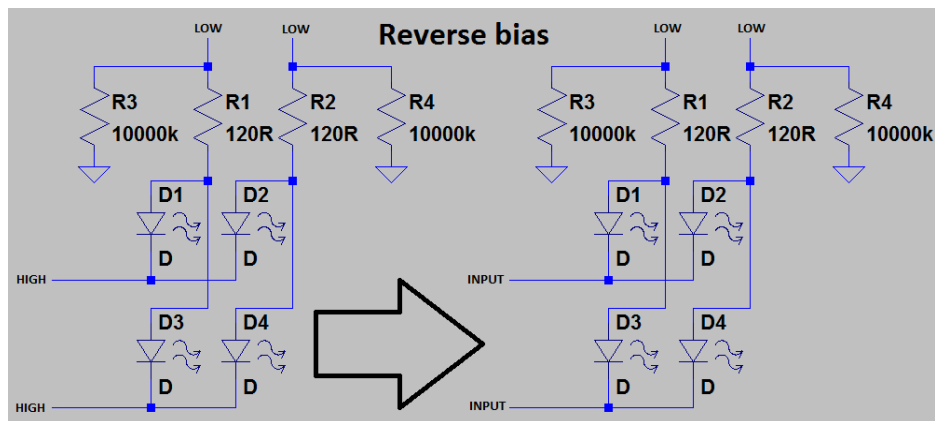
Tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että virta alkaa kulkea ledin läpi vasta lähellä ledin kynnysjännitettä. Tuloksista huomaa myös, että vain punainen led reagoi

punaiseen laservaloon. Se, että punainen led reagoi paremmin kirkkaaseen valkoiseen valoon kuin laservaloon saattaa muodostua ongelmaksi ulkokäytössä. Mikäli testeissä ilmenee ongelmia punaisen ledin kanssa, voidaan käyttää muun värisiä ledejä.

Tässä työssä käytettiin ledien mittaamiseen kahta eri mittaustekniikkaa. Ensimmäinen mittaustekniikka on käänteisen jännitteen mittausta, jonka tuloksista tiedetään mihin riviin valo kohdistuu. Toinen mittaustekniikka on suora jännitteen mittausta, jonka tuloksista tiedetään mihin sarakkeeseen valo kohdistuu.

3.2.1 Käänteisen jännitteen mittausta

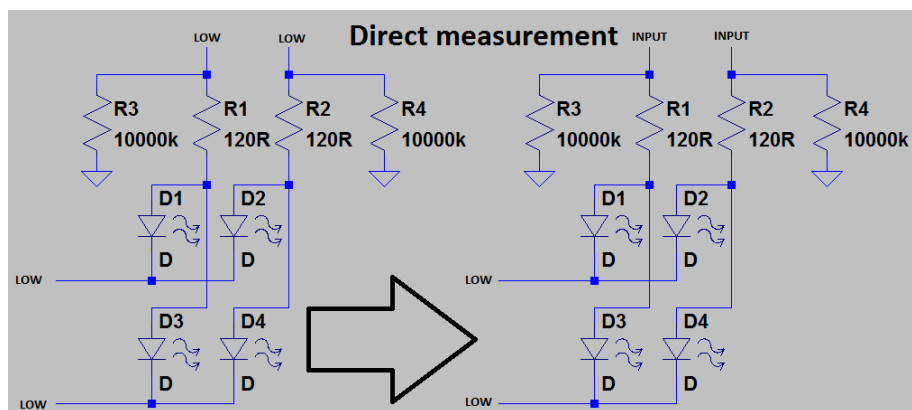
Ensimmäinen mittaustekniikka kääntää ledin käyttöjännitteen lataukseen ledin ja sitten mikrokontrolleri mittaa kuinka nopeasti ladattu virta vuotaa ledistä. Vuotoajasta voidaan määrittää lediin kohdistuvan valon kirkkaus. Ledin kapasitanssi laskee, kun siihen kohdistetaan kirkas valo. Tyhjenemiseen kuluva aika on kääntäen verrannollinen lediin kohdistuvan valon kirkkauteen. Tällä menetelmällä tiedämme mihin riviin laserosoitin osoittaa /2/. Ledien anodeihin laitettiin 10M ohmin alasetovastus, jolla vuotoajasta saatiin riittävän pitkä, jotta se oli mahdollista mitata valitulla mikrokontrollerilla. Mitä pienempää vastusta käytetään sitä nopeammin energia vuotaa maahan. Sopiva vastus valittiin kokeilemalla 10k, 100k, 1M ja 10M vastuksia. Sopivan arvon laskeminen on hyvin vaikeaa muiden komponenttien vuotovirtojen takia. Erillisen alasetovastuksen kokoa muuttamalla voi vuotoajan säätää sopivaksi.



Kuvio 2. Käänteinen jännite.

3.2.2 Suora mittaus

Toisella tekniikalla mitataan ledin tuottama jännite. Tämä tekniikka vaatii A/D –muuntimen. Kun lediin heijastetaan voimakas valo, led latautuu. Jännite on suoraan verrannollinen lediin osuvan valon kirkkauteen. Tämän tekniikan avulla tiedämme mihin sarakkeeseen laser-osoitin osoittaa /2/.



Kuvio 3. Suora mittaus.

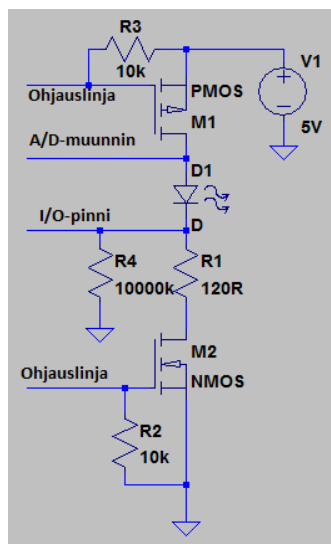
3.3 Mittausnopeuden ja -tarkkuuden vaikuttavat ominaisuudet

Suora mittaus voidaan toteuttaa myös pienemmällä määrällä A/D-muunnin kanavia, jos käytössä on ulkoinen tai sisäinen multiplekseri, mutta mittausnopeus

kärsii. Mittausnopeus on parempi, kun A/D-muunnin kanavia on käytössä jokaiselle matriisin riville omansa eikä erillisiä valintakytkimiä ole käytetty. Mikrokontrollerin sisäisten rekisterien käsittely on nopeampaa kuin ulkoisten piirien arvojen lukeminen. Sisäisten A/D-muuntimien käyttö myös yksinkertaistaa laitteen suunnittelua huomattavasti, kun erillisiä piirejä ei tarvita. Kun mittaukseen käytettävä aika on lyhyempi niin, samassa ajassa voidaan suorittaa useampia mittauksia ja näin saadaan aikaan tarkempi laserin paikannus.

3.4 Mittauskytkennän toteutus

Mittauskytkentä ja ledin ohjaus on toteutettu seuraavasti. Mosfetit ohjaavat ledin käyttöjännitteitä ja ledin molemmista jaloista menee mittauslinjat mikrokontrollerille. Mosfettien valintakriteerinä oli riittävä virrankesto. 8 lediä kuluttaa virtaa yhteensä 160mA. Valitut mosfetit kestävät 200mA virran. Mikrokontrolleri mittaa lediin kohdistuvan valon voimakkuutta edellä mainituilla mittaustavoilla.



Kuvio 4. Ledin ohjaus yksinkertaisesti

4 KESKEISTEN KOMPONENTTIEN VALINTA

Työn ehkä tärkeimpänä tavoitteena on saada laite toteutettua mahdollisimman yksinkertaisesti ja edullisesti, jotta ison matriisin rakentaminen on mahdollista.

4.1 Mikrokontrolleri

Mikrokontrollerin valinta aloitettiin vertailemalla erityyppisiä mikrokontrollereita. ARM-mikrokontrollerit tarjosivat laskutehoa, jota ei kuitenkaan tässä laitteessa tarvittu kovinkaan paljoa. ATmega-mikrokontrollerien hinta oli hieman korkeampi kuin joidenkin ARM-mikrokontrollerien, mutta tärkeimmäksi valintakriteeriksi osoittautui A/D-muunninkanavien määrä. Jokainen rivi led-matriisissa vaatii yhden A/D-muuntimen, jos mittaus halutaan toteuttaa ilman erillisiä multiplekseripiirejä. Mikrokontrollerissa piti olla vähintään 64 I/O-linjaa, joista 16 A/D-muuntimia. I/O-linjoista mosfettien ohjaukseen käytettiin 32 linjaa.

ATmega-sarjassa on vain 3 mikrokontrolleria, joissa on 16 A/D-kanavaa. Mitä tahansa näistä voidaan käyttää suunnitellussa laitteessa.

Mikrokontrollerin valintaan vaikutti myös UART-väylien lukumäärä. Neljä UART-väylää mahdollistaa moduulien helpon liittämisen toisiinsa, koska sarjaliikenne onnistuu kaikkiin neljään suuntaan.

Vaihtoehtona olisi ollut myös mm. RS485-väylä, jolloin yksi UART-väylä / mikrokontrolleri olisi riittänyt. RS485-väylä olisi lisännyt ylimääräisiä komponentteja kuten RS485 muunninpiirin jokaista mikrokontrolleria kohti. Laitteiden osoitteistus olisi myös pitänyt toteuttaa eri tavalla. Käytännössä jokaisessa moduulissa olisi pitänyt olla jonkinlainen valinta esimerkiksi kytkimin, joilla olisi määritelty kullekin moduulille oma osoite. Tämä olisi ollut hyvin epäkäytännöllistä isoja tauluja rakennettaessa.

Device	Flash (Kbytes)	Pin Count	Max. Operating Frequency	CPU	Max I/O Pins	SPI	UART	ADC Channels	ADC Resolution (bits)	ADC Speed (ksps)	SRAM (Kbytes)	EEPROM (Bytes)	Temp. Range (deg C)	I/O Supply Class (V)	Operating Voltage (Vcc)
ATmega640	64	100	16	8-bit AVR	86	5	4	16	10	15	8	4096	-40 to 85	1.8 to 5.5	1.8 to 5.5
ATmega2560	256	100	16	8-bit AVR	86	5	4	16	10	15	8	4096	-40 to 85	1.8 to 5.5	1.8 to 5.5
ATmega1280	128	100	16	8-bit AVR	86	5	4	16	10	15	8	4096	-40 to 85	1.8 to 5.5	1.8 to 5.5
AT91SAMSE256	256	144	48	ARM7TDMI	88	1	3	8	10	384	32	0	-40 to 85	1.8/3.3	3.0 to 3.6
LPC1764FBD100	128	100	100	Cortex M3	70	1	4	8	12	200	32	0	-40 to 85	5.5	2.4 to 3.6
STR735FZx	256	144	36	ARM7TDMI	72	3	4	16	10	112	16	0	-40 to 105	4.5 to 5.5	4.5 to 5.5

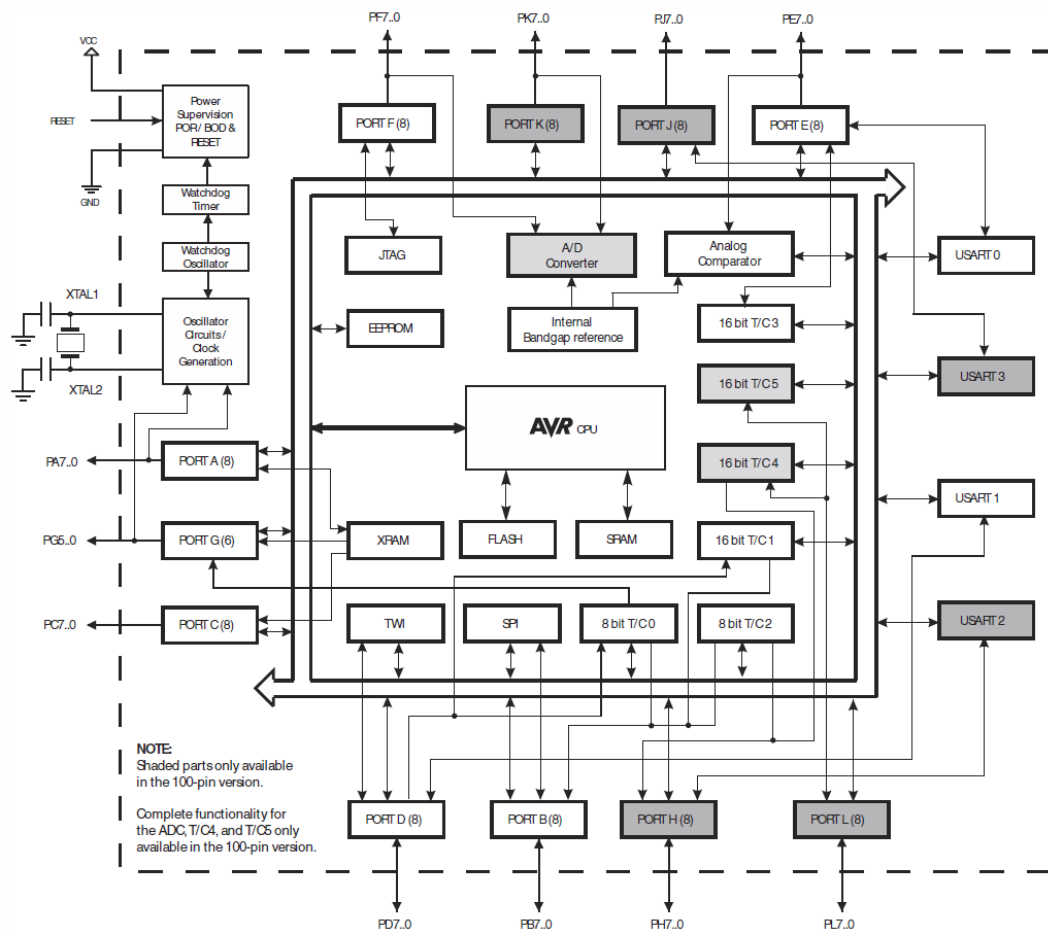
Kuvio 5. Mikrokontrollerien valintataulukko.

Kuvassa 5 on suppea taulukko eri mikrokontrollerista, joita harkittiin käytettäväksi tässä työssä.

Mikrokontrolleriksi laitteeseen valittiin ATmega2560. Mikrokontrollerissa on 16 A/D-muunninkanavaa, jotka muuntavat jatkuvan analogisen signaalin digitaalisiksi lukuarvoiksi /1/. 16 A/D-kanavaa mahdollistavat kahden matriisin samanaikaisen tarkkailun ilman erillisiä multipleksereitä, mikä taas parantaa havainnointitarkkuutta, kun matriisin osuu laserosoittimen valo.

ATmega-mikrokontrollerit ovat 8-bittisiä ja kaikissa ATmega-sarjan mikrokontrollereissa on RISC-ydin, SRAM-käyttömuistia ja Flash-ohjelmamuistia sekä useita I/O-väyliä.

ATmega2560:ssa on 256kt ohjelmamuistia, 16 A/D-kanavaa, 4 UART-sarjaliikennepiiriä, sisäinen kello-oskillaattori, keskeytysohjaimet ja ajastimet. Käyttämämme ATmega2560 mikrokontrollerit ovat 100-pinnisessä TQFP100 kotelossa./1/

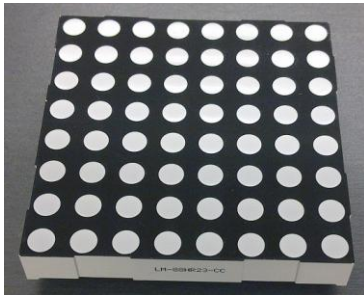


Kuvio 6. ATmega2560 mikrokontrollerin lohkokaavio. /1/

4.2 Led-matriisit

Markkinoilla on useita erikokoisia ja värisiä led-matriiseja. Vertailin useiden matriisien hintoja sekä kokoja. Matriisin valintaan vaikutti helppo saatavuus, koska moduuleja oli tarkoitus rakentaa useita. Matriisien tuli olla neliön muotoisia, jotta taulusta saisi rakennettua neliön muotoisen. Yleisimmissä matriiseissa on 8 riviä ja 8 saraketta, jolloin ledejä on yhteensä 64kpl. Matriisiksi valittiin se, joka oli työn aloitushetkellä helpoiten saatavilla.

Käytetyn matriisin malli on LM-88HR23-CC ja matriisin mitat ovat 60,20mm * 60,20mm * 9,20mm. Matriisi kuvassa 7.

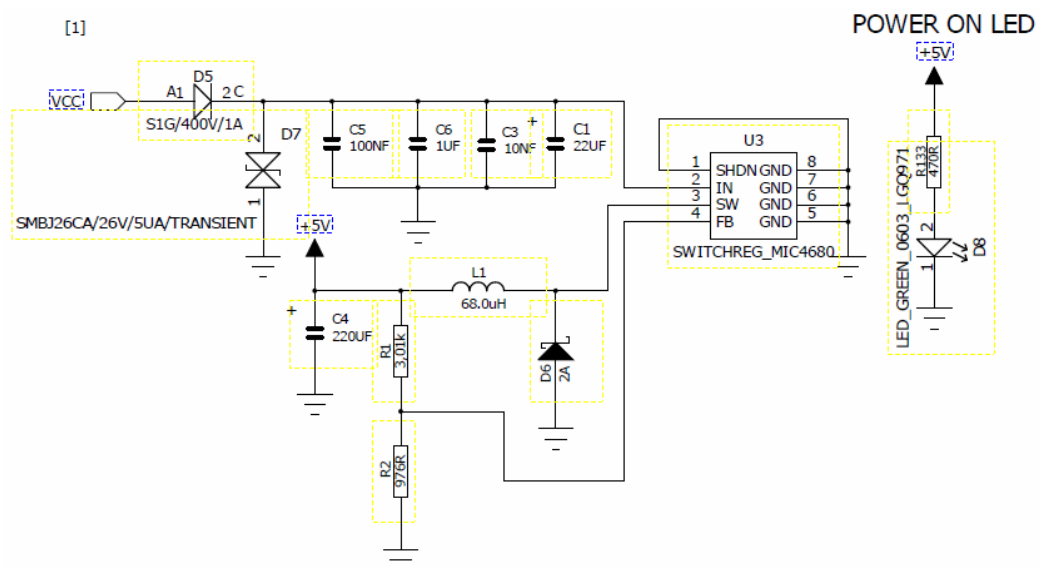


Kuvio 7. LM-88HR23-CC led-matriisi.

4.3 Moduulin virtalähde

Jokaisessa moduulissa on myös virtalähde, jonka tehtävänä on muuntaa 24V jännite muulle elektroniikalle sopivaksi 5V jännitteeksi.

Virtalähteen ohjainpiiriksi valittiin Micrelin valmistama MIC4680YM hakkuri. Hakkurin taajuus on 200kHz, maksimivirta 1A ja maksimiteho 5W. Virtalähteen maksimijännite on 34V. Hakkurin oheiskomponentteina käytettiin valmistajan datalehdessä suositeltuja komponentteja. Diodi D5 estää virran kulkemisen väärään suuntaan, mikäli syöttöjännite kytketään väärin päin. Diodi D7 toimii suojakomponenttina syöttölinjasta mahdollisesti tuleville jännitepiikeille.

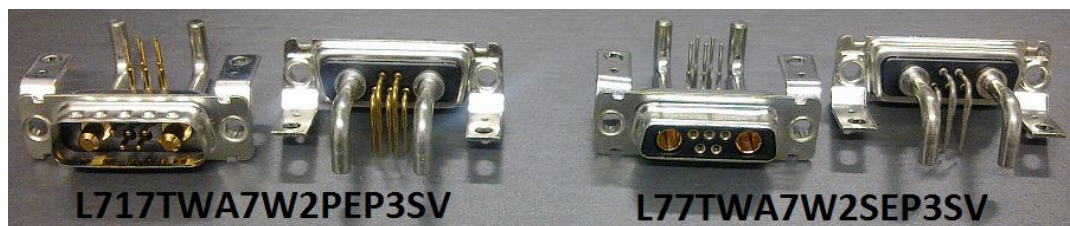


Kuvio 8. Virtalähteen piirikaavio.

5 TOTEUTUS

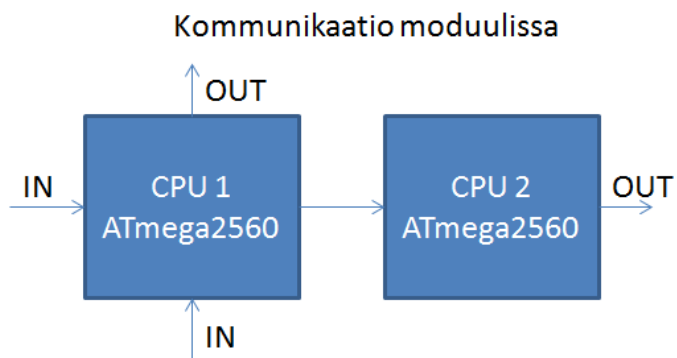
Laite koostuu moduuleista, joista jokaisessa on 2 mikrokontrolleria, 4 matriisia ja virtalähde, joka muuntaa 24V jännitteen 5V jännitteeksi.

Moduulien kytkemiseen toisiinsa käytetään 7W2-liittimiä. Liittimissä on 5 pienempää ja 2 isompaa pinniä. Isommat pinnit on tarkoitettu käyttöjännitteelle ja pienemmät dataliikenteelle.



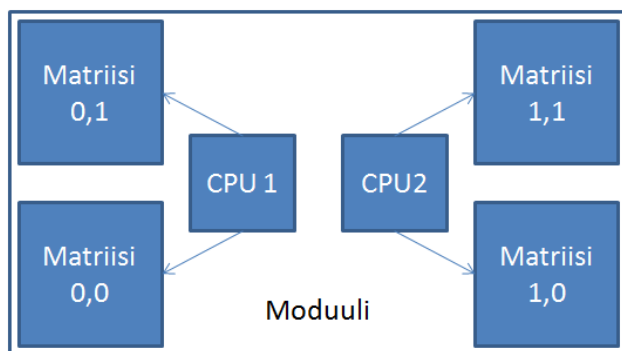
Kuvio 9. 7W2-liittimet.

Moduulien sisäinen ja moduulien välinen kommunikointi on toteutettu TTL-tasoisella UART-sarjaliikenteellä.



Kuvio 10. Kommunikaatio moduulissa.

Moduulin vasemmassa reunassa olevia matriiseja ohjataan mikrokontrollerilla 1 ja oikeassa reunassa oleva matriiseja mikrokontrollerilla 2. Jokaisella matriisilla on oma osoite, mikä yksinkertaistaa logiikkaa PC-ohjelmassa.



Kuvio 11. Matriisien kytkentä mikrokontrollereihin.

Valitun led-matriisin mitat ovat 60,20mm * 60,20mm. Koska yhdessä moduulissa on 4 matriisia, tulee moduulin mitoiksi n. 120,4mm * 120,4mm. Jokaisessa matriisissa on 64 lediä ja yhdessä moduulissa on yhteensä 256 lediä.

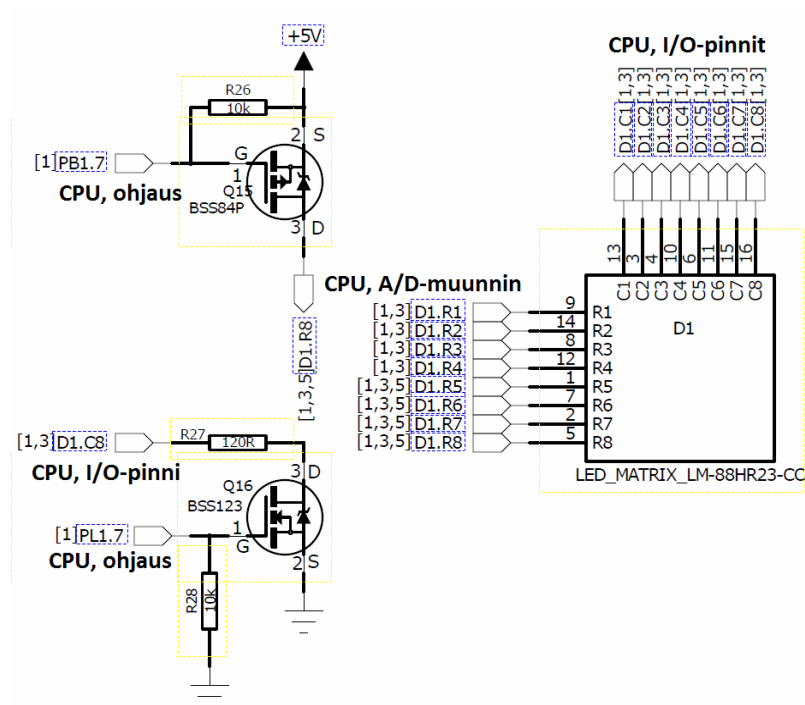
Yhden moduulin maksimiteho näyttötilassa on noin 3,5W. Moduulin virtalähde on mitoitettu 5W teholle. Yhden moduulin ledien tehonkulutus: 20mA / led, 8 lediä päällä kerrallaan jokaisessa matriisissa -> $0,02A * 8 * 4 = 0,64A$. $5V * 0,64A = 3,2W$. Mikrokontrollerien ja virtalähteen tehonkulutus on noin 0,77W.

Ledien kytkennässä jouduttiin käyttämään apuna vahvistimia, koska mikrokontrolleri ei pystynyt antamaan tarpeeksi virtaa kaikille ledeille. Jokaista matriisia kohti tarvitaan 16 vahvistinta sekä 32 ohjaussignaalia mikrokontrollerilta (16A/D-muunninlinjaa sekä 16 I/O-pinniä). Yksi mikrokontrolleri ohjaa kahta matriisia.

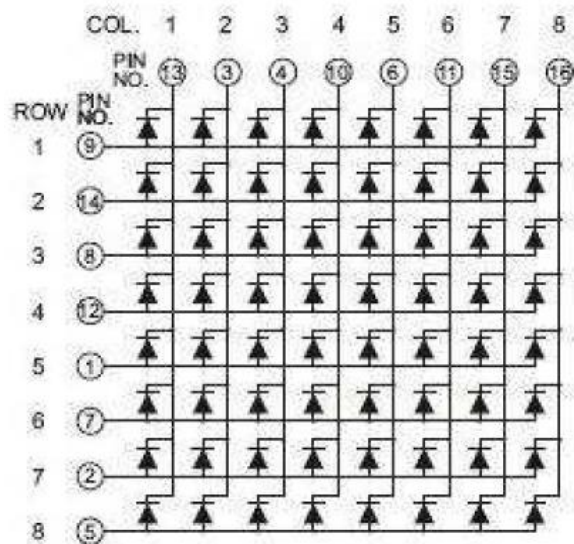
Helppomerkiksi tavaksi todettiin kahden mosfetin käyttö. Jokainen P-tyypin mosfet syöttää yhtä saraketta matriisissa ja jokainen N-tyypin mosfet johtaa virran yhdestä matriisin rivistä maahan (Kuviot 12 ja 13).

Kuvassa 12 mikrokontrollerin pinnit PB1.7 ja PL1.7 ovat ohjaussignaaleja, joilla ohjataan mosfetit auki ja kiinni. Matriisin sarakkeen 8 ledien katodit on kiinni linjassa D1.C8. Tämä linja on myös kiinni mikrokontrollerin I/O-pinnissä.

Matriisin rivin 8 ledien anodit on kiinni linjassa D1.R8. Tämä pinni on myös kiinni mikrokontrollerin A/D-muuntimen linjassa ADC7.

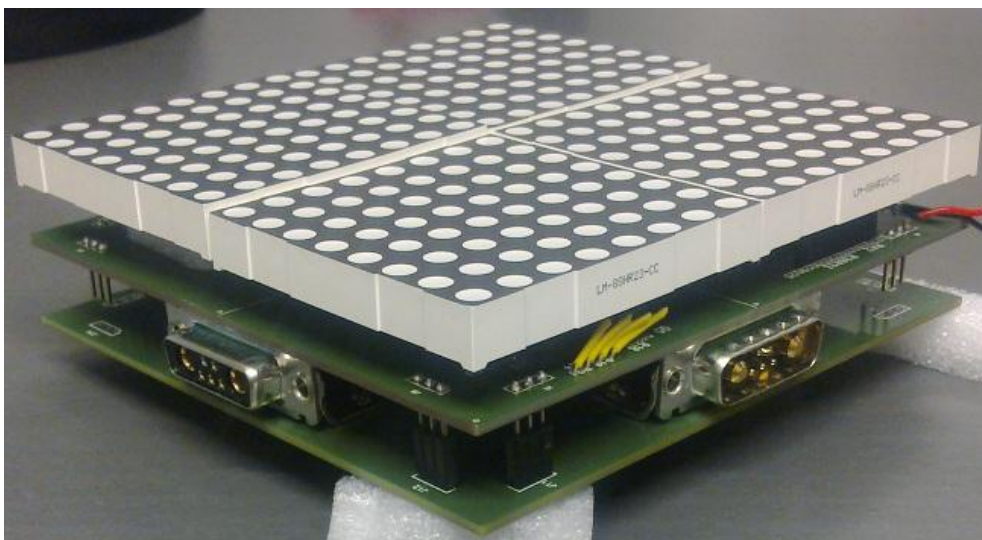


Kuvio 12. Ohjaavat mosfetit sekä led-matriisi.



Kuvio 13. Matriisin sisäinen kytkentä.

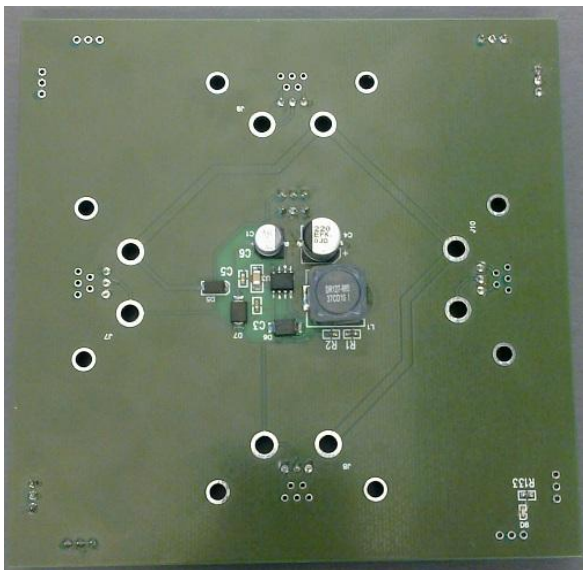
Laitteen virtalähde sekä 7W2-liittimet ovat omalla piirilevyllään ja mikrokontrollerit sekä matriisit omalla piirilevyllään. Tähän ratkaisuun päädyttiin sen takia, että kaikkien komponenttien sijoittaminen samalle levyille osoittautui mahdottomaksi. Kahden levyn rakenne lisää tuotantokustannuksia sekä laitteen kokoa. Kuvassa 14 on valmis protolaite.



Kuvio 14. Valmis protolaite.

Moduulin virtalähde tuottaa maksimissaan 5W tehon. Virtalähteen antama jännite on 5V ja maksimivirta 1A. 24V jännitteen syöttölinja on kytketty kaikkiin levyn reunoilla oleviin 7W2-liittimiin (liittimien paikat kuvassa 15). 5V käyttöjännite siirretään levyn kulmissa olevien piikkirimojen kautta moduulin emolevyille.

Virtalähteen piirilevyn kulmiin voisi lisätä reiät, joista levy voidaan kiinnittää pysyvästi esimerkiksi seinään.



Kuvio 15. Moduulin virtalähde.

Taulukko 2. Moduulin osien tehot.

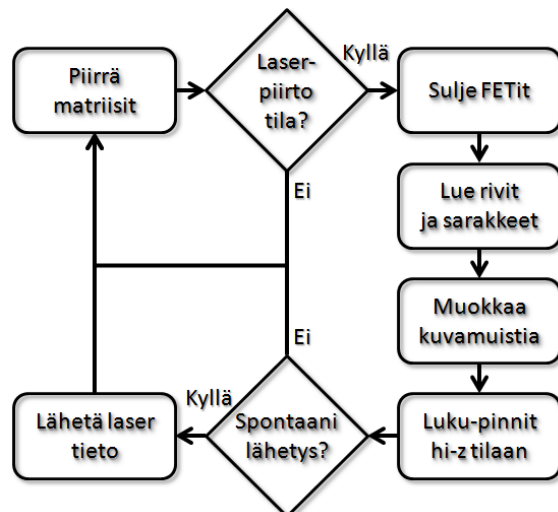
Virtalähde	0,2904W
Emolevy (mikrokontrollerit)	0,48W
Moduuli, jossa kaikki ledit pois päältä	0,7704W
Moduuli, jossa kaikki ledit päällä	1,7688W

6 OHJELMISTO

Laitteen ohjelmiston suunnittelu aloitettiin heti projektin alussa. Ohjelmiston tekeminen lähti käyntiin mikrokontrollerin valinnan jälkeen. Laitteen ohjelmisto on mahdollista sovittaa lähes kaikille mikrokontrollerityypeille. Ohjelmiston sulautettu osuus toteutettiin C-kielellä käyttäen CodeVision AVR ohjelmistokehitysyökalua. PC ohjelmiston tuottamiseen käytettiin C# ohjelmointikieltä ja Microsoft Visual Studio kehitysympäristöä.

6.1 Sulautettu ohjelma

Sulautettu ohjelma jakautuu kolmeen osaan, jotka ovat näytön käsittely, laserin tunnistaminen ja kommunikaatio laitteiden välillä sekä sen hallinta. Näytön käsittelyä ja laserin tunnistamista suoritetaan jatkuvasti peräkkäin. Kommunikaation käsittely suoritetaan aina tarvittaessa keskeytyksien avulla.



Kuvio 16. Sulautetun ohjelman yksinkertaistettu vuokaavio.

Ohjelma sisältää näyttömuistin, joka pitää sisällään tiedot kuvapisteiden tiloista. Näyttömuistin sisältöä voidaan muokata laserosoittimella tuotettavilla syötteillä ja

kommunikaatiöväylän avulla PC:ltä. Ohjelman yksinkertaistettu vuokaavio on esitetty kuvassa 16.

Laiteohjelmistossa on erilaisia toimintatiloja, joiden avulla laitteen toimintaa on mahdollista muuttaa ajon aikana. Päätoimintatilat ovat näyttö- ja piirtotila. Piirtotilassa laite hyväksyy laserilla tai muulla kirkkaalla valonlähteellä tuotetut muutokset näyttömuistiin. Havaittujen syötteiden välitystä PC-ohjelmistolle on mahdollista muuttaa kahden eri tilan välillä. Oletusarvoisesti moduulit lähettävät havaitut syötteet vain kyselyiden perusteella, mutta moduulit on mahdollista asettaa myös ilmoittamaan syötteet heti, kun ne havaitaan.

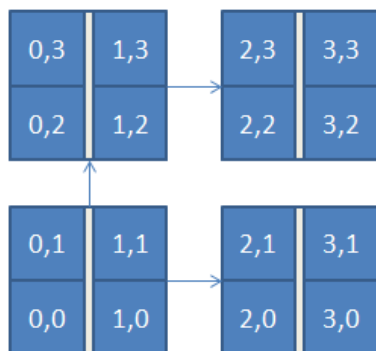
6.2 Matriisien osoitteet

Moduulien osoitteistus on toteutettu siten, että osoite 0,0 on vasemmassa alareunassa. Ensimmäinen numero kuvaa saraketta (x) ja toinen riviä (y). Mikrokontrolleri osoitteessa 0,0 käynnistää osoitteiden jaon. Kun mikrokontrolleri saa osoitteen, antaa se osoitteen seuraavalle mikrokontrollerille.

Osoitteistus mahdollistaa 255*255 matriisin kokoisen taulun eli 127 moduulia / rivi ja 127 moduulia / sarake. Osoite 255,255 on varattu broadcast-osoitteeksi.

Taulun vasemmassa reunassa olevat moduulit kytkevät rivit toisiinsa eli toimivat eräänlaisena selkärankana koko taululle.

Matriisien osoitteet moduuleissa



Kuvio 17. Moduulien välinen kommunikaatio.

6.3 Kommunikaatio

Laitteet kommunikoivat keskenään sekä PC:n kanssa käyttäen seuraavaa protokollaa: <pituus><osoite_X><osoite_Y><datakoodi><viesti>

Malliviesti: <12><0><0><1><195,189,102,90,90,102,189,195>

<pituus> on viestikehyksen pituus, <osoite_X> & <osoite_Y> määrittävät viestin vastaanottajan osoitteen, <datakoodi> määrittää miten <viesti> kentän sisältö tulkitaan.

Datakoodien selitykset:

- 0 – laser – Viesti sisältää havaitun syötteen koordinaatit. Osoite määrittää missä matriisissa syöte havaittiin. <viesti>-osio itsessään kertoo, mihin lediin syöte kohdistui. Ledien numerointi alkaa numerosta 1 vasemmasta yläreunasta ja suurenee vasemmalta oikealle riveittäin niin, että oikeassa alareunassa olevan ledin numero on 64. <viesti>-osion sisältö 0 tarkoittaa, että moduuli on vastaanottanut kyselyn syötteen sijainnista, mutta syötettä ei ole tunnistettu. <viesti> osion pituus on yksi tavu.
- 1 – data – Näyttömuistin sisältö annetaan moduulille. Osoite osoittaa mille matriisille data on tarkoitettu. <viesti>-osio on yhteensä 64 bittiä. MSB-bitti määrittää vasemmassa olevan ledin tilan ja LSB-bitti määrittää oikeassa reunassa olevan ledin tilan. Data annetaan matriiseille riveittäin.
- 2 – toimintatila – Asettaa toimintatilan kaikille moduuleille järjestelmässä. Osoitteena käytetään broadcast-osoitetta ja viesti 0 asettaa moduulit piirtotilaan ja viesti 1 asettaa moduulit näyttötilaan. <viesti> osion pituus on 1 tavu.
- 3 – lasertila – Määrittelee miten moduulien tulee reagoida syötteeseen. Osoitteena käytetään broadcast-osoitetta ja viesti 0 asettaa moduulit tilaan jossa PC-ohjelmisto kysyy moduuleilta havaittujen syötteiden koordinaatit

datakoodilla 4. Jos <viesti> on 1, moduulit lähettävät havaitun syötteen osoitteen heti sen havaittuaan. <viesti>-osuuden pituus on 1 tavu.

- 4 – kysely – PC-ohjelmisto kyselee havaittujen syötteiden koordinaatit. Moduulin osoite annetaan viestikehyksessä ja haluttu moduuli vastaa koodilla 0. Vastaus sisältää havaitun syötteen koordinaatit, jos syöte on havaittu edellisen kyselykerran jälkeen. Jos syötettä ei havaittu, vastaus on 0. Kyselyviestissä viestin pituus on 0 tavua.

- 5 – Osoitteistus – Määrittelee osoitteet matriiseille. Jokaisen mikrokontrollerin pitää lukea vastaanotettu osoite ja asettaa itselleen oikea osoite vastaanottoportista riippuen. Mikrokontrollerin tulee lähettää osoite edelleen siten, että osoite kasvaa yhdellä vaakasuunnassa ja kahdella pystysuunnassa. Osoiteviestissä <viesti> osuuden pituus on 0 tavua.

7 TESTAUS JA TULOKSET

Taulun prototyyppi rakennettiin ja testattiin Technobothniassa.

Matriisien ledit reagoivat paremmin kirkkaaseen valkoiseen valoon kuin punaiseen laservaloon. Tunnistus toimii huonommin loisteputkivalossa kuin hehkulampulla tuotetussa valossa. A/D-kanaviin voisi laittaa isot alasetovastukset ja kokeilla saako tunnistuksen herkkyyttä parannettua. Herkkyyks voisi parantua, jos mittauskanavissa olisi pieni kuorma, jolloin ympäristön valon energia ei riittäisi nostamaan jännitettä A/D-kanavassa.

Ledien kirkkautta saisi parannettua etuvastusta pienentämällä. Tämä taas aiheuttaa sen, että led voi rikkoutua, mikäli se jää päälle pitkäksi aikaa. Tällä hetkellä yhden rivin ledit ovat päällä 400 μ s kerrallaan.

Sarjaliikenne saattaa aiheuttaa ongelma isoissa tauluissa. Liikennettä pyritään vielä kehittämään sellaiseksi, että yksikään paketti ei hukkuisi matkalla, jos esimerkiksi selkärangassa olevan laitteen puskuri on täynnä.

JTAG-portin käyttö kehityskäytössä on hankalaa, koska se varaa 4 saraketta moduulin ylemmistä matriiseista ja laitteessa mahdollisesti pyörivä ohjelma häiritsee JTAG-portin toimintaa eikä ohjelmointi toimi aina kunnolla.

Kun JTAG on käytössä, se varaa 4 A/D-muuntimen pinniä käyttöönsä. Matriisien lukemiseen tarvitaan kaikki 16 A/D-muuntimen pinniä. Kun JTAG poistetaan käytöstä, saa sen takaisin käyttöön vain SPI-väylän kautta.

SPI-väylän kautta ohjelmoiminen on paljon helpompaa. Seuraavaan kehitysversioon voisi lisätä kunnolliset liittimet SPI-väylälle ja JTAG-portille.

Moduulin piirilevyjen reunoihin tulisi lisätä reiät esimerkiksi seinäkiinnitystä varten.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Laite on toteuttamiskelpoinen, mutta esimerkiksi 3m * 3m matriisiseinän rakentaminen asettaa haasteita virrankulutuksen suhteen.

Seinässä tulisi olemaan 625 moduulia. Jos jokainen moduuli kuluttaa maksimissaan 3,5W tehoa, on kokonaisteho jopa 2,2kW. Tämä tulee asettamaan erittäin isot haasteet virransyötölle jokaiselle moduulille.

Piirilevyjä prototyyppejä varten tilattiin 5 päälevyä sekä 5 virtalähdelevyä. Levyt maksoivat yhteensä 690 €. Yhden moduulin levyt maksoivat 138 €.

Komponentit laitteisiin maksoivat n. 1300 €. Komponentteja tilattiin neljän moduulin tarpeisiin, mutta joitain komponentteja tuli liikaa ja joitain liian vähän joten yksittäisen moduulin komponenttien hintaa on vaikea sanoa tarkasti. Jatkossa, kun komponentteja voi tilata isomman määrän, tulee kappalehinta olemaan pienempi.

Laitetta kehitettäessä olisi hyvä testata eriväristen ledien ja laserien yhdistelmiä. On mahdollista, että on olemassa yhdistelmä, joka toimii erittäin hyvin myös kirkkaassa päivänvalossa. On myös todennäköistä, että on olemassa yhdistelmä joka toimii tässä työssä käytettyä yhdistelmää paremmin.

LÄHTEET

- /1/ Atmel Corporation 2011. ATmega2560 product card. Viitattu 5.4.2011
http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?category_id=163&family_id=607&subfamily_id=760&part_id=3632
- /2/ Hayashi, Eiji 2010. Using a laser pointer and a matrix led as a two-dimensional input device. Viitattu 4.10.2010
<http://www.cs.cmu.edu/~ehayashi/projects/lasercommand/>
- /3/ Arduino Workshop 2011. LED Sensing. Viitattu 5.11.2011
http://www.thebox.myzen.co.uk/Workshop/LED_Sensing.html

6

5

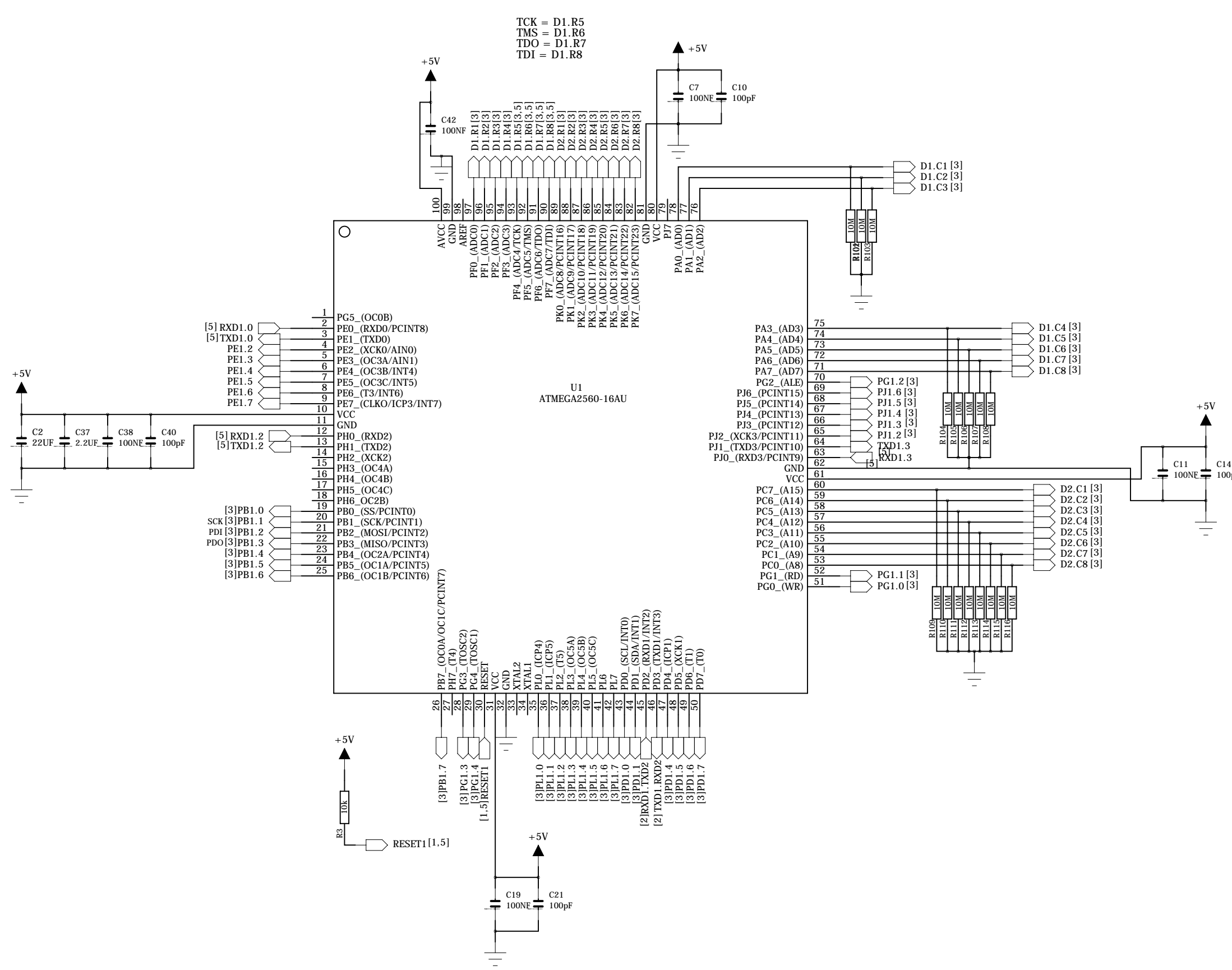
4

3

2

1

REVISION RECORD			
LTR	ECO NO:	APPROVED:	DATE:



D

D

C

C

B

B

A

A

DRAWN: Jarkko Harri	DATED: 28.02.2011
CHECKED: <Checked By>	DATED: <Checked Date>
QUALITY CONTROL: <QC By>	DATED: <QC Date>
RELEASED: <Released By>	DATED: <Release Date>

COMPANY: JaHa			
TITLE: LED Matrix			
CODE:	SIZE: C	DRAWING NO:	REV: A
SCALE: <Scale>			SHEET: 1 of 5

6

5

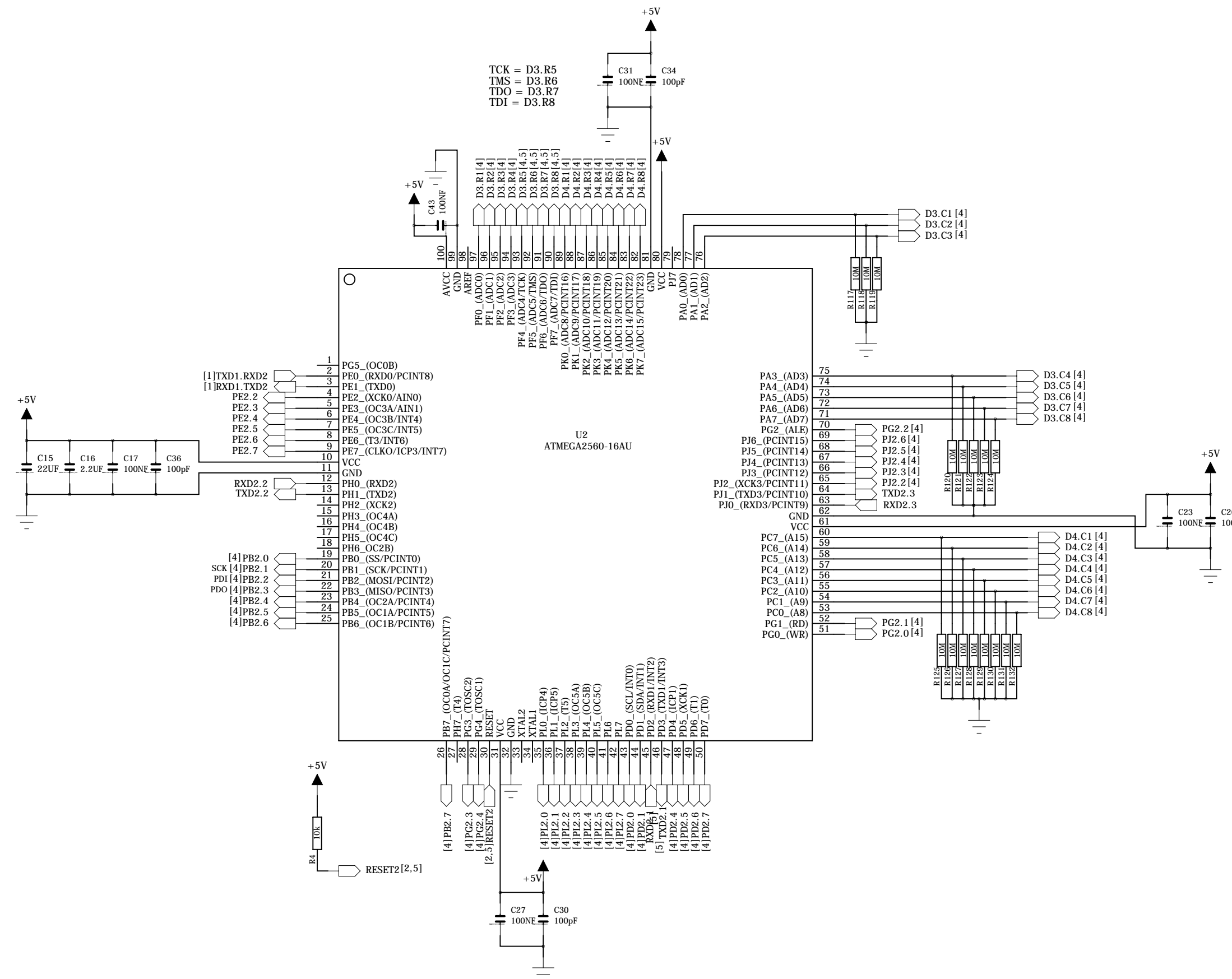
4

3

2

1

REVISION RECORD			
LTR	ECO NO:	APPROVED:	DATE:

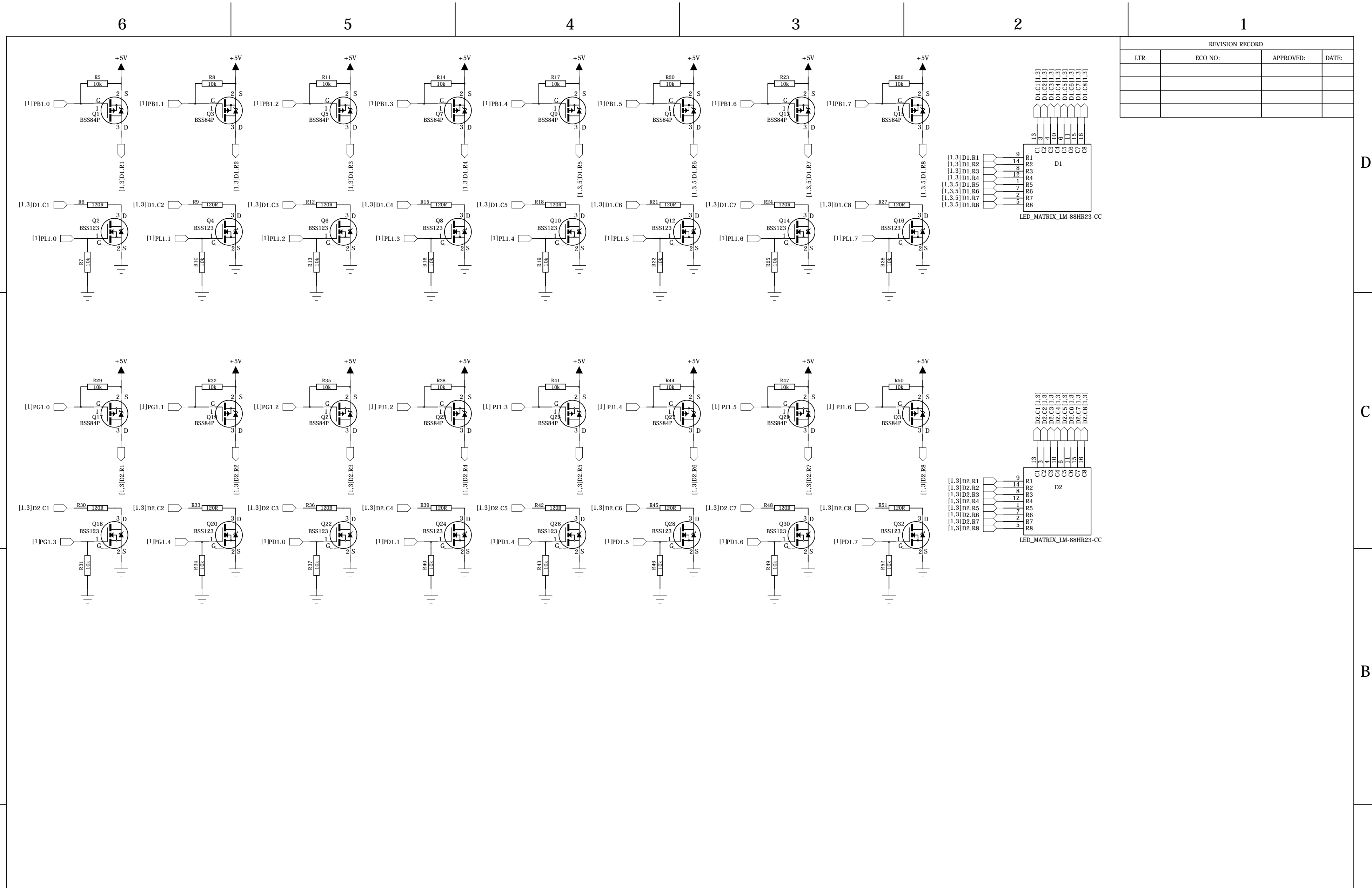


COMPANY: JaHa

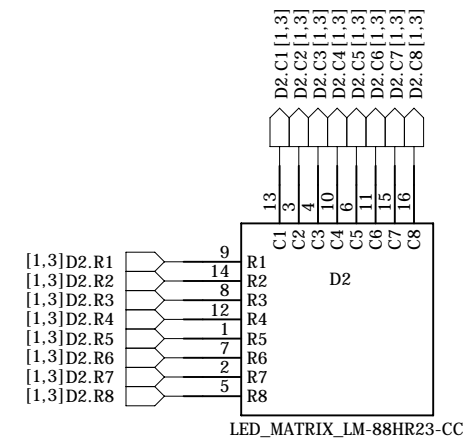
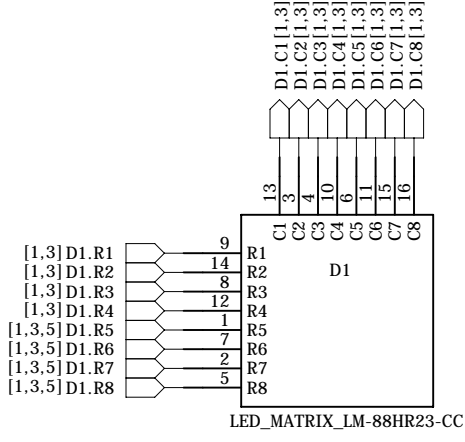
TITLE: LED Matrix

DRAWN: Jarkko Harri	DATED: 28.02.2011
CHECKED: <Checked By>	DATED: <Checked Date>
QUALITY CONTROL: <QC By>	DATED: <QC Date>
RELEASED: <Released By>	DATED: <Release Date>

CODE:	SIZE: C	DRAWING NO:	REV: A
SCALE: <Scale>			SHEET: 2 of 5



REVISION RECORD			
LTR	ECO NO:	APPROVED:	DATE:



COMPANY: **JaHa**

TITLE: **LED Matrix**

DRAWN: Jarkko Harri	DATED: 28.02.2011
CHECKED: <Checked By>	DATED: <Checked Date>
QUALITY CONTROL: <QC By>	DATED: <QC Date>
RELEASED: <Released By>	DATED: <Release Date>

CODE:	SIZE:	DRAWING NO:	REV:
	C		A

6

5

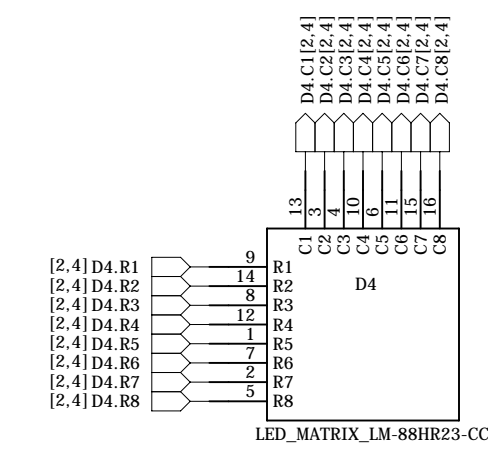
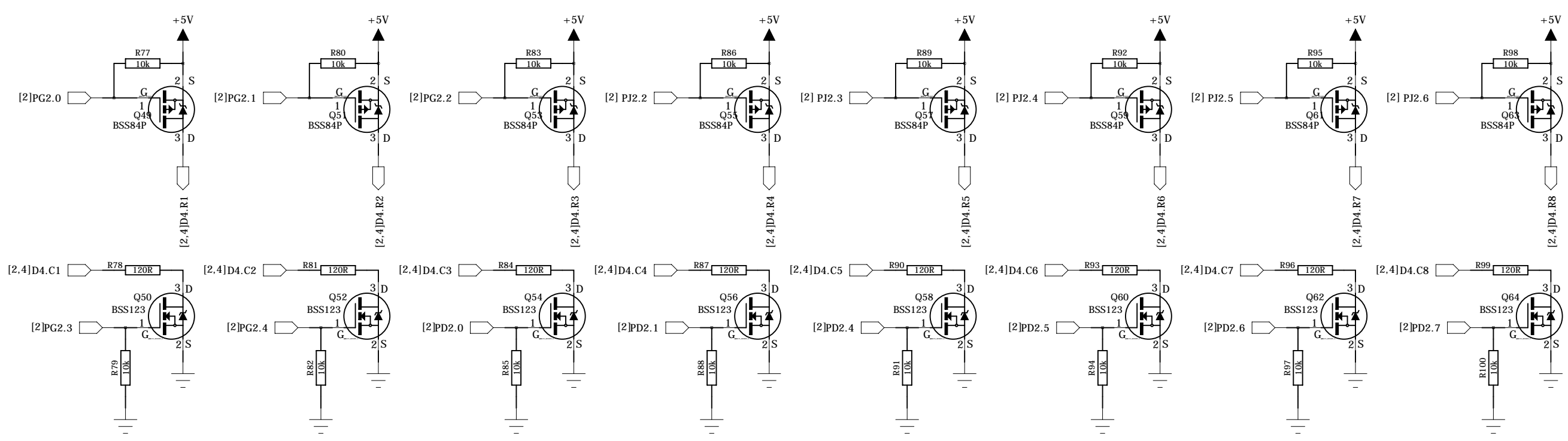
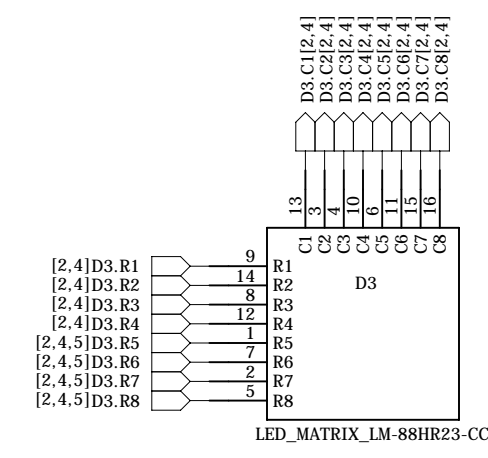
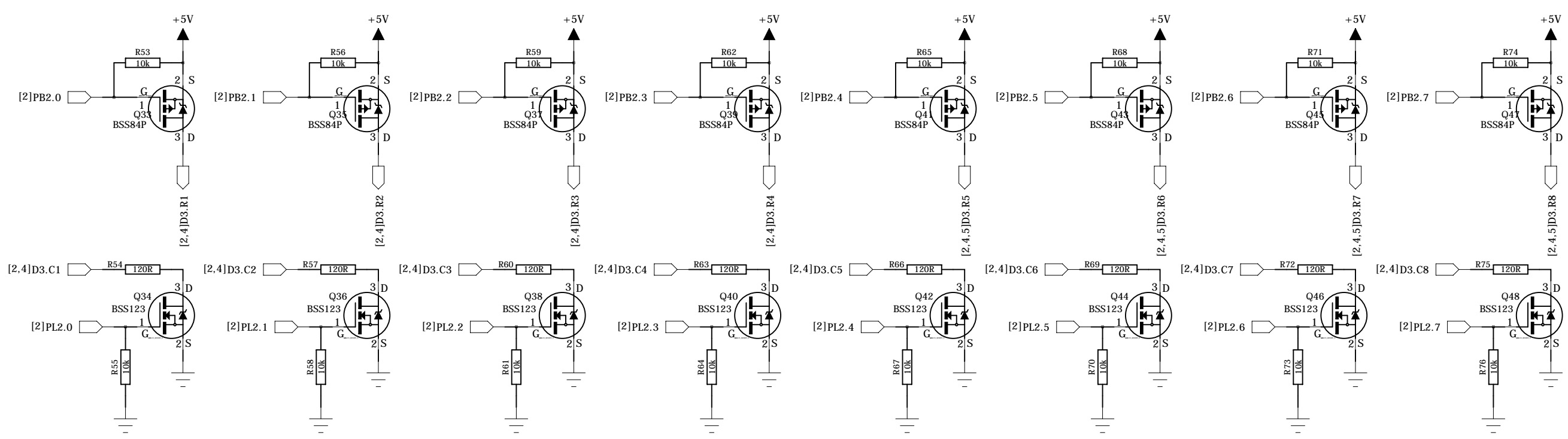
4

3

2

1

REVISION RECORD			
LTR	ECO NO:	APPROVED:	DATE:



COMPANY: JaHa			
TITLE: LED Matrix			
DRAWN: Jarkko Harri	DATED: 28.02.2011	CODE:	REV: A
CHECKED: <Checked By>	DATED: <Checked Date>	SIZE: C	DRAWING NO:
QUALITY CONTROL: <QC By>	DATED: <QC Date>	SHEET: 4 of 5	
RELEASED: <Released By>	DATED: <Release Date>	SCALE: <Scale>	

6

5

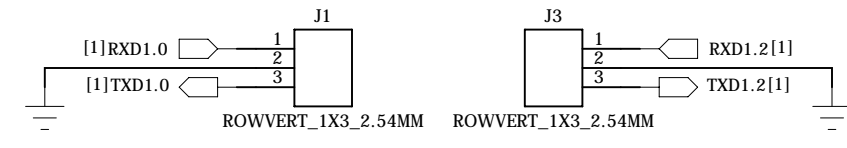
4

3

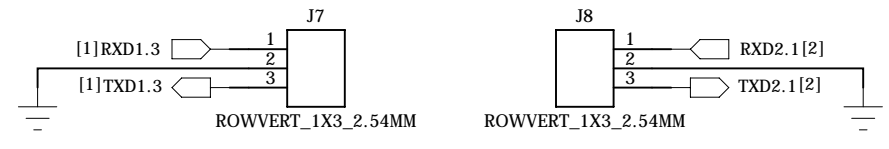
2

1

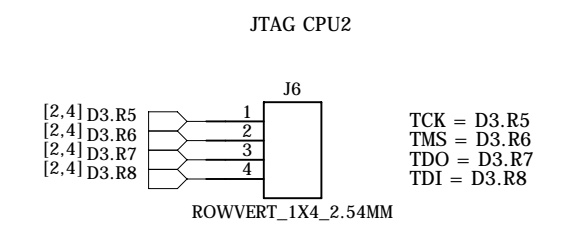
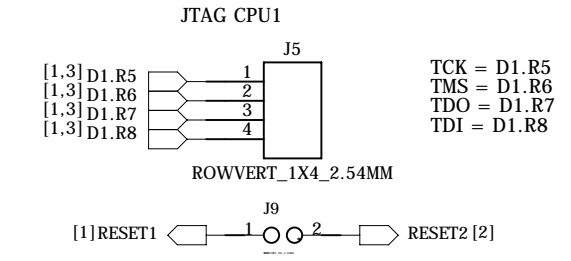
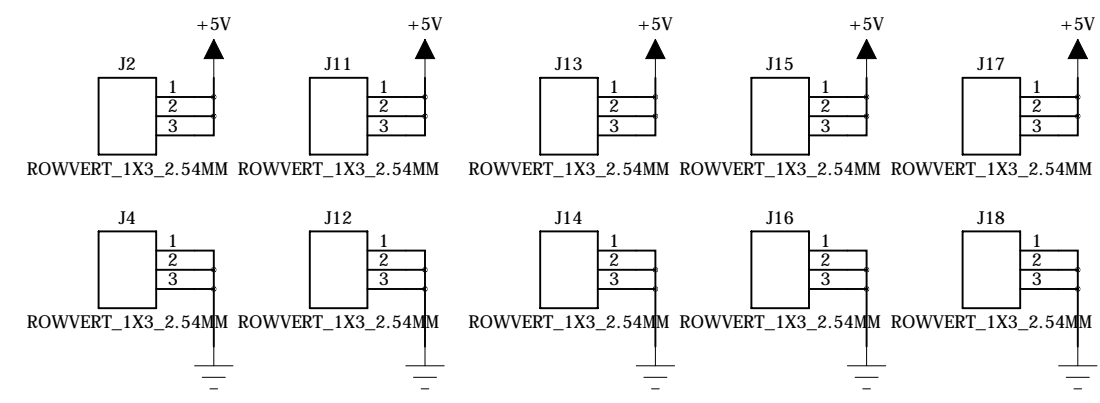
REVISION RECORD			
LTR	ECO NO:	APPROVED:	DATE:



7W2 connectors



Power pins



COMPANY: JaHa

TITLE: LED Matrix

DRAWN: Jarkko Harri	DATED: 28.02.2011
CHECKED: <Checked By>	DATED: <Checked Date>
QUALITY CONTROL: <QC By>	DATED: <QC Date>
RELEASED: <Released By>	DATED: <Release Date>

CODE:	SIZE: C	DRAWING NO:	REV: A
SCALE: <Scale>			SHEET: 5 of 5

6

5

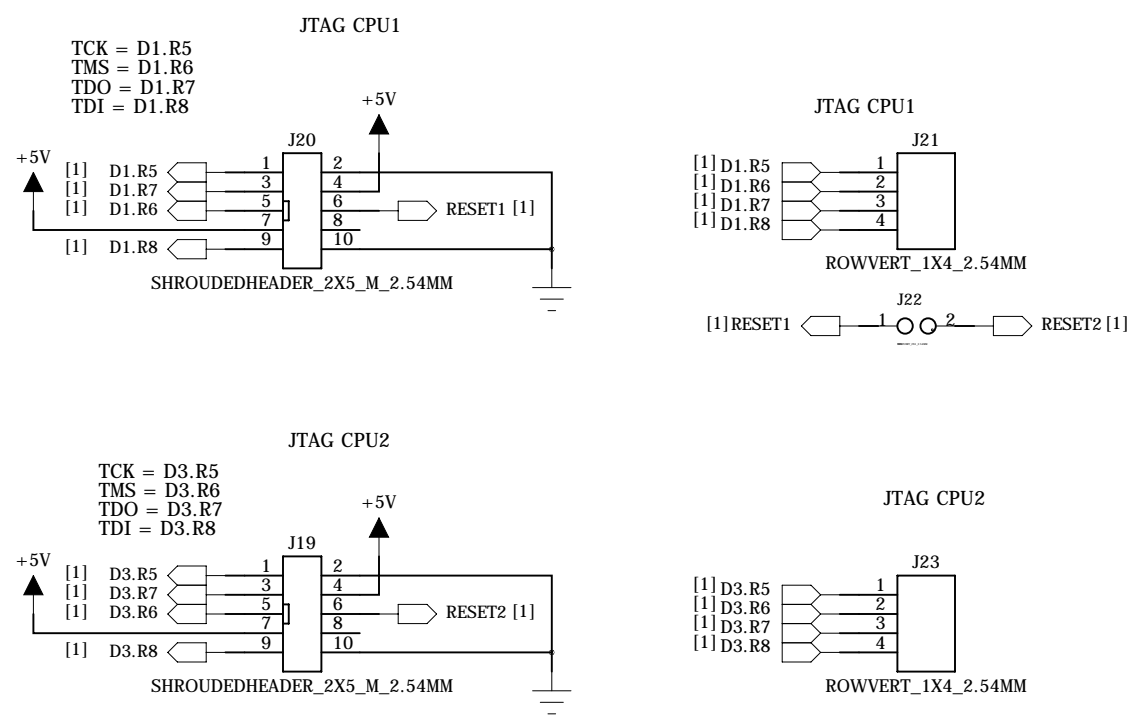
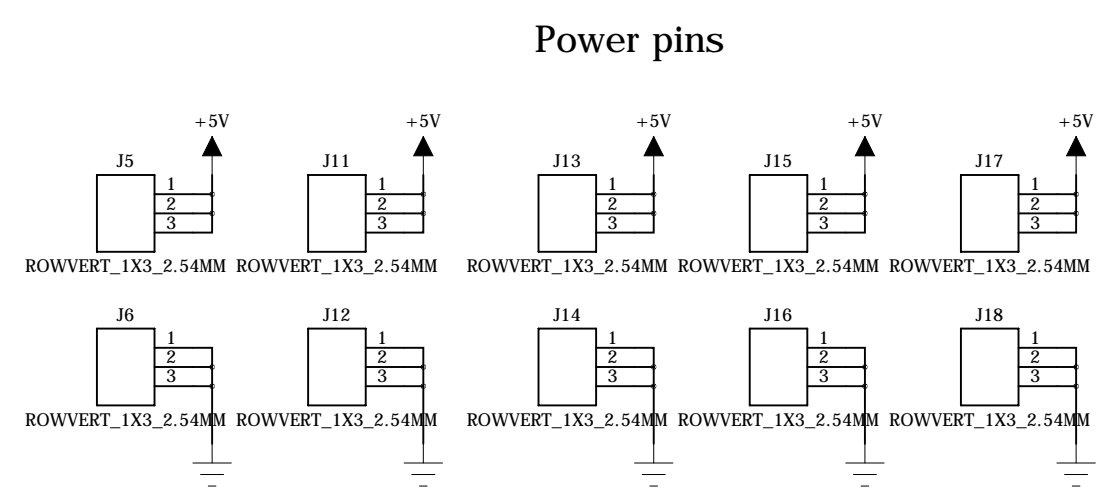
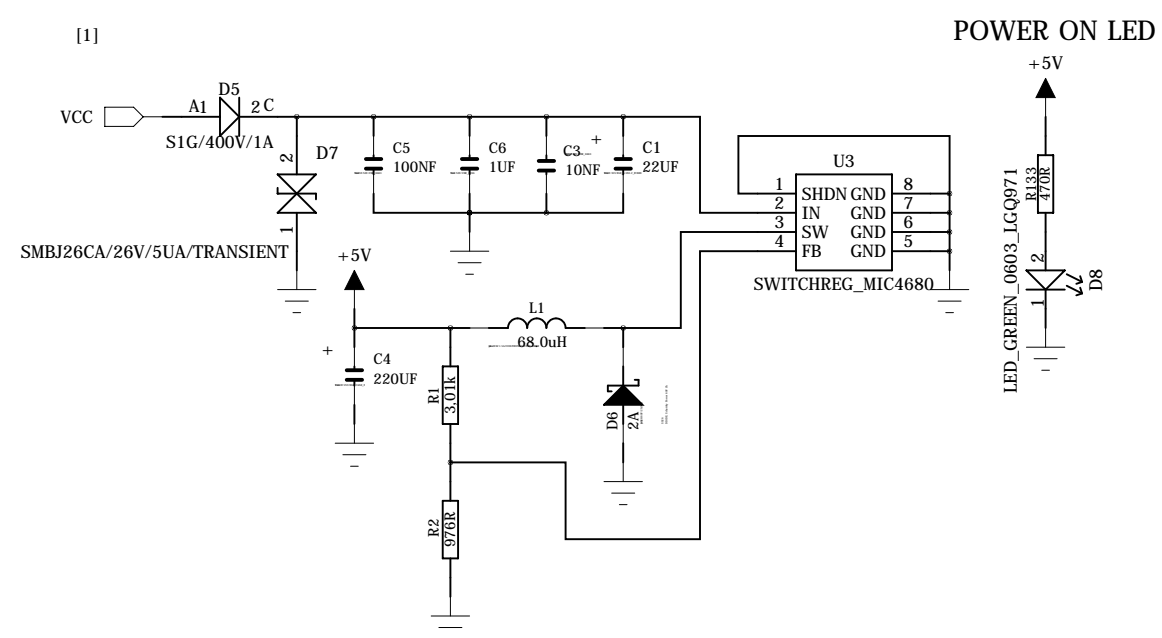
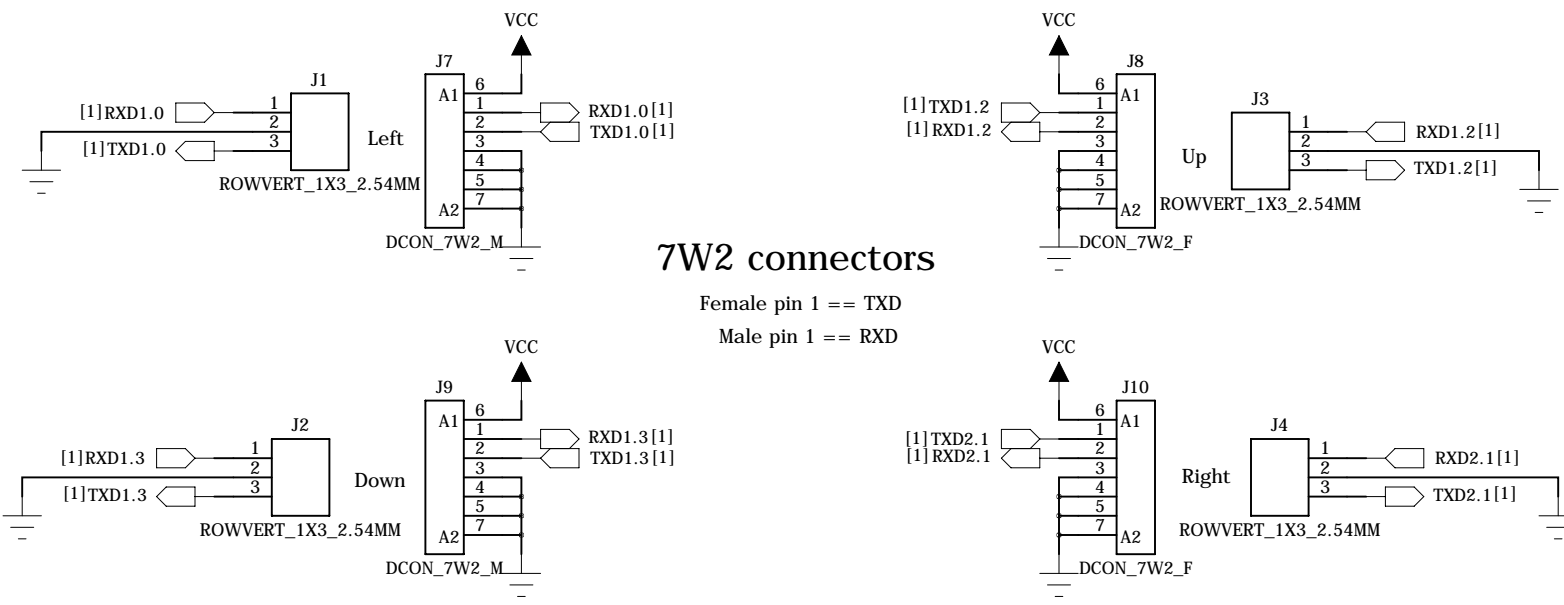
4

3

2

1

REVISION RECORD			
LTR	ECO NO:	APPROVED:	DATE:



COMPANY: JaHa			
TITLE: LED Matrix			
DRAWN: Jarkko Harri	DATED: 28.02.2011	CODE:	REV: A
CHECKED: <Checked By>	DATED: <Checked Date>	SIZE: C	DRAWING NO:
QUALITY CONTROL: <QC By>	DATED: <QC Date>	SHEET: 1 of 1	
RELEASED: <Released By>	DATED: <Release Date>	SCALE: <Scale>	