



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# JUOKSEVA TEKSTI

Pistematriisinäyttöihin pohjautuva näyttölaite

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Tietotekniikka  
Tietokone-elektroniikka  
Opinnäytetyö AMK  
Kevät 2013  
Juhani Repo

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikka

REPO, JUHANI: Juokseva teksti  
Pistematriisiinäyttöihin pohjautuva näyttölaite

Tietokone-elektroniikan opinnäytetyö, 55 sivua

Kevät 2013

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa pistematriisiinäyttöihin perustuva näyttölaite, joka kykenee esittämään käyttäjän syöttämän tekstin liukuvalla juokseutehosteella. Kuvauksen kaltaisia näyttölaitteita käytetään yleisesti julkisilla paikoilla pienten paikallisten tiedonantojen, mainosten ja viestien esittämiseen. Myös julkista muuttuvaa informaatiota, kuten kellonaikaa ja säätietoja voidaan tilanteesta riippuen esittää.

Juoksevan tekstin toteuttamisen päävaiheet olivat kokonaisuudelta tavoiteltavat ominaisuudet määrittävä vaatimusanalyysi, uusien komponenttien käyttöönottojen selvittävät koekytkennät, laitteiston konkreettinen rakentaminen sekä ohjelman kehitys. Vaatimusanalyysissä määritettiin tavoiteltavan laitteiston tulevat ominaisuudet loppukäyttäjän näkökulmasta ja koekytkennöissä tutkittiin ja otettiin käyttöön uusia, määritettyjen ominaisuuksien toteutukseen tarvittavia komponentteja. Laitteiston rakentamisvaiheessa suunniteltiin, tilattiin ja kalustettiin piirilevyt, testattiin kokonaisuuden toimintaa moduulitasolla ja rakennettiin laitteelle kotelo.

Ohjelman kehitysvaiheessa suunniteltiin käyttöliittymää kuvastava rakenne, jonka perusteella kehitystyö etenisi. Laitteiston toteutuksessa ilmenneistä viivästyksistä johtuen kehitystyö ei valmistunut työn julkaisuun mennessä. Kehitysvaiheessa luotiin kuitenkin perustavanlaatuiset toiminnot paikallaan pysyvän tekstin esittämiseen ja tulostamiseen ja määritettiin suunta, mihin kehitystyö tulee jatkumaan.

Opinnäytetyö ei ollut kaupallista toimintaa harjoittavalle yritykselle tehtävä hankkeellinen tilaustyö, vaan henkilökohtaiseen käyttöön tarkoitettu toteutus. Tästä johtuen projekti olisi rahoitettava kokonaisuudessaan itse, minkä ei kuitenkaan katsottu tuottavan ongelmia. Projektin ollessa henkilökohtainen, sille asetetut aikarajavaatimukset olivat väljät ja lähinnä opinnäytetyön julkaisuun liittyviä. Tämä mahdollisti sen, että projektin ohjelmallisen osuuden kehityksen jäätyä kesken aikarajan vuoksi, kehitystyötä voidaan myöhemmin jatkaa harrasteprojektina.

Avainsanat: Pistematriisi, näyttömoduli, multipleksaus, toimintamoodi, AVR, heksaluku.

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in information technology

REPO, JUHANI:                      Running text  
   Displaying device based on dotmatrix displays

Bachelor's Thesis in computer-electronics                      55 pages

Spring 2013

## ABSTRACT

---

The objective of this thesis was to implement a displaying device based on dotmatrix display units, which is capable of presenting a text inserted by a user, equipped with a visual running effect. This type of displaying devices are commonly used in public locations for showing short, local announcements, messages and commercials. Depending on the situation, public information, such as time and information on weather can also be shown.

The main stages at implementing the device were the analysis of requirements, the testing of connections, the building of the actual device and the development of software. In the requirement analysis, the details of the final device were determined from the point of view of an end user. The connections tested in order to find the right kind of components needed for the deployment. In the building stage, printed circuit boards were designed, ordered and assembled. In addition, the entire device was tested on a modular level and a case was built it.

In the stage of software development, a plan was designed, presenting the user interface of the final device, according to which the development would be carried out. However, due to unexpected delays in the building stage, the software development was not entirely finished by the deadline. Nevertheless, basic functions and operations for presenting and printing a stationary text were created and a direction for further developments was determined.

The thesis was not a project ordered by any company, but an implementation designated for personal use. Because of this, the time schedule created was loose and associated mainly with the graduation deadline. The schedule also made it possible that the software development can be resumed as a hobby project after publishing.

Key words: a dotmatrixdisplay, displayunit, operating mode, AVR, hex-number

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VAATIMUSANALYYSI	3
2.1	Loppukäyttäjän näkökulma	3
2.2	Toteutettavat ominaisuudet	3
2.2.1	Ensijaisen toimintamoodin ominaisuudet	4
2.2.2	Vaihtoehtoisen toimintamoodin ominaisuudet	4
2.2.3	Yleiset ja laitteistotason ominaisuudet	5
2.3	Elektroniikkainsinöörin visio ja ratkaisut	7
3	KOEKYTKENNÄT	9
3.1	Pistematriisinäytöt	9
3.2	Lämpötila-anturi	10
3.3	Ulkoinen muistipiiri	11
3.4	Näppäimistö	13
3.5	Sarjaliikenne	17
3.6	Projektista karsitut koekytkenät	18
3.6.1	Rotaatiokooderi	18
3.6.2	Optinen tiedonsiirto	19
3.7	Aikaisemmin koestetut komponentit	22
3.7.1	Reaaliaikakello	22
3.7.2	Nestekidenäyttö	23
4	LAITTEISTON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	24
4.1	Kytkenäkaavioiden ja piirilevyjen suunnittelu	24
4.1.1	Näyttömodulit	24
4.1.2	Ohjainkortti	30
4.1.3	Käyttöliittymäkortti	32
4.2	Piirilevyjen valmistuttaminen	35
4.3	Komponenttien ja muiden osien hankinnat	43
4.4	Elektronisen laitteiston kokoaminen	44
4.5	Laitteiston koestaminen	48
4.6	Kotelomekaniikka	49

5	OHJELMALLINEN KOKONAISUUS	51
5.1	Ohjelman rakenne	51
5.2	Jatkokehitettävät toiminnot	52
6	LOPPUTULOS	53
7	YHTEENVETO	54
	LÄHTEET	55
	LIITTEET	56

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheeksi valittiin pistematriisinäyttöihin perustuva laitteisto, joka kykenee näyttämään juoksevaa tekstiä. Juokseva teksti on yleisesti julkisissa tiloissa, kuten elokuvateattereissa, linja-autoissa, huoltoasemilla ja muissa vastavissa paikoissa lyhyiden ja paikallisten tiedonantojen esittämiseen käytettävä laite. Usein näytöillä myös esitetään yleishyödyllistä tietoa, kuten kellonaikaa, lämpötilaa ja toisinaan uutisotsikoita. Viestinnän tehostamiseksi näytössä voidaan myös käyttää erilaisia kuvasiirtymiä.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tutkimalla juoksevan tekstin toimintaperiaate, päättää valikoimalla kokonaisuudelta halutut ja tavoiteltavat ominaisuudet käyttäjätasolla sekä suunnitella ja toteuttaa kokonaisuus elektronisesti, mekaanisesti ja ohjelmallisesti. Vaikka opinnäytetyö on laadultaan toiminnallinen, ei kyseessä ole kaupallista toimintaa harjoittavan yrityksen tarjoama hankkeistettu tilaustyö, vaan työ tehdään henkilökohtaisesta kiinnostuksesta ja toteuttamisen sekä oppimisen halusta valmistaa juokseva teksti omaan käyttöön.

Ensimmäiseksi tässä opinnäytetyössä pidetään vaatimusanalyysi, jossa asetutaan mahdollisen tulevan loppukäyttäjän rooliin ja jossa hänen oletetusta näkökulmasta katsottuna määrätään varsinaiselta kokonaisuudelta tavoiteltavat ominaisuudet. Tämän jälkeen asetettuja ominaisuuksia tarkastellaan elektroniikkainsinöörin näkökulmasta ja pyritään määrittämään niiden toteutettavuus tekniseltä kannalta.

Seuraavaksi suoritetaan koekytkentöjä, joiden avulla tutustutaan projektissa tarvittaviin, työn suorittajalle entuudestaan tuntemattomiin komponentti- ja laiteratkaisuihin. Tavoitteena on selvittää ratkaisujen toiminta ja käyttöönotto, niiden liittäminen varsinaiseen toiminnalliseen työhön sekä niiden tarjoamat hyödyt. Lisäksi kerrataan aikaisemmin koestetut komponentit, joita projektissa aiotaan hyödyntää.

Koekytkentöjen suorittamisen jälkeen aloitetaan prosessin toiminnallinen toteutus käsittelemällä tarvittavien kytkentöjen ja niihin pohjautuvien piirilevyjen suunnittelu ja tilaaminen. Tästä siirrytään laitteiston kokoamiseen ja testaamiseen käsitel- len elektroniset ja kotelomekaaniset yksityiskohdat.

Laitteiston toteuttamisen ja sen yksityiskohtaisen kuvauksen jälkeen tarkastellaan pikaisesti kokonaisuutta ohjaavan sulautetun järjestelmän ohjelman suunniteltua rakennetta, kehitystyötä ja tarjoamia perustoimintoja. Tarkkoja yksityiskohtia ei ole saatavilla, sillä ohjelmallisen osuuden kehitys jäi projektille varatun ajan loppumisen vuoksi keskeneräiseksi. Samasta syystä opinnäytetyön julkaisuseminaari pidetään ilman konkreettista käytännön esittelyä. Luvussa esitellään kuitenkin vähäisiä kehitettyjä yksityiskohtia sekä julkaisun jälkeen kehitystyölle suunniteltuja yksityiskohtia.

## 2 VAATIMUSANALYYSI

Ennen opinnäytetyöprojektin konkreettisen toteuttamisen aloittamista järjestettiin vaatimusanalyysi, jossa asettauduttiin loppukäyttäjän asemaan ja määriteltiin projektin lopputuloksena tavoiteltavalle, juoksevaa tekstiä näyttävälle laitteelle joukko täytettäviä ominaisuuksia. Vaatimusanalyysi suoritettiin henkilökohtaisesti kysymättä ehdotuksia ja mielipiteitä muilta henkilöiltä ja siinä ominaisuuksia käsiteltiin pääasiassa laadun, hyödyn ja näyttävyyden mukaan. Vaatimusanalyysissä ei kiinnitetty huomiota toteutettavien yksityiskohtien rahalliseen hintaan, sillä tarkoituksena ei ollut suunnitella ja valmistaa tuotetta kaupallisille markkinoille.

### 2.1 Loppukäyttäjän näkökulma

Mahdollisen loppukäyttäjän, jonka voi ajatustasolla rinnastaa maksavaan kuluttajaan, ei voida ilmiselvästi olettaa omaavan koulutusta tai kokemusta tekniseltä alalta. Lähtökohtaisesti käyttäjä lähestyy alan tuntijaa tilanteessa, jossa hänellä on ongelma, johon hän toivoo saavansa suoria vastauksia ja ratkaisun. Hän myös haluaa tämän tapahtuvan ilman syvällistä tutustumista ratkaisumallin tekniseen toimintaan. Lisäksi kaupallisen yritystoiminnan tapauksessa tämän tulee tapahtua kohtuullisten kustannusten ja ajankäytön puitteissa. Näistä syistä vaatimusanalyysissä on toimittava siten, että käyttäjän edellytetään ainoastaan kertovan kokonaisuudesta oma näkemyksensä, joka tavallisesti heijastaa kuvausta kokonaisuuden käyttöliittymästä.

### 2.2 Toteutettavat ominaisuudet

Loppukäyttäjän asemassa suoritettujen vaatimusanalyysin perusteella juokseva teksti päätettiin toteuttaa siten, että järjestelmää voidaan käyttää kahdessa erilaisessa toimintamoodissa. Toimintamoodilla tarkoitetaan tässä yhteydessä terminä ulospäin näkyvää ja siten käyttäjän havaittavissa olevaa merkittävää muutosta laitteen toiminnassa. Sitä ei tule yhdistää sulautetun järjestelmän ohjelmallisen tason toimintaan. Erilaisia laitteen toimintaan vaikuttavia moodeja voidaan tarvittaessa lisätä ohjelmaan useampia, mutta opinnäytetyön kohdalla keskitytään tavoittelemaan kahta pääasiallista moodia, joiden katsotaan olevan tärkeimpiä käyttäjälle.



### 2.2.1 Ensijaisen toimintamoodin ominaisuudet

Ensisijaisessa moodissa käyttäjä voi kirjoittaa näyttöön yhtäjaksoisen, pisimmillään 800 merkin mittaisen tekstin, joka tulee juoksemaan näytön oikeasta reunasta vasempaan. Moodi tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden säätää tekstin juoksunopeutta ja hän voi halutessaan liittää tekstin mukaan kellonajan, päiväyksen ja lämpötilan. Ensisijaisen toimintamoodin ominaisuudet on luettelointu taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Ensisijaisen toimintamoodin yksityiskohdat

1)	Oikealta vasemmalle juokseva yhtäjaksoinen teksti.
2)	Tekstin pituus max. 800 merkkiä.
3)	Säädettävä tekstin juoksunopeus oikealta vasemmalle.
4)	Kellonajan ja lämpötilan esittäminen tekstin joukossa.

### 2.2.2 Vaihtoehtoisen toimintamoodin ominaisuudet

Yhtäjaksoisen tekstin esittämisen ohella näyttölaitteelta tavoitellaan kykyä toimia vaihtoehtoisessa moodissa, jossa näytetään peräjälkeen useita, pisimmillään 25 merkin mittaisia viestejä. Nämä olisivat pituutensa puolesta tarkoitettua näkymään näytössä kokonaisina yksi kerrallaan ja ne tulostettaisiin ja poistettaisiin näytöstä käyttäen vaihtelevia kuvasiirtymiä.

Kuvasiirtyminä olisi järkevintä käyttää vallitsevan laitteisto- ja ohjelmistoratkaisun puitteissa kohtuullisen yksinkertaisia menetelmiä, kuten ensisijaisessa toimintamoodissa käytettävää reunasta reunaan juoksua sekä kirkastumista ja himmentämistä, tulostamista merkki kerrallaan ja vastaavia. Vaihtoehtoisen toimintamoodin ominaisuudet on lueteltu taulukossa 2 ja sen yhteydessä käytettävät kuvasiirtymät taulukossa 3.

TAULUKKO 2. Vaihtoehtoisen toimintamoodin yksityiskohdat

1)	Yksittäisiä, max. 25 merkin mittaisia tekstejä, jotka tulostetaan ja poistetaan vuorotellen, max 32 kpl.
2)	Säädettävä odotusaika yksittäisen tekstin esitykselle.
3)	Joukko erilaisia, valinnaisia kuvasiirtymiä.

TAULUKKO 3. Vaihtoehtoisessa toimintamoodissa käytettävät kuvasiirtymät

1)	Juoksu oikealta vasemmalle.
2)	Kirkastuminen / himmentäminen.
3)	Tulostus merkki kerrallaan vasemmalta oikealle.
4)	Tulostus pystyrivi kerrallaan vasemmalta oikealle.
5)	"Ladonovien" avautuminen / sulkeutuminen.
6)	Tulostus vaakarivi kerrallaan ilmestyen.
7)	Tulostus vaakarivi kerrallaan "rullaten."

### 2.2.3 Yleiset ja laitteistotason ominaisuudet

Määritettäessä yleisiä ja laitteistotasolle luokiteltavia ominaisuuksia päätetään esimerkiksi näytön fyysinen koko, eli näyttöön kerrallaan sopivan tekstin pituus. Laitteistotason ominaisuuksien päättäminen etukäteen on vastuullinen toimenpide, sillä se luo osaltaan perustan myöhemmin suoritettavalle piirilevysuunnittelulle. Näytön koon katsotaan olevan riittävä, kun siinä voidaan esittää kerrallaan 25 merkin mittainen osuus tekstistä. Osuuden pituus määräytyy käytettävien piirilevyjen mittojen ja määrän sekä näytössä esitettävien merkkien koon perusteella. Myös mahdollisuus säätää tekstinäytön kirkkautta on huomioitava laitteistossa.

Näytössä on myös tarpeen vaatiessa pystyttävä esittämään paikallista lämpötilaa, kellonaikaa ja päiväystä. Lisäksi kellonaika tulisi olla tekstinäytön ohella nähtävissä myös kokonaan tälle varatussa erillisessä näytössä, sillä sen asettaminen ja korjaaminen olisi täten käytännöllisempää. Lisäksi yksinkertainen käyttöliittymä on edellytys.

Koska on mahdollista ja todennäköistäkin, että projektin kehitystyön aikana tullaan keksimään uusia ideoita kokonaisuuden ominaisuuksiksi, mahdollisuudet laitteen jatkokehitykselle on pyrittävä pitämään avoinna parhaimman mukaisesti. Ajankäytön vuoksi on kuitenkin järkevintä, että vaatimusanalyysin jälkeen saatuja ideoita ei pyritä ensisijaisesti liittämään juoksevan tekstin kokonaisuuteen. Sen sijaan kokonaisuuteen suunnitellaan sisäinen laitteistotason rajapinta, joka mahdollistaa uusien oheislaitteiden ja ominaisuuksien liittämisen suhteellisen vähällä vaivalla.

Mielenkiintoinen ja kiehtova sekä mahdollisesti käyttäjän huomiota tehokkaammin keräävä ominaisuus olisi myös toiminto, jonka avulla käyttäjä kykenee luomaan omia merkkejä ja symboleja esitettäväksi tekstissä. Tämänkaltaiselle toiminnolle tarvitaan käytännöllisyyden vuoksi tavallisen käyttöliittymän ohessa erillinen laitteistollinen rajapinta.

Sivuuttamaton itsestään selvä yksityiskohta on tietenkin varsinaisen juoksevan tekstin syöttäminen laitteeseen. Kaikkein käytännöllisin ratkaisu olisi, jos käyttäjä voisi kirjoittaa tekstin suoraviivaisesti näppäimistöllä. Huomioiden kuitenkin tilanteen, jossa erillistä näppäimistöä ei ole saatavilla, tekstin syöttämisen on oltava mahdollista myös laitteen paikallisen käyttöliittymän välityksellä. Tämä siitä huolimatta, että tekstin kirjoittaminen käyttöliittymän kautta olisi käyttäjälle poikkeuksetta mutkikkaampaa ja hitaampaa. Juoksevan tekstin yleiset ominaisuudet, joihin myös toimintamoodien käsitteen luetaan kuuluvan, esitetään taulukossa 4.

#### TAULUKKO 4. Juoksevan tekstin yleiset ominaisuudet

- 1) Kaksi toimintamoodia, ensisijainen ja vaihtoehtoinen.
- 2) Näyttö, johon mahtuu 25 merkkiä kerrallaan.
- 3) Säädettävä näytön kirkkaus.
- 4) Kellonaika, päiväys ja paikallinen lämpötila käytettävissä.
- 5) Erillinen kello, josta kellonaika / päiväys aina nähtävissä.
- 6) Yksinkertainen valikoihin pohjautuva käyttöliittymä.
- 7) Mahdollisuudet kokonaisuuden jatkokehitykseen.
- 8) Omien erikoismerkkien luominen ja liittäminen tekstiin.
- 9) Tekstin syöttö ja ohjaus mahdollista sekä oman käyttöliittymän että erillisen tietokoneen näppäimistön kautta.

Taulukoissa 1, 2, 3 ja 4 lueteltujen ominaisuuksien lisäksi vaatimusanalyysissä tulee kiinnittää huomiota ominaisuuksiin, joita käyttäjä pitää itsestäänselvinä ja jättää siksi mainitsematta. Tämän huomiointi on varsinkin projektilähtöisessä työskentelyssä tärkeää ja tulee huomioida myös juoksevan tekstin kohdalla, vaikka vaatimusanalyysi suoritetaan henkilökohtaisesti. Itsestään selvänä ominaisuutena voidaan eittämättä pitää esimerkiksi näyttölaitteen kykyä muistaa siihen syötetty teksti, kellonaika ja asetukset virtakatkosten yli.

### 2.3 Elektroniikkainsinöörin visio ja ratkaisut

Vaatimusanalyysissä määritelty kokonaisuus on käytännöllisintä rakentaa sulaute-  
tun järjestelmän mikro-ohjaimen (engl. microcontroller) ympärille. Mikro-ohjain  
mahdollistaa monien yksityiskohtien, kuten toimintamoodien ja valikkorakentee-  
seen pohjautuvan käyttöliittymän toteuttamisen ohjelmoimalla ja siihen sisäisesti  
kuuluvilla oheispiireillä on mahdollista toteuttaa monet toiminnot, kuten näytön  
kirkkaudensäätö. Mikro-ohjaimeksi valittiin Atmelin valmistama ATmega1281,  
joka sisältää esim. 128 Kb Flash-muistia, 53 ohjelmoitavaa I/O-liitäntää ja erilai-  
sia oheispiirejä. Valinta perustui pääasiassa ohjelmamuistin ja liitäntöjen määrään.

Osa ohjelmassa käytettävästä informaatiosta, kuten kellonaika, päiväys ja lämpöti-  
la on tuotettava ulkoisilla laitteistotason komponenteilla. Samoin tekstin tallenta-  
misessa on turvauduttava ulkoiseen muistipiiriin. Mikro-ohjain liitetään näihin  
oheislaitteisiin käyttämällä erilaisia ohjelmallisia tiedonsiirtoarkkitehtuureja.

Erillinen kellonajalle varattu näyttö rakentuu valodiodeihin pohjautuvista 7-  
segmenttinäytöistä, joita ohjataan mikro-ohjaimen toimesta multipleksaamiseksi  
kutsutun prosessin avulla. Mikro-ohjaimen liitäntänaostojen säästämiseksi, käyte-  
tään lisäksi laitteistotason dekoderi- ja demultiplexeri-logiikkapiirejä.

Juoksevan tekstin käyttöliittymä ja sitä tukeva valikkorakenne on käytännöllistä  
toteuttaa merkkipohjaisella nestekidenäytöllä. Sen välityksellä käyttäjä kykenee  
seuraamaan ja ohjaamaan laitteen toimintaa tekstimuodossa esitetyillä tiedonan-  
noilla. Valikkorakenteen käyttäminen toteutetaan asentamalla näytön viereen  
yleiskäyttöiset funktionäppäimet, jotka voidaan ohjelmallisesti kohdentaa kulloin-  
kin näytöllä esitettäviin toimintoihin.

Vaatimusanalyysissä määriteltiin rajapintamainen ominaisuus, joka mahdollistaa  
laitteistosuunnittelun jälkeen tapahtuvan jatkokehityksen. Uusien ominaisuuksien  
lisääminen edellyttää vapaita ohjelmoitavia liitäntöjä projektin keskusyksikkönä  
käytetyssä ATmega1281-mikro-ohjaimessa, jossa niitä on kaikkiaan 53 kappalet-  
ta. On kuitenkin todennäköistä, että vaatimusanalyysissä määritellyt ominaisuudet  
tulevat oletetusti käyttämään valtaosan saatavilla olevista liitäntänaostoista.

Jatkokehityksen mahdollisuuden takaamiseksi todennäköisesti käytettävä ulkoista ohjelmoitavien liitäntöjen laajennuspiiriä (engl. I/O-expander). Laajennuspiiri olisi yhteydessä keskusohjaimen ohjelmoitavalla väylällä. Toinen, monipuolisempi vaihtoehto liitäntöjen lisäämiseksi olisi käyttää toista mikro-ohjainta keskusohjaimen ohella, sillä tällöin uusissa liitäntänastoissa saadaan käyttöön myös toisen ohjaimen sisältämien oheispiirien toiminnot.

Jotta tekstissä esitettävien omien merkkien luominen olisi käytännöllistä, tarvitaan käyttöliittymään erillinen, yksinomaan tähän tarkoitukseen varattu pistematriisinäyttö ja ohjelmallinen toiminto, jota käyttämällä merkit voidaan muodostaa kuvapiste kerrallaan. Merkkien sisältämien kuvapisteen ollessa vain kymmeniä pisteitä tämän menetelmän käyttämisen ei uskota tuottavan käyttäjälle vaikeuksia tai turhautumista. Karkeahko resoluutio rajoittaa luonnollisesti toiminnon hyötyä.

Koska juokseva teksti takaa käyttäjälle mahdollisuuden luoda omia merkkejä tekstiin, olisi käytännöllistä taata valmiiksi mahdollisimman kattava merkkivalikoima, johon kuuluu aakkosten, numeroiden ja välimerkkien lisäksi joukko erikoismerkkejä. Näitä olisivat esimerkiksi valuutta- ja matemaattiset symbolit sekä kaikki yleisesti käytettävät merkit, joiden esittäminen 8\*5-kuvapisteen kokoisella pistematriisinäytöllä on kohtuullisen selkeää. Nämä tallennettaisiin ohjelman kehityksen yhteydessä pysyvästi mikro-ohjaimen 128 Kb:n kokoiseen flash-ohjelma-muistiin, joten juoksevan tekstin käyttäjällä ei olisi mahdollisuutta muokata niitä.

Tekstin syöttäminen kokonaisuuteen näppäimistöllä on mahdollista toteuttaa sarjaliikenteeseen pohjautuvalla pääteohjelmalla, joka välittää kunkin merkin ASCII-standardin mukaisena informaationa mikro-ohjaimen integroidulle sarjaliikennepiirille. On kuitenkin todennäköistä, että pääteohjelman käyttämisen ja siihen kuuluvien teknisten yksityiskohtien kanssa toimiminen käy käyttäjälle epämiellyttäväksi, joten suunnittelussa on turvauduttava yksinkertaisempaan ratkaisuun.

Käytännöllisin tapa tekstin syöttämiseen olisi suora näppäimistön liittäminen mikro-ohjaimen, jolloin ulkoinen tietokone rajataan pois kokonaisuudesta. Tällöin mikro-ohjaimen tulee kyetä tarkkailemaan näppäimistön standardinmukaista tietoliikennettä ja kehittämään siitä käyttökelpoista ja yksilöllistä informaatiota.

### 3 KOEKYTKENNÄT

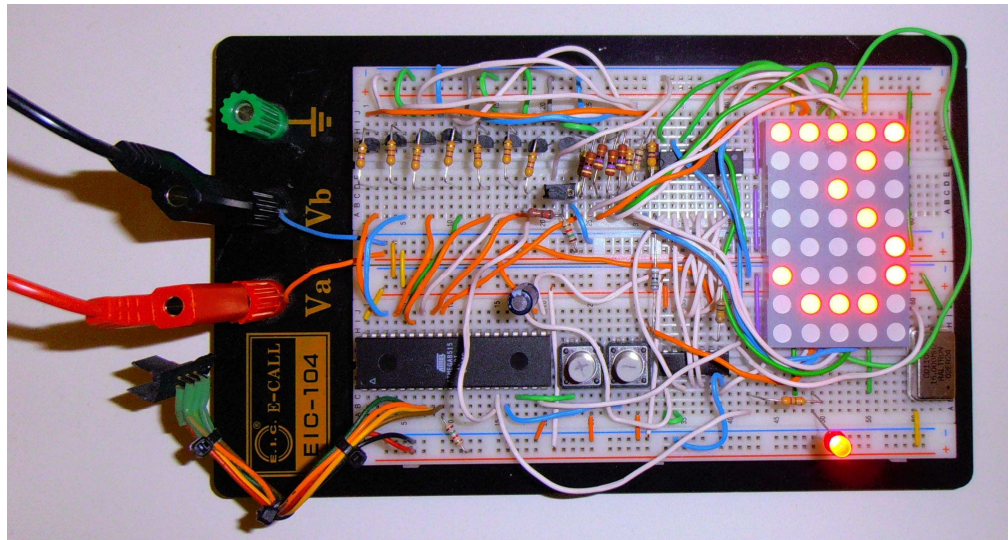
Vaatimusanalyysissä koottujen ominaisuuksien ja niiden pohjalta laaditun insinöörin vision perusteella suoritettiin koekytkentöjä, joiden avulla pyrittiin selvittämään kunkin asetetun toiminnon vaatimien komponenttien liittäminen osaksi kokonaisuuden sulautettua järjestelmää. Laitteiston ja piirilevyjen suunnittelu pohjautuu viime kädessä koekytkentöihin. Prosessiin vaikuttavia tekijöitä ovat myös piirilevyvalmistajien asettamat tekniset rajoitukset ja suunnittelusäännöt.

#### 3.1 Pistematriisinäytöt

Juoksevan tekstin käyttäjälle keskeisin osa on luonnollisesti näytöt, joissa teksti esitetään. Yleisin tekninen ratkaisu kaltaisissa näyttölaitteissa on matriisikytkentä, jonka ohjaaminen perustuu ihmisen silmän luonnollisen hitauden hyödyntämiseen optisen harhan muodossa.

Näyttöä ohjaavaa prosessia voi kutsua sanalla ”Multipleksaaminen” (engl. multiplexing). Sana tarkoittaa matriisikytkentäisen näytön ohjausta vaakarivi tai pystysarake kerrallaan siinä määrin riittävällä nopeudella, että näyttöä katsova henkilö luulee koko näytön loistavan samanaikaisesti. Samanaikaisesti näytössä esitettävää tekstin muodostavaa kuviota käsitellään ohjelmallisesti siten, että käyttäjä edelleen luulee tekstin kirjaimellisesti juoksevan.

Pistematriisinäyttöjen käyttöönotto oli koekytkentävaiheena moniosainen ja siihen jouduttiin projektin aikana palaamaan erinäisiä kertoja. Koekytkentöjä rakennettiin useita ja niiden tarkoituksena oli havainnollistaa, millaisia komponentteja näytöt tarvitsevat ympärilleen ja millaisella ohjelmallisella rungolla niissä kyetään näyttämään haluttu kuvio. Oheiskomponentteina käytetään UDN2982-puskureita ja 74HC164-siirtorekistereitä. Samalla selvitettiin myös näyttöjen tarvitsema kirkkaudensäättö, joka pohjautuu pulssinleveysmodulaatioon. Projektin aikana jouduttiin myös vaihtamaan halutun kokoiset näytöt (5\*8 pistettä) suurempiin (8\*8 pistettä) alkuperäisten näyttöjen tarvittavan määrän saatavuuteen liittyneiden ongelmien johdosta. Yksi multipleksaamisen testikytkennöistä, jossa tuotetaan näytölle paikallaan pysyvä merkki alkuperäisen kokoisessa näytössä, esitetään kuviossa 1.



KUVIO 1. Yksi multipleksaamisen ja kirkkaudensäädön testikytkennöistä

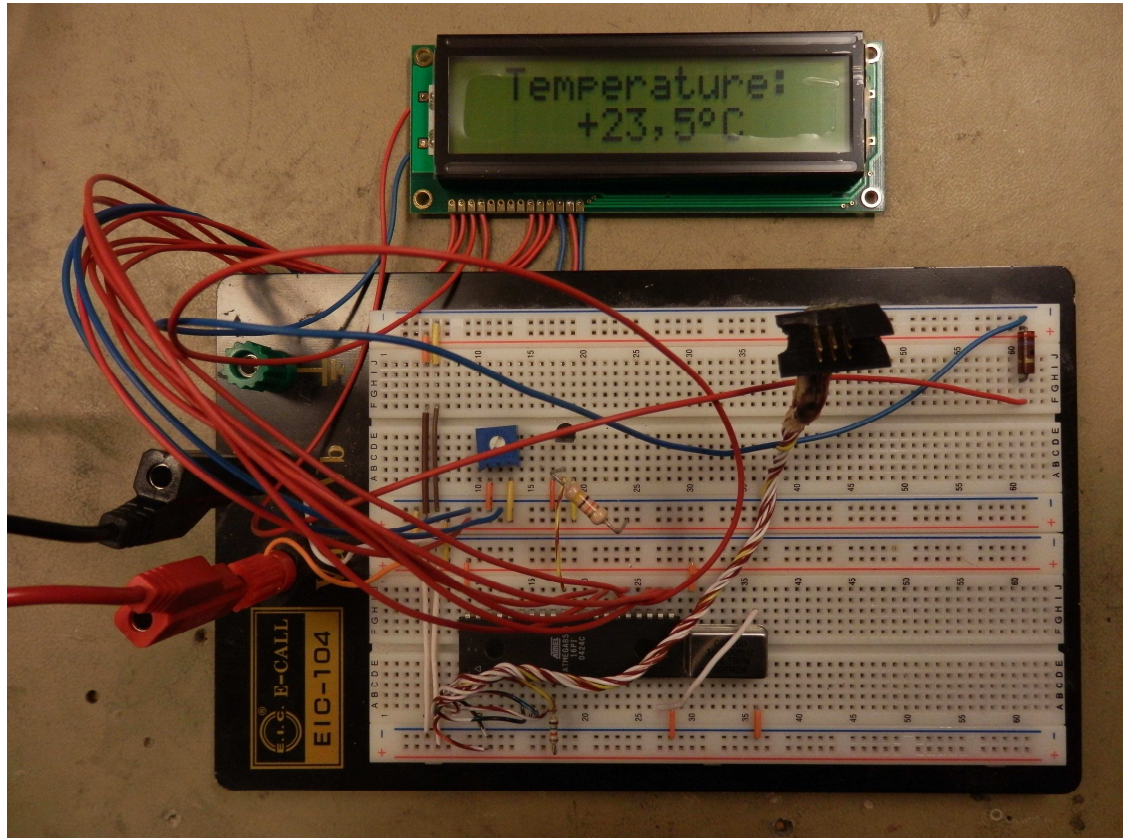
Siirtorekisterien ja puskurien ohella näyttöjen ohjaus perustuu yleistransistoreihin. Ohjaamiseen on olemassa kaksi yleistä menetelmää. Teksti voidaan tulostaa näyttöihin askeltamalla siirtorekistereihin yhden vaakarivin informaatio, avata tämän jälkeen yksi vaakarivejä ohjaava transistori ja toistaa prosessi seuraava vaakarivin kohdalla jatkuvasti uudelleen. Toinen ohjausmenetelmä, jota juoksevan tekstin kohdalla on tarkoitus käyttää, on kuljettaa siirtorekisterijonon läpi yhtä loogista "1"-tilaa ja kunkin pystysarakkeen kohdalla aktivoida transistoreilla vaakarivillä näytettävä kuvio. Jälkimmäisellä pyritään välttämään teoreettinen tekstin juoksesta aiheutuva "kursivoiva" optinen harha, vaikka tästä ei ole käytännön varmuutta.

### 3.2 Lämpötila-anturi

Vaatimusanalyysin mukainen tavoite näyttää juoksevan tekstin ohessa paikallista lämpötilaa pyritään toteuttamaan käyttämällä Dallasin valmistamaa DS1820-lämpötila-anturia. Anturi liitetään mikro-ohjaimen ylösvedetyn 1-Wire-väylän välityksellä, ja se mittaa lämpötilan 0,5 asteen tarkkuudella. Lämpötilainformaatio saadaan muuttujan arvona käyttöön mikro-ohjaimen suorittamassa ohjelmassa.

Kuviossa 2 esitetään DS1820-lämpötila-anturin koekytkentä, joka havainnollistaa käytännöllisen sovelluksen lämpötila-informaation tuottamisesta ja tarjoamisesta käyttäjälle. Koekytkentää varten kirjoitetussa ohjelmassa lämpötila tulostetaan nestekidenäytölle. Tässä tapauksessa lämpötilan käytännölliseen esittämiseen

vaaditaan erillinen tulostusta siistivä operaatio, joka huolehtii ASCII-standardiin kuulumattoman asteen symbolin muodostamisesta, etumerkin käsittelystä ja ylimääräisen nollan poistamisesta lukemasta mitattaessa alle 10 asteen lämpötiloja. Pistematriisinäyttöjen tapauksessa tulostusmetodi eroaa koekytkenän ratkaisusta.



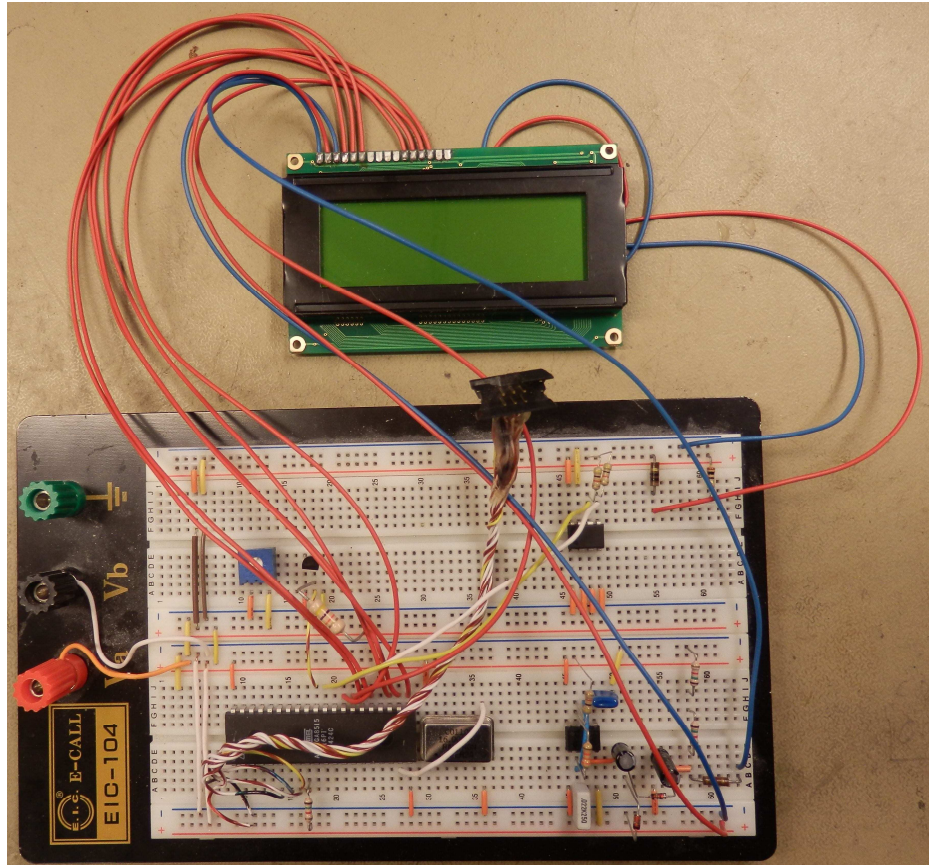
KUVIO 2. Lämpötila-anturin koekytkenä

### 3.3 Ulkoinen muistipiiri

Vaatimusanalyysin mukaan on todennäköistä odottaa, että käyttäjä jättää itsensä selvyden nimessä mainitsematta joitakin ominaisuuksia, kuten tekstin ja asetusten säilyttämisen virtakatkoksista huolimatta. Tavoite täytetään käyttämällä haihtumatonta käyttömuistia (EEPROM), jota projektissa käytettävä mikro-ohjain sisältää 4 Kb:n verran. Eeprom on kirjoittamiseen nähden huomattavasti hitaampi kuin esimerkiksi ulkoinen flash-muisti, mutta kulloinkin käsiteltävän datan määrä on hyvin pieni ja voidaan suorittaa tavu kerrallaan. Pienten käsiteltävien datamäärien johdosta operaatioissa ei myöskään tarvita tiedostonkäsittelyä tai sulautettuun ympäristöön soveltuvaa käyttöjärjestelmää.



Käytettävissä olevan mikro-ohjaimen sisäisen muistikapasiteetin (4 Kb) voi olettaa sopivan mainiosti asetusten tallentamiseen, mutta varsinaisen tekstin säilyttämistä varten on kannattavampaa käyttää ulkoista muistipiiriä. Piiriksi valitaan Microchipin valmistama 24LC32, joka takaa ohjelmassa käytettäväksi toiset 4 Kb Eeprom-muistia ja joka voidaan liittää mikro-ohjaimeen Philipsin kehittämällä I2C-väylällä. Kuvio 3 esittää 24LC32-muistipiirin koekytkentää.



KUVIO 3. Muistipiirin koekytkentä

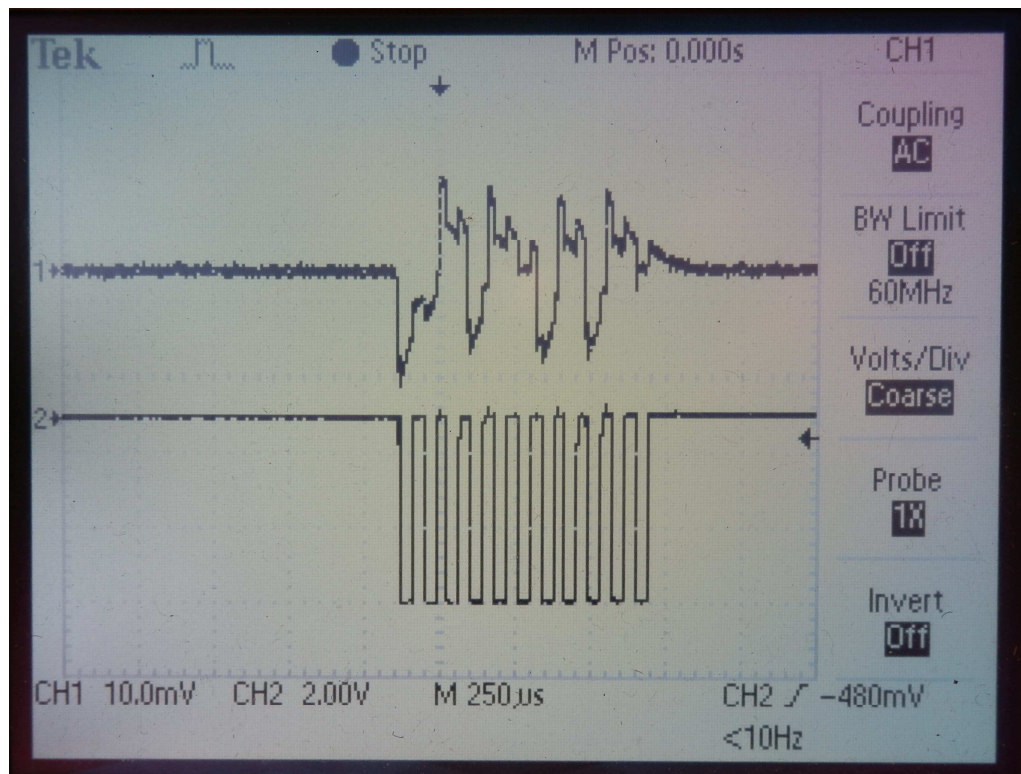
Ulkoisen muistipiirin käytön peruste on tallennuskapasiteetin sijaan käyttöiästä aiheutuvat huoltotoimenpiteet. Valmistaja takaa piirin kestäväen rajallisen määrän kirjoituskertoja (1000 000 kertaa). Käytännössä tämä määrä voi kuitenkin vaihdella suuresti. Koska yhdeksi kirjoituskerraksi määritellään yhden muistipaikan kirjoittaminen, on käytännöllistä sijoittaa käyttäjän syöttämä teksti ulkoiseen piiriin, joka on mekaanisesti irrotettavissa ja siten kohtuullisen helposti vaihdettavissa. Koekytkentää varten kirjoitettiin silmukkaan pohjautuva testiohjelma, joka täyttää muistipiirin sisällön säännöllisesti kasvavilla numeerisilla arvoilla. Kirjoittamisen jälkeen piirin sisältö varmistettiin ulkoisella PonyProg-lukuohjelmalla.

### 3.4 Näppäimistö

Jotta varsinaisen tekstin asettaminen laitteeseen olisi käyttäjälle mahdollisimman yksinkertaista, on luonnollisesti käytettävä valtaväestölle tuttua ja käytettävyydeltään itsestään selvää laitteistoratkaisua. Tarkoitukseen sopii parhaiten tavallinen tietokoneen näppäimistö.

Juoksevan tekstin tapauksessa on hyödynnettävä vanhemman liitännästandardin mukaista, PS/2-tyyppistä näppäimistöä, joka ei edellytä toimiakseen yleiskäyttäjän tietokoneeksi mieltämää keskusyksikköä, kuten pöytä- tai kannettavaa konetta. Isäntälaitteeksi riittää signaalitasolla toimiva sulautettu tietokone, joka juoksevan tekstin tapauksessa on tarkoitukseen sopivalla ohjelmalla varustettu mikro-ohjain.

PS/2-näppäimistön toimintaperiaate on aikakriittinen ja perustuu kahteen näppäimistön tuottamaan signaaliin. Kellosignaalia käytetään isäntälaitteen tahdistamiseen datasiignaalin mukaisesti, jolloin mikro-ohjain kykenee ottamaan säännölliset näytteet informaatiosta. Kuviossa 4 esitetään oskilloskoopilla taltioitu näyte näppäimistön tuottamista data- ja kellosignaaleista.



KUVIO 4. PS/2-näppäimistön data- ja kellosignaalit oskilloskoopilla taltioituna

PS/2-näppäimistön tuottamaan ja mikro-ohjaimen suorittamasta lukuoperaatiosta tuloksena saatavaan informaatioon viitataan englanninkielisellä ilmaisulla ”scan code”, jotka ovat yleisesti kullakin näppäimellä yksilöllisiä. Koodeja kuvataan heksalukujärjestelmän merkeillä, ja niitä on olemassa erimittaisia. PS/2-arkkitehtuurin mukaisesti näppäimistö lähettää koodin sekä näppäimen alas painamisen että ylös noston yhteydessä. Näppäimen ylös nostoa merkitsevä koodi sisältää vakioluvun sekä alas painamista kuvaavan koodin. Kuviossa 5 esitetään näyte tiettyjen näppäinten painamisesta ja vapauttamisesta seuraavista scan-koodeista.

Key	Scan Code make (break)
Backspace	66 (F066)
Tab	0D (F00D)
Q	15 (F015)
W	1D (F01D)
E	24 (F024)
R	2D (F02D)
T	2C (F02C)

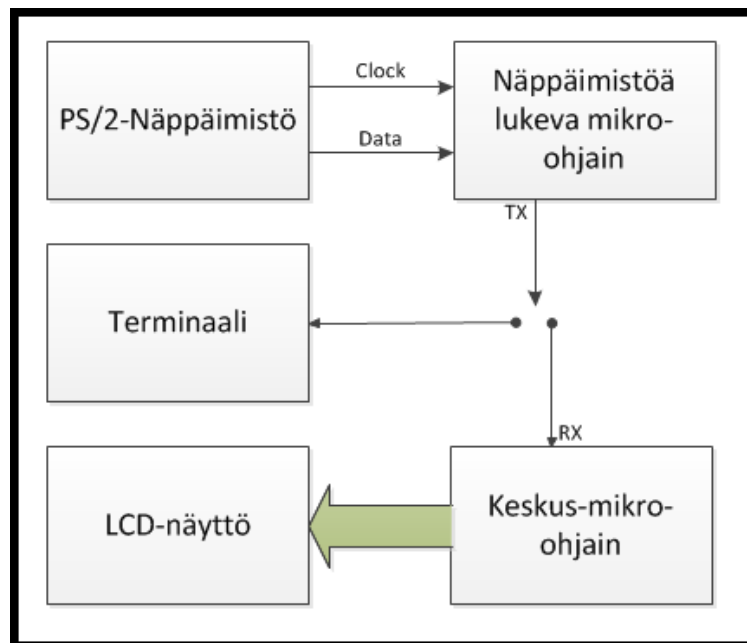
KUVIO 5. Esimerkki näppäimistössä käytettävistä Scan-koodeista

Jotta näppäimistöltä vastaanotettava informaatio olisi yksiselitteisesti käytettävissä juoksevaa tekstiä ohjaavan mikro-ohjaimen ohjelmassa, tulisi tämän informaation olla ASCII (American Standard Code for Information) -standarimerkistön mukaista. Scan-koodit eivät kuitenkaan sovi yksiin ASCII-merkistön kanssa. Vaikka merkistö lisäksi sisältää valtaosan tarvittavista merkeistä, kuten aakkoset ja numerot, siihen eivät kuulu näppäimistön funktio-, erikois- ja ohjausnäppäimet.

Näppäimistön tuottamien Scan-koodien ja ASCII-merkistön yhteensovittamiseksi tarvitaan muunnosoperaatio, jossa jokainen ennakoitu merkki ja toiminto luetteloidaan. ASCII-standardin mukaisten merkkien kohdalla merkistöt kohdennetaan toisiinsa ohjelmallisesti. Standardiin kuulumattomien näppäinten, kuten funktio-näppäinten kohdalla varataan omasta ohjelmasta käyttöön vapaa heksaluku.

Jotta juoksevan tekstin ohjelmakehityksessä voidaan toimia ASCII-merkistön mukaisten symbolien kanssa, niiden ja scan-koodien välinen muunnosoperaatio suoritetaan erillisellä mikro-ohjaimella. Näppäimistöön liitetty ohjain tarkkailee näppäimistön signaaleja ja suorittaa datasiignaalin lukevan keskeytysoperaation kellosignaalin nousevalla reunalla. Keskeytysohjelmassa luetun Scan-koodin perusteella välitetään keskusohjaimelle informaatio painetusta näppäimestä RS-232-standardin mukaisena sarjaliikenteenä. Näppäimen vapauttamista indikoiva tieto jätetään huomiotta.

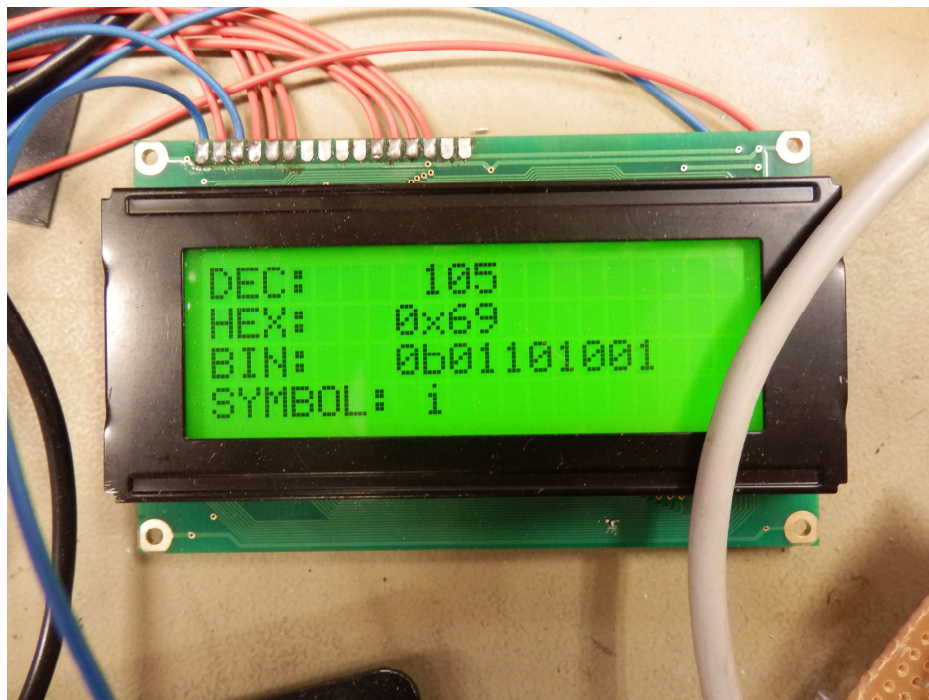
Näppäimistön käyttöönottamiseksi rakennettiin koeytkentä, jossa olivat läsnä kaikki oleelliset tekijät. Tällä tarkoitetaan kokonaisuuteen kuuluvien kahden mikro-ohjaimen lisäksi tietokoneella toimivaa pääteohjelmaa sekä sarjaliikenteen vastaanottavaan mikro-ohjaimen liitettyä nestekidenäyttöä. Kuviossa 6 esitetty lohkokaavio havainnollistaa PS/2-näppäimistön koeytkennän rakenteen.



KUVIO 6. PS/2-näppäimistön koeytkennän rakenne

Koeytkentä oli kuviossa 5 esitetyn lohkokaaavion mukaisesti rakennettu siten, että näppäimistöä lukeva mikro-ohjain välitti ASCII-muotoon muunnetut Scan-koodit joko terminaalille tai toiselle mikro-ohjaimelle, joka puolestaan tulosti ne nestekidenäytölle. Näin toimimalla näppäimistön lukuohjelman kehittäminen omaan tarkoitukseen sopivaksi sujui käytännöllisesti.

Näppäimistön koekytkenässä nestekidenäytölle tulostettiin vastaanotetun merkin ASCII-muotoinen symboli sekä symbolin lukuarvo desimaali, binääri- ja heksalukujärjestelmien muodossa. Menettelytavan tarkoitus oli kartoittaa näppäimistön ASCII-järjestelmään kuulumattomien erikois- ja funktionäppäimien scan-koodit ja määrätä niille luvut, joilla juoksevan tekstin ohjelma kykenee viittaamaan niihin. Kuviossa 7 näytetään esimerkki näppäimistöä lukevan ohjaimen ASCII-muodossa keskusohjaimelle lähettämästä merkistä ja sen lukujärjestelmämuunnoksista koekytkenän nestekidenäytössä.



KUVIO 7. Nestekidenäytölle tulostetut tiedot vastaanotetuista merkeistä

Näppäimistön Scan-koodeja lukeva ohjelmakoodi perustuu Electronics-Base.com-internet-sivuston julkaisuun (AVR – PS/2 Keyboard Key Readout 2011). Julkaisuun lähdekoodia on muokattu juoksevan tekstin tarkoitukseen sopivaksi, ja kehityksen aikana alkuperäiseen tekijään pidettiin tiivistä yhteyttä keskustelupalstan välityksellä. Suurimmat muutokset julkaistuun toteutukseen liittyvät kaikkien projektissa tarvittavien scan-koodien kartoittamiseen ja lisäämiseen, joskin myös teknisiä päivityksiä oli suoritettava alustavaihdoksen johdosta. Muutokset liittyivät sarjaliikenteen baudinopeuteen ja muunnosoperaation toimintaperiaatteen yksinkertaistamiseen. Tuloksena saatiin PS/2-näppäimistön liitäntä, jonka katsotaan olevan käytännöllinen paitsi opinnäytetyössä, myös muissa tulevilla projekteilla.

### 3.5 Sarjaliikenne

Juoksevan tekstin projekti hyödyntää sarjaliikennettä, eli sarjamuotoista tiedon siirtotopologiaa monessa yhteydessä. Aikaisemmin mainitut ulkoinen muistipiiri ja lämpötila-anturi perustuvat sarjamuotoisiin I2C- ja 1-Wire-väyliin. Niin ikään PS/2-näppäimistöä lukeva mikro-ohjain välittää tietonsa keskusohjaimelle sarjamuotoisen RS-232-arkkitehtuurin avulla.

RS-232-standardiin pohjautuva sarjaportti on ennen USB-väylän aikakautta valmistetuissa laitteissa yleinen tapa tiedon siirtämiseen. Asynkronista menetelmää käytetään edelleen sulautettujen tietokoneiden ympäristössä, sillä siirrettävät tietomäärät ovat pieniä. Juoksevan tekstin päämikro-ohjaimessa (ATmega1281) on kaksi RS-232-standardin mukaista sarjaporttia, joista toinen on varattu näppäimistölle. Sarjaportti otettiin käyttöön näppäimistön koekytkentöjen yhteydessä.

Toista sarjaporttia käytetään muodostamaan yhteys tietokoneympäristössä toimivan terminaaliohjelman kanssa. Menetelmä vastaa kuviossa 5 lohkoaviotasolla esitettyä periaatetta. Koska RS-232-standardi perustuu  $\pm 12$  voltin jännitetasoihin AVR-ohjaimen toimiessa +5V:n jännitteellä, on käytettävä varauspumppuihin pohjautuvaa MAX232-tasomuunninta. Sarjaliikenneyhteys tuodaan esille standardin-mukaisella urostyyppin D9-liittimellä.

RS-232-sarjaliikenneyhteys soveltuu teknisesti juoksevan tekstin kaltaiseen pienimuotoiseen tiedonsiirtoon, mutta ei ole käyttäjän kannalta mieluinen menetelmä. Toiminnon käyttöönotto edellyttää käyttäjältä enemmän toimenpiteitä kuin ”Plug and Play”-periaatteen mukainen USB-väylä. Tämän takia juoksevan tekstin kohdalla RS-232-sarjaportti tullaan rajaamaan tekniseen ylläpitoon ja kehitykseen.

Sarjaportin yhteydessä teknisellä ylläpidolla ja kehityksellä tarkoitetaan, että portin kautta voidaan tulostaa pääteikkunaan esimerkiksi ohjelman käyttämien muuttujien arvoja ja muuta yksinomaan kehitystyöhön tarkoitettua tietoa. Tiedon ei siis välttämättä tarvitse olla visuaalisesti siististi esillä, eikä käyttäjän edellytetä tarvitsevan sarjaporttia ja ulkoista näyttöpäätettä yksinomaan laitteen käyttämiseen. Tekstin syöttö voidaan silti tehdä mahdolliseksi myös sarjaportin välityksellä.

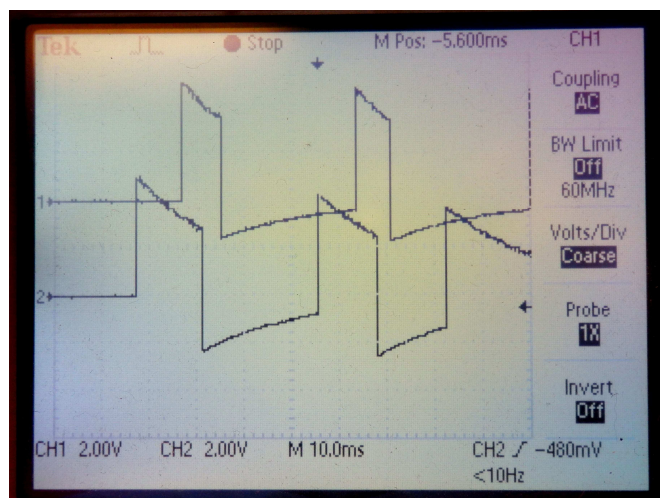
### 3.6 Projektista karsitut koekytkenöt

Osa juoksevan tekstin projektin koekytkenövaiheessa suoritetuista koekytkenöistä päädyttiin karsimaan lopullisesta toteutuksesta. Karsinnan perusteena oli tapauksesta riippuen joko piirilevysuunnittelun aloittaminen tai koestetun toiminnon havaitseminen toimimattomaksi ja sen myötä epäkelvölliseksi.

Opinnäytetyöprojektin käytännön toteutuksesta karsittuihin koekytkenöihin kuuluvat ”rotaatiokooderi” (engl. Rotary Encoder) -nimellä kutsuttava käyttöliittymätason komponentti sekä infrapunavaloon pohjautuva optinen tiedonsiirtolinkki. Projektissa punnittiin myös tarvetta pienelle graafiselle nestekidenäytölle, jolla olisi mahdollista esittää tekstin lisäksi geometrisia kuvioita. Tämän ei kuitenkaan katsottu olevan tarpeellinen, joten näytön tarvitsemia koekytkenöjä ei suoritettu.

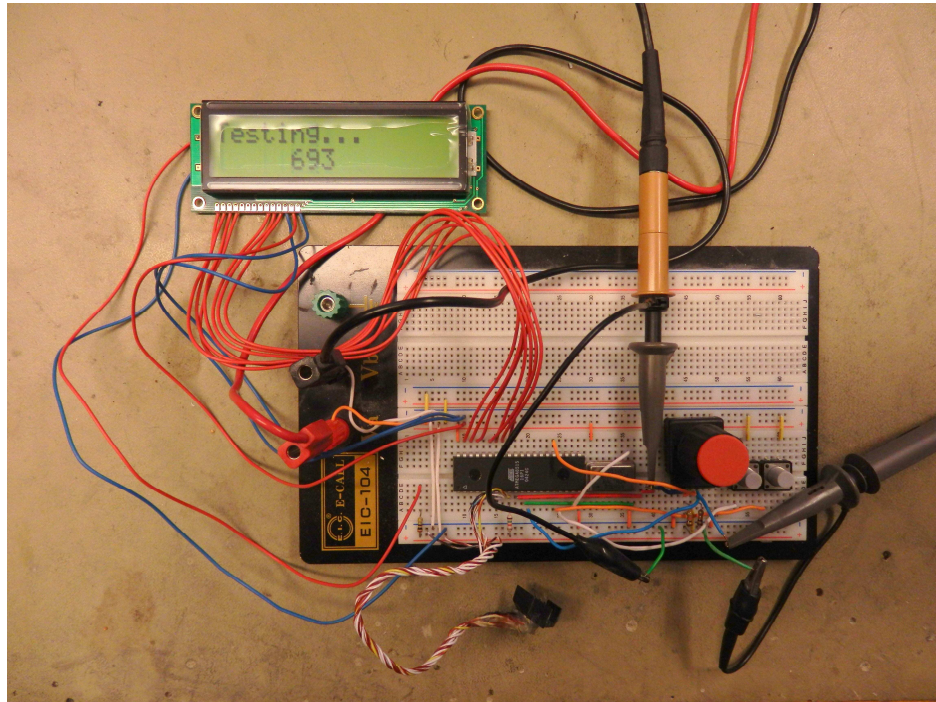
#### 3.6.1 Rotaatiokooderi

Rotaatiokooderi on ulkoisesti resistiivistä potentiometriä muistuttava komponentti, joka toimii digitaalisella. Analogisen virranrajoituksen sijaan kooderi tuottaa käytettäessä kahta kanttiaaltoa, joiden välillä vallitsee ajallinen poikkeama. Komponentti liitetään mikro-ohjaimen, joka ohjelmoidaan tarkkailemaan yhtä signaaleista ulkoisella keskeytystulolla. Keskeytyksen tapahtuessa ohjain tarkistaa toisen signaalin tilan ja suorittaa ohjelmoidun toiminnon signaalin tilan perusteella. Kuviossa 8 esitetään rotaatiokooderin toiminta tarkasteltuna oskilloskoopilla.



KUVIO 8. Rotaatiokooderin signaalitason toiminta tarkasteltuna oskilloskoopilla

Rotaatiokooderi ei ehtinyt mukaan juoksevan tekstin toteutukseen piirilevy-suunnitteluun liittyvistä syistä, mutta sen käyttöönotto on arvokas tieto tulevien projektien käyttöliittymiä ajatellen. Kuviossa 9 on nähtävissä kooderia varten toteutettu koekytkentä, jossa kooderilla voidaan kasvattaa ja pienentää numeerista arvoa.



KUVIO 9. Rotaatiokooderin koekytkentä

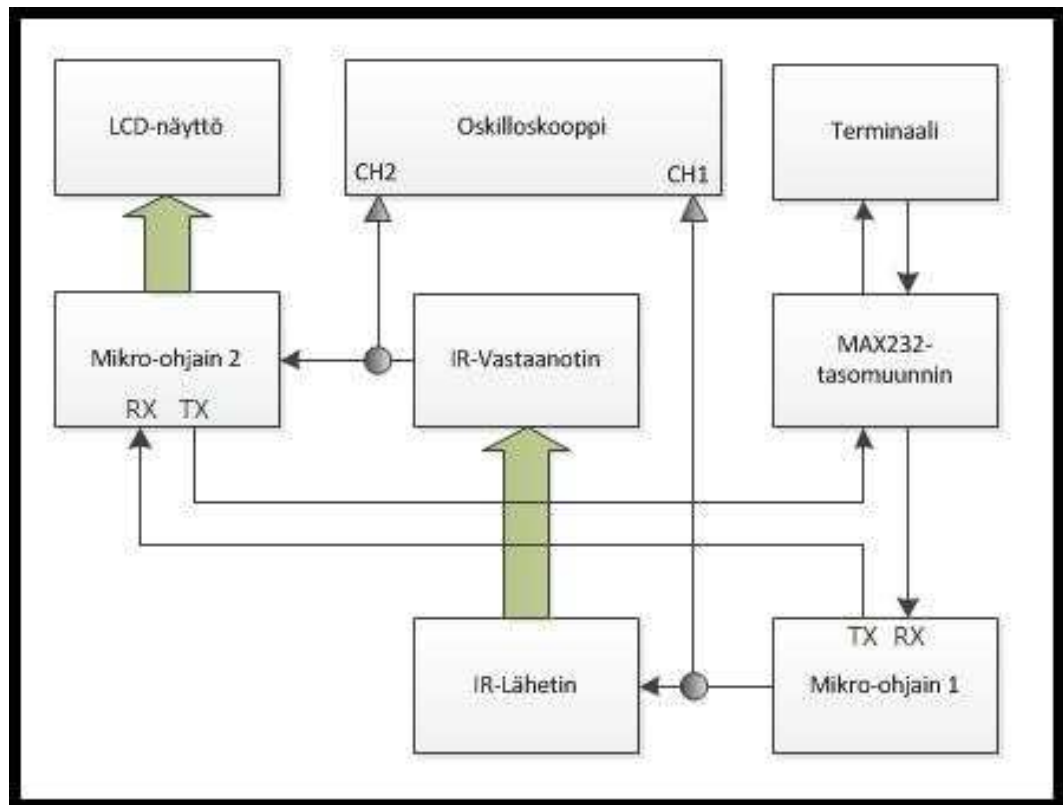
### 3.6.2 Optinen tiedonsiirto

Juoksevan tekstin koekytkentöjen suorittamisen aikana arveltiin, että projektiin kyettäisiin lisäämään käytännöllisiä ja kiehtovia ominaisuuksia kehittämällä käyttöön infrapunavaloon ja sarjaliikenteeseen perustuva optinen tiedonsiirto, eli arkisesti ilmaistuna kaukosäädin. Menetelmä osoittautuisi todennäköisesti huomattavan hyödylliseksi myös monien tulevien projektien kohdalla.

Yksinkertaistettuna kaukosäätimen teknisen toiminnan periaate on katkoa ennestään sarjamuotoista lähetettävää informaatiota kantoaallolla, jonka taajuus asetetaan mahdollisimman yksiin vastaanottimen taajuuden kanssa. Lähetystä varten nämä kaksi signaalia yhdistetään keskenään ja lähetyksen jälkeen vastaanottava moduli purkaa kantoaallon, jolloin informaatio on luettavissa ohjelmoitavan laitteen, tässä tapauksessa sulautetun järjestelmän mikro-ohjaimen toimesta.



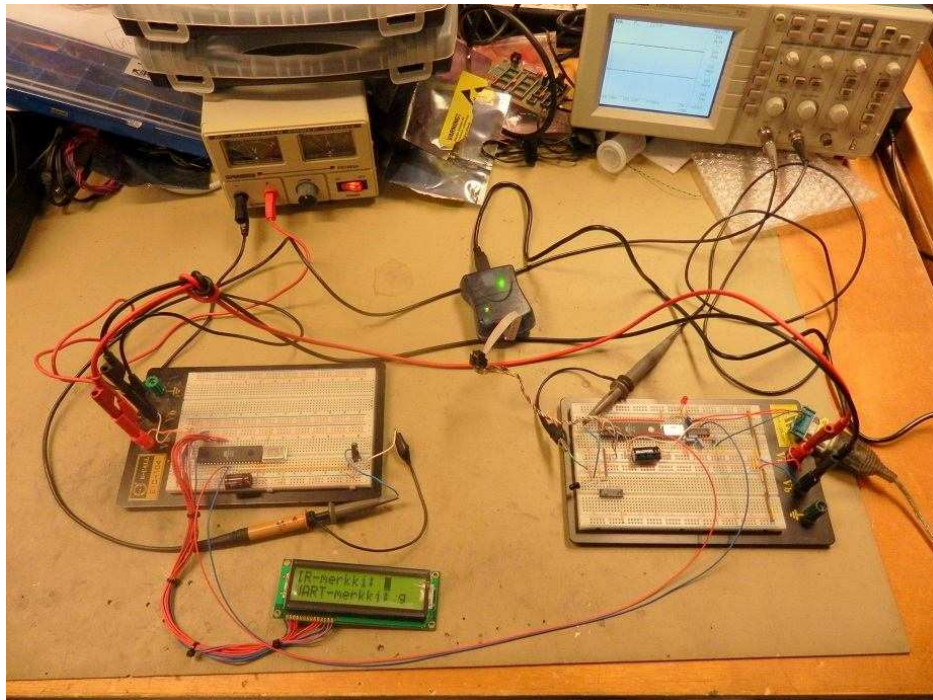
Kaukosäädintä yritettiin toteuttaa pääasiassa Tietomyrsky Oy:n kehittämällä infrapunalähttimen (IR-kauko-ohjain 2001) ja IR-vastaanottimen (IR-vastaanotin EXB2313-kortille 2001) ohjelmaesimerkeillä, jossa optinen lähetys ei hyödynnä mikro-ohjaimen sisäistä UART-sarjaliikennepiiriä, vaan informaatio muodostetaan bitti kerrallaan ohjelmatasolla. Tavoitteena oli aikaansaada koekytkentä, jossa terminaalista lähetetään mikro-ohjaimelle merkki, joka tämän jälkeen kaiutetaan optisen linkin yli toiselle ohjaimelle. Toinen ohjain esittää vastaanottamansa merkin tulostamalla sen merkin LCD-näytölle, ja sekä lähetettävää että vastaanotettua informaatiota seurataan oskilloskoopilla. Kuviossa 10 esitetään lohkokaavio, johon infrapunalähttimen ja -vastaanottimen koekytkentä pohjautuu.



KUVIO 10. Optisen tiedonsiirron koekytkennän lohkokaavio

Kuviossa 10 esitetyn lohkokaavion mukaan optisen informaation siirron toteuttavat mikro-ohjaimet on kytketty keskenään myös galvaaniseen sarjaliikenneyhteyteen. Tämä menetelmä on koekytkentää varten toteutettu ratkaisu, joka mahdollistaa kehitystyön aikaisen vertailun lähetetyn ja vastaanotetun merkin välillä ja siten varmistaa lähetyksen toimivuuden. Valmiista infrapuna hyödyntävästä kaukosäätimen sovelluksesta tämä yksityiskohta luonnollisesti karsittaisiin pois.

Kaukosäätimen koekytkentä tuotti osittaisia, joskin riittämättömiä tuloksia soveltuakseen jatkokehitykseen. Yrityksistä huolimatta vastaanotettua merkkiä ei saatu täsmäämään lähetetyn merkin kanssa. Kysyttäessä asiaa Tietomyrsky Oy:ltä vastauksena kerrottiin, että yritys on lopettanut opetuskäyttöön tarkoitettujen kehitysympäristökorttien myynnin sekä koodiesimerkkien julkaisun. Yrityksestä kuitenkin kehoitettiin tarkistamaan ja kokeilemaan erimittaisia viiveitä, sillä kyseiset lähdekoodit ovat osittain aikariippuvaisia ja eri infrapunavastaanottimien välillä on eroja kantoaaltojen taajuuksissa. Lisäksi olisi hyödyllistä tutustua tarkemmin yleisesti infrapunatiedonsiirrossa käytettyyn RC-5-formaattiin. Kuviossa 11 on nähtävillä kuviossa 10 esitetyn lohkokaaavion perusteella rakennettu koekytkentä, jolla infrapunaan pohjautuvaa tiedonsiirtolinkkiä yritettiin ottaa käyttöön.



KUVIO 11. Infrapunavalodiin perustuvan tiedonsiirtolinkin koekytkentä

Loppujen lopuksi infrapunalähtetimen ja -vastaanottimen kohdalla tultiin tulokseen, että teknisen toimimattomuuden ohella kaukosäätimen käyttö juoksevan tekstin käyttämisessä olisi epäkäytännöllistä. Varsinaisen tekstin syöttö kaukosäätimellä olisi hidasta näppäimistön rinnalla. Myös yksittäisten asetusten teko on ohjauspaneelista käsin kätevämpää. On kuitenkin mahdollista, että kaukosäätimen toteuttamista yritetään myöhemmin muitten projektien yhteydessä uudelleen, mutta tätä ominaisuutta ja sitä hyödyntäviä toimintoja ei toteuteta juoksevan tekstiin.

### 3.7 Aikaisemmin koestetut komponentit

Opinnäytetyössä hyödynnetään uusien koekytkennoillä käyttönottettujen komponenttien lisäksi aikaisemmissa projekteissa käytettyjä AVR-ympäristöön liitettäviä komponentteja. Näihin lukeutuvat Dallasin valmistama DS1302-reaaliaikakello ja Hitachin kehittämä HD44780-tyyppinen merkkipohjainen nestekidenäyttö (LCD).

#### 3.7.1 Reaaliaikakello

Reaaliaikakello on komponentti, joka laskee kellonaikaa sekä päiväystä ja toimittaa nämä tiedot mikro-ohjaimelle käskettäessä. Piirin ja mikro-ohjaimen välinen tiedonsiirto tapahtuu tahdistetun sarjaliikenteen välityksellä.

Piiri ottaa laskennassa automaattisesti huomioon erimittaiset kuukaudet sekä karkausvuoden poikkeaman. Yksittäistä viikonpäivää kuvaava informaatio on myös erikseen saatavilla ja kellonajan laskennan voi ohjelmoida tapahtumaan 24 tai 12 tunnin järjestelmässä. Koska kyseessä on jatkuvasti päivittyvä kellonaika, piirille on kytkettävä oma yksityinen varavirtalähde, jotta lasku jatkuu laitteistokokonaisuuden ollessa sammutettuna. Samasta syystä mikro-ohjaimen tulee ohjelmassaan jatkuvasti pyytää kellopiiriä lähettämään uudet tiedot ja päivittää ne käyttäjän nähtävissä olevaan laitteistoon.

Piirillä on äärimmäisen pieni virrankulutus (300 nA), joten sen varavirtalähteeksi voidaan kytkä esim. 3.3 voltin litiumparisto tai 1 Faradin (1000 000  $\mu$ F) Gold-Cap-kondensaattori, jota juoksevan tekstin tapauksessa käytetään. Reaaliaikakello sisältää ominaisuuden varavirtalähteen lataamiseen ensisijaisesta virtalähteestä.

Varavirtakondensaattorin lisäksi reaaliaikakello tarvitsee ulkoisen kvartsikiteen, jonka taajuus on 32768 Hz. Kellopiirin ajanlaskennan tarkkuus on suoraan sidottu kiteen taajuuteen. Myös kiteen sisäiset ominaisuudet, kuten sen sarjaresistanssi ja kapasitanssi ovat osaltaan vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi kiteen piirilevylevysijoittelu reaaliaikakellopiiriin nähden on yksi osatekijä. Koska kellonajassa tulee todennäköisesti esiintymään ajoittaista puoltamista, juoksevan tekstin ohjelma on tehtävä siten, että käyttäjä kykenee tarpeen vaatiessa korjaamaan aikaa ja päiväystä.

### 3.7.2 Nestekidenäyttö

HD44780-standardin mukainen nestekidenäyttö, johon voidaan tulostaa vakio-muotoista tekstiä ja muuttujien arvoja, muodostaa projektin käyttöliittymän visuaalisen osuuden. Näytön tarjotessa teknisen ratkaisun, käyttöliittymän sisältö tulee rakentumaan ohjelmallisen valikkorakenteen ja funktionäppäinten varaan. Projektissa käytetty nestekidenäyttö on esitetty raportissa aikaisemmin kuviossa 6.

Nestekidenäytön ohella varsinainen pistematriisinäyttö voi myös osaltaan toimia käyttöliittymänä, sillä siihen voidaan tekstin ohella tulostaa valikoiden otsikoita ja asetusten parametreja. Tällöin kuitenkin valikoiden rakenne tulisi eroamaan nestekidenäytön vastaavasta, sillä näyttöön mahtuisi kerrallaan vain yhden toiminnon otsikko ja sen parametrit. Lisäksi ottaen huomioon tilanteet, joissa näyttö asennettaisiin kiinteästi paikalleen ja sitä käytettäisiin yksinomaan yleisölle esitettäviin tiedonantoihin, tämä ei tulisi kysymykseen. Lähtökohtaisesti näytön käyttöliittymä pyritään toteuttamaan käyttämällä nestekidenäyttöä, jossa on 80 merkkipaikka jaoteltuna neljälle vaakariville. Toisena, joskin toissijaisena käyttöliittymänä voidaan käyttää sarjaliikenteen takaamaa terminaalia, josta mainittiin luvussa 3.5.

HD44780-näytön ohjain sisältää kirjastot ASCII-standardin mukaisille merkeille, sekä Japanilaisille Kana-merkeille. Kirjastosta puuttuvat kuitenkin esimerkiksi skandinaaviset merkit. Mikäli näyttöön tulostettava käyttöliittymä halutaan tehdä myös suomenkieliseksi, juoksevan tekstin ohjelmassa on luotava näytölle ääkkösiä vastaavat bittikuviot. Sama koskee muita erikoismerkkejä, kuten valuuvoja koskevia symboleja. Näyttöstandardiin kuulumattomia erikoismerkkejä luotaessa on kuitenkin tehtävä tilannekohtaisia kompromisseja, sillä merkit varastoidaan näytön sisäiseen muistiin, johon niitä mahtuu kerrallaan 8 kappaletta. Tämä tarkoittaa, että kaikki erikoismerkit eivät voi olla näytön muistissa samaan aikaan.

Projektissa käytetty nestekidenäyttö on alun perin suunniteltu toimimaan alhaisten lämpötilojen ympäristössä, mistä syystä sen tarvitsema analoginen kontrastinsäätöjännite on negatiivinen. Tämä järjestetään käyttämällä lineaariseen 555-ajastinpiiriin pohjautuvaa kytkentää, joka tuottaa näytölle noin -2 voltin negatiivisen jännitteen. Kytkentää tarvittiin myös näyttöä edellyttävissä koekytkennöissä.

## 4 LAITTEISTON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Vaatimusanalyysin myötä opinnäytetyön tavoitteen yksityiskohdat olivat selvillä ja koekytkentöjen suorittamisen jälkeen tavoitteiden toteutusmenetelmät olivat muotoutuneet. Projektin seuraava vaihe oli laitteiston käytännöllinen toteuttaminen, jossa tuli ensimmäiseksi määritellä kokonaisuuden muodostavat modulit. Moduleilla tarkoitetaan erillisiä yksiköitä, käytännössä piirilevyjen mukaan rajattuja osakokonaisuuksia, jotka toisiinsa liitettynä muodostavat lopputuloksen.

### 4.1 Kytkentäkaavioiden ja piirilevyjen suunnittelu

Juoksevan tekstin laitteisto jaotellaan yksittäisiin moduleihin piirilevysuunnittelun perusteella. Varsinaisen tekstinäytön muodostavat useat peräkkäin kytketyt näyttökortit ja kokonaisuuden ohjaus tarjotaan käyttäjälle näppäimistön lisäksi käyttöliittymäkortin kautta. Lisäksi tarvitaan koko projektin ytimenä käytettävä mikro-ohjain, joka on yleiskäyttöisyytensä johdosta sijoitettu erilliselle piirilevyille.

#### 4.1.1 Näyttömodulit

Juoksevan tekstin näyttömodulien kytkentäkaavio on suhteellisen yksinkertainen, eikä se poikkea merkittävästi koekytkennöissä esiintyneistä toteutuksista. Tekstin esittäminen näytössä tapahtuu multipleksaamiseksi kutsutulla ohjelmallisella prosessilla, joka pohjautuu katsojan silmän luonnollisen hitauden hyödyntämiseen.

Ohjelmallisesti tapahtuva multipleksausilmiö toteutetaan näyttömoduleille asennetuilla sarjaan kytketyillä siirtorekistereillä, joilla aktivoidaan yksi matriisinäytön pystysarake kerrallaan. Siirtorekisterien tuottama aktivointisignaali vahvistetaan puskureilla ja kunkin sarakkeen kohdalla mikro-ohjain tulostaa ohjelmallisesti halutun kuvion oikeaan kohtaan näyttöä.

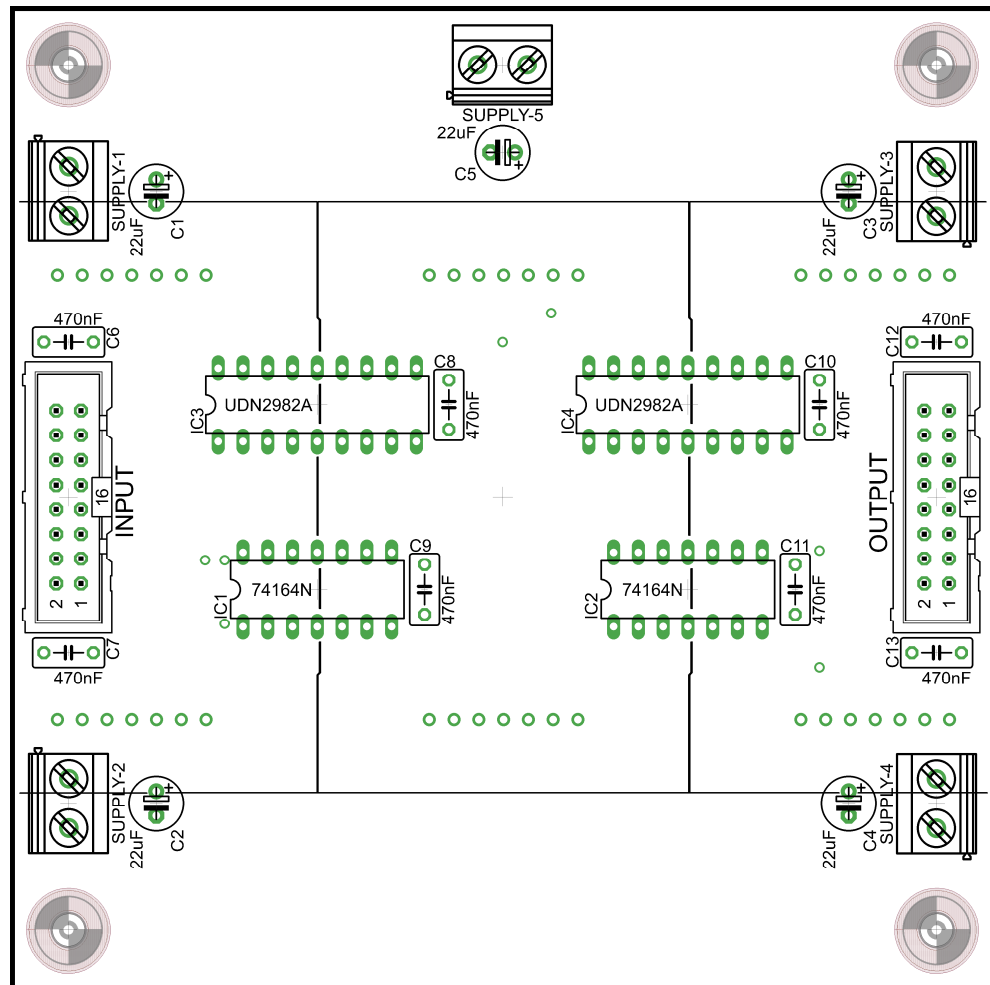
Siirtorekisterit ja puskurit ovat logiikkatason piirejä, joiden lisäksi näyttömodulit sisältävät lähinnä passiivisia ja sähkömekaanisia oheiskomponentteja. Näitä ovat jännitetason vakauttamiseen käytettävät kondensaattorit, liittimet tarvittaville signaaleille ja käyttöjännitteille. Lisäksi tarvitaan varsinaiset pistematriisinäytöt.

Näyttömodulien piirilevyjen suunnittelu oli poikkeuksellisen aikaa vievä opinnäytetyön osaprosessi. Mikäli kyseessä olisi ollut samanaikaisesti kaupalliseen yritystoimintaan tarkoitettu tuotekehitysprojekti, tapahtuma olisi todennäköisesti myös taloudellisesti tappiollinen. Suunnittelussa kohdattiin lukuisia vaihtelevuudeltaan vakavia tilanteita, kuten ongelmia tarvittavien komponenttien hankinnassa, joiden johdosta näyttömodulien piirilevy-suunnittelua jouduttiin pitkittämään ja toistamaan. Vastoinkäymiset olivat kuitenkin opettavaisia, ja ne kyettiin ratkaisemaan.

Vaatimusanalyysin mukaan juoksevan tekstin näytön tulee olla niin laaja, että siinä voidaan esittää kerrallaan 25 merkin mittainen osuus tekstistä. Lähdetessä täyttämään vaatimusta aloitetaan käytettävien näyttöjen ja esitettävien merkkien koosta, josta päädytään näyttöjen määrän kautta piirilevyjen määrään. Piirilevyjen määrä puolestaan korreloi suoraan näyttöjen tarvitsemien oheiskomponenttien kanssa. Vaatimusanalyysissä korostettu näytettävän tekstin kokonaispituus on ohjelmallinen yksityiskohta, eikä sillä ole vaikutusta laitteistosuunnitteluun.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan juoksevan tekstin näyttö tuli toteuttaa 5\*8-kuvapisteen kokoisilla pistematriisinäytöillä, joita kiinnitettäisiin vierekkäin 30 kpl, asennettuna 10 näyttömodulille. Tällöin vaatimusanalyysissä asetettu tavoite 25 merkin mittaisen tekstiosuuden yhtäaikaisestä näyttämisestä olisi täyttynyt tarkalleen, sillä merkit ovat viiden pystysarakkeen kokoisia ja vaativat toisistaan erottuakseen yhden sarakkeen verran ylimääräistä tilaa. Vastaavasti 30 pistematriisinäyttöä takaavat näytön kokonaispituudeksi 150 pystysaraketta.

Ensimmäinen hahmotelma yksittäisen näyttömodulin piirilevystä sisälsi kolme 5\*8-kokoista pistematriisinäyttöä, niiden ohjaamiseen tarvittavat siirtorekisterit ja puskurit sekä oleelliset liitännät. Tarvittavat signaalit kuljetettaisiin kaikkien modulien läpi nauhakaapeliliittimillä ja käyttöjännitteet useilla ruuviliittimillä vastaavalla tavalla. Kaikki komponentit olisivat asennettuina piirilevyn samalle puolelle siten, että pistematriisinäytöt korotetaan muiden osien yläpuolelle käyttämällä pitkäpiikkisiä mikropiirikantoja. Yksittäisen näyttömodulin ensimmäisestä piirilevy-suunnitelmasta esitetään komponenttisijoitteluun keskittyvä havainnekuva kuviossa 12. Valitettavasti tämä suunnitelma jouduttiin hylkäämään, sillä kävi ilmi että tarvittavien pistematriisinäyttöjen teollinen valmistaminen oli lopetettu.



KUVIO 12. Ensimmäinen osasijoitteluhahmotelma näyttömodulien piirilevyistä

Tarvittavien näyttömodulien valmistamisen lopettaminen teki tilanteen erityisen harmilliseksi, sillä vähäisesti jatkokehitetty versio näyttökortin ensimmäisestä suunnitelmasta ehdittiin lähettää tuotantoon. Kyseessä ei ole kuviossa 12 esitetty hahmotelma. Jälkeenpäin ajateltuna pikaistuksissa tehty päätös tilata näyttömodulien piirilevyt ennen tarvittavien pistematriisiinäyttöjen tilaamista uskallettiin tehdä, sillä näyttöjen saatavuutta oli seurattu suunnittelun aikana myyjän internet-sivuilta. Sivujen mukaan tuotetta oli saatavilla projektiin tarvittavat 30 kpl. Myyjän virheen vuoksi suunnitellut ja tilatut piirilevyt eivät kelpaa opinnäytetyöhön.

Erehdyksessä tilatut, komponenttisaatavuuden takia kelvottomat näyttömodulit olivat opinnäytetyön kannalta virhe. Levyt eivät kuitenkaan ole täysin hyödyttömiä, sillä niiden sisältämät siirtorekisteri- ja puskuriketjut ovat käyttökelpoisia. Levyjä tullaan mahdollisesti tulevaisuudessa hyödyntämään toisessa projektissa, jossa rakennetaan toisenlainen matriisiinäyttö esim. RGB-valodiodeja käyttäen.

Ensimmäisen hahmotelman osoittauduttua kelvottomaksi näyttömodulin suunnittelua jatkettiin etsimällä korvaavia pistematriisinäyttöjä. Tilalle valittiin näytöt, jotka sisälsivät 8\*8-kuvapistettä, mikä tarkoitti aikaisempien kolmen pienemmän näytön korvaamista kahdella. Samalla kunkin näyttömodulin pystysarakkeiden määrä kasvaa yhdellä, jolloin lopullisesta näytöstä tulee vähäisesti tavoiteltua pidempi. Vaatimusanalyysin kannalta tämä on kuitenkin hyväksyttävä tapahtuma.

Matriisinäyttöjen vaihto oli merkittävä ja runsaasti sopeuttavaa suunnittelua vaatinut toimenpide näyttömodulien kehityksessä johtuen siitä, että tilattujen matriisinäyttöjen sisäinen valodiodikytkentä osoittautui päinvastaiseksi, kuin alkuperäisten näyttöjen kohdalla oli ollut. Alkuperäisen näyttömodulin kohdalla näyttöjä oli tarkoitus ohjata syöttämällä kunkin pystysarakkeen läpi siirtorekisterien tuottama virtapulssi puskurien vahvistamana ja samanaikaisesti aktivoida valikoidut ledit kyseisellä sarakkeella. Vastakkainen ledikytkentä käänsi tilanteen päinvastaiseksi.

Koska uusien pistematriisinäyttöjen kohdalla virta tuli syöttää vaakariviltä pystysarakkeelle päin, merkittävin muutos näyttöjen vaihdon lisäksi oli edellisten, ei-invertoitujen puskurien vaihto invertoiduiksi. Puskureita ohjaavia siirtorekistereitä ei ollut tarpeellista vaihtaa. Samalla vaakarivejä ohjaavat signaalit, jotka saadaan näyttömodulien ulkopuolelta, tuli muuttaa virran kulkua katkovista virtaa antaviksi. Tämän järjestäminen edellytti näyttökorteilta erityisiä toimenpiteitä.

On huomioitava, että näyttökortin kehittäminen ensimmäisestä hylätystä mallista lopulliseen käsitti useita hylättyjä suunnitelmia. Näiden välillä olevat kehitykset ja erot ovat kuitenkin siinä määrin vähäisiä, ettei niiden erotteleminen versioittain ole merkittävää. Huomio kohdistetaan ensimmäisen ja viimeisen mallin eroihin.

Näyttömodulien ulkopuolisille ohjain- ja käyttöliittymäkorteille, joihin näyttömodulien muodostama kokonaisuus liitetään, ei ollut suunniteltu uusien pistematriisinäyttöjen edellyttämää käänteistä signaalilähdettä, jonka liitin sopisi yhteen näyttökortilla olevan liittimen kanssa. Alkuperäinen liitin ei takaisi päinvastaisesti kytketyille näytöille sopivaa informaatiota. Tästä syystä näyttökorteille oli suunniteltava vaihtoehtoinen signaalitie, joka tietysti kalustettaisiin ainoastaan näyttömodulien ensimmäiselle kortille. Liitettä toteutettiin yksittäisillä ruuviliittimillä.

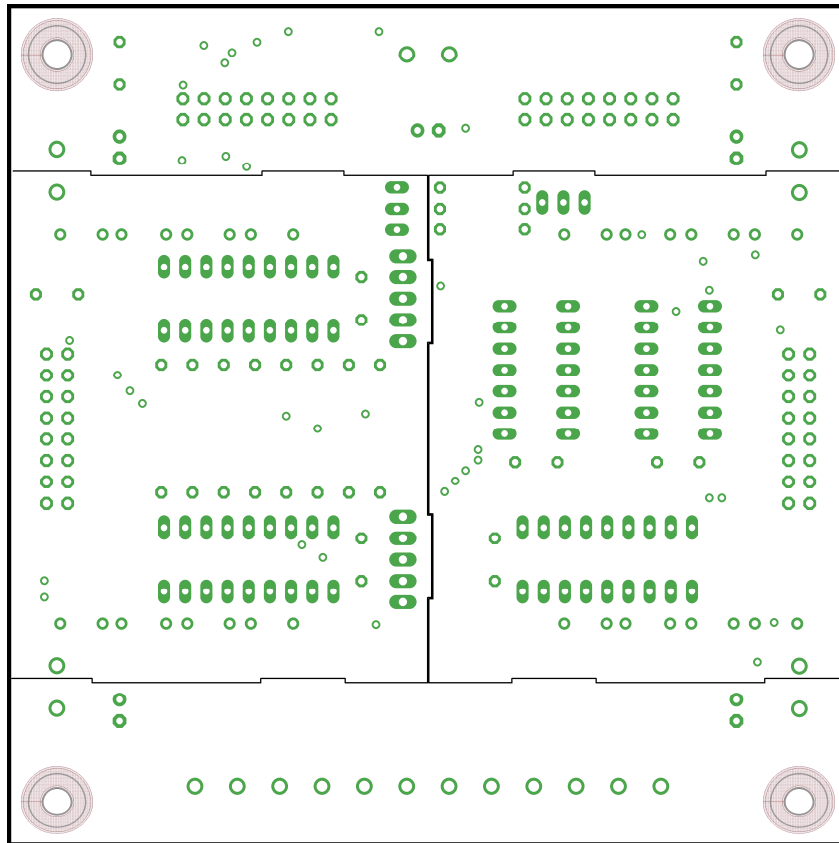


Vaihtoehtoisen signaalien sisääntulon ohella näyttökorteille suunniteltiin myös vaihtoehtoinen reitti modulien väliseen signaalien kuljetukseen. Tarkoituksena oli tarjota mahdollisuus piirilevyjen välisten nauhakaapelien korvaamiseen modulien yläreunaan sijoitettavalla piirilevykiskolla, joka kuljettaisi signaalit kullekin modulille. Ratkaisu mahdollistaisi vianetsinnän kokonaisuudesta siten, että yhden modulin irrottaminen ei katkaisisi yhteyttä irrotetun modulin jälkeisiltä yksiköiltä. Tähän tarkoitukseen käytettävät liittimet sijaitsevat modulin yläreunassa, mutta niitä tuskin tullaan kalustamaan ja käyttämään näytön lopullisessa toteutuksessa.

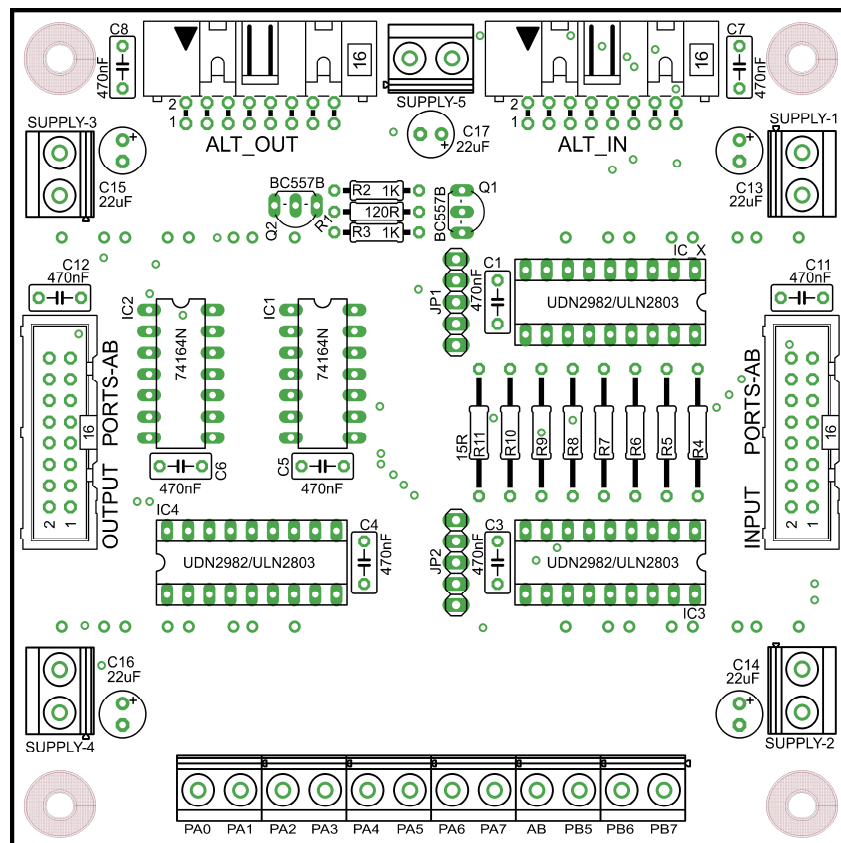
Näyttömodulien käyttämät signaalit ovat suurimmaksi osaksi universaaleja. Tällä tarkoitetaan kaikkien modulien tarvitsevan samoja signaaleja toimiakseen, mikä mahdollistaa yksittäisen modulin poistamisen tarvittaessa huoltoa varten. Siirtorekisterien läpi kuljetetaan pystysarakkeita valitsevaa informaatiota, jota varten tarvitaan säännöllinen kellosignaali. Viimeisen sarakkeen kohdalla siirtorekisterit on nollattava uutta multipleksauskierrosta varten, mihin tarvitaan nollauspulssia. Näyttöjen kirkkautta säädetään ohjaamalla puskureita pulssinleveysmodulaatio-signaalilla. Lisäksi kaikkia vaakarivejä varten tarvitaan omat datasiinaalinsa. Kaikki signaalit viedään jokaiselle näyttömodulille nauhakaapeleilla ja kuljetetaan piirilevyjen läpi mahdollisimman suorina johdinvetoina käyttämällä välikerroksia.

Näyttökortin lopullisessa suunnitelmassa pistematriisinäytöt asennetaan piirilevyn yläpuolelle ja kaikki muut komponentit alapuolelle. Näyttöjen kohdalla käytetään irrottamisen mahdollistavia kantoja, mikä edesauttaa osaltaan mahdollisia huolto-toimenpiteitä. Modulikorteilla olevat puskurit voidaan tarvittaessa sijoittaa toistensa paikoille, jolloin käytettävät pistematriisinäytöt voivat olla sisäiseltä kytkennältään myös pystysarakkeelta vaakariville päin, kuten alkuperäisten 5\*8-kokoisten näyttöjen kohdalla oli. Pistematriisinäytöt ulottuvat tarkoituksellisesti piirilevyn reunojen ulkopuolelle, joten kytkemällä niitä sarjaan saadaan saumaton näyttöyksikkö.

Kuvioissa 13 ja 14 esitetään osasijoitteluun keskittyvät havainnekuvat yksittäisen näyttömodulin piirilevysuunnitelmasta, joka valikoitui lopulliseksi versioksi. On huomioitava, että kuviossa 13 esitetty osasijoittelu on käännetty peilikuvakseen, jolloin syntyvä vaikutelma vastaa valmistetun piirilevyn konkreettista käsittelyä.



KUVIO 13. Havainnekuva lopullisen näyttökortin yläpuolen osasijoittelusta



KUVIO 14. Havainnekuva lopullisen näyttökortin alapuolen osasijoittelusta

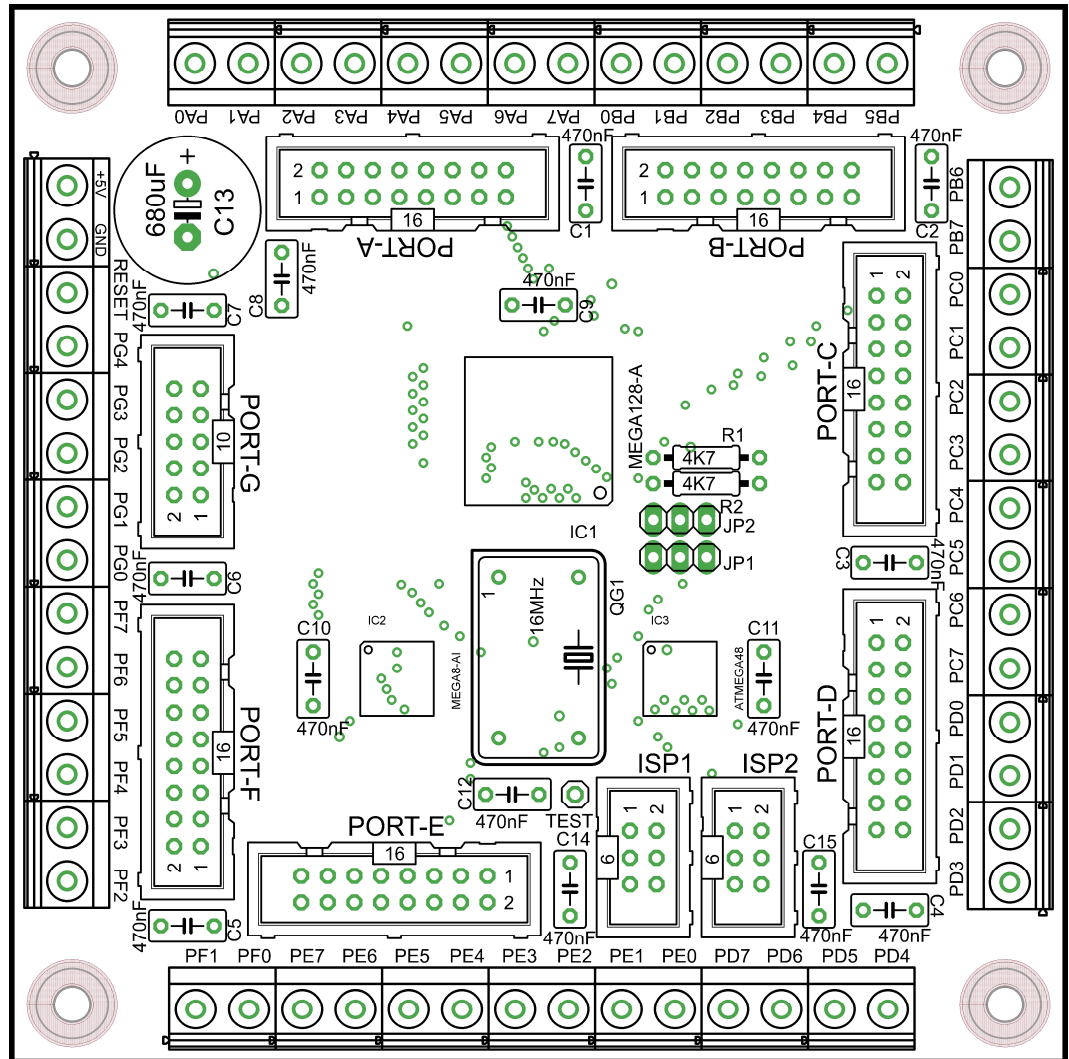
#### 4.1.2 Ohjainkortti

Juokseva teksti on sulautettu järjestelmä, eli sen toiminta perustuu kokonaisuuden sisäiseen tietokoneeseen, jonka läsnäolosta ja sisäisestä rakenteesta käyttäjän ei tarvitse olla tietoinen. Käytännöllisin tapa sulautetun järjestelmän toteuttamiseen on käyttää yleiskäyttöistä mikro-ohjainta, sillä sen käyttöönotto ei vaadi ulkoisten muistien ja rajapintojen lisäämistä. Mikro-ohjaimia on lukuisia erilaisia ja tavallisesti ne sisältävät myös monia erilaisia oheislaitteita sekä yleiskäyttöisiä liitäntöjä.

Juoksevan tekstin projekti rakentuu Atmelin valmistaman ATmega1281-mikro-ohjaimen ympärille. AVR-mikro-ohjainperheeseen kuuluva komponentti käsittää perusominaisuuksinaan 128 Kb:n ohjelmamuistin, 8 Kb:n käyttö- ja 4 Kb:n data-muistit, sekä 53 ohjelmoitavaa I/O-liitäntänastaa. Lisäksi ohjain sisältää useita integroitua oheispiirejä, kuten sarjaliikenne- ja muita väyläohjaimia ja ajastimia. Riippuen ohjelmankehitykseen käytettävistä työkaluista, ohjaimella voidaan myös ohjata laitteita, joita varten ei ole integroitua oheispiirejä, esim. nestekidenäyttöjä.

Koska mikro-ohjaimet ovat perustaltaan monikäyttöisiä ja helposti ohjelmoitavia, olisi sulautettujen järjestelmien kaupallisessa kehitystyössä käytännöllistä säilyttää lopputuotteen kehitettävyyttä ohjelman näkökulmasta. Vastaavasti harrastelijan kohdalla käytännöllisyyttä lisää edelleen mahdollisuus siirtää mikro-ohjain tarvittaessa kokonaan toiseen ympäristöön. Mikäli tuote sen sijaan pyritään tekemään mahdottomaksi takaisin mallintaa (engl. reverse engineering), tästä on tietenkin poikettava. Opinnäytetyöprojekti ei tavoittele kaupallistamista, joten kokonaisuuden jatkokehittäminen jätetään jälkeensä mahdolliseksi ja mikro-ohjaimelle suunnitellaan erillinen moduli, joka voidaan tarvittaessa irrottaa kokonaisuudesta.

Juoksevaa tekstiä varten suunniteltiin tilanteeseen nähden perusteet huomioiva mikro-ohjainkortti. Kortti voidaan kalustaa kolmella ominaisuuksiltaan erilaisella AVR-perheen mikro-ohjaimella, ja se tarjoaa kaikki rajapintana toimivat liitäntänastat käytettäväksi joko nauhakaapeli- tai ruuviliittimien muodossa. Kortti on tarkoituksellisesti suunniteltu mitoiltaan samankokoiseksi kuin näyttökortit, joten se voidaan helposti asentaa yhden näyttömodulin taakse samoihin kiinnikkeisiin. Kuviossa 15 esitetään osasijoitteluun keskittyvä havainnekuva ohjainkortista.



KUVIO 15. Havainnekuva yleiskäyttöisen ohjainkortin osasijoittelusta

Vaikka kuviossa 15 esitetty mikro-ohjainkortti on yleiskäyttöinen helposti saatavilla olevien liitännöiden vuoksi, sen monikäyttöisyydestä voidaan esittää eriäviä mielipiteitä. Tärkein argumentti tähän on mikro-ohjaimen välittömästi liitettävien oheislaitteiden asennuspaikkojen puuttuminen. Vaikka aikaisemmissa projekteissa onkin monesti käytetty esimerkiksi reaaliaikakelloa ja nestekidenäyttöä, kaikkien mahdollisten ja todennäköisten oheislaitteiden asennustarpeita ei ole mahdollista ennakoita. Päätös jättää oheislaitteiden paikat pois mikro-ohjainkortilta on siis kompromissi, jonka nojalla näiden lisääminen edellyttää kultakin projektilta tapauskohtaisen lisäkortin suunnittelua. Näin on jouduttu toimimaan myös opinnäytetyön kohdalla, jota varten suunniteltiin oma käyttöliittymäkortti. Ratkaisun tekoon vaikutti myös aika, jota käytettiin poikkeuksellisen paljon aikaisempien näyttökorttien suunnitteluun..

### 4.1.3 Käyttöliittymäkortti

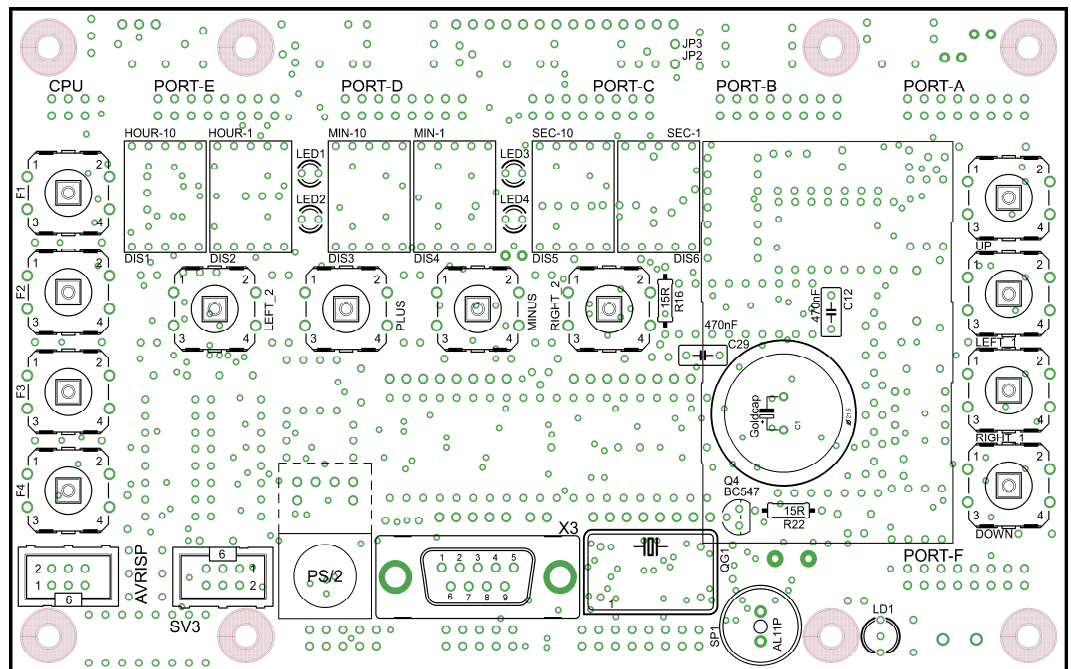
Juoksevan tekstin pääasiallinen ohjaus pyritään toteuttamaan irrallisella tietokoneen näppäimistöllä, joka liitetään suoraan laitteistokokonaisuuteen. Tällä tarkoitetaan, että käyttäjä kykenee näppäimistön avulla ohjelmoimaan laitteeseen haluamansa tekstin ja käyttämään tärkeimpiä asetusvalikoita. Näiden vaatimusten täyttäminen voisi periaatteessa olla mahdollista ilman erillistä käyttöliittymä-paneelia, jos pistematriisinäyttö toimisi tekstin esittämisen ohella myös ohjaus-paneelina ja esittäisi valikoiden otsikot ja kulloinkin valittavat vaihtoehdot.

Vaatimusanalyysin mukaan laitteistokokonaisuuteen on kuitenkin sisällytettävä oheislaitteita, kuten erillinen kello, joka tarjoaa kellonajan / päiväyksen aina nähtäville, sekä laitteisto, joka sallii käyttäjän luoda omia erikoismerkkejä liitettäväksi tekstiin. Lisäksi edellytettiin toimintoa, jolla näytössä voidaan esittää lämpötilaa ja mahdollisuutta ohjata kokonaisuutta ulkoisen tietokoneen pääteohjelman kautta.

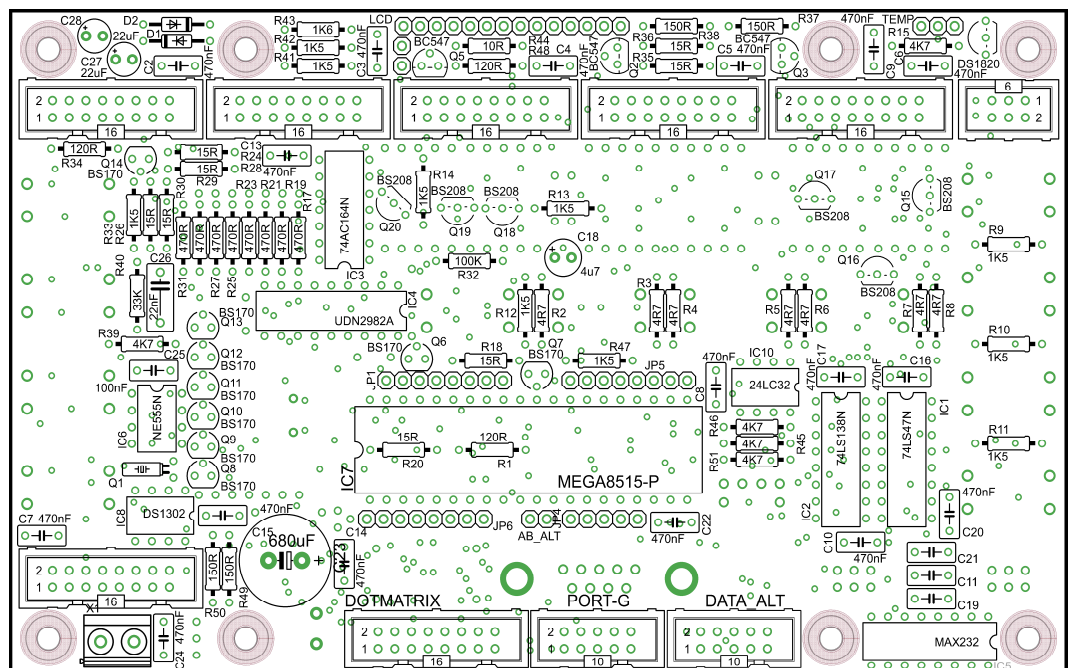
Vaadittujen oheistoimintojen takaaminen edellyttää useiden aktiivisten komponenttien liittämistä projektia ohjaavaan mikro-ohjaimeen. Lämpötilainformaatio järjestetään DS1820-lämpötila-anturilla, kellonaika ja päiväys DS1302-reaaliaikakellolla ja käyttäjän ohjelmoima teksti tallennetaan ulkoiseen 24LC32-Eeprommuistipiiriin. Näppäimistön ja pääteohjelman käyttöön tarkoitetun sarjaportin liittämiseen tarjotaan standardinmukaiset PS/2- ja D9-liittimet. Kaikki vaaditut toiminnot on käytännöllisintä koota yhdelle käyttöliittymänä toimivalle piirilevyille, joka liitetään useilla lattaakaapeilla suoraan mikro-ohjainkortin I/O-portteihin.

Käyttöliittymäkortille sisällytettyjen oheiskomponenttien takaamat toiminnot tarjotaan käyttäjälle pääasiassa visuaalisten näyttöjen avulla. Kellonaika saatetaan näkyville 7-segmenttinäyttöillä ja mahdollisuus omien merkkien piirtämiseen järjestetään yhdellä erillisellä pistematriisinäytöllä, josta käyttäjä näkee suunnittelemansa merkin välittömästi. Varsinainen valikkorakenteeseen ja valittaviin vaihtoehtoihin pohjautuva käyttöliittymä järjestetään nestekidenäytön avulla, joka asennetaan käyttöliittymäkortin viereen. Kortille on asennettu myös käytännöllisyyden määräämille paikoille painonapit, joilla ohjataan valikoiden vaihtuvia toimintoja, kellon ajan asettamista ja itse piirrettävien erikoismerkkien näytön käyttöä.

Käyttöliittymäkortin piirilevysuunnittelussa jouduttiin määräämään sijoituspaikat kohtuullisen suurelle määrälle komponentteja. Toteutus vaati sijoittelua piirilevyn molemmille puolille. Kortin toimissa käyttöliittymänä sijoittelussa pyrittiin asettamaan yläpuolelle pelkästään käyttämiseen liittyviä komponentteja. Kuvioissa 16 ja 17 esitetään osasijoitteluun keskittyvät havainnekuvat kortin ylä- ja alapuolesta.



KUVIO 16. Havainnekuva käyttöliittymäkortin yläpuolen osasijoittelusta



KUVIO 17. Peilattu havainnekuva käyttöliittymäkortin alapuolen osasijoittelusta

Monet käyttöliittymäkortille asennetut oheislaitteet, kuten lämpötila, muisti- ja kellopiirit, liitetään suoraan mikro-ohjaimen erilaisilla väyläarkkitehtuureilla, eivätkä ne edellytä ylimääräisiä oheispiirejä. Käyttäjälle merkitsevät laitteet, kuten kellon ja itse piirrettävien merkkien näytöt sen sijaan hyödyntävät loogisen tason oheiskomponentteja. Itse piirrettävien merkkien näyttö pohjautuu varsinaisen tekstinäytön tapaan siirtorekisteriin ja puskuriin. 7-segmenttinäyttöihin perustuva kello toteutetaan numerot tulostavalla dekooderilla ja näytön valitsevalla demultiplexerillä. Menettelyn tarkoituksena on pyrkiä säästämään mikro-ohjaimen liitännästoja, joita ei kuitenkaan kaikkien vaatimusten toteuduttua jää ylimääräisiä.

Opinnäytetyön vaatimusanalyysin mukaan juoksevan tekstin tulee olla toteutettu siten, että kokonaisuutta voidaan julkistamisen jälkeenkin edelleen kehittää. Tällä tarkoitetaan mahdollisia korjauksia ohjelmallisissa toiminnoissa ja myös lisäyksiä laitteistollisissa oheispiireissä. Mikro-ohjaimen rajapintana toimivien I/O-nastojen loppuminen tekee kuitenkin jatkokehityksen sellaisenaan vaikeaksi. Tästä syystä kokonaisuuteen lisätään toinen, edellistä pienempi mikro-ohjain ATmega8515.

Mahdollisten jatkokehittävien toimenpiteiden varmistava mikro-ohjain huolehtii myös kokonaisuuteen kuuluvan näppäimistön käsittelystä. Käyttöliittymäkortille sijoitettu ohjain liitetään keskusmikro-ohjaimen sarjaliikenteellä, jonka välityksellä voidaan kuljettaa näppäimistön tuottamat ohjauskäskyt ja tuleviin oheislaitteisiin liittyvät komennot. Pois lukien näppäimistön vaatimat kaksi I/O-liitäntää, ohjaimen rajapinta on täysin varattu tuleviin laitteistollisiin kehitystoimenpiteisiin.

Käyttöliittymäkortin komponenttisijoittelu pyrittiin suunnittelemaan siten, että käyttäjän tarvitsemat ohjaimet ovat aseteltuina mahdollisimman käytännöllisesti. Erillinen kello ja itse piirrettävien merkkien näyttö on sijoitettu piirilevyn keskelle ja niitä sekä LCD-näyttöä ohjaavat painonapit niiden läheisyyteen. Sarjaliikenteen ja näppäimistön liittimet on sijoitettu piirilevyn alareunaan, jossa niiden ei arvella olevan merkittävästi käyttäjän tiellä. Käyttöliittymäkortille on myös suunnittelun yhteydessä asennettu ylimääräinen liitin, joka mahdollistaa ohjelman lataamisen mikro-ohjaimen avaamatta koteloa, mikä helpottaa osaltaan ohjelmoijan työtä. Vastaavanlainen liitäntä on luonnollisesti olemassa myös näppäimistöä ja myöhemmästä mahdollisesta jatkokehityksestä vastaavalle mikro-ohjaimelle.

Nestekidenäyttö, joka on näppäimistön ohella käyttöliittymän keskeisimpiä osia, on alkujaan suunniteltu toimimaan alhaisen lämpötilan ympäristössä. Tästä syystä sen vaatima kontrastin säätävä analoginen jännite on negatiivinen. Koska opinnäytetyössä ei tarvita negatiivisia jännitteitä muualla, sellainen on tuotettava nestekidenäytölle erikseen. Tätä varten käyttöliittymäkortille on lisätty 555-ajastinpiiriin perustuva kytkentä, joka tuottaa näytölle noin -2 voltin kontrastijännitteen.

Kuten aikaisemmin selostettiin, näyttölaitteen toiminta perustuu siirtorekistereillä toteutettuun pystysarakkeen valintaan ja valikoitujen valodiodien sytyttämiseen kultakin sarakkeelta. Sarakkeita valitseva informaatio kuljetetaan multipleksausoperaationa rekisterien läpi. Käyttöliittymäkortilla sijaitseva itse piirrettävien merkkien näyttö ja siihen kuuluvat komponentit kuuluvat samaan siirtorekisterien ketjuun. Multipleksauskierros alkaa itse piirrettävien merkkien näytöstä ja jatkuu varsinaiseen tekstinäyttöön, jota voidaan myös tarpeen vaatiessa pidentää.

#### 4.2 Piirilevyjen valmistuttaminen

Projektiin tarvittavien kytkentöjen ja piirilevyjen suunnittelua seuraava vaihe oli levyjen konkreettinen valmistuttaminen. Valmistuttamista varten tutkittiin useiden piirilevytehtaiden hintoja sekä suunnittelu- ja muita sääntöjä. Teollisesta piirilevyvalmistuksesta omattiin aikaisempaa kokemusta kesätyösuhteesta Prinel Piirilevy Oy:n palveluksessa, mikä edesauttoi merkittävästi prosessiin sisältyvien yksityiskohtien hahmottamista ja huomioimista.

Päätös levyjen valmistajan valinnasta perustui viime kädessä paitsi hintaan, myös valmistajien asettamiin minimi tilausmääriin. Teollisessa piirilevyvalmistuksessa ei valmisteta tavallisesti yksittäisiä levyjä, vaan tilaukset sidotaan joko tiettyyn käytettävään vähimmäispinta-alaan, tai pienimpään kappalemäärään yksittäisiä levyjä, mikä on taloudellisista syistä ymmärrettävää. Lisäksi valmistajan tarjoamat vaihtoehdot koskien johtimien loppupinnoitetta ja useampaa osasijoittelukuviota olivat omat tekijänsä. Valmistajaksi kaavailtiin kiinalaista Itead Studiota tai Bulgarianlaista Olimexia, mutta lopulta levyt päädyttiin tilaamaan kahdelta eri valmistajalta, kiinalaiselta DfRobotilta ja Slovakialaiselta SQP Internationalilta.



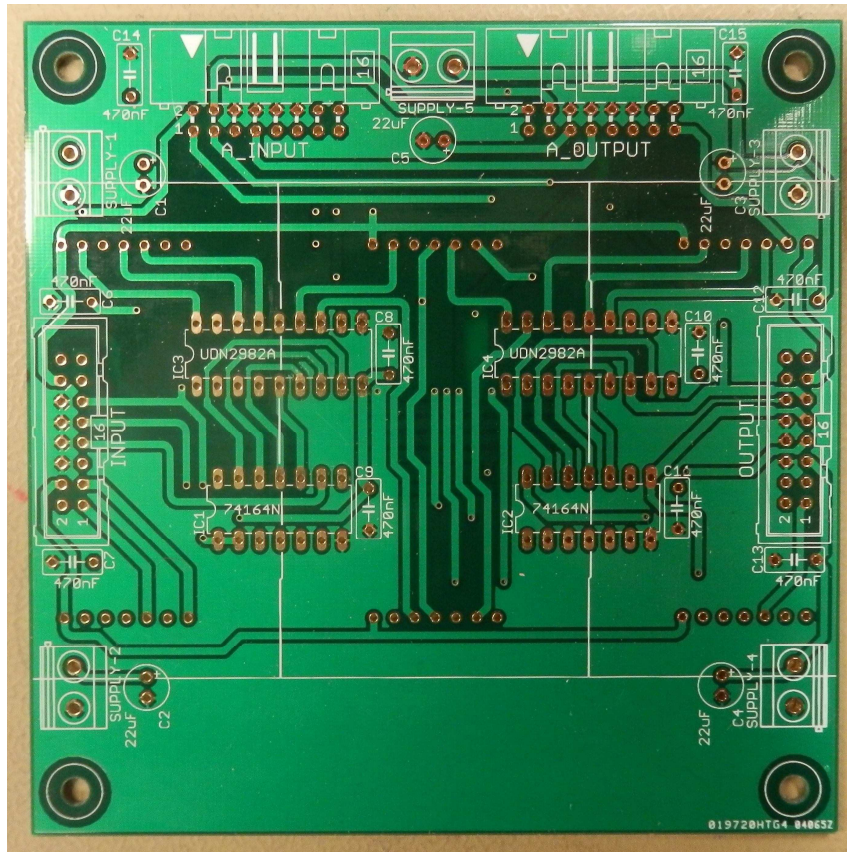
Taloudellisesti olisi ollut kannattavinta, jos piirilevyt olisi voitu valmistaa itse hyödyntämällä aikaisemmissa harrastusprojekteissa hankittuja taitoja. Levyjen tiedettiin kuitenkin sisältävän yksityiskohtia, joita ei olisi mahdollista valmistaa harrastelijatason työvälineillä. Useimmat suunnitelluista piirilevyistä sisältävät neljä johdinkerrosta, mikä on jo itsessään itsenäisen valmistamisen pois sulkeva tekijä. Levyillä käytetyt johdinlevydet ja eristevälit ovat myös ajoittain kapeita, eikä kuvionsiirron laatua voi omilla valmistusmenetelmillä taata alkuunkaan.

Juoksevan tekstin näyttökortit valmistutettiin kiinalaisella piirilevyvalmistajalla DfRobotilla. Tilauksessa käytettiin yrityksen tarjoamaa palvelua, joka takaa 10 kpl 10\*10 cm kokoisia, neljä johdinkerrosta käsittäviä piirilevyjä. Palvelu tarjoaa myös kuparin ja levyn paksuuksille sekä juotteenestopinnoitteen värille erilaisia vaihtoehtoja ja suurempien kappalemäärien tilaaminen on tarvittaessa mahdollista.

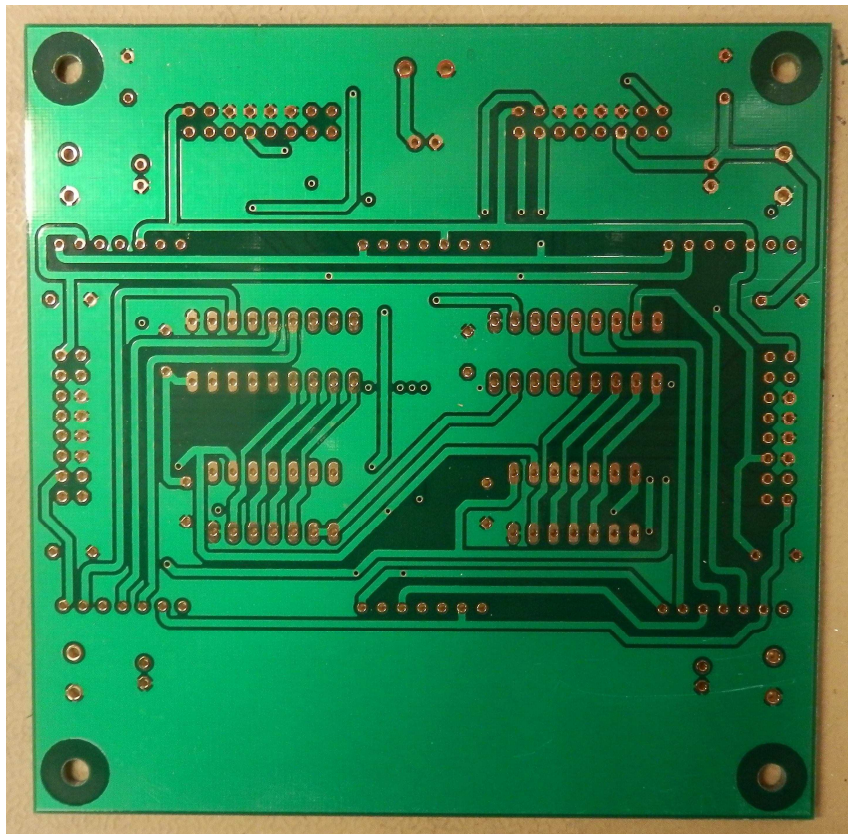
Kuten piirilevy-suunnittelua käsittelevissä kappaleissa mainittiin, näyttömodulien ensimmäiset piirilevyt tilattiin etuajassa siihen nähden, että tarvittavan kokoisia pistematriisinäyttöjä ei ollut myyjän tekemän kirjanpitorvirheen vuoksi saatavilla. Tilanteen käytyä ilmi valmistajaan oltiin välittömästi sähköpostitse yhteydessä tilauksen keskeyttämiksi, jotta näyttömodulille kyettäisiin etsimään uudet pistematriisinäytöt ja piirilevy voitaisiin suunnitella uudelleen näyttöihin sopivaksi. Piirilevyjen valmistaminen oli kuitenkin ehditty aloittaa, minkä vuoksi toimitetut levyt eivät sovellu opinnäytetyöhön, vaan varataan myöhempää käyttöä varten.

Lopullisen näyttökortin piirilevyt suunniteltiin ja tilattiin vasta tarvittavien pistematriisinäyttöjen löytymisen, tilaamisen ja vastaanottamisen jälkeen. Menettelyllä estettiin aikaisemman tilanteen toistuminen. Sekä projektiin kelpaamattomien että lopullisten näyttömodulien kuparin loppupinnoitteena käytetään elektrolyyttistä nikkelikultausta. Juotteenestopinnoitteen väri on vaihdettu vihreästä siniseksi, jotta kortit erottuvat selkeästi alkuperäisistä sekä kokoonpanossa että raportissa.

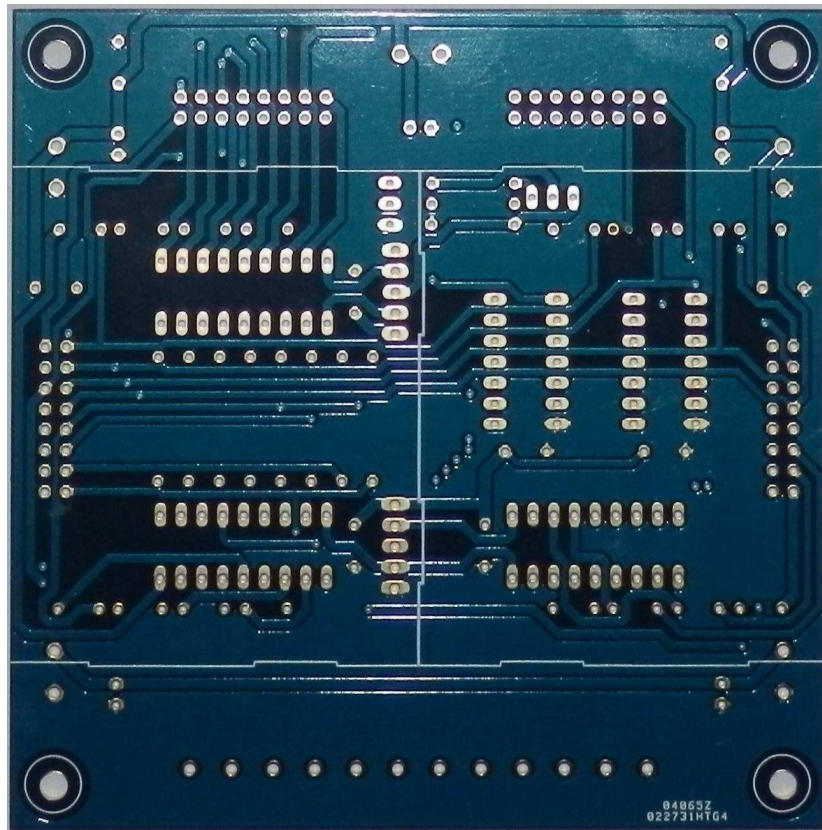
Projektiin kelpaamattomat, etuajassa tilatut näyttökortit esitetään kuvattuna ylä-aja alapuolelta kuvioissa 18 ja 19. Uusia, suurempia pistematriisinäyttöjä varten suunnitellut lopulliset näyttökortit esitetään ylä-aja alapuolelta kuvioissa 20 ja 21, joita voi verrata kuvioissa 13 ja 14 esitettyihin havainnoiviin suunnitelmiin.



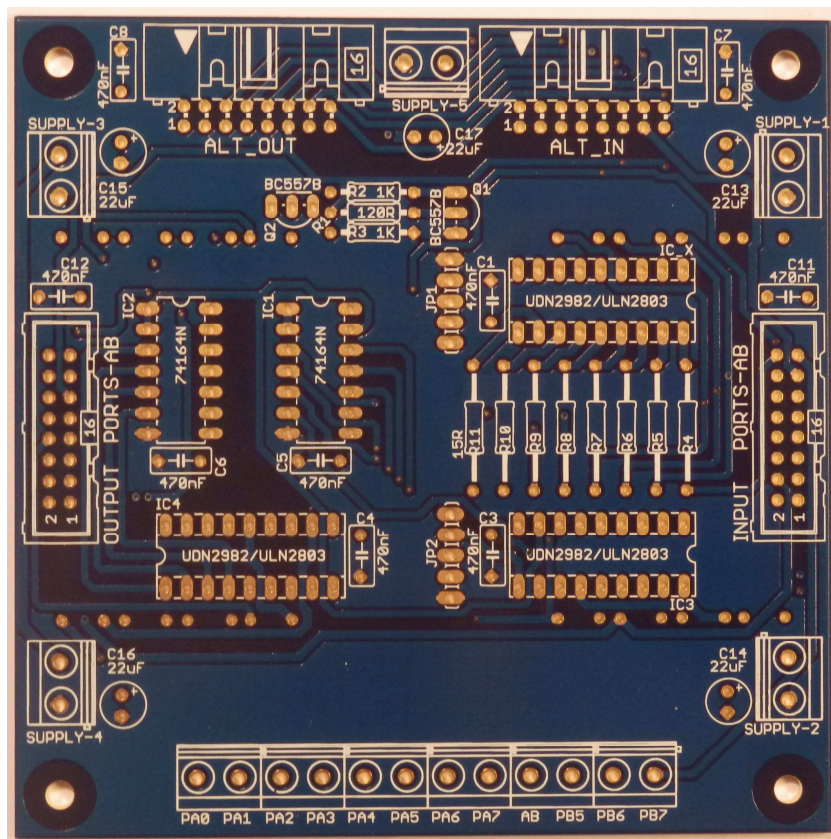
KUVIO 18. Projektiin sopimaton näyttökortti yläpuolelta kuvattuna



KUVIO 19. Projektiin sopimaton näyttökortti alapuolelta kuvattuna



KUVIO 20. Projektin lopullinen näyttökortti yläpuolelta kuvattuna

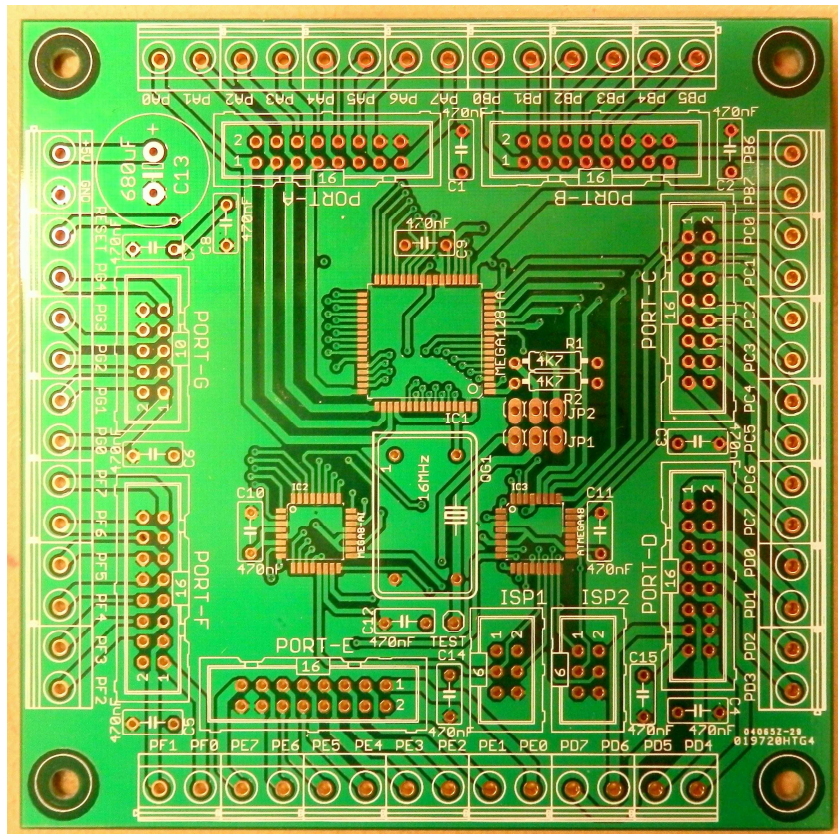


KUVIO 21. Projektin lopullinen näyttökortti alapuolelta kuvattuna

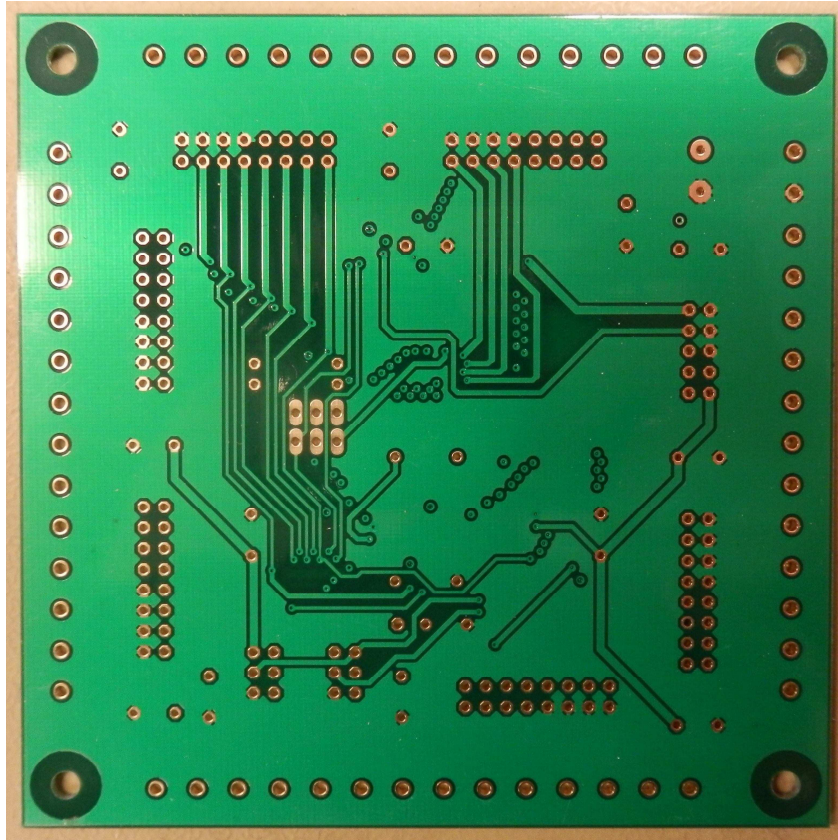
Opinnäytetyöprojektin ohjainkortit tilattiin näyttökorttien tapaan DfRobotilta käyttämällä palvelua, joka takaa teknisiltä ominaisuuksiltaan samanlaisia piirilevyjä. Ohjainkortit sisältävät neljä johdinkerrosta ja yhtäläinen pinta-ala takaa mekaanisen yhteensopivuuden näyttökorttien kanssa.

Ohjainkortti on suunniteltu kalustettavaksi pintaliitettävillä ohjaimilla, mistä johtuen komponenttien liitospisteiden loppupinnoitteen on oltava mahdollisimman tasainen. Tavallisesti käytettävä lyijyllinen kastotinaus (HASL) ei olisi riittävä, joten korteilla käytetään elektrolyyttistä nikkelikultausta. Päätös käyttää näyttökorttien kohdalla samaa pinnoitetta oli lähinnä ulkonäöllinen yksityiskohta.

Tuntemattomasta syystä piirilevyjen valmistaja toimitti ohjainkortteja 14 kpl, mikä ylittää pienimmän tilattavan määrän (10 kpl). Juokseva teksti vaatii vain yhden ohjainmodulin, mikä huomioiden kortin yleiskäyttöisyyden on tulevien projektien kannalta mieluisa tapahtuma. Ylimääräiset levyt eivät nostaneet tilauksen hintaa. Ohjainkortin piirilevy esitetään ylä- ja alapuolelta kuvattuna kuvioissa 22 ja 23.



KUVIO 22. Ohjainkortti kuvattuna yläpuolelta



KUVIO 23. Ohjainkortti kuvattuna alapuolelta

Toisin kuin näyttö- ja ohjainkorttien kohdalla, juoksevan tekstin käyttöliittymäkortti tilattiin eri valmistajalta. Syyt tähän olivat paitsi kortin suurempi pinta-ala, myös sen täsmätty sopivuus nimenomaan opinnäytetyöprojektiin, jolloin useiden kappaleiden valmistuttaminen olisi hyödytöntä. Vaikka kortilla on monia mikro-ohjaimen liitettäviä oheispiirejä, sen varsinaiseen käyttöliittymään kuuluvia osia, kuten yksinäistä pistematriisinäyttöä, ei nähdä soveltuvan yleisesti useampaan tarkoitukseen. Kortilla sijaitsevat painonapit on lisäksi sijoitettu komponenttien paikkojen mukaan, joten korttia ei juuri voi kalustaa muita tarkoituksia varten.

Käyttöliittymäkortti suunniteltiin alkujaan tilattavaksi bulgarialaiselta piirilevyvalmistajalta Olimexilta, jonka palveluja oli käytetty aikaisemmin ja jolta saattoi tilata yksittäisiä kappaleita. Valmistajalla oli kuitenkin tilauksen aikaan ruuhkaa linjastoillaan eikä se ottanut uusia tilauksia. Uuden valmistajan etsinnän myötä kortti päädyttiin tilaamaan slovakialaiselta SQP Internationalilta. Valinta muiden yksittäisiä kortteja tekevien valmistajien yli määräytyi osaksi mahdollisuudesta painattaa kortille kaksi silkkikuviota, sillä osia ladotaan molemmille puolille.

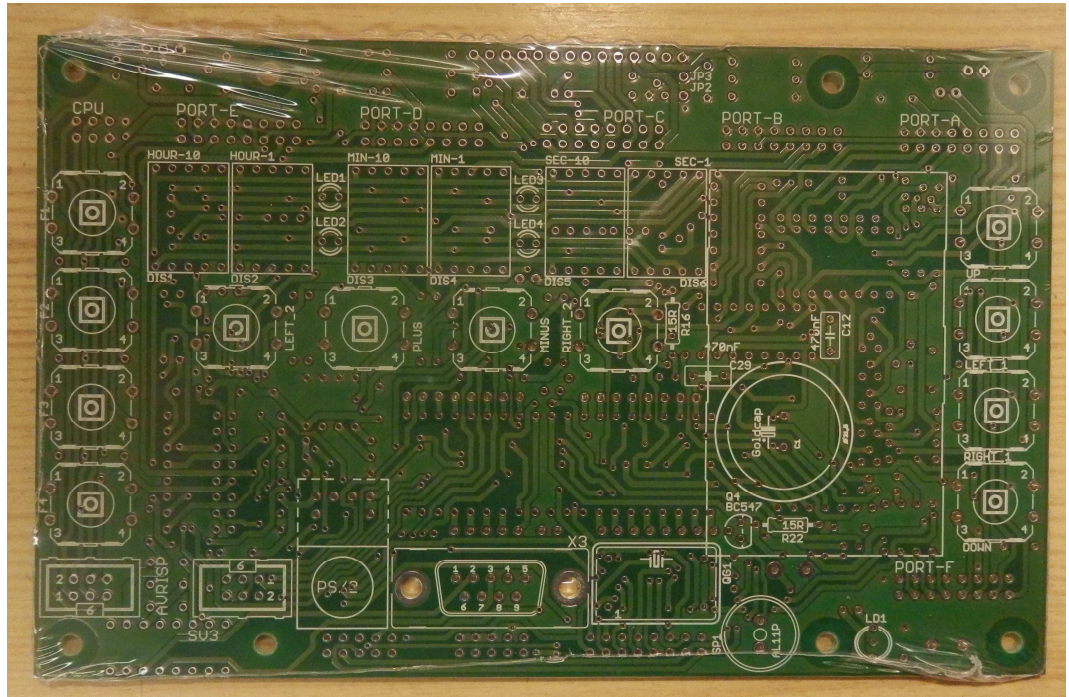
Käyttöliittymäkortilla on runsaasti komponentteja, mikä näkyy myös johdotuksen mutkikkuudessa. Jälkeenpäin tarkasteltuna kahdella johdinkerroksella suunniteltu kortti olisi ollut kannattavinta toteuttaa nelikerroksisena, jolloin käyttöjännitteille olisi myös saatu järjestetyksi kattavat täyttökuparitasot. Suunnittelun aikana kortti oli kuitenkin tarkoitus tilata Olimexilta, jonka valmistusmenetelmät rajautuvat yksi- ja kaksipuoleisiin levyihin. SQP International olisi kyennyt valmistamaan myös nelikerroslevyjä, mutta ajankäytön vuoksi korttia ei suunniteltu uudelleen.

Vaikka teollisten piirilevyjen valmistuttamisesta on vain vähän kokemusta, eikä vertailupohjaa DfRobot:ilta tehtyjen tilausten ohella ole kovinkaan paljon, SQP International teki valmistajana nopeaa työtä toimittamalla käyttöliittymäkortin yhdessä viikossa. Valmistajien maantieteellisillä etäisyyksillä on tietenkin vaikutuksensa. Mieluisana yllätyksenä valmistaja toimitti kaksi käyttöliittymäkorttia alkujaan tilatun yhden kortin hinnalla. Tilanne yhden ylimääräisen kortin kohdalla on kuitenkin erilainen, kuin jos kortteja olisi toimitettu useita kappaleita. Kenties epätavallisena toimintatapana valmistaja laskutti levyn valmistuksen jälkikäteen.

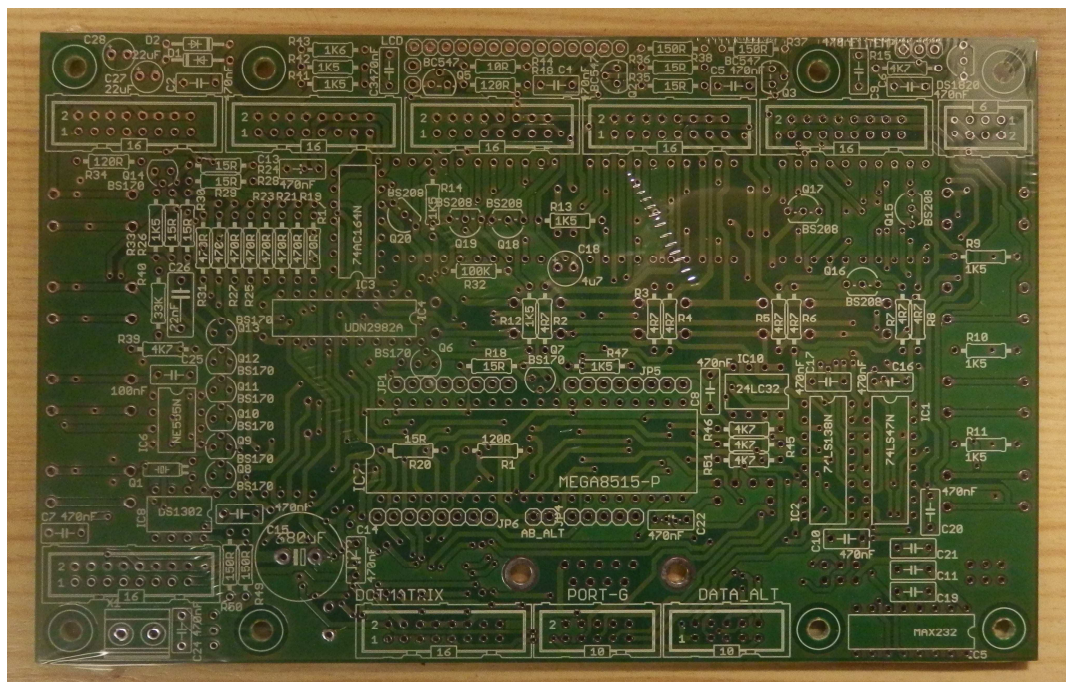
Yhden ylimääräisen piirilevyn toimittaminen ei ollut ainoa yllättävä tapaus käyttöliittymäkortin tilaamisessa. Valmistajan havaittiin asettaneen johdinkuparitasot levyille alkuperäiseen suunnitelmaan nähden vastakkaisille puolille. Luultavasti tapaus johtuu johdinkerrosten tuotantodokumenttien tiedostopäätteistä, jotka eivät välttämättä olleet yksiselitteisiä. Tapaus ei kuitenkaan ole haitallinen, sillä kaikki kortille asennettavat komponentit ovat läpiladottavia. Pintaliitoskomponenttien käyttämättömyyden johdosta myös liitospisteiden loppumetallointi on voitu tehdä lyijyttömällä kastotinauksella, joka on tavallisimpia ja halvimpia vaihtoehtoja.

Yllättävä havainto oli myös valmistajan suorittama komponenttisijoittelukuvion rajaus läpivientien päältä. Yksi piirilevyn suunnittelussa huomioitava tehtävä on huolehtia, että silkkikuviota ei aseteta liitospisteiden päälle, sillä metallointi ja juottaminen kävisivät mahdottomiksi. Asia huomioitiin liitospisteiden kohdalla, mutta tilanpuutteen vuoksi siitä jouduttiin poikkeamaan läpivientien tapauksessa. Koska juotteenestopinnoitteen avauksiin käytettäviin tuotantodokumentteihin oli merkitty avaukset myös läpivientien kohdalle, valmistaja poisti komponenttisijoittelukuviosta materiaalia myös läpivientien ympäriltä metallointia varten.

Käyttöliittymäkortti esiteltiin pikaisesti ja pintapuolisesti sosiaalisessa mediassa ja sen myötävaikutuksena saatiin kehuja henkilökohtaisesti tunnetulta alan ammattilaiselta. Hän lupautui myös toimimaan suositelijana mahdollisessa työnhaussa. Käyttöliittymäkortti esitetään ylä- ja alapuolelta kuvattuna kuvioissa 24 ja 25.



KUVIO 24. Käyttöliittymäkortti kuvattuna yläpuolelta



KUVIO 25. Käyttöliittymäkortti kuvattuna alapuolelta

### 4.3 Komponenttien ja muiden osien hankinnat

Juoksevaan tekstiin tarvitaan kohtuullisen kokoiseen projektiin nähden runsaasti ja monipuolisesti osia, jotka ovat karkeasti lajiteltavissa aktiivisiin, passiivisiin ja sähkömekaanisiin komponentteihin. Elektroninen laitteisto sisältää lukuisia IC-piirejä ja visuaalisia näyttöjä, useita liittimiä ja kaapeleita sekä yleisiä perusosia. Oma lisänsä laitteistoon ovat mekaaniset kappaleet, joista muodostetaan kotelo.

Tarvittavien komponenttien ja muiden osien hankkiminen oli monivaiheinen osaprosessi, joka pyrittiin kuitenkin suorittamaan mahdollisimman suoraviivaisesti ja nopeasti. Kaikkien piirilevyjen perusteella jakautuneiden modulien komponenttitarpeet koottiin yhteen ja kutakin komponenttia etsittiin muutamilta toimittajilta. Ostopäätökset tehtiin pääasiassa kappalehintojen ja joukkotarjousten perusteella, sillä komponenttien käyttötarkoituksista johtuen teknisiin yksityiskohtiin ei ollut tarvetta kiinnittää erityistä huomiota. Juokseva teksti on tarkoitettu käytettäväksi sisätiloissa, joten kotelomateriaalien valinnassa ei tähdätty vedenkestävyyteen.

Valtaosa opinnäytetyön komponenteista, kuten liittimet ja integroidut mikropiirit tilattiin suurilta yleistoimittajilta, Elfalta ja Farnellilta. Pistematriisinäytöt ovat peräisin kiinalaiselta monialatoimittajalta DhGatelta. Tarpeen vaatiessa sekalaisia osia hankittiin myös paikallisilta jälleenmyyjiltä, kuten Partcolta ja Bebekiltä. Kaupallisesti hankittujen komponenttien lisäksi opinnäytetyössä hyödynnettiin toisinaan myös muiden tahojen käytöstä poistamia tarvikkeita ja romumateriaalia. Koteloon tarvittavat osat hankittiin Puutavaraliike T. Vainio Oy:stä ja Etolasta.

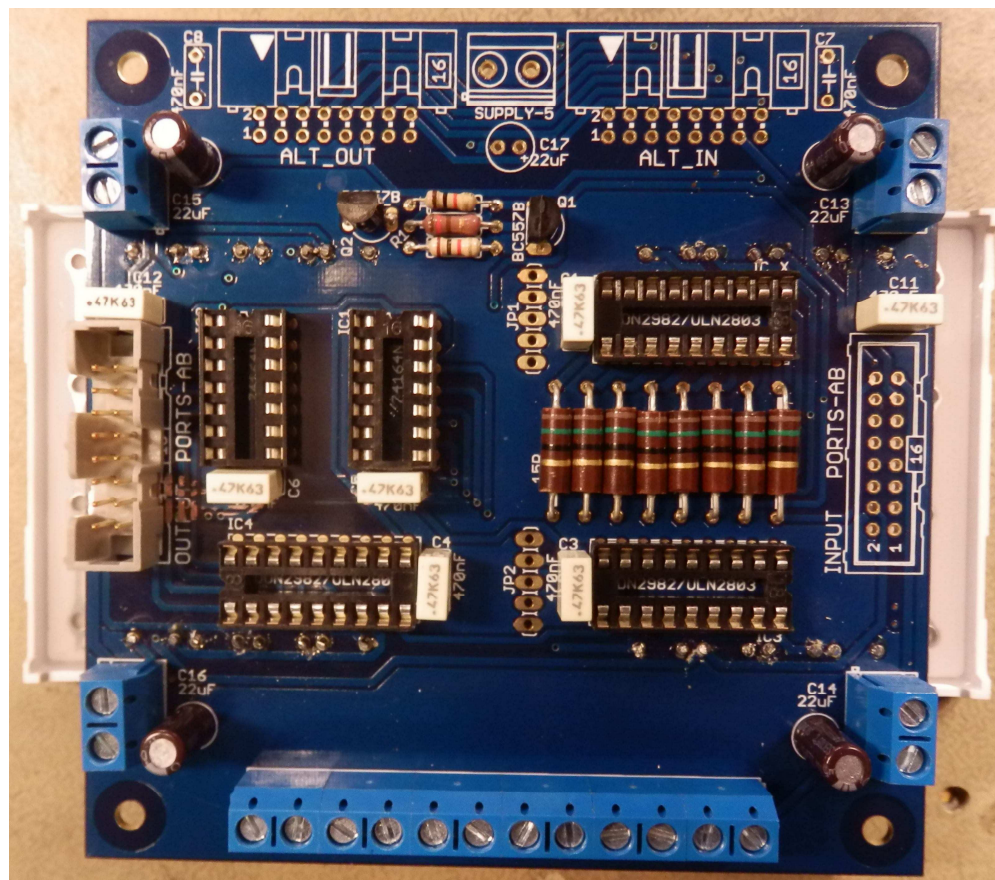
Tiettyjä komponentteja projektissa tarvittiin suurehkoja määriä. Näihin kuuluvat pääasiassa pistematriisinäytöt, niitä ohjaavat siirtorekisterit ja puskurit. Näyttöjen hankinnassa tukeuduttiin ryhmätarjoukseen, joka edellytti 100 näytön tilaamista yhdellä kertaa. Samalla yksittäisten näyttöjen kappalehinta jäi hyvin edulliseksi. Tarjouksen käyttämisen myötä myös näyttöjen tarvitsemia oheispiirejä tilattiin kaikille 100 näytölle, vaikka alustavan suunnitelman mukaan juoksevan tekstin projekti tulee käyttämään 20 pistematriisinäyttöä. Ylimääräisistä osista voidaan myöhemmin valmistaa suurempia näyttöjä tai muita vastaavia laitteita. Pienillä laitteiston ja ohjelman muutostöillä näyttöä voidaan myös pidentää entisestään.



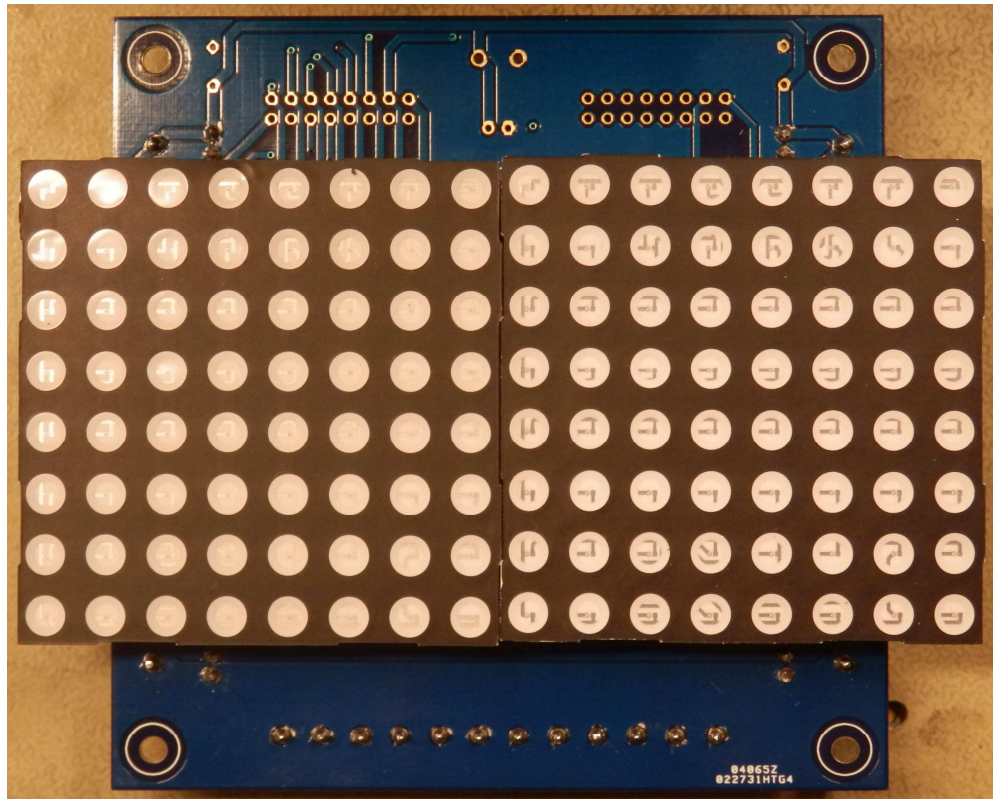
#### 4.4 Elektronisen laitteiston kokoaminen

Tarvittavien piirilevyjen ja komponenttien hankinnan jälkeen aloitettiin levyjen kalustaminen, joka oli työvaiheista suoraviivaisimpia. Kokoonpanon suhteen on huomioitava, että aikaisemmin mainittu sekaannus sopimattomien näyttökorttien kohdalla aiheutti viivästyä. Lisäksi levyjen tilaaminen osittain eri valmistajilta mahdollisti sen, että kokoonpano voitiin suorittaa osaksi muiden työvaiheiden aikana. Kaikkien komponenttien ollessa läpiasennettavia ladonta suoritettiin käsin.

Kalustettu näyttökortti esitetään ala- ja yläpuolelta kuvattuna kuvioissa 26 ja 27. On huomioitava, että kuvion 26 alalaidassa sijaitseva sinisten ruuvi-liitäntöjen rivi kalustetaan ainoastaan näyttömodulisarjan ensimmäiselle kortille. Liitäntöjä pitkin korteille toimitetaan ohjainkortin kehittämät näyttöjä ohjaavat signaalit, jotka kuljetetaan nauhakaapeleilla kortilta seuraavalle. Sama koskee näyttöjen vaakarivien etuvastuksia sekä riveille virtaa syöttävää puskuria ja sen PWM-ohjauskytkentää. Myös piirilevykiskon muodossa kuljetettavan signaalikiskon osat jätettiin pois.



KUVIO 26. Kalustettu näyttökortti kuvattuna alapuolelta

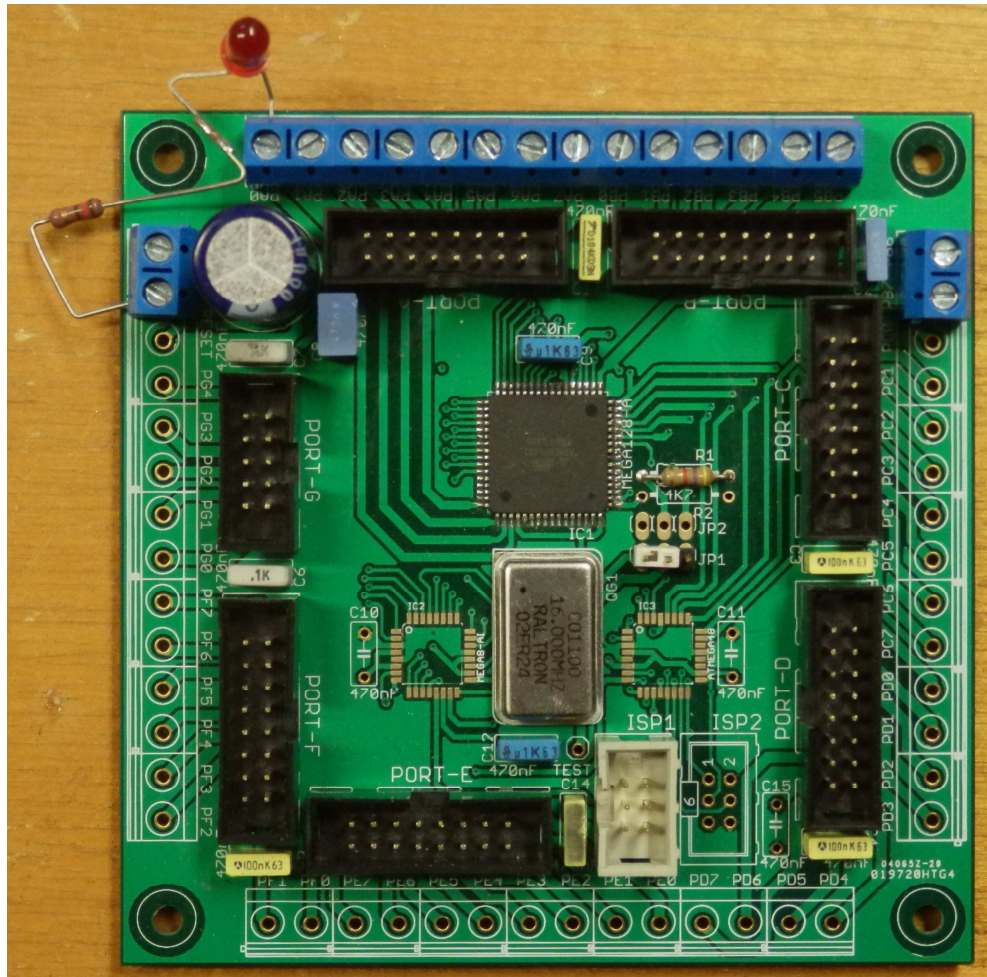


KUVIO 27. Kalustettu näyttökortti kuvattuna yläpuolelta

Ohjainkortin kalustaminen oli juoksevan tekstin projektin hankalin kalustettava piirilevy sen sisältämän mikro-ohjaimen vuoksi. ATmega1281-mikro-ohjain on koteloitu pintaliitettävään TQFP64 (Thin Quad Flat Package)-koteloon, mikä tarkoittaa, että sen liitännästen väliset etäisyydet ovat keskimäärin 0,5 mm. Komponentti onkin alkujaan tarkoitettu elektroniikkateollisuuteen, jossa käytetään juotospastaan perustuvaa painokonetta, nopeaa ladontakonetta ja pintaliitosuunia.

Mikro-ohjaimen asentaminen piirilevylle käsin oli poikkeuksellisen hankala työvaihe, sillä tiheän nastavälin vuoksi ohjain oli asennettava tarkkojen etäisyyksien ja kulmien mukaisesti. Asettelu ei myöskään voitu yrittää montaa kertaa, koska sula tinapisara muuttaa tasaisen nikkelikullatun liitospisteen kuperaksi. Asettelu järjestettiin käyttämällä teräväkärkistä juotinta ja 0,3 mm:n paksuista tinalankaa.

Ohjainkortti esitetään kalustettuna kuviossa 28. Yleiskäyttöinen levy on kalustettu juoksevan tekstin projektia varten, jossa valtaosa I/O-liitännöistä siirretään eteenpäin nauhakaapeleilla. Vain matriisinäytön vaakarivit kytketään ruuviliittimillä. Vasemmassa yläkulmassa olevaa valodiodia käytettiin ohjelmointitestauksiin.



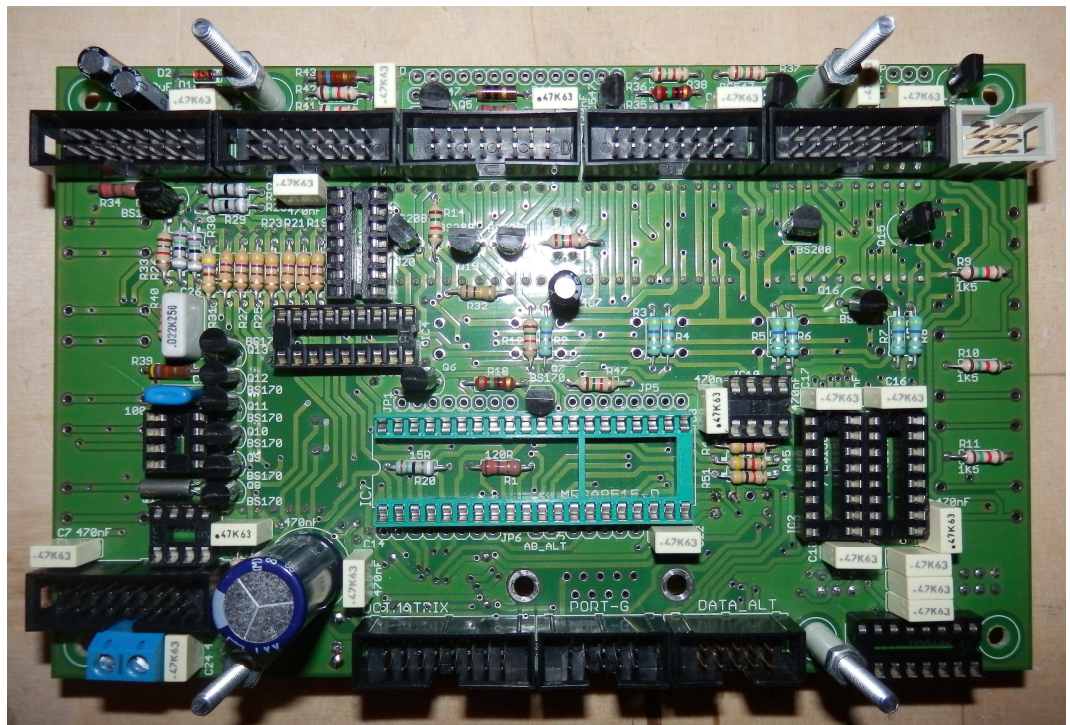
KUVIO 28. Yhdeltä puolelta kalustettu ohjainkortti kuvattuna yläpuolelta

Komponenttien määrällä mitattuna opinnäytetyöprojektin laajin kalustettava piirilevy oli käyttöliittymäkortti. Levyllä sijaitsevat paitsi käyttäjälle merkittävät osat, kuten näytöt ja kytkimet, myös mikro-ohjaimen liitettävät ulkoiset oheispiirit, joilla tuotetaan kellonajan ja lämpötilan kaltaiset informaatiot. Komponenttien runsaan määrän vuoksi osia on sijoitettu levyn molemmille puolille siten, että yläpuolella ovat liittymän muodostavat osat. Muut osat sijaitsevat levyn alapuolella.

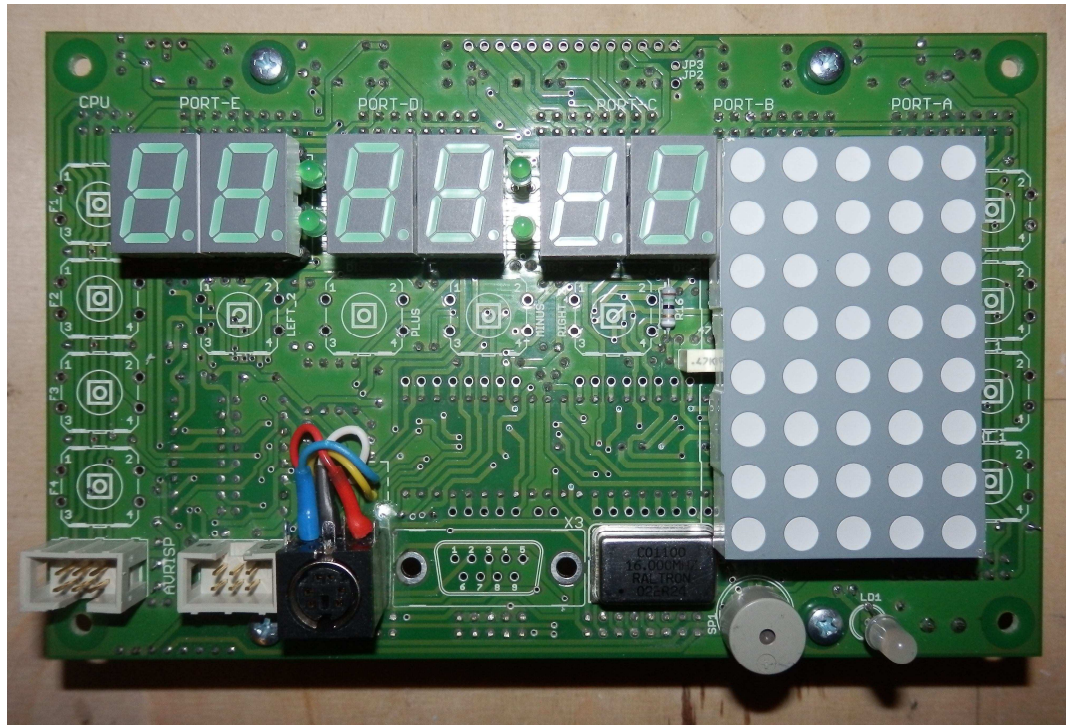
Käyttöliittymäkortin kalustukseen ei alkujaan liittynyt samankaltaista valikoivaa ladontaa, kuin ohjain- ja näyttökorttien kohdalla oli. Tällä tarkoitetaan sitä, että kortti tarkoitettiin kalustettavaksi kaikilla sille suunnitelluilla komponenteilla. Tilanne kuitenkin muuttui pistematriisiinäyttöjen vaihdon myötä, sillä uudet näytöt edellyttivät aikaisempiin invertoituihin signaaleihin nähden suoraa informaatiota. Matriisiinäyttöjen vaihdon myötä kortilla sijaitsevat kahden nauhakaapelin vastakkapalet, kutsumanimiltään ”Dotmatrix” ja ”Data-Alt”, jotka jäävät kytkemättä.

Käyttöliittymäkortin komponenttien kalustaminen oli kohtuullisen suoraviivaista, vaikka osien mekaanisissa mitoissa kohdattiin pieniä ongelmia liittyen näppäimistön PS/2-liitimeen, piezosireeniin ja itse piirrettävien merkkien matriisiinäyttöön. Matriisinäytön havaittiin törmäävän sen alle sijoitettuun passiiviseen kondensattoriin, minkä vuoksi näytön reunaan oli viilattava kolo, joka ei kuitenkaan yllä näytön elektroniseen rakenteeseen. Piezosireenin kohdalla puolestaan havaittiin mittavirhe komponentin johdinrasterissa. Virhe oli lähtöisin komponenttisyömbolin suunnitteluvaiheesta, ja siihen mukauduttiin poraamalla piirilevyn täyttökupariin ylimääräinen läpiladottavan komponentin reikä. Näppäimistön tapauksessa kyse oli ennakoidusta tilanteesta koskien PS/2-liittimen standardin mukaista 90°:n asennuskulmaa. Liitin haluttiin liimata suoraan ylöspäin antavaksi, minkä vuoksi sen liitäntänastat oli johdotettava piirilevylle suoraan juottamisen sijaan. Tähän varauduttiin etukäteen piirtämällä liittimen sijoittelusymbolille tarvittavat alueet.

Käyttöliittymäkortin kalustetut ala- ja yläpuolet esitetään kuvattuna kuvioissa 29 ja 30. Kuviossa 30 painokytkimiä ei ole kalustettu paikalleen, sillä alkuperäisten piirilevylle asennettavien kytkimien todettiin mekaanisten mittojensa johdosta jäävän tulevan kotelon etupaneelin alapuolelle. Sama koskee sarjaportin liitintä.



KUVIO 29. Kalustettu käyttöliittymäkortti kuvattuna alapuolelta



KUVIO 30. Kalustettu käyttöliittymäkortti kuvattuna yläpuolelta

#### 4.5 Laitteiston koestaminen

Juokseva teksti on pääasiassa sulautetun järjestelmän ohjelman varaan rakentuva kokonaisuus. Tällä tarkoitetaan, että laitteistotason komponenteista koostuva kytkentä täyttää vaatimusanalyyssissä tavoitellut toiminnot vasta ohjelman ohjaamana. Ohjelmallisen kehitystyön aloittamiseksi laitteiston edellytetään kuitenkin olevan virheetön. Piirilevyjen kalustamisen jälkeen suoritetaan sähköinen testaaminen.

Kokonaisuudelle suoritettavat sähköiset koestustoimenpiteet ovat nopeita, vähäisiä ja perustavanlaatuisia. Koestuksissa keskitytään lähinnä varmistamaan mikro-ohjaimen kaikkien liitäntöjen galvaaniset yhteydet oheispiireihin, kytkimiin sekä muihin komponentteihin. Varsinaiset kehitystyön aloittamista pohjustavat oheislaitteiden testit ovat ohjelmallisia ja rakentuvat lyhyistä komentosarjoista.

Koestavat komentosarjat todentavat oheislaitteiden toiminnan sekä ohjelmallisesti että visuaalisesti. Tällä tarkoitetaan, että oheispiireillä tuotetut tiedot tulostetaan väliaikaisesti vuorollaan suoraan kaikkiin laitteiston näyttöihin. Lisäksi nestekidenäytön, näppäimistön ja sarjaliikenteen toimivuus varmistetaan asianmukaisesti.

## 4.6 Kotelomekaniikka

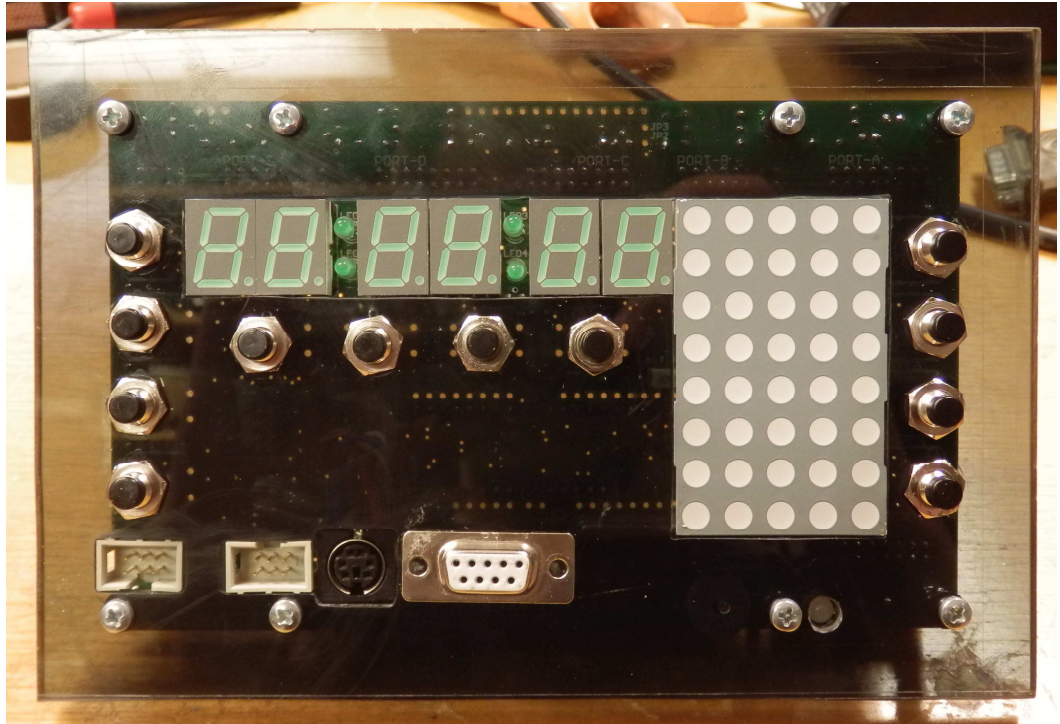
Yleisesti ajateltuna minkä tahansa kaupallistettavan tuotteen tärkeimpiä huomiopisteitä on kotelon takaama ulkonäkö, sillä se takaa potentiaaliselle ostajalle ensivaikutelman. Muita merkittäviä tekijöitä ovat käyttöliittymän yksinkertaisuus ja kokonaisuuden monikäyttöisyys mitattuna toimintojen määrällä. Vaikka juokseva teksti ei tavoittele kaupallista markkina-asemaa, samat tekijät luovat miellyttävän lopputuloksen ja innostavat osaltaan tavoittelemaan jatkossa entistäkin parempaa. Koteloinnin suorittaminen ennen ohjelmointia takaa myös osaltaan, että ohjelmoija hahmottaa käyttäjäkokemuksen muodostumisen kehitystyön myötä paremmin.

Opinnäytetyössä käytettävät piirilevyt on suunniteltu ja valmistettu teollisesti ja ohjelmakehitykseen tullaan käyttämään ammattilaistason välineitä. Tästä syystä myös kotelo olisi yhtenäisen laadun takaamiseksi käytännöllisintä valmistaa teknisesti parhaimmalla menetelmällä, mikä tarkoittaisi metalli- ja muovilevyjen sekä muiden kappaleiden valmistamista CNC-jyrsimillä ja vastaavilla laitteilla. Tähän tarvittavien suunnittelutaitojen ja kokemuksen riittämättömyyden sekä työvälineohjelmien puuttumisen vuoksi kotelo päätettiin kuitenkin valmistaa itse puusta.

Alkujaan kotelomateriaaliksi valittiin MDF-puristeesta (Medium Density Fibre-board) valmistettu levy, sillä sen uskottiin olevan melko helposti työstettävissä. Työstämiseen käytettäisiin pääasiassa tavallisia puutyökoneita sekä urajyrsijää, jolla luotaisiin ura pistematriisinäyttöjen eteen asennettavalle pleksi-ikkunalle. Puristelevyn havaittiin kuitenkin uran jyrsinnän yhteydessä olevan liian pehmeää sopiakseen kotelon rakennusaineeksi, joten se päätettiin korvata koivuvanerilla.

Kotelon rakenne suunniteltiin alkujaan toteutettavaksi siten, että ohjain- ja käyttöliittymäkortit kiinnitettäisiin näyttömodulien taakse samoilla kiinnitysruuveilla. Tästä ajatuksesta kuitenkin luovuttiin valmiin laitteen huollettavuuteen vedoten. Vanerista rakennettu kotelo sisältää erillisen osaston näyttömoduleille ja toisen pienemmän tilan ohjain- ja käyttöliittymäkorteille. Lisäksi osastossa on virtalähde. Kotelo on pohjamaalattu valkoisella otepohjamaalilla ja työstämisen yhteydessä siihen syntyneet vähäiset lovet on pyritty täyttämään lakkakitillä. Lopullisen ulkonäön muodostaa kaksinkertainen kerros puolihimmeää mustaa huonekalumaalia.

Käyttöliittymäkortin asentamiseksi koteloon valmistettiin pleksimuovista peitelevy, johon leikattiin aukot visuaalisia oheislaitteita ja liittimiä varten ja jolle tehtiin syvennys etupaneeliin. LCD-näytölle tehtiin vastaavanlainen kiinnityslevy. Käyttöliittymäkortti esitetään peitelevyyden kiinnitettynä kuviossa 30. Kuvioissa 31 ja 32 esitetään yleisnäkymät koteloidun juoksevan tekstin etu- ja takapuolelta. Kotelon takapuolen näkymä keskittyy puolelta alasta kattavaan ohjauspaneeliin.



KUVIO 30. Käyttöliittymäkortti kiinnitettynä pleksistä leikattuun peitelevyyensä



KUVIO 31. Juoksevan tekstin valmis koteloitu laitteisto kuvattuna etupuolelta



KUVIO 32. Juoksevan tekstin valmis koteloitu laitteisto kuvattuna takapuolelta

## 5 OHJELMALLINEN KOKONAISUUS

Juoksevan tekstin toimintojen rakentuessa osittain laitteistollisten oheiskomponenttien varaan suuremmassa avainasemassa ovat ohjelmalliset prosessit. Peräkkäin suoritettavien prosessien muodostama kokonaisuus välittyy käyttäjälle saumattomana käyttäjäkokemuksena, mikä etenkin kaupallisessa kehitystyössä on ensiarvoisen tärkeää. Vaikka juokseva teksti ei tavoittele kaupallistamista, ohjelma pyritään kehittämään noudattamalla hyvää ohjelmointitapaa, johon kuuluu esim. kunkin osaprosessin kehittäminen mahdollisen itsenäiseksi lohkoksi. Prosesseilla viitataan jatkossa ohjelmointikielen termiin funktio tai osakokonaisuus.

### 5.1 Ohjelman rakenne

Juokseva teksti edellyttää kokonaisuutena ohjelman toteuttamista siten, että osakokonaisuuksia suoritetaan nopeasti päättymättömässä silmukassa peräkkäin. Koska pistematriisinäytöllä tulee voida jatkuvasti esittää kulloinkin haluttua kuviota, siitä vastaavaa funktiota on suoritettava jatkuvasti. Muita vastaavia toimintoja ovat kytkinten lukuoperaatio ja erillisen kellon informaation tulostaminen. Pääasiallinen syy näiden jakaminen erillisiksi ohjelman osiksi on niiden vaikutusalueiden rajaaminen sekä kokonaisuuden jatkokehityksen yksinkertaistaminen.

Jatkuvasti suoritettavien toimintojen lisäksi ohjelma sisältää funktioita, joiden säännöllinen suorittaminen voi olla harvempaa, sekä toimenpiteitä, joiden suorittaminen kertaalleen kulloinkin käskettäessä riittää. Tämänkaltaisia tehtäviä ovat ulkoisilta oheispiireiltä noudettavat informaatiot, kuten kellonaika ja lämpötila, sekä nestekidenäytöllä esitettävän valikon päivittäminen. Ohjelmassa hyödynnetään myös keskeytysperiaatetta, johon näppäimistön lukuoperaatio perustuu.

Lähtökohtaisesti pistematriisinäytöllä esitettävä teksti on kokonaislukujono, jossa yksittäinen luku kuvastaa yhtä pystysaraketta. Jotta näytölle kulloinkin tulostettava teksti olisi kehitystyön yhteydessä helposti muokattavissa, kirjoitettiin työkaluiksi tulostusfunktioita, jotka vastaanottavat ASCII-standardiin kuuluvia merkkejä ja tulostavat matriisinäytölle merkkiä vastaavan kuvion. Funktiot vastaanottavat tulostettavan merkkijonon käyttö- (SRAM) tai ohjelmamuistista (FLASH) ja tu-



lostavat pistematriisinäytölle merkkiä vastaavan kuvion. Kuvion rakenne perustuu ohjelmamuistiin tallennettuihin vakiolukujonoihin ja niille annettuihin, ASCII-standardin mukaisiin lukuviittauksiin. Mikäli funktioilla halutaan tulostaa omia standardoimattomia merkkejä, tulee nämä määritellä erikseen pystysarakkeita kuvaavina lukujonoina.

## 5.2 Jatkokehittävät toiminnot

Ohjelman kehittämistä varten laadittiin kattavat suunnitelmat, jotka heijastelivat käyttäjän näkemystä laitteen toiminnasta nestekidenäytön välityksellä. Käyttäjä pääsisi vaikuttamaan laitteen toimintoihin näytön ja painokytkimien muodostaman valikkorakenteen avulla. Toimintojen käyttö tällä menetelmällä saattaisi kuitenkin tuntua epäkäytännölliseltä, sillä varsinainen tekstin syöttö tapahtuu tietokoneen näppäimistöllä.

Jotta laitteen käyttäminen näppäimistöllä olisi mielekästä, suunnitelmaan laadittiin myös valikoita vastaavat ohjetekstit, jotka tulostettaisiin pistematriisinäytölle kunkin valikon yhteydessä. Valikot tulostettaisiin ohjelmamuistiin tallennettuja vakiolukujonoja hyödyntävillä tulostusfunktioilla ja ne olisivat käytössä vain kun näytössä ei esitetä varsinaista juoksevaa tekstiä.

Muita projektiin tarvittavia sisäisiä toimintoja ovat itse luotavien merkkien piirtämiseen käytettävän näytön ohjelmallinen ympärikääntäminen. Kyseinen näyttö on piirretty käyttöliittymäkortille ylösalaisin, mikä tarkoittaa, että sille tulostettava kuvio on käännettävä ympäri ennen tulostamista. Kääntämisen tekninen ratkaisu on toistaiseksi avoin, mutta on todennäköisesti käytettävä loogisia bittioperaatioita merkkien pystysarakkeita kuvaavien kokonaislukujen peilikuvien selvittämiseksi.

Paikallisen painike- ja näppäimistöohjauksen lisäksi laitteen ohjaaminen etäältä sarjaliikenneyhteyden välityksellä olisi teknisesti mielenkiintoinen menetelmä. Tätä varten projektin laitteistoihin kuuluu RS-232-standardin mukainen sarjaliikenneportti, jonka välityksellä laitteen käyttäminen tapahtuisi tietokoneen pääteohjelman välityksellä. Ratkaisumallin käyttäminen edellyttäisi kuitenkin käyttäjältä muita vaihtoehtoja enemmän tietotaitoa, joten tämä kehitettäisiin myöhemmin.

## 6 LOPPUTULOS

Juoksevan tekstin kehityksessä ei laadittu aikataulua, jonka puitteissa kunkin osa-alueen (koekytkennät, laitteisto, ohjelma jne.) tulisi olla valmiina seuraavaa vaihetta varten. Tämä oli seurausta paitsi laitteistossa ilmenneistä jatkuvista vioista, myös omasta päättäväisestä sitkeydestä saada kyseiset ominaisuudet korjattua. Myös varsinainen julkaisupäivämäärä pidettiin avoimena koko kehitystyön ajan.

Laitteistollisia vikoja ilmeni lopulta siinä määrin, että ohjelman kehittäminen oli pakko aloittaa, jolloin sen hetkiset viat jätettäisiin toistaiseksi selvittämättä ja korjaamatta. Ohjelman kehittäminen aloitettiin kuitenkin niin myöhään, että julkaisun aikarajaan mennessä kehitystyötä ei kyetty saattamaan esiteltävään vaiheeseen asti. Oma vaikutuksensa kehitystyön viivästymiseen aiheutui myös samanaikaisesta työskentelystä kojeasentajana taajuusmuuttajatehtaalla.

Ohjelman kehitystyön radikaali viivästyminen kuitenkin ymmärrettiin ja myönnettiin henkilökohtaisesti vasta projektille varatun ajan loppupuolella, sillä kehitystyötä pyrittiin jatkamaan mahdollisimman pitkään. Lopulta ajankohdan käytyä kriittiseksi päädyttiin tilanteeseen, jossa koko projekti esiteltäisiin keskeneräisenä. Ohjelman yksityiskohtia ja laitteiston konkreettista ulkomuotoa ei kyettäisi esittämään, vaan esitys rakentuisi teoriapohjalle käyttämällä projektissa tuotettuja materiaaleja, kuten piirilevyjen hahmotelmia ja muita valokuvia.

Jotta projektissa tuotettu konkreettinen kokonaisuus olisi ollut esittelykelvoinen, sen olisi tullut sisältää kohtuullinen esikatselu käyttäjälle tarkoitetusta valikkorakenteesta sekä nestekidenäytöllä että pistematriisissa. Lisäksi näppäimistön toimintaa sulautetussa ympäristössä olisi ollut tarpeen havainnollistaa. Sen sijaan tekstin juoksun ei katsottu olevan välttämätöntä, sillä esitelmä pidettäisiin saman asiantuntijoille, joilla on sama koulutus ja jotka kykenisivät hahmottamaan laitteen toiminnan paikallaan pysyvän tekstin multipleksausoperaation kuvauksella.

Opinnäytetyön julkaisun jälkeen sen kehitys voitaisiin periaatteessa lopettaa. Projekti on kuitenkin ollut opettavainen ja siihen on käytetty paljon rahaa. Tästä syystä kehitystyötä tullaan jatkamaan harrasteprojektina ja viat pyritään korjaamaan.

## 7 YHTEENVETO

Juokseva teksti toteutettiin projektina kohtuullisen järjestelmällisesti, kunkin työvaiheen seurattuna loogisesti ja jäsennellysti toisiaan. Vaatimusanalyysin myötä projektin konkreettinen suunta kävi selväksi ja kyettiin määrittämään koestettavat uudet komponentit. Tämän myötä voitiin suunnitella piirilevyt sekä aloittamaan laitteiston kokoaminen, mikä edelleen teki ohjelman kehittämisen ajankohtaiseksi.

Tietokone-elektroniikan AMK-insinööritutkinnon opinnäytetyönä juokseva teksti on ollut projektina erittäin opettavainen kokonaisuus ja tuottanut lisäksi käyttökelpoista materiaalia tulevia projekteja varten. Opinnäytetyössä tutustuttiin uusiin ohjelmallisesti ohjattaviin komponentteihin ja opeteltiin toimimaan teollisten piirilevyvalmistajien kanssa. Ohjelman puolesta projektissa luotiin tulostusfunktiot, joista odotetaan olevan merkittävää apua pistematriisinäyttöön tarkoitettavien ohjetekstien tulostamisessa. Lisäksi työssä ylläpidettiin ja kehitettiin edelleen kirjallisen raportoinnin taitoja sekä opittiin vähäisiä lisätietoja mekaanisesta kotelonrakennuksesta ja siihen käytettyjen materiaalien työstämisestä.

Opinnäytetyön tekemiseen valmistauduttiin tutkinnon puolesta aikaisemmin tietokone-elektroniikan tutkimusprojektissa, joka järjestettiin keväällä 2011. Kurssilla opinnäytetyöprojekti käytiin vaiheittain läpi tekemällä omasta aiheesta harjoitustyö, joka raportoitiin, katselmoitiin ja julkistettiin asianmukaisesti. Kurssin suorittaminen oli merkittävimpiä avustuksia opinnäytetyön vaiheiden ymmärtämisessä ja mikäli projektille tarvitun ajan ja työn määrä olisi hahmotettu tutkimusprojektin päättyessä, opinnäytetyön tekeminen olisi todennäköisesti aloitettu jo tällöin.

Koska juokseva teksti jouduttiin julkaisemaan alkuperäisiin tavoitteisiin nähden keskeneräisenä, sen voi sanoa olevan tyydyttävästi onnistunut projekti. Koska kyseessä ei kuitenkaan ole tilaustyö ja kehitystyötä on täten mahdollista jatkaa aikarajan jälkeen, tulosta voidaan jälkikäteen ajateltuna pitää hyväksyttävänä. On myös mahdollista ja todennäköistäkin, että kehitystyö tuo mukanaan merkittäviä muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin. Tärkeimpänä mahdollisten muutosten tekijänä voidaan ensisijaisesti pitää käyttäjän muodostamaa mielipidettä käytettävyydestä, vaikka opinnäytetyön kohdalla toimitaankin itse projektin loppukäyttäjänä.

## LÄHTEET

AVR – PS/2 Keyboard Key Readout. 2011 [viitattu 3.11.2012],

Saatavissa: <http://www.electronics-base.com/index.php/projects/complete-projects/108-avr-ps2-keyboard-key-readout>

IR-kauko-ohjain. 2001 [viitattu 4.11.2012],

Saatavissa: <http://www.tietomyrsky.fi/tiedostot/exb2313/irtra.c>

IR-vastaanotin EXB2313-kortille. 2001 [viitattu 4.11.2012],

Saatavissa: <http://www.tietomyrsky.fi/tiedostot/exb2313/irrec.c>

## LIITTEET