Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikka

2022

Joona Vikman

LED-MODUULIEN TESTAUSLAITTEEN SUUNNITTELU

TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Tieto- ja viestintätekniikka

2022 | 45 sivua

Joona Vikman

LED-moduulien testauslaitteen suunnittelu

LED-moduuleja käytetään informaation esittämiseen julkisilla paikoilla ja moduulit tarkistetaan toimimattomien valodiodien varalta tuotannontestauksessa. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajalla, Teleste Oyj:llä oli tarve parantaa sen tapaa testata LED-moduulien toimivuutta.

Testauksen parantamista varten lähdettiin kehittämään uutta LED-moduulitesteriä. Tämä tapahtui suunnittelemalla jo valmiina olevaan testeriin parannuksia. Suunnittelutyöhön kuului vanhan testausmenetelmän läpikäynti, uusien toiminnallisuuksien ideointi, pinniluetteloiden dokumentointi sekä lohkokaavioiden ja piirikaavion piirtäminen. Kaavioiden teossa käytettiin tietokoneavusteisia suunnitteluohjelmia.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin alustettua uuden LED-moduulitesterin tuottaminen Telestellä. Opinnäytetyössä valmistuneita dokumentteja ja kaavioita käytetään laitteistopuolen tuotekehitystiimissä LED-moduulitesterin toteuttamiseen.

Asiasanat:

LED-moduuli, tuotannontestaus, elektroniikkasuunnittelu, piirilevy, mikrokontrolleri

Bachelor’s Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Information and Communications Technology

2022 | 45 pages

Joona Vikman

Planning of a testing device for LED modules

LED modules are used to present information in public places and the modules are checked for non-functioning light-emitting diodes in production testing. The client of this thesis, Teleste Corporation, had a need to improve their testing methodology for the functionality of LED modules.

In order to improve the testing methodology, a new LED module tester was set out to be developed. This was achieved by planning improvements to a ready-made tester. Design work included going through the old testing method, brainstorming new functionalities, documenting pin mapping tables, and drawing block diagrams and a circuit diagram. Computer-aided design programs were used in the making of the diagrams.

As a result of the thesis, the production of a new LED module tester was initialized at Teleste. Documents and diagrams completed in the thesis are used in the hardware side R&D team to implement the LED module tester.

Keywords:

LED module, production testing, electronics design, circuit board, microcontroller

Sisältö

Lyhenteet **7**

1 Johdanto **8**

2 Komponentit ja työkalut **9**

2.1 Arduino Mega 2560 -mikrokontrolleri 9

2.2 diagrams.net-sovellus 12

2.3 Xpedition Designer -piirikaavioeditori 14

3 LED-moduulitestaus **16**

3.1 Nykyinen LED-moduulitesteri 16

3.2 LED-moduulin testaus 19

3.3 Uuden testerin parannusideat 21

4 Arkkitehtuuri **23**

4.1 Lohkokaaviot 23

4.2 Pinniluettelot 26

4.2.1 LED-moduulin datalinjojen pinniluettelo 27

4.2.2 7-segmenttinäytön pinniluettelo 28

4.2.3 Jännitesignaalien pinniluettelo 29

4.2.4 Painonappien pinniluettelo 30

5 Suunnitelman toteutus **31**

5.1 Uudet toiminnallisuudet 31

5.2 Piirikaavion osat 32

5.2.1 Painonapit 32

5.2.2 Tasajännitemuunnin 33

5.2.3 Virranmittaussensori 34

5.2.4 7-segmenttinäyttö 36

5.2.5 LED-moduulikytkennät 37

6 Lopuksi **38**

Liitteet

Liite 1. Nykyisen LED-moduulitesterin piirikaavio.
Liite 2. LED-moduulin datalinjojen pinniluettelo.
Liite 3. Uuden LED-moduulitesterin piirikaavio.

Kuvat

Kuva 1. Arduino Ethernet -lisäkortti [3]. 10
Kuva 2. Arduino Mega 2560 -mikrokontrolleri [1]. 11
Kuva 3. Piikkirima-liitin [5]. 12
Kuva 4. diagrams.netin selainpohjainen käyttöliittymä. 13
Kuva 5. Xpedition Designerin käyttöliittymä. 14
Kuva 6. Tuotannon testausohjeen kansilehti [12]. 17
Kuva 7. LED-moduulitestin kokoonpano [12]. 18
Kuva 8. LED-moduulin kytkentäliittimet [12]. 19
Kuva 9. Shakkikuvio, jossa ympyröitynä viallinen ledi [12]. 20
Kuva 10. Sarakekuvio, jossa ympyröitynä viallinen ledi [12]. 21
Kuva 11. Uusi LED-moduulitestin kokoonpano. 22
Kuva 12. Uuden moduulitesterin lohkokaavio. 24
Kuva 13. Uuden piirikortin lohkokaavio. 25
Kuva 14. Arduino Mega 2560:n pinout-kuva [13]. 27
Kuva 15. Napit testerin käyttöä varten. 33
Kuva 16. Tasajännitemuunnin. 34
Kuva 17. Virranmittauskytkentä. 34
Kuva 18. 7-segmenttinäyttö. 36
Kuva 19. LED-moduulin datalinjojen kytkennät. 37

Taulukot

Taulukko 1. LED-moduulin testaukseen vaadittavat komponentit [12]. 18
Taulukko 2. 7-segmenttinäytön pinniluettelo. 28
Taulukko 3. Jännitesignaalien pinniluettelo. 29
Taulukko 4. Testerin painonappien pinniluettelo. 30
Taulukko 5. Suositellut komponenttiarvot [17]. 35
Taulukko 6. LED-moduulin datalinjojen pinniluettelo. 43

Lyhenteet

BOM	Bill Of Materials, Osaluettelo
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor, Komplementaarinen metallioksidipuolijohde
DRC	Design Rule Checking, Suunnittelusääntöjen tarkistus
ECAD	Electronic Computer-Aided Design, Tietokoneavusteinen elektroniikkasuunnittelu
EDA	Electronic Design Automation, Elektroniikkasuunnittelun toimiala
FET	Field Effect Transistor, Kanavatransistori
GPIO	General-Purpose Input Output, Mikrokontrollerin pinni
HAT	Hardware Attached on Top, Pinneihin liitettävä lisälaite
IC	Integrated Circuit, Mikropiiri
ICSP	In-Circuit Serial Programming, Valmiin järjestelmän sisäinen ohjelmointi
LDNG	LED New Generation, Led-moduuli
LED	Light-Emitting Diode, Valodiodi
PCB	Printed Circuit Board, Piirilevy
RIS	Railway Information and Security, Rautatieinformaatio ja -valvonta osaston nimi Telestellä
RISC	Reduced Instruction Set Computer, Yksinkertainen suoritinarkkitehtuuri
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter, Sarjaliikennepiiri

1 Johdanto

LED-moduuleja käytetään muun muassa joukkoliikenteessä matkustajalle suunnatun informaation esittämisessä joukkoliikennevälineissä ja -asemilla. LED-moduulien toimintakunto testataan Telesten tuotannossa tarkistamalla jokaisen valodiodin toimivuus. Käytännössä katsotaan silmämääräisesti, että jokainen yksittäinen ledi syttyy. LED-moduulien testauksen parantamista varten opinnäytetyöaiheita oli kaksi. Ensimmäisenä aiheena oli tekoälysovelluksen kehittäminen, joka hyödyntäisi konenäköä valodiodien toimivuuden tarkistamiseksi. Toisena aiheena oli valmiina olevan LED-moduulitesterin kehittäminen. Tähän aiheeseen sisältyi uuden moduulitesterin ja piirikortin suunnittelu testeriä varten. Näistä valikoitui jälkimmäinen aihe eli piirikortin suunnittelu uutta LED-moduulitesteriä varten.

Tämän piirikortin toteuttaminen mahdollistaisi uuden ja paremman version valmiina olevasta LED-moduulitesteristä. Se tarkoittaisi helpompaa monistettavuutta ja hyödyllisempää testerin toiminnallisuutta. Nykyisen LED-moduulitesterin sisäiset liitännät on tehty hyppylangoilla, joten testeri on herkkä vioille ja häiriöille. Hyppylankaliitännät tekevät myös uusien testerien valmistamisen vaivalloiseksi. Suunniteltu piirikortti ratkaisee kummatkin edellä mainitut ongelmat.

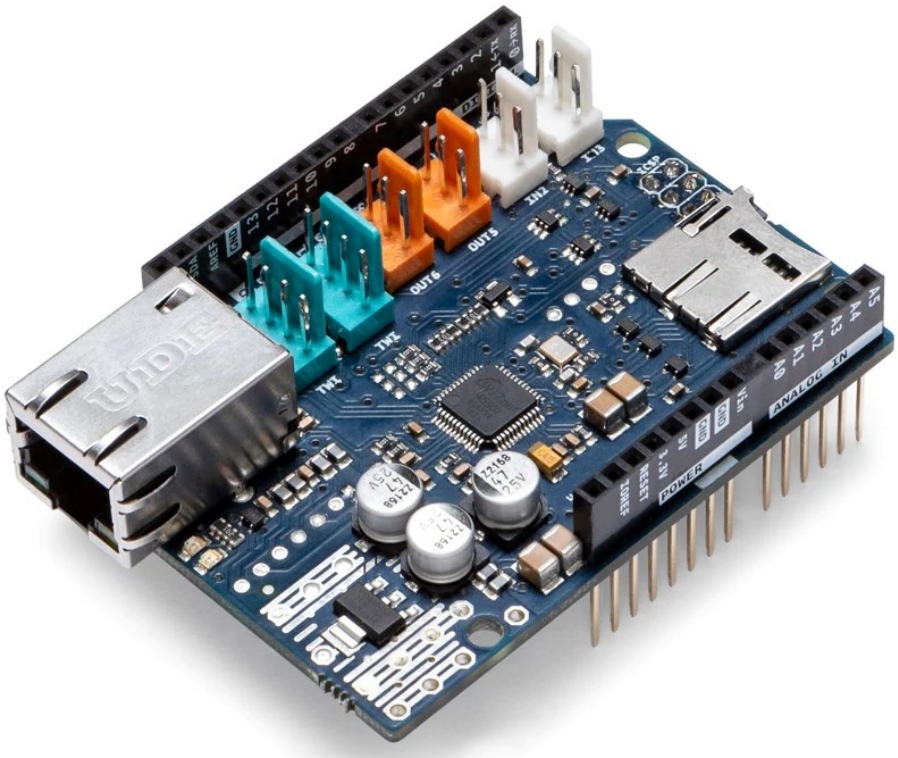
Suoritin ammattiharjoitteluni Teleste Oyj:llä, jonka jälkeen sain osa-aikaisen paikan Telesten tuotekehitystiimissä. Telesten tuotekehityksessä oli tarjota aiheita opinnäytetyötä varten ja näistä aiheista itseäni kiinnosti eniten LED-moduulien tuotantotestauksen kehittäminen. Opinnäytetyön toimeksiantaja on siis Teleste Oyj ja opinnäytetyö on tehty toimeksiantajan tarpeita varten, parantamaan nykyistä tapaa testata LED-moduulien toimivuutta. Jatkoa ajatellen konenäkösovelluksen toiminnallisuus voitaisiin yhdistää uuteen LED-moduulitesteriin, jonka suunnitteluun tässä opinnäytetyössä keskitytään.

2 Komponentit ja työkalut

LED-moduuleja varten Telestellä on jo olemassa oleva testeri. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on parantaa nykyistä testeriä suunnittelemalla uusi piirikortti testeriin. Suunniteltu piirikortti mahdollistaisi uudenlaisen version testeristä, jossa vanhaan verrattuna toiminnallisuus olisi parempi. Uutta testeriä olisi myös helpompi monistaa eli tuottaa useampi kappale. LED-moduulitesterin tärkein komponentti testattavan LED-moduulin lisäksi on Arduino Mega 2560 Rev3 -mikrokontrolleri. Tämä mikrokontrolleri toimii LED-moduulitesterin ”aivoina”, sillä se hoitaa funktionaalisesti kaiken toiminnan LED-moduulien testauksessa, lukuun ottamatta käyttäjän syöttämää tietoa ja valodiodien toimivuuden tarkistamista.

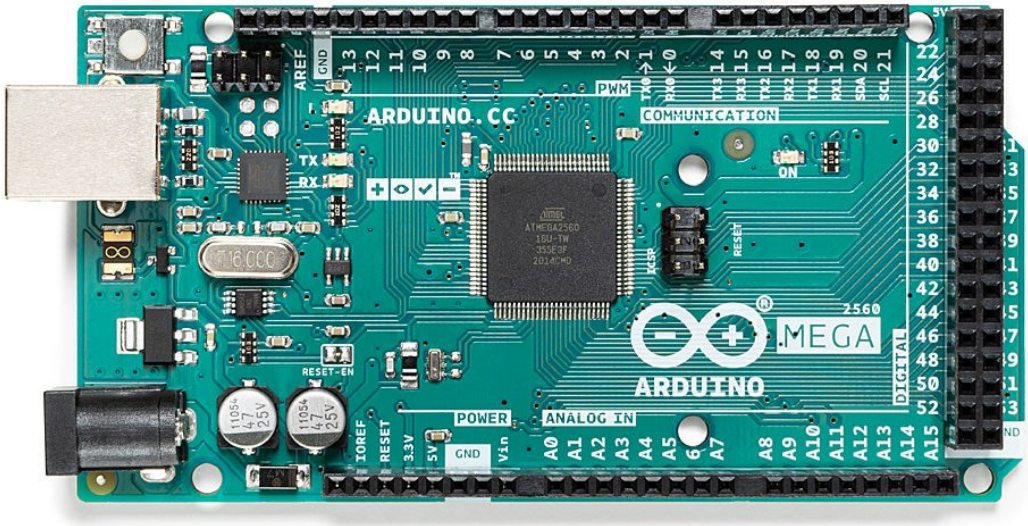
2.1 Arduino Mega 2560 -mikrokontrolleri

Arduino Mega 2560 pohjautuu Atmel Corporationin valmistamaan 8-bittiseen ATmega2560-mikrokontrolleriin [1]. ATmega2560 on pienitehoinen CMOS-mikrokontrolleri, joka pohjautuu RISC-arkkitehtuurin AVR-mikro-ohjainperheeseen [2]. Arduino Mega 2560 -mikrokontrollerissa on 54 digitaalista tulo- ja lähtöpinniä, 16 analogipinniä, neljä UART-laitteistosarjaporttia, 16 MHz:n kideoskillaattori, USB-liitäntä, virtaliitin, ICSP-liitin ja reset-painike. Arduino saa käyttöjännitteensä joko USB-liitännän kautta tietokoneesta, AC-DC-sovittimen avulla, paristosta tai akusta. Arduino Mega 2560 on yhteensopiva useimpien lisäkorttien kanssa, jotka on suunniteltu muille Arduino malleille. [1] Lisäkortit asetetaan suoraan Arduino-piirilevyn päälle, ja ne tuovat lisätoiminnallisuuksia mikrokortille. Esimerkkeinä näistä lisätoiminnallisuuksista on LCD- tai kosketusnäyttö, valintanäppäimistö, DC-moottorinohjaus, Wi-Fi ja Ethernet-yhteys (Kuva 1), GPS-paikannus, liikkeen-, valon-, äänen- ja lämpötilantunnistus.



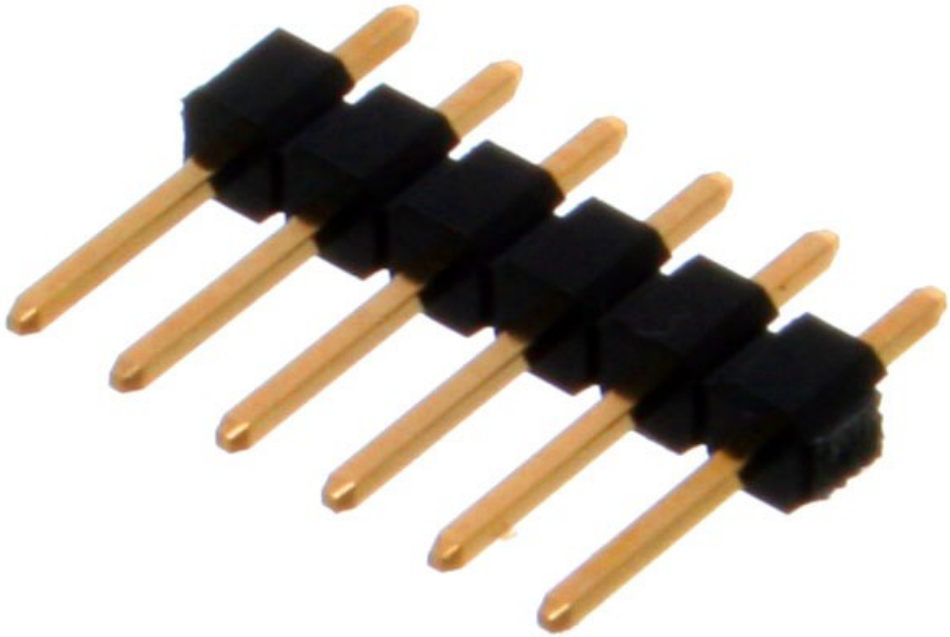
Kuva 1. Arduino Ethernet -lisäkortti [3].

Arduinoon tarkoitettuja lisäkortteja voi ostaa valmiina ja niitä voi myös itse kehittää [4]. Tämän opinnäytetyön aiheena oleva uusi piirikortti LED-moduulitesteriin toimii samalla periaatteella, kuin valmiina olevat Arduino lisäkortit. Piirikortti asetetaan Arduino Mega 2560:n päälle ja näiden yhdistelmä asetetaan LED-moduulitesterin kotelon sisälle. Arduino Mega ja uusi piirikortti yhdistyvät Arduinon digitaalisten ja analogisten tulo- ja lähtöpinnien avulla. Näitä tulo- ja lähtöpinnejä kutsutaan GPIO-pinneiksi. GPIO-pinnit sijaitsevat nimettyinä ja numeroituina Arduino-piirilevyn reunoissa. Arduinon alalaidassa sijaitsevat analogiset pinnit A0–A15 ja oikealla sekä ylälaidassa sijaitsevat digitaaliset pinnit 0–53 (Kuva 2).



Kuva 2. Arduino Mega 2560 -mikrokontrolleri [1].

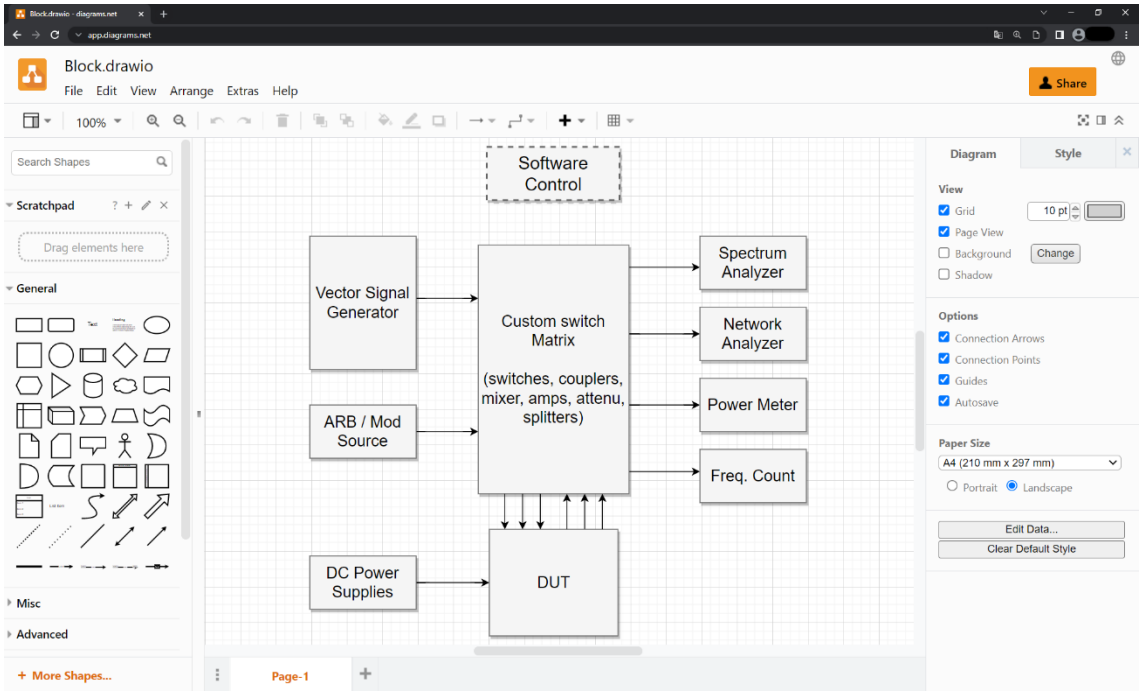
Valmiit lisäkortit sekä suunniteltu uusi piirikortti toimivat HAT-tyyppisesti piikkirimojen (Kuva 3) avulla. Arduino ja lisäkortit toimivat toistensa kanssa yhdistämällä lisäkortin piikkirima-liittimet Arduinon GPIO-pinneihin.



Kuva 3. Piikkirima-liitin [5].

2.2 diagrams.net-sovellus

Uuden piirikortin suunnittelua varten tarvittiin ohjelmia ja työkaluja toteutusta varten. Yksi näistä työkaluista on JGraph Ltd:n draw.io, nykyiseltä nimeltään diagrams.net. diagrams.net on ilmainen, avoimeen lähdekoodiin perustuva kaavioiden visualisointisovellus. diagrams.net on integroitu monelle eri alustalle ja sitä voi käyttää joko itsenäisenä ohjelmanaan tai suorittamalla sovellusta virtuaalisesti Docker-kontissa. Työpöytäsovelluksena diagrams.net toimii ilman internetyhteyttä Windows, macOS ja Linux -käyttöjärjestelmillä. diagrams.net-sovellusta voi käyttää nettiselaimella (Kuva 4), ja oman mobiilikäyttöliittymän ansiosta samaa sivustoa voi myös käyttää älypuhelimella. [6]



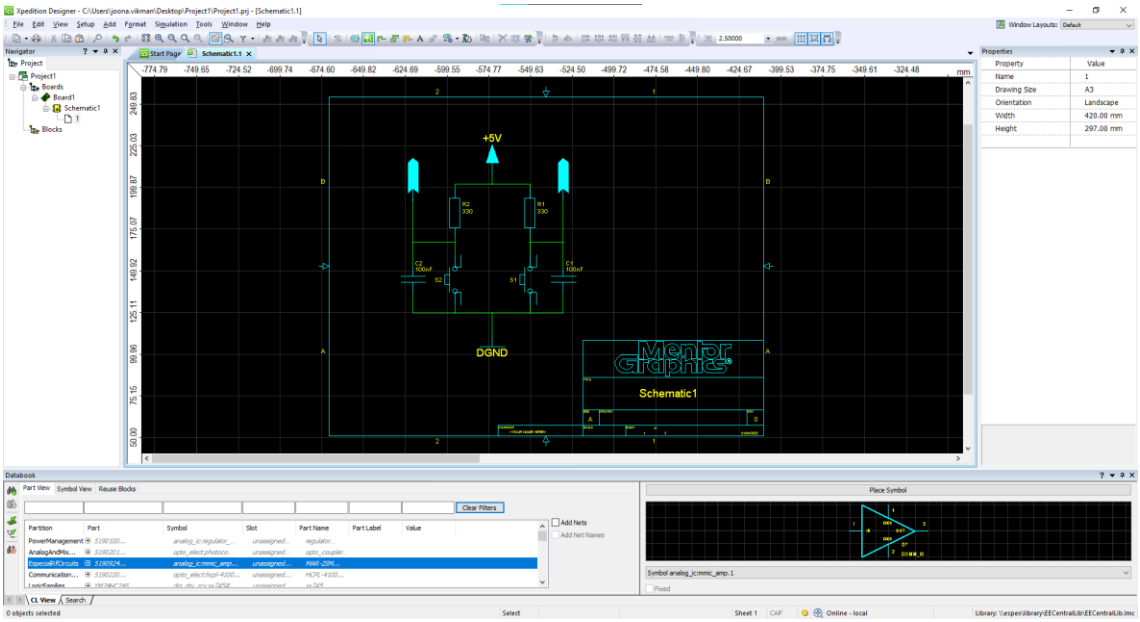
Kuva 4. diagrams.netin selainpohjainen käyttöliittymä.

Selainversiolla on mahdollista tarkastella kaavioita, jotka on tehty jollain muulla kaaviointisovelluksella kuin diagrams.netillä [7]. diagrams.net-sovelluksella tehdyt kaaviot voidaan tallentaa suoraan moneen eri palveluun kuten Google Driveen, OneDriveen, GitHubiin, GitLabiin tai Dropboxiin. Omalle laitteelle tallennettaessa, kaavioiden tiedostomuotona voi olla joko PNG, JPEG, SVG, PDF, VSDX, HTML tai XML. diagrams.net integraatioihin kuuluu tuki eri valmistajien sovelluksille ja palveluille. Virallisesti tuettuihin lisäosiin kuuluu Googlen palvelut: Workspace, Docs, Sheets ja Slides sekä virallisesti tuettuihin integraatioihin kuuluu Microsoftin palvelut: Sharepoint, Word, Powerpoint, Excel ja Teams. Lisäksi kolmansien osapuolten integraatiot mahdollistavat diagrams.netin käytön useissa applikaatioissa. Näihin lukeutuvat muun muassa Jira, Grafana, Redmine ja VS Code. [6] Laajojen ominaisuuksien ansiosta diagrams.net on helppokäyttöinen ja kattava työkalu erilaisten kaavioiden ja kuvioiden tekemiseen [8]. diagrams.netin selainpohjainen versio valikoitui tätä opinnäytetyötä varten, uuden testerin ja piirikortin suunnittelua varten. Työn alkuvaiheessa diagrams.netillä tehtiin lohkokaavio uudesta testeristä ja työn edetessä myös lohkokaavio pelkästä uudesta piirikortista. Lohkokaavio on

mahdollisimman korkean tason kaavio, jossa yleensä kuvataan neliöiden, nuolien ja viivojen avulla jonkin laitteen toiminnallisuuksia. Lohkokaavion teko työn alkuvaiheessa selkeytti, mitä komponentteja ja toiminnallisuuksia uuteen testeriin on tarkoitus tulla.

2.3 Xpedition Designer -piirikaavioeditori

Toinen kriittinen suunnitteluohjelma, jota tässä opinnäytetyössä käytettiin, on Xpedition Designer. Xpedition Designer on Mentor Graphicsin kehittämä piirikaavioeditori. Siemens AG osti Mentor Graphicsin vuonna 2017 ja Mentor on nykyään osana Siemensiä nimellä Siemens EDA [9]. Siemens EDA:n ohjelmistot ja palvelut ovat tarkoitettu integroitujen piirien (IC) suunnitteluun, todentamiseen ja valmistukseen [10]. Elektronisten järjestelmien suunnittelutyökaluihin kuuluu Xpedition Enterprise, PADS, HyperLynx ja Valor [11]. Näitä työkaluja käytetään piirilevyjen (PCB) suunnitteluun ja valmistukseen. Xpedition Enterprise sisältää kaksi suunnitteluohjelmaa, Xpedition Designer (Kuva 5) ja Xpedition Layout.



Kuva 5. Xpedition Designerin käyttöliittymä.

Xpedition Designerilla luodaan ylimmän tason piirikaavio. Piirikaavioon lisätään komponentit käyttäen komponenttikirjastoja. Komponenttikirjastoja on valmiina olemassa olevia ja uusia kirjastoja pystytään myös itse rakentamaan. Tätä opinnäytetyötä varten Telesten omasta komponenttikirjastosta ei löytynyt kaikkia vaadittavia osia, joten nämä jouduttiin lisäämään kirjastoon manuaalisesti. Piirikaavio luodaan komponentteja yhdistelemällä ja kaavio verifioidaan suorittamalla simulaatioita. Xpedition Designerilla tehty valmis piirikaavio siirretään Xpedition Layouttiin. Xpedition Layoutilla tehdään piirikaaviolle fyysinen suunnittelu. Fyysiseen suunnitteluun kuuluu tasorakenteiden luonti, jossa piirilevylle sijoitetaan fyysisesti komponentit ja näiden väliset reititykset eli kytkentäkuvio piirretään levylle. Kun komponentit ovat piirilevyllä paikoillaan tehdään layout suunnitelmalle suunnittelusääntöjen tarkistus (DRC), signaalineheystarkistus ja lämpötilasimulaatio.

3 LED-moduulitestaus

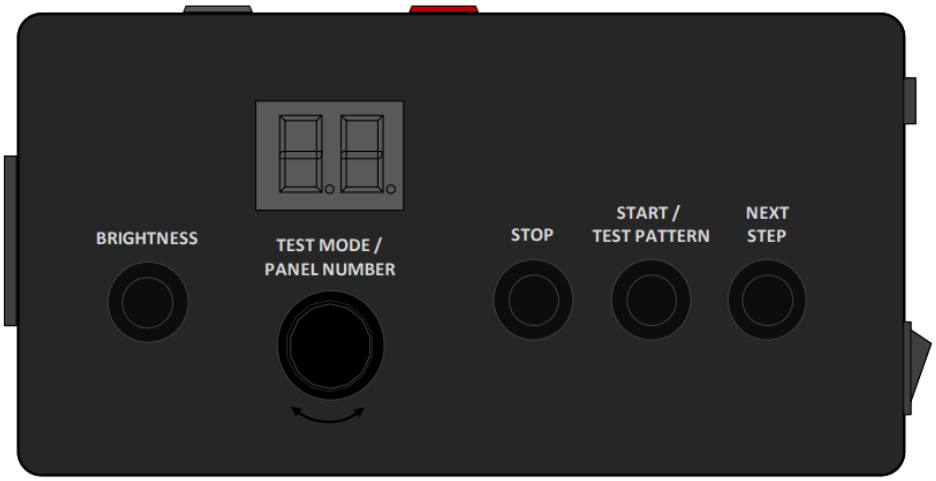
Opinnäytetyön toteuttaminen aloitettiin tutustumalla jo valmiina olevaan LED-moduulitesteriin ja määrittämällä parannusideat testerin uutta versiota varten. Tutustuminen nykyiseen LED-moduulitesteriin tapahtui läpikäymällä dokumentaatioita, ohjeita ja kaavioita, joita Telesten railway information and security -osaston tuotekehityksessä on tehty. LED-moduulitesterin toiminnallisuudet selvitettiin päällisin puolin pelkästään kuvien, tekstien ja videoiden perusteella, sillä nykyistä moduulitesteriä on vain muutama kappale, ja ne sijaitsevat Telesten Tampereen toimistolla. LED-moduulitesteriä ei päästy siis kertaakaan testaamaan tai fyysisesti tutkimaan. Dokumentaatiot, joihin tutustuttiin, sisälsi LED-moduulin spesifikaation, LED-moduulin tuotannontestausohjeen, LED-moduulitesterin piirikaavion sekä moduulitesterissä olevan Arduino Mega 2560:n vaihtamisesta tehdyn video-ohjeen. Kaikki nämä dokumentaatiot sekä valmiina oleva LED-moduulitesteri on tehty Tampereen RIS-osastolla Teleste Information Solutions Oy:llä. RIS-osaston suunnittelijoiden kanssa tehtiin yhteistyötä Teams-palavereiden muodossa tätä opinnäytetyötä varten.

3.1 Nykyinen LED-moduulitesteri

Opinnäytetyön aiheeseen tutustuminen alkoi perehtymällä nykyisen LED-moduulitesterin dokumentaatioon ja toimintamalliin. Tärkeimpinä dokumentteina olivat LED-moduulin tuotannontestausohje (Kuva 6) ja LED-moduulitesterin piirikaavio (Liite 1).

Revision	0.4	TELESTE Teleste Proprietary. All rights reserved.
Date	27.8.2021	
Status	Draft	
Author	Ilkka Järvinen	
Approval		
Document file name	95LDNGxx tuotannon testausohje v0.4.docx	

95LDNGxx
Tuotannon testausohje



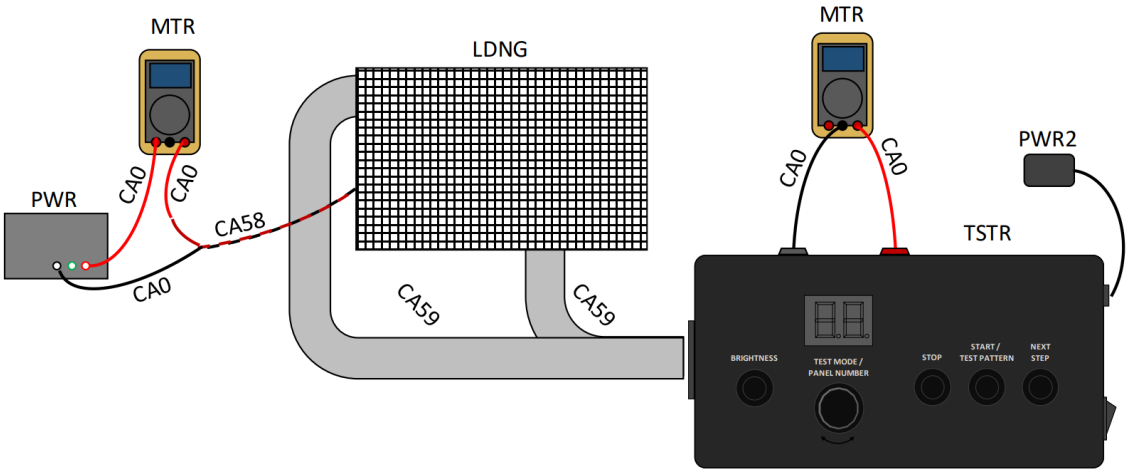
Kuva 6. Tuotannon testausohjeen kansilehti [12].

LED-moduulin tuotannontestausohjeessa on lueteltuna LED-moduulin testausta varten vaadittavat komponentit (Taulukko 1), mihin komponentteja käytetään sekä kuvaus, miten moduulin testaus tehdään. LED-moduulitestin tarkoituksena on verifioida moduulinohjauksen toiminta, tarkistaa ettei ledien välillä ole oikosulkuja ja varmistaa, että ledit toimivat.

Taulukko 1. LED-moduulin testaukseen vaadittavat komponentit [12].

Komponentti	**Kuvaus**
LDNG	Testattava LDNG-moduuli
PWR	Teholähde 24VDC
PWR2	Teholähde LDNG LED-paneelitesterille 9VDC
TSTR	LDNG LED-paneelitesteri
MTR (2 kpl)	Yleismittari jännitteen/virran mittaukseen
CA0 (4 kpl)	Testikaapeli banaaniliittimillä
CA58 (2 kpl)	Virtakaapeli LDNG LED-paneeleille
CA59 (2 kpl)	Datakaapeli LDNG LED-paneeleille
CON	Piikkirima sovitinkappaleeksi

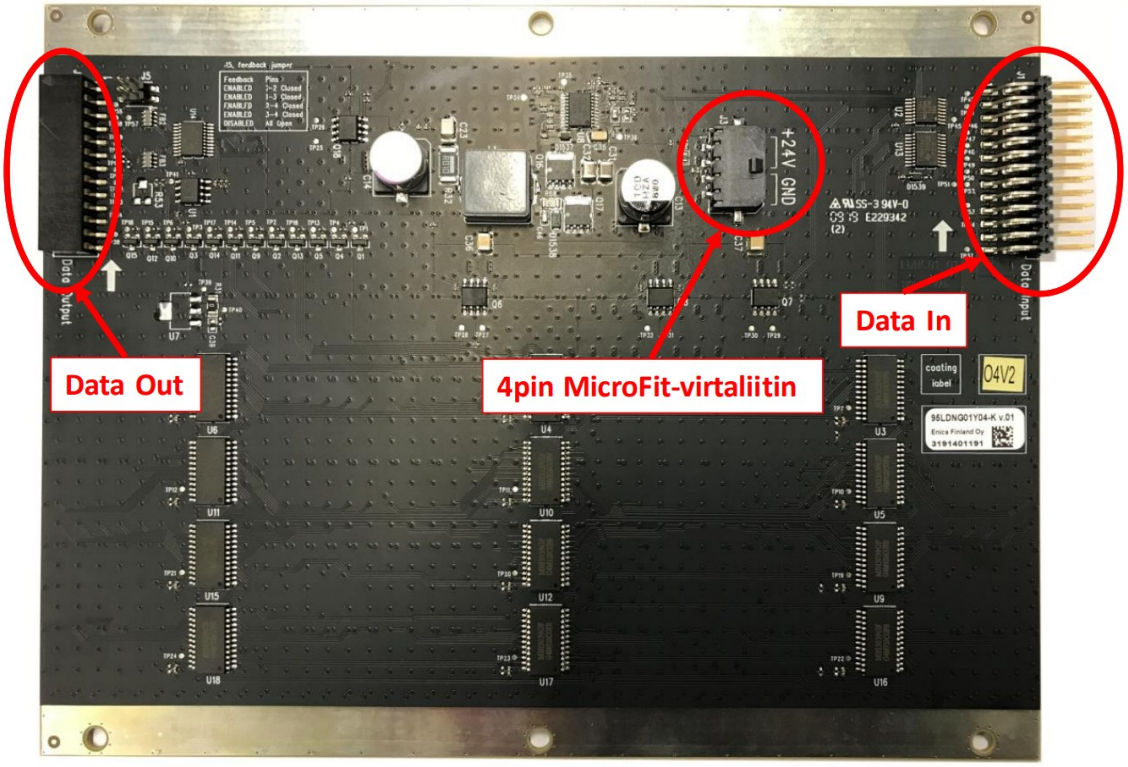
LED-moduulin tuotannontestausohjeessa on kuvattuna testin kokoonpano, josta näkee visuaalisesti vaadittavat komponentit ja niiden asettelun (Kuva 7).



Kuva 7. LED-moduulitestin kokoonpano [12].

3.2 LED-moduulin testaus

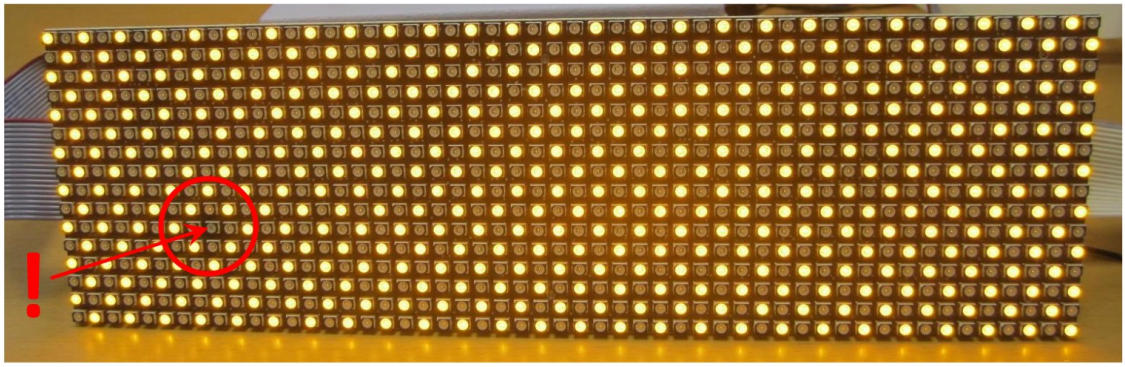
LED-moduulien testaus on kuvattuna vaihe vaiheelta tuotannon testausohjeessa. Testin esivalmisteluihin kuuluu testikokoonpanon järjestäminen kuvan 7 mukaisesti. LED-moduuli vaatii kolme kytkentää toimiakseen. Moduulitesterin vasemmalta puolelta tulevat data input ja -output kytkennät (CA59), sekä ulkoisesta 24 VDC teholähteestä (PWR) tuleva virransyöttö (CA58) (Kuva 7). Kuvassa 8 on kuvattuna edellä mainittujen kytkentöjen liittimet, jotka sijaitsevat LED-moduulin (LDNG) takapuolella.



Kuva 8. LED-moduulin kytkentäliittimet [12].

Testauskokoonpanossa käytetään kahta yleismittaria (MTR). Yhtä mittaria käytetään jännitteenmittaukseen liitettynä ainoastaan LED-moduulitesteriin (TSTR). Toista yleismittaria käytetään virranmittaukseen liitettynä LED-moduuliin (LDNG) sekä ulkoiseen teholähteeseen (PWR).

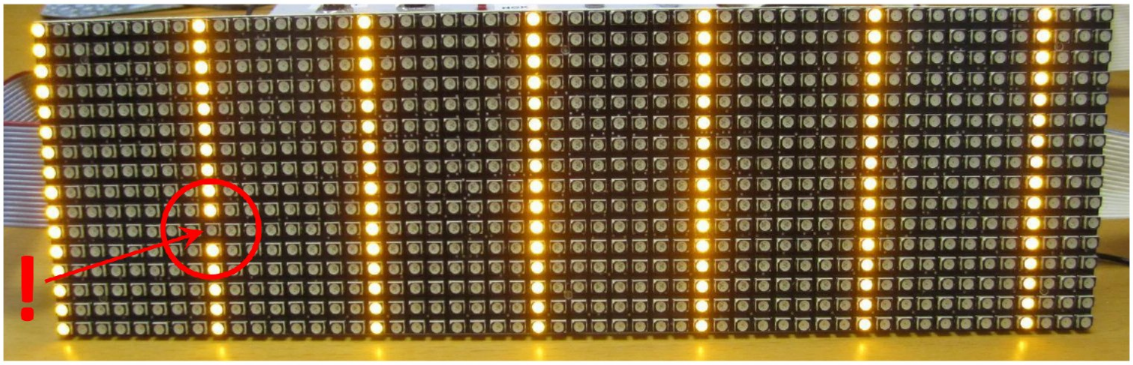
LED-moduulitesteri vaatii myös oman ulkoisen 9 VDC virtalähteensä (PWR2) toimiakseen. Kun testikokoonpano on oikeanlainen voi moduulitesterin (TSTR) ja LED-moduulin teholähteen (PWR) kytkeä päälle. Testimoodi valitaan TEST MODE / PANEL NUMBER -kiertovalitsimella riippuen siitä, mitä kyseistä LED-moduulia testataan. LED-moduuleja on erityyppisiä ja niiden virrankulutus, resoluutio sekä fyysinen koko vaihtelevat moduulin mallin mukaan. Testimoodin valinnan näkee kaksinumeroisesta 7-segmenttinäytöstä. Moodin valinnan jälkeen suoritetaan automaattisesti datalinjojen testaus, joka katsoo, että moduulitesterin ja LED-moduulin välinen yhteys on kunnossa. Myös tämän testin tulos näytetään 7-segmenttinäytöllä. Yleismittarin jännitemittausarvoa verrataan tässä vaiheessa ohjeelliseen arvoon, joka on 3,17V–3,50V. Seuraavaksi aloitetaan ledien testaus testerin START / TEST PATTERN -painikkeella. Moduulitesteri ajaa LED-moduulille ensimmäisenä shakkikuvion ja tästä tarkistetaan silmämääräisesti, että oikeat ledit palavat. Kuvassa 9 nähdään LED-moduuli, johon on ajettu shakkikuvio ja jossa on yksi toimimaton ledi.



Kuva 9. Shakkikuvio, jossa ympyröitynä viallinen ledi [12].

Testikuvion ajamisen voi tarvittaessa lopettaa testerin STOP-painikkeella ja tällöin testikuvioiden uudelleen alusta ajamisen voi aloittaa START / TEST PATTERN -painikkeella. Shakkikuvion jälkeen START / TEST PATTERN -painikkeella vaihdetaan testikuviota. Testattavia kuvioita ovat

shakki-, invertoitu shakki-, sarake- (Kuva 10) ja rivikuvio sekä testi, jossa kaikki ledit palavat.



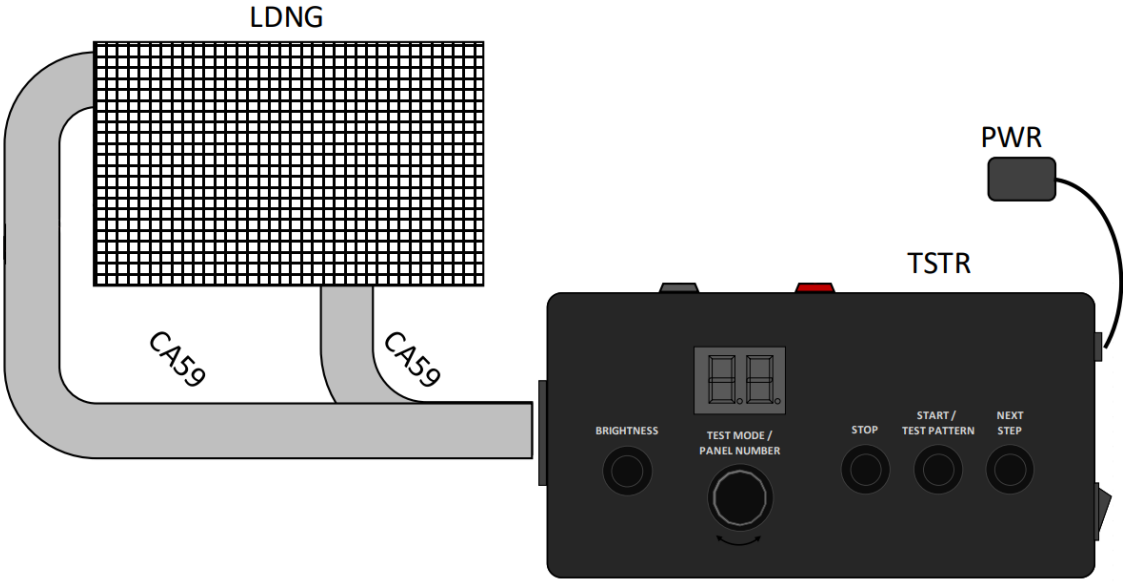
Kuva 10. Sarakekuvio, jossa ympyröitynä viallinen ledi [12].

Sarake- ja rivikuvioita testattaessa syttyviä ledisarakkeita ja -rivejä voi vaihtaa moduulitesterin NEXT STEP -painikkeella. Kun kaikki testikuviot on käyty läpi, tarkistetaan LED-moduulin virrankulutus käyttäen shakkikuviota eri kirkkauksilla. Moduulitesterin BRIGHTNESS-painikkeella säädetään ledien kirkkautta. Moduulitestauksessa testattavia eri kirkkaustasoja LED-moduuleille on kolme. Jokaisella kirkkaustasolla tarkistetaan LED-moduulin virrankulutus yleismittarilla (MTR) ja tätä tulosta verrataan ohjeelliseen ampeerimäärään. Ohjeellisen ampeerimäärän löytää taulukosta, jossa on listattuna eri LED-moduulien virrankulutuksien raja-arvot. Testauksen lopussa katsotaan, että LED-moduulissa ei näy vaurioita ja se on ulkoisesti vastaavassa kunnossa kuin testauksen alussa.

3.3 Uuden testerin parannusideat

Kun aloitettiin määrittelemään parannusideoita uuteen versioon LED-moduulitesteristä, taka-ajatuksena oli, että testerin toiminnallisuus paranisi ja monistaminen helpottuisi. Paras tapa toteuttaa tämä oli suunnitella uusi piirikortti moduulitesteriin, joka tulisi Arduino Mega 2560:n päälle HAT-tyyppisesti. Tämä tarkoittaisi, että nykyiseen LED-moduulitesteriin verrattuna testerin sisäiset kytkennät selkeytyisivät ja testauksessa tarvittavien

komponenttien määrää saataisiin vähennettyä. Myös tuotannossa työskentelevän testaajan tekemä manuaalinen operointi vähentyisi LED-moduulitestauksessa. Moduulitesterin sisäiset kytkennät selkeytyisivät, kun uusi piirikortti asetettaisiin suoraan Arduino Mega 2560:n päälle piikkirima-liittimillä. Hyppylangoilla tehdyt liitokset Arduinosta testerin nappeihin, kiertovalitsimeen, 7-segmenttinäyttöön, virta- ja dataliittimiin tulisivat pintaliitoksina suoraan uudelle piirikortille. Suurimpina muutoksina LED-moduulitestaukseen tulisivat yleismittarien ja usean teholähteen käytön poisto. Nämä muutokset ovat mahdollisia valitsemalla uusia komponentteja, jotka myös asetetaan pintaliitoksina uudelle piirikortille. Kuvassa 11 nähdään uuden piirikortin mahdollistama yksinkertaisempi testikokoonpano.



Kuva 11. Uusi LED-moduulitestin kokoonpano.

Käytännössä uusi LED-moduulitesteri hoitaisi siis: käyttöjännitetarkistukset, virranmittauksen, linjatestin ja LED-moduulin virransyötön päälle ja pois kytkennän. LED-moduulin käyttöjännitteen syöttävän teholähteen poistaminen tarkoittaa, että LED-moduuli saa käyttöjännitteensä datakaapeleiden kautta samasta teholähteestä mistä LED-moduulitesteri ottaa oman käyttöjännitteensä.

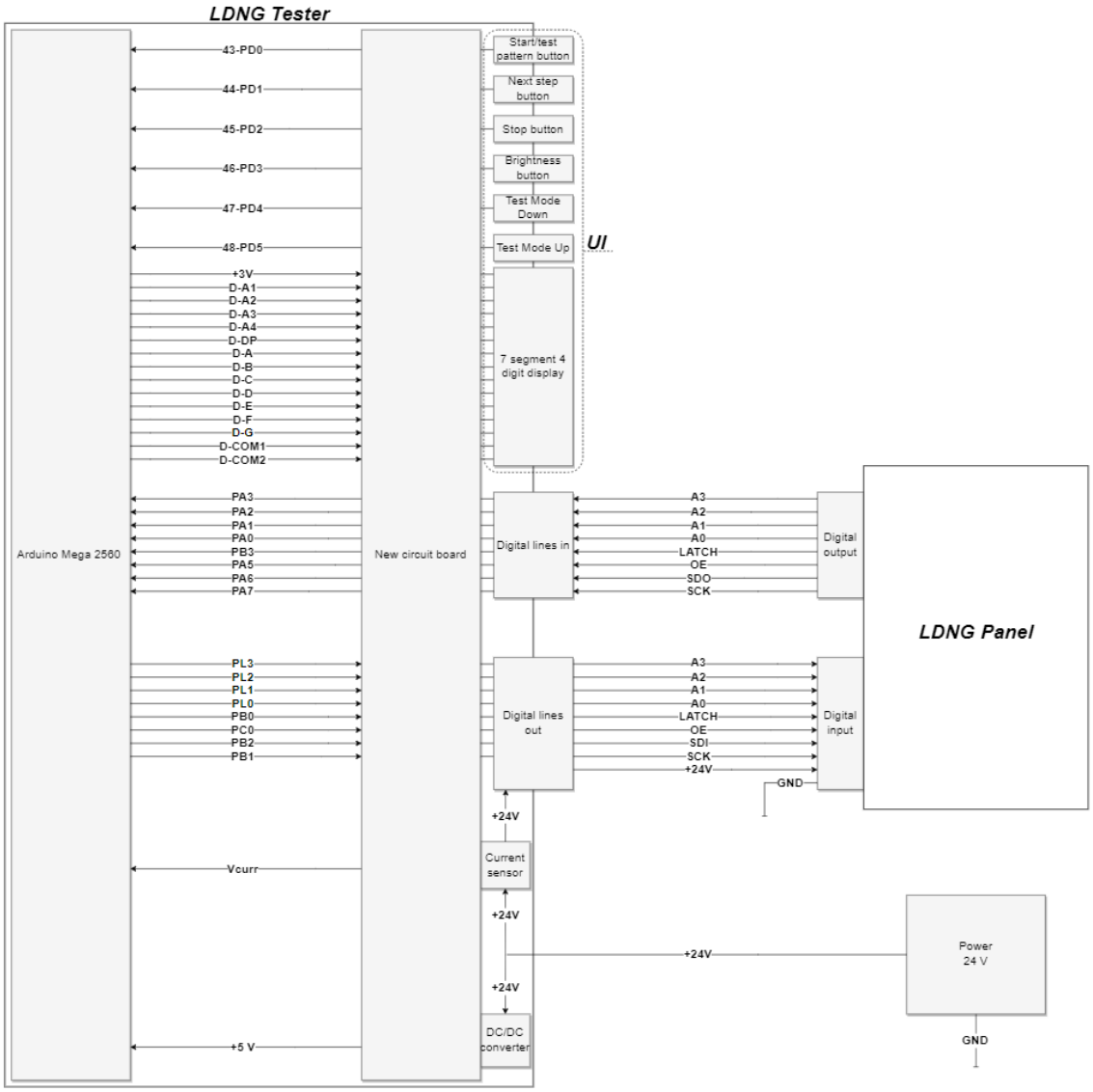
4 Arkkitehtuuri

Nykyiseen LED-moduulitesterin toimintaan ja LED-moduulien testaustapaan perehdyttyä päästiin suunnittelemaan uutta piirikorttia. Suunnittelemisen ensimmäisenä vaiheena oli lohkokaavion teko määriteltyjen parannusideoiden pohjalta. Lohkokaavion teko auttoi hahmottamaan vanhan ja uuden LED-moduulitesterin kokonaisuutta. Lohkokaavion lisäksi uutta piirikorttia varten tehtiin Arduinosta ja Arduinoon liitettävistä komponenteista GPIO-pinniluetteloita. Pinniluetteloiden teossa hyödynnettiin LED-moduulin spesifikaatiota, josta selvisi LED-moduulin data input ja -output liitäntöjen pinninumerot ja signaalinimet. Muiden komponenttien osalta referoitiin nykyisen LED-moduulitesterin piirikaaviota (Liite 1) pinniluetteloita varten. Suunnittelutyön alussa tehtiin lohkokaavio, jossa on mukana LED-moduuli ja ulkoinen teholähde uuden moduulitesterin lisäksi. Myöhemmin tehtiin toinen lohkokaavio pelkästä uudesta piirikortista ja piirikorttiin tulevista komponenteista. Työn edetessä testerin arkkitehtuuria käytiin läpi viikoittaisissa Teams-palavereissa. Uusien aspektien ilmetessä lohkokaavioita ja pinniluetteloita päivitettiin samalla kun uuden LED-moduulitesterin suunnitelmat ja tavoitteet muuttuivat.

4.1 Lohkokaaviot

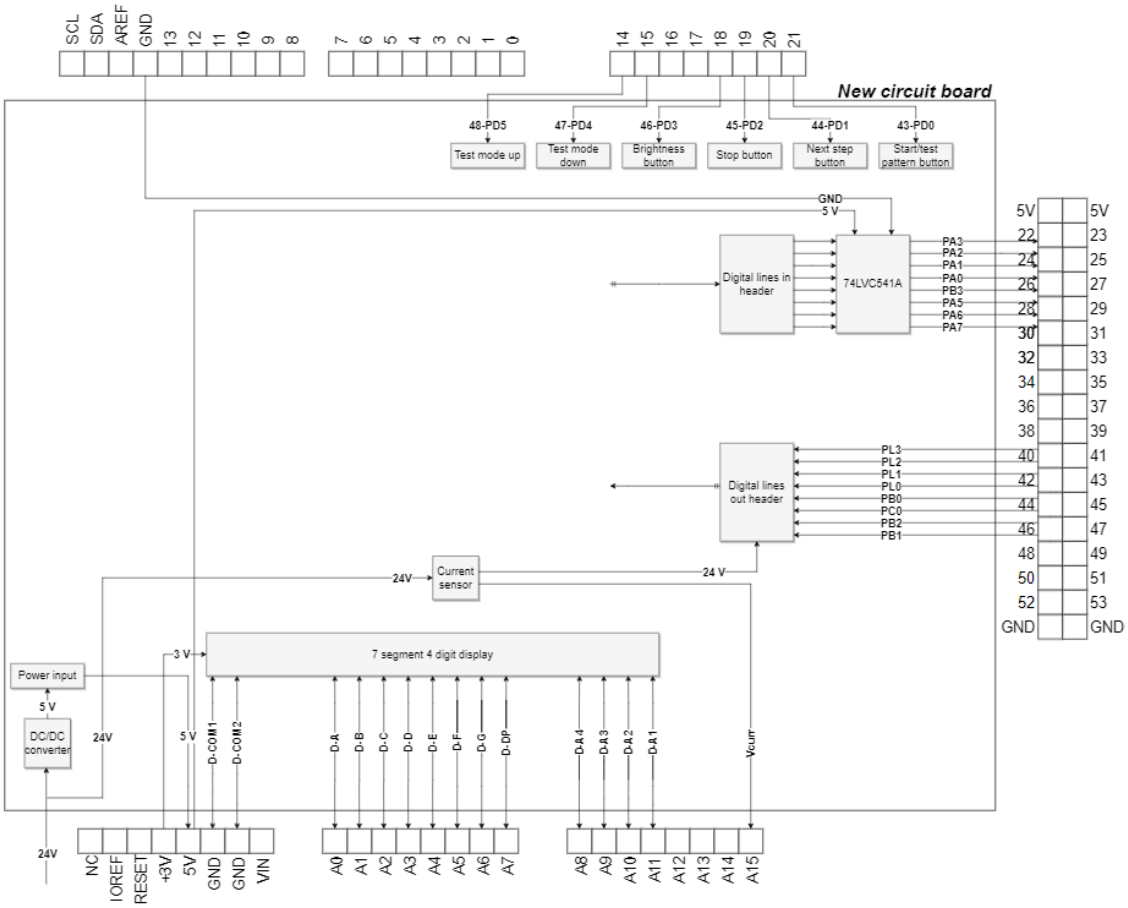
Lohkokaavioiden tekoa varten työkaluksi valikoitui selainpohjainen draw.io sen helppokäyttöisyyden ja joustavuuden takia. Ensimmäisenä tehtiin lohkokaavio, jossa on kuvattuna moduulitesteri, testerin sisällä oleva Arduino Mega 2560 ja uusi piirikortti. Lisäksi kaaviossa on LED-moduuli, 24 VDC teholähde sekä käyttöliittymän komponentit kuten napit, näyttö ja dataliitännät LED-moduulia varten. Vanhaan moduulitesteriin verrattuna uusina komponentteina lohkokaaviossa on piirikortilla sijaitseva virtasensori ja DC/DC-jännitemuunnin. Virtasensori korvaa aikaisemmassa LED-moduulitestauksessa käytetyt yleismittarit ja DC/DC-muunnin vaaditaan, jotta ulkoisesta 24 V:n teholähteestä saadaan sopiva 5 V:n käyttöjännite Arduino Mega 2560:aa varten. Käyttöliittymässä muutettiin vanhasta testeristä TEST MODE / PANEL

NUMBER -kiertovalitsin kahteen nappiin TEST MODE UP ja TEST MODE DOWN. Kaksinumeroinen 7-segmenttinäyttö vaihtui neljänumeroiseen 7-segmenttinäyttöön. Nämä käyttöliittymään tehdyt muutokset päätettiin komponenttien saatavuusongelmien takia. Kuvassa 12 on lopullinen versio uuden moduulitesterin lohkokaaviosta.



Kuva 12. Uuden moduulitesterin lohkokaavio.

Lohkokaaviossa on kuvattuna tärkeimmät komponentit laatikoina ja näiden väliset yhteydet nuolina. Nuolissa on merkattuna signaalinimet, joita käytetään myös pinniluetteloissa. Kuvassa 13 on lopullinen versio uuden piirikortin lohkokaaviosta. Piirikortin lohkokaaviossa on piirikortin ulkopuolella kuvattuna Arduino Mega 2560:n GPIO-pinnit. Näihin Arduinon GPIO-pinneihin liitetään piirikortilla olevat komponentit piikkirimaliittimin.

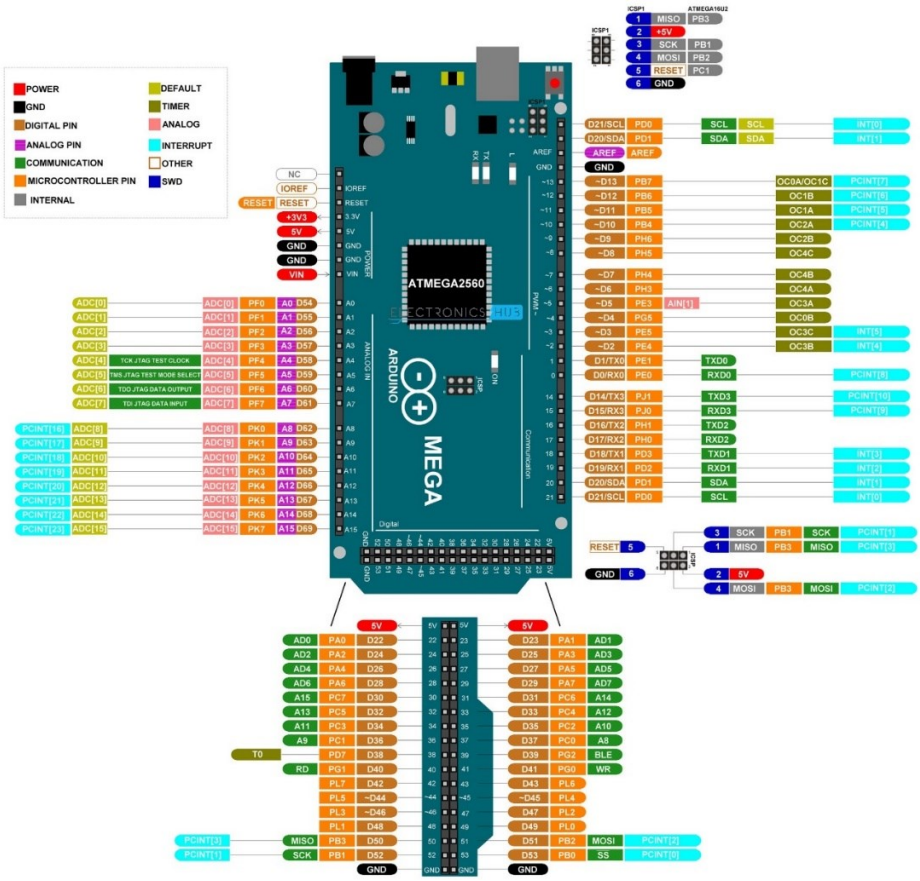


Kuva 13. Uuden piirikortin lohkokaavio.

Lohkokaavion tehtävänä on kuvata laite korkealla tasolla, eivätkä lohkokaavioissa ilmenevät komponenttien koot tai paikat ole todenmukaisia. Piirilevyjen asettelusuunnittelussa (PCB layout design) hahmotellaan tarkkaan, mihin komponentit fyysisesti sijoitetaan ja miten kytkentäkuvio piirretään piirilevylle. Kytkentäkuvio on kuparijohde piirilevyllä, joka yhdistää komponentit toisiinsa. Tässä opinnäytetyössä suunnitellussa piirikortissa kytkentäkuvio ja piikkirimat korvaavat vanhan moduulitesterin sisällä käytetyt hyppylangat.

4.2 Pinniluettelot

Pinniluettelointi tehdään selkeyttämään mistä ja mihin jokainen signaali kulkee. Pinniluettelon käyttö helpottaa kaavioiden ja kuvien tulkintaa. Kun pinniluettelosta löytää signaalin nimen, näkee luettelosta heti mikä komponentti käyttää kyseistä signaalia ja mihin GPIO-pinniin se on Arduinossa kytketty. Näin ollen ei ole tarvetta seurata signaalien reittejä komplekseista kaavioista. Suunnitelmaa varten tehdyissä pinniluetteloissa on sarakkeina signaalinimi ja Arduino-pinni. Lisäksi luetteloissa voi olla muistiinpanosarake, joka avaa kyseistä riviä. Arduino-pinnisarakkeessa on käytetty kahta pinnin merkintää, sillä yhdellä pinnillä on useita tunnisteita (digital pin, analog pin, microcontroller pin). Pinniluetteloiden ja uuden piirikortin lohkokaavion tekoa varten hyödynnettiin Arduino Mega 2560:n pinout-kuvaa (Kuva 14) GPIO-pinnien selvittämiseen.



Kuva 14. Arduino Mega 2560:n pinout-kuva [13].

4.2.1 LED-moduulin datalinjojen pinniluettelo

Tärkeimpänä ja suurimpana pinniluettelona on LED-moduulin datalinjaluettelo (Liite 2). LED-moduulin datalinjoja on samannimisiä sekä input-, että output-puolella ja nämä voivat helposti mennä ristiin. Datalinjojen pinniluettelossa on tästä syystä kirjattuna Arduino-pinnien sarakeotsikoihin in from panel ja out to panel selkeyttämään signaalien suuntaa. Muista luetteloista poiketen ensimmäisessä sarakkeessa on signaalin nimi sekä datakaapelin liitinnumero. LED-moduulin datalinjaluetteloon verrattuna muut pinniluettelot ovat yksiselitteisempiä.

4.2.2 7-segmenttinäytön pinniluettelo

7-segmenttinäytön pinniluettelossa (Taulukko 2) on jokaisen näytössä olevan numeron (D-A1–D-A4) signaalit lueteltuna. Nämä numerot koostuvat segmenteistä (D-A–D-DP), jotka syttyvät muodostaen halutun numeron.

Taulukko 2. 7-segmenttinäytön pinniluettelo.

Signal name	**Arduino Pin**
D-A	*PF0/A0*
D-B	*PF1/A1*
D-C	*PF2/A2*
D-D	*PF3/A3*
D-E	*PF4/A4*
D-F	*PF5/A5*
D-G	*PF6/A6*
D-DP	*PF7/A7*
D-A4	*PK0/A8*
D-A3	*PK1/A9*
D-A2	*PK2/A10*
D-A1	*PK3/A11*
D-COM1	*GND*
D-COM2	*GND*

4.2.3 Jännitesignaalien pinniluettelo

Taulukossa 3 on virtasensorin käyttämä signaali ja syöttävän jännitteen signaali. Virtasensori havaitsee syötettävän virranmäärän ja käyttää Hall-ilmiötä määrittääkseen syötettävän jännitteen määrän [14]. Näin yksi virtasensori korvaa molemmat yleismittarit, joita LED-moduulitestauksessa on aikaisemmin käytetty. 24 V:n jännite kulkee suoraan LED-moduulille virtasensorin läpi. 24 V toimii LED-moduulin syöttävänä jännitteenä ja virtasensorin tuottama signaali syöttää Arduinon analogiseen pinniin virtamittausarvoa. Syöttävä jännite kulkee myös DC/DC-konvertteriin, joka muuttaa jännitteen Arduinolle sopivaksi käyttöjännitteeksi. Arduino Mega 2560:n käyttöjännite on 5 V. ON/OFF-signaalilla ohjataan transistoria, jolla pystytään kytkemään päälle ja pois LED-moduulin sekä virtasensorin jännitesyöttö.

Taulukko 3. Jännitesignaalien pinniluettelo.

Signal name	**Arduino Pin**	**Note**
Vcurr	*PK7/A15*	LED-panel current measuring
ON/OFF	*PE0/D0*	Transistor on/off
24V	*26 (connector pin)*	Input voltage for LED-panel

4.2.4 Painonappien pinniluettelo

Taulukossa 4 on jokaisen napin signaalinimi, Arduino-pinni, johon nappi on liitettynä, ja muistiinpano, mistä napista on kyse.

Taulukko 4. Testerin painonappien pinniluettelo.

Signal name	**Arduino Pin**	**Note**
43-PD0	*PD0/D21*	Start/Test pattern button
44-PD1	*PD1/D20*	Next step button
45-PD2	*PD2/D19*	Stop button
46-PD3	*PD3/D18*	Brightness button
47-PD4	*PJ0/D15*	Test mode down button
48-PD5	*PD1/D14*	Test mode up button

5 Suunnitelman toteutus

Uuden piirikortin suunnittelun toisessa vaiheessa, tehtiin piirikaavio lohkokaavioiden ja tehtyjen suunnitelmien pohjalta. Mentor Graphicsin suunnittelutyökalut ovat käytössä Telesten tuotekehityksessä, joten piirikaavion tekoa varten ohjelmaksi valikoitui Xpedition Designer. Tuotekehityksen hardwarepuolelta saatiin apua Mentorin ohjelmien asentamiseen ja käyttöön. Opinnäytetyötä varten suunniteltu piirikaavio ja Xpedition Designer olivat ensimmäinen suunnittelemani piirikaavio ja ensimmäinen käyttämäni ECAD-ohjelma. Xpedition Designer on ammattikäyttöön tarkoitettu ohjelma mutta pienellä avustuksella saa nopeasti kiinni ohjelman käytöstä. Kuten lohkokaavioiden kohdalla, piirikaavioon tuli useita muutoksia työn edetessä. Teams-palavereissa käytiin läpi esille tulleita kysymyksiä ja tehtiin päätöksiä LED-moduulitesterin arkkitehtuurista ja toiminnoista. Kirjasin näissä palavereissa muistiinpanoja piirikaavioon ja lohkokaavioihin tehtävistä muutoksista. Lisäsin muistiinpanoihin palaverin jälkeen esille nousseita kysymyksiä ja seuraavassa palaverissa saadut vastaukset kysymyksiin. Muistiinpanoista koostui tehtäväluettelo ja tämä tapa osoittautui hyödylliseksi, sillä pysyin hyvin selvillä tehtävistä asioista käyttämällä värikoodeja muistiinpanoissa (tehty = vihreä, tekemätön = punainen, kesken = keltainen).

5.1 Uudet toiminnallisuudet

Teams-palavereissa käydyissä keskusteluissa päätettiin LED-moduulitesterin arkkitehtuurista, kun piirikaaviota tehdessä ilmeni uusia kysymyksiä. LED-moduulin virransyöttö on toteutettu 4-pinnisellä Micro-Fit-liittimellä. Uudessa testerissä LED-moduulin virransyöttö tapahtuu LED-moduulin yhden datalinjapinnin kautta. Taulukossa 3 on kyseinen LED-moduulin syöttöjännite signaalinimellä 24V. LED-moduulitesterissä on LED-moduulista Arduinoon menevissä datalinjoissa kaksi 74LVC541A-puskuripiiriä. Nämä puskuripiirit toimivat Arduinon suojana, ettei datalinjoja pitkin kulje liian suurta jännitettä Arduino Megaan. Puskuripiirien tarkoituksena on parantaa signaalimuotoa, jotta

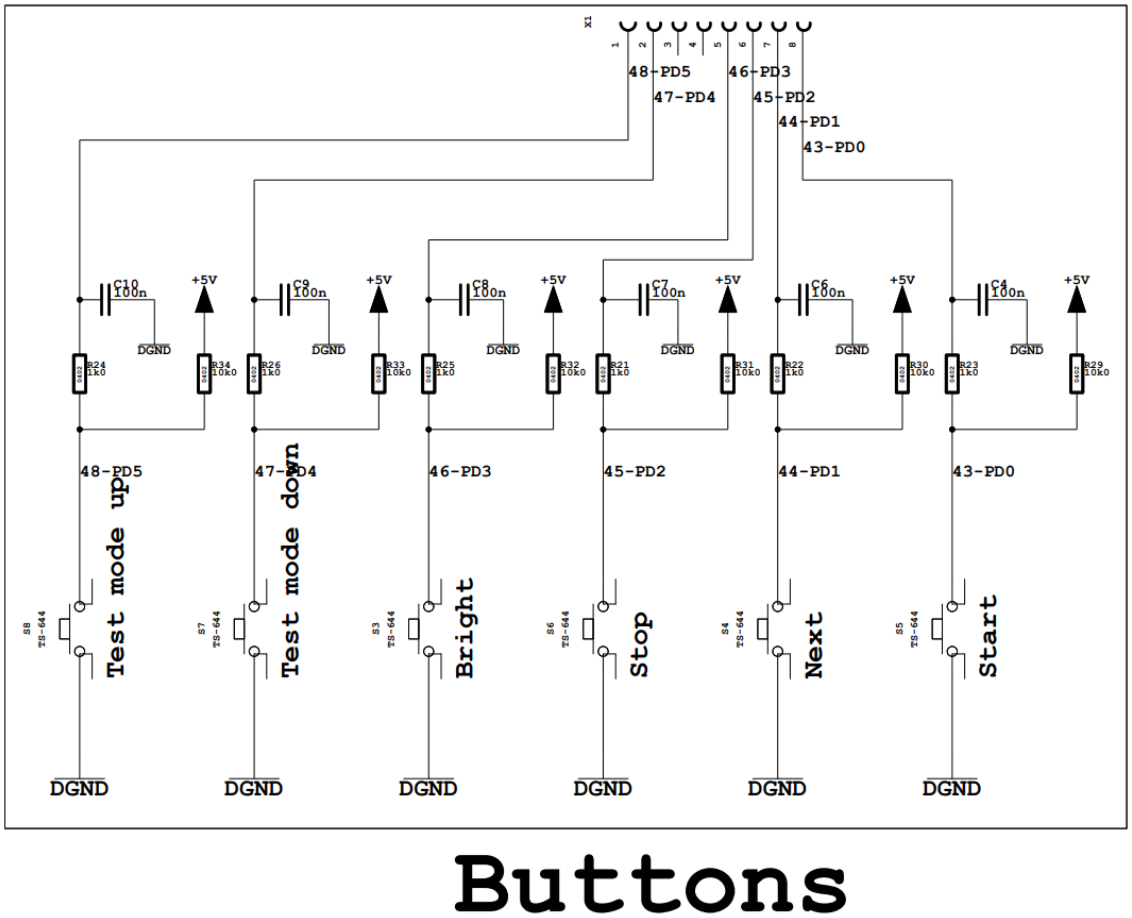
saadaan terävämpi sakara-aalto sekä suojata muuta elektroniikkaa mahdolliselta ylijännitteeltä. Uuteen testeriin on lisätty naparuuviliittimet, jotta jännitteensyöttö onnistuu helposti banaaniliittimillä. Naparuuviliittimet sijaitsevat testerin kyljessä, joista punaiseen liittimeen kytketään 24 V ja mustaan liittimeen maadoitus. 24 V jakaantuu tästä DC/DC-muuntimelle sekä virtasensorille. Nelinumeroinen 7-segmenttinäyttö mahdollistaa esitettävän informaation määrän tuplaamisen verrattuna kaksinumeroiseen 7-segmenttinäyttöön.

5.2 Piirikaavion osat

Uudessa piirikaaviossa (Liite 3) on kuvattuna jokainen komponentti omana laatikkonaan. Näiden laatikoiden sijainti ei kuvaa komponenttien todellista paikkaa piirikortilla, sillä piirikaavion komponenttien asettelu on tehty siten, että kaavio olisi mahdollisimman helppolukuinen käyttäjää varten.

5.2.1 Painonapit

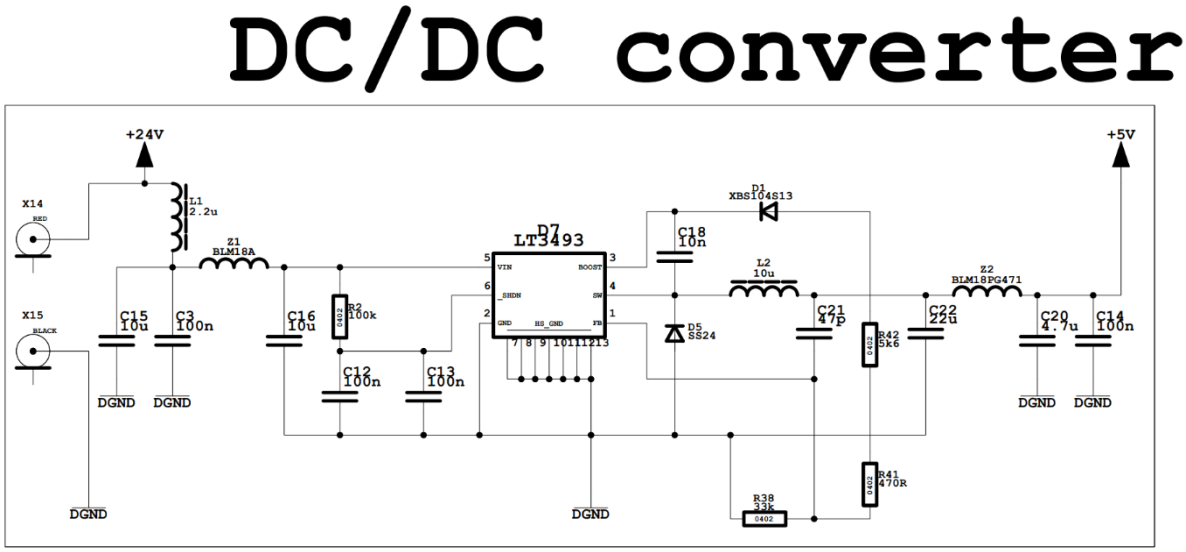
Kuvassa 15 on piirikaaviossa näkyvät painonapit, joilla testeriä ohjataan. Jokainen painonappi (S3–S8) on yhdistettynä toisesta päästä maadoitukseen (DGND) ja toisesta päästä Arduinon GPIO-pinniin (48-PDx–43-PDx). Jokaisen painonapin ja Arduinon GPIO-pinnin välissä on tehtynä vaimennuskytkentä kahden ylösvetovastuksen ja yhden kondensaattorin avulla, jotka ovat kytkettyinä 5 V:n syöttöön ja maadoitukseen. Tämä vaimennuskytkentä estää signaalin värähtelyn, jota tapahtuu jokaisessa sähkövirtaa käyttävässä kytkimessä. Kun nappia painamalla tila muuttuu suoraan loogisesta nollasta yhteen ja yhdestä nollaan tapahtuu puhdas kytkentä. Ilman vaimennuskytkentää syntyy värähtelyä eikä kytkentä ole puhdas. [15] Tämän värähtelyn pystyy näkemään tarkastellessa sähköistä signaalia oskilloskoopilla. Värähtely aiheuttaa ongelmia elektroniikassa, kun kytkimen toiminta ei ole luotettavaa virheellisten tilamuutoksien vuoksi.



Kuva 15. Napit testerin käyttöä varten.

5.2.2 Tasajännitemuunnin

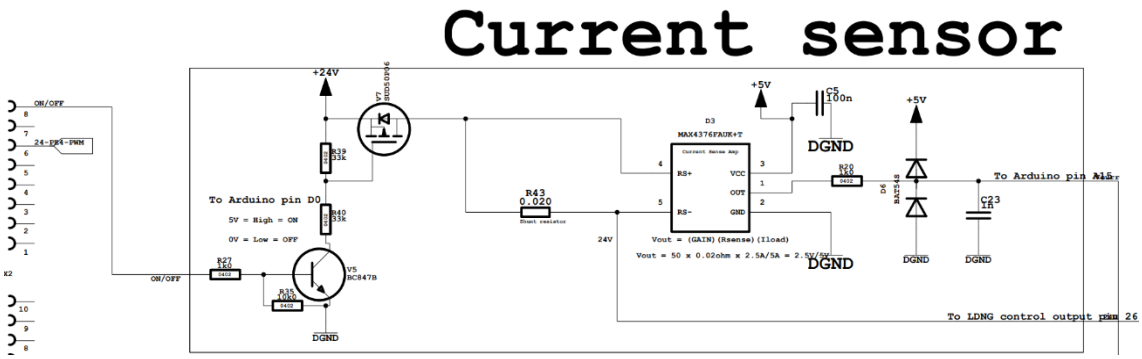
Kuvassa 16 on piirikaaviossa näkyvä DC/DC-jännitemuunnin. Kuvan vasemmassa laidassa näkyvät naparuuviliittimet (X14 ja X15) joihin kytketään ulkoisen virtalähteen banaaniliittimet. Punaiseen ruuviliittimeen (X14) tuleva 24 V jakaantuu virtasensorille ja itse jännitemuuntimelle (D7). Jännitemuunnin on Linear Technologyn LT3493 [16]. LT3493:n lähtöjännite saadaan säädettyä FB-pinniin kytketyn vastusjaon avulla. Näin saadaan haluttu 5 V:n käyttöjännite Arduinolle, painonapeille, 7-segmenttinäytölle ja virtasensorille.



Kuva 16. Tasajännitemuunnin.

5.2.3 Virranmittaussensori

Kuvassa 17 on piirikaaviossa näkyvä LED-moduulien virranmittausta varten tehty kytkentä. Vasemmalla kuvassa on kuvattuna Arduinon GPIO-pinnejä (1–8) joista pinnistä numero kahdeksan lähtee ON/OFF-signaali. Tämä ON/OFF-signaali menee NPN-tyyppisen transistorin (V5) kantaan ja mahdollistaa 24 V:n päälle ja pois kytkennän LED-moduulia varten. Kun Arduinon digitaalisen pinnin D0 tila muutetaan nollasta yhteen ja transistorin kantaan syötetään 5 V johtaa transistori läpi virtaa FET:iin eli kanavatransistoriin (V7), joka päästää 24 V virtasensorille ja LED-moduulille.



Kuva 17. Virranmittauskytkentä.

Virtasensori (D3) on Maxim Integrated Productsin MAX4376FAUK+T-virranmittausvahvistin [17]. Tämän tyyppiset virranmittausvahvistimet perustuvat matalaresistanssisen vastuksen (shunt resistor) yli kulkevan jännitteen mittaukseen [18]. Mitattu jännite vahvistetaan ja virranmittausvahvistimesta ulostulevasta jännitteestä pystytään laskemaan Ohmin lain mukaan LED-moduulin kuluttama virta. Mitattavan shunt resistor -vastuksen valitsemiseen käytetään laskukaavaa, joka löytyy virranmittausvahvistimen teknisten tietojen liitteestä. Teknisten tietojen liitteestä valitaan taulukosta (Taulukko 5) haluttuja arvoja laskukaavaan (1) ja yhtälönratkaisulla saadaan selville vastuksen arvo.

Taulukko 5. Suositellut komponenttiarvot [17].

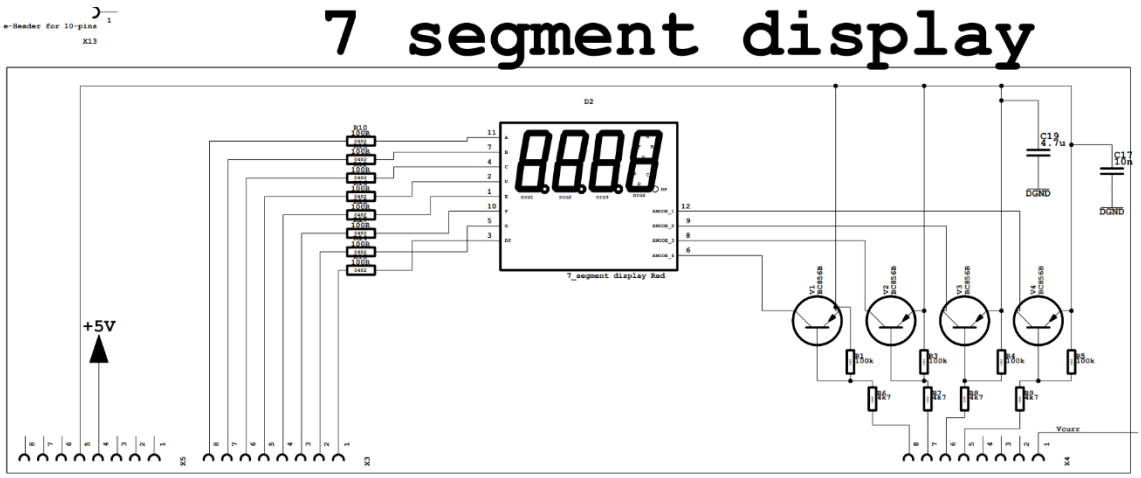
FULL-SCALE LOAD CURRENT, ILOAD (A)	**CURRENT-SENSE RESISTOR, RSENSE (mΩ)**	**GAIN (+V/V)**	**FULL-SCALE OUTPUT VOLTAGE (FULL-SCALE VSENSE = 100mV), VOUT (V)**
0.1	1000	20	2.0
		50	5.0
		100	10.0
1	100	20	2.0
		50	5.0
		100	10.0
5	20	20	2.0
		50	5.0
		100	10.0
10	10	20	2.0
		50	5.0
		100	10.0

$$V_{out} = (GAIN)(R_{SENSE})(I_{LOAD}) \quad (1)$$

Virranmittauskytkennässä mitattavan shunt resistor -vastuksen jälkeen LED-moduulia syöttävä 24 V haarautuu ennen virranmittausvahvistinta. Virranmittausvahvistimen OUT-pinnistä lähtevä ulostulojännite menee Arduinon analogiseen pinniin A15. Arduino lukee tätä jännitearvoa ja laskee testausta varten LED-moduulin virrankulutuksen.

5.2.4 7-segmenttinäyttö

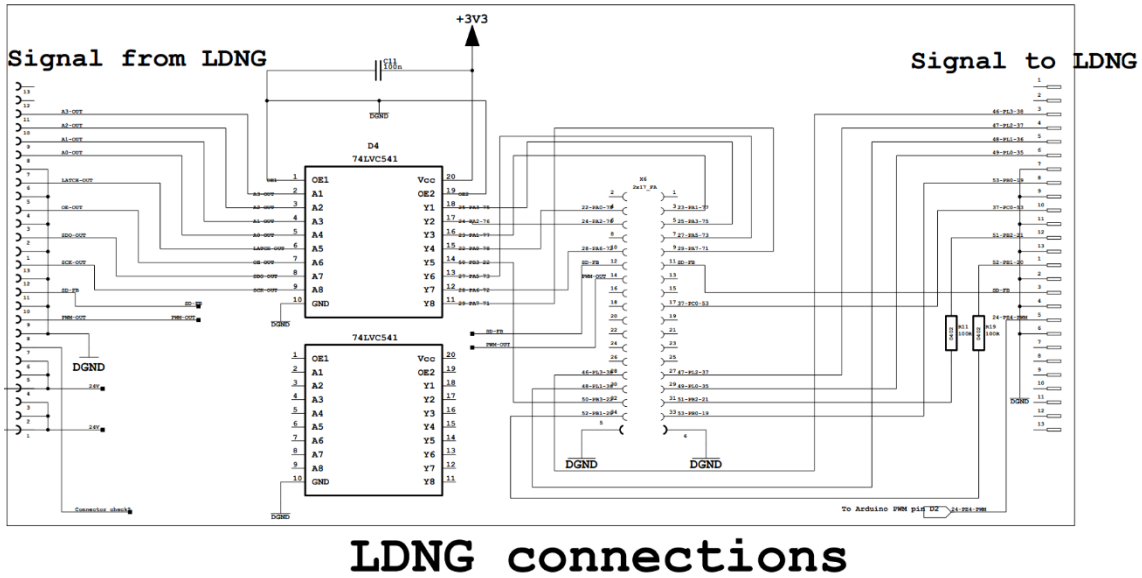
Kuvassa 18 on piirikaaviossa näkyvä neljänumeroinen 7-segmenttinäyttö. 7-segmenttinäyttö toimii yhdistämällä signaalit pelkästään Arduinon GPIO-pinneihin. Jokaiseen Arduinosta näyttöön menevään segmenttisignaaliin on laitettu 100 Ω:n etuvastus, jottei segmentin ledi pala. Segmenttinäytön toisella puolella on neljä anodipinniä, jotka ovat kytkettyinä PNP-transistoreiden kautta Arduinoon. Näiden avulla kytkennästä saadaan yksinkertaisempi ja näyttöä voidaan ohjata multipleksauksen avulla.



Kuva 18. 7-segmenttinäyttö.

5.2.5 LED-moduulikytkennät

Kuvassa 19 on piirikaaviossa näkyvät LED-moduulin dataliitäntäkytkennät. Kuvan vasemmalla ja oikealla reunalla on signaalit, jotka kuvaavat datakaapeleiden linjoja LED-moduulilta testeriin ja testeristä LED-moduuliin. Signaalit tulevat LED-moduulilta puskuripiiriin (D4) ja puskuripiiristä Arduinon GPIO-pinneihin, jotka ovat numeroituina keskellä 1–33. Arduinon GPIO-pinneistä signaalit lähtevät LED-moduulille muodostaen vaadittavan testaussilmukan. Uudessa piirikortissa jätetään joitain signaalilinjoja yhdistämättä koska niitä ei käytetä. Vedot tehdään kuitenkin piirikortille, joten signaalilinjoja voi ottaa käyttöön yhdistämällä linjavedot. Yhdistäminen voidaan tehdä lisäämällä vastus linjojen väliin. Näitä linjoja ovat SD-FB, PWM-OUT ja Connector check.



Kuva 19. LED-moduulin datalinjojen kytkennät.

6 Lopuksi

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa LED-moduulien tuotantotestausta Teleste Oyj:llä. Tämä tapahtui kehittämällä LED-moduulien testauksessa käytettävää testauslaitetta. Opinnäytetyön aihealue supistui työn edetessä. Työn alkuvaiheissa tarkoituksena oli suunnitella, toteuttaa ja testata uutta LED-moduulitesteriä, jota voitaisiin käyttää LED-moduulien tuotantotestauksessa. Aikataulurajoitteiden takia opinnäytetyöaihe keskitettiin ensimmäiseen työvaiheeseen eli uuden moduulitesterin suunnitteluun.

Seuraavana työvaiheena olisi suunnitellun piirikaavion pohjalta tehtävä piirilevyn asettelusuunnittelu. Kun asettelusuunnittelu on tehty, voidaan tehdä tarvittavista komponenteista osaluettelo (BOM). Osaluetteloa käytetään, kun piirikorttia aletaan valmistamaan ja tarvittavia komponentteja tilataan. Uusi moduulitesteri suunnitellaan 3D-mallintamalla, jotta Arduino, uusi piirilevy ja kaikki testeriin tulevat osat saadaan oikeille paikoilleen. Nykyisen LED-moduulitesterin dokumentaatioon tutustuessa sain haltuuni testerissä käytettävän lähdekoodin, joka on kirjoitettu C-ohjelmointikielellä. Uutta LED-moduulitesteriä varten tätä Arduinolle kirjoitettua C-koodia pitää muuttaa ja parannella uusien toiminnallisuuksien vuoksi. Toimivaan ja testausvaiheessa olevaan uuteen LED-moduulitesteriin on siis monta työvaihetta tämän opinnäytetyön jälkeen. Tuloksena tästä opinnäytetyöstä saatiin piiri- ja lohkokaavio, joiden pohjalta uutta LED-moduulitesteriä voidaan alkaa toteuttamaan.

Olen tyytyväinen työn lopputulokseen ja olen oppinut paljon elektroniikkasuunnittelusta ja tuotekehitystiimissä työskentelemisestä. Uuden laitteen kehittäminen on pitkä prosessi ja sanonnankin mukaan hyvin suunniteltu laite on puoliksi tehty. Tämän opinnäytetyön tulos on pohjustusta uuden LED-moduulitesterin realisoitumiseen.

Jatkokehitysideoita voi tulla lisää tästä eteenpäin työn edetessä. Tämä tarkoittaisi piirikaavioiden ja asettelusuunnitelmien päivitystä. Jos toisen LED-moduulitestaukseen liittyvän opinnäytetyöaiheen toiminnallisuuden eli

konenäkösovelluksen ledien toimivuuden tarkistamiseksi lisättäisiin uuteen suunniteltuun LED-moduulitesteriin, pitäisi testeriin tehdä lisää suuria muutoksia.

Lähteet

[1] Arduino SA. Arduino Mega 2560 Rev3:n verkkokauppasivusto. Viitattu 31.5.2022. http://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3.

[2] Atmel Corporation. 2014. ATmega640/1280/1281/2560/2561 datasheet. 2549Q–AVR–02/2014. San Jose: Atmel Corporation. Viitattu 31.5.2022. http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf.

[3] Arduino SA. Arduino Ethernet Shield 2:n verkkokauppasivusto. Viitattu 31.5.2022. https://store.arduino.cc/products/arduino-ethernet-shield-2?queryID=undefined&_gl=1*1r6i59r*_ga*NTI5NDEyMjc4LjE2MDYzMDM1MDM.*_ga_NEXN8H46L5*MTY0Nzk1NzE0NS4xOC4xLjE2NDc5NTczNjQuMA.

[4] Arduino SA. Hakusanalla shield. Viitattu 31.5.2022. https://search.arduino.cc/search?q=shield&tab=store&page=1.

[5] oomlout. 2009. 6 Pin Header. Julkaistu 1.12.2009. Viitattu 31.5.2022. https://fi.wiktionary.org/wiki/piikkirima#/media/Tiedosto:6_Pin_Header.jpg.

[6] JGraph Ltd. diagrams.net Integrations. Viitattu 31.5.2022. https://www.diagrams.net/integrations.

[7] JGraph Ltd. 2018. Use the online diagram viewer to share .drawio, VSDX, Gliffy, and Lucidchart diagrams. diagrams.netin blogi. Julkaistu 29.5.2018. Viitattu 31.5.2022. https://www.diagrams.net/blog/online-diagram-viewer.

[8] JGraph Ltd. Introduction to diagrams.net and types of diagrams. Viitattu 31.5.2022. https://www.diagrams.net/doc/getting-started-diagram-types.

[9] Becker, A. 2016. Siemens closes acquisition of Mentor Graphics. Munich: Siemens AG. Julkaistu 14.11.2016. Päivitetty 3.4.2017. Viitattu 31.5.2022. https://press.siemens.com/global/en/event/siemens-closes-acquisition-mentor-graphics.

[10] Siemens Industry Software Inc. Siemens EDA Software. Electronic design automation. Viitattu 31.5.2022. https://eda.sw.siemens.com/en-US/.

[11] Siemens Industry Software Inc. Electronics System Design Products. Viitattu 31.5.2022. https://eda.sw.siemens.com/en-US/pcb/products/.

[12] Järvinen, I. 2021. 95LDNGXX Tuotannon testausohje. 0.4. p. Turku: Teleste Oyj.

[13] Teja, R. 2021. Arduino Mega Pinout | Arduino Mega 2560 Layout, Specifications. Arduino Mega Pinout. Julkaistu 20.1.2021. Viitattu 31.5.2022. https://www.electronicshub.org/arduino-mega-pinout/.

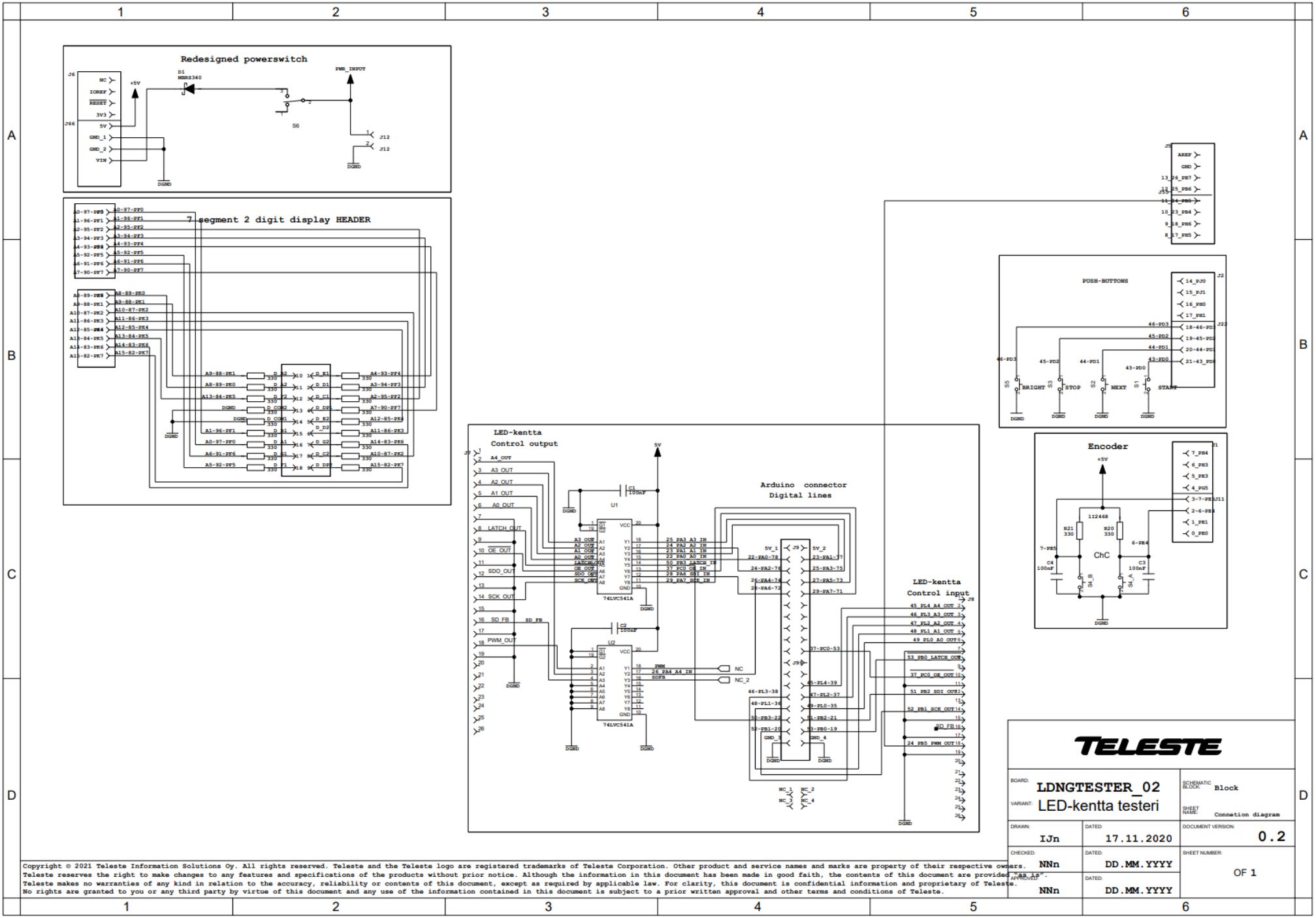
[14] Ramsden, E. 2006. Hall-Effect Sensors, Theory and Application. 2. p. Elsevier Science & Technology.

[15] Maxfield, C. 2021. How to Implement Hardware Debounce for Switches and Relays When Software Debounce Isn't Appropriate. Julkaistu 9.2.2021. Viitattu 16.7.2022. https://www.digikey.com/en/articles/how-to-implement-hardware-debounce-for-switches-and-relays.

[16] Linear Technology Corporation. 2006. 1.2A, 750kHz Step-Down Switching Regulator in 2mm × 3mm DFN. LT3493 datasheet. LT 1108 REV B. 3493fb. Milpitas: Linear Technology Corporation. Viitattu 16.7.2022. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/3493fb.pdf.

[17] Maxim Integrated Products, Inc. 2019. Single/Dual/Quad, High-Side Current-Sense Amplifiers with Internal Gain. MAX4376/MAX4377/MAX4378 datasheet. 19-1781; Rev 13; 11/19. Viitattu 17.7.2022. https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX4376-MAX4378.pdf.

[18] Components101. 2020. Basics of Current Sense Amplifiers, its Types and Design Guide. Julkaistu 8.6.2020. Viitattu 17.7.2022. https://components101.com/articles/basics-of-current-sense-amplifier-its-types-and-design-guide.



Copyright © 2021 Teleste Information Solutions Oy. All rights reserved. Teleste and the Teleste logo are registered trademarks of Teleste Corporation. Other product and service names and marks are property of their respective owners. Teleste reserves the right to make changes to any features and specifications of the products without prior notice. Although the information in this document has been made in good faith, the contents of this document are provided "as is". Teleste makes no warranties of any kind in relation to the accuracy, reliability or contents of this document, except as required by applicable law. For clarity, this document is confidential information and proprietary of Teleste. No rights are granted to you or any third party by virtue of this document and any use of the information contained in this document is subject to a prior written approval and other terms and conditions of Teleste.

LED-moduulin datalinjojen pinniluettelo

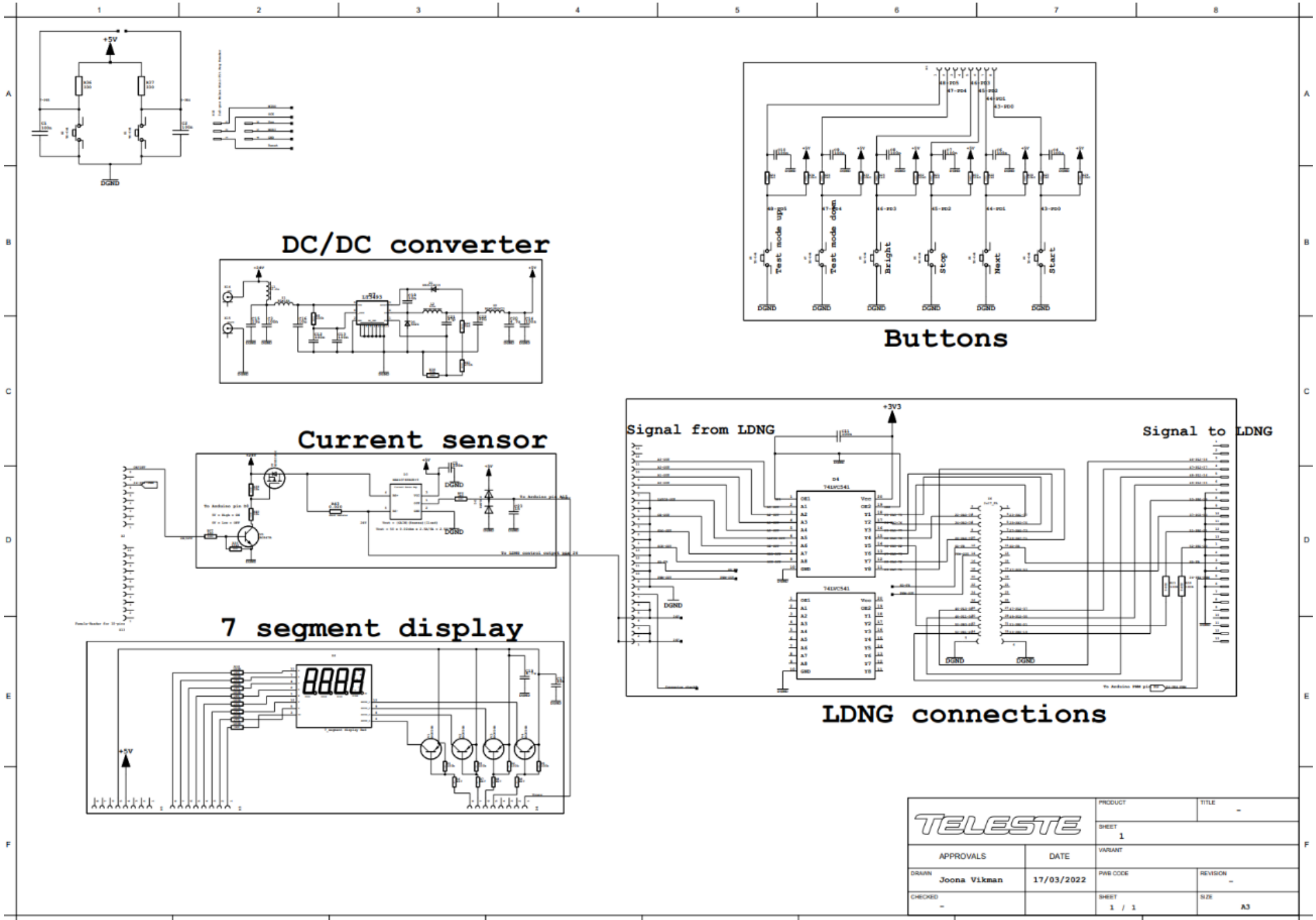
Taulukko 6. LED-moduulin datalinjojen pinniluettelo.

Signal name /Connector Pin	**Arduino Pin (Digital Lines In From Panel)**	**Arduino Pin (Digital Lines Out To Panel)**	**Note**
A3 / *3*	*PA3/D25*	*PL3/D46*	MUX address signal
A2 / *4*	*PA2/D24*	*PL2/D47*	MUX address signal
A1 / *5*	*PA1/D23*	*PL1/D48*	MUX address signal
A0 / *6*	*PA0/D22*	*PL0/D49*	MUX address signal
Latch / 8	*PB3/D50*	*PB0/D53*	Data Latch signal
OE / *10*	*PA5/D27*	*PC0/D37*	Data output enable
SDO / *12*	*PA6/D28*	*PB2/D51*	Serial data
SCK / *14*	*PA7/D29*	*PB1/D52*	Serial clock
SD-FB / *16*	*PC7/D30*	*NC*	Feedback line for LDNG-panel

(jatkuu)

Taulukko 6 (jatkuu).

PWM-OUT / *18*	*PC5/D32*	*PE4/D2*	Brightness control
+24V / *26*	*No arduino pin*	*No Arduino pin*	V input for LDNG-Panel
DGND / *7,9,11,13,15,17,19*	*GND*	*GND*	Ground


DC/DC converter
Current sensor
7 segment display
Buttons
Test mode up
Test mode down
Bright
Stop
Next
Start
Signal from LDNG
Signal to LDNG
LDNG connections
TELESTE
PRODUCT
TITLE
SHEET
1
APPROVALS
DATE
VARIANT
DRAWN
Joona Vikman
17/03/2022
PWB CODE
REVISION
CHECKED
SHEET
1 / 1
SIZE
A3