

Henna Haikara

## **ELEKTRONIIKAN TESTAUSLAITTEISTO**

# **ELEKTRONIIKAN TESTAUSLAITTEISTO**

Henna Haikara  
Opinnäytetyö  
Syksy 2018  
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma, laite- ja tuotesuunnittelu

---

Tekijä: Henna Haikara  
Opinnäytetyön nimi: Elektroniikan testauslaitteisto  
Työn ohjaajat: Kari Jyrkkä OAMK, Sami Viherkari Focalspec Oy  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2018  
Sivumäärä: 29

---

Työn aiheena oli suunnitella ja toteuttaa laitteisto elektroniikan testausjärjestelmään. Testausjärjestelmää käytetään elektroniikan sisäänottotestauksessa ennen elektroniikan asentamista lopputuotteeseen. Työhön kuului haluttuihin ominaisuuksiin soveltuvien laitteiden valinta, laitteiston kokoaminen sekä järjestelmän dokumentointi.

Elektroniikan testauksen tarkoituksena on varmistaa elektroniikan oikeanlainen toiminta. Elektroniikan testaus on monivaiheista, tässä työssä valmistuva testeri suorittaa elektroniikan toiminnallisen testauksen. Testaus on myös tärkeä laadunvarmistuskeino.

Työn tuloksena valmistui testausjärjestelmään kuuluva laitteisto, joka yhdessä ohjelmiston kanssa takaa kattavan testauksen Focalspecin tuotteiden elektroniikalle. Toimivan järjestelmän lisäksi työstä kirjoitettiin käyttö- ja huolto-ohjeet sekä spesifikaatio järjestelmässä käytetyistä laitteista ja kytkennöistä.

---

Asiasanat: elektroniikka, elektroniikan testaus, testausjärjestelmä

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Information Technology, Option of Equipment and Product Design

---

Author(s): Henna Haikara

Title of thesis: Testing hardware of electronics

Supervisor(s): Kari Jyrkkä OAMK, Sami Viherkari Focalspec Oy

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2018

Pages: 29

---

The topic of the thesis was to produce a plan and implement hardware setup for electronics testing system. This test system is being used in electronics acceptance testing phase, before embedding electronic system to end product. Thesis consisted about selection and mounting of applicable hardware devices and documenting the system.

The purpose for electronics testing is to verify correct functionality for electronic parts. Electronics testing is multistage process. Testing system implemented in this thesis executes functional test cases. Testing is also critical quality control before product moves to end user.

A result of this thesis is hardware for testing system and final documentation including user manual, maintenance instructions and specification of hardware and schematics.

---

Keywords: electronics, electronics testing, testing system

## **ALKULAUSE**

Kiitän Focalspec Oy:tä mielenkiintoisen opinnäytetyön toimeksiannosta.

Erityisesti kiitos kuuluu Focalspecin operatiiviselle johtajalle Sami Viherkarille työnohjauksesta sekä elektroniikka-asiantuntija Mikko Kylmäaholle asiantuntevista ohjeista ja taustatuesta.

Koulun puolelta haluan kiittää työnohjaajana toiminutta lehtori Kari Jyrkkää edistävästä palautteesta ja täsmällisestä ohjauksesta.

30.8.2018

Henna Haikara

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 ELEKTRONIIKAN TESTAUS	10
2.1 Kokoonpano	10
2.2 Visuaalinen tarkastus	11
2.3 Rakenteellinen testaus	12
2.3.1 Neulapetitestausta	12
2.3.2 Flying probe-testaus	13
2.4 Toiminnallinen testaus	13
2.5 Järjestelmätestaus	14
3 LÄHTÖTIEDOT SUUNNITTELUUN	15
3.1 Testausjärjestelmän spesifikaatio	15
3.2 Testattava elektroniikka	16
4 TULOKSET	17
4.1 Työn eteneminen	17
4.2 Testauslaitteisto	18
4.2.1 Jännitelähde	19
4.2.2 Signaaligeneraattori	19
4.2.3 Oskilloskooppi	19
4.2.4 Relelevy	20
4.2.5 Arduino	20
4.2.6 Viivakoodinlukija	20
4.2.7 Kannettava tietokone	21
4.3 Testausjärjestelmän muut osat	21
4.3.1 Adapterilevy	21
4.3.2 Laitekaappi	21
4.3.3 Testausjigi	21

4.3.4 Kaapelointi	22
4.4 Lopullinen kokonaisuus	23
4.5 Jatkokehitysideoita	24
5 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	27

## SANASTO

Arduino	Mikrokontrolleri ja ohjelmointiympäristö
ESD	Electrostatic discharge, sähköstaattinen purkaus
GPIO	Digitaalinen tiedonsiirtoväylä
I <sup>2</sup> C	Kaksisuuntainen tiedonsiirto- ja ohjausväylä
Oskilloskooppi	Mittalaite, jota käytetään tavanomaisesti jännitteen mittaukseen ajan funktiona.
Piirilevy	Kiinnitysalusta, joka yhdistää elektroniikan komponentit toisiinsa ilman erillisiä johtimia.
Rele	Sähköisesti ohjattava mekaaninen kytkin
Signaaligeneraattori	Laite, jolla voidaan synnyttää sähkösignaalia.
USB	Sarjaväyläarkkitehtuuri



# 1 JOHDANTO

Tässä Focalspecin toimeksiantamassa opinnäytetyössä suunniteltiin laitteisto elektroniikan toiminnallisessa testauksessa käytettävään testausjärjestelmään. Laitteiston tarkoituksena oli yhdessä ohjelmiston kanssa mahdollistaa kattava käyttöönottotestaus Focalspecin tuotteiden elektroniikkaan. Työn määrittelyyn oli ennalta hahmoteltu halutut testitapaukset ja testattavat ominaisuudet, joiden pohjalta laitteistoa alettiin suunnittelemaan.

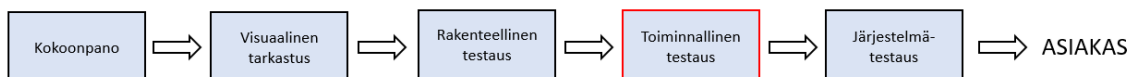
Testausjärjestelmän laitteiston tuli koostua erilaisista mittalaitteista, jännitelähteestä, testauksen mahdollistavista komponenteista ja niiden välisistä kaapeloinneista. Järjestelmän laitevalintojen tuli olla kaupallisia, niissä täytyi olla etäohjauksen mahdollistava ohjelmointiväylä sekä niiden ominaisuuksien tuli soveltua haluttuihin mittauksiin. Kun sopivat laitteet ja komponentit oli saatu valittua ja hankittua, niistä tuli koota toimiva kokonaisuus testausympäristö ja rajoitettu tilankäyttö huomioon ottaen. Testauslaitteiston lisäksi loppukäyttäjälle tuli kirjoittaa testausjärjestelmän käyttö- ja huolto-ohjeet sekä esittely järjestelmästä ja sen eri komponenteista. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä toisen OAMK:n opiskelijan kanssa, joka vastasi testijärjestelmässä käytettävien ohjelmistojen ja graafisen käyttöliittymän suunnittelusta ja toteutuksesta.

Focalspec Oy on vuonna 2009 perustettu mitta- ja laadunvalvonta laitteita valmistava yritys. Yrityksen valmistamien tuotteiden mittaustoiminnallisuus perustuu LCI-teknologiaan, joka mahdollistaa 2D- ja 3D-mittauksia laboratoriotason tarkkuudella. Mittalaitteet ovat osana tuotantolinjaa, jossa mittauksia tehdään mitattavan tuotteen eri valmistusvaiheissa. Focalspecin toiminta on sijoittunut Suomessa Ouluun, jossa sijaitsee pääkonttori, sekä Espooseen. Maailmalla Focalspecin yhteistyökumppaneita löytyy Pohjois-Amerikasta, Saksasta ja Kiinasta. (1.)

## 2 ELEKTRONIIKAN TESTAUS

Testaus on tärkeä osa tuotteen valmistus- ja laadunvalvontaprosessia. Tyypillisesti elektroniikan testauksessa testauskohteena ovat piirilevyille ladotut elektroniikkakomponenttien kokonaisuudet. Testauksella pyritään oikeanlaisen toiminnan lisäksi varmistamaan, että vialliset tuotteet eivät siirry asiakkaille. Laadukkaat ja hyvin toimivat tuotteet ovat yrityksen maineen perusta, näin ollen laadunvalvonnan merkitys korostuu myös tuotteen valmistusvaiheessa. Kustannuksia ajatellen tuotteessa esiintyvä virhe tulisi havaita mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Virheen korjaaminen valmistusprosessin aikana on monin kerroin halvempaa kuin siinä vaiheessa, kun tuote on jo siirtynyt asiakkaalle. (2, s. 13.)

Tässä luvussa esitellään elektroniikan testauksen eri vaiheet kronologisessa järjestyksessä piirilevyn kokoonpanovaiheesta järjestelmätestaukseen. Opinnäytetyössä suunnitellaan ja toteutetaan toiminnalliseen testaukseen keskittyvä järjestelmä, joka on yksi osa testausvaiheiden ketjua (kuva 1).

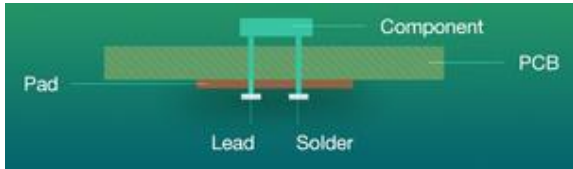


*KUVA 1 Elektroniikan testauksen vaiheet (3, s. 9)*

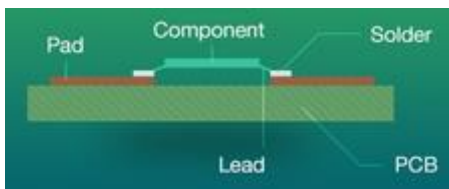
### 2.1 Kokoonpano

Kokoonpanovaiheessa piirilevyille (PCB, Printed Circuit Board) ladotaan eli kiinnitetään erilaisia elektroniikan komponentteja, kuten mikroprosessoria, erilaisia integroituja piirejä tai vastuksia ja kondensaattoreita. Suurien kokoonpanoerien ladonta tapahtuu koneellisesti ja kiinnityksen mahdollistaa yleensä tinapohjainen metalliseos. Metalliseos kuumennetaan siihen tarkoitetulla uunilla, jäähtyessään seos kiinnittää komponentit piirilevyille. Ladonta on mahdollista tehdä myös käsin, mutta se vaatii erityistä tarkkuutta ja kärsivällisyyttä, koska komponenttien koot voivat olla hyvin pieniä. Komponenttityyppejä on kahdenlaisia, jalallisia komponentteja (kuva 2) sekä

pintaliitoskomponentteja (kuva 3). Jalallisten komponenttien jalat viedään kiinnitysvaiheessa piirilevyssä olevien reikien läpi ja päinvastaisesti pintaliitoskomponentit kiinnitetään piirilevyn pintaan kiinni ilman läpivientejä. Käsin ladottaessa apuvälineenä metalliseoksen sulattamiseen käytetään kolvia eli kuumennukseen tarkoitettua työkalua. (4.)



*KUVA 2 Jalallinen komponentti piirilevyllä (4)*



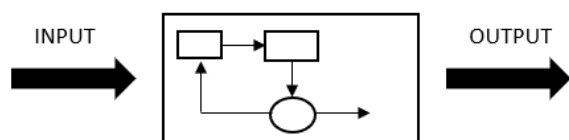
*KUVA 3 Pintaliitoskomponentti piirilevyllä (4)*

## 2.2 Visuaalinen tarkastus

Visuaalinen tarkastus on sekä testaus- että laadunvalvontamenetelmä ja tärkeä osa elektroniikantestausketjua. Visuaalinen tarkastus voidaan suorittaa silmämääräisesti tai konenäköä apuna käyttäen. Silmämääräisessä tarkastuksessa tarkastetaan, että piirilevyllä on ladottu kaikki komponentit ja juotokset näyttävät oikeanlaisilta. Konenäkö tarkastus eli AOI (Automatic optical inspection) suoritetaan laitteella, jonka toiminta perustuu testattavan tuotteen ja kolmiulotteisen kuvan vertailuun. Kone kuvaa tuotetta eri kulmista ja analysoi, ovatko komponentit oikeilla paikoilla ja juotokset virheettömiä. Konenäkö on välttämätön suurissa erissä valmistuksessa. (5.) Visuaalinen tarkastus voidaan tehdä myös läpivalaisumenetelmällä (AXI, Automatic X-ray Inspection). Sen toiminta perustuu konenäkö tarkastuksen tavoin kolmiulotteisen kuvan ja tuotteen vertailuun. (6.)

## 2.3 Rakenteellinen testaus

Rakenteellisessa testauksessa keskitytään piirilevyn sisäisen toiminnan testaukseen. Testaus suoritetaan yleensä ilman piirilevylle syötettävää käyttöjännitettä eli piirilevy on niin sanotussa passiivisessa tilassa. Rakenteellisessa testauksessa pyritään testaamaan esimerkiksi yksittäisten komponenttien sähköllisiä arvoja, jotka eivät tule esille seuraavan vaiheen toiminnallisessa testauksessa. Lisäksi rakenteellisessa testauksessa voidaan mitata piirilevyllä vallitsevia fysikaalisia suureita, kuten resistanssia ja impedanssia, sekä havainnoida juotosvaiheessa tulleita mahdollisia oikosulkuja tai kylmäjuotoksia. (7.) Tyypillisiä rakenteellisen testauksen menetelmiä ovat flying probe- ja neulapetitestausta. Rakenteellinen testaus tunnetaan myös nimellä white box -testaus tai lasilaatikkotestausta (kuva 4).



KUVA 4 White box -testaus (8)

### 2.3.1 Neulapetitestausta

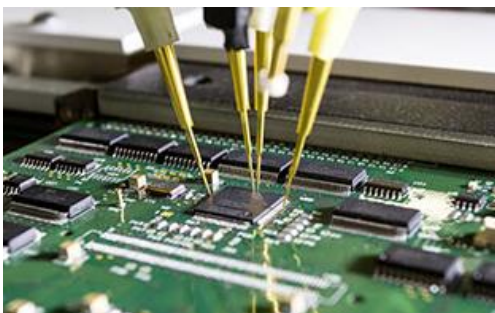
Neulapetitestausta testijärjestelmä kiinnittyy piirilevyyn kiinteän neulapedin mittapäiden kautta. Piirilevyyn on ennalta määriteltä testipisteet, joista neulapedin mittapäät tekevät ohjelmoituja mittauksia. Neulapetitestausta jokaiselle piirilevylle on yksilöllinen neulapeti (kuva 5), koska jokaisen levyn testipisteet sijaitsevat eri kohdissa. (9, s.14.)



*KUVA 5 Neulapetitesteri (10)*

### **2.3.2 Flying probe -testaus**

Flying probe -testauksessa neulapeti ei ole kiinteä vaan, kuten nimikin kertoo, testijärjestelmän mittapäätt liikkuvat XYZ- suunnissa ennalta määriteltyihin testipisteisiin. Flying probe -testerit (kuva 6) eivät ole yksilöllisiä, vaan ne kykenevät tekemään mittauksia erilaisiin piirilevyihin. Flying probe -testerit on kalliimpi kuin neulapetitesteri, mutta vastaavasti neulapetitesteriä monikäyttöisempi. (9, s.15.)



*KUVA 6 Flying probe -testerit (11)*

### **2.4 Toiminnallinen testaus**

Toiminnallisessa testauksessa pyritään varmistamaan piirilevyn oikeanlainen toiminnallisuus syöttämällä testattavaan elektroniikkaan oikeanlaista toimintaa simuloivia signaaleja ja mittaamalla niiden synnyttämiä vasteita. Vasteen

oikeanlaisuus todennetaan vertaamalla sitä tuotteen ennalta määriteltyihin vaatimuksiin. Tyypillisesti signaalien muodostamiseen käytetään signaaligeneraattoria. Toiminnallinen testaus on yksi black box -testausmenetelmistä. Näin ollen testauksessa ei keskitytä piirilevyn sisäiseen toimintaan rakenteellisen testauksen tavoin vaan tarkastelun kohteena ovat sisäänmeno- ja ulostulosignaalit (kuva 7).



*KUVA 7 Black box -testaus (8)*

Toiminnallisen testauksen laitteistot ovat yleensä hyvin yksilöllisiä ja ne on rakennettu testattavan tuotteen ominaisuuksien mukaisesti, kuten tässä opinnäytetyössä. Tyypillisesti laitteistot koostuvat erilaisista mittalaitteista ja testauksen mahdollistavista komponenteista ja kaapeloinneista. Itse rakennetun testauslaitteiston lisäksi myös valmiita ratkaisuja on saatavilla. Laitteistoa ohjataan ohjelmistolla, joka mahdollistaa tuotteen testauksen. (9, s.16–17.)

## **2.5 Järjestelmätestaus**

Järjestelmätestauksessa testauksen kohteena on koko lopputuote ja se on viimeinen testivaihe ennen tuotteen siirtymistä loppukäyttäjälle. Yleensä lopputuotteeseen sisältyy laite tai laitteisto, ohjelmisto sekä mekaniikka. Niiden yhteistoimintaa pyritään testaamaan järjestelmätestauksen aikana. Kattavassa järjestelmätestauksessa käydään läpi kaikki mahdolliset variaatiot, mitä loppukäyttäjä voi laitteella tehdä. Järjestelmätestauksessa voidaan mallintaa erilaisia olosuhteita esimerkiksi lämpö- tai kylmäkaapilla, jos lopputuote on suunniteltu toimimaan erilaisissa olosuhteissa. Järjestelmätestaus on toiminnallisen testauksen tavoin black box -testausmenetelmä. (12.)

## 3 LÄHTÖTIEDOT SUUNNITTELUUN

### 3.1 Testausjärjestelmän spesifikaatio

Elektroniikan testausjärjestelmälle oli ennalta määritelty spesifikaatio, jonka pohjalta järjestelmässä käytettävää laitteistoa alettiin suunnittelemaan. Spesifikaatiosta löytyi vaatimukset, jotka testausjärjestelmän tuli kattaa ja joihin testauslaitteiston tuli soveltua. Muuten ratkaisujen toteutukseen ja laitteiden valintaan annettiin vapaat kädet näiden vaatimuksien rajoissa.

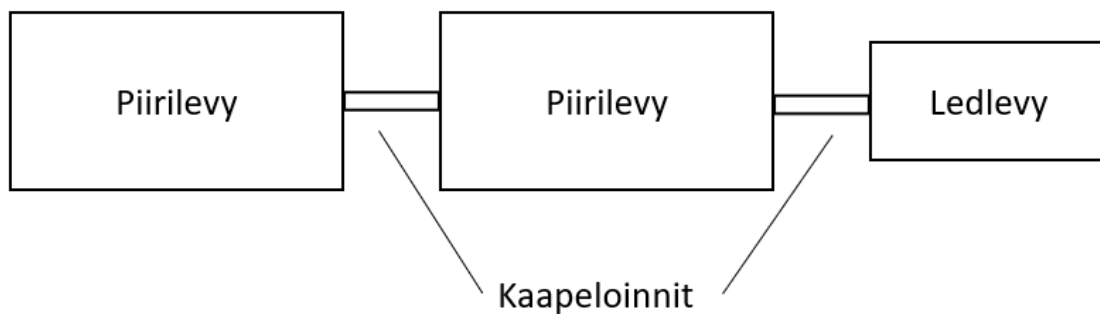
Keskeisessä osassa testauksen vaatimuksissa olivat signaalien syötöt sekä jännite- ja virta-arvojen mittaukset halutuista testipisteistä. Signaaleja syöttävien laitteiden tuli kyetä syöttämään halutun suuruisia signaaleja ja mittalaitteiden täytyi vastaavasti olla ominaisuuksiltaan soveltuvia mittauksiin ja pystyä tekemään niitä riittävällä nopeudella.

Yhtenä vaatimuksena testausjärjestelmään tuleville mittalaitteille oli etäohjauksen mahdollistava tiedonsiirtoväylä. Väylä mahdollistaa sen, että testausjärjestelmän käyttäjän ei tarvitse tehdä laitteisiin säätöjä käsin eikä tehdä päätelmiä testauksen tuloksista. Väylän kautta nämä suoritetaan ohjelmallisesti ja testaus on tietyissä rajoissa automatisoitua. Käytettäviksi väyläratkaisuksi oli spesifikaatiossa ehdotettu USB- ja GPIB -tiedonsiirtoväyliä, jotka ovat yleisiä monissa mitta- ja testauslaitteissa.

Laitteiden hankintaa rajoittivat ennalta määritelty budjetti, kaupalliset laitevalinnat sekä testausjärjestelmän kompakti koko ja helppo liikuteltavuus. Hankinnoille asetettuun kokonaisbudjettiin tuli mahduttaa laitevalinnat sekä muut osat, joita lopulliseen testausjärjestelmään tarvittiin. Järjestelmä haluttiin myös rakennettavan liikuteltavalle ja pieneen tilaan soveltuvalla alustalle, jotta sen siirtäminen ja käyttäminen eri paikoissa olisi mahdollista. Lisäksi kaikkien hankintojen tuli olla myös kaupallisia, jotta saatavuus ja verrattain lyhyet toimitusajat eivät olisi valintojen esteinä.

### 3.2 Testattava elektronikka

Testauksen kohteena oleva elektronikka koostuu kahdesta piirilevystä, ledlevyllä sijaitsevista ledketjuista sekä kaapeloinneista (kuva 8). Testauslaitteistoa suunniteltaessa tuli ottaa huomioon testattavan elektronikan toiminallisuus, koko ja muoto sekä jo olemassa olevien liittimien tyypit ja niistä lähtevät johdotukset. Piirilevyillä sijaitsevista liittimistä syötetään signaaleja, joiden herättämiä vasteita pyritään mittaamaan testauksen aikana. Koko piirilevyjen kokonaisuus on testauksessa mukana eikä piirilevyjä voi testata yksistään tai yksitellen. Järjestelmän kuitenkin haluttiin mahdollistavan sen, että toisen piirilevyn paikalla pidetään jo toimivaksi todettua piirilevyä ja vain toista piirilevyä vaihdellaan testauksien välissä. Jos testauksessa saadut tulokset ovat halutunlaisia, elektronikka voidaan asentaa Focalspecin tuotteisiin.



*KUVA 8 Testattava elektronikka lohkoakaaviokuvana*



## 4 TULOKSET

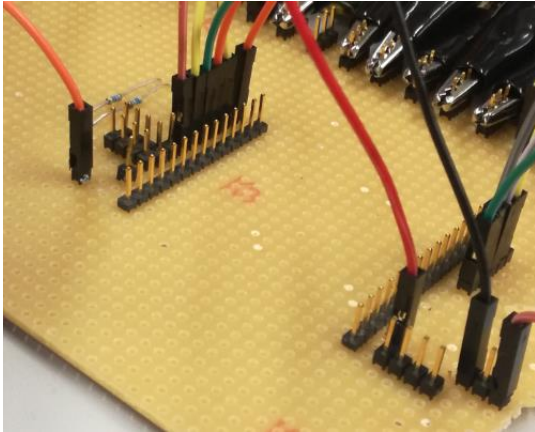
### 4.1 Työn eteneminen

Työn tekeminen alkoi perehtymisellä testausjärjestelmän spesifikaatioon sekä elektroniikkaan ja sen toimintaan. Oli tärkeä ymmärtää, mitä järjestelmältä vaaditaan ja mihin sen tulee kyetä.

Seuraava vaihe oli sopivien laitevalintojen kartoitus sekä etsintä. Jokaiselle laitteelle etsittiin useita vaihtoehtoja, joista valittiin sopivin kyseiseen testausjärjestelmään. Valinnassa keskeisissä osissa vaikuttivat laitteiden ominaisuudet, saatavilla oleva tiedonsiirtoväylä, hinta sekä toimitusmahdollisuus tietyissä aikarajoissa. Osa sopivista laitteista löytyi helposti, mutta osan etsintä vaati enemmän aikaa. Myös toimitusajat vaihtelivat laitekohtaisesti, joten ne saapuivat myös melko pitkällä aikavälillä.

Laitteiden odottelu-aika hyödynnettiin kytkentöjen suunnitteluun sekä sopivien kaapeleiden hankintaan. Kaikki pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman tarkasti etukäteen. Sitä mukaa, kun laitteet saapuivat, niistä alettiin rakentamaan lopullista laitteistoa. Laitteiden eriaikainen saapuminen kuitenkin hieman hankaloitti testauksen aloittamista tässä vaiheessa. Muutamasta laitteesta saatiin käyttöön lainalaite ennen lopullisen tuotteen saapumista, se helpotti työssä etenemistä.

Kaikkien laitteiden saavuttua alkoi ensimmäinen prototyyppi järjestelmästä valmistua. Ensimmäisen prototyypin tavoitteena oli saada koko järjestelmä toimimaan yhdessä. Tässä vaiheessa kytkennöissä käytettiin apuna kytkentälevyjä sekä erilaisia johtimia (kuva 9). Prototyyppiä testattiin yhdessä ohjelmistoista vastanneen opiskelijan kanssa.

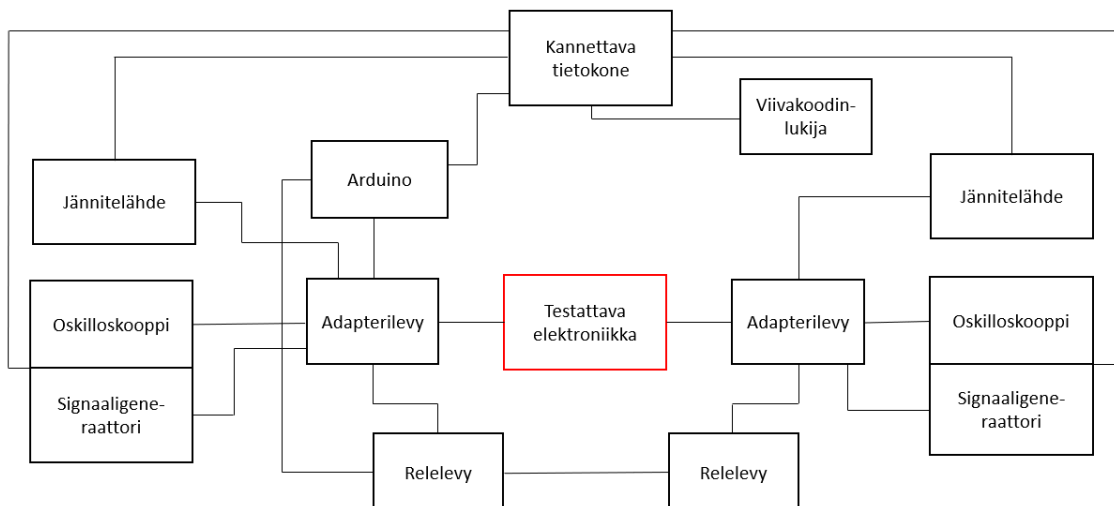


*KUVA 9 Testausvaiheessa käytetty kytkentä*

Seuraavassa testausvaiheessa itsetehdyt kytkennät korvattiin adapterilevyillä, jolloin johdotukset vähenivät huomattavasti. Samalla alkoi konkretisoitua, millainen lopullinen testausjärjestelmä tulee olemaan. Kaikkia testitapauksia ei ehditty testaamaan ensimmäisen prototyypin aikana, vaan testaus jatkui seuraavassa vaiheesta siitä, mihin se oli edellisessä vaiheessa jäänyt.

## 4.2 Testauslaitteisto

Testauslaitteisto (kuva 10) sekä muut järjestelmään kuuluvat osat on esitelty tässä luvussa.



*KUVA 10 Testauslaitteistoa kuvaava lohkoavaakio*

### **4.2.1 Jännitelähde**

Jännitelähteen tarkoituksena on muodostaa ja ylläpitää elektroniikan sähköisen piirin jännitettä. Jännitelähde mahdollistaa myös sähkövirran kulun piirissä. Järjestelmään syötetään kahta eri suuruista jännitettä, jotka ovat tyypiltään tasajännitettä. Ideaalinen ratkaisu jännitelähteeksi olisi ollut laite, joka kykenee syöttämään kahta eri jännitettä samanaikaisesti. Sopivaa laitetta ei kuitenkaan ollut tähän tarkoitukseen saatavilla, ja lopputuloksessa päädyttiin kahteen erilliseen jännitelähteeseen. Jännitelähteen etäohjauksessa käytetään GPIB - tiedonsiirtoväylää

### **4.2.2 Signaaligeneraattori**

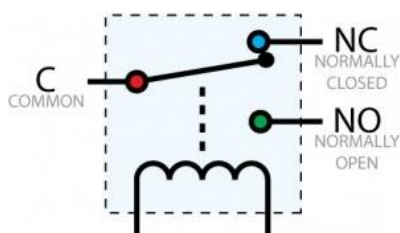
Signaaligeneraattorilla syötetään testattavaan elektroniikkaan sähköisiä signaaleja, joiden tarkoituksena on mallintaa lopputuotteen toimintaa. Laitteella luodut signaalit ovat tyypiltään kanttiaaltoja ja niiden taajuutta vaihdellaan testauksen aikana. Syötetyt signaalit ovat mittauksien keskiössä. Järjestelmään kuuluvat yksikanavaiset signaaligeneraattorit ovat lisenssimuotoisia ja ne on integroitu oskilloskooppeihin, joissa on lisäoptiona signaaligeneraattorin käyttömahdollisuus. Näin ollen signaaligeneraattori ja oskilloskooppi ovat yksi fyysinen laite ja tällä keinolla järjestelmän kokoa saatiin pienennettyä huomattavasti.

### **4.2.3 Oskilloskooppi**

Oskilloskooppia käytetään kyseisessä järjestelmässä jännitteenmittaukseen. Oskilloskoopilla mitataan signaaligeneraattorilla syötetyn signaalin herättämä vaste. Järjestelmässä on kaksi nelikanavaista oskilloskooppia, joten mittaaminen useista eri mittapisteestä on mahdollista. Oskilloskooppien ja näin ollen myös signaaligeneraattorien etäohjaus on mahdollistettu USB -sarjaliikenneväylällä.

#### 4.2.4 Relelevy

Relelevy mahdollistaa signaalien eriaikaisen mittauksen ja syötön. Mittalaitteet on kytketty testattavaan elektroniikkaan releiden kautta. Releitä kytketään päälle ja pois sen mukaan, mitä signaalia halutaan mitata tai mitä signaalia syötetään. Relelevyjä on järjestelmässä kaksi, koska yhdessä relelevyissä releiden määrä ei ollut riittävä. Relelevyt ovat välttämättömiä, koska mittauspisteitä on enemmän kuin mittalaitteiden kanavia. Releiden kytkeytymistä (kuva 12) ohjataan I<sup>2</sup>C -väylän kautta.



KUVA 11 Rele (13)

#### 4.2.5 Arduino

Arduinon tehtävänä laitteistossa on mahdollistaa I<sup>2</sup>C -ohjattavien laitteiden käyttö. Se kommunikoi laitteiden kanssa, antaa niille käskyjä sekä vastaanottaa niiltä tulevia viestejä. Tätä toimintoa ei pystytty toteuttamaan järjestelmässä olevalla tietokoneella, joten Arduino oli sopiva valinta tähän käyttötarkoitukseen.

#### 4.2.6 Viivakoodinlukija

Viivakoodinlukijalla luetaan testattavassa elektroniikassa olevat 2D -koodit, jotka sisältävät elektroniikan sarjanumeron sekä version. Koodin avulla päästään jälkikäteen tarkastelemaan testaustuloksia tuotekohtaisesti tietokannasta, johon tulokset tallennetaan. Viivakoodinlukijaa ohjataan USB -sarjaliikenneväylän kautta.

#### **4.2.7 Kannettava tietokone**

Tietokoneella sijaitsevat testauksessa käytettävät ohjelmistot. Sen kautta käynnistetään testit ja päästään tarkastelemaan testien tuloksia testauksen jälkeen. GPIB- ja USB -ohjatut laitteet on kytketty tietokoneeseen, josta niiden toimintaa ohjataan. Tietokone on kannettavaa mallia ja siihen kytketään erillinen näyttö, näppäimistö sekä hiiri.

### **4.3 Testausjärjestelmän muut osat**

#### **4.3.1 Adapterilevy**

Testausjärjestelmään kuuluu kaksi adaptoreina toimivaa piirilevyä, joiden tarkoituksena on mahdollistaa laitteiden kytkeminen toisiinsa. Piirilevyratkaisu vähentää merkittävästi erillisten johdotusten määrää ja näin ollen myös parantaa järjestelmän luotettavuutta. Adapterilevyillä sijaitsevat liittimet jännitelähteisiin, oskilloskooppeihin, signaaligeneraattoreihin sekä Arduinolta tuleviin signaaleihin ja relelevyihin. Adapterilevyt ovat testausjärjestelmän mukaan räätälöityjä. Niiden suunnittelussa käytettiin apuna Focalspecin elektroniikkasuunnittelijaa.

#### **4.3.2 Laitekaappi**

Testauspaikaksi ja laitteiden säilytykseen valikoitui tyyppinen 19 tuuman laitekaappi. Kaapin sisäseiniin on asennettu kiskot, joihin mittalaitteet kiinnitetään tuotekohtaisilla kiinnikkeillä. ESD -suojaukset on huomioitu kaapissa, jotta elektroniikan testaaminen on turvallista. Kaapin kanteen on asennettu näyttöteline tietokoneeseen yhdistetylle näytölle ja pohjassa olevat pyörät mahdollistavat kaapin liikuteltavuuden.

#### **4.3.3 Testausjigi**

Testausjigin tarkoituksena on kiinnittää ja pitää elektroniikka tukevasti paikoillaan testauksen ajan. Jigin suunnittelussa apuna käytettiin Focalspecin mekaniikkasuunnittelijoita, jotka suunnittelivat toimivan jigin annettujen määrittelyjen pohjalta. Mekaniikka on suunniteltu siten, että elektroniikan

kiinnittäminen ja irrottaminen on sujuvaa eikä siitä aiheudu testaukseen liikaa lisäaikaa. Myös testausjigissä on huomioitu ESD -suojaus ja se on käsitelty sähköä johtavalla pinnoitteella. Jigi kiinnitetään laitekaapin kanteen.

#### 4.3.4 Kaapelointi

Järjestelmä sisältää monenlaisia kaapeleita, koska laitteita on useita erilaisia ja samoin väyliä niiden välillä. Jännitelähteet kaapeloitiin banaaniliittimillä varustetuilla kaapeleilla. Oskilloskoopit ja signaaligeneraattorit on kaapeloitu BNC-SMA -kaapeleilla (kuva 12). Kaapelit kiinnittyvät BNC -liittimillä oskilloskoopien ja signaaligeneraattoreiden kanaviin ja SMA -liittimillä adapterilevyihin. SMA -liitin valikoitui tavallisen BNC -liittimen tilalle pienemmän kokonsa vuoksi.



*KUVA 12 BNC-SMA-kaapeli liittimiseen (14)*

Testausjärjestelmään kuuluu useita laitteita, jotka kytketään tietokoneeseen USB -kaapelilla. Tietokoneen alkuperäisessä varustuksessa ei ollut riittävästi USB -portteja kaikille laitteita. Tämä ongelma ratkaistiin USB -porttiin kytkettävällä USB -keskittimellä (kuva 13), jonka avulla saatiin käyttöön tarvittava määrä USB-portteja.



*KUVA 13 USB -keskitin (15)*

Tietokoneissa on harvoin vakiona porttia GPIB -kaapelin kytkentää varten. Tätä varten hankittiin USB-GPIB -väylämuunnin (kuva 14), jotta etäohjaus jännitelähteille saatiin toteutettua. Väylämuunnin kytkettiin USB -keskittimeen ja sitä kautta GPIB -kaapelilla jännitelähteeseen.



*KUVA 14 USB-GPIB -väylämuunnin (16)*

#### **4.4 Lopullinen kokonaisuus**

Lopullinen kokonaisuus (kuva 15) koottiin työtä varten hankittuun laitekaappiin. Jännitelähteet ja oskilloskoopit on kiinnitetty kiinnikkeillä kaapin sisälle ja pienemmät komponentit on aseteltu kaapin päälle. Kaapin kannen etureunaan on asennettu testausjigi (kuva 16), johon elektroniikka kiinnitetään testauksen ajaksi. Kaapissa on aukotukset, jotta kaapelointi voidaan toteuttaa kaapin sisältä kaapin päällä oleviin komponentteihin. Näyttötelineeseen kiinnitetty näyttö on yhdistetty kannettavaan tietokoneeseen, joka on sijoitettu kaapin sisälle.



*KUVA 15 Elektronikan testausjärjestelmä*



*KUVA 16 Testausjigi ja siihen liitetty kaapelointi*

#### **4.5 Jatkokehitysideoita**

Tässä luvussa esitetään kehitysideoita, jos järjestelmää ja sen käyttöä halutaan optimoida tulevaisuudessa.



Alkuperäisessä suunnitelmassa testausjärjestelmän laitteistoon kuuluivat virtamittarit ledvirtojen mittaukseen. Testausvaiheessa kuitenkin ilmeni ongelmia virtamittareiden ohjelmoinnissa. Tämä ominaisuus jätettiin tässä vaiheessa toteuttamatta, koska aika ei enää riittänyt ongelman ratkaisemiseen.

Tällä hetkellä elektroniikkaan syötettäviä signaaleita pystytään syöttämään vain tiettyyn jännitetasoon asti signaaligeneraattorin ominaisuuksien vuoksi. Järjestelmä vaatisi signaalinvahvistimen, jotta korkeampia jännitetasoja pystyttäisiin käyttämään testauksessa.

Osa testauslaitteistosta, kuten relelevyt, on sijoitettu laitekaapin päälle ilman erillistä kotelointia. Näille olisi mahdollista suunnitella ja tilata kotelointi, jotta laitteet saataisiin suojattua kosketuksilta ja osumilta. Tällä keinolla myös kokonaisuus näyttäisi siistimmältä ja laitteilla ei olisi putoamisvaaraa.

Lisäksi järjestelmän käyttöönoton jälkeen voidaan havaita erilaisia asioita, joita muuttamalla järjestelmän käytöstä tulisi käyttäjäystävällisempi. Tällaisia voisi olla esimerkiksi kaapeleiden sijoittelu tai laitteiden asettelu laitekaappiin.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön toimeksiannon tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa elektroniikan testausjärjestelmässä käytettävä laitteisto. Työn teoriaosassa käsitellään elektroniikan testausta ja sen eri vaiheita. Teoriaosan jälkeen käydään läpi opinnäytetyön suunnittelun lähtötiedot, työn eteneminen sekä esitellään saavutetut tulokset. Työ toteutettiin yhdessä ohjelmistoista vastanneen opiskelijan kanssa.

Työ onnistui alkuperäisten suunnitelmien mukaan lukuunottamatta yhden laitteen puuttumista, mistä on mainittu edellisessä luvussa. Laitteiden eriaikainen saapuminen aiheutti työn suurimmat haasteet. Se hankaloitti työssä etenemistä suunnitelmien mukaisesti. Tarkat kuvaukset testattavasta elektroniikasta ja testauslaitteistosta on jätetty kertomatta salassapitosyistä.

Testauslaitteiston lisäksi opinnäytetyöhön sisältyi loppudokumentaatio, johon kuului järjestelmän käyttö- ja huolto-ohjeet sekä testauslaitteiston spesifikaatio ja kytkennät. Dokumentaatio on yrityksen sisäiseen käyttöön, eikä sitä esitetä tässä opinnäytetyössä.

Minulla ei ollut vastaavanlaista kokemusta elektroniikan testauksesta ennen tätä opinnäytetyötä. Uusia asioita tuli eteen päivittäin ja työn tekeminen oli hyvin opettavaista. Aikaisempi teoriapohja konkretisoitui työn aikana.

## LÄHTEET

1. About us. Focalspec. Saatavissa: <https://www.focalspec.com/company/our-people/>. Hakupäivä 25.5.2018.
2. Hakamäki, Petri 2010. Piirikorttien tuotantotestauslaitteiston määrittely ja kehitys. Vaasa: Vaasan ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20982/Opinnaytetyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Hakupäivä 11.6.2018.
3. When does boundary-scan make sense. 2008. JTAG-Technologies. Saatavissa: <https://www.jtag.com/en/system/files/downloads/When%20does%20boundary-scan%20make%20sense.pdf>. Hakupäivä 11.6.2018.
4. Printed Circuit Boards Assembly (PCBA) Process. 2018. PCBCART. Saatavissa: <https://www.pcbcarts.com/article/content/pcb-assembly-process.html>. Hakupäivä 7.6.2018.
5. Poole, Ian. Automatic optical inspection, AOI systems. Electronics-notes. Saatavissa: <https://www.electronics-notes.com/articles/test-methods/automatic-automated-test-ate/aoi-optical-inspection.php>. Hakupäivä 6.6.2018.
6. Poole, Ian. Automatic X-Ray Inspection AXI for PCB & BGA. Electronics-notes. Saatavissa: <https://www.electronics-notes.com/articles/test-methods/automatic-automated-test-ate/axi-x-ray-inspection.php>. Hakupäivä 6.6.2018.
7. Poole, Ian. ICT, In Circuit Test Tutorial. Electronics-notes. Saatavissa: <https://www.electronics-notes.com/articles/test-methods/automatic-automated-test-ate/ict-in-circuit-test-what-is-primer.php>. Hakupäivä 6.6.2018.
8. Rongala, Arvind 2015. What Is the Difference between White box Testing and Black Box Testing? Invensis. Saatavissa:

- <https://www.invensis.net/blog/it/difference-between-white-box-testing-black-box-testing/>. Hakupäivä 11.6.2018.
9. Palokangas, Lasse 2012. Tuotannon testauksen kehittäminen. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42162/Palokangas\\_Lasse.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42162/Palokangas_Lasse.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Hakupäivä 6.6.2018.
  10. SPEA 3030 Operatorless Test Cell, Maximum Competitiveness, maximum savings. SPEA. Saatavissa: <http://www.spea.com/Portals/0/SPEANewsTemplates/Generic.aspx?pltemId=268&pModuleId=845&pViewType=AllPress>. Hakupäivä 11.6.2018.
  11. SPEA and XJTAG combine the best of Flying Probe and Boundary Scan. 2018. XJTAG. Saatavissa: <https://www.xjtag.com/case-studies/spea-case-study/>. Hakupäivä 11.6.2018.
  12. System Testing. 2018. Techopedia. Saatavissa: <https://www.techopedia.com/definition/22445/system-testing>. Hakupäivä 5.6.2018.
  13. Learn !Do! Arduinoinfo.info. 2018. Relay-Board-How-to. Saatavissa: <https://arduino-info.wikispaces.com/Relay-Board-How-To>. Hakupäivä 20.7.2018.
  14. SMA-to-BNC Cables. 2018. THORLABS. Saatavissa: [https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup\\_ID=2887](https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_ID=2887). Hakupäivä 24.7.2018.
  15. Fujitech Industry Grade Hub 7-porttinen USB 2.0-hubi metallikuorella, musta. 2018. Verkkokauppa.com Saatavissa: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/33707/cvfh/Fujitech-Industry-Grade-Hub-7-porttinen-USB-2-0-hubi-metalli>. Hakupäivä 24.7.2018.

16. 82357B USB/GPIB Interface High-Speed USB 2.0. 2018. Keysight Technologies. Saatavissa: <https://www.keysight.com/en/pd-851808-pn-82357B/usb-gpib-interface-high-speed-usb-20?cc=US&lc=eng>. Hakupäivä 24.7.2018.