



Heikki Lauronen

## **POE-MODUULIN SUUNNITTELU JA VERIFIOINTI**

# **POE-MODUULIN SUUNNITTELU JA VERIFIONTI**

Heikki Lauronen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma, elektroniikan suunnittelu ja testaus

---

Tekijä: Heikki Lauronen

Opinnäytetyön nimi: PoE-moduulin suunnittelu ja verifiointi

Työn ohjaajat: Tapani Kokkomäki, OAMK; Jari Kylmänen, 9Solutions Oy

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 5/2012 Sivumäärä: 35 + 3 liitettä

---

Tässä työssä on suunniteltu ja verifioitu PoE (Power over Ethernet) -moduuli. Tavoitteena oli tehdä valmis prototyyppi, jota voitaisiin myöhemmin hyödyntää uusien laitteiden suunnittelussa. Vaatimuksina oli riittävä virransyöttökyky tilajayrityksen tuotteen, IPCS (Indoor Positioning and Communication System) -järjestelmän laitteille sekä mahdollisimman pieni koko.

Suunnittelu aloitettiin PoE-ohjainpiirin valinnalla. Valitulle Texas Instrumentsin piirille on olemassa myös testimoduuleja, joissa on PoE-kytkentä rakennettuna testausta ja verifiointia varten. Käytännön tekeminen aloitettiin testimoduulin verifioimisella ja testaamisella. Verifioinnin perusteella tehtiin kytkentä, josta piirrettiin piirilevy.

Tuloksena esitellään kytkentä ja piirilevy. Piirilevyä ei ole vielä valmistettu, mutta tarkka arvio vaadittavasta tilasta on saatu. Testimoduulin verifioinnin perusteella voidaan todeta virransyöttökyvyn olevan riittävä. Jatkotoimenpiteinä perehdytään eri jänniteversioissa ilmenneisiin ongelmiin ja verifioidaan valmis piirilevy.

---

Asiasanat: Power over Ethernet, Ethernet, flyback

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Information Technology, Electronics Design and Testing

---

Author: Heikki Lauronen

Title of thesis: Engineering and Verification of PoE (Power of Ethernet) Module

Supervisors: Tapani Kokkomäki, OUAS; Jari Kylmänen, 9Solutions Oy

Term and year when the thesis was submitted: 5/2012

Pages: 35 + 3 appendices

---

The subject of this thesis was to engineer and verify a PoE (Power of Ethernet) module. The aim was to create a ready-made prototype that could later be utilized in the planning and engineering of other new devices. The demands included a sufficient power supply for the customer's product, IPCS (Indoor Positioning and Communication System)- devices, and a size as small as possible.

The process began by gathering theoretic information on the PoE. The engineering was started with selecting the PoE controller circuit. Test modules were available for the selected Texas Instrument's circuit and the modules had a PoE wiring built in for testing and verifying. The actual work began by testing and verifying the test module. On the basis of the verification, a wiring was designed of which a circuit board was drawn.

As a result, the wiring and the circuit board are presented. The design was not completed as an actual circuit board but a precise estimation of the required space was gained. From the basis of the test module's verification, the power supply was discovered to be sufficient. The work continues by taking a closer look at the problems that occurred in the different voltage version, and by verifying the completed circuit board.

---

Keywords: Power over Ethernet, Ethernet, flyback

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Jari Kylmästä ja muuta 9Solutions Oy:n henkilökuntaa työn aiheesta sekä saamastani avusta ja ohjauksesta. Kiitokset myös Oulun seudun ammattikorkeakoulun opettaja Tapani Kokkomäelle työnohjauksesta sekä teksti-nohjauksesta vastanneelle Tuula Hopeavuorelle.

Oulussa 28.5.2012

Heikki Lauronen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
LYHENTEET JA TERMIT	8
1 JOHDANTO	10
2 POWER OVER ETHERNET -ARKKITEHTUURI	11
2.1 Keskeiset piirteet	11
2.2 PoE-järjestelmän edut ja haitat	11
2.3 Käyttösovellukset	12
2.4 Järjestelmän komponentit	14
2.4.1 Power Sourcing Equipment	14
2.4.2 Powered Device	16
3 POE-STANDARDIT	17
3.1 802.3af	17
3.2 802.3at	17
3.2.1 Teholuokat	18
3.2.2 Virtaluokat ja kaapelointi	18
3.2.3 Jännitteet	19
3.3 Standardoimattomat PoE-ratkaisut	21
4 POE-MODUULIN SUUNNITTELU	22
4.1 PoE-ohjauspiirin valinta	22
4.2 Muut komponenttivalinnat	23
4.2.1 Muuntaja	23
4.2.2 Vastukset	24
4.2.3 Kondensaattorit	24
4.2.4 Muut komponentit	24
4.3 Kytkenän suunnittelu	24
4.3.1 Komponenttien koodaaminen järjestelmään	25
4.3.2 Piirikaavion piirtäminen	25
4.4 Piirilevyn suunnittelu	25

5 POE-MODUULIN VERIFIOINTI JA TESTAUS	26
5.1 Menetelmät	26
5.2 Mittalaitteet	27
5.3 Testimoduuli	27
5.3.1 Output 3,3 V	28
5.3.2 Output 5 V	28
5.3.3 Output 12 V	29
5.4 Oma kytkentä	29
6 TULOKSET	31
7 POHDINTA	32
LÄHTEET	33
Liite 1. Lähtötietomuistio	
Liite 2. Piirikaavio	
Liite 3. Piirilevyn osasijoittelu ja johdinkerrokset	

## LYHENTEET JA TERMIT

A	Ampeeri, virta
BOM	Bill of materials, piirilevyn komponenttilista
CAT 3	Ethernet-kaapeli, kategoria 3, kaistanleveys 100 MHz
CAT 5	Ethernet-kaapeli, kategoria 5, kaistanleveys 250 MHz
CCU	Cell Control Unit, yhdyskäytävä, joka liittää IPCS-järjestelmän verkon julkisen Internetin välityksellä IPCS-paikannuspalvelimeen
CE	Conformité Européenne, eurooppalainen hyväksyntämerkintä
DC	Direct current, tasajännite
EMC	Electromagnetic compatibility, laitteiden sähkömagneettinen yhteensopivuus
ESD	Electrostatic discharge, kipinäpurkaus, staattisen sähkön purkaus
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö
IPCS	Indoor Positioning and Communication System, sisätilapaikannus- ja kommunikaatiojärjestelmä
PD	Powered Device, laite, joka käyttää PoE-sähkönsyöttöä
PoE	Power over Ethernet, tekniikka, jolla siirretään sähköä Ethernet-verkon yli
PoE+	Power over Ethernet plus, uudempi versio PoE:stä
PSE	Power Sourcing Equipment, sähköä Ethernet-verkkoon syöttävä laite



SNMP	Simple Network Management Protocol, protokolla verkkolaitteiden etähallintaan
TI	Texas Instruments, komponenttivalmistaja
TSSOP	Thin Shrink Small Outline Plastic Package, pintaliitoskomponentin kotelotyyppi
UPS	Uninterruptible Power Supply, laite, joka takaa virransyötön akkujen avulla sähkökatkon aikana
W	Watti, teho
V	Voltti, jännite

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tehtävänä oli suunnitella moduuli, jota voitaisiin käyttää 9Solutionsin paikannusjärjestelmän laitteiden sähkönsyöttöön. Tavoitteena oli tehdä toimiva PoE (Power over Ethernet) -prototyyppi, jota voidaan myöhemmin hyödyntää uusien laitteiden suunnittelussa. Yksi päätavoitteista oli piirilevyn mahdollisimman pieni koko.

Aiheesta on aiemmin tehty opinnäytetöitä vuosina 2006 ja 2010 Oulun seudun ammattikorkeakoulussa (Väänänen 2006; Latvalehto 2010). Näissä töissä ongelma on muodostunut muuntajan ja sen käämityksen suunnittelu. Tällä hetkellä markkinoilla on monen eri valmistajan muuntajia, jotka on suunniteltu PoE-käyttöön. Tässä työssä käytettiin valmiita muuntajia.

Työn teoriaosassa käsitellään eri PoE-laitteiden arkkitehtuurit ja standardit ja myös standardoimattomia versioita sivutaan lyhyesti. Suunnittelun apuna käytettiin Texas Instrumentsin valmistamaa testimoduulia, jota testattiin ja verifioitiin ennen oman kytkennän suunnittelua.

## 2 POWER OVER ETHERNET -ARKKITEHTUURI

### 2.1 Keskeiset piirteet

PoE (Power over Ethernet) tarkoittaa sähkönsyöttöä Ethernet-paikallisverkon kautta. Ensimmäisenä PoE:tä käytettiin WLAN-verkkojen tukiasemien sähkönsyöttöön, koska tukiasemia haluttiin sijoittaa paikkoihin, joissa ei ollut normaalia sähkönsyöttöä saatavilla. (Kärnä 2004, 58.)

Idea sähkönsyöttöön paikallisverkon kautta on lähtenyt lankapuhelimen toiminnasta, jossa puhelin kytketään linjalle ilman erillistä virtalähdettä. PoE:n käyttäminen vähentää kiinteiden sähkörsioiden tarvetta ja sallii laitteiden vapaamman sijoittelun. Laitteiden siirtäminen paikasta toiseen on myös helpompaa. (Certified Wireless Network Administrator Official Study Guide - Chapter 17. 2008.)

IEEE:n standardit edellyttävät vähintään CAT3-luokan Ethernet-kaapelointia pienillä tehotasoilla. Suuremmilla tehotasoilla vaaditaan CAT5-kaapelointi tai parempi. Sähkö syötetään kahdessa johdinparissa, joko vapaissa tai datajohtimissa. Kaikkia neljää paria ei saa käyttää yhtä aikaa sähkönsyöttöön standardien mukaan. (Roebuck 2011.)

### 2.2 PoE-järjestelmän edut ja haitat

Tärkeimpänä etuna PoE-järjestelmässä voidaan pitää sähkönsyötön helppoutta. Kiinteän sähköverkon ja pistorasioiden tarve vähenee ja sitä myötä myös kustannukset pienevät. Tarvitaan vain yksi kaapeli laitetta kohti. Järjestelmällä on myös muita hyviä ominaisuuksia:

- laitteiden vapaa sijoittelu
- alle 50 V:n suojajännite
- laitteiden monitorointi ja hallinta verkon yli SNMP-protokollan (Simple Network Management Protocol) avulla
- koko verkon laitteille vain yksi UPS (Uninterruptible Power Supply) joka turvaa sähkönsyötön vikatilanteissa. (Feldman –

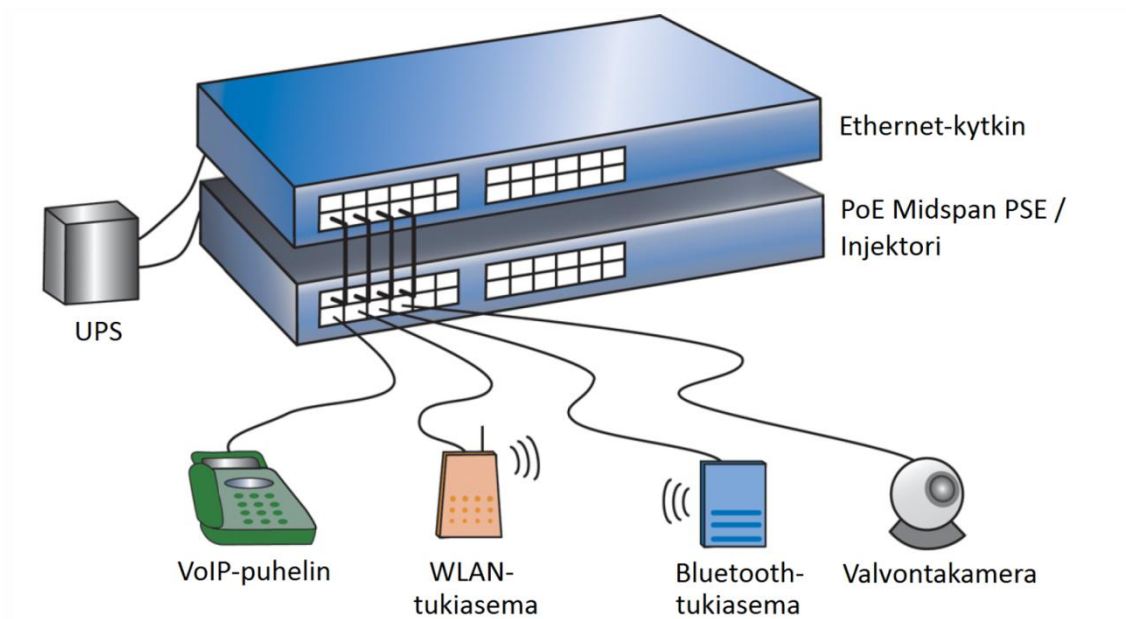
Zimmerman 2009; White Paper on Power Over Ethernet (IEEE802.3af) - a Radical New Technology. 2003).

SNMP-protokolla on yleisesti käytössä oleva ja sitä käytetään verkkolaitteiden hallintaan ja monitorointiin. Sen avulla voi esimerkiksi sammuttaa tai uudelleen käynnistää laitteen. Myös erilaiset vikatilanteet voidaan ilmoittaa tämän protokollan avulla. (Kärnä 2004, 58.)

Vaikka järjestelmässä on paljon hyviä puolia, on myös ominaisuuksia, joiden takia se ei sovellu aina käytettäväksi. Järjestelmästä saatava tehon määrä rajoittaa käyttöä. Ensimmäinen 802.3af-standardi mahdollistaa vain 12,95 watin tehon käytön ja monet laitteet tarvitsevat enemmän. Jo valmiina olevan verkkoinfrastruktuurin muuttaminen PoE-käyttöön voi tulla kalliiksi, kun joudutaan hankkimaan uusia verkkokytкимиä ja muita laitteita. (Feldman – Zimmerman 2009.)

### **2.3 Käyttösovellukset**

PoE-tekniikkaa voidaan käyttää monissa eri sovelluksissa. Rajoituksena on vain saatavana oleva teho. Verkkolaitteet, kuten reitittimet ja kytkimet, jotka käyttävät PoE:tä, eivät voi siirtää eteenpäin omaa käyttöjännitettään Ethernetin kautta. Kuvassa 1 on esimerkki tyypillisestä PoE-asennuksesta.



KUVA 1. Tyypillinen PoE-järjestelmä (*White Paper on Power Over Ethernet (IEEE802.3af) - a Radical New Technology. 2003*)

Muutamia esimerkkejä käyttösovelluksista ovat seuraavat:

- IP-valvontakamerat
- reitittimet ja kytkimet (laitteiden omaan sähkönsyöttöön)
- VoIP (Voice over Internet Protocol) -puhelimet
- kuulusjärjestelmät
- WLAN- sekä muut langattomat tukiasemat
- pienet tietokoneet
- teollisuuden sovellukset mm. sensorit, anturit ja mittarit
- kulunvalvonta (*White Paper on Power Over Ethernet (IEEE802.3af) - a Radical New Technology. 2003*).

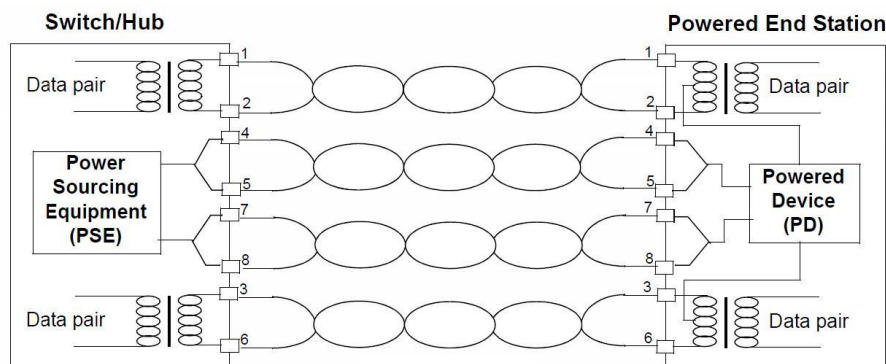
## 2.4 Järjestelmän komponentit

PoE-järjestelmään kuuluu kaksi komponenttia: Power Sourcing Equipment (PSE) eli tehoa syöttävä laite ja Powered Device (PD) eli tehoa käyttävä laite. Seuraavissa luvuissa käsitellään näiden komponenttien sekä Midspan PSE:n spesifikaatiota lyhyesti yleisellä tasolla. Tarkemmat kuvaukset ovat standardeja käsittelevässä luvussa 3.

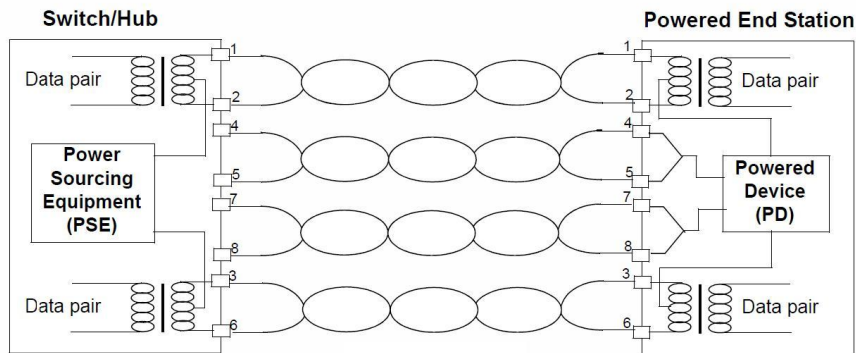
### 2.4.1 Power Sourcing Equipment

Power Sourcing Equipment eli PSE määritellään PoE-standardissa laitteeksi, joka syöttää tehoa yhdelle laitteelle Ethernet-verkon yli. PSE voi olla sisäänrakennettuna verkkolaitteessa, esimerkiksi reitittimessä, jolloin kyseessä on Endpoint PSE. PSE voidaan rakentaa myös erilliseksi laitteeksi ja liittää verkkoon reitittimen tai kytkimen ja tehoa käyttävän laitteen väliin, jolloin kyseessä on Midspan PSE. Midspan PSE:tä kutsutaan yleisesti injektoriksi. (IEEE Std 802.3at-2009. 2009.)

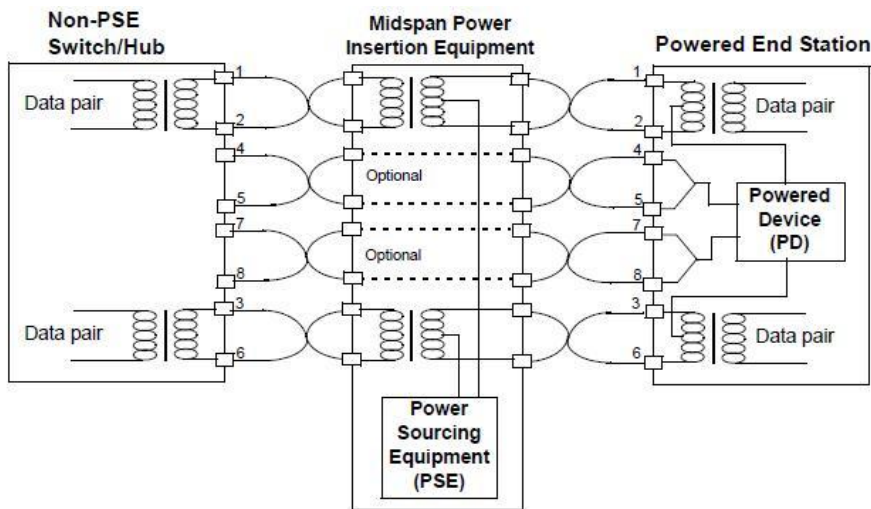
Version ja standardin mukaan käytetään eri johtimia sähkönsyöttöön. Kuvissa 2, 3 ja 4 on esimerkkikytkennät. Vastaanottavan PD-laitteen täytyy osata vastaanottaa sähkö oikein, joten PD-laitteella on aina kytketty molemmat vaihtoehdot. Jännite erotetaan muuntajalla datajohtimista. (White Paper on Power Over Ethernet (IEEE802.3af) - a Radical New Technology. 2003.)



KUVA 2. Endpoint PSE:n ja PD:n välinen kytkentä, vapaat johdinparit käytössä (IEEE Std 802.3at-2009. 2009)



KUVA 3. Endpoint PSE:n ja PD:n välinen kytkentä, datajohdinparit käytössä (IEEE Std 802.3at-2009. 2009)



KUVA 4. Midspan PSE:n käyttö PoE-järjestelmässä (IEEE Std 802.3at-2009. 2009)

Tehoa syöttävän laitteen neljä pääprosessia ovat havainnointi (detection tai discovery), luokittelu (classification), normaali sähkönsyöttö sekä sähkönsyötön katkaisu. Havainnointiprosessi tutkii, pitääkö kytketylle laitteelle syöttää sähköä. Havainnointi myös määrittää, onko kyseessä PoE-laite. Tällä estetään sähkönsyöttö laitteeseen, joka ei tue PoE:tä. Luokittelu määrittää syötettävän tehon suuruuden. Sähkönsyöttö katkaistaan, jos PD ei käytä yli 10 mA virtaa. (Kärnä 2004, 59.)

### 2.4.2 Powered Device

Powered Device eli PD on laite, joka käyttää PSE:n syöttämää tehoa, esimerkiksi IP-puhelimet, WLAN-tukiasemat, valvontakamerat, RFID- ja viivakoodinlukijat ja jopa pienet tietokoneet. PSE-laite on verkon älykäs laite, joten PD-laitteesta voidaan tehdä yksinkertainen, mikä taas laskee kustannuksia. (Kärnä 2004; Feldman – Zimmerman 2009.)

PD-laitteen täytyy kertoa PSE:lle käynnistyksessä olevansa PoE-laite ja tarvitsevänsä tietyn virtamäärän. PoE-laite tunnistetaan mittaamalla sen vastus. Teholuokan määrittäminen tapahtuu mittaamalla virtaa tietyllä jännitteellä. Jos tiettyä virtaa ei saavuteta, kytkee PSE täyden tehon PD:lle. Virrankulutuksen ja hallittavuuden kannalta on parempi käyttää PD-laitteessa PoE-ohjauspiiriä, joka osaa käyttää teholuokan määritystä ja pyytää tarvittaessa lisää tehoa. Monissa PoE-laitteissa on myös mahdollisuus käyttää ulkoista virtalähdettä sähkönsyötön varmistukseen vikatilanteissa tai silloin, kun PoE:ta ei ole saatavilla. (Certified Wireless Network Administrator Official Study Guide - Chapter 17. 2008; Roebuck 2011.)



### 3 POE-STANDARDIT

PoE:n standardointiprosessi aloitettiin jo vuonna 1999. Mukana olivat 3Com, Intel, PowerDsine, Nortel, Mitel ja National Semiconductor. Yrityksillä oli näkemys PoE:n tarpeellisuudesta sekä valmiita toteutuksia, joiden kaupallistamiseen standardi tarvittiin. Kesäkuussa 2003 ensimmäinen standardi sai virallisen hyväksynnän. (White Paper on Power Over Ethernet (IEEE802.3af) - a Radical New Technology 2003.)

Julkaistuja standardeja on kaksi: IEEE 802.3af-2003 ja IEEE 802.3at-2009. Suurin ero standardeissa on tehotasoissa. Uudempi mahdollistaa jopa 25,5 W:n tehon, kun edellinen jää 12,95 W:iin. Monet piiri- ja laitevalmistajat tarjoavat laitteita, jotka lupaavat tätäkin suurempia tehoja, mutta ne eivät ole standardien mukaisia. (Roebuck 2011.)

Tarvitaan vielä paljon tutkimusta ennen kuin tehokkaampia PoE-standardeja voidaan julkaista. Tällä hetkellä ei ole vielä tietoa tulevista uusista standardeista, vaikka laitevalmistajat varmasti toivovat tehorajojen nostoa.

#### 3.1 802.3af

802.3af on ensimmäinen julkaistuista standardeista. Julkaisu tapahtui myöhässä aikataulusta ja viime hetken muutosten takia osa ensimmäisistä laitteista ei täyttänyt standardin määritelmiä. (White Paper on Power Over Ethernet (IEEE802.3af) - a Radical New Technology 2003.)

Standardi määrittelee PoE:n perusasiat, joita on tarkennettu ja osittain muutettu uudempaan standardiin. Seuraavassa luvussa käydään läpi uusinta standardia ja samalla eroavaisuuksia vanhempaan standardiin.

#### 3.2 802.3at

Uudempi, vuonna 2009 julkaistu standardi nostaa tehotason melkein kaksinkertaiseksi edelliseen standardiin verrattuna. Tämä lisää käyttökohteiden määrää, koska esimerkiksi WLAN-tukiasemat, moottoriohjatut turvakamerat ja IP-puhelimet tarvitsevat paljon tehoa. Standardi on täysin yhteensopiva vanhem-

man version kanssa, joten vanhat PD- ja PSE-laitteet toimivat yhteen uusien kanssa. (Feldman – Oliva 2008.)

### 3.2.1 Teholuokat

Ensimmäisessä PoE-standardissa on viisi teholuokkaa, joista neljä ensimmäistä (0–3) ovat käytössä, kun taas PoE+-standardissa käytetään kaikkia luokkia.

Taulukossa 1 on esitetty luokat ja tehoalueet.

*TAULUKKO 1. PoE+:n teholuokat (Feldman – Oliva 2008)*

Luokan tunnus	PD-laitteen luokittelu	Saatavilla oleva teho
0	Vakio, Tyyppi 1	0,44–12,95 W
1	Tyyppi 1	0,44–3,84 W
2	Tyyppi 1	3,84–6,49 W
3	Tyyppi 1	6,49–12,95 W
4	Tyyppi 2	12,95–25,5 W

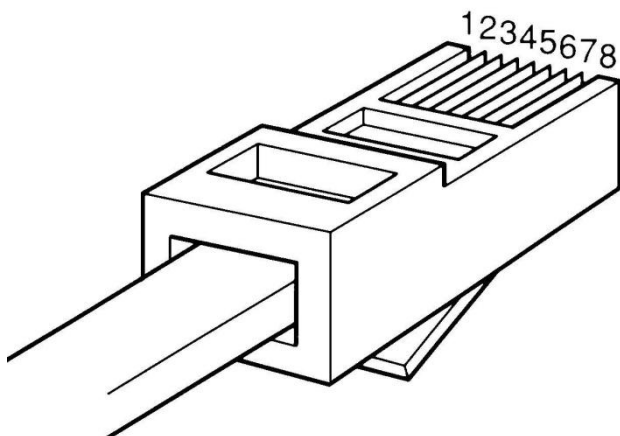
### 3.2.2 Virtaluokat ja kaapelointi

Uudempi standardi edellyttää myös parempaa kaapelointia. Edellytyksenä on kategorian 5 (CAT 5) tasoinen tai parempi kaapelointi. CAT 5 -kaapelissa on käytettävissä neljä paria ja impedanssi on pienempi, jonka ansiosta tehoa voidaan siirtää enemmän. Taulukossa 2 on kaapeloinnin parametreja. Tyypit 1 ja 2 tarkoittavat laitteen luokittelua uudemman ja vanhemman standardin välillä.

*TAULUKKO 2. Kaapeloinnin parametreja (IEEE Std 802.3at-2009. 2009, 21)*

Parametri	Yksikkö	802.3af (802.3at tyyppi 1)	802.3at tyyppi 2
Suurin DC-virta	A	0,350	0,600
Kierretyn parin suurin impedanssi	$\Omega$	20,0	12,5
Kaapelityyppivaatimus		Suojaamaton kierretty pari, CAT 3	CAT 5

Yhden Ethernet-kaapelin pituus on rajoitettu 100 m:iin. Tätä pidemmät kaapelit vaikuttavat verkon suorituskykyyn. RJ-45 on yleinen Ethernetissä käytetty liittintyyppi ja sen virallinen tyyppimerkintä on 8P8C. Siinä on 8 pinniä ja ne kaikki ovat kytketty CAT 5 -kaapelissa. Kuvassa 5 on RJ-45-liittimen pinnijärjestys. (Nikkel 2011.)



*KUVA 5. RJ-45-liitin ja pinnijärjestys (Interface Converter, RS-422 to RS-232. 2012)*

### **3.2.3 Jännitteet**

Syötettävä jännite on tasajännitettä (DC, Direct Current) ja sen suuruus normaalissa toimintatilassa on 42,5–57 V. PoE-jännite on yhteismuotoista ja se ei sekoita Ethernetin differentiaalista dataliikennettä. Standardin mukaan PoE:n aiheuttama häiriö ei saa olla yli 50 mV taajuusalueella 1–100 MHz. Käynnistyksessä käydään läpi monivaiheinen neuvotteluprosessi, jossa käytetään useaa eri jännitetasoa. Taulukossa 3 on PoE:n käyttämät jännitetasot eri vaiheissa. Vanhempi standardi käyttää yksitasoista luokittelua. (Kärnä 2004; Roebuck 2011.)

TAULUKKO 3. Käynnistysprosessin jännitetasot (Roebuck 2011, 4)

Prosessi	Toiminto	Jännite (V)	
		802.3af	802.3at
Tunnistaminen	PSE tutkii, onko PD:llä oikea vastusarvo	2,7–10,1	
Luokittelu	PSE tutkii PD:n tehotason	14,5–20,5	
Tunnus 1	PSE ilmoittaa 802.3at yhteensopivuudesta, PD ottaa virtaa 0,25–4 mA	-	7–10
Luokittelu 2	PSE asettaa luokittelujännitteen uudelleen, ilmoittaa 802.3at yhteensopivuudesta	-	14,5–20,5
Tunnus 2	PSE ilmoittaa 802.3at yhteensopivuudesta, PD ottaa virtaa 0,25–4 mA	-	7–10
Käynnistys	PD:n käynnistys	> 42	
Normaali toiminta	PD:n käyttöjännite	37–57	42,5–57

Jännitteensyöttöön on kaksi eri vaihtoehtoa, mode A tai mode B. A-versiossa jännite syötetään datan kanssa samoissa johtimissa ja B-versiossa vapaissa johtimissa, kun käytössä on 100BASE-TX tai 10BASE-T Ethernet. 1000BASE-T Ethernetissä kaikki johtimet ovat datakäytössä, joten jännite syötetään aina datajohtimissa. Taulukossa 4 on esitetty pinnijärjestys Ethernetin tyyppin mukaan. Polariteettivaatimusta ei ole. (Roebuck 2011, 3.)

TAULUKKO 4. Pinnijärjestys Ethernetin tyyppin mukaan (Kärnä 2004; Roebuck 2011)

Pinni	100BASE-TX tai 10BASE-T Vapaat parit (mode B)	100BASE-TX tai 10BASE-T Dataparit (mode A)	1000BASE-T (mode B)	1000BASE-T (mode A)
1		DC +		DC +
2		DC +		DC +
3		DC -		DC -
4	DC +		DC +	
5	DC +		DC +	
6		DC -		DC -
7	DC -		DC -	
8	DC -		DC -	

### 3.3 Standardoimattomat PoE-ratkaisut

Kasvava tehonkulutus on ajanut laite- ja piirivalmistajia kehittämään PoE-versioita, jotka pystyvät siirtämään Ethernetin yli yhä suurempia tehoja. Nykyinen IEEE-standardi 802.3at (PoE+) rajoittaa tehon 25,5 W:iin. Uudet tekniikat lupaavat suurimmillaan 95 W:n tehoja ja eri valmistajat eri tehotasoja. Esimerkiksi Linear Technology tarjoaa kahta eri piiriä PSE-laitteisiin ja on nimennyt tekniikan LTPoE++:ksi, jossa maksimitehoksi on ilmoitettu 90 W. Vaikka tekniikoita ei ole vielä standardoitu, piirivalmistajat lupaavat niiden olevan PoE+-yhteensopivia. (Quad & Single LTPoE++ PSE Controllers Deliver Up to 90W. 2011.)

Markkinoilla on ollut myös muutaman eri valmistajan laitteita, jotka eivät ole olleet standardin mukaisia. Esimerkiksi Ciscon järjestelmä käytti neuvottelua ennen virran kytkemistä, mutta se poikkeaa paljon standardista ja oli käytössä vain Ciscon omissa laitteissa. Tehoa tämä järjestelmä pystyi siirtämään noin 6,3 W. PowerDsine, nykyinen Microsemi, myi vuonna 1999 järjestelmää, joka tunnettiin nimellä Power over LAN. (Roebuck 2011.)

Myös passiivisia järjestelmiä on olemassa. Nämä järjestelmät ovat yksinkertaisia ja niiden laitteet eivät käy neuvotteluja keskenään. Jännite syötetään samoissa johtimissa kuin standardoidussa PoE:ssa, mutta sen suuruus on 9–55 V ja virran suuruus 0,5–2 A. Tällaisia järjestelmiä käytetään vaihtelevasti joissain tietoliikennejärjestelmissä. (Roebuck 2011.)

## 4 POE-MODUULIN SUUNNITTELU

Suunnittelun lähtökohtana oli tehdä PoE-prototyyppi, jota voitaisiin käyttää IPCS-järjestelmän laitteiden virransyöttöön. Tavoitteena oli mahdollisimman pieni koko ja riittävä virran saanti.

### 4.1 PoE-ohjauspiirin valinta

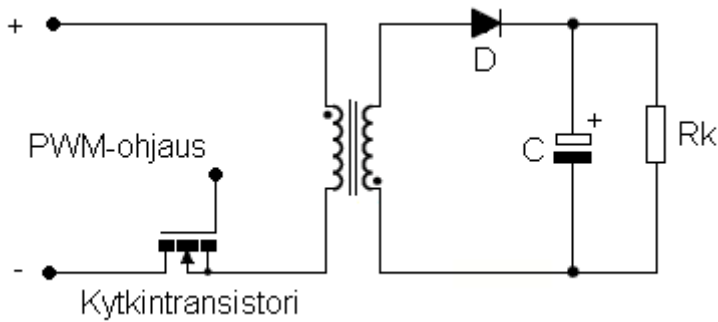
Suunnittelu aloitettiin tutustumalla ja vertailemalla eri piirivalmistajien tuotteita datalehtien ja valmistajien tarjoamien dokumenttien avulla. Eri piirivalmistajien, Texas Instrumentsin, Maximin, Power Integrationsin, STMicroelectronicsin ja National Semiconductorin tuotteita vertailtiin. Parhaat sivut ja apuvälineet suunnittelijalle olivat TI:llä ja STMicroelectronicsilla, joiden dokumentit ja datalehdet ovat kattavia ja selkeitä. Texas Instrumentsilla on myös hyvä valikoima piirejä sekä PSE- että PD-käyttöön, joten PoE-piiri valittiin TI:n valikoimasta.

Valinta kohdistui TPS23753A-piiriin. Se kuuluu TI:n TPS2375-piiriperheeseen, josta löytyy eri versioita halutulla tehotasolla ja ominaisuuksilla. Piiri on pieni 14-jalkainen TSSOP (Thin Shrink Small Outline Plastic Package) -koteloitu ja se tukee 802.3at tyyppin 1 standardia, joten suurin tehotaso on 13 W. Piirin sisäinen transistori kestää jännitettä aina 100 V:iin asti. (TPS23753A IEEE 802.3 PoE interface and converter controller with enhanced ESD immunity. 2010.)

Valittu piiri tukee myös erillisen virtalähteen käyttöä. Tämä optio on tärkeää olla olemassa, jos PoE-liityntää ei ole mahdollisuutta käyttää. Piiri on optimoitu eristetyille (galvaanisesti erotetuille) muuntajille, joita käytetään suositellussa fly-back-hakkuritopologiassa. (TPS23753A IEEE 802.3 PoE interface and converter controller with enhanced ESD immunity. 2010.)

Flyback-hakkurissa (kuva 6) muuntajan ensiöpuolella olevaa jännitettä katkaistaan PWM (Pulse-Width Modulation)- eli pulssiohjatulla transistorilla. Kun transistori ei johda, muuntajan ensiökäämiin varastoitunut energia indusoituu toisiopuolelle ja diodi alkaa johtaa. Kondensaattori latautuu samalla, kun diodin läpi pääsee virta kuormalle. Kun ensiöpuolen käämiin transistorin johtaessa alkaa varastoitua energiaa, katkeaa toisiopuolen virta. Tällöin latautunut kondensaattori

tori syöttää virtaa kuormalle. Flyback-topologian paras ominaisuus on galvaaninen erotus. Erotuksen avulla voidaan muuntaa hyvinkin suuria jännitteitä turvallisesti pienemmiksi. Toisiopuolella käytetään kondensaattorina suurta elektrolyyttikondensaattoria. Flyback-hakkurilla ei ole niin hyvä hyötysuhde kuin muilla hakkurityypeillä. Tämä johtuu lähinnä muuntajan tehohäviöstä. (Billings 1989.)



KUVA 6. Flyback-hakkurin perusrakenne (Artamonov 2010)

## 4.2 Muut komponenttivalinnat

Komponenttivalinnat tehtiin valitun piirin testimoduulin verifiointiin ja suunniteluoppaan Designing with the TPS23753 Powered-Device and Power Supply Controller (Wright 2009) avulla. Verifiointiin perusteella päädyttiin suunnittelemaan moduuli, jonka lähtöjännite on 5 V. Piirilevyllä tulevat liittimet, Ethernet-liitin, ulkoisen virtalähteen- ja lähtöjännitteen ruuviliitin vaativat levyyn reiät. Kaikki muut komponentit ovat pintaliitoskoteloilla, joten piirilevyyn ei tarvitse porata muita läpäreikiä komponenttien jaloille.

### 4.2.1 Muuntaja

Vastaavissa PoE:hen liittyvissä opinnäytetöissä (Väänänen 2006; Latvalehto 2010) on muuntaja käämitty itse. Monissa esimerkkikytkennöissä on suositeltu valmiita muuntajia, jotka on tehty valmistajan vaatimusten mukaan. Esimerkiksi Coilcraftilta löytyy lähes kaikille valmistajille muuntajat eri PoE-piirien kanssa käytettäväksi, joten käämitystä ei tehty itse. Muuntajaksi valittiin Coilcraftin valmistama. Valitussa mallissa on kaksoiskäämitys, jota hyödynnetään toisiopuolen ohjaamiseen.

#### **4.2.2 Vastukset**

Lähes kaikki vastukset on koteloitu 0603-standardikoteloon. Osan olisi voinut vaihtaa pienemmällä kotelolla olevaan, mutta selvyyden takia pysyttiin alkupe-  
räisessä suosituksessa. Muutama vastus on suuremmalla kotelolla paremman  
tehonkeston takia. 0603-vastusten tehonkesto on 0,0625 W.

Luokitteluvastus on mitoitettu luokan 0 mukaan eli PoE-laite saa tehoa 0,44–  
12,95 W. Teholuokat on esitetty taulukossa 1 standardeja käsittelevässä luvus-  
sa 3.

#### **4.2.3 Kondensaattorit**

Kytkenässä käytetään pääasiassa pieniä keraamisia pintaliitos-  
kondensaattoreita. Muuntajan tulo- ja lähtöpuolella käytetään suurempia elekt-  
rolyyttikondensaattoreita, koska niillä on kyky varastoida paljon energiaa.

#### **4.2.4 Muut komponentit**

Suojadiodeiksi valittiin SMAJ58A. Se suojaa PoE-piiriä mahdollisilta ylijännitteil-  
tä. Ulkoisen virtalähteen liitäntä suojataan Schottky-diodilla, joilla estetään vir-  
ran kulku väärään suuntaan.

Flyback-hakkurin perusrakenteeseen kuuluu diodi muuntajan toisiopuolelle.  
Tässä kytkennässä diodi on korvattu kytkintransistorilla, jota ohjataan muunta-  
jan toisen käämityksen kautta PoE-ohjauspiirillä. Ruuviliittimiä käytettiin ulkoi-  
sen virtalähteen ja lähtöjännitteen liittiminä. Ne ovat yleiskäyttöisiä ja niihin on  
helppo kytkeä johdot.

### **4.3 Kytkennän suunnittelu**

Kytkenän suunnittelu oli monivaiheinen prosessi. Komponenttivalintojen jäl-  
keen ne oli koodattava 9Solutionsin järjestelmään, jotta varmistettiin tietojen  
oikeellisuus ja tuotantoon vaikuttavat asiat. Sen jälkeen komponenteista piirret-  
tiin kuvat piirikaavion sekä piirilevyn piirtämistä varten. Kun piirikaavio oli piirret-  
ty, se lähetettiin piirilevyn piirtäjälle, joka teki lopullisen layoutin.



### **4.3.1 Komponenttien koodaaminen järjestelmään**

Valitut komponentit lisättiin järjestelmään kaavakkeen avulla, jossa ensin valittiin komponentin luokka ja sen jälkeen syötettiin komponentille nimi, kuvaus, valmistaja ja valmistajan käyttämä numero. Tämän jälkeen tarkastettiin komponentin saama 9Solutions-koodi ja liitettiin se listaan, joka lähtee komponentin piirtäjälle. Tässä vaadittiin erityistä tarkkuutta, jotta vältetään myöhemmät tuotannolliset ongelmat.

Komponentin piirtäjälle lähetettiin samat tiedot kuin koodauksessa tarvittiin sekä käytettyjen kotelotyyppien tiedot ja datalehdet komponenteista. Piirtäjä lähetti valmiit komponenttikirjastot, jotka lisättiin Cadstar-ohjelmaan.

### **4.3.2 Piirikaavion piirtäminen**

Piirikaavio piirrettiin Cadstarilla. Ennen piirtämistä tarkastettiin ohjelman asetukset ja käytössä olevat komponenttikirjastot. Piirtäminen oli työn helppo osio. Muutamasta komponentista puuttui piirrosmerkki, mutta näissä käytettiin samalla kotelolla olevaa vastaavaa komponenttia. Ennen piirilevyn valmistusta kootaan lopullinen BOM ja siinä määritellään käytettävät komponenttiarvot.

## **4.4 Piirilevyn suunnittelu**

Piirilevyn suunnittelu teetettiin alihankintana Inca Systemsillä. Piirilevylle määriteltiin pinta-ala, johon komponentit ja johdotukset pyrittiin saamaan. Todettiin että nykyiselle noden piirilevylle kytkentää ei saisi mahtumaan sellaisenaan, koska liittimet ja muuntaja vievät paljon tilaa. Piirilevyn tavoitekoko oli 40 x 70 mm ja sille komponentit mahtuivatkin.

Piirilevystä suunniteltiin nelikerroslevy, jossa komponentit ovat yhdellä puolella. Johdotuksen läpiviennit ovat läpilevyn versioita, eikä haudattuja tai mikroläpivientejä käytetty. Valmis piirilevy on esitelty luvussa 6. Osasijoitteluun annettiin ohjeet vain liittimien halutusta paikasta.

## 5 POE-MODUULIN VERIFIOINTI JA TESTAUS

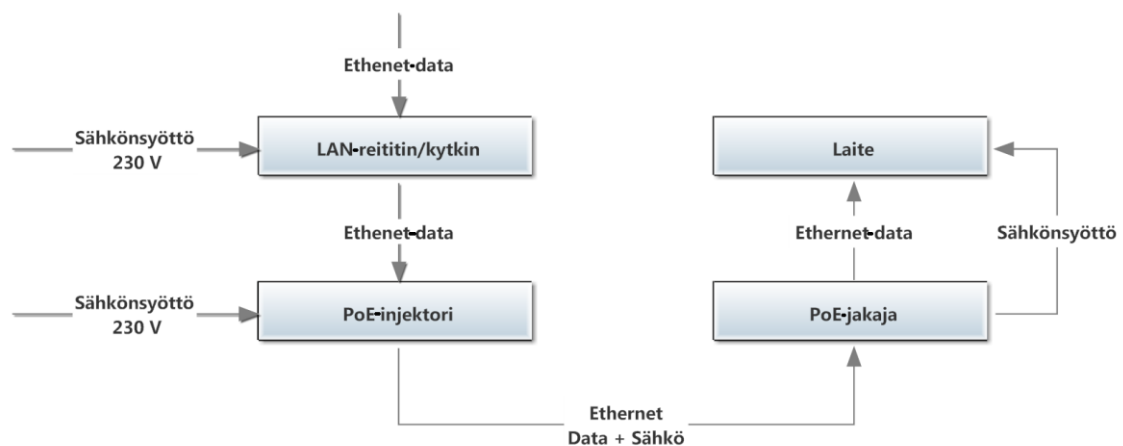
Tässä luvussa käsitellään valmiin testimoduulin verifiointia ja testausta. Oman kytkennän verifiointia ei suoritettu, koska piirilevyä ei tässä vaiheessa tehty valmiiksi.

### 5.1 Menetelmät

Verifiointit ja testaukset toteutettiin 9Solutions Oy:n tiloissa. Sähköä syöttävänä laitteena käytettiin A-Linkin POE1-PoE-injektoria, joka oli kytketty yrityksen lähiverkkoon. Injektori kytkettiin kytkimen ja kiinteän Ethernet-kaapelin väliin kytkentäkaapissa. Käyttöpaikaksi valittiin tuotekehityslaboratoriossa oleva Ethernet-rasia ja testattavana laitteena käytettiin IPCS-järjestelmän nodea ja CCU:ta.

CCU toimii paikannus- ja kommunikointijärjestelmän yhdyskäytävänä Internetin ja Bluetoothin välillä. Nodet ovat järjestelmän laitteita, jotka muodostavat itse organisoituvan langattoman verkon Bluetoothin avulla. IPCS-järjestelmällä voi paikantaa järjestelmän omia tajeja tai mitä vain Bluetooth-laitteita. (Introduction to IPCS. 2012.)

Kuvassa 7 on esitetty PoE-sähkön syötön peruseräite. PoE-jakaja tarkoittaa tässä tapauksessa testimoduulia tai itse suunniteltua kytkentää. Verkkolaitteiden 230 V:n sähkönsyöttö voisi olla myös turvattu UPS-laitteella.



KUVA 7. PoE-sähkönsyöttö

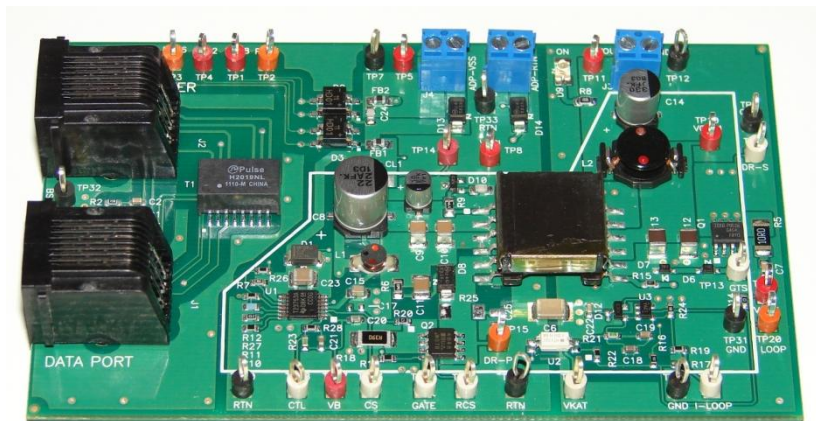
## 5.2 Mittalaitteet

Mittalaitteina käytettiin seuraavia laitteita:

- Agilent DSO1024A -oskilloskooppi
- Agilent U3606A -jännitelähde-yleismittari
- Amprobe 35XP-A -yleismittari
- Mastech M890C+ -yleismittari.

## 5.3 Testimoduuli

TI:n TPS23753AEVM-004-moduuli (kuva 8) tilattiin Mouser Electronicsilta. Moduuli sisältää valitun TI:n PoE- ohjainpiirin ja se on kokonainen kytkentä, jolla voi tutkia kytkennän toimintaa. Piirilevyllä on paljon testipisteitä, joihin on helppo kytkeä mittalaitteita. Ulkoisen virtalähteen ja lähtöjännitteen liittimet ovat ruuvi-liittimiä.



KUVA 8. TPS23753AEVM-004-moduuli

Piirilevy on kalustettu 3,3 V:n (3 A) ulostuloa varten, mutta se on suunniteltu siten, että pienillä BOM (Bill of materials) -komponenttimuutoksilla lähtöjännitteeksi saadaan joko 12 V (0,9 A) tai 5 V (2 A). (User's Guide TPS23753AEVM-004: Evaluation Module for TPS23753A. 2011.)

Tarvittavat komponentit testimoduulin BOM-muutoksiin tilattiin Digikeyltä, Mouserilta sekä muuntajia valmistavalta Coilcraftilta.

### 5.3.1 Output 3,3 V

Moduuli testattiin ensin vakiokalustuksella eli ulostulojännite oli 3,3 V. KytKentä ei alkanut toimia ja mittauksissa todettiin kytkennän olevan rikki, koska yksikään ohjaus ei toiminut. Ulkoista jännitelähdettä käytettäessä levy kuumeni huomattavasti. Rikkoutumisen syy jäi epäselväksi. Mahdollisia syitä voisivat olla mitta-pään aiheuttama oikosulku tai ESD:n (Electrostatic discharge) aiheuttama vika.

Kaksi uutta moduulia tilattiin Mouser Electronicsilta. Moduulit toimivat moitteetta ja testit voitiin aloittaa. Vakiokalustuksella testattiin vain levyn yleinen toimivuus eli ulostulojännitteen ja PoE-piirin ohjausten toiminta. Ulostulojännite oli molemmissa levyissä 3,35 V kuormittamattomana ja hakkurin taajuus 125 kHz.

### 5.3.2 Output 5 V

Peruskytkentää muutettiin vaihtamalla seitsemän komponenttia, jotta ulostulojännitteeksi saataisiin 5 V. KytKentä toimi ongelmitta ja testit aloitettiin. Ensiksi testattiin kyky syöttää sähköä IPCS-järjestelmän nodelle. Kaikki toimi kuten piti-kin. PoE-kortin kapasiteetista oli käytössä vain murto-osa, koska node vie virtaa vain noin 60 mA. Teoriassa nodeja voisi olla yhden PoE-kytkennän syöttämänä jopa 40 kpl.

Seuraavaksi kytkentää kuormitettiin tehovastuksilla, jotta saataisiin selville, miten kytkentä käyttäytyy suuremmilla virroilla. Ensiksi sarjaan laitettiin neljä 0,68 ohmin vastusta, joilla oli 9 watin tehonkesto. Tällä kytkennällä virraksi saatiin 1,64 A ja jännite pysyi tasaisena 5,12 V:ssa. Testikortti ei myöskään lämmennyt epätavallisesti.

Vastusten jakoa muutettiin siten, että virraksi saatiin 1,98 A, joka on lähellä testimoduulin ilmoitettua maksimikuormitusta (2 A). KytKentä toimi edelleen stabiilisti, eikä merkittävää lämpenemistä huomattu. Jännite pysyi edelleen tasaisena 5,12 V:ssa. Viimeisenä testinä korttia ylikuormitettiin kahdella eri virtatasolla. Ensimmäisenä 2,12 A:n ja lopuksi 2,88 A:n virralla. Testimoduulin jännite oli molemmissa tapauksissa 5,11 V. Muuntaja ja toisiopuolen komponentit lämpenivät hieman, mutta toiminta oli moitteetonta.

### 5.3.3 Output 12 V

Toisen tilatun levyn komponentit vaihdettiin 12 V:n versiota vastaavaksi. KytKentä vaikutti aluksi toimivan oikein, mutta flyback-transistorin ja muuntajan huomattiin kuumenevan. Lähtöjännite oli myös korkeampi kuin datalehdessä ilmoitettu maksimi. TI:n tukifoorumilta löytyi keskustelu, jonka perusteella kytkennässä oli ongelma muuntajan ja flyback-transistorin toiminnassa. (Overheating in POE with TPS23752. 2011.)

Muuntaja vaihdettiin, mutta se ei auttanut enää. Kytkennästä ei saatu mitään jännitettä ulos eivätkä ohjaussignaalit toimineet. Flyback-transistoria ja PoE-ohjainpiiriä koetettiin myös vaihtaa, mutta se ei auttanut. Ajanpuutteen vuoksi testit lopetettiin, koska lopullisen piirilevyn kannalta tällä testillä ei ollut suurta merkitystä.

### 5.4 Oma kytkentä

Lopullista kytkentää ei tämän opinnäytetyön puitteissa päästy testaamaan, koska piirilevyä ei vielä tehty valmiiksi. Kun levy tehdään, se testataan kattavammin ja otetaan huomioon hyväksyntävaatimukset. Sen on täytettävä CE (Conformité Européenne) -vaatimukset, jotta sitä voidaan myydä Euroopan talousalueella. Yleisesti CE-merkintä on valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sille määritellyt vaatimukset. Sähkölaiteille on määriteltä myös pienjännitedirektiivin mukainen tekninen tiedosto, johon sisältyy

- yleiskuvaus
- suunnittelu- ja valmistuspiirroksot sekä komponentti- ja piirikaa-  
viot
- toiminnallisuuskuvaukset
- luettelo standardeista, joita on noudatettu, ja kuvaukset ratkai-  
suista, jotka eivät ole standardin mukaisia
- testausraportit
- jäljennös vaatimuksenmukaisuusvakuutuksesta (Sähkötuottei-  
den turvallisuus 2012).

Valmistaja tai valmistajan valtuutettu edustaja säilyttää teknistä tiedostoa. Pienjännitedirektiivi edellyttää myös, että käytössä on laadunseurantajärjestelmä. Tällä varmistetaan, että jokainen valmistettu tuoteyksilö on vaatimusten ja teknisen tiedoston mukainen. (CE-merkintä. 2012; Sähkötuotteiden turvallisuus. 2012.)

Laitteen tulee täyttää myös EMC:n (electromagnetic compatibility) eli sähkömagneettisen yhteensopivuuden standardit. Standardeissa määritellään tasot, joita suuremmilla laite ei saa aiheuttaa häiriöitä ympäristöön, ja myös ne häiriötasot, joita laitteen on siedettävä. Laitteen toiminta tulee olla moitteetonta muiden laitteiden kanssa. Häiriöt leviävät laitteesta toiseen säteilemällä tai johtamalla esimerkiksi johtimia pitkin. (Sähkötuotteiden turvallisuus. 2012.)

Lisäksi oman kytkennän testauksessa tutkitaan toimintaa PoE-jännitealueen ääripäissä sekä mahdollisia vikatilanteita. Edellä mainittujen sekä EMC-testien perusteella kytkentään täytyy mahdollisesti lisätä suojausta tai tehdä muita muutoksia vaatimusten täyttämiseksi.

## 6 TULOKSET

Suunnitteluprosessin tuloksena saatiin piirikaavio (liite 2) ja piirilevyn layout (liite 3). Piirilevyä voitaisiin käyttää koteloituna PoE-sähkönsyöttöön, jolloin se olisi erillinen splitteri eli jakaja. Tärkeimpänä tietona saatiin tarkka arvio siitä, miten paljon tilaa tarvitaan vastaavan PoE-kytkennän rakentamiseen kiinteäksi osaksi laitetta.

Piirilevyn osasijoittelukuva sekä johdotuskerrosten kuvat ovat liitteessä 3. Levyn koko on 40 x 70 mm. Suurimmat yksittäiset komponentit levyllä ovat Ethernet-liitin X1, Ethernet-datan ja PoE-sähkön erottamiseksi muuntaja T1, ulkoisen virtalähteen liitin X2, muuntaja T2, lähtöjännitteen liitin X3 ja elektrolyyttikondensaattorit C8, C13 ja C23.

Testimoduulin piirilevyyn (70 x 115 mm) verrattuna omasta piirilevystä saatiin huomattavasti pienempi. Toisaalta testimoduuli on rakennettu nimenomaan PoE-testausta varten ja siinä ei ole pyritty mahdollisimman pieneen tilankäyttöön. Testimoduulissa on myös paljon testipisteitä ja muutamia testikäyttöä helpottavia komponentteja, joita ei lopulliselle piirilevyllä tullut.

Mittaustuloksista voidaan todeta, että kytkentä pystyy syöttämään riittävästi sähköä IPCS-järjestelmän nodelle ja CCU:lle. Kapasiteettia kytkennässä riittää useammallekin laitteelle.

## 7 POHDINTA

Työn päätarkoituksena oli saada toimiva PoE-prototyyppi, jota voitaisiin myöhemmin hyödyntää uusien laitteiden suunnittelussa. Prototyyppiä ei vielä tehty valmiiksi piirilevyksi. Tältä osin asetettu alkuperäinen tavoite ei täytynyt, mutta tarkka arvio piirilevyllä vaadittavasta pinta-alasta saatiin ja tätä tietoa on helppo hyödyntää tulevaisuudessa. Testimoduuleilla saatiin taattua riittävä virransyöttö IPCS-järjestelmän laitteille, mikä oli yksi työn tavoitteista.

Kaikkiaan opinnäytetyön tekeminen oli opettavainen prosessi ja siinä pystyi käyttämään opittuja taitoja. Aikaa työn tekemiseen kului odotettua enemmän kokopäivätyön ohessa.

Uutta tietoa saatiin eri PoE-versioista ja niiden mahdollisuuksista ja rajoituksista virransyöttöön. Aihetta oli mielenkiintoista alkaa tutkia, koska se ei ollut entuudestaan tuttu. Piirilevyn suunnitteluprosessi oli tuttu, mutta myös uusia asioita opittiin paljon. Esimerkkinä voidaan mainita tuotannollisten asioiden huomioiminen laitetta suunnitellessa.

Teoriatiedon hankkiminen vaikutti aluksi helpolta, mutta hyvin harvat tietolähteet tarjosivat lopulta syvällistä tietoa. Lähteisiin suhtauduttiin kriittisesti. Kirjoittajien taustat ja mahdolliset kaupalliset vaikuttimet huomioitiin artikkeleihin ja dokumentteihin tutustuessa.

Työssä suurimmaksi ongelmaksi muodostui valitun testimoduulin verifiointi. Työn jatkokehittelyssä perehdytään erityisesti 12 V:n version ongelmien ratkaisuun ja pyritään parantamaan luotettavuutta. Suunniteltu kytkentä voi olla tulevaisuudessa osa suurempaa kokonaisuutta, jolloin se rakennetaan kiinteäksi osaksi muuta piirilevyä. Tällöin voidaan vielä optimoida osasijoittelua lisää ja jättää esimerkiksi lähtöjännitteen liitin pois.



## LÄHTEET

Artamonov, Oleg 2010. Gold and Bronze: Seasonic Power Supply Units Roundup Page 5. Saatavissa:

[http://www.xbitlabs.com/articles/cases/display/seasonic-psu-roundup\\_5.html](http://www.xbitlabs.com/articles/cases/display/seasonic-psu-roundup_5.html).

Hakupäivä 24.5.2012.

Billings, Keith 1989. Switchmode Power Supply Handbook. New York: McGraw-Hill Publishing Company.

CE-merkintä. 2012. Saatavissa:

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/CE-merkki/>. Hakupäivä

25.5.2012.

Certified Wireless Network Administrator Official Study Guide - Chapter 17.

2008. Saatavissa:

[ftp://ftp.eng.auburn.edu/pub/andreni/CWNA%20study%20material/wiley\\_sg\\_poe.pdf](ftp://ftp.eng.auburn.edu/pub/andreni/CWNA%20study%20material/wiley_sg_poe.pdf). Hakupäivä 11.12.2011.

Feldman, Daniel – Oliva, Val 2008. Power Over Ethernet Plus. Saatavissa:

[http://www.ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2011/10/103\\_poe-final.pdf](http://www.ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2011/10/103_poe-final.pdf).

Hakupäivä 27.9.2011.

Feldman, Daniel – Zimmerman, Michael 2009. Power over Ethernet: Empowering the Digital Home. Saatavissa: [http://www.ethernetalliance.org/wp-](http://www.ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2011/10/static_page_files_PoE_Empowering_the_Digital_Home_1_0_.pdf)

con-

[tent/uploads/2011/10/static\\_page\\_files\\_PoE\\_Empowering\\_the\\_Digital\\_Home\\_1\\_0\\_.pdf](http://www.ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2011/10/static_page_files_PoE_Empowering_the_Digital_Home_1_0_.pdf). Hakupäivä 16.8.2011.

IEEE Std 802.3at-2009. 2009. Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications.

New York: IEEE Computer Society. Saatavissa:

<http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>. Hakupäivä 16.8.2011.

Interface Converter, RS-422 to RS-232. 2012. Saatavissa:

<http://www.dcbnet.com/datasheet/422conds.html>. Hakupäivä 24.5.2012.

9Solutions, Introduction to IPCS. 2012. Saatavissa:  
<http://www.9solutions.com/ipcs-insight/introduction-to-ipcs>. Hakupäivä  
20.5.2012.

Kärnä, Mika 2004. Ethernetistä sähköä. Prosessori nro 3. S. 58–61.

Latvalehto, Auno 2010. Power over Ethernet mp3-soittimen käyttövoimana. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Insinöörityö.

Nikkel, Steven 2011. How to wire Ethernet Cables. Saatavissa:  
[http://www.ertyu.org/steven\\_nikkel/ethernetcables.html](http://www.ertyu.org/steven_nikkel/ethernetcables.html). Hakupäivä 18.5.2012.

Overheating in POE with TPS23752. 2011. Saatavissa:  
[http://e2e.ti.com/support/power\\_management/power\\_interface/f/204/t/130798.aspx#508185](http://e2e.ti.com/support/power_management/power_interface/f/204/t/130798.aspx#508185). Hakupäivä 28.4.2012.

Quad & Single LTPoE++ PSE Controllers Deliver Up to 90W. 2011. Saatavissa:  
<http://www.icjournal.com/archives/news/20110628-06/>. Hakupäivä 27.9.2011.

Roebuck, Kevin 2011. 802.3at Power over Ethernet. Tebbo.

Sähkötuotteiden turvallisuus. 2012. Saatavissa:  
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Vaaralliset-sahkotuotteet/Sahkotuotteiden-turvallisuus/>. Hakupäivä 25.5.2012.

TPS23753A IEEE 802.3 PoE interface and converter controller with enhanced ESD immunity. 2010. Saatavissa:  
<http://www.ti.com/lit/ds/slvs933b/slvs933b.pdf>. Hakupäivä 4.2.2012.

User's Guide TPS23753AEVM-004: Evaluation Module for TPS23753A. 2011. Saatavissa: <http://www.ti.com/lit/ug/slvs314b/slvs314b.pdf>. Hakupäivä 29.1.2012.

White Paper on Power Over Ethernet (IEEE802.3af) - a Radical New Technology. 2003. Saatavissa:  
[http://www.poweroverethernet.com/articles.php?article\\_id=52](http://www.poweroverethernet.com/articles.php?article_id=52). Hakupäivä 11.12.2011.

Wright, Eric 2009. Designing with the TPS23753 Powered-Device and Power Supply Controller. Saatavissa: <http://www.ti.com/lit/an/slva305a/slva305a.pdf>.  
Hakupäivä 18.2.2012.

Väänänen, Tomi 2006. Power over Ethernet hakkuriteholähde. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Insinööri työ.

## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Heikki Lauronen

Tilaaja 9Solutions Oy

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Jari Kylmänen

Työn nimi PoE (Power over ethernet)- modulin suunnittelu ja verifiointi

Työn kuvaus Yrityksen tuote, IPCS-järjestelmä käyttää tällä hetkellä tavallisia virtalähteitä. PoE-tekniikkaa olisi tarkoitus käyttää paikannusjärjestelmän kiinteän verkon muodostavien nodejen virransyöttöön.

Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on saada toimiva PoE-protokolla yrityksen käyttöön vaadituilla spekseillä. Alussa käytetään aikaa aiheeseen tutustumiseen ja teoretiedon hankkimiseen, mutta suurin painoarvo on suunnittelussa ja verifiointissa. Opiskelijan tuntemus lähiverkkotekniikasta sekä virtalähde-suunnittelusta syventyvät. Modulia ja saatuja tuloksia voidaan myöhemmin hyödyntää uusien laitteiden suunnittelussa.

Tavoiteaikataulu

Aloituspäivä 15.6.2011

Aiheeseen tutustuminen ja tiedon hankinta 4 vko

Teoria-osan kirjoittaminen 1 vko

Modulin suunnittelu, komponenttien valinnat 4 vko

Piirilevyjen valmistus, testauksen suunnittelu 1 vko

Testaus 1 vko

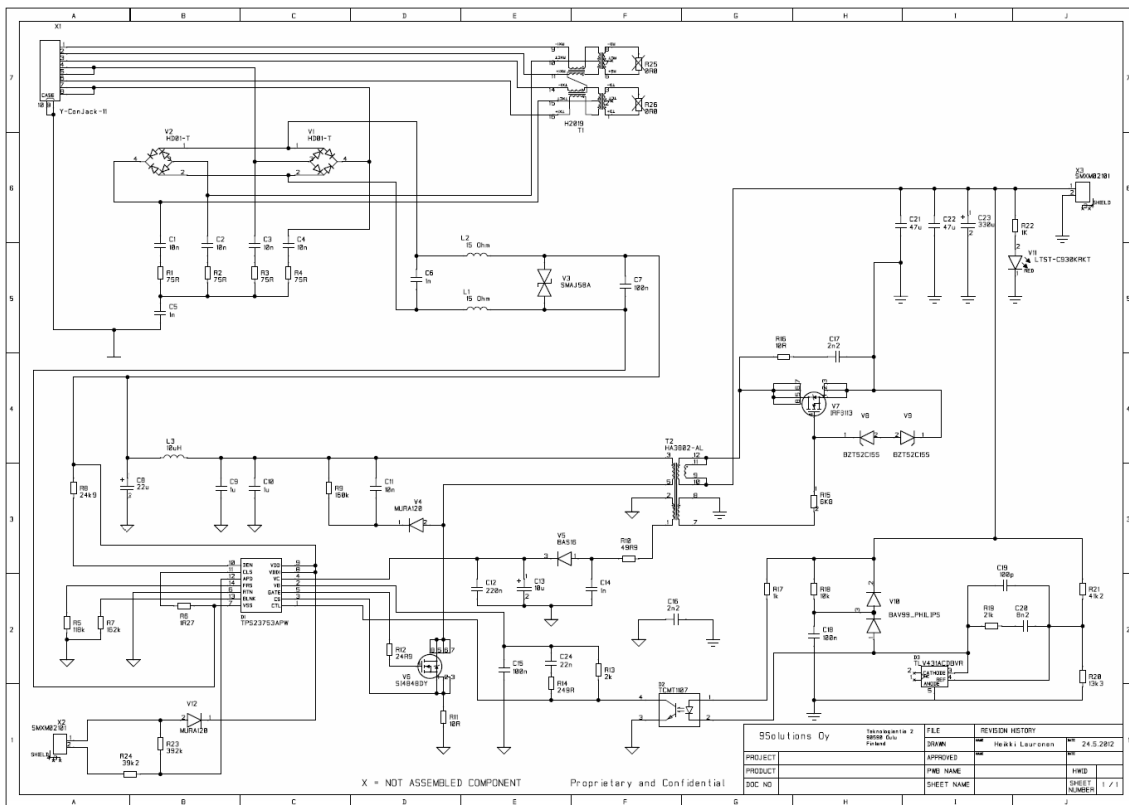
Dokumentin viimeistely 4 vko

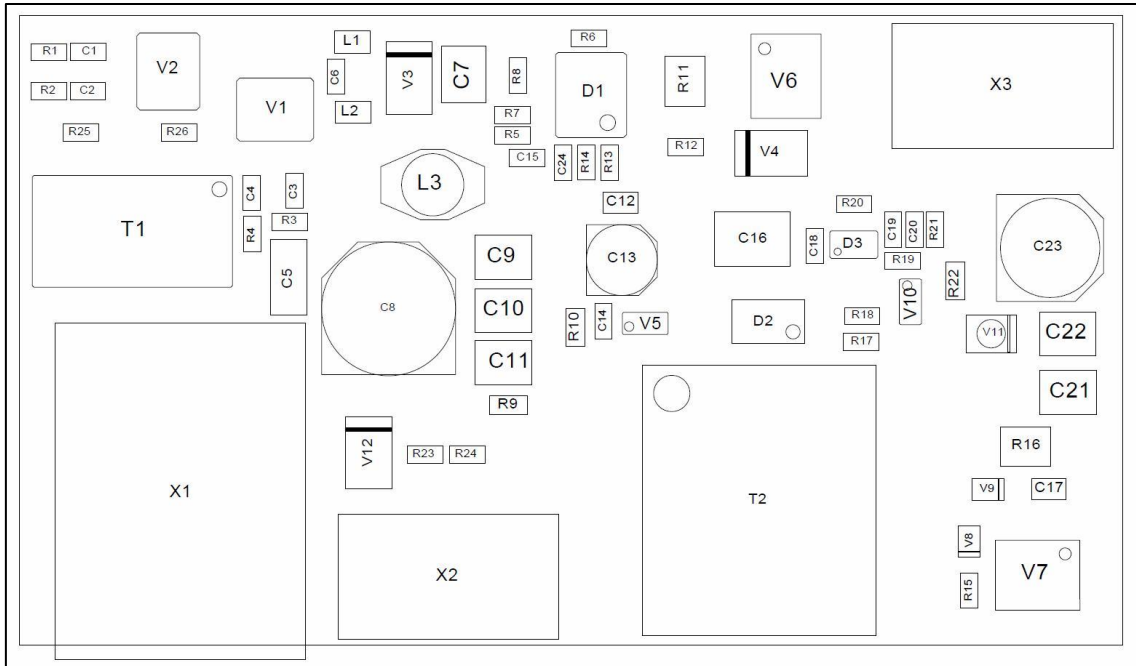
Päiväys ja allekirjoitukset 15.6.2011, Oulussa

---

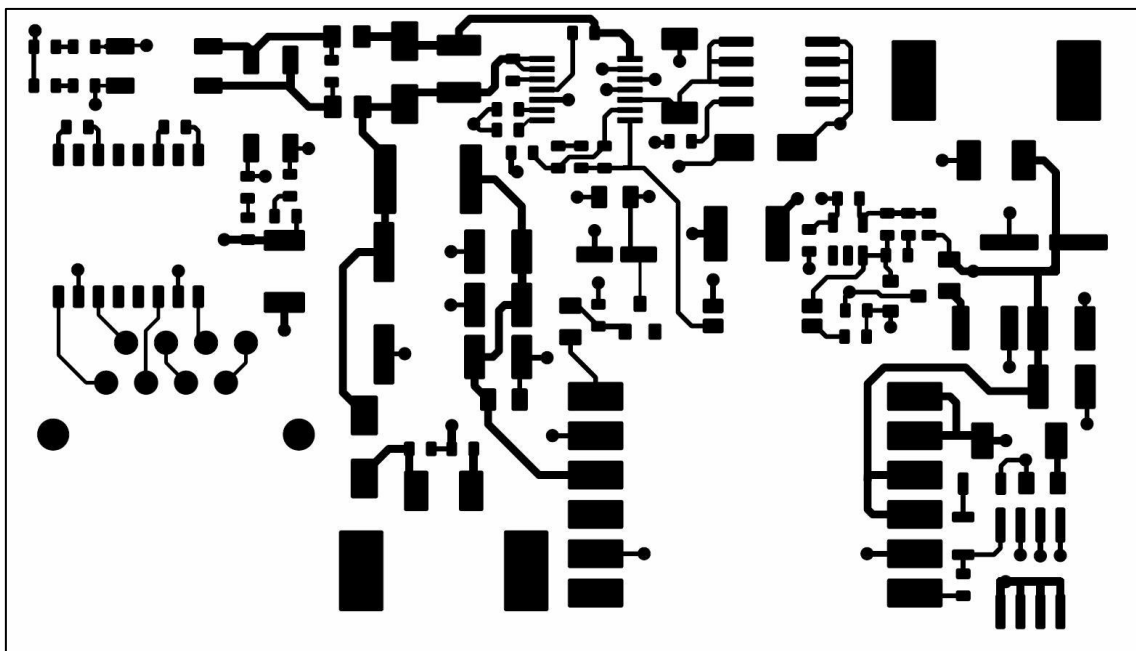
Heikki Lauronen

Jari Kylmänen

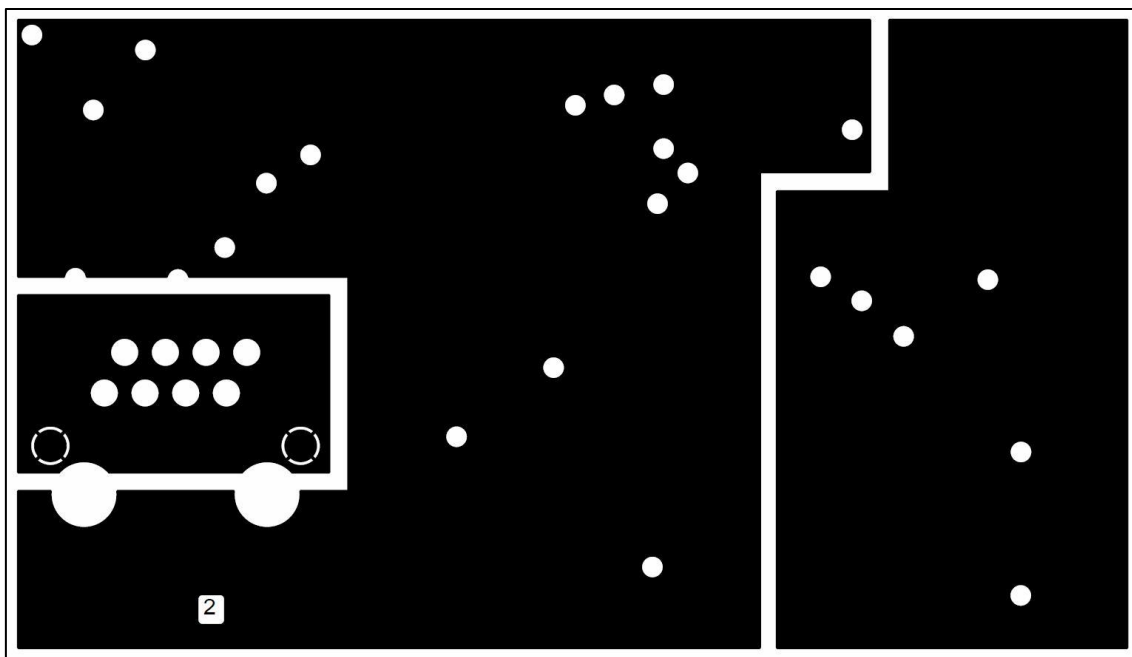




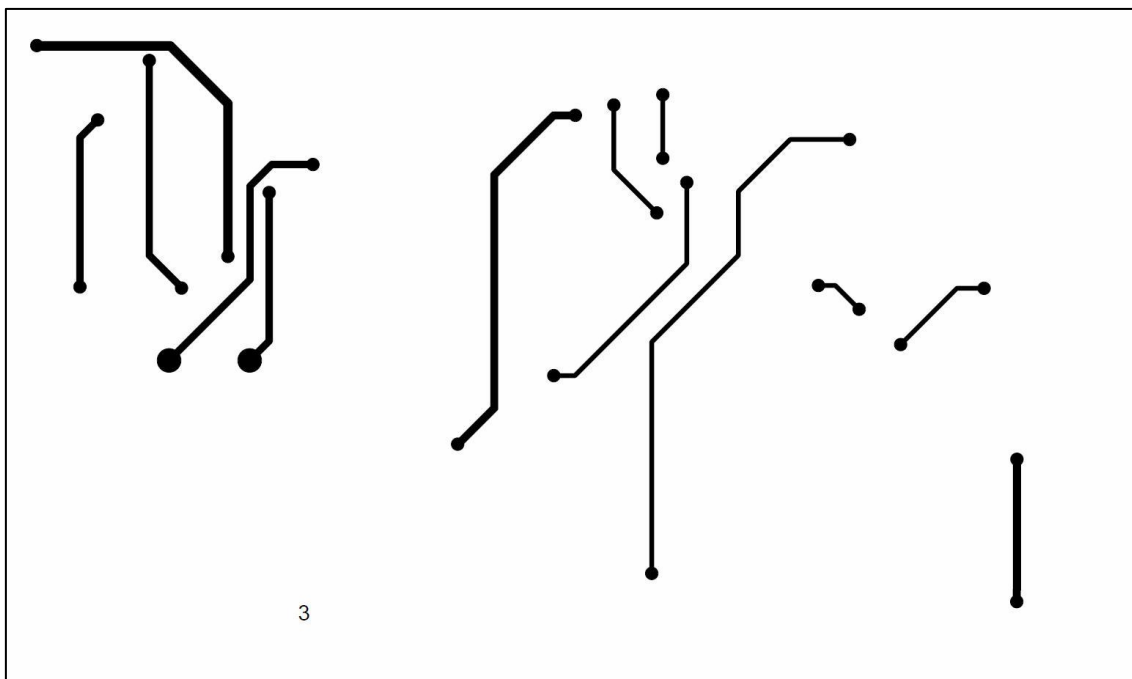
Osasijoittelu



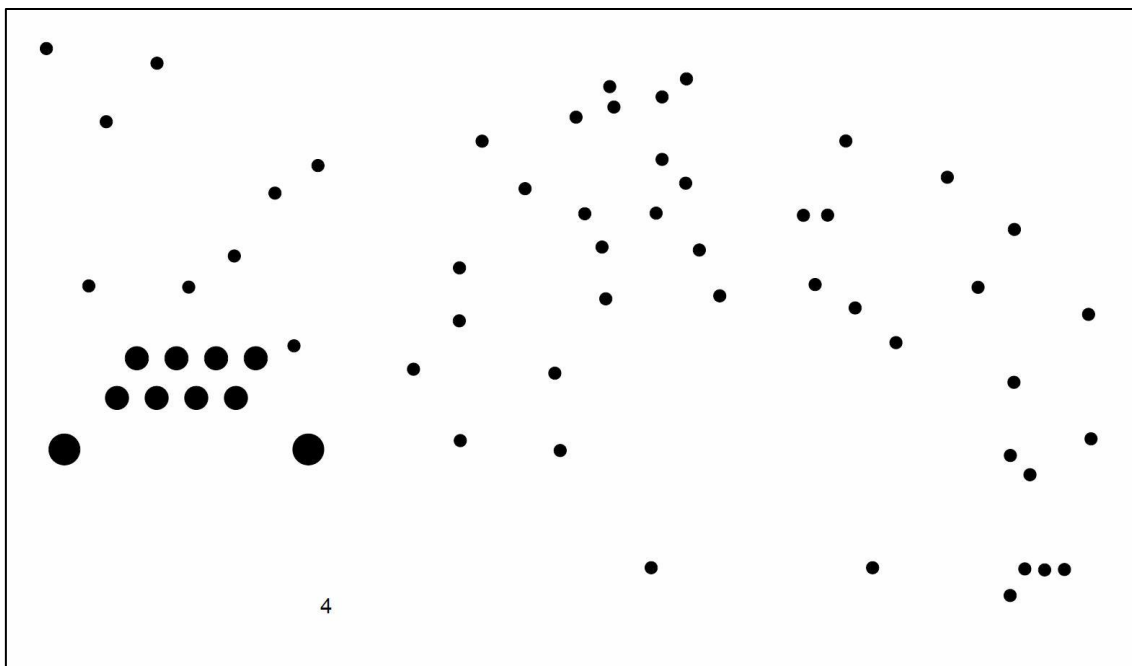
Kerros 1, pintakerros



Kerros 2, maa-tasot



Kerros 3, johdotus



Kerros 4, pohjakerros