

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Sulautetut järjestelmät

Opinnäytetyö

Joni Tieranta

Piirilevyjen hintalaskurin ohjelmointi Delphillä

Työn valvoja Yliopettaja Mauri Inha
Työn ohjaaja Toimitusjohtaja Marko Timonen
Tampere 5/2009

Tampereen ammattikorkeakoulu, amk-tutkinto
Tietotekniikan koulutusohjelma, Sulautetut järjestelmät
Joni Tieranta
Piirilevyjen hintalaskurin ohjelmointi Delphillä
29 sivua
29.05.2009
Toimitusjohtaja Marko Timonen
PCB Connect Oy

Tiivistelmä

Piirilevyt ovat elinehto tämän päivän elektroniikassa. Niitä tarvitaan elektroniikassa sekä elektroniikkatuotannossa nyt ja tulevaisuudessakin. Työn tarkoituksena oli kehittää PCB Connect Oy:lle, piirilevyjen hintalaskuri Delphillä. Työssä käytiin läpi ensimmäisenä Delphin ominaisuuksia ja käyttöalueita. Tämän jälkeen käytiin läpi piirilevyjen hintaan vaikuttavia asioita sekä yleistä asiaa piirilevytekniikoista. Viimeisenä käytiin läpi ohjelman suunnittelu, ohjelmointi, testaus ja kehitysmahdollisuudet.

TAMK University of Applied Sciences, Bachelors degree
Computer science, Embedded systems

Joni Tieranta

Programming price calculator for printed circuit boards with Delphi

29 pages

29.05.2009

Managing director Marko Timonen

PCB Connect Oy

Abstract

Printed circuit boards are absolute necessity in today's electronics. Printed circuit boards are needed in electronics and in electronics production now and also in future. Purpose of this thesis was to develop price calculator for printed circuit boards with Delphi to PCB Connect Oy. At first I will go through Delphi's features and use range. After this I will go through facts that effect on printed circuit boards prices and explain some general matters of printed circuit board technology. Finally I go through designing, programming and testing of the price calculator. Last thing I go through is possibilities of improving the price calculator.

Keywords

Delphi, printed circuit boards, programming

Alkusanat

Uuden ohjelmointikielen opiskeleminen on aina haaste, tämä työ tarjosi minulle uuden ison haasteen ja mahdollisuuden opiskella täysin minulle vieraan ohjelmointikielen. Tahtoisin kiittää PCB Connect Oy:n toimitusjohtajaa Marko Timosta ja muuta henkilökuntaa, jotka mahdollistivat tämän opinnäytetyön tekemisen.

Tampereella 4. huhtikuuta 2009

Joni Tieranta

Sisällysluettelo

Piirilevyjen hintalaskurin ohjelmointi Delphillä.....	
Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
1 Johdanto	1
2 Delphin ominaisuudet	2
3 Piirilevyistä yleisesti	5
3.1. Piirilevyjen määritelmä ja työvaiheet	5
3.2 Piirilevyjen tulevaisuus	5
4 Piirilevyjen ostohintaan vaikuttavat asiat.....	7
4.1 Piirilevyn koko ja kerrosten lukumäärä	7
4.2 Kuparin paksuus.....	7
4.3 Materiaali	8
4.4 Pinnoite	8
4.5 Valmistusaika.....	9
4.6 Muita hintaan vaikuttavia asioita	9
5 Laskurin suunnittelu.....	11
5.1 Ohjelman kulku.....	11
5.2 Suunnittelussa huomioitavia seikkoja	12
6 Laskurin ohjelmointi	14
6.1 Pinta-alan laskeminen	14
6.2 Kerrosten lukumäärä	15
6.3 Pinnoite	15
6.4 Kuparin paksuus.....	16
6.5 Toimitusaika.....	16
7 Ohjelman testaus	19
8 Ohjelman kehittämismahdollisuuksia	21
9 Yhteenveto	23
Lähteet.....	24

1 Johdanto

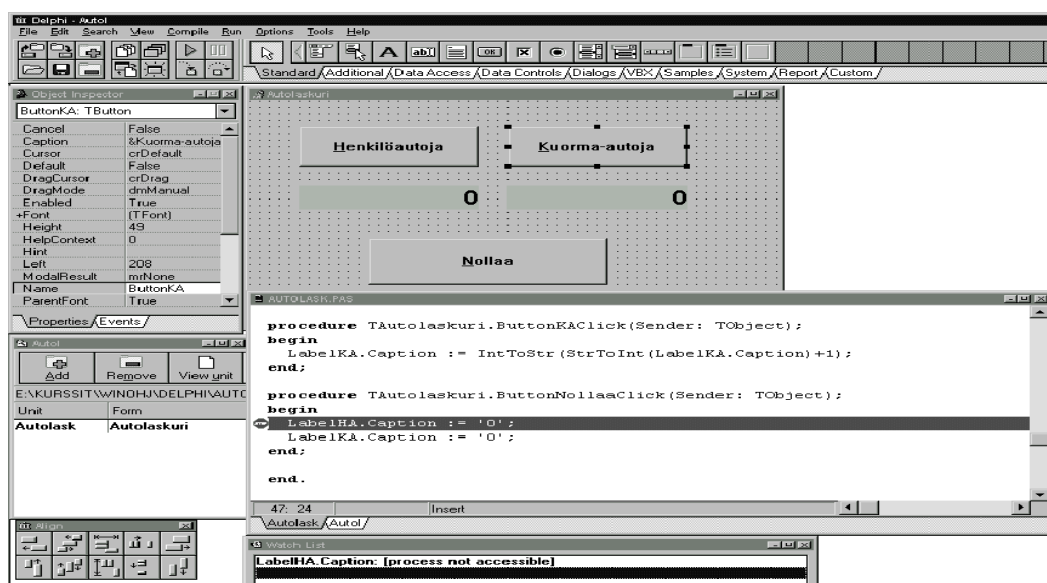
Piirilevyt ovat elinehto tämän päivän elektroniikassa. Niitä tarvitaan elektroniikassa sekä elektroniikkatuotannossa nyt ja tulevaisuudessakin. Piirilevyt ovat kestäviä, hyvin luotettavia ja halpojakin. Uusia tekniikoita piirilevyjen syrjäyttämiseksi on kehitteillä, mutta niiden saaminen markkinoille on vielä kaukana, ja lisäksi piirilevyille on uudempienkin tekniikoiden mahdollisen tulemisen jälkeen vielä todella paljon kysyntää.

Työn tavoitteena oli kehittää PCB Connect Oy:lle piirilevyjen protosarjoille graafinen hintalaskuri, jolla pystyy nopeasti laskemaan erilaisten piirilevyjen hintoja. Hintalaskuri ohjelmoitiin Delphillä. Lisäksi tässä työssä oli tarkoitus tarkastella piirilevytekniikkaa yleisesti ja piirilevyjen hintaan vaikuttavia asioita.

2 Delphin ominaisuudet

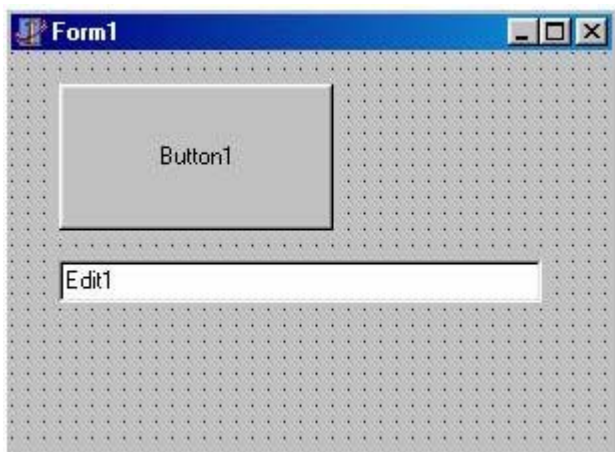
Delphi on Borland Internationalin kehittämä Visual Basicin tapainen visuaalinen sovel-
luskehitin. Delphi on suorituskykyinen, vakaa ja ominaisuuksiltaan erittäin monipuoli-
nen ohjelmointityökalu sovellusten tekemiseen Windows-ympäristössä. Suurimpana
erona Visual Basiciin on käytetty ohjelmointikieli, joka on Borland Object Pascal. Eri-
tyisen hyvä Delphi on tietokantoihin liittyvässä ohjelmoinnissa. Myös yleisenä ohjel-
mankehitysvälineenä se on erinomainen. Suurin puute on välineen toimiminen vain yh-
dessä laiteympäristössä. Delphin yksi suurimpia vahvuuksia on se, että samalla välineel-
lä ja kielellä voidaan tehdä niin prototyyppi kuin lopullinen sovelluskin./1,2/

Delphi on oliopohjainen visuaalinen sovelluskehitin. Ohjelman kehittäminen on pitkälle
erilaisten komponenttien sijoittelua lomakkeille ja sitten komponentteihin liittyvien ta-
pahtumien kirjoittamista. Kukin komponentti, kuten esimerkiksi nappula tai valikko on
itsessään olio. Kun komponentteja laitetaan lomakkeelle, saadaan luotua uusi olio.
Komponenttoliolla on ominaisuuksia, attribuutteja, kuten esimerkiksi komponentin
sijainti lomakkeella komponentin koko. Kuvassa 1 on nähtävissä Delphin ohjelmoin-
tiympäristö komponentteineen. Osa komponenttien ominaisuuksista voidaan muuttaa
jo suunnitteluajana ja osaa vasta ajon aikana./1/



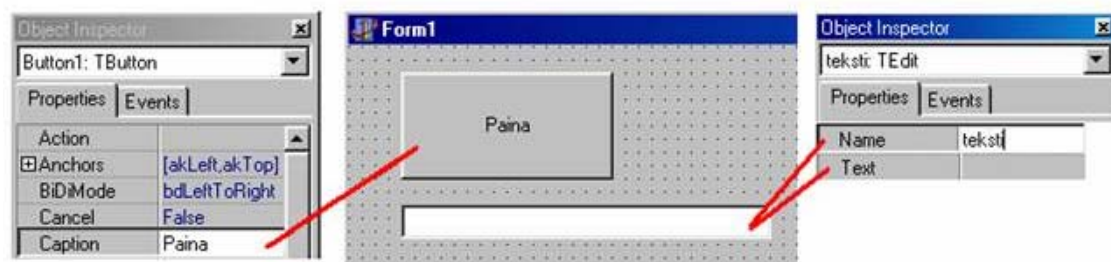
Kuvio 1. Delphin ohjelmointiympäristö/1/

Seuraavaksi käydään läpi esimerkkiohjelman tekeminen Delphillä, josta voidaan huomata Delphin yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyys. Ensiksi luodaan lomakkeelle kaksi uutta oliota painike ja tekstikenttä, jotka ovat nähtävissä kuvassa 2./3/



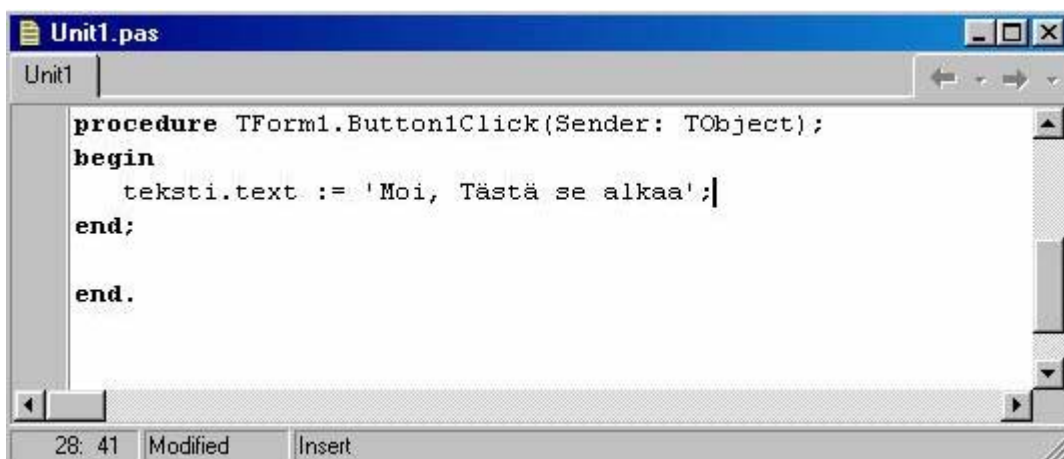
Kuvio 2. Kaksi luotua oliota /3/

Seuraavaksi määritetään olioille attribuutit. Klikkaamalla olion päällä saadaan avattua ikkuna, jossa voidaan määrittää olion ominaisuuksia. Annetaan painikkeelle Caption-ominaisuudeksi Paina ja tekstikentälle nimeksi teksti. Kuvassa 3 on nähtävissä attribuuttien määrittäminen oliolle Delphissä./3/



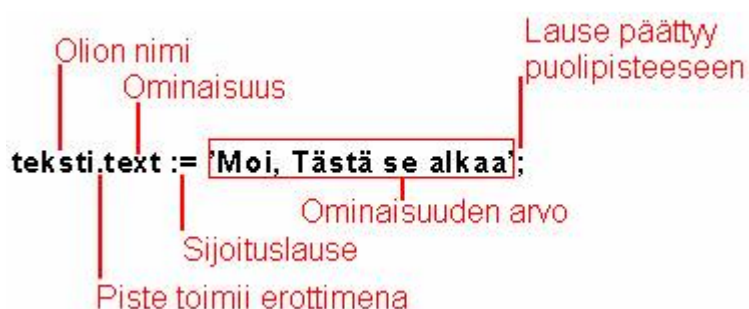
Kuvio 3. Attribuuttien määrittäminen Delphissä /3/

Seuraavaksi klikkaamalla Paina-painikkeen päällä saadaan avattua kenttä, johon varsinainen koodi eli painikkeen toiminto kirjoitetaan. Kuvassa 4 on nähtävissä Delphin ohjelmointi-ikkuna./3/



Kuvio 4. Delphin ohjelmointi-ikkuna/3/

Painonappi lähettää teksti-nimiselle oliolle toiminnon text, joka kirjoittaa lainausmerkkien välissä olevan tekstin ”Moi, Tästä se alkaa” tekstikenttään. Komento loppuu Delphissä aina puolipisteeseen. Tarkastelemalla koodia tarkemmin voidaan se pilkkoa useampaan osaan, kuvassa 5 on nähtävissä koodin eri osien tarkastelua./3/



Kuvio 5. Delphin koodin eri osien tarkastelua/3/

3 Piirilevyistä yleisesti

3.1. Piirilevyjen määritelmä ja työvaiheet

Piirilevy yhdistää elektroniikkalaitteissa komponentit toisiinsa ilman erillisiä johtimia ja toimii samalla niiden kiinnitysalustana. Yleisin piirilevy on lasikuituvahvisteiseen muovilevyyn epoksiliimalla kiinnitetty kuparifolio. KytKentäkuvio muodostetaan poistamalla ylimääräinen folio kemiallisella syövytyksellä ja komponentit liitetään jäljellä olevaan folioon yleensä juottamalla. Piirilevy on yleensä hapettumisen estämiseksi pinnoitettu tinalla, hopealla, kullalla tai ns. orgaanisella pinnoitteella. Varsinkin pienikokoisille pintaliitoskomponenteille tarkoitettu levy pinnoitetaan myös pinnan tasaisuuden varmistamiseksi./4/

Teollisesti piirilevyn johdotuskuvio tulostetaan yleensä valopiirturilla filmille tiedostosta, jonka piirilevysuunnittelija on suunnitellut tietokoneella erityisellä piirilevyjen suunnitteluohjelmalla. Filmille tulostettu johdinkuvio valotetaan piirilevyaihion valoherkällä kemikaalilla käsiteltyyn pintaan, usein UV-valolla. Piirilevyjen teollinen valmistus sisältää muun muassa seuraavat työvaiheet: levyyn tulevien reikien porauksen, johtavan kuparikerroksen elektrolyyttisen vahvistamisen, kemiallisen syövytyksen ja mahdollisen pintapainatuksen esimerkiksi silkkipainomenetelmällä./4/

3.2 Piirilevyjen tulevaisuus

Tulevaisuudessa piirilevyille tulee varmasti haastajia, mutta piirilevyillä on varmasti oma paikkansa elektroniikkatuotannossa aina. Piirilevyille on kehitteillä koko ajan uusia haastajia, yksi näistä on painettava elektroniikka. Painettava elektroniikka tulee jossain kohtaa varmasti haastamaan tämän hetkistä perinteistä elektroniikan valmistusta. Painettavassa elektroniikassa tarkoituksena on toteuttaa sähköisiä komponentteja johtavan musteen avulla kalvolle, tämän avulla elektroniikan valmistus tulisi huomattavasti halvemmaksi. Painettavakin elektroniikka on kuitenkin niin kaukana tuotantovaiheesta,

että se ei pysty vähään aikaan haastamaan piirilevyjä edes yksinkertaisissa sovelluksissa, saati sitten monimutkaisemmissa.

Perinteisiä piirilevyjä pystytään kehittämään myös. Yksi kehitysmahdollisuuksista on, että piirilevyt sisältäisivät tulevaisuudessa perinteisten kuparijohtimien lisäksi myös valokanavia. Optisilla väylillä on mahdollista saavuttaa hyvin suuria siirtonopeuksia ja samalla pitää rinnakkaiset kanavat hyvin lähekkäin. Piirilevyn tiedonsiirtokapasiteetille asetetaan yhä suurempia vaatimuksia. Kellotaajuuksien tulisi kasvaa ja samanaikaisesti integrointitiheyttä tulisi lisätä./5/

Kun optiset väylät toteutetaan ylimääräisenä valmistusvaiheena, mahdollistetaan esimerkiksi perinteisen FR4-laminaatin käyttöpiirilevyalustana sekä normaalit kokoonpanomenetelmät. Tavoitteena olisi näin saavuttaa nopeatiedonsiirto mahdollisimman kustannustehokkaasti. Jotta, optiikasta voisi tulla kuparille vaihtoehtoa lyhyillä siirtoyhteyksillä, on sen luonnollisesti oltava hinnaltaan kilpailukykyinen./5/

Valojohtimet voidaan myös upottaa levyn sisäkerroksiin. Tämä on edullista, sillä pintakerroksessa muun muassa epäpuhtaudet, lämpökuormat ja mekaaniset rasitukset heikentävät helposti kanavarakenteen pitkäaikaista luotettavuutta. Rakenteen luotettavuus kuitenkin lopulta määrää sen sovellettavuuden./5/

4 Piirilevyjen ostohintaan vaikuttavat asiat

4.1 Piirilevyn koko ja kerrosten lukumäärä

Ensimmäinen asia, joka vaikuttaa piirilevyn hintaan on sen kerrosmäärä. Mitä enemmän piirilevyssä on johtavia kerroksia eli siis kerroksia, joissa kulkee signaaleja, sitä enemmän piirilevyille tulee hintaa. Toinen asia, joka vaikuttaa oleellisesti piirilevyn valmistushintaan, on piirilevyn fyysinen koko. Mitä isompi on levyjen kokonaispinta-ala, sitä isommaksi hinta muuttuu. Luonnollisesti hintaan vaikuttaa myös se, kuinka monta piirilevyä halutaan ostaa, kappalehinta muuttuu halvemmaksi mitä enemmän levyjä ostetaan.

Piirilevyn paksuus on myös hintaan vaikuttava tekijä, yleensä piirilevyt ovat 1,6mm paksuja, mutta jos piirilevyn halutaan olevan joko paksumpi tai ohuempi niin se alkaa vaikuttamaan piirilevyn ostohintaan, koska materiaalia kuluu eri määrä. Piirilevyn paksuus on merkityksellinen sellaisissa tilanteissa, kun levyn on mahdollista esimerkiksi johonkin tiettyyn kotelointiin tai muuten ahtaaseen tilaan.

4.2 Kuparin paksuus

Johtavien kerrosten kuparin paksuus vaikuttaa oleellisesti piirilevyn hintaan. Normaalisissa tapauksissa johtavan kerroksen kuparin paksuus on 35 μm tai sitä ohuempi, noin 18 μm . Mikäli piirilevyille halutaan paksumpaa kuparia esimerkiksi johtavalla kerroksella kulkevien suurempien virtojen vuoksi, voidaan kuparin paksuutta kasvattaa esimerkiksi 70 μm :n, 105 μm :n tai jopa 140 μm :n tai vieläkin paksummaksi. Kuparin paksuuden kasvatus kuitenkin tuo piirilevyille lisää hintaa, koska kupari on kallis materiaali.

4.3 Materiaali

Piirilevyn valmistusmateriaalin valinta on olennaisesti piirilevyn hintaan vaikuttava tekijä. Tavallisesti piirilevyn materiaali on lasikuitulaminaatti FR4. Lisäksi materiaalina voidaan käyttää muun muassa polyimidia, jota käytetään silloin kun piirilevyn pitää olla erityisen ohut ja taipuva (ns.Flex-piirilevy). Lisäksi levyissä voidaan käyttää materiaalina alumiinia, jolla parannetaan levyn lämmönjohtavuutta, esimerkiksi silloin kun levyllä on paljon teholedejä. Lisäksi jos piirilevyn materiaali halutaan halogeenittomaksi, tuo tämä myös hintaan ison korotuksen. Edellä mainitut materiaalit lukuun ottamatta lasikuitulaminaattia tuovat piirilevyn valmistukseen lisää hintaa.

4.4 Pinnoite

Piirilevyn juotoskohtien pinnoitteen valinta vaikuttaa piirilevyn hintaan oleellisesti. Peruspinnotteena voidaan pitää HASL:ää (Hot Air Solder Levelling) ja lisäksi toisena vaihtoehtona voidaan pitää OSP:tä (Organic Solderability Preservative), jota suositellaan käytettäväksi varsinkin silloin, kun levyjä tehdään massatuotannolla ja juotosprosessien välissä ei ole paljon aikaa. Lisäksi pinnoitteina piirilevyillä käytetään paljon imersio-tinaa ja imersio-kultaa, joita käytetään varsinkin silloin kun piirilevyllä on tiukoja eristevälejä tai BGA-komponentteja (Ball grid array), jossa ulkoiset johdinjalat on korvattu pintaliitokseen sopivilla juotospallonastoilla.

Imersio-tinaa käytettäessä tulee kuitenkin ottaa aina huomioon sen huono säilyvyys, levyt säilyvät latomattomina noin puoli vuotta, kun taas imersio-kullalla säilyvyys on ainakin kaksi kertaa pidempi. Lisäksi myös hopeaa käytetään samoissa tilanteissa, kun imersio-tinaa tai imersio-kultaa, mutta tämä on paljon harvinaisempaa. Edellä mainitut kolme pinnoitetta tuovat piirilevyihin aina lisää valmistuskustannuksia, sillä hopea ja kulta ovat paljon tinaa kalliimpia raakaa-aineita.

4.5 Valmistusaika

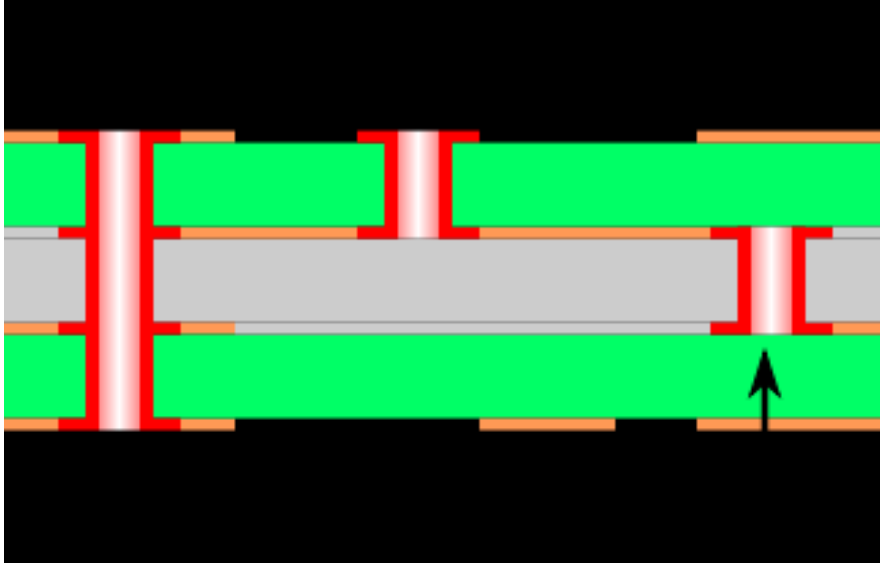
Piirilevyjen valmistuksessa ja yleensäkin elektroniikan valmistuksessa valmistusajalla on iso vaikutus hintaan. Mitä nopeammin piirilevyjen tulee olla valmiina, sitä korkeammaksi hinta aina muodostuu. Varsinkin protosarjan levyjen täytyy levyjen olla pikaisesti valmiina, jotta mahdollinen lopputuotteen valmistus päästään aloittamaan mahdollisimman nopeasti. Lisäksi usein halutaan valmistaa niin sanottuja koe-eriä, jotta voidaan varmistua piirilevyvalmistajan laadusta ja toimitusnopeudesta.

4.6 Muita hintaan vaikuttavia asioita

Piirilevyn hintaan vaikuttaa myös useita muita seikkoja, joista seuraavaksi tarkastellaan muutamia yleisimpiä läpi. Hintaa lisää tuovat muun muassa seuraavat asiat: impedanssikontrolloidut vedot, sokeat ja haudatut läpiviennit, mikroläpiviennit ja liitinpintojen valmistus (ns. kovakultaus) PCI-liittimiä varten.

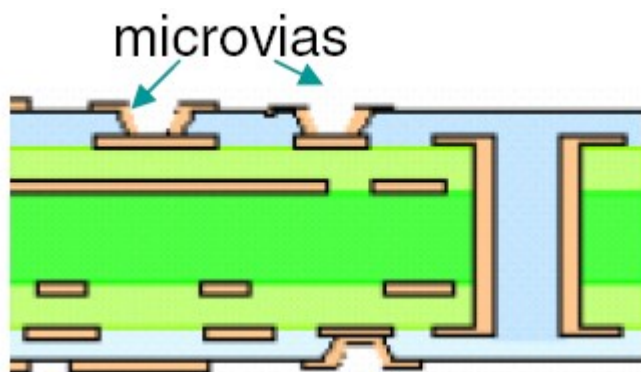
Impedanssikontrolloiduilla vedoilla tarkoitetaan piirilevyissä esimerkiksi eräänlaista antennisovitusta, että halutaan jokin tietty piirilevyille tehty veto toimimaan antennina. Tämä veto voidaan sovittaa 50 ohmiin jollakin sisäkerroksella ja valita referenssikerrokseksi haluttu kerros, johon nähden impedanssi on 50 ohmia.

Sokealla läpiviennillä tarkoitetaan sellaista läpivientä monikerrospiirilevyissä, joka menee sisäkerrokselta jollekin toiselle sisäkerrokselle eikä koko levyn läpi, esimerkiksi kerrokselta 1 kerrokselle 2 nelikerroslevyissä. Haudattu läpivienti eroaa sokeasta läpiviennistä siten, että nyt läpivienti alkaakin ulkokerrokselta mutta toinen pää jää sisäkerrokselle, esimerkiksi kerrokselta 2, kerrokselle 3, 4-kerroslevyissä. Kuvassa 6 on normaali läpivienti, haudattu läpivienti ja sokea läpivienti.



Kuvio 6. Erilaiset läpiviennit/6/

Mikroläpiviennillä tarkoitetaan läpivientä, joka on halkaisijaltaan pienempi kuin 0,2 mm. Tällaisen läpiviennin tekeminen vaatii valmistajalta suurta tarkkuutta, joten ne läpiviennit tehdään laserin avulla. Usein sokeat ja haudatut läpiviennit on tehty mikroläpiviennillä. Kuvassa 7 nähdään, kuinka mikroläpiviennit eroavat normaalista läpiviennistä.



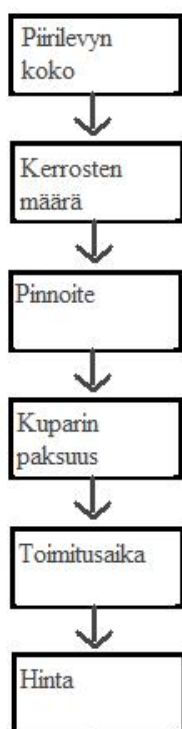
Kuvio 7. Mikroläpiviennit/7/

5 Laskurin suunnittelu

Ohjelman suunnittelu aloitettiin määrittämällä ohjelman funktio, eli mitä ohjelmalla pitää pystyä tekemään. Ohjelman tarkoitus on laskea piirilevyn ostohinta, ohjelmalle annettujen parametrien avulla. Ohjelman oli myös oltava helppokäyttöinen, joten sen vuoksi ohjelmasta haluttiin graafinen. Graafisuuden vuoksi ohjelmointikieleksi valittiin Delphi, koska sillä pystyy tekemään yksinkertaisesti graafisia sovelluksia Windows-ympäristöön.

5.1 Ohjelman kulku

Parametrit, eli piirilevyn tekniset tiedot, jotka muodostavat piirilevyn hinnan, määrittävät ohjelman kulun. Kuviossa 8 on nähtävissä ohjelman kulku.



Kuvio 8. Ohjelman kulku

Ensimmäisenä ohjelmassa syötetään piirilevyn koko, seuraavaksi laskuriin syötetään piirilevyn johtavien kerrosten lukumäärä. Ohjelman seuraavassa vaiheessa syötetään piirilevyn pinnoite ja kuparin paksuus, viimeisenä syötetään haluttu toimitusaika. Ohjelma ottaa huomioon kuitenkin vain piirilevyn valmistusajan, ei logistiikkaan kuluva aikaa. Kaikkien edellä mainittujen tarvittavien syötteiden jälkeen ohjelma laskee piirilevyn ostohinnan annettujen syötteiden perusteella.

5.2 Suunnittelussa huomioitavia seikkoja

Kaikkia aikaisemmin mainittuja asioita, jotka vaikuttavat piirilevyn hintaan, ei siis ole sisällytetty laskuriin. Mikäli piirilevy sisältää mikroläpivientejä, haudattuja ja sokeita läpivientejä, kovakullattuja pintoja, impedanssikontrolloituja vetoja tai piirilevyn materiaalina on jotain muuta kuin lasikuitulaminaattia, hinta tarkistetaan aina erikseen valmistajalta tapauskohtaisesti.

Ohjelmaa suunniteltaessa päätettiin, että laskuriin ei sisällytetä piirilevyjen aloituskuluja, jotka tulevat aina valmistushinnan päälle. Aloituskulut ovat kertaluontoinen maksu aina uusia piirilevyjä tehtäessä, piirilevyjen valmistaja ottaa aloituskulut Gerber-tiedostoista kehitettävien valmistusfilmien vuoksi. Gerber-tiedostot ovat piirilevyjen kuvauskieli, joka soveltuu kaikille piirilevyvalmistajille.

Mikäli asiakas haluaa tilata samoja piirilevyjä uudestaan, ei uusia aloituskuluja valmistaja enää peri, koska valmistusfilmit piirilevyihin ovat jo olemassa. Maksun kertaluontoisuuden vuoksi ei aloituskuluista johtuvaa hintaa haluttu lisätä laskuriin, vaan tarvittaessa käyttäjä lisää ne itse hintaan.

Ohjelman täytyi olla varmatoiminen ja helppokäyttöinen, niin että sen käyttämiseen ei tarvita perehtymistä. Sitä ohjelmoitaessa täytyi ottaa huomioon, että ohjelmasta ei tule monimutkainen käyttää. Arvioimme, että ohjelmasta tulisi varmempi ja parempi, mitä

vähemmän ohjelmassa on näppäimistöä syötettäviä parametreja. Tämä takaa myös sen, että käyttäjälle ei tule helposti näppäilyistä johtuvia virheitä.

Ohjelmaa pitäisi siis mahdollisimman paljon voida käyttää pelkän hiiren avulla, näppäimistön sijaan. Tämä tarkoittaa sitä, että mahdollisimman monet parametrit valitaan alasveto-valikoista tai vastaavasti valintalaatikoilla. Piirilevyn koko on ainoa parametri piirilevyjen määrän kanssa, joka syötetään näppäimistöä käsin.

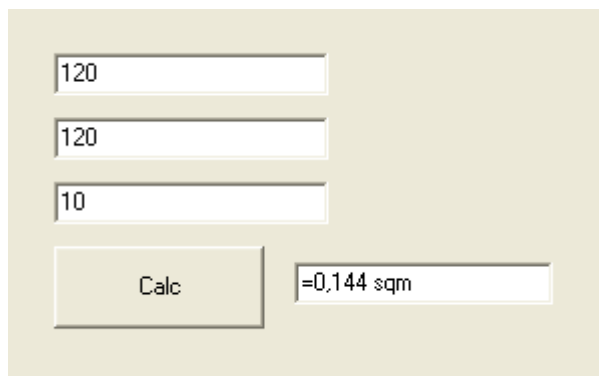
Laskuria ohjelmoitaessa olisi otettava huomioon myös myöhemmin tapahtuvat ohjelman päivitykset. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelman koodin tulisi olla selkeää ja hyvin kommentoitua, jotta myös muut kuin ohjelman kirjoittaja ymmärtäisivät mitä ohjelmassa tapahtuu. Valmistajien hinnat piirilevyille päivittyvät muutamia kertoja vuodessa ja tämän vuoksi on erittäin tärkeää, että hintataulukot ovat selkeästi koodissa ja hyvin kommentoituna. Kun ohjelma tehdään tällä tavalla, voidaan varmistua, että myös myöhemmin saadaan kirjoitetusta koodista selvää.

6 Laskurin ohjelmointi

Ohjelman ohjelmointi aloitettiin ohjelmoimalla pieniä paloja kerrallaan, jotka sitten yhdistettäisiin toimivaksi ohjelmakokonaisuudeksi. Seuraavaksi käydään läpi näiden pienten ohjelmapalasten ohjelmointi.

6.1 Pinta-alan laskeminen

Ensimmäisessä osiossa ohjelmoitiin piirilevyn pinta-alan laskeminen. Käyttäjän syötteistä, joissa annetaan piirilevyn x-mitta ja y-mitta millimetreinä, sekä piirilevyjen määrä, painiketta painamalla lasketaan piirilevyjen kokonaispinta-ala. Käyttäjä itse joutuu ottamaan mahdollisen piirilevyjen aihioinnin huomioon. Ohjelmassa siis käyttäjä antaa aina aihoiden lukumäärän ja koon, eikä yksittäisen levyn kokoa. Kuvassa 9 on nähtävissä ohjelmassa oleva pinta-alan laskenta.



The image shows a simple graphical user interface for a calculator. It has a light beige background. On the left side, there are three vertically stacked input fields. The top field contains the number '120', the middle field contains '120', and the bottom field contains '10'. Below these fields is a rectangular button labeled 'Calc'. To the right of the 'Calc' button is a text box containing the result '=0,144 sqm'.

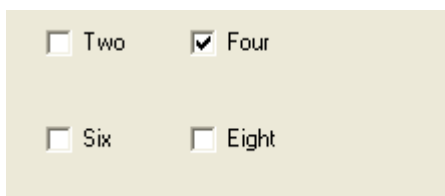
Kuvio 9. Pinta-alan laskenta ohjelmassa

Käyttäjä joutuu itse laskemaan piirilevytarpeen aihioinnin mukaan. Oletetaan, että yhdessä aihiossa on 4 piirilevyä ja käyttäjä haluaa 40 piirilevyn hinnan, tällöin käyttäjä syöttää aihion koon ja laittaa määräksi 10 kappaletta.

Ohjelmassa laitettiin piirilevyjen pinta-alan laskeminen ensimmäiseksi funktioksi ja erilleen muista, koska käyttäjän on tärkeää saada piirilevyjen pinta-ala ensimmäisenä tietoonsa. Tämä sen vuoksi koska ohjelmassa ei ole toimintoa, joka varoittaisi käyttäjää silloin kun käyttäjä syöttää ohjelmaan täysin mahdottomia parametreja. Kun pinta-alan laskeminen on sijoitettu ensimmäiseksi ohjelmassa, käyttäjä havaitsee heti jos ohjelmassa tulee piirilevyille iso pinta-ala. Tämä ehkäisee käyttäjää yrittämästä laskea hintaa isoille neliömäärille liian nopeilla toimitusajoilla.

6.2 Kerrosten lukumäärä

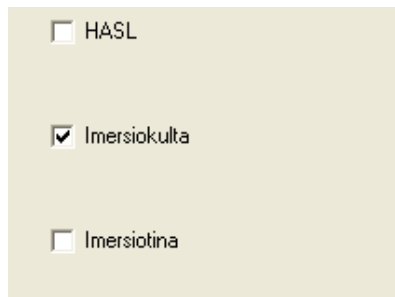
Kerrosten lukumäärän sisällyttäminen ohjelmaan tehtiin valintalaatikoilla. Käyttäjän ei tarvitse itse syöttää näppäimistöltä mitään arvoa, vaan hiirellä klikkaamalla oikean kerrosmäärän kohdalla saadaan valituksi haluttu kerrosmäärä. Kerrosten lukumäärän voi valita 2:n, 4:n, 6:n ja 8:n väliltä. Isot kerrosten lukumäärät ovat sen verran harvinaisempia, että niitä ei sisällytetty laskuriin ollenkaan. Kuvassa 10 on nähtävissä kuinka kerrosmäärän valinta tapahtuu ohjelmassa.



Kuvio 10. Kerrosmäärän valinta ohjelmassa

6.3 Pinnoite

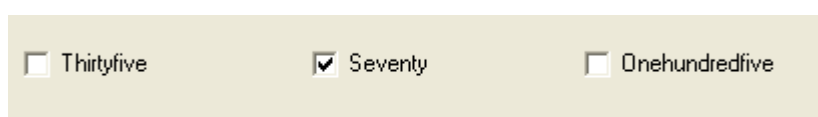
Pinnoitteen tuoma vaikutus hintaan ohjelmoitiin samalla tavalla kuin kerrosten lukumäärän vaikutus. Tässä tapauksessa valintalaatikoita tuli kolme kappaletta. Käyttäjä valitsee hiirellä klikkaamalla, jonkin seuraavista pinnoitteista: HASL, imersio tina ja imersio kulta. Kuvassa 11 on nähtävissä, kuinka pinnoitteen valinta tapahtuu ohjelmassa.



Kuvio 11. Pinnoitteen valinta ohjelmassa

6.4 Kuparin paksuus

Kuparin paksuuden sisällyttäminen ohjelmaan tehtiin samalla tekniikalla kuin pinnoitteen ja kerrosten lukumäärän sisällyttäminen eli valintalaatikoilla. Käyttäjällä on kolme eri vaihtoehtoa kuparin paksuudelle: 35 μm , 70 μm ja 105 μm . Paksumpi kupari kuin 105 μm on harvinaista, joten siksi niitä ei ole sisällytetty laskuriin. Usein paksumman kuparin saaminen tarvitsee tarkastaa valmistajalta erikseen tapauskohtaisesti. Kuvassa 12 on nähtävissä, kuinka kuparin paksuuden valinta on toteutettu ohjelmassa.



Kuvio 12. Kuparin paksuuden valinta ohjelmassa

6.5 Toimitusaika

Toimitusajan vaikutus hintaan laskettiin myös käyttämällä valintalaatikoita. Käyttäjä valitsee halutun toimitusajan 3 - 12 päivän väliltä. Toimitusaika tarkoittaa tässä tapauksessa valmistusaikaa kuten aikaisemmin on jo mainittu, ilman piirilevyjen kuljetusaikaa. Kuvassa 13 on nähtävissä, kuinka toimitusaika valitaan ohjelmassa.



A screenshot of a web form with a light beige background. It contains several radio button options for service duration. The options are arranged in three rows. The first row has 'Threeday', 'Fourday', 'Fiveday', and 'Sixday'. The second row has 'Sevenday' (which is checked), 'Eightday', 'Nineday', and 'Tenday'. The third row has 'Elevenday', 'Twelveday', and 'Thirteenday'.

Kuvio 13. Toimitusajan valinta ohjelmassa

Ohjelman lopussa on vielä Price-niminen painike, jota painetaan kun kaikki muut piirilevyä koskevat parametrit on annettu. Painiketta painamalla ruutuun saadaan piirilevyn lopullinen ostohinta. Kuvassa 14 on nähtävissä, kuinka lopullinen hinta saadaan ohjelmassa näkyviin.



A screenshot of a web form with a light beige background. On the left, there is a rectangular button labeled 'Price'. To its right is a text input field containing the text '250 EUR'.

Kuvio 14. Piirilevyn lopullisen hinnan laskenta ohjelmassa

Kuvassa 15 on nähtävissä kuva ohjelman eräästä testiversiosta kokonaisuudessaan käytössä. Kuvasta nähdään kun kaikki edellä mainitut ja kuvatut ohjelman oliot ovat käytössä eräässä testitapauksessa.

The screenshot shows a software application window with a blue title bar. The main area is light beige. On the left side, there are three input fields containing the values '120', '120', and '10'. Below these fields is a 'Calc' button and a result field displaying '=0,144 sqm'. On the right side, there are several radio button options for lead thickness: 'Thirtyfive', 'Seventy' (checked), and 'Onehundredfive'. Below these are radio button options for lead time: 'Threeday', 'Fourday', 'Fiveday', 'Sixday', 'Sevenday' (checked), 'Eightday', 'Nineday', 'Tenday', 'Elevenday', 'Twelveday', and 'Thirteenday'. At the bottom left, there are more radio button options: 'Two', 'Four' (checked), 'Six', 'Eight', 'HASL', 'Imersiokulta' (checked), and 'Imersiotina'. At the bottom right, there is a 'Price' button and a result field displaying '250 EUR'.

Kuvio 15. Ohjelman eräs testiversio kokonaisuudessaan

Ohjelman testitapauksessa käyttäjä on antanut piirilevyn kooksi 120x120mm ja niitä tilataan 10 kappaletta. Piirilevyjen pinta-alaksi saadaan 0,144 neliometriä. Piirilevy on 4-kerroksinen, jonka pinnoitteena on imersio-kulta ja kuparin paksuutena 70 μ m. Valmistusaikaa piirilevyillä on yksi viikko, näiden syötteiden jälkeen testitapauksessa on saatu hinnaksi 250 euroa. Kyseessä on ohjelman testitapaus ja kyseinen hinta ei ole oikea ostohinta kyseiselle levyille.

7 Ohjelman testaus

Ohjelman testauksella tarkoitetaan ohjelman kokeilemistä, sen ohjelmointivirheiden jäljitystä ja korjaamista. Ohjelman testaus yksikertaisimmillaan on sitä, että ohjelma käynnistetään ja katsotaan, mitä se tekee. Ohjelman testaus on välttämätöntä, koska halutaan varmistaa ohjelman toimivuus sekä luotettavuus. Testaus on jatkuva prosessi koko ohjelman ohjelmoinnin aikana, näin pystytään välttämään mahdollisia aikaisessa vaiheessa tulevia virheitä. /8/

Ohjelman testaus alkaa jo suunnitteluvaiheessa. Valitut algoritmit ja toiminnot täytyy pöytätestata teoriassa ennen niiden koodaamista. Suunnitteluvaiheessa täytyy miettiä kaikki mahdolliset erikoistapaukset ja todeta algoritmin selviävän niistäkin tai ainakin määrittellä miten erikoistapauksissa menetellään. Testitapaukset kirjataan ylös myöhemmää käyttöä varten. /9/

Koodausvaiheessa kukin yksittäinen aliohjelma testataan kaikkine mahdollisine syötteen pienellä testiohjelmalla. Aliohjelman kommentteihin voidaan kirjata suunnitteluvaiheessa todettu testiaineisto ja testausvaiheessa ruksataan testatut toiminnot ja erikoistapaukset. Lopullisen ohjelman toimivuus riippuu hyvin paljon siitä, miten hyvistä palaista se on kasattu. /8/

Ohjelman testaus aloitettiin testaamalla piirilevyjen pinta-alan laskenta. Tämän osion testaaminen oli ohjelmassa kaikista helpoin osio. Testauksen täytyi alkaa tästä osiosta, koska tätä osiota tarvitaan kaikkien muidenkin osioiden testauksessa. Testaus tapahtui syöttämällä eri arvoja piirilevyn mitoiksi ja määriksi, jokaisen syötteen jälkeen laskettiin pinta-ala käsin, ja näin pystyimme toteamaan kyseisen osion toiminnan. Testauksessa todettiin kymmenen eri syötteen jälkeen piirilevyjen pinta-alan laskenta osio toimivaksi.

Testauksen vaativin osio on toimitusajan vaikutus hintaan. Osion testaus on vaativa, koska kyseisessä osiossa on iso määrä muuttujia. Osiossa testattiin myös samalla kerrosten lukumäärän vaikutus, koska ne ovat riippuvaisia toisistaan toimitusajan kanssa. Jokaiselle kerrosmäärälle on ohjelmassa oma hintataulukonsa, josta haetaan hintatieto valmistusajan ja pinta-alan mukaan. Jokainen eri taulukko jouduttiin käymään läpi erikseen ja laskemaan myös käsin, jotta voitiin varmistua ohjelman toimivuudesta.

Osion testauksessa tarvitsi käyttää myös jo ensimmäisenä testattua pinta-alan laskentaa. Pinta-ala on olennainen osa kerrosmäärän ja toimitusajan kanssa, muodostettaessa hintaa piirilevyille. Taulukko, jossa oli hinnat 2-kerros piirilevyille testattiin tarkkaan läpi, koska saatuamme yhden taulukon varmasti toimimaan, toimisivat myös muut taulukot oikein. Tärkein osa-alue tämän osion testauksessa oli, että ohjelma osaa laskea hinnat oikein raja-arvotapauksissa. Raja-arvotapauksella tarkoitettiin tässä tapauksessa tilannetta, jossa piirilevyjen neliömäärä on juuri sen verran iso, että hinta hyppää taulukossa toiseen soluun. Esimerkiksi, jos hinta vaihtuu 0,8 neliömetrin kohdalla, niin tällöin testitapauksessa testattiin osasiko ohjelma hakea hinnan 0,79 neliömetrin ja 0,81 neliömetrin tapauksissa oikeasta solusta. Lisäksi oli myös tärkeää testata, että oikea hinta löytyi taulukosta myös arvolla tasan 0,8 neliometriä.

Kaikkien osioiden testauksessa oli huomioitava, että aikaisemmin testattujen osioiden oli toimittava, jotta seuraava osio pystyttäisiin testaamaan. Pinnoitteen ja kuparin paksuuden hintaan vaikutuksen testaaminen oli yksinkertaista, koska paksumpi kupari kuin 35 μ m ja imersio-kulta sekä imersio-tina, tuovat piirilevyn neliöhintaan vain tietyn lisäyksen. Testattaessa oli helppoa tarkastaa, että ohjelma osasi lisätä oikean summan neliöhintaan, tarvitsi vain ottaa tuloste neliö hinnasta ja siihen summatusta luvusta, jonka jälkeen tulos tarkastettiin käsin laskemalla. Testauksessa käytiin kaikki mahdolliset variaatiot läpi pinnoitteen ja kuparin paksuuksien osalta, joita oli yhteensä yhdeksän.

Viimeisenä testauksen osiona käytiin läpi koko ohjelman käyttö. Testauksessa katsottiin, että ohjelma toimii halutulla tavalla ja laskee hinnan oikein, silloin kun ohjelmassa on kaikki edellä mainitut osiot käytössä.

8 Ohjelman kehittämismahdollisuuksia

Kuten kaikissa ohjelmissa niin, kuin myös tässä ohjelmassa aina löytyy jotain, jota parantaa tai tehdä toisin. Ohjelmaan jäi vielä lukematon määrä parannuksia ja tekemättömiä toimintoja, joita käydään seuraavaksi läpi. Ensimmäinen ja ehdottomasti tärkein toiminto, joka seuraavaan ohjelman versioon tulee lisätä, on piirilevyn paksuuden vaikutus hintaan. Kyseessä on hyvin tärkeä ja paljon käytettävä toiminto, joten sen päivittäminen ohjelmaan on ensimmäisenä vuorossa. Kyseinen toiminto tulisi toteuttaa alaveto-valikolla, koska siinä tulee olemaan seitsemän eri vaihtoehtoa piirilevyn paksuudelle.

Parannuksista seuraavaan versioon ensimmäisenä vuorossa on valmistusaikojen päivittäminen valintalaatikoista alaveto-valikkoon. Ohjelman toiminnan kannalta parannuksella ei ole mitään merkitystä, mutta sen helppokäyttöisyyden ja selkeyden vuoksi alaveto-valikko on paljon parempi ratkaisu kuin iso määrä valintalaatikoita. Muissa osiossa valintalaatikat ovat kuitenkin hyvä ratkaisu, koska niissä on paljon vähemmän valinnan mahdollisuuksia.

Myöhempiin versioihin olisi myös hyvä lisätä muitakin valmistajia laskuriin, tämän hetkinen laskuri on suunniteltu laskemaan hintaa ainoastaan pienille ja nopeille sarjoille. Lisäämällä muita valmistajia laskuriin saataisiin samalla laskurilla laskettua myös, mahdollisille isoille tuotantarjoille hintoja. Lisäämällä laskuriin valmistajia, olisi myös hyvä lisätä laskuriin muita toimintoja, kuten esimerkiksi mahdollisuus pystyä laskemaan piirilevyjen yhteispaino ja laskemaan piirilevyille tulevat rahtikulut.

Varoituksen kehittäminen ohjelmaan, kun käyttäjä yrittää laskea hintaa isolle piirilevyjen pinta-alalle liian nopealla toimitusajalla. Toiminnossa ohjelma antaisi käyttäjälle ilmoituksen aina kun käyttäjä antaa syötteen epärealistisesta toimitusajasta suhteessa piirilevyjen pinta-alaan. Toiminto olisi hyvin tärkeä, koska tällöin käyttäjän ei tarvitse tarkistaa aina minkälaiseen toimitusaikaan piirilevyjen valmistaja pystyy milläkin ne-
liömäärällä.

Laskuriin voisi myös lisätä toiminnon, jossa isoille tuotantosarjoille hintaan voisi lisätä suoraan kateprosentin. Lisäämällä toiminnot, joissa lisätään kate ja lasketaan rahtikulut piirilevyille, saataisiin nopeutta vastata asiakkaan pyytämiin tarjouspyyntöihin ja niihin pystyttäisiin vastaamaan jopa puhelinkeskustelun aikana.

Viimeinen kehitysmahdollisuus olisi kaikista työläin päivitys ohjelmistoon, tässä päivityksessä ohjelmasta tehtäisiin tietokantasovellus, johon Delphi soveltuu oikein hyvin. Sovelluksessa pystyttäisiin laskemaan piirilevyille ostohintoja sekä pienille sarjoille, että tuotantosarjoille, lisäksi sovelluksessa pystyttäisiin laskemaan kateprosentit ja kuljetuksista aiheutuvat kulut. Tämän jälkeen ohjelmassa pystyisi antamaan tarjoukselle nimen ja tallentamaan sen tietokantaan. Tietokannasta olisi tällöin helppoa tarkistaa aina tarvittaessa tehty tarjous. Tietokannasta olisi myös pystyttävä tulostamaan tarjoukset paperille.

Tällaisen päivityksen tekeminen kuitenkin tarkoittaisi lähes koko laskurin uudelleen ohjelmoimista. Tietokannalle olisi varattava tilaa tarpeeksi, tietokantaa olisi myös päästävää käsittelemään, kuten poistamaan tarjouksia ja muokkaamaan niitä. Lisäksi ohjelmaan joutuisi tekemään liitännäisiä muun muassa tarjousten tulostusta varten.

9 Yhteenveto

Työssä käytiin läpi asiaa piirilevyjen tekniikasta, tulevaisuudesta sekä niiden hintaan vaikuttavista asioista. Työssä käytiin läpi myös Delphin ominaisuuksia sekä käyttöalueita. Työn viimeisessä osiossa käytiin läpi piirilevyjen hintalaskurin suunnittelu, ohjelmointi sekä testaus. Laskurissa riittää tulevaisuudessa kehitettävää vielä paljon, mutta tämä ensimmäinen versio antoi hyvän suunnan laskurin kehitystyölle. Laskurin ohjelmointi antoi hyvän pohjan uuden ohjelmointikielen opettelemiseen.

Delphi on hyvin monipuolinen oliopohjainen sovelluskehitin, jolla pystytään ohjelmoimaan graafisia Windows-ohjelmia. Erityisen hyvä Delphi on tietokantasovellusten tekemiseen. Delphin parhaita ominaisuuksia ovat ehdottomasti sen helppokäyttöisyys ja toimintavarmuus. Delphin suurimpana heikkoutena voidaan pitää sen toimimista vain yhdessä laiteympäristössä.

Lähteet

1. Ohjelmointi-kurssi Delphi [www-sivu] Saatavissa:
<http://users.jyu.fi/~vesal/kurssit/winohj/html/delphi/m.htm> [viitattu 08.04.2009]
2. Becks, Ari Opeta itsellesi Delphi-ohjelmointi, 1997 3.painos, suomen Atk-kustannus Oy, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä
3. Ohjelmoinnin peruskurssi Borland Delphillä, Tuomo Riekkinen [www-sivu] Saatavissa: <http://edu.pyhaselka.fi/~tuorie/delphi> [viitattu 08.04.2009]
4. Piirilevy [www-sivu] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Piirilevy> [viitattu 08.04.2009]
5. Optiset siirtolinjat osaksi piirilevyä [www-sivu] Saatavissa:
<http://www.proessori.fi/es05/ARKISTO/PDF/OPTISET.pdf> [viitattu 08.04.2009]
6. Läpiviennit [www-sivu] Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Via_Types.svg [viitattu 08.04.2009]
7. Mikroläpiviennit [www-sivu] Saatavissa:
<http://www.semiconductor.net/articles/blog/200000420/20080716/38%20Intel%20microvia%20interconnect.jpg> [viitattu 08.04.2009]
8. Ohjelman testaus [www-sivu] Saatavissa:
<http://edu.phkk.fi/Opiskelu/ohjperjava/Ohjelmistotuotanto.htm#Ohjelman%20testaus> [viitattu 08.04.2009]
9. Ohjelmiston testaus [www-sivu] Saatavissa:
http://users.jyu.fi/~vesal/kurssit/cpp/moniste/html/m-1_4.htm [viitattu 08.04.2009]