

Tomi Vintola

AUTOMAATTISEN TESTAUKSEN TARVE JA VAIKUTUKSET
MOBIILILAITTEEN ELEKTRONIIKAN VERIFIOINNISSA

Automaatioteknologian koulutusohjelma

2010

Ohjaaja:

Ismo Trast

AUTOMAATTISEN TESTAUKSEN TARVE JA VAIKUTUKSET MOBIILILAITTEEN ELEKTRONIIKAN VERIFIOINNISSA

Vintola, Tomi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatioteknologian koulutusohjelma
Tammikuu 2010
Ohjaaja: Trast, Ismo
Sivumäärä: 32
Liitteitä: -

Asiasanat: elektroniikka, testaus

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia ja eritellä automaattisen testauksen tarvetta ja vaikutuksia mobiililaitteen elektroniikan verifioinnissa. Testauksen tarve on tullut esiin käytännön mittausten kautta: entistä lyhyempi tuotekehityssykli, kompleksisemmat laitekokonaisuudet ja suunnittelutyön jakaantuminen eri tahojen kesken lisäävät tarvetta automaattiselle, nopealle ja luotettavalle testiympäristölle, josta saadut tulokset ovat eri mittausten kesken vertailukelpoisia. Lisäksi huomiota on kiinnitetty piireihin / lohkoihin, joille on useampi valmistaja. Huomiota on kiinnitetty erityisesti testauksen eri vaiheisiin, testauksen jakautumiseen ja automatisoinnin kautta saavutettuihin hyötyihin.

THE NEED AND INFLUENCE OF AUTOMATED TESTING TO MOBILE DEVICE ELECTRONICS VERIFICATION

Vintola, Tomi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation technology

January 2010

Supervisor: Trast, Ismo

Number of pages: 32

Appendices: -

Key words: testing, electronics

The purpose of this thesis was to study and analyze the need and influence of automated testing to mobile device electronics verification. The need for automated test system has been recognized during the measurement phase of product development: shorter development cycles, more complex devices and the partitioning of the design work between several companies/units are generating the need for automated test system. Fast, reliable test environment with comparable results between the repeated measurements is needed. Special attention is paid to the different testing phases, partitioning of the testing and to the advantages of the automated test system. IC's and design blocks having more than one vendor are also raised up.

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | TYÖN AIHE | 6 |
| 3 | MÄÄRITTELYT..... | 7 |
| 4 | VERIFIOINNIN HAASTEET | 7 |
| 5 | TARVE AUTOMATISOINNILLE | 9 |
| 6 | TESTAUKSEN AUTOMATISOINNIN MAHDOLLISUUDET | 11 |
| 7 | TESTAUKSEN TAUSTATEKIJÄT | 12 |
| 7.1 | Testauksen kokonaiskuva, tarkoitus ja eri vaiheet..... | 12 |
| 7.1.1 | IC piirin valmistajan simuloinnit ja mittaukset | 13 |
| 7.1.2 | Laitevalmistajan simuloinnit ja mittaukset | 13 |
| 7.2 | Testausvastuiden jakautuminen | 14 |
| 7.2.1 | Piirivalmistaja..... | 14 |
| 7.2.2 | Laitevalmistaja | 14 |
| 7.3 | Testauksen vaatimuksista | 15 |
| 8 | MANUAALINEN JA AUTOMAATTINEN TESTAUS | 15 |
| 8.1 | Eri mittaustavat | 16 |
| 8.1.1 | Liitynnät | 16 |
| 8.1.2 | Testiaika | 16 |
| 8.1.3 | Käytön variaatiot | 17 |
| 8.1.4 | Monipuolisuus | 17 |
| 8.2 | Mittausesimerkki | 18 |
| 8.2.1 | Automaattinen mittaus | 18 |
| 8.2.2 | Manuaalinen mittaus | 20 |
| 8.3 | Tulokset ja niiden analysointi | 22 |
| 8.3.1 | Tulokset..... | 22 |
| 8.3.2 | Testausaika | 23 |
| 8.3.3 | Testikattavuus..... | 23 |
| 8.3.4 | Mittausdata | 23 |
| 9 | AUTOMAATTISEN MITTAUKSEN VAIKUTUKSET..... | 24 |
| 9.1 | Positiiviset vaikutukset | 24 |
| 9.1.1 | Aikataulu | 24 |
| 9.1.2 | Laatu | 25 |
| 9.1.3 | Kustannukset ja käyttöaste | 26 |
| 9.2 | Negatiiviset vaikutukset ja rajoitteet..... | 27 |
| 10 | YHTEENVETO | 28 |
| 11 | JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET | 30 |

| | |
|---|----|
| 11.1 Testijärjestelmän monistaminen | 30 |
| 11.2 Mittausrajapintojen määrittely | 30 |
| 11.3 Avoin mittapaikka..... | 31 |
| 11.4 Mittaukset tuotekehitysprosessiin..... | 31 |
| LÄHTEET | 32 |

1 JOHDANTO

Automaattinen testaus on ja on ollut elektroniikan verifiointissa käytössä vain tietyillä osa-alueilla ja niilläkin vain osittain. Lähitulevaisuudessa trendi on siirtyä mahdollisimman kattavasti automaattiseen mittaukseen tuotekehityksajan lyhentämistä silmälläpitäen.

Automaattisen mittauksen ja testauksen tarve on noussut käytännön työn vaatimusten kautta: entistä lyhyempi tuotekehityssykli, kompleksisemmat laitteet ja suunnittelutyön jakaantuminen useamman eri tahon kesken ovat luoneet tarpeen automaattiselle ja nopealle testisysteemille, jonka tulokset ovat eri mittausten välillä vertailukelpoisia eli perustoiminnallisuus eri tuotekehitysversioiden välillä on varmistettavissa nopeasti ja kattavasti.

Mahdollisena hyötynä nähdään mm. testausvaiheen lyhentyminen, testikattavuuden ja -tulosten vertailukelpoisuuden paraneminen sekä nopeampi palaute suunnittelutiimille ja piirivalmistajille. Myös taloudellista ja laatua parantavaa hyötyä on oletettavissa.

2 TYÖN AIHE

Tämän työn aiheena on automaattisen testauksen tarve ja vaikutukset mobiililaitteen elektroniikan verifiointissa. Tämän tutkimustyön lähtökohta on selvittää elektroniikan tuotekehityksen aikaisen testauksen haasteita ja sitä kautta perustella tarvetta testauksen automatisoinnille. Lisäksi näkökulmaa haetaan testauksen automatisoinnin mahdollisuuksia ja rajoitteita pohtimalla. Edellä mainittujen asioiden summana päädyttään arvioon testauksen automatisoinnin vaikutuksista tuotekehityksen aikatauluun, laatuun ja kustannuksiin.

Tutkimusmenetelmänä työssä on elektroniikan tuotekehityksestä ja testauksesta kerätyn kokemuksen soveltaminen uuden testausjärjestelmän käyttöönotossa ja kehittämisessä erään matkapuhelinprojektin yhteydessä.

3 MÄÄRITTELYT

Tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa on käytetty tiettyjä termejä, joiden merkitys vaatii selvitystä, jotta työn tausta ja tietyt asiakokonaisuudet käyvät selväksi. Termejä on käytetty kyseisillä merkityksillä tämän dokumentin sisällä.

Manuaalinen testaus: ihmisen suorittama mittaus eli esimerkiksi yleismittarilla tai oskilloskoopilla suoritettu mittaus sisältäen mittapäiden kytkennän, mittalaitteen asetusten asettamisen, mittaustulosten lukemisen ja talletuksen ja lopuksi mittaustulosten dokumentoinnin.

Automaattinen testaus: Automaattisen laitteiston suorittama mittaus eli mitattava kokonaisuus kytketään liittimien kautta mittauslaitteistoon, valitaan ajettavat testit ja laitteisto mittaa halutut toiminnot ja/tai tapahtumat ja palauttaa tulokset tai tulosraportin haluttuun paikkaan. Myös mittalaitteiden asetus ja tulosten lukeminen tapahtuu automaattisesti ohjelmiston ohjaamana.

Testiohjelmisto: Automaattisen testauslaitteiston testiohjelmisto ajaa valitut testifunktiot määritellyille lohkoille tai kytkennän osille. Ohjelmisto huolehtii raporttien generoinnista.

Testifunktio: Testifunktiossa asetetaan mittalaitteiden asetukset ja luetaan ja talletetaan mittaustulokset.

Piirivalmistaja: Mikropiirin valmistaja eli yritys joka joko valmistaa tai alihankkii mikropiirin tiettyyn tarkoitukseen.

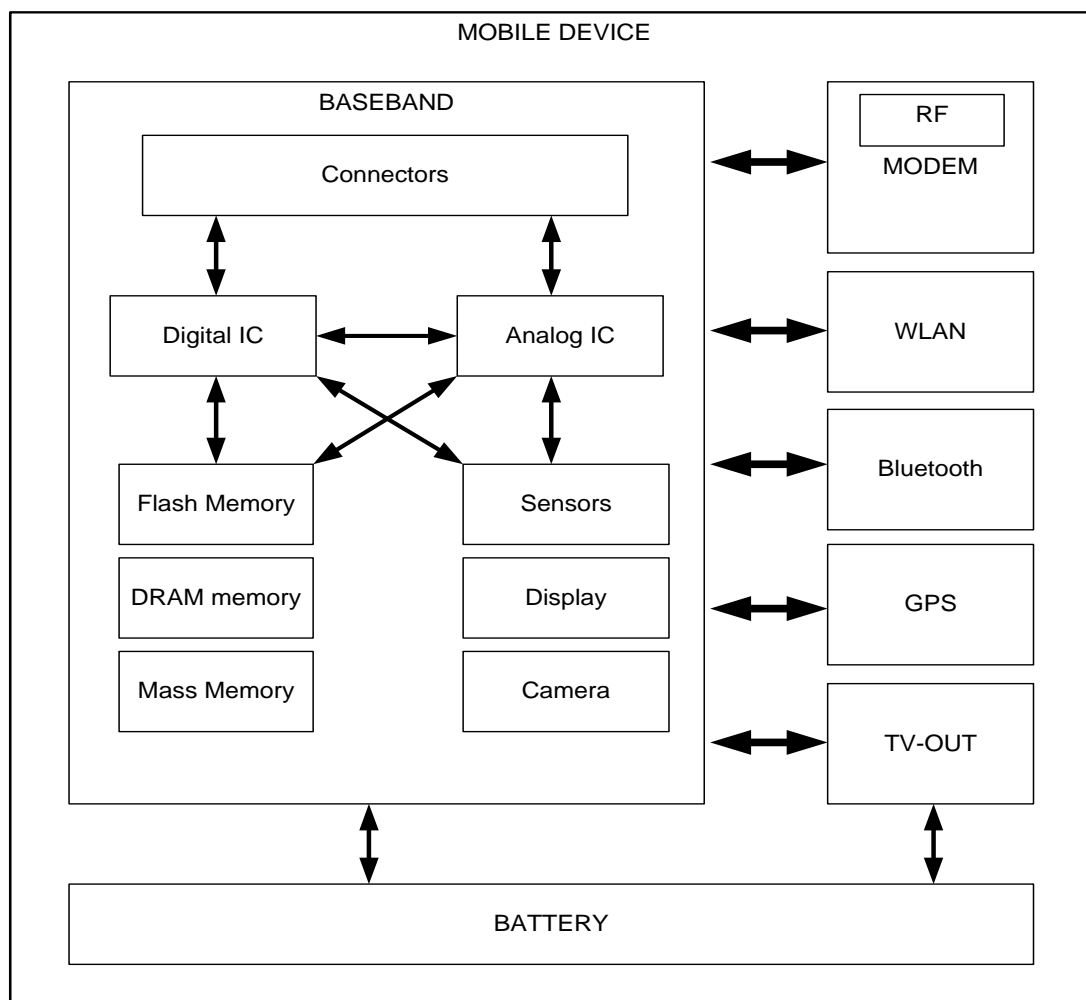
Laitevalmistaja: Laitevalmistaja integroi laitteeseen useita mikropiirejä, liittimiä, passiivikomponentteja ja toiminnallisia kokonaisuuksia haluamallaan tavalla toteutettuun kokonaisuuteen (koon, ulkonäön ja toiminnallisuuden suhteen).

Toiminnallinen lohko: Toiminnallisuudeltaan joko täysin itsenäinen tai tietyn funktion toteuttava kytkennän osa. Esimerkiksi näyttömoduuli, kamera, WLAN- tai GPS-kokonaisuus, katso Kuva 1.

4 VERIFIOINNIN HAASTEET

Tuotekehitystyössä manuaalisesti suoritettu kattava testaus vie runsaasti aikaa ja sitoo suunnittelijaresursseja pitkiksi ajoiksi tuotekehityksen kokonaisaikataulu

huomioiden. Lisäksi testaustyön mielekkyys ja motivaatio laskee, mitä useampaan kertaan jo toimivaksi havaitun lohkon joutuu uudelleen testaamaan (Asmala, Koskinen, Koskela, Mätäsniemi, Soini, Strömman, Tommila & Valkonen 2005, 128; Malaiya, 1) joko piirin version tai piirin valmistajan vaihtuessa. Eri toimittajilta tulevien piirien ja toiminnallisten lohkojen yhteensovittaminen eli integrointi on aikaavievää ja haastavaa. Mitä useampi toimittaja ja mitä enemmän riippuvuuksia, sitä tarkemmin ja kattavammin lopputulos pitää sähköisesti ja toiminnallisesti testata. Samasta syystä integroinnin onnistumisen varmistaminen kattavasti kytkentää testaamalla vaatii runsaasti toistoja: kullekin piirille ja toiminnalliselle lohkolle saattaa tuotekehityksen elinkaaren aikana tulla useita eri kehitysversioita, joista kaikista on vähintään tietty minimitoiminnallisuus mitattava. Oheinen kuva, Kuva 1, hahmottaa esimerkkinä eri lohkojen välisiä kytkentöjä ja riippuvuuksia laitteen sisällä.



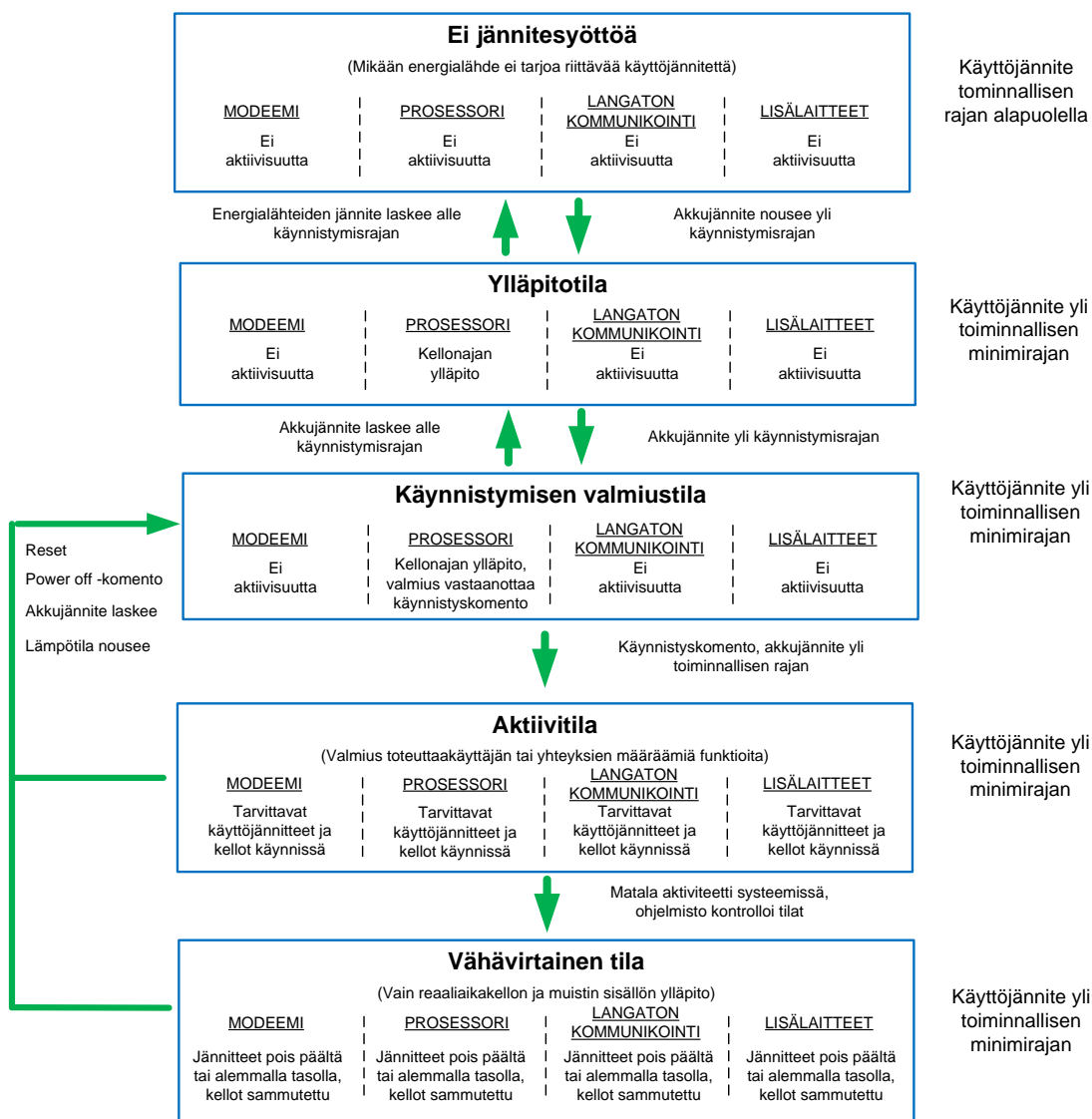
Kuva 1. Mobiililaitteen toiminnallisten osien periaatteellinen lohkokaavioesimerkki

5 TARVE AUTOMATISOINNILLE

Testauksen automatisoinnin vaatimus ja tarve tulee pääasiassa kahdesta eri syystä: tuotekehityssykli on nykypäivänä lyhyempi ja valmiina kokonaisuuksina hankittujen lohkojen/toiminnallisuuksien määrä on suurempi kuin ennen. Tämän lisäksi yksittäiset piirit ja/tai toiminnalliset lohkot ovat toiminnoiltaan ja rakenteeltaan kompleksisempia kuin aiemmin (Sachdev 1998, 1-2 ja 297) ja niiden laadun takaava kattava testaaminen on vaikeaa ja aikaavievää (Doane & Franzon, 646; (Sachdev 1998, 6; Chandrakasan, Nikolic & Rabaey 2003, 724). Myös laitetta kontrolloiva ohjelmisto on aiempaa monimutkaisempaa ja lisäksi monessa tapauksessa ohjelmistokehitys on avointa. Tämä johtaa elektroniikan testauksessa siihen, että myös äärimmäiset käyttötilanteet on huomioitava, vaikka elektroniikkaa ei alkuperäisessä käyttöskenaariossa olekaan tarkoitus suorituskyvyn rajoille asti kuormittaa.

Yleisellä tasolla toimintojen ja ominaisuuksien määrän lisääntyminen lisää suoraan sekä testattavan elektroniikan määrää että laitteen mahdollisia toimintatiloja: erilaisten virransäästö- ja matalaenergiatilojen määrä kasvaa toiminnallisten osien ja niiden käyttötilojen lisääntyessä. Lisäksi käytännössä on havaittu, että akkujen kehitys (akkukapasiteetin lisäys) ei kulje samaa tahtia toiminnallisuuden lisääntyessä ja myös sen seurauksena paine erilaisten virransäästöominaisuuksien lisäämiseen kasvaa. Periaatteellinen esimerkki mobiililaitteen toimintatiloista on esitettyinä seuraavan sivun kuvassa (Kuva 2).

Mobiililaitteen yksinkertaistettu tilakaavio



Kuva 2. Periaatteellinen esimerkki mobiililaitteen erilaisista toimintatiloista

Oman tarpeensa testauksen lisäämiselle aiheuttavat myös massatuotannon aikaiset vaatimukset. Massatuotannon käynnistyessä saattaa tietyn toiminnallisuuden toteuttavalla piirillä olla useita eri valmistajia, eri valmistajien piireillä voi olla erilaiset vaatimukset esimerkiksi käyttöjännitteen suhteen ja käyttöjännite syötetään kuitenkin samasta jännitelähteestä. Tämän kaltaisessa tapauksessa testaus tulee suorittaa kullekin piirille erikseen, sillä esimerkiksi erot virrankulutuksissa eri valmistajien piirien välillä heijastuvat yleensä myös käyttöjännitteen tasoon. Teoreettisena esimerkkinä käyttöjännitevaatimus kolmelle eri piirille, jotka kaikki toteuttavat saman toiminnallisuuden, Kuva 3.

| | Minimi [V] | Tyypillinen [V] | Maksimi [V] |
|----------------------------------|------------|-----------------|-------------|
| Piiri 1 (jännitevaatimus) | 1.71 | 1.8 | 1.89 |
| Piiri 2 (jännitevaatimus) | 1.65 | 1.8 | 1.95 |
| Piiri 3 (jännitevaatimus) | 1.73 | 1.8 | 1.87 |

Kuva 3. Käyttöjännitteen toleranssivaatimus

Esimerkki testauksesta: Mitattavana on 10 eri signaalia, kolmessa eri lämpötilassa, kolmella eri akkujännitteellä, kaksi IC piirin valmistusprosessin corner-sampplia (=tietty IC-piirin valmistusprosessin parametrit ajettu tietoisesti tiettyyn ääriarvoon eli corneriin) ja 4 eri käyttötilannetta. Tästä laskettuna kaikkien yksittäisten mittausten määrä on 720 ja jos käytettävässä mittalaitteessa on esimerkiksi neljä mittakanavaa, tarvitaan mittakuvia 216kpl, jotta kaikki tutkittavat tilanteet saadaan talletettua myöhempää tarkastelua varten (jos halutaan esimerkiksi vertailla piirin eri versioiden suorituskykyä keskenään tai toisen valmistajan vastaavaan piiriin). Jos käytettävässä mittalaitteistossa saadaan kaikki 10 signaalia talletettua yhdellä otoksella, mittakuvien määrä supistuu 72:een. Käytännön esimerkki automaattisesta mittauksesta on esitetty kappaleessa 8.2.

6 TESTAUKSEN AUTOMATIOSOINNIN MAHDOLLISUUDET

Mitä testausta tai sen osia voidaan ja kannattaa järkevissä puitteissa automatisoida? Ensisijaisesti automatisoidun testauksen piiriin on syytä ottaa tapahtumat, jotka ovat toistuvia ja näin ollen keskenään eri laitteiden tai piiriversioiden välillä vertailtavissa: eri laite- ja piiriversioiden vuoksi asioita on tarpeen testata toistuvasti. Kaikkia mittauksia ei kannata automatisoida (Asmala, Koskinen, Koskela, Mätäsniemi, Soini, Strömman, Tommila & Valkonen 2005, 129). Testejä, joiden lopputulos oletettavasti vaihtelee, jotka tehdään vain kerran tai jotka ovat liian monimutkaisia, ei kannata automatisoida (Häkkinen 2010, kalvo 9-4; Zambelich, 5). Käytännössä toistettavilla mittauksilla saadaan vertailudataa mahdollisille eroavaisuuksille toteutuksen muuttuessa tuotekehityksen aikana. Lisäksi automatisoida kannattaa tapahtumat, jotka on laitteen suunnittelun yhteydessä dokumentoitu (spesifikaatio olemassa) ja jotka on mahdollisesti suunnitteluvaiheessa myös simuloitu: tämänkaltaisten

dokumenttien kautta mittausten vertailukohdaksi on olemassa informaatiota toiminnallisuudesta. Hyvin suunniteltu testi sisältää mahdollisimman paljon informaatiota sekä testattavan osan toiminnallisuudesta että myös sen suorituskyvystä.

Esimerkkejä kohteista joiden testaus kannattaa automatisoida ovat digitaaliset väylät ja niiden signaalit, jännitesyötöt, virrankulutus, akun lataus ja laitteen toimintatilojen tilanmuutokset. Digitaalisten signaalien mittauksessa huomio on kiinnitetty signaalien laatuun (signal integrity), ei siirrettävään dataan.

Esimerkki hyvästä ja monipuolisesta testistä on mobiililaitteen käynnistyminen: testissä mitataan laitteen kello- ja kontrollisignaalien sekä käyttöjännitteiden käynnistymisjärjestystä, signaalien välisiä ajoituksia ja sekä signaalien jännitetasoja että muotoja. Testin tulos antaa yhdellä silmäyksellä kuvan laitteen elintärkeiden signaalien toiminnasta ja käyttäytymisestä käynnistymisen aikana, katso esimerkki kappaleesta 8.2.

7 TESTAUKSEN TAUSTATEKIJÄT

7.1 Testauksen kokonaiskuva, tarkoitus ja eri vaiheet

Lähtökohtaisesti testauksen tarkoitus vaihtelee testauksen vaiheen ja suorittajan näkökulman mukaan. Käytännössä on havaittu, että esimerkiksi IC-piirivalmistajat pyrkivät varsinkin alkuvaiheen testauksellaan todistamaan piirin toiminnallisuuden eli ettei piiri jumitu ja kaikki lohkot toimivat (Fiez & Ismail 1994, 548). Yleensä alkuvaiheen testaus suoritetaan vieläpä niin, että ulkoisten muuttujien (käyttöjännite, lämpötila, piirin ulkoiset rajapinnat) vaikutus on pyritty minimoimaan. Piirivalmistajat käyttävät positiivista testausta, jolla pyritään osoittamaan, että piiri toimii ja että se tekee asiat kuten sen pitäisikin tehdä (Asmala & Stenberg 2010, 4).

Laittevalmistajan testauksessa taas pyritään heti alusta alkaen altistamaan samainen IC-piiri maksimaalisesti ulkoisten tekijöiden raja-arvoille asti, jotta mahdolliset

vikatilanteet havaittaisiin mahdollisimman ajoissa, heti suunnittelutyön alkuvaiheessa. Laittevalmistajat käyttävät negatiivista testausta, eli pyrkivät löytämään mahdollisimman paljon virheitä ja osoittamaan, että laitteessa piiri tekee ei-toivottuja asioita tai ei toimi niin kuin sen pitäisi eli käytännössä spesifikaation vastaisesti (Asmala & Stenberg 2010, 4).

Parhaimmillaankin testauksella saadaan osoitettua kytkennästä vikoja, mutta kaikkia vikoja tai edes niiden olemassaoloa ei kohtuullisella testimäärällä kuitenkaan saada osoitettua (Asmala & Stenberg 2010, 2). Tämän vuoksi testauksessa pyritäänkin keskittymään tiettyjen, toiminnan kannalta kriittisimpien tilanteiden tarkasteluun. Nämä käyttötilanteet (esimerkiksi laitteen käynnistyminen ja muut tilanvaihdot), pyritään sitten tarkistamaan kustakin uudesta kehitysalustan versioista ja/tai IC-piirien vaihtuessa uusiin tai toisen valmistajan versioihin.

Lyhyenä yhteenvetona käytännön työkokemukseen pohjautuen voidaan elektroniikkalaitteen testauksesta esittää seuraavaa.

7.1.1 IC piirin valmistajan simuloinnit ja mittaukset

Piirin valmistaja tekee simuloinnit ja mittaukset sähköisille parametreille: sekä koko piirille että mahdollisuuksien mukaan sen sisäisille lohkoille. Piirin valmistajalle kuuluu siis eri lohkojen sähköisten parametrien ja koko piirin toiminnan mittaus eli piirin karakterisointi.

7.1.2 Laittevalmistajan simuloinnit ja mittaukset

Laittevalmistajan vastuulle kuuluu IC piirin toiminnan simulointi laitteessa olevien muiden piirien kanssa ja sen sähköisten parametrien mittaukset laitteen eri lohkoille ja niiden välisille signaaleille laitteen eri käyttötilanteissa. Lisäksi laittevalmistajalle kuuluvat myös käyttöturvallisuuteen, tyyppihyväksyntään ja compliance toimintoihin (tiettyjen standardien kuten esimerkiksi USB täyttämiseen) liittyvät mittaukset: osa näistä toiminnoista saattaa kuulua suoraan piirinvalmistajallekin.

7.2 Testausvastuiden jakautuminen

Testauksen jakautuminen laitteen valmistajan ja yksittäisen piirin valmistajan kesken noudattaa korkealla tasolla seuraavaa jakoa (tarkempi jako ja vastuut sovitaan aina tapauskohtaisesti).

7.2.1 Piirivalmistaja

Piirin valmistaja varmistaa mittauksin toimitettavien piirien laadun sekä oman tuotekehityksensä aikana (piirien karakterisointi) että tuotantotestauksen kautta niin, että piirit täyttävät sille laaditut spesifikaatiot suorituskyvyn ja toiminnan suhteen. Lisäksi tarkoituksena on varmistaa tuotantoprosessin toimivuus, laatu ja homogeenisuus (Doane & Franzon 1993, 615, 632 ja 644). Molemmat testaukset (sekä karakterisointimittaukset että tuotannon testaus) ovat pitkälle automatisoituja. Erotuksena näiden testien luonteessa on se, että tuotannon testauksessa ulkoiset passiivikomponentit puuttuvat tai ovat osasijoittelun kannalta väärin sijoitettu (testilaitteistossa) eli niiden vaikutusta ei voida todeta. Karakterisointimittaukset suoritetaan tietynlaisia, testaukseen tarkoitettuja erikoispiirilevyjä käyttäen ja tässä ympäristössä mahdollisten ulkoisten passiivikomponenttien vaikutusta piirin toimintaan voidaan mittaamalla todeta.

7.2.2 Laitevalmistaja

Laitevalmistajan tehtäväksi jää varmistaa piirin toiminta omassa sovelluksessaan eli piirin toiminta yhdessä muiden laitteessa olevien piirien ja lohkojen kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaa piirien välisten signaalien, sähkönsyötön ja kokonaisuuden toiminnan varmistamista todellisessa ja usein häiriöllisessä ympäristössä.

7.3 Testauksen vaatimuksista

Vaatimukset testauksen painopisteen suhteen vaihtelevat tuotekehityksen eri vaiheissa. Tuotekehityksen alussa käytetyt testilevyt sisältävät liittynät mittauksille käytännöllisesti katsottuna laitteen kaikille signaaleille. Mittaliityntöjen (liittimet, testipisteet, etc.) sijoittaminen piirilevyille aiheuttaa väistämättä eroavaisuuksia komponenttien sijoitteluun ja myös testilevyn koko on huomattavasti suurempi lopulliseen tuotteeseen verrattuna. Osasijoittelun vuoksi myös piirilevyn johdotus muuttuu ja mitattavissa signaaleissa saattaa esiintyä heijastumia tai muita häiriöitä: näiden ei-toivottujen ilmiöiden poistaminen tai minimoiminen vaatii huolellisen työn levyjä suunniteltaessa. Testauksen vaatimukset on hyvä huomioida suunnittelutyön alkuvaiheesta lähtien, jotta kattava testaus on yleisesti ottaen mahdollista, yksinkertaisempaa ja jotta 'sivuvaikutukset' saadaan minimoitua (Doane & Franzon 1993, 649 ja 657; Chandrakasan, Nikolic & Rabaey 2003, 724; Fiez & Ismail 1994, 548; Judge 1991, 1).

Tuotekehityksen loppuvaiheessa kehitystyön painottuessa yhä enemmän ohjelmistojen kehittämisen ja testauksen puolelle, tarvittavien mittaliityntöjen määrä vähenee oleellisesti. Lopputuotteeseen jää vain systeemin toiminnan kannalta oleellisimmat signaalit tuotannon testausta ja jälleenmyyjien huoltopisteiden mittauksia varten.

8 MANUAALINEN JA AUTOMAATTINEN TESTAUS

Manuaalisen ja automatisoidun testauksen vertailussa on vertailunäkökohdaksi otettu pääasiassa saavutetut hyödyt ja testausaika. Mittalaitteiden kustannuksia ei ole huomioitu, sillä automatisoidussa mittauksessa käytetään pääosin samoja mittalaitteita kuin manuaalisissa mittauksissa ja näin ollen ero ei ole suuri.

8.1 Eri mittaustavat

8.1.1 Liitynnät

Lähtökohtaisesti mittaustapa vaikuttaa suunnitteluvaiheessa lähinnä mittalaitteen kytkemisen kautta:

Manuaalinen mittaus vaatii mitattavaa signaalia varten piirilevylle joko mittapisteen tai –piikin, johon mittalaite kytketään. Joissain tapauksissa mittaukset voidaan suorittaa suoraan komponenttien terminaaleista tai jaloista. Tämä tapa on tosin nykypäivänä usein hankalaa koska useimmissa mobiililaitteissa käytetyissä piireissä piirilevyltiitos tapahtuu juotospaloilla komponentin alapuolelta ja passiivikomponentit (esim. kondensaattorit ja vastukset) ovat erittäin pieniä (jopa 0201 kokoisia komponentteja käytetään varsin yleisesti).

Automaattinen mittauslaitteisto vaatii piirilevylle tietynlaisen liittimen, johon mitattavat signaalit on reititetty. Liittimelle voidaan kytkeä maksimissaan 40 signaalia, joten liitin itsessään on verraten iso ja vaatii näin ollen ison alueen piirilevyltä. Lisäksi liittimelle tuotavat, mitattavat signaalit vaativat piirilevyltä ylimääräistä tilaa johdotusta varten.

8.1.2 Testiaika

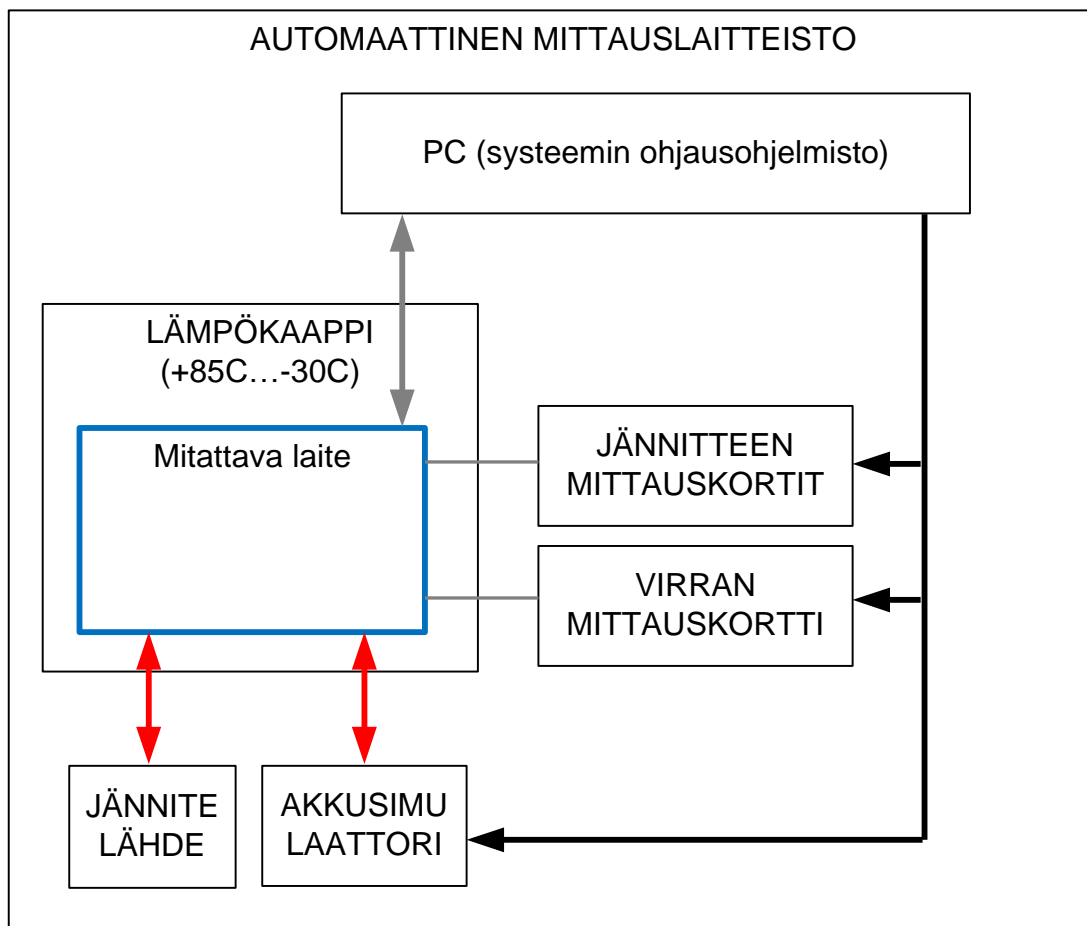
Testiajan suhteen automaattinen mittaus on manuaaliseen mittaukseen nähden ylivoimainen. Ero korostuu varsinkin, jos mitattavien signaalien määrä on suurempi kuin tyypillisen oskilloskoopin kanavaluku (yleensä neljä kanavaa, joissain malleissa kahdeksan). Käytetyssä automaattisessa mittalaitteistossa on 64 jännitteenmittauskanavaa ja 4 virranmittauskanavaa, lisäksi kanavien lukumäärää voidaan kasvattaa lisäämällä mittauskortteja. Logiikka-analysaattoreissa on tyypillisesti enemmän kanavia kuin oskilloskoopissa, mutta sitä käytetään pääasiassa siirrettävän datan eli signaalien loogisten tilojen monitorointiin. Loogisten tilojen seuraaminen ei kuitenkaan ole kyseessä olevien mittausten tarkoitus.

8.1.3 Käytön variaatiot

Erityistapauksissa automaattimittauslaitteistolla voidaan samasta signaalista mitata sen looginen taso ja sen analogiset parametrit reitittämällä signaali mittalaitteiston sisällä kahteen paikkaan. Oskilloskoopilla mitattaessa tämä vaatii kahden eri kanavan käyttöä.

8.1.4 Monipuolisuus

Mittausten toistettavuudessa automaattinen mittalaitteisto on luotettavampi ja laadukkaampi: mittaus tapahtuu aina samasta paikasta, samoilla mittaliittimillä ja johdotuksilla, samoilla mittausasetuksilla (laitteiston ohjauksikoodissa määritelty: näytteenottotaajuus, DC-offset, etc.), samoilla liipaisuasetuksilla (trigger) ja myös tulosten formaatti on aina sama. Automaattisen mittalaitteiston ohjaus kontrolloi myös muita mittauksessa oleellisia muuttujia, kuten mitattavan laitteen syöttöjännite (eli akkujännite, ulkoisesta jännitelähteestä) ja mittauslämpötila. Näitäkin muuttujia voidaan kontrolloida toisistaan riippumattomasti. Joissain edistyneemmissä oskilloskoopeissa on asetusten tallennus ja uudelleenkäyttö mahdollista. Täyttä varmuutta siitä, että täsmälleen samanlaisia mittapäitä käytetään uusinta-/vertailumittauksissa, ei saada, ellei tietoa ole aiempiin tuloksiin tarkoin kirjattu.

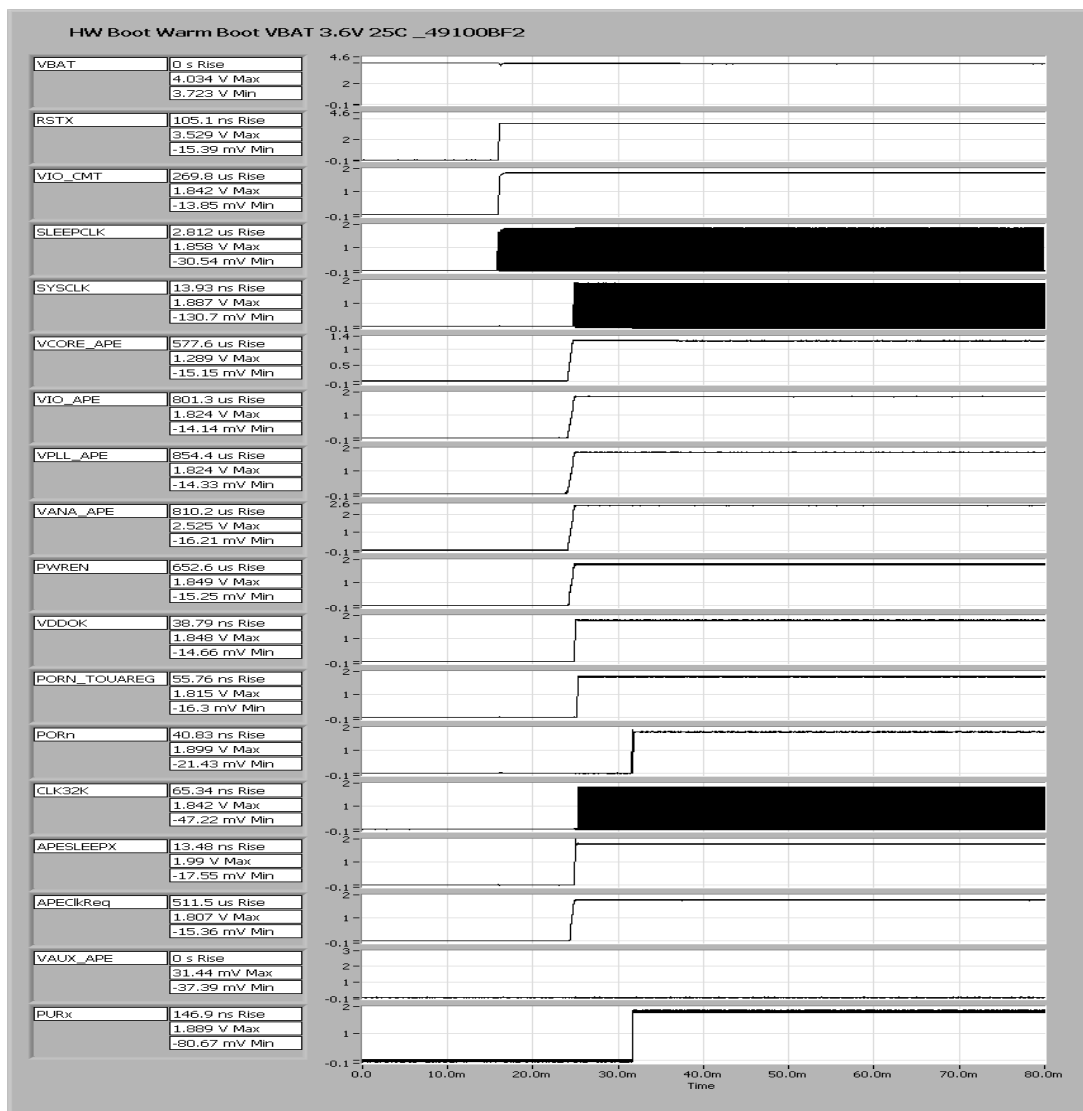


Kuva 4. Automaattisen testilaitteiston periaatekuva

8.2 Mittausesimerkki

8.2.1 Automaattinen mittaus

Esimerkkinä alla on erään mobiililaitteen käynnistymismittaus. Mittauksessa tarkastellaan tärkeimpien käyttöjännite-, kello- ja kontrollisignaalien toimintaa eli nousujärjestystä, ajoituksia, tasoja ja signaalien muotoja laitteen käynnistyessä. Ohessa tuloksena saatu kuva, tietyllä akkujännitteellä ja tietyssä lämpötilassa, Kuva 5:



Kuva 5. Mobiililaitteen käynnistymismittauksen tulos kuvana

Lisäksi tuloksena saadaan ote kunkin mitattavan signaalin halutuista parametreista taulukkomuodossa (kaikille parametreille ei testauksen tässä vaiheessa vielä ole määritely läpäisy- ja hylkäyskriteerejä):

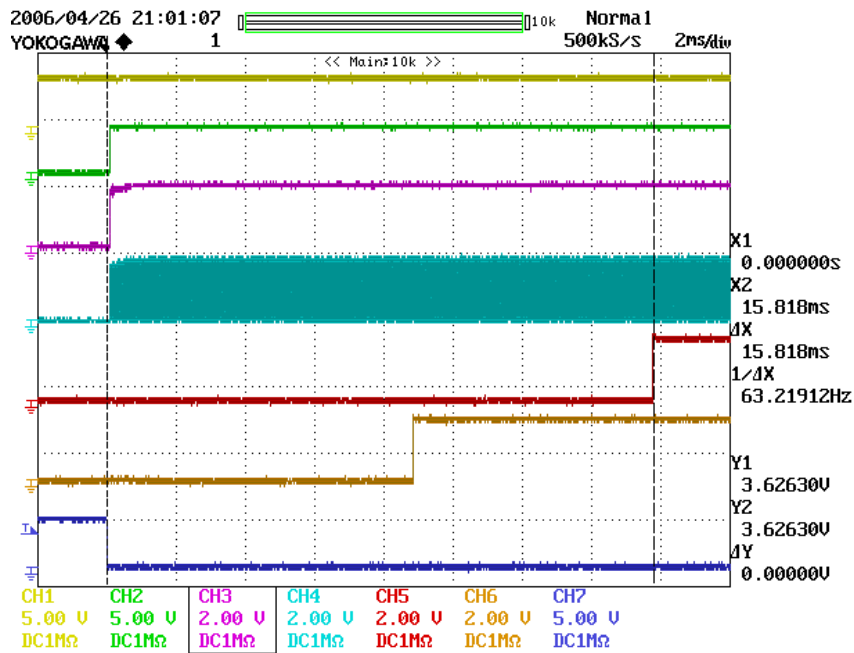
| Measurement | | 25 | Min | Max | Unit |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|------|
| VBAT Voltage Max | Passed | 4.034 | | 4.6 | V |
| VBAT Voltage Min | Passed | 3.723 | 3 | | V |
| RSTX Voltage Max | Passed | 3.529 | | | V |
| VIO_CMT Voltage Max | Passed | 1.842 | 1.72 | 1.92 | V |
| SLEEPCLK Voltage Max | Passed | 1.858 | | | V |
| SYSCLK Voltage Max | Passed | 1.887 | | | V |
| PURx Voltage Max | Passed | 1.889 | | | V |
| VCORE_APE Voltage Max | Passed | 1.289 | 1 | 1.45 | V |
| VIO_APE Voltage Max | Passed | 1.824 | 1.746 | 1.854 | V |
| VPLL_APE Voltage Max | Passed | 1.824 | 1.746 | 1.854 | V |

| | | | | | |
|---------------------------|--------|-------------|-------|-------|---|
| VANA_APE Voltage Max | Passed | 2.525 | 2.375 | 2.625 | V |
| PWREN Voltage Max | Passed | 1.849 | | | V |
| VDDOK Voltage Max | Passed | 1.848 | | | V |
| PORN_TOUAREG1 Voltage Max | Passed | 1.815 | | | V |
| PORn Voltage Max | Passed | 1.899 | | | V |
| CLK32K Voltage Max | Passed | 1.842 | | | V |
| APESLEEPX Voltage Max | Passed | 1.990 | | | V |
| APECIkReq Voltage Max | Passed | 1.807 | | | V |
| RSTX Rise Time | Passed | 0.000000105 | | | s |
| VIO_CMT Rise Time | Passed | 0.000269796 | | | s |
| SLEEPCLK Rise Time | Passed | 0.000002812 | | | s |
| SYSCLK Rise Time | Passed | 0.000000014 | | | s |
| PURx Rise Time | Passed | 0.000000147 | | | s |
| VCORE_APE Rise Time | Passed | 0.000577562 | | | s |
| VIO_APE Rise Time | Passed | 0.000801314 | | | s |
| VPLL_APE Rise Time | Passed | 0.000854418 | | | s |
| VANA_APE Rise Time | Passed | 0.000810176 | | | s |
| PWREN Rise Time | Passed | 0.000652550 | | | s |
| VDDOK Rise Time | Passed | 0.000000039 | | | s |
| PORN_TOUAREG1 Rise Time | Passed | 0.000000056 | | | s |
| PORn Rise Time | Passed | 0.000000041 | | | s |
| CLK32K Rise Time | Passed | 0.000000065 | | | s |
| APESLEEPX Rise Time | Passed | 0.000000013 | | | s |
| APECIkReq Rise Time | Passed | 0.000511515 | | | s |

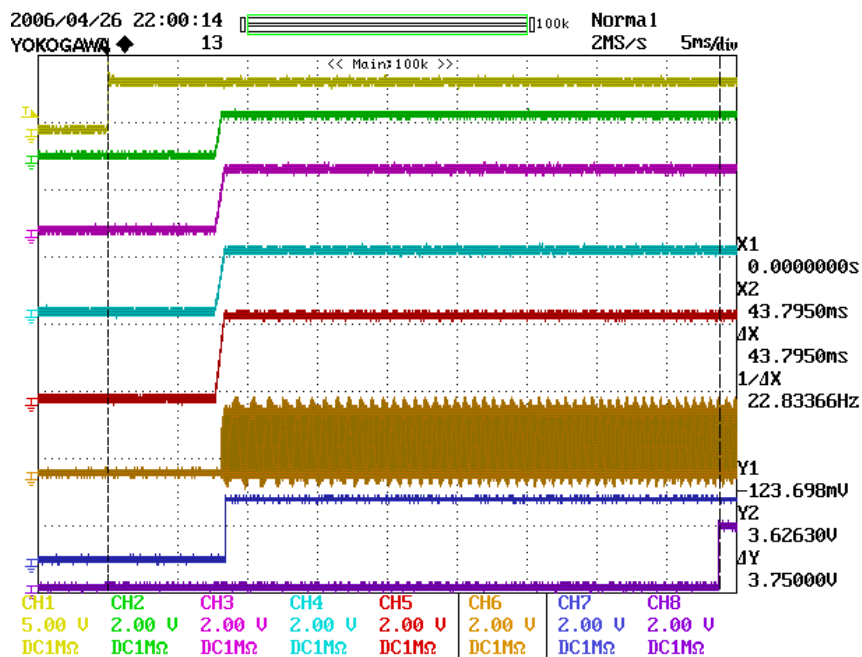
Kuva 6. Ote mobiililaitteen käynnistymismittauksen tulostaulukosta

8.2.2 Manuaalinen mittaus

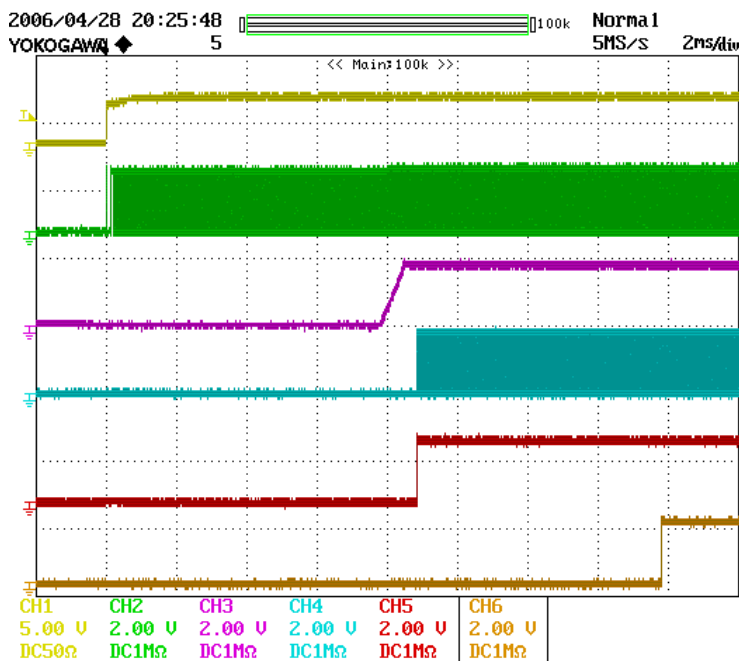
Esimerkkinä alla on kappaleessa 8.2.1 esitetyn automaattisen mittauksen manuaalinen vastine mitattuna 8-kanavaista oskilloskooppia käyttäen. Mittaus hajautuu kolmeen eri kuvaan, joista esimerkiksi tarkkojenajoitusten tai jännitetasojen mittaaminen ei ole mahdollista. Myös koko laitteen käynnistymisen hahmottaminen erillistä kuvista on vaikeampaa kuin yhdestä kuvasta katsottuna. Tämä pätee erityisesti signaalien oikean nousujärjestyksen määrittämiseen.



Kuva 7. Käynnistymisen aikana mitatut signaalit: CH1=VBAT, CH2=RSTX, CH3=VIO_CMT, CH4=SLEEPCLK, CH5=PURX, CH6=PORN_TOUAREG1, CH7=PWRKEY



Kuva 8. Käynnistymisen aikana mitatut signaalit: CH1=RSTX, CH2=VCORE_APE, CH3=VIO_APE, CH4=VPLL_APE, CH5=VOTP_APE, CH6=SYSCLK, CH7=VDDOK, CH8=PORN



Kuva 9. Käynnistymisen aikana mitatut signaalit: CH1=RSTX, CH2=SLEEPCLK, CH3=VIO_APE, CH4=CLK32K, CH5=PORN_TOUAREG1, CH6=PURX

8.3 Tulokset ja niiden analysointi

8.3.1 Tulokset

Eräs automaattisen mittauksen tavoite on tulosraporttien automaattinen generointi. Vaikka kaikkien testien yhteydessä tähän ei ole mittausdatan tai datan formaatin vuoksi päästy, suurimmassa osassa mittauksista tulosraportit syntyvät osana mittaustapahtumaa. Tulosten automaattista tulkintaa ei ole toteutettu eli tulosten manuaalinen katselmus ja arviointi yhä tarvitaan. Testifunktiot olisi mahdollista toteuttaa niin, että testaaminen pysähtyisi tiettyjen rajojen ylittyessä, mutta tämä osaltaan mitätöisi automaattisella testauksella saatavaa hyötyä. Lisäksi tuotekehitysmittausten yhteydessä on tarkoituksena toteuttaa mahdollisimman kattava testaus ja kerätä mahdollisimman paljon tietoa halutuista asioista jatkokehitystä silmälläpitäen.

8.3.2 Testausaika

Aika tulosten saamisesta ja niiden analysoinnista palautteen antamiseen tuotekehitystiimille ja/tai piirinvalmistajalle on erittäin lyhyt, mikäli palautteen aiheuttamat muutokset halutaan saada toteutettua seuraavaan suunnittelukierrokseen. Näin ollen myös tulosten generointi ja helppo tulkittavuus ovat avainasemassa aikataulun pitävyyden kannalta. Jos palaute ei ehdi ajoissa, on mahdollista että tarvittavat muutokset siirtyvät yhden piiriversion yli ja niiden vaikutusten todentaminen viivästyy. Testauksen vaikutuksia aikatauluun on esitetty kappaleessa 9.1.1.

8.3.3 Testikattavuus

Testikattavuus on molemmissa mittauksessa sama, joskin automaattimittauksessa mittaustapahtuman nopeuden ja toistettavuuden johdosta päästään parempaan lopputulokseen: testit voidaan ajaa useammalle testilevyille samassa ajassa kuin manuaalimittaus tehdään yhdelle levyille.

8.3.4 Mittausdata

Yksi automaattisen mittauksen kiistattomista eduista on mittausdatan talletus jälkitarkastelua varten. Oskilloskooppimittauksista talletetaan yleisen käytännön mukaan yksi kuva tietyistä signaaleista tietyllä ajanhetkellä, kun automaattinen mittalaitteisto tallentaa mittausdatan niin että sitä voidaan tarkastella jälkikäteen mm. erilaisia zoomaustoimintoja hyväksikäyttäen: datan tarkasteluun on kehitetty erillinen ohjelma, jonka voi asentaa mille tahansa tietokoneelle ilman muita ohjelmistovaatimuksia ja sillä voi tehdä tarkempaa analyysiä mittausdatasta.

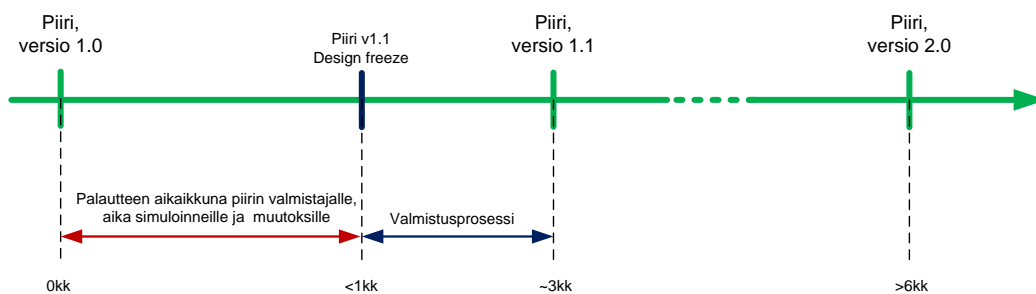
9 AUTOMAATTISEN MITTAUKSEN VAIKUTUKSET

9.1 Positiiviset vaikutukset

9.1.1 Aikataulu

Aikatauluvaikutukset ovat automaattisen mittauksen tapauksessa kiistattomat, joskin hyöty korostuu sitä paremmin mitä useammin testit ajetaan. Kokonaistestiaikataulu lyhenee (Pyhäjärvi & Pöyhönen 2004, 16), joskin suurin hyöty saataneen epäsuorasti: ensimmäiset tulokset uusista piiriversiosta saadaan parhaillaan jopa samana päivänä kun testilevyt on saatu kokoonpanosta ja tämän seurauksena palaute piirivalmistajalle saadaan toimitettua erittäin nopeasti. Nopea palaute on tärkeää, jotta piirivalmistajalle jää riittävästi aikaa paikantaa ongelmakohtat, suunnitella korjaukset ja simuloida mahdolliset vaikutukset sekä toteuttaa tarvittavat korjaukset, katso **Kuva 10** (IC-piirien tyypillinen kehitysaikataulu).

IC-piirin tyypillinen aikataulu eri versioiden välillä



Kuva 10 IC-piirin kehitysaikataulu (esimerkki)

Käytännössä aika palautteen antamiseen eri piiriversioiden välillä vaihtelee riippuen tarvittavista muutoksista ja niiden vaikutuksista koko piirin toimintaan. Erityishuomion näissä laitevalmistajan testeissä saavat löydökset, joita ei piirivalmistajan omassa testauksessa havaita. Käytännössä vikatilanteet löytyvät kun yksittäinen piiri laitetaan toimimaan useamman, niin ikään yksittäisen, piirin kanssa.

Sen lisäksi, että palautetta saadaan nopeasti piirivalmistajalle, saadaan palaute myös laitevalmistajan omalle suunnittelijatiimille. Kuten **Kuva 10** osoittaa, aika kahden eri piiriversion välillä on vähimmilläänkin useita kuukausia ja tietyissä tapauksissa piirin toiminnalliset häiriöt täytyykin kiertää joko piirilevy- ja ulkoisten komponenttien muutoksilla tai ohjelmistoa muokkaamalla.

Kaiken kaikkiaan nopea testipalaute auttaa projektin kokonaisuikataulun hallinnassa ja sen pitävyydessä.

9.1.2 Laatu

Laatu ja sen hinnan määrittely on pitkälti tapauskohtaista ja määrittelijän itsensä mielipide. Tässä tapauksessa voidaan kuitenkin todeta että testattavan elektroniikan laatu paranee, perusteluiksi ainakin seuraavat asiat:

Testikattavuus paranee, kun testifunktiot on kerran rakennettu. Tämän seurauksena kaikki alun perin halutut signaalit testataan, vaikka pääpaino olisikin muutamassa, muuttuneessa signaalissa tai kytkennän osassa. Tätä kautta myös mahdolliset vaikutukset muualle tulevat tarkistettua (Malaiya, 4). Eli vaikutukset joita ei oletettu olevan ja joita ei siksi tietoisesti haeta. Esimerkiksi, kytkennän signaalin x toimintaa on muutettu ja sen uutta toimintaa verifioitaessa automaattisessa testauksessa. Samalla mitataan myös signaalien y ja z toiminta uudestaan, koska niille on valmiit liittynät ja testausrutiinit. Tätä kautta mahdolliset, ei-toivotut, muutokset kytkennän muissa osissa (signaalit y ja z) löytyvät vaikka niitä ei tarkoituksenmukaisesti etsitä.

Yllämainitun toteutuksen vuoksi testausta voidaan laajentaa niin, että testejä ajetaan useammilla testilevyillä. Tätä kautta voidaan yksilövaikutuksia ja –virheitä määrittää ja saada virhetilanteista tietynlaista statistiikkaa korjaustoimenpiteitä koskevien päätösten taustaksi.

Kattavammalla ja laajemmalla testauksella suunnittelu- ja toteutusvaiheen virheet löytyvät ajoissa ja näinollen lopputuloksesta tulee laadukkaampi ja varmemmin toimiva. Myös virheiden korjaamiseen jää enemmän aikaa. Lisäksi automaattinen

testaus helpottaa, kun tutkitaan uusien ohjelmistoversioiden vaikutusta elektroniikan toimintaan. Valmiilla testirutiineilla voidaan nopeasti ja kattavasti todeta ettei uusi ohjelmistoversio aiheuta ei-toivottuja muutoksia laitteen tiettyjen osien toimintaan.

9.1.3 Kustannukset ja käyttöaste

Päällimmäisenä hyötynä nousee esiin testauksen kokonaiskustannus (Pyhäjärvi & Pöyhönen 2004, 19). Kerran pystytetty mittaussysteemi on useamman projektin käytössä ja sama pätee myös toteutettuihin testifunktioihin: yleensä testifunktiot vaativat vain vähän tai ei ollenkaan muutoksia laitteesta tai laitegeneraatiosta toiseen siirryttäessä. Parhaana esimerkkinä lienee erilaisten standardien määrittämien rajapintojen (esimerkiksi USB, I2C) mittaus: kertaalleen rakennettu mittausjärjestely läpisyrajoineen käy suoraan eri laitteisiin kunhan huolehditaan, että mittalaitteiston liityntä mitattavaan laitteeseen pysyy samanlaisena.

Suorat kustannusvaikutukset näkyvät projektin kokonaisuikataulun lyhentymisenä, testaukseen käytetyn ajan supistumisena ja tietenkin valmiiden laitteiden korjauskustannuksissa sekä laitteen tuotantolinjalla että myynnin jälkeisessä huollossa. Mitä aiemmassa vaiheessa vaiheessa vika löytyy, sitä paremmin se on korjattavissa ja sitä pienempi on kokonaiskustannus (Mensio 2005, 11; Doane & Franzon 1993, 615).

Epäsuoria vaikutuksia, joiden suoraa taloudellista vaikutusta on hyvin vaikeaa, ellei peräti mahdotonta arvioida, ovat esimerkiksi suunnitteluresurssien vapautuminen testauksesta muuhun toimintaan ja mittalaitteiden käyttöasteen paraneminen. Aiemmin aikaa vievän testaustyön manuaalisesti tehneet suunnittelijat vapautuvat muuhun tuotekehitystyöhön (Malaiya, 1) toki edellyttäen, että testaus ei ole kokonaan erillisen testitiimin vastuulla. Lisäksi automaattinen testilaitte on väsymätön ja inhimillisten tekijöiden aiheuttamat erot on periaatteessa poistettu: ketjuttamalla useita testifunktioita peräkkäin tai ajamalla samaa testiä useamman kerran peräkkäin (enemmän tilastoitavaa dataa testauksesta), voidaan mittalaitteisto jättää toimintaan esimerkiksi yön yli tai jopa pidemmäksikin aikaa. Yleisellä tasolla resurssien ja tilojen ajallinen käyttö tehostuu. On siis myös havaittu, että mitä

aiemmassa vaiheessa virheet löytyvät, sitä pienemmillä kustannuksilla niistä selvittää.

9.2 Negatiiviset vaikutukset ja rajoitteet

Automaattisen testauksen rajoitteista ja negatiivisista puolista voidaan nostaa esiin mittalaitteiden liittynät: levyyn liitytään tietynlaisen liittimen kautta ja se seurauksena kaikki mitattavat signaalit on piirilevyllä johdotettava samaan paikkaan. Tämä taas aiheuttaa muutoksia koko kytkennän osasijoitteluun ja sitä kautta muutoksia piirilevyvetojen pituuteen, paksuuteen ja reititykseen. Nämä muutokset taas puolestaan saattavat vaikuttaa kytkennän sähköiseen toimintaan ja lisätä häiriöiden kytkeytymistä kytkennän muista osista.

Manuaalisesti mitattaessa kaikkia signaaleja ei tarvitse kerätä kootusti tietylle liittimelle. Piirilevyllä voidaan lisätä mittapisteitä tai osa mittauksista voidaan suorittaa suoraan komponenteilta: tämä onkin yleisesti käytetty vaihtoehto laitteiden huoltomittauksia silmälläpitäen. Komponentilta suoraan mittaaminen ei tosin aina ole mahdollista fyysisten rajoitteiden (koko, terminaalien sijainti) vuoksi.

Itse mittauslaitteistoon liittyviä potentiaalisia virhepaikkoja ovat virheet mittausohjelmistossa (laskenta, datan käsittely ja muunnokset) tai –funktioissa: nämä virheet kopioituvat kun mittauslaitteistoa ja –ohjelmistoa otetaan käyttöön uudessa toimipisteessä. Lisäksi automatisoitu tulosten tulkinta sisältää tiettyjä heikkouksia: laitteisto havaitsee vain poikkeamat tiettyjen määriteltyjen rajojen yli ja tiettyyn suuntaan, muut mahdolliset määrittelemättömät vikatilanteet menevät ohi. Osa tämänkaltaisista virheistä löytyisi ihmissilmällä välittömästi. Jos esimerkiksi halutaan varmistua, ettei jännite tietyssä pisteessä laske tietyn rajan alle, asetetaan testin läpäisyraja niin ettei jännite saa mennä kyseisen rajan alle. Jos jännite jostain syystä samassa mittauksessa nousee maksimirajan yli, niin mittaus ei tätä paljasta, mutta jännitekäyrän silmämääräisellä tarkastelulla tämä havaittaisiin heti.

10 YHTEENVETO

Tämän tutkimustyön lähtökohta oli selvittää elektroniikan tuotekehityksen aikaisen testauksen haasteita ja sitä kautta perustella tarvetta testauksen automatisoinnille. Lisäksi näkökulmaa haettiin testauksen automatisoinnin mahdollisuuksia ja rajoitteita pohtimalla. Edellä mainittujen asioiden summana päädyttiin arvioon testauksen automatisoinnin vaikutuksista tuotekehityksen aikatauluun, laatuun ja kustannuksiin.

Elektroniikan tuotekehityksen haasteista merkittävimmit nousivat entistä lyhyemmät tuotekehityssykli, tuotteiden suurempi kompleksisuus, valmiina kokonaisuuksina hankittujen lohkojen lisääntyvä määrä ja useiden eri valmistajien osien käyttö. Käytännössä tiukemmat aikataulut ovat johtaneet siihen, että valmiiden kokonaisuuksien määrää on pyritty lisäämään ja sekä kustannus- että osien saatavuuspaineiden seurauksena saman toiminnallisuuden toteuttavia lohkoja otetaan useammalta valmistajalta. Näiden, usein monenlaisia toimintoja sisältävien lohkojen integrointi jo ennestään kompleksisiin tuotteisiin vaatii huolellista testausta koko laitteen eri toimintatilojen ja eri valmistajien piirien/lohkojen yhteensopivuuden varmistamiseksi. Tämä kaikki synnyttää tarpeen tehostaa testausta sekä kattavuuden että aikataulun näkökulmasta ja automatisointi antaa mahdollisuuden molempiin.

Koska lohkojen/piirien toiminnallisuus on valmistajien toimesta jo varmistettu ja ne liitetään laitteeseen tiettyjä kiinteästi olemassa olevia rajapintoja käyttäen (esimerkiksi data- ja kontrollisignaalit, kellosignaalit ja käyttöjännitteet), kohdistuu testaus nimenomaan näihin rajapintoihin. Koska kyseiset rajapinnat säilyvät laitteessa samoina, kannattaa niiden testaus automatisoida, sillä niiden toimintaa tullaan tarkastelemaan useaan otteeseen tuotekehityksen aikana: esimerkiksi koko laitteesta tulee uusi versio prosessoripiirin vaihtuessa, eri lohkoista tulee uusia tuotekehitysversioita ja eri lohkojen valmistaja vaihtuu. Yleisesti ottaen juuri näitä, useampaan otteeseen testattavia, toiminnaltaan vakioita tapahtumia kannattaa ottaa automatisoidun testauksen piiriin.

Testauksen automatisoinnin vaikutuksia arvioitaessa havainnot perustuvat pitkälti käytännön työelämässä havaittuihin asioihin ja kolmeen asiaan löytyi automaattisen testauksen kautta selkeä vaikutus: aikataulu, laatu ja kustannukset. Osa vaikutuksista

on tietyllä tapaa abstrakteja (laatu) ja osalle konkreettisista vaikutuksista (kustannus, aikataulu) on hankalaa määritellä tiettyä numeroarvoa riippuvuuksista johtuen.

Testausta ja testikattavuutta automatisoinnin kautta lisäämällä laatu paranee. Kun pientenkin designmuutosten verifiointi tehdään kaikki rajapinnat kattavalla mittauksella, löytyvät mahdolliset ei-toivotut tai –halutut vaikutukset koko kytkennän toimintaan samalla, kun halutut muutokset mittauksissa todetaan. Lisäksi nopeampaa automaattista mittausta hyväksikäyttäen mahdollistetaan useampien laitteiden testaus ja myös ohjelmistoversioiden vaihtuessa on mahdollista tarkkailla muutoksia elektroniikan toiminnassa. Kun automaattinen mittausjärjestelmä on käytössä tuotekehityksen alusta loppuun, saadaan tuotteen eri versioiden toiminnasta varsin paljon keskenään vertailukelpoista dataa muutosten vaikutuksista ja sitä kautta faktoja mahdollisten suunnittelu- ja toteutusvirheiden korjaukseen.

Positiiviset aikataulunvaikutukset ovat myös kiistattomat: kattavammat mittaukset ja nopeampi palaute manuaaliseen mittaukseen verrattuna nopeuttavat tuotekehitystä. Havaitut virheet ja puutteet uusissa tuotekehitysversioissa saadaan tietoon ja korjaukseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja toisaalta tuotekehitysresurssien vapautuminen testauksesta muihin töihin nopeuttaa koko prosessia. Esimerkiksi suunnittelija voi testauksen ajaksi siirtyä toisen projektin pariin tai työstää saman tuotteen seuraavaa tuotekehitysversiota. Resurssien vapautuminen muihin tehtäviin näkyy välillisesti myös kustannussäästönä. Voidaan sanoa, että suunnitteluresurssien vapautuminen, positiiviset aikatauluvaikutukset ja parantunut laatu kaikki omalta osaltaan kuolettavat testilaitteiston pystytyksestä, kehityksestä ja ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, vaikka numeroina saavutettua hyötyä onkin erittäin vaikeaa esittää.

Mittalaitteiston käyttöastetta on mahdollista kasvattaa toteuttamalla testijonoja, jotka voi jättää ajoon esimerkiksi yön tai illan ajaksi. Myös saman testin toistaminen useampaan kertaan on mahdollista. Käyttöastetta parantamalla saadaan myös parempi vaste laitteiston hankinta- ja ylläpitokustannuksille.

Automatisoinnin negatiiviset vaikutukset ovat verraten pienet ja näitä sivuvaikutuksia on mahdollista huolellisella suunnittelutyöllä minimoida. Piirilevyille

tarvittavien mittaliittimien paikka ja sinne menevien signaalien hyvin suunnitellulla reitittämisellä voidaan mahdolliset ylimääräiset kuormitukset ja heijastukset joko poistaa tai pienentää mittausten kannalta merkityksettömiksi. Tietyissä mittauksissa tulosten tulkintaan tarvitaan ihmissilmää, jotta mahdolliset väärin tulkitut tai asetetut testirajat löydetään.

11 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Jatkokehitysmahdollisuuksia kartoitettaessa pääpaino on siinä, kuinka laitteistosta saataisiin irti mahdollisimman suuri hyöty. Kun mittausfunktiot on kertaalleen testiohjelmistoihin toteutettu, aiheutuu pääosa monistamisen kustannuksista mittauslaitteiston ja mahdollisten ohjelmistolisenssien hankinnasta ja sitä kautta katetta voidaan parantaa maksimoimalla mittalaitteiden käyttöaste. Käyttöaste paranee sitä suuremmaksi mitä paremmin testit soveltuvat erilaisten tuotteiden testaukseen eli mitä yleiskäyttöisempiä testit ovat. Ohessa listattuna muutamia ideoita joiden avulla laitteiston käyttöastetta ja käytettävyyttä voitaisiin parantaa.

11.1 Testijärjestelmän monistaminen

Monistamalla kehitetty testijärjestelmä testifunktioineen yhtiön eri tuotekehitysyksiköihin saadaan tietotaitoa jaettua ja testausta nopeutettua. Lisäksi samaa tietokantaa käyttämällä olisi mahdollista jakaa eri yksiköiden toteuttamia mittausohjelmia, mittausdataa ja tiedottaa havaituista virheistä. Tänä päivänä testijärjestelmä onkin käytössä jo useammassa eri yksikössä.

11.2 Mittausrajapintojen määrittely

Määrittelemällä tietyt mittausrajapinnat eli liittynät (liittimet) ja signaalien järjestys on helpompaa rakentaa uusia testifunktioita, koska signaalien kytkentöjä ei tarvitse ohjelmoida aina uudestaan. Osassa testifunktioista näin onkin pyritty tekemään alusta alkaen. Kaikkia signaaleja ei kuitenkaan voida 'jäädyyttää', sillä samojen

toiminnallisuuksien toteutus (eli mitattavien signaalien määrä ja nimet) eri tuotteiden välillä vaihtelee.

Mittausliittimien tyyppi ja signaalien järjestys helpottaa eri tuotteiden kytkettävyyttä mittalaitteistoon: esimerkiksi tietyn tyyppinen 40-pinninen liitin jossa mitattavat kello- ja jännitesignaalit on kytketty ennalta määrättyihin pinneihin.

11.3 Avoin mittapaikka

Mittalaitteiston käyttöastetta voitaisiin nostaa perustamalla kaikille suunnittelijoille avoin mittapaikka. Kytkemällä mitattava laite mittapaikkaan, valitsemalla valikosta tai testilistasta halutut testit ja käynnistämällä mittaus olisi mahdollista saada halutut testitulokset ilman syvällisempää tuntemusta mittausjärjestelmästä tai mittausfunktioiden toteutuksesta. Mittausjärjestelmän kehittäjät vapautuisivat uusien testifunktioiden kehitykseen ja heille jäisi lähinnä ylläpito- ja käyttötukivastuu. Testitulokset voitaisiin tallettaa suoraan haluttuun tietokantaan raportointiin liittyvän työn minimoimiseksi.

11.4 Mittaukset tuotekehitysprosessiin

Suuritöisin, hankalimmin toteutettava ja samalla ehkä suurimman hyödyn antava parannus olisi ajaa automatisoidut mittaukset osaksi tuotekehitysprosessia. Eli käytännössä “standardoida”, mitä mittausfunktioita kullekin tuotteelle ajetaan missäkin tuotekehitysvaiheessa. Mittaukset ja niiden tulokset vaadittaisiin osana eri tuotekehitysetappeja. Tekemällä eri tuotteiden saman toiminnallisuuden sisältäville lohkoille samat mittaukset samankaltaisilla mittalaitteistoilla, voitaisiin tuloksia vertailla keskenään ja samalla saada vertailukelpoista informaatioita kunkin tuotteen elektroniikan kypsytydestä kunkin tuotekehitysetapin yhteydessä.

LÄHTEET

Auvo Häkkinen. 2010. Testauksen automatisointi. Viitattu 17.08.2011

<http://users.metropolia.fi/~hakka/Ohte/Testaus-09.pdf>

Daryll Ann Doane and Paul D. Franzon. 1993. Multichip Module Technologies and Alternatives – The Basics. USA: Van Nostrand Reinhold.

David M. Judge. 1991. Trends in automatic testing of electronics devices. Viitattu 17.08.2011

<http://ieeexplore.ieee.org.lillukka.samk.fi/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=147782>

Hannu Asmala ja Arto Stenberg. 2010. Automaatio-ohjelmistojen laadunhallinta, Testaustekniikat. Luento SAMK:n Automaatioteknologian YAMK-tutkinnon koulutusohjelman Automaatio-ohjelmistojen laadunhallinta –kurssin Testaustekniikat –luento 25.-26.11.2010.

Hannu Asmala, Kari Koskinen, Mika Koskela, Teemu Mätäsniemi, Antti Soini, Mika Strömman, Teemu Tommila ja Janne Valkonen. 2005. Automaatiosovellusten ohjelmistokehitys – Suunnittelun työtavat, sälineet ja sovellusarkkitehtuurit. Helsinki: Suomen AutomaatioSeura (julkaisusarja nro 30).

Jan M. Rabaey, Anantha Chandrakasan and Borivoje Nikolic. 2003. Digital Integrated Circuits – A Design Perspective Second Edition. USA: Prentice Hall

Keith Zambelich. Totally Data-Driven Automated Testing. Viitattu 17.08.2011

http://www.qanc.co.kr/4research_0402_download.htm?data_no=70&name=Totally%20Data-Driven%20Automated%20Testing.pdf

Maaret Pyhäjärvi ja Erkki Pöyhönen. 12.07.2004. Testausvälineet ja testauksen automatisointi. Viitattu 17.08.2011.

http://www.google.fi/url?q=http://users.jyu.fi/~kolli/testaus2006/materiaali/8_TestausvalineetJaTestauksenAutomatisointi_v0_1.ppt&sa=U&ei=sBtZTbW3GNHqObCqv dgE&ved=0CAoQFjAA&usg=AFQjCNGEUTfVT7mAKnzv-BpK5-zQ81GgGA

Manoj Sachdev. 1998. Defect oriented Testing for CMOS. Hollanti: Kluwer Academic Publishers.

Mohammed Ismail and Terri Fiez. 1994. Analog VLSI – Signal and Information Processing. Singapore: McGraw-Hill Book Co.

Olli Mensio. Systeemyö 1/2005 Teema-artikkeli: Testauksen automatisointi on haastellista mutta palkitsevaa. Viitattu 17.08.2011,

<http://www.pcuf.fi/sytyke/lehti/kirj/st20051/ST051-08A.pdf>

Yashwant K. Malaiya. Automatic Test Software. Viitattu 17.08.2011

<http://www.cs.colostate.edu/~malaiya/tools2.pdf>