

Kari Huovinen

TAPCOMMUNICATOR-LAITTEISTON KÄYTTÖNOTTO

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Tietotekniikka
Syksy 2007



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma
Tekijä(t) Kari Huovinen	
Työn nimi TapCommunicator-laitteiston käyttöönotto	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Langaton tiedonsiirto	Ohjaaja(t) Asko Kinnunen Toimeksiantaja Markku Karppinen
Aika Syksy 2007	Sivumäärä ja liitteet 38+14
<p>Insinööriyössä otettiin käyttöön TapCommunicator-laitteisto Kajaanin ammattikorkeakoulun testauslaboratorioon sekä tutkittiin sulautettujen järjestelmien etätestausta koulun tietoverkon kautta. Käyttöön otettu TapCommunicator-laitteisto käsittää kaksi moduulia, Uplink ja Downlink, joiden kautta ajettiin Boundary-Scan-testejä koulun omalle Frodo-opetuskortille. Saaduilla mittaustuloksilla ja käyttökokemuksilla voitiin tutkia etätestaamisen luotettavuutta ja vikadiagnosointia. TapCommunicatorin toiminta perustuu Patrian ja JTAG:n yhteistyössä kehittämään TapSpacer-tekniikkaan, jolla saadaan eliminoitua siirtojohtoviivettä, joka on ollut yksi ongelmatekijä tietoverkon kautta tapahtuvassa Boundary-Scan-menetelmään perustuvassa etätestauksessa. TapCommunicator tekee myös protokollan muunnokset TCP/IP- ja Boundary-Scan-protokollien välillä.</p> <p>TapCommunicator-laitteisto kytkettiin Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkkoon suorakytketyillä verkko-kaapeleilla, ja siihen otettiin yhteys PC-työasemalta TapCommunicator-ohjelmalla. Yhteydenoton jälkeen Boundary-Scan-testejä voitiin ajaa VipManager- ja ProVision-ohjelmilla tietoverkon kautta. Mittauksilla selvitettiin kuinka luotettavaa ja nopeata on tehdä Boundary-Scan-testejä tietoverkon yli TapCommunicator-laitteistolla. Lisäksi tutkittiin, onnistuuko ohjelmiston päivittäminen etäyhteyden kautta. Testauskohteena oli Kajaanin ammattikorkeakoulun Frodo-opetuskortti, joka oli sijoitettu TTL1-laboratoriotilaan ja kytketty Downlinkiin, joka oli kytketty koulun tietoverkkoon.</p> <p>Mittaustuloksista voitiin päätellä, että TapCommunicatorin kautta testejä voidaan tehdä tarpeeksi luotettavasti ja nopeasti, kun käytetään oikeanlaisia TapCommunicator-asetuksia ja TCK-kellotaajuutta. BIST-ohjelman etäpäivittäminen ei onnistunut, koska ProVision-ohjelma jäi suorittamaan ohjelman lataamista yhteyden katkeamiseen asti. Liian suurella TCK-kellotaajuudella tai vääränlaisella virtuaalisoluarvolla Uplink saattoi mennä ”lukkoon”, jolloin se täytyi resetoita virtakytkimen kautta. Myös mittauksia tehdessä yhteys Downlinkiin saattoi katketa ja näin aiheuttaa virheellisen vikailmoituksen testiohjelmassa.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Etätestaus, Boundary-Scan, TapSpacer
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Kari Huovinen	
Title Introducing the TapCommunicator device	
Optional Professional Studies Wireless Communication	Instructor(s) Asko Kinnunen
	Commissioned by Markku Karppinen
Date Autumn 2007	Total Number of Pages and Appendices 38+14
<p>The objective in this Bachelor's thesis was to introduce and study the TapCommunicator device which consists of two different modules, Uplink and Downlink. The thesis was made to the Test Laboratory of Kajaani University of Applied Sciences. In theory, the TapCommunicator device offers an unlimited range to Boundary-Scan testing, because it makes it possible to use a communication network to drive tests. This feature is possible due to the TapSpacer technology which eliminates transmission delay and processes protocol conversions between Boundary-Scan and TCP/IP protocols.</p> <p>Measurements in the thesis were made via the network of the Kajaani University of Applied Sciences. The TapCommunicator device was installed in the network with the straight connect cables and correct IP addresses that match the IP address space of the network. With the TapCommunicator software, connections were formed to the modules and then Boundary-Scan tests were driven with the test software. The main goals were to determine how reliable Boundary-Scan remote testing is in the network of the Kajaani University of Applied Sciences, whether it is possible to update Frodo's BIST software via the network and how much time it takes to run Infrastructure and Interconnect tests.</p> <p>As a result, the TapCommunicator device was successfully introduced and configured to the network of the Kajaani University of Applied Sciences. The measurement results indicate that remote testing is quite reliable and fast enough to meet the requirements of industrial testing. There are still some reliability issues, for example TapCommunicator could break the connection for no reasonable reason. Software updating via the network was not successful either. In the future, the Kajaani University of Applied Sciences should study possibilities for running remote tests via a wireless network and over the Internet to the different network infrastructure.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Remote testing, TapSpacer, Boundary-Scan
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Kiitos JTAG:n Jarkko Salanteelle ja Kajaanin ammattikorkeakoulun Markku Karppiselle sekä Marko Hänniselle kaikesta avusta, jota insinööriyössäni tarvittiin.

Kajaanissa 1.9.2007

Kari Huovinen

LYHENTEET JA KÄYTETYT TERMIT

ASIC	Application Specific Integrated Circuit
CAN	Controller Area Network
CPLD	Complex Programmable Logic Device
DSP	Digital Signal Processor
DUT	Device Under Test
FIFO	First In First Out
FPGA	Field Program Gate Array
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HTML	Hypertext Markup Language
ICT	In-Circuit Test
ICT	Information and Communications Technology
JTAG	Joint Test Action Group
LAN	Local Area Network
PCI	Peripheral Component Interconnect
PLD	Programmable Logic Device
TAP	Test-Access Port
TDI	Test Data In
TDO	Test Data Out
TMS	Test Mode Select

TRST	Test Reset In
WAN	Wide Area Network
WML	Wireless Markup Language
XML	Extensible Markup Language

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 ETÄTESTAAMINEN JA -DIAGNOSTIIKKA	2
2.1 Etätestaaminen erilaisissa sovelluksissa	2
2.2 Boundary-Scan-etätestaus	4
3 TAPCOMMUNICATOR	10
3.1 Yleistä	10
3.2 TapSpacer-tekniikka	15
3.3 Downlinkin integroiminen Frodo-opetuskortille	18
4 TAPCOMMUNICATORIN KÄYTTÖÖNOTTO	19
4.1 Lähtökohdat	19
4.2 Ensimmäinen käyttöönotto irrallisessa lähiverkossa	19
4.3 Moduuleiden firmware-ohjelman päivittäminen	23
4.4 TapCommunicatorin liittäminen Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkkoon	26
5 FRODO-OPETUSKORTIN ETÄTESTAAMINEN	29
5.1 Frodon Boundary-Scan-testaaminen	29
5.2 Boundary-Scan-etätestauksessa kuluvan ajan selvittäminen	30
5.3 Frodo-opetuskortin BIST-ohjelman etäpäivitys	32
5.4 Etätestauksen luotettavuuden selvittäminen	33
6 LOPPUANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET	35
7 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	38
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Insinööriyöaiheena oli TapCommunicator-laitteiston käyttöönotto Kajaanin ammattikorkeakoulun testauslaboratorioon. Tavoitteena oli saada TapCommunicator toimimaan ammattikorkeakoulun tietoverkossa, jolloin sen kautta voitaisiin ajaa Boundary-Scan-testejä etäyhteydellä. Käyttöön otetulla laitteistolla oli tarkoitus ajaa testejä Frodo-opetuskortille, jolloin saataisiin kartoitettua käyttökokemuksia ja laitteiston ominaisuuksia käytännössä.

Tänä päivänä elektroniikan testauksella on erilaiset haasteet kuin 80- ja 90-luvuilla. Siinä missä 80-luvulla laite-, ohjelmisto- ja testauskehitykset tapahtuivat peräkkäisessä järjestyksessä, on tämän vuosikymmenen haaste saada testaus ja sen kehitys luonnolliseksi osaksi laitteen elinkaarta. Tähän mukaan luetaan tuotekehitys, tuotanto ja huolto. Kun testauskehitys tapahtuu rinnan muiden testausosa-alueiden kanssa, saadaan tuotekehitysaikoja lyhyemmiksi ja tällöin tuotteen kilpailukykyä paremmaksi. [1, s. 54.]

Boundary-Scan-testauksesta on tullut suosittua nykypäivän elektroniikan tuotannossa ja kehityksessä. Yksinkertaiset sekä monimutkaiset elektroniikkakortit voidaan tehokkaasti testata käyttämällä IEEE 1149.1 -standardiin (Boundary-Scan) yhteensopivia laitteita tuotesuunnitteluvaiheesta aina sarjatuotantoon asti. Kuitenkin kenttäkäytössä olevan laitteen vikatilanteiden diagnosointiin on rajoitetut mahdollisuudet. Tarkempaa vikaselvitystä varten tuote on täytynyt lähettää huoltolaitokselle tai vikadiagnosointi ja korjaus on toteutettu lähettämällä paikalle huoltohenkilö. [2, s. 1.]

Boundary-Scan-testien etäajaminen tuo uusia mahdollisuuksia perinteisen ”pöytätestauksen” rinnalle, jolloin etäisyydet eivät ole rajoittamassa laitteiston toimivuuden seuraamista ja vikatilanteisiin voidaan puuttua pienemmällä viiveellä. Tällöin myös saadaan huoltokustannuksia minimoitua, kun viallista laitetta ei tarvitse aina tuoda tehtaalle vikadiagnostikaksi ja korjattavaksi. Myös laitteiston ohjelmiston päivittäminen voidaan hoitaa etänä. Esimerkiksi langattomalla yhteydellä varustettu laite voi ilmoittaa kentältä havaitsemastaan viasta huoltopisteesseen, jossa analysoidaan laitteen lähettämät tiedot. Saatujen tietojen pohjalta voidaan tarvittaessa lähettää varaosat ja huoltomies paikalle korjaamaan laitteen viat.

2 ETÄTESTAAMINEN JA -DIAGNOSTIIKKA

2.1 Etätestaaminen erilaisissa sovelluksissa

Tässä osiossa käsitellään eri aloilla olevia etätetaus- ja etädiagnostiikkasovelluksia. Tarkoituksena on luoda mielikuva etäjärjestelmien tarpeellisuudesta ja siitä, miten monipuolisesti niitä on hyödynnetty erilaisissa sovelluksissa.

Rahtilaivojen lastiluukkujen kunnonvalvonta

Koska merillä liikkuvilla rahtilaivoilla on koko ajan vähemmän henkilöstöä, on laivan kunnon valvonta heikentynyt eikä tämän takia huoltotöihin osata heti puuttua matkan aikana. Tämän takia täytyy jotenkin voida valvoa laivankuntoa etänä, jolloin laivan saapuessa satamaan korjaushenkilökunta ja varaosat olisivat valmiina odottamassa. Tämä taas lyhentäisi huolto- ja korjausaikoja. MacGregor Oy on kehittänyt tätä varten rahtilaivojen lastiluukkujen etädiagnostiikkajärjestelmän, jolla viat ja huollontarpeet pyritään havaitsemaan erilaisilla antureilla.

Antureilta signaalit tulevat keskustietokoneelle joko WLAN-yhteydellä tai CAN-väylää pitkin. CAN-väylään voidaan myös kytkeä lisälaitteita ja antureita. Antureiden tiedot lähetetään mantereelle GSM- tai satelliittiyhteydellä tiedonhallinta- ja toiminnanohjauskeskukselle, joka sijaitsee Suomessa Kaarinassa. Keskuksessa vastaanotetut tiedot analysoidaan ja toimitaan niiden mukaan. Tämäkään järjestelmä ei ole ollut täysin ongelmaton, sillä ongelmia on lähinnä ollut tietoliikenneyhteyksien hoitamisessa. [3, s. 57.]

Metsäkoneiden etädiagnostiikka

Yhtenä etätetaus- ja etädiagnostiikkaesimerkinä Ponsse-yritys on itse kehittänyt omiin metsäkoneisiinsa mittalaite- ja ohjausjärjestelmän, jonka kautta voidaan avata etäyhteys huoltopisteeseen GPRS:n kautta. Kuvassa 1 on esitetty huoltopisteessä työskentelevä henkilö, joka voi tunnistaa etäyhteyden kautta mahdolliset viat ja toimintahäiriöt, ja antaa kuljettajalle neuvoja ongelman korjaamiseksi tai jopa korjata ne etänä. Myös ohjelmistopäivitykset voidaan suorittaa etäyhteyden kautta. [4, s. 7–8]



Kuva 1. Ponssen etähuoltopalvelu. [4.]

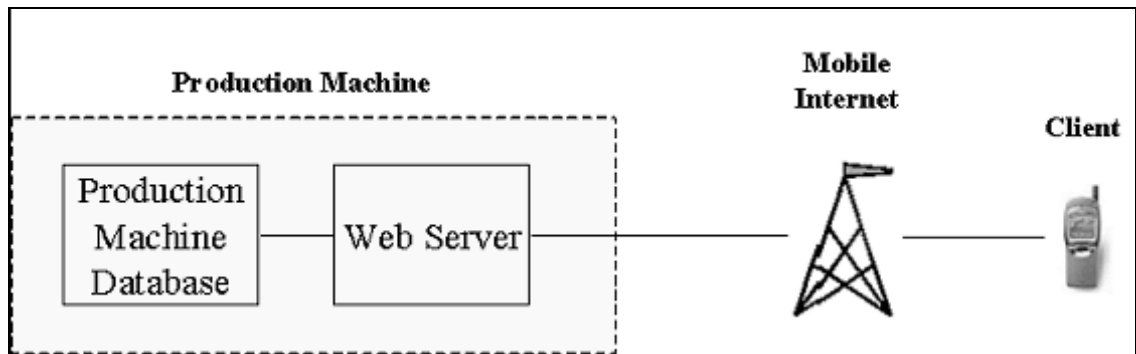
Tuotantokoneen langaton etädiagnostiikka

Kentällä olevan tuotantokoneen kunnon tilasta täytyy saada oleellista tietoa kunnossapidon ja liiketoiminnan hallinnan kannalta. Langatonta tiedonsiirtoa hyväksi käyttäen voidaan usean koneen diagnostiikka suorittaa etänä ja näin tarkkailla koneiden tiloja. Langaton yhteys tarjoaa myös monia etuja, kuten: [5, s. 1.]

- Ajan säästö.
- Suora yhteys koneisiin, vaikka ne olisivat vaikeiden kulkuyhteyksien takana.
- Tarpeettomien operaattorille tehtyjen kyselyiden väheneminen.

Kuvassa 2 on esitetty järjestelmä, jolla voidaan hallita useiden erilaisten päätelaitteiden, kuten matkapuhelimen ja kämmenmikron kautta tehtyjä kyselyjä tuotantokoneympäristössä. Käyttäjän, joka kysyy tietoa tuotantokoneen tilasta, tulee saada sama tieto päätelaitteen tyypistä riippumatta. Diagnostiikkatiedon siirtäminen päätelaitteelle voi tapahtua esimerkiksi NET-ympäristön tarjoamaa Webservice-tekniikkaa hyväksikäyttämällä, sillä yleensä raportointityökalut eivät ole suunniteltu toimimaan liikkuvien päätelaitteiden kanssa. [5, s. 1]

Tulokset esitetään käyttäjälle XML-, HTML- tai WML-muodossa riippuen käytettävästä päätelaitteesta [5, s.5].



Kuva 2. Järjestelmäkuva, jossa tuotantokone (Production Machine) ja asiakas (Client), joka on mobiili eli liikkuva. [5, s.4.]

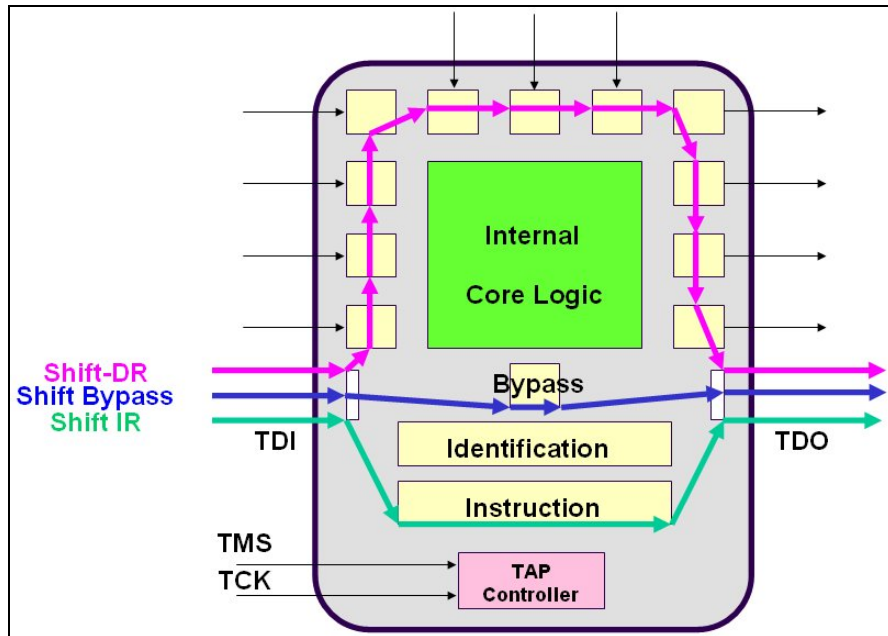
2.2 Boundary-Scan-etätestaus

IEEE 1149.1-Boundary-Scan

Boundary-Scan-testaaminen ja JTAG-liitäntä kehitettiin 80-luvun puolessavälissä ratkaisuksi piirilevyjen testaamisessa ilmenneisiin ongelmiin, jotka johtuivat uusista ja pienenevistä komponenttipakkauksista. Boundary-Scan-standardiksi vakiintui vuonna 1990 IEEE 1149.1, joka tarjoaa liittynän monimutkaisten kokoonpanojen testaamiseen, virheenetsintään ja järjestelmässä olevan laitteen ohjelmointiin sekä laiteongelmien diagnosointiin. [6.]

Boundary-Scan-testaamisen myötä kortin fyysisten testauspisteiden tarve on poistunut tai suuresti vähentynyt. Tämä taas johtaa merkittäviin säästöihin, jolloin tuloksena ovat yksinkertaisemmat elektroniikan piirikorttiarkkitehtuurit, halvemmat testauskalustot, in-circuit-testauksen nopeutuminen, standardin mukaisten liitäntöjen käytön lisääntyminen ja valmiin tuotteen markkinoille pääsyn nopeutuminen. Lisäksi Boundary-Scan sallii melkein kaiken tyyppisten piirikortille ladottujen CPLD-piirien ja FLASH-muistien ohjelmoinnin, riippumatta niiden koosta tai kotelotyyppistä. Järjestelmän sisäinen ohjelmointi (In-System Programming) säästää rahaa ja parantaa linjaston suorituskapasiteettia vähentämällä laitteiden käsitteilyä, yksinkertaistamalla tavaraluettelon hallintaa ja yhdistämällä ohjelmoinnin vaiheet kortin tuotantolinjalle. [6.]

Kuvassa 3 on esitetty Boundary-Scan-piirin rakenneperiaate mikropiirin sisällä. IEEE 1149.1 -standardissa on määritetty Boundary-Scan-piirin rakenne, joka käsittää TAP-liitännän, TAP-ohjaimen, käskyrekisterin, testidaterekisterit ja käskykannan.



Kuva 3. Boundary-Scan-piirin rakenne mikropiirin sisällä. [7, s. 8.]

IEEE 1149.1 -standardissa on määritetty viisi signaalia:

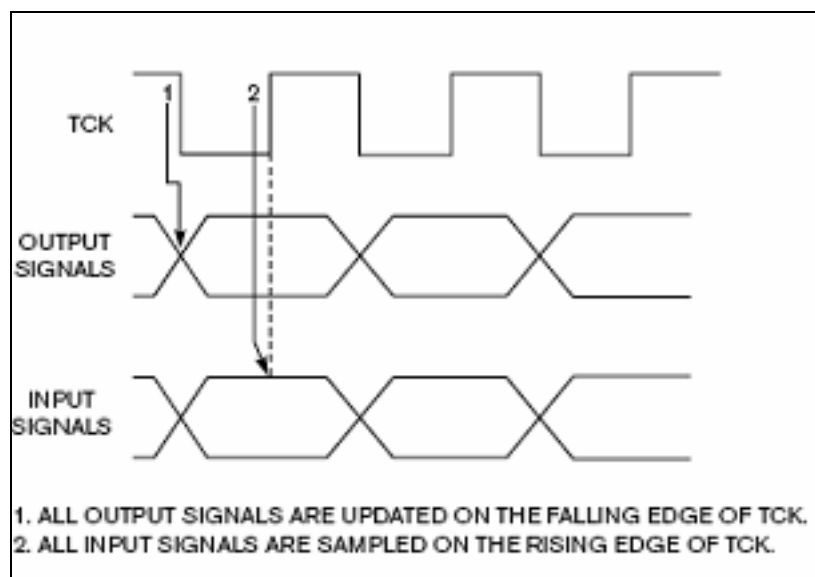
- TDI (Test Data Input). Testidatasisääntulo, joka on sarjamuotoisen datan sisääntulo.
- TDO (Test Data Output). Testidatavulostulo, joka on sarjamuotoisen datan ulostulo.
- TCK (Test Clock Input). Kellosignaali, joka synkronoi sarjaväylän.
- TMS (Test Mode Select). TAP-ohjaimen ohjaussignaali.
- TSRT (Test Logic Reset). TAP-ohjaimen reset-signaali. Ainoa signaali, joka on valinnainen.

TAP-liitännän kautta pääsee käsiksi monimutkaisiin integroituihin piireihin, kuten mikroprosessoreihin, DSP-, ASIC- ja CPLD-piireihin. Boundary-Scan-yhteensopiva IC-piiri sisältää siirtorekistereitä ja tilakoneen suorittaakseen Boundary-Scan-toimintoja. Piirille TDI-pinnan kautta tuleva data on varastoituna käskyrekisteriin tai yhteen datarekistereistä. Sarjadata lähtee sirulta TDO-pinnan kautta. Boundary-Scan-logiikka ajastetaan TCK-signaalin avulla, kun taas

TMS-signaali ohjaa TAP-ohjaimen tilaa. Valinnaisella TRST-signaalin nolatilalla laitteisto voidaan resetoida. [7.]

Boundary-Scan-etätestaus

Normaalissa kaapeleiden kautta suoritettavassa testauksessa Boundary-Scan-toiminnot tapahtuvat synkronisessa prosessissa, kuten kuvassa 4 on esitettyä. Testausohjain ja DUT näytteistävät kaikki sisääntulot TCK-signaalin nousevalla reunalla. Sisääntulot käsittävät TDI:n ja TMS:n testattavassa laitteessa ja TDO:n testiohjaimessa.



Kuva 4. Boundary-Scan-testisignaalien synkroniset ajoitukset normaalissa pöytätestauksessa. [8.]

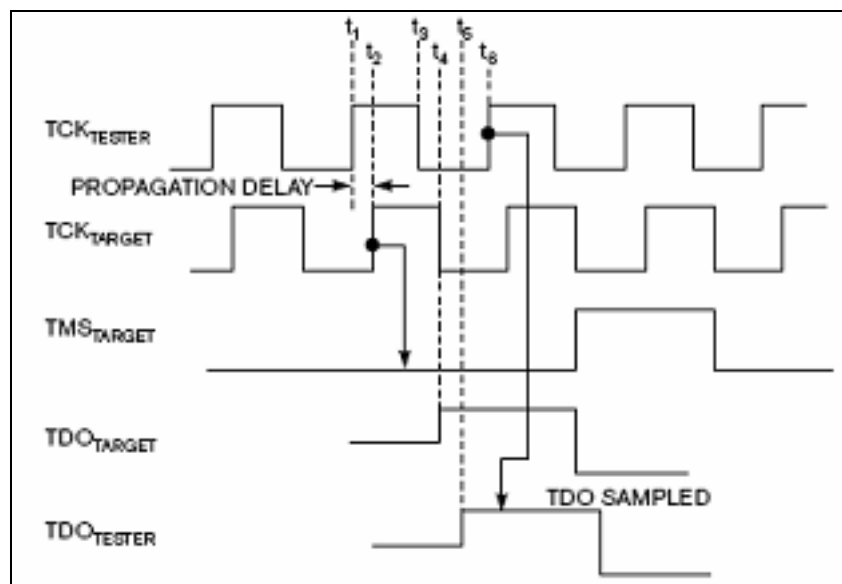
Samalla tavalla ohjain ja DUT päivittävät kaikki ulostulot TCK-signaalin laskevalla reunalla. Nämä ulostulot käsittävät TDO:n DUT:ssa ja TDI:n ja TMS:n testerissä. TCK:n laskeva reuna aiheuttaa myös DUT:ia siirtämään ulos sen TDO-signaalia. Seuraavalla nousevalla TCK:n reunalla Boundary-Scan-ohjain näytteistää TDO-signaalista testitulokset bitti kerrallaan. [8.]

Boundary-Scanin etäkäyttö vaatii vain TMS- ja TDI-bittien siirron ohjaimelta testattavalle laitteelle jokaisella TCK-taajuuskierroksella. Downlink-moduuli muodostaa paikallisen kello-taajuuden TDI:stä ja TMS:stä saaduista tiedoista. Näin ollen Uplink ei lähetä kellotaajuustietoa kohteeseen. Downlinkissä muodostettu paikallinen kellotaajuus toimii vain testauksen ajan, eikä DUT:n normaalin käytön aikana. [8.]

Tällaista tapaa käytettäessä tarvitaan virrehavainnointia ja -korjausta. Oikeaksi todennetusta vastaanotetusta paketista Downlink uudelleenmuodostaa TDI-, TMS- ja TCK-signaalit ja kytkee ne kohteen Boundary-Scan-ketjuun. Downlink vuorostaan lähettää TDO-signaalin Uplinkille, joka dekodaa tietopaketin ja synkronoi vastaanotetun TDO-signaalin testausohjaimelle, jotta sitä voidaan verrata odotettavissa olevaan TDO-tietoon. [8.]

Etenemisviive

Boundary-Scan-toimintojen ajoitusten vaihtelu etäkäytössä johtuu samoista asioista kuin suorassa viisijohdinyhteydessä. Etätestauksen ajoituksia selittäessä on helpompaa ensiksi tutustua suoran yhteyden etenemisviiveen vaikutuksiin. Kuvassa 5 on esitetty etenemisviiveen muodostuminen Boundary-Scan-testauksessa.



Kuva 5. Etenemisviiveen muodostuminen. [8.]

Boundary-Scan-ohjaimen synkroninen toiminta rajoittaa käytettävän kaapelin pituuden, jolla yhdistetään ohjain DUT:iin. Sallittu kaapelin pituus riippuu suoraan TCK-signaalin taajuudesta, kuten kuvassa 4 on esitetty. Kuvassa esitetty viive signaalien TCK_{TESTER} (t₁) ja TCK_{TARGET} (t₂) välillä on kaapelin etenemisviive. TCK_{TARGET}-signaalin nousevalla reunalla ajanhetkellä t₂, kohde (testattava laite DUT) näytteistää TMS- ja TDI-linjat. Ajanhetkellä t₄ TCK_{TARGET}-signaalin laskevalla reunalla kohde päivittää TDO:n ulostulot ja siirtää ne kaapeliin. Viiveestä johtuen uusi TDO-tieto saavuttaa ohjaimen ajanhetkellä t₅. Testiohjain näytteistää uuden TDO-tiedon TCK_{TESTER}-signaalin nousevalla reunalla ajanhetkellä t₆. Näin ol-

len TDO-signaalille varattu kulkemisaika kohteen viimeisestä Boundary-Scan-ulostulosta testiohjaimelle on puolen TCK-jakson verran. [8.]

Etenemisviiveen vaikutusta kaapelin pituuteen voidaan demonstroida esimerkillä: Oletetaan TCK-taajuudeksi 10 MHz tai 100 ns jakso. Tällöin TDO-tiedon täytyy kulkea ketjun viimeisestä DUT:sta testiohjaimelle korkeintaan 50 nanosekunnissa. Ja kun oletetaan kaapelin etenemisviiveeksi 5 ns/metri, täytyy käyttää korkeintaan 10 metrin mittaista kaapelia. [8.]

Oletetaan, että käytetään etäkohdejärjestelmää ja viivettä ei voi hallita. Jos tietoverkon yhteys aiheuttaa 100 ms:n viiveen, voidaan tällöin käyttää maksimissaan 5 Hz:n TCK-taajuutta. Tämä voidaan laskea kaavalla 1 seuraavasti:

$$f_{TCK} = \frac{1}{100ms} \cdot 0,5 = 5 \text{ Hz} \quad (1)$$

Alhainen TCK-taajuus aiheuttaa todella pitkiä testiajoja. Tämän takia järjestelmän, joka nojaa pitkiin kaapeleihin tai kärsii tietoverkon viiveistä, täytyy tarjota keinot viiveen poistamiseen ilman, että tapahtuu suuria testiaikojen alenemisiä. [8.] Tätä varten on kehitetty TapSpacer-tekniikka, jota käsitellään tässä insinöörityössä sivuilla 15–17.

Ratkaistavat ongelmat

Suurin ongelma testidatan viemiseksi Boundary-Scan-siirtolinjan kautta on sellainen tilanne, missä testi ei mene läpi testattavassa laitteessa, jolloin testaaja ei voi tietää, johtuuko tämä laitteen viasta vai vastaanotetun datan vääristymisestä. IEEE 1149.1 -standardi ei tarjoa siirtovirheen havainnointia eikä vääristyneen tai puuttuvan datan uudelleenlähetyttä. Kuitenkin siirrettävän tiedon todentaminen on tärkeää, varsinkin jos linjaa käytetään todellisen järjestelmän kanssa. Virreehävainnointiin ja korjaukseen on määritelty IEEE 1149.5 MTM (Maintenance Test Module) -standardi, mutta tämä on lakkautettu, koska kaupallisia laitteita ja ohjelmia ei koskaan toteutettu sille. [9.]

Yhtenä ongelmana on ollut myös, että IEEE 1149.1 -standardi ei tarjoa salausta. Tämä ongelma on kasvanut FPGA-piirien käytön yleistyessä, sillä piirit konfiguroidaan käyttämällä IEEE 1149.1 -testi-infrastruktuurin bittivirtaa. Tämä on erityinen huolenaihe, kun päivitetään etäyhteydellä ”kentällä” käytössä olevaa FPGA-sovelluksen ohjelmaa. [9.]

Salausongelma voitaisiin poistaa, jos olisi mahdollista salata konfigurointidata testauspäätteellä ja purkaa salaus kohdelaitteella. Tämä on mahdollista TapCommunicator-laitteistolla, johon tässä insinööriyössä palataan myöhemmin. Ennen TapCommunicatoria Boundary-Scan-testaaminen tapahtui testattavan laitteen lähellä. Kantomatkan rajoitusta voitiin kiertää käyttämällä laitteita, jotka muuttivat testikellon vaihetta tai taajuutta sekä käyttämällä JTAG Technologiesin valmistamia toistimia. Käytännössä kuitenkin ilmeni erilaisia ongelmia, jolloin jouduttiin toimimaan rajoitetun kantomatkan sisällä. [9.]

3 TAPCOMMUNICATOR

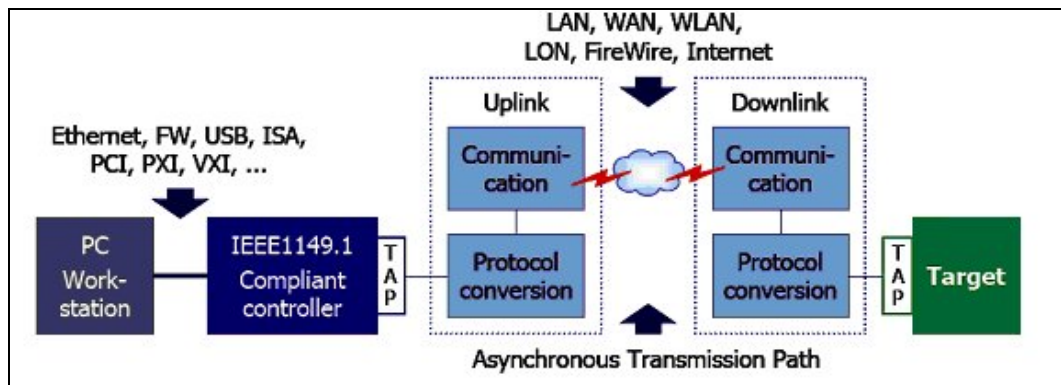
3.1 Yleistä

TapCommunicator on JTAG:n ja Patrian yhteistyössä kehittämä etätetauslaitteisto, joka mahdollistaa Boundary-Scan-testien ajamisen Internetin, eri tietoverkkotyypin (esim. LAN, WAN) ja tekniikoiden kautta (satelliitit, langattomat yhteydet). TapCommunicator koostuu kahdesta moduulista, Uplinkistä (JT2143) ja Downlinkistä (JT2144). Uplink-moduuli, joka on kytkettynä JT3710-kontrolleriin, on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Uplink kytkettynä JT3710-kontrolleriin.

TapCommunicator mahdollistaa laitteiden Boundary-Scan-etätetauksen suorittamisen jopa 40 MHz:n testikellotaajuudella ja teoriassa rajoittamattomalla etäisyydellä asynkronisten verkkopolkujen kautta. Kuvassa 7 on esitetty lohkoaviokuva, josta käy ilmi eri siirtotietoväylät ja Boundary-Scan-ohjaimen liitännämuodot, joiden kautta TapCommunicator voi hoitaa liikennöinnin.



Kuva 7. TapCommunicatorin eri liitäntä- ja siirtotiemahdollisuudet. [10, s. 3.]

Kuvasta 7 nähdään, että PC-työasema ja IEEE 1149.1 -yhteensopiva ohjain voidaan liittää toisiinsa eri liitäntämenetelmillä, kuten lähiverkon, USB:n, valokuidun ja PCI-väylän kautta. Boundary-Scan-ohjaimen ja testattavan laitteen välisen liikenteen hoitavat Uplink- ja Downlink-moduulit toimivat seuraavanlaisesti: [10, s. 3.]

- Uplink-moduuli toimii ohjaimena, ja siinä tapahtuu protokollan muunnos ja kommunikointi.
- Downlink-moduuli toimii kohteena, ja siinä tapahtuu protokollan muunnos ja kommunikointi.

TapCommunicatorin kautta siirtyvien Boundary-Scan-signaalien oikeellisuuteen vaikuttaa käytettävä tietoverkko. Tietoverkoissa käytettävät verkkoprotokollat tyypillisesti sisältävät virheenkorjauksen ja uudelleenlähetyismahdollisuuden. TapCommunicatorin toiminta-alue, saatavuus ja luotettavuus on rajattu vain käytettävän tietoverkon asettamiin rajoihin.

TapCommunicatorin edut

TapCommunicator tarjoaa tiettyjä etuja verrattuna perinteiseen Boundary-Scan-pöytätestaukseen, joka tapahtui testattavan laitteen läheisyydessä: [11, s. 3.][10, s. 11.]

- TapCommunicator tukee jo olemassa olevan Ethernet-verkon käyttämistä Boundary-Scan-sovellusten etäkäyttöön.

- Sallii rajoittamattoman välimatkan kohteen ja Boundary-Scan-ohjaimen välille ilman kantomatkan pidentäjiä.
- Mahdollistaa testauksen vaativissa ympäristöissä ja tilanteissa, joissa ihmisen pääsy käsiksi kohteeseen olisi muutoin mahdotonta.
- Tarjoaa mahdollisuuden jakaa yhtä tai useampia Boundary-Scan-ohjaimia monien tuotantoalustojen kesken.
- Tukee kaikkia Boundary-Scan-ohjaintyyppisiä.
- Sallii tietoliikenneliitännän uudelleenkäytön tuotteen elinkaaren läpi.
- IEEE 1149.1 -protokollan rajoitukset, kuten salauksen koodaamisen ja dekodeaamisen sekä virheidenhavainnointi- ja virheidenkorjaustekniikoiden puuttuminen, on saatu toteutettua käyttämällä korkean tason protokollia, kuten TCP/IP-protokollaa datapakettien siirtoon.

Rajoittamaton kantama testaukselle

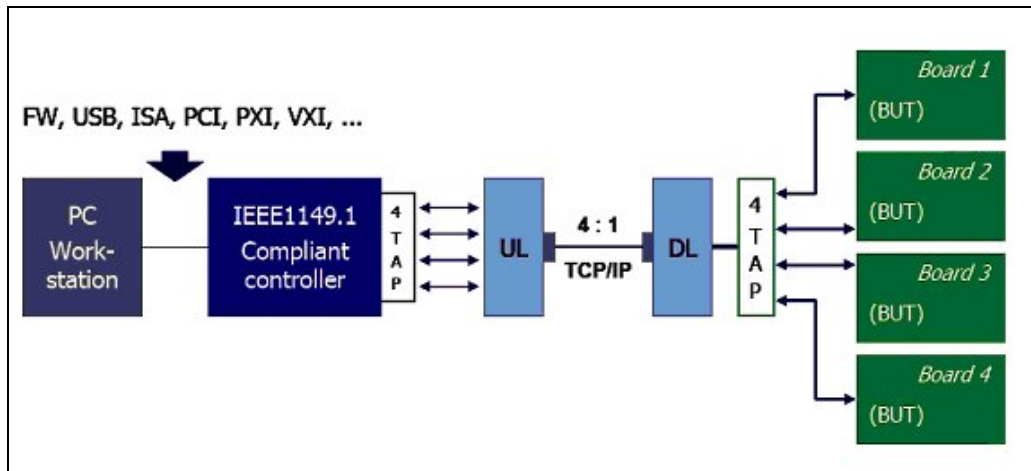
TapSpacer-tekniikka mahdollistaa teoriassa rajoittamattoman kantomatkan Boundary-scan-ohjaimen ja testattavan laitteen välille. Käyttämällä TapSpaceria Boundary-Scan-liitynnän signaalit siirretään minkä tahansa pitkänkantaman tiedonsiirtolinkin yli. Tällöin voidaan käyttää Internetiä, langatonta linkkiä tai muokattua tietoverkkoa. Jokaisen linkin päässä tapahtuu protokollan muunnos tietoliikennelinkin ja Boundary-Scan-liitännän välissä. [9.]

Käytettäessä jo olemassa olevaa lähiverkkoinfrastruktuuria voidaan testattava laite sijoittaa tehtaassa paikkaan, johon ei muuten pääsisi suorittamaan testejä. [9.]

Useampien Downlinkien käyttäminen

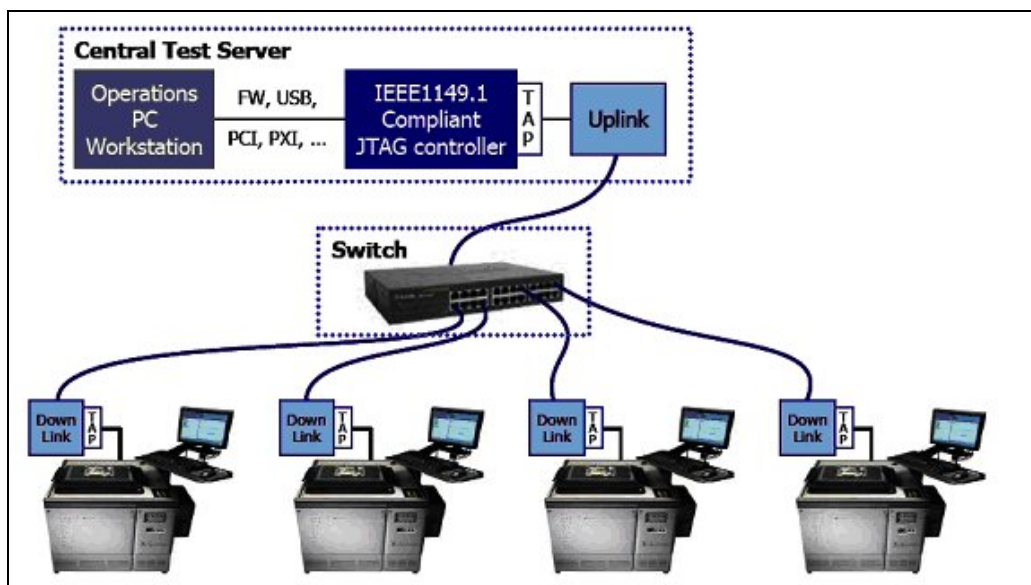
Uplinkin sisällä tapahtuu siirrettävän datan protokollan muunnos Boundary-Scan-signaalien ja lähiverkon (Ethernet) välillä. Testattavan laitteen lähellä oleva Downlink tekee päinvastaisen muunnoksen kuin Uplink. Tämän seurauksena Boundary-Scan-testit ovat normaalistan-

dardin mukaiset. [9.] Kuvassa 8 on esitetty periaatekuva, jossa yhdellä Uplinkillä ja Downlinkillä voidaan testata rinnakkain neljää eri laitetta.



Kuva 8. Usean laitteen etätestaaminen yhdellä Downlinkillä. [10, s. 5.]

Yhdellä Uplinkillä on myös mahdollista ottaa yhteys useampaan Downlink-moduuliin, jolloin testattavien laitteiden määrää saadaan kasvatettua. Tällöin Uplink voi kuitenkin käsitellä vain yhtä yhteyttä kerrallaan. Kuvassa 9 on esitetty periaatekuva, jossa yhdellä Uplinkillä ohjataan neljää Downlinkiä kytkimen kautta.



Kuva 9. Yhdellä Uplinkillä voidaan ohjata useata Downlinkiä, kun yhteyttä liikennöidään kytkimen kautta. [10, s.6.]

TapCommunicatorille on määritelty seuraavia ominaisuuksia: [11, s. 3.]

- Boundary-Scan TAP-signaalien, mukaan lukien AutoWrite ja USER, koodaaminen Gigabit Ethernet -protokollaan ja takaisin TAP-signaaleiksi. Koodaaminen voidaan tehdä neljälle TAP-portille.
- Datan lähettäminen Gigabit Ethernet -tietoliikennelinkin kautta.
- Yhdestä neljään olevan kohteen yhtäaikainen ryhmäohjelmointi ja -testaaminen yhden Gigabit Ethernet -linkin kautta, TCK-taajuuden ollessa aina 40 MHz:iin asti.

Sovelluksia

Koska testattavaa laitetta voidaan etäkäyttää Boundary-Scan-ohjaimella, uusia sovelluksia on myös ilmaantunut. Tällöin voidaan ottaa yhteys laitteeseen, johon ei fyysisesti pääsisi mitenkään käsiksi, esimerkiksi kiertoradallaan olevaan satelliittiin.

TapCommunicatoria voidaan käyttää missä tahansa Ethernetiin perustuvassa tietoverkossa, kuten Internetissä tai yrityksen sisäisessä verkossa eli intranetissä, koska se käyttää Gigabit Ethernetiä (IEEE 802.3z-1998) yhteysliityntäänään. [9.]

Alla on esitetty erilaisia esimerkkisovelluksia, joissa TapCommunicator-tekniikka on korvanut fyysisen Boundary-Scan-liityntän ja näin mahdollistanut sovelluksien testaamisen paikoissa, joihin ihminen ei muuten pääsisi käsiksi. Nämä uudet sovellukset on toteutettu TapSpacer-tekniikalla ja Ethernetiin pohjautuvalla TapCommunicatorilla: [12.]

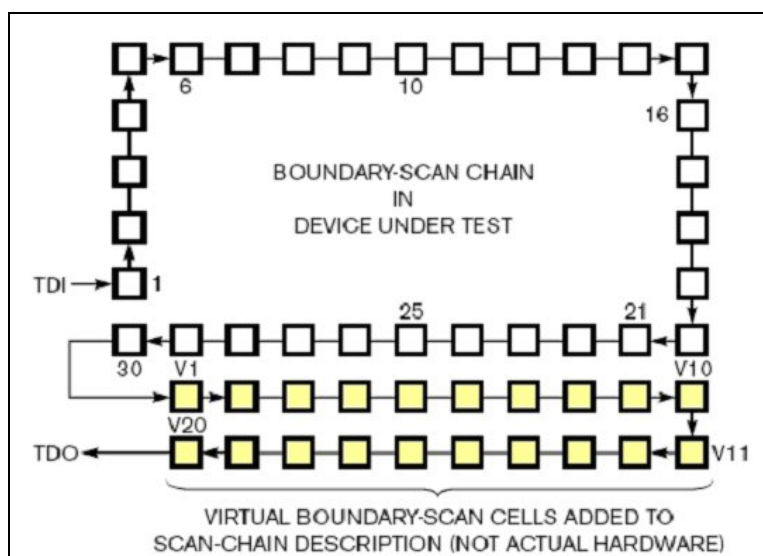
- Etäjärjestelmäohjaus testaukselle, diagnostiikalle ja uusien asetusten konfigurointiin.
- Ympäristötestaukseen, kuten HALT- ja HASS-testaukseen, jolloin testausta voidaan ohjata ja seurata ulkoisesti, sekä myös etäyhteydellä testausohjaamosta.
- Tehtaassa, jossa on monia tuotantolinjoja. Tällöin voidaan käyttää yhtä tai useampaa Boundary-Scan-ohjainta, joista jokainen on varustettu ensisijaisella Uplink-moduulilla, jolla ohjataan suurempaa määrää tuotantojärjestelmiä. Jokainen näistä järjestelmistä on varustettu Downlink-moduulilla.

- Sopimusvalmistajien erilaisissa Boundary-Scan-ohjaimissa, jolloin saadaan joustavuutta tuotantolinjaston kokoonpanon optimoinnissa. Kaikki Boundary-Scan-ohjaintyyppit voidaan ottaa käyttöön kaikille ICT-järjestelmille vain yhdellä ohjaimella jokaisesta tuotetypistä.
- Korjausyksikkösovellukset. Keskeiseen sijaan sijoitettu Boundary-Scan-ohjain, joka etäpalvellee ympäri maailmaa sijoitettuja Downlinkejä, vähentää tuntuvasti huoltokustannuksia.

3.2 TapSpacer-tekniikka

Seuraavissa TapSpacer-tekniikkaa käsittelevissä kappaleissa on käytetty lähteen 8 artikkelia: Marc van Houcke, Anthony Sparks. Downlink enables remote boundary-scan test.

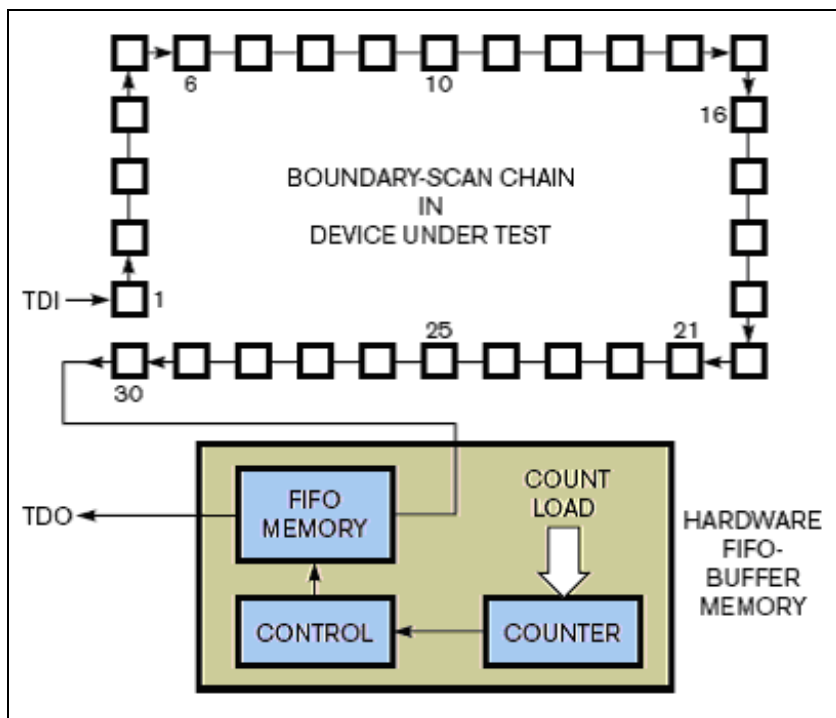
TCK-taajuuden arvoon vaikuttavat yhteiskanavan kaistanleveys ja yhteysviive. Jotta testinopeus olisi kohtuullinen, lisätään virtuaalisoluja kohdejärjestelmän TDO-ketjun loppupäähän. Näitä soluja ei ole olemassa, sillä testiohjelma yksinkertaisesti säädetään lisäämään ne Boundary-Scan-ketjuun, kuten kuvassa 10 on esitetty. Tästä seuraa, että testausohjelma viivyttaa kohdejärjestelmän TDO-tiedon hyväksyntää ajalla, joka meni TDO-tiedon siirtämiseen liittyneiden virtuaalisolujen läpi. Apuohjelma mittaa etenemisviivettä ja yhteyslinkin nopeutta määrittääkseen solumäärän, joka liitetään kohdejärjestelmän Boundary-Scan-ketjuun.



Kuva 10. Virtuaalisolujen lisääminen DUT:n Boundary-Scan-ketjuun. [3.]

Ajatellaan järjestelmää, jossa Downlinkiltä tulevien TDO-databittien vastaanottamisessa viive on yhdestä kahteen sekuntiin ja testerin TCK-ulostulo tuottaa 4 MHz:n kellosignaalin. Tässä tapauksessa Uplinkin täytyy tarjota puskurimuisti varastoimaan kaikki vastaanotettu TDO-tieto ennen kuin testerin on valmis vastaanottamaan sen. Puskuri voi vaatia 4–8 Megabittia varastointitilaa, jonka DDR-muistit voivat tarjota.

Uplinkissä FIFO-muisti puskuroid TDO-tiedon ja kompensoi sen mitattuun viiveeseen. Tämän sovelluksen toteutus on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. FIFO-muistisovellus kompensoi todellista viivettä. [8.]

Kun Uplink aloittaa lähettämään asiaankuuluvaa TDI-tietoa Downlinkille, se lataa virtuaalisolulaskurin arvolla, joka vastaa yhteysviivettä ilmaistuna TCK-jaksoina. Samaan aikaan Uplink varastoi väliaikaisesti FIFO-muistiin TDO-bitit, jotka se vastaanottaa Downlinkiltä. Jokainen TCK-kierto vähentää virtuaalisolulaskuria, kunnes se saavuttaa nollan. Tällä hetkellä ohjain aloittaa jatkuvalla syötöllä siirtämään kertyneitä TDO-bittejä ulos TCK-taajuusarvon nopeudella. Tästä seuraa, että TDO-ketjun ja FIFO:n virtuaalisolujen yhdistelmällä saadaan synkronoitua TDO-bitit testiohjaimen TDO-sisääntuloon.

Yhtenä päämääränä on lähettää tehokkaasti testidata multi-TAP-testaussovelluksiin yhdellä datapaketilla. Uplinkin koodausprosessin aikana varastoidaan testitietoa 16-bitin lohkoihin

jokaisella TCK-jaksolla. Tämä 16-bittinen lohko sisältää Boundary-Scan-tiedon (TDI, TMS ja vapaavalintaiset signaalit) maksimissaan neljälle erilliselle Boundary-Scan-ketjulle. Käytetään tehokkaasti yhteyskanavan kaistanleveyttä Downlink koodaa neljä TDO:n bittä jokaiselle neljälle ketjulle 16-bitin lohkoihin.

Varmistaakseen lähetettävän TDO-datan oikeellisuuden Downlink lisää tilakoneen, joka määrittää, milloin kohteen TAP:t ovat siirtotilassa. Samanaikaisesti Uplinkin tilakone synkronoi tapahtumat, jotka tapahtuvat kohdejärjestelmässä. Tällä tavoin Uplink tunnistaa oikean TDO-datan ja siirtää vain tietyt bitit testiohjaimelle vertailtavaksi. Tuloksena Uplink lisää virtuaalisoluarvosta johtuvan määrän TCK-jaksoja, joilla korvataan edestakaista siirtojohtovii-vettä.

Viiveen mittaaminen

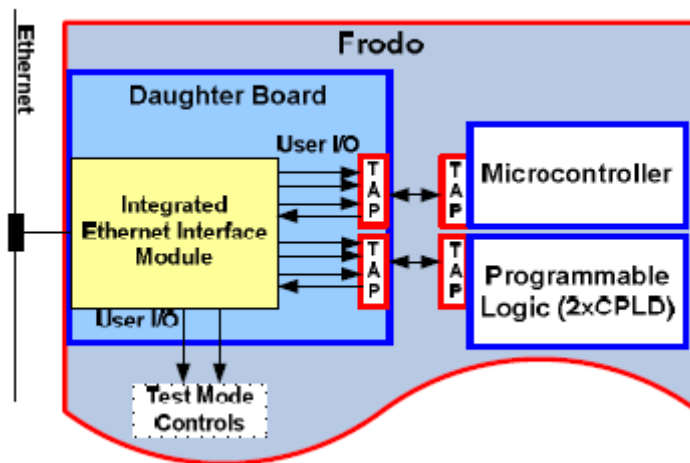
Ohjelmatyökalu luo yhteyskanavan Uplinkin ja Downlinkin välille, ja se suorittaa kaikutestin (loop-back test) mitataksaan kanavan viiveen. Viiveen laskemisella ohjelma asettaa tarpeellisen määrän virtuaalisoluja, jotka lisätään testiohjelman ”näkemään” Boundary-Scan-ketjuun. Ohjelma voi lisätä laskutoimituksiin jonkin verran ”ilmaa” varmistaa sen, että kun virtuaalisolulaskuri pääsee nollaan, FIFO-muisti antaa oikean TDO-tiedon. Pisteestä pisteeseen kanavassa, tunnetulla viiveellä, ohjelmatyökalu voi yksinkertaisesti luoda Uplinkistä Downlinkiin yhteyden ja asettaa esiasetetun määrän virtuaalisoluja.

Tällä tavalla toimittaessa Boundary-Scan-etätestauksella on rajat, jotka juontavat testibittiryhmien jakamisen erillisiin datapaketteihin, joiden koko riippuu käytettävästä protokollasta. Nämä paketit voivat sisältää suuren osan täytetietoa, joka laskee siirron tehokkuutta. Lisäksi tapahtuma vaatii Downlink-ohjaimen, joka purkaa TDI- ja TMS-tiedon jokaisesta paketista ja jakelee nämä signaalit koko kohdejärjestelmälle. Downlinkin täytyy myös väliaikaisesti varastoida tuloksena tuleva TDO-data, ennen kuin lähettää sen Uplinkille ja testiohjaimelle.

3.3 Downlinkin integroiminen Frodo-opetuskortille

Insinööriyön kirjoitushetkellä Kajaanin ammattikorkeakoulussa tutkittiin Downlinkin integroimista Frodo-opetuskortille. Tässä sovelluksessa käytetään Lantronixin XPort-tekniikkaa, jossa lähiverkkoliitin sisältää oman prosessorin, Flash-muistin ja se on käyttäjän ohjelmoitavissa.

Boundary-Scan tieto vastaanotetaan ja lähetetään älykkään Ethernet-liityntämoduulin kautta käyttämällä TCP/IP-protokollaa. Tämä Ethernet-liityntämoduuli eli XPort sisältää oman prosessorin, Flash-muistin ja se on osittain käyttäjän ohjelmoitavissa. TCP/IP-yhteydet ohjataan eteenpäin lähiverkossa käyttöjärjestelmällä ja integroitu logiikkapiiri-laitteisto huolehtii lähiverkkoyhteyksien alimmista kerroksista. [2, s.8.] Kuvassa 12 on esitetty lohko-kaaviokuva Downlinkin sijoittamisesta Frodolle.



Kuva 12. Integroidun Downlink-moduulin sijoittuminen Frodo-kortille. [2, s.8.]

4 TAPCOMMUNICATORIN KÄYTTÖÖNOTTO

Tehtävänä oli ottaa käyttöön TapCommunicator-laitteisto Kajaanin ammattikorkeakoulun testauslaboratorioon. Laitteistoon kuului kaksi moduulia, UpLink ja DownLink, jotka oli tarkoitus saada toimimaan Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkossa. Laitteiston käyttöönottohetkellä Kajaanin ammattikorkeakoululla oli käytössä JTAG VipManager -ohjelma, joka sitten myöhemmin korvattiin JTAG ProVision -ohjelmalla. Näillä ohjelmistoilla ajettiin Boundary-Scan-testejä Frodo-opetuskortille.

4.1 Lähtökohdat

TapCommunicator-laitteiston käyttöönottaminen alkoi TapCommunicator-ohjelman asentamisella ja työaseman verkkoasetusten muokkaamisella. Moduuleilla oli vielä tässä vaiheessa kiinteät IP-osoitteet, joita ei voinut muuttaa. Tästä seurasi, ettei TapCommunicatoria voinut liittää Kajaanin ammattikorkeakoulun omaan verkkoon, vaan koearjoa varten täytyi rakentaa pieni lähiverkko, jossa moduulit olivat kytkettynä kytkimeen. Työaseman, jolla TapCommunicatoria ohjattiin, IP-osoiteavaruus asetettiin samaksi kuin moduuleillakin, jolloin pystyttiin ajamaan Boundary-Scan-testejä VipManager-ohjelmalla pienen lähiverkon sisällä.

VipManageria varten täytyi luoda pieni CON-tiedosto, jossa kerrotaan käytettävät TAP-portit ja virtuaalisolujen määrä. Tämä tiedosto täytyi erikseen ottaa käyttöön VipManagerissa. CON-tiedosto on esitetty liitteessä 1.

4.2 Ensimmäinen käyttöönotto irrallisessa lähiverkossa

Koska moduuleiden kiinteiden IP-osoitteiden takia niitä ei voitu kytkeä ammattikorkeakoulun verkkoon, täytyi rakentaa pieni lähiverkko, joka oli samassa osoiteavaruudessa irrallaan muusta ”maailmasta”. Työasemana oli PC-tietokone, jossa oli

- Prosessorina Pentium 4 2,8 GHz
- Keskusmuistia 1 Gt

- Windows XP Pro Service Pack 2

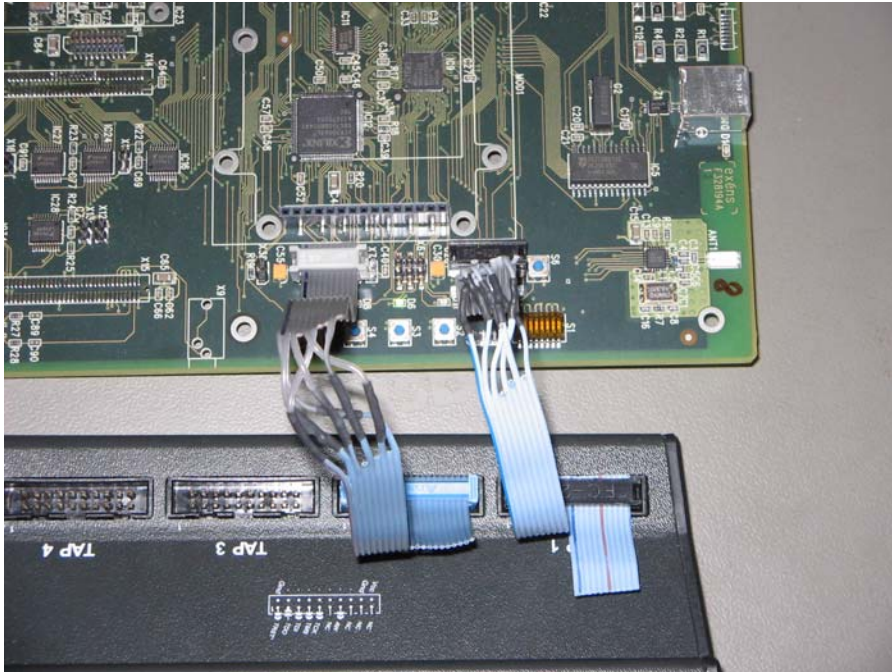
Käytettävälle PC-työasemalle asetettiin seuraavat verkkoasetukset:

- IP: 192.168.1.158
- Aliverkon peite: 255.255.255.0
- Yhdyskäytävä: 192.168.1.1
- DHCP: poissa käytöstä

Downlinkin ja Frodo-opetuskortin välille täytyi rakentaa kaksi omaa kaapelia, joilla laitteet kytkettiin toisiinsa kiinni TAP-liitännöistä. Taulukossa 1 on esitetty kaapeleiden kytkentäjärjestys, jossa esimerkiksi Downlinkille tulevan liittimen nasta 1 kytketään Frodolle tulevan liittimen nastaan 6. Rakennetut kaapelit kytkettiin Downlinkin ja Frodon välillä kuvan 13 osoittamalla tavalla.

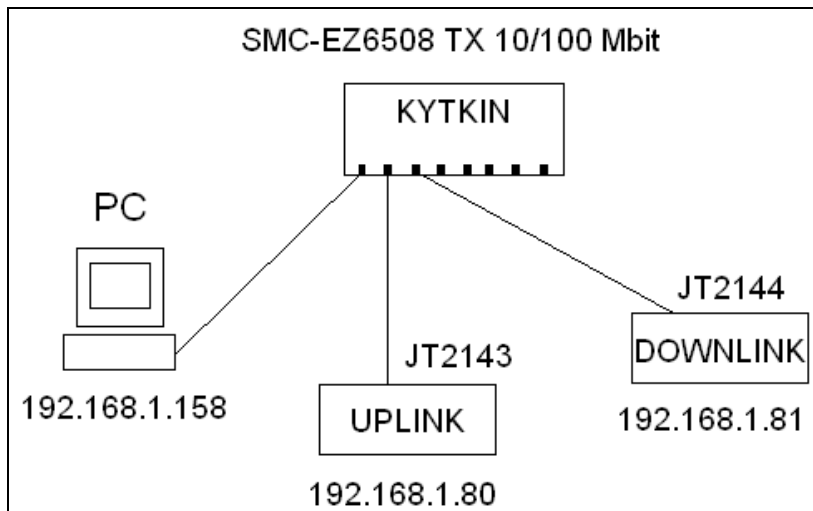
Taulukko 1. Downlinkin ja Frodon välisen kaapelin kytkentäjärjestys.

Downlink TAP		Frodo JTAG	
TRST	1	6	SYS_RST
GND	2	2	GND
TDO	3	3	TDO
TDI	5	9	TDI
TMS	7	5	TMS
TCK	9	1	TCK



Kuva 13. Kaapeleiden kytkentä Frodon ja Downlinkin välille.

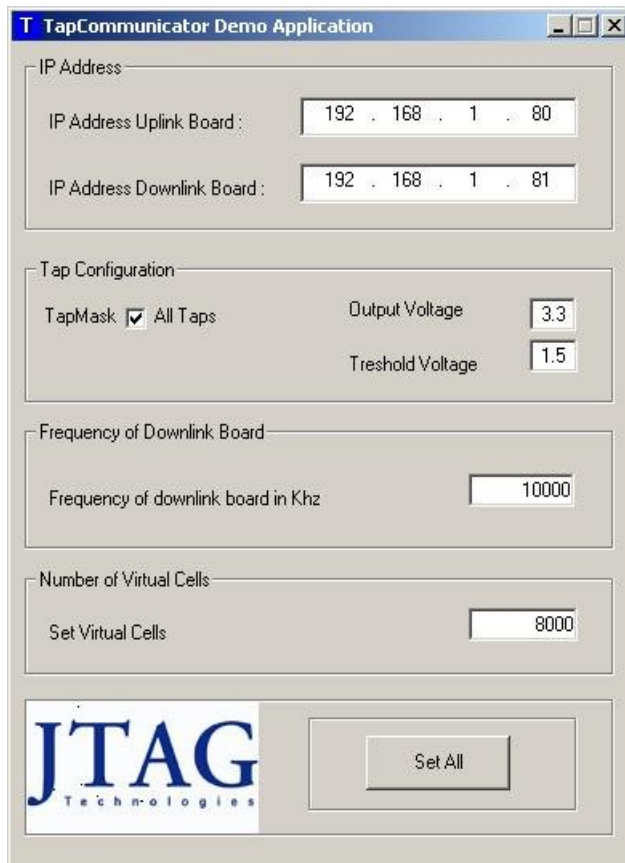
Kuvassa 14 on esitetty Uplink- ja Downlink-moduulien ja työaseman välinen kytkentä sekä laitteiden IP-osoitteet. Kytkimelle on vedetty suorakytketyt verkkokaapelit.



Kuva 14. TapCommunicator-laitteistoa varten rakennettu irrallinen lähiverkko.

TapCommunicator-ohjelmalla otettiin yhteys moduuleihin niiden IP-osoitteiden avulla. Ohjelmaan määriteltiin virtuaalisolujen määrä ja Downlinkin TCK-taajuus. Kuvassa 15 on esitetty TapCommunicator-ohjelmalle määritetyt asetukset, joilla saatiin yhteys Uplink- ja

Downlink-moduuleihin. Onnistuneesta yhteydenotosta ohjelma ilmoitti Uplink connected -ilmoituksella.



Kuva 15. TapCommunicatorille määritetyt asetukset käytettäessä ohjelmaversiota 1.

TapCommunicator-laitteiston toimivuus testattiin ajamalla Boundary-Scan-testejä 100 kHz:n TCK-taajuuden nopeudella VipManager-ohjelmalla Frodo-opetuskortille. Tätä ennen testatavan Frodon toimivuus oli todettu normaalilla Boundary-Scan-testauksella.

Ongelmat ja niiden ratkaisut

Kun TapCommunicator-laitteistoa alettiin testata irrallisessa lähiverkossa, ilmeni tällöin muutamia ongelmia. Ensimmäinen ongelma oli oikeanlaisten verkkokaapeleiden löytäminen moduulien kytkemiseksi rakennettuun verkkoon. Lopulta toimiviksi osoittautuivat suorakytketyt kaapelit. Tämän jälkeen, kun yhteyttä ei edelleenkaan saatu toimimaan, ongelmaksi paljastui

väärät IP-asetukset PC-työasemassa. Kun IP-asetukset olivat samassa osoitevaruudessa moduuleiden kanssa, TapCommunicator-ohjelmalla saatiin muodostettua yhteys.

Onnistuneen yhteyden luonnin jälkeen ilmeni jälleen uusi ongelma, kun VipManager-ohjelmalla alettiin ajaa Boundary-Scan-testejä Frodo-opetuskortille. Ongelma ilmeni testien läpimenon epäonnistumisena. Tähän löytyi ratkaisu muuttamalla kaikille testeille TCK-taajuudeksi 100 kHz ja vaihtamalla vialliseksi todettu kytkin, johon moduulit ja PC olivat kytkettyinä. Tämän jälkeen VipManager-ohjelmalla tehdyt Boundary-Scan-testit menivät läpi onnistuneesti, kuten ne olivat menneet kaapeleillakin normaaleissa testeissä.

4.3 Moduuleiden firmware-ohjelman päivittäminen

Uplink ja Downlink päivitettiin 2.0-versioon firmware-päivityksillä, jolloin avautui mahdollisuus muokata Uplinkin ja Downlinkin verkkoasetukset vastaamaan ammattikorkeakoulun omia IP-asetuksia. Päivittäminen tapahtui MS-DOS-komentokehotteessa, jossa merkkipohjaisilla komennoilla moduuleihin ladattiin kummankin omat firmware-ohjelmat. Moduulit ja PC oli kytketty samaan kytkimeen suorakytketyillä kaapeleilla, kuten aiemmin kuvassa 14 oli esitetty.

Päivitysten lataaminen moduuleihin

Ennen kuin päivityksiä voitiin ladata moduuleihin, täytyi zip-tiedostopaketti purkaa koneelle haluttuun hakemistoon. Hakemistoksi valittiin D:\temp\. Purkamisen jälkeen oli hakemistoon ilmestynyt bst32- ja update-kansiot, joista bst32-kansion sisältö kopioitiin JTAG-ohjelmien käyttämään bst32-asennuskansioon (D:\bst32\). Tämän jälkeen oli vuorossa itse päivitysten lataaminen moduuleille.

Tarkasteltaessa Update-kansiota sieltä löytyi kolme tiedostoa: jt2142_v1_update.exe, jt2143_v2.bin ja jt2144_v2.bin. Näillä tiedostoilla saatiin moduulit päivitettyä, kun d:\temp\tapcommunicator\tapcommunicator\update\ hakemiston sisällä komentokehotteessa kirjoitettiin seuraavat käskyt:

- jt2142_v1_update jt2143_v2.bin → Uplinkin firmwaren päivitys.

- jt2142_v1_update jt2143_v2.bin → Downlinkin firmwaren päivitys.

Päivitysohjelma otti yhteyden moduuleihin niiden kiinteiden IP-osoitteiden avulla, joten kumpikin moduuli sai tällöin oikeat päivitykset, vaikka ne olivat samassa kytkimessä kiinni. Kuvassa 16 on esitetty ilmoitus onnistuneesta Uplinkin firmware-päivityksen lataamisesta.

```

c:\ Command Prompt
01.09.2006 15:48 <DIR> .
01.09.2006 15:48 <DIR> ..
01.09.2006 16:37 <DIR> bst32
01.09.2006 16:15 <DIR> update
0 File(s) 0 bytes
4 Dir(s) 43 996 274 688 bytes free

D:\TEMP\TapCommunicator\TapCommunicator>cd update
D:\TEMP\TapCommunicator\TapCommunicator\update>dir
Volume in drive D has no label.
Volume Serial Number is 4E9B-22F4

Directory of D:\TEMP\TapCommunicator\TapCommunicator\update

01.09.2006 16:15 <DIR> .
01.09.2006 16:15 <DIR> ..
04.09.2006 14:33 65 536 jt2142_v1_update.exe
01.09.2006 16:08 206 820 jt2143_v2.bin
01.09.2006 16:09 163 084 jt2144_v2.bin
3 File(s) 435 440 bytes
2 Dir(s) 43 996 274 688 bytes free

D:\TEMP\TapCommunicator\TapCommunicator\update>jt2142_v1_update jt2143_v2.bin

JT2142_v1_update
TapCommunicator Update Utility
Version 1.0 - 20060904
Copyright (c) 2006 JTAG Technologies B.U.
All rights reserved

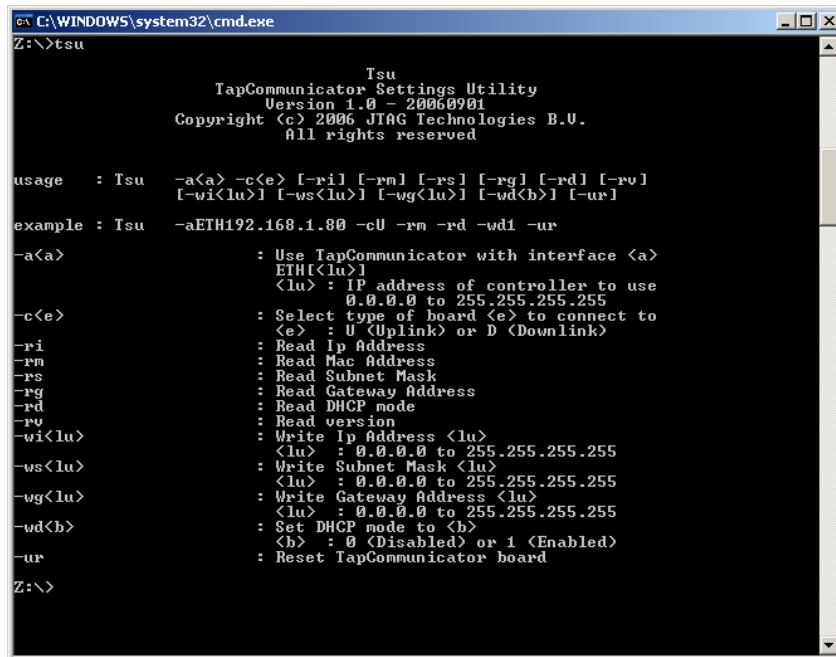
Update file is for jt2143 (Uplink) board.
Update jt2143 (Uplink) board at 192.168.1.80.
Press the Enter key to continue... OK
Connecting PASSED
Sending Update file
.....
Disconnecting PASSED
D:\TEMP\TapCommunicator\TapCommunicator\update>

```

Kuva 16. Uplink-moduulin ohjelmiston päivitys komentokehotteessa.

Päivityksen jälkeen Uplink- ja Downlink-moduuleihin voitiin asettaa halutut IP-osoitteet, tarkastella käytössä olevia asetuksia sekä tehdä muita konfigurointeja.

Litteessä 2 on esitetty merkkipohjaiset käskyt, joilla Uplinkin ja Downlinkin sisäisiä asetuksia voitiin muuttaa. Kuvassa 17 on esitetty merkkipohjaiset käskyt komentokehotteeseen TSU-ohjelmalla tulostettuna.



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Z:\>tsu

          Tsu
    TapCommunicator Settings Utility
    Version 1.0 - 20060901
    Copyright (c) 2006 JTAG Technologies B.U.
    All rights reserved

usage   : Tsu  -a<a> -c<e> [-ri] [-rm] [-rs] [-rg] [-rd] [-rv]
           [-wi<lu>] [-ws<lu>] [-wg<lu>] [-wd<b>] [-ur]

example : Tsu  -aETH192.168.1.80 -cU -rm -rd -wd1 -ur

-a<a>    : Use TapCommunicator with interface <a>
          ETHI<lu>]
          <lu> : IP address of controller to use
                0.0.0.0 to 255.255.255.255
-c<e>    : Select type of board <e> to connect to
          <e> : U (Uplink) or D (Downlink)
-ri      : Read Ip Address
-rm      : Read Mac Address
-rs      : Read Subnet Mask
-rg      : Read Gateway Address
-rd      : Read DHCP mode
-rv      : Read version
-wi<lu>  : Write Ip Address <lu>
          <lu> : 0.0.0.0 to 255.255.255.255
-ws<lu>  : Write Subnet Mask <lu>
          <lu> : 0.0.0.0 to 255.255.255.255
-wg<lu>  : Write Gateway Address <lu>
          <lu> : 0.0.0.0 to 255.255.255.255
-wd<b>   : Set DHCP mode to <b>
          <b> : 0 (Disabled) or 1 (Enabled)
-ur      : Reset TapCommunicator board

Z:\>

```

Kuva 17. TSU-ohjelman käskyt komentokehoteessa.

Ongelmat ja niiden ratkaisut

Moduuleiden päivittämisen jälkeen huomattiin, että Uplink- ja Downlink-moduuleihin ei enää saatu yhteyttä TSU- ja TapCommunicator-ohjelmilla. Tämä ilmeni muun muassa komentokehoteessa ajettavalla TSU-ohjelmalla siten, että moduulin IP-osoitetta vaihdettaessa tuli virheilmoitus ”cannot connect to Uplink/Downlink”, riippuen siitä kumpaa moduulia oltiin konfiguroimassa. Ongelmaa selvittäessä käytiin läpi mahdolliset vialliset komponentit verkkokytkenässä, mutta syyksi selvisi lopulta päivityksen mukana tullut tclt-tiedosto. Tähän tiedostoon jääneen ohjelmavirheen takia moduulit eivät odottaneet tarpeeksi kauaa yhteyspaketteja ja tällöin katkaisivat yhteyden. Ongelma korjautui tclt-tiedoston päivityksellä, joka hidasti moduuleiden toimintaa. Tämä päivitetty tiedosto saatiin Hollannista JTAG-yhtiön pääkonttorilta.

4.4 TapCommunicatorin liittäminen Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkkoon

Uplink- ja Downlink-moduuleihin asetettiin MS-DOS-tilassa uudet IP-osoitteet TSU-ohjelmalla sekä muita verkkoasetuksia, joilla TapCommunicator-laitteisto saatiin liitettyä Kajaanin ammattikorkeakoulun verkkoon. Moduulit ja PC olivat edelleen kytkettyinä samaan kytkimeen irti muusta verkosta, kuten kuvassa 14 oli esitetty.

IP-osoitteiden asettaminen

Koska Uplink- ja Downlink-moduuleilla oli tehtaan asettamat IP-osoitteet, ne eivät käyneet Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkon IP-osoiteavaruuteen, jolloin moduuleita ei voitu käyttää tietoverkossa. Koulun tietoverkkoon täytyi saada kaksi IP-osoitetta, joita ei ole rajoittamaton määrä. Atk-tueltä saatiin kummallekin moduulille oma IP-osoite, joka asetettiin niihin TSU-ohjelmalla komentokehotteessa.

Uplinkille vaihdettiin IP-osoite komennolla `Tsu -aETH192.168.1.80 -cU -wi172.31.9.204`, vanhan IP:n 192.168.1.80 tilalle.

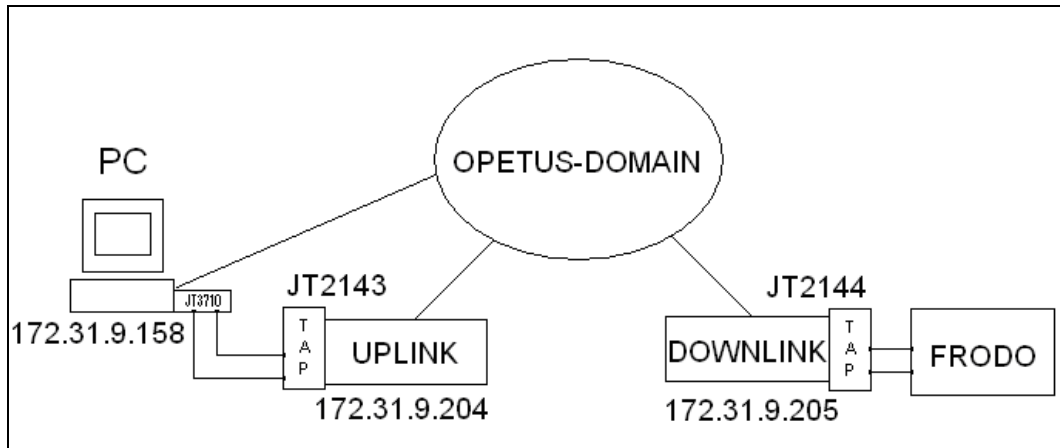
Downlinkille uuden IP-osoitteen asettaminen tapahtui komennolla `Tsu -aETH192.168.1.81 -cD -wi172.31.9.205`, jolloin korvattiin vanha IP-osoite 192.168.1.81.

Lisäksi kummallekin moduulille asetettiin ammattikorkeakoulun verkon yhdyskäytävä- ja aliverkonpeite-osoitteet, kuten esimerkissä Uplinkille:

- Yhdyskäytävä: `Tsu -aETH172.31.9.204 -cU -wg255.255.252.0`.
- Aliverkonpeite: `Tsu -aETH172.31.9.204 -cU -ws172.31.15.2`.

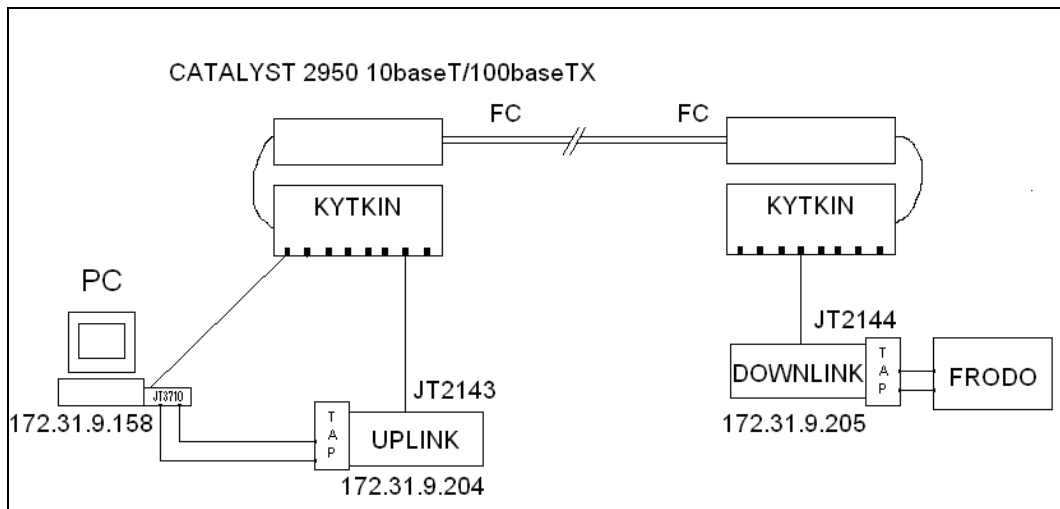
Kajaanin ammattikorkeakoulun verkkoon kytkeminen

Asetuksien asettamisen jälkeen oltiin valmiita kokeilemaan Frodon testaamista tietoverkon kautta. Moduulit kytkettiin Kajaanin ammattikorkeakoulun verkkoon suorakytketyillä verkkoapeleilla. Kuvassa 18 on esitetty TapCommunicator-laitteisto kytkettynä Opetusverkkoon. Etätestausajoja tehtiin Frodolle, joka oli sijoitettuna Taito 1 -rakennuksen TTL1-luokkaan.



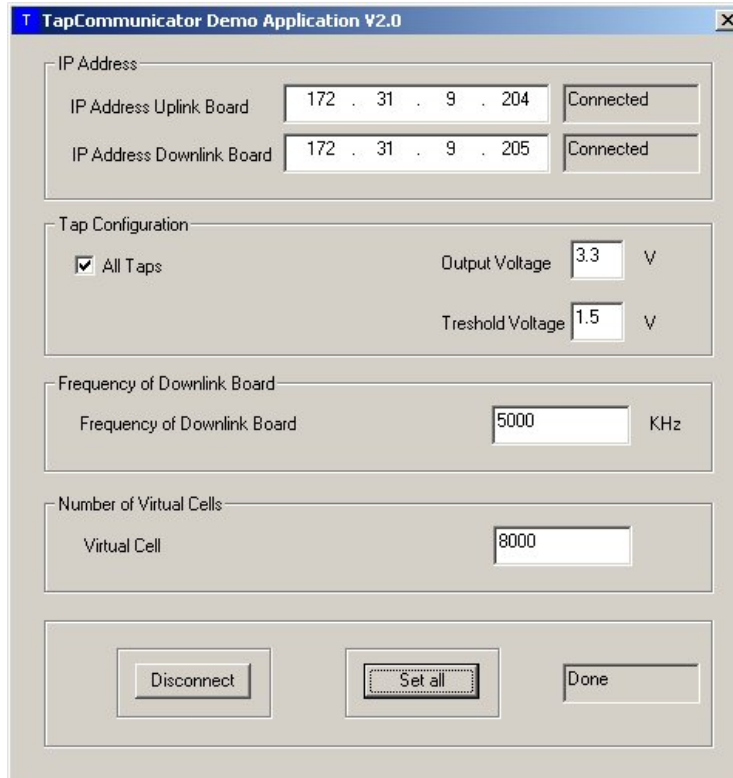
Kuva 18. TapCommunicator-laitteisto liitettyä Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkon Opetus-domainiin.

Kuvassa 19 on esitetty laitetason kuva, jossa on esitetty testauslaboratorion ja TTL1-luokan välissä sijaitsevat verkohallintalaitteet. Kytkimet ovat yhteydessä valokaapelilla pääkeskukseen, jota ei ole kuvassa esitetty.



Kuva 19. Testauslaboratorion ja TTL1-opetusluokan verkkoyhteyden muodostavat laitteet.

Kun fyysiset kytkennät oli tehty, moduuleihin otettiin yhteys PC-työasemalta TapCommunicator-ohjelmalla. Kuvassa 20 on esitetty perusasetukset, joita käytettiin etäyhteyden muodostamisessa ja Boundary-Scan-testien ajamisessa Opetus-verkossa.



Kuva 20. TapCommunicator V2.0 -ohjelmaan määritetyt perusasetukset.

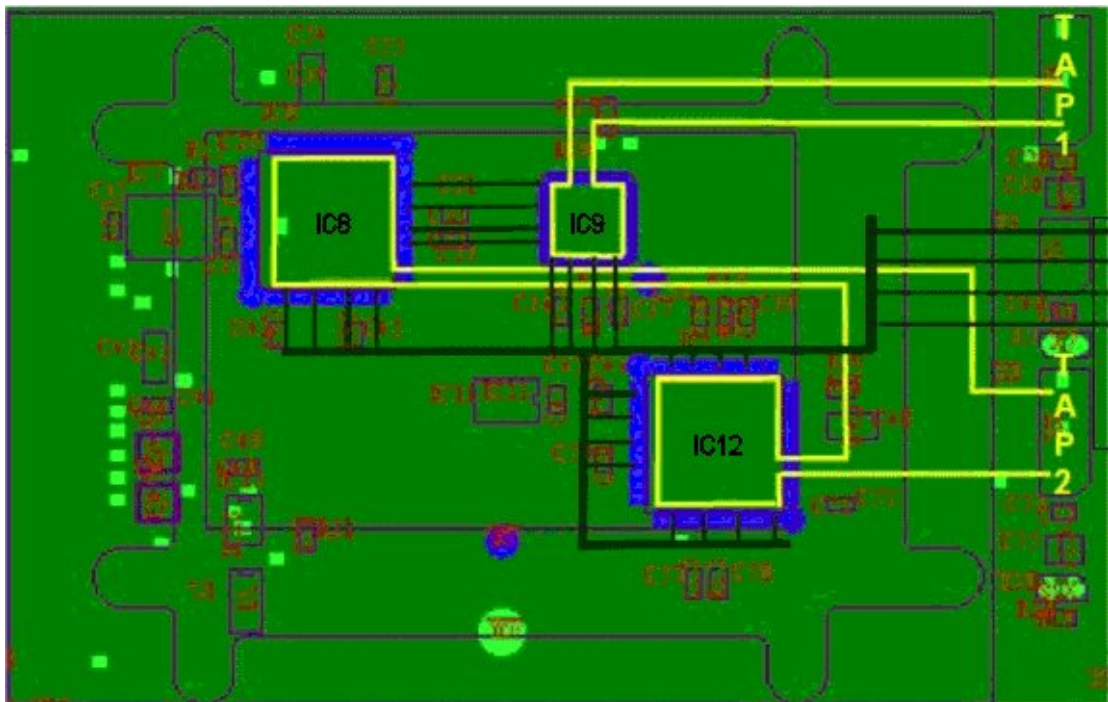
TapCommunicator-ohjelmalla otetaan moduuleihin etäyhteys Connect-painikkeella ja asetukset lähetetään moduuleille klikkaamalla Set all -painiketta, joka ilmoittaa onnistuneesta lähetyksestä Done-ilmoituksella. Tämän jälkeen Boundary-Scan-testejä voidaan ajaa Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkon kautta VipManager-ohjelmalla.

5 FRODO-OPETUSKORTIN ETÄTESTAAMINEN

5.1 Frodon Boundary-Scan-testaaminen

Infrastructure-testi rakentuu kolmesta alitestistä: Capture, Identification (piirin tunnistaminen) ja testireset-testi. Näiden testien yhteenvedona saadaan varmistettua testauslogiikan toiminta. Testissä tarkistetaan Boundary-Scan-ketjunliitokset ja Boundary-Scan-piirien testauslogiikan toiminta.

Interconnect-testissä testataan liitännät kahden tai useamman Boundary-Scan-piirin väliltä. Jotta Boundary-Scan-yhteensopimattomat piirit eivät vahingoittuisi tai häiritsisi testejä, ne täytyy laittaa turvalliseen tilaan testien suorittamisen ajaksi. Kuvassa 21 on esitetty Frodo-opetuskortin Boundary-Scan-ketjut.



Kuva 21. Frodon Boundary-Scan-ketjut.

Kuten yllä olevasta kuvasta nähdään, TAP 1:n Boundary-Scan-ketjussa on IC9 eli ATmega128-mikrokontrolleri. TAP 2:n Boundary-Scan-ketjuun kuuluu kaksi CPLD-piiriä, IC8 ja IC12.

5.2 Boundary-Scan-etätestauksessa kuluvan ajan selvittäminen

Tarkoituksena oli selvittää, miten kauan kuluu aikaa, kun ajetaan Boundary-Scan-testejä etänä Frodo-opetuskortille. Etätestausmittaukset suoritettiin VipManager-ohjelmalla käyttäen TCK-taajuuksia 100 kHz ja 1600 kHz. Nämä TCK-taajuudet olivat minimi- ja maksimiarvot, joilla testit menivät läpi TapCommunicatorin perusasetuksilla. Asetukset on esitetty kuvassa 20.

Testattava Frodo-opetuskortti ja Downlink sijoitettiin ammattikorkeakoulun Taito 1 -rakennuksen toisen kerroksen elektroniikan laboratorioon TTL1, ja mittauksissa tutkittiin testaukseen kuluvaa aikaa sekä testien läpimenoa. Uplink oli sijoitettu saman rakennuksen elektroniikan testauslaboratorioon, josta testejä ajettiin 20 kertaa/TCK. Testauskytkentä oli aiemmin käydyn kuvan 18 mukainen. Jokaisen testiajon jälkeen TapCommunicatorin asetukset asetettiin Set-All-toiminnolla uudelleen. Mittaustulokset on esitetty taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Etätestausmittaukset 100 kHz:n TCK-taajuudella.

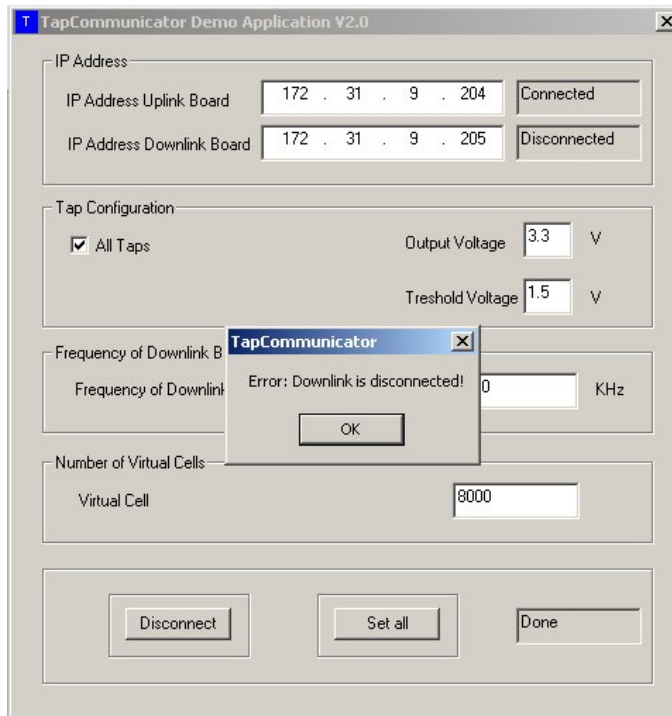
TCK	Kortti	Passed/Failed	Infra-testi (s)	Passed/Failed	Inter-testi (s)	Testikerta
100 kHz	C-3	Passed	1,63	Passed	6,11	1
		Passed	1,44	Passed	6,11	2
		Passed	1,42	Passed	6,09	3
		Passed	1,42	Failed	6,09	4
		Passed	1,44	Failed	6,09	5
		Passed	1,44	Passed	6,09	6
		Passed	1,44	Passed	6,09	7
		Passed	1,44	Passed	6,11	8
		Passed	1,42	Passed	6,09	9
		Passed	1,42	Passed	6,09	10
		Passed	1,42	Passed	6,09	11
		Passed	1,42	Passed	6,11	12
		Passed	1,42	Passed	6,11	13
		Passed	1,42	Passed	6,09	14
		Passed	1,42	Passed	6,11	15
		Passed	1,44	Passed	6,09	16
		Passed	1,42	Passed	6,09	17
		Passed	1,44	Passed	6,11	18
		Passed	1,42	Passed	6,09	19
		Passed	1,42	Passed	6,09	20

Taulukko 3. Etätetausmittaukset 1600 kHz:n TCK-taajuudella.

TCK	Kortti	Passed/Failed	Infra-testi (s)	Passed/Failed	Inter-testi (s)	Testikerta
1600 kHz	C-3	Passed	1,02	Passed	1,23	1
		Passed	1,02	Passed	1,22	2
		Passed	1,03	Passed	1,22	3
		Passed	1,02	Passed	1,22	4
		Passed	1,02	Passed	1,22	5
		Passed	1,02	Passed	1,23	6
		Passed	1,03	Passed	1,22	7
		Passed	1,03	Passed	1,22	8
		Passed	1,02	Passed	1,23	9
		Passed	1,02	Passed	1,22	10
		Passed	1,03	Passed	1,23	11
		Passed	1,02	Passed	1,42	12
		Passed	1,02	Passed	1,22	13
		Passed	1,03	Passed	1,22	14
		Passed	0,83	Passed	1,24	15
		Passed	1,03	Passed	1,22	16
		Passed	1,03	Passed	1,22	17
		Passed	1,02	Passed	1,23	18
		Passed	1,02	Passed	1,22	19
		Passed	1,02	Passed	1,22	20

Havainnot

Mittauksissa ilmeni, että yhteys Downlinkiin saattoi katketa ilman mitään näkyvää syytä, jolloin tämä ilmeni virheellisenä Failed-tuloksena testissä. Kuvassa 22 on esitetty TapCommunicator-ohjelman ilmoitus: Error: Downlink is disconnected!, kun yhteys on katkennut. Myös liian suuri TCK-taajuus (>1600 kHz) katkaisi yhteyden, kun testiä alettiin ajaa VipManagerilla. Tällöin Uplink täytyi resetoida virtakytkimestä, jotta yhteys saatiin jälleen luoduksi. Testin aikana katkennut yhteys saatiin yleensä uudelleenmuodostettua TapCommunicator-ohjelman kautta ilman, että Uplinkia tarvitsi resetoida virtakytkimestä.



Kuva 22. TapCommunicator-ohjelman antama virheilmoitus katkenneesta yhteydestä.

5.3 Frodo-opetuskortin BIST-ohjelman etäpäivitys

Tehtävänä oli suorittaa Frodo-opetuskortin BIST-ohjelman etäpäivityminen. Ohjelman päivityminen oli tarkoitus tehdä JTAG ProVision -ohjelmalla. Liitteessä 2 on esitetty tarkempi ohje BIST-ohjelman lataamiseksi Frodolle.

PLD-ohjelmointi

Boundary-Scan-ketju mahdollistaa laitteen piirikortilla olevan PLD-piirin ohjelmoinnin. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää, kun halutaan etäyhteydellä päivittää laitteen ohjelmisto TapCommunicatorin avulla. Ohjelmointiin tarvittavat suoritusproseduurit ja tarvittavat asetukset määritellään PLD-komponentin tyyppin ja sen ohjelmointiprotokollan mukaan.

Jotta PLD-piiri voidaan ohjelmoida Boundary-Scanin kautta, täytyy olla ohjelmointitieto, joka vaaditaan datan lataamiseksi PLD:lle. Ohjelmointitieto muodostuu ohjelmitavasta datasta ja ohjelmointialgoritmista. Ohjelmointiin tarvitaan myös tieto Boundary-Scan layoutista piirikortilla. [13, s. 10.]

Frodon BIST-ohjelman etäpäivittäminen

BIST-itsetestausohjelma oli tarkoitus ladata Frodon ATmega128-mikrokontrollerille Kajaanin ammattikorkeakoulun verkon kautta. BIST-ohjelma oli tiedostossa ATmegaBIST.svf, joka valittiin ProVisionin asetuksista IC9-piirille (ATmega128) ladattavaksi. Mittauskytkentä oli kuvan 18 mukainen ja TapCommunicatorin asetukset kuvan 20 mukainen.

Ohjelman etäpäivittäminen ei onnistunut, vaan ProVision-ohjelma jäi suorittamaan BIST-ohjelman lataamista niin pitkäksi aikaa, että yhteys Downlinkiin katkesi. Ohjelman lataamista yritettiin eri TCK-taajuuksilla ja virtuaalisoluarvoilla, joilla Boundary-Scan-etätestit olivat menneet läpi, mutta lopputulos oli aina sama. Ohjelman etäpäivittämisen epäonnistuminen johtui todennäköisesti vääristä virtuaalisoluarvoista ja Downlinkin TCK-taajuudesta.

5.4 Etätestauksen luotettavuuden selvittäminen

Tehtävänä oli selvittää, miten luotettava testaustapa etätestaaminen on ja miten hyvä toistettavuus saavutetaan, kun käytetään TapCommunicatoria Kajaanin ammattikorkeakoulun verkossa. Testauskohteena oli Frodo-opetuskortti, joka oli sijoitettuna Taito 1 -rakennuksen TTL1-luokkaan. Mittauskytkentä oli kuvan 18 mukainen.

Luotettavuustestejä tehtiin ajamalla Infrastructure- ja Interconnect-testejä siten, että niitä tehtiin kolmella eri TCK-taajuudella: 100 kHz, 1000 kHz, 1200 kHz. Taajuusarvot asetettiin ProVision-ohjelmasta. Mittauksissa käytettiin TapCommunicator-ohjelman perusasetuksia, jotka on esitetty kuvassa 20.

ProVision-ohjelma määrättiin tekemään Boundary-Scan-testejä niin kauan (continuous until error), että tulee ensimmäinen virhe, jolloin testaus päättyy. Jokaiselle kolmelle eri TCK-taajuudelle otettiin tavoitteeksi 500 onnistunutta testiä ja käyttäjän tehtävänä oli pysäyttää testaus, jos tämä testimäärä ylittyisi. Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty saadut mittaustulokset, joissa kerrotaan läpimenneiden testien lukumäärä tietyllä testiajolla ja testaustapahtuman päättymisen syy.

Taulukko 4. Infrastructure-testien tulokset.

Infrastructure			
Testiajo	TCK	Läpimenneet testit	Huomioita
1	100kHz	501	Testi päättyi käyttäjän toimesta
2	100kHz	506	Testi päättyi käyttäjän toimesta
3	100kHz	503	Testi päättyi käyttäjän toimesta
4	100kHz	500	Testi päättyi käyttäjän toimesta
5	100kHz	497	Testi failed downlinkin katkaistessa yhteys
1	1000kHz	509	Testi päättyi käyttäjän toimesta
2	1000kHz	353	Testi failed downlinkin katkaistessa yhteys
3	1000kHz	518	Testi päättyi käyttäjän toimesta
4	1000kHz	511	Testi failed downlinkin katkaistessa yhteys
5	1000kHz	506	Testi päättyi käyttäjän toimesta
1	1200kHz	507	Testi päättyi käyttäjän toimesta
2	1200kHz	509	Testi päättyi käyttäjän toimesta
3	1200kHz	154	Testi failed downlinkin katkaistessa yhteys
4	1200kHz	507	Testi päättyi käyttäjän toimesta
5	1200kHz	506	Testi päättyi käyttäjän toimesta

Taulukko 5. Interconnect-testien tulokset.

Interconnect			
Testiajo	TCK	Läpimenneet testit	Huomioita
1	100kHz	500	Testi päättyi käyttäjän toimesta
2	100kHz	107	Testi failed yhteyden katketessa
3	100kHz	36	Testi failed yhteyden katketessa
4	100kHz	112	Testi failed yhteyden katketessa
5	100kHz	169	Testi failed yhteyden katketessa
1	1000kHz	92	Testi failed yhteyden katketessa
2	1000kHz	29	Testi failed yhteyden katketessa
3	1000kHz	503	downlinkin ja frodon uudelleenkäynnistys. Testi päättyi käyttäjän toimesta
4	1000kHz	501	Testi päättyi käyttäjän toimesta
5	1000kHz	404	Testi failed yhteyden katketessa
1	1200kHz	45	Testi failed yhteyden katketessa
2	1200kHz	473	Testi failed yhteyden katketessa
3	1200kHz	100	Testi failed yhteyden katketessa
4	1200kHz	21	Testi failed yhteyden katketessa
5	1200kHz	436	Testi failed yhteyden katketessa

6 LOPPUANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä otettiin käyttöön TapCommunicator-laitteisto Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkkoon. Koska laitteistoa ei ollut käytössä koko Euroopassa kuin muutamia kappaleita ja dokumentaatiota ei käytännössä ollut ollenkaan, oli käyttöönottamisessa hankaluuksia. Käymällä monia sähköpostikeskusteluja JTAG:in Suomen toimistolle, jolla ei ollut sen enempää kokemusta laitteistosta, saatiin loppujen lopuksi selvitettyä, miten moduulit tulisi kytkeä kaapeleilla ja millaisia asetuksia tulisi tehdä PC-työasemalla. Seuraavat ongelmat ilmenivät, kun alettiin päivittää moduuleiden firmware-ohjelmia. Päivitysten lataaminen aiheutti sen, ettei moduuleihin saanut enää muodostettua yhteyttä. Tästä johtuen jouduttiin ottamaan sähköpostilla yhteyttä Hollantiin JTAG:in pääkonttorille, jossa päivitys oli koodattu. Vastausta ongelmaan saatiin odottaa kuukauden verran, kunnes Suomen JTAG:lta tuli asiantuntija paikalle selvittämään ongelmaa. Vikalähteeksi paikantui päivityksen mukana tullut tclt-tiedosto, johon oli jäänyt koodivirhe. Tämän virheen takia moduulit eivät kerinneet vastaanottaa IP-paketteja, jolloin ei saatu muodostettua yhteyttä. Ongelma korjaantui, kun tclt-tiedosto päivitettiin.

Boundary-Scan-etätestauksen nopeutta selvittäessä täytyy muistaa, että virtuaalisolujen ja Downlinkin TCK-taajuuden arvot vaikuttavat oleellisesti testin suoritusnopeuteen. Tämän takia mittaukset päädyttiin tekemään perusasetuksilla, jotka on esitetty kuvassa 20. Taulukkoa 2 ja 3 tarkastelemalla voidaan havaita, että Interconnect-testi on hitain ja Infrastructure-testi nopein. Voidaan myös havaita, että mitä suurempaa TCK-taajuutta käytetään, sitä enemmän kummankin testin ajat lähenevät toisiaan. Mittauksia tehdessä nopein TCK-taajuus oli 1600 kHz, johon ei enää myöhemmissä mittauksissa päästy. TCK-taajuuden ollessa liian suuri yhteys Downlinkiin katkesi ja yhteyden muodostuminen ei enää onnistunut ilman Uplinkin uudelleenkäynnistystä. Koska Kajaanin ammattikorkeakoulu vaihtoi testausohjelmiston VipManagerista ProVisioniin, ei tämän takia saatu referenssiajanmittaustuloksia normaalista pöytätestauksesta, koska mittauksien suorittaja ei löytänyt Provisionista tarpeeksi tarkkaa ajanmittausominaisuutta. Tämän takia joudutaan vain toteamaan, että normaali kaapeleiden kautta tapahtuva Boundary-Scan-mittaus on moninkertaisesti nopeampaa kuin vastaavilla taajuuksilla tapahtuva etätetaus. Tämä nopeusero johtuu etätetauksessa käytettävästä viiveestä.

BIST-ohjelman lataaminen verkon kautta ei onnistunut, vaikka sitä ajettiin useita kertoja eri TCK-taajuuksilla. ProVision-ohjelma jäi suorittamaan BIST-ohjelman lataamista yhteyden katkeamiseen asti. Yksi syy lataamisen epäonnistumiselle löytyy ehkä virtuaalisolujen ja Downlinkin TCK-taajuuden arvoista. Voidaan olettaa, että näiden muuttujien arvot täytyy olla sopivat, että etäpäivittäminen onnistuisi. Tämän selvittäminen vaatisi lisää mittauksia ja näiden muuttujien raja-arvojen etsimistä.

Ennen luotettavuustestien tekemistä haettiin minimi- ja maksimiarvot TCK-taajuudelle, joilla yksittäiset Infrastructure- ja Interconnect-testit menivät vielä läpi. Maksimiarvo oli luotettavuustestejä tehdessä vain 1200 kHz, vaikka aiemmin oltiinkin päästy jopa 1600 kHz:n taajuuteen. Pienempi taajuusarvo voi johtua verkonkuormituksesta tai jostain muusta tuntemattomasta syystä.

Luotettavuuden testaustuloksia esittävästä taulukoista 4 ja 5 voidaan päätellä, että TapCommunicatorin kautta tehtävien Boundary-Scan-testien toistettavuus oli hyvä. Infrastructure-testi osoittautui luotettavammaksi kuin Interconnect, jossa testejä meni selkeästi vähemmän läpi. Mittauksissa käytetyillä TCK-taajusarvoilla ei näytä olevan oleellista vaikutusta testien läpimenoon. Kuitenkin joitakin mittauksien keskeytymisiä ilmeni johtuen yhteyden katkaisesta Downlinkiin. Tämä voi johtua moduulin jonkin muistin täyttymisestä, sillä yleensä Uplinkin uudelleenkäynnistäminen auttoi palauttamaan tilanteen siihen pisteeseen, että yhteys saatiin muodostettua uudelleen. Mittauksien tekeminen on näin ollen luotettavinta, kun jokaisen testikerran jälkeen resetoit Uplinkin.

TapCommunicatorin toimintaa tulisi tulevaisuudessa kokeilla langattoman yhteyden kautta ja Internetin yli toiseen verkkoinfrastruktuuriin, kuten Kajaanin ammattikoulun verkkoon. Myös ohjelman etälataamisessa ilmenneisiin ongelmiin tulisi saada lisää tutkimustietoa.

7 YHTEENVETO

Insinööriyössä käyttöön otettiin TapCommunicator-laitteisto Kajaanin ammattikorkeakoulun testauslaboratorioon sekä tutkittiin sulautettujen järjestelmien etätestausta koulun tietoverkon kautta. Käyttöön otettu TapCommunicator-laitteisto käsittää kaksi moduulia, Uplink ja Downlink, joiden kautta ajettiin Boundary-Scan-testejä koulun omalle Frodo-opetuskortille, jolloin saaduilla mittaustuloksilla sekä käyttökokemuksilla voitiin tutkia etätestaamisen luotettavuutta ja vikadiagnosointia.

TapCommunicator-laitteisto kytkettiin ensimmäisessä käyttöönotossa irralliseen verkkoon kytkimen kautta. Irrallisessa verkossa TapCommunicator-laitteiston firmware-ohjelmisto päivitettiin versioon 2, jolloin moduuleiden verkkoasetuksia voitiin muuttaa. Moduuleille asetettiin Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoverkkoon yhteensopivat verkkoasetukset, kuten IP-, yhdyskäytävän ja aliverkkopeitteen osoitteet. Uplink- ja Downlink-moduulit kytkettiin tietoverkkoon suorakytketyillä verkkokaapeleilla ja niihin otettiin yhteys PC-työasemalta TapCommunicator-ohjelmalla. Yhteydenoton jälkeen Boundary-Scan-testejä voitiin ajaa VipManager- ja ProVision-ohjelmilla tietoverkon kautta.

Yhtenä työn tavoitteena oli selvittää, kuinka luotettavaa ja nopeata on tehdä Boundary-Scan-testejä tietoverkon yli TapCommunicator-laitteistolla. Lisäksi tutkittiin, onnistuuko ohjelmiston päivittäminen etänä. Testauskohteena oli Kajaanin ammattikorkeakoulun Frodo-opetuskortti, joka oli sijoitettu Taito 1 -rakennuksen TTL1-laboratoriotilaan ja kytketty Downlinkiin, joka oli kytketty koulun tietoverkkoon.

Mittaustuloksista voidaan päätellä, että TapCommunicatorin kautta voidaan ajaa testejä tarpeeksi luotettavasti ja nopeasti, kun käytetään oikeanlaisia TapCommunicator-asetuksia ja TCK-taajuutta. Moduuleiden välinen yhteys saattoi kuitenkin katketa ilman näkyvää syytä, jolloin mittaukset keskeytyivät, joten joitain luotettavuusongelmiakin löytyi. Yhteyden katkeaminen johtui mahdollisesti Uplinkin muistin täyttymisestä. Tulevaisuudessa Kajaanin ammattikorkeakoulussa voitaisiin kokeilla etätestausta langattomalla yhteydellä ja Internetin yli toiseen infrastruktuuriverkkoon. Koska Frodon BIST-ohjelman etäpäivittäminen ei onnistunut työssä, tulisi tätäkin ongelmaa selvittää tulevaisuudessa.

LÄHTEET

1. Tapio Koivukangas, Veikko Loukusa, Markku Moilanen. Testaus- ja testattavuussuunnittelun haasteet, Prosessori Marraskuu/2002.
2. Ilkka Reis, Peter Collins, Marc van Houcke. On-line Boundary-Scan Testing in Service Of Extended Products. [PDF-dokumentti]. (Luettu 27.1.2007)
3. Juha Palojärvi. Suomalaista huippuosaamista: Kun mekaniikka ei enää riitä. Prosessori 5/2006 [PDF-tiedosto]. <http://www.paivalehdenarkistosaatio.fi/arkisto/artikkelit/2006-5/PDF/HUIPPUTEKNIKKAA.pdf> (Luettu 17.9.2007)
4. Ponssen uudet tietojärjestelmät -älykkyyden voimannäyttö. Ponsse uutiset 2/2003 [pdf-dokumentti] http://www.ponsse.com/images/Ponsse_Magazines_pdf/Ponsse_Uutiset_2-2003.pdf (Luettu 16.9.2007)
5. Esa Salminen, Jari Seppälä, Mikko Salmenperä. Tuotantokoneen langaton etädiagnostiikka. [PDF-tiedosto] <http://ae.tut.fi/research/AIN/Publications/Automaatio03%20-%20Tuotantokoneen%20langaton%20etadiagnostiikka.pdf> (Luettu 16.9.2007)
6. JTAG Technologies, Boundary-Scan Technology [WWW-dokumentti] http://jtag.com/main.php?cm=p8_1_BWeIgsNcg1QvjK (Luettu 7.9.2007)
7. JTAG Technologies B.V. Boundary-Scan-testauksen periaatteet, 1999 [PP-esitys]
8. Marc van Houcke, Anthony Sparks. Downlink enables remote boundary-scan tests. EDN (Electronic Design, Strategy, News) 26.10.2006, [WWW-dokumentti]. <http://www.edn.com/index.asp?layout=article&articleid=CA6382653&industryid=2817> (Luettu 14.1.2007)
9. Alex Mendelsohn. Network-transparent modules implement remote JTAG testing. Electronic Engineering Times, [WWW-dokumentti]. http://ectasia.com/ARTP_8800382086_480400.htm (Luettu 25.8.2006)
10. JTAG TapCommunicator™ “TapComm” for Gigabit Ethernet. [PDF-dokumentti]. (Luettu 28.1.2007)
11. JTAG TapCommunicator™: An intelligent long-distance TAP connection. [PDF-dokumentti]. (Luettu 28.1.2007)
12. JTAG TapCommunicator™ - An intelligent long-distance TAP connection [WWW-dokumentti]. http://jtag.com/main.php?cm=p1538_1_Jie7KDXAf1J9Kg_2 (Luettu 27.8.2007)
13. JTAG Technologies B.V., PLD Programming Development User’s manual. Version 2003-6.
14. JTAG Technologies. Installation of files, Update TapCommunicator Firmware, Change Network Settings [TapCommunicatorin päivitysohje, DOC-dokumentti].

LIITTEIDEN LUETTELO

LIITE 1: CON-TIEDOSTO

LIITE 2: KÄSKYLISTA MODUULEIDEN ASETUKSIEN HALLINTAAN

LIITE 3: PROVISION-OHJELMAN KÄYTTÖOHJE

CON-TIEDOSTO

SYNTAX_VERSION 1.2
DESIGN FRODOREV2
REVISION UNKNOWN

TAPCOMDELAY = 8000

TESTER_CHANNEL TAP1
TAP1
END_CHANNEL

TESTER_CHANNEL TAP2
TAP2
END_CHANNEL

KÄSKYLISTA MODUULEIDEN ASETUKSIEN HALLINTAAN

Alla olevassa taulukossa on esitetty tarvittavat komentokehotekäskyt, joilla saadaan luettua tai vaihdettua moduuleiden asetuksia. Käskyt ovat lähteestä 14, s.2: JTAG Technologies. Installation of files, Update TapCommunicator Firmware, Change Network Settings.

Komentorivi: Tsu -a<a> -c<e> [-ri] [-rm] [-rs] [-rg] [-rd] [-rv] [-wi<lu>] [-ws<lu>] [-wg<lu>] [-wd] [-ur]	
-a<a>	Käytä TapCommunicatoria liitännällä <a>: ETH ETH[<lu>] <lu>: Käytettävän moduulin IP-osoite 0.0.0.0 - 255.255.255.255
-c<e>	Moduulin tyyppin valinta <e>: U (uplink) tai D (downlink)
-ri	Lue IP-osoite
-rm	Lue MAC-osoite
-rs	Lue aliverkonpeitteen IP
-rg	Lue yhdyskäytävän osoite
-rd	Lue DHCP:n tila
-rv	Lue moduulin versio
-wi<lu>	Kirjoita IP-osoite <lu>: 0.0.0.0 - 255.255.255.255
-ws<lu>	Kirjoita aliverkonpeite <lu>: 0.0.0.0 - 255.255.255.255
-wg<lu>	Kirjoita yhdyskäytävän <lu>: 0.0.0.0 - 255.255.255.255
-wd	Aseta DHCP:n tila : 0 (ei käytössä) tai 1 (käytössä)
-ur	Resetoi moduuli

Esimerkkejä käskyjen käytöstä:

Komennolla Tsu -aETH192.168.1.81 -cD -rg luetaan yhdyskäytävän IP-osoite Downlinkiltä, jonka IP-osoitteena on 192.168.1.81.

Komennolla Tsu -aETH192.168.1.80 -cU -wi192.168.10.62 asetetaan Uplinkille uusi IP-osoite, vanhan IP:n 192.168.1.80 tilalle.

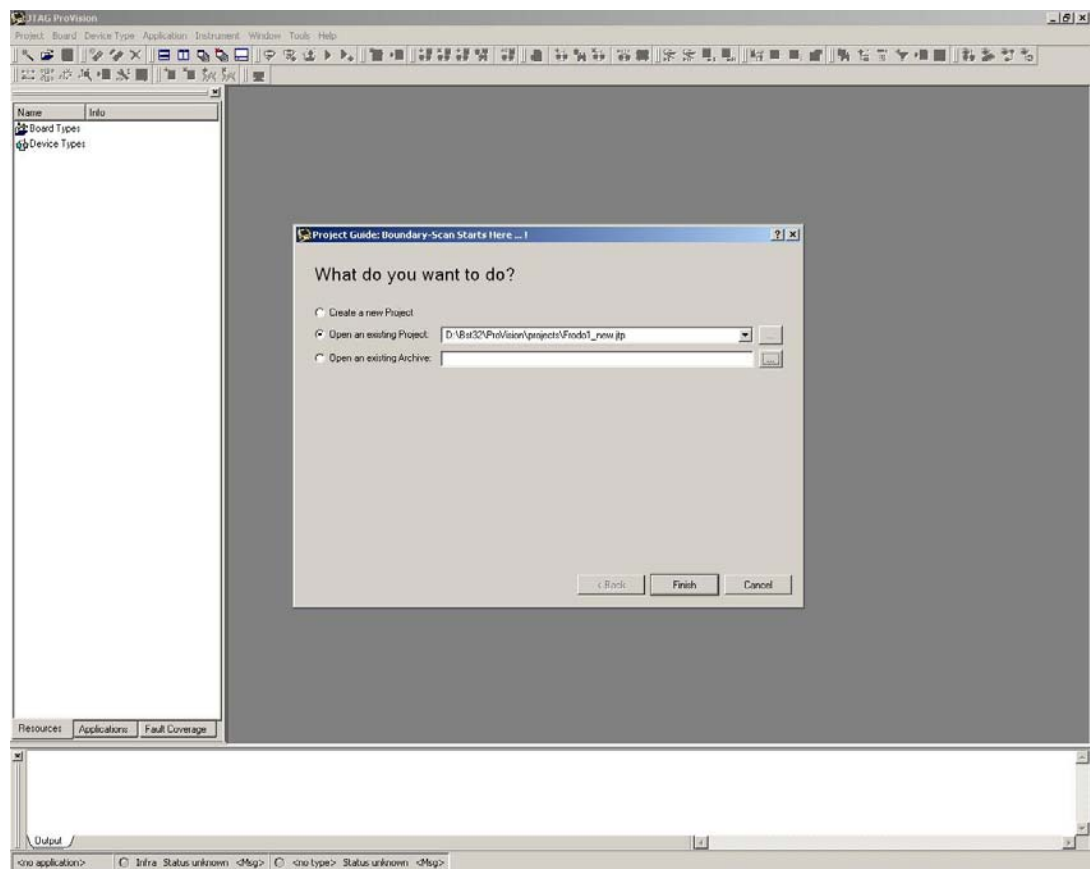
Huom! Kaikki uudet kirjoitetut asetukset tulevat voimaan, kun moduuli on resetoitu. Tämä voidaan tehdä käyttämällä -ur-komentoa joko erikseen tai yhdistämällä se käskyjonoon -w<x>-käskyjen jälkeen, jolloin uudet asetukset tulevat kirjoittamisen jälkeen heti voimaan. Moduulit voidaan myös resetoida käyttämällä niistä virtoja poissa.

On myös huomioitava, että kyseistä TSU-ohjelmaa saa käyttää vain TapCommunicatorin firmware-versio 2:n kanssa

PROVISION-OHJELMAN KÄYTTÖOHJE

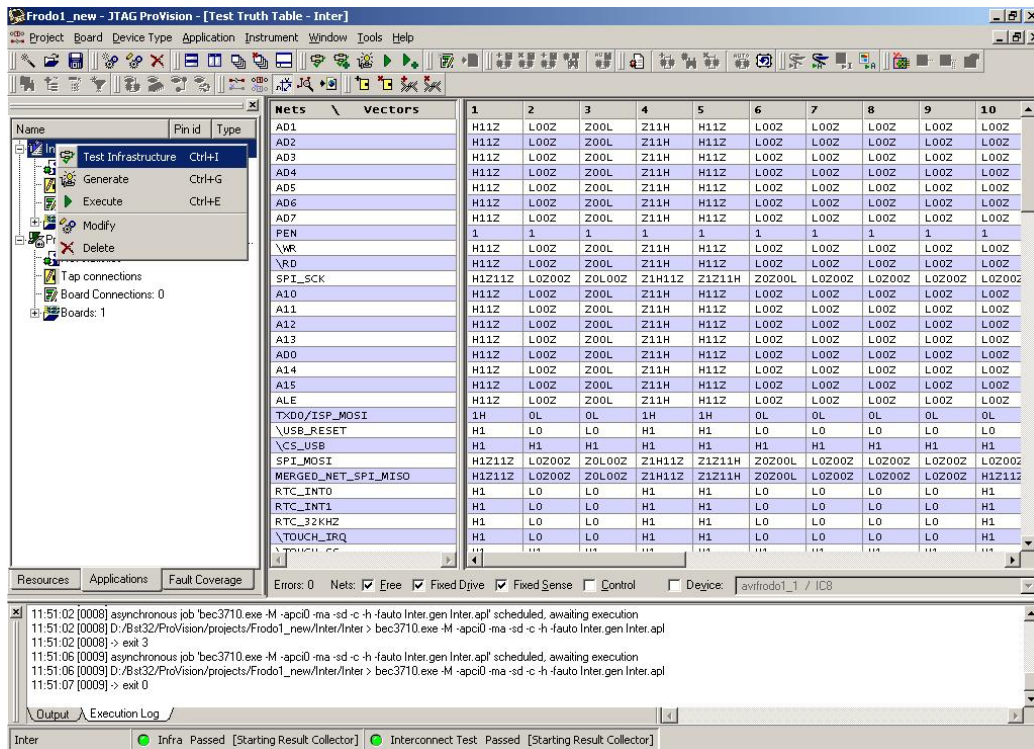
Infrastructure-testin suorittaminen kaapeleilla

Frodolle tehdyistä valmiista projekteista avataan tässä esimerkissä käytetty Frodo1_new, joka on luotu Frodo1-opetuskorttien testaamiseen. Kuvassa 22 on esitetty Frodo1_new-projektin valinta.

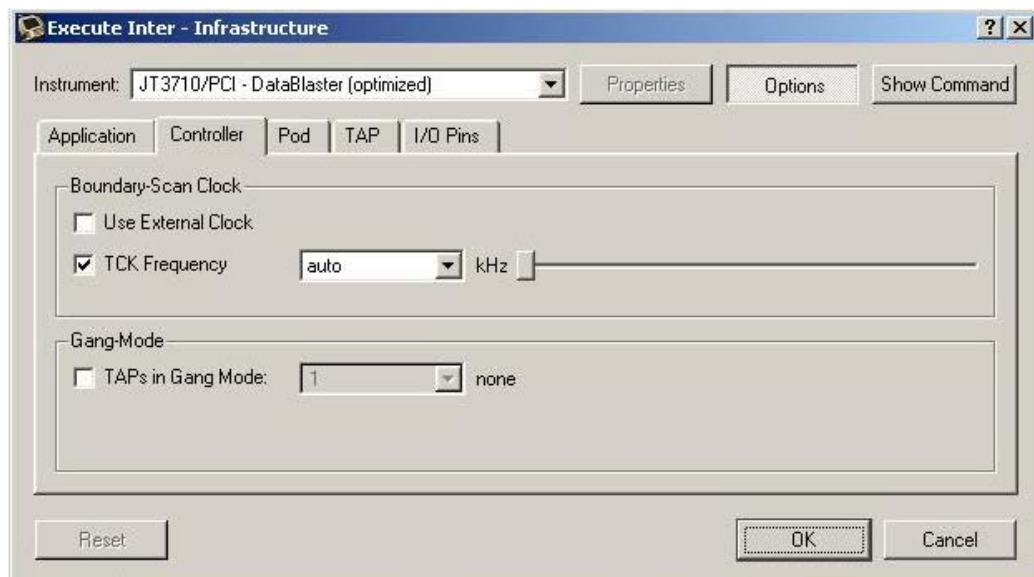


Kuva 22. Aukaistavan projektin valintaikkuna.

Tämä jälkeen vasemmalla olevasta listasta valitaan Applications → Inter. Oikeaa hiiren nappia painamalla avautuu valikko, josta valitaan Test Infrastructure (kuva 23). Ruudulle avautuvasta valikosta tarkistetaan, että Instrument-kohdassa on JT3710/PCI –Datablaster ja Controller-välilehdestä TCK-taajuutena Auto, kuten kuvassa 24 on esitetty. Asetukset kuitataan painamalla OK.

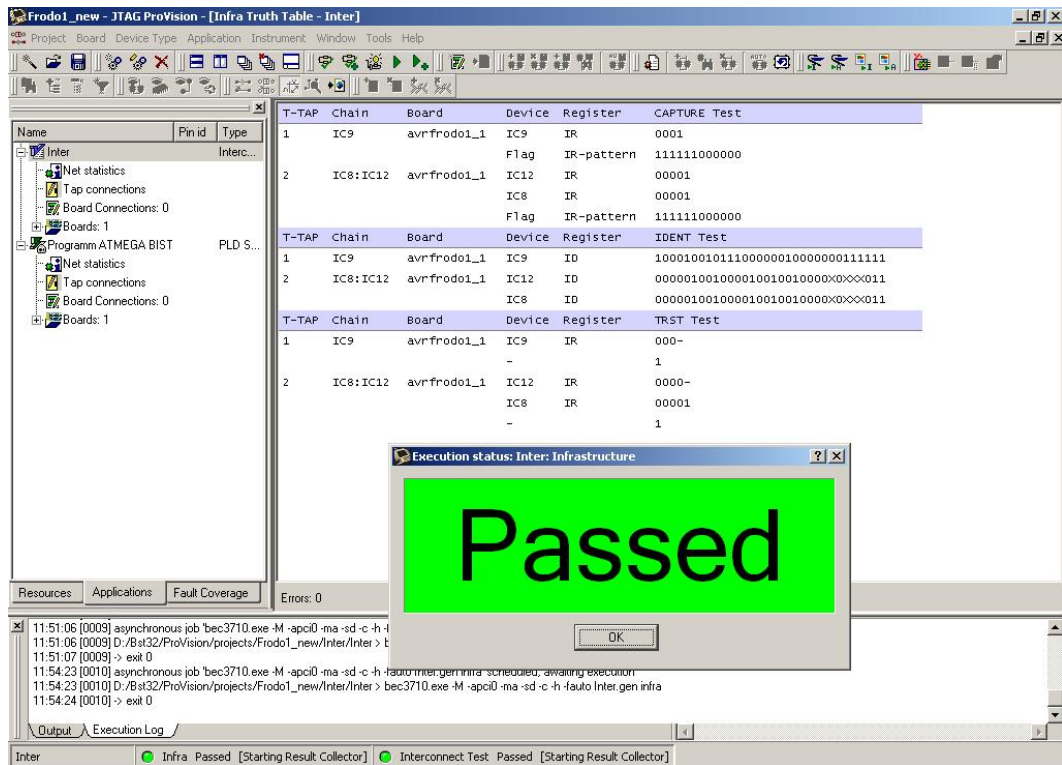


Kuva 23. Infrastructure-testin valinta ProVision-ohjelmalla.

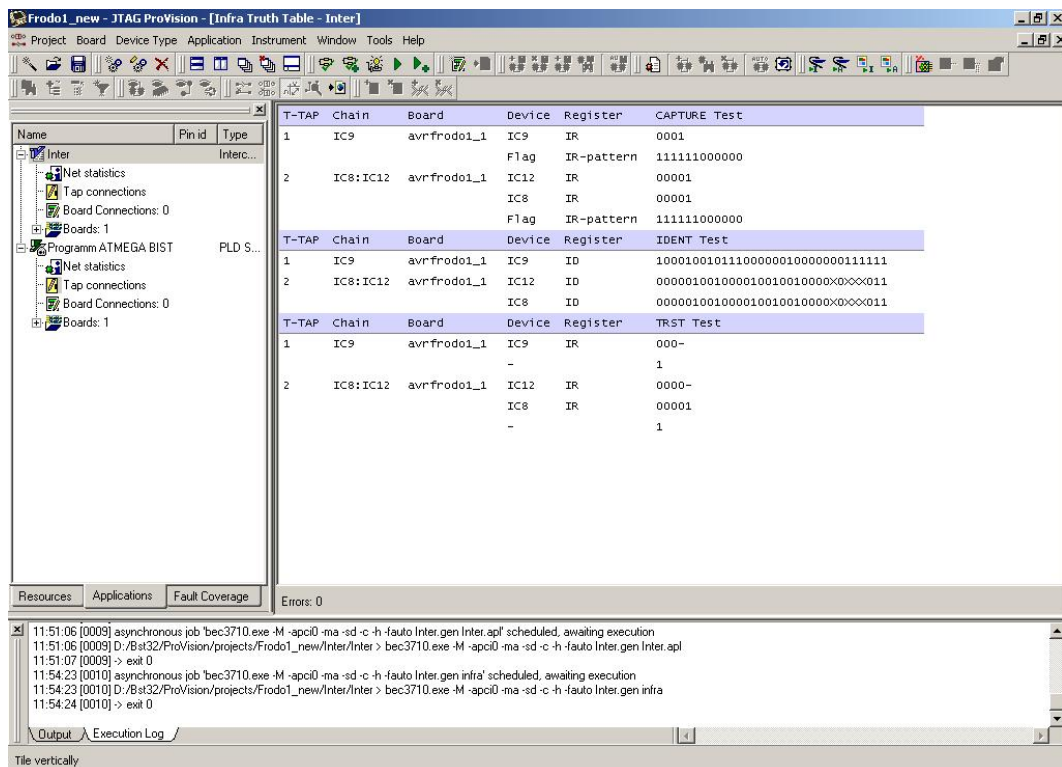


Kuva 24. Boundary-Scan-kellotaajuuden valinta.

Tämän jälkeen ohjelma suorittaa Infrastruktuuri testin ja ilmoittaa testin läpimenosta Passed- tai Failed-tekstillä (kuva 25) sekä näyttää yhteenvedon TAP-porttien bittitiloista (kuva 26).



Kuva 25. ProVision-ohjelman ilmoitus läpimenneestä Infrastructure-testistä.

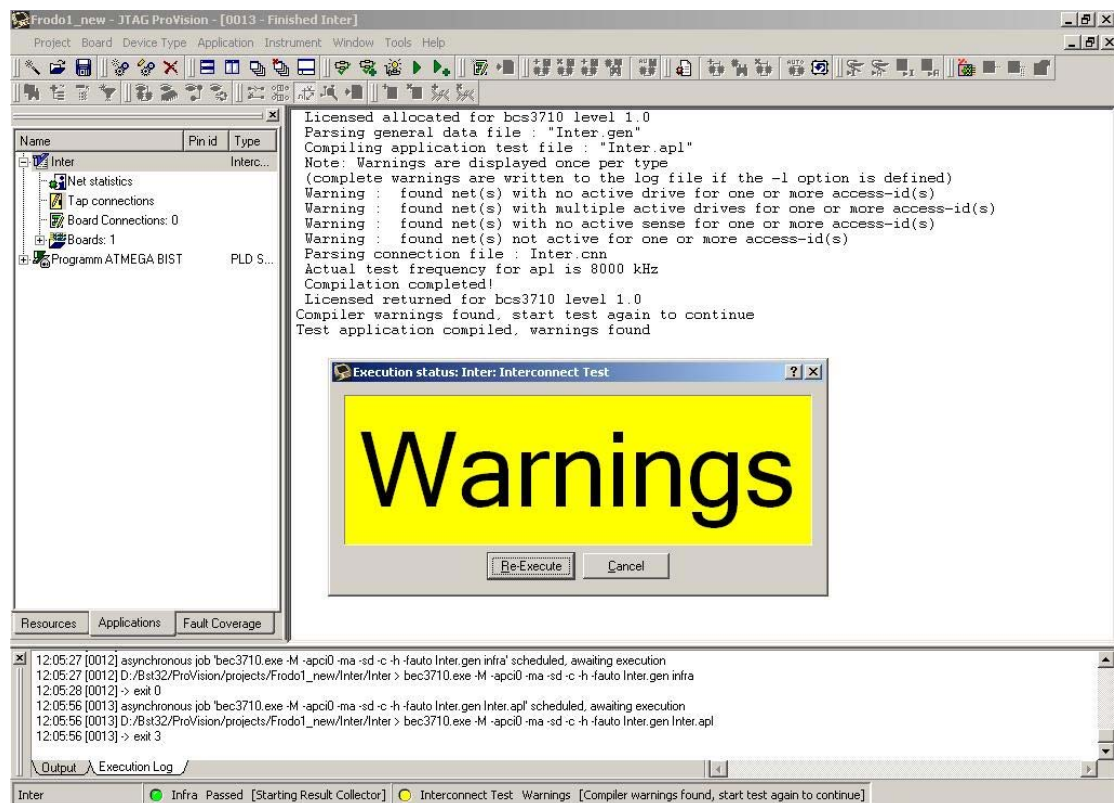


Kuva 26. Infrastructure-testin tuloksien yhteenveto.

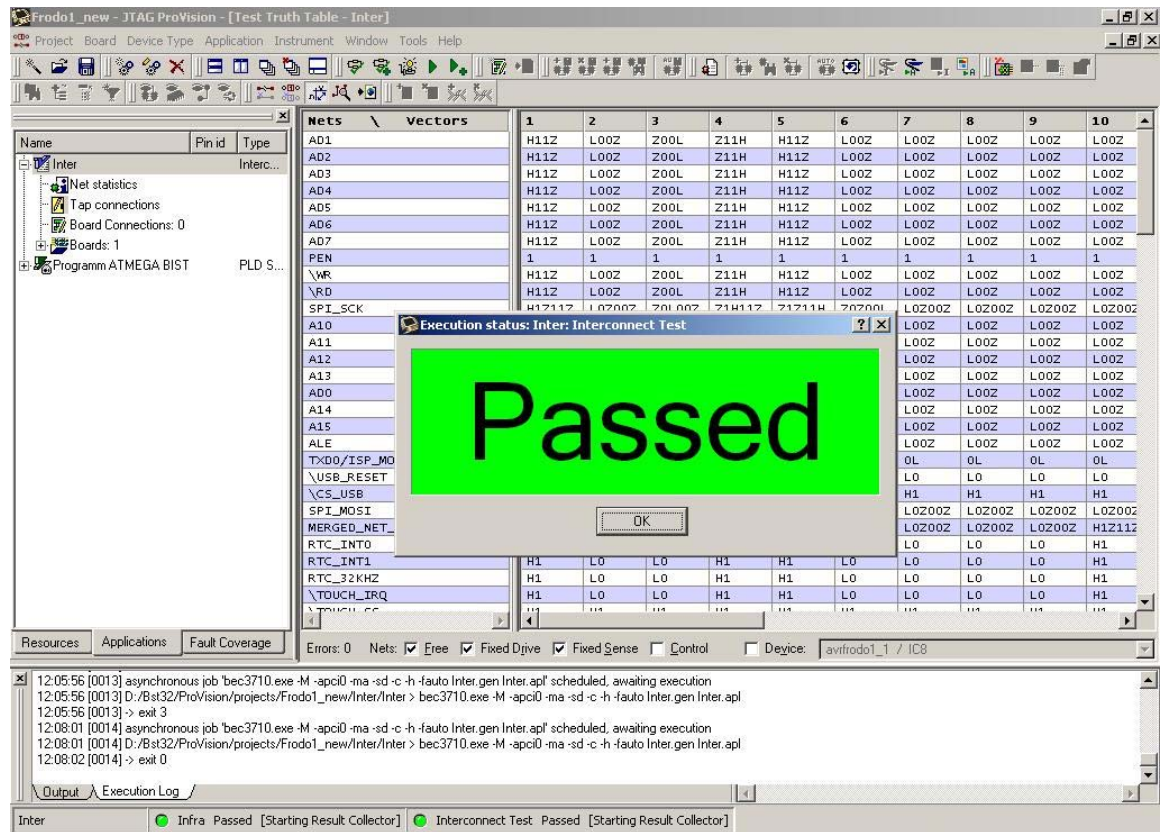
Interconnect-testin suorittaminen kaapeleilla

Projektina käytetään edelleen Frodo1_new-projektia. Edellä osoitetusta Inter:n kohdalta avautuvasta valikosta valitaan Generate ja painetaan avautuvasta valikosta OK. Tämän jälkeen suoritetaan itse Interconnect-testi Generate-toiminnon alla olevasta Execute-toiminnosta. Avautuvasta valikosta tarkistetaan, että Instrument-kohdassa on JT3710/PCI - Datablaster ja Controller-välilehdessä TCK-taajuutena Auto (kuva 24).

Kun asetukset on tehty, kuitataan ne painamalla OK-nappia jonka jälkeen ohjelma suorittaa Interconnect-testin. ProVision tulostaa ennen varsinaista testiä varoituksen, joka kuitataan Re-Execute-napista (kuva 27). Kuittauksen jälkeen ohjelma suorittaa testin, antaa Passed- tai Failed-ilmoituksen ruudulle sekä yhteenvedon eri signaaliverkkojen tiloista (kuva 28).



Kuva 27. Interconnect-testin antama varoitusilmoitus irtonaisista signaaliverkoista.

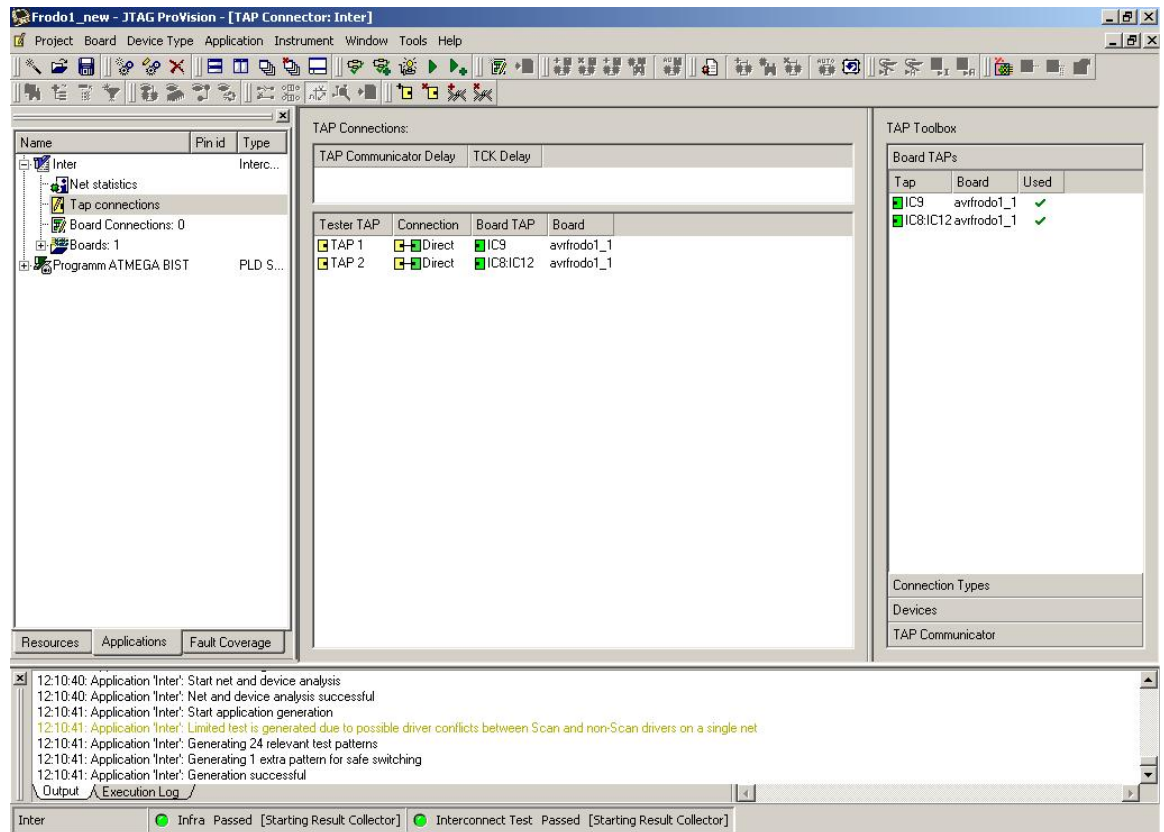


Kuva 28. Interconnect-testin onnistumisesta ProVision ilmoittaa Passed-ilmoituksella ja esittää yhteenvedon signaaliverkkojen tiloista.

Infrastructure- ja Interconnect-testien suorittaminen TapCommunicatorilla

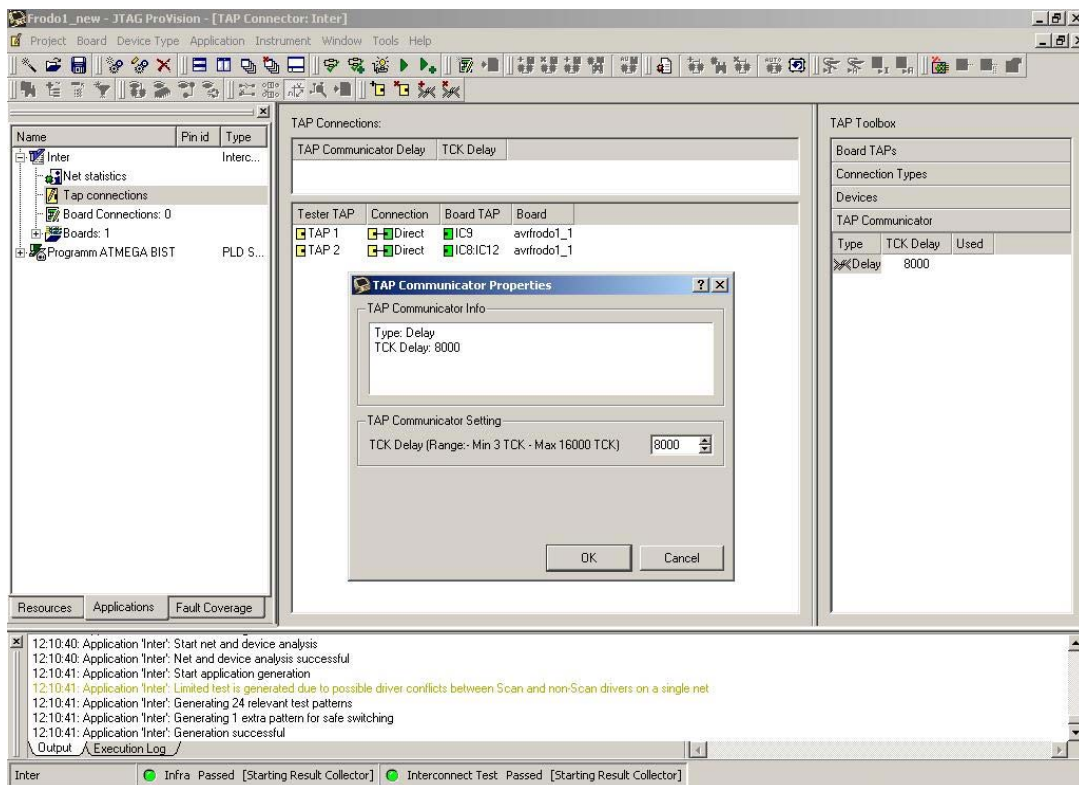
ProVisionilla etättestattaessa ei ole tarpeen ottaa käyttöön erillistä con-tiedostoa määrittelemään Downlinkin TCK-taajuutta ja virtuaalisolujen määrää, kuten VipManagerilla. ProVisionin itsessään pitää sisällään tarvittavan ominaisuuden, jolla se luo omaan kansioonsa con-tiedoston ja päivittää sen arvoja, jos niitä muutetaan. Seuraavissa kappaleissa on esitetty miten ProVisionilla tehdään Boundary-Scan-testejä TapCommunicatorin kautta.

Projektina käytetään Frodo1_new-projektia. TapCommunicator-asetukset saadaan näkyviin kaksoisklikkaamalla hiirellä Inter → Tap connections -toimintoa (kuva 29). Ruudulle avautuu ikkuna, jossa oikealta alhaalta valitaan hiirellä TAP Communicator, jolloin oikealle avautuu valikko. Tässä valikossa näkyy virtuaalisolujen määrä eli viive Delay, jolla on oletuksena 8000 virtuaalisolua. Hiiren vasemmalla napilla painetaan tätä viivettä ja samalla vedetään se Tap Communicator Delay -kohtaan.

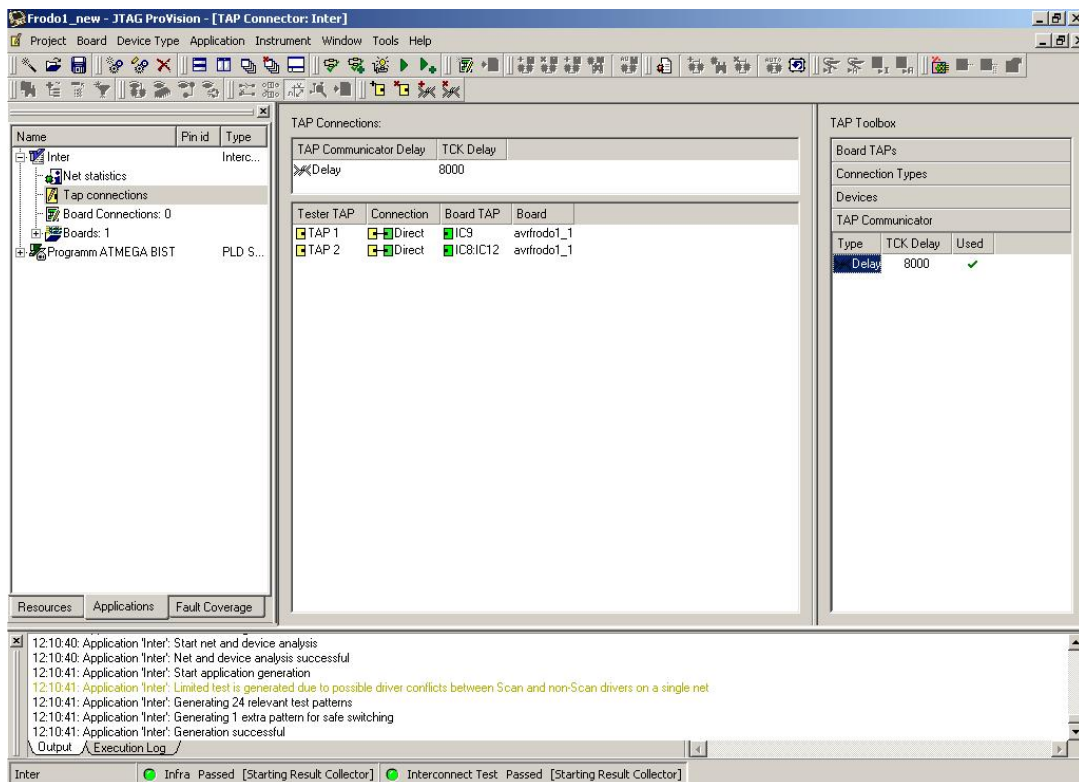


Kuva 29. Käytettävien TAP-porttien asetukset.

Tämän jälkeen ruudulle avautuu Tap Communication Properties -ikkuna, jossa voidaan määrittää haluttu määrä virtuaalisoluja (kuva 30). Oletuksena on 8000, jota myös käytetään testissä. Kuittauksen jälkeen Tap Communicator Delay -kohtaan ilmestyy aiemmin valittu viive (Delay) ja sen virtuaalisolujen määrä 8000 (kuva 31). Virtuaalisolujen määrää asettaessa täytyy ottaa huomioon, että ProVisionissa valittu lukumäärä on sama kuin TapCommunicator-ohjelmassa, jolla moduuleihin otetaan yhteys



Kuva 30. Virtuaalisolumäärän asettaminen.



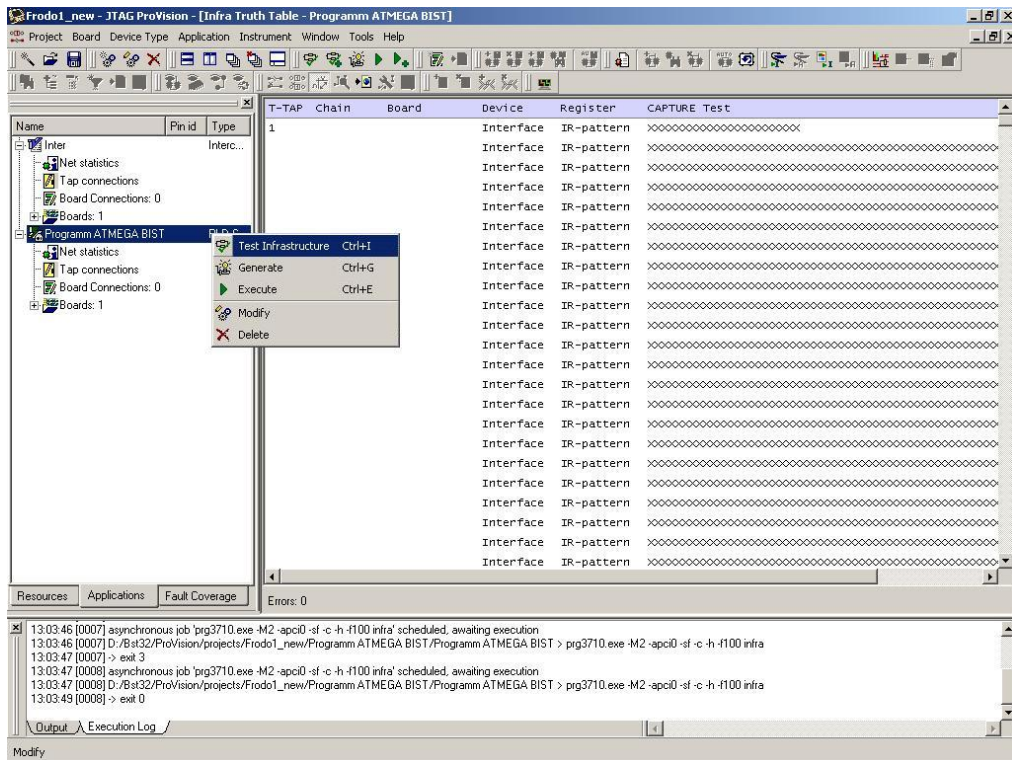
Kuva 31. TapCommunicator valittuna TAP-yhteydeksi.

Ennen kuin testejä voidaan suorittaa, täytyy TCK-taajuutta muuttaa Infrastructure- ja Interconnect-testeissä. Normaleissa kaapeleilla tehtävissä testeissä TCK-taajuutena on Auto-asetus, joka täytyy muuttaa 100–1200 kHz:n välille. Tällä taajuusalueella TapCommunicator toimii luotettavasti. Kummatkin testit, Infrastructure ja Interconnect, suoritetaan samalla tavalla kuin aiemmin testejä ajettaessa suoraan kaapeleiden kautta.

BIST-ohjelman lataaminen Frodolle

Seuraavissa kappaleissa on käsitelty BIST-ohjelman lataaminen Frodo-opetuskortille ProVision-ohjelmalla. BIST-itsetestausohjelma ladataan Frodo-opetuskortin ATmega128-mikrokontrollerille. Tämä tapahtuu kaapeleilla JTAG-liitännän kautta suoraan Frodolle sekä TapCommunicatorilla verkkoyhteyden kautta. ProVisionissa käytetään Frodo1_new-projektia, johon on luotu tarvittavat työkalut BIST-ohjelman lataamiselle.

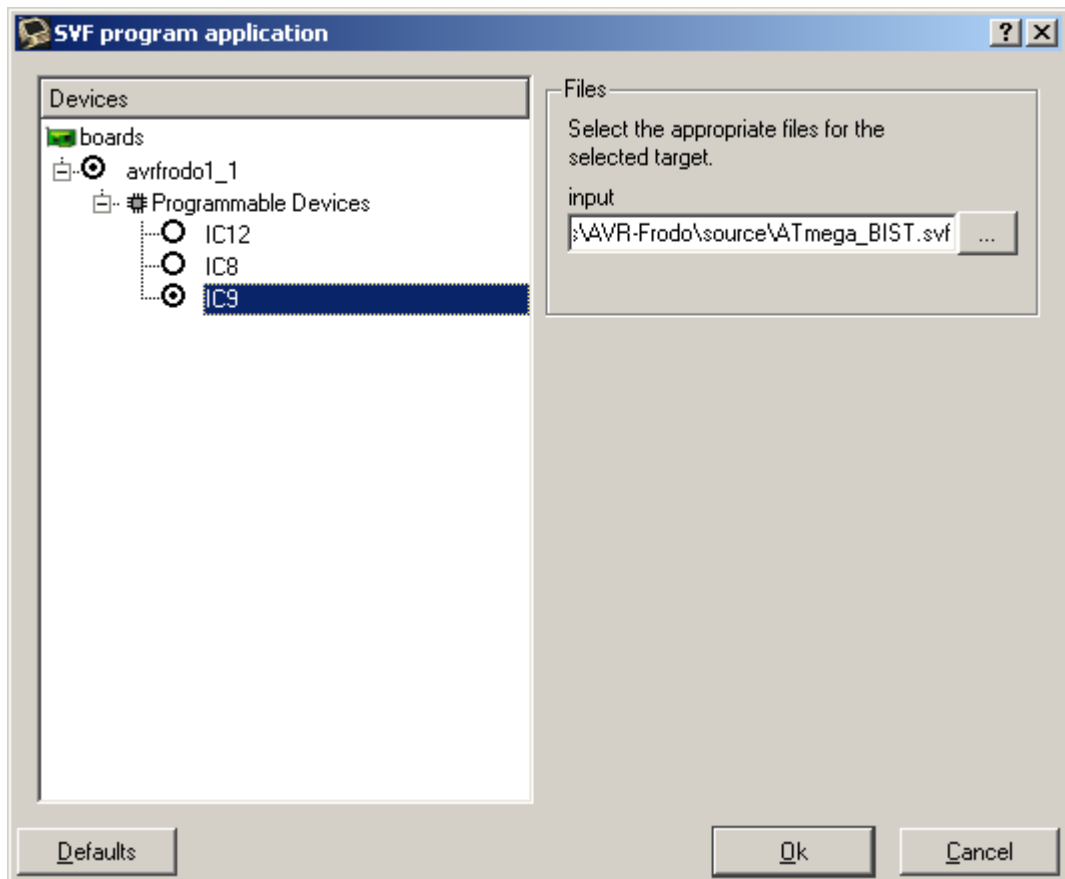
BIST-ohjelman lataaminen Frodolle tapahtuu suorittamalla ensimmäiseksi Infrastructure-testi Programm ATMEGA BIST -sovelluksen kautta. Kuten aiemmissa tehdyissä mittauksissakin, testin suoritus tapahtuu valitsemalla Test Infrastructure hiiren oikeanpuolimmaisella napilla avautuvasta valikosta (kuva 32). Asetuksissa on edelleen TCK-taajuutena Auto, kun BIST-ohjelmaa ollaan lataamassa ilman TapCommunicatoria (kuva 24).



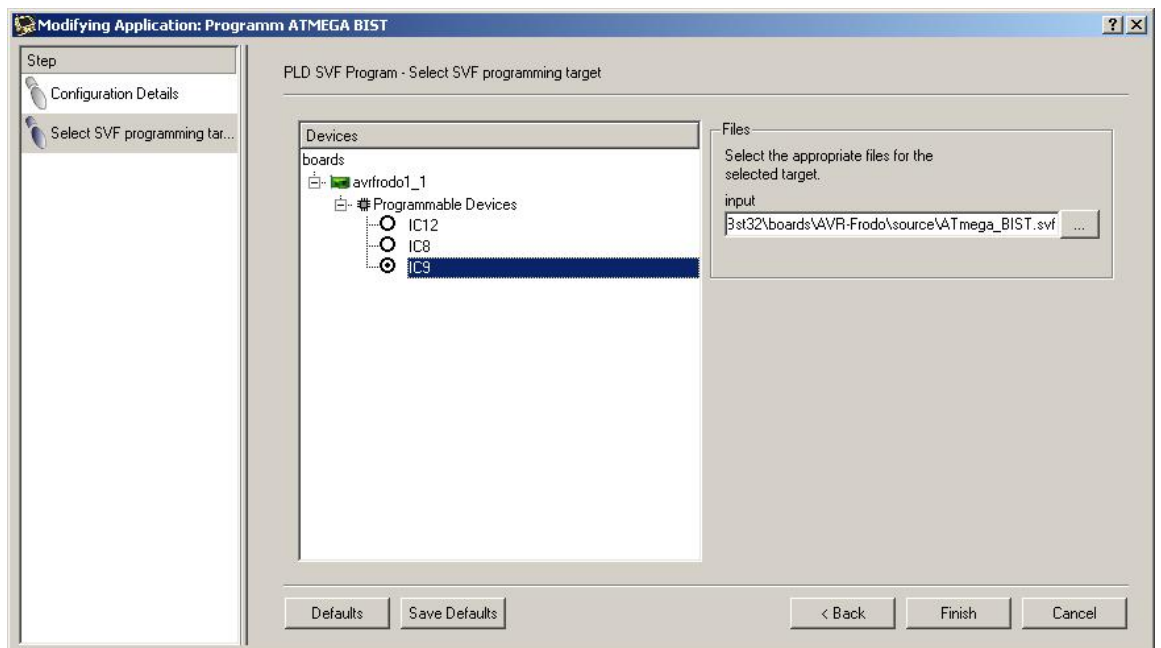
Kuva 32. Infrastructure-testin valinta.

Onnistuneen Infrastructure-testin jälkeen ProVision ilmoittaa testin läpimenosta Passed-ilmoituksella sekä ruudun alareunassa olevalla testin tilaa ilmoittavalla Infra Passed-merkinnällä (kuva 25).

Tämän jälkeen tarkistetaan, että Frodolle ladattava BIST-ohjelma on oikea. Hiirellä avautuvasta valikosta valitaan Generate, jolloin ruudulle avautuu SVF program application. Tässä valikossa voidaan valita IC8-, IC9- tai IC12-piireille ladattava ohjelma (kuva 33). Jos kuvan 33 mukaista valikkoa ei ilmesty ruutuun, voidaan BIST-ohjelman valinta tehdä klikkaamalla Modify-toimintoa, joka valitaan kuvassa 32 esitetystä valikosta. Tällöin aukeaa ikkuna, jossa voidaan tehdä asetusmuutoksia ohjelmointia varten, kuten kuvassa 34 on esitetty. Ohjelmoi- taessa ATmega128-mikrokontrolleria valitaan IC9 klikkaamalla sitä hiirellä. Tällöin tulee näkyviin ladattavan tiedoston hakemistopolku, joka tässä tapauksessa on D:\WorkDir\marko\Bst32\boards\AVR-Frodo\source\ATmega_BIST.svf. Kun oikea tiedosto on valittuna, kuitataan tämä OK- tai Finish-painikkeella.

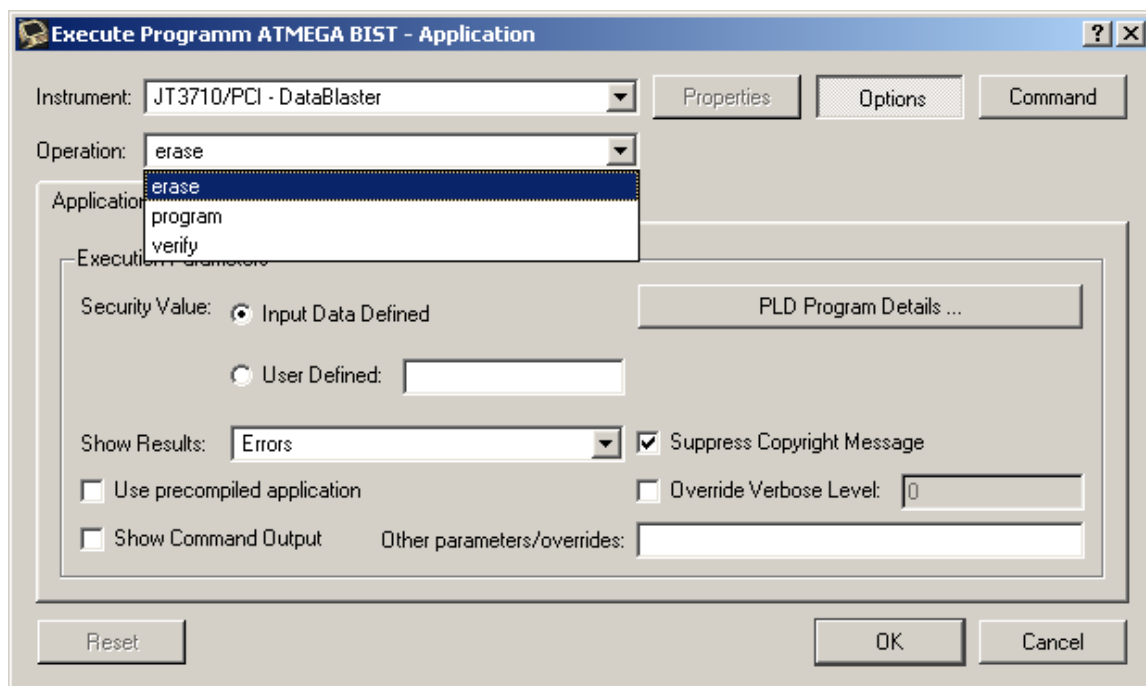


Kuva 33. Ladattavan BIST-ohjelman valinta.



Kuva 34. Ladattavan BIST-ohjelman valinta Modify-toiminnon kautta.

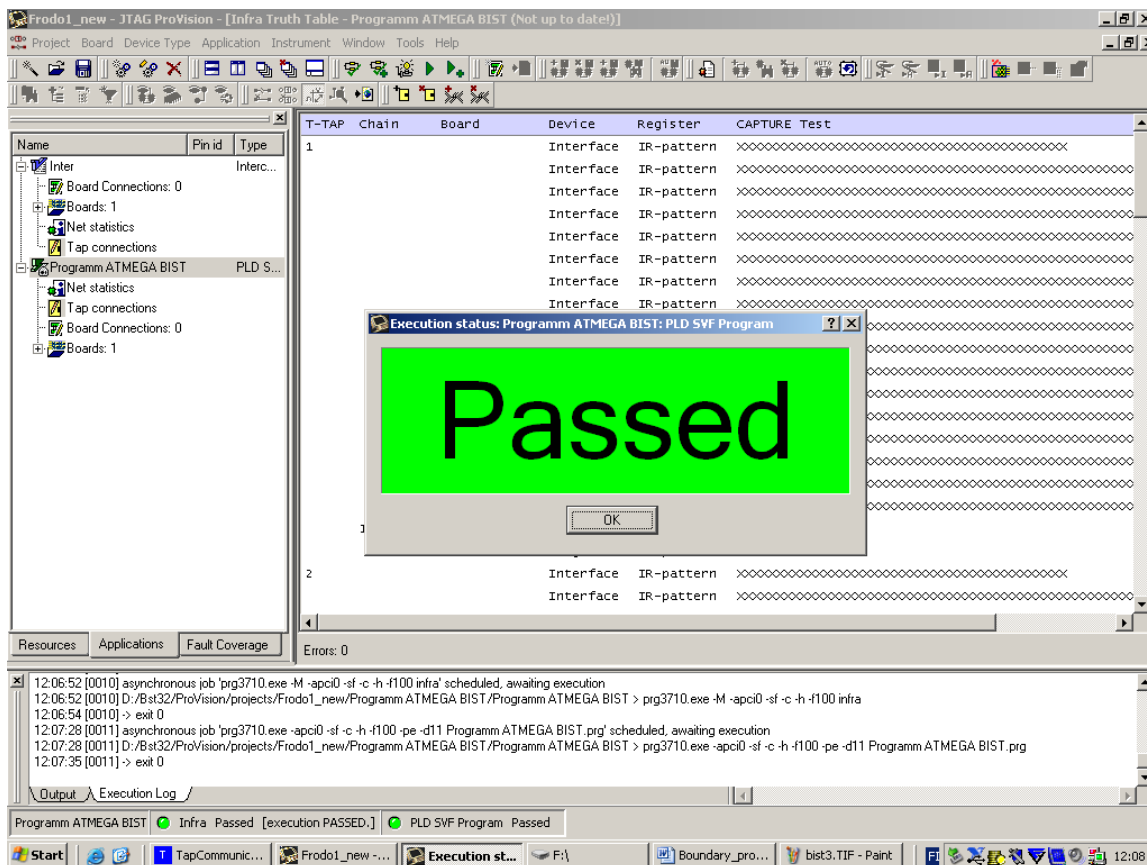
Kun ladattava tiedosto ja kohde on valittu, voidaan suorittaa piirin ohjelmointi valitsemalla Execute hiirellä aukaistavasta valikosta (kuva 32). Ruudulle aukeaa Execute Programm ATMEGA BIST-ikkuna. Operation-kohdasta valitaan ohjelmoitavalle piirille tehtävät toimenpiteet: Erase, program ja verify. Toimintojen valinta on esitetty kuvassa 35.



Kuva 35. Halutun toiminnon valinta mikropiirin ohjelmoinnissa.

Erase-komennolla ohjelmoitava piiri ainoastaan tyhjennetään, kun taas program-komennolla piiri tyhjennetään, ohjelmoidaan ja tarkistetaan ladatun ohjelman oikeellisuus. Tämä komentoketju on muutettavissa Application-välilehden PLD Program Details -toiminnolla. Verify-komennolla suoritetaan ainoastaan piirille ladatun ohjelman vertaaminen alkuperäiseen ohjelmaan. Controller-välilehdestä tarkistetaan, että TCK-taajuutena on edelleen Auto. Tämä edelleenkin silloin, jos ei käytetä TapCommunicatoria.

Asetusten ollessa kunnossa, voidaan suorittaa BIST-ohjelman lataaminen Frodolle. Onnistuneesta ohjelman lataamisesta ProVision ilmoittaa Passed-ilmoituksella (kuva 36)



Kuva 36. Passed-ilmoitus onnistuneesta BIST-ohjelman lataamisesta.

BIST-ohjelman lataaminen TapCommunicatorilla

Ladattaessa BIST-ohjelma TapCommunicatorilla käy edellä mainitut toimenpiteet pitkälti sellaisinaan. TapCommunicator täytyy ottaa erikseen käyttöön Tap connections-ohjelmasta, jossa tehdään samat toimenpiteet kuin aiemmin selostetussa ”Infrastructure ja Interconnect testien suorittaminen TapCommunicatorilla”-osiossa. Ennen ohjelman lataamista täytyy TCK-taajuus muuttaa Auto-tilasta 100–1200 kHz:n taajuusalueelle. TapCommunicatorin kautta BIST-ohjelman lataaminen ei ole vielä onnistunut, sillä ProVision jää suorittamaan ohjelman lataamista niin pitkäksi aikaa, että Downlinkin ja Uplinkin välinen yhteys katkeaa. Tämä luultavasti johtuu vääristä virtuaalisoluarvoista ja Downlinkin TCK-taajuudesta.