



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
НОВИ САД

Департман за енергетику, електронику и телекомуникације
Одсек за микрорачунарску електронику

ДИПЛОМСКИ – МАСТЕР РАД

Кандидат: Немања Пауновић

Број индекса: 10199

Тема рада: Једно решење методологије испитивања сложених система професионалне електронике

Ментор рада: др Јелена Ковачевић

Нови Сад, јул 2011.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР :	
Идентификациони број, ИБР :	
Тип документације, ТД :	Монографска документација
Тип записа, ТЗ :	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР :	Дипломски – мастер рад
Аутор, АУ :	Немања Пауновић
Ментор, МН :	Др Јелена Ковачевић
Наслов рада, НР :	Једно решење методологије испитивања сложених система професионалне електронике
Језик публикације, ЈП :	Српски / латиница
Језик извода, ЈИ :	Српски
Земља публиковања, ЗП :	Република Србија
Уже географско подручје, УГП :	Војводина
Година, ГО :	2011.
Издавач, ИЗ :	Ауторски репринт
Место и адреса, МА :	Нови Сад; трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО : (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	7/32/8/0/21/0/0
Научна област, НО :	Електротехника и рачунарство
Научна дисциплина, НД :	Рачунарска техника
Предметна одредница/Кључне речи, ПО :	
УДК	
Чува се, ЧУ :	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН :	
Извод, ИЗ :	У овом раду описан је један приступ испитивању сложених система професионалне електронике. Приказана је метода испитивања подељена у четири фазе и приказана је практична примена методе при испитивању уређаја за прикупљање аудио и видео узорака у реалном времену под називом РТ-АВ100.
Датум прихватања теме, ДП :	
Датум одбране, ДО :	8.7.2011.
Чланови комисије, КО :	Председник: Др Небојша Пјевалица
	Члан: Др Иштван Папп
	Члан, ментор: Др Јелена Ковачевић
	Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	Master Thesis
Author, AU :	Nemanja Paunović
Mentor, MN :	Jelena Kovačević, PhD
Title, TI :	One solution of testing methodology for complex professional electronic systems
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2011.
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	7/32/8/0/21/0/0
Scientific field, SF :	Electrical Engineering
Scientific discipline, SD :	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems
Subject/Key words, S/KW :	
UC	
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
Note, N :	
Abstract, AB :	This paper represents one solution of testing methodology for complex professional electronic systems. Described testing method is divided into four parts. Described method is practically used with testing of device for real time capturing audio and video streams named RT-AV100.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	8.7.2011.
Defended Board, DB :	President: Nebojša Pjevalica, PhD
	Member: Ištvan Papp, PhD
	Member, Mentor: Jelena Kovačević, PhD
	Mentor's sign

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Teorijske osnove ispitivanja sistema profesionalne elektronike.....	3
2.1 Vrste ispitivanja.....	3
2.2 Ispitivanje fizičke platforme.....	4
2.3 Ispitivanje programske podrške	5
3. Opis predložene metodologije ispitivanja složenih sistema profesionalne elektronike..	7
3.1 Ispitivanje fizičke platforme.....	9
3.2 Ispitivanje funkcionalnosti	9
3.3 Ispitivanje izdržljivosti.....	10
3.4 Ispitivanje u uslovima rada van predviđenih uslova	10
4. Opis ciljnog uređaja RT-AV100.....	12
4.1 Opis uređaja RT-AV100	12
4.1.1 Programska podrška uređaja RT-AV100	14
4.1.2 Opis programske podrške RT-Executor	16
5. Realizacija ispitivanja RT-AV100 uređaja na osnovu predložene metodologije ispitivanja	17
5.1 Opis ispitnog okruženja.....	17
5.1.1 Ispitno okruženje prve faze	17
5.1.2 Ispitno okruženje druge, treće i četvrte faze.....	18
5.2 Ispitivanje fizičke platforme.....	19
5.3 Ispitivanje funkcionalnosti	21
5.3.1 Programska podrška ispitivanju funkcionalnosti	21
5.3.2 Provera HDMI video spreznog podsistema.....	23

5.3.3	Provera S/PDIF optičkog audio sprežnog podsistema	24
5.4	Ispitivanje izdržljivosti	25
5.5	Ispitivanje u uslovima rada van predviđenih uslova	25
5.6	Problemi pri ispitivanju	25
6.	Zaključak	31
7.	Literatura	32

SPISAK SLIKA

Slika 3.1. Blok dijagram toka ispitivanja predložene metode.....	8
Slika 4.1. Blok šema RT-AV100 uređaja	13
Slika 4.2. Izgled prednjeg dela uređaja	14
Slika 4.3. Izgled zadnjeg dela uređaja.....	14
Slika 4.4. Code Composer Studio (GUI - <i>Graphical User Interface</i>)	15
Slika 4.5. Config NAViC (GUI - <i>Graphical User Interface</i>)	16
Slika 5.1. USB JTAG	18
Slika 5.2. Master MPSG 1025	18
Slika 5.3. Ispitno okruženje.....	19
Slika 5.4. Rezultati ispitivanja prikazani u CCS-u.....	20
Slika 5.5. RT-Executor (GUI - <i>Graphical User Interface</i>).....	21
Slika 5.6. Primer BBT testa.....	22
Slika 5.7. Primer test izveštaja	23
Slika 5.8. Primer nepravilnosti: četvorostruka slika	26
Slika 5.9. Očekivana slika.....	26
Slika 5.10. Primer nepravilnosti: poremećene boje	27
Slika 5.11. Očekivana slika.....	27
Slika 5.12. Primer nepravilnosti: poprečne linije.....	28
Slika 5.13. Očekivana slika.....	28
Slika 5.14. Primer nepravilnosti audio uzorka: nepravilna sinusoida.....	29
Slika 5.15. Očekivani oblik audio uzorka	29

SKRAĆENICE

IT	- <i>Information Technology</i> , Informacione tehnologije
QTP	- <i>Qualification Test Procedure</i> , Ispitna procedura pri projektovanju
PTP	- <i>Production Test Plan</i> , Ispitni plan pri proizvodnji
AOI	- <i>Automated Optical Inspection</i> , Automatizovana optička inspekcija
AXI	- <i>Automated X-ray Inspection</i> , Automatizovana inspekcija X zracima
BGA	- <i>Ball-Grid Array</i> , Integrisano kolo za mrežom konektora na donjoj strani
IEEE	- <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , Institut elektro i elektronskih inženjera
JTAG	- <i>Joint Test Action Group</i>
DUT	- <i>Device Under Test</i> , Ispitivani uređaj
BBT	- <i>Black Box Testing</i> , Ispitivanje metodom crne kutije
FMEA	- <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> , Analiza grešaka i njihovih posledica
IUT	- <i>Implementation Under Test</i> , Ispitivana programska podrška
SUT	- <i>System Under Test</i> , Ispitivani sistem
STB	- <i>Set Top Box</i> , Uređaj za prijem digitalnog TV signala
DVD	- <i>Digital Video Disc</i> , Digitalni video disk
HDMI	- <i>High-Definition Multimedia Interface</i> , Multimedijalni sprežni podsistem visokog kvaliteta
S-Video	- <i>Separate Video</i> , Zaseban video
S/PDIF	- <i>Sony/Philips Digital Interconnect Format</i> , „Soni“/„Filips“ digitalni format za povezivanje
CVBS	- <i>Composite Video, Blanking, and Sync</i>
LAN	- <i>Local Area Network</i> , Mreža lokalnog područja

DSP	- <i>Digital Signal Processor</i> , Digitalni signal procesor
RAM	- <i>Random Access Memory</i> , Memorija sa slučajnim pristupom
FPGA	- <i>Field-programmable Gate Array</i> , gejtovska polja koja se programiraju “na terenu”
SD	- <i>Standard Definition</i> , Standardna definicija (kvalitet)
ED	- <i>Enhanced Definition</i> , Unapređena definicija (kvalitet)
HD	- <i>High Definition</i> , Visoka definicija (kvalitet)
IDE	- <i>Integrated Development Environment</i> , Integrisano razvojno okruženje
CCS	- <i>Code Composer Studio</i>
GUI	- <i>Graphical User Interface</i> , Grafički korisnički interfejs
IP	- <i>Internet Protocol</i> , Internet protokol
USB	- <i>Universal Serial Bus</i> , Univerzalna serijska magistrala
EMIF	- <i>External Memory Interface</i> , Sprežni podsistem spoljašnje memorije

1. Uvod

Zadatak rada je da se predloži i realizuje jedna metoda ispitivanja složenih sistema profesionalne elektronike. Predložena metoda je praktično primenjena pri ispitivanju uređaja za prikupljanje audio i video uzoraka u realnom vremenu pod nazivom RT-AV100, koji je razvijen na Katedri za računarsku tehniku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.

Oblast profesionalne elektronike predstavlja jednu od grana industrije informacionih tehnologija (IT) sa najizraženijim stepenom razvoja, sa stanovišta primenjene tehnologije i podržane funkcionalnosti. Pre samo nekoliko godina mogućnosti elektronskih sistema profesionalne elektronike bile su neuporedivo skromnije u odnosu na današnje. Na primer broj različitih sprežnih podsistema je višestruko uvećan, a načini povezivanja uređaja sa računarom, međusobno ili sa drugim uređajima postaju sve raznovrsniji. Kao posledica dodatnih mogućnosti, a time i veće složenosti sistema profesionalne elektronike, ispitivanje takvih sistema postalo je komplikovanije i složenije.

Imajući u vidu naglu ekspanziju i složenost današnjih elektronskih sistema, tradicionalne metode (ručnog) ispitivanja su neefikasne u primeni, kako sa stanovišta utrošenog vremena, tako i pouzdanosti vezane za ocenu ispravnosti ispitivanog sistema. Ručno ispitivanje je zavisno od ljudske interpretacije, odnosno podložno greškama test inženjera prilikom ocene ispravnosti sistema, npr. usled nedovoljnog poznavanja specifikacije sistema, iskustva ili psiho-fizičkog stanja test inženjera. Sa druge strane, primena metoda ručnog ispitivanja oduzima značajan deo vremena razvoja (i do 50% [1]) i zbog toga se sukobljava sa jednim od osnovnih ciljeva u oblasti potrošačke elektronike, a to je postizanje tržišne prednosti. Usled težnje proizvođača da obezbede konkurentnost na tržištu, razvoj sistema u ovoj oblasti je u velikoj meri uslovljen cenom sa jedne strane i opravdanom potrebom za skraćanjem vremena pojavljivanja proizvoda na tržištu, sa druge. Zajedno, ova dva faktora teže smanjenju ukupnog vremena razvoja sistema.

Skraćenje vremena razvoja se u praksi najčešće postiže skraćivanjem procesa ispitivanja. U uslovima sve izraženijeg širenja funkcionalnosti sistema, smanjenje troškova, tj. cene na ovaj način dovodi do kratkoročnih rezultata, nedovoljno ispitan proizvod vodi ka degradaciji kvaliteta, što negativno utiče na konkurentnost. Da bi se obezbedilo kraće vreme proizvodnje i pružio bolji kvalitet, potrebno je više pažnje posvetiti analizi kvaliteta sistema i unaprediti proces ispitivanja, istovremeno održavajući/poboljšavajući njegov kvalitet. [2]

Rad je podeljen u šest poglavlja :

- U drugom poglavlju date su teorijske osnove ispitivanja sistema profesionalne elektronike
- U trećem poglavlju detaljno je opisana predložena metodologija ispitivanja zasnovana na podeli ispitivanja u četiri faze
- U četvrtom poglavlju opisan je ispitivani uređaj RT-AV100
- U petom poglavlju opisana je praktična primena metode prikazane u trećem poglavlju
- U šestom poglavlju dat je zaključak

2. Teorijske osnove ispitivanja sistema profesionalne elektronike

U ovom poglavlju biće prikazane teorijske osnove ispitivanja fizičke platforme i ispitivanja programske podrške kao uvod u predlog metodologije ispitivanja.

2.1 Vrste ispitivanja

Ispitivanje je procedura koja otkriva greške nastale prilikom razvoja sistema i pruža mogućnost njihovog lociranja i otklanjanja.

Ispitivanje predstavlja nezaobilazni deo procesa proizvodnje. Izbor metode ispitivanja i ispitne opreme direktno se odražava na konačnu cenu i kvalitet uređaja. Automatizacija ispitivanja predstavlja upotrebu softvera za kontrolu izvođenja koraka ispitivanja, poređenje dobijenih rezultata sa predviđenim, postavljanje preduslova ispitivanja i druge funkcije kontrole ispitivanja i izveštavanja o ispitivanju. Obično automatizacija ispitivanja predstavlja automatizaciju manuelnog izvršavanja testova koji se već upotrebljavaju za ispitivanje.

Razlikujemo dva tipa ispitivanja:

1. Ispitivanje kao završna faza tokom projektovanja uređaja i izrade prototipova (QTP - *qualification test procedure*), ovim ispitivanjem se potvrđuje ispravnost dizajna i programske podrške uređaja. Nakon QTP faze ispitivanja uređaja prelazi se u serijsku proizvodnju. QTP potvrđuje da je uređaj dobro isprojektovan i da je moguće pokrenuti serijsku proizvodnju.
2. Ispitivanje uređaja u procesu proizvodnje (PTP - *production test plan*). Ova vrsta ispitivanja vrši se nad velikim brojem uređaja koji se serijski izrađuju. PTP ispitivanje treba da proveriti da li su nastale greške prilikom serijske proizvodnje uređaja, kada je reč o fizičkoj platformi i da proveriti funkcionalnost uređaja, kada je u pitanju programska podrška.

Suštinska razlika između QTP i PTP ispitivanja je u tome što u toku QTP ispitivanja može doći do velikih izmena u konstrukciji uređaja i programskoj podršci, dok se pri PTP ispitivanju može samo ispravljati (dorađivati) programska podrška i eventualno može doći do zamene neispravnih komponenta, dok projekat uređaja ostaje nepromenjen.

U savremenim uslovima proizvodnja štampanih ploča obično je izmeštena iz kuća koje se bave razvojem, a samo fizičko ispitivanje ploča se naručuje kao usluga, a ploče koje su isporučene su već ispitane. Iz pomenutog razloga radu će biti predložena metodologija deo je PTP ispitivanja.

2.2 Ispitivanje fizičke platforme

Kod proizvodnje štampane ploče ispituju se postojanje električnih veza (očekivana vrednost otpora 0 oma u tačkama istog potencijala) i beskonačna otpornost u različitim čvorovima (bez montiranih elektronskih komponenta). Druga merenja koja se vrše mogu biti: debljina slojeva metalizacije, gabariti i poprečni presek ploče, karakteristična impedansa vodova, ako je zahtevana za pojedine podsisteme i drugo.

Sledeća faza je sastavljanje (asembliranje) i tada se koristi optičko ispitivanje, i x zraci, da se proverí da li su prave komponente na pravom mestu, i da li su pravilno orijentisane, i da li ima loših spojeva, kratkih spojeva itd.

Kod proizvodnje štampane ploče glavne vrste automatskog ispitivanja su ispitivanje u kolu (*In-circuit testing*), optičko ispitivanje (AOI - *automated optical inspection*), ispitivanje X zracima (AXI - *Automated x-ray inspection*) i ispitivanje sa ivice (*Boundary scan*).

Automatska optička inspekcija se obavlja tako što kamera pravi fotografije proizvedene ploče, a zatim je upoređuje sa fotografijom referentne ploče. Na ovaj način se mogu detektovati ogrebotine, nedostajuće, pogrešne ili pogrešno okrenute komponente, višak ili nedostatak lema. Ispitivanje pomoću X zraka se zasniva na sličnom principu, samo što se umesto vidljive svetlosti koriste X zraci. Ova vrsta inspekcije pored pomenutih mogućnosti otkriva i nedostatke štampane ploče nedostupne običnoj kameri. Naročito je zanimljiva upotreba ove vrste ispitivanja kod ploča koje sadrže BGA (*Ball-Grid Array*) integrisana kola, jer su njihovi priključci ispod čipa i nisu vidljivi golim okom.

Ispitivanje sa ivice (*Boundary scan*) je predmet standarda IEEE 1149.1 (*Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture*), poznato je i pod nazivom *Joint Test Action Group* (JTAG). Ovaj standard se danas masovno koristi za ispitivanje integrisanih kola. Pomoću ovog načina ispitivanja moguće je spolja pristupiti određenim delovima ili čitavoj štampanoj ploči i predstavlja osnovni način ispitivanja ugnježđenih računarskih sistema. Na ovaj način uz

adekvatnu programsku podršku može se ispitati ispravnost funkcionisanja upotrebljenih komponenti na uređaju koji ispitujemo. Potrebna je programska podrška na računaru za uspostavu komunikacije sa predmetom ispitivanja i potrebna je programska podrška koja će biti učitana u uređaj koji ispitujemo (DUT - *Device Under Test*). Učitana programska podrška simulira realno funkcionisanje sistema i po završetku simulacije na računaru se može videti izveštaj o tome koje komponente su prošle ispitivanje, a koje nisu.

Ispitivanje u kolu (*In-circuit testing*) je ispitivanje na principu bele kutije gde se uz pomoć električnih sonda ispituju štampane ploče naseljene komponentama. Ovim ispitivanjem se proveravaju otvoreni i kratki spojevi, otpornost, kapacitivnost i slične osnovne veličine koje ukazuju na to da li je uređaj pravilno izrađen. Ispitivanje u kolu može biti izvršeno uz pomoć fiksature sa igličastim konektorima (*Bed-of-nails fixture*) ili uz pomoć postavke sistema bez prese, npr. pomoću leteće sonde (*Flying probe*).

Sistem za ispitivanje pomoći leteće sonde dosta je jeftiniji od sistema sa igličastim konektorima. Pored toga, vreme potrebno za prilagođavanje ovakvog sistema ispitivanju konkretne štampane ploče znatno je kraće od vremena potrebnog za projektovanje sistema za ispitivanje pomoću fiksature sa igličastim konektorima. Zbog toga je, imajući u vidu vremenska ograničenja pri razvoju, sistem leteće sonde pogodniji za ispitivanje prototipa uređaja. Mana mu je što zahteva dosta vremena za ispitivanje svake pojedinačne ispitne jedinice, tako da je nepraktičan za ispitivanje pri masovnoj proizvodnji.

2.3 Ispitivanje programske podrške

Ispitivanje programske podrške ima za cilj da otkrije greške u ponašanju sistema, bilo poznavanjem unutrašnje strukture, bilo na osnovu specifikacije proizvoda. Metoda ispitivanja kvaliteta programske podrške korišćenjem specifikacije (funkcionalno ispitivanje, ispitivanje ponašanja ili ispitivanje metodom crne kutije) pronalazi greške u sistemu na osnovu analize odziva sistema na određene pobude.

Ispitivanje programske podrške može da se sprovodi u cilju provere usklađenosti sa datom specifikacijom i tada govorimo o verifikaciji programske podrške. Ukoliko ispitujemo programsku podršku da bismo ispitali da li su zadovoljena očekivanja korisnika, radi se o validaciji programske podrške.

Programska podrška koja je podvrgnuta ispitivanju se naziva “ispitivana programska podrška” ili “programska podrška koja se ispituje”. U stranoj literaturi se često sreće i naziv IUT (*implementation under test*). Ako se ispitivanje vrši na nivou sistema, koristi se naziv “sistem koji se ispituje” ili skraćeno SUT (*system under test*). Ukoliko je predmet ispitivanja uređaj, što je najčešći slučaj u oblasti potrošačke elektronike, koristi se naziv DUT (*device under test*).

Spoljni faktori koji utiču na proces ispitivanja sistema, npr. pobude korisnika, se nazivaju okruženjem sistema koji se ispituje. Kao što je prethodno rečeno, ispitivanje programske podrške je proces izvršavanja programske podrške u okruženju i posmatranja njenog ponašanja. Ponašanje programske podrške je uslovljeno njenom unutrašnjom strukturom i događajima iz okruženja. Događaji koji dolaze iz okruženja programske podrške koja se ispituje i utiču na njeno ponašanje čine ispitni ulaz. Očekivano ponašanje programske podrške tokom ispitivanja (izvršavanja), u odnosu na dati ispitni ulaz, se naziva ispitni izlaz. Ispitni ulaz i ispitni izlaz, zajedno sa dodatnim parametrima procesa ispitivanja, čine ispitni scenario. Ispitni skup (*test suite*) predstavlja kolekciju ispitnih scenarija. Ukoliko ispitni scenariji nisu direktno izvršivi, npr. generisani su automatski na osnovu modela sistema nazivaju se apstraktni ispitni scenariji (ova tematika izlazi iz opsega ovog rada).

Testni skup može da sadrži beskonačno mnogo mogućih ispitnih scenarija. Usled ograničenog vremena ispitivanja potrebno je definisati ispitni skup koji će uz minimalan napor obezbediti efikasnu verifikaciju programske podrške, tj. primeniti kriterijum izbora ispitnih scenarija. U tu svrhu se najčešće koristi princip pokrivenosti funkcionalnosti programske podrške.

Nakon izvršavanja ispitnog scenarija, potrebno je uporediti izlaz programske podrške uređaja koji se ispituje sa očekivanim izlazom, specificiranim ispitnim scenarijem. Poređenjem se dobija ispitni rezultat, koji može da bude uspešan (pozitivan), neuspešan (negativan) ili neodređen.

3. Opis predložene metodologije ispitivanja složenih sistema profesionalne elektronike

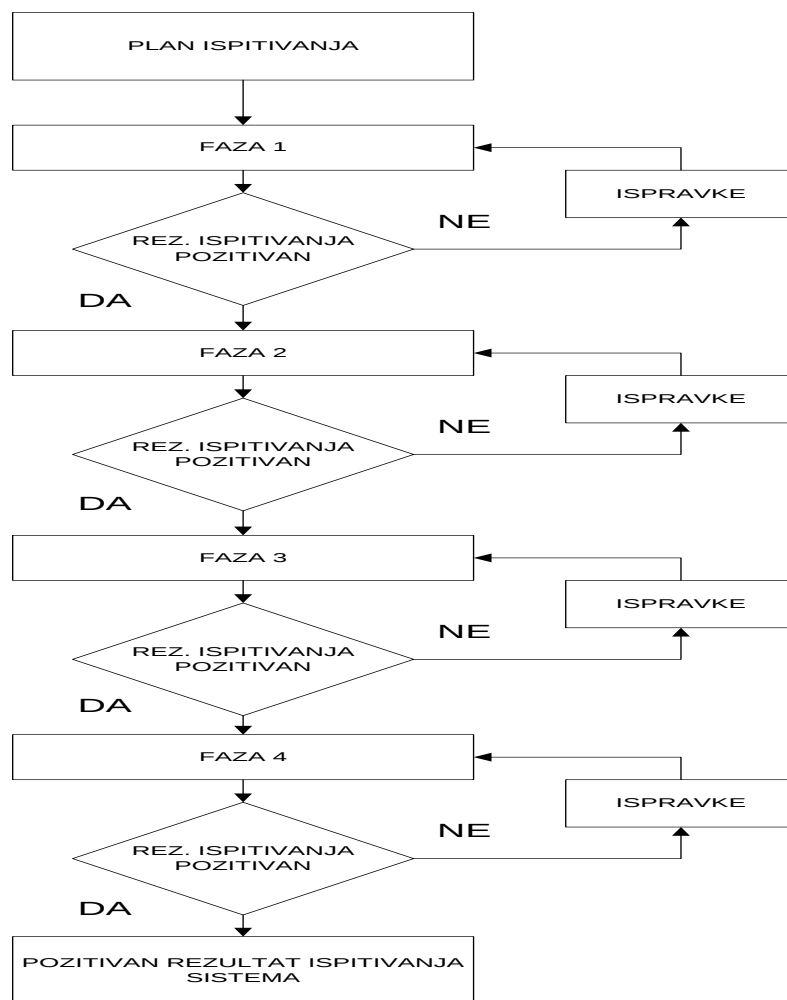
U ovom poglavlju biće detaljno opisana predložena metoda ispitivanja sistema profesionalne elektronike, primenjena pri ispitivanju ciljnog uređaja RT-AV100.

Predložena je metoda ispitivanja složenih sistema profesionalne elektronike podeljena u 4 faze koje su deo PTP ispitivanja. U ovom radu pod terminom “složeni uređaj” smatramo svaki elektronski uređaj koji ima veći broj tehnološki naprednih podsklopova, koji mogu u manjoj ili većoj meri nezavisno da funkcionišu, i, narocito, uređaji koji imaju više međusobno spregnutih programabilnih struktura (procesora, FPGA itd). Iz razloga što ispitujemo složene sisteme predložena metodologija podeljena je u faze. Složenost sistema iziskuje ispitivanje korak po korak. Faze ispitivanja ciljnog uređaja:

1. ispitivanje fizičke platforme
2. ispitivanje funkcionalnosti
3. ispitivanje izdržljivosti
4. ispitivanje u uslovima rada van predviđenih uslova

Faze se izvršavaju sekvencijalno uz uslov da je za prelazak na sledeću fazu potrebno da izveštaj prethodne faze ispitivanja prosledi pozitivne rezultate. Prednost ovakvog pristupa ispitivanju je u tome što sekvencijalni pristup ispitivanju uz dobar plan ispitivanja omogućava struktuisano pronalaženje i otklanjanje grešaka i daje precizne rezultate.

Na slici 3.1. prikazan je algoritam izvršavanja prikazane metode ispitivanja.



Slika 3.1. Blok dijagram toka ispitivanja predložene metode

U okviru projektovanja uređaja potrebno je definisati detaljan ispitni plan. Plan ispitivanja sadrži zahteve koji se postavljaju na osnovu specifikacije DUT-a, spisak potrebne opreme za formiranje ispitnog okruženja, opis svih predviđenih ispitivanja i očekivane rezultate ispitivanja. Kao ulaz u svaku od faza koristimo ispitni plan, kao izlaz iz svake od faza dobijamo izveštaj o tome koja ispitivanja su završena pozitivnim rezultatom, a koja moramo ponoviti ili prijaviti grešku. Za slučaj da neki od zahteva nije završio ispitivanje pozitivnim rezultatom važno je koristiti sistem za kontrolisanje grešaka (*Bug tracking system*) preko kojeg test inženjer prijavljuje grešku koju je pronašao. U zavisnosti da li se izvršava QTP ili PTP, izveštaj o grešci se adresira na tim za istraživanje i razvoj (*Research and Development*) (za QTP) ili na tim iz proizvodnje (tehničari za PTP). Kada tim na koji je adresirana greška ispravi grešku prijavljuje da je nepravilnost otklonjena i tada test inženjer ponavlja fazu na kojoj je obustavio ispitivanje kada je ustanovio grešku.

3.1 Ispitivanje fizičke platforme

Prva faza je ispitivanje ispravnosti fizičke platforme uređaja. Ispituju se štampane ploče, veze na njima i ugrađene komponente u cilju otkrivanja, verifikacije i ispravke eventualnih grešaka nastalih prilikom proizvodnje istih.

Ispitni plan u ovoj fazi sastoji se od liste ključnih komponenata koje trebaju biti ispitane, detaljnog uputstva o podesavanju programske podrške koja se koristi pri ispitivanju i precizan opis načina na koji se povezuju DUT i računar uz potrebna podešavanja, kako na računaru, tako i na uređaju koji ispitujemo. Očekivani rezultati su da svaka od navedenih komponenti koje se smatraju za ključne završi ispitivanje sa pozitivnim izveštajem prikazanim na ekranu računara.

Prilikom preliminarne kontrole funkcionalnosti sklopova koriste se sprege, dongle i JTAG. Jedan od postupaka ispitivanja za koji je oprema relativno jeftina i koji se može obaviti u laboratorijama bez nekih posebnih zahteva je ispitivanje sa ivice (*Boundary scan*). Ispitivanje sa ivice je predmet standarda IEEE 1149.1 [3], poznato je i pod nazivom *Joint Test Action Group* (JTAG). Ovaj standard se danas masovno koristi za ispitivanje rada integrisanih kola. Pomoću ove sprege moguće je pristupiti svim digitalnim podsistemima u uređaju i ona predstavlja osnovni način ispitivanja ugnježđenih računarskih sistema. Za realizaciju ove faze ispitivanja potrebno je:

- programska podrška na računaru za uspostavu komunikacije sa predmetom ispitivanja,
- programska podrška koja će biti učitana u DUT, i
- potreban je uređaj kojim će računar i DUT biti povezani (*dongle*).

Učitana programska podrška obezbeđuje samodijagnostiku funkcionalnosti sistema i po završetku simulacije na računaru se dobija izveštaj o tome koje funkcionalne celine su prošle ispitivanje, a koje nisu.

3.2 Ispitivanje funkcionalnosti

Druga faza predložene metodologije je provera funkcionalnosti uređaja. Posle pozitivnog izveštaja o rezultatima ispitivanja fizičke platforme prelazi se na proveru funkcionalnosti uređaja. Kompleksnost ove faze zavisi od konstrukcije uređaja. Najkomplikovaniji su slučajevi u kojima se proverava uređaj koji je sklop više podsistema u jednom, poseduje više različitih sprežnih podsistema i različite načine povezivanja.

Ispitivanje funkcionalnosti se definiše kao aktivnost koja se sprovodi radi ocene kvaliteta hardverskih komponenata sistema i programske podrške, radi njihovog unapređenja, identifikacijom grešaka i problema. [4].

Ispitni plan u ovoj fazi sadrži zahteve koji se sastavljaju na osnovu specifikacije uređaja, opis ispitnog okruženja koje će simulirati realno radno okruženje DUT-a, detaljno uputstvo toka ispitivanja koje obuhvata sve funkcije koje DUT podržava i očekivane rezultate ispitivanja. Rezultate ispitivanja dobijamo posle poređanja referentnih datoteka sa onima koje dobijemo kao produkt funkcionisanja uređaja koji ispitujemo. U zavisnosti od namene uređaja definiše se dozvoljena tolerancija na odstupanja rezultata poređenja.

3.3 Ispitivanje izdržljivosti

Ispitivanje izdržljivosti je treća faza koja za cilj ima da potvrdi stabilnost sistema kada ambijentalni i drugi uslovi odstupaju od nominalnih, a u opsegu koji je definisan specifikacijom uređaja. Podrazumeva ispitivanje izvan normalnog režima rada često i do namerno izazvanog otkaza rada uređaja u interesu sagledavanja rezultata [5].

Ispitnim planom definišu se: okruženje u kojem uređaj treba da se ispituje, ambijentalni uslovi, trajanje ispitivanja u zavisnosti od namene uređaja i očekivani rezultati ispitivanja.

Ova ispitivanja se zapravo urade u toku QTP, a u proizvodnoj fazi se vrši uzorkovanje i pojedini kritični testovi se ponavljaju na propisanom uzorku iz svake serije.

3.4 Ispitivanje u uslovima rada van predviđenih uslova

Završna faza ispitivanja uređaja je ispitivanje u uslovima rada van predviđenih uslova, prilikom nepravilnog korišćenja uređaja, kao i posledice takvih situacija. Ispitivanje u uslovima rada van predviđenih uslova definisano je kao stepen do kojeg sistem ili komponenta mogu pravilno funkcionisati u ekstremnim uslovima rada. [6].

Sadržaj ovih ispitivanja se utvrđuje na osnovu izvršene analize rizika i posledica rada u okruženju van predviđenih uslova (FMEA - *failure mode and effects analysis*).

Ispitnim planom definišu se: okruženje u kojem uređaj treba da se ispituje, ambijentalni uslovi, trajanje ispitivanja u zavisnosti od namene uređaja i očekivani rezultati ispitivanja.

Zavisno od namene uređaja predviđaju se najekstremnije i neočekivane situacije u kojima se DUT može naći npr. pad uređaja, prolivanje tečnosti, naglo rashlađivanje ili grejanje i sl.

Ova ispitivanja se takođe urade u toku QTP, a u proizvodnoj fazi se vrši uzorkovanje i pojedini kritični testovi se ponavljaju na propisanom uzorku iz svake serije.

4. Opis ciljnog uređaja RT-AV100

4.1 Opis uređaja RT-AV100

Predložena metoda je primenjena kod ispitivanja uređaja RT-AV100. RT-AV100 koristi se u TV industriji za ispitivanje prijemnika signala digitalne televizije (STB - *set top box*), za ispitivanje DVD i Blu-ray uređaja. Uređaj je zasnovan na digitalnom signal procesoru i poseduje mnogobrojne audio i video sprežne podsisteme:

Digitalni video sprežni podsistemi:

- SD/HD-SDI (*Serial Digital Interface*)
- HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*)

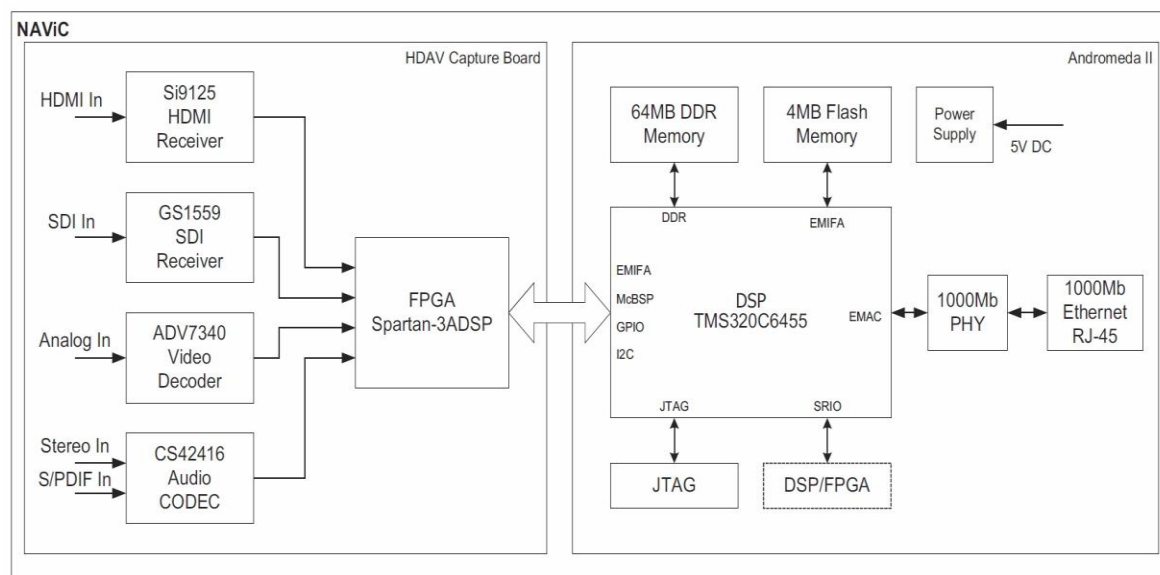
Analogni video sprežni podsistemi:

- Kompozitni (složeni) video (CVBS (*Composite Video, Blanking, and Sync*))
- S-Video (*Separate Video*)
- Komponentni video (YpbPr)

Audio sprežni podsistemi:

- S/Pdif (*Sony/Philips Digital Interconnect Format*)
- Analogni Stereo (*Line In*)
- HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*)

Uređaj ima mogućnost povezivanja na 1Gb mrežu putem mrežnog LAN (*Local Area Network*) priključka koji poseduje [7].



Slika 4.1. Blok šema RT-AV100 uređaja

Na slici 4.1. je prikazana blok šema na kojoj se mogu videti najvažniji delovi uređaja. RT-AV100 spada u kompleksne sisteme profesionalne elektronike, poseduje na jednoj ploči računarski sistem koji se sastoji od digitalnog signal procesora (DSP - *Digital Signal Processor*), operativne memorije (RAM - *Random Access Memory*), memorije za skladištenje (FLASH memory) i mrežnog priključka, dok je na drugoj ploči glavni element programabilno integrisano kolo (FPGA - *Field-programmable Gate Array*). Glavna karakteristika uređaja je mogućnost prikupljanja i emitovanja audio i video uzoraka u realnom vremenu i komunikacija sa računarom putem 1Gb mreže, što omogućava brzu obradu prikupljenih podataka. RT-AV100 ima mogućnost prikupljanja video uzoraka visoke rezolucije:

SD (*Standard Definition*)

576i50

480i60

ED (*Enhanced Definition*)

576p50

480p60

HD (*High Definition*)

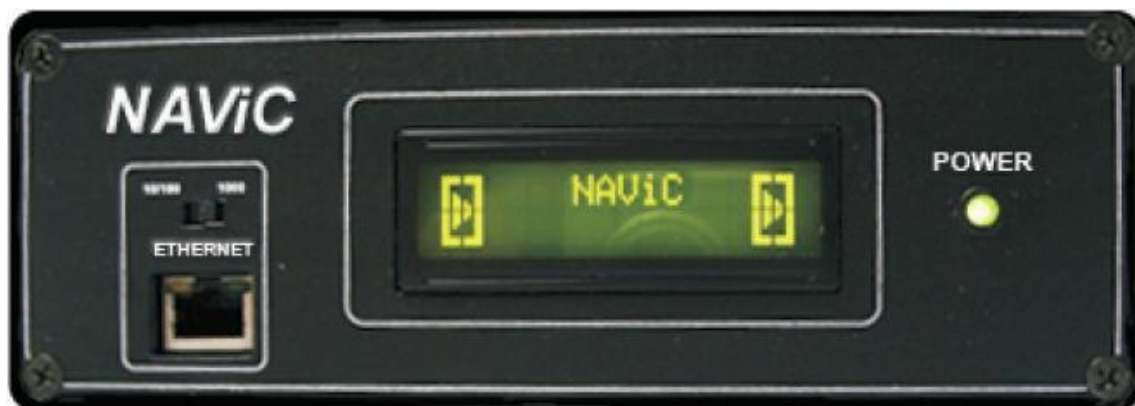
720p50 i 720p60

1080i50 i 1080i60

1080p25 i 1080p30

Podržava jednostavnu nadogradnju programske podrške preko mrežnog 1Gb priključka. RT-AV100 ima mogućnost prikazivanja video signala na računaru u realnom vremenu, kao i

prebacivanje „uhvaćenih“ uzoraka video signala na računar u .bmp formatu, dok se audio uzorci čuvaju u .wav formatu i dostupni su za dalju obradu. Uređaj je predviđen za korišćenje u industrijskim uslovima iz tog razloga nije previše pažnje posvećeno dizajnu kućišta. Na slikama 4.2. i 4.3. prikazan je izgled prednje i zadnje strane uređaja, respektivno.



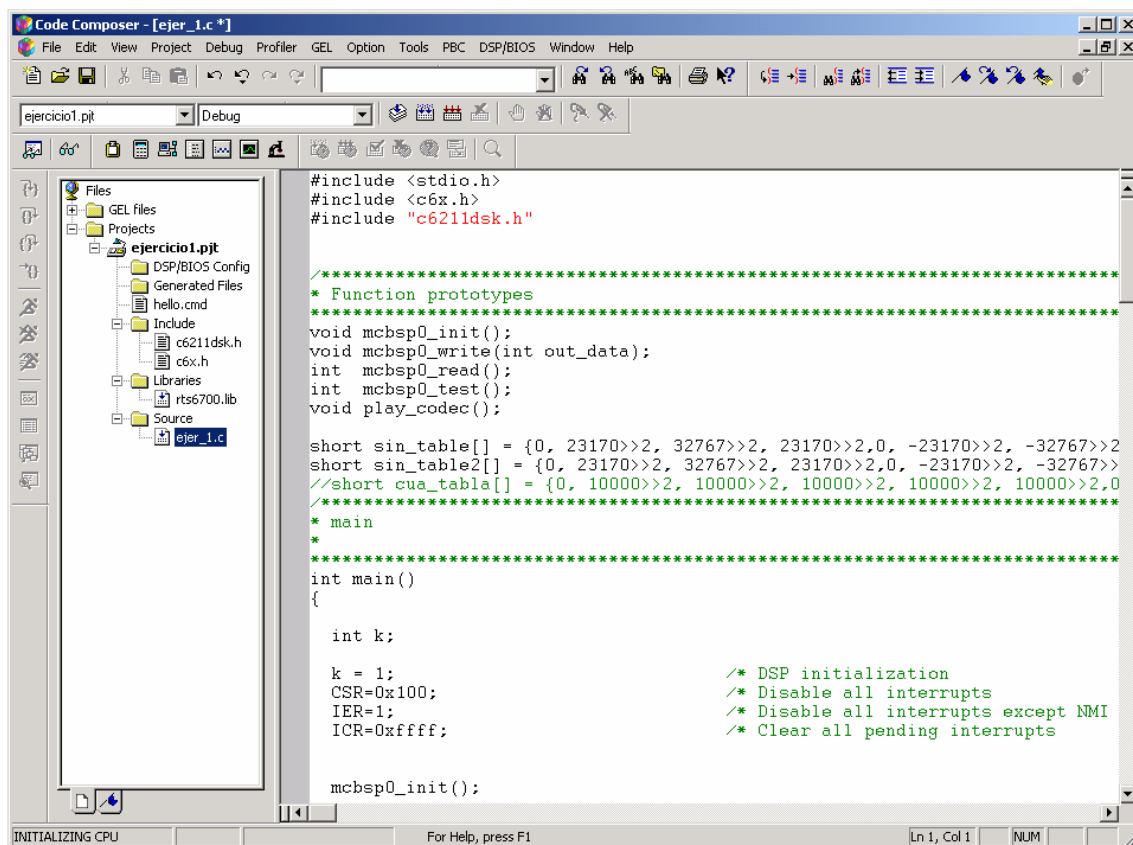
Slika 4.2. Izgled prednjeg dela uređaja



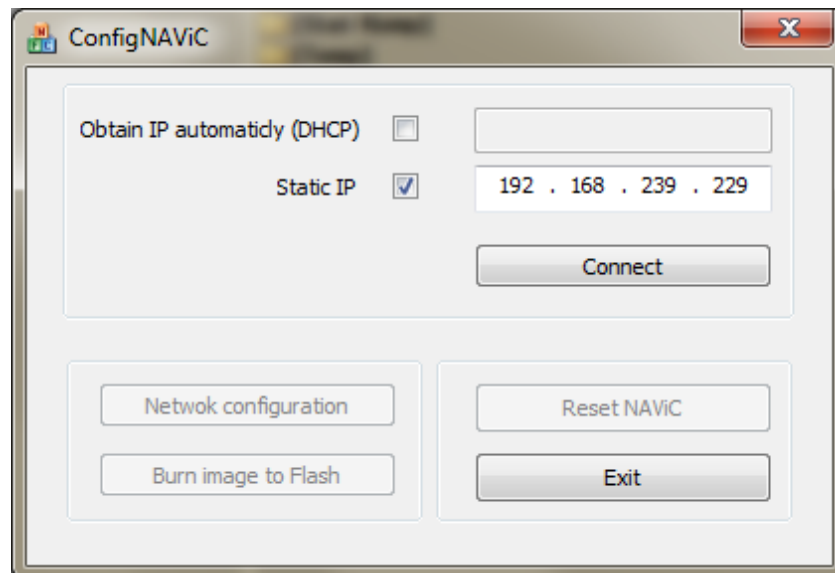
Slika 4.3. Izgled zadnjeg dela uređaja

4.1.1 Programska podrška uređaja RT-AV100

Programska podrška uređaja razvijena je u programskom jeziku “C”, a pod razvojnim okruženjem *Code Composer Studio (CCS)*. CCS je razvojno okruženje (IDE - *integrated development environment*) za razvoj DSP kodova za TMS320 familiju DSP procesora firme *Texas Instruments*. CCS podržava rad u realnom vremenu i poseduje podršku za korišćenje JTAG standarda. Na slici 4.4. prikazan je izgled CCS-a.

Slika 4.4. Code Composer Studio (GUI - *Graphical User Interface*)

Nakon uspješno sastavljenog programa, tj. programske podrške uređaju, kod se prevodi u CCS-u. Ukoliko ne postoje greške CCS će generisati datoteku u .out formatu. Od generisane datoteke se određenim koracima formira datoteka u formatu .hex. Datoteka u formatu .hex je predviđena da se učita u *flash* memoriju uređaja kao programska podrška koja će upravljati uređajem. Za učitavanje programske podrške koristi se 1Gb mrežni priključak. Potrebno je znati IP adresu ciljnog uređaja i na računar pokrenuti aplikaciju *Config NAViC* koja je razvijena posebno za pomenutu namenu. Na slici 4.5. je prikazana aplikacija *Config NAViC*. Nakon pokretanja aplikacije uspostavi se veza sa uređajem ukucavanjem IP adrese uređaja u predviđena polja i izvrši učitavanje programske podrške, nakon čega uređaj može samostalno da funkcioniše.



Slika 4.5. Config NAviC (GUI - *Graphical User Interface*)

4.1.2 Opis programske podrške RT-Executor

RT-Executor je aplikacija koja se koristi za funkcionalno ispitivanje multimedijalnih uređaja. RT-Executor podržava automatski i polu automatski način ispitivanja. Mogu se izvršavati kako zasebni testovi tako i projekti sastavljeni od većeg broja testova. Modularni princip omogućava jednostavno proširenje mogućnosti aplikacije. RT-Executor poseduje podršku za preko 50 uređaja (generatori audio/video signala, uređaji za prikupljanje multimedijalnih uzoraka, razni algoritmi...) među kojima je i RT-AV100 [8]. Uz svaki RT-AV100 uređaj isporučuje se ograničena verzija aplikacije RT-Executor kao programska podrška uređaju.

5. Realizacija ispitivanja RT-AV100 uređaja na osnovu predložene metodologije ispitivanja

U ovom poglavlju biće detaljno opisano ispitivanje uređaja RT-AV100 zasnovano na primeni metode ispitivanja u 4 faze. Opisano je ispitno okruženje korišteno pri ispitivanju kao i svaka od četiri faze ispitivanja.

5.1 Opis ispitnog okruženja

Pravilno formiranje ispitnog okruženja je od presudnog značaja za dalji tok ispitivanja. U prvoj fazi ispitno okruženje. Ispitno okruženje za svaku fazu formira se prema uputstvu iz ispitnog plana. Pri ispitivanju uređaja RT-AV100 ispitno okruženja može se podeliti na dve celine. Razlikujemo ispitno okruženje pri ispitivanju u prvoj fazi od ispitnog okruženje pri ispitivanju u poslednje tri faze, što će preciznije biti prikazano u nastavku rada.

5.1.1 Ispitno okruženje prve faze

Za realizacija ispitnog okruženja prve faze potrebno je pristupiti konektoru na štampanoj ploči uređaja, što znači da kućište uređaja mora biti otvoreno. Za povezivanje uređaja sa računarom koristi se JTAG sprežni podsistem (USB ili Parallel Port), dat na sledećoj slici.



Slika 5.1. USB JTAG

Na Slici 5.1. je prikazan USB JTAG korišten pri povezivanju RT-AV100 i računara. JTAG je povezan na uređaj preko priključka koji je za to predviđen, dok drugi kraj JTAG-a poseduje standardni USB priključak kojim je povezan na računar. Potrebno je i posedovati odgovarajuću programsku podršku za prepoznavanje i upravljanje JTAG-om na računaru (*driver*) i time je ispitno okruženje upotpunjeno.

5.1.2 Ispitno okruženje druge, treće i četvrte faze

Preostale tri faze imaju identično ispitno okruženje. S obzirom da je RT-AV100 predviđen da prikuplja uzorke slike i zvuka potrebno je postaviti izvore istih u svim formatima koji su podržani specifikacijom uređaja. Kao izvor video signala odabran je generator video signala Master MPSG1025 iz razloga što zadovoljava potrebne rezolucije slike i može se kontrolisati RT-Executor-om. Na slici 5.2. je prikazan korišteni generator.



Slika 5.2. Master MPSG 1025

Kao izvor audio signala korišten je Blu-ray uređaj za reprodukciju, marke Panasonic, iz razloga što takođe podržava potrebne formate audio uzoraka za ispitivanje RT-AV100. Da bi ispitno okruženje bilo zaokruženo potreban je još računar. Potrebni uređaji međusobno su povezani na sledeći način: generator video signala povezan je sa RT-AV100 HDMI, YPbPr, CVBS i S-Video kablovima, Blu Ray uređaj za reprodukciju povezan je S/Pdif (*Coaxial/optical*), HDMI i analognim stereo (*LineIN*) kablovima sa uređajem koji ispitujemo. RT-AV100 i računar povezani su LAN kablom, okruženje je zatvoreno tako što je računar povezan sa generatorima audio i video signala putem RS232 kabla.



Slika 5.3. Ispitno okruženje

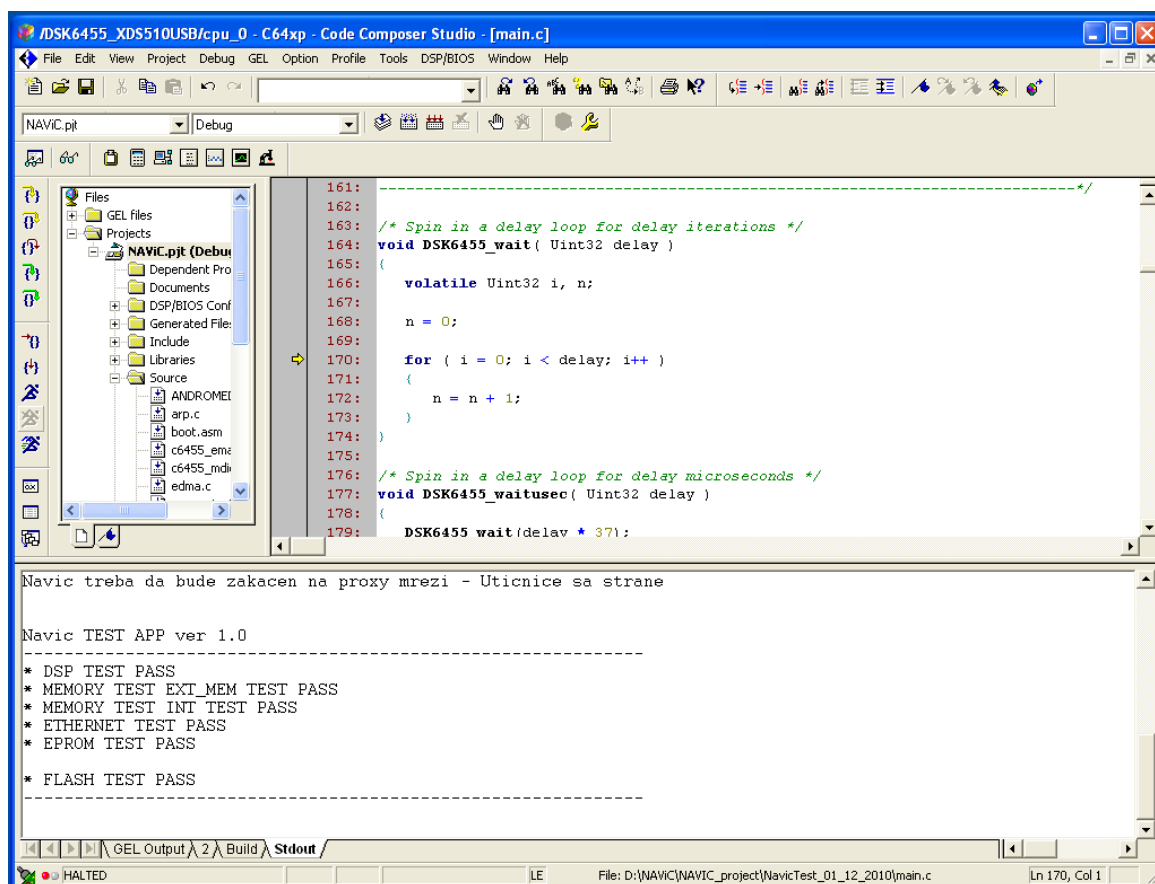
Na slici 5.3. prikazan je izgled ispitnog okruženja koje se koristi pri ispitivanju u laboratorijskim uslovima.

5.2 Ispitivanje fizičke platforme

Ispitni plan sastavljen je od postavke ispitnog okruženja, postupka za izvršavanje, korak po korak, spiska ključnih komponenata (DSP, FPGA, FLASH memorija, RAM memorija, ETHERNET) i očekivanih rezultata ispitivanja.

Ispitivanje je podrazumevalo zasebno ispitivanje dve štampane ploče. Ova ispitivanja obavio je dobavljač po narudžbini firme. Ispitivanja sa ivice za proveru ispravnosti funkcionisanja komponenti obavljena su u laboratorijama firme. Zbog realizacije uređaja pomoću digitalnog signal procesora proizvođača *Texas Instruments* kao programska podrška na računaru korišteno je programsko okruženje *Code Composer Studio* takođe proizvod pomenute firme, dok je programska podrška korištena za učitavanje na RT-AV100 napisana u programskom jeziku C. Programska podrška treba biti napisana tako da uređaj nakon njenog

učitavanja obavi neku vrstu samodijagnostike. Svaka od ključnih komponenata ispitana je da li ispravno funkcioniše na taj način što se npr. u memoriju upiše neki podatak, zatim se isčita i proverava da li je isčitani podatak identičan prvobitno upisanom. Računar je povezan sa RT-AV100 USB (*Universal Serial Bus*) JTAG sprežnim priključkom. Prvo što je neophodno uraditi je pokrenuti program *Code Composer Studio* i uspostaviti vezu sa ispitivanim uređajem. Može se desiti da veza ne može biti ostvarena usled nedostatka *driver*-a za JTAG ili njihove nekompatibilnosti. Nakon uspostavljenе veze putem JTAG sprežnog podsistema na RT-AV100 učitana je programska podrška za samodijagnostiku. Nakon uspešnog učitavanja preko CCS-a pokrenuto je izvršavanje samodijagnostike i nakon desetak minuta dobijeni su rezultate prve faze ispitivanja. Rezultati ispitivanja na računaru prikazani su u formi liste komponenata sa naznakom “PASS” za komponentu koja je pozitivno završila ispitivanje i “FAIL” za onu koja nije. Na slici 5.4. je prikazan izgled CCS-a sa prikazanim rezultatima ispitivanja jedne od ploča uređaja RT-AV100.



Slika 5.4. Rezultati ispitivanja prikazani u CCS-u

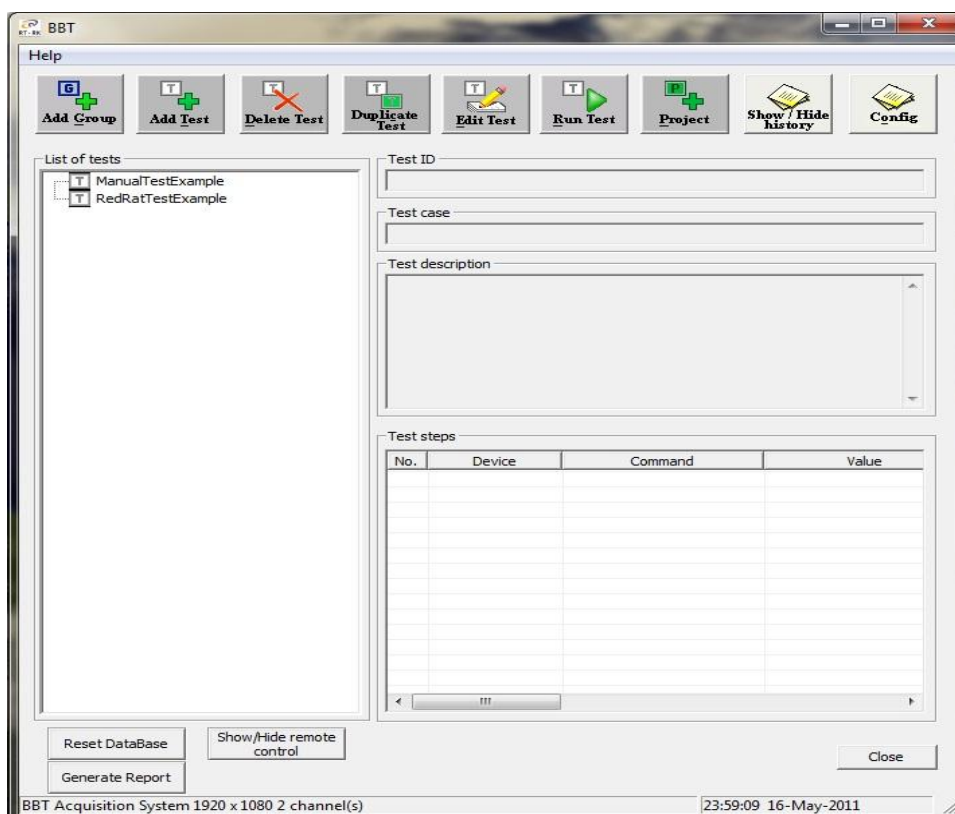
Postupak se ponavlja za obe ploče koje čine RT-AV100. U slučaju da postoje komponente pored kojih je “FAIL” indikacija, greška se prijavljuje putem *Bug-tracking* sistema.

5.3 Ispitivanje funkcionalnosti

Prilikom ispitivanja funkcionalnosti RT-AV100 zahtev je bio ispitivanje funkcionisanja svih audio (HDMI, S/Pdif, LineIN) i video (HDMI, YpbPr, S-Video, CVBS) sprežnih podsistema. Ispitni plan sastavljen je od postavke ispitnog okruženja, postupka za izvršavanje korak po korak, spiska audio i video formata koje RT-AV100 podržava i očekivanih rezultata ispitivanja. Ispitivanje obuhvata svaki od navedenih formata u nekoliko varijanti šara (*pattern-a*). Uzorci koje bi RT-AV100 prikupio morali su posle poređenja sa referentnim uzorcima biti u okvirima postavljenih tolerancija.

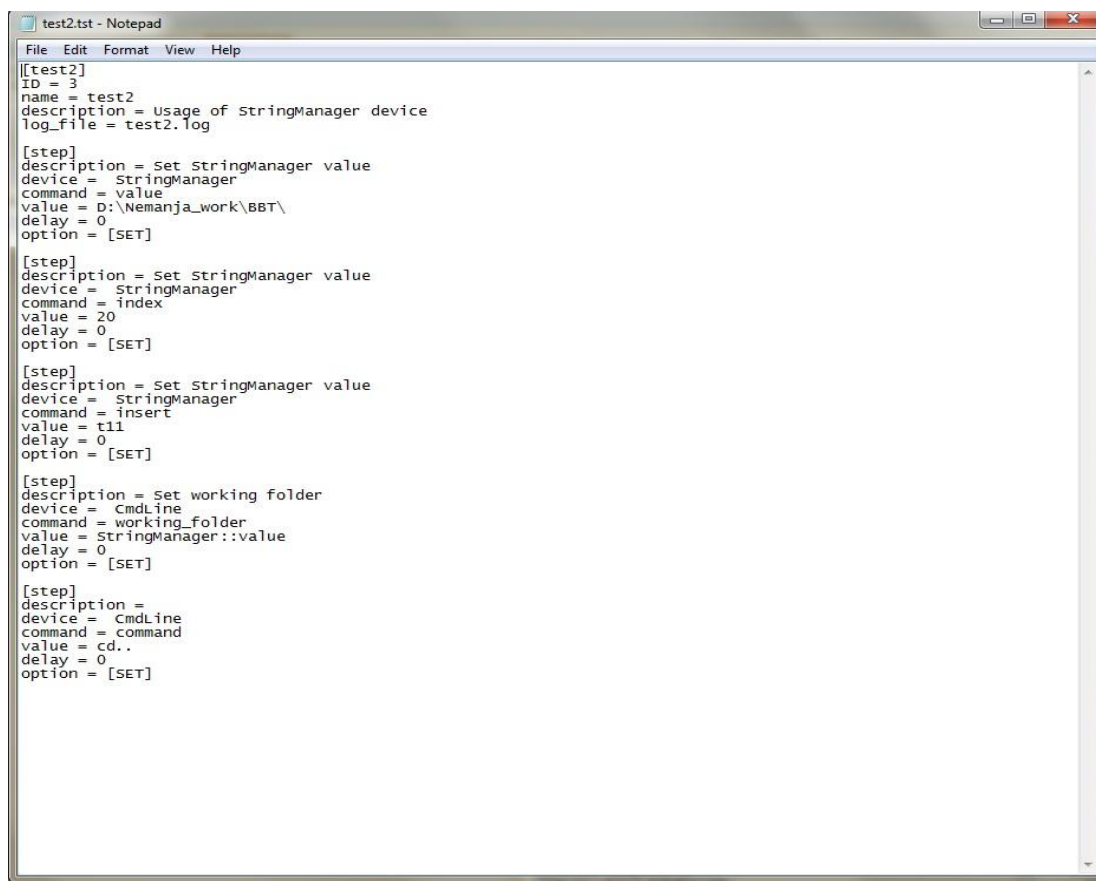
5.3.1 Programska podrška ispitivanju funkcionalnosti

Nakon analize sličnih rešenja na tržištu kao rešenje za programsku podršku ispitivanju odabran je program RT-Executor, iz više razloga. Kao prvo, već se koristi za upravljanje RT-AV100 uređajem i u potpunosti je prilagodljiv okruženju jer omogućava jednostavnu implementaciju novih programskih uređaja. RT-Executor je program razvijen u Istraživačko razvojnom institutu „RT-RK“, koji podržava ispitivanje po principu „crne kutije“ (BBT – *Black Box Testing*). Metoda crne kutije podrazumeva ispitivanje funkcionalnosti programske podrške i potrebno je znati samo šta prosleđujemo na ulaz sistema i šta očekujemo na njegovom izlazu. Izgled grafičke korisničke sprege (GUI) dat je na slici 5.5.



Slika 5.5. RT-Executor (GUI - *Graphical User Interface*)

Na osnovu specifikacije RT-AV100 napisani su testovi na osnovu kojih će se ispitati da li sve predviđene operacije uređaj ispravno izvršava. Testovi su napisani ili u BBT_SCRIPT jeziku (namenski skript jezik) ili u jeziku *Python*. Testovi mogu biti napisani u bilo kojem tekst editoru (*ultraedit*, *notepad*, *wordpad*) u .tst formatu. Na slici 5.6. prikazan je primer izgleda napisanog testa.



```
test2.tst - Notepad
File Edit Format View Help

[[test2]
ID = 3
name = test2
description = Usage of StringManager device
log_file = test2.log

[step]
description = Set StringManager value
device = StringManager
command = value
value = D:\Nemanja_work\BBT\
delay = 0
option = [SET]

[step]
description = Set StringManager value
device = StringManager
command = index
value = 20
delay = 0
option = [SET]

[step]
description = Set StringManager value
device = StringManager
command = insert
value = t11
delay = 0
option = [SET]

[step]
description = Set working folder
device = CmdLine
command = working_folder
value = StringManager::value
delay = 0
option = [SET]

[step]
description =
device = CmdLine
command = command
value = cd..
delay = 0
option = [SET]
```

Slika 5.6. Primer BBT testa

Testovi trebaju biti potpuno automatski jer svako uključivanje test inženjera povećava šanse za eventualnu grešku i produžava vreme ispitivanja. Ono što je prvo potrebno uraditi je postaviti referentne datoteke koje će se koristiti za poređenje sa testnim datotekama. Kada su ispisani testovi koji pokrivaju kompletnu funkcionalnost uređaja i kada se proveriti da su ispravno napisani od njih se pravi projekat koji se pokreće u RT-Executor-u. Projekat se sastoji od većeg broja pojedinačnih testova i čuva se u .pjt formatu. Automatsko izvršavanje projekata je jedna od najvećih prednosti RT-Executor-a. Testovi se automatski izvršavaju i nakon njihovog završetka može se videti koji od testova su pozitivni, koji su negativni, a koji su nerazjašnjeni i tada se po potrebi testovi koji nisu pozitivni ponavljaju. Da bi dobili rezultate ispitivanja potrebno je postaviti opseg tolerancije u okviru kojeg se smatra da je ispitivana funkcionalnost

zadovoljila postavljene zahteve. RT-Executor prikazuje pregledan izveštaj o rezultatima testova koji se može prebaciti u html datoteku radi slanja, čuvanja ili radi vođenja evidencije. Na slici 5.7. dat je primer izgleda jednog test izveštaja u html formatu.

Testing Results			
No	Date & Time	Test case	Result
1	CVBS_mode_tv_0_83_480_NTSC	PASS	16.02.2011,11:51:45
2	HDMI1_11_83_576p50	FAIL	16.02.2011,11:52:51
3	S-VIDEO_mode_tv_0_83_480_NTSC	PASS	16.02.2011,11:53:27
4	CVBS_mode_tv_1_83_576_PAL	FAIL	16.02.2011,11:54:01
5	CVBS_mode_tv_0_89_480_NTSC	PASS	16.02.2011,11:54:30
6	S-VIDEO_mode_tv_0_89_480_NTSC	PASS	16.02.2011,11:55:07
7	HDMI2_14_83_1080i50	FAIL	16.02.2011,11:57:34
8	HDMI2_162_89_1080p30	INCONCLUSIVE	16.02.2011,11:57:45

Tested cases:	8	
Passed:	4	50%
Failed:	3	38%
Inconclusive:	1	13%

Slika 5.7. Primer test izveštaja

Za testove koji su “FAIL“ ili “INCONCLUSIVE“ potrebno je proveriti ispravnost testova i ponoviti ih. Da bismo proglasili da je uređaj završio ispitivanje uspešno, svi testovi moraju biti “PASS“. U slučaju da posle provere testova i njihovog ponavljanja rezultati ponovo nisu pozitivni, test inženjer prijavljuje grešku.

5.3.2 Provera HDMI video sprežnog podsistema

Već opisano ispitno okruženje podrazumeva da se video signal generator poveže putem HDMI kabla sa RT-AV100, računar i RT-AV100 komuniciraju preko 1Gb mreže (LAN), dok je računar povezan sa generatorom video signala RS232 standardom.

Test inženjer sastavlja testove koji će se izvršavati preko RT-Executor-a i postavlja referentne uzorke video signala na za to predviđenu lokaciju na hard disku računara. Test se sastoji od blokova koji su poređani određenim redosledom. Prvi blok sadrži podešavanja koja se odnose na video generator. Ovaj blok kontroliše video generator, prvo se zadaju željeni *pattern* i rezolucija signala, zatim se bira sprežni podsistem preko kojeg će signal biti emitovan (u ovom slučaju HDMI) i na kraju bloka komanda da startuje emitovanje signala. Sledeći blok kontroliše sam RT-AV100. Kontrola RT-AV100 vrši se putem mreže. Iz tog razloga prvi korak je

podešavanje IP adrese uređaja RT-AV100. Zatim se vrši izbor sprežnog podsistema na kojem RT-AV100 “očekuje” signal (HDMI u ovom slučaju). Podešava se željeni broj uzoraka koji će biti sačuvani i nakon toga sledi komanda za start prikupljanja. Prikupljena slika ili slike smeštaju se u zadati folder na memoriju za skladištenje podataka na računaru preko 1Gb mreže u realnom vremenu. Poslednji blok u testu je za razliku od prethodnih čisto softverski. Uloga poslednjeg bloka je upravljanje uređajem za poređenje (*compare device*). *Compare device* poredi postojeće referentne slike sa onim koje je RT-AV100 prikupio i daje rezultat poređanja na osnovu definisane tolerancije, da li je rezultat poređenja pozitivan, negativan ili nerazjašnjen. Rezultat se može videti u već pomenutom formatu izveštaja RT-Executor-a. Trajanje jednog testa je približno 30 sekundi. Ista procedura ponavlja se za sve ostale video sprežne podsisteme.

Nakon izveštaja koji nije pozitivan za određeni sprežni podsistem potrebno je prikupljenu sliku otvoriti u nekoj aplikaciji za pregled slika, definisati nepravilnost i prilikom prijave putem sistema za praćenje grešaka detaljno opisati koja je vrsta nepravilnosti. Za potrebe definisanja nepravilnosti prikupljenih video uzoraka korištena je aplikacija *IrfanView*. Aplikacija je izabrana zato što je jednostavna, brza, ima više varijanti zumiranja slike, a što je vrlo važno i prikaz vrednosti svakog bita.

5.3.3 Provera S/PDIF optičkog audio sprežnog podsistema

Za potrebe ispitivanja, a nakon razmatranja više različitih varijanti, kao najpraktičniji izvor pokazao se Blu-ray uređaj za reprodukciju, marke Panasonic. Blu-ray uređaj za reprodukciju posedovao je sve sprežne podsisteme koji su navedeni u specifikaciji RT-AV100 i jednostavno se preko optičkog medija mogao reprodukovati bilo koji audio uzorak. Za ispitivanje svih audio sprežnih podsistema korišten je audio uzorak u vidu jednostavne sinusoide od 48kHz stereo. Mana korištenog izvora bila je što nije postojala mogućnost kontrolisanja istog putem RT-Executor-a.

Blu-ray uređaj za reprodukciju povezan je preko S/PDIF optičkog kabla sa RT-AV100, RT-AV100 preko 1Gb mreže sa računaru. U ovom slučaju računar i izvor audio signala nisu povezani. Blu-ray uređaj za reprodukciju konstantno emituje audio signal. Test inženjer sastavlja testove koji će se takođe izvršavati preko RT-Executor-a i postavlja referentne audio uzorke na određenu lokaciju na računaru. Test se sastoji od blokova koji su poređani određenim redosledom. Prvi blok upravlja uređajem RT-AV100. Prvi korak je podešavanje IP adrese RT-AV100. Zatim se vrši izbor sprežnog podsistema na kojem RT-AV100 “očekuje” audio signal. Podešava se željeno vreme trajanja prikupljenog uzorka koji će biti sačuvan (10 sekundi u ovom slučaju) i nakon toga sledi komanda za start prikupljanja. Uloga poslednjeg bloka je upravljanje programskim uređajem za bitsko poređenje audio uzoraka (*BitExactCompare device*).

BitExactCompare device poredi postojeće referentne audio uzorke sa onim koje je RT-AV100 prikupio i daje rezultat poređanja na osnovu definisane tolerancije, da li je rezultat poređanja pozitivan, negativan ili nerazjašnjen. Rezultat se može videti u već pomenutom formatu izveštaja RT-Executor-a. Postupak je isti za sve ostale audio sprežne podsisteme.

Nakon izveštaja koji nije pozitivan za određeni sprežni podsistem potrebno je prikupljenu audio uzorak otvoriti u nekoj aplikaciji za pregled audio uzoraka, definisati nepravilnost i prilikom prijave putem sistema za praćenje grešaka detaljno opisati koja je vrsta nepravilnosti. Za potrebe definisanja nepravilnosti prikupljenih video uzoraka korištena je aplikacija *Adobe Audition*. Aplikacija je izabrana zbog velikog opsega mogućnosti obrade i prikaza audio uzoraka.

5.4 Ispitivanje izdržljivosti

Pri ispitivanju izdržljivosti RT-AV100 uređaja zahtevi su bili da u laboratorijskim uslovima uređaj ponavlja cikluse prikupljanja audio i video uzoraka neprekidno tokom perioda od 12 časova. Ispitno okruženje ima istu postavku kao u prethodnoj fazi ispitivanja. S obzirom na ispitne zahteve u ovoj fazi je iskorištena mogućnost automatskog izvršavanja testova preko RT-Executor-a. Testovi su uključeni u projekat i pokrenuto je njihovo izvršavanje bez učestvovanja test inženjera. Testovi su izvršavani u noćnom periodu čime je vreme ispitivanja maksimalno iskorišteno. Iako je izvršavanje ove faze po ispitnom planu iziskivalo najviše vremena, praktično nije utrošeno skoro ništa jer je faza obavljena u periodu van radnog vremena. Rezultat ispitivanja izdržljivosti je bio pozitivan jer je uređaj i posle 12 časova neprekidnog rada pravilno funkcionisao tj. rezultati u izveštaju RT-Executor-a su bili pozitivni ("PASS").

5.5 Ispitivanje u uslovima rada van predviđenih uslova

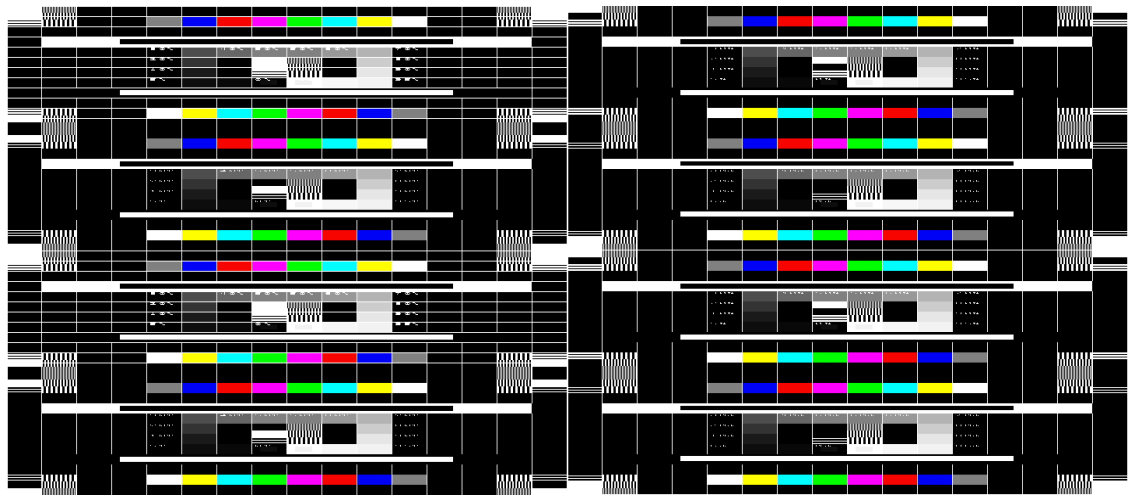
Zbog konstrukcije i namene RT-AV100 uređaja nije bilo zahteva za ispitivanje uređaja u uslovima van predviđenih uslova rada. Uređaj je na predlog test inženjera ispitan tako što mu je dok je bio u procesu rada prosleđen audio umesto video signala i obrnuto, konekcija LAN kablom je fizički prekinuta u toku rada, zatim ponovo uspostavljena nakon čega je RT-AV100 nastavio ispravno da funkcioniše.

5.6 Problemi pri ispitivanju

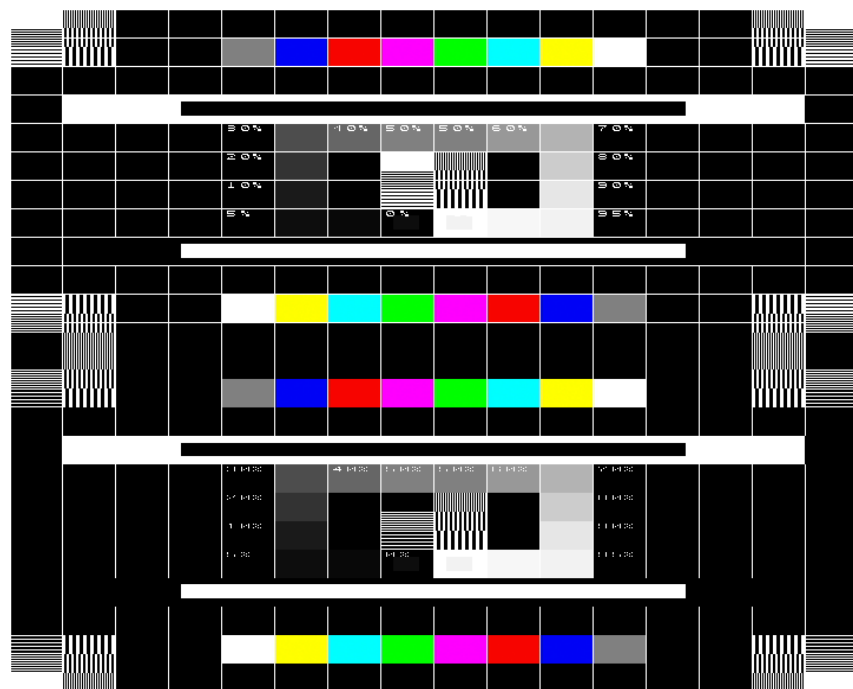
Ispitivanje jednog RT-AV100 uređaja trajalo je približno 20 sati i izvršeno je preko 2000 testova u RT-Executor-u. Pri ispitivanju uređaja dešavalo se da se pojave nepravilnosti u radu. Neke nepravilnosti koje su se pojavljivale bile su očekivane, ali pojavilo se i nekolicina neočekivanih.

Tokom prve faze dešavalo se da za određene komponente rezultat ispitivanja bude negativan. Takve nepravilnosti bile su očekivane i prijavljivane putem sistema za praćenje grešaka (*bug tracking system*) timu zaduženom za rad na fizičkoj platformi. Greške su ispravljane u najkraćem mogućem roku.

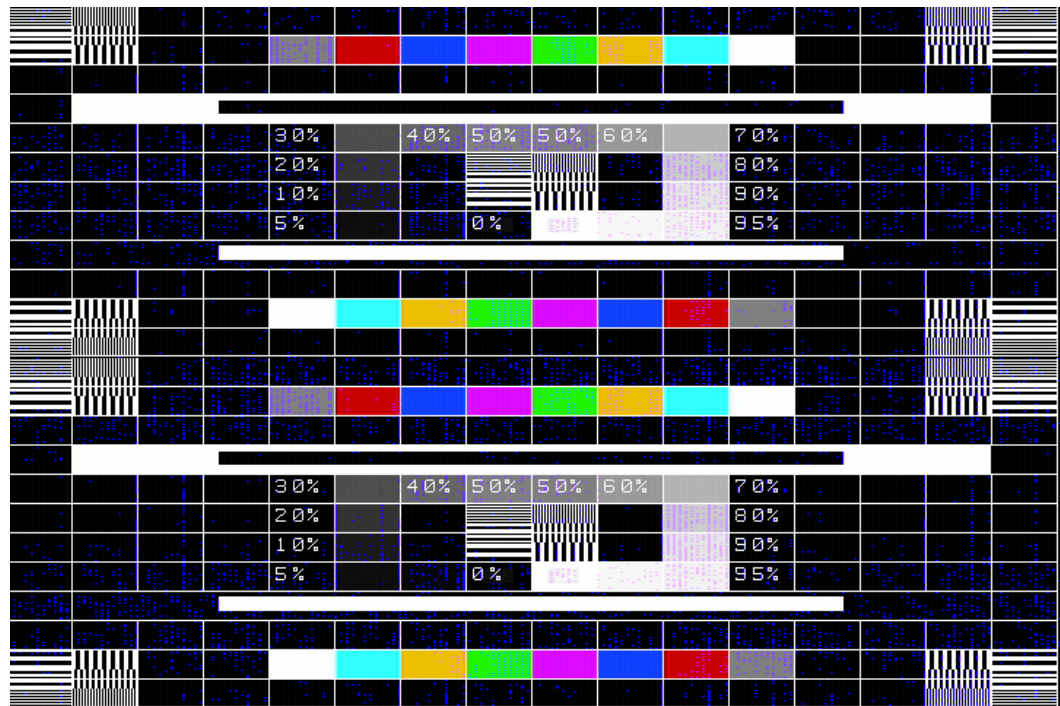
Tokom druge faze najčešći problemi nastajali su prilikom rada sa video signalima visoke rezolucije (1080p). Dešavalo se da RT-AV100 ne sačuva uzorak video signala najviših rezolucija. Bilo je više slučajeva da se slika ne podudara sa referentnom, da bude prepolovljena, da boje budu pomešane, da sačuvani uzorak bude četverostruk i sl. Primeri nepravilnosti prikazani su na slikama ispod redosledom: uzorak sa greškom, zatim očekivani uzorak.



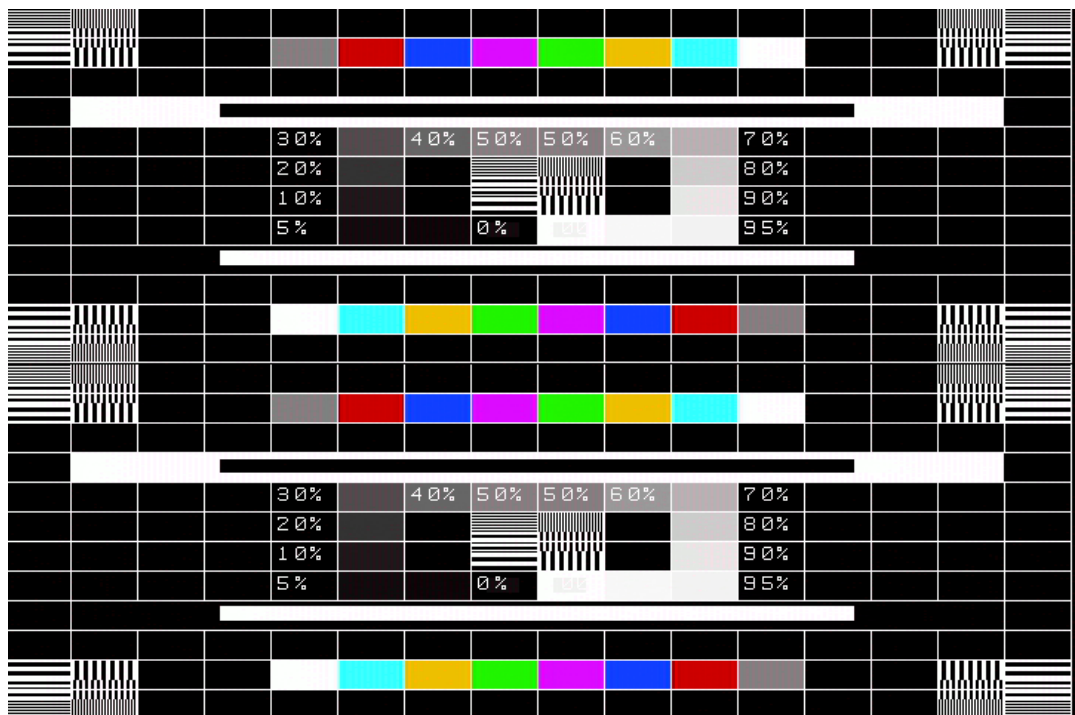
Slika 5.8. Primer nepravilnosti: četverostruka slika



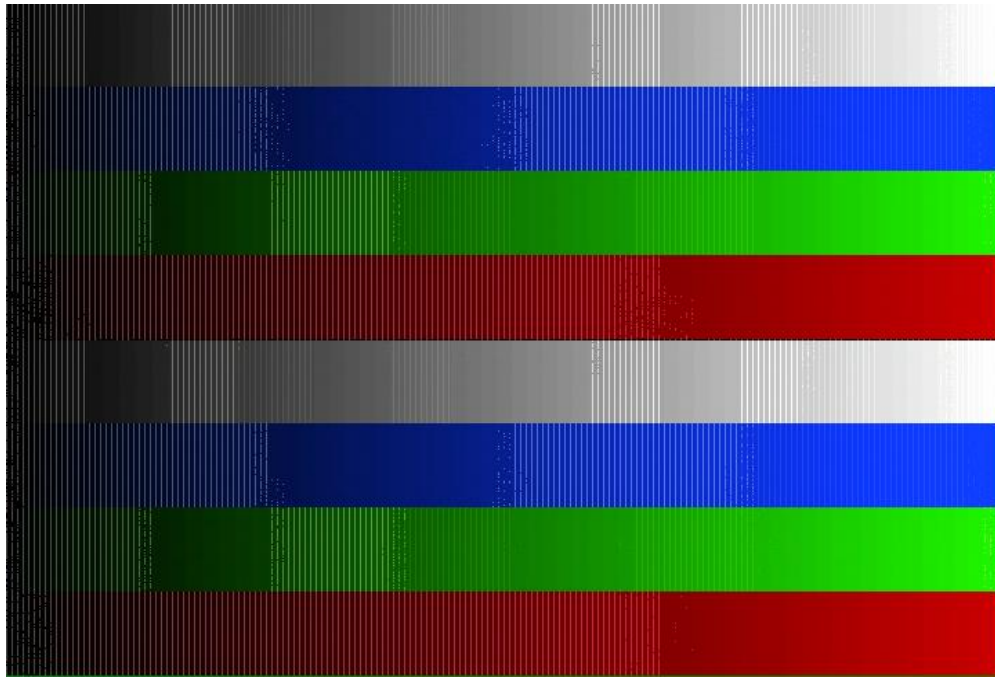
Slika 5.9. Očekivana slika



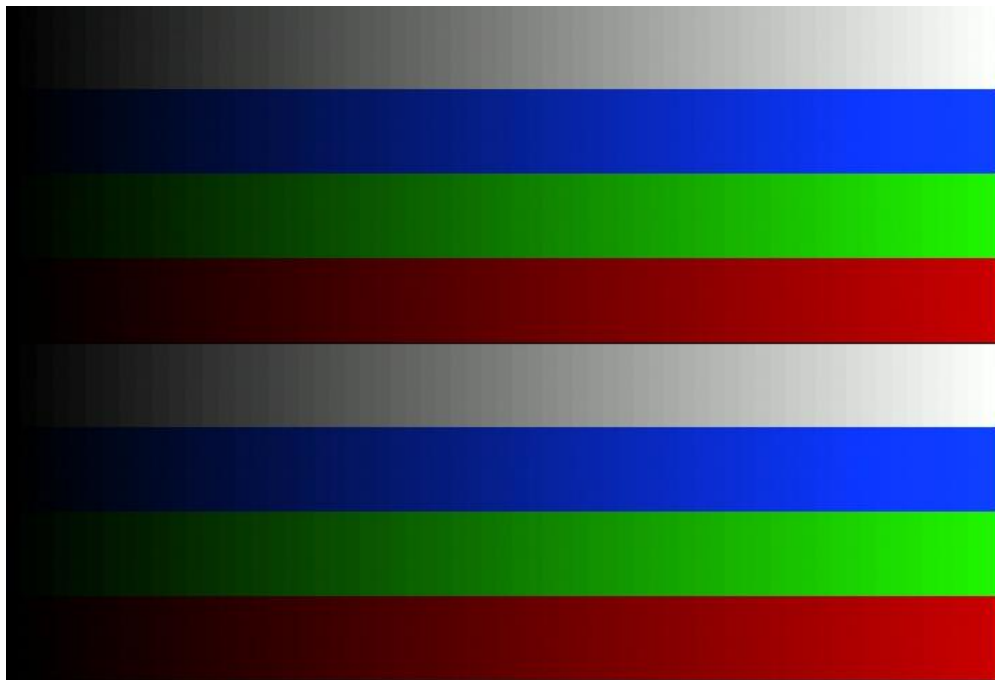
Slika 5.10. Primer nepravilnosti: poremećene boje



Slika 5.11. Očekivana slika



Slika 5.12. Primer nepravilnosti: poprečne linije

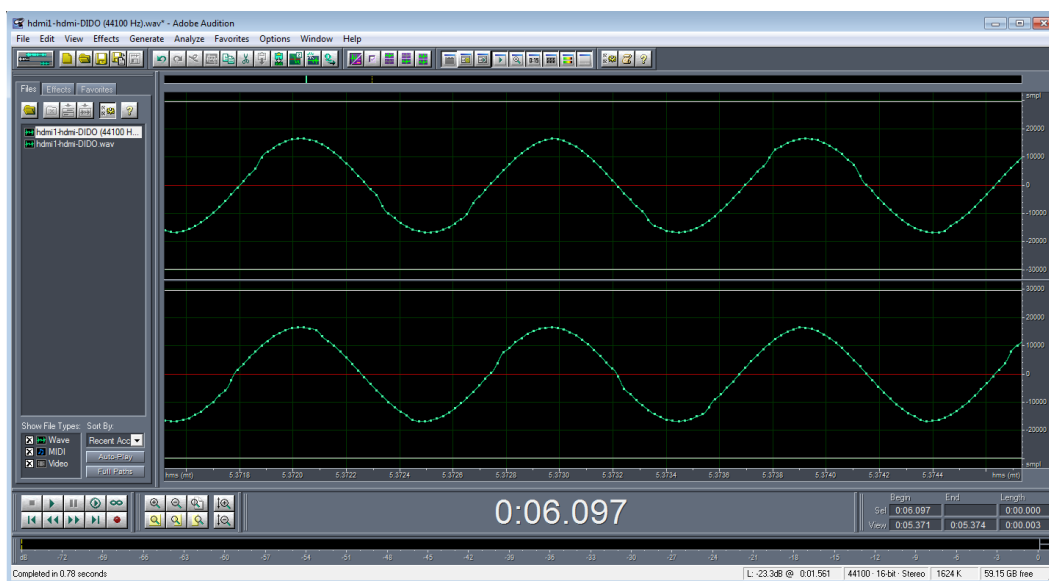


Slika 5.13. Očekivana slika

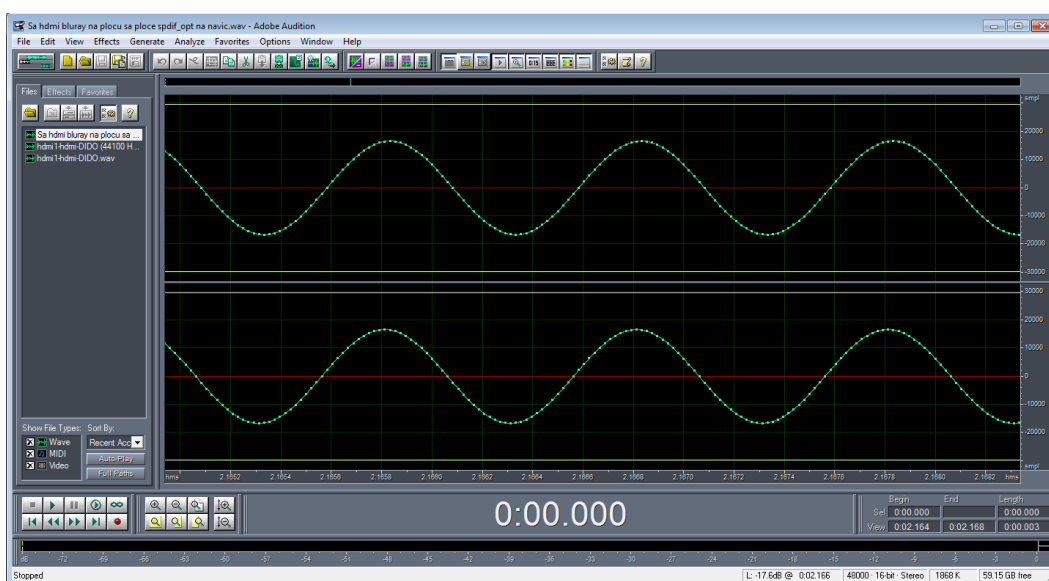
Svaka od nepravilnosti bila je prijavljena putem sistema za praćenje grešaka timu zaduženom za programsku podršku i efikasno rešena. Ono što je bilo neočekivano, primećene su nepravilnosti u vidu vertikalnih linija na prikupljenim video uzorcima, naizgled greška u programskoj podršci, ali se ispostavilo da je problem bio u fizičkoj platformi. Nakon ove situacije test plan je dopunjen da se ne bi ponovio slučaj da se greška prijavi timu koji nije zadužen za njeno otklanjanje. Ako se desi da boje nisu odgovarajuće može se pretpostaviti da su

loše postavljene terminacioni otpornici na EMIF sprežnom podsistemu kod DSP-a, pokazalo se da je to imalo upravo tu manifestaciju u 90% slučajeva. Greške koje se ponavljaju mogu se iskoristiti kao odličan pravac unapređenja kako sistema za praćenje grešaka tako i RT-Executora.

Prilikom ispitivanja audio sprežnog podsistema javljao se manji broj grešaka nego pri ispitivanju video signala. Greške koje su primećane bile su pojava šuma na audio uzorcima, audio uzorak koji je “prazan” i sl. Na slikama ispod dat je primer nekih nepravilnosti koje su se javljale, a prikazane u aplikaciji *Adobe Audition*.



Slika 5.14. Primer nepravilnosti audio uzorka: nepravilna sinusoida



Slika 5.15. Očekivani oblik audio uzorka

Problem koji se javljao u fazi 3 ispitivanja bio je samo jedan, dešavalo se da prilikom dugog funkcionisanja uređaja pri kojem radi sa maksimalno velikom rezolucijom video signala RT-AV100 “izgubi” vezu sa računarom tj. da se mrežna komunikacija prekine. Problem je dodeljen timu za rad na programskoj podršci i efikasno je rešen.

Četvrta faza ispitivanja završena je bez nepravilnosti.

6. Zaključak

U ovom radu prikazana je jedna od metodologija ispitivanja sistema profesionalne elektronike podeljena u četiri faze koje obuhvataju ispitivanje uređaja u PTP fazi ispitivanja. Razmotrene su moguće metode ispitivanja uređaja, detaljno opisana primena date metode sa detaljnijim opisom ispitivanja funkcionalnosti. Metoda se bazira na što većoj automatizaciji procesa ispitivanja što doprinosi bržem ispitivanju i smanjenju broja grešaka. Ovakav pristup ispitivanju omogućava potvrdu funkcionalnosti, onemogućava pojavu neputpuno ispravnih uređaja, ali i daje izvesnu lokalizaciju greške (kada se ispituje deo po deo, kada se desi da test ne prođe poznato je gde je locirana greška u proizvodnji). Time se može postići da montažu i ispitivanje uređaja rade isplativi resursi.

Praktična primena ove metode prilikom ispitivanja uređaja RT-AV100 pokazala se kao vrlo pouzdana. Za jedan sat ispitivanja RT-Executor-om moguće je izvršiti i do 120 testova što garantuje temeljnu proveru. Provera izdržljivosti uređaja oduzima najviše vremena, tako da se ukupno vreme ispitivanja može skratiti smanjivanjem vremena predviđenog za ovu fazu.

Kao unapređenje metode planirano je otklonjanje uočenih nedostataka. Jedan od nedostataka je što sekvencijalna organizacija testiranja za posledicu ima da se u procesu proizvodnje sekvencijalno premešta i opterećenje sa resursa na resurs (kako ljudski tako i tehnički), što onemogućava njihovo optimalno iskorišćavanje. Još jedno od mogućih unapređenja metode odnosi se na tumačenje rezultata ispitivanja različitog od “PASS”, jer je još uvek neophodan angažman obučenog inženjera koji detaljno poznaje konstrukciju uređaja. Unapređanje bi se svodilo na više informacija od jednostavnih “PASS”, “FAIL” ili “INCONCLUSIVE”. Poslednja ideja koja se nameće je integracija sistema za praćenje grešaka u RT-Executor, što bi doprinelo još većoj brzini i efikasnosti ispitivanja složenih sistema profesionalne elektronike.

7. Literatura

- [1] G.Myers, "Art of software testing", ISBN: 0471043281, 1979
- [2] D.Marijan, "Razvoj metodologije testiranja softvera u multimedijalnim sistemima", 2011
- [3] IEEE 1149.1-1990 (Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture)
- [4] A.Abran, J.Moore, P.Borque, R.Dulpis, L.Tripp, "Guide to the software engineering body of knowledge ", IEEE, 2004
- [5] Nelson, Wayne B., (2004), Accelerated Testing - Statistical Models, Test Plans, and Data Analysis, John Wiley & Sons, New York
- [6] A. Kövi, Z. Micskei: Robustness Testing of Standard Specifications - based HA Middleware (IEEE Std 610.12.1990)
- [7] "RT-AV100" <http://www.rt-rk.com/audiovideo-capture-devices/navic> [pristupljeno: jun 2011.]
- [8] Peković Vukota, Teslić Nikola, Rešetar Ivan, Tekcan Tarkan, „Test Management and Test Execution System for Automated Verification of Digital Television Systems“