



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
НОВИ САД
Департман за рачунарство и аутоматику
Одсек за рачунарску технику и рачунарске комуникације

ЗАВРШНИ (BACHELOR) РАД

Кандидат: Младен Ковачев

Број индекса: 12706

Тема рада: Реализација функције дигиталног снимача за Андроид базиран пријемник за дигиталну телевизију

Ментор рада: Проф. др Никола Теслић

Нови Сад, Јун, 2012



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:		
Идентификациони број, ИБР:		
Тип документације, ТД:	Монографска документација	
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал	
Врста рада, ВР:	Завршни (Bachelor) рад	
Аутор, АУ:	Младен Ковачев	
Ментор, МН:	Проф. др Никола Теслић	
Наслов рада, НР:	Реализација функције дигиталног снимача за Андроид базиран пријемник за дигиталну телевизију	
Језик публикације, ЈП:	Српски / латиница	
Језик извода, ЈИ:	Српски	
Земља публиковања, ЗП:	Република Србија	
Уже географско подручје, УГП:	Војводина	
Година, ГО:	2012	
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)	7/39/0/0/18/0/0	
Научна област, НО:	Електротехника и рачунарство	
Научна дисциплина, НД:	Рачунарска техника	
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Телевизија, Дигитални снимач, Андроид	
УДК		
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад	
Важна напомена, ВН:		
Извод, ИЗ:	У овом раду је приказано проширење постојеће програмске подршке за дигиталну телевизију за Андроид базиран пријемник за дигиталну телевизију функцијама дигиталног снимача.	
Датум прихватања теме, ДП:		
Датум одбране, ДО:		
Чланови комисије, КО:	Председник: Члан: Члан, ментор:	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:	Bachelor Thesis	
Author, AU:	Mladen Kovačev	
Mentor, MN:	PhD Nikola Teslić	
Title, TI:	The realization of a digital recorder function for Android-based STB receivers	
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:	2012	
Publisher, PB:	Author's reprint	
Publication place, PP:	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6	
Physical description, PD: (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/applications)	7/39/0/0/18/0/0	
Scientific field, SF:	Electrical Engineering	
Scientific discipline, SD:	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems	
Subject/Key words, S/KW:	Television, Personal Video Recorder, Android	
UC		
Holding data, HD:	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia	
Note, N:		
Abstract, AB:	This paper describes the extension of existing middleware for digital TV functionalities on Android-based STB receiver with digital recorder features.	
Accepted by the Scientific Board on, ASB:		
Defended on, DE:		
Defended Board, DB:	President: Member: Member, Mentor:	Menthor's sign

Zahvalnost

Zahvaljujem se svojim roditeljima zbog pružene finansijske, a pre svega moralne podrške tokom dosadašnjeg školovanja. Takođe se zahvaljujem mentoru Nikoli Tesliću i Tomislavu Maruni na ukazanoj mogućnosti za zajednički rad i pružanje korisnih informacija. Zahvaljujem se i svim kolegama koju su mi pružili nesebičnu pomoć kada mi je bila potrebna.

SADRŽAJ

1.	Uvod.....	1
2.	Teorijske osnove.....	3
2.1	Android operativni sistem.....	3
2.2	Programska podrška TV prijemnika.....	4
2.3	Digitalni snimač	5
3.	Koncept rešenja	6
3.1	Karakteristike ciljne platforme i ograničenja.....	6
3.2	Tehnički opis programske podrške za digitalni snimač	7
3.3	Blok za upravljanje prenosnim tokovima podataka	11
4.	Programsko rešenje.....	12
4.1	TDAL_TSROUTE	12
4.1.1	TDAL_TSROUTE programska sprega.....	12
4.2	TDAL_TSSOURCE.....	13
4.2.1	TDAL_TSSOURCE programska sprega.....	13
4.2.2	Korišćenje TDAL_TSSOURCE programske sprege	14
4.2.2.1	Tok proizvođača u radnom režimu demultipleksera.....	14
4.2.2.2	Tok proizvođača u radnom režimu memorije.....	16
4.3	TDAL_TSSINK	17
4.3.1	TDAL_TSSINK programska sprega.....	18
4.3.2	Korišćenje TDAL_TSSINK programske sprege	18
4.3.2.1	Tok potrošača u radnom režimu demultipleksera.....	19
4.3.2.2	Tok potrošača u radnom režimu memorije.....	20
4.4	Povezivanje blokova i realizacija funkcionalnosti digitalnog snimača.....	21

5.	Ispitivanje i verifikacija	25
5.1	Provere funkcionalnosti TDAL_TS bloka i rezultati	26
5.1.1	Gledanje uživo emitovanog TV programa	26
5.1.2	Gledanje uživo emitovanog TV programa i promena TV programa	26
5.1.3	Snimanje uživo emitovanog TV programa.....	27
5.1.4	Snimanje i gledanje uživo emitovanog TV programa.....	27
5.1.5	Reprodukcijsa sadržaja snimljenog na trajnoj memoriji.....	28
5.1.6	Odloženo gledanje.....	28
6.	Zaključak.....	30
7.	Literatura	31

SPISAK SLIKA

Slika 2.1 Arhitektura Android operativnog sistema	3
Slika 2.2 Arhitektura Android DTV sistema.....	4
Slika 3.1 Ciljna platforma Marvell Berlin Generation 2 SOC	6
Slika 3.2 Gledanje uživo emitovanog TV programa bez podrške za digitalni snimač.....	7
Slika 3.3 Gledanje uživo emitovanog TV programa sa podrškom za digitalni snimač.....	8
Slika 3.4 Gledanje i snimanje uživo emitovanog TV programa	8
Slika 3.5 Snimanje ili pauziranje uživo emitovanog TV programa	9
Slika 3.6 Gledanje vremenski pomerenog sadržaja TV programa	10
Slika 3.7 Gledanje sadržaja snimljenog i sačuvanog na trajnoj memoriji	10
Slika 4.1 Tok proizvođača u radnom režimu demultiplesera.....	15
Slika 4.2 Tok proizvođača u radnom režimu memorije.....	16
Slika 4.3 Tok potrošača u radnom režimu demultiplesera.....	19
Slika 4.4 Tok potrošača u radnom režimu memorije.....	20
Slika 4.5 Organizacija blokova – Gledanje uživo emitovanog TV programa	22
Slika 4.6 Organizacija blokova – Gledanje i snimanje uživo emitovanog TV programa....	23
Slika 4.7 Ogranizacija blokova – Snimanje emitovanog TV programa	23
Slika 4.8 Ogranizacija blokova – Odloženo gledanje.....	24
Slika 4.9 Ogranizacija blokova – Gledanje sadržaja sa trajne memorije.....	24

SKRAĆENICE

API	- <i>Application Programming Interface</i> , Aplikativna programska sprega
DTV	- <i>Digital Television</i> , Digitalna televizija
EPG	- <i>Electronic Program Guide</i> , Elektronski programski vodič
HDMI	- <i>High-Definition Multimedia Interface</i> , Namenska sprega
PID	- <i>Packet Identifier</i> , Identifikator paketa
PVR	- <i>Personal Video Recorder</i> , Digitalni snimač
SD	- <i>Secure Digital</i> , Standard za memorijske kartice
STB	- <i>Set-top-box</i> , Prijemnik za digitalnu televiziju
TV	- <i>Television</i> , Televizija
USB	- <i>Universal Serial Bus</i> , Univerzalna serijska magistrala

1. Uvod

U ovom radu je opisan problem, koncept i realizacija podrške za osnovnu funkcionalnost digitalnog snimača za Android baziran prijemnik za digitalnu televiziju (u daljem tekstu STB). Podrška je realizovana proširenjem postojećeg prilagodnog sloja za Marvell Berlin Generation 2 platformu sa satelitskim biračem kanala, koja je odabrana kao ciljna platforma.

Operativni sistem, Android, koristi Comedia programsku podršku za digitalnu televiziju (eng. *Middleware*) da bi omogućio TV funkcionalnost koju pruža odabrana platforma. Comedia programska podrška ima podršku za digitalni snimač na aplikativnom nivou, ali nedostaje podrška na nivou rukovaoca fizičkom arhitekturom. Proširenje prilagodnog sloja (CHAL - Comedia Hardware Abstraction Layer), čija je uloga da napravi vezu između Comedia programske podrške i fizičke arhitekture, podrazumeva prilagođenje njegovih određenih blokova ciljnoj platformi i dodavanje potrebnih funkcija u te blokove, tako da se podrži funkcionalnost koja je definisana u Comedia programskoj podršci.

Provera funkcionalnosti prilagođenih blokova izvršena je pomoću aplikacije Chalvalidator koja je namenjena za proveru funkcionalnosti prilagodnog sloja CHAL. Chalvalidator se sastoji od skupa provera koje proveravaju funkcionalnost pojedinačnih blokova. U radu je opisano i proširenje skupa postojećih provera Chalvalidator aplikacije, proverama koje pokazuju funkcionalnost prilagođenih blokova.

Rad je sačinjen od sedam poglavlja.

Prvo poglavljje sadrži osnovne podatke o radu i opis rada.

Drugo poglavljje sadrži opis Android operativnog sistema, opis Comedia programske podrške za digitalnu televiziju i kratak istorijat, razvoj i opis digitalnog snimača.

Treće poglavlje je sačinjeno od opisa ciljne platforme i ograničenja koja ona postavlja, opisa programske podrške za digitalni snimač i bloka za upravljanje usmeravanjem podataka u okviru CHAL sloja Comedia programske podrške.

Četvrto poglavlje sadrži detaljan opis programskog rešenja, odnosno realizovanja funkcija digitalnog snimača u okviru Comdeia programske podrške i CHAL sloja.

Peto poglavlje je sačinjeno od opisa provera koje su urađene nakon realizacije funkcija digitalnog snimača. U ovom poglavlju su opisani i dobijeni rezultati.

Šesto poglavlje sadrži kratak osvrt na konačno rešenje i realizaciju funkcionalnosti digitalnog snimača na Andorid baziranom prijemniku za digitalnu televiziju.

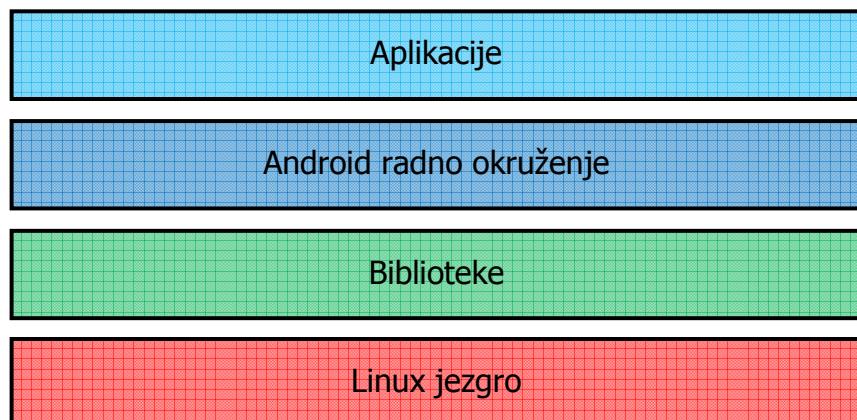
U sedmom poglavlju je dat spisak korišćene literature tokom izrade ovog rada.

2. Teorijske osnove

U ovom poglavlju dati su opis i namena Android operativnog sistema, opis programske podrške za digitalnu televiziju koju koristi Android operativni sistem i opis koncepta i funkcionalnosti digitalnog snimača.

2.1 Android operativni sistem

Android je operativni sistem baziran na Linux operativnom sistemu. Jezgro Android operativnog sistema je zasnovano na jezgru Linux [1] operativnog sistema sa izmenjenom programskom podrškom, bibliotekama i aplikativnom programskom podrškom. Pomoću DVM (eng. *Dalvik Virtual Machine*) Android operativni sistem izvršava programe koji su napisani u Java programskom jeziku. Pre izvršavanja Android aplikacije se prevode u kompaktni dalvik format (eng. *dex*) koji je namenjen sistemima koji imaju malo memorije i malo procesorske snage. Slika 2.1 pokazuje arhitekturu Android operativnog sistema.



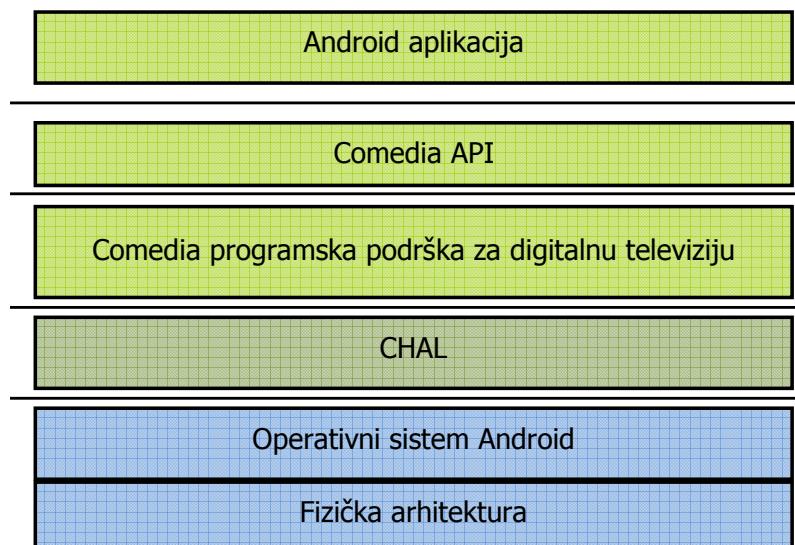
Slika 2.1 Arhitektura Android operativnog sistema

Android operativni sistem je u vreme svog nastajanja bio namenjen pametnim telefonima (eng *Smartphones*) i tablet računarima. Daljim razvojem ovog operativnog sistema i sve većom podrškom za različite platforme, uvidelo se da ga je moguće iskoristiti za druge uređaje koji su bazirani na računaru. Jedan takav uređaj je i digitalni TV prijemnik. Međutim, zbog svoje prvobitne namene, Android ne poseduje podršku za DTV funkcionalnost. Rešenje ovog problema predstavlja proširenje Android operativnog sistema programskom podrškom za digitalnu televiziju [2], tačnije proširenje Linux jezgra, biblioteka i Android radnog okruženja komponentama koje omogućavaju DTV funkcionalnost.

2.2 Programska podrška TV prijemnika

Jedno od rešenja proširenja Android operativnog sistema DTV funkcionalnostima, predstavlja Comedia programska podrška za digitalnu televiziju.

Comedia programsku podršku za digitalnu televiziju je moguće izvršavati na različitim platformama jer poseduje prilagodni sloj, odnosno sloj apstrakcije fizičke arhitekture, CHAL (eng. *Comedia Hardware Abstraction Layer*). Ovo znači da je Comedia programsku podršku moguće izvršavati pod Android operativnim sistemom na bilo kojoj platformi, samo je potrebno izvršiti prilagođenje CHAL sloja toj platformi. Comedia programska podrška za digitalnu televiziju nudi punu DTV funkcionalnost, ali od izabrane platforme zavisi da li je moguće u potpunosti iskoristiti funkcionalnosti koje pruža Comedia. Slika 2.2 prikazuje arhitekturu Android DTV sistema, odnosno arhitekturu Android sistema proširenog Comedia programskom podrškom.



Slika 2.2 Arhitektura Android DTV sistema

2.3 Digitalni snimač

Koncept digitalnog snimača potiče još iz 1985. godine, dok je prvi patent jednog ovakvog uređaja objavljen 1988. godine. Prvi digitalni snimači ReplayTV i TiVo su predstavljeni 1999. godine u Las Vegasu na sajmu Consumer Electronics Show. Danas postoji nekoliko proizvođača i tipova digitalnih snimača na tržištu, a neki kablovski i satelitski operateri nude svojim mušterijama uređaje ovakvog tipa na iznajmljivanje. Savremeni digitalni snimači mogu da snimaju sadržaj visoke rezolucije bez gubitaka kvaliteta slike. Kao medijum za čuvanje snimljenog sadržaja, digitalni snimači poseduju hard disk, USB flash memoriju, SD memorijsku karticu ili neki drugi lokalni ili umreženi uredjaj za skladištenje podataka.

Osnovne funkcionalnosti digitalnih snimača su: snimanje uživo emitovanog TV programa (eng. *Recording*), reprodukcija snimljenog TV programa (eng. *Playback*) uz mogućnost brzog premotavanja (eng. *Fast-forward*), odloženo gledanje (eng. *Timeshift*, pauziranje uživo emitovanog TV programa, reprodukcija sadržaja koji je snimljen za vreme pauze i povratak na uživo emitovan TV program). Digitalni snimač se koristi i u kombinaciji sa elektronskim programskim vodičem (eng. *EPG*) gde se izborom određenog TV sadržaja iz liste sadržaja za određeni dan i TV program, može zakazati njegovo snimanje u vreme emitovanja. Ukoliko digitalni snimač ili uređaj koji ima funkciju digitalnog snimača poseduje dva ili više birača kanala, moguće je istovremeno snimati sadržaj koji se emituje na jednom TV programu i gledati sadržaj koji se emituje na drugom TV programu. Takođe je moguće istovremeno snimati jedan, a reprodukovati drugi već snimljeni sadržaj.

3. Koncept rešenja

Ovo poglavlje sadrži analizu zadatog problema i koncept rešenja koji je prikazan i objašnjen kroz primere rada digitalnog snimača. Takođe je opisana i Marvell Berlin Generation 2 SOC platforma koja je izabrana kao ciljna platforma i ograničenja koja ona postavlja.

3.1 Karakteristike ciljne platforme i ograničenja

Marvell Berlin Generation 2 SOC platforma raspolaže sledećim ključnim komponentama: satelitski birač kanala, komponentom za usmeravanje prenosnog toka, komponentama za dešifrovanje zaštićenog prenosnog toka, procesorom ARM familije Marvell BG2 88DE3100, DDR3 operativnom memorijom i NAND memorijom. Upravo zbog ovih karakteristika ova platforma je izabrana kao ciljna platforma jednog STB prijemnika.



Slika 3.1 Ciljna platforma Marvell Berlin Generation 2 SOC

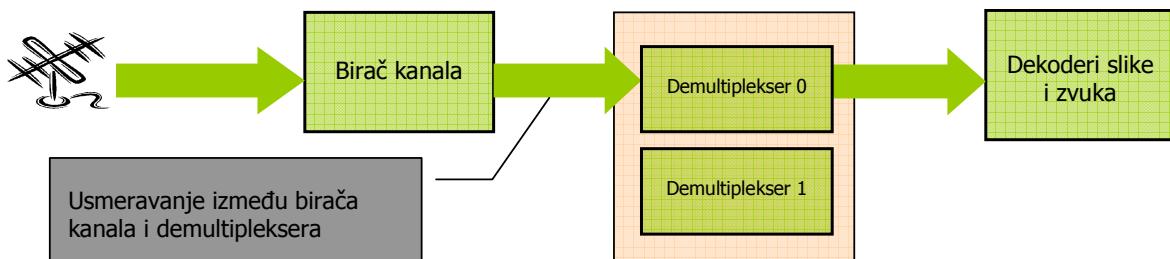
Platforma poseduje jedan birač kanala što omogućuje ograničenu funkcionalnost digitalnog snimača. Ukoliko se sadržaj nekog TV programa snima, nije moguće istovremeno gledati sadržaj drugog TV programa. Platforma ne poseduje trajnu memoriju, ali poseduje USB priključak, tako da je za potrebe snimanja neophodno prikljuciti spoljašnji hard disk ili USB flash memoriju.

Platforma poseduje aplikativnu programsku spregu (eng. *Application Programming interface*) koja obezbeđuje funkcije višeg nivoa za rukovanje sastavnim delovima fizičke arhitekture. Pomenuta sprega je iskorišćena i značajno je olakšala pronalaženje rešenja zadatog problema.

U sklopu aplikativne programske spurge platforme je i deo koji se naziva Presentation Engine [3] koji omogućava funkcije obrade slike i zvuka, kao i funkcije za rad sa demultiplekserom, što su funkcije od značaja za rešenje problema.

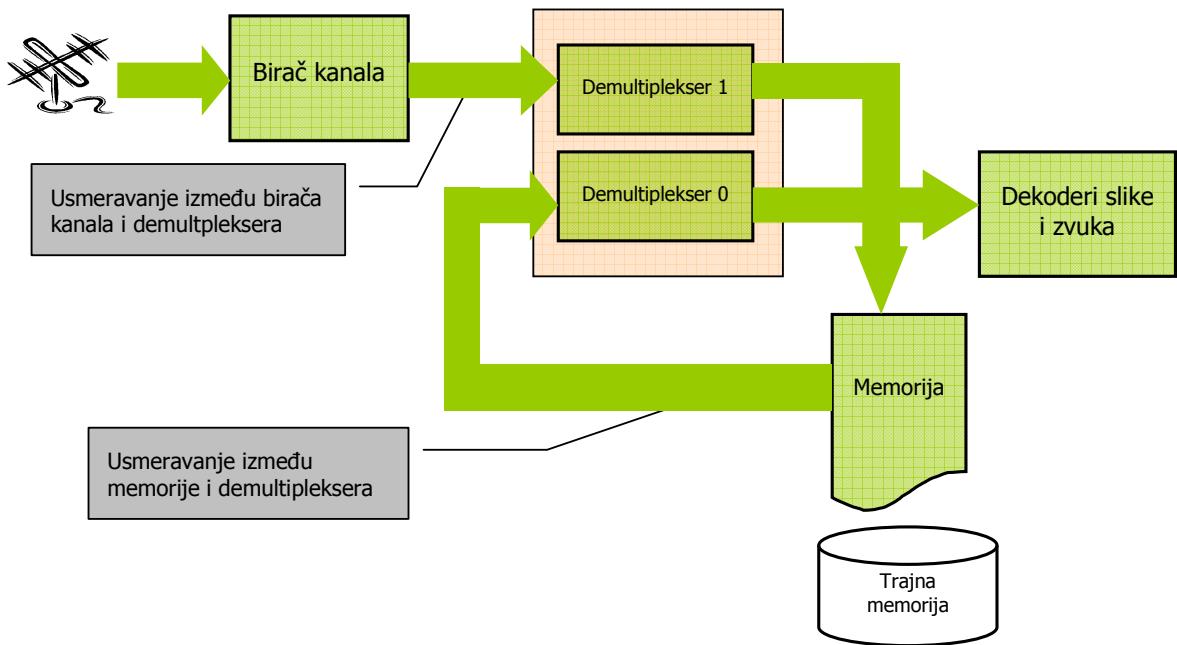
3.2 Tehnički opis programske podrške za digitalni snimač

Da bi se omogućila funkcionalnost digitalnog snimača potrebno je promeniti način upravljanja prenosnim tokovima podataka. Za potrebe upravljanja prenosnim tokovima podataka, napravljen je poseban blok koji predstavlja spregu ka elementima fizičke arhitekture. Usmeravanje podataka između sastavnih delova fizičke arhitekture u slučaju kada nije prisutna podrška za digitalni snimač se vrši na način prikazan na slici 3.2. Slika prikazuje upravljanje programskim tokom od birača kanala do demultipleksera i to predstavlja osnovnu funkcionalnost, gledanje uživo emitovanog TV programa.



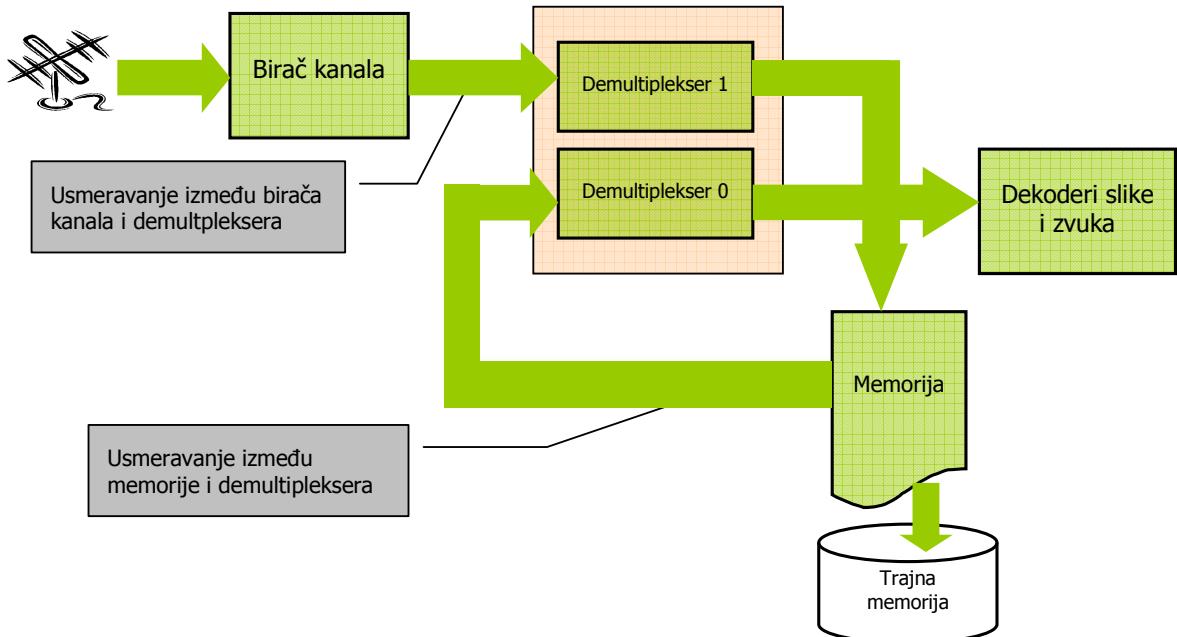
Slika 3.2 Gledanje uživo emitovanog TV programa bez podrške za digitalni snimač

Usmeravanje podataka između sastavnih delova fizičke arhitekture u slučaju kada je prisutna podrška za digitalni snimač se vrši na način prikazan na slici 3.3. Slika prikazuje upravljanje programskim tokom od birača kanala do demultipleksera koji podatke prosleđuje u kružnu memoriju. Podaci se dalje iz kružne memorije kroz demultiplekser prosleđuju dekoderima slike i zvuka. Opisan način upravljanja programskim tokom predstavlja gledanje uživo emitovanog TV programa u slučaju prisustva podrške za digitalni snimač.



Slika 3.3 Gledanje uživo emitovanog TV programa sa podrškom za digitalni snimač

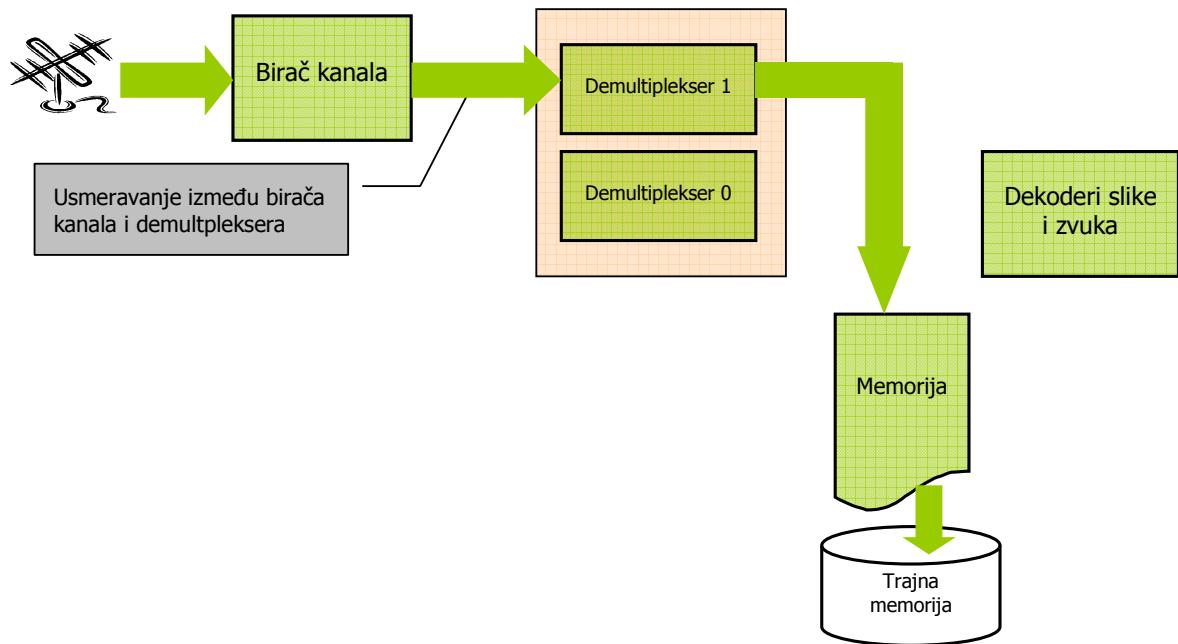
Menjanjem veza, odnosno promenom načina usmeravanja, između sastavnih delova sa slike 3.3 dobijaju se osnovne funkcionalnosti digitalnog snimača. Sledi nekoliko slika i objašnjenja realizacije osnovnih fukcionalnosti digitalnog snimača.



Slika 3.4 Gledanje i snimanje uživo emitovanog TV programa

Slika 3.4 se razlikuje od slike 3.4 samo u jednom dodatom usmeravanju podataka, od kružne memorije do trajne memorije. Ovakva organizacija sastavnih delova fizičke arhitekture

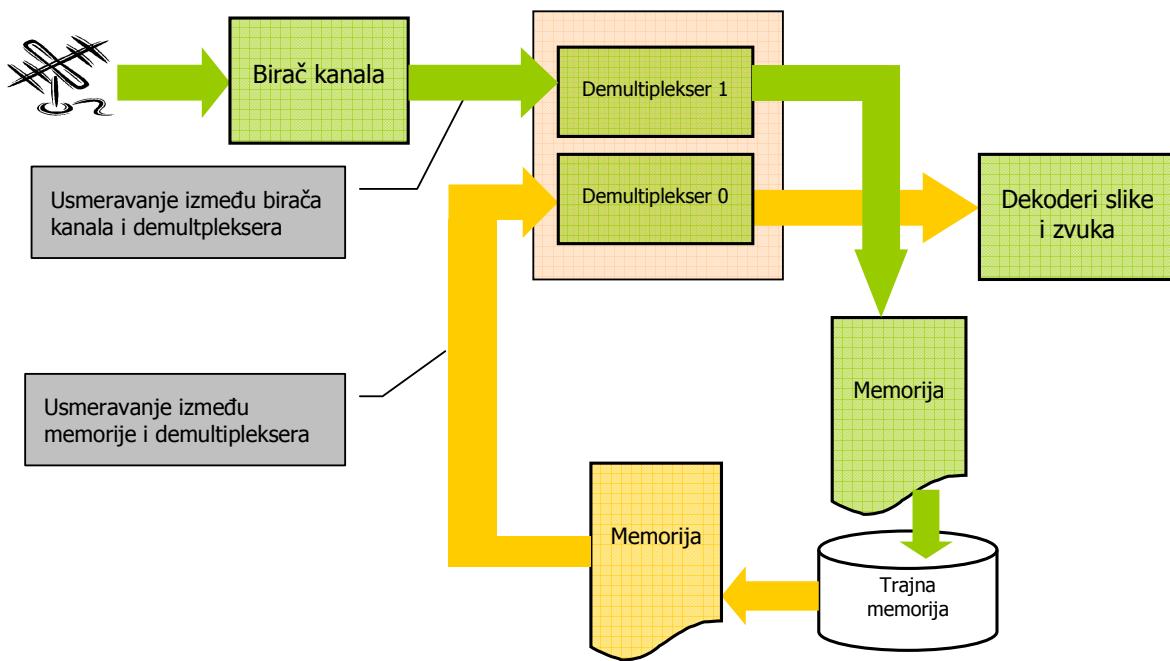
omogućava jednu od funkcija digitalnog snimača, gledanje uživo emitovanog TV programa (eng. *Live*) i njegovo istovremeno snimanje na trajnu memoriju (eng. *Recording*).



Slika 3.5 Snimanje ili pauziranje uživo emitovanog TV programa

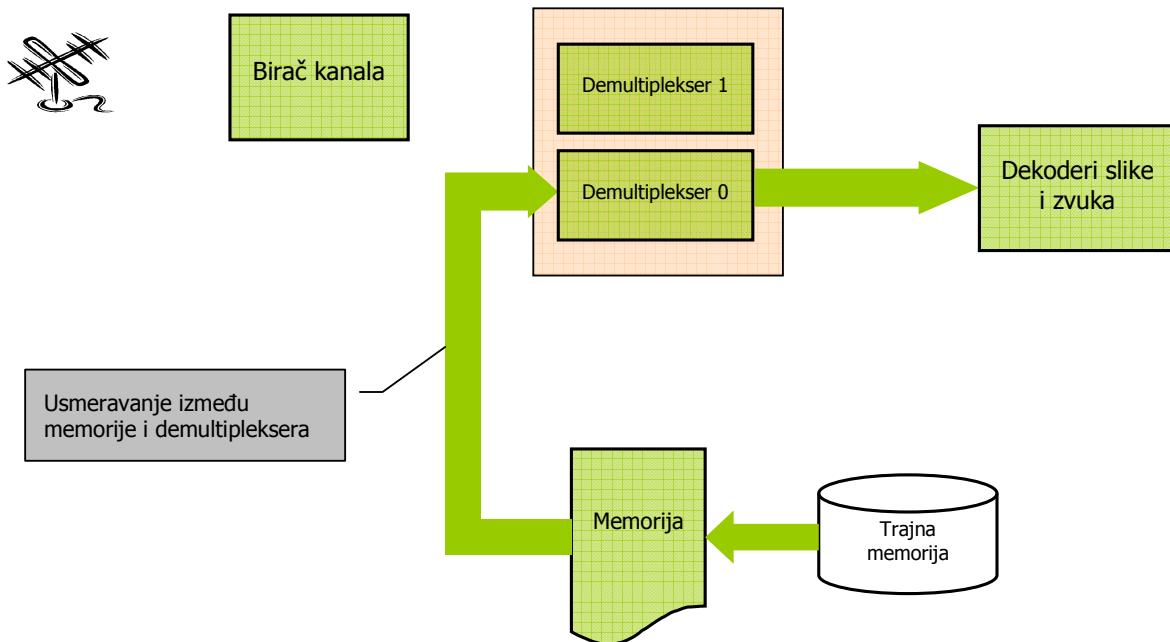
Na slici 3.5 prikazan je način usmeravanja i veze između sastavnih delova fizičke arhitekture u slučaju samo snimanja uživo emitovanog TV programa ili pauziranja i snimanja uživo emitovanog TV programa, funkcija odloženog gledanja (eng. *Timeshift*).

Slika 3.6 prikazuje organizaciju i veze između sastavnih delova fizičke arhitekture u slučaju gledanja snimljenog sadržaja TV programa za vreme pauze, odnosno pokazuje organizaciju i veze za vreme odloženog gledanja. Sadržaj izabranog TV programa se i dalje snima na trajnu memoriju, a gleda se sadržaj koji je snimljen i koji je vremenski pomeren u odnosu na uživo emitovan sadržaj (eng. *Timeshifted*). Pored promena načina usmeravanja, dodata je još jedna kružna memorija kao posrednik između trajne memorije i demultipleksera koji podatke prosleđuje dekoderima slike i zvuka.



Slika 3.6 Gledanje vremenski pomerenog sadržaja TV programa

Ukoliko postoji sadržaj koji je snimljen i sačuvan na trajnoj memoriji moguće ga je pogledati u proizvoljnem trenutku. Gledanje snimljenog sadržaja (eng. *Playback*) je moguće u organizaciji sastavnih delova fizičke arhitekture i veza između njih prikazanoj na slici 3.7.



Slika 3.7 Gledanje sadržaja snimljenog i sačuvanog na trajnoj memoriji

3.3 Blok za upravljanje prenosnim tokovima podataka

Prilagodni sloj CHAL se sastoji od tri bloka:

- TBOX (eng. *Tool Box*)
- TKEL (eng. *Thin Kernel Encapsulation Layer*)
- TDAL (eng. *Thin Driver Adaptation Layer*)

TDAL blok je sastavljen od blokova koji pružaju različite funkcionalnosti programskoj podršci TV prijemnika, npr. upravljanje formatom slike i zvuka, podešavanje frekvencije, podešavanje jačine zvuka, upravljanje sistemom datoteka itd. TDAL takođe sadrži blok koji je zadužen za upravljanje prenosnim tokovima podataka, odnosno koji predstavlja spregu za upravljanje prenosim tokovima podataka, TDAL_TS.

TDAL_TS (eng. *Thin Driver Adaptation Layer Transport Stream*) blok se sastoji od tri bloka, od kojih samo jedan blok mora biti realizovan u oba slučaja, kada postoji podrška za digitalni snimač i kada ne postoji podrška za digitalni snimač [4]. To je blok koji je zadužen za povezivanje birača kanala ili memorijskog izvora podataka sa demultiplexerima, TDAL_TSROUTE. Druga dva bloka moraju biti realizovana samo u slučaju kada postoji podrška za digitalni snimač, jer su to blokovi koji posreduju u usmeravanju i prenosu podataka sa različitih izvora podataka, TDAL_TSSOURCE, do različitih odredišta podataka, TDAL_TSSINK. To su blokovi koji se prilagođavaju ciljnoj platformi.

4. Programsko rešenje

Prilagođenje bloka za upravljanje prenosnim tokovima podataka podrazumeva dodavanje i realizovanje funkcija njegovih podblokova u skladu sa aplikativnom programskom spregom ciljne platforme.

Analizom zadatog problema, odnosno funkcionalnostima koje nudi digitalni snimač, dolazi se do zaključka da je za realizaciju podrške najbolje iskoristiti model proizvođač/potrošač [5]. Potrebno je odrediti ko je i u kojim uslovima proizvođač, a ko potrošač.

4.1 TDAL_TSROUTE

Uloga ovog bloka, odnosno programske sprege je da omogući povezivanje birača kanala ili memorijskog izvora sa demultiplekserima na razne načine i kroz razne organizacije objekata koji pripadaju TDAL_TS bloku.

4.1.1 TDAL_TSROUTE programska sprega

TDAL_TSROUTE programska sprega pruža kontrolu nad TDAL_TSROUTE blokom. Programska sprega ovog bloka nudi sledeće funkcije:

- TDAL_TSROUTE_Init() – funkcija koja vrši inicijalizaciju bloka.
- TDAL_TSROUTE_Term() – funkcija koja vrši prekidanje rada bloka.
- TDAL_TSROUTE_Connect() – funkcija kojom se povezuju izvor podataka i odredište podataka. Izvor i odredište su određeni parametrima funkcije.
- TDAL_TSROUTE_Disconnect() – funkcija kojom se vrši raskidanje veze između povezanog izvora i odredišta podatka.

- TDAL_TSROUTE_GetCapabilities() – funkcija koja kao povratnu vrednost vraća strukturu koja sadrži informacije o mogućnostima trenutne realizacije TDAL_TSROUTE bloka.
- TDAL_TSROUTE_GetStatus() – funkcija koja kao povratnu vrednost vraća strukturu koja sadrži informacije o objektu koji je prosleđen kao parametar funkcije.

Tipovi i strukture koji su definisani radi uprošćavanja programske sprege:

- tTDAL_TSROUTE_Error – tip greške koja je moguća tokom izvršenja funkcije. To je enumeracija koja je definisana na sledeći način.
- tTDAL_TSROUTE_Capabilities – struktura koja sadrži informacije o mogućnostima trenutnoj realizaciji TDAL_TSROUTE bloka
- tTDAL_TSROUTE_Status – struktura koja sadrži informacije o određenom objektu koji pripada TDAL_TSROUTE bloku

4.2 TDAL_TSSOURCE

TDAL_TSSOURCE blok omogućava programskoj podršci upravljanje prenosom podataka koji potiču od različitih izvora, npr. birač kanala, memorijski izvor podataka, itd. TDAL_TSSOURCE može biti otvoren više puta sa različitim radnim režimima. Ovaj blok može da radi u jednom od dva radna režima:

- Radni režim demultipleksera
- Radni režim memorije

U radnom režimu demultipleksera podaci dolaze od demultipleksera i tada je jedan deo programske sprege TDAL_TSSOURCE dostupan. U ovom režimu potrebno je samo zadati identifikatore paketa PID (eng. *Packet Identifier*) koje je potrebno filtrirati kako bi se kasnije koristili od strane TDAL_SINK bloka, odnosno potrošača.

U radnom režimu memorije aplikacija mora da prati tok proizvođača koji je opisan u odeljku 4.2.2 Korišćenje TDAL_TSSOURCE programske sprege. U ovom režimu je takođe dostupan samo deo programske sprege TDAL_TSSOURCE bloka koji je potreban.

4.2.1 TDAL_TSSOURCE programska sprega

TDAL_TSSOURCE programska sprega pruža kontrolu nad TDAL_TSSOURCE blokom i u zavisnosti od izabranog radnog režima dostupne su različite funkcije ove programske sprege.

Programska sprega ovog bloka u oba radna režima nudi sledeće funkcije:

- TDAL_TSSOURCE_Init() – funkcija koja vrši inicijalizaciju bloka
- TDAL_TSSOURCE_Term() – funkcija koja vrši prekidanje rada bloka
- TDAL_TSSOURCE_Open() – funkcija koja otvara i postavlja blok u radni režim. Radni režim se prosleđuje kao polje strukture TDAL_TSSOURCE_OpenParams_s koja je jedan od parametara ove funkcije.
- TDAL_TSSOURCE_Close() – funkcija koja zatvara blok za dalje korišćenje
- TDAL_TSSOURCE_Start() – funkcija koja signalizira bloku da počne sa radom
- TDAL_TSSOURCE_Stop() – funkcija koja signalizira bloku da obustavi rad
- TDAL_TSSOURCE_Config() – funkcija kojom se vrše potrebna podešavanja bloka za ispravan rad u nekom od radnih režima

Programska sprega ovog bloka u radnom režimu demultiplexera nudi sledeće funkcije:

- TDAL_TSSOURCE_AddPid() – funkcija kojoj se zadaje PID
- TDAL_TSSOURCE_RemovePid() – funkcija kojim se uklanja PID
- TDAL_TSSOURCE_SetTimestampingCallback() – postavljanje funkcije obrade povratnog poziva za rad sa vremenskim pečatima

Programska sprega ovog bloka u radnom režimu memorije nudi sledeće funkcije:

- TDAL_TSSOURCE_NotifyProduction() – funkcija koja signalizira da su podaci koji su u memoriji obrađeni i da se memorija može napuniti novim podacima
- TDAL_TSSOURCE_Pause() – funkcija koja privremeno zaustavlja rad bloka
- TDAL_TSSOURCE_Resume() – funkcija koja privremeno zaustavljen rad bloka ponovo pokreće

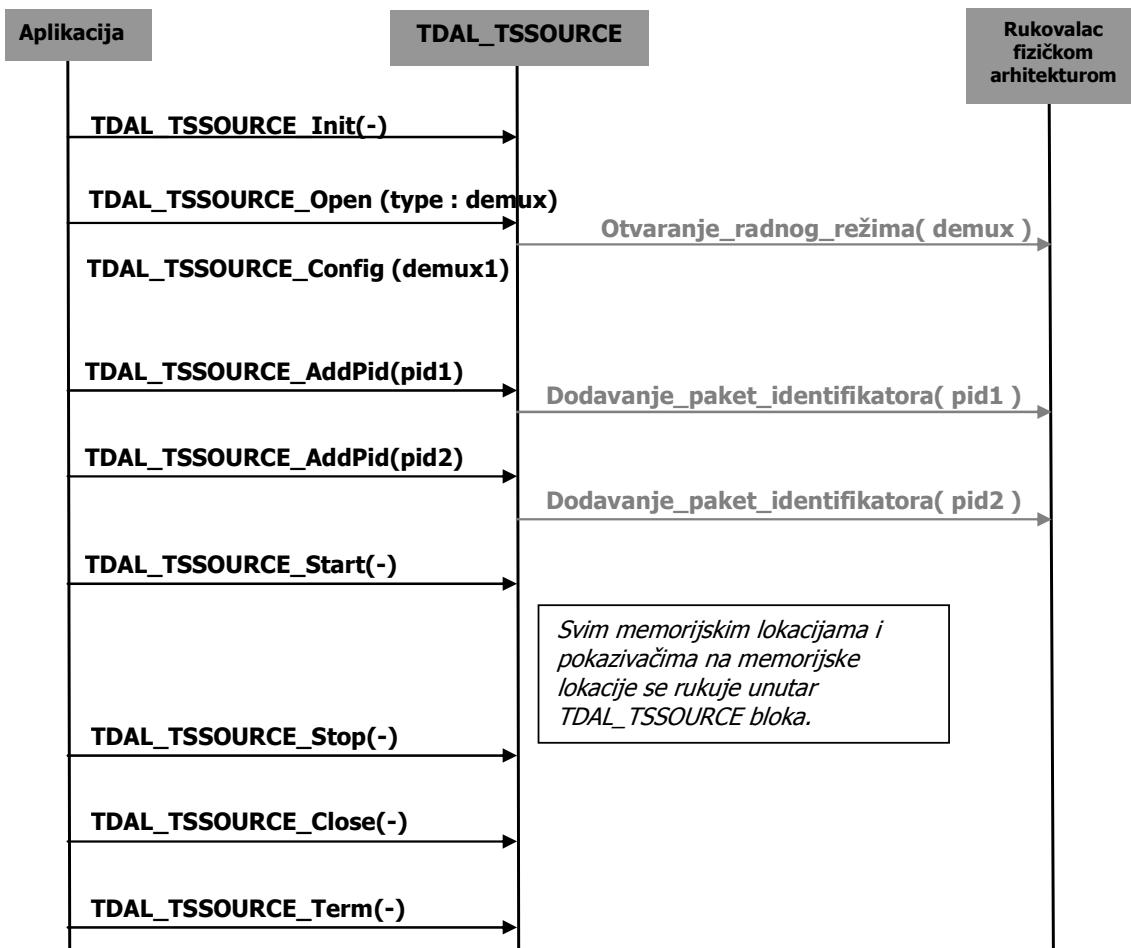
4.2.2 Korišćenje TDAL_TSSOURCE programske sprege

Kao što je već napomenuto, programska sprega nudi različit skup funkcija u zavisnosti od izabranog radnog režima. Takođe se razlikuje i tok rada proizvođača, odnosno način na koji TDAL_TSSOURCE blok preuzima podatke i prosleđuje ih dalje. U nastavku sledi opis toka proizvođača u zavisnosti od izabranog radnog režima.

4.2.2.1 Tok proizvođača u radnom režimu demultiplexera

Slika 4.1 pokazuje primer korišćenja TDAL_TSSOURCE bloka u slučaju kada je izabran radni režim demultiplexera. Prikazani su tok poziva i izvršavanja funkcija od aplikacije do rukovaoca fizičkom arhitekturom preko TDAL_TSSOURCE bloka. Funkcije

TDAL_TSSOURCE bloka koje pozivaju rukovalac fizičkom arhitekturom su zavisne od izabrane ciljne platforme i moraju se prilagoditi ciljnoj platformi preko njene aplikativne programske sprege.



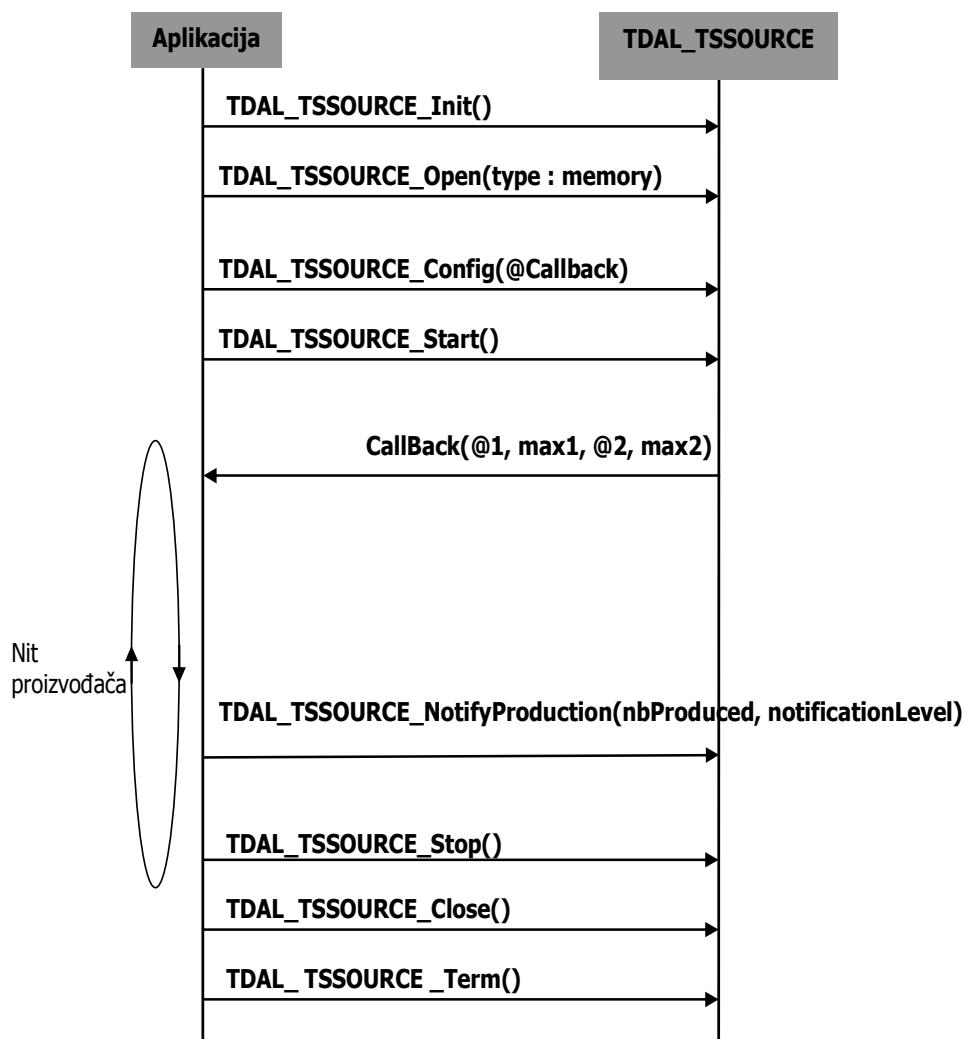
Slika 4.1 Tok proizvođača u radnom režimu demultiplesera

Funkcijama TDAL_TSSOURCE_Open() i TDAL_TSSOURCE_Config() blok je otvoren i postavljen u radni režim demultiplesera. Nakon provere da li se radi o radnom režimu demultiplesera korišćenjem aplikativne programske sprege platforme se otvara i konfiguriše demultipleser preko koga će podaci sa birača kanala stići do TDAL_TSSOURCE bloka. Funkcija TDAL_TSSOURCE_AddPid() se u ovom primeru poziva dva puta kako bi se postavili paket identifikatori paketa slike i zvuka. U ovoj funkciji se pomoću funkcija aplikativne programske sprege platforme podešava demultipleser tako da u TDAL_TSSOURCE blok stignu samo paketi slike i zvuka iz celokupnog toka podataka. Prilikom poziva funkcije TDAL_TSSOURCE_Start() proverava se radni režim i nakon utvrđenog radnog režima signalizira se odgovarajućoj programskoj niti unutar TDAL_TSSOURCE bloka da može da počne sa preuzimanjem paketa. Programska niti koja je signalizirana, od demultiplesera

preuzima pakete i smešta ih u odgovarajuću kružnu memoriju iz koje će potrošač da čita. Proizvođač, programska nit unutar TDAL_TSSOURCE bloka, i potrošač se sinhronizuju pomoću isključivih regiona i semafora. Funkcije TDAL_TSSOURCE_Stop() i TDAL_TSSOURCE_Close() zaustavljaju rad pomenute programske niti, prekidaju vezu sa demultiplekserom, uklanjaju semafore, uklanjaju postavljene paket identifikatore pozivom funkcije TDAL_TSSOURCE_RemovePid() i oslobađaju zauzetu memoriju. Na kraju, funkcija TDAL_TSSOURCE_Term() oslobađa i briše sve isključive regije i dovodi blok u početno stanje, tačnije u stanje iz kojeg može ponovo da se inicijalizuje i pokrene.

4.2.2.2 Tok proizvođača u radnom režimu memorije

Slika 4.2 pokazuje primer korišćenja TDAL_SOURCE bloka u slučaju kada je izabran radni režim memorije.



Slika 4.2 Tok proizvođača u radnom režimu memorije

Funkcijama TDAL_TSSOURCE_Open() i TDAL_TSSOURCE_Config() blok je otvoren i postavljen u radni režim memorije. U funkciji TDAL_TSSOURCE_Config() se podešava funkcija povratnog poziva proizvođača čija će uloga biti opisana dalje u tekstu. Kao i u prošlom slučaju, funkcijom TDAL_TSSOURCE_Start() se pokreće rad programske niti. Programska nit u ovom slučaju ima drugačiji zadatak. U programskoj niti TDAL_TS SOURCE bloka vrše se preračunavanja i ažuriranja adresa koje se preko funkcije povratnog poziva prosleđuju niti proizvođača koja je sada na strani aplikacije, odnosno klijenta. Nakon preračunavanja adresa TDAL_TS SOURCE programska nit poziva funkciju povratnog poziva čiji su parametri adrese na koje treba upisati podatke, kao i broj paketa koji trebaju biti upisani na te adrese. Čim se pozove funkcija povratnog poziva programska nit TDAL_TSSOURCE bloka se zaustavlja i čeka da aplikacija, klijent odgovori funkcijom TDAL_TSSOURCE_NotifyProduction(). Na ovaj način se dozvoljava aplikaciji, klijentu da pakete šalje brzinom koju sam određuje. Funkcije TDAL_TSSOURCE_Stop(), TDAL_TSSOURCE_Close() i TDAL_TSSOURCE_Term() rade isto kao što je opisano u predhodnom odeljku.

4.3 TDAL_TSSINK

TDAL_TSSINK blok omogućava programskoj podršci da upravlja prenosom podataka koju su namenjenim različitim odredištima, odnosno ovaj blok omogućava povezivanje i preuzimanje podataka od proizvođača koji je predhodno definisan i podešen kroz API pozive TDAL_TSSOURCE bloka. Blok TDAL_TSSINK može da rukuje, tačnije prosleđuje podatke različitim tipovima odredišta, npr. dekoderi slike i zvuka, trajna memorija, itd. TDAL_TSSINK, takođe može biti otvoren više puta sa različitim radnim režimima. Dva radna režima su dostupna i kod TDAL_TSSINK bloka, i to:

- Radni režim demultipleksera
- Radni režim memorije

Radni režim demultipleksera se koristi kada su podaci namenjeni demultiplekseru, koji će kasnije te podatke proslediti na primer dekoderima slike i zvuka. Ovaj režim nudi jedan deo ukupne programske sprege TDAL_TSSINK bloka koji je potreban da bi se podesio i pokrenuo potrošač.

Radni režim memorije definiše tok potrošača koji aplikacija mora da prati. Taj tok je opisan u odeljku 4.3.2 Korišćenje TDAL_TSSINK programske sprege. Kroz radni režim je dostupan drugi deo programske podrške TDAL_TSSINK bloka.

4.3.1 TDAL_TSSINK programska sprega

TDAL_TSSINK programska sprega pruža kontrolu nad TDAL_TSSINK blokom i kao kod TDAL_TSSOURCE bloka u zavisnosti od izabranog radnog režima dostupne su različite funkcije programske sprege.

Programska sprega TDAL_TSSINK bloka u oba radna režima nudi funkcije:

- TDAL_TSSINK_Init() – funkcija koja inicijalizuje blok
- TDAL_TSSINK_Term() – funkcija koja vrši prekidanje rada bloka
- TDAL_TSSINK_Open() – funkcija koja otvara i postavlja blok u radni režim
- TDAL_TSSINK_Close() – funkcija koja zatvara blok za dalje korišćenje
- TDAL_TSSINK_Start() – funkcija koja signalizira bloku da započne sa radom
- TDAL_TSSINK_StartFrom() – funkcija koja omogućuje da se započne čitanje podataka sa pozicije određene predhodnim korišćenjem TDAL_TSSINK bloka (sa pozicije određene pretkom)
- TDAL_TSSINK_Stop() – funkcija koja signalizira bloku da zaustavi rad
- TDAL_TSSINK_SetTSSource() – funkcija koja povezuje TDAL_TSSINK i TDAL_TSSOURCE blok kroz proizvođačke i potrošačke niti blokova

Programska sprega ovog bloka u radnom režimu demultipleksera nudi funkcije:

- TDAL_TSSINK_GetStatus() – funkcija koja vraća trnutni status rada bloka
- TDAL_TSSINK_SetTimePosition() – funkcija koja na osnovu vremena postavlja poziciju u toku podataka
- TDAL_TSSINK_GetPacketPosition() – funkcija koja vraća poziciju pročitanog paketa u toku podataka

Programska sprega ovog bloka u radnom režimu memorije nudi sledeće funkcije:

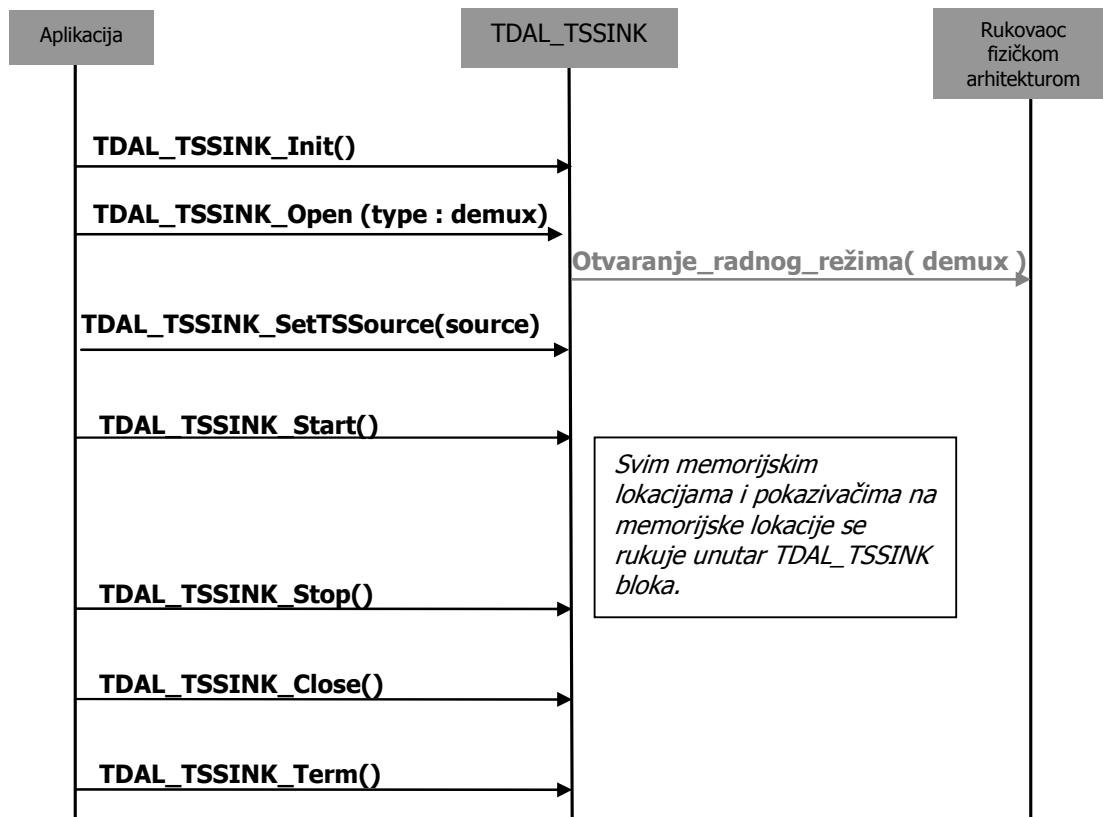
- TDAL_TSSINK_SetConsumerCallback() – postavljanje funkcije povratnog poziva spoljašnjeg potrošača (potrošača koji se definiše na aplikativnoj, klijentskoj strani)
- TDAL_TSSINK_NotifyConsumption() – funkcija koja signalizira da su podaci u memoriji obrađeni i da je memorija spremna za rad sa novim podacima

4.3.2 Korišćenje TDAL_TSSINK programske sprege

Slično kao kod TDAL_TSSOURCE bloka, postoji razlika u skupu dostupnih funkcija u zavisnosti od režima rada. Međutim ovog puta radi se o potrošaču, tako da je razlika u toku rada potrošača, odnosno načina na koji TDAL_TSSINK blok uzima podatke i prosleđuje ih dalje. U nastavku sledi opis toka potrošača u zavisnosti od izabranog radnog režima.

4.3.2.1 Tok potrošača u radnom režimu demultipleksera

Slika 4.3 pokazuje način na koji se koristi TDAL_TSSINK blok kada je podešen da radi u radnom režimu demultipleksera. Na slici je prikazan redosled izvršavanja i tok poziva funkcija od aplikacije, klijenta sa jedne strane do rukovaoca fizičke arhitekture sa druge strane, preko TDAL_TSSINK bloka i njegovih funkcija koje su prilagođene ciljnoj platformi.



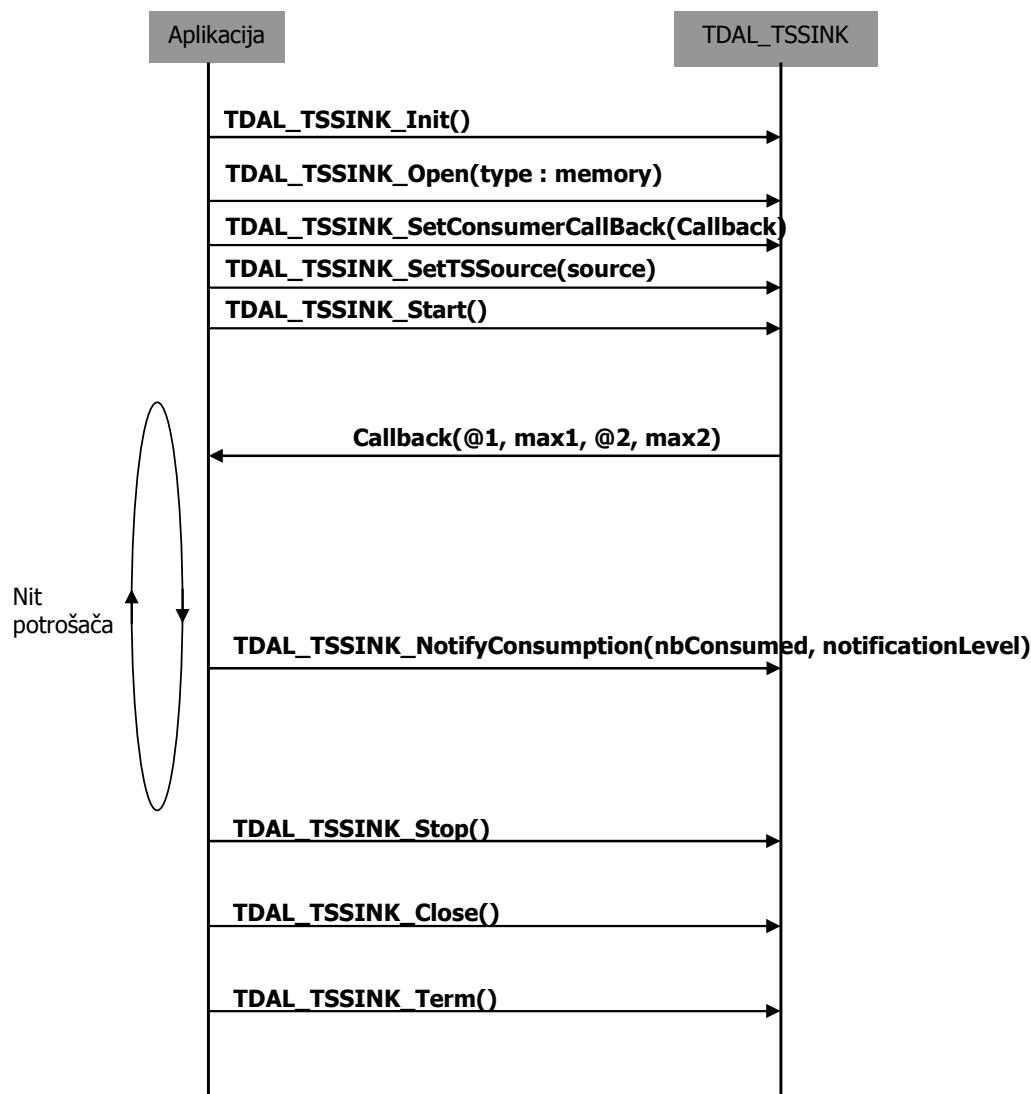
Slika 4.3 Tok potrošača u radnom režimu demultipleksera

TDAL_TSSINK_Init() funkcija i TDAL_TSSINK_Open() funkcija inicijalizuju, otvaraju i postavljaju blok u radni režim demultipleksera. Nakon uspešne inicijalizacije i podešavanja bloka, funkcijom TDAL_TSSINK_SetTSSource() se pokazuje na TDAL_TSSOURCE blok, odnosno na njegov identifikator preko koga TDAL_TSSINK blok preuzima adresu memorijskog prostora sa podacima koje treba da pročita. Ova funkcija omogućava da programska nit potrošača, koja je deo TDAL_TSSINK bloka, pristupa i preuzima podatke iz memorijskog prostora u koji programska nit proizvođača, koja je deo TDAL_TSSOURCE bloka, upisuje podatke. Pozivom funkcije TDAL_TSSINK_Start() proverava se radni režim i nakon utvrđenog radnog režima demultipleksera, podešavaju se određeni pomoćni parametri i signalizira se programskoj niti unutar TDAL_TSSINK bloka da može da počne sa preuzimanjem podataka. Programska niti koja je signalizirana preuzima podatke iz kružne memorije proizvođača (unutar

TDAL_TSSOURCE bloka) i prosleđuje ih preko aplikativne programske sprege demultiplekseru. Zbog toga se za ovu nit kaže da je nit potrošača, a za nit koja pripada TDAL_TSSOURCE bloku nit proizvođača. Sinhronizacija se vrši preko semafora i isključivih regiona unutar oba bloka. Funkcije TDAL_TSSINK_Stop(), TDAL_TSSINK_Close() i TDAL_TSSINK_Term() zaustavljaju rad programske niti, uklanjamaju semafore i isključive regije, oslobođaju zauzetu memoriju i dovode blok u početno stanje, odnosno stanje iz kojeg se može ponovo inicijalizovati i pokrenuti.

4.3.2.2 Tok potrošača u radnom režimu memorije

Slika 4.2 prikazuje način korišćenja TDAL_TSSINK bloka podešenog da radi u radnom režimu memorije.



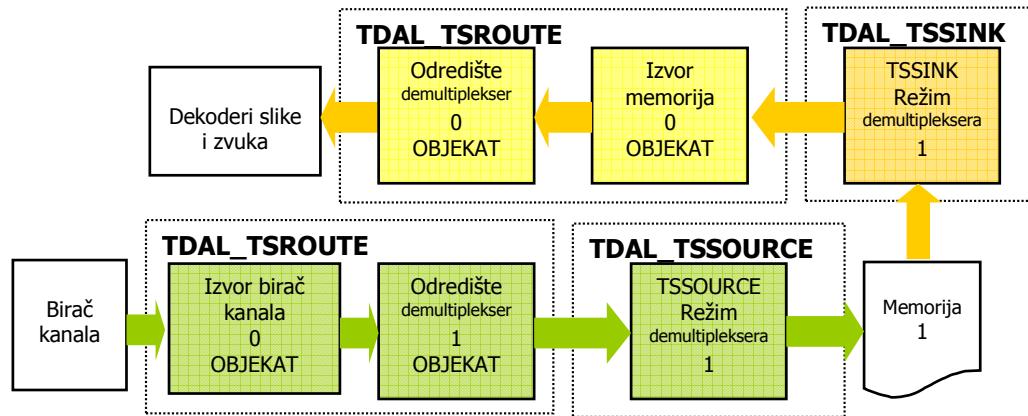
Slika 4.4 Tok potrošača u radnom režimu memorije

Funkcija TDAL_TSSINK_Init() inicijalizuje blok, a funkcija TDAL_TSSINK_Open() inicijalizuje semafore, isključive regije, pomoćne promenljive i postavlja blok u radni režim memorije. TDAL_TSSINK_SetConsumerCallback() postavlja funkciju povratnog poziva spoljašnjeg potrošača. Kao i u radnom režimu demultiplexera, potrebno je pozvati funkciju TDAL_TSSINK_SetTSSource() kako bi se pokazalo na TDAL_TSSOURCE blok, odnosno na njegov identifikator iz istih razloga koji su navedeni u prethodnom odeljku. Funkcijom TDAL_TSSINK_Start() se signalizira programskoj niti da započne sa radom. Slično kao kod radnog režima memorije TDAL_TSSOURCE bloka, programska nit koja je signalizirana preračunava i ažurira adrese koje se preko funkcije povratnog poziva prosleđuju niti potrošača koja je izvan TDAL_TSSINK bloka, odnosno na strani aplikacije, klijenta. Nakon preračunavanja adresa TDAL_TSSINK programska nit poziva funkciju povratnog poziva čiji su parametri adrese sa kojih treba pročitati podatke, kao i broj paketa koju mogu biti pročitani sa tih adresa. Pozivom funkcije povratnog poziva, programska nit TDAL_TSSINK bloka se zaustavlja i čeka da spoljašnji potrošač odgovori funkcijom TDAL_TSSINK_NotifyConsumption(). Na ovaj način se spoljašnjem potrošaču dozvoljava da pakete čita brzinom koju sam određuje. Funkcije TDAL_TSSINK_Stop(), TDAL_TSSINK_Close() i TDAL_TSSINK_Term() rade isto kao što je opisano u prethodnom odeljku.

4.4 Povezivanje blokova i realizacija funkcionalnosti digitalnog snimača

Međusobnim povezivanjem opisanih blokova realizuju se različite funkcionalnosti digitalnog snimača. Da bi ovo bilo moguće uveden je koncept TDAL_TS objekta. TDAL_TS objekat omogućava blokovima da se povezuju i međusobno razmenjuju podatke. Ovaj objekat može da predstavlja različite tipove fizičke arhitekture, npr. birač kanala, demultiplexer, kružnu memoriju, itd. Takođe može se definisati kao izvor ili odredište podataka.

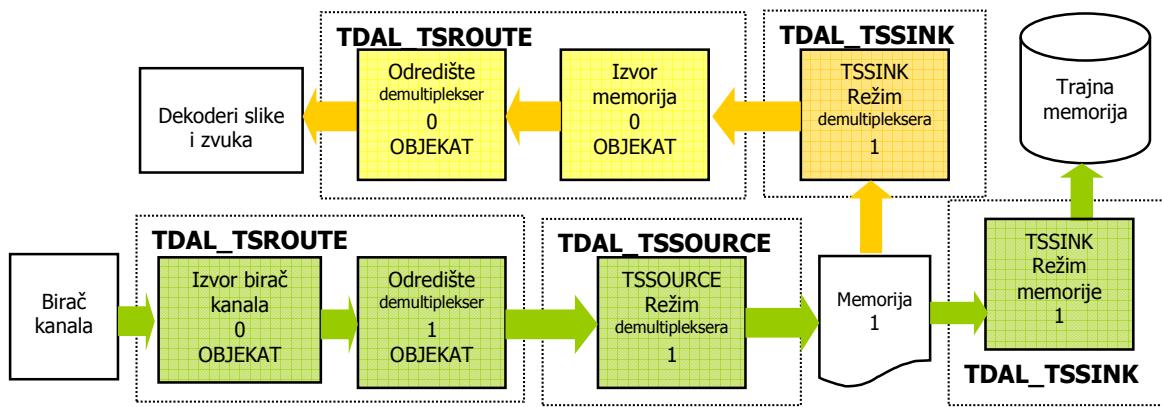
Važno je napomenuti da se TDAL_TSSINK i TDAL_TSSOURCE ne mogu razdvojiti, odnosno da se moraju uvek koristiti zajedno. TDAL_TSROUTE se koristi i u slučaju postojanja podrške za digitalni snimač i u slučaju kada podrška za digitalni snimač ne postoji. U nekoliko narednih slika pokazano je kako se korišćenjem i povezivanjem blokova TDAL_TS bloka realizuju željene funkcionalnosti digitalnog snimača.



Slika 4.5 Organizacija blokova – Gledanje uživo emitovanog TV programa

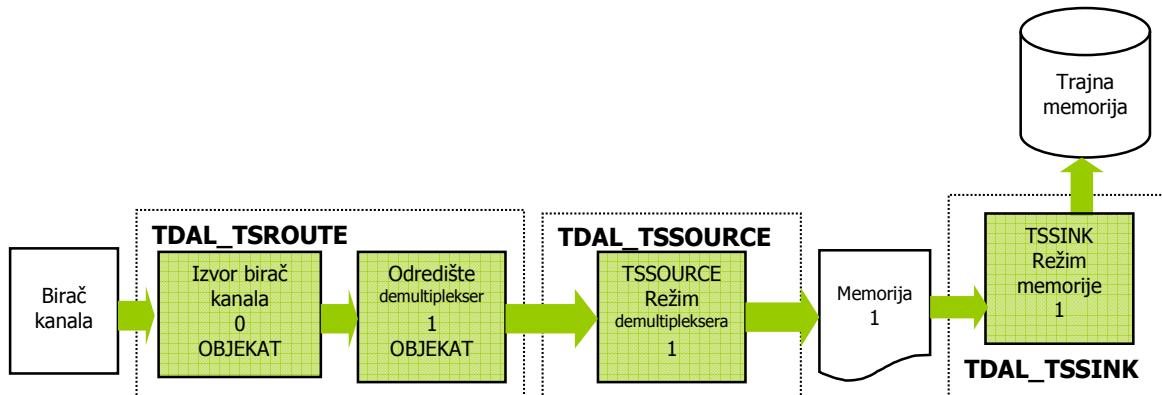
Slika 4.5 prikazuje organizaciju i veze između blokova kada postoji podrška za digitalni snimač i kada se koristi osnovna funkcionalnost TV prijemnika, gledanje uživo emitovanog TV programa (eng. *Live*). U okviru TDAL_TSROUTE bloka su definisani izvori i odredišta podataka. Kada je odredište demultiplekser i kada su podaci iz demultipleksera namenjeni dekoderima slike i zvuka, objekat je obeležen brojem 0, a kada je namenjen režimu rada demultipleksera TDAL_TSSOURCE bloka onda je objekat obeležen brojem 1-n, u zavisnosti od toga koliko ih ima. TDAL_TSSOURCE u režimu rada demultipleksera preuzima podatke od birača kanala i smešta ih u kružnu memoriju. TDAL_TSSINK u režimu rada demultipleksera preuzima podatke iz kružne memorije i prosleđuje ih demultiplekseru koji te podatke dalje demultipleksera ka dekoderima slike i zvuka. Proširenjem jedne ovakve organizacije odgovarajućim blokovima ili menjanjem veza između blokova, realizuju se ostale funkcionalnosti digitalnog snimača.

Proširenjem organizacije sa slike 4.5 još jednim TDAL_TSSINK blokom, koji je u radnom režimu memorije, i jednom trajnom memorijom, dobijena je mogućnost gledanja uživo emitovanog TV programa i njegovo istovremeno snimanje na trajnu memoriju (eng. *Recording*). U tom slučaju, TDAL_TSSINK blok u radnom režimu memorije preuzima podatke iz kružne memorije i smešta ih na trajnu memoriju, dok TDAL_TSSINK u radnom režimu demultipleksera radi isto kao u predhodnom slučaju. Slika 4.6 prikazuje proširenje osnovne funkcionalnosti.



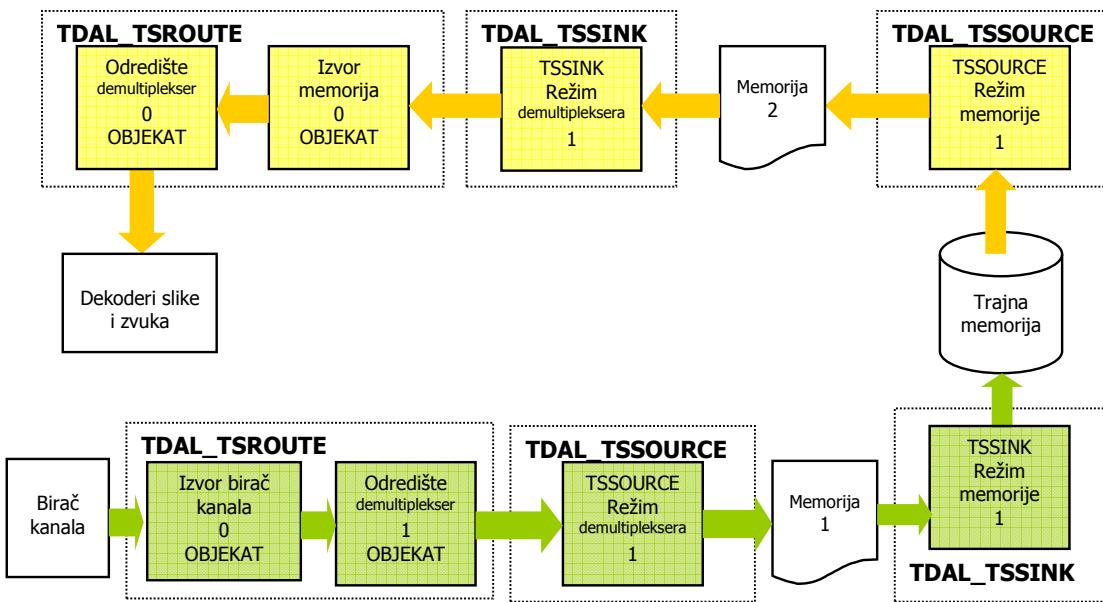
Slika 4.6 Organizacija blokova – Gledanje i snimanje uživo emitovanog TV programa

Samo snimanje ili pauziranje uživo emitovanog TV programa je realizovano tako što je uklonjena gornja grana organizacije sa slike 4.6. Uklanjanjem TDAL_TSSINK bloka u radnom režimu demultipleksera prekida se veza sa demultiplekserom i podaci stižu samo do trajne memorije. Slika 4.7 pokazuje organizaciju blokova koja omogućava samo snimanje ili pauziranje uživo emitovanog TV programa.



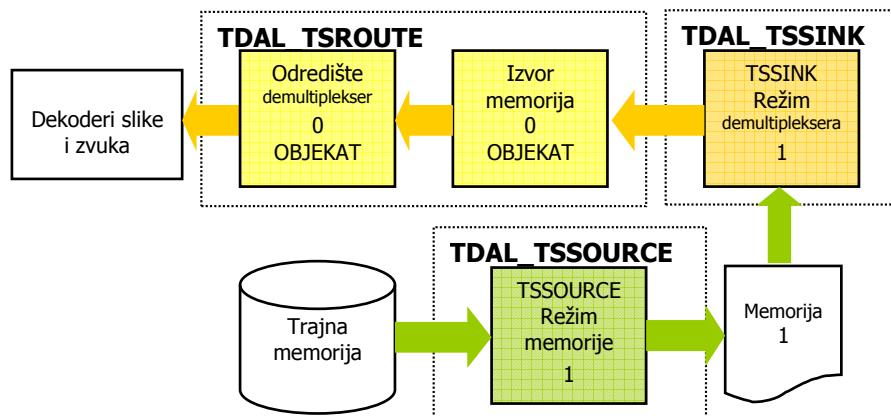
Slika 4.7 Ogranizacija blokova – Snimanje emitovanog TV programa

Da bi se omogućio nastavak gledanja pauziranog TV programa, organizacija sa slike 4.7 je proširena jedim TDAL_TSSOURCE blokom u radnom režimu memorije, jednim TDAL_TSSINK blokom u radnom režimu demultipleksera, kružnom memorijom i TDAL_TSROUTE blokom koji povezuje sve to sa demultiplekserom ka dekoderima slike i zvuka. Sada se preko donje grane sadržaj koji je uživo emitovan snima na trajnu memoriju, a sadržaj koji je snimljen i vremenski pomeren, u odnosu na onaj uživo emitovani, preko gornje grane dospeva do dekodera slike i zvuka na ciljnoj platformi. Ovako je omogućena funkcionalnost digitalnog snimača koja se naziva odloženo gledanje (eng. *Timeshift*). Slika 4.8 prikazuje pomenutu organizaciju blokova TDAL_TS bloka.



Slika 4.8 Ogranizacija blokova – Odloženo gledanje

Gledanje sadržaja koji je ranije snimljen na trajnu memoriju, omogućeno je tako što su iskorišćeni samo blokovi gornje grane organizacije sa slike 4.8. Slika 4.9 prikazuje organizaciju blokova TDAL_TS bloka koja omogućava gledanje sadržaja koji se nalazi na trajnoj memoriji (eng. *Playback*).



Slika 4.9 Ogranizacija blokova – Gledanje sadržaja sa trajne memorije

Analizom prikazanih organizacija, dolazi se do zaključka da je izabrani model proizvođač/potoršač i podela u blokovske celine kao rezultat dala intuitivan način na koji se mogu lako realizovati željene funkcionalnosti digitalnog snimača. Ciljna platforma daje ograničenje od jednog birača kanala, ali su svi blokovi i programska podrška iza njih realizovani tako da omoguće korišćenje i više od jednog birača kanala. Jasno je da postoji skup različitih mogućnosti i organizacija u prisustvu više od jednog birača kanala ili trajnih memorija za čuvanje podataka.

5. Ispitivanje i verifikacija

Nakon realizovanih funkcija opisanih blokova i njihovog prilagođenja ciljnoj platformi, izvršen je niz ispitivanja ispravnosti rada blokova. Provera ispravnosti rada je izvršena korišćenjem alata za proveru ispravnosti CHAL blokova koji se naziva Chalvalidator. Chalvalidator sadrži niz provera ispravnosti svih blokova CHAL sloja. Provere ispravnosti unutar Chalvalidatora obuhvataju situacije koje se mogu dogoditi u toku rada sistema koji koristi Comedia programsku podršku, odnosno CHAL. Svaka od tih provera ispravnosti se sastoji od niza funkcija, nakon čijih se poziva njihova povratna vrednost upoređuje sa željenom povratnom vrednosti i tako se dobija ocena ispravnosti i sigurnosti rada bloka koji se ispituje. Chalvalidator je aplikacija koja se pokreće iz komandne linije. Aplikacijom se upravlja unošenjem odgovarajućih komandi, a provere ispravnosti se pokreću unošenjem brojeva koji predstavljaju blok CHAL sloja i funkciju, odnosno situaciju koja se ispituje.

Chalvalidator sadrži deo za proveru ispravnosti rada TDAL_TS bloka. U delu za ispitivanje ispravnosti TDAL_TS bloka je opisano nekoliko primera korišćenja ovog bloka i njegovih podblokova. Za potrebe ispitivanja ispravnosti proširenih i prilagođenih podblokova TDAL_TS bloka, realizovan je skup provera u kojima su opisane situacije koje su moguće prilikom korišćenja digitalnog snimača. Skup provera je ustvari realizovan tako da se pokretanjem svake od provera dobije, odnosno prikaže neka funkcionalnost digitalnog snimača. Realizovane su provere za sledeće situacije: gledanje uživo emitovanog TV programa (eng. *Live*), gledanje uživo emitovanog TV programa i menjanje na drugi TV program (eng. *Live and Zapping*), snimanje uživo emitovanog TV programa (eng. *Recording*), snimanje i gledanje uživo emitovanog TV programa (eng. *Watch and Record*), reprodukcija snimljenog sadržaja (eng. *Playback*), reprodukcija snimljenog sadržaja sa promenom brzine reprodukcije i mogućim pauziranjem reprodukcije, odloženo gledanje (eng. *Timeshift*). Pored Chalvalidatora koji se pokreće iz

komandne linije operativnog sistema Android, za ispitivanje je korišćena i Android aplikacija koja omogućava prikaz slike koja dolazi od dekodera slike na ciljnoj platformi.

5.1 Provere funkcionalnosti TDAL_TS bloka i rezultati

Kao što je već napomenuto provere situacija su realizovane tako da se pokaže kako se korišćenjem TDAL_TS bloka realizuju funkcionalnosti digitalnog snimača. Sledi kratak opis svake od provera gde će biti opisana svrha provere, potrebne akcije korisnika za vreme trajanja provere i dobijeni rezultat. Rezultat opisuje događanja u toku provere. Provera, odnosno Chalvalidator kao aplikacija se izvršava pod operativnim sistemom Android koji se izvršava na ciljnoj platformi koja je povezana sa TV uređajem preko HDMI sprege.

5.1.1 Gledanje uživo emitovanog TV programa

Opis provere: otvaranje i podešavanje potrebnih blokova TDAL_TS bloka, podešavanje blokova CHAL sloja koji su zaduženi za upravljanje biračem kanala, podešavanje parametara jednog TV programa, podešavanje bloka za upravljanje formatom slike i zvuka, podešavanje bloka za prikaz slike i zvuka.

Svrha provere: provera rada prilagođenog TDAL_TS bloka, pokazivanje Live funkcionalnosti digitalnog snimača.

Akcije korisnika za vreme provere: izdavanje komande za završetak provere

Rezultat: pojavljivanje slike i zvuka TV programa. Nakon akcije korisnika provera je okončana i reprodukcija slike i zvuka je prekinuta. Uspešna provera.

5.1.2 Gledanje uživo emitovanog TV programa i promena TV programa

Opis provere: otvaranje i podešavanje potrebnih blokova TDAL_TS bloka, podešavanje blokova CHAL sloja koji su zaduženi za upravljanje biračem kanala, podešavanje parametara četiri TV programa (smeštanje parametara u listu), podešavanje bloka za upravljanje formatom slike i zvuka, podešavanje bloka za prikaz slike i zvuka.

Svrha provere: provera rada prilagođenog TDAL_TS bloka, provera osnovne funkcionalnosti TV prijemnika, menjanje TV programa, kada postoji podrška za digitalni snimač.

Akcija korisnika za vreme provere: izdavanje komande za promenu kanala, izdavanje komande za završetak provere

Rezultat: nakon pokrenute provere pojavili su se slika i zvuk prvog TV programa iz liste. Izdavanjem komande za promenu kanala, slika i zvuk sledećeg TV programa iz liste sa parametrima TV programa se pojavljuju. Izdavanjem komande za završetak provere reprodukcija slike i zvuka se prekida. Uspešna provera.

5.1.3 Snimanje uživo emitovanog TV programa

Opis provere: otvaranje i podešavanje potrebnih blokova TDAL_TS bloka, podešavanje blokova CHAL sloja koji su zaduženi za upravljanje biračem kanala, podešavanje parametara jednog TV programa, podešavanje bloka za upravljanje formatom slike i zvuka, podešavanje bloka za prikaz slike i zvuka, podešavanje bloka za rad sa sistemom datoteka. Za izvršavanje ove provere potrebno je na ciljnu platformu priključiti trajnu memoriju preko USB sprege.

Svrha provere: provera rada prilagođenog TDAL_TS bloka, provera funkcionalnosti digitalnog snimača, snimanje uživo emitovanog TV programa

Akcija korisnika za vreme provere: izdavanje komande za početak snimanja i pauziranja reprodukcije slike i zvuka, izdavanje komande za završetak provere.

Rezultat: pojavljivanje slike i zvuka TV programa. Nakon izdavanje komande za snimanje i pauziranje, reprodukcija slike i zvuka je zaustavljena, snimanje podataka na trajnu memoriju. Izdavanjem komande za završetak provere prekinuto snimanje podataka na trajnu memoriju. Podaci su uspešno sačuvani na trajnu memoriju. Uspešna provera.

5.1.4 Snimanje i gledanje uživo emitovanog TV programa

Opis provere: otvaranje i podešavanje potrebnih blokova TDAL_TS bloka, podešavanje blokova CHAL sloja koji su zaduženi za upravljanje biračem kanala, podešavanje parametara jednog TV programa, podešavanje bloka za upravljanje formatom slike i zvuka, podešavanje bloka za prikaz slike i zvuka, podešavanje bloka za rad sa sistemom datoteka. Za izvršavanje ove provere potrebno je na ciljnu platformu priključiti trajnu memoriju preko USB sprege.

Svrha provere: provera rada prilagođenog TDAL_TS bloka, provera funkcionalnosti digitalnog snimača, gledanje i snimanje uživo emitovanog TV programa

Akcija korisnika za vreme provere: izdavanje komande za početak snimanja podataka, izdavanje komande za završetak provere.

Rezultat: pojavljivanje slike i zvuka TV programa. Nakon izdavanje komande za snimanje započelo snimanje podataka na trajnu memoriju, reprodukcija slike i zvuka nastavljena bez promena. Izdavanjem komande za završetak provere prekinuto snimanje podataka na trajnu

memoriju, završena reprodukcija slike i zvuka. Podaci su uspešno sačuvani na trajnu memoriju. Uspešna provera.

5.1.5 Reprodukcija sadržaja snimljenog na trajnoj memoriji

Opis provere: otvaranje i podešavanje potrebnih blokova TDAL_TS bloka, podešavanje bloka za upravljanje formatom slike i zvuka, podešavanje bloka za prikaz slike i zvuka, podešavanje bloka za rad sa sistemom datoteka. Za izvršavanje ove provere potrebno je na ciljnu platformu priključiti trajnu memoriju preko USB sprege, na koju su predhodnom proverom zapisani podaci.

Svrha provere: provera rada prilagođenog TDAL_TS bloka, provera funkcionalnosti digitalnog snimača, reprodukcija snimljenog sadržaja normalnom brzinom i brzinom koja je dva puta veća i brzinom koja je dva puta manja.

Akcija korisnika za vreme provere: izdavanje komande za pauziranje reprodukcije, izdavanje komande za završetak provere.

Rezultat: pojavljivanje slike i zvuka TV programa čiji se sadržaj nalazi na trajnoj memoriji. Nakon izdavanja komande za pauziranje reprodukcije, reprodukcija slike i zvuka je zaustavljena. Nakon izdavanja komande za nastavak reprodukcije, reprodukcija slike i zvuka je nastavljena dva puta većom brzinom od početne. Nakon ponovnog izdavanja komande za pauziranje reprodukcije, reprodukcija slike i zvuka je zaustavljena. Nakon izdavanja komande za nastavak reprodukcije, reprodukcija slike i zvuka je nastavljena dva puta manjom brzinom od početne. Izdavanjem komande za završetak provere reprodukcija slike i zvuka se prekida. Uspešna provera.

5.1.6 Odloženo gledanje

Opis provere: otvaranje i podešavanje potrebnih blokova TDAL_TS bloka, podešavanje blokova CHAL sloja koji su zaduženi za upravljanje biračem kanala, podešavanje parametara jednog TV programa, podešavanje bloka za upravljanje formatom slike i zvuka, podešavanje bloka za prikaz slike i zvuka, podešavanje bloka za rad sa sistemom datoteka. Za izvršavanje ove provere potrebno je na ciljnu platformu priključiti trajnu memoriju preko USB sprege.

Svrha provere: provera rada prilagođenog TDAL_TS bloka, provera funkcionalnosti digitalnog snimača, odloženo gledanje.

Akcija korisnika za vreme provere: izdavanje komande za početak snimanja i pauziranja reprodukcije slike i zvuka, izdavanje komande za nastavak reprodukcije slike i zvuka, izdavanje komande za završetak provere.

Rezultat: pojavljivanje slike i zvuka TV programa. Nakon izdavanja komande za snimanje i pauziranje, reprodukcija slike i zvuka je zaustavljena, snimanje podataka na trajnu memoriju. Izdavanjem komande za nastavak reprodukcije slike i zvuka, nastavljena reprodukcija sadržaja koji je snimljen na trajnu memoriju od trenutka izdavanja predhodne komande, koji je vremenski pomeren u odnosu na sadržaj koji se emituje uživo. Nastavljeno snimanje sadržaja koji se emituje uživo na trajnu memoriju sve do trenutka izdavanja komande za završetak provere. Izdavanjem komande za završetak provere, zaustavljeno snimanje na trajnu memoriju, završena reprodukcija slike i zvuka. Uspšna provera.

6. Zaključak

U radu je opisano rešenje realizacije funkcionalnosti digitalnog snimača za Android baziran prijemnik za digitalnu televiziju. Takođe rad sadrži i opis provere funkcionalnosti i ispravnosti rešenja.

Uspešnim završetkom provere ispravnosti rešenja završen je i postupak realizacije funkcija digitalnog snimača. Funkcije digitalnog snimača omogućene su prilagođenjem bloka za upravljanje usmeravanjem podataka, koji je deo prilagodnog sloja CHAL, Comedia programske podrške za digitalnu televiziju. Prilagođenje je izvršeno pomoću aplikativne programske sprege ciljne platforme koja je bila dostupna. Ciljna platforma kao operativni sistem koristi Android i Comedia programsku podršku za digitalnu televiziju.

Pomoću aplikacije za proveru ispravnosti prilagodnog sloja, Chalvalidator, pokazane su neke funkcionalnosti digitalnog snimača. Comedia programska podrška poseduje realizovanu funkcionalnost digitalnog snimača i sada kada je CHAL sloj prilagođen ciljnoj platformi, moguće je napraviti Android aplikaciju [6] koja ima funkcionalnosti digitalnog snimača korišćenjem Comedia programske podrške.

Ukoliko se kao ciljna platforma izabere neka druga, potrebno je, pored prilagođenja osnovnih blokova CHAL sloja, izvršiti i prilagođenje bloka za upravljanje usmeravanjem korišćenjem aplikativne programske sprege nove ciljne platforme. Tako se na najlakši način mogu dobiti osnovne funkcionalnosti digitalnog snimača na bilo kojoj platformi na kojoj je moguće izvršavati Comedia programsku podršku za digitalnu televiziju.

Za dalji razvoj ispitivanja ispravnosti i funkcionalnosti ovog rešenja, moguće je iskoristiti Black Box Testing – BBT [7] automatizovanu platformu za ispitivanje prijemnika za digitalnu televiziju. Kroz BBT je moguće ispitati punu funkcionalnost i sve situacije koje su moguće tokom korišćenja rešenja i dobiti preciznu ocenu rada.

7. Literatura

- [1] Daniel Bovet, Marco Cesati, *Understanding the Linux Kernel*
- [2] M.Vidakovic, N.Teslic, T.Maruna, and V.Mihic: *Android4TV: a proposition for integration of DTV in Android devices*, IEEE 30th International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012
- [3] Marvell, *88DE3010 Software API User Manual*
- [4] Iwedia, *TDAL_TS Technical Specifications*, 2009
- [5] Vladimir Kovačević, Miroslav Popović: *Sistemska programska podrška u realnom vremenu*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2002
- [6] Reto Meier: *Professional Android 2 Application Development*, Wrox, 2010
- [7] V. Pekovic, D. Banika, D.Kuburovic, V.Zlokolica, N.Vranic: *Simultaneous Funcionality Verification System of Multiple Set-Top Boxes*, Engineering of Computer Based Systems (ECBS), 2012 IEEE 19th International Conference and Workshops on, April 2012