

# Jedno rešenje programske podrške za rukovanje audio dekoderom digitalnog TV uređaja

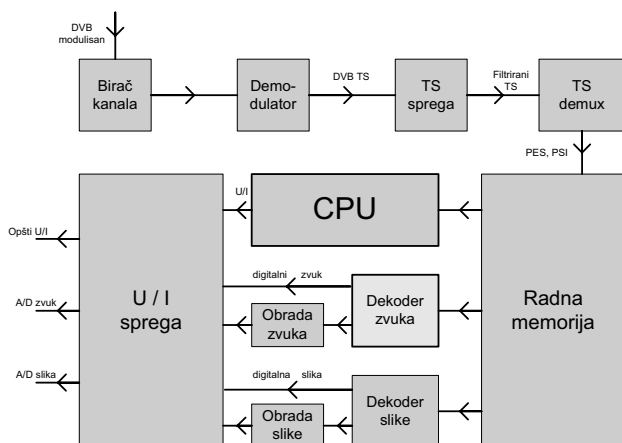
Mirko Vucelja, Dragan Simić, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad  
Vladimir Đurković, Goran Miljković, Mile Davidović, MicronasNIT, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad

**Sadržaj** — Prikazano je jedno rešenje programske podrške za rukovanje audio dekoderom digitalnog TV uređaja, koji podržava paralelno dekodovanje dva toka podataka. Dat je opis audio dekodera. Prikazan je opis realizacije programske podrške rukovaoca, kao i testiranja uz pomoć MASS simulatora.

**Ključne reči** — Audio dekoder, digitalna televizija, DSP.

## I. UVOD

POJAM digitalna televizija (DTV) podrazumeva emitovanje, prenos i prijem digitalnog audio i video sadržaja [1]. Televizijski prijemnici su, radi obrade i prikaza digitalnog sadržaja, pretvoreni iz analognih elektronskih sklopova u računarske sisteme (Sl. 1).



Sl. 1. Arhitektura digitalnih televizijskih uređaja

Pretvaranje je omogućilo kvalitetniji prijem televizijskog signala i kvalitetniji prikaz slike. Takođe, omogućen je i kvalitetniji prikaz zvuka. Za razliku od analognih

Rad je delimično podržan u okviru projekta TR-6136B Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

Mirko Vucelja, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija; (e-mail: [mirko.vucelja@micronas.com](mailto:mirko.vucelja@micronas.com)).

Dragan Simić, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija; (e-mail: [dragan.simic@micronas.com](mailto:dragan.simic@micronas.com)).

Vladimir Đurković, MicronasNIT, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: [vladimir.djurkovic@micronas.com](mailto:vladimir.djurkovic@micronas.com)).

Goran Miljković, MicronasNIT, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: [goran.miljkovic@micronas.com](mailto:goran.miljkovic@micronas.com)).

Mile Davidović, MicronasNIT, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: [mile.davidovic@micronas.com](mailto:mile.davidovic@micronas.com)).

televizijskih uređaja, koji prikazuju zvuk u mono ili stereo formatu, savremeni digitalni televizijski uređaji, zahvaljujući mogućnostima svojih audio podсистema, pružaju korisnicima nove formate prikaza zvuka, poput 5.1 ili 7.1.

Da bi ostvarili konkurentnost na tržištu, proizvođači televizijske opreme moraju stalno da poboljšavaju svoje proizvode, usavršavanjem kvaliteta postojećih i uvođenjem novih funkcionalnosti. Jedna od tih novih funkcionalnosti je i mogućnost paralelnog prikaza slike i zvuka visokog kvaliteta dva različita televizijska servisa, što iziskuje korišćenje fizičke arhitekture koja podržava obradu slike i zvuka iz dva izvora.

Kao i svaki računarski sistem, digitalni televizijski uređaj se sastoji od skupa međusobno spregnutih integrisanih kola kojima upravlja centralni procesor (CPU). Fizička arhitektura audio podсистema digitalnih televizijskih uređaja obuhvata integrisano kolo za dekodovanje zvuka (u daljem tekstu audio dekoder) i integrisano kolo za obradu zvuka.

Kao jezgro audio dekodera koristi se MASS procesor [2], 20-bitni procesor RISC arhitekture za digitalnu obradu signala (DSP). MASS procesor je projektovan da podrži paralelno dekodovanje dva toka podataka, koji su kodirani u skladu sa MPEG-1, MPEG-2 i AC-3 standardima za kodiranje zvuka. Takođe, MASS procesor, u paraleli sa dekodovanjem, podržava i preslikavanje neizmenjenog (komprimovanog) sadržaja jednog od dva ulazna toka podataka na izlaz.

Oko jezgra audio dekodera je formiran omotač u vidu registara [3], koji omogućava povezivanje MASS procesora sa radnom memorijom i centralnim procesorom. Komunikacija između centralnog procesora i MASS procesora se obavlja korišćenjem registara iz omotača na sledeće načine:

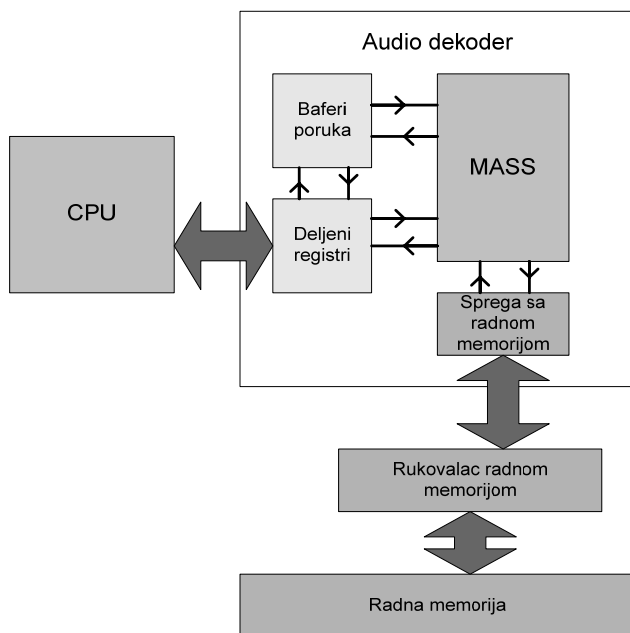
- deljenim registrima,
- korišćenjem bafera poruka i
- mehanizmom prekida.

Programska podrška predstavljena u ovom radu imala je za cilj da kontroliše prenos podataka između centralnog procesora i MASS procesora, korišćenjem navedenih metoda komunikacije.

## II. OPIS AUDIO DEKODERA

Osnovne aktivnosti audio dekodera u okviru audio podсистema su čitanje komprimovanih podataka iz nekog od ulaznih bafera radne memorije, dekodovanje i upis dekodovanih PCM (*Pulse Code Modulation*) odbiraka u

neki od izlaznih bafera radne memorije. Pored toga, audio dekodер može da prosleđuje jedan od dva ulazna toka podataka u neizmenjenom obliku iz ulaznog u izlazni bafer. Čitanje podataka iz radne memorije, i upis u nju, MASS procesor ne obavlja neposredno, već preko rukovaoca memorijom, kome upućuje zahtev za čitanjem ili upisom podataka (Sl. 2). Od rukovaoca memorijom MASS dobija podatke o popunjenosti ulaznih bafera, odnosno količini slobodnog prostora u izlaznim baferima, što utiče na dinamiku dekodovanja. Rukovalac radnom memorijom treba da audio dekodерu omogući pristup ka dva ulazna bafera (za dva ulazna toka podataka) i tri izlazna (dva za dekodovane PCM tokove podataka i jedan za komprimovani tok, preslikan sa ulaza). Centralni procesor može da nadgleda komunikaciju MASS procesora i radne memorije preko registara vremenske kontrole (*timeout registers*). To su registri koji se nalaze u sklopu MASS procesora i kojima centralni procesor može da pristupi radi postavljanja inicijalne vrednosti. Ta vrednost se smanjuje posle svakog takta procesora, ukoliko rukovalac memorijom nije odgovorio na zahtev audio dekodera za čitanjem, odnosno upisom podataka. Ukoliko vrednost registra vremenske kontrole dospe do broja 1, biće objavljen prekid, koji će signalizirati centralnom procesoru da je istekao dozvoljeni vremenski interval u komunikaciji između MASS procesora i radne memorije.



Sl. 2. Struktura i okruženje audio dekodera

Komunikacija MASS i centralnog procesora se obavlja pomoću deljenih registara, korišćenjem bafera poruka i mehanizmom prekida.

#### A. Deljeni registri

Deljeni registri su registri kojima mogu pristupiti i MASS i centralni procesor. MASS pristupa deljenim registrima preko broja registra. Pošto su deljeni registri preslikani u adresni prostor centralnog procesora, CPU im pristupa preko adrese, koja se formira dodavanjem broja

registra na baznu adresu zone memorijski preslikanih registara. Deljeni registri omogućavaju brzu komunikaciju. Centralni procesor i MASS imaju različita prava pristupa pojedinim registrima, u zavisnosti od njihove namene. Registri pomoću kojih centralni procesor podešava način rada MASS procesora omogućavaju centralnom procesoru i čitanje i upis, dok MASS-u omogućavaju isključivo čitanje. Registri pomoću kojih MASS saopštava stanje procesa dekodovanja omogućavaju MASS-u upis, a centralnom procesoru isključivo čitanje. Deljeni registri se na osnovu njihove namene mogu podeliti u više grupa. Pregled deljenih registara po grupama je prikazan u tabeli (TABELA 1).

TABELA 1: DELJENI REGISTRARI.

Grupa registara	Opis namene
Konfiguracioni registri	Zadavanje parametara rada MASS procesora.
Registri opšte namene	Kontrola i stanje procesa dekodovanja, podaci o količini obrađenih podataka.
Registar osigurača	Omogućavanje korišćenja pojedinih funkcionalnosti dekodera.
Registri vremenske kontrole	Podešavanje dozvoljenog intervala prekida komunikacije MASS-a i radne memorije i akcije u slučaju isteka intervala.
Registri prekida	Podešavanje maske prekida, očitavanje uzroka prekida.
Registri bafera poruka	Upis u ulazni bafer poruka, čitanje iz izlaznog bafera poruka, očitavanje statusa bafera poruka, pražnjenje bafera poruka.

#### B. Baferi poruka

Baferi poruka se koriste kada je MASS-u (ili centralnom procesoru) potrebno poslati više poruka uzastopno, a da pri tome, zbog zauzetosti MASS-a (ili centralnog procesora) obradom podataka, ne dođe do prepisivanja jedne poruke preko druge. Postoje dva bafera, za čiju su realizaciju korišćeni registri MASS procesora. Jedan bafer služi za prenos poruka od centralnog procesora ka MASS-u (ulazni bafer), a drugi za prenos od MASS-a ka centralnom procesoru (izlazni bafer). Za upis poruka u ulazni bafer centralni procesor koristi ulazni registar poruka, dok za čitanje poruka iz izlaznog bafera centralni procesor koristi izlazni registar poruka. Ulazni i izlazni registar poruka pripadaju deljenim registrima. Baferi poruka su realizovani kao FIFO (*First In First Out*) strukture podataka i zahtevaju korišćenje registra statusa poruka radi ispravnog funkcionisanja. Registar statusa poruka takođe pripada deljenim registrima.

Pre upisa podataka u ulazni registar poruka, centralni procesor mora proveriti ima li slobodnog mesta u ulaznom baferu poruka. To se proverava pomoću registra statusa poruka. U registru statusa poruka se nalaze podaci o popunjenosti ulaznog i izlaznog bafera poruka, kao i podatak da li se zahteva pražnjenje sadržaja bafera poruka i da li je to pražnjenje obavljeno.

Centralni procesor čita podatke iz izlaznog bafera poruka preko izlaznog registra poruka. Pre čitanja, centralni procesor mora proveriti nivo popunjenosti

izlaznog bafera poruka, da se ne bi desilo da očita sadržaj izlaznog registra poruka koji nije validan.

Centralni procesor korišćenjem bafera poruka može da saopšti komandu MASS-u ili da pristupi registrima (ili memoriji) MASS-a radi čitanja i upisa podataka. Baferi poruka se najčešće koriste kada je potrebno pristupiti jednoj ili nekolicini memorijskih lokacija u kojima se nalaze informacije o konfiguraciji MASS-a ili statusu dekodovanja. Te informacije se nalaze na fiksnim adresama unutar interne memorije MASS procesora i, zavisno od namene, reč je o konfiguracionim ili statusnim memorijskim ćelijama.

Protokol o komunikaciji preko bafera poruka reguliše format 32-bitne poruke koja se upisuje u ulazni registar poruka. Poruka je podeljena na 8 delova od po četiri bita. Najznačajnija 4 bita čine identifikator poruke. To može da bude neka komanda (pokreni ili prekini aktivnost) ili neki zahtev za prenos podataka (čitaj registar, upiši u registar, čitaj memoriju ili upiši u memoriju). U zavisnosti od identifikatora poruke, formiraju se ostala polja poruke, na tačno utvrđenim mestima u okviru 32-bitne reči. Tako, na primer, polje dužine poruke zauzima poslednjih 8 bita i kazuje koliko 16-bitnih reči zauzima data poruka, ne računajući početnih 32 bita. Zavisno od poruke, ostala polja mogu biti broj registra, adresa memorijske lokacije ili podaci za upis.

Pražnjenje bafera poruka centralni procesor zahteva upisom binarne jedinice u odgovarajuće polje registra koji kontroliše pražnjenje bafera poruka. MASS procesor prazni bafer poruka i po završetku postavlja indikator u registru statusa poruka da je pražnjenje izvršeno.

### C. Mehanizam prekida

Mehanizam prekida je podržan upotrebom tri deljena registra. Ti registri su: registar statusa prekida, registar maske prekida i registar globalne maske prekida. Registar globalne maske prekida omogućava ili sve prekide ili nijedan. Postavljanjem odgovarajuće binarne reči u registar maske prekida moguće je dozvoliti ili zabraniti svaki prekid pojedinačno. U registar statusa prekida audio dekođer, upisom binarne jedinice na odgovarajuće mesto, može da izazove prekid, ako je dati prekid omogućen od strane druga dva registra.

## III. OPIS REALIZACIJE

Prenos podataka između centralnog procesora i audio dekodera, odnosno MASS procesora, realizovan je u više slojeva. Slojevita struktura rukovaoca omogućava jasnu podelu na segmente koji imaju različitu ulogu u realizaciji rešenja datog problema komunikacije (Sl. 3).

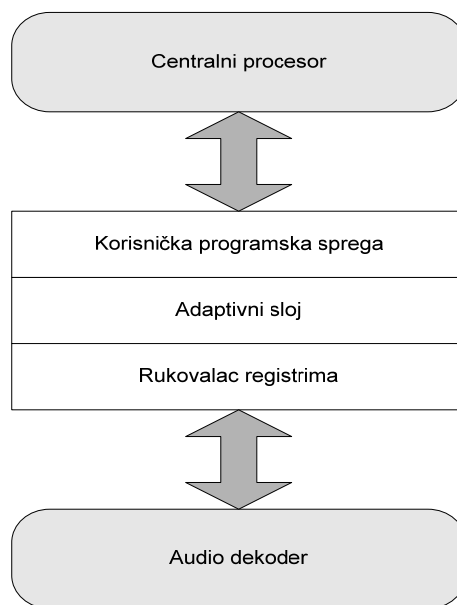
Najviši sloj rukovaoca audio dekodrom obuhvata funkcije koje pripadaju korisničkoj programskoj sprezi. Ove funkcije treba da omoguće drugim modulima u okviru programskog modela digitalnog TV uređaja jednostavno korišćenje rukovaoca audio dekodera, što je postignuto skrivanjem principa funkcionisanja, tj. njihovom realizacijom u nižim slojevima. Pri realizaciji funkcija korisničke programske sprege je trebalo voditi računa da formirani skup funkcija bude minimalan i da u potpunosti oslikava neophodnu funkcionalnost dekodera, koju moduli-korisnici očekuju. Najniži sloj rukovaoca se sastoji od elementarnih funkcija, koje direktno kontrolišu

fizičku arhitekturu. Između najnižeg i najvišeg sloja rukovaoca se nalazi adaptivni sloj, čija uloga je da prilagodi jedan sloj drugom.

Rukovalac registrima, kao najniži sloj, sadrži elementarne funkcije koje se koriste za pristup registrima audio dekodera radi čitanja i pisanja. Korišćenjem navedenih funkcija centralni procesor pristupa deljenim registrima.

Funkcije adaptivnog sloja realizuju pristup memorijskim lokacijama i registrima MASS procesora korišćenjem funkcija rukovaoca registrima. Funkcije adaptivnog sloja su, u zavisnosti od lokacije i veličine memorijske zone kojoj se pristupa, podeljene na četiri grupe:

- funkcije koje pristupaju deljenim registrima
- funkcije za pristup registrima koji ne spadaju u grupu deljenih registara (preko bafera poruka)
- funkcije za pristup pojedinačnim memorijskim lokacijama (preko bafera poruka)
- funkcije za pristup grupi memorijskih lokacija (preko bafera poruka).



Sl. 3. Rukovalac audio dekodrom

U višekorisničkom okruženju (sa više programskih niti) se javlja problem prepisivanja podataka, ukoliko dve ili više niti pristupaju zajedničkim resursima. Zajednički resursi pri korišćenju audio dekodera su registri i memorijske lokacije MASS-a. Radi prevazilaženja problema prepisivanja podataka, unutar svake funkcije adaptivnog sloja se nalazi mehanizam zasnovan na semaforima koji obezbeđuje međusobnu isključivost niti koje pristupaju registrima ili memorijskim lokacijama.

Funkcije sloja korisničke programske sprege obezbeđuju kontrolu i proveru stanja procesa dekodovanja. Kontrola procesa dekodovanja i provera trenutnog stanja se izvode nezavisno za svaki od dva toka podataka, prosleđivanjem identifikatora toka podataka kao argumenta u pozivu funkcije.

Zavisno od ulaznih argumenata, funkcije sloja korisničke programske sprege će, u krajnjem ishodu, postavljati vrednosti u registre ili memorijske ćelije audio

dekodera ili čitati iz njih. Pristup registrima ili memorijskim ćelijama preko bafera poruka je znatno sporiji od pristupa preko deljenih registara, što se naročito ispoljava kada je potrebno pristupiti većem broju memorijskih ćelija. Uzrok leži u činjenici da centralni procesor pristupa baferu poruka preko samo jednog registra, što predstavlja usko grlo u prenosu podataka. Pristizanje poruka se u MASS-u otkriva mehanizmom prozivanja, što dodatno usporava komunikaciju. Da bi se otklonio nedostatak brzine prilikom očitavanja konfiguracionih memorijskih ćelija, napravljena je kopija ćelija u radnoj memoriji, tako da se očitavanje konfiguracionih memorijskih ćelija ne obavlja preko bafera poruka. Na taj način se smanjuje zauzetost komunikacionih kapaciteta i postiže ušteda u vremenu. Preduslov konzistentnosti očitanih podataka predstavlja činjenica da se prilikom svakog upisa novih vrednosti konfiguracionih memorijskih ćelija interne memorije MASS-a mora ažurirati i njihova kopija u radnoj memoriji.

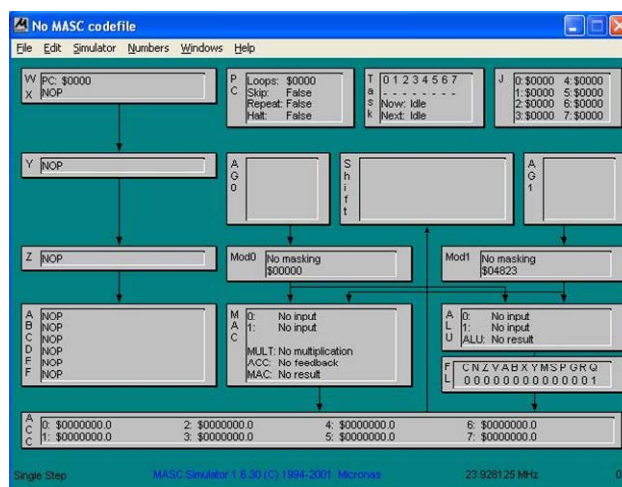
U nastavku su u tabeli navedene funkcije sloja korisničke programske sprege i ukratko je opisana njihova namena (TABELA 2).

TABELA 2: FUNKCIJE KORISNIČKE PROGRAMSKE SPREGE.

Funkcija	Opis
AD_Init	Postavlja inicijalno stanje audio dekodera.
AD_LoadUcode	Učitava firmware-a u MASS procesor.
AD_GetVersionInfo	Očitava podatke o verziji MASS procesora.
AD_GetStreamStatus	Očitava podatke o stanju dekodovanja.
AD_StreamConfigGet	Očitava podatke o konfiguraciji dekodera.
AD_StreamConfigSet	Postavlja konfiguracione parametre dekodera.
AD_GetDDInfo	Očitava podatke o AC-3 toku podataka.
AD_GetMPEGInfo	Očitava podatke o MPEG toku podataka.
AD_StreamControl	Kontroliše proces dekodovanja.
AD_RegisterIrqCB	Postavlja funkciju sa povratnim pozivom (pri zahtevu za prekid).
AD_InterruptCause	Očitava registar statusa prekida.
AD_InterruptMaskSet	Postavlja registar maske prekida.
AD_InterruptMaskGet	Očitava registar maske prekida.
AD_InterruptControl	Kontroliše globalnu masku prekida.
AD_Control	Kontroliše aktivnost dekodera.
AD_Reset	Prekida aktivnost dekodera i postavlja inicijalno stanje.
AD_VCIFlush	Prazni selektovani bafer u radnoj memoriji.
AD_VCIFconfigSet	Postavlja konfiguracioni registar vremenske kontrole.
AD_VCIFconfigGet	Očitava konfiguracioni registar vremenske kontrole.
AD_FuseControl	Kontroliše registar sa osiguračima.

#### IV. TESTIRANJE

Proces testiranja programske podrške je obavljen na PC platformi, korišćenjem programske podrške za simulaciju rada fizičke arhitekture pod imenom MASS simulator (Sl. 4).



Sl. 4. Izgled MASS simulatora

U okviru postojećeg okruženja za testiranje, MASS simulatoru je dodata grupa testova, u kojima su pojedinačno testirane funkcije korisničke programske sprege audio dekodera. Ispitane su sve moguće vrednosti ulaznih argumenata funkcija. Testovi su zasnovani na poređenju vrednosti deljenih registara, kao i konfiguracionih i statusnih memorijskih lokacija, pre i posle pozivanja funkcija korisničke programske sprege.

#### LITERATURA

- [1] Literatura za predavanja iz predmeta „Programska podrška u televiziji i obradi slike“, FTN Novi Sad, april 2006. (<http://www.krt.neobee.net/PPUTVIOS/Predavanja/Digitalna%20televizija%202006.pdf>)
- [2] V. Zens, Audio Systems Lab, Micronas, Freiburg, Germany, Design specification for MASC Core Synthesis – MAS35xxS, private communication, version 0.8, february 2006.
- [3] S. Babić-Zdravković, DSP group, MicronasNIT, Novi Sad, Serbia, Design specification for shared register usage in audio decoders with MASS processor, private communication, version 0.13, may 2007.

#### ABSTRACT

This paper presents one implementation of audio decoder driver for digital TV device. Audio decoder supports decoding of two audio bit streams in parallel. Audio decoder and driver implementation are described. Short overview of testing is given.

#### ONE IMPLEMENTATION OF AUDIO DECODER DRIVER FOR DIGITAL TV DEVICE

Mirko Vucelja, Dragan Simić, Vladimir Đurković, Goran Miljković, Mile Davidović