

Jedno rešenje programske sprege ARM7 procesorskog jezgra i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije

Miloš Savanović, Jaroslav Farkaš, Jelena Kovačević, Miodrag Temerinac

Sadržaj — U ovom radu je opisana sprema programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije i sistemske programske podrške koja se izvršava na ARM7 procesoru. Komunikacija se vrši preko UART-a (universal asynchronous receiver/transmitter), putem poruka programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije mikroprocesoru i slanja rezultata ispitivanja od strane sistemske programske podrške ARM7 procesora. Programska podrška za ispitivanje na bazi crne kutije na osnovu dobijenih podataka donosi zaključak o ispravnosti rada upravljačke programske podrške ARM7 procesora. Dobijeni rezultati se čuvaju u html (HyperText Markup Language) i dbf (data base file) formatu.

Ključne reči — Ispitivanje, BBT, SDK, programska sprema, programska podrška.

I. UVOD

Ispitivanje mikroprocesora sastoji se iz više nivoa i faza različite složenosti. Ispitivanja mogu biti automatska, poluautomatska i ručna zavisno od faze i nivoa ispitivanja. Ono što je zajedničko svim fazama i nivoima ispitivanja je veliki broj ispitivanja koje je neophodno izvršiti da bi se potvrdio kvalitet sistema koji se ispituje. Smanjenje vremena ispitivanja, izbacivanje ljudske greške i ponovljivost ispitivanja su poželjni pri svakom ispitivanju. Upravo zbog toga je značajna primena automatskog ispitivanja putem sprege mikroprocesorskog jezgra sa programskom podrškom za ispitivanje na principu crne kutije. U ovom radu je izloženo jedno rešenje takve sprege.

Cilj ispitivanja koje je opisano u ovom radu je potvrda funkcionalnosti upravljačke programske podrške procesora. U tom cilju napisani su: dodatni uređaj programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije i sistemska programska podrška procesora.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 161003, od 2008. god.

M. Savanovic, Fakultet Tehnickih Nauka, Trg Dositeja Obradovica 8, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-63-8726880; faks: +381-21-6613010 e-mail: milos.savanovic@rt-sp.com).

J. Kovačević, Fakultet Tehnickih Nauka, Trg Dositeja Obradovica 8, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4729-160,lok. 103; faks: +381-21-6613010 e-mail: jelena.kovacevic@rt-sp.com).

J. Farkaš, Fakultet Tehnickih Nauka, Trg Dositeja Obradovica 8, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4729-160,lok. 113; faks: +381-21-6613010 e-mail: jaroslav.farkas@rt-sp.com).

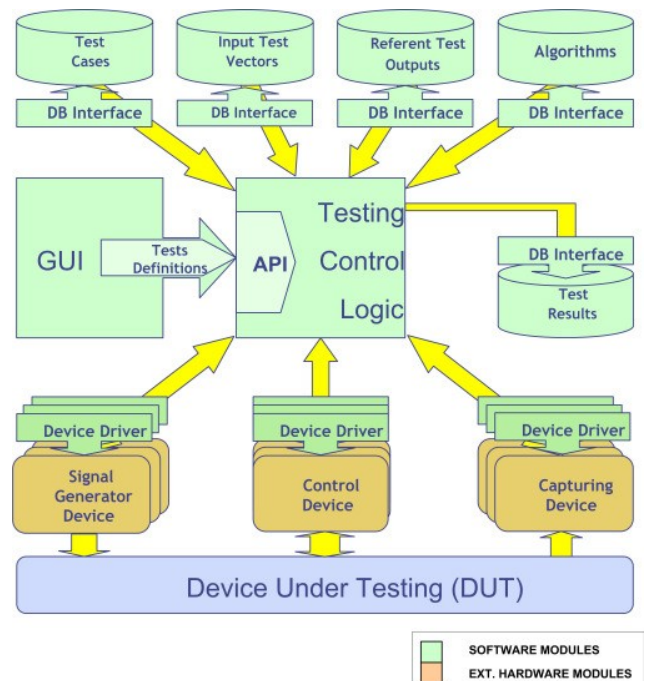
II. PROGRAMSKA PODRŠKA ZA ISPITIVANJE NA PRINCIPIU CRNE KUTIJE

A. BBT

Programska podrška za ispitivanje na principu crne kutije ostvarena je u vidu korisničkog programa nazvanog BBT (Black Box Testing) razvijenog na Novosadskom Institutu za Informacione Tehnologije, NIIT. BBT je metoda za ispitivanje sistema na njegovim graničnim slučajevima usredsređujući se na funkcionalno ispitivanje, koja pruža isplativo rešenje prilagodljivo postojećoj opremi za ispitivanje i obezbeđuje dokaz o kvalitetu sistema, [1].

U ovoj programskoj podršci postoje tri celine: (a) grafičko okruženje za pisanje ispitivanja, (b) okruženje za izvršavanje ispitivanja; čuva rezultate u bazi podataka i (c) deo za procenu rezultata ispitivanja; pravi izvешtaje o ispitivanjima, [1].

Arhitektura programske podrške BBT je prikazana na slici 1. Sastoji se od 3 sloja: Sloj Rukovaoca Uređajima (Device Driver Layer), Sloj Logike za Kontrolu Ispitivanja (Testing Control Logic (TCL) Layer), Sloj Grafičke Sprege sa Korisnikom (Graphical User Interface Layer), pri tom je TCL direktno povezan sa Slojem Baze Podataka (Data Base Layer).



Slika. 1. Arhitektura softvera BBT-a

Proces ispitivanja se ogleda u izvršavanju niza komandi, pri čemu je ispitivani uređaj (u ovom slučaju ARM7 mikroprocesor) postavljen u predviđeno stanje, ulazne vrednosti su poznate, a izlazne vrednosti se snimaju i porede sa očekivanim rezultatima. Rezultati se predstavljaju u binarnom obliku, 1-uspešan (pass) ili 0-neuspešan (fail). Program podržava i poluautomatsko ispitivanje, gde korisnik procenjuje ispravnost rezultata. Kod automatskog ispitivanja, rezultati se porede sa unapred određenim vrednostima koje su procenjene i označene kao tačne.

Efektivnost rešenja se ogleda u (i) brzini i kvalitetu ispitivanja, (ii) ponovljivosti ispitivanja, (iii) boljem iskorišćenju resursa - zasnovano na mogućnosti ponovnog korišćenja postojeće opreme za ispitivanje. Prosečna vremena ispitivanja prikazana su u tabeli 1. Umesto ispitivanja sa samo 40-50 pojedinačnih ispitivanja, sada je moguće ispitivanje hiljadama pojedinačnih ispitivanja, bez ljudskog nadzora, [1].

Tip ispitivanja	Prosečno vreme ispitivanja (sek.)
Ručno	200-300
Poluautomatski	90-100
Automatski	25-30

Tabela 1

Programska podrška za ispitivanje na principu crne kutije može da obavi pojedinačno ispitivanje ili više ispitivanja. Obično se izvršava veliki broj ispitivanja čime se dobija maksimalna iskorišćenost rešenja. Ispitivanja se pozivaju jedan za drugim i nikada se ne pozivaju dva istovremeno.

B.Proširenje BBT-a

BBT je organizovan modularno. Dodavanje novog uređaja postiže se dodavanjem dll datoteke novog uređaja u instalacioni direktorijum. Svaki uređaj predstavlja zaseban i nezavisan entitet u odnosu na ostale uređaje, [4].

Radi potreba ispitivanja ARM7 procesora, na katedri za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Fakulteta Tehničkih Nauka, razvijen je novi uređaj BBT-a nazvan MSDKTestData. Uređaj poseduje niz komandi za povezivanje sa UART-om i za čitanje, obradu i snimanje podataka koji dolaze sa UART-a.

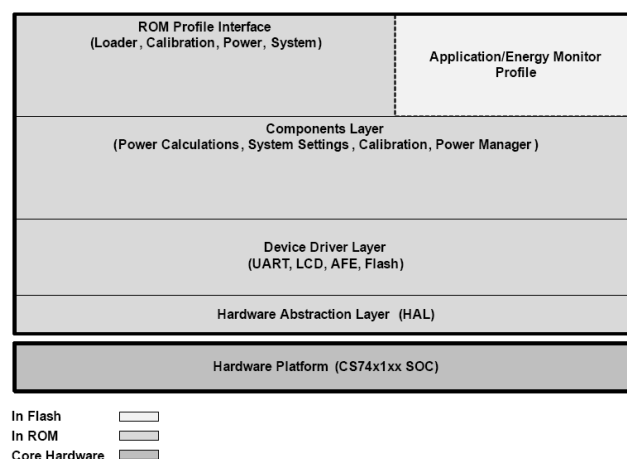
Sprega sa sistemskom programskom podrškom procesora ostvarena je putem dva uređaja programske podrške za ispitivanje metodom crne kutije (BBT-a), pomoću komandi ta dva uređaja, MSDKTestData i CmdLine. MSDKTestData je uređaj koji poseduje komande za povezivanje sa UART-om, komande za čitanje podataka sa UART-a, komande za obradu podataka sa UART-a i komande za snimanje podataka sa UART-a . Podaci koje ovaj uređaj čita su u unapred određenom formatu. CmdLine je uređaj koji se koristi ako se želi izvršavanje neke naredbe putem komandne linije operativnog sistema. [2]

Pomoću grafičkog okruženja za pisanje ispitivanja spaja se niz komandi koje zajedno čine ispitivanje,[2]. U ovom slučaju zadatak tog ispitivanja je da se poveže na UART , čita podatke (sa UART-a) i sačuva traženi deo podataka. Traženi podaci predstavljaju deo rezultata izvršavanja systemske programske podrške mikroprocesora, koji je povezan sa trenutno izvršavanom ispitivanjem na BBT-u. Prepoznavanje podataka koji odgovaraju trenutno izvršavanom ispitivanju ostvareno je time što svako ispitivanje ima identifikacioni broj kao i svaka funkcija koja je deo systemske programske podrške mikroprocesora. Identifikacioni broj trenutno izvršavanog ispitivanja na BBT-u, jednak je identifikacionom broju funkcije koja se izvršava na procesoru. Identifikacioni broj funkcije na UART ispisuje systemska programska podrška procesora pre izvršavanja svake funkcije. BBT prilikom izvršenja ispitivanja, šalje systemskoj programskoj podršci procesora identifikacioni broj funkcije koju je potrebno izvršiti. Procesor zatim izvrši tu funkciju i pri tom preko UART-a ispisuje rezultate rada funkcije. BBT snima podatke koji stižu sa UART-a i ti podaci predstavljaju rezultate traženog izvršavanja funkcije.

Na osnovu snimljenih podataka BBT automatski izvodi zaključak o uspešnosti ispitivanja. Podatke snimljene sa UART-a BBT snima u datoteku za praćenje rezultata, a rezultate ispitivanja u html i dbf datoteku.

III.SYSTEMSKA PROGRAMSKA PODRŠKA ARM7 PROCESORA

ARM7 mikroprocesor može se predstaviti slojevito, slika 2. Sastoji se od pet slojeva: Sloj za apstrakciju hardvera (Hardwer Apstraction Layer), sloj rukovaoca uređajima (Device Driver Layer), sloj komponenti procesora (Components Layer), systemska sprega za ROM (ROM Profile Interface) i aplikacioni sloj (Application Profile). Ovi slojevi zajedno čine upravljačku programsku podršku procesora.



Slika 2. Prikaz ARM7 procesora po slojevima

Radi ispitivanja upravljačke programske podrške za ARM7 procesor iskorišćen je SDK (Softwer Development Kit). SDK predstavlja systemsku programsku podršku ARM7 procesora. Pomoću SDK je

osmišljena aplikacija za ispitivanje koja se samostalno izvršava na procesoru i pripada aplikacionom sloju. Aplikacija za ispitivanje vrši (i) inicijalizaciju procesorskog jezgra, (ii) inicijalizaciju funkcionalnih komponenti procesora, (iii) inicijalizaciju SDK okruženja i (iv) izvršavanje funkcija definisanih od strane korisnika.

Korisnik piše razna ispitivanja u obliku funkcija, koristeći rukovaoce i komponente SDK paketa. Aplikacija za ispitivanje izvršava sve funkcije koje definiše korisnik. Izvršava se po unapred određenom redosledu. Izvršavanje je moguće jednokratno ili u beskonačnom kružnom ciklusu (kada se završi poslednja funkcija počinje se opet sa izvršavanjem prve funkcije). Redosled izvršavanja funkcija je određen redosledom kojim su smeštene u tabeli ispitivanja. Tabela ispitivanja je zapravo niz struktura koje sadrže identifikacioni broj funkcije i pokazivač na funkciju.

Izvršavanje funkcija se postiže prolaskom kroz niz struktura i pozivanjem svih funkcija pomoću pokazivača koji se nalazi u strukturi. Niz struktura se stvara dodavanjem svih struktura koje sadrže željenu funkciju za izvršenje, zajedno sa identifikacionim brojem te funkcije. Svaka funkcija predstavlja jedno ispitivanje. Ispitivanje može biti proizvoljnog sadržaja i zavisi od ispitivanog dela uređaja.

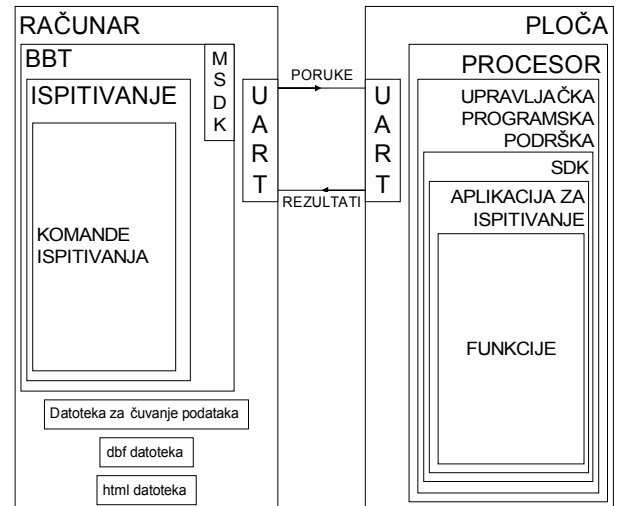
U ovom radu je opisano ispitivanje elemenata upravljačke programske podrške procesora. Za svaki deo upravljačke programske podrške rezervisan je određeni skup identifikacionih brojeva (npr. od 0 do 500). Identifikacioni brojevi će biti dodeljeni funkcijama (ispitivanjima) koje služe za ispitivanje odgovarajućeg dela upravljačke programske podrške. Svaka funkcija služi za ispitivanje određene funkcionalnosti, određenog dela, upravljačke programske podrške. Iniciranjem niza struktura, funkcije se povezuju sa odgovarajućim identifikacionim brojevima. Pravilno povezivanje funkcije sa identifikacionim brojem je od ključnog značaja za ispravan rad sprege sistemeske programske podrške procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije.

Pri izvršavanju svake funkcije prvo se preko UART-a pošalje identifikacioni broj funkcije i naziv funkcije. Ovo olakšava korisniku da prepozna o kom ispitivanju je reč. Zatim se izvrši željeno ispitivanje i slanje rezultata ispitivanja na UART.

Identifikacioni broj i rezultati se šalju na UART pomoću specijalizovanih funkcija. Pomoću tih funkcija se postiže sprega između sistemeske programske podrške procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije, putem UART-a. Rezultati ispitivanja se šalju u binarnom obliku 1-ispravno (pass) ili 0-neispravno (fail). Uz rezultate ispitivanja moguće je poslati i komentar rezultata. Time je omogućeno bolje razumevanje izvršavanih ispitivanja.

A. Programska sprega sa strane procesora

Sistemska programska podrška procesora izvršava neophodna iniciranja i zatim pokreće aplikaciju za ispitivanje koja izvršava niz prethodno definisanih funkcija. Svaka funkcija koja se izvršava, ispituje funkcionalnost određenog dela upravljačke programske podrške i rezultate ispitivanja šalje na UART. Pre početka ispitivanja svaka funkcija ispiše identifikacioni broj ispitivanja i njegov kratak opis na UART. Funkcije su poređane u niz i izvršavaju se od prve do poslednje, jednokratno ili u beskonačnoj petlji.



Slika 3. Prikaz programske sprege

B. Programska sprega sa strane BBT-a

BBT pri izvršenju svakog ispitivanja povezuje se na UART i šalje procesoru redni broj trenutno izvršavanog ispitivanja (funkcije). Redni broj ispitivanja saopštava procesoru koje ispitivanje (funkciju) iz tabele ispitivanja je potrebno izvršiti. BBT zatim čeka unapred određeni period vremena da se ispitivanje izvrši. Tokom tog perioda snima podatke dobijene sa UART-a. Ti podaci predstavljaju rezultat ispitivanja. Period čekanja mora biti duži od perioda potrebnog za izvršenje bilo koje funkcije izvršavane na procesoru. Period čekanja od 30 sekundi obezbeđuje da rezultat izvršavanja svakog ispitivanja bude snimljen u celosti.

C. Pouzdanost sprege

Sprega između sistemeske programske podrške procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije ostvarena je putem UART-a, slika 3.

Sigurna sprega procesorskog jezgra i programske podrške za ispitivanje na bazi crne kutije je osnovni preduslov pouzdanosti ispitivanja; kao i dobro osmišljena ispitivanja. Ključni uslovi pouzdane sprege su: pouzdano i ispravno izvršavanje funkcija na ARM7 procesoru za manje od 30 sekundi, pouzdano i ispravno snimanje podataka od strane BBT-a i pouzdanost slanja poruka od strane BBT-a i primanja poruka od strane procesora.

D. Izvršenje programske sprege

Kada se pokrene ispitivanje u BBT-u izvrše se potrebna iniciranja i povezivanje na UART. Nakon što se BBT uspešno povezao na UART, šalje procesoru identifikacioni broj ispitivanja (funkcije) koji je potrebno izvršiti. Aplikacija za ispitivanje prima identifikacioni broj i pomoću primljenog identifikacionog broja ispitivanja, pročita iz tabele ispitivanja pokazivač na funkciju, koja odgovara izvršavanom ispitivanju na BBT-u. Funkcija aplikacije za ispitivanje, nakon što izvrši ispitivanja za koja je napisana, na UART šalje rezultate koje BBT čita i snima u datoteku za praćenje rezultata.

Svaka funkcija systemske programske podrške procesora vrši ispitivanje određene funkcionalnosti određenog dela upravljačke systemske podrške procesora. Rezultate tih ispitivanja funkcije šalju na UART u unapred određenom formatu pogodnom za čitanje od strane BBT-a. Pre rezultata ispitivanja svaka funkcija na UART pošalje svoj identifikacioni broj kao običan komentar ispitivanja.

Snimanje podataka se završava kada istekne unapred određeni period vremena. Snimljeni podaci se potom čuvaju u datoteci za praćenje rezultata i donosi se zaključak o uspešnosti ispitivanja koji se čuva u html i dbf datotekama. Nakon što su sačuvani rezultati ispitivanje se završava, a BBT prelazi na izvršavanje sledećeg ispitivanja.

V. TESTIRANJE I VERIFIKACIJA

Ispitivanje sprege systemske programske podrške ARM7 procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije izvršeno je postavljanjem funkcija provere u niz struktura. Funkcije provere sadrže samo unapred određen ispis rezultata, *pass* ili *fail*. Niz ovakvih funkcija nakon pokretanja systemske programske podrške na UART šalje unapred određeni niz rezultata.

Programskom podrškom za ispitivanje na principu crne kutije napravljen je niz ispitivanja koja čitaju vrednosti sa UART-a i porede ih sa unapred definisanim vrednostima. Pregledom sadržaja svih datoteka za praćenje rezultata i poznatog odziva koji se dobija od procesora ustanovljena je ispravnost rada sprege.

Drugo ispitivanje sprege systemske programske podrške procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije osmišljeno je tako da svako

ispitivanje sadrži suprotnu vrednost u odnosu na odgovarajuću funkciju. U ovom slučaju programska podrška za ispitivanje na principu crne kutije, morala je da donese zaključak da su sva ispitivanja izvršena neispravno.

Ovim ispitivanjima je potvrđena funkcionalnost sprege systemske programske podrške ARM7 procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 161003, od 2008. god.

LITERATURA

- [1] Nikola Teslic, Vukota Pekovic, Miodrag Temerinac, Uwe Strohbeck "On the Effectiveness of TV System Validation Based on Black Box Testing Technique," MicronasNIT, Novi Sad Institute of Information Technology Fruskogorska 11, SRB-21000 Novi Sad, Serbia
- [2] Jaroslav Farkaš, BBT SDK. Novi Sad, Srbija, Fakultet Tehničkih Nauka.
- [3] Dragan Stanković, *BBT GUI*. Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija.
- [4] Vukota Peković, Advantages of BBT Application, MicronasNIT, Novi Sad Institute of Information Technology Fruskogorska 11, SRB-21000 Novi Sad, Serbia

ABSTRACT

This paper describes the communication between black box testing application and ARM7 microprocessor, that is ARM7 processor operating system. Communication is established through UART port. In this communication ARM7 processor operating system sends results of its functions to UART. The results are sent in a form convenient for reading by black box testing program. Upon receiving results, the black box testing program generates conclusion about ARM7 firmware work. The results are saved in html and dbf files.

ONE SOLUTION OF CONNECTION BETWEEN ARM7 PROCESSOR AND PROGRAM FOR BLACK BOX TESTING

Milos Savanović, Jaroslav Farkaš, Jelena Kovačević,
Miodrag Temerinac