

Jedno rešenje rukovaoca SD/MMC memorijskim karticama na digitalnom TV prijemniku sa Linux operativnim sistemom

Dordije Manojlović, Mile Davidović, Velibor Mihić, Srđan Tikvić, Nikola Kuzmanović

Sadržaj — U radu je prikazano jedno rešenje nadogradnje digitalnog TV prijemnika sa Linux operativnim sistemom uređajem za rad sa SD/MMC memorijskim karticama. Ovo proširenje omogućava korisniku da na TV uređaju pregleda sadržaj SD/MMC memorijskih kartica ili da na njih snimi sadržaj sa TV prijemnika. Date su osnovne karakteristike sistema i kratak opis realizovane aplikacije.

Ključne reči — SD, MMC, SPI, SSI, CSD, CID

I. UVOD

NEPRESTANI razvoj i usavršavanje mikroelektronike i informacionih tehnologija omogućava proizvođačima da svoje proizvode usavršavaju i dopunjuju novim funkcijama. To se dešava i u TV industriji. U modernim TV uređajima se sve više nastoji da se omogući kompatibilnost i „saradnja“ sa drugim multimedijalnim uređajima.

II. SD I MMC KARTICE

A. SD memorijske kartice

SD (Secure Digital) kartice su memorijske kartice na bazi fleš memorije razvijene 2000. godine od strane SanDisc, Toshiba i MEI korporacija za upotrebu u portabilnim uređajima kao što su fotoaparati, digitalne kamere, ručni računari, PDA (Personal Digital Assistant) uređaji, mobilni telefoni, aparati za reprodukciju muzičkog sadržaja. Njihova mala veličina, relativna jednostavnost korišćenja, niska potrošnja električne energije i niska cena omogućile su da ove kartice budu idealna rešenja za mnoge aplikacije. Standardni kapacitet SD kartica je u opsegu od 8MB do 4GB, a za SDHC (Secure Digital High Capacity) kartice visokog kapaciteta od 4GB do 32GB. Brzina prenosa podataka standardnih SD memorijskih kartica je do 10MB/s, dok je ta brzina za kartice sa velikim brzinama (High Speed SD cards) preko 22,5MB/s.

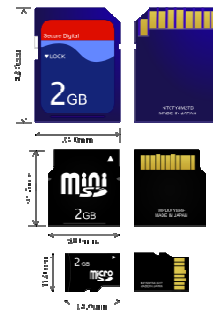
Za razliku od ostalih memorijskih kartica zasnovanih na fleš memorijama, SD kartice u sebi imaju integrisan kontroler koji rukovodi protokolima prenosa podataka,

sigurnosnim algoritmima za zaštitu autorskih prava (copyright protection), rukovanjem i oporavkom od grešaka. SD kartice podržavaju najmanje tri način prenosa podataka:

- Jednobotni SD način (odvojene fizičke linije komandi i podataka i odgovarajući format prenosa podataka)
- Četvorobotni SD način (koristi dodatne konektore)
- SPI način (u osnovi, pojednostavljeni SD protokol koji se koristi u mikro kontrolerima)

Sve SD memorijske kartice moraju da podržavaju sva tri moda. Kartica mora da podržava frekvenciju takta do 25MHz za standardne kartice, odnosno 50MHz za kartice sa velikim brzinama prenosa podataka.

Pored SD kartica, postoje miniSD i microSD (microSD) kartice, ali se one suštinski razlikuju od SD kartica.



Sl. 1. Izgled SD, miniSD i microSD memorijskih kartica

B. MMC memorijske kartice

MMC (Multy Media Card) kartice su memorijske kartice zasnovane na fleš memoriji razvijene 1997. godine od strane Siemens AG i SanDisc korporacija. Originalno, MMC kartice su koristile jednobotnu serijsku spregu, dok novije kartice koriste četvorobotnu ili čak osmobotnu spregu. Više ili manje su zamenjene SD karticama, ali i dalje imaju značajnu upotrebu, jer ih podržava većina uređaja koja koristi SD kartice. Trenutno su dostupne MMC kartice kapaciteta do 4GB ili čak 8GB.

MMC kartice su dostupne u fizički manjoj veličini, pozatoj kao RS-MMC (Reduces Size Multy Media Card), koje su predstavljene 2004. godine. Uz korišćenje jednostavnog mehaničkog adaptera RS-MMC kartice se mogu koristiti u svim MMC i SD utičnicama.



Sl. 2. MMC i RS-MMC memorijske kartice

Dordije Manojlović, Autor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija; (e-mail: djordije.manojlovic@micronasnit.com).

Mile Davidović, Koautor, MicronasNIT, Novi Sad, Srbija; (e-mail: mile.davidovic@micronasnit.com).

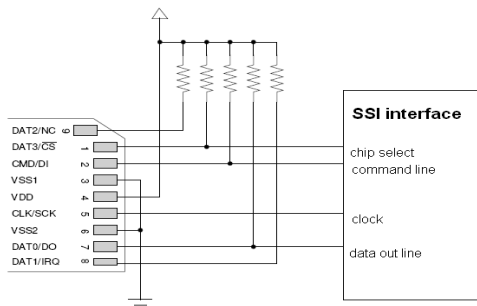
Velibor Mihić, Koautor, MicronasNIT, Novi Sad, Srbija; (e-mail: velibor.mihic@micronasnit.com).

Srđan Tikvić, Koautor, MicronasNIT, Novi Sad, Srbija; (e-mail: srdjan.tikvic@micronasnit.com).

Nikola Kuzmanović, Koautor, MicronasNIT, Novi Sad, Srbija; (e-mail: nikola.kuzmanovic@micronasnit.com).

C. SPI mod prenosa podataka

SPI (Serial Peripheral Interface) je serijski sinhroni standard za prenos podataka u potpuno dvosmernom modu razvijen od strane kompanije Motorola. Posebno je popularan u komunikaciji između perifernih uređaja i mikrokontrolera. Većina današnjih modernih mikrokontrolera podržava SPI protokol i omogućava komunikaciju na veoma velikim brzinama.



Sl. 3. SPI način

Komunikacija sa SD/MMC karticama se odvija na principu komandi i odgovora. Sve komande započinje vodeći uređaj. Na svaku komandu SD kartica šalje nazad odgovor, a potom u zavisnosti od komande može poslati niz traženih podataka, kao što je sadržaj nekog od registara SD/MMC kartice ili informacije o eventualnoj grešci.

SPI protokol koristi samo određeni broj komandi iz skupa SD/MMC komandi. Jedna komanda se sastoji od strukture veličine 6 bajta koja se šalje preko SPI komandne linije. Svaka komanda započinje bitima "01" koje prati 6 bita za označavanje broj komande. Zatim sledi argument komande koji je veličine 4 bajta. Na kraju se nalazi 7 bita CRC (Cyclic Redundance Check) koda i bit "1" koji označava kraj komande. Na svaku komandu memorijska kartica šalje odgovor koji može biti veličine 1, 2 ili 5 bajta, u zavisnosti od toga na koju komandu odgovara.

III. OPIS REALIZCIJE SISTEMA

Osnovne dve funkcije koje treba da se razviju u okviru programske podrške za proširenje digitalnog TV prijemnika uređajem za kontrolisanje SD i MMC kartica su funkcija čitanja podataka sa memorijske kartice i funkcija pisanja podataka na memorijsku karticu. Samim procesima čitanja i pisanja podataka sa, odnosno, na memorijsku karticu upravlja jezgro Linux operativnog sistema. Dakle, jezgro Linux operativnog sistema postavlja zahteve za čitanje ili pisanje podataka koje obrađuje MMC podsistem Linux operativnog sistema i prosleđuje realizovanoj programskoj podršci koja ih, korišćenjem odgovarajućih naredbi SSI (*Synchronous Serial Interface*) sistema, sprovi do kraja.

Sav prenos podataka u kome učestvuje SD/MMC kartica se obavlja u blokovima podataka. Blokovi podataka su veličine od 512 do 2048 bajta. Najčešće se koristi blok veličine 512 bajta, jer i samo jezgro Linux operativnog sistema očekuje da se radi sa blokovima ove veličine. Prenos jednog bloka podataka započinje

postavljanjem zahteva za čitanje ili pisanje sa odgovarajućim parametrima od strane jezgra Linux operativnog sistema. Ove zahteve MMC podsistem Linux operativnog sistema obrađuje u cilju određivanja potrebnih parametara za obavljanje prenosa kao što su smer prenosa, adresa memorijske lokacije unutar same kartice na kojoj se prenosi, broj blokova koje je potrebno preneti. Potom se zahtev sa svim parametrima prosleđuje realizovnoj programskoj podršci koja korišćenjem odgovarajućih komandi iz skupa komandi koje podržava SD/MMC kartica obavlja i sam prenos.

Osnovne funkcije rukovaoca SD/MMC memorijskim karticama su:

- Inicijalizacija rukovaoca SD/MMC memorijskih kartica
- Inicijalizacija SD/MMC memorijske kartice.
- Operacija čitanja podataka sa memorijske kartice.
- Operacija pisanja podataka na memorijsku karticu.

A. Inicijalizacija rukovaoca SD/MMC memorijskih kartica

Prilikom pokretanja digitalnog TV uređaja inicijalizuju se svi njegovi moduli, tako i rukovaoca SD/MMC memorijskim kartica. Pre svega se moduo za rukovođenje SD/MMC karticama registruje u jezgru Linux operativnog sistema i u još nekim modulima ciljne platforme digitalnog TV prijemnika. Potom se kroz niz operacija postavljaju osnovne globalne vrednosti bitne za funkcionisanje samog rukovaoca, kao što su maksimalni broj blokova podataka koji se može obraditi u okviru jednog zahteva, maksimalan broj fizičkih sektora na memorijskoj kartici, alociraju se i inicijalizuju strukture koje opisuju samu SD/MMC karticu i vodeći uređaj. Polja ovih struktura opisuju sve elemente koji su potrebni za uspešan prenos podataka između vodećeg uređaja i memorijske kartice. Pošto rukovalac radi u režimu sa prekidima potrebno je registrovati i inicijalizovati red čekanja u koji se smeštaju svi prekidi koji se dešavaju u toku rada rukovaoca SD/MMC kartica i koji čekaju na dalju obradu. Realizovani rukovalac treba da radi konkurentno sa ostatkom sistema digitalnog TV prijemnika, tako da se kreira posebna programska nit koja obrađuje sve zahteve za prenos podataka. Svaki zahtev generisan od strane Linux operativnog sistema se uvezuje u poseban red čekanja. Pri obradi zahteva, iz reda čekanja se preuzimaju jedan po jedan zahtev i prosleđuju kreiranoj niti na dalju obradu, po sistemu "prvi u, prvi iz", FIFO red. Deo ovih operacija, kao što je kreiranje posebnih programskih niti koja obrađuje zahteve za prenos podataka, obavlja MMC podsistem Linux operativnog sistema, dok deo, kao što je registrovanje rukovaoca u modulima ciljne TV platforme i postavljanje globalnih vrednosti, obavlja realizovana programska podrška.

B. Inicijalizacija SD/MMC memorijske kartice

SD/MMC memorijske kartice zahtevaju specifičan proces inicijalizacije. Ne postoji suštinska razlika u procesima inicijalizacije između SD i MMC kartica. Iz perspektive razvijene softverske podrške glavna razlika je u sekvenci naredbi u procesu inicijalizacije.

Inicijalizacija kartice počinje postavljanjem frekvencije takta SSI uređaja na 400kHz. Ovo je potrebno uraditi zbog kompatibilnosti sa širokim opsegom SD i MMC memorijskih kartica. To se postiže deliteljom takta SSI uređaja, tj. upisom odgovarajuće vrednosti u registar delitelja takta. Osnovna frekvencija takta SSI uređaja je 108MHz. Nadalje, kartica mora primiti najmanje 74 takt signala pre bilo kakvog pokušaja komunikacije sa karticom. Ovim se dozvoljava da kartica inicijalizuje sva stanja internih registara pre nego što se nastavi sa procesom inicijalizacije.

Zatim se memorijska kartica postavlja u početno stanje slanjem komande CMD0. Ovim se pored postavljanja kartice u početno stanje, kartica postavlja u SPI način prenosa podataka. Generalno, u SPI načinu se ignoriše CRC kod, ali prva komanda mora biti praćena odgovarajućim CRC kodom, čija je vrednost 0x95.

Sledeće, kartici se kontinuirano šalju naredbe CMD55 i ACMD41 sve dok se bit koji označava da je kartica u početnom stanju ne postavi na logičku vrednost "0", što označava da je kartica u potpunosti inicijalizovana i spremna na dalju komunikaciju.

Potom je potrebno utvrditi da li kartica podržava korišćeni naponski nivo. Na komandu CMD58 kartica odgovara nizom bita koji koduju dozvoljene naponske nivoe. Tipična vrednost ovih naponskih nivoea je u opsegu od 2,7V do 3,6V.

Na kraju se frekvencija SPI takta postavlja na najveći mogući nivo.

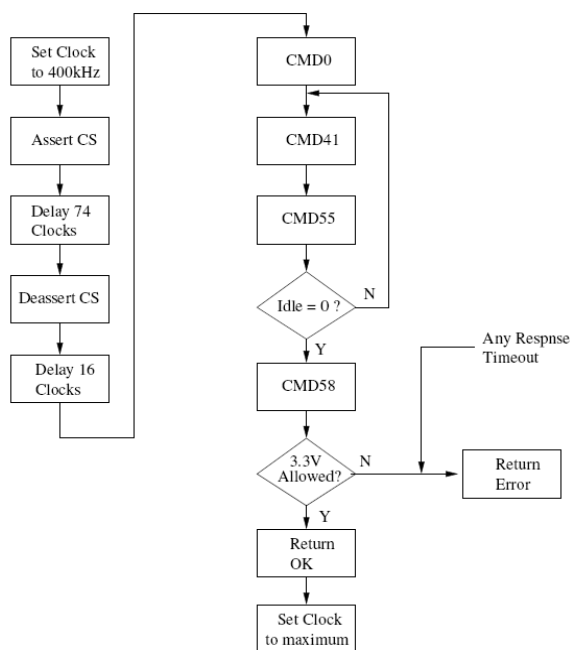
Nakon procesa inicijalizacije kartica je spremna da odgovori na komande iz skupa komandi SD/MMC kartica. Prvo što je potrebno uraditi posle procesa inicijalizacije jeste čitanje registara memorijske kartice, njihovo dekodovanje i prosleđivanje dekodovanih vrednosti jezgru Linux operativnog sistema. Iz ovih registara se određuju jedinstveni identifikacioni brojevi, veličina memorijske kartice, maksimalna veličina bloka podataka, vremenske karakteristike kartice. To se postiže slanjem komandi CMD9 i CMD10. Memorijska kartica u okviru odgovora na zadatu komandu prosleđuje zahtevani sadržaj registra.

Potom se komandom CMD16 postavlja veličina bloka podataka koja će se koristiti u procesu prenosa podataka.

C. Operacija čitanja podataka sa memorijske kartice

Operacija čitanja podataka sa SD/MMC memorijske kartice je blok orijentisana operacija prenosa podataka. Osnovna jedinica prenosa podataka je blok podataka čija je maksimalna veličina upisana u CSD (Card Specific Data) registru memorijske kartice. Moguće je čitanje bloka podataka čija je veličina manja od fizičke veličine bloka na memorijskoj kartici. Nije moguće čitanje podataka čija veličina nije poravnata sa veličinom bloka.

Komandom CMD17 se započinje čitanje jednog bloka podataka sa memorijske kartice, dok se komandom CMD18 započinje čitanje nekoliko uzastopnih blokova podataka. Komandom CMD18 se kontinuirano prenose blokovi podataka sve dok kartica ne primi stop komandu, CMD12. Stop komanda poseduje kašnjenje prilikom



Sl. 4. Blok dijagram procesa inicijalizacije SD/MMC memorijskih kartica

njenog izvršavanja zbog serijskog prenosa komande. Prenos podataka se zaustavlja posle poslednjeg bita stop komande. Posle svakog bloka podataka kartica šalje CRC kod.

D. Operacija pisanja podataka na memorijsku karticu

Operacija pisanja podataka na SD/MMC memorijsku karticu je, takođe, blok orijentisana operacija prenosa podataka. Osnovna jedinica prenosa podataka je blok podataka čija je maksimalna veličina upisana u CSD registru memorijske kartice i nije moguće pisanje bloka podataka čija je veličina manja od veličine bloka upisane u CSD registru.

Komandom CMD24 se započinje pisanje jednog bloka podataka na memorijsku karticu, dok se komandom CMD25 započinje pisanje nekoliko uzastopnih blokova podataka. Komandom CMD18 se kontinuirano prenose blokovi podataka sve dok kartica ne primi stop komandu, CMD12. Stop komanda poseduje kašnjenje prilikom njenog izvršavanja zbog serijskog prenosa komande. Prenos podataka se zaustavlja posle poslednjeg bita stop komande. Posle svakog bloka podataka potrebno je upisati CRC kod.

E. Rukovanje SSI sistemom ciljne platforme TV prijemnika

Sva komunikacija sa SD/MMC karticom se odvija posredstvom SSI podsistema ciljne TV platforme. MMC podsistem Linux operativnog sistema preuzima prvi zahtev iz reda čekanja zahteva, obrađuje ga i postavljanjem odgovarajućih komandi dalje upravljanje procesom prenosa podataka između vodećeg uređaja i SD/MMC memorijske kartice prepušta realizovanoj programskoj podršci.

Upisivanjem vrednosti u registre SSI podsistema i upisivanjem podataka u, odnosno čitanjem podataka iz,

TABELA 1. VAŽNE SD/MMC KOMANDE

Komanda	Argument	Značenje
CMD0	nema	Postavlja karticu u početno stanje
CMD9	nema	Čitanje CSD registra
CMD10	nema	Čitanje CID (Card IDentification) registra
CMD12	nema	Zaustavlja prenos podataka
CMD16	32-bitna adresa bloka podataka	Postavlja veličinu bloka podataka
CMD17	32-bitna dužina bloka podataka	Čitanje jednog bloka podataka
CMD18	32-bitna adresa bloka podataka	Čitanje više blokova podataka
CMD24	32-bitna adresa bloka podataka	Pisanje jednog bloka podataka
CMD25	32-bitna adresa bloka podataka	Pisanje više blokova podataka
CMD55	nema	Ukazuje da sledi aplikaciona komanda
ACMD41	nema	Provera da li je kartica u početnom stanju

prenosnih redova SSI podsistema se kontrolišu prenos podataka od i ka SD/MMC memorijskoj kartici. Upisivanjem vrednosti u registre SSI podsistema se direktno utiče na frekvenciju takta koji se šalje memorijskoj kartici, na način prenosa podataka (full duplex, transmit only, receive only), dok se čitanjem njegovih registara mogu dobiti informacije kao što je informacija o prekidu koji se dogodio.

U toku procesa čitanja podataka sa memorijske kartice najveća pažnja se obraća na prijemni red SSI podsistema. Preko njega se primaju svi podaci sa memorijske kartice, kako "korisnih" podataka, tako i podataka o toku samog prenosa.

Pre svega, u registar SSI podsistema se upisuje vrednost praga prijemnog reda. Kada je broj pristiglih podataka u redu jednak ili veći od praga reda, generiše se prekid koji označava da je potrebno isčitati podatke iz prijemnog reda. Ovo čitanje obavlja se u rukovaocu prekidima. Pošto se proces čitanja obavlja u potpuno dvosmernom načinu, za svaki pročitani podatak iz prijemnog reda mora se upisati novi podatak u predajni red. Moguće su dve vrste grešaka na prijemnom redu: jedna koja označava da je red prepunjen i tada se trajno gube pristigli podaci, druga koja označava da se čita red koji je prazan. Ukoliko dođe do greške, generiše se odgovarajući prekid koji se kasnije obrađuje u rukovaocu prekidima.

Proces pisanja podataka na memorijsku karticu je složeniji od procesa čitanja, jer se mora obratiti pažnja i na predajni red podataka i na prijemni red podataka SSI podsistema. Preko predajnog reda se šalju svi podaci na memorijsku karticu, a preko prijemnog reda se primaju informacije o toku prenosa i podaci koje kartica šalje u trenutku prijema novih podataka zbog potpuno dvosmernog načina prenosa podataka.

Na početku, u registar SSI podsistema se upisuje vrednost praga predajnog reda. Kada je broj podataka u redu manji ili jednak od praga reda, generiše se prekid koji označava da je potrebno upisati nove podatke u predajni red. Ovaj upis obavlja se u rukovaocu prekidima. Istovremeno je potrebno isčitati podatke pristigle u prijemni red SSI podsistema. Na predajnom redu moguća je jedna vrsta greške koja označava da je red prepunjen, te

da su podaci trajno izgubljeni. Takođe, na prijemnom redu su moguće dve vrste greške: jedna koja označava da je red prepunjen i tada se trajno gube pristigli podaci, druga koja označava da se čita red koji je prazan. Ukoliko dođe do greške, generiše se odgovarajući prekid koji se kasnije obrađuje u rukovaocu prekidima.

ZAKLJUČAK

SD i MMC memorijske kartice omogućavaju da se na veoma jednostavan način skladišti veliki broj podataka na prenosivim uređajima. Niska cena i jednostavnost protokola koji se koriste za rukovanje ovim vrstama memorijskih kartica, učinili su ih jednim od najpopularnijih medijuma za skladištenje podataka u uređajima kao što su mobilni telefoni, digitalni fotoaparati i kamere. U kombinaciji sa relativno jednostavnim i jeftinim mikrokontrolerima, postali su veoma interesantni i u TV industriji. Jednostavnim nizom akcija, korisnik je u mogućnosti da na veoma lak i jednostavan način pregleda digitalne snimke ili fotografije na TV uređaju, čime se proširuje funkcija TV prijemnika.

LITERATURA

- [1] Jonathan Corbert, Alessandro Rubini, Greg Kroah-Hartman, Linux Device Drivers, O'Reilly, 2005.
- [2] SanDisc Industrial Grade SD Product Manual 1.0, SanDisc corporation, 2003.
- [3] Secure Digital Card Interface, Application Note, Michigan State University, Dept. of Electrical and Computer Engineering, 2004.
- [4] SanDisc MultiMediaCard Product Manual 3.0, SanDisc corporation, 2001.
- [5] Host Design Considerations: NAND MMC and SD-based Products, Application Note 1.0, SanDisc corporation, 2001.
- [6] VCTH-SSI-work.pdf, Micronas GmbH.
- [7] VCTH-ssi-rm-work.pdf, Micronas GmbH. ABSTRACT

ABSTRACT

This paper presents one implementation of SD/MMC driver for digital television with Linux operating system.

ONE IMPLEMENTATION OF SD/MMC DRIVER FOR DIGITAL TELEVISION WITH LINUX OPERATING SYSTEM

Đorđije Manojlović, Mile Davidović, Velibor Mihić, Srđan Tikvić, Nikola Kuzmanović