

MULTIMEDIJALNI SISTEM ZA UPRAVLJANJE AUDIO/VIDEO SADRŽAJEM I OSVETLJENJEM U POSLOVNIM PROSTORIJAMA

Slavica Boštjančič Rakas, Milan Oklobdžija, Marko Nikolić, Ivan Todorović
Univerzitet u Beogradu – Institut Mihajlo Pupin,
slavica.bostjancic@pupin.rs, milan.oklobdzija@pupin.rs,
marko.nikolic@pupin.rs, ivan.todorovic@pupin.rs

Sadržaj: *U ovom radu je predstavljen uređaj namenjen automatizaciji poslovnog okruženja kao što su sobe za sastanke, kancelarije i prodajna mesta. Uređaj omogućava prikaz i upravljanje prezentacijama na projektorima ili televizorima velike dijagonale, kao i kontrolu kompleksnog osvetljenja u prostoriji sa podrškom za inteligentne izvore svetla. Uređaj poseduje žičnu i bežičnu vezu prema lokalnoj računarskoj mreži i internetu (WiFi, Bluetooth, Gigabit Ethernet). Takođe, moguće je upravljati uređajima na RS-232 interfejsu kao i uređajima sa IC prijemnikom (projektor/TV, klimatizacija itd.). Omogućen je prijem HDMI video signala, a uređaj poseduje i odgovarajući HDMI izlaz koji se može povezati na projektor ili TV. Jednostavnijim uređajima je moguće upravljati preko digitalnih ulaza/izlaza opšte namene npr. automatizovanim pomeranjem zavesa i zastora, kontrolom svetala u prostoriji itd. Osobina koja izdvaja ovaj uređaj je mogućnost automatizacije pojedinih akcija prema željama korisnika. Na primer, ulazak u meni za prezentaciju može automatski prigušiti svetla i navući zavesu u prostoriji kao i podesiti željene nivoe zvuka za pojedine izvore.*

Ključne reči: *automatizacija prostorija, digitalna obrada signala, audio, video.*

1. Uvod

Poslednjih godina sve su prisutniji različiti vidovi automatizacije kako stambenog tako i poslovnog prostora. Ovo uključuje kontrolu i automatizaciju osvetljenja, grejanja, ventilacije, ozvučenja kao i druge funkcije poput kontrole pristupa i alarmnih sistema. Sistemi za automatizaciju tipično povezuju kontrolisane uređaje sa centralnim uređajem ili gejtvajom [1].

Uočavajući ovaj trend u Institutu Mihajlo Pupin razvijen je uređaj za upravljanje audio/video sadržajem i automatizaciju prostorija (AVA – *Audio, Video and Automation control device*) koji omogućava optimizaciju radnog okruženja i savremen način upravljanja poslovnom prostorijom. Većina ovakvih rešenja zahteva prilagođavanje samih prostorija da bi se ostvarilo maksimalno iskorišćenje. Međutim, AVA uređaj je osmišljen tako da se omogući laka integracija u već postojeće prostorije sa ciljem podrške

svih uređaja sa standardnim interfejsima (*GPIO*, *IR*, *RS-232*, *DMX512*, analogni audio). Multimedijalna podrška je obuhvaćena upotrebom standardnih interfejsa kao što su *Ethernet*, *WiFi*, *HDMI (High-Definition Multimedia Interface)* i *USB (Universal Serial Bus)*.

Aplikacija za kontrolu spoljašnjih uređaja je osmišljena tako da se omogući laka integracija sa različitim spoljašnjim uređajima i omogući jednostavno konfigurisanje sistema. *AVA* je naročito primenljiva u manjim poslovnim prostorijama (sale za sastanke) gde se nudi veliki broj opcija za bežičnu prezentaciju, konfiguraciju audio i video sistema (kontrola mikrofonskih ulaza, projektora i TV sistema).

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju je opisana tehnička specifikacija uređaja. Treće poglavlje sadrži opis hardvera uređaja koji se sastoji od pet osnovnih celina. Četvrto poglavlje posvećeno je opisu softvera uređaja *AVA*. Peto poglavlje sadrži zaključna razmatranja.

2. Tehnička specifikacija

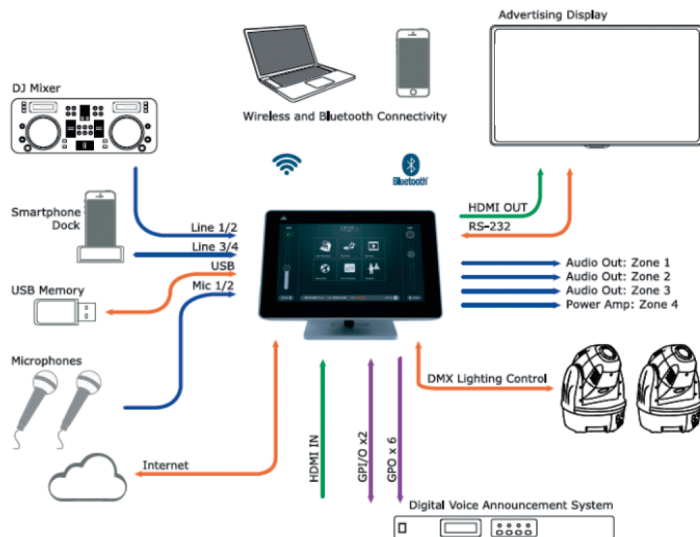
Uređaj *AVA* predstavljen na slici 1. Korisnički intrefejs uređaja predstavlja ekran osetljiv na dodir koji prikazuje niz opcija sa različitim funkcijama koje su na raspolaganju korisniku, kao što su upravljanje prezentacijama, zvukom, videom, osvetljenjem, pristup internetu itd.



Slika 1. Izgled uređaja *AVA*.

Uređaj se sastoji iz hardverske komponente i aplikativnog softvera pod operativnim sistemom (OS) *Android*. U cilju podrške raznovrsnog hardvera koji postoji na matičnoj ploči uređaja osnovna verzija sistema *Android* je značajno izmenjena razvojem odgovarajućih drajvera za *Linux kernel* i operativni sistem *Android*. Hardver sistema je razvijan po modularnom principu razdvajanjem na računarski modul i posebnu matičnu ploču na kojoj su realizovani svi odgovarajući audio/video interfejsi i komponente za automatizaciju, kao što je prikazano na slici 2. Na taj način omogućeno je korišćenje već postojećeg računarskog modula *VAR-SOM-MX6* čime je ubrzan razvoj *AVA* uređaja. Uređaj *AVA* poseduje sledeće interfejse: *HDMI* ulaz i izlaz za video signal *Full HD (High Definition)* rezolucije, *USB* port, gigabitni ethernet port, *RS-232* interfejs,

DMX512 interfejs, osam digitalnih ulaza/izlaza opšte namene, kao i IR port. Audio blok obuhvata dva balansirana mikrofonska ulaza i četiri balansirana linijska ulaza, zatim šest balansiranih audio izlaza kao i stereo audio pojačavač sa dva kanala ukupne snage od 100W. Od bežičnih interfejsa uređaj poseduje WiFi i *Bluetooth* interfejsa.



Slika 2. Interfejsi uređaja AVA.

3. Hardver uređaja

Koncept hardverskog rešenja uređaja AVA je baziran na korišćenju matične ploče za računarski modul *Variscite VAR-SOM-MX6* [2]. Ovaj računarski modul je izabran zbog visokih performansi, malih dimenzija i pristupačne cene. Modul je baziran na *Freescale iMX6* četvororojezgarom procesoru *ARM* arhitekture [3]. Sadrži *RAM* od 2GB, *Ethernet*, *WiFi*, *Bluetooth*, *SDIO*, *SATA* i *PCIe* interfejse.

Matična ploča uređaja AVA se sastoji od nekoliko blokovskih celina, koje su predstavljene na slici 3. Ove celine su: napajanje, blok kontrole spoljašnjih uređaja i osvetljenja, *USB* blok, blok internih funkcija i senzora, *HDMI* blok, audio blok, *Ethernet* blok i blok displeja osetljivog na dodir.

Blokovi za *USB*, *Ethernet* i displej osetljivog na dodir su jednostavni i oslanjaju se na već postojeće funkcionalnosti računarskog modula *VAR-SOM-MX6*. Ostali blokovi će biti detaljnije opisani u nastavku.

Na uređaju AVA je prisutna i pločica sa senzorom blizine kao i antenska pločica za *WiFi* i *Bluetooth* interfejse.

A Napajanje

Napajanje uređaja AVA se izvodi preko standardnog izvora od 24V strujnog kapaciteta od 6A. Za generisanje osnovnih napona u sistemu (3.3V, 5V i 12V) koriste se *DC/DC* napajanja za čiju realizaciju je korišćen *step down* regulator *TI TPS54335*. Naponi od 3.3V i 5V se koriste za interfejsnu logiku digitalnih integrisanih kola kao i

mikrofonске predpojačavače (napon od 5V). Napon od 12V je iskorišćen za pojačavače na linijskim audio ulazima. Pored ovih napajanja na ploči se koriste i dva napajanja specifična za audio pojačavače od -5V i -12V koja se koriste na mikrofonskim predpojačavačima i pojačavačima na linijskim audio ulazima, respektivno. Ona su realizovana korišćenjem *step down* regulatora *LM25575MH* u invertujućoj šemi. Pored glavnih napajanja postoje lokalna napajanja koja generišu niske napone za jezgra interfejsnih čipova na matičnoj ploči (naponi od 1.8V i 1.2V). Lokalna napajanja su realizovana korišćenjem *buck* regulatora *TI TPS62090*. Za napajanje časovnika stalnog vremena na računarskom modulu obezbeđeno je baterijsko napajanje.

B Blok kontrole spoljašnjih uređaja i osvetljenja

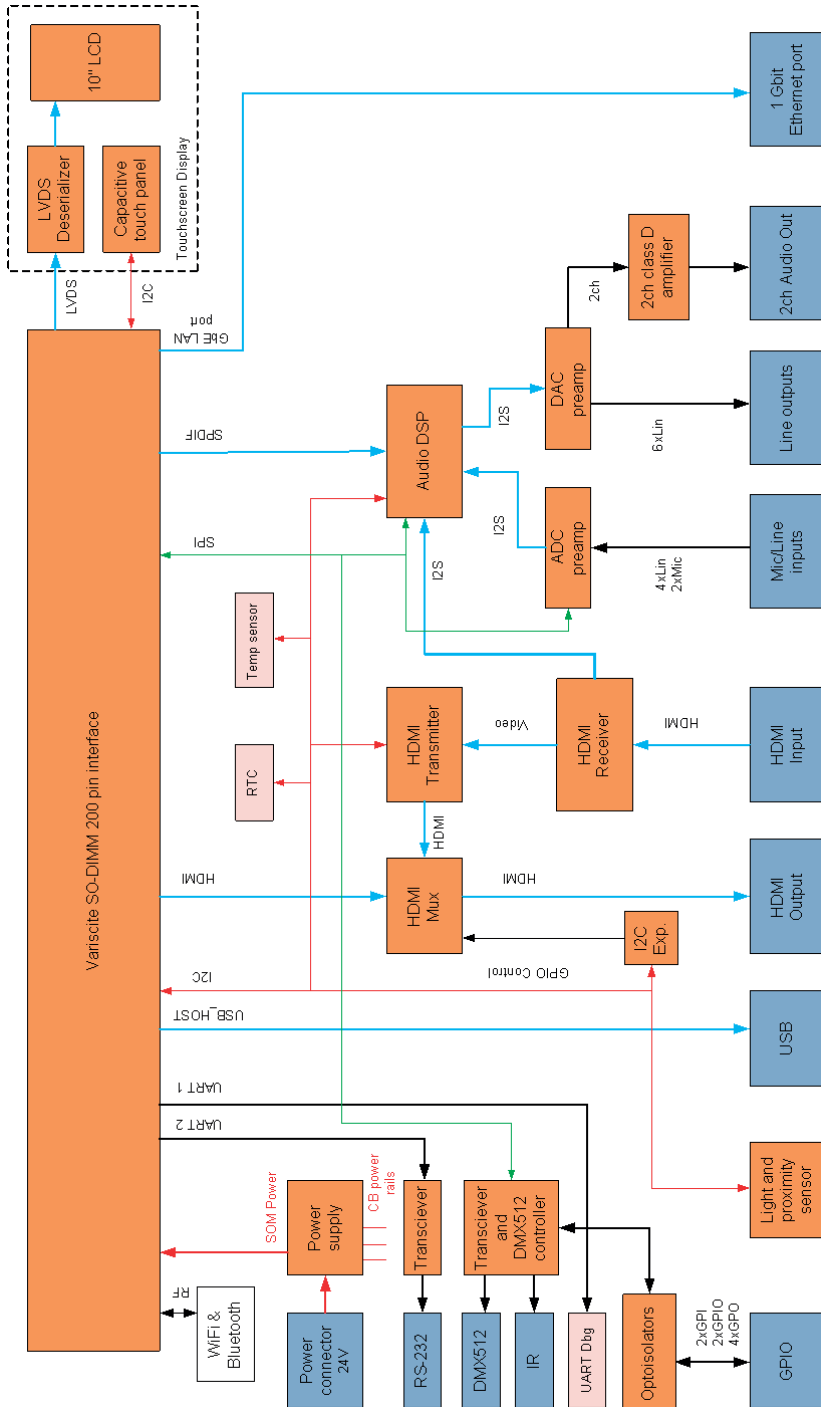
Blok kontrole spoljašnjih uređaja i osvetljenja ima funkciju da obezbedi kontrolu spoljašnjih uređaja preko *GPIO* izlaza kao i IC porta. Ovaj blok omogućava i kontrolu inteligentnog osvetljenja preko *DMX512* protokola. Tokom osmišljavanja sistema kontrole odlučeno je da se generisanje *DMX512* signala ostvari preko odgovarajućeg mikrokontrolera [4]. Upravljanje periferijama je realizovano preko mikrokontrolera *STM32F030K6* kompanije *STMicroelectronics*. Ovaj mikrokontroler je baziran na *ARM Cortex M0* arhitekturi i poseduje 4kB *RAM*-a kao i 32kB *Flash* memorije što omogućava efikasno upravljanje jednostavnim perifeijama.

Komande za upravljanje spoljašnjim uređajima izdaje aplikacija na računarskom modulu a komunikacija je ostvarena preko *SPI* interfejsa. Kontrola inteligentnog osvetljenja se takođe obavlja putem aplikacije na računarskom modulu. Aplikacija priprema gotove podatke za *DMX215* pakete koji se prosleđuju mikrokontroleru.

Na ovaj način postignuto je veoma brzo slanje paketa izvorima osvetljenja što je omogućilo i podršku za kompleksne pokretne izvore svetla – roto glave. Generisanje *DMX512* paketa se obavlja u regularnim vremenskim intervalima i bazirano je na korišćenju tajmerske interapt rutine koja postavlja vrednosti izlaznog pina mikrokontrolera. Kako je *DMX512* signal električno ekvivalentan *RS-485* standardu mora da se koristi odgovarajući konvertor. Izabran je čip kompanije *Maxim MAX13430*. Softver mikrokontrolera takođe omogućava podešavanje vrednosti pinova opšte namene i slanje vrednosti ulaznih pinova ka računarskom modulu. Generisanje *IR* signala za kontrolu spoljašnjih uređaja je takođe realizovano preko tajmerske interapt rutine.

C. Blok internih funkcija i senzora

Blok internih funkcija i senzora obavlja nekoliko različitih funkcija i to: merenje temperature, funkcije debugovanja, proširenje broja pinova opšte namene kao i časovnik realnog vremena. Takođe, korišćenjem odgovarajućeg senzora omogućena je detekcija objekta ispred displeja. Za merenje temperature koriste se dva senzora *TI TMP75A* povezani na *I2C* magistralu. Merenje temperature se obavlja na dva mesta na ploči gde se očekuje najveća disipacija. To su okolina audio pojačavača linijskih ulaza/izlaza i blizina bloka napajanja i stereo audio pojačavača za zvučnike. Na ovaj način senzori daju mogućnost detekcije pregrevanja sistema usled nepravilnog povezivanja audio izlaza ili ekstremnih spoljašnjih temperatura.



Slika 3. Blok šema uređaja AVA.

Da bi se ostvarila funkcija čuvanja trenutnog vremena i datuma u slučaju kada je uređaj isključen integrisan je časovnik realnog vremena. Ovu funkciju obavlja čip *Intersil ISL12057* koji je takođe povezan na *I2C* magistralu. Senzor detekcije objekta ispred displeja ima funkciju da obezbedi aktivaciju displeja gestom ruke. Ukoliko korisnik približi ruku senzoru to će biti detektovano i dovešće do aktivacije displeja. Sam senzor se nalazi iznad displeja na središnjoj poziciji a nalazi se na posebnoj pločici koja je smeštena u udubljenju ispod stakla displeja. Senzor je povezan sa matičnom pločom odgovarajućim kablom.

D. *HDMI blok*

Uređaj AVA poseduje mogućnost priključivanja spoljašnjeg uređaja koji može emitovati video signal kao što su video izlaz na laptop računaru ili tabletu. Taj video signal se zatim može prikazati na eksternom monitoru, televizoru ili projektoru koji je priključen na uređaj AVA umesto interno generisanog videa. Sledeća bitna funkcija *HDMI* bloka jeste izdvajanje audio zapisa iz ulaznog video signala kako bi se isti mogao miksovati sa ostalim audio signalima koje generiše ili prima uređaj i zatim proslediti ka jednom ili više audio izlaza. Na taj način moguće je proslediti audio sa spoljašnjeg laptopa/tableta na sistem ozvučenja prostorije. Ulazni deo *HDMI* bloka je baziran na prijemnom čipu *Analog Devices ADV7611*. Čip vrši prijem *HDMI* signala, dekodovanje, ekstrakciju audio signala i pretvaranje serijskog video signala u paralelni signal. Audio signal je u *I2S* formatu i kao takav se prosleđuje audio *DSP* čipu koji se nalazi u audio bloku [5].

Generisani paralelni video signal se prosleđuje od prijemnog do predajnog *HDMI* čipa *Analog Devices ADV7513*. Ovaj čip zatim koduje paralelni video signal ponovo u serijski *HDMI* signal i prosleđuje analognoj skretnici *TI TS3DV621*. Uloga ove skretnice je da izvrši odabir između spoljašnjeg *HDMI* signala i interno generisanog video signala koji dolazi sa *HDMI* izlaza računarskog modula.

Kontrola prijemnog i predajnog *HDMI* čipa se vrši preko *I2C* magistrale.

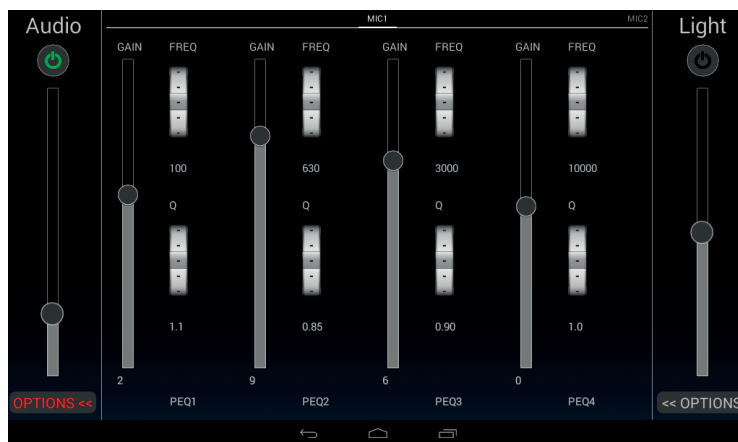
E. *Audio blok*

Audio blok je najkompleksniji deo matične ploče uređaja AVA. Primarna funkcija ovog bloka je da obezbedi ozvučenje prostora u kom se nalazi uređaj. Za tu namenu AVA nudi veliki broj audio ulaza i izlaza kao i funkcije obrade zvuka. Od ulaznih audio signala audio blok poseduje: dva mikrofonska ulaza, četiri linijska ulaza, stereo signal sa prijemnog *HDMI* čipa kao i stereo signal sa računarskog modula. Izlaze čini šest linijskih audio izlaza kao i jedan stereo izlaz koji se vodi na audio pojačavač klase D. Audio blok je baziran na korišćenju audio *DSP* čipa koji je zadužen za obradu digitalnog audio signala i D/A konvertora za audio izlaze, odnosno A/D konvertora za audio ulaze. Za audio *DSP* čip je odabran *Analog Devices ADAU1452*, dok je za funkciju A/D i D/A konvertora odabran *CODEC* čip *TI PCM3168A*. Kontrola audio *DSP* i *CODEC* čipa se vrši od strane softvera na računarskom modulu. *CODEC* čip se kontroliše preko *I2C* magistrale dok se audio *DSP* čipom upravlja preko *SPI* interfejsa. Spuštanje koda na *DSP* se takođe obavlja preko *SPI* interfejsa prilikom podizanja sistema.

Svi audio ulazi i izlazi koriste balansirane signale koji obezbeđuju visok kvalitet zvuka. Nivo audio signala na balansiranim ulazima/izlazima je +20dBu a na mikrofonskim +12dBu. Kao mikrofonski pojačavači se koriste čipovi *TI PGA2505*. Ovi čipovi imaju programabilno pojačanje, detekciju prolaska signala kroz nulu kao i detekciju prekoračenja opsega. Mikrofonskim pojačavačima upravlja računarski modul preko SPI magistrale. Za linijske ulaze i izlaze se koriste analogni audio pojačavači *TI LME49724MR* koji obavljaju funkciju kondicioniranja signala za audio *CODEC* čip.

Audio blok poseduje i stereo audio pojačavač za zvučničke kutije. Audio blok omogućava korišćenje zvučnika minimalne impedanse od 4Ω i obezbeđuje maksimalnu snagu od 50W po kanalu. Za ovu namenu iskorišćen je čip *TI TPA3116D2DAD* koji, budući da radi u klasi D, obezbeđuje kvalitetan zvuk uz minimalnu disipaciju.

Audio blok obezbeđuje obradu i miksovanje audio ulaza u odgovarajuće audio izlaze. Ove operacije obavlja audio *DSP* u realnom vremenu. Svakom audio ulazu je pridružen odgovarajući predpojačavač i četvorokanalni ekvilajzer. Ekvilajzeri su realizovani u obliku filtra za svaki opseg gde je moguće podestiti centralnu frekvenciju, pojačanje i Q faktor (slika 4). Ovako obrađeni ulazni signali se dovode do miksete gde se formiraju audio izlazi. Svaki izlazni audio kanal se dobija mešanjem svih ulaznih audio kanala sa odgovarajućim pojačanjem. Na ovaj način je dobijen vrlo fleksibilan audio sistem. Svaki izlazni kanal je dalje moguće posebno obraditi i to propuštanjem kroz četvorokanalni ekvilajzer ekvivalentan istom na ulaznim kanalima. Nakon ove operacije izlazni audio kanal se propušta kroz limiter/kompresor i potencijalno kroz *crossover* filter gde je moguće izdvojiti niske, srednje ili visoke tonove radi daljeg razvođenja po zvučničkim kutijama. Audio blok takođe obezbeđuje monitoring izlaznih i ulaznih signala u realnom vremenu.



Slika 4. Izgled ekvilajzera na korisničkom interfejsu

4. Softver uređaja AVA

Softver uređaja AVA je kompleksan i sastoji se iz više komponenti: (1) softver računarskog modula, (2) softver mikrokontrolera i (3) softver audio DSP čipa. Funkcije mikrokontrolera i audio DSP čipa su opisane u Poglavlju 3. Softver računarskog modula

se deli na sistemsku komponentu koja predstavlja modifikovani operativni sistem *Android* i samu aplikaciju.

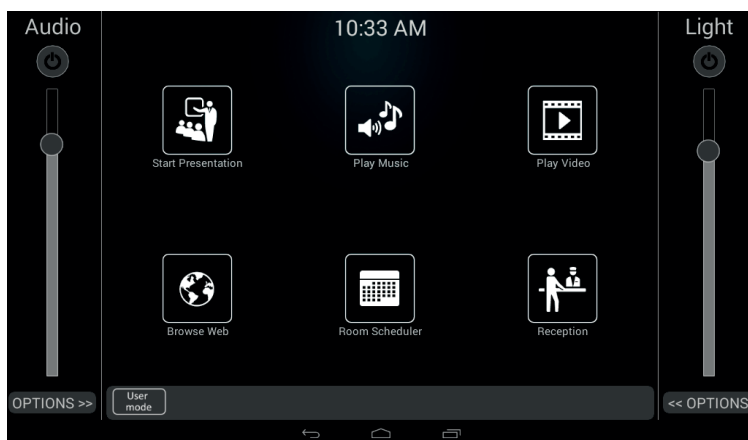
Modifikacije *OS Android* (verzija 4.4.2 – *Kit Kat*) su vršene na samom jezgru operativnog sistema (*Linux* kernel verzije 3.0.53) kao i na višem sloju operativnog sistema *Android*. Podrška za razni hardver na matičnoj ploči je izvršena dvostruko – podrškom kroz sam *OS Android* odnosno direktnim sistemskim pozivima ka jezgru operativnog sistema za funkcije za koje *OS Android* nema direktnu podršku. Sam *OS Android* podržava korišćene temperaturne senzore, zatim senzor detekcije objekta, a takođe postoji podrška za audio izlaz sa računarskog modula. Direktni sistemski pozivi su bili potrebni za *HDMI* čipove za prijem i predaju video signala, zatim kontrolu algoritama za obradu zvuka na audio *DSP* čipu, kao i kontrolu inteligentnih izvora svetla i spoljašnjih uređaja preko odgovarajućeg mikrokontrolera.

Funkcije uređaja koje obezbeđuje sama aplikacija pod *OS Android* mogu da se podele u sledeće kategorije: audio, video, osvetljenje, automatizacija i dodatni servisi. Pod audio funkcijama softver obezbeđuje već nabrojane funkcije audio *DSP* softvera kao i neke dodatne kao što su puštanje muzike sa lokalnog medija (*SD card* ili *USB* medij), internet radio i podrška za prijem izvora zvuka preko *Bluetooth* uređaja.

Podrška za video funkcije predviđa reprodukciju video zapisa koji postoje na uređaju ili udaljenih izvora (*youtube*). U modu prezentacije moguće je prikazivati dokumente prisutne na uređaju ili spoljašnjem mediju (*USB*).

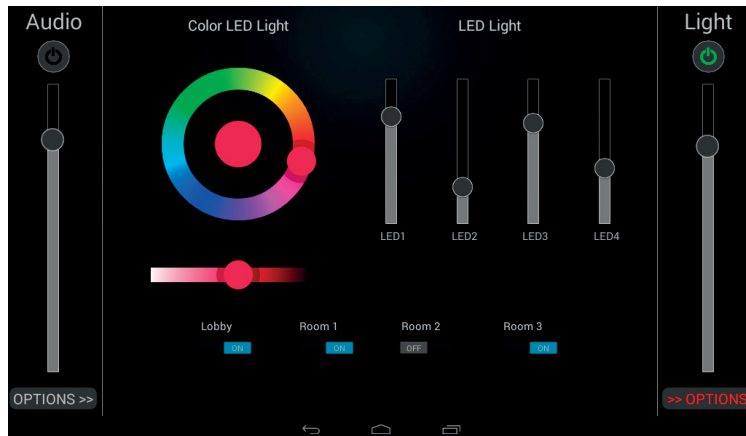
Kontrola osvetljenja omogućava podešavanje broja kanala za inteligentne izvore svetla i njihove parametre kao što je intenzitet, boja svetla i eventualno pomeranje roto glava. Takođe, moguće je podržati i dodatne jednostavne izvore svetla preko *GPIO* izlaza.

Automatizacija aktivnosti u verziji uređaja za poslovne korisnike predviđa izvršavanje odgovarajućih akcija pri prelasku u određeni mod rada. Na primer, u slučaju ulaska u prezentacioni meni svetla se prigušuju a spoljašnji projektor ili TV se uključuju i prebacuju u mod prikazivanja video signala koji dolazi sa uređaja.



Slika 5. Korisnički interfejs – Glavni meni.

Na slici 5 je prikazan glavni meni uređaja gde su pregledno navedene osnovne funkcionalnosti uređaja. Na slici 6 je prikazan interfejs za kontrolu osvetljenja u prostoriji. Preko prikazanih kontrola moguće je podesiti boju osvetljenja u prostoriji kao i intenzitet četiri podesiva izvora osvetljenja. Takođe, moguće je kontrolisati četiri klasična izvora svetla. Interfejs omogućava zadavanje proizvoljnih oznaka izvora osvetljenja prema odgovarajućoj organizaciji prostora korisnika.



Slika 6. Korisnički interfejs – Upravljanje osvetljenjem.

5. Zaključak

Uređaj opisan u ovom radu je razvijen u cilju obezbeđivanja jednog inovativnog rešenja za automatizaciju u stambenim i poslovnim prostorijama. U toku razvoja uređaja vodilo se računa o tome da se obezbedi široki skup interfejsa čime je omogućena laka integracija u postojeće prostorije. Uređaj je veoma kompaktan i atraktivnog dizajna. Razvoj aplikacije pod *OS Android* omogućio je kreiranje grafičkog korisničkog interfejsa sa kojim je većina korisnika najverovatnije već upoznata tako da je omogućeno jednostavno rukovanje uređajem.

Izmenom aplikacije i podržanih funkcija moguće je lako razviti nove verzije uređaja prilagođene primeni u drugim oblastima kao što su obrazovanje, trgovina, bankarstvo i slično.

Kompletan uređaj (izuzev dizajna kućišta samog uređaja i pratećih elemenata mehanike) je razvijen u Institutu „Mihajlo Pupin“.

Zahvalnica. Rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekat tehnološkog razvoja TR 32025).

Literatura

- [1] M. Asadullah, A. Raza, "An Overview of Home Automation Systems", in *Proceedings of 2nd International Conference on Robotics and Artificial Intelligence (ICRAI)*, November 2016, Rawalpindi, Pakistan, pp. 27-31.

- [2] Variscite VAR-SOM-MX6 <http://www.variscite.com/products/system-on-module-som/cortex-a9/var-som-mx6-cpu-freescale-imx6>
- [3] Freescale iMX6 CPU http://www.freescale.com/products/arm-processors/i.mx-applications-processors-based-on-arm-cores/i.mx-6-processors:IMX6X_SERIES
- [4] K. Du, L. Lv, "The design of DMX512 and STM32 based intelligent interactive lighting control system", *11th China International Forum on Solid State Lighting (SSLCHINA)*, November 2014, Guangzhou, China, pp. 76-78.
- [5] S. S. Kukade, "Developing Linux device drivers for audio codec", *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, vol. 4, no. 6, May 2013, pp. 21-24.

Abstract: *A device for automation of business space such as meeting rooms, offices and sale spaces has been presented in this paper. The device provides displaying and control of presentations on projectors and flat-screen displays, control of the lights in the room with support of intelligent sources of light via DMX512 protocol. The device is equipped with wired and wireless connection with LAN (Local Area Network) and the Internet (WiFi, Bluetooth, Gigabit Ethernet). It also provides control of devices on RS-232 interface as well as devices with IC receiver (projector/TV, air-conditioning etc.). Additionally, it is possible to receive HDMI video signal from external device, and the device also has an appropriate HDMI output to connect with projector or TV. Simple devices can be controlled through digital general purpose inputs/outputs, such as automated moving of curtains, control of the lights in the room etc. The device offers customization of function automation according to user's needs. For example, with selection of presentation menu, lights in the room are automatically adjusted, the curtains are closed and the sound is adjusted to appropriate level.*

Keywords: *home automation, digital signal processing, audio, video,*

MULTIMEDIA SYSTEM FOR THE CONTROL OF AUDIO/VIDEO CONTENT AND LIGHTING IN BUSINESS SPACES

Slavica Boštjančič Rakas, Milan Oklobdžija, Marko Nikolić, Ivan Todorović