



## ODROID-XU4 kao desktop PC i mikrokontrolerska razvojna alternativa

Jovan Ivković<sup>1</sup>, Alempije Veljović<sup>2</sup>, Branislav Randelović<sup>3</sup> i  
Vladimir Veljović<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

<sup>2</sup> Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu

<sup>3</sup> Zavod za vrednovanje kvaliteta obrazovanja i vaspitanja, Beograd

<sup>4</sup> Guidance DOO Beograd, Beograd

e-mail [jovan.eps@gmail.com](mailto:jovan.eps@gmail.com), [alempije.veljovic@ftn.kg.ac.rs](mailto:alempije.veljovic@ftn.kg.ac.rs), [brandjelovic@ceo.gov.rs](mailto:brandjelovic@ceo.gov.rs),  
[veljo99@gmail.com](mailto:veljo99@gmail.com)

**Rezime:** U ovom radu je predstavljen ODROID – XU4 SoC računar, za koga već sad možemo reći da je začetnik nano računarske revolucije sveprisutnog computinga i Interneta stvari.

**Ključne reči:** ODROID – XU4, informacioni sistemi, senzorske mreže, Internet stvari

### 1. UVOD

Ideja o računaru opšte namene, minijaturnih dimenzija i pristupačne cene je potekla 2006. godine od grupe profesora sa Univerziteta u Kembridžu. Razlog je bila zabrinutost nivoom predznanja mladih koji su se prijavljivali na računarske studije. Za razliku od studenata iz osamdesetih i devedesetih godina koji su radom na ZX Spectrum, Commodore64 i Amiga mikro računarima posedovali solidno predznanje iz oblasti hardvera računarskih sistema i sistemskog programiranja, studenti 21. veka su IT svet poznavali samo kroz prizmu Web aplikacija, PC-a i igračkih konzola.

Osnovna ideja je bila osmisliti nešto što će kod mladih izazvati interesovanje za hardver računarskih sistema ali i podići nivo poznavanja softverskih veština. Sa pojavom prvih procesora za mobilne uređaje 2008. godine postalo je sasvim izvesno da će projekat zaživeti. Početna ideja o pomoćnom učilu vremenom je evoluirala, tako da danas širom sveta postoje čitave armije od programera početnika do hardverskih veterana i entuzijasta, koji na principu open source zajednice razmenjuju projekte i ideje namenjene razvoju mobilnih i Nettop rešenja.

ODROID – XU4 je SoC računar južno korejske kompanije Hardkernel[1]. Na tržištu se pojavio u leto 2015. godine kao najpristupačniji ARM 8 jezgarni big.LITTLE board kompjuter visokih performansi. Pre nego što predemo na predstavljanje samog model, važno je istaći da za razliku od Raspberry Pi SoC računara[2] koje prati velika zajednica korisnika sa mnoštvom razvijenih softverskih aplikacija i programskih biblioteka, ODROID je platforma za iskusnije profesionalce koja omogućava razvoj aplikacija namenjenih za trenutno najpopularniji operativni sistem Android, a podržana je od strane kompanije

Samsung kroz implementaciju njihove linije Exynos mikroprocesora.

### 1.1. ODROID – XU4

ODROID – XU4 predstavlja poslednju generaciju kompaktnih „Single-Board“ kompjutera sa ultra-brzim Samsung Exynos 5422 CPU koji je baziran na ARM. Big LITTLE heterogenoj multi-procesorskoj (HMP) tehnologiji. Malih dimenzija (82x58x22mm) ODROID- XU4 predstavlja moćan kompjuter sa energetski efikasnim hardverom. Kao proizvod namenjen open source zajednici podržava različite verzije Linuxa, Ubuntu Mate 15.10, Android 4.4.4 (v 3.5), kao i Android 5.1.1 Lollipop, Android 6.0.1 Marshmallow, Kali Linux 2.0, Debian Jessie i druge.

Hardverska konfiguracija se sastoji od:

Procesor: Samsung Exynos5422 Cortex-A15 2GHz i Cortex-A7 1.4GHz 8 jezgarni CPU proizveden u 28nm tehnologiji.

GPU: Mali-T628 MP6 sa 6x procesorskih jedinica koje podržavaju OpenGL ES 3.0/2.0/1.1 i OpenCL 1.1 u punom profilu. Na radnom taktu od 533MHz može generisati do 102,4 GFLOPS (FP32).

RAM: 2GB LPDDR3 RAM u 32bitnoj dual-channel konfiguraciji na 933MHz obezbeđuje protok do 14.9 GB/s.

Kontroleri Storage uređaja: eMMC5.0 HS400 Flash Storage u rasponu kapaciteta od 8 do 64GB, podrška za brži microSD UHS1 standardni konektor (vezan na USB 3.0 kontroleru).

Periferijski I/O ulazi: 2 x USB 3.0 Host, 1 x USB 2.0 Host, 4pin Serial UART, dva GPIO porta (30pin i 12pin, sa razmakom od 2mm) za I<sup>2</sup>C, HSIC(High speed), SPI, UART, 2x12-bitna analogno-digitalni konverter.

Mreža: 1Gb IEEE 802.3ab Ethernet port sa RJ45 konektorom

Video i audio izlaz: display i audio izlaz preko HDMI 1.4a porta

## 2. KOMPARATIVNA ANALIZA PERFORMANSI

### 2.1. Model merenja

Da bismo predstavili poziciju koju ODROID – XU4 po svojim karakteristikama i performansama zauzima u odnosu na Desktop/Laptop PC računare sa jedne i mikrokontrolerske/SoC razvojne sisteme sa druge strane sprovedemo niz testova koji treba da pruže što potpuniju sliku odnosa performansi u različitim oblastima primene. Važno je istaći da se u praktičnim primenama od mikrokontrolera ne očekuje da vrše značajniju matematičku obradu podataka, jer za to postoje DSP i FPGA kola, tako da njih nećemo videti u testovima klasične računarske obrade. Pored toga usled ograničene radne memorije i kapaciteta flesh ROM-a oni nisu namenjeni multimediji i Web sadržajima. Njihova primarna uloga je da pouzdano obezbede upravljanje procesima i podrže uzorkovanje analognih električnih veličina u realnom vremenu. Za potrebe navedenog opremljeni su sa velikim brojem direktno programsko upravljivih ulazno/izlaznih portova tzv. GPIO portova. SoC računarski sistemi poseduju slične portove kao mikrokontrolerske razvojne platforme, ali su oni manje robusni sa užim i nižim pragom tolerancije na visinu i oscilacije električnih veličina. Sa druge strane PC računari ne poseduju slične hardverske ulazno/izlaze portove, a za obezbeđivanje slične funkcije potrebna je kupovina specijalizovanih procesnih kartica, tako da PC računare nećemo razmatrati u ovom domenu. U oblastima primene koje zahtevaju performanse procesora, brzinu rada sa Web sadržajem,

HTML5 i Java-skriptama primena mikrokontrolera je ili nemoguća ili neprikladna zbog njihovih performansi koje su obično ispod 100MIPS-a. Još jedan limitirajući faktor je mala radna memorija koja im ne dozvoljava luksuz klasičnog PC Web browsera sa memorijskim zahtevima od nekoliko desetina ili stotina MB.

S obzirom da SoC računari i razvojni sistemi (poput Raspberry Pi i ODROID-a) imaju primenu u oba ova sveta njihova vrednost kao učila će rasti. Njihovom primenom učenicima se pruža mogućnost da steknu širi uvid u računarske tehnologije od hardverskog pa do Web aplikativnog nivoa.

## 2.2. Rezultati merenja

U domenu direktne primene za kontrolu procesa tj. elektronskih kola i senzora za uzorkovanje električnih veličina, pokušaćemo da predstavimo i uporedimo performanse mikrokontrolerskih razvojnih sistema i SoC računara. Glavni akcenat će biti poređenje performansi koje postižu mikrokontroleri u odnosu na SoC računarske razvojne sisteme, pri programskoj kontroli pojedinačnog ulaznog izlaznog GPIO porta sukcesivnim postavljanjem i brisanjem njegovog stanja[3]. Pored navedenog poređićemo brzinu kojom sistemi mogu da uzorkuju analogne vrednosti električnog napona putem analogno digitalnih konvertera.

Treba istaći da se od mikrokontrolera za razliku od SoC računara očekuje da obezbede realtime response na okidačke i prekidne događaje, što ih čini prikladnim za primenu u realtime mision critical primenama. Za razliku od njih SoC sistemi su multi jezgarni SMP računari kod kojih se paralelno odvija više procesa. Kod SoC sistema OS izbegava da pojedinim procesima *da* ekskluzivno pravo nad resursima, jer bi to moglo zaustaviti ili značajno omesti rad svih drugih tredova.

Pored toga mikrokontroleri imaju mnogo širu oblast tolerancije na ulazno izlazne vrednosti radnih napona u odnosu na SoC sisteme.

Koristeći se jednostavnom sekvencom koja u programskom kodu direktno setuje stanje GPIO porta 11 na 1, a zatim ga briše tj. postavlja na 0 uz pomoć Osciloskopa SainSmart DDS140 i frekvencimetra UNI-T UT61E, pratili smo vrednosti takta generisane sekvence, a rezultati merenja su sumarno predstavljani u tabeli 1.

Ključni deo sekvence koda koja se izvršavan u C-u ( ili nalik njoj u Python-u) je:

```

...
INP_GPIO(11);
OUT_GPIO(11);

while(1) {
    GPIO_SET = 1<<11;
    GPIO_CLR = 1<<11;
}

```

**Tabela 1.** Poređenje GPIO performansi vodećih SoC i 32bitnih MCU razvojnih platformi

Platform		Raspberry Pi 1 B+	Pi 2	Pi 3	Odroid XU4	Arduino DUE	PIC32MX 250Fxx
Language (Used Library) for control of GPIO	Shell	2.8 kHz	6.2 kHz	12.92 kHz	125Hz	/	/
	Python (RPi.GPIO)	70 kHz	190.23 kHz	322.5 kHz	/	/	/
	Python (wiringpi)	28 kHz	105 kHz	168.9 kHz	206 kHz	/	/
	C (Native library) /Assembler for MCU	22 MHz	42.16 MHz	55.8-57 MHz	22.5MHz hardware limit	201.7kHz <45 MHz for all GPIO port	<40MHz (>33ns, <25ns)
	C (WiringPi normal GPIO)	4.1 MHz	9.76 MHz	13.83 MHz	710kHz (max 3.9-5.25MHz)	/	/
Analog to digital converting	ADC port numbers and resolution	/	/	/	2ch, 12bit	16ch, 12bit	9ch, 10bit
	Speed of conversion	/	/	/	600kSPS	1MSPS	1.1MSPS
Computing power	Instruction speed in DMIPS <sup>1</sup>	875	2019.41	3039.87	8302.97	125	66-83
Working range	Voltage	3.3V +/- 5%	3.3V +/- 5%	3.3V +/- 5%	1.8V +/- 3%	2.0-3.6V	2.3-3.6V
	Current	max 16mA per port max 50mA for all GPIO	max 16mA per port max 50mA for all GPIO	max 16mA per port max 50mA for all GPIO	max 4mA per port	15mA per pin, 130mA max for all I/O pins.	25mA per port, 300mA for all port pins

Iz tabele 1. vidi se da SoC računarski sistemi mogu donekle da pariraju performansama 32-bitnih industrijskih mikrokontrolera[4][5] u domenu direktne kontrole ulazno/ izlaznih portova. Time se pruža mogućnost za razvoj projekata u kojima učenici kroz igru razvijaju kreativnost, ali i stiču osnove iz oblasti elektronike. S obzirom da SoC sistemi poseduju mrežnu konekciju i dovoljno obradnih kapaciteta za hostovanje internet servisa i aplikacija, učenicima se pruža mogućnost da razvijaju senzorske mreže i IoT sisteme[6].

Druga oblast primene je mogućnost rada sa Internet Web okruženjem i razvoj programskog koda. SoC sistemi u ovom domenu pružaju energetski efikasnu (low-power) alternativu klasičnim PC sistemima, što se može videti iz tabele 2. gde su predstavljene performanse SoC i PC sistema kroz Web benchmark testove.

<sup>1</sup> Dhrystone Benchmark 2.1 Opt 32 Bit, VAX MIPS rating, compiled for ARM v7

**Tabela 2.** Performanse SoC i PC računarskih sistema u web aplikativnoj primeni

Tests	Platforms				
	Raspberry Pi 2 *32bit 4x core ARM Cortex A7 - 1GHz*, RAM 1GB DDR2 500MHz, V.Core IV, 32GB uSD UHC1 100Mbit NIC)	Raspberry Pi 3 (64bit 4x core ARM Cortex A53 - 1.2GHz, RAM 1GB LPDDR2 900 MHz, V.Core IV 32GB uSD UHC1, 100Mbit NIC)	Odroid XU4 8x core ARM Cortex A15 1.4-2.0GHz, RAM 2GB LDDR3 933MHz, Mali-T628, 64GB eMMC v5, Gbit NIC	Desktop PC Intel P4 D 3GHz, 4GB DDR2, HDD 500GB 7200rpm, ATI HD6850, Gbit NIC	Laptop PC Intel Core 2 Duo 2.2GHz 8GB DDR3 , HDD 500GB 7200rpm, ATI HD 5650, GbitNIC
SunSpider 0.9.1	1923.6ms +/- 2.2%	1300.9ms +/- 7.9%	726.3ms +/- 1.7%	406.3ms +/- 1.8%	367.1ms +/- 1.1%
Sunspider 1.0.2	1901.4ms +/- 1.9%	1240.7ms +/- 2.5%	683.9ms +/- 1.4%	408.2ms +/- 1.2%	362.9ms +/- 1.0%
JetStream 1.1 (score)	12.944 ± 1.0765	17.443 ± 0.80750	37.443 ± 2.1004	73.583 ± 0.56971	72.783 ± 2.8112
Octane 2.0 benchmark	1794 Points	2895 Points	6896 Points	12533 points	11359 Points
Peacekeeper	413 points	656 Points	1000 Points	1544 Points	1766 Points
OS	Raspbian Jessie (Debian Linux 4.1) 32bit		Ubuntu Mate 15.10 armhf	Ubuntu Mate 15.10 64bit x86	
Network transfer	94.2 Mbit/s	94.1 Mbit/s	672 Mbit/s	868 Mbit/s	841 Mbit/s

Svi testovi su urađeni u Mozilla Firefox v45.0 i Iceweasel v38.7.1 za Raspberry Pi, a \*Raspberry Pi2 je overklokovan. Brzine transfera su merene na klijentima sa “sudo iperf -c” komandom, server je bio PC sa 1GB NIC dok je za merenja na PC-u server bio Odroid – XU4.

U tabeli 2. razlike u performansama dodatno se smanjuju ako se uporede sa istim PC sistemima pod Windows 7/8/10 OS, na primer Octane 2.0 Java script benchmark na navedenom PC laptop sistemu pod Windows OS u istom Web pretraživaču ne daje više od 7500 poena.



**Slika 1.** Odroid XU-4 SoC i Arduino DUE ARM-M3 mikrokontrolerska razvojna ploča

### 3. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršeno je upotrebno poređenje SoC razvojnih računarskih sistema sa Desktop/Laptop PC računarima i mikrokontrolerskim/SoC razvojnim sistemima. Sa dva ugrađena 12bitna ADC porta Odroid-XU4 u startu pruža mogućnosti slične mikrokontrolerima, dok u domenu dektop-web računarske primene značajno prednjači u odnosu na druga aktuelna SoC rešenja iz Raspberry Pi familije. Po rezultatima rada u proseku je brži 2-3x od Raspberry Pi 3, a manje od 2x sporiji od full PC platforme. Time je on idealno medju rešenje koje može odmeniti ne samo druga SoC rešenja i 8bitne mikrokontrolere, već i slabije PC radne stanice u laboratorijama i učionicama.

Glavna prednost Odroid -XU4 platforme je mogućnost da se na njoj razvijaju rešenja koja bi bila direktno hardverski i softverski kompatibilna sa Samsung netbook i tablet platformama pod Android OS kao trenutno globalno najpopularnijim operativnim sistemom za pametne uređaje.

### LITERATURA

- [1] Hardkernel co., Ltd: *ODROID-XU4 User Manual*, from <http://www.hardkernel.com>; last visited on 28-03-2016.
- [2] Cox, T.: *Raspberry Pi Cookbook for Python Programmers*, UK, Packt Publishing, 2014.
- [3] Ivkovic, J., Radulovic, B.: *The Advantages of Using Raspberry Pi 3 Compared to Raspberry Pi 2 SoC Computers for Sensor System Support*, (work accepted for) International Conference AIIT 2016, Bitola, FMRY Macedonia.
- [4] Microchip Technology Inc.: *PIC32MX250F128B MIPS based 32bit microcontroller*, from <https://www.microchip.com>; last visited on 28-03-2016.
- [5] Atmel company: *Atmel SAM3X series Summary and SAM3X / SAM3A Series Datasheet*, from <http://www.atmel.com>; last visited on 28-03-2016.
- [6] Ivkovic, J., Odadzic, B.: *Analysis of Visible Light Communication System for Implementation in Sensor Networks*, INFOTEH-JAHORINA 2016. Sarajevo, BiH. 2016., KST-1-15, ISBN 978-99955-763-9-4, COBISS.RS-ID 5794072 ISBN 978-99955-763-9-4, COBISS.RS-ID 5794072