

# Merenje u konceptu Internet of Things i Hexiwear multisenzorska platforma

Dorđe Novaković, Platon Sovilj, Dragan Pejić, Marjan Urekar, Nemanja Gazivoda

**Apstrakt**— U ovom radu su istražene mogućnosti Hexiwear multisenzorske platforme, sa akcentom na njenu upotrebu u merenjima u konceptu Internet of Things. U II poglavlju predstavljen je hardver Hexiwear platforme i dat detaljan opis mikrokontrolera i senzora od kojih je Hexiwear sačinjen. III poglavlje sadrži kratak opis firmvera koji izvršavaju mikrokontroleri ove platforme. Izgled aplikacije kojom korisnik upravlja izložen je u IV poglavlju sa svim segmentima i podsegmentima. Mogućnosti povezivanja ove platforme sa pametnim uređajima i skladištenje podataka na cloud-u prikazane su u poglavlju V.

**Ključne reči**— IoT, Hexiwear, multisenzorska platforma.

## I. UVOD

Internet of Things predstavlja koncept koji se sastoji iz mreže uređaja koji međusobno razmenjuju podatke. Za IoT je neophodno imati embedded uređaje koji imaju jedan ili više senzora, a svi uređaji zajedno čine IoT entitet. IoT nalazi sve širu primenu u svim sferama života, pa se na taj način pronaći u smart home aplikacijama, fitnessu, praćenje i nadzor starih lica i lica sa invaliditetom itd.

Hexiwear je prenosivi uređaj baziran na FreeRTOS operativnom sistemu koji se koristi u IoT konceptu. Uređaj je proizveden od strane Beogradske firme Mikroelektronika. Dizajn uređaja je prilagođen krajnjem korisniku, pa se uz pomoć odgovarajućeg adaptera može koristiti kao sat kojim se mogu pratiti određeni parametri na samom korisniku (merenje pulsa, merenje zasićenosti krvi kiseonikom, pedometar), ambijentalnih parametara (temperatura, vazdušni pritisak, vlažnost vazduha). Hexiwear je moguće povezati sa računarom, tabletom ili pametnim telefonom uz pomoć bluetooth-a, pa se na taj način podaci šalju na cloud kom se može pristupiti sa udaljenih lokacija.

## II. HARDVER

Celokupan hardver hexiwear-a je ubačen u heksagonalno kućište i u uređaju razlikujemo nekoliko celina frontalnu masku i plastični oklop koji zajedno predstavljaju kućište

Dorđe Novaković – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: djordje.novakovic@uns.ac.rs).

Platon Sovilj – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: platon@uns.ac.rs).

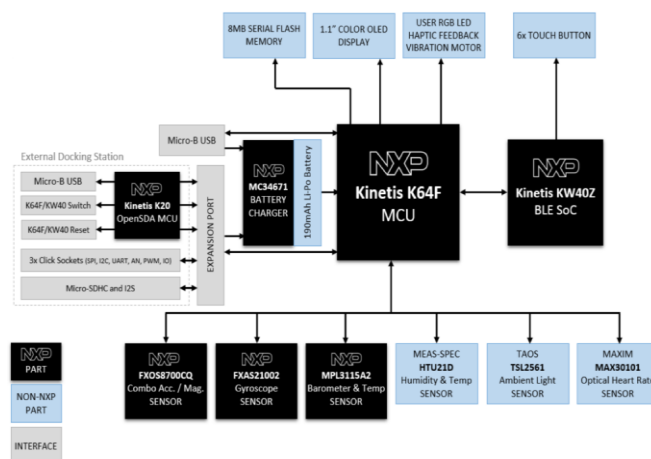
Dragan Pejić – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: pejicdra@uns.ac.rs)

Marjan Urekar – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: urekarm@uns.ac.rs)

Nemanja Gazivoda – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: nemanjagazivoda@uns.ac.rs)

hexiwear-a u kojem se nalazi glavna PCB na koju je povezan kapacitivno osetljivi panel. Celokupno kućište hexiweara je moguće postaviti u gumeno kućište koje služi za zaštitu celokupnog uređaja. Hexiwear je modularan sistem, pa se na taj način može rasklopiti i po potrebi zameniti određeni modul. Celokupna elektronska šema kao i izgled rutiranog PCB-a može se pronaći na oficijalnoj internet stranici hexiwear-a.

Hardver koji se nalazi u hexiwear-u na glavnom PCB-u prikazan i na dock station je blok šemom na slici 1.



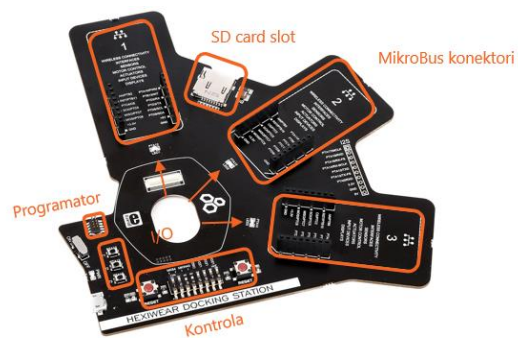
Sl. 1. Hardver hexiwear-a

Osnovu hardvera predstavljaju dva mikrokontrolera NXP Kinetis K64 i NXP Kinetis KW40 koje odlikuje jako mala potrošnja što ih čini jako pogodnim za upotrebu u baterijski napajanim uređajima. NXP Kinetis K64 mikrokontroler sadrži ARM Cortex M4 procesor sa 1 MB fleš memorije, 256 KB SRAM memorije, frekvenciju rada do 120 MHz i veliki broj komunikacionih interfejsa (3x I<sup>2</sup>C, 6x UART, 3x SPI, CAN, I<sup>2</sup>S...), predstavlja glavni procesor koji komunicira sa periferijama i upravlja zadacima. NXP Kinetis KW40 mikrokontroler, baziran na ARM Cortex M0+ procesoru sa 160 KB fleš memorije, 20 KB SRAM memorije kao i frekvencijom rada do 40 MHz, ima ulogu da komunicira uz pomoć bluetooth-a sa drugim uređajima kao i da detektuje dodir na kapacitivno osetljivom panelu uz pomoć kog korisnik upravlja uređajem. Povratnu informacija o trenutnom zadatku koji se izvršava korisnik dobija na OLED displeju rezolucije 96x96 sa SSD1351 drajverom. Sa drajverom OLED displeja komunicira K64 glavni procesor uz pomoć SPI komunikacionog interfejsa. Korisnik komande zadaje preko kapacitivno osetljivog panela mikrokontroleru KW40, koji posredstvom UART-a prosleđuje informaciju mikrokontroleru K64. Kada K64 primi informaciju, on generiše kratku

vibraciju uz pomoć haptic modula čime se daje povratna informacija korisniku da je komanda primljena.

Hexiwear predstavlja multisenzorsku platformu u koju su integrisani senzori temperature, pritiska, akcelerometar, magnetometar, žiroskop, optički senzor pulsa, senzor ambijentalne osvetljenosti, senzor relativne vlažnosti vazduha. Svi nabrojani senzori su povezani uz pomoć I<sup>2</sup>C komunikacionih interfejsa. FXOS8700CQ predstavlja senzor sa linearnim akcelerometrom i magnetometrom sa širokim opsegom merenja ubrzanja  $\pm 8$  g i opsegom merenja magnetnog polja  $\pm 1200$   $\mu$ T. Podaci se očitavaju uz pomoć 14-bitnog odnosno 16-bitnog AD konvertera za merenje ubrzanja/magnetnog polja koji su takođe integrisani unutar ovog senzora. Takođe ovaj senzor odlikuje veoma mala potrošnja koja zavisi od brzine očitavanja podataka pa je na 25 Hz potrošnja oko 80  $\mu$ A dok je na 100 Hz potrošnja oko 240  $\mu$ A. FXAS21002C predstavlja troosni žiroskop sa maksimalnim opsegom merenja  $\pm 2000$   $\%$ /s, dok se za merenje koristi 16-bitni AD konverter integrisan u čipu. Brzina očitavanja podataka varira od 12,5 Hz pa sve do 800 Hz. Odlikuje ga nizak intezitet šuma jer u čipu postoji integrisan programabilni low-pass filtar. Ovaj žiroskop sadrži i FIFO bafer od 192 bajta gde može sačuvati po 32 odbirka sa X, Y i Z ose. MPL3115A2 predstavlja barometar sa altimetrom i ima mogućnost merenja pritiska u opsegu od 20 kPa do 120 kPa. U čipu je integrisan 20 – bitni AD konverter uz pomoć kog se očitavaju podaci. Odlikuju ga mali intenzitet šuma kao i mala potrošnja. Prikupljanje podataka se može odabrati između od 1s pa do 9h. Takođe sadrži i FIFO bafer u koji je moguće skladištiti 32 odbirka. HTU21D je digitalni senzor za merenje relativne vlažnosti i temperature. Merenje relativne vlažnosti je moguće vršiti ili sa 8 bita ili sa 12 bita rezolucije dok je temperaturu moguće očitavati u rezoluciji od 12 bita ili 14 bita. Senzor odlikuje velika brzina, za male rezolucije ona iznosi 3000 Hz, dok za veće rezolucije iznosi 1600 Hz. Ovaj senzor je u potpunosti kalibrisan, veoma mali je potrošač i poseduje zaštitnu membranu na senzoru čime je on zaštićen od prašine, vode i drugih načina kontaminacije. TSL2561 predstavlja digitalni senzor inteziteta svetlosti. Ovaj senzor ima aproksimativan odziv kao ljudsko oko kao i programabilno analogno pojačanje. U čipu je integrisan 16 bitni AD konverter kao i band stop odnosno notch filtar frekvencija između 50 Hz i 60 Hz, čime se odstranjuje šum generisan od strane niskonaponske gradske mreže. Senzor je moguće ubaciti u sleep mod čime se štedi na potrošnji. MAX30101 predstavlja visoko osetljivi pulsni oksimetar i senzor otkucaja srca. U senzoru su integrisane LED i IC predajna dioda kao i foto prijemna dioda. Senzor poseduje notch filtar između 50 Hz i 60 Hz, kao i 18 bitni AD konverter integrisan u čipu. Odlikuju ga mala potrošnja, FIFO bafer koji ima mogućnost skladištenja do 32 odbirka. Brzina očitavanja senzora iznosi od 50 Hz do 3200 Hz.

Hexiwear pruža mogućnost dodavanja senzora uz pomoć modula dock station. Senzori koji se dodaju predstavljaju click module koje je takođe dizajnirala Mikroelektronika i trenutno postoji oko 250 click modula. Dock station pored proširenja mogućnosti hexiwear-a ima ulogu u spuštanju firmvera na mikrokontrolere KW40 i K64. Na slici 2. prikazan je dock station.

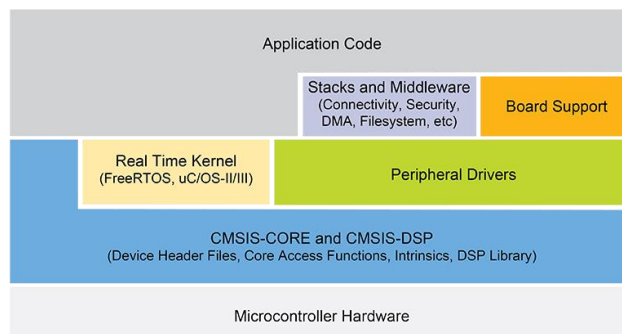


Sl. 2. Dock station

Na slici 2. moguće je uočiti beli konektor na koji se postavlja hexiwear i na taj način se postiže veza između dock station-a i hexiweara. Uz pomoć programatora koji je integrisan na ovoj ploči vrši se programiranje Hexiweara, kao i debugovanje u realnom vremenu uz pomoć open SDA koji je takođe integrisan sa donje strane ploče. Dock station sadrži tri mikroBUS konektora u koje je moguće postaviti dodatne senzore. Na njemu se nalazi i slot sa SD karticu čime je moguće vršiti skladištenje podataka i na udaljenim mestima.

### III. FIRMVER

Firmver za hexiwear je napisan u softverskom paketu Kinetis Design Studio IDE koji je baziran na Eclipse razvojnom okruženju koji koristi GNU Compiler Collection (GCC) kao i GNU Debugger (GDB). Kao podrška za NXP ARM Cortex M bazirane mikrokontrolere koristi se softverski alat Kinetis SDK (Software Development Kit). Kinetis SDK u potpunosti obuhvata periferalne drajvere, connectivity stack, posredni softver (middleware) kao i kernel Real Time operativnog sistema. Na slici 3. prikazan je blok dijagram slojeva od hardvera mikrokontrolera do aplikacije na hexiwear-u uključujući središnji sloj koji je obuhvaćen uz pomoć Kinetis SDK.



Sl. 3. Slojevi firmvera

Mikrokontroler NXP Kinetis K64 poseduje FreeRTOS v8.0.0 kao i periferalne drajvere obuhvaćene Kinetis SDK v1.2 i to: Clock manager, DMA kontroler, konfiguraciju pinova, ADC, UART, I<sup>2</sup>C, SPI. Mikrokontroler NXP Kinetis KW40 poseduje FreeRTOS v8.2.0, Kinetis SDK 1.3 koji upravlja periferalnim drajverima kao i KW40Z connectivity software.

Struktura celokupnog firmvera je organizovana u nekoliko podsekcija. Prva podsekcija predstavlja drajvere gde su implementirani SPI, I<sup>2</sup>C, OLED drajver itd. Zatim sledi GUI

podsekcija gde su implementirani meniji i podmeniji koje sadrži hexiwear, za njima slede podsekcije za prikaz notifikacija, zatim sat i podsekcija u kojoj se nalaze source kodovi za implementaciju senzora koje poseduje hexiwear.

Firmver za hexiwear je u potpunosti open source i može se pronaći na oficijalnoj stranici proizvođača.

#### IV. APLIKACIJA NA UREĐAJU

GUI hexiwera počinje prikazom početne stranice na kojoj se prikazuje sat, trenutna temperatura kao i notifikacije. Dodirom na kapacitivno osetljivi panel moguće se kretati kroz glavni meni gde razlikujemo Sensor Tag, Apps, notifikacije i sekciju Settings, kao što je prikazano na slici 4.



Sl. 4. Struktura GUI aplikacije na uređaju

Sensor Tag se koristi kada se želi kontinualno vršiti očitavanje podataka sa svih senzora. Ova opcija se najčešće koristi u povezivanju sa aplikacijom na uređajima posredstvom bluetooth-a, čime se podaci kontinualno strimuju na aplikaciju i opciono se mogu slati na cloud pa je moguće vršiti nadzor i sa udaljenih mesta.

Sekcija Apps predstavlja aplikacije implementirane uz pomoć različitih senzora. Prva podsekcija predstavlja Weather čijim se odabirom dobijaju vrednosti temperature, relativne vlažnosti vazduha kao i vazdušnog pritiska. Zatim sledi Motion podmeni koji prikazuje očitavanja sa akcelerometra i to po X, Y i Z osi. Flashlight se koristi za uključivanje RGB diode integrisane na glavnoj ploči hexiwear-a. I fitness podmeni koji sadrži dva podmenija Pedometer koji uz pomoć akcelerometra i žiroskopa prepoznaje i broji korake korisnika i prikazuje broj utrošenih kalorija, i HeartRate koji uz pomoć senzora pulsa ispisuje trenutnu vrednost pulsa.

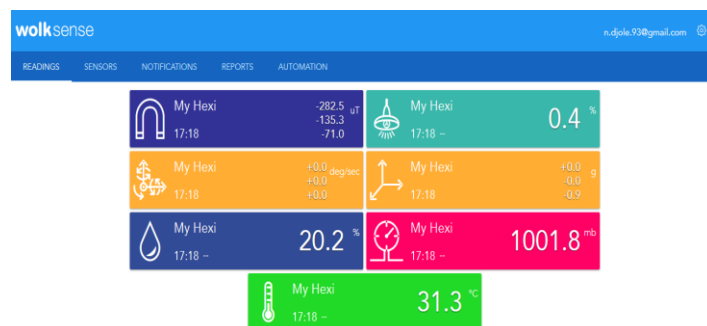
Sekcija sa notifikacijama prikazuje notifikacije o propuštenim pozivima, SMS ili elektronskim porukama koje su pristigle na pametne uređaje sa kojima je hexiwear povezan.

Settings podmeni se koristi za podešavanje i prilagođenje hexiwear-a korisniku. Ovaj podmeni sadrži Bluetooth sekciju koja se koristi za uključivanje odnosno isključivanje bluetooth modula. OTAP podmeni predstavlja Over The Air Programming tj. programiranje firmvera bežičnim putem, pa je na ovaj način nije neophodno stalno postavljati hexiwear na dock station. Moguće je odabrati ili K64 ili KW40 mikrokontroler i ova funkcija zahteva hexiwear aplikaciju na pametnom telefonu ili tabletu. Active buttons se koristi za prilagođenje tastera na kapacitivnom panelu levorukim ili

desnorukim kursorima. Haptic podsekcija uključuje ili isključuje haptic to jest vibracionu povratnu spregu. Get App sekcija generiše QR code uz pomoć kog se jednostavnije može nabaviti aplikacija na pametni uređaj jednostavnim korišćenjem QR code reader- a. About sekcija ispisuje informacije hardvera i firmvera kao i osnovne podatke o proizvođaču. Reset sekcija koja se koristi za ponovno pokretanje aplikacije na hexiwear-u.

#### V. SOFTVER I CLOUD

Softver kojim se vrši povezivanje sa pametnim uređajima je besplatan i može se pronaći na sajtu proizvođača. Kreirane su aplikacije i za iOS i za Android mobilne telefone, ali zahtevaju Bluetooth 4.0. Podatke je moguće odašiljati na cloud gde je moguće praviti svojevrsnu bazu podataka o očitavanjima sa senzora. Na glavnoj stranici prikazana su očitavanja sa svih senzora kao što je prikazano na slici 5.



Sl. 5. Wolksense cloud sa prikazom trenutnih vrednosti očitavanja senzora

Na wolksense aplikaciji odnosno cloud-u moguće je videti i prilagoditi svojim potrebama odgovarajuće senzore i generisati odgovarajuće notifikacije. Na primer moguće je postaviti granice za minimalnu odnosno maksimalnu veličinu očitane sa senzora temperature, relativne vlažnosti ili pritiska kada će se generisati alarmni signal, koji ukazuje na mogući problem. Kada se pristupi web adresi na kojoj se nalazi wolksense cloud, neophodno je ukucati email adresu i lozinku čime se pristupa odedenom uređaju pa se na taj način može pristupiti hexiwear-u.

#### VI. ZAKLJUČAK

Hexiwear je pogodan za upoznavanje sa multisenzorskim platformama i upoznavanje sa operativnim sistemima koji rade u realnom vremenu. Pošto je kod u potpunosti dostupan na internetu i moguće ga je menjati i prilagođavati hexiwear je pogodan za učenje i razvijanje novih platformi za razvoj IoT koncepta. Mogućnost dodavanja senzora otvara mogućnosti da se hexiwear specijalizuje za određenu funkciju, pa se može koristiti za merenje i upravljanje. Ovaj uređaj predstavlja novinu u svetu tehnike pa se očekuje i dalji razvoj uređaja.

#### LITERATURA

- [1] <https://docs.mikroe.com/Hexiwear>
- [2] <http://www.hexiwear.com/>

- [3] <http://www.nxp.com/products/reference-designs/hexiwear-complete-iot-development-solution:HEXIWEAR>
- [4] <http://www.nxp.com/products/microcontrollers-and-processors/arm-processors/kinetis-cortex-m-mcus/>
- [5] <http://www.nxp.com/products/sensors/>
- [6] [https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/1899\\_HTU21D.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/1899_HTU21D.pdf)
- [7] <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TSL2561.pdf>
- [8] <https://developer.mbed.org/media/uploads/GregC/max30101.pdf>
- [9] <http://www.nxp.com/products/software-and-tools/hardware-development-tools/freedom-development-boards/software-development-kit-for-kinetis-mcus:KINETIS-SDK>
- [10] <https://app.wolksense.com/>

#### ABSTRACT

This paper presents the possibilities of the Hexiwear multisensor platform, with an emphasis on its use in measuring the concept of "the Internet of Things". Presented in the second chapter is hardware of the Hexiwear platform,

with a detailed description of microcontroller and sensors which Hexiwear is made of. The third chapter contains a description of the firmwer which is implemented in this platform. The layout of the user application is presented in Chapter IV with all menus and submenus. Connectivity Platform with these smart devices and data storage to the cloud are presented in Chapter V.

#### **Measurement in the concept of the Internet of Things with Hexiwear multisensor platform**

Đorđe Novaković  
Platon Sovilj  
Dragan Pejić  
Marjan Urekar  
Nemanja Gazivoda