

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ

УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Број 2 – 157/12

30. 01. 2013. год.

Ч А Ч А К

На основу члана 84. Статута Факултета техничких наука, Наставно-научно веће, на седници одржаној 30. јануара 2012. год., донело је

О Д Л У К У

I ПРИХВАТА СЕ извештај рецензената за техничко решење под називом:
"Модуларни IEEE 1451 паметни претварач/мрежни дистрибутер", чији су аутори:
др Синиша Ранђић, ред. проф., mr Урош Пешовић, асистент, Жељко Јовановић,
асистент, Душан Марковић, Иван Поповић, Владимира Рајовић и Ненад Јовичић.

II Техничко решење је реализовано у оквиру Проекта бр. ТР32043.

III Извештај рецензената из тачке I, саставни је део ове Одлуке.

Доставити:

- именованима,
- продекану за науку и међународну сарадњу,
- архиви ННВ.



Д Е К А Н
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА
Проф. др Јерослав М. Живанић, дипл. инж. ел.

РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

1. Подаци о техничком решењу

Назив техничког решења:	Модуларни IEEE 1451 паметни претварач/мрежни дистрибутер
Категорија техничког решења:	M85
Назив пројекта:	Развој и моделовање енергетских ефикасних, адаптибилних, вишепроцесорских и вишесензорских система мале снаге
Ознака пројекта:	TP 32043
Руководилац пројекта:	Горан Димић
Организација:	Факултет техничких наука, Чачак, Агрономски факултет, Чачак, Електротехнички факултет, Београд
Одговорно лице	Синиша Ранђић, email: rasin@tfc.kg.ac.rs
Реализатори:	Урош Пешовић, Жељко Јовановић, Синиша Ранђић, Душан Марковић, Иван Поповић, Владимир Рајовић, Ненад Јовичић

2. Евалуација техничког решења

- Сажетак описа техничког решења:* Приказано техничко решење односи се на уређај који представља основни елеменат паметних претварача, којима се у складу са захтевима корисника и стандардом IEEE 1451, преносе подаци од прикључених сензора или ка прикљученим актуаторима. Уређај је пројектован модуларно чиме се омогућава, избором сензора, микроконтролера и начином напајања, лако прилагођавање непосредној примени. При томе се избегава потреба да се уређај репограмира од стране корисника. Комуникацију са окружењем могуће је остварити преко више различитих магистрала, на које се могу директно прикључивати дигитални сензори и актуатори. Преко одговарајућих аналогних улаза на уређај се могу прикључивати и аналогни сензори и актуатори. Основни извор напајања уређаја је пуњива батерија, која се може допуњавати преко фота – напонског панела или из дистрибутивне мреже преко одговарајућег AC/DC конвертора. Такође, уређај ако се користи у окружењу рачунара може да се напаја преко USB интерфејса на рачунару.
- Релевантност техничког решења за примењену област:* Уређај који је приказану оквиру овог техничког решење намењен је за повезивање корисника и аквизиционо/управљачких центара са удаљеним сензорима и актуаторима. Такође, уређај може да обавља и улогу мрежног дистрибутера, јер располаже могућношћу повезивања у локалне рачунарске мреже, коришћењем интерфејса који подржава Ethernet протокол, а уз додатак може да представља чвор у оквиру IEEE 802.15.4 бежичне мреже. Уређај је пројектован у складу са стандардом IEEE 1451 чиме је остварен висок степен стандардизације у погледу комуникације са сензорима/актуаторима. Важна карактеристика овог техничког решења је модуларност у погледу могућности прикључења додатних сензора и актуатора. Могућношћу самоподешавања, у оквиру реализованог уређаја имплементиран је један од кључних елемената IEEE 1451 стандарда, TEDS

(Tranducer Electronic Data Sheet). Захваљујући томе нису потребне интервенције од стране корисника када се додају нови сензори или актуатори.

3. *Проблем који се решава:* Основни проблем за чије се решавање користи разматрано техничко решење односи се на реализацију паметног претварача чији рад ће се одвијати у складу са узусима стандарда IEEE 1451. Циљ је био да се добије уређај који ће имати могућност прикључења додатних сензора/актуатора преко различитих стандардних комуникационих интерфејса, као и могућност прикључења аналогних сензора/актуатора. Такође, циљ је био да се у оквиру истог уређаја реализује и мрежни дистрибутер који би омогућио размену података са окружењем посредством локалне рачунарске мреже базиране на Ethernet протоколу, односно повезивање са рачунарима преко USB интерфејса. Сходно захтеву рада уређаја на даљину, при његовој реализацији требало је решити и проблем имплементације задате функционалности у условима батеријског напајања.
4. *Стање решености истог проблема у свету:* Развој полупроводничке технологије и одговарајуће импликације на област рачунарства, као и развој телекомуникација, а посебно мобилних комуникација утицао је на појаву интелигентних бежичних сензора/актуатора као битног елемента у остваривању управљачких функција на даљину. Могућности примене оваквих уређаја, посебно на плану броја и типова сензора односно актуатора који се могу прикључити на овакве уређаје, као и потреба рада на даљину, утицали су на дефинисање захтева за поседовањем својстава адаптибилности у случају измена у условима коришћења уређаја. Испуњењем ових захтева створен је широк простор за даљи развој одговарајућих уређаја, што представља један од главних праваца развоја у овој области у светским оквирима. Разматрано техничко решење је по својим карактеристикама компаративно са сличним уређајима у свету.
5. *Квалитет објашњења и описа решења:* Приказ техничког решења садржи неопходан број слика и табела, чиме је приказ учињен јасним и свеобухватним. Приказ је јасан у погледу коришћеног језика и добро је структуриран.
6. *Применљивост резултата рада:* Разматрано техничко решење може да се примени у свим областима где је потребно повезивање са сензорима/актуаторима на даљину. Захваљујући постојању различитих дигиталних комуникационих интерфејса, односно аналогним улазима, уређај је могуће повезати са различитим сензорима и актуаторима. Захваљујући могућности повезивања са различитим типовима рачунарских мрежа уређај може да функционише и као мрежни дистрибутер. Један од најбитнијих аспекта применљивости овог уређаја чини његова базираност на IEEE 1451 стандарду, јер се захваљујући TEDS концепту он може самостално прилагодити на прикључење нових сензора/актуатора без интервенције корисника.
7. *Научни допринос:* Научни допринос представљеног техничког решења огледа се у развоју система који треба да омогући практичну проверу решења која су базирана на стандарду IEEE 1451. Посебна пажња ће бити посвећена истраживањима у погледу развоја нових елемената TEDS.

ОПШТА ОЦЕНА КВАЛИТЕТА РАДА: Решење је квалитетно урађено и садржи све потребне компоненте.

Да ли се техничко решење прихвата (Да или Не): Решење се прихвата.

3. Квалитети техничког решења

Најважнију особину реализованог техничког решења представља његова модуларност, аутономност у погледу напајања и подршка стандарду IEEE 1451. Систем

омогућава додавање нових сензора/актуатора без интервенције корисника, чиме је обезбеђена широка област примене. Уређај се напаја из батерије, која може да се допуњава коришћењем фото – напонских панела или из дистрибутивне мреже, када се уређај налази у њеној близини. У случајевима када уређај ради у близини рачунара напајање је могуће остварити и коришћењем USB интерфејса рачунара. Захваљујући томе практично је обезбеђен висок степен аутономности уређаја.

Такође, треба се осврнути и на особине уређаја, које проистичу из његове подршке стандарду IEEE 1451 пре свега TEDS концепту којим се омогућава самоподешавање уређаја на сензоре или актуаторе који се накнадно прикључују.

4. Примедбе на техничко решење

4.1 Суштинске примедбе

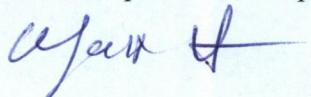
Немам суштинских примедби на ово техничко решење.

4.2 Ситније примедбе

У Београду, 21. јануар 2013. године

Рецензент

др Слободан Обрадовић, ванр. проф.



РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

1. Подаци о техничком решењу

Назив техничког решења:	Модуларни IEEE 1451 паметни претварач/мрежни дистрибутер
Категорија техничког решења:	M85
Назив пројекта:	Развој и моделовање енергетских ефикасних, адаптибилних, вишепроцесорских и вишесензорских система мале снаге
Ознака пројекта:	TP 32043
Руководилац пројекта:	Горан Димић
Организација:	Факултет техничких наука, Чачак, Агрономски факултет, Чачак, Електротехнички факултет, Београд
Одговорно лице	Синиша Ранђић, email: rasin@tfc.kg.ac.rs
Реализатори:	Урош Пешовић, Жељко Јовановић, Синиша Ранђић, Душан Марковић, Иван Поповић, Владислав Рајовић, Ненад Јовичић

2. Евалуација техничког решења

- Сажетак описа техничког решења:* Техничко решење, које се овде разматра представља базични елемент мрежа паметних претварача у оквиру којих се према захтевима корисника, у складу са IEEE 1451 стандардом преносе вредности добијене са прикључених сензора. Уређај је пројектован као модуларан систем, који се избором сензора, микроконтролера и начином напајања, може лако прилагодити конкретној примени, без потребе да се он репограмира од стране корисника. Систем обезбеђује комуникацију са окружењем преко више различитих магистрала на које се могу директно прикључивати дигитални сензори и актуатори. Такође, на уређај се могу прикључивати и аналогни сензори и актуатори, преко одговарајућих аналогних улаза. Уређај може да се напаја преко пуњиве батерије, која се може допуњавати преко фото – напонског панела или из дистрибутивне мреже преко одговарајућег AC/DC конвертора или преко USB интерфејса на рачунару.
- Релевантност техничког решења за примењену област:* Приказано техничко решење намењено је за повезивање корисника и аквизиционо/управљачких центара са сензорима и актуаторима у мрежном окружењу. Поштујући узусе стандарда IEEE 1451 остварен је висок степен стандардизације у погледу комуникације са сензорима/актуаторима. Значајну карактеристику овог техничког решења представља модуларност на плану могућности прикључења додатних сензора и актуатора. Имплементацијом самоадаптибилности, у оквиру реализованог уређаја имплементиран је један од кључних елемената IEEE 1451 стандарда, TEDS (Tranducer Electronic Data Sheet). Захваљујући томе избегнуте су интервенције од стране корисника у случајевима додавања сензора или актуатора.
- Проблем који се решава:* Главни проблем који се решава, представљеним техничким решењем односи се на реализацију модуларног паметног претварача који ради у складу са стандардом IEEE 1451. При томе циљ је био да се добије уређај који ће обезбедити могућност прикључења додатних сензора/актуатора преко више стандардних комуникационих интерфејса, као и могућност прикључења аналогних сензора/актуатора. Истовремено циљ је био да се у оквиру истог уређаја реализује

дистрибутер који би омогућио повезивање са окружењем посредством локалне рачунарске мреже базиране на Ethernet протоколу, односно повезивање са рачунарима преко USB интерфејса. Имајући у виду потребу рада на даљину при реализацији уређаја требало је решити и проблем имплементације дефинисане функционалности у условима батеријског напајања.

4. *Стање решености истог проблема у свету:* Развој микропроцесора и микроконтролера, мобилних комуникација утицао је на појаву интелигентних бежичних сензора као важног фактора у остваривању управљачких функција на даљину. Широна примене, пре свега са аспекта броја и типова сензора и актуатора који се могу прикључити на овакве уређаје, посебно у условима рада на даљину имплицирали су потребу за поседовање својства адаптивности у случају промена у условима коришћења уређаја. Потреба за испуњењем поменутих захтева створила је веома широк простор за развој одговарајућих уређаја, што представља један од светских трендова у овој области.
5. *Квалитет објашњења и описа решења:* Приказ техничког решења садржи потребан број слика и табела, што сам приказ чини јасним и свеобухватним. Приказ је језички јасан и има добру структуру.
6. *Применљивост резултата рада:* Ово техничко решење може се применити у свим областима где је потребно повезивање са сензорима/актуаторима на даљину. Широки скуп дигиталних комуникационих интерфејса, те аналогни улази, омогућују повезивање са већим бројем различитих сензора и актуатора. Због могућности повезивања са различитим типовима рачунарских мрежа уређај може бити и мрежни дистрибутер. Разноврсну применљивост овом уређају даје његова базираност на TEDS концепту IEEE 1451 стандарда.
7. *Научни допринос:* Научни допринос представљеног техничког решења првенствено се односи на развој система који ће омогућити практичну проверу узуса који су дефинисани стандардом IEEE 1451. Посебан значај ће имати истраживања на плану развоја нових елемената TEDS.

ОПШТА ОЦЕНА КВАЛИТЕТА РАДА: Решење је квалитетно и садржи све потребне компоненте.

Да ли се техничко решење прихвата (Да или Не): Решење се прихвата.

3. Квалитети техничког решења

Главна особина реализованог техничког решења се односи на његову модуларност, аутономност и подршку стандарду IEEE 1451. Систем омогућава додавање нових сензора без интервенције корисника, чиме је обезбеђен широк дијапазон примене. Уређај поседује разноврсно напајање и допуњиве батерије. На тај начин практично је обезбеђен висок степен аутономности уређаја. Подршка стандарду IEEE 1451, а посебно TEDS концепту омогућава самоадаптација уређаја на новоприкључене сензоре или актуаторе.

4. Примедбе на техничко решење

4.1 Суштинске примедбе

Немам суштинских примедби на ово техничко решење.

Косовска Митровица, 15. 1. 2013.

Рецензент



Проф. др Александар Јорић,
Технички факултет у Косовској Митровици

Fakultet tehničkih nauka, Čačku
Agronomski fakultet, Čačak
Elektrotehnički fakultet, Beograd

MODULARNI IEEE 1451 PAMETNI PRETVARAČ/MREŽNI DISTRIBUTER

Projekat: **Razvoj i modelovanje energetsko efikasnih, adaptibilnih,
višeprocesorskih i višesenzorskih elektronskih sistema male
snage**

Oznaka projekta: **TR32043**
Rukovodilac projekta: **Goran Dimić**

Vrsta dokumenta: **Tehnička dokumentacija projekta**
Stepen poverljivosti: **poverljivo - interno**

Odgovorno lice:

Randjić Siniša, e-mail: sinisa.randjic@gmail.com

Realizatori:

Pešović Uroš, Jovanović Željko, Randjić Siniša, Marković Dušan, Popović Ivan, Rajović
Vladimir, Jovičić Nenad

SADRŽAJ:

1	KRATAK OPIS TEHNIČKOG REŠENJA	3
2	STANJE U SVETU	5
3	DETALJNO TEHNIČKO REŠENJE.....	5
3.1	Uvod.....	5
3.2	Specifikacija sistema.....	6
3.2.1	Funkcionalni zahtevi	6
3.2.2	Interfejsi.....	6
3.2.3	Napajanje.....	8
3.2.4	Uslovi rada i mehaničke karakteristike	8
3.2.5	Cena	8
3.3	Arhitektura pretvarača	9
3.3.1	Arhitektura hardvera.....	9
3.3.2	Arhitektura softvera i softversko rešenje.....	12
3.4	Opis rešenja prototipa	15
3.4.1	Štampana ploča.....	15
3.4.2	Plastično kućište	15
3.5	Verifikacija prototipa	15
3.5.1	Verifikacija hardvera	15
3.5.2	Verifikacija softvera	16
3.5.3	Verifikacija sistema	17

1. KRATAK OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

Primena od (dd.mm.gggg): 01.02.2012. godine

Godina: 2012

Odgovorno lice: Siniša Randić

Opis:

Modularni IEEE 1451 pametni pretvarač/mrežni distributer predstavlja gradivni element mreža pametnih pretvarača koji na zahtev klijenta po IEEE 1451 standardu distribuira izmerene vrednosti sa priključenih senzora. Modularnost uređaja ogleda se u mogućnosti dodavanja različitih senzora na uređaj bez potrebe za hardversko – softverskim intervencijama od strane korisnika.

Uređaj je projektovan kao modularna platforma, kod koje se izborom senzora, tipa mikrokontrolera i izvora napajanja uređaj vrlo lako može prilagoditi željenoj aplikaciji, bez potrebe reprogramiranja uređaja od strane korisnika. Uređaj poseduje mogućnost komunikacije preko više digitalnih magistrala na koje se mogu priključiti različiti senzori i aktuatori. Takođe, na uređaj se mogu priključiti i analogni senzori i aktuatori preko odgovarajućih analognih ulaza/izlaza. Uređaj može imati dve uloge u mreži pametnih pretvarača, kao mrežni posrednik NCAP (Network Capable Application Processor) ili pametni pretvarač TIM (Tranducer Intelligent Module). Komunikacija između pametnih pretvarača i mrežnog posrednika odvija se preko radio primopredajnika kompatibilnog sa IEEE 802.15.4 standardom, koji se odlikuje malom potrošnjom energije i velikom otpornošću na interferencije od drugih bežičnih mreža. Mrežni posrednik je predviđen za povezivanje mreže pametnih pretvarača sa korisnikom putem Ethernet mreže. Uređaj se može napajati preko punjive baterije koja se puni preko fotonaponskog panela ili iz distributivne mreže preko odgovarajućeg adaptéra ili preko USB konektora računara. Pravilnim dimenzionisanjem fotonaponskog panela prema lokaciji na kojoj će uređaj biti postavljen može se postići praktično neograničena autonomija rada. Uređaj poseduje i sigurnosni „watchdog tajmer“ koji omogućuje da uređaj u havarijskim uslovima sam povrati potpunu funkcionalnost.

Softver je realizovan da podrži modularnost hardvera sa mogućnošću proširenja prihvatljivih senzora kroz dopunjene verzije softvera.

Tehničke karakteristike:

Ulagani napon:

4.5V ÷ 5.5V

BSM:

MRF24J40 IEEE 802.15.4 radio

Žična mreža:

Ethernet 100/10 BaseT

Integrirana baterija:

Li-Polymer, 1000mAh, 3.7V

Punjjenje baterije:

Fotonaponski panel

Kontroler:

NXP LPC 1768/ NXP LPC11U24

Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Agronomski fakultet, Čačak, Elektrotehnički fakultet,
Beograd

Tehničke mogućnosti:	Modularni IEEE 1451 pametni pretvarač/mrežni distributer omogućava distribuciju vrednosti mernih veličina sa senzora korisnicima koji mu pristupaju po IEEE 1451.0 standardu kao i putem HTML stranica.
Realizatori:	Pešović Uroš, Jovanović Željko, Randić Siniša, Marković Dušan, Popović Ivan, Rajović Vladimir, Jovičić Nenad
Korisnici:	Modularni IEEE 1451 pametni pretvarač/mrežni distributer će se koristi u istraživačkom radu na Fakultetu tehničkih nauka u Čačku i Agronomskom fakultetu u Čačku sa ciljem potencijalne upotrebe pametnih pretvarača u aplikacijama u poljoprivredi, praćenju ambijentalnog konfora, ali i u drugim aplikacijama gde je potrebno prikupiti vrednosti parametara sa određenog broja senzorskih čvorova i vršiti koncentraciju informacija.
Podtip rešenja:	Prototip (M85)

2. STANJE U SVETU

Na tržištu postoje uređaji koji izmerene vrednosti priključenih senzora distribuiraju preko HTTP protokola u vidu HTML stranica. Kompanija Comet proizvodi uređaje kojima se pristupa preko HTTP zahteva koji kao odgovor kreiraju HTML stranice sa prikazom izmerenih vrednosti sa priključenih senzora. Ovakvi uređaji su uglavnom projektovani sa tačno definisanim kombinacijama senzora bez mogućnosti zamene tipa senzora od strane korisnika. Kao takvi, ne mogu se prilagoditi različitim uslovima primene kao i zahtevima korisnika.

IEEE 1451 standard definiše skup otvorenih, mrežno nezavisnih komunikacionih interfejsa za povezivanje pametnih mernih pretvarača sa krajnjim korisnicima. Koliko je autorima tehničkog rešenja poznato ne postoji uređaj koji te vrednosti distribuirira po IEEE 1451 standardu.

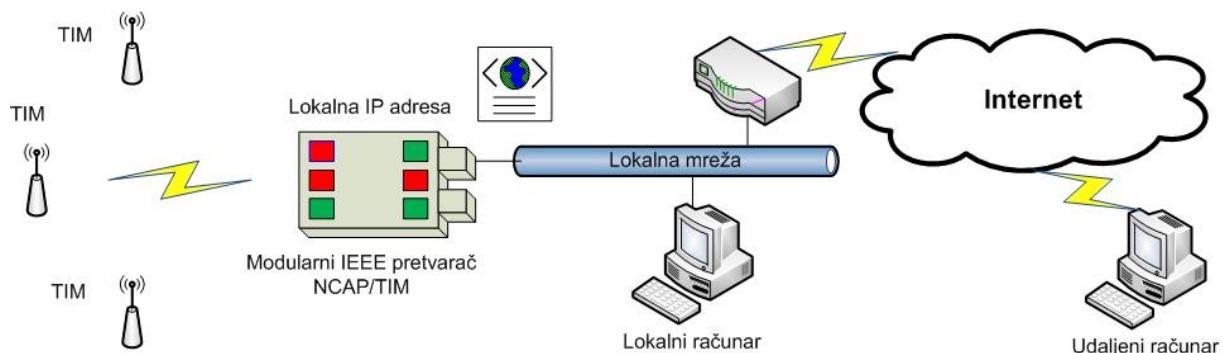
Realizovani uređaj predstavljen ovim tehničkim rešenjem daje mogućnost modularnosti u pogledu priključivanja senzora pri čemu se distribucija podataka obavlja na standardizovan način. Korisnici koji bi u svoje aplikacije želeli da implementiraju podatke sa ovog uređaja mogli bi poštovanjem procedura IEEE 1451 standarda da to urade na identičan način kao i za bilo koji drugi uređaj koji distribuirira podatke po ovom standardu.

3. DETALJAN OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

3.1 Uvod

Sa obzirom na rasprostranjenost Interneta merni uređaji čiji korisnički interfejs je prvenstveno namenjen korisnicima Interneta primenljiv je u velikom broju slučajeva. Distribucija mernih veličina sa udaljenih lokacija je trenutna i bez kašnjenja što je veoma značajno. Od priključenih senzora zavisi koje se vrednosti distribuiraju krajnjim korisnicima. Zato je veoma važno obezbiti promenu ili dodavanje senzora bez uticaja na krajnje korisnike. Standard IEEE 1451 obezbeđuje prikupljanje vrednosti parametara sa velikog broja različitih senzora na identičan način, jer se njime definiše skup otvorenih i mrežno – nezavisnih komunikacionih interfejsa za povezivanje pretvarača (senzora ili aktuatora) sa procesorima, instrumentacionim sistemima i upravljačkim mrežama u okviru industrijskih kompleksa. Značaj modularnih uređaja leži u mogućnosti automatizovanog prilagođavanja što većem skupu postojećih senzora za primene u različitim situacijama.

Modularni IEEE 1451 pametni pretvarač/mrežni distributer je zamišljen kao posrednik za prenos izmerenih vrednosti parametara sa priključenih senzora krajnjim korisnicima putem Interneta. Blok šema modularnog IEEE 1451 pretvarača prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Blok šema upotrebe modularnog IEEE pretvarača

Kao što je prikazano, uređaj je moguće implementirati u okviru lokalne mreže i pristupati mu sa nekog od računara u mreži ili ako server poseduje javnu IP adresu tada mu je Projekat TR 32043

moguće pristupati sa bilo koje lokacije u svetu koja ima pristup Internetu. Crvena i zelena boja na blok šemi uređaja označavaju hardverske interfejse za različite tipove senzora koji se priključuju direktno na uređaj. Pored ovih, postoji i mogućnost prikupljanja vrednosti sa udaljenih senzora bežičnim putem. Modularnost uređaja se ogleda u mogućnosti priključenja različitog broja i vrsta senzora. Svaki od priključenih senzora ima potpunu funkcionalnost neposredno pri priključivanju na uređaj i vrednosti koje se očitavaju sa njega su dostupne krajnjim korisnicima putem metoda propisanih IEEE 1451.0 standardom.

3.2 Specifikacija sistema

3.2.1 Funkcionalni zahtevi

Modularni IEEE 1451 pretvarač treba da pruži sledeće funkcionalnosti:

- **Priklučivanje u lokalne Ethernet mreže** – Modularni IEEE 1451 pretvarač mora da obezbedi lako priključivanje i konfigurisanje u Ethernet mreži preko Ethernet priključka
- **Radi kao WEB server** – Uređaj mora da radi kao WEB server da bi mogao da odgovori na zahteve
- **Prenos podataka** – Uređaj mora da obezbedi prenos podataka putem Interneta pomoću HTTP protokola
- **Podrška za standardne IEEE 1451.0 metode** – Da bi radio po IEEE 1451.0 standardu uređaj mora da obezbeđuje funkcionalnosti definisane po standardu da bi bio lako primenljiv u sistemima realizovanim po ovom standardu
- **Autonomija sistema** – Mogućnost napajanja sistema sa različitih spoljašnjih i unutrašnjih izvora napajanja
- **Razvojno okruženje** – Uređaj je razvijan kao modularan da bi ispunio što veći broj zahteva za priključivanje različitih senzora uz različite načine prikupljanja podataka sa istog.

3.2.2 Interfejsi

Razvojni sistem NXP LPC 1768 u sebi poseduje primopredajnik DP83848J za 10BaseT/100BaseTX Ethernet komunikaciju, koji zahteva odgovarajuću RJ-45 Ethernet priključnicu sa izolacionim transformatorima. Signalizacija uspešno uspostavljene Ethernet veze, kao i aktivnosti na Ethernet mreži signaliziraju se preko dve LED diode.

Komunikacija u mreži pametnih pretvarača odvija se pomoću radio primopredajnika MRF24J40MA koji su kompatibilni sa IEEE 802.15.4 standardom. Ovi primopredajnici rade na frekvenciji od 2.4GHz, na jednim od šesnaest dostupnih kanala sa brzinom prenosa od 250 kbps. Primopredajnici koriste tehniku proširenog spektra koja im omogućava nesmetan rad u ovom frekventnom opsegu koji koriste i WiFi i Bluetooth uređaji. Nominalna predajna snaga predajnika je 0dBm (1mW), dok je osetljivost prijemnika -94dBm, što omogućava prenos na razdaljinama do 120m u otvorenom prostoru ili 30m u zatvorenom prostoru. Za komunikaciju na većim razdaljinama, moguće je korišćenje primopredajnika veće snage i osetljivosti, kao što su MRF24J40MB i MRF24J40MC, koji su kompatibilni sa primopredajnikom MRF24J40MA i omogućavaju komunikaciju na otvorenom na razdaljinama do 1200 m ili oko 100 m u zatvorenom prostoru. MRF24J40MA predstavlja četvoroslojnu štampanu pločicu sa MRF24J40 primopredajnikom, prilagodim kolom i PCB antenom, čijim se korišćenjem izbegava izrada tehnološki zahtevne pločice. PCB antena je izrađena u gornjem bakarnom sloju koja ima dijagram zračenja sličan dipolnoj anteni.

Zračenje antene je najslabije duž centralne ose antene (X-ose), dok je duž ostale dve ose dijagram zračenja uniforman. Kako bi se obezbedila pouzdana komunikacija sa mrežom pametnih pretvarača, centralna X-osa antene, duž koje je zračenje antene najslabije, trebala bi biti usmerena vertikalno. Na taj način antena će imati uniformno zračenje u horizontalnoj

ravni, na kojoj će se nalaziti pametni pretvarači u mreži. Zahtevana orijentacija antene bi zahtevala povezivanje primopredajnika upravno na horizontalnu glavnu PCB ploču.

U tabeli 1 dat je pregled rasporeda kontakata na konektorima uređaja, koji omogućavaju povezivanje sa komunikacionim podsistemima.

Tabela 1. Raspored pinova na konektorima za komunikacione kartice

Oznaka konektora	Konektor	Broj pina	Naziv pina
J2	Ethernet	1	LEDA
		2	LEDB
		3	TPIN+ (RD+)
		4	TPIN- (RD-)
		5	TPOUT+ (TD+)
		6	TPOUT- (TD-)
		7	Vcc (3.3V)
		8	GND
J3	MRF24J40	1	Vcc (3.3V)
		2	GND
		3	NC
		4	INT
		5	RST
		6	NC
		7	MISO
		8	MOSI
		9	SCK
		10	SSEL

Pored komunikacionih interfejsa uređaj je opremljen i skupom digitalnih interfejsa preko kojih je omogućeno povezivanje sa inteligentnim senzorima. Raspored kontakata na odgovarajućim konektorima prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. Digitalne magistrale

Oznaka konektora	Digitalna magistrala	Broj pina	Naziv pina
J4	SMBus	1	GND
		2	SDA
		3	SCL
		4	Vcc
J5	SPI	1	VCC
		2	MISO
		3	MOSI
		4	SCK
		5	SSEL
		6	GND
J6	I ² C	1	Vcc
		2	SDA
		3	SCL
		4	GND
J8	UART	1	Vcc
		2	TX
		3	RX
		4	GND
J9	OneWire	1	Vcc
		2	DQ
		3	GND

Uredaj je opremljen i analognim ulazima gde se na jednom meri napon baterije kojom se napaja uređaj, dok se drugi može iskoristiti za neki analogni senzor.

mBed razvojni sistem na sebi poseduje mini USB interfejs koji se može iskoristiti za potrebe programiranja uređaja sa računara ili za komunikaciju sa računarom putem USB virtuelne serijske veze.

3.2.3 Napajanje

Uredaj se napaja pomoću jednosmernog napona u opsegu od 4.5V do 5.5V. Ovaj napon se može dovoditi preko konektora za napajanje ili putem USB konektora na samom razvojnom sistemu. Izvor jednosmernog napajanja može biti mrežni ispravljač ili fotonaponski panel sa Litijum-polimer baterijom i odgovarajućim naponskim konvertorom. Senzori i periferne kartice napajani su putem internog regulatora u mBed razvojnom sistemu od 3.3V koji dozvoljava izlaznu struje do 800 mA. Raspored signala na konektoru za napajanje dat je u tabeli 3.

Tabela 3. Raspored pinova na konektoru za napajanje

Oznaka konektora	Konektor	Redni broj pina	Naziv pina
J1	Power	1 2 3	Vin Vbat GND

3.2.4 Uslovi rada i klimo – mehaničke karakteristike

Uredaj može raditi u širem opsegu radnih temperatura od -30°C do +50°C.

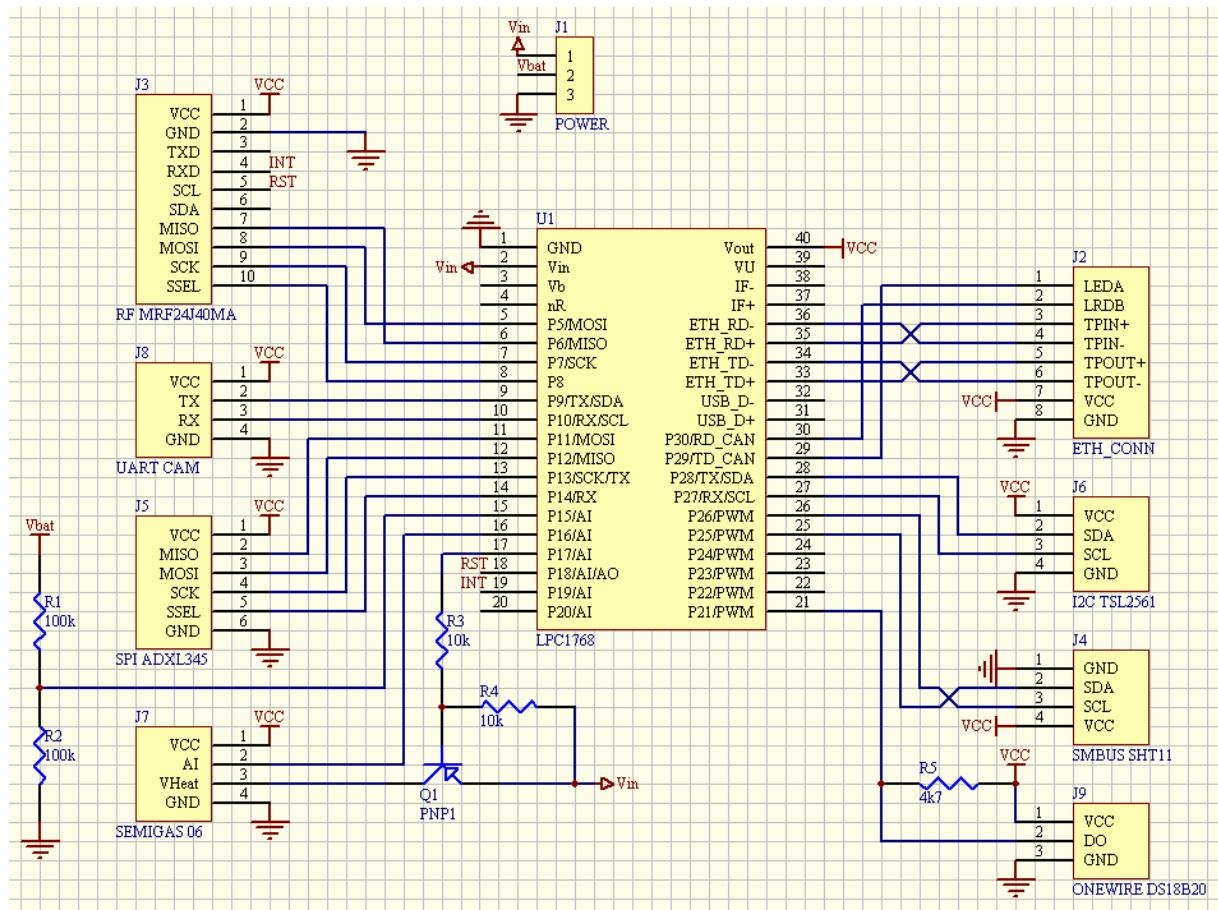
3.2.5 Cena

Cena uređaja zavisi od konfiguracije odabranih senzora i odabranog načina napajanja. Cena uređaja sa Ethernet komunikacionim modulom i SHT11 senzorom temperature i relativne vlažnosti vazduha, napajanog preko mrežnog adaptera iznosi oko 100 €.

3.3 Arhitektura pretvarača

3.3.1 Arhitektura hardvera

Uredaj je projektovan kao modularna platforma, kod koje se izborom senzora, mikrokontrolera i izvora napajanja uređaj vrlo lako može prilagoditi ciljanoj aplikaciji. Električna šema uređaja data je na Slici 2.



Slika 2. Električna šema uređaja

Uredaj može imati dve uloge u mreži pametnih pretvarača:

- kao mrežni posrednik NCAP ili
- pametni pretvarač TIM.

Uredaj je zasnovan na mBed razvojnim sistemima koje bi korisnik mogao prilagoditi svojim potrebama povezivanjem odgovarajućih senzorskih, aktuatorских i komunikacionih modula. mBed mikrokontrolerski razvojni sistemi namenjeni su za brz, fleksibilan i jednostavan razvoj mikrokontrolerskih aplikacija. Ovi razvojni sistemi projektovani su u obliku 40-pinskih 0.1" DIP kućišta koja omogućavaju lako povezivanje sa laboratorijskim uređajima ili PCB pločama koje ne zahtevaju visoku tehnologiju izrade. Razvojni sistemi su dostupni u dve varijante:

- NXP LPC11U24 koji je namenjen za jednostavnije aplikacije na baterijski napajanim uređajima i
- NXP LPC1768 koji je namenjen za kompleksije aplikacije koje uključuju komunikaciju putem Etherneta, CAN-a ili USB-a.

Uporedne karakteristike oba razvojna sistema predstavljene su u tabeli 4.

Tabela 4. Uporedne karakteristike mbed razvojnih sistema

RAZVOJNI SISTEM	NXP LPC11U24	NXP LPC1768
Tip procesorskog jezgra	ARM Cortex-M0	ARM Cortex-M3
Radna frekvencija	48 MHz	96 MHz
FLASH memorija	32 KB	512 KB
RAM memorija	8 KB	32 KB
Potrošnja struje	1÷16 mA	60÷120 mA
Ethernet	✗	✓
USBHost	✗	✓
USBDevice	✓	✓
SPI	✓(2)	✓(2)
I2C	✓(1)	✓(2)
UART	✓(1)	✓(3)
CAN	✗	✓(2)
Analogni ulaz	✓(6)	✓(6)
Analogni izlaz	✗	✓(1)
PWM izlaz	✗	✓(6)

TIM uređaji bi koristili LPC11U24 razvojne sisteme koji bi putem MRF24J40MA IEEE 802.15.4 radija na 2.4GHz komunicirao sa NCAP uređajem. Ukoliko se uređaji koriste u aplikacijama unutar objekata, bili bi napajani putem mreže ili baterije, a ukoliko bi se koristili na otvorenom prostoru mogu se napajati i putem fotonaponskog panela i punjive baterije. TIM uređaji omogućavaju interakciju sa nizom senzora putem različitih interfejsa: SPI, I²C, UART, SMBus, OneWire, kao i putem analognih ulaza.

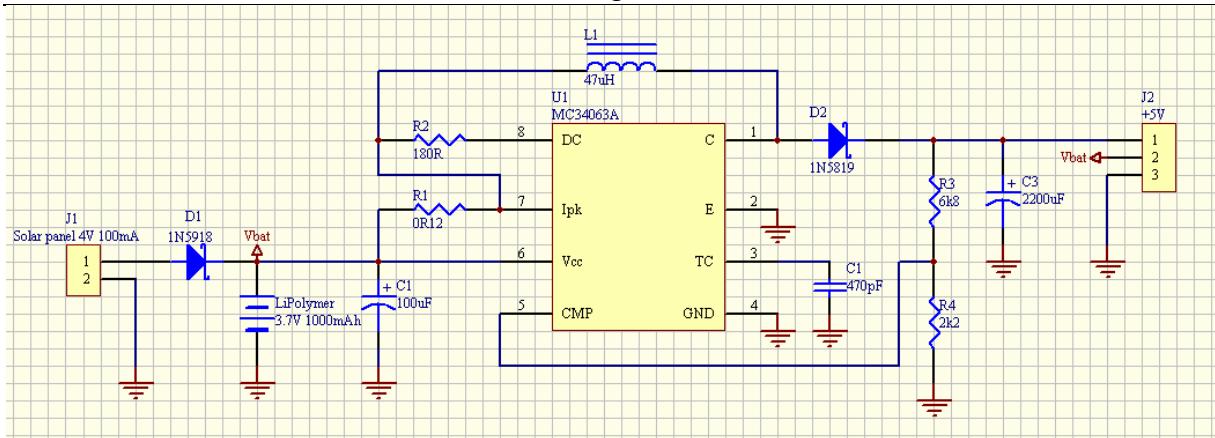
Za NCAP uređaje koristi se NXP LPC1768 razvojni sistem koji bi putem MRF24J40MA IEEE 802.15.4 radija na 2.4 GHz komunicirao sa TIM uređajima u mreži. Takođe, on bi putem Ethernet mreže bio povezan u računarsku mrežu preko koje bi dobijao zahteve od korisnika. Ethernet mreža može predstavljati deo računarske mreže ili preko nje uređaj može biti povezan u neku šиру mrežu putem GPRS, ADSL ili WIFI rutera.

Baterijsko napajanje uređaja sastoji se od Litijum-polimer baterije napona 3.7V, kapaciteta 1000mAh. Baterija je prizmatičnog oblika malih dimenzija i u sebi poseduje zaštitu elektroniku koja je štiti od prepunjavanja (baterija se isključuje kada napon na njoj pređe 4.2V), predubokog pražnjenja (baterija se isključuje kada napon na njoj padne ispod 2.4V), prekostrujnu zaštitu (baterija se isključuje kada izlazna struja pređe 2A). U tabeli 5 date su karakteristike Lithium – polymer baterije.

Tabela 5. Karakteristike Lithium-polymer baterije

Parametar	Vrednost
Dužina	63 mm
Širina	44 mm
Visina	4 mm
Radni napon	3.7 V
Kapacitet	1000 mAh
Napon prekidanja punjenja	4.2 V
Napon prekidanja pražnjenja	2.4 V
Maksimalna struja	2 A

Napon baterije se preko integrisanog boost konvertora podiže na 5V sa kojim se napaja mbed mikrokontrolerski sistem. Boost konvertor poseduje visoku energetsku efikasnost od 85% za širok opseg ulaznih napona. Električna šema solarnog napajanja prikazana je na Slici 3.



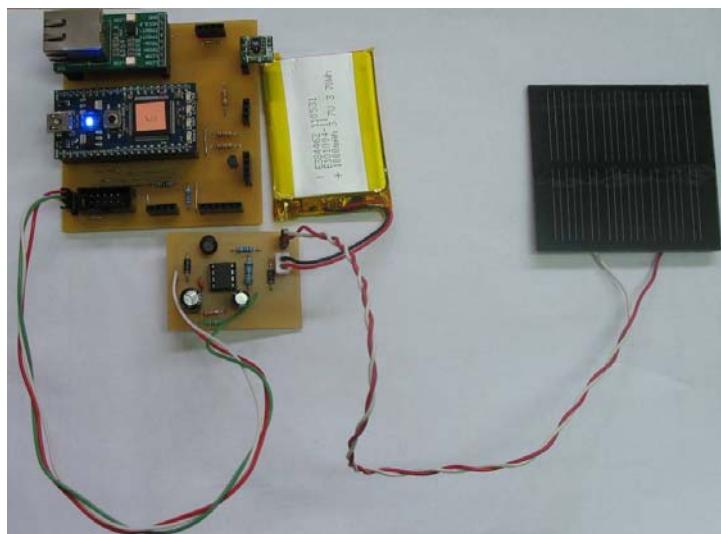
Slika 3. Električna šema solarnog napajanja

Baterija se puni preko fotonaponskog panela koji je na nju priključen preko Schottky diode, kako bi se spričilo pražnjenje baterije tokom noći kroz fotonaponski panel. Karakteristike korišćenog monokristalnog silicijumskog fotonaponskog panela prikazane su u tabeli 6.

Tabela 6. Karakteristike fotonaponskog panela na standardnim testnim uslovima (intenzitet zračenja $1000W/m^2$, spektar AM1.5, temperatura $25^\circ C$)

Parametar	Vrednost
Dužina	70 mm
Širina	65 mm
Visina	3.2 mm
Napon otvorenog kola (V_{oc})	4.6 V
Struja kratkog spoja (I_{sc})	105 mA
Napon pri maksimalnoj snazi (V_{pm})	4 V
Struja pri maksimalnoj snazi (I_{pm})	100 mA
Maksimalna snaga (P_{max})	400 mW

Baterija se puni samo kada napon panela premaši napon baterije i napon Schottky diode, pa će se baterija puniti samo pri relativno visokim vrednostima solarnog zračenja, tj. tokom sunčanih dana. Napajanje uređaja Lithium-polymer baterijom i fotonaponskim panelom prikazano je na Slici 4.



Slika 4. Napajanje uređaja Lithium-polymer baterijom i fotonaponskim panelom

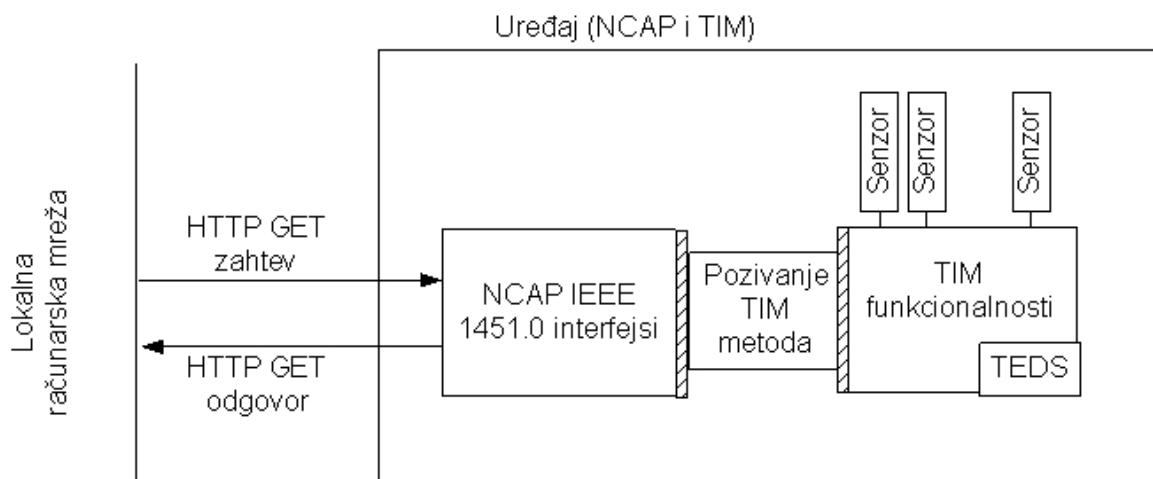
3.3.2 Arhitektura softvera i softversko rešenje

Povezivanje mernih pretvarača u cilju distribucije podatka u različitim mrežnim okruženjima zahteva poštovanje određenih standarda. Funkcionalnosti uređaja kojima se obezbeđuje pristup podacima treba da budu u skladu sa standardom IEEE 1451.0. Prema datom standardu sistem se sastoji od:

- Transducer Interface Module (TIM)
- Network Capable Application Processor (NCAP)

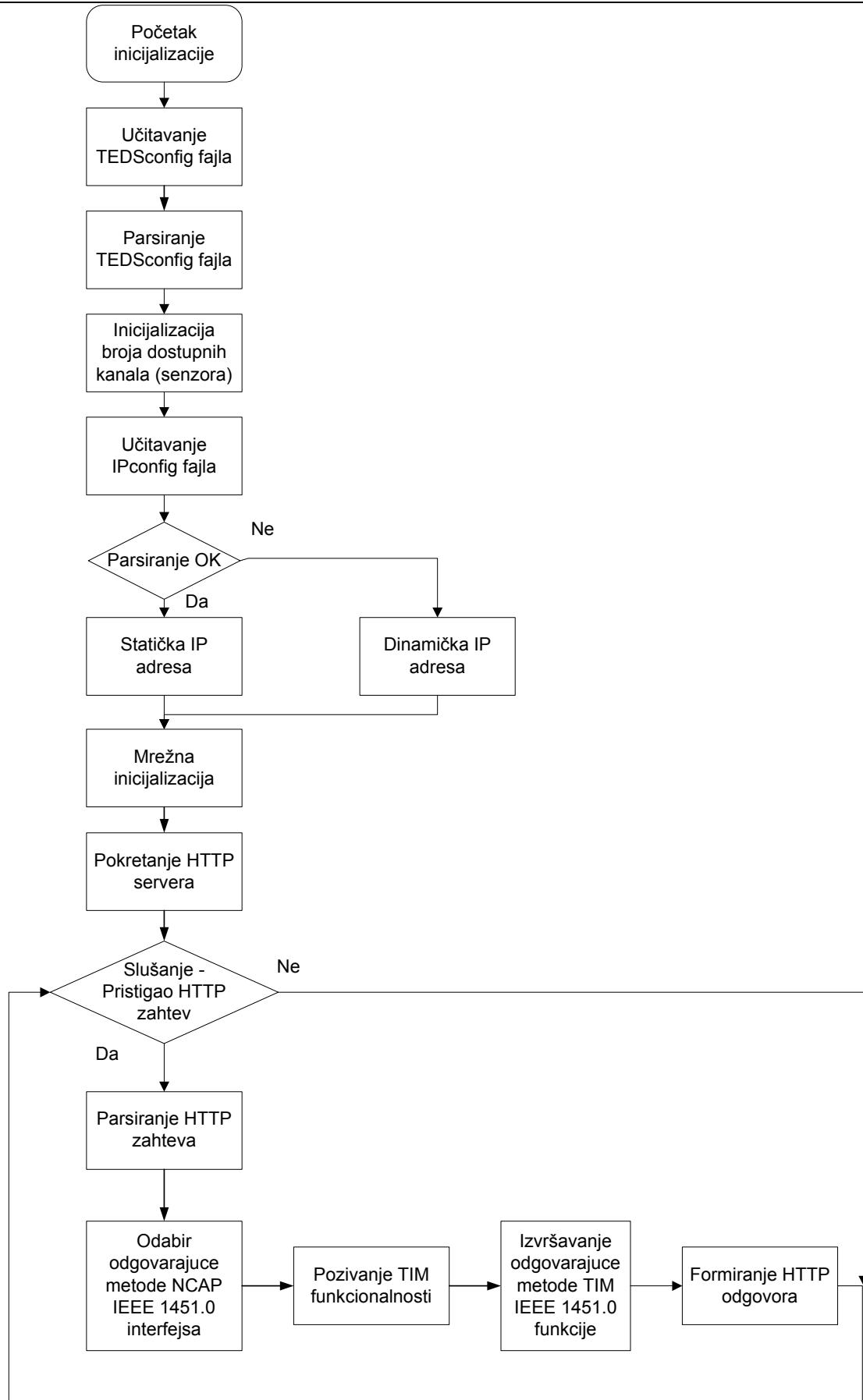
TIM predstavlja uređaj koji je u direktnoj interakciji sa svojom okolinom putem senzora i aktuatora. TIM može posedovati do 255 nezavisnih senzora i aktuatora. NCAP kontroliše određeni broj TIM-ova i predstavlja posrednika između TIM-ova i korisničke aplikacije. Veza između NCAP-a i TIM-a ostvaruje se putem Transducer Independent Interface-a (TII) koji definiše komunikacioni medijum i protokole za transfer informacija prema IEEE 1451.X standardima.

Softverska podrška na ovom uređaju realizovana je tako što se metode koje definišu funkcionalnosti za NCAP i TIM nalaze na istoj mBed platformi. Kod ovog koncepta akcenat je bio na NCAP 1451.0 sloju kako bi se preko njegovog interfejsa obezbedio pristup podacima za korisničke aplikacije. Drugi segment programske podrške odnosi se na programsku logiku koja definiše funkcionalnosti TIM modula. Blok šema IEEE 1451.0 uređaja prikazana je na Slici 5.



Slika 5. Blok šema IEEE 1451.0 uređaja

Softverska podrška za uređaj realizovana je pomoću C/C++ integrisanog razvojnog okruženja koje je dostupno preko mBed Internet prezentacije. Uz pomoć navedenog razvojnog okruženja napisani kod je kompajliran i prenet na mBed mikrokontroler na kome se izvršava. Softversko rešenje sastoji se od WEB servera, zatim metoda koje čine NCAP IEEE 1451.0 interfejs na jednoj strani i metoda koje definišu TIM funkcionalnosti. Uprošćeni algoritam koji opisuje softver realizovanog uređaja prikazan je na Slici 6.



Slika 6. Algoritamski prikaz softverskog rešenja

Pri pokretanju uređaja prvo se vrši inicijalizacija tako što sam uređaj proverava koji su senzori dostupni odnosno koji su senzori priključeni na njega. Navedena aktivnost se sprovodi učitavanjem i analizom *TEDSconfig.txt* datoteke u kojoj se nalazi lista podržanih TEDS-ova senzora koji se mogu priključiti na uređaj. Nakon izvršene analize proverava se koji od tih TEDS datoteka je prisutan u memoriji uređaja. Broj pronađenih datoteka predstavlja broj priključenih senzora. Nakon ovoga se na zahtev korisnika može pristupiti dostupnim kanalima (senzorima) i izvršiti očitavanje izmerenih vrednosti.

Nakon toga nastavlja se dalje sa postupkom mrežnih podešavanja kako bi HTTP server mogao biti pokrenut. Za pokretanje HTTP servera na mBed razvojnom okruženju korišćene su funkcionalnosti biblioteka EthernetNetIf i HttpServer. Pomoću EthernetNetIf klase uređaju se može dodeliti statička IP adresa od strane korisnika ili dinamička IP adresa od DHCP servera. Statička dodela IP adrese pomoću EthernetNetIf biblioteke realizuje se konstruktorom sledećeg formata:

EthernetNetIf(IpAddr ip, IpAddr netmask, IpAddr gateway, IpAddr dns)

Mrežni parametri odnosno IP adresa uređaja se učitava iz fajla *IPconfig.txt*. Na osnovu njihovih vrednosti inicijalizuju se mrežna podešavanja i pokreće se HTTP server. Ukoliko je sadržaj *IPconfig.txt* fajla prazan, koristi se konstruktor bez parametara na osnovu koga se dobija dinamička IP adresa od strane DHCP servera. Problem sa dinamičkom IP adresom je u tome što DHCP server dodeljuje adresu iz nekog opsega vrednosti pa je dodeljena IP adresa za pristup uređaju nepoznata.

Pri pokretanju HTTP servera za svaku specificiranu URL putanju dodaje se odgovarajući *handler*, pomoću metode addHandler(), koji će obraditi pristigne HTTP zahteve. Na kraju inicijalizacije podešava se port na kome će server primati upućene zahteve.

Na osnovu dobijenog zahteva pristupa se metodama NCAP interfejsa. Od funkcionalnosti koje pruža uređaj, a definisane su kao metode NCAP-a su:

- Metoda za čitanje izmerenih vrednosti u okviru TedsManager interfejsa
Args::UInt16 readData(in *Args::UInt16 transCommId*, in *Args::TimeDuration time-out*, in *Args::UInt8 SamplingMode*,
out *Args::ArgumentArray result*);
- Metoda za čitanje TEDS-a u okviru TedsManager interfejsa
Args::UInt16 readTeds(in *Args::UInt16 transCommId*,
in *Args::TimeDuration time-out*,
in *Args::UInt8 tedsType*, out *Args::ArgumentArray teds*);
- Metoda za čitanje broja kanala u okviru TimDiscovery interfejsa
*Args::UInt16 reportChanel*s(in *Args::UInt16 timId*,
out *Args::UInt16Array channelIds*,
out *Args::StringArray names*);

Funkcionalnosti TIM-a su definisane kao metode preko kojih se vrši direktno merenje prozivanjem ulaza mBed-a na kojima su priključeni senzori. Pored direktnog merenja potrebno je imati i informacije o senzorima odnosno pretvaračkim kanalima na kojima se vrši merenje. Ključni elemenat kojim se opisuje senzorski uređaj je elektronski dokument Transducer Electronic Data Sheets (TEDS) koji se čuva u njegovoj memoriji. Postoji više tipova TEDS datoteka. Jedna od njih je Meta TEDS koja sadrži sve informacije potrebne za pristup kanalima pretvarača, kao i podatke koji su zajednički za sve kanale.

Pored navedenog na mBed-u nalaze se odgovarajući dokumenti (*TransducerChannel TEDS*) koji opisuju svaki od senzora koje su priključeni. *TransducerChannel TEDS* pruža dostupnost svim informacijama koje se tiču pretvaračkih kanala kako bi bio omogućen njihov

pravilan rad. Razne konfiguracije priključenih senzora zahtevaju različite TEDS-ove čije čitanje treba implementirati kroz napred navedene metode.

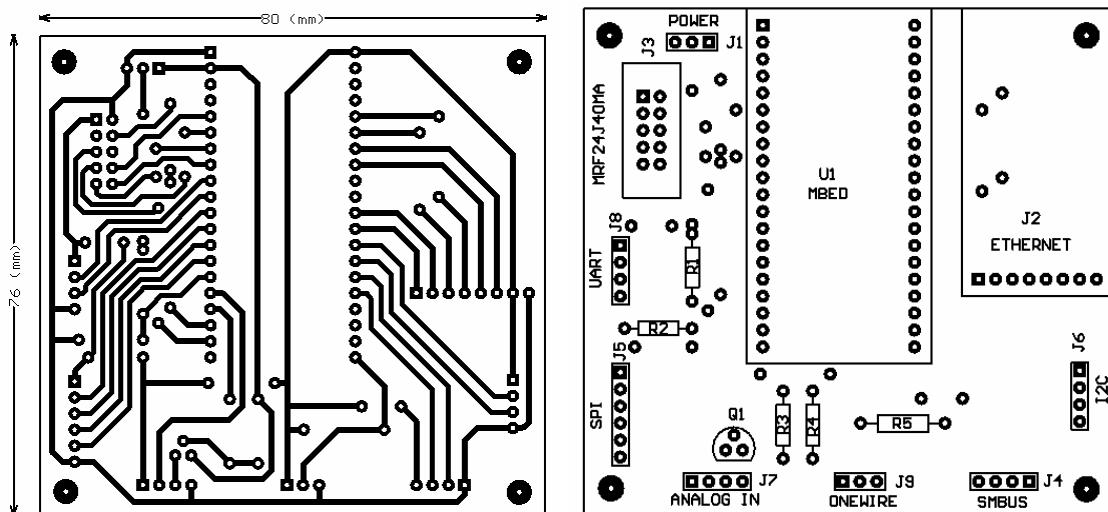
Za sve predviđene senzore kreirani su podrazumevani TEDS-ovi koji se distribuiraju na CD-u uz uređaj. Na ovaj način se vrši i proširenje skupa prihvatljivih senzora za ovaj modularni uređaj.

Pristup podacima koje obezbeđuje ovaj uređaj može se izvršiti na dva načina. Prvo može se uputiti zahtev ka uređaju poštovanjem standarda IEEE 1451.0 iz spoljašnje mreže i dobiti odgovor u XML formatu. Ovaj način je prikladan za korisničke aplikacije koje analizirane podatke iz XML datoteke koriste unutar aplikacije ili distribuiraju dalje. Drugi način je kreiranje forme odgovora u obliku HTML stranice sa formatiranim ispisom vrednosti dobijenih sa svih priključenih senzora. Ovakvo kreirana stranica može biti uključena i kao okvir u bilo koju WEB aplikaciju.

3.4 Opis rešenja prototipa

3.4.1 Štampana ploča

Na osnovu električne šeme uređaja izrađena je jednostrana štampana ploča na pertinaku. Štampana ploča je širine 80mm i dužine 76mm. Konektori za komunikacione module i senzorske module nalaze se na obodu štampane pločice što omogućava lako priključenje senzora. Štampana ploča i raspored elemenata na štampanoj ploči prikazani su na Slici 7.



Slika 7. Štampana ploča i raspored elemenata na štampanoj ploči

3.4.2 Plastično kućište

Uređaj može biti smešten u standardno kućište izrađeno od plastike sa uvodnicima za priključenje senzora i komunikacionih kablova, spoljašnjih dimenzija 160x160x65 mm.

3.5 Verifikacija prototipa

3.5.1 Verifikacija hardvera

Verifikacija hardvera je vršena prema definisanim procedurama, a merenja su vršena na mernim mestima na realizovanom uređaju:

- Prva procedura se odnosi na vizuelni pregled štampane ploče i obuhvata proveru kvaliteta štampanih veza i lemova kao i prisutnost i pravilnost orientacije komponenti. Utvrđeno je da su kvalitet štampanih veza i lemova na

zadovoljavajućem nivou kao i da su sve prisutne komponente pravilno orijentisane.

- Druga procedura se odnosi na proveru kvaliteta napajanja u sistemu. Prva faza ove procedure je omska provera napajanja kojom je potvrđeno da nema kratkih spojeva u projektu. Sledеća faza je provera pojedinačnih napajanja pre povezivanja sa ostatkom ploče, koja je pokazala da napajanja generišu napon u specificiranim granicama. Merenje napona napajanja nakon povezivanja sa ostatkom ploče se vršilo pri aktivnom reset signalu i utvrđeno je da su svi naponi u specificiranim granicama.
- Treća procedura predstavlja proveru funkcionalnosti kola za resetovanje. Utvrđeno je da ovo kolo drži aktivnim signal za resetovanje dok je pritisnut odgovarajući taster.
- Četvrta procedura je provera tačnosti signala takta. Tačnost takta mikrokontrolera proverena je vizuelnim putem preko LED diode koja je u softveru bila podešena da trepće sa intervalom 1s, što je vizuelnim putem i potvrđeno.
- Petom procedurom je verifikovana USB komunikacija između računara i mBed razvojnog sistema. Komunikacija je uspešno izvršena, mBed razvojni sistem se na računar prijavio kao Flash disk.
- Šesta procedura je verifikacija serijskih interfejsa. U mikrokontroler je učitan kod koji je slao određene informacije periferijama i očitavao primljene informacije.
- Poslednja, sedma procedura je bila provera potrošnje uređaja. U mikrokontroler je učitana aplikacija za prikaz izmerenih vrednosti temperature i relativne vlažnosti vazduha putem HTML stranice, pri čemu je izmerena prosečna potrošnja energije koja iznosi 195mA.

3.5.2 Verifikacija softvera

Verifikacija softvera, kroz očitavanje vrednosti parametara od značaja vršena je pri radu uređaja praćenjem ispisa kontrolnih vrednosti preko TeraTerm serijske terminalne aplikacije i "browsera" računara iz lokalne mreže.

- Prva procedura se odnosi na testiranje inicijalizacije mrežnih parametara uređaja parsiranjem datoteke IPconfig.txt. Vrednosti mrežnih parametara se ispisuju na konzoli TeraTerm aplikacije gde se upoređuju sa sadržajem datoteke.
- Druga procedura se odnosi na testiranje dostupnosti uređaja u lokalnoj mreži na IP adresi preuzetoj iz IPconfig.txt datoteke. Testiranje je izvršeno slanjem ping zahteva sa računara iz lokalne mreže.
- Treća procedura se odnosi na testiranje dostupnosti uređaja preko „browsera“ tj. uspešno pokretanjem HTTP servera na uređaju. Testiranje je izvršeno kreiranjem HTTP GET zahteva na IP adresu uređaja preuzetu iz IPconfig.txt datoteke.
- Četvrta procedura se odnosi na testiranje uspešnosti analize TEDSconfig.txt datoteke i prebrojavanjem prisutnih ChannelTEDS-ova na memoriji uređaja. Testiranje je izvršeno nekoliko puta sa različitim brojem prisutnih ChannelTEDS-ova uz ispis broja na konzoli TeraTerm aplikacije.
- Peta procedura se odnosi na testiranje ugrađenih biblioteka za rad sa priključenim senzorima. Povratne vrednosti metoda ispisuju se na konzoli TeraTerm aplikacije.

- Šesta procedura se odnosi testiranje TIM funkcionalnosti prikaza TEDS datoteka. Na pristigli zahtev sadržaj TEDS datoteke prikazuje se na konzoli TeraTerm aplikacije i proverava se njegova korektnost.

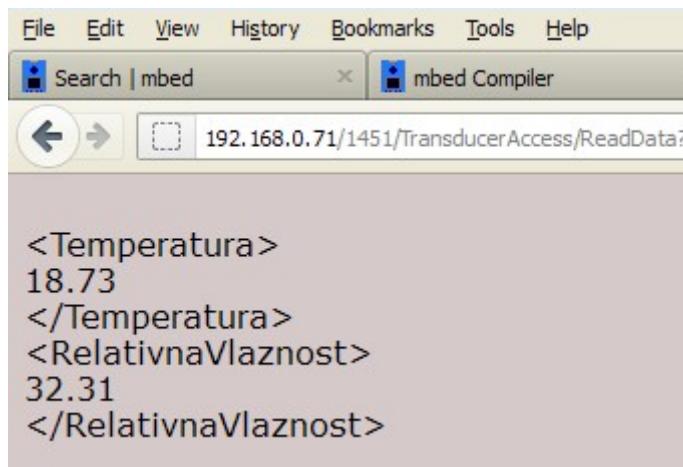
3.5.3 Verifikacija sistema

Verifikacija sistema podrazumeva proveru funkcionalnosti uređaja u celini.

Test procedure

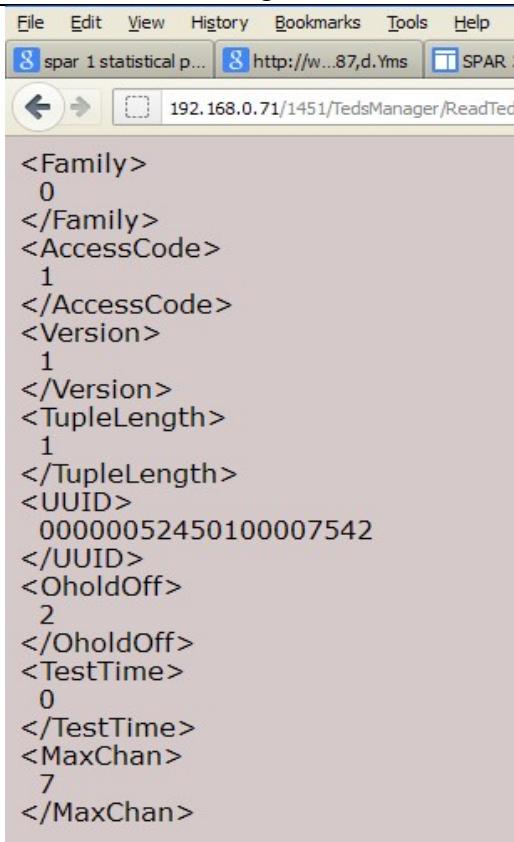
Testiranje uređaja izvedeno je sa priključenim SHT11 senzorom i dodeljenom IP adresom 192.168.0.71 pomoću *IPconfig.txt* datoteke. Testiranjem se vrši verifikacija odgovora uređaja:

- u XML formatu na zahteve po IEEE 1451.0 standardu. Za ovu svrhu korišćena je pomoćna WEB aplikacija postavljena na WEB serveru unutar lokalne mreže.
 - Format URL zahteva za čitanje broja dostupnih kanala
<http://192.168.0.71/1451/Discovery/TransducerDiscovery?timId=1&resp=xml>
Kao odgovor dobija se 1 što predstavlja broj dostupnih kanala.
 - Format URL zahteva za čitanje vrednosti senzora sa kanala 1 prikazan je ispod, a format XML odgovora prikazan je na Slici 8.
<http://192.168.0.71/1451/TransducerAccess/ReadData?transChannelId=1&time-out=5&samplingMode=5&resp=xml>



Slika 8. Prikaz dobijenih rezultata u XML formatu

- Format URL zahteva za čitanje sadržaja TEDS datoteke za prosleđeni parametar *tedsType=1* koji naznačava da je tip MetaTEDS.
<http://192.168.0.71/1451/TedsManager/ReadTeds?tedsType=1>
Odgovor na zahtev za prikaz MetaTEDS-a realizovanog uređaja prikazan je na Slici 9.



The screenshot shows a web browser window with the URL <http://192.168.0.71/1451/TedsManager/ReadTeds>. The page displays the XML configuration of a MetaTEDS device, which includes fields for Family (0), AccessCode (1), Version (1), TupleLength (1), UUID (00000052450100007542), HoldOff (2), TestTime (0), and MaxChan (7).

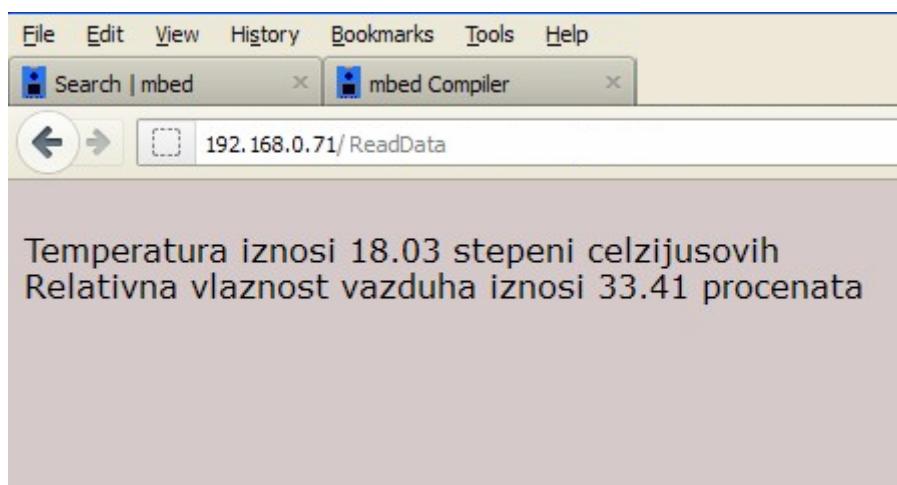
```
<Family>
  0
</Family>
<AccessCode>
  1
</AccessCode>
<Version>
  1
</Version>
<TupleLength>
  1
</TupleLength>
<UUID>
  00000052450100007542
</UUID>
<HoldOff>
  2
</HoldOff>
<TestTime>
  0
</TestTime>
<MaxChan>
  7
</MaxChan>
```

Slika 9. Prikaz MetaTEDS realizovanog uređaja

- u HTML formatu na HTTP GET zahtev upućen preko browsera računara u lokalnoj mreži kada se uređaj ponaša kao WEB server.
- Format URL zahteva kojim se dobija formatirani ispis vrednosti svih priključenih senzora:

<http://192.168.0.71/ReadData>

HTML odgovor uređaja za priključeni SHT11 senzor prikazan je na Slici 10.



Slika 10. HTML odgovor uređaja za priključen SHT 11 senzor

Sve test procedure su uspešno izvršene. Pokazalo se da uređaj u potpunosti ispunjava funkcionalne zahteve.



Универзитет у Крагујевцу
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
Чачак

У Чачку, 29. јануара 2013. године

У име Факултета техничких наука у Чачку, Универзитета у Крагујевцу потврђује
се да је:

Модуларни IEEE 1451 паметни претварач/мрежни диструбутер

техничко решење у категорији M85 (прототип), реализован од стране Уроша Пешовића, Жељка Јовановића, Синише Ранђића (Факултет техничких наука у Чачку), Душана Марковића (Агрономски факултет у Чачку), Ивана Поповића, Владимира Рајовића и Ненада Јовичића (Електротехнички факултет, Београд) коришћен за потребе истраживања на пројекту **TP32043 – Развој и моделовање енергетских ефикасних, адаптибилних, вишепроцесорских и вишесензорских система мале снаге**, који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Резултати примене реализованог система представљени су домаћој и иностраној научној и стручној јавности. Одговарајуће референце су саставни део Извештаја о резултатима Пројекта у току друге године реализације.

Лабораторија за рачунарску технику

проф. др Синиша Ранђић

Декан Факултета техничких наука

проф. др Јерослав Живанић

