



Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za elektroničke sustave i obradu informacija  
Sveučilište u Zagrebu

# Kućni Asistent



- Δ Kućna Automatizacija
- Δ Osnove i hijerarhija komunikacijskih sustava
- Δ Web 2.0

## Sažetak

Kućni Asistent je sustav zamišljen da pruža korisniku nadzor, upravljanje i automatizaciju nad cijelom kućom u realnom vremenu. Sastoji se od Jezgre, Agregatora i senzorskih odnosno aktuatorskih modula, uz dva fizička sloja, *Ethernet* i *Wireless*, s kojima postižemo da je Jezgra protokolarno neovisna o sensorima i aktuatorima te ju time rasterećujemo dok se ona brine o kontroli pristupa, prikazu informacija, automatizaciji te naposljetku o dobrobiti kućanstva.

## Sadržaj

1. UVOD .....	3
2. OPIS SUSTAVA.....	4
1.1. Jezgra .....	6
1.2. Korisničko sučelje .....	7
1.2.1. Kontrola pristupa.....	7
1.2.2. Glavni prikaz sustava .....	8
1.2.3. Reaktor.....	9
1.3. Komunikacijska hijerarhija .....	10
1.4. Agregator .....	11
1.5. Senzorski i aktuatorski moduli .....	13
3. ZAKLJUČAK .....	17
4. LITERATURA .....	17
5. POJMOVNIK .....	18

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uvijek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

## 1. Uvod

Kućni Asistent je distribuirana multimrežna infrastruktura za nadzor, upravljanje i automatizaciju u realnom vremenu raznih aspekata građevine ovisno o konkretnoj primjeni.

Kućni Asistent je modularno distribuiran sustav, gdje je funkcionalnost ograničena samo brojem modula te njihovom složenosti, te je kao takav zamišljen da sadrži jezgru čija je zadaća prikupljanje i distribucija informacija modulima, te koja predstavlja sučelje preko kojeg korisnik na jednom mjestu pristupa svim aspektima koji su pod kontrolom Kućnog Asistenta.

Korisnik je u mogućnosti:

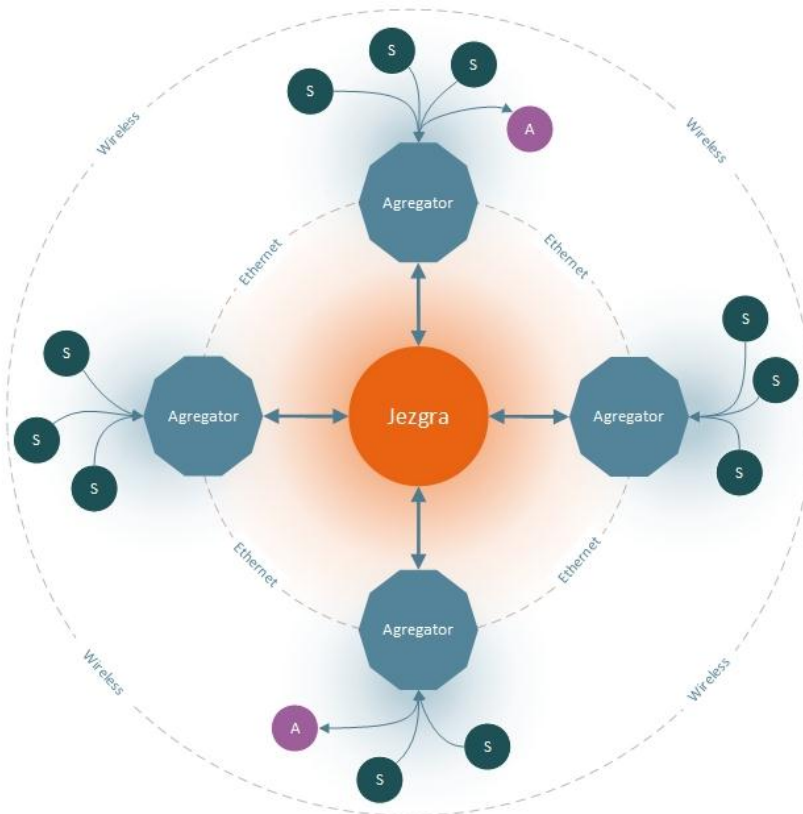
- Nadzirati – pregled u realnom vremenu nad svim senzorskim modulima razmještenima po građevini
- Upravlјati – mogućnost upravlјanja svim aktuatorskim modulima razmještenima po građevini
- Automatizirati – automatsko upravlјanje aktuatorskim modulima ovisno o stanju senzorskih modula bez potrebe za interakcijom korisnika

Primjeri senzorskih modula su senzori: temperature, vlage, koncentracije plinova, intenziteta svjetlosti, pokreta, itd.

Primjeri aktuatorskih modula: kontrola pristupa preko vrata, kontrola rasvjete, kontrola temperature i vlažnosti prostorija, itd.

Kućni Asistent primarno korisnicima neke građevine olakšava boravak na način da detektira određene obrasce ponašanja i upravlјanja građevinom te na osnovi istih uz korisnikovu interakciju ponavlјa radnje te omogućuje automatizirani pristup upravlјanju različitim aspektima građevine.

## 2.Opis sustava



**Slika 1. Blok dijagram Kućnog Asistenta**

Kućni Asistent se sastoji od više sklopovskih i programskih cjelina, gdje svaka ima određenu funkcionalnost neovisno jedna o drugoj, što je vidljivo iz blok dijagrama. Detalji o načinu komuniciranja između tih cjelina su pojašnjeni u poglavlju Komunikacija.

Stoga hijerarhijski Kućni Asistent možemo podijeliti na sljedeće sklopovske cjeline:

- Jezgra
- Agregatori
- Senzorski moduli
- Aktuatorski moduli

Općenito, Jezgra komunicira sa Agregatorima koji prikupljaju informacije od različitih senzorskih i aktuatorskih modula. U kontekstu neke građevine, svaka grupa koju kontrolira Kućni Asistent sadrži nekoliko

senzorskih i/ili akuatorskih modula, te obavezno jedan Agregator. Stoga se svaka grupa gleda kao zasebna cjelina koja ne komunicira sa drugim grupama direktno, već preko Agregatora. Agregatori prenose svu informaciju koju posjeduju Jezgri, koja onda obrađuje i pohranjuje te podatke. Primjer je vidljiv na slici 2.



**Slika 2. Primjer hijerarhijske podjele Kućnog Asistenta**

## 1.1. Jezgra

Jezgra (engl. *Core*) (u danjem tekstu Jezgra) je glavna sklopovska pa tako i programska cjelina Kućnog Asistenta.

Zahtjevi koje Jezgra mora ispunjavati su:

- da korisnik može pristupiti sustavu preko WAN-a (engl. *Wide Area Network* – odnosi se na Internet) i LAN-a (engl. *Local Area Network* – odnosi se na lokalnu računalnu mrežu), te stoga Jezgra mora imati *Ethernet* priključak sa pripadajućim TCP/IP složajem i Web poslužiteljem
- da bi efikasno prikazivali podatke korisniku preko Web sučelja, Jezgra mora imati neku vrstu baze podataka
- da bi se sva informacija mogla obraditi u realnom vremenu, Jezgra mora koristiti aplikacijski procesor i neki od *Unix* ili *Linux* operacijskih sustava
- komunikacija sa ostalim dijelovima sustava

Sagledavši definirane zahtjeve odlučio sam da je jezgru najbolje implementirati na računalu sa operacijskim sustavom *Linux*, stoga sa sklopovske razine Jezgra može biti bilo koje računalo sa permanentnom memorijom i *Ethernet* priključkom (uključujući vrlo male ali dovoljno jake uređaje poput *RaspberryPi* i *BeagleBone Black*).

Web poslužitelj je implementiran preko *Node.JS* platforme te kao bazu podataka koristi *MongoDB*. Razlog korištenja *Node.JS* i *MongoDB* je unificirana komunikacija između web preglednika kojeg korisnik koristi, web poslužitelja i baze podataka, što znači da *Node.JS* koristi *JSON* (engl. *JavaScript Object Notation*) kao i *MongoDB* te u konačnici i korisnik na svom pregledniku (sama web aplikacija koju korisnik pokreće je implementirana preko *JavaScript-a*).

Baza podataka primarno služi za pohranu stanja svih senzora i aktuatora, ali pored toga služi i za pohranu korisnika i korisničkih podataka, liste svih Agregatora, veza sa vanjskim sustavima, automatizacijskih skripti te postavke Kućnog Asistenta.



## 1.2. Korisničko sučelje

Korisničko sučelje Kućnom Asistentu je web stranica, pa je Kućnom Asistentu moguće pristupiti sa bilo kojeg uređaja koji ima IP pristup Kućnom Asistentu sa web preglednikom, a to danas obuhvaća širok spektar uređaja (prijenosnici, pametni telefoni, računala, itd.).

Korisničko sučelje možemo podijeliti u više cjelina:

- Kontrola pristupa
- Glavni prikaz sustava
- Reaktor

### 1.2.1. Kontrola pristupa

Budući da je Kućni Asistent zamišljen kao sustav s kojim mogu raditi različiti ljudi, nužan uvjet je implementirana korisnička kontrola pristupa. Stoga je prvi doticaj korisnika sa Kućnim Asistentom stranica za identifikaciju korisnika, nakon koje korisnik pristupa vlastitom sučelju prema Kućnom Asistentu. Pored regularnih korisnika Kućnom Asistentu mogu pristupiti i administrativni korisnici, koji imaju dodatne mogućnosti nad Kućnim Asistentom, ali su i dalje iz sigurnosnih razloga odvojeni od drugih podsustava, što znači da administrativni korisnici mogu mijenjati postavke koje regularni korisnici nisu u mogućnosti, ali samo onih postavki koje se tiču opsega kontrole za koji su autorizirani. Uz administrativne korisnike postoji i takozvani jedinstveni *Master* korisnik koji ima pristup svim dijelovima Kućnog Asistenta ali je zato opseg iz kojeg se može pristupiti Kućnom Asistentu preko *Master* korisnika iz sigurnosnih razloga ograničen isključivo na samom uređaju koji implementira Jezgru.

### 1.2.2. Glavni prikaz sustava

Nakon što se korisnik identificira dočekuje ga sučelje koje je personalizirano za svakog korisnika, na kojem može naći sljedeće:

- Listu senzora i aktuatora koji se nalaze u korisnikovom autorizacijskom opsegu
- Sučelje za postavke koje se tiču isključivo tog korisnika
- Ostale informacije
- 

Lista senzora i aktuatora je lista koja se osvježava u realnom vremenu (vrijeme odaziva je od 100ms do 700ms ovisno o kvaliteti mreže) te kao takva korisniku pruža realan pregled nad svim za njega relevantnim informacijama.

Sami izgled senzora i aktuatora kao grafičkog objekta je u obliku ikone srednje veličine gdje u samom centru se nalazi informacija koju prikazuje, a oko njega se nalaze male ikone koje opisuju različita druga stanja senzora poput: stanja baterije, da li je modul uključen u automatizaciju, da li je pod alarmnim stanjem itd., sve prikazano na jasan i nedvojben način.

Interakcijom korisnik i modula korisniku se prikazuje prozor u kojem se nalaze informacije bitne za taj senzorski ili aktuatorski modul poput: ime modula, tip modula, graničnih vrijednosti, kratke identifikacijske oznake (tag-ovi), vlasnika senzora (korisnik sustava), serijskog broja, različitih stanja ranije navedenih, povijest stanja, grafovi, itd. Većinu tih postavki korisnik može mijenjati, dok neke može samo administrativni korisnik.

Tag-ovi služe za lakše pretraživanje modula te logičko grupiranje.

Povijest stanja prikazuje zadnjih nekoliko stanja modula na grafu ili tablično te korisnik može odabrati koliki vremenski opseg želi prikazati na grafu. Interno povijest stanja se dijeli na kratkoročnu povijest te dugoročnu. Kratkoročna povijest je spremljena u bazu podataka te ne sadrži velik broj uzoraka, dok dugoročna je spremljena na medij za permanentnu pohranu podataka (tvrđi disk, memorijska kartica) u obliku *log*-ova sa automatskom rotacijom, koji čuvaju cjelokupnu povijest stanja nekog modula. Ovisno o vremenskom opsegu kojeg korisnik potražuje toliki će biti odaziv korisničkog sučelja.



### 1.2.3. Reaktor

Reaktor je programski modul Jezgre Kućnog Asistenta koji je odgovoran za automatizacijski dio Kućnog Asistenta. Reaktor prati stanja svih modula koji su prijavljeni za automatizaciju te ukoliko dođe do akcije koja je predefiniрана ili naučena, a spremljena u automatizacijskim odnosno reaktorskim skriptama, učini reakciju primjerenu detektiranoj akciji. Primarno korisnik je dužan napraviti reaktorske skripte prema kojima se senzori prijavljuju za provjeru stanja te definirati reakcije. Dodatno Kućni Asistent može pratiti obrasce ponašanja korisnika tijekom dana te sugerirati korisniku neke od reakcija.

Korisnik na web sučelju obavlja operacije vezane za reaktorske skripte, te ima pregled nad svim aspektima reaktora koje su u korisnikovoj domeni, što uključuje trenutno stanje reaktora, prošle reakcije, predviđanje reakcija, itd. Također korisnik ima mogućnost preko reaktora definirati nove „virtualne“ senzore i aktuatora koji zapravo čine grupe senzora ili aktuatora i njihovih vrijednosti (npr. Virtualni aktuator „Sva svjetla“ bi kontrolirao sva svjetla u nekoj prostoriji) što dodatno olakšava rad sa reaktorom. Uz grupiranje vrijednosti, moguće su i matematičke operacije nad vrijednostima ili neki drugi oblik manipulacije nad njima.

Ideja je jednostavnim sučeljem i brzom reakcijom omogućiti optimalnu automatizaciju nekog objekta.

### 1.3. Komunikacijska hijerarhija

Iz blok dijagrama je vidljivo da unutar Kućnog asistenta postoji multimrežna struktura s komunikacijskog aspekta. Jedna mreža je mreža čiji je fizički sloj *Ethernet*, dok je druga sa *Wireless* fizičkim slojem. Jezgra i agregatori komuniciraju preko *Etherneta*, dok senzori, aktuatori i Agregatori komuniciraju preko *Wireless*-a. Razlog odabira *Ethernet*-a za komunikaciju između Agregatora i Jezgre je taj što time jezgra postaje neovisna o protokolima kojima komuniciraju senzori i aktuatori, te je moguće Agregatore postaviti na veće udaljenosti od Jezgre, a dodatno *Ethernet* infrastruktura obično postoji u građevinama pa je vrijeme instaliranja Kućnog asistenta u građevinu znatno kraće.

*Wireless* sučelje kojim komuniciraju senzori, aktuatori i Agregatori je temeljena na NRF24L01+ integriranom krugu, koji radi na 2.4 GHz ISM frekvencijskom pojasu koji je podržan na globalnoj razini. NRF dodatno posjeduje interne protokole za sigurnu komunikaciju sa detekcijom pogrešnog prijenosa, automatske potvrde primitka te ponovnog odašiljanja u slučaju greške. To ga čini idealnim kandidatom za izgradnju bežičnih senzorskih mreža poput one koja je implementirana u Kućnom Asistentu.

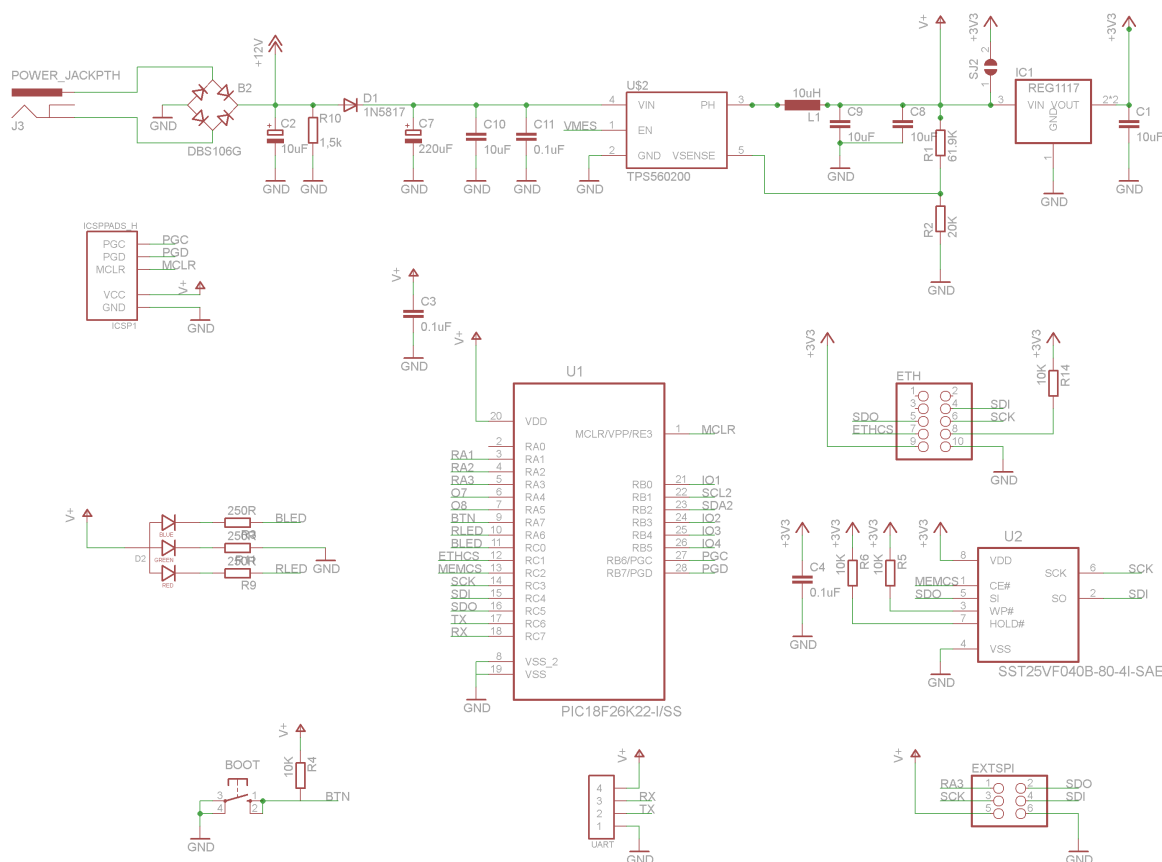
Povrh komunikacijskog sloja koji je implementiran na NRF-u, dodatno je implementiran skup protokola jednoznačno nazvan TeProNRF čija je zadaća transparentno dvosmjerno prenošenje podataka između čvorova u mreži sa dijeljenim resursima s naglaskom na prilagodbu prema NRF24L01+ integriranim krugovima, što znači da TeProNRF ima potpuno implementiranu podršku za komunikacijski sloj integriran na NRF-u te dodatne aplikacijske slojeve poput TeProSEMP koji olakšavaju dohvaćanje raznih varijabli i postavki iz senzorskih i aktuatorskih modula.

## 1.4. Agregator

Agregator je uređaj s kojim Jezgra komunicira kako bi dobila informacije o stanju senzora i aktuatora. Agregator razdjeljuje dva fizička sloja, *Ethernet* i *Wireless*, te time olakšava implementaciju Jezgre jer time postaje neovisna o fizičkom sloju senzora i aktuatora. Najvažnija zadaća Agregatora je da se brine o pravovremenoj dostavi informacija Jezgri, to znači da neovisno o vremenskom odazivu senzora i aktuatora, Agregator mora dostaviti zadnju poznatu vrijednost Jezgri onda kada se to od njega traži i to u što kraćem roku.

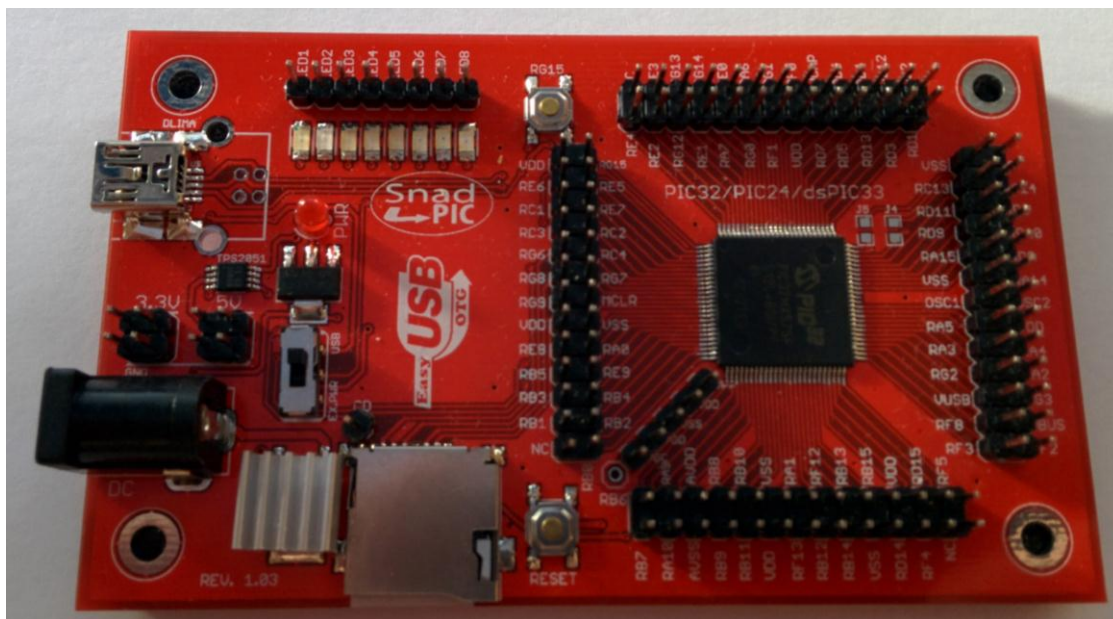
Sklopovsko rješenje Agregatora mora sadržavati sljedeće:

- *Ethernet* sučelje sa pripadnim TCP/IP protokolnim složajem
- Sučelje prema NRF24L01+ integriranom krugu sa pripadnim TeProNRF skupom protokola
- Stalno napajanje
- Dovoljno brz procesor za obradu podataka sa senzora i aktuatora u realnom vremenu



Slika 3. Primjer sheme Agregatora

Na slici 3. prikazan je primjer električne sheme Agregatora koji zadovoljava definirane specifikacije. Kao nadogradnja moguće je zamijeniti 8-bitni mikrokontroler PIC18F26K22 sa 32-bitnim mikrokontrolerom PIC32MX150F128D.



**Slika 4. Razvojna pločica korištena za razvoj Agregatora**

### 1.5. Senzorski i aktuatorski moduli

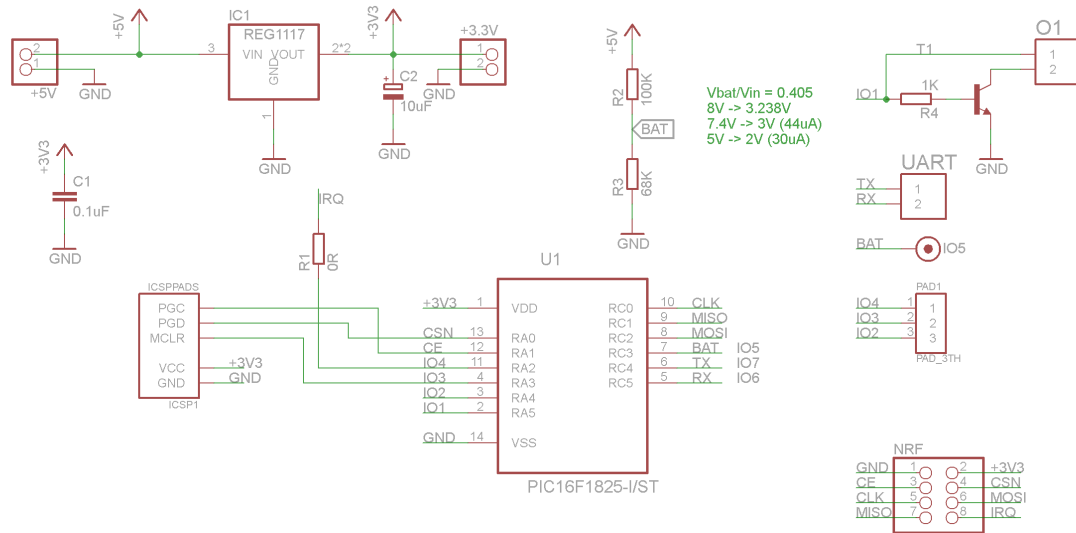
Senzorski i aktuatorski moduli su moduli odgovorni za mjerenje ili upravljanje nekom fizičkom i mjerljivom veličinom. Agregatori komuniciraju sa njima preko *Wireless*-a. Ovi moduli su zamišljeni da budu napajani preko baterije ili preko stalnog napajanja, ali u svakom slučaju zamišljeni su da budu malih dimenzija, niske potrošnje, jednostavnog rukovanja te prihvatljive cijene.

Sklopovsko rješenje senzorskih i aktuatorskih modula treba sadržavati sljedeće:

- Mikrokontroler niske potrošnje sa podrškom za NRF24L01+ (*Wireless*) module
- Raspon ulaznog napona napajanja koji podržava baterijsko i stalno napajanje
- Mogućnost napajanja preko obnovljivih izvora električne energije poput fotonaponskih ćelija i slično
- Ulaze i izlaze koji podržavaju većinu senzora koji su nam potrebni za mjerenje
- Izlaz koji je u mogućnosti pogoniti neki veći potrošač električne energije

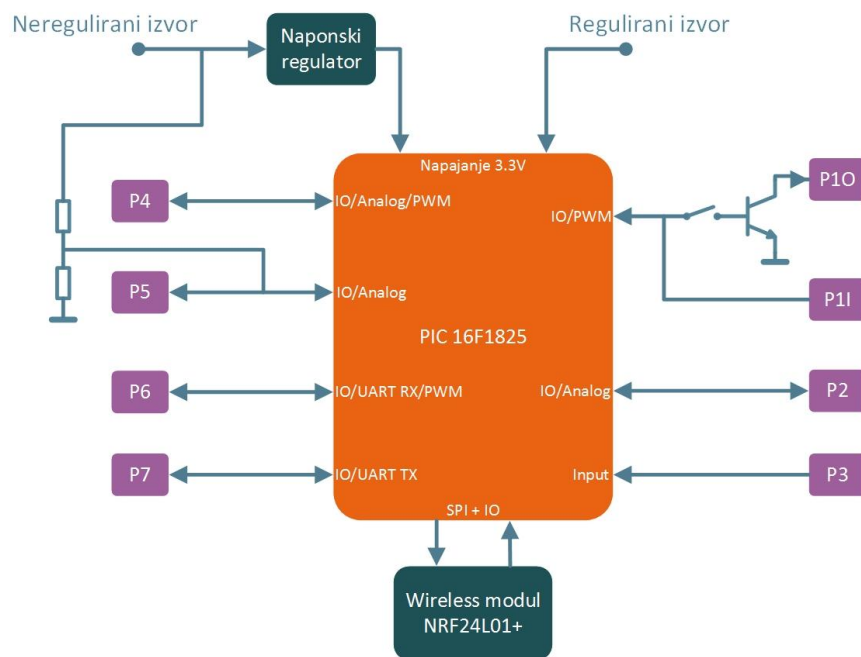
Cilj je realizirati sklopovsko rješenje koje zadovoljava gore navedene specifikacije te ujedno da bude primjenjivo na sve slučajeve mjernih i upravljačkih veličina, stoga je realiziran takozvani UniBoard.

UniBoard je pločica koja je primjenjiva i za senzorski i za aktuatorski modul, čija shema je prikazana na slici 5.



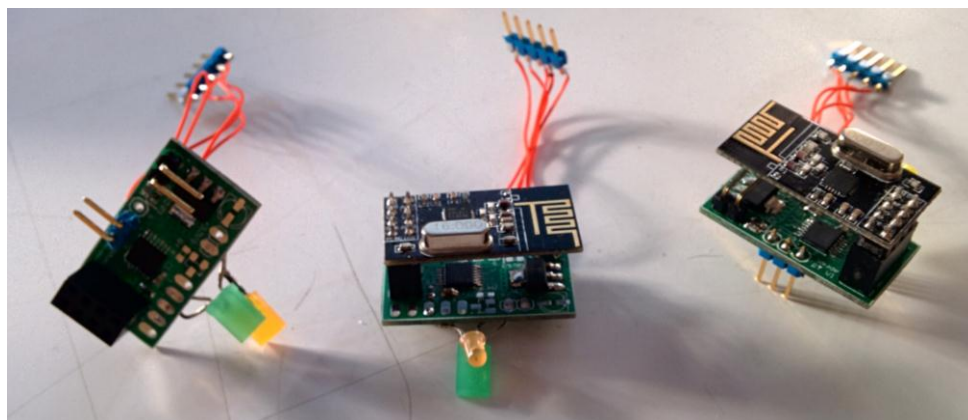
Slika 5. Primjer sheme UniBoard-a

Prema blokovskom dijagramu koji je prikazan na slici 6. vidljivo je da UniBoard zadovoljava sve specifikacije, te ujedno ima par dodatnih mogućnosti. Dok UniBoard bez kućišta nije primjenjiv za komercijalno tržište, u ovoj prototipnoj fazi izgradnje Kućnog Asistenta je dobar izbor zbog svoje konfigurabilnosti i malih dimenzija.

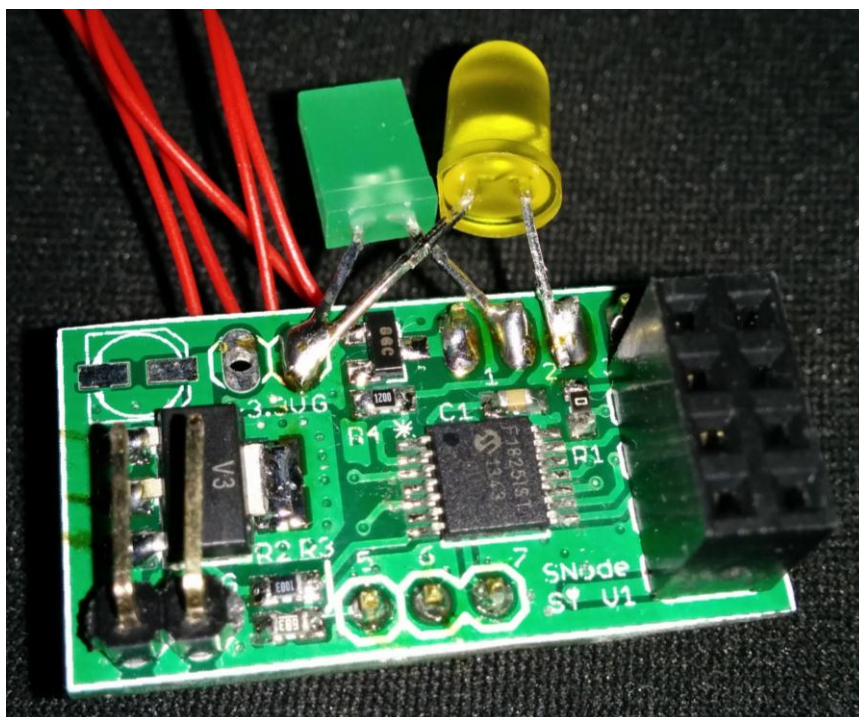


Slika 6. Blok dijagram UniBoard-a



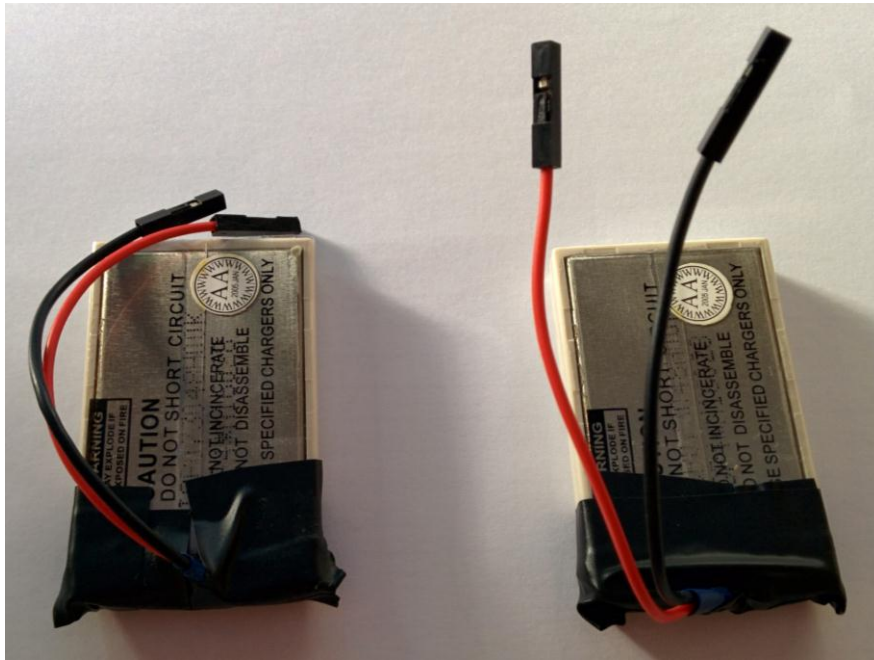


Slika 7. Senzorski moduli temeljeni na UniBoard-u sa *Wireless* modulima



Slika 8. Senzorski modul





Slika 9. Baterije korištene za napajanje senzorskih modula

### 3. Zaključak

Kućni Asistent u trenutnoj iteraciji ne sadrži mnogo realiziranih dijelova, no razvijeni moduli su temelj za mjerenje i agregaciju informacija, bez kojih cijeli sustav nije u mogućnosti efikasno obavljati svoju funkciju.

Najbitniji dio, Jezgra, tek se treba implementirati, ali sva bitna pitanja oko glavnih dijelova Jezgre su riješena, stoga danji razvoj Kućnog Asistenta ne predstavlja problem.

### 4. Literatura

- [1] Ethernet <http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet>
- [2] Saša Tepić, „Protokol za podatkovnu komunikaciju u sustavima s ograničenim resursima“ diplomski seminar 2014.
- [3] NRF24L01+ datasheet  
[https://www.nordicsemi.com/.../nRF24L01P\\_Product\\_Specification\\_1\\_0.pdf](https://www.nordicsemi.com/.../nRF24L01P_Product_Specification_1_0.pdf)
- [4] NodeJS <http://nodejs.org/>
- [5] MongoDB <http://www.mongodb.org/>

## 5. Pojmovnik

Pojam	Kratko objašnjenje	Više informacija potražite na
Ethernet	IEEE 802.3	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet">http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet</a>
Wireless	Bežična komunikacija	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless">http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless</a>
Agregator	Uređaj koji agregira informacije	
UniBoard	Univerzalna pločica za senzore i aktuatore	
Aktuator	Uređaj kojim možemo upravljati nekom veličinom	
Reaktor	Automatizacijski engine	