

## Razvoj prototipa KNX HMI sustava

### *Development of a KNX HMI system prototype*

<sup>1</sup>Filip Štropin, <sup>2</sup>Vesna Krajči

Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka

e-mail: <sup>1</sup>fstropin@veleri.hr, <sup>2</sup>vkrajci@veleri.hr

**Sažetak:** U radu je prikazan projekt izrade prototipa KNX sustava kućne automatizacije te razvoj odvojenoga HMI sustava za vizualizaciju i upravljanje u obliku web aplikacije. Prototip pruža osnovne funkcionalnosti upravljanja mikroklimatskim uvjetima, rasvjetom i zamračenjem prostorija te je potpuno upravljiv pomoću HMI. HMI sustav razvijen je besplatnim alatom za vizualnu izgradnju IoT sustava Node-RED te pomoću njegovoga priključka KNX Ultimate. Detaljno je opisan izbor sklopovlja, način izrade i programiranje KNX sustava upotrebom ETS softverskoga alata. Nadalje se opisuje postupak razvoja HMI sustava koji prati sve standarde izrade web aplikacije u Node.js izvršnoj okolini. Rezultat je prototip KNX HMI sustava koji može poslužiti kao platforma za edukaciju i trening ili se lako može proširiti i prilagoditi u demonstracijski panel.

**Ključne riječi:** KNX, HMI, Node-RED, kućna automatizacija, KNX Ultimate

**Abstract:** The paper presents the project of creating a prototype of the KNX home automation system and the development of a separate HMI system for visualization and control in the form of a web application. The prototype provides basic functionalities for control of microclimatic conditions, lighting and darkening of rooms and is fully controllable using HMI. The HMI system was developed using the free tool for visual construction of the IoT system Node-RED and its KNX Ultimate connection. Hardware selection, building and programming the KNX system using the ETS software tool are described in detail. Furthermore, the process of developing an HMI system that follows all the standards of creating a web application in the Node.js executable environment is described. The result is a prototype of the KNX HMI system that can serve as a platform for education and training or can be easily expanded and adapted as a demonstration panel.

**Key words:** KNX, HMI, Node-RED, home automation, KNX Ultimate

### 1. Uvod

Današnje IoT (engl. *Internet of Things*) tehnologije omogućuju neprekidnu komunikaciju elektroničkih uređaja i serverskih računala u oblaku, uz uvijek dostupne ažurirane informacije. U skladu s rastućim zahtjevima modernoga čovjeka za komforom podignuta je i razina udobnosti u stambenim objektima pa su sada u novogradnjama vrlo česti zahtjevi za potpuno automatiziranim domom, tj. pametnom kućom. Pametnu ili inteligentnu kuću čini mreža osjetnika i aktuatora koji međusobno komuniciraju točno definiranim standardima u cilju poboljšanja sigurnosti, udobnosti i kvalitete stanovanja (Tomić Vasilić, 2009.). To omogućuju inteligentni sabirnički sustavi, a KNX tehnologija koja se počela razvijati prije 30-tak godina

(Gira, 2023.) predstavlja jednu od najzastupljenijih na području automatizacije u zgradarstvu, pogotovo zbog svoje decentralizirane strukture i modularnosti (KNX.org, 2023. b). Danas je KNX tehnologija međunarodno standardizirana, a svi KNX proizvodi su certificirani čime je osigurana njihova kompatibilnost (Jenčić, 2015.).

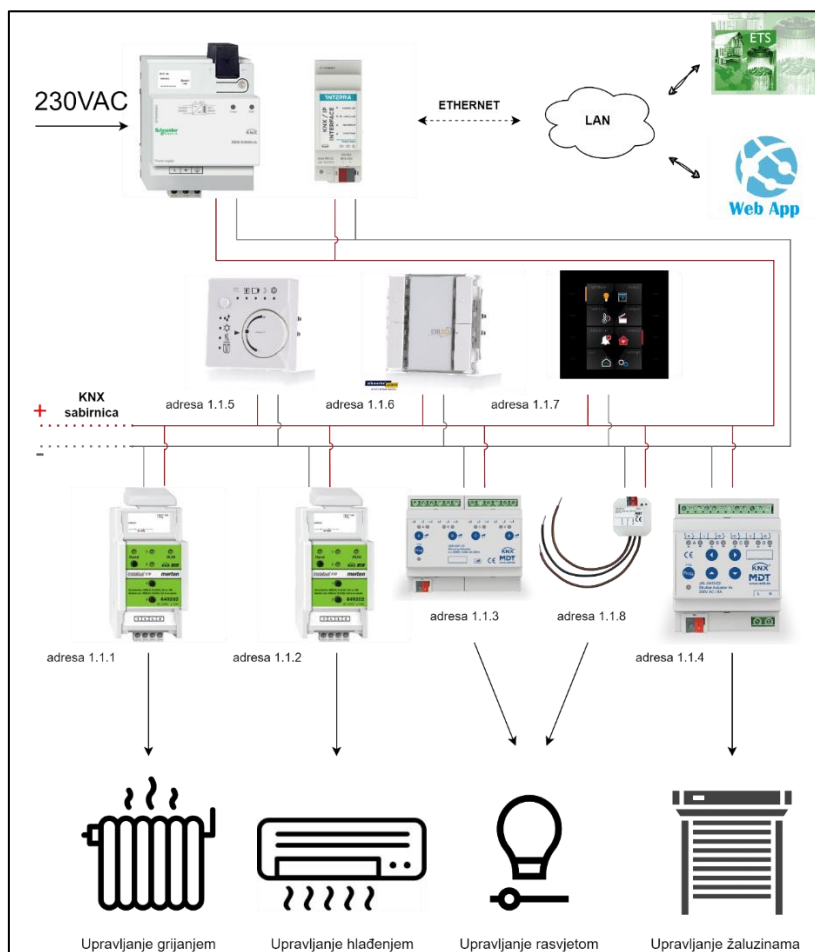
U sljedećem poglavlju je detaljnije objašnjen prototip KNX sustava kućne automatizacije, a HMI (engl. *Human Machine Interface*) upravljačka ploča za vizualizaciju i kontrolu koja je izvedena u formi web aplikacije je opisana u 3. poglavlju. U zaključku su istaknute mogućnosti upotrebe i razvoj KNX HMI sustava.

## 2. Izrada prototipa KNX sustava kućne automatizacije

Prototip sustava automatskoga upravljanja elementima pametne kuće obuhvaća automatizaciju upravljanja temperaturom prostorije (grijanjem i hlađenjem), rasvjetom te zastorima (Slika 1), uz mogućnost upravljanja mobilnim uređajima ili računalima.

U izradi prototipa korištena je dostupna profesionalna KNX oprema uz instalaciju prema preporukama KNX organizacije. Cijeli postupak izbora korištenih KNX uređaja, njihovo podešavanje i programiranje, stvaranje grupnih adresa te priprema sustava za izradu upravljačke ploče detaljno je objašnjen u (Štropin, 2023.). Sustav je kontroliran pomoću HMI upravljačke ploče, a u fazama izgradnje i testiranja sustava su bili korišteni ulazni KNX elementi (tipkala) koji više nemaju funkciju u konačnom prototipu.

Slika 1. Shema prototipa KNX sustava



Izvor: Autori

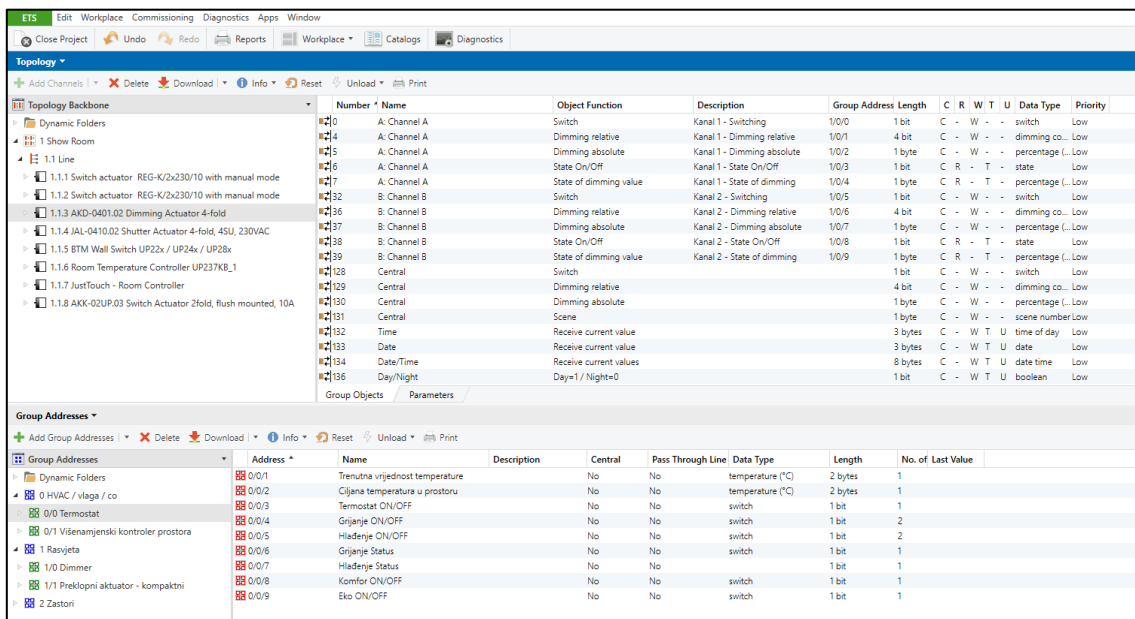
KNX sustav napaja Schneider Electric REG-K/640 mA napajanje nazivne jakosti struje 640 mA koje sustavu pruža stabilan naponski signal od 30 V te omogućuje pravilnu razmjenu KNX telegrama. Sljedeći uređaj u nizu je IP sučelje Interra ITR902-0004 koje je ethernet kabelom spojeno na lokalnu računalnu mrežu te omogućuje uređajima na mreži (računala, pametni telefoni) komunikaciju s KNX sustavom. IP sučelje omogućuje programiranje KNX uređaja kroz sučelje ETS programa te uspostavlja TCP/UDP vezu prema web aplikaciji. KNX napajanje i IP sučelju nije potrebno dodijeliti linijsku adresu ukoliko tvorničke postavke zadovoljavaju potrebe projekta.

Termostat Siemens UP237KB (adresa 1.1.5) ima ulogu mjerenja temperature prostorije te na temelju zadane željene temperature šalje telegrame za ukapčanje sustava grijanja ili hlađenja. Telegrami primaju aktuatori Merten REG-K/2x230/10 (adresa 1.1.1 i 1.1.2) koji pomoću svojih relejnih kontakata prosljeđuju signale HVAC sustavu (engl. *Heating, Ventilation and Air Conditioning*), tj. sustavu grijanja, ventilacije i klimatizacije. Termostat ima nekoliko načina rada koje je moguće postaviti na samom termostatu ili pomoću HMI upravljačke ploče. Tipkalo Siemens BTM (adresa 1.1.6) s dva kanala može upravljati rasvjetom ili zastorima ovisno o programiranju kanala. Svaki kanal posjeduje statusne svjetleće diode koje signaliziraju stanje tipkala. Višefunkcionalni panel Interra JustTouch s ekranom osjetljivim na dodir (adresa 1.1.7) ima raznolike opcije. Moguće ga je postaviti kao regulator zastora, može upravljati rasvjetom, posjeduje osjetnike temperature, vlage i ugljičnoga monoksida te razne druge značajke poput upravljanja scenama. U ovom sustavu koristi se kao termostat, higrometar i detektor zasićenosti ugljičnim monoksidom, a izmjerene vrijednosti šalju se prema sučelju upravljačke ploče. Izvršni signali upravljanja hlađenjem i grijanjem prosljeđuju se prema Merten aktuatorima (adresa 1.1.1 i 1.1.2) koji tada, kao i u slučaju prvoga termostata, upravljaju izvršnim elementima hlađenja ili grijanja. Funkcionalnosti tipkala se ne koriste s obzirom da je sustav potpuno upravljiv pomoću HMI upravljačke ploče.

Aktuatori u sustavu prihvaćaju upravljačke signale sa sučelja HMI upravljačke ploče te na osnovi vrijednosti podataka upravljaju izvršnim elementima. Preklopni aktuatori (adresa 1.1.1 i 1.1.2) primaju telegrame termometara te prema vrijednostima dobivenih podataka upravljaju sustavima grijanja i hlađenja. Aktuator upravljanja rasvjetom MDT AKD 0401 (adresa 1.1.3) ima mogućnost kontrole do četiri kanala. Svaki kanal se upravlja zasebno pomoću sučelja HMI upravljačke ploče. Na svaki kanal moguće je spojiti veći broj žarulja te ih je moguće prigušiti prema potrebi ambijenta (MDT Technologies, 2022. a), (Lewis, 2015.). Sljedeći u nizu je preklopni aktuator malih dimenzija MDT AKK 02UP.03 (adresa 1.1.8) predviđen za kontrolu dva odvojena kanala koji obavlja funkciju upravljanja do dva kruga rasvjete. Aktuator nema mogućnost prigušenja rasvjete, već samo ukapčanja i iskapčanja. Aktuator zastora MDT JAL 0410 (adresa 1.1.4) posljednji je u nizu te omogućuje upravljanje zastorima pomoću četiri odvojena kanala (MDT Technologies, 2022. b).

Podešavanje i programiranje svih izabranih KNX certificiranih uređaja u prototipu sustava (Slika 1) napravljeno je pomoću ETS 5 programskoga alata (Slika 2) (KNX.org, 2023. a) i detaljno opisano u (Štropin, 2023.).

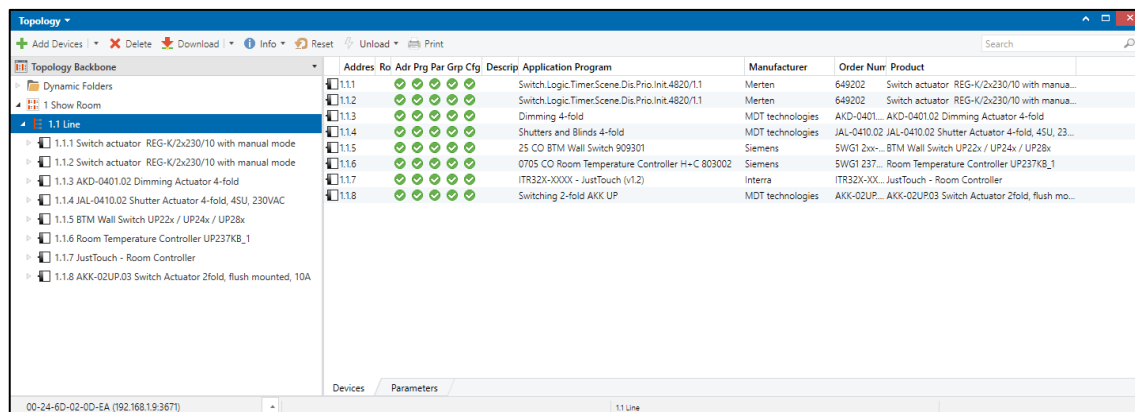
Slika 2. Izgled glavnog prozora ETS alata



Izvor: Autori

U toku prvoga programiranja elemenata KNX sustava podešava se za svakog od njih jedinstvena fizička adresa (Slika 3) te su postavljene na svoje tvorničke postavke.

Slika 3. Prvo programiranje svih uređaja u ETS alatu



Izvor: Autori

Svaki uređaj KNX sustava treba biti podesiv preko grafičkoga korisničkoga sučelja iz bilo koje radne ploče ETS alata. U sljedećim koracima potrebno je postaviti svaki uređaj kako bi se omogućile potrebne funkcionalnosti te kako bi se prikazale poveznice na objekte koji se povezuju s grupnim adresama. Koristi se struktura adresiranja na tri razine, a glavne grupe su podijeljene prema grupaciji funkcionalnosti sustava. Srednje grupe opisuju uređaje u sustavu, a podgrupe njihove objekte. Objekti termostata i višenamjenskog kontrolera prostora dodani su u glavnu grupu „HVAC / vlaga / co“, aktuatori rasvjete u glavnu grupu „Rasvjeta“, dok objekti aktuatora zastora pripadaju glavnoj grupi „Zastori“. Objekti svih elemenata povezuju se s pripadajućim podgrupama intuitivno nazvanima prema funkcijama koje ti objekti čine (Slika 4).

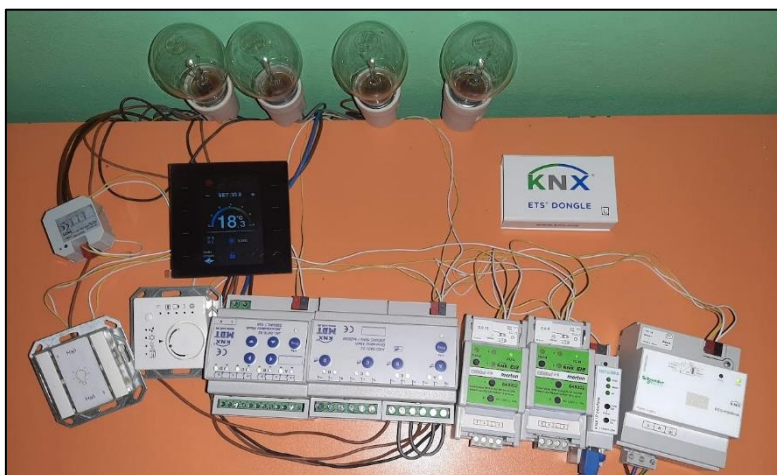
Nakon upisivanja postavki u sve uređaje, prototip KNX sustava (Slika 5) je završen i čini temelj izgradnje HMI sustava koji je opisan u sljedećem poglavlju.

**Slika 4. Struktura grupnih adresa**



Izvor: Autori

Slika 5. Prototip KNX sustava

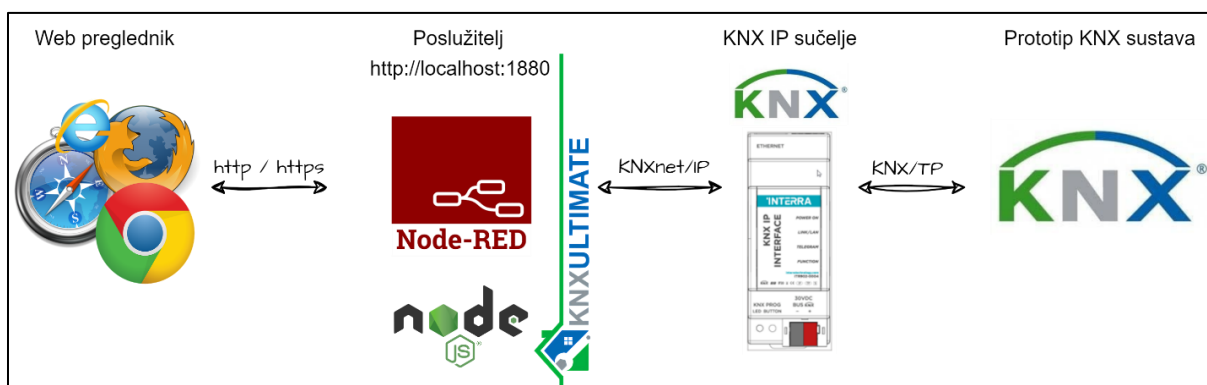


Izvor: Autori

### 3. Izrada KNX HMI sustava

HMI sustav za upravljanje i nadzor prethodno izrađenoga prototipa KNX sustava (Slika 5) ostvaren je u obliku web aplikacije. Arhitektura KNX HMI sustava (Slika 6) temelji se na besplatnoj Node-RED razvojnoj okolini (OpenJS Foundation, 2023. a) koja se izvršava na Node.js poslužitelju (Copes et al., 2023.) dok je komunikacija s KNX sustavom omogućena korištenjem KNX Ultimate kolekcije čvorova (OpenJS Foundation, 2023. b) pripremljene kao priključak za Node-RED alat. Poslužitelj je postavljen na osobnom stolnom računalu koje je mrežnim kabelom spojeno na LAN mrežu. Korisnici sustavu pristupaju pomoću nekoga od dostupnih web preglednika na bilo kojem od pametnih uređaja ili računala pomoću HTTP ili HTTPS komunikacijskih standarda. Na istom se mrežnom segmentu nalazi i KNX IP sučelje koje pomoću KNXnet/IP standarda razmjenjuje KNX telegrame s poslužiteljem, a preko KNX Ultimate priključka. Osim KNX Ultimate priključka, pomoću kojeg je s druge strane uspostavljena komunikacija s KNX sustavom, koristi se i Node-RED-dashboards kolekcija tokova (Tatar et al., 2023.) pomoću koje je izrađeno grafičko korisničko sučelje.

Slika 6. Arhitektura KNX HMI sustava



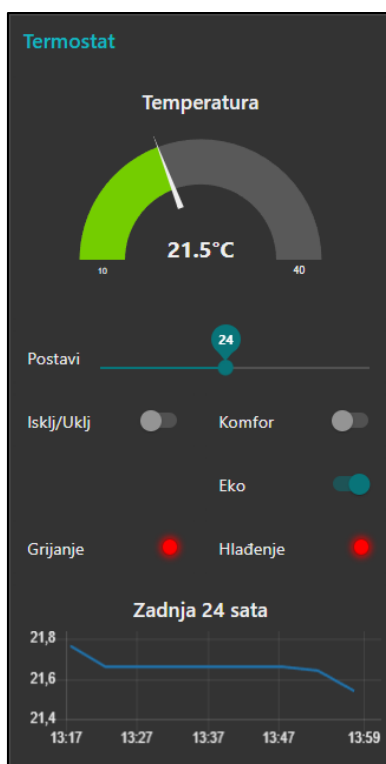
Izvor: Autori

Na temelju željene funkcionalnosti sustava te izrađenih sekvencijalnih dijagrama (Štropin, 2023.) stvoren je pomoću alata Balsamiq (Balsamiq, 2023.) model grafičkoga korisničkoga sučelja (Štropin, 2023.) na čijoj je osnovi izrađena HMI upravljačka ploča (Štropin, 2023.).

HMI sustav omogućuje upravljanje i nadzor svih elemenata prototipa KNX sustava pomoću jednostavnoga korisničkoga sučelja. Kroz zasebne okvire izbornika upravljivi su: termostat, višenamjenski kontroler prostora, rasvjeta i zastori.

Okvir „Termostat“ (Slika 7) ima funkcionalnosti upravljanja termostatom i pregled trenutne temperature prostorije. Pruža se mogućnost uključivanja i isključenja termostata, postavljanje željene temperature prostorije te izbor načina rada termostata između ekonomičnoga i komfornoga. Stanje u kojem se nalazi termostat signalizira se svjetlima kraj oznaka grijanja ili hlađenja. Također se može vidjeti promjena vrijednosti temperature u rasponu od 24 sata.

**Slika 7.** Izgled okvira „Termostat“



*Izvor: Autori*

Okvir „Višenamjenski kontroler prostorije“ (Slika 8) prikazuje vrijednosti temperature, vlažnosti prostora i zasićenosti zraka ugljičnim monoksidom. Moguće je uključiti ili isključiti termostat, postaviti željenu temperaturu prostorije te izabrati način rada između komfornoga, noćnoga i održavanja. Signalizacija stanja grijanja ili hlađenja postavljena je na dno okvira.

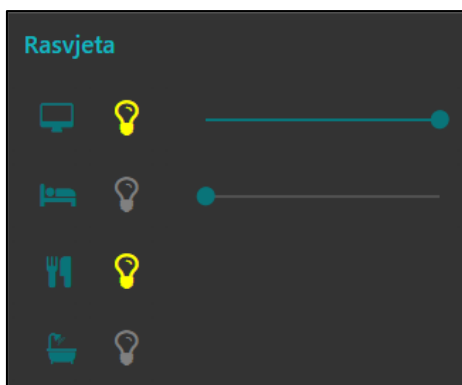
**Slika 8.** Izgled okvira „Višenamjenski kontroler prostorije“



*Izvor: Autori*

Okvir „Rasvjeta“ (Slika 9) pruža kontrolu nad krugovima rasvjete. Kontroliraju se četiri zasebna kruga na način da svaki krug ima svoju preklopnu tipku za uključenje i isključenje, a krugovi koje je moguće prigušiti imaju pripadajuće klizalice.

**Slika 9.** Izgled okvira „Rasvjeta“



*Izvor: Autori*

Kroz sučelje okvira „Zastori“ (Slika 10) upravlja se zastorima na prozorima i balkonskim vratima. Upravljava se četiri zasebna kanala od kojih svaki ima tipke za otvaranje, zatvaranje i zaustavljanje. Svaki kanal ima vodoravni pokazivač stanja otvorenosti zastora u vrijednosti od 1 do 100 %. Klikom na jednu tipku moguće je otvoriti ili zatvoriti sva četiri kanala odjednom.



Slika 10. Izgled okvira „Zastori“



Izvor: Autori

Prikaz rada aplikacije može se pogledati na video isječku dostupnom na sljedećoj poveznici: <https://youtu.be/EfPAyec7iYM>.

#### 4. Zaključak

U ovom radu je prikazana izrada funkcionalnoga prototipa KNX sustava potpuno upravljanoga pomoću HMI sustava. Analizom teorije KNX standarda te istraživanjem najbolje prakse odabrana je KNX oprema pomoću koje je projektirana zaokružena cjelina osnovnih funkcija kućne automatizacije. Provedena je analiza alata za razvoj HMI sustava za vizualizaciju i upravljanje izrađenoga prototipa koja je pokazala Node-RED kao odgovarajuće rješenje. Kao priključak za Node-RED alat je izabrana KNX Ultimate kolekcija čvorova pomoću koje je stvoren KNX HMI sustav profesionalnoga izgleda i funkcionalnosti. Koristeći pristup rapidnoga razvoja s minimalnom uporabom kodiranja, izrađena je web aplikacija sa svim željenim funkcionalnostima.

Ostvarena je modularna prototipska KNX okolina koja može poslužiti kao demonstracijski panel za pokazivanje potencijalnim kupcima ili kao edukativno okruženje za treniranje i učenje.

#### Zahvala

Autori najljepše zahvaljuju tvrtci ISKRATRADE d.o.o. iz Kastva za upotrebu KNX opreme za potrebe izrade prototipa.

#### Literatura

1. Balsamiq (2023). Balsamiq Wireframes. <https://balsamiq.com/wireframes/> (27.03.2023.)
2. Copes, F. et al. (2023). Introduction to Node.js. <https://nodejs.dev/en/learn/> (27.03.2023.)
3. Gira (2023). 30 years of KNX technology. <https://www.gira.com/en/en/company/milestones/30-years-knx> (08.03.2023.)

4. Jenčić, S. (2015). Industrijske računalne mreže. Split, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za stručne studije u Splitu.
5. KNX.org (2023a). ETS Professional. <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/software/ets-professional/> (19.03.2023.)
6. KNX.org (2023b). KNX basics. [https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics\\_en.pdf](https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf) (05.03.2023.)
7. Lewis, B. (2015). How to solve it: different ways of controlling KNX dimmer modules. <https://www.knxtoday.com/2015/03/5623/how-to-solve-it-different-ways-of-controlling-knx-dimmer-modules.html> (28.02. 2023.)
8. MDT Technologies (2022a). Dimming actuator. [https://www.mdt.de/fileadmin/user\\_upload/user\\_upload/download/MDT\\_FD\\_Dimming\\_Actuator\\_AKD\\_02.pdf](https://www.mdt.de/fileadmin/user_upload/user_upload/download/MDT_FD_Dimming_Actuator_AKD_02.pdf) (27.02.2023.)
9. MDT Technologies (2022b). Shutter actuator, with travel time measurement. [https://www.mdt.de/fileadmin/user\\_upload/user\\_upload/download/MDT\\_FD\\_Shutter\\_Actuator\\_travel\\_time\\_measurement\\_JAL\\_02.pdf](https://www.mdt.de/fileadmin/user_upload/user_upload/download/MDT_FD_Shutter_Actuator_travel_time_measurement_JAL_02.pdf) (28.02.2023.)
10. OpenJS Foundation (2023a). Node-RED. <https://nodered.org/> (27.03.2023.)
11. OpenJS Foundation (2023b). Node-RED-contrib-KNX-Ultimate 2.1.56. <https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-knx-ultimate> (27.03.2023.)
12. Štropin, F. (2023). Izrada prototipa KNX HMI sustava. Rijeka, Veleučilište u Rijeci, specijalistički završni rad.
13. Tatar, A. et al. (2023). Node-RED-dashboard 3.6.0. <https://flows.nodered.org/node/node-red-dashboard> (28.03.2023.)
14. Tomić Vasilić, J. (2009). Pametna kuća. <https://www.magazinmehatronika.com/pametna-kuca/?pdf=1771> (02.03.2023.)