

RAZVOJNA PLATFORMA ZA INTERNET STVARI TEMELJENA NA MIKROUPRAVLJAČU ESP32

INTERNET OF THINGS DEVELOPMENT BOARD BASED ON ESP32 MICROCONTROLLER

Marko Miletić, Josip Kordek, Dean Fraj, Krunoslav Martinčić

Tehničko veleučilište u Zagrebu

SAŽETAK

U radu je predstavljen postupak izrade razvojne platforme Interneta stvari te osnovna ideja koja se nalazi iza razvojne platforme temeljene na mikroupravljaču ESP32. Razmotreni su česti zahtjevi na mikroupravljačke sustave i aplikacije Interneta stvari proizašli iz prakse te su odabrani senzori, aktuatori, upravljački i signalizacijski elementi koji se nalaze na razvojnoj platformi. Prethodno navedeni elementi su cjenovno prihvatljivi, za komunikaciju s mikroupravljačem koriste razne komunikacijske protokole, jednostavni su za korištenje i imaju dobro dokumentirane funkcionalnosti od strane proizvođača. Prikazane su različite iteracije tiskanih pločica razvojne platforme. Pored posljednje iteracije razvojne platforme prikazan je i njen 3D model generiran u programskom alatu za projektiranje i dizajn tiskanih pločica KiCad EDA. Navedena je cijena jednog uređaja kod izrade veće serije.

Ključne riječi: *Internet stvari, mikroupravljač ESP32, razvojna platforma*

ABSTRACT

In this work development process for Internet of things development platform is presented alongside the idea behind the development board based on ESP32 microcontroller. Common microcontroller practical application requirements are listed. These requirements had influence on the selection of sensors, actuators and electronic components used for the final version of the development board.

These components are affordable, simple to use and their functionalities are well documented. They use various communication protocols in order to communicate with microcontroller. Different versions of the development boards alongside the 3D model of the final version generated in KiCad electronic design automation software are shown. The price of one complete board when performing larger series is stated.

Keywords: *Internet of things, ESP32 microcontroller, development board*

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Povezivanjem mikroupravljača na Wi-Fi mrežu moguće je mijenjati parametre mikroupravljačkog sustava s bilo koje lokacije koja ima pristup internetu. Osim što čovjek može komunicirati s takvim sustavom pojavljuje se i mogućnost komunikacije između dva ili više različitih sustava, odnosno objekta, što predstavlja pojam Interneta stvari [1].

Moderne razvojne platforme približavaju razvoj sustava Interneta stvari osobama koje ne raspolažu naprednijim znanjima elektroničkih sklopova potrebnim za spajanje te korištenje senzora i aktuatora. Takva razvojna platforma mora biti spremna za korištenje uz minimalno spajanje dodatnih elemenata ali istovremeno mora i podržavati mogućnost spajanja senzora, aktuatora ili nekog drugog elektroničkog modula.

Osim što je pogodna za učenike, studente ili hobiste, takva razvojna platforma korisna je i profesionalcima kako bi ubrzali izradu prototipova i u konačnici skratili vrijeme razvoja sustava. U radu predstavljamo primjer široko rasprostranjene platforme ESP32.

2. ESP32-WROOM-32 MODUL

2. *ESP32-WROOM-32 MODULE*

ESP32-WROOM-32 je modul koji sadrži ESP32-D0WDQ6 mikroupravljač i druge elektroničke komponente na tiskanoj pločici, slika 1. U samom mikroupravljaču ESP32-D0WDQ6 se nalazi Xtensa 32-bitni LX6 procesor s dvije jezgre čija maksimalna frekvencija iznosi 240 MHz. Ima 34 programibilna ulazno-izlazna izvoda, 12-bitni ADC, dva 8-bitna DAC-a te CAN 2.0, četiri SPI, dva I²S, dva I²C i tri UART sučelja. Njegova najvažnija značajka je mogućnost povezivanja na bežične mreže kao što su Wi-Fi i Bluetooth. Niska cijena i prethodno navedene značajke glavni su razlozi njegova odabira za izradu razvojne platforme.

3. ODABRANE KOMPONENTE I MODULI

3. *COMPONENTES AND MODULES USED FOR DEVELOPMENT BOARD*

Neki od čestih zahtjeva na mikroupravljačke sustave i aplikacije Interneta stvari su:

- Određivanje geografske lokacije, nadmorske visine, smjera i brzine kretanja
- Prikaz podataka na zaslonu
- Mjerenje temperature i količine vlage u zraku
- Mjerenje tlaka zraka
- Mjerenje razine osvjjetljenja
- Mogućnost generiranja zvučnih signala
- Mogućnost lokalne promjene parametara sustava i manipuliranje elementima korisničkog sučelja na zaslonu
- Mjerenje udaljenosti objekta
- Mogućnost upravljanja istosmjernim trošilima
- Mogućnost upravljanja izmjeničnim trošilima
- Signaliziranje pomoću jednobojnih i višebojnih svjetlećih dioda
- Mjerenje ubrzanja i određivanje nagiba u svim smjerovima rotacija
- Lokalno pohranjivanje podataka



Slika 1 ESP32-WROOM-32 modul

Figure 1 ESP32-WROOM-32 module

(Izvor/Source: <https://hr.mouser.com/ProductDetail/Esspressif-Systems/ESP32-WROOM-32?qs=chTDxNqvsyltcwz%2FUUJDtQ%3D%3D>)



Slika 2 GPS modul L80-M39

Figure 2 L80-M39 GPS module

(Izvor/Source: https://www.quectel.com/UploadImage/Downlad/L80_Hardware_Design_V1.1.pdf)



Slika 3 Modul s OLED zaslonom

Figure 3 OLED module

(Izvor/Source: https://www.tinytronics.nl/shop/en/display/oled/1.3-inch-oled-display-128*64-pixels-blue-i2c)

Određivanje geografske lokacije, nadmorske visine, smjera i brzine kretanja razvojne platforme omogućuje GPS modul L80-M39 proizvođača QUECTEL koji za komunikaciju s mikroupravljačem koristi UART sučelje.

Za prikaz podataka odabran je modul koji sadrži OLED zaslon dijagonale 1.3" i razlučivosti 128x64 piksela sa SH1106 OLED *driverom* koji za komunikaciju s mikroupravljačem koristi I2C komunikacijski protokol.

Mjerenje temperature i količine vlage te tlaka zraka vrši se pomoću senzora BME280 proizvođača Bosch koji također koristi I2C komunikacijski protokol.



Slika 4 BME280 senzor

Figure 4 BME280 sensor

(Izvor/Source: <https://www.digikey.gr/product-detail/en/bosch-sensortec/BME280/828-1063-1-ND/6136314>)

Promjene parametara sustava te manipuliranje elementima korisničkog sučelja na zaslonu omogućene su pomoću upravljačke ručice s pet smjerova pritiska.

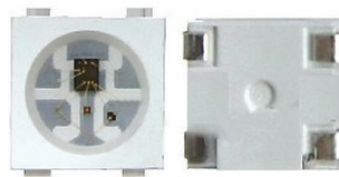


Slika 5 Upravljačka ručica s pet smjerova pritiska

Figure 5 5-way tactile switch

(Izvor/Source: <https://hr.mouser.com/datasheet/2/15/SKRH-1370966.pdf>)

Korištene su tri WS2812B višebojne svjetleće diode. Moguće ih je lančano spojiti u velikom broju a za njihovo upravljanje je dovoljan samo jedan izvod mikroupravljača. Pojedinoj višebojnoj svjetlećoj diodi moguće je podesiti boju i jačinu svjetlosti.

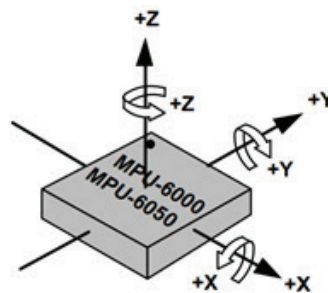


Slika 6 Višebojna svjetleća dioda

Figure 6 Multicolor LED

(Izvor/Source: <https://toolboom.com/en/led-0-3-w-rgb-4-pin-ws2812b/>)

Za mjerenje ubrzanja i određivanje nagiba u svim smjerovima rotacija sklopa odabran je MPU-6050. U mnogim se nosivim uređajima niske potrošnje električne energije za mjerenje broja prijedjenih koraka i potrošnje kalorija koriste upravo akcelerometri.



Slika 7 Senzor MPU-6050 i osi orijentacije

Figure 7 MPU-6050 orientation of axes of sensitivity and polarity of rotation

(Izvor/Source: <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>)

U slučaju da se javi potreba za pohranu veće lokalne baze podataka koja na primjer sadržava rezultate složenijih mjerenja s velikim brojem uzoraka, dodan je utor za microSD memorijsku karticu.



Slika 8 microSD memorijska kartica

Figure 8 microSD card

(Izvor/Source: https://en.wikipedia.org/wiki/SD_card)

Za mjerenje razine osvjetljenja koristi se fotootpornik. MOSFET IRLZ44N omogućuje upravljanje istosmjernim [2] dok optički izoliran elektromehanički relej SRD-05VDC-SL-C pruža mogućnost upravljanja izmjeničnim trošilima. Generiranje zvučnih signala vrši se pomoću zujalice. Na tiskanoj pločici se također nalazi i podnožje za ultrazvučni senzor udaljenosti HC-SR04.

4. RAZVOJ TISKANE PLOČICE

4. PRINTED CIRCUIT BOARD DEVELOPMENT

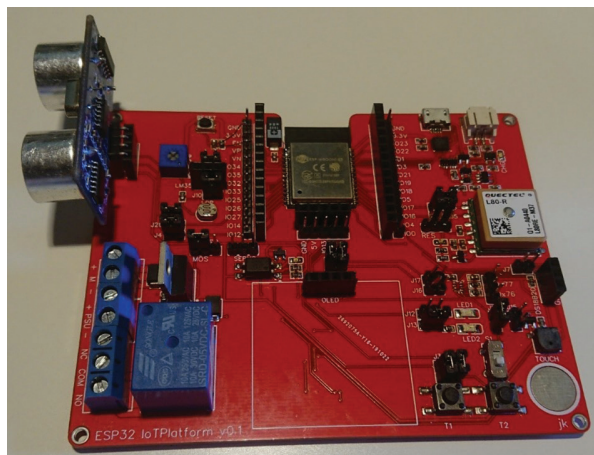
Određeni izvodi mikroupravljača uvijek imaju posebnu namjenu. Stoga je važno obratiti pozornost na redosljed spajanja senzora, aktuatora i ostalih elemenata. Prilikom odabira izvoda prioritet imaju elementi koji koriste komunikacijske protokole i/ili zahtijevaju korištenje A/D i D/A pretvarača.

Za istovremeno korištenje bežične mreže i A/D pretvarača potrebno je izbjeći upotrebu analognih ulaza spojenih na ADC2 A/D pretvarač [3]. Površina senzora dodira na tiskanoj pločici spojena je na izvod T0 unutarnjeg detektora dodira ESP-WROOM-32 modula.

Za razvoj prve iteracije tiskane pločice (slika 9.) korišten je besplatni alat easyEDA. Iako funkcionalna, sadržavala je određene nedostatke nastale pogreškama prilikom projektiranja električne sheme. Nedostajale su rupe za učvršćenje modula s OLED zaslonom a zbog nepovoljne orijentacije elektromehaničkog releja su vodiči niskog napona bili nedovoljno udaljeni od vodiča visokog napona.

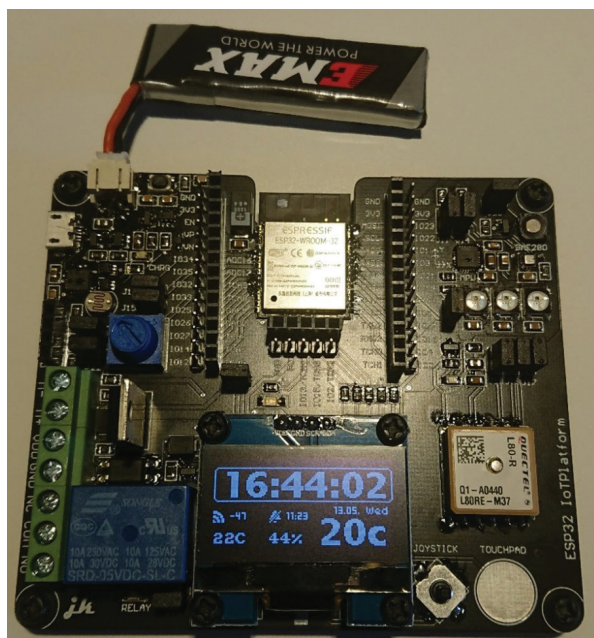
Razvoj druge iteracije tiskane pločice (slika 10.) izrađen je u profesionalnom CAD alatu za projektiranje i dizajn tiskanih pločica, Altium Designer. Uklonjeni su svi problemi prve iteracije međutim pozicije određenih elemenata tiskane pločice otežavale su fizički pristup upravljačkim elementima.

Treća iteracija (slika 12) tiskane pločice projektirana je i dizajnirana pomoću KiCad EDA programskog CAD alata za razvoj tiskanih pločica. Na sve otiske komponenata u biblioteci dodani su 3D modeli, što je omogućilo generiranje stvarnog 3D modela razvojne platforme (slika 11). Prilikom razvoja treće iteracije fokus je bio usmjeren na korisničko iskustvo s ciljem povećanja vidljivosti i pristupačnosti elemenata tiskane pločice, tako da budu razumljivi čak i bez čitanja uputa ili dokumentacije razvojne platforme. Kratkospojnici koji služe za električno odvajanje dijelova strujnog kruga, zamijenjeni su sklopka radi jednostavnijeg korištenja.



Slika 9 Prva iteracija razvojne platforme

Figure 9 First version of development board



Slika 10 Druga iteracija razvojne platforme

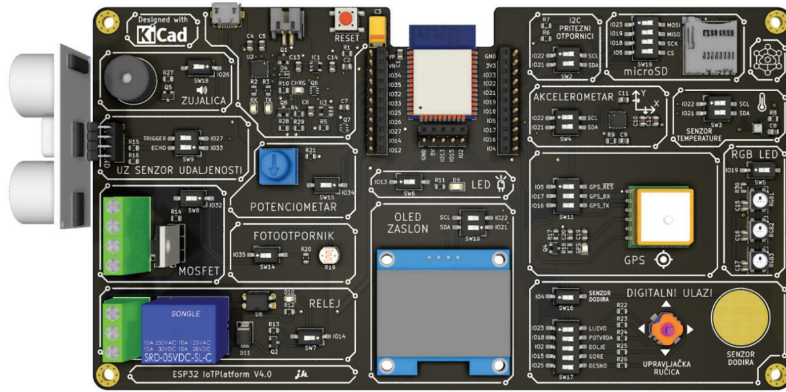
Figure 10 Second version of development board

Utor microSD memorijske kartice prebačen je na gornju stranu tiskane pločice kako bi svi funkcijski elementi bili vidljivi.

5. PRIMJER APLIKACIJE INTERNETA STVARI

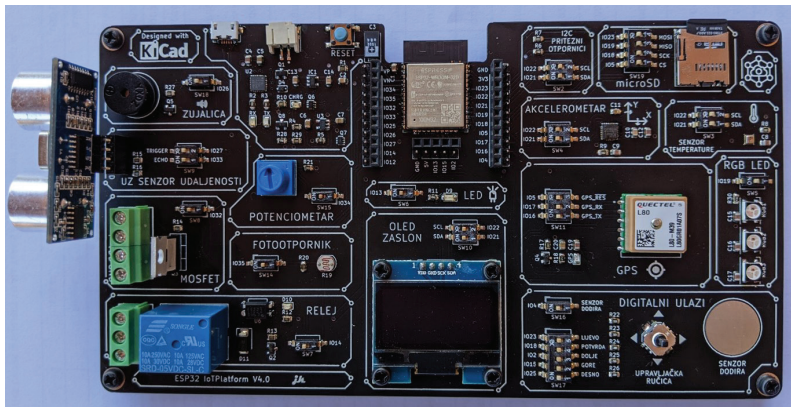
5. EXAMPLE OF IOT APPLICATION

Aplikacija namijenjena za testiranje funkcionalnosti pojedinih dijelova razvojne platforme izrađena je pomoću Node-RED vizualnog programskog razvojnog alata (eng. dashboard) (slika 13.) i MQTT (eng. Message Queuing Telemetry Transport) protokola [2].



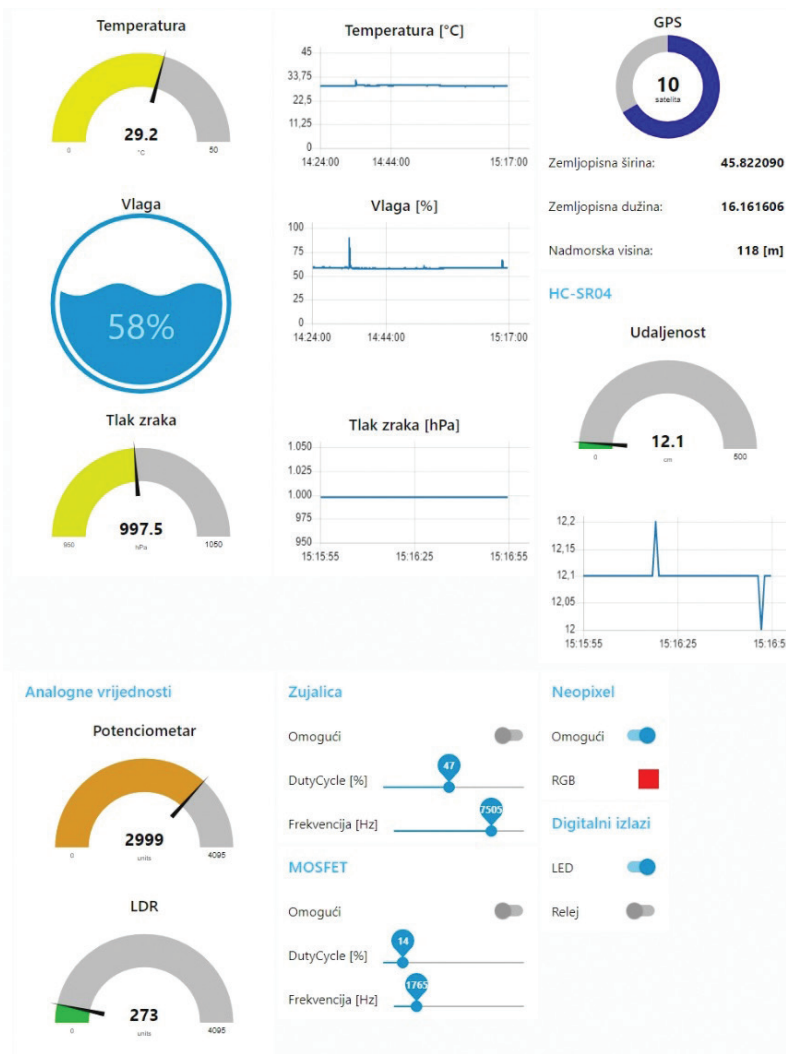
Slika 11 3D model treće iteracije razvojne platforme

Figure 11 3D model of third version of development board



Slika 12 Treća iteracija razvojne platforme

Figure 12 Third version of development board



Slika 13 Node-RED upravljačka ploča

Figure 13 Node-RED front panel

6. ZAKLJUČAK

6. CONCLUSION

Ovim postupkom izrađena razvojna platforma zadovoljava česte zahtjeve na mikroupravljačke sustave i aplikacije Interneta stvari. Razvojna platforma je spremna za korištenje bez dodatnih komponenata ili modula u tipičnim IoT aplikacijama ali istovremeno podržava mogućnost spajanja istih. Sadrži razne senzore, aktuatore, upravljačke i signalizacijske elemente. Navedeni elementi pokazali su se pouzdani u radu, dobro su dokumentirani od strane proizvođača te prilikom rada troše malu količinu električne energije. Cijena jednog uređaja kod izrade serije od 100 komada iznosi oko 35 američkih dolara odnosno 270 kuna.

7. REFERENCE

7. REFERENCES

- [1.] Toulson R., Wilmshurst T.; *Fast and Effective Embedded Systems Design*; Newnes; ISBN 978-0-08-100880-5; 2017
- [2.] Floyd T. L.; *Electronic Devices: Conventional Current Version (9th Edition)*; Pearson; 2012
- [3.] Neil Cameron; *Electronics projects with the ESP8266 and ESP32*; Apress; ISBN-978-1-4842-6336-5; 2021

AUTORI · AUTHORS

• Marko Miletić

Rođen je 1988. godine u Bjelovaru. Završio je Stručni studij mehatronike na Veleučilištu u Bjelovaru 2011. godine i Politehnički specijalistički diplomski stručni studij elektrotehnike na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu 2016. godine. Radio je u poduzeću Microstar d.o.o. u Odjelu razvoja na poslovima projektiranja elektroničkih sklopova i tiskanih pločica, programiranju mikroupravljača te ispitivanjima, proizvodnji i servisiranju elektroničkih uređaja. Radio je i kao laborant na Veleučilištu u Bjelovaru. Izabran je 2017. godine u naslovno nastavno zvanje predavača, te danas radi kao predavač na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu kao i vanjski suradnik na Veleučilištu u Bjelovaru.

Kao učenik sudjelovao je na državnim natjecanjima iz područja robotike i elektrotehnike. Mentorirao je studente koji su odlikovani značajnim nagradama na salonima inovacija poput zlatne i srebrne medalje na izložbi inovacija INOVA. Vlasnik je poduzeća koje posluje od 2017. godine te uspješno surađuje sa domaćim i stranim tvrtkama. Djelatnost tvrtke je istraživanje, razvoj i izrada elektroničkih sklopova i uređaja baziranih na modernim tehnologijama i to u sljedećim područjima: električna vozila, energetska učinkovitost, obnovljivi izvori energije i internet stvari (Internet of Things).

• Josip Kordek

Rođen je u Zagrebu 1993. godine. Srednju školu Sesvete, smjer Tehničar za računalstvo završio je 2011. godine. Daljnje školovanje nastavlja na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu gdje 2020. godine stječe titulu stručnog specijalista inženjera elektrotehnike obranom diplomskog rada pod mentorstvom predavača struč. spec. ing. el. Marka Miletića. Zaposlen je na Elektrotehničkom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu gdje radi kao laborant u laboratoriju za ugradbene računalne sustave.

• Dean Fraj

Rođen je u Puli 1993. godine. Osnovnu i srednju školu pohađao je u Puli. Preddiplomski i diplomski studij završio je 2017. godine na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Trenutno radi kao asistent na Strojarskom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu.

• Krunoslav Martinčić

Rođen 29. prosinca 1962. god. u Zagrebu. Maturirao 1981. god. pri COIUO "Ruđer Bošković" na smjeru računarske tehnike, na ETF-u u Zagrebu diplomirao 1987. god. na smjeru računarska tehnika a magistrirao 1998. god. na smjeru jezgra računarskih znanosti. Radio je kao asistent na matičnom fakultetu a trenutno radi kao viši predavač na Elektrotehničkom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu. Područja interesa su mu ugradbeni, namjenski računalni sustavi profesionalnih primjena te ultra brzi bežični komunikacijski sustavi.

Korespondencija · Correspondence

markomileticbj@gmail.com
 josip.kordek@gmail.com
 dean.fraj@tvz.hr
 krunoslav.martincic@tvz.hr