

RC LearnMate platforma za djecu sa poteškoćama u razvoju

Daniel Menićanin, Jelena Radanović, Nikola Račić

Panevropski univerzitet Apeiron, Fakultet informacionih tehnologija, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, danijel.menicinanin@gmail.com

Panevropski univerzitet Apeiron, Fakultet informacionih tehnologija, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, dev.radanovic@gmail.com

Panevropski univerzitet Apeiron, Fakultet informacionih tehnologija, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, nikola.racic020@gmail.com

Academy of Technical and Art Applied Studies, Belgrade, Serbia, trenkic.branimir@gmail.com, 0009-0006-8795-3040

Abstract: Ovaj rad predstavlja razvoj i implementaciju RC platforme kontrolisane pomoću PlayStation 4 kontrolera, namijenjene obrazovnim i terapijskim primjenama, posebno za djecu sa poteškoćama u razvoju. Platforma integriše NodeMCU-32S i Arduino Nano mikrokontrolere, L298N drajver motora, kao i releje za dinamičko upravljanje napajanjem, omogućavajući prilagodljivo korištenje serijskih i paralelnih baterijskih konfiguracija. Ultrazvučni senzor HC-SR04 koristi se za detekciju prepreka, dok se LED animacije i kontrola motora realizuju putem PWM signala. Platforma je dizajnirana da bude prilagodljiva i modularna, čineći je pogodnom za edukaciju, gde učenici stiču praktična znanja iz programiranja i elektronike, ali i za terapijske svrhe, pružajući interaktivno sredstvo za razvoj motoričkih i kognitivnih sposobnosti kod djece sa poteškoćama u razvoju. Rad ukazuje na tehničke mogućnosti sistema i njegov društveni značaj, sa potencijalom za dalja proširenja i nadogradnju.

Keywords: NodeMCU, ESP32, RC, Arduino, C, C++, PlayStation 4, ShiftRegister, LED, servo

UVOD

Zahvaljujući ubrzanom razvoju tehnologije, interaktivne platforme koje omogućavaju kontrolu na daljinu sve više privlače pažnju istraživača, edukatora i terapeuta. RC (remote-controlled) platforme sa naprednim kontrolnim mogućnostima, poput onih koje omogućava PlayStation 4 kontroler, postaju ključni alat u različitim oblastima. Ove platforme integrišu jednostavnost upotrebe i pristupačnost sa visokim tehnološkim standardima, omogućavajući upotrebu kako u sferi obrazovanja, tako i u rehabilitacionim i terapijskim procesima. Ono što RC platforme čini posebno zanimljivim u terapijskoj primjeni jeste mogućnost podešavanja u skladu sa sposobnostima korisnika, bilo da su u pitanju djeca, osobe sa poteškoćama u razvoju ili odrasli sa specifičnim potrebama za rehabilitacijom. Upotreba PlayStation 4 kontrolera olakšava kontrolu, pružajući korisnicima intuitivno iskustvo upravljanja koje smanjuje barijeru između korisnika i uređaja. To je od posebne važnosti za djecu ili osobe sa slabijim motoričkim sposobnostima, jer se omogućava precizna, ali i jednostavna manipulacija uređajem, čime se pospješuje kako

kognitivna, tako i motorička stimulacija.

Integracija PlayStation 4 kontrolera sa RC platformom zahtijeva duboko razumijevanje kako kontroler funkcioniše, kako komunicira sa mikrokontrolerom i kako se može iskoristiti za kontrolu RC platforme. Ovo podrazumijeva temeljno razumijevanje dvosmjerne komunikacije između PlayStation 4 kontrolera i mikrokontrolera putem Bluetooth-a, što je složen zadatak.

Pored toga, postojeća RC platforma se lako može proširiti različitim dodatnim modulima i senzorima, kao što su senzori za detekciju prepreka, kamere za nadzor i komunikacioni moduli za povezivanje sa drugim uređajima. Ovi dodaci omogućavaju prilagođavanje platforme specifičnim potrebama korisnika i stvaraju mogućnosti za složenije primjene u terapijskoj praksi.

U ovom radu biće analizirani tehnički detalji RC platforme, kao i metodološki aspekti njenog razvoja. Poseban fokus je stavljen na inovativnu primjenu ovih tehnologija u terapijske svrhe, pri čemu se RC platforma sagledava kao sredstvo za poboljšanje kvaliteta života korisnika. Ovakav pristup doprinosi razvoju inkluzivnih tehnoloških rješenja, usmjerenih ka stvaranju pristupačnih i funkcionalnih alata za sve korisnike, bez obzira na njihove individualne sposobnosti.

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE I PRINCIP RADA

RC platforma, predstavlja složen tehnički sistem sastavljen od nekoliko ključnih komponenti. Svaka od tih komponenti ima specifičnu ulogu u funkcionalnosti platforme i doprinosi njenoj sveukupnoj pouzdanosti i prilagodljivosti različitim potrebama korisnika. RC platforma u kombinaciji sa PlayStation 4 kontrolerom obuhvata niz elektronskih i mehaničkih elemenata koji omogućavaju precizno upravljanje i efikasan prenos podataka u realnom vremenu.

Elektronski sistem RC platforme čini osnovu njenog funkcionisanja, pri čemu se posebno ističu mikroprocesorska jedinica, senzori i komunikacioni moduli. Mikroprocesor je odgovoran za obradu signala koji dolaze sa PlayStation 4 kontrolera, kao i za kontrolu izvršnih jedinica, kao što su motori. Ovaj mikroprocesorski modul omogućava interpretaciju komandi korisnika i njihov precizan prenos na platformu, čime se postiže stabilnost i tačnost u radu. Komunikacija između PlayStation 4 kontrolera i RC platforme zasnovana je na bežičnom prenosu podataka, koji se odvija putem Bluetooth tehnologije. Ova komunikacijska tehnologija omogućava direktan i stabilan prenos podataka, koji je ključan za nesmetano upravljanje platformom u realnom vremenu.

Bluetooth protokol je odabran zbog svoje pouzdanosti i mogućnosti brze reakcije, što je posebno važno u aplikacijama koje zahtijevaju momentalnu povratnu informaciju i visoku preciznost.



Slika 1 – RC platforma

Integracija haptičke povratne informacije na RC platformi omogućava djeci sa poteškoćama u razvoju da steknu bolju prostornu percepciju kroz intuitivno iskustvo. Kada se prepreka nalazi sa lijeve strane, lijevi dio PlayStation 4 kontrolera blago vibrira, dok se za prepreku sa desne strane aktivira desna strana kontrolera. U situacijama kada je prepreka ispred, obje strane vibriraju istovremeno, pružajući korisnicima jasan signal o trenutnom okruženju. Ovaj pristup haptičke interakcije pomaže djeci da povežu senzorne informacije sa kretanjem i prostorom, olakšavajući im učenje i povećavajući njihovo samopouzdanje pri upravljanju platformom.

MEHANIČKE KOMPONENTE I MOTORI

Osnovu pokretačkog sistema RC platforme čine visoko efikasni motori koji omogućavaju kretanje u svim pravcima. Ovi motori su povezani sa točkovima i kontrolišu se putem mikroprocesora koji prima signale sa kontrolera, čime se osigurava brz odziv i precizna manipulacija kretanjem. Platforma koristi DC motore, koji su poznati po svojoj izdržljivosti i visokoj efikasnosti, što je ključno za duži rad i stabilnost platforme. Pored toga, kontrolni algoritmi implementirani u mikroprocesoru omogućavaju fino podešavanje brzine i smjer kretanja, što doprinosi prilagodljivosti uređaja u različitim situacijama.

Za dodatnu funkcionalnost i sigurnost RC platforme, integrisan je i set senzora koji prate parametre okruženja i omogućavaju autonomnu reakciju u slučaju prepreka ili drugih nepredviđenih uslova. Ultrazvučni senzori za detekciju prepreka omogućavaju da platforma detektuje objekte u svom neposrednom okruženju. Ovi senzori su povezani sa procesorom, koji obrađuje podatke i prilagođava smjer ili brzinu kretanja u skladu sa detektovanim informacijama.



Slika 2 - Ultrazvučni senzor HC-SR04

RC platforma je opremljena litijum-jonskom baterijom visokog kapaciteta koja omogućava dugotrajno korištenje uređaja bez potrebe za čestim punjenjem. Litijum-jonske baterije su odabrane zbog njihove energetske efikasnosti i dugog životnog vijeka, što doprinosi ekonomičnosti uređaja. Ove baterije omogućavaju stabilno napajanje svim komponentama, omogućavajući kontinuiran rad čak i u uslovima visoke potrošnje energije, koja je karakteristična za sisteme sa više senzora i motora. Takođe, implementirana je zaštita od prekomjernog pražnjenja ili punjenja, čime se dodatno produžava životni vijek baterije.

PRINCIP RADA RC PLATFORME

Princip rada RC platforme zasnovan je na bežičnoj komunikaciji između PlayStation 4 kontrolera i centralne procesorske jedinice platforme. Kada korisnik unese komande putem kontrolera, te komande se preko Bluetooth veze prenose na mikroprocesor, koji potom interpretira signale i šalje odgovarajuće naredbe izvršnim jedinicama – motorima i senzorima. Komunikacija je dvosmjerna, što znači da mikroprocesor može poslati povratne informacije korisniku, u slučaju da su senzori detektovali prepreke ili kada je potrebno izvršiti korekciju kretanja.

Sve komponente platforme funkcionišu u sinergiji, omogućavajući stabilno upravljanje, brz odziv na korisničke komande i prilagođavanje različitim operativnim uslovima. Na ovaj način, RC platforma postiže optimalan balans između fleksibilnosti i pouzdanosti, što je čini pogodnom za različite primjene, posebno u obrazovnom i terapijskom okruženju gdje je neophodna visoka preciznost i stabilnost u radu.

PROCES RAZVOJA RC PLATFORME

Razvoj RC platforme obuhvatao je više faza, čime se postigla tehnička ispravnost, funkcionalnost i praktičnost uređaja. Ovaj proces bio je temeljan, integrisan i zasnovan na interdisciplinarnom pristupu, uzimajući u obzir specifične ciljeve za upotrebu u obrazovnim i terapijskim okruženjima. Ključne faze razvoja uključivale su konceptualizaciju, projektovanje hardvera, implementaciju softverskog rješenja, integraciju komponenti i testiranje.

Prva faza razvoja započela je definisanjem osnovnih ciljeva projekta i identifikacijom ključnih ciljeva. Poseban naglasak stavljen je na primjenu platforme u edukaciji i terapiji, posebno usmjeren na djecu sa poteškoćama u razvoju, pri čemu su identifikovane potrebe za intuitivnim upravljanjem, preciznošću, pouzdanošću i prilagodljivošću. Fokus je na djecu sa stanjima kao što su blaži oblik autizma i DCD. Djecu sa specifičnim deficitima u motoričkim vještinama nazivaju djecom sa poremećajem koordinacije (DCD; Američko psihijatrijsko udruženje, 1994). Djeca sa DCD-om pokazuju motoričke deficite u gotovo svim motoričkim domenima. Obično se razvijaju sporije od svojih vršnjaka. [1] Imajući u vidu djecu sa poteškoćama u razvoju, kojima bi platforma mogla pomoći u korekciji fine motorike, dodatna

pažnja je posvećena dizajniranju kontrolnog sistema i senzorskih funkcionalnosti.

Na osnovu analize, izrađena je detaljna specifikacija koja je obuhvatala tehničke parametre, funkcionalne karakteristike i očekivane performanse platforme. Navedena dokumentacija poslužila je kao osnova za dalji razvoj i omogućila efikasnu koordinaciju tima.

PROJEKTOVANJE HARDVERA

Projektovanje hardverskog dijela RC platforme bilo je ključni korak koji je uključivao izbor odgovarajućih komponenti i njihovu integraciju u funkcionalan sistem. Takođe, pažljivo su odabrani motori, senzori, LED rasvjeta, kao i baterijski sistem kako bi zadovoljili tehničke i funkcionalne zahtjeve.



Slika 3 - ESP NodeMCU - 32S

U okviru projekta, ESP NodeMCU-32S preuzima ulogu glavnog mikrokontrolera koji efikasno upravlja svim procesima na RC platformi. Takođe, prilikom izrade projekta, korišten je i Arduino Nano, koji ima ulogu u upravljanju shift registrima. Ovo znači da su funkcije koje upravljaju animacijama na LED rasvjeti programirane i izvršene na Arduino Nano mikrokontroleru. Ovaj interesantan aspekt projekta omogućava proširenje funkcionalnosti broja izlaznih pinova bez potrebe za dodatnim fizičkim izlazima na Arduino-u. Arduino mikrokontroler korišten je u mnogim projektima od svog prvog predstavljanja 2005. godine. Ovaj integrisani čip koristi se sa različitim sensorima za izradu mnogih interesantnih projekata. [2] Nakon izbora komponenti, kreirani su šematski prikazi elektronskih kola i izvedene simulacije kako bi se potvrdila funkcionalnost dizajna prije same implementacije.

KLJUČNE HARDVERSKJE KOMPONENTE

ESP NodeMCU-32S, zasnovan na ESP32 mikrokontroleru, zauzima centralnu ulogu u ovoj platformi kao glavni kontrolni modul. Njegove karakteristike, poput ugrađenog Wi-Fi i Bluetooth modula, omogućavaju bežičnu komunikaciju s PlayStation 4 kontrolerom, čime se postiže jednostavno i intuitivno upravljanje uređajem. Prilikom realizacije projekta, ESP NodeMCU-32S služi kao interfejs između korisnika i perifernih modula. GPIO izlazi mikrokontrolera povezani su sa ulazima

Arduino Nano mikrokontrolera putem otpornika od 1 k Ω , čime se obezbjeđuje stabilan rad i zaštita od prenapona. Osim toga, ovaj mikrokontroler obrađuje signale sa PS4 kontrolera i kontroliše releje, motore, svjetlosne efekte i druge komponente sistema.



Slika 4 – Arduino Nano

Arduino Nano je kompaktniji član Arduino porodice, idealan za projekte sa ograničenim prostorom. U ovom sistemu, Nano upravlja LED rasvjetom putem shift registara i omogućava dodatnu fleksibilnost u proširenju broja izlaznih pinova. Kombinacija NodeMCU i Arduino Nano mikrokontrolera omogućava izuzetno efikasnu raspodjelu zadataka.

NodeMCU kontroliše status pinova Nano mikrokontrolera, dok Nano koristi četiri izlazna pina za upravljanje različitim animacijama svjetlosnih efekata. Implementacija modularnog pristupa doprinosi jednostavnosti razvoja i mogućnosti proširenja funkcionalnosti platforme.

Drajver L298N omogućava kontrolu brzine i smjera DC motora. Zasnovan na H-bridge principu, navedeni modul koristi četiri tranzistora za prebacivanje polariteta napona i upravljanje protokom struje do motora. Brzina motora reguliše se putem PWM signala koji dolazi iz NodeMCU mikrokontrolera.

Osim upravljanja smjerom kretanja, L298N nudi stabilnost u radu, uz dodatnu mogućnost napajanja drugih modula preko ugrađenog regulatora napona od 5V. Ovo čini drajver ključnom komponentom za efikasno funkcionisanje cijelog sistema.

Shift registar 74HC595 koristi se za proširenje broja izlaznih pinova Arduino Nano mikrokontrolera, čime se omogućava kontrola do 16 LED dioda koristeći samo tri ulazna pina. Dva shift registra povezana su u seriju, pri čemu se podaci prenose od master ka slave registru. Ovaj raspored omogućava optimalnu kontrolu svjetlosnih efekata uz minimalnu potrošnju resursa mikrokontrolera. Osim otpornika od 1 k Ω za ograničavanje struje prema LED diodama, implementirani su i kondenzatori od 10 μ F za eliminaciju smetnji i povećanje stabilnosti rada.

Sa druge strane, step-down konverter smanjuje napon sa 16V na 5V za napajanje mikrokontrolera i perifernih modula. Njegova visoka efikasnost omogućava stabilno napajanje, dok precizna regulacija napona eliminiše rizik od prenapona koji bi mogao oštetiti osjetljive elektronske komponente.

Releji omogućavaju fleksibilno prebacivanje između serijske i paralelne konfiguracije baterija, čime se prilagođava izlazni napon i struja prema potrebama motora. Ova funkcionalnost

osigurava optimalno korištenje baterijskog kapaciteta, omogućavajući dugotrajan i pouzdan rad platforme u različitim režimima rada.

Ultrazvučni senzor HC-SR04 koristi se za mjerenje udaljenosti objekata u realnom vremenu. Zasnovan na principu refleksije ultrazvučnih talasa, senzor izračunava udaljenost koristeći formulu:

$$D = \frac{t * v}{2}$$

gdje je t vrijeme povratka talasa, dok je v brzina zvuka. Ovaj modul omogućava detekciju prepreka, čineći platformu pogodnom za autonomne ili poluautonomne aplikacije.

IMPLEMENTACIJA RC PLATFORME

Ideja za projekat započela je pronalaskom oštećene igračke, koja je predstavljala osnovu za izgradnju inovativne RC platforme. Nakon procjene njene funkcionalnosti i potencijala, pristupilo se uklanjanju svih oštećenih dijelova. Ovaj početni korak bio je ključan kako bi se osiguralo da osnova platforme može podržati napredne funkcije koje će biti implementirane u kasnijim fazama.

Poseban izazov predstavljao je izbor kontrolera za upravljanje platformom. Odlučeno je da se koristi PlayStation 4 kontroler, prepoznat po svojim naprednim tehničkim karakteristikama, uključujući precizne analogne kontrole i mogućnost dinamičkog prilagođavanja parametara, poput brzine motora. Povezivanje kontrolera s računarom obavljeno je korištenjem softverskog alata Six Axis Pair Tool, koji omogućava identifikaciju uređaja na osnovu njegove MAC adrese. Nakon uspješnog uparivanja, kontroler je integrisan u sistem platforme, čime je omogućena precizna kontrola njenog kretanja.

Funkcionalnost PlayStation 4 kontrolera dodatno je unaprijeđena zahvaljujući mogućnosti upravljanja signalima potencijometara R2 i L2, što je omogućilo precizno regulisanje brzine motora putem PWM signala.

Kvalitet upravljanja, u poređenju sa starijim modelima kontrolera, bio je od ključne važnosti za realizaciju ovog projekta, posebno u dijelu koji se odnosi na stabilnost i preciznost upravljanja tokom vožnje, odnosno upotrebe platforme.

Nakon postavljanja osnove za upravljanje, pažnja je usmjerena na implementaciju dodatnih funkcionalnosti RC platforme. Ugrađen je modul koji omogućava biranje između dva načina rada – 8V i 16V, zavisno od potreba korisnika i uslova. Osim toga, integrisana je dinamička kontrola zakretanja prednjih točkova, kao i niz drugih funkcija, poput animacija svjetala, signalizacije i dinamičke regulacije brzine.

Konstrukcija platforme zahtijevala je pažljivu organizaciju elektronskih komponenti na jednoj circuit board-u. Ovo je postignuto preciznim lemljenjem nosača mikrokontrolera i regulatora napona, čime je postignuta otpornost na vibracije i udarce tokom vožnje po neravnim površinama. Ovaj korak bio je posebno važan za stabilnost sistema, omogućavajući jednostavno uklanjanje mikrokontrolera radi učitavanja novih verzija koda, održavanja i popravki.

Za kontrolu motora inicijalno su korišteni tranzistori, ali se zbog potrebe za kompaktnim dizajnom i boljim hlađenjem prešlo na upotrebu fabričkog modula L298N. Ovaj motor drajver značajno je unaprijedio performanse platforme, pružajući precizniju i efikasniju kontrolu motora. Dodatno, razvijen je prilagođeni modul za LED osvjetljenje, koji sadrži 11 dioda povezane na shift registre. Ovaj dizajn omogućio je dinamičko upravljanje osvjetljenjem uz stabilno napajanje, čime je postignut estetski i funkcionalni balans.

Platforma je opremljena i ultrazvučnim senzorima, koji omogućavaju prepoznavanje prepreka i zaustavljanje vozila u slučaju potencijalnog sudara. Ugradnja servo motora omogućila je kontrolisano skretanje platforme, čime je povećana njena funkcionalnost i prilagodljivost različitim zadacima. Konačno, sistem napajanja je optimizovan korištenjem litijum-jonskih baterija, uz čiju upotrebu je postignuta mogućnost dugotrajne vožnje, kao i stabilnost u radu.



Slika 5 – Razvoj softvera u VS Code okruženju

RAZVOJ SOFTVERA

Softverski dio platforme razvijen je sa ciljem da osigura pouzdano upravljanje i komunikaciju između komponenti. Glavni izazov u ovoj fazi bio je razvoj kontrolnog algoritma koji omogućava brzo i precizno prenošenje komandi sa PlayStation 4 kontrolera na mikroprocesor. Algoritam je optimizovan za minimalno kašnjenje i maksimalnu preciznost, što je posebno važno u aplikacijama gde je neophodna brza reakcija sistema. Pored upravljačkog softvera, razvijen je i dodatni softver za obradu podataka sa senzora. Ovaj softver omogućava platformi da reaguje na promjene u okruženju i prilagođava svoje ponašanje, čime se povećava bezbjednost i funkcionalnost uređaja. Paralelno programiranje u C i C++ programskim jezicima predstavlja izazovan, ali izuzetno efikasan način za poboljšanje performansi i efikasnosti u kontroli platforme. Ovaj pristup zahtijeva detaljno poznavanje višenitnog programiranja, kao i sposobnost upravljanja resursima, uz posebnu pažnju na probleme vezane za konkurentnost. Nakon završetka projektovanja hardvera i razvoja softvera, komponente su integrisane u jedinstveni sistem. Tokom ove faze, posebna pažnja posvećena je kompatibilnosti između različitih modula, te postizanju pouzdane i stabilne komunikacije.

Testirane su sve funkcionalnosti, uključujući bežičnu kontrolu, senzorski sistem i pokretačke mehanizme, kako bi se identifikovali eventualni problemi u interoperabilnosti i otklonile greške.

Proces razvoja RC platforme bio je iterativan i zasnovan na principima stalnog poboljšanja. Svaka faza razvoja doprinijela je stvaranju funkcionalnog, pouzdanog i prilagodljivog uređaja, spremnog za primjenu u obrazovnim i terapijskim okruženjima. Pažljivo planiranje, interdisciplinarni pristup i temeljno testiranje osigurali su visok kvalitet finalnog proizvoda i postavili kvalitetnu osnovu za nadogradnju i dalji rad na razvoju RC platforme.

REFERENCE

[1] D. Dewey, M. Cantell, and S. G. Crawford, "Motor and gestural performance in children with autism spectrum disorders, developmental coordination disorder, and/or attention deficit hyperactivity disorder," Proceedings of the Journal of the International Neuropsychological Society, vol. 13, no. 2, March 2007.

[2] N. I. Abdulkhaleq, I. J. Hasan and N. A. J. Salih, Investigating the resolution ability of the HC-SRO4 ultrasonic sensor, Baghdad: IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2020.

[3] M. A. Patel, A. R. Patel, D. R. Vyas and K. M. Patel, Use of PWM Techniques for Power Quality Improvement, Mahesana: L.C. Institute of Technology, 2009.

[4] S. Barua and M. Rahman, "Analysis of power consumption of different microcontrollers," Proc. Analysis of Power Consumption Among Different Microcontrollers, Dhaka, Bangladesh, 2023.

[5] U. E. Manawadu, M. Kamezaki, M. Ishikawa, T. Kawano, and S. Sugano, "A haptic feedback driver-vehicle interface for controlling lateral and longitudinal motions of autonomous vehicles," IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, Canada, 2016.

[6] M. Fezari, N. Zakaria and A. Al Dahoud, Comparative study between two Powerfull NodeMCU Circuits: ESP32 and ESP8266, Annaba: Badji Mokhtar Annaba University, 2019.

[7] H. Sakurai, T. Kato, and Y. Kobayashi, "Development of Low-Power Microcontroller Systems for IoT Applications," Proceedings of the International Conference on Embedded Systems, Tokyo, Japan, 2018.



www.ensmartbuild.com