



## Пројектовање и имплементација паметног система за паркирање

### *Design and implementation of a smart parking system*

Петар Граховац, Факултет техничких наука, Нови Сад

#### Студијски програм – МЕХАТРОНИКА, РОБОТИКА И АУТОМАТИЗАЦИЈА

**Кратак садржај** – Задатак паметног система за паркирање обрађује развој аутоматизованог система затвореног типа за управљање паркинг местима, заснованог на NFC/RFID идентификацији корисника. Систем интегрише сензоре, актуаторске механизме, програмабилни контролер и визуелне индикаторе заузетости. Посебан акценат је стављен на пројектовање штампане електронске плоче (PCB), софтверску архитектуру и дизајн макете. Систем омогућава и екстерно управљање, чиме се проширују његове функционалне могућности. Рад описује све фазе развоја – од хардверске организације и комуникационих протокола, преко софтверских алгоритама, до израде макете и апликације за екстерно управљање паркингом.

**Кључне речи:** аутоматизација, PCB, паркинг, бесконтактна комуникација

**Abstract** – This thesis presents the development of an automated smart parking system, based on NFC/RFID user identification. The system integrates sensors, actuator mechanisms, a programmable controller, and visual indicators of occupancy. Special emphasis is placed on PCB design, software architecture and 3D model prototyping. The system also supports external control, enhancing its functional capabilities. The paper describes all development phases – from hardware organization and communication protocols, through software algorithms, to 3D model design and the application for external management.

**Keywords:** automation, PCB, parking, contactless communication

**НАПОМЕНА:** Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Гордана Остојић, ред. проф.

#### 1. УВОД

У последњих неколико година, концепт паметних градова све више добија на значају, а са њим и потреба за интелигентним решењима у области саобраћаја и инфраструктуре. Један од кључних изазова у урбаним срединама јесте ефикасно управљање паркинг просторима.

Традиционални системи често не пружају довољно информација о доступности места, нити омогућавају аутоматизовану контролу приступа. Паметни системи за паркирање представљају одговор на ове изазове, комбинујући сензорску технологију, електронске компоненте и софтверске алгоритме како би се обезбедила поуздана, флексибилна и аутоматизована контрола над паркинг инфраструктуром. У оквиру овог рада развијен је аутоматизовани систем затвореног типа који користи NFC/RFID технологију за идентификацију корисника, омогућава детекцију заузетости, контролу приступа као и визуелну сигнализацију стања паркинг места. Унапређење система огледа се у увођењу могућности даљинске интеракције, којом се омогућава надзор над статусом кључних компоненти у реалном времену, управљање приступним рампама и увид у евиденцију улазака возила.

#### 2. СТРУКТУРА СИСТЕМА

У овом поглављу представљена је техничка структура система, са фокусом на распоред хардверских компоненти и њихове међусобне функционалне везе.

##### 2.1. Хардверска основа

У табели 1 приказана је техничка конфигурација система, заснована на микроконтролеру ESP32-DevKit-C [1,2], уз примену различитих сензора и актуатора који заједно омогућавају реализацију свих функционалности паметног система за паркирање.

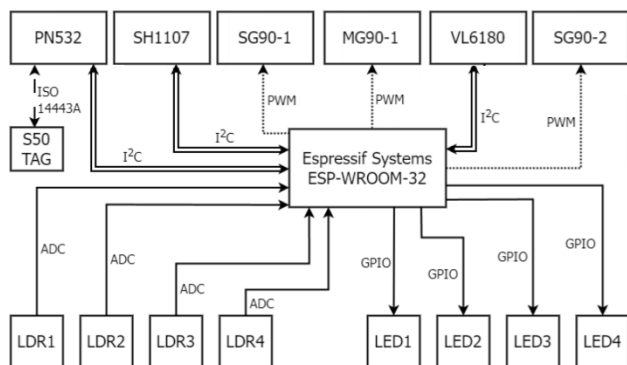
Табела 1. Хардверска основа система

Компонента	Функција
ESP32 модул [2]	Управљање системом
RFID модул	Провера идентификације
OLED екран	Приказ слободних места
SG90 мотори	Управљање рампама
MG90 мотор	Управљање стубом
Фотоотпорници [3]	Провера заузетости места
RGB LED диоде	Индикатор заузетости места
ToF сензор	Провера присуства на излазу

Систем користи три мотора – два мотора SG-типа за рампе и један мотор MG-типа за потапајући стуб, док је за свако од четири паркинг места примењен по један фотоотпорник и RGB LED диода.

## 2.2. Архитектура система

На слици 1 приказана је системска архитектура модула који чине систем, заједно са протоколима комуникације који омогућавају размену података међу њима.



Слика 1. Системска архитектура

## 3. КОМУНИКАЦИОНИ ПРОТОКОЛИ

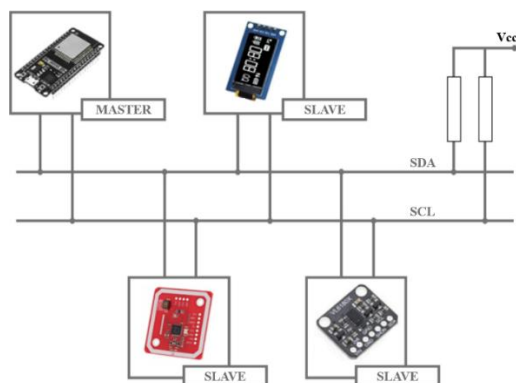
У Табели 2 приказани су комуникациони протоколи који омогућавају међусобну размену података између модула система.

Табела 2. Комуникациони протоколи

Протокол	Енглеска скраћеница
I <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit
PWM	Pulse width modulation
ADC	Analog to Digital Converter
GPIO	General-purpose input/output
ISO14443A [4]	Contactless communication

### 3.1. I<sup>2</sup>C комуникација

Коришћен је I<sup>2</sup>C комуникациони протокол у конфигурацији са једним master и више slave уређаја. На слици 2 приказана је шема ове комуникације у оквиру пројекта, где master уређај представља главни контролер система, док су slave уређаји RFID модул, OLED екран и сензор присуства испред излазне рампе.



Слика 2. I<sup>2</sup>C комуникација

### 3.2. Ширинско-импулсна модулација

Мотори који управљају отварањем и затварањем улазне и излазне рампе контролисани су путем сигнала ширинско-импулсне модулације (PWM). Поред њих, истим сигналом управља се и мотором који покреће потапајући стуб испред резервисаног места, при чему је овим мотором могуће управљати искључиво екстерно.

### 3.3. Аналогно-дигитална конверзија

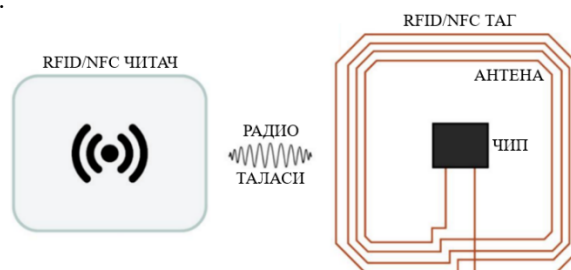
За претварање аналогног сигнала фотоотпорника [3] у дигитални коришћени су аналогно-дигитални пинови микроконтролера. Фотоотпорници се користе за детекцију присуства или одсуства светла, при чему је њихова отпорност обрнуто пропорционална интензитету осветљења — што је светлост слабија, отпорност је већа. На основу измерене отпорности може се закључити колику количину светлости сензор прима. У овом случају није потребно прецизно мерење интензитета светлости, већ само детекција њеног присуства или одсуства. Када је паркинг место празно, фотоотпорник прима светлост, па је његова отпорност мања. Када се возило паркира и закљони амбијентално светло, отпорност фотоотпорника расте, што указује на одсуство светлости.

### 3.4. Улазно-излазни пинови

Дигитални излазни пинови микроконтролера коришћени су за управљање RGB LED диодама, које у овом пројекту служе као визуелни индикатори заузетости паркинг места. Зелено светло означава слободно место, док црвено сигнализира да је место заузето.

### 3.5. Бесконтактна комуникација

У овом пројекту користе се RFID тагови који комуницирају на фреквенцији од 13,56 MHz, у оквиру високофреквентног (HF) опсега [4]. За успостављање ове врсте бежичне комуникације неопходна су два основна елемента: PCD (proximity coupling device), односно РФИД модул који врши идентификацију корисника, и PICC (proximity integrated circuit card), тј. RFID таг који се налази на возилу и служи за валидацију идентитета. Бесконтактна размена података између ова два уређаја приказана је на слици 3.

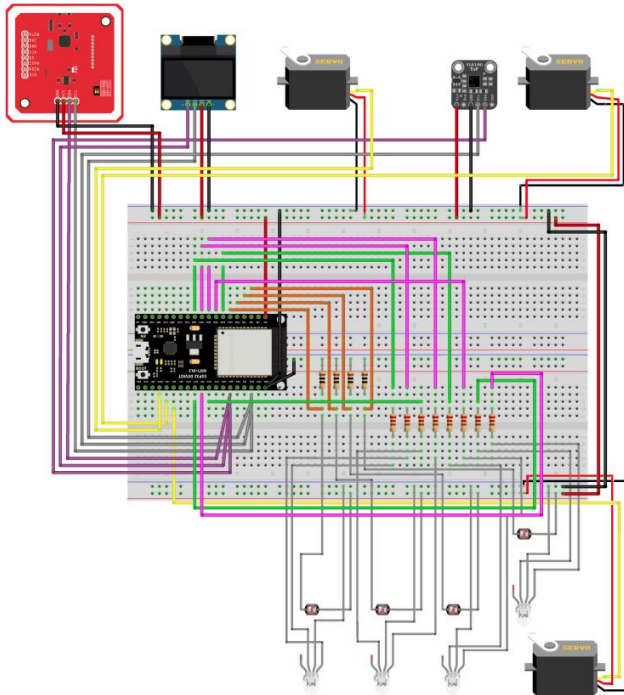


Слика 3. Бесконтактна комуникација [4]

У сваки RFID таг уписан је јединствени идентификациони број (ID), чиме се омогућава контрола приступа паркинг простору. Систем води евиденцију о уласцима возила, од тренутка активације па до губитка напајања, а листа улазака доступна је кроз апликацију за екстерну контролу.

## 4. ШЕМАТСКИ ПРИКАЗ СИСТЕМА

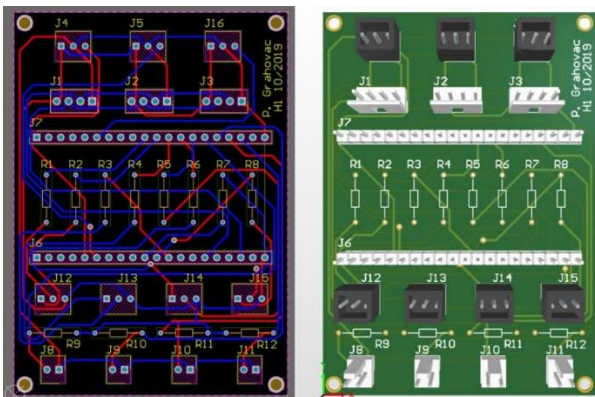
На шематском приказу [5,6] представљени су електронски модули, њихов распоред и начин међусобног повезивања у оквиру паметног система за паркирање.



Слика 4. Шематски приказ система [5,6]

## 5. РСВ ПРОЈЕКТОВАЊЕ

Тестирање рада система извршено је на основу шематског приказа пројекта, користећи микроконтролер, електронске компоненте, краткоспојнице и протоплочу. Након успешног тестирања, шема је пренета у облик електронске плоче (РСВ), чиме је значајно смањен број каблова, елиминисана потреба за протоплочама и обезбеђена поузданија веза захваљујући конекторима који спречавају губитак контакта. Узимајући у обзир димензије штампане плоче и комплексност проводних веза, примењен је двослојни дизајн ради оптималне функционалности и распореда компоненти. Приказ дизајниране електронске плоче дат је на слици 5.



Слика 5. 2D/3D приказ електронске плочице

## 6. ПРОГРАМ СИСТЕМА

У овом поглављу описан је начин програмирања и алгоритам за управљање овим системом. Корак након одабира компонента и њиховог међусобног повезивања је писање програма. Применом секвенцијалног редоследа извршавања акција не дозвољава се да се започне наредна акција пре него што се заврши претходна. Алгоритам се састоји од акција које се извршавају и услова за прелазак из једне акције у другу.

### 6.1. Главни програм

Након покретања система, извршава се иницијализација свих компоненти. Ако је иницијализација успешна, наставља се са даљим извршавањем акција. У случају да иницијализација није успешна, ради се поновна иницијализација. Поред иницијализације компоненти, врши се калибрација сензора испред излазне рампе тако што се читава 50 узорака и израчунава њихова средња вредност, која представља референтну вредност када се возило не налази на излазу и користи се за поређење са наредним читавањима како би се утврдило да ли је возило пришло излазној рампи. За свако паркинг место врши се калибрација фотоотпорника тако што се за сваки од четири фотоотпорника читава 50 узорака и израчунава средња вредност, која представља амбијентално осветљење када се возило не налази на паркинг месту. Та вредност се користи као референца за поређење са наредним читавањима, како би се утврдило да ли је возило паркирано.

Након успешне иницијализације свих компоненти, извршавају се следеће функције по наведеном редоследу:

### 6.2. Мод читања RFID модула на улазу

На улазном делу паркинга, испред улазне рампе, налази се модул за идентификацију путем RFID технологије. Покреће се режим читања, и у случају успешног читавања RFID тага, проверава се његова валидност. Ако се ID тага налази у систему, на екрану се приказује идентификација, а улазна рампа се отвара. Уколико ID није регистрован у систему, на екрану се приказује порука да је приступ паркингу одбијен.

### 6.3. Мод читања сензора на излазу

На излазном делу паркинга, испред излазне рампе, постављен је сензор присуства. Када се његова вредност значајно разликује од референтне вредности добијене током иницијализације, то указује на присуство возила које жели да напусти паркинг. У том случају, излазна рампа се аутоматски отвара.

### 6.4. Читање са фотоотпорника

На средини сваког паркинг места, у равни са коловозом, постављен је по један фотоотпорник. Када се његова вредност значајно разликује од референтне вредности добијене током иницијализације, то указује да је на том месту паркирано возило. У том случају, у коду се бележи да је место заузето. Ако нема промене у односу на референтну вредност, бележи се да је место слободно.

## 6.5. Промена боје RGB LED диоде

Изнад сваког паркинг места постављена је RGB LED диода. Када је место заузето, одговарајућа диода мења боју из зелене у црвену. Уколико је место слободно, диода остаје зелене боје, сигнализирајући доступност.

## 6.6. Исписивање стања на екран

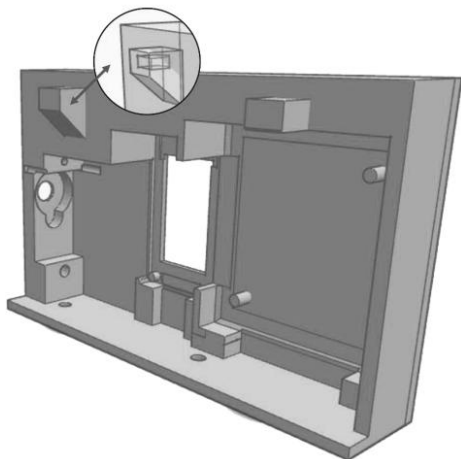
Између модула за идентификацију и улазне рампе налази се екран који је видљив возилима при приласку паркингу. Током рада система, на екрану се приказује тренутни број слободних паркинг места. Уколико модул за идентификацију прочита RFID таг, приказ се мења — у зависности од валидности тага, на екрану се исписује порука о успешној идентификацији или обавештење да је приступ паркингу одбијен.

## 7. ПРОЈЕКТОВАЊЕ МАКЕТЕ

Макета је пројектована тако да све компоненте буду лако доступне, без потребе за коришћењем алата. Димензије су компактне, што омогућава једноставно руковање и прегледност. Макета се састоји од:

- Основне плоче
- Помоћне плоче
- Зид индикације заузетости места
- Контролне кутије
- Аутомобила

Сваки модул је прецизно димензионисан и поседује одговарајући држач. Унутар макете су постављени неодијумски магнети [7] који омогућавају лако отварање и затварање њених делова. Ова функционалност је приказана на примеру улазног зида макете, где се налазе држачи за модул за идентификацију, екран и мотор улазне рампе.



Слика 6. Улазни зид макете [7]

## 8. АПЛИКАЦИЈА ЗА ЕКСТЕРНО УПРАВЉАЊЕ

Апликација омогућава праћење листе улазака возила у реалном времену, као и статус кључних компоненти система, укључујући и успешност њихове иницијализације приликом покретања. Омогућено је управљање рампама, независно од аутоматизованог режима рада, као и спуштање или подизање потапајућег стуба резервисаног паркинг места, којем се не може приступити без коришћења апликације.

## 9. ЗАКЉУЧАК

Реализацијом система демонстрирана је могућност израде функционалног, аутоматизованог система за управљање паркинг местима, заснованог на савременим технологијама као што су NFC/RFID идентификација, сензорска детекција и актуаторска контрола. Интеграцијом хардверских и софтверских компоненти, уз јасно дефинисану архитектуру и модуларни приступ, систем омогућава поуздану локалну и даљинску контролу, као и проширивање ка различитим врстама возила и сценаријима примене. Овај рад представља основу за даље унапређење система у правцу скалабилности и интеграције са ширим концептом паметне инфраструктуре.

## 10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. Kareem, D. Dunaev, "The Working Principles of ESP32 and Analytical Comparison of using Low-Cost Microcontroller Modules in Embedded Systems Design," *2021 4th International Conference on Circuits, Systems and Simulation (ICCSS)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2021, pp. 130-135, doi: 10.1109/ICCSS51193.2021.9464217.
- [2] Espressif ESP32-DevKit-C V4 development board, [https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32/esp32-devkitc/user\\_guide.html](https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32/esp32-devkitc/user_guide.html) (приступљено у јуну 2025.)
- [3] Light Dependent Resistor (LDR), <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/learn-electronics/ldr-light-dependent-resistors-basics> (приступљено у јуну 2025.)
- [4] Nak-Gwon Choi, Hyuek-Jae Lee, Sang-Hoon Lee and Seong-jeon Kim, "Design of a 13.56 MHz RFID system," *2006 8th International Conference Advanced Communication Technology*, Phoenix Park, 2006, pp. 4 pp.-843, doi: 10.1109/ICACT.2006.206094.
- [5] Fritzing circuit, <https://fritzing.org/learning/tutorials/building-circuit> (приступљено у јулу 2025.)
- [6] Custom Fritzing parts, <https://learn.sparkfun.com/tutorials/make-your-own-fritzing-parts/what-is-fritzing> (приступљено у јулу 2025.)
- [7] Embedded magnets in 3D print, [https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32/esp32-devkitc/user\\_guide.html](https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32/esp32-devkitc/user_guide.html) (приступљено у октобру 2025.)

### Кратка биографија:



**Петар Граховац** рођен је 1996. у Зрењанину. Дипломирао је 2019. године на Факултету техничких наука, смер Мехатроника, на којем је исте године уписао мастер студије.

**Контакт:** [grahovac@null.net](mailto:grahovac@null.net)