



Vyšší odborná škola
a Střední průmyslová škola
elektrotechnická,
Plzeň, Koterovská 85

ROČNÍKOVÁ PRÁCE S OBHAJOBOU

Téma: UWB navigační systém

Autor práce: Matěj Psutka

Třída: 3.M

Vedoucí práce: Jiří Švihla

Dne: 30.4.2025

Hodnocení:



**Vyšší odborná škola
a Střední průmyslová škola elektrotechnická
Plzeň, Koterovská 85**

ZADÁNÍ ROČNÍKOVÉ PRÁCE	
Školní rok	2024/ 2025
Studijní obor	78 – 42 – M/01 Technické lyceum
Jméno a příjmení	Matěj Psutka
Třída	3.M
Předmět	Kybernetika
Hodnoceno v předmětu	Kybernetika
Téma	UWB navigační systém
Obsah práce	<p>Navigace pomocí UWB na maják, něco jako kompas Později můžeme přidělat jako ovládání autíčka</p> <ul style="list-style-type: none">• Formulace úlohy, objednání součástek (20.12.2024)• Výroba majáku (31.1.2025)• Návrh a výroba krabice (28.2.2025)• Sestrojení autíčka a integrace navádění (28.3.2025)
Zadávací učitel Příjmení, jméno	Švihla Jiří
Termín odevzdání	30. dubna 2025

V Plzni dne: 29. 11. 2024

Mgr. Jan Syřínek, v.r.
Zástupce ŘŠ, zástupce statutárního orgánu
Vedoucí organizace VOŠ, SŠ, DM

Anotace

Tato ročníková práce se zaměřuje na návrh a realizaci UWB navigačního systému využívajícího ESP32 a DWM1000 čipy, včetně tvorby hardwarového krytu, pájení součástek a webového rozhraní pro ovládání a lokalizaci zařízení.

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil(a) literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.“

V Plzni dne:

Podpis:

Poděkování

Chtěl bych poděkovat rodině a přátelům za podporu během práce, Václavu Strakovi za pomoc s dokumentací, Ing. Lence Karlové za znalosti Inventoru a nakonec Jiřímu Švihlovi a Ing. Pavlu Jedličkovi za příjemné hodiny kybernetiky.

Obsah

Úvod	5
Rozdělení práce	5
1 Výběr součástek	6
1.1 Součástky pro PCB	6
1.2 Součástky pro auto	6
2 Webové stránky	7
2.1 CSS	7
2.1.1 Vlastnosti	7
2.2 Hlavní menu	8
2.3 Připojení na Wi-Fi	8
2.4 Lokalizace pomocí Wi-Fi	9
2.5 Ovládání UWB	10
3 Konstrukce krytu	12
3.1 Výběr plastu	12
3.2 Design a výroba krytu	12
3.3 Pájení a finalizace	14
4 Konstrukce auta	15
4.1 Kola nebo pásy	15
4.2 Stavba auta	16
Závěr	17

Úvod

Navigace v prostorách, kde není dostupný signál GPS, představuje stále aktuální a náročný problém v oblasti lokalizačních systémů.

V této práci se zaměřujeme na využití technologie Ultra Wideband (UWB), která díky své vysoké přesnosti a odolnosti vůči rušení nabízí vhodné řešení pro přesné určování polohy v uzavřených prostorách. Cílem projektu bylo vyvinout komplexní navigační systém sestávající z UWB čipů, který je doplněn o webové rozhraní umožňující správu a ovládání zařízení. Součástí řešení je také návrh a výroba fyzického krytu elektroniky, implementace WiFi konektivity přes ESP32 a příprava návrhu řídicího vozidla, jež má být řízeno pomocí tohoto systému.

Práce je rozdělena do několika částí, které zahrnují hardwarovou realizaci, návrh uživatelského rozhraní a softwarovou integraci. Vzhledem k časovým omezením nebyla fyzická konstrukce vozidla dokončena, nicméně vytvořené návrhy a implementace představují pevný základ pro další rozvoj. Tato práce tak přispívá k pochopení a praktické aplikaci UWB technologie v oblasti navigace a řízení pohybu autonomních zařízení.

Rozdělení práce

- **Já** jsem měl na starosti převážně hardwarovou stránku projektu. Mezi mé hlavní úkoly patřilo modelování 3D krytu pro desku plošných spojů, pájení a kompletace elektroniky do finální podoby, tvorba webových stránek pro ovládání zařízení přes WiFi a návrh webového rozhraní. Dále jsem navrhl zapojení motorů včetně použití H-můstku a jejich napájení, a také jsem zajistil propojení elektroniky s vozidlem pomocí magnetických pogo pinů.³
- **Můj kolega** se zaměřil především na softwarovou část projektu. Vyvíjel firmware pro mikrokontrolér ESP32, který umožňuje spolehlivou komunikaci mezi jednotlivými komponentami systému. Dále implementoval lokalizační algoritmy, které zpracovávají data z UWB čipů a na jejich základě přesně určují polohu v prostoru. Kromě toho se věnoval také tvorbě backendu webových stránek, který zajišťuje komunikaci mezi uživatelem a hardwarem. Součástí jeho práce byl rovněž návrh a design desky plošných spojů (PCB), který je klíčový pro správnou funkci celého systému.

1 Výběr součástek

Jako první krok bylo třeba vybrat všechny potřebné součástky, které budou napájeny na desku plošných spojů a zároveň zajistí správnou funkci vozidla.

1.1 Součástky pro PCB

- 2x DWM1000 UWB čip
- 2x adaptér pro upevnění DWM1000 UWB čipu
- 2x ESP32
- 2x nabíječka pro lithium baterie 3,7 V

1.2 Součástky pro auto

- 3x baterie 3,7 V
- balancer pro správné a bezpečné dobíjení baterií
- socket na uchycení baterií
- nabíjecí modul s výstupem 12,5 V
- H-můstek s proudovou kapacitou 5 A a vstupním napětím 3–14 V pro řízení motorů
- step-down modul pro snížení napětí z 6–32 V na stabilních 5 V
- 2x micro metal gear motory N20, 6 V, 500 ot./min.
- magnetické pogo piny:
 - 2x dvoupinové
 - 1x čtyřpinové
 - 4x pětipinové

2 Webové stránky

V rámci projektu jsem vytvořil webové rozhraní pomocí technologií HTML [2] a CSS. Stránky slouží k externímu ovládání ESP32 a UWB čipu, přičemž byly navrženy tak, aby byly přehledné a snadno použitelné pro uživatele.

2.1 CSS

Stylování webového rozhraní jsem připravil pomocí samostatného souboru CSS [1], který byl následně importován do jednotlivých HTML stránek. Tento způsob umožňuje snadné a přehledné úpravy vzhledu všech prvků na jednom místě.

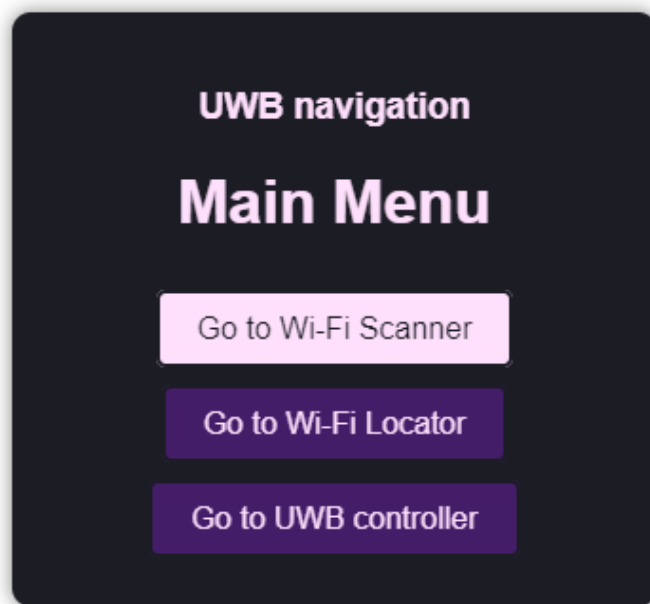
2.1.1 Vlastnosti

Při návrhu vzhledu webového rozhraní jsem se zaměřil na moderní a esteticky příjemný design s tmavým pozadím, které kontrastuje se světlejšími prvky. Pro interaktivitu jsem použil velká a malá tlačítka, která se při najetí myši vizuálně zvýrazní tím, že se jemně rozsvítí. Tlačítka jsou navržena tak, aby poskytovala uživatelsky přívětivý a intuitivní zážitek.

Text na stránkách má jemný odstín, téměř bílý, s nádechem do růžova, což podporuje čitelnost a zlepšuje estetiku vzhledu. Vyskakovací okna, která jsou součástí interaktivních funkcí, mají efekt, který ztmavne okolní oblast stránky, což přitahuje pozornost uživatele na konkrétní okno a zlepšuje celkový vzhled.

2.2 Hlavní menu

Nejprve jsem navrhl hlavní menu, které slouží jako rozcestník pro přístup k ostatním částem webového rozhraní.

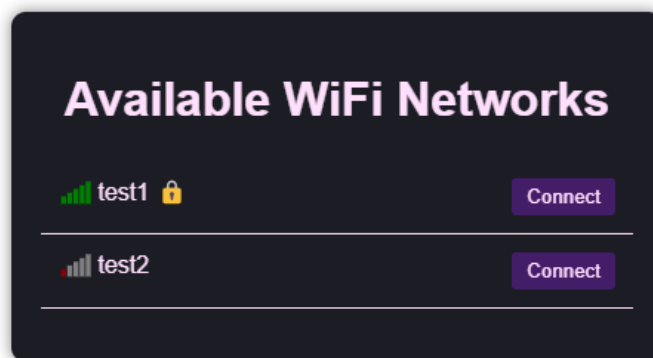


Obrázek 1: Hlavní menu

Menu obsahuje tři tlačítka – první vede na stránku se skenováním Wi-Fi sítí, druhé na stránku určenou pro lokalizaci zařízení pomocí Wi-Fi signálu a třetí na stránku s ovládáním UWB čipů. Toto menu výrazně zjednodušuje ovládání a šetří čas uživatele, protože eliminuje nutnost ručního zadávání adres jednotlivých stránek.

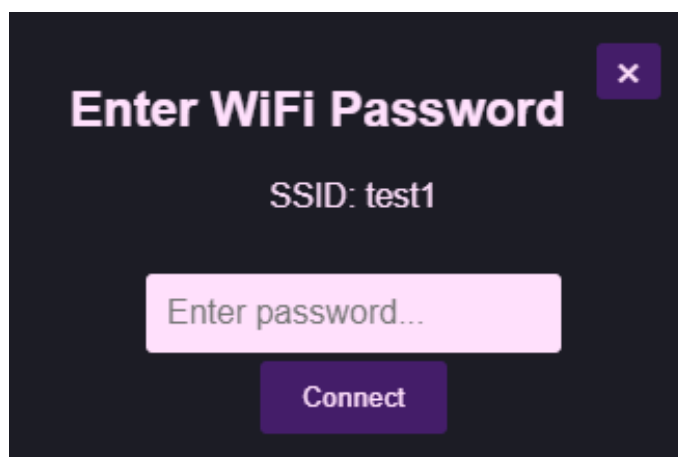
2.3 Připojení na Wi-Fi

Další stránka webového rozhraní využívá ESP32 k naskenování všech dostupných Wi-Fi sítí v okolí a zobrazuje je v přehledném seznamu.



Obrázek 2: Seznam vypsaných sítí

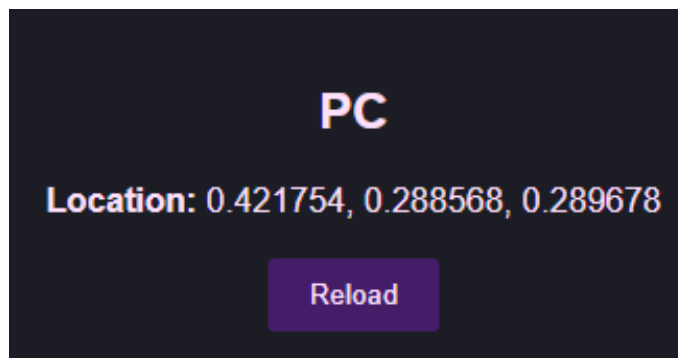
U každé sítě je pomocí barevné ikony znázorněna síla signálu a informace o tom, zda je síť chráněna heslem. Po kliknutí na tlačítko u vybrané sítě se zobrazí vyskakovací okno, které umožní připojení k síti a v případě potřeby vyžádá zadání hesla.



Obrázek 3: Vyskakovací okno pro Wi-Fi

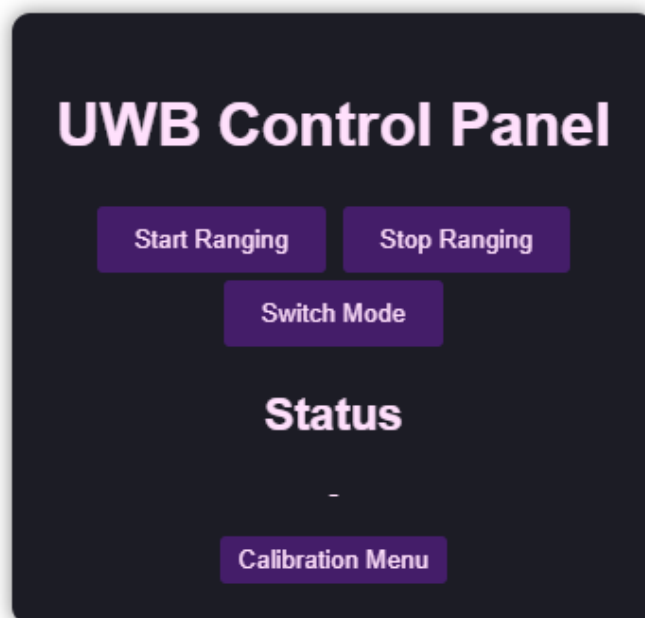
2.4 Lokalizace pomocí Wi-Fi

Tato stránka využívá sílu signálu okolních Wi-Fi sítí k odhadu aktuální polohy zařízení. Na základě předem vytvořeného seznamu naskenovaných místností porovnává naměřené hodnoty a vyhodnocuje, ve které místnosti se zařízení pravděpodobně nachází. Výsledek je poté přehledně zobrazen na stránce.



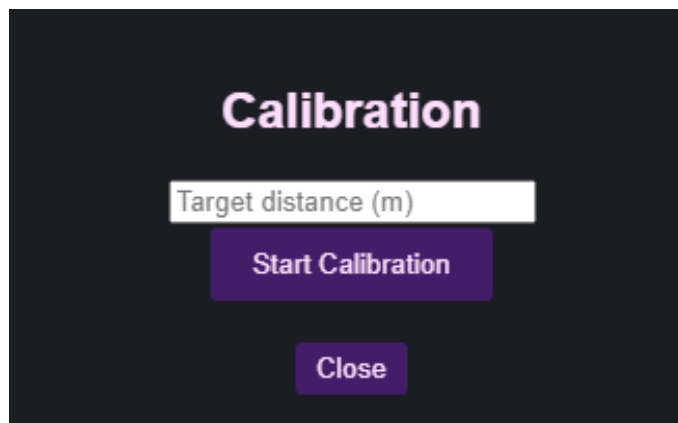
Obrázek 4: Wi-Fi lokalizace

2.5 Ovládání UWB



Obrázek 5: Ovládací menu na UWB

Poslední ze stránek, které jsem vytvořil, slouží k ovládání dvou UWB čipů a umožňuje přepínání mezi dvěma režimy. V režimu pevného bodu (anchor) je čip nastaven tak, aby fungoval jako referenční bod pro lokalizaci ostatních zařízení, zatímco v režimu pohyblivého zařízení (tag) čip slouží k přenosu informací o své poloze.



Obrázek 6: Vyskakovací okno s kalabrací

Pod nadpisem **Status** se zobrazují klíčové informace, jako je aktuální režim čipu, IP adresa druhého zařízení a aktuálně naměřená vzdálenost mezi nimi. V závěru stránky je také sekce pro kalibraci, kde lze zadat skutečnou vzdálenost mezi čipy. Systém následně pomocí porovnání se změřenou hodnotou automaticky upraví měřítko, čímž se zvýší přesnost následných měření.

3 Konstrukce krytu

Další částí projektu, kterou jsem měl na starost, byl návrh a realizace 3D modelu ochranného krytu pro elektroniku. Dále jsem zajišťoval osazení součástek na desku plošných spojů, jejich následné spájení a kompletní sestavení zařízení do finální podoby.

3.1 Výběr plastu

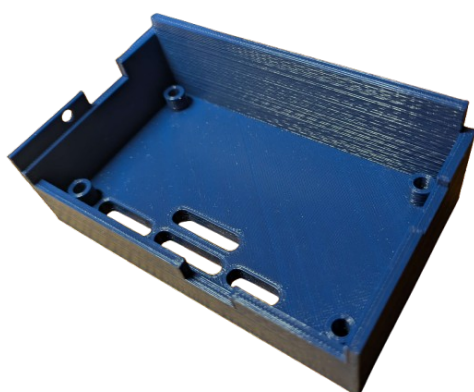
Při výběru vhodného materiálu pro tisk krytu elektroniky jsem zvažoval několik běžně dostupných plastů. Mezi hlavní kandidáty patřily PLA, PETG a ABS, přičemž každý z těchto materiálů má své výhody i nevýhody.

- **PLA** (polylaktid) je velmi snadno tisknutelný materiál, který nevyžaduje vyhřívanou komoru, má dobrou rozměrovou stabilitu a pěkný povrchový vzhled. Je však méně odolný vůči vyšším teplotám a mechanickému namáhání.
- **PETG** nabízí vyšší houževnatost a teplotní odolnost než PLA, je však náchylnější k prověšování při tisku a někdy může být obtížnější dosáhnout čistých detailů.
- **ABS** je velmi pevný a tepelně odolný materiál, vhodný například do náročnějších prostředí. Jeho tisk je ale složitější – často dochází ke kroucení výtisků (warping) a je třeba použít uzavřenou tiskovou komoru kvůli výparům.

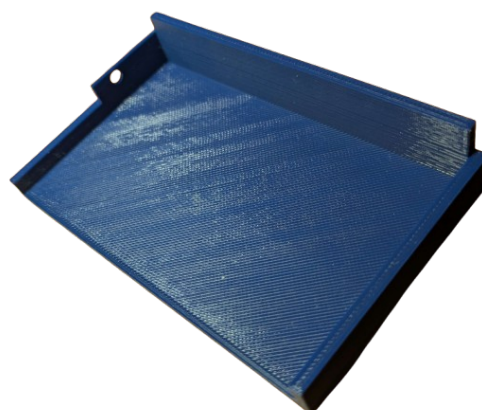
Protože výsledný kryt neměl být vystavován vyšším teplotám ani extrémní mechanické zátěži a důležitá byla spolehlivost tisku a estetický vzhled, rozhodl jsem se nakonec použít **PLA**. Tento materiál mi umožnil rychle a bez problémů vytisknout všechny potřebné díly v dostatečné kvalitě.

3.2 Design a výroba krytu

Jakmile jsem od svého spolupracovníka obdržel přesné rozměry desky plošných spojů, začal jsem s modelováním ochranného krytu. Kryt je navržen jako dvoudílný – skládá se ze spodní a vrchní části, které jsou pevně spojeny pomocí šroubu. Ve spodní části krytu jsou připraveny čtyři otvory pro šrouby, jimiž je deska pevně uchycena k tělu krytu.



Obrázek 7: Vrchní část krytu



Obrázek 8: Spodní část krytu

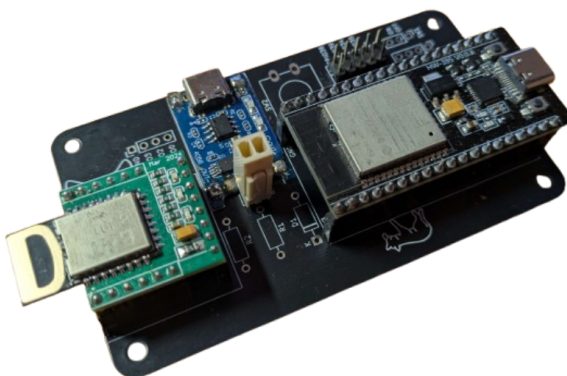
Na dně se dále nacházejí čtyři otvory pro umístění magnetických pogo pinů. Boční stěny krytu obsahují výřezy pro konektory USB – jeden je určen pro napájení a druhý pro komunikaci s počítačem. Navíc je na krytu vyveden samostatný otvor, který slouží k umístění UWB antény, aby nebyla provozem nijak omezována a měření zůstalo co nejpřesnější.



Obrázek 9: Celý kryt složený

3.3 Pájení a finalizace

Po doručení desky plošných spojů spolu se všemi potřebnými součástkami jsem se pustil do pájení jednotlivých komponent. Nejprve jsem připájel konektory (headery) na ESP32 a UWB čip, které zajišťují snadné a pevné propojení mezi deskou a ostatními částmi systému.



Obrázek 10: Osazená deska

Poté jsem osadil a připájel čtyři sady headerů určené pro připojení magnetických pogo pinů. V poslední fázi jsem na desku připájel nabíjecí modul s konektorem USB-C. Tento modul je napojen přes headery na Li-Pol baterii a umožňuje pohodlné nabíjení celého zařízení přímo přes standardní USB-C kabel.

4 Konstrukce auta

Jedním z posledních úkolů, které jsem měl na starosti, bylo navrhnout a sestavit vozidlo, které by bylo řízeno pomocí našeho navigačního systému. Cílem bylo vytvořit podvozek s dostatečnou stabilitou, který by zajistil bezpečný a spolehlivý pohyb vozidla. Současně jsem připravil konstrukci tak, aby umožňovala snadnou integraci modulu ESP32. Tento modul je připojen k vozidlu prostřednictvím dříve zmíněných magnetických pogo pinů, které zajišťují pevné, ale zároveň snadno odpojitelné spojení. Díky tomu je možné řídicí jednotku rychle připojit i odpojit.

4.1 Kola nebo pásy

Nejdříve jsme museli pečlivě zvážit, zda pro pohyb našeho vozidla zvolíme klasická kola, nebo pásový podvozek. Obě tyto varianty přinášejí své specifické výhody i nevýhody, které bylo třeba důkladně posoudit z hlediska stability, ovladatelnosti, rychlosti, terénních schopností a náročnosti konstrukce.

- **Kola** umožňují rychlejší a energeticky úspornější pohyb především na rovných a hladkých površích, což z nich činí efektivní řešení pro jednoduché a méně náročné terény. Na druhou stranu však mají omezenou schopnost překonávat větší nerovnosti a nerovný terén, kde může docházet ke ztrátě stability a přilnavosti, což může negativně ovlivnit celkovou ovladatelnost vozidla v náročnějších podmínkách.
- **Pásy** poskytují vozidlu lepší trakci a vyšší stabilitu, díky čemuž dokáže snadněji překonávat drobné překážky a nerovnosti terénu. Navíc umožňují otočení vozidla na místě, což výrazně zlepšuje jeho manévrovatelnost v omezených prostorech. Na druhou stranu jsou pásy obecně pomalejší než kola a jejich konstrukce je mechanicky složitější, což může znamenat vyšší nároky na údržbu a výrobu.

Po pečlivém zvážení všech kladů i záporů jsme se nakonec rozhodli pro použití pásového podvozku. Jedním z hlavních důvodů tohoto výběru je schopnost auta otočit se na místě. Tato vlastnost je pro náš navigační systém klíčová, protože umožňuje přesnější a efektivnější pohyb v prostředí, kde je potřeba častých změn směru a rychlé reakce.

4.2 Stavba auta

Nejprve jsem navrhl schéma zapojení pro ovládání dvou motorů pomocí H-můstku. Tento obvod umožňuje řídit směr otáčení motorů i jejich rychlost, což je klíčové pro pohyb vozidla v různých směrech. Motory byly v návrhu napájeny třemi sériově zapojenými bateriemi, které měly zajistit dostatečné napětí a kapacitu pro delší provoz. Celý systém byl navržen tak, aby byl co nejjednodušší a zároveň spolehlivý při provozu řízeném UWB navigací.

Ačkoli se nám již nepodařilo fyzicky zkonstruovat a sestavit samotné vozidlo v rámci tohoto projektu, schéma a návrh ovládání motorů představují pevný základ pro další vývoj a implementaci v budoucnu.

Závěr

Tento projekt se zaměřil na vývoj a implementaci UWB navigačního systému, který využívá moderní technologie k určení polohy v reálném čase. V rámci práce jsme se zaměřili na návrh a realizaci jak hardwarových, tak softwarových částí systému. Vyvinul jsem a navrhl desku plošných spojů, vytvořil webové rozhraní pro ovládání zařízení a sestavil ochranný kryt, který chrání elektroniku. Můj kolega se soustředil na vývoj firmware pro mikrokontroler ESP32 a UWB čipy a implementoval lokalizační algoritmy, které umožňují přesné určování polohy zařízení.

I přesto, že jsme museli čelit několika výzvám, jako byla omezená doba na fyzickou konstrukci vozidla, projekt byl zčásti úspěšně dokončen s funkčním prototypem, který splňuje základní požadavky na lokalizaci a komunikaci. Tento projekt nás naučil nejen technickým dovednostem, ale také důležitosti týmové spolupráce při vývoji složitějších systémů.

Do budoucna by bylo možné projekt rozšířit o další funkcionality, jako je například zlepšení přesnosti lokalizace nebo rozšíření webového rozhraní o pokročilé možnosti konfigurace. Získané zkušenosti však slouží jako pevný základ pro další vylepšení a rozvoj podobných systémů.

Seznam použité literatury a zdrojů informací

- [1] Mozilla Developer Network. *CSS: Cascading Style Sheets*. Online. 2025. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS> (cit. 28.04.2025).
- [2] Mozilla Developer Network. *HTML: Hypertext Markup Language*. Online. 2025. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML> (cit. 28.04.2025).