

Střední průmyslová škola, Ústí nad Labem, Resslova 5



Laser Wand

Dokumentace k ročníkové práci

Autor: Josef Strachoň

Třída: 3ITB

Vedoucí práce: Bc. Vratislav Medřický

2025/2026

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem ročníkovou práci na téma „Laser Wand“ vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Ústí nad Labem dne 15.01.2026

.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Bc. Vratislavu Medřickému za vedení mé ročníkové práce, cenné rady a odborný dohled. Dále děkuji všem, kteří mě během zpracování práce podporovali. Jmenovitě děkuji Ing. Petru Haberzettlovi za cenné rady z oblasti elektrotechniky, Josefу Strachoňovi st. za materiální a technickou podporu, zejména poskytnutí vybavení potřebného pro pájení.

Anotace

Tato dokumentace popisuje zpracování ročníkové práce zaměřené na návrh a vytvoření interaktivní laserové hry. Dokumentace je rozdělena do několika částí, které postupně vysvětlují jednotlivé kroky práce. V teoretické části je uvedena rešerše podobných projektů a technologií, které sloužily jako inspirace, a je zde popsán základní princip laserových her a využití pohybových senzorů. Praktická část se venuje návrhu vlastního řešení, použitým komponentám a základní architektuře systému. Dále dokumentace obsahuje popis testování, zhodnocení dosažených výsledků a závěr, ve kterém je shrnuto splnění stanovených cílů práce.

Klíčová slova

ESP32, UWB, akcelerometr, gyroskop, magnetometr, napájecí článek, laser game,

Obsah

Úvod	7
1 Teoretická část	8
1.1 Rešerše.....	8
1.1.1 Wizard Tag	8
1.1.2 Klasická laser game	9
1.1.3 Pohybové senzory v herních systémech.....	9
1.2 Technologie.....	10
1.2.1 Mikrokontrolér a vývojové prostředí.....	10
1.2.2 Hardware a elektronické komponenty.....	11
2 Praktická část.....	12
2.1 Návrhy.....	12
2.2 Produktizace.....	13
2.2.1 Objednání a příprava komponent	13
2.2.2 Sestavení a testování napájecí části	13
2.2.3 Oživení mikrokontroléru.....	13
2.2.4 Zapojení a testování senzorů.....	14
2.2.5 Sestavení prvního prototypu	14
2.2.6 Vyhodnocení funkčnosti prototypu.....	14
2.3 Popis pro uživatele.....	16
2.4 Rozšíření hardwarových funkcí prototypu.....	16
2.5 Testování a bezpečnostní opatření.....	16
Závěr	18
Seznam použitých zdrojů.....	19
Seznam obrázků	20
Seznam tabulek	20
Seznam kódů	20

Úvod

Hlavním cílem ročníkové práce je vytvoření funkčního prototypu interaktivní laserové hry, která využívá elektroniku a programování. Projekt je zaměřen na návrh herního zařízení ve formě laserové hůlky, která dokáže snímat pohyb hráče, odesílat naměřená data a umožnit jejich další vyhodnocení v herním systému. Cílem je navrhnout a realizovat základní funkční celek, který propojuje hardware a software do jednoho zařízení.

Prototyp je navržen tak, aby dokázal snímat pohyb hráče pomocí senzorů a odesílat naměřená data k dalšímu zpracování. Mezi dílčí cíle práce patří návrh zapojení jednotlivých součástek, výběr vhodných elektronických komponent a vytvoření základního programu pro přenos dat. Výsledkem práce by měl být systém, který umožní vyhodnocování herních událostí, například pohybu hráče nebo zásahů v rámci hry.

Téma práce jsem si vybral proto, že mě baví elektronika, práce s mikrokontroléry a moderní technologie. Cílem projektu je využít znalosti, které jsem získal během studia, a použít je při tvorbě reálného zařízení. Práce se zaměřuje na propojení hardwaru a softwaru tak, aby vznikl funkční herní systém reagující na pohyb hráče.

Od projektu očekávám, že výsledné řešení bude funkční a použitelné jako základ pro další rozšiřování. Výsledný prototyp by měl ukázat možnosti propojení elektroniky a programování v praxi a posloužit jako příklad využití získaných znalostí během studia. Stanovené cíle jsou zvoleny tak, aby byly splnitelné a hodnotitelné v závěrečném hodnocení práce.

1 Teoretická část

1.1 Rešerše

1.1.1 Wizard Tag

Wizard Tag je interaktivní hra, která kombinuje pohyb hráče v reálném prostoru s herními prvky inspirovanými světem kouzel. Hráči v této hře používají speciální herní zařízení ve tvaru kouzelnické hůlky, pomocí kterého na sebe „sesírají kouzla“. Pohyb hráče a směr hůlky jsou snímány senzory a následně vyhodnocovány herním systémem. (1)

Hra využívá prvky rozšířené reality a klade důraz na fyzickou aktivitu hráčů. Na rozdíl od klasických laser game se Wizard Tag nesoustředí pouze na střelbu, ale také na herní příběh, týmovou spolupráci a různé herní módy. Každý hráč má přidělené herní vlastnosti, jako je počet životů nebo typ kouzla, které může během hry používat.

Z technického hlediska je Wizard Tag zajímavý především propojením hardwaru a softwaru. Herní hůlky obsahují elektroniku, která snímá pohyb a odesílá data do centrálního systému, kde dochází k jejich zpracování a vyhodnocení herních událostí. Systém tak dokáže určit zásah, aktivitu hráče nebo průběh hry v reálném čase.

Tento projekt mě inspiroval především svým netradičním pojetím laserové hry a využitím pohybových senzorů. Wizard Tag ukazuje, že je možné vytvořit herní systém, který propojuje fyzický pohyb s digitálním vyhodnocením a vytváří tak zábavný a interaktivní zážitek. Tyto principy jsou blízké zaměření mé ročníkové práce a sloužily jako jedna z hlavních inspirací při návrhu vlastního řešení.



Obrázek 1: Logo Wizard Tag. Zdroj: (1)

1.1.2 Klasická laser game

Klasická laser game je hra, která se hraje většinou ve speciální aréně. Hráči mají na sobě vesty se senzory a laserovou zbraň, pomocí které se snaží zasáhnout protihráče. Každý zásah je zaznamenán systémem a podle toho se počítá skóre hráče nebo celého týmu. Tento typ hry je dnes poměrně rozšířený a mnoho lidí ho zná jako zábavu pro skupiny nebo teambuildingy.

Technicky je laser game založena hlavně na infračerveném signálu, který se přenáší ze zbraně do vesty. Systém následně vyhodnocuje zásahy, počet životů a další herní údaje. Hra se většinou odehrává v uzavřeném prostoru, který je předem připravený a nijak se nemění.

Laser game mě inspirovala hlavně základním principem hry, tedy vyhodnocováním zásahů v reálném čase. Zároveň má ale i omezení, například nutnost speciální arény a pevně daného prostoru. Právě tyto omezení byly jedním z důvodů, proč jsem se chtěl zaměřit na jiné řešení herního systému.

1.1.3 Pohybové senzory v herních systémech

Pohybové senzory se dnes často používají v různých herních zařízeních. Nejčastěji se jedná o akcelerometry a gyroskopy, které dokážou snímat pohyb, náklon nebo otáčení zařízení. Tyto senzory se běžně nachází například v herních ovladačích, mobilních telefonech nebo ve virtuální realitě.

V herních systémech umožňují pohybové senzory ovládání hry pomocí pohybu. Hra tak může reagovat například na pohyb ruky, otočení ovladače nebo změnu polohy zařízení. Naměřená data se dále zpracovávají v programu, který podle nich vyhodnocuje herní akce.

Použití pohybových senzorů mě zaujalo hlavně tím, že propojuje skutečný pohyb hráče s hrou. V této ročníkové práci jsou tyto senzory důležité pro snímání pohybu herní hůlky a jeho další využití v herním systému. Díky tomu může hra reagovat na pohyb hráče a působit přirozeněji.

1.2 Technologie

V této kapitole jsou popsány technologie, které byly použity nebo zvažovány při zpracování ročníkové práce. Kapitola se zaměřuje na hardwarové i softwarové technologie, vývojové prostředí a další nástroje využité při návrhu a realizaci projektu. U jednotlivých technologií je uveden jejich obecný popis a následně způsob využití v rámci tohoto projektu.

1.2.1 Mikrokontrolér a vývojové prostředí

ESP32-C6 je mikrokontrolér určený pro embedded aplikace, který kombinuje výpočetní výkon s podporou moderních bezdrátových technologií, jako je Wi-Fi a Bluetooth. Je navržen pro použití v IoT a interaktivních systémech a umožňuje přímou práci s periferiemi mikrokontroléru. (2)

Pro programování mikrokontroléru ESP32-C6 existuje několik vývojových prostředí, mezi nejpoužívanější patří Arduino IDE a ESP-IDF. ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) je oficiální vývojové prostředí výrobce Espressif, které poskytuje přímý přístup k hardwarovým funkcím mikrokontroléru a je určeno především pro pokročilejší vývoj vestavěných systémů. (3)

V rámci této ročníkové práce byla provedena krátká zkouška obou prostředí. Na základě porovnání jejich možností a struktury projektu bylo zvoleno prostředí ESP-IDF, které nabízí větší kontrolu nad nastavením mikrokontroléru a lepší podporu pro použitý typ čipu ESP32-C6. Během práce jsem se s tímto prostředím postupně seznamoval a učil se s ním pracovat.

Programování bylo realizováno v jazyce C/C++, který je běžně využíván při vývoji vestavěných systémů. Jazyk byl použit pro tvorbu aplikační logiky, práci se senzory a komunikaci mezi jednotlivými částmi systému.

Tabulka 1: Vývojové prostředí

Kritérium	Arduino IDE	ESP-IDF
Určení	Pro začátečníky, jednoduché projekty	Profesionální vývojové prostředí pro ESP
Podpora	Starší ESP32 čipy	Všechny nové čipy včetně ESP32-C6
Ladění	Základní výpis do sériové konzole	Pokročilé ladění a monitoring
Výhody	Jednoduché rozhraní	Plná kontrola nad projektem
Nevýhody	Omezená podpora nových architektur	Vyšší náročnost na znalosti

1.2.2 Hardware a elektronické komponenty

Základní hardwarovou platformou projektu je mikrokontrolér ESP32-C6, který slouží jako hlavní řídicí jednotka zařízení. Mikrokontrolér zajišťuje zpracování dat ze senzorů, komunikaci a řízení jednotlivých funkcí zařízení.

Pro snímání pohybu byl použit senzor BMI160, který kombinuje tříosý akcelerometr a tříosý gyroskop a umožňuje měření zrychlení a úhlové rychlosti zařízení. Senzor podporuje komunikaci přes rozhraní I²C a SPI a je běžně využíván v mobilních a herních zařízeních. (4)

Dále byl použit magnetometr QMC5883L, který slouží k určení orientace zařízení vůči magnetickému poli Země. Tento senzor umožňuje doplnit informace o směru pohybu a je využíván například v kompasových aplikacích. (5)

Napájení zařízení je řešeno pomocí Li-ion akumulátoru typu 18650 a nabíjecího modulu TP4056 s ochranou. Modul TP4056 slouží k bezpečnému nabíjení akumulátoru a jeho ochraně proti přebití a hlubokému vybití. (6)

Použité komponenty byly vybrány s ohledem na jejich dostupnost, cenu a vhodnost pro přenosné zařízení. Přehled použitých elektronických součástek je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2: Komponenty.

Modul	Funkce	Napětí	Rozhraní	Cena (Bez dopravy)	Dodavatel
ESP32-C6-DevKitM-1	Hlavní mikrokontrolér	5V	UART, I ² C, SPI	498 Kč	Laskakit.cz
GY-BMI160	Akcelerometr + gyroskop	3,3V	I ² C	88 Kč	Laskakit.cz
QMC5883L	Magnetometr	3V	I ² C	88 Kč	Laskakit.cz
Nabíječka TP4056 s ochranou USB-C	Nabíjení a napájení	5V	-	18 Kč	Laskakit.cz
Baterie 18650	Zdroj napájení	3,7V	-	212 Kč	Dratek.cz

2 Praktická část

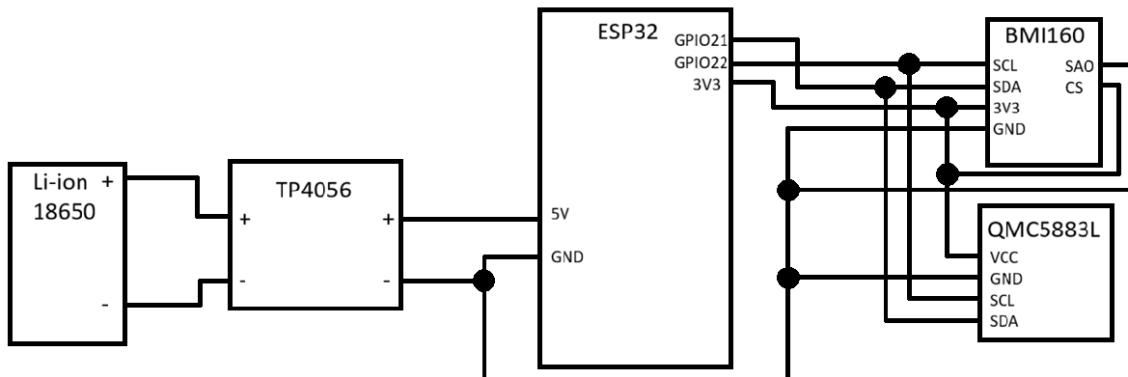
Praktická část práce popisuje postup realizace projektu od prvního průzkumu až po sestavení a otestování prvního prototypu. Jednotlivé kroky jsou řazeny chronologicky podle průběhu práce v období od září do prosince. V této části je popsán návrh řešení, jeho realizace a základní funkčnost výsledného zařízení.

2.1 Návrhy

V úvodní fázi projektu byl proveden průzkum dostupných elektronických modulů a technologií, které bylo možné v projektu využít. Tento průzkum zahrnoval porovnání základních parametrů jednotlivých komponent, jejich ceny a dostupnosti u dodavatelů. Pro další rozhodování byla na základě získaných informací využita srovnávací tabulka uvedená v předchozí kapitole.

Součástí návrhové fáze byl také průzkum vývojových prostředí vhodných pro mikrokontrolér ESP32. Byla zvažována prostředí Arduino IDE a ESP-IDF, která byla nainstalována a stručně otestována. Na základě porovnání jejich možností a náročnosti bylo zvoleno prostředí ESP-IDF, se kterým jsem se během práce postupně učil pracovat.

Na základě zvolených komponent a technologií bylo vytvořeno blokové schéma zařízení. V této fázi bylo řešeno základní rozdělení systému na jednotlivé funkční části, jako je mikrokontrolér, napájení a senzory, a jejich vzájemná návaznost. Tento návrh sloužil jako podklad pro následnou realizaci projektu.



Obrázek 2: Blokové Schéma

2.2 Produktizace

V této části projektu byla zahájena praktická realizace navrženého řešení. Po dokončení teoretické přípravy a výběru vhodných komponent došlo k jejich objednání a následně k postupnému sestavení a testování jednotlivých částí zařízení. Cílem této fáze bylo ověřit funkčnost zvolených komponent v praxi a sestavit první funkční prototyp zařízení.

2.2.1 Objednání a příprava komponent

Na základě výsledků rešerše a srovnávacích tabulek byly vybrány konkrétní elektronické komponenty vhodné pro realizaci projektu. Při výběru byl kladen důraz zejména na kompatibilitu jednotlivých modulů, dostupnost, cenu a ověřený původ z běžně používaných obchodů s elektronickými součástkami.

Po objednání a doručení komponent proběhla jejich kontrola, během které byla ověřena úplnost dodávky a fyzický stav jednotlivých modulů. Součástí této fáze bylo také seznámení se zapojením jednotlivých modulů a příprava pracovního prostředí pro následnou montáž prototypu.

2.2.2 Sestavení a testování napájecí části

Prvním krokem praktické realizace bylo sestavení napájecí části zařízení. Ta je řešena pomocí Li-ion akumulátoru typu 18650 a nabíjecího modulu s ochranou, který zajišťuje bezpečné nabíjení akumulátoru a ochranu proti přebití a hlubokému vybití.

Napájecí obvod byl nejprve sestaven samostatně a následně otestován bez připojení ostatních částí zařízení. Funkčnost byla ověřena měřením výstupního napětí a sledováním chování obvodu při připojení zátěže a při zapnutí zařízení. Tento krok byl důležitý zejména z hlediska bezpečnosti a stability celého systému, protože správně fungující napájení je základní podmínkou pro další testování.

2.2.3 Oživení mikrokontroléru

Po ověření napájecí části byl k systému připojen mikrokontrolér, který tvorí hlavní řídicí jednotku zařízení. V této fázi bylo cílem ověřit, že mikrokontrolér je správně napájen a je možné s ním komunikovat prostřednictvím vývojového prostředí.

Byl nahrán jednoduchý testovací program, jehož úkolem bylo ověřit základní funkčnost mikrokontroléru, například spuštění programu a komunikaci přes sériovou linku. Úspěšné oživení mikrokontroléru potvrdilo správné zapojení napájení a připravenost systému pro připojení dalších komponent.

2.2.4 Zapojení a testování senzorů

V další fázi byly k mikrokontroléru připojeny pohybové senzory, konkrétně akcelerometr a gyroskop BMI160 a magnetometr QMC5883L. Tyto senzory slouží ke snímání pohybu a orientace zařízení a tvoří důležitou součást herní logiky.

Zapojení senzorů probíhalo postupně, aby bylo možné v případě problémů snadno identifikovat jejich příčinu. Po zapojení každého senzoru bylo ověřeno, zda je zařízení schopné správně číst naměřená data. Součástí této fáze bylo také testování komunikace přes sběrnici I²C a základní vyhodnocení stability naměřených hodnot.

Během testování bylo nutné věnovat pozornost i praktickým aspektům, jako je umístění senzorů, vliv pohybu ruky a potřeba kalibrace. Tyto zkušenosti přispěly k lepšímu pochopení chování senzorů v reálných podmínkách.

2.2.5 Sestavení prvního prototypu

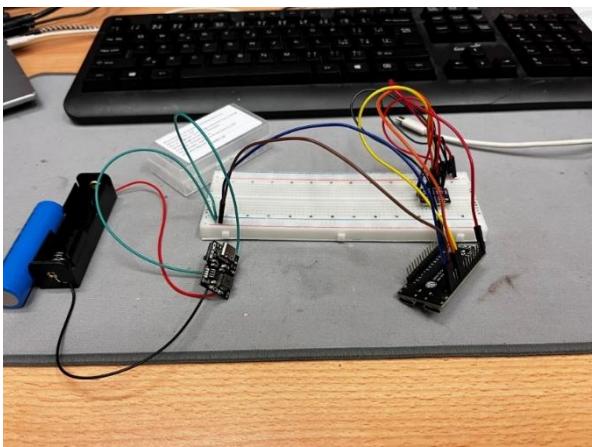
Po úspěšném otestování jednotlivých částí byl systém sestaven do podoby prvního funkčního prototypu. Prototyp v této fázi obsahuje mikrokontrolér, napájecí část, pohybové senzory, magnetometr, laserovou diodu, stavovou LED diodu, tlačítko a vibrační motor, který je v současné době z bezpečnostních důvodů deaktivován.

Cílem této fáze nebylo vytvořit finální mechanické provedení, ale ověřit, že všechny hlavní části systému spolupracují a zařízení je schopné plnit základní funkce. Prototyp byl testován při běžném používání v ruce, aby bylo možné ověřit jeho chování při pohybu a reakce jednotlivých prvků.

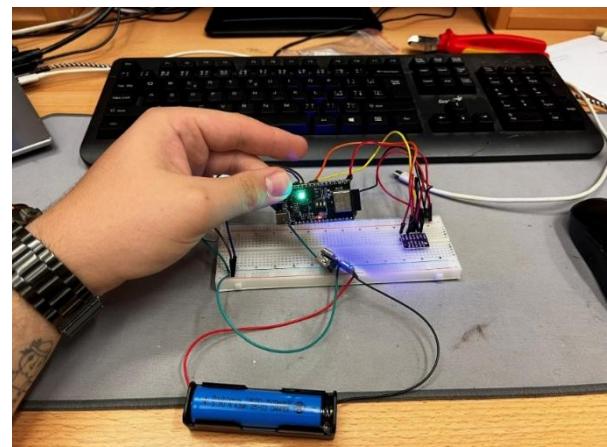
2.2.6 Vyhodnocení funkčnosti prototypu

Na základě provedených testů bylo ověřeno, že základní funkčnost zařízení odpovídá cílům stanoveným pro tuto etapu projektu. Zařízení je schopné snímat pohyb, zpracovávat data ze senzorů a reagovat na vstupy uživatele.

Během testování se objevily drobné problémy související zejména se zapojením a laděním jednotlivých částí systému. Jejich řešení však přispělo k získání cenných praktických zkušeností a pomohlo lépe pochopit principy návrhu a realizace vestavěných zařízení.



Obrázek 3: Reálné zapojení



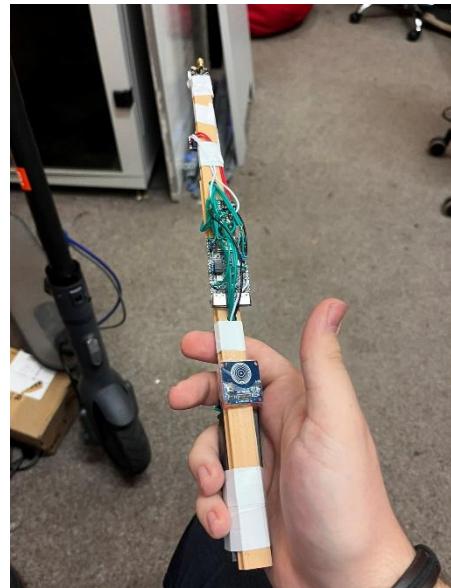
Obrázek 4: 1. zkouška zapojení

V průběhu dalších měsíců, konkrétně v listopadu a prosinci, probíhalo další testování a ladění zařízení. Jednotlivé části systému byly opakovaně ověřovány a upravovány na základě naměřených výsledků. Práce se zaměřovala především na stabilitu zapojení, spolehlivost komunikace se senzory a postupné rozšiřování testovacího kódu.

Součástí této fáze bylo také řešení drobných problémů, které se objevily během testování, a úpravy zapojení a softwaru. Na základě těchto kroků byla postupně ověřena funkčnost celého zařízení jako prototypu splňujícího požadavky zadání ročníkové práce.



Obrázek 5: Prezentační prototyp



Obrázek 6: Prezentační hůlka

2.3 Popis pro uživatele

Zařízení je určeno k použití jako součást laserové hry. Před použitím je nutné zařízení plně nabít pomocí USB-C konektoru. Po zapnutí zařízení proběhne inicializace mikrokontroléru a připojených senzorů.

Během provozu zařízení automaticky snímá pohyb pomocí akcelerometru, gyroskopu a magnetometru. Získaná data jsou zpracována mikrokontrolérem a využita v rámci herního systému. Zařízení nevyžaduje žádné složité ovládání ze strany uživatele a po zapnutí je připraveno k použití.

Po ukončení používání je možné zařízení vypnout a v případě potřeby znova nabít. Pro správnou funkci se doporučuje chránit zařízení před mechanickým poškozením a používat jej v běžných provozních podmínkách.

2.4 Rozšíření hardwarových funkcí prototypu

Na základě základního prototypu zařízení došlo k dalšímu rozšíření jeho hardwarové výbavy. Prototyp byl doplněn o laserový modul, LED diodu a ovládací tlačítko, které slouží k interakci uživatele se zařízením. Laserový modul je využit jako herní prvek a LED dioda slouží k vizuální signalizaci stavu zařízení.

Součástí prototypu je také vibrační motor, který je určen pro haptickou odezvu zařízení. Tento prvek byl navržen jako zpětná vazba pro uživatele, například při herních událostech. Z důvodu bezpečnosti byl vibrační motor v aktuální fázi testování dočasně deaktivován.

Zařízení je dále vybaveno pohybovými senzory, konkrétně akcelerometrem a magnetometrem, které umožňují snímání pohybu a orientace zařízení v prostoru. Všechny hardwarové prvky jsou řízeny mikrokontrolérem ESP32, který zajišťuje zpracování dat a řízení jednotlivých částí systému. Napájení zařízení je řešeno pomocí Li-ion baterie.

2.5 Testování a bezpečnostní opatření

Po rozšíření prototypu probíhalo postupné testování jednotlivých hardwarových částí zařízení. Testování bylo zaměřeno především na správnou funkčnost laserového modulu, LED signalizace, tlačítka a pohybových senzorů. Jednotlivé prvky byly ověřovány samostatně i jako celek v rámci kompletního zapojení.

Zvláštní pozornost byla věnována bezpečnosti zařízení. Vibrační motor byl v průběhu testování dočasně vypnut, aby nedošlo k nežádoucímu chování zařízení nebo možnému poškození komponent. Testování probíhalo při napájení z baterie a bylo sledováno chování zařízení při zapnutí a běžném provozu.

Na základě provedených testů bylo ověřeno, že zařízení jako celek funguje stabilně a odpovídá požadavkům prezentovaného prototypu. Tyto výsledky slouží jako podklad pro další úpravy a rozvoj projektu v navazující části ročníkové práce.

Ukázka kódu demonstруje řízení stavů zařízení pomocí stavového automatu. Na základě aktuálního stavu je řízena LED signalizace, která poskytuje uživateli vizuální informaci o činnosti zařízení.

```
static void update_led_for_state(device_state_t state)
{
    switch (state) {
        case STATE_CALIBRATING:
            led_controller_set_state(LED_STATE_CALIBRATING);
            break;
        case STATE_CONNECTING:
        case STATE_READY:
            led_controller_set_state(LED_STATE_WAITING);
            break;
        case STATE_ACTIVE:
            led_controller_set_state(LED_STATE_ACTIVE);
            break;
        case STATE_ERROR:
            led_controller_set_state(LED_STATE_ERROR);
            break;
        default:
            led_controller_off();
            break;
    }
}
```

Kód 1: Ukázka funkce pro update led diody

Závěr

V úvodu ročníkové práce byl stanoven cíl navrhnut a zahájit realizaci zařízení využitelného pro laserovou hru se zaměřením na výběr vhodných technologií, návrh řešení a sestavení základního prototypu. Tyto cíle byly v průběhu pololetí postupně naplňovány v období od října do prosince.

V rámci teoretické části byl proveden průzkum dostupných technologií a elektronických komponent, na jehož základě byly vybrány vhodné moduly pro realizaci projektu. Tento krok splnil svůj účel a poskytl potřebný přehled pro další rozhodování. V praktické části následovalo objednání vybraných komponent a zahájení práce na sestavení zařízení.

Během praktické realizace se podařilo sestavit a otestovat napájecí část zařízení, oživit mikrokontrolér a ověřit základní funkčnost připojených senzorů. Tyto kroky splnily očekávání stanovená na začátku práce. Zároveň se v průběhu vývoje objevily drobné problémy související se zapojením a testováním jednotlivých částí systému, jejichž řešení bylo součástí praktické zkušenosti a přispělo k lepšímu pochopení problematiky.

Práce na projektu mi ukázala, jak důležité je plánování jednotlivých kroků a postupná kontrola funkčnosti během vývoje. Díky rozdělení práce do dílčích úkolů a jejich postupnému plnění bylo možné projekt realizovat systematicky a přehledně. Tato zkušenost mi pomohla lépe pochopit průběh vývoje technického projektu od návrhu až po první funkční prototyp.

Práce na projektu mi umožnila prohloubit znalosti v oblasti elektroniky, práce s mikrokontroléry a vývoje vestavěných systémů. Získané zkušenosti považuji za přínosné a využitelné při dalším studiu. Výsledkem pololetní části ročníkové práce je funkční základ prototypu zařízení, který splňuje stanovené cíle této etapy a vytváří prostor pro navázání v další části ročníkové práce.

Seznam použitých zdrojů

1. **Wizard Tag.** <https://www.wizardtag.com/about-us/#about-us>. *Wizard Tag*. [Online] 2025. [Citace: 12. 1 2026.] <https://www.wizardtag.com/about-us/#about-us>.
2. **Espressif Systems.** ESP32-C6 Series Datasheet. *Espressif Documentation*. [Online] [Citace: 12. 1 2026.] <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32-c6>.
3. —. ESP-IDF Programming Guide. *Espressif Documentation*. [Online] [Citace: 12. 1 2026.] <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32c6/>.
4. **Bosch Sensortec.** BMI160 – Low Power Inertial Measurement Unit. *Bosch Sensortec*. [Online] [Citace: 12. 1 2026.] <https://www.bosch-sensortec.com/products/motion-sensors/imus/bmi160/>.
5. **Laskakit.** Digitální kompas QMC5883L. *Laskakit*. [Online] [Citace: 12. 1 2026.] <https://www.laskakit.cz/arduino-kompas-qmc5883l/>.
6. —. Nabíjecí modul TP4056 s ochranou. *Laskakit*. [Online] [Citace: 12. 1 2026.] <https://www.laskakit.cz/nabijecka-tp4056-s-ochranou/>.

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: LOGO WIZARD TAG. ZDROJ: (1)	8
OBRÁZEK 2: BLOKOVÉ SCHÉMA	12
OBRÁZEK 3: REÁLNÉ ZAPOJENÍ.....	14
OBRÁZEK 4: 1. ZKOUŠKA ZAPOJENÍ	14

Seznam tabulek

TABULKA 1: VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ	10
TABULKA 2: KOMPONENTY.....	11

Seznam kódů

KÓD 1: UKÁZKA FUNKCE PRO UPDATE LED DIODY.....	17
--	----