|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | |
| **Závěrečná studijní práce**  **dokumentace** | | |
| **Hry na Arduino** | | |
| Vítězslav Nikel | | |
|  | | |
|  | |  |
| **Obor:** | 18-20-M/01 INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE  se zaměřením na počítačové sítě a programování | |
| **Třída:**  **Školní rok:** | IT4  2024/2025 | |

**Poděkování**

*Rád bych poděkoval panu učiteli Ing. Petru Grussmanovi za cenné rady a vypůjčení hardwaru.*

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval samostatně a uvedl veškeré použité   
informační zdroje.

Souhlasím, aby tato studijní práce byla použita k výukovým účelům na Střední průmyslové   
a umělecké škole v Opavě, Praskova 399/8.

V Opavě 11. 1. 2025

*podpis autora práce*

**ABSTRAKT**

Tato práce se zaměřuje na vývoj interaktivní hry pro mikrokontroler s využitím grafického displeje TFT a tlačítek. Hra obsahuje dvě části: klasickou verzi hada (Snake) a verzi Pongu. Hráči mohou ovládat směr pohybu hada nebo pálky pomocí dvou tlačítek. Kód je napsán v jazyce C a využívá knihovny pro práci s grafickým displejem Adafruit\_ILI9341 a ovládání SPI sběrnice. Hra využívá herní algoritmus, který zahrnuje detekci kolizí, pohyb hada, sbírání potravy, a detekci skóre. Hra Pong zahrnuje mechaniku odrážení míče a pohyb pálky podle tlačítkového vstupu. Důraz je kladen na plynulost hry a správnou detekci kolizí mezi objekty. Práce obsahuje také řešení problémů s debounce efektem tlačítek a správnou optimalizací pro zajištění stabilního běhu herní logiky na omezených hardwarových prostředcích.

**ABSTRACT**

This work focuses on the development of an interactive game for a microcontroller using a TFT graphical display and buttons. The game consists of two parts: a version of Snake and a version of Pong. Players can control the direction of the snake or paddles using two buttons. The code is written in C and utilizes libraries for controlling the Adafruit\_ILI9341 display and SPI communication. The game implements an algorithm for collision detection, snake movement, food collection, and score detection. The Pong game features ball bouncing mechanics and paddle movement based on button input. The focus is on game fluidity and proper collision detection between objects. The work also addresses issues with button debounce effects and optimizations to ensure stable game logic execution on limited hardware.

OBSAH

[Úvod 5](#_Toc187682274)

[1 problematikA interaktivních her na ARDUINU 6](#_Toc187682275)

[1.1 Metodologie a cíle práce 6](#_Toc187682276)

[1.2 Význam práce pro vzdělávání a hobby projekty 6](#_Toc187682277)

[2 Využité technologie 7](#_Toc187682278)

[2.1 Hardware 7](#_Toc187682279)

[2.1.1 Mikrokontroler (Arduino Mega 2560) 7](#_Toc187682280)

[2.1.2 TFT displej (Adafruit ILI9341) 8](#_Toc187682281)

[2.1.3 Tlačítka pro ovládání 8](#_Toc187682282)

[2.1.4 Rezistory 8](#_Toc187682283)

[2.2 Software 8](#_Toc187682284)

[2.2.1 Arduino IDE 8](#_Toc187682285)

[2.2.2 Knihovna Adafruit\_GFX 9](#_Toc187682286)

[2.2.3 Knihovna Adafruit\_ILI9341 9](#_Toc187682287)

[2.2.4 Knihovna SPI 9](#_Toc187682288)

[3 Způsoby řešení a použité postupy 11](#_Toc187682289)

[3.1 Popis řešení úkolu 11](#_Toc187682290)

[3.2 Použité postupy 11](#_Toc187682291)

[3.2.1 Inicializace hardware komponent 11](#_Toc187682292)

[3.2.2 Implementace herních funkcí 11](#_Toc187682293)

[3.2.3 Správa stavu hry 12](#_Toc187682294)

[3.2.4 Vykreslování grafiky 12](#_Toc187682295)

[3.2.5 Detekce kolizí a skóre 12](#_Toc187682296)

[3.3 Způsoby testování funkčnosti 12](#_Toc187682297)

[3.3.1 Testování tlačítek 13](#_Toc187682298)

[3.3.2 Testování displeje 13](#_Toc187682299)

[3.3.3 Testování herní logiky 13](#_Toc187682300)

[3.3.4 Zátěžové testování 13](#_Toc187682301)

[4 Výsledky 14](#_Toc187682302)

[4.1 Splněné cíle 14](#_Toc187682303)

[4.1.1 Implementace hry Snake 14](#_Toc187682304)

[4.1.2 Implementace hry Pong 14](#_Toc187682305)

[4.1.3 Grafické rozhraní 14](#_Toc187682306)

[4.1.4 Hlavní menu 14](#_Toc187682307)

[5 Budoucí rozvoj 15](#_Toc187682308)

[5.1.1 Implementace více her 15](#_Toc187682309)

[5.1.2 Rozšíření herního rozhraní 15](#_Toc187682310)

[5.1.3 Předělání na PCB desku 15](#_Toc187682311)

[Závěr 16](#_Toc187682312)

[Seznam použitýCH INFORMAČNÍCH ZDROJů 17](#_Toc187682313)

Úvod

Tato práce se zaměřuje na vývoj interaktivní hry pro mikrokontroler s grafickým displejem TFT, který využívá tlačítka jako vstup pro ovládání. Cílem práce je vytvořit dvě hry – klasickou hru had (Snake) a hru Pong, které budou fungovat na mikrokontroleru, a to včetně optimalizace pro omezený hardware. Hry jsou navrženy tak, aby byly snadno ovladatelné pomocí tlačítek, přičemž každá hra má odlišný herní mechanismus a logiku. Hra had zahrnuje sbírání potravy, skórovací systém a detekci kolizí, zatímco hra Pong se soustředí na odrážení míče mezi dvěma pálkami a detekci skóre.

Volba této problematiky byla motivována mým zájmem o tvorbu herních aplikací na mikrokontrolerech, což je oblast, která spojuje elektroniku, programování a zábavu. Tvorba her pro mikrokontrolery představuje výzvu, protože vyžaduje optimalizaci kódu pro omezený výpočetní výkon a paměť, což je odlišné od vývoje her pro výkonnější platformy.

Hlavním cílem této práce bylo navrhnout a implementovat dvě herní aplikace, které budou běžet na mikrokontroleru, a to jak z hlediska kódu, tak z hlediska hardwarového zapojení. Tato práce se zaměřuje na řešení problémů spojených s ovládáním her, jako je debounce efekt tlačítek a optimalizace herního běhu.

# problematikA interaktivních her na ARDUINU

Interaktivní hry představují jednu z nejefektivnějších forem učení a zábavy v oblasti programování a elektroniky. Využití platformy Arduino pro tvorbu těchto her umožňuje pochopit základní principy vývoje softwaru i práce s hardwarem, jako jsou senzory, displeje a vstupní zařízení. Tato kapitola představí teoretický základ a metodologii potřebnou k vytvoření jednoduchých interaktivních her, které demonstrují použití základních programovacích konceptů.

## Metodologie a cíle práce

Tato práce si klade za cíl vytvořit funkční ukázky jednoduchých her, jako jsou „Snake“ a „Pong“, které budou ovladatelné pomocí tlačítek a zobrazovány na TFT displeji připojeném k Arduinu.

## Význam práce pro vzdělávání a hobby projekty

Vývoj interaktivních her na Arduinu přináší nejenom radost z tvoření, ale také hodnotný nástroj pro vzdělávání. Tento přístup umožňuje začátečníkům snadno pochopit principy programování a práce s hardwarem. Zároveň představuje inspiraci pro hobby projekty, které mohou být dále rozvíjeny například přidáním dalších her nebo pokročilejších funkcí, jako je bezdrátové ovládání či multiplayer.

Práce ukazuje, že i s minimálními náklady a jednoduchým vybavením je možné dosáhnout zajímavých a užitečných výsledků, které mohou sloužit jako základ pro další rozvoj.

# Využité technologie

V této kapitole jsou uvedeny technologie, nástroje, přístroje a programy, které byly využity při vývoji her pro mikrokontroler. Technologie jsou rozděleny do dvou hlavních kategorií: hardware a software. Každá část obsahuje stručný popis použitých komponent a jejich role v celkovém projektu.

## Hardware

### Mikrokontroler (Arduino Mega 2560)

Mikrokontroler Arduino Mega 2560 byl zvolen pro tento projekt díky své dostatečné výpočetní kapacitě, rozsáhlé podpoře knihoven a velkému množství digitálních i analogových vstupů a výstupů. Arduino Mega 2560 obsahuje 256 KB flash paměti, což umožňuje efektivně uložit kód a data potřebná pro hry. Dále nabízí 54 digitálních I/O pinů, což usnadňuje připojení více externích periferií, jako jsou tlačítka a displej.

### TFT displej (Adafruit ILI9341)

Displej ILI9341 byl vybrán pro jeho dostatečně vysoké rozlišení (320x240 pixelů) a podporu barevného zobrazení. Tento displej je ideální pro grafické zobrazení herních objektů, jako jsou had a pálky. TFT displeje jsou široce využívány pro různé embedded aplikace, a tento konkrétní model poskytuje dobrý poměr cena/výkon pro projekty, které vyžadují barevnou grafiku a jasné zobrazení.

### Tlačítka pro ovládání

Tlačítka byla použita jako vstupy pro ovládání obou her. Hráči mohou pomocí těchto tlačítek měnit směr pohybu hada nebo ovládat pálky v hře Pong. Tlačítka byla připojena k digitálním pinům mikrokontroleru a využívají se k detekci jednoduchých stisků.

### Rezistory

Pro zajištění spolehlivé detekce stisknutých tlačítek a stabilizaci vstupních signálů byly použity rezistory o hodnotě 10 kΩ.

## Software

### Arduino IDE

Pro vývoj softwaru byl použit Arduino IDE (Integrated Development Environment). Tento vývojový nástroj je určen pro programování mikrokontrolerů Arduino v jazyce C/C++. Arduino IDE poskytuje jednoduché uživatelské rozhraní pro psaní, kompilaci a nahrávání kódu do mikrokontroleru. Podporuje širokou škálu knihoven a funkcí pro snadnou integraci různých hardwarových komponent, což značně urychluje vývoj.

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, software, Multimediální software

Popis byl vytvořen automaticky

Obrázek 1: Arduino IDE

### Knihovna Adafruit\_GFX

Knihovna Adafruit\_GFX je základem pro práci s grafickými displeji, jako je TFT displej ILI9341. Tato knihovna poskytuje abstrakci pro vykreslování grafických objektů (text, čáry, obdélníky atd.), což usnadňuje práci s displeji a umožňuje implementaci pokročilých vizuálních efektů ve hrách. Je kompatibilní s širokým spektrem grafických displejů a poskytuje bohaté možnosti pro grafické aplikace.

### Knihovna Adafruit\_ILI9341

Knihovna Adafruit\_ILI9341 byla použita pro řízení TFT displeje ILI9341. Tato knihovna usnadňuje práci s grafickými displeji, protože poskytuje funkce pro kreslení textu, geometrických tvarů, vykreslování pixelů a dalších grafických objektů. Knihovna je snadno použitelná a kompatibilní s Arduino platformou, což zjednodušuje implementaci grafického rozhraní pro hru.

### Knihovna SPI

Knihovna SPI je nezbytná pro komunikaci s displejem ILI9341, který používá komunikační protokol SPI (Serial Peripheral Interface). Tato knihovna zajišťuje správnou konfiguraci a přenos dat mezi mikrokontrolerem a displejem, což je klíčové pro zobrazení grafiky a textu. SPI protokol umožňuje rychlou a efektivní komunikaci s externími zařízeními.

# Způsoby řešení a použité postupy

Tato kapitola popisuje přístup k řešení úkolu, použití jednotlivých metod a postupů, které byly aplikovány při implementaci her na mikrokontroleru. Součástí této kapitoly jsou také způsoby testování funkčnosti, parametry použitých komponent, schémata zapojení a výpočty, které byly součástí vývoje.

Obsah obrázku text, diagram, řada/pruh, číslo

Popis byl vytvořen automaticky

Obrázek 1: Schéma zapojení

## Popis řešení úkolu

Cílem projektu bylo implementovat jednoduché hry pro mikrokontroler Arduino Mega 2560, přičemž hlavním výstupem měl být grafický displej, na kterém by byly zobrazeny herní objekty, jako jsou pálky, body a pohybující se objekty. K tomu byl využit TFT displej ILI9341, který poskytuje dostatečně vysoké rozlišení pro zobrazení grafiky. Hlavními vstupy byly mechanická tlačítka, která sloužila pro interakci uživatele s hrou.

## Použité postupy

Pro implementaci herních logik bylo potřeba několika základních kroků:

### Inicializace hardware komponent

Při spuštění aplikace byly inicializovány všechny připojené komponenty, jako je TFT displej, tlačítka a napájení. Pro TFT displej byla použita knihovna Adafruit\_ILI9341, která zajišťuje komunikaci mezi mikrokontrolerem a displejem.

Zde je ukázka inicializace:

1. void setup() {

2. pinMode(btn1, INPUT);

3. pinMode(btn2, INPUT);

4.

5. attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(btn1), button1\_ISR, RISING);

6. attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(btn2), button2\_ISR, RISING);

7.

8. randomSeed(analogRead(0));

9. TFT.begin();

10. TFT.setRotation(1);

11. menu\_start();

12. }

13.

### Implementace herních funkcí

Pro každou hru byla vytvořena samostatná funkcionalita pro vykreslování herních objektů na displeji.

Implementace ovládání pomocí tlačítek byla realizována tak, že každý stisk tlačítka změnil směr pálky nebo směr pohybu hada, podle toho, které tlačítko bylo zmáčknuto.

### Správa stavu hry

Každá hra měla různé stavy (např. úvodní obrazovka, samotná hra a konec hry). Tyto stavy byly řízeny proměnnými v kódu, které určovaly, jaký režim je aktuálně aktivní a co se má vykreslit na displeji.

### Vykreslování grafiky

Byly použity jednoduché grafické funkce pro vykreslování čar a obdélníků (pro pálky a pohybující se objekty) a textových řetězců pro zobrazení skóre a informací o stavu hry.

Funkce knihovny Adafruit\_GFX poskytovaly základní metody pro práci s grafikou na displeji.

Zde je ukázka pro mazání a následné přemalování pádel ve hře Pong:

1. void drawPaddles(int paddle1T,int paddle2T) {

2.

3. TFT.fillRect(0, paddle1T, paddleWidth, paddleHeight, ILI9341\_BLACK);

4. TFT.fillRect(screenWidth - paddleWidth, paddle2T, paddleWidth, paddleHeight, ILI9341\_BLACK);

5.

6.

7. TFT.fillRect(0, paddle1Y, paddleWidth, paddleHeight, ILI9341\_GREEN);

8. TFT.fillRect(screenWidth - paddleWidth, paddle2Y, paddleWidth, paddleHeight, ILI9341\_GREEN);

9. }

10.

### Detekce kolizí a skóre

U každé hry byla implementována logika pro detekci kolizí mezi objekty (např. mezi pálkou a míčkem ve hře Pong, nebo mezi hadem a hranicemi obrazovky ve hře Snake).

Skóre bylo počítáno na základě počtu úspěšných akcí (např. počet gólů nebo počet snězených jídel).

## Způsoby testování funkčnosti

Testování funkčnosti probíhalo jak v softwarovém prostředí, tak i ve fázi fyzického sestavení systému. Postupy zahrnovaly:

### Testování tlačítek

Tlačítka byla testována na detekci stisku. Každý stisk tlačítka měl být přesně detekován, bez zpoždění nebo falešných detekcí. Pro tento účel byla použita metoda debounce (zvlnění signálu při stisku), která zajišťuje spolehlivý vstupní signál.

### Testování displeje

TFT displej byl testován na zobrazení správného grafického výstupu. Byly kontrolovány detaily, jako jsou rozlišení, jas a správné vykreslování textu a grafiky. Dále byly provedeny testy na spolehlivost zobrazení při rychlých změnách obrazu.

### Testování herní logiky

Testování herní logiky se zaměřovalo na správnou detekci kolizí mezi objekty, správné vykreslování herních prvků a zpracování herních stavů, jako je pauza, restart hry a konec hry.

### Zátěžové testování

Byl proveden i test dlouhodobého provozu, kdy byla hra spuštěna na delší dobu, aby se ověřila stabilita systému a funkčnost komponent (zejména displeje a tlačítek).

# Výsledky

## Splněné cíle

### Implementace hry Snake

* Hra obsahuje funkční ovládání směru pohybu hadu pomocí tlačítek.
* Kolize se stěnami a vlastním tělem jsou detekovány a vedou ke konci hry.
* Systém bodování za pojídání potravy funguje a zobrazuje aktuální skóre.
* Jídlo se generuje na náhodných pozicích mimo tělo hada.

### Implementace hry Pong

* Hra je určená pro dva hráče s ovládáním každého pádla samostatným tlačítky.
* Míček odskakuje od pádel a hran obrazovky dle fyziky odrazů.
* Bodování funguje korektně, hra se ukončí při dosažení stanoveného počtu bodů.

### Grafické rozhraní

* Použit TFT displej Adafruit ILI9341 zobrazující herní prvky, skóre a menu.
* Barevná grafika s jasně definovanými herními prvky (had, jídlo, pádla, míček).

### Hlavní menu

* Umožňuje spouštění jednotlivých her.
* Intuitivní navigace pro uživatele.

Obrázek 3: Menu

# Budoucí rozvoj

### Implementace více her

* Rozšíření projektu o další hry, které budou zahrnovat nové herní mechaniky a prvky.

### ****Rozšíření herního rozhraní****

* Možnost volby obtížnosti her a přidání dalších grafických efektů.

### Předělání na PCB desku

V rámci budoucího rozvoje projektu by bylo možné přejít na návrh a výrobu vlastní PCB desky. Tento krok by zjednodušil a zefektivnil zapojení jednotlivých komponent, jako jsou mikrokontroler, displej, tlačítka a další periferie, čímž by se zajistila stabilita a spolehlivost celého systému.

# Závěr

Projekt byl zaměřen na vytvoření interaktivního herního systému využívajícího platformu Arduino a TFT displej. Cílem bylo demonstrovat možnosti implementace jednoduchých her, a to jak z hlediska hardwarového zapojení, tak softwarového řešení.

V průběhu práce byly úspěšně implementovány dvě hry: Snake a Pong. Obě hry byly testovány a vykazují stabilní chod a správnou funkcionalitu.

Hlavním přínosem práce je ukázka propojení základních hardwarových a softwarových komponent pro tvorbu interaktivních projektů. Uživatelé mohou na základě této práce pochopit principy, které mohou dále využít při vlastních projektech.

Do budoucna je možné projekt dále rozšiřovat přidáním dalších her nebo rozšířením grafických možností systému. Tento systém má potenciál najít uplatnění ve vzdělávacím prostředí pro výuku programování a elektroniky.

Seznam použitýCH INFORMAČNÍCH ZDROJů

[1] Adafruit\_ILI9341. Online. Github. 31 March 2015, 18 June 2024. Dostupné z: https://github.com/adafruit/Adafruit\_ILI9341.

[2] Adafruit\_GFX Library. Online. Github. 4 April 2015, 9 October 2024. Dostupné z: https://github.com/adafruit/Adafruit\_ILI9341.

[3] Adafruit\_BusIO. Online. Github. 7 March 2019, 7 January 2025. Dostupné z: https://github.com/adafruit/Adafruit\_BusIO.

[4] Lekce 21 - Arduino a využití přerušení. Online. Lekce 21 - Arduino a využití přerušení. Dostupné také z: https://arduino8.webnode.cz/news/lekce-21-arduino-a-vyuziti-preruseni-interrupt-a-osetreni-zachvevu-pri-stisku-tlacitka/.