



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

**ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ**

DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

## **DEMONSTRACE OVLÁDÁNÍ TFT DISPLEJE PŘES WIFI/BLEETOOTH**

DEMONSTRATION OF TFT DISPLAY CONTROL VIA WIFI/BLEETOOTH

**PROJEKT DO PŘEDMĚTU IMP**

PROJECT FOR THE SUBJECT IMP

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**MICHAL BLAŽEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. VÁCLAV ŠIMEK**

**BRNO 2024**

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Návrh</b>	<b>3</b>
2.1	Hardware . . . . .	3
2.2	Schéma zapojení . . . . .	3
2.3	Vývojové prostředí . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Vlastnosti programu</b>	<b>5</b>
3.1	Testování . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>7</b>
	<b>Literatura</b>	<b>8</b>

# Kapitola 1

## Úvod

Tato práce se zaměřuje na ovládání barevného TFT displeje, připojeného k vývojovému kitu ESP32, přes rozhraní WiFi nebo Bluetooth. Jelikož zadání povoluje výběr mezi komunikací přes WiFi a Bluetooth, pro tento projekt byla zvolena komunikace přes Bluetooth z důvodu jednoduchého párování a přímočaré komunikaci mezi dvěma zařízeními. Avšak v kapitole 3.1 je zmíněna i negativní stránka připojení přes Bluetooth, a to je nízký objem dat na paket, který zařízení přijímá. Ovládání je demonstrováno na možnosti vypsání textu na displej, vykreslení přijatého obrázku, nebo na možnosti hraní Tetrisu.

Veškerou funkcionalitu demonstruje následující video: <https://youtu.be/RHHq2XagPnQ>

## Kapitola 2

# Návrh

V této kapitole je popsán návrh celého projektu od hardwarové části až po samotný kód. Cílem návrhu bylo vytvořit projekt, který umožní ovládání TFT displeje skrze rozhraní WiFi nebo Bluetooth, přičemž v tomto projektu byla zvolena komunikace přes Bluetooth z důvodu její přímočaré komunikace mezi dvěma zařízeními. Návrh v sobě zahrnuje způsob ovládání výsledného projektu a toho je docíleno pomocí externí aplikace [1].

### 2.1 Hardware

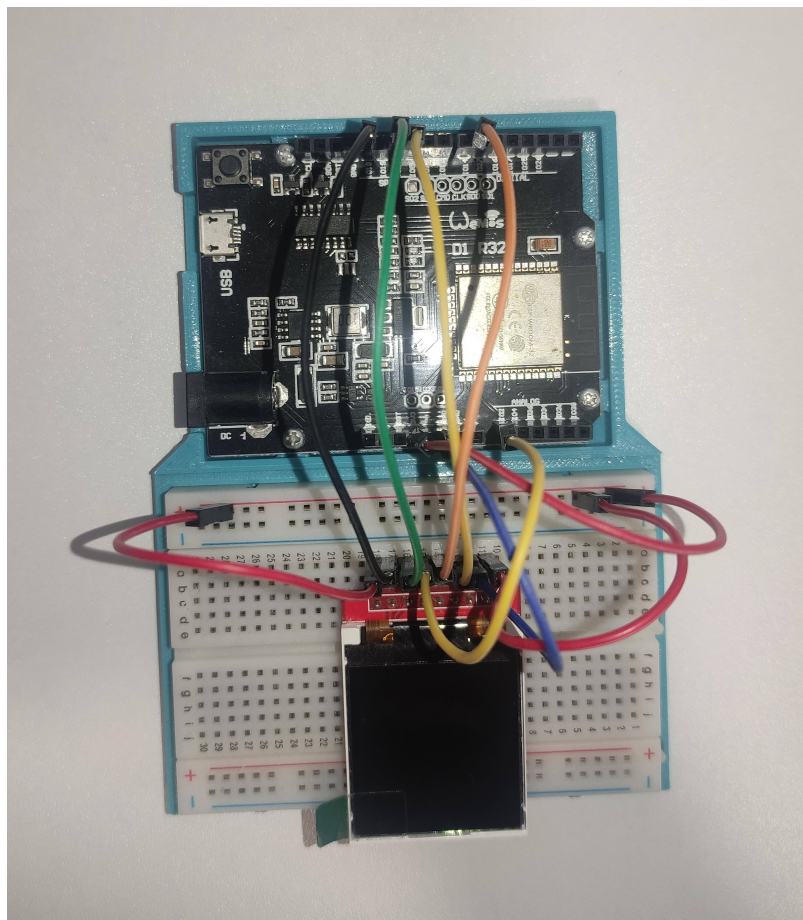
V projektu je použit vývojový kit ESP32 Wemos D1 R32, který přes SPI rozhraní komunikuje s 1,44" 128 × 128 TFT displejem s označením ILI9163C. Pro komunikaci s počítačem nebo jiným zařízením s podporou Bluetooth projekt využívá Bluetooth čip, který je součástí vývojového kitu, a tudíž nemusí být externě dodán.

### 2.2 Schéma zapojení

Na obrázku 2.1 je vyfocené zapojení TFT displeje k vývojovému kitu ESP32. Podrobněji je zapojení jednotlivých pinů v tabulce 2.1. Jedná se o komunikaci přes SPI rozhraní kde ESP32 je *master* a TFT displej je *slave*.

ESP32 pin	TFT pin	Popis
3.3V	VCC	Napájení 3.3V
3.3V	LED	Podsvícení displeje
GND	GND	Zem
IO23	SDA	Master Out Slave In (SPI data)
IO18	SCK	SPI hodiny
IO5	CS	Chip Select
IO2	DC	Data/Command
IO27	RST	Reset displeje

Tabulka 2.1: Zapojení jednotlivých pinů vývojového kitu ESP32 na piny TFT displeje.



Obrázek 2.1: Zobrazení zapojení TFT displeje k vývojovému kitu ESP32.

## 2.3 Vývojové prostředí

Vývoj programu se uskutečnil v aplikaci `vscode` s rozšířením `PlatformIO`, které bez problému automaticky našlo připojený vývojový kit a nahrálo do něj nový program. Veškerý vývoj probíhal v Linuxovém prostředí na operačním systému Ubuntu 24.04.1 LTS.

V tomto projektu je použit Arduino framework z důvodu kompatibility s externími knihovnami a z důvodu použití programovacího jazyka C++, ve kterém je následně implementovaný program. Konkrétní části programu využívají prostředků jazyka C++ jako jsou například třídy.

## Kapitola 3

# Vlastnosti programu

Program je rozdělen na 3 hlavní funkcionality. V první pouze vykreslí text, který obdržel přes Bluetooth, na TFT displej. Toho je docíleno za pomoci metody `print` z externí knihovny *Adafruit GFX*.

Druhá funkcionality je vykreslení obrázku. Tento obrázek se posílá po několika částech z důvodu přetečení zásobníku pro přijatá data skrz Bluetooth komunikaci. Pokud by zásobník přetekl, některá data by se ztratila a obrázek by vypadal jinak, než by bylo očekáváno. Vykreslení obrázků je nejjemnější možné, takže lze změnit barvu každého pixelu displeje, a to až na 65 tisíc různých barev, protože se využívá dvou bajtů barvy ve formátu RGB565.

Poslední hlavní funkcionality je hra Tetris, která se spouští, jakmile vývojový kit detekuje zmáčknutí tlačítka doleva nebo doprava. Následně lze pohybovat s padajícími tvary pomocí těchto šipek. Pokud uživatel prohraje, obarví se mu rámeček okolo celého displeje červeně a hra se pozastaví. Z tohoto pozastaveného bodu a vlastně kdykoliv během hry se dá odejít pomocí přijetí dalších dat, které mají buďto zobrazit obrázek, nebo vykreslit text.

Obě strany komunikace musí mít stejně definovaný tvar bajtů, které mezi sebou přenášejí. V tomto případě je tato informace v tabulce 3.1. Vývojový kit se na základě prvního bajtu celé zprávy rozhodne, zda má vypsat text, vykreslit obrázek nebo spustit hru Tetris.

Příkaz v aplikaci	Formát odesílaných dat	Popisek
Obrázek (1. část)	0x00 „data obrázku“	0x00 bajt na začátku dat určuje informaci, že se bude nahrávat nový obrázek.
Obrázek (ostatní části)	0x01 „data obrázku“	0x01 bajt na začátku dat určuje informaci, že obrázek má i další část.
Text	0x02 „text ze vstupního pole“	0x02 bajt na začátku dat určuje informaci, že tato data jsou text.
Tlačítko s levou šipkou	0x03	Přijme pouze jeden bajt, a to 0x03.
Tlačítko s pravou šipkou	0x04	Přijme pouze jeden bajt, a to 0x04.

Tabulka 3.1: Jednotlivé zprávy v bajtech pro komunikaci mezi vývojovým kitem a testovací aplikací [1].

### 3.1 Testování

Testování probíhalo skrze aplikaci [1], která posílá data ve správném formátu přes Bluetooth na výukový kit ESP32. Tato aplikace se pomocí Bluetooth adresy vývojového kitu s ním spáruje a poté na něj odesílá data. Nejdříve zpracovává nakreslený obraz, napsaný text nebo zmáčknuté tlačítko do bajtových instrukcí, které se poté pošlou na ESP32 a vývojový kit následně podle prvního bajtu určí následující sekvenci instrukcí, která se provede.

Z testů bylo zjištěno, že Bluetooth má zásobník ne přijatá data a pokud dostane příliš moc dat, nebo je dostává rychleji než zpracovává, může dojít k přetečení a ke ztrátě dat. Toto se výrazně projevuje u obrázku, tudíž jsou tyto obrázky posílány po částech, kde program nejdříve zpracuje první část a až po nějaké chvilce mu přijdou data na druhou část. Z většiny toto vyřešilo zmíněný problém, avšak někdy se data stejně ztratí. V tomto případě je doporučeno proces opakovat a nahrát obrázek znovu.

## Kapitola 4

# Závěr

Program ve spojení s aplikací [1] funguje skvěle a zvládne zobrazit text, či nakreslený obrázek. Všechna data se mezi počítačem a vývojovým kitem ESP32 odesílají pomocí Bluetooth a poté skrze SPI rozhraní zobrazují na TFT displeji.

Program by se určitě dal vylepšit minimálně ze strany Tetrisu o chybějící rotace tvarů. Ačkoliv je implementováno odebírání zaplněné řady a posunutí všech čtverečků nad touto řadou, nelze to jednoduše dokázat a obecně hraní Tetrisu bez možnosti otočit právě padající dílek není úplně příjemné.

### Výsledek autoevaluace

Zadání vyžaduje autoevaluaci vlastního projektu a to je zobrazeno níže v tabulce 4.1.

Položka	Popis hodnocení	Očekávané body
E (Přístup k řešení)	Dostatečný zájem k řešení projektu s implementováním Tetrisu nad rámec zadání.	2/2
F (Funkčnost řešení)	Funkčnost zadání splněna.	5/5
Q (Kvalita řešení)	Splňuje všechno potřebné ze zadání s menším nedostatkem, a to použitím Arduino frameworku.	1/2
P (Prezentace)	Video ukazuje všechno potřebné včetně složitějšího zaplnění řady v Tetrisu a jejího následného smazání se zhoršenou kvalitou.	1,5/2
D (Dokumentace k řešení)	Dokumentace má samozřejmě svoje chyby, ale základní struktura je dostatečně splněna.	2,5/3

Tabulka 4.1: Autoevaluace projektu podle hodnotícího klíče z [2].



# Literatura

- [1] BLAŽEK, M. *PixelBluetoothCanvas*. 2024. Dostupné z:  
<https://github.com/MivojBlazek/PixelBluetoothCanvas>. GitHub repozitář. Aplikace pro zasílání dat na vývojový kit.
- [2] STRNADEL, J. *Pokyny pro implementaci a dokumentování projektů*. 2024. Dostupné z:  
[https://www.fit.vut.cz/person/strnadel/public/edu/prjguide\\_imp\\_cz.pdf](https://www.fit.vut.cz/person/strnadel/public/edu/prjguide_imp_cz.pdf). Online zdroj.