

 Domov

# LED Piano Trainer

---

Svetelná pomôcka na učenie hry na klavíri

**ID Projektu:** STHDF-LEDPIANO

**Autor:** Samuel Kohút

Finálny produkt



![Finálny produkt](./images/piano\_trainer\_setup.png)

---

## Ako to celé začalo

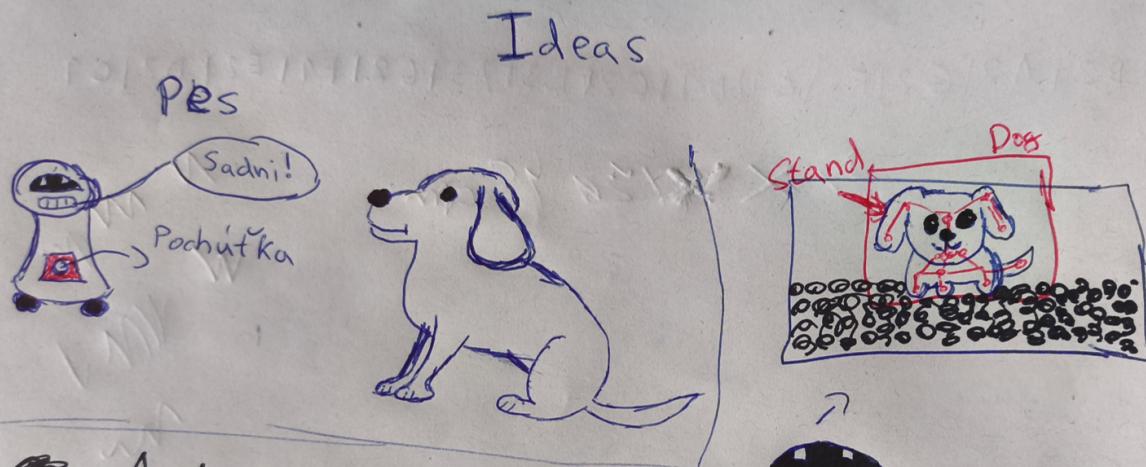
Moje prvé úvahy smerovali k zjednodušeniu života v záhrade alebo tréningu psa. Premýšľal som nad automatickým trénovačom psov, automatickým robotom pre sypanie granúl, automatickými dverami do klietky pre psa a automatickým pumpovacím systémom, ktorý by púšťal dažďovú vodu do ostatných nádob alebo len do odpadoveho miesta.

**Pomôcky pre psa (Nákres)**

**Záhradný systém (Nákres)**

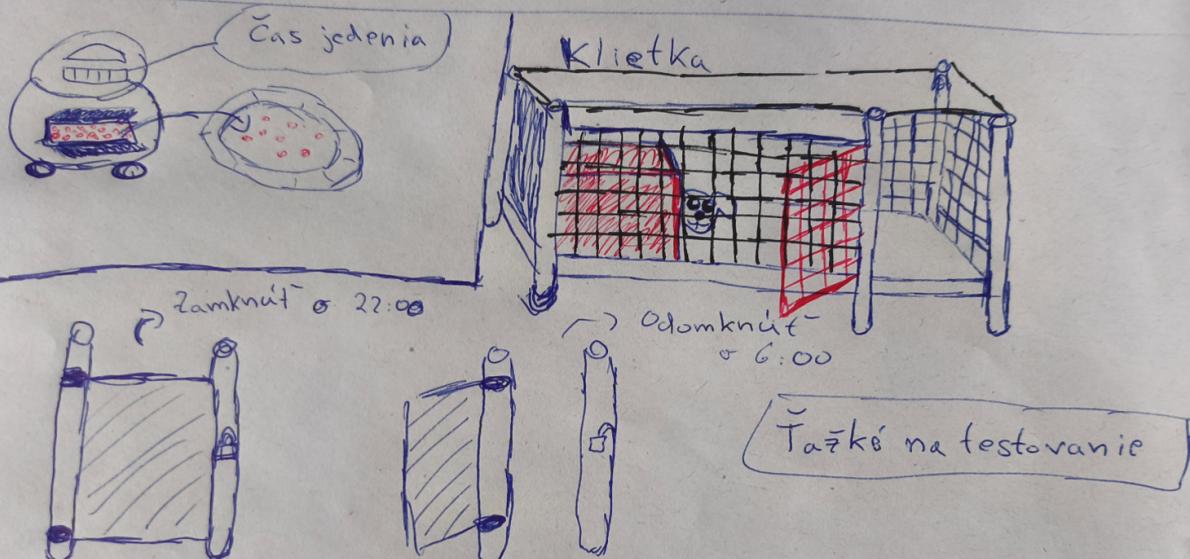
---





## Automatický treňovač psov

Pros	Cons
Zaujímavé	Komplikované na postavenie
Predsteliteľné	Nemožné to natreňovať sam (nemám potrebné zdroje)
Využiteľné	Tažké na testovanie, keďže psa mám na druhej strane SR



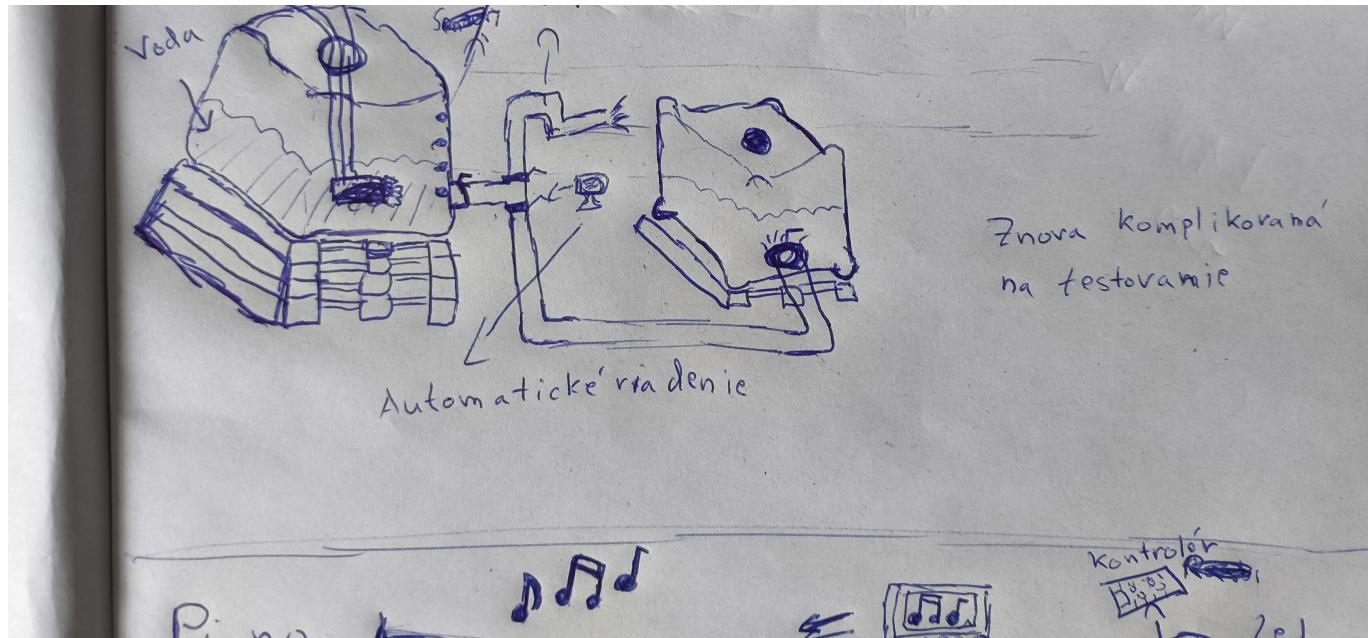
Záhrada

Odvedy

Senzory

Hladiny

zatvorkovať ak je všetko plné



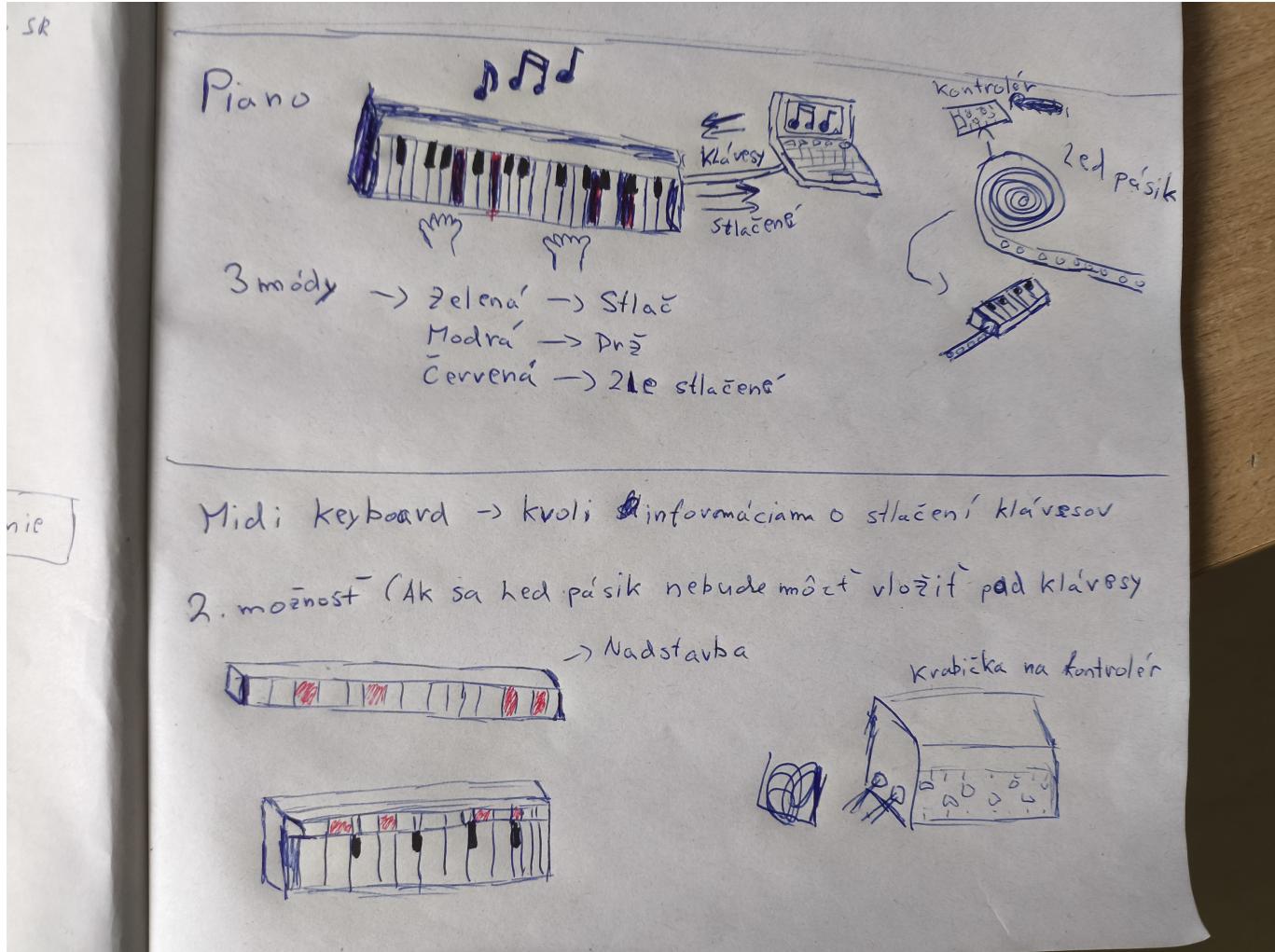
- **Problém:** Testovanie a implementovanie by vyžadovalo dochádzanie 10 hodín (Snina vs. Bratislava). To bolo počas semestra nereálne.
- **Rozhodnutie:** Vydať sa smerom k nápadu, ktorý môžem plne vyvinúť a testovať v domácich "lab" podmienkach na stole.

## 🎨 Od nápadu k riešeniu (LED Piano)

Spomenul som si na svoj starý nápad. Pomôcka, ktorá ti ukáže, čo máš hrať na klavíri pomocou svetiel.

### LED Piano (nákres)





**Základný princíp** bol, že LED diódy sa zasvetia na konkrétnu farbu podľa typu akcie, čo má používateľ vykonáť:

1. **Zelená:** = Sťač
2. **Modrá:** = Drž
3. **Červená:** = Chyba

**Implementácia:** Rozhodovanie medzi rozobratím klávesnice a externou lištou.

## 🚀 Ciele a Architektúra

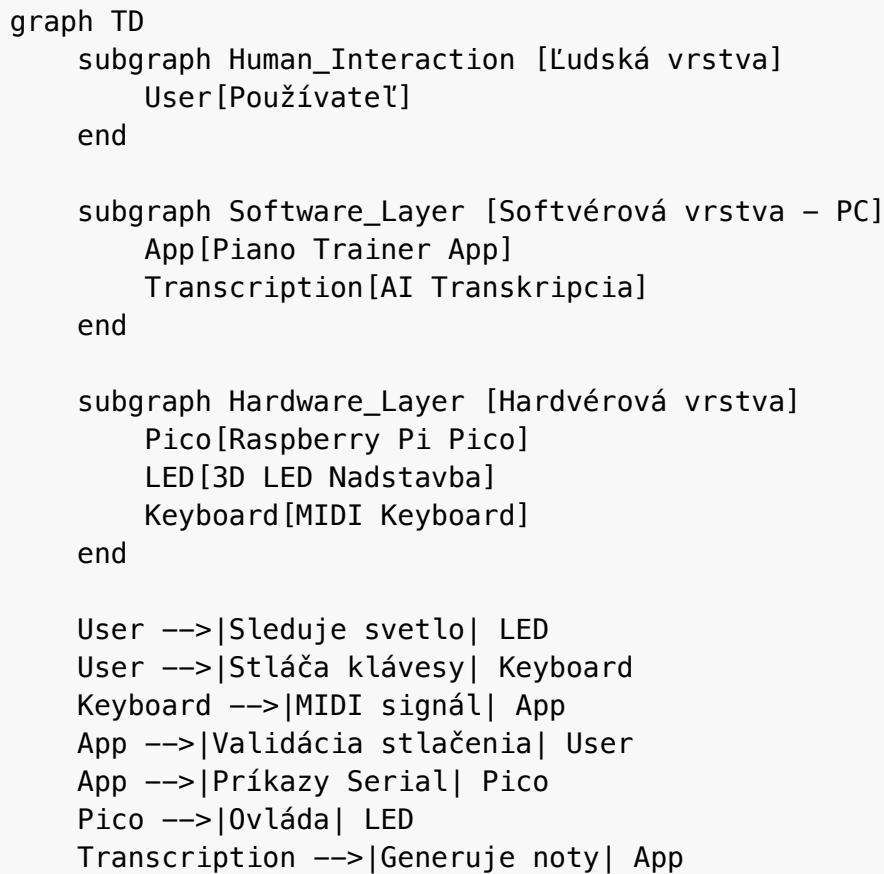
### 1. Business & Účel

**Ciel:** Vytvoriť fyzickú pomôcku, ktorá premení učenie klavíra na vizuálnu rytmickú hru. Zjednodušiť tak učenie hry na klavíri pre deti a začiatočníkov.

- **Cieľová skupina:** Deti, úplní začiatočníci a učitelia hudby hľadajúci motivačné a interaktívne pomôcky.
- **Business Hodnota:** Odstránenie bariéry čítania zložitých nôt v začiatkoch a možnosť výrobenia dostupnej a replikovateľnej fyzickej pomôcky.

### 2. Top Level a Solution Architektúra

**LED Piano Trainer** predstavuje malý, ale kompletný systém, ktorý demonštruje princípy systémového myslenia. Skladá sa z navzájom prepojených vrstiev (hardvér, softvér a ľudská interakcia), ktoré spolu tvoria fungujúci ekosystém. Každá vrstva závisí od ostatných a celkové správanie vyplýva z ich vzájomnej spolupráce, nie z ktorejkoľvek samostatnej časti.



## 🛠️ Hardvérové komponenty

Komponent	Popis	Účel
Raspberry Pi Pico	Mikrokontrolérová doska	Riadi LED diódy a spracúva hlavnú logiku.
Breadboard	Prototypová doska	Umožňuje prepájanie komponentov bez spájkovania.
LED diódy	Adresovateľný pás	Vizuálne indikátory pre jednotlivé klávesy klavíra.
Jumper káble	Konektory M-M	Prepájajú piny Pico dosky s LED pásmom a napájaním.
Napájanie / USB	5V USB zdroj	Napája Pico a celý LED okruh.

## 💻 Softvérové nástroje

Nástroj	Popis	Účel
Python	Programovací jazyk	Jazyk pre vytvorenie interaktívnej aplikácie na riadenie celého flowu hrania na takomto klavíri.

Nástroj	Popis	Účel
<b>MicroPython</b>	Programovací jazyk	Jazyk pre Pico, ktorý definuje logiku ovládania LED.
<b>Thonny IDE</b>	Vývojové prostredie	Používa sa na písanie, ladenie a nahrávanie kódu.

## ■ Infraštruktúra

Nástroj	Popis	Účel
<b>GitHub Repozitár</b>	Verziovací systém	Bezpečné ukladanie súborov projektu a dokumentácie.
<b>OneNote</b>	Dokumentačný nástroj	Sledovanie progresu, inžiniersky denník a reflexia.

### 3. Solution Architektúra

Solution architektúra sa zameriava na tok dát a fyzické prepojenie, ktoré umožňuje transformáciu YouTube videa na svetelný signál.

#### ⌚ Komunikačný a dátový tok (Data Pipeline)

Systém využíva distribuovanú logiku, kde sa náročné operácie vykonávajú na PC a real-time operácie na mikrokontroléri:

- Spracovanie dát (PC):** Python aplikácia konvertuje zdroj (YouTube link/MIDI) na sekvenčiu nôt.  
Využíva AI knižnice na transkripciu zvuku.
- Protokol (Serial):** PC posielá serializované príkazy cez USB do Pico.
- Mapovanie (Pico):** Firmvér prijme MIDI notu a podľa mapy (Key-to-LED) určí index na LED páse.
- Svetelný výstup (Hardware):** Cez PIO driver rozsvieti konkrétnu WS2812B diódu s presným časovaním.

Tu je zjednodušený pohľad na komunikáciu medzi jednotlivými časťami:

```
sequenceDiagram
    participant YT as YouTube / MIDI File
    participant PC as Python App (PC)
    participant Pico as Raspberry Pi Pico
    participant LED as LED Pás

    YT->>PC: Zdrojové dáta (Audio/MIDI)
    Note over PC: AI Transkripcia (Basic Pitch)
    PC->>Pico: Mapovanie nôt na LED Index
    PC->>Pico: Príkaz (Index, Farba)
    Pico->>LED: Svietenie (Vizualizácia tónu)
```

Tu je prvotný pohľad a ako sa časom menil na finálnu detailnejšiu verziu:

## Pôvodný sekvencák (first draft)



![Pôvodný sekvencák (first draft)](./images/SekvencakFirstDraft.png)

## Porovnanie sekvencákov (LemonTree)



![Porovnanie sekvencákov (LemonTree)](./images/LemonTreePorovnanieSekvencakov.png)

## 💡 Fyzická schéma zapojenia

Tu vidíme, ako Raspberry Pi Pico slúži ako most medzi digitálnym príkazom a elektrickým signálom pre LED pás.

### Schéma zapojenia Pico → LED pás



![Schéma zapojenia Pico → LED pás](./images/pico\_led\_schema.png)

### Najdôležitejšie technické aspekty zapojenia (Podrobnejšie v Knife):

- **Napájanie:** Pico aj LED pás sú napájané spoločne z 5V VBUS linky (USB). To zjednodušuje kabeláž.
- **Dátová linka:** Použitý je Pin GPO s rezistorom na ochranu dátového vstupu LED pásu.
- **Izolácia:** 3D tlačená nadstavba zabezpečuje fyzickú izoláciu svetla, aby každá LED osvetľovala práve jeden „box“ prislúchajúci klávesu.

## 🔍 4. Analýza

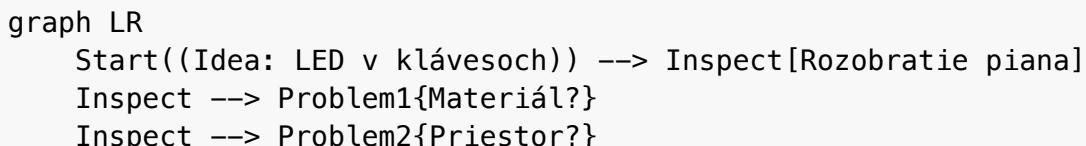
Po hĺbkovej analýze fyzického MIDI keyboardu (rozobratie) som identifikoval technologické stopky:

- **Nepriehľadný materiál:** Klávesy sú z materiálu, ktorý svetlo nepohlcuje, ale blokuje.
- **Mechanické obmedzenie:** Čierne klávesy majú mechaniku, ktorá neumožňuje vedenie káblov bez deštrukcie nástroja.
- **Verdikt:** Architektonická zmena z vnútorného svietenia na externú LED nadstavbu, ktorá sa položí/pripevní na piano.

### Rozobraté MIDI piano (analýza mechaniky a materiálu)



![Rozobraté MIDI piano](./images/rozobrate\_piano.png)



Problem1 -- Nepriehľadný --> Reject [ZAMIETNUTÉ]

Problem2 -- Nedostatok miesta --> Reject

Reject --> Pivot((Riešenie: Externá nadstavba))

Pivot --> Design[3D Modelovanie boxov]

Design --> Success[Finálny produkt]

style Reject fill:#f96,stroke:#333,stroke-width:2px

style Success fill:#9f9,stroke:#333,stroke-width:4px

## 5. Design a 3D Tlač

Design musel vyriešiť nesúlad viacerých vecí. Najprv sa musela vyriešiť správna izolácia svetla. Hrúbka priečok musela byť optimalizovaná aby sa zamedzilo presvitaniu do susedných boxov a zároveň presvitaniu hlavnej steny. Ďalším problémom bol nesúlad medzi rozostupom LED diód a samotnej šírke klávesov. Modulárna lišta teda musela byť navrhnutá tak, aby sa LED pás v každom boxe mierne ohol. Tým by sa dído vycentrovala presne na stred klávesu.

Experimentovanie s hrúbkou priečok (izolácia svetla)



![Experimentovanie s hrúbkou priečok](./images/leddbar\_experiments.png)

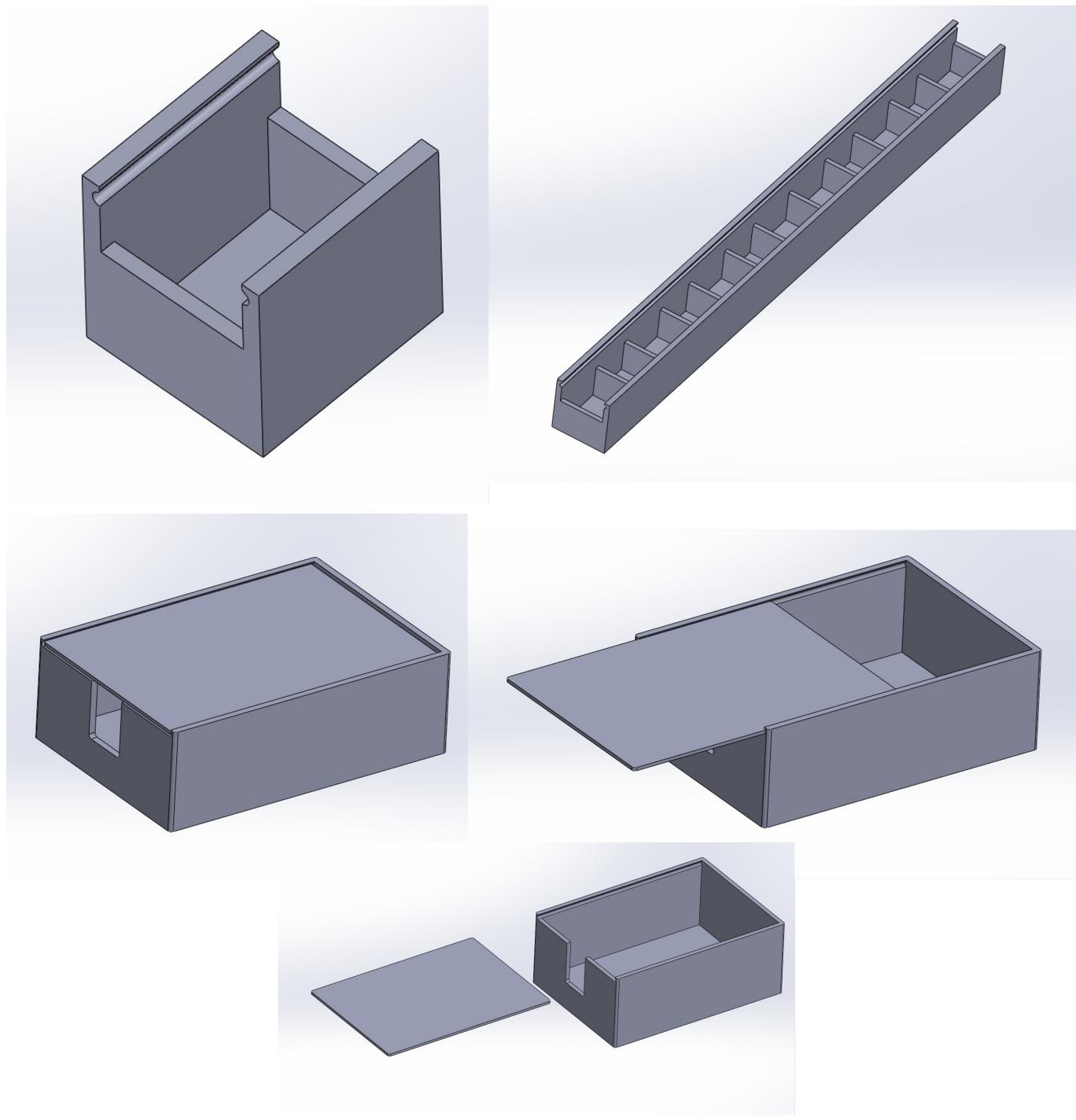
Vzhľadom na tieto obmedzenia a experimenty vznikla finálna verzia boxu pre jednu oktávu + krabička pre ochranu mikrokontroléra a kabeláže.

**Finálna lišta pre LED pás**



**Finálna krabička pre mikrokontrolér**





---

## ■ 6. Implementácia a Softvér

Softvér nie je len prehrávač, je to orchestračný nástroj. Vývoj prebiehal v troch evolučných vlnách. To ukazuje postupné vylepšovanie UX a robustnosti systému:

1. **MVP (First Draft):** Iba základné tlačidlá, testovanie sériového spojenia a statického svietenia.
2. **Beta (Experimentálne):** Pridanie MIDI detekcie a integrácia AI transkripcie.
3. **Gold (Finálne):** Moderné GUI, podpora YouTube linkov, vizualizácia konzoly a dynamické mapovanie portov.

Vyvinul som komplexnú desktopovú aplikáciu "Piano Trainer" v Pythone, ktorá slúži ako riadiace centrum.

Aplikácia – vývojové verzie (MVP → Beta → Gold)



![App All versions](./images/all\_versions\_app.png)

- **Vlastnosti:** Detekcia MIDI zariadení, správa portov, AI transkripcia nôt z YouTube a komplexný prehrávač MIDI súborov.
- 

## ✓ Testovanie a Prevádzka

Systém bol testovaný na latenciu a presnosť mapovania nôt na jednotlivé LED boxy.

### LED Piano Showcase

YouTube demonštrácia LED reakcií na prehrávané tóny.

Demo (LED lišta – prvá verzia)



![Demo](./images/ledbar\_v1.png)

- **Výsledok:** Systém úspešne čaká na vstup používateľa (stlačenie klávesu), kým pokračuje v skladbe.
  - **PS:** Schválené aj mladšou sesternicou a bratrancom
- 

## 🏆 Zhrnutie a Výsledky

Projekt splnil a v mnohom prekonal pôvodné očakávania.

### LED Lišta na klavíri

### Vyvinutá aplikácia





Piano Trainer

# Piano Trainer

• Ready

**MUSIC SOURCE**

Option A: Download from YouTube  
[Transcribe]

Option B: Local MIDI File  
[Browse]

Output Filename (for Transcription)  
D:\songs\piano\_trainer\transcribed.mid

**ACTIONS**

[LAUNCH TRAINER]  
[STOP & CLEAR]

**CONSOLE OUTPUT**

> Scanning devices  
> Found 1 MIDI inputs.

**CONNECTIONS**

Pico Serial Port  
COM3

Keyboard Input (LPK25)  
(none)

[Refresh Devices]

- **Plne funkčný hardvér:** 3D tlačená lišta + riadiaca jednotka.
- **Kompletný softvér:** Pipeline od YouTube linku až po rozsvietenie LED.
- **Dokumentácia:** Vytvorené detailné Knowledge Contributions (KNIFES) pre každý krok.

Finálny setup (piano trainer)



Finálny setup

![Finálny setup](./images/piano\_trainer\_setup.png)

---

## Viac informácií

-  **YouTube:** Pozrieť videá projektu
  -  **LinkedIn:** Profil projektu LED Piano Trainer
  -  **GitHub:** Zdrojové kódy, 3D modely a technická dokumentácia.
  -  **OneNote** (Class Notebook): Mám tam opísaný celý vývoj projektu s časovou stopou a s viacerými detailmi. Aj viacero knowledge contributions.
- 

## Reflexia

- **Ponaučenie:** Mechanické kompromisy sú pri fyzických produktoch nevyhnutné.
  - **Odkaz:** "Ak niečo nefunguje, neznamená to, že to je zlý nápad - len to potrebuje inú cestu."
- 

## Ďakujem za pozornosť!

---

Máte nejaké otázky?

---

 [Späť na domovskú stránku](#)