

Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

**ŽALÚZIOVÝ PEDÁL PRE SOFTVÉR HAUPTWERK
POMOCOU EXPRESSION PEDÁLU A TEENSY LC**

Základy elektroniky

Tadeáš Blunár

2TEF

Úvod:

Píšťalový organ je hudobný nástroj, ktorý vytvára tóny pomocou stláčania kláves na *manuáloch* (klaviatúry pre ruky) alebo pedáli (klaviatúra pre nohy). Organista sedí pri tzv. *hracom stole* ([foto](#)) od ktorého pomocou *traktúry* (mechanickej, pneumatickej, elektropneumatickej alebo elektrickej) je poslaný signál až k tzv. *vzdušnici*, kde sa otvorí ventil, aby do píšťal daného tónu prúdil vzduch pod daným tlakom. Preto nezáleží na tom, ako silno stláčame klávesy, hlasitosť je vždy rovnaká. Na regulovanie hlasitosti organa sa tak používa najmä pridávanie/uberanie tzv. *registrov* – radov píšťal (ktoré znejú pri zahraní tónu). Lenže registre môžu mať rôznu farbu a výšku tónu, niektoré sú flautové, niektoré jazýčkové, niektoré piskľavé, atď. V období romantizmu bola potreba vytvoriť také zosilňovanie/zoslabovanie hlasitosti, ktoré by neovplyvňovalo farbu tónu a bolo by plynulé – tak ako sláčikové nástroje v orchestri dokážu plynule prejsť z pianissima do fortissima a naopak. Myšlienka zavrieť píšťaly určitého manuálu do skrine so žalúziami je staršia, no renomovaný francúzsky organár Aristid Cavaillé-Coll ju v prvej polovici 19. storočia zdokonalil tak, že sa žalúzie (podobné vertikálnym vonkajším roletám - [video](#)) dali otvárať pohodlne pomocou pedálu (iný než klaviatúra na nohy), ktorý je súčasťou hracieho stola.

Pre potreby cvičenia organistov, ale aj kvôli vysokej cene píšťalových organov a ich veľkým nárokom na priestor, vznikli v 20. storočí elektrické organy (hammond, digitálny,...), ktoré pozostávajú len z hracieho stola. V roku 2002 vznikla prvá verzia softvéru *Hauptwerk*, ktorý sa postupne zdokonaľoval. Je to softvér, ktorý dokáže spracovať vstup z MIDI zariadení (klávesy, tlačidlá, pedále,...) do PC cez MIDI/USB kanál. V RAM pamäti je nahratý organový *sample* – súbor zvukov nejakého píšťalového organa, takže po vhodnom nastavení nám obyčajná hra na klávesoch znie akoby sme boli na danom mieste a počúvali ten píšťalový organ. Softvér má mnoho ďalších vymožeností (nahrávanie, transponovanie, zvolenie ladenia, atď.). Takisto je možné pripojiť MIDI/USB vstup, ktorý by ovládal žalúziový pedál a to bolo cieľom našej práce.

Pomôcky:

- Teensy LC (Low Cost) - [foto](#)
- Expression pedal (MOOG EP-3) - [foto](#)
- Doska plošných spojov (ďalej plošák)
- 3-pinový Dupont kábel
- 6,3 mm Jack stereo – samica

Opis:

Predispozícia:

Môj dobrý priateľ Ján Frič mi prerobil pomocou naprogramovania Teensy LC (podobné ako Arduino Nano) osadenom v ním vlastne navrhovanom plošáku starú pedálnicu (klaviatúru pre nohy). Pri koncepcii plošáku myslel na možné budúce zapojenie potenciometra, ktorým by bolo možné ovládať žalúzie v softvéri Hauptwerk. Na Obr. 1 je zobrazená prehľadná schéma ku realistickom náčrtu plošáku na Obr. 2.

Teensy:

Bolo potrebné stiahnuť si ArduinoIDE verzie 1.8.19, nakoľko novšie verzie nepodporujú „Add-on“ Teensyduino, vďaka ktorému bolo možné nahráť zdrojový kód do Teensy LC. Dosky Teensy majú oproti doskám Arduino lepší výkon, je možné pripojiť dodatočnú RAM pamäť a ľahko dokážu komunikovať aj pomocou MIDI kanálu. Všetky tieto vlastnosti sú dôležité pre hudobné nástroje (najmä moju pedálnicu), preto bol Teensy použitý namiesto Arduina.

Technické riešenie:

V hudobníkach sa predáva tzv. expression pedal, ktorý dokáže takmer dokonale napodobniť žalúziový pedál. Vo svojej podstate to je jednoduchý potenciometer, ktorý sa ovláda nohou. Žiaľ, nepodarilo sa nám nájsť na oficiálnej stránke, ani v príbalovom letáku detailnú schému k modelu MOOG EP-3 (iba na [fóre](#) – ľavý obrázok). Použili sme nastavenie v polohe STANDARD. Z tohto pedálu ide výstupný kábel so STEREO jackom 6,3 mm, ten je možné zapojiť do panelového konektoru, ktorý sme pripevnili o konštrukciu pedálnice (viď. fotopríloha) a z nej Dupont káblami pripojili do príslušnej trojice pinov (na Obr. 2 vľavo hore).

Zdrojový kód:

Aby dokázal Teensy komunikovať s PC pomocou kanálu MIDI, je potrebné zakliknúť v sekcii *Tools/Nástroje – USB Type – Serial + MIDI*. Princíp zdrojového kódu je jednoduchý, načíta analógový vstup z pinu A9, ktorý nadobúda hodnoty v rozmedzí 0-1016. Na ich poslanie nám slúži funkcia `usbMIDI.sendControlChange(MIDI CC parameter, hodnota, kanál)` z knižnice MIDI. Pre expression je MIDI CC parameter 11 a kanál sme si zvolili 3. Hodnota, ktorú posielame môže nadobudnúť maximálne 127 (potom ide znova od nuly – v podstate modulo 127), preto sme ju predelili 8. Zvyšné operácie sú potrebné, aby pri pohybe pri prechode všetkými polohami bola zmena výstupnej hodnoty čo najplynulejšia. Takisto chceme, aby náš expression pedal čo najmenej spomaľoval program (posielanie tónov z pedálnice musí byť čo najrýchlejšie). Preto používame typ dát *short* a *byte*, ktoré sú omnoho jednoduchšie než *float* (resp. menšie než *int*). Z toho istého dôvodu posielame dáta iba vtedy, keď sa výstupná hodnota *value* zmení o viac než 2 – zabránime tak nepatrným osciláciám.

```
#include <MIDI.h>
void setup() {
    int POT_PIN = A9;
    byte old_value = 0;
}

void loop() {
    short AnR = analogRead(POT_PIN);
    byte value = min((AnR+4) / 8, 127);
    if (abs(value - old_value) > 2)
    {
        old_value = value;
        usbMIDI.sendControlChange(11, value, 3);
    }
}
```

Celý zdrojový kód je priložený ako iný dokument, avšak všetko ostatné, je prácou Jána Friča a slúži najmä na komunikáciu s pedálnicou.

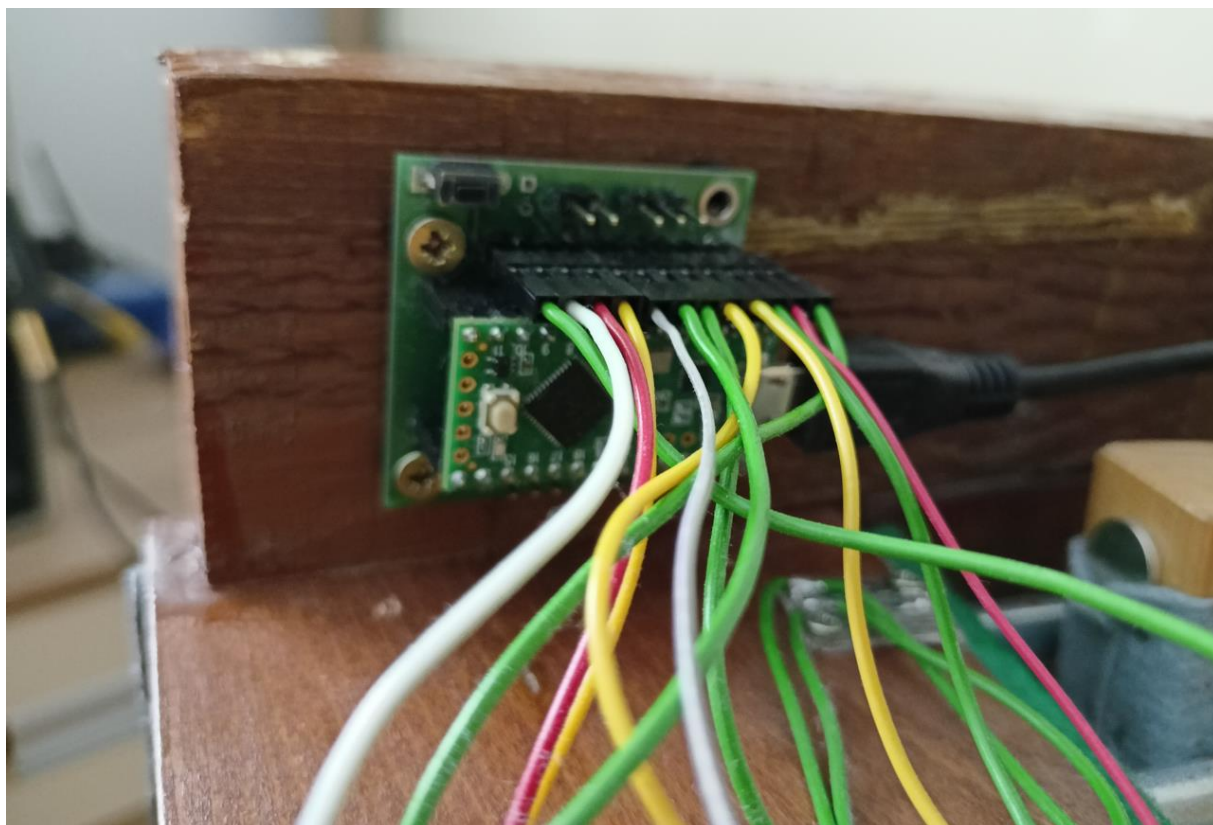
Fotopríloha:



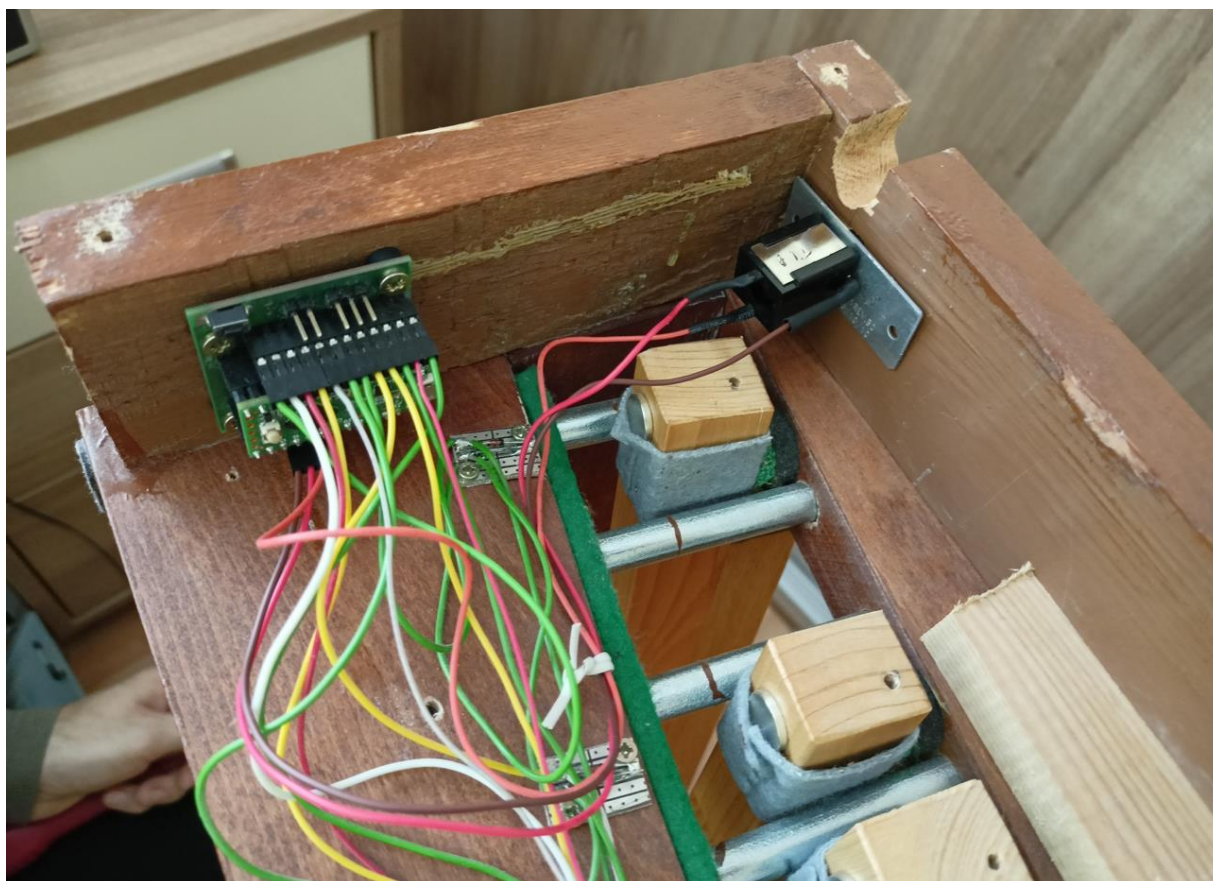
Obr. 3 – Pedálnica zvrchu (bez krytu)



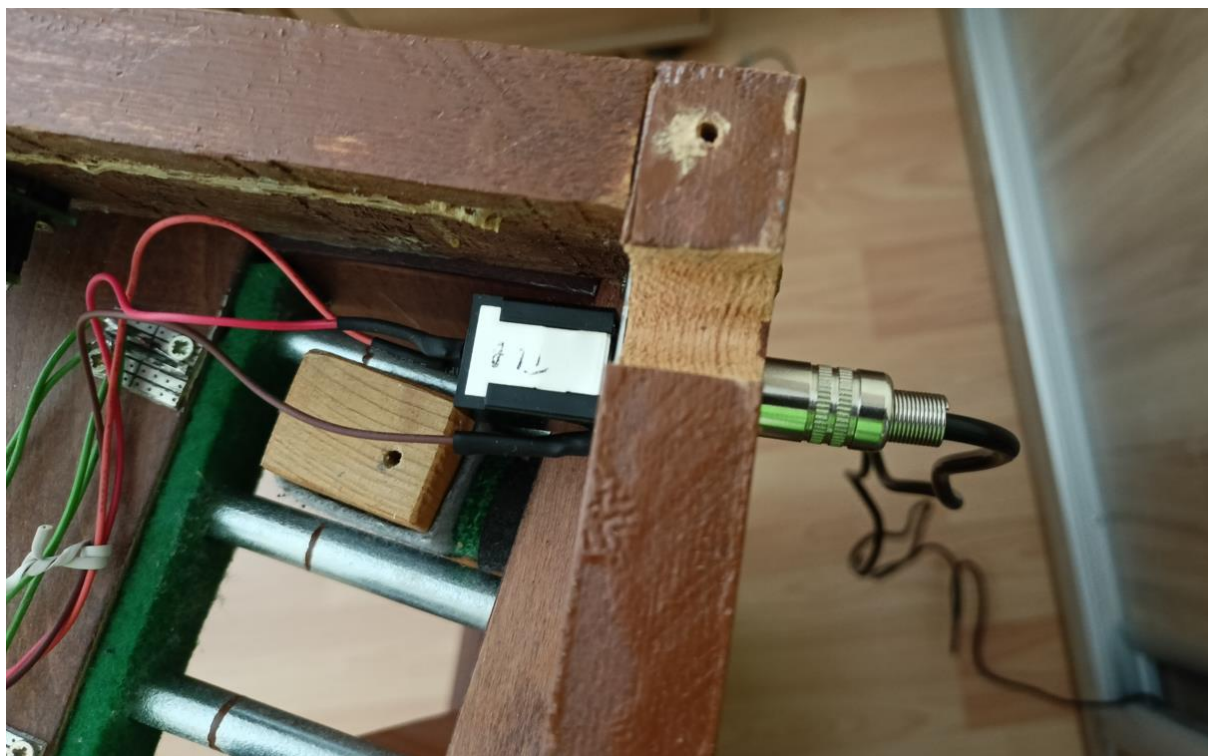
Obr. 4 – Pedálnica zospodu (s krytom)



Obr. 5 – Stav pred zapojením expression pedálu



Obr. 6 – Stav po zapojení expression pedálu (chýba ešte USB kábel a skrutky na uchytenie)



Obr. 7 – Zapojený jack 6,3 mm



Obr. 8 – Pedálnica s expression pedálom – pripravené na hranie