



Středoškolská technika 2018

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

ELEKTRONICKY ŘÍZENÝ ORCHESTRION

Štěpán Lammel

SPŠE V Úžlabině

V Úžlabině 320, Praha 10

Anotace

Má práce se zabývá řízením hudebního nástroje pomocí jednoduchého jednočipového počítače. Mezi její přednosti patří možnost snadného ovládní výstupů, nenáročná rozšiřitelnost a možnost využití při výuce vzhledem k používanému programovacímu jazyku C.

Annotation

My project and its documentation deal with controlling of a musical instrument by a simple microcontroller. To its advantages belong the ability to easily control its outputs, effortless extensibility and the possibility to use the instrument in class because of the use of the programming language C.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi byli jakkoliv nápomocni během tvorby mé maturitní práce. Děkuji mému vedoucímu práce Ing. Bc. Petru Hellebrandovi za konzultace a vedení. Děkuji všem přátelům, kamarádům a rodině za psychickou podporu. Zejména poté Jáchymu Kaplanovi, Michalu Horkému, Tomáši Hančlovi, Ester Lammelové a Anně Holíkové za pomoc a rady ohledně vytváření mého projektu.

Obsah

Úvod	6
1 Historie	7
2 Postup a obsah práce	9
2.1 Příprava výroby.....	9
2.1.1 Platforma.....	9
2.1.2 Hudební nástroj.....	9
2.2 Nákup komponent.....	9
2.2.1 Elektronika.....	9
2.2.2 Hudební nástroj.....	10
2.2.3 Konstrukční materiál	10
2.3 Stavba orchestrionu	11
2.3.1 Před stavbou.....	11
2.3.2 Stavba samotná	11
2.3.2.1 Ovládání celých tónů	11
2.3.2.2 Zprovoznění všech kláves	12
2.3.2.3 Spojení konstrukčních částí	12
2.3.2.4 Osazení konstrukce elektronikou	12
2.4 Hardware	13
2.4.1 Arduino Mega 2560.....	13
2.4.2 Plošné spoje s unipolárními tranzistory IRF520N.....	14
2.4.3 Elektromagnety	15
2.4.4 Propojení komponent.....	15
2.5 Software	15
2.5.1 Arduino	15
2.5.1.1 Základní fungování ovládání kláves.....	15
2.5.1.2 Kompletní struktura	16
2.5.2 Program pro komponování skladeb	17
2.5.2.1 Určení programu	17
2.5.2.2 Fungování programu	17
3 Návod k použití.....	19
3.1 Přehrávání skladeb	19
3.2 Komponování skladeb	19
4 Možnosti rozšíření.....	21
Závěr.....	22

Seznam literatury a zdrojů	23
Seznam příloh.....	24

Úvod

Téma elektronicky řízeného orchestrionu jsem si vybral z více důvodů. Ten hlavní je, že hudba je nedílnou součástí mého života. Sám hraji na mnoho hudebních nástrojů a v poslechu hudby mám velké zálibení. Druhým hlavním důvodem je fakt, že orchestriony a všemožné hrací skřínky mě fascinovaly již od dětství. V historii se podle mě takovéto předměty vyskytovaly mnohem více než v současné době. Proto mě nadchla myšlenka orchestrionu, který by obsahoval reálné nástroje, tak jako tomu bylo vždy, ale zároveň byl moderní, programovatelný, snadno rozšiřitelný a upravitelný a aby byl řízen jednoduchou a dostupnou platformou.

Tento model, který jsem vyrobil, má podle mého názoru velmi dobré využití při výuce týkající se jednočipových počítačů, řídicí techniky a dalších předmětů. Díky jeho otevřenosti a snadné ovladatelnosti výstupů, si studenti mohou sami upravovat a měnit program, který tento orchestrion obsahuje, rozšiřovat jej o další moduly nebo nástroje, a tak správně porozumět fungování a programování mikroprocesorů. Mimo jiné lze tento model použít pro propagační účely díky jeho originalitě a modularitě.

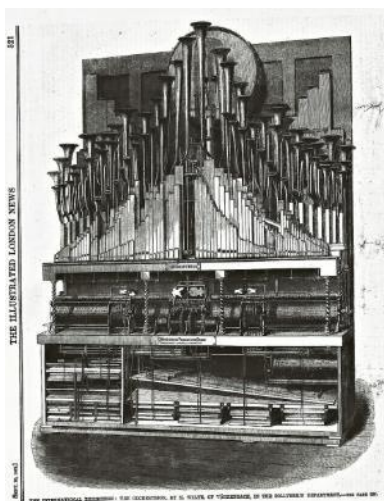
Můj orchestrion může být také inspirací pro další nadšence pro mikrokontroléry, kteří by si mohli chtít vytvořit vlastní podobný model. Platforma, kterou jsem využil, se k takovému užití přímo nabízí a šla by využít i v podstatně větším měřítku, i když je velmi omezena počtem výstupů. Základní koncept může být zachován a použit podobným způsobem dále. Tak jako já jsem během vytváření mé maturitní práce zjišťoval informace o možných řešeních, tak stejně i někdo další, kdo by měl v plánu tvořit podobný výrobek, může nalézt to, co jsem našel já, s tím rozdílem, že bude mít k dispozici a inspiraci další možné řešení.

Přínos mé práce je dle toho, co jsem napsal v předchozích odstavcích poměrně zjevný. Otevírá další možnost řešení problematiky současných orchestrionů, umožňuje studentům poznat a vyzkoušet si funkci jednočipového počítače, a to velmi názornou cestou. Navíc poskytuje hezký propagační materiál škole.

1 Historie

Samotné orchestriony, tedy mechanické automatické hudební nástroje, známe asi všichni. Málokdo ale ví, že první orchestriony, tak jak je známe, vznikly až v polovině 19. století. Známe různé zvonkohry a podobné automaticky hrající nástroje, které jsou staršího data. Ty ale nelze úplně nazývat orchestriony, jelikož orchestriony obvykle obsahují celý soubor nástrojů, nevyjímaje strunné, žesťové, perkusní a další. Pokud se budeme striktně držet této definice, tak ani mou práci nelze zcela nazývat orchestrionem. Buďme ale shovívavější a pojměme za orchestriony i jednonástrojové automaty.

Tyto automaty jsou známy z dob podstatně dávějších. Například v pražské Loretě se



Obr. 2 Pianola

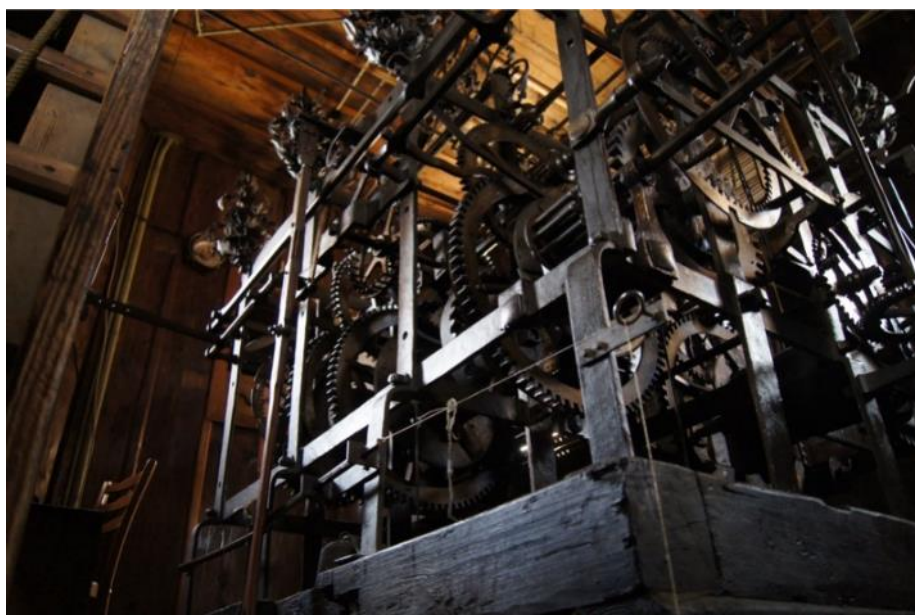
nachází funkční zvonohra pocházející z konce 19. století - tedy z dob Leopolda I.

Orchestriony a hrací automaty byly v různých obdobích historie programovány různými způsoby. Téměř vždy ale šlo o mechanickou paměť. Například právě loretánská zvonohra má paměť na principu kovového válce s kolíky, který se otáčí, a kolíky pohybují s táhly, které dále zprostředkovávají přes provazy a úderníky úder do zvonů. Později se začalo užívat děrných pásů a štítků. U jednoduchých nástrojů, určených k jednoduché změně hrané melodie bylo však nadále užíváno bubnů s kolíčky.

Na našem území byly orchestriony velmi rozšířené a ve 20. století byla jejich výroba na světové úrovni. S rozmachem nových technologií zápisu a čtení hudby, jako byly gramofony a pianoly, byly orchestriony postupně vytlačeny a staly se historií. Pianoly byly automaticky hrající klavíry s pamětí v děrných pásech, které se daly snadno měnit. Gramofony pro změnu nabízely cenově dostupnou a univerzálnější i rozměrově menší alternativu orchestrionu. V současné době se s orchestriony a dalšími hracími automaty

setkáváme téměř výhradně v muzeích, popřípadě jako s atrakcí na společenských událostech.

Praktické využití dnes už orchestriony nemají a jsou tak především konstruovány nadšenci a fanoušky. Zápis a paměť je nyní realizována buď starým způsobem, tak jak jsem již popsal, nebo právě tak, jak jsem se já rozhodl pojmout mou práci, a to elektronicky.



Obr. 3 Mechanika loretánské zvonkohry

2 Postup a obsah práce

2.1 Příprava výroby

2.1.1 Platforma

Před započítím jakékoliv práce jsem si vyhledal informace týkající se možností řešení úlohy. Těch jsem příliš mnoho nenašel a navíc má idea byla poněkud jiná. Po dalších úvahách jsem dospěl k závěru, že nejvhodnější pro řízení celého orchestrionu bude Arduino Mega 2560, obsahující mikrokontrolér ATmega2560, který má největší přednosti v podobě velkého množství pinů (54) a ve své jednoduchosti programování.



Obr. 4 Arduino Mega 2560

2.1.2 Hudební nástroj

Jako základní hudební nástroj byl zvolen xylofon, jelikož klávesy jsou dobře přístupné a jak jsem se domníval, lze na něj hrát pomocí elektromagnetů s jádrem. Tyto elektromagnety jsem měl v plánu připojit na výstupy Arduino. To však nelze realizovat z důvodu jeho nízkého maximálního výstupního proudu. Proto jsem do své ideje zakomponoval unipolární tranzistory typu MOSFET, které lze spínat skrze výstupy Arduino a ty dále již zvládnou sepnout elektromagnet.

2.2 Nákup komponent

2.2.1 Elektronika

Elektronické komponenty, Arduino, elektromagnety, tranzistory MOSFET a propojovací kabely, které jsem potřeboval, jsem především z finančních důvodů objednal z Číny na stránce www.ebay.com. Později se mi ale tento způsob šetření vymstil a já čekal více než dva měsíce na dodání elektromagnetů, které pro mě byly nepostradatelné. Jiné jsem

koupit nechtěl, jelikož v ČR je jejich cena přibližně desetinásobná a při objednaných 30 kusech by se částka vyšplhala na cenu, kterou jsem si rozhodně nemohl dovolit.

2.2.2 Hudební nástroj

Hudební nástroj, tedy xylofon, jsem hned po objednání elektronických komponent zakoupil v síti prodejen hudebních nástrojů Music City v Praze. Jeho rozsah byl přes dvě oktávy, a to 16 tónů. Až po delší době jsem si uvědomil, že mi tento xylofon stačit nebude, z toho důvodu, že obsahoval pouze celé tóny a já bych tak přišel o půltóny, které jsou v hudbě velmi podstatné. Proto jsem objednal v již zmíněných hudebninách nový xylofon, který měl rozsah pouze o jeden tón menší, zato však obsahoval 10 půltónů navíc. Jelikož jej prodejce neměl na skladě, tak opět nastal problém s dodáním a přibližně po měsíci jsem se s tímto prodejcem domluvil na záměně za jiný xylofon, který sice obsahoval pouze 13 celých tónů a 9 půltónů, ale prodejce jej měl na skladě. Nástroj jsem si vyzvedl a mohl jsem pokračovat v práci.



Obr. 5 Xylofon

2.2.3 Konstrukční materiál

V den, kdy jsem si vyzvedl elektromagnety a mohl jsem začít pracovat, jsem v síti prodejen modelářského příslušenství Pecka Modelář v Praze zakoupil dvě topolové překližkové desky, jednu o tloušťce 5mm a druhou 4mm. Na hlavní konstrukční části jsem nakonec použil pouze 5mm desku.

Jako spojovací materiál k upevnění elektromagnetů ke konstrukci orchestrionu jsem zvolil šrouby M2*8, které byly k tomu vhodné vzhledem k rozměru montážních děr na elektromagnetech, jenž byl totožný. Tyto šrouby jsem zakoupil na stejné webové stránce jako elektroniku. Pro připevnění samotného Arduina a desek plošných spojů ke konstrukci jsem zvolil šrouby M3*10, vzhledem k velikosti konstrukčních děr na Arduinu.

Pro vytvoření pořádku v kabelech jsem zvolil obyčejné stahovací pásy. Šrouby i stahovací pásy jsem zakoupil v železářství.

2.3 Stavba orchestrionu

2.3.1 Před stavbou

Po obdržení zadání úlohy jsem nejprve objednal veškeré komponenty tak, jak je popsáno v předchozí kapitole. Během čekání na elektronické součásti jsem zakoupil xylofon. Poté jsem si rozmýšlel, jakým způsobem pojmout konstrukci a fungování orchestrionu. Po dalším zvážení jsem koupil xylofon druhý a pak už mi nezbývalo než čekat na doručení komponent. Po jejich obdržení jsem zakoupil překližkové desky a tak jsem měl vše potřebné k postavení základní konstrukce.

2.3.2 Stavba samotná

2.3.2.1 Ovládání celých tónů

Jako první věc jsem si změřil rozměry xylofonu a poté podle nich uřízl odlamovacím nožem dvě shodné desky z 5mm překližky o rozměru 450x40mm. V těchto deskách jsem následně udělal dva výřezy v jejich spodní části, na jedné straně 28mm a na druhé 32mm od okraje. Tento výřez šel do výšky přibližně 5mm a sloužil k zamezení dotyku desek s klávesami xylofonu. Dále jsem si změřil vzdálenost středů jednotlivých kláves od sebe navzájem a tyto rozměry jsem si přenesl na desky. Do desek jsem poté v těchto místech vyvrtal pomocí modelářské vrtačky montážní díry pro elektromagnety a ty jsem do nich osadil a zajistil z obou stran šrouby M2*8.



Obr. 6 Ovládání celých tónů

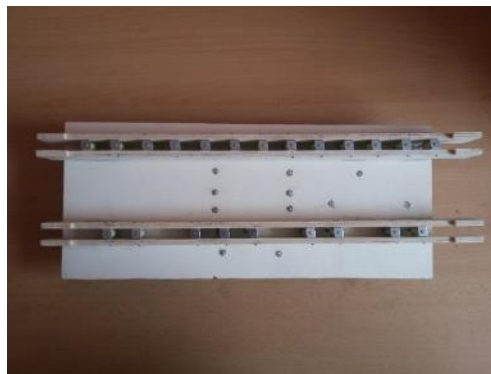
Když jsem měl toto hotové, připojil jsem si elektromagnety k tranzistorům MOSFET, přes ně je napojil do Arduina a vyzkoušel, zda je vhodné použít tento způsob přehrávání tónů. Vše fungovalo tak, jak mělo, pouze jsem musel vyměnit několik nefunkčních elektromagnetů, poškozených při jejich montáži. Poté jsem mohl pokračovat ve stavbě.

2.3.2.2 Zprovoznění všech kláves

U půltónů jsem opakoval stejný postup jako u tónů celých, tedy že jsem si vyřízl z překližky dvě shodné desky, tentokrát však o rozměrech 450x30mm. Jiná výška desek byla zvolena z toho důvodu, že klaviatura půltónů leží o 10mm výše než klaviatura celých tónů. Do desek jsem opět udělal výřezy a mezi ně jsem zabudoval elektromagnety pomocí šroubů M2*8. Opět jsem si zkusil zapojit elektromagnety a vyměnil jeden poškozený.

2.3.2.3 Spojení konstrukčních částí

Když byla hotová část konstrukce pro přehrávání tónů, vyřízl jsem si z překližky desku o rozměru 400x170mm. Do této desky jsem si ve vhodných místech vyvrtal otvory pro protažení kabelů od elektromagnetů. Kabely jsem jimi provlékl a desku přilepil lepidlem Herkules k částem obsahující elektromagnety.



Obr. 7 Konstrukce s elektromagnety a vrchní deskou

Jako podstavec pod xylofon jsem vyřízl opět z překližky desku o rozměru 450x250mm. Tato deska je jedinou částí, za kterou by se měl orchestrion uchopovat, aby nedošlo k jeho poškození. Desku jsem přilepil pomocí lepidla Herkules ke spodní části xylofonu.

2.3.2.4 Osazení konstrukce elektronikou

Když byla celá konstrukce hotová, navrhl jsem a nechal si vyrobit ve škole plošný spoj pro osazení unipolárních tranzistorů IRF520N určených ke spínání elektromagnetů. Po obdržení hotových plošných spojů jsem je osadil součástkami, připojil k nim elektromagnety a Arduino a vyzkoušel, zda vše funguje.

K připevnění plošných spojů a Arduina ke konstrukci jsem si na spojích vybral vhodná místa a do nich vyvrtal modelářskou vrtačkou díry. Skrz tyto díry jsem vyvrtal i díry do vrchní desky orchestrionu. Z druhé strany vrchní desky konstrukce jsem si pomocí

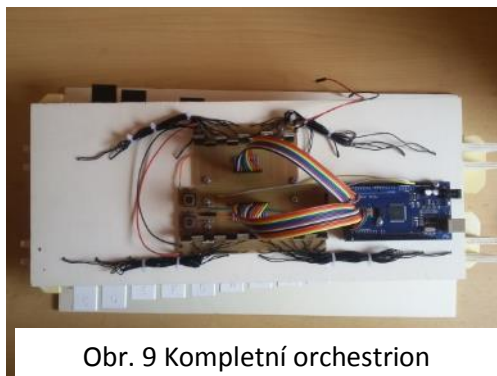
velkého vrtáku vytvořil prohlubně pro zapuštění matek. Plošné spoje a Arduino jsem ke konstrukci připevnil pomocí šroubů M3*10 a jako podložky sloužící k vyzvednutí těchto desek do několikamilimetrové výšky nad konstrukci jsem použil kusu hadice od přívodu medicínálního kyslíku nařezané na kousky vhodné délky. Část obsahující elektromagnety a vrchní desku jsem přilepil k svrchní části xylofonu.

Arduino jsem propojil s plošnými deskami propojkami samec/samice. Pro přehlednost



Obr. 8 Uchycení plošných spojů šrouby

v kabelech jsem přívody k elektromagnetům vzájemně svázal pomocí stahovacích pásek a konstrukce tak byla hotová.



Obr. 9 Kompletní orchestrion

2.4 Hardware

2.4.1 Arduino Mega 2560

Pro řízení orchestrionu, jak už jsem psal dříve, jsem použil Arduino Mega 2560. Hlavním důvodem k jeho použití byla má předchozí znalost této platformy a konkrétně u Arduina Mega velký počet vstupních/výstupních pinů (Arduino Mega jich má 54 a oproti němu například Arduino UNO pouhých 14, což by mi v žádném případě nestačilo).

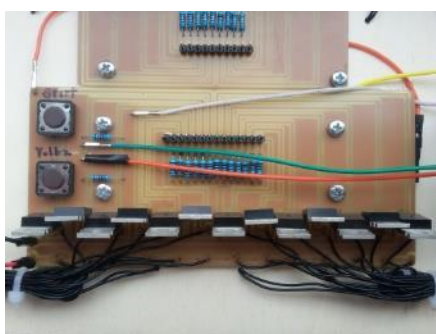
2.4.2 Plošné spoje s unipolárními tranzistory IRF520N

Unipolární tranzistory typu MOSFET IRF520N se běžně používají u Arduina jako spínače pro vyšší napětí nebo proudy než ty, které dokáže Arduino poskytnout. Já jsem použil tyto tranzistory pro spínání elektromagnetů právě z těchto důvodů. Arduino samotné má výstupní napětí 3,3V nebo 5V a elektromagnety potřebují 12V a proud pro jejich napájení je taktéž podstatně vyšší než ten, který dokáže Arduino poskytnout.



Obr. 10 Původní plošné spoje s tranzistory

Když jsem tranzistory objednal, tak jsem omylem vybral ty, které jsou napájené jednotlivě a samostatně každý zvlášť na jednom plošném spoji. Při prvních pokusech s orchestrionem jsem používal tyto destičky a propojoval jsem je kvůli napájení mezi jejich svorkovnicemi pomocí drátových propojek. Nechtěl jsem je ovšem mít takto ve finálním výrobku, a tak jsem si ve škole navrhl a nechal vyrobit dva vlastní plošné spoje, jeden pro celé tóny s 13 tranzistory a druhý shodného zapojení, pouze o něco menší, s 9 tranzistory. Z původních destiček jsem tranzistory vypájel a napájel je na mé vlastní desky spolu s dalšími součástkami.

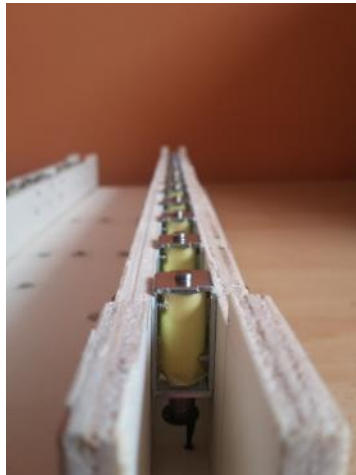


Obr. 11 Vlastní plošný spoj s tranzistory a tlačítky

Do těchto spojů jsem později pomocí modelářské vrtačky vyvrtal díry k osazení dvou tlačítek určených k přepínání a spouštění přehrávané melodie. Zapojil jsem je jako pull down, tedy tak, že při stisknutí tlačítka dává pin, na který je tlačítko připojené hodnotu HIGH.

2.4.3 Elektromagnety

Jádra elektromagnetů obsahují pružinu, která je při vypnutém stavu drží v jedné poloze. V sepnutém stavu je jádro přitaženo do polohy druhé a dotýká se tak klávesy. Elektromagnety jsou spínány přes unipolární tranzistory a napájeny napětím 12V.



Obr. 12 Elektromagnety

2.4.4 Propojení komponent

Veškeré komponenty, vyjma elektromagnetů, které mají vlastní vývody, jsou propojeny pomocí drátových propojek. Tyto propojky jsou v některých místech napájeny přímo do desky plošného spoje a v místech jiných zapojeny buď do dutinek, nebo na špičky na Arduinu, nebo na desce plošného spoje s tranzistory.

2.5 Software

2.5.1 Arduino

2.5.1.1 Základní fungování ovládání kláves

Program pro Arduino jsem vyvíjel současně se stavbou orchestrionu, a tak se jeho funkce a možnosti měnily s časem. Jako první jsem si pouze definoval výstupy, ty jsem si pojmenoval podle názvu jednotlivých kláves, Arduino propojil s elektromagnety a zkoušel si je postupně spínat. Tak jsem si ověřil správnou funkci elektromagnetů a přišel na to, jakým způsobem je třeba zapisovat program pro správné fungování orchestrionu.

Základem je, že se sepne určitý výstup, poté se počká několik milisekund (obvykle 5-10), čímž určíme dobu sepnutí elektromagnetu, a tak i sílu úderu (dynamiku), následně se

výstup vypne a počká se opět určitý čas a pak se celý děj opakuje. Čas, po který se čeká po vypnutí výstupu, určuje hodnotu noty, tedy dobu mezi jednotlivými tóny.

2.5.1.2 Kompletní struktura

Když jsem měl zjištěné, jakým způsobem se dají ovládat klávesy, dynamika a hodnoty not, mohl jsem přistoupit k psaní kompletního programu.

Jako nejlepší nápad se mi zdál, uložit celou přehrávanou melodii do pole, které se následně bude číst a přehrávat. Vytvořil jsem si tedy tři pole. Jedno určující přehrávané tóny, druhé dynamiku a třetí hodnotu noty. Pro vyčítání z těchto polí jsem zvolil nekonečný while cyklus a do něj jsem vložil kód fungující na principu, který jsem popsal v předchozí podkapitole. Na konci každého opakování cyklu se proměnná určující buňku v poli inkrementuje číslem 1, a tak se postupně čte každá buňka.

```
switch(pocet) {
  case 1:
    while(1){
      if(tony1[i]==0) {
        break;
      }
      else if(tony1[i]==1){
        delay(hodnota1[i]);
      }
      else{
        digitalWrite(tony1[i], HIGH);
        delay(dynamika1[i]);
        digitalWrite(tony1[i], LOW);
        delay(hodnota1[i]);
      }
      i++;
    }
    pocet = 0;
    break;
}
```

Obr. 13 Princip fungování programu přehrávání

Cyklus je ošetřen podmínkou, že pokud buňka v poli tónů obsahuje číslo 0, tak cyklus skončí.

Pomlky jsou řešeny další podmínkou, která určuje, že pokud buňka v poli tónů obsahuje číslo 1, je vykonán pouze příkaz pro čekání mezi tóny a čte se tak pouze obsah buňky pole hodnoty not.

Pro možnost uložení více skladeb je definováno tolik trojic polí, kolik skladeb má být možno přehrát. Každá z těchto trojic polí má společné číslo, označující číslo skladby. Přehrávání poté funguje následovně. Jedno z tlačítek umístěných na plošném spoji

tranzistorů je třeba stisknout tolikrát, kolikátou skladbu chceme přehrát a pak je nutno stisknout tlačítko druhé, čímž se spustí program pro přehrávání. Programová volba mezi jednotlivými melodiemi je tvořena switchem s počtem case shodným s počtem možných melodií. Každý case tak obsahuje program pro přehrávání konkrétní skladby.

Po přehrávání skladby je číslo určující buňku v poli vynulováno a číslo určující přehrávanou skladbu taktéž.

2.5.2 Program pro komponování skladeb

2.5.2.1 Určení programu

Tento program slouží k případné změně přehrávaných melodií. Je určen k vytváření základních melodií, kdy je v jednu chvíli přehráván pouze jeden tón. Obsahuje kompletní klaviaturu, možnost volby dynamiky, hodnoty not a tempa. Program vygeneruje kód, jenž je nutné následně zkopírovat a vložit do programu Arduina.

2.5.2.2 Fungování programu

Program je psán v jazyce html, obsahuje grafické úpravy v jazyce css a funkce v javascriptu. Psal jsem jej bez předchozí zkušenosti s těmito jazyky.

Jako první jsem si vytvořil klaviaturu, skládající se ze stejného počtu kláves, jako má samotný orchestrion. Klaviatura je tvořena buttony. Ty jsou stylizovány pomocí css a obsahují příkaz onclick, kterým se spouští funkce v javascriptu. Dále program obsahuje inputy typu radio. Celkově jsou v programu tři takovéto různé soubory inputů. Jeden je pro určení dynamiky, druhý hodnoty not a třetí tempa. Inputy jsou opět upraveny pomocí css. Dále jsou zde jen dva buttony, pracující stejně jako ty na klaviatuře. Jeden z nich je určený k tvoření pomlk a druhý se stiskne pouze na úplném konci skladby.

Program funguje tak, že při kliknutí na kteroukoliv klávesu z klaviatury nebo na jeden z dvou dalších buttonů, přidá pomocí funkce v javascriptu do každé ze tří globálních proměnných určitý údaj a vypíše obsah těchto proměnných pod poslední button, který zajišťuje správné ukončení skladby. Údaj, který je zapisován do první globální proměnné určuje tón, do druhé proměnné dynamiku a do třetí hodnoty not vypočítané poměrem mezi zvolenou hodnotou not a tempem. Údaj do proměnné tónu se čte z parametru příkazu onclick v buttonu, na který bylo kliknuto. Údaj do proměnné dynamiky se čte pomocí příkazu getElementById a získává se jím hodnota id z radio inputu pro volbu

dynamiky. Údaj do proměnné hodnoty not se získává obdobným způsobem jako předchozí údaj s tím rozdílem, že příkazem `getElementById` se přečte jak tempo, tak hodnota noty, hodnota tempa se uloží do samostatné proměnné a tato proměnná se následně dá do poměru s číslem odpovídajícím hodnotě dané noty.

```
function zapisNoty(name) {
//Noty
  tony = tony.concat(name);
  document.getElementById("vypisNot").innerHTML = tony;
//dynamika
  if(name=="0;"){
    dynamika = dynamika.concat("0;");
  }
  else if(document.getElementById("p").checked == true){
    dynamika = dynamika.concat("5,");
  }
  else if(document.getElementById("m").checked == true){
    dynamika = dynamika.concat("8,");
  }
  else{
    dynamika = dynamika.concat("10,");
  }
  document.getElementById("vypisDynamiky").innerHTML = dynamika;
//Tempo
  if(document.getElementById("60").checked == true){
    tempo = "1000";
  }
  else if(document.getElementById("90").checked == true){
    tempo = "666";
  }
  else{
    tempo = "500";
  }
//Hodnota
  if(name=="0;"){
    rytmus = rytmus.concat("0;");
  }
  else if(document.getElementById("1").checked == true){
    hodnota = tempo*4;
    rytmus = rytmus.concat(hodnota, ",");
  }
  else if(document.getElementById("2").checked == true){
    hodnota = tempo*2;
    rytmus = rytmus.concat(hodnota, ",");
  }
  else if(document.getElementById("4").checked == true){
    hodnota = tempo;
    rytmus = rytmus.concat(hodnota, ",");
  }
  else if(document.getElementById("8").checked == true){
    hodnota = tempo/2;
    rytmus = rytmus.concat(hodnota, ",");
  }
  else{
    hodnota = tempo/4;
    rytmus = rytmus.concat(hodnota, ",");
  }
  document.getElementById("vypisHodnoty").innerHTML = rytmus;
}
}
```

Obr. 14 Princip funkce programu komponování

Takto je postupně vypsána celá skladba, na jejím konci se stiskne tlačítko pro konec skladby a celá znělka je tak hotová a připravená k překopírování do Arduina.

3 Návod k použití

3.1 Přehrávání skladeb

K připravení orchestrionu k provozu je třeba připojit napájení. Samotné Arduino je možno připojit buď pomocí USB-A/USB-B kabelu k počítači, nebo samostatným zdrojem k tomu určeným. Pro napájení plošných spojů a elektromagnetů je možno použít jakéhokoliv stabilizovaného zdroje 12V. Mám vyzkoušený zdroj s proudovým omezením



Obr. 15 Tlačítka pro přehrávání skladeb

300mA a s jeho použitím funguje orchestrion bez problémů. Takto je orchestrion připraven k provozu.

Pro přehrávání skladeb je třeba stisknout tlačítko označené jako „Volba“ tolikrát, jaké je číslo skladby v programu Arduina. Pokud bude toto tlačítko omylem stisknuto vícekrát, než je číslo skladby, kterou chceme přehrát, restartujeme program stisknutím tlačítka přímo na desce Arduina. Poté, co je tlačítko stisknuto tolikrát, kolikátou skladbu chceme přehrát, stiskneme tlačítko označené jako „Start“. Pokud bude tlačítko „Volba“ stisknuto před tlačítkem „Start“ vícekrát než je celkový počet skladeb uložených v Arduinu, bude počet stisknutí tlačítka „Volba“ vynulován a budeme moci opět zvolit číslo skladby tak, jak bylo již popsáno.

3.2 Komponování skladeb

Pro komponování skladeb si zapneme program „Skladatel“. V něm si nejprve zvolíme hrané tempo. Následně si zvolíme hodnotu not a dynamiku. Tyto hodnoty můžeme s každým tónem měnit. Nyní můžeme začít klikat na tóny na klaviatuře. Ve spodní části

4 Možnosti rozšíření

Jak jsem psal již v úvodu. Arduino je platforma s obrovskými možnostmi. Do orchestrionu by tak bylo možné bez větších problémů přidat další hudební nástroje. To ale zdaleka není vše. Arduino by mohlo například komunikovat pomocí sběrnice I2C s počítačem a přehrávat tóny v reálném čase při jejich stisknutí na panelu v počítači. Dále by bylo možné silně rozšířit paměť orchestrionu například pomocí EEPROM paměti AT24C256 nebo jej začít vzdáleně řídit například pomocí bluetooth modulu mobilním telefonem.

Závěr

V závěru bych chtěl shrnout, co vše a jak jsem to vytvořil a k čemu všemu bude možné orchestrion použít.

Největší problémy, které při tvorbě mé maturitní práce nastaly, souvisely s dodáním materiálu. Více než dva měsíce čekání mi tak značně zkrátily dobu, po kterou jsem mohl pracovat na orchestrionu. Samotná práce mi nepřinesla žádné neřešitelné problémy a zvládl jsem se ji dokončit. Samozřejmě mohla být ještě propracovanější a mohla obsahovat více nástrojů či širší možnosti řízení, ale tak tomu je vždy. Přese všechny problémy jsem se snažil vyrobit dobrý výrobek, který bude sloužit k tomu, k čemu má. Zda se mi to podařilo, je na zvážení každého z nás. Podle mě se mi má práce povedla poměrně dobře.

Ještě jednou tedy zopakuji, k čemu může být můj výrobek dobrý. Dle mého názoru není určený pouze k uložení do vitríny a občasnému vytažení, ale může se stát součástí výuky. Sami studenti pro něj mohou vytvářet své vlastní programy, rozšiřovat jeho možnosti nebo se na něm učit funkci jednočipových počítačů. Dále může sloužit jako skvělý poutač na dni otevřených dveří nebo na veletrhu středních škol.

Doufám, že můj orchestrion přinese mnoho užitku a jeho možnosti se budou dále rozvíjet.

Seznam literatury a zdrojů

Orchestrion [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Orchestrion>

Pianola [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:

<http://www.gilesdarling.me.uk/pianola/howpianolaswork.shtml>

Loreta - zvonkohra [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:

<http://www.loreta.cz/domains/loreta.cz/index.php/cz/loretahudebni/zvonohra>

Arduino Mega 2560 [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:

<https://www.electroschematics.com/7963/arduino-mega-2560-pinout/>

Návody html, css, javascript [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:

<https://www.jakpsatweb.cz/>

Návody html, css, javascript [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:

<https://www.w3schools.com/>

Použitý software:

Notepad2

Arduino IDE

Seznam příloh

Veškeré přílohy jsou obsaženy na přiloženém CD.

Program Arduina

Program „Skladatel“

Fotodokumentace

Plakát