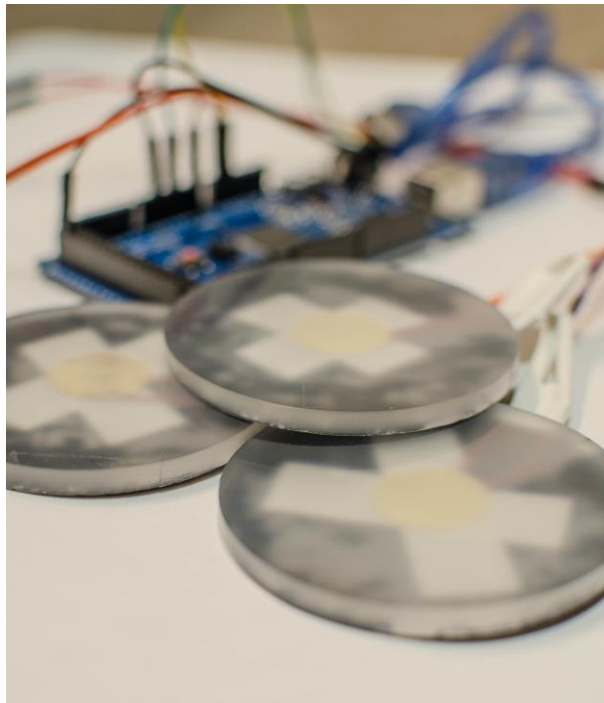


Osnovna šola Hudinja
Mariborska cesta 125, Celje

ELEKTRIČNI BOBEN

RAZISKOVALNA NALOGA



Avtorji:
Ula Pečnik, 9. a
Ana Šegota, 9. a
Idris Šentjurc, 9. a

Mentor:
Uroš Kalar

Šifra: DRUM

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje 2016/2017

1.	UVOD	5
1.1.	NAMEN IN CILJI RAZISKOVALNE NALOGE.....	5
1.2.	HIPOTEZE	5
1.3.	OBLIKE IN METODE DELA	5
2.	RAZISKOVALNE METODE	6
2.1.	Praktično delo.....	6
2.2.	Delo s pisnimi viri.....	6
2.3.	Pisanje programa.....	7
2.3.1	Program	7
2.4	Preizkušanje programa	8
2.5.	Oblikovanje pisnega poročila	9
3.	TEORETIČNI DEL.....	10
3.1.	OSNOVE	10
3.2.	OPIS PRIPOMOČKOV	10
3.2.1	Vmesnik Arduino Mega in krmilna plošča	10
3.2.2	Piezzo električni senzorji	11
3.2.3	Plošča za testiranje vezja.....	11
3.2.4	Upornik.....	12
4.	PRAKTIČNI DEL.....	13
4.1.	Snovanje projekta.....	13
4.2.	Sestavljanje prototipa.....	14
4.3.	Sestavljanje končnega izdelka	15
4.4.	Preizkušanje bobnov	16
5.	DISKUSIJA.....	18
6.	ZAKLJUČEK	19
7.	VIRI	20

POVZETEK

Mnogi današnji izdelki za vsakdanjo rabo so nastali kot rezultat interdisciplinarnega razmišljanja in prilagajanja različnih predmetov in tehnik trenutnim vzgibom in potrebam uporabnika. Na tem spoznanju je nastala tudi ta raziskovalna naloga, v kateri smo želeli izdelati električni boben, ki bi bil poceni, prilagodljiv, prostorsko nezahteven, zabaven in intuitivno uporaben. Zavedali smo se, da smo si zadali težko nalogo, a izziv je bil tako privlačen, da smo se je lotili. Res smo naleteli na vrsto težav,, ki pa nam jih je pomagal premagati naš mentor. Uspelo nam je napraviti zanimiv, uporaben, predvsem pa poceni izdelek. Kot vsak prvi izdelek seveda potrebuje še nekaj izboljšav. Ploščke za bobnanje je možno namestiti na katerikoli del telesa in ob dotiku, v povezavi z računalnikom, proizvedejo zvok, ki ga nastavimo. Izdelano glasbilo ni namenjeno klasičnim bobnarjem, ampak vsem ljubiteljskim glasbenikom, ki uživajo že ob ustvarjanju različnih ritmov.

1. UVOD

Idris sem navdušen glasbenik. Kupil sem si komplet bobnov, a sem v kratkem času naletel na hudo oviro svojemu ustvarjanju: sosedje so se namreč že po nekaj dneh pritožili nad hrupom. Ker nisem želel opustiti ustvarjanja ritmov, sem iskal možnost, kako bi še naprej razvijal svojo ustvarjalnost. Najprej sem seveda pomislil na komplet električnih bobnov, vendar sem ob obisku spletne trgovine ugotovil, da mi te rešitve ne dopušča cena. Za nakup začetnega kompleta električnih bobnov bi namreč potreboval najmanj 400 evrov. Po spletu sem iskal druge možnosti in naletel na idejo, da bi si električne bobne izdelal sam. V šoli sem svojo zamisel zaupal sošolkama Uli in Ani, ki ju glasba prav tako zanima. Odločili smo se, da združimo prijeto s koristnim in poskusimo zamisel uresničiti v raziskovalni nalogi. Seveda smo potrebovali mentorja, ki bi nam pri tem lahko pomagal. Na srečo smo ga lahko našli med svojimi učitelji.

1.1. NAMEN IN CILJI RAZISKOVALNE NALOGE

Namen raziskovalne naloge je bil izdelati električni boben, ki bi bil cenovno ugoden in razmeroma preprost za domačo amatersko izdelavo. V povezavi z računalnikom bi omogočal spreminjanje zvoka. Dodatno smo si zamislili, da bi napravili tak boben, ki bi si ga glasbenik lahko namestil na svoja oblačila. S tem bi zanje potreboval precej manj prostora, uporabniška izkušnja pa bi bila mnogo bolj doživeta.

Naši cilji so torej bili:

- Izdelati cenovno ugoden električni boben – skupni strošek do 50 evrov,
- zasnovati tak električni boben, ki bo preprost za izdelavo,
- bobnu bi bilo mogoče spreminjati zvok in
- boben bi bobnar lahko namestil na svoja oblačila.

1.2. HIPOTEZE

Postavili smo naslednje hipoteze:

- Izdelava bobna bo cenovno ugodna – stala bo manj kot 50€,
- izdelava bobna bo razmeroma preprosta – tehnično nezahtevna,
- bobnu bomo lahko spreminjali zvoke ter ga utišali in
- na boben bo mogoče igrati, ko bo nameščen na bobnarjeva oblačila.

1.3. OBLIKE IN METODE DELA

Uporabili smo metodo praktičnega dela in dela s pisnimi viri.

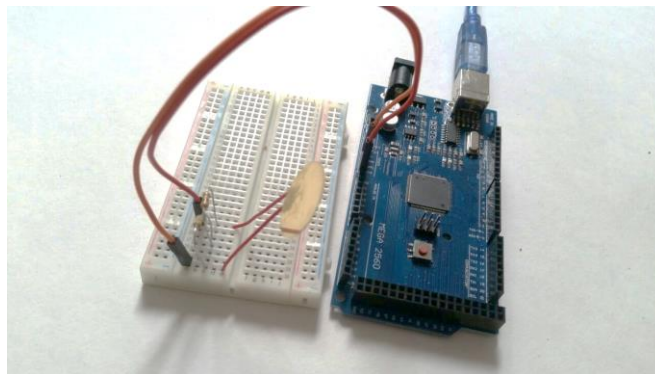
Elektronski del bobna smo najprej sestavili in preizkusili na testni plošči. Nato smo v računalniškem okolju sestavili program, s pomočjo katerega je mogoče povezati računalnik in elektronske komponente. Nazadnje smo izdelali še ploščke, s katerimi je boben dobil končno obliko in možnost pritrditve na oblačila. Pri udejanjanju projekta smo si veliko pomagali s spletnimi viri. Končno poročilo smo napisali in oblikovali z računalnikom v programu Word.

2. RAZISKOVALNE METODE

Za pomoč pri raziskovalnem delu smo prosili mentorja z izkušnjami pri izdelavi predmetov, ki jih je mogoče krmiliti s pomočjo programiranega vmesnika in sestojijo iz različnih elektronskih komponent.

2.1. Praktično delo

Najprej smo se temeljito pogovorili o tem, kako bi se naloge lotili, da bi jo tudi uspešno dokončali. Najprej smo poiskali podobne projekte na spletu, nato pa sestavili elektronske komponente s pomočjo testne plošče in jih povezali z vmesnikom Arduino Mega 2560.



Slika 2: Sestav na testni plošči

Nato je bilo treba na računalnik namestiti program LoopMIDI, s pomočjo katerega smo ustvarili virtualni MIDI-vhod. Vnos podatkov je sicer potekal skozi USB-vhod. Nato smo namestili program Hairless in ustvarili povezavo med navideznim MIDI-vhodom in programom, s katerim smo lahko vhodni signal pretvorili v ton oz. zvok. Za slednjo nalogo smo preizkusili več programov, vendar se nam je najbolje obnesel program LIVE skupine Ableton.

2.2. Delo s pisnimi viri

Na internetu smo poiskali nekaj podatkov o vmesniku in programu Arduino in si jih zapisali. Prav tako smo iz zapisov na spletu dobili osnovna znanja, da smo lahko razumeli mentorjeve napotke, programirali vmesnik in reševali težave, ki so se pojavljale do končne različice programa.

2.3. Pisanje programa

Programirali smo s pomočjo programa Arduino, ki je zasnovan na jeziku C oziroma C++, za delovanje pa uporablja knjižnice AVR.

Program smo sestavili z mentorjevo pomočjo, saj sta nam bila delo z vmesniki in programiranje na začetku popolni neznanki. Najprej smo spoznali osnovni koncept programiranja, nato smo si z mentorjem ogledali nekaj primerov že spisanih programov in jih analizirali. V naslednjem koraku smo se naučili povezati vmesnik in računalnik ter prenesti program na vmesnik.

Med delom smo dobivali nove ideje in novo znanje, zato zdaj lahko zapišemo, da smo delo krepko nadgrajevali, saj na začetku o programiranju nismo vedeli skoraj ničesar.

Program je narejen tako, da ob igranju na boben program pretvori signal, ki pride iz piezzo električnega senzorja, v signal za določeni ton MIDI. Le-ta potuje od mikrokrmilnika do računalnika po USB-kablu. Vmesnik in računalnik morata biti za delovanje zato ves čas povezana. Program je sestavljen tako, da je mogoče na vmesnik Arduino vezati do 16 piezzo senzorjev – bobnov.

2.3.1 Program

Zasnovo za program smo poiskali na spletu. Našli smo program, napisan za programiranje ksilofona, in ga prilagodili tako, da je ustrezal našim zahtevam.

```
int pinRead;
char pinAssignments[16]
={'A0','A1','A2','A3','A4','A5','A6','A7','A8','A9','A10','A11','A12','A13','A14','A15'};
byte PadNote[16] = {57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72};
int PadCutOff[16] = {100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100};
int MaxPlayTime[16] = {30,30,30,30,30,30,30,30,30,30,30,30,30,30,30,30};
#define midichannel 1;
#define midichannel 2;
boolean VelocityFlag = false;
boolean activePad[16] = {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};
int PinPlayTime[16] = {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};
byte status1;
int pin = 0;
int hitavg = 0;
void setup()
{Serial.begin(115200);}
void loop()
{for(int pin=0; pin < 16; pin++)
{hitavg = analogRead(pinAssignments[pin]);
if((hitavg > PadCutOff[pin]))
{if((activePad[pin] == false))
{if(VelocityFlag == true)
```

```

{hitavg = (hitavg / 8) - 1 ; // Upper range}
Else
{hitavg = 127;}
MIDI_TX(144,PadNote[pin],hitavg);
PinPlayTime[pin] = 0;
activePad[pin] = true;}
else
{PinPlayTime[pin] = PinPlayTime[pin] + 1;}}
else if((activePad[pin] == true))
{PinPlayTime[pin] = PinPlayTime[pin] + 1;
if(PinPlayTime[pin] > MaxPlayTime[pin])
{activePad[pin] = false;
MIDI_TX(144,PadNote[pin],0);}}}}
void MIDI_TX(byte MESSAGE, byte PITCH, byte VELOCITY)
{status1 = MESSAGE + midichannel;
Serial.write(status1);
Serial.write(PITCH);
Serial.write(VELOCITY);}

```

2.4 Preizkušanje programa

V prvem koraku smo morali preveriti, ali program, ki smo ga naložili na vmesnik Arduino, sploh deluje. Da smo lahko to preverili, smo morali na računalnik namestiti program LoopMIDI, s pomočjo katerega smo ustvarili navidezni MIDI-vhod, in tako poskrbeli, da je računalnik zaznal signal, ki je pripotoval na USB-vhod, kot signal MIDI. Nato smo na računalnik namestili program Hairless, ki je vzpostavil povezavo med navideznim MIDI-vhodom in končno destinacijo, kamor smo želeli signal poslati, da bi ga lahko slišali oz. da bi zaigral.

Ob testu vezja in delovanju se je pri enem udarcu zapisalo več tonov, zaradi česar je bilo delovanje nezanesljivo. Da bi odpravili to težavo, smo se najprej zatekli k analizi programa, naloženega na vmesnik Arduino, vendar zaradi združevanja ukazov in pomanjkljivega znanja kode napake sprva nismo znali odpraviti.

Naslednji težavni nalogi sta bili poiskati primeren program, ki bi naš vhodni signal predvajal kot zvok bobna, in vsakemu sensorju določiti ton oz. zvok. To iskanje je bil najzamudnejši korak na vsej poti. Preizkusili smo mnogo amaterskih in profesionalnih programov za ustvarjanje glasbe, ki so zmožni uvažati MIDI-komponento zvoka. Našli smo program, ki pa je namenjen uporabnikom iMacov in njihovem operacijskem sistemu, zato za nas ni bil primeren. Na srečo smo končno našli tudi različico, prilagojeno za operacijski sistem Windows 10, s katerim smo delali. To je program LIVE skupine Ableton. Vanj smo lahko uvozili MIDI-signal in mu določili zvok in tako dosegli želeni cilj. Slabost programa pa je, da ga je treba kupiti. Brezplačno smo ga smeli uporabljati le 30 dni.

2.5. Oblikovanje pisnega poročila

Vse ugotovitve, spoznanja in praktično delo smo na koncu opisali s pomočjo programa Word. Dodali smo fotografije posameznih faz dela in končnega izdelka.

3. TEORETIČNI DEL

3.1. OSNOVE

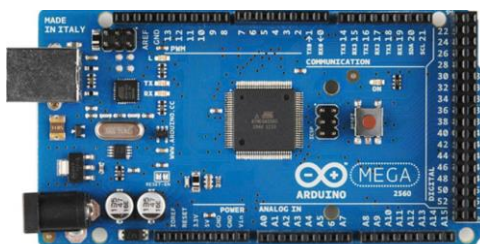
Pri raziskovalni nalogi smo za izdelavo električnega bobna potrebovali:

- Mikrokontroler Arduino MEGA 2560
- Piezzo električne senzorje
- Ploščo za testiranje vezja
- Električne vodnike
- Upornike velikosti 1 M Ω
- Spajkalnik
- Pleksi steklo

3.2. OPIS PRIPOMOČKOV

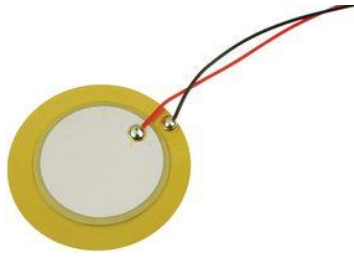
3.2.1 Vmesnik Arduino Mega in krmilna plošča

Uporabili smo vmesnik Arduino Mega 2560, da smo lahko vključili do 16 komponent. Lahko bi uporabili tudi Arduino Uno, ki je nekoliko manjši in cenejši. Arduino Mega 2560 vsebuje mikrokontroler, ki temelji na ATmega2560. To je mikrokontroler s 54 digitalnimi vhodno/izhodnimi kontakti – "pini", od katerih je 16 analognih vhodov, 4 UARTs (strojna oprema serijska vrata), vsebuje 16-megaherčni kristalni oscilator, USB napajalni priključek, ICSP-glavi, in gumb za ponastavitev. Vsebuje vso potrebno podporo za mikrokontroler. Mogoče ga je preprosto priključiti na računalnik s kablom USB, s čimer je poskrbljeno tudi za napajanje; napajati pa ga je mogoče tudi z AC-DC-adapterjem ali baterijami.



Slika 3: Arduino Mega 2560 [1]

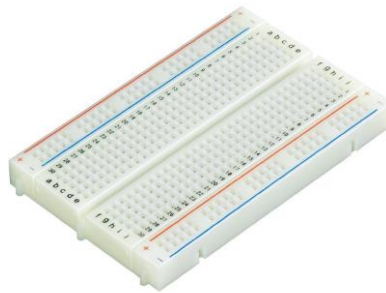
3.2.2 Piezo električni senzorji



Slika 4: Piezo električni senzor [2]

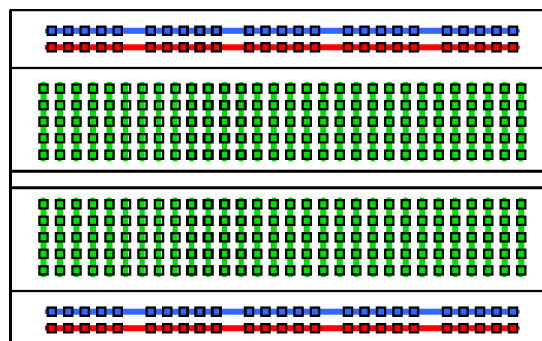
Piezo so senzorji za bobne in činele. Delujejo tako, da se ob udarcu nanje v njih ustvari določena napetost, ki jo potem vmesnik Arduino na vhodnih vratih zazna kot signal.

3.2.3 Plošča za testiranje vezja



Slika 5: Plošča za testiranje [3]

Ploščo za testiranje vezja smo uporabili zato, da ni bilo treba že na začetku elementov povezovati s spajkanjem. Tako smo preprosto preverili pravilnost povezave elementov in delovanje vezja. Zelo koristna informacija je bila, kako so povezane celice na testni plošči, kar je prikazano na naslednji fotografiji.



Slika 6: Shema povezav na testni plošči

3.2.4 Upornik



Slika 7: Upornik [4]

Upor (v fiziki upornik in s tujko rezistor) je eden najpomembnejših in najbolj uporabljenih (tako rekoč nepogrešljivih) elektrotehničnih in elektronskih elementov, katerega glavna veličina je upornost (v fiziki električni upor) oz. njena obratna vrednost – prevodnost. Idealni upor (ki ga dejansko ni) ima konstantno upornost R (neodvisno od zunanjih dejavnikov), za katero velja Ohmov zakon:

$$U(t) = R \times I(t),$$

kjer $U(t)$ poimeni trenutni padec napetosti na uporu, $I(t)$ pa trenutni električni tok skozenj. Zaradi tega je upor linearen element, podobno kot sta kondenzator in idealna dušilka. [4]

4. PRAKTIČNI DEL

4.1. Snovanje projekta

Začeli smo z iskanjem idej, kako izdelati električni boben. Prva ideja je bila, da bi kupili najenostavnejše električne bobne, ki so na voljo na spletu, nato pa bi jih predelali in povezali z računalnikom, da bi jim lahko spreminjali zvok.



Slika 8: Otroški električni bobni [5]

Rabljeni komplet električnih bobnov bi lahko na spletu kupili za 70 evrov, kar pa se nam je zdelo ob možnosti, da nam projekt ne uspe, kar precej denarja, ki bi ga v tem primeru porabili zaman.

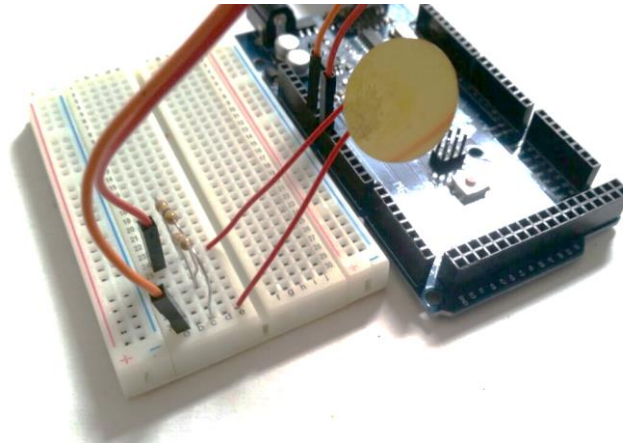
Ob iskanju drugih možnosti smo naleteli na idejo, kako izdelati električni boben s piezzo električnim senzorjem. Senzorje smo kupili v spletni trgovini. V njej smo poiskali in nabavili še ostale potrebne elemente:

- Žice
- Arduino Mega 2560
- Upornike

Najprej smo načrtovali električni boben z lesenim okvirjem in gumijasto opno, ki bi zvok ob udarcu zadušila, na njo pa bi namestili piezzo električni senzor. Senzor smo nameravali povezati z računalniškim programom, s katerim bi lahko določili zvok, ki bi ga slišali ob udarcu na opno.

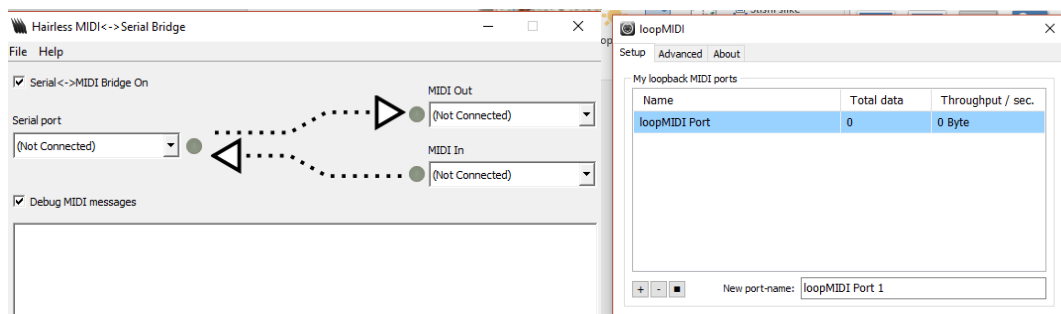
4.2. Sestavljanje prototipa

Z mentorjem smo na testni plošči povezali elektronske komponente.



Slika 9: Testna vezava

Vmesnik Arduino smo nato povezali z računalnikom in programirali mikrokrmilnik. Zasnovo za program smo poiskali na spletu. Naleteli smo na program, napisan za programiranje ksilofona, in ga prilagodili tako, da je ustrezal našim zahtevam. Ko smo program naložili na mikrokrmilnik, smo morali na računalnik namestiti najprej program, ki je naš USB-vhod lahko spremenil v navidezni MIDI-vhod. To smo naredili s pomočjo programa LoopMIDI. Da smo lahko ta signal privedli do programa, pa smo potrebovali še »serial bridge« - serijski most, ki smo ga ustvarili s programom Hairless.

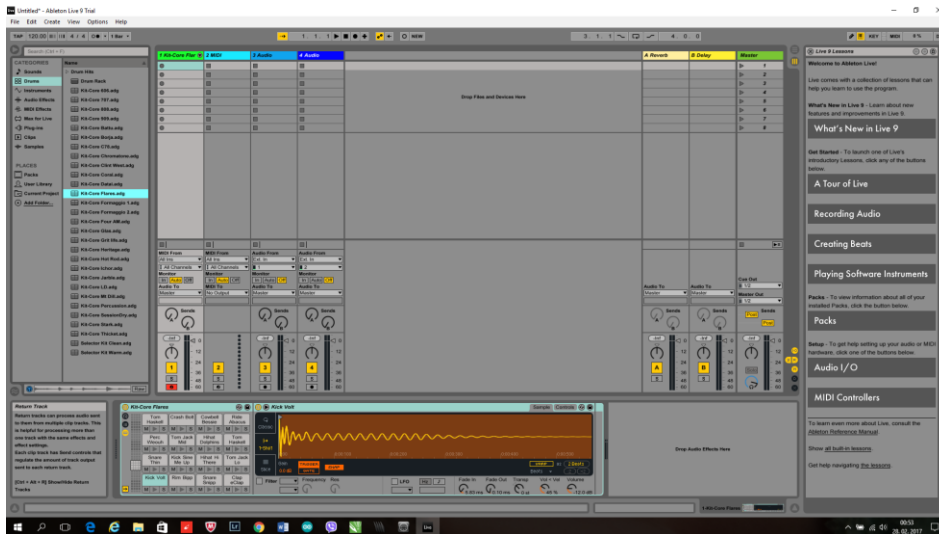


Slika 10: Desno vmesnik programa Hairless, levo vmesnik programa LoopMIDI

Ko smo namestili ta dva programa, smo lahko prvič preizkusili, ali naš sestav ustrezno deluje. Ugotovili smo, da smo uspešno povezali vse komponente in da senzori uspešno zaznajo udarce na senzorju. To smo prepoznali z utripanjem lučk v programu Hairless, ki je bilo sinhrono z udarjanjem po senzorju.

Sledilo je iskanje programa, ki bi ga povezali s signalom svojega navideznega MIDI-vhoda in s katerim bi lahko določili zvok signalu, ki bi ga program prejel. Nabor programov, ki so zmožni uvažanja MIDI-signala, je sicer velik, vendar le v redkih je možno na dokaj preprost način določiti ali spremeniti zvok vhodnega MIDI-signala. Po več poskusih v različnih

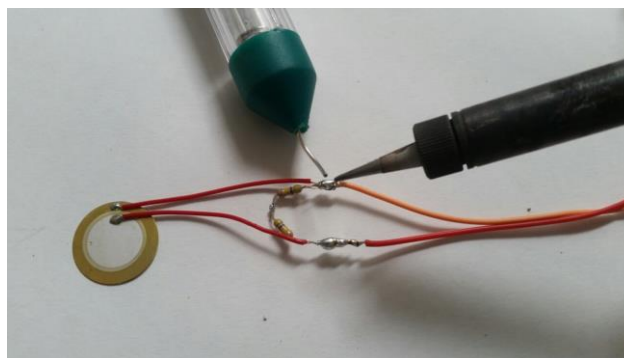
programih smo na enem izmed spletnih forumov našli na program LIVE programerske družbe Ableton, ki se je izkazal za izjemno praktičnega in preprostega za uporabo.



Slika 11: Program Ableton LIVE

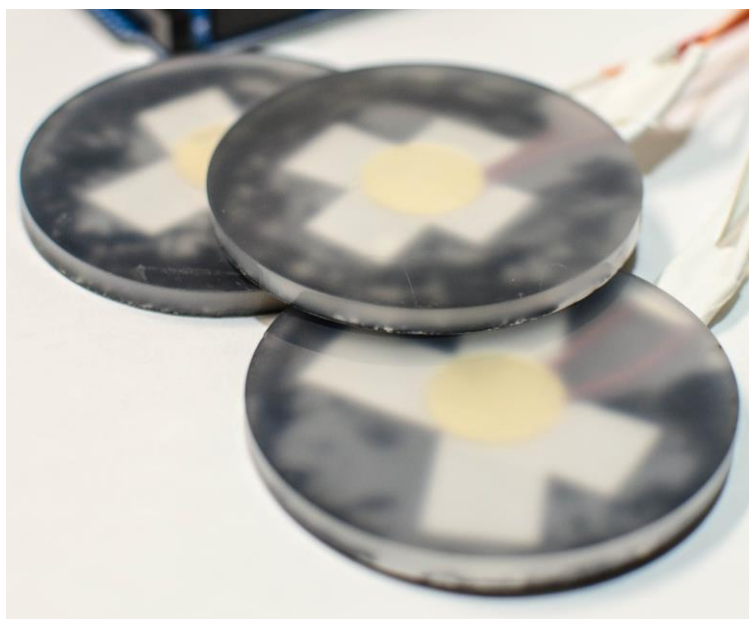
4.3. Sestavljanje končnega izdelka

Ko je bil test vezave senzorjev uspešen in nam je uspelo povezati signal z izbranim programom, smo elektronske komponente med sabo povezali s spajkanjem.



Slika 12: Spajkanje elektronskih komponent

Na piezo električno senzor smo prispajkali upornik in daljše električne vodnike, nato pa senzor ponovno povezali z vmesnikom Arduino. Med preizkušanjem delovanja smo prišli do zamisli, da bi lahko namesto lesenega okvirja z gumijasto opno končni izdelek še nekoliko poenostavili in ga napravili bolj atraktivnega, tako da bi izdelali ploščke, ki jih je mogoče pritrditi na obleko in tako spremeniti telo uporabnika v del instrumenta. V ta namen smo uporabili ostanke pleksi stekla, ki nam jih je priskrbel mentor, in nanje namestili senzorje. Izdelali smo dodatna dva kompleta, s čimer smo si zagotovili 3 bobne.



Slika 13: Bobni – ploščki s senzorji

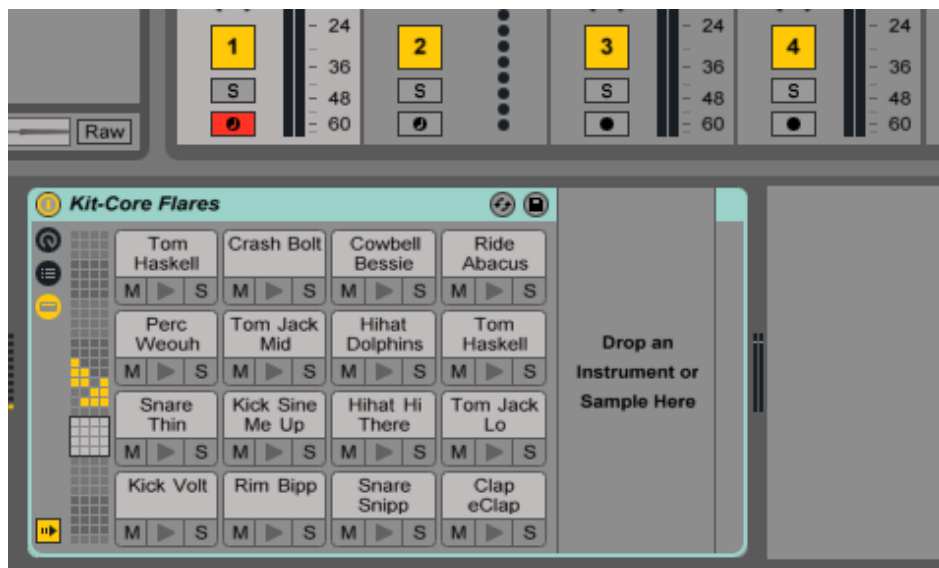
Na spodnjo stran senzorja smo namestili dvostranski lepilni trak, s pomočjo katerega je mogoče »boben« namestiti na obleko in ravno tako preprosto tudi odstraniti.

4.4. Preizkušanje bobnov



Slika 14: Testiranje bobnov

Ko so bili trije bobni pripravljeni in povezani z vmesnikom, slednji pa s programom, smo morali najti način, kako določiti vsakemu senzorju svoj zvok, da bi se lahko med sabo razlikovali. Za to smo potrebovali več ur raziskovanja in proučevanja programa, saj nam je bil popolna neznanka in smo se morali najprej seznaniti z golimi osnovami. Po več poskusih smo opazili, da vsak senzor sproži določeno število tonov, ki pa se med sabo razlikujejo in jih program ločeno zabeleži in prepozna. To smo opazili s pomočjo rumenih kvadratkov, ki so se izrisovali pri udarjanju po bobnu.



Slika 15: Na levi strani so vidni rumeno obarvani kvadratici, ki nakazujejo, katere tone zaigra določeni senzor, ko udarimo po njem.

Na podlagi te ugotovitve smo lahko vsakemu senzorju določili en instrument in tako privedli projekt do konca.

5. DISKUSIJA

Sprva smo mislili, da bomo raziskovalno nalogo precej lažje izdelali, kot se je izkazalo med delom. Samo povezovanje elektronskih komponent ni bilo tehnično zahtevno, saj smo morali samo vzporedno povezati upornik na vodnike piezzo električnega sensorja in slednjega uspešno povezati s vmesnikom Arduino. S tem smo uresničili enega izmed svojih ciljev in potrdili hipotezo, da bo izdelava bobna tehnično nezahtevna.

Boben smo uspešno povezali z računalnikom, kljub temu da nam je to povzročilo zelo veliko težav in preglavic, posledično pa smo lahko boben popolnoma utišali, saj lahko za predvajanje zvoka uporabimo slušalke, samo bobnanje po sensorjih pa povzroči komaj kaj hrupa. Hkrati smo našli način, kako posameznemu sensorju dokaj preprosto določiti zvok, ki ga zaigra ob udarcu. S tem smo potrdili tretjo hipotezo, namreč da bomo bobnu lahko spreminjali zvoke in ga utišali. Največja pomanjkljivost tega bobna je, da je program, s katerim boben upravljamo, plačljiv; boben lahko brezplačno uporabljamo samo 30 dni. Senzor mora tudi biti ves čas v komunikaciji z računalnikom, da lahko boben deluje.

Skupni strošek, ki smo ga imeli z izdelavo kompleta 3 bobnov, je znašal okoli 15 evrov. S tem smo potrdili prvo hipotezo, da nam bo uspelo izdelati cenovno ugoden boben, torej da bo izdelava stala manj kot 50 Evrov. Večino elektronskih komponent smo kupili v spletni trgovini Ebay. Tole je naš stroškovnik:

- Arduino Mega 2560 10 €
- 3 x Upor $1M\Omega$ 0,03 €
- 5 x piezzo električni senzor... 2,0 €
- 40 x vodniki.....0,5 €

Prišteli bi lahko še strošek pleksistekla in dvostranskega lepilnega traku, ki nam ju je priskrbel mentor, vendar ta zagotovo ne bi znašal več kot 2 evra

Čisto na koncu smo našli preprosto rešitev, kako zagotoviti, da se bobni primejo oblačila – z dvostranskim lepilnim trakom. Ta rešitev zagotovo ni dolgoročna, saj se dvostranski lepilni trak umaže in izgubi sposobnost lepljenja, po drugi strani pa ga je mogoče popolnoma preprosto prelepiti z novim. S tem pa smo potrdili še zadnjo hipotezo.

6. ZAKLJUČEK

Največja zahvala za uspešno zaključeno raziskovalno delo gre našemu mentorju, ki nas je vse leto vodil korak za korakom skozi postopke ustvarjanja električnih bobnov in s tem pomagal, da smo uspešno prišli do cilja. Na tej poti smo pridobili novo znanje s področja programiranja, se spoznali z vmesnikom Arduino, nekoliko obnovili znanje o elektriki in vzporednih vezavah ter se izurili v spretnosti spajkanja. Ob številnih ovirah, ki so se nam pojavile na poti do želenega cilja smo se naučili, da jih ne smemo sprejeti s frustracijo, ampak jih moramo razumeti kot izziv za iskanje načina, kako jih uspešno premagati. Zelo pomembno se nam zdi tudi spoznanje, da se je za dosego končnega cilja treba znati prilagoditi in razširiti meje svojega prvotnega razmišljanja. Na takšen način smo prišli do ideje, da lahko namesto klasičnih bobnov izdelamo bobne, ki jih lahko namestimo na uporabnikova oblačila, kar se nam zdi praktično in zabavno, res pa je da za klasične bobnarje ni najbolj primerno. Z izdelkom smo zelo zadovoljni in ponosni, da nam je projekt uspel. Kljub temu, pa vidimo še kar nekaj možnosti za izboljšave. Bobne bi lahko izdelali tudi tako, da bi bili na otip bolj prožni in prijetnejši za namestitev, program pa bi bilo smiselno prilagoditi tako, da bi en senzor sprožil samo en ton, kar pa nam pri naši nalogi sicer ni uspelo, pa vendar smo s pomočjo programa LIVE to oviro zaobšli in dosegli želeni rezultat.

7. VIRI

[1] Arduino plošča: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Arduino>

[2] Piezzo senzor: <https://karolinadigitalculture.files.wordpress.com/2015/10/5022022.jpg>

[3] Protoboard – plošča za testiranje:

https://media.conrad.com/medias/global/ce/5000_5999/5200/5260/5268/526819_LB_00_FB.EPS_1000.jpg

[4] Upornik: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Upor_\(elektrotehnika\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Upor_(elektrotehnika))

[5] Otroški električni bobni: http://mmc.bolha.com/1/image/206443/207404/OTROSKI-ELEKTRICNI-BOBNI_5895efd8afa27.jpg