

Zveza za tehnično kulturo Slovenije

58. srečanje mladih raziskovalcev SLOVENIJE 2024

Piezo element kot senzor

Raziskovalno področje ZOTKS: **elektrotehnika, elektronika in robotika**

Avtor: Emanuel Pintar

Mentor: Branko Potisk

Somentor: Mladen Pintar

Srednja šola: Srednja elektro-računalniška šola Maribor

Maribor, 2024

VSEBINA

Vsebina	I
Kazalo tabel:	II
Kazalo slik:	III
Povzetek:	i
Zahvala:	ii
1 Uvod:	1
1.1. Cilj	1
1.2. Raziskovalno vprašanje	1
1.3. Hipotezi.....	1
2 Metodologija dela:	2
3 Kaj je piezo element in kako deluje?	3
4 Piezo element kot zvočnik:.....	4
4.1. Piezo element kot senzor:	6
4.2. Piezo element (velikosti 12mm):.....	7
4.3. Piezo element (velikosti 15mm):.....	8
4.4. Piezo element (velikosti 20mm):.....	9
4.5. Piezo element (powerhup-1919):.....	10
4.6. Princip delovanja:	10
4.7. Karakteristika:.....	11
5 Izdelava senzorjev:	13
5.1. Izdelava kalupa:	13
5.2. Izdelan kalup:.....	13
6 Nove meritve z osciloskopom:	16
6.1. Meritve za senzor na pleksi steklu (velikost 12mm):	16
6.2. Meritve za senzor na pleksi steklu (velikost 15mm):	17
6.3. Meritve za senzor na pleksi steklu (velikost 20mm):	18
6.4. Meritve za senzor v ohišju (velikost 12mm):.....	19
6.5. Meritve za senzor v ohišju (velikost 15mm):.....	20
6.6. Meritve za senzor v ohišju (velikost 20mm):.....	21
7 Izdelava elektronskega vezja operacijski ojačevalnik (OPAMP = operation amplifier):.....	22
8 Piezo senzorji priključeni na elektronsko vezje operacijskega ojačevalnika:	26
8.1. Piezo senzor velikosti 12mm:	26
8.2. Piezo senzor velikosti 15mm:	27
8.3. Piezo element 20mm:.....	28

9	Končano elektronsko vezje operacijskega ojačevalnika (OPAMP = operation amplifier):.....	30
10	Tabele meritov:.....	32
10.1.	Piezo elementi brez ohišja:.....	32
10.2.	Piezo elementi na pleksi steklu:	32
10.3.	Piezo senzorji:.....	32
10.4.	Piezo senzorji priključeni na operacijski ojačevalnik:	32
10.5.	Izdelava senzorskega panela:	33
11	Končan in izpopolnjen senzorski panel:	34
12	Program za krmiljenje elektronike:	36
12.1.	Nastavitev tick timer na 1ms:.....	36
12.2.	Ciklično klicanje pod programov:	36
12.3.	Program za AD_vrh_1:.....	37
12.4.	Program za AD_vrh_2:.....	37
12.5.	Program za AD_vrh_3:.....	38
12.6.	Program za AD_vrh_4:.....	38
12.7.	Program za krmiljenje LED luči s pomočjo senzorskega panela:	39
12.8.	Program za prikazovanje AD-jev in časa meritve (kako dolg je bil signal od piezo senzorja), na računalniškem terminalu:	40
12.9.	Program, ki izbriše meritve po končanem prikazu na terminalu:	41
12.10.	Terminal, ki prikazuje vrednosti:	41
13	družbena odgovornost:	42
14	zaključek:	43
15	viri in literatura:.....	44
15.1.	Spletni viri:.....	44
15.2.	Knjižni viri:	44

KAZALO TABEL:

Tabela 1: brez ohišja.....	32
Tabela 2: na pleksi steklu	32
Tabela 3: izdelani senzorji	32
Tabela 4: senzorji priključeni na OPAMP.....	32

KAZALO SLIK:

Slika 1: sestava piezo elementa	3
Slika 2: princip delovanja	3
Slika 3: pogled od spodaj	4
Slika 4: pogled od zgoraj	4
Slika 5: različne velikosti piezo elementov	4
Slika 6: notranjost piezo zvočnika	5
Slika 7: piezo element velikosti 12mm	7
Slika 8: dolžina signala 15,5ms	7
Slika 9: dolžina signala 15,5ms	7
Slika 10: oddana napetost 31,4V	7
Slika 11: dolžina pozitivnega signala 136ms	8
Slika 12: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 152ms	8
Slika 13: oddana napetost 16,6V	8
Slika 14: dolžina pozitivnega signala 301ms	9
Slika 15: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 274ms	9
Slika 16: oddana napetost 48,8V	9
Slika 17: piezo element powerup-1919	10
Slika 18: princip delovanja	10
Slika 19: brez obremenitve	10
Slika 20: z obremenitvijo (naš pritisk)	10
Slika 21: linearna karakteristika	11
Slika 22: oddana napetost 2,6V konstantno sekundo	11
Slika 23: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 534ms	12
Slika 24: CNC stroj	13
Slika 25: izdelan kalup	13
Slika 26: nalita guma v kalupu	14
Slika 27: izdelana ohišja	14
Slika 28: ohišja z nameščenimi piezo elementi	14
Slika 29: končani piezo senzorji	15
Slika 30: piezo elementi na pleksi steklu	15
Slika 31: piezo elementi na pleksi steklu	15
Slika 32: dolžina pozitivnega signala 256ms	16
Slika 33: dolžina celotnega signala 409ms	16
Slika 34: oddana napetost 9,52V	16
Slika 35: oddana napetost 9,52V	16
Slika 36: dolžina celotnega signala 428ms	17
Slika 37: oddana napetost 7,72V	17
Slika 38: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 247ms	17
Slika 39: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 247ms	17
Slika 40: dolžina celotnega signala 608ms	18
Slika 41: celotna oddana napetost 46,8V	18
Slika 42: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 352ms	18
Slika 43: celotna oddana napetost 46,8V	18
Slika 44: dolžina celotnega signala 472ms	19
Slika 45: celotna oddana napetost 3,38V	19
Slika 46: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 180ms	19

Slika 47: celotna oddana napetost 3,38V	19
Slika 48: dolžina celotnega signala 529ms	20
Slika 49: celotna oddana napetost 16,8V	20
Slika 50: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 303ms.....	20
Slika 51: celotna oddana napetost 16,8V	20
Slika 52: dolžina celotnega signala 720ms	21
Slika 53: dolžina celotnega signala 720ms	21
Slika 54: celotna oddana napetost 14,8V	21
Slika 55: celotna oddana napetost 14,8V	21
Slika 56: shema elektronskega vezja	22
Slika 57: program na robotu 1.....	23
Slika 58: program na robotu 2.....	23
Slika 59: tiskana vezja v robotu	23
Slika 60: komponente ki jih položi robot 1.....	24
Slika 61: dokončno položena tiskana vezja	24
Slika 62: kamera na robotu	24
Slika 63: elektronska vezja z vsemi komponentami	25
Slika 64: končane elektronike.....	25
Slika 65: prekoračitev napetosti	26
Slika 66: prekoračitev napetosti	26
Slika 67: referenčna vrednost napetosti 2,5V	26
Slika 68: referenčna vrednost napetosti 2,5V	26
Slika 69: brez ojačenja, čas 198ms	26
Slika 70:brez ojačenja, oddana napetost 4,36V	26
Slika 71: prekoračitev napetosti	27
Slika 72: prekoračitev napetosti	27
Slika 73: referenčna vrednost napetosti 2,5V	27
Slika 74: referenčna vrednost napetosti 2,5V	27
Slika 75: brez ojačenja, čas 181ms	27
Slika 76: brez ojačenja, oddana napetost 2,96V	27
Slika 77: prekoračitev napetosti	28
Slika 78: prekoračitev napetosti	28
Slika 79: referenčna vrednost napetosti 2,5V	28
Slika 80: referenčna vrednost napetosti 2,5V	28
Slika 81: brez ojačenja, čas 216ms	28
Slika 82: brez ojačenja, oddana napetost 3,20V	28
Slika 83: kondenzator 1nF, čas 280ms	29
Slika 84: kondenzator 1nF, oddana napetost 4,64V.....	29
Slika 85: kondenzator 470pF , čas 166ms.....	29
Slika 86: kondenzator 470pF, oddana napetost 4,96V.....	29
Slika 87: končano elektronsko vezje.....	30
Slika 88: pogled s strani	30
Slika 89: vezava vseh elementov	31
Slika 90: led luči s stikali	31
Slika 91: prototip senzorskega panela.....	33
Slika 92: spodnji del senzorskega panela	33
Slika 93: pogled s strani	33
Slika 94: končan senzorski panel	34

Slika 95: ne obremenjen.....	34
Slika 96: obremenjen (naš pritisk).....	34
Slika 97: pogled s strani	34
Slika 98: povezava vseh elementov.....	35
Slika 99: tick timer	36
Slika 100: klicanje pod programov	36
Slika 101: Program za AD_vrh_1	37
Slika 102: Program za AD_vrh_2	37
Slika 103: Program za AD_vrh_3	38
Slika 104: Program za AD_vrh_4	38
Slika 105: krmiljenje led luči s senzorskim panelom	39
Slika 106: program za računalniški terminal	40
Slika 107: brisanje meritev	41
Slika 108: računalniški terminal.....	41

POVZETEK:

V tej raziskovalni nalogi bomo spoznali piezo element. Držali se bomo naslednjega raziskovalnega postopka, najprej bomo raziskali kaj sploh je piezo element, zakaj se uporablja in kako deluje. Nato bomo z njim poizkusili izdelati zvočnik nato pa še senzor občutljiv na pritisk s prstom. Naša hipoteza je, da lahko izdelamo piezo senzor pritiska, vendar bo to precej zahtevno. Najprej bomo začeli s spoznavanjem piezo elementov, nato bomo poskušali z njimi izdelati senzor pritiska, ki bo konkurenčen že obstoječim na tržišču. Na koncu pa bomo poizkusili izdelati še koordinatni senzorski panel s pomočjo piezo senzorjev, ki jih bomo izdelali. Koordinatni senzorski panel mislimo narediti s pomočjo kvadratne plastične prozorne plošče na kateri so v vsakem kotu po eden piezo senzor kot nogica, torej štirje senzorji. S pomočjo matematike pa bomo izračunali kje smo pritisnili na plastični plošči saj se bo sila pritiska različno porazdelila na piezo senzorje.

Ključne besede: piezo element, piezo senzor, senzorski panel, SMD komponente

ZAHVALA:

Zahvalil bi se obema mentorjema za opravljanje mentorskega dela in vse pomoči, ki sta mi ju nudila. Predvsem pri oblikovanju raziskovalne naloge saj sem vedel kaj želim napraviti ne pa točno kako naj bi to zapisal in predstavil v raziskovalni nalogi. Zahvalil bi se tudi vsem, ki so finančno pomagali pri nabavi materiala ter brezplačni izdelavi tiskanega vezja.

1 UVOD:

1.1. Cilj

Cilj raziskovalne naloge je spoznati piezo elemente, njihovo uporabo in z njimi izdelati nekaj praktičnega kot je na primer tipka oziroma tipke. V našem primeru bodo to senzorji iz piezo elementov oziroma piezo zvočnika. Prvi cilj je izdelati iz piezo zvočnika senzorsko tipko nato pa je naš cilj izdelati še pravokotni senzorski panel iz prozorne plastike ter štirih senzorjev od katerih je vsak po eden v kotu pravokotnega panela. Ti štirje senzorji bodo delovali kot nogice panela zato se bo sila pritiska na panel porazdelila na te štiri senzorje. V odvisnosti kje bomo pritisnili na panel se bo različna sila razporedila na te štiri senzorje. Na primer, če bomo pritisnili na sredini bi morala biti na vseh senzorjih ista sila, če pa bi pritisnili ob desnem robu pa bi morala biti večja sila na desnim senzorjem na levima senzorjem pa manj. S pomočjo takšnega sistema bi lahko ugotavljal kje smo pritisnili na panelu ter lahko definirali več območij pritiska ter to območje definirali kot tipko. Takšen senzorski panel pa bi se uporabljal pri manj zahtevnih operacijah, kjer potrebujemo manjše število tipk. Najprej bomo začeli z raziskavo o piezo elementih, kot smo že prej omenili. Raziskali bomo kaj sploh so piezo elementi, zakaj se uporabljajo in kako delujejo. Zadali smo si, da bomo izdelali senzorje, ki bodo po delovanju konkurenčni že obstoječim na tržišču, konkurirali pa bomo tudi s ceno saj je naš namen izdelaticenejše senzorje, vendar prav tako dobre senzorje iz piezo elementov, kot so že obstoječi. Najprej bomo začeli s primerjavo različno velikih piezo elementov oziroma piezo zvočnikov, katerim bomo s pomočjo osciloskopa izmerili oddane signale ob pritisku nanje s prstom. Ugotavljalibomo velikost signalov ob pritisku ter velikost šumov ob teh signalih. Šum v našem primeru je zvok iz okolice. V primeru šumov bi šume dušili s pomočjo zalitja piezo senzorja v gumijasto ohišje ter jim nato še enkrat izmerili oddane signale. V kolikor dobimo zadovoljive rezultate, bomo poskusili izdelati še senzorski panel. Senzorski panel bo izdelan s pomočjo elektronike z mikro krmilnikom ter operacijskimi ojačevalniki.

1.2. Raziskovalno vprašanje

Ali lahko sami doma izdelamo senzorski panel z uporabo piezo elementov oziroma piezo zvočnika?

1.3. Hipotezi

Prva hipoteza je, da lahko sami izdelamo nam uporabni senzor iz piezo elemeta.

Druga naša hipoteza pa je vezana na prvo in trdimo, da iz svojih senzorjev lahko izdelamo uporabni senzorski panel.

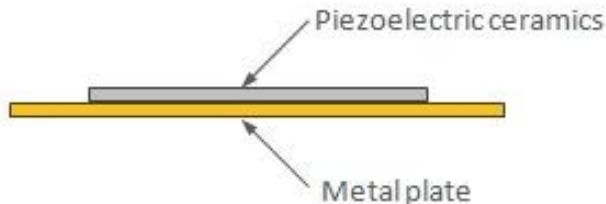
2 METODOLOGIJA DELA:

V tem poglavju bomo predstavili potek dela raziskovalne naloge. In sicer začeli bomo z raziskovanjem o piezo elementih in se o njih naučili čim več. Nato bomo s pomočjo znanja, ki smo ga osvojili izdelali iz piezo elementov oziroma piezo zvočnikov senzorje pritiska. Nato bomo te piezo senzorje testirali s pomočjo osciloskopa. Po končanem testiranju bomo izdelali še krmilno elektroniko z mikro krmilnikom in operacijske ojačevalnike, ki nam bodo pomagali pri zadnjem delu raziskovalne naloge in sicer pri izdelavi senzorskega panela s pomočjo naših piezo senzorjev. Operacijske ojačevalnike bomo uporabili za prilagoditev peizo signalov na mikro krmilnik. Mikro krmilnik pa bomo uporabili za merjenje signalov in računanje pozicije pritiska na panelu. Program bomo pisali v jeziku C za mikro krmilnike.

3 KAJ JE PIEZO ELEMENT IN KAKO DELUJE?

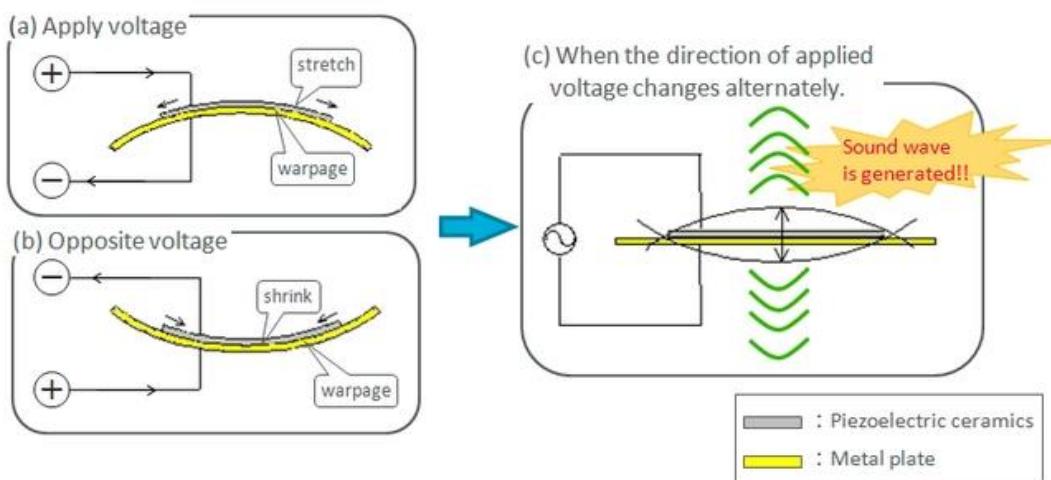
Piezo element je elektromehanski pretvornik, izdelan je iz piezoelektričnih materialov določene oblike in usmerjenosti, s pomočjo piezo elementa lahko pretvarjamo mehansko energijo v električno.

Sestavljen je iz zelo tanke železne plošče in piezo-elektronskega keramičnega kristala.



Slika 1: sestava piezo elementa

Deluje s pomočjo širjenja in krčenja piezo-elektronskega keramičnega kristala, ko upogibamo železno ploščico. Ko ga upognemo v eno smer nam daje pozitivno napetost, ko pa ga upognemo v drugo smer pa nam daje negativno napetost. Ob dovanjanju napetosti se piezo element krči in širi ter postane vibracijski generator, ki ob tem oddaja zvok.



Slika 2: princip delovanja

4 PIEZO ELEMENT KOT ZVOČNIK:

Piezo element lahko deluje kot zvočnik in lahko deluje na različnih frekvencah. Poznamo nizko frekvenčne piezo zvočnike in tudi visokofrekvenčne piezo zvočnike, ki jih imenujemo ultra-zvočniki (kateri se lahko uporabljam kot vibracijski generatorji).

Najprej smo preizkusili že namensko izdelan piezo zvočnik in ga s pomočjo funkcijskoga generatorja preizkusili pri različnih frekvencah in napetostih.

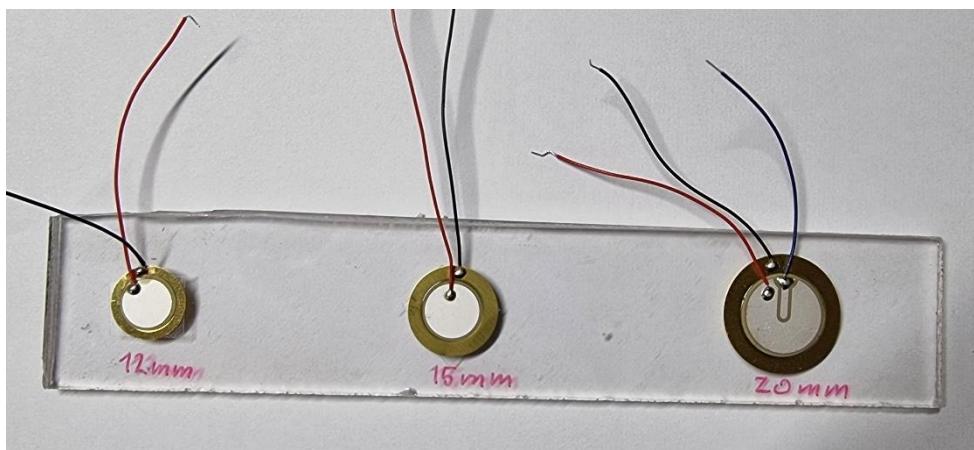


Slika 3: pogled od spodaj



Slika 4: pogled od zgoraj

Nato smo preizkusili še piezo elemente različnih velikosti brez ohišja.



Slika 5: različne velikosti piezo elementov

Ugotovil smo, da se je najglasnejše slišal namensko narejen piezo zvočnik in da ima vsak piezo element svojo resonančno frekvenco, pri kateri najbolje in najglasnejše deluje.

Ko smo razstavili namensko narejen piezo zvočnik smo ugotovili, da je v njem le majhen piezo element, dva kontakta za napajanje in ohišje, ki je zasnovano posebej za to, da ojača zvok piezo elementa.



Slika 6: notranjost piezo zvočnika

4.1. Piezo element kot senzor:

Ugotovili smo, da piezo element ob pritisku nanj oddaja napetost. Ta je odvisna od velikosti piezo elementa in kako močno nanj pritisnemo. S pomočjo osciloskopa smo preizkusil piezo elemente različnih velikosti.

Ideja je, da bi piezo element zalil v nekakšno zalivno maso v obliki nogice nakar bi to nogico pritrdil na nekakšno ravno površino, na katero bi pritiskali in ugotavljal kakšno napetost daje piezo element. Ugotavljal bi kako se piezo obnaša pri različnih zalivnih materialih, kot so različne trdote plastike in trde gume.

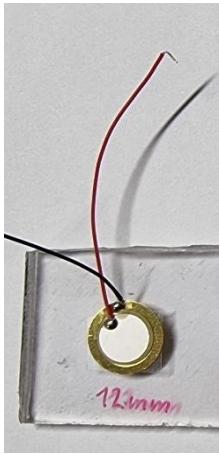
V kolikor bi se piezo element v nekem materialu dobro obnašal, bi ta material izbrali za osnovo in bi naredil štiri nogice, ki bi jih pritrdil na ravno površino in poskušal ugotoviti kako se vsi štirje obnašajo pri pritisku na površino na različnih koncih površine.

Poskušal bom dodati še mikro krmilnik, ki bi gledal vse štiri piezo elemente in na osnovi napetosti, ki bi jih vsak oddal izračunal, kje približno smo pritisnili našo ravno površino.

Za branje napetosti, ki jo odda posamezni piezo element pa bi uporabil operacijski ojačevalnik, ki mu lahko spremojamo ojačenje na vhodu pa bi imel trimer kot delilnik napetosti za piezo senzor. Operacijski ojačevalnik bom uporabil zato, da bom imel dovolj velik tok in napetost na izhodu na katerem bom lahko z mikro krmilnikom bral napetost.

4.2. Piezo element (velikosti 12mm):

V tehničnih podatkih smo prebrali, da je resonančna frekvenca tega piezota 20kHz. Zaradi tega nisem mogel preizkusiti s pomočjo poslušanja in funkcijskoga generatorja, saj je previsoka frekvenca, da bi jo človek lahko slišal.



Slika 7: piezo element velikosti 12mm

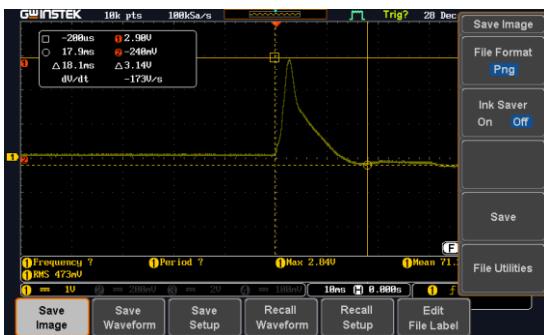
Ob priklopu na osciloskop smo lahko videli, da piezo element res oddaja napetost ob pritisku nanj.



Slika 8: dolžina signala 15,5ms

Slika 9: dolžina signala 15,5ms

Odčitamo lahko, da je dolžina našega pritiska bila 18.1ms kot lahko vidimo desni sliki (Slika 9). Celotna napetost, ki jo je piezo element oddal pa je bila 31,4V (sonda x10) to napetost dobimo, če seštejemo pozitivno napetost ob pritisku nanj in negativno napetost, ki se ustvari ko ga spustimo kar se vidi na sliki 10.

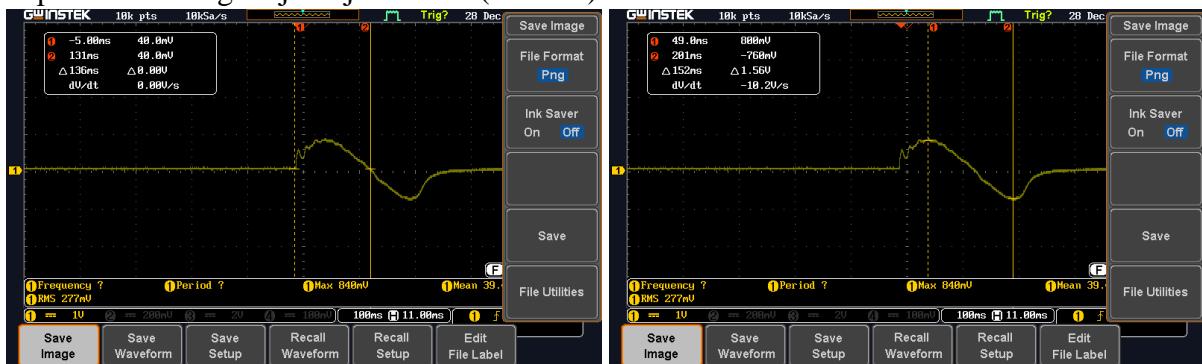


Slika 10: oddana napetost 31,4V

4.3. Piezo element (velikosti 15mm):

Njegova resonančna frekvenca je 6kHz.

Ob malo daljšem pritisku na piezo element vidimo, da se, ko ga spustimo ustvari več negativne napetosti. Naš signal je trajal 136ms (Slika11).

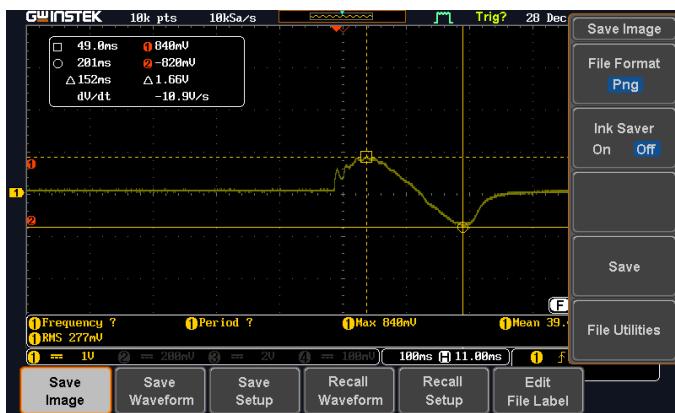


Slika 11: dolžina pozitivnega signala 136ms

Slika 12: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 152ms

Celoten čas od našega pritiska in do takrat, ko smo ga spustili pa je bil 152ms (Slika 12).

Celotna napetost (Slika13), ki jo je piezo element oddal pa je bila tokrat 16,6V (sonda x10) saj smo ga pritisnili nežneje kot prej 12mm velikega.

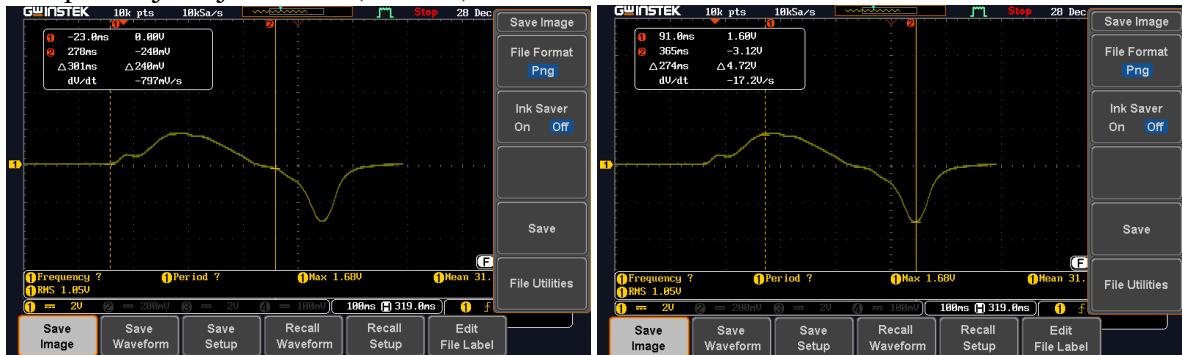


Slika 13: oddana napetost 16,6V

4.4. Piezo element (velikosti 20mm):

Njegova resonančna frekvenca je 6,3kHz.

Naš pritisk je trajal 301ms (Slika14).



Slika 14: dolžina pozitivnega signala 301ms

Slika 15: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 274ms

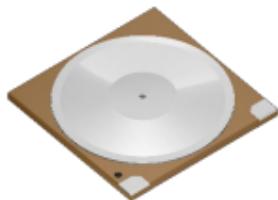
Celotni čas pritiska in od takrat, ko smo ga spustili pa je bil 365ms (Slika15).

Celotna napetost, ki jo je piezo element oddal je bila 48,8V (sonda x10) saj je večji kot prejšnja dva piezo elementa (Slika16).



Slika 16: oddana napetost 48,8V

4.5. Piezo element (powerhup-1919):

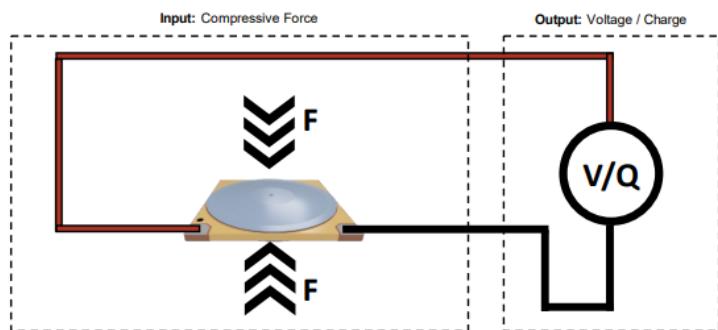


Slika 17: piezo element powerhup-1919

Je posebno zasnovan piezo, kateri je v prodaji komaj od lanskega leta in deluje na principu raztezanja piezo elementa. Ob pritisku nanj se membrana razširi in s pomočjo tega raztegne piezo element in na osnovi tega ustvari napetost. Deluje lahko kot navadni piezo element z malo drugačno in boljšo karakteristiko ali pa kot vibracijski generator.

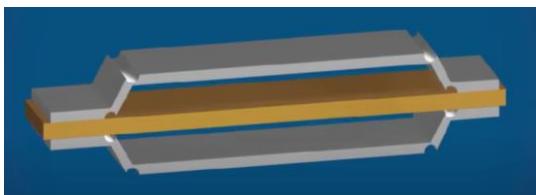
4.6. Princip delovanja:

Ob pritisku nanj vidimo, da se ustvari pozitivna napetost neglede na kateri strani ga pritisnemo, saj deluje na principu raztezanja piezo elementa. To omogoča lepše delovanje z manj šumi.

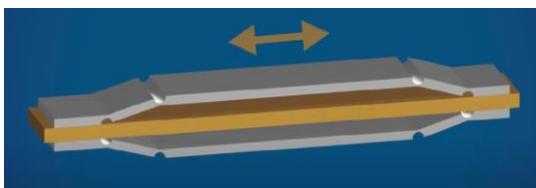


Slika 18: princip delovanja

Deluje na že prej omenjen način kar lahko vidimo na sliki:



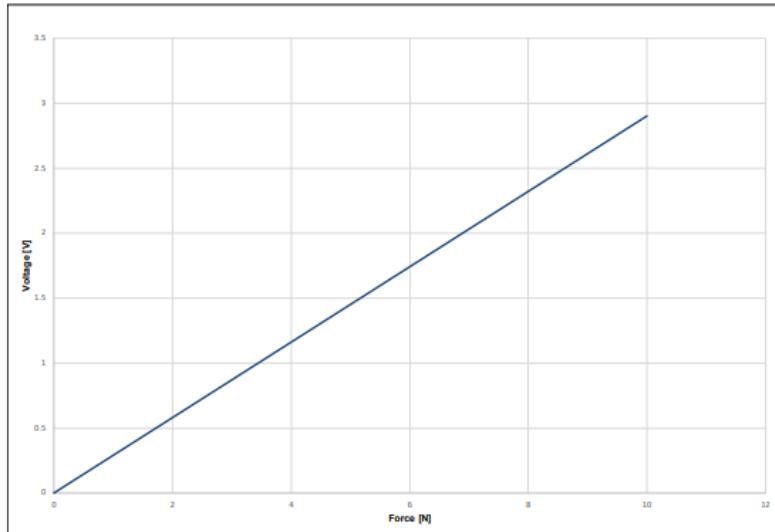
Slika 19: brez obremenitve



Slika 20: z obremenitvijo (naš pritisk)

4.7. Karakteristika:

Za razliko od drugih piezo elementov ima linearno karakteristiko in približno $0,33\text{V/N}$, kar je zelo uporabno za točno meritev sile pritiska.



Slika 21: linearna karakteristika

Ko ga priklopim na osciloskop vidim naslednje:

Vidim, da nam ob pritisku oddaja konstantno napetost katera nato pada, ko ga spustim. Deluje kot kakšen napolnjen kondenzator in mu napetost ne pada takoj ampak šele, ko ga razbremenim (Slika22).



Slika 22: oddana napetost 2,6V konstantno sekundo

Navadni piezo element nam odda le en impulz napetosti ob pritisku nanj ne glede na to ali smo nanj pritisnili le za nekaj ms ali pa ga držali par sekund. Ta piezo element pa nam oddaja ob njegovem pritisku konstantno napetost to pomeni, da tudi, če bi ga držali npr. 20s nam bi 20s oddal konstantno napetost v velikosti glede na njegovo karakteristiko in ne bi iz njega dobili le pulz napetosti, tako kot pri navadnem piezo elementu.

Moj pritisk je bil dolg približno 0,5s in vidimo, da je ob pritisku nanj konstantna napetost približno 1V nakar počasi pade, ko ga spustimo (Slika23).



Slika 23: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 534ms

Pri tem piezo elementu lahko izračunam točno s kakšno silo smo ga pritisnili, kar pri drugih navadnih piezo senzorjih ne moram izmeriti in izračunati. Pri tem pa lahko izračunam silo s katero smo ga pritisnili s pomočjo njegove karakteristike, ki nam pove, da oddaja napetost približno 0,33V/N. Zato lahko iz našega premera izračunam, da smo pritisnili piezo element s silo približno 3N po izračunu, da delimo celotno konstantno napetost pri nas približno 1V z 0,33V/N in dobimo 3N.

5 IZDELAVA SENZORJEV:

Odločili smo se, da bomo s pomočjo piezo elementov izdelali več različnih senzorjev različnih velikosti.

5.1. Izdelava kalupa:

Najprej smo izdelali kalup v katerega smo nato odlili gumijasto zalivno maso. Najprej smo kalup narisali v CorelCad programu nato pa ga izrezali na CNC stroj.



Slika 24: CNC stroj

5.2. Izdelan kalup:

Tako izgleda izdelan kalup iz plastike (koterm).



Slika 25: izdelan kalup

Ko smo kalup izdelali smo vanj nalili gumijasto zalivno maso, ki bo služila kot ohišje za senzorje.



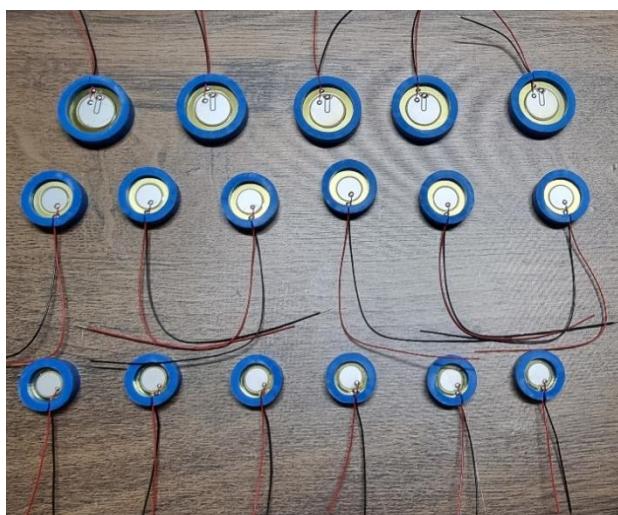
Slika 26: nalita guma v kalupu

Ko se je masa strdila so ohišja zgledala tako:



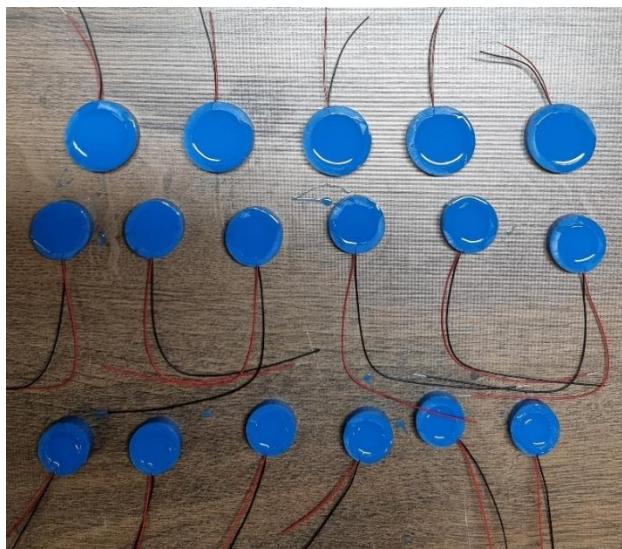
Slika 27: izdelana ohišja

Potem smo v ohišja namestil piezo elemente:



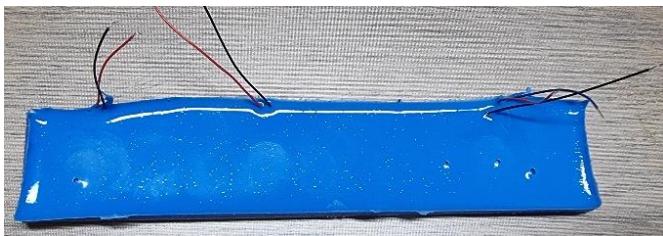
Slika 28: ohišja z nameščenimi piezo elementi

Na koncu pa smo jih še enkrat z vrha zalili z gumijasto zalivno maso, da so postali vodotesni in zaliti na obeh straneh. Ko se je zalivna masa strdila so senzorji izgledali tako:

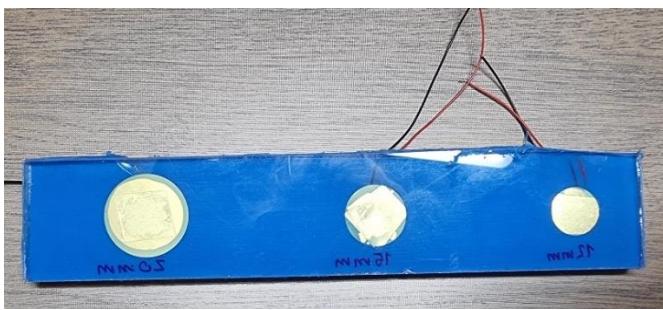


Slika 29: končani piezo senzorji

Izdelal pa smo še prototipne senzorje, ki smo jih zalepili na kos pleksi stekla in samo povrhu nalil 2mm debelo plast zalivne mase:



Slika 30: piezo elementi na pleksi steklu



Slika 31: piezo elementi na pleksi steklu

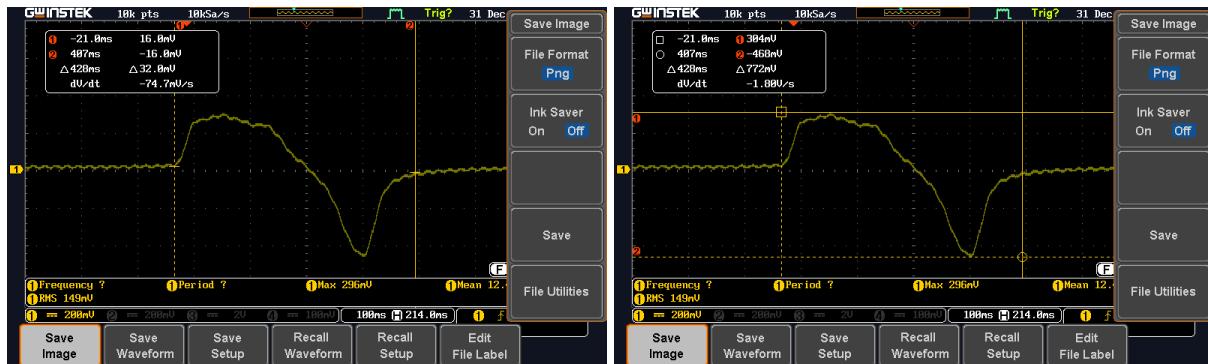
6 NOVE MERITVE Z OSCILOSKOPOM:

Ko smo izdelali naslednje senzorje, smo še enkrat izvedli meritve z osciloskopom. Zato, da bomo primerjali razliko med piezo elementi brez ohišja in piezo elementi, ki smo jih zalili v gumijasto ohišje.

6.1. Meritve za senzor na pleksi steklu (velikost 12mm):



6.2. Meritve za senzor na pleksi steklu (velikost 15mm):



Slika 36: dolžina celotnega signal 428ms

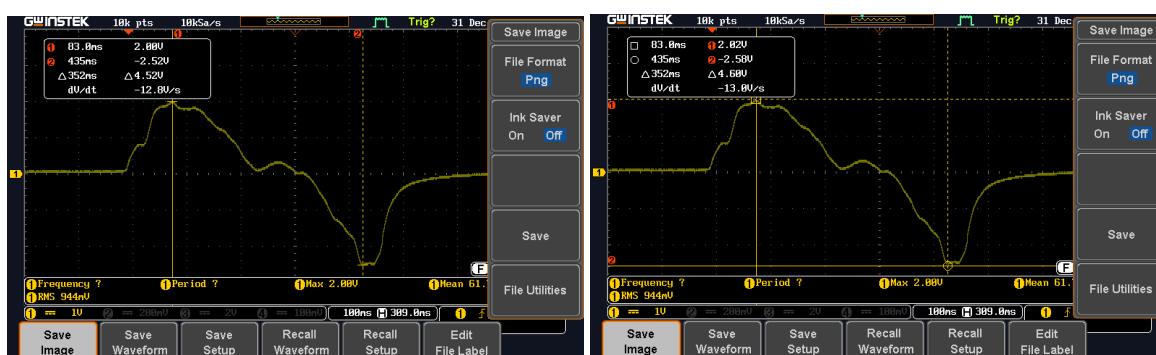
Slika 37: oddana napetost 7,72V



Slika 38: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 247ms

Slika 39: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 247ms

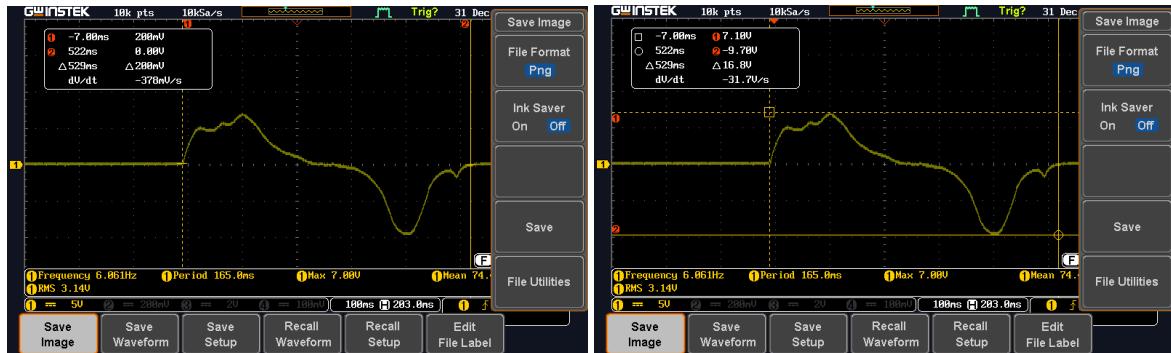
6.3. Meritve za senzor na pleksi steklu (velikost 20mm):



6.4. Meritve za senzor v ohišju (velikost 12mm):

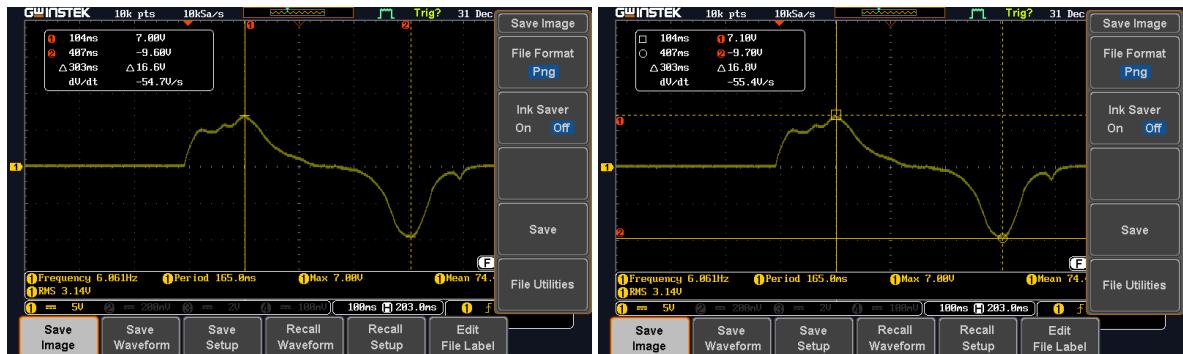


6.5. Meritve za senzor v ohišju (velikost 15mm):



Slika 48: dolžina celotnega signala 529ms

Slika 49: celotna oddana napetost 16,8V



Slika 50: dolžina signala od najvišje do najnižje točke 303ms

Slika 51: celotna oddana napetost 16,8V

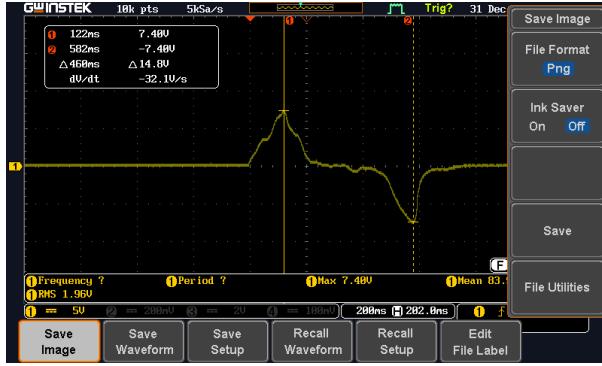
6.6. Meritve za senzor v ohišju (velikost 20mm):



Slika 52: dolžina celotnega signala 720ms



Slika 53: dolžina celotnega signala 720ms



Slika 54: celotna oddana napetost 14,8V

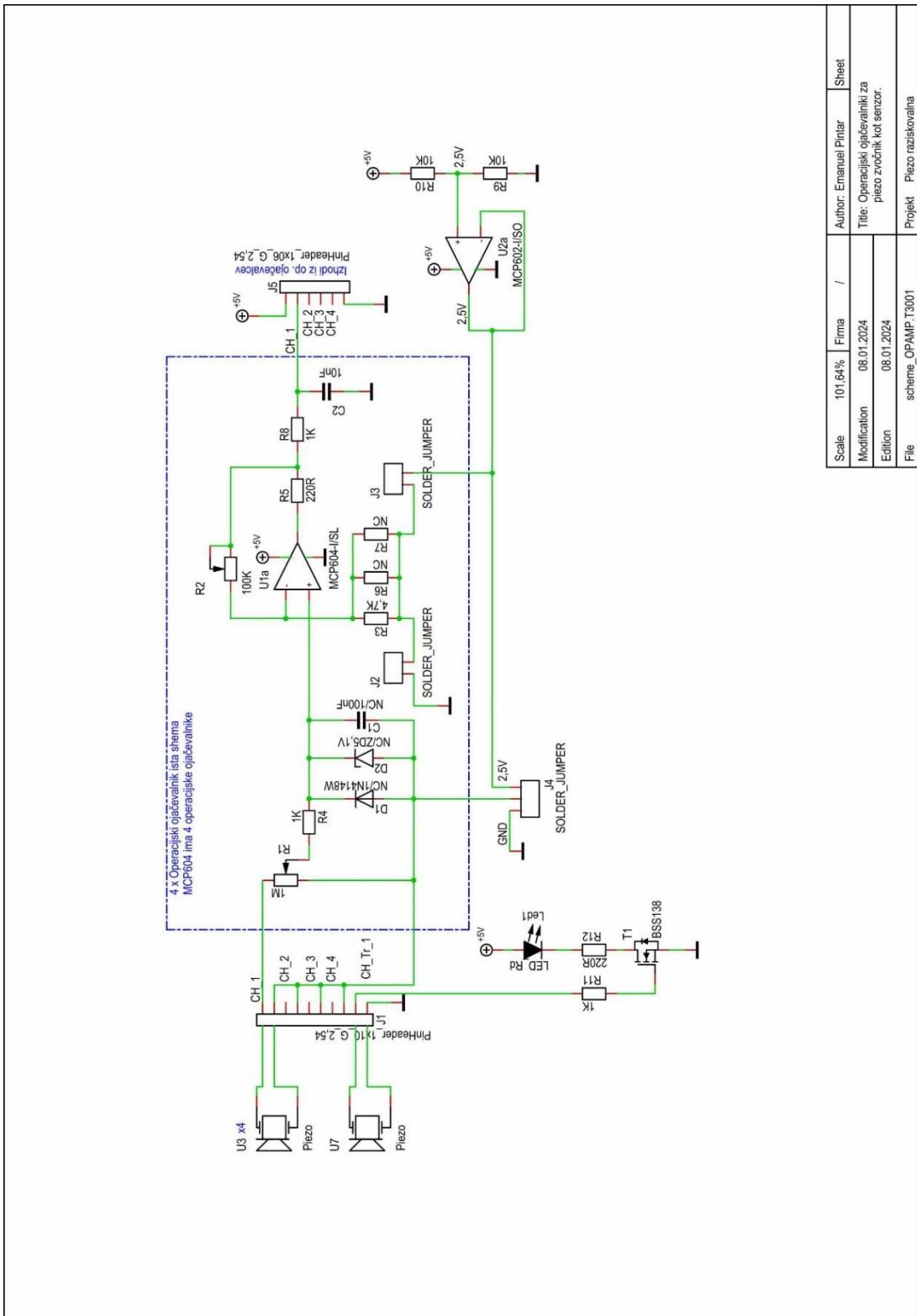


Slika 55: celotna oddana napetost 14,8V

Ko smo senzorje zalili v gumijasto maso in jim nato še enkrat izmerili signale s pomočjo osciloskopa ugotovimo, da je to povzročilo veliko spremembo v meritvah, saj je pri skoraj vseh meritvah bilo drastično manj šumov in smo dobili dosti lepše signale iz piezo senzorjev kot prej, ko niso bili zaliti v gume. Po opravljenih meritvah smo se odločili, da bomo za izdelavo senzorskega panela uporabili senzorje srednjih velikosti, ki smo jih izdelali, saj so njihovi signali imeli najlepšo obliko z najmanj šumi. Še pred tem pa smo se odločili izdelati elektroniko operacijskega ojačevalca, kateri nam bo signale prilagodil, da jih bomo lahko brali s pomočjo mikrokrmilnika.

7 IZDELAVA ELEKTRONSKEGA VEZJA OPERACIJSKI OJAČEVALNIK (OPAMP = OPERATION AMPLIFIER):

Najprej smo narisali shemo v programu target3001:

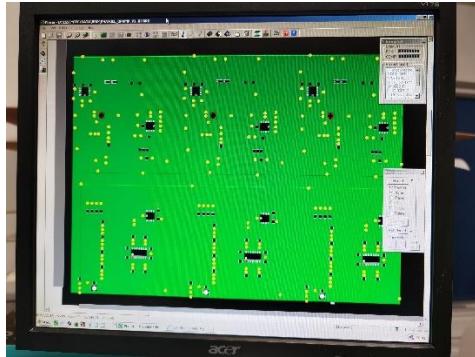


Slika 56: shema elektronskega vezja

Nato smo dali izdelati tiskana vezja, na katera smo nato s pomočjo pick and place robota nanje položil vse komponente.

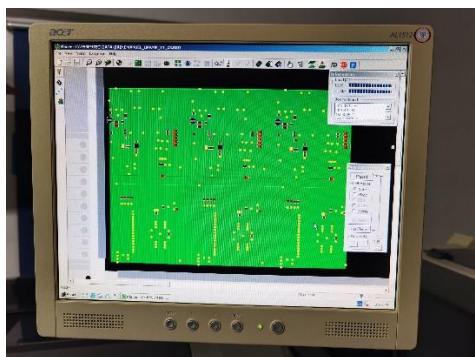
Najprej smo nastavili program na enem robotu, nato pa še na drugem, saj ni bilo vseh komponent, ki smo jih potrebovali na enem robotu.

Robot 1:



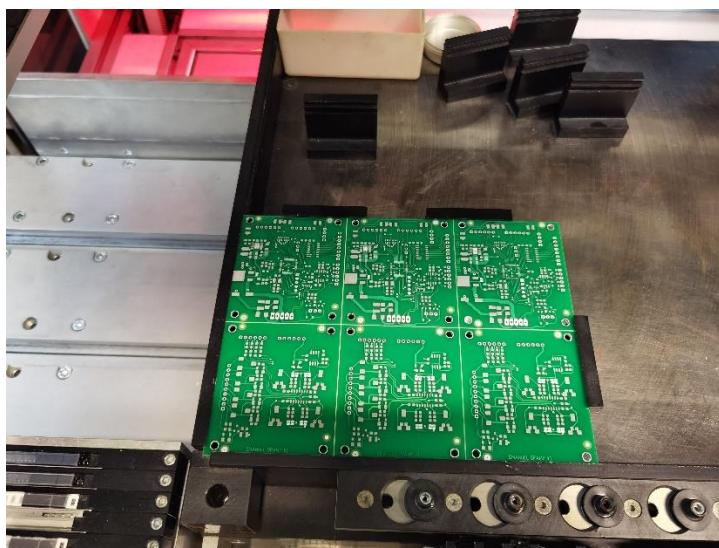
Slika 57: program na robotu 1

Robot 2:



Slika 58: program na robotu 2

Nato smo tiskana vezja z vnaprej premazano spajko pritrdili v robota:



Slika 59: tiskana vezja v robotu

Nato je robot položil na tiskana vezja vse komponente, ki so bile na enem robotu nato pa smo elektroniko prestavil v drugega robota in postopek ponovil, da je drugi robot položil še manjkajoče komponente:



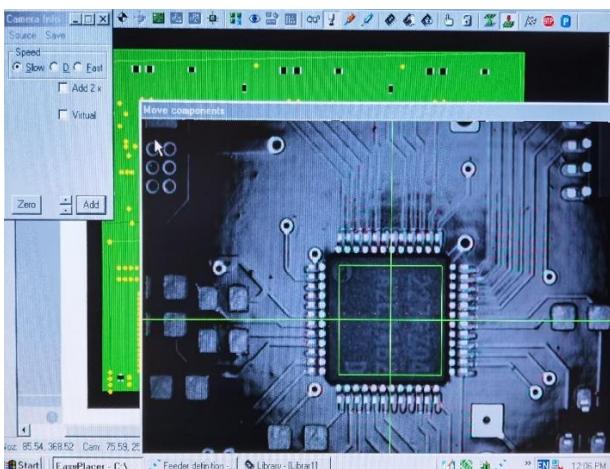
Slika 60: komponente ki jih položi robot 1

Ko so na tiskana vezja položene vse komponente pa izgledajo tako:



Slika 61: dokončno položena tiskana vezja

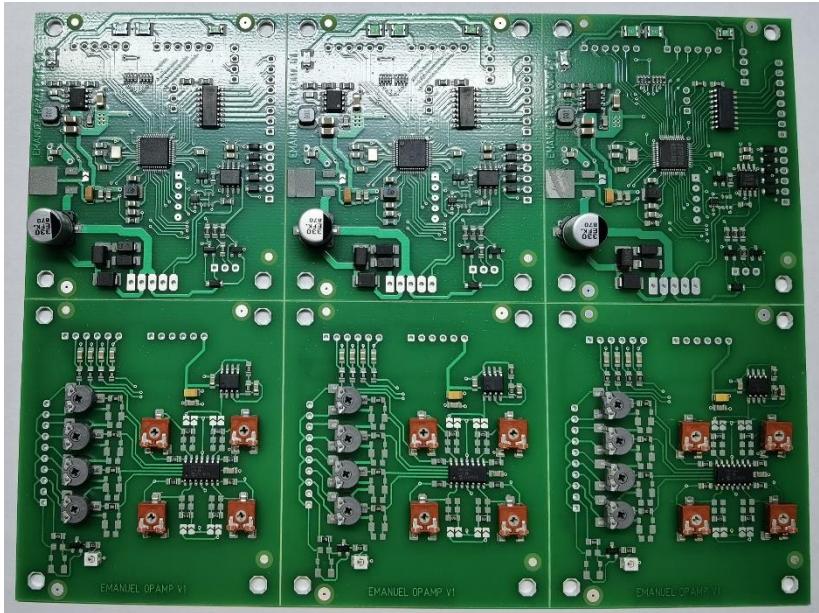
Na koncu pa lahko z vgrajeno kamero na robotu še preverimo kako natančno je položil vse komponente najlepše pa se to vidi pri procesorju:



Slika 62: kamera na robotu

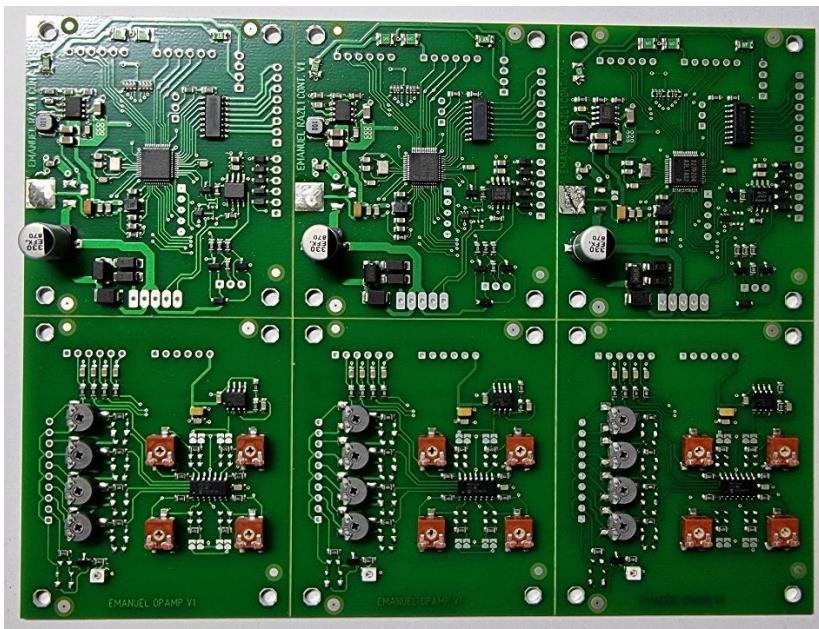
Ko sta robota končala z delom, pa smo dodal še ročno komponente, kot so trimerji, ki jih robota nista položila. Elektronske komponente smo nato spajkali v posebni pečici, kjer se spajka stopi in se komponente spojijo na tiskano vezje.

Izgled položene elektronike pred spajkanjem:



Slika 63: elektronska vezja z vsemi komponentami

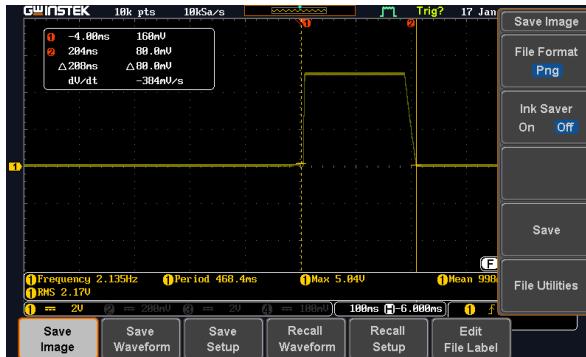
Končane elektronike pa izgledajo tako:



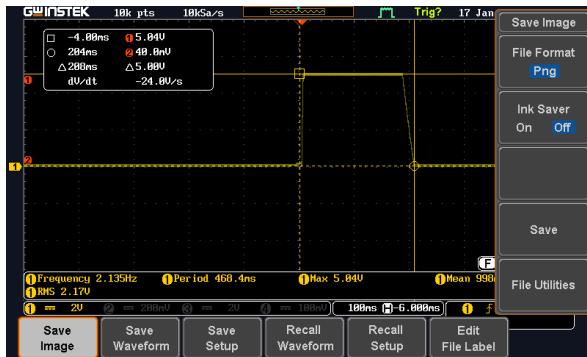
Slika 64: končane elektronike

8 PIEZO SENZORJI PRIKLJUČENI NA ELEKTRONSKO VEZJE OPERACIJSKEGA OJAČEVALNIKA:

8.1. Piezo senzor velikosti 12mm:



Slika 65: prekoračitev napetosti



Slika 66: prekoračitev napetosti



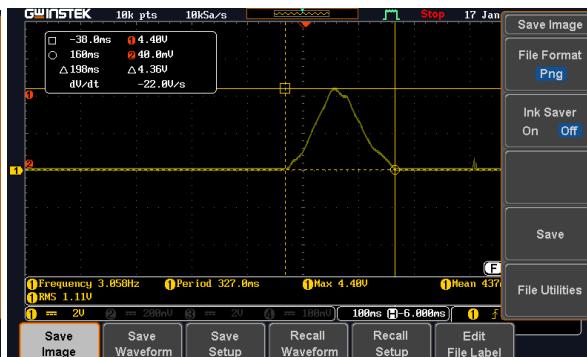
Slika 67: referenčna vrednost napetosti 2,5V



Slika 68: referenčna vrednost napetosti 2,5V



Slika 69: brez ojačanja, čas 198ms



Slika 70: brez ojačanja, oddana napetost 4,36V

8.2. Piezo senzor velikosti 15mm:



Slika 71: prekoračitev napetosti



Slika 72: prekoračitev napetosti



Slika 73: referenčna vrednost napetosti 2,5V



Slika 74: referenčna vrednost napetosti 2,5V



Slika 75: brez ojačanja, čas 181ms



Slika 76: brez ojačanja, oddana napetost 2,96V

8.3. Piezo element 20mm:



Slika 77: prekoračitev napetosti



Slika 78: prekoračitev napetosti



Slika 79: referenčna vrednost napetosti 2,5V



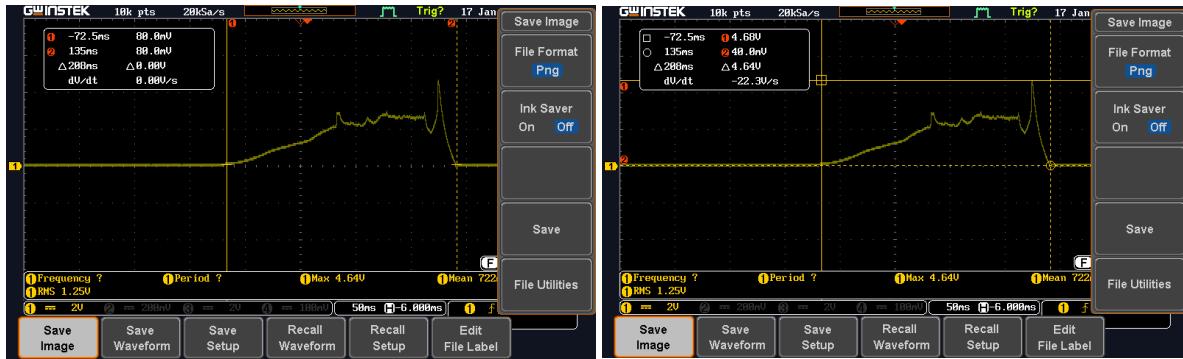
Slika 80: referenčna vrednost napetosti 2,5V



Slika 81: brez ojačenja, čas 216ms



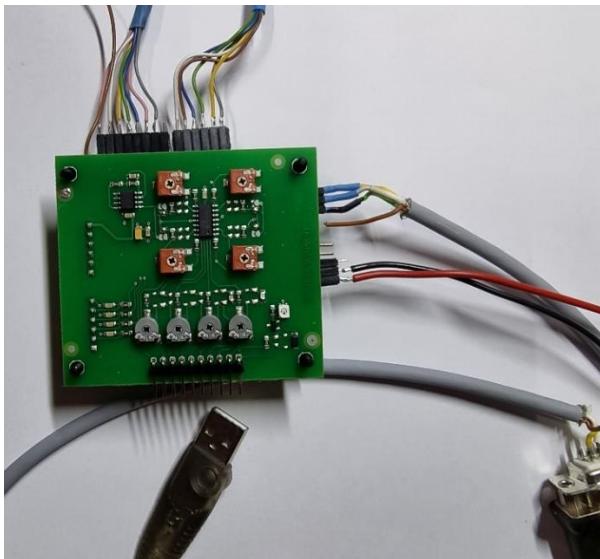
Slika 82: brez ojačenja, oddana napetost 3,20V



9 KONČANO ELEKTRONSKO VEZJE OPERACIJSKEGA OJAČEVALNIKA (OPAMP = OPERATION AMPLIFIER):

Ko smo elektronska vezja končali, smo nanje še pri spajkali večje konektorje, ter jih pri vijačili skupaj. Na vhode smo priklopili tipke, na izhode pa LED luči. Priključil smo še kabel za komunikacijo z računalnikom, ter napajalni kabel in štiri piezo senzorje.

Izdelana elektronika izgleda tako:

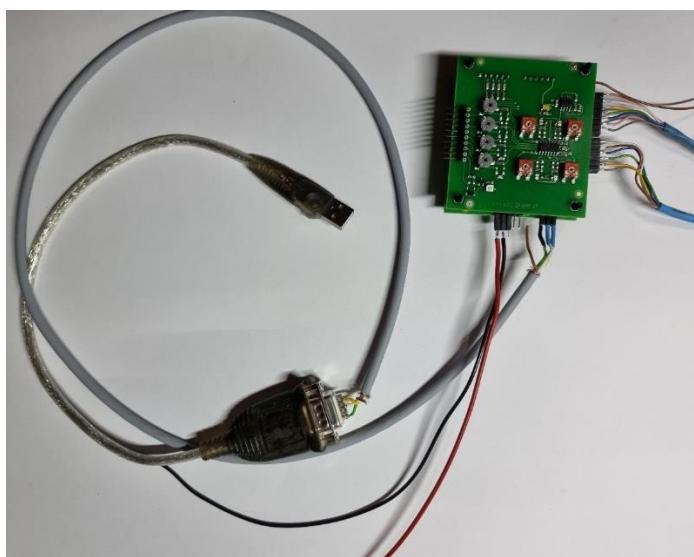


Slika 87: končano elektronsko vezje

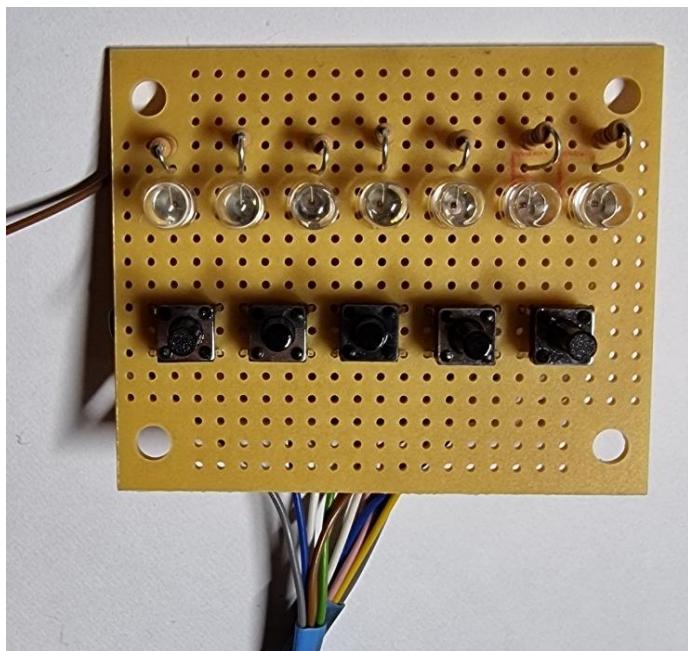


Slika 88: pogled s strani

Tako pa izgleda povezava na elektroniko ter led luči s tipkami:



Slika 89: vezava vseh elementov



Slika 90: led luči s stikali

10 TABELE MERITEV:

10.1. Piezo elementi brez ohišja:

Velikost piezo elementa	Čas meritve	Oddana napetost
12mm	15,5ms	31,4V
15mm	152ms	16,6V
20mm	365ms	48,8V
Powerhup-1919	1000ms	2,6V

Tabela 1: brez ohišja

10.2. Piezo elementi na pleksi steklu:

Velikost piezo elementa	Čas meritve	Oddana napetost
12mm	409ms	9,52V
15mm	428ms	7,72V
20mm	608ms	46,8V

Tabela 2: na pleksi steklu

10.3. Piezo senzorji:

Velikost piezo elementa	Čas meritve	Oddana napetost
12mm	472ms	3,38V
15mm	592ms	16,8V
20mm	720ms	14,8V

Tabela 3: izdelani senzorji

10.4. Piezo senzorji priključeni na operacijski ojačevalnik:

Velikost piezo elementa	Čas meritve	Oddana napetost
12mm	198ms	4,36V
15mm	181ms	2,96V
20mm	216ms	3,20V
20mm + kondenzator 1nF	280ms	4,64V
20mm + kondenzator 470pF	166ms	4,96V

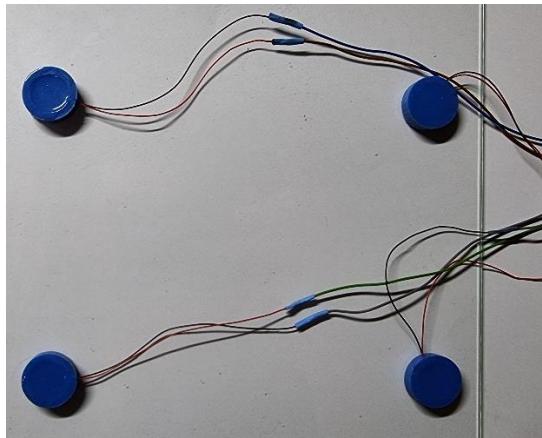
Tabela 4: senzorji priključeni na OPAMP

10.5. Izdelava senzorskega panela:

Izdelan je iz steklene spodnje površine, štirih piezo senzorjev in zgornje aluminijaste plošče. Vsak od piezo senzorjev pa je nato povezan na svoj kanal na elektroniki.



Slika 91: prototip senzorskega panela



Slika 92: spodnji del senzorskega panela

Pogled s strani:

- Aluminijasta plošča
- Piezo senzorji
- Steklo

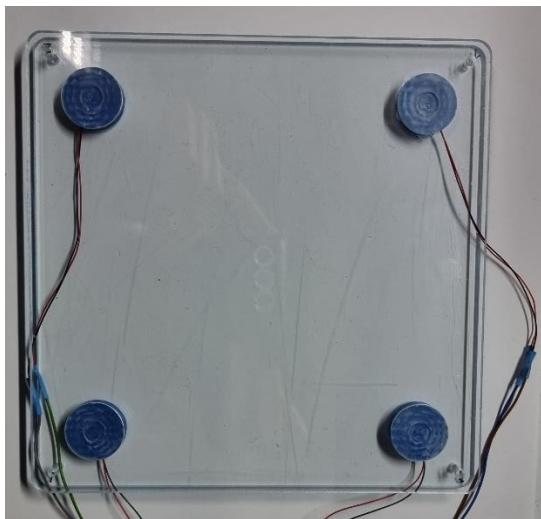


Slika 93: pogled s strani

To je samo prototip, pri katerem smo preizkusil delovanje svojega programa in potrdil svojo hipotezo da je možno izdelati senzor iz piezo elementa. Na senzorskem panelu je devet tipk, ki jih ustvarimo s pomočjo le štirih piezo senzorjev. Dizajn smo še izpopolnil in izdelal zgornji ter spodnji del panela iz pleksi stekla in ju nato privijačil skupaj s piezo senzorji na sredini, da je panel fiksen.

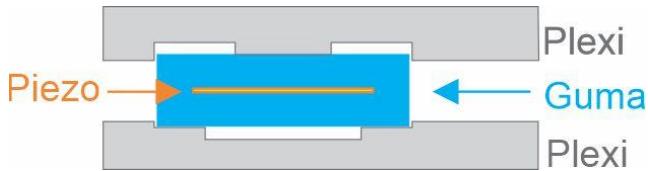
11 KONČAN IN IZPOPOLNJEN SENZORSKI PANEL:

Sedaj smo izpopolnili senzorski panel da deluje še bolje. Izdelali smo dve površine z vdolbinami za vsak piezo senzor in luknjami za vijake. Vse skupaj smo pri vijačili in tako naredili panel bolj robusten delovanje pa je boljše zaradi tega, ker so sedaj senzorji fiksno pritrjeni med obe plošče prej pa so se premikali in niso oddajali lepih signalov.

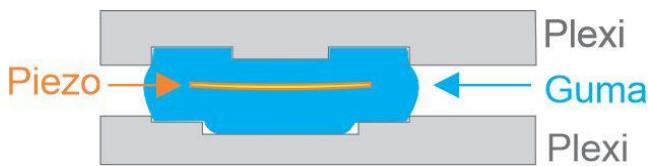


Slika 94: končan senzorski panel

Tukaj pa je še shema delovanja senzorskega panela z izpopolnjenim dizajnom:



Slika 95: ne obremenjen



Slika 96: obremenjen (naš pritisk)

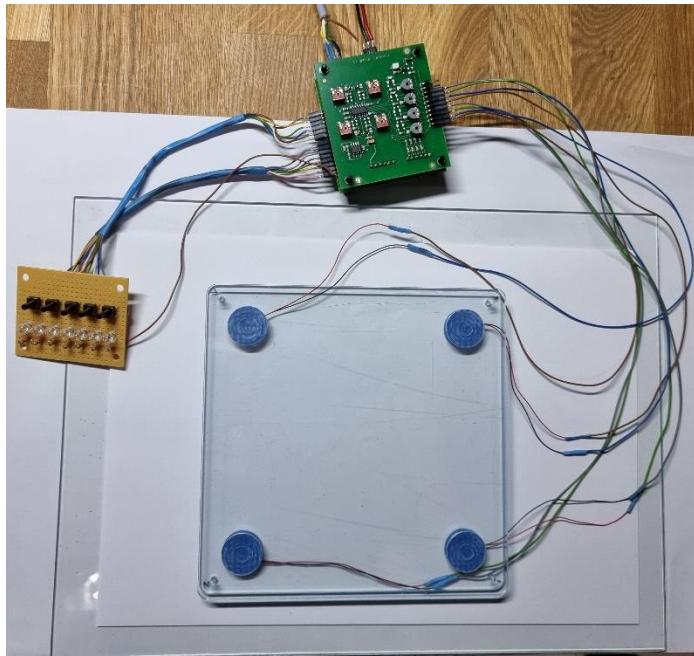
Pogled s strani:

- pleksi steklo
- piezo senzorji
- pleksi steklo



Slika 97: pogled s strani

Tukaj pa je še končan senzorski panel priklopljen na elektroniko ter na led luči ki jih z njim lahko krmilimo:



Slika 98: povezava vseh elementov

12 PROGRAM ZA KRMILJENJE ELEKTRONIKE:

Najprej bi omenil, da programiram ciklično ozziroma s pomočjo 1ms intervalom cikla (1ms tick timer). Se pravi vsi podprogrami se izvedejo in čakajo naslednji cikel. Se pravi, da naš podprogram kličemo vsako 1ms, kar nam omogoča točne čase na 1ms ter dodajanje in odstranjevanje pod programov.

Program deluje tako, da za vsak piezo senzor posebej izračuna AD vrh kar pomeni kolikšen je bil najvišji signal ob pritisku. Zato lahko vemo, da če je npr. AD vrh 1 (za piezo senzor 1), večji od npr. 1000 in AD vrh 2, 3 in 4 približno nič, da smo panel pritisnili na prvi tipki. Tako lahko sklepamo tudi za druge senzorje. Zato lahko potem s pomočjo matematike določimo še ostalih pet tipk. Saj če je vrednosti npr. AD vrh 1 in AD vrh 3 približno enaka okoli 500 vemo, da smo pritisnili približno na sredini obeh senzorjev, kar pomeni tipka 2 in tako določimo še vse ostale tipke v krogu. Sredinska tipka pa vemo, da je pritisnjena, ko so vsi AD vrhi približno enaki okoli 1000.

Tem podprogramom smo dodal še števce, ki mi štejejo kako dolgo je bil signal nad referenčno vrednostjo. Ob padcu pod referenčno vrednost pa prepišemo to vrednost števca v rezultat meritve časa. Imamo 4 senzorje zato 4 spremenljivke st_cas[4] in 4 rezultate cas_meritve_1, cas_meritve_2, cas_meritve_3, cas_meritve_4. Čas štejemo npr. z st_cas[0]++, kar pomeni +1 vsako 1ms. V rezultat vpišemo pod referenčno vrednostjo cas_meritve_1=st_cas[0] in nato še zbrisemo števec st_cas[0]=0.

Začetni program in klicanje pod programov v ciklih 1ms.

12.1. Nastavitev tick timer na 1ms:

```
/*
 *----- USART0 open comm
 *----- USART2_set();
 */
//----- SysTick_Config(48000); //1ms tick timer, ker uc dela na 48MHz
AD_set(); //podprtje AD_prg
DFF_Reg=0;
/*-----*/
```

Slika 99: tick timer

12.2. Ciklično klicanje pod programov:

```
*****//
// R_AGT_Open(&g_timer0_ctrl, &g_timer0_cfg); //40us interrupt
// R_AGT_Start(&g_timer0_ctrl);

*****//
Start:
    if (RA_DFF_Reg & RA_DFF_Sys_cycle)
    {
        RA_DFF_Reg=~RA_DFF_Sys_cycle;
        AD_Scan_All();

        Set_Outputs();
    }
    goto Start;

*****//
SysTick_Handler
void SysTick_Handler (void)
{
    RA_DFF_Reg=RA_DFF_Reg | RA_DFF_Sys_cycle;
}
```

Slika 100: klicanje pod programov

12.3. Program za AD_vrh_1:

```
/*-----  
 prog_AD_ref_1  
-----  
  
void prog_AD_ref_1 (void)  
{  
    if(AN0_AD1 > 500)  
    {  
        // SET_BIT(Out_reg,Out_2_F);  
        SET_BIT(DF1_reg,DF1_AD1_preko_500_F);  
        st_cas[0]++;  
        if(AN0_AD1 > AD_vrh_tren_1)  
        {  
            AD_vrh_tren_1=AN0_AD1;  
        }  
        AD_vrh_1=0;  
    }  
    else  
    {  
        if(DF1_reg & DF1_AD1_preko_500_F)  
        {  
            cas_meritve_1=st_cas[0];  
            st_cas[0]=0;  
            AD_vrh_1=AD_vrh_tren_1;  
            AD_vrh_tren_1=0;  
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_AD1_preko_500_F);  
            SET_BIT(DF1_reg,DF1_oddaj_AD1_F);  
        }  
    }  
}
```

Slika 101: Program za AD_vrh_1

12.4. Program za AD_vrh_2:

```
/*-----  
 prog_AD_ref_2  
-----  
  
void prog_AD_ref_2 (void)  
{  
    if(AN0_AD2 > 500)  
    {  
        // SET_BIT(Out_reg,Out_2_F);  
        SET_BIT(DF1_reg,DF1_AD2_preko_500_F);  
        st_cas[1]++;  
        if(AN0_AD2 > AD_vrh_tren_2)  
        {  
            AD_vrh_tren_2=AN0_AD2;  
        }  
        AD_vrh_2=0;  
    }  
    else  
    {  
        if(DF1_reg & DF1_AD2_preko_500_F)  
        {  
            cas_meritve_2=st_cas[1];  
            st_cas[1]=0;  
            AD_vrh_2=AD_vrh_tren_2;  
            AD_vrh_tren_2=0;  
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_AD2_preko_500_F);  
            SET_BIT(DF1_reg,DF1_oddaj_AD2_F);  
        }  
    }  
}
```

Slika 102: Program za AD_vrh_2

12.5. Program za AD_vrh_3:

```
/*-----  
 prog_AD_ref_3  
-----  
  
void prog_AD_ref_3 (void)  
{  
    if(AN0_AD3 > 500)  
    {  
        //      SET_BIT(Out_reg,Out_2_F);  
        SET_BIT(DF1_reg,DF1_AD3_preko_500_F);  
        st_cas[2]++;  
        if(AN0_AD3 > AD_vrh_tren_3)  
        {  
            AD_vrh_tren_3=AN0_AD3;  
        }  
        AD_vrh_3=0;  
    }  
    else  
    {  
        if(DF1_reg & DF1_AD3_preko_500_F)  
        {  
            cas_meritve_3=st_cas[2];  
            st_cas[2]=0;  
            AD_vrh_3=AD_vrh_tren_3;  
            AD_vrh_tren_3=0;  
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_AD3_preko_500_F);  
            SET_BIT(DF1_reg,DF1_odadj_Ad3_F);  
        }  
    }  
}
```

Slika 103: Program za AD_vrh_3

12.6. Program za AD_vrh_4:

```
/*-----  
 prog_AD_ref_4  
-----  
  
void prog_AD_ref_4 (void)  
{  
    if(AN0_AD4 > 500)  
    {  
        //      SET_BIT(Out_reg,Out_2_F);  
        SET_BIT(DF1_reg,DF1_AD4_preko_500_F);  
        st_cas[3]++;  
        if(AN0_AD4 > AD_vrh_tren_4)  
        {  
            AD_vrh_tren_4=AN0_AD4;  
        }  
        AD_vrh_4=0;  
    }  
    else  
    {  
        if(DF1_reg & DF1_AD4_preko_500_F)  
        {  
            cas_meritve_4=st_cas[3];  
            st_cas[3]=0;  
            AD_vrh_4=AD_vrh_tren_4;  
            AD_vrh_tren_4=0;  
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_AD4_preko_500_F);  
            SET_BIT(DF1_reg,DF1_odadj_Ad4_F);  
        }  
    }  
}
```

Slika 104: Program za AD_vrh_4

12.7. Program za krmiljenje LED luči s pomočjo senzorskega panela:

Program mi na osnovi prebranih AD-jev in prej opisanega postopka prižiga in ugaša LED luči s pomočjo senzorskega panela.

```
/*
 *-----*
 *-----* program za vse 4 piezo
 *-----*
 *-----*
 void Vsi_4_piezo (void)
{
    /*get*/
    if((AD_vrh_1 > 2500) & (AD_vrh_2 < 1000) &
       (AD_vrh_3 < 1000) & (AD_vrh_4 < 1000))
    {
        SET_BIT(Out_reg,Out_1_F);
    }

    if((AD_vrh_1 < 1000) & (AD_vrh_2 > 1500) &
       (AD_vrh_3 < 1000) & (AD_vrh_4 < 1000))
    {
        SET_BIT(Out_reg,Out_2_F);
    }

    if((AD_vrh_1 < 1000) & (AD_vrh_2 < 1000) &
       (AD_vrh_3 > 1500) & (AD_vrh_4 < 1000))
    {
        SET_BIT(Out_reg,Out_3_F);
    }

    if((AD_vrh_1 < 1000) & (AD_vrh_2 < 1000) &
       (AD_vrh_3 < 1000) & (AD_vrh_4 > 3000))
    {
        SET_BIT(Out_reg,Out_4_F);
    }
    /*-----*
     *-----* reset*/
    /*-----*
     *-----* 1 in 2*/
    if((AD_vrh_1 > 1000) & (AD_vrh_2 > 500) &
       (AD_vrh_3 < 1000) & (AD_vrh_4 < 1000))
    {
        CLEAR_BIT(Out_reg,Out_1_F);
    }

    /*-----*
     *-----* 1 in 3*/
    if((AD_vrh_1 > 1000) & (AD_vrh_2 < 1000) &
       (AD_vrh_3 > 1000) & (AD_vrh_4 < 1000))
    {
        CLEAR_BIT(Out_reg,Out_2_F);
    }

    /*-----*
     *-----* 3 in 4*/
    if((AD_vrh_1 < 1000) & (AD_vrh_2 < 1000) &
       (AD_vrh_3 > 1000) & (AD_vrh_4 > 500))
    {
        CLEAR_BIT(Out_reg,Out_3_F);
    }

    /*-----*
     *-----* 2 in 4*/
    if((AD_vrh_1 < 1000) & (AD_vrh_2 > 1000) &
       (AD_vrh_3 < 1000) & (AD_vrh_4 > 1000))
    {
        CLEAR_BIT(Out_reg,Out_4_F);
    }
    /*-----*
     *-----* /vsi*/
    /*-----*
     *-----* if((AD_vrh_1 > 1000) && (AD_vrh_2 > 1000) &&
     *-----* (AD_vrh_3 > 1000) && (AD_vrh_4 > 1000))
     *-----*
     *-----* {
     *-----*     SET_BIT(Out_reg,Out_1_F);
     *-----*     SET_BIT(Out_reg,Out_2_F);
     *-----*     SET_BIT(Out_reg,Out_3_F);
     *-----*     SET_BIT(Out_reg,Out_4_F);
     *-----*
     *-----*     if(!(DF1_reg & DF1_lucke_F))
     *-----*     {
     *-----*         SET_BIT(Out_reg,Out_5_F);
     *-----*         SET_BIT(Out_reg,Out_6_F);
     *-----*         SET_BIT(Out_reg,Out_7_F);
     *-----*
     *-----*         st_tipka++;
     *-----*         SET_BIT(DF1_reg,DF1_lucke_F);
     *-----*
     *-----*     }
     *-----*     else if(DF1_reg & DF1_lucke_F)
     *-----*     {
     *-----*         if (Out_reg & Out_5_F)
     *-----*         {
     *-----*             CLEAR_BIT(Out_reg,Out_5_F);
     *-----*             CLEAR_BIT(Out_reg,Out_6_F);
     *-----*             CLEAR_BIT(Out_reg,Out_7_F);
     *-----*         }
     *-----*         else
     *-----*         {
     *-----*             SET_BIT(Out_reg,Out_5_F);
     *-----*             SET_BIT(Out_reg,Out_6_F);
     *-----*             SET_BIT(Out_reg,Out_7_F);
     *-----*         }
     *-----*         CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_lucke_F);
     *-----*
     *-----*
```

Slika 105: krmiljenje led luči s senzorskim panelom

12.8. Program za prikazovanje AD-jev in časa meritve (kako dolg je bil signal od piezo senzorja), na računalniškem terminalu:

Za oddajanje na terminal PC računalnika smo uporabil že narejen pod program oziroma objekt, ki ga samo kličemo in on sam poskrbi za oddajo na UART oziroma RS232 vmesnik, ki je priključen na osebni računalnik. Uporabili smo ukaz *sprintf* za vpis teksta v Text_mem, ki ga uporabimo kot spomin za tekst. Nato pokličemo podprogram **Send_Comm_CTRL_LF** v katerega vstavimo najprej iz katerega spomina mi naj pošlje znake in nato koliko znakov, kot tretji podatek podamo spremenljivko, ki je 16 bitno število, kot četrto pa 0 ali 1, kar pomeni, če je 1, da odda CR+LF (chr 13+ chr 10) in če 0 ne odda CR+LF.

```
/*
----- Oddaj_meritve_tab -----
void Oddaj_meritve_tab (void)
{
    if((DF1_reg & DF1_oppdaj1_A01_F) || (DF1_reg & DF1_oppdaj1_A02_F) ||
       (DF1_reg & DF1_oppdaj1_A03_F) || (DF1_reg & DF1_oppdaj1_A04_F))
    {
        //prvi kanal
        st_pavza_oppdaj++;
        if(st_pavza_oppdaj == 200)
        {
            sprintf(&Text_mem[0], "AD1_Vrh=      ");
            Send_Comm_CTRL_LF(&Text_mem[0], 8, AD_vrh_1, 0);
        }
        if(st_pavza_oppdaj == 250)
        {
            sprintf(&Text_mem[0], "AD1_cas=      ");
            Send_Comm_CTRL_LF(&Text_mem[0], 8, cas_meritve_1, 1);
            //CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_oppdaj1_A01_F);
        }

        //drugi kanal
        if(st_pavza_oppdaj == 300)
        {
            sprintf(&Text_mem[0], "AD2_Vrh=      ");
            Send_Comm_CTRL_LF(&Text_mem[0], 8, AD_vrh_2, 0);
        }
        if(st_pavza_oppdaj == 350)
        {
            sprintf(&Text_mem[0], "AD2_cas=      ");
            Send_Comm_CTRL_LF(&Text_mem[0], 8, cas_meritve_2, 1);
            //CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_oppdaj1_A02_F);
        }

        //tretji kanal
        if(st_pavza_oppdaj == 500)
        {
            sprintf(&Text_mem[0], "AD4_Vrh=      ");
            Send_Comm_CTRL_LF(&Text_mem[0], 8, AD_vrh_4, 0);
        }
        if(st_pavza_oppdaj == 550)
        {
            sprintf(&Text_mem[0], "AD4_cas=      ");
            Send_Comm_CTRL_LF(&Text_mem[0], 8, cas_meritve_4, 1);
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_oppdaj1_A01_F);
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_oppdaj1_A02_F);
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_oppdaj1_A03_F);
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_oppdaj1_A04_F);
            SET_BIT(DF1_reg,DF1_oppdaj1_all_F);
        }
    }
    else
    {
        st_pavza_oppdaj=0;
    }
}
```

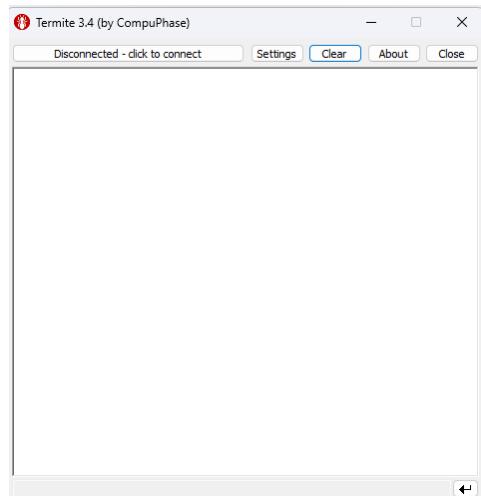
Slika 106: program za računalniški terminal

12.9. Program, ki izbriše meritve po končanem prikazu na terminalu:

```
/*
----- preveri max vrednost po kanalih in jo nato izbriše -----
*/
void klr_all_measure (void)
{
    if(DF1_reg & DF1_oddaj_all_F)
    {
        st_zak_clr++;
        if(st_zak_clr > 100)
        {
            AD_vrh_1=0;
            AD_vrh_2=0;
            AD_vrh_3=0;
            AD_vrh_4=0;
            cas_meritve_1=0;
            cas_meritve_2=0;
            cas_meritve_3=0;
            cas_meritve_4=0;
            CLEAR_BIT(DF1_reg,DF1_oddaj_all_F);
        }
    else
    {
        st_zak_clr=0;
    }
}
```

Slika 107: brisanje meritov

12.10. Terminal, ki prikazuje vrednosti:



Slika 108: računalniški terminal

13 DRUŽBENA ODGOVORNOST:

S pomočjo lastnega znanja izdelati produkte, ki bodo cenovno primerljivi ali pa cenejši od konkurence in s tem pridobiti prednost pri izdelavi novih podobnih produktov za uporabnike. Z novimi spoznanji omogočiti razširitev te tehnologije kar bi pripomoglo k razvoju novih podobnih tehnologij in pozitivno vplivalo na gospodarstvo. V raziskovalni nalogi je bil uporabljen ves elektronski material, ki spada pod zeleno tehnologijo in je okolju prijazen, prav tako je bila uporabljena dvokomponentna gumijasta masa, ki prav tako spada pod okolju prijazne izdelke.

14 ZAKLJUČEK:

V zaključku bi radi povedali, da so bile naše raziskave uspešne saj smo spoznali marsikaj novega in potrdili obe naši hipotezi. In sicer potrdili smo hipotezo, da je mogoče izdelati piezo senzor doma iz piezo zvočnika, kar nam je uspelo in smo tudi dokazali. Dokazali smo tudi, da je z njimi nato mogoče izdelati nekaj uporabnega kar smo dokazali z izdelavo senzorskega panela.

Panel je izdelan s pomočjo štirih naših piezo senzorjev in ima na sebi devet delujočih tipk. Tipke delujejo s pomočjo mikro-krmilnika, ki bere signale iz naših senzorjev in nato na osnovi teh signalov določi, kje po x in y osi smo pritisnili na panel in na osnovi tega simulira pritisk na navidezne tipke na panelu.

Potrdili pa smo tudi, da je naš izdelek prav tako dober kot drugi, ki že obstajajo kljub temu, da je naš izdelek cenejši od drugih in smo veliko privarčevali. Namreč konkurenčni izdelki uporablja piezo profesionalne senzorje, ki so v cenovnem rangu 30,00€ mi pa uporabljamo piezote za okoli 0,4€, ki prav tako dobro delajo.

15 VIRI IN LITERATURA:

15.1. Spletni viri:

- Piezo element podatkovni list 2023.(18.9.2023). Dostopno na:
<https://www.murata.com/en-global/products/sound/library/basic>
- Piezo element podatkovni list 2023.(18.9.2023). Dostopno na:
<https://www.murata.com/en-global/products/sound/library/basic/soundtype>
- Piezo element podatkovni list 2023.(18.9.2023). Dostopno na:
<https://www.murata.com/en-global/products/sound/library/basic/mechanism>
- Piezo element podatkovni list 2023.(19.9.2023). Dostopno na:
<https://www.murata.com/en-global/products/sound/library/basic/piezotype>
- Piezo element podatkovni list 2023.(19.9.2023). Dostopno na:
<https://www.murata.com/en-eu/support/faqs/sound/diaphragm/pct/dp0001>
- Piezo element powerhup-1919 podatkovni list 2023.(21.9.2023). Dostopno na:
<https://www.tdk-electronics.tdk.com/en/2124786/products/product-catalog/switching-heating-piezo-components-buzzers-microphones/powerhap>
- Piezo element powerhup-1919 2023.(21.9.2023). Dostopno na:
<https://www.tdk-electronics.tdk.com/en/2124786/products/product-catalog/switching-heating-piezo-components-buzzers-microphones/powerhap>

15.2. Knjižni viri:

- Herbert Schildt, C fourth edition, 2018, Tenth Street Berkeley Californija ZDA, založba Osborne