

ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije



Raziskovalna naloga

SpineFLEX

Avtorja:

Luka Komplet, M-4. c

Žan Vengust, M-4. c

Mentorja:

Matjaž Cizej, univ. dipl. inž.

Miloš Bevc, univ. dipl. inž.

Celje, februar 2019

POVZETEK

Razviti svet se iz dneva v dan srečuje s problemom slabe drža. Današnje metode dela človeka nehote, a vztrajno silijo v napačno držo. Ta vpliva na delovanje, produktivnost in zdravje človeka. V zgodnji fazi se težava kaže le kot bolečina v hrbtu, sledijo pa lahko resnejše težave. Za reševanje tega problema smo se odločili raziskati problem in ga rešiti. Hoteli smo narediti napravo, ki človeka aktivno opozori, ko se dalj časa drži v napačnem položaju. Prav tako smo hoteli doseči, da je naprava neopazna v vsakdanjem življenju in je z nami ves čas budnosti. To je po naših ugotovitvah pomenilo, da imamo opraviti s tako imenovano nosljivo tehnologijo, ki je eden izmed najnovejših tehnoloških trendov.

ABSTRACT

The developed world is accounting a bad posture problem on a daily basis. Today's lifestyle pushes people into a bad posture with regular activities. It effects a persons productivity and effectiveness. The first sign of bad posture is back pain, but serious problems can develop soon. We wanted to research and solve this problem. Our goal was to develop a device that reminds you when you slouch. We wanted to achieve daily wear of the device, so it had to be integrated seamlessly. That meant that we were dealing with wearable technology, one of the latest trends in electronics.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	HIPOTEZE	2
2	METODOLOGIJA DELA	3
2.1	RAZISKAVA PROBLEMA IN OBSTOJEČIH REŠITEV	3
2.1.1	Kosmodisk	5
2.1.2	STEZNIK	6
2.1.3	Upright Go	7
2.2	SNOVANJE IDEJE	8
3	RAZVIJANJE TEHNOLOGIJE	10
3.1	ELEKTRODE	10
3.1.1	Priključitev	11
3.1.2	Delovanje elektrode	13
3.1.3	Zapleti	15
3.2	MERJENJE UKLONA HRBTA	16
3.2.1	Strain gauge	16
3.2.2	Gyro senzor	17
3.2.3	Implementacija gyro senzorja v napravo	17
3.2.4	Električno vezje gyro senzorjev	19
3.2.5	Programiranje	19
3.2.6	Določanje mejnega uklona	20
3.2.7	Delovanje programa	21
3.2.8	Varnostne funkcije	24
3.3	NAPAJANJE	25
3.3.7	Polnjenje	25
3.3.8	Delilnik napetosti	26
3.3.9	Čas trajanja baterije	28
3.3.10	Varnost pri polnjenju	31
3.3.11	Vodotesnost	31
3.4	AKTIVNI OPOMNIKI	32
3.4.7	Oblika motorjev	33
3.4.8	Karakteristika motorja	33
3.4.9	Priključitev	34
3.5	PROCESNA ENOTA	35

3.5.7	Arduino nano	35
3.5.8	Delovna napetost in priključitev	36
3.5.9	Programiranje	37
4	MINIMIZACIJA.....	39
4.2	PODROČJA MINIMIZACIJE.....	39
4.3	RABA PROSTORA - ZLAGANJE	40
4.4	NAČRTOVANJE MINIMIZACIJE	41
5	OVREDNOTENJE HIPOTEZ.....	42
6	ZAKLJUČEK.....	43
7	VIRI IN LITERATURA.....	44

KAZALO TABEL

Tabela 1: Koti pri pravilni in slabi drži.....	21
--	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Graf slabe držę glede na prebivalstvo	3
Slika 2: Statistika preživljanja časa na digitalnih napravah	4
Slika 3: Kosmodisk na osebi	5
Slika 4: Slika steznika na osebi	6
Slika 5: Slika Upright Go na osebi in aplikacija	7
Slika 6: Samolepilni trak na hrbtu (prvotni plan).....	8
Slika 7: Obris lokacija minimiziranega izdelka.....	9
Slika 8: Elektrode na človeški koži	10
Slika 9: Hrbtne mišice	11
Slika 10: Elektrode na točkah proženja mišic	12
Slika 11: Graf pulza v odvisnosti od časa (0.06ms)	13
Slika 12: Logično vezje elektrod	15
Slika 13: Elektroda z japonskim gelom.....	16
Slika 14: Strain guage (raztegljivi upor).....	17
Slika 15: Orentacija sistema gyro senzorja.....	17
Slika 16: Arduino gyro senzor.....	18
Slika 17: Vezava gyro senzorjev na Arduino	19
Slika 18: Pravilna drža proti napačni.....	21
Slika 19: Delovanje programa v odvisnosti od časa.....	24
Slika 20: Tanke baterije (2500 mAh in 4000 mAh)	25
Slika 21: Vezje za polnjenje baterije preko brezžičnega polnilnika.....	26
Slika 22: Izračun potrebnih uporov za delilnik napetosti	27
Slika 23: Vezje delilnika napetosti	28
Slika 24: Teoretični izračun časa trajanja baterije.....	29
Slika 25: Merjenje napetosti baterije v uporabi.....	30
Slika 26: Gel, ki ne prevaja električnega toka	31
Slika 27: Vibro motor v velikosti kovanca.....	32
Slika 28: Slika vibro motorčkov na hrbtu.....	32
Slika 29: Kotiran vibro motor.....	33
Slika 30: Karakteristika motorja v odvisnosti od napetosti.....	34
Slika 31: Vezava vibro motorja	34

Slika 32: Arduino Nano.....	35
Slika 33: Kotiran Arduino Nano.....	36
Slika 34: Vezje Arduino Nano	37
Slika 35: Tiskano vezje na plastični foliji	39
Slika 36: Kotiran obris, kjer bo minimiziran izdelek	40

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujemo mentorju Milošu Bevcu za pomoč in svetovanje na področju programiranja in elektrotehnike. S pomočjo njegovega poznavanja programskega jezika in delovanja električnih sistemov smo se veliko naučili in rešili veliko kompleksnih problemov. Brez njegove pomoči bi bil izdelek brez nekaterih funkcij.

Prav tako gre iskrena zahvala fizioterapevtu Mateju Čeboklju. Z njegovo pomočjo smo odkrili marsikaj novega na področju delovanja človeškega telesa in njegovega odziva na terapijo.

Zahvaljujemo se tudi mentorju Matjažu Cizeju, ki nas je vodil na področju podjetništva, nam svetoval in nas opominjal na prijavne roke ter vse pomembno procesu.

Hvala Mojci Drev Uranjek za lektoriranje raziskovalne naloge.

1 UVOD

Število ljudi s problemi hrbtenice raste. Odločili smo se, da s pomočjo naprave problem odpravimo, saj se bo v nasprotnem primeru še stopnjeval. Skupaj smo raziskovali, kako bi se lotili problema. Naloga združuje raziskovanje problema, analizo podatkov, določanje cilja in veliko tehničnih novosti. Ko smo zbrali in preučili vse tehnične podatke, smo se začeli odločati o načinu reševanja. Da bi bil ta kar se da učinkovit, je bil potreben razvoj novih tehnologij, uporaba novih znanj in povsem nov pristop k reševanju težav s pomočjo elektronike. V nadaljnjem delu bomo prikazali ugotovitve iz različnih analiz in pristope k reševanju. Ko je bila ideja za končni izdelek okvirno izdelana, je bila predstavljena v okviru start up tekmovanj v Celju in v Ljubljani. Ideja in način uporabe je požel številne nagrade, zanimanja in tudi gospodarski interes. V raziskovalni nalogi bo natančno predstavljena tehnologija, ki se skriva za aktivnim opomnikom, način reševanja problemov in številni zapleti med procesom razvijanja. Razvoj našega izdelka zahteva znanja s področja medicine, mehatronike, elektrotehnike in ekonomije.

CILJI:

- Narediti aktivni opomnik, ki vas opozori, kadar ste dlje časa v napačni drži.
- Odpraviti problem slabe drže.
- Izboljšati počutje uporabnika.
- Preprečiti težave s hrbtenico na dolgi časovni rok.
- Izboljšati prekrvavitev slabo prekrvavljenih organov.
- Rešiti problem bolečin v hrbtu.

Reševanje vseh teh problemov s pomočjo enega neopaznega izdelka je eden izmed najtežjih tehnoloških problemov in zahteva revolucionarne novosti na področju tehnologije in razmišljanja.

1.1 HIPOTEZE

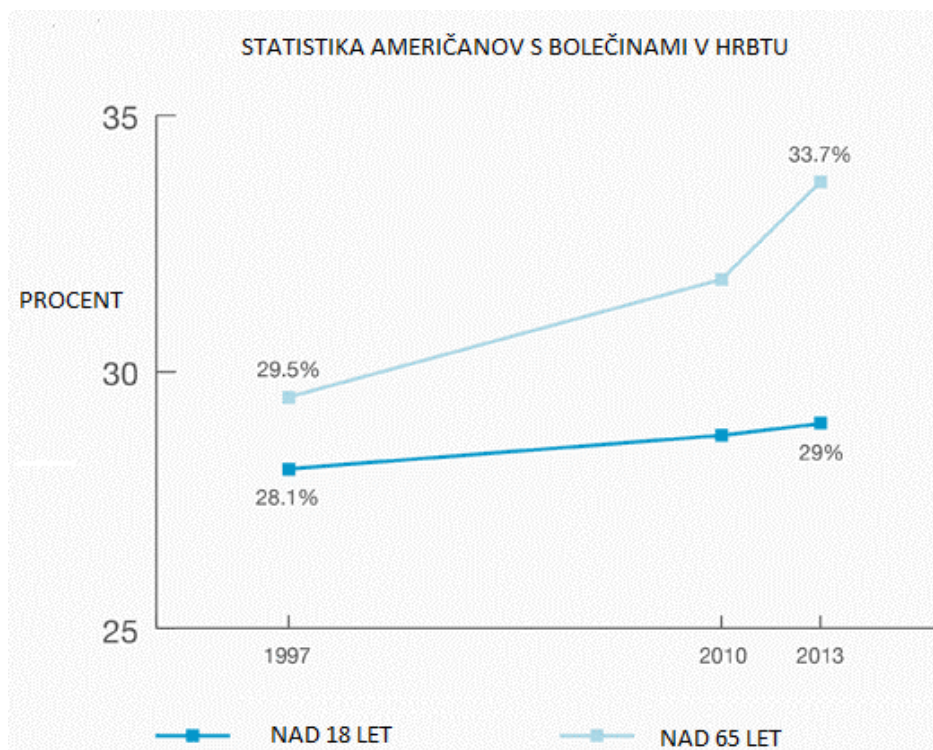
Za hipoteze smo si izbrali cilje, ki smo jih poskušali uresničiti:

- Naprava bo poleg opomnika krepila mišice, po čemer se razlikuje od konkurence.
- Ustvarili bomo napravo, ki bo lahko všita v majico.
- Izdelek ne bo škodljivo seval, saj se večina ljudi boji tega pri nosljivi tehnologiji.
- Baterija bo zdržala več kot 24 ur uporabe.
- Izdelek bo vodoodporen.
- Elektrode bodo stimulirale mišice na hrbtu in bodo uporabljene za opomnik.
- S gyro senzorjem lahko izmerimo upogib hrbta.
- Sistem Arduino je enostaven za programiranje.

2 METODOLOGIJA DELA

2.1 RAZISKAVA PROBLEMA IN OBSTOJEČIH REŠITEV

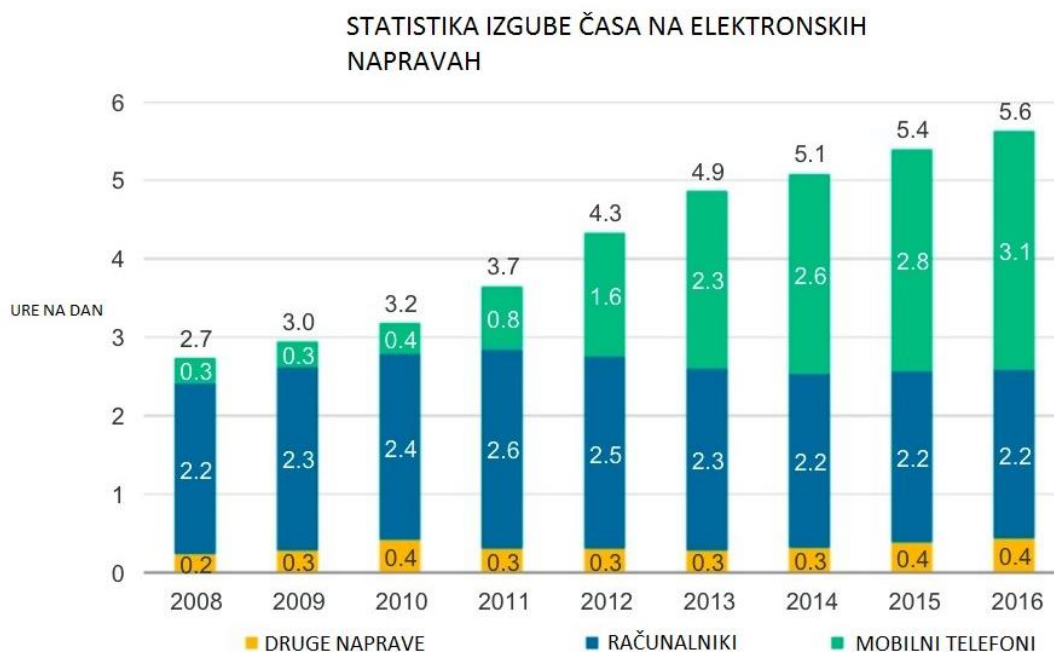
Preučili smo objavljene podatke in ugotovili, da ima denimo v Severni Ameriki več kot 30 odstotkov prebivalcev težave z bolečino v hrbtu.



Slika 1: Graf slabe drža glede na prebivalstvo

(Vir: <https://www.thegoodbody.com/back-pain-statistics/> in avtor)

Sledila je analiza podatkov o izvoru bolečine. Nas podlagi raziskav priznanih specialistov in dolgoletnega opazovanja bolnikov so nastala poročila o dejavnikih bolečin. Med njimi se kot glavni razlog navaja napačna drža. Ta je v moderni družbi prisotna čez dan pri delu, aktivnostih in pa tudi pri enostavnem preživljanju prostega časa. Moderna družba od nas zahteva vse več statičnega dela, npr. delo z računalnikom, sedenje pri delu, ohranjanje enakega položaja dalj časa. Prav tako se človek v napačnem položaju zadržuje tudi v prostem času (gledanje televizije, brskanje po računalniku, uporaba mobilnega telefona, vožnja itd.).



Slika 2: Statistika preživljanja časa na digitalnih napravah

(Vir: <https://blog.textmarks.com/mobile-media-usage-reaches-over-3-hours-per-day/> in avtor)

Iz teh podatkov lahko razberemo, da se povprečen človek v napačni drži zadrži od 4-6 ur na dan. Študije so dokazale, da to vodi v bolečine hrbta in možne nadaljnje težave. Poleg bolečin v hrbtu slaba drža vpliva tudi na slabo prekrvavljenost organov, kar vodi v slabše počutje in manjšo produktivnost pri delu in v življenju. Te težave lahko dolgoročno povzročijo določene nezmožnosti premikanja, okvare organov in v redkih primerih tudi invalidnost.

Iz teh podatkov ugotovimo, da z ohranjanjem človeka v pravilni drži rešimo vse zgoraj omenjene težave. Zaradi te ugotovitve je marsikdo že poskušal narediti napravo, ki bi zagotavljala takšen učinek. Naš prvi korak je bil raziskovanje, kako so do sedaj odpravljali problem slabe drže. Odkrili smo nekaj naprav, ki pripomorejo k temu, in jih raziskali.

2.1.1 Kosmodisk

Je trak ki ga pripnemo na telo (hrbet) in nam masira določene točke, kar pripomore k zmanjšanju bolečin. Vendar kmalu ugotovimo, da Kosmodisk ne zagotavlja dobre drže in nam daje le lažni občutek, da je vse v redu.

POZITIVNE LASTNOSTI:

1. lajšanje bolečin
2. ugodna cena

NEGATIVNE LASTNOSTI:

1. lažen občutek lagodja
2. ne preprečuje težav na dolgi časovni rok
3. okornost pri uporabi (oblika in velikost izdelka)
4. pasivna oblika delovanja



Slika 3: Kosmodisk na osebi

(Vir: <https://www.snapdeal.com/product/sj-kosmodisk-spine-massager-classic/676088841457>)

2.1.2 STEZNIK

Je medicinski pripomoček, ki je narejen po posebej oblikovanem modelu, ki se posamezniku prilagodi na obliko hrbta. Hrbtenico s pomočjo zategovanja trakov drži v navpičnem položaju. To zagotavlja s t. i. pasivnim načinom, ki ni zdrav za naše telo in ni dolgoročno učinkovit, saj po prenehanju nošenja telo pade v naravni (slab) položaj.

POZITIVNE LASTNOSTI:

1. držanje telesa v pravi drži

NEGATIVNE LASTNOSTI:

1. pasivna oblika delovanja
2. cena v zdravstvu
3. kratkoročna rešitev
4. prenehanje delovanja po uporabi
5. okornost pri uporabi (oblika in velikost izdelka)



Slika 4: Steznik na osebi

(Vir: <https://www.opornice.net/si/trgovina/opornice/opornice-za-hrbet-in-trebuh/>)

2.1.3 Upright Go

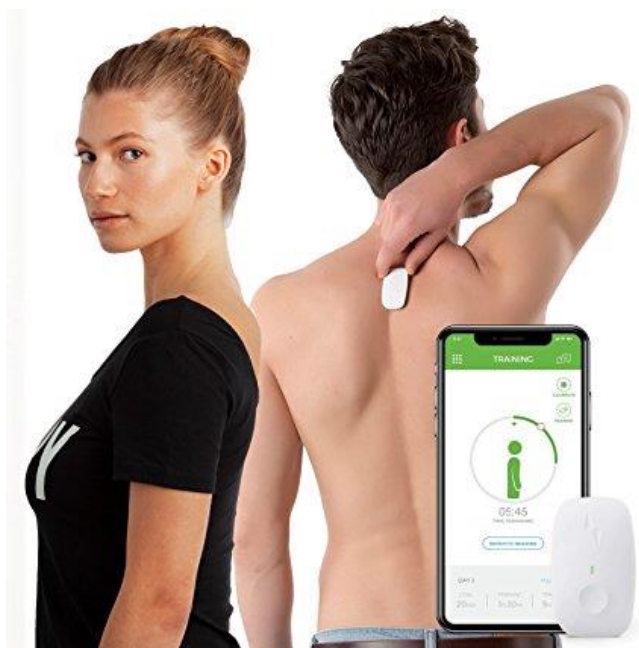
Upright Go je elektronska naprava, ki nam omogoča aktivno opominjanje uporabnika, kadar je ta v napačni drži. Naprava na aktiven način rešuje problem, kar je odlično, saj ima delni učinek tudi po prenehanju uporabe. Vendar ima eno, morda tudi ključno pomanjkljivost. Naprava zaradi svoje oblike ne omogoča nošenja v vseh okoliščinah (omejena je le na območje dela v pisarni). To ne dosega našega cilja, da bi napravo nosili ves čas, ko jo potrebujemo.

POZITIVNE LASTNOSTI:

1. aktivno delovanje
2. dolgoročno delovanje
3. zdravju neškodljiv

NEGATIVNE LASTNOSTI:

1. uporaba adhezijskega sredstva za pritrditev
2. omejeno območje in čas uporabe
3. cena glede na material



Slika 5: Slika Upright Go na osebi in aplikacija

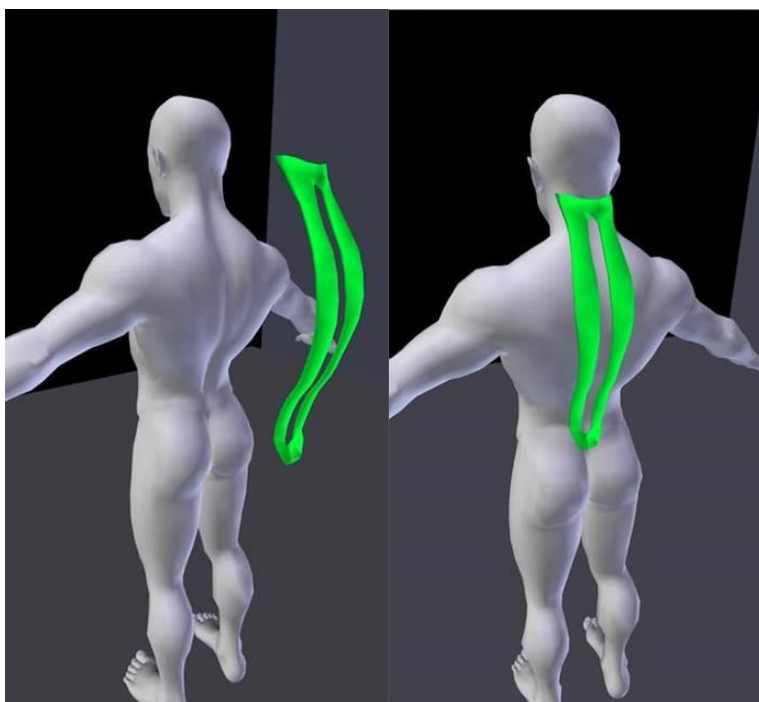
(Vir: <https://www.amazon.com/Upright-Corrector-Strapless-Discrete-Confidence/dp/B0747YHYZF>)

Upright Go po svojem načinu delovanja ustreza našim zahtevam, saj za določeno časovno obdobje aktivno ohranja človeka v pravilni drži in hkrati rešuje vse probleme, ki so povezani z njo.

Ob spoznavanju Upright Go smo se soočili z enim izmed največjih izzivov: kako narediti izdelek, ki bo deloval tako dobro kot Upright Go in bo hkrati nosljiv ves čas, ne bo okoren, uporabnik pa ne bo vedel, da ga uporablja, razen ko bo to potrebno.

2.2 SNOVANJE IDEJE

Prva ideja ki smo jo dobili, je bil trak. Ta bi vseboval vso elektroniko, potrebno za merjenje nagiba hrbtenice in opozarjanje uporabnika, ko je ta v napačni drži. Ta ideja je bila ovržena, ko smo opravili raziskavo praktičnosti. Ta je pokazala, da naprava s samolepilno funkcijo ne bi bila uporabna, saj je končni uporabnik ne bi mogel vsak dan natančno nalepiti na svoj hrbet. Poleg tega je zadeva tudi neprijetna za nošenje, saj vsako adhezijsko sredstvo na hrbtu povzroči nelagodni občutek.

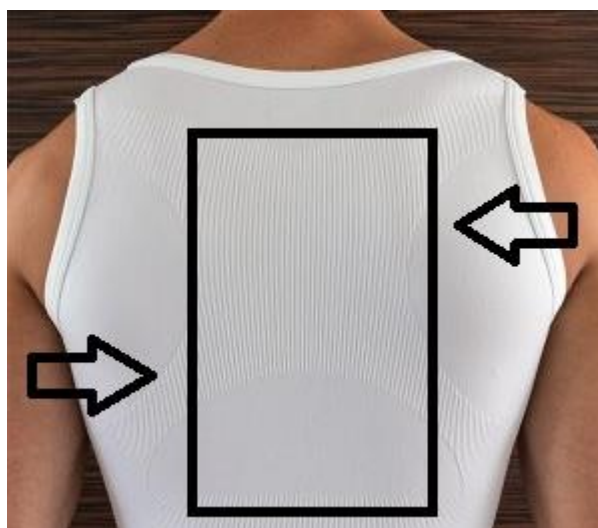


Slika 6: Samolepilni trak na hrbtu (prvotni plan)

(Vir: Osebni arhiv)

Samolepilni trak torej ni bila dobra izbira, zato smo morali ponovno premisliti koncept. Naša nova ideja je izšla iz predpostavke, da ljudje nosijo majice ves čas, ko obstaja možnost napačne drže. Torej bomo tehnologijo vgradili v spodnjo majico. Ta zadostuje našim kriterijem, da je neopazna na človeku; tako v vizualnem kakor tudi v smislu občutka.

Uvajanje tako močne tehnologije v obliko spodnje majice je svojevrsten izziv, ki ga v tej obliki ni uresničil še nihče. V nadaljevanju naloge bomo predstavili, kako smo se mi lotili tega problema, katere težave smo imeli in v kolikšni meri smo dokazali hipoteze.



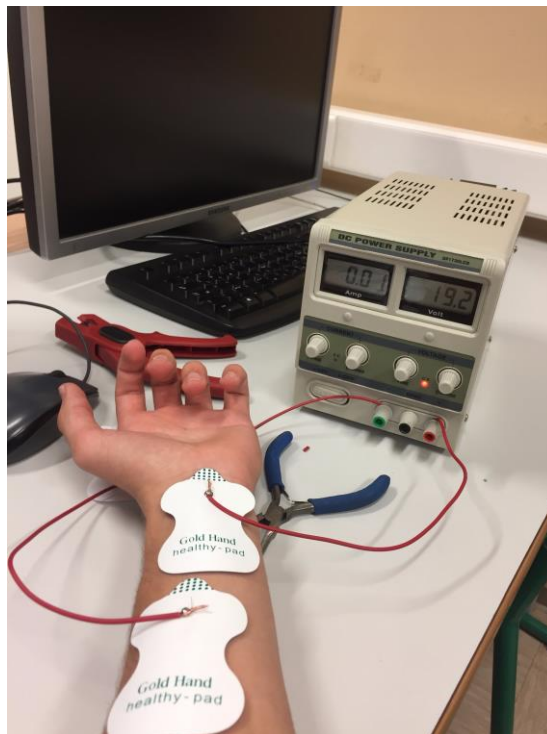
Slika 7: Obris lokacija minimiziranega izdelka

(Vir: <https://www.atrgovina.com/k/moda-in-dodatki/oblacila-in-obutev/spodnje-perilo/> in avtor)

3 RAZVIJANJE TEHNOLOGIJE

3.1 ELEKTRODE

Potrebno je bilo določiti način, na katerega bo uporabnik opozorjen na napačno držo. Ob raziskovanju tržišča smo ugotovili, da za naš primer najbolj ustreza elektroda. To je prevodna snov, ki jo lahko pritrdimo na kožo in z njeno pomočjo dovajamo tok na človeško kožo.



Slika 8: Elektrode na človeški koži

(Vir: Osebni arhiv)

3.1.1 Priključitev

Za najboljše razumevanje delovanja elektrod smo se obrnili na zunanjo pomoč. Sodelovali smo s fizioterapevtom Matejem Čebokljem, ki nam je razložil delovanje človeških mišic in vpliv elektrod na njih.



Slika 9: Hrbtne mišice

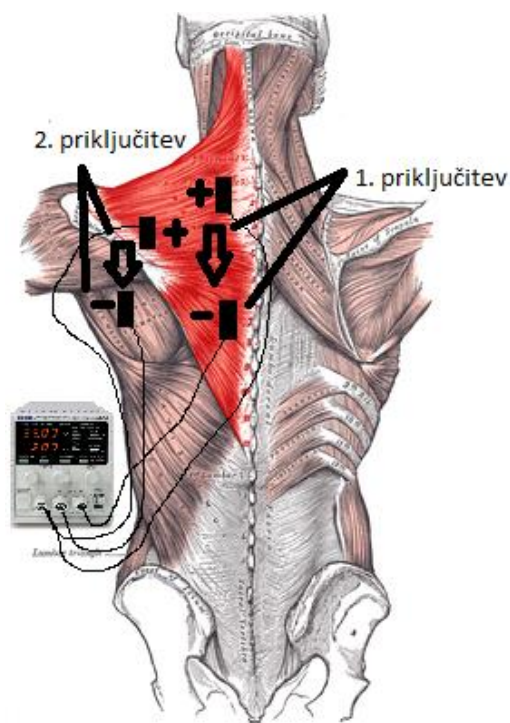
(Vir: <https://www.howtorelief.com/back-muscle-origin-insertion-action-nerve-supply/>)

Osredotočili smo se na delovanje mišic, ki človeka držijo v pokončni drži. S pomočjo dovajanja električne napetosti skozi elektrode lahko dosežemo krčenje mišic. Na ta način je možno uporabnika aktivno opomniti, kdaj se ne drži pravilno, poleg tega pa ga s pomočjo dovajanja napetosti na pravo mesto spravimo v pravilen položaj.

S položajem priključitve 1 (slika 11) dosežemo krčenje hrbtne mišice. To nam omogoča, da uporabnik zravna hrbtenico.

S položajem priključitve 2 (slika 11), dosežemo krčenje lopatičnih mišic. To nam omogoča, da uporabnik lopatice potisne navznoter (proti hrbtenici) in tako poravna še ramena.

Za popolnoma poravnano držo torej potrebujemo dva giba. Vzravnano hrbtenico in ravna ramena (stisnjene lopatice). Ko sta oba giba izpolnjena, se hrbtenica v vratnem delu pravzaprav “zaklene“ v pravilen položaj. To pomeni, da nam vrat ne more uhajati preveč naprej, dosegli pa smo zeleno držo.

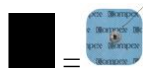


Slika 10: Elektrode na točkah proženja mišic

(Vir: https://wn.com/complex_muscle_stim_pad_placement_for_trapezius in Osebni arhiv in avtor)

Legenda:

1. Elektroda



2. Pozitivni tok elektrode



3. Negativni tok elektrode



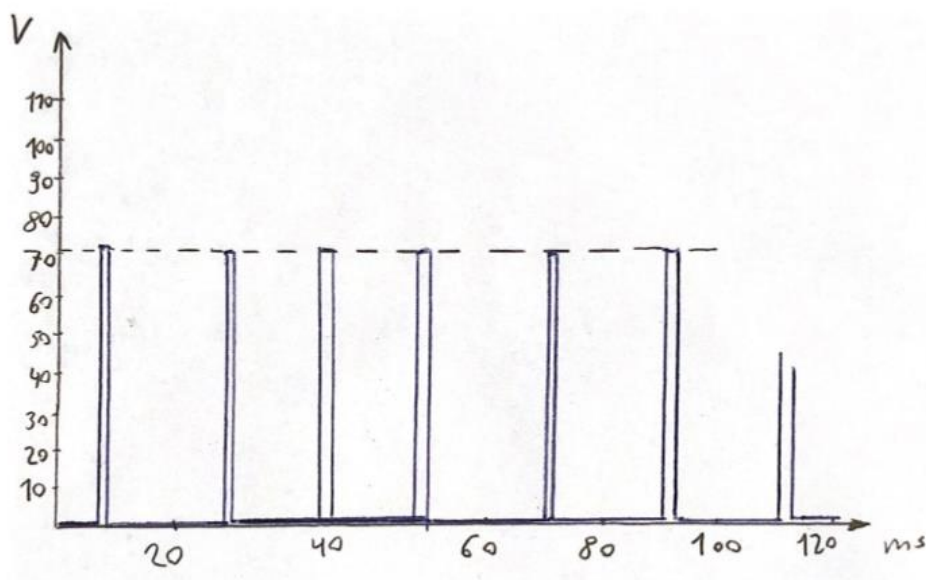
3.1.2 Delovanje elektrode

Idealna napetost za priključitev je med 70 V in 90 V. Pri tem moramo paziti, da tok ne presega 0,01 A. Če je elektroda priključena na manjšo napetost, je nedelujoča na visoki frekvenci. Proženje elektrode, ki je priključena na mišice, je možno tudi z napetostjo, manjšo od 30 V. V tem primeru napetost deluje tako, da mišica trza. Moramo pa se zavedati, da lahko s tako nizkimi napetostmi operiramo le, ko ročno vklapljamo in izklapljam napetost. V nasprotnem primeru se pulza ne čuti.

Da izvedemo proženje mišice, gola napetost na koži, dovajana s pomočjo elektrode, ni dovolj. Različne tipe mišic in različne gibe telesa prožimo s frekvencami. Te moramo prilagoditi glede na potrebe. Če na mišico priključimo napačno frekvenco, lahko dosežemo drugačen gib, kot pričakujemo. V nekaterih primerih se mišice sploh ne odzovejo na terapijo. Pravilne frekvence nismo izvedeli, zato smo jo morali odkriti sami. To smo izvedli s pomočjo naprave za EMS-stimulacijo mišic. Izbrali smo program po navodilih proizvajalca za ciljno skupino mišic in pravi gib. Naprava je tako izvajala program, mi pa smo ga izmerili z digitalnim osciloskopom.

Pokazal je sledeče parametre:

- napetost: 70 V-90 V (določimo glede na želeno moč učinka)
- frekvenca: 50 Hz
- dolžina pulza: 60 μ s



Slika 11: Graf pulza v odvisnosti od časa(0.06ms)

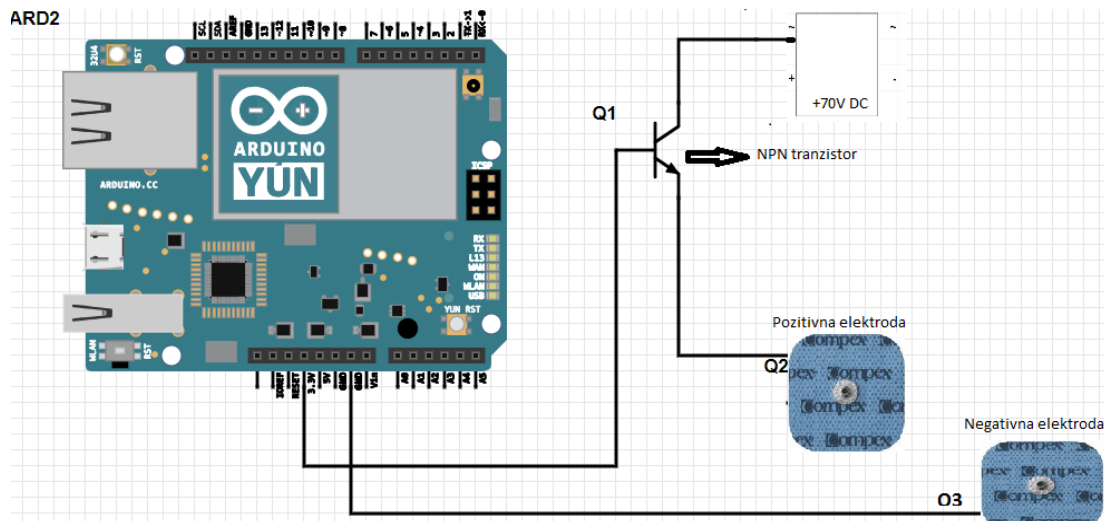
(Vir: Osebni arhiv)

Le s tako oblikovanim pulzom na elektrodi lahko zagotovimo pravilno delovanje mišice. Poleg tega morajo biti elektrode pritrjene pravilno, pravšnja pa mora biti tudi napetost. S pomočjo praktičnih poskusov smo ugotovili, da moramo z višanjem frekvence večati tudi napetost. V nasprotnem primeru EMS nima učinka.

Frekvenco smo nato simulirali s pomočjo učnega sistema Arduino Uno. Napisali smo program, ki je deloval v omenjeni frekvenci. Pozitivni pol elektrode smo preko NPN-tranzistorja povezali na vhodno napetost 70 V DC. Tranzistor se je odpiral in zapiral po programu, ki smo ga napisali. Tako so bili zadoščeni vsi pogoji za popolno delovanje elektrode.

Program za zagotavljanje frekvence na elektrodi

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  pinMode(1, OUTPUT)  
  pinMode(2, OUTPUT)  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  digitalWrite(1, HIGH);  
  digitalWrite(2, HIGH)  
  delay(0.06);  
  digitalWrite(1, LOW);  
  digitalWrite(1, LOW)  
  delay(20);  
}
```



Slika 12: Logično vezje elektrod

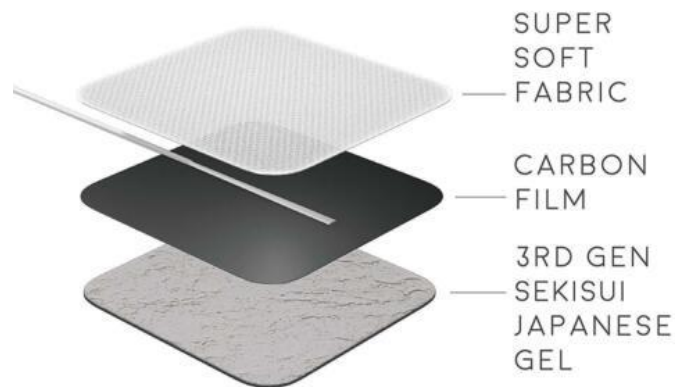
(Vir: Osebni arhiv)

Elektroda je zelo dobro delovala, dosegli smo želene gibe in občutke.

3.1.3 Zapleti

Delovanje elektrode in učinek se je zdel izvrsten, vendar se je pojavljalo več zapletov.

1. Vir napetosti - v končnem izdelku (spodnji majici) bi bilo izjemno težko zagotoviti vir napetosti do 90 V. Lahko bi ga zagotovili z množilnikom napetosti, a bi bilo zaradi povečanja števila komponent in prostorske stiske nemogoče.
2. Zgradba elektrode - elektroda je sestavljena iz prevodnega materiala, ki se mora prilegati na kožo. Ta material je v večini primerov t. i. prevodniški gel. Ta je lepljiv, njegova življenjska doba pa je omejena na cikle. To so dokazali testi, ki smo jih opravili. Poleg tega je lepljiva snov sporna za končni izdelek, saj mora ta neopazno stati na našem hrbtu v obliki majice. Z uporabo gela, pritrjenega na kožo, se uporaba oteži oz. onemogoči. To je glavni razlog, zakaj je hipoteza o elektrodah ovržena. Obstajajo tudi elektrode, ki za kontaktno sredstvo uporabljajo gumo. Ta sicer ne prevaja elektrike, ampak je obogatena z železnimi vlakni. Prevodnost je pri tem slabša, vendar se izognemo lepljivemu gelu. Na takšen material pa obstajajo alergije, zato nobena izmed elektrod ni primerna za uporabo na končnem izdelku.



Slika 13: Elektroda z japonskim gelom

(Vir: <https://www.ebay.com/itm/TENS-unit-Electrodes-2-X-2-Inch-20-pcs-Premium-TYCO-Gel-Electrode-For-All-Pin-/254110587420>)

3.2 MERJENJE UKLONA HRBTA

S pomočjo merjenja uklona hrbtenice je moč ugotoviti, kdaj je hrbtenica upognjena. Le na ta način lahko ugotovimo, kdaj se uporabnik nahaja v napačni drži in kdaj ga moramo na to opozoriti. Ker bo končni sistem zelo majhnih dimenzij, je treba uporabiti le metode, ki fizično zavzemajo malo prostora.

Možnosti izbire:

1. strain gauge
2. gyro senzor

3.2.1 Strain gauge

To je sistem, ki s pomočjo raztezanja na izhodu daje različno napetost. Sistem je oblikovan kot podolgovat listič in bi bil primeren za naš izdelek. Težava je v tem, da mora biti za pravilno delovanje trdno pritrjen, kar je pri tekstilu mogoče zagotoviti. S testiranjem smo ugotovili, da je ta metoda neuporabna.

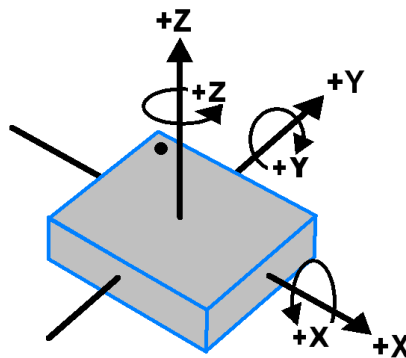


Slika 14: Strain guage (raztegljivi upor)

(Vir: <https://www.robotgeek.com/sparkfun-flex-sensor-4-5-inch.aspx>)

3.2.2 Gyro senzor

To je senzor, ki s pomočjo nagiba daje podatek o svojem položaju glede na lokacijo v prostoru. Lahko nam poda podatek o nagibu v želeni osi ali pa izmeri pospešek. Ta način je težji od prvega, saj zahteva ogromno poznavanja programerskega jezika in zahtevno programiranje.



Slika 15: Orientacija sistema gyro senzorja

(Vir: <https://www.thefotosgratis.eu/micro-electro-mechanical-systems-forge-advancements-and.html>)

3.2.3 Implementacija gyro senzorja v napravo

Za svoj izdelek smo izbrali senzor MPU 6050 GY - 521, ki je del Arduino učnega kompleta.



Slika 16: Arduino gyro sensor

(Vir: <https://www.dx.com/p/three-axis-gyroscope-a-cclerometer-sensor-module-for-arduino-2017358#.XHWMnehKjIU>)

Preučili smo priključke in ugotovili sledeče:

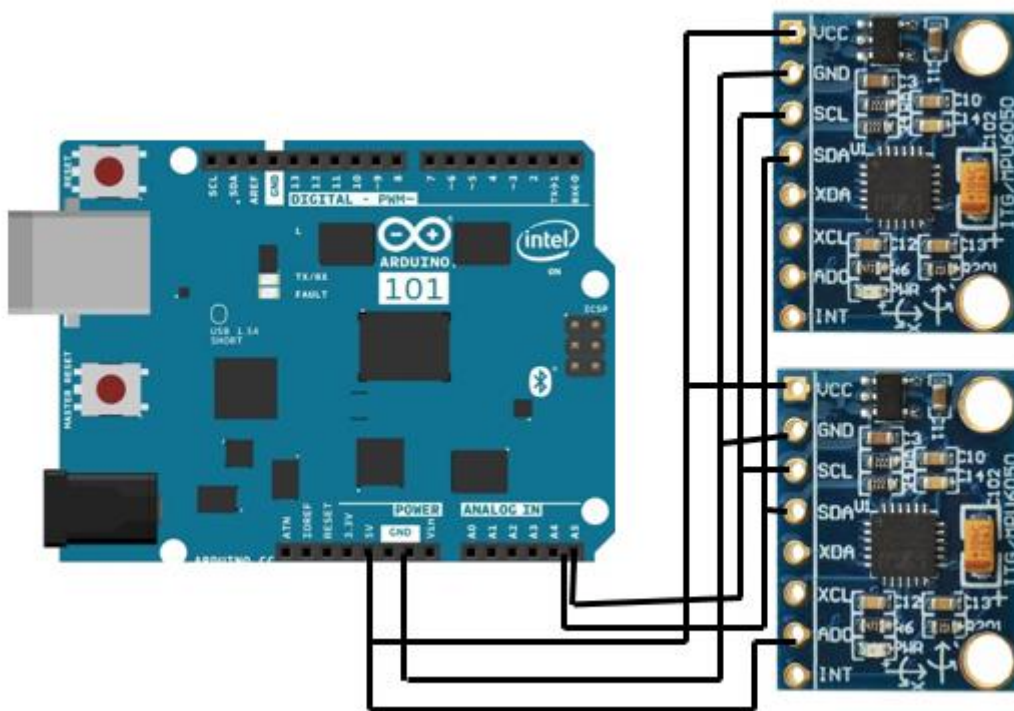
- VCC - priključek, kjer na sistem dovedemo napetost 5 V
- GND - priključek, kjer na sistem dovedemo GND oziroma 0 V
- SCL - priključek, kjer poteka prenos podatkov na Arduino procesor
- SDA - priključek, kjer poteka prenos podatkov na Arduino procesor
- ADO - priključek, ki omogoča spremembo IP-naslova, če je na njem logična 1

Ugotovili smo, da sta za merjenje uklona potrebna dva gyro sistema, saj lahko pri enosistemskem načinu dobimo napačne podatke.

Primer: ko uporabnik leži vodoravno, daje dobro kalibriran gyro sistem vrednost 90 stopinj. V tem primeru velja, da je hrbet upognjen za dano vrednost in vklopi se opomnik o napačni drži.

Pri sistemu dveh gyro senzorjev lahko ne glede na položaj uporabnika (dremež, sedenje na nagnjenem stolu ...) določimo krivino hrbta. Prvi senzor namestimo na spodnji predel, medtem ko drugi senzor namestimo na zgornji predel hrbta. Primerjamo vrednosti, ki jih dobimo iz senzorjev. Kadar se vrednosti med sabo razlikujeta za 23 stopinj, menimo, da je hrbet v napačni drži. Poudarjamo, da je takšen način merjenja neodvisen od položaja uporabnika, če je ta v pravilni drži. S tem dosežemo, da je naš merilni sistem uporaben v vseh možnih situacijah uporabnika.

3.2.4 Električno vezje gyro senzorjev



Slika 17: Vezava gyro senzorjev na Arduino

(Vir: Osebni arhiv)

3.2.5 Programiranje

To je eden izmed najtežjih delov projekta, saj je potrebno uskladiti dva senzorja med sabo. S pomočjo kode in zelo pametnih algoritmov je moč dosegti pravilne vrednosti uklona, ki jih potrebujemo. Pošiljanje podatkov na Arduino sistem poteka po standardu povezave I2C. Ta vzame vse naprave enake vrste kot eno napravo. Torej je oba gyro senzorja prepoznal pod istim naslovom. Da drugi gyro po naslovu ločimo od prvega, priklopimo pin AD0 na logično vrednost 1, kar v našem primeru pomeni 5 V. Tako I2C povezava prvi gyro senzor prepozna pod naslovom 0,68, drugega pa pod naslovom 0,69. Ko smo dosegli prepoznavnost senzorjev, lahko začnemo pisati kodo, ki bo s pomočjo pametnih algoritmov prepoznavala nagib posameznega senzorja.

3.2.6 Določanje mejnega uklona

Za učinkovito delovanje opozorila je potrebno določiti položaj, pri katerem je človek v napačni drži. Če se ta vklopi prehitro, bo uporabnik zmeden in bo zaznal opozorilo v pravilni drži. Če se vklopi prepozno, pa uporabnik sploh ne bo postavljen v zahtevano pozicijo.

Določanje smo opravili s pomočjo testov. Vzeli smo dva gyro senzorja v obliki Arduino Makeblock. Preko USB-kabla smo ju priključili na računalnik in naložili program za merjenje naklona. Podatke iz obeh senzorjev smo beležili na ekranu. Razlike smo računali ročno. Testirancu smo izmerili uklon hrbta v pokončni in sključeni drži (slika 18). Podatke za vsako osebo smo beležili v tabeli (glej tabelo 1). Ko smo zbrali podatke, smo izračunali povprečno vrednost, pri kateri je uporabnik še v pravilni drži. Ta znaša $19,7^\circ$. Nato smo upoštevali najmanjšo vrednost, pri kateri je bil vsaj eden izmed uporabnikov že v napačni drži. Ta je znašala 25° . Nato smo pogledali razpon med največjo vrednostjo dobre drže (22°) in najmanjšo vrednostjo dobre drže (25°). Točko proženja signala smo izbrali med tema dvema vrednostma, da ugodimo čim večjemu številu uporabnikov. Povprečno vrednost dobre drže pa smo računali zgolj za ugotovitev, koliko povprečje odstopa od dejanske točke proženja signala. Celoten izračun, opisan v zgornjem odstavku, se nanaša na tabelo 1 in slika 18. Dejansko točko proženja bomo po potrebi še spremenili, ko bodo potekala testiranja v stvarnih okoliščinah. Prav tako bo v prihodnosti upoštevan širši vzorec testirancev iz več starostnih in socialnih skupin.

Tabela 1: Koti pri pravilni in slabi drži
(Vir: Osebni arhiv)

Primer:	Slaba drža (razlika med senzorjema)	Pravilna drža (razlika med senzorjema)
1.	35°	20°
2.	45°	19°
3.	28°	20°
4.	25°	22°
5.	25°	16°



Slika 18: Merjenje pravilne in napačne drže

(Vir: Osebni arhiv)

3.2.7 Delovanje programa

Program prebere vrednost obeh gyro senzorjev. Podatke prebere 20-krat na sekundo in izračuna povprečni položaj posameznega senzorja za obdobje dveh sekund. Na ta način izločimo nenadne gibe, ki niso posledica slabe drže, kakor tudi motnje v meritvah. Nato s pomočjo matematične formule beležimo rezultate zadnjih 30 s (15 x 2 s). Če je razlika med senzorjema v času 60 s večja od 23° , zaznamo napačno držo uporabnika. V tem primeru vklopimo opozorilo, da se uporabnik poravna.

```
double senzor_zg, senzor_sp; // določimo ime spremenljivke
double vsota1, vsota2; // določimo ime spremenljivke
double pov1, pov2; // določimo ime spremenljivke
int napacna_drza; // določimo ime spremenljivke
```

```
#include "MeOrion.h" //vključimo knjižnico "MeOrion.h"
```

```
#include <Wire.h> // vključimo knjižnico <Wire.h>
```

```
MeGyro gyro1(0,0x68); // gyro 1 je prek I2C povezave viden na naslovu 0x68
```

```
MeGyro gyro2(0,0x69); // gyro 1 je prek I2C povezave viden na naslovu 0x69
```

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200); // na naslovu (115200) lahko beremo podatke na serijskem
  monitorju
  gyro1.begin(); // gyro 1 se vklopi
  gyro2.begin(); // gyro 2 se vklopi
  napacna_drza = 0; // vrednost napačne drže se resetira na 0
}

void vklop_opmnika() // klic za vklop opomnika
{ pinMode (0, HIGH); // signal na izhodu 0
}

void izklop_opmnika() // klic za izklop opomnika
{ pinMode (1, HIGH); //signal na izhodu 1
}

void izklop_naprave() // klic za izklop naprave
{ pinMode (2, HIGH); // signal na izhodu 2
}

void loop() // začetek zanke
{
  vsota1 = 0; // vsota senzorja 1 se resetira na 0
  vsota2 = 0; // vsota senzorja 2 se resetira na 0
  for(i=0; i<20; i++) // sistem naredi 20 meritev in jih sešteje
  {
    gyro1.update(); // posodobitev senzroja 1
    vsota1 = vsota1 + gyro1.getAngleX(); // računamo vsoto 20-ih meritev in sentorja 1, ki jih
    med sabo seštejemo
    gyro2.update(); //posodobitev senzroja 2
    vsota2 = vsota2 + gyro2.getAngleX(); // računamo vsoto 20-ih meritev in sentorja 2, ki jih
    med sabo seštejemo
    delay(100); // vsakih 100 ms se izvede meritev, kar znaša 10 meritev na sekundo
  }
}
```

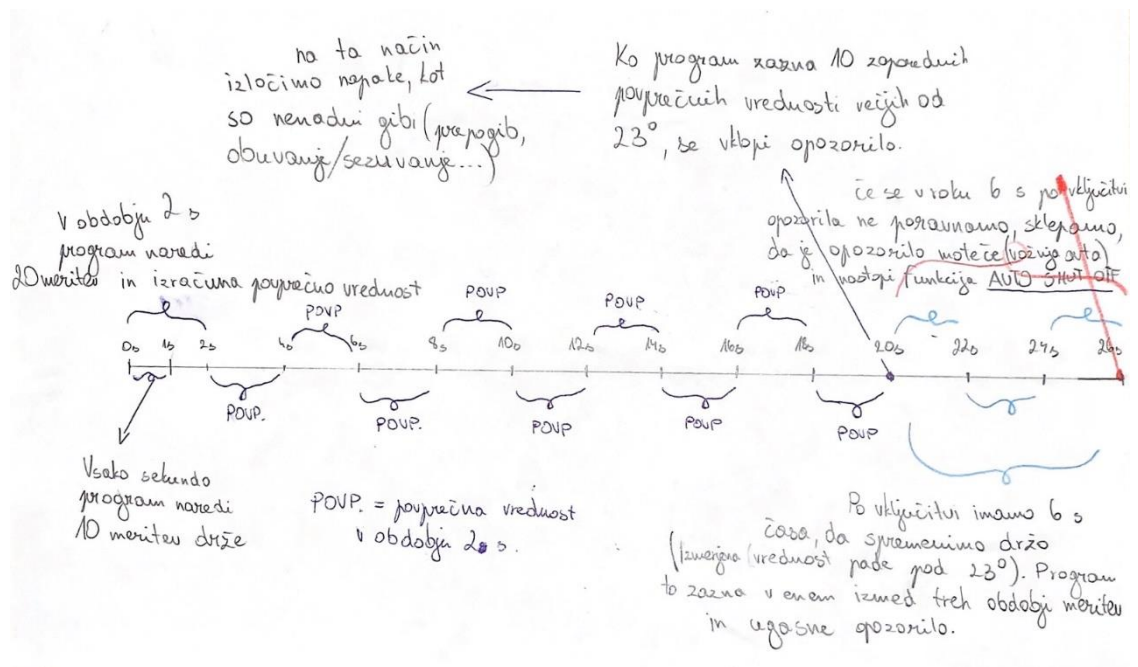
```

senzor_zg = vsota1/20; // sešteto vsoto 20-ih meritev senzorja 1 delimo s 20 in dobimo
povprečno vrednost
senzor_sp = vsota2/20; // sešteto vsoto 20-ih meritev senzorja 2 delimo s 20 in dobimo
povprečno vrednost
Serial.print("Senzor_zg:"); // natisnemo podatke senzorja 1
Serial.print(senzor_zg);
Serial.print("Senzor_sp:"); // natisnemo podatke senzorja 2
Serial.print(senzor_sp);
if((abs(senzor_zg) - abs(senzor_sp)> 23.0)) // primerjamo razliko absolutnih vrednosti
senzorjev, ki mora biti večja od 23.0
{
napacna_drza++;
}
else
{
napacna_drza = 0; // vrednost je manjša od 23.0
izklop_opomnika(); // v tem primeru se opomnik izklopi
Serial.println("Izklop opomnika"); // ispiše se "Izklop opomnika"
}
if(napacna_drza > 10) //če je napačna drža več kot 10 obdobji (20 s) prisotna se:
{
Serial.println("Aktiviranje opomnika"); // izpiše opomnik
vklop_opomnika(); // opomnik aktivira.
}
if(napacna_drza > 13) // Če je napačna drža po vključitvi prisotna še 3 obdobja (10 + 3 =
13, kar znaša 26 s), sledi:
{
izklop_naprave(); // AUTO SHUT OFF funkcija.
}
}

```

3.2.8 Varnostne funkcije

1. S pomočjo zgoraj navedenega delovanja programa zagotovimo, da resnično beležimo le napačno držo. Ne beležimo pa hitrih gibov, ki niso slaba drža (npr. vezanje vezalk, pobiranje predmeta s tal ...).
2. AUTO SHUT OFF je varnostna funkcija, ki nam omogoča preprečevanje nevarnih situacij. Ko senzorja zaznata napačno držo, sprožita signal, ki ga uporabnik začuti. V določenih primerih pa ta signal ni dobrodošel (npr. pri vožnji avtomobila - uporabnik je prisiljen biti v določeni držji). V tem primeru se signal za napačno držo vklopi. Če pa se uporabnik v času 7 sekund ne vzravna, se naprava po opozorilu izklopi. Vklopi se AUTO SHUT OFF. Tako lahko npr. voznik avtomobila nadaljuje vožnjo in napravo vklopi, ko si to zaželi.



Slika 19: Delovanje programa v odvisnosti od časa

(Vir: Osebni arhiv)

S tem dosežemo večjo varnost in bolj praktično upravljanje naprave.

3.3 NAPAJanJE

Celotnemu sistemu je treba zagotoviti napajanje za delovanje. To smo storili s pomočjo baterije, ki dela na napetosti 3.7 V DC. Ta bo zagotavljala napajanje tako procesorski enoti kakor tudi vsem komponentam.

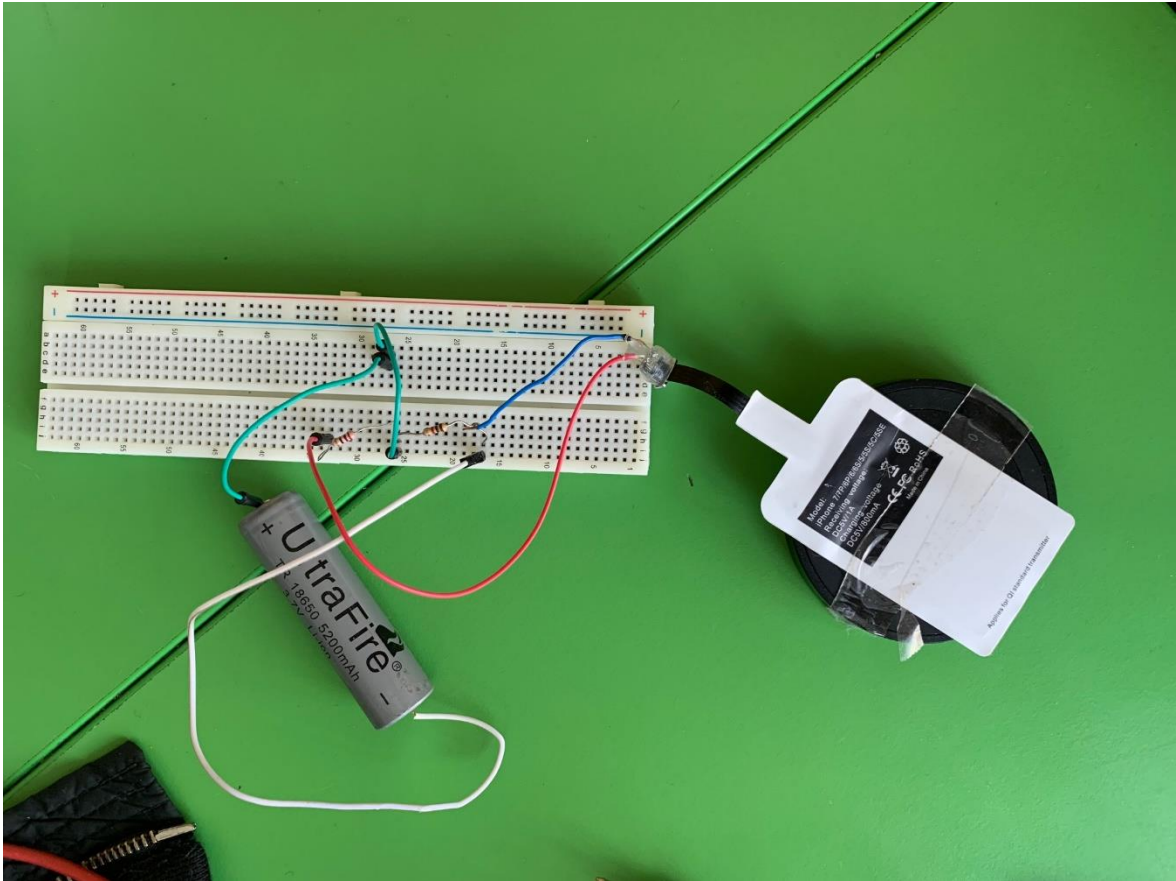


Slika 20: Tanke baterije (2500 mAh in 4000 mAh)

(Vir: Osebni arhiv)

3.3.7 Polnjenje

Zaradi vodotesnosti naprave je bilo potrebno zagotoviti, da sistem ne bo imel fizičnih priključkov na zunanji svet. To pomeni tudi, da se baterija ne bo polnila preko kabla. V takšnem primeru je ustrezno brezžično polnjenje, ki ga je bilo potrebno posebej razviti za našo napravo. Za standard polnjenja smo si izbrali svetovno priznan Qi-sistem. Ta je kompatibilen z večino znamk in ima največjo bazo uporabnosti po svetu. Oddajnik energije pošlje tok in napetost na navitje. Ustvari se magnetno polje. Na sprejemni napravi se na navitju ta napetost inducira, ko sta navitji blizu skupaj. S pomočjo elektronskega sklopa, ki smo ga kupili, pride na izhodu sprejemnika napetost 5,12 V.



Slika 21: Vežje za polnjenje baterije preko brezžičnega polnilnika

(Vir: Osebni arhiv)

Raziskave baterije so pokazale, da dosežemo najdaljšo življenjsko dobo, če jo napolnimo z napetostjo 4,5 V. Ker je izhodna napetost večja od potrebne, je problem potrebno rešiti z delilnikom napetosti.

3.3.8 Delilnik napetosti

S pomočjo uporov bomo ustvarili točno želeno napetost po sledečem izračunu:

5,12V - dejanska nap.
4,5V - željena napetost

$$\text{razlika: } 5,12 - 4,5 \\ = 0,62V$$

RAZMIRJE

$$0,62V = 4,5V \cdot 1,613 \\ 1V = 7,26V$$

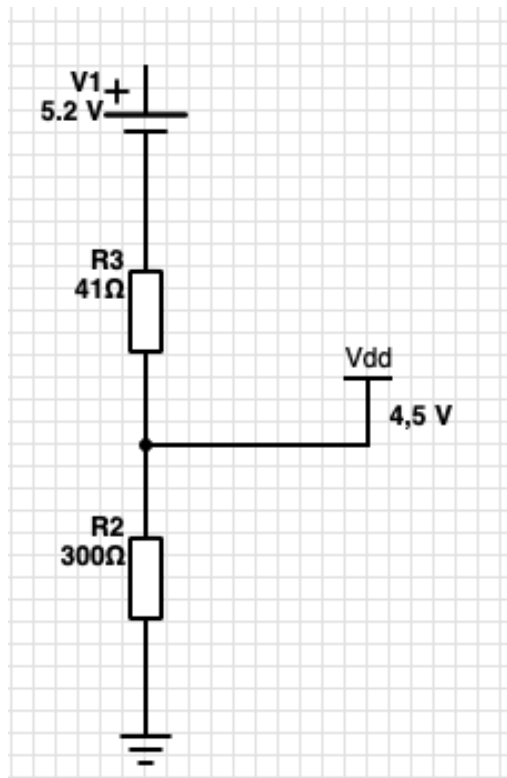
$$\begin{array}{c} \Downarrow \\ 3 / 100\Omega = 13,7\Omega \rightarrow \text{nemogoča natančnost} \\ \Downarrow \\ 300\Omega = 41\Omega \end{array}$$

Slika 22: Izračun potrebnih uporov za delilnik napetosti

(Vir: Osebni arhiv)

S pomočjo računa smo ugotovili, da za znižanje napetosti na 4,5 V potrebujemo upora v razmerju 1:7,26. Izbrali smo upore 300 ohmov in 41 ohmov. Upori morajo biti čim manjši, da preprečimo dodatne izgube. Ne smejo pa biti premajhni, saj so lahko njihove vrednosti nenatančne, posledično pa bo napetost na izhodu napačna.

Upore je nato treba zvezati po naslednji vezavi:



Slika 23: Vezje delilnika napetosti

(Vir: Osebni arhiv)

3.3.9 Čas trajanja baterije

Čas trajanja baterije je odvisen od velikosti baterije in porabe uporabnikov. Ugotovili smo porabo naprav, ki so priključene na sistem:

- Arduino procesorska enota - 35 mA
- 2 gyro senzorja - skupaj 4 mA
- opozorilne led luči - skupaj 5 mA
- opomnik za napačno držo, vendar je zaradi časa delovanja podatek zanemarljiv

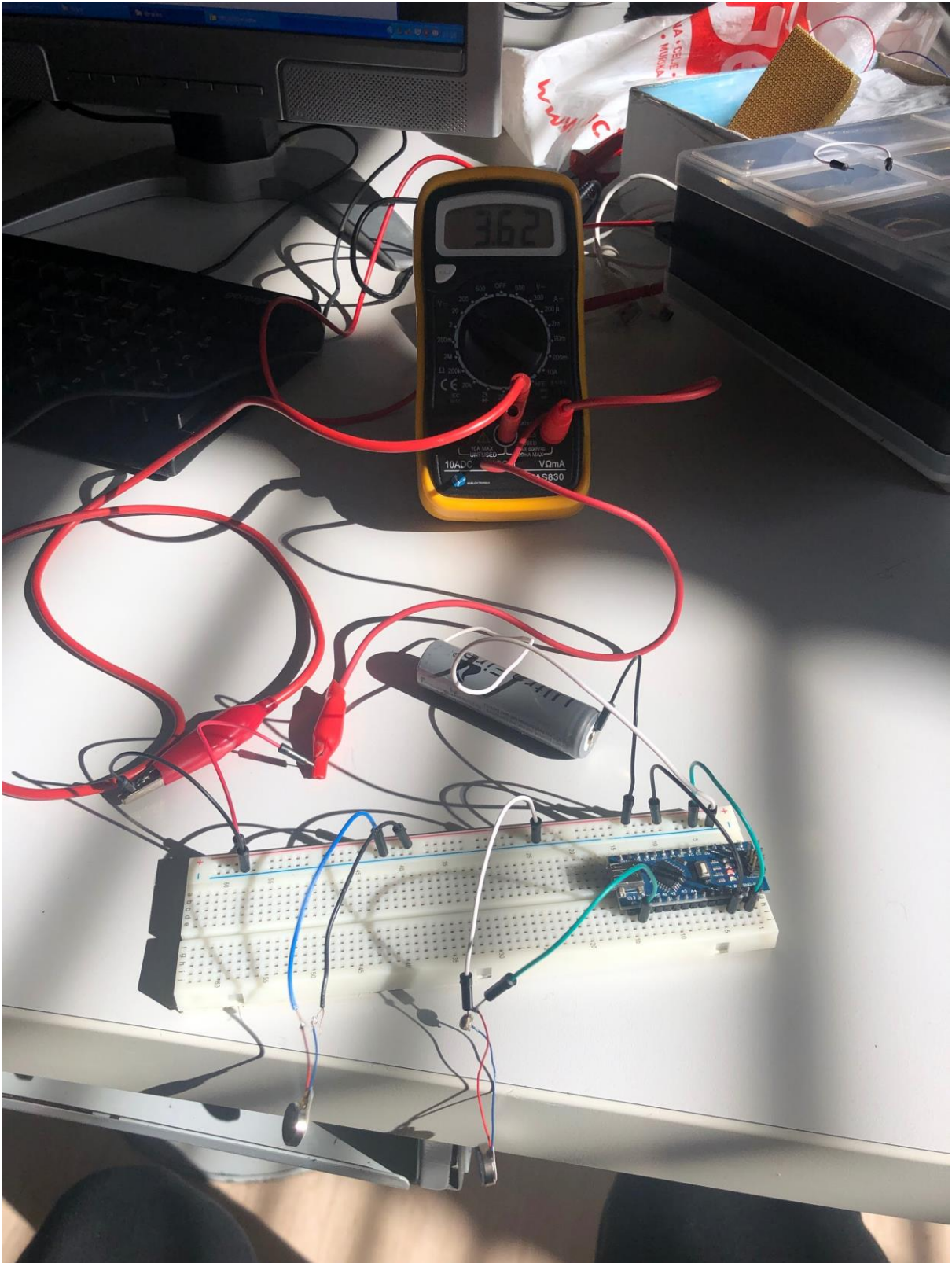
Na voljo imamo dve bateriji: prva je velikosti 4000 mAh, druga pa 2500 mAh. S teoretičnim izračunom smo ugotovili, kako dolgo bo naprava delovala z enim polnjenjem.

<p>4000 mAh</p> <p>Skupna poraba elementov:</p> $I_{tot} = 35 \text{ mA} + 4 \text{ mA} + 5 \text{ mA}$ $= 44 \text{ mA}$ <p>Č $\bar{t}_{0,5} = 4000 \text{ mAh} : 44 \text{ mA}$</p> $= \underline{\underline{90,9 \text{ h}}}$	<p>2500 mAh</p> <p>Skupna poraba elementov</p> $I_{tot} = 44 \text{ mA}$ $\bar{t}_{0,5} = 2500 \text{ mAh} : 44 \text{ mA}$ $= \underline{\underline{56,8 \text{ h}}}$
--	--

Slika 24: Teoretični izračun časa trajanja baterije

(Vir: Osebni arhiv)

Zaradi prostorske stiske bomo morda na končni napravi uporabili manjšo baterijo. Velikost baterije bomo določili na podlagi testiranja v vsakdanjem življenju.



Slika 25: Merjenje napetosti baterije v uporabi

(Vir: Osebni arhiv)

3.3.10 Varnost pri polnjenju

Nevarnost se pojavi pri prenapoljenosti baterije. Težavo smo rešili z varnostjo zanko na bateriji. Ta meri napetost in polnjenje izklopi, ko napetost na bateriji doseže tovarniško določeno priporočeno vrednost. Tako je strah pred prenapoljenostjo odveč. Indikacijo polnosti baterije bomo izvedli s pomočjo štirih malih LED-diod na matični plošči. Ko bodo vse diode svetile zeleno, je baterija polna, ko sveti le še ena dioda, se obarva rdeče. To pomeni, da naj uporabnik napravo čim prej odnese na polnjenje.

3.3.11 Vodotesnost

Zagotavljanje vodotesnosti je eden izmed najpomembnejših delov naše naloge. S tem omogočimo vsakdanjo uporabnost izdelka, ki je zelo pomembna pri uresničevanju vizije.



Slika 26: Gel, ki ne prevaja električnega toka

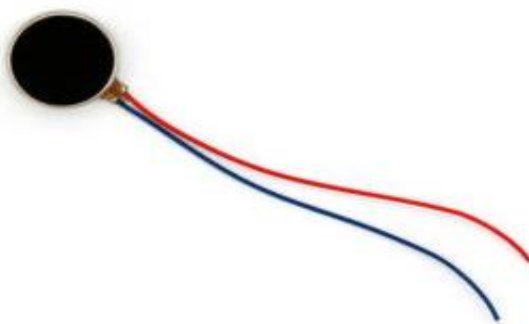
(Vir: <https://www.netdoctor.co.uk/medicines/aches-pains/a8068/phorpain-gel-ibuprofen/>)

S pomočjo brezžičnega polnjenja smo zagotovili, da naprava nima fizičnih vhodov ali izhodov. Tako lahko celoten vsadek v spodnjo majico zalijemo s tanko plastjo gela. S tem zagotovimo večje udobje pri nošenju. Debelina in oblika vsadka bo določena glede na teste, izvedene v praktičnih primerih. Celotno elektroniko, zavito v gel, bo potrebno še zaviti v neprepustno folijo. Tako zagotovimo popolno vodotesnost in zaščito pred udarci iz okolja. Brez skrbi bomo lahko izdelek prali tudi v pralnem stroju.

3.4 AKTIVNI OPOMNIKI

Ugotovili smo, da elektrode za končno uporabo niso primerne. Tako se je postavilo vprašanje, kako dosežemo opomnik. Ta mora delovati aktivno. To pomeni, da se uporabnik s pomočjo lastne volje postavi v pravi položaj ob prejemu opomnika.

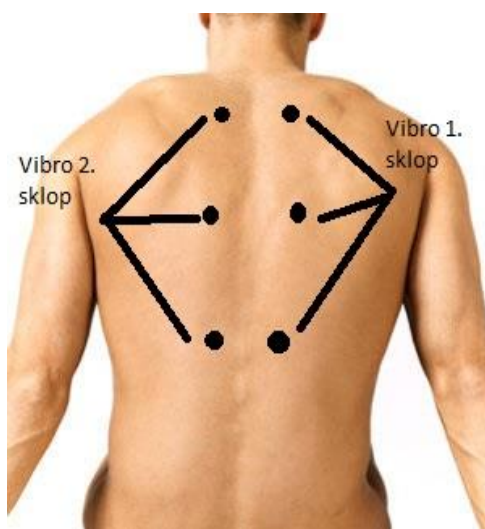
Glede na študije elementov na tržišču, smo ugotovili, da je za tako nalogo najbolj primeren vibro motor.



Slika 27: Vibro motor v velikosti kovanca

(Vir: <https://nfpshop.com/motor-catalogue/>)

Za najbolj učinkovit opomnik smo se odločili uporabiti 6 vibro motorjev. Ti so pametno razporejeni po več točkah, ki so skrbno izbrane, da se na najboljši možen način zavedamo opomnika.

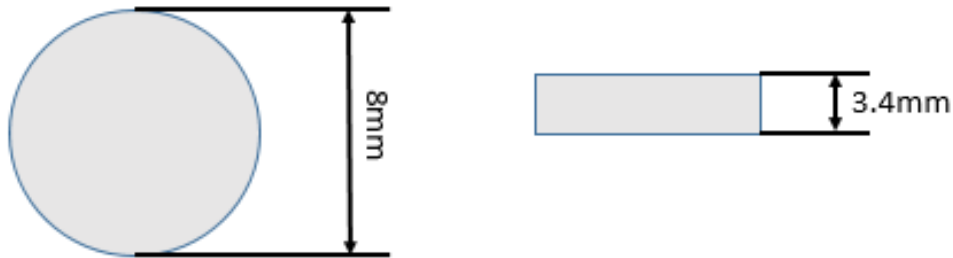


Slika 28: Slika vibro motorčkov na hrbtu

(Vir: <https://www.geegeez.co.uk/back/back/> in Osebni arhiv)

3.4.7 Oblika motorjev

Zaradi prostorske stiske smo morali uporabiti posebne vibro motorčke. Ti so narejeni v obliki kovanca. Da lahko motor vibrira v tako majhni obliki, se mora vrteti na način brez fizične osi. Tako je močno vibriranje zagotovljeno na malem prostoru.



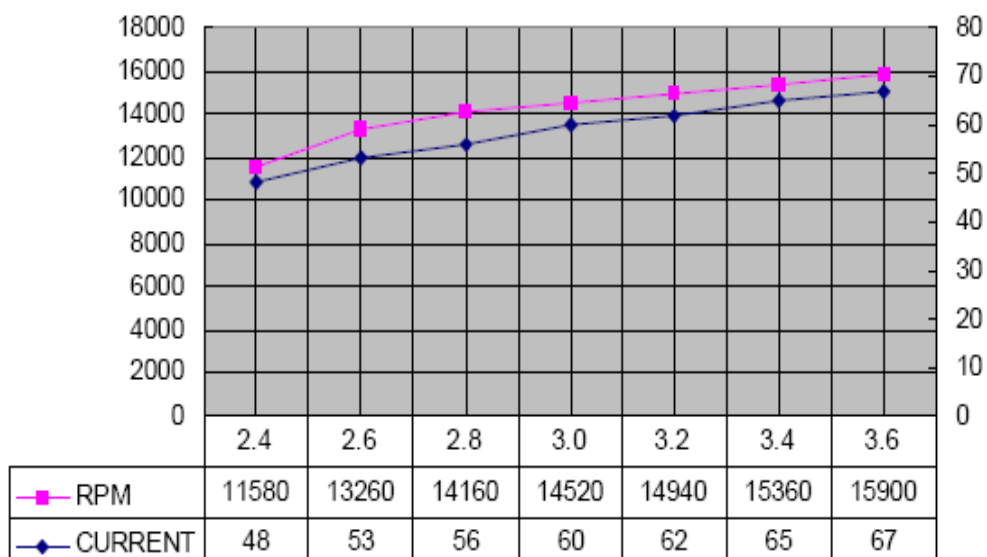
Slika 29: Kotiran vibro motor

(Vir: Osebni arhiv)

3.4.8 Karakteristika motorja

Priporočena napetost delovanja je od 2,5 V do 3 V. Iz praktičnih poizkusov smo ugotovila, da motor začne dobro delovati že na 1,2 V. Z višanjem napetosti se povečuje tudi vrtilna frekvenca motorja.

- Pri najvišji napetosti (3 V) se motorji vrtijo z 14500 obrati na minuto.
- Pri tem porabljajo tok 80 mA.
- Sile vibracije znašajo 0,75 g, kar pomeni, da je motor dovolj močan za naš namen.

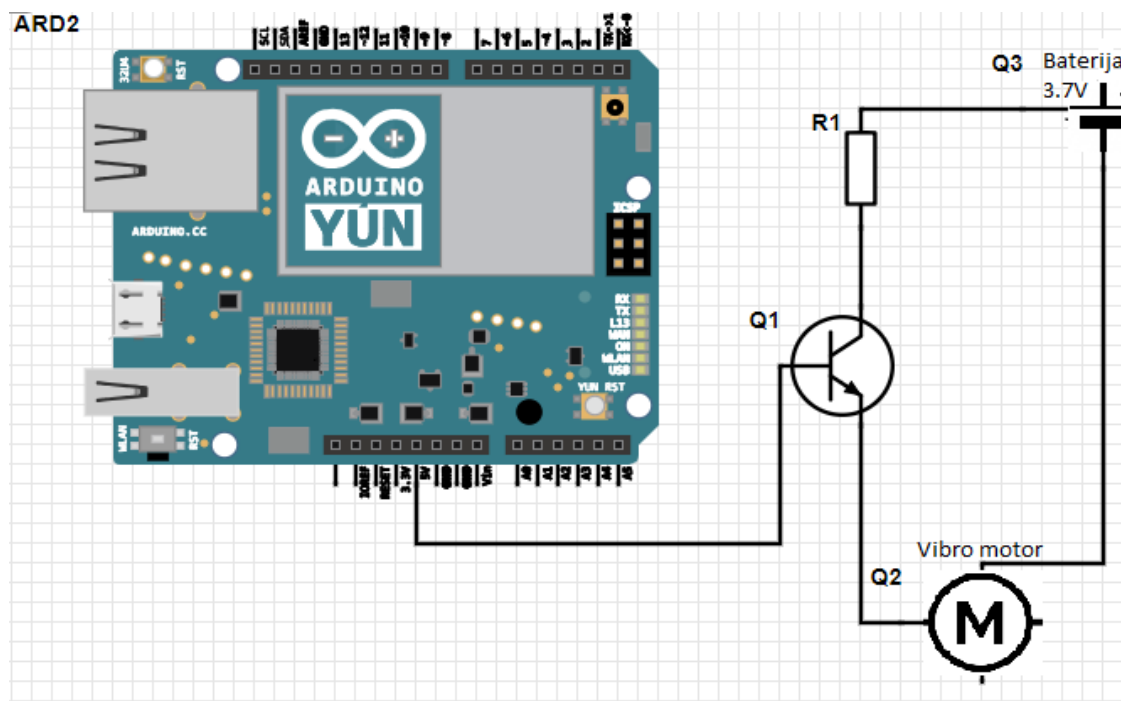


Slika 30: Karakteristika motorja v odvisnosti od napetosti

(Vir: <https://www.pololu.com/product/1636/specs>)

3.4.9 Priključitev

Priključitev bo izvedena s pomočjo tranzistorjev. Prožil jih bo krmilnik po potrebi. V motorje bo prek tranzistorjev dovedena napetost iz baterije. Po potrebi bomo napetost zmanjšali s pomočjo delilnika napetosti, vendar natančne želene napetosti še ne poznamo. Ta bo znana, ko bodo zaključena testiranja, pri katerih obratih dosežemo najbolj zaznaven učinek pri uporabniku.



Slika 31: Vezava vibro motorja

(Vir: Osebni arhiv)

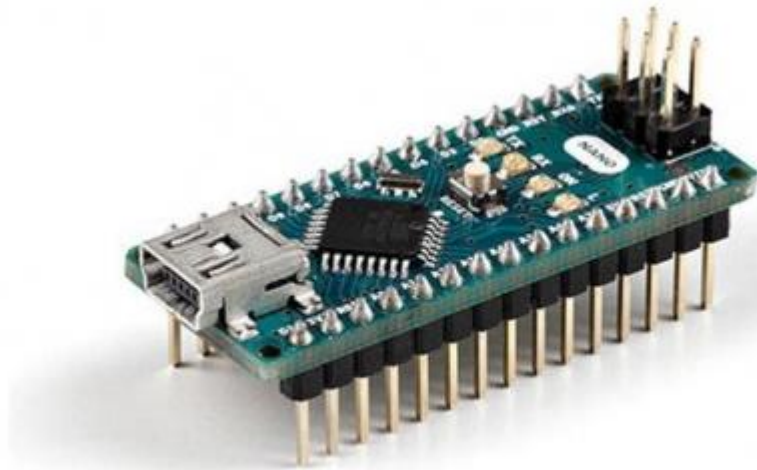
3.5 PROCESNA ENOTA

Za razdeljevanje nalog in računanje s podatki je zadolžen mikrokrmilnik proizvajalca Arduino. Po raziskavi možnih opcij smo ugotovili, da je zaradi prostorske stiske najbolj primeren Arduino Nano.

3.5.7 Arduino Nano

Arduino Nano je izredno majhen mikroročunalniški set, ki vsebuje:

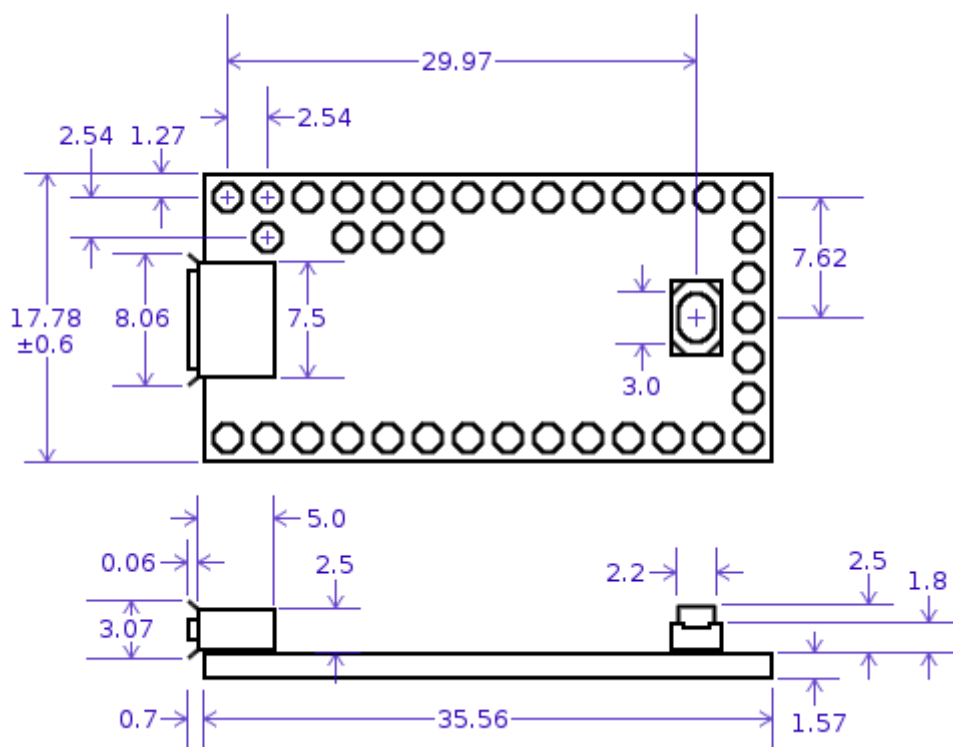
- procesor ATmega328 z delovno hitrostjo 16 MHz
- flash spomin s kapaciteto 32 KB
- ram spomin 2 KB
- quartz kristal
- digitalne vhode / izhode (14)
- analogne vhode (8)



Slika 32: Arduino Nano

(Vir: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>)

Omenjene karakteristike zelo dobro služijo našemu sistemu, zato je Arduino Nano zelo primeren sistem. Poleg tehniških karakteristik je ena izmed ključnih prednosti njegova majhnost.



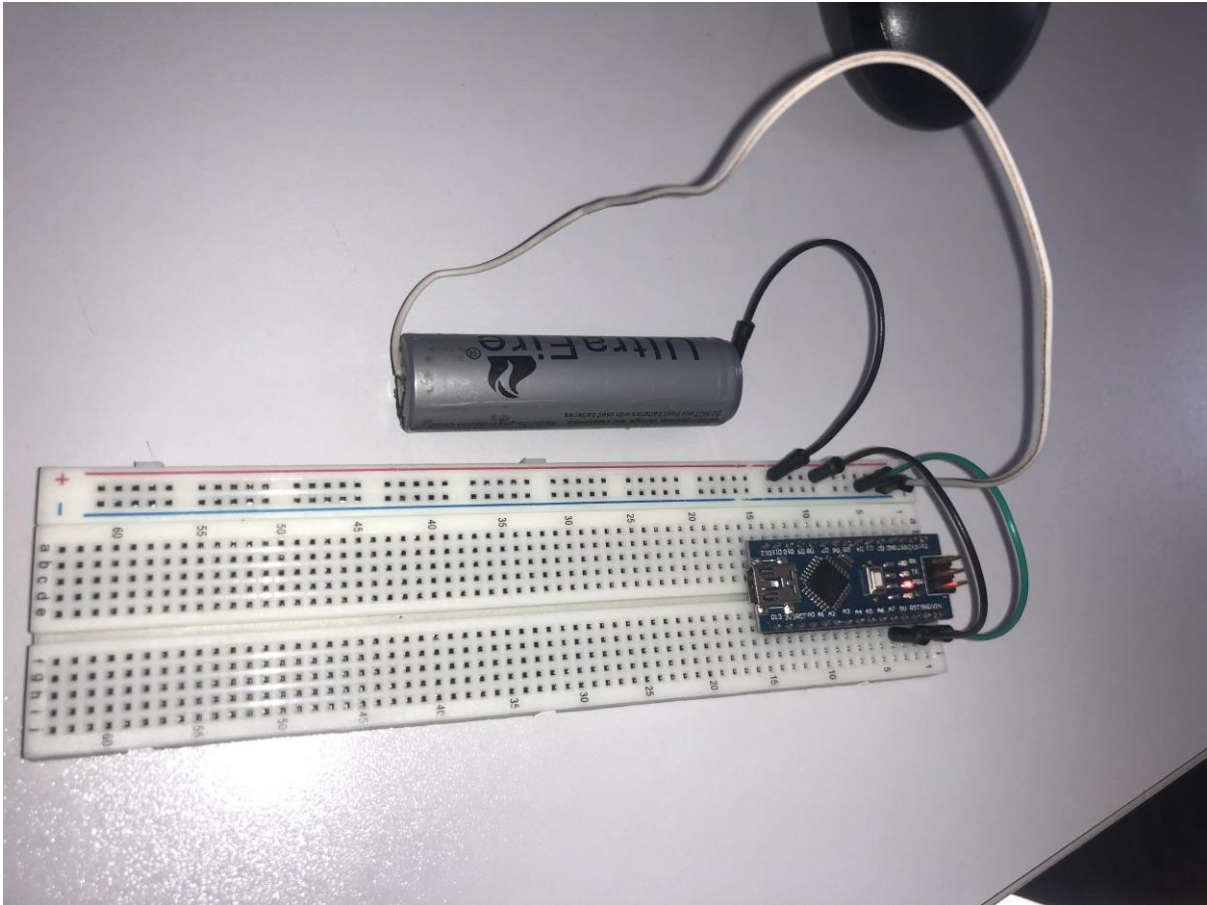
Slika 33: Kotiran Arduino Nano

(Vir: <https://www.pjrc.com/teensy/dimensions.html>)

Njegova poraba v prostem teku znaša le 19 mA, kar je znatno manj od konkurence. To pripomore k daljšemu delovanju naprave med polnjenji. Procesor je dovolj zmogljiv za izvajanje naše kode.

3.5.8 Delovna napetost in priključitev

Celoten sistem Arduino Uno lahko napajamo z napetostjo od 3 do 5 voltov. Ta značilnost nam lahko delo olajša, saj imamo večji razpon napetosti. Baterija bo delovala na napetosti od 3,6 do 4,1 volta. Sistem bo napajen direktno iz baterije, vmes pa bo vezano stikalo, ki napravo vklopi oziroma izklopi. To bo na voljo uporabniku na hrbtni strani naprave.



Slika 34: Vezje Arduino Nano

(Vir: Osebni arhiv)

3.5.9 Programiranje

Arduino Uno se programira v C-programskem jeziku, ki ima svoje zakonitosti. V pomoč pri programiranju že obstajajo knjižnice z zapisanimi programi za določene funkcije. V primeru da želimo uporabiti te funkcije, knjižnice pokličemo v program z njihovim imenom.

Računalnik in sistem Arduino se med seboj sporazumevata prek USB-kabla in programske opreme Arduino. V njej zapišemo kodo, ki jo kasneje naložimo na sistem. Zaradi prostorske stiske in minimizacije smo iz sistema morali odstraniti USB-priključek za programiranje. To dosežemo po naslednjih korakih:

1. programiranje
2. nalaganje kode na sistem
3. odstranitev USB-priključka

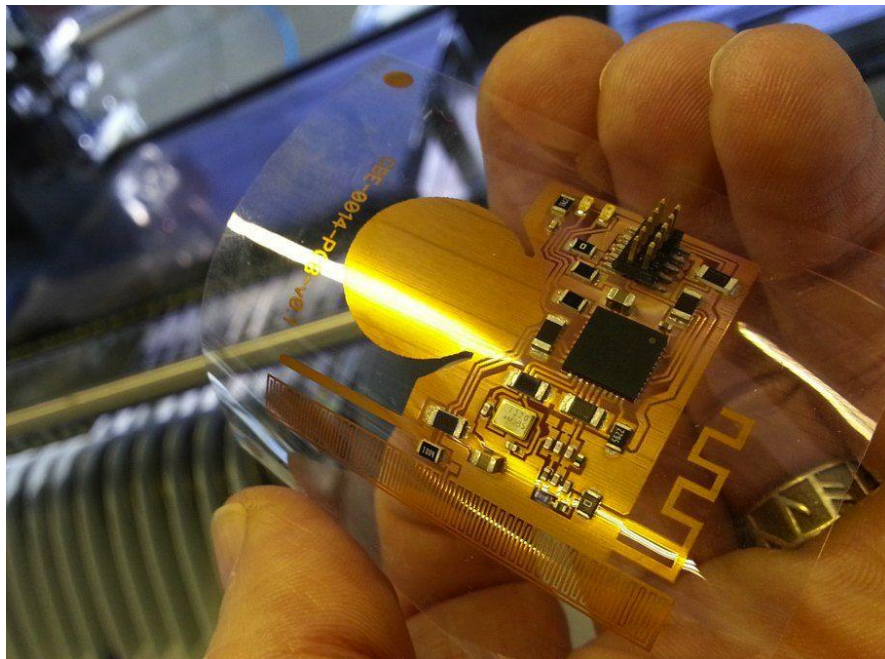
Ko korake opravimo, dobimo pravilno programirano ploščo Arduino, ki po pravilni priključitvi deluje kot “možgani“. Dosežemo občutno zmanjšanje volumna mikroročunalnika.

4 MINIMIZACIJA

Posamezne sklope tehnologij, ki smo jih razvili specifično za naš produkt, je potrebno minimizirati. Ta postopek je bistven za zmanjšanje volumna naprave. Ta ključno pripomore k uporabnosti, saj nam omogoča spraviti vse komponente v spodnjo majico.

4.2 PODROČJA MINIMIZACIJE

- Nekateri elemente med sabo povezujejo žica, tranzistorji, upori itd. Vse te elemente lahko natisnemo na upogljivo ploščo. Ta je izredno tanka in nemoteča, zato se bo izvrstno uporabljala v upogljivi majici.



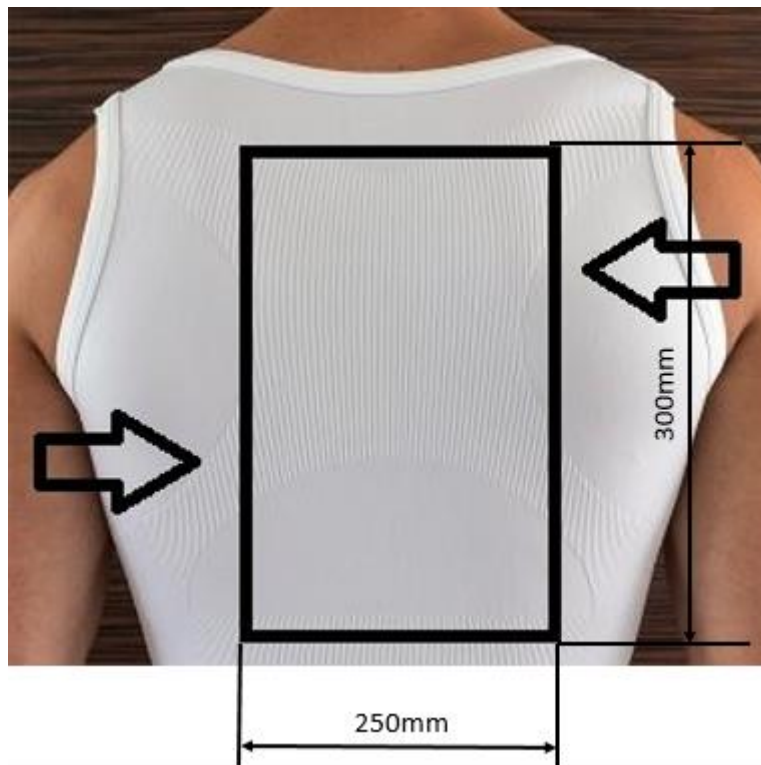
Slika 35: Tiskano vezje na plastični foliji

(Vir: <https://www.pinterest.com/pin/204139795585529067/>)

- Gyro senzorja sta narejena na plošči, ki je namenjena predvsem učenju. Takšna plošča nudi veliko prostora okrog priključkov. Poleg tega ni bila oblikovana, da izkoristi ves ponujeni prostor. Komponente teh senzorjev lahko prerazporedimo na svoje upogljivo tiskano vezje. Pri tem dosežemo fizično zmanjšanje senzorja.

4.3 RABA PROSTORA - ZLAGANJE

Zaradi omejenega volumna končnega vsadka je potrebno prostor čim bolj izkoristiti. V ta namen je potrebno razviti povsem novo rabo prostora, ki bo ustrezala našim željam. Potrebno je bilo določiti dimenzije vsadka, ki bo vшит v majice. Ta po zunanjih robovih znaša 300 x 250 mm, debelina vsadka pa ne sme presegati 7 mm.



Slika 36: Kotiran obris, kjer bo minimiziran izdelek

(Vir: <https://www.atrgovina.com/k/moda-in-dodatki/oblacila-in-obutev/spodnje-perilo/> in avtor)

Ker sistem v trenutni fazi še ni minimiziran, lahko kočne dimenzije odstopajo od navedenih. Spremembe se bodo izvajale v skladu s testiranjem in z zahtevami uporabnikov.

Zaradi čim večjega izkoristka omenjenega prostora bomo uporabili tehnologijo zlaganja.

To pomeni, da lahko komponente zlagamo v širino in dolžino, ne smemo pa jih nalagati enega na drugega. Le-tako lahko zagotovimo izjemno majhno debelino sistema. Elementi bodo razporejeni med sabo glede na potrebe. Povezovala jih bodo upogljiva vezja.

4.4 NAČRTOVANJE MINIMIZACIJE

Postopek minimizacije se bo začel takoj, ko bodo posamezne komponente pokazale 100-odstotno zanesljivost. Testiranja so v teku od januarja 2019. Minimizacijo bomo opravili v sodelovanju s podjetji INTEC TIV, LINGVA in ELGOLINE.

5 OVREDNOTENJE HIPOTEZ

- Naprava bo poleg opomnika krepila mišice, po čemer se razlikuje od konkurence.

POTRJENO – s prisilo uporabnika v pravilno držo se krepijo tudi mišice (aktivna oblika delovanja).

- Ustvarili bomo napravo, ki bo lahko všita v majico.

POTRJENO – z razvijanjem majhnih sistemov in minimizacijo je hipoteza uspela.

- Izdelek ne bo škodljivo seval, saj se večina ljudi boji tega pri nosljivi tehnologiji.

POTRJENO – naprava ne oddaja ali sprejema nikakršnega valovanja v fazi delovanja.

- Baterija bo zdržala več kot 24 ur uporabe.

POTRJENO – računsko in praktično smo dokazali, da je čas uporabe precej daljši od 24 ur.

- Izdelek bo vodoodporen.

POTRJENO – izdelek nima fizičnih priključkov, zalit je z gelom, zavit pa v folijo. Voda ga tako ne doseže.

- Elektrode bodo stimulirale mišice na hrbtu in bodo uporabljene za opomnik.

OVRŽENO – elektrode zaradi lepljivega gela in nepraktičnosti niso uporabne za izdelek.

- Z gyro senzorjem lahko izmerimo upogib hrbta.

POTRJENO – s sistemom dveh senzorjev lahko natančno izračunamo upogib v vseh položajih uporabnika.

- Sistem Arduino je enostaven za programiranje.

OVRŽENO – napredne kode in algoritmi so zahtevni za razumevanje, sistem pa je poln hroščev.

6 ZAKLJUČEK

Ukrivljena hrbtenica je vse večji globalni problem. Iz nepravilnega delovanja hrbtenice izvirajo bolečine v hrbtu in večina kasnejših obolenj. Vse te težave povzroči slaba drža, ki se jo da preprečiti. Naš cilj je bil ustvariti izdelek, ki bo slabo držo odpravil na aktiven način. Poleg tega mora biti izdelek uporabniku na voljo ves čas budnosti. Hkrati mora biti enostaven za uporabo in se neopazno prilagoditi našemu stilu življenja.

Ugotovili smo, da imamo opraviti z nosljivo tehnologijo. Ta je na trgu zelo mlada, zato je bilo treba razviti obilo novosti na tem področju. Raziskali smo možnosti, tržišče in metode dela. Trdo smo poprijeli za delo in se lotili konstruiranja, snovanja idej in reševanja težav, ki jih je prinesla raziskovalna naloga. Pri iskanju možnosti za doseganje cilja, smo spoznali, da bomo morali razviti tehnologije, ki so do sedaj še neraziskane. Nekatere elemente smo morali uporabiti na povsem nov način. Naučili smo se, da moramo upoštevati strokovno mnenje drugih, saj le na takšen način lahko najdemo optimalne rešitve na vseh področjih. Prav tako smo se naučili vztrajati v iskanju rešitev za navidezno nemogoče težave. Za svoje delo smo porabili veliko časa. Obsegalo je posvet s strokovnjaki, raziskovanje tehnologij in potreb uporabnika, kakor tudi sestavljanje in konstruiranje. Sedaj znamo reševati težave, si razdeliti delo, bolje poznamo elektronske komponente ipd. Z vztrajnostjo in nepopustljivo željo smo dokazali, da se motijo tisti, ki so dvomili v naš uspeh. Najpomembneje je, da smo sami spoznali, da smo imeli prav. Doživeli smo razvoj izdelka od začetka in praktično do konca, saj manjka le še zadnji korak še (minimizacija). Naši cilji so se uresničili. Z izjemo elektrod in programiranja sistema Arduino nismo ovrgli nobene hipoteze, kar kaže na to, da so bile raziskave o izdelku in načrt izvrstno pripravljeni.

Pri procesu snovanja je bila glavna težava pomanjkanje volje v določenih primerih. To se je zgodilo, ko nismo našli rešitve za določeno težavo. Skupaj smo se naučili, da se vsako težavo da rešiti in tako premagali pomanjkanje volje. Eden izmed problemov je tudi časovna stiska, saj je izdelek takšnih razsežnosti praktično nemogoče razviti v kratkem času. Premostili smo vse ovire in smo v zaključni fazi razvoja in testiranja.

Spoznali smo, da je delo pri razvoju in raziskovanju zanimivo. V izdelku smo prepoznali možnost za uspeh na tržišču. To smo umestili v cilj, ki ga sedaj pospešeno skušamo doseči.

7 VIRI IN LITERATURA

- [1] Arduino gyro senzor (online). 2016. (citirano 01. 03. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.dx.com/p/three-axis-gyroscope-accelerometer-sensor-module-for-arduino-2017358#.XHWmnehKjIU>
- [2] Arduino Nano (online). 2011. (citirano 01. 03. 2019). Dostopno na naslovu: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>
- [3] Arduino: Power Consumption Compared (online). 2016. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://tlextrait.svbtle.com/arduino-power-consumption-compared>
- [4] Elektroda z japonskim gelom (online). 2018. (citirano 29. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.ebay.com/itm/TENS-unit-Electrodes-2-X-2-Inch-20-pcs-Premium-TYCO-Gel-Electrode-For-All-Pin-/254110587420>
- [5] Elektrode na točkah proženja mišic (online). 2017. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: https://wn.com/compex_muscle_stim_pad_placement_for_trapezius in avtor
- [6] Gel, ki ne prevaja električnega toka (online). 2015. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.netdoctor.co.uk/medicines/aches-pains/a8068/phorpain-gel-ibuprofen/>
- [7] Getting Started with the Arduino Nano (online). 2015. (citirano 27. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano>
- [8] Graf slabe držge glede na prebivalstvo (online). 2016. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.thegoodbody.com/back-pain-statistics/>
- [9] Karakteristika motorja v odvisnosti od napetosti (online). 2018. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.pololu.com/product/1636/specs>

- [10] Koordinatni sistem gyro sistema (online). 2017. (citirano 01. 03. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.thefotosgratis.eu/micro-electro-mechanical-systems-forge-advancements-and.html>
- [11] Kosmodisk na osebi (online). 2014. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.snapdeal.com/product/sj-kosmodisk-spine-massager-classic/676088841457>
- [12] Kotiran Arduino Nano (online). 2015. (citirano 01. 03. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.pjrc.com/teensy/dimensions.html>
- [13] Kotiran obris lokacije izdelka (online). 2018. (citirano 01. 03. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.atrgovina.com/k/moda-in-dodatki/oblacila-in-obutev/spodnje-perilo/>
- [14] Mesto nahajanja izdelka (online). 2018. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.atrgovina.com/k/moda-in-dodatki/oblacila-in-obutev/spodnje-perilo/>
- [15] Navodila za projektno nalogo (online). 2016. (citirano 27. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <http://smm.sc-celje.si/navodila-za-projektno-nalogo/>
- [16] Shaftless Vibration Motor 10 x 3,4 mm (online). 2017. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.pololu.com/product/1636/specs4>
- [17] Slika hrbtnih mišic (online). 2017. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.howtorelief.com/back-muscle-origin-insertion-action-nerve-supply/>
- [18] Statistika preživljanja časa na digitalnih napravah (online). 2015. (citirano 27. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://blog.textmarks.com/mobile-media-usage-reaches-over-3-hours-per-day/>
- [19] Steznik na osebi (online). 2016. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.opornice.net/si/trgovina/opornice/opornice-za-hrbet-in-trebuh/>

[20] Strain gauge (online). 2018. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.robotgeek.com/sparkfun-flex-sensor-4-5-inch.aspx>

[21] Tiskano vezje na plastični folji (online). 2018. (citirano 01. 03. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.pinterest.com/pin/204139795585529067/>

[22] Uporaba literature pri raziskovalni nalogi (online). 2018. (citirano 01. 03. 2019). Dostopno na naslovu: <http://www2.arnes.si/~ljzotks2/gzm/dokumenti/literatura.html>

[23] Upright go in aplikacija (online). 2017. (citirano 28. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.amazon.com/Upright-Corrector-Strapless-Discrete-Confidence/dp/B0747YHYZF>

[24] Vibro motor v velikosti kovanca (online). 2018. (citirano 27. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://nfpshop.com/motor-catalogue/>

[25] Vibro motorčki na hrbtu (online). 2016. (citirano 27. 02. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.geegeez.co.uk/back/back/>