



Univerza v Mariboru



Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

Daniel Felkar

**VGRAJEN SISTEM ZA VODENJE
NASTAVLJIVE MIZE NA ERGONOMSKO
VIŠINO**

Diplomsko delo

Maribor, avgust 2017

VGRAJEN SISTEM ZA VODENJE NASTAVLJIVE MIZE NA ERGONOMSKO VIŠINO

Diplomsko delo

Študent: Daniel Felkar

Študijski program: Visokošolski program
Elektrotehnika

Smer: Elektronika

Mentor: doc. dr. Iztok Kramberger, univ. dipl. inž. el.

Somentor: mag. Jernej Ženko, univ. dipl. inž. el.

Lektor: Jasna Jelusic, prof. slovenščine



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko
Koroška cesta 46
2000 Maribor, Slovenija



Številka: E1071807

Datum in kraj: 31. 08. 2017, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Statut UM – UPB 12, Ur. l. RS, št. 29/2017) izdajam:

SKLEP O ZAKLJUČNEM DELU

1. **Danielu Felkarju**, študentu študijskega programa prve stopnje VS ELEKTROTEHNIKA, smer ELEKTRONIKA, se dovoljuje izdelati zaključno delo.
2. Tema zaključnega dela je pretežno s področja Inštituta za elektroniko in telekomunikacije.
3. **MENTOR:** doc. dr. Iztok Kramberger
SOMENTOR: Jernej Ženko, mag. inž. el., LogicData d.o.o.
4. **Naslov zaključnega dela:**
VGRAJEN SISTEM ZA VODENJE NASTAVLJIVE MIZE NA ERGONOMSKO VIŠINO
5. **Naslov zaključnega dela v angleškem jeziku:**
EMBEDDED SYSTEM FOR CONTROLLING ADJUSTABLE DESK TO ERGONOMIC HEIGHT
6. Rok za izdelavo in oddajo zaključnega dela je 30. 09. 2017. Zaključno delo je potrebno izdelati skladno z "Navodili za izdelavo zaključnega dela" in ga v treh izvodih (dva trdo vezana izvoda in en v spiralo vezan izvod) oddati v pristojnem referatu članice. Hkrati se odda tudi izjava mentor-ja/-ice (in morebitnega somentor-ja/-ice) o ustreznosti zaključnega dela.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat članice v roku 10 delovnih dni od dneva prejema sklepa.

Dekan:
red. prof. dr. Borut Žalik



Obvestiti:

- kandidata,
- mentor-ja/-ico,
- somentor-ja/-ico,
- odložiti v arhiv.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, doc. dr. Iztoku Krambergerju, univ. dipl. inž. el., in somentorju, mag. Jerneju Ženku, univ. dipl. inž. el., za usmerjanje in vodenje skozi izdelavo diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi podjetju LOGICDATA d.o.o. za omogočitev izdelave diplomskega dela in posebej ekipi LOGICDATA Maribor za vse usmeritve in pridobljeno znanje.

Prav tako se zahvaljujem družini in prijateljem za podporo in vzpodbudo med študijem

Vgrajen sistem za vodenje nastavljive mize na ergonomsko višino

Ključne besede: vgrajen sistem, nastavljiva miza po višini, ergonomska višina

UDK: 681.586.34(043.2)

Povzetek

Po višini nastavljive mize pomagajo ljudem doseči boljše zdravje in povečati koncentracijo pri delu. Z napredkom sistemov po višini nastavljivih miz so se izboljšali pogoji, pod katerimi ljudje delajo. Dodatni vgrajeni senzorski sistemi z avtomatiziranim procesom merjenja in vodenja mize na ergonomsko višino pomagajo človeku doseči boljšo držo in izboljšati zdravje. Iz relacij med deli človeškega telesa se lahko izračuna višina mize, ključni podatek pa je uporabnikova višina telesa, ki jo izmeri vgrajen senzorski sistem s pomočjo vodenja nastavljive mize po višini. Tako se lahko nastavi miza na ergonomsko višino, ki izboljša držo telesa uporabnika.

Embedded system for controlling adjustable desk to ergonomic height

Key words: embedded system, adjustable desk, ergonomic height

UDK: 681.586.34(043.2)

Abstract

Height adjustable desks help people to archive better health and increases concentration on work. Progress of height adjustable desk systems is also improving the conditions under which people work. Adding embedded systems to height adjustable desk, improves body posture with automatic process of measuring and controlling the desk. The height of the desk can be calculated with using relations between parts of the human body and the height of the person, which is measured with embedded system to control and drive the desk to a certain height. Ergonomic height of the desk can be then archived to improve the posture of human body and health.

KAZALO

1	UVOD	1
2	TEORETIČEN IN TEHNOLOŠKI PREGLED	2
2.1	ČLOVEŠKO TELO	2
2.1.1	<i>Razmerje telesa</i>	<i>2</i>
2.1.2	<i>Ergonomske pozicije</i>	<i>3</i>
2.1.2.1	<i>Stoječa pozicija</i>	<i>3</i>
2.1.2.2	<i>Sedeča pozicija.....</i>	<i>4</i>
2.2	SISTEMI NASTAVLJIVIH MIZ PO VIŠINI	5
2.2.1	<i>Aktuatorji.....</i>	<i>5</i>
2.2.2	<i>Kontrolne enote</i>	<i>5</i>
2.2.3	<i>Krmilni vmesnik.....</i>	<i>6</i>
2.3	SENZOR POSPEŠKOV	7
2.4	SENZOR GLOBINE	8
2.4.1	<i>Delovanje senzorja globine.....</i>	<i>8</i>
2.5	TEORETIČNA ZASNOVA VGRAJENEGA SISTEMA	10
2.5.1	<i>Višina človeka</i>	<i>10</i>
2.5.2	<i>Ergonomska višina mize</i>	<i>12</i>
3	ZASNOVA IN IZVEDBA SISTEMA.....	14
3.1	NAPAJANJE.....	14
3.2	KRMILNO VEZJE	16
3.3	SENZORSKI DEL	17
3.3.1	<i>Senzorji globine.....</i>	<i>17</i>
3.3.2	<i>Senzor pospeškov.....</i>	<i>20</i>
3.4	KOMUNIKACIJSKI VMESNIK.....	21
3.5	PROGRAMSKA OPREMA.....	23
3.5.1	<i>Program vgrajenega sistema.....</i>	<i>23</i>
3.5.2	<i>Program računalniške skripte.....</i>	<i>24</i>

3.6	UPORABNIŠKI VMESNIK	25
4	MERITVE IN REZULTATI	27
4.1	PORABA	28
4.2	MERJENJE RAZDALJE	30
4.3	ODZIVNOST	33
4.4	STOJEČI POLOŽAJ	33
4.5	SEDEČI POLOŽAJ.....	35
4.6	MERITVE PRI VEČJI POPULACIJI LJUDI	36
4.7	PODAJA REZULTATA MERITVE	36
5	ZAKLJUČEK.....	38
6	LITERATURA.....	39

KAZALO SLIK

SLIKA 2.1: LEONARD DA VINCI: »THE VITRUVIAN MEN«	2
SLIKA 2.2: STOJEČI POLOŽAJ Z MERAMI ERKONOMSKE DRŽE.....	4
SLIKA 2.3: SEDEČI POLOŽAJ Z MERAMI ERGONOMSKE DRŽE	4
SLIKA 2.4: AKTUATOR ZA NASTAVLJIVO MIZO PO VIŠINI	5
SLIKA 2.5: KONTROLNA ENOTA.....	6
SLIKA 2.6: KRMILNI VMESNIK	6
SLIKA 2.7: STRUKTURA SENZORJA POSPEŠKOV	7
SLIKA 2.8: ULTRAZVOČNI SENZOR	8
SLIKA 2.9: PRINCIP DELOVANJA SENZORJA GLOBINE [9]	9
SLIKA 2.10: ČLOVEK ZA MIZO Z MERILNIMI OZNAKAMI	11
SLIKA 2.11: NAKLON MONITORJA Z MERILNIMI OZNAKAMI.....	12
SLIKA 3.1: BLOK DIAGRAM VGRAJENEGA SISTEMA	14
SLIKA 3.2: VEZJE, KI LOČI DVE VHODNI NAPETOSTI	15
SLIKA 3.3: VEZJE ZNIŽANJA VHODNE NAPETOSTI.....	15
SLIKA 3.4: VHODNI NIZKOPREPUSTNI FILTER.....	15
SLIKA 3.5: VEZJE KRMILNIKA	16
SLIKA 3.6: VEZAVA PRIKLJUČKA ZA PROGRAMIRANJE KRMILNIKA.....	17
SLIKA 3.7: VIDNO POLJE SENZORJA GLOBINE	18
SLIKA 3.8: VIDNO POLJE DVEH SENZORJEV GLOBINE	19
SLIKA 3.9: VEZJE TREH SENZORJEV GLOBINE	20
SLIKA 3.10: VEZJE VHODNO-IZHODNIH LINIJ SENZORJEV	20
SLIKA 3.11: VEZJE SENZORJA POSPEŠKOV	21
SLIKA 3.12: VEZJE USB PRIKLJUČKA	22
SLIKA 3.13: STRUKTURA PAKETA DEFINIRANEGA KOMUNIKACIJSKEGA VMESNIKA	22
SLIKA 3.14: DIAGRAM POTEKA PROGRAMA.....	23
SLIKA 4.1: GRAF MERITVE RAZDALJE PRI 100 MM, BELI MERJENEC	31
SLIKA 4.2: GRAF MERITVE RAZDALJE PRI 200 MM, BELI MERJENEC	32
SLIKA 4.3: GRAF MERITVE RAZDALJE PRI 100 MM, ČRNI MERJENEC.....	32

SLIKA 4.4: GRAF MERITVE RAZDALJE PRI 200 MM, ČRNI MERJENEC.....	33
SLIKA 4.5: GRAF POTEKA MERJENJA VIŠINE UPORABNIKA V STOJEČEM POLOŽAJU	34
SLIKA 4.6: GRAF POTEKA MERJENJA VIŠINE UPORABNIKA V SEDEČEM POLOŽAJU	35

KAZALO SLIK

TABELA 4.1: SPECIFICIRANE PORABE KOMPONENT VEZJA	28
TABELA 4.2: TOKOVI CELOTNEGA VEZJA V RAZLIČNIH STANJIH	28
TABELA 4.3: NAPETOSTI PRED IN PO LDO KOMPONENTO	29
TABELA 4.4: MOČI CELOTNEGA VEZJA.....	29
TABELA 4.5: TOKOVI POSAMEZNIH DELOV VEZJA	30
TABELA 4.6: REZULTATI MERITVE RAZDALJ	30
TABELA 4.7: IZRAČUNANI REZULTATI ČASA ODZIVNOSTI	33
TABELA 4.8: REZULTATI MERITVE IN IZRAČUN STANDARDNIH ODKLONOV	36

1 UVOD

Pametno pohištvo se vedno bolj vgrajuje v domove in pisarne z namenom, da bi izboljšalo zdravje človeka. Pri delu za mizo ima človek lahko velike probleme z bolečinami, ki se pojavijo zaradi ponavljajočih se gibov in nepravilne drža. Z neustrezno višino mize, človeško telo ni v pravilni drža, kar pa vpliva na počutje in tudi privede do slabe koncentracije pri delu. Raziskave na temo ergonomije podajajo dobre smernice, kako doseči ergonomsko drža in tudi na koliko časa je priporočeno zamenjati med sedečim in stoječim položajem.

Po višini nastavljive mize že leta pomagajo človeku preprečiti bolečine. Kot pri vsakem pripomočku, je tudi pri teh mizah potrebno najprej spoznati njihovo delovanje in namen uporabe, da se lahko iz njih pridobi maksimalni izkoristek njihovih zmožnosti. Po višini nastavljive mize same po sebi nimajo veliko funkcionalnosti. Na človekovo zdravje in koncentracijo pa zelo vpliva višina, ki jo je težko najti za boljši izkoristek mize. V ta namen se lahko mizam dodajo vgrajeni senzorski sistemi, ki uporabniku pomagajo doseči pravo višino mize za pravilno ergonomsko drža telesa.

Ergonomska višina mize se lahko izračuna na podlagi osnovnih relaciji med deli človeškega telesa. Vgrajen sistem lahko z pomočjo vodenja nastavljive mize izmeri višino človeka in s tem podatkom izračuna višino mize, ki je ergonomsko primerna za uporabnika.

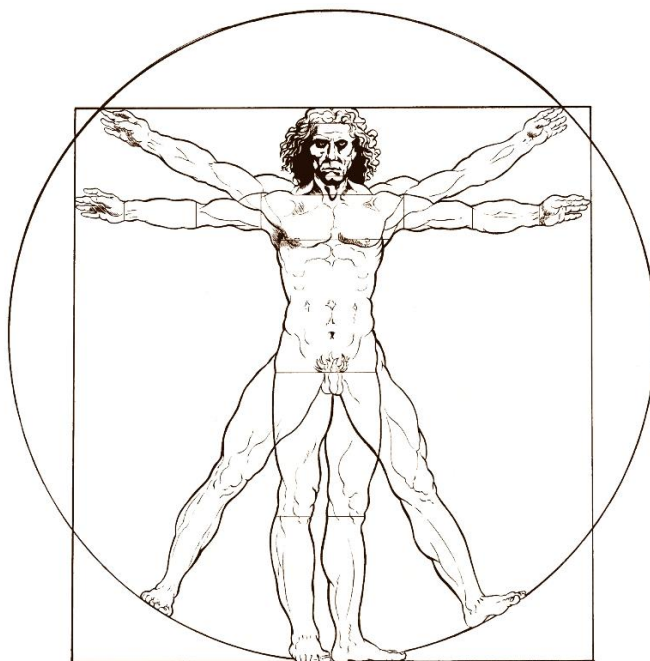
2 TEORETIČEN IN TEHNOLOŠKI PREGLED

2.1 Človeško telo

Da človek doseže ergonomsko držo telesa ob določenih pogojih, mora poznati razmerje človeškega telesa. Že Rimljani so razkrivali arhitekturo človeškega telesa in tako postavili zlato pravilo, ki opisuje razmerje telesa. Veljavnost tega pravila potrjujejo tudi današnje raziskave.

2.1.1 Razmerje telesa

Leonardo da Vinci je avtor priznane slike »*The vitruvian men*« (slika 2.1). Ta slika prikazuje zlato pravilo oziroma razmerje človeškega telesa, narisano na podlagi koncepta rimskega arhitekta Vitruvius-a, ki je napisal deset knjig o arhitekturi z naslovom »*De architectura*«. Zajema raznolike informacije o grških in rimskih zgradbah in tudi navodilih za planiranje ter načrtovanje vojaških taborov, mest in velike ter male konstrukcijske strukture.



Slika 2.1: Leonard da Vinci: »*The vitruvian men*«

Zlato pravilo pravi, da lahko človeško telo s stegnenimi rokami postavimo v kvadrat, ki je visok in širok osem dolžin glave, stegnjene noge in roke pa lahko premika po krožnici, ki ima sredino v popku [1].

2.1.2 Ergonomske pozicije

Ergonomija se razume kot oblikovanje in načrtovanje uporabnikovega delovnega okolja, saj se pri tem lahko zmanjšajo poškodbe, ki nastanejo zaradi ponavljajočih se gibov.

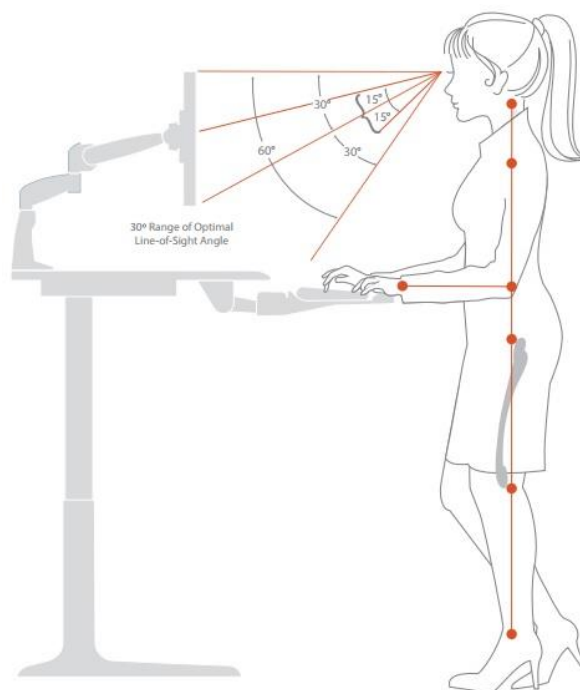
Ko je človek v osemdesetih letih prejšnjega tisočletja začel več uporabljati računalnik za mizo, se je pojavljalo več obolenj s sindromom karpalnega kanala. Krapalni kanal je sindrom otrplosti ali mravljinčenja v roki, ki se pojavi zaradi stiskanja srednjega živca na zapestju. Je pogost pojav bolečin pri delu za mizo, katerih vzrok so ponavljajoči se gibi za računalnikom [5].

Pri delu za mizo je zelo pomembno, kako človek sedi ali stoji. Nepravilen položaj lahko človeka pri nepravilni drži glave zelo utruji, kar zmanjša koncentracijo in zbranost pri delu in na delovnem mestu. Raziskave so pokazale korelacijo med položajem rok na mizi in višino mize. Pri sedenju za mizo mora človek imeti roke v 90° kotu med spodnjim in zgornjim delom roke, pri tem pa so njegove dlani na mizi. Tak položaj telesa zmanjšanja slabo drže hrbtenice, saj se človek sam zravnava pod določenimi pogoji za mizo.

Raziskave nakazujejo, da človek v stoječi poziciji v enem dnevu porabi 100 kalorij več, kot v sedeči poziciji [3]. Dalj časa v stoječem položaju tudi ni primerno, saj so mišice bolj napete in to telo tudi hitreje izčrpa. Z menjavo pozicije na določeni časovni interval lahko človek doseže veliko boljšo dinamiko in rekreativno delo za mizo. Po višini nastavljiva miza pa pri tem zelo pomaga, saj lahko človek z njo menja položaj in s tem poskrbi za boljšo koncentracijo pri delu.

2.1.2.1 Stoječa pozicija

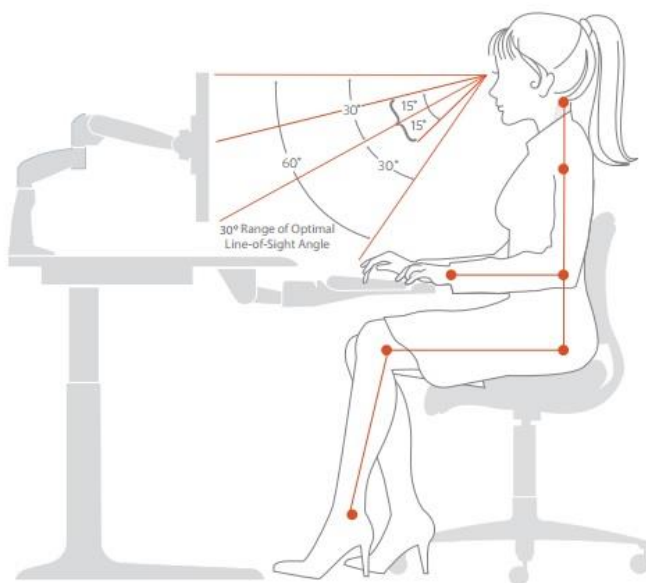
Pri pravilni drži telesa mora človek za mizo držati komolce v 90 stopinjskem kotu in z zravnano glavo gledati na vrh monitorja, kar prikazuje slika 2.2. Pogled na sredino monitorja bi naj bil pod 15 stopinjskem kotom od vrha in dodatnih 15 stopinj do dna monitorja [2]. Človek z tako držo poskrbi za manj utrujenosti in napenjanje mišic v vratu. Tudi svetloba, ki jo oddaja monitor ne vpada direktno v oči in uporabnika ne utruji tako hitro s tem, da bi se zenice preveč krčile ali raztezale.



Slika 2.2: Stoječi položaj z merami ergonomske drže

2.1.2.2 Sedeča pozicija

V sedečem položaju ni samo pomembno kakšen stol uporablja človek, temveč je pomembna tudi pravilna višina mize. Velja isto pravilo, da mora imeti roke v 90 stopinjskim kotom in mora gledati ravno na vrh monitorja. Iz slike 2.3 je razvidno, kako mora človek sedeti za mizo, da doseže ergonomsko pozicijo in s tem poskrbi za zdravje in koncentracijo pri delo.



Slika 2.3: Sedeči položaj z merami ergonomske drže

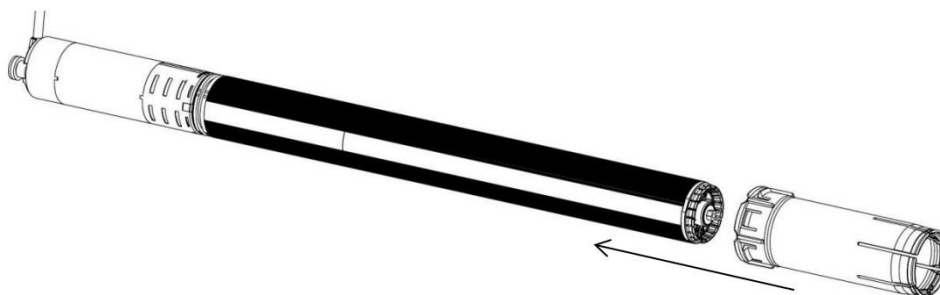
2.2 Sistemi nastavljivih miz po višini

Sistemi po višini nastavljivih miz omogočajo precizno nastavljanje višine mize. S tem miza omogoča uporabniku dinamiko, ki izboljša njegovo koncentracijo za delo, z menjavo pozicij pa izboljša tudi zdravje samega uporabnika.

Po višini nastavljive mize imajo vgrajene motorje oziroma aktuatorje v nogah. Kontrolna enota (*ang. Control Unit*) krmili in sinhronizira aktuatorje tako, da so vsi na isti višini, kar prepreči lomljenje površinske deske ali okvirja mize. Človek lahko vodi mizo z pomočjo tipk, ki kontrolni enoti povedo, v katero smer naj se miza premika.

2.2.1 Aktuatorji

Motorji, ki potiskajo, vlečejo ali rotirajo, se imenujejo aktuatorji (*ang. Actuator*). V nastavljivih mizah se uporabljajo kot rotorji, ki se z vrtečim gibanjem daljšajo ali krajšajo. Na tak način lahko aktuator dvigne ali spusti površinsko desko mize in omogoči spreminjanje višine mize. Tipov aktuatorjev je več in vsak omogoča različno hitrost vrtenja in težo, ki jo prenese.



Slika 2.4: Aktuator za nastavljivo mizo po višini

Primer aktuatorja, ki se vgrajuje v mize, je prikazan na sliki 2.4. Poganja ga DC motor, ki je v zadnjem delu aktuatorja. Ker je aktuator pritrjen z zgornje in spodnje strani, se lahko vrti samo sredinska palca, ki pa ob pogonu izvijači notranjo navitje in tako se aktuator daljša ali krajša [6].

2.2.2 Kontrolne enote

Kontrolne enote so glavni del sistema in omogočajo veliko funkcionalnosti. Glavna naloga teh enot je, da sinhronizirajo aktuatorje s štejem vrtljajev in pospešijo ali opočasnijo določene aktuatorje, da pridejo do enakih višin. Imajo varnostne mehanizme, kot npr. zaznava prevelikega toka na aktuatorju. Takšna funkcija

kontrolni enoti omogoča detekcije preobremenitve aktuatorja in lahko pravočasno ustavi vodenje mize, da se ne bi kaj poškodovalo. Nekatere kontrolne enote omogočajo povezovanje le-teh paralelno med seboj, kar pa omogoča krmiljenje več aktuatorjev v takem sistemu.

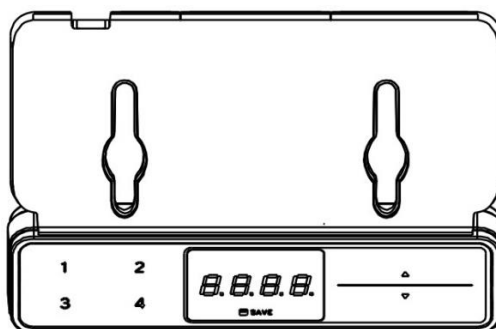


Slika 2.5: Kontrolna enota

Kontrolna enota, prikazana na sliki 2.5, se z dvema vijakoma pritrdi na dno mize. Po višini nastavljiva miza je pripravljena za vodenje v treh korakih. Najprej se v dno mize pripelje napajanje, sledi priključitev aktuatorjev v bele priključke, na koncu pa je nujno potrebno še, da se krmilni vmesnik priključi v krožne priključke [7].

2.2.3 Krmilni vmesnik

Kontrolna enota omogoči človeku vodenje mize s krmilnim vmesnikom (*ang. Handset*). Različne vrste krmilnih vmesnikov podajajo različno število funkcionalnost, vsi pa imajo tipki gor in dol. Nekateri imajo zaslon, ki prikazuje višino mize, kar pa je odvisno od sposobnosti kontrolne enote. Krmilni vmesniki omogočajo tudi shranjevanje več različnih višin, ki jih uporabnik lahko prikliče z pritiskom na tipko in kontrolna enota odpelje mizo na to višino.



Slika 2.6: Krmilni vmesnik

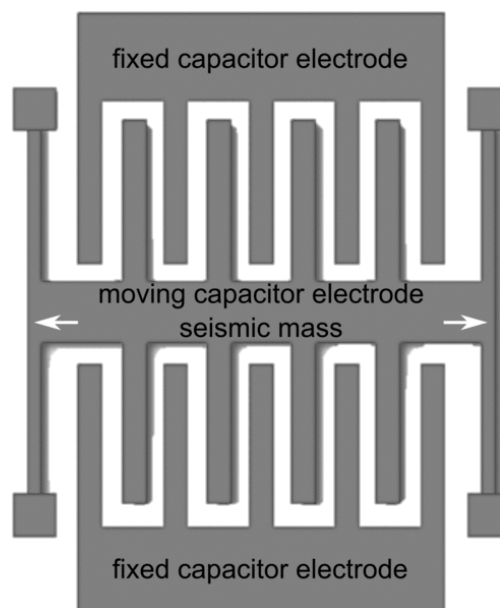
Osnovni krmilni vmesnik z preprostim prikazovalnikom je prikazan na sliki 2.6. S tipkama gor in dol omogoča vožnjo mize ter omogoča shranjevanje višin. Na prikazovalniku je prikazan podatek o višini mize, ki se med premikanjem neprestano osvežuje [8].

2.3 Senzor pospeškov

Senzor pospeškov je elektromehanski pretvornik, ki meri sile pospeškov v različne smeri. Te sile so lahko statične, kot je npr. konstantna sila gravitacije, ki deluje proti zemlji [10].

Obstaja več tehnologij senzorjev pospeškov, ki so bili načrtovani skozi leta. Najboljši in najmanjši so senzori, ki so zgrajeni iz tehnologije mikro elektromehanskih sistemov MEMS (*ang. Micro electromechanical Systems*).

Senzor pospeškov se lahko zgradi na več načinov. Nekateri delujejo na podlagi piezoelektričnega efekta, ki z dodajanjem sile pospeškov na mikroskopsko kristalno strukturo povzroča generiranje spremembe v napetosti. Drugi način delovanja je zaznavanje sprememb v kapacitivnosti. Njeno strukturo prikazuje slika 2.7, na kateri sta razvidni dve fiksni kapacitivni elektrodi in ena gibajoča kapacitivna elektroda, ki z gibanjem levo ali desno spreminja kapacitivnost in posledično napetost.



Slika 2.7: Struktura senzorja pospeškov

2.4 Senzor globine

Merjenje razdalje se lahko doseže z različnimi implementacijami vgrajenih sistemov in senzorjev. Obstajajo ultrazvočni merilniki razdalje, ki s spuščanjem zvoka v rangu ultrazvočnih frekvenc, merijo čas odboja in vrnitev zvoka od merjenca. Z implementacijo v vgrajen sistem se lahko preračuna razdalja od predmeta do sensorja. Slika 2.8 prikazuje tak senzor, ki se uporablja v raznih industrijah in okoljih, kjer so nižje zvočne frekvence, da ne bi motili sensorja zajema zvoka.

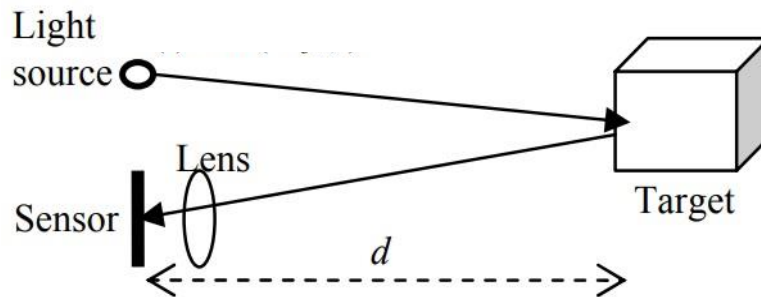


Slika 2.8: Ultrazvočni senzor

Kot ultra zvočni senzor deluje tudi globinski senzor, ki meri čas potovanja signala (*ang. Time of flight*). Senzor odda signal in meri lastnosti vrnjenega signala. Iz izmerjenih lastnosti signala se poda čas potovanja signala in razdalja, ki je zmnožek časa potovanja in hitrosti signala.

2.4.1 Delovanje senzorja globine

Tipični senzorji globine uporabljajo LED, IR ali lasersko svetlobo. Zaznavajo fazo vpadle svetlobe skozi optični sistem za fokusiranje svetlobe na senzor. Svetloba je modulirana z ponavljajočim se prižiganjem in ugašanjem. Merjenje razdalje je realizirano z računanjem faznega zamika med oddajo in sprejemom svetlobe. Natančnost merjenja je odvisna od količine vpadle svetlobe v senzor in moči filtriranja šuma.



Slika 2.9: Princip delovanja senzorja globine [9]

Na sliki 2.9 je prikazan princip delovanja senzorja globine, ki oddaja svetlobo sinusnega signala. Pri odboju od merjenca senzor zajame svetlobo preko leče, ki fokusira svetlobo na senzor tako, da vpadе čim več svetlobe za večjo natančnost.

Sinusni signal svetlobe ima podan določeno modulacijsko frekvenco, pri tem pa odbita svetloba vpadе v senzor z izmerjenim faznim zamikom. Po enačbi 1 se lahko izračuna rezultat signala odbite svetlobe, pri kateri se upošteva razdalja senzorja do merjenca in svetlobna hitrost, ki znaša 3×10^8 m/s.

$$r(t) = R \sin(2\pi f_m t - \phi) = R \sin(2\pi f_m (t - \frac{2d}{c})) \quad (1)$$

Kjer je:

- $r(t)$ – rezultat odbite svetlobe,
- R – amplituda odbite svetlobe,
- f_m – modulacijska frekvenca,
- ϕ – fazni zamik,
- d – razdalja senzorja do merjenca,
- c – svetlobna hitrost.

Podatek, ki je pomemben za vgrajen sistem iz senzorja, je razdalja do merjenca. Na podlagi rezultata odbite svetlobe lahko senzor globine izračuna ta podatek po enačbi 2.

$$d = \frac{c\phi}{4\pi f_m} \quad (2)$$

Ambientalna svetloba z enako valovno dolžino kot svetloba, ki jo senzor odda, predstavlja šum pri zaznavanju odbite svetlobe. Ker je oddana svetloba modulirana, se pri vpadli svetlobi v senzor vidi ambientalna svetloba kot konstanten šum po celotnem signalu, ki se lahko odstrani z različnimi metodami. Ker je oddajanje

svetlobe modulirano, se lahko v ugasnjem času periode modulacije izmeri moč vpadle ambientalne svetlobe ter se upošteva pri celotni periodi modulacije tako, da se odšteva.

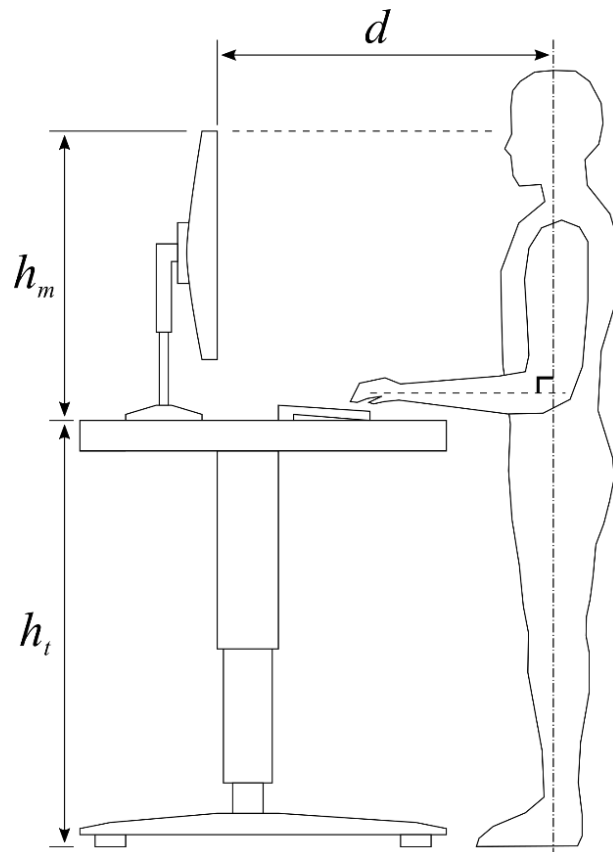
Problem se tudi pojavi, če ima merjenec dobro odbojno ali dobro absorpcijsko moč. V tem primeru namreč senzor pri močno odbiti svetlobi vrne nasičen rezultat in meritev ni pravilna. Prav tako pri absorpciji ne vpadе zadosti svetlobe v senzor, kar pa tudi privede do slabe meritve. Ta problem se lahko reši tako, da se uporabi večkratno merjenje na dva načina. Prvi način je merjenju z visoko močjo svetlobe. V tem načinu merjenja v senzor vpadе zadosti odbite svetlobe od merjenca dobre absorpcijske moči ter nasičena odbita svetloba merjenca dobre odbojne moči. Pri meritvi z nizko močjo svetlobe pa vpadе premalo odbite svetlobe pri merjencu dobre absorpcijske moči in zadosti odbite svetlobe pri merjencu dobre odbojne moči. Tako lahko senzor globine izračuna razdaljo do merjenca [9].

2.5 Teoretična zasnova vgrajenega sistema

Vgrajen sistem se uporablja za merjenje človekove višine in nastavitve ergonomske višine mize. Človek ima pogosto na delovni mizi monitor, pri katerem sta pomembna višina in razdalja od oči človeka. S položenim vgrajenim sistemom na vrhu monitorja se lahko izmeri višina človeka z vodenjem mize tako, da z senzorjem globine neprestano meri razdaljo človeka do monitorja dokler ne zazna vrh glave uporabnika.

2.5.1 Višina človeka

Po zaznavi vrha glave uporabnika je miza v stanju z znano višino mize, ki jo vgrajen sistem pridobi od kontrolne enote. Z višino monitorja, ki se izmeri z senzorjem globine iz vrha monitorja do površine mize in s trenutno višino mize, lahko vgrajen sistem izračuna višino človeka po enačbi 3. Slika 2.10 pa prikazuje človeka za mizo z merilnimi oznakami, ki se uporabljajo v enačbi.



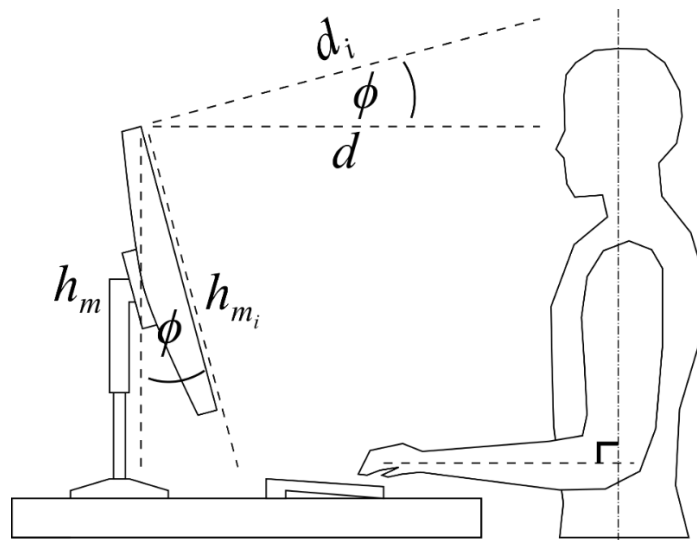
Slika 2.10: Človek za mizo z merilnimi oznakami

$$h_p = h_{t_0} + h_m \quad (3)$$

Kjer je:

- h_p – višina človeka,
- h_{t_0} – trenutna višina mize,
- h_m – višina mize.

Človek si lahko naklon monitorja prosto nastavlja, kar pa lahko vpliva tudi na meritev in izračun višine človeka. Vgrajen sistem vsebuje senzor pospeška, s pomočjo katerega izmeri naklon monitorja. Ta naklon se potem upošteva pri izračunu višine človeka. Ker naklon monitorja vpliva na meritev razdalje do človeka in meritev višine monitorja, je pri enačbi 3 upoštevan naklon monitorja, kot je prikazano z enačbo 4 in sliko 2.11, ki prikazuje naklon monitorja z merilnimi oznakami, ki se uporabljajo v enačbi.



Slika 2.11: Naklon monitorja z merilnimi oznakami

$$h_p = h_{i_0} + (\cos \varphi \cdot h_{m_i}) + (\sin \varphi \cdot d_i) \quad (4)$$

Kjer je:

- φ – naklon monitorja,
- h_{m_i} – izmerjena višina monitorja,
- d_i – izmerjena razdalja do človeka.

2.5.2 Ergonomska višina mize

Ergonomska višina mize je pogojena z višino človeka in položajem, v katerem je človek. Višina mize se lahko izračuna na podlagi zlatega pravila oziroma razmerja človeškega telesa, ki pravi da je telo razdeljeno na 8 delov, višina ene osmine je enaka višini glave človeka, oči pa so približno na polovici glave. S temi predpostavkami se lahko izračuna ergonomski položaj mize.

Miza mora biti na višini skrčenih rok pod 90 stopinjskim kotom, vrh monitorja pa na višini oči človeka [2]. Višino mize pod temi pogoji se lahko izračuna s pomočjo enačbe 5,

$$h_t = h_p - \frac{h_{ph}}{2} = h_p - \frac{h_p}{2 \cdot 8} = \frac{15 \cdot h_p}{16} \quad (5)$$

kjer je:

- h_t – višina mize,
- h_{ph} – višina glave človeka.

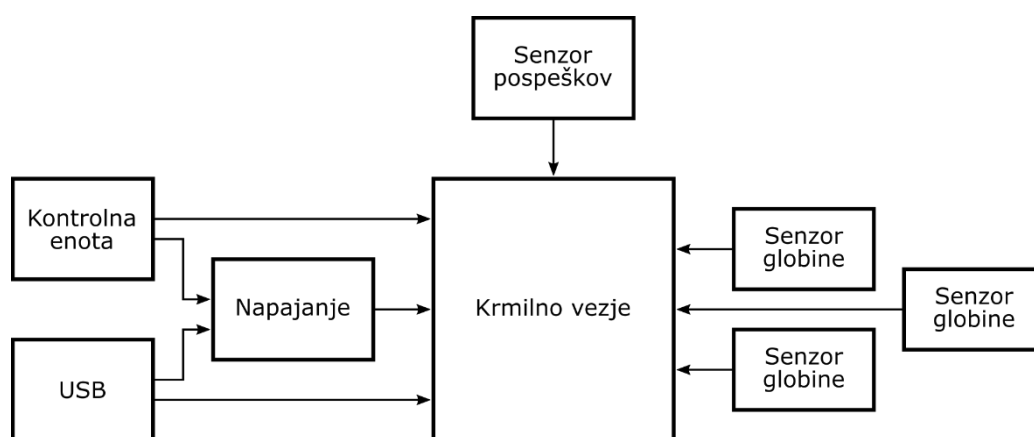
Za ponastavitev enačbe za izračun višine mize se lahko uporablja enostavnejša enačba, ki je pogojena samo na skrčene roke pod 90 stopinjskim kotom. Po zlatem razmerju človeškega telesa se lahko uporabi enačba 6, ki izračuna višino mize na višino komolcev človeškega telesa za stoječi položaj in enačba 7 za sedeči položaj, in sicer:

$$h_t = \frac{h_p}{8} \cdot 5 \quad (6)$$

$$h_t = \frac{h_p}{6} \cdot 3 \quad (7)$$

3 ZASNOVA IN IZVEDBA SISTEMA

Vgrajen sistem, ki je kot dodatek sistemu po višini nastavljive mize, izmeri višino človeka. Glede na ta podatek izračuna ergonomski položaj mize, ki je hkrati tudi podatek višine mize, na katero jo kontrolna enota mora odpeljati. Lahko se obnaša kot krmilni vmesnik ali pa kot serijska naprava, ki se lahko poveže z računalnikom preko USB komunikacijskega protokola in komunicira preko definiranega komunikacijskega vmesnika paketov. Z skriptnim jezikom lahko potem interaktivno komuniciramo z sistemom nastavljive mize po višini.

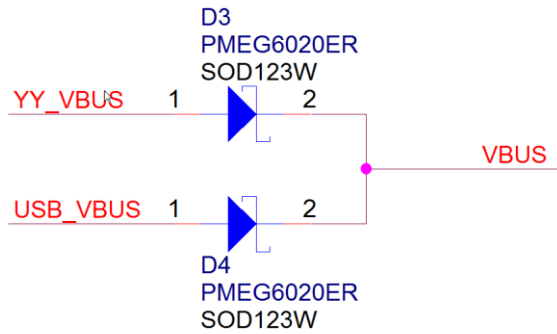


Slika 3.1: Blok diagram vgrajenega sistema

Vgrajen sistem je zgrajen iz več delov, kar prikazuje slika 3.1. Preko dveh vhodnih priključkov se pripelje napetost, ki se ustrezno pretvori za napajanje celotnega sistema in komunikacijske linije do kontrolne enote ter računalnika. V krmilno vezje so pripeljani senzor pospeškov in trije senzori globine za zajemanje dogajanja okoli vgrajenega sistema.

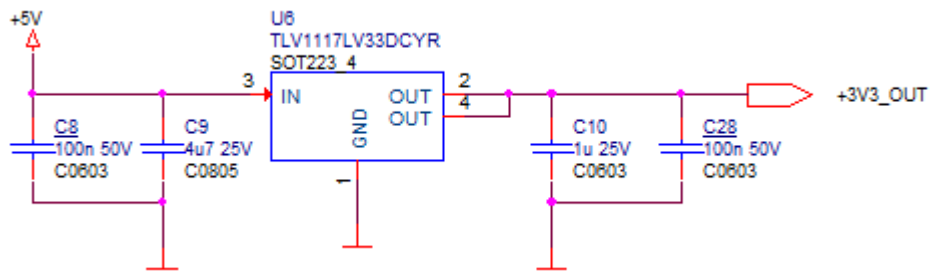
3.1 Napajanje

Vgrajen sistem se napaja iz USB linije, ko je priključen v računalnik. Ker se tudi obnaša kot krmilni vmesnik, lahko dobi napajanje iz kontrolne enote. S preprostim vezje sta obe vhodni napetosti ločeni. Na sliki 3.2 je prikazano vezje z dvema diodama, ki ločita dve vhodni napetosti in preprečujeta, da bi tok stekel iz vhodne napetosti v drugo.



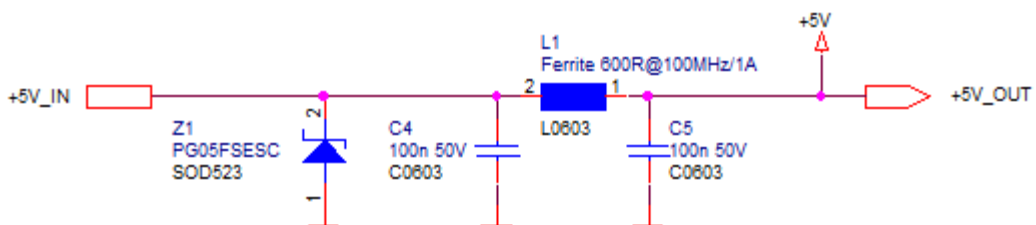
Slika 3.2: Vezje, ki loči dve vhodni napetosti

Napetost iz obeh vhodov je 5 V, kar pa je previsoko za celotno vezje vgrajenega sistema. V namen znižanja napetosti se uporablja vezje prikazano na sliki 3.3, ki uporablja LDO in deluje tako, da iz 5 V zniža na stabilnih 3,3 V, kar pa zadostuje za napajanje celotnega vezja.



Slika 3.3: Vezje znižanja vhodne napetosti

Da se ne bi iz vhodne napetosti kontrolne enote ali USB linij pojavil šum na napetosti ali prevelika napetost, ki bi lahko uničila LDO, je dodan filter, ki je prikazan na sliki 3.4. Dioda vezana iz mase proti liniji prepreči prevelike napetosti. Sledi preprosti nizkoprepustni filter, ki izloča šum visokih frekvenc na liniji.

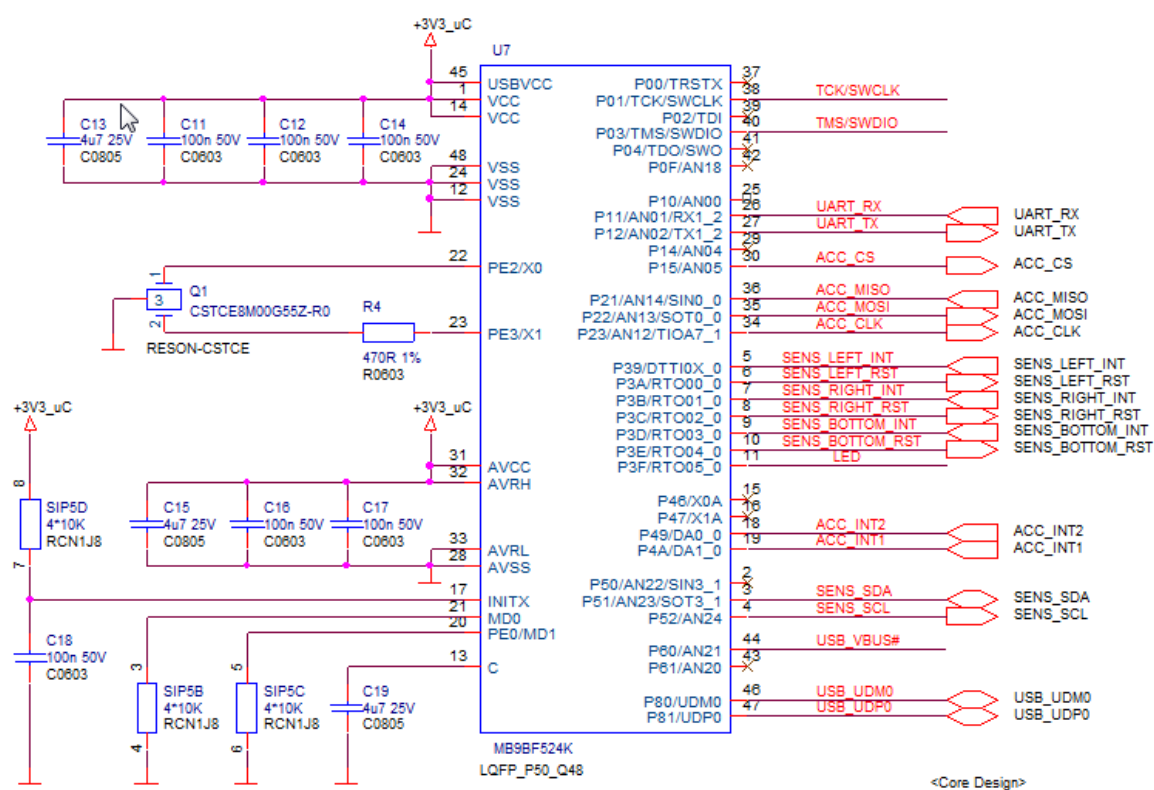


Slika 3.4: Vhodni nizkoprepustni filter

3.2 Krmilno vezje

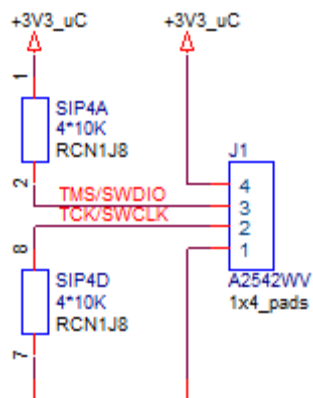
Izbrani krmilnik z jedrom ARM ima procesorsko zmogljivost in potrebne integrirane periferije za zahtevnost programa vgrajenega sistema. Med periferijami so uporabljeni komunikacijski protokoli UART za komuniciranje z kontrolno enoto, I²C za komunikacijo senzorjev globine in SPI za senzor pospeškov.

Deluje na hitrosti vse do 72 MHz z zunanjim kristalom, ki priskrbi 8 MHz ure v krmilnik z serijskim uporom, kot je prikazano na sliki 3.5, in z ostalim vezjem, ki je potrebno za pravilno delovanje krmilnika.



Slika 3.5: Vezje krmilnika

Vsebuje 64 Kb glavnega pomnilnika in dve banki delovnega pomnilnika s 8 Kb, kar pa je več kot dovolj za program, ki se izvaja v vgrajenem sistemu. V krmilnik se naloži program preko komunikacijskih linij protokola SWD, ki uporablja podatkovno linijo in linijo, preko katere teče sinhronizacijska ura. Za zunanji programator se uporablja priključek s štirimi priključki z dodatnima uporoma na komunikacijskih linijah, kot kaže vezje na sliki 3.6.



Slika 3.6: Vezava priključka za programiranje krmilnika

Vgrajeno ima tudi periferijo za USB komunikacijo, ki omogoča, da se vgrajen sistem lahko predstavi kot serijska naprava drugim sistemom.

Glavna naloga krmilnika je, da bere podatke iz senzorjev, jih procesira, izračunava in sestavlja pakete definiranega protokola, ki jih nato pošilja na USB serijska vrata ali pa v kontrolno enoto.

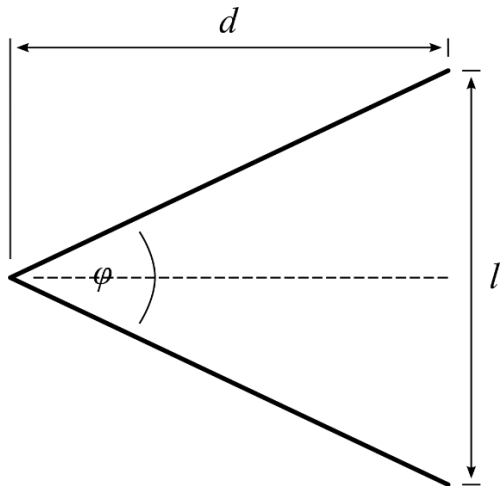
3.3 Senzorski del

Vgrajen sistem uporablja več senzorjev. Glavni senzor, ki omogoča funkcionalnost sistema, je senzor globine. Uporablja tehnologijo merjenja časa potovanja signala (*ang. Time of flight*), ki lahko izmeri razdaljo do 1,5 m. Površinska deska mize je v povprečju široka 1 m, monitor pa je odmaknjen od roba mize približno 20 cm. Tako znaša maksimalna razdalja 80 cm, kar pa zadostuje za izbrani senzor.

Senzorski del vezja je sestavljen iz treh senzorjev globine in enega sensorja pospeškov, ki meri naklon monitorja, da je meritev višine človeka bolj natančna.

3.3.1 Senzorji globine

Senzor globine ima vidno polje zajemanja svetlobe (*ang. Field of view*) 25 stopinj, kar pomeni, da na razdaljo d , ki znaša 80 cm pokriva polje vidnosti premera l , ki za to razdaljo znaša 35 cm, izračunano po enačbi 8, ki je izpeljana iz kotnih funkcij in je prikazana na sliki 3.7



Slika 3.7: Vidno polje senzorja globine

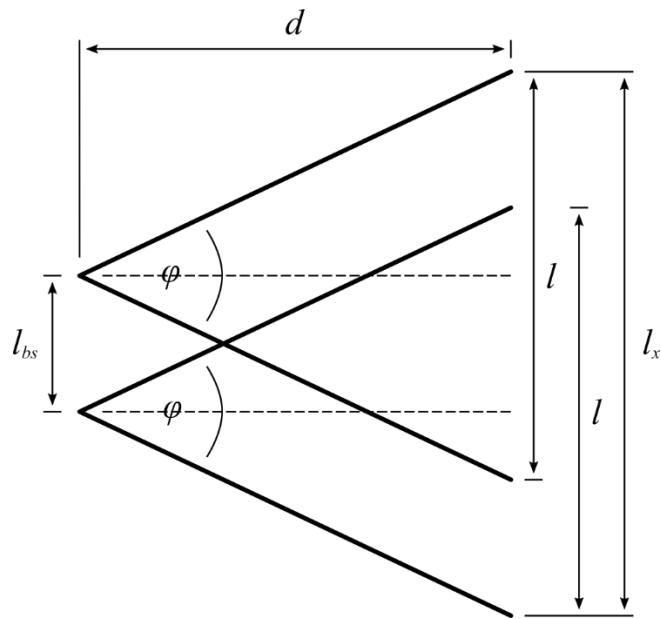
$$\tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{l/2}{d}$$

$$l = 2 \cdot \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) \cdot d \quad (8)$$

kjer je:

- φ – kot vidnega polja senzorja,
- d – razdalja od senzorja do merjenca,
- l – dolžina vidnega polja senzorja.

Človek je merjenec, ki mora biti v celoti znotraj vidnega polja zajemanja svetlobe, da so meritve pravilne. V povprečju je človeška glava široka 7 inchov, kar pa je približno 18 cm. Ramena so široka za 2 glavi in tako mora človek biti znotraj 54 cm premera vidnega polja [1]. Ker je vidno polje enega senzorja 26 cm, je dodan še drugi senzor z določenim razmakom l_{bs} od prvega, da poveča vidno polje, kot je prikazano na sliki 3.8. Razmak med senzorjema je izračunan po enačbi 9



Slika 3.8: Vidno polje dveh senzorjev globine

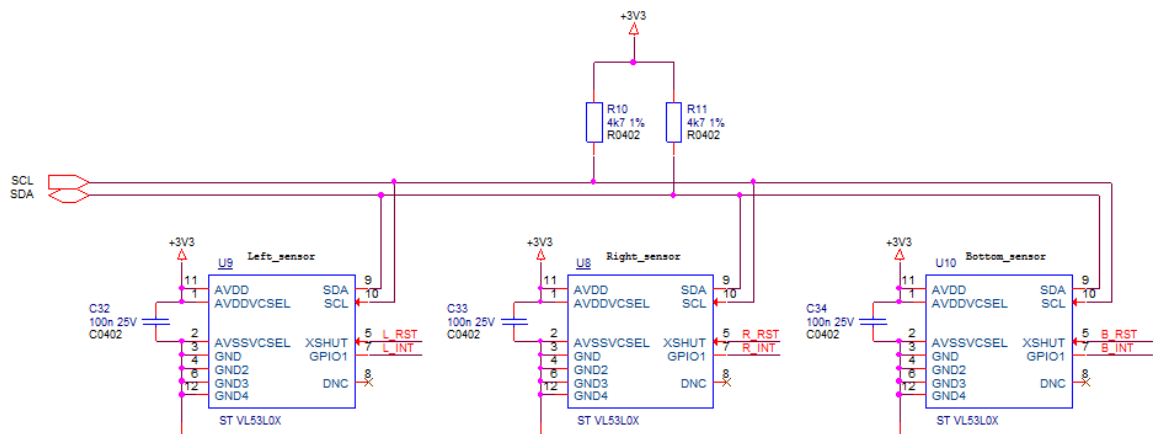
$$l_{bs} = 2 \cdot \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) \cdot d - l_x \quad (9)$$

kjer je:

l_{bs} – razmak med senzorjema.

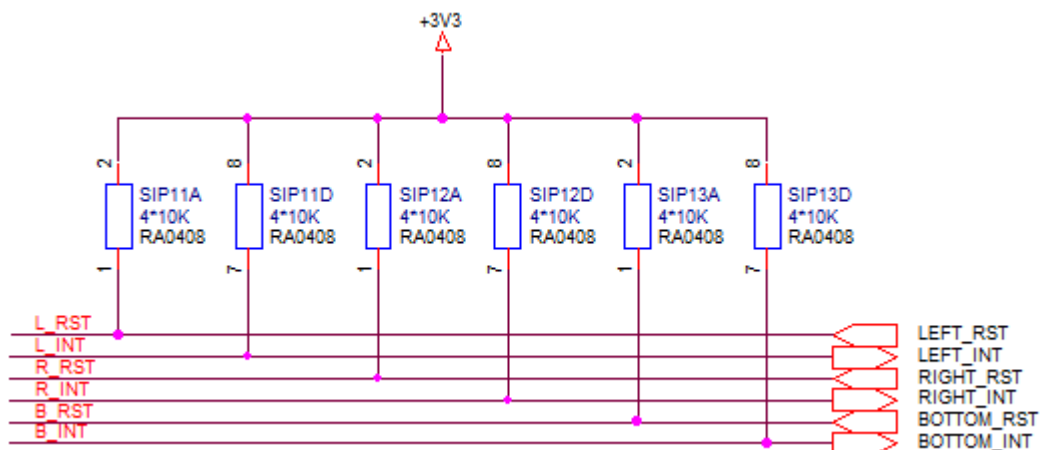
Tretji senzor globine je obrnjen navzdol in meri razdaljo od vrha monitorja do površinske deske mize. Ta podatek vgrajenemu sistemu predstavlja višina monitorja, ki se upošteva pri nadaljnjem izračunu višine človeka.

Krmilnik, ki bere podatke iz senzorjev globine, uporablja I²C komunikacijski protokol. Vezje je predstavljeno na sliki 3.9, ki prikazuje 3 senzorje globine z dodatnima upora, ki sta vezana iz komunikacijskih linij proti napajalni napetosti, da v stanju mirovanja držita liniji v visokem stanju, kot je specificiran I²C komunikacijski protokol.



Slika 3.9: Vezje treh senzorjev globine

Senzorji imajo tudi vhodno-izhodne priključke, ki služijo za vklop senzorjev in za signaliziranje dogodkov v senzorjih. Ti priključki oziroma linije potrebujejo upore kot je prikazano vezje na sliki 3.10, ki držijo linije v visokem nivoju, ko so v mirovanju.



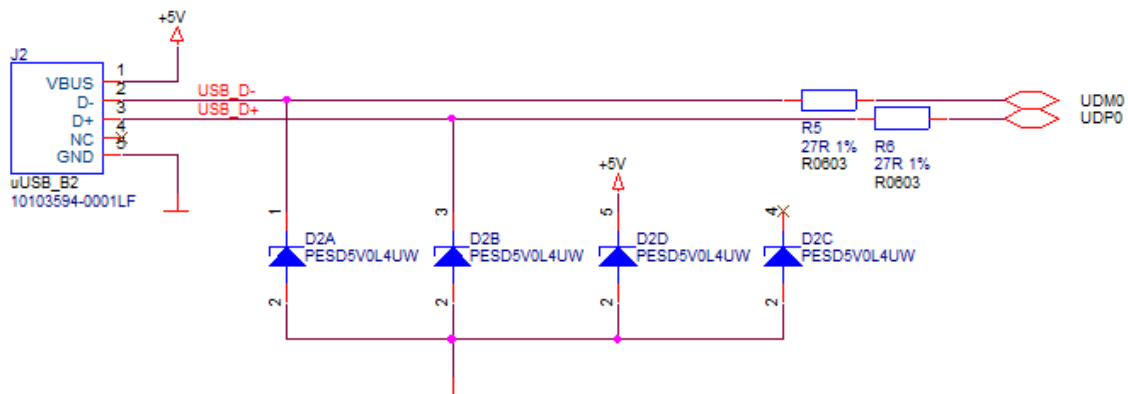
Slika 3.10: Vezje vhodno-izhodnih linij senzorjev

3.3.2 Senzor pospeškov

Glede na konstanten pospešek, ki je gravitacijska sila, se lahko izmerijo in izračunajo konstantni pospeški iz vseh treh osi X, Y in Z. Če je vgrajen sistem na vrhu monitorja, se lahko z pomočjo senzorja pospeškov izmeri in izračuna podatek o naklonu monitorja, ki se uporabi pri izračunu dejanske višine monitorja in to tudi vpliva na izračun višine človeka.

Senzor pospeškov z krmilnikom komunicira preko SPI komunikacijskega protokola, ki potrebuje vhodno linijo, izhodno linijo, linijo za sinhronizacijsko uro in linijo vklopa senzorja. Vsebuje tudi dve liniji, ki sta prosto programirani za signaliziranje določenih dogodkov, ki se zgodijo v senzorju pospeškov. Ti dogodki so lahko signal

komponent. Serijska upora na UDP0 in DDM0 pa sta za zmanjšanje toka po USB standardu.



Slika 3.12: Vezje USB priključka

Komunikacijski vmesnik vgrajenega sistema preko USB komunikacije je definiran kot paket, ki vsebuje informacijo tipa paketa in podatek. Tip paketa oziroma ID paketa pove, katera komanda se mora izvesti na strani računalnika ali vgrajenega sistema. Nekateri tipi paketov pošiljajo informacijo, ki je zapisana v podatku paketa.

Na sliki 3.13 je prikazana struktura komunikacijskega vmesniškega paketa, ki prikazuje tudi dolžine vsakega dela paketa. Vsak paket se začne in konča z enim zlogom, ki drži tip paketa in podatek. Če vgrajen sistem dobi paket brez teh dveh zlogov, ga zavrne. Naslednji zlog predstavlja tip paketa in naslednja beseda, podatek tipa paketa.



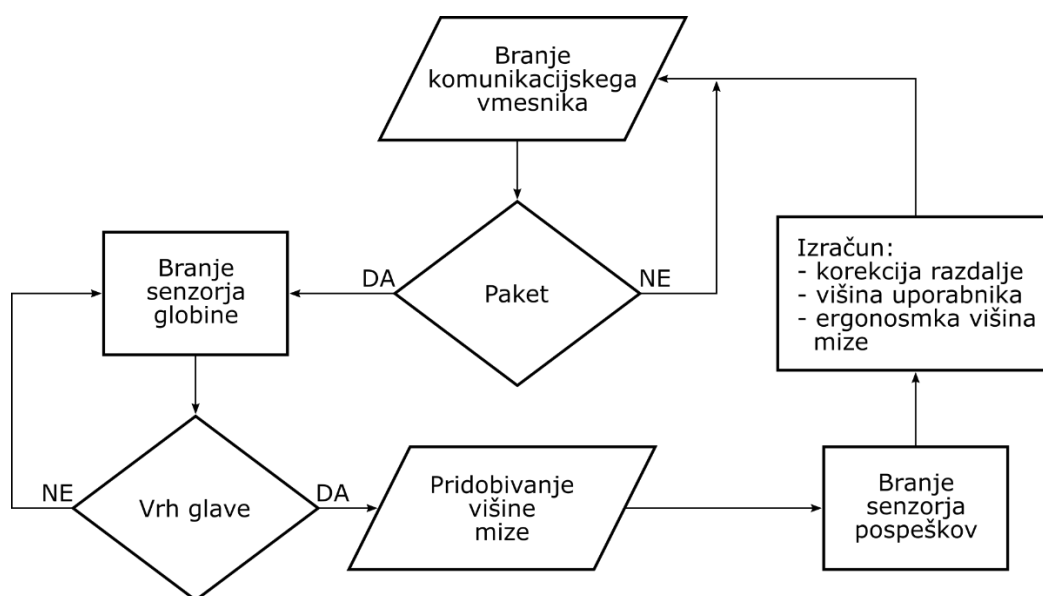
Slika 3.13: Struktura paketa definiranega komunikacijskega vmesnika

Komunikacija s takšno strukturo paketa poteka hitro, saj je dolg samo 5 zlogov. Veljavnost paketa se gleda samo, če paket vsebuje začetni in končni zlog ter veljavni tip paketa.

3.5 Programska oprema

Vgrajeni sistemi so zelo pogojeni z delovanjem programske opreme, ker je krmilnik v osredju vseh delov sistema. Programska oprema omogoči razširjeno delovanje krmilnega vezja, saj se lahko nabor inštrukcij oziroma komand ponavljajoče izvajajo.

Programska oprema za vgrajen sistem po višini nastavljive mize je napisana v jeziku C, ki omogoča programski dostop do registrov krmilnika in omogoča pisanje zahtevnejših procesov programa. Pri komunikaciji z računalnikom je napisana preprosta skripta v jeziku Python, ki omogoča sekvenčno izvajanje komand in komunicira z sistemom nastavljive mize po višini.



Slika 3.14: Diagram poteka programa

Diagram poteka programa vgrajenega sistema je prikazan na sliki 3.14, ki je v nadaljevanju podrobneje opisan.

3.5.1 Program vgrajenega sistema

Program, ki se izvaja na krmilniku vgrajenega sistema, ima več stopenj procesa. Začne se z začetno vzpostavitvijo gonilnikov za serijske komunikacije do senzorjev. Po tem procesu se nastavijo senzorji na stanje pripravljenosti merjenja in branja podatkov iz njih. Zgodi se še kalibracija senzorja pospeškov, pri čimer se poberejo meritve trenutnih pospeškov vseh treh osi ter se shranijo kot kalibracijski podatki, ki se ob branju novih podatkov odštejejo od teh, ki potem predstavljajo nagib od trenutnega položaja monitorja. Komunikacija poteka s preverjanjem stanja serijskih

vrat na računalniku. Nato pogleda v rezervirani prostor za USB komunikacijo, če je prispel kakršen podatek. Če rezerviran prostor ni prazen, prebere podatek, preveri veljavnost z definiranim komunikacijskim vmesnikom paketov in posreduje algoritmu za zaznavo višine človeka. Po tej operaciji se preveri, ali je kakršen podatek prispel iz algoritma in v primeru prebranega podatka, sestavi paket in ga pošlje preko USB komunikacije.

Algoritem je glavni del programa, ki pobira podatke iz senzorjev, jih procesira in izračunava. Rezultat algoritma je ergonomska višina po višini nastavljive mize, ki jo posreduje h komunikaciji z računalnikom. Da se algoritem začne, rabi signal, v katero pozicijo se uporabnik želi postaviti, kar je lahko vidno iz tipa paketa, ki ga algoritem dobi. Po tem pošilja komando za vožnjo mize v določeno smer glede signal od uporabnika. Če je prispel paket, ki signalizira zahtevo na stoječo pozicijo, bo algoritem pošiljal komando za vožnjo mize navzgor, za signal na sedečo pozicijo pa komando vožnje mize navzdol. Ker se uporabnik pri spremembi pozicije lahko tudi zmoti in pritisne na enako pozicijo, se ob zagonu algoritma to preveri, prekine nadaljnji proces in znova začne z poslušanjem signala spremembe pozicije.

Pridobivanje višine človeka je zasnovano tako, da se preverja hitro povečanje v izmerjenem podatku razdalje pri zahtevi na stoječo pozicijo in hitro zmanjšanje pri zahtevi na sedeči položaj. Ko se miza premika navzgor ali navzdol, posledično senzor globine v določenem trenutku doseže in izmeri vrh glave. V tem trenutku algoritem preneha s pošiljanjem komande za vožnjo in zahteva višino mize od sistema po višini nastavljive mize. Ko algoritem pridobi ta podatek, izmeri višino monitorja z meritvijo razdalje z senzorjem globine, ki je obrnjen navzdol proti površinski deski mize in prebere podatke o naklonu monitorja iz sensorja pospeškov. V tem stanju procesa ima algoritem vse potrebne podatke, da izračuna ergonomsko pozicijo mize ter jo pošlje preko USB komunikacije.

3.5.2 Program računalniške skripte

Sistem po višini nastavljivih miz lahko s pomočjo napisanih programov ali skript, ki izvajajo razne komande in procese za vodenje in pridobivanje podatkov iz sistema teh miz, omogoča kontrolo mize preko računalniškega komunikacijskega vmesnika.

V jeziku Python napisana skripta omogoča povezavo z vgrajenim sistemom preko serijskih vrat in vodenje mize preko računalniškega komunikacijskega vmesnika. Da lahko skripta vodi mizo preko računalniškega komunikacijskega vmesnika, mora najprej nastaviti sistem po višini nastavljive mize na začetno stanje. Nato poskuša odpreti serijska vrata in ko je vgrajen sistem priključen, se program skripte nadaljuje na preverjanje spremembe tipke krmilnega vmesnika sistema nastavljive mize po višini. S pritiskom na tipko gor ali dol se sproži proces pošiljanja paketa na serijska vrata, ki vgrajenemu sistemu signalizira spremembo pozicije. Po tem procesu se najprej preberejo podatki iz serijskih vrat, nato se preveri še veljavnost podatka po definiranem komunikacijskem vmesniku paketov, na koncu pa se za določen tip paketa izvede točno določena komanda. Izvajajo se različne komande, kot so vodenje mize, pridobivanje višine mize in vodenje mize na določeno višino.

3.6 Uporabniški vmesnik

Vsak vgrajen sistem mora vsebovati uporabniški vmesnik, da omogoča dostopanje do različnih funkcionalnosti in komand, ki jih je zmožen izvesti. Uporabniku je način dostopa do teh funkcij pomemben, saj preko njih interaktivno upravlja z vgrajenim sistemom.

V sistemu po višini nastavljive mize se uporablja krmilni vmesnik z tipkami za vodenje mize, ki predstavljajo uporabniški vmesnik. Ker se lahko preko računalniškega komunikacijskega vmesnika pridobiva stanje tipk na krmilnem vmesniku, lahko skripta, ki je del programske opreme, uporabi za pošiljanje zahteve spremembe pozicije vgrajenemu sistemu.

Vgrajen sistem se mora položiti na vrh monitorja in priključiti v računalnik, na katerem se izvaja skripta, le-ta pa se preko serijskih vrat poveže z vgrajenim sistemom. Uporabnik z pritiskom tipke na krmilnem vmesniku sistema nastavljive mize sproži zahtevo spremembe pozicije. Če pritisne na tipko gor, se bo izvedla zahteva za spremembo na stoječo pozicijo, prižgala se bo led dioda za signaliziranje sprejema zahteve in miza se bo tako dvigovala navzgor, dokler vgrajen sistem ne doseže vrh uporabnikove glave. Ko se to zgodi, skripta od vgrajenega sistema pridobi izračunano ergonomsko stoječo višino mize, ki jo posreduje kontrolni enoti preko računalniškega komunikacijskega vmesnika, da

mizo zapelje na to višino. Če pa uporabnik pritisne na tipko dol, se bo izvedla zahteva za spremembo na sedečo pozicijo, prižgala se bo led dioda za signaliziranje sprejema zahteve in miza se bo spuščala navzdol, dokler vgrajen sistem ne doseže vrha uporabnikove glave. Ko se to zgodi, skripta od vgrajenega sistema pridobi izračunano ergonomsko sedečo višino mize in jo posreduje kontrolni enoti preko računalniškega komunikacijskega vmesnika, da mizo zapelje na to višino.

Če se uporabnik zmoti in pritisne na tipko za spremembe pozicije, v kateri je že, vgrajen sistem prekine proces pridobivanja višine uporabnika, ker mora za določeno spremembo pozicije, miza in posledično vgrajen sistem na monitorju biti nad ali pod uporabnikove glave odvisno od zahtevanje pozicije.

4 MERITVE IN REZULTATI

Meritve pokažejo vrednosti, ki predstavljajo natančnost nekega sistema. Izvajajo se z večkratnim ponavljanjem merjenja v istih pogojih in opazujejo odstopanja od izračunanih vrednostih, ki jih poda določena teorija ali teza. Natančnost meritve podajo postavljeni pogoji, pod katerimi deluje sistem, in izbrani merilni inštrumenti. Na meritve vpliva tudi število ponavljajočih merjenj in moč zaokroževanja rezultatov.

Natančnost vgrajenega sistema in izračun ergonomskih višin po višini nastavljive mize sta odvisna od meritve višine človeka, saj je to ključen podatek za izračun višine mize. Pri stoječem in sedečem položaju se mora uporabnik postaviti pred monitor, na vrhu katerem je postavljen vgrajen sistem. Za natančnost meritve višine uporabnika vplivajo maksimalna in minimalna višina mize ter naklon monitorja.

Ambientalna svetloba ne vpliva na vgrajen sistem, saj jo senzor globine pri zajemanju razdalje filtrira in zato se meritve izvajajo v normalni sobni svetlobi. V našem primeru sta porabljena nastavljiva miza ki se lahko vodi od 700 mm do 1280 mm, in monitor višine 440 mm, z možnostjo nastavljanja naklona za različne meritve. Oddaljenost monitorja do človeka je približno 800 mm. Meritve so izvedene za vsako pozicijo uporabnika velikosti 1820 mm pod različnimi koti naklona monitorja.

Nenehno majhno spreminjanje oziroma šum v izmerjeni populaciji podatkov razdalje uporabnika od monitorja nastaja zaradi razlike v barvah oblačil in tudi majhno gibanje uporabnika. Aritmetična razdalja je najbolj verjetna vrednost ali najboljša ocena celotne populacije in se izračuna se po enačbi 10.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{i,j} \quad (10)$$

Z aritmetična sredino lahko izračunamo standardni odklon populacije podatkov razdalje po enačbi 11, ki poda vrednost najboljše ocene standardnega odklona populacije σ .

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_{i,j} - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (11)$$

4.1 Poraba

Poraba pri vgrajenem sistemu, ki se uporablja za komunikacijski vmesnik USB protokola, ne sme presegati toka, ki je definiran znotraj USB standarda. Meritev na napajalni liniji celotnega vezja pokaže, kolikšna je poraba v celoti in kakšno porabo vleče tudi iz USB linije.

Meritev se izvaja tako, da se med razklenjeno napajalno linijo vstavi amper-meter, ki kaže porabo v mili amperih, ki je zadosti velika skala po predpostavljenem izračunu porabe vseh delov vgrajenega sistema.

Iz specifikacij različnih čipov in senzorjev, ki so v vgrajenem sistemu, se pogleda poraba pri določenem stanju. Vrednosti porab čipov in senzorjev se seštevajo tako, da rezultat predstavlja porabo celotnega zasnovanega vezja. V tabeli 4.1 so prikazane porabe delov sistema po specifikacijah [12] [13] [14].

Tabela 4.1: Specificirane porabe komponent vezja

	Krmilnik		Led dioda	Senzor globine		Senzor pospeškov
	Izklopljena preiferja	Vklopljena preiferja		Mirovanje	Delovanje	
Tok [mA]	18	32.5	6	0.16	19	0.11

Izmerjena poraba na celotnem vezju pove odklon od pričakovane. S tem se specificira glavna poraba vgrajenega sistema. Posamezne porabe komponent se lahko izmerijo s pomočjo programske opreme, ki vklaplja in izklaplja določene dele vezja, ki so povezani na krmilnik.

Tabela 4.2: Tokovi celotnega vezja v različnih stanjih

	Mirovanje	Algoritem v teku	Prižgana led dioda
Tok [mA]	20,9	35,4	41,4

V tabeli 4.2 so prikazani tokovi celotnega vezja vgrajenega sistema pri različnih stanjih. Maksimalno porabo doseže pri poteku algoritma in prižgani led diodi, kar znaša 41,4 mA toka, ki ga vleče iz USB linije. V mirovanju so nastavljeni vsi senzori

za izvajanje meritve ter komunikacijski vmesnik za postavljanja povezave z računalnikom preko USB komunikacije. Algoritem se zažene ob pridobitvi signala za spremembo pozicije človeka in se izvaja neprestana meritev razdalje, ki poveča tok za 15 mA, saj senzor globine za meritev uporablja modulirano svetlobo iz laserske diode.

Poraba se podaja tudi v moči, ki se izračuna z množenjem toka in napetosti. Pri meritvi toka iz USB linije se uporablja izmerjena napetost v LDO komponento, saj vgrajen sistem pridobi to napetost iz USB linije. Meritev se izvede z zaporedno vezanim volt-metrom, ki ima nastavljeno skalo do 20 V, ki zadošča za maksimalne izmerjene napetosti.

Tabela 4.3: Napetosti pred in po LDO komponento

	V LDO	Iz LDO
Napetost [V]	5,08	3,32

V tabeli 4.3 so prikazani rezultati meritev napetosti v LDO in iz LDO komponente. Izmerjeni napetosti sta znotraj pričakovanih vrednosti. Izračunane moči celotnega vezja so prikazane v tabeli 4.4.

Tabela 4.4: Moči celotnega vezja

	Minimalna	Maksimalna	Brez led diode
Moč [mW]	106,17	210,31	179,83

Moč je zmnožek napetosti in toka ter se meri v vatih, ki imajo oznako W . Iz tabele je razvidno, da je maksimalna moč, ki jo vgrajen sistem porabi na USB liniji 210 mW. Pri izračunu minimalne moči se upošteva meritve napetosti v LDO komponento in izmerjeni tok pri mirovanju vgrajenega sistema. Pri izračunu maksimalne moči pa se uporablja tok, pri čimer je prižgana led dioda in vgrajen sistem izvaja algoritem. Izračunana je tudi moč porabe pri ugasnjeni led diodi.

Za pridobivanje porabe posamezne komponente vezja se uporablja programska oprema, pri kateri se vklaplajo določeni deli vgrajenega sistema, ki so povezani na krmilnik.

Tabela 4.5: Tokovi posameznih delov vezja

	Krmilnik	Led diode	USB komunikacijski vmesnik	Senzor globine v mirovanju	Senzor globine v merjenju	Senzor pospeškov v merjenju
Tok [mA]	11,8	5,98	0,83	0,94	10,86	0,76

V tabeli 4.5 so prikazani tokovi posameznih komponent vezja. Krmilnik ima ob zagonu in tudi v nadaljevanju 11,8 mA porabe. Ker se meritev izvaja s pomočjo programske opreme, so porabe drugih komponent vezja, pridobljene z odštevanjem od izmerjene porabe krmilnika. Led dioda porabi 6 mA, kar je normalno za tako komponento. Poraba USB komunikacijskega vmesnika nastane, ko se nastavi periferij za komunikacijo preko USB linij z računalnikom. Pri začetni nastavitvi senzorjev globine se poraba vgrajenega sistema poveča za 0,94 mA in pri izvedbi merjenja s senzorjem globine pa za 11 mA. Senzor pospeškov pri začetnem nastavljanju poveča porabo za 0,76 mA. Pri meritvi s senzorjem pospeškov pa se v porabi ne pozna, zato ta podatek v tabeli ni podan.

4.2 Merjenje razdalje

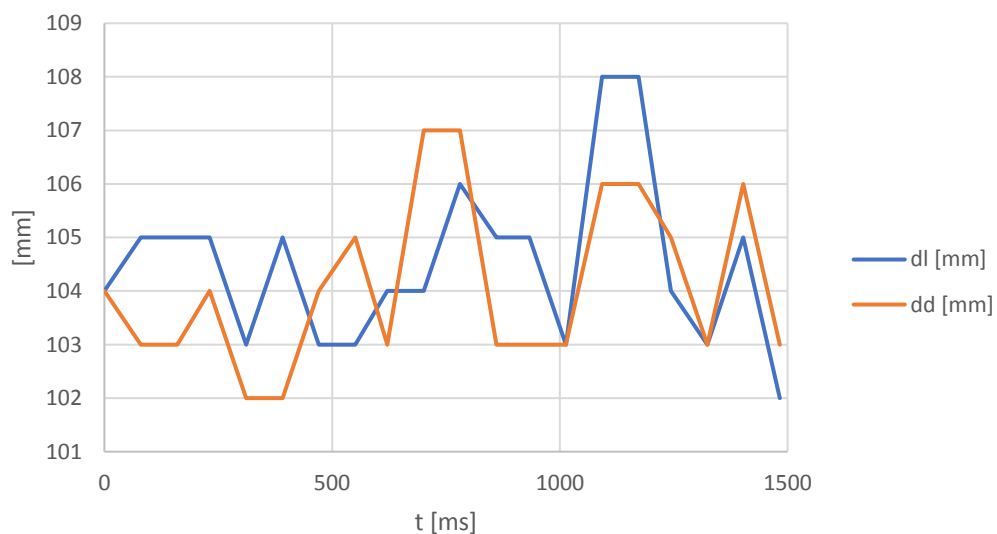
Pri uporabi sensorja globine se s ponavljajočim merjenjem iste razdalje lahko rezultat spreminja, ki pa podaja pogrešek meritve. Na meritev vpliva tudi odbojnost oziroma barva merjenca. Da se lahko poda celotni odklon merjenja razdalje, se meritev izvaja pri dveh višinah in barvah merjenca.

Tabela 4.6: Rezultati meritve razdalj

		Pogoj [mm]	Median [mm]	Odklon [mm]	Odklon med pogojem in mediano [mm]
Bela	Levi	100	104,5	1,54	2,25
	Desni	100	103,5	1,54	1,75
	Levi	200	211	1,42	5,5
	Desni	200	212	2,01	6
Črna	Levi	100	103	1,94	1,5
	Desni	100	103	2,51	1,5
	Levi	200	203	3,37	1,5
	Desni	200	205	3,78	2,5

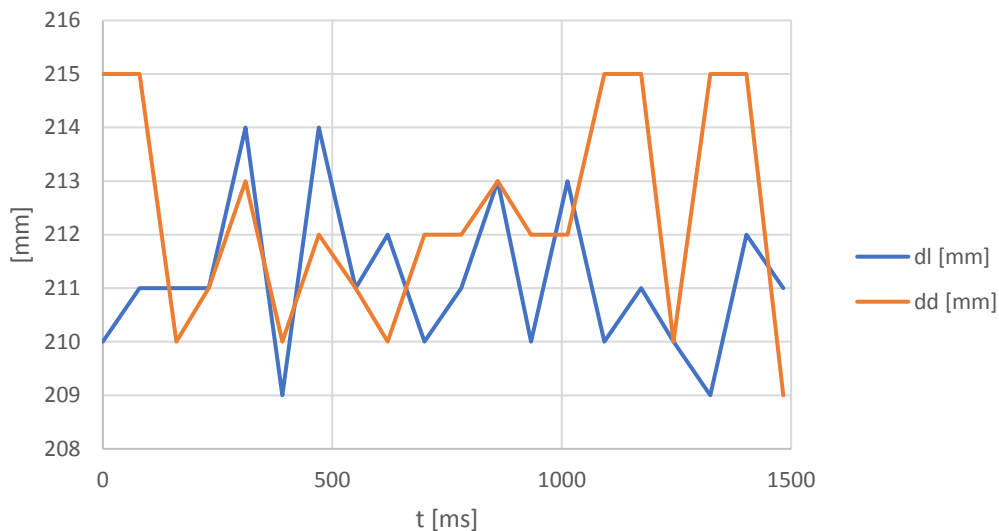
Meritve v tabeli 4.6 se izvajajo pri razdalji 100 mm in 200 mm za levi in desni senzor globine. Uporabljen sta merjenca z belo in črno barvo. Populacija je 20 vzorcev, iz katerih se lahko izračuna natančnost meritev razdalj. Mediana je srednja vrednost izmerjenih razdalj določene populacije, iz katere se lahko že razbere odstopanje od pogoja, pod katerim so se meritve izvajale. Odklon je izračunan iz populacije izmerjenih razdalj, ki pokažejo vpliv na natančnost merjenja pri določeni barvi merjenca. Odklon med pogojem in mediano pa poda, za koliko je meritev odstopala od pogoja, pod katerim se je izvajala meritev.

Razvidno je, da se z večanjem pogoja razdalje natančnost meritve manjša, saj se izračunani odklon med pogojem in mediano večja. Zanimiv podatek je pri razliki barve merjenca, saj je odklon določene populacije razdalj večji, pri tem pa je odklon med pogojem in mediano manjši. To pomeni, da lahko s filtriranjem podatkov dosežemo dobro natančnost meritve razdalje.



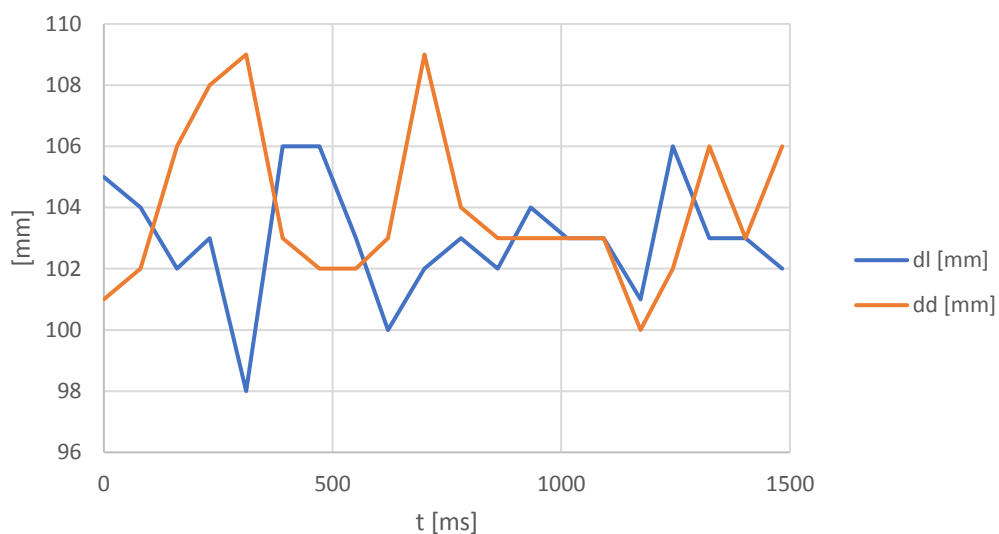
Slika 4.1: Graf meritve razdalje pri 100 mm, beli merjenec

Na sliki 4.1 je prikazan graf, ki prikazuje odvisnost izmerjene razdalje levega d_l in desnega d_d senzorja globine pri merjenem pogoju 100 mm z merjencem bele barve.



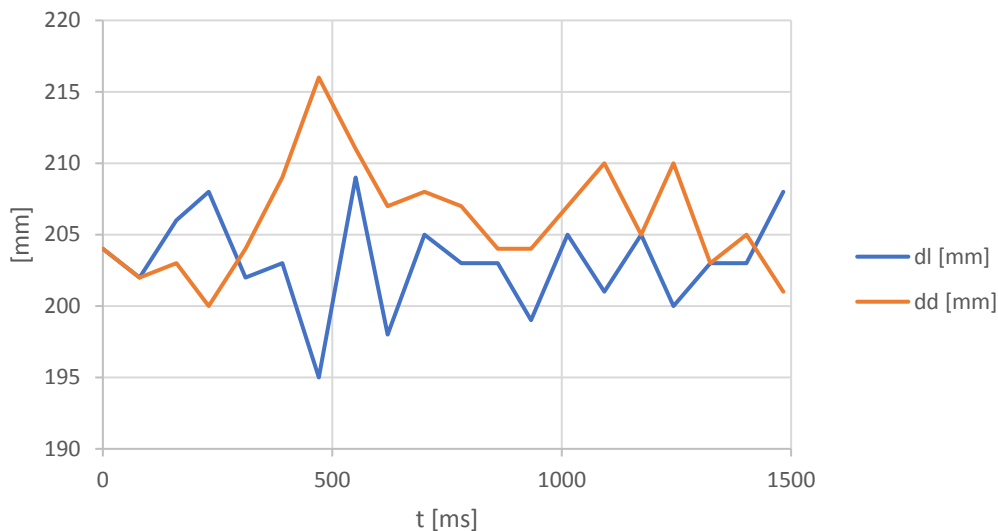
Slika 4.2: Graf meritve razdalje pri 200 mm, beli merjenec

Na sliki 4.2 je prikazan graf, ki prikazuje odvisnost izmerjene razdalje levega d_l in desnega d_d senzorja globine pri merjenem pogoju 200 mm z merjencem bele barve.



Slika 4.3: Graf meritve razdalje pri 100 mm, črni merjenec

Na sliki 4.3 je prikazan graf, ki prikazuje odvisnost izmerjene razdalje levega d_l in desnega d_d senzorja globine pri merjenem pogoju 100 mm z merjencem črne barve.



Slika 4.4: Graf meritve razdalje pri 200 mm, črni merjenec

Na sliki 4.4 je prikazan graf, ki prikazuje odvisnost izmerjene razdalje levega d_l in desnega d_d senzorja globine pri merjenem pogoju 200 mm z merjencem črne barve.

4.3 Odzivnost

Z odzivnostjo in hitrostjo pošiljanja preko USB komunikacijskega vmesnika vpliva na rezultat natančnosti vgrajenega sistema. Ob pridobitvi signala spremembe pozicije, vgrajen sistem začne izvajati algoritem, ki meri razdaljo s senzorjem globine in pošilja primeren odziv nazaj. Hitrejša je komunikacija, večja je lahko natančnost, saj tudi pri zaznavi vrha glave uporabnika v trenutku zahteva podatek o višini nastavljive mize.

Tabela 4.7: Izračunani rezultati časa odzivnosti

	Mediana	Odklon
Čas [ms]	67	5,30

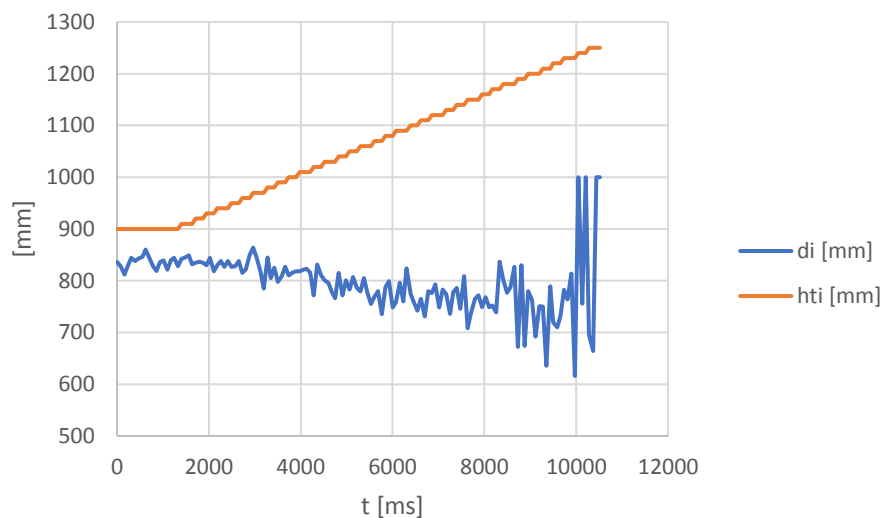
V tabeli 4.7 sta prikazana izračunani rezultati pri populaciji 58 izmerjenih podatkov časa odzivnosti. Mediana pove, da je odzivnost vgrajenega sistema približno 67 ms. Pri tem pa je odstopanje med populacijo podatkov 5,3 ms, kot kaže izračunani odklon.

4.4 Stoječi položaj

Pri stoječem položaju se bo miza premikala, če je vgrajen sistem pod vrhom uporabnikove glave, saj išče nenadno povečanje v izmerjeni razdalji. Ker je

maksimalna višina uporabljene mize prenizka, da bi vgrajen sistem dosegel vrh glave pri naklonu monitorja pod 0° kotom, se meritve izvajajo pri 10° kotom in več.

S spremljanjem meritve razdalje in višino nastavljive mize po višini se lahko razvidi, v katerem predelu uporabnikovega telesa se vgrajen sistem v določenem trenutku nahaja. Slika 4.5 prikazuje graf, ki je časovno odvisen od razdalje uporabnika do monitorja d_i in višine mize h_{ti} , ki narašča po korakih 10 mm. Naklon monitorja je pod 10° kotom, ki omogoča vgrajenemu sistemu doseči vrh uporabnikove glave.



Slika 4.5: Graf poteka merjenja višine uporabnika v stoječem položaju

Razvidno je, da se miza začne premikati od višine 900 mm navzgor do 1250 mm. Vgrajen sistem na začetku meritve višine uporabnika začne meriti razdaljo približno 820 mm, kar poda uporabnikovo razdaljo do monitorja. Pri delih uporabnikovega telesa višje od ramen so spremembe v izmerjenih vrednostih razdalje večje, saj vidno polje zajemanja svetlobe senzorja globine ni pokrito v celoti, kar povzroča napako v meritvi. Ko vgrajen sistem izmeri vrh glave uporabnika, se zgodi nenadno povečanje vrednosti razdalje od prejšnje in meritev se ustavi. V tem trenutku ima vgrajen sistem podatek o razdalji uporabnika od monitorja, višino mize in naklon monitorja, ki ga zajame pred izračunom višine uporabnika.

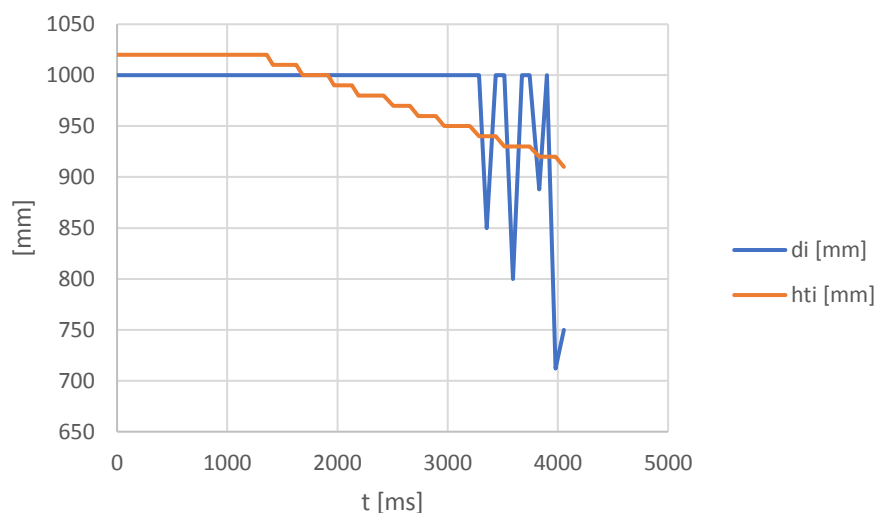
Standardni odklon populacije podatkov razdalje je 15 mm izračunano po enačbi 11, ki določa standardni odklon populacije vrednosti razdalje uporabnika do monitorja od 0 do 4 sekund v meritvi. To je področje meritve pod rameni, pri kateri je vidno polje senzorja globine v celoti pokrito. Pri meritvi nad rameni pa standardni odklon

znaša 25 mm, ker vidno polje sensorja globine ni v celoti pokrito in se natančnost meritve zmanjša.

4.5 Sedeči položaj

Pri sedečem položaju se bo miza premikala, če je vgrajen sistem nad vrhom uporabnikov glave, saj išče nenadno zmanjšanje v izmerjeni razdalji. Ker je minimalna višina uporabljene mize previsoka, da bi vgrajen sistem dosegel vrh glave pri naklonu monitorja večje od 0 stopinjskim kotom, se meritve izvajajo pri 0 stopinjskim kotom in manj.

Za sedeči položaj je natančnost meritve relativen, ker vgrajen sistem nima podatek o višini stola, ki lahko zelo vpliva na izmerjeno višino človeka. Na rezultat meritve vpliva tudi drža telesa uporabnika na stolu. Slika 4.5 prikazuje graf, ki je časovno odvisen od razdalje uporabnika do monitorja d_i in višine mize h_{ti} , ki narašča po korakih 10 mm. Naklon monitorja je pod 0 stopinjskim kotom, ki omogoča vgrajenemu sistemu doseči vrh uporabnikove glave.



Slika 4.6: Graf poteka merjenja višine uporabnika v sedečem položaju

Razvidno je, da se miza začne premikati od višine 1020 mm navzdol do 910 mm. Vgrajen sistem na začetku meritve višine uporabnika začne meriti maksimalno razdaljo 1000 mm, kar pomeni, da je miza nad vrhom uporabnikove glave. Ko vgrajen sistem doseže vrh uporabnikove glave, se pojavijo nenehne spremembe v izmerjeni vrednosti razdalje in meritve se ustavi. V tem trenutku ima vgrajen sistem

podatek o razdalji uporabnika od monitorja, višino mize in naklon monitorja, ki ga zajame pred izračunom višine uporabnika.

Standardni odklon se pri tej meritvi ne more izračunati, saj so vrednosti populacije podatkov razdalje pred detekcijo vrha glave uporabnika v maksimalnem območju razdalje senzorja globine.

4.6 Meritve pri večji populaciji ljudi

Natančnost vgrajenega sistema se lahko izračuna pri večji populaciji ljudi. Meritve se izvajajo samo v stoječem položaju in pri naklonu monitorja pod 10° kotom. Populacija vsebuje meritve treh ljudi, za katero se izračuna standardni odklon, ki pove, za koliko se meritve pri različnih višinah ljudi razlikuje.

Ker je ergonomska višina mize pogojena z izmerjeno višino človeka, se upoštevajo samo izmerjene višine ljudi. V tabeli 4.8 so prikazani podatki podanih višin ljudi ter tri izvedene meritve za vsakega človeka. Rezultati meritev so povprečje izračuna standardnega odklona med dejansko višino človeka in izmerjeno povprečno meritev višin. Povprečje med odkloni podaja natančnost vgrajenega sistema in znaša 5,8 mm, kar je precej dobro.

Tabela 4.8: Rezultati meritve in izračun standardnih odklonov

Višina človeka [mm]	1820	1800	1780
Meritve [mm]	1824	1739	1791
	1811	1794	1748
	1813	1804	1771
Povprečje meritev [mm]	1816	1779	1770
Odklon [mm]	2	10.5	5

4.7 Podaja rezultata meritve

Na natančnost nekega sistema vplivajo motnje iz okolice. Zato je pri meritvi potrebno dobro nastaviti merilno okolje in izbrati pravo merilno metodo. Za zagotavljanje pravilnosti meritve je dobro izbrati več merilnih metod in tudi merilnih naprav.

Odklon vgrajenega sistema, ki znaša 5,8 mm pove, koliko lahko meritev v povprečju odstopa od pričakovanega podatka. Z boljšo postavitvijo merilnega okolja se bi lahko rezultat odklona še zmanjšal. Merjenje v preveč kontroliranem okolju daje rezultate, ki ne pokažejo realnih pričakovanj, če se vgrajen sistem ne uporablja v takem okolju.

Napake v izmerjenih rezultatih višine človeka se lahko izboljša s programsko opremo, kateri bi se dodali razni filtri podatkov in uporabilo druge izračune višine. Fizična postavitvev senzorjev lahko zelo vpliva na rezultate meritev, zato je potrebno boljše načrtovanje tiskanine in ohišja, ki drži senzorje v pravilni korelaciji med seboj.

Senzorji globine, ki podajajo globinsko sliko določene ločljivosti, lahko precej izboljšajo merjenja višine človeka. Implementacija programske opreme vgrajenega sistema s takim senzorjem, bi bila kompleksnejša, s tem pa dosti bolj preciznejša meritev višine človeka.

Vgrajen sistem lahko določi relativno ergonomsko višino mize iz izmerjene višine človeka, ker nima podatka o višini stola in držo telesa pri sedenju. Prav tako lahko pri meritvi sedečega položaja vgrajen sistem poda ergonomsko višino, ki ne zagotavlja pravega efekta mize, kot je navedeno v določenih raziskavah ergonomskih višin miz in drže človeškega telesa.

Na meritve razdalje človeka do monitorja je tudi odvisen naklon, pod katerim je senzor globine postavljen. Tako ima neenakomerno porazdeljene izmerjene razdalje znotraj vidnega polja zajemanja svetlobe, kar pa lahko vpliva na natančnost celotne meritve.

5 ZAKLJUČEK

Dodajanje sistemov k po višini nastavljivim mizam precej avtomatizira proces vodenja mize in nastavljanja na višine, ki človeku pomagajo izboljšati zdravje. Senzorji pri tem izvajajo precizne meritve, ki jih vgrajeni sistemi uporabljajo za razne izračune.

Vgrajen sistem se v določenem nekontroliranem okolju odnese kar dobro. Pri stoječem položaju ga omejuje maksimalna višina mize, kar privede do zahteve naklona monitorja. To se bi lahko popravilo z drugačno postavitvijo senzorjev globine, pri kateri bi bila dva senzorja postavljena pod določenim kotom. Tako bi senzor globine že meril pod znanim kotom in preprečil zahteve po nastavljanju naklona monitorja. Pri sedeči poziciji se lahko iz višine človeka izmerjene iz stoječe pozicije preračuna ergonomska višina mize. To je tudi boljši pristop, saj vgrajen sistem nima podatka o višini stola, kar pa pri meritvi sedeče pozicije vpliva na končen rezultat. V ta namen bi se lahko v sistem dodal pametni stol, ki bi preko definiranega komunikacijskega vmesnika prenašal podatke o višini stola.

Za razširitev vidnega polja zajemanja svetlobe se je dodal drugi senzor globine. Tako ima vgrajen sistem dva senzorja, s katerima bi lahko z pomočjo programske opreme zaznaval smer gibanja in s tem sprožil določene dogodke.

Vgrajen sistem naredi kalibracijo senzorja pospeškov na začetku, da lahko pridobi trenutni naklon monitorja. Za natančnost teh meritev bi se lahko ob produkcijski liniji vgrajen sistem postavil na pravilni naklon in si shranil podatke o pospeških.

Večini ljudi je kombinacija vgrajenega sistem s sistemom nastavljive mize po višini, ki izmeri višino človeka, zelo všeč. Pri nastavljeni ergonomski poziciji pa pozornost postavljajo na višino rok.

6 Literatura

- [1] **T. Antony Davis in Rudolf Altevogt**, GOLDEN MEAN OF THE HUMEN BODY, Dostopno 24.8.2017, <http://www.fq.math.ca/Scanned/17-4/davis-a.pdf>
- [2] **Charlie Lawrence**, THE FACTS ABOUT STANDING DESKS, Dostopal 31.7.2017, http://workriteergo.com/documentation/other/Workrite_Ergonomics_The_Facts_About_Standing_Desks_White_Paper.pdf
- [3] **Interior Concepts**, SIT-TO-STAND WORKSTATION ERGONOMICS, Dostopal 31.7.2017, http://www.interiorconcepts.com/wp-content/uploads/2013/11/IC_SittoStandErgonomics-2014.pdf
- [4] **PINNACOL ASSURANCE**, Sit-Stand Workstation, Dostopal 24.8.2017, https://www.fortlewis.edu/Portals/126/Sit%20Stand%20Workstation%2007-14-14_FINAL.pdf
- [5] **Peter Brooks**, Repetitive strain injury, Dostopal 24.8.2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1679411/pdf/bmj00048-0010.pdf>
- [6] **LOGICDATA Electronic & Software Entwicklungs GmbH**, SLIMdrive-660S inline actuator for electric height-adjustable desks, Dostopno 28.8.2017, http://www.logicdata.net/wp-content/uploads/2017/05/Manual_SLIMdrive-660S_English-Rev0.pdf
- [7] **LOGICDATA Electronic & Software Entwicklungs GmbH**, COMPACT Control Unit for an Electric Height-Adjustable Desk, Dostopno 28.8.2017, http://www.logicdata.net/wp-content/uploads/2017/05/Manual_Compact_FW_1.7.6_or_Higher_English_Rev3.pdf
- [8] **LOGICDATA Electronic & Software Entwicklungs GmbH**, TOUCH-FX, Dostopno 28.8.2017, http://www.logicdata.net/wp-content/uploads/2017/05/Manual_TOUCH-FX_en_Rev0_1.pdf
- [9] **Canesta Inc.**, A Time-Of-Flight Depth Sensor – System Description, Issues and Solutions, Dostopno 31.7.2017, https://web.archive.org/web/20070623233559/http://www.canesta.com/assets/pdf/technicalpapers/CVPR_Submission_TOF.pdf

- [10] **Matej Andrejašic**, MEMS ACCELEROMETERS, Dostopno 31.7.2017, http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2007_2008/MEMS_accelerometers-koncna.pdf
- [11] **Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC, Philips**, Universal Serial Bus Specification, Dostopno 30.8.2017, http://sdpha2.ucsd.edu/Lab_Equip_Manuals/usb_20.pdf
- [12] **Cypress Semiconductor Corporation**, 32-bit ARM® Cortex® -M3 FM3 Microcontroller, Dostopno 30.8.2017, <http://www.cypress.com/file/234341/download>
- [13] **STMicroelectronics NV**, World smallest Time-of-Flight ranging and gesture detection sensor, Dostopno 30.8.2017, <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/group3/b2/1e/33/77/c6/92/47/6b/DM00279086/files/DM00279086.pdf/jcr:content/translations/en.DM00279086.pdf>
- [14] **STMicroelectronics NV**, MEMS digital output motion sensor: ultra-low-power high-performance 3-axis "femto" accelerometer, Dostopno 30.8.2017, <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/12/c0/5c/36/b9/58/46/f2/DM00091513.pdf/files/DM00091513.pdf/jcr:content/translations/en.DM00091513.pdf>



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko



IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

Ime in priimek študent-a/-ke: DANIEL FELKAR

Študijski program: ELEKTROTEHNIKA (VS)

Naslov zaključnega dela: VGRAJEN SISTEM ZA VODENJE
NASTAVLJIVE MIZE NA ERGONOMSKO VIŠINO

Mentor: doc. dr. IRIK KRAMBERGER, univ. dipl. inž. el.

Somentor: mag. JERNEJ ČUKIČ, univ. dipl. inž. el.

Podpisan-i/-a študent/-ka DANIEL FELKAR

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal/-a ob pomoči mentor-ja/-ice oz. somentor-ja/-ice;
- izjavljam, da sem pridobil/-a vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v zaključnem delu in jih v zaključnem delu jasno in ustrezno označil/-a;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen/-a, da bodo dela deponirana/objavljena v DKUM dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v zaključnem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela;
- izjavljam, da je tiskana oblika zaključnega dela istovetna elektronski obliki zaključnega dela, ki sem jo oddal/-a za objavo v DKUM.

Uveljavljam permissivnejšo obliko licence Creative Commons: _____ (navedite obliko)

Začasna nedostopnost:

Zaključno delo zaradi zagotavljanja konkurenčne prednosti, zaščite poslovnih skrivnosti, varnosti ljudi in narave, varstva industrijske lastnine ali tajnosti podatkov naročnika:

LOGICDATA d.o.o., ULICA KNEZA KOCCJA 22, 118 (naziv in naslov naročnika/institucije) ne sme biti javno dostopno do SEP 2019 (datum odloga javne objave ne sme biti daljši kot 3 leta od zagovora dela). To se nanaša na tiskano in elektronsko obliko zaključnega dela.

Temporary unavailability:

To ensure competition priority, protection of trade secrets, safety of people and nature, protection of industrial property or secrecy of customer's information, the thesis LOGICDATA d.o.o. ULICA KNEZA KOCIJA (institution/company name and address) must not be accessible to the public till SEP 2017 (delay date of thesis availability to the public must not exceed the period of 3 years after thesis defense). This applies to printed and electronic thesis forms.

Datum in kraj:

5.9.2017, MARIBOR

Podpis študent-a/-ke:

[Handwritten signature]

Podpis mentor-ja/-ice:

(samo v primeru, če delo ne sme biti javno dostopno)

Ime in priimek ter podpis odgovorne osebe naročnika in žig:

VERNA BENEŠ
(samo v primeru, če delo ne sme biti javno dostopno)

LOGICDATA
MOTION FOR YOUR LIFE
LOGICDATA, družba za razvoj in storitve d.o.o.
Ulica Kneza Kocija 22 · SI-2000 Maribor · Slovenija
Tel.: +386 40 190 986
e-mail: office@logicdata.at · www.logicdata.at



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

Koroška cesta 46
2000 Maribor, Slovenija



IZJAVA O OBJAVI OSEBNIH PODATKOV

Ime in priimek diplomant-a/ magistrant-/-ke: DANIEL FELKAR

ID številka: 1002133378

Študijski program: ELEKTROTEHNIKA (VS)

Naslov zaključnega dela: VGRAJEN SISTEM ZA VODENJE
NASTAVLJIVE MIZE NA ERGONOMSKO VIŠINO

Mentor/-ica: doc. dr. IZTOK KRAMBERGER, univ. dipl. inž. el.

Somentor/-ica: mag. JERNEJ ŽENKO, univ. dipl. inž. el.

Podpisan-i/-a izjavljam, da dovoljujem objavo osebnih podatkov, vezanih na zaključek študija (ime, priimek, leto zaključka študija, naslov zaključnega dela) na spletnih straneh Univerze v Mariboru in v publikacijah Univerze v Mariboru.

Datum in kraj:

5.9.2017, MARIBOR

Podpis diplomant-a/magistrant-a/-ke:





Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko
Koroška cesta 46
2000 Maribor, Slovenija

FERI

IZJAVA O USTREZNOSTI ZAKLJUČNEGA DELA

Podpisani mentor/-ica: IZTOK KRAMBERGER
(ime in priimek mentor-ja/-ice)

in somentor/-ica (eden ali več, če obstajajo): JERNEJ ŽENKO
(ime in priimek somentor-ja/-ice)

Izjavlja-m/-va/-mo, da je študent/-ka

Ime in priimek: DANIEL FELKAR, ID številka: 1002133378

vpisna številka: E1071807, na študijskem programu:

ELEKTROTEHNIKA (VS)

izdelal/-a zaključno delo z naslovom:

VGRAJEN SISTEM ZA VODENJE NASTAVLJIVE
MIZE NA ERGONOMSKO VIŠINO

(naslov zaključnega dela v slovenskem jeziku)

v skladu z odobreno temo zaključnega dela, navodili o pripravi zaključnih del in mojimi (najinimi/našimi) navodili.

Preveril/-a/-i in pregledal/-a/-i sem/sva/smo poročilo o preverjanju podobnosti vsebin z drugimi deli (priloga) in potrujem/potrjujeva/potrjujemo, da je zaključno delo ustrezno.

Datum in kraj:
5.9.2017
MARIBOR

Podpis mentor-ja/-ice:

Datum in kraj:
6.9.2017
MARIBOR

Podpis somentor-ja/-ice (če obstaja):

Priloga:

- Poročilo o preverjanju podobnosti vsebin z drugimi deli.