

ŠOLSKI CENTER VELENJE
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA
PRILAGOJENA TIPKOVNICA
Tematsko področje: RAČUNALNIŠTVO

Avtor:

Davor Orehovec, 4. letnik

Mentor:

Gregor Hrastnik, univ. dipl. inž.

Velenje, 2025

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Elektro in računalniški šoli Velenje, 2025.

Mentor: Gregor Hrastnik, univ. dipl. inž.

Datum predstavitve: marec 2025

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2024/2025

KG programiranje / tipkovnice / mikrokontrolerji

AV OREHOVEC, Davor

SA HRASTNIK, Gregor

KZ 3320 Velenje, Trg mladosti 3

ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2025

LI 2025

IN Prilagojena tipkovnica

TD Raziskovalna naloga

OP

IJ SL

JI SL / EN

AI V okviru raziskovalne naloge smo razvili in izdelali prilagojeno tipkovnico, ki omogoča hitrejše in učinkovitejše tipkanje. Cilj naloge je bil razviti tipkovnico, ki bo ne samo funkcionalna, ampak tudi cenejša kot kupljene primerljive tipkovnice. Za izdelavo tipkovnice smo uporabili različne komponente, kot so tipke, Arduino Micro, diode, TRRS 3.5mm port, 0.25mm bakrena žica in 30AWG Silikonsko pocinkana bakrena žica. Za delovanje tipkovnice na računalniku smo uporabili programsko opremo QMK Firmware.

Rezultati raziskave so pokazali, da je naša tipkovnica omogočala hitrejše tipkanje, saj smo dosegli povprečno 62,45 besed na minuto, kar je za 5% do 7% boljše rezultate kot pri uporabi drugih tipkovnic. Prav tako smo potrdili hipotezo, da je naša tipkovnica cenejša kot kupljene primerljive tipkovnice, saj je naša tipkovnica stala 55,83€, kar je znatno manj kot cena drugih ergonomičnih tipkovnic. Raziskava je tudi pokazala, da je naša tipkovnica omogočala bolj konstantno tipkanje, saj so bili rezultati treh poskusov precej podobni.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2024/2025

CX programming / keyboards / microcontroller

AU OREHOVEC, Davor

AA HRASTNIK, Gregor

PP 3320 Velenje, Trg mladosti 3

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2025

PY 2025

TI Abusing computer memory of computer games

DT Research work

NO

LA SL

AL SL / EN

AB As part of the research project, we developed and created a customized keyboard that enables faster and more efficient typing. The goal was to develop a keyboard that will be not only functional, but also cheaper than existing comparable keyboards. To make the keyboard we used various components such as key switches, Arduino Micro, diodes, TRRS 3.5mm port, 0.25mm copper wire and 30AWG Silicon galvanized copper wire. We used the QMK Firmware software to make the keyboard work on the computer.

The results of the research showed that our keyboard allowed us to type faster, as we achieved an average of 62.45 words per minute, which is 5% to 7% better than when using other keyboards. We also confirmed that our keyboard is cheaper than existing comparable keyboards, as our keyboard cost 55,83€, which is significantly less than the price of other comparable ergonomic keyboards. The research also showed that our keyboard allowed for more consistent typing, as the results of the three trials were quite similar.

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|----|
| 1 UVOD..... | 1 |
| 1.1 Hipoteze | 1 |
| 2 Pregled objav | 2 |
| 2.1 Zgodovina tipkovnic | 2 |
| 2.1.1 Začetki tipkovnic..... | 2 |
| 2.1.2 Modifikacijske tipke..... | 3 |
| 2.1.3 Načini priklopa skozi tipkovnic skozi leta | 3 |
| 2.2 Razlike med tipkovnicami | 4 |
| 2.2.1 Stikala..... | 4 |
| 2.2.2 Razpored črk in simbolov na tipkovnici | 6 |
| 2.2.3 Velikosti tipkovnic | 7 |
| 2.2.4 Oblike tipkovnic..... | 8 |
| 3 Metodologija..... | 10 |
| 3.1 NAČINI POTRJEVANJA HIPOTEZE | 10 |
| 3.2 Programska IN MATERJALI za izdelavo tipkovnice..... | 10 |
| 3.2.1 Tipke..... | 11 |
| 3.2.2 Arduino Micro..... | 11 |
| 3.2.3 Dioda | 11 |
| 3.2.4 TRRS 3.5mm port | 12 |
| 3.2.5 0.25mm bakrena žica in 30AWG Silikonsko pocinkana bakrena žica | 12 |
| 3.2.6 QMK Firmware | 12 |
| 3.3 Postopek Izdelave tipkovnice | 13 |
| 3.3.1 Izdelava 3D-modela in natis..... | 13 |
| 3.3.2 Vstavljanje tipk in povezovanje | 13 |
| 3.3.3 Izdelava mape tipk | 15 |

| | |
|--|----|
| 3.3.4 Nalaganje firmware programa..... | 17 |
| 4 ReZULTATI in diskusija..... | 19 |
| 5 Zaključek | 24 |
| 6 Povzetek | 25 |
| 7 Viri in literatura | 26 |

KAZALO SLIK

| | |
|---|----|
| Slika 1: Space-cadet [1]..... | 2 |
| Slika 2: RS-232 priključek [2]..... | 3 |
| Slika 3: PS/2 priključek [3] | 4 |
| Slika 4: USB priključek [4] | 4 |
| Slika 5: Membranska tipka [5] | 5 |
| Slika 6: Mehanske tipke [6]..... | 6 |
| Slika 7: QWERTY razpored [7] | 6 |
| Slika 8: Velikosti tipkovnic [8] | 8 |
| Slika 9: Standardna tipkovnica [9] | 8 |
| Slika 10: Kinesis Advantage2 [10]..... | 9 |
| Slika 11: Delovanje diode [11]..... | 12 |
| Slika 12: 3D-model ohišja [vir: lasten]..... | 13 |
| Slika 13: Notranjost tipkovnice [vir: lasten]..... | 14 |
| Slika 14: Arduino Micro [12] | 15 |
| Slika 15: Mapa tipk [vir: lasten] | 16 |
| Slika 16: Funkcija v mapi tipk [vir: lasten] | 17 |
| Slika 17: Enum v mapi tipk [vir: lasten] | 17 |
| Slika 18: Test tipkovnice [vir: lasten] | 18 |
| Slika 19: Izdelana tipkovnica [vir: lasten]..... | 18 |
| Slika 20: Prikaz hitrosti tipkanja na MonkeyType.com [vir: lasten]..... | 19 |
| Slika 21: Prikaz hitrosti tipkanja na LiveChat.com [vir: lasten] | 19 |
| Slika 22: Perixx Periboard-612 [13]..... | 21 |
| Slika 23: Logitech ERGO K860 [14] | 21 |
| Slika 24: Kinesis Advantage2 [10]..... | 21 |
| Slika 25: KINESIS Freestyle2 [15] | 22 |
| Slika 26: Izdelana tipkovnica [vir: lasten]..... | 22 |

1 UVOD

V današnjem digitalnem svetu je tipkanje postalo osnovna veščina, ki jo uporabljamo vsak dan. Od pisanja dokumentov do komunikacije z drugimi ljudmi je tipkanje postalo nepogrešljiv del našega življenja. Vendar pa tradicionalne tipkovnice niso vedno optimalne za naše potrebe. Nekatere tipkovnice so prevelike, pretežke ali predrage, kar jih dela nepraktične za uporabo. Zato se je rodila potreba po prilagojenih tipkovnicah, ki bi bile lahko prilagojene posameznim potrebam uporabnikov.

Raziskovalna naloga, ki jo predstavljamo, se osredotoča na razvoj in izdelavo prilagojene tipkovnice, ki bi omogočala hitrejše in učinkovitejše tipkanje. Cilj naloge je razviti tipkovnico, ki bo ne samo funkcionalna, ampak tudi cenejša kot kupljene primerljive tipkovnice.

1.1 HIPOTEZE

- Prilagojena tipkovnica omogoča hitrejše tipkanje.
- Prilagojena tipkovnica bo cenejša kot kupljene primerljive tipkovnice.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZGODOVINA TIPKOVNIC

2.1.1 Začetki tipkovnic

Prva oblika vmesnika za moderni računalnik, kot ga poznamo danes, niso bile tipkovnice, temveč luknjane kartice, ki so omogočale vnašanje podatkov in ukazov v računalnike. Vendar so se z razvojem in popularizacijo video prikazovalnih terminalov prve tipkovnice pojavile kot pomemben del računalniške opreme.

Prve tipkovnice so bile zasnovane na principu QWERTY, ki je bil prvotno razvit za pisalne stroje. QWERTY razpored, ki se v slovenščini prevaja kot "razpored tipk", je bil namenjen zmanjšanju okvar mehanizmov v pisalnih strojih, ki so se zataknili, ko so bile tipke pritisnjene hitro zapored. Ta razpored je postal standard za tipkovnice in je še danes najpogosteje uporabljen. Z uvedbo prvega QWERTY razporeda so se tipkovnice razvile v pomemben del računalniške opreme. Razvoj tipkovnic je bil pomemben korak v razvoju modernih računalnikov, ki so danes osrednji del naših življenj.



Slika 1: Space-cadet [1]

2.1.2 Modifikacijske tipke

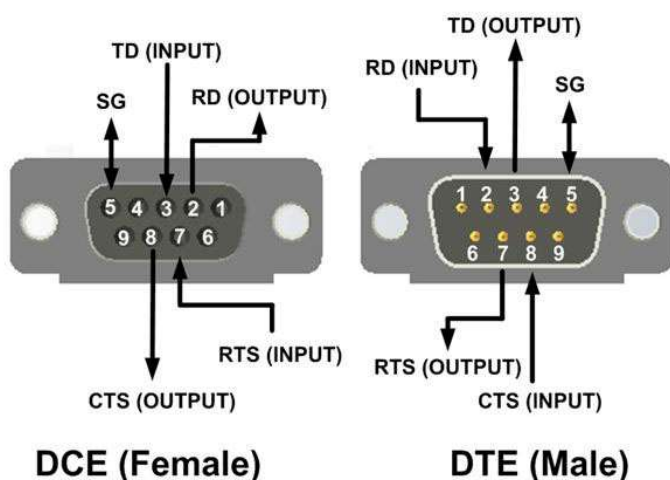
Modifikacijske tipke, znane tudi kot meta tipke, so se prvič pojavile na Stanford Artificial Intelligence Lab tipkovnici leta 1970 in kasneje na tipkovnicah kot so Knight tipkovnica, space-cadet tipkovnica in še mnoge druge. [15]

Te tipke omogočajo razširitev funkcionalnosti tipkovnice brez dodajanja večjega števila tipk, saj ob držanju te tipke lahko določimo nove možnosti za iste tipke. Na primer, ena uporaba meta tipk je "Shift" tipka, ki ob držanju poveča črke, ki jih pišemo, ali spremeni številke v simbole. Poleg tega obstajajo tudi meta tipke, ki jih lahko samo pritisnemo, kot je na primer "Caps Lock", ki z enim pritiskom preklopi med velikimi in malimi črkami. Dvojni pritisk meta tipk ni zelo pogost, vendar se tudi pojavlja na nekaterih tipkovnicah in še poveča funkcionalnost tipkovnice in omogoča večje število simbolov.

Modifikacijske tipke so postale standardni del moderne tipkovnice, omogočajoč uporabnikom, da hitro in učinkovito uporabljajo različne funkcije brez potrebe po dodatnih tipkah. To omogoča bolj učinkovito in efikasno delo, saj uporabnik lahko z eno tipko izvaja več funkcij.

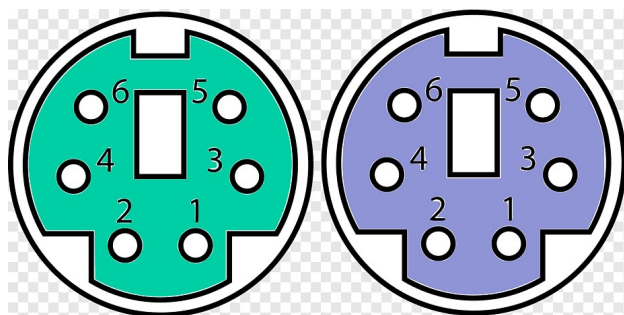
2.1.3 Načini priklopa skozi tipkovnic skozi leta

V zgodnjih dneh računalnikov ni bilo mogoče priklopiti tipkovnice na računalnik, saj je bila tipkovnica del računalnika samega. Kasneje se je začel uporabljati standard RS-232, ali Recommended Standard 232, ki je bil uveljavljen leta 1962 in je bil uporabljen za priključevanje različnih perifernih naprav, vključno s tipkovnicami. Ena izmed tipkovnic, ki je uporabljala to vodilo, je bila TRAK 101, ki je bila izdana v 1960-ih letih. [16]



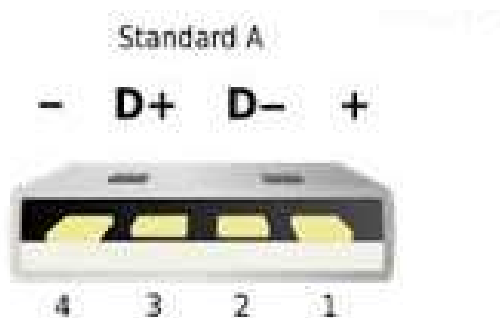
Slika 2: RS-232 priključek [2]

Leta 1987 je nastal PS/2 priključek, ki je bil namenjen samo za priključevanje tipkovnic in je imel 6 pinov. Prve tipkovnice, ki so uporabljale PS/2 priključek, so bile IBM PC/AT tipkovnice. PS/2 priključek je bil paralelni priključek, ki je omogočal hitrejši in učinkovitejši priključek tipkovnic. [17]



Slika 3: PS/2 priključek [3]

Leta 1996 je bil uveden USB (Universal Serial Bus) priključek, ki je postal standardni priključek za priključevanje različnih perifernih naprav, vključno s tipkovnicami. USB priključek je še danes v uporabi in se uporablja za priključevanje tipkovnic, mišk in drugih perifernih naprav. Poleg tega se danes pojavljajo tudi brezžične tipkovnice, ki imajo USB sprejemnike in komunicirajo z računalnikom preko brezžične povezave.



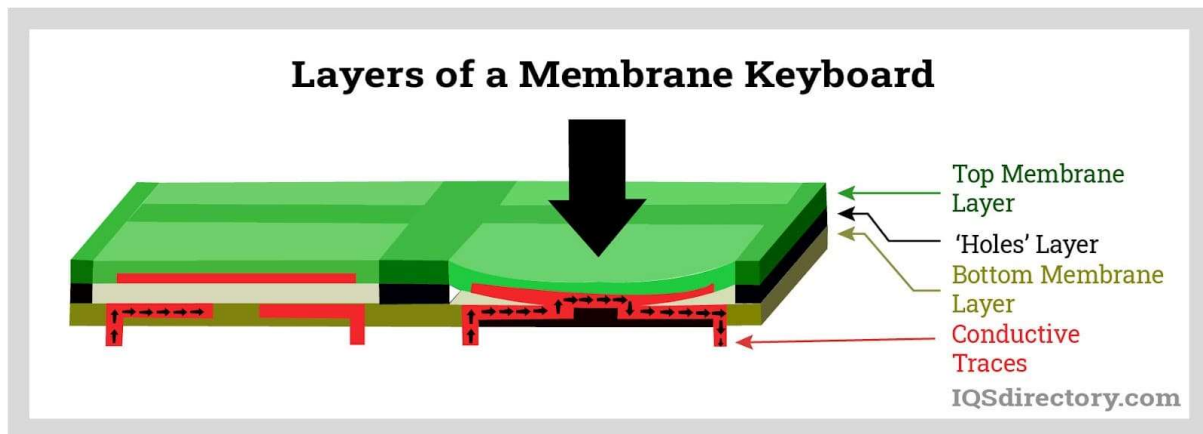
Slika 4: USB priključek [4]

2.2 RAZLIKE MED TIPKOVNICAMI

2.2.1 Stikala

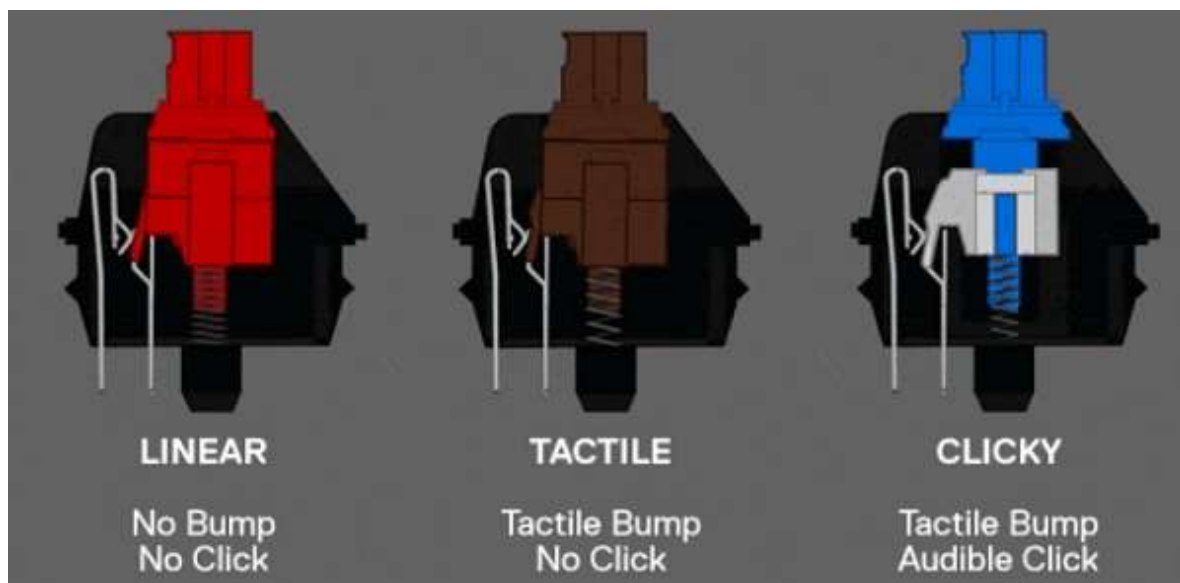
Stikala so ključni del tipkovnice, saj omogočajo uporabniku interakcijo z računalnikom. Skozi leta so se stikala, ki jih uporabljamo, razvila in izboljšala, vendar je njihova osnovna funkcija ostala enaka vnašanje podatkov v računalnik.

Trenutno se uporabljajo različne tipkovnice in posledično različna stikala. Dve najbolj popularni opciji sta mehanska in membranska stikala. Membranska stikala delujejo na principu, da imajo dve plasti: spodnjo in zgornjo plast. Ko se pritisne tipka na tipkovnici, se dve plasti dotakneta in pošljejo signal v mikrokrmilnik, ki ga nato interpretira in prepošlje v računalnik.



Slika 5: Membranska tipka [5]

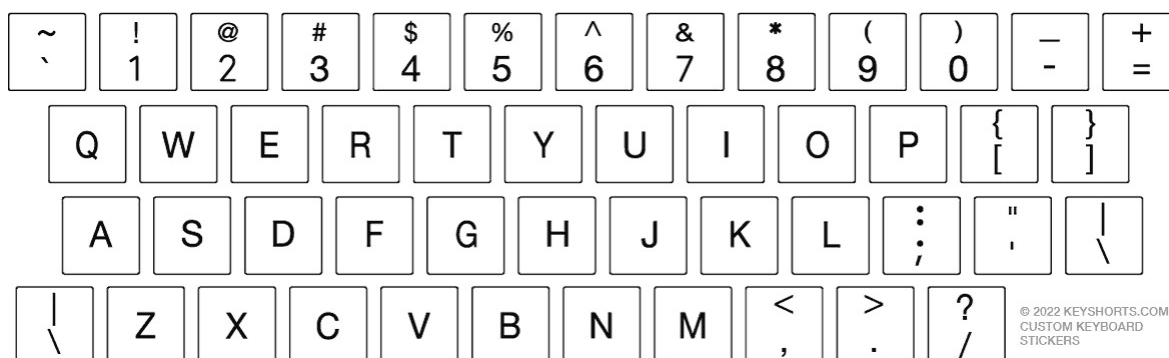
Mehanska stikala, na drugi strani, delujejo na principu, da imajo v sebi mehanske dele, ki so sestavljeni iz vzmeti in dveh delov kovine. Ko se pritisne tipka, se kovinska dela dotakneta in naredita kontakt, ki pošlje signal v mikrokrmilnik, ki ga nato prepošlje v računalnik. Ta princip delovanja omogoča mehanskim stikalom, da so bolj natančna in odzivna, kar je pomembno za uporabnike, ki potrebujejo visoko stopnjo natančnosti in hitrosti pri vnašanju podatkov.



Slika 6: Mehanske tipke [6]

2.2.2 Razpored črk in simbolov na tipkovnici

Razporedov tipkovnic je veliko, vendar je še vedno najbolj popularen QWERTY. Ta razpored ima manjše razlike med različnimi državami, vendar je osnovna struktura enaka. V Sloveniji je najbolj popularna izpeljava QWERTY, ki se imenuje QWERTZ in razlikuje samo tem, kje se nahaja nekaj črkah in določeni simboli, dodanih pa je tudi nekaj šumnikov.



Slika 7: QWERTY razpored [7]

Razpored RSTHD je primer drugega razporeda tipkovnice, ki se razlikuje od QWERTY po svoji strukturi in načinu razporeditve črk. Glavna razlika med RSTHD in QWERTY je v tem, da RSTHD razpored črk in simbolov razporeja po drugačnem principu, ki je namenjen zmanjšanju napora pri tipkanju in povečanju hitrosti. Na primer, RSTHD razpored ima črke razporejene po principu, da so najpogostejše črke v jeziku razporejene na najbolj dostopnih mestih, kar omogoča hitrejša in učinkovitejša tipkanje. Poleg tega RSTHD razpored vključuje

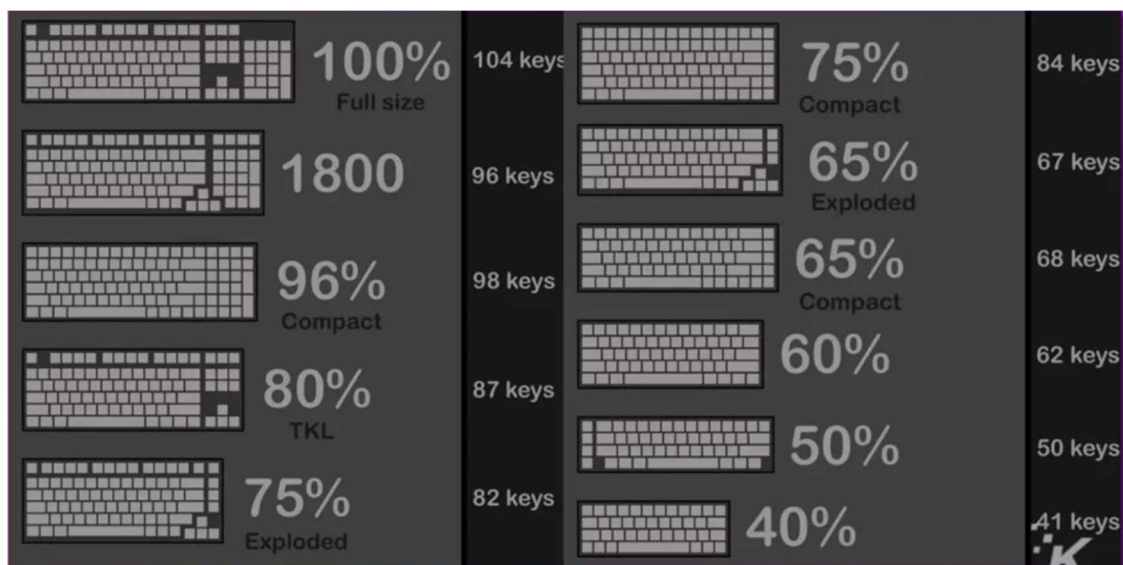
tudi nekatere dodatne funkcije, kot so posebni simboli in kratice, ki omogočajo še hitrejše in učinkovitejše delo.

2.2.3 Velikosti tipkovnic

Obstaja veliko različnih velikosti tipkovnic, ki se razlikujejo po številu tipk in njihovi funkcionalnosti. Standardna tipkovnica ima 104 tipk in je najbolj razširjena, zato jo imenujemo 100% tipkovnica. Ta tipkovnica vsebuje vse črke, funkcionalne tipke (F1-F12), vse številke, poseben del za številke, navigacijske tipke in običajno 5 meta tipk.

Druge popularne velikosti tipkovnic so:

- 80% tipkovnica: ta tipkovnica ima 87 tipk in je podobna 100% tipkovnici, vendar brez posebnega dela za številke. Vsebuje vse črke, funkcionalne tipke, številke in navigacijske tipke.
- 75% tipkovnica: ta tipkovnica ima 84 tipk in je zelo podobna 80% tipkovnici, vendar so odstranjene tri tipke, ki niso potrebne za osnovno delo, poleg tega so vse tipke bolj stisnjene skupaj.
- 65% tipkovnica: ta tipkovnica ima 68 tipk in je manjša od 100% tipkovnice. Odstranjene so funkcionalne tipke (F1-F12) in del za številke. Običajno ima meta tipko za uporabo funkcionalnih tipk.
- 60% tipkovnica: ta tipkovnica ima manj tipk kot 65% tipkovnica in je brez navigacijskih tipk. Običajno ima meta tipko za uporabo funkcionalnih tipk.
- 40% tipkovnica: ta tipkovnica ima samo 48 tipk in je zelo majhna. Vsebuje samo črke, pozicijske tipke in meta tipke, ki se uporabljajo za dostop do števil in simbolov.



Slika 8: Velikosti tipkovnic [8]

2.2.4 Oblike tipkovnic

Standardna oblika tipkovnic je pravokotna, kjer so vse tipke razporejene v linijah. Ta oblika je bila dominantna v preteklosti, vendar se danes pojavljajo tudi ergonomične ali prilagojene tipkovnice, ki so bolj prilagojene človeku, ki jih uporablja.



Slika 9: Standardna tipkovnica [9]

Ergonomične tipkovnice so zasnovane tako, da omogočajo bolj naravno in zdravo delo z računalnikom. Te tipkovnice so lahko razdeljene na dva dela, ki se lahko nastavljajo proti

sredini, kar omogoča bolj naraven položaj rok in zmanjšuje tveganje za poškodbe. Nekatere ergonomične tipkovnice so tudi bolj dvignjene na sredini, kar omogoča bolj naraven položaj zapestja in zmanjšuje tveganje za poškodbe zapestja.

Poleg tega, lahko so ergonomične tipkovnice opremljene z dodatnimi funkcijami, kot je poseben del za palec, ki omogoča večjo uporabo palca in olajšajo uporabo mezinca.



Slika 10: Kinesis Advantage2 [10]

3 METODOLOGIJA

3.1 NAČINI POTRJEVANJA HIPOTEZE

Potrditev hipotez bo vključevala izdelavo prilagojene tipkovnice, ki bo zasnovana na potrebah uporabnika, in primerjavo njene učinkovitosti z obstoječimi tipkovnicami na trgu. Naš cilj je izdelati tipkovnico, ki bo ne samo hitra in učinkovita, temveč tudi prijetna za uporabo in prilagodljiva potrebam uporabnikov.

Za prvo hipotezo bomo izmerili hitrost tipkanja na treh različnih tipkovnicah: Microsoft Sculpt Ergonomic Desktop, Ajazz AK33 in naši lastni izdelani tipkovnici. Hitrost tipkanja bomo merili v enotah besed na minuto in uporabili bomo dve spletni strani, ki omogočajo preverjanje hitrosti tipkanja, in sicer <https://monkeytype.com/> in <https://www.livechat.com/typing-speed-test>. Te strani nam bodo omogočile objektivno primerjavo hitrosti tipkanja na različnih tipkovnicah in pridobivanje podatkov o naših izkušnjah z uporabo naših tipkovnic.

Za drugo hipotezo bomo primerjali ceno naše izdelane tipkovnice z cenami obstoječih tipkovnic na trgu, da bomo ugotovili, ali naša izdelana tipkovnica predstavlja ekonomično ugodno rešitev. Naša analiza bo vključevala primerjavo cen različnih tipkovnic, da bomo ugotovili, ali naša tipkovnica ponuja dobre lastnosti pri razumnih cenah. Naš cilj je izdelati tipkovnico, ki bo ne samo kvalitetna, temveč tudi konkurenčna tipkovnicam na trgu.

3.2 PROGRAMSKA IN MATERJALI ZA IZDELAVO TIPKOVNICE

Pri izdelavi tipkovnice bomo potrebovali različne komponente, ki sestavljajo tipkovnico. Te vključujejo:

- tipke
- Arduino Nano
- Diode
- TRRS 3.5mm port
- 0.25mm bakrena žica
- 30AWG Silikonsko pocinkana bakrena žica

Vse te komponente so ključne za sestavo in delovanje naše tipkovnice. Poleg tega bomo za izdelavo ohišja, kamor bomo vgradili vse komponente, uporabili 3D tiskalnik.

Za delovanje tipkovnice na računalniku bomo potrebovali tudi programsko opremo oz. firmware, ki ga bomo naložili na tipkovnico. Pri tem bomo uporabili odprtokodni projekt QMK Firmware, ki omogoča prilagoditev funkcionalnosti tipkovnice in optimalno delovanje vseh komponent.

3.2.1 Tipke

V našem primeru bomo uporabljali stikala AKKO V3 Creamy Blue, ki so ti. otipna oz. tactile stikala. Takšna stikala zahtevajo nekoliko več sile pred pritiskom, kar uporabniku omogoča boljši občutek povratne informacije ob kliku ter večjo kontrolo nad tem, ali je stikalo dejansko pritisnjeno.

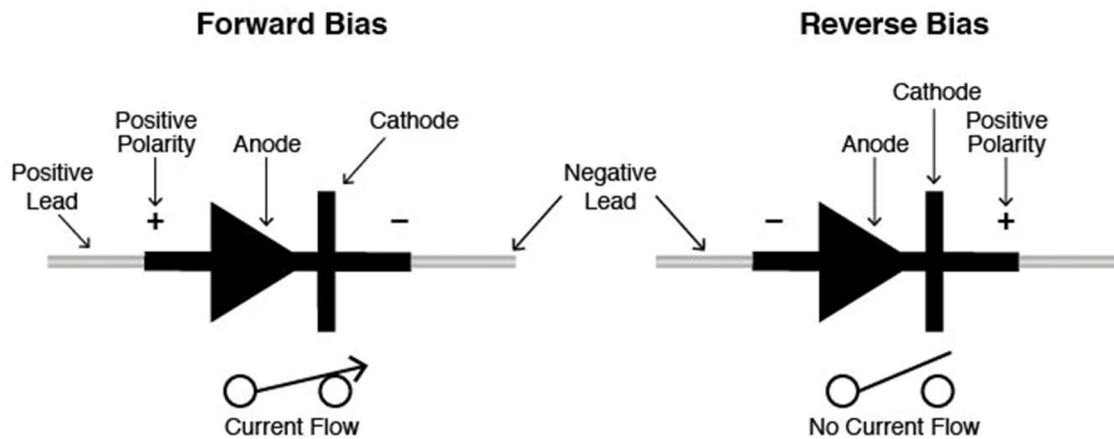
Poleg tactile stikal obstajata še dve drugi vrsti: linearna in clicky stikala. Linearna stikala zahtevajo enakomerno silo skozi celoten pritisk, kar daje gladek občutek, ki ga mnogi uporabniki cenijo. Po drugi strani pa clicky stikala vsebujejo mehanizem, ki ob pritisku ustvari značilen klikajoč zvok. Zaradi tega so clicky stikala precej glasna in specifična za določene uporabniške preference.

3.2.2 Arduino Micro

Za mikrokrmilnik Arduino Micro smo se odločili zaradi njegove kompaktne velikosti, ki omogoča enostavno vključitev v tipkovnico. Poleg tega ima dovolj vhodno-izhodnih pinov, da lahko povežemo vse tipke ter ostale komponente, potrebne za delovanje tipkovnice

3.2.3 Dioda

Diode se uporabljajo za usmerjanje toka, da teče samo v eno smer. V našem primeru jih bomo uporabili pri povezovanju več tipk v eno vrstico, da preprečimo, da bi tok tekkel v napačno tipko. To je pomembno, ker bi lahko v primeru, ko sta v isti vrstici pritisnjeni dve tipki hkrati, tok poškodoval drugo tipko ali povzročil nepravilno delovanje.



Slika 11: Delovanje diode [11]

3.2.4 TRRS 3.5mm port

TRRS port bomo uporabili za povezavo med obema deloma tipkovnice. Preko tega porta bo drugi del tipkovnice lahko komuniciral z računalnikom. Brez uporabe TRRS porta bi bilo potrebno oba dela tipkovnice neposredno povezati z računalnikom, kar bi otežilo uporabo in zmanjšalo praktičnost.

3.2.5 0.25mm bakrena žica in 30AWG Silikonsko pocinkana bakrena žica

Za izdelavo tipkovnice bomo uporabili bakreno žico s premerom 0,25 mm, ki bo služila za povezovanje tipk v vrstice in stolpce. Silikonsko pocinkano bakreno žico bomo uporabili za povezovanje vrstic in stolpcev z mikrokrmilnikom. Ta žica je dodatno zaščitena, kar preprečuje možnost nenamernih stikov z drugimi komponentami tipkovnice, s čimer se izognemo poškodbam in nepravilnemu delovanju naprave.

3.2.6 QMK Firmware

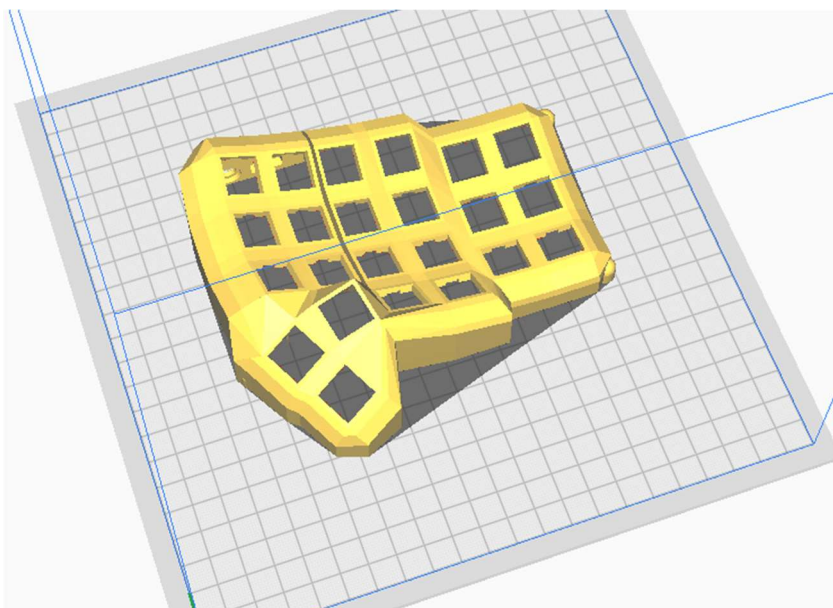
QMK bomo uporabljali za izdelavo ključne mape (keymap), ki bo omogočala določitev, katera tipka je bila pritisnjena. Vsaka tipka na tipkovnici je povezana s specifično vrstico in stolpcem. Ko tipkovnica zazna signal iz določene vrstice in stolpca, lahko s pomočjo ključne mape ugotovimo, katera tipka je bila pritisnjena v tistem trenutku. Ta postopek temelji na matrici tipkovnice, kjer je vsaka tipka definirana z unikatno kombinacijo vrstice in stolpca. Tako omogočimo natančno prepoznavo in odziv na vsak pritisk tipke.

3.3 POSTOPEK IZDELAVE TIPKOVNICE

3.3.1 Izdelava 3D-modela in natis

Za izdelavo naše tipkovnice smo morali ustvariti ohišje, ki bi vsebovalo vse komponente in določilo celoten izgled in funkcionalnost tipkovnice. Naša tipkovnica je bila zasnovana po vzoru Kinesis Advantage2 tipkovnice, vendar z nekaj ključnimi razlikami. Najpomembnejša razlika je bila, da bo naša tipkovnica sestavljena iz dveh delov, kar bo omogočalo bolj fleksibilno in prilagodljivo uporabo. Poleg tega smo se odločili, da bo naša tipkovnica imela manj tipk, in sicer 46.

Ko smo popravili dizajn in ga zaključili, smo ga poslali na 3D-tiskanje. Za tiskanje smo izbrali rožnato PLA plastiko, ki je bila primerna za naš projekt. PLA plastika je ekološko prijazna in ima dobro mehansko odpornost, kar je idealno za našo tipkovnico.



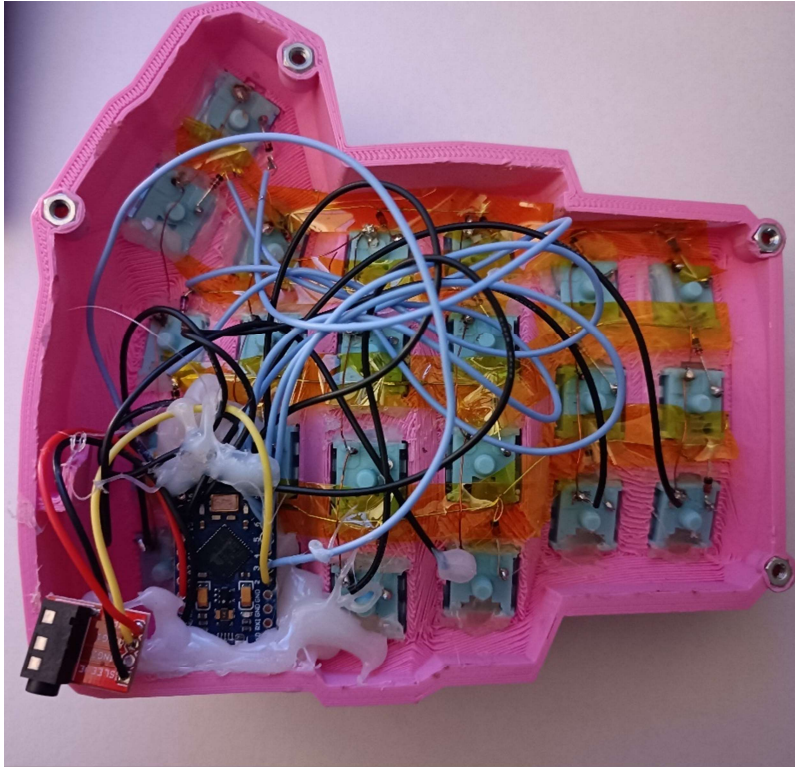
Slika 12: 3D-model ohišja [vir: lasten]

3.3.2 Vstavljanje tipk in povezovanje

Ko je bilo ohišje natisnjeno, smo vstavili vse potrebne tipke v ohišje. Nato smo tipke povezali med seboj v vrstice, pri čemer smo uporabili diode za preprečevanje napak in kakršnih koli okvar.

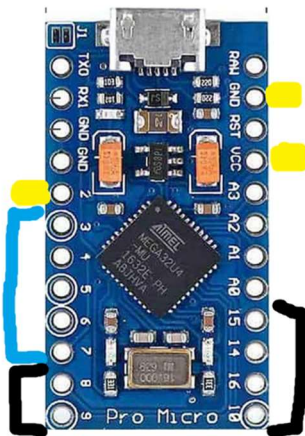
Diode smo namestili zaporedno na priključke oz. pine tipk, ki spadajo v isto vrstico. Na ustvarjeno vrstico povezanih diod smo dali lepilni trak, ki bi preprečil kakršne koli morebitne stike z drugimi komponentami ali okvare.

Naslednji korak je bil povezava tipk v stolpce. Pri tem smo uporabili samo bakreno žico, ki je bila pritrjena na drugi priključek oz. pin tipke. Za povezavo vsake tipke na mikrokontroler smo uporabili silikonsko pocinkano bakreno žico. Prav tako smo na mikrokontroler priklopili TRRS port, ki se bo uporabljal za povezavo med deloma tipkovnice.



Slika 13: Notranjost tipkovnice [vir: lasten]

Za lažjo identifikacijo posameznih povezav smo uporabili dve različni barvi žic. Črna barva je bila uporabljena za stolpce, medtem ko smo za vrstice uporabili svetlo modro barvo. To je olajšalo delo in zmanjšalo možnost napak.



Modra – povezane vrstice
Črna – povezani stolpci
Rumena – povezan TRRS port

Slika 14: Arduino Micro [12]

3.3.3 Izdelava mape tipk

Izdelava mape tipk je ključnega pomena za pravilno delovanje sistema, saj omogoča mikrokontrolerju, da razume, katera tipka je bila pritisnjena in kaj naj pošlje v računalnik. Ker tipke niso posebej povezane z mikrokontrolerjem, ampak so razvrščene v mreži, je potrebno ustvariti mapo, ki opisuje povezave med tipkami in mikrokontrolerjem.

Mreža tipk je zasnovana tako, da vsaka tipka ni neposredno povezana z mikrokontrolerjem, ampak je del mreže, ki jo sestavljajo vrstice in stolpci. Ta mreža omogoča, da se zmanjša število povezav, ki so potrebne za povezavo tipk z mikrokontrolerjem, kar zmanjša kompleksnost sistema in ga naredi bolj učinkovitega.

Mapa tipk je bila napisana v programskem jeziku C, ki se uporablja v QMK za pisanje mape tipk. Poleg tega smo uporabili vgrajena QMK orodja, s katerimi smo dodali že narejene tipke kot so črke, navigacijske tipke, številke in druge tipke.

```

62  [_QWERTY] = LAYOUT_5x6(
63  //
64  // KC_ESC, KC_Q, KC_W, KC_E, KC_R, KC_T, KC_Y, KC_U, KC_I, KC_O, KC_P, KC_BSLS,
65  // KC_TAB, KC_A, KC_S, KC_D, KC_F, KC_G, KC_H, KC_J, KC_K, KC_L, _TD_CLN, _TD_QUOTE,
66  // KC_LSFT, _ZCTL, _XALT, _CGUI, KC_V, KC_B, KC_N, KC_M, _COMGUI, _DOTALT, _SLSHCTL, KC_RSFT,
67  // KC_DOWN, KC_UP, KC_DEL, _ENTGUI, KC_BACKSPACE, _TD_NUMTERM, KC_LEFT, KC_RIGHT,
68  // _SPCNAV, MO(_SYMBOLS)
69  //
70  //
71  //
72  //
73  //
74  //
75  ),
76  [_NAV] = LAYOUT_5x6(
77  // TO(_QWERTY), _MINMODE, RESET, KC_MS_L, KC_MS_D, KC_MS_U, KC_MS_R,
78  // KC_MUTE, KC_VOLU, KC_BTN1, KC_LEFT, KC_DOWN, KC_UP, KC_RIGHT,
79  // KC_LALT, DEBUG, KC_VOLD, KC_BTN2, PREV_TAB, _LINE_DOWN, _LINE_UP, _NEXT_TAB,
80  //
81  //
82  //
83  //
84  //
85  //
86  //
87  //
88  ),
89  [_SYMBOLS] = LAYOUT_5x6(
90  // LSFT(KC_MINUS), KC_RCBR, KC_LCBR, KC_RBRC, KC_LBRC,
91  // KC_MINUS, KC_RPRN, KC_LPRN, KC_EQL, KC_PLUS,
92  // KC_GT, KC_LT, KC_GRV, KC_TILDE,
93  //
94  //
95  //
96  //
97  //
98  //
99  //
100 //
101 //
102 //
103 // KC_LGUI, KC_1, KC_2, KC_3, KC_4, KC_5, KC_6, KC_7, KC_8, KC_9, KC_0, KC_MINUS,
104 // KC_F1, KC_F2, KC_F3, KC_F4, KC_F5, KC_F6, KC_F7, KC_F8, KC_F9, KC_F10, KC_F11, KC_F12,
105 // KC_LSFT, LSFT(KC_1), LSFT(KC_2), LSFT(KC_3), LSFT(KC_4), LSFT(KC_5), LSFT(KC_6), LSFT(KC_7), LSFT(KC_8), LSFT(KC_9), LSFT(KC_0), LSFT(KC_MINUS),
106 //
107 //
108 //
109 //
110 //
111 //
112 //
113 //
114 );
    
```

Slika 15: Mapa tipk [vir: lasten]

Naša mapa tipk je razdeljena na štiri različne nastavitve, ki omogočajo prilagodljivo delovanje tipkovnice. Osnovna nastavitev je `_QWERTY`, ki vsebuje vse črke in meta tipke. Ta nastavitev je osnovna in omogoča uporabniku, da vpiše besedilo in uporabi meta tipke za izvajanje različnih funkcij.

Poleg osnovne nastavitve smo dodali še tri dodatne nastavitve: `_NUMBERS`, `_SYMBOLS` in `_FUNCTIONS`. Nastavitev `_NUMBERS` vsebuje števila in je dostopna, ko uporabnik drži tipko `_TD_NUMTERM`. To omogoča uporabniku, da vpiše števila in uporabi matematične funkcije.

Da bi omogočili prehod med različnimi nastavitvami, smo uporabili podatkovni tip `enum`, ki vsebuje stanja tipk in funkcijo, ki prebere, kaj naj naredi s tipko v tem stanju. Ta funkcija omogoča, da se mapa tipk prilagodi uporabnikovim potrebam in da se izvajajo različne funkcije glede na pritisnjeno tipko.

Na primer, ko uporabnik drži tipko `_TD_NUMTERM`, se mapa tipk preklopi v nastavitev `_NUMBERS`, ki vsebuje števila. Ko uporabnik spusti to tipko, se spremeni nazaj na `_QWERY`.

```
static int dance_numterm_state = -1;
void dance_numterm_fn (qk_tap_dance_state_t *state, void *user_data) {
    dance_numterm_state = cur_dance(state);
    switch (dance_numterm_state) {
        case SINGLE_TAP:
            register_mods(MOD_BIT(KC_LGUI));
            register_code(KC_GRV);
            break;
        case DOUBLE_TAP:
            // do nothing here
            break;
        case HOLD:
            layer_on(_NUMBERS);
    }
}
```

Slika 16: Funkcija v mapi tipk [vir: lasten]

```
enum {
    HOLD = 1,
    SINGLE_TAP = 2,
    DOUBLE_TAP = 3,
    TRIPLE_TAP = 4,
    QUAD_TAP = 5
};
```

Slika 17: Enum v mapi tipk [vir: lasten]

Na podoben način smo naredili za drugi dve stanji, ki sta `_NAV` in `_SYMBOLS`. Ti dve stanji se vklopita na dvojni pritisk tipke.

3.3.4 Nalaganje firmware programa

Po narejeni mapi tipk smo jo morali naložiti na mikrokontroler, ki je vgrajen v našo tipkovnico. To smo naredili v več korakih.

Prvi korak je bil prevajanje programa oz. kompajljanje in zgraditev mape tipk s komando `qmk new-keymap -kb handwired\minimanuform -km default`. Ta komanda je ustvarila datoteko `handwired_minimanuform_default.hex`, ki vsebuje prevedeno kodo za mikrokontroler.

Naslednji korak je bil priključitev naše tipkovnice na računalnik in uporaba komande `qmk flash -kb handwired\minimanuform -km default` za nalaganje mape tipk na mikrokontroler. Med izvajanjem te komande smo morali ponovno zagnati mikrokontroler, kar smo naredili tako, da smo naredili kontakt med RST in GND priključkoma oz. pinoma na mikrokontrolerju. Ta komanda je prenesla datoteko `handwired_minimanuform_default.hex` na mikrokontroler in jo naložila v njegov pomnilnik.



Slika 18: Test tipkovnice [vir: lasten]

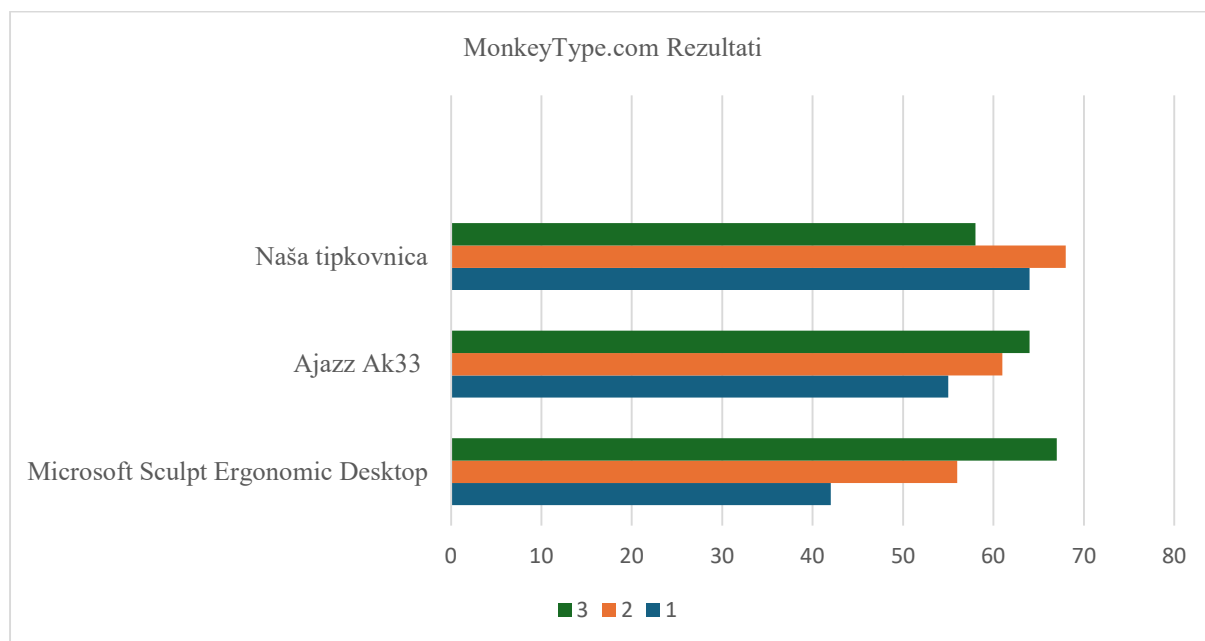
Po tem postopku smo testirali ali vse tipke na tipkovnici delujejo in če je bila kakršna koli napaka med nalaganjem.



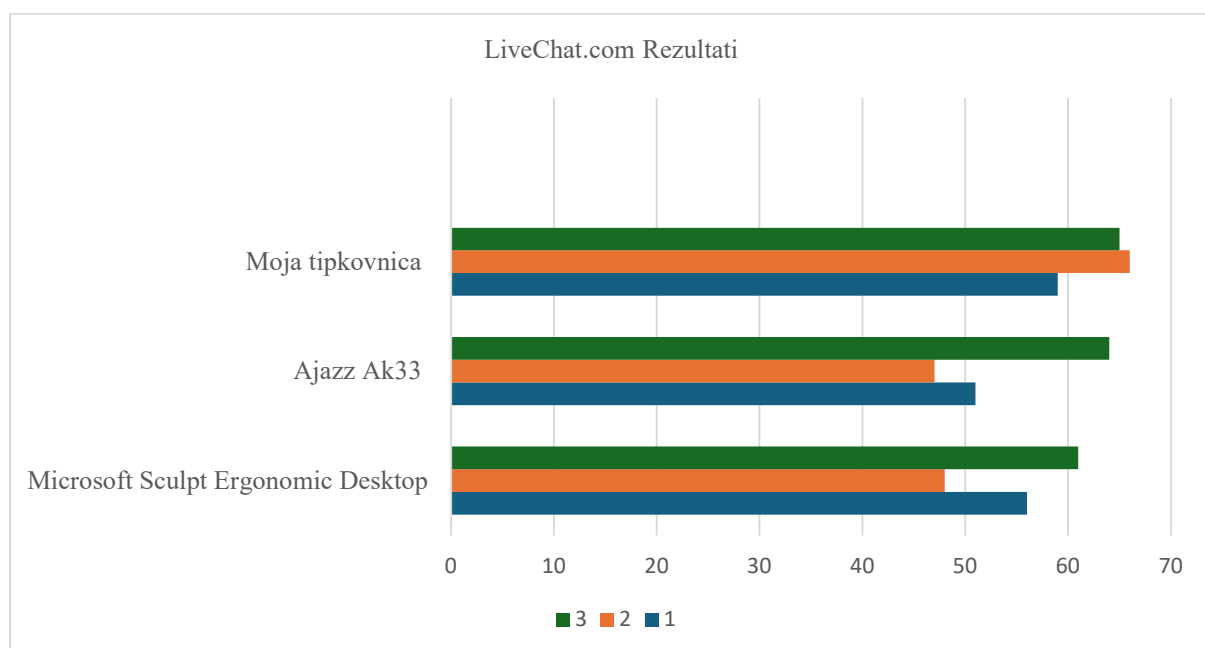
Slika 19: Izdelana tipkovnica [vir: lasten]

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

Prva hipotezo, ki se glasi: “Prilagojena tipkovnica omogoča hitrejšo tipkanje.”, smo testirali tako, da smo uporabili dve spletni strani, in sicer <https://monkeytype.com/> in <https://www.livechat.com/typing-speed-test/> in zapisali rezultate treh poiskusov na treh različnih tipkovnicah.



Slika 20: Prikaz hitrosti tipkanja na MonkeyType.com [vir: lasten]



Slika 21: Prikaz hitrosti tipkanja na LiveChat.com [vir: lasten]

Na naši tipkovnici smo povprečno dosegli 62,45 besed na minuto. Na tipkovnici Microsoft Sculpt Ergonomic Desktop smo poprečno dosegli 55 besed na minuto. Na tipkovnici Ajazz AK33 smo dosegli 57,5 besed na minuto.

Na teh rezultatih lahko potrdimo, da je bilo tipkanje hitrejše pri uporabi naše prilagojene tipkovnice. Iz rezultatov lahko razberemo, da z našo tipkovnico dosežemo od 5% do 7% boljše rezultate. Pokazalo pa se je tudi, da je bila hitrost tipkanja bolj konstantna čez vse tri poskuse z uporabo naše prilagojene tipkovnice.

Drugo hipotezo, ki se glasi: "Prilagojena tipkovnica bo cenejša kot kupljene primerljive tipkovnice.", smo ovrednotili tako, da smo sešteli ceno vseh delov naše tipkovnice in jih primerjali z drugimi ergonomičnimi tipkovnicami.

Deli naše prilagojene tipkovnice:

- Tipke 20,23€
- Arduino Nano 11,02€
- Diode 0,80€
- TRRS 3.5mm port 0,32€
- 0.25mm bakrena žica 5,33€
- 30AWG Silikonsko pocinkana bakrena žica 12,39€
- Lepilni trak 1,90€
- TRRS 3,5mm kabel 0,96€
- Kapice za stikala 2,88€

| Tipkovnice | Cena | Spletna stran |
|---------------------------|---------|--|
| Naša tipkovnica | 55,83€ | |
| Kinesis Advantage2 | 528,55€ | https://www.amazon.co.uk 20.2.2025 |
| Logitech ERGO K860 | 113,42€ | https://www.amazon.co.uk 20.2.2025 |

| | | |
|-----------------------------|---------|--|
| KINESIS Freestyle2 | 214,76€ | https://www.amazon.co.uk 20.2.2025 |
| Perixx Periboard-612 | 60,33€ | https://www.amazon.co.uk 20.2.2025 |

Vse tipkovnice, ki so omenjene tukaj, so ergonomične, a so si vseeno različne. Naša tipkovnica, ki smo jo naredili, je mešanica Kinesis Advantage2 in Kinesis Freestyle2, saj je v dveh delih, tako kot Kinesis Freestyle2, a ima nagib, kot ga ima Kinesis Advantage2. Preostali dve tipkovnici spadata pod ergonomične, vendar nobena ni v dveh delih ali ima takšen nagib kot ga ima naša. Sta samo nagnjeni proti sredini kot večina ergonomičnih tipkovnic.



Slika 22: Perixx Periboard-612 [13]



Slika 23: Logitech ERGO K860 [14]



Slika 24: Kinesis Advantage2 [10]



Slika 25: KINESIS Freestyle2 [15]

Torej rezultati naše raziskave potrjujejo hipotezo, da je naša tipkovnica cenejša kot kupljene primerljive tipkovnice. Naša tipkovnica, ki je podobna Kinesis Freestyle2 in Kinesis Advantage2, je kar od 74% do 90% cenejša od omenjenih tipkovnic. Preostali dve tipkovnici se ne moreta primerjati z funkcijami naše tipkovnice, vključili pa smo jih predvsem zaradi testa hitrosti tipkanja.



Slika 26: Izdelana tipkovnica [vir: lasten]

Obe hipotezi smo torej lahko potrdili.

Prva hipoteza, preko katere smo testirali hitrost tipkanja, je bila zelo zanimiva, saj so bili rezultati hitrosti tipkanja na naši prilagojeni tipkovnici večji, kot smo pričakovali. Razlika je še bolj presenetljiva z ozirom na to, da smo našo prilagodljivo tipkovnico takrat uporabljali relativno kratek čas, okoli dva meseca, medtem ko navadno standardno tipkovnico AJAZZ AK33 (75% tipkovnica) uporabljamo že pet let. To je verjetno zato, ker sta si obe razvrstitvi črk precej podobni, samo da ima tipkovnica, ki smo jo naredili, vse črke precej bližje in bolj izkorišča palec uporabnika. Prav tako nismo pričakovali, da bo hitrost tipkanja tako konstantna, saj so bili rezultati precej podobni v vseh treh poskusih, ki smo jih opravili. To je verjetno zato, ker je naša tipkovnica veliko bolj prilagojena rokam uporabnika.

Pri potrjevanju druge hipoteze je zanimivo to, da je naša prilagojena tipkovnica še vedno cenejša opcija od primerljivih, čeprav nismo vzeli najcenejših delov, saj smo želeli, da je občutek tipkanja dober, pomembna pa nam je bila tudi kvaliteta delov. Naše mnenje je, da ni veliko kupcev takšnih tipkovnic, in zato podjetja povečajo ceno produkta, da lahko pokrijejo vse stroške.

5 ZAKLJUČEK

Glavna ugotovitev raziskave je bila, da se hitrost tipkanja lahko poveča z prilagojeno tipkovnico. V našem primeru se je povečala od 5% do 7%, pri čemer smo naredili prilagojeno tipkovnico, ki je bila cenejša kot že obstoječe rešitve. Vendar so se pojavila nova vprašanja, npr. ali je QWERTY najboljša razporeditev tipk in ali je mogoče narediti še manjšo tipkovnico, pri kateri bo hitrost tipkanja ista ali celo večja kot pri uporabi naše prilagojene tipkovnice. Mogoče bo to predmet naše naslednje raziskave.

6 POVZETEK

V okviru raziskovalne naloge smo razvili in izdelali prilagojeno tipkovnico, ki omogoča hitrejša in učinkovitejša tipkanja. Cilj naloge je bil razviti tipkovnico, ki bo ne samo funkcionalna, ampak tudi cenejša kot kupljene primerljive tipkovnice. Za izdelavo tipkovnice smo uporabili različne komponente, kot so tipke, Arduino Micro, diode, TRRS 3.5mm port, 0.25mm bakrena žica in 30AWG Silikonsko pocinkana bakrena žica. Za delovanje tipkovnice na računalniku smo uporabili programsko opremo QMK Firmware.

Rezultati raziskave so pokazali, da je naša tipkovnica omogočala hitrejša tipkanja, saj smo dosegli povprečno 62,45 besed na minuto, kar je za 5% do 7% boljše rezultate kot pri uporabi drugih tipkovnic. Prav tako smo potrdili hipotezo, da je naša tipkovnica cenejša kot kupljene primerljive tipkovnice, saj je naša tipkovnica stala 55,83€, kar je znatno manj kot cena drugih ergonomičnih tipkovnic.

Raziskava je tudi pokazala, da je naša tipkovnica omogočala bolj konstantno tipkanje, saj so rezultati treh poskusov bili precej podobni.

7 VIRI IN LITERATURA

[1] X | Space-Cadet

<https://x.com/climagic/status/1172944904554766336> (22. 2. 2025)

[2] ADVANTECH | What is RS-232

<https://www.advantech.com/en/resources/white-papers/506c05a1-f599-4615-ac54-8259385d61e8> (23. 2. 2025)

[3] PngWing | PS/2 port

<https://w7.pngwing.com/pngs/743/935/png-transparent-computer-keyboard-ps-2-port-ibm-personal-system-2-computer-port-computer-angle-text-computer-keyboard.png> (23. 2. 2025)

[4] Battery University | Charging from a USB Port

<https://batteryuniversity.com/article/bu-411-charging-from-a-usb-port> (23. 2. 2025)

[5] IQSDirectory | Layers of a membrane keyboard

<https://www.iqsdirectory.com/articles/membrane-switch/membrane-keyboards/layers-of-a-membrane-keyboard.jpg> (23. 2. 2025)

[6] KitQuru | Guide to mechanical keyboard switches

<https://www.kitguru.net/peripherals/keyboards/matthew-wilson/the-kitguru-guide-to-mechanical-keyboard-switches/> (23. 2. 2025)

[7] keyShorts | US keyboard layout

<https://keyshorts.com/blogs/blog/us-keyboard-layout-everything-you-need-to-know> (22. 2. 2025)

[8] KnowTechie | What are the typical mechanical keyboard sizes?

<https://knowtechie.com/what-are-the-typical-sizes-of-mechanical-keyboards/> (22. 2. 2025)

[9] Robaxo | Robaxo Hero GMK630

<https://www.robaxo.com/wp-content/uploads/2021/11/robaxo-gmk630-2-450x450.jpg> (22. 2. 2025)

[10] Amazon | Kinesis Advantage2

https://m.media-amazon.com/images/I/818T--WBwvL._AC_SL1500_.jpg (23. 2. 2025)

[11] Fluke | How to diode

<https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/6004284b-dmm-how-to-diode-715x360-2.jpg> (23. 2. 2025)

[12] DDRPad | Arduino micro clone

<https://ddrpad.com/products/arduino-micro-clone> (23. 2. 2025)

[13] Amazon | Perixx Periboard-612

https://m.media-amazon.com/images/I/61CJomTvH3L._AC_SL1500_.jpg (23. 2. 2025)

[14] Amazon | Logitech ERGO K860

https://m.media-amazon.com/images/I/71hV5tUHZgL._AC_SL1500_.jpg (23. 2. 2025)

[15] Amazon | KINESIS Freestyle2

https://m.media-amazon.com/images/I/71FxuxaamML._AC_SL1500_.jpg (23. 2. 2025)

[15] WikiPedia | Meta key

https://en.wikipedia.org/wiki/Meta_key (23. 2. 2025)

[18] WikiPedia | RS-232

<https://en.wikipedia.org/wiki/RS-232> (23. 2. 2025)

[17] WikiPedia | PS/2 Port

https://en.wikipedia.org/wiki/PS/2_port (23. 2. 2025)