

Pametni stol

Vinogradac, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:394902>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-01**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

Sveučilišni studij

PAMETNI STOL

Diplomski rad

Domagoj Vinogradac

Osijek, 2023.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit**

Osijek, 20.09.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit

Ime i prezime Pristupnika:	Domagoj Vinogradac
Studij, smjer:	Diplomski sveučilišni studij Automobilsko računarstvo i komunikacije
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	D-40ARK, 06.10.2019.
OIB studenta:	32533261127
Mentor:	doc. dr. sc. Ivan Vidović
Sumentor:	,
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	izv. prof. dr. sc. Ivan Aleksi
Član Povjerenstva 1:	doc. dr. sc. Ivan Vidović
Član Povjerenstva 2:	izv. prof. dr. sc. Tomislav Matić
Naslov diplomskog rada:	Pametni stol
Znanstvena grana diplomskog rada:	Procesno računarstvo (zn. polje računarstvo)
Zadatak diplomskog rada:	U ovom radu potrebno je istražiti postojeća rješenja za pametne stolove. Nakon istraživanja potrebno je razviti vlastito rješenje pametnog stola koje uključuje izradu kućišta, sklopovlja i programske podrške. Pametni stol treba imati mogućnost upravljanja dodirnom te korisniku treba omogućiti zabavu i/ili obavljanje neke proizvoljno odabrane funkcionalnosti (npr. slanje narudžbe u restoranu/kafiću).
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	20.09.2023.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 14.11.2023.

Ime i prezime studenta:

Domagoj Vinogradac

Studij:

Diplomski sveučilišni studij Automobilsko računarstvo i komunikacije

Mat. br. studenta, godina upisa:

D-40ARK, 06.10.2019.

Turnitin podudaranje [%]:

3

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Pametni stol**

izrađen pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Ivan Vidović

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. POSTOJEĆA RJEŠENJA PAMETNIH STOLOVA.....	2
3. DIZAJN.....	5
4. SKLOPOVLJE	8
4.1. Raspberry Pi 4	8
4.2. TLPWU889 4-žični otporni zaslon osjetljiv na dodir	9
4.3. LP156WH2-TLA1 LCD zaslon.....	10
4.4. N156B6-L0B LCD upravljačka ploča.....	12
4.5. HTTM HTDS-SCR kapacitivni dodirni modul	13
4.6. 5050 RGB led traka s Wi-Fi upravljačem	14
4.7. Qi bežični punjač za mobitele	15
4.8. USB grijač za šalice.....	16
4.9. Anker USB zidni punjač sa 6 priključaka	17
5. PROGRAMSKA PODRŠKA SKLOPOVLJA	18
5.1. Operacijski sustav za Raspberry Pi 4 – Raspberry Pi OS	18
5.2. Programski kod za upravljanje kapacitivnim dodirnim modulima	18
6. INSTALACIJA SKLOPOVLJA I PRIKAZ GOTOVOG RJEŠENJA.....	20
6.1. Testiranje	22
7. ZAKLJUČAK	25
LITERATURA.....	26
SAŽETAK.....	28
ABSTRACT	29
ŽIVOTOPIS	30
PRILOZI.....	31

1. UVOD

U današnje vrijeme, pogotovo nakon što je svijet osjetio razorne posljedice korona krize na socijalni život, može se uvidjeti kako je korisno imati izvor zabave u svom domu oko kojeg se obitelj može okupiti u svojoj dnevnoj sobi, a koji je usto i osnovni kućanski namještaj. Ovim diplomskim radom cilj je napraviti pametni stol koji bi služio kao zanimljiv zaokret u odnosu na obični stol za kavu. Uz osnovnu svrhu stola, ovaj pametni stol služi za bežično punjenje mobitela, grijanje kave ili čaja u šalici, slušanje glazbe i pružanje iskustva računala kontroliranog zaslonom osjetljivim na dodir. Jedna od zanimljivijih namjena pametnog stola je mogućnost igranja društvenih igara, koje je moguće igrati s obitelji ili prijateljima.

Ovaj stol upravljan je računalom tvrtke Raspberry koje kontrolira sve uređaje u stolu preko svojih ulaza opće namjene, a na sebi sadrži operacijski sustav Raspberry Pi OS. Upravljanje računalom obavlja se preko zaslona osjetljivog na dodir, dok se LED (engl. *Light Emitting Diode*) trakom sa svjetlećim diodama upravlja preko mobilne aplikacije proizvođača same trake. Svi uređaji se napajaju preko USB (engl. *Universal Serial Bus*) zidnog punjača s priključcima za univerzalnu serijsku sabirnicu, odnosno gradske mreže.

Nakon uvodnog poglavlja, u drugom poglavlju opisana su gotova rješenja koja postoje u svijetu kao gotovi proizvodi ili kao prototipi. Treće poglavlje daje uvid u dizajn pametnog stola koji uz sve funkcionalne uređaje treba biti primamljiv i zanimljiv dizajnom. Četvrto poglavlje daje uvid u sklopovlje koje je korišteno kako bi se pametni stol izradio, dok se u petom poglavlju daje programski kod koji radi u pozadini Raspberry Pi OS operacijskog sustava te upravlja ostalim uređajima. Nadalje, u šestom poglavlju daje se uvid u blok sheme spajanja te samu instalaciju i sklapanje sklopovlja i uređaja u kućište pametnog stola. Prikaz svih funkcionalnosti i rada dan je u sedmom poglavlju, dok je u osmom poglavlju dan zaključak ovog rada.

2. POSTOJEĆA RJEŠENJA PAMETNIH STOLOVA

S obzirom da se stolovi koriste za držanje stvari te predstavljaju centralni dio oko kojeg se ljudi okupljaju radi objeda, razgovora ili zabave, logičan korak bio je dodati dodatne funkcionalnosti koje olakšavaju i poboljšavaju iste. Tako na internetu danas jednostavnom pretragom pronalazimo razne vrste pametnih stolova, od onih koji služe za objedovanje, stolića i stolova za kavu u dnevnim sobama do malih stolića koji služe za odlaganje sitnih stvari ili pak samo služe kao ukras. Ponajviše pak pametnih stolova ima u obliku stola za objedovanje koji unutar gornje plohe imaju ugrađen LCD (engl. *Liquid Crystal Display*) zaslon s tekućim kristalima te ekran osjetljiv na dodir za kontrolu dodirom. Takvi stolovi se uglavnom koriste u restoranima brze prehrane, modernijim kafićima i sličnim ugostiteljskim objektima te služe za pregled menija i naručivanje dok također služe kao jedna od zanimljivosti koja privlači goste restorana i kafića. Primjer jednog takvog stola, tvrtke Itrestaurant [1], prikazan je na slici 2.1.



Sl. 2.1. Prikaz pametnog stola za objedovanje tvrtke Itrestaurant. [1]

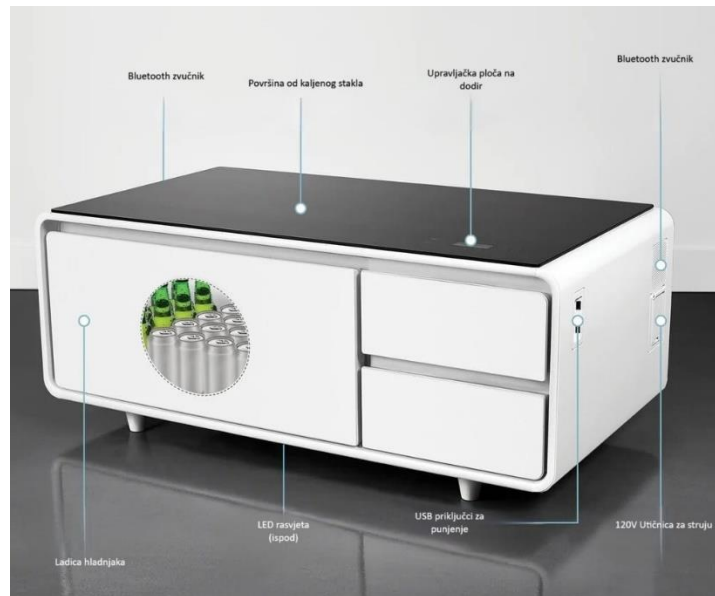
Nadalje na stranici Amazon može se pronaći pametne stoliće koji služe kao noćni ormarići ili kao prikladni ukrasni stolići. Oni uglavnom nemaju nikakav zaslon već imaju kombinaciju funkcionalnosti poput Bluetooth povezivanja za puštanje glazbe preko ugrađenih zvučnika, bežične punjače za mobitele ispod gornje plohe, razne ulaze poput običnih utičnica i USB ulaza za punjenje te ukoliko je

stolić namijenjen kao noćni ormarić uglavnom u sebi ima prigušeno noćno svjetlo. Primjer stolića, tvrtke Webetop [2], prikazan je na slici 2.2 te sadrži zvučnike za puštanje glazbe, 2 USB ulaza za punjenje te 2 utičnice.



Sl. 2.2. Prikaz pametnog stolića, koji služi kao noćni ormarić, tvrtke Webetop. [2]

Zadnja kategorija pametnih stolova su pametni stolovi za dnevnu sobu odnosno stolovi za kavu koji također predstavljaju tip pametnog stola čija je izrada cilj ovog rada. Ovi stolovi uglavnom sadrže veći prostor za pohranu stvari, a samim time imaju i najveći broj funkcionalnosti. Glavna funkcionalnost većine ovakvih pametnih stolova ista je kao i kod restoranskih pametnih stolova odnosno posjeduju zaslon s ekranom osjetljivim na dodir, no neki dolaze i bez njih kako bi proizvođači mogli smanjiti cijenu, a zadržati druge korisne funkcionalnosti. Računala koja poslužuju zaslone su uglavnom jača i u većini slučajeva su u razini stolnih računala kako bi mogli priuštiti korisnicima što ugodniji rad. Nadalje mogu sadržavati set dva ili više zvučnika koji su također spojeni na isto računalo, a poneki daju i mogućnost Bluetooth spajanja. Također ispod svoj gornje površine uglavnom sadrže bežične punjače za mobitele ili pak grijače za kavu i odvojene tipke za kontrolu raznih funkcija poput glasnoće zvuka, svjetline ekrana i slično, dok na donjoj plohi uglavnom imaju ambijentalnu LED rasvjetu. Od ulaza uglavnom imaju utičnice za napajanje te nekolicinu USB priključaka za punjenje i/ili spajanje na računalo koje pokreće stol. Trend kod skupljih modela je i dodavanje ladice hladnjaka za hlađenje raznih vrsta pića i grickalica. Primjer stola za kavu prikazan je na slici 2.3.



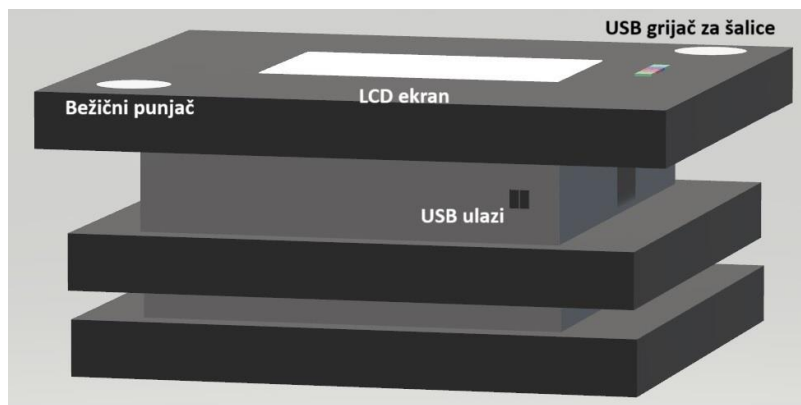
Sl. 2.3. Sobro pametni stol za kavu tvrtke Sobro Design. [3]

3. DIZAJN

Dizajn ovog stola započet je prepravljanjem prvog modela odnosno prototipa kako bi sve trebalo izgledati, dok je krajnji model izrađen prilagođavanjem prvotnog modela te oduzimanjem kompleksnosti iz istog.

Nakon pretraživanja gotovih rješenja po internetu, izabrane su funkcionalnosti koje bi najbolje pristajale stolu za kavu koji bi također trebao postati fokus sobe u kojoj se nalazi. Izabrane funkcionalnosti su:

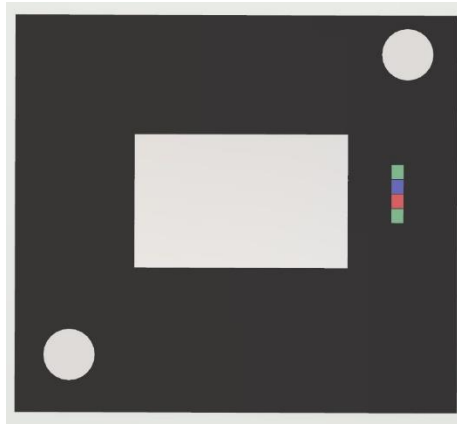
- LCD ekran sa zaslonom osjetljivim na dodir,
- računalo,
- USB grijač za šalice,
- bežični punjač za mobitele,
- LED traka za ambijentalno osvjetljenje,
- USB ulazi za pristup računalu te punjenje,
- zvučnici za puštanje zvuka s računala.



Sl. 3.1. Prikaz izometrijskog pogleda na stol.

Na slici 3.1 prikazan je izometrijski pogled prve iteracije modela te je vidljivo kako je stol prvotno zamišljen kao višeslojno rješenje sa svim funkcionalnostima na samom naličju stola, osim USB ulaza koji su postavljeni sa strane te led trake koja je trebala biti postavljena ispod prvog i drugog šireg dijela stola kako bi pružio ambijentalni ugođaj. Sa slike 3.2 vidljivo je kako LCD ekran zauzima središte stola, dok su sa strane tipke kojima se može upravljati nekim funkcionalnostima računala te

stola. U suprotnim kutovima su također vidljiva mjesta za bežični punjač te USB grijač za kavu. Boje odabrane za stol su crna i siva kako bi stol dobio moderan izgled.

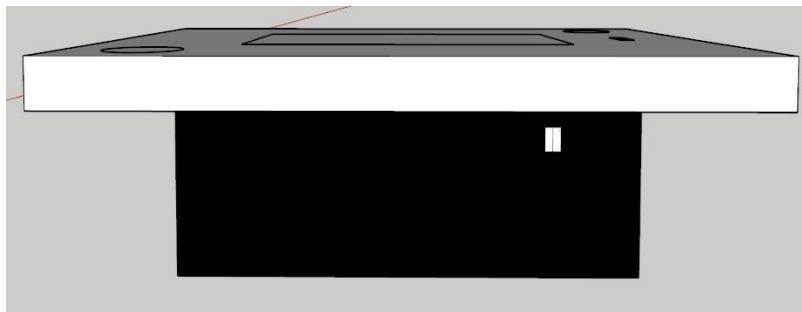


Sl. 3.2. Prikaz tlocrta stola.

Prvo rješenje stola dalo je okvirnu sliku izgleda stola ali je bilo potrebno izraditi drugo zbog nekolicine razloga:

- visina – dok stol na prvom modelu izgleda moderno, nije nimalo praktičan jer bi bio previsok, a pravi stolovi za dnevnik boravak ne bi trebali biti previsoki, dok bi smanjivanje svih dimenzija pak dovelo do narušavanja izgleda
- cijena – kada se ovakav model prebaci u model stvarnih dimenzija ubrzo se shvaća koliko drveta je potrebno za njegovu izradu te sama crna boja diže cijenu materijala pa je zbog tog razloga ovaj model napušten.

Do dizajna drugog modela stola dolazi se oduzimanjem kompleksnosti i dizajnerskih elemenata prvog modela stola te stavljanjem istog na kotačiće radi veće praktičnosti.

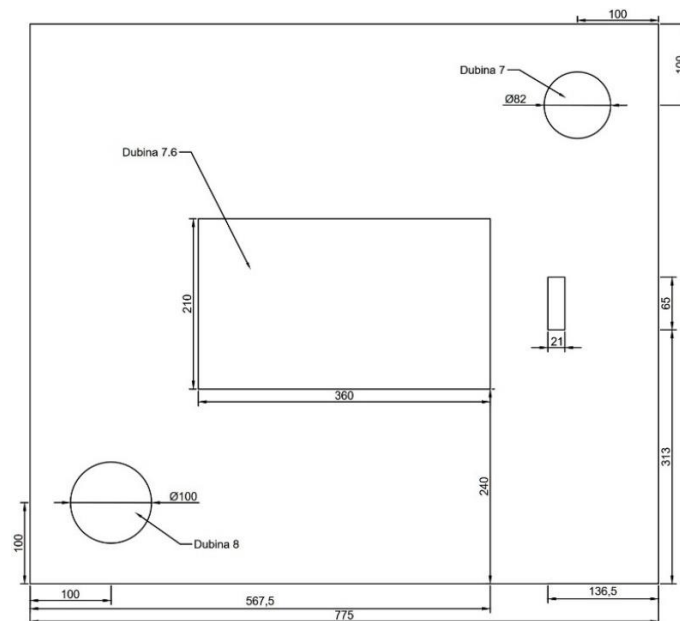


Sl. 3.3. Prikaz nacrtu drugog rješenja za izradu stola.

Na slici 3.3 vidljivo je da se nakon izbacivanja materijala odnosno donjih razina prvotnog dizajna smanjila visina stola, a posljedično i cijena izrade dok je raspored komponenti na tlocrtu ostao isti. Također je odlučeno da se stol stavlja na kotačiće kako bi bio mobilniji te olakšao provođenje napajanja s donje strane stola, a kao dodatna mjera uštede stol je potpuno bijele boje kako bi se daljnje smanjili troškovi izrade.

Na slici 3.4. prikazan je računalno izrađen nacrt tlocrta stola s kotama. Iz dane slike su pomoću računalno numeričko upravljano CNC (engl. *Computer Numerical Control*) stroja izdubljene rupe u kojima se trebaju nalaziti LCD ekran, bežični punjač, USB grijač za kavu te kapacitivni dodirni moduli. Dimenzije stola su sljedeće:

- gornja ploha stola - 690 x 775 mm,
- donja ploha stola – 520 x 610 mm,
- par ploha plašta – 490 x 350 mm,
- par ploha plašta – 540 x 350 mm.



Sl. 3.4. Prikaz računalnog nacrt gornje plohe stola.

4. SKLOPOVLJE

U ovom poglavlju opisano je sklopovlje i komponente korištene za izradu stola. Korištene komponente su:

- Raspberry Pi 4,
- TLPWU889 4-žični otporni zaslon osjetljiv na dodir,
- LP156WH2-TLA1 LCD zaslon,
- N156B6-L0B LCD upravljačka ploča,
- HTTM HTDS kapacitivni dodirni moduli
- 5050 RGB led traka s WI-FI upravljačem,
- QI bežični punjač za mobitele,
- USB grijач za šalice,
- Anker USB zidni punjač sa 6 priključaka.

4.1. Raspberry Pi 4

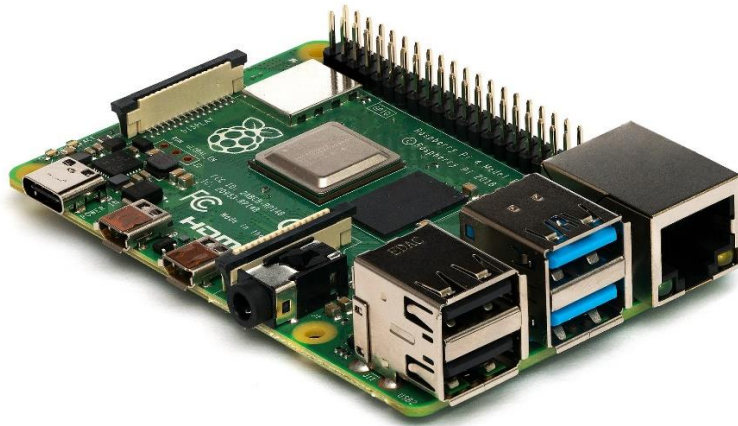
Raspberry Pi 4 je predzadnja generacija jedнопločnih računala proizvedenih od strane Raspberry Pi zaklade. Prvotna ideja tih računala bila je popularizacija i podučavanje računalstva u školama i zemljama u razvoju. Nakon prvotnog uspjeha, zbog niske cijene i otvorenog dizajna, Raspberry Pi računala postaju korištena u mnogim područjima poput robotike dok široku primjenu pronalaze i u praćenju vremenskih prilika u automatskim vremenskim stanicama. Nakon dodavanja standarda multimedijskog sučelja visoke razlučivosti, HDMI (engl. *High-Definition Multimedia Interface*) i USB standarda postaje i vrlo popularan među računalnim hobistima. [4]

Raspberry Pi 4 pokreće BCM2711 SoC (engl. *System-on-chip*) te dolazi s 2/4/8 GB RAM (engl. *Random Access Memory*) memorije. Od ulaza sadrži:

- ulaz za gigabitni ethernet,
- dva USB 2.0 ulaza,
- dva USB 3.0 ulaza,
- micro HDMI ulaz,
- 40 GPIO (engl. *General-purpose input/output*) nožica.

Od bežičnih mreža podržava spajanje na 2.4 i 5.0 GHz mrežu te Bluetooth standard 5.0. BCM2711 za procesor koristi četvero jezgri Cortex-A72 (ARM v8) (engl. *Advanced RISC Machines*) koji radi na 1.5 GHz, do 8 GB LPDDR4-2400 (engl. *Low-Power Double Data Rate*) SDRAM (engl. *Synchronous Dynamic Random Access Memory*) memorije te 32 kB memorije za podatke i 48 kB memorija za instrukcije. [5]

Na slici 4.1. vidljiv je primjer Raspberry Pi 4 računala.



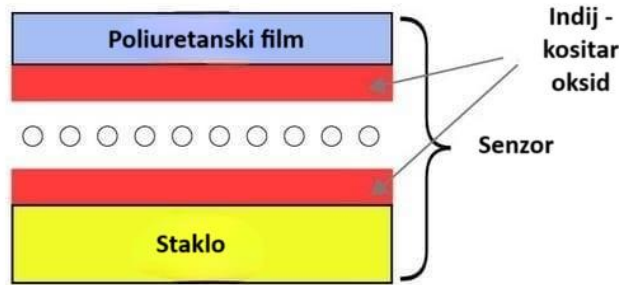
Sl. 4.1. Raspberry Pi 4 Model B.

Za ovaj rad odabran je Raspberry Pi 4 umjesto manjeg stolnog računala zbog svoje cijene, relativno velikih računalnih mogućnosti te jednostavnosti postavljanja i korištenja. Također je pogodan za korištenje u ovom radu zbog svojih GPIO nožica preko kojih se spajaju kapacitivni dodirni prekidači koji koriste za kontrolu funkcionalnosti računala i ostatka stola.

4.2. TLPWU889 4-žični otporni zaslon osjetljiv na dodir

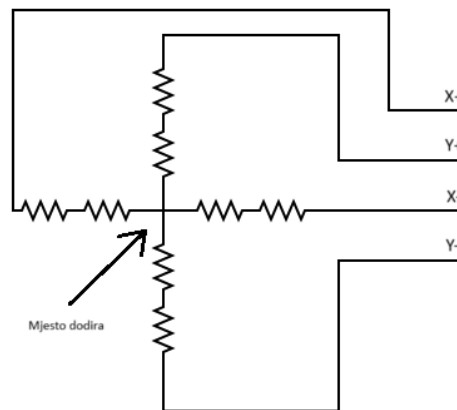
U sklopu ovog rada odabran je 4-žični otporni zaslon osjetljiv na dodir kao ulazni uređaj odnosno uređaj kojim će se upravljati računalom. Iako za veličinu od 15.6 inča u dijagonali ima samo 359 x 209 točaka razlučivost te postoje precizniji odnosno ekrani na dodir s većom rezolucijom dodira, ovaj je bio cjenovno najprihvatljiviji.

Na slici 4.2 nalazi se prikaz slojeva otpornog zaslona. Otporni zaslone na dodir izrađuju se od sloja stakla na koji se slažu dva sloja indij-kositar oksida koji služe kao prozirni vodič. Između slojeva indij-kositar oksida stavljaju se maleni odstoynici na koje se na kraju stavlja tanka zaštitna prevlaka odnosno poliuretanski film.



Sl. 4.2. Prikaz slojeva otpornih zaslona.

Vodljivi slojevi unutar ekrana postavljeni su okomito jedan na drugi. Kada se dodirne na ekran ta dva sloja spoje, dolazi do stvaranja razdjelnika napona kao što je vidljivo na slici 4.3.



Sl. 4.3. Prikaz napenskog razdjelnika na mjestu dodira.

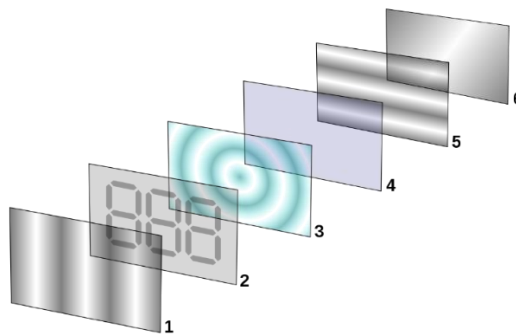
Dodirni ekran radi tako da se u naizmjeničnim vremenskim intervalima na napon od 5V spajaju slojevi X i Y koji su postavljeni okomito jedan na drugi. U trenutku dodira stvara se spoj između ta dva sloja te dolazi do pada odnosno razdjeljivanja napona. Taj pad napona mjeri se na sloju koji u trenutku dodira nije spojen na napon od 5V te kontroler na računalo šalje broj koji odgovara izmjerenom padu napona. U idućem trenutku drugi sloj se spaja na napon od 5V i ponavlja se isti postupak mjerenja pada napona te kontroler tada na računalo šalje drugi broj koji odgovara drugom izmjerenom padu napona. Brojevi poslani računalo predstavljaju X i Y koordinate točke koja je dodirnutu na ekranu. [6]

4.3. LP156WH2-TLA1 LCD zaslon

LCD zaslone se danas nalaze u svim uređajima od mobitela, pametnih satova, televizora, monitora i ostalih elektroničkih uređaja. Zasnovani su na tehnologiji tekućih kristala. Sloj molekula tekućih

kristala unutar samog LCD zaslona vrlo je koristan zbog svoga svojstva da pod utjecajem električnog polja mijenja svoju strukturu odnosno poravnava se u smjeru polja. Kako se mijenja zakretanje molekula kristala, tako se mijenja količina svjetla koja može proći kroz sloj istih kristala. Većina LCD zaslona danas sastoji se 6 elemenata prikazanih na slici 4.4 te navedenih u nastavku.

1. Polarizacijski filter s vertikalnim osima koje finalno polariziraju svjetlo.
2. Stakleni supstrat s elektrodama načinjenim od indij-kositar oksida te orijentiranim u vertikalnom smjeru.
3. Sloj uvrnutih tekućih kristala.
4. Stakleni supstrat s elektrodama načinjenim od indij-kositar oksida te orijentiranim u horizontalnom smjeru.
5. Polarizacijski filter s horizontalnim osima koje propuštaju svjetlo s pozadinskog osvjetljenja.
6. Pozadinsko osvjetljenje – izvor svjetla - može biti načinjeno od LE dioda ili fluorescentnih cijevi.



Sl. 4.4. Prikaz slojeva LCD zaslona. [7]

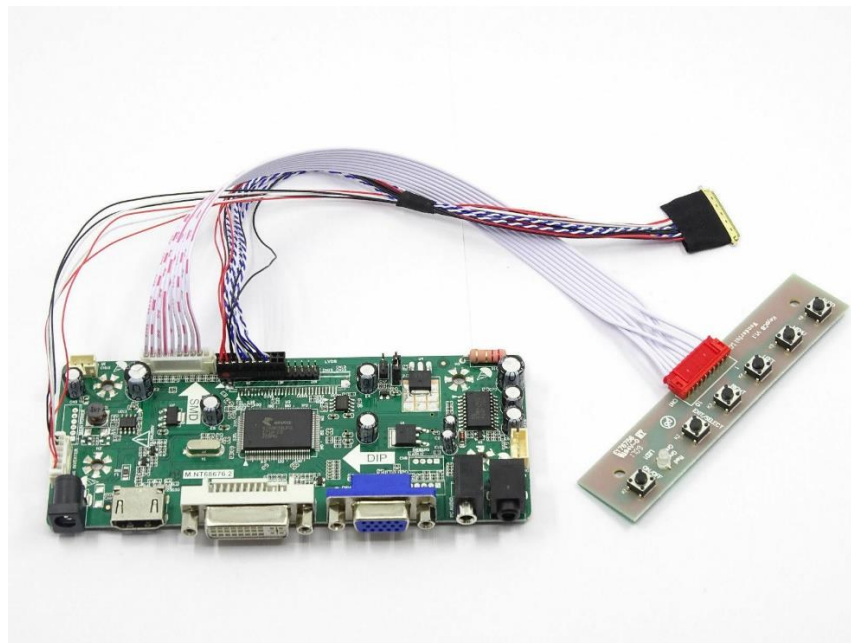
Kada izvor svjetla propusti svjetlo kroz horizontalni filter ono se polarizira u horizontalnom smjeru. Nakon horizontalnog filtera svjetlost prolazi kroz transparentno staklo ispunjeno elektrodama koje zakreću tekuće kristale koji se nalaze između njih i tako propuštaju određeni postotak originalnog svjetla. Nakon što svjetlo prođe kroz tekuće kristale, jedan dio se blokira na izlaznom vertikalnom filteru te se dobiva slika koja se može vidjeti.

Svaki presjek između horizontalnih i vertikalnih elektroda čini jedan piksel koji se sastoji od 3 potpiksela. Svaki potpiksel je odgovoran za propuštanje određenog postotka svjetla za crvenu, zelenu i plavu boju te zajedno čine ton svjetla jednog piksela. [8]

LCD zaslon korišten u ovom radu veličine je 15.6 inča te je odabran zbog svoje cijene.

4.4. N156B6-L0B LCD upravljačka ploča

LCD upravljačka ploča služi za prikazivanje sadržaja s računala na LCD zaslonu. LCD upravljačka ploča sadrži niz ulaza poput HDMI, DVI i VGA za spajanje s računalom ili izvorom video signala, mikroprocesor te izlaz s 40 priključaka za spajanje na LCD zaslon. Uređaj prima sliku odnosno signal s jednog ili više ulaza s računala ili nekog drugog generatora signala. Potom mikroprocesor formatira dobiveni signal, skalira rezoluciju i odašilje signal (LVDS, TTL, eDP) koji sačinjava sliku na LCD zaslonu. Na slici 4.5 prikazana je LCD upravljačka ploča korištena u radu. [9]

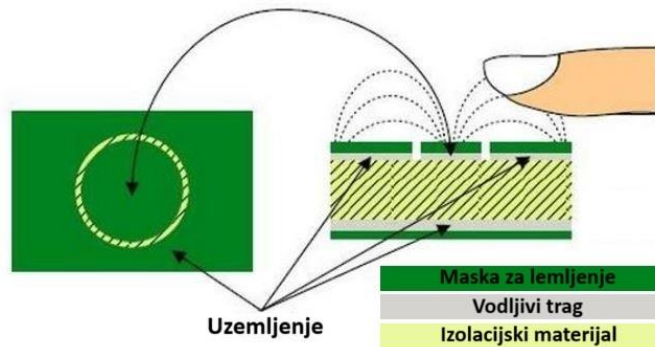


Sl. 4.5. Prikaz N156B6-L0B LCD upravljačke ploče.

Od dodatnih kontrola, upravljača ploča sadrži i kontrolu svjetline, slike, boje te ostale funkcionalnosti poput slike u slici. Navedena upravljačka ploča izabrana je zbog svoje kompatibilnosti s 15.6 inčnim zaslonom te niske cijene.

4.5. HTTM HTDS-SCR kapacitivni dodirni modul

HTTM kapacitivni dodirni moduli predstavljaju dodirne senzore koji svoj rad temelje na električnom kapacitetu. Princip rada kapacitivnog senzora temelji se na kapacitivnosti između sloja bakra na površini i sloja uzemljenja na senzoru. Senzor prikazan na slici 4.6 sastoji se od sloja printane ploče, signalnog sloja koji predstavlja uzemljenje te izolirajuće maske.

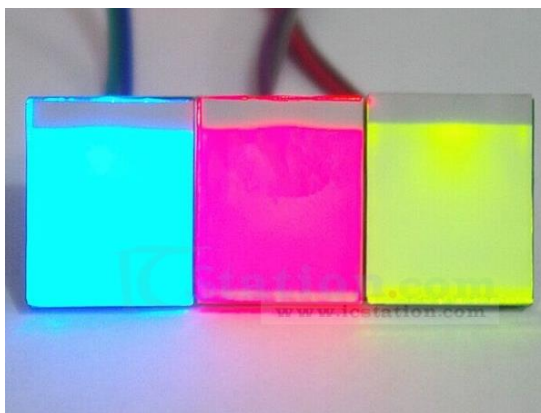


Sl. 4.6. Načelna skica dodirnog senzora.

Kada se prst približi dodirnom senzoru, prst utječe na promjenu električnog polja oko kapaciteta čime se mijenja dielektričnost sloja printane ploče koja služi kao izolator te se time mijenja razina kapaciteta. Kada se prijeđe referentna vrijednost kapaciteta, senzor se upali odnosno izlazna nožica prelazi iz stanja logičke '0' u stanje logičke '1' te kao nuspojava paljenja senzora, LE dioda koja se nalazi pored senzora počinje svijetliti. [10]

Na dizajn senzora utječu razne parazitske kapacitivnosti u okolini, temperatura te razina vlage, stoga se pri uključanju senzora mjeri razina kapaciteta te ovisno o razini mijenja referentna vrijednost kapaciteta. Ulazni napon dodirnog senzora je od +2.7 do 6 V, dok je izlazni napon 3.3V u uključenom stanju s izlaznom strujom do 500 mA.

Za ovaj rad koriste se 4 ovakva modula koji pokreću razne funkcionalnosti na računalu te također pale i gase otporni grijač za šalice. Na slici 4.7 vidi se da moduli dolaze u raznim bojama.



Sl. 4.7. Prikaz kapacitivnih dodirnih modula u uključenom stanju.

4.6. 5050 RGB led traka s Wi-Fi upravljačem

LED trake se u zadnje vrijeme koriste sve više zbog lakoće postavljanja, raznih načina upravljanja te ugone koju donose u prostor zbog ambijentalnog osvjetljenja koje pružaju.

LED trake se danas mogu pronaći u raznim varijacijama, ali osnova je uvijek ista. Prikazana na slici 4.8, LED traka sastoji se od fleksibilne printane ploče na koju se postavljaju RGB (engl. *Red Blue Green*) ili jednobojne LE diode, pripadajući otpornici te posebno označenih mjesta za rezanje trake kako bi se dužina mogla podesiti po želji, dok se na poledini trake nalazi dvostrana ljepljiva traka.

Ovisno o izradi, mogu se odabrati trake s jednobojnim ili RGB LE diodama, trake s različitim gustoćama LE dioda po metru te trake različitih širina i dužina.



Sl. 4.8. Prikaz RGB led trake.

LED trakom se upravlja pomoću kontrolera koji može komunicirati s okolinom preko daljinskog upravljača infracrvenom LE diodom te preko bežične i bluetooth mreže aplikacijom za mobilni uređaj. Kontroler upravlja LE diodama kontrolirajući razinu napona koji se dovodi na LE diode te im time

pojačava odnosno oslabljuje intenzitet svjetla koje emitiraju. Također, kontroler može koristiti unaprijed programirane uzorke signala kako bi učinio da LE diode pulsiraju, polako se prigušuju ili pak mijenjaju boju.

Napajanje same LED trake provodi se preko napajanja koje spušta i pretvara izmjenični napon mreže na 12 do 24 V istosmjerni napon. Kod nabave napajanja za traku mora se obratiti pažnju na snagu odnosno struju koja će traci biti potrebna za rad, a koja se izračunava iz podatka o snazi trake po metru pomnoženo s duljinom trake. [11]

Za ovaj rad korišteno je 3 metra RGB LED trake kontrolirane preko mobilne aplikacije i bežične mreže.

4.7. Qi bežični punjač za mobitele

Bežični punjači su također danas postali vrlo zastupljeni uglavnom zbog svoje jednostavnosti korištenja te sve veće raširenosti mobilnih uređaja koji podržavaju taj način punjenja.

Jedna od tehnologija koja omogućuje bežično punjenje je Qi standard. Qi standard je standard koji opisuje bežično punjenje baterijski napajanih uređaja poput mobitela, kamera i MP3 (engl. *Media Player 3*) uređaja. Uređaji koji rade prema Qi standardu oslanjaju se na elektromagnetsku indukciju preko planarnih zavojnica – „dvodimenzionalne zavojnice“ čiji se radijus zavoja povećava sa svakim zavojem. Qi sustav se sastoji od dva uređaja – bazne stanice odnosno punjača koji predaje električnu energiju preko indukcije te mobilnih uređaja odnosno potrošača. Bazna stanica sadrži zavojnice koje proizvode oscilirajuće magnetsko polje, dok mobilni uređaj sadrži zavojnice koje primaju i pretvaraju energiju oscilirajućeg magnetskog polja u električnu energiju za punjenje uređaja. Kako bi prijenos energije bio što efikasniji zavojnicama se dodaju kondenzatori pomoću kojih bazna stanica i potrošač mijenjaju frekvenciju magnetskog polja dok obje zavojnice ne dosegnu spregu odnosno budu u rezonanciji. [12]

Na slici 4.9 prikazana je bazna stanica odnosno bežični Qi punjač korišten u ovom radu.



Sl. 4.9. Prikaz Qi bežičnog punjača.

Bežično punjenje provodi se u koracima navedenim u nastavku.

1. Postavljanjem uređaja koji se treba puniti na punjač dolazi do promjene napona na zavojnicama punjača.
2. Promjena napona se detektira te počinje komunikacija između uređaja i punjača te se provjerava kompatibilnost uređaja s Qi standardom.
3. Ukoliko je Qi kompatibilnost utvrđena započinje izračun energetske potrebe i rezonantne frekvencije.
4. Nakon izračuna potrebnih parametara započinje proces punjenja.

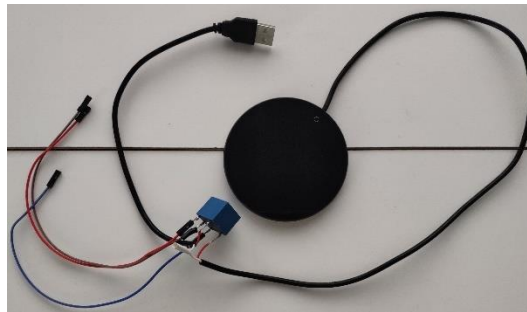
Qi standard je u početku bio zamišljen kao standard za bežično punjenje manjih uređaja snage do 5 W. Današnja verzija Qi standarda podržava bežično punjenje uređaja srednjih snaga, od 30 do 200 W, poput prijenosnih alata, električnih bicikala, usisavača, pa sve do 1 kW za napajanje električnih štednjaka i sličnih uređaja visoke snage. [13]

4.8. USB grijač za šalice

USB grijač za šalice koristi se za održavanje temperature pića koje se nalazi u šalici, dok se za napajanje spaja preko USB konektora. Iako mogu biti vrlo jednostavni, danas postoje rješenja koja pomoću indikatorskog svjetla prikazuju temperaturu šalice, rješenja s induktivnim senzorom koji osjeti kada se na grijač postavi šalica te vremenskim mjeračem koji odbrojava vrijeme koje će grijač biti uključen.

USB grijač korišten u ovom radu radi na principu temperaturnog osjetila odnosno termopara. Uključivanjem u USB ulaz, kroz zavojnicu i termopar unutar grijača počinje teći struja te se ona

zagrijava i grije šalicu. Kada termopar dosegne referentnu temperaturu on prekida strujni krug. Nakon što se termopar dovoljno ohladi, on ponovno uspostavlja strujni krug. Na slici 4.10 dan je primjer USB grijača za šalice korištenog u radu. Zbog potrebe za mogućnošću paljenja i gašenja USB grijača za šalice, na USB kabel koji napaja grijač zalemljen je relej koji je kontroliran od strane Raspberry Pi 4 odnosno kapacitivnog dodirnog modula.



Sl. 4.10. Prikaz USB grijača za šalicu.

4.9. Anker USB zidni punjač sa 6 priključaka

Kao glavno napajanje za sve potrošače u ovome radu odabran je Anker-ov 360 USB punjač sa 6 priključaka. Svaki USB priključak može isporučiti do 2.4 A, dok sam punjač sveukupno može isporučiti 12 A. Maksimalna izlazna snaga je 60 W. Odabrani punjač izabran je zbog potrebe za napajanjem puno uređaja:

- Raspberry Pi 4,
- USB stereo zvučnici,
- bežični Qi punjač,
- USB grijač za kavu,
- kontroler za LCD zaslon.

Zadnji preostali izlaz koristi se kao ulaz za punjenje te je preko muško-ženskog USB kabela izvučen kroz rupu na stolu. Na slici 4.11 dan je prikaz Anker 360 punjača. [14]



Sl. 4.11. Prikaz Anker 360 punjača sa 6 ulaza.

5. PROGRAMSKA PODRŠKA SKLOPOVLJA

U prvotnom rješenju planirano je korištenje Windows 10 operacijskog sustava, koji je prilagođen arhitekturi ARM procesora, zbog njegove prepoznatljivosti te uhodanosti korisnika u njegovo korištenje. Iako je instalacija bila uspješna, vrijeme pokretanja preko SD (engl. *Secure Digital*) memorijske kartice bilo je dugačko te su neke od funkcionalnosti bile limitirane. Zbog tih razloga odabran je Raspberry Pi OS operacijski sustav kao glavni pokretač Raspberry Pi 4 računala.

5.1. Operacijski sustav za Raspberry Pi 4 – Raspberry Pi OS

Raspberry Pi OS, otprije poznat kao Raspbian, je besplatni operacijski sustav temeljen na Debian operacijskom sustavu te optimiziran za rad na Raspberry Pi računalima. Uz osnovni operacijski sustav dolazi preko 35 000 paketa programske podrške za razne potrebe. Razvili su ga Mike Thompson i Peter Green uz podršku šire Raspberry Pi zajednice oko optimiziranja rada i performansi operacijskog sustava. [15]

Instalacija sustava provodi se preko Raspberry Pi Imager-a, programske podrške za olakšanu instalaciju operacijskih sustava na SD memorijske kartice. Raspberry Pi Imager u svojoj biblioteci sadrži mnoštvo gotovih distribucija operacijskih sustava koji se mogu instalirati poput Ubuntu-a, Manjar-a, LibreELEC-a, Retro Pie-a, Kali Linuxa i ostalih.

Raspberry Pi OS sadrži više vrsta odnosno distribucija svog operacijskog sustava poput Lite verzije koja ne sadrži radnu površinu odnosno standardno grafičko sučelje. Nadalje postoje verzije s grafičkim sučeljem te kompatibilnošću s 32 i 64 bitnim procesorima te potpune verzije sustava koje sadrže sve preporučene aplikacije i programsku podršku koja bi bila korisna standardnom korisniku računala. [16]

Za ovaj rad instalirana je potpuna verzija Raspberry Pi OS operacijskog sustava s veličinom od 2.7 GB te su naknadno instalirane društvene igre poput šaha te „Čovječe ne ljuti se“ / Ludo.

5.2. Programski kod za upravljanje kapacitivnim dodirnim modulima

Programski kod za upravljanje kapacitivnim dodirnim modulima izrađen je u programskom jeziku Python. Na slici 5.1 prikazan je kod kojim se prati je li kapacitivni dodirni modul uključen ili isključen te ovisno o tom uvjetu postavlja stanje nožice 21 na logičku '1' te time pali USB grijač za

šalice ili postavlja stanje nožice 21 na logičku '0' te tako gasi USB grijač za šalice. Kod se sastoji od uvoza biblioteke za upravljanje GPIO nožicama, definicija varijabli koje sadrže broj nožica na kojima se nalaze, inicijalizacije nožica na Raspberry Pi 4 te logike koja kontrolira paljenje i gašenje grijača ovisno o stanju kapacitivnog dodirnog modula.

```
1. # uvoz biblioteka
2.
3. import RPi.GPIO as GPIO
4. from time import sleep
5.
6. # postavljanje varijabli koje predstavljaju nožice na koje su
7. # spojeni grijač i prekidač
8.
9. relej = 21
10. prekidač = 20
11. relejStanje = 0
12.
13. # opisivanje svojstava nožica - ulaz/izlaz
14.
15. GPIO.setmode(GPIO.BCM)
16. GPIO.setup(relej, GPIO.OUT)
17. GPIO.setup(prekidač, GPIO.IN, pull_up_down = GPIO.PUD_DOWN)
18. GPIO.output(relej, GPIO.LOW)
19.
20. # logika - kako relej koji prekida grijač u normalnom stanju vodi, na
21. # početku mora mu se dovesti signal logičke '0' kako bi strujni krug bio prekinut,
22. # dok je potrebno dovesti signal logičke '1' kako bi se uspostavio strujni krug
23. # te logičke '0' kako bi ga ponovno prekinuli kada se pritisne kapacitivni prekidač
24.
25. try:
26.     while True:
27.         if GPIO.input(prekidač) == 1 and relejStanje == 0:
28.             GPIO.output(relej, GPIO.HIGH)
29.             relejStanje = 1
30.         elif GPIO.input(prekidač) == 0 and relejStanje == 1:
31.             GPIO.output(relej, GPIO.LOW)
32.             relejStanje = 0
33.             sleep(0.5)
34.
35. finally:
36.     GPIO.cleanup()
```

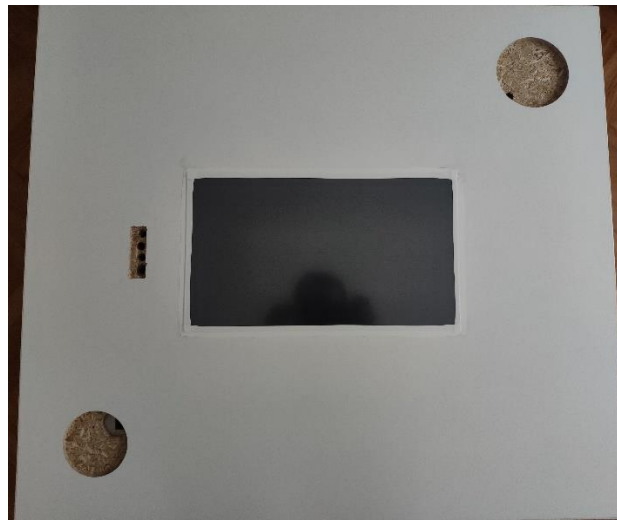
Sl. 5.1. Prikaz Python koda za upravljanje radom USB grijača.

Kako rad sadrži 4 kapacitivna dodirna modula, a jedan upravlja radom grijača, ostali prekidači koriste se za paljenje i gašenje LCD ekrana te paljenje igre šah.

6. INSTALACIJA SKLOPOVLJA I PRIKAZ GOTOVOG RJEŠENJA

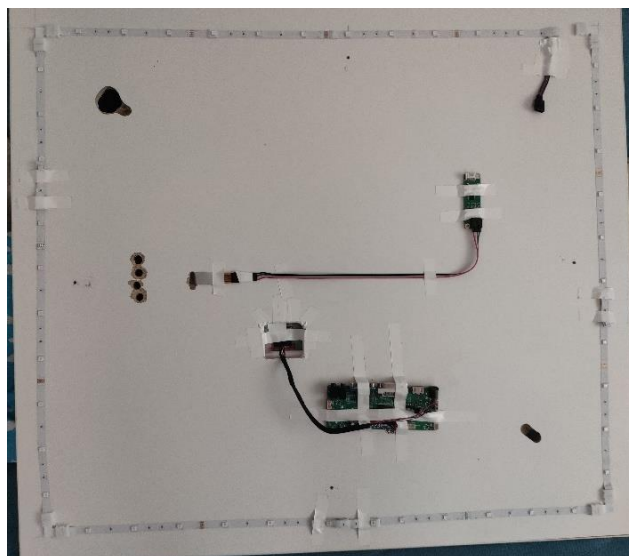
U ovome poglavlju opisan je postupak instalacije i spajanja svih komponenti u konačno rješenje pametnog stola.

Prvi korak instalacije postavljanje je LCD ekrana i zaslona osjetljivog na dodir na gornju stranu gornje plohe. Nakon što su LCD ekran i zaslon osjetljiv na dodir postavljeni u izdubljeno mjesto, rub zaslona osjetljivog na dodir je polijepljen izolacijskom trakom kako bi se spriječilo ispadanje iz položaja. Rezultat je vidljiv na slici 6.1.



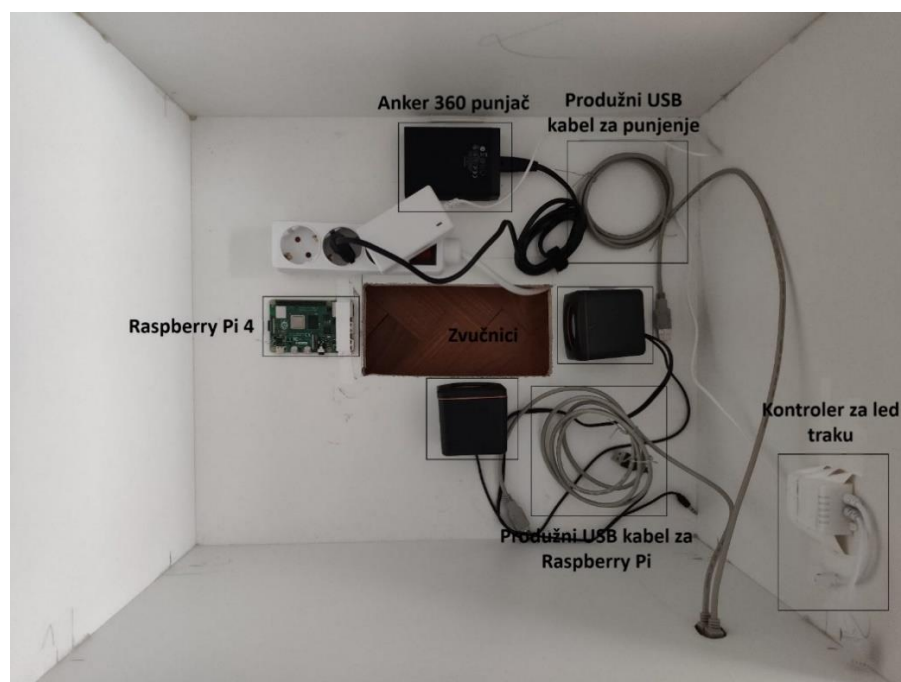
Sl. 6.1. Prikaz gornje strane gornje plohe.

Idući korak je lijepljenje LED trake na donju stranu gornje plohe. Za osiguravanje pravokutnog spoja LED trake korišteni su kutni konektori za LED trake, no kako LED traka ima vrlo rijetko postavljena mjesta za izrezivanje, višak LED trake morao se presaviti u sredini te osigurati izolacijskom trakom. Nakon lijepljenja LED trake, također na donjoj strani gornje plohe, polijepljen je USB kontroler za ekran osjetljiv na dodir te kontroler za LCD ekran pomoću izolacijske trake. Rezultati vidljivi na slici 6.2.



Sl. 6.2. Prikaz donje strane gornje plohe stola.

Kako je potrebno dovesti napajanje preko gradske mreže, iskorišten je produžni kabel od 3 m s tri utičnice te je za njegovo postavljanje unutar stola probušena dodatna rupa na donjoj plohi stola. Nakon bušenja, obostranom trakom za lijepljenje postavljen je i osiguran produžni kabel, USB zvučnici, USB punjač, dok je Raspberry Pi 4 osiguran izolacijskom trakom. Rezultat je vidljiv na slici 6.3. Na slici je u donjem desnom kutu također vidljiv kontroler za LED traku, polijepljen izolacijskom trakom na jednoj stranici stola zbog vrlo kratkog kabla koji napaja LED traku.



Sl. 6.3. Prikaz unutrašnjosti stola.

Nadalje, na slici 6.4, vidljivo na prednjoj strani stola dodan je obrađeni i u bijelu boju obojeni komad drveta kao estetsko rješenje za prezentiranje USB ulaza za Raspberry Pi 4 te punjač.



Sl. 6.4. Prikaz stola sprijeda.

Na kraju je sve unutar stola povezano te su na gornjoj plohi dodani USB grijač, bežični punjač te četiri kapacitivna dodirna modula koji su također spojeni na svoje zadane komponente. Nakon završenog spajanja dobiven je funkcionalan stol kao što je vidljivo na slici 6.5.



Sl. 6.5. Prikaz završenog stola sa svim komponentama.

6.1. Testiranje

Kako bi se potvrdila ispravnost programskog koda kojim se kapacitivnim dodirnim modulima dodaje funkcionalnost, moduli su ispitani ručno tokom normalnog korištenja stola.

Na slici 7.1. vidljiv je rad računala, odnosno radna površina Raspbian operacijskog sustava. Također, u gornjem desnom kutu, može se vidjeti zelena svjetlost oko ruba bežičnog punjača koja označava ispravan rad.



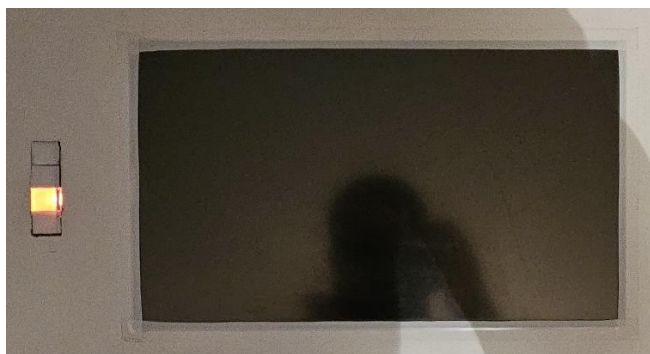
Sl. 7.1. Prikaz normalnog rada računala i bežičnog punjača.

Na slici 7.2. prikazan je rezultat testiranja rada četvrtog po redu kapacitivnog dodirnog modula koji upravlja radom grijača za šalice. Sa slike je vidljiva zelena svjetlost s kapacitivnog dodirnog modula koja označava da je kapacitivni dodirni modul upaljen, dok se u donjem lijevom kutu može vidjeti narančasta svjetlost na grijaču za šalice koja označava rad grijača.



Sl. 7.2. Provjera rada programskog koda za upravljanje grijačem za šalice.

Na slici 7.3. prikazan je rezultat testiranja rada trećeg po redu kapacitivnog dodirnog modula koji upravlja radom zaslona. Sa slike je vidljiva crvena svjetlost s kapacitivnog dodirnog modula koja označava da je kapacitivni dodirni modul upaljen, dok je također vidljivo kako je zaslon ugašen.



Sl. 7.3. Provjera rada programskog koda za upravljanje radom zaslona.

Na slici 7.4. prikazan je rezultat testiranja rada drugog po redu kapacitivnog dodirnog modula koji upravlja paljenjem i gašenjem računalne igre šaha. Sa slike je vidljiva plava svjetlost s kapacitivnog dodirnog modula koja označava da je kapacitivni dodirni modul upaljen, dok je na zaslonu vidljiva upaljena računalna igra šaha.



Sl. 7.4. Provjera rada programskog koda za pokretanje računalne igre šaha.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu izrađen je pametni stol za kavu odnosno dnevnu sobu. Idejno rješenje stola izrađeno je u SketchUp programskom alatu za izradu 3D modela dok je kotirani nacrt izrađen u AutoCad web aplikaciji. Dizajn stola je spoj funkcionalnosti viđenih na već gotovim rješenjima raznih pametnih stolova te je većinom, kao i estetika stola, ograničen budžetom. Prototip stola sastoji se od četvrtaste baze na kotačićima unutar koje se nalaze sve komponente te gornje plohe koja je veća od same baze te se u njoj nalaze glavne interaktivne komponente. Funkcionalnosti korištene u ovom rješenju odabrane su kako bi korisniku u jednom proizvodu objedinile funkcionalnosti računala, glazbene linije, bežičnog punjača za mobitel, USB grijača za kavu i ambijentalnog osvjetljenja u jedan proizvod. Raspberry Pi 4, kao računalo koje upravlja ovim pametnim stolom, predstavlja vrlo jednostavno i jeftino rješenje za ugrađene proizvode.

Budući da je rad temeljen na izradi prototipa uz što manji budžet, dizajn i kvaliteta izrade i komponenti se može povećati većim budžetom. Ovaj projekt prilika je za spajanje raznih disciplina poput dizajniranja, planiranja, obrade drva, programiranja, ožičavanja. Time se proširuje domena posla inženjera računarstva na domene financija te umjetnosti, odnosno dizajna, kako bi se na kraju izradio kvalitetan, a ujedno i što jeftiniji proizvod koji bi bio što primamljiviji potencijalnim kupcima. U isto vrijeme, ovaj projekt dovodi do saznanja kako je za dobar dizajn i kvalitetu potrebno prvotno prikupiti znanja, a onda uložiti vrijeme, trud i novac.

Kroz ovaj rad mogu se uvidjeti izazovi izrade hardverskih rješenja odnosno gotovih proizvoda. Za ublažavanje tih izazova i daljnje usavršavanje ovog rada bilo bi potrebno više znanja iz drugih disciplina te veći budžet kako bi se osim u kvaliteti dizajna poboljšao i u vidu izrade, materijala i komponenti.

LITERATURA

- [1] Interactive Restaurant Table: Dotyk Quatros 5, Itrestaurant
Dostupno na: <https://itrestaurant.net/Table> [6.9.2022.]
- [2] Webetop Smart Nightstand, Amazon
Dostupno na: https://www.amazon.com/Nightstand-Webetop-Bedside-Wireless-Charging/dp/B09BVCF9JQ/ref=sr_1_5?keywords=smart+table&qid=1663098157&sr=8-5
[6.9.2022.]
- [3] Smart Coffee Table, Sobro
Dostupno na: <https://sobrodesign.com/products/sobro-coffee-table> [6.9.2022.]
- [4] Raspberry Pi, Wikipedia
Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi [7.9.2022.]
- [5] Raspberry Pi Documentation: Processors, Raspberry Pi
Dostupno na: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/processors.html>
[7.9.2022.]
- [6] Resistive Touch Panel Construction, Riverdi
Dostupno na: <https://riverdi.com/blog/resistive-touch-panel-construction-and-working-principles/> [9.9.2022.]
- [7] Liquid-crystal display, Wikipedia
Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal_display [9.9.2022.]
- [8] L, Pace, Liquid Crystal Display Explained: Everything You Need To Know, History Computer, 2022.
Dostupno na: <https://history-computer.com/liquid-crystal-display/> [9.9.2022.]
- [9] What is and LCD Controller board, Digital View
Dostupno na: <https://www.digitalview.com/blog/what-is-an-lcd-controller/> [9.9.2022.]
- [10] HTTM Capacitive Touch Module Datasheet, Electropeak
Dostupno na: <https://electropeak.com/learn/download/htm-capacitive-touch-module-datasheet/> [11.9.2022.]

- [11] Everything You Need to Know About LED Strip Lights, Waveform Lighting
Dostupno na: <https://www.waveformlighting.com/led-strip-lights> [11.9.2022.]
- [12] Qi (standard), Wikipedia
Dostupno na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Qi_\(standard\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Qi_(standard)) [11.9.2022.]
- [13] Medium power wireless charging: Emerging applications, considerations and opportunities,
Wireless Power Consortium
Dostupno na:
https://www.wirelesspowerconsortium.com/data/downloadables/2/1/5/5/wpc_medium-power_whitepaper_final.pdf [11.9.2022.]
- [14] Anker 360 Charger, Anker US
Dostupno na: <https://www.anker.com/products/a2123?variant=37436925477014> [13.9.2022.]
- [15] About Raspbian, Raspbian
Dostupno na: <https://www.raspbian.org/RaspbianAbout> [13.9.2022.]
- [16] Raspberry Pi Documentation: Raspberry Pi OS, Raspberry Pi
Dostupno na: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html> [13.9.2022.]

SAŽETAK

U ovom radu opisan je postupak dizajna i izrade pametnog stola kojem je glavna svrha dodavanje funkcionalnosti na stol za kavu u dnevnoj sobi. Dizajn je izveden iz više gotovih rješenja te je prvotni model izrađen u SketchUp programskom alatu, dok je nacrt za izradu, uz dimenzije, izrađen u AutoCad web aplikaciji. Ploče stola su kupljene i izrezane po mjeri u stolarijskom obrtu te samostalno spojene uz razne drvodjelne alate. Na Raspberry Pi 4 računalo postavljeno u ovom pametnom stolu instaliran je Raspberry Pi OS operacijski sustav te su svi programi koji upravljaju funkcionalnošću stola pisani u Python programskom jeziku. Uz to što kao glavnu funkcionalnost nudi iskustvo računala u stolu, pametni stol upotpunjava i funkcijske aspekte punjača za mobitel, grijača za kavu te ambijentalnog svjetla uz glazbu. Svim tim dodatnim funkcionalnostima podiže se korisnost u odnosu na stol za kavu.

Ključne riječi: pametni stol, pametni dom, Raspberry Pi, Python.

ABSTRACT

Title: Smart table

In this thesis the design and production process of a smart table, whose main purpose is enhancing functionality of a coffee table, is given. Design was derived from multiple ready-made solutions and the appearance model was made using SketchUp software, while the design plan was made by hand. Wooden boards were bought and cut to dimensions by a carpentry trade while the assembly was done independently using woodworking tools. The computer used for this smart table is Raspberry Pi 4 which runs on Raspberry Pi OS operating system and all the programs that control the functionality of the table are programmed in Python programming language. In addition to offering the computer experience in a table, the smart table fulfills the functional aspects of a mobile phone charger, coffee heater and an ambient light accompanied by music. All these additional functionalities increase the usefulness compared to a coffee table.

Keywords: smart table, smart home, Raspberry Pi, Python.

ŽIVOTOPIS

Domagoj Vinogradac rođen je 2. svibnja 1997. godine u Osijeku. Školovanje započinje u osnovnoj školi Matije Petra Katančića u Valpovu. Nakon osnovne škole upisuje Srednju Školu u Valpovu, smjer Elektrotehničar, koju završava u školskoj godini 2015./2016. Odmah nakon završetka srednje škole, 2016. godine upisuje se na Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, na preddiplomski studij računarstva. Nakon završetka preddiplomskog studija računarstva u rujnu 2019. godine upisuje diplomski studij automobilske računarstva i komunikacija na istom fakultetu. Trenutno je apsolvant te radi u tvrtki Atos Convergence Creators d.o.o.

Potpis autora

PRILOZI

Prilog 1: Diplomski rad u formatu .docx

Prilog 2: Diplomski rad u formatu .pdf

Prilog 3: Python skripte za upravljanje stolom