

SISTEM ZA HITRO POLNJENJE ELEKTRIČNIH AVTOBUSOV NA POSTAJALIŠČIH



ZAKLJUČNO POROČILO

Primož Padar in Jure Vrtačnik

Ljubljana, april 2021

RAZVOJNO POROČILO

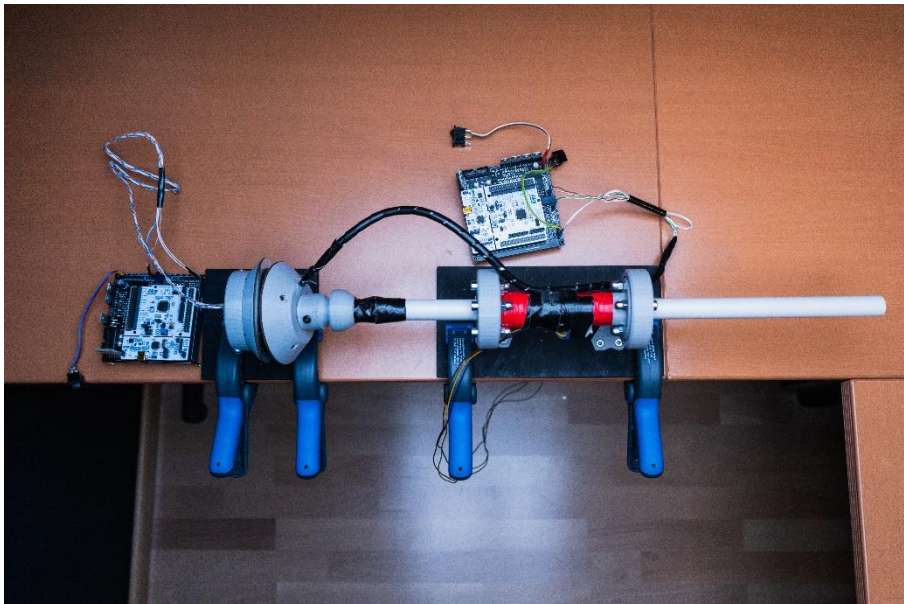
OPIS PROBLEMA

Pri prehodu od vozil na fosilna goriva k vozilom na električno energijo se srečujemo z problematiko kratkih razdalj vožnje z enim polnjenjem baterij. Dokler vozila uporabljamo za krajše razdalje problem še ne postane tako očiten, kot v primeru vozil, ki dnevno naredijo več sto kilometrov. Tak primer so tudi avtobusi, kar pomeni, da je pred morebitno množično uvedbo električnih avtobusov treba pomisliti tudi na rešitev polnjenja.

OPIS REŠITVE

Problem bi se lahko rešilo z uvedbo hitrih polnilnic na mestih, kjer potniki izstopajo in vstopajo na avtobus, saj tam avtobus miruje. Sistem avtobus avtonomno fizično poveže z avtobusom, ko ta ustavi na avtobusnem postajališču. Prednost fizične povezave in pred brezžičnim polnjenjem je možnost večjih polnilnih tokov, kar pomeni več energije, ki jo dovedemo baterijam v avtobusu v času polnjenja.

Sistem vključuje tudi sistem merjenja energije (na primer zaračunavanje polnjenja različnim avtobusnim prevoznikom), zavarovano povezavo med polnilnico in avtobusom (za primer zlorab polnjenja) in meritve napetosti baterije, ki bi voznika opomnile na količino preostale energije v bateriji, pretvorjeno v domet vozila v kilometrih. Seveda tako polnilnica kot sistem na avtobusu vključujeta varnostne elemente. Elemente znotraj posameznih sistemov združuje krmilnik.

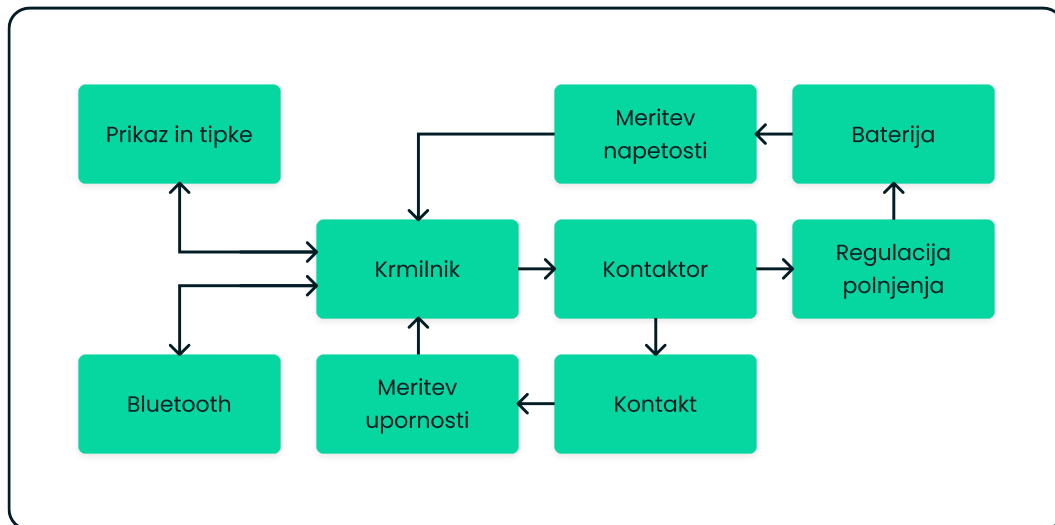


Več slik izdelka je objavljenih na <https://github.com/jurevrtacnik/buswire>.

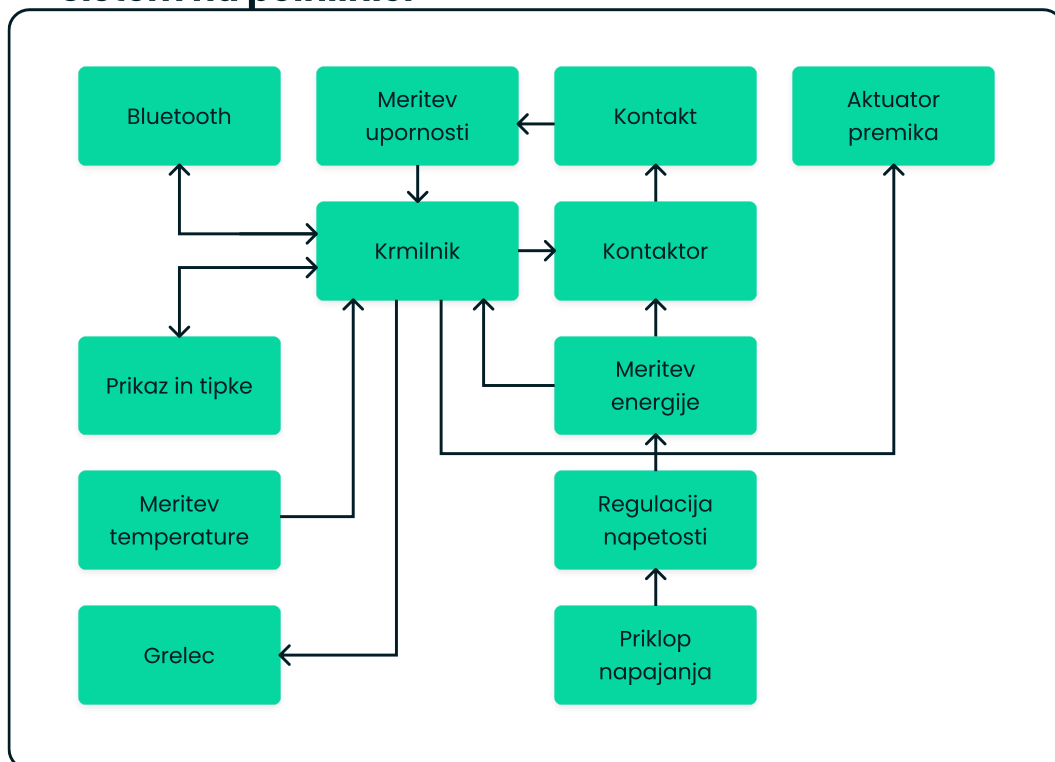
BLOKOVNI DIAGRAMI

STROJNA OPREMA

Sistem na avtobusu



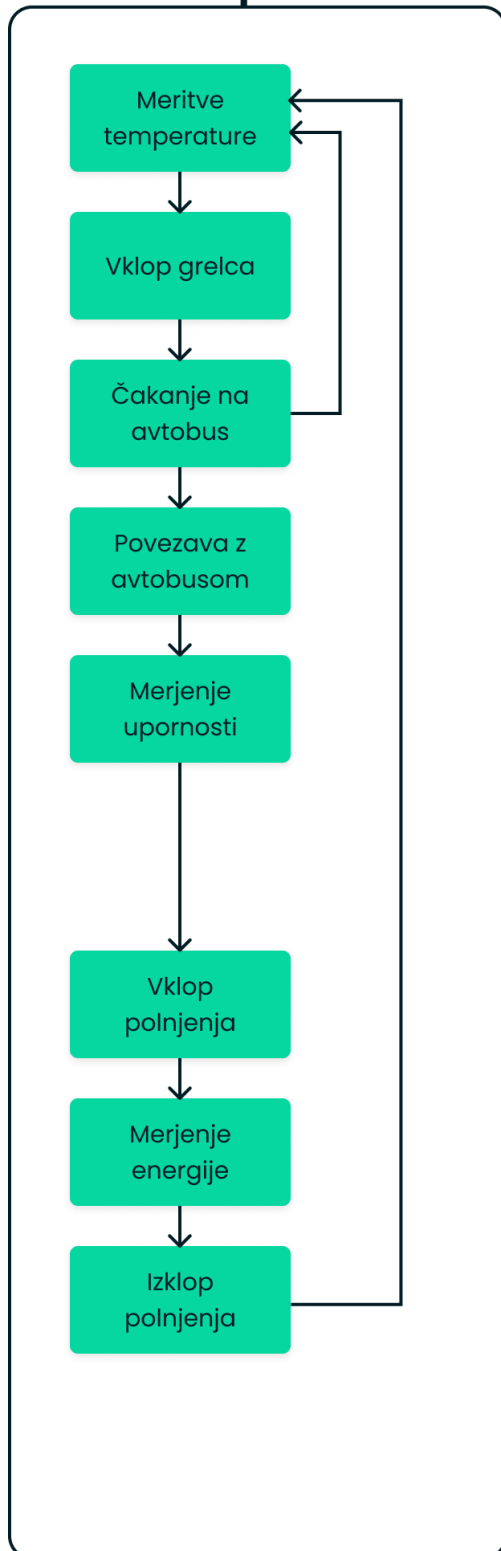
Sistem na polnilnici



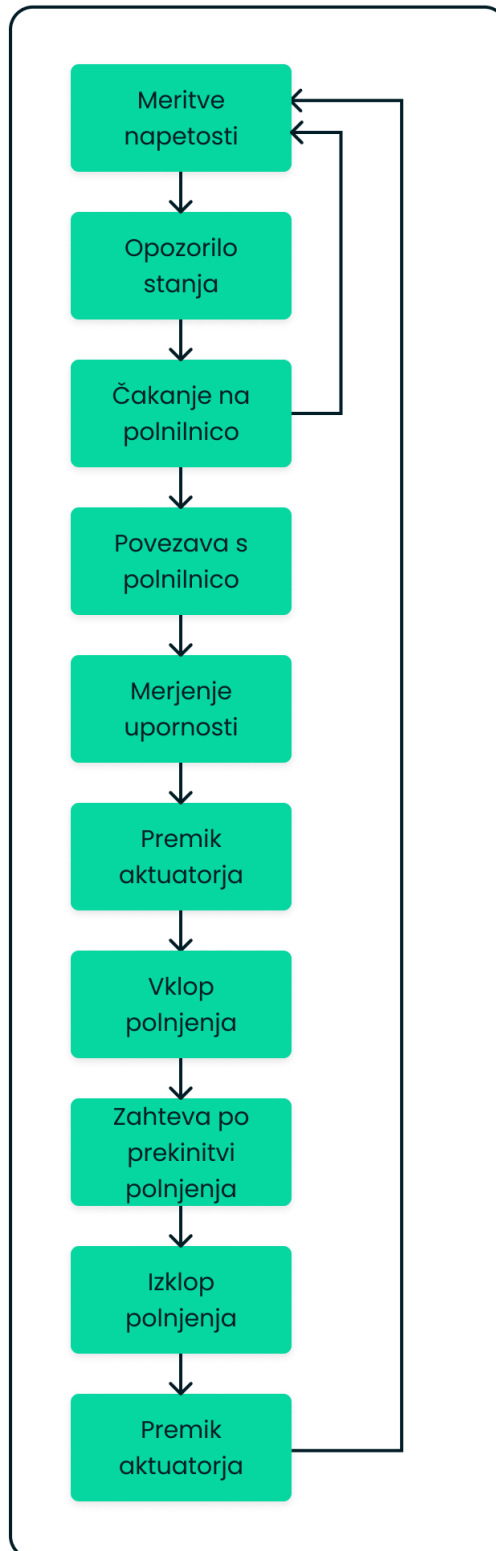
Električna shema in načrt tiskanega vezja sta objavljena na <https://github.com/jurevrtacnik/buswire>.

PROGRAMSKA OPREMA

Sistem na polnilnici

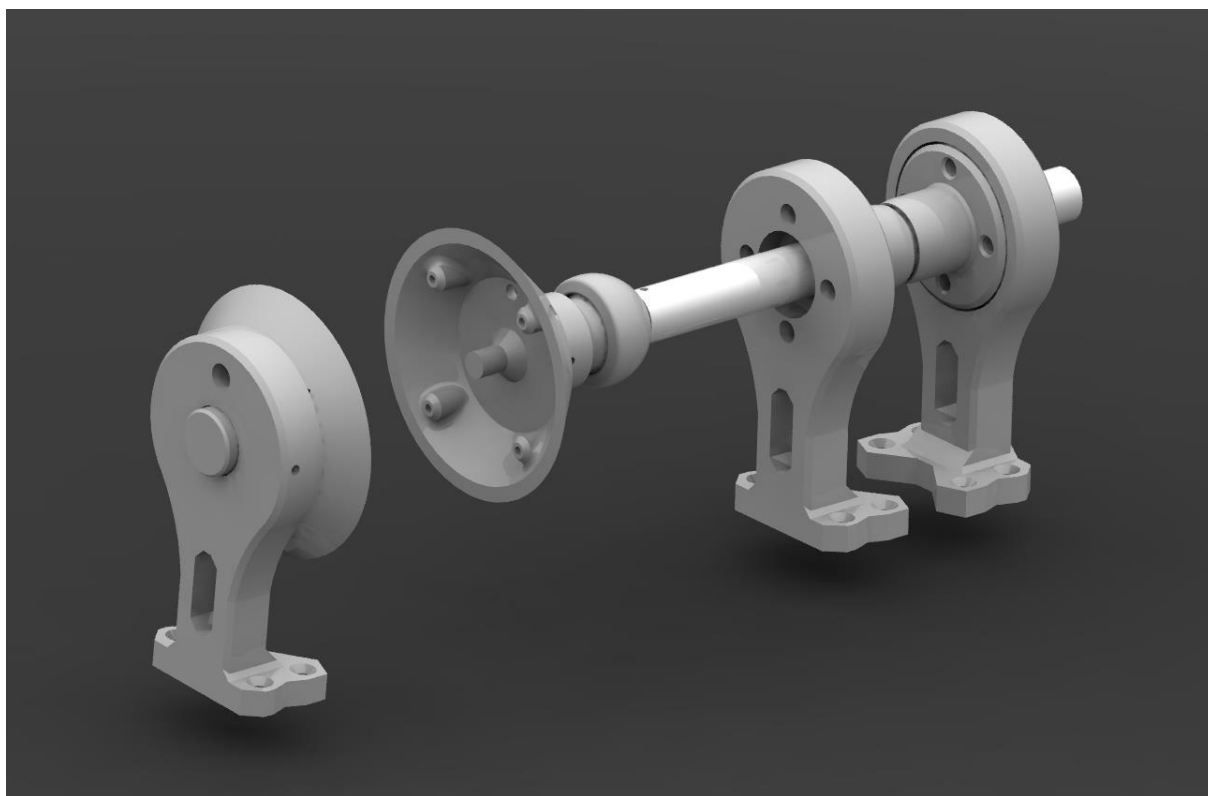


Sistem na avtobusu



Program je dostopen na <https://github.com/jurevrtacnik/buswire>.

MEHANIKA



OPIS IMPLEMENTACIJE REŠITVE

Sistem je sestavljen iz krmilnega vezja in kontaktne sistema.

ELEKTRONIKA

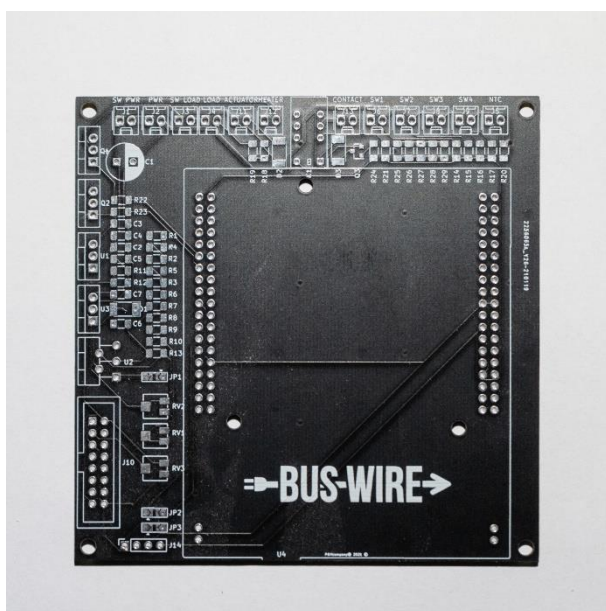
Elektronika predstavlja del krmilnega vezja. Na njej je razvojna plošča s krmilnikom in dodatna strojna oprema, ki omogoča:

- Regulacijo napetosti
- Regulacijo polnjenja
- Priklop in krmiljenje aktuatorja
- Priklop in krmiljenje grelca
- Priklop kontaktnih sponk za polnjenje
- Priklop stikal
- Priklop LCD zaslona
- Povezavo med razvojno ploščo in komunikacijskim modulom
- Merjenje napetosti
- Merjenje temperature
- Merjenje toka
- Merjenje kontaktne upornosti

Vezje je načrtovano tako, da je lahko uporabljeno tako za sistem na avtobusu, kot za sistem na polnilnici z priklopom različnih elementov in prevezavo določenih kontaktov. Okvirna struktura elektronike – strojnega dela je predstavljena v blokovni shemi.

Vezje vključuje tudi luknje za montažo.

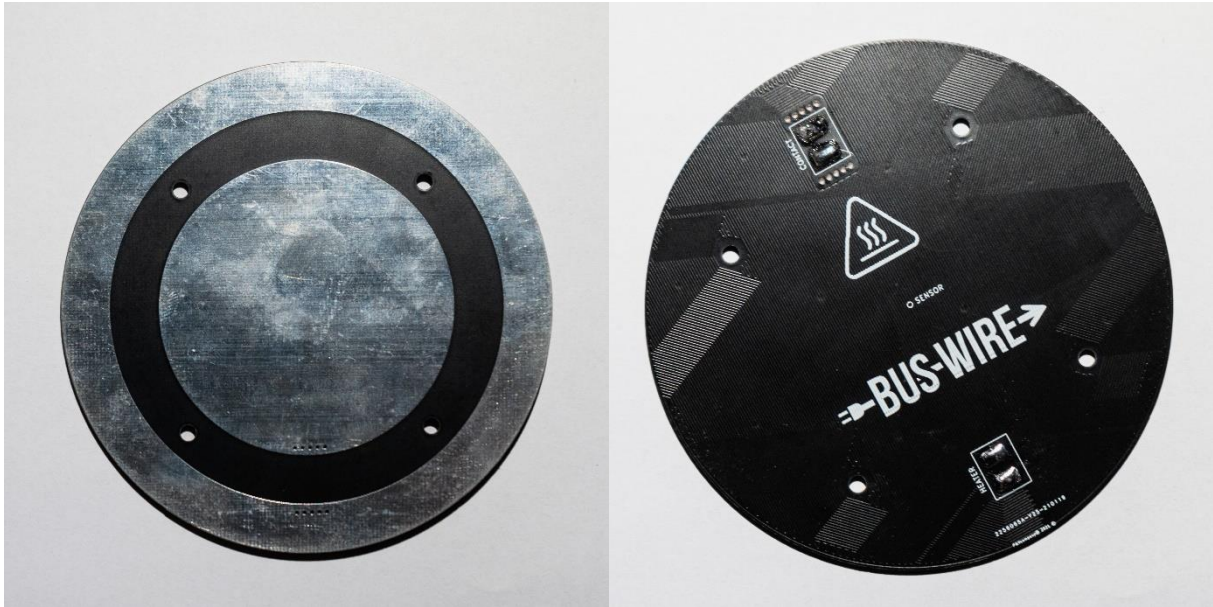
Vezje je dimenzionirano za tokove, s katerim se polni akumulator, vezje v realnem sistemu pa bi predelali za prenos večjih tokov in napetosti.



KONTAKT

Kontakt predstavlja del kontaktnega sistema. Sestavljen je iz ploščice tiskanega vezja, katera ima na eni strani kontakte za priklop in grelec, na drugi strani pa ima kontaktni površini.

Za realen sistem bi kontakt izvedla v drugačni obliki ter večji kontaktni površini.



AKTUATOR

Aktuator predstavlja del kontaktnega sistema. Sestavljen je iz mehanskih delov in tuljave.

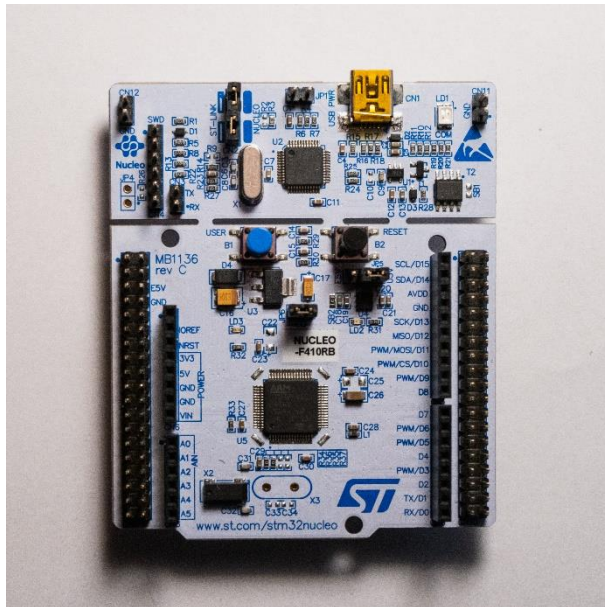
Izbrana rešitev omogoča premike s pomočjo magnetnih sil, ki pa bi bile za realen primer sistema premajhne, zato bi za realen sistem za aktuator uporabila pnevmatski sistem, pri čemer bi s krmilnikom upravljala le zapiranje in odpiranje pnevmatskih ventilov.



PROGRAM

Program predstavlja del krmilnega sistema. Napisan je v Mbed OS (C++). Okvirna struktura programa je predstavljena v blokovni shemi.

Enak program je lahko uporaben tudi na realnem sistemu.



OPIS TEŽAV IN REŠITEV OB IZDELAVI PROJEKTA

KONTAKT

Prvi problem, ki sva ga reševala je bil problem sklenitve kontakta, ki je bil razdeljen na dva dela; točnost poravnave in zagotavljanje dobre kontaktne površine.

Glede točnosti poravnave sva ugotovila, da bodo v prihodnosti taka vozila morala biti delno avtonomna (npr. zaznavanje točke na tleh, ki pomeni pravo pozicijo avtobusa). Vseeno pa sva dodala varnostne elemente, s katerimi preveriva zanesljivost povezave. Pred sklenitvijo kontaktov se meri upornost kontaktne površine, ki sporoča ali je na kontaktih umazanija. Po sklenitvi kontaktov se ponovno meri kontaktna upornost, ki sporoča, ali je sklenjen kontakt v dovoljenih mejah tolerance kontakta.

Glede zagotavljanja dobre kontaktne površine sva narisala ohišje, ki ima dodaten kos, ki iz notranje strani pritiska na sredino ploščice, vijaki ob robu pa ploščico vlečejo nazaj. Na takšen način sva ploščico zravnila do takšne mere, da je kontaktna površina zagotovljena.

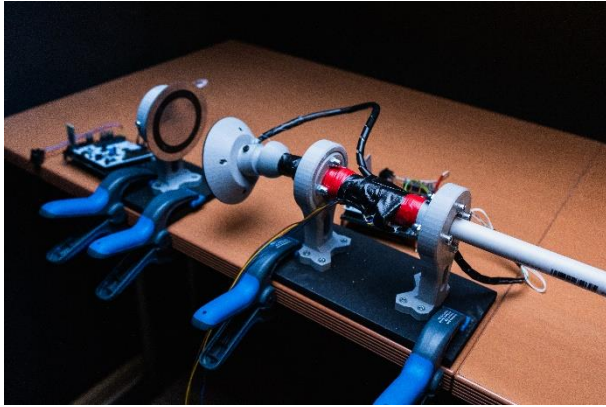


AKTUATOR

Naslednji problem nama je predstavljal aktuaktor premika oz. združitve kontaktov. V prvotnem načrtu je bil predstavljen kontaktni sistem, ki deluje na principu magnetne sile. Tak sistem bi modelno sicer deloval, vendar bi za večje dimenzije realnega izdelka bil bolj primeren aktuator, ki ga premikajo pnevmatske sile. Običajno imajo avtobusi zalogo zraka pod pritiskom, ki bi omogočal vgradnjo takšnega sistema. Prednost sistema je tudi manjša poraba energije.

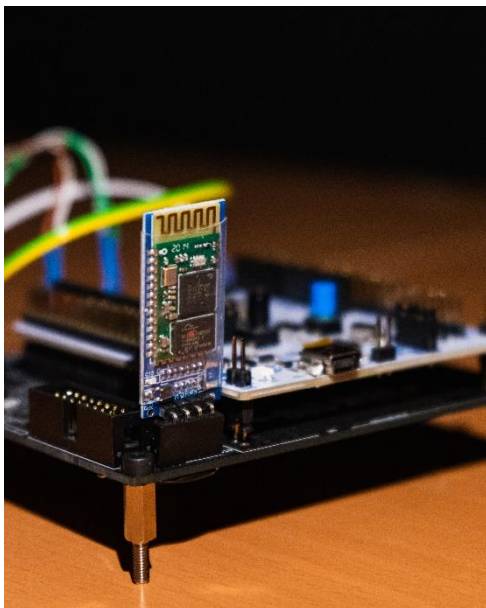
Silo za premik sva delno zmanjšala tudi z postavitvijo aktuatorja v vodoravni položaj. Ta sprememba rešuje tudi problem umazanije, ki bi se sicer nabirala na tleh.

V najinem modelu pnevmatskega sistema nisva uspela uporabiti, zaradi omejenih finančnih sredstev.



KOMUNIKACIJA

Zadnji problem nama je predstavljala komunikacija med sistemoma. Prvotni načrt uporabe NFC komunikacije sva zamenjala z Bluetoothom, ki omogoča tudi povezovanje na daljših razdaljah (tudi do nekaj metrov). Poglavitna prednost je tudi možnost vzpostavljanja povezave tudi preden avtobus ustavi na postaji, kar omogoča daljši čas polnjenja.



TESTNO POROČILO

OPIS IZVEDENIH UNIT TESTOV IN NAPAKE ODKRITE S TESTIRANJEM

BLUETOOTH KOMUNIKACIJA

Test se je izvedel s pošiljanjem ene enote ter izpisovanjem sporočila na drugi enoti in obratno. Test je bil izveden uspešno.

GRELEC

Glede na to, da sva grelec dimenzionirala sama, sva ob dobavi vezij najprej preverila upornost, povezav, ki jih sestavlja grelec in jih primerjala z izračunanimi. Izmerila sva, da je prišlo do odstopanj upornosti med 5 in 10 odstotkov, za kar meniva, da je razlog v izdelavi tiskanega vezja. Kljub odstopanju so vrednosti še vedno ustrezale predvidenim močem na grelcu.

Test se je izvedel s priklopom predvidene napajalne napetosti (24V) na grelec in merjenjem temperature. Temperatura ni presegla vrednosti, ki bi bile nevarne v smislu možnosti opeklin ob dotiku. Izmerila sva tudi moč, ki se troši na vezju in ugotovila, da ustreza pričakovanim vrednostim.

KONTAKTI

Test se je izvedel s sklenitvijo dveh kontaktov in merjenjem kontaktnih upornosti. Sprva test ni bil uspešen, ker sva opazila, da vezja niso popolnoma ravna. Problem sva rešila s konstrukcijo ohišja, ki je vezje poravnala. Končni test je bil izveden uspešno.

AKTUATOR

Test je bil izveden z priklopom aktuatorja na predvideno napajalno napetost (24V). Ob testiranju sva ugotovila, da so magnetne sile pri omenjenjeni napetosti (in toku) manjše, kot sva izračunala, zato sva za realno verzijo predlagala rešitev omenjeno v enem izmed prejšnjih poglavij.

TIPKE

Test se je izvedel z zapisom logičnega nivoja na izhodu tipk na serijskem monitorju. S testom sva ugotovila, da tri tipke ne delujejo. V začetni verziji sheme sva dodala več tipk, ker sva predvidevala, da bo do napak prišlo. Končni test je bil uspešen za eno tipko na vsakem vezju, ki sva jo kasneje uporabila pri ostalih unit testih.

REGULACIJA POLNJENJA

Test se je izvedel z meritvijo polnilnega toka baterije. Najvišjo napetost se da nastaviti z potencometrom, tok pa je omejen s fiksnimi upori, ki so bili izračunani glede na podatke integriranega vezja. Končni test je bil uspešen.

MERITVE SENZORJEV

Test je bil izveden z izpisom vrednosti senzorja na serijski monitor. Vsi testi so bili opravljeni uspešno.

OPIS IZVEDENIH INTEGRACIJSKIH TESTOV IN NAPAKE ODKRITE S TESTIRANJEM

POLNJENJE OB PREVELIKI KONTAKTNI UPORNOSTI

Test je bil izveden z namerno povzročeno napako ob polnjenju, da sva preverila, ali sistem zazna, če med kontaktoma pred polnjenjem ni dobrega stika (umazanija, zvita kontaktna plošča, razmak ipd.).

PORAVNAVA KONTAKTOV

Test je bil izveden z namerno povzročeno napako ob postavitvi kontaktov, ki sta bila zamaknjena za takšno razdaljo, ki ne ustreza predpisani toleranci v programu, ker je na ta način kontakt v kratkem stiku.