



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

AUTOMATIKOS KATEDRA

Paulius Baurėnas

ŠVIESLENTĖS VALDIKLIO TYRIMAS
RESEARCH OF THE SCOREBOARD CONTROLLER

Baigiamasis magistro darbas

Automatikos ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621H62001

Mechatroninių sistemų automatikos specializacija

Elektros ir elektronikos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas


(parašas)

Zita Savickienė

2012 m. 06 mėn. 08 d.

Paulius Baurėnas

ŠVIESLENTĖS VALDIKLIO TYRIMAS
RESEARCH OF THE SCOREBOARD CONTROLLER

Baigiamasis magistro darbas

Automatikos studijų programa, valstybinis kodas 621H62001

Mechatroninių sistemų automatikos specializacija

Elektronikos ir elektros inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Dainius Udris

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)



(Parašas)

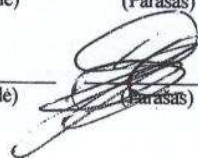
2012-05-31

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantė

Daiva Macko

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)



(Parašas)

2012-05-31

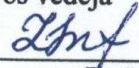
(Data)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

Elektronikos ir elektros inžinerijos studijų kryptis
Automatikos studijų programa, valstybinis kodas 621H62001
Mechatroninių sistemų automatikos specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėja



(Parašas)

Zita Savickienė
(Vardas, pavardė)

2012-02-15

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS

2012-02-15 Nr. 12

Vilnius

Studentui Pauliui Bautrėnui
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Švieslentės valdiklio tyrimas
Research of the Scoreboard Controller

patvirtinta 2010 m. lapkričio 2 d. dekanų potvarkiu Nr. 195el.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2012 m. birželio 01 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

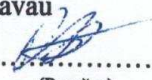
1. ĮVADAS.
2. LITERATŪROS APIE ŠVIESLENČIŲ DUOMENŲ MAINUS IR JŲ PROTOKOLUS ANALIZĖ.
3. TYRIMO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI.
4. TEORINĖ DALIS.
 - 4.1. Standartiniai skaitmeniniai nuoseklieji ir lygiagretieji duomenų perdavimo protokolai.
 - 4.2. Nežinomų protokolų tyrimo būdai ir priemonės.
5. TIRIAMOJI DALIS.
 - 5.1. Švieslentės duomenų mainų protokolo tyrimas.
 - 5.2. Valdiklio principinės elektrinės schemos sudarymas.
 - 5.3. Valdiklio algoritmų ir programų sudarymas.
6. TYRIMO REZULTATŲ APIBENDRINIMAS.
 - 6.1. Išvados.
 - 6.2. Rekomendacijos ir pasiūlymai.
7. LITERATŪRA IR KITI ŠALTINIAI.

Vadovas


.....
(Parašas)

dr. doc. Dainius. Udris
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau


.....
(Parašas)

Paulius Bautrenas
(Vardas, pavardė)

2012-02-08

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Elektronikos fakultetas
Automatikos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Automatikos** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Švieslentės valdiklio tyrimas**

Autorius **Paulius Bautrėnas**

Vadovas **doc. dr. Dainius Udris**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamojo magistro darbo tiriamasis objektas viešojo transporto informacinė sistema, naudojama Vilniaus miesto autobusuose. Tyrimo tikslas – išanalizuoti tris dažniausiai naudojamas informacines sistemas bei ištirti jose naudojamus duomenų perdavimo protokolus. Uždaviniai – išsiaiškinti duomenų perdavimo protokolų struktūrą ir sukurti valdiklį, gebantį valdyti švieslentes, naudojamas visose trijose informacinėse sistemose.

Literatūros analizės dalyje išnagrinėtos skirtingos informacinės sistemos, pateikiami literatūros šaltiniai, kuriuose yra aprašomos informacinės sistemos bei jų komponentai.

Teorinėje dalyje apžvelgti dažniausiai naudojami skaitmeniniai duomenų perdavimo protokolai bei sąajos. Pateiktas nežinomų duomenų perdavimo protokolų tyrimui taikytinų techninių ir programinių priemonių aprašas.

Tiriamojame dalyje ištirti ir išskoduoti informacinėse sistemose naudojami duomenų perdavimo protokolai, atliktas protokolų struktūros paaiškinimas ir palyginimas. Pagal darbo uždavinius ir tyrimo rezultatus suprojektuotas unikalus valdiklis, gebantis valdyti visų trijų darbe nagrinėtų informacinių sistemų švieslentes. Taip pat ištirta elektromechaninės švieslentės veikseną ir galimi valdymo būdai. Naudojant sukurtą unikalią švieslentės segmentų valdiklį, buvo gautos dinaminės srovės charakteristikos. Nustatyta „vangių“ ir sugadintų skydelių įtaka per elektromagnetą ritę tekančios srovės amplitudei.

Darbą sudaro 7-ios dalys: įvadas, literatūros analizė, teorinė dalis, tyrimo tikslas ir uždaviniai, tiriamoji dalis, apibendrinančioji dalis, naudotos literatūros sąrašas ir priedai.

Darbo apimtis – 93 psl. teksto be priedų, 95 iliustr., 12 lent., 48 bibliografiniai šaltiniai, iš jų 41 internetinės nuorodos.

Prasminiai žodžiai

elektromechaninė švieslentė, IBIS, informacinė sistema, valdiklis, švieslentė

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Electronics
Department of Automation

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Automation** study programme Master's Thesis

Title **Research of the Scoreboard Controller**

Author **Paulius Bautrėnas**

Academic supervisor **Assoc Prof Dr Dainius Udris**

Thesis language:
Lithuanian

Annotation

Research subject of the master thesis is scoreboard controller. Objective of the study - investigate different electromechanical flip-dot information display systems used in Vilnius public buses. Tasks - analyze and fully decode data protocols used by different vendors to control flip-dot displays and develop universal controller capable of controlling all of different kinds of flip-dot information signs.

In the literary analysis part three main flip-dot information display systems used in Vilnius public buses are described. Articles with descriptions of different electromechanical display systems components have been given.

In theoretical part widely used parallel and serial data transmission buses are described. A detailed list of hardware and software tools, which could be used for analysis of unknown data transmission protocols, is provided.

In research part data protocols used by three different vendors to control flip-dot displays was fully decoded. A comparison of different data transfer protocol structures was provided. A unique controller capable of controlling all of different kinds of flip-dot displays was designed: functional and principle electrical diagrams of the controller, algorithm and microcontroller control program were engineered. Principle of operation of the electromechanical flip-dot display was investigated. Various electric current oscillograms were obtained and explained. The influence to amplitude of electromagnetic coil current made by "sluggish" or damaged flip-dot segments was determinate.

In the generalization part conclusions and recommendations are given.

The work consists of 7 parts: introduction, literature review, the study aims and objectives, the theoretical part, research, generalization and used references.

Thesis volume – 93 text pages without appendixes, 95 pictures, 12 tables, 47 bibliographical sources, including 41 internet links. Appendixes are included.

Keywords

electromechanical display, flip-dot, flip-disk, IBIS

Vilniaus Gedimino technikos universiteto
egzaminų, sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo
bei gynimo organizavimo tvarkos aprašo
2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Paulius Bautrėnas, 20063544

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Automatika, MSAfm-10

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2012 m. gegužės 29 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Švieslentės valdiklio tyrimas“ patvirtintas 2010 m. lapkričio 2 d. dekanų potvarkiu Nr. 195el, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: , Daiva Macko. Mano darbo vadovas doc. dr. Dainius Udris.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parašas)

Paulius Bautrėnas

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

1. ĮVADAS	8
2. LITERATŪROS APIE ŠVIESLENČIŲ DUOMENŲ MAINUS IR JŲ PROTOKOLUS ANALIZĖ	9
2.1. „LAWO“ informacinė sistema	9
2.2. „Brose“ informacinė sistema	16
2.3. „Krueger“ informacinė sistema	18
3. TYRIMO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI	20
4. TEORINĖ DALIS	21
4.1. Standartiniai skaitmeniniai nuoseklieji ir lygiagretieji duomenų perdavimo protokolai. ..	21
4.1.1 Lygiagretieji duomenų perdavimo protokolai	21
4.1.2. Nuoseklieji duomenų perdavimo protokolai	23
4.2. Nežinomų protokolų tyrimo būdai ir priemonės	29
4.2.1. Techninė įranga	29
4.2.2. Programinė įranga	32
5. TIRIAMOJI DALIS	35
5.1. Švieslentės duomenų mainų protokolo tyrimas.....	35
5.1.1. „LAWO“ švieslentės duomenų mainų tyrimas	35
5.1.2. „Brose“ švieslenčių duomenų mainų tyrimas.....	47
5.1.3. „Krueger“ švieslenčių duomenų mainų tyrimas.....	50
5.2. Valdiklio elektrinės principinės schemos sudarymas	57
5.2.1. Projektinių sprendimų priėmimas.....	57
5.2.2. Valdiklio funkcinės schemos sudarymas.....	58
5.2.3. Principinės elektrinės schemos sudarymas ir elementų parinkimas.....	59
5.2.4. Elektrinės principinės schemos elementų skaičiavimas ir parinkimas.....	63
5.3. Maketo gamyba	68
5.4. Valdiklio valdymo algoritmo ir programos sudarymas.....	74
5.4.1 Valdymo algoritmo sudarymas.....	74
5.4.2. Valdymo programos sudarymas	76
5.5. „LAWO“ elektromechaninės švieslentės valdiklio tyrimas	79
6. TYRIMO REZULTATŲ APIBENDRINIMAS.....	87
6.1. Išvados ir rezultatai.....	87
6.2. Rekomendacijos ir pasiūlymai	89
7. LITERATŪRA IR KITI ŠALTINIAI	90
8. PRIEDAI	94

1. ĮVADAS

Viešasis transportas yra modernus asmenų pervežimo būdas, nes naudojamos transporto priemonės, galinčios pervežti didelį kiekį žmonių per trumpą laiką. Už viešojo transporto paslaugas paprastai mokama perkant atitinkamą vienkartinį ar daugkartinį (savaitei, mėnesiui, metams) bilietą [1]. Vilniuje veikia dvi miesto viešojo transporto rūšys, kurias aptarnauja savivaldybės įmonė „Susisiekimo paslaugos“, troleibusai bei autobusai. Be jų, dar veikia privačių vežėjų aptarnaujami maršrutinių taksi maršrutai [2].

Vilniuje veikia 75 autobusų maršrutai, kurių bendras ilgis virš 1600 km. Darbo dienomis maršrutais važiuoja 295 autobusai, šeštadieniais – 143, o sekmadieniais ir švenčių dienomis – 140 autobusų. Jais kasdien pervežama apie 298 tūkstančiai keleivių. Autobusus administruoja įmonė "Vilniaus autobusai". Taip pat yra ir privačių, nuo Vilniaus savivaldybės nepriklausančių įmonių, kurios užsiima keleivių pervežimu autobusais mieste. Vilniaus autobusų parko daugumą sudaro jau panaudoti (angl. second-hand) autobusai – tai Mercedes-Benz O405 serijos markės autobusai, Heuliez, Van Hool, Neoplan, Säfle bei Carrus autobusai, tačiau žemagrindžiai Volvo 7700, Mercedes-Benz O530 Citaro bei dauguma Karosa autobusų yra pirkti tiesiai iš gamintojo [2].

Darbo tiriamasis objektas yra viešojo transporto informacinė sistema, naudojama Vilniaus miesto autobusuose (2.1 pav.). Autobusuose yra naudojamos gana senos skirtingų gamintojų sukurtos informacinės sistemos, kurios nėra suderinamos tarpusavyje. Vilniaus viešajame transporte yra naudojama švieslenčių sistema, skirta būsimam keleiviui informuoti apie atvykstančios transporto priemonės maršrutą bei judėjimo kryptį. Viena autobuse ar troleibuse yra dažniausiai naudojamos net 4 elektromechaninės švieslentės, prijungtos prie vieno valdiklio: priekinė, šono – skaitinė, šono – tekstinė ir galinė švieslentės. Visos šios švieslentės vienu metu vaizduoja skirtingą, kartais dinaminę, tačiau susietą informaciją.

Daugelis jau įdiegtų sistemų yra daugiau nebegaminamos, o jų gamintojai arba nebeteikia šių sistemų techninio aptarnavimo ir remonto paslaugų arba yra visiškai nutraukę bet kokią savo veiklą. Šis tiriamasis objektas buvo pasirinktas dėl aktualios informacijos apie naudojamas informacines sistemas bei pačios informacinės sistemos valdymo įrangos trūkumo, apsunkinančio įmonės technikų darbą bei autobusų keleivių informavimą.

Pagrindinis darbo tikslas yra išanalizuoti Vilniaus miesto autobusuose naudojamų informacinių sistemų veikseną, ištirti sistemose naudojamų valdiklių ir švieslenčių sandarą ir atliekamas funkcijas, nustatyti pagrindinius duomenų perdavimo sąsajos parametrus ir ištirti duomenų perdavimo protokolo struktūrą. Gautas žinias panaudoti kuriant analogiškas ir kitas funkcijas atliekančią, modernesnę ir pigesnę švieslenčių lietuvišką valdiklio variantą.

2. LITERATŪROS APIE ŠVIESLENČIŲ DUOMENŲ MAINUS IR JŲ PROTOKOLUS ANALIZĖ

2.1. „LAWO“ informacinė sistema



2.1 pav. Vilniaus miesto autobusas

Vilniaus miesto autobusuose (2.1 pav.) viena dažniausiai sutinkamų informacinių sistemų yra sukurta kompanijos „LAWO Luminator Technology Group“. Ši kompanija yra viena seniausių mobilių informacinių sistemų gamintoja, turinti net 25 metų patirtį. „LAWO“ informacinės sistemos struktūrinė schema yra pavaizduota 2.10 pav. Sistema yra sudaryta iš elektromechaninių „Full-matrix System“ švieslenčių ir švieslenčių valdiklio L8401. Viename autobuse (2.1 pav.) dažniausiai yra naudojamos net 4 elektromechaninės švieslentės, prijungtos prie vieno valdiklio: priekinė, šono skaitinė, šono tekstinė (2.2 pav.) ir galinė švieslentės. Visos šios švieslentės vienu metu vaizduoja skirtingą, kartais dinaminę, tačiau susietą informaciją.



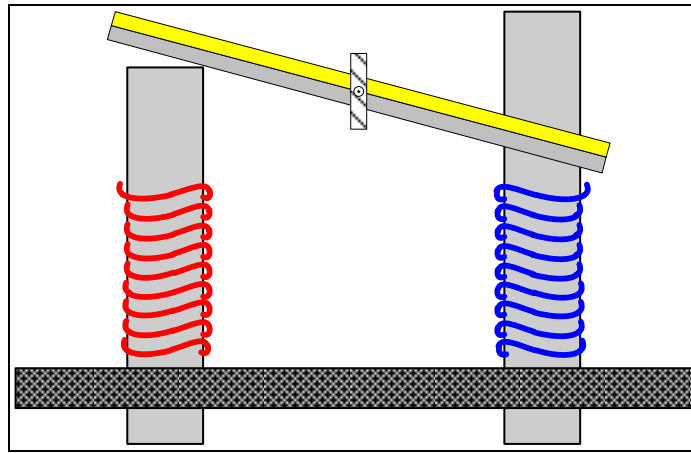
2.2 pav. „Full-matrix System“ šoninės švieslentės

Gamintojo sudarytoje naudotojo instrukcijoje [3] yra aprašytos „Full-matrix System“ švieslentės bei integruotas valdiklis „Sign Controller 802/24“, atsakingas už visų individualių švieslentės taškų valdymą. Šaltinyje pateikiami techniniai ir elektriniai lentų parametrai, nurodytos įdiegimo taisyklės, aptarnavimo patarimai ir kita eksploatacinė informacija.

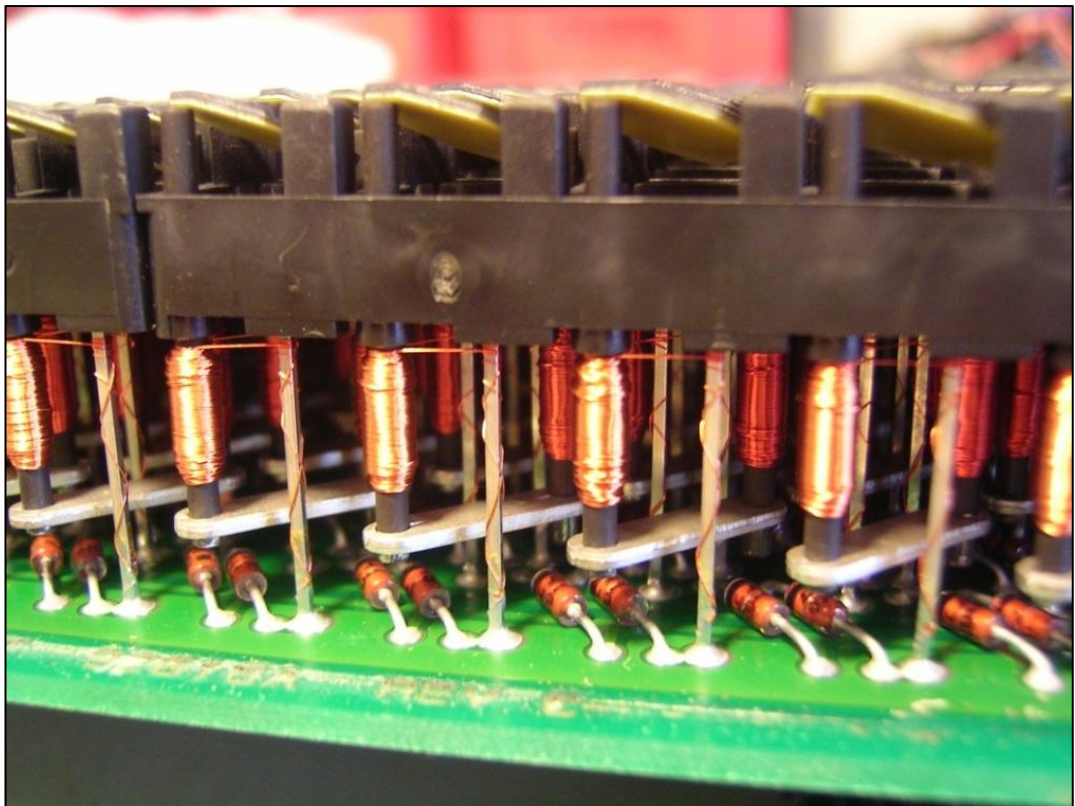


2.3 pav. Švieslentės skydeliai

„Full-matrix System“ švieslentės yra elektromechaninės. Kiekviena švieslentė turi papildomą liuminescencinį apšvietimą, naudojamą tamsiu paros metu. Kiekviena švieslentė yra sudaryta iš aibės individualių 10 – 15 mm skersmens aštuonkampių skydelių (2.3 pav.), kurių viena pusė yra nudažyta juodai, kita – geltonai. Kiekvieną skydelį valdo elektromagnetas, sudarytas iš U formos magnetolaidžio bei dviejų ričių (2.4 pav.). Elektromagnetas (2.5 pav.), priklausomai nuo valdymo signalo, atverčia arba geltonąją arba juodąją skydelio pusę. Išjungus valdymo signalą, dėl liekamojo elektromagneto magnetolaidžio įmagnetėjimo skydelis pasilieka fiksuotoje padėtyje. Tokiu būdu yra užtikrinamas vaizduojamo teksto įskaitomumas bei beveik 180° matymo kampas. Detalus švieslentės skydelių vartymo mechanizmų veikimas ir gamybos metodas yra aprašytas patente „US 2003/0041492 A1 Small dot display element“ [43]. Šaltinyje yra nurodyta, kad skydeliai ramybės būsenoje yra šiek tiek pasvirę (2.3, 2.4 pav.) Pagal patentą [43], tai yra padaryta tam, kad būtų sumažintas sukimo momentas, reikalingas skydelio perversimui. Iš principo, kuo mažesnis skydelio posvyrio kampas, tuo didesniu apžvalgos kampu skydelis yra matomas, tačiau tuo pačiu reikia sukurti stipresnį magnetinį lauką skydelio perversimui.



2.4 pav. Švieslentės skydelio vartymo mechanizmo schema



2.5 pav. Švieslentės elektromagnetai

Švieslentės yra maitinamos nuolatine $24V \pm 20\%$ įtampa. Dėl konstrukcijos ypatybių lentos naudoja labai mažai elektros srovės: 360 – 560 mA skydelių pervertimo metu ir tik 60 – 200 mA „ramybės“ būsenoje. Lentų konstrukcija taip pat lemia ir tai, kad atvaizduojamas tekstas išlieka net ir išjungus maitinimą. Tiesa, elektromechaninė konstrukciją turi ir trūkumų: švieslentės skydeliai ilgai tampa „vangūs“, apsiverčia per lėtai arba neatsiverčia iš viso. Švieslentės yra jautrios mechaninėms šiukšlėms ir dulkėms. Be to, „pasyvūs“ švieslentės taškai reikalauja papildomo apšvietimo, kuris yra gana reiklus elektros srovei (0,5 – 5,5 A).

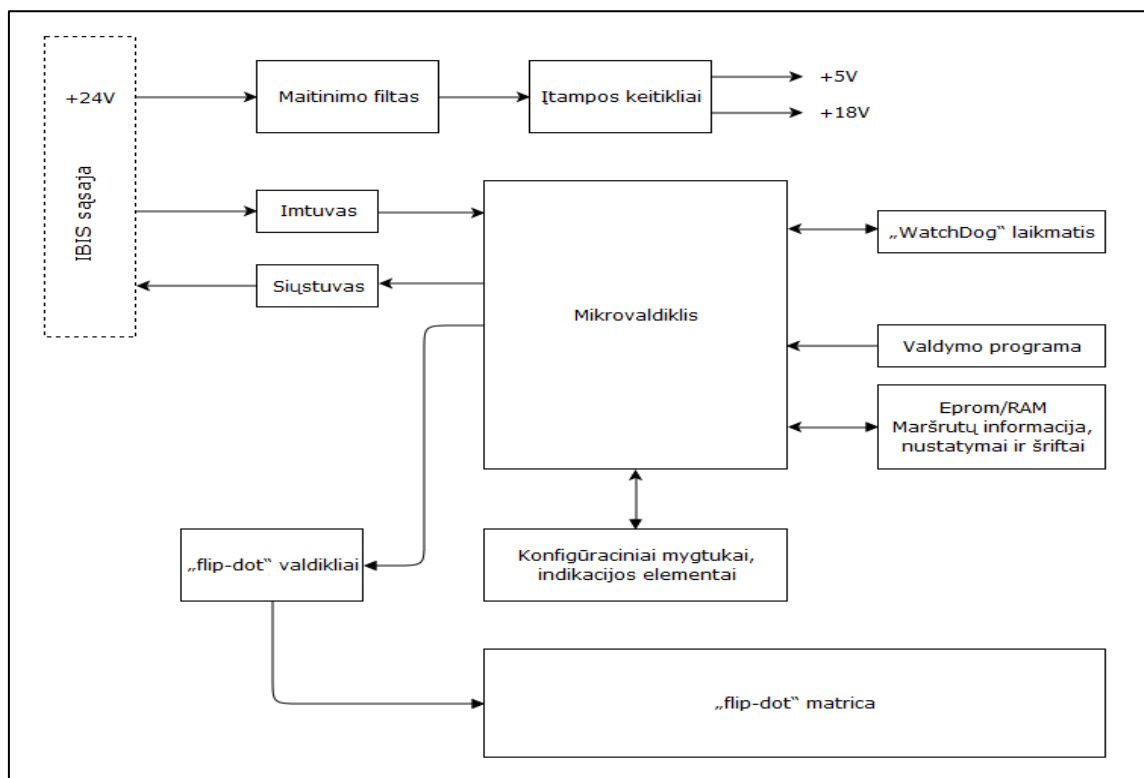


2.6 pav. Valdiklis „Sign Controller 802/24“

Valdiklis „Sign Controller 802/24“ (2.6 pav.) yra įrengtas trijose didžiosiose „Full-matrix System“ švieslentėse: priekinėje, šono tekstinėje (2.2 pav.) ir galinėje. Valdiklis priima komandas iš pagrindinio valdiklio L8401, įrengto vairuotojo kabinoje, ir jas interpretuoja. Po komandos apdorojimo valdiklis iš savo integruotos atminties nuskaito konkretaus atvaizduotino užrašo parametrus (užrašą, užrašo šriftą, šrifto dydį, kadruotę ir pan.) bei atitinkamai paveikia individualius kiekvienos lentos taškus. Valdiklis 802/24 – tai gana sudėtinga mikroprocesorinė sistema, pritaikyta darbui su įvairiomis statinėmis ir dinaminėmis atmintimis (EPROM, EEPROM, SRAM), aprūpinta maitinimo įtampos filtrais ir stabilizatoriais, rezerviniu 3,6 V akumuliatoriumi ir buferiniais grandynais, suderinančiais skirtingus loginius įtampos lygius bei apsaugančiais centrinio mikrovaldiklio išvadus nuo viršįtampių, galimų atgalinių įtampų bei trukdžių.

Gamintojo sudarytoje naudotojo instrukcijoje [3] yra aprašyti pagrindiniai valdiklio parametrai, prijungimo schema bei pateikta funkcinė schema (2.7 pav.), nurodyti konfigūraciniai valdiklio plokštėje įrengtų mygtukų nustatymai, trumpiklių, šviesos diodų bei kitų schemos elementų paskirtys, įrengto 7 segmentų šviesos diodų indikatorius rodomų kodų reikšmės.

Valdiklio „Sign Controller 802/24“ širdis – tai kompanijos Intel sukurtas mikrovaldiklis i8051. Tai 8 bitų CICS architektūros i8080 šeimai priklausantis valdiklis, gebantis dirbti 12 MHz taktiniu dažniu. Valdiklis yra aprūpintas 4 kB programine ir 128 B operatyviaja atmintimis. Įdiegta USART (universalusis sinchroninis, asinchroninis imtuvas ir siųstuvas) sąsaja, du 16 B programuojami laikmačiai, dviejų prioritetinių lygių išorinės ir vidinės pertrauktys, įdiegtas energijos taupymo (angl. *power saving*) valdiklio darbo režimas [8].

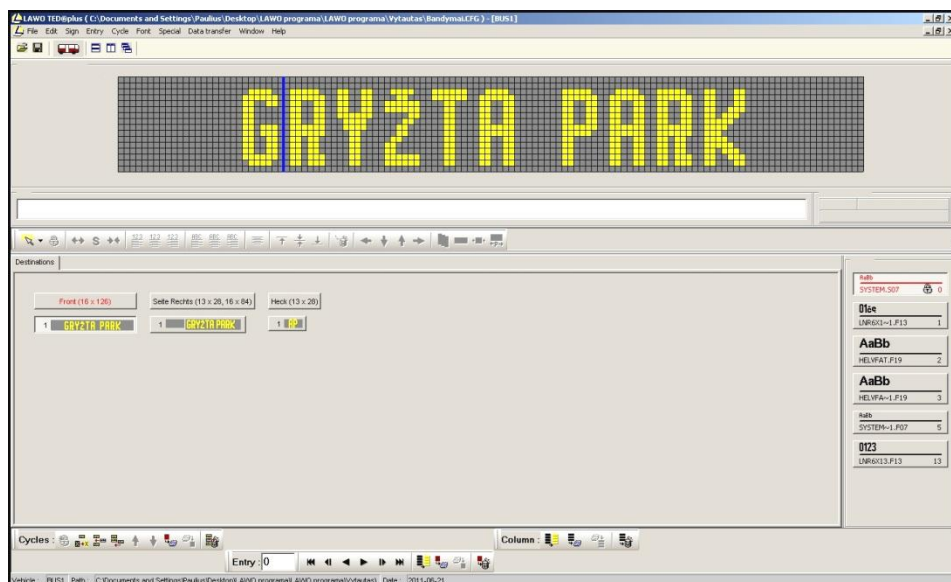


2.7 pav. Valdiklio „Sign Controller 802/24“ funkcinė schema

Intel 8051 valdiklio programavimo vadove [9] yra pateikta valdiklio i8051 atsiradimo ir vystymosi istorija. Pateikta komandų sistema, funkcinės diagramos, spartos testų (angl. *benchmark*) rezultatai.

Apie kompanijos Intel gaminamus ir gamintus mikroprocesorius yra detalai rašoma V. Bulovo vadovėlyje „Mikroprocesoriai“ [5]. Šaltinyje nurodyti svarbiausieji kiekvieno modelio techniniai parametrai (architektūra, taktinis dažnis, taktų skaičius, reikalingas vienai operacijai atlikti, maitinimo įtampa, suvartojama galia, būtina periferinė įranga). Detalai apibūdinta kiekvieno modelio komandų sistema. Aprašyta kiekvienos iš MP naudojamos komandos paskirtis, rezultatas ir galimas kintamųjų adresavimo būdas. Knygoje nagrinėjami Intel mikroprocesoriai nuo i8050 iki i486 (nagrinėjamos 8 – 32 bitų architektūros).

E. Matkevičiaus mokomosios knygos „Mikroprocesoriniai valdymo įtaisai I dalis“ [7] teorinėje dalyje pateiktos esminės bendrosios žinios apie MPS organizaciją, struktūrą, veikimą, sudarymo principus, duomenų mainų organizaciją. Praktinėje dalyje nagrinėjama konkreti MPS, kurioje panaudotas I8085 mikroprocesorius, I8255 lygiagrečiųjų, I8251 nuosekliųjų duomenų mainų adapteriai bei I8253 programuojamojo intervalinio laikmačio mikroprocesorinio valdymo ir kiti įtaisai, sudarantys užbaigtą sistemą. Toks medžiagos išdėstymas leidžia ne tik išstudijuoti bendruosius MPS organizacijos principus, bet ir sutvirtinti teorines žinias, nagrinėjant konkrečią MPS [7].



2.8 pav. LAWO TED®plus programos langas

Valdiklis „Sign Controller 802/24“ yra programuojamas „Lawo-Luminator-Europa“ sukurta programa „LAWO TED®plus“ (2.8 pav.). Programa yra universali ir tinka visom kompanijos gaminamoms švieslentėms. „LAWO TED®plus“ leidžia nustatyti švieslentės parametrus (taškų skaičių ir jų išdėstymą) bei kurti statinius ir dinامينius užrašus, kurie bus matomi švieslentėse. Programos lange matomas vaizdas yra visiškai identiškas vaizdui, matomam tikrose švieslentėse, todėl nebūtina užrašų sudarymo metu tikrinti, kaip užrašai atrodys realioje sistemoje. Tai leidžia programuoti švieslentes, jų neišėmus iš autobuso.



2.9 pav. Valdiklis L8401

Visas autobuso švieslentes valdo valdiklis L8401 (2.9 pav.). Tai gan gremėzdiškas, keliolika funkcijų atliekantis įrenginys, montuojamas viešojo transporto vairuotojo kabinos prietaisų

skydelyje. Valdiklis yra sumontuotas aplinkos poveikiui atspariame sustiprintame stiklo pluošto poliamidiniame korpuse. Valdiklio priekinėje dalyje yra įrengta 17 klavišų membraninė klaviatūra, skirta valdiklio parametrų nustatymui, bei 4 x 20 segmentų skaitmeninis abėcėlinis skystųjų kristalų vaizduoklis su žalios šviesios diodų šviesos šaltiniu. Techniniai valdiklio parametrai yra pateikti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Valdiklio L8401 techniniai parametrai [4]

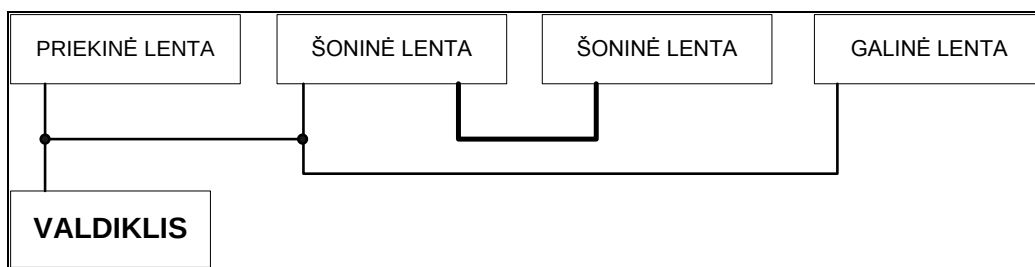
Valdiklio tipas		L8401
Maitinimo įtampa	U, V	$24 \pm 20 \%$
Didžiausia imama el. srovė	I_{max}, mA	300
Veikimo temperatūra	$T, ^\circ C$	-25 – +75
Matmenys	$Ilqis, mm$	195
	$Plotis, mm$	100
	$Storis, mm$	83

Valdiklis yra detalai aprašytas gamintojo sudarytoje instrukcijoje [4]. Instrukcijoje pateikiamas išsamus valdiklio techninis aprašymas bei valdiklių L8401 ir L8402 palyginimas. Pateikiama įrengimo ir valdiklio prijungimo prie likusios informacinės sistemos (švieslenčių) schema [4], ir yra pateiktas visų įrenginyje esančių 17 mygtukų funkcijų ir paskirčių aprašas. Detalai, su pavyzdžiais, yra parodytas transporto priemonės maršruto ir krypties nustatymo veiksmų (kada ir kokių valdiklio mygtukus reikia spausti) eiliškumas. Pavyzdžiais iliustruota ir papildomo pranešimo švieslentėse įvedimo procedūra.

Valdiklis L8401 taip pat yra sudėtinga mikroprocesorinė sistema, todėl turi aibę vartotojui prieinamų nustatymo parametrų, susijusių tiek su vartotojo sąsaja, tiek ir su techniniais švieslenčių valdymo signalo formavimo algoritmais. Visi vartotojui prieinami nustatymai yra aprašyti šaltinyje [4]. Vartotojas gali keisti skaitinio abėcėlinio skystųjų kristalų ekrano apšvietimo stiprį ir kontrastą, įjungti ir išjungti klaviatūros apšvietimą, nustatyti automatinį klaviatūros apšvietimo stiprio reguliavimą pagal aplinkos apšvietą, keisti mygtukų nuspaudimo toną. Vartotojas gali keisti valdiklio sąsajos kalbą (galima rinktis tarp anglų, vokiečių, prancūzų, graikų, italų, ispanų, portugalų, švedų ir danų kalbų), valdiklio generuojamo valdymo signalo trukmę ir adresavimo būdą (skirtingos prie valdiklio jungiamos lentose šie parametrai gali skirtis). Vartotojas (dažniausiai – už valdiklio įrengimą atsakingas technikas) gali inicijuoti specialų testinį režimą, kurio metu valdiklis bendrauja su visomis viešajame transporte įrengtomis švieslentėmis ir tikrina ryšio kanalo kokybę, lentų reakcijos laiką ir pan.

Autobuso informacinės sistemos struktūrinė schema yra pavaizduota 2.10 pav. Pagrindinės švieslentės prie valdiklio yra jungiamos lygiagrečiai. Šoninės lentos yra papildomai nuosekliai jungiamos tarpusavyje. Švieslenčių ir valdiklio jungimui yra naudojama keturlaidė IBIS (angl.

Intelligent Bus Information System) duomenų perdavimo sąsaja, kuria nuosekliuotu būdu yra perduodamas transporto priemonės maršruto ir linijos numeris bei kita papildoma informacija.



2.10 pav. Informacinės sistemos funkcinė schema

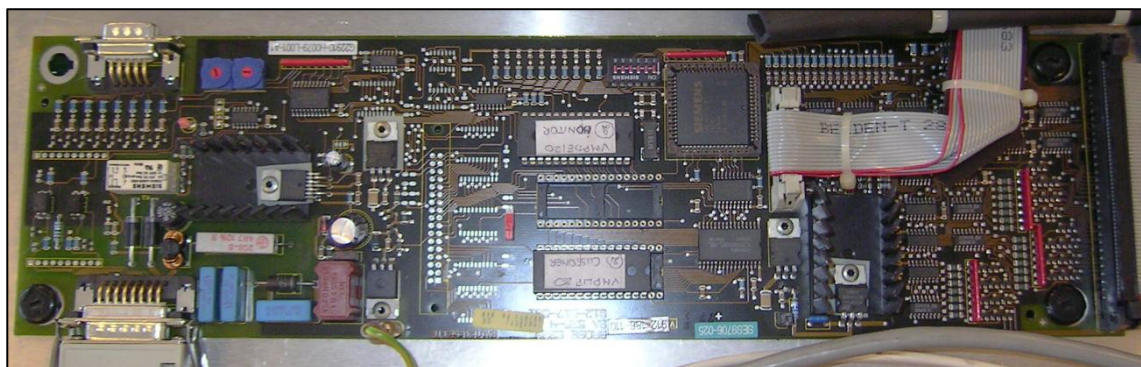
2.2. „Brose“ informacinė sistema

Vilniaus maršrutiniuose autobusuose taip pat yra naudojamos ir kompanijos „Brose“ pagamintos informacinės sistemos, savo sandara artimos „Lawo Luminator Technology Group“ sukurtai sistemai (2.1. poskyris). Fizinis šių sistemų skirtumas yra tas, kad „Brose“ sistemoje yra naudojamos tik 3 švieslentės. T. y. gamintojas šono skaitinę ir šono tekstinę švieslentes apjungė viename korpuse (2.11 pav.). Iš principo, tai tik kosmetinis skirtumas, nes abi šios „apjungtos“ švieslentės yra valdomos atskirai, identišškai „Lawo“ sistemai (2.10 pav.)



2.11 pav. „Brose“ šoninė švieslentė

Kitas, „Brose“ ir „Lawo“ švieslenčių skirtumas yra tas, kad visos „Brose“ švieslentės yra sudarytos iš 20 eilučių, o „Lawo“ – tik iš 16. Tai leidžia „Brose“ švieslentėse vaizduoti daugiau informacijos, pav. papildomai nurodyti gatvių, kuriomis važiuoja autobusas, pavadinimus arba standartinę informaciją atvaizduoti „gražiau“ (raidėmis ir skaičiais, sudarytais iš daugiau taškų nei yra įmanoma „Lawo“ švieslentėse).



2.12 pav. Valdiklis „Brose 9932“

Kiekvienoje iš trijų „Brose“ informacinių švieslenčių yra įrengti švieslenčių valdikliai „Brose 9932“. Jie, analogiškai „Lawa“ valdikliui „Sign Controller 802/24“, priima komandas iš centrinio valdiklio, įrengto vairuotojo kabinoje, ir jas interpretuoja. Po komandos apdorojimo, valdiklis iš savo integruotos atminties nuskaito konkretaus atvaizduotino užrašo parametrus (užrašą, užrašo šriftą, šrifto dydį, kadruotę ir pan.) bei atitinkamai paveikia individualius kiekvienos lentos taškus.

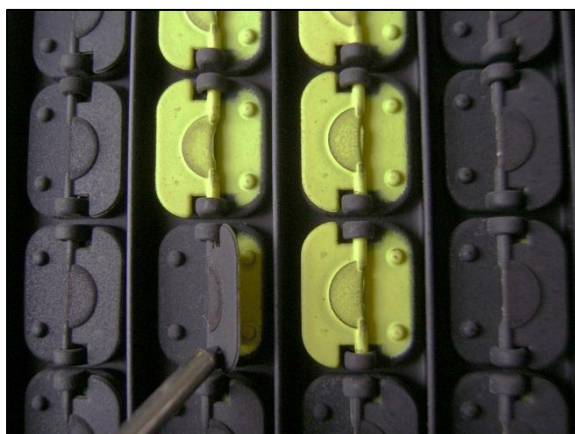
Pagrindinis „Brose“ informacinės sistemos valdiklis yra „ZB 100“ (2.13 pav.). Tai tikrai gremėzdiškas įrenginys, montuojamas vairuotojo kabinoje. Savo funkcijomis „ZB 100“ yra labai panašus „Lawa L8401“, tačiau šie valdikliai (ir sistemos) nėra tarpusavyje suderinami. Gaila, tačiau jokios techninės informacijos apie šį valdiklį rasti nepavyko.



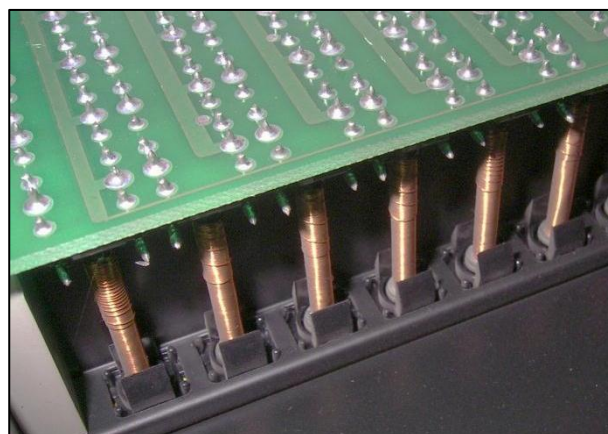
2.13 pav. „Brose“ informacinės sistemos pagrindinis valdiklis „ZB 100“

2.3. „Krueger“ informacinė sistema

Vilniaus autobusuose taip pat yra naudojama kompanijos „Krueger Apparatebau GmbH & Co.“ gaminama informacinė sistema. Šios kompanijos švieslenčių Vilniaus autobusuose yra įrengta nedaug, tačiau „Krueger“ sistema iš kitų sistemų išsiskiria savo mechanine konstrukcija. Ankščiau aprašytose švieslentėse skydelių vartymo mechanizmas pagal atitinkamą valdymo signalą perverčia visą skydelį (2.3 pav.), tačiau „Krueger“ sistemoje yra verčiama tik viena skydelio „pusė“ (2.14 pav.). T. y. „Krueger“ švieslentės tašką sudaro judanti skydelio dalis bei nejudanti, pusiau juodai ir geltonai nudažyta, plokštelė. Vartymo mechanizmą paveikus atitinkamu valdymo signalu, vartamoji skydelio dalis yra atverčiama geltonąja puse, kuri uždengia juodąją nejudančios plokštelės pusę, arba juodąja, kuri uždengia geltonąją stacionarios plokštelės pusę.



2.14 pav. „Krueger“ švieslentės skydeliai



2.15 pav. Skydelio vertikalios vartymo elektromagnetas

Pasak horizontaliai ir vertikalios vartomų švieslenčių segmentų palyginimo, pateikto [47] šaltinyje, kvadratinės konstrukcijos segmento matomas plotas yra bent 16 % didesnis nei apskrito, horizontaliai vartomo skydelio. Tokia skydelių konstrukcija užtikrina geresnę informacijos perskaitomumą ir didesnę švieslentės vaizduojamos informacijos atnaujinimo greitį. Taip pat vertikalios konstrukcijos segmentų elektromagneto (2.15 pav.) konstrukcija yra daug paprastesnė: „Krueger“ sistemoje yra naudojamas įprastos konstrukcijos solenoidas su cilindrine feromagnetine šerdimi. Tokia konstrukcija yra ne tik paprastesnė, bet ir pigesnė, jos gamybai nėra keliami tokie griežti reikalavimai kaip U formos (2.4 pav.) vartymo mechanizmams.

informacinių sistemų „Krueger“ pagrindiniai

The image shows a black Krueger electronic device, likely a fare collector or route selector. It features a digital display at the top showing the text "Tarif", "Richtig", "Linie", "Kurs", "Ziel", and "Route". Below the display is a keypad with various buttons. The keypad is organized into several sections: a top row with buttons labeled "1 A", "2 B", and "3 C"; a second row with "4 D", "5 E", and "6 F"; a third row with "7", "8", and "9"; a bottom row with "Löschen", "0", and "Start". To the left of these buttons is a column of four buttons: "nächste Halte-stelle" (green), "Linie" (red), "Route" (red), and "Kurs" (red). Below these are two more rows of buttons: "Stop" (green), "Ziel" (red), "Zeit Datum" (brown), and "Shift" (brown). The device has a circular port on the left side and four screws securing the top and bottom edges.

3. TYRIMO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Tikslas: pagrindinis darbo tikslas yra išanalizuoti Vilniaus miesto autobusuose naudojamų informacinių sistemų veikimą, ištirti sistemose naudojamų valdiklių ir švieslenčių sandarą ir atliekamas funkcijas, nustatyti pagrindinius duomenų perdavimo sąsajos parametrus ir ištirti duomenų perdavimo protokolo struktūrą, o gautas žinias panaudoti kuriant analogiškas ir kitas funkcijas atliekantį, modernesnį ir pigesnį švieslenčių lietuvišką valdiklio variantą.

Uždaviniai:

1. Literatūros šaltinių, susijusių su viešajame transporte naudojamomis informacinėmis sistemomis, galimomis duomenų perdavimo sąsajomis, dažniausiai naudojamais mikrovaldikliais bei informacijos atvaizdavimo įtaisais paieška ir analizė.
2. Pateikti pagrindines Vilniaus miesto autobusuose naudojamų informacinių sistemų aprašymą, sistemų komponentų parametrus ir pagrindines savybes. Palyginti skirtingų gamintojų sukurtas informacines sistemas.
3. Išanalizuoti ir aprašyti standartinius lygiagrečiuosius ir nuoseklius duomenų perdavimo protokolus. Pateikti jų naudojimo sričių (įtaisų ar įrenginių) pavyzdžių bei standartines principines elektrines schemas ir laiko diagramas.
4. Ištirti Vilniaus miesto autobusų informacinėje sistemoje naudojamų valdiklių veikseną. Nustatyti jų pagrindinius parametrus ir atliekamas funkcijas.
5. Nustatyti pagrindinius informacinių sistemų duomenų perdavimo sąsajos parametrus ir ištirti duomenų perdavimo protokolo struktūrą.
6. Pagal tyrimo metu gautas žinias, suprojektuoti ir pagaminti valdiklį, gebantį valdyti kelių skirtingų gamintojų informacinių sistemų švieslentes.
7. Ištirti elektromechaninės švieslentės veikimo bei valdymo principus. Gauti dinamines valdymo srovės charakteristikas. Nustatyti, ar iš srovės, tekančios per švieslenčių segmentų elektromagnetus, galima identifikuoti nekorektiškai veikiančius segmentus.

4. TEORINĖ DALIS

4.1. Standartiniai skaitmeniniai nuoseklieji ir lygiagretieji duomenų perdavimo protokolai.

Skaitmeninis signalas nuo analoginio ar diskretinio signalo skiriasi tuo, kad signale paprastai vyrauja tik 2 loginių lygių įtampa. Skirtumas tarp šių lygių išlieka net ir esant nemažai schemos parametrų sklaidai. Tik dviejų iš esmės besiskiriančių įtampų lygių naudojimas teikia loginėms schemoms vieną labai svarbų privalumą: kol tie du įtampos lygiai (loginiai lygiai) nesupainiojami, loginės schemos nedaro klaidų, neiškraipo informacijos. Skaitmeniniai signalai gali būti klasifikuojami pagal duomenų perdavimo pobūdį: duomenys gali būti perduodami lygiagrečiai, keliomis duomenų linijomis vienu metu ar nuosekliai, viena duomenų linija.

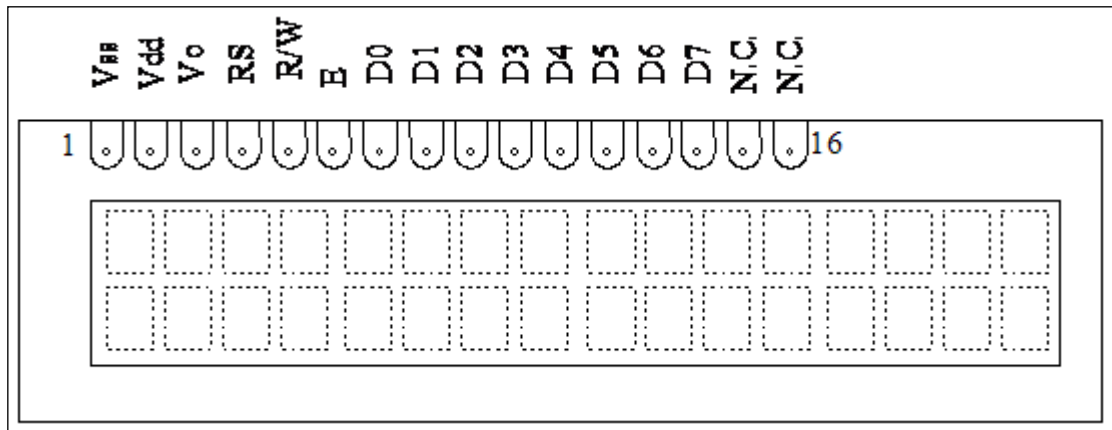
Lygiagretieji duomenų mainai (lygiagretieji duomenų perdavimo protokolai) dažniausiai yra naudojami ten, kur reikia didelio duomenų perdavimo greičio bei informacijos perdavimo atstumas nėra didelis. Didžiausias šio duomenų perdavimo būdo trūkumas yra didelis perdavimo linijų skaičius. Norint perduoti 8 bitus informacijos reikia mažiausiai 8 fizinių duomenų linijų (laidų). Tai apsunkina skaitmeninių schemų projektavimą, surinkimą, derinimą bei padidina bendrus projekto kaštus. Dėl šių priežasčių lygiagretieji duomenų perdavimo metodai yra taikomi vis rečiau, juos daug kur pakeičia nuoseklus duomenų perdavimas.

Nuosekliųjų duomenų perdavimo protokolų subtilybė yra ta, kad duomenų bitai yra perduodami nuosekliai, vienas paskui kitą, viena duomenų linija. Nors šis duomenų perdavimo būdas yra daug lėtesnis nei lygiagretusis (jei perduodami 8 bitai informacijos, nuoseklus duomenų perdavimas bus 8 kartus lėtesnis, palyginus su lygiagrečiuoju), tačiau šiuo atveju nereikia tiek daug perdavimo linijų. Šiuolaikinė elektronika leidžia pasiekti didelius perdavimo greičius, todėl daugeliu atveju nuoseklieji perdavimo protokolai sparta nebesuleidžia lygiagretiesiems protokolams ir yra naudojami vis dažniau.

4.1.1 Lygiagretieji duomenų perdavimo protokolai

Įterptinėse elektroninėse sistemose lygiagretieji duomenų perdavimo būdai naudojami gan retai. Juos išstūmė greitaigiai nuoseklieji protokolai. Bene vieninteliai įrenginiai, naudojantys lygiagrečiuosius duomenų perdavimo protokolus, liko abėcėliniai skaitmeniniai, grafiniai skystųjų kristalų vaizduokliai (SKV) bei šviesos diodų indikatoriai ir matricos.

SKV valdiklis naudoja lygiagrečiąją sąsają, kurią sudaro: 8 linijų duomenų magistralė (D0-D7), įjungimo linija (angl. E - *Enable*), registro išrinkimo linija (angl. RS - *Register Select*) ir skaitymo/rašymo linija (angl. R/W - *Read/Write*).



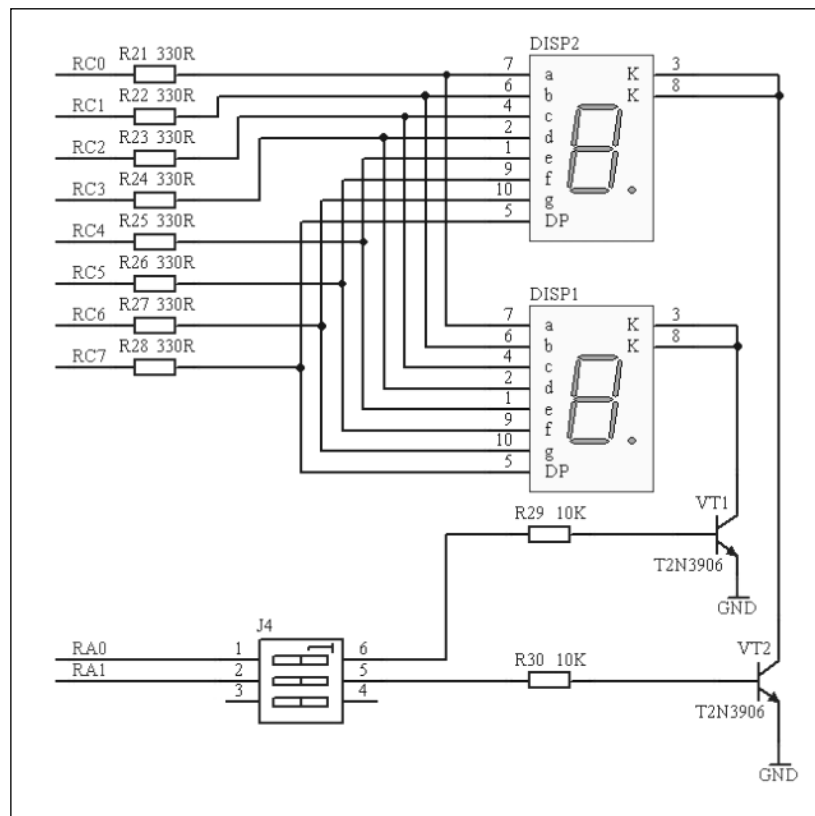
4.1 pav. Tekstinio skystųjų kristalų vaizduoklio valdiklio HD44780 valdymo signalai

Skaitmeninio - abėcėlinio skystųjų kristalų vaizduoklio naudojami išvadai:

- Duomenų magistralė (D0 – D7) naudojama duomenų perdavimui į indikatorius.
- Enable linija įjungia sąsają ($E = 1$). Indikatorius gali būti pasiekiamas tik tuo atveju, jei Enable veikia aukšto loginio lygio įtampa. Linija yra patogi tuo, kad leidžia naudoti tas pačias duomenų linijas kitiems tikslams (pvz. lygiagrečiai prijungtai klaviatūrai).
- RS (angl. *register select*) linija apibrėžia, ar perduodami duomenys bus įrašyti kaip indikacijos į teksto buferį (data register DR) ($RS = 1$), ar kaip komanda į valdymo registrą (instruction register IR) ($RS = 0$).
- R/W (angl. *read/write*) linija apibrėžia, ar duomenys įrašomi į indikatorius ($R/W=0$), ar yra nuskaitymi iš indikatoriaus ($R/W = 1$) [21].
- V_{SS} , V_{DD} - maitinimo šaltinio prijungimo kontaktai.
- N,C - nenaudojami grandinės kontaktai.

Šias laikais vis dar išlieka populiarūs septynių segmentų šviesos diodų indikatoriai. Jie dažnai naudojami ten, kur atvaizduojamos informacijos (dažniausiai skaičių) kiekis nėra didelis, kur reikia užtikrinti didelį atvaizduojamos informacijos suprantamumą (perskaitomumą) bei įrenginiuose, veikiančiuose apsunkintomis eksploatacinėmis sąlygomis: veikiančiuose agresyvioje aplinkoje pramonės įrengimuose ir pan.

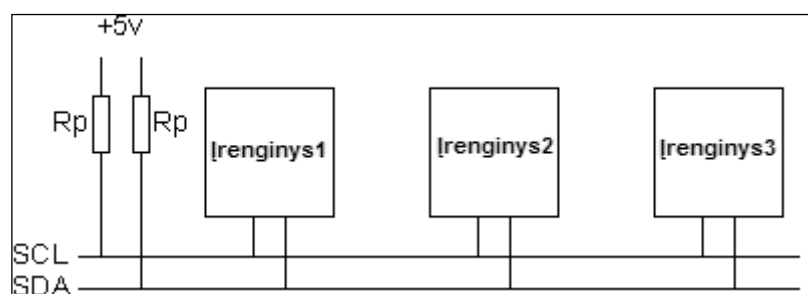
Šio tipo vieno skaitmens vaizduokliui prie mikrovaldiklio prijungti reikia net 8 laidų (7 laidai skaitmens segmentui ir vienas - taškui). Norint prijungti 2 skaitmenų vaizduoklį, reikia 16 laidų. Siekiant sutaupyti mikrovaldiklio išvadus, indikatoriai yra jungiami lygiagrečiai (4.2 pav.). Šiuo atveju reikia tik 8 išvadų segmentams ir dviejų išvadų bendriems katodams. Tai vietoj 16 išvadų bereikia 10 [19]. Šis jungimo būdas leidžia prie mikrovaldiklio prijungti N septynių segmentų, naudojant tik $8+N$ duomenų perdavimo linijas.



4.2 Septynių segmentų indikatoriaus jungimas [17]

4.1.2. Nuoseklieji duomenų perdavimo protokolai

TWI (angl. *Two Wire Interface*) sąsaja. Tai nuoseklaus kodo sąsaja, ryšiui naudojami tik 2 laidai. I2C (TWI) sąsaja operuoja žemo loginio lygio (angl. *active low*) signalais, kurie yra daug atsparesnis trukdžiams, nei aukšto loginio lygio signalai. Ši sąsaja yra plačiai paplitusi įterptinėse elektroninėse sistemose, namų apyvokos prietaisuose (televizoriuose, skalbimo mašinose ir pan.) bei automatikoje. Šia sąsaja patogiu prie vieno įrenginio prijungti jutiklius, vykdyklius bei kitus išorinius elektroninius įtaisus.



4.3 pav. I2C sąsajos diagrama

I2C – tai magistralė, kuri duomenų perdavimui į abi puses naudoja du laidus – vadinamus *SCL* ir *SDA* (4.3 pav.). *SCL* naudojamas sinchronizuoti įrenginius prijungtus prie magistralės. Šį signalą generuoja pagrindinis valdantysis įrenginys (angl. *master*), o kiti įrenginiai šio signalo klauso (angl. *slave*). *SDA* naudojamas duomenų perdavimui. Kiekvienas įrenginys, prijungtas prie šios magistralės, turi savo identifikacinį numerį, kurį sudaro 7 bitai. 8-as bitas skirtas nurodyti ar į įrenginį bus rašoma, ar skaitoma. Taigi prie šios magistralės galima prijungti iki 128 įrenginių su skirtingais kreipimosi adresais. Jų registrų skaitymas ir rašymas vykdomas pagal tam tikras taisykles ir algoritmus [15]:

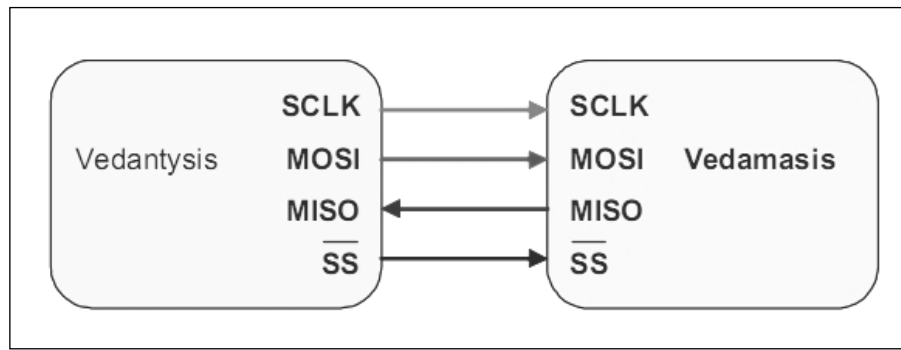
Skaitymas iš valdomojo (slave) įrenginio registro:

1. Siunčiama „start“ seka;
2. Siunčiamas valdomo įrenginio adresas su rašymo bitu;
3. Siunčiamas norimo registro adresas;
4. Atliekama pakartotinė „start“ seka;
5. Siunčiamas valdomo įrenginio adresas su skaitymo bitu;
6. Atliekamas skaitymas;
7. Siunčiama „stop“ seka.

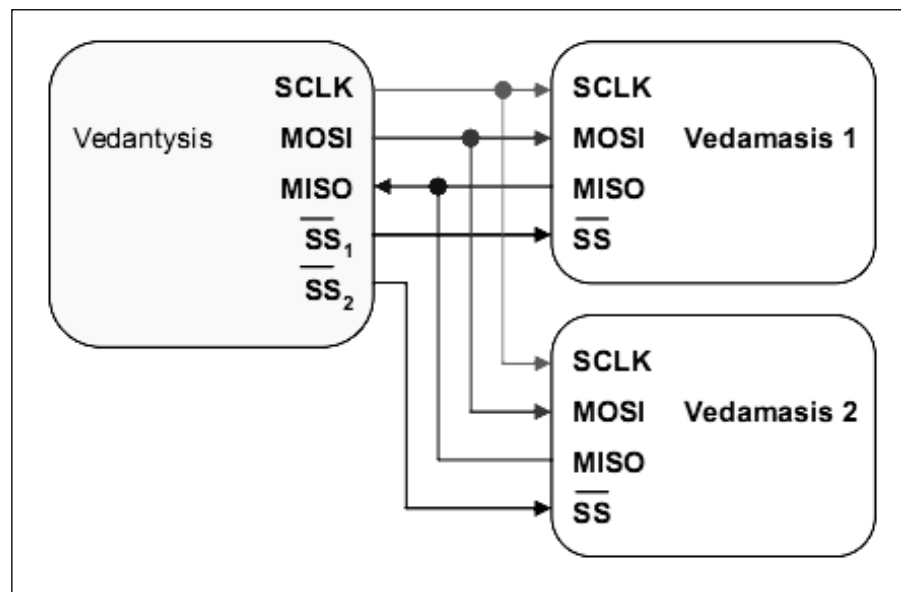
Rašymas į valdomojo (slave) įrenginio registrą:

1. Siunčiama „start“ seka;
2. Siunčiama valdomo įrenginio adresas su rašymo bitu;
3. Siunčiamas norimo registro adresas;
4. Siunčiami duomenys į registrą arba registrų seką;
5. Siunčiama „stop“ seka.

SPI yra paprasčiausia sinchroninė nuoseklaus duomenų perdavimo sąsaja, skirta keistis duomenimis tarp dviejų įrenginių, kurių vienas yra valdantysis (angl. *master*), kitas – valdomasis (angl. *slave*). Duomenys gali būti siunčiami iš karto dviem kryptimis. Nėra įrenginių adresacijos. Jei yra daugiau nei vienas vedamasis, tenka panaudoti papildomas mikrovaldiklio kojas ir papildomai numatyti kelių valdomųjų įrenginių valdymą programoje. SPI sąsajoje nenumatytas patvirtinimas, kad duomenys gauti. SPI sąsaja nenumato, kad duomenis gaunantis įrenginys gali nespėti priimti duomenų ir reikia palaukti [16].

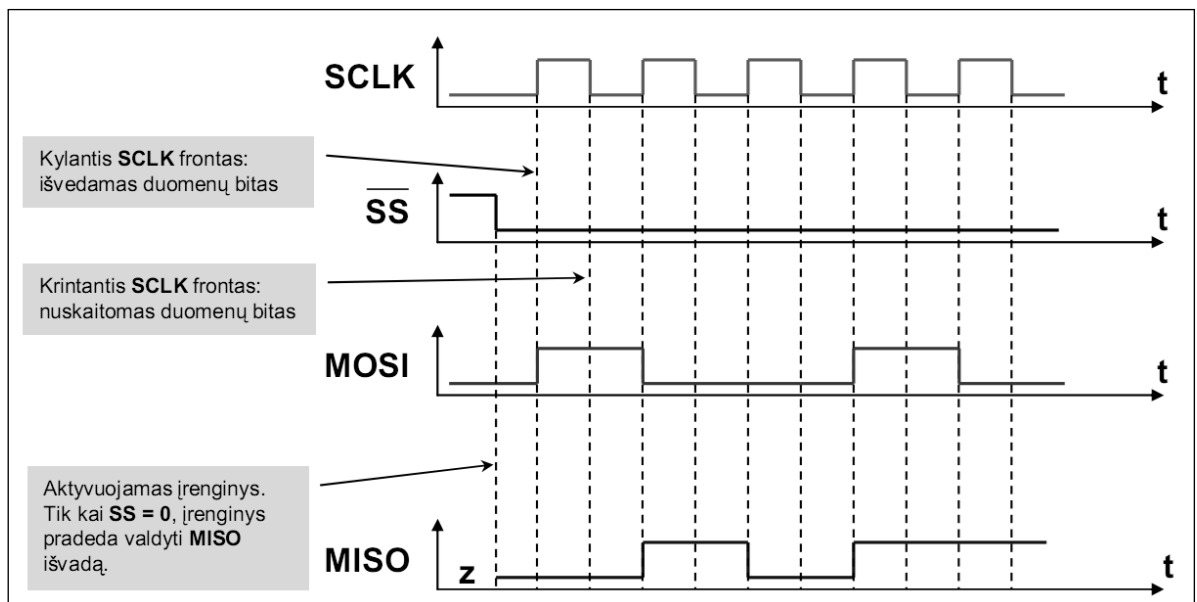


4.4 pav. SPI sąsajos įrenginiai, kuomet yra tik vienas vedantysis ir vienas vedamasis įrenginys [16]



4.5 pav. SPI sąsajos įrenginiai, kuomet yra tik vienas vedantysis ir keli vedamieji įrenginiai [16]

SPI sąsajos paskirtis: mikrovaldiklis keičiasi duomenimis su (dažniausiai toje pačioje plokštėje įlituotais) įrenginiais, kuomet duomenų srautas nėra didelis. Didžiausia duomenų sparta gali siekti 10 Mb/s, kartais ir daugiau. SPI sąsajoje yra naudojamos bent dvi signalinės linijos: viena jų perduodami sinchro impulsai, kita – duomenys. Jei duomenys perduodami dviem kryptimis, tuomet reikalingos trys signalinės linijos. Jei reikalingas valdomojo įrenginio aktyvavimo signalas, prisideda dar viena linija [17].



4.6 pav. SPI sąsajos impulsinės diagramos pavyzdys [16]

SPI sąsajos signalai:

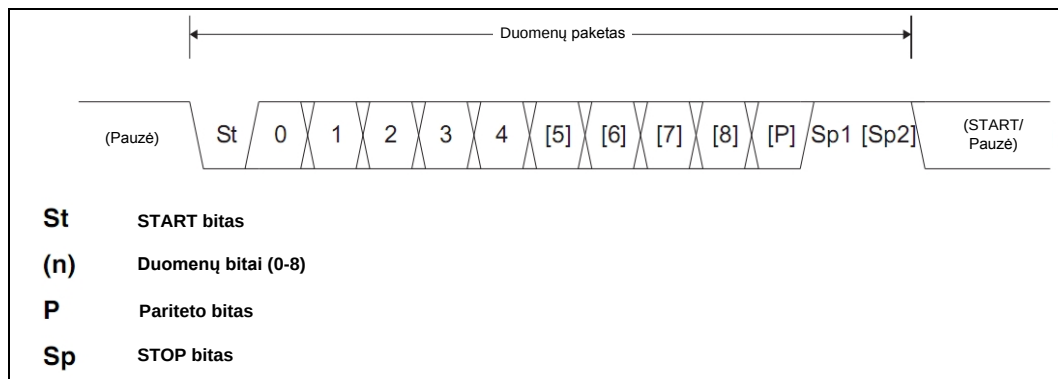
- SCLK – sinchronizavimo impulsai;
- MOSI (angl. *Master Output, Slave Input*) – duomenys perduodami iš valdančiojo įrenginio;
- MISO (angl. *Master Input, Slave Output*) – duomenys perduodami iš valdomojo įrenginio;
- SS – valdomojo įrenginio aktyvavimo signalas.

Duomenys išvedami ir įvedami nuosekliuotu būdu, sinchroniškai su *SCLK* impulsais. Aparatūrinė SPI mikrovaldiklio grandinė vienu metu ir siunčia ir priima duomenis, nors duomenis reikia perduoti tik viena kryptimi. Kokiu būdu įvedami ir išvedami duomenys turi būti sinchronizuojami su *SCLK* signalu, yra nustatoma konfigūruojant mikrovaldiklio vidinius registrus. Svarbu, kad duomenis siunčiantis ir priimantis įrenginiai būtų vienodai suderinti sinchronizuotis pagal *SCLK* signalą [16].

USART (angl. *Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter*) – tai labai lankstus nuoseklaus duomenų perdavimo protokolas. Jį naudoja dauguma mikrovaldiklių bendravimui vienas su kitu arba kompiuteriu [20]. Duomenų mainai šiuo protokolu gali vykti dvejopai: asinchroniškai ir sinchroniškai. Režimai tarpusavyje skiriasi duomenų mainų pradžios, vadinamos sinchronizavimu, būdais [20].

Asinchroniniame darbo režime (4.7 pav.) duomenų mainai pradunami asinchroniškai, kai imtuvas Rx įėjime aptinka startinį bitą (fiksuoja pokytį iš 1 į 0 loginį lygį). Po *Start* bito

priimami duomenų bitai. Duomenų priėmimas baigiamas priėmus *Stop* bitą ar bitus. Dažnai šis darbo režimas dar vadinamas *Start – Stop* darbo režimu. Duomenys apribojami (įrėminami) *Start* ir *Stop* bitais. Priėmus eilinius duomenis, gali prasidėti ir tęstis laukimo būseną tol, kol nebus priimtas naujas *Start* bitas [7].



4.7 pav. USART sąsajos laikinės funkcionavimo diagramos [16]

Sinchroniniame darbo režime duomenų mainai gali būti pradedami šiais būdais:

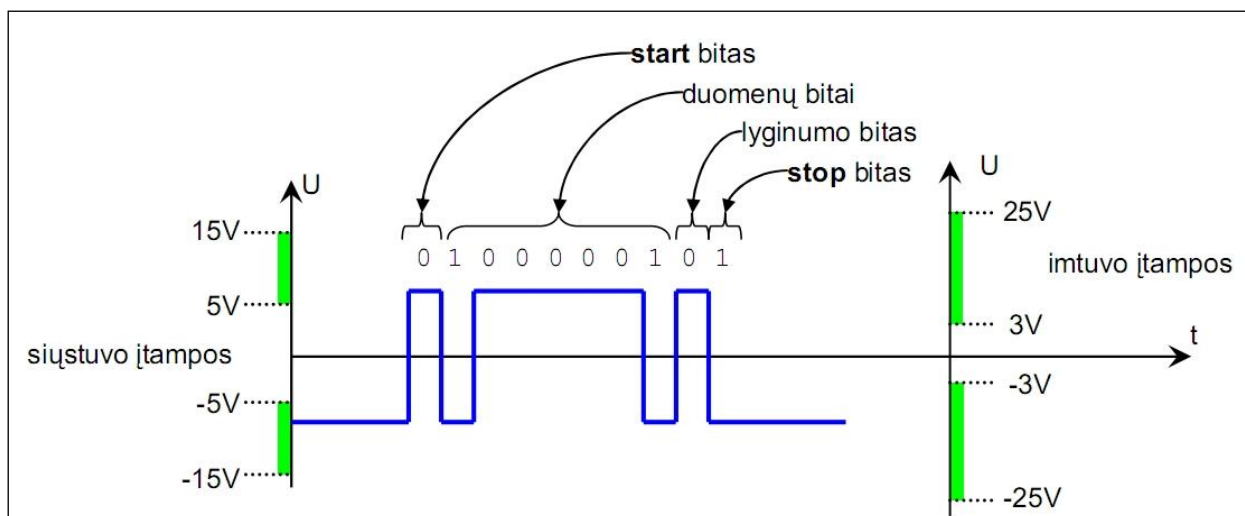
- imtuvui priėmus vieną (*SYNC1*) arba du (*SYNC1*, *SYNC2*) sinchronizavimo simbolius, esant vidinei sinchronizacijai.
- *SDET* įėjime užfiksavus 1 loginio lygio signalą, kurį perduoda periferinis įtaisas, esant išorinei sinchronizacijai.

Sinchroniniame darbo režime duomenys nėra ribojami stop bitais, todėl vyksta nenutrūkstamas duomenų perdavimas, kuris baigiamas programiškai.

RS232C sąsaja duomenys yra perduodami asinchroniniu nuosekliu būdu. Šia sąsaja gali būti sujungti tik du įrenginiai, daugelio įrenginių tinklas - neįmanomas. Vienu metu gali vykti duomenų ir perdavimas, ir priėmimas, o tam naudojamos dvi signalų linijos. Kadangi istoriškai RS232C visų pirma pradėta naudoti modemams prijungti prie personalinio kompiuterio, RS232C standarte yra numatyta nemažai papildomų sinchronizavimo linijų, kurios dažniausiai nėra naudojamos mikrovaldiklių taikymo sferoje [16].

Duomenys RS232C sąsaja yra perduodami nuosekliai, paketais, turinčiais pradžią žymintį *Start* ir pabaigą žymintį *Stop* bitą. Sąsajoje naudojamos dviejų poliarizacijų įtampos: loginį „1“ atitinka neigiama įtampa, loginį „0“ – teigiama įtampa (žr. 4.8 paveikslą). Gali būti perduodami 7 arba 8 duomenų bitai ir papildomai lyginumo bitas (jei reikia), *Stop* bito ilgis gali būti 1T, 1,5T ir 2T, kur T yra vieno bito perdavimo trukmė. Tiek siųstuve, tiek

imtuve turi būti vienodai nustatyta: duomenų bitų skaičius, ar perduodamas lyginumo bitas, „stop“ bito ilgis, duomenų perdavimo sparta [16].



4.8 pav. RS232C sąsajos laikinės funkcionavimo diagramos [16]

Rimtas RS232C sąsajos trūkumas – menkas atsparumas elektromagnetiniams trukdžiams. Imtuvo įėjime įtampa yra matuojama bendro laido atžvilgiu, o esant ilgesniems laidams, siųstuvo ir imtuvo bendrojo laido potencialas gali skirtis. To priežastimi gali būti tie patys elektromagnetiniai laukai. Dėl šios priežasties yra numatyta, kad imtuve -3 V ... +3 V įtampų diapazonas turi būti ignoruojamas. Vėliau šiuo požiūriu RS232C buvo tobulinama ir, panaudojus diferencialinį signalo perdavimo principą, sukurtos atsparesnės trukdžiams RS485, RS422, RS423 kitos sąsajos [16].

RS232C sąsajos standartas numato iki 20 kb/s duomenų perdavimo spartą ir iki 15 m ilgio arba 2700 pF talpos kabelį. Tačiau praktiškai pavyksta pasiekti žymiai didesnę duomenų perdavimo spartą naudojant žymiai ilgesnius kabelius. Personaliniuose kompiuteriuose integruota RS232C palaiko iki 115,2 kb/s spartą. Praktiškai su UTP CAT-5 kabeliu (5 pF/m) pasiekiamos duomenų perdavimo spartos ir kabelio ilgiai [16]:

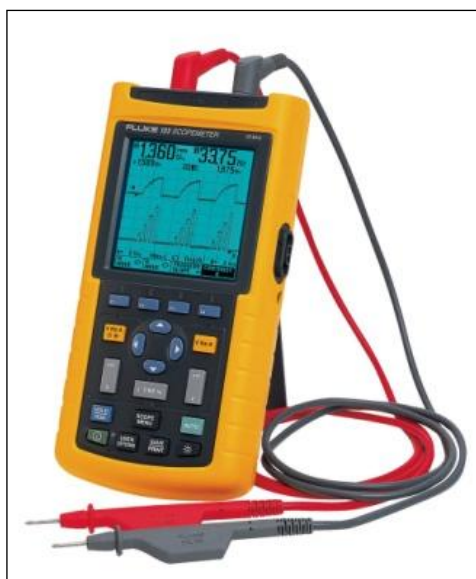
- 19,2 kb/s – 15 m;
- 9,6 kb/s – 150 m;
- 4,8 kb/s – 300 m;
- 2,4 kb/s – 900 m.

4.2. Nežinomų protokolų tyrimo būdai ir priemonės

4.2.1. Techninė įranga

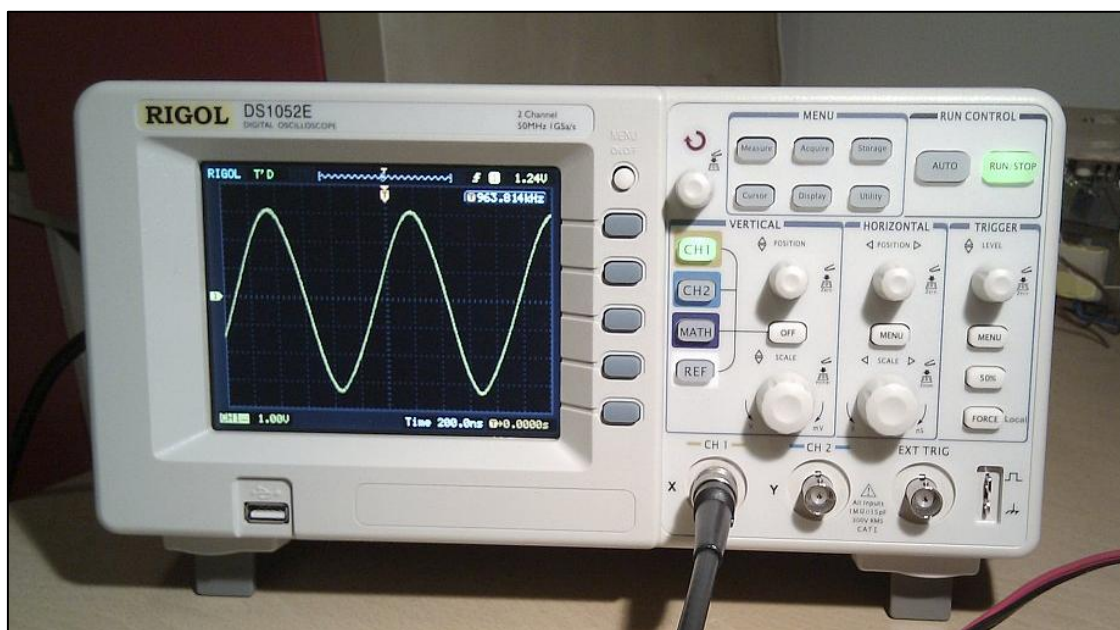
Voltmetrais ir ampermetrais matuojamos tik nuolatinės ir nedidelio dažnio kintamosios srovės elektrinių signalų amplitudinės ar efektyviosios vertės, tačiau jais neįmanoma ištirti elektrinio signalo formos, kuri kartais gali teikti daug daugiau informacijos apie tiriamus vyksmus negu amplitudinė vertė. Elektrinių signalų formos tyrimui buvo sukurti elektroniniai oscilografai. Juose tiriamieji signalai vaizduojami analogine forma, t. y. grafikais, kuriuose pateiktos signalo amplitudės verčių priklausomybės nuo laiko. Pastaruoju metu vis plačiau taikomi skaitmeniniai oscilografai, kuriais, analizuojant tiriamųjų signalų formą, ji pateikiama skaitmeninių kodų seka, kuri po to gali būti vaizduojama oscilografo ekrane grafiko pavidalu arba apdorojama kompiuteriniais metodais tame pačiame oscilografe, arba kompiuteryje [24].

Pirminiam duomenų perdavimo sąsajos tyrimui gali būti pasitelktas skaitmeninis oscilografas Fluke 123 (4.9 pav.) Pasak šaltinių [10, 11], tai 20 MHz dažnio juostos, 25 MS/s kvantavimo greičio, pramoninis, kompaktiškas, lengvai transportuojamas ir atsparus aplinkos poveikiui skaitmeninis 2 kanalų oscilografas. Viena unikaliausių Fluke 123 savybių yra ta, kad šis oscilografas gali veikti autonomiškai, nuo baterijų, todėl juo galima matuoti visiškai nežinomų elektrinių parametrų signalus, nesibaiminant sugadinti patį oscilografą arba matuojamą prietaisą. Fluke 123, veikdamas iš baterijų, gali matuoti net 600 V (iki 400Hz) signalus, nesusietus su matuojamos sistemos „žeme“ (angl. Floating Voltage). Dar viena net gi labiau skaitmeninio signalo analizei būtina funkcija yra išmatuoto signalo įrašymas oscilografo atmintyje, kurią Fluke 123 turi.



4.9 pav. Skaitmeninis oscilografas Fluke 123 [10]

Nors oscilografas Fluke 123 ir yra labai patogus ir ilgaamžis, jis šiuolaikinių greitaigių duomenų perdavimo sąsajų tyrimui tinka ne visada. Fluke 123 puikiai tinka pirminiam duomenų perdavimo sąsajos tyrimui, kai norima sužinoti, kokias loginiais lygiais vyksta duomenų perdavimas, kokia yra naudojama signalo forma ir pan. Labiau gilinantis į duomenų protokolą, dažnai nebeužtenka Fluke 123 vidinės atminties „gylis“ ir (arba) dažnių juostos pločio. Neblogas Fluke 123 analogas yra skaitmeninis dviejų kanalų oscilografas Rigol DS1052E (4.10 pav.).



4.10 pav. Skaitmeninis oscilografas Rigol DS1052E

Pagrindiniai techniniai Rigol DS1052E parametrai pateikti 4.1 lentelėje. Tai gan portatyvus 303 mm x 154 mm x 133 mm (plotis x aukštis x storis) oscilografas, aprūpintas 5,7 colių TFT QVGA (320 X 240) spalvotu skystųjų kristalų ekranu. Rigol DS1052E geba automatiškai atlikti aibę matuojamo signalo charakteristikų matavimų (dažnio, periodo, maksimalios ir minimalios vertės ir pan.) ir turi integruotą reguliuojamą trukdžių filtrą. Viena įdomiausių ir naudingiausių šio oscilografo savybių yra dvejopa USB sąsaja. Prie oscilografo galima prijungti USB atmintuką ir į jį įrašyti matuojamo signalo duomenis CVS (angl. *Comma Separated Value*) bei rastriniu BMP formatu. Taip pat DS1052E galima per USB sąsają prijungti prie asmeninio kompiuterio bei, naudojantis gamintojo pateikta įranga ir tvarkyklėmis, keisti oscilografo nustatymus tiesiai iš kompiuterio ekrano. Bet to, per USB sąsają iš oscilografo galima realiu laiku surinkti duomenis NI LabVIEW (žr. [41]) priemonėmis, juos apdoroti ir panaudoti saviems tikslams, pavyzdžiui, kaip grįžtamąjį ryšį automatinio valdymo sistemoje.

4.1 lentelė. Oscilografo Rigol DS1052E techniniai parametrai

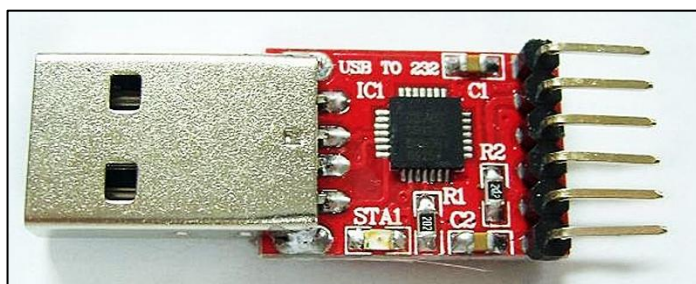
Modelis	DS1052E			
Dažnių juosta	50 MHz			
Kanalų skaičius	2			
Jautrumas	2 mV/pad – 10 V/pad			
	5ns – 50s/pad			
„Realaus laiko“ diskretizavimo dažnis	1 GSa/s (vieno kanalo režimas)			
	500 MSa/s (dviejų kanalų režimas)			
„Ekvivalentus“ diskretizavimo dažnis	10 GSa/s			
Vidinės atminties gylis	Režimas	Diskretizavimo dažnis	„Bendroji“ atmintis	„Ilgoji“ atmintis
	Vieno kanalo	1 GSa/s	16 kpts	–
		500 MSa/s	16 kpts	1 Mpts
	Dviejų kanalų	500 MSa/s	8 kpts	–
		250 MSa/s ar mažiau	8 kpts	512 kpts
Išorinės sąsajos	USB, RS-232			
Matematinės funkcijos	+, –, ×, FFT			
Didžiausia įėjimo įtampa	300 V			
Ekranas	5,7 colių TFT QVGA (320X240) 64K spalvotas SKV (angl. LCD)			

Kartais detaliam duomenų perdavimo sąsajos analizei yra būtinas loginis analizatorius. Tam puikiai tinka 16 kanalų 200 MHz loginis analizatorius Lu-La-USB (4.11 pav.), kuriuo galima fiksuoti ir kompiuterio atmintyje išsaugoti loginių signalų kaitą duomenų sąsajoje. Gamintojo tinklapyje [12] yra trumpai aprašytos minėto loginio analizatoriaus atliekamos funkcijos, greičiai, veikimo metodai ir kita svarbi informacija. Pateiktas trumpas naudotojo vadovas darbui kartu su loginiu analizatoriumi pateikiama programine įranga „Janatek / Jobmatch Systems - Lu-La-USB“. Aprašomos programinės įrangos galimybės, naudotojo sąsajos ypatybės bei pateikiama kita naudotojui svarbi informacija.



4.11 pav. Loginis analizatorius Lu-La-USB

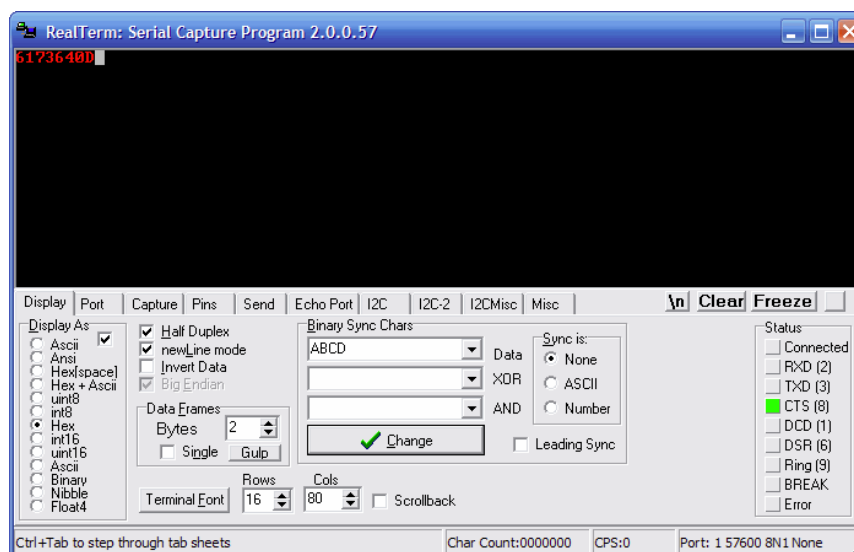
Dažnai, tiriant įvairias duomenų perdavimo sąsajas ir protokolus, yra patogiu skaitmenine sąsaja siunčiamus duomenis atvaizduoti ir apdoroti asmeniniame kompiuteryje. Standartiniai ne pramoniniai kompiuteriai dažniausiai tam tinkamų prievadų, todėl yra būtina naudoti įvairius keitiklius. Pigus ir plačiai pritaikomas keitiklis yra pavaizduotas 4.12 paveiksle. Tai integrinio grandyno CP2102 [žr. 42] pagrindu sukurtas USB – TTL keitiklis, kompiuteryje sukuriantis virtualų COM prievadą, per kurį, su specialia programine įranga, galima vykdyti išorinių duomenų surinkimą. Prie šio keitiklio papildomai galima jungti papildomus signalo loginių lygių suderinimo ar sąsajų keitimo keitiklius, pav. TTL – RS232, RS232 – RS485, TTL – CAN ir pan.



4.12 pav. USB – TTL keitiklis

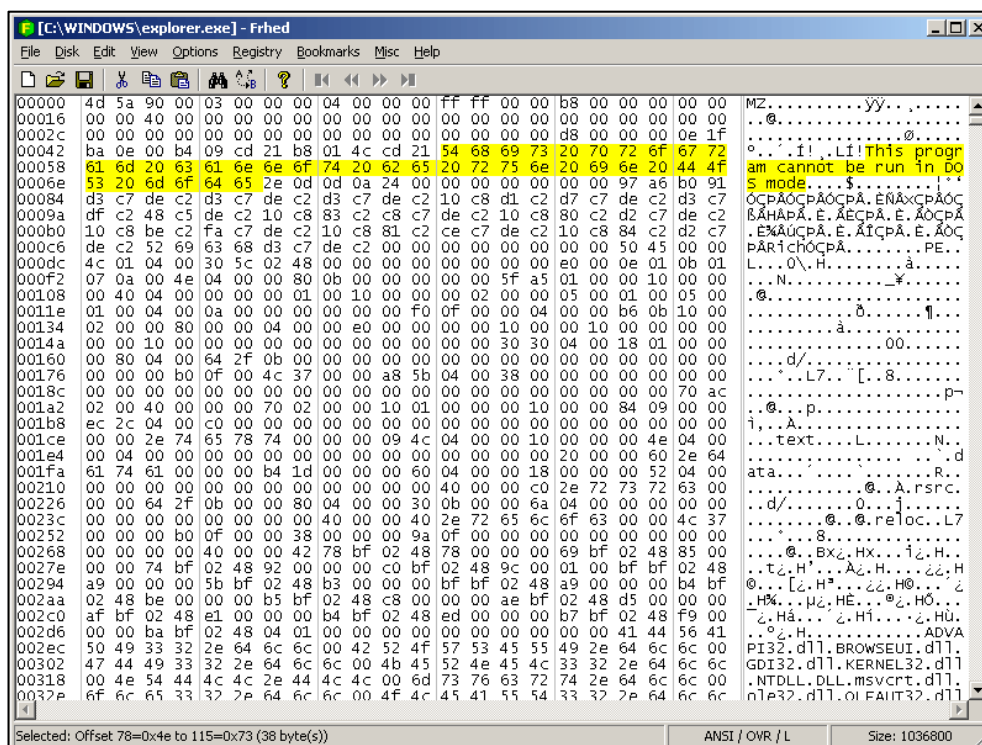
4.2.2. Programinė įranga

Vienas nepakeičiamiausių nežinomų protokolų tyrimo įrankių yra asmeninis kompiuteris. Tai sąlyginai labai pigi ir lengvai prieinama priemonė, gebanti pakeisti labai brangius laboratorinius instrumentus. Kompiuteris puikiai tinka didelio duomenų kiekio apdorojimui ir įvairių procesų modeliavimui. Su atitinkama programine įranga paprasčiausią asmeninį kompiuterį galima pritaikyti individualiems poreikiams, sukurti pusiau ar pilnai automatizuotą duomenų surinkimo ir apdorojimo mechanizmą.



4.13 pav. Programos „RealTerm“ pagrindinis langas [27]

„RealTerm“ – tai visiškai nemokama atvirojo kodo programa, skirta atlikti nuosekliams duomenų mainams tarp kompiuterio ir kokio nors kito įrenginio ar stebėti nuosekliųjų duomenų mainų eigą tarp išorinių įrenginių. Ši programa tyrimui puikiai turi galimybę per COM prievadą gaunamus duomenis atvaizduoti ne tik ASCII pavidalu, bet ir šešioliktainiu bei dvejetainiu kodais. Taip pat programa grafiškai atvaizduoja dažniausiai kitose programose „nematomus“ simbolius, tokius kaip „EOT“, „BS“, „CR“ (žiūrėti [28]), kas labai palengvina gaunamų duomenų analizę. Be viso to, „RealTerm“ (4.13 pav.) gali gautus duomenis išsaugoti tekstinėje rinkmenoje, kurią yra labai patogu analizuoti nemokama atviro kodo (pasak [29]) programa „Frhed“ (4.14 pav.), pritaikyta šešioliktainio kodo rinkmenoms (angl. *hex*) redaguoti ir kurti.

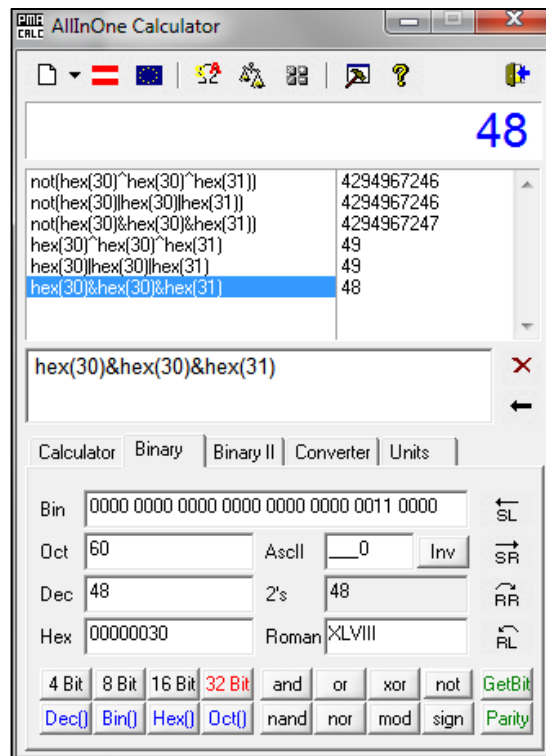


4.14 pav. Programos „Frhed“ pagrindinis langas

Eksperimentuojant su nežinomais duomenų perdavimo protokolais, yra labai patogu vieną ar kitą idėją patikrinti naudojant programas „RealTerm“ ir „Frhed“ kartu. Naudojant specializuotus keitiklius, pavyzdžiui tokį, koks yra aprašytas 4.2.1. poskyryje, su „RealTerm“ galima nuskaityti ir tekstinėje rinkmenoje išsaugoti tiriamą sąsają siunčiamų duomenų paketą. Su „Frhed“ šį duomenų paketą galima redaguoti ir pakeisti. Išsaugojus pakeitimus, naują duomenų paketą galima išsiųsti atgal į tiriamą sąsają naudojant prieš tai naudotą programą „RealTerm“.

Manipuliacijai su įvairiuose skaičiavimo sistemose užkoduotais duomenimis puikiai tinka visiškai nemokama kompiuterinė programa „pmaCalc“ (4.15 pav.). Tai specialiai

programuotojams skirtas skaičiuotuvas su gana patogią vartotojo sąsają, leidžiančią greitai ir patogiai atlikti įvairius matematinius ir loginius veiksmus su įvairiose skaičiavimo sistemose (dešimtainėje, dvejetainėje, šešioliktainėje ir pan.) užkuoduotais duomenimis. Viena iš inžinieriui maloniausių „pmaCalc“ savybių yra ta, kad šis skaičiuotuvas atsimena absoliučiai visas su juo atliktas skaičiavimus bei pateikia jų atsakymus visose pagrindinėse skaičiavimo sistemose vienu metu. Būtent dėl to programa „pmaCalc“ puikiai tinka eksperimentuoti su įvairias skaičiavimo algoritmais.



4.15 pav. Programos „pmaCalc“ pagrindinis langas

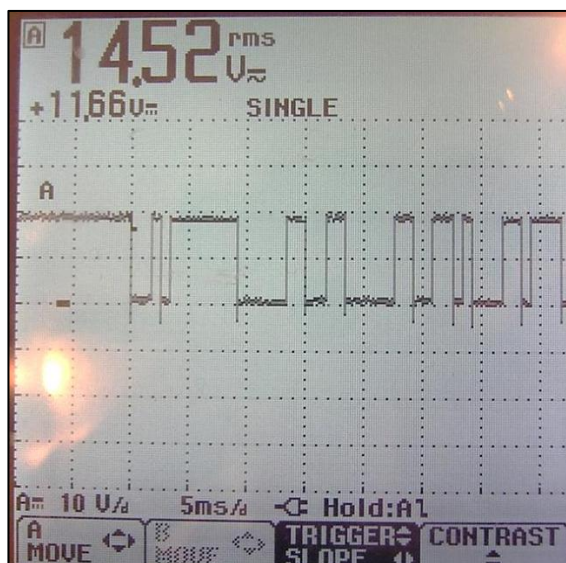
5. TIRIAMOJI DALIS

Verta paminėti, kad visi darbe aprašomi tyrimai buvo atliekami su realiomis švieslenčių sistemomis, išmontuotomis iš UAB „Vilniaus autobusai“ priklausančių maršrutinių autobusų. Tyrimai buvo vykdomi juodosios dėžės (angl. *black box*) principu. Tai toks būdas, kai vidinis sistemos funkcionavimas neįtakoja tyrimo sudarymo. Juodos dėžės metodas vertina tiriamą objektą kaip tokį, kurio veikimas nežinomas. Žinomi tik įėjimo poveikiai ir laukiamas rezultatas. Pagal gautus rezultatus, padarius norimus poveikius (ar įvedus duomenis, paspaudus mygtukus ir pan.), sprendžiama, ar įrangos veikimas teisingas ir tinkamas [25]. Kitaip sakant, naudojant juodosios dėžės tyrimo principą, buvo analizuojami skaitmeninių duomenų srautai tarp švieslenčių ir švieslenčių valdiklio bei tai, kokią įtaką švieslentės atvaizduojamai informacijai turi valdiklio siunčiami duomenys, tačiau nebuvo atsižvelgta į elektrotechninę ir elektroninę (naudojamus mikrovaldiklius, integrinius grandynus ir pan.) švieslenčių informacinės sistemos sandarą.

5.1. Švieslentės duomenų mainų protokolo tyrimas

5.1.1. „LAWO“ švieslentės duomenų mainų tyrimas

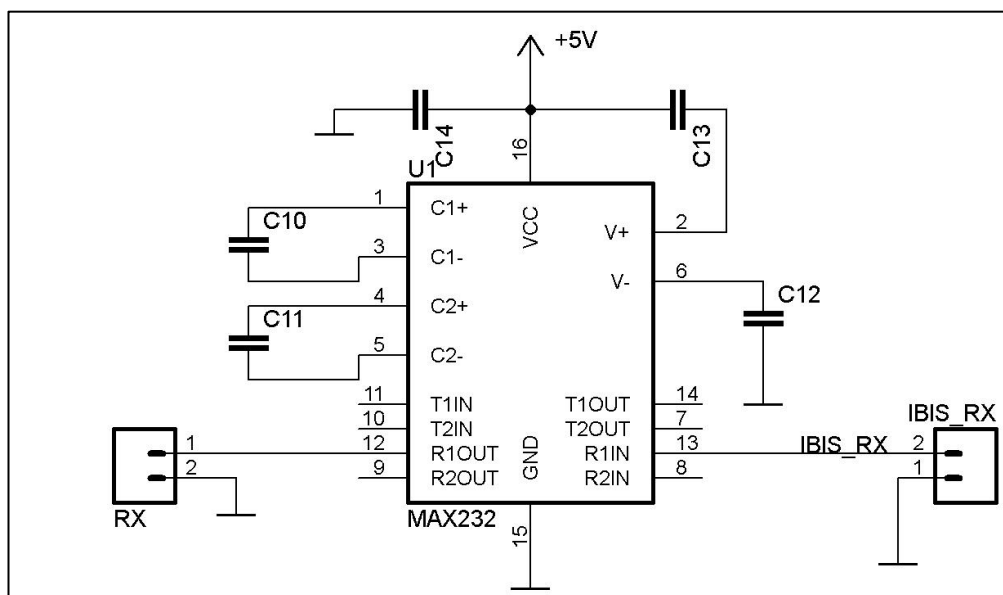
Pirminė duomenų protokolo analizė buvo atlikta skaitmeniniu oscilografu Fluke 123. Buvo nustatyta, kad švieslenčių valdiklis su švieslentėmis bendrauja dvipusiu 0 – 24 V loginio lygio (5.1 pav.) nuosekliaju duomenų protokolu. Duomenys yra perduodami pusiau duplexiniu (angl. *half duplex*) režimu keturlaide fizine sąsaja. Duomenų siuntimą dažniausiai inicijuoja švieslenčių valdiklis. Švieslentės tik priima valdiklio siųstus duomenis ir atsiunčia valdikliui atsaką apie korektišką arba klaidingą duomenų surinkimą.



5.1 pav. Skaitmeninio signalo oscilograma

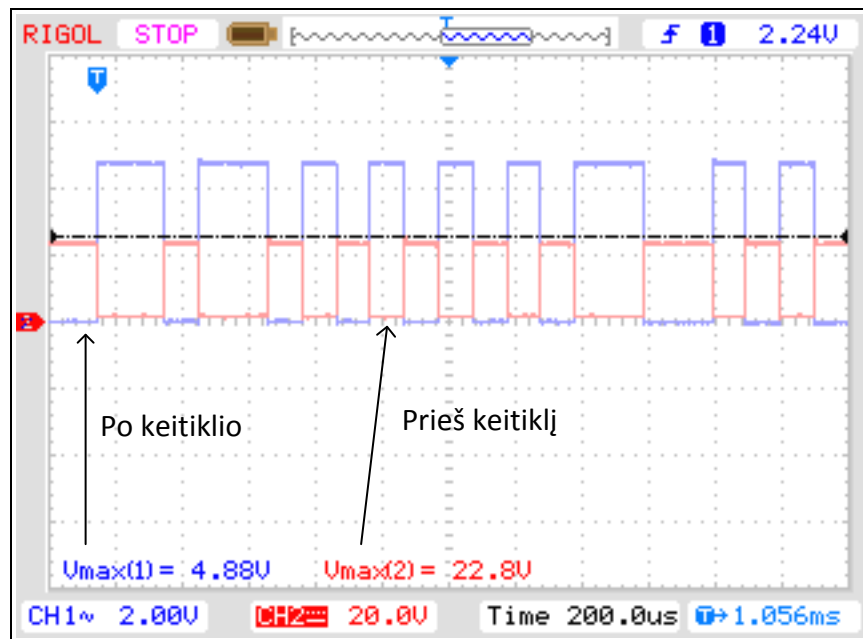
Detalesnė duomenų protokolo analizė skaitmeniniu oscilografu Fluke 123 buvo neįmanoma dėl per mažo Fluke 123 vidinės atminties kiekio. Visas švieslentės valdiklio siunčiamas duomenų paketas tiesiog netilpo oscilografo atmintyje, kas labai apsunkino duomenų mainų protokolo tyrimą. Būtent dėl šios priežasties, buvo nuspręsta tolimesnei duomenų perdavimo sąsajos analizei panaudoti 16 kanalų 200 MHz loginį analizatorių „Lu-La-USB“, kuriuo būtų fiksuojama ir išsaugoma loginių signalų kaita duomenų sąsajoje.

Norint prijungti loginį analizatorių „Lu-La-USB“ prie analizuojamos duomenų sąsajos, pirmiausia reikėjo suderinti skaitmeninių signalų loginius lygius, nes švieslentės valdiklis su švieslentėmis bendrauja 0 – 24 V loginio lygio signalais, o „Lu-La-USB“ gali priimti tik 0 – 5 V signalus. Tam buvo panaudotas integrinis grandynas MAX232 (5.2 pav.).



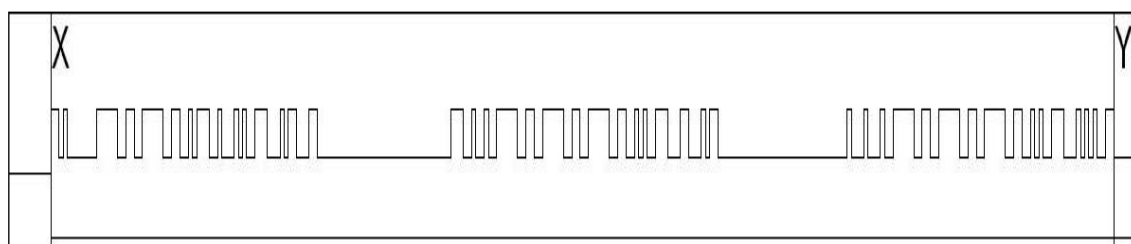
5.2 pav. Duomenų signalo loginio lygio keitiklis

MAX232 – tai specializuotas kompanijos „Texas Instruments“ gaminamas TTL/CMOS – TIA/EIA-232 dvigubas loginių lygių keitiklis, gebantis savo imtuvų įėjimuose $R1IN$ ir $R2IN$ (5.2 pav.) priimti net ± 30 V lygio signalus ir juo konvertuoti į 0 – 5 V TTL loginio lygio signalus. 5.2 pav. pavaizduotas keitiklis buvo suprojektuotas atsižvelgiant į gamintojo šaltinyje [25] pateiktas rekomendacijas. Prieš keitiklio realų panaudojimą, keitiklio tinkama veikseną buvo išbandyta oscilografu „Rigol DS1052E“ (5.3 pav.). Patikrinus, kad keitiklis veikia be priekaištų ir kad jo panaudojimas nekels grėsmės analizatoriui „Lu-La-USB“, buvo pratęstas duomenų mainų sąsajos tyrimas.



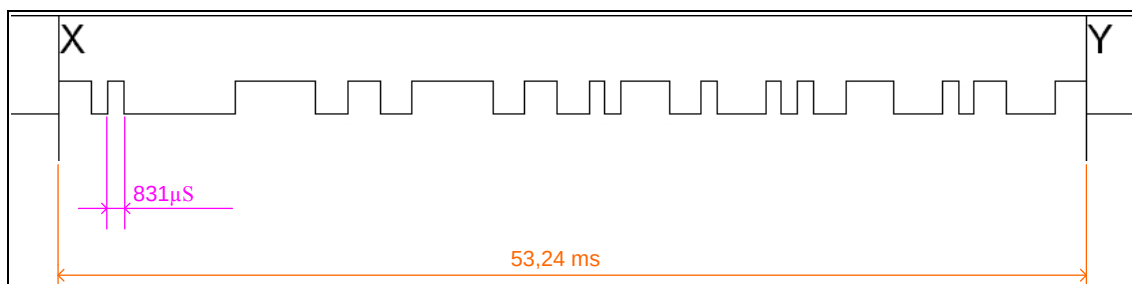
5.3 pav. Duomenų signalo oscilogramos

Loginio analizatoriaus programinė įranga leido gauti vizualias duomenų signalo impulsines diagramas (5.4 pav.) ir jas išsaugoti asmeninio kompiuterio atmintyje tolimesnei analizei.



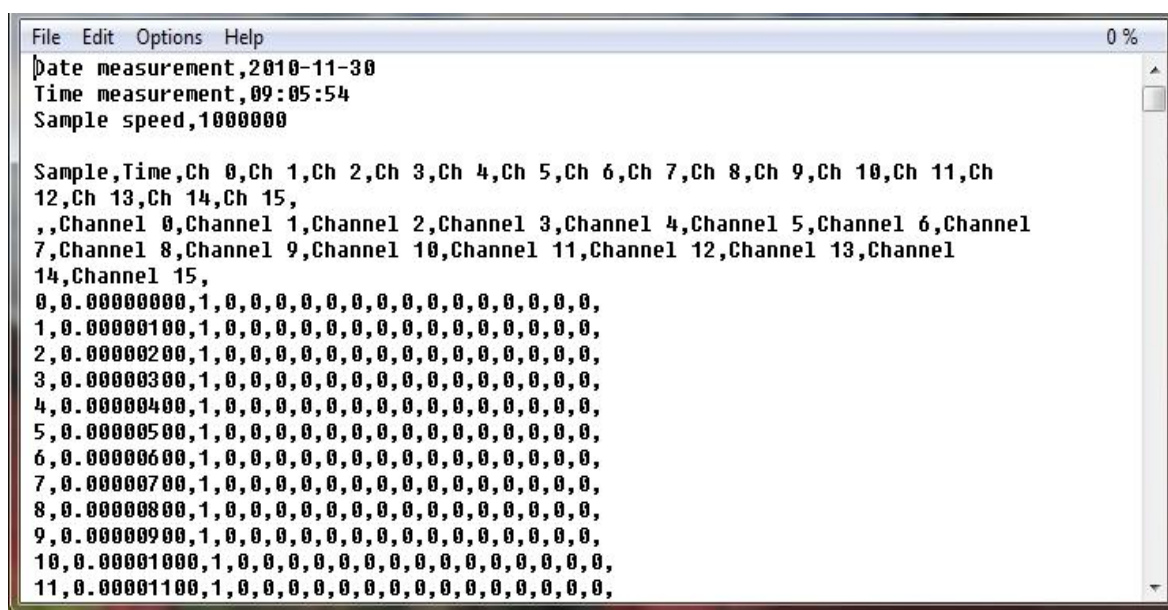
5.4 pav. Duomenų signalo impulsinė diagrama

Iš pirminės impulsinės diagramos analizės tapo aišku, kad duomenų paketą sudaro trys 64 bitų serijos, viena nuo kitos atskirtos tam tikro laiko pauzėmis. Nustatyta, kad loginio vieneto trukmė yra 831 μ s, o viena bitų serija trunka 53,24 ms (5.5 pav.). Pauzės trukmė $\sim$ 27 ms.



5.5 pav. Duomenų signalo fragmentas

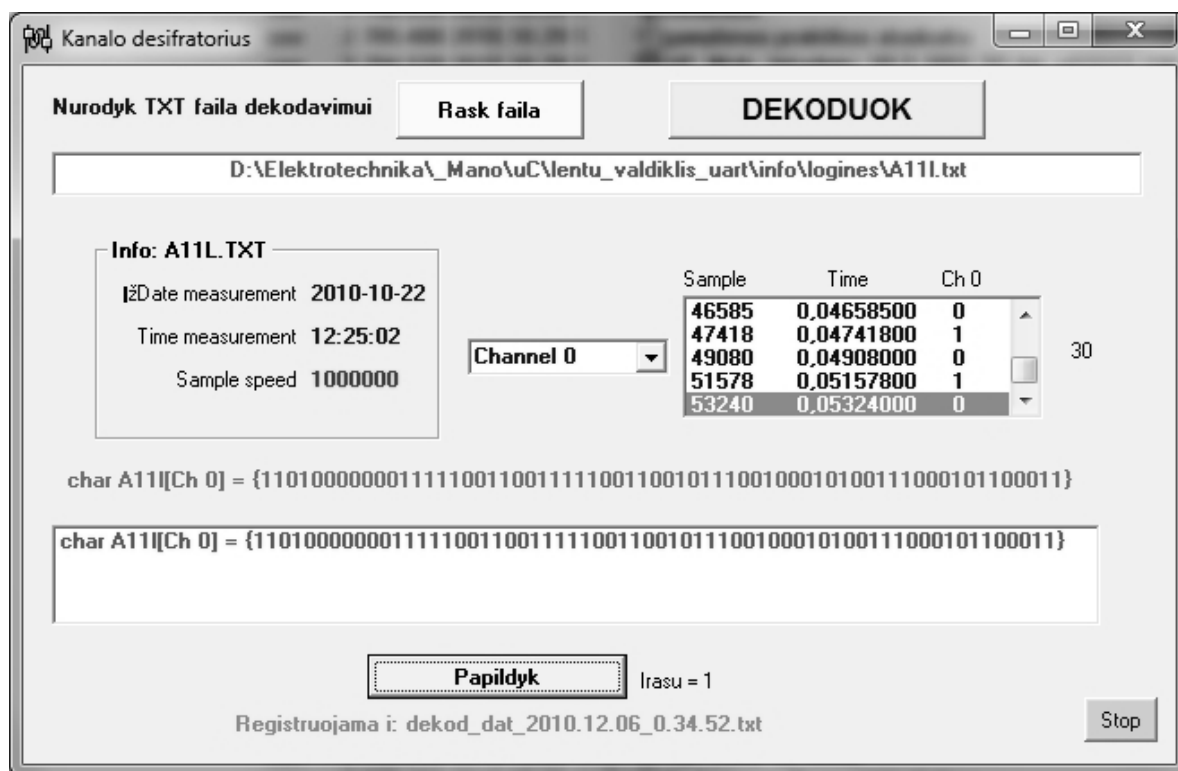
Analizatoriaus „Lu-La-USB“ programinė įranga leidžia impulsinę duomenų signalo diagramą išsaugoti CSV (angl. *Comma Separated Value*) formatu, kas turėtų palengvinti duomenų analizės užduotį, tačiau loginio signalo lygis impulsinės diagramos „išsklotinėje“ yra išrašomas kas kiekvieną kvantavimo periodą (5.6 pav.). T. y. jei loginis analizatorius signalo reikšmę tikrina 1 MHz taktiniu dažniu, o signalo loginio vieneto trukmė yra $\sim 831 \mu\text{s}$ (5.5 pav.), tai CSV rinkmenoje yra įrašomos ~ 831 eilučių su vienetine signalo reikšme. Dviejų loginių vienetų seka bus užrašyta ~ 1662 eilutėmis ir t.t.



5.6 pav. Impulsinės diagramos „išsklotinės“ fragmentas

Dėl šios priežasties surinktų duomenų analizei buvo sukurta kompiuterinė programa „Kanalų dešifраторius“ (5.7 pav.). Programa, pasitelkusi nesudėtingą matematinę algoritmą, verčia „Lu-La-USB“ impulsinės diagramos „išsklotinę“, išsaugotą CSV (angl. *Comma Separated Value*) formatu, į lengviau suprantamą dvejetainio kodo seką.

„Kanalų dešifраторius“ impulsinės diagramos „išsklotinėje“ (žr. 5.8 pav.) ieško signalo loginio lygio pokyčių bei apskaičiuoja laiko intervalus T_N tarp jų (5.1 formulė).

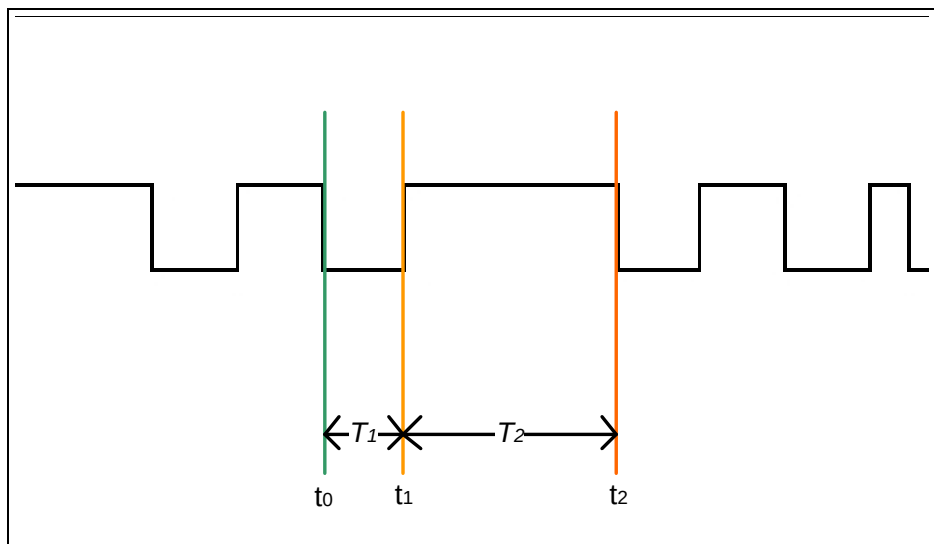


5.7 pav. Programos „Kanalų dešifраторius“ langas

$$\begin{aligned}
 T_1 &= t_1 - t_0, \\
 T_2 &= t_2 - t_1, \\
 &\dots\dots\dots \\
 T_N &= t_N - t_{N-1}.
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

Kiekvienas laiko intervalas yra padalinamas iš vienetinio loginio impulso trukmės t_i , žinomos iš pirminės impulsų diagramos analizės. Taip yra gaunamas impulsų skaičius I_N kiekvieno intervalo T_N metu.

$$I_N = \frac{T_N}{t_i}.
 \tag{5.2}$$



5.8 pav. Impulsų diagramos fragmentas

Programa, baigusi analizę, pagal apskaičiuotus impulsų kiekius suformuoja dvejetainio kodo seką (5.9 pav.), logine prasme atitinkančią impulsinę diagramą. Programa geba apdoroti kelias „išsklotines“ iš eilės, gautas sekas išsaugodama tekstinėje rinkmenoje.

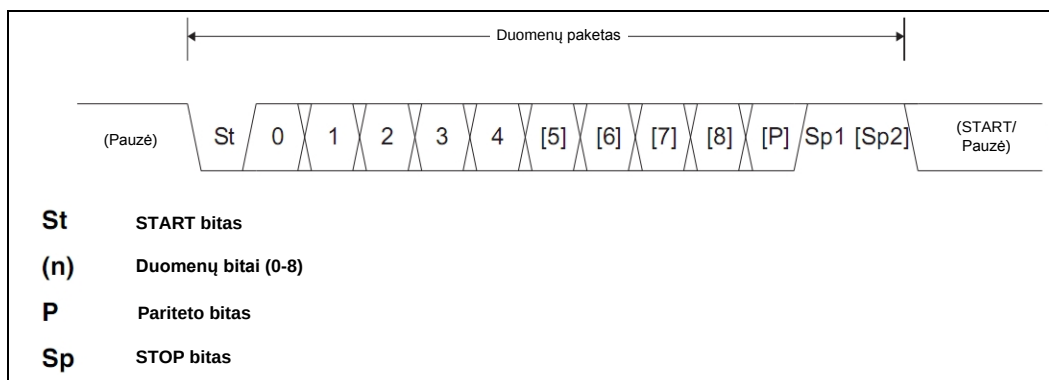
```
1101000000011111001100111110011001011100100010100111000101100011
```

5.9 pav. Dvejetainio kodo seka

Šiuo kvazi automatizuotu būdu gautas sekas patogiau analizuoti, redaguoti, konvertuoti, atlikti su jomis įvairias manipuliacijas (5.10 pav.) ir pan. Be to, naudojant kompiuterizuotą „išsklotinių“ apdorojimo metodą, yra išvengiama žmogiškųjų klaidų, kurios yra dažnos dirbant monotonišką darbą.

```
1101000000011111001100111110011001011100100010100111000101100011
{1 1010000 0 00 1 1111001 1 00 1 1111001 1 00 1 0111001 0 00 1 0100111 0 00 1 0110001 1}
0101111      0000110      0000110      1000110      1011000      1001110
1111010      0110000      0110000      0110001      0001101      0111001
7A           30           30           31           0D           39
```

5.10 pav. Manipuliacijos su dvejetainio kodo seką



5.11 pav. USART sąsajos laikinės funkcionavimo diagramos

Palyginus dvejetainio kodo seką (5.10 pav.) su žinomais duomenų perdavimo protokolais, buvo nustatyta, kad IBIS protokolo struktūra visiškai atitinka USART duomenų perdavimo protokolo struktūrą. USART (angl. *Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter*) – tai labai lankstus nuoseklaus duomenų perdavimo protokolas. Jį naudoja dauguma mikrovaldiklių bendravimui vienas su kitu arba su kompiuteriu. Duomenų mainai šiuo protokolu gali vykti dvejopai: asinchroniškai ir sinchroniškai. Režimai tarpusavyje skiriasi duomenų mainų pradžios, vadinamos sinchronizavimu, būdais. [20]

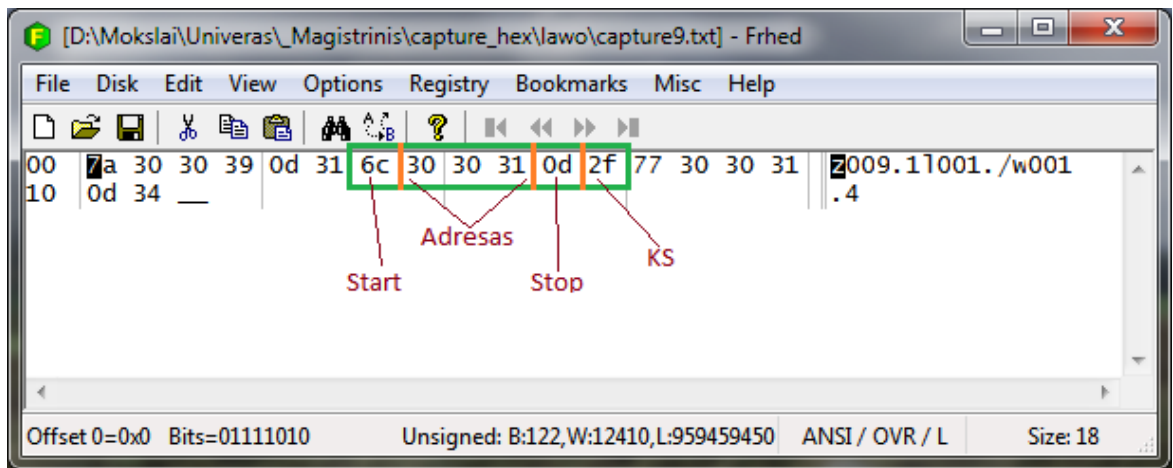
Asinchroniniame darbo režime (5.11 pav.) duomenų mainai pradedami asinchroniškai, kai imtuvas Rx įėjime aptinka startinį bitą (fiksuoja pokytį iš 1 į 0 loginį lygį). Po start bito priimami duomenų bitai. Duomenų priėmimas baigiamas, priėmus stop sustojimo bitą ar bitus. Dažnai šis darbo režimas dar vadinamas *start – stop* darbo režimu. Duomenys apribojami (įreminami) start ir stop bitais. Priėmus eilinius duomenis, gali prasidėti ir tęstis laukimo būseną tol, kol nebus priimtas naujas start bitas [7].

Vienas iš svarbiausių skaitmeninio signalo parametrų yra jo perdavimo greitis bitais per sekundę. Tik žinant šį greitį, galima vienareikšmiškai atkartoti nuskaitytą signalą taip, kad jį suprastų valdomasis įrenginys. Signalų greitis yra apskaičiuojamas pagal 5.3 formulę. Čia T_m – vienos bitų serijos trukmė (5.5 pav.), I_m – impulsu skaičius bitų serijoje.

$$BAUD = \frac{T_m}{I_m} = \frac{52,24 \cdot 10^{-3}}{64} = 1225,15 \text{ B/s} \approx 1200 \text{ B/s.} \quad (5.3)$$

Analizuojant dvejetainio kodo sekas, gautas nuskaičius duomenis loginiu analizatoriumi „Lu-La-USB“ bei kompiuterine programa „Kanalų dešifratorius“, buvo nustatyta, kad IBIS protokolo struktūra yra: 1 *start*, 7 duomenų, 1 „even“ tipo pariteto ir 2 *stop* bitai.

Visa ši gauta informacija leido tolimesnei skaitmeninio duomenų perdavimo protokolo analizei panaudoti kompiuterinę programą „RealTerm“ ir „Frhed“.



5.12 pav. Programos „Frehed“ pagrindinis langas

5.12 paveiksle pateiktas tipinis „LAWO“ valdiklio L8401 siunčiamas pranešimas švieslentei. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad IBIS protokolu švieslentei yra siunčiamas duomenų 18 baitų paketas, susidedantis iš trijų 6 baitų duomenų kardų. Kiekvienas kardas yra sudarytas iš startinio simbolio, reiškiančio duomenų mainų pradžią, trijų duomenų „konteinerių“ K1 – K3, duomenų siuntimo pabaigą reiškiančio simbolio „stop“ ir kontrolinės sumos KS (5.12, 5.13 pav.). Eksperimentiškai buvo nustatyta, kad kiekvienas duomenų kadras yra pradedamas vis kitu starto simboliu, kuris reiškia vis skirtingą duomenų kadro paskirtį. Pirmame kadre yra nurodomas maršruto numeris, antrame – kryptis, o trečiame – autobuso linija (Lietuvoje nenaudojama).



5.13 pav. Duomenų kadro struktūra

Duomenys, siunčiami švieslentei, yra koduojami ASCII kodu (angl. *American Standard Code for Information Interchange*). ASCII kodai yra dažniausiai naudojami tekstui kompiuteriuose, mobiliuosiuose telefonuose ir kituose komunikacijos įrenginiuose įrašyti, saugoti ir atvaizduoti. Išskirtinė ASCII kodo savybė yra ta, kad skaitmenims, didžiosioms raidėms ir mažosioms raidėms skirti intervalai yra ištisiniai: vienetu padidinus reikšmę, gaunama sekanti raidė ar skaitmuo. Taip pat visų ASCII lentelės simbolių kodams pakanka septynių bitų. Aštuntasis bitas gali būti naudojamas įvairiems specialioms tikslams. Pavyzdžiui, jis kai kada nurodo, ar vienetų skaičius likusiuose septyniuose bituose yra nelyginis, taip įsitikinant, ar perduodant nebuvo padaryta klaidų [39].

Sunkiausia „LAWO“ švieslentės duomenų mainų tyrimo dalis buvo duomenų kadro (5.13 pav.) kontrolinės sumos sudarymo algoritmo radimas. Apskritai, kad paskutinis duomenų kadro

baitas yra kontrolinė suma buvo suprata tik po nesėkmingų bandymų imituoti švieslentės valdiklio veikseną asmeniniu kompiuteriu, programa „Realterm“ ir signalų loginių lygių keitikliais (5.2, 5.34 pav.). Šių bandymu metu buvo nuskaitymas švieslentes valdiklio siunčiamas duomenų paketas, išsaugomas kompiuterio atmintyje, modifikuojamas programa „Frhed“ (pav. pakeičiama kurio nors iš duomenų kadrų duomenų konteinerių vertė) ir išsiunčiamas švieslentei. Šiuo rankiniu būdu buvo nustatyta, kad imituoti švieslentės valdiklio veikseną asmeniniu kompiuteriu įmanoma, tačiau akla keisti duomenų kadrų duomenų konteinerių K1 – K3 verčių negalima, nes švieslentės jų nesupranta. Siekiant perprasti, kaip yra sudaromas kontrolinės sumos baitas, buvo nutarta atidžiau pažvelgti į valdiklio siunčiamus duomenų kadrus.

5.1 lentelė. „LAWO“ valdiklio siunčiamų maršruto duomenų kadrų pavyzdžiai

Adresas₁₀	Start₁₆	K1₁₆	K2₁₆	K3₁₆	Stop₁₆	KS₁₆
000	7A	30	30	30	0D	38
001		30	30	31		39
002		30	30	32		3A
006		30	30	36		3E
007		30	30	37		3F
008		30	30	38		30
009		30	30	39		31
010		30	31	30		39
011		30	31	31		38
012		30	31	32		3B
013		30	31	33		3A
020		30	32	30		3A
021		30	32	31		3B
031		30	33	31		3A
100		31	30	30		39
255		32	35	35		3A
801		38	30	31		31
901		39	30	31		30
991		39	39	31		39
992		39	39	32		3A
993		39	39	33		3B
994		39	39	34		3C
995		39	39	35		3D
996		39	39	36		3E
997		39	39	37		3F
998		39	39	38		30
999		39	39	39		31

5.1 lentelėje yra pateikti valdiklio L8401 švieslentei siunčiamo pranešimo maršruto kadro pavyzdžiai. Galima spėti, kad kontrolinė suma yra skaičiuojama naudojant K1 – K3 duomenų

konteinerių duomenis, o ne dešimtainį maršruto numerį. Taip pat iš 5.1 lentelėje pateiktų pavyzdžių yra akivaizdu, kad kontrolinė suma tikrai nėra skaičiuojama paprasčiausiai sudedant ar atimant $K1 - K3$ vertes vieną iš kitos. Galvojant logiškai, galima būtų spėti, kad kontrolinė suma KS yra skaičiuojama naudojant logines Būlio algebros (angl. *Boolean algebra*) operacijas.

Kitas įdomus KS sudarymo aspektas yra tas, kad skaičiavimo algoritme akivaizdžiai galioja asociatyvumo dėsnis, kuris teigia, kad sumos arba sandaugos rezultatas nepriklauso nuo dėmenų arba daugiklių sugrupavimo būdų [40]. T. y. kontrolinė suma KS yra gaunama vis ta pati, siunčiant skirtingus maršruto adresus, sudarytus iš tų pačių dėmenų, pav.: siunčiant adresus 001, 010 ir 100 gaunama vis ta pati kontrolinė suma $KS_{16} = 39$ (5.2 lentelė). Tai dar vienas įrodymas, kad yra naudojama Būlio algebra.

5.2 lentelė. Maršruto duomenų kadrų pavyzdžiai

Adresas₁₀	Start₁₆	K1₁₆	K2₁₆	K3₁₆	Stop₁₆	KS₁₆
001	7A	30	30	31	0D	39
010		30	31	30		39
100		31	30	30		39

Paprasčiausias būdas įsitikinti, kokia loginė funkcija yra naudojama kontrolinės sumos sudarymui, yra paprasčiausiai išbandyti pagrindines logines funkcijas ir patikrinti, koks rezultatas yra artimiausiais realiai kontrolinės sumos vertei. Pasak [22], pagrindinės loginės funkcijos yra šios: IR, ARBA, išskirtinis ARBA, IR-NE, ARBE-NE, inversinis išskirtinis ARBA, kartotuvus ir inverteris. Pastarosios dvi funkcijos akivaizdžiai netinka tiesioginiam kontrolinės sumos skaičiavimui, nes operuoja tik vienu kintamuoju, todėl eksperimentams buvo naudojamos tik pirmosios šešios loginės funkcijos. Patikrinimui buvo pasirinkta visiškai nemokama kompiuterinė programa „pmaCalc“ (4.15 pav.), kuria ir buvo atliekami visi skaičiavimai siekiant rasti 5.4 formulę kuria yra apskaičiuojama kontrolinė suma KS .

$$KS = f(K1, K2, K3). \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned}
 KS_{16} &= K1_{16} | K2_{16} | K3_{16} = 30 | 30 | 31 = 31 \neq 39; \\
 KS_{16} &= K1_{16} \& K2_{16} \& K3_{16} = 30 \& 30 \& 31 = 30 \neq 39; \\
 KS_{16} &= K1_{16} \oplus K2_{16} \oplus K3_{16} = 30 \oplus 30 \oplus 31 = 31 \neq 39; \\
 KS_{16} &= \overline{K1_{16} | K2_{16} | K3_{16}} = \overline{30 | 30 | 31} = CE \neq 39; \\
 KS_{16} &= \overline{K1_{16} \& K2_{16} \& K3_{16}} = \overline{30 \& 30 \& 31} = CF \neq 39; \\
 KS_{16} &= \overline{K1_{16} \oplus K2_{16} \oplus K3_{16}} = \overline{30 \oplus 30 \oplus 31} = CE \neq 39.
 \end{aligned} \quad (5.5)$$

Skaičiavimai 5.5 yra sudaryti pagal prototipą 5.4 naudojant, tik IR, ARBA, išskirtinės ARBA, IR-NE, ARBE-NE ir inversinės išskirtinės ARBA funkcijas. Iš 5.5 formulių matome, kad atliekant visas 6 logines operacijas teisinga kontrolinė suma nesigauna. Naudojant IR-NE, ARBE-NE ir inversinės išskirtinės ARBA funkcijas yra gaunamas rezultatas, visiškai nepanašus į valdiklio suskaičiuojamą kontrolinę sumą, todėl šias funkcijas galima atmesti ir tolimesniam tyrimui nenaudoti.

Naudojant funkcijas ARBA, IR, išskirtinę ARBA, gaunamas labai panašus rezultatas, todėl reikia atlikti daugiau patikrinimų, kuriais bus galima nustatyti ar atmesti algoritme naudojamas funkcijas.

$$\begin{aligned}KS_{16} &= K1_{16} | K2_{16} | K3_{16} = 30 | 32 | 31 = 33 \neq 3B; \\KS_{16} &= K1_{16} \& K2_{16} \& K3_{16} = 30 \& 32 \& 31 = 30 \neq 3B; \\KS_{16} &= K1_{16} \oplus K2_{16} \oplus K3_{16} = 30 \oplus 32 \oplus 31 = 33 \neq 3B.\end{aligned}\tag{5.6}$$

Skaičiavimuose 5.6 išlieka ta pati tendencija, kaip ir formulėse 5.5, t.y. gaunamos gana panašios visų trijų funkcijų reikšmės. Darosi aišku, kad funkcija IR kontrolinės sumos skaičiavimui nėra naudojama, nes bandant loginę sandaugą panaudoti skirtingiems maršruto numeriams, yra gaunamas tas pats rezultatas, t.y. ir $30 \& 30 \& 31 = 30$, ir $30 \& 32 \& 31 = 30$, o taip būti neturėtų, todėl funkciją IR galima atmesti. Lieka loginės funkcijos ARBA ir išskirtinė ARBA.

Loginių funkcijų ARBA ir išskirtinis ARBA pritaikymo kontrolinei sumai KS skaičiuoti bandymo rezultatai yra pateikti 5.3 lentelėje. Kaip matome, pritaikant šias logines funkcijas didesniai kiekiui duomenų išryškėja šiokie tokie skirtumai. Naudojant funkciją ARBA skirtingiems maršrutų numeriams, dažnai yra gaunama ta pati kontrolinės sumos išraiška, nors reali, valdiklio apskaičiuojama, kontrolinė suma tais atvejais nėra vienoda (5.7 skaičiavimai)

$$\begin{aligned}38 | 30 | 31 &= 39 \neq 31; \\39 | 30 | 31 &= 39 \neq 30; \\39 | 39 | 31 &= 39 \neq 39.\end{aligned}\tag{5.7}$$

Racionalesnis variantas yra gaunamas naudojant loginę išskirtinės ARBA funkciją. Naudojant šią funkciją (priešingai nei naudojant paprastą loginę ARBA) yra gaunamos unikalios kontrolinės sumos reikšmės (5.3 lentelė, stulpelis $f_2 = K1 \oplus K2 \oplus K3$). Kaip jau buvo nustatyta anksčiau (skaičiavimai 5.5 ir 5.6), naudojant išskirtinės ARBA funkciją yra gaunamos labai į realią valdiklio siunčiamą kadrų K1–K3 kontrolinę sumą panašios reikšmės, tačiau neidentiškos.

Siekiant identifikuoti šį skirtumą, apskaičiuotos ir realios kontrolinės sumos buvo atimtos viena iš kitos (5.3 lentelė, stulpeliai $KS - f_1$, $KS - f_2$).

5.3 lentelė. Loginių funkcijų ARBA ir išskirtinės ARBA pritaikymo kontrolinės sumos KS skaičiavimui bandymas

$K1$	$K2$	$K3$	KS	$f_1 = K1 K2 K3$	$f_2 = K1 \oplus K2 \oplus K3$	$KS - f_1$	$KS - f_2$
32	35	35	3A	37	32	3	8
38	30	31	31	39	39	-8	-8
39	30	31	30	39	38	-9	-8
39	39	31	39	39	31	0	8
39	39	32	3A	3B	32	-1	8
39	39	33	3B	3B	33	0	8
39	39	34	3C	3D	34	-1	8
39	39	35	3D	3D	35	0	8
39	39	36	3E	3F	36	-1	8
39	39	37	3F	3F	37	0	8
39	39	38	30	39	38	-9	-8
39	39	39	31	39	39	-8	-8

Kaip matome, 5.3 lentelės stulpelis $KS - f_1$ dar kartą patvirtina, kad paprasta loginė ARBA funkcija tikrai nėra naudojama kontrolinės sumos skaičiavimui. Šio stulpelio reikšmės per daug varijuoja, todėl racionaliam skaičiavimo algoritmui netinka. Užtat stulpelio $KS - f_2$ rezultatai yra daug žadantys. Kaip matome, skirtumas tarp realios ir apskaičiuotos kontrolinės sumos yra tik $\pm 8_{16}$. Taip pat galima pastebėti, kad šis skirtumas yra teigiamas, jei visi duomenys konteineriuose $K1 - K3$ yra mažesni nei 38_{16} , ir yra neigiamas, jei nors vienas iš duomenų baitų yra didesnis nei ar lygus 38_{16} .

Taigi, po ilgų matematinių išieškojimų, papildomų duomenų analizės bei bandymų imituoti švieslentės valdiklio veikseną asmeniniu kompiuteriu, buvo išvesta ir kontrolinės sumos formulė. Kontrolinė suma yra apskaičiuojama atliekant loginės išskirtinės ARBA operaciją su duomenimis, esančiais duomenų konteineriuose $K1 - K3$, bei priklausomai nuo duomenų baitų dydžių, pridedant ar atimant 8_{16} :

$$KS_{16} = \begin{cases} (K1_{16} \oplus K2_{16} \oplus K3_{16}) + 8_{16}, & \text{kai } K1_{16}, K2_{16} \text{ ir } K3_{16} < 38_{16} \\ (K1_{16} \oplus K2_{16} \oplus K3_{16}) - 8_{16}, & \text{kai } K1_{16}, K2_{16} \text{ ir } K3_{16} \geq 38_{16} \end{cases} \quad (5.8)$$

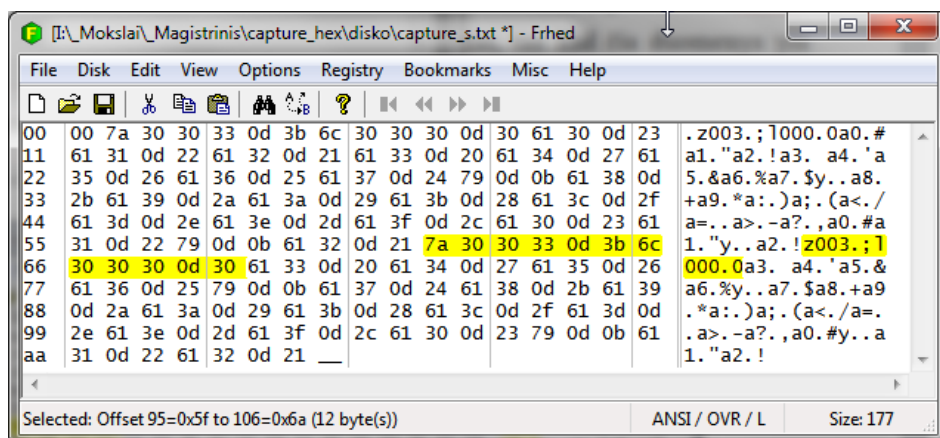
5.1.2. „Brose“ švieslenčių duomenų mainų tyrimas

Vilniaus maršrutiniuose autobusuose taip pat yra naudojamos ir kompanijos „Brose“ pagamintos informacinės sistemos, savo sandara artimos „LAWO Luminator Technology Group“ sukurtai sistemai. Svarbiausias skirtumas tarp abiejų gamintojų informacinių sistemų yra tas, kad vieno gamintojo informacinės sistemos pagrindinis valdiklis netinka kito gamintojo švieslenčių valdymui ir atvirkščiai. Būtent dėl to buvo nuspręsta ištirti duomenų mainų „Brose“ informacinėje sistemoje protokolą.

Kartojant veiksmus, aprašytus 5.1.1. poskyryje, buvo nustatyta, kad „Brose“ sistemoje duomenų perdavimas, kaip ir „LAWO“ sistemoje, vyksta dvipusiu 0 – 24 V loginio lygio (5.1 pav.) nuosekliuoju duomenų protokolu. Duomenys yra perduodami pusiau duplexiniu (angl. *half duplex*) režimu keturlaide fizine sąsaja. Duomenų siuntimą dažniausiai inicijuoja švieslenčių valdiklis. Švieslentės tik priima valdiklio siųstus duomenis ir atsiunčia valdikliui atsaką apie korektišką arba klaidingą duomenų surinkimą.

Tiriant duomenų perdavimo kanalą loginiu analizatoriumi „Lu-La-USB“ bei kompiuterine programa „Kanalo dešifраторius“, buvo nustatyta, kad „Brose“ sistemoje duomenų mainai taip pat, kaip ir „LAWO“ sistemoje vyksta USART protokolu, kurio struktūra yra: 1 *start*, 7 duomenų, 1 „*even*“ tipo pariteto ir 2 *stop* bitai. Duomenų perdavimo greitis taip pat yra 1200 B/s.

Pagrindinis „Brose“ duomenų perdavimo protokolo skirtumas, lyginant su „Lawo“ sistemoje naudojamu duomenų perdavimo protokolu, yra tas, tas kad čia duomenys yra siunčiami nuolat, tarpus tarp reikšmingų duomenų paketų užpildant 4 baitų ilgio kintančiomis duomenimis (5.14 pav.).



5.14 pav. „Brose“ duomenų mainų protokolo fragmentas

Tyrimo metu buvo nustatyta, kad IBIS „Brose“ protokolu švieslentei yra siunčiamas reikšmingų duomenų paketas, susidedantis iš dviejų 6 baitų duomenų kardų. Kiekvienas kardas yra sudarytas iš startinio simbolio, reiškiančio duomenų mainų pradžią, trijų duomenų „konteinerių“ K1 – K3, duomenų siuntimo pabaigą reiškiančio simbolio „stop“ ir kontrolinės sumos KS (5.13 pav.). Eksperimentiškai buvo nustatyta, kad kiekvienas duomenų kadras yra pradedamas vis kitu starto simboliu, kuris reiškia vis skirtingą duomenų kadro paskirtį. Pirmame kadre yra nurodoma maršruto kryptis, o antrame – maršruto numeris.

Atidžiau pažvelgus į duomenų paketus, buvo nustatyta, kad šie paketai yra naudojami ryšio tarp švieslenčių ir pagrindinio švieslenčių valdiklio palaikymui. Pagrindinis valdiklis siunčia šiuos paketus visoms prie sistemos prijungtoms švieslentėms bei pagal gautus atsakus nusprendžia kiek ir kokių švieslenčių yra prijungta prie IBIS duomenų sąsajos bei informuoja vairuotoją, jei viena iš švieslenčių staiga nebeatsiliepia. Šio patikrinimo pavyzdys yra pateiktas 5.4 lentelėje. Iš lentelės matome, kad pagrindinio valdiklio užklausa duomenų paketas yra sudarytas iš startinio simbolio, vieno duomenų „konteinerio“, duomenų siuntimo pabaigą reiškiančio simbolio „stop“ ir kontrolinės sumos. Švieslentės atsako duomenų paketas yra beveik identiškas pagrindinio valdiklio užklausa paketui, tačiau skiriasi starto simbolio reikšmė. Ši reikšmė tiesiogiai priklauso nuo konkrečios švieslentės tipo, pav. 21₁₆ reiškia, kad tai šoninė švieslentė.

5.4 lentelė. Komunikavimo tarp pagrindinio valdiklio ir vienos iš švieslenčių pavyzdys

Pagrindinio valdiklio užklausa				Vienos iš švieslenčių atsakas			
61	30	0D	23	21	30	0D	23
	31		22		31		22
	32		31		32		31
	33		20		33		20
	34		27		34		27
	35		26		35		26
	36		25		36		25
	37		24		37		24
	38		2B		38		2B
	39		2A		39		2A

Iš viso valdiklis tarp dviejų reikšmingų duomenų paketų (maršruto numerio ir krypties) vidutiniškai išsiunčia po 21 ryšio palaikymo paketą. Žinant tai, galima apskaičiuoti, kokia laiko pertrauka yra tarp dviejų reikšmingų duomenų paketų. Vien naudojantis loginiu analizatoriumi tai nustatyti būtų labai sunku: loginio signalo impulsinėje diagramoje ir programos „Kanalo dešifраторius“ (5.7 pav.) sudarytoje loginio signalo „išsklotinėje“ (5.9 pav.) būtų tiesiog per daug duomenų. Pauzė buvo pasirinkta apskaičiuoti pagal 5.9 formulę.

$$t_p = \frac{P \cdot B_{sk} \cdot bt_{sk}}{BAUD} = \frac{21 \cdot 4 \cdot 10}{1200} = 0,7s, \quad (5.9)$$

čia P – paketų skaičius; B_{sk} – baitų skaičius pakete; bt_{sk} – bendras bitų skaičius viename duomenų baite (duomenų, start, stop ir pariteto bitai); $BAUD$ – duomenų perdavimo greitis (B/s).

Eksperimentiškai buvo nustatyta, kad šie ryšio palaikymo baitai, užpildantys tarpą tarp dviejų reikšmingų duomenų paketų, gali būti ir nenaudojami. Tam, kad švieslentės sėkmingai priimtų valdiklio siunčiamus duomenis, praktiškai užtenka išlaikyti maždaug tokia pauzės trukmę, kuri yra apskaičiuota 5.9 formulėje. Tačiau be šio ryšio palaikymo informacinė sistema netenka dalies funkcionalumo, t.y. nebėra galimybės nustatyti kokios švieslentės yra prijungtos ir ar jos veikia tinkamai.

Nustačius pagrindinius „Brose“ sistemos duomenų perdavimo protokolo ypatumus, buvo pereita prie duomenų kadro (5.13 pav.) kontrolinės sumos sudarymo algoritmo paieškų. Algoritmo sudarymas buvo atliekamas pagal metodiką, aprašytą 5.1.1. poskyryje. Pirmiausia, buvo nuskaityta aibė duomenų paketų pavyzdžių (5.5 lentelė), su kurias buvo atliekami eksperimentai.

5.5 lentelė. „Brose“ valdiklio siunčiamų maršruto duomenų kadrų pavyzdžiai

Adresas₁₀	Start₁₆	K1₁₆	K2₁₆	K3₁₆	Stop₁₆	KS₁₆
000	6C	30	30	30	0D	30
001		30	30	31		31
002		30	30	32		32
007		30	30	37		37
008		30	30	38		38
009		30	30	39		39
010		30	31	30		31
011		30	31	31		30
015		30	31	35		34
016		30	31	36		37
017		30	31	37		36
018		30	31	38		39
019		30	31	39		38
100		31	30	30		31
255		32	35	35		32
801		38	30	31		39
901		39	30	31		38
991		39	39	31		31
992		39	39	38		38
999		39	39	39		39

5.6 lentelė. Loginių funkcijų IR, ARBA ir išskirtinės ARBA pritaikymo kontrolinės sumos KS skaičiavimui bandymas

$K1$	$K2$	$K3$	KS	$f_1 = K1 K2 K3$	$f_1 = K1 \& K2 \& K3$	$f_2 = K1 \oplus K2 \oplus K3$
30	31	37	36	37	30	36
30	31	38	39	39	30	39
30	31	39	38	39	30	38
31	30	30	31	31	30	31
32	35	35	32	37	30	32
38	30	31	39	39	30	39
39	30	31	38	39	30	38
39	39	31	31	39	31	31
39	39	38	38	39	38	38
39	39	39	39	39	39	39

Naudojantis patirtimi, įgyta tiriant „LAWO“ duomenų perdavimo protokolą, pirmiausia kontrolinės sumos apskaičiavimui buvo išbandytas loginių funkcijos IR, ARBA ir išskirtinės ARBA pritaikymas (5.6 lentelė). Kaip matome, spėjimas panaudoti vieną iš šių funkcijų pasitvirtino, nes vieno vienintelio bandymo metu buvo nustatyta, kad kontrolinės sumos skaičiavimui yra naudojama išskirtinės ARBA funkcija (5.6 lentelė, 7 stulpelis). Po papildomų duomenų analizės bei bandymų imituoti švieslentės valdiklio veikseną asmeniniu kompiuteriu, buvo 100 % įsitinkinta, kad „Brose“ duomenų perdavimo protokolo duomenų kadro kontrolinė suma yra apskaičiuojama taip:

$$KS_{16} = K1_{16} \oplus K2_{16} \oplus K3_{16} \quad (5.10)$$

5.1.3. „Krueger“ švieslenčių duomenų mainų tyrimas

Vilniaus autobusuose taip pat yra naudojama kompanijos „Krueger Apparatebau GmbH & Co.“ gaminama informacinė sistema. Šios kompanijos švieslenčių Vilniaus autobusuose yra įrengta, palyginus, nedaug, tačiau „Krueger“ sistema iš kitų išsiskiria tiek savo mechanine konstrukcija, tiek ir naudojamu duomenų perdavimo protokolu.

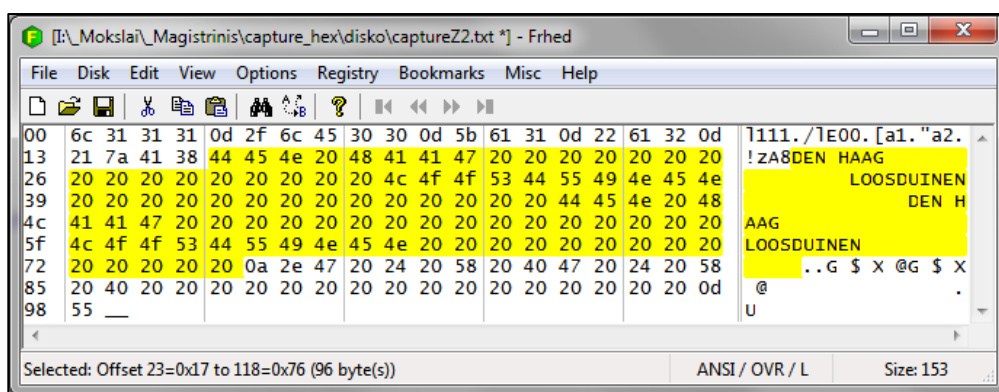
Kartojant veiksmus, aprašytus 5.1.1. poskyryje, buvo nustatyta, kad „Krueger“ sistemoje duomenų perdavimas, kaip ir „LAWO“ ir „Brose“ sistemose, vyksta dvipusiu 0 – 24 V loginio lygio (5.1 pav.) nuosekliaja duomenų sąsaja. Duomenų mainai vyksta USART protokolu, kurio struktūra yra: 1 *start*, 7 duomenų, 1 „even“ tipo pariteto ir 2 *stop* bitai. Duomenų perdavimo greitis yra 1200 b/s.

Išskirtinė „Krueger“ sistemos savybė, kaip jau buvo minėta anksčiau, yra gana unikalus duomenų perdavimo protokolas. „Lawo“ ir „Brose“ informacinėse sistemose pagrindinis

valdiklis švieslentėms siunčia tik tam tikrus adresus (maršruto numerį, kryptį ir pan.), kuriuos konkrečios švieslentės valdiklis interpretuoja ir iš savo integruotos atminties nuskaityto konkretaus atvaizduotino užrašo parametrus (užrašą, užrašo šriftą, šrifto dydį, kadruotę ir pan.) bei atitinkamai paveikia individualius lentos taškus.

„Krueger“ sistemoje pagrindinis valdiklis švieslentėms siunčia ne tam tikrus adresus, o patį pranešimą (5.15 pav.), kurį privalo atvaizduoti visos sistemos švieslentės. Pranešimas yra siunčiamas paprasčiausiu tekstiniu (angl. *plain text*) formatu, kartu su atvaizdavimo parametrais (šriftas, šrifto dydis, centravimas švieslentėje ir pan.). Gavęs tokį pranešimą, švieslentės valdiklis įsimena pranešimo tekstą, jam pritaiko pagrindinio valdiklio siųstus atvaizdavimo parametrus ir atitinkamai paveikia individualius lentos taškus.

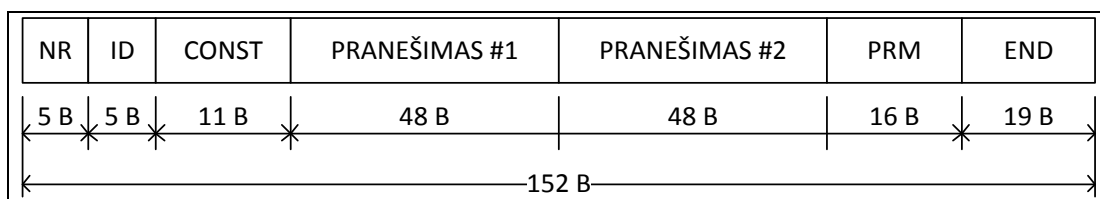
Tokiu būdu švieslenčių valdiklių atmintyse yra saugoma tik informacija, reikalinga pranešimo atvaizdavimui, bet ne patys pranešimai. Tai leidžia daug patogiau ir lanksčiau pritaikyti kompanijos „Krueger“ sukurtą informacinę sistemą, nes, norint atvaizduoti visiškai naują pranešimą, užtenka jį įprogramuoti tik pagrindiniame švieslenčių valdiklyje, o ne visose autobuso švieslentėse, kaip kad reikėtų padaryti „LAWO“ ir „Brose“ sistemose. Žinoma, toks duomenų perdavimo metodas turi ir savų minusų. „Krueger“ valdiklio siunčiamo pranešimo ilgis yra daug didesnis nei „LAWO“ ir „Brose“ valdiklių siunčiamų pranešimų, todėl labai išauga tikimybė, kad dėl elektromagnetinių trukdžių, kurių apstu autobuso elektrinėje grandinėje, pranešimas bus sugadintas ir švieslentės jo nesupras arba supras klaidingai. Kad taip neįvyktų, gamintojas naudoja kontrolines sumas ir informacijos dubliavimą, tačiau tikimybė, kad pranešimas bus sugadintas, vis tiek išlieka.



5.15 pav. „Krueger“ duomenų mainų protokolo fragmentas

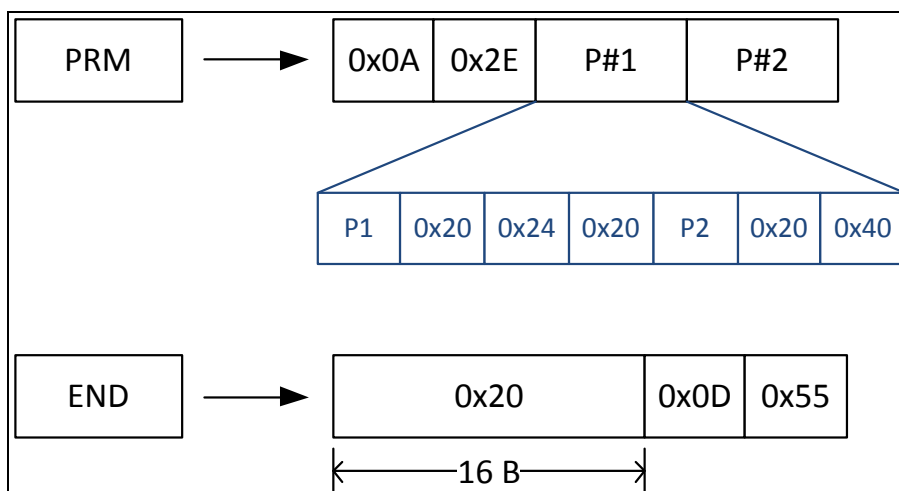
Tyrimo metu buvo nustatyta, kad „Krueger“ duomenų pranešimą sudaro net 153 informacijos baitai. Pranešimo struktūra yra pavaizduota 5.18 paveiksle. Pirmas dalykas, kuris krenta į akis analizuojant duomenų pranešimo struktūrą, yra tas, kad švieslentės atvaizduotinas

tekstas viename duomenų pranešime yra siunčiamas net du kartus (5.15 pav. paryškinta sritis, 5.16 pav. blokai PRANEŠIMAS #1 ir PRANEŠIMAS #2). Taip yra realizuota paprasčiausia apsauga nuo klaidingos informacijos atvaizdavimo, esant sugandintam pranešimui. Jei informacija blokuose PRANEŠIMAS #1 ir PRANEŠIMAS #2 yra identiška, pranešimas yra išvedamas į švieslentę. Jei informacija nors kiek skiriasi, pranešimo apdorojimas yra nutraukiamas ir yra laukiama naujo duomenų paketo su korektišku pranešimu. Didžiausiais leistinas pranešimo ilgis yra 48 baitai, t. y. ilgiausią pranešimą, kurį sugebės atvaizduoti „Krueger“ švieslentės, gali sudaryti tik 48 simboliai.



5.16 pav. „Krueger“ duomenų pranešimo struktūra

Duomenų pranešimo bloke PRM (5.16 pav.) yra saugomi pranešimo atvaizdavimo parametrai. Duomenų pranešime, PRM blokas (5.17 pav.) yra išskirtas simboliu „LF“ (ASCII kodas 0x0A (angl. *NL line feed, new line*) [28]) bei identifikatoriumi „.“ (ASCII kodas 0x2E). Likusius 14 baitų sudaro blokai P#1 ir P#2 (5.17 pav.). Šiuose blokuose pagrindinis valdiklis nurodo švieslentėms, kokį šriftą reikia panaudoti siunčiamo pranešimo atvaizdavimui bei kaip atvaizduojamą pranešimą reikia išdėstyti švieslentėje (centruoti, lygiuoti į kairę ar lygiuoti į dešinę). Konkretūs nustatymai yra nurodomi blokuose P1 ir P2 (5.17 pav.), tarpusavyje atskirtais specialiais identifikavimo simboliais. Korektiškam duomenų interpretavimui užtikrinti, blokuose P#1 ir P#2 yra siunčiama ta pati informacija. Jų turinys yra lyginamas tarpusavyje, kaip ir blokų PRANEŠIMAS #1 ir PRANEŠIMAS #2 atveju.



5.17 pav. „Krueger“ duomenų pranešimo sandaros detalizacija

Kiekvienas „Krueger“ duomenų pranešimas yra pabaigiamas bloku END, kurio struktūra yra griežtai reglamentuota. Bloką sudaro 16 baitų segmentas, užpildytas simboliais 0x20, bei komunikacijos pabaigą reiškiančias simboliais 0x0D ir 0x55 (5.17 pav.). Eksperimentiškai buvo nustatyta, kad END bloko struktūra turi būti tokia ir tik tokia, nes pakeitus nors vieną simbolį ar sutrumpinus 0x20 segmento ilgį, švieslentės nebepriima siunčiamų duomenų.

Kiekvienas „Krueger“ duomenų pranešimas pradedamas blokais NR, ID ir CONST (5.16 pav.). Bloke ID yra nurodomas pagrindinio valdiklio indentifikatorius (tai buvo nustatyta eksperimentiškai, pastebėjus, kad du valdikliai siunčia šiek tiek besiskiriančias bloko reikšmes), kuris pranešimo perdavimui jokios įtakos nedaro. Bloko CONST reikšmė visą laiką išlieka ta pati (0x61 0x31 0x0D 0x22 0x61 0x32 0x0D 0x21 0x7A 0x41 0x38). Bloko turinys, analogiškai kaip ir „Brose“ sistemoje (5.1.2. poskyris), yra skirtas patikrinti, kokios švieslentės yra prijungtos prie informacinės sistemos duomenų perdavimo kanalo. Kadangi duomenų pranešimas yra nuolat kas tam tikrą laiko intervalą siunčiamas visoms švieslentėms, valdiklis pagal švieslenčių atsakus gali nustatyti, ar visos švieslentės yra pasiekiamos ir apie atsiradusį gedimą informuoti vairuotoją.

Bloke NR yra saugoma informacija, skirta skaitinėms švieslentėms. Bloko struktūra atitinka duomenų paketo struktūrą, pavaizduotą 5.14 paveiksle, tačiau šį bloką reiktų interpretuoti ne kaip kažkokį adresą, tačiau kaip konkrečią švieslentės atvaizduojamų skaičių kombinaciją. Iš 5.16 pav. matome, kad blokas NR yra siunčiamas tik vieną kartą. Korektiškam informacijos perdavimui, kaip ir „LAWO“ ir „Brose“ sistemose, yra naudojamas kontrolinės sumos kadras.

Kontrolinės sumos sudarymo algoritmo paieška buvo atliekama pagal 5.1.1. poskyryje aprašytą metodiką. Su eksperimentiniu būdu gautais duomenimis (5.7 lentelė) buvo išbandytos visos loginės operacijos bei loginių operacijų kombinacijos, aptartos ankstesniuose poskyriuose, tačiau nesėkmingai. T. y. nei „LAWO“, nei „Brose“ kontrolinių sumų skaičiavimo algoritmai „Krueger“ atveju netinka. Tapo tik viena aišku: kontrolinės sumos skaičiavime tikrai yra naudojamos loginės funkcijos. Tuo galima įsitikinti atidžiau pažvelgus į 5.7 lentelę. Iš eksperimentinių duomenų aiškiai matyti, kad kontrolinė suma yra gaunama vis ta pati, nepriklausomai nuo dėmens vietos duomenų kadruose $K1 - K3$, jei yra naudojami tie patys skaitmenys. Pavyzdžiui:

$$\begin{aligned}KS &= f(32,32,33) = 2D; \\KS &= f(32,33,32) = 2D; \\KS &= f(33,32,32) = 2D.\end{aligned}\tag{5.11}$$

5.7 lentelė. „Krueger“ valdiklio siunčiamų NR bloko duomenų kadrų pavyzdžiai

Adresas ₁₀	Start ₁₆	K1 ₁₆	K2 ₁₆	K3 ₁₆	Stop ₁₆	KS ₁₆
000	6C	30	30	30	0D	2E
001		30	30	31		2F
002		30	30	32		2C
003		30	30	33		2D
004		30	30	34		2A
005		30	30	35		2B
006		30	30	36		28
007		30	30	37		29
008		30	30	38		26
009		30	30	39		27
223		32	32	33		2D
322		33	32	32		2D
232		32	33	32		2D
333		33	33	33		2D
332		33	33	32		2C
233		32	33	33		2C

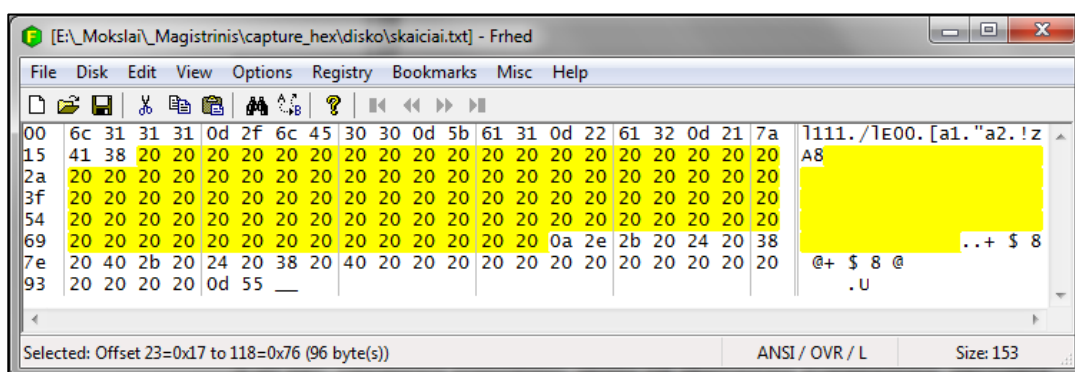
Nagrinėjant V. Stakėno knygą „Kodai ir šifrai“ [44], buvo nuspręsta patikrinti, ar „Krueger“ duomenų pakete kontrolinė suma nėra kažkaip koduojama. Turint omenyje, kad „Krueger“ informacinė sistema yra skirta viešam naudojimui, buvo priimta prielaida, kad, jei kontrolinės sumos skaičiavimo algoritme ir yra naudojamas kažkoks šifravimo mechanizmas, tai jis nebus labai sudėtingas. Vadovaujantis asmenine patirtimi ir „inžinerine nuojauta“ buvo nuspręsta išbandyti šifravimą Cezario kodu (žinoma, prieš tai buvo išbandyti Baudot'o, Polibijaus ir kiti kodavimo algortimai). Tai vienas seniausių žinomų metodų, skirtas koduoti siunčiamiems tekstiniams pranešimams. Cezario kodu yra šifruojama šitaip: n -toji abėcėlės raidė keičiama $n+2$ -ąja, priešpaskutinė – pirmąja, o paskutinė – antrąja [45]. Iš principo – Cezario šifras – tai šifravimo būdas perstatant (sukeičiant) raides ar skaičius vietomis.

5.8 lentelė. Dėmenų ir šifrų lentelė

Dėmuo (K_n)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Šifras ($\check{S}_n$)	2E	2F	2C	2D	2A	2B	28	29	26	27

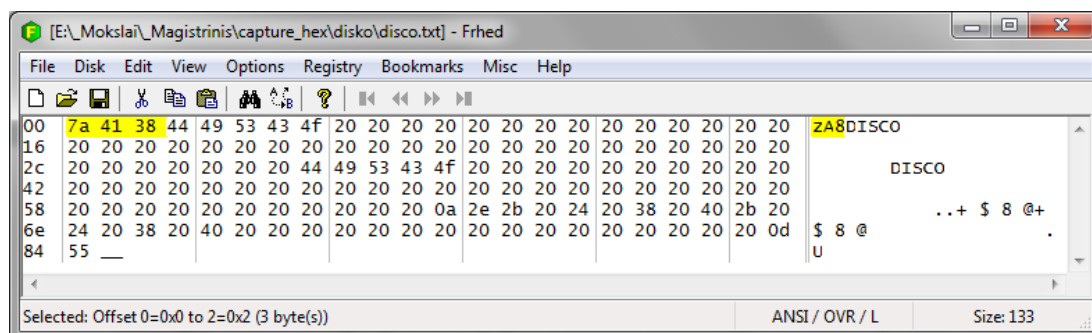
Po kelių bandymų iškeltos hipotezės buvo sėkmingai patvirtintos. Buvo nustatyta, kad kontrolinės sumos skaičiavimo algoritme yra naudojama 5.8 lentelė, pagal kurią dėmuo yra sukeičiamas su šifru. Pati kontrolinė suma yra apskaičiuojama atliekant loginės išskirtinės ARBA operaciją su duomenimis $\check{S}_N$, gautais po sukeitimo operacijos. Matematiškai apibendrinus, galima išvesti tokią matematinę kontrolinės sumos apskaičiavimo formulę 5.12.

$$KS_{16} = g(K1_{16}, K2_{16}, K3_{16}) = \check{S}1_{16} \oplus \check{S}2_{16} \oplus \check{S}3_{16} \quad (5.12)$$



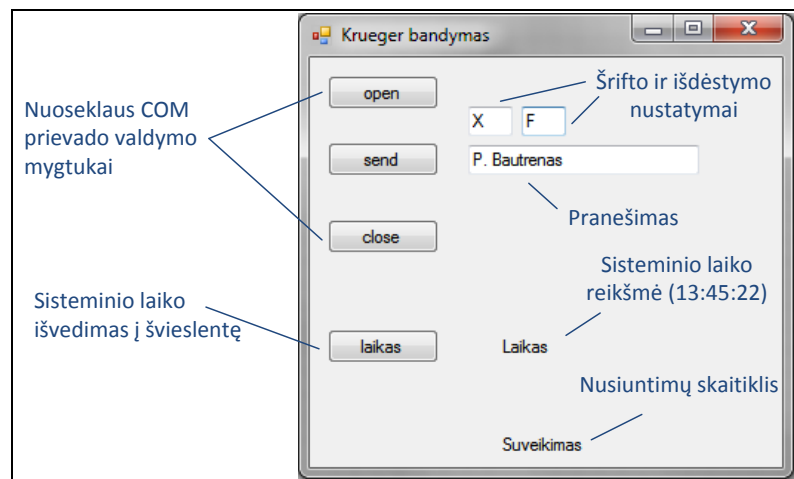
5.18 pav. Duomenų pranešimo, skirto tik skaitinėms švieslentėms, pavyzdys

Eksperimentuojant su kontrolinės sumos skaičiavimo algoritmu, buvo nustatyta, kad „Krueger“ švieslentės gali priimti trejopos struktūros duomenų pranešimus. „Pilnos“ struktūros (5.16 pav.) pranešimas gali būti siunčiamas, norint pakeisti informaciją visose švieslentėse vienu metu. Norint nusiųsti informaciją, skirtą tik skaitinėms švieslentėms, reikia siųsti „pilną“ pranešimą, užpildant blokus „PRANEŠIMAS #1“ ir „PRANEŠIMAS #2“ (5.16 pav.) tarpo simboliais (ASCII kodas 0x20). Duomenų pranešimo, skirto tik skaitinėms švieslentėms, pavyzdys pateiktas 5.20 paveiksle. Norint siųsti informaciją, skirtą tik tekstinėms švieslentėms, iš pranešimo struktūros būtina išmesti NR ir ID blokus bei sutrumpinti CONST bloką (5.19 pav.)



5.19 pav. Duomenų pranešimo, skirto tik skaitinėms švieslentėms, pavyzdys

Dėl ganėtinai sudėtingos „Krueger“ informacinės sistemos duomenų perdavimo protokolo struktūros tyrimo rezultatų patikrinimui buvo nuspręsta Visual Basic programavimo kalba sukurti specialią programą „Krueger bandymas“ (5.20 pav.). Programa, išnaudodama asmeninio kompiuterio nuoseklųjį COM prievadą, imituoja pagrindinio „Krueger“ informacinės sistemos valdiklio veikseną, švieslentėms siųsdama pranešimus, suformuotus pagal tyrime gautus rezultatus. Paveiksle 5.20 yra pateiktas programos lango vaizdas su mygtukų ir laukelių paaiškinimais.

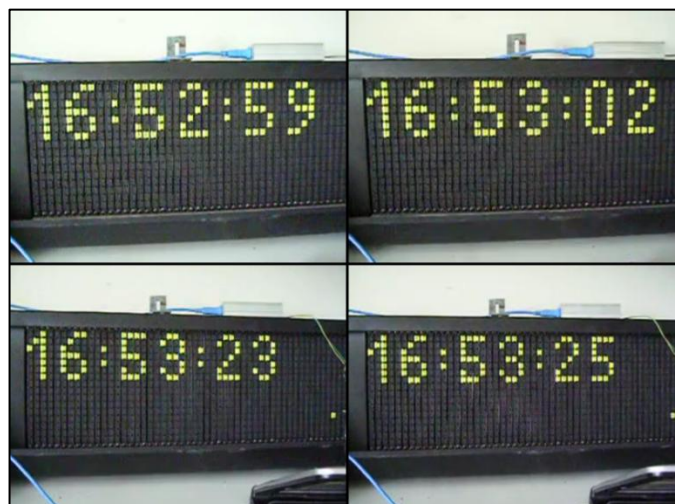


5.20 pav. Programos „Krueger bandymas“ langas

Programoje „Krueger bandymas“ yra realizuotas tekstinių pranešimų siuntimas į švieslentę. Laukelyje „Pranešimas“ (5.20 pav.) galima įrašyti tekstą, kurį norima matyti švieslentėje. Taip pat galima nurodyti pranešimo šriftą ir pranešimo išdėstymą švieslentėje. Programoje taip pat yra realizuotas automatinis asmeninio kompiuterio sisteminio laiko siuntimas į švieslentę. Ši funkcija buvo skirta duomenų perdavimo greičio patikrinimui. Programos bandymų rezultatai pateikti 5.21 ir 5.22 paveiksluose.



5.21 pav. Tekstinio pranešimo siuntimo bandymas



5.22 pav. Sisteminio laiko siuntimo bandymas

5.2. Valdiklio elektrinės principinės schemos sudarymas

5.2.1. Projektinių sprendimų priėmimas

Pagrindinė šio darbo užduotis, yra išanalizuoti jau esančių prekyboje valdiklių bei keturlaidės IBIS duomenų perdavimo sąsajos veikseną ir sukurti analogiškas ir kitas funkcijas atliekančią, modernesnę ir pigesnę lietuvišką valdiklio variantą.

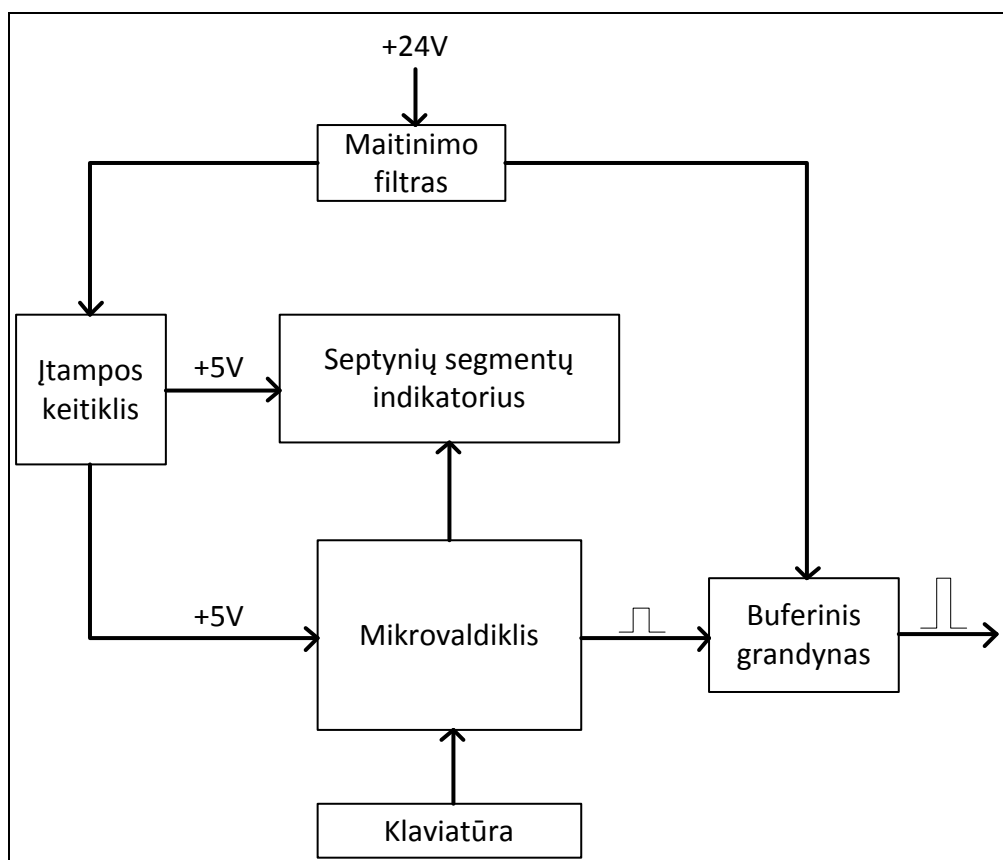
Įvertinus galimus valdiklio vartotojo poreikius bei siekiant kuo labiau supaprastinti vartotojo sąsają, buvo pasirinkta maršruto įvedimą atlikti 7 klasikinių (paprastų) mygtukų klaviatūra, o nustatomo maršruto numerį atvaizduoti trigubame septynių segmentų indikatoriuje.

Siekiant užtikrinti kuo didesnę projektuojamo matuoklio patikimumą bei supaprastinti projektavimo uždavinius, parenkamas mikroprocesorinis valdymas. Naudojant mikroprocesorius, pasiekiamas labai aukštas prietaiso tikslumas ir patikimumas. Taip pat mikroprocesorių kaina yra gana maža, o visa mikroprocesorinė sistema, lyginant su analoginio valdymo sistemomis, užima labai nedaug vietos.

Mikroprocesorinės valdymo sistemos yra daug pranašesnės už „kietosios“ logikos schemas. Pirmiausia, schema, kurioje yra naudojami mikroprocesoriniai elementai, yra paprastesnė nei analoginio valdymo schema. Tokioje schemoje yra mažiau elementų nei „kietosios“ logikos schemoje, todėl ją surinkti yra lengviau ir paprasčiau. Minimalus elementų ir elementų sujungimų kiekis sumažina galimų projektavimo ir surinkimo klaidų kiekį, o taip pat ir galutinę visos schemos kainą.

Svarbus mikroprocesorinių schemų pranašumas yra tas, kad, norint pakeisti įrenginio valdymo programą, nereikia perkonstruoti schemos, o užtenka tik perprogramuoti mikrovaldiklį. Tai suteikia labai plačias įrenginio darbo reguliavimo galimybes, supaprastina ir atpigina projektavimą bei sutrumpina projektavimo ir derinimo trukmę.

5.2.2. Valdiklio funkcinės schemos sudarymas



5.23 pav. Švieslenčių valdiklio funkcinė schema

5.23 paveiksle pateiktoje funkcinėje schemoje esantis mikrovaldiklis pagal nustatytus parametrus bei sudarytą algoritmą koordinuoja visas įrenginio operacijas. Mikrovaldiklis gauna išorinę informaciją iš valdymo sąsajos (7 mygtukų klaviatūros), taip pat išveda informaciją į trijų skaitmenų 7 segmentų indikatorius ir per buferinį grandyną, kuris keičia mikrovaldiklio siunčiamo signalo įtampos lygį, valdo prijungtas švieslentes.

Valdiklis yra maitinamas iš +24 V maitinimo linijos. Beveik visi įrenginio elementai yra maitinami +5 V įtampa, todėl keitiklio maitinimo tinklo įtampą būtina pažeminti. Tai atlieka impulsinis įtampos keitiklis. Valdiklio schemoje naudojamas mikrovaldiklis yra gan jautrus elektromagnetiniams trukdžiams, kurių apstu autobuso maitinimo grandinėje. Norint užtikrinti kuo didesnę mikrovaldiklio darbo stabilumą, būtina jo maitinimo grandinę filtruoti. Tam yra panaudotas elektromagnetinės interferencijos slopinimo (angl. *EMI suppression*) filtras.

Į filtro sudėtį įeina lygintuvinis diodas, apsaugantis valdiklį nuo neteisingo prijungimo. Schemos apsaugai nuo viršįtampių papildomai yra panaudotas stabilitronas. Šis maitinimo grandinės komponentas yra tiesiog būtinas, nes autobuso maitinimo grandinėje pasitaiko net 80 V įtampos pikų.

5.2.3. Principinės elektrinės schemos sudarymas ir elementų parinkimas

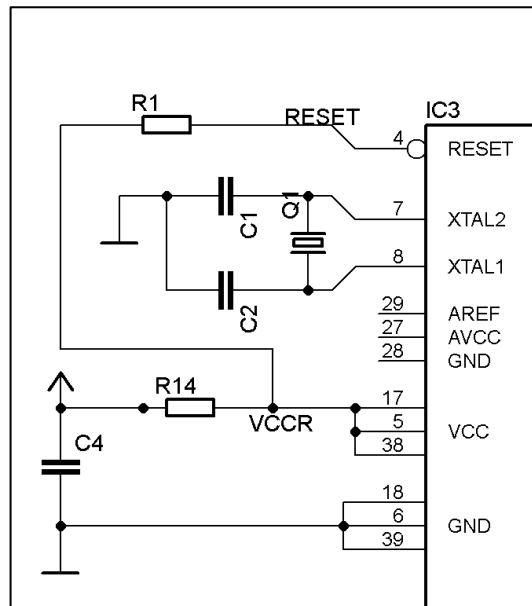
Projektuojamo valdiklio principinė elektrinė schema yra pateikta priede. Sistemos valdymui ir informacijos apdorojimui parenkamas Atmel firmos mikrovaldiklis ATmega16. Tai 8 bitų RICS architektūros mikrovaldiklis, gebantis dirbti 16 Mhz taktiniu dažniu.

Svarbiausios mikrovaldiklio AtMEGA16 savybės:

- 16 kilobaitų talpos perprogramuoja Flash tipo atmintis;
- 512 baitų EEPROM atmintis;
- 1 kilobaitų SRAM spartinančioji atmintis;
- Du 8 bitų laikmačiai;
- Vienas 16 bitų laikmatis;
- 4 IPM (impulso pločio moduliacijos) kanalai;
- 8 10 bitų analoginiai skaitmeniniai keitikliai (angl. ADC);
- Vidinis analoginis komparatorius;
- Programuojamas universalus asinchroninis/sinchroninis imtuvas – siųstuvas (USART);
- Nuosekli periferinė sąsaja (angl. *Serial Peripheral Interface Bus* (SPI));
- Dviejų laidų nuoseklioji sąsaja (angl. *Two-wire Serial Interface* (TWI arba I2C));
- Darbo taktinis dažnis: 0 – 16 Mhz;
- Maitinimo įtampa: 4,5 – 5,5 V.

Mikrovaldiklis AtMEGA16 pasirinktas dėl didelio išvadų skaičiaus ir talpios vidinės perprogramuojamos atmintinės. Didelis išvadų skaičius projektuojamoje sistemoje yra labai svarbus, nes pasirinkto 7 segmentų indikatorius prijungimui reikia net 11 mikrovaldiklio išvadų. Dar 6 mikrovaldiklio išvadai yra naudojami kvarciniam generatoriui, maitinimo šaltiniui ir mikrovaldiklio pradinio nustatymo schemai (RESET) prijungti.

Sinchronizavimo schema (5.24 pav.) sinchronizuoja mikrovaldiklio veikimą, panaudojant išorinį taktinio dažnio generatorių. Schemoje panaudotas kvarcinis 16 MHz taktinio dažnio kvarcinis generatorius bei 22 pF talpos kondensatoriai C1 ir C3, stabilizuojantys kvarcinio generatoriaus darbą.

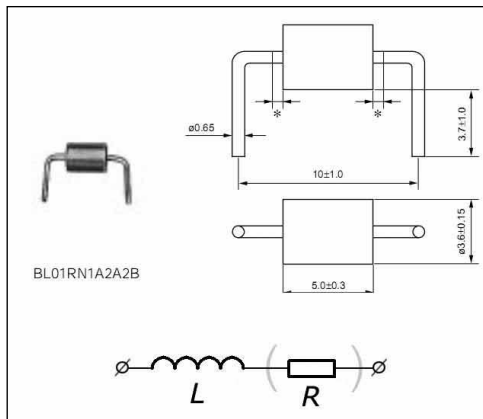


5.24 pav. Pradinio nustatymo, sinchronizavimo schemas ir maitinimo grandinė

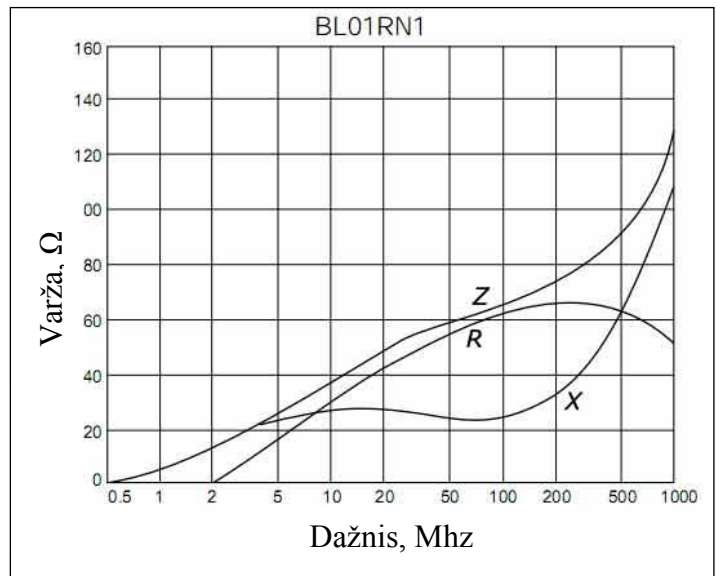
Valdiklio schemoje naudojamas mikrovaldiklis yra gan jautrus elektromagnetiniams trukdžiams, kurių apstu autobuso maitinimo grandinėje. Norint užtikrinti kuo didesnę mikrovaldiklio darbo stabilumą, būtina jo maitinimo grandinę filtruoti. Paprasčiausiu atveju tam gali būti taikomas LC filtras. Norint dar labiau padidinti sistemos patikimumą, yra panaudoti elektromagnetinės interferencijos slopinimo (angl. *EMI suppression*) filtrai. Parenkami „muRata“ kompanijos gaminami filtrai BL01RN1 (5.25 pav.).

BL01RN1 – tai feritinis filtras su kontaktiniais išvadais. Filtro konstrukcija yra ypač paprasta ir patikima. Filtrą lengva montuoti. Filtras idealiai tinka nuolatinės srovės maitinimo grandinių triukšmų filtravimui, nes pasižymi ypač maža aktyviaja varža, todėl galios nuostoliai filtre yra labai nedideli. Iš ekvivalentinės elektrinės schemos (5.25 pav.) matome, kad filtras yra sudarytas iš induktyviosios ritės L ir rezistoriaus R . Žemo dažnio signalams dominuoja tik filtro induktyvumas L , o realioji varža yra praktiškai lygi 0. Dažniui didėjant, ima dominuoti (didėti) filtro aktyvioji varža R (5.26 pav.), o tuo pačiu didėja ir kompleksinė varža Z . Tokiu būdu iš maitinimo grandinės linijų yra išfiltruojami aukštadažniai parazitiniai triukšmai, kurie yra paverčiami šiluma filtro aktyviojoje varžoje.

Filtro induktyvumas L slopina maitinimo įtampos svyravimus, neleidžia įtampai staiga padidėti ar sumažėti, mažina maitinimo įtampos perreguliavimą, kas yra ypač svarbu reguliuojamo maitinimo šaltinio įjungimo ir išjungimo metu. Kombinuotas RL filtras slopina aukštesnias harmonikas, neleidžia susidaryti autogeneracijos kontūrai [32].



5.25 pav. Filtro BL01RN1 fiziniai duomenys bei ekvivalentinė elektrinė principinė schema



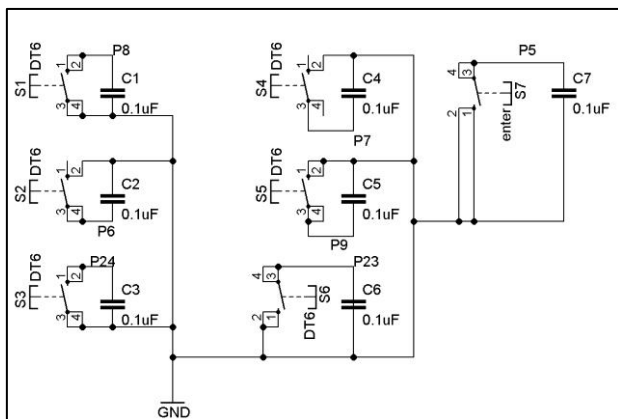
5.26 pav. Filtro BL01RN1 dažninė varžinė charakteristika

Valdiklio apsaugai nuo neteisingo prijungimo maitinimo grandinėje yra panaudotas diodas D4. Tai 1 A vardinės srovės lygintuvinis diodas, gebantis atlaikyti net 400 V atgalinę įtampą bei pasižymintis gan žemu įtampos kryžiu p-n sandūroje [36]. Iš tiesų, įtampos kryčio dydis nėra labai aktualus parametras, nes schemeje yra naudojamas susireguliuojantis impulsinis įtampos stabilizatorius, o skirtumas tarp maitinimo tinklo įtampos ir stabilizatoriaus išėjimo įtampos yra gan didelis.

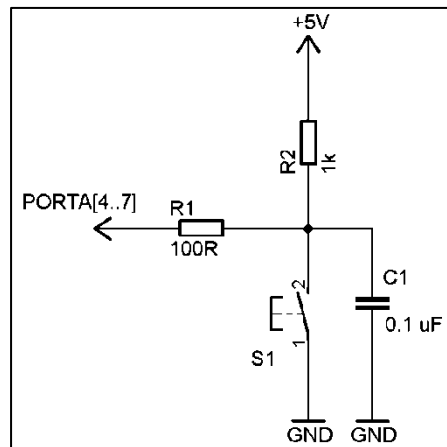
Schemos apsaugai nuo viršįtampių yra panaudotas stabilitronas D3. Buvo parinktas 30 V 1,3 W vardinės galios stabilitronas BZX85V030. Šis maitinimo grandinės komponentas yra tiesiog būtinas, nes autobuso maitinimo grandinėje pasitaiko net 80 V įtampos pikų, galinčių sudeginti impulsinį įtampos stabilizatorių ir pakenkti elektroninei valdiklio schemos daliai. Stabilitronas apsaugo ir nuo ilgalaikių (>1 s) viršįtampių, sumažindamas maitinimo tinklo įtampą iki saugios 30 V ribos.

Mikrovaldiklio valdymui yra panaudota 7 mygtukų (S1 – S7) klaviatūra (5.27 pav.). Nuspausti mygtukai prijungia mikrovaldiklio atitinkamus analoginius įėjimus prie korpuso (nulinio potencialo). Nuspaudus mygtuką, atitinkamame prievado įvade atsiranda žemas loginis lygis – tokiu būdu nustatomas mygtuko paspaudimas. Kaip pavaizduota 5.28 pav. pateiktoje schemeje, valdiklio įėjime per 1 kΩ rezistorių į maitinimo grandinę užtikrinamas aukštas loginis lygis, todėl nebereikia naudoti vidinių aukštą loginį lygmenį užtikrinančių rezistorių (angl. *pull-up resistors*). Taip pat lygiagrečiai jungikliui yra prijungiamas filtro kondensatorius, kuris eliminuoja mygtuko paspaudimo metu atsirandančius svyravimus (angl. *bouncing*), kurie gali

suklaidinti valdiklyje veikiančią programą. Siekiant apsaugoti mikrovaldiklio išvadus nuo klaidingo jų nustatymo išvedimui programoje, nuosekliai į jungiklio grandinę įjungiamas mažos varžos rezistorius. Todėl atsitiktinai užprogramavus valdiklio išėjimą išvedimo režimui, mygtuko paspaudimo metu per šį apsauginį rezistorių tekės mikrovaldikliui nepavojinga srovė.



5.27 pav. Mygtukų klaviatūra



5.28 pav. Detalizuota mygtuko
prijungimo schema

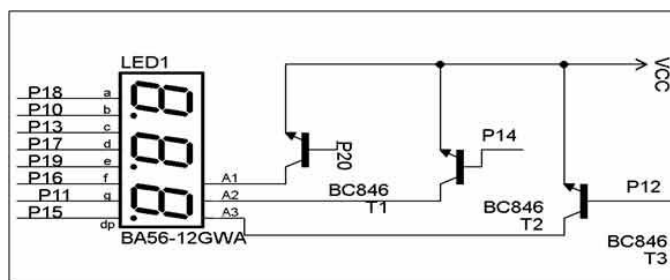
Šis mygtukų jungimo būdas, nors ir reikalauja didelio mikrovaldiklio išvadų skaičiaus bei papildomų kondensatorių, užtikrina didelę paspausto mygtuko nustatymo spartą. Šis būdas taip pat leidžia realizuoti akordus, t.y. fiksuoti kelių mygtukų paspaudimą vienu metu.

Šio mygtukų jungimo būdo pasirinkimas leido vieną iš mygtukų (S7) prijungti prie mikrovaldiklio išvado, gebančio fiksuoti išorinę pertrauktį. Pertrauktis – tai speciali programos kodo dalis, kuri yra vykdoma tik įvykus tam tikram veiksmui. Ji yra vykdoma bet kada ir bet kuriuo metu, jeigu ji yra leista. Įvykus pertrauktį sąlygojančiam įvykiui, pagrindinės programos vykdymas yra nutraukiamas ir yra vykdoma pertraukties paprogramė. Ją įvykdžius, yra grįžtama atgal į pagrindinę programą nuo tos vietos, kurioje ji buvo pertraukta. Pertrauktys gali būti tiek vidinės, tiek ir išorinės. Vidinės pertrauktis sąlygoja vidiniai mikrovaldiklio procesai, pvz., laikmačio registro perpildymas ar sutapimas su numatyta verte, *watchdog* ir *brown-out* pertrauktys. Išorinės pertrauktis gali sąlygoti USART duomenų mainai, analoginis skaitmeninis keitiklis, analoginis komparatorius ir pan. Pertraukčių naudojimas labai pagreitina mikrovaldiklio programos vykdymą, nes nebūtina nuolat tikrinti retai bei įvykstančias sąlygas, pvz. tikrinti, ar ASK sugeneravo analoginę įtampą atitinkantį skaitmeninį kodą. Mikrovaldiklis pagrindinėje programoje gali atlikti įvairius skaičiavimus, vaizduoti tekstą skystųjų kristalų vaizduoklyje, generuoti išorinį signalą, tam panaudodamas visus mikrovaldiklio resursus. Šį darbą laikmačio TIMER0 perpildymo pertrauktis pertrauks tik tuomet, kai registras pasieks nustatytą vertę.

5.2.4. Elektrinės principinės schemos elementų skaičiavimas ir parinkimas

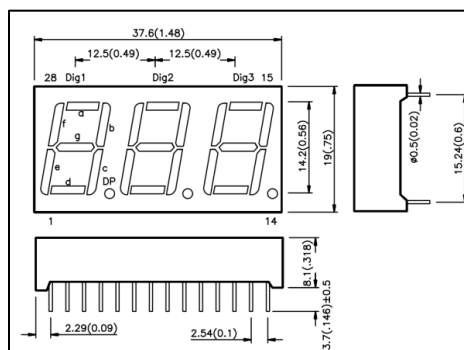
Mikrovaldiklio perduodamos informacijos atvaizdavimui buvo parinkti trys septynių segmentų šviesos diodų indikatoriai, kurie šias laikais vis dar išlieka populiarūs. Jie dažnai naudojami ten, kur atvaizduojamos informacijos (dažniausiai skaičių) kiekis nėra didelis, kur reikia užtikrinti didelį atvaizduojamos informacijos suprantamumą (perskaitomumą) bei įrenginiuose, veikiančiuose apsunksintomis eksploatacinėmis sąlygomis, veikiančiuose agresyvioje, aplinkoje pramonės įrengimuose ir pan.

Šio tipo vieno skaitmens vaizduokliui prie mikrovaldiklio prijungti reikia net 8 laidų (7 laidai skaitmens segmentui ir vienas - taškui). Norint prijungti 3 skaitmenų vaizduoklį, reikia 24 laidų. Siekiant sutaupyti mikrovaldiklio išvadus, indikatoriai yra jungiami lygiagrečiai (5.29 pav.). Šiuo atveju bereikia tik 8 išvadų segmentams ir trijų išvadų bendriems anodams, todėl vietoj 16 išvadų bereikia 11 [19]. Šis jungimo būdas leidžia prie mikrovaldiklio prijungti N septynių segmentų, naudojant tik $8+N$ duomenų perdavimo linijas.



5.29 pav. Septynių segmentų indikatoriaus jungimas

Informacijos atvaizdavimui parenkamas kompanijos „Kingbright“ gaminamas 3 skaitmenų 7 segmentų indiktorius BA56-12GWA (5.30 pav.) su bendrais anodais. Tai ypač kokybiški ir ilgaamžiai indikatoriai su žaliais galio fosfato (GaP) šviesos diodais. Žalios spalvos indikatoriai parinkti todėl, kad žalios šviesos intensyvumas yra pats mažiausias, lyginant su geltona ir raudona, todėl ji mažiau akina ir netrukdo vairuotojui nakties metu.



5.30 pav. Indiktorius BA56-12GWA

Vienas indikatoriaus BA56-12GWA šviesos diodas (segmentas), esant normalioms aplinkos sąlygoms, vartoja 25 mA srovę [34]. Uždegus visus vieno skaitmens bei taško segmentus, srovės sąnaudos išauga iki:

$$I_1 = 25 \cdot 8 = 200 \text{ mA} . \quad (5.13)$$

Uždegus visus indikatoriaus segmentus, srovė išauga iki:

$$I_1 = 25 \cdot 8 \cdot 3 = 600 \text{ mA} . \quad (5.14)$$

Ši srovė yra per didelė schemeje naudojamam valdikliui ATmega16, kurio didžiausia leistina srovė vienam išvadui yra 40 mA [35]. Siekiant apsaugoti valdiklį, bendri indikatoriaus BA56-12GWA anodai yra valdomi tranzistoriais T1–T3, o atskiri katodai prie mikrovaldiklio išvadų yra jungiami per rezistorius (žr. elektrinę principinę schemą priede):

$$R_{5-12} = \frac{U}{I} = \frac{5-2}{25 \cdot 10^{-3}} = 120 \Omega . \quad (5.15)$$

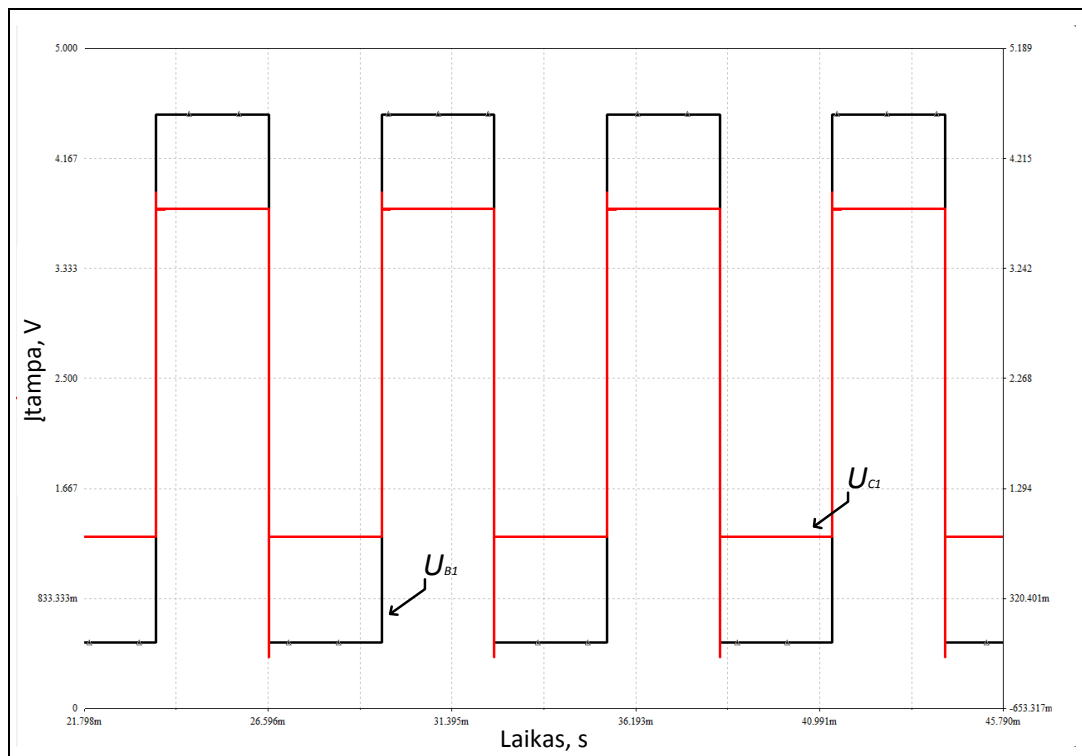
Kadangi indikatoriaus skaitmenys yra valdomi dinamiškai, t.y. vienu metu dega tik vienas skaitmuo, 5.15 formule apskaičiuota varža R_{5-12} yra parenkama mažesnė, t.y. $R_{5-12} = 100 \Omega$.

Indikatorių bendrų anodų valdymui yra parinkti paviršinio montažo SOT23 korpuso tranzistoriai BC846, kuriu pagrindinės statinės charakteristikos yra pateiktos 5.9 lentelėje.

5.9 lentelė. Tranzistoriaus BC846 statinės charakteristikos

Parametro pavadinimas	Simbolis	Matavimo vienetai	Parametro vertė
Bazės–kolektoriaus įtampa	U_{CBO}	V	80
Kolektoriaus–emiterio įtampa	U_{CEO}	V	65
Emiterio–bazės įtampa	U_{EBO}	V	6
Kolektoriaus srovė	I_C	mA	200
Didžiausiai leistina sandūros temperatūra	T_J	°C	125
Stiprinimo koeficientas	h_{FE}		110 – 800

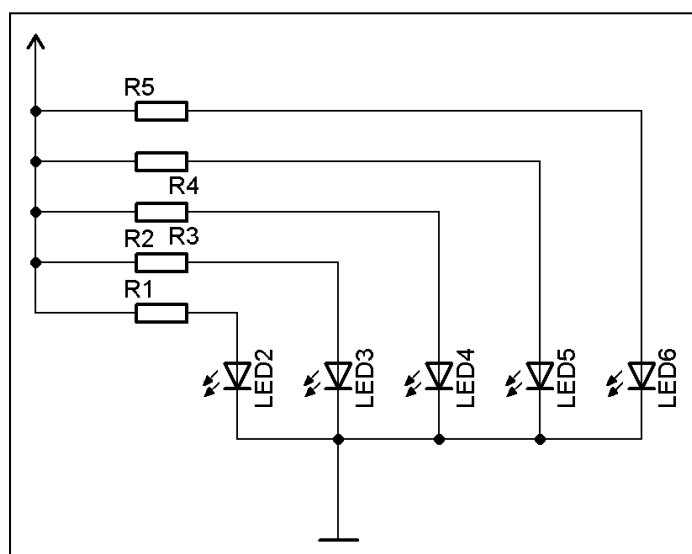
Tranzistoriai T1–T3 yra naudojami kaip jungikliai, todėl jų stiprinimo parametras schemos veiksenai yra visiškai neaktualus. Tranzistoriai emiteriais yra jungiami į +5 V maitinimo liniją, o kolektoriais – prie indikatoriaus BA56-12GWA segmentų bendrų anodų CA1–CA3 (5.29 pav.) Ši tranzistorių jungimo schema nėra plačiai taikoma, tačiau leido išvengti papildomų kolektoriaus rezistorių panaudojimo. Bandymai (5.31 pav.) atlikti „NI Multisim 11.0“ programa, kas leido parinkti eksperimentiškai parinkti tranzistorių bazės varžas.



5.31 pav. Tranzistoriaus T1 bazės ir kolektoriaus įtampų oscilograma

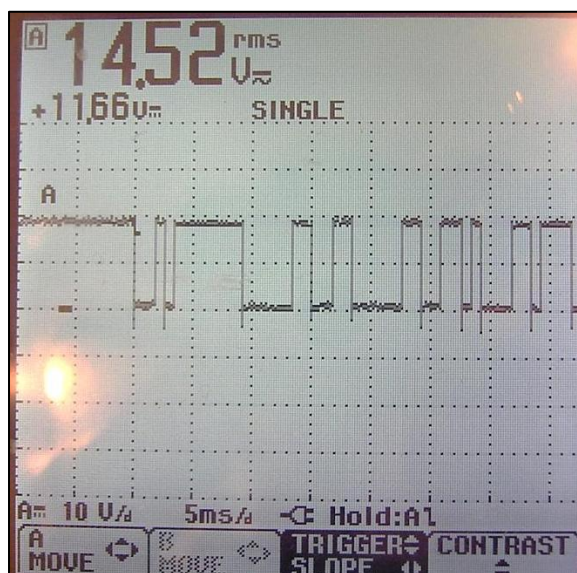
Klaviatūros mygtukų apšvietimui yra parenkami 5 (LED2 – LED6, žr. 5.32 pav.) žali, skaidrūs 3 mm skersmens šviesos diodai HLMP-Y802-F0000 [36]. Tekančios per šviesos diodą srovės apribojimui į diodo grandinę nuosekliai yra įjungiami rezistoriai R1 – R5, kurių dydis yra apskaičiuojamas pagal Omo dėsnį:

$$R_{5-12} = \frac{U}{I} = \frac{5-2}{25 \cdot 10^{-3}} = 120 \Omega . \quad (5.16)$$

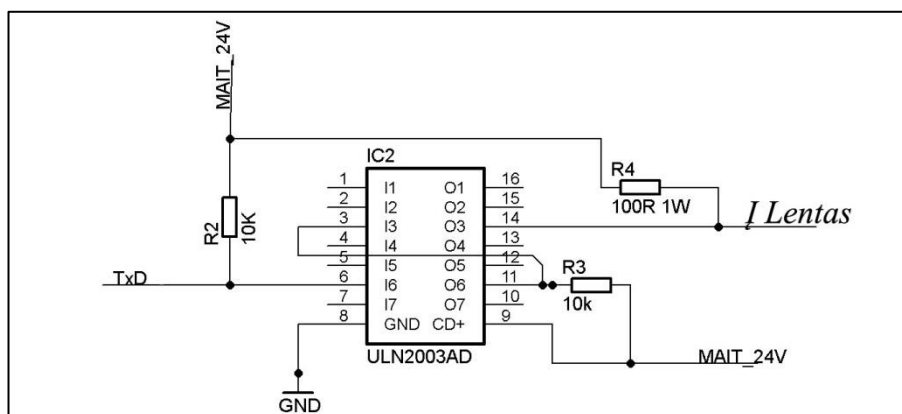


5.32 pav. Klaviatūros apšvietimo šviesos diodai

Lentų valdiklis su lentomis bendrauja žemo loginio lygio skaitmeniniu signalu. Įrenginių bendravimui naudojama +24 V įtampa. T. y. signale loginis nulis atitinka +24 V įtampos lygį, o loginis vienetas – 0 V (5.33 pav.). Šis būdas užtikrina didelį atsparumą elektromagnetiniams trukdžiams bei gana didelį signalo perdavimo atstumą. Vienintelis šio duomenų perdavimo metodo trūkumas yra tas, kad jo negalima realizuoti tiesiogiai mikrovaldikliu, reikia papildomų buferinių grandynų, suderinančių skirtingus loginius įtampos lygius.



5.33 pav. Skaitmeninio signalo oscilograma



5.34 pav. Buferinis grandynas ULN2003

Loginių lygių suderinimui pasirinktas integrinis grandynas ULN2003 (5.34 pav.). Tai aukštos įtampos ir srovės TTL inverterinis kartotuvas, sudarytas iš 7 atviro kolektoriaus Darlingtono sudėtinių tranzistorių (angl. *darlington pairs*) su bendrais emiteriais [30]. Grandynas geba savo įėjime priimtą TTL loginio lygio signalą paversti maitinimo įtampos lygio signalu savo išėjime. Grandynas geba komutuoti iki 50 V įtampas ir 500 mA sroves.

Kadangi valdymo signalo realizacijai signalo inversija buvo nebūtina, teko du ULN2003 kanalus sujungti nuosekliai. Inversijos eliminacijai buvo panaudoti atviro kolektoriaus rezistoriai R3 ir R4, sukuriantys aukštą loginį lygį grandyno ULN2003 išėjimuose O6 ir O3. Rezistoriai parinkti eksperimentiškai.

Visi įrenginio elementai yra maitinami +5 V įtampa, todėl keitiklio maitinimo tinklo įtampą būtina pažeminti. Visi tolydieji įtampos stabilizatoriai turi keletą principinių trūkumų – negalima keisti išėjimo įtampos. Taip pat jų žemas naudingumo koeficientas, ypač kai yra didelis skirtumas tarp įėjimo/išėjimo įtampų verčių [46].

Norint sumažinti sistemos suvartojamąją galią, bei padidinti naudingumo koeficientą, parenkamas impulsinis įtampos stabilizatorius. Impulsiniuose įtampos stabilizatoriuose srovė iš nestabilaus išorinio maitinimo šaltinio paduodama per induktyvinį elementą trumpais impulsais. Tuomet induktyvinis elementas kaupia energiją, kuri vėliau atiduodama apkrovai elektros energijos pavidalu, bet jau su kitu įtampos dydžiu. Stabilizavimas vykdomas valdant impulsų ir pauzių trukmes impulso – pločio moduliacija [46].

Keitimas vykdomas 52–200 kHz dažnio diapazone. Tokie stabilizatoriai brangesni ir jiems reikalingi papildomi išoriniai elementai, bet jų privalumas tas, kad keičiant įtampą iš +40 V į +5 V, jų naudingumo koeficientas apie 75–80 % išlieka, kaip ir keičiant įtampą iš +7 V į +5 V. Tai pat yra galimybė padidinti išėjimo įtampą („Step-Up“ stabilizatorių tipas) ir ją invertuoti („Invert“ tipas). Yra gaminamos impulsinių stabilizatorių mikroschemos, kurių srovės nuo 0,5A iki 10 A [46].

Pasirenkant įtampos reguliatorių, reikia apskaičiuoti schemos elementų nominaliųjų srovių sumą:

$$I_{\Sigma} = I_{SSI} + I_{ATmega32} + I_{ULN2003} = 200 + 12 + 15 = 227 \text{ mA}, \quad (5.17)$$

čia: I_{SSI} – septynių segmentų indikatoriaus srovė (dinaminiam režimui);

$I_{ATmega16}$ – mikrovaldiklio Atmel ATmega16 srovė;

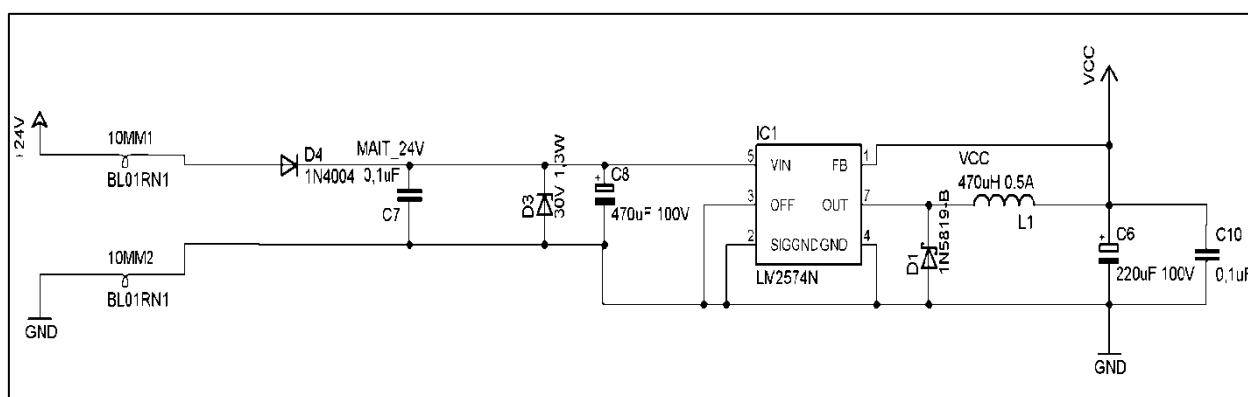
$I_{ULN2003}$ – integrinio grandyno ULN2003 srovė.

Valdiklio schemos maitinimui yra pasirenkamas firmos „National Semiconductor“ LM2574 – 5 serijos impulsinis įtampos stabilizatorius. Šios serijos stabilizatoriai pagaminti viename integriname grandyne, kurio leistina srovė 0,5 A ir įtampa +5 V. Jie pagaminti, siekiant maksimaliai sumažinti išorinių komponentų skaičių. Gamintojai garantuoja, kad LM2574 serijos

stabilizatorių išėjimo įtampos paklaida neviršys 4 %. Impulsinio įtampos stabilizatoriaus prijungimo schema parodyta 5.38 paveiksle.

Pilnai įtampos reguliatoriaus veiksenai užtikrinti yra būtini keli išoriniai komponentai, t. y. įėjimo iš išėjimo filtriniai kondensatoriai, droselis, bei greitaigis Shotki tipo diodas. Visi šie elementai yra parenkami pagal gamintojo rekomendacijas, pateiktas [31] šaltinyje.

Dėl autobuso vidinio maitinimo tinklo specifikos (didelių elektrinių triukšmų ir galimų viršįtampių) buvo parinkti didesnės, nei rekomenduoja gamintojas, talpos bei vardinės įtampos kondensatoriai. Didesnės vardinės įtampos kondensatorių parinkimas ne tik padidino schemos atsparumą viršįtampiams, bet ir pagerino impulsinio stabilizatoriaus veikseną. Didesnės įtampos kondensatorių vidinė varža (angl. *ESR* - *equivalent series resistance*) yra mažesnė. Kuo ši varža yra mažesnė, tuo mažesni galios nuostoliai yra ir pačiuose filtro kondensatoriuose.



5.36 pav. Valdiklio maitinimo grandinės elektrinė principinė schema

5.3. Maketo gamyba

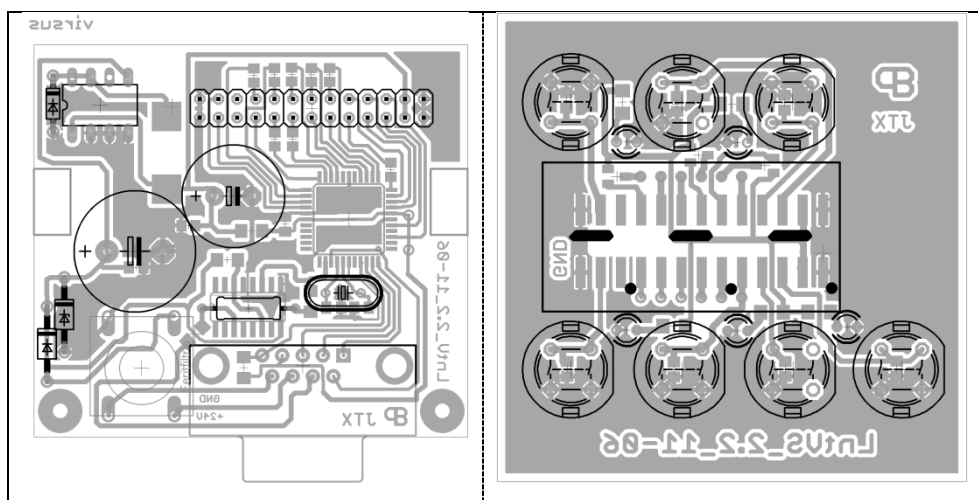
Į maketo gamybą įeina spausdintinės plokštės ir kai kurių mechaninių detalių braižymas, gamyba ir surinkimas. Čia verta būtų paminėti, kad, projektuojant valdiklio maketą buvo žinoma, jog valdiklis bus bandomas realiomis sąlygomis maršrutiniame Vilniaus autobuse. Maketas taip pat buvo projektuotas taip, kad pavykus visiems testams, be didesnių pakeitimų būtų galima pradėti valdiklio serijinę gamybą, t.y. lengvai ir greitai pagaminti keliasdešimt valdiklio kopijų.

Vienas svarbiausių dalykų, į kurį buvo būtina atsižvelgti projektuojant valdiklį, buvo būsimi valdiklio maketo matmenys. Visi rinkoje egzistuojantys valdikliai, gebantys valdyti Vilniaus autobusų švieslentes, yra gremėzdiški bei gana sunkūs. Technikai dažnai neturi galimybės jų tinkamai sumontuoti autobuso vairuotojo kabinoje, „įleisti“ į kabinos prietaisų skydą (angl. *dashboard*). Tai yra gana rimta problema, nes dėl autobuse kylančių vibracijų atsipalaiduoja netinkamai sumontuotų valdiklių tvirtinimo elementai. Yra buvę atvejų, kai staigaus stabdymo

metu valdiklio tvirtinimo elementai lūžta ir valdiklis nukrenta ant vairuotojo kabinos grindų arba, dar blogiau, atsitrenkia į priekinį stiklą. Būtent dėl šios priežasties buvo nuspręsta valdiklio maketą padaryti kuo mažesni, tačiau tokį, kad juo būtų galima naudotis net mūvint pirštines.

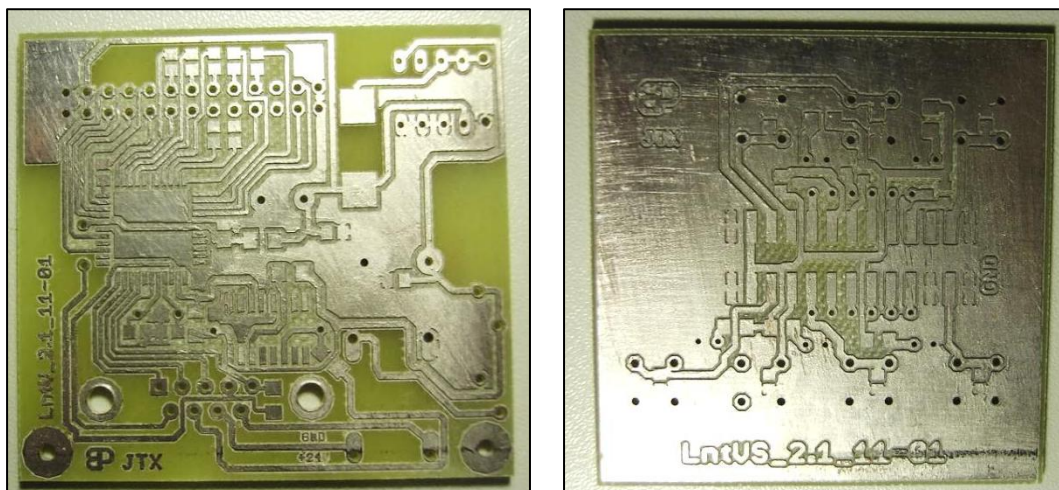
Buvo pasirinkta ABS plastiko įleidžiama modulinė 66 x 65 x 64 mm dėžutė. Dėžutė buvo pasirinkta dėl mažos kainos, galimybės ją tvirtinti įleidžiant į prietaisų skydą (dėžutė yra komplektuojama su dviem tvirtinimo auselėmis) bei patogios ir simetriškos vidinės struktūros, leidusios patikimai sumontuoti vidines valdiklio dalis. Būtent šios dėžutės pasirinkimas turėjo didžiausią įtaką inžineriniams sprendimams, priimtiems spausdintinės plokštės braižymo metu.

Spausdintinė plokštė buvo braižoma visiškai nemokama principinių elektrinių schemų ir spausdinto montažo plokščių projektavimo programa „EAGLE 6.1.0 Light“. Kaip matyti iš 5.37 pav. buvo priimtas sprendimas projektuojamą valdiklį išskirti į dvi atskiras vienas nuo kito spausdintines plokštes. Vienoje plokštėje buvo nuspręsta sumontuoti valdiklio maitinimo grandinę (5.36 pav.), mikrovaldiklį AtMEGA16 bei buferinį grandyną (5.34 pav.). Kitoje – septynių segmentų indikatorius (5.30 pav.) ir septynis valdymo mygtukus. Plokštės tarpusavyje buvo nuspręsta sujungti plokščių daugiagyslių kabeliu su standartinėmis IDC (angl. *Insulation-Displacement Connector*) tipo jungtimis.



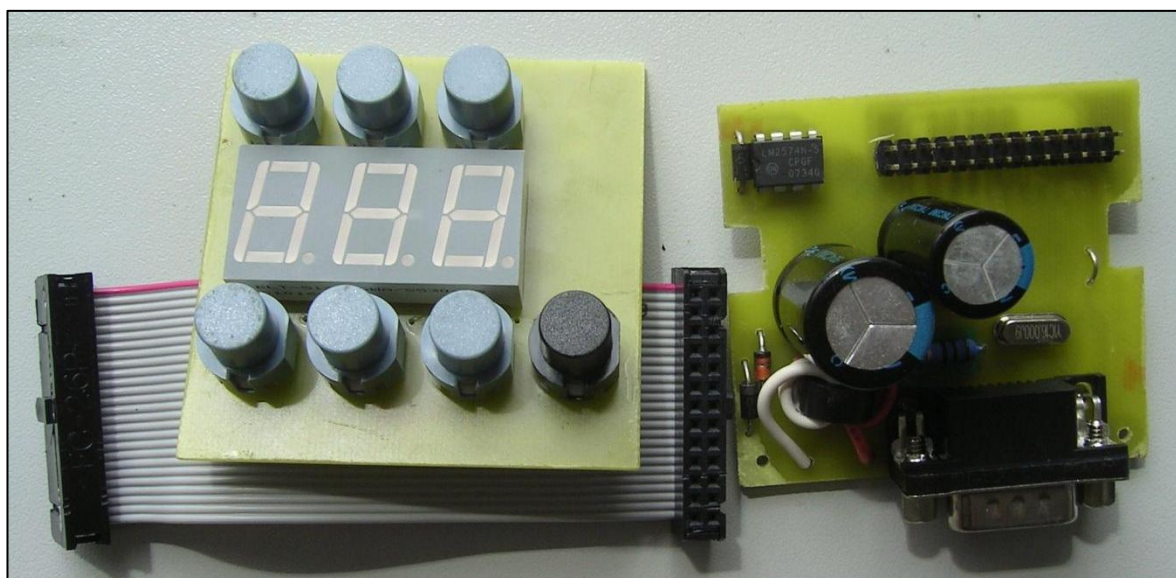
5.37 pav. Švieslenčių valdiklio maketo spausdintinės plokštės

Makete daugiausiai panaudoti paviršinio montažo (angl. *SMD – Surface Mount Device*) elementai. Pasyviniai elementai – varžos ir keramikiniai kondensatoriai – panaudoti 1206 ir 0805 korpusų dėl trasavimo patogumo. Pagrindiniai valdiklio maitinimo grandinės elementai buvo parinkti korpusuose su metaliniais išvadais (angl. *TH – Through-hole*).

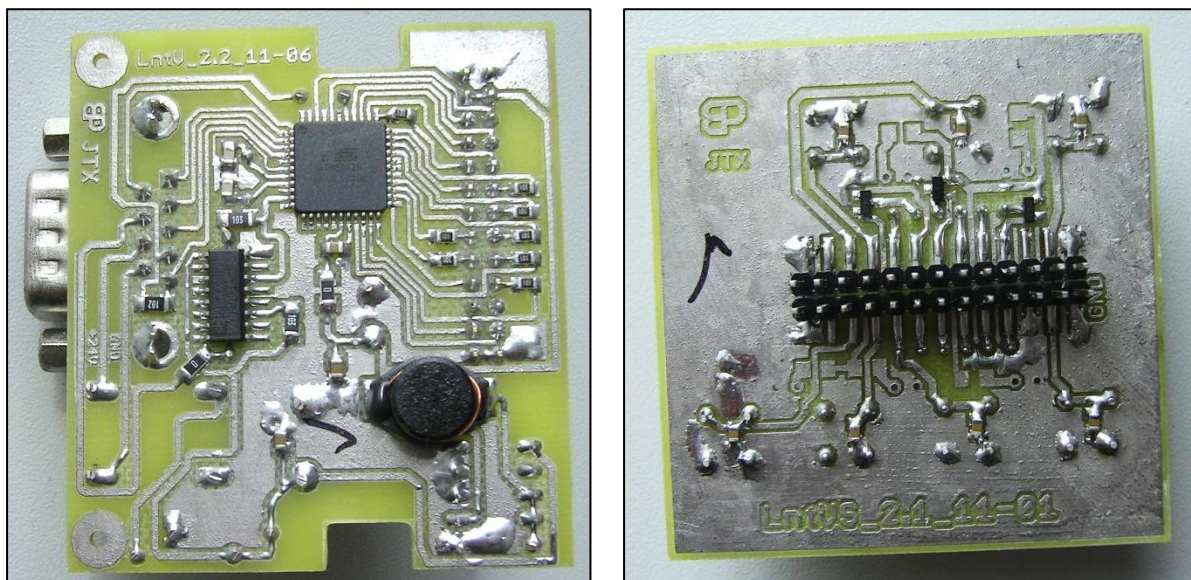


5.38 pav. Išfrezuotos valdiklio maketo spausdintinės plokštės

Dėl gana mažo spausdintinės plokštės užpildymo tankio ir sąlyginai storų takelių bei gana didelių tarpų tarp jų, buvo pasirinktas pusiau pramoninis plokščių gamybos būdas. Plokščių gamybą buvo nuspręsta užsakyti įmonėje, užimančioje vienetiniais užsakymais bei frezuojančia spausdintinės plokštės takelius specialia freza. Pagrindinis šio gamybos metodų privalumas yra tas, kad įmonė ne tik išfrezuoja takelius, bet ir išgręžia skylutes elementų kojėlėms. Įmonė taip pat atlieka pagamintos spausdintinės plokštės metalizaciją, t.y. padengia išfrezuotus takelius plonu alavo sluoksniu, kuris palengvina litavimą ir apsaugo vario sluoksnį nuo oksidacijos ir korozijos (5.38 pav.).

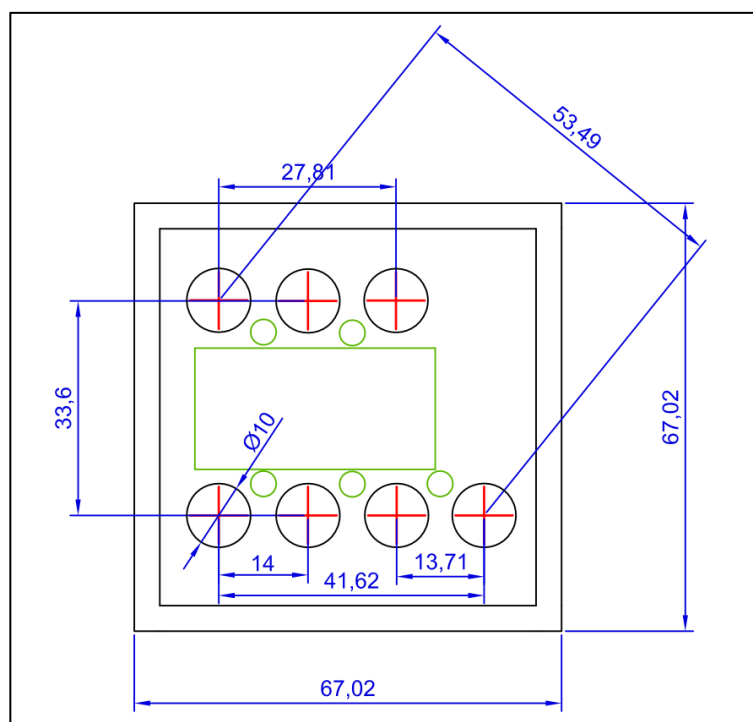


5.39 pav. Surinktos valdiklio maketo plokštės



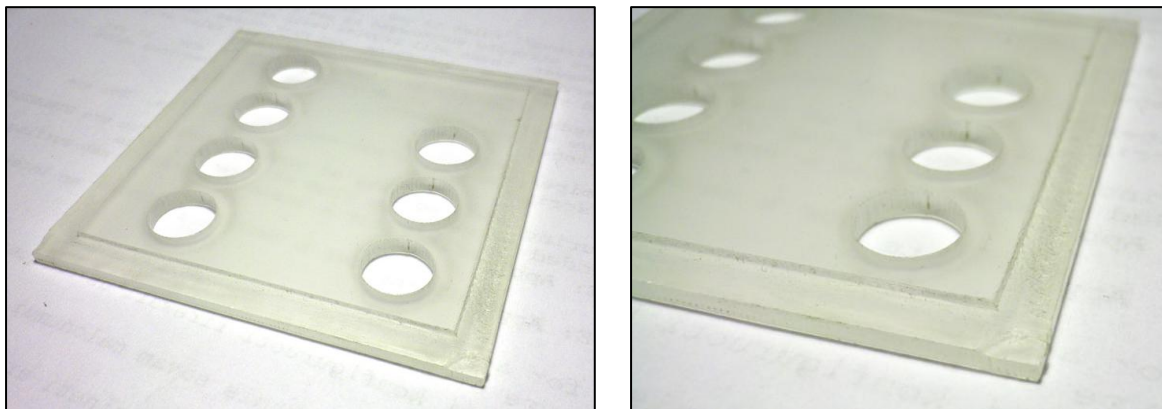
5.40 pav. Surinktos valdiklio maketo plokštės

Gražesniai valdiklio maketo apipavidalinimui buvo nuspręsta priekinį dėžutės (5.36 pav.) plastikinį skydelį pakeisti permatomu akrilo stiklo skydeliu. Norint pasiekti kuo didesnę būsimos stiklinės apdirbimo tikslumą, buvo nuspręsta organinį stiklą išpjauti lazeriu. Tam pagal suprojektuotas valdiklio spausdintines plokštes, kompiuterine braižymo programa Autodesk AutoCAD 2010 buvo sukurtas detalus priekinio stiklinės brėžinys (5.41 pav.), pagal kurį buvo sudaryta programa lazerinėms pjovimo stiklėms.

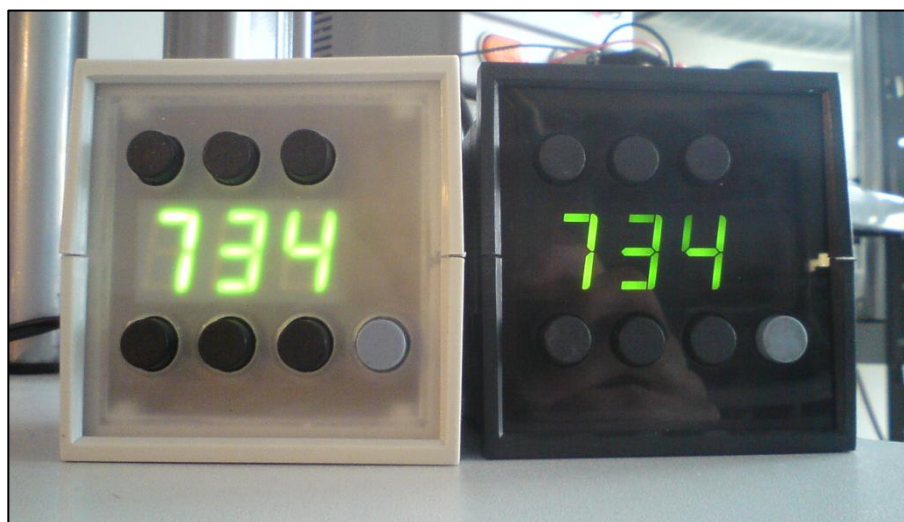


5.41 pav. Maketo priekinio stiklinės brėžinys

Buvo nuspręsta stikliuko gamybai panaudoti 3 mm storio akrilo stiklą. Šis sprendimas turi savų plusų ir minusų. Pagrindinis 3 mm storio stiklo panaudojimo pliusas yra tas, kad tarp 7 segmentų indikatorius ir priekinio stikliuko nelieta jokio tarpo. Minusas – tas, kad plastikinė dėžutė yra suprojektuota 2 mm priekiniams skydeliams (tokio storio yra skydelio fiksavimo grioveliai), todėl išpjautą stikliuką reikia papildomai apšlifuoti (5.42 pav.).



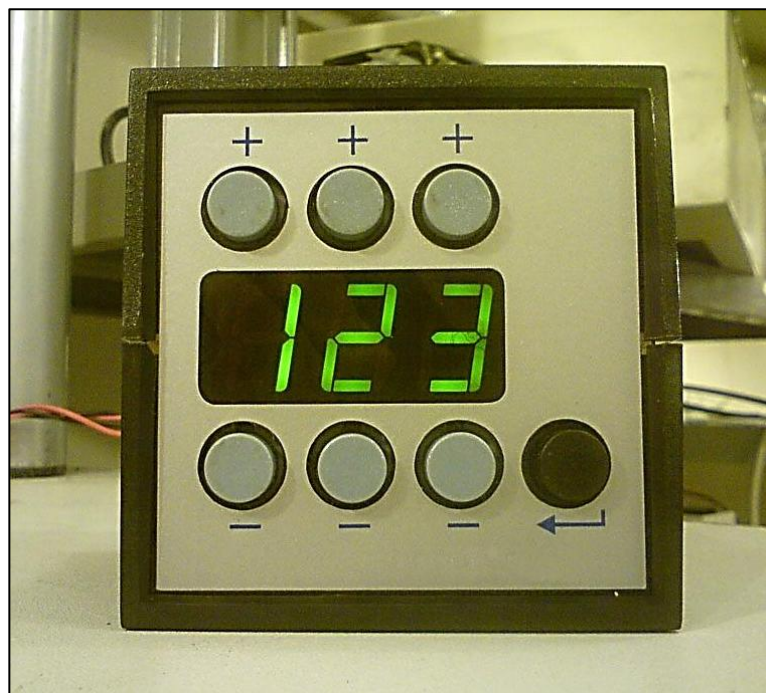
5.42 pav. Stikliukas



5.43 pav. Skirtingų stikliukų bandymas

Maketo gamybos metu buvo eksperimentuojama su dviem iš skirtingų stiklų pagamintais dėžutės priekiniais skydeliais (5.43 pav.). Buvo bandomi įbrėžimams atsparaus ir sunkiai išsitepančio balto matinio akrilinio stiklo bei ne tokio mechaniniam poveikiui atsparaus, tačiau beveik skaidraus akrilinio stiklo skydeliai.

Galutiniam valdiklio variantui buvo pasirinktas žalsvas, permatomas akrilinio stiklo skydelis. Valdiklio estetinei išvaizdai pagerinti papildomai buvo pagamintas sidabrinis lipdukas, klijuojamas ant dėžutės priekinio skydelio. Ant lipduko (5.44 pav.) buvo nuspręsta sužymėti valdiklio mygtukų funkcijas, taip supaprastinant vartotojo sąsają.



5.44 pav. Galutinis valdiklio variantas

Po sėkmingų bandymų realiomis sąlygomis, buvo pagaminti 47 valdikliai, kurie buvo sumontuoti Vilniaus autobusuose. Sumontuoti valdikliai ilgiau nei metus be priekaištų atliko savo funkcijas net ir esant ekstremalioms eksploatacijos sąlygoms. Valdikliai atlaikė nuolatinės vibracijos, įvairius maitinimo grandinės trukdžius ir viršįtampius bei staigius temperatūrų pokyčius: seno tipo autobusuose, vairuotojo kabinoje ne tik nėra įrengtos klimato palaikymo sistemos, bet net nėra paprasčiausios šiluminės izoliacijos, todėl kabinos temperatūra žiemą labai staigiai kinta. Po labai šaltos nakties, vairuotojo kabina kartais būna įšalusi net iki -25 laipsnių Celsijaus (užfiksuota 2011 m. vasario mėn. pabaigoje). Vairuotojui įjungus kabinos šildytuvus, kabina greitai įšyla iki teigiamos temperatūros, kas sukelia kondensaciją, kuri gali sugadinti valdiklio elektroninius komponentus.

5.4. Valdiklio valdymo algoritmo ir programos sudarymas

5.4.1 Valdymo algoritmo sudarymas

Sistemos veikimo algoritmas yra pateiktas grafinėje dalyje.

Ijungus maitinimą, yra suformuojami pagrindiniai nustatymo parametrai. Nustatomi duomenų krypties (DDR), laikmačių (TCCR) registrai, įjungiami vidiniai mikrovaldiklio išėjimų tranzistorių apkrovos rezistoriai (angl. *pull up*), sureguliuojama USART sąsaja.

Įvykdžius visus pradinis nustatymus, yra nuskaitomi (2 blokas) EEPROM atmintyje saugomi maršruto numerio ir krypties nustatymai. Kadangi valdiklio ATmega16 EEPROM vidinės atminties laukai yra 8 bitų talpos, maršruto numeris yra nuskaitomas iš dviejų atminties laukų ir sujungiamas į vieną skaičių. 3 bloke maršruto numeris yra suskaidomas į atskirus skaitmenis (šimtus, dešimtis ir vienetus), kurie bus rodomi septynių segmentų indikatoriuje. Jei 2 ir 3 blokai buvo įvykdyti be klaidų yra toliau tęsiama valdiklio inicializacija. Paprogramis „boot()“ paeiliui po vieną uždega visus indikatoriaus segmentus. Taip naudotojas gali vizualiai įsitikinti, kad visi indikatoriaus segmentai yra tikrai veikiantys.

Jei neiškilo jokių programinių klaidų vykdant 1–4 blokus, yra tikrinama, ar nėra paspaustas septintasis klaviatūros mygtukas (5 blokas). Jei mygtukas nėra nuspaustas, iš EEPROM nuskaitytas maršrutas yra išvedamas į ekraną (6 blokas). Į ekraną išvedami tik prasminiai maršruto skaičiai, lygiuoti į dešinę, pav.: vietoje skaičiaus „052“ yra išvedami tik skaitmenys „52“, vietoje „001“ – „1“ ir pan. Po maršruto išvedimo yra tikrinama klaviatūros mygtukų būseną. Jei nei vienas mygtukas nėra nuspaustas, papildomai yra patikrinama septinto mygtuko būklė (8 blokas). Jei ir šis mygtukas yra nenuspaustas, yra grįžtama į 5 bloką ir ciklas yra kartojamas iš naujo.

Ciklo (blokai 5–8) vykdymo metu yra nuspaudžiamas nors vienas mygtukas iš šešių yra iškart vykdoma maršruto numerio korekcija. Apie įėjimą į maršruto numerio korekcijos vykdymą valdiklis informuoja uždegdamas visus tris septynių segmentų indikatoriaus skaitmenų taškus. Tai atlieka klaviatūros nuskaitymo paprogramis, kuri nuolat tikrina klaviatūros mygtukų būseną. Pavyzdžiui, jei yra nuspaustas mygtukas Nr. 1, maršruto šimtųjų dalis yra padidinama vienetu, jei nuspaudžiamas mygtukas Nr. 2, maršruto dešimčių dalis yra padidinama vienetu ir pan. Jei nuspaudžiamas vienas iš trijų apatinės klaviatūros dalies mygtukų, atitinkamos maršruto numerio dalys (šimtai, dešimtys ar vienetai) yra mažinami vienetu.

Vienu ciklo (blokai 5–8) metu yra fiksuojamas tik vieno mygtuko paspaudimas. Klaviatūros nuskaitymo paprogramis yra sukurtas taip, kad nereaguotų į nuolat paspaustą mygtuką, t. y. paprogramis reaguoja tik į pirminį mygtuko paspaudimą, bet ignoruoja mygtuką, jei šis laikomas

nuspaustas. Tokiu būdu yra išvengta ciklinio maršruto numerio dalių (šimtų, dešimčių ar vienetų) didinimo ar mažinimo, kuris labai apsunkina norimo maršruto numerio įvedimą.

Maršruto įvedimas yra vykdomas tol, kol yra nuspaudžiamas 7 mygtukas (8 blokas). Nuspaudus šį mygtuką, nustatyto maršruto numeris yra išsaugomas vidinėje mikrovaldiklio ATmega16 EEPROM atmintyje. Po to yra pakeičiama kintamojo „nustatymas“ reikšmė į vienetą, kas indikuoja, kad yra pereinama į maršruto krypties nustatymą.

Jei dar kartą nėra paspaudžiamas 7 mygtukas (11 blokas), nuskaitytas iš EEPROM krypties numeris (vienas skaitmuo, centruotas per vidurį) yra išvedamas į ekraną (15 blokas) bei yra tikrinama mygtukų Nr. 2 ir 5 būseną (16 blokas). Tai atliekama cikliška (blokai 11, 15 ir 16), kol nėra nuspaudžiamas 7 mygtukas. Jei yra nuspaudžiamas 2 ar 5 mygtukas, yra pradėdama vykdyti maršruto krypties keitimo procedūra, analogiška maršruto numerio keitimo procedūrai.

Maršruto krypties keitimo procedūra yra baigiama nuspaudžiant 7 mygtuką (11 blokas). Nuspaudus šį mygtuką, nustatyta maršruto kryptis yra išsaugoma vidinėje mikrovaldiklio ATmega16 EEPROM atmintyje (12 blokas). Po to yra pakeičiama kintamojo „nustatymas“ reikšmė į nulį (13 blokas), kas indikuoja, kad yra maršruto krypties nustatymas yra baigtas. Atlikus šiuos veiksmus, yra įvykdomas paprogramis „trasmint_data()“ (14 blokas), kuris nustatytus maršruto parametrus nusiunčia lentai, ir yra grįžtama į 5 algoritmo bloką. Procesas yra kartojamas iš naujo.

Paprogramis „trasmint_data()“ – tai viena svarbiausių valdiklio programos dalių, atsakinga už korektiškų maršruto parametrų nusiuntimą švieslentei. Paprogramis veikimo metu tikrina pirmąjį maršruto numerio skiltį (šimtųjų dalį) ir maršruto krypties nustatymą ir pagal tai keičia švieslentei siunčiamą duomenų paketą. Jei naudotojas nustato maršruto kryptį 9 (17 blokas), t.y. maršrutą „grįžta į parką“, paprogramis švieslentei nusiunčia maršrutą „000“ bei kontrolinę maršruto numerio sumą ir baigia savo darbą (blokai 18 ir 19).

Jei kryptis nėra lygi 9 (17 blokas), paprogramis tikrina, ar pirmosios maršruto numerio skilties vertė nėra lygi 4 (20 blokas). Jei bloko sąlyga yra tenkinama, pirmoji maršruto numerio skiltis yra padidinama dviem, pav.: maršrutas „401“ yra pakeičiamas į maršrutą „601“ (21 blokas). Po šio pakeitimo yra pereinama (nuoroda 3) prie duomenų ir kontrolinės sumos siuntimo švieslentei.

Jei 20 bloko sąlyga nėra tenkinama, yra tikrinami krypties nustatymai blokuose 22, 26 ir 30. Jei kurio nors iš šių blokų loginė sąlyga yra tenkinama, atitinkamai (24, 28 ir 32 blokai) yra pakeičiamas lentai siunčiamas maršruto numerio pirmosios skilties skaičius. Apsaugai nuo neteisingo krypties nustatymo yra realizuota loginė apsauga (blokai 23, 27 ir 31), tikrinanti maršruto numerio pirmosios skilties vertę ir neleidžianti jos keisti, jei vertė yra mažesnė už 3.

Atlikus visas logines patikras bei reikiamus pakeitimus, yra pereinama (nuoroda 3) prie maršruto ir kontrolinės maršruto numerio sumos siuntimo ir darbo paprogramio darbo pabaigos.

TIMER0 pertrauktis yra naudojama periodiniam maršruto numerio siuntimo į lentą. Pertrauktis veikia nepriklausomai nuo pagrindinės programos būsenos ir užtikrina optimalų lentos atvaizduojamų duomenų atnaujinimą.

5.4.2. Valdymo programos sudarymas

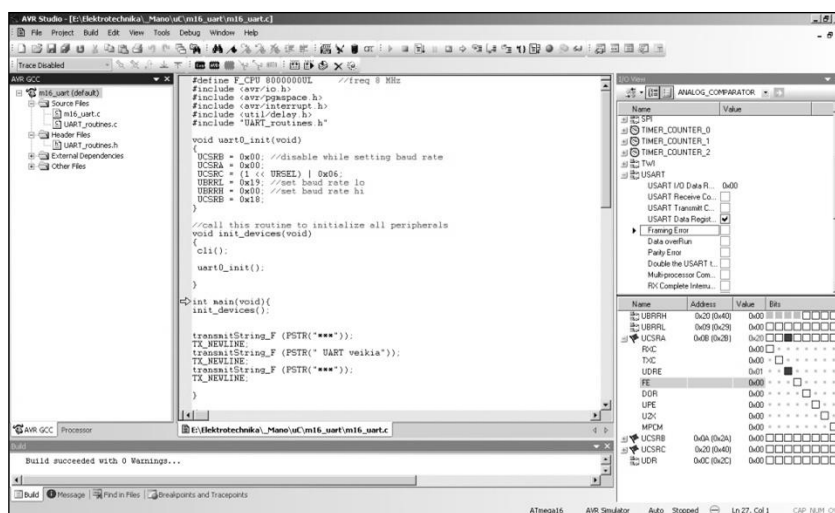
Projektuojamo valdiklio funkcionalumas priklauso ne tik nuo techninės įrangos (panaudotų detalių, keitiklių, integrinių grandynų ir pan.), bet ir nuo valdymo programos. Įrenginio darbą valdo mikrovaldiklis, kurio visus atliekamus veiksmus tiesiogiai įtakoja valdymo programa, todėl, įvėlus net pačią mažiausią programinę klaidą, įrenginys gali funkcionuoti klaidingai arba išvis neveikti. Valdymo programos sudarymas yra toks pats svarbus įrenginio projektavimo etapas kaip ir principinės schemos sudarymas ir elementų parinkimas.

Pagrindinė profesionalaus programavimo kalba yra Asembleris. Tai žemo lygio, aparatūriškai orientuota programavimo kalba, gebanti tiesiogiai dirbti su mikrovaldiklio registrais. Tik programuojant assembleriu įmanoma maksimaliai išnaudoti visas mikrovaldiklio galimybes. Šia kalba parašytos programos yra trumpos ir greitai vykdomos. Pagrindinis programavimo assemblerio kalba trūkumas yra tas, kad programavimo komandos yra skirtingos skirtingiems (pav. AVR ir PIC) mikrovaldikliams, todėl vienam mikrovaldikliui parašytas programos yra labai sunku pritaikyti kitam mikrovaldikliui. Sunkumų gali iškilti net naudojant tos pačios šeimos ir architektūros mikrovaldiklius. Sudarytos programos gali neveikti, nes gali skirtis vidinė mikrovaldiklių struktūra, duomenų atminties laukas, registrų išdėstymas, išvadų priskyrimas ir pan. Programuoti šia kalba taip pat nėra labai patogų: nelengva sudaryti sudėtingus sąlyginius ciklus ir perėjimus, manipuluoti didesniais nei 8 bitų (8 B mikrovaldiklio atveju) duomenimis, skaičiais su kableliais, atlikti trigonometrines operacijas ir pan.

Programavimas C kalba šių trūkumų neturi. Programos labai lengva perkelti iš vieno mikrovaldiklio į kitą (su nedidelėmis modifikacijomis), nesunku dirbti su ciklais ir dideliais duomenimis. Šia kalba parašytas programos kodas yra lengvai skaitomas ir suprantamas. Programuojant lengva naudoti papildomas bibliotekas, įterpti kodą iš kitų programų. Vienintelis šios kalbos trūkumas yra tas, kad tai aukšto lygio programavimo kalba, t.y. ji negali tiesiogiai dirbti su mikrovaldiklio registrais. Norint programuoti mikrovaldiklį C kalba reikalingas specialus kodo interpretatorius, verčiantis C kalba parašytą programos kodą Asemblerio programos kodu. Pastarasis yra verčiamas mašininio kodu (kompiliuojamas) ir perduodamas mikrovaldikliui. Dėl tokio dvigubo kodo konvertavimo programos pailgėja, t.y. C kalba parašyta programa bus kelis kartus ilgesnė nei Asembleriu parašyta identiška programa. Nepaisant to,

mikrovaldiklių programavimas C kalba yra bene vienintelis pasirinkimas, kuriant ilgą ir sudėtingą valdymo programą.

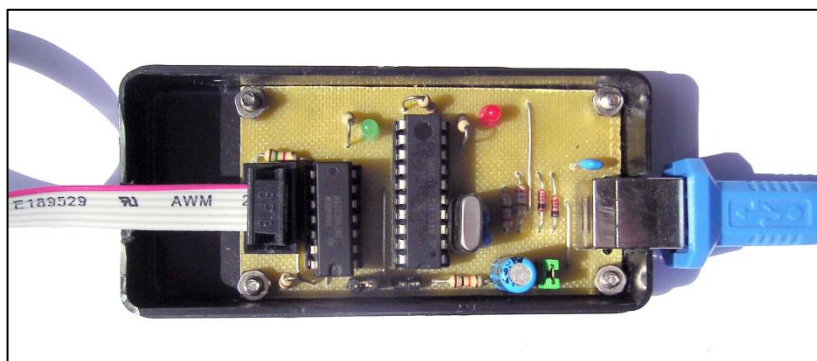
WinAVR – tai Windows operacinei sistemai paruoštas programinių priemonių rinkinys, skirtas AVR šeimos mikrovaldiklių programoms kurti. Šiame pakete yra naudojamas AVR-GCC C/C++ kompiliatorius. AVR-GCC tai atviro kodo nemokamas GCC (angl. *GNU Compiler Collection*) kompiliatorius, pritaikytas AVR mikrovaldikliams. Pats AVR-GCC kompiliatorius neturi naudotojo sąsajos. Viskas daroma per komandinę eilutę, tačiau tai yra gana nepatogu. Išėjus yra naudoti AVR Studio 4 (5.45 pav.). Tai labai patogus programavimo įrankis, į kurį lengva integruoti AVR-GCC kompiliatorių. Taip pat programa automatiškai generuoja „makefile“ rinkmenas ir turi galingą mikrovaldiklių simuliacijos įrankių komplektą, leidžiantį stebėti mikrovaldiklio registrų turinį. Kitais žodžiais tariant, AVR Studio 4 galima programuoti nesirūpinant kompiliavimo smulkmenomis ir tuo pačiu turėti galingą įrankį su kompiliavimo, simuliacijos ir testavimo galimybėmis.



5.45 pav. AVR Studio 4 programavimo aplinka

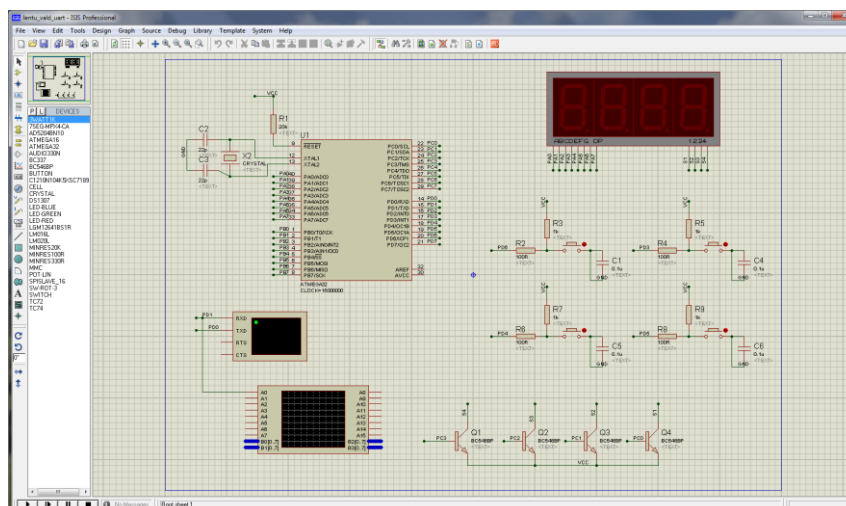
Fizinis mikrovaldiklio programavimas yra vykdomas atvirojo kodo programatoriumi USBtinyISP (5.46 pav.). Programatoriaus schemas, detalių sąrašas, programinis kodas ir spausdininės plokštės brėžiniai yra pateikti [37] informacijos šaltinyje. Programatoriaus konstrukcija yra ypač paprasta, todėl ją lengva susirinkti namuose. Schemoje yra įdiegta buferinė apsauga, skirta apsaugoti kompiuterio USB prievadą nuo galimo trumpojo jungimo ar viršįtampių programuojamoje schemoje. Programatorius skirtas programuoti visiems ATMEL AVR šeimos mikrovaldikliams. Tai ISP (angl. *In-System Programming*) tipo programatorius, kas reiškia, kad mikrovaldiklį galima programuoti jo neišėmus iš plokštės. Pvz. mikrovaldiklis jau įlituotas ir atlieka tam tikras funkcijas. Prie mikrovaldiklio prijungus šį programatorių

(mikrovaldiklis ir toliau pilnai funkcionuoja), bet kuriuo momentu gali būti pradedamas programavimas. Programavimo metu mikrovaldiklis persijungia į programavimo režimą. Po keliasdešimties sekundžių trukusio įrašymo ir įrašyto kodo patikrinimo mikrovaldiklis vėl persijungia į darbinį režimą ir dirba jau pagal naują programą. Tai labai patogiu, nes nereikia mikrovaldiklio ištraukinėti iš lizdo, kuris šiuo atveju net nereikalingas. Taip pat labai patogiu naudoti ne tik DIP korpusą, bet ir PLCC, TQFP, BGA ir kitus [38].



5.46 pav. USBtinyISP programatorius

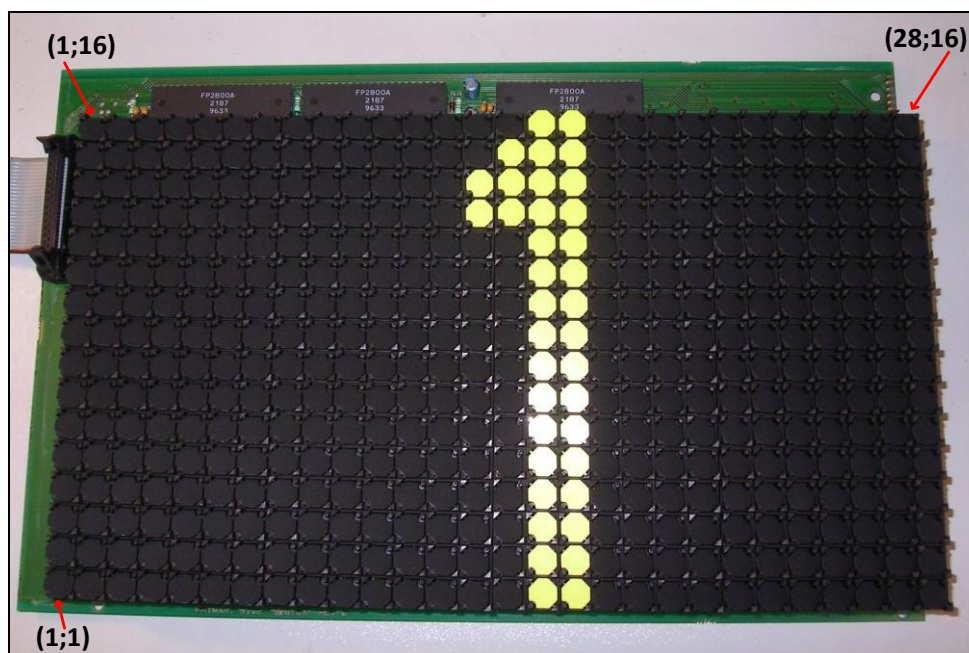
Valdymo programa yra sudaroma pagal valdymo algoritmą. Sukompiliuotą programą galima išbandyti Proteus VSM modeliavimo programa (5.47 pav.). Joje yra sujungiama reali elektrinė principinė schema, į valdiklį įkeliami sukompiliuoti programa ir vykdoma simuliacija. Taip galima greitai patikrinti programos veikimą, neįrašant jos į tikrą mikrovaldiklį. Modeliavimo programa turi daug virtualių įrankių, tokių kaip: 4 kanalų skaitmeninis osciloskopas, loginis analizatorius, dažnimatis, skaitiklis (angl. *counter*), I2C ir SPI sąsajų derinimo (angl. *debugger*) įrankiai bei USART sąsajos imitatorius (Virtual Terminal), padedančių analizuoti modeliuojamoje schemoje vykstančius procesus ir aptikti galimas klaidas.



5.47 pav. Proteus ISIS Professional programos langas

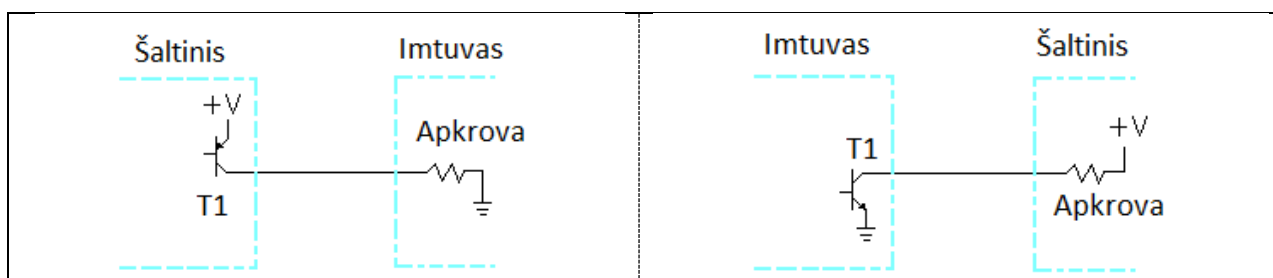
5.5. „LAWO“ elektromechaninės švieslentės valdiklio tyrimas

„Full-matrix System“ informacinėje sistemoje naudojama šono skaitinė švieslentė (5.48 pav.) yra sudaryta iš 448 skydelių su vartymo mechanizmais (elektromagnetais). Vartymo mechanizmai yra elektriškai sujungti į matricą, sudarytą iš 16 eilučių ir 28 stulpelių. Šono skaitinė lentoje yra sumontuoti 3 vartymo mechanizmų valdikliai FP2800A. Šono skaitinė lenta prie likusios informacinės sistemos yra jungiama lanksčiu 26 gyslų kabeliu bei IDC tipo jungtimi.

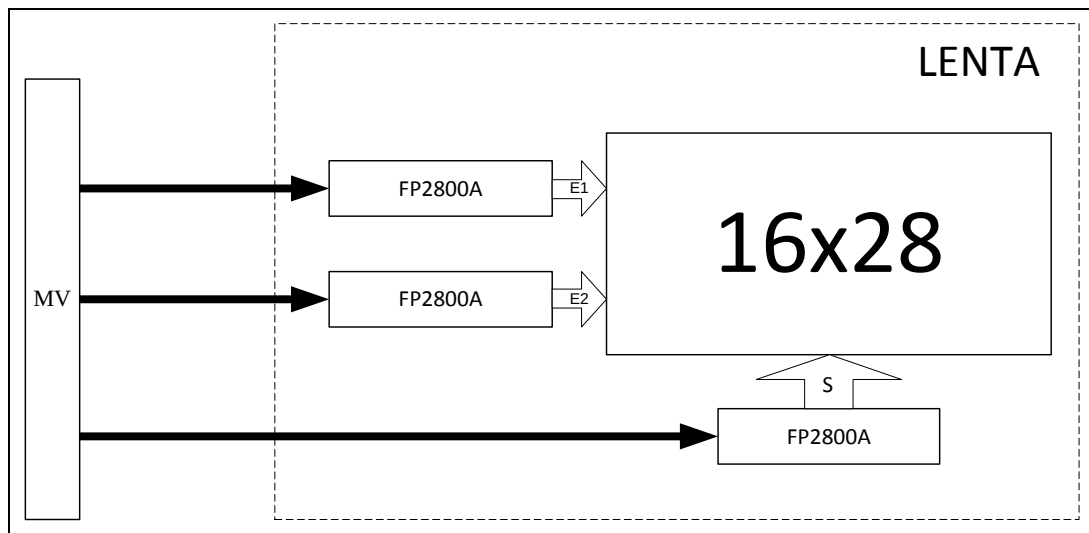


5.48 pav. „Full-matrix System“ šono skaitinė švieslentė

FP2800A – tai „iš 5 į 28“ tipo dešifраторius, atpažįstantis kodinę signalų jo įėjimuose kombinaciją ir sukuriantis signalą viename tą kodinę kombinaciją atitinkančiame išėjime [22]. Pagrindinė FP2800A (5.54 pav.) ypatybė yra ta, kad dešifраторiaus išėjimai dirba „šaltinio imtuvo“ režimais (5.49 pav.), t. y. dešifраторius pagal valdymo komandą gali tam tikrą išėjimą prijungti arba prie maitinimo šaltinio teigiamo poliaus arba prie neigiamo. Tai yra ypač svarbu elektromechaninių švieslenčių valdymui, nes elektros srovė per vartymo mechanizmo rites turi tekėti abejomis kryptimis.



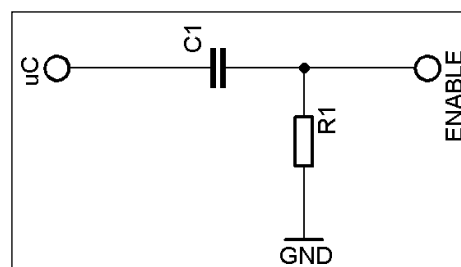
5.49 pav. Šaltinio imtuvo (angl. Source – Sink) režimai [23]



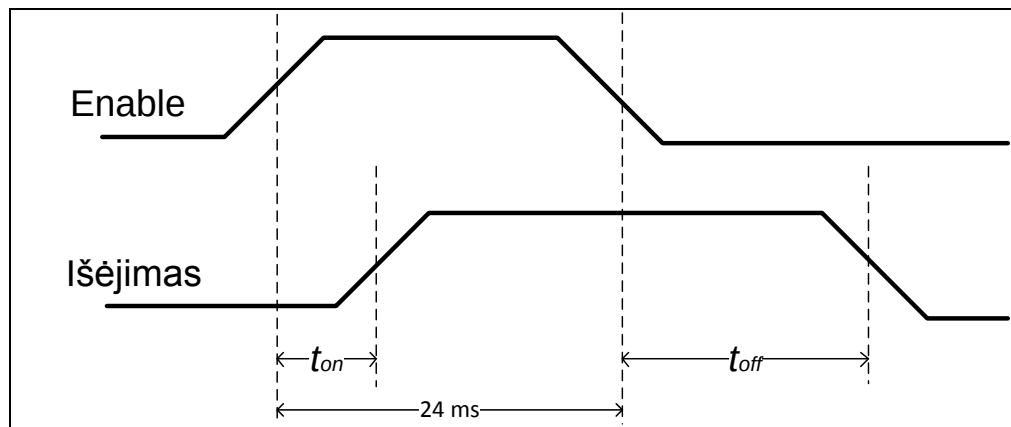
5.50 pav. „Full-matrix System“ šono – skaitinės švieslentės struktūrinė schema

Kaip jau buvo minėta, švieslentės 16 x 24 skydelių matricą valdo 3 vartymo mechanizmų valdikliai FP2800A. Vienas iš jų yra skirtas matricos stulpelių valdymui (5.50 pav.), kiti du – eilučių valdymui. Kiekvienas iš šių valdiklių yra valdomas 7 linijų duomenų perdavimo magistrale, kuri pagrindiniame valdiklyje dažnai būna multipleksuojama. Mikrovaldiklis tinkamais laiko momentais privalo kiekvienam iš valdiklių nurodyti konkretų komutuojamo išėjimo adresą (5 adreso linijos) ir komutuojamo išėjimo poliarumą (*Data* signalas). Be to, mikrovaldiklis turi generuoti *Enable* signalą, inicijuojantį adreso linijos dešifrą, bei dekoduoti valdiklio išėjimo prijungimą arba prie maitinimo šaltinio teigiamo poliaus, arba prie neigiamo.

Valdikliai FP2800A gali komutuoti iki 370 mA srovę (kiti techniniai parametrai pateikti 5.10 lentelėje), todėl, norint apsaugoti skydelių vartymo mechanizmus bei pačius valdiklius, yra būtina riboti valdiklio išėjimų komutavimo intervalus. Tam gamintojas siūlo nesudėtingą schemą (5.51 pav.), pateiktą [21] šaltinyje, sudarytą iš kondensatoriaus C1 ir rezistoriaus R1. Gamintojo rekomenduotinos elementų parametrų vertės yra $C1 = 0,22 \mu F$ ir $R1 = 22 k\Omega$, garantuojančios maksimalią 24 ms *Enable* signalo veikimo trukmę (5.52 pav.).

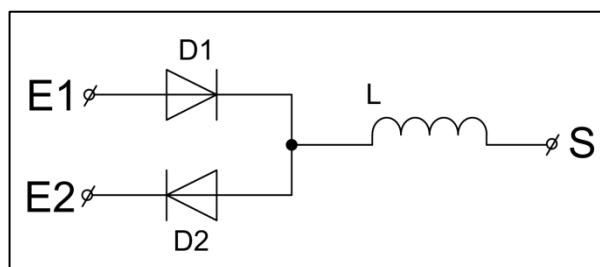


5.51 pav. Apsauginė RC grandinė

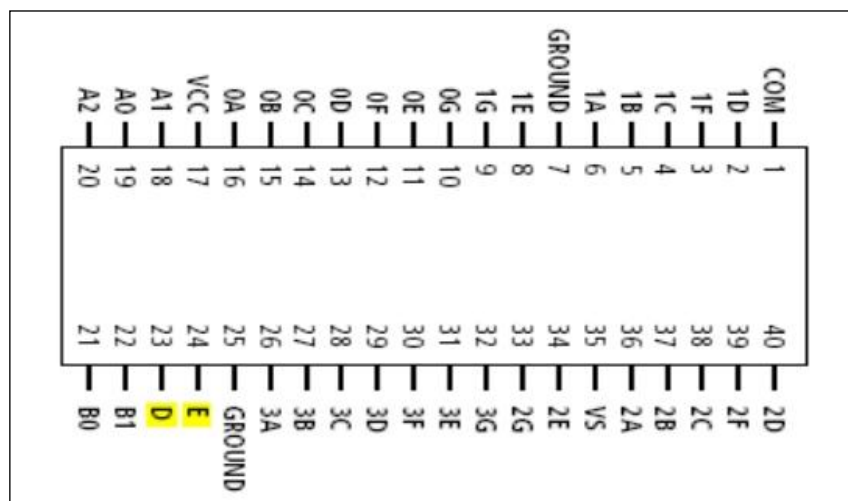


5.52 pav. Laikinės diagramos

Kadangi elektros srovė turi tekėti abejomis kryptimis per skydelių vartymo mechanizmų elektromagnetų rites, yra naudojami 2 atskiri lygiagrečiai sujungti valdikliai. Valdiklių apsaugai jų išėjimai yra atskirti diodais D1 ir D2 (5.53 pav.)



5.53 pav. Skydelių vartymo mechanizmų elektromagnetų ričių jungimo schema



5.54 pav. Iš 5 į 28 dešifраторius FP2800A [21]

5.10 lentelė. Valdiklio FP2800A techniniai parametrai [21]

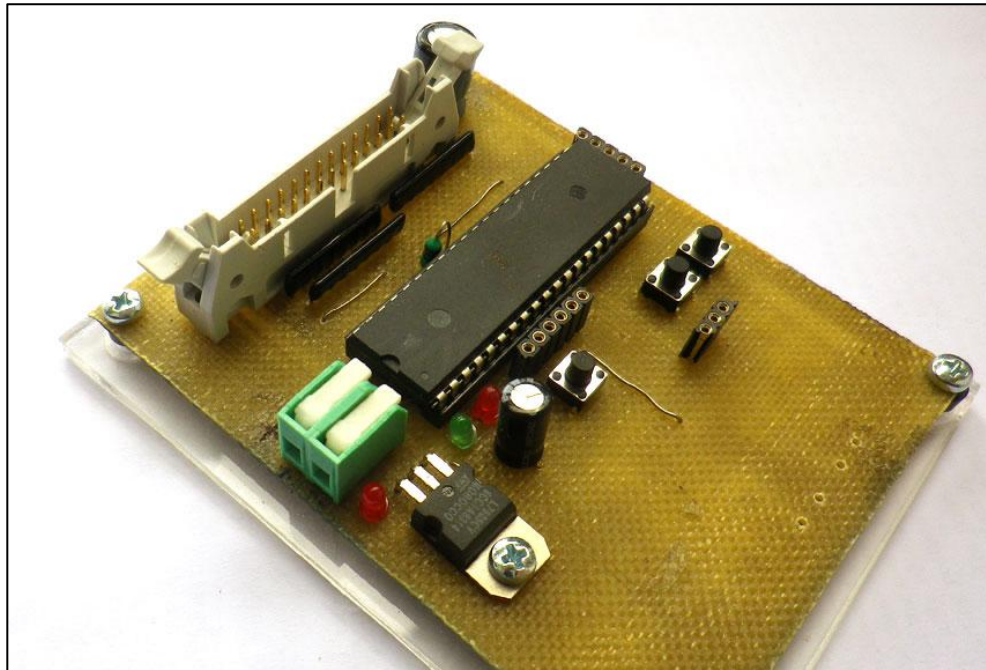
Dešifratoriaus tipas		Iš 5 į 28
Maitinimo įtampa	U , V	$5 \pm 10 \%$
Didžiausia imama el. srovė	I_{max} , mA	500
Didžiausia komutuojama įtampa	U_{kmax} , V	27,5
Didžiausia komutuojama srovė	I_{kmax} , mA	370
Veikimo temperatūra	T , °C	-40 – +80
Veikimo sparta	f , Hz	5
Adreso dekodavimo laikas	t_A , μ s	50
Dekoduoto išvado prijungimo prie teigiamo maitinimo šaltinio poliaus laikas (5.52 pav.)	t_{ON} , μ s	50
Dekoduoto išvado prijungimo prie neigiamo maitinimo šaltinio poliaus laikas (5.52 pav.)	t_{OFF} , μ s	150

Norint detaliau ištirti švieslentės (5.48 pav.) veikimą bei gauti norimas dinamines charakteristikas, gamintojo komplektuojamo valdiklio „Sign Controller 802/24“ (2.6 pav.) nebeužtenka. Pastarasis valdiklis matricos segmentus valdo tik pagal programos LAWO TED®plus (2.8 pav.) sudarytas „vienkartinės“ instrukcijas. T. y. valdiklis, gavęs komandą, iš savo integruotos atminties nuskaito konkretaus atvaizduotino užrašo parametrus (užrašą, užrašo šriftą, šrifto dydį, kadruotę ir pan.) bei atitinkamai paveikia individualius kiekvienos lentos taškus, tačiau tai atlieka tik vieną kartą. Todėl tolimesniems tyrimams buvo nuspręsta sukurti eksperimentinį švieslentės valdiklį, kuris leistų valdyti švieslentės taškus pagal tiesiogines komandas, siunčiamas iš asmeninio kompiuterio.

Vienas svarbiausių dalykų, kuriant eksperimentinį valdiklį, buvo sužinoti, kaip švieslentės taškai yra prijungti prie 3 vartymo mechanizmų valdiklių FP2800A. Tai buvo nustatyta rankiniu būdu, analizuojant švieslentės spausdintinę plokštę. Dešifratorių FP2800A ir *flip-dot* matricos jungimai yra pateikti lentelėje 5.11. lentelėje panaudota eilučių ir stulpelių numeracija yra pažymėta 5.49 paveiksle.

5.11 lentelė. Dešifratorių FP2800A ir *flip-dot* matricos jungimų lentelė

Stulpeliai								Eilutės			
1	0A	9	1B	17	2C	25	3D	1	2B	9	1A
2	0B	10	1C	18	2D	26	3E	2	2A	10	0G
3	0C	11	1D	19	2E	27	3F	3	1G	11	0F
4	0D	12	1E	20	2F	28	3G	4	1F	12	0E
5	0E	13	1F	21	2G			5	1E	13	0D
6	0F	14	1G	22	3A			6	1D	14	0C
7	0G	15	2A	23	3B			7	1C	15	0B
8	1A	16	2B	24	3C			8	1B	16	0A

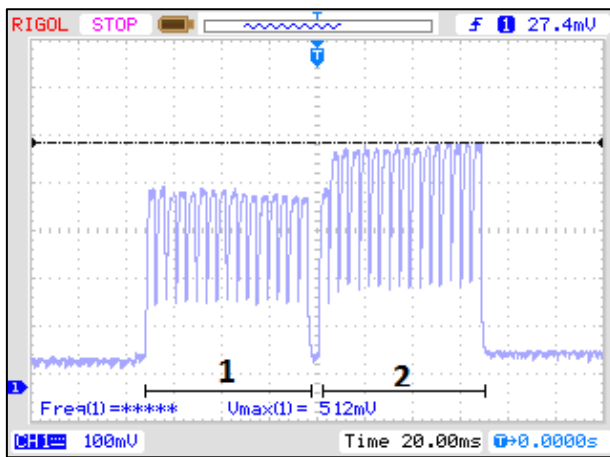


5.56 Eksperimentinis švieslentės valdiklis

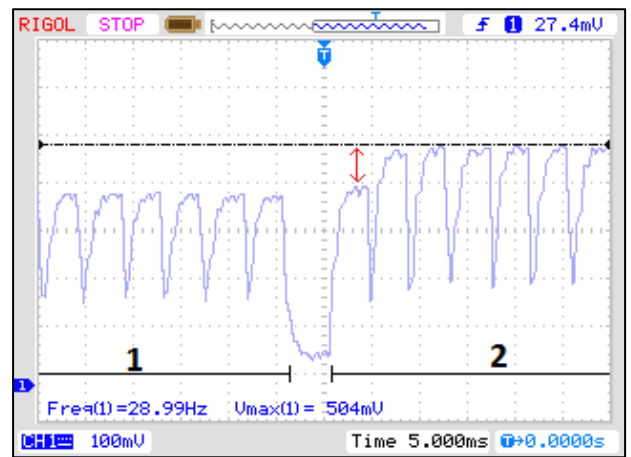
Eksperimentiniame švieslentės valdiklyje (5.55 pav.) buvo panaudotas mikrovaldiklis AtMEGA16 (5.25 pav.), tiesiogiai, per lankstų 26 gyslų kabelį su IDC jungtimi, siunčiantis valdymo ir adreso signalų kombinacijas dešifratoriams FP2800A. Valdiklyje periferinių įrenginių ir asmeninio kompiuterio prijungimui buvo įprojektuotos USART ir I2C sąsajos (žr. 4.1.2. poskyrį). Taip pat numatyti keli papildomi mygtukai ir šviesos diodai, naudojami valdiklio veiksmų kontrolei ir indikacijai, bei IBIS duomenų perdavimo sąsaja, naudotina komunikacijai su įvairiais autobusuose naudojamų informacinių sistemų įrenginiais.

Srovės matavimui buvo parinktas $1\ \Omega$ 17 W šunto rezistorius. Didelės vardinės galios rezistorius buvo parinktas tam, kad būtų galima išvengti šiluminių galios nuostolių dėl kurių šuntas fiziškai šyla. Dėl to keičiasi jo elektriniai parametrai, t. y. varža, kas darbo metu sukelia srovės matavimo paklaidas. Rezistoriaus vardinė $1\ \Omega$ varža buvo parinkta todėl, kad įtampos kryptis šunto varžoje yra proporcingas per ją tekančiais srovei (5.18 formulė), o tai leido tiksliai ir be papildomų matematinių veiksmų nustatyti, kokia srovė teką švieslentės grandine. Įtampos kryptis šunto varžoje buvo matuojamas skaitmeniniu oscilografu Rigol DS1052E (8.4 pav.)

$$U_s = I_x \cdot R_s. \quad (5.18)$$

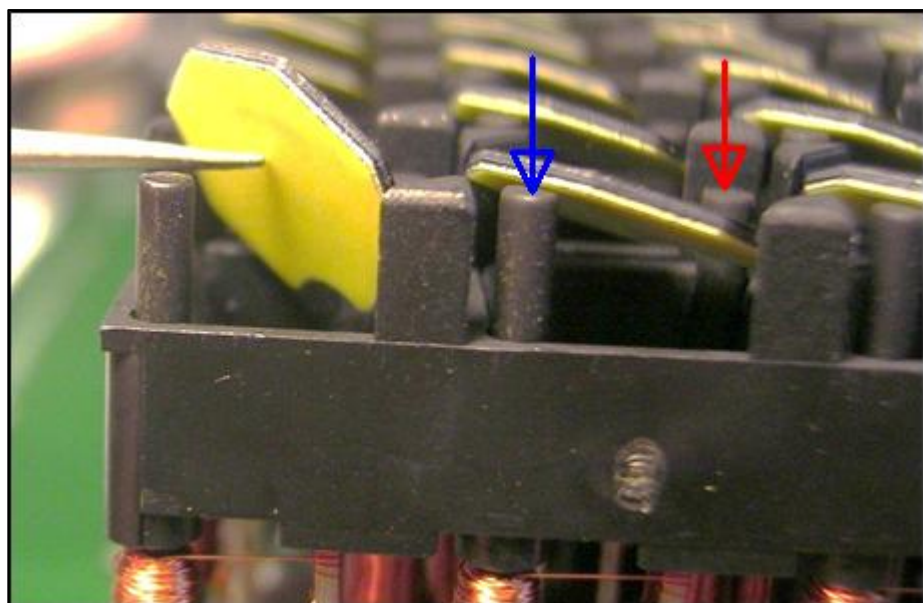


5.56 pav. 28 stulpelio srovės oscilograma



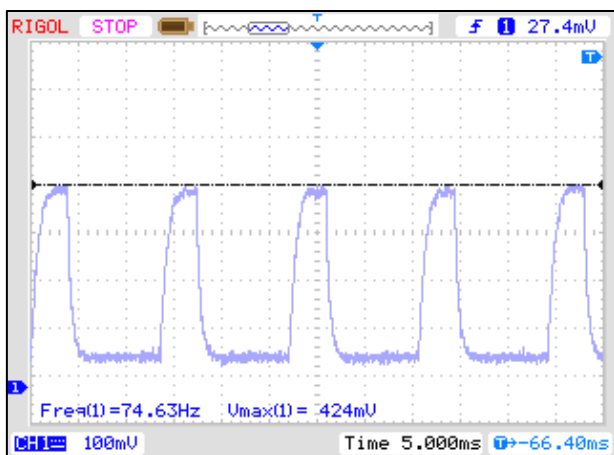
5.57 pav. 28 stulpelio srovės oscilograma

Tyrimo metu, eksperimentiniam valdikliui (5.55 pav.) buvo sudaryta programa, paeiliui perverčianti visus 28-o stulpelio skydelius pirma į geltonąją pusę, po to – į juodąją. Bandymo buvo gauta srovės oscilograma (5.56 pav.). Iš jos matome, kad verčiant skydelius į geltonąją pusę (5.56 pav. 1 impulsų serija), srovė tekanti per skydelių elektromagnetų rites yra maždaug 100 mA mažesnė nei verčiant skydelius į juodąją pusę (5.56 pav. 2 impulsų serija). Tai galima paaiškinti tuo, kad skydelio vartymo mechanizmo elektromagneto magnetolaidis yra nesimetriškas. Vienas magnetolaidžio strypelis yra šiek tiek ilgesnis nei kitas (5.59 ir 2.4 pav.). Dėl to, skydelio posvyrio kampas abiejose stacionariose padėtyse skiriasi (2.3 pav.). Pasak patento [43], kuo yra mažesnis skydelio posvyrio kampas, tuo reikia sukurti stipresnį magnetinį lauką skydelio perversimui.

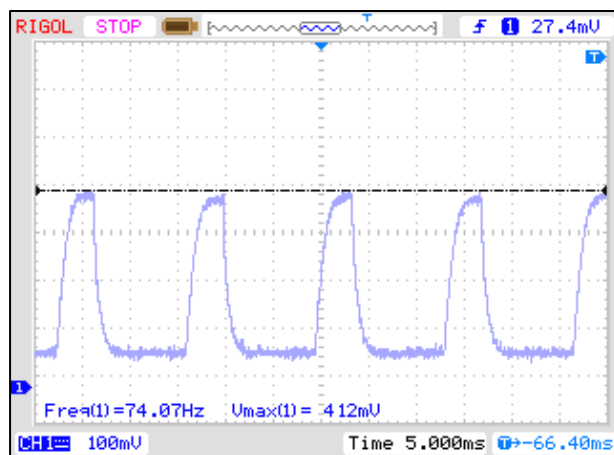


5.58 pav. Skydelio vartymo mechanizmo elektromagneto magnetolaidis

Paveiksle 5.58 yra pateiktas priartintas oscilogramos 5.57 segmentas. Čia galima pastebėti, kad verčiant 28-ojo stulpelio pirmąjį skydelį, per elektromagnetą tekanti srovė yra mažesnė (pažymėta raudona rodykle) nei verčiant kitus to paties stulpelio segmentus. Ši tendencija kartojasi ir individualiai variant tik šį segmentą. Paveiksle 5.59 matome, kad srovė tekanti per segmento (28;1) elektromagneto ritę yra vienoda verčiant skydelį ir į vieną pusę, ir į kitą. Taip būti neturėtų, nes korektiškai veikiančių segmentų vertimo srovės skiriasi. Paveiksle 5.61 yra pateikta segmento (3;4) oscilograma, patvirtinanti prieš tai suformuotą teiginį.

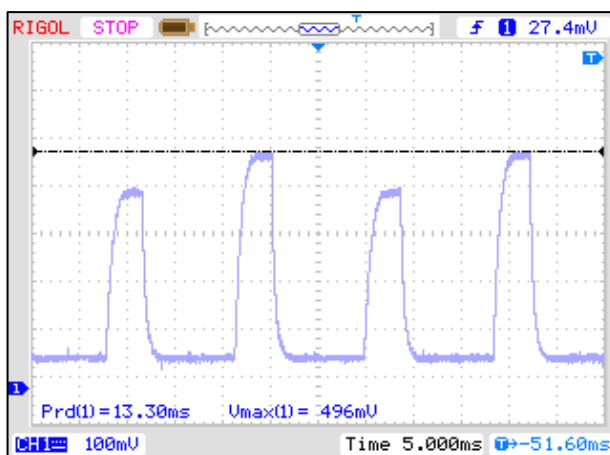


5.58 pav. Segmento (28;1) srovės oscilograma

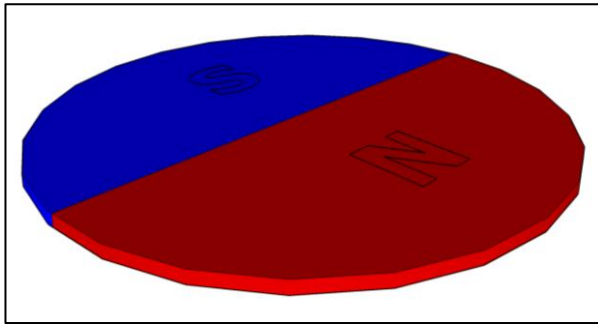


5.59 pav. Segmento (1;3) srovės oscilograma

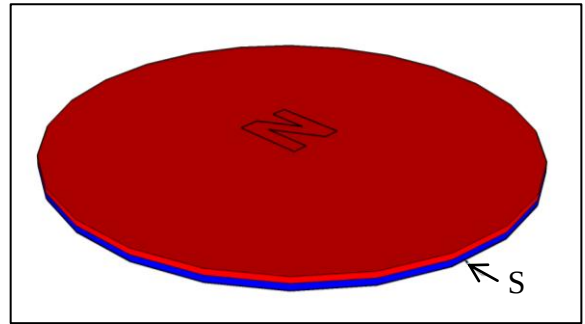
5.60 paveiksle yra atvaizduota srovės, tekančios per segmento su išimtu feromagnetiniu skydeliu vartymo mechanizmo elektromagnetą, oscilograma. Iš tiesų 5.59 ir 5.60 oscilogramos yra labai panašios, tik šiek tiek skiriasi amplitudinės vertės, todėl galima teigti, kad segmento (28;1) skydelis yra sugadintas. Iš tikro, tai matosi net plika akimi. Skydelis yra vangus, persiverčia daug lėčiau nei visi kiti. Taip pat jis tvirtai nesilaiko stacionarioje pozicijoje, ir persiverčia, verčiant kaimyninius skydelius, pav. (27;1) ar (28;2).



5.60 pav. Segmento (3;4) srovės oscilograma

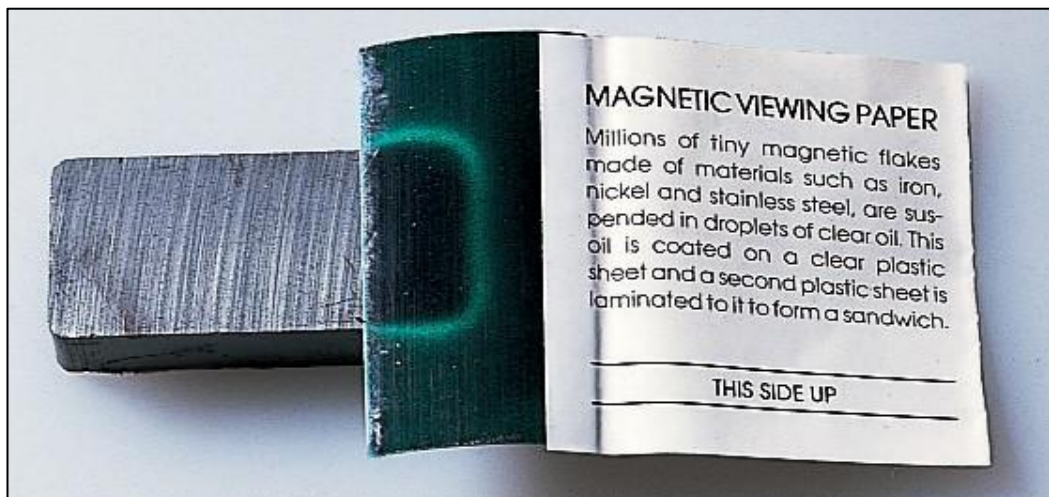


5.61 pav. Korektiškai įmagnetintas skydelis



5.62 pav. Sugadinto skydelio įmagnetinimas

Su specialia magnetinius polius parodančia kortele (5.63 pav.) buvo nustatyta, kad segmento (28;1) skydelis yra nekorektiškai permagnetintas. Paveiksle 5.62 yra pateiktas gerai įmagnetinto skydelio (segmentas (3;4)) brėžinys, 5.62 pav. – neteisingai permagnetinto. Iš paveikslų matome, kad gerai veikiantis skydelis yra įmagnetintas horizontalia kryptimi, o vangus skydelis – vertikalia.



5.63 pav. Magnetinius polius parodanti kortelė [48]

6. TYRIMO REZULTATŲ APIBENDRINIMAS

6.1. Išvados ir rezultatai

Informacinių sistemų švieslenčių duomenų mainų protokolo tyrimo metu buvo:

1. Sukurta nežinomų duomenų protokolų analizės metodika. Nurodyti pirminiai ir išsamūs skaitmeninio signalo identifikavimo būdai ir priemonės. Pateiktas galimų nežinomų duomenų perdavimo protokolų analizės įrankių ir naudotinos programinės įrangos aprašas. Analizės palengvinimui sukurti specializuoti loginių signalų lygių keitikliai bei unikali programinė įranga, leidusi pusiau automatiniu būdu atlikti monotoniškus duomenų paketo analizės veiksmus.
2. Nustatyta, kad visose trijose informacinėse sistemose duomenų perdavimas vyksta ta pačia dvi puse 0–24 V loginio lygio nuosekliąja duomenų sąsaja. Duomenų mainai vyksta USART protokolu, kurio struktūra yra: 1 *start*, 7 duomenų, 1 „even“ tipo pariteto ir 2 *stop* bitai. Duomenų perdavimo greitis yra 1200 b/s. Nei viename nagrinėtame literatūriniame šaltinyje duomenų perdavimo sąsajos parametrai nebuvo įvardyti, todėl galima būtų teigti, kad tai standartinė to meto projektuotojų naudota duomenų sąsaja.
3. Nustatyta, kad „LAWO“ ir „Brose“ sistemose naudojamų duomenų mainų protokolo struktūra yra gana panaši: šiose sistemose duomenys švieslenčių valdikliams yra perduodami 6 baitų duomenų kadrais. „LAWO“ sistemoje yra naudojamas 3 kadrų duomenų paketas, „Brose“ – dviejų. Kiekvienas kardas yra sudarytas iš startinio simbolio (skirtingi abiem sistemoms), reiškiančio duomenų mainų pradžią, trijų duomenų „konteinerių“, „stop“ simbolio ir kontrolinės sumos baito. Startinių simbolių prasmė ir nežinomos kontrolinių sumų apskaičiavimo formulės (skirtingos abejoms sistemoms) buvo nustatytos tyrimo metu.
4. Nustatyta, kad „Krueger“ informacinėje sistemoje yra naudojamas net 153 baitų ilgio duomenų pranešimas, sudarytas iš 7 reikšminių blokų. Čia užrašas, kurį privalo atvaizduoti tekstinės švieslentės yra siunčiamas atviru tekstu, kartu su atvaizdavimo parametrais (šriftas, šrifto dydis, centravimas švieslentėje ir pan.). Kiekviename duomenų pranešime yra siunčiamas pagrindinio valdiklio identifikatorius bei specialūs duomenų kadrai, skirti patikrinti, kokios švieslentės yra prijungtos prie informacinės sistemos duomenų perdavimo kanalo. Taip pat yra siunčiama informacija, skirta tik skaitinėms švieslentėms. Korektiškam šios informacijos perdavimui, kaip ir „LAWO“ ir „Brose“ sistemose, yra naudojamas kontrolinės

sumos kadras. Tyrimo metu buvo nustatyta bei dešifruota Cezario kodu užšifruota kontrolinės sumos apskaičiavimo formulė.

5. Sukurta speciali kompiuterinė programa, kuri, išnaudodama asmeninio kompiuterio nuoseklųjį *COM* prievadą, imituoja pagrindinio „Krueger“ informacinės sistemos valdiklio veikseną, švieslentėms siųsdama pranešimus, suformuotus pagal tyrimo metu gautus rezultatus.
6. Pagal duomenų protokolų tyrimo rezultatus sukurtas unikalus valdiklis, gebantis valdyti visų trijų gamintojų informacinėse sistemose naudojamas švieslentes. Sukurtas valdiklis yra ne tik paprastas naudoti, bet ir tris kartus mažesnis ir pigesnis nei iki šios informacinėse sistemose naudoti valdikliai. Po sėkmingų bandymų realiomis sąlygomis, buvo pagaminti 47 valdikliai, kurie buvo sumontuoti Vilniaus autobusuose ir nepriekaištingai veikė daugiau nei metus laiko.
7. Ištirtas kompanijos „LAWO Luminator Technology Group“ sukurtos elektromechaninės šono skaitinės švieslentės valdiklis bei gautos dinaminės srovės charakteristikos. Nustatyta, kad verčiant skydelius į geltonąją pusę, srovė tekanti per skydelių elektromagnetų rites yra maždaug 100 mA mažesnė nei verčiant skydelius į juodąją pusę. Taip pat nustatyta „vangių“ ir sugadintų skydelių įtaka per elektromagneto ritę tekančios srovės amplitudei: srovė tekanti per sugadinto segmento elektromagneto ritę yra vienoda verčiant skydelį ir į vieną pusę, ir į kitą.
8. Tyrimo metu, naudojant specialias technines priemones buvo nustatyta pagrindinė švieslentės segmentų sugedimo priežastis: gerai veikiantis skydelis yra įmagnetintas horizontalia kryptimi, o vangus skydelis – vertikalia. Toks, bloga kryptimi įmagnetintas skydelis yra vangus, persiverčia daug lėčiau nei visi kiti. Taip pat jis tvirtai nesilaiko stacionarioje pozicijoje, ir persiverčia, verčiant kaimyninius skydelius

6.2. Rekomendacijos ir pasiūlymai

1. Tiriamojo darbo metu sukurtą universalų švieslenčių valdiklį būtų galima pritaikyti kitų, darbe nenagrinėtų, Vilniaus miesto viešojo transporto sistemų valdymui: tam reiktų pritaikyti darbe aprašytą nežinomų duomenų protokolų analizės metodiką, kuri greitai ir paprastai leistų išskoduoti nežinomas (darbe netirtas) duomenų protokolus. Remiantis gautais rezultatais, būtų galima sukurtą valdiklį pritaikyti naujų švieslenčių valdymui.
2. Remiantis elektromechaninės švieslentės tyrimo rezultatais būtų galima sukurti automatinį testavimo įrenginį, kuris galėtų identifikuoti nekorektiškai veikiančius švieslentės segmentus ir apie juos informuoti atitinkamą techninį personalą.

7. LITERATŪRA IR KITI ŠALTINIAI

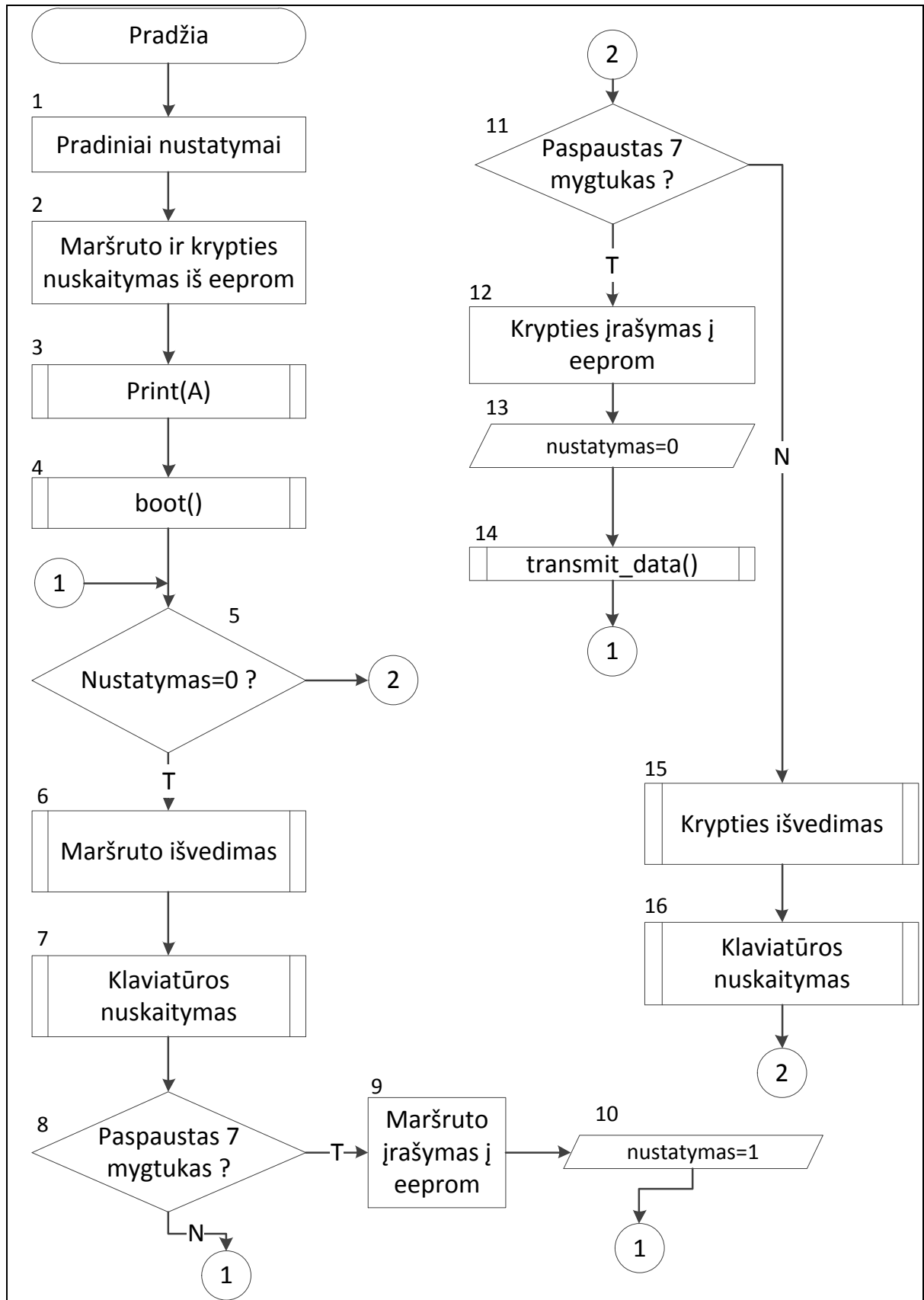
1. Interneto prieiga: http://lt.wikipedia.org/wiki/Vie%C5%A1asis_transportas
[žiūrėta 2010-12-28]
2. Interneto prieiga: http://lt.wikipedia.org/wiki/Vilniaus_vie%C5%A1asis_transportas
[žiūrėta 2010-12-28]
3. Lawo-Luminator-Europa. The Full-matrix System. User's Manual. Version: 2.3 Mark IV Industries GmbH. ÖPNV-Informationen-Systeme. 27 p.
4. Lawo-Luminator-Europa. Control Unit L8401 / L8402. Operating Instructions. Version: 1.0 Mark IV Industries GmbH. ÖPNV-Informationen-Systeme. 20 p.
5. G. Gražulevičius, Mikroprocesorinė technika: mokomoji knyga. I dalis. – Vilnius: Technika, 2008. -224 p.
6. V. Bulovas, Mikroprocesoriai. – Vilnius: Mokslas, 1989. -198 p.
7. E. Matkevičius, Mikroprocesoriniai valdymo įtaisai I dalis: mokomoji knyga. – Vilnius: Technika, 2008. -154 p.
8. Intel MCS-51 mikrovaldiklio aprašymas.: http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_MCS-51
[žiūrėta 2011-01-03]
9. Intel 8051 valdiklio programavimo vadovas. Prieiga per internetą:
<http://www.cs.ucr.edu/~dalton/i8051/> [žiūrėta 2011-01-03]
10. Oscilografo Fluke 123 techninis aprašas. Prieiga per internetą:
http://assets.fluke.com/manuals/123_125_smeng0000.pdf [žiūrėta 2011-01-05]
11. Oscilografo Fluke 123 techninis aprašas. Prieiga per internetą:
<http://www.testequipmentdepot.com/fluke/scopemeter/123.htm>
[žiūrėta 2011-01-06]
12. Loginio analizatoriaus Lu-La-USB techninis aprašas. Prieiga per internetą:
<http://server.elektro.dtu.dk/ftp/database/Drivers/Drivers-org/PCscope/HandyScope3/Catalog/pages/uk/lula.html> [žiūrėta 2011-01-06]
13. Straipsnis apie skaitmeninių signalų apdorojimą. Prieiga per internetą:
<http://www.technologijos.lt/n/technologijos/elektronika/straipsnis?name=straipsnis-2212&t=/129/240/246/247&l=4> [žiūrėta 2011-01-03]
14. Internetinės enciklopedijos straipsnis apie termino „Signalas“ reikšmę. Interneto prieiga:
<http://lt.wikipedia.org/wiki/Signalas> [žiūrėta 2011-01-08]
15. Straipsnis apie I2C sąsają. Interneto prieiga:
<http://studentai.dtiltas.lt/all4you/index.html?menu=elektronika&page=I2C>
[žiūrėta 2011-01-04]

16. Mokomoji medžiaga studentams apie mikrovaldiklius ir skaitmenines duomenų mainų sąsajas. Interneto prieiga: <http://rfk.ff.vu.lt/doc/mikrovaldikliai.pdf> [žiūrėta 2011-01-04]
17. Mikrovaldiklio PIC16F876A maketo apžvalga ir sudedamųjų dalių apžvalga. Interneto prieiga: http://e-stud.vgtu.lt/users/files/dest/12282/pic_maketas.pdf [žiūrėta 2011-01-04]
18. Doc. dr. A. Ušinsko patarimai studentams „Taikome mikrovaldiklį“. Interneto prieiga: <http://e-stud.vgtu.lt/users/?p=77207.56183&id=12282> [žiūrėta 2011-01-04]
19. Straipsnis apie 7 segmentų indikatoriaus prijungimą prie mikrovaldiklio. Interneto prieiga: <http://www.xoom.lt/2010/02/09/7-segmentu-ekranas/> [žiūrėta 2011-01-04]
20. Straipsnis apie USART sąsają. Interneto prieiga: http://studentai.dtiltas.lt/all4you/index.html?menu=elektronika&page=USART_pvz [žiūrėta 2011-01-05]
21. Dešifratoriaus FP2008A techninis aprašas. Interneto prieiga: http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/320/500899_DS.pdf [žiūrėta 2011-06-05]
22. R. Kirvaitis. Loginės schemas: [vadovėlis aukštosioms mokykloms]. Vilnius: Enciklopedija, 1999. - 256 p.
23. Straipsnis apie imtuvo šaltinio (angl. *source-sink*) režimus elektrinėje grandinėje. Interneto prieiga: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/A10122C63A7F5CFE86256B4C007491DD> [žiūrėta 2011-06-10]
24. J. Butrimaitė, prof. habil. dr. A. Dementjev ir kt. Fizika medicinos ir gamtos mokslų studentams. Interneto prieiga: <ftp://ip-77-221-84-23.kava.lt/Knygos/Fizika/Fizika%20Gamtos%20Mokslu%20Studentams.pdf> [žiūrėta 2012-04-11]
25. K. Morkūnas, Programų Testavimas. Referatas – KTU, 2009. Prieiga per internetą: http://kopustas.elen.ktu.lt/studentai/_media/2009_kmorkunas_programu_testavimas.doc?id=doktorantai&cache=cache [žiūrėta 2012-04-15]
26. Integrinio grandyno MAX232 techninis aprašas. Interneto prieiga: www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf [žiūrėta 2012-04-15]
27. Programos „RealTerm“ gamintojo puslapis. Interneto prieiga: <http://realterm.sourceforge.net/> [žiūrėta 2012-04-15]
28. Informacija apie ASCII lentelę. Interneto prieiga: <http://www.asciitable.com/> [žiūrėta 2012-04-15]

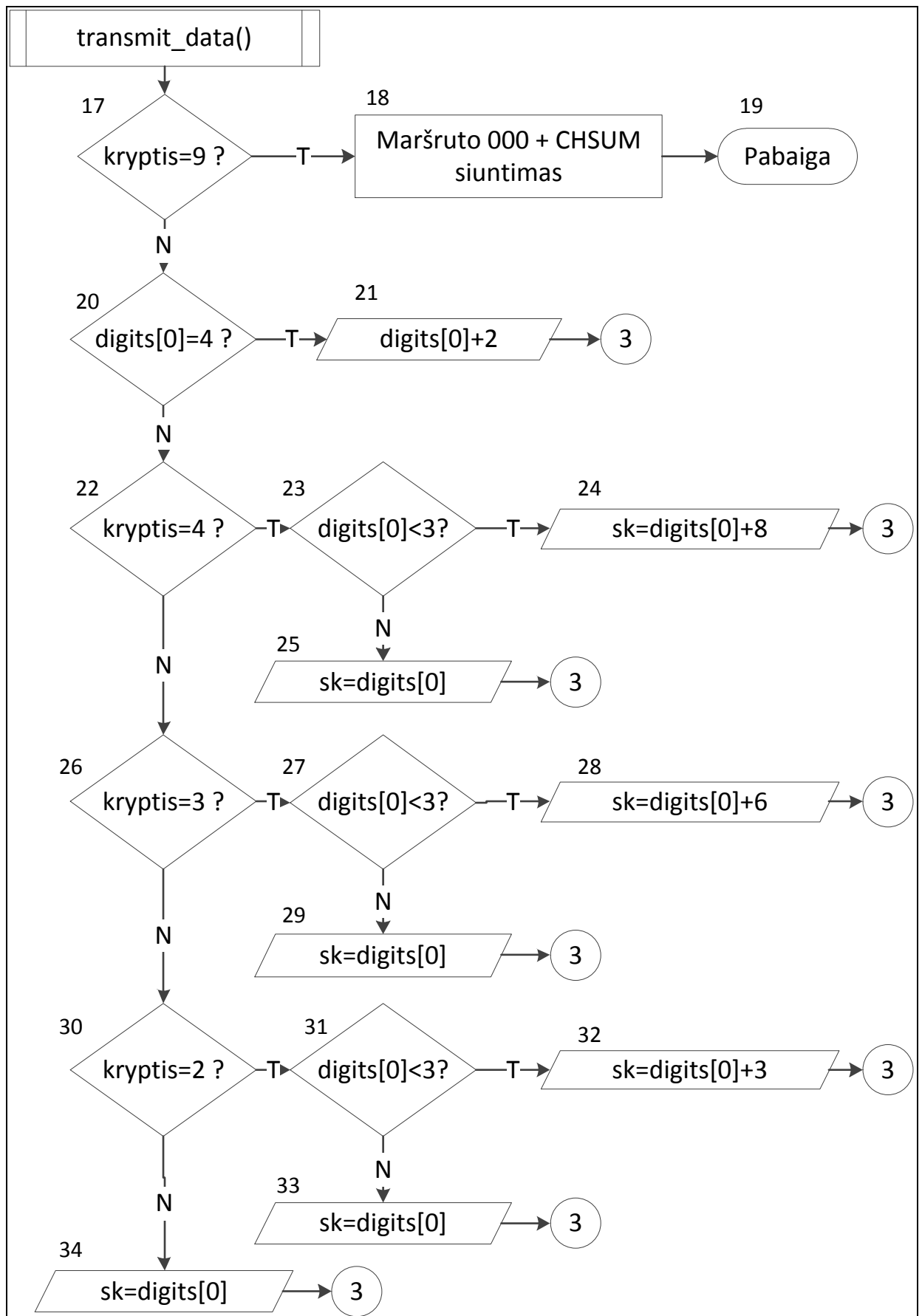
29. Programos „Frhed“ gamintojo puslapis. Interneto prieiga: <http://frhed.sourceforge.net/> [žiūrėta 2012-04-15]
30. Interneto prieiga: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/uln2003a.pdf> [žiūrėta 2010-12-20]
31. Impulsinio įtampos stabilizatoriaus LM2574N techninis aprašas. Interneto prieiga: http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/M/2/5/LM2574-5.shtml
32. Feritinio filtro BL01RN1 techninis aprašas. Interneto prieiga: <http://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/314/BL01RN1.php> [žiūrėta 2010-12-28]
33. Shotki diodo 1N4007 techninis aprašas. Interneto prieiga: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/panjit/1N4007.pdf> [žiūrėta 2010-12-28]
34. Septynių segmentų indikatorius BA56-12GWA techninis aprašas. Interneto prieiga: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/97170/ETC/BA56-12GWA.html> [žiūrėta 2011-12-01]
35. Mikrovaldiklio AtMega16 techninis aprašas. Interneto prieiga: www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2466.pdf [žiūrėta 2011-12-01]
36. HLMP-Yxxx serijos šviesos diodų techninis aprašas. Interneto prieiga: <http://www.farnell.com/datasheets/1038175.pdf> [žiūrėta 2011-12-05]
37. Atviro kodo programatoriaus USBTinyISP techninis aprašas. Interneto prieiga: <http://ladyada.net/make/usbtinyisp/index.html> [žiūrėta 2012-04-11]
38. Straipsnis apie AVR mikrovaldiklių ISP programatoriaus gamybą. Interneto prieiga: <http://circuit.lt/?section=sch&page=avr.isp.lpt> [žiūrėta 2012-04-11]
39. Straipsnis apie ASCII lentelę. Interneto prieiga: <http://lt.wikipedia.org/wiki/ASCII> [žiūrėta 2012-04-17]
40. Tarptautinio žodžio „asociatyvus“ reikšmė. Interneto prieiga: <http://www.zodynas.lt/tarptautiniu-zodziu/A/asociatyvus> [žiūrėta 2012-04-23]
41. National Instruments LabView programinės įrangos tinklapis. Interneto prieiga: www.ni.com/labview/ [žiūrėta 2012-04-25]
42. Integrinio grandyno CP2102 techninis aprašymas. Interneto prieiga: <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/cp2102.pdf> [žiūrėta 2012-04-25]
43. US 2003/0041492 A1 patentas „Small dot display element“. Interneto prieiga: <http://www.freepatentsonline.com/20030041492.pdf> [žiūrėta 2012-04-27]

44. V. Stakėnas. Kodai ir šifrai. Vilnius, 2007. – 375 p. Interneto prieiga: www.mif.vu.lt/lmd/kodai_sifrai.pdf [žiūrėta 2012-05-07]
45. G. GRIGAS. Programavimas Paskaliu. Internetinė knyga. Interneto prieiga: <http://ragaine.su.lt/mokomoji/pascal/Paskal9.htm> [žiūrėta 2012-05-07]
46. P. Jenkins. Automobilio apsaugos sistemos valdymo modulis. Bakalauro baigiamasis darbas. – Vilnius, 2009.
47. Horizontaliai ir vertikalčiai vartomų švieslenčių segmentų palyginimas. Interneto prieiga: <http://www.addco.com.au/horseshoe.html> [žiūrėta 2012-05-16]
48. Magnetinius polius parodančios kortelės aprašymas. Interneto prieiga: <http://www.directindustry.com/prod/magnet-physik/magnetic-field-sensors-11843-778655.html> [žiūrėta 2012-05-17]

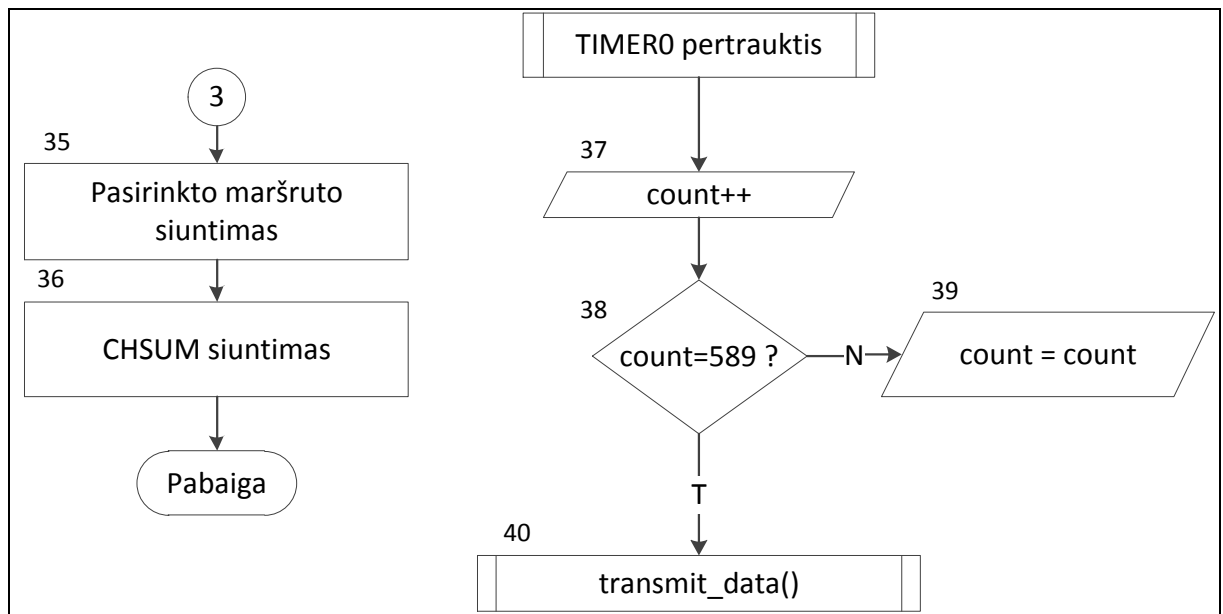
8. PRIEDAI



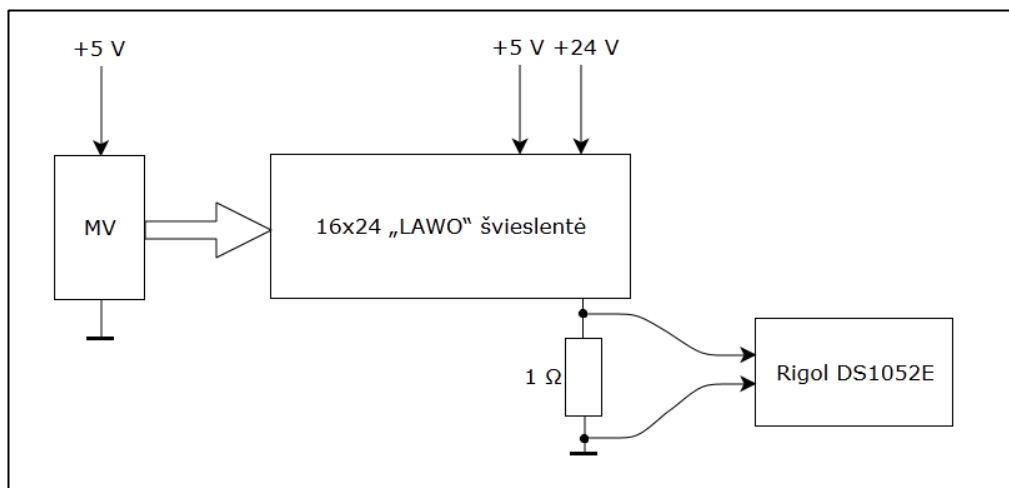
8.1 pav. Valdiklio valdymo algoritmas



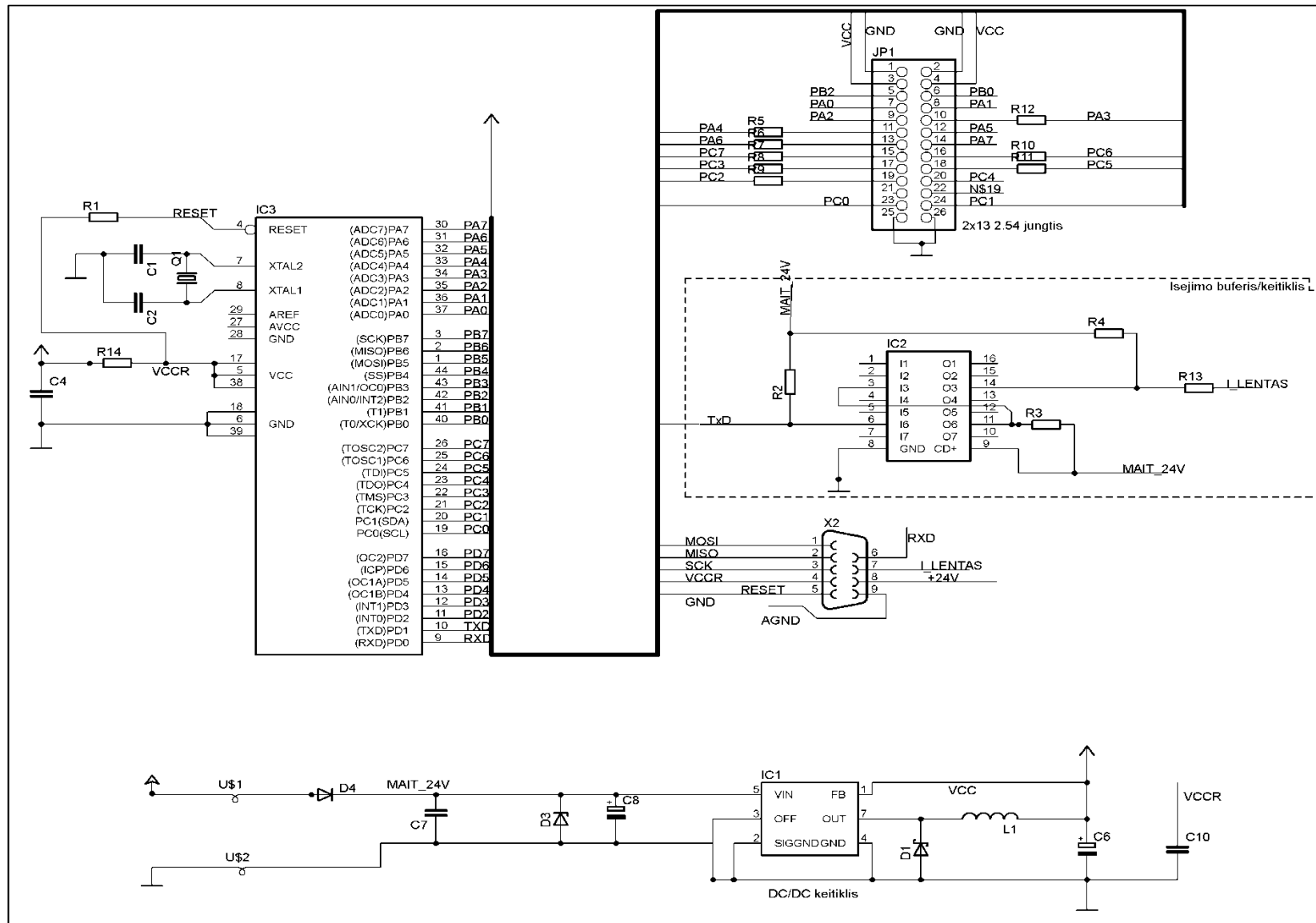
8.2 pav. Valdiklio valdymo algoritmas



8.3 pav. Valdiklio valdymo algoritmas



8.4 pav. Švieslentės valdymo srovės matavimo schema



8.5 pav. Valdiklio elektrinė principinė schema

