



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Aivaras Urbanavičius

AUTONOMINĖS EISMO INTENSYVUMO ŽVYRKELIUOSE
NUSTATYMO SISTEMOS KŪRIMAS IR TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Alvydas Dosinas

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

AUTONOMINĖS EISMO INTENSYVUMO ŽVYRKELIUOSE
NUSTATYMO SISTEMOS KŪRIMAS IR TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Elektros energetikos inžinerija (kodas 621H63003)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Alvydas Dosians
(data)

Recenzentas

(parašas) Lekt. dr. Loreta Valatkienė
(data)

Projektą atliko

(parašas) Aivaras Urbanavičius
(data)

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir Elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Aivaras Urbanavičius

(Studento vardas, pavardė)

Elektros energetikos inžinerija, 621H63003

Baigiamojo projekto „Autonominės eismo intensyvumo žvyrkeliuose nustatymo sistemos
kūrimas ir tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. gegužės 28 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Aivaro Urbanavičius** baigiamasis projektas tema „Autonominės eismo intensyvumo žvyrkeliuose nustatymo sistemos kūrimas ir tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Urbanavičius, Aivaras. Autonominės eismo intensyvumo žvyrkeliuose nustatymo sistemos kūrimas ir tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Alvydas Dosinas; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Elektros ir elektronikos inžinerija, Technologiniai mokslai

Reikšminiai žodžiai: *infraraudonieji spinduliai, eismas, intensyvumas, siųstuvas, imtuvas.*

Kaunas, 2018. 61 p.

SANTRAUKA

Projekto tikslas – sukurti ir ištirti žvyrkeliams pritaikytą autonominę eismo intensyvumo matavimo sistemą. Eismo intensyvumo nustatymo skaitiklis sudarytas panaudojant infraraudonųjų spindulių siųstuvą ir imtuvą. Dėl patikimesnio veikimo infraraudonieji spinduliai perduodami impulsų paketais, kurie formuojami panaudojant du impulsų formuotuvus. Infraraudonųjų spindulių imtuvas turi signalų detektorius, kuris pagal imtuvo priimamų signalų pasikeitimą fiksuoja pravažiuojančias transporto priemones. Duomenų perdavimui tarp dviejų infraraudonųjų spindulių skaitiklių naudojamas radijo ryšys. Radijo ryšiu perduodamų signalų apsaugai naudojamas šifrotorius ir dešifrotorius. Duomenys iš abiejų infraraudonųjų sistemų apdorojami mikrovaldiklyje.

Eismo intensyvumo nustatymo sistemos realizacijai naudojami keturi šalikelės stulpeliai. Pirmajame ir trečiajame stulpeliuose sumontuoti infraraudonųjų spindulių siųstuvai. Antrajame – infraraudonųjų bangų imtuvas kartu su šifrotoriumi ir radijo bangų siųstuvu. Ketvirtajame – infraraudonųjų spindulių imtuvas kartu su dešifrotoriumi ir radijo bangų imtuvu, bei mikrovaldiklis. Ketvirtajame stulpelyje sumontuoti įrenginiai vartoja daugiausiai energijos, todėl jiems maitinti naudojama saulės energija.

Urbanavičius, Aivaras. Development and Investigation of Autonomous System for Determination of Traffic Volumes on the Gravel Roads: Master's thesis in Electrical Engineering, supervisor prof. Alvydas Dosinas. Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electric Power Systems.

Research area and field: Electrical and Electronics Engineering, Technological Sciences

Key words: *infrared rays, traffic, volume, transmitter, receiver.*

Kaunas, 2018. 61 p.

SUMMARY

The aim of the project – to develop and investigate an autonomous system for determination of traffic volumes on the gravel roads. The traffic volumes determination counter is based on infrared transmitter and receiver. For reliable operation, infrared rays are transmitted by pulse packets that are formed using two pulse formers. The infrared receiver has a signal detector that detects passing vehicles in accordance with changes in receiver signals. Radio connection is used for data transmission between two infrared rays systems. Encryption and decryption are used to protect transmitted radio signals. Data from both infrared systems is processed in a microcontroller.

Four columns of the sidewall are used to implement the traffic volumes determination system. The first and third columns are equipped with infrared rays transmitters. The second – with infrared rays receiver, encoder and radio transmitter. The fourth – with infrared rays receiver, decoder, radio receiver and microcontroller. Equipment mounted in the fourth column consumes more energy than others, so it is powered up using solar power.

TURINYS

| | |
|--|----|
| ĮVADAS..... | 9 |
| 1. SKIRTINGOS EISMO INTENSYVUMO NUSTATYMO SISTEMOS LIEUTVOJE IR PASAULYJE | 10 |
| 1.1. Lietuvoje naudojamos eismo intensyvumo matavimo sistemos | 10 |
| 1.2. Pasaulyje naudojamos eismo intensyvumo matavimo sistemos | 13 |
| 1.3. Transporto intensyvumo nustatymo ypatybės žvyrkeliuose..... | 15 |
| 1.4. Infraraudonųjų spindulių panaudojimas eismo intensyvumo nustatymo sistemose..... | 15 |
| 1.4.1. Infraraudonųjų spindulių sistemos | 15 |
| 1.4.2. Infraraudonųjų bangų siųstuvai ir imtuvai | 16 |
| 2. AUTONOMINĖS EISMO INTENSYVUMO NUSTATYMO SISTEMOS SUDARYMAS..... | 19 |
| 2.1. Eismo intensyvumo skaitiklio prototipo sudarymas panaudojant infraraudonuosius spindulius | 19 |
| 2.2. Radijo bangų siųstuvo – imtuvo pasirinkimas ir naudojimas..... | 26 |
| 2.3. Radijo dažniu perduodamų duomenų užšifravimas ir iššifravimas..... | 31 |
| 2.4. Autonominės sistemos maitinimo šaltinių parinkimas..... | 36 |
| 3. PROJEKTO REALIZACIJA IR TYRIMŲ REZULTATAI..... | 42 |
| 3.1. Infraraudonųjų spindulių siųstuvai | 42 |
| 3.2. Infraraudonųjų spindulių imtuvas | 44 |
| 3.3. Radijo bangų siųstuvai – imtuvai kartu su šifratoriumi ir dešifratoriumi..... | 46 |
| 3.4. Sukurtos sistemos bandymai realiomis sąlygomis | 48 |
| IŠVADOS | 50 |
| LITERATŪRA..... | 52 |
| PRIEDAI..... | 54 |
| Priedas 1. <i>HT12E</i> šifratoriaus principinė schema su paaiškinimais | 54 |
| Priedas 2. <i>HT12D</i> dešifratoriaus principinė schema su paaiškinimais..... | 55 |
| Priedas 3. Mikrograndyno <i>Lm555</i> struktūrinė schema su paaiškinimais | 56 |
| Priedas 4. Mikrograndyno <i>TSOP314xx</i> struktūrinė schema su paaiškinimais | 57 |
| Priedas 5. Infraraudonųjų spindulių siųstuvo ir imtuvo elementų parametrai..... | 58 |
| Priedas 6. Programos kodas | 59 |

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

| | |
|--|----|
| 1.1 pav. Galimi „Marksman 400 vamzdelių išdėstymo būdai a – tik transporto priemonių skaičiavimas b – transporto priemonių skaičiavimas, klasifikavimas ir greičio matavimas..... | 11 |
| 1.2 pav. Galimi „Marksman 660 kontūrų išdėstymo būdai: a – kilpinis kontūras vienpusio eismo kelyje. b – kilpiniai kontūrai dvipusio eismo kelyje. | 11 |
| 1.3 pav. Pjezo jutiklio įrengimas kelio dangoje..... | 12 |
| 1.4 pav. Radarinio tipo eismo intensyvumo skaitiklis „Sideradar Traffic Clasisifier SDR Data Collect“ . | 13 |
| 1.5 pav. „M830 Bluetooth“ eismo intensyvumo skaitiklis. | 13 |
| 1.6 pav. „TC30“ Ultragarsinio eismo intensyvumo matavimo skaitiklis ir jo montavimo būdai. | 14 |
| 1.7 pav. Infraraudonųjų spindulių sistema, skirta transporto priemonių intensyvumui nustatyti | 16 |
| 1.8 pav. Infraraudonųjų spindulių siųstuvo struktūrinė schema. | 17 |
| 1.9 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvo struktūra | 17 |
| 2.1 pav. Supaprastina blokinė projekto schema..... | 19 |
| 2.2 pav. Infraraudonųjų spindulių siųstuvo impulsų paketų formuotuvo principinė schema | 20 |
| 2.3 pav. Impulsų paketų formuotuvo suformuoti impulsai formuotuvo išėjime (viršuje) ir laike išskleistas vienas impulsų paketų impulsas (apačioje). | 22 |
| 2.4 pav. Infraraudonųjų spindulių siųstuvo galios stiprintuvo schema..... | 23 |
| 2.5 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvas, panaudojant signalų imitatorių. Kairėje signalų imitatorius, o dešinėje judančių transporto priemonių detektorius..... | 24 |
| 2.6 pav. Raudonai atvaizduoti imitatoriaus išėjimo signalai, o mėlynai – detektoriaus | 25 |
| 2.7 pav. Atliktų matavimų oscilogramos. Viršuje kairėje – Impulso trukmė siųstuvo išėjime; Viršuje dešinėje – Pirmojo fronto vėlinimo matavimas; Apačioje kairėje – Antrojo fronto nukritimo trukmė; Apačioje dešinėje – Pirmojo fronto užkilimo trukmė | 29 |
| 2.8 pav. Šifratoriaus HT12E veikimo algoritmas | 32 |
| 2.9 pav. Šifratoriaus prijungimo prie radijo bangų siųstuvo struktūrinė schema..... | 33 |
| 2.10 pav. Dešifratoriaus HT12D veikimo algoritmas | 34 |
| 2.11 pav. Dešifratoriaus prijungimo prie radijo bangų imtuvo blokinė schema. | 35 |
| 2.12 pav. Struktūrinė projekto schema su sužymėtais stulpelių numeriais..... | 37 |
| 2.13 pav. Saulės elementų generuojama elektros energija, pagal skirtingų mėnesių apkrovų skaičiavimus | 41 |
| 3.1 pav. Infraraudonųjų spindulių siųstuvo principinė schema..... | 42 |
| 3.2 pav. Impulsų formuotuvų suformuotų impulsų oscilogramos | 43 |
| 3.3 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvo principinė schema | 44 |
| 3.4 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvo prijungimo prie šifratoriaus ir radijo bangų siųstuvo struktūrinė schema (2-as stulpelis). | 45 |
| 3.5 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvo sujungimo su dešifratoriumi, radijo bangų imtuvu ir mikrovaldikliu struktūrinė schema (4-as stulpelis) | 45 |
| 3.6 pav. Duomenų perdavimo vėlinimo matavimo oscilograma. | 46 |
| 3.7 pav. Sistemos vėlinimo laikų dažnumo grafikas..... | 47 |

LENTELIŲ SĄRAŠAS

| | |
|---|----|
| 2.1 lentelė. Nacionalinis Lietuvos radijo dažnių paskirstymas..... | 27 |
| 2.2 lentelė. 433 MHz siųstuvo-imtovo vėlinimų analizė (5 kHz)..... | 28 |
| 2.3 lentelė. 433 MHz siųstuvo-imtovo vėlinimų analizė (7 kHz)..... | 29 |
| 2.4 lentelė. Šifravimo – dešifravimo priklausomybė nuo osciliatorių veikimo dažnio. | 36 |
| 2.5 lentelė. Stulpeliuose sumontuotų įrenginių elektros energijos suvartojimo rezultatai..... | 37 |
| 2.6 lentelė. Polikristalinio silicio saulės elemento parametrai | 38 |
| 2.7 lentelė. Saulės ekspozicija tenkanti horizontaliam paviršiui, pagal regionus | 38 |
| 2.8 lentelė. Apskaičiuotos pagamintos saulės energijos vertės pagal birželio ir rugsėjo mėnesius. | 40 |

IVADAS

Spartus automobilizacijos lygio kilimas visame pasaulyje neaplenkė ir Lietuvos. Šiandien Lietuvoje važinėja per 2 mln. transporto priemonių, o 1000 – čiu gyventojų lengvųjų automobilių tenka 450. Pastaruoju metu Lietuvoje smarkiai didėja eismo intensyvumas, daugėja transporto priemonių, tačiau naujai tiesiamų kelių infrastruktūra mažai plėtojama. Paminėtina tai, kad Lietuvoje yra daug neasfaltuotų kelių. Kaip teigia Lietuvos automobilių kelių direkcija, čia yra daugiau nei 7000 km valstybinės reikšmės žvyrkelių.

Augantis eismo intensyvumas blogina važiavimo sąlygas, o naudojantis neasfaltuotais keliais, patiriamos vis didesnės automobilių eksploatacijos, laiko vertės, taršos, triukšmo ir kitos sąnaudos. Šias sąnaudas būtų galima gerokai sumažinti asfaltuojant svarbiausias, dažniausiai naudojamas Lietuvos kelių atkarpas. Taigi, eismo intensyvumo nustatymo galimybės žvyrkeliuose yra svarbi užduotis, siekiant išsiaiškinti eismo intensyvumą konkrečioje kelio atkarpoje. Turint eismo intensyvumo perskaičiavimo koeficientus (pvz., valanda, diena, savaitė, mėnuo) galima sužinoti paros eismo intensyvumą pasirinktame tirti kelyje.

Svarbu akcentuoti tai, kad dėl skirtingos kelių specifikos, techninių galimybių, prietaisai matuoti eismo intensyvumą asfaltuotuose keliuose, yra ne visada tinkami naudoti žvyrkeliuose. Dažnai sudėtingą ir labai brangią įrangą žvyrkeliuose naudoti tiesiog neapsimoka, todėl naujų prietaisų, kurie veiktų efektyviai ir kuriems nereikėtų didelių sąnaudų sukūrimas skirtas matuoti eismo intensyvumą žvyrkeliuose yra svarbus ir būtinas siekiant pagerinti žvyrkelių būklę.

Objektas – autonominė eismo intensyvumo žvyrkeliuose nustatymo sistema.

Tikslas – sukurti ir iširti žvyrkeliams pritaikytą autonominę eismo intensyvumo matavimo sistemą.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti esamas eismo intensyvumo matavimo sistemas;
2. Sukurti ir iširti eismo intensyvumo nustatymo skaitiklį pritaikytą žvyrkeliams;
3. Užtikrinti saugų ir greitą informacijos perdavimą tarp skaitiklių;
4. Panaudoti saulės energiją sukurtos sistemos maitinimui.

1. SKIRTINGOS EISMO INTENSYVUMO NUSTATYMO SISTEMOS LIETUVOJE IR PASAULYJE

Eismo intensyvumas Lietuvos teritorijoje esančiuose keliuose matuojamas nuo 1993 metų. Iš pradžių, eismo intensyvumą matavo žmogus-operatorius, jis registruodavo kiek ir kokios transporto priemonės važiuoja tam tikroje kelio atkarpoje. Tačiau šis metodas nebuvo labai tinkamas, nes reikalavdavo nemažai išteklių, tiek žmogiškųjų, tiek laiko.

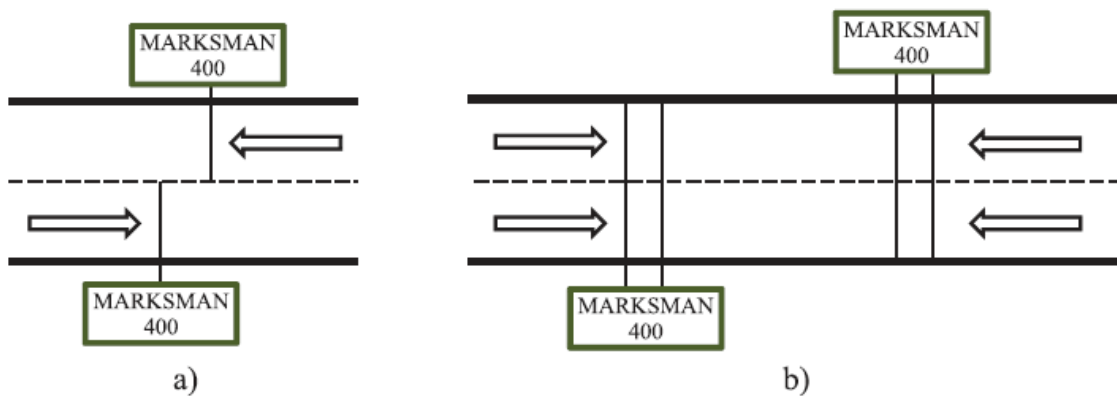
Todėl vėliau buvo pradėti naudoti įrenginiai, kurie be žmogaus pagalbos gali suskaičiuoti ir klasifikuoti pravažiuojančias transporto priemones. Nuo 1997 m. Lietuvos keliuose pradėti naudoti „Marksman 400“, po to „Marksman 660“, o dar vėliau – eismo intensyvumo skaitikliai „Sideredar Traffic Classifier SDR Data Collect“. Šie įrenginiai vadinami eismo intensyvumo skaitikliais. Jie skaičiuoja pravažiuojančias transporto priemones per numatytą laiką, klasifikuoja transporto priemones į kategorijas, matuoja transporto priemonių važiavimo greitį. Paminėtina tai, kad tokios sistemos neturi fiksuoti pašalinių veiksnių, tokių kaip, pavyzdžiui, lietus, dulkės, paukščiai ir pan.

Pagal Transporto ir kelių tyrimo institutą, eismo intensyvumo keitimasis veikia transporto infrastruktūros plėtojimo strategiją (Transporto ir kelių tyrimo institutas, 2014–2017). Eismo intensyvumas – vienas iš svarbiausių rodiklių pagrindžiant investicijų projektus ekonominiu ir aplinkosaugos požiūriais. Dažnai skaičiavimuose pakanka vidutinio metinio paros eismo intensyvumo (VMPEI) (Automobilių kelių investicijų vadovas, 2015).

1.1. Lietuvoje naudojamos eismo intensyvumo matavimo sistemos

Eismo intensyvumo skaitiklis su žarnelių slėgio jutikliais „Marksman 400“. Skaitiklių jutiklius sudaro dvi guminės žarnelės, kurios patiesiamos skersai kelio. Atstumas tarp vienos ir kitos žarnelės dažniausiai būna 1 metras, tačiau tai nėra vienintelis būdas ir, jei yra poreikis, jas galima įrengti visai kitaip. Kuomet transporto priemonės užvažiuoja ant žarnelės, pneumatiniiais skaitiklio jutikliais užfiksuojamas oro slėgio padidėjimas žarnelėje. Jutikliai persiunčia signalus, pagal kuriuos ir yra sužinoma apie užvažiavusias transporto priemones. Be to, tokiu būdu galima sužinoti ir keletą kitų parametrų, kaip pavyzdžiui, transporto priemonės ilgį (atstumą tarp ašių), greitį, judėjimo kryptį ir pan., t. y. transporto priemonė yra identifikuojama. Nustačius matavimo laikotarpį taip pat galima suskaičiuoti visas transporto priemones, kurios važiuoja tuo keliu.

Apibendrinat galima sakyti, kad skaitiklis „Marksman 400“ yra autonominis įrenginys, kuris turi keičiamus darbo režimus. Šio įrenginio paskirtis – skaičiuoti bei klasifikuoti transporto priemones. Gauti duomenys yra įrašomi į atmintį. Vėliau norint duomenis nuskaityti iš atminties, reikia prijungti asmeninį kompiuterį. Svarbu paminėti ir tai, kad skaitiklio įrengimas prie kelio yra gana nesudėtingas procesas, nes šis skaitiklis atskiria ir tokias transporto priemones, kurios tuo pačiu metu važiuoja per gumines žarnes, jei jų važiavimo greitis skiriasi bent 5 km / h.

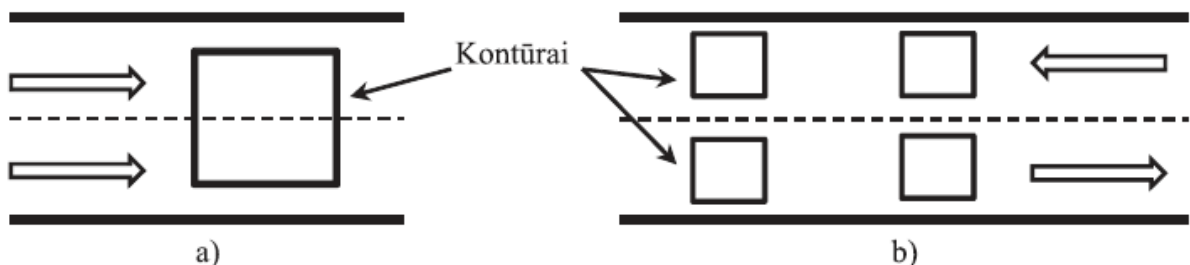


1.1 pav. Galimi „Marksmen 400 vamzdelių išdėstymo būdai

a – tik transporto priemonių skaičiavimas

b – transporto priemonių skaičiavimas, klasifikavimas ir greičio matavimas

Eismo intensyvumo skaitiklis – „Marksmen 660“. Tai gana dažnai naudojamas skaitiklio klasifikatorius, skirtas eismo intensyvumui nustatyti. Šį jutiklį sudaro induktyvinė ritė, paklojama į kelio dangos, apie 6 mm pločio ir apie 40–70 mm gylio, griovelį, kuris vėliau padengiamas bitumu. Šios induktyvinės ritės induktyvumas dažniausia būna apie 40–200 μH . Veikiant skaitikliui per ritę yra leidžiama 100 kHz kintamoji srovė. Kuomet kokia transporto priemonė užvažiuoja ant kilpos, ji funkcionuoja kaip ritės metalinė šerdis, todėl pasikeičia ritės induktyvinė varža. Šios varžos pakitimas skaitikliui yra signalas apie transporto priemonę. Žemiau esančiame paveiksle pateikiami galimi „Marksmen 660“ kontūrų išdėstymo būdai.



1.2 pav. Galimi „Marksmen 660 kontūrų išdėstymo būdai:

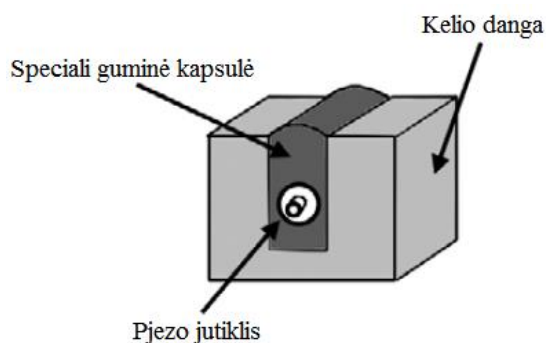
a – kilpinis kontūras vienpusio eismo kelyje.

b – kilpiniai kontūrai dvipusio eismo kelyje.

Kai norima papildomo tikslumo, „Marksmen 660“ gali būti komplektuojamas su Pjezo arba mikrobangų jutikliais.

- Pjezo jutiklis – tai specialus plonas laidas, kuris veikiamas spaudimo jėgos skersine kryptimi sukuria elektros įtampą. Šis jutiklis yra montuojamas į guminę kapsulę. Guminė kapsulė yra įrengiame kelio dangoje, skersai transporto priemonių važiavimo krypties. Pjezo jutiklis elektrinių impulsų pavidalu teikia informaciją apie transporto priemonės ašį skaičių ir ratų slėgį į šį jutiklį. Panaudojus gautą

informaciją galima ne tik apskaičiuoti pravažiuojančių mašinų greitį ir skaičių, bet ir galima jas klasifikuoti į tam tikras rūšis.



1.3 pav. Pjezo jutiklio įrengimas kelio dangoje.

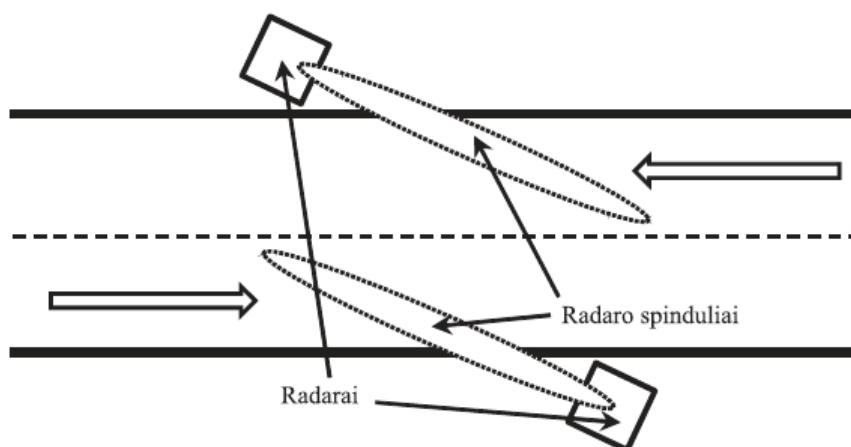
- Mikrobangų jutiklis – spinduliavimo šaltinis skleidžia mikrobangas, kurias, atsispindėjusias nuo kliūtis, fiksuoja jutiklis. Spinduliavimo stiprumas paprastai nesiekia 1 mikrovato. Šių jutiklių trūkumas, kad jie veikia Doplerio efekto principu, todėl naudojant šiuos įrenginius neina fiksuoti lėtai judančių transporto priemonių.

Kaip teigia Sivilevičius, Šukevičius, Maskeliūnaitė ir Bražiūnas (2012), Lietuvoje esančių kelių dangoje yra įdiegta 318 kilpinių kontūrų. Numačius kelio ruožo eismo intensyvumo matavimą, „Marksman 660“ skaitiklis yra jungiamas prie kontūrų ir paliekamas šalikelėje, kur jis savo darbą atlieka pats, t. y., savarankiškai. Vidinėje atmintyje galima laikyti daugiau nei 60 000 duomenų. Po to duomenys dažniausiai yra perrašomi į kompiuterius. Ryšiui tarp asmeninio kompiuterio ir „Marksman 660“ palaikyti, naudojamas programų komplektas „Pro Comm Plus“. Paminėtina tai, kad toks skaitiklis yra labai tikslus (Sivilevičius, Šukevičius, Maskeliūnaitė ir Bražiūnas, 2012).

Radarinio tipo eismo intensyvumo skaitiklis „Sideradar Traffic Clasisifier SDR Data Collect“. Pasak Sivilevičiaus ir kt., (2012), Lietuvoje esančiuose keliuose nuo 1997 metų naudojamas automatinis skaitiklis klasifikatorius „Marksman 400“, nuo 2000 metų – skaitiklis klasifikatorius „Marksman 660“, o nuo 2004 metų Transporto kelių tyrimų institutas jau pradėjo naudoti radarinio tipo eismo intensyvumo skaitiklius „Sideradar Traffic Clasisifier SDR Data Collect“. Šiuo metu institutas jų turi 2 ir jie yra bandomieji (Sivilevičius, Šukevičius, Maskeliūnaitė ir Bražiūnas, 2012).

Svarbu paminėti ir tai, kad šie skaitikliai veikia pagal Doplerio efekto principą. Tai reiškia, kad atspindys nuo transporto priemonės sugrįžta jau su truputį pasikeitusiu dažniu. Toks dažnio pakitimas yra vadinamas Doplerio dažniu, jis yra proporcingas transporto priemonės judėjimo greičiui. Toks skaitiklis klasifikatorius pasižymi tuo, jog gali suskaičiuoti transporto priemones, apskaičiuoti jų greitį ir jas suklasifikuoti. Klasifikavimas vyksta pagal transporto priemonės ilgį. Be to, tokiais prietaisais yra gana nesunku naudotis, tačiau svarbu pabrėžti tai, jog jiems

reikalingas kalibravimas, dėl ko gali atsirasti mažų paklaidų, tačiau jos yra lengvai įvertinamos. Šie įrenginiai taip pat gali būti naudojami ir kaip informaciniai išpėjamieji greičio matavimo prietaisai, kurie pateikia vairuojamų transporto priemonių greitį vaizduokliuose, esančiuose šalia kelio.



1.4 pav. Radarinio tipo eismo intensyvumo skaitiklis „Sideradar Traffic Clasifier SDR Data Collect“

1.2. Pasaulyje naudojamos eismo intensyvumo matavimo sistemos

Eismo intensyvumo matavimo skaitiklis – „M830 Bluetooth“. Šio eismo intensyvumo matavimo skaitiklio veikimo principas yra paremtas „bluetooth“ technologija. Jis aptinka unikalius „MAC“ (angl. *Media access control address*) adresus, kuriuos skleidžia pravažiuojančiose transporto priemonėse esantys išmanieji prietaisai (su „bluetooth“ technologija), tokie kaip mobilieji telefonai, laisvų rankų įrangos, GPS navigacinės sistemos, nešiojamieji kompiuteriai, planšetės. „M830“ turi labai galingą anteną, todėl gali nustatyti sklindančius signalus 500 metrų spinduliu abejomis kryptimis. Surinktus duomenis apie eismo intensyvumą, iš skaitiklio informaciją galima perduoti dviem skirtingais būdais: belaidžiu, per bendrąją paketinį radijo ryšį (angl. *General Packet Radio Service (GPRS)*) arba laidiniu per „Ethernet“ kabelį. Toliau esančiame paveiksle, pavaizduota kaip atrodo šis eismo intensyvumo matavimo skaitiklis.



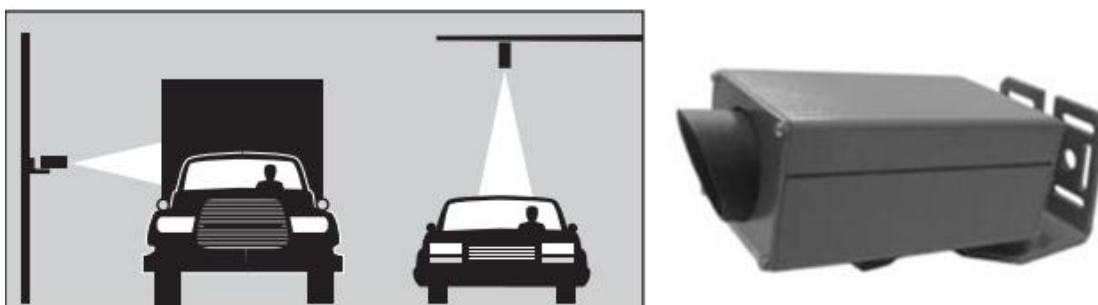
1.5 pav. „M830 Bluetooth“ eismo intensyvumo skaitiklis.

Pagrindiniai „M830 Bluetooth“ privalumai:

- Skirtingai nei dauguma panašių sistemų, ši sistema montuojama virš žemės.
- Ilgas veikimo diapazonas, iki 500m abejomis kryptimis.
- Galima išmatuoti pravažiuojančių automobilių skaičių bei greitį.
- Skaitiklio maitinimui galima naudoti saulės energiją.

Tačiau tokia sistema turi vieną esminį trūkumą: norint fiksuoti eismo intensyvumą, būtinai reikia, kad pravažiuojančioje transporto priemonėje būtų bent vienas prietaisas palaikantis „bluetooth“ sąsają.

Ultragarsiniai eismo intensyvumo matavimo skaitikliai. Šie prietaisai veikia panašiu principu kaip ir radariniai skaitikliai. Skirtumas tas, kad ultragarsiniai skaitikliai siunčia ultragarsinį signalą ir matuoja laiką per kurį signalas sugrįžta atgal. Kai važiuoja transporto priemonė ultragarsinis signalas sugrįžta per greitesnį laiko tarpą nei įprastai. Tokiu būdu galima nustatyti transporto priemonių greitį, dydį, judėjimo kryptį. Pagrindinis šios sistemos privalumas lyginant su radarinėmis sistemomis yra tas, kad ultragarso pagalba galima fiksuoti ir stovinčias, bei lėtai važiuojančias transporto priemones. Ultragarsinius eismo intensyvumo matavimo skaitiklius galima montuoti dviem būdais: virš pravažiuojančių transporto priemonių arba statmena pravažiuojančioms transporto priemonėms. Žemiau esančiame paveiksle pateikiamas kompanijos „MS Sedco“ ultragarsinio eismo intensyvumo matavimo skaitiklio – „TC30“, atvaizdas bei jo montavimo būdai.



1.6 pav. „TC30“ Ultragarsinio eismo intensyvumo matavimo skaitiklis ir jo montavimo būdai.

Pasyvūs akustiniai eismo intensyvumo matavimo skaitikliai. Šie skaitikliai taip pat naudoja garso bangas, tik skirtingai nuo ultragarsinių sistemų jie garso signalų negeneruoja, o juos priima. Pasyvūs akustiniai skaitikliai susideda iš daugybės mikrofonų, nukreiptų į eismo srautą. Šis prietaisas aptinka garsą, kurį skleidžia pravažiuojančios transporto priemonės. Tada gautą garsą palygina su turimais garsų rinkiniais, pagal ką transporto priemonės suskirstomos į klases. Šis skaitiklis naudoja garsą kurį sukelia transporto priemonės padangų ir kelio paviršiaus kontaktas. Naudojant šį eismo intensyvumo matavimo skaitiklį galima išmatuoti pravažiuojančių transporto priemonių skaičių, greitį bei galima jas suskirstyti į klases.

1.3. Transporto intensyvumo nustatymo ypatybės žvyrkeliuose

Analizuojant eismo intensyvumą žvyrkeliuose, anksčiau aptarti metodai čia nevisai tinka. Visų pirma, žvyrkelių paviršius, priešingai nei asfalto, yra nestabilus, jį reikia gana dažnai tvarkyti. Būtent dėl to eismo intensyvumo metodika, pagrįsta montuojamų jutiklių signalais į stabilią dangą / asfaltą, nėra efektyvi. Dar vienas aspektas, kurį svarbu aptarti yra tas, jog žvyrkeliai dažnai būna tokiose vietose, kurios yra retai apgyvendintos, atokesnėse teritorijose, kur eismas yra pakankamai neintensyvus. Šioje vietoje atsiranda įvairūs sunkumai, susiję su eismo intensyvumo matavimo įranga, kuriuos sąlygoja techniniai veiksniai, pavyzdžiui, dažnai atliekamas žvyrkelių dangos remontas, greideriavimas, bei žmogiškieji veiksniai, pavyzdžiui, mėginimai pasisavinti matavimo įrangą ar ją sugadinti. Šios problemos, paprastai, aktualiausios būna brangiai kainuojančiai įrangai.

Taigi, norint spręsti su eismo intensyvumo nustatymu susijusias problemas, įrangai, kuri yra naudojama šiai specifikai tirti, yra keliami tam tikri reikalavimai, apimantys konkrečius aspektus, tokius kaip:

- Kelio danga ir įrangos jutikliai turi nekontaktuoti (nekontaktiniai jutikliai);
- Svarbu, kad įranga būtų portabili, ją būtų galima lengvai perkelti iš vienos vietos į kitą (nedideli matmenys, mažas svoris, maitinimas iš autonominių šaltinių);
- Įrangos montavimas kurioje nors vietoje turėtų būti nesudėtingas procesas ir nereikalauti daug laiko, pastangų;
- Įranga neturėtų būti lengvai pastebima;
- Įranga turėtų kainuoti pakankamai nedaug.

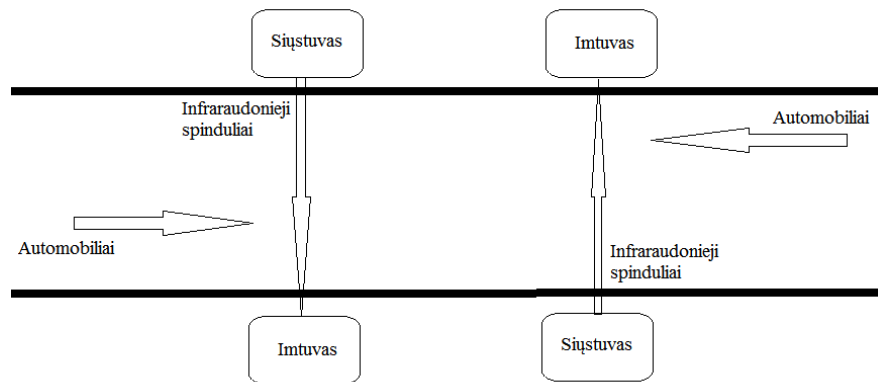
Šiuos pateiktus reikalavimus dažniausiai užtikrina infraraudonųjų spindulių technologija, kuri daug nekainuoja, yra nesudėtinga ir praktikoje paprastai naudojama.

1.4. Infraraudonųjų spindulių panaudojimas eismo intensyvumo nustatymo sistemose

Infraraudonieji spinduliai plačiau buvo pradėti taikyti nuo 1960 m. atsiradus nebrangiems infraraudonųjų spindulių diodams, kurie spinduliuoja nematomus žmogaus akiai spindulius. Infraraudonieji spinduliai buvo pradėti taikyti įvairių įtaisų nuotoliniame valdyme, pastatų apsaugos ir signalizacijos sistemose, duomenų perdavimuose nedideliais atstumais. Šių spindulių sistemose imtuvas dažniausiai būna fotodiodas arba fototranzistorius, o siųstuvas – 880...940 nm bangos ilgio infraraudonųjų spindulių diodas.

1.4.1. Infraraudonųjų spindulių sistemos

Infraraudonųjų spindulių sistemos labai gerai tinka dirbti lauko sąlygomis. Panaudojus šių spindulių tipo jutiklius, nesunku nustatyti judančius objektus lauke. Žemiau esančiame paveiksle pavaizduotas infraraudonųjų spindulių sistemos, skirtos transporto priemonių intensyvumui žvyrkeliuose nustatyti, vienas iš įrengimo variantų.



1.7 pav. Infraraudonųjų spindulių sistema, skirta transporto priemonių intensyvumui nustatyti

Aukščiau pateikta sistema yra sudaryta iš dviejų infraraudonųjų spindulių sistemų, kurios komunikuoja tarpusavyje. Siųstuvas visada siunčia signalą į imtuvą. Kai tarp siųstuvo ir imtuvo juda kokia nors transporto priemonė, kuri yra nepralaidi infraraudoniesiems spinduliams, imtuvas nebegauna siųstuvo signalo ir užfiksuoja, kad pravažiavo transporto priemonė. Kadangi abi sistemos dirba sinchroniškai ir žinomas atstumas tarp jų, tai nesunkiai galima apskaičiuoti ne tik pravažiavusių transporto priemonių skaičių, bet ir jų ilgį, greitį, judėjimo kryptį.

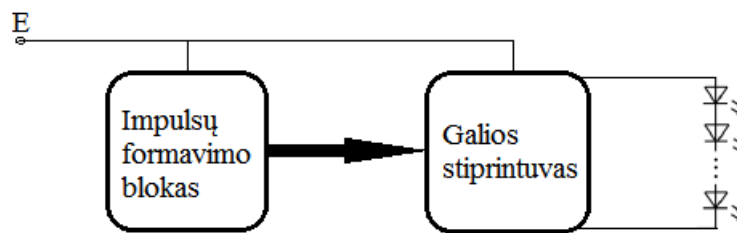
Galima išskirti tokius infraraudonųjų sistemų privalumus, eismo intensyvumo matavimuose:

- Infraraudonieji spinduliai nėra matomi žmogaus akiai;
- Tokios sistemos yra lengvai įrengiamos, neužima daug vietos ir yra mobilios (galima lengvai perkelti iš vienos vietos į kitą);
- Turi palyginti didelį veikimo nuotolį, kuris siekia iki 100 m;
- Lyginant su aukščiau minėtomis sistemomis yra pigios;
- Galima naudoti žvyrkeliuose, nes infraraudonieji spinduliai praeina kiaurai per dulkes.

1.4.2. Infraraudonųjų bangų siųstuvai ir imtuvai

Siųstuvai. Infraraudonųjų spindulių siųstuvuose naudojami didelio efektyvumo infraraudonųjų spindulių puslaidininkiniai diodai. Standartiškai šie diodai yra gaminami pasinaudojus galio arsenido (GaAs) arba galio-aliuminio arsenido (GaAlAs) technologiją. Skirtumas tarp šių technologijų yra tas, kad galio-aliuminio arsenido technologija leidžia pasiekti iki 100 % didesnę spinduliavimą esant tokiam pačiam bangos ilgiui. Norint sutaupyti kuo daugiau elektros sąnaudų, kas yra ypač aktualu autonominėse sistemose, reikia naudoti diodus, kurių tiesioginė įtampa yra kuo mažesnė. Didelę reikšmę elektros energijos sąnaudoms sudaro ir spindulių sklaidimo kampas, kuris turi būti kuo mažesnis, o diodų optinis spektras turi gerai derintis su imtuvo spektru.

Galima infraraudonųjų spindulių siųstuvo struktūrinė schema, pateikiama žemiau esančiame paveikslėlyje.

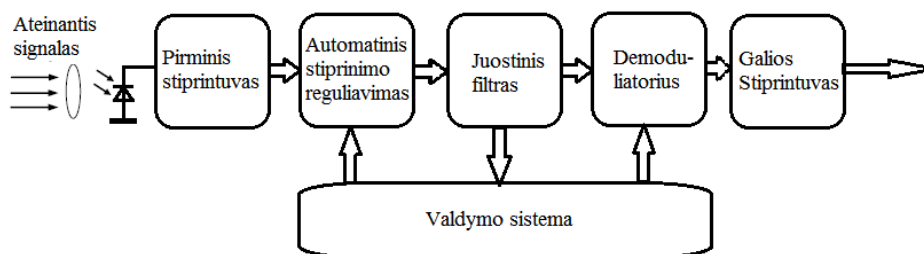


1.8 pav. Infraraudonųjų spindulių siūstuvo struktūrinė schema.

Lyginant su infraraudonųjų spindulių imtuvo schema, siūstuvo schema yra daug paprastesnė, o jos veikimas priklauso nuo infraraudonųjų spindulių imtuvo veikimo principo. Norint kad siūstuvai siūstų infraraudonuosius spindulius paketais, siūstuvai turi turėti impulsų formavimo bloką ir galios stiprintuvą, kurio paskirtis yra užtikrinti reikiamą elektros srovę, tekančią per infraraudonųjų spindulių diodus. Tam, kad sistemos veikimo nuotolis būtų kuo didesnis, galima kartu naudoti du ar kelis nuosekliai sujungtus ir sinchroniškai veikiančius infraraudonųjų spindulių diodus.

Imtuvai. Infraraudonųjų spindulių imtuvų jautrieji spinduliams elementai dažniausiai būna Si fotodiodai arba fototranzistoriai. Imtuvų jautrieji elementai yra veikiami ne tik naudingųjų signalų, bet ir pašalinių triukšmų, kurių spektras persidengia su naudingųjų infraraudonųjų spindulių spektru. Taigi, galima teigti, jog pašaliniai šviesos šaltinių spinduliai gali sutrikdyti imtuvą ir jo darbą. Be to, veikiant saulės spinduliams, gali atsirasti gana stipriai trikdančias poveikis, todėl šiuo atveju svarbu pašalinti saulės spindulių poveikį imtuvui. Ši problema aktualiausia įrenginiams, kurie yra įtaisyti lauke.

Tam, kad imtuvas būtų atsparesnis triukšmams, reikia kompleksiskai kartu naudoti keletą skirtingų priemonių: optinius infraraudonųjų spindulių filtrus, priimamų signalų moduliaciją, automatinį imtuvo signalų stiprinimo reguliavimą. Žemiau esančiame paveiksle pateikiama, galima infraraudonųjų spindulių imtuvo struktūra.



1.9 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvo struktūra

Glaudžiantysis lęšis nukreipia ateinančius infraraudonuosius spindulius į imtuvo fotodiodą. Jis taip pat kartu atlieka ir optinio infraraudonųjų spindulių filtro funkciją, kurio paskirtis sumažinti pašalinių spindulių kiekį, patenkančių į fotodiodą. Praėjęs fotodiodą signalas, paverčiamas iš optinio į elektrinį ir sustiprinamas pirminiame stiprintuve. Toliau signalas keliauja į automatinį

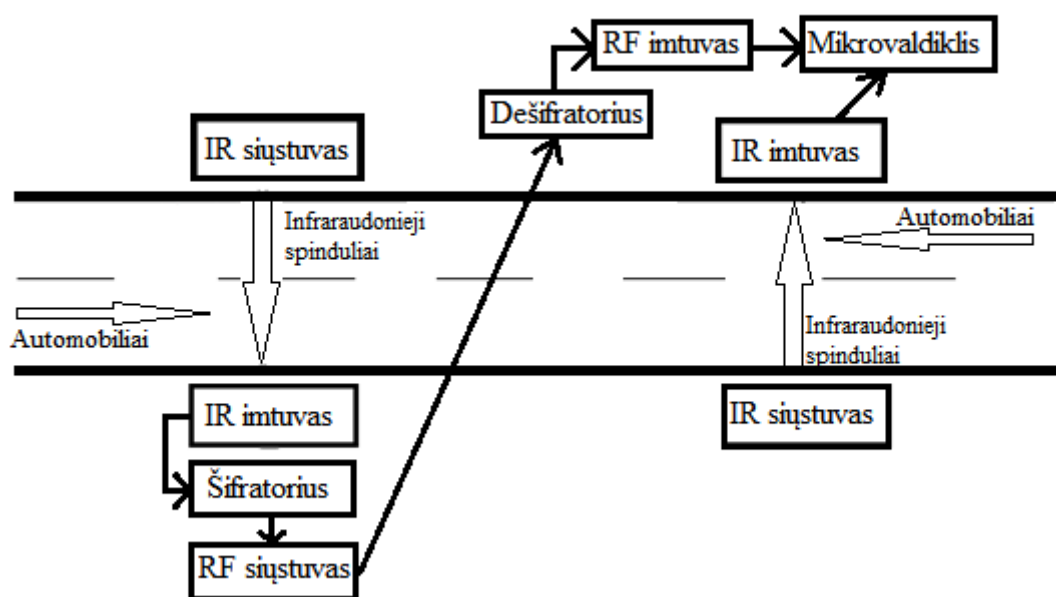
stiprinimo reguliavimą turintį bloką, kurio stiprinimo koeficientas priklauso nuo į imtuvą atėjusio signalo stiprumo. Automatinio stiprinimo stiprintuvo koeficientas keičiamas naudojant juostinį filtrą, kurio vidurinis dažnis yra toks pat kaip ir atėjusio į imtuvą signalo nešlio dažnis. Jei pasikeičia priimamo signalo stiprumas, tai juostinio filtro išėjimo signalo lygis taip pat pasikeičia. Šis pasikeitimas perduodamas valdymo sistemai, kuri padidina arba sumažina automatinio stiprinimo stiprintuvo koeficientą. Toliau, naudojant atraminį signalą gaunamą iš valdymo sistemos signalas yra demoduliuojamas demoduliatoriuje. Atraminis signalas suformuojamas iš juostinio filtro signalų. Galiausiai demoduliuotas signalas yra sustiprinimas galinėje stiprinimo pakopoje.

Naudojant 1.9 pav. pateiktą imtuvo schemą, signalai yra perduodami impulsų paketais, kas sąlygoja geresnę atsparumą trikdžiams. Taip pat, naudojant tokią struktūrą, galima perduoti ir skaitmeninę informaciją. Tačiau perduodant signalus impulsų paketais, reikia atsižvelgti į tam tikrus signalų formavimo reikalavimus:

- Nešantysis impulsų dažnis pakete turi būti lygus imtuvo juostinio filtro viduriniam dažniui;
- Optinio filtro, fotodiodo ir infraraudonųjų spindulių diodo spektrai turi būti labai gerai suderinti;
- Minimalus laiko tarpas tarp dviejų impulsų paketų turi būti lygus n / f_0 , kur n – nešančiojo dažnio impulsų kiekis, o f_0 – impulsų dažnis pakete.

2. AUTONOMINĖS EISMO INTENSYVUMO NUSTATYMO SISTEMOS SUDARYMAS

Projekto tikslui realizuoti bus naudojamos dvi infraraudonųjų spindulių sistemos, kurias sudaro po vieną siųstuvą ir imtuvą. Perduodamų duomenų saugumui užtikrinti bus naudojamas duomenų šifrotorius ir dešifrotorius. Informacijai perduoti iš vienos infraraudonųjų spindulių sistemos į kitą, bus naudojamas radijo ryšys, kurį sudaro radijo bangų siųstuvas ir imtuvas. Gauta informacija iš abiejų infraraudonųjų sistemų bus apdorojama mikrovaldiklyje. Supaprastinta blokinė projekto schema pateikiama žemiau esančiame paveiksle.



2.1 pav. Supaprastina blokinė projekto schema

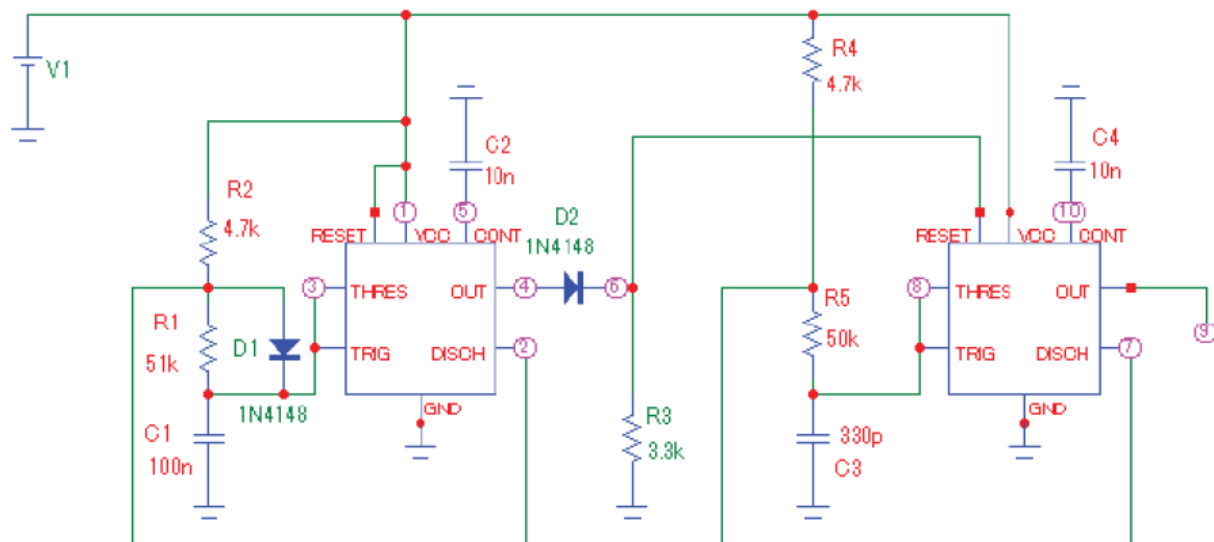
Dvi viena nuo kitos nepriklausomos infraraudonųjų spindulių sistemos, atlieka transporto priemonių skaitiklio funkciją. Dvi sistemos naudojamos tam, kad būtų galima ne tik suskaičiuoti, kiek transporto priemonių pravažiavo, bet ir išmatuoti kitus tų transporto priemonių parametrus, tokius kaip greitis ir transporto priemonės tipas. Tam, kad būtų galima tiksliai išmatuoti transporto priemonių greitį, reikalingas labai greitas ir stabilus duomenų perdavimas tarp dviejų infraraudonųjų spindulių sistemų, kitaip tariant, tarp dviejų transporto priemonių srauto matavimo sistemų. Todėl duomenų perdavimui buvo pasirinktas radijo ryšys.

2.1. Eismo intensyvumo skaitiklio prototipo sudarymas panaudojant infraraudonuosius spindulius

Infraraudonųjų spindulių siųstuvo modeliavimas. Infraraudonųjų spindulių darbo principas priklauso nuo imtuve naudojamų priimamų signalų apdorojimo technologijų. Šiame projekte siųstuvai turės formuoti tam tikrus impulsų paketus, todėl jis turės impulsų paketų formotuvą. Impulsų paketai naudojami todėl, kad juos naudojant pagerėja sistemos atsparumas

trikdžiams ir juos naudojant galima perduoti skaitmeninę informaciją. Impulsų paketų formuotuvui sudaryti bus naudojami du kompanijos *Texas Instruments* pagaminti mikrograndynai – *Lm555* taimeriai. Priede 3 pateikiama mikrograndyno *Lm555* struktūrinė schema su aprašymu.

Panaudojus du *Lm555* mikrograndynus sudaroma infraraudonųjų spindulių siūstovo impulsų paketų formuotuvo principinė schema. Žemiau esančiame paveiksle pateikiama impulsų paketų formuotuvo principinė schema, nubraižyta su *Micro-Cap* programine įranga.



2.2 pav. Infraraudonųjų spindulių siūstovo impulsų paketų formuotuvo principinė schema

Impulsų paketų formuotuvą sudarytas iš dviejų impulsų formuotuvų. Pirmasis formuotuvą atsakingas už impulsų paketų trukmę ir pasikartojimo dažnį, o antrasis – už impulsų dažnį pakete.

R_2 , R_1 , C_1 ir D_1 grandinė nulemia pirmojo formuotuvo impulsų dažnį. Prijungus maitinimo įtampą, taimerio išėjime būna aukšto lygio signalas, o taimerio tranzistorius yra uždarytas dėl didelės vidaus varžos tarp emiterio ir kolektoriaus. Per rezistorių R_2 ir diodą D_1 yra įkraunamas kondensatorius C_1 . Kai kondensatorius užsikrauna ir jo įtampa pasiekia taimerio komparatoriaus aukštesnę slenkstinę įtampą, komparatorius perverčia trigerį į kitą padėtį, ir taimerio išėjime OUT suformuojamas žemas loginis lygis. Taip pat taimerio tranzistorius išisotina, nes jo vidaus varža labai sumažėja. R_1 rezistorius prijungiamas prie $DISCHARGE$ išvado. Tada D_1 diodas užsidaro ir kondensatorius C_1 pradeda išsikrauti per rezistorių R_1 . Kondensatoriaus įtampai sumažėjus iki žemesnės taimerio slenkstinės įtampos, taimerio komparatorius K_2 perverčia trigerį atgal į aukštą lygį išėjime. Visas procesas vis kartojasi, kol nenutraukiama maitinimo įtampa. Kondensatorius C_2 naudojamas aukštesnės slenkstinės įtampos filtravimui nuo triukšmų.

Taip sukonstruoto impulsų formuotuvo impulso trukmę apytikriai galime apskaičiuoti pagal (1) formulę, o laiko tarpą tarp impulsų pagal (2) formulę

$$t_i = 0,693 \times (R2 \times C1) \quad (1)$$

$$t_p = 0,693 \times (R1 \times C1) \quad (2)$$

Pagal (1) ir (2), galime išvesti (3) formulę, kurios pagalba apskaičiuojamas formuojamų impulsų dažnis.

$$f_1 = \frac{1}{t_i + t_p} = \frac{1}{0,693 * C1 * (R1 + R2)} \quad (3)$$

Antrojo impulsų formuotuvo veikimo principas yra labai panašus į pirmojo formuotuvo. Todėl atitinkamai formuojamų impulsų trukmė ir pauzės tarp impulsų trukmė priklauso nuo $R4$, $R5$ ir $C3$ grandinėlės parametrų. Antrajame impulsų formuotuve kondensatorius $C3$ įkraunamas srove, kuri teka per rezistorius $R4$ ir $R5$, o iškraunamas per $R5$, kuris yra prijungtas prie antrojo taimerio *DISCHARGE* išvado. Antrojo impulsų formuotuvo impulsų trukmė, pauzės trukmė ir impulsų dažnis apskaičiuojami pertvarkius (1), (2) ir (3) formules.

Antrojo impulsų formuotuvo impulsų trukmė apskaičiuojama pagal (4) formulę:

$$t_i = 0,693 \times (R4 + R5) \times C1 \quad (4)$$

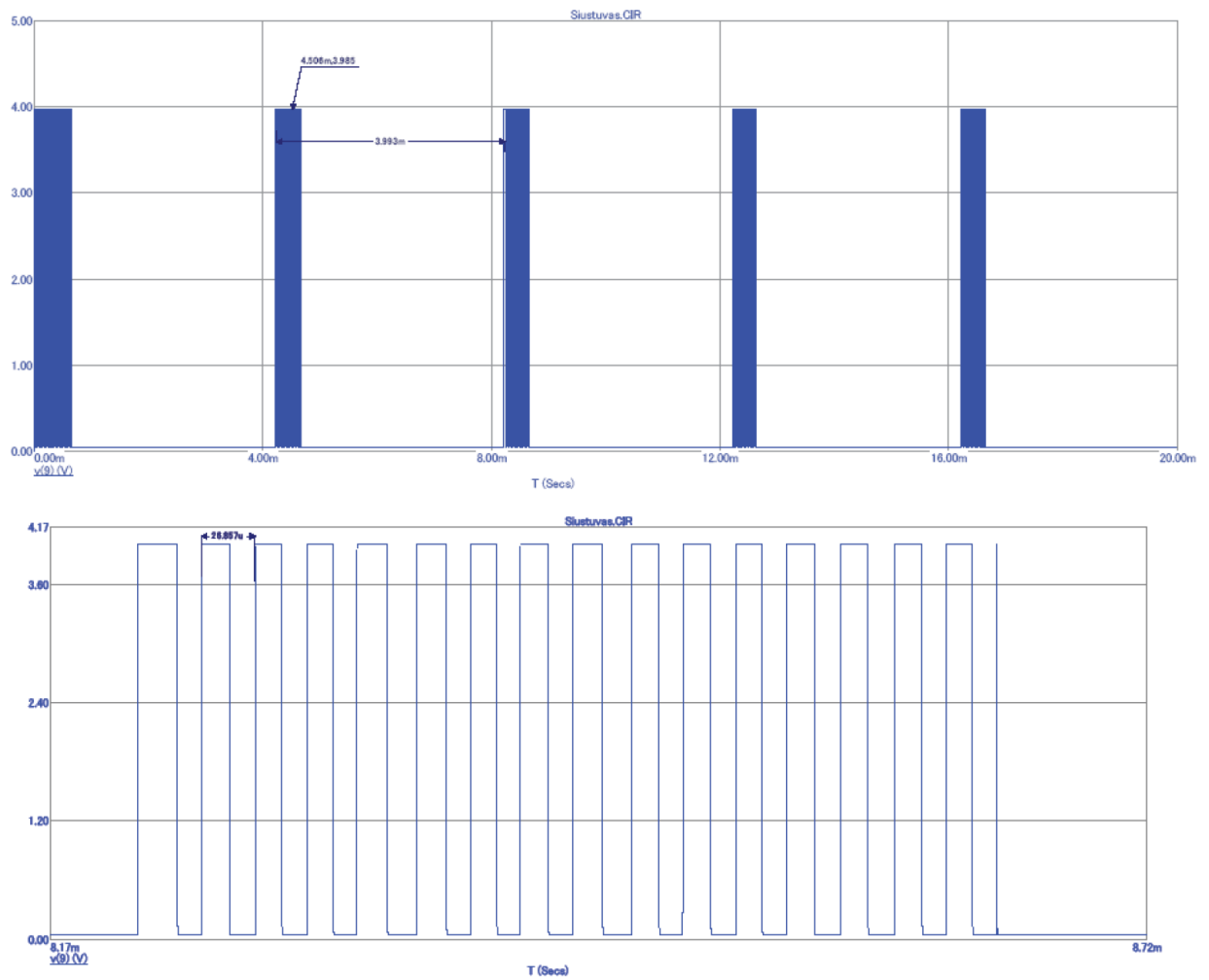
Pauzės trukmė tarp impulsų apskaičiuojama pagal (5) formulę:

$$t_p = 0,693 \times (R5 \times C3) \quad (5)$$

Formuojamų impulsų dažnis apskaičiuojamas pagal (6) formulę:

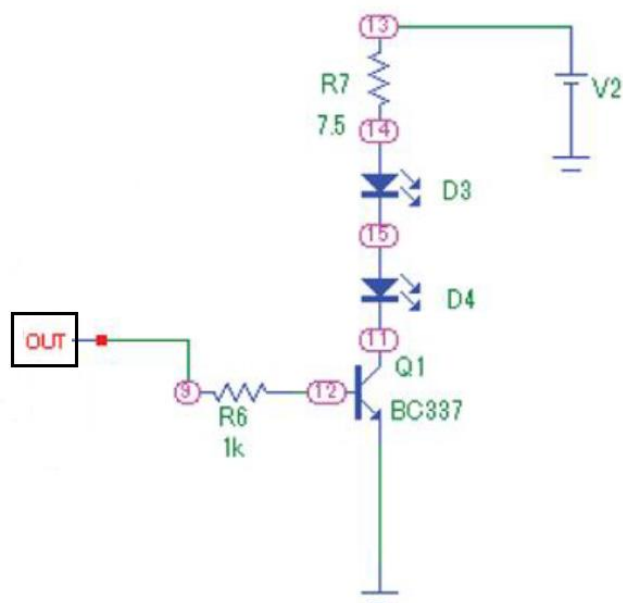
$$f_1 = \frac{1}{t_i + t_p} = \frac{1}{0,693 * C3 * (R4 + 2 * R5)} \quad (6)$$

Antrojo impulsų formuotuvo veikimas priklauso nuo pirmojo. Antrasis impulsų formuotuvus formuoja impulsus tik tada, kai pirmojo formuotuvo išėjime būna aukšto loginio lygio signalas. Kai pirmojo formuotuvo išėjime būna žemas loginis lygis, tada jis per diodą $D2$ yra perduodamas į antrojo formuotuvo taimerio *RESET* išvadą ir taip sustabdo taimerio veikimą. Žemiau esančiame paveiksle pateikiami suformuoti impulsų paketai impulsų paketų formuotuvo išėjime (viršuje) ir laike išskleistas vienas impulsų paketų impulsas (apačioje).



2.3 pav. Impulsų paketų formuotuvo suformuoti impulsai formuotuvo išėjime (viršuje) ir laike išskleistas vienas impulsų paketų impulsas (apačioje).

Infraraudonųjų spindulių siūstuvui taip pat reikalingas ir galios stiprintuvas kartu su infraraudonųjų spindulių diodais. Šiame projekte bus naudojamas galios stiprintuvas, kuris sudarytas iš bipoliarinio tranzistoriaus $Q1$, dviejų infraraudonųjų spindulių diodų $D3$ ir $D4$ bei rezistoriaus $R7$, kurio paskirtis yra riboti srovę. Žemiau esančiame paveiksle pateikiama infraraudonųjų spindulių siūstuvo galios stiprintuvo sumodeliuota schema.



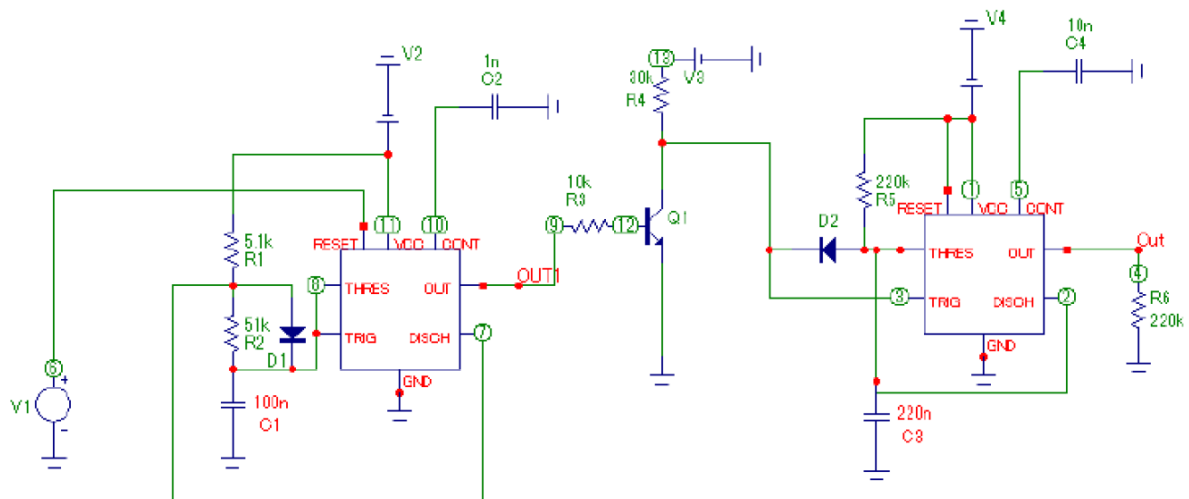
2.4 pav. Infraraudonųjų spindulių siūstuvo galios stiprintuvo schema

Kai impulsų paketų formuotuvo išėjime suformuojamas aukšto loginio lygio signalas, galios stiprintuvo tranzistorius *Q1* yra įsotinamas ir per infraraudonųjų spindulių diodus *D3* ir *D4* pradeda tekėti elektros srovė, proporcinga diodų spinduliuojamų infraraudonųjų spindulių intensyvumui. Kai impulsų paketų formuotuvo išėjime būna žemo lygio signalas, tai tranzistorius uždaromas ir per infraraudonųjų spindulių diodus srovė neteka.

Infraraudonųjų spindulių siūstuve bus naudojami *Vishay* kompanijos sukurti infraraudonųjų spindulių diodai *TSAL5100*. Šie diodai pasižymi tokiomis pagrindinėmis savybėmis: žema tiesioginė įtampa, aukšta spinduliuavimo galia ir patikimumas, geras suderinamumas su Si fotodiodais.

Infraraudonųjų spindulių imtuvo modeliavimas. Infraraudonųjų spindulių imtuvas sudaromas *Vishay* kompanijos sukurtu mikrograndyno *TSOP314xx* pagrindu. *TSOP314xx* mikrograndyno struktūrinė schema kartu su trumpu aprašymu pateikiama 4 – tame priede. Paskutiniai du žymenys nusako priimamų impulsų pakete dažnį, kilohercais. Šiame projekte bus naudojamas *TSOP31436*, kuris priima impulsus, kurių dažnis lygus 36 kHz. Norint, kad imtuvas veiktų tinkamai, impulsų skaičius pakete turi būti ne mažesnis už 10, o po kiekvieno tokio paketo, kurį sudaro nuo 10 iki 35 impulsų, turi būti bent 10 impulsų periodų ilgio laiko tarpas be impulsų.

Tam, kad būtų galima registruoti pravažiuojančias transporto priemones, reikalingas signalų detektorius, kuris pravažiuojančiai transporto priemonei, fiksuotų imtuvo priimamų signalų pasikeitimus. Modeliuojant imtuvo darbą, buvo panaudotas signalų imitatorius, kurį sudaro *Lm555* mikrograndyno pagrindu sudarytas signalų generatorius ir sugeneruotų signalų stiprintuvas. Infraraudonųjų spindulių imtuvo, panaudojant signalų imitatorių ir judančių transporto priemonių detektorių schema pateikiama žemiau esančiame paveiksle.



2.5 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvas, panaudojant signalų imitatorių. Kairėje signalų imitatorius, o dešinėje judančių transporto priemonių detektorius

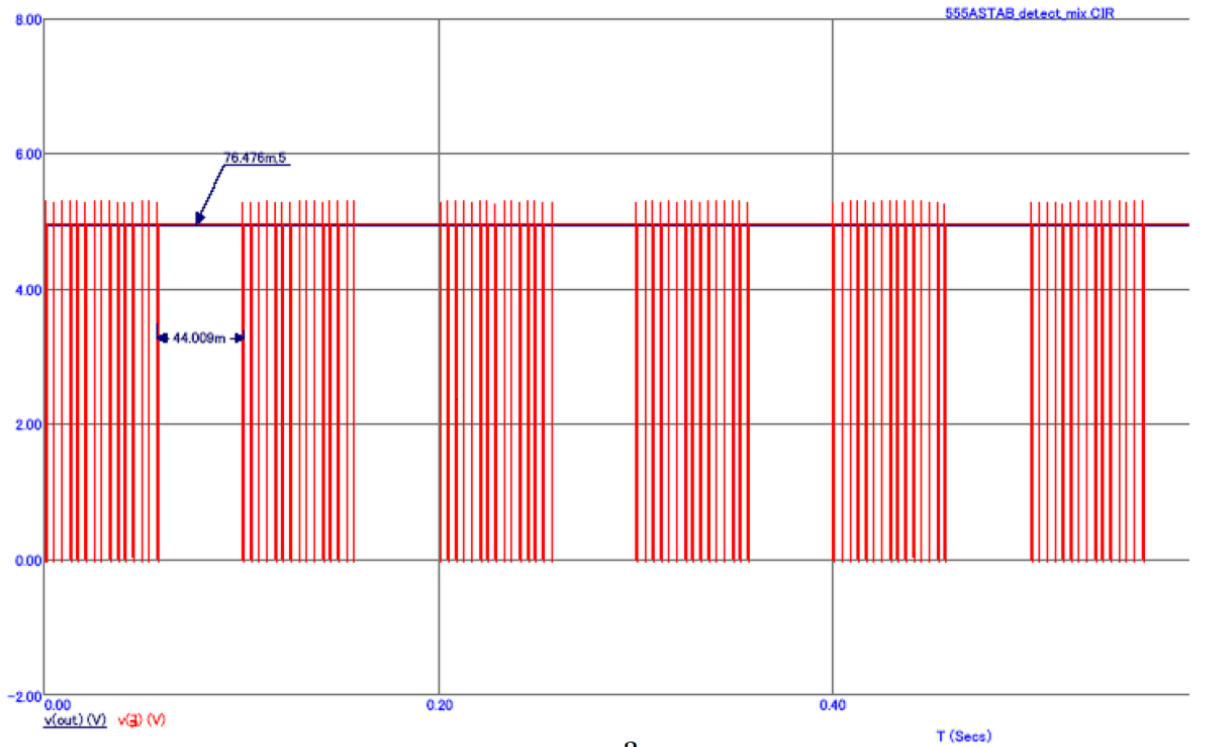
Signalų imitatoriaus veikimo principas yra analogiškas infraraudonųjų spindulių siųstuvo veikimui principui. Pagrindinis skirtumas tarp šių sistemų yra tas, kad signalų imitatorių galima valdyti, tam prie jo *RESET* išvado yra prijungtas išorinis stačiakampių impulsų generatorius *V1*. Išorinio generatoriaus impulsų dažnis yra gerokai mažesnis nei imitatoriaus generuojamų impulsų. Todėl imitatorius generuoja impulsus tik tada, kai generatoriaus sugeneruotas impulsas būna aukšto lygio. Taigi, keičiant išorinio generatoriaus sugeneruotų impulsų trukmę ir dažnį, imitatoriaus išėjime gaunami skirtingi impulsų paketai.

Transporto priemonių detektorius sudarytas panaudojus taimerį *Lm555*. Į detektoriaus *TRG* įėjimą padavus žemo loginio lygio signalą, taimerio trigeris perjungiamas į tokią būseną, kuri taimerio išėjime suformuoja aukšto lygio signalą bei taimerio vidinis tranzistorius pereina į atkirtos režimą. Tada per *R5* rezistorių pradedamas kondensatoriaus *C3* įkrovimas. Kondensatoriaus įtampa pasiekus du trečdalius maitinimo įtampos, taimerio trigeris perjungiamas į kitą būseną. Tada taimerio išėjime atsiranda žemas lygis, o vidinis tranzistorius pereina į soties režimą ir pradeda šuntuoti, tuo pačiu iškraudamas kondensatorių *C3*. Gauname, kad kai į detektorių duodamas žemo lygio loginis signalas, detektoriaus išėjime suformuojamas aukšto loginio lygio signalas. Šio impulso trukmė priklauso nuo kondensatoriaus *C3* talpos ir rezistoriaus *R5* varžos. Impulso trukmę galima apskaičiuoti pagal (7) formulę.

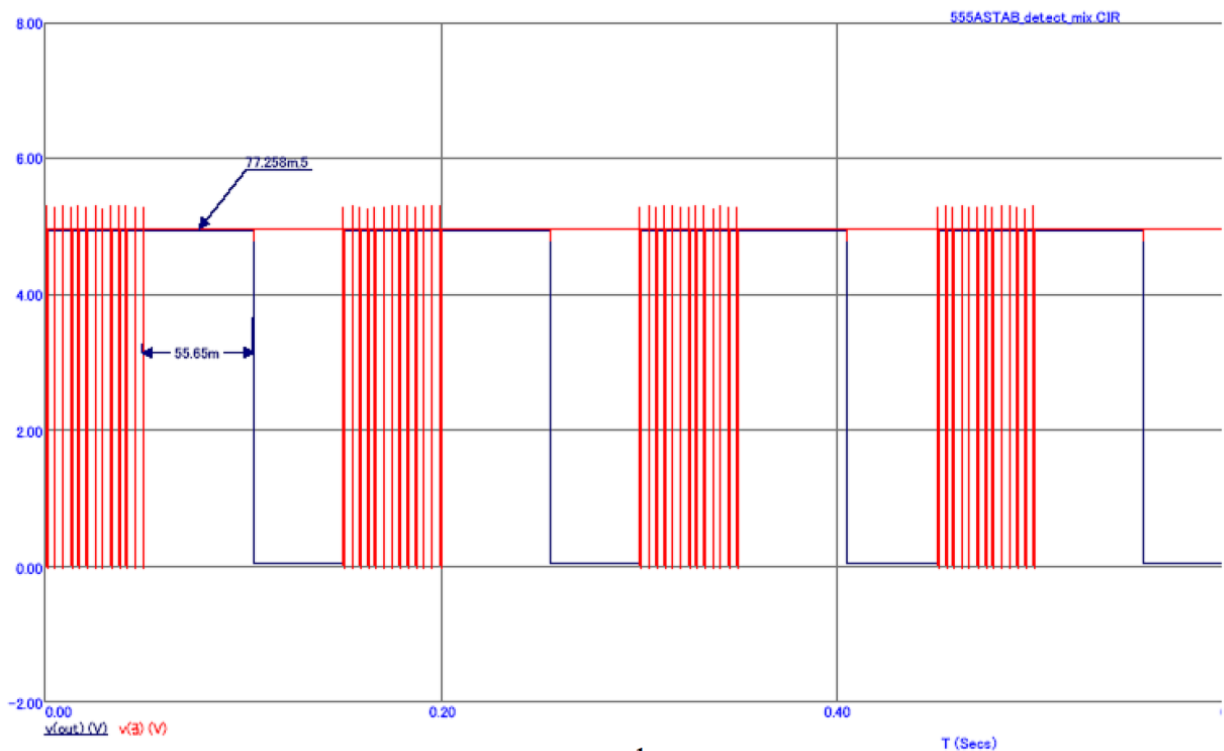
$$t_i = 1,1 \times (C3 \times R5) \quad (7)$$

Gauname, kad transporto priemonių detektorius suformuoja žemą loginį lygį savo išėjime, kai infraraudonųjų spindulių imtuvas negauna signalo iš infraraudonųjų bangų siųstuvo tam tikrą laiką tarpą, kuris viršija slenkstinį laiką tarpą. Siunčiamas signalas iš siųstuvo nepatenka į imtuvą,

kai tarp siųstuvo ir imtuvo pravažiuoja transporto priemonė. Slenkstinis laiko tarpas reikalingas tam, kad imtuvas nereaguotų į pavienius, nereikšmingus objektus (praskrendančius paukščius, vėjo nešamus lapus ir t.t.). Žemiau esančiame paveiksle atvaizduoti du atvejai: a – kai detektorius fiksuoja judančias transporto priemones ir b – kai nefiksuoja.



a



b

2.6 pav. Raudonai atvaizduoti imitatoriaus išėjimo signalai, o mėlynai – detektoriaus

Kai užfiksuojama pravažiuojanti transporto priemonė, detektorius savo išėjime suformuoja žemo loginio lygio signalą. 15 pav. a dalyje atvaizduotas atvejis, kai infraraudonųjų spindulių imtuvas ištiesai gauna impulsų paketus iš siųstuvo ir juos demoduliuoja. Tarpai tarp impulsų grupių yra apytiksliai lygūs impulsų paketo trukmei. Tokiu atveju detektoriaus išėjime suformuojamas aukšto lygio loginis signalas (mėlyna linija). 15 pav. b dalyje atvaizduotas atvejis, kai tarp infraraudonųjų spindulių siųstuvo ir imtuvo pravažiuoja transporto priemonė. Transporto priemonė užstoja infraraudonuosius spindulius ir todėl spinduliai tam tikrą laiką tarpą iš siųstuvo į imtuvą nepatenka. Todėl tarp impulsų paketų atsiranda didesni laiko tarpai. Kadangi šie tarpai viršija slenkstinį laiko tarpą, tai detektorius tai fiksuoja kaip transporto priemonę.

2.2. Radijo bangų siųstuvo – imtuvo pasirinkimas ir naudojimas

Duomenų perdavimui tarp infraraudonųjų spindulių sistemų buvo nuspręsta pasirinkti radijo bangų siųstuvą ir imtuvą. Buvo renkamosi iš dviejų labai panašių radijo bangų siųstuvo – imtuvo sistemų. Šių dviejų sistemų konstrukcija yra beveik identiška, skiriasi tik jų nešlio dažnis, kuriuo yra perduodama informacija. Pirmosios sistemos nešlio dažnis yra 433 MHz, o antrosios – 315 MHz.

Radijo dažnių juostos pasiskirstymo reglamentavimas Lietuvoje. Lietuvos teisės aktuose yra apibrėžta, kuriuos radijo dažnius galima laisvai naudoti ir kurių negalima. Žemiau esančioje lentelėje pateikiama ištrauka iš Lietuvos nacionalinės radijo dažnių pasiskirstymo lentelės, kurioje atsispindi darbe analizuojamų radijo dažnių siųstuvų ir imtuvų naudojami dažniai.

2.1 lentelė. Nacionalinis Lietuvos radijo dažnių paskirstymas.

| Radio dažnių juosta | Radio dažnių juostų priskyrimas radijo ryšio tarnyboms pagal Reglamentą pirmajame regione (radijo ryšio tarnybų pavadinimai, Reglamento 5 straipsnio pastabų numeriai) | Radio dažnių juostų priskyrimas radijo ryšio tarnyboms Lietuvos Respublikoje (radijo ryšio tarnybų pavadinimai, Dažnių lentelės III skyriaus pastabų numeriai) | Radio dažnių (kanalų) paskirti naudojimo būdai ir sąlygos |
|---------------------|--|--|--|
| 315–322 MHz | FIKSUOTOJI JUDRIOJI 5.254 | JUDRIOJI Fiksuotoji L254 | Valstybės reikmėms – su valstybės gynyba susijusiems palydovinio judriojo radijo ryšio, judriojo radijo ryšio oras–Žemė–oras kryptimi, specifinio jūrų ir antžeminio radijo ryšio naudojimo esminiams poreikiams tenkinti, skiriama pirmuoju režimu. Radijo dažnių juosta patenka į NATO suderinto naudojimo 225–399,9 MHz radijo dažnių juostą. |
| 432–438 MHz | RADIJO MĖGĖJŲ RADIOLOKACIJOS Palydovinė Žemės tyrimo (aktyvioji) 279A 5.138, 5.271, 5.276, 5.277, 5.280, 5.281, 5.282 | RADIJO MĖGĖJŲ RADIOLOKACIJOS Palydovinė Žemės tyrimo (aktyvioji) Judrioji, išskyrus oreivystės judriąją Fiksuotoji L138, L282 | <p>Radio mėgėjų stotims. Radijo dažniai (kanalai) gali būti naudojami laikantis Apraše nurodytų naudojimo sąlygų.</p> <p>Valstybės reikmėms – su valstybės gynyba susijusiems sausumos ir laivų radarų sistemų naudojimui poreikiams tenkinti, skiriama antruoju režimu.</p> <p>Palydovinės Žemės tyrimo tarnybos aktyviesiems davikliams.</p> <p>PMM įrenginiams, veikiantiems 433,05–434,79 MHz radijo dažnių juostoje. Radijo dažniai gali būti naudojami be atskiro leidimo, laikantis Sąraše nurodytų naudojimo sąlygų, jeigu jie nekelia radijo trukdžių radijo ryšio įrenginiams.</p> <p>Mažąjo nuotolio radijo ryšio įrenginiams. Radijo dažniai (kanalai) gali būti naudojami be atskiro leidimo, laikantis Sąraše nurodytų naudojimo sąlygų.</p> |

Pagal aukščiau esančioje lentelėje pateiktus duomenis, galima pastebėti, kad negalima naudoti siųstuvo – imtuvo sistemos, kurios nešantysis dažnis yra 315 MHz. Šis dažnis patenka į NATO suderintų dažnių juostą. Ši dažnių juosta yra skirta valstybės reikmėms – su valstybės gynyba susijusiems palydovinio judriojo radijo ryšio naudojimo esminiams poreikiams tenkinti. Todėl Lietuvos teritorijoje, nepažeidžiant Lietuvos teisės aktų negalima naudoti siųstuvo – imtuvo sistemos, kurios nešantysis dažnis yra 315 MHz.

Kitokia situacija yra su kita projekte iširta siųstuvo – imtuvo sistema, kurios nešantysis dažnis yra 433 MHz. Šis dažnis patenka į radijo mėgėjų radiolokacijos dažnių juostą. Tai reiškia, kad be atskiro leidimo, laikantis naudojimo sąlygų, šiuos dažnius galima laisvai naudoti mažąjo nuotolio radijo ryšio įrenginiams. Todėl duomenų perdavimo funkcijai atlikti buvo nuspręsta pasirinkti radijo bangų siųstuvą ir imtuvą kurio nešantysis dažnis (nešlio dažnis) yra 433 MHz.

433 MHz radijo bangų siųstuvo – imtuvo techniniai duomenys. Radijo bangų siųstuvo pagrindiniai parametrai:

- Maitinimo įtampa nuo 3,5 V iki 12 V;
- Darbinė srovė iki 40 mA;
- Veikimo nuotolis iki 200 m, priklausomai nuo maitinimo įtampos dydžio ir antenos ilgio;
- Labai mažo dydžio, 2 cm ilgis ir plotis;
- Naudojama ASK moduliacija (angl. Amplitude-shift keying);
- Perdavimo galia iki 10 mW.

Radijo bangų imtuvo pagrindiniai parametrai:

- Maitinimo įtampa lygi 5 V;
- Darbinė srovė iki 5,5 mA;
- Juostos plotis lygus 2 MHz;
- Naudojama ASK moduliacija (angl. Amplitude-shift keying);

Radijo dažniu perduodamų signalų vėlinimo analizė. Vienas aktualiausių parametru, reikalingas tiksliam transporto priemonių greičio nustatymui, yra radijo bangų signalo vėlinimas. Žemiau esančioje lentelėje pateikiama 433 MHz siųstuvo ir imtuvo vėlinimų analizė, kai generatoriumi į siųstuvą paduodamas stačiakampis impulsas, kurio amplitudė yra 2 V, o dažnis 5 kHz.

2.2 lentelė. 433 MHz siųstuvo-imtuvo vėlinimų analizė (5 kHz)

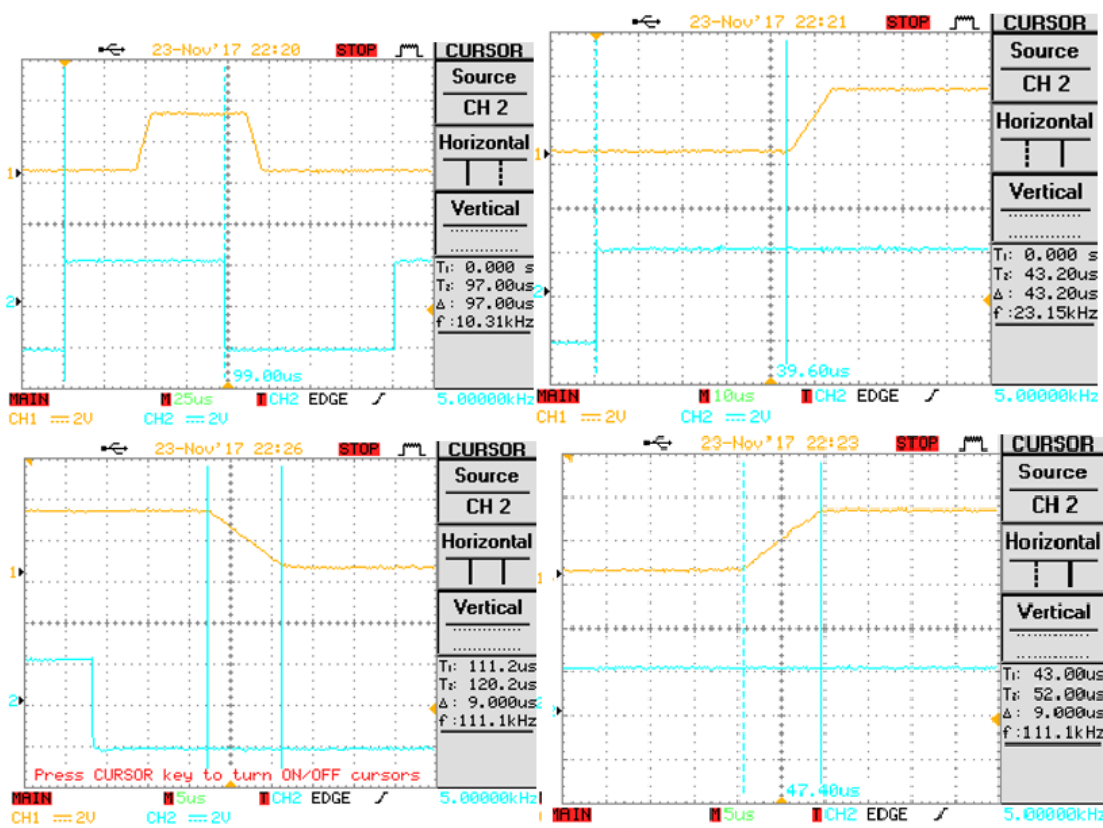
| Generatoriaus amplitudė = 2 V, dažnis = 5 kHz | | | | |
|---|---|---|--|--|
| Matavimų eilės numeris | Kylančio fronto vėlinimas, t_v^{LH} μ s | Krentančio fronto vėlinimas, t_v^{HL} μ s | Kylančio fronto trukmė, t_r^{LH} μ s | Krentančio fronto trukmė, t_r^{HL} μ s |
| 1 | 44 | 13,4 | 9 | 8,8 |
| 2 | 44 | 14,4 | 9 | 9 |
| 3 | 42,8 | 14,2 | 9 | 9,2 |
| 4 | 43,2 | 13 | 9 | 9,2 |
| 5 | 43,4 | 12,8 | 9 | 9 |
| 6 | 44,2 | 13 | 9 | 8,8 |
| 7 | 43,6 | 13,2 | 9 | 9 |
| 8 | 43,6 | 13 | 9 | 8,8 |
| 9 | 43,2 | 13,2 | 9 | 9,2 |
| 10 | 44 | 13 | 9 | 9 |
| Maks. Pokytis | 1,2 | 1,6 | 0 | 0,4 |
| Vidurkis | 43,6 | 13,32 | 9 | 9 |
| Dispersija | 0,2044 | 0,2951 | 0,0000 | 0,0267 |

Padidinus generatoriaus dažnį nuo 5 kHz iki 7 kHz, gaunami tokie rezultatai:

2.3 lentelė. 433 MHz siųstuvo-imtovo vėlinimų analizė (7 kHz)

| Generatoriaus amplitudė = 2 V, dažnis = 7 kHz | | | | |
|---|---|---|--|--|
| Matavimų eilės numeris | Kylančio fronto vėlinimas, t_v^{LH} μ s | Krentančio fronto vėlinimas, t_v^{HL} μ s | Kylančio fronto trukmė, t_r^{LH} μ s | Krentančio fronto trukmė, t_r^{HL} μ s |
| 1 | 42 | 16,8 | 10,4 | 10,4 |
| 2 | 43,4 | 16,2 | 10,4 | 10,4 |
| 3 | 40,4 | 17 | 10,4 | 10,4 |
| 4 | 41,2 | 17 | 10,4 | 11 |
| 5 | 44 | 17,6 | 10,4 | 10,2 |
| 6 | 41,6 | 17,2 | 10,4 | 10,8 |
| 7 | 41,6 | 17,2 | 10,4 | 11 |
| 8 | 42 | 17,4 | 10,4 | 10,4 |
| 9 | 41,2 | 17,6 | 10,4 | 10,8 |
| 10 | 44 | 17,4 | 10,4 | 10,6 |
| Maks. Pokytis | 3,6 | 1,4 | 0 | 0,8 |
| Vidurkis | 42,14 | 17,14 | 10,4 | 10,6 |
| Dispersija | 1,5471 | 0,1782 | 0,0000 | 0,0800 |

Žemiau esančiame paveiksle pateikiamos atliktų matavimų oscilogramos su paaiškinimais:



2.7 pav. Atliktų matavimų oscilogramos. Viršuje kairėje – Impulso trukmė siųstuvo išėjime; Viršuje dešinėje – Pirmojo fronto vėlinimo matavimas; Apačioje kairėje – Antrojo fronto nukritimo trukmė; Apačioje dešinėje – Pirmojo fronto užkilimo trukmė

Atsižvelgiant į gautus rezultatus galima teigti, kad mažiausias kylančio fronto vėlinimas buvo tada, kai generatoriumi buvo generuojamas 7 kHz impulsas, o mažiausias krentančio fronto vėlinimas buvo tada, kai generatoriumi buvo generuojamas 5 kHz signalas.

Remiantis gautais rezultatais, apskaičiuojame pilnutinę siūstuvo – imtuvo vieno signalo vėlinimo trukmę. Pirmiausia, vėlinimo trukmė apskaičiuojama, kai generuojamo signalo dažnis yra 5 kHz. Pagal (8) formulę apskaičiuojama pilnutinė kylančio fronto vėlinimo trukmė, o pagal (9) – krentančio.

$$\tau_v^{LH} = t_v^{LH} + \frac{t_f^{LH}}{2} = 43,6 + \frac{9}{2} = 48,1 \mu s \quad (8)$$

$$\tau_v^{HL} = t_v^{HL} + \frac{t_f^{HL}}{2} = 13,32 + \frac{9}{2} = 17,85 \mu s \quad (9)$$

Tada pilnutinė vėlinimo trukmė apskaičiuojama pagal (9) formulę.

$$\tau_v = \tau_v^{LH} + \tau_v^{HL} = 65,95 \mu s \quad (10)$$

Analogiškus skaičiavimus atliekame, panaudodami (8), (9) ir (10) formules, kai generatoriaus dažnis lygus 7 kHz:

$$\tau_v^{LH} = 42,14 + \frac{10,4}{2} = 47,34 \mu s$$

$$\tau_v^{HL} = 17,14 + \frac{10,6}{2} = 22,44 \mu s$$

Tada pilnutinė vėlinimo trukmė bus lygi:

$$\tau_v = 69,78 \mu s$$

Apibendrinant siūstuvo – imtuvo sistemos vėlinimo skaičiavimus galima teigti, kad padidinus generatoriaus dažnį, nuo 5 kHz iki 7 kHz, pilnutinė vėlinimo trukmė pailgėja beveik 4 μs .

433 MHz Siūstuvo-imtovo preliminarus vėlinimo įvertinimas. Galima daryti prielaidą, kad transporto priemonė važiuoja 100 km/h greičiu. Kilometrus per valandą pakeitus į centimetrus per sekundę, gauname

$$100 \frac{km}{h} = \frac{100km}{60min} = 1,66 \frac{km}{min} = \frac{1,66km}{60s} = 27,77 \frac{m}{s} = 0,0278 \frac{m}{ms} = 2,78 \frac{cm}{ms} \quad (11)$$

Gauname, kad transporto priemonė per milisekundę nuvažiuoja 2,78 cm atstumą. 433 MHz siūstuvo-imtovo sistema perduodama signalą vėlina 65,95 μs , kas pavertus į milisekundes yra

0,06595 ms. Per tokį laiko tarpą transporto priemonė nuvažiuoja ($0,06595 * 2,78 = 0,183$ cm) 1,83 mm atstumą.

Tarkime, kad atstumas tarp siųstuvo ir imtuvo lygus 10 m. Tai transporto priemonė, kuri važiuoja 100km/h greičiu šį atstumą įveiks per tokį laiko tarpą:

$$t = \frac{10m}{10\frac{km}{h}} = 0,1 * 10^{-3} * 3600s = 0.36s = 360ms \quad (12)$$

Siųstuvo – imtuvo vėlinimo trukmė yra 0,06595 ms, o transporto priemonė atstumą nuo siųstuvo iki imtuvo įveikia per 360 ms. Tai vėlinimo įtaka transporto priemonės greičio matavimui apskaičiuojama pagal (12) formulę:

$$\frac{0,06595 * 100}{360} \sim 0,02 \% \quad (13)$$

2.3. Radijo dažniu perduodamų duomenų užšifravimas ir iššifravimas

Užšifravimas (angl. encoding) ir iššifravimas (angl. decoding) yra viena kitai priešingos operacijos, kurių pagalba duomenys yra apsaugomi nuo pašalinių veiksnių poveikio. Duomenų užšifravimas yra operacija, kai duomenys yra užkoduojami, paverčiami į dvejetainį kodą. Iššifravimas yra operacija, kuri užšifruotą dvejetainį kodą paverčia į pradinį signalą.

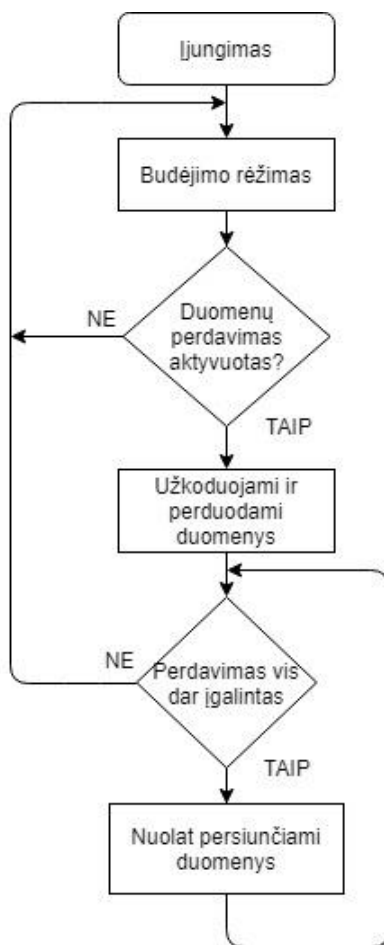
Pravažiuojančiose transporto priemonėse gausu elektroninių įtaisų, kurie skleidžia įvairius radijo dažnius. Todėl šiame projekte tam, kad būtų išvengta pašalinių radijo dažnių įtakos, kurie galėtų įtakoti transporto priemonių greičio matavimų rezultatų tikslumą ir tikrumą, buvo panaudoti šifраторius ir dešifраторius

Šifраторius. Buvo pasirinktas „Holtek“ kompanijos sukurtas *HT12E* šifраторius. Šis šifраторius pasižymi tokiomis savybėmis:

- Veikimo įtampa: 2,4 – 12 V;
- Vartoja mažai galios ir turi aukštą atsparumą triukšmams;
- Pagamintas naudojant CMOS (angl. Complementary metal–oxide–semiconductor) technologiją;
- Dvejetainis adresų nustatymas;
- Žema budėjimo srovė, kuri lygi $\sim 0,1 \mu A$, kai maitinimo įtampa yra 5V;
- Lengva ir greitai sąsaja su perdavimo įrenginiais veikiančiais radijo dažniu.

Priede 1 pateikiama *HT12E* šifраторiaus principinė schema, su išvadų aprašymu.

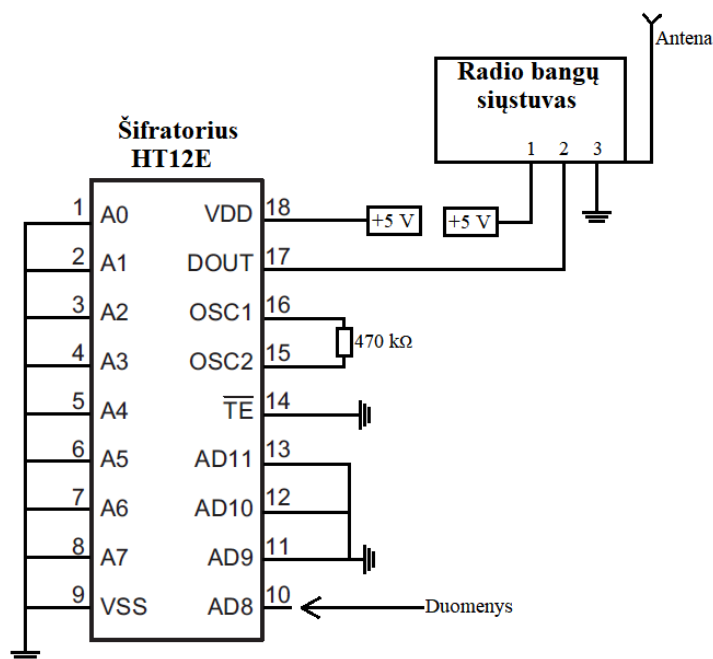
Žemiau esančiame paveiksle pateikiamas šifrotoriaus veikimo algoritmas.



2.8 pav. Šifrotoriaus *HT12E* veikimo algoritmas

Šifrotoriaus veikimo principas. $A0 - A7$ adresų išvadus nustačius į aukštą arba žemą lygį yra nustatomas šifrotoriaus adresas, kuriame vyks šifravimo procesas. Svarbu, kad šifrotoriaus ir dešifrotoriaus adresų išvadų loginės būsenos sutaptų, kitaip sistema nekomunikuos tarpusavyje. Toliau tarp oscilatoriaus išvadų prijungiamas tam tikro nominalo rezistorius, kuris nustato oscilatoriaus veikimo dažnį. Kuo didesnis šifrotoriaus veikimo dažnis, tuo mažesnė duomenų šifravimo trukmė. Šiame projekte duomenų įėjimo išvadai $AD9 - AD11$ yra nenaudojami, tam kad jie neprigaudytų pašalinių triukšmų signalų, jie yra prijungiami prie žemės. Duomenys bus siunčiami per duomenų įėjimo išvadą – $AD8$. Duomenų išėjimo išvadas $DOUT$ prijungiamas prie radijo dažnio siųstuvo įėjimo išvado. Tada duomenų siuntimo aktyvavimo išvadas TE prijungiamas prie žemės, tokiu būtu šifrotoriui duodamas signalas, kad jis pradėtų duomenų šifravimą ir siuntimą per $DOUT$ išvadą į RF siųstuvo įėjimą. Duomenų kodavimas ir perdavimas be perstojo vykdomas, tol kol duomenų aktyvavimo išvadas TE yra atjungiamas nuo žemės kontakto.

Žemiau esančiame paveiksle pateikiama, aukščiau aprašyta šifrotoriaus prijungimo prie RF siųstuvo schema.



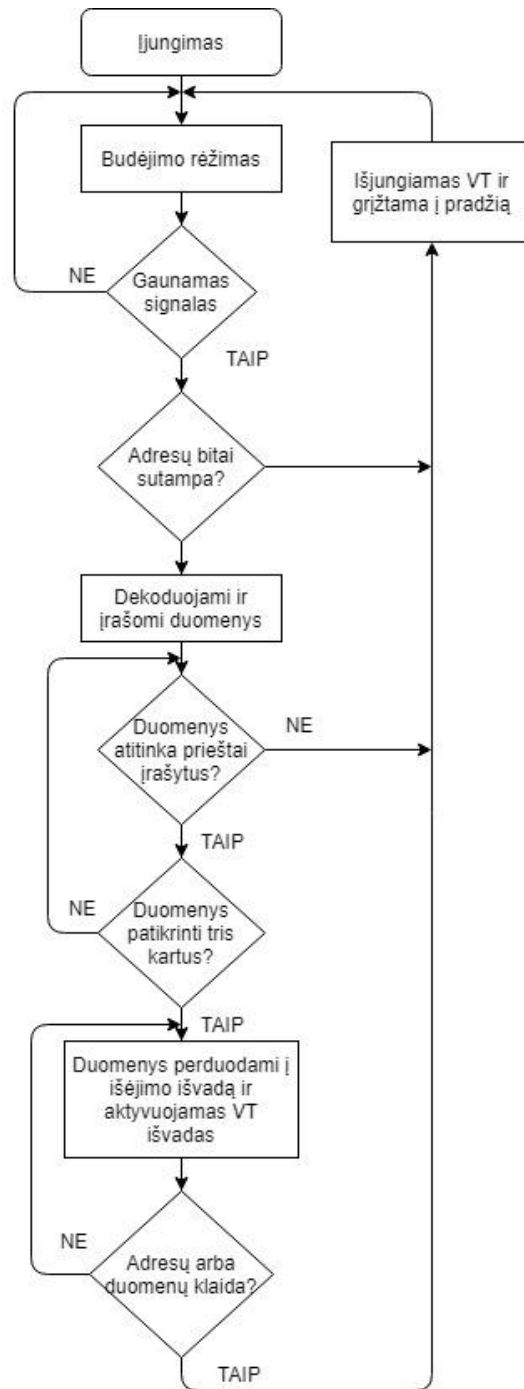
2.9 pav. Šifratoriaus prijungimo prie radijo bangų siųstuvo struktūrinę schema.

Dešifratorius. Kaip ir šifratorius taip pat buvo pasirinktas „Holtek“ kompanijos gaminys – *HT12D*. Šis dešifratorius pasižymi savybėmis labai panašiomis į šifratoriaus:

- Veikimo įtampa: 2,4 – 12 V;
- Vartoja mažai galios ir turi aukštą atsparumą triukšmams;
- Pagamintas naudojant CMOS (angl. Complementary metal–oxide–semiconductor) technologiją;
- Žema budėjimo srovė, kuri lygi $\sim 0,1 \mu\text{A}$, kai maitinimo įtampa yra 5V;
- Lengva ir greita sąsaja su perdavimo įrenginiais veikiančiais radijo dažniu;
- Gauti duomenys iš šifratoriaus yra patikrinimi tris kartus
- Dvejetainis adresų nustatymas;
- Tinkamo perdavimo indikatorius.

Priede 2 pateikiama *HT12D* dešifratoriaus principinė schema, su išvadų aprašymu.

Žemiau esančiame paveiksle pateikiamas dešifratoriaus veikimo algoritmas.

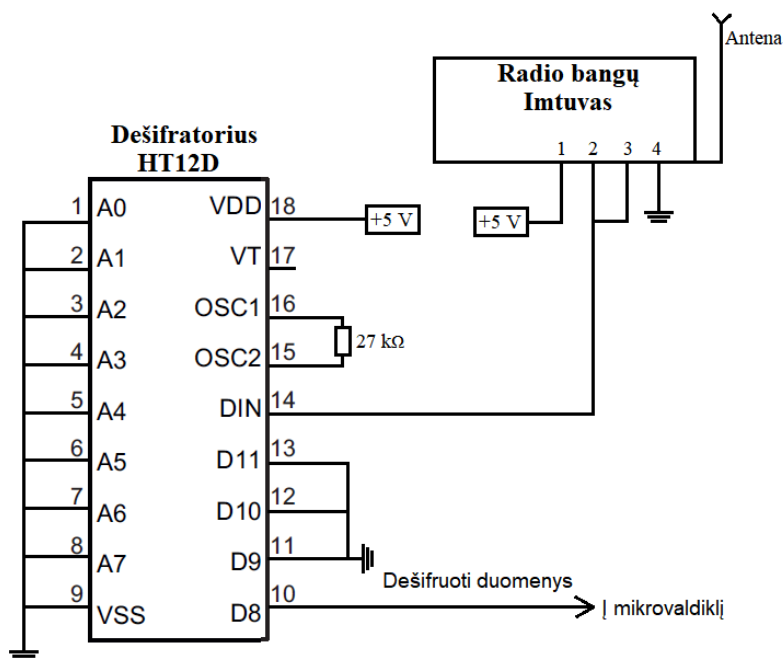


2.10 pav. Dešifratoriaus *HT12D* veikimo algoritmas

Dešifratoriaus veikimo principas. Kaip iš šifratoriuje taip ir čia $A0 - A7$ yra adresų išvadai, kurie nustatomi aukšto arba žemo lygio. Svarbu, kad šifratoriaus ir dešifratoriaus adresų išvadų loginės būsenos sutaptų, kitaip sistema neveiks. Toliau tarp osciliatoriaus išvadų prijungiamas tam tikro nominalo rezistorius, pagal kurio vertę nustatomas osciliatoriaus veikimo dažnis. Kuo didesniu dažniu dirba dešifratorius, tuo greičiau duomenys yra iškoduojami. Taip pat svarbu, kad dešifratoriaus veikimo dažnis būtų ~50 kartų didesnis už šifratoriaus veikimo dažnį, kitaip sistema neveiks tinkamai. Kadangi Duomenų išėjimo išvadai $D9 - D11$ prijungiami prie žemės kontakto, todėl, kad šiame projekte jie nenaudojami, o naudojamas tik vienas duomenų išėjimo išvadas –

D8. Prijungus duomenų įėjimo išvadą *DIN* prie radijo dažnio imtuvo išėjimo išvado, ir dešifratoriui gavus užkoduotą signalą, jis pereina iš budėjimo režimo ir inicijuoja duomenų dešifravimą. Pirmiausia patikrinama ar šifratoriaus ir dešifratoriaus adresų bitai sutampa. Jei adresų bitai sutampa, gauti duomenys yra dešifruojami ir įrašomi į vidinę atmintį. Toliau tikrinama ar įrašyti duomenys sutampa su jau esamais duomenimis. Tada tikrinama ar duomenys buvo patikrinti tris kartus. Pasibaigus trigubam duomenų patikrinimui, duomenys yra perduodami į duomenų išėjimo išvadą *D8* ir aktyvuojamas *VT* išvadas. Duomenų perdavimas į *D8* išvadą nutraukiamas tada kai pasikeičia adresų bitai arba nutraukiamas duomenų perdavimas iš šifratoriaus. Duomenys iš *D8* išvado perduodami mikrovaldikliui kur vykdomas tolesnis gautų duomenų apdorojimas.

Žemiau esančiame paveiksle pateikiama, aukščiau aprašyta šifratoriaus prijungimo prie RF imtuvo schema.



2.11 pav. Dešifratoriaus prijungimo prie radijo bangų imtuvo blokinė schema.

Šifravimo – dešifravimo trukmės analizė. Šifravimo – dešifravimo proceso trukmei didžiausią įtaką daro šifratoriaus ir dešifratoriaus osciliatorių veikimo dažniai, kurie parenkami prie osciliatoriaus išvadų atitinkamai prijungus tam tikro nominalo rezistorius. Įtaisų techninėje dokumentacijoje teigiama, kad dešifratoriaus dažnis turi būti 50 kartų didesnis nei šifratoriaus, kitaip sistema veiks nestabiliai. Išnagrinėjus šifratoriaus ir dešifratoriaus technines dokumentacijas buvo nustatyti galimi osciliatorių veikimo dažniai, bei laboratorijoje išmatuota šifravimo – dešifravimo trukmė. Prie kiekvieno skirtingo dažnio, trukmė buvo matuojama 10 kartų ir

išvedamas aritmetinis šifravimo – dešifravimo trukmės vidurkis. Matavimų rezultatai pateikiami žemiau esančioje lentelėje.

2.4 lentelė. Šifravimo – dešifravimo priklausomybė nuo osciliatorių veikimo dažnio.

| Šifratoriaus osciliatoriaus varža, k Ω | Šifratoriaus osciliatoriaus dažnis, kHz | Dešifratoriaus osciliatoriaus varža, k Ω | Dešifratoriaus osciliatoriaus dažnis, kHz | Šifravimo - dešifravimo vidutinė trukmė, ms |
|---|---|---|---|---|
| 120 | 75 | 2000 | 1,5 | 88 |
| 100 | 100 | 1500 | 2 | 81 |
| 68 | 125 | 1200 | 2,5 | 73 |
| 51 | 150 | 1000 | 3 | 67 |
| 43 | 175 | 910 | 3,5 | 60 |
| 36 | 200 | 750 | 4 | 54 |
| 30 | 225 | 620 | 4,5 | 48 |
| 27 | 250 | 560 | 5 | 42 |

Pagal gautus matavimų rezultatus, galima teigti, kad kuo didesnis šifratoriaus ir dešifratoriaus osciliatoriaus dažnis, tuo šifravimo – dešifravimo trukmė yra mažesnė. Todėl šiame projekte buvo nuspręsta naudoti 27 k Ω šifratoriaus osciliatoriaus rezistorių ir 560 k Ω dešifratoriaus osciliatoriaus rezistorių. Tada šifravimo – dešifravimo trukmė lygi 42 ms.

Transporto priemonė, kuri važiuoja 100 km/h greičiu (100 km/h = 0,027778 m/ms), per 42 ms nuvažiuoja 1,16 m atstumą. Todėl norint, kad automobilis pravažiuotų antrąją infraraudonųjų spindulių sistemą greičiau nei signalas iš pirmosios infraraudonųjų spindulių sistemos nukeliaus iki mikrovaldiklio, atstumas tarp dviejų infraraudonųjų spindulių sistemų turi būti didesnis nei 1,16 m.

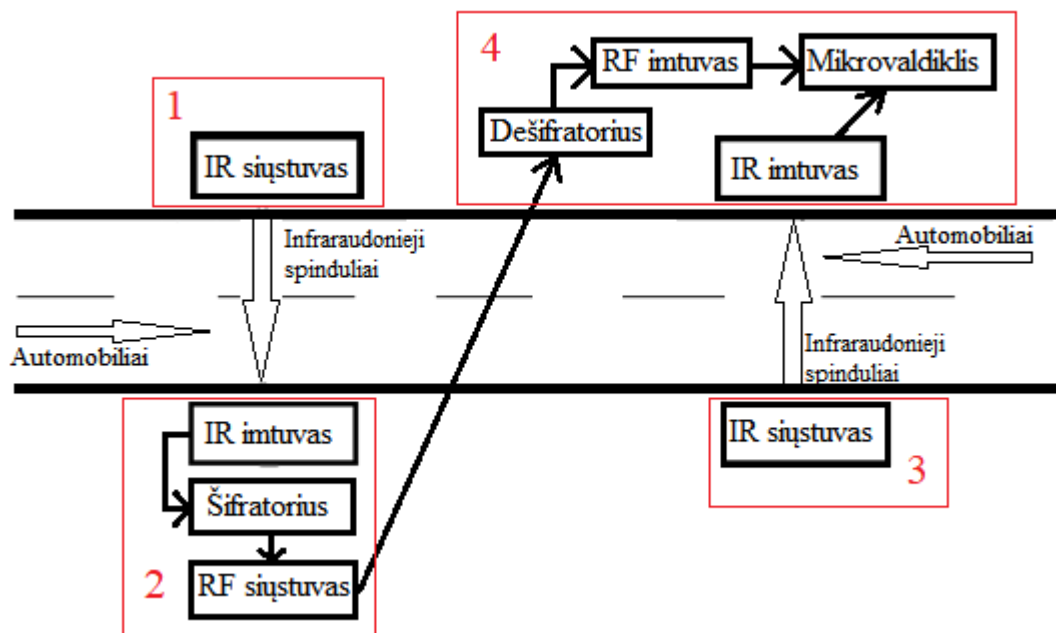
Taip pat laboratorijoje buvo iširta, kad perduodamų signalų dažnis įtakos vėlinimo trukmei neturi. Tačiau negalima perduoti didesnių nei 12 Hz signalų, nes dešifratorius nespėja iškoduoti signalo, o šifratorius jau būna atsiuntęs naują, užkoduotą signalą.

Ši šifravimo ir dešifravimo sistema buvo pasirinkta todėl, kad ji yra pigi, vartoja mažai galios, veikia sparčiai ir patikimai, lengvai suderinama su įrenginiais perduodančiais informaciją radijo dažniu bei reikalauja nedaug išorinių komponentų, dėl ko užima nedaug vietos.

2.4. Autonominės sistemos maitinimo šaltinių parinkimas

Autonominę eismo intensyvumo nustatymo sistemą sudarys keturi atskiri sistemos mazgai, sumontuoti ant kelio stulpelių. Todėl šiame projekte bus reikalingi iš viso 4 maitinimo šaltiniai. Pirmajame stulpelyje bus įmontuotas infraraudonųjų spindulių siųstuvai. Antrajame –

infraraudonųjų spindulių imtuvas ir radijo bangų siųstuvas kartu su šifratoriumi. Trečiajame – infraraudonųjų spindulių siųstuvas. Ketvirtajame – infraraudonųjų spindulių siųstuvas, radijo bangų imtuvas ir mikrovaldiklis. Žemiau esančiame paveiksle pateikta struktūrinė projekto schema, kartu su sužymėtais stulpelių numeriais.



2.12 pav. Struktūrinė projekto schema su sužymėtais stulpelių numeriais

Laboratorijoje buvo išmatuota, kiek energijos vidutiniškai suvartoja kiekviename stulpelyje esantys įrenginiai. Taip pat buvo apskaičiuota, kiek elektros energijos jie suvartos per parą laiko. Išmatuoti ir apskaičiuoti rezultatai pateikiami žemiau esančioje lentelėje.

2.5 lentelė. Stulpeliuose sumontuotų įrenginių elektros energijos suvartojimo rezultatai

| Stulpeliai | Suvartojama energija per valandą, mWh | Suvartojama energija per parą, mWh |
|-------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Pirmasis | 90 | 2160 |
| Antrasis | 67,5 | 1620 |
| Trečiasis | 90 | 2160 |
| Ketvirtasis | 510 | 12240 |

Gauti rezultatai rodo, jog daugiausiai energijos suvartoja ketvirtasis stulpelis, kuriame sumontuota daugiausiai įrenginių. Todėl šiame stulpelyje sumontuotų įrenginių maitinimui yra tikslinga naudoti saulės energiją.

Kaupiklio talpos skaičiavimai. Kaip jau buvo minėta, kaupiklio talpa bus apskaičiuojama pagal ketvirtojo stulpelio energijos suvartojimą, kuris lygus 12240 mWh per parą. Kaupiklio talpa matuojama ampervalandėmis, todėl elektros energijos poreikis (12240 mWh) padalinamas iš maitinimo įtampos (5 V), gauname $12240 \text{ mWh} / 5 = 2448 \text{ mAh}$. Gautas skaičius yra minimali kaupiklių talpa, kuri yra reikalinga 12240 mWh energijos sukauptimui. Norint, kad kaupiklis ilgiau tarnautų nerekomenduojama jo iškrauti daugiau nei 50 %. Todėl reikalingas dvigubai didesnės

talpos kaupiklis, nei buvo apskaičiuota, t.y. $2448 \times 2 = 4896$ mAh. Taigi, apie 4900 mAh talpos kaupiklis, kurio įtampa lygi 5 V, pilnai atitiks vienos paros ketvirtojo stulpelio vartojamas elektros energijos apkrovas.

Fotovoltinių saulės elementų parinkimas. Tinkamas fotovoltinių saulės elementų parinkimas yra vienas iš svarbiausių veiksnių autonominės sistemos maitinimui. Pasaulyje yra galybė skirtingų fotovoltinių saulės elementų tipų, iš kurių kiekvienas turi savų privalumų ir trūkumų. Tarp mažos galios fotomodulių labiausiai paplitę yra polikristaliniai silicio saulės elementai.

Tyrimo skaičiavimams parinktas polikristalinis silicio saulės elementas, kurį galima įsigyti Lietuvoje, bei kuris pritaikytas 5 V nuolatiniai sistemos įtampai. Žemiau esančioje lentelėje pateikiami šio fotovoltinio saulės elemento duomenys.

2.6 lentelė. Polikristalinio silicio saulės elemento parametrai

| | |
|---------------------------------|-----------------------|
| Nominali srovė | 100 mA |
| Nominali įtampa | 5 V |
| Nominali galia | 500 mW |
| Veikimo temperatūros diapazonas | Nuo -20 °C iki +85 °C |
| Svoris | 20 g |
| Matmenys | 50 x 100 x 3 mm |
| Naudingumo koeficientas | 15,8 % |

Norint apskaičiuoti reikiamą saulės elementų kiekį, reikia atsižvelgti į vidutinę pilnutinę saulės ekspoziciją, tenkančią vienam kvadratiniam metrui (kWh/m²). Žemiau esančioje lentelėje pateikiami vidutiniai daugiamečiai saulės ekspozijos duomenys, tenkantys vienam kvadratiniam metrui, kiekvieną mėnesį ir per metus.

2.7 lentelė. Saulės ekspozicija tenkanti horizontaliam paviršiui, pagal regionus

| Vietovė | 01 mėn | 02 mėn | 03 mėn | 04 mėn | 05 mėn | 06 mėn | 07 mėn | 08 mėn | 09 mėn | 10 mėn | 11 mėn | 12 mėn | Metinė |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Šilutė | 15 | 33 | 72 | 106 | 154 | 169 | 161 | 143 | 96 | 55 | 16 | 9 | 1029 |
| Nida | 14 | 31 | 72 | 108 | 155 | 171 | 165 | 148 | 97 | 54 | 17 | 10 | 1042 |
| Kaunas | 16 | 33 | 70 | 99 | 146 | 155 | 150 | 138 | 90 | 52 | 16 | 19 | 976 |
| Vilnius | 16 | 34 | 69 | 93 | 142 | 146 | 142 | 136 | 84 | 50 | 17 | 10 | 939 |
| Šiauliai | 13 | 31 | 68 | 100 | 154 | 163 | 153 | 142 | 94 | 53 | 17 | 9 | 996 |
| Klaipėda | 12 | 31 | 67 | 102 | 155 | 168 | 161 | 147 | 94 | 53 | 16 | 8 | 1013 |
| Utena | 15 | 33 | 67 | 96 | 145 | 151 | 147 | 133 | 84 | 50 | 16 | 8 | 946 |
| Biržai | 8 | 27 | 65 | 96 | 148 | 156 | 151 | 135 | 83 | 46 | 9 | 2 | 926 |
| Lazdijai | 19 | 37 | 74 | 103 | 150 | 159 | 153 | 142 | 94 | 56 | 20 | 13 | 1021 |

Eismo intensyvumo matavimai atliekami tik šiltuoju metų laiku, t.y., gegužės – rugsėjo mėnesiais. Skaičiavimai atliekami pagal šilčiausią mėnesį t.y. birželį (155 kWh/m²) ir pagal šalčiausią – rugsėjį (90 kWh/m²). Likę mėnesiai nėra vertinami todėl, kad eismo intensyvumo matavimai tais mėnesiais nevykdomi. Skaičiavimai atliekami pagal Kauno regiono duomenis.

Pirmiausia, skaičiavimai atliekami pagal birželio mėnesio duomenis. Norint sužinoti vidutinę saulės ekspozicijos tenkančią vienam kvadratiniam metrui vertę, per parą reikia mėnesio duomenis padalinti iš dienų skaičiaus birželio mėnesį, t. y., $155 / 30 = 5,17 \text{ kWh/m}^2$ (5170 Wh/m²) per parą.

Kaip jau buvo apskaičiuota, per parą laiko ketvirtajame stulpelyje sumontuoti įrenginiai suvartoja 12240 mWh (12,24 Wh) energijos. Šią energiją prilyginame fotovoltinių saulės elementų generuojamam energijos kiekiui per parą, t.y., $E_{FSE} = 12,24 \text{ Wh}$. Tada pagal (14) formulę bus galima apskaičiuoti reikiamą fotomodulių ploto dydį.

$$S_{FSE} = E_{FSE} / (E_{\text{paros}} \times \eta_F) = 12,24 \text{ Wh} / (5170 \times 0,158) = 0,01498 \text{ m}^2 = 14980 \text{ mm}^2 \quad (14)$$

kur:

S_{FSE} – fotovoltinių saulės elementų užimamas plotas, mm²;

E_{FSE} – fotomodulių generuojamos energijos kiekis per parą, 12,24 Wh;

E_{paros} – vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija per parą, 5170 Wh/m²;

η_F – fotovoltinio saulės elemento naudingumo koeficientas, 15,8 %.

Pasirinkto vieno fotovoltinio saulės elemento plotas apskaičiuojamas pagal elemento matmenis.

$$S_E = i \times p = 50 \times 100 = 5000 \text{ mm}^2 \quad (15)$$

kur:

S_E – vieno saulės elemento užimamas plotas, mm²;

i – saulės elemento ilgis, mm;

p – saulės elemento plotis, mm.

Tada apskaičiuojamas reikalingas fotovoltinių saulės elementų skaičius:

$$SK_{FSE} = S_{FSE} / S_E = 14980 / 5000 \approx 3 \quad (16)$$

Gauta, kad reikiamas fotovoltinių saulės elementų kiekis yra 3 vienetai.

Analogiški skaičiavimai atliekami ir pagal rugsėjo mėnesio saulės ekspozicijos duomenis. Gauname, kad reikalingas fotovoltinių saulės elementų kiekis yra 6 vienetai. Naudodamiesi (17) formule, galime apskaičiuoti, kiek energijos bus pagaminta kitais mėnesiais, atitinkamai pagal birželio (3 saulės elementai) ir rugsėjo (6 saulės elementai) skaičiavimus.

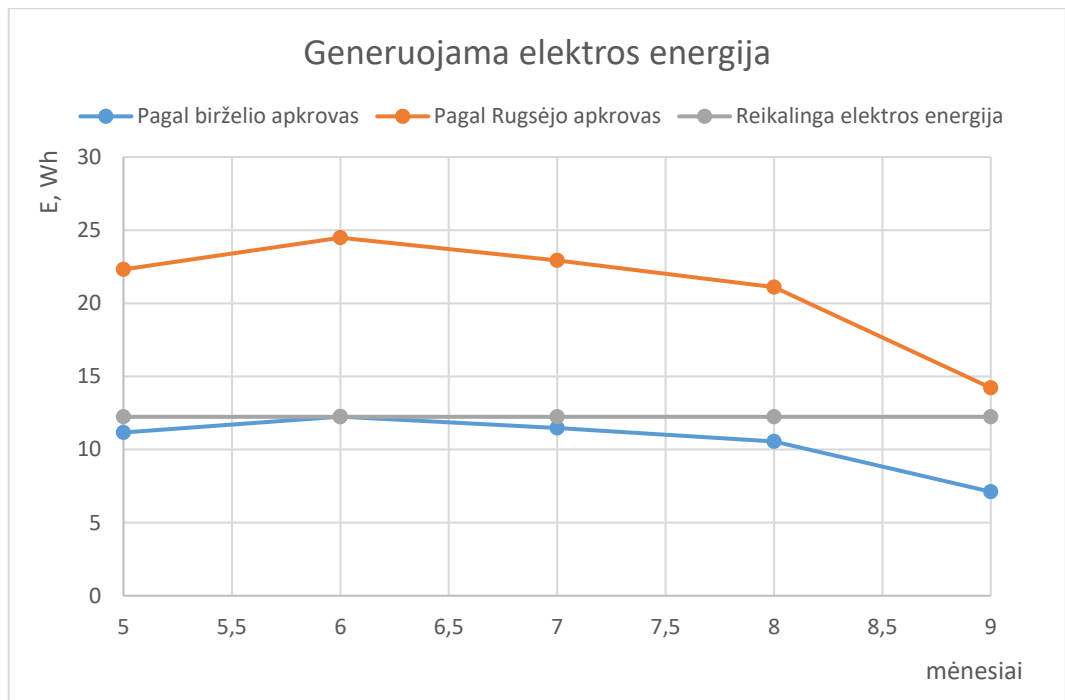
$$E_{\text{pagaminta}} = SK_{\text{FSE}} \times E_{\text{FSE}} \times \eta_F \quad (17)$$

Gauti duomenys surašomi į žemiau esančią lentelę.

2.8 lentelė. Apskaičiuotos pagamintos saulės energijos vertės pagal birželio ir rugsėjo mėnesius.

| Mėnesis | Vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija, per parą, Wh/m ² | Pagaminta elektros energija pagal birželio mėnesio apkrovas, Wh | Pagaminta elektros energija pagal rugsėjo mėnesio apkrovas, Wh |
|-----------|--|---|--|
| Kovas | 2258,065 | 5,352 | 17,839 |
| Balandis | 3300,0 | 7,821 | 26,070 |
| Gegužė | 4709,677 | 11,162 | 22,324 |
| Birželis | 5166,667 | 12,245 | 24,490 |
| Liepa | 4838,710 | 11,468 | 22,935 |
| Rugpjūtis | 4451,613 | 10,550 | 21,101 |
| Rugsėjis | 3000 | 7,110 | 14,220 |
| Spalis | 1677,419 | 3,975 | 13,252 |

Kaip jau buvo suskaičiuota aukščiau esančiuose paragrafuose, analizuojama sistema per parą laiko sunaudoja 12,24 Wh energijos. Žemiau esančiame paveiksle pateikiamas grafikas, kuriame pavaizduota sistemos sunaudojama elektros energija, generuojama elektros energija pagal birželio mėnesio apkrovas ir generuojama elektros energija pagal rugsėjo mėnesio apkrovas.



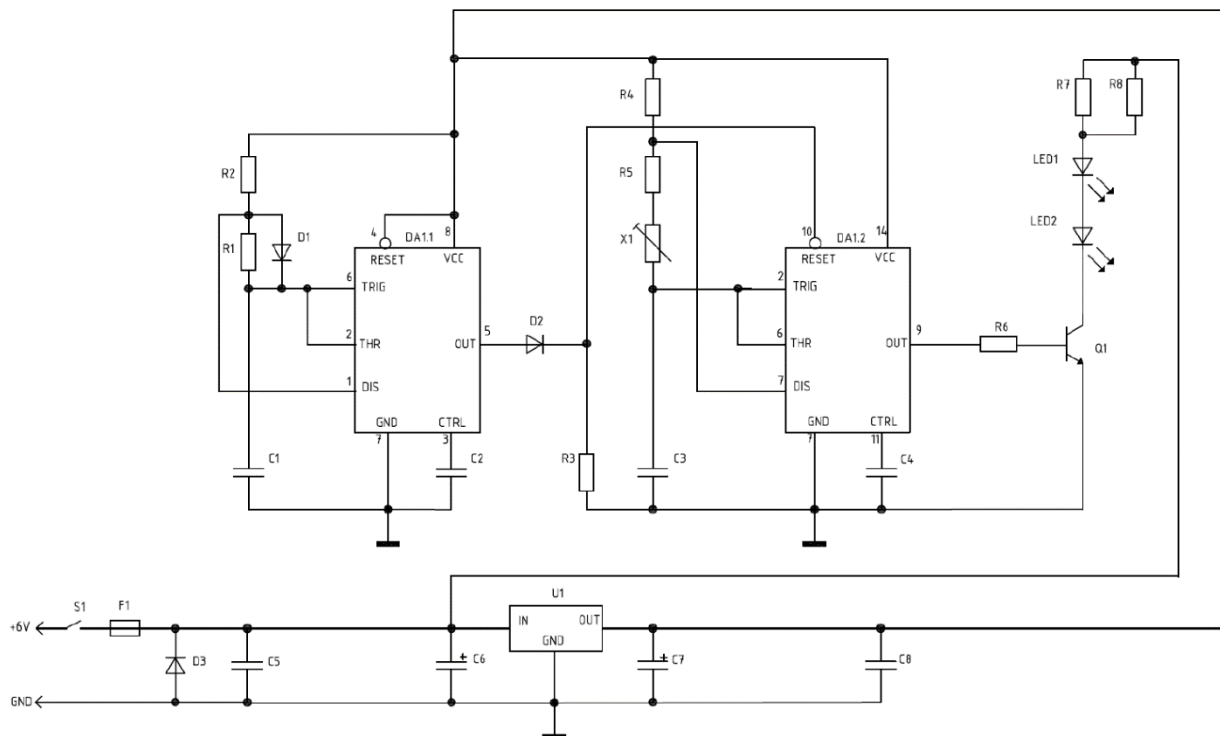
2.13 pav. Saulės elementų generuojama elektros energija, pagal skirtingų mėnesių apkrovų skaičiavimus

Išanalizavus skaičiavimo rezultatus galima teigti, kad tikslingiau naudoti fotovoltinių saulės elementų skaičių, suskaičiuotą pagal rugsėjo mėnesio apkrovas (6 vienetai), nei pagal birželio (3 vienetai), nes pagal birželio mėnesio skaičiavimus, generuojamos elektros energijos užteks tik vieną mėnesį, kitais mėnesiais jos truks. O naudodami rugsėjo mėnesio skaičiavimus energijos turėsime pakankamai kiekvieną mėnesį.

3. PROJEKTO REALIZACIJA IR TYRIMŲ REZULTATAI

3.1. Infraraudonųjų spindulių siūstuvus

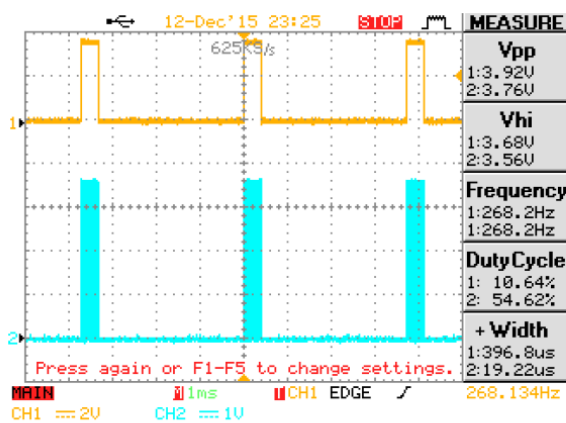
Infraraudonųjų spindulių siūstuvus buvo sukurtas remiantis modeliavimo rezultatais. Žemiau esančiame paveiksle pateikiama principinė infraraudonųjų spindulių siūstuvo schema.



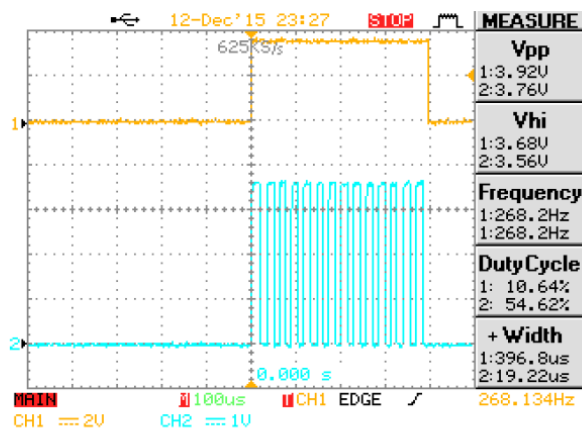
3.1 pav. Infraraudonųjų spindulių siūstuvo principinė schema

Infraraudonųjų spindulių siūstuvus maitinamas iš 6 V ir 12 Ah talpos akumuliatoriaus. Stabilizuotam siūstuvo veikimui užtikrinti panaudojamas 5 V įtampos stabilizatorius. Kondensatoriai C5, C6, C7, C8 skirti įtampos filtravimui. Saugiklis F1 ir diodas D3 skirti apsaugai nuo klaidingo maitinimo įtampos poliškumo įjungimo. Impulsų paketų formuotovas sudarytas iš *Lm556* mikrograndyno, kurį sudaro du jau aprašyti *Lm555* taimeriai, esantys viename korpuse. Tranzistorius *Q1* dirbdamas jungiklio režime, veikia kaip galios stiprintuvas ir stiprina impulsų formuotovo suformuotus signalus. Prie tranzistoriaus kolektoriaus prijungti du infraraudonųjų spindulių diodai *LED1* ir *LED2*. Prie infraraudonųjų spindulių diodų taip pat prijungti du rezistoriai *R7* ir *R8*, kurių paskirtis riboti srovę tekančią per diodus. Visi infraraudonųjų spindulių siūstuvo elementų nominalai surašyti lentelėje esančioje 5 – tame priede.

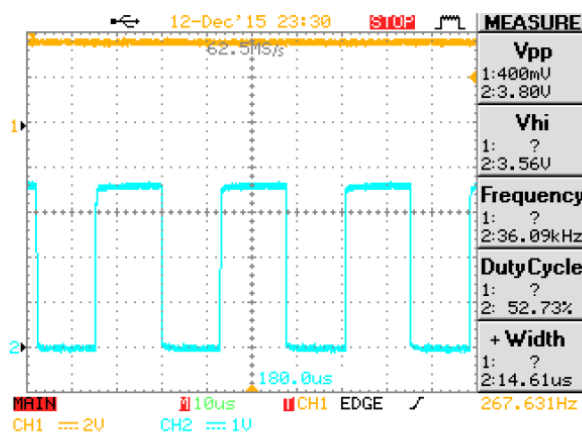
Žemiau esančiame paveiksle pavaizduotos impulsų formuotuvo signalų oscilogramos.



a



b



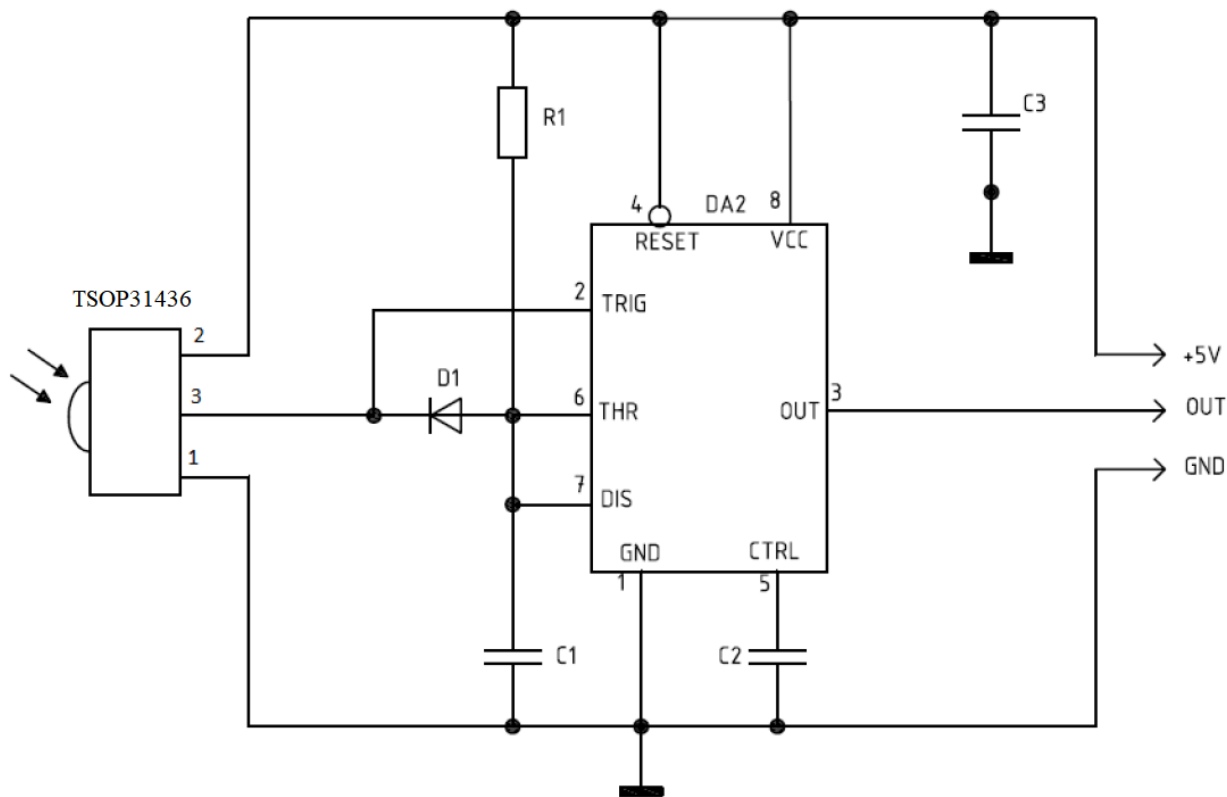
c

3.2 pav. Impulsų formuotuvų suformuotų impulsų oscilogramos

Oscilogramose pirmasis signalas (geltonas) yra pirmojo signalų formuotuvo išėjimo signalas, o antrasis (žalias) atspindi antrojo impulsų formuotuvo išėjimo signalus. Pagal (a) oscilogramą galima nustatyti pirmojo impulsų formuotuvo suformuotų impulsų dažnį, kuris yra 268,2 Hz. Oscilograma (b) ir (c) yra tų pačių impulsų oscilograma, tik papildintame mastelyje, kad būtų galima nustatyti signalų formuotuvo suformuotų impulsų paketų dažnį, kuris lygus 36,09 kHz. Šio dažnio impulsai ir yra perduodami į infraraudonųjų spindulių imtuvą.

3.2. Infraraudonųjų spindulių imtuvas

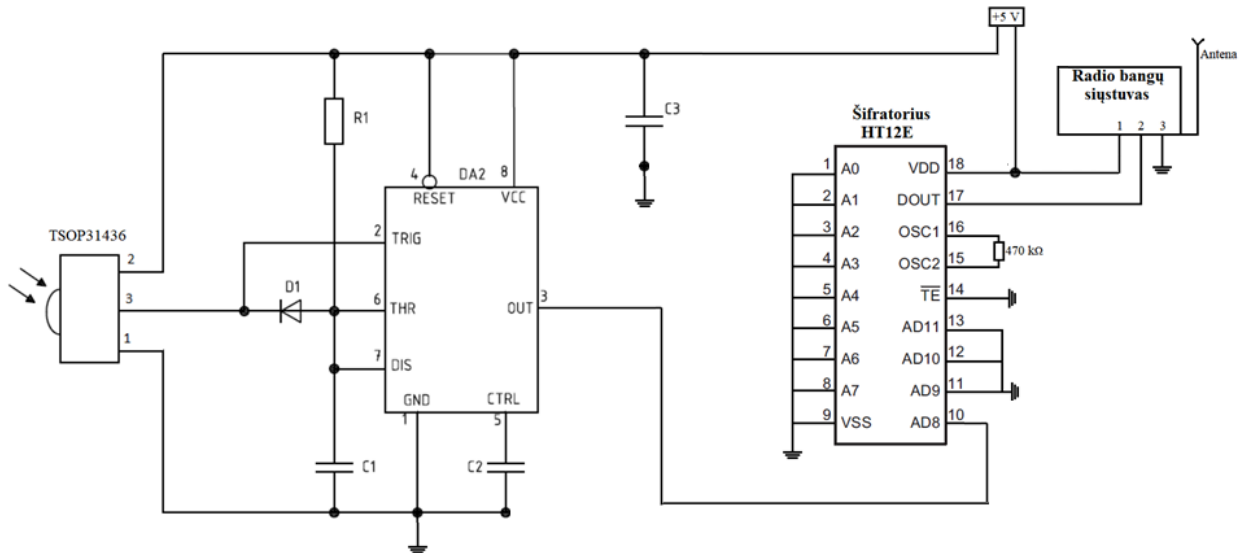
Infraraudonųjų spindulių imtuvas buvo sukurtas remiantis modeliavimo rezultatais. Žemiau esančiame paveiksle pateikiama principinė infraraudonųjų spindulių schema.



3.3 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvo principinė schema

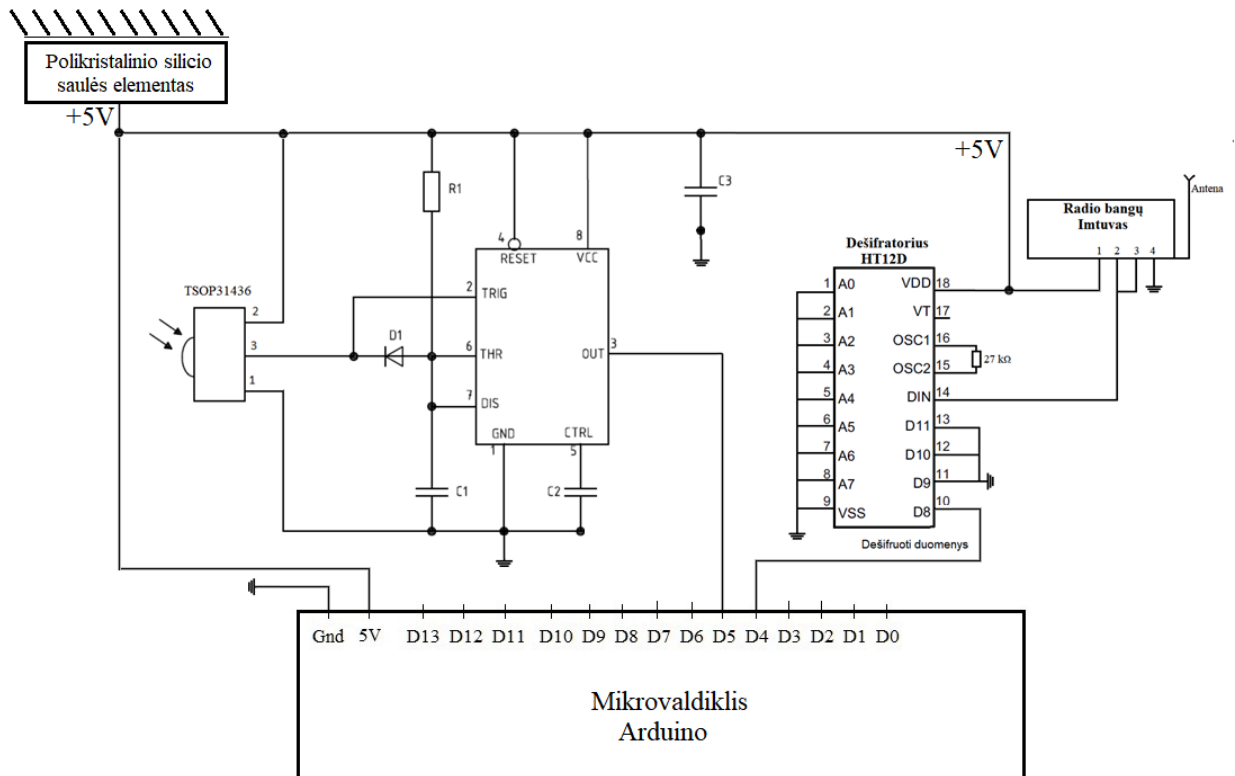
Infraraudonųjų spindulių imtuvas susideda iš dviejų pagrindinių dalių. Pirmoji – *TSOP31436* mikrograndyno pagrindu veikiantis imtuvas, kurio paskirtis yra priimti ir demoduliuoti infraraudonuosius spindulius. Šio grandyno schema su trupu aprašymu pateikiama 4 – tame priede, o šio grandyno veikimo principas paaiškintas 2.1. skyrelyje. Antroji imtuvo dalis yra signalų detektorius, kuris sukonstruotas *Lm555* mikrograndyno pagrindu. Užfiksuoti ir demoduliuoti signalai iš imtuvo patenka į signalų detektavimo sistemą, kuri savo išėjime suformuoja aukšto lygio signalą jei transporto priemonė nebuvo užfiksuota, ir atitinkamai žemo lygio signalą jei transporto priemonė buvo užfiksuota.

Projekte naudojami du infraraudonųjų bangų siųstuvai ir imtuvai. Vieno imtuvo išėjimo signalas patenka tiesiai į mikrovaldiklį, o iš kito imtuvo signalas į mikrovaldiklį patenka panaudojus radijo bangų siųstuvą ir imtuvą. Žemiau esančiuose paveiksluose atvaizduotos infraraudonųjų spindulių imtuvų skirtingos prijungimo schemas, kai imtuvai sumontuoti skirtinguose stulpeliuose.



3.4 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvo prijungimo prie šifrotoriaus ir radijo bangų siųstuvo struktūrinė schema (2-as stulpelis).

3.4 pav. pavaizduota antrajame stulpelyje sumontuotų įrenginių prijungimo schema. Šiame stulpelyje sumontuotas radijo bangų imtuvas, kurio išėjimas prijungiamas prie šifrotoriaus, o šifrotoriaus išėjimas prijungtas prie radijo bangų siųstuvo.



3.5 pav. Infraraudonųjų spindulių imtuvo sujungimo su dešifrotoriumi, radijo bangų imtuvu ir mikrovaldikliu struktūrinė schema (4-as stulpelis)

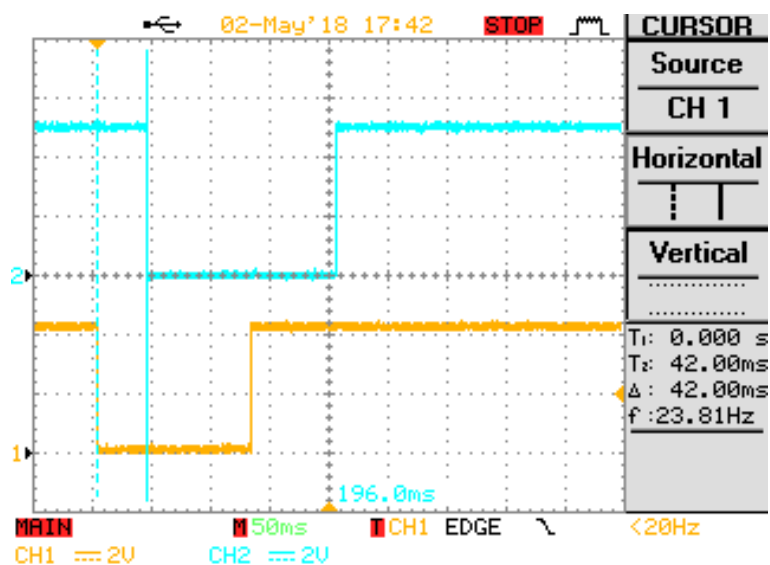
3.5 pav. pavaizduota ketvirtajame stulpelyje sumontuotų įrenginių prijungimo schema. Ketvirtajame stulpelyje sumontuotas infraraudonųjų bangų imtuvas, radijo bangų imtuvas, dešifраторius ir mikrovaldiklis.

3.3. Radijo bangų siųstuvas – imtuvas kartu su šifраторiumi ir dešifраторiumi

Šifраторius ir radijo bangų siųstuvas sumontuoti kartu su pirmuoju infraraudonųjų bangų imtuvu antrajame stulpelyje. Šifраторiaus įėjimas prijungiamas prie infraraudonųjų bangų imtuvo signalų detektoriaus išėjimo (žr. 3.4 pav.). Signalų detektorius užfiksavęs transporto priemonę, informacija perduodama duomenų šifravimui, kur jie yra užšifruojami ir radijo bangų pagalba perduodami į kitą stulpelį, kuriame yra mikrovaldiklis.

Dešifраторius ir radijo bangų imtuvas sumontuoti ketvirtajame stulpelyje kartu su antruoju infraraudonųjų bangų imtuvu ir mikrovaldikliu (žr. 3.5 pav.). Antrojo infraraudonųjų spindulių imtuvo signalų detektorius išėjimas prijungiamas tiesiogiai prie mikrovaldiklio, ir taip duomenys iš šio imtuvo perduodami tiesiogiai į mikrovaldiklį. Radijo bangų imtuvui gavus užšifruotus duomenis iš radijo bangų siųstuvo, duomenys perduodami į dešifраторių, kur jie patikrinami, dešifruojami ir perduodami į mikrovaldiklį. Šifраторiaus ir dešifраторiaus veikimo algoritmai, kartu su prijungimo schemomis pateikti 2.3 skyrelyje.

Duomenų perdavimo vėlinimo įtaka greičio matavimo tikslumui. Norint kuo tiksliau išmatuoti transporto priemonių greitį, reikia tinkamai atsižvelgti į duomenų perdavimo per visus sistemos mazgus vėlinimo laikus. Todėl realiomis sąlygomis buvo matuojama signalo perdavimo trukmė nuo pravažiuojančios transporto priemonės užfiksavimo iki signalo perdavimo į mikrovaldiklį. Žemiau esančiame paveiksle pateikiama signalo perdavimo trukmės matavimo oscilograma.



3.6 pav. Duomenų perdavimo vėlinimo matavimo oscilograma.

Aukščiau esančiame paveiksle apačioje (geltonas) pavaizduotas signalų detektoriaus suformuotas impulsas užfiksavus transporto priemonę, o viršuje (mėlynas) signalas perduotas į mikrovaldiklį. Laiko tarpas tarp užfiksuotos transporto priemonės ir duomenų patekimo į mikrovaldiklį yra nepastovus. Todėl norint kuo tiksliau išmatuoti transporto priemonių greitį buvo atlikta 150 tokių matavimų. Žemiau esančiame paveiksle pateiktas atliktų matavimų pasiskirstymo grafikas.



3.7 pav. Sistemos vėlinimo laikų dažnumo grafikas

Kaip matyti iš aukščiau pateikto grafiko, mažiausia gauta signalo vėlinimo trukmė yra 36 ms, o didžiausia 46 ms. Dažniausiai per 150 matavimų pasikartojusi vėlinimo trukmė buvo 45 ms ir 38 ms, šios dvi trukmės pasikartojo po 16 kartų. Suskaičiavus vidurkį iš šių rezultatų gauname, kad vidutiniškai signalas yra vėlinamas ~41 ms. Gautą vidutinį vėlinimą reikės įvertinti programiškai ir priklausomai nuo transporto priemonių judėjimo krypties reikės pridėti arba atimti šią trukmę iš išmatuoto laiko tarpo per kurį transporto priemonė pravažiuoja pro abi infraraudonųjų spindulių sistemas.

Vidutinė vėlinimo trukmė lygi 41 ms, didžiausia galima – 46 ms, o mažiausia galima – 36 ms. Taigi skirtumas tarp šių laiko tarpų yra ± 5 ms. Transporto priemonė, kuri važiuoja 100 km/h greičiu ($100 \text{ km/h} = 0,027778 \text{ m/ms}$), per 5 ms nuvažiuoja 0,13 m atstumą. Tarkime atstumas tarp infraraudonųjų spindulių sistemų yra 10 metrų. Tai transporto priemonė, kuri važiuoja 100 km/h ($0,02778 \text{ m/ms}$) greičiu, 10 m atstumą įveiks per $10 / 0,02778 = 360$ ms. Kadangi mūsų sistemos paklaida dėl vėlinimo įtakos yra ± 5 ms, tai sistema išmatuos, kad transporto priemonė šį atstumą įveikė per laiko tarpą esantį 355 – 365 ms intervale. Pavertus gautą laiko intervalą į greitį gauname, kad sistemos išmatuotas greitis bus tarp $0,02816 \text{ m/ms}$ ($10 \text{ m} / 355 \text{ ms}$) ir $0,02739 \text{ m/ms}$ ($10 \text{ m} /$

365 ms). Pavertus metrus per milisekundę į kilometrus per valandą gaunamas išmatuoto greičio intervalas, kuris lygus 101,3 – 98,6 km/h. Taigi greičio matavimo tikslumas, kai transporto priemonė važiuoja 100 km/h greičiu ir atstumas tarp infraraudonųjų spindulių sistemų yra 10 m, yra $\pm 1,3$ km/h.

3.4. Sukurtos sistemos bandymai realiomis sąlygomis

Iš viso buvo atlikti du sukurtos sistemos bandymai lauko sąlygomis. Pirmojo bandymo tikslas buvo ištirti didžiausią galimą saulės šviesos įtaką infraraudonųjų spindulių imtuvo darbui. Bandymas buvo atliekamas į imtuvą šviečiant popietiniai saulei, nes tada ji spinduliuoja aktyviausiai. Bandymo metu buvo keičiamas atstumas tarp infraraudonųjų spindulių imtuvo ir siųstuvo ir stebima kaip imtuvas reaguoja į atstumo pokyčius. Kai imtuvą veikia saulės spinduliai, tam kad jis neįsisotintų, automatiškai mažinamas jo stiprinimas, dėl ko sumažėja ir siųstuvo siunčiamų infraraudonųjų spindulių priėmimo atstumas. Esant tokiai maksimaliai saulės įtakai, buvo nustatyta, kad maksimalus galimas atstumas tarp siųstuvo ir imtuvo sumažėja iki 12 m.

Antrojo bandymo tikslas buvo ištestuoti sukurtą infraraudonųjų spindulių transporto priemonių skaitiklio tikslumą. Bandymas buvo atliekamas Kauno rajone Alšėnų seniūnijos teritorijoje esančiame žvyrkelyje. Matavimai buvo atliekami dienos metu. Vidutinis kelio apkrovimas stebimuoju laikotarpiu svyruoja nuo 90 iki 120 automobilių per valandą. Maksimalus leistinas, pagal kelių eismo taisykles, šioje atkarpoje yra 70 km/h. Bandymas buvo atliekamas naudojant vieną infraraudonųjų spindulių siųstuvo – imtuvo porą. Atstumas tarp kelio stulpelių, kuriuose buvo sumontuoti įrenginiai – 8 metrai. Bandymo trukmė – 3 valandos. Programos kodas, kurio pagalba buvo apdorojami signalai iš infraraudonųjų spindulių sistemos, pateikiamas 6 – tame priede.

Kartu su tiriamąja infraraudonųjų spindulių sistema buvo naudojamas ir skaitiklis su žarnelių ir slėgio jutikliais „Marksman 400“. Žarnelės buvo patiestos vienoje linijoje kartu su infraraudonųjų spindulių spinduliu iš siųstuvo į imtuvą. Taip pat viso eksperimento metu, tiriamą kelio atkarpa buvo filmuojama su vaizdo kamera, o vaizdo įrašas naudojamas transporto priemonėms identifikuoti.

Gauti duomenys iš abiejų eismo intensyvumo nustatymo skaitiklių buvo analizuojami panaudojant *Microsoft Excel* programinę įrangą. Pirmiausia, abiejų matavimo sistemų įrašyti pradiniai stebėjimo duomenys buvo atitinkamai konvertuojami ir įrašomi į vieną Excel programos bylą. Iš „Marksman 400“ skaitiklio pateikiamų duomenų analizei buvo panaudotas kiekvieno aptinkamo įvykio (pravažiuojanti transporto priemonė suspaudžia žarneles) laikas ir apskaičiuojamas skirtumas tarp dviejų gretimų įvykių sekundžių tikslumu. Iš infraraudonųjų spindulių sistemos duomenų buvo naudojama aptinkamų įvykių (nustatytą laiko intervalą nutraukiamas infraraudonasis spindulys) laikas sekundžių tikslumu ir apskaičiuojamas laikas tarp

gretimų įvykių milisekundžių tikslumu. Užfiksuotų transporto priemonių skaičius tarp skirtingų matavimų sistemų skyrėsi. Infraraudonųjų spindulių sistema užfiksavo daugiau transporto priemonių nei „Marksman 400“ skaitiklis. Todėl, rankiniu būdu buvo sinchronizuojami atskiri įvykiai pagal jų aptikimo laikus.

Bandymo metu iš viso buvo užfiksuotos 354 transporto priemonės. Tarp užfiksuotų transporto priemonių buvo lengvieji ir krovininiai automobiliai, bei dviračiai. Gautus duomenis sutikrinus su filmuota medžiaga paaiškėjo, kad infraraudonųjų spindulių sistema fiksavo praeinančius žmones, o „Marksman 400“ to nefiksavo. Taip pat buvo pastebėta, kad infraraudonųjų spindulių sistema kartais fiksavo tą pačią priemonę daugiau nei vieną kartą. Taip nutiko dėl to, kad infraraudonasis spindulys praeidavo kiaurai per lengvųjų automobilių langus arba per tarpus tarp krovininio automobilio ratų arba dėl tempiamos priekabos. Dėl to infraraudonųjų spindulių sistema ir užfiksavo daugiau transporto priemonių. Siekiant eliminuoti daugkartinius tos pačios transporto priemonės fiksavimus, buvo nuspręsta naudoti tam tikrą empirinį įvykių registravimo slenkstį, pagal laiko intervalą tarp dviejų gretimų įvykių, kurio nepasiekus sistema nereaguotų į įvykius kaip į atskirus. Išanalizavus duomenis matyti, kad visais atvejais, kai sistema fiksavo tą pačią transporto priemonę kelis kartus, laiko skirtumas, tarp dviejų fiksavimų nebuvo didesnis nei 0,5 s. Mažiausias užfiksuoto laiko skirtumas tarp dviejų, viena paskui kita važiuojančių transporto priemonių buvo 1s. Todėl buvo įvestas 0,5 s įvykių registravimo slenkstis ir atmesti visi įvykiai, kurie įvyko mažesniu laiko tarpu nei 0,5 s. Iš infraraudonųjų spindulių sistemos užregistruotų įvykių atmetus 11 įvykių, kada ji registravo praeinančius žmones, buvo aptikti 4 neatitikimai lyginant su „Marksman 400“ užregistruotais įvykiais. Visi šie keturi atvejai buvo sąlygoti dėl tokios pačios priežasties – vienu metu prasikeitinėjo dvi transporto priemonės infraraudonųjų spindulių sistemos veikimo ribose. Tėl to infraraudonųjų spindulių sistema šias dvi transporto priemones fiksavo kaip vieną, o „Marksman 400“ – kaip dvi. Taigi galima teigti, kad bandymo metu, infraraudonųjų spindulių sistemos tikslumas, registruojant transporto priemones buvo 98,8 %.

IŠVADOS

1. Eismo intensyvumą galima matuoti pasitelkus daugybę skirtingų technologijų, kurios turi savų pliusų ir minusų. Šiame darbe buvo aptarti tokie eismo intensyvumo matavimo skaitikliai: „Marksman 400“, „Marksman 660“ su kilpiniais, pjezo ir mikrobangų jutikliais, radariniai, „M830 Bluetooth“, ultragarsiniai ir pasyvūs akustiniai, bei infraraudonųjų spindulių. Kadangi eismo intensyvumo matavimai žvyrkeliuose turi savo specifinių reikalavimų, buvo nuspręsta, kad geriausiai tokiems matavimams tinka infraraudonųjų spindulių sistemos todėl, kad jos yra pigios, užima nedaug vietos, yra portabilios ir lengvai montuojamos bei svarbiausias infraraudonųjų spindulių privalumas yra tas, kad jos praeina kiaurai per dulkes.
2. Tam, kad infraraudonųjų spindulių sistema būtų atsparesnė triukšmams, reikia kompleksiskai naudoti keletą skirtingų priemonių: siunčiamų ir priimamų signalų moduliaciją, infraraudonųjų spindulių impulsų paketus, optinius infraraudonųjų spindulių filtrus imtuve, automatinį imtuvo signalų stiprinimo reguliavimą.
3. Sukurtą eismo intensyvumo nustatyto sistemą sudaro įrenginiai sumontuoti 4-ioose šalikelės stulpeliuose. Pirmajame ir trečiajame stulpeliuose sumontuotas tik infraraudonųjų spindulių siųstuvas. Antrajame – infraraudonųjų spindulių imtuvas kartu su šifrotoriumi ir radijo bangų siųstuvu. Ketvirtajame – infraraudonųjų spindulių imtuvas kartu su dešifrotoriumi ir radijo bangų imtuvu, bei mikrovaldiklis.
4. Išmatavus kiekviename stulpelyje sumontuotų įrenginių elektros energijos suvartojimą, buvo nuspręsta ketvirtajame stulpelyje sumontuotus įrenginius maitinti panaudojant saulės energiją. Buvo apskaičiuota, kad sistemai pilnai funkcionuoti reikalingas 4900 mAh talpos akumuliatorius ir 6 polikristalinio silicio saulės elementai, kur vieno elemento užimamas plotas lygus 50 cm².
5. Atlikus šifravimo – dešifravimo ir radijo bangų perdavimo procesų trukmių analizes, buvo nustatyta, kad perduodamas signalas yra vėlinimas vidutiniškai 42 ms, kartu su ±5 ms paklaida. Įvertinus paklaidą ir padarius prielaidą, kad transporto priemonė važiuoja 100 km/h greičiu, buvo nustatyta, kad šių procesų įtaka galutiniam greičio apskaičiavimui lygi ±1,3 km/h.
6. Atlikus infraraudonųjų spindulių sistemos bandymus lauko sąlygomis buvo nustatyta, kad esant maksimaliam saulės aktyvumui, atstumas tarp infraraudonųjų spindulių siųstuvo ir imtuvo sumažėja iki 12m. Atstumą būtų galima padidinti panaudojant galingesnius infraraudonųjų spindulių diodus siųstuve.

7. Atlikus eismo intensyvumo nustatymo bandymą panaudojant vieną infraraudonųjų spindulių siųstuvo – imtuvo porą. Buvo nustatyta, kad sistema geba aptikti visas pravažiuojančias transporto priemones, išskyrus tas kurios prasilenkia infraraudonųjų spindulių perdavimo kelyje. Taip pat, kad sistema neregistruotų tų pačių transporto priemonių keletą kartų, buvo nuspręsta įsivesti įvykių registravimo slenkstį, kurio neviršijus visi užregistruoti įvykiai būtų ignoruojami ir nevertinami. Šiuo atveju įvykių aptikimo slenkstis buvo nustatytas 0,5 s. Šio bandymo metu infraraudonųjų spindulių sistemos tikslumas, registruojant transporto priemones lygus 98,8 %.

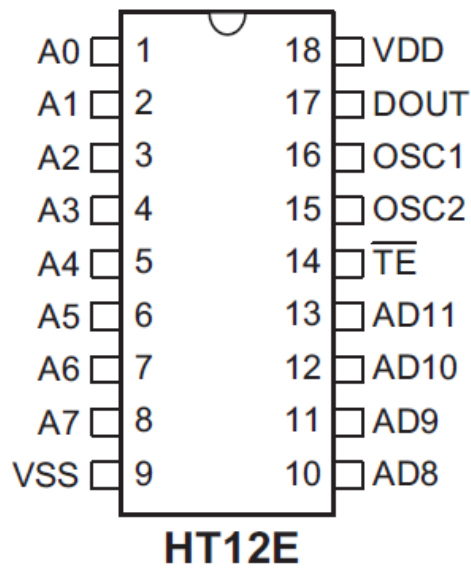
LITERATŪRA

1. Automated Traffic Measurement. (2014). [žiūrėta 2018-02-25]. Prieiga per internetą http://www.civil.iitb.ac.in/tvm/1111_nptel/524_AutoMer/plain/
2. Automobilių kelių investicijų vadovas. (2015). [žiūrėta 2017-06-15]. Prieiga per internetą <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/70972890940511e5a6f4e928c954d72b>
3. Europos Komisijos atstovybė Lietuvoje. (2010). Saugaus kelių eismo geriausia patirtis. [žiūrėta 2018-02-22]. Prieiga per internetą https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/upreme-c_lt.pdf
4. Yatskiy, I., Grakovski, A., Yurshevich, E. (n. d.). An Overview of Different Methods Available to Observe Traffic Flows Using New Technologies. [žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą https://ec.europa.eu/eurostat/cros/system/files/NTTS2013fullPaper_170_0.pdf
5. Įsakymas „Dėl nacionalinės radijo dažnių paskirstymo lentelės ir radijo dažnių naudojimo plano patvirtinimo ir kai kurių Lietuvos Respublikos ryšių reguliavimo tarnybos direktoriaus įsakymų pripažinimo netekusiais galios“ [žiūrėta 2017-02-05]. Prieiga per internetą <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/6e718fd037a011e69101aaab2992cbcd>
6. ITEAD. (2018). 5V 100mA Polycrystalline PET Solar Cell. [žiūrėta 2018-02-27]. Prieiga per internetą <https://www.itead.cc/5v-100ma-polycrystalline-pet-solar-cell.html>
7. M830 Traffic Monitoring. (n. d.). [žiūrėta 2018-02-18]. Prieiga per internetą <https://www.clearview-intelligence.com/uploads/specifications/M830-Traffic-Monitoring.pdf>
8. Overhead traffic detectors. (2017). [žiūrėta 2018-02-19]. Prieiga per internetą <http://www.roadtraffic-technology.com/contractors/detection/xtralis/>
9. Presence Sensor for Vehicle Control. (n. d.). [žiūrėta 2017-06-20]. Prieiga per internetą <http://mssedco.com/wp-content/uploads/2015/10/TC30.pdf>
10. Sivilevičius, H., Šukevičius, Š., Maskeliūnaitė, L., Bražiūnas, J., (2012). Transporto sistemos elementai. Vilnius: „Technika“.
11. Skszek, S., L. (2001). “State-of-the-Art” Report on NonTraditional Traffic Counting Methods. [žiūrėta 2018-02-23]. Prieiga per internetą <https://ntl.bts.gov/data/SPR503-final%20report.pdf>

12. Swarco Traffic Systems GMBH. (2016). [žiūrėta 2018-02-09]. Prieiga per internetą <https://www.swarco.com/sts-en/Products-Services/Detection/Traffic-Counting/TDC1-Traffic-detectors>
13. Texas Instruments. (2015). Lm555 Timer. [žiūrėta 2018-03-13]. Prieiga per internetą <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm555.pdf>
14. Texas Instruments. (2015). Lm556 Dual Timer. [žiūrėta 2018-04-01]. Prieiga per internetą <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm556.pdf>
15. Thakur, T. ir Gogate, M. (2015). Traffic Controlling and Monitoring Using Internet Things. International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET). [žiūrėta 2018-02-23]. Prieiga per internetą <http://www.ijltet.org/wp-content/uploads/2015/11/32.pdf>
16. Transporto ir kelių tyrimo institutas. (2014-2017). [žiūrėta 2018-02-19]. Prieiga per internetą <http://www.ktti.lt/?id=21>
17. Vincent, O. R., Olayiwola, O. E., Kosemani, O. O. (2014). Estimating Traffic Intensity at Toll Gates Using Queueing Networks. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 5, No. 4. [žiūrėta 2018-02-05]. Prieiga per internetą https://thesai.org/Downloads/Volume5No4/Paper_19-Estimating_Traffic_Intensity_at_Toll_Gates_Using_Queueing_Networks.pdf
18. Vishay Semiconductors. (2009). High Power Infrared Emitting Diode, 940 nm, GaAlAs/GaAs. [žiūrėta 2018-01-25]. Prieiga per internetą <https://eu.mouser.com/datasheet/2/427/81007-101997.pdf>
19. Vishay Semiconductors. (2018). IR Receiver Modules for Remote Control Systems. [žiūrėta 2018-01-25]. Prieiga per internetą <https://www.vishay.com/docs/82492/tsop312.pdf>
20. Žalia idėja. (2012). Saulės energijos potencialas Europoje ir Lietuvoje. [žiūrėta 2018-03-06]. Prieiga per internetą <https://zaliaideja.wordpress.com/2012/04/03/saules-energijos-potencialas-europoje-ir-lietuvoje/>

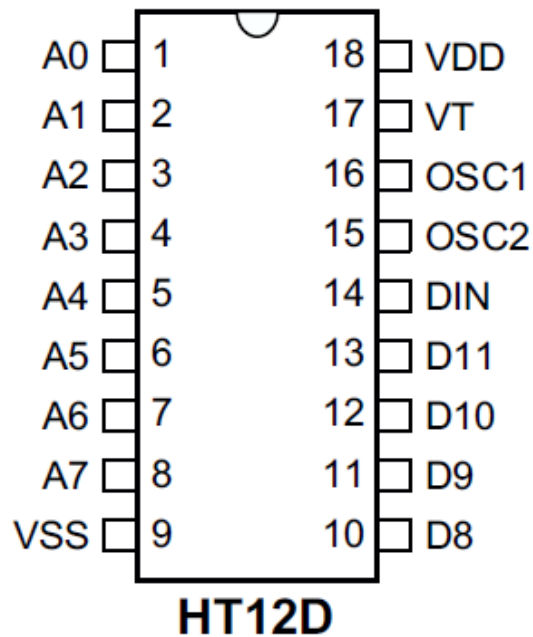
PRIEDAI

Priedas 1. *HT12E* šifrotoriaus principinė schema su paaiškinimais



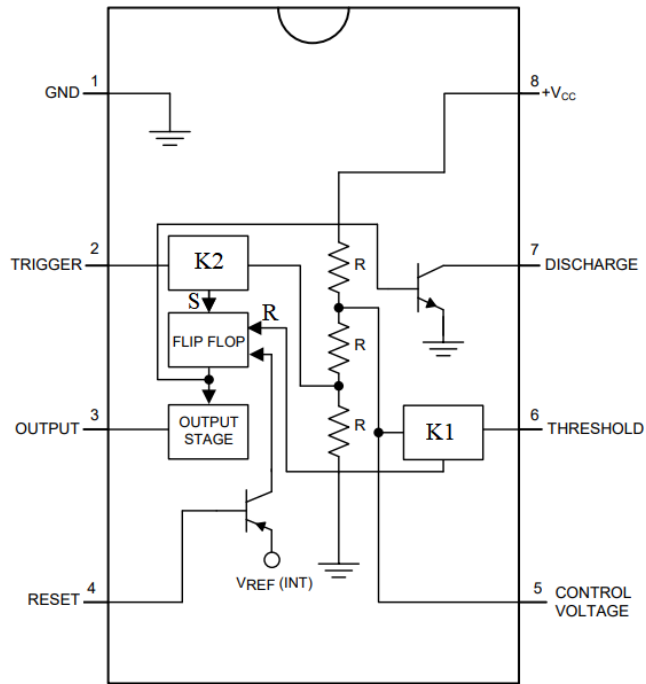
- *A0* – *A7* yra šifrotoriaus adresų išvadai, pagal kuriuos yra užšifruojami duomenys. Į šiuos išvadus galima paduoti aukšto (angl. High) arba žemo (angl. Low) lygio signalus. Norint kad šifrotorius komunikotų su dešifrotoriumi šie 8 išvadai turi būti vienodai sujungti ant šifrotoriaus ir dešifrotoriaus;
- *VSS* – šifrotoriaus žemės (angl. ground) išvadas;
- *VDD* – maitinimo įtampos išvadas;
- *DOUT* – yra duomenų išėjimo išvadas (angl. Data output);
- *OSC1* ir *OSC2* – osciliatoriaus įėjimo ir išėjimo išvadai, tarp kurių prijungus tam tikro nominalo rezistorių nustatomas šifrotoriaus darbo dažnis, kuris gali būti tarp 1 kHz ir 5 kHz;
- *TE* – duomenų siuntimo aktyvavimo išvadas (angl. Transmission enable). Duomenų siuntimas aktyvuojamas kai į šį išvadą paduodamas žemo lygio signalas;
- *AD8* – *AD11* yra duomenų įėjimo išvadai. Į šiuos išvadus paduodamas aukšto arba žemo lygio signalas, kuris ir yra šifrotoriaus užkoduojamas, bei siunčiamas į dešifrotorių iškodavimui.

Priedas 2. *HT12D* dešifratoriaus principinė schema su paaishkinimais



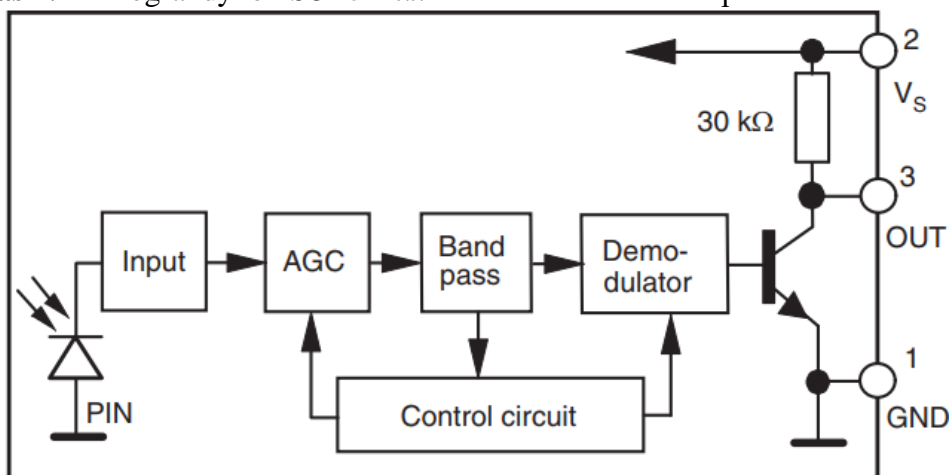
- *A0* – *A7* yra dešifratoriaus adresų išvadai. Į šiuos išvadus galima paduoti aukšto arba žemo lygio signalus. Norint kad dešifratorius komunikuočiau su šifratoriumi šie 8 išvadai turi būti vienodai sujungti ant abiejų prietaisų;
- *VSS* – dešifratoriaus žemės išvadas;
- *VDD* – maitinimo įtampos išvadas;
- *VT* – teisingo duomenų perdavimo indikavimo išvadas. Šis išvadas pereina į aukštą būseną, kai tarp šifratoriaus ir dešifratoriaus įvyksta teisingas duomenų perdavimas;
- *DIN* – yra duomenų įėjimo išvadas (angl. Data Input);
- *OSC1* ir *OSC2* – osciliatoriaus įėjimo ir išėjimo išvadai, tarp kurių prijungus tam tikro nominalo rezistorių nustatomas dešifratoriaus darbo dažnis, kuris gali būti tarp 50 kHz ir 250 kHz.
- *D8* – *D11* yra iššifruotų duomenų išėjimo išvadai. Jie gali būti aukšto arba žemo lygio. Šių išvadų lygis priklauso nuo šifratoriaus *AD8* – *AD11* išvadų būsenos.

Priedas 3. Mikrograndyno *Lm555* struktūrinė schema su paaiškinimais



Ši grandyną sudaro du komparatoriai, *K1* ir *K2*, kurie valdo *RS* trigerį (*FLIP – FLOP*). Komparatoriaus *K1* išėjimas prijungtas prie trigerio *R* (*Reset*) išvado, o *K2* – prie išvado *S* (*Set*). Trys nuosekliai sujungti $5\text{ k}\Omega$ rezistoriai formuoja slenkstines įtampas, kurios yra sujungiamos su abiejų komparatorių vienu iš įėjimų. Į *K1* komparatoriaus neinvertuojantį įėjimą paduodami du trečdaliai maitinimo įtampas, o į *K2* invertuojantį įėjimą – vienas trečdalis. *K1* komparatoriaus slenkstinę įtampą taip pat galima valdyti 5-ame mikrograndyno išvade *CONTROL*. Mikrograndyno maitinimo įtampa gali kisti nuo $4,5\text{ V}$ iki 18 V . *RS* trigerį galima valdyti ir tiesiogiai per 4-ąjį išvadą, paduodant *RESET* valdymo signalą. Trigerio išėjimo signalas gaunamas 3-iame išvade *OUTPUT*. Šis signalas taip pat paduodamas į tranzistorių, kurio kolektorius prijungtas prie 7-to išvado *DISCHARGE*.

Priedas 4. Mikrograndyno *TSOP314xx* struktūrinė schema su paaiškinimais



Šis mikrograndynas skirtas dirbti labai triukšmingoje aplinkoje ir labai gerai tinka darbui lauko sąlygomis. Šio tipo infraraudonųjų spindulių imtuvai priima dažnius nuo 30 kHz iki 56 kHz. Fotodiodas ir pirminis stiprintuvas yra ekranuoti švinu, o bendrasis tokio mikrograndyno korpusas pagamintas iš specialios epoksidinės dervos tarnauja ir kaip glaudžiantysis lęšis, ir kaip optinis infraraudonųjų spindulių filtras. Šis mikrograndynas pasižymi tokiomis savybėmis:

- Labai maža vartojama srovė (0,45 mA);
- Žema maitinimo įtampa (2,5 ... 5,5 V);
- Turi impulsinės kodinės moduliacijos dažnio vidinį filtrą;
- Ekranuotas nuo elektromagnetinių trikdžių;
- Didelis atsparumas aplinkos šviesos įtakai;
- Atsparumas maitinimo įtampos pulsacijoms ir triukšmams.

Priedas 5. Infraraudonųjų spindulių siūstuvo ir imtuvo elementų parametrai
Infraraudonųjų spindulių siūstuvo elementų parametrai.

| | |
|---------------|--|
| C1 | Kondensatorius 100 nF |
| C2 | Kondensatorius 10 nF |
| C3 | Kondensatorius 330 pF |
| C4 | Kondensatorius 10 nF |
| C5 | Kondensatorius 1 μ F |
| C6 | Kondensatorius 220 μ F |
| C7 | Kondensatorius 2,2 μ F |
| C8 | Kondensatorius 100 nF |
| R1 | Rezistorius 51 k Ω |
| R2 | Rezistorius 4,7 k Ω |
| R3 | Rezistorius 3,3 k Ω |
| R4 | Rezistorius 4,7 k Ω |
| R5 | Rezistorius 47 k Ω |
| R6 | Rezistorius 1 k Ω |
| R7 | Rezistorius 15 Ω |
| R8 | Rezistorius 15 Ω |
| X1 | Potenciometras 10 k Ω |
| D1 | Diodas 1N4148, 150 mA |
| D2 | Diodas 1N4148, 150 mA |
| D3 | Lygintuvinis diodas 1N4007, 1 A |
| LED1, LED2 | Infraraudonųjų spindulių diodas TSAL6200, 940 nm, 1,35 V, 100 mA |
| Q1 | Bipoliarus tranzistorius BC337, NPN, 0,5 A |
| S1 | Jungiklis ON/OFF |
| F1 | Saugiklis 0,5 A |
| U1 | Įtampos stabilizatorius Lp2950cz-5, 5 V, 0,1 A |

Infraraudonųjų spindulių siūstuvo elementų parametrai

| | |
|----|----------------------------|
| C1 | Kondensatorius 220 nF |
| C2 | Kondensatorius 10 nF |
| C3 | Kondensatorius 1 μ F |
| R1 | Rezistorius 220 k Ω |
| D1 | Diodas 1N4148, 150 mA |

Priedas 6. Programos kodas

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SD.h>
static const int RXPin = 2, TXPin = 3;
static const uint32_t GPSBaud = 9600;
const int chipSelect = 10;
int irimtuvas;
float platuma=0;
float ilguma=0;
int metai=0;
int menuo=0;
int diena=0;
int valanda=0;
int minutes=0;
int sekunde=0;
int RECV_PIN = 7;
long trukmej=0;
long prlks;
long pblks;
int ledPin = 9;
int DataPin = 8;
int KoordPin = 8;
int SDpin=9;
char dir[10];
String dt;
int prmdata=0;
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin);
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  ss.begin(GPSBaud);
  pinMode(chipSelect, OUTPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(RECV_PIN, INPUT);
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    digitalWrite(SDpin, HIGH);
    return;
  }
}
void loop()
{
  if (gps.encode(ss.read()))
    displayInfo();
  if (gps.date.isValid())
  {
    if (ilguma*platuma>0) {
      digitalWrite(KoordPin, HIGH);
      irimtuvas = digitalRead(RECV_PIN);
      if (irimtuvas == LOW) {
        if (trukmej==0) {
          prlks=millis();
        }
        trukmej=trukmej+1;
        digitalWrite(ledPin, HIGH);
      }
    }
    else if (trukmej!=0) {
      digitalWrite(ledPin, LOW);
      pblks=millis()-prlks;
      File dataFile = SD.open(dir, FILE_WRITE);
      if(dataFile)
```

```

    {
        dataFile.print(platuma, 6);
        dataFile.print(F(", "));
        dataFile.print(ilguma, 6);
        dataFile.print(F(" "));
        dataFile.print(metai);
        dataFile.print(F("-"));
        dataFile.print(menuo);
        dataFile.print(F("-"));
        dataFile.print(diena);
        dataFile.print(F(" "));
        dataFile.print(valanda+2);
        dataFile.print(F(":"));
        dataFile.print(minutes);
        dataFile.print(F(":"));
        dataFile.print(sekunde);
        dataFile.print(F(" "));
        dataFile.print(millis(), DEC);
        dataFile.print(F(" "));
        dataFile.print(trukmej, DEC);
        dataFile.print(F(" "));
        dataFile.print(pblks, DEC);
        dataFile.println();
    }
    else {
        digitalWrite(SDpin, HIGH);
    }
    dataFile.close();
    prlks=0;
    trukmej=0;
    }}
    else {
        digitalWrite(KoordPin, LOW);
    }}
void displayInfo()
{
    if (gps.location.isValid())
    {
        platuma=gps.location.lat();
        ilguma=gps.location.lng();
        prmdata=prmdata+1;
    }
    else
    {
        platuma=0;
        ilguma=0;
    }
    if (gps.date.isValid())
    {
        metai=gps.date.year();
        menuo=gps.date.month();
        diena=gps.date.day();
        if (prmdata==1) {
            dt=String(menuo)+"_"+String(diena)+".txt";
            for (int i=0; i < dt.length(); i++) {
                dir[i]=dt.charAt(i);
            }}
    }
    else
    {
        metai=0;
        menuo=0;
        diena=0;
    }
}

```

```
if (gps.time.isValid())
{
    valanda=gps.time.hour();
    minutes=gps.time.minute();
    sekunde=gps.time.second();
}
else
{
    valanda=0;
    minutes=0;
    sekunde=0;
}}
```