

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS KATEDRA

Ellanas Rokas Biliūnas

Mikrovaldiklų sąsajų mokymo rinkinys

Bakalauro darbas

Vadovas

doc. dr. N. Ramanauskas

ŠIAULIAI, 2011

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
doc. dr. G. Daunys

2011 06

Mikrovaldiklių sąsajų mokymo rinkinys

Elektronikos inžinerijos bakalauro darbas

Vadovas

doc. dr. N. Ramanauskas

Atliko

R7 gr. stud. E. R. Biliūnas

Recenzentas

doc. dr. D. Dervinis

2011 06

ŠIAULIAI, 2011

Biliūnas E. R. Microcontroller Interfaces Educational Kit. Thesis of Electronic Bachelor. Engineering and research adviser N. Ramanauskas; Electronics Department, Technology Faculty, Šiauliai University. – Šiauliai, 2011. – 53 p.

SUMMARY

Electronics are increasingly evolving and developing, which penetrate into all spheres of life. Now, many people probably can't imagine their lives without a mobile phone or computer which became part of our lives. All of these smart electronic devices are the processors or microcontrollers.

Microcontrollers have lots of instruments and automation equipment for which operations was previously responsible person. In more complex electronic hardware, there are several microcontrollers, which are connected to various peripheral devices that can be entered and processed data output. For this purpose, various interfaces and the interface protocols have been created.

This work will create a number of external components, which will be connected to EasyPIC6 test panels, and the results will be displayed on the LCD graphic display. USB won't be designed for interface; the data through this interface to a computer will be shipped directly from EasyPIC6 test panels. Data exchange will take place between the microcontroller and USB interface, the microcontroller and accelerometer SPI interface, the microcontroller and analog digital converter and I2C interface. Microcontroller will be connected into EasyPIC6 test plate. It is also yet to be prepared teaching material for students, which will be explained by the SPI, I2C, and USB interfaces to provide the performance and specific examples to analyse interfaces.

TURINYS

IVADAS.....	5
1. NAUDOJAMŲ TECHNOLOGIJŲ APŽVALGA	6
1.1 Naudojamų protokolų analizė	6
1.1.1 SPI protokolas.....	6
1.1.2 I ² C protokolas	8
1.1.3 USB protokolas.....	9
1.2. Panašių įrenginių analizė	11
1.2.1 PIC18 Explorer plokštė	11
1.2.2 Atmel ATEB9200 Evaluation plokštė.....	14
1.2.3 Mikroelektronika firmos BIGPIC6 testavimo plokštė	16
1.3. EasyPIC6 testavimo plokštės aprašymas	18
2. STRUKTŪRINIŲ SCHEMŲ SUDARYMAS	21
2.1 Plokštės su akselerometru struktūrinė schema.....	21
2.2 Plokštės su ASK(analoginiu-skaitmeniniu keitikliu) struktūrinė schema	21
3. PAPILDOMŲ ĮRENGINIŲ ELEKTRINIŲ PRINCIPINIŲ SCHEMŲ SUDARYMAS	23
3.1 Mikrovaldiklis	23
3.2 Papildomo įtaiso su SPI sąsaja elektrinė principinė schema	23
3.3 Papildomo įtaiso su I ² C sąsaja elektrinė principinė schema.....	25
3.4 Perėjimas GLCD ekranui ir išvadų išplėtėjo elektrinės principinės schemos	27
4. SPAUSDINTO MONTAŽO PLOKŠTĖS	30
4.1 Įrenginio su I ² C sąsaja spausdinto montažo plokštė.....	30
4.2 Įrenginio su SPI sąsaja spausdinto montažo plokštė	31
4.3 Grafinio LCD ekrano perėjimo montažo plokštė.....	31
4.4 Mikrovaldiklio išvadų išplėtėjo montažo plokštė	32
5. PROGRAMINĖ ĮRANGA PAPILDOMIEMS ĮRENGINIAMS	33
5.1 Įrenginio su SPI sąsaja programos veikimas.....	33
5.2 Įrenginio su I ² C sąsaja programos veikimas	39
5.3 Įrenginio su SPI sąsaja duomenų perdavimo į USB sąsaja, programos veikimas	43
6. ĮRENGINIŲ VEIKIMO TESTAVIMAS	47
6.1 Įrenginio su SPI sąsaja testavimas.....	47
6.2 Įrenginio su I ² C sąsaja testavimas	49
6.3 Įrenginio su USB sąsaja testavimas.....	50
7. IŠVADOS	52
LITERATŪRA	53
PRIEDAI	54

PAVEIKSLAI

1.1 pav. SPI sąsajos, įrenginių sujungimas	6
1.2 pav. SPI duomenų rašymo paketas	7
1.3 pav. SPI sąsajos duomenų apsikeitimas tarp postūmio registru	8
1.4. pav. I ² C sąsajos linijų jungimas. 1.5. pav. I2C START ir STOP sąlyga.....	9
1.6. pav. I ² C duomenų paketas	9
1.7. pav. USB kadro struktūra	11
1.8 pav. PIC18 Explorer testavimo plokštė.....	12
1.9 pav. Plokštės prie kompiuterio jungimas RS – 232ir USB komunikacijai	12
1.10 pav. RS – 232 jungimas prie MAX 3232 mikroschemos.....	13
1.11 pav. USB jungimo elektrinė principinė schema	13
1.12 pav. EEPROM atmintis su SPI sąsaja	14
1.13 pav. Atmel ATEB9200 Evaluation testavimo plokštė, ir jos sąsajos.....	14
1.14 pav Plokštės „ATEB9200 Evaluation“ struktūrinė schema	15
1.15 pav. Sąsajos RS-485 elektrinė principinė schema	15
1.16 pav. UATR elektrinė principinė schema	16
1.17 pav. EEPROM atmintis su I ² C sąsaja	16
1.18 pav. BIGPIC6 testavimo plokštė.....	17
1.19 pav. RS – 232 elektrinė principinė schema	17
1.20. pav EEPROM atmintis su I ² C sąsaja	18
1.21 pav. Priedų prijungimas prie BIGPIC6 testavimo plokštės.....	18
1.22 pav. EasyPIC6 testavimo plokštė.....	19
1.23 pav. Priedų prijungimas prie plokštės	20
2.1. pav. Plokštės su akselerometro struktūrinė schema	21
2.2. pav. Plokštės su ASK struktūrinė schema	22
3.1 pav. Įtaiso su akselerometru elektrinė principinė schema	24
3.2 pav. Rezistoriaus R1 varžos apskaičiavimas	24
3.3 pav. Įtaiso su ASK elektrinė principinė schema	26
3.4 pav. GLCD perėjimas.....	28
3.5 pav. „PORT‘O“ išplečėjas	29
4.1 pav. Įrenginio su I ² C sąsaja spausdinto montažo plokštė a) iš viršaus b) iš apačios	30
4.2 pav. Įrenginio su SPI sąsaja spausdinto montažo plokštė a) iš viršaus b) iš apačios.....	31
4.3 pav. Grafinio LCD ekrano perėjimo montažo plokštė a) iš viršaus b) iš apačios	32
4.4 Mikrovaldiklio išvadų išplečėjo montažo plokštė a) iš viršaus b) iš apačios	32

5.1 Įrenginio su SPI sąsaja pagrindinės programos algoritmas	35
5.2 pav. SPI sąsajos „MENIU“ struktūra	36
5.3. pav. POWER_CTL registras	37
5.4 pav. DATA_FORMAT registras	37
5.5 pav. BW_RATE registras	38
5.6 pav. Duomenų kryptie parinkimas	38
5.7 SPI sąsajos duomenų a) rašymas b) skaitymas	39
5.8 pav. Įrenginio su I ² C sąsaja pagrindinės programos algoritmas	40
5.9 pav. I ² C sąsajos „MENIU“ struktūra	41
5.10 pav. I ² C sąsajos įrenginio konfigūracinis registras	42
5.11. pav. I2C sąsajos duomenų a) rašymas b) skaitymas	43
5.12 pav. SPI ir USB sąsajų programos algoritmas	45
5.13 pav. Config bitų nustatymo langas	46
6.1 pav. Akselerometro padėtis a) horizontali b) vertikali c) apversta 180 laipsnių	47
6.2 pav. Horizontali padėtis a) į viršų b) į apačią	47
6.3 pav. Vertikali padėtis	48
6.4pav. MENIU	48
6.5 pav. Horizontali padėtis a) į viršų b) į apačia	48
6.6 Test. rezultatai kai įtampa a) 1.5 V b) 0.79 V	49
6.7 pav. Test. rezultatai kai įtampa a) 1 V 1 kanalas b) 0.5 V 2 kanalas	50
6.8 pav. Duomenų pardavimas į USB terminalą	51

IVADAS

Elektronikai vis labiau vystantis ir tobulėjant, elektronikos įtaisai ėmė skverbtis į įvairias gyvenimo sritis. Dabar daugelis žmonių turbūt nebeįsivaizduoja gyvenimo be mobilaus telefono, ar kompiuterio, kurie tapo mūsų gyvenimo dalimi. Visų šių protingų elektronikos prietaisų „smegenys“ yra mikrovaldiklai arba procesoriai.

Mikrovaldikliai leido automatizuoti begalę prietaisų ir įrenginių, už kurių veikimą anksčiau būdavo atsakingas žmogus. Sudėtingesnėje elektronikos aparatūroje naudojami bent keli mikrovaldikliai, prie kurių prijungiami įvairūs periferiniai įrenginiai, kad būtų galima įvesti ir išvesti apdorotus duomenis. Tam tikslui buvo kuriamos įvairios sąsajos, bei tų sąsajų protokolai.

Šiame darbe bus kuriami keli išoriniai priedai, kurie bus jungiami prie *EasyPIC6* testavimo plokštės, o duomenys atvaizduojami grafiniame LCD ekrane. USB sąsajai nebus projektuojama plokštė, duomenys per šią sąsają į kompiuterį bus siunčiami tiesiai iš *EasyPIC6* testavimo plokštės. Duomenų mainai vyks tarp mikrovaldiklio ir kompiuterio USB sąsają, tarp mikrovaldiklio ir akselerometro SPI sąsają, bei mikrovaldiklio ir analoginio skaitmeninio keitiklio I²C sąsają. Mikrovaldiklis bus prijungtas *EasyPIC6* testavimo plokštėje.

Taip pat dar bus paruošta mokomoji medžiaga studentams, kurioje bus paaiškinamas SPI, I²C, ir USB sąsajų veikimas ir pateikti konkretūs pavyzdžiai su nagrinėjamomis sąsajomis.

Darbo tikslas: Suprojektuoti ir pagaminti mikrovaldiklio sąsajų mokymo rinkinį.

Darbo uždaviniai:

1. Ištirti, išanalizuoti ir susisteminti informaciją, susijusią su darbo tema;
2. Pateikti detalų kiekvienos sąsajos protokolo veikimą;
3. Pagaminti maketą naudojant fotolitografijos technologiją ir projektavimo priemones;
4. Parašyti programinę įrangą mikrovaldikliui;
5. Atlikti maketo bandymus, aprašyti gautus rezultatus.
6. Paruošti mokomąją priemonę studentams, išanalizuojant I²C, SPI ir USB sąsajų veikimą, su konkrečiais pavyzdžiais.

1. NAUDOJAMŲ TECHNOLOGIJŲ APŽVALGA

Šiame skyriuje apžvelgsime, panašius įrenginius, bei sąsajų protokolus, kuriuos naudosime mikrovaldiklio sąsajų mokymo rinkinyje.

1.1 Naudojamų protokolų analizė

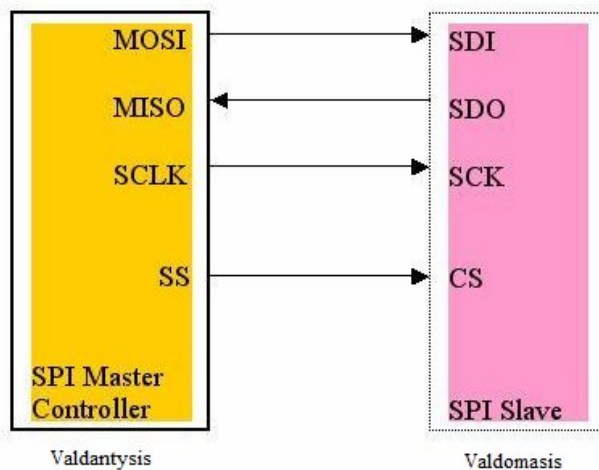
Šiame skyriuje apžvelgsime, SPI, I²C ir USB protokolus, kuriuos naudosime mikrovaldiklio sąsajų mokymo rinkinyje.

1.1.1 SPI protokolas

SPI (angl. Serial to Peripheral Interface) [1], [2] sąsaja pirma syki buvo panaudota Motorola įrenginiuose, šiuo metu į beveik visus mikrovaldikius yra integruojami šią sąsają palaikantys elektroniniai mazgai.

SPI yra paprasčiausia sinchroninė, pilno duplexo, taškas - taškas nuoseklaus duomenų perdavimo sąsaja, skirta keisti duomenimis tarp mikrovaldikių, ar mikrovaldiklio ir periferinių įrenginių. Nėra įrenginių adresacijos, valdomasis įrenginys išrenkamas specialiu potencialiniu signalu ENA – „Enable“, CS – „Chip Select“ ar kitu numatytu išoriniame įrenginyje.

SPI (Serial Peripheral Interface) sąsaja naudojama nuosekliam, sinchroniniam duomenų perdavimui tarp valdomojo ir valdančiojo įrenginio 1.1. paveikslas. SPI yra pilno duplexo, master – slave, taškas – taškas, 4 linijų sąsaja. Ši sąsaja naudoja dvi valdymo (CS, SCL) ir dvi duomenų linijas (MOSI, MISO).



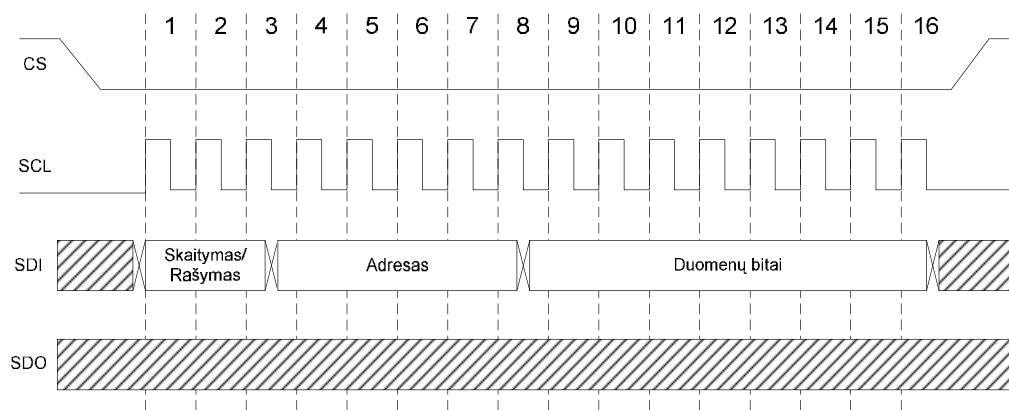
1.1 pav. SPI sąsajos, įrenginių sujungimas

- SCL - (angl. Serial Clock) šia linija yra perduodamas taktavimo signalas;
- CS – (angl. Chip Select) šia linija yra išrenkamas valdomasis įrenginys;
- MISO, SDO – (angl. master in slave out, serial data out) šia linija duomenys iš valdomojo įrenginio yra perduodami valdančiajam įrenginiui;

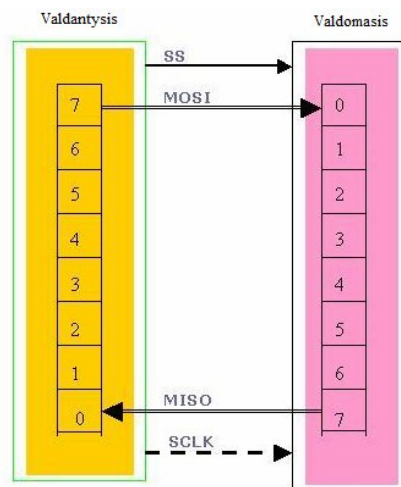
- MOSI, SDI – (angl. master out slave in, serial data in) šia linija duomenys yra perduodami iš valdančiojo įrenginio valdomajam.

CS visada būna aukšto lygio, o įrenginys yra išrenkamas CS liniją pervedant ją į žemą lygį. Tuomet valdomasis įrenginys priima taktavimo signalą, kuris valdo valdančiojo ir valdomojo įrenginio postūmio registrus. Su kiekvienu nauju taktiniu impulsu yra nusiunčiamas valdančiojo įrenginio vyriausias bitas iš postūmio registro ir priimamas valdomojo įrenginio bitas. Pirmajame siunčiamame duomenų baite vyriausiuoju bitu yra nurodoma duomenų kryptis, duomenys bus skaitomi ar rašomi į valdomąjį įrenginį, po to tame pačiame baite yra nurodomas įrenginio atminties (registro) adresas iš kurio bus skaitoma ar rašoma. 1.2 paveiksle, parodyta kaip yra rašomas baitas per SPI sąsają. Jei registrai 8 bitų ilgio, tai po 8 taktinio dažnio signalų, „master“ ir „slave“ pilnai apsikeis registrų turiniu (1.3 paveikslas). Nėra patvirtinimo, kad duomenys gauti, negalima valdyti duomenų srauto.

Be papildomų įrenginių prie „master“ galima prijungti 2 valdomuosius įrenginius.



1.2 pav. SPI duomenų rašymo paketas



1.3 pav. SPI sąsajos duomenų apsikeitimas tarp postūmio registrų

1.1.2 I²C protokolas

I²C (angl. Inter-Integrated Circuit) sąsaja 1992 m. Sukūrė Philips kompanija, pirmoji šios sąsajos taikymo sritis buvo televizorių elektronika. I²C sąsajos įrenginiai adresuojami 7 arba 10 bitų adresacija. 7 bitų – senesnė adresacija, o 10 bitų – naujesnė. Viena iš šios sąsajos savybių yra jos praplečiamumas. Nauji įrenginiai gali būti prijungiami prie SDA ir SCL linijų (1.4 pav.) [1], [3].

I²C sąsaja yra sinchroninė ir veikia „Master Slave“ (vienas valdomasis ir keletas valdomųjų įrenginių) principu. I²C naudoja tik dvi linijas SCL ir SDA ir veikia pusės duplexo režimu.

- SCL - (angl. Serial Clock) šia linija yra perduodamas taktavimo signalas;
- SDA – (angl. Serial Data Line) šia linija yra perduodami ir priimami duomenys.

Ši sąsaja yra plačiai naudojama mikrovaldiklių komunikacijai su periferiniais įrenginiais. I²C protokole yra trys perdavimo spartos:

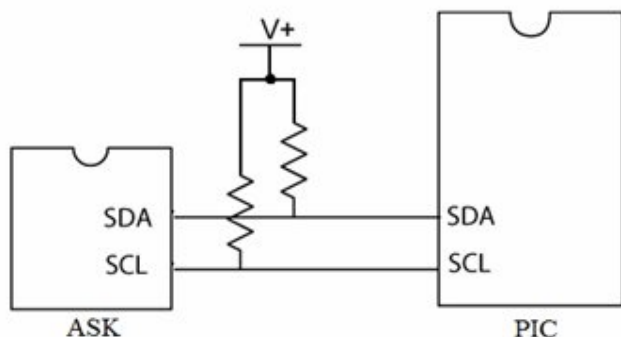
- Standard mode: 100 kbps;
- Fast Mode: 400 kbps;
- High speed mode: 3,4 Mbps.

I²C protokolas turi duomenų magistralės valdymą, todėl gali būti keli valdantieji įrenginiai. Jei yra keletas valdančiųjų įrenginių, kiekvieną iš jų galima parinkti kaip „Master“ arba „Slave“, svarbiausia, kad sistemoje būtų bent vienas „Master“ įrenginys. Vienas I²C sąsajos privalumų yra jos praplečiamumas, nauji įrenginiai gali būti prijungiami, tiesiog prijungiant juos prie SCL ir SDA linijų, įrenginių skaičius neribotas, svarbiausia, kad magistralės elektrinė talpa neviršytų 400pF. SCL ir SDA linijos yra prijungiamos prie maitinimo įtampos per „pull up“ rezistorius (1.4. pav.), todėl, kai nėra siunčiami duomenys SCL ir SDA linijose visada būna aukštas lygis.

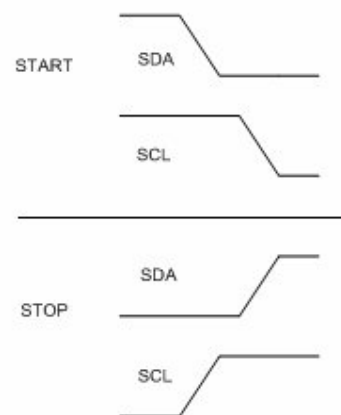
I²C magistralė turi 7 arba 10 bitų adresavimą. Esant 7 bitų adresavimui, valdomieji įrenginiai turi 7 bitų adresą. Kiekvienas valdantis įrenginys patikrina šį adresą, adresui sutapus siunčiamas – ACK. Kai naudojamas dešimties bitų adresavimas, valdantis įrenginys siunčia

11110X₉X₈ adresą. R/W bitą nustačius į 0. Bitai X₉X₈ yra vyriausi 10 bitų adreso bitai. Kiekvienas iš valdomųjų įrenginių patikrina šiuos vyriausius bitus su savo 10 bitų adresu. Jei sutampa, vyriausieji bitai siunčia patvirtinimą – ACK. Po ACK valdantysis įrenginys siunčia likusius adreso 8 bitus. Sutapus visiems valdomojo įrenginio adreso bitam siunčiamas – ACK.

Duomenų perdavimą pradeda valdantysis įrenginys, kuris generuoja „Start“ signalą 1.5 paveikslas. Po „Start“ požymio valdantysis įrenginys siunčia valdomojo įrenginio adresą, pradedant vyriausiuoju bitu ir baigiant „R/W“ bitu, kuriuo nurodoma duomenų srauto kryptis. Po šio baido valdantysis įrenginys laukia patvirtinimo „ACK“ iš valdomojo įrenginio. Toliau, priklausomai nuo duomenų krypties, valdomasis arba valdantysis įrenginys pradeda siųsti duomenis. ACK bitu patvirtinamas sėkmingas duomenų priėmimas. Kai gavėjas yra valdantysis įrenginys tai paskutinis baitas nėra patvirtinamas ACK bitu, vietoj jo yra sugeneruojama arba STOP arba pakartotinė START sąlyga 1.5. paveiksle. I²C duomenų paketas pateiktas 1.6. paveiksle.



1.4. pav. I²C sąsajos linijų jungimas.



1.5. pav. I²C START ir STOP sąlyga



1.6. pav. I²C duomenų paketas

1.1.3 USB protokolas

USB (universal serial bus) šiuo metu yra vienas populiariausiu sąsajos tipų, kuri beveik visiškai pakeitė RS232 sąsają, ryšiui su PC, klaviatūromis, skaitmeniniais telefonais, manipulatoriais, videokameromis, audio sistemomis ir kitais išoriniais įrenginiais. USB topologija yra žvaigždinė. Prie jos galima prijungti 127 loginius įrenginius. Mainų greitis siekia 12 Mbps (full speed), arba 1.5 Mbps (low speed) izochroniniams ir asinchroniniams (su pertrauktimi) ryšiams. Sujungimui tinka 4 kontaktų jungtys diferencialiniam ryšiui, naudojant NRZ (be grįžimo į nulį) kodavimą. [4], [13], [14].

Ryšio atstumas - iki 5 m segmentui (atšakai). Rekomenduojama naudoti 28 AWG susuktos poros (galima ir nesusuktos, tik tada ryšio atstumas sutrumpėja iki 3 m segmentui) kabelį, kurio banginė varža 90Ω .

USB naudojami tokie komunikacijų lygmenys:

- Kadras (1.7 pav.). Tai laiko intervalas tarp dviejų siunčiamų paketų pradžios. Jis yra 1 ms trukmės;

- Paketas. Paketą sudaro trys elementai: valdymo informacija (informacijos šaltinis, imtuvas, duomenų ilgis), duomenys, taip pat klaidų detektavimo ir korekcijos informacija;

- Protokolas. Tai sugrupuotas duomenų "ryšulys". Jį sudaro požymio, duomenų ir patvirtinimo paketai. USB valdiklis inicijuoja mainus, kurių tipą nusako PID (packet ID) – paketo identifikacijos informacija.

Valdymo duomenys USB programinėje įrangoje naudojami norint sukonfigūruoti prietaisus, kai jie pirmą kartą užklaunami. Kontrolinis perdavimas leidžia pasijungti prie skirtingų prietaiso sudedamųjų dalių. Numatyta, kad valdymo duomenys palaiko programinės įrangos, vartotojo ir jo funkcijų konfigūracijos ryšių tipą.

Žymę sudaro PID, kuris nustato, koks bus paketas (įvedimo, išvedimo ar pradinio nustatymo), taip pat ADDR - adreso ir ENDP – paketo pabaigos laukai. Išvedimo ir pradinio nustatymo atvejais adreso ir pabaigos laukai identifikuoja įrenginius, kurie gaus duomenų paketus. Įvedimo atveju jie nustato, kuris iš įrenginių turėtų perduoti duomenų paketą. Tik valdiklis gali suformuoti šiuos paketus. Žymės paketas turi penkis CRC (perteklinė kontrolinė suma) bitus.

Duomenų laukas gali užimti nuo 0 iki 1023 baitų. Duomenys perduodami pradedant jauniausiuoju baitu.

Patvirtinimo lauką sudaro tik PID. Jis naudojamas pranešti apie duomenų perdavimo būseną ir gali sugrąžinti pranešimą apie sėkmingą duomenų, valdymo ir būsenos priėmimą.

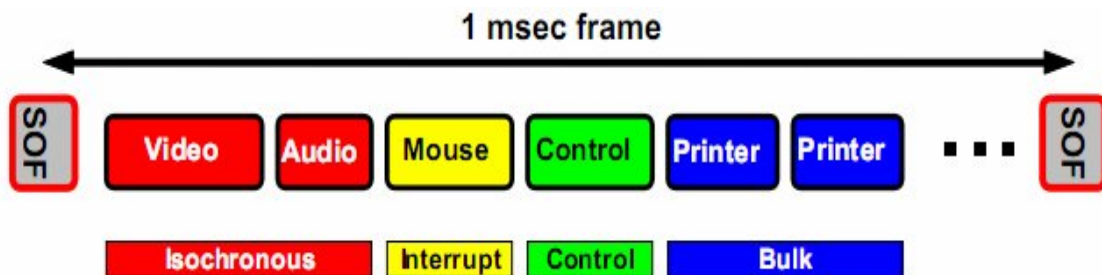
USB sąsaja veikia "Master-slave" principu.

Valdantysis įrenginys su valdomuoju įrenginiu keičiasi duomenimis perduodamas juos „vamzdžiu“ (Pipe), kuris jungia atminties buferį valdančiąjame įrenginyje, su valdomojo įrenginio galiniu tašku (Endpoint). Galinis taškas (Endpoint) – valdiklyje esantis atminties arba registrų blokas, į kurį padedami gauti duomenys, arba duomenys skirti išsiuntimui. Kiekvienas galinis taškas turi savo numerį, kuris gali būti nuo 0 iki 15. Vamzdis (Pipe) – tai ryšys tarp valdomojo įrenginio galinio taško, ir valdančiojo įrenginio programinės įrangos. USB sąsaja naudoja keturis skirtingus perdavimo tipus: *Control*, *Bulk*, *Isochronous* ir *Interrupt*. Darbe planuojama naudoti tik *interrupt* perdavimo būdą.

- **Interrupt perdavimas**

Interrupt perdavimai naudojami, kai duomenys turi būti perduoti tam tikru laiku (įvyksta pertraukimas). Pavyzdžiu gali būti klaviatūra arba pelė. Pats valdomasis įrenginys negali inicijuoti *Interrupt* perdavimo, nes magistralę valdo valdantysis įrenginys. *Interrupt* perdavimas gali įvykti tik tada, kai kompiuteris išrinks įrenginį. *Interrupt* perdavimas yra vienos krypties, todėl visi duomenų persiuntime esantys perdavimai, turi būti vienos krypties (IN arba OUT, IN duomenys keliauja iš valdomojo įrenginio į valdantįjį, OUT duomenys iš valdančiojo įrenginio perduodami valdomajam).

Duomenų srautą magistralėje reguliuoja valdantysis įrenginys. Valdantysis įrenginys dalija darbo laiką į 1ms trukmės intervalus, vadinamus kadrais. USB 2.0 high-speed sąsajoje 1ms kadras dar suskirstytas į 8 mikrokadrus po 125μs (1.7. pav.).



1.7. pav. USB kadro struktūra

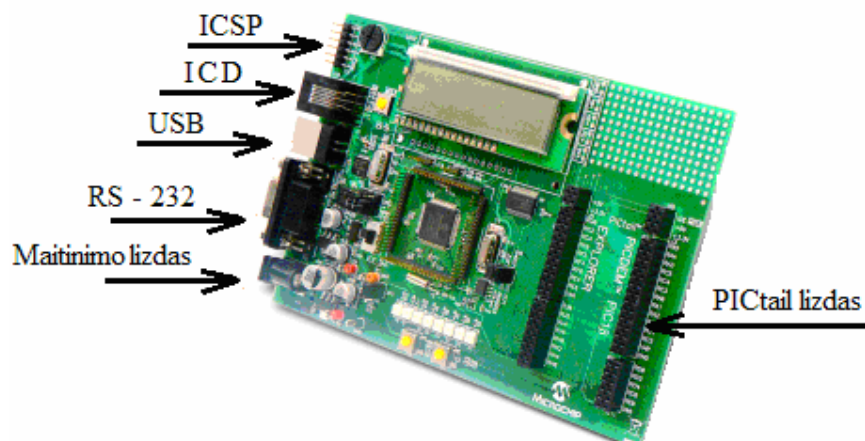
1.2. Panašių įrenginių analizė

Šiame skyriuje yra pateikta panašių įrenginių analizė, kuriame plačiau paanalizuosime testavimo plokštes, bei jų sąsajas, ir pateikta kai kurių sąsajų jungimo elektrinės principinės schemas.

1.2.1 PIC18 Explorer plokštė

Tai Microchip firmos „PIC18 Explorer“ testavimo plokštė 1.8 paveikslas. Plokštė pritaikyta darbui su PIC18 šeimos mikrovaldikliais, taip pat su ja galima programuoti 25LC256 EEPROM atmintį, kuri yra integruota plokštėje [5]. Plokštėje yra 4 skaitmeninės duomenų sąsajos:

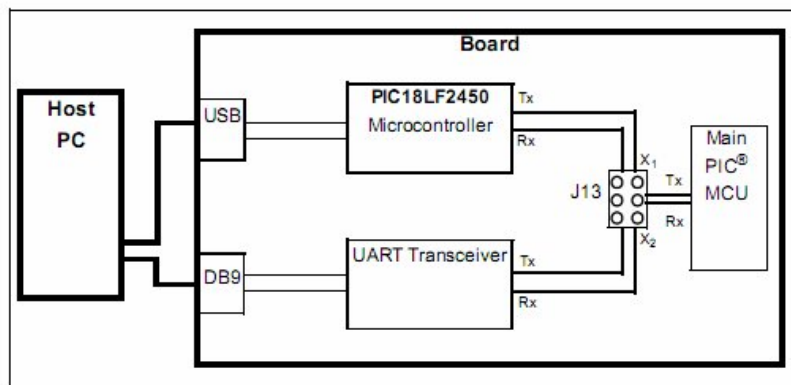
- USB;
- RS-232;
- SPI;
- ICSP.



1.8 pav. PIC18 Explorer testavimo plokštė

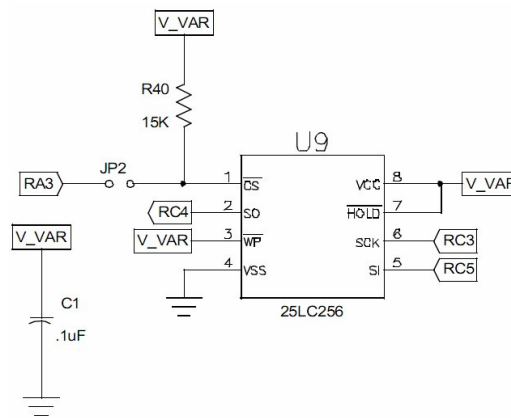
Plokštėje taip pat yra LCD ekranas ir LED lempučių indikatorių, kuriuose galima atvaizduoti testuojamos programos rezultatus.

Plokštę galima prijungti prie kompiuterio per USB arba RS – 232 sąsajas (1.9 pav.). Sąsajų pasirinkimas atliekamas J13 trumpikliu. Pasirinkus duomenų perdavimą per USB sąsają, duomenų komunikacijas tarp kompiuterio ir plokštės atlieka PIC18LF2450 valdiklis. Perduodant duomenis RS – 232 sąsają, duomenų komunikacijas tarp kompiuterio ir plokštės vykdo MAX3232 mikroschema. Paveiksle 1.10 pateikta elektrinė principinė schema kaip RS – 232 sąsaja prijungta prie MAX3232 mikroschemos.



1.9 pav. Plokštės prie kompiuterio jungimas RS – 232 ir USB komunikacijai

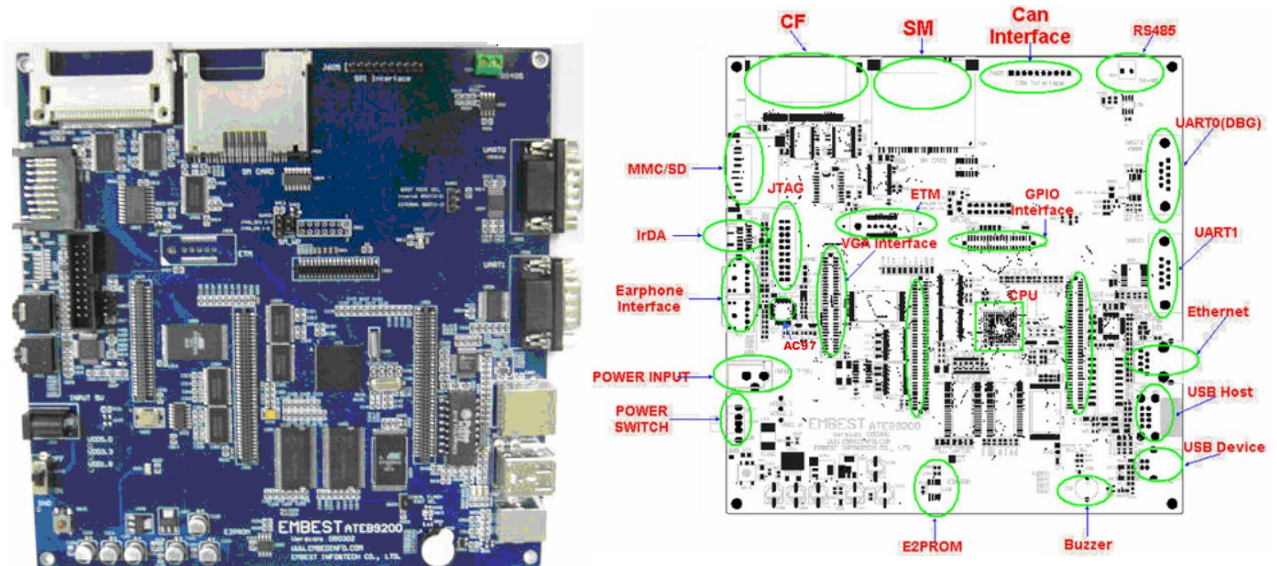
Mikroschema MAX3232 yra įtampos lygio keitiklis (1.10 pav.), kuris suderina skirtingus įtampos lygius tarp kompiuterio ir plokštėje esančio mikrovaldiklio.



1.12 pav. EEPROM atmintis su SPI sąjaja

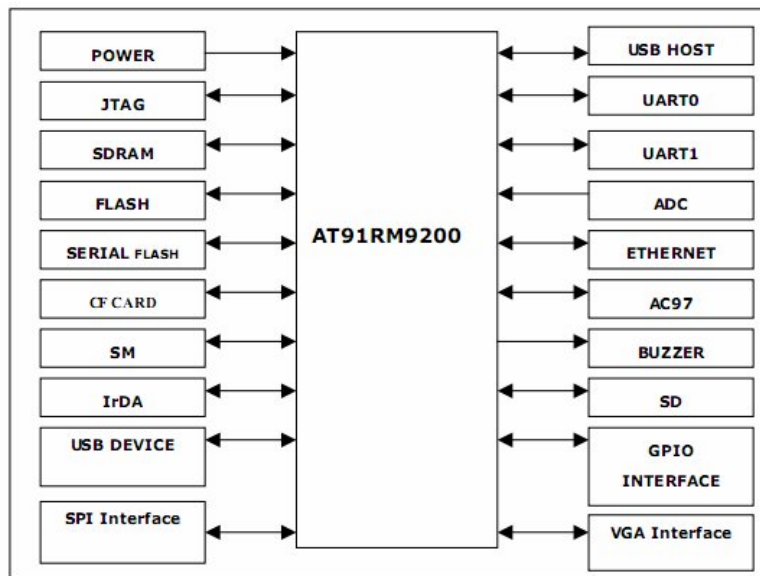
1.2.2 „Atmel“ ATEB9200 Evaluation plokštė

„Atmel“ firmos „ATEB9200 Evaluation“ testavimo plokštė (1.13 paveikslėlis). Plokštė turi dideles pritaikymo galimybes, nes turi dauguma populiarių skaitmeninių sąsajų, kad būtų galima prie jos prijungti įvairius išorinius įtaisus ir ištestuoti su jais bandomąsias programas [6], [7]. Taip pat jos galimybes praplečia integruotas CAN, bei AC97 garso modulis.



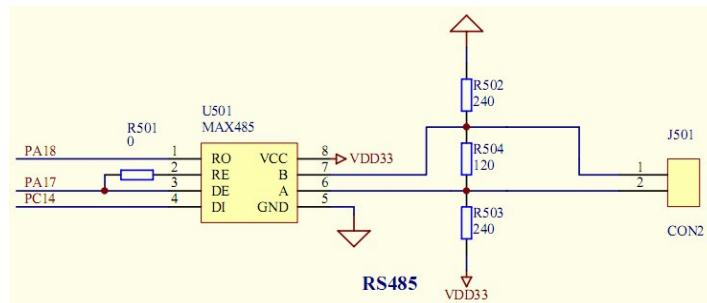
1.13 pav. Atmel ATEB9200 Evaluation testavimo plokštė, ir jos sąsajos

Plokštėje yra pagrindinis „Atmel“ kompanijos mikrovaldiklis AT91RM9200, kuris valdo visą plokštės periferiją. Paveiksle 1.13 parodyta bendras plokštės vaizdas (kairėje), ir įvardinti sąsajų pavadinimai (dešinė), bei parodytos jų vieta plokštėje. Paveiksle 1.14 pateikta bendra plokštės struktūra.



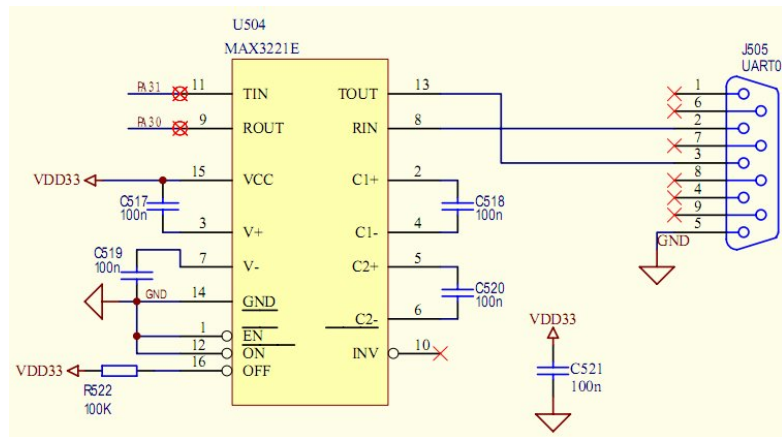
1.14 pav. Plokštės „ATEB9200 Evaluation“ struktūrinė schema

Paveiksle 1.15 pateiktos RS-485 jungimo sąsajos prie modulio MAX485 - elektrinė principinė schema. MAX485 yra mažos galios imtuvas siųstuvas. Šis modulis palaiko 2.5Mbps duomenų siuntimą.



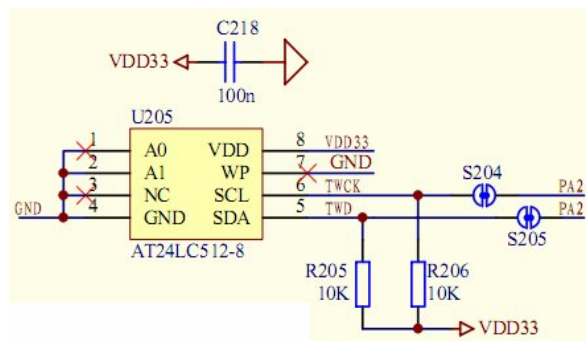
1.15 pav. Sąsajos RS-485 elektrinė principinė schema

UART elektrinė principinė schema pateikta 1.16 paveiksle. Schemoje parodytas sąsajos jungimas prie MAX322 mikroschemos. MAX322 yra tikslus, dvigubas, analoginis jungiklis, suprojektuotas veikti nuo $\pm 3V$ iki $\pm 8V$ dvipolio maitinimo.



1.16 pav. UATR elektrinė principinė schema

Elektrinė principinė schema su I²C sąsaja, prie kurios prijungta EEPROM atmintis, pateikta 1.17 paveiksle.

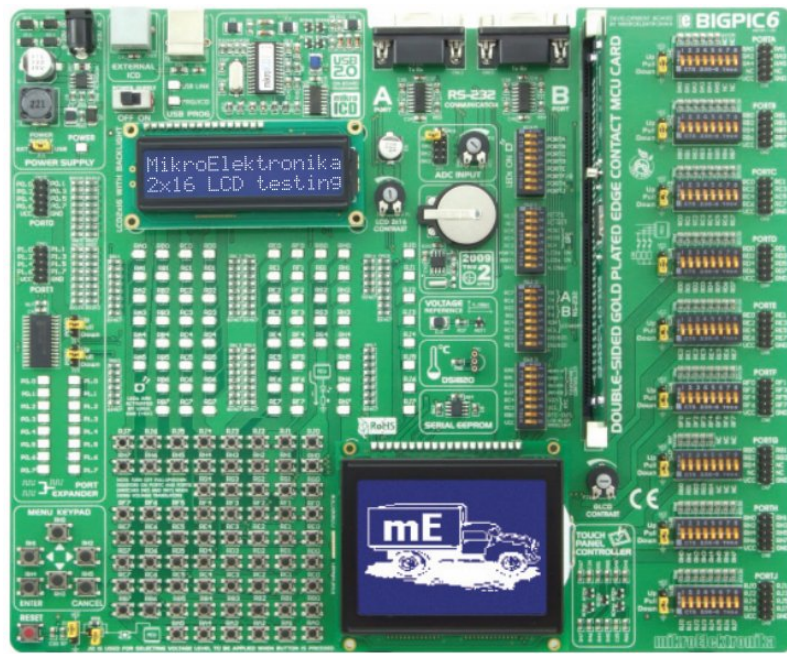


1.17 pav. EEPROM atmintis su I²C sąsaja

1.2.3 Mikroelektronika firmos BIGPIC6 testavimo plokštė

Mikroelektronika firmos „BIGPIC6“ (1.18 pav.) testavimo plokštė, skirta įvairių PIC šeimos valdiklių užprogramavimui, bei jų programų interaktyviam ištestavimui [8]. Plokštėje yra LCD ir GLCD (grafinis LCD) ekranai. Diodinių lempučių, bei mygtukų matricos, kurios prijungtos prie valdiklio išvadų. „BIGPIC6“ testavimo plokštė turi šias skaitmenines sąsajas:

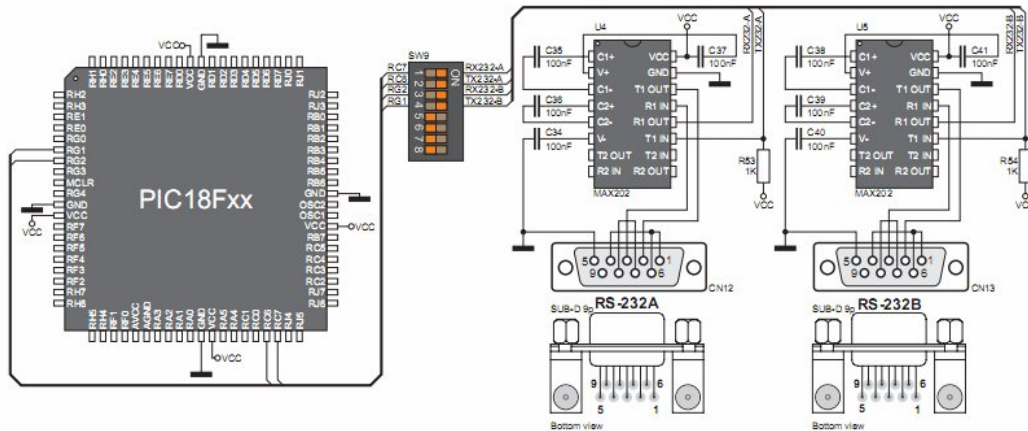
- dvi RS-232;
- PS2;
- USB;
- I2C ir SPI;
- CAN.



1.18 pav. BIGPIC6 testavimo plokštė

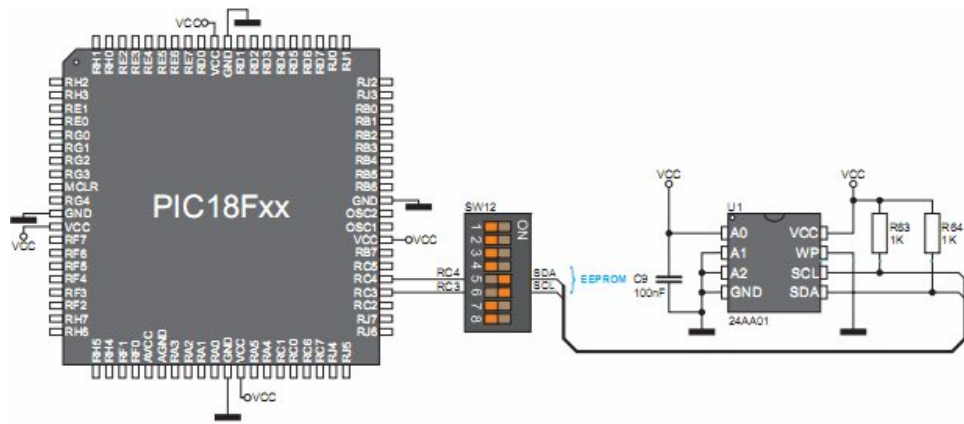
Plokštėje taip pat yra integruotas MMC/SD kortelių lizdas ir dar įvairios priemonės, kurios padeda patogiai ir greitai ištestuoti programas. Visi šie priedai praplečia plokštės testavimo galimybes.

Plokštėje integruotos RS – 232 sąsajos. Elektrinė principinė schema pateikta 1.19 paveiksle. Sąsajos RS – 232A ir RS – 232B prijungtos prie MAX202 modulių, kurie yra įtampos lygio keitikliai



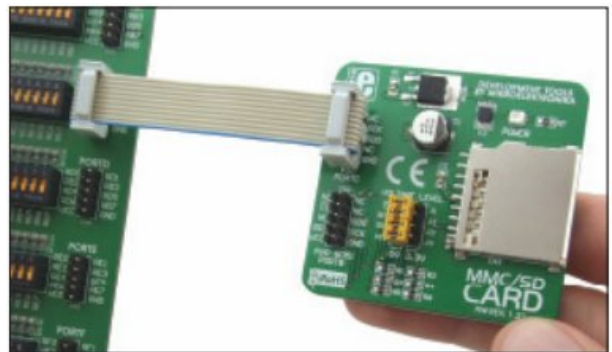
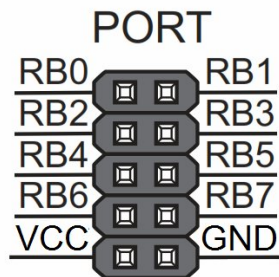
1.19 pav. RS – 232 elektrinė principinė schema

Elektrinė principinė schema su I²C sąsaja, prie kurios prijungta EEPROM atmintis, pateikta 1.20 paveiksle.



1.20. pav EEPROM atmintis su I²C sąjaja

Prie 10-ties kontaktų jungties, galima prijungti valdiklio išorinius priedus 1.21 pav.

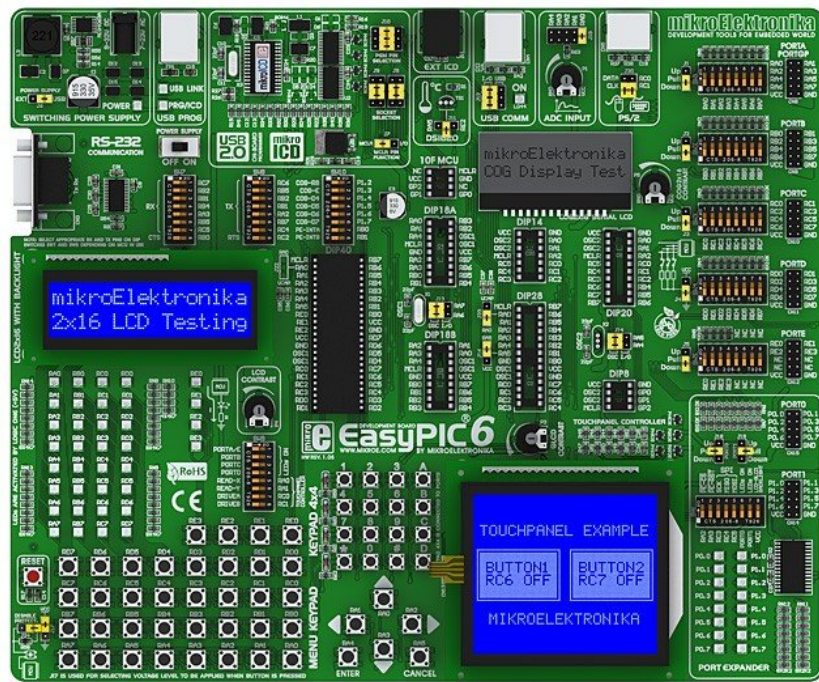


1.21 pav. Priedų prijungimas prie BIGPIC6 testavimo plokštės

Tokios jungtys yra prijungtos prie kiekvieno valdiklio išvado, taip išplečiant papildomų įrenginių prijungimo galimybes prie „BIGPIC6” testavimo plokštės.

1.3. EasyPIC6 testavimo plokštės aprašymas

Papildomi įtaisai bus projektuojami EasyPIC6 testavimo plokštei. Ši plokštė pasirinkta, nes turi visus būtinus priedus ir sąsajas, kad būtų galima patogiai prijungti prie jos papildomus įtaisus ir juos ištestuoti [9]. Kompanijos „mikroElektronika“ testavimo plokštė EasyPIC6 (pav. 1.22) yra viena iš daugelio šios kompanijos gaminamų produktų. EasyPIC6 testavimo plokštė pasižymi patogia ir paprasta vartotojo sąjaja.



1.22 pav. EasyPIC6 testavimo plokštė

Testavimo plokštė turi galimybę integruoti papildomus mikrovaldiklius su DIP8, DIP14, DIP18, DIP20, DIP28 ir DIP40 korpusais.

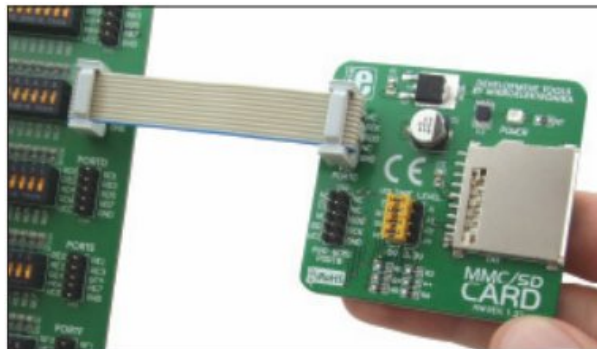
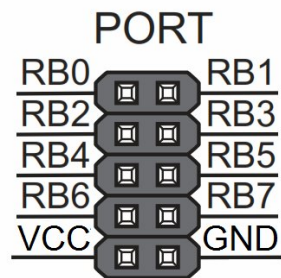
EasyPIC6 plokštės sujungimui su kompiuteriu ar kitu išoriniu įrenginiu, galima sujungti per RS-232 ar USB sąsajas. Plokštėje dar yra PS/2, RJ-45 jungtis. Prie PS/2 plokštės galima prijungti pelę ar klaviatūrą. Per RJ-45 ar USB galima užprogramuoti PIC šeimos mikrovaldiklius.

Testavimo plokštėje EasyPIC6 yra PICflash su mikroICD programatoriumi, kurio pagalba galime prijungti prie testavimo plokštės kompiuterį per USB2.0 sąsają. Naudojantis PICflash su mikroICD programatoriumi galima užprogramuoti mikrovaldiklius. Šis programatorius yra suderintas su šiomis programavimo kalbomis: mikroC, mikroPascal ir mikroBasic.

EasyPIC6 testavimo plokštėje yra 36 šviesos diodų matrica, kuri parodo loginę vieneto „1“, nulinio „0“ reikšmę, kiekvienam (I/O) mikrovaldiklio išvadui. Aktyvūs LED diodai rodo, kad mikrovaldiklio (I/O) išvaduose yra aukštas įtampos lygis (5V). Taip pat plokštėje yra mygtukų matrica, meniu valdymo mygtukai ir 4 x 4 klaviatūra.

EasyPIC6 testavimo plokštėje yra integruotas simbolinis 2x16 LCD ekranas. Prie plokštės dar galima prijungti simbolinį 2x16 LCD ir grafinį LCD ekranus. Simbolinis 2x16 LCD ekranas valdomas per „PORT‘B“ išvadus: potencimetro pagalba galima reguliuoti ekrano kontrastą, su jungikliu galima įjungti/išjungti ekrano apšvietimą. Kiekvienoje eilutėje gali būti atvaizduoti raidžių arba skaičių simboliai, daugiausiai 16 simbolių vienoje eilutėje; simbolio dydis 7 x 5 taškai. Grafinis LCD turi 128x64 taškų, ekranas valdomas per „PORT‘D“ ir „PORT‘B“ išvadus, potencimetro pagalba galima reguliuoti ekrano kontrastą.

Papildomi įtaisai prie EasyPIC6 testavimo plokštės prijungiami per 10-ies kontaktų jungtis (pav 1.23).



1.23 pav. Priedų prijungimas prie plokštės

Kiekviena jungtis turi savo pavadinimą – „PORT‘A“, „PORT‘B“, „PORT‘C“, „PORT‘D“ ir „PORT‘E“. Trumpiklių pagalba galime pasirinkti „pull up“ arba „pul down“ režimą.

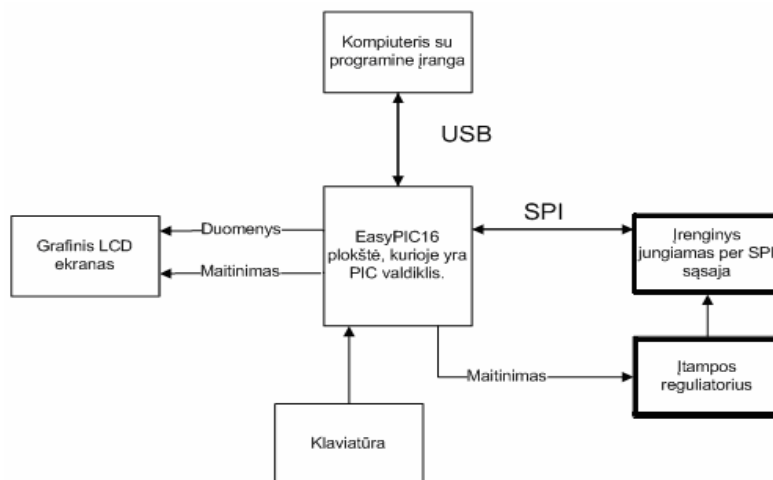
2. STRUKTŪRINIŲ SCHEMŲ SUDARYMAS

Darbo tikslas yra suprojektuoti ir pagaminti mikrovaldiklio sąsajų mokymo rinkinį, per SPI, I²C ir USB sąsajas. Papildomus įtaisus pasirinkau: (ASK) analoginį – skaitmeninį keitiklį per I²C sąsają ir akselerometrą per SPI sąsają, o per USB sąsają bus perduodami duomenys į kompiuterį tiesiai iš „EasyPIC6“ plokštės, kuri bus nuskaityta iš SPI įrenginio. Struktūrinėse schemose paryškinti elementai yra mano projektuoti papildomi įrenginiai, jungiami prie „EasyPIC6“ plokštės.

2.1 Plokštės su akselerometru struktūrinė schema

Įrenginio struktūrinė schema per SPI sąsają pateikta 2.1 paveiksle. Prie EasyPIC6 plokštės prijungti papildomi įrenginiai: SPI sąsaja, trijų ašių akselerometras. Per SPI sąsają duomenys keliauja į abi puses - skaitymui ir rašymui. Taip pat prie EasyPIC6 plokštės bus prijungiami klaviatūra, grafinis LCD ekranas ir kompiuteris. Meniu bus valdoma klaviatūra, o duomenis išvesti ir atvaizduoti bus galima per EasyPIC6 plokštėje esantį grafinį LCD ekraną. Per meniu galės pasirinkti pradinius akselerometro nustatymus.

Duomenų išvedimui į kompiuterį per USB sąsają bus rašoma atskira programa. Nuskaityti duomenys iš SPI įrenginio bus perduodami USB sąsaja į kompiuterį ir atvaizduojami „USB TERMINAL“ lange.



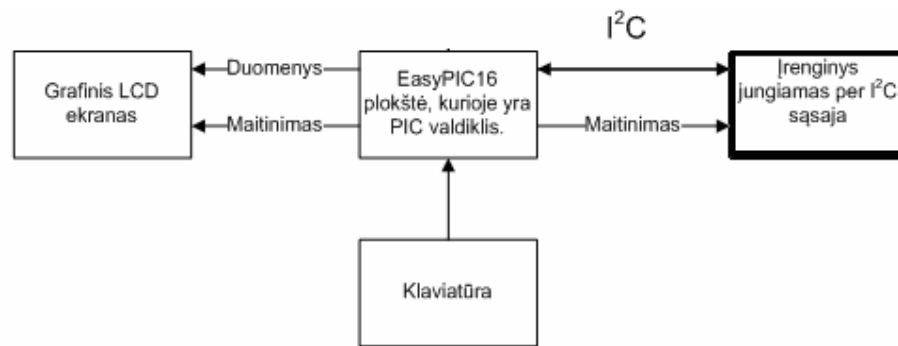
2.1. pav. Plokštės su akselerometro struktūrinė schema

2.2 Plokštės su ASK(analoginiu-skaitmeniniu keitikliu) struktūrinė schema

Įrenginio struktūrinė schema per I²C sąsają pateikta 2.2 paveiksle. Prie EasyPIC6 plokštės per I²C sąsają yra prijungtas dviejų diferencinių kanalų ASK. Per SPI sąsają duomenys keliauja į abi puses - skaitymui ir rašymui. Prie EasyPIC6 plokštės taip pat bus prijungiami klaviatūra ir

grafinis LCD ekranas. Per meniu galės pasirinkti pradinis ASK nustatymus: kanalą, stiprinimą, skiriamąją gebą.

Menu bus valdomas klaviatūra. Duomenis išvesti ir atvaizduoti bus galima per EasyPIC6 plokštėje esantį grafinį LCD ekraną.



2.2. pav. Plokštės su ASK struktūrinė schema

3. PAPILDOMŲ ĮRENGINIŲ ELEKTRINIŲ PRINCIPINIŲ SCHEMŲ SUDARYMAS

Šiame skyriuje bus aprašoma mikrovaldiklio, akselerometro ir ASK pasirinkimą įtakojusios charakteristikos. Detaliau aprašomos elektrinės principinės schemos veikimas pasirinktiems papildomiems įtaisams.

3.1 Mikrovaldiklis

Prijungus papildomus įtaisy priė EasyPIC6 plokštės, įvesties ir išvesties procesus turi valdyti pagrindinis mikrovaldiklis [10]. Užduoties įgyvendinimui pasirinktas „Microchip“ firmos mikrovaldiklis „PIC18F4550“. Šio mikrovaldiklio pasirinkimą lėmė funkcionalumas, kaina, atminties dydis, sparta ir jame esančios sąsajos.

PIC18F4550 pagrindinės charakteristikos:

- | | |
|---|-----------------|
| • Šeima | PIC 8-bit RICS; |
| • Programinės atminties (Flash) kiekis | 32KB; |
| • Operatyviosios atminties (RAM) kiekis | 2KB; |
| • EEPROM atminties kiekis | 2KB; |
| • Sąsajos | SPI, I2C, 2USB; |
| • Maksimalus darbo dažnis | 48MHz; |
| • Maitinimo įtampa | 2-5,5V; |

Šis valdiklis turi kur kas daugiau charakteristikų, tačiau išvardytos būtent tos, kurios įtakoja šio valdiklio pasirinkimą.

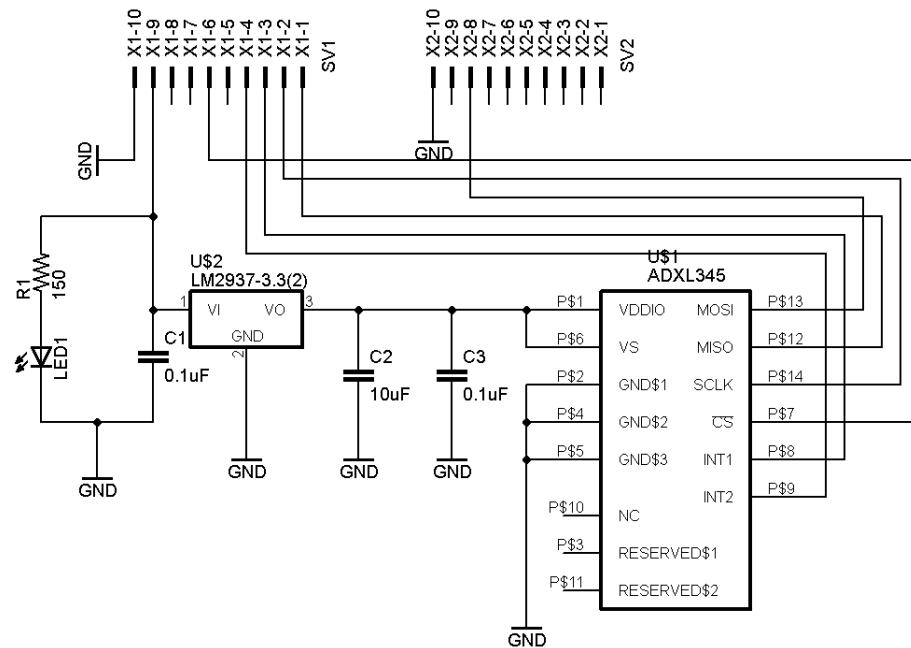
3.2 Papildomo įtaiso su SPI sąsaja elektrinė principinė schema

Akselerometras – prietaisas naudojamas matuoti judėjimo kryptį ir pagreitį, taip pat ir pasvirimo kampą. Akselerometrai vis dažniau įmontuojami nešiojamuose elektronikos aparatuose, mobiliuosiuose telefonuose ar video žaidimų valdymų pulteliuose [11].

Papildomo įtaiso su akselerometru, elektrinė principinė schema pateikta 3.1 paveiksle. Pasirinktas akselerometras gaminamas firmos „Analog Devices“, mikroschemos modelis ADXL345. Akselerometro pasirinkimą lėmė kaina, bei šios charakteristikos:

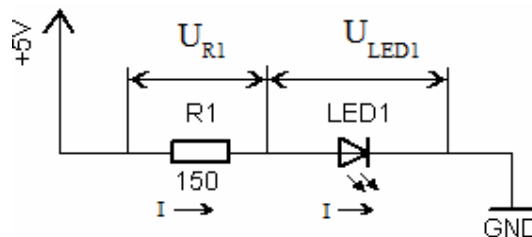
- Maksimali 13 bitų skiriamoji geba;
- Turi SPI ir I²C sąsajas;
- Gali fiksuoti koordinačių pokytį trimis ašimis X, Y, Z, bei matuoti posvirio kampą;
- Programiškai keičiama skiriamoji geba.

Įtampos reguliatorius „LM2937“ naudojamas sumažinti maitinimo įtampą akcelerometru nuo 5 iki 3.3 volto. Blokuojantys kondensatoriai C1, C2 ir C3 yra jungiami prie įtampos reguliatoriaus ir akcelerometro. Kondensatoriai sudaro filtrą įtampos pulsacijom maitinimo grandinėje sumažinti. Šviesos diodas „LED“1 naudojamas indikacijai, kuri parodo, kad įrenginys yra prijungtas prie maitinimo šaltinio. Rezistorius R1 reikalingas, kad apribotu srovę šviesos diodui.



3.1 pav. Įtaiso su akcelerometru elektrinė principinė schema

Schemoje (3.1 pav.) yra prijungtas geltonas šviesos diodas (LED1) prie 5V įtampos USB magistralės, todėl reikia sumažinti įtampą, kad neperkaistu šviesos diodas. LED turi savo specifinę įtampą 2V ir srovę 20mA ($20 \text{ mA} = 0,02\text{A}$). Pagal užduoties sąlygą, sudarykime elektrinę principinę schemą (3.2 pav.), ir apskaičiuokime, kiek įtampos turi kristi ant rezistoriaus R1:



3.2 pav. Rezistoriaus R1 varžos apskaičiavimas

$$U_{R1} = U_m - U_{LED1} = 5 - 2 = 3V. \quad (3.1)$$

Žinodami krintančios įtampos dydį, reikalinga varžos vertė apskaičiuojama pasinaudojant Omo dėsnio išraiška:


$$R1 = \frac{U_m - U_{LED1}}{I} = \frac{5 - 2}{0.02} = \frac{3}{0.02} = 150\Omega$$

U_m – maitinimo įtampa; U_{R1} – ant rezistoriaus krentanti įtampa; U_{LED1} – ant šviesos diodo krentanti įtampa; $R1$ – rezistorius ribojantis srovę šviesos diodui; I – srovė tekanti per diodą ir rezistorių.

Tačiau dažnai, kai kurių apskaičiuotų nominalų detalės nėra gaminamos, todėl tenka parinkti artimiausią nominalą turinčias detales.

SV1 ir SV2 yra 10 kontaktų lizdai skirti prijungti įtaisą prie plokštės.

3.1 lentelė SV1 lizdo išvadai

	Lizdo SV1 išvado Nr.	Paskirtis	Mikrovaldiklio portai
	1	SPI sąsajos, MISO išvadas	PORTB0
	2	SPI sąsajos, SCLK išvadas,	PORTB1
	3	Akselerometro INT1. išvadas	PORTB2
	4	Akselerometro INT2 išvadas	PORTB3
	5	SPI sąsajos, CS išvadas	PORTB5
	6	–	–
	7	–	–
	8	–	–
	9	VDD (+5V)	–
	10	GNG	–

Lizdo SV2, 8 išvadas naudojamas SPI sąsajos, MOSI signalui perduoti į valdiklio PORTC7 išvadą, o dešimtas kontaktas prijungtas prie „žemės“

Kondensatorių C1, C2, C3 nominalai buvo parinkti pagal akselerometro ir įtampos reguliatorio gamintojų rekomendacijas [11], [15].

3.3 Papildomo įtaiso su I²C sąsaja elektrinė principinė schema

ASK (Analoginis skaitmeninis keitiklis) skirtas analoginį signalą paversti skaitmeniniu signalu, o skaitmeninį signalą jau gali apdoroti mikrovaldiklis [12]. Viena iš labiausiai praktikoje ASK pritaikymo sričių - matavimo prietaisų gamyba.

Išmatuotas analoginio signalo įtampos lygis yra paverčiamas skaitmeniniu kodu, kurio ilgis priklauso, nuo kiek bitų yra ASK. Kodą apdorojęs mikrovaldiklis rezultatus gali atvaizduoti įvairiais būdais, tai: LCD ekranu ar LED lempučių indikatoriais. ASK - tai tarsi sąsaja, kuri sujungia analoginę ir skaitmeninę elektronikas.

- 18 bitų skiriamoji geba;
- Turi I²C sąsają;
- Gali būti maitinamas 2.7 – 5.5 voltų įtampa;
- Nereikia atskirai jungti atraminės įtampos.

Schemoje (3.3 pav.) yra prijungtas geltonas šviesos diodas (LED1) prie 5V linijos. LED1 turi savo specifinę įtampą 2V ir srovę 20mA ($20\text{mA} = 0,02\text{A}$). Pagal užduoties sąlygą, sudarykime elektrinę principinę schemą (3.2 pav.), ir apskaičiuokime, kiek įtampos turi kristi ant rezistoriaus R5:


Žinodami krintančios įtampos dydį, reikalinga varžos vertė apskaičiuojama pasinaudojantis Omo dėsnio išraiška:

$$R5 = \frac{U_{R1} - U_{LED1}}{I} = \frac{5 - 2}{0.02} = \frac{3}{0.02} = 150\Omega \quad (3.3)$$

U_m – maitinimo įtampa; U_{R1} – ant rezistoriaus krentanti įtampa; U_{LED1} – ant šviesos diodo krentanti įtampa; $R1$ – rezistorius ribojantis srovę šviesos diodui; I – srovė tekanti per diodą ir rezistorių.

SV1 yra 10 kontaktų lizdas skirtas prijungti įtaisą prie plokštės.

3.2 lentelė SV1 lizdo išvadai

	Lizdo SV1 išvado Nr.	Paskirtis	Mikrovaldiklio portai
	1	I ² C sąsajos, SDA išvadas	PORTB0
	2	I ² C sąsajos, SCL išvadas	PORTB1
	3	–	–
	4	–	–
	5	–	–
	6	–	–
	7	–	–
	8	–	–
	9	VDD (+5V)	–
	10	GNG	–

Rezistoriai (3.3 pav.) R1 ir R2 yra I²C sąsajos duomenų ir taktinio dažnio linijų „Pull-up“ rezistoriai. Rezistorių nominalai yra parinkti pagal ASK gamintojo rekomendacijas [12], kurių nominalai yra 10 kΩ.

Lizdų SV2 ir SV3 kontaktai yra tvirtinami varžtais, taip suteikiant įrenginiui universalumo, prijungiant prie ASK kanalų analoginės įtampos šaltinius.

Trumpikliu JP1, kaip ir JP2, galima diferencinio kanalo neigiamą įėjimą prijungti prie „žemės“, taip atliekus, kanalas galėtų priimti tik teigiamą paduodamą analoginės įtampos reikšmę.

3.4 Perėjimas GLCD ekranui ir išvadų išplėtimo elektrinės principinės schemos

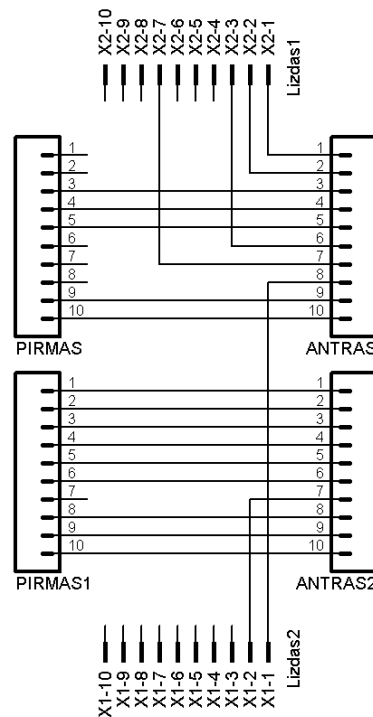
EasyPIC6 plokštėje GLCD ekrano duomenų linijos yra prijungtos prie valdiklio „PORT‘D“ išvadų, o valdymo signalų išvadai prijungti prie „PORT‘B“ išvadų.

Įrenginius su SPI, I²C ir USB prie valdiklio galima jungti tik prie tų valdiklio išvadų, kurie yra priskirti konkrečiai sąsajai.

SPI sąsajos: duomenų, taktinio dažnio, įrenginio išrinkimo išvadas. „INT1“ ir „INT2“ išvadai jungiasi į „PORT‘B“ išvadus.

Prijungus „PORT‘B“ išvadus prie įrenginių su SPI ar I²C sąsajomis, juos nebegalima naudoti GLCD valdymo signalams perduoti. Tad reikėjo pagaminti perėjimą, su kuriuo galėtų

GLCD valdymo signalus prijungti prie neužimtų mikrovaldiklio išvadų. Perėjimo elektrinė principinė schema pateikta 3.4 paveiksle.



3.4 pav. GLCD perėjimas

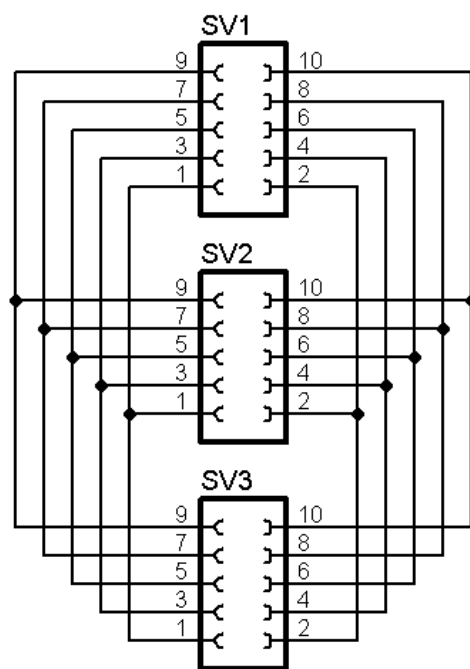
Lizdai „PIRMAS“ ir „PIRMAS1“ jungiami į EasyPIC6 plokštės jungtį. Prie jungčių „ANTRAS“ ir „ANTRAS1“ yra prijungiamas GLCD ekranas. Ekranų maitinimo ir duomenų linijos prie GLCD yra jungiamos tokios, kokios yra EasyPIC6 plokštėje, o valdymo linijos yra prijungiamos per „Lizdas1“ ir „Lizdas2“. Per „Lizdas1“ į ekraną paduodami valdymo signalai, ir „PORT‘O“ išvadas:

- CS1 – RC0;
- CS2 – RC1;
- RS – RC2;
- R/W – RC6.

Ir „Lizdas2“:

- E – RE0;
- RST – RE1.

Norint „PORT‘C“ išvadus „RC0“, „RC1“, „RC2“, „RC6“ perduoti valdymo signalams ir prie „PORT‘C“ prijungti vieną jungtį, kuri jungiasi prie „RC7“ išvado ir reikia išplėsti „PORT‘C“ išvadus. Išplėtimo elektrinė principinė schema pateikta 3.5 paveiksle.



3.5 pav. „PORT‘O“ išplečėjas

Lizdas „SV2“ jungiamas prie „PORT‘C“ jungčių. Jungčių „SV1“, „SV3“ ir „SV2“ kontaktai yra sujungti lygiagrečiai, taip išplečiant norimus išvadus į dvi šakas. Šiuo atveju prie „PORT‘C“ 7 išvado – jungiamas SPI sąsajos „MOSI“ išvadas. „PORT‘C“ 3, 4, 5 išvadai naudojami USB modulio. O likę „PORT‘C“ 0, 1, 2, 6 naudojami GLCD ekrano valdymo signalams perduoti.

4. SPAUSDINTO MONTAŽO PLOKŠTĖS

Šiame skyriuje pateiksiu spausdinto montažo plokštės pasirinktiems papildomiems įrenginiams.

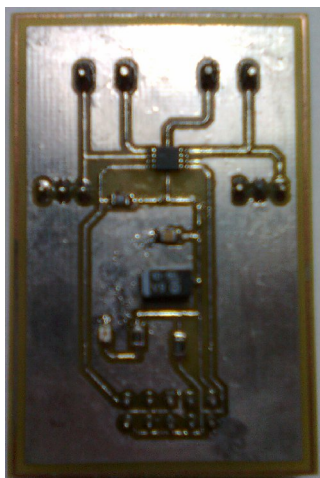
Spausdinto montažo plokštės, kaip ir elektrinės principinės schemos, suprojektuotos profesionalia projektavimo programa „CadSoft EAGLE 5.8.0“ versija.

4.1 Įrenginio su I²C sąsaja spausdinto montažo plokštė

Plokštės viršuje (4.1 pav.) - analoginis/skaitmeninis keitiklis, rezistoriai, kondensatoriai ir LED šviesos diodas yra paviršinio montažo (SMD) korpuso. Takelių plotį pasirinkau 0.4064 mm. Naudotas „žemės“ (GND) užpildas.

Apatiniame sluoksnyje sudėti elementai yra montuojami per kiaurymes. Tai 10-ies kontaktų jungtis, skirta maitinimui ir duomenų perdavimui. Dvi poros kontaktų (kanalų įėjimai). Du kontaktai su trumpikliais, skirti įžeminti diferencialinio kanalo neigiamą įėjimą.

Įrenginys buvo pagamintas namų sąlygomis, naudota vienusė stiklo tekstolito plokštė su fotorezisto plėvele. Įrenginio matmenys – 56x37mm.



a)



b)

4.1 pav. Įrenginio su I²C sąsaja spausdinto montažo plokštė a) iš viršaus b) iš apačios

4.2 Įrenginio su SPI sąsaja spausdinto montažo plokštė

Plokštės viršuje (4.2 pav.) - trejų ašių akselerometras, rezistoriai, kondensatoriai ir LED šviesos diodas - paviršinio montažo (SMD) korpuso. Takelių plotis 0.4064 mm. Naudotas „žemės“ (GND) užpildas.

Apatiniame sluoksnyje sudėti elementai montuojami per kiaurymes. Tai du 10-ies kontaktų jungtys, skirtos maitinimui ir duomenims perduoti.

Įrenginys matmenys – 48x38mm. Naudota vienpusė stiklo tekstolito plokštė su fotorezisto plėvele.



a)



b)

4.2 pav. Įrenginio su SPI sąsaja spausdinto montažo plokštė a) iš viršaus b) iš apačios

4.3 Grafinio LCD ekrano perėjimo montažo plokštė

Plokštės viršuje (4.3 pav.) - du 10-ies kontaktų jungtys skirtos Grafinio LDC valdymo signalams perduoti. 20-ies kontaktų juosta grafinio LCD ekrano prijungimui prie plokštės ir apačioje 8 kontaktų juosta, skirta naudojama kaip GLCD ekrano galinė atrama.

Apatiniame sluoksnyje 20-ies kontaktų lizdas, skirtas prijungti plokštę prie EasyPIC6 testavimo plokštės. Takelių plotis 0.4064 mm.

Įrenginio matmenys – 96x80mm. Naudota dvipusė stiklo tekstolito plokštė su fotorezisto plėvele.



a)



b)

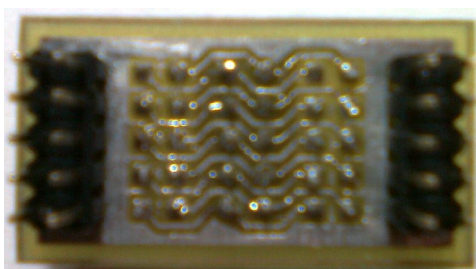
4.3 pav. Grafinio LCD ekrano perėjimo montažo plokštė a) iš viršaus b) iš apačios

4.4 Mikrovaldiklio išvadų išpletėjo montažo plokštė

Plokštės viršuje (4.4 pav.) - du 10-ies kontaktų jungtys skirtos perduoti išplėstų išvadų signalus. Takelių plotis 0.4064 mm.

Apatiniame sluoksnyje 10-ies kontaktų lizdas, skirtas prijungti plokštę prie EasyPIC6 testavimo plokštės plečiamų išvadų. Takelių plotis 0.4064 mm.

Įrenginio matmenys – 33x18mm. Naudota dvipusė stiklo tekstolito plokštė su fotorezisto plėvele.



a)



b)

4.4 Mikrovaldiklio išvadų išpletėjo montažo plokštė a) iš viršaus b) iš apačios

5. PROGRAMINĖ ĮRANGA PAPILDOMIEMS ĮRENGINIAMS

Šiame skyriuje pateiksiu programinės įrangos veikimą pasirinktiems papildomiems įtaisams.

Programos valdikliui buvo rašomos „C“ programavimo kalba, naudotas „microC PRO for PIC“ kompiliatorius.

5.1 Įrenginio su SPI sąsaja programos veikimas

Papildomas įrenginys su SPI sąsaja yra skirtas matuoti pasvirimo kampus trejomis ašimis. Pasvirimo kampai bus išreiškiami „g“, „g“ reikšmės bus išvedamos ir atvaizduojamos grafiniame LCD ekrane.

g – tai žemės laisvojo kritimo pagreitis. Jo reikšmė yra $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Programos veikimo algoritmas su įrenginio SPI sąsaja pateiktas 5.1 paveiksle.

Startavus mikrovaldikliui, į EasyPIC6 plokštėje esantį grafinį LCD ekraną yra išvedamas pradinės „MENIU“ SPI įrenginio reikšmės ir nustatymai. Parinkus norimus nustatymus „MENIU“ skiltyje „Duomenys“ ir nuspaudus klaviatūros „ENTER“ mygtuką, išvalomas grafinis LCD ekranas ir į ekraną pradedama išvedinėti duomenys. Norint grįžti atgal į „MENIU“, reikia nuspausti mygtuką „CANCEL“.

Įrenginio valdymas realizuotas per „MENIU“. Toks valdymo būdas pasirinktas, nes taip yra daugiau išnaudojamos prietaiso galimybės. „MENIU“ struktūrinėje schemoje (5.2 pav.) yra pateikti galimi prietaiso pasirinkimai, kurie naudojami šiame projekte.

Skiltyje „g“ pasirenkama reikšmė, kuri gali kisti nuo 2 iki 16 „g“. Skiltyje „Skiriamoji geba“ galima parinkti, kokia bus parinktos „g“ skiriamoji geba. Atitinkamai nuo pasirinktos „g“ skiriamosios gebos reikšmės gali būti:

Kai „g“ yra parinktas $g = 2$, skiriamoji geba gali būti tik 10 bitų, kai $g = 4$, skiriamoji geba gali būti 10 ir 11 bitų, kai $g = 8$, skiriamoji geba gali būti 10 ir 12 bitų, kai $g = 16$, skiriamoji geba gali būti 10 ir 13 bitų.

Perskaičiuojant akselerometro nuskaitytas duomenų reikšmes, naudojami 5.1 formulė:

$$\text{„reiksm“} = (((z1 \cdot k) \& p) + z0) \cdot d; \quad (5.1)$$

čia: *reiksm* – apskaičiuota „g“ reikšmė, *z1* – vyriausias Z ašies baitas, *z0* – jauniausias Z ašies baitas, *k* – daugiklis, *p* – kintamasis kurio reikšmė priklauso nuo skiriamosios gebos, *d* – daugiklis kurio reikšmė priklauso nuo „g“ ir skiriamosios gebos parinkimo.

$k = 256$. „z1“ reikia padauginti iš „k“ reikšmės, nes „z1“ yra vyriausias baitas.

p – reikšmė priklauso nuo pasirinktos skiriamosios gebos, jai skiriamoji geba yra 10 bitų, tai „p“ reikšmė bus 1023, jai skiriamoji geba yra 11 bitų, tai „p“ reikšmė bus 2046 ir t.t.

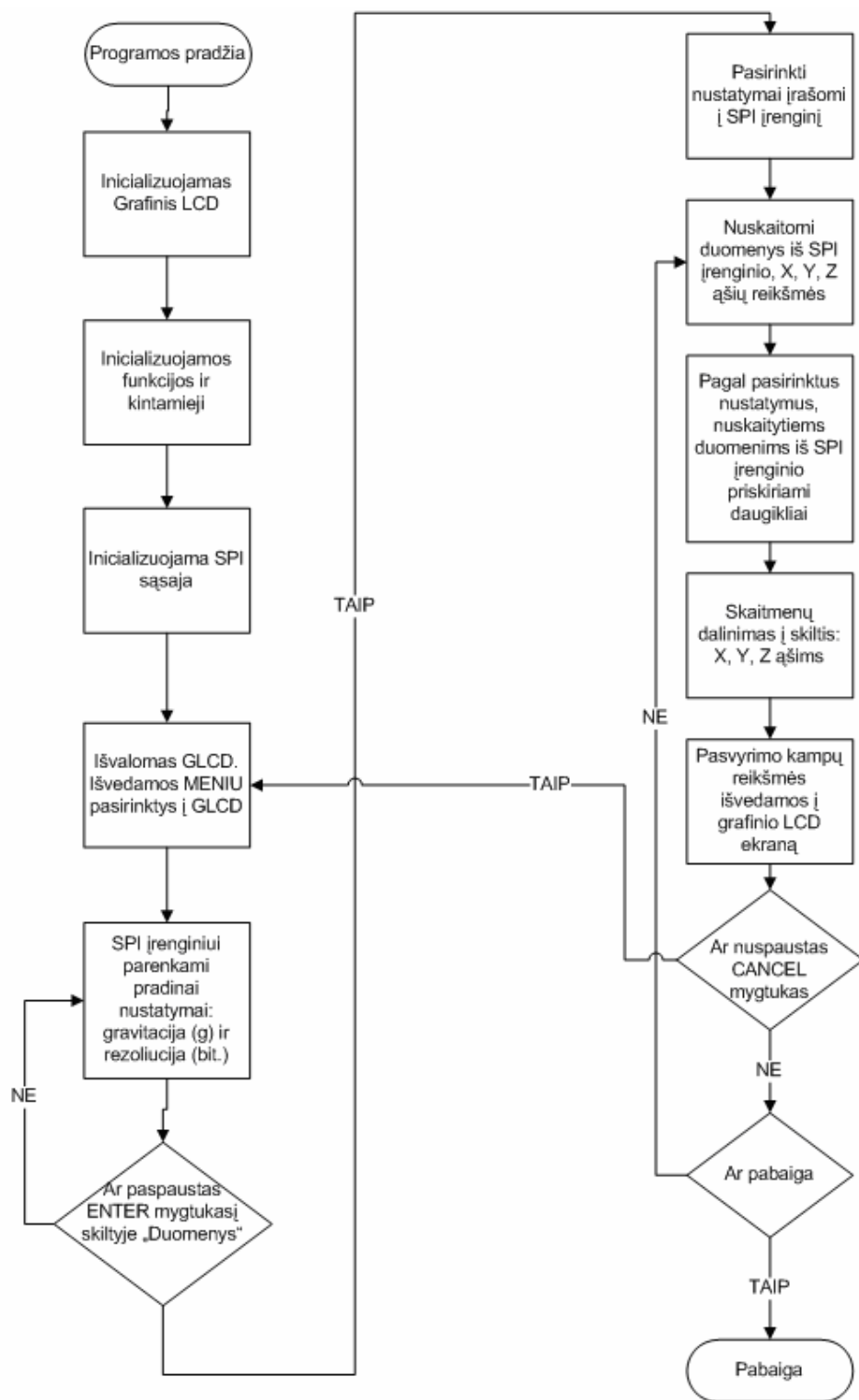
„d“ daugiklio reikšmė priskiriama priklausomai nuo „g“ ir skiriamosios gebos parinkimo. Kai $g = 2$ ir skiriamoji geba = 10 bitų, tai $d = 0.0039$, jai $g = 16$ ir skiriamoji geba = 10 bitų, tai $d = 0.0312$ [11].

Lentelėje 5.1 [16] pateikta akselerometro duomenų kodavimas. Kai akselerometro pozicija horizontali (6.1 pav. a) „Z“ ašį veikia $g = 1$, ir pateiktos bitų reikšmės. Kai akselerometro pozicija vertikali (6.1 pav. b) „Z“ ašį veikia $g = 0$, ir pateiktos bitų reikšmės. Kai akselerometro pozicija apsukta 180 laipsnių (6.1 pav. c) „Z“ ašį veikia $g = -1$, ir pateiktos bitų reikšmės. Minuso ženklas nekeičia absoliutinės „g“ reikšmės, o tik parodo kokioje pozicijoje yra prietaisas.

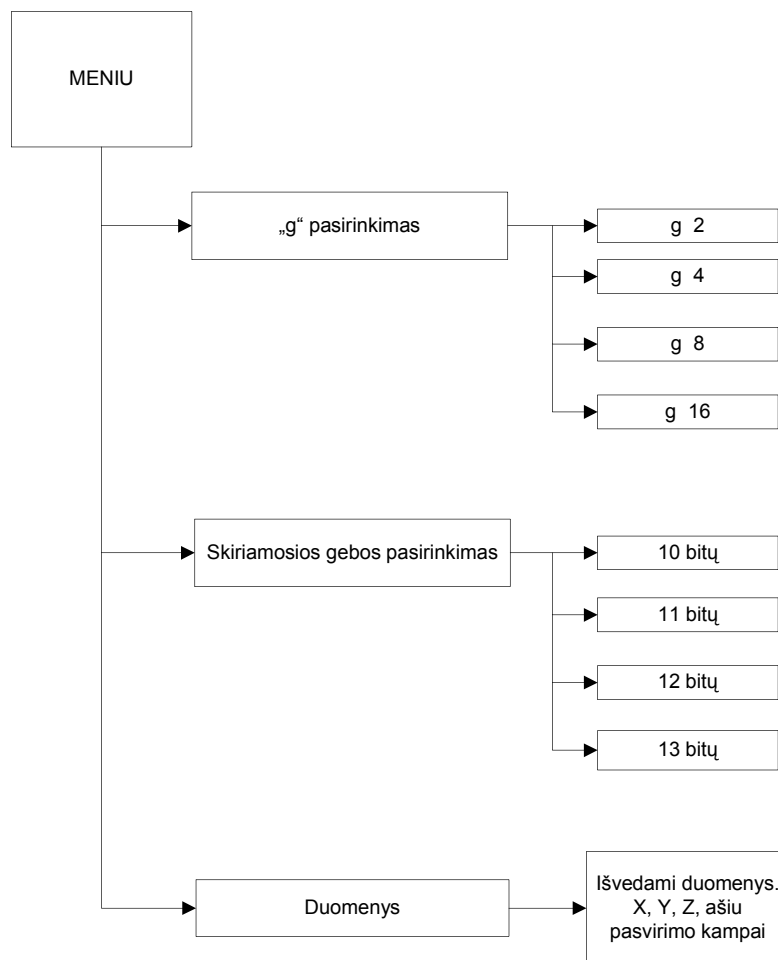
Kai prietaisas yra apverčiamas, 12-as bitas įgauna reikšmę „1“, o visos kitos bitų vertės yra invertuojamos.

5.1 lentelė AXDL345 maksimalios skiriamosios gebos duomenų kodavimas.

15 bit.	14 bit.	13 bit	Ženklas 12 bit.	Absoliutinė vertė											0 bit.	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-16



5.1 Įrenginio su SPI sąsaja pagrindinės programos algoritmas



5.2 pav. SPI sąsajos „MENIU“ struktūra

Duomenų rašymo į įrenginį su SPI sąsaja algoritmas pateiktas 5.7 paveiksle. Kai įrenginio su SPI sąsaja „CS“ išvado aukštas įtampos lygis pervedamas į žemą (5.6 pav.), yra leidžiamas darbas su SPI įrenginiu. Tada yra siunčiamas registro adresas, taip nurodant, kuris registras bus konfigūruojamas ir nurodoma duomenų kryptis, kuri šiuo atveju yra iš valdiklio į SPI įrenginį. Toliau siunčiamas konfigūracinis duomenų baitas, kuris įrašomas į nurodytą registrą.

Įrenginio su SPI sąsaja pirmas registras, kuris rašymo metu yra konfigūruojamas – „POWER_CTL“, kurio adresas – (0x2D). Bito „D4“ reikšmę nustačius į „0“ – išjungiamas automatinis budėjimo režimas. Nustačius į „1“ galima nustatyti, kad SPI įrenginys pereitų į budėjimo režimą. Kai „g“ reikšmė pasirinktoje ašyje „mažesnė už registre „THRESH_INACT“ (kurio adresas „0x26“) įrašytą „g“ reikšmę. Bito „D3“ reikšmę nustačius į „0“, SPI prietaisas pervedamas į budėjimo režimą. Nustačius į „1“, prietaisas pervedamas į „g“ matavimo režimą. Nustačius „D2“, galima pasirinkti budėjimo režimą. Bitais „D1“ ir „D0“ būna parenkamas duomenų skaitymo dažnis budėjimo režime. Įrašius „00“ reikšmes į „D1“ ir „D0“, dažnis yra 8 Hz.

Į registrą „POWER_CTL“ siunčiami (0x00) nustatymai.

Register 0x2D—POWER_CTL (Read/Write)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	Link	AUTO_SLEEP	Measure	Sleep	Wakeup	

5.3. pav. POWER_CTL registras

Įrašius duomenis SPI, įrenginys pereina į budėjimo režimą kol vyksta įrenginio konfigūracija.

Antras registras – „DATA_FORMAT“ registro adresas (0x31), (5.4 pav.). Registro „D6“ bitu yra pasirenkama SPI sąsajos linijų skaičius. Bitą nustačius į „1“ yra naudojamas 3 duomenų linijos - „CS“, „SCLK“ ir „SDI“. O nustačius „D6“ bitą į „0“, SPI sąsaja naudoja 4 duomenų linijas - „CS“, „SCLK“, „SDI“ ir „SDO“. Registro „D5“ bitu galima pasirinkti pertraukimus. Jai „D5“ bitas nustatytas į „0“, pertraukimas įvyksta nuo dydelio sąsajos aktyvumo. „D5“ bitą nustačius į „1“, pertraukimas įvyksta nuo mažo sąsajos aktyvumo. „D3“ bitu yra parenkama „g“ skiriamoji geba. Jai „D3“ bitas nustatytas į „0“, visom „g“ reikšmėm skiriamoji geba yra 10 bitų. „D3“ bitas nustačius į „1“, skiriamoji geba būna maksimali, atitinkamai nuo „g“ parinkimo. Kai „g“ yra parinktas $g = 2$, skiriamoji geba gali būti tik 10 bitų, kai $g = 4$, skiriamoji geba gali būti 10 ir 11 bitų, kai $g = 8$, skiriamoji geba gali būti 10 ir 12 bitų, kai $g = 16$, skiriamoji geba gali būti 10 ir 13 bitų.

„D2“ bitą nustačius į „1“, vyriausias duomenų baitas būna kairėje pusėje, o „D2“ bitą nustačius į „0“, vyriausias duomenų baitas būna dešinėje pusėje. Registro „D1“ ir „D0“ bitais yra parenkama „g“ reikšmė. $D1 = 0$ ir $D0 = 0$ tai – $g = 2$, $D1 = 0$ ir $D0 = 1$ tai – $g = 4$, $D1 = 1$ ir $D0 = 0$ tai – $g = 8$, $D1 = 1$ ir $D0 = 1$ tai – $g = 16$.

Į registrą siunčiamas konfigūracinis duomenų baitas – „0000x0xx“. Į „x“ vietas įrašius atitinkamas reikšmes, parenkamas „g“ ir skiriamoji geba.

Register 0x31—DATA_FORMAT (Read/Write)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SELF_TEST	SPI	INT_INVERT	0	FULL_RES	Justify	Range	

5.4 pav. DATA_FORMAT registras

Trečias registras – „BW_RATE“ registro adresas (0x2C), (5.5 pav.). Šio registro „D4“ bitu galima parinkti mažos galios režimą. Registro „D3“, „D2“, „D1“ ir „D0“ bitais yra parenkamas sąsajos dažnis;

1111 – 3200 Hz, 1110 – 1600 Hz, 1101 – 800 Hz, 1100 – 400 Hz, 1011 – 200 Hz,
1010 – 100 Hz, 1001 – 50 Hz, 1000 – 25 Hz, 0111 – 12.5 Hz, 0110 – 6.25 Hz.

Savo darbe pasirinkau 3200 Hz dažnį. Tai į registrą siunčiamas konfigūracinis duomenų baitas – „00001111“.

Register 0x2C—BW_RATE (Read/Write)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	LOW_POWER	Rate			

5.5 pav. BW_RATE registras

Paskui pakartotinai siunčiamas „POWER_CTL“ registras su „D3“ bitą nustačius į „1“ taip įrenginį pervedant į „matavimo“ režimą.

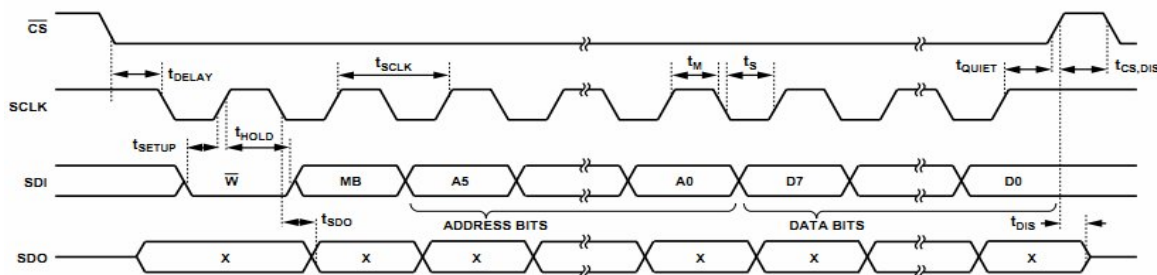
Tai į registrą siunčiamas konfigūracinis duomenų baitas – „00001000“.

Siunčiamų duomenų kryptis SPI sąsajoje parenkama prie kiekvieno konfigūracinio registro siunčiamo duomenų baito pridendant „0x80“ reikšmę, tada „SDI“ duomenų linijoje „ \bar{W} “ signalas yra nustatomas į žemą lygį (5.6 pav.). Duomenų kryptis tada būna iš valdiklio į SPI įrenginį. Baigus rašyti duomenis, „CS“ išvado įtampos lygis vėl pervedamas į aukštą lygį, taip uždraudžiant darbą su SPI įrenginiu (5.6 pav.).

Duomenų nuskaitymas iš SPI įrenginio (5.7 pav.) vyksta taip: „CS“ išvado aukštas įtampos lygis pervedamas į žemą įtampos lygį (5.6 pav.). Tada leidžiamas darbas su SPI įrenginiu ir siunčiamas norimo nuskaityti registro adresas, ir duomenų kryptis.

Duomenys pradedami skaityti nuo „X“ ašies vyriausio baito registro – „DATA_X1“, kurio adresas yra (0x33). Paskui nuskaitytas jauniausias „X“ ašies duomenų registras „DATA_X0“, kurio adresas (0x32). Analogiškai nuskaityti „Y“ ir „Z“, ašių duomenų registrai. „Y“ ašies vyriausias duomenų registras – „DATA_Y1“. „DATA_Y0“ vyriausio baito adresas (0x35), jauniausio (0x34). „Z“ ašies vyriausias duomenų registras – „DATA_Z1“, jauniausias „DATA_Z0“. Vyriausio baito adresas (0x37), jauniausio (0x36).

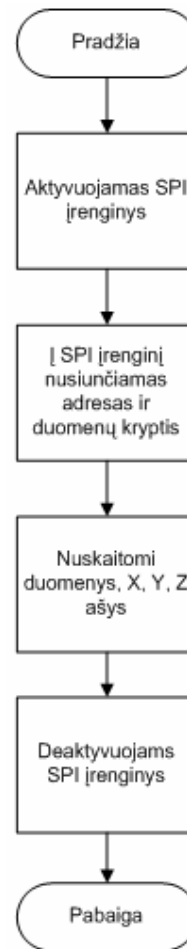
Duomenų kryptis nustatoma tuo metu, kai yra siunčiamas norimo nuskaityti registro adresas prie adreso dar pridėjus „0x00“ reikšmę, tada „SDI“ duomenų linijoje „ \bar{W} “ signalas yra nustatomas į aukštą lygį. Duomenų kryptis būna iš SPI įrenginio į valdiklį. Baigus nuskaityti duomenis, „CS“ signalo lygis vėl pervedamas į aukštą lygį, taip uždraudžiant darbą su SPI įrenginiu.



5.6 pav. Duomenų krypties parinkimas



a



b

5.7 SPI sąsajos duomenų a) rašymas b) skaitymas

5.2 Įrenginio su I²C sąsaja programos veikimas

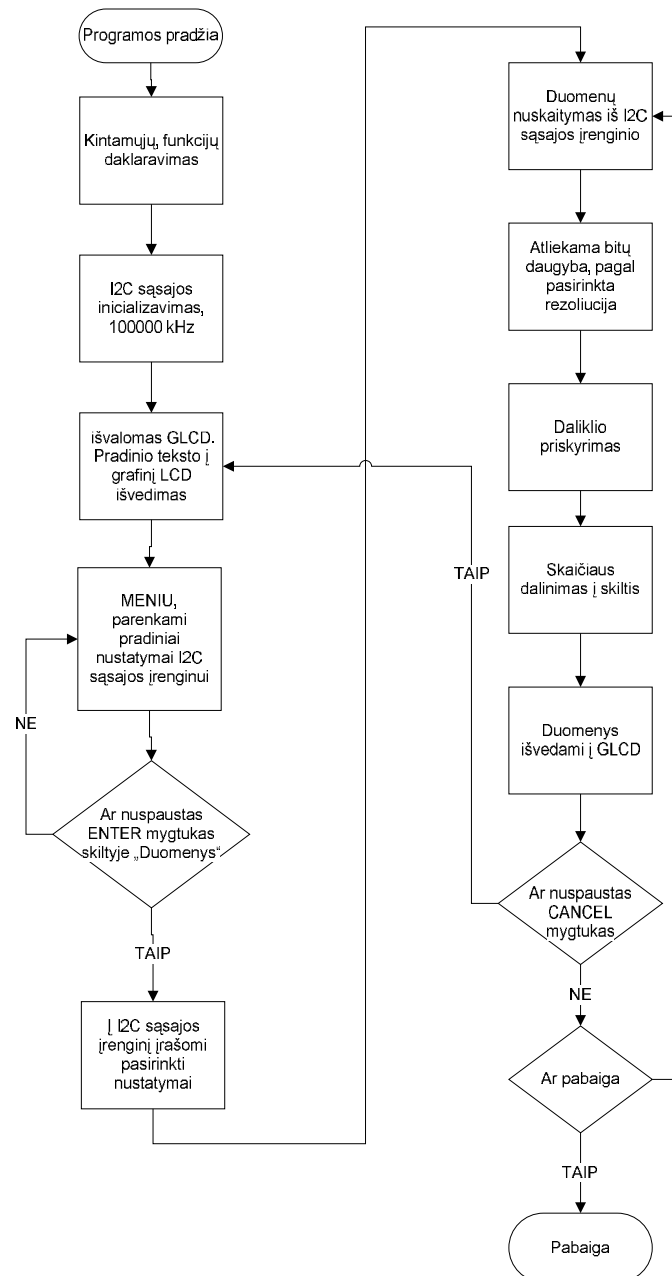
Papildomas įrenginys su I²C sąsaja skirtas, paduota analoginę įtampą paverčiant skaitmeniniu kodu ir gautą kodą perduoti I²C sąsają į valdiklį. Apdorojus duomenis atvaizduoti grafiniame LCD ekrane, išvedant įtampos reikšmę. I²C sąsaja dirba 100 kHz dažniu.

Nuskaitytos reikšmės perskaičiuojamos į įtampą voltais pagal 5.2 formulę.

$$\text{duom} = \frac{(2.048 / S)}{SG}; \quad (5.2)$$

čia: *duom* – apskaičiuota reikšmė, 2.048 – tai maksimali įtampos reikšmė, kuri gali būti paduota į kanalą, *S* – stiprinimas, *SG* – skiriamoji geba.

Pagrindinės programos veikimo algoritmas pateiktas 5.8 paveiksle. Startavus mikrovaldikliui, į EasyPIC6 plokštėje esantį grafinį LCD ekraną yra išvedamas pradinės „MENIU“ I²C įrenginio reikšmės ir nustatymai. Parinkus pageidaujamus nustatymus, „MENIU“ skiltyje pasirinkus „Duomenys“ ir nuspaudus klaviatūros „ENTER“ mygtuką, išvalomas grafinis LCD ekranas ir į ekraną pradeda išvedinėti duomenys. Norint grįžti atgal į „MENIU“ reikia paspausti mygtuką „CANCEL“.

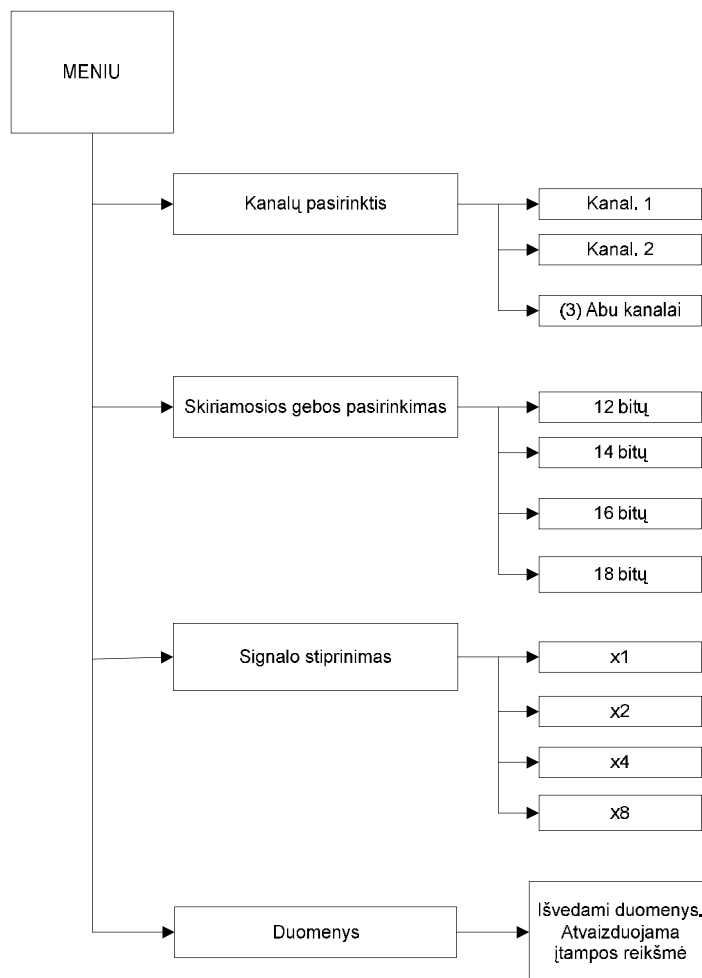


5.8 pav. Įrenginio su I²C sąsaja pagrindinės programos algoritmas

Įrenginio valdymas yra realizuotas per „MENIU“, kurio struktūra pateikta 5.9 paveiksle. Pasirinkus skiltį „kanalų pasirinkimas“, galima pasirinkti I²C įrenginio kanalus. Galima pasirinkti

pirmą, antrą arba abu kanalus. „Skiriamosios gebos pasirinkimas“ skiltyje, galima pasirinkti kanalo skiriamąją gebą. Kai yra parinkti abu kanalai, kanalų skiriamoji geba ir stiprinimas yra vienodi. Skiltyje „Signalų stiprinimas“ galima pasirinkti kiek kartų sustiprinti paduodamą signalą. Maksimali į kanalą paduodama įtampa gali būti 2,048 V, kai neigiamas diferencialinio kanalo įėjimas įžemintas. $\pm 2,048$ V į teigiamą ir neigiamą kanalus, kai neigiamas kanalo įėjimas neįžemintas.

Pasirinkus „MENIU“ skiltyje „Duomenys“, į grafinį LCD ekraną yra išvedamas kanalo numeris, kuris yra nuskaitoma ir išvedama įtampos reikšmė, kuri paduota į kanalą įėjimą.



5.9 pav. I²C sąsajos „MENIU“ struktūra

Duomenų rašymas į I²C sąsajos įrenginį (5.11 pav.) pradedamas, kai suformuojamas „START“ signalas. Toliau yra siunčiamas įrenginio išrinkimo adresas, kuris yra 11010000. Paskutinis bitas yra R/W, kuris nurodo sąsajos duomenų kryptį. Jeigu paskutinis bitas yra „0“, tai duomenys iš valdikio siunčiami į I²C sąsajos įrenginį. Kai nusiunčiamas įrenginio išrinkimo adresas, po to siunčiamas konfigūracinių duomenų baitas, kurio yra parenkami norimi įrenginio

nustatymai. Konfigūracinis registras pateiktas 5.10 paveiksle. „RDY“ ir „O/C“ registro bitai yra nustatomi į „1“, kad duomenys pastoviai būtų nuskaityti ir išvedami į I²C sąsaja. Su „C1“ ir „C0“ bitais yra parenkamas kanalas.

Jei „C1“ = 0 ir „C0“ = 0 parenkamas pirmas kanalas, tai „C1“ = 0 ir „C0“ = 1 parenkamas antras kanalas. Jei norima, kad vienu metu būtų galima dirbti iškart su abejais kanalais, pastoviai reikia perrašinėti „C1“ ir „C0“ bitų reikšmes. Registro bitai „S1“ ir „S0“, skirti nustatyti kanalo skiriamąją gebą.

- S1 = 0, S0 = 0 parenkamas 12 bitų režimas;
- S1 = 0, S0 = 1 parenkamas 14 bitų režimas;
- S1 = 1, S0 = 0 parenkamas 16 bitų režimas;
- S1 = 1, S0 = 1 parenkamas 18 bitų režimas.

Paskutiniai registro bitai „G1“ ir „G0“, skirti nustatyti kanalo stiprinimą.

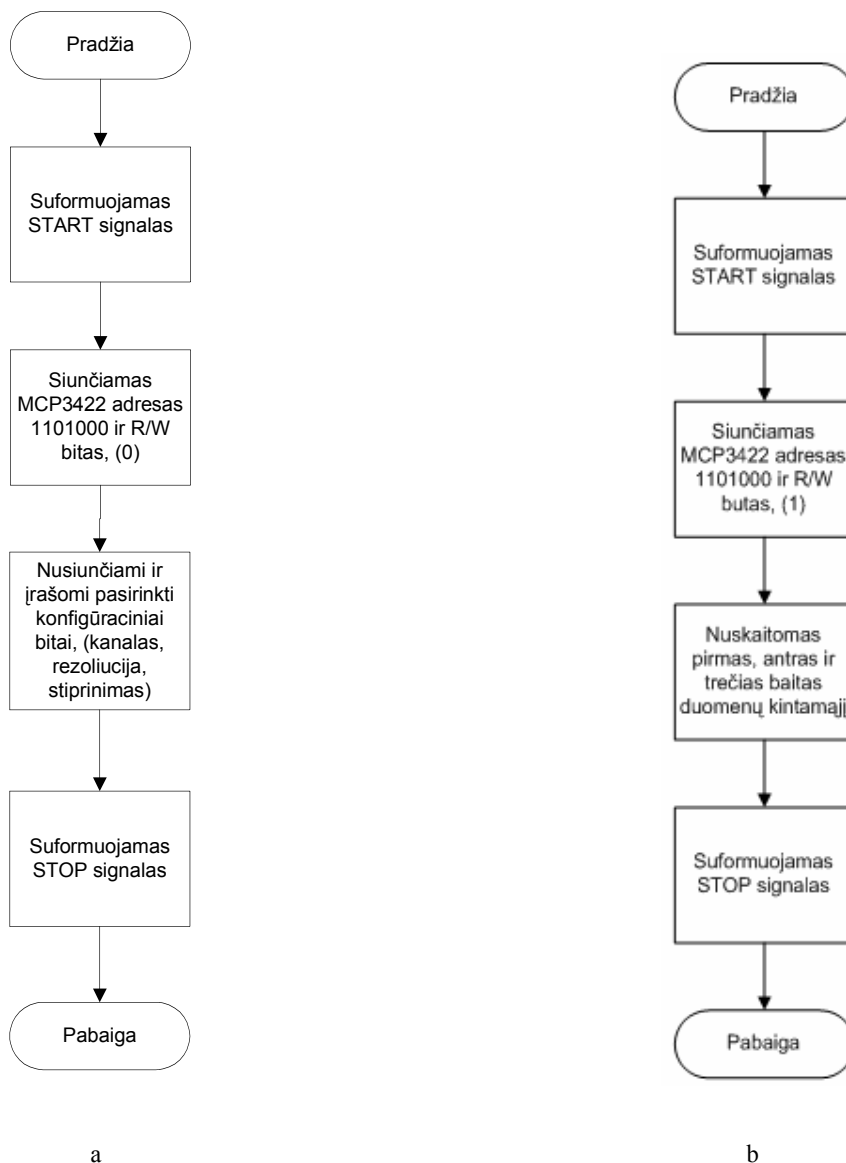
- G1 = 0, G0 = 0 stiprinama vieną kartą;
- G1 = 0, G0 = 1 stiprinama du kartus;
- G1 = 1, G0 = 0 stiprinama keturis kartus;
- G1 = 1, G0 = 1 stiprinama aštuonis kartus.

R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
$\overline{\text{RDY}}$	C1	C0	$\overline{\text{O/C}}$	S1	S0	G1	G0
1 *	0 *	0 *	1 *	0 *	0 *	0 *	0 *
bit 7							bit 0

5.10 pav. I²C sąsajos įrenginio konfigūracinis registras

Baigus rašyti konfigūracinius bitus, formuojamas „STOP“ signalas.

Duomenų skaitymas iš I²C sąsajos įrenginio (5.11 pav.) pradedamas kai suformuojamas „START“ signalas. Toliau yra siunčiama įrenginio išrinkimo adresas, kuris yra 11010001. Paskutinis baido bitas yra „1“, tai duomenų kryptis sąsajoje pakeičiama, tada mikrovaldiklis duomenis gauna iš I²C sąsajos įrenginio. Po adreso nusiuntimo yra pradedama skaityti duomenys iš įrenginio registro. Jei skiriamoji geba yra nustatyta 18 bitų režimu, tai nuskaityti trys duomenų baitai, o sekantis, ketvirtas baitas, grąžina konfigūracinių bitų reikšmę. Jei skiriamoji geba parinkta 12, 14 arba 16 bitų režimu, tai yra nuskaityti du duomenų baitai, o trečias ir sekantys baitai, pakartotinai grąžina konfigūracinio baito reikšmę. Po duomenų nuskaitymo suformuojamas „STOP“ signalas.



5.11. pav. I2C sąsajos duomenų a) rašymas b) skaitymas

5.3 Įrenginio su SPI sąsaja duomenų perdavimo į USB sąsaja, programos veikimas

Duomenys, kurie yra nuskaityti iš SPI įrenginio, į kompiuteri yra perduodami per USB sąsają. Kad būtų galima kompiuteriu priimti ir atvaizduoti duomenis, kompiuteryje reikalinga programinė įranga. Darbe bus naudojama „microC PRO“ programinė įranga „USB HID TERMINAL“. Su šiuo terminalu reikia sukurti USB sąsajos įrenginio konfigūracinius nustatymus „deskriptor“, kuriame nurodomas, koks yra duomenų „buferio“ dydis. Jis gali būti nuo 1 iki 64 baitų. Tai pat sukuriamas „Product Name“ prijungto USB įrenginio pavadinimas „USB1“.

„Vendor Name“ – gamintojo pavadinimas ir prijungto įrenginio „PID“ ir „VID“ adresai. PID – 1234, VID – 1234. PID – (packet ID) paketo identifikacijos informacija, VID – (Vendor ID) gamintojo identifikacijos adresas.

Įrenginio su SPI sąsaja duomenų perdavimas į USB sąsają programos algoritmas pateiktas 5.12 paveiksle. Startavus mikrovaldikliui, į SPI įrenginį įrašomi nustatymai, kurių reikšmės yra $g = 16$, SPI sąsajos dažnis 3200 Hz, skiriamoji geba 13 bitų. Įrašius nustatymus į įrenginį su SPI sąsaja, pradedami nuskaityti duomenys iš SPI įrenginio. Nuskaityti duomenys prieš perduodant į „USB HID TERMINAL“ terminalą, perskaičiuojami į dešimtainę skaičiavimo formą ir išskaidomi į skaičių skiltis, tada skaičiai perduodami į USB sąsają. „USB HID TERMINAL“ terminalas gautus duomenis gali atvaizduoti trejais būdais: „ASCII“ simboliais, šešioliktaine arba dešimtaine forma.

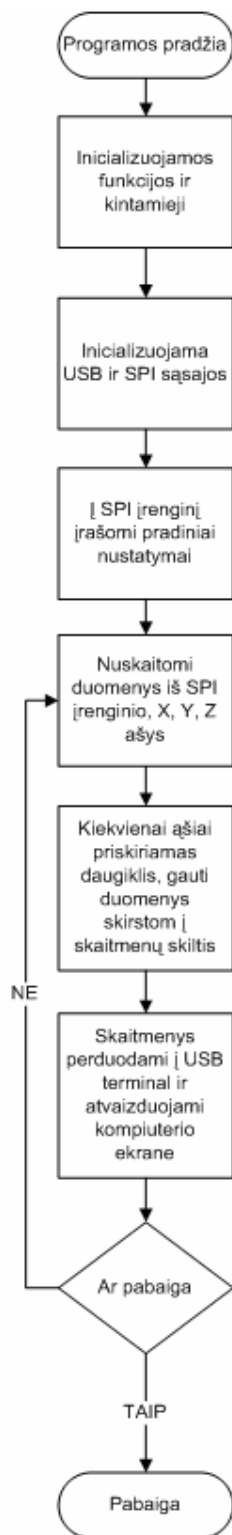
Norint gautus duomenis atvaizduoti grafiškai su programomis: „MATLAB“ ar „EXCEL“, vartotojui reikia susikurti programinę įrangą, kuri dar papildomai apdorotų perduodamus duomenis.

Duomenys perduodami į USB terminalą – X, Y, Z ašis veikianti „g“ trauka. Duomenų rašymas ir nuskaitymas į SPI įrenginį pateiktas 5.1 pastraipoje.

Kad mikrovaldiklio USB sąsajos modulis galėtų siųsti ir priimti duomenis, jam reikia 48 MHz dažnio taktavimo dažnio. Tokį dažnį galima realizuoti dviem būdais:

1. Prie mikrovaldiklio „OSC1“ ir „OSC2“ išvadų prijungiamas 48 MHz dažnio kvarcinis rezonatorius.
2. Prie mikrovaldiklio „OSC1“ ir „OSC2“ išvadų galima prijungti: 8 MHz, 12 MHz, 16 MHz, 20 MHz, 24 MHz, 40 MHz dažnio kvarcinį rezonatorių, o reikalingą 48 MHz dažnį USB modulis pakelia per „PLL“.

Darbe yra naudojamas 8 MHz kvarcinis rezonatorius. Kad mikrovaldiklis iš 8 MHz padarytų 48 MHz dažnį, reikia sukonfigūruoti „Config“ bitus. „Config“ bitų nustatymo langas „microC“ kompiliatoriuje pateiktas 5.13 paveiksle. Registro „96MHz PLL Prescaler“ reikšmę reikia nustatyti į „Divide by 2(8MHz input)“ – tai reiškia, kad prie valdiklio yra prijungtas 8 MHz kvarcinis rezonatorius, tai „PLL“ dažnį daugins iš 8 MHz reikšmės. Registras „CPU System Clock Postscaler“ nustatomas į reikšmę „96MHz PLL Scr:/6“, tai reiškia, kad paimtas iš „PLL“ padaugintas dažnis (kurio reikšmė 48 MHz) yra dalinamas iš 6 ir valdikliui yra paduodamas $48/6 = 12\text{MHz}$ taktinis dažnis. Taip pat dažnis iš „PLL“ dar yra paduodamas į valdiklio USB modulį. Registras „Oscillator“ nustatomas į „HS: HS+PLL, USB-HS“ šiuo registru yra parenkamas taktinio dažnio šaltinis. Nurodant, kad bus naudojamas kvarcinis rezonatorius su „PLL“ – dažnio dauginimo funkcija registras „USB Voltage Regulator“ nustatomas į „Enabled“.



5.12 pav. SPI ir USB sąsajų programos algoritmas

96MHz PLL Prescaler

Divide by 2 (8MHz input)

CPU System Clock Postscaler

[OSC1/OSC2 Src: /4][96MHz PLL Src: /6]

Full-Speed USB Clock Source Selection

Clock src from 96MHz PLL/2

Oscillator

H5: H5+PLL, USB-H5

Fail-Safe Clock Monitor Enable

Disabled

Internal External Switch Over Mode

Disabled

Power Up Timer

Disabled

Brown Out Detect

Enabled in hardware, SBOREN disabled

Brown Out Voltage

2.0V

USB Voltage Regulator

Enabled

Watchdog Timer

Disabled-Controlled by SWDTEN bit

MCU and Oscillator

MCU Name

P18F4550

Oscillator Frequency [MHz]

12.000000

Build Type

☒ Release
 ☐ ICD Debug

Configuration Registers

CONFIG1L	: \$300000	: 0x0039
CONFIG1H	: \$300001	: 0x000E
CONFIG2L	: \$300002	: 0x003F
CONFIG2H	: \$300003	: 0x001E
CONFIG3H	: \$300005	: 0x0083
CONFIG4L	: \$300006	: 0x0081
CONFIG5L	: \$300008	: 0x000F
CONFIG5H	: \$300009	: 0x00C0
CONFIG6L	: \$30000A	: 0x000F
CONFIG6H	: \$30000B	: 0x00E0
CONFIG7L	: \$30000C	: 0x000F
CONFIG7H	: \$30000D	: 0x0040

General Output Settings ...

Load Scheme

Save Scheme

Default

OK

Cancel

5.13 pav. Config bitų nustatymo langas

6. ĮRENGINIŲ VEIKIMO TESTAVIMAS

Šiame skyriuje pateikta bandymų metodika, kuri buvo atliekama programos kūrimo stadijoje ir testavimo rezultatus baigus programos kūrimo darbus.

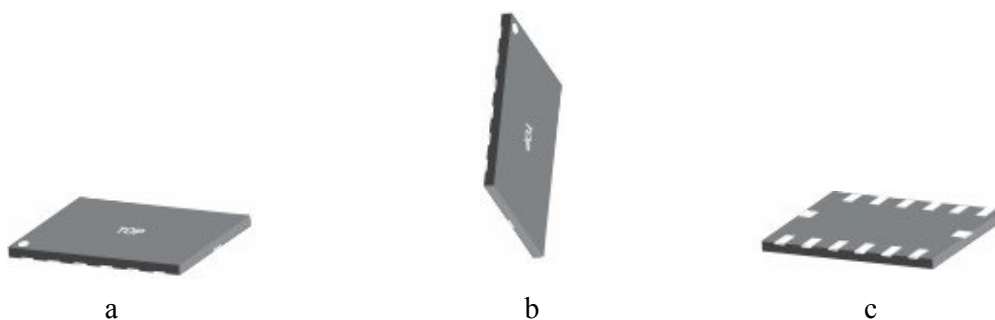
6.1 Įrenginio su SPI sąsaja testavimas

Pradiniai bandymai buvo atliekami su pagamintu prietaisu, prijungus prietaisą prie EasyPIC6 testavimo plokštės.

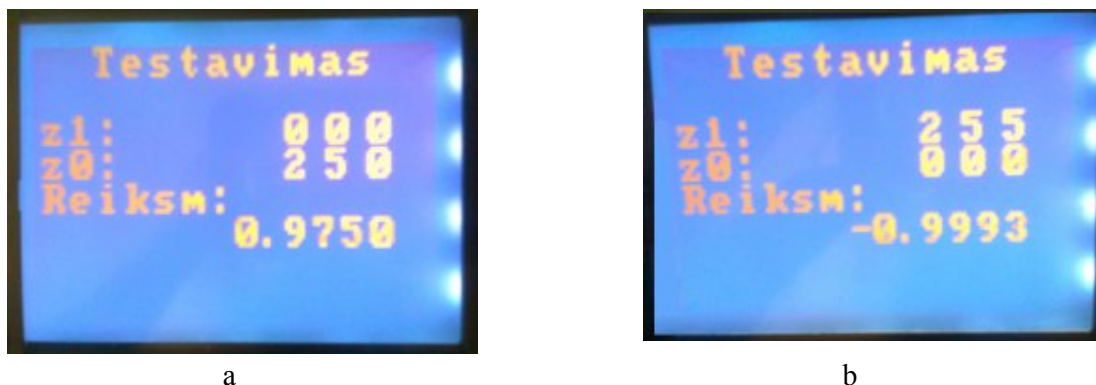
Prijungus įrenginį prie „EasyPIC6” testavimo plokštės buvo nuskaityti vyriausias (z1) ir jauniausias (z0) Z ašies baitai. Buvo išvestos baitų reikšmės ir perskaičiuotos į „g”.

Bandant prietaisą buvo parinkta $g = 16$, skiriamoji geba = 13 bitų.

Kai akselerometras buvo pastatytas į horizontalę padėtį (6.1 pav. a), prietaiso su SPI sąsaja, z0 – jauniausio baito reikšmė buvo 250, tai $g = 0.9750$ (6.2 pav. a). Kai akselerometras buvo apverstas 180 laipsnių (6.1 pav. c), prietaiso su SPI sąsaja, z1 – vyriausio baito reikšmė buvo 255, tai $g \approx -1$ (6.2 pav. b). Kai prietaisas buvo pastatytas į vertikale padėtį (6.1 pav. b) $g \approx 0$ (6.3 pav.).



6.1 pav. Akselerometro padėtis a) horizontali b) vertikali c) apversta 180 laipsnių



6.2 pav. Horizontali padėtis a) į viršų b) į apačią



6.3 pav. Vertikali padėtis

Išanalizavus, kaip kinta prietaiso bitų reikšmės nuo padėties, buvo parašyta galutinė programa su trejomis ašimis. „MENIU“ buvo parinkta $g = 16$ ir skiriamoji geba = 13 bitų (6.3 pav.). Parinkus nustatymus, paspaudžiama skiltyje „Duomenys“ ir į ekraną pradedama išvedinėti kiekvienos ašies „g“ reikšmės. Kai prietaiso padėtis horizontali (6.4 pav.) (viršus į viršų), „Z“ ašį veikia $g \approx 1$ žemės trauka, o „X“ ir „Y“ $g \approx 0$. O prietaisą apvertus 180 laipsnių horizontaliai (6.4 pav.), „Z“ ašį veikia $g \approx -1$, minuso ženklas rodo kad prietaisas paverstas. Apvertus „X“ ir „Y“ ašių reikšmės, išliko beveik nepakitusios, lygios nuliui.



6.4pav. MENIU



a



b

6.5 pav. Horizontali padėtis a) į viršų b) į apačia

6.2 Įrenginio su I²C sąsaja testavimas

Pradiniai bandymai buvo atliekami su pagamintu prietaisu, prijungus prietaisą prie EasyPIC6 testavimo plokštės.

Prijungus įrenginį prie „EasyPIC6“ testavimo plokštės buvo nuskaityti įrenginio baitai. Išvedant baitų reikšmes į grafinį LCD ekraną. x1 – vyriausias duomenų baitas, x2 – vidurinysis duomenų baitas, x3 – jauniausias duomenų baitas, x4 – konfigūracinio baito reikšmė, x5 – konfigūracinio baito reikšmė (6.6 pav.).

Iš 6.6 paveikslo matyti, kad skaitoma įrenginio su I²C sąsaja tolesni baitai (x4), (x5), pakartotinai gražinama konfigūracinio baito reikšmė, o įtampa, kuri yra paduota į kanalą, yra pirmuose trejose nuskaitytuose duomenų baituose (x1), (x2), (x3). Įrenginio su I²C sąsaja yra įrašyti nustatymai: pirmas kanalas, 18 bitų režimas, stiprinimas vienas kartas. Padavus į pirmą kanalą 1.5 volto įtampą (6.6 pav. a), yra išvedama x1, x2, x3 duomenų baitų reikšmės ir x4, x5 konfigūracinio baito reikšmės ir perskaičiuota reikšmė voltais. Išmatavus įtampą su testeriu, jis rodė 1.5 volto įtampą, kuri buvo paduota į pirmą kanalą. Paskui įtampa buvo mažinama potenciometru (6.6 pav. b) ir stebima kaip kinta įtampos reikšmės. Įtampai pasiekus 0.79054 voltų įtampą, testeriu vėl buvo pamatuota įtampos reikšmė kanale. Įtampa sutapo ir buvo 0.79 volto.



a



b

6.6 Test. rezultatai kai įtampa a) 1.5 V b) 0.79 V

Išanalizavus kaip kinta prietaiso bitų reikšmės nuo paduodamos į kanalą įtampos, buvo parašyta galutinė programa su „MENIU“ pasirinktimis. „MENIU“ buvo parinkta: pirmas kanalas, skiriamoji geba = 12 bitų, stiprinama vienas kartas. (6.6 pav.). Antru atveju (6.6 pav.), „MENIU“ buvo parinkta: antras kanalas, skiriamoji geba = 14 bitų, stiprinama vienas kartas.



a



b

6.7 pav. Test. rezultatai kai įtampa a) 1 V 1 kanalas b) 0.5 V 2 kanalas

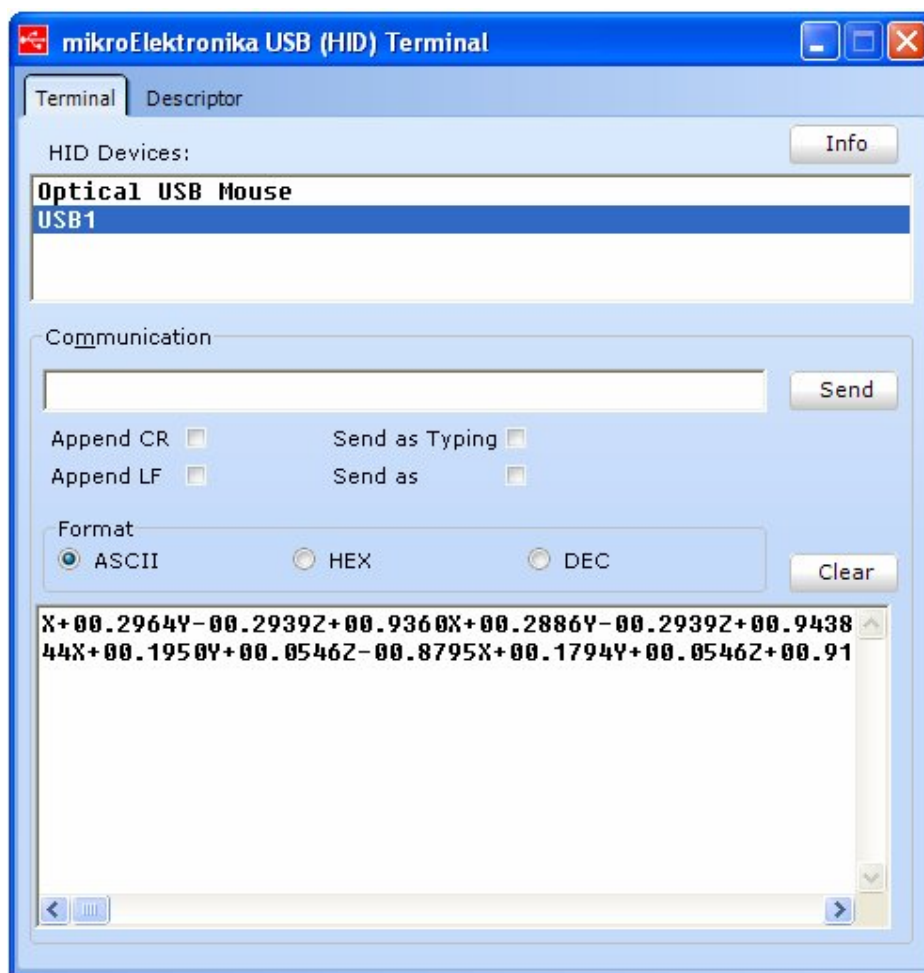
6.3 Įrenginio su USB sąsaja testavimas

Išanalizavus kaip kinta įrenginio su SPI sąsaja bitų reikšmės nuo padėties, buvo parašyta programinė įranga, kuri nuskaitytus duomenis iš SPI sąsajos įrenginio perduoda į USB terminalą ir juos atvaizduoja „USB Terminal“ lange (6.11 pav.). Akselerometro režimas buvo parinktas $g = 16$, skiriamoji geba = 13 bitų. Bandymai buvo atliekami maketą prijungus prie EasyPIC6 testavimo plokštės.

Išvesti duomenys į USB terminalo langą pateikti 6.8 paveiksle. Duomenys yra išvedami „ASCII“ simboliais. Raidė prieš naują skaitinių duomenų paketą rodo, kurios tai ašies duomenys. „+“ arba „-“ po raidės rodo, kokioje pozicijoje yra akselerometras.

Išvedamas duomenų formatas – raidė, pliuso arba minuso ženklas, skaičiaus dešimtoji dalis, skaičiaus vienetai, taškas, dešimtoji skaičiaus dalis, šimtoji skaičiaus dalis, tūkstantoji skaičiaus dalis, dešimt tūkstantoji skaičiaus dalis.

Iš 6.8 paveikslo matyti, kad duomenys į USB terminalą buvo pradedamos išvedinėti nuo „X“ ašies (pirma eilutė pirmas stulpelis) „X+00.2964“. Toliau sekė „Y“ ir „Z“ ašių duomenys. Kai išvedami „Z“ ašies duomenys, ciklas kartojasi ir naujai išvedami duomenys vėl pradedami nuo „X“ ašies.



6.8 pav. Duomenų perdavimas į USB terminalą

7. IŠVADOS

Projektuojant ir gaminat papildomus įrenginius EasyPIC6 testavimo plokštei buvo susipažinta su naudojamomis technologijomis, panašiais įrenginiais ir SPI, I²C ir USB sąsajų protokolų veikimu. Įsisavinti mikrovaldiklio programavimo ir spausdinto montažo plokštės projektavimo ir gamybos technologijos pagrindai. Įgyta patirtis renkantis elektronikos komponentus.

Suprojektuoti ir pagaminti papildomi įtaisai testavimo plokštei:

- Įrenginys su SPI sąsaja;
- Įrenginys su I²C sąsaja;
- Grafinio LCD ekrano „perėjimas“;
- Mikrovaldiklio išvadų išplėtėjas.

Įrenginiam su SPI ir I²C sąsajom parašytos programinės įrangos su „MENIU“ pasirinktimis.

Suprojektuotos elektrinės principinės schemos, bei spausdinto montažo schemos.

Visi pagaminti papildomi įtaisai veikia. Visi įtaisai ištestuoti pajungus juos prie EasyPIC6 testavimo plokštės.

Studentams paruoštos mokomosios laboratorinių darbų užduotys, su SPI, I²C ir USB sąsajomis.

Laboratoriniuose darbuose yra pateikta:

- SPI, I²C ir USB sąsajų protokolų veikimas;
- išanalizuotas konkrečiai sąsajai skirtas įrenginio veikimas;
- konkrečiam įrenginiui pateiktas programos šablonas.

Užduotys studentams:

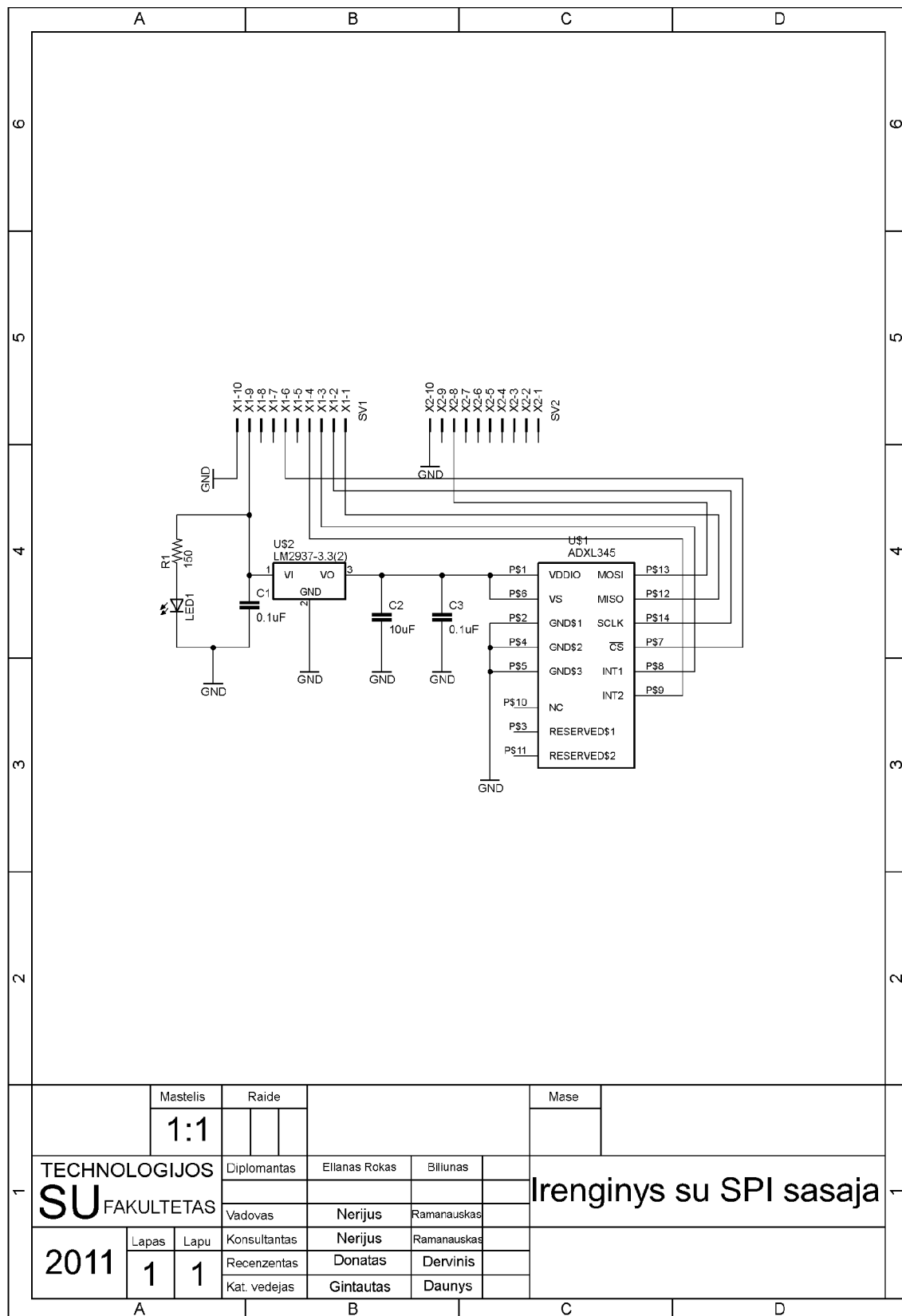
- Parašyti funkcijas su skirtingais įrenginio nustatymais;
- Apdoroti gautus duomenis.

LITERATŪRA

1. Vytautas Jonkus – „Mikrovaldikliai elektroninėse grandinėse“ [Žiūrėta 2011 – 05 – 08]. Prieiga per internetą: <<http://rfk.ff.vu.lt/doc/mikrovaldikliai.pdf>>. 49 p.
2. SPI Bus interface [Žiūrėta 2011 – 03 – 02]. Prieiga per internetą: <<http://www.eeherald.com/section/design-guide/esmod12.html>>.
3. AN10216-01 I2C MANUAL. [Žiūrėta 2011 – 03 – 08] Prieiga per internetą: <<http://ics.nxp.com/support/documents/interface/pdf/an10216.pdf>>.
4. USB in a NutShell Making sense of the USB standard. [Žiūrėta 2011 – 03 – 25] Prieiga per internetą: <<http://www.beyondlogic.org/usbnutshell/usb1.shtml>>.
5. PIC18 Explorer plokštė. [Žiūrėta 2011 – 03 – 08]. Prieiga per internetą: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51721b.pdf>>.
6. Atmel ATEB9200 Evaluation plokštė. [Žiūrėta 2011 – 05 – 08]. Prieiga per internetą: <<http://www.armkits.com/download/ATEB9200.pdf>>.
7. Atmel ATEB9200 Evaluation plokštė. [Žiūrėta 2011 – 03 – 10]. Prieiga per internetą: <<http://www.armkits.com/download/ATEB9200Sch.pdf>>.
8. BIGPIC6 testavimo plokštė. [Žiūrėta 2011 – 05 – 08]. Prieiga per internetą: <http://www.mikroe.com/eng/downloads/get/315/bigpic6_manual_v100.pdf>.
9. EasyPIC6 testavimo plokštė. [Žiūrėta 2011 – 05 – 08]. Prieiga per internetą: <http://www.mikroe.com/eng/downloads/get/311/easypic6_manual_v100.pdf>.
10. Mikrovaldiklis PIC18F4550. [Žiūrėta 2011 – 05 – 08]. Prieiga per internetą: <<http://www.scribd.com/doc/51507270/pic18f4550-datasheet>>.
11. Akselerometras ADXL345. [Žiūrėta 2011 – 05 – 08]. Prieiga per internetą: <http://ros.kpi.ua/downloads/MK_REZ/Datasheets/ADXL345.pdf>.
12. Analoginis skaitmeninis keitiklis MCP3422. [Žiūrėta 2011 – 05 – 01]. Prieiga per internetą: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/22088c.pdf>>.
13. Skaitmeninės sąsajos. [Žiūrėta 2011 – 04 – 11]. Prieiga per internetą: <http://www.msl.ktu.lt/courses/KompKomunikacijos/Skaitm_sasajos.pdf>. 43 p.
14. Universal serial bus specification. [Žiūrėta 2011 – 04 – 25] Prieiga per internetą: <http://www.google.lt/url?sa=t&source=web&cd=3&ved=0CCwQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.perisof.net%2Fengineer%2Fusb_20.pdf&rct=j&q=usb%2020.pdf&ei=R0nlTfHBEIr1-gb_68WNBA&usg=AFQjCNGheSkkoLM9Zvlh8NcQKtGX1ZZ0rw&cad=rja>.
15. Įtampos reguliatorius LM2937. [Žiūrėta 2011 – 06 – 25] Prieiga per internetą: <<http://www.google.lt/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CCIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.national.com%2Fds%2FLM%2FLM2937-2.5.pdf&rct=j&q=lm%202937&ei=HmDITZuWCdDEsgaL2bDrBQ&usg=AFQjCNHa4ydpX7V7OQOGms8MmtXx-mSheg&cad=rja>>.
16. Tesi_Gary_Steri.ADXL345. [Žiūrėta 2011 – 06 – 30]. Prieiga per internetą: <http://www.google.lt/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fveprints.unica.it%2F514%2F1%2FTesi_Gary_Steri.pdf&rct=j&q=Tesi_Gary_Steri.pdf&ei=b5XqTeDJAcTO-QaSwXtDw&usg=AFQjCNFZFcXHpc0XWrlOG_2RFXnz_SSjBA&cad=rja>.

PRIEDAI

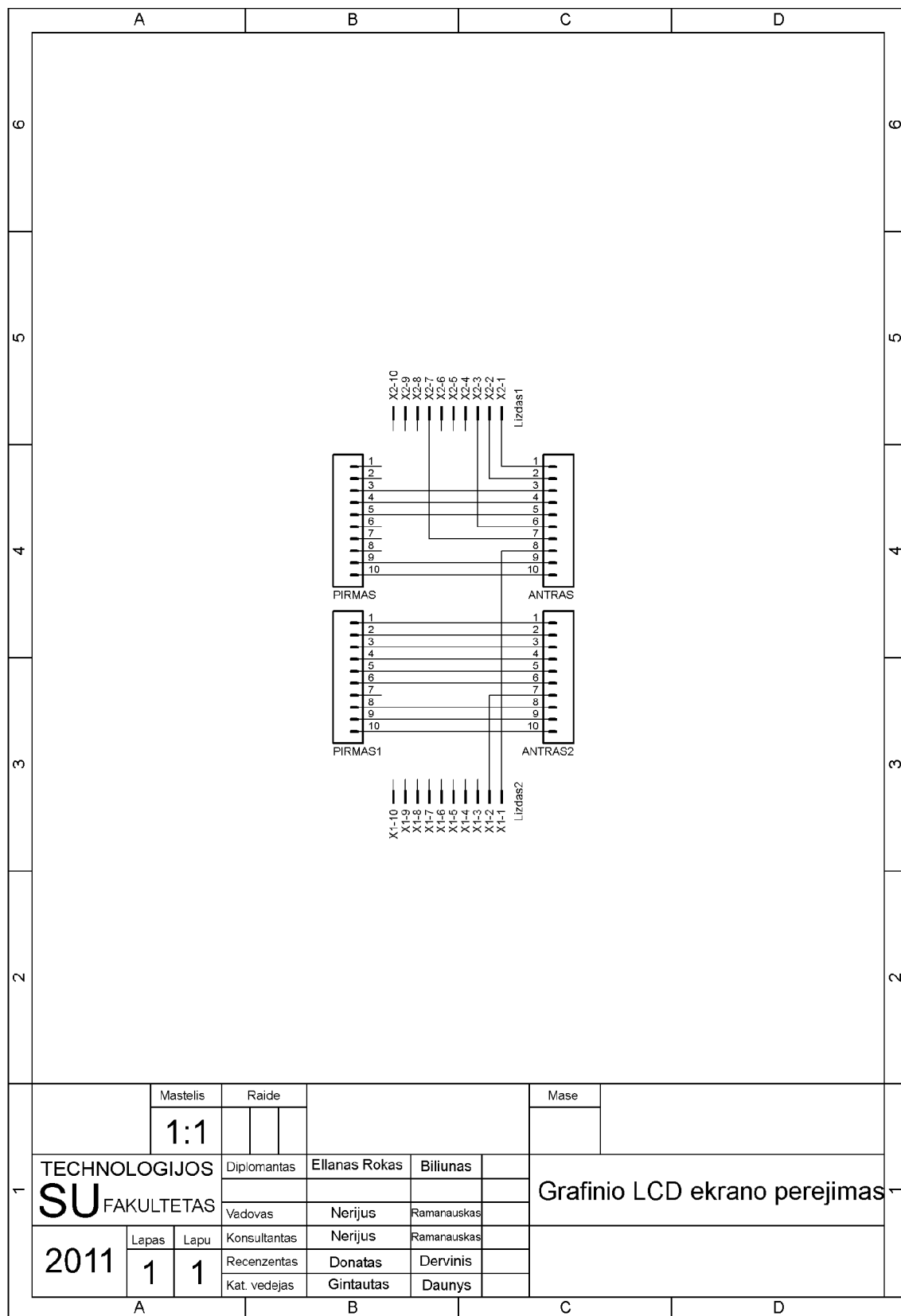
ĮRENGINIO SU SPI SAŠAJA ELEKTRINĖ PRINCIPINĖ SCHEMA



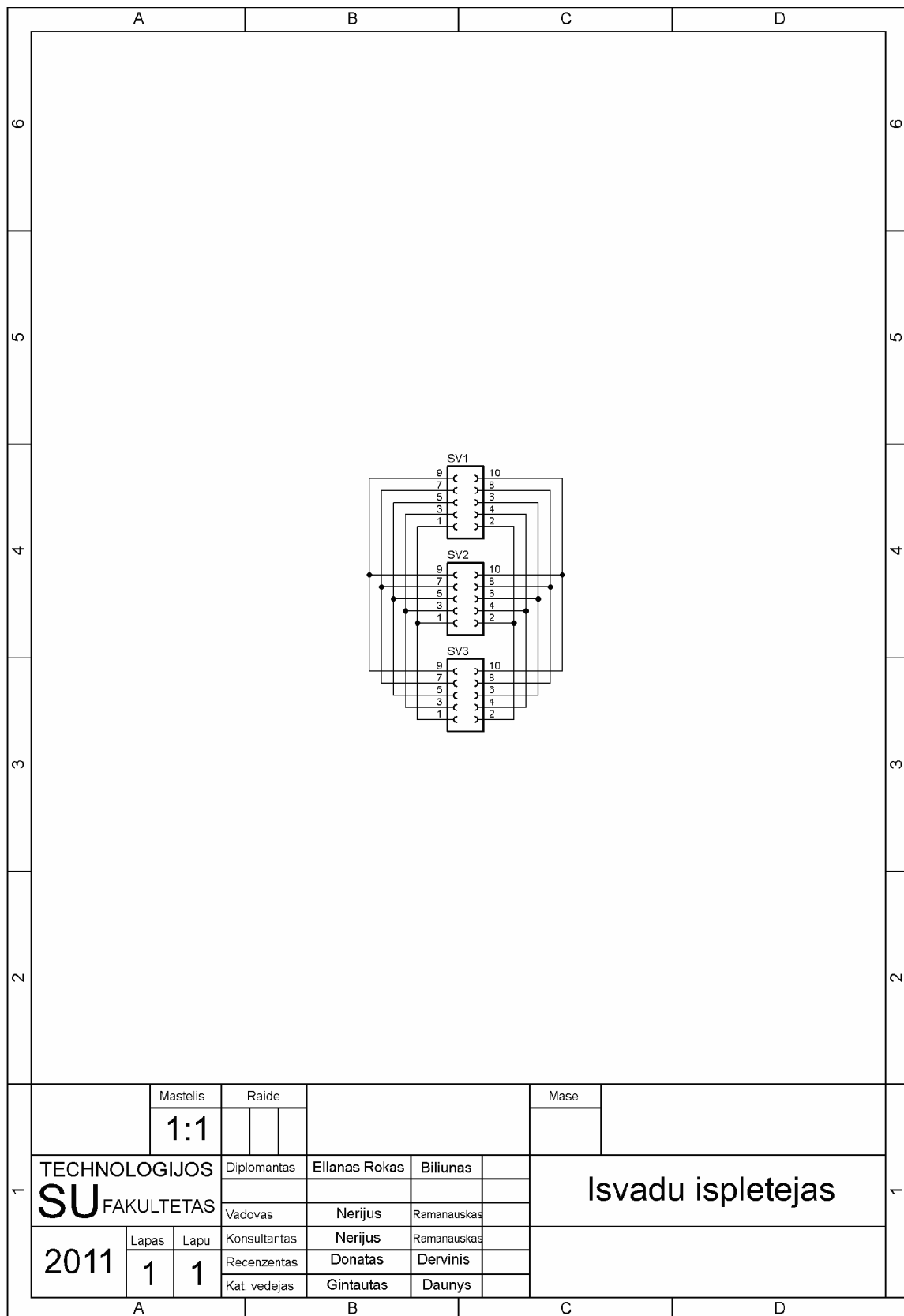
The circuit diagram illustrates an I2C interface module. It features a central SOIC chip labeled 'U\$1' with pins 1 through 8. The power supply is +5V, connected to the module through a 150 ohm resistor (R5) and a 100nF capacitor (C1). A 10uF capacitor (C2) is connected to the +5V supply. The module includes a 3-pin header (JP1) and a 3-pin header (JP2). The module is labeled 'SU' and 'U\$1'.

		Mastelis	Raide		Mase				
		1:1							
TECHNOLOGIJOS		Diplomantas	Ellanas Rokas	Biliunas	Irenginys su I2C sasaja				
SU		Vadovas	Nerijus	Ramanauskas					
2011		Konsultantas	Nerijus	Ramanauskas					
		Recenzentas	Donatas	Dervinis					
		Kat. vedejas	Gintautas	Daunys					

GRAFINIO LCD EKRANO PERĖJIMO ELEKTRINĖ PRINCIPINĖ SCHEMA

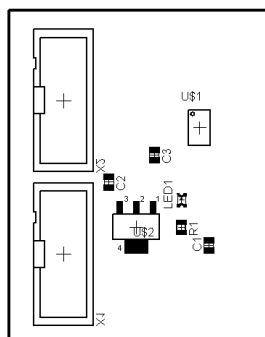


IŠVADŲ IŠPLETĖJO ELEKTRINĖ PRINCIPINĖ SCHEMA



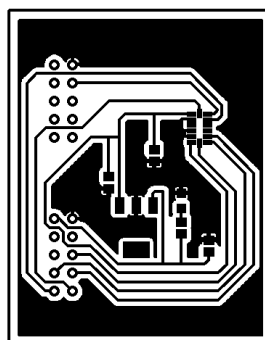
5 PRIEDAS

ĮRENGINIO SU SPI SĄSAJA DETALIŲ IŠDĖSTYMAS mastelis 1:1



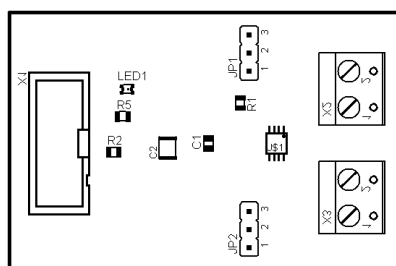
6 PRIEDAS

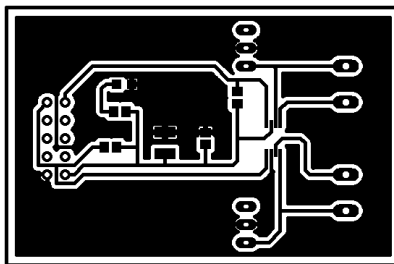
ĮRENGINIO SU SPI SĄSAJA TAKELIŲ IŠDĖSTYMAS mastelis 1:1



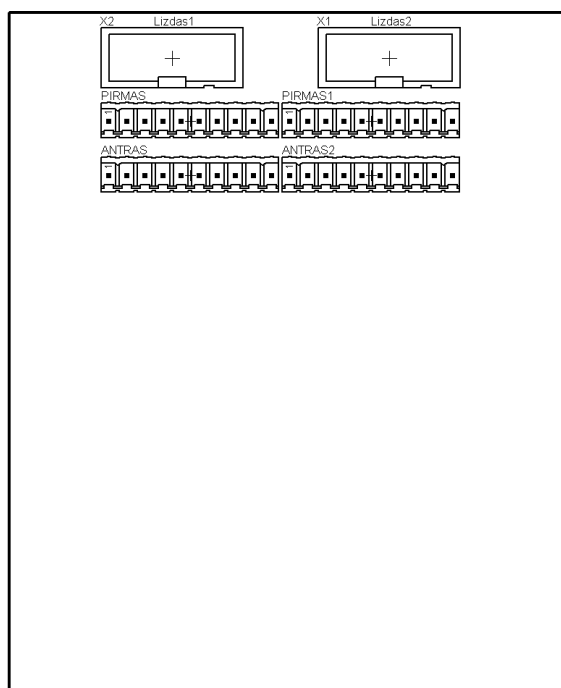
7 PRIEDAS

ĮRENGINIO SU I²C SĄSAJA DETALIŲ IŠDĖSTYMAS mastelis 1:1

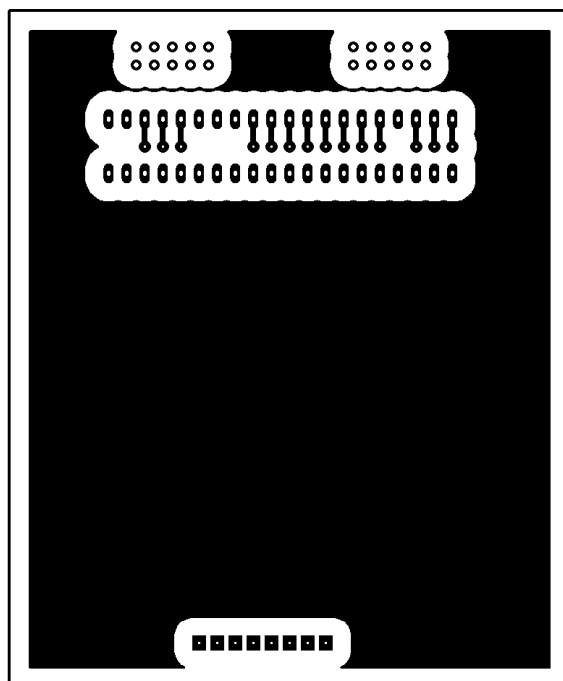


ĮRENGINIO SU I²C SĄSAJA TAKELIŲ IŠDĖSTYMAS mastelis 1:1

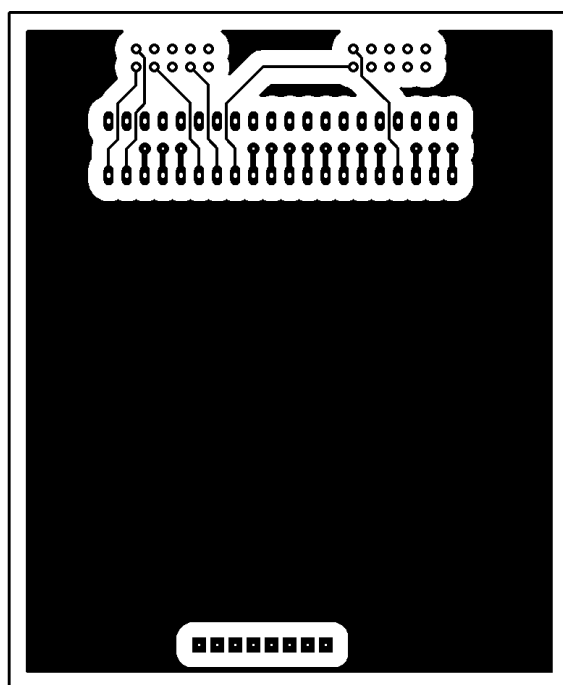
GRAFINIO LCD EKRANO PERĖJIMO DETALIŲ IŠDĖSTYMAS mastelis 1:1



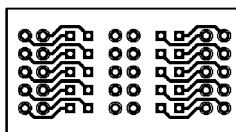
GRAFINIO LCD EKRANO PERĖJIMO TAKLELIŲ IŠDĖSTYMAS (VIRŠUS) mastelis 1:1



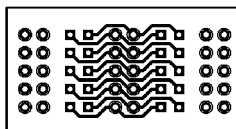
GRAFINIO LCD EKRANO PERĖJIMO TAKLELIŲ IŠDĖSTYMAS (APAČIA) mastelis 1:1



IŠVADŲ IŠPLETĖJO TAKLELIŲ IŠDĖSTYMAS (VIRŠUS) mastelis 1:1



IŠVADŲ IŠPLETĖJO TAKLELIŲ IŠDĖSTYMAS (APAČIA) mastelis 1:1



DETALIŲ SĄRAŠAS ĮRENGINIO SU SPI SĄSAJA

Format.	Zona	Pozicija	Žymėjimas	Pavadinimas			Kiekis	Pastabos
				<i>Mikroschemos</i>				
			U1	ADXL345 LGA			1	
			U2	LM2937 SOT-223			1	
				<i>Lizdai</i>				
			SV1, SV2	2x5 ML10			2	
				<i>Kondensatoriai</i>				
			C1, C3	100nF C0805			2	
			C2	10uF C0805			1	
				<i>Šviesos diodai</i>				
			LED1	SMD 0805			1	
				<i>Rezistoriai</i>				
			R1	150Ω R0805			1	
TECHNOLOGIJOS ŠU FAKULTETAS			Studentas	E. R. Biliūnas			Įrenginys su SPI sąsaja	
			Vadovas	N. Ramanauskas				
			Recenzentas	D. Dervinis				
			Kat. vedėjas	G. Daunys				
2011	Lapas	Lapų						
	1	1						

DETALIŲ SĄRAŠAS ĮRENGINIO SU I2C SĄSAJA

Format.	Zona	Pozicija	Žymėjimas	Pavadinimas	Kiekis	Pastabos
				<i>Mikroschemos</i>		
			U1	MCP3422 SOIC	1	
				<i>Lizdai</i>		
			SV1	2x5 ML10	1	
			SV2, SV3	TB x2	2	
				<i>Kontaktai</i>		
			JP1, JP2	2x3	2	
				<i>Kondensatoriai</i>		
			C1	100nF C0805	1	
			C2	10uF C0805	1	
				<i>Šviesos diodai</i>		
			LED1	SMD 0805	1	
				<i>Rezistoriai</i>		
			R1, R2	10kΩ R0805		
			R5	150Ω R0805	2	
TECHNOLOGIJOS ŠU FAKULTETAS			Studentas	E. R. Biliūnas		Įrenginys su I2C sąsaja
			Vadovas	N. Ramanauskas		
			Recenzentas	D. Dervinis		
			Kat. vedėjas	G. Daunys		
2011	Lapas	Lapų				
	1	1				

DETALIŲ SĄRAŠAS GLCD PERĖJIMO

Format.	Zona	Pozicija	Žymėjimas	Pavadinimas	Kiekis	Pastabos
				<i>Lizdai</i>		
			Lizd.1, Lizd. 2	2x5 ML10	2	
			SV2, SV3	TB x2	2	
			Antr., Antr.2	MO 20	1	
			Pirm., Pirm,1	MO 20	1	
TECHNOLOGIJOS ŠU FAKULTETAS			Studentas	E. R. Biliūnas		GLCD perėjimas
			Vadovas	N.Ramanauskas		
			Recenzentas	D. Dervinis		
			Kat. vedėjas	G. Daunys		
2011	Lapas	Lapų				
	1	1				

DETALIŲ SĄRAŠAS IŠVADŲ IŠPLĖTĖJO

Format.	Zona	Pozicija	Žymėjimas	Pavadinimas	Kiekis	Pastabos
				<i>Lizdai</i>		
			SV1,SV2, SV3	2x5 ML10	3	
TECHNOLOGIJOS ŠU FAKULTETAS			Studentas	E. R. Biliūnas		Išvadų išplėtėjas
			Vadovas	N.Ramanauskas		
			Recenzentas	D. Dervinis		
			Kat. vedėjas	G. Daunys		
2011	Lapas	Lapų				
	1	1				

LABORATORINIŲ DARBŲ UŽDUOTYS STUDENTAMS

KOMPAKTINĖ PLOKŠTELĖ (CD)