

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS KATEDRA

Paulius Šidlauskas

PATALPOS MIKROKLIMATO DUOMENŲ SURINKIMO ĮRENGINYS

Bakalauro darbas

Vadovas

lekt. dr. N. Ramanauskas

ŠIAULIAI, 2011

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
doc. dr. G. Daunys

2011 06

PATALPOS MIKROKLIMATO DUOMENŲ SURINKIMO ĮRENGINYS

Elektronikos inžinerijos bakalauro darbas

Vadovas

lekt. dr. N. Ramanauskas

2011 06

Atliko

R7 gr. stud. P. Šidlauskas

2011 06

Recenzentas

lekt. D. Dervinis

2011 06

ŠIAULIAI, 2011

Šidlauskas P.. Indoor microclimate data logger. Thesis of Electronic Bachelor. Engineering and research adviser Dr. N. Ramanauskas; Electronics Department, Technology Faculty, Šiauliai University. – Šiauliai, 2011. – 55

SYMMARY

The entire countries world wide including Lithuania is undergoing rapid evolution of electronic development, including indoor microclimate monitoring. Today's modern technology allows not only receive digital data from sensors, but also to consistently monitor it, maintain the desired data storing period and use it for climate control management. Indoor climate data monitoring devices were used for this work.

Electronics Bachelor thesis topic is – “Indoor microclimate data logger”. The main task of the work is – to design and manufacture this model device. Following similar projects and technology reviews this device operating principle was chosen: electronic, digital sensors are used to collect information about weather condition; memory card is used to register parameters; real-time monitoring is done using internet, all data appears in Web page by Ethernet support.

TURINYS

1.ĮVADAS.....	8
2.PANAŠIŲ ĮRENGINIŲ ANALIZĖ	9
2.1 "OldSpring" projektas – Temperatūros ir drėgmės duomenų surinkimo įrenginys	9
2.2 Meteorologinė stotelė.....	10
2.3 Oro stotelė ethernet'u.....	11
3.TECHNOLOGIJŲ APŽVALGA	13
3.1 SD atminties kortelė	13
3.2 Ethernet'as	15
3.3 Jutikliai.....	18
3.3.1 Temperatūros jutiklių analizė	18
3.3.2 Slėgio jutiklių analizė	19
3.3.3 Drėgmės jutiklių analizė	20
4.STRUKTŪRINĖS SCHEMOS SUDARYMAS	22
5.ELEKTRINĖS PRINCIPINĖS SCHEMOS SUDARYMAS.....	23
5.1 Mikrovaldiklio grandinė	23
5.2 Maitinimo grandinė.....	26
5.3 RTC grandinė	26
5.4 Jutiklių grandinė	27
5.5 SD kortelės grandinė	28
5.6 Ethernet'o grandinė	29
6.SPAUSDINTO MONTAŽO PLOKŠTĖ	32
7. PROGRAMINĖ ĮRANGA MIKROVALDIKLIUI.....	33
7.1 Pagrindinė mikrovaldiklio programa	33
7.2 RTC paprogramė.....	34
7.3 Jutiklio MPL115A2 paprogramė	34
7.4 Jutiklio SHT15 paprogramė	36
7.5 SD kortelės paprogramė	38
7.6 Web serverio paprogramė	39
8.ĮRENGINIO BANDYMAI	41
8.1 Web paprogramės bandymai	41
8.2 SD kortelės paprogramės bandymai.....	42
8.3 Jutiklių ir RTC bandymai	42
8.3 Įrenginio bandymai	43
IŠVADOS	45
LITERATŪRA	46

PRIEDAI

1 priedas. Įrenginio elektrinė principinė schema	49
2 priedas. Elementų išdėstymas ant spausdinto montažo plokštės iš viršaus	50
3 priedas. Elementų išdėstymas ant spausdinto montažo plokštės iš apačios	51
4 priedas. Takelių išdėstymas ant spausdinto montažo plokštės iš viršaus	52
5 priedas. Takelių išdėstymas ant spausdinto montažo plokštės iš apačios	53
6 priedas. Detalių sąrašas	54
7 priedas. Kompaktinė plokštelė (CD)	55

LENTELĖS

3.1 Protokolų steko lygmenys	15
3.2 Kabelių kategorijos	16
3.3 Jutiklių savybės	21

PAVEIKSLAI

2.1 pav. „OldSpring“ projekto elektrinė principinė schema	9
2.2 pav. Duomenų ataskaita	10
2.3 pav. „Meteorologinė stotelė“ elektrinė principinė schema	10
2.4 pav. „Oro stotelė ethernet'u“ jutiklių elektrinė principinė schema	11
2.5 pav. „Oro stotelė ethernet'u“ web naršyklėje	12
3.1 pav. 9 kontaktų SD kortelė	13
3.2 pav. SD sąsajos jungimas	14
3.3 pav. SPI sąsajos jungimas	14
3.4 pav. Ethernet'o standartai	16
3.5 pav. Ethernet'o kadras	17
3.6 pav. Termoporos veikimo principas	19
3.7 pav. Pjezorezistorinio jutiklio sandara	20
3.8 pav. Santykinės oro drėgmės jutikliai	20
4.1 pav. Patalpos mikroklimato duomenų surinkimo įrenginio struktūrinė schema	22
5.1 pav. Mikrovaldiklio grandinė	24
5.2 pav. ICSP jungtis	24
5.3 pav. Maitinimo grandinė	26
5.4 pav. RTC grandinė	26
5.5 pav. Jutiklių grandinė	27
5.6 pav. SD kortelės grandinė	28
5.7 pav. Gamintojo rekomenduojama ethernet'o jungimo schema	29
5.8 pav. Ethernet'o grandinė	30
5.9 pav. RJ-45 lizdo SI-60062-F principinė schema	30
6.1 pav. Spausdinto montažo plokštė iš viršaus ir apačios	32
7.1 pav. Pagrindinis programos algoritmas	33
7.2 pav. RTC algoritmas	34
7.3 pav. Slėgio duomenų baitai	34
7.4 pav. Jutiklio MPL115A2 paprogramės algoritmas	36
7.5 pav. Jutiklio SHT15 komandos	36
7.6 pav. Jutiklio SHT15 paprogramės algoritmas	38
7.7 pav. SD kortelės paprogramės algoritmas	39
7.8 pav. Web serverio paprogramės algoritmas	40
8.1 pav. Ping komanda	41
8.2 pav. Testinis Web puslapis	42
8.3 pav. SD kortelės antraštė	42
8.4 pav. MPL115A2 jutiklio baitinės reikšmės	43
8.5 pav. Web puslapis	43
8.6 pav. SD kortelės saugomas tekstinis failas	44

1.IVADAS

Patalpos, kuriose praleidžiame didžiąją dalį laiko, turi didelę įtaką žmogaus organizmo termoreguliacijai, kuri yra būtina gyvybei ir darbingumui palaikyti.

Žmogui sunku nustatyti oro drėgnumą, tikslią temperatūrą ar slėgį vien tik savo pojūčiais. O ypač tai sunku padaryti kai esama patalpoje, kurioje mikroklimato sąlygos keičiasi nežymiai. Taigi jau 1597 metais Galileo Galilėjus sugalvojo pirmąjį termometrą, kurį kiekvienas iš mūsų ir dabar naudojame temperatūrai nustatyti. Šiandien turime daugybę įvairiausių tipų ir rūšių mikroklimato matavimo prietaisų ir jų panaudojimo galimybių.

Lietuvoje kaip ir visame pasaulyje sparčiai vyksta elektronikos raida, įskaitant ir patalpų mikroklimato stebėjimą. Šiuolaikinės technologijos leidžia ne tik skaitmeniniu būdu gauti duomenis iš jutiklių, bet ir nuosekliai stebėti, juos išsaugoti norimu intervalu bei panaudoti mikroklimato įrenginių valdymui. Šiam darbui atlikti naudojami patalpų mikroklimato duomenų stebėjimo įtaisai.

Šio bakalauro darbo tikslas: suprojektuoti ir pagaminti „Patalpos mikroklimato duomenų surinkimo įrenginį“. Įrenginys turi, surinkti reikiamą informaciją iš jutiklių apie mikroklimato sąlygas, saugoti gautus duomenis, perduoti juos į kompiuterį nuotoliniam stebėjimui.

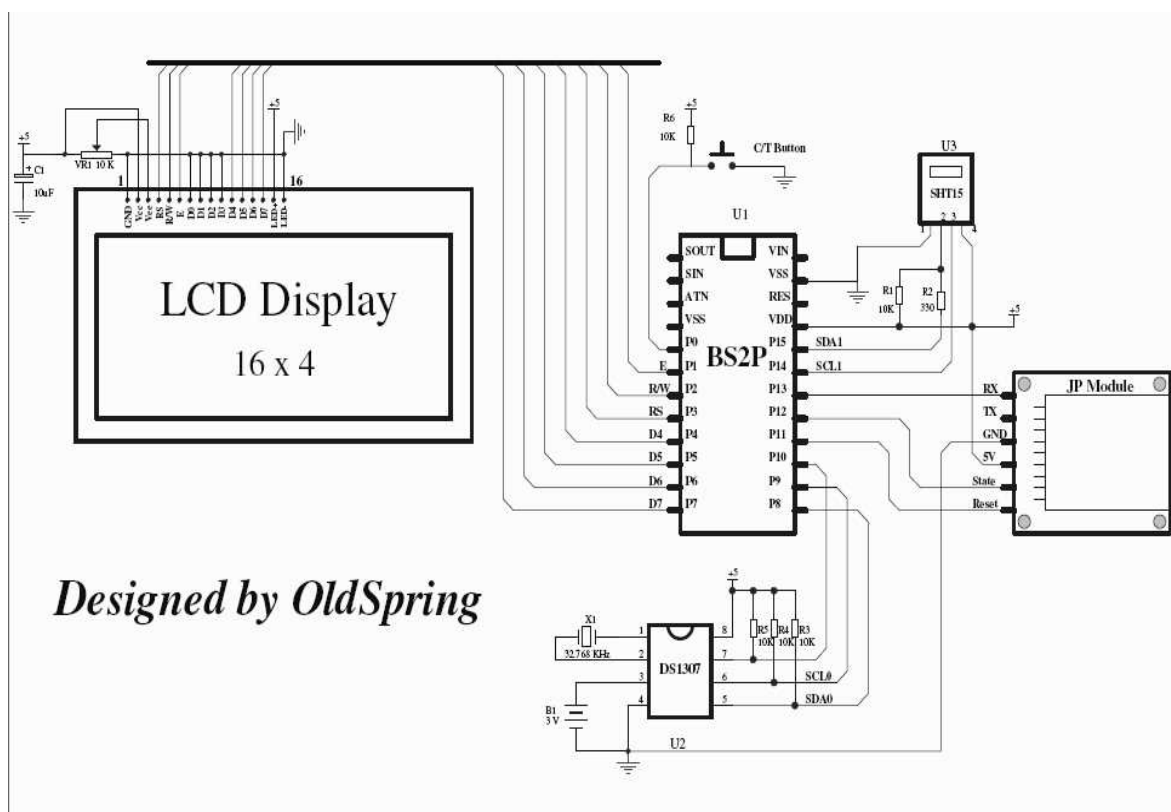
Šiam tikslui pasiekti bus aptartos ir pasirinktos apdorojimo, saugojimo ir perdavimo technologijos. Vėliau bus suprojektuotas maketas: sudaroma struktūrinė ir principinė schemos bei gaminama spausdinto montažo plokštė. Po to bus išanalizuotas įrenginio veikimas ir su juo atlikti matavimų bandymai.

2.PANAŠIŲ ĮRENGINIŲ ANALIZĖ

Šiame skyriuje pateikiama panašių įrenginių analizė. Kurioje išanalizuotos įrenginių "OldSpring" projektas - Temperatūros ir drėgmės duomenų surinkimo įrenginys", "Oro stotelė", "Oro stotelė ethernet'u" galimybės bei ypatumai.

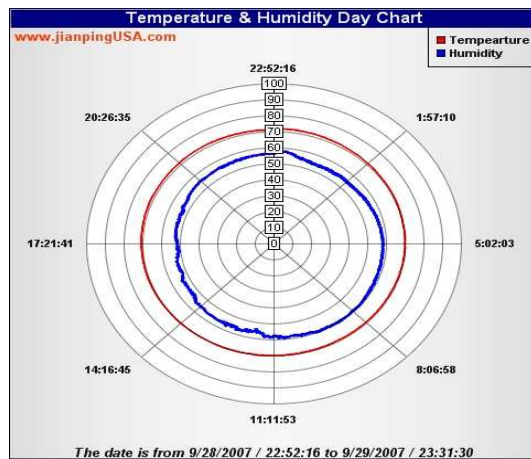
2.1 "OldSpring" projektas – Temperatūros ir drėgmės duomenų surinkimo įrenginys

"Temperatūros ir drėgmės duomenų surinkimo įrenginys" [1] elektrinė principinė schema pateikta 2.1 paveiksle. Pagaminta "BASIC Stamp" modulio pagrindu. "BASIC Stamp 2P" modulis turi integruotą "Parallax" gamintojo sukurtą mikrovaldiklį SX48BD, kuris atlieka reikiamas operacijas. Šalia "BS 2P" modulio yra: "JP" modulis, per kurį yra saugomi duomenys į MMC/SD atminties kortelę; 16x4 LCD ekranas, skirtas atvaizduoti duomenis realiu laiku; SHT15 drėgmės ir temperatūros jutiklis, matuoti duomenims; RTC (angl. Real Time Clock), atvaizduoti ir saugoti duomenis pagal realų laiką ir datą.



2.1 pav. "OldSpring" projekto elektrinė principinė schema

"JP" modulio išsaugotus duomenis galima apdoroti Web puslapyje (2.2 pav.), kur pateikiama duomenų svyravimų ataskaita.

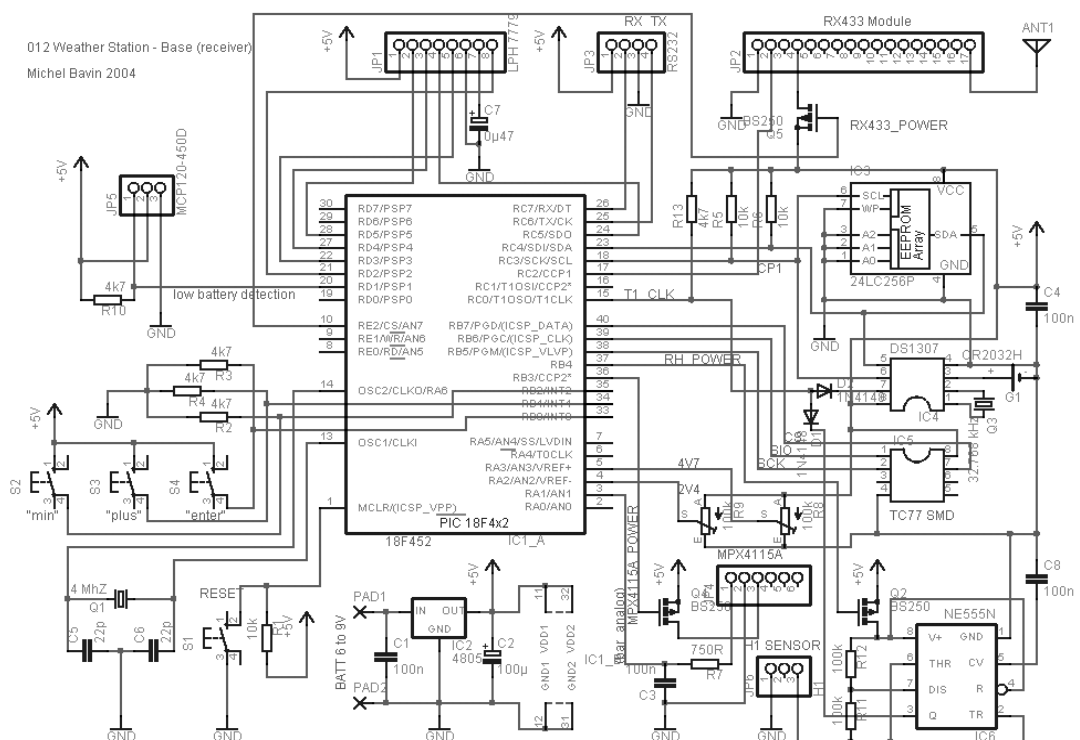


2.2 pav. Duomenų ataskaita

Trūkumai - nėra suprojektuotos sąsajos su kompiuteriu. Privalumas - duomenys iš MMC/SD atminties kortelės apipavidalinami Web puslapyje.

2.2 Meteorologinė stotelė

Kitas įrenginys "Meteorologinė stotelė" (angl. "Weather Station") [2]. Autoriaus sudaryta principinė schema pateikta 2.3 paveiksle. Įrenginys pagamintas "Laipac Tech." gamintojo RX+TX433 bevielio ryšio valdiklio pagrindu. Visas valdymo funkcijas atlieka PIC18F452 mikrovaldiklis.



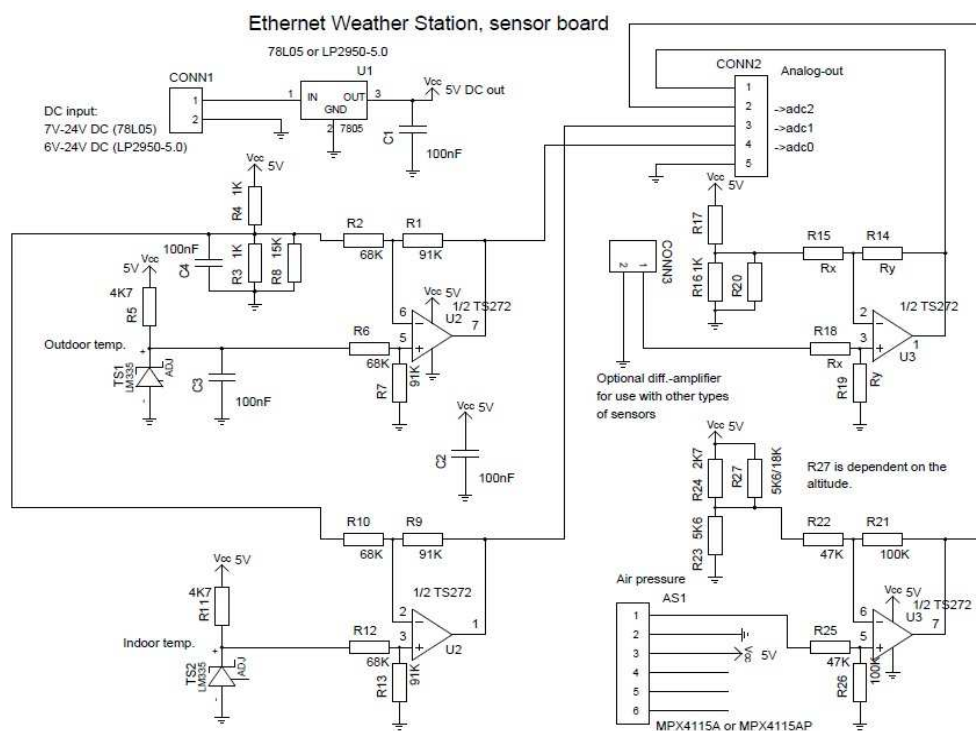
2.3 pav. "Meteorologinė stotelė" elektrinė principinė schema

Jo valdomos funkcijos : RX+TX433 bevielio ryšio valdiklis, priimti ir siųsti duomenis iš nuotolinės plokštės; LCD ekranas duomenų atvaizdavimui; valdymo mygtukai, nustatymams keisti; vidaus ir išorės temperatūros jutikliai, matuoti temperatūrą lauke ir patalpoje; slėgio jutiklis, slėgio matavimui; žemos įtampos detektorius, senkančio maitinimo elemento aptikimui; taimeris, laiko matavimui; RTC, realaus laiko ir datos skaičiavimui; išorinis EEPROM, duomenų saugojimui; įtampos stabilizatorius, tiekti reikiamą įtampą.

Trūkumai - nėra programavimo lizdo, galima tik testavimas per RS232 jungtį. Prieš tai būtina atlikti reguliarių mikrovaldiklio užprogramavimą. Privalumai - "Meteorologinė stotelė" maitinama elementais, todėl yra nešiojamas įrenginys, bevielio ryšio valdiklis suteikia galimybę gauti iš sensorių duomenis dideliu atstumu ir be jokių laidų.

2.3 Oro stotelė ethernet'u

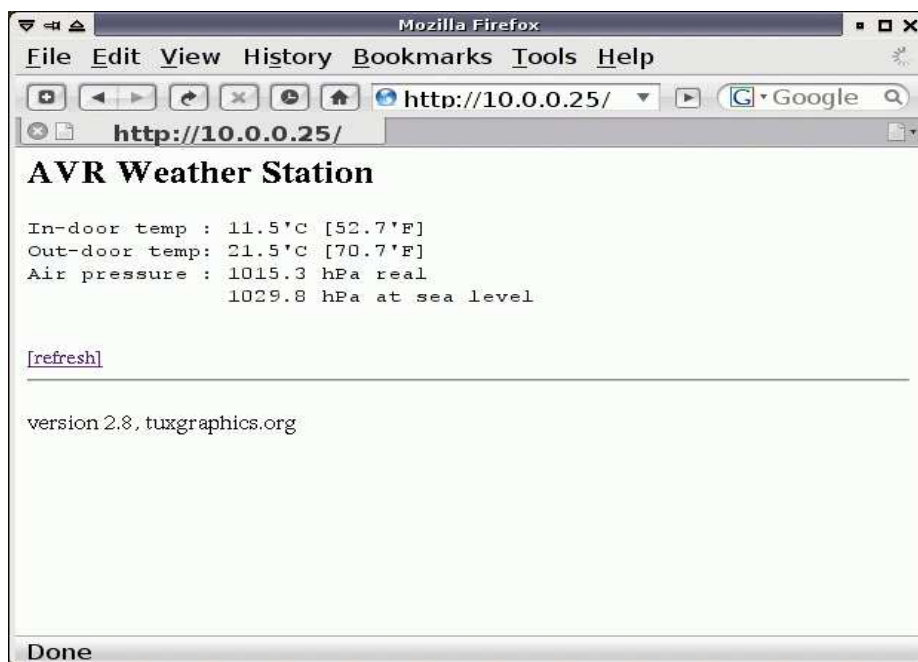
Tai specializuotas Web serveris, kuris sukurtas Microchip ENC28J60 ethernet'o valdiklio pagrindu ir jutiklių plokštė, prijungta kaip išorinis elementas [3]. Web serverio plokštės pagrindinė dalis mikrovaldikis Atmega 328p, kuris vykdo programos kodą. Mikrovaldiklio palaikomos periferijos : ENC28J60 ethernet'o valdiklis, ryšiui su LAN palaikyti per Magjack jungtį; LCD ekranas duomenų atvaizdavimui; ISP (angl. In System Programming) jungtis; mikrovaldiklio užprogramavimui. Jutiklių plokštė (2.4 pav.) prijungta į Web serverio plokštės ADC (angl. Analog Digital Converter) kanalus.



2.4 pav. "Oro stotelė ethernet'u" jutiklių elektrinė principinė schema

Jutiklių plokštę sudaro: išorės ir vidaus temperatūros jutikliai, slėgio jutiklis ir maitinimo įtampos stabilizatorius.

"Oro stotelė ethernet'u" įrenginys turi prieigą per Web naršyklę (pav. 2.5). Joje galima matyti vidaus ir lauko temperatūrą, bei atmosferos slėgį.



2.5 pav. "Oro stotelė ethernet'u " web naršyklėje

Privalumas - galimybė prijungti papildomą jutiklį. ISP jungtis, programai atnaujinti.
Trūkumas - yra naudojamas išorinis maitinimo įtampos stabilizatorius; nėra iš jutiklių gautų duomenų saugojimo įrenginio.

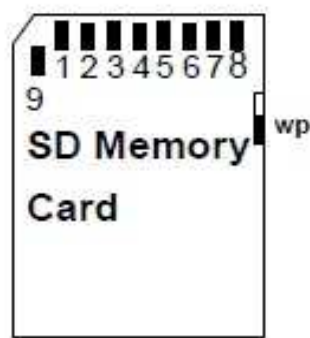
3. TECHNOLOGIJŲ APŽVALGA

Šiame skyriuje apžvelgsime naudojamą technologijas: atminties kortelę, ethernet'o protokolą bei pagrindinius metrologinių jutiklių tipus.

3.1 SD atminties kortelė

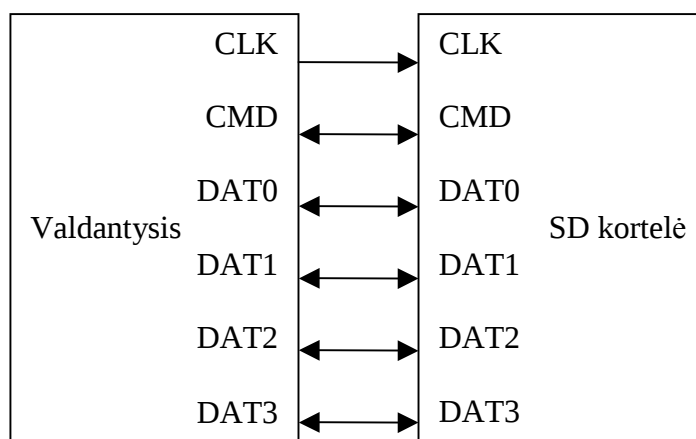
SD atminties kortelė (Secure Digital Memory Card) [4] - tokia kortelė, kuri specialiai sukurta atitikti saugumo, talpumo, eksploatacijos reikalavimus šiuolaikinėje elektronikoje. SD kortelės turi autorinių teisių apsaugos mechanizmą, kuris atitinka SDMI (Secure Digital Music Initiative) saugumo standartą. Kortelės apsaugos sistema naudoja savitarpinę autentifikacijos būdą, kad apsaugoti nuo nepageidaujamo duomenų panaudojimo.

SD atminties kortelės komunikacija remiasi pažangia 9 kontaktų sąsaja su įrašymo apsaugos jungtuku (3.1pav.) (Clock linija, Command linija, 4xData linijos ir 3xPower linijos), kuri gali dirbti maksimaliu 25Mhz dažniu, bei esant mažai maitinimo įtampai (2.0 - 3.6V).



3.1pav. 9 kontaktų SD kortelė

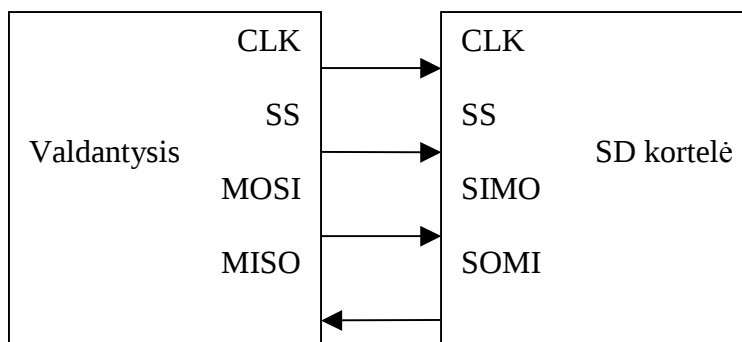
SD atminties kortelės sistema palaiko du skirtingus alternatyvius komunikacijos protokolus: SD ir SPI. Programa gali rinktis bet kurį iš šių protokolų. Pasirinkimą atlieka informaciją priimančias įrenginys. Kortelė automatiškai aptinka pasirinktą protokolą atliekant *reset* komandą ir nuo tada tikisi, kad tolesnė komunikacija bus vykdoma tuo pačiu protokolu. SD sąsaja veikia "Master-Slave" principu, naudojama nuosekliam duomenų perdavimui (3.2pav.). Ši sąsaja naudoja keturias dvikryptes duomenų perdavimo linijas (DAT0 - DAT3) ir dvi valdymo linijas (CLK, CMD).



3.2pav. SD sąsajos jungimas

- CLK - (angl. Clock) per šį signalą kortelė gauna taktinį dažnį;
- CMD - (angl. Command/Response signal) dvikryptė komandinė/atsakymų linija;
- DAT0 - DAT3 -(angl. Data line) dvikryptės duomenų gavimui bei siuntimui skirtos linijos.

SPI sąsaja veikia taip pat "Master-Slave" principu, nuosekliam ir sinchronizuotam duomenų perdavimui (3.3pav). Ši sąsaja turi dvi valdymo (CLK,SS), bei dvi duomenų perdavimo linijas (MOSI,MISO).



3.3pav. SPI sąsajos jungimas

- CLK - (angl. Clock) per šį signalą kortelė gauna taktinį dažnį;
- SS - (angl. Slave Selection) parenkamas valdomasis įrenginys;
- MOSI, SIMO - (angl. Master Out Slave In, Slave In Master Out) šis signalas skirtas perduoti duomenis iš valdančiojo įrenginio valdomajam;
- MISO, SOMI - (angl. Master In Slave Out, Slave Out Master In) šiuo signalu perduodami duomenys valdančiajam iš valdomojo.

3.2 Ethernet'as

Ethernet'as – tai kompiuterių tinklų technologija lokaliems tinklams (LAN) [5][6]. Šio tipo tinklas taip pat pasitarnavo IEEE-802.3 reikalavimams suformuluoti. Šiuo metu Ethernet'o ir IEEE-802.3 protokolai užima vieną pagrindinių vietų LAN protokolų šeimoje. Interneto protokolų stekas skirstomas į lygmenis, pateiktoje lentelėje:

3.1 Lentelė

Protokolų steko lygmenys

I lygis	Taikomasis lygis
II lygis	Transportinis lygis
III lygis	Tinklinis lygis
IV lygis	Kanalinis lygis
V lygis	Fizinis lygis

Taikomasis lygmuo yra realizuojamas programiškai, jis atsakingas už taikomųjų programų palaikymą, pvz.: HTTP - Web.

Transportinis lygmuo taip pat realizuojamas programiškai, palaiko taikomojo lygmens pranešimų perdavimą, tarp serverio ir kliento, pvz.: TCP ir UDP protokolai.

Tinklinis lygmuo padaromas kombinacija tarp programinių lygmenų ir techninės įrangos, pvz.: IP ir maršrutizavimo algoritmai.

Kanalinis lygmuo realizuojamas tik techninėje įrangoje ir yra skirtas perduoti freimams tarp dviejų įrenginių.

Fizinis lygmuo yra techninė įranga, pvz.: maršrutizatoriai, kompiuteriai.

Aptarsiu dažniausiai naudojamą taikomųjų programų palaikymui skirtą protokolą HTTP (angl. Hyper Text Transfer Protocol). Tai yra pagrindinis metodas pasiekti informaciją pasauliniame tinkle. Pagrindinė protokolo paskirtis - pateikti standartinį būdą HTML (angl. Hyper Text Markup Language) puslapių skelbimui ir skaitymui. Jis naudoja transportinį TCP protokolą, standartiškai sujungus su serveriu per 80 port'ą pagal nutylėjimą. HTTP yra užklauso - atsakymo protokolas, jungiantis klientą ir serverį. HTTP klientas inicijuoja prisijungdamas TCP/IP ryšiu prie tam tikro nutolusio kompiuterio prievado (Port 80). HTTP serveris klausosi šio prievado, laukdamas kliento užklauso, pavyzdžiui "GET/HTTP/1.1", bei susijusio informacijos pranešimo, nusakančio užklauso prigimtį. Gavęs užklausą, serveris atgal atsiunčia atsakymo eilutę ("200 OK" sėkmės atveju), ir susijusį pranešimą, kuris dažniausiai yra HTML puslapis. HTTP turi dvi versijas HTTP1.0 ir HTTP1.1.

Ethernet'as taip pat apibrėžia skirtingus greičius, kabelius, jų jungtis ir topologiją, bei turi skirtingus standartus. Ethernet'as kaip terminas - dažnai naudojamas apibrėžti visus tinklus, kurie naudoja daugkartinės prieigos su nešlio kontrole ir konfliktų aptikimų metodą (CSMA/CD- Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection). Šio tipo tinklai iš esmės atitinka Ethernet bei IEEE-802.3 reikalavimus [7].

Aptarkime specifinę ethernet'o techninę įrangą, be kurios tai būtų neįmanoma įsivaizduoti. Yra trys pagrindinės ethernet'o techninės įrangos rūšys: ethernet'o kortelė arba adapteris, ethernet'o kabelis ir ethernet'o maršrutizatorius. Ethernet'o kortelė arba adapteris yra sumontuoti visuose įrenginiuose, kurie jungiasi prie tinklo per ethernet'o kabelį. Tai yra techninė įranga per kurią kompiuteris ar kitas prietaisais siunčia ir priima duomenų paketus tinkle ir internete. Ethernet'o kabeliai egzistuoja įvairiausių kategorijų (3.2 lentelė) [8], bet dažniausiai naudojama penkta ir šešta kategorijos.

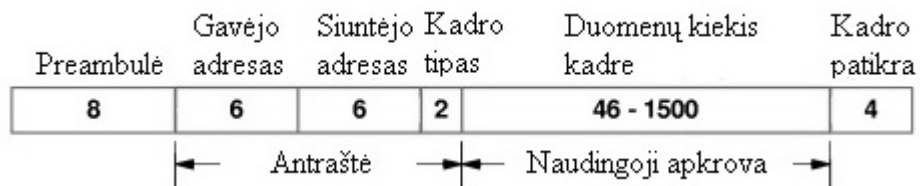
3.2 lentelė

Kabelių kategorijos		
Kategorija	Maksimalus perdavimo greitis	Ypatumai
CAT3	16Mbps	Balso perdavimui, 10BASE-T Ethernet
CAT4	20Mbps	Buvo tik standartu, bet nepaplitęs
CAT5	100Mbps	100Mhz, 10/100BASE-T Ethernet
CAT5e	iki 1Gbps	100Mhz, Gigabit Ethernet
CAT6	iki 10Gbps	iki 250Mhz, 10GBASE-T

Kabelis Cat5 sudarytas iš keturių poromis susuktų laidų patalpintų PVC apvalkale. Toks kabelis gali pasiekti 100Mb/s greitį perduodant duomenis. Nuo to laiko Cat5 kabeliai buvo pervadinti į Cat5e ("e" raidelė atitinka "enhanced" iš angl.k. reiškia sustiprintas), pagerintos specifikacijos kabelis duomenis perduoda iki 1Gb/s greičiu. Abi kabelių rūšys gali veikti esant 100Mhz dažniui, bet yra limituotas kabelio ilgis iki 100 metrų. Ethernet'o tinklai dirbantys su tokia technologija (įskaitant maršrutizatorius) yra žinomi kaip 10BASE-T (greitis iki 10Mb/s), 100BASE-T (greitis iki 100Mb/s) ar 1000BASE-t (greitis iki 1Gb/s) pavadinimais. Šeštosios kategorijos (Cat6) kabelis taip pat turi keturias vytas poras ir yra suderinamas su Cat5/Cat5e instaliacijomis, bet atitinka griežtesnes interferencijos sąlygas. Cat6 kabelis dirba prie 250Mhz dažnio ir pasiekia iki 10Gb/s duomenų perdavimo greitį.

Paskutinioji techninės įrangos dalis yra maršrutizatorius, jis naudojamas tinklui sudaryti tarp daugiau nei dviejų kompiuterių, bei tarnauja kaip tiltas su Internetu. Maršrutizatorius tikrina gavėjo ir siuntėjo adresus siunčiant kiekvieną paketą duomenų, ir naudoja šią informaciją atskiriant kuris įrenginys prijungtas prie tam tikro port'o. Kai maršrutizatorius gauna duomenų paketą su

priskirtu MAC'o (angl. Media Access Control address) adresu (pav.3.5), jis gali tiesiai nukreipti duomenis į port'ą, kuriame prijungtas MAC'o adrese nurodytas įrenginys. Tokiu būdu visi likę maršrutizatoriaus port'ai yra laisvi, bei taip išvengiama duomenų paketų susidūrimų.



pav. 3.5 Ethernet'o kadras

Duomenys, ethernet'o tinkle, keliauja paketais dar vadinamais kadrtais. Kadra sudaro MAC'o antraštė, kurioje gavėjo ir siuntėjo adresai ir eterio rūšis, siunčiami duomenys (naudingoji apkrova) ir kadro patikra. Eterio rūšis identifikuoja protokolą, kuris bus siunčiamas kadre. Kadro patikra (angl. Frame check sequence) aptinka pakeitimus, kurie galėjo įvykti atliekant perdavimą. Didžiausias kadras yra ethernet'o kadras, nešantis daugiau nei 1,500 baitų duomenų.

3.3 Jutikliai

3.3.1 Temperatūros jutiklių analizė

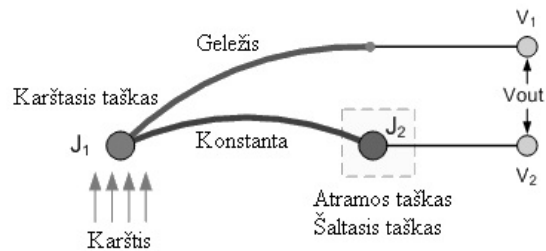
Egzistuoja daugybė temperatūros jutiklių rūšių ir kiekviena turi skirtingas charakteristikas, priklausomai kur yra naudojami. Temperatūros jutikliai išskiriami į dvi grupes:

- Sąlytiniai - šie jutikliai privalo turėti fizinį kontaktą su objektu, kurio temperatūra norima matuoti ir laidumo principu stebi temperatūros pasikeitimus. Naudojami kietuose medžiagose, skysčiuose ar dujose plačiame temperatūros diapazone;
- Nesąlytiniai - šios rūšies jutikliai naudoja konvekcijos ir spinduliavimo principą temperatūrai matuoti. Naudojami skysčiuose ir dujose, kai jutiklis matuoja spinduliuojamą energiją temperatūrai kylant ar krentant.

Aptarsiu pačius dažniausiai sutinkamus temperatūros jutiklių rūšis [9]:

- *Termostatas* yra sąlytinis, elektromechaninis temperatūros jutiklis arba jungiklis, kurį praktiškai sudaro dvi skirtingo metalo plokštelės sujungtos į vieną, suformuojant bimetalinę juostelę. Taigi, esant skirtingoms metalų lankstumo savybėms, karštis ar šaltis priverčia juostelę lenktis. Bimetalinė juostelė yra naudojama vandens šildymo elementuose: karšto vandens katiluose, mašinų aušinimo sistemos radiatoriuose.
- *Termistorius* - dar viena plačiai naudojama jutiklių rūšis. Jis yra rezistorius, kuris keičia fizinį pasipriešinimą keičiantis temperatūrai. Termistorius pagrinde pagaminti iš keraminių puslaidininkinių medžiagų t.y. nikelio oksido, mangano ar kobalto padengto stiklu. Didžioji dauguma termistorių turi neigiamą temperatūrinį koeficientą. Jų atsparumas mažėja kylant temperatūrai. Dalis veikia atvirkščiai, kylant temperatūrai, atsparumas didėja. Reakcijos greitis, tikslumas, pakartojamumas - pagrindiniai šio jutiklio pranašumai.
- *RTD* (angl. Resistive Temperature Detectors) - elektrinio atsparumo jutikliai. RTD jutikliai pagaminti iš gryno metalų junginio, tokių kaip platina, varis ar nikelis susuktų į spiralę, kurių elektrinis atsparumas keičiasi temperatūros funkcija. Elektrinio atsparumo ir temperatūros priklausomybė yra tiesinė, duodanti labai tikslūs temperatūros matavimus, tačiau nepasižymi dideliu jautrumu, kaip pavyzdžiui $1\Omega/^{\circ}\text{C}$. Kadangi RTD jutiklis yra pasyvinio atsparumo matuoklis, juo turi tekėti srovė, kad galėtume matyti besikeičiančią įtampą.
- *Termopora* pati dažniausiai naudojama temperatūros jutiklių įvairovėje, kadangi ji labai paprasta, lengvai naudojama, bei pasižymi dideliu reakcijos greičiu. Taip pat turi didžiausią matuojamos temperatūros diapazoną nuo -200°C iki 2000°C ir daugiau. Tai

termoelektrinis jutiklis, kuris paprasčiausiai turi dviejų skirtingų metalų sankirtos taškus (pav.3.6).



3.6pav. Termoporos veikimo principas

Pirma jungtis (J1) laikoma besikeičiančioje temperatūroje, antroji (J2) kaip atramos taškas, pastovioje. Kai dvi jungtys yra skirtingose temperatūrose susidaro potencialų skirtumas. Termoporos išėjimo įtampa yra gan maža, tik keli milivoltai per 10°C temperatūros, todėl panaudojus tam tikrus stiprintuvus problema išsprendžiama.

Pats dažniausiai sutinkamas jutiklis šiuolaikinėje elektronikoje - silikono *bandgap* jutiklis. Pagrindinis jo privalumas tas, kad jis yra patalpintas kartu su integruota grandine už labai mažą kainą. Aptarkime veikimo principą. Integruotoje grandinėje esantis silikono diodas yra priklausomas nuo temperatūros prijungus įtampą. Jei nereikalaujama didelio tikslumo, užtenka prijungti prie diodo mažą nuolatinę elektros srovę ir naudoti jo terminį koeficientą (2mV/°C) temperatūros išskaičiavimui.

3.3.2 Slėgio jutiklių analizė

Tradiciniai slėgio jutikliai pagaminti naudojant rezistyvinę plėvelę, įtempimo matuoklę, metalo lydinį, polikristalino puslaidininkį. Šios medžiagos daugiau ar mažiau praleidžia elektros srovę priklausomai keičiantis jų geometrinei formai. Egzistuoja keletas pagrindinių sensorių tipų, kurie klasifikuojami pagal matuojamą diapazoną, darbinę temperatūrą ir pats svarbiausias - kokio tipo slėgį jutiklis matuoja. Pagal matuojamo slėgio tipą išskiriamos penkios kategorijos [10]:

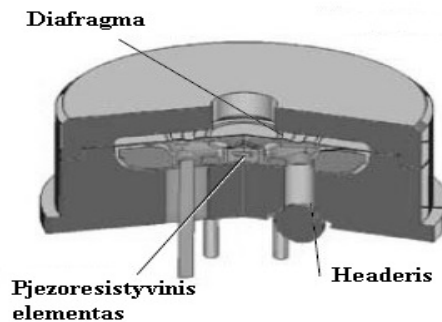
- Absoliutinis slėgio jutiklis - šis jutiklis matuoja slėgį artimą vakuumo slėgiui. Atmosferos slėgis yra 101,325kPa (14,7PSI) esant jūros lygiui ir priimant, kad absoliutus nulis yra vakuumo slėgis.
- Kalibruotas (angl. gauge) slėgio jutiklis - šis jutiklis naudojamas įvairiuose vietose, nes gali būti sukalibruotas matuoti slėgiui artimam atmosferos slėgiui tam tikrose vietose. Padangos slėgio matuoklis atitinka šį matavimo jutiklių tipą.
- Vakuuminis slėgio jutiklis - šie jutikliai naudojami norint matuoti žemesnį nei atmosferos slėgį.

- Diferencinis slėgio jutiklis - šio tipo jutiklis matuoja skirtumą tarp dviejų ar daugiau slėgių paduotų į matavimo mazgą.
- Užplombuotasis (angl. sealed) slėgio jutiklis- tai toks pat kaip Gauge slėgio jutiklis, tik kalibracija atliekama vieną kartą, matuoti jūros lygyje esantį slėgį.

Pagal jutimo technologijas slėgio jutikliai skirstomi į:

- 1) talpinius;
- 2) elektromagnetinius;
- 3) pjezoelektrinius;
- 4) pjezorezistorinius.

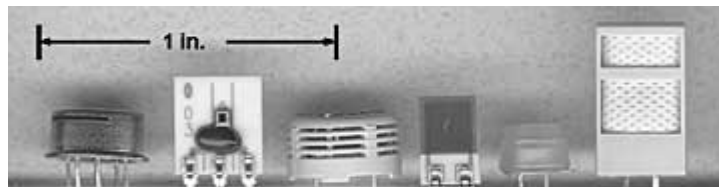
Pjezorezistorinį jutiklį (3.7pav.) [11] sudaro integruota grandinė silikone, kuri turi keturias varžas sujungtas į Vitstono tiltelį. Slėgiui veikiant pjezorezistorinį elementą, keičiasi jo varža ir taip išbalansuoja Vitstono tiltelį, o to pasekoje perduodama besikeičianti išėjimo įtampa.



3.7pav. Pjezorezistorinio jutiklio sandara

3.3.3 Drėgmės jutiklių analizė

Talpinis santykinės drėgmės jutiklis [12] (pav.3.8) susideda iš dviejų kondukuojančių elektrodų, tarp kurių patalpina plona polimero ar metalo oksido juostelė ir užlieti stiklo, keramikos ar silikono sluoksniu. Jutimo paviršius padengtas akytu metaliniu elektrodu, kuris apsaugo nuo taršos ir kondensacijos.



3.8pav. Santykinės drėgmės jutikliai

Dialekrinė konstanta beveik tiesiogiai proporcinga santykeinei oro drėgmei. Tipiškai talpumas keičiasi nuo 0.2 iki 0.5 pF per 1% santykinės oro drėgmės. Talpiniai jutikliai charakterizuojami pagal žemos temperatūros koeficientą, funkcionavimą esant aukštoms temperatūroms (iki 200°C), pilną regeneravimąsi po kondensacijos.

Rezistorinis drėgmės jutiklis [12] matuoja elektrinio impedanso pasikeitimą ypač mažoje terpėje, kaip pavyzdžiui laidūs polimerai, druskos ar modifikuoti substratai. Impedanso pasikeitimas yra invertuota eksponentės priklausomybė drėgmei. Rezistoriniai jutikliai dažniausiai gaminami iš tauriųjų metalų elektrodų, panaudojant fotorezisto technologiją ar tiesiog patalpinant į plastiko ar stiklo cilindrą. Uždedamas druskų ar laidaus polimero apvalkalas. Reakcijos laikas svyruoja nuo 10 iki 30 sekundžių, esant 63% žingsniui. Tipinių rezistorinių elementų impedanso diapazonas nuo 1kΩ iki 100MΩ. Standartinis tikslumas $\pm 2\%$ santykinės oro drėgmės, bet jei reikalinga galima pasiekti 0.1% tikslumą, kur svarbus 1-2% santykinės oro drėgmės pasikeitimas.

Sudarytoje lentelėje apibendrinamos visos svarbiausios savybės pasirenkant jutiklius: rūšis, tipas, jautrumas, darbinė temperatūra, matuojamas diapazonas, perdavimo tipas, matavimo paklaida (tikslumas).

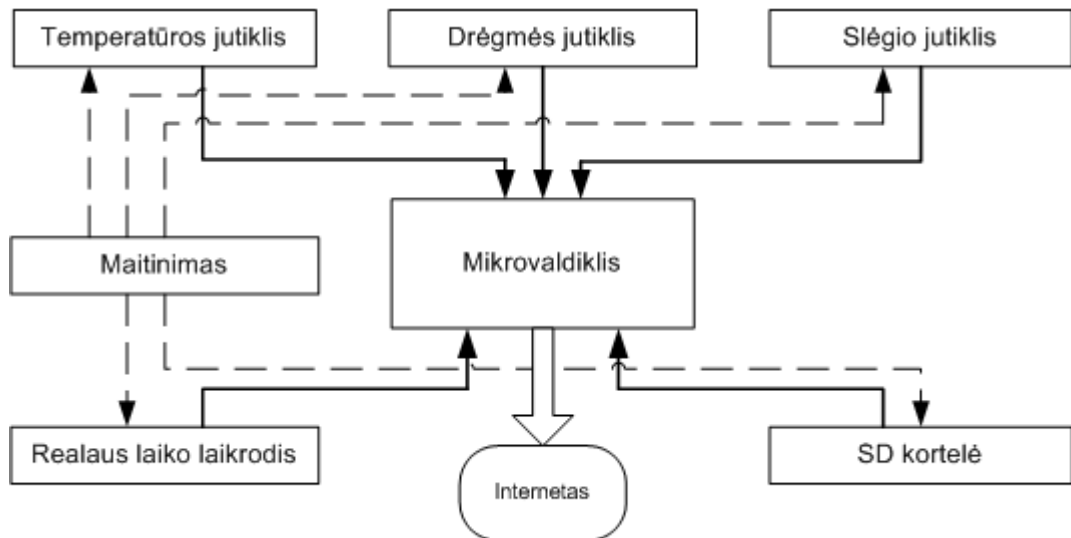
3.3 lentelė

Jutiklių savybės

	Rūšis	Tipas	Ypatybės	Matuojamas diapazonas	Matavimo paklaida
Temperatūros jutikliai	Termistorius	NTC, PTC, Chip	nuo 16V iki 680V	nuo -80 °C iki +300 °C	nuo $\pm 0.1^\circ\text{C}$ iki $\pm 50\%$
	RTD	Thin Film, Inner Coil Wire Wound, Outer Wound	srovė nuo 0.1mA iki 1mA	nuo -220 °C iki +850 °C	nuo $\pm 0.05\%$ iki $\pm 0.12\%$
	Termopora	E, J, K, T, R, S, B	išėjimo įtampa nuo -0,01V + 0,06 V	nuo -270 °C iki +1750 °C	nuo $\pm 1\sim 2^\circ\text{C}$ iki 0.5%
Drėgmės jutikliai		Talpinis, rezistyvnis	Darbinė temperatūra nuo -50°C iki +200°C išėjimas: analoginis - PWM; Skaitmeninis; Voltais.	nuo 0 iki 100 % RH	nuo 0,1% iki 5%
Slėgio jutikliai	Absolute	Pjezorezistyvnis, rezistyvnis	Darbinė temperatūra nuo -40°C iki +125°C	nuo 0 iki 400kPa	nuo 0.2mV/kPa iki 54mV/kPa
	Gauge	Pjezorezistyvnis, rezistyvnis	Maitinimo įtampa nuo 3V iki 16V	nuo 0 iki 100kPa	nuo 0.2mV/kPa iki 766mV/kPa
	Differential	Pjezorezistyvnis	Temp. nuo -40°C iki +125°C Mait. įtampa 2.7-16V	nuo 0 iki 200kPa	nuo 0.2mV/kPa iki 766mV/kPa

4. STRUKTŪRINĖS SCHEMOS SUDARYMAS

Įrenginio struktūrinė schema pavaizduota 4.1 paveiksle. Ji supažindina su prietaiso veikimo principu ir funkciniais mazgais.



4.1 pav. Patalpos mikroklimato duomenų surinkimo įrenginio struktūrinė schema

Patalpos mikroklimato duomenų surinkimo įrenginys skirtas surinkti duomenis apie oro sąlygas patalpoje, juos išsaugoti vėlesniam apdorojimui, bei stebėti realaus laiko oro sąlygų pasikeitimus per internetą. Pagrindinė struktūrinės schemos dalis yra mikrovaldiklis. Iš trijų jutiklių: temperatūros, drėgmės ir slėgio bus perduodama informacija apie oro pasikeitimus į mikrovaldiklį. Jis apdorojęs gautus duomenis iš jutiklių, perduos juos į SD kortelę saugojimui. Kad duomenys būtų saugomi pagal datą bei laiką naudosis realaus laiko laikrodį (RTC). Visą šią informaciją bus galima stebėti internetu, panaudojus ethernet'o sąsają. Kad visą tai atlikti, išvardinti struktūrinės schemos elementai bus maitinami įtampa, schemoje pažymėta punktyrine linija.

5.ELEKTRINĖS PRINCIPINĖS SCHEMOS SUDARYMAS

Remiantis ketvirtajame skyriuje sudaryta įrenginio struktūrine schema suprojektuota šio įrenginio elektrinė principinė schema, pateikta pirmame priede. Šiame skyriuje aprašomas mikrovaldiklio pasirinkimas, smulkiau aprašomos išskaidytos elektrinės principinės schemos dalys.

5.1 Mikrovaldiklio grandinė

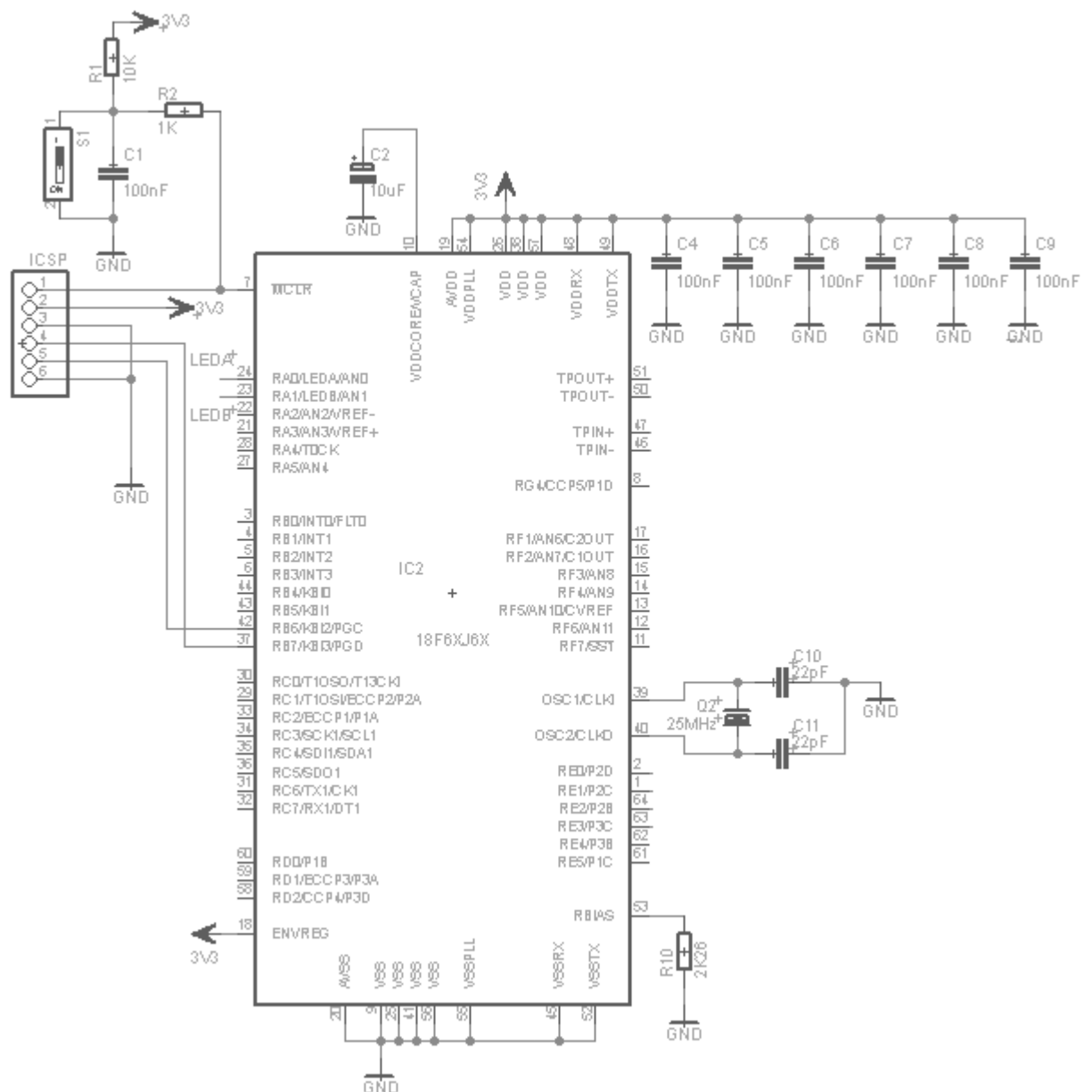
Patalpos mikroklimato duomenų surinkimo įrenginio darbą bei prijungtas periferijas valdys mikrovaldiklis. Šiam tikslui atlikti pasirinktas "Microchip Technology Inc." kompanijos mikrovaldiklis PIC18F67J60 [13]. Šio mikrovaldiklio pasirinkimą nulėmė Ethernet'o sąsajos palaikymas, atminties dydis, sparta ir galimybė išsigyti. Visos išorinės periferijos prijungtos prie mikrovaldiklio išvadų.

PIC18F67J60 charakterizuojamas taip:

▪ Šeima	8-bit, PIC18F97J60
▪ Programuojamos atminties kiekis	128KB
▪ Operatyviosios atminties kiekis	3808B
▪ Procesoriaus greitis	10.5MIPS
▪ Skaitmeninių komunikacijų periferijos	1-A/E/USART,1-SPI/I ² C
▪ Darbinė temperatūra	-40 iki +85
▪ Maitinimo įtampa	2-3.6V

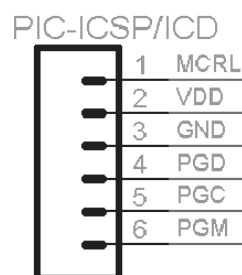
Ethernet'o kontroleris, atitinkantis IEEE 802.3 standartą; pilnas suderinamumas su 10/100/1000Base- T tinklu; integruotas MAC ir 10Base- T fizinis lygmuo (angl. PHY - physical layer).

Pagrindinė duomenų surinkimo įrenginio dalis - mikrovaldiklis PIC18F67J60. Mikrovaldiklio grandinę (5.1 pav.) sudaro: ICSP jungtis, kvarcinis rezonatorius (Q2), perkrovimo mygtukas (S1).



5.1 pav. Mikrovaldiklio grandinė

ICSP (In-Circuit Serial Programming) jungtis skirta mikrovaldiklio programavimui. Programavimas atliekamas mikrovaldikliui esant grandinėje. ICSP jungtis (5.2 pav.) jungiama per šešis išvadás:



5.2 pav. ICSP jungtis

- MCRL (Master Clear) – išvadas prijungtas prie mikrovaldiklio Reset išvado;
- VDD – šiuo išvadu prijungtas maitinimas 3.3V;
- GND – žemės atskaita (0V);
- PGD (Program Data) – šiuo išvadu perduodami duomenys;
- PGC (Programming Clock) – naudojamas taktiniui dažniui;
- PGM (Programming Mode) – šis išvadas skirtas programavimo tipui parinkti, bet kadangi mikrovaldiklis gali būti programuojamas prie žemos įtampos, tai šis išvadas tiesiog sujungiamas su GND išvadu.

Mygtukas skirtas mikrovaldiklio perkrovimui. Pagal gamintojo rekomendacijas perkrovimo mygtuko grandinę sudaro R1 ir R2 rezistoriai, bei C1 kondensatorius. Jų rekomenduojami dydžiai: $1k\Omega < R1 \leq 10k\Omega$; $R2 \geq 1k\Omega$. RC jungimo tipas duoda eksponentišką įtampos pakilimą ant kondensatoriaus. Mikrovaldikliui reikalingas užvėlinimas startuojant, kad spėtų stabilizuotis kvarcinis rezonatorius. Pagal gamintojo rekomendaciją kvarcinis stabilizatorius stabilizuojasi per 1ms. Kondensatorius paskaičiuotas pagal formulę 5.1:

$$\tau = R \cdot C; \quad (5.1)$$

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{1ms}{10k\Omega} = 100nF; \quad (5.2)$$

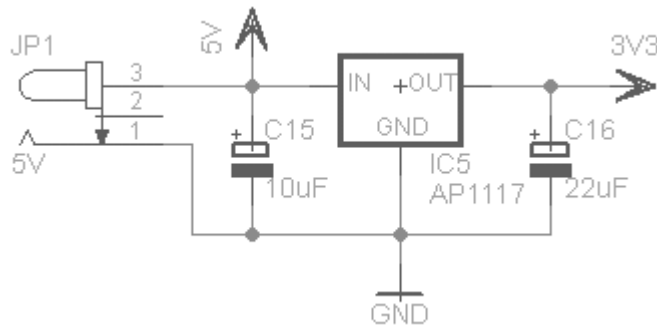
R2 rezistorius užblokuoja srovės tekėjimą iš C1 kondensatoriaus į mikrovaldiklį, atjungus maitinimą, parinktas $1k\Omega$ nominalo rezistorius, kuris pilnai izoliuos srovės išsikrovimą.

Projektuojant mikrovaldiklio grandinę panaudoti C6 – C11 blokuojantieji kondensatoriai. Pagal gamintojo rekomendaciją 100nF talpos kondensatoriai suprojektuoti kuo arčiau išvadų tarp Vdd ir Vss porų. PIC18F97J60 šeimos mikrovaldiklio skaitmeninis loginis blokas maitinamas 2.5V įtampa. Kad nesukelti vartotojui sunkumų, norint maitinti įrenginį didesne įtampa, mikrovaldiklyje suprojektuotas vidinis įtampos reguliatorius. Ši funkcija leidžia maitinti mikrovaldiklį didesne nei 2.5V įtampa. Pasirinkimas (enable/disable) atliekamas ENVREG išvadą prijungus prie maitinimo įtampos (3.3V), bei Vddcore/Vcap išvadą įžeminant per filtruojantį 10μF kondensatorių.

Mikrovaldiklis gali dirbti keliais skirtingais dažniais. Kadangi naudojamas Ethernet'o modulis yra privaloma naudoti 25MHz išorinį kvarcinį rezonatorių. Pagal gamintojo nurodymus, kvarcinis rezonatorius jungiamas prie OSC1/CLKI ir OSC2/CLKO išvadų per C13 ir C14 lygiagrečiai sujungtus 33pF kondensatorius į žemę (GND). Pasirinkti 22pF kondensatoriai. Kad sumažinti startavimo laiką.

5.2 Maitinimo grandinė

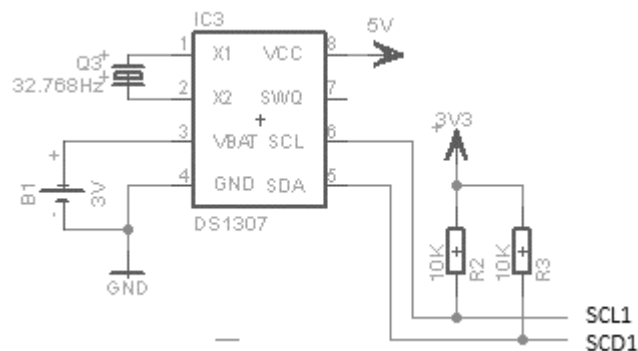
Maitinimo grandinei (5.3 pav.) pasirinktas fiksuotos įtampos DC/DC keitiklis AP1117 [14]. Grandinė suprojektuota pagal gamintojo rekomenduojamą "fixed 3.3V" grandinę. Įėjimo įtampa 5 voltai iš maitinimo lizdo bus tiekama maitinti realaus laiko laikrodį (angl. RTC). Lygiagrečiai prijungtas C15 elektrolitinis kondensatorius užtikrina stabilumą. C16 elektrolitinis kondensatorius prijungtas taip pat lygiagrečiai užtikrina, kad įėjimo įtampa nenukristų žemiau minimalios įtampos.



5.3 pav. Maitinimo grandinė

5.3 RTC grandinė

Pasirinktas mikrovaldiklis neturi integruoto realaus laiko laikrodžio (angl. Real Time Clock), todėl į duomenų surinkimo įrenginį suprojektuotas išorinis realaus laiko laikrodis (5.4 pav.). Šiam darbui atlikti buvo pasirinktas „Dallas Semiconductors“ kompanijos DS1307 modelis [15]. Pasirinkimą lėmė tai, kad ši prietaisas duomenis perduoda I²C sąsaja, paviršinio montavimo korpusu.



5.4 pav. RTC grandinė

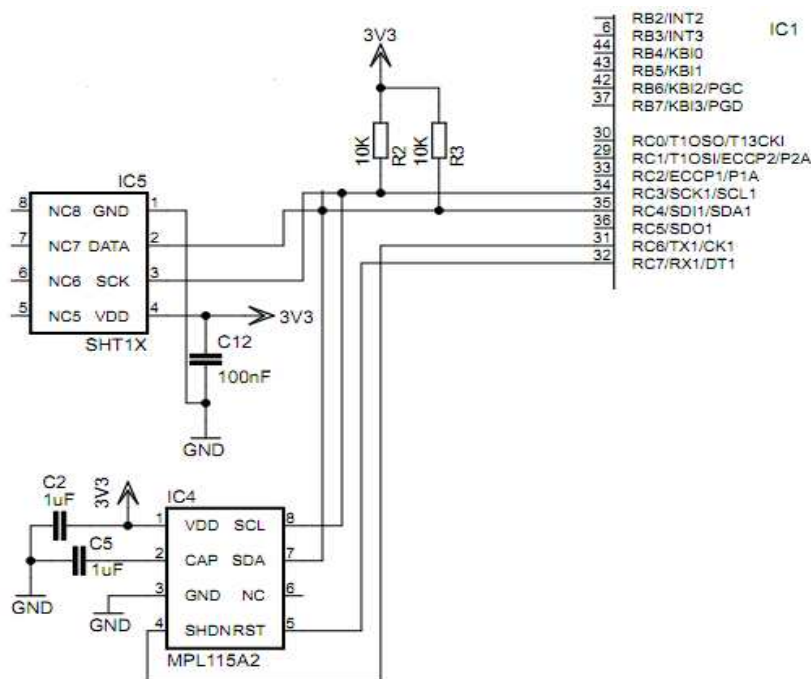
RTC grandinę sudaro: kvarcinis rezonatorius, 3V maitinimo elementas, R2 ir R3 aukštą lygį palaikantys rezistoriai (angl. Pull-up resistors). DS1307 maitinamas 5V įtampa, paduodama tiesiai iš maitinimo jungties į Vcc(8) išvadą. Kvarcinis 32.768kHz rezonatorius prijungtas prie X1(1) ir X2(2) išvadų be kondensatorių ar rezistorių pagal gamintojo rekomendacijas. 3V maitinimo

elementas prijungtas prie Vbat(3) ir GND(4) išvadų, kad RTC turėtų maitinimo šaltinį atjungus pagrindinį maitinimo šaltinį ir neprarastų skaičiuojamo laiko ir datos. SWQ(7) išvadas neprijungtas, nes šiame projekte nenaudojamas stačiakampių impulsų generatorius. SCL(6) ir SDA(5) linijomis vykdomas I²C perdavimas. R2, R3 rezistoriai (yra bendri visiems I²C sąsajos naudotojams) skirti aukštam lygiui palaikyti duomenų linijose, gamintojo rekomenduojamo 10kΩ nominalo.

5.4 Jutiklių grandinė

Jutiklių grandinę (5.5 pav.) sudaro du skaitmeniniai jutikliai: SHT15 [16] (skirtas drėgmei ir temperatūrai matuoti) ir MPL115A2 [17] (skirtas slėgiui ir temperatūrai matuoti).

Drėgmės ir temperatūros jutiklis „Sensirion“ kompanijos gaminy SHT15. Pilnai sukalibruotas, skaitmeninį išėjimą turintis jutiklis susideda iš dviejų jutiklių: talpinio pobūdžio drėgmei ir pjezorezistorinio temperatūrai matuoti. Jutiklio temperatūros matavimo intervalas nuo -40°C iki +120°C, tikslumas ±0.3°C. Drėgmės matavimo intervalas nuo 0 iki 100%RH, tikslumas ±2.0%RH. Drėgmės/temperatūros matavimų reikšmės konvertuojamos 14 bitų vidiniu analoginiu/skaitmeniniu keitikliu ir išsiunčiamos per I²C sąsają.



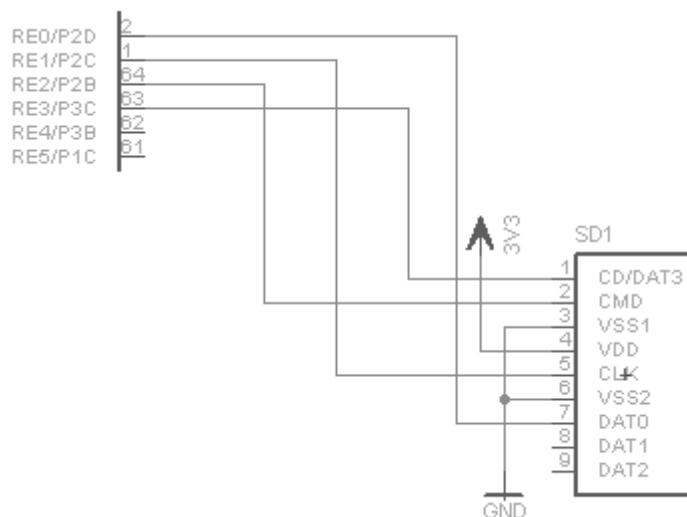
5.5 pav. Jutiklių grandinė

SHT15 jutiklis maitinamas 3.3V įtampa, prijungta Vdd(4) išvade ir įžeminta per C12 (100nF) blokuojantį kondensatorių, pagal gamintojo rekomendaciją. GND(1) išvadas įžeminamas. DATA(2) ir SCK(3) išvadai prijungti į mikrovaldiklio SDA1 ir SCL1 išvadus, šiomis duomenų linijomis įgyvendinama I²C sąsaja. R2 ir R3 rezistoriai skirti aukštam lygiui palaikyti duomenų linijose ir yra gamintojo rekomenduojamo 10kΩ nominalo. 5,6,7 ir 8 jutiklio išvadai turi būti neprijungti, nes naudojami tik atliekant kalibraciją.

Antroji grandinės dalis yra „Freescale Semiconductor Inc.“ gamintojo MPL115A2 slėgio jutiklis [17]. Tai pilnai sukalibruotas, absoliutinio slėgio jutiklis su skaitmeniniu išėjimu. Maitinamas 3.3V įtampa. Slėgio matavimo intervalas nuo 50kPa iki 115kPa, tikslumas ± 1 kPa. Integruotas analoginis/skaitmeninis keitiklis išveda skaitmenizuotus slėgio ir temperatūros išėjimus per I²C sąsają, SCL(8) ir SDA(7) išvadais. Maitinimas prijungiamas prie Vdd(1) išvado, įžeminant per 1 μ F blokuojantį kondensatorių. CAP(2) prijungiamas išorinis kondensatorius taip pat 1 μ F, pagal gamintojo rekomendacijas. Duomenų perdavimas vykdomas SCL(8) ir SDA(7) linijomis, kur reikalingi 10k Ω rezistoriai (R2, R3), aukštam lygiui linijose palaikyti. SHDN(4) ir RST(5) išvadai prijungti prie mikrovaldiklio laisvų portų, kuriuos galima sukonfigūruoti reikalui esant. SHDN(4) išvadą prijungus į žemę - išjungiamas jutiklis, padavus žemą loginį lygį į RST(5), jutiklis nebevykdys I²C komunikacijos.

5.5 SD kortelės grandinė

SD kortelės grandinei (5.6 pav.) pasirinktas „Attend Technology Inc.“ kompanijos 104G-TAA0-R SD lizdas [18]. Valdiklis neturi SD sąsajos, todėl komunikacijai bus naudojama SPI sąsaja. Kadangi mikrovaldiklis turi tik vieną porą serial interface linijų, prie kurių prijungtos jutiklių ir RTC grandinės I²C komunikacijai vykdyti, SD kortelės lizdą prijungiame prie laisvų mikrovaldiklio skaitmeninių išvadų (RE0 – RE3).



5.6 pav. SD kortelės grandinė

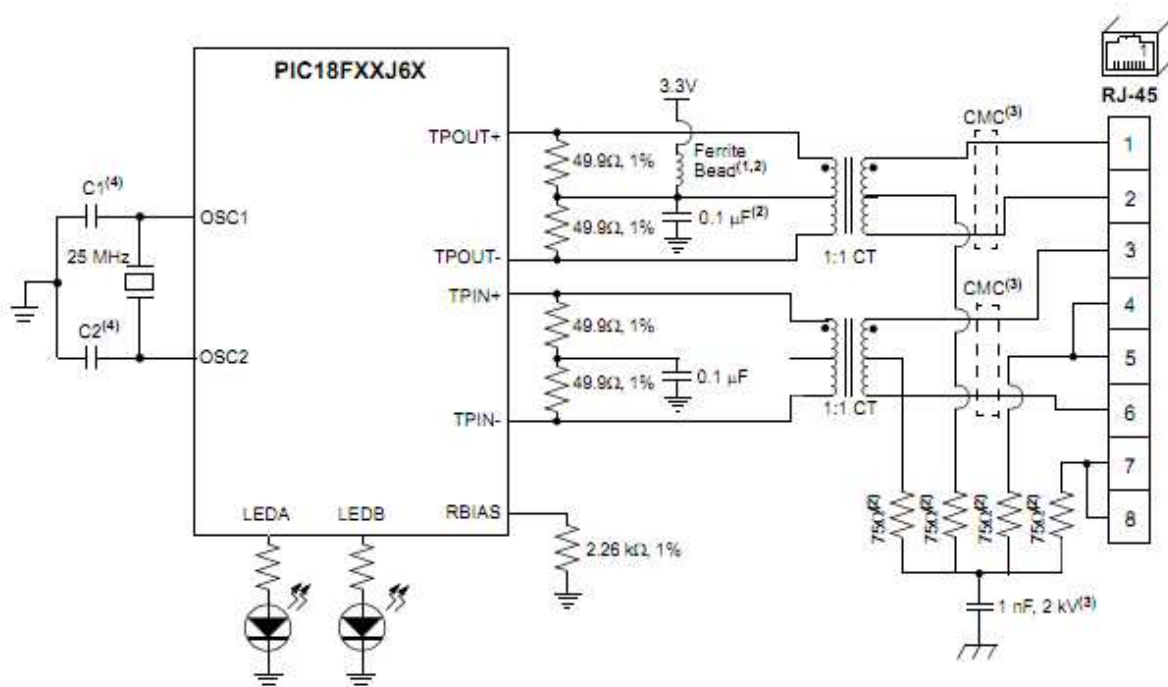
Kaip jau minėta, SD kortelė komunikaciją su mikrovaldikliu vykdo SPI sąsaja. Ši sąsaja bus įgyvendinta programiškai. SD kortelės lizdas turi standartinius devynis išvadus, bet programiškai įgyvendinant sąsaja naudojami septyni išvadai: CD/DAT3(1) – valdomojo įrenginio parinkimui; CMD(2) – SPI-MOSI; Vss1(3) – žemė; Vdd(4) – maitinimas 3.3V; CLK(5) – SPI-SCK; Vss2(6) – žemė; DAT0(7) – SPI-MISO.

5.6 Ethernet'o grandinė

PIC18F67J60 mikrovaldiklis turi integruotą ethernet'o modulį. Ethernet'o modulis turi penkis pagrindinius funkcinis blokus:

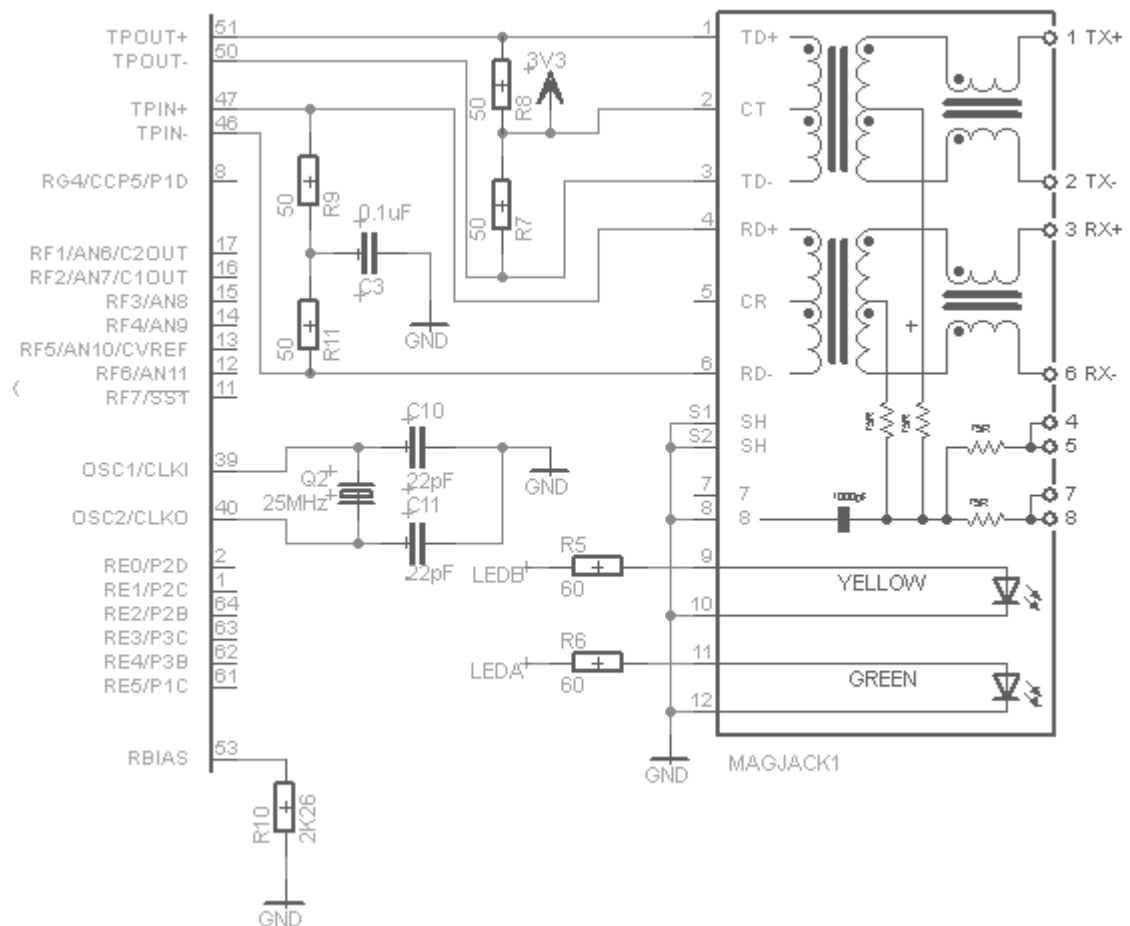
- Priėmimo/perdavimo blokas – koduoja ir atkoduoja analoginį signalą, perduodamą vytytos poros kabeliu;
- MAC adresacijos blokas – užtikrina sutinkamumą su IEE 802.3 standarto MAC logika;
- RAM buferis – tai 8 kilobitų operatyviosios atminties buferis, siunčiamų ir priimamų paketų saugojimui;
- Arbitras – priėjimo prie RAM buferio kontrolė;
- Registrų blokas – veikiantis kaip komandų ir vidinių statuso signalų interpretuotojas.

Ethernet'o grandinė pajungta remiantis gamintojo rekomenduojama sujungimo grandine (5.7pav.)([13]).



5.7 pav. Gamintojo rekomenduojama jungimo grandinė

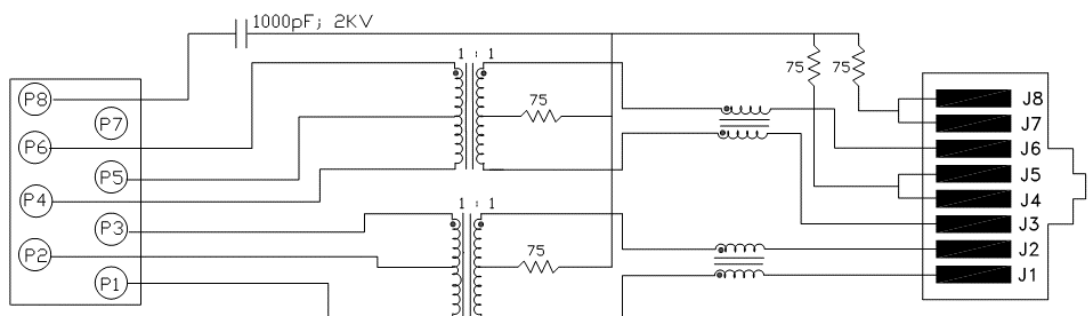
Fizinio lygmens (angl. PHY) vidinė analoginė grandinė turi atskirą nepriklausomą srovę, kuri įžeminta per rezistorių (5.8 pav.). Gamintojo rekomenduojamas RBIAS rezistoriaus nominalas – 2.26kΩ. Šis rezistorius įtakoja TPOUT +/- signalo amplitudę. Taip pat RBIAS išvade prijungtas rezistorius įtakoja skiriamųjų transformatorių transformacijos koeficientą ir pagerinama ryšio kokybė su tinklu.



5.8 pav. Ethernet'o grandinė

Ethernet'o modulis suprojektuotas veikti 25MHz dažniu. Tai įgyvendinama per pirminį mikrovaldiklio taktinį dažnį. Šiam darbui atlikti reikalingas išorinis 25MHz kvarcinis rezonatorius, kurį jungiau prie OSC1(39) ir OSC2(40) mikrovaldiklio išvadų per C10 ir C11 kondensatorius į žemę, pagal gamintojo rekomendacijas.

Ryšiui su LAN tinklu palaikyti pasirinktas RJ-45 lizdas SI-60062-F su skiriamaisiais transformatoriais (5.9 pav.) [19]. Skiriamieji transformatoriai reikalingi, kad atskirti Ethernet'o tinklo ir Ethernet'o modulio grandines.



5.9 pav. RJ-45 lizdo SI-60062-F principinė schema

SI-60062-F modelio lizdas turi du integruotus šviesos diodus (LED), tinklo indikacijai. RJ-45 jungtyje geltonas šviesos diodas skirtas duomenų būsenai indikuoti, o žalias šviesos diodas – tinklo būsenai atvaizduoti. Degant geltonam šviesos diodui, vyksta duomenų perdavimas. Žalio diodo šviesa išspėja apie esamą ryšį su tinklu. Mikrovaldiklis turi specialius išvadus (LEDA(24) ir LEDB(23)) šviesos diodams prijungti. Išvadus reikia sukonfigūruoti, kad tiektų srovę, LEDA ir LEDB išvadai gali duoti maksimalią 25mA srovę. Rezistoriai R5 ir R6 skirti riboti srovę. Žinant maitinimo ir šviesos diodo įtampą bei suvartojamą srovę galima suskaičiuoti kokių nominalų varžų reikės. Pagal 5.3 formulę, suskaičiuojama rezistorių nominalas:

Maitinimo įtampa $U_m=3.3V$;

Šviesos diodo įtampa $U_d=2.1-2.5V$;

Šviesos diodo srovė $I_d=20mA$;

$$I_d = \frac{U_r}{R} = \frac{U_m - U_d}{R} \quad (5.3)$$

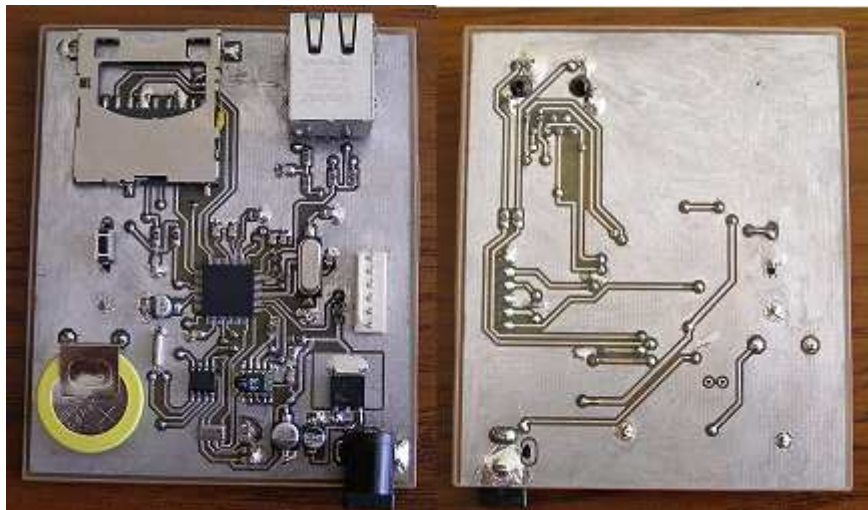
$$R = \frac{3.3V - 2.1V}{20 \cdot 10^{-3} A} = 60\Omega;$$

I_d – per šviesos diodą tekanti srovė; U_r – įtampa krentanti ant varžos; R – rezistoriaus nominalas; U_m – maitinimo įtampa; U_d – įtampa krentanti ant šviesos diodo.

Pagal apskaičiavimą šviesos diodui reikalingas 60 omų nominalo srovę ribojantis rezistorius.

6.SPAUSDINTO MONTAŽO PLOKŠTĖ

Spausdinto montažo plokštė (6.1 pav.) suprojektuota naudojantis „CadSoft“ kompanijos, Eagle 5.6.0 programa. Spausdinto montažo plokštės brėžiniai pateikti 2-5 prieduose. Projektuojant plokštę atsižvelgta į takelių storį, parinktas maksimalus jų storis pagal litavimo aikštelių dydį. Plokštė dvipusė, abiejuose jos pusėse panaudoti žemės užpildai. Plokštės gamyba atlikta namų sąlygomis, suprojektuoto gaminio dydis 87x71mm. Naudota stiklo tekstolito plokštė su fotorezisto sluoksniu.



6.1 pav. Spausdinto montažo plokštė iš viršaus ir apačios

Suprojektuotoje patalpos mikroklimato duomenų surinkimo įrenginio plokštėje panaudota dauguma paviršinio montažo elementų (SMD). Apatinėje pusėje įlituoti du rezistoriai, padaryti takeliai per vijas. Rezistoriai naudoti anglies plėveliniai, 0805 korpusuose; kondensatoriai naudoti keramikiniai, 0805 korpusuose; elektrolitiniai kondensatoriai; mikrovaldiklis PIC18F67J60 TQFP64 korpuse; DC/DC keitiklis AP1117 SOT233-L3 korpuse; slėgio jutiklis LGA korpuse; drėgmės jutiklis SHT1X korpuse. Taip pat viršutiniame sluoksnyje sumontuotos dalys: ICSP jungtis, DS kortelės lizdas, maitinimo lizdas, kvarciniai rezonatoriai, RJ-45 jungtis, mygtukas, maitinimo elementas.

Panaudojus SMD elementus sutapyta vietos, plokštė nedidelė, atsižvelgiant į kai kurių komponentų dydžius. Jungtys ir lizdai suprojektuoti plokštės kraštuose, kad būtų patogu naudoti.

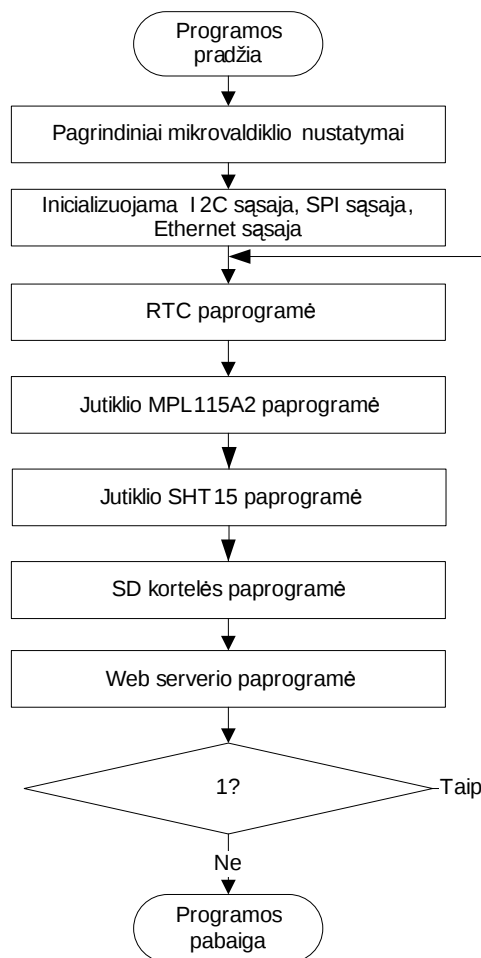
7. PROGRAMINĖ ĮRANGA MIKROVALDIKLIUI

Šiame skyriuje pateikiama programinė įranga mikrovaldikliui. Pagrindinis programos algoritmas yra išskaidytas į papildomas dalis: RTC paprogramė, jutiklio MPL115A2 paprogramė, jutiklio SHT15 paprogramė, SD kortelės paprogramė ir Web serverio paprogramė.

Programos kūrimui naudota „MikroC PRO for PIC 3.8“ programa. Mikrovaldiklio programos kodas rašytas „C“ kalboje. Remtasi esamomis bibliotekomis bei pavyzdžiais.

7.1 Pagrindinė mikrovaldiklio programa

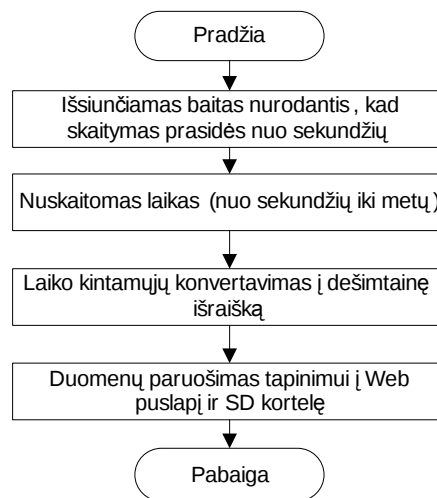
Pagrindinės mikrovaldiklio programos algoritmas pavaizduotas 7.1 paveiksle. Visų pirma atliekami pagrindiniai mikrovaldiklio nustatymai: sukonfigūruojami išvadai, aprašomi kintamieji. Po to inicializuojamos sąsajos: I²C (jutikliams ir RTC), SPI (SD kortelei), Ethernet (Web puslapiui). Programa įeina į amžiną ciklą, kurio metu yra vykdomos sekančios paprogramės RTC paprogramė, jutiklio MPL115A2 paprogramė, jutiklio SHT15 paprogramė, SD kortelės paprogramė, Web serverio paprogramė. Visų išvardintų paprogramių aprašymai pateikti sekančiuose skyriuose.



7.1 pav. Pagrindinis programos algoritmas

7.2 RTC paprogramė

Visų pirma yra suformuojamas „START“ signalas ir nusiunčiamas pirmasis duomenų baitas, kurį sudaro 7 bitai adreso ir krypties bitas „0“ („1“ - nuskaitymui, „0“ - įrašymui), toliau reikia siųsti registro adresą, nurodantį kur prasidės laiko skaitymas. Šiuo atveju laiko ir datos skaitymą pradedame nuo sekundžių ir baigiame metais. Suformuojamas pakartotinis „START“ signalas ir pakeičiamas krypties bitas į „1“. Gautą laiką reikia konvertuoti į dešimtainę išraišką. Iš gautos reikšmės suformuojamas buferis, kuris bus panaudotas SD kortelės ir Web serverio paprogramėse.

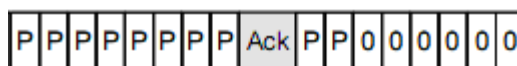


7.2 pav. RTC algoritmas

7.3 Jutiklio MPL115A2 paprogramė

Jutiklio MPL115A2 paprogramės algoritmas pateiktas 7.4 pav. Jutiklio 7-ių bitų adresas I²C sąsajoje dvejetainė išraiška yra 1100000. Vadinasi, norint siųsti informaciją jutikliui, pirmasis baitas bus 0xC0 (11000000), o norint priimti informaciją – 0xC1 (11000001). Prieš pradedant siuntimą ar norint pakeisti duomenų kryptį, iš pradžių siunčiamas START signalas.

Visų pirma jutikliui išsiunčiamas konfigūracijos baitas 0x12. Toks baitas reiškia, kad bus atliekami slėgio ir temperatūros matavimai (0x10 – tik slėgio matavimai, 0x11 – tik temperatūros matavimai). Po to išsiunčiamas baitas 0x00 nurodantis, kad skaitymas prasidės nuo slėgio. Pakeičiama duomenų kryptis, prasideda duomenų skaitymas. Slėgio ir temperatūros skaitinės reikšmės yra 10 bitų ilgio ir saugomos per du registrus. Nuskaityti 2 baitai, kuriuose saugoma slėgio ADC reikšmė pateikti 7.3pav. Matome, kad pilnai užpildytas yra vyriausias baitas, o jauniausiame baite -2 vyriausi bitai.



7.3 pav. Slėgio duomenų baitai

Nuskaičius keturis baitus, kuriuose saugoma slėgio ir temperatūros ADC reikšmės, nuskaitoma 6 kompensavimo koeficientai: a_0 , b_1 , c_{11} , c_{12} , b_2 , c_{22} . Kiekvienas koeficientas užima du baitus (detalesnė informacija jutiklio aprašyme [17]).

Kompensavimas atliekamas pagal sekančią formulę:

$$P_{comp} = a_0 + (b_1 + c_{11} \cdot P_{adc} + c_{12} \cdot T_{adc}) \cdot P_{adc} + (b_2 + c_{22} \cdot T_{adc}) \cdot T_{adc} \quad (7.1)$$

P_{comp} – slėgis po kompensavimo; P_{adc} – slėgio reikšmė iš ADC; T_{adc} – temperatūros reikšmė iš ADC; a_0 , b_1 , b_2 , c_{11} , c_{12} , c_{22} – koeficientai nuskaitomi iš jutiklio.

Atlikus kompensavimą slėgio ADC reikšmė perskaičiuojama į kPa pagal sekančią formulę:

$$P = P_{adc} \cdot \frac{65}{1023} + 50 \quad (7.2)$$

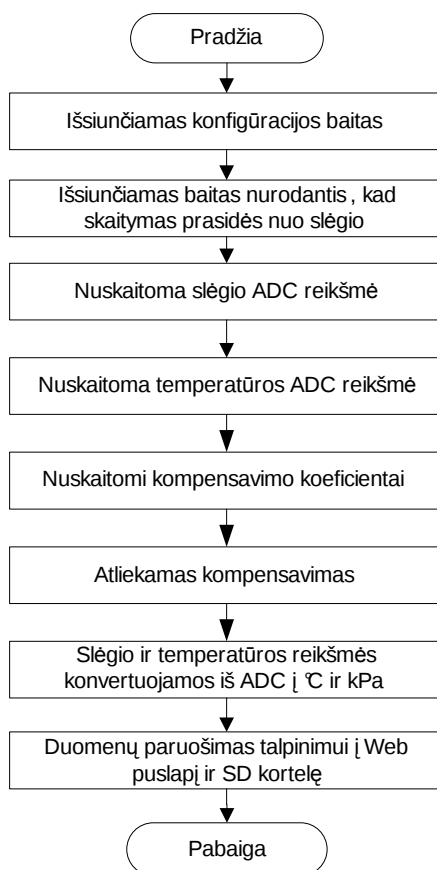
P – slėgio reikšmė kPa, P_{adc} – slėgio reikšmė iš ADC, 65 – skirtumas tarp didžiausios ir mažiausios jutiklio matuojamos reikšmės, 1023 – maksimali 115kPa reikšmė, 50 – matavimas pradedamas nuo 50kPa.

Temperatūros ADC reikšmė perskaičiuojama į °C pagal sekančią formulę:

$$T = T_{adc} \cdot \frac{145}{1023} - 40 \quad (7.3)$$

T – temperatūros išraiška laipsniais, T_{adc} – Temperatūros reikšmė iš ADC, 145 – skirtumas tarp didžiausios ir mažiausios jutiklio matuojamos reikšmės, 1023 – maksimali 105 °C reikšmė, 40 – matavimas pradedamas nuo -40 °C.

Iš perskaičiuotų reikšmių suformuojamas buferis, kuris vėliau bus panaudotas SD kortelės ir WEB serverio paprogramėse.



7.4 pav. Jutiklio MPL115A2 paprogramės algoritmas

7.4 Jutiklio SHT15 paprogramė

Jutiklio SHT15 paprogramės algoritmas pateiktas 7.6 pav. Šis jutiklis turi kiek neįprastą I²C įrenginiams adresavimą. Adresą sudaro tik trys vyriausi bitai, o 5 jauniausi baito bitai nurodo vykdomą komandą. Vadinasi siunčiant tik vieną baitą iš karto nusiunčiamas ir adresas ir komanda. Adreso bitai yra „000“, o galimos komandos pateiktos 7.5 pav.

Komanda	Kodas
Rezervuotas	0000x
Temperatūrai matuoti	00011
Santykinei oro drėgmei matuoti	00101
Nuskaitymo status registras	00111
Įrašymo status registras	00110

7.5 pav. Jutiklio SHT15 komandos

Visų pirma siunčiama rašymo į STATUS registrą komanda. Konfigūracijos baitas įrašomas į STATUS registrą yra 0x00. Toks baitas reiškia, kad drėgmės matavimų skiriamoji geba bus 12 bitų, o temperatūros 14 bitų (jei būtų siunčiamas 0x01 – drėgmės matavimo skiriamoji geba bus 8 bitų, o temperatūros 12 bitų) Po nustatymų išsiunčiama komanda matuoti temperatūrą. Pagal gamintojo pateiktą aprašymą, esant 14 bitų skiriamajai gebai, matavimas truks iki 320ms. Vadinasi

reikalingas tokio dydžio vėlinimas prieš atliekant duomenų nuskaitymą. Po užvėlinimo nuskaitymi du baitai (14 bitų naudingos informacijos), kuriuose saugoma temperatūros ADC reikšmė. Analogiškai temperatūrai yra nuskaityta ir drėgmė. Tik vėlinimas tarp komandos matuoti drėgmę ir rezultatų nuskaitymo yra 80 ms, nes yra 12 bitų konvertavimas.

Temperatūros ADC reikšmė konvertuojama į °C pagal sekančią formulę;

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_T \quad (7.4)$$

T – temperatūra laipsniais, d_1 – koeficientas prie 3V įtampos, d_2 – koeficientas prie 14 bitų rezoliucijos, SO_T – temperatūros ADC reikšmė.

Drėgmės perskaičiavimas į %RH:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \quad (7.5)$$

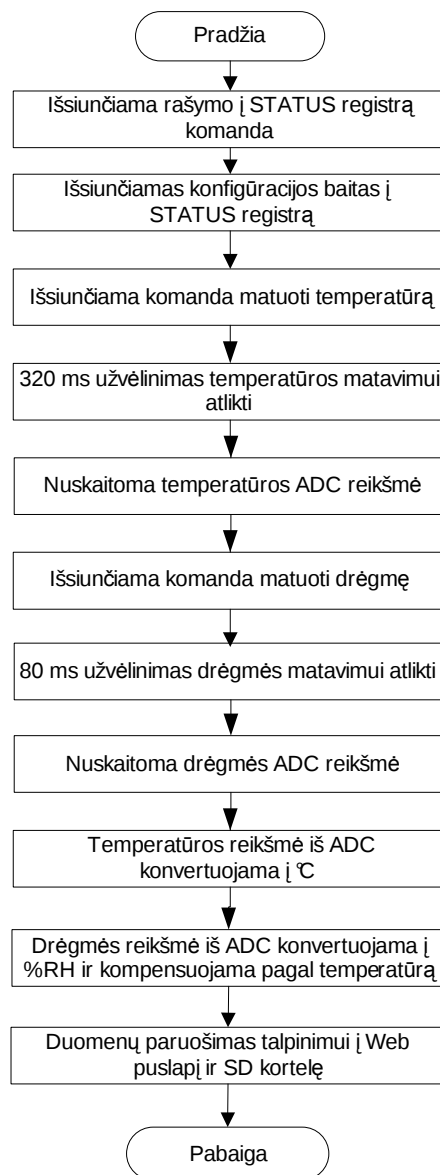
RH_{linear} – procentinis drėgnumas, c_1, c_2, c_3 – koeficientai esant 12 bitų rezoliucijai, SO_{RH} – drėgmės ADC reikšmė.

Vėliau atliekamas temperatūrinis kompensavimas pagal sekančią formulę;

$$RH_{true} = (T_{°C} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear} \quad (7.6)$$

RH_{true} – kompensuotas drėgnumas, $T_{°C}$ – temperatūra, t_1, t_2 – koeficientai prie 12 bitų rezoliucijos, SO_{RH} – drėgmės ADC reikšmė, RH_{linear} – procentinis drėgnumas.

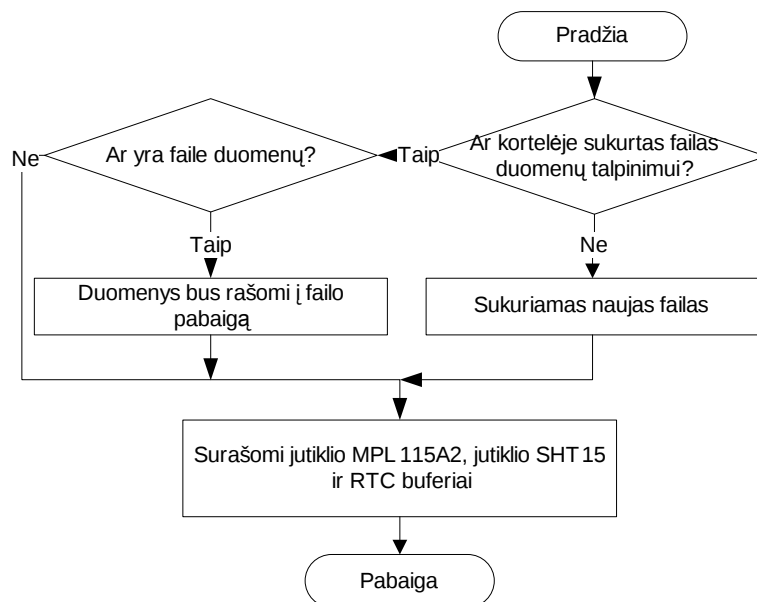
Iš perskaičiuotų reikšmių suformuojamas buferis, kuris vėliau bus panaudotas SD kortelės ir WEB serverio paprogramėse.



7.6 pav. Jutiklio SHT15 paprogramės algoritmas

7.5 SD kortelės paprogramė

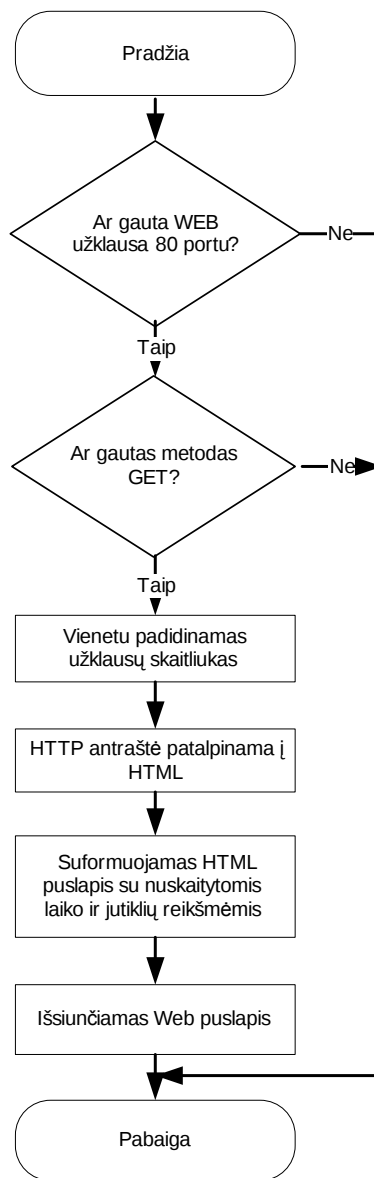
SD kortelės paprogramės algoritmas pateiktas 7.7 paveiksle. Visų pirma paprogramė tikrina ar kortelėje yra sukurtas failas, skirtas duomenų talpinimui. Jeigu nėra, tada sukuriamas naujas failas duomenų talpinimui su antrašte. Jeigu yra sukurtas failas, tada tikrinama ar tame faile yra išsaugotų duomenų. Jeigu yra išsaugotų duomenų, programa duomenis įrašys į failo pabaigą. Jeigu nėra išsaugotų duomenų, tada duomenys bus rašomi failo pradžioje.



7.7 pav. SD kortelės paprogramės algoritmas

7.6 Web serverio paprogramė

Toliau vykdoma Web serverio paprogramė pavaizduota 7.8 pav. Jungiantis prie Web serverio ir įrašius IP adresą į interneto naršyklę (šiuo atveju priskirtas IP adresas yra 192.168.0.61), programa gauna Web užklausą. Tikrinama ar gauta užklausa per 80 portą, jeigu ne, tada nevykdoma paprogramė. Jei užklausa gauta ne „GET“ metodu taip pat nevykdoma paprogramė. Jei užklausa gauta teisingai, tada yra padidinamas vienetu užklausų skaitliukas, matomas Web puslapyje. Patalpinama HTTP antraštė į HTML tekstą ir suformuojamas HTML puslapis su nuskaitytomis laiko ir jutiklių reikšmėmis. Išsiųstą puslapį matome Web naršyklės lange.



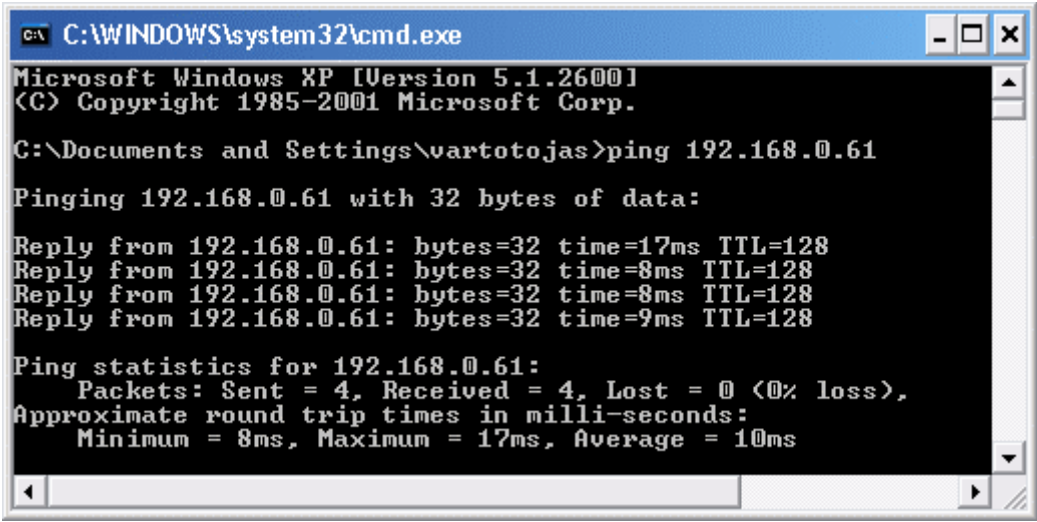
7.8 pav. Web serverio paprogramės algoritmas

8. ĮRENGINIO BANDYMAI

Šiame skyriuje supažindinsiu su atliktais bandymais, kurie buvo atlikti programos kūrimo metu bei jau veikiančio prototipo testavimo rezultatai.

8.1 Web paprogramės bandymai

Bandymai atliekami su įrenginio prototipu. Įrašius į mikrovaldiklį testinį *.hex failą su Web serveriu ir prijungus įrenginį prie komutatoriaus, Magjack jungties šviesos diodai nešvietė, įrenginys neatsakė į ping komandas. Buvo atlikta išsami jungimo schemos, plokštės ir komponentų nominalų analizė. Paaiškėjo, kad plokštės ėsdinimo metu liko truputis vario sluoksnio, kuris užtrumpino du gretimus takelius, kurie naudojami Ethernet'o sąsajos. Atlikus pataisą, šviesos diodai, rodantys tinklo aktyvumą, pradėjo šviesti, prietaisas atsakė į Ping užklausą Windows operacinėje sistemoje (8.1 pav.).



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\vartotojas>ping 192.168.0.61

Pinging 192.168.0.61 with 32 bytes of data:

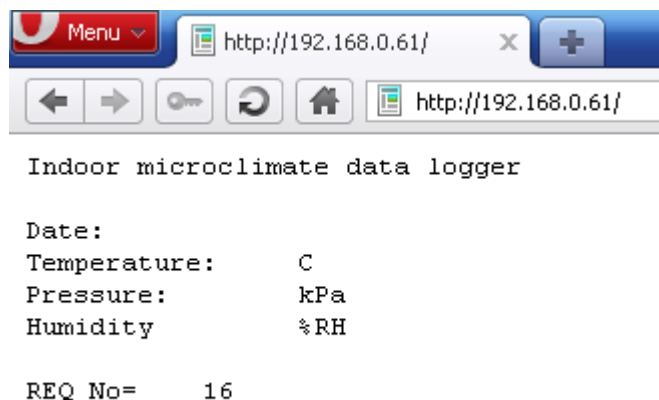
Reply from 192.168.0.61: bytes=32 time=17ms TTL=128
Reply from 192.168.0.61: bytes=32 time=8ms TTL=128
Reply from 192.168.0.61: bytes=32 time=8ms TTL=128
Reply from 192.168.0.61: bytes=32 time=9ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.0.61:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 8ms, Maximum = 17ms, Average = 10ms
```

8.1 pav. Ping komanda

Įrašius komandiniame lange ping 192.168.0.61 komandą, įrenginys atsakė į visas jam siųstas užklausas.

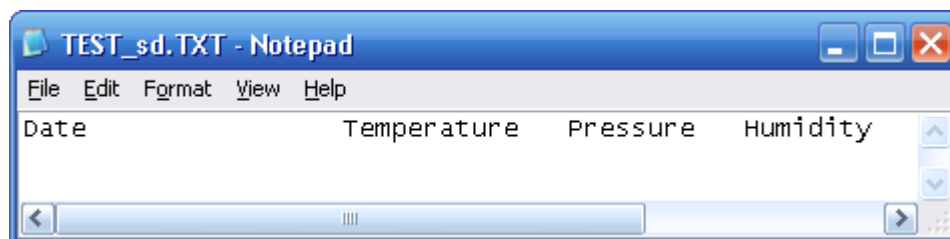
Naršyklėje įvedus įrenginio IP adresą, buvo atvaizduotas testinis Web puslapis (8.2 pav.). Web puslapio statinis tekstas pasirinktas angliškąs, nes lietuviškų raidžių nepalaiko Ethernet moduliui naudojama biblioteka. Kairėje pusėje išdėstytas tekstas: data su laiku, temperatūra - Celsijaus laipsniais, atmosferos slėgis - kilo paskaliais, santykinė oro drėgmė - procentais. Žemiau matomas užklausų skaitliukas, registruojantis kiek kartų buvo kreiptasi atnaujinti Web puslapį.



8.2 pav. Testinis Web puslapis

8.2 SD kortelės paprogramės bandymai

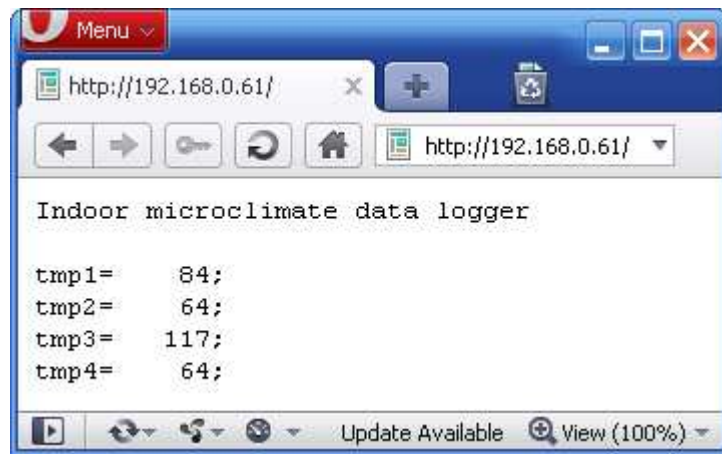
Sudarant elektrinę principinę įrenginio schemą, buvo nuspręsta SD kortelės lizdą prijungti prie laisvų mikrovaldiklio išvadų ir duomenų perdavimą įgyvendinti panaudojant programinę SPI sąsają. Įrašius į mikrovaldiklį programos dalį SD kortelei testuoti, nepavyko įrašyti duomenų į kortelę. Paaiškėjo, kad SD kortelei aptarnauti būtina reikalinga aparatūrinė SPI sąsaja. Todėl bandymams teko koreguoti įrenginio takelius: SD kortelę prijungti prie aparatūrinės SPI sąsajos, o I²C sąsają iš aparatūrinės perkelti į programinę. Atlikus šiuos pataisymus testiniai duomenys į SD kortelę įrašyti sėkmingai. Tekstinio dokumento išvaizda pateikta 8.3 paveiksle. Matome suformuotą antraštę, būsimam laiko ir jutiklių reikšmių saugojimui.



8.3 pav. SD kortelės failo antraštė

8.3 Jutiklių ir RTC bandymai

Įrašius į mikrovaldiklį RTC mikroschemos ir jutiklio MPL115A2 testines programas, programos veikė korektiškai, sutrikimų nepastebėta. Sunkiausia buvo suprasti jutiklių valdymą, jų išduodamų reikšmių interpretavimą. Tam specialiai buvo parašytos testinės programos, kurios Web puslapyje pateikia baitines nuskaitytas jutiklių reikšmes. Kaip pavyzdys pateiktas MPL115A2 jutiklio slėgio ir temperatūros baitinės reikšmės išvestos Web puslapyje (8.4 pav). Slėgio ADC reikšmė saugoma per du baitus tmp1 ir tmp2, temperatūros: tmp3 ir tmp4. Remiantis šiomis reikšmėmis ir jutiklio aprašu konvertuotos reikšmės į slėgį ir temperatūrą.

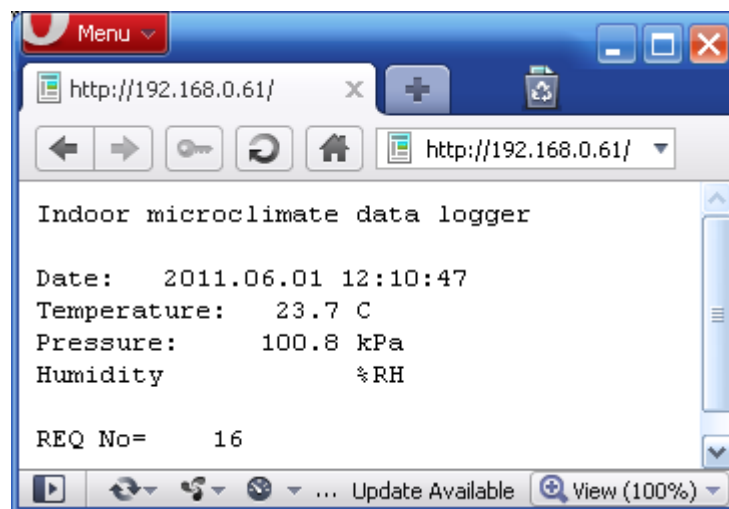


8.4 pav. MPL115A2 jutiklio baitinės reikšmės

Bandant lituoti drėgmės jutiklį SHT15, jis buvo sugadintas. Atsisiųsti papildomą jutiklį nebebuvo laiko, todėl šis jutiklis nebuvo išbandytas praktiškai.

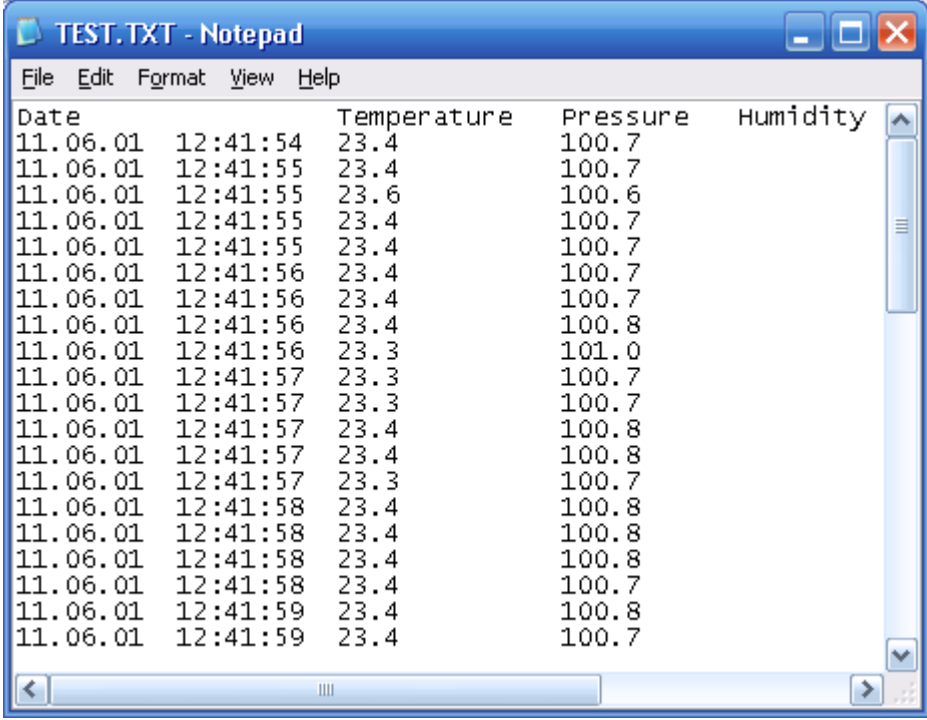
8.3 Įrenginio bandymai

Apjungus visas prieš tai testuotas programas į vieną bendrą programą, įtaisas veikė korektiškai: atsakė į ping užklausas, apklausdavo jutiklius ir RTC, suformuodavo Web puslapį ir duomenis išsaugodavo SD kortelėje. Veikiančio įrenginio Web puslapis pateiktas 8.5 pav. Šiame paveiksle matome Web puslapyje suformuotą datą „2011.06.01“ ir laiką „12:10:07“. Taip pat išvedama temperatūra „23,7 °C“, slėgis „100,8 kPa“. Drėgmės parodymų atvaizduoti nepavyko, nes kaip jau buvo minėta buvo sugadintas drėgmės jutiklis.



8.5 pav. Web puslapis

SD kortelėje suformuotas *.txt failas, kurio vaizdas pateiktas 8.6 pav. Kiekvienas matavimas yra saugomas naujoje eilutėje. Taip suformuotus duomenis galima lengvai importuoti į Excel ar Matlab programas vėlesniam apdorojimui. Iš įrašytų duomenų matome, kad įrašymo sparta yra 4-5 kartai per sekundę.



Date		Temperature	Pressure	Humidity
11.06.01	12:41:54	23.4	100.7	
11.06.01	12:41:55	23.4	100.7	
11.06.01	12:41:55	23.6	100.6	
11.06.01	12:41:55	23.4	100.7	
11.06.01	12:41:55	23.4	100.7	
11.06.01	12:41:56	23.4	100.7	
11.06.01	12:41:56	23.4	100.7	
11.06.01	12:41:56	23.4	100.8	
11.06.01	12:41:56	23.3	101.0	
11.06.01	12:41:57	23.3	100.7	
11.06.01	12:41:57	23.3	100.7	
11.06.01	12:41:57	23.4	100.8	
11.06.01	12:41:57	23.4	100.8	
11.06.01	12:41:57	23.3	100.7	
11.06.01	12:41:58	23.4	100.8	
11.06.01	12:41:58	23.4	100.8	
11.06.01	12:41:58	23.4	100.8	
11.06.01	12:41:58	23.4	100.7	
11.06.01	12:41:59	23.4	100.8	
11.06.01	12:41:59	23.4	100.7	

8.6 pav. SD kortelės saugomas tekstinis failas

IŠVADOS

Baigiamajame bakalauro darbe suprojektuotas ir pagamintas patalpos mikroklimato duomenų surinkimo įrenginys. Įrenginys informaciją iš temperatūros, slėgio ir drėgmės jutiklių bei RTC mikroschemos atvaizduoja Web puslapyje ir išsaugo SD kortelėje. Šis įrenginys skirtas kaupti informaciją apie patalpos mikroklimato būseną ir vėliau ją analizuoti, taip pat skirtas realiu laiku stebėti mikroklimato sąlygas per Web sąsają.

Įrenginys suprojektuotas su pakankamai nauju firmos Microchip mikrovaldikliu PIC18F67J60, turinčiu vidinį Ethernet modulį, todėl nereikalingas papildomas Ethernet valdiklis. Temperatūros jutiklio, kaip atskiros mikroschemos taip pat nėra, kadangi pasirinkti jutikliai, kurie kartu su slėgiu ar drėgme matuoja ir temperatūrą.

Atlikti atskirų įrenginio mazgų ir pilnai funkcionuojančio įrenginio bandymai. Atskirų įrenginio mazgų bandymo metu pašalinti pastebėti trūkumai, todėl atliekant pilnai funkcionuojančio įrenginio bandymus, trūkumų nebepastebėta.

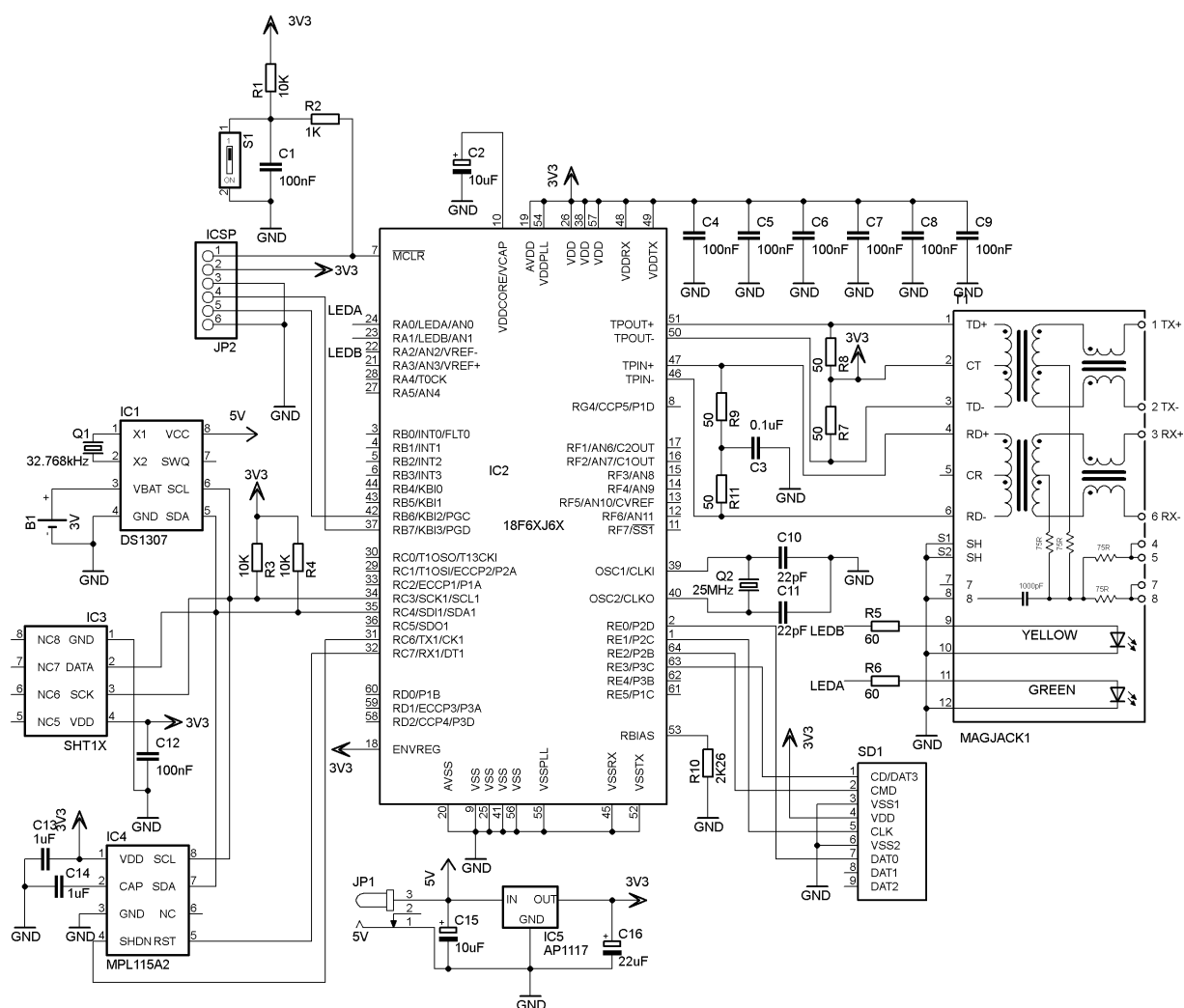
LITERATŪRA

1. Old Spring Temperature and humidity data logger [Žiūrėta 2011-04-06]. Prieiga per internetą: <http://oldspring.110mb.com/TH.html>.
2. Weather Station [Žiūrėta 2011-04-06]. Prieiga per internetą: <http://www.techdesign.be/projects/012/012.htm>.
3. An Ethernet weather station [Žiūrėta 2011-04-07]. Prieiga per internetą: <http://www.tuxgraphics.org/electronics/200704/article07041.shtml>.
4. SD card [Žiūrėta 2011-03-06]. Prieiga per internetą: http://www.sdcard.org/developers/tech/pls/simplified_specs/Part_1_Physical_Layer_Simplified_Specification_Ver_3.01_Final_100518.pdf.
5. Ramanauskas N. Kompiuterinės komunikacijos. Šiauliai, 2004. 6 - 10p., 32p., 34p.
6. Ethernet [Žiūrėta 2011-03-10]. Prieiga per internetą: [Ethernet - Wikipedia, the free encyclopedia](http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet).
7. Ethernet'o standartai [Žiūrėta 2011-03-20]. Prieiga per internetą: <http://www.ieee802.org/3/>.
8. Ethernet cable category [Žiūrėta 2011-03-27]. Prieiga per internetą: http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps133/products_tech_note09186a00801f5d9e.shtml.
9. Temperature sensor [Žiūrėta 2011-04-1]. Prieiga per internetą: <http://www.sensorsportal.com/HTML/SENSORS/Temperature.htm>.
10. Pressure sensor [Žiūrėta 2011-04-01]. Prieiga per internetą: http://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensor.
11. Pjerezozistorinis slėgio jutiklis [Žiūrėta 2011-03-15]. Prieiga per internetą: <http://archives.sensorsmag.com/articles/0799/12/index.htm>.
12. Choosing a humidity sensor [Žiūrėta 2011-04-05]. Prieiga per internetą: <http://www.sensorsmag.com/sensors/humidity-moisture/choosing-a-humidity-sensor-a-review-three-technologies-840>.
13. Mikrovaldiklis PIC18F67J60 [Žiūrėta 2011-05-17]. Prieiga per internetą: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39762f.pdf>.
14. DC/DC keitiklis AP1117 [Žiūrėta 2011-05-03]. Prieiga per internetą: [http://www.semiconductorstore.com/pdf/AP1117%20%20%20%20%20%20%20%20.pdf](http://www.semiconductorstore.com/pdf/AP1117%20%20%20%20%20%20%20%20%20.pdf).
15. RTC DS1307 [Žiūrėta 2011-04-18]. Prieiga per internetą: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>.
16. Drėgmės ir temperatūros jutiklis [Žiūrėta 2011-04-13]. Prieiga per internetą: http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf.

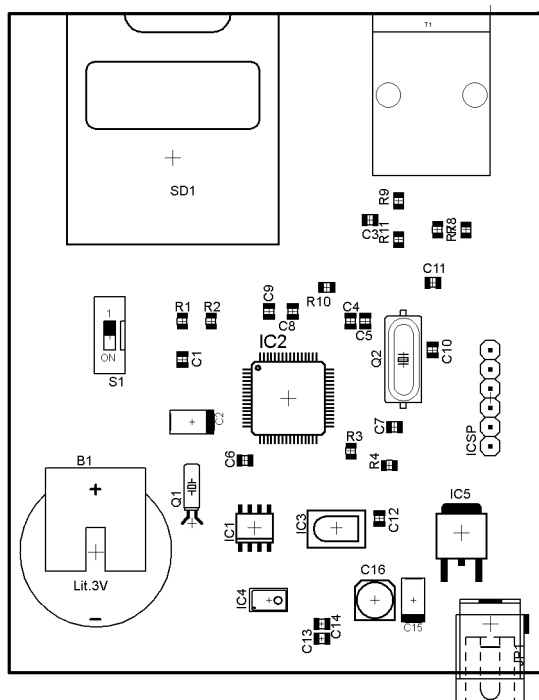
17. Slēgio jutiklis [Žiūrēta 2011-04-16]. Prieiga per internetu: http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPL115A1.pdf.
18. SD kortelēs lizdas [Žiūrēta 2011-05-13]. Prieiga per internetu: http://www.hestore.hu/files/mcc-sd_2.pdf.
19. RJ-45 lizdas SI-60062-F [Žiūrēta 2011-05-23]. Prieiga per internetu: <http://www.belfuse.com/Data/Datasheets/SI-60062-F.pdf>.

PRIEDAI

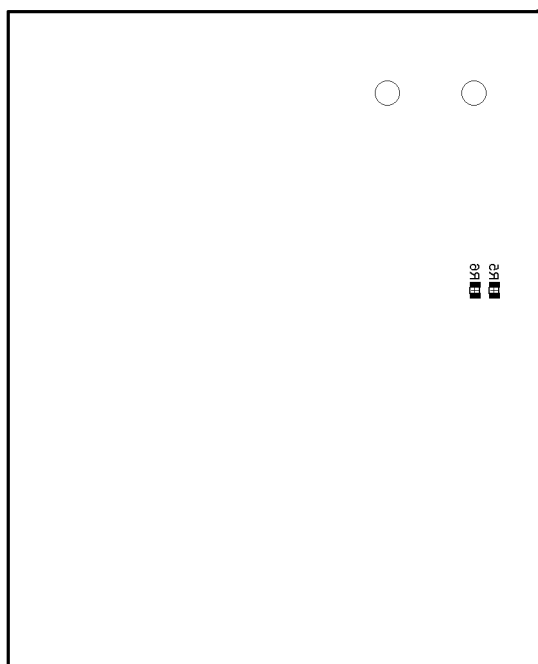
PATALPOS MIKROKLIMATO DUOMENŲ SURINKIMO ĮRENGINIO PRINCIPINĖ SCHEMA



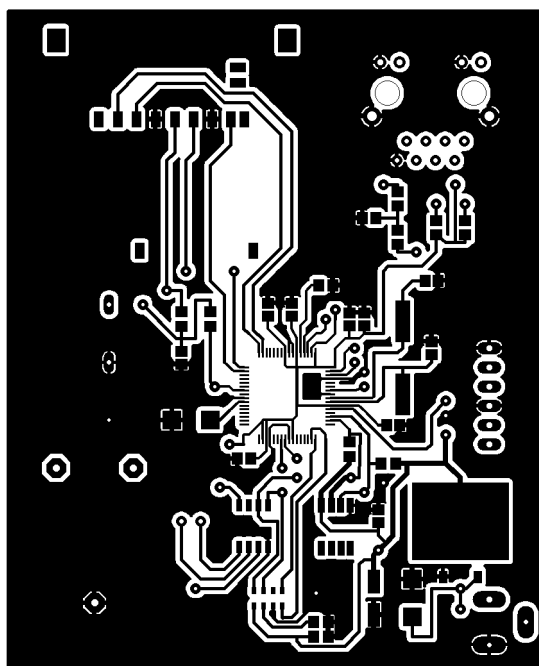
ELEMENTŲ IŠDĖSTYMAS ANT SPAUSDINTO MONTAŽO PLOKŠTĖS IŠ VIRŠAUS (M 1:1)



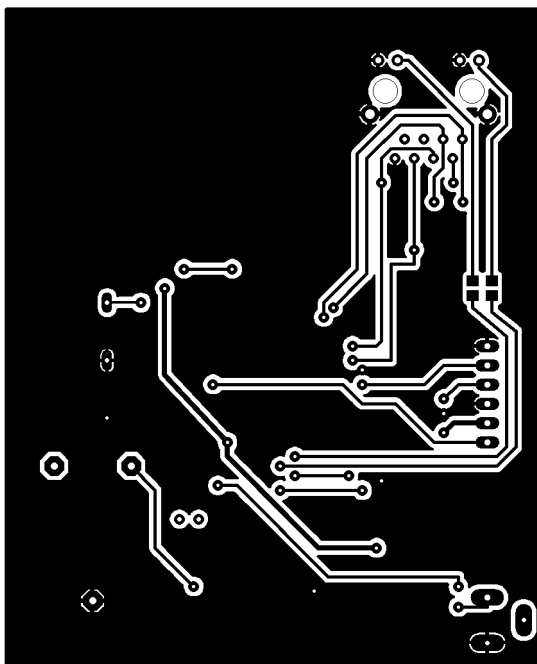
ELEMENTŲ IŠDĖSTYMAS ANT SPAUSDINTO MONTAŽO PLOKŠTĖS IŠ APAČIOS (M 1:1)



TAKELIŲ IŠDĖSTYMAS ANT SPAUSDINTO MONTAŽO PLOKŠTĖS IŠ VIRŠAUS (M 1:1)



TAKELIŲ IŠDĖSTYMAS ANT SPAUSDINTO MONTAŽO PLOKŠTĖS IŠ APAČIOS (M 1:1)



DETALIŲ SĄRAŠAS

Formatas	Zona	Pozicija	Žymėjimas	Pavadinimas	Kiekis	Pastabos
				Mikroschemos		
A4			IC1	RTC DS1307 SOIC8	1	
			IC2	PIC18F67J60 TQFP64	1	
			IC3	Drėgmės jutiklis SHT15	1	
			IC4	Slėgio jutiklis MPL115A2	1	
			IC5	Įtampos stabilizatorius AP1117	1	
				Lizdai		
			SD1	SDcard 104G-TAA0-R	1	
			JP1	DC jack SPC4078	1	
			JP2	ICSP pinhead 1X06	1	
			MAGJACK	RJ-45 SI-60062-F	1	
				Kondensatoriai		
			C1	100nF C0805	1	
			C2	10uF S10/16SMD	1	
			C3	0.1uF C0805	1	
			C4,C5,C6,C7,C8,C9	100nF C0805	6	
			C10,C11	22pF C0805	2	
			C12	100nF C0805	1	
			C13, C14	1uF C0805	2	
			C15	10uF S10/16SMD	1	
			C16	22uF S22-16SMD	1	
				Kvarciniai rezonatoriai		
			Q1	32.768kHz TC26H	1	
			Q2	25MHz HC49UP	1	
				Rezistoriai		
			R1	10kΩ R0805	1	
			R2	1kΩ R0805	1	
			R3,R4	10kΩ R0805	2	
			R5,R6	60Ω R0805	2	
			R7,R8,R9,R11	50Ω R0805	4	
			R10	2K26Ω R0805	1	
				Jungikliai		
			S1	Mygtukas DS-01	1	
TECHNOLOGIJOS ŠU FAKULTETAS			Studentas	P. Šidlauskas		Patalpos mikroklimato duomenų surinkimo įrenginys
			Vadovas	N.Ramanauskas		
			Recenzentas			
			Kat. vedėjas	G. Daunys		
2011	Lapas	Lapų				
	1	1				

CD (PLOKŠTELĒ)