

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra mikroelektroniky



Bakalárska práca

Řízení procesů v inteligentním domě

Control of Processes in an Intelligent House

Autor: Jozef Hudák

Vedúci práce: prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.

Študijný program: Elektronika a komunikace

Praha 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hudák** Jméno: **Jozef** Osobní číslo: **492360**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra mikroelektroniky**
Studijní program: **Elektronika a komunikace**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Řízení procesů v inteligentním domě

Název bakalářské práce anglicky:

Control of Processes in an Intelligent House

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerši současného stavu řešení řízení a regulace některých veličin v domě (budově), např. teplota, osvětlení, vlhkost, pohyb, apod. pomocí vhodných typů senzorů řízených mikroprocesorem, akčním výstupem přes vhodnou sběrnici. Součástí rešerše bude průzkumu trhu s vhodnými technologiemi, konkrétními senzory, sběrníci a akčními členy.
2. Navrhněte jednoduchý model monitorování stavu domu (vlhkost, teplota, světlo, CO₂, popř. pohyb osob v domě). Na výstupu systému použijte spínací prvky (relé) pro ovládání klimatizace, spínání světel, světelnou (akustickou) signalizaci pro překročení koncentrace CO₂. Použijte vhodné typy komerčních senzorů, k řízení využijte např. Arduino s připojeným uživatelským rozhraním (displejem). Navržený zjednodušený model realizujte.
3. Vyhodnoťte dosažené parametry navrženého systému.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Neumann, P., Uhlíř, J.: Elektronické obvody a funkční bloky I, II, ČVUT.
- [2] Chromservis. Elektrochemický senzor. In: Chromservis [online]. [cit. 06.12.2021].
<https://www.chromservis.eu/c/electrochemical?lang=CZ>
- [3] Kůtka, Michal. Návrh elektronického zabezpečovacího systému (EZS) s prvky inteligentní domácnosti. FEKT VUT v Brně, 2016, <http://hdl.handle.net/11012/60418>
- [4] Merz, H.; Hansemann T.; Hubner, C. Automatizované systémy budov. 1. vydání, Grada Publishing, a.s. 2007

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc. katedra mikroelektroniky FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **02.02.2024** Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: **21.09.2025**

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Pavel Hazdra, CSc.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prehlásenie

Prehlasujem, že som predloženú prácu vypracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje v súlade s Metodickým pokynom o dodržiavaní etických princípov pri vypracovaní vysokoškolských záverečných prác.

V Prahe dňa

.....

Jozef Hudák

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu práce prof. Ing. Miroslavovi Husákovi, CSc. za usmernenie a zhovievavosť pri tvorbe bakalárskej práce.

Jozef Hudák

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá návrhom a implementáciou systému domácej automatizácie zameraného na monitorovanie a reguláciu environmentálnych parametrov ako sú teplota, vlhkosť, osvetlenie a koncentrácia CO₂. V rámci práce boli využité senzory a mikroprocesor, konkrétne platforma Arduino, pre automatizované ovládanie domácich systémov s cieľom zvýšiť komfort, bezpečnosť a energetickú účinnosť bývania. Práca začína rešeršou existujúcich technológií a riešení v oblasti inteligentných domov. Implementačná časť zahŕňa vývoj a programovanie funkčného prototypu, ktorý bol následne testovaný v reálnych podmienkach. Záver práce reflektuje na dosiahnuté výsledky, diskutuje o možnostiach zlepšenia a nastiňuje potenciálne smerovania pre ďalší vývoj systémov domácej automatizácie. Táto práca prispieva k rozvoju technológií pre inteligentné bývanie a poskytuje užitočný základ pre budúce inovácie v tejto oblasti.

Kľúčové slová: Inteligentný dom, Arduino, Senzor, Mikrokontrolér

Abstract

This bachelor thesis deals with the design and implementation of a home automation system aimed at monitoring and controlling environmental parameters such as temperature, humidity, lighting and CO₂ concentration. The thesis utilized sensors and a microcontroller, specifically the Arduino platform, for automated control of home systems to enhance the comfort, safety and energy efficiency of living. The thesis starts with a search of existing technologies and solutions in the field of smart homes. The implementation part includes the development and programming of a working prototype, which was then tested in real conditions. The conclusion of the thesis reflects on the results achieved, discusses opportunities for improvement and outlines potential directions for further development of home automation systems. This work contributes to the development of technologies for smart living and provides a useful basis for future innovations in this area.

Keywords: Smart home, Arduino, Sensor, Microcontroller

Zoznam obrázkov

Obr. 1: Vizualizácia systému riadenia a regulácie	10
Obr. 2: Štruktúra typickej ZigBee mesh topológie[19].....	20
Obr. 3: Umiestnenie komponentov navrhnutého systému. Upravené [35]	32
Obr. 4: Schéma zapojenia komponentov systému	33
Obr. 5: Diagram procesu rozhodovania o výstupe systému	34
Obr. 6: Fyzické zapojenie modelu systému	35

Zoznam tabuliek

Tab. 1: Tabuľka vybraných senzorov teploty a vlhkosti [23-27]	24
Tab. 2: Tabuľka vybraných senzorov pohybu[28-32]	25

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Princípy riadenia a regulácie v inteligentných domoch	10
2.1. Princíp riadenia a regulácie.....	10
2.2. Význam senzorov a akčných členov v týchto systémoch	10
2.3. Implementácia riadiacich algoritmov.....	10
2.4. Význam komunikácie a integrácie	11
3. Typy senzorov používaných v inteligentných domoch	12
3.1. Sensory teploty	12
3.1.1. Elektro-mechanické senzory teploty.....	12
3.1.2. Elektronické senzory teploty	12
3.1.3. Odporové senzory teploty.....	12
3.2. Sensory osvetlenia	13
3.2.1. Fotorezistory.....	13
3.3. Sensory vlhkosti.....	13
3.3.1. Kapacitné senzory vlhkosti.....	13
3.3.2. Rezistívne senzory vlhkosti.....	14
3.4. Sensory pohybu	14
3.4.1. PIR (Passive Infrared) senzory pohybu	14
3.4.2. Ultrazvukové senzory pohybu.....	15
3.4.3. Mikrovlnné senzory pohybu.....	15
3.5. Sensory kvality ovzdušia	15
3.5.1. Infračervené senzory kvality ovzdušia	15
3.5.2. Elektrochemické senzory kvality ovzdušia	16
4. Mikroprocesorové riadiace jednotky.....	17
4.1. Typy mikroprocesorov používaných pre riadenie senzorov	17
4.1.1. Arduino.....	17
4.1.2. Raspberry Pi	17
4.1.3. ESP8266 a ESP32	17
4.2. Softvér a programovanie mikroprocesorových jednotiek	18
5. Komunikačné zbernice a protokoly	19

5.1.	Typy komunikačných zberníc	19
5.1.1.	I2C	19
5.1.2.	SPI	19
5.1.3.	UART	19
5.2.	Bezdrôtové komunikačné protokoly	20
5.2.1.	Wi-Fi	20
5.2.2.	ZigBee	20
5.2.3.	Z-Wave	21
5.2.4.	Bluetooth	21
6.	Akčné členy a ich integrácia	22
6.1.	Typy akčných členov	22
6.1.1.	Relé a spínače	22
6.1.2.	Servomotory	22
6.1.3.	Elektrické pohony	22
6.2.	Integrácia akčných členov do systému	22
7.	Súčasný stav	24
7.1.	Prehľad najnovších technológií pre inteligentné domy	24
8.	Model monitorovania stavu domu	26
8.1.	Komponenty	26
8.1.1.	Arduino Uno+WiFi Atmega328P+ESP8266 32Mb	26
8.1.2.	Senzor teploty a vlhkosti (DHT22 a AM2302)	27
8.1.3.	Senzor osvetlenia	27
8.1.4.	Senzor pohybu Mini PIR detektor pohybu HC-SR505	28
8.1.5.	Senzor koncentrácie CO2 Modul SCD41	28
8.1.6.	Bzučiak	29
8.1.7.	LCD Displej	29
8.1.8.	Relé modul pre svetlo	30
8.1.9.	Relé modul pre klimatizáciu	30
8.2.	Umiestnenie komponentov	31
8.2.1.	Senzor teploty a vlhkosti	31
8.2.2.	Senzor osvetlenia	31
8.2.3.	Detektor pohybu	31
8.2.4.	Senzor CO2	31
8.2.5.	Užívateľské rozhranie	31
8.2.6.	Výstupné relé a zvuková signalizácia	31

8.3.	Schéma zapojenia komponentov.....	32
8.4.	Popis systému.....	33
8.4.1.	Zopnutie relé pre klimatizáciu.....	33
8.4.2.	Zopnutie relé pre osvetlenie	35
8.4.3.	Hlasová signalizácia vysokej hodnoty CO2	35
8.4.4.	Zobrazovanie na LCD displeji.....	35
8.5.	Výsledky	36
9.	Záver.....	37
	Použitá literatúra	38
	Prílohy	41

1. Úvod

V posledných rokoch sme svedkami neustáleho pokroku v oblasti technológií, ktorý zásadne mení spôsob, akým žijeme a interagujeme so svojim okolím. Jednou z najdynamickejších oblastí technologického rozvoja je domáca automatizácia, často označovaná ako inteligentné bývanie alebo smart home. Tieto systémy zvyšujú pohodlie, bezpečnosť a energetickú efektívnosť domácností prostredníctvom automatizovaného riadenia rôznych domácich prístrojov a systémov. Domáca automatizácia sa rýchlo stáva neoddeliteľnou súčasťou moderných domov, kde užívateľom umožňuje ovládať osvetlenie, teplotu, bezpečnostné systémy a mnoho ďalších funkcií s minimálnou námahou.

Hlavným cieľom tejto bakalárskej práce je navrhnuť a realizovať model systému domácej automatizácie, ktorý by bol schopný monitorovať a regulovať kritické environmentálne veličiny ako teplota, vlhkosť, svetlo a koncentrácia oxidu uhličitého (CO₂). Systém využíva moderné senzory a mikroprocesor k získavaniu dát, ktoré sú následne analyzované a použité na automatizované ovládanie domácich prístrojov a zaistenie optimálneho prostredia v domácnosti.

Práca začína rešeršou súčasného stavu technológií a riešení v domácej automatizácii. Následne je popísaný detailný model systému vrátane umiestnenia senzorov, mikroprocesoru a užívateľského rozhrania. V implementačnej časti je systém zostavený a programovaný, kde hlavnou kontrolnou jednotkou je mikrokontrolér Arduino, ktorý je zvolený kvôli svojej flexibilita a širokej podpore v komunite vývojárov.

Testovacia fáza zahŕňa overenie funkčnosti a spoľahlivosti systému v reálnych podmienkach. Záverečná časť práce hodnotí výkonnosť celého systému, diskutuje dosiahnuté výsledky a naznačuje možné smerovania pre budúci vývoj a zlepšenia.

Cieľom tejto bakalárskej práce je teda nielen demonštrovať praktickú aplikáciu technológií domácej automatizácie, ale aj poskytnúť teoretické a metodologické základy pre ďalší výskum v tejto rýchlo sa rozvíjajúcej oblasti.

2. Princípy riadenia a regulácie v inteligentných domoch

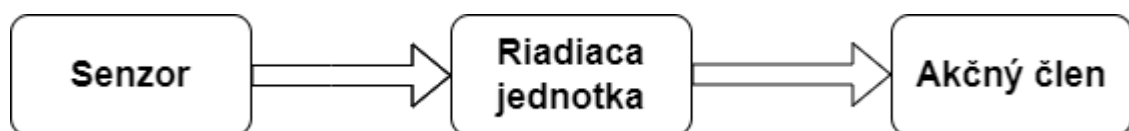
2.1. Princíp riadenia a regulácie

Riadenie a regulácia v inteligentných domoch sa opiera o spätnú väzbu a automatizáciu procesov s cieľom dosiahnuť požadované nastavenia a podmienky prostredia. Spätná väzba je proces, pri ktorom systém neustále monitoruje stav regulovanej veličiny a porovnáva ho s požadovanou hodnotou (referenčnou hodnotou). Na základe tejto analýzy systém dynamicky upravuje výstupy tak, aby sa dosiahlo želané nastavenie. [1,2]

2.2. Význam senzorov a akčných členov v týchto systémoch

Senzory sú zodpovedné za zber údajov o rôznych parametroch prostredia, ako sú teplota, vlhkosť, prítomnosť svetla, pohyb a iné. Tieto údaje sú následne analyzované riadiacou jednotkou, ktorá na ich základe prijíma rozhodnutia o ďalších akciách. Proces je znázornený na **Error! Reference source not found.**

Akčné členy sú zariadenia, ktoré realizujú fyzické akcie v systéme na základe príkazov od riadiacej jednotky. Patria sem napríklad spínače na zapínanie a vypínanie osvetlenia, termostatické ventily na reguláciu teploty, alebo motorické pohony na otváranie a zatváranie okien a žalúzií[3].



Obr. 1: Vizualizácia systému riadenia a regulácie

2.3. Implementácia riadiacich algoritmov

Kľúčovou súčasťou efektívnej regulácie je implementácia riadiacich algoritmov, ktoré určujú, ako systém reaguje na zmeny v meraných veličinách. Tieto algoritmy môžu byť jednoduché, ako napríklad binárne zapnutie/vypnutie v reakcii na dosiahnutie určitého prahu nastaveného užívateľom, alebo komplexnejšie, zahŕňajúce PID (proporcionálny-integračný-derivačný) regulátor pre presnejšie riadenie alebo strojové učenie, ktoré je schopné rozpoznáť a reagovať na zdravotný stav, rutiny alebo emócie osôb. Riadiace algoritmy zohrávajú dôležitú úlohu aj v bezpečnosti a úspore energie, na ktorú sú stále vyššie nároky. [4-7]

2.4. Význam komunikácie a integrácie

Komunikácia medzi komponentmi inteligentného domovného systému je nevyhnutná pre koordinovanú a efektívnu reguláciu. Používajú sa rôzne typy komunikačných protokolov a zberníc, ako sú Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave alebo tradičnejšie káblové spojenia. Integrácia týchto technológií umožňuje vytvorenie siete zariadení, ktoré môžu vzájomne komunikovať a spolupracovať na dosiahnutí optimalizovaného prostredia v domácnosti.

3. Typy senzorov používaných v inteligentných domoch

Inteligentné domáce systémy závisia od presných a spoľahlivých senzorov, ktoré získavajú dáta o rôznych fyzikálnych veličinách a stavoch prostredia. Táto kapitola sa venuje prehľadu rôznych typov senzorov, ktoré sú implementované v inteligentných domoch, ich charakteristike a význame pre efektívne riadenie domácnosti.

3.1. Sensory teploty

Sensory teploty sú nevyhnutné pre reguláciu vykurovania a chladenia v domácnostiach. Teplotné senzory zaznamenávajú zmenu v odpore alebo napätí, ktorá súvisí so zmenou teploty. Základným delením teplotných senzorov je na kontaktné (meranie teploty vyžaduje fyzický kontakt s objektom, ktorého teplotu meriame) a bezkontaktné (fyzický kontakt nie je potrebný). Ako je uvedené a popísané v [8], teplotné senzory sa delia: elektro-mechanické, elektronické a odporové.

3.1.1. Elektro-mechanické senzory teploty

Elektro-mechanické alebo bimetalické senzory sú zložené z dvoch rozdielnych kovov a využívajú ich rôzne teplotné rozťažnosti. Tie menia tepelnú energiu na elektromechanický pohyb. Ich nevýhodou je pomalá reakcia na zmenu teploty.

3.1.2. Elektronické senzory teploty

- Kremíkové senzory využívajú vlastnosti elektrického odporu polovodičov. Najmä pri nízkych teplotách poskytujú takmer lineárny nárast odporu v závislosti od teploty.
- Infračervené pyrometre merajú infračervenú energiu vyžarovanú z objektu v rozsahu vlnovej dĺžky od 4 do 20 mikrometrov a prepočítavajú ju na napätie. Používajú šošovku na sústredenie vyžarovanej energie na termočlánok a výsledné napätie zosilnené a upravené pre prepočet.
- Termočlánky sú tvorené spojením dvoch rôznych kovových vodičov, ktoré na konci spoja obvod. Ich výhodou je robustnosť a odolnosť voči vysokým teplotám.

3.1.3. Odporové senzory teploty

Termistory (alebo tepelne citlivé rezistory) sú zariadenia, ktoré menia svoj elektrický odpor v závislosti od teploty. Delia sa na dva typy: s kladným teplotným koeficientom (PTC)

a so záporným teplotným koeficientom (NTC). Typ PTC vykazujú nárast odporu pri rastúcej teplote, teploty, zatiaľ čo NTC vykazujú pokles odporu pri zvyšovaní teploty. Ich výhodou je dostupnosť v malých rozmeroch a rýchla odozva na zmenu teploty. Najčastejšie sa používajú pri teplotách okolo 25 °C, preto sú vhodnou voľbou pre meranie izbovej teploty v systémoch inteligentných domácností.

3.2. Senzory osvetlenia

Senzory osvetlenia, ako sú fotorezistory a digitálne senzory osvetlenia (napríklad fotodiódy a fototranzistory), umožňujú automatizáciu osvetlenia v závislosti od prírodného svetla dostupného v prostredí. Tieto senzory sú kľúčové pre zníženie spotreby elektrickej energie a pre zvýšenie komfortu obyvateľov tým, že udržiavajú ideálne svetelné podmienky počas celého dňa.

3.2.1. Fotorezistory

Fotorezistor, tiež nazývaný ako fotocitlivý rezistor alebo LDR (Light Dependent Resistor), je elektronický komponent, ktorý mení svoj odpor v závislosti na množstve svetla, ktoré naň dopadá. Jeho fungovanie je založené na efekte nazývanom fotoelektrický efekt. Je to fyzikálny jav, pri ktorom svetelné žiarenie vyvoláva emisiu elektrónov z povrchu materiálu.

3.3. Senzory vlhkosti

Vlhkosť ovzdušia má významný dopad na pohodlie a zdravie obyvateľov. Senzory vlhkosti, ako sú kapacitné a rezistívne vlhkomery, sú dôležité pre udržiavanie optimálnej úrovne vlhkosti v interiéri. Integrácia týchto sensorov do systémov inteligentného domu umožňuje automatické zapínanie zvlhčovačov alebo odvlhčovačov v závislosti od aktuálnej vlhkosti vzduchu.

3.3.1. Kapacitné senzory vlhkosti

Kapacitné senzory vlhkosti fungujú na základe zmeny elektrickej kapacity dielektrika v závislosti od vlhkosti prostredia. Tieto senzory majú obvykle dve elektródy oddelené dielektrickým materiálom, ktorý je schopný absorbovať vlhkosť z okolitého prostredia. Keď sa zvyšuje vlhkosť vzduchu, dielektrikum absorbuje vlhkosť a jeho elektrická kapacita sa zvyšuje. Táto zmena kapacity sa následne meria a interpretuje ako relatívna vlhkosť vzduchu.

Kapacitné senzory vlhkosti majú výhodu vysokej citlivosti a rýchlej reakcie na zmeny vlhkosti. Sú tiež odolné voči kontaminácii a majú dlhú životnosť. Preto sú často používané v rôznych aplikáciách, ako sú meranie vlhkosti vzduchu v domácnostiach, laboratóriách, priemysle, a v mnohých ďalších prostrediach, kde je dôležité sledovať a regulovať vlhkosť.

3.3.2. Rezistívne senzory vlhkosti

Rezistívne senzory vlhkosti, často nazývané aj hygrosenzory, pracujú na základe zmien elektrického odporu v reakcii na zmenu vlhkosti okolia. Tieto senzory sú zvyčajne vyrobené z polymérov, keramiky alebo iných materiálov, ktoré absorbujú vlhkosť z prostredia.

Typický rezistívny senzor vlhkosti má dve elektródy, medzi ktoré je umiestnený hygroskopický materiál. Keď sa zvyšuje vlhkosť vzduchu, hygroskopický materiál absorbuje vlhkosť a mení svoje fyzikálne vlastnosti, čo vedie k zmenám v elektrickom odpore medzi dvoma elektródami. Meranie sa potom vykonáva pomocou prúdu, ktorý preteká cez senzor. Zmeny v odpore sú následne zaznamenané a interpretované ako zmena vlhkosti. Tento proces môže byť kalibrovaný na poskytnutie presných hodnôt vlhkosti.

Rezistívne senzory vlhkosti majú niekoľko výhod, vrátane jednoduchej konštrukcie, relatívne nízkej ceny a dlhej životnosti. Taktiež majú schopnosť merať relatívnu vlhkosť vo vzduchu v širokom rozsahu. Avšak, majú aj svoje obmedzenia, ako je napríklad citlivosť na kontamináciu a potreba pravidelnej kalibrácie.

3.4. Senzory pohybu

Senzory pohybu, sú často používané v bezpečnostných systémoch a pre automatizáciu osvetlenia. Detekcia pohybu v určitých oblastiach domu môže aktivovať osvetlenie alebo spustiť alarm, čím zvyšujú bezpečnosť a pohodlie.

3.4.1. PIR (Passive Infrared) senzory pohybu

Senzory pohybu, ako je PIR (Passive Infrared) čidlo, fungujú na základe detekcie infračerveného žiarenia v miestnosti. PIR čidlo má dva alebo viac detekčných elementov usporiadaných tak, aby pokrývali široký zorný uhol.

Čidlo má vnútorné infračervené senzory, ktoré detekujú tepelné emisie v ich zornom poli. Keď sa teplo vyžarujúci objekt (napríklad človek) pohne v zornom poli senzoru, čidlo zaznamená zmenu infračerveného žiarenia. Táto zmena sa preloží do elektrického signálu, ktorý indikuje pohyb. Signál sa generuje len v prípade, že sa detekuje zmena, čo znamená, že senzor je "pasívny", teda neposiela žiadne infračervené žiarenie sám, len detekuje existujúce záření. PIR čidlá sú často používané v bezpečnostných systémoch ako pohybové senzory, v osvetlení s automatickým zapínaním a v rôznych domácich automatizačných systémoch. Sú spoľahlivé,

úsporné a jednoduché na inštaláciu, čo ich robí populárnou voľbou pre sledovanie pohybu v interiéroch.

3.4.2. Ultrazvukové senzory pohybu

Tieto senzory používajú ultrazvukové vlny na detekciu pohybu. Vysielajú ultrazvukové signály do priestoru a merajú, ako sa tieto signály odrážajú od okolitých objektov. Ak sa objekt pohne, zmení sa čas návratu odrazeného signálu, čo vedie k detekcii pohybu.

3.4.3. Mikrovlnné senzory pohybu

Mikrovlnné senzory vysielajú mikrovlnné signály do prostredia a merajú, ako sa tieto signály odrážajú od okolitých objektov. Keď sa objekt pohne, mení sa frekvencia a fáza odrazeného signálu, čo vedie k detekcii pohybu.

3.5. Senzory kvality ovzdušia

Senzory kvality ovzdušia sú ďalším nástrojom pre monitorovanie a riadenie kvality vnútorného ovzdušia, pričom ich funkčnosť sa zakladá na rôznych technologických princípoch. Najčastejšie sú použité infračervené senzory alebo elektrochemické senzory.

3.5.1. Infračervené senzory kvality ovzdušia

Infračervený senzor (IR) pracuje na princípe schopnosti určitých plynov, ako sú oxid uhličitý alebo metan, absorbovať infračervené svetlo (IR). Tieto plyny, ktoré majú dva alebo viac atómov, dokážu absorbovať IR žiarenie na špecifických frekvenciách, ktoré zodpovedajú vibrácii alebo rotácii ich molekulárnych väzieb. V praxi, keď koncentrácia sledovaného plynu v prostredí stúpne, infračervený detektor zaznamená pokles úrovne výstupného signálu, ktorý má približne logaritmický vzťah k zmene koncentrácie plynu.

Medzi hlavné výhody infračervených senzorov patrí ich schopnosť merať koncentráciu plynov aj v prostrediach, kde nie je prítomný kyslík. Sú tiež odolné voči poškodeniu katalytickými jermi, čo ich robí vhodnými pre použitie v priemyselných aplikáciách. Ďalšou výhodou je ich schopnosť varovať užívateľa pri znečistení optiky, pričom kvalitné detektory môžu fungovať spoľahlivo až do úrovne 80% znečistenia optiky. IR senzory tiež vykazujú dobrú selektivitu voči konkrétnym plynom, čo minimalizuje riziko falošných poplachov.

Na druhej strane, hlavnou nevýhodou infračervených senzorov je ich vyššia cena v porovnaní s inými typmi detektorov plynov. Tento faktor môže byť limitujúci pre ich širšie nasadenie, najmä v aplikáciách, kde sú náklady kritickým faktorom. Napriek vyšším nákladom však poskytujú

vysokú spoľahlivosť a presnosť, čo ich robí neoceniteľnými v mnohých priemyselných a environmentálnych monitorovacích systémoch.

3.5.2. Elektrochemické senzory kvality ovzdušia

Elektrochemický senzor funguje na princípe elektrochemického článku, ktorý zahŕňa dve až štyri elektrody umiestnené v gélovom elektrolyte. Priestor obsahujúci elektrolyt a elektrody je od okolitého prostredia oddelený difúznou bariérou. Tá umožňuje prenikanie molekúl meraného plynu do elektrolytu, kde dochádza k ich chemickým reakciám. Na elektródach sa následne uskutočňujú oxidačné a redukčné reakcie, ktoré vedú k zmene potenciálu článku. Tento potenciál sa zvyšuje s rastúcou koncentráciou plynu, čo umožňuje kvantifikáciu jeho množstva v meranom prostredí.

Elektrochemické senzory sú obzvlášť výhodné vďaka svojej spoľahlivosti a cenovej dostupnosti pre monitorovanie bežných plynov. Tieto vlastnosti predurčujú elektrochemické senzory pre široké spektrum aplikácií v oblasti monitorovania kvality vzduchu. Avšak, táto technológia má aj určité nevýhody. Medzi hlavné nevýhody patrí dlhá doba odozvy, ktorá v niektorých prípadoch môže trvať niekoľko minút. Ďalej, monitorovanie špeciálnych plynov vyžaduje drahšie verzie týchto senzorov, čo môže byť limitujúce pre niektoré použitia. Elektrochemické senzory sú tiež náchylné na poškodenie pri vysokých koncentráciách plynu a môžu byť ovplyvnené križovými interferenciami, ako napríklad pri monitorovaní ozónu, kde prúdenie vzduchu, teplota a vlhkosť môžu skresliť výsledky merania. [9]

4. Mikroprocesorové riadiace jednotky

4.1. Typy mikroprocesorov používaných pre riadenie senzorov

V oblasti inteligentných domov a Internetu vecí (IoT) sa používa niekoľko typov mikroprocesorov, ktoré zabezpečujú efektívne riadenie a spracovanie dát z rôznych senzorov. V tejto časti sa podrobne zameriame na niektoré z najpopulárnejších mikroprocesorov, ich charakteristické vlastnosti a príklady ich aplikácií v inteligentných domovoch.

4.1.1. Arduino

Arduino mikrokontroléry sú ideálnou voľbou pre začiatočníkov aj pokročilých hobby vývojárov vďaka ich jednoduchosti a širokému ekosystému. Sú známe svojou schopnosťou ľahko integrovať a riadiť širokú škálu senzorov prostredníctvom analógových a digitálnych vstupných/výstupných pinov. Arduino poskytuje programovacie prostredie založené na C/C++, čo uľahčuje vývoj softvéru pre rôzne aplikácie. Významným prínosom sú aj Arduino "shields", ktoré sú rozširujúcimi modulmi pre rozličné funkcie ako bezdrôtová komunikácia, motorové ovládania a ďalšie. [10]

4.1.2. Raspberry Pi

Oproti Arduino, Raspberry Pi je výkonnejšie zariadenie, ktoré sa radí medzi jednoplatničkové počítače. Tieto zariadenia sú schopné bežať plnohodnotné operačné systémy, ako je Linux, čo im umožňuje využívať vysokoúrovňové programovacie jazyky ako Python. Táto vlastnosť robí Raspberry Pi mimoriadne vhodným pre zložitejšie spracovanie dát, databázové operácie a dokonca aj pre pokročilé užívateľské rozhrania. Raspberry Pi tiež ponúka širokú škálu komunikačných rozhraní vrátane Ethernetu, Wi-Fi a Bluetooth, čo z neho robí ideálnu platformu pre IoT projekty, ktoré vyžadujú vzdialený prístup a ovládanie. [11]

4.1.3. ESP8266 a ESP32

ESP8266 a jeho pokročilejší nástupca ESP32 sú mikrokontroléry známe svojimi schopnosťami Wi-Fi konektivity, čo ich predurčuje pre použitie v IoT aplikáciách. Oba čipy ponúkajú veľmi dobrý pomer výkonu, ceny a veľkosti, čo ich robí atraktívnymi pre rozsiahle nasadenie v produktoch zameraných na inteligentné domy. ESP32 prináša ešte vyšší výkon, podporu pre Bluetooth a ďalšie rozšírené funkcie, ako sú hardvérové šifrovacie moduly pre zabezpečenie dát. Programovanie týchto mikrokontrolérov môže byť realizované pomocou

nástrojov ako Arduino IDE alebo prostredníctvom natívneho vývojového prostredia Espressif IDF, čo poskytuje vývojárom flexibilitu pri výbere technológie. [12]

V inteligentných domovoch tieto mikroprocesory zohrávajú kľúčovú rolu v automatizácii a monitoringu rôznych funkcií. Arduino sa často používa na ovládanie akčných členov, zber a vyhodnocovanie dát zo senzorov a podobné. Raspberry Pi môže slúžiť ako centrálny hub pre spracovanie dát z viacerých senzorov, zabezpečenie video streamovania a správu užívateľských rozhraní. ESP8266/ESP32 sú ideálne pre aplikácie ako sú inteligentné zásuvky a termostaty vďaka svojej schopnosti pripojenia k Wi-Fi sieti a malým rozmerom.

4.2. Softvér a programovanie mikroprocesorových jednotiek

Programovanie mikroprocesorových jednotiek je kľúčové pre implementáciu funkcionalít inteligentných domovných systémov. Vývoj softvéru pre tieto systémy sa zvyčajne realizuje v jazykoch ako C, C++ alebo Python, ktoré umožňujú efektívne využitie hardvérových zdrojov.

Pre Arduino sa často používa Arduino IDE, zatiaľ čo pre Raspberry Pi môže byť vývoj realizovaný v rámci štandardného Linuxového prostredia s použitím textových editorov a príkazového riadku.

5. Komunikačné zbernice a protokoly

5.1. Typy komunikačných zbernic

V moderných inteligentných domácnostiach sú komunikačné zbernice kľúčovým prvkom pre efektívne riadenie procesov a zabezpečenie spoľahlivej komunikácie medzi rôznymi zariadeniami. Sériové zbernice sú obzvlášť populárne pre svoju schopnosť efektívne prenášať dáta na relatívne dlhé vzdialenosti aj v rušenom prostredí.

5.1.1. I2C

I2C (Inter-Integrated Circuit) je flexibilná dvojdrôtová sériová zbernica, ktorá podporuje multi-master a multi-slave konfiguráciu, čo umožňuje viacerým "master" zariadeniam riadiť viaceré "slave" zariadenia. Táto zbernica používa dva vodiče: SDA (Serial Data Line) a SCL (Serial Clock Line), kde každé zariadenie na zbernici môže komunikovať pomocou spoločnej hodinovej linky a zároveň posielat' alebo prijímať dáta. I2C zbernica je ideálna pre aplikácie, kde sú zariadenia fyzicky umiestnené blízko seba a kde nie sú požadované vysoké rýchlosti prenosu, ako je napríklad v rámci jednej dosky alebo zariadenia. Rýchlosti prenosu na I2C zbernici sa môžu líšiť od 100 kbps (štandardný mód) až po 3,4 Mbps (vysokorýchlostný mód). [13, 14]

5.1.2. SPI

SPI (Serial Peripheral Interface) zbernica je rýchlejšia alternatíva k I2C, ktorá používa oddelené vodiče pre dáta a hodiny, čo umožňuje vyššie rýchlosti prenosu. Konkrétne, SPI využíva štyri signálové vodiče: MISO (Master In Slave Out), MOSI (Master Out Slave In), SCK (Serial Clock) a SS (Slave Select). Táto zbernica umožňuje full-duplex komunikáciu, teda súčasné vysielanie a prijímanie dát, čo je ideálne pre aplikácie, kde je potrebné rýchle spracovanie veľkého množstva dát, ako sú audio/video zariadenia alebo vysokorýchlostné senzory. [15]

5.1.3. UART

UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) je jednoduchá zbernica pre asynchrónnu sériovú komunikáciu, ktorá nevyžaduje hodinový signál na synchronizáciu prenosu. Táto zbernica používa dva hlavné vodiče: TX (Transmit) a RX (Receive), umožňuje ľahkú implementáciu a je široko používaná pre nižšie rýchlosti prenosu v aplikáciách, kde nie je kritická okamžitá reakcia alebo vysoká rýchlosť. UART zbernica je často využívaná pre komunikáciu medzi mikrokontrolérmi a rôznymi periférnymi zariadeniami ako sú GPS moduly, RFID čítačky a Bluetooth moduly, čo je typické pre aplikácie v inteligentných domácnostiach, kde sú tieto vlastnosti dostatočné pre zabezpečenie funkcionality. [16]

5.2. Bezdrôtové komunikačné protokoly

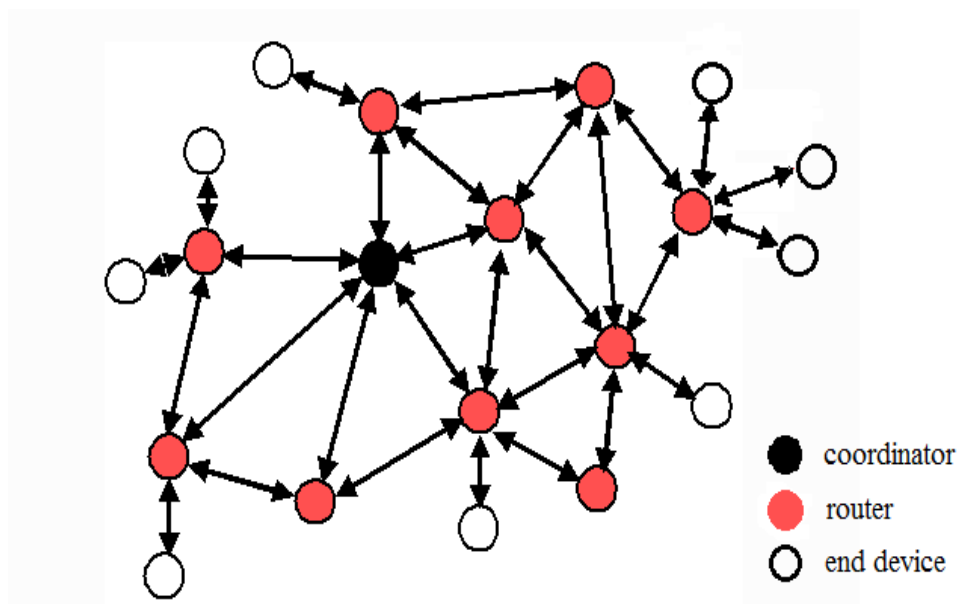
Bezdrôtová komunikácia je základom pre flexibilné umiestnenie zariadení v inteligentných domoch bez nutnosti fyzických spojení.

5.2.1. Wi-Fi

Wi-Fi je najrozšírenejší bezdrôtový protokol používaný pre pripojenie zariadení k internetu. V kontexte inteligentných domov je Wi-Fi často používaný pre zariadenia, ktoré vyžadujú vyšší dátový prenos alebo sú priamo pripojené k internetu, ako sú bezpečnostné kamery, hlasoví asistenti a inteligentné reproduktory. Wi-Fi môže podporovať vysoké rýchlosti prenosu dát a je kompatibilný s mnohými existujúcimi domácimi sieťovými infraštruktúrami, čo uľahčuje integráciu nových zariadení do systému. [17]

5.2.2. ZigBee

Zigbee je bezdrôtový komunikačný protokol založený na štandarde IEEE 802.15.4. Je navrhnutý pre nízkopriestorové a nízkoenergetické siete, ktoré vyžadujú bezpečnú a spoľahlivú komunikáciu. Protokol podporuje topológiu mesh vid' Obr. 2 , čo umožňuje každému zariadeniu v sieti komunikovať s ostatnými a preposielať dáta, čo zvyšuje dosah a spoľahlivosť siete. Zigbee je často používaný v aplikáciách domácej automatizácie pre riadenie osvetlenia, bezpečnostných systémov, termostátov a ďalších senzorov. [18]



Obr. 2: Štruktúra typickej ZigBee mesh topológie[19]

5.2.3. Z-Wave

Z-Wave je ďalší bezdrôtový protokol navrhnutý špeciálne pre domácu automatizáciu. Tento protokol používa nízkofrekvenčné rádiové vlny v rozsahu 800 až 900 MHz, ktoré sú menej náchylné na rušenie od iných domácich zariadení. Podobne ako Zigbee, Z-Wave tiež podporuje topológiu mesh, kde každé zariadenie môže fungovať ako repeater, rozširujúci dosah siete. Z-Wave je optimalizovaný pre jednoduché párovanie, konfiguráciu a kompatibilitu, čo z neho robí obľúbenú voľbu pre spotrebiteľské aplikácie v inteligentných domácnostiach. [20]

5.2.4. Bluetooth

Bluetooth a jeho energeticky efektívna verzia Bluetooth Low Energy (BLE) sú navrhnuté pre krátkodobú komunikáciu medzi zariadeniami, ktoré vyžadujú nízku spotrebu energie. BLE poskytuje efektívny prenos údajov a nízku spotrebu energie, čo ho činí ideálnym pre aplikácie v inteligentných domoch, kde sú podobné charakteristiky vyžadované. Vďaka svojej schopnosti udržiavať spojenie s minimálnou energetickou náročnosťou je BLE výhodné pre trvalé monitorovanie a kontrolu bez nutnosti častého nabíjania alebo výmeny batérií. Tento protokol podporuje viacero komunikačných topológií, z ktorých je najpoužívanejšia topológia mesh. Táto topológia umožňuje simultánne pripojenie mnohých zariadení, čo je kľúčové pre rozšírené domáce systémy, kde môžu byť súčasne prepojené napríklad inteligentné zámky, termostaty, osvetlenie a ďalšie senzory a aktuátory. Navyše, moderné štandardy Bluetooth zahrnujú rozšírené bezpečnostné funkcie, ako je šifrovanie a bezpečné spárovanie, ktoré zaisťujú ochranu prenášaných dát a prevenciu neautorizovaného prístupu. [21]

6. Akčné členy a ich integrácia

Akčné členy sú kľúčovými komponentmi inteligentných domovných systémov, keďže priamo vplývajú na fyzické prostredie domácnosti. Táto kapitola sa zameriava na rôzne typy akčných členov, ich funkcie, a na metódy ich integrácie do celkového systému inteligentného domu.

6.1. Typy akčných členov

Akčné členy sú kľúčové pre transformáciu elektronických a programových pokynov na fyzické akcie. Ich aplikácie sú rozmanité, zahŕňajúce širokú škálu zariadení s rôznymi funkčnosťami.

6.1.1. Relé a spínače

Tieto zariadenia sú základom pre ovládanie elektrických obvodov bez priameho fyzického kontaktu. Relé funguje ako elektricky ovládaný spínač, ktorý umožňuje aktiváciu alebo deaktiváciu prúdu cez zariadenie, ako sú svetlá, ventilátory a iné domáce spotrebiče. Relé sú obzvlášť užitočné v aplikáciách, kde sú požiadavky na izoláciu a bezpečnosť medzi nízkonapäťovým ovládacím signálom a vysokonapäťovým zariadením.

6.1.2. Servomotory

Tieto motory poskytujú vysokú presnosť polohovania, čo je kritické pre aplikácie vyžadujúce jemné riadiace mechanizmy. V inteligentných domoch sa servomotory často využívajú na reguláciu teploty prostredníctvom termostatov, ovládanie ventilov v systémoch kúrenia a chladenia, alebo na manipuláciu s fyzickými prvkami ako sú záclony a žalúzie.

6.1.3. Elektrické pohony

Slúžia na pohon väčších mechanických systémov a sú často integrované v aplikáciách ako elektrické brány a inteligentné zámky dverí. Tieto pohony prevádzajú elektrickú energiu na mechanický pohyb, čo umožňuje automatizáciu veľkých, ťažkých alebo inak náročných mechanických operácií. [22]

6.2. Integrácia akčných členov do systému

Integrácia akčných členov do systému inteligentného domu je kritickým krokom, ktorý vyžaduje dôkladné plánovanie a koordináciu s ostatnými komponentmi systému. Úspešná integrácia zaisťuje, že akčné členy môžu efektívne vykonávať príkazy, čo vedie k optimalizácii celkového výkonu a zvýšeniu komfortu obyvateľov.

Akčné členy musia byť kompatibilné s komunikačnými protokolmi používanými v domácnosti. Je dôležité zvoliť členy, ktoré možno ľahko integrovať do existujúcich alebo plánovaných sieťových štruktúr. Táto kompatibilita zaisťuje, že zariadenia môžu bezproblémovo prijímať a vykonávať príkazy od centrálného riadiaceho systému.

Integrácia akčných členov vyžaduje zváženie ich napájacích požiadaviek a metód kontroly. Niektoré členy, ako sú elektrické pohony alebo relé, môžu vyžadovať prístup k vysokonapäťovým zdrojom alebo špeciálnym spôsobom spínania. Výber správneho typu napájania a spínacieho mechanizmu je nevyhnutný pre spoľahlivú a bezpečnú operáciu.

Keďže akčné členy často riadia prístup alebo manipulujú s kritickými zložkami domácnosti, ich zabezpečenie je prioritou. To zahŕňa fyzické zabezpečenie zariadení, ako aj softvérové zabezpečenie, aby sa predišlo neoprávnenému prístupu alebo ovládaniu.

Softvérové rozhranie pre ovládanie a monitorovanie akčných členov musí byť intuitívne a kompatibilné s inými systémovými komponentmi. Často sa používa centralizovaný softvér alebo aplikácia, ktorá umožňuje užívateľom ovládať všetky komponenty inteligentného domu z jedného rozhrania.

Po integrácii akčných členov je nevyhnutné vykonať dôkladné testovanie, aby sa zistilo, či všetky komponenty fungujú ako očakávané a či spĺňajú bezpečnostné štandardy. Pravidelná údržba a kontrola týchto systémov zabezpečí ich dlhodobú funkčnosť a minimalizuje riziko zlyhania.






7. Súčasný stav

Rozvoj technológií pre inteligentné domy prináša neustále nové možnosti a produkty, ktoré zlepšujú fungovanie domácností. Táto kapitola poskytuje analytický prehľad súčasného trhu s technológiami pre inteligentné domy.

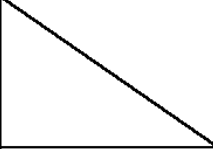





7.1. Prehľad najnovších technológií pre inteligentné domy

V súčasnosti sa trh s technológiami pre inteligentné domovy rýchlo rozvíja, pričom kľúčovým aspektom je integrácia rôznych senzorov a aktuátorov prostredníctvom efektívnych komunikačných zberníc. Zbernice sú základom pre komunikáciu medzi rôznymi komponentami v systéme. Tradičné zbernice ako I2C, SPI, a UART sú stále široko používané, avšak vo svete IoT a inteligentných domovov sa čoraz viac využívajú aj bezdrôtové zbernice, ako sú protokoly ZigBee, Z-Wave, Wi-fi a Bluetooth vid' Tab. 1 a Tab. 2, kde sú porovnané rôzne komerčné senzory. Protokoly ZigBee a Z-Wave pokračujú v rozvoji pre zabezpečenie lepšej integrácie v rozsiahlejších domácich systémoch. Nové technológie ako Thread sľubujú zlepšenie interoperability medzi zariadeniami, čo je nevyhnutné pre vytváranie spoľahlivých a efektívnych domácich automatizačných systémov.

Tab. 1: Tabuľka vybraných senzorov teploty a vlhkosti [23-27]

Názov senzoru	ZigBee LCD Sonoff SNZB-02D	Shelly H&T Gen3	Nedis SMART Teplotní senzor ZIGBEE	NOUS E5 ZigBee	Eve Weather Smart Home
					
Napájanie	3 V	6 V	3 V	3 V	3 V
Rozsah teploty	-9,9 °C - 60 °C	0 °C - 40 °C	0 °C - 40 °C	0 °C - 60 °C	-18 °C až 55 °C
Rozsah vlhkosti	5 % - 95 %	30 % - 70 %		5 % - 95 %	5 % - 100 %
Protokol	Zig-Bee	Wi-fi	ZigBee	ZigBee	BLE

Tab. 2: Tabuľka vybraných senzorov pohybu[28-32]

Názov senzoru	Philips Hue Motion Sensor	AQARA Presence Sensor FP2	PIR pohybové čidlo G1120	JA-110P	PIR R01, smart Tuya WiFi
					
Napájanie	3 V	230 V	230 V	12 V	230 V
Dosah	5 m	6,5 m	12 m	12 m	6 m
Zorné pole	100 °	180 °	180 °	110 °	120 °
Protokol	ZigBee	Matter(Wi-fi)	káblová zbernica	káblová zbernica	Tuya

Pokrok v technológii akčných členov zahŕňa zvýšenie ich spoľahlivosti a bezpečnostných funkcií. Najčastejším dodávateľom spínacích akčných členov pre domové systémy sú spoločnosti Schneider Electric a ABB, ktoré ponúkajú široký sortiment spínacích akčných členov. Tieto akčné členy používajú pre komunikáciu štandardizovaný protokol KNX.

KNX je štandardizovaný protokol pre domácu automatizáciu, ktorý umožňuje pripojenie a ovládanie rôznych zariadení v dome, ako je osvetlenie, vykurovanie, klimatizácia a ďalšie. Je založený na otvorenom štandarde, ktorý umožňuje komunikáciu medzi zariadeniami od rôznych výrobcov. Systém KNX pozostáva z fyzických zariadení, inštalačných médií (káble, bezdrôtové pripojenia atď.), architektúry systému (centralizovaná, decentralizovaná alebo zmiešaná) a softvérových nástrojov na konfiguráciu a ovládanie. Tento protokol poskytuje používateľom flexibilitu a možnosť výberu zariadení podľa ich potrieb a preferencií, a preto sa široko používa na efektívne riadenie domov a budov. [33]

8. Model monitorovania stavu domu

8.1. Komponenty

Pre zhotovenie jednoduchého modelu monitorovania stavu domu boli zadovážené komponenty od predajcu laskakit.cz. [34]

8.1.1. Arduino Uno+WiFi Atmega328P+ESP8266 32Mb



- Procesor: Atmega328P a ESP8266
- Frekvencia procesoru: 16/80/160 MHz
- Flash:
- SRAM:
- EEPROM:
- USB-Serial prevodník: CH340G
- Digitálne I/O: 14/5
- PWM: 6
- Analógové vstupy: 8
- Napájanie: 6-12 V

8.1.2. Senzor teploty a vlhkosti (DHT22 a AM2302)



- Napájanie: 3,3-5 V
- Rozlíšenie:
- Rozsah merania vlhkosti: 0-100 %
- Rozsah merania teploty: -40 až 80 °C
- Presnosť merania vlhkosti: 2,0 %
- Presnosť merania teploty: 0,5 °C
- Piny: VDD,DATA,GND

8.1.3. Senzor osvetlenia



- Čidlo: fotorezistor
- Napájanie: 3,3-5 V
- Digitálny a analógový výstup: použitý analógový
- Komparátor: LM393
- Logický prúd: >15 mA

8.1.4. Senzor pohybu Mini PIR detektor pohybu HC-SR505



- Napájanie: 4,5-20 V
- Dosah detekcie: 3 m
- Uhol detekcie: do 100 stupňov
- Pokojový prúd: do 60 μ A
- Rozsah pracovnej teploty: -20 °C až 80 °C

8.1.5. Senzor koncentrácie CO2 Modul SCD41



- Napájanie: 2,4 – 5,5 V
- Rozsah merania: 400-5000 ppm
- Presnosť: \pm 40 ppm + 5 % z nameranej hodnoty
- Piny: VDD, GND, 2 piny pre I2C zbernicu
- Odozva: 60 s

8.1.6. Bzučiak



- Napájanie: 3,3-5 V
- Odber prúdu: 20mA

8.1.7. LCD Displej



- Napájanie: 5 V
- Rozlíšenie: 4 riadky x 20 znakov
- Radič HD44780 + prevodník I2C

8.1.8. Relé modul pre svetlo



- Relé: Songle SLD-05VDC-SL-C
- Pracovné napätie: 5 V
- Trigger: Low Level
- Spínanie: 250 VAC a 10 A

8.1.9. Relé modul pre klimatizáciu



- Relé: Songle SLA-05VDC-SL-C
- Pracovné napätie: 5 V
- Trigger: High a Low Level
- Spínanie: 250 VAC a 30 A

8.2. Umiestnenie komponentov

Rozmiestnenie senzorov v inteligentnom dome je kritické pre zabezpečenie efektívnosti a funkčnosti domáceho automatizačného systému. Model je navrhnutý pre obývaciu časť 1-izbového domu. Sensory sú strategicky umiestnené tak, aby poskytovali maximálnu pokrytie a zároveň minimalizovali rušenie a redundanciu. Umiestnenie komponentov systému je znázornené na Obr. 3.

8.2.1. Senzor teploty a vlhkosti

Senzor DHT22 je umiestnený na stene vo výške zhruba 1,5 metra nad zemou, kde je predpokladaný frekventný pohyb a zároveň, aby mal voľný dosah na stred miestnosti.

8.2.2. Senzor osvetlenia

Fotorezistor zapína svetidlo v závislosti od prítomnosti denného svetla. Senzor je umiestnený blízko okna, aby zaznamenal prítomnosť prírodného svetla v miestnosti.

8.2.3. Detektor pohybu

Detektor pohybu je umiestnený v rohu miestnosti s zorný poľom miereným do stredu miestnosti, kde je najfrekventovanejší pohyb osoby. Je namontovaný vo výške približne 2,2 metra nad podlahou, aby sa zabránilo falošným alarmom spôsobeným domácimi zvieratami a aby sa zabezpečilo, že senzor bude mať neobmedzený výhľad na oblasť, ktorú má monitorovať.

8.2.4. Senzor CO2

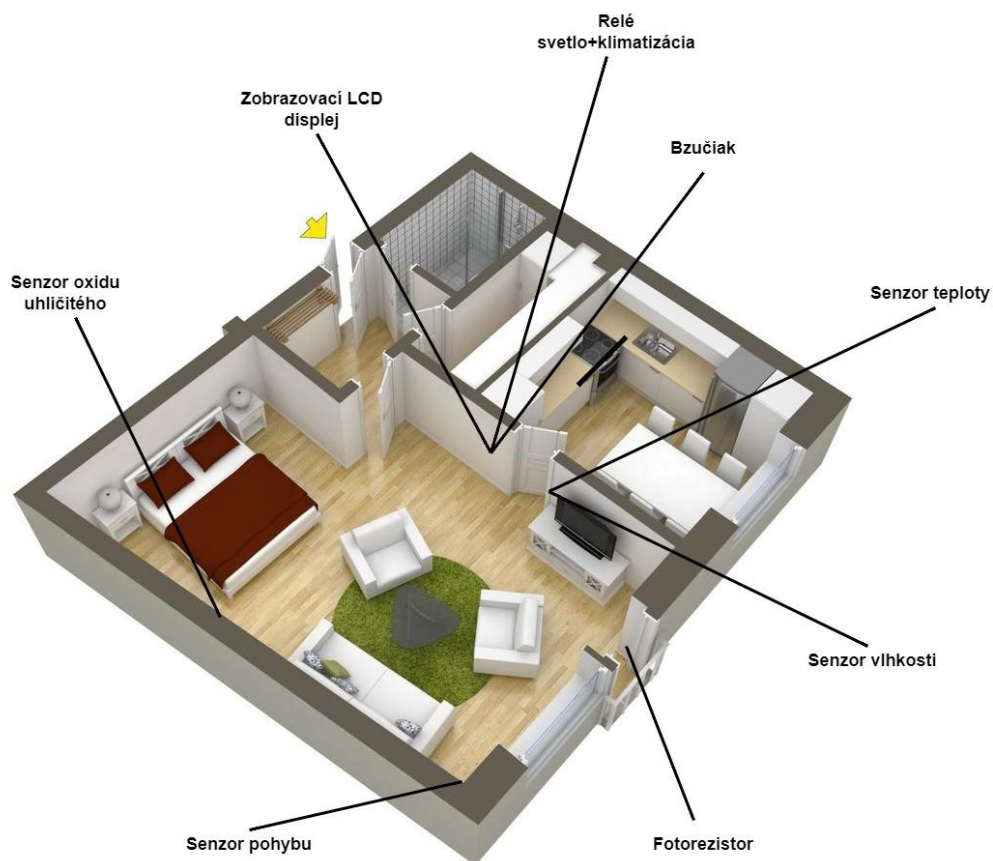
Senzor SCD41 je umiestnený v blízkosti pravidelného zdržiavania osoby vo výške približne 1,5 metra. V tomto prípade je to hranica medzi obývaciou izbou a spálňou, kde je zároveň ďaleko od dverí a okna, ktoré by mohli ovplyvniť meranie prúdením vzduchu zvonka.

8.2.5. Užívateľské rozhranie

LCD displej je umiestnený zhruba v strede domu, vo výške zhruba 1,5 metra.

8.2.6. Výstupné relé a zvuková signalizácia

Tieto komponenty sú umiestnené pri užívateľskom rozhraní, aby bolo, pomocou integrovaných LED na relé, vidieť či sú zapnuté. Zvuková signalizácia má z tohoto miesta dosah do celého priestoru.



Obr. 3: Umiestnenie komponentov navrhnutého systému. Upravené [35]

8.3. Schéma zapojenia komponentov

Arduino:

- Arduino je napájané cez USB port z počítača.

Senzory:

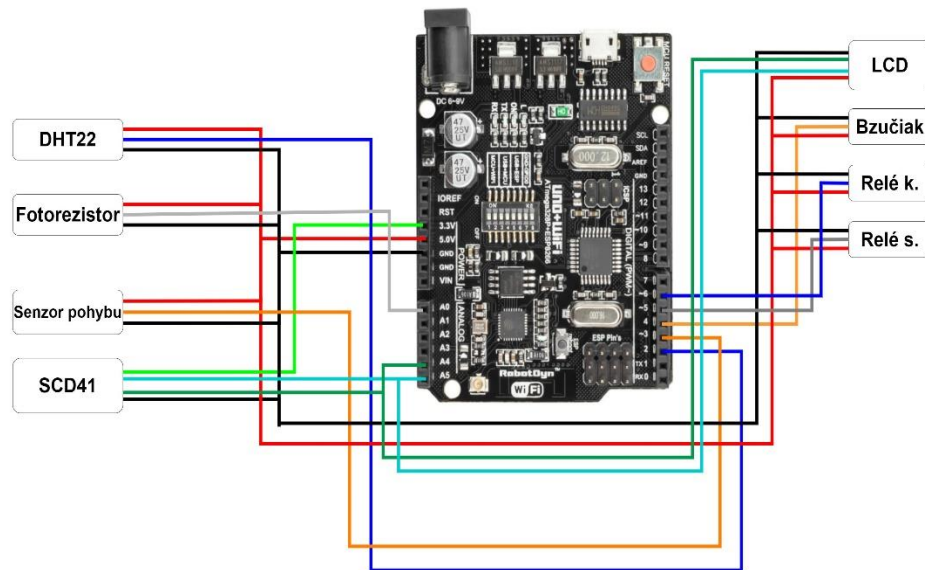
- DHT22: Dátový pin je pripojený k pinu D2 na Arduino, VCC k 5 V a GND k zemi.
- PIR senzor pohybu: Výstupný pin je pripojený k pinu D3, VCC k 5 V a GND k zemi.
- Fotorezistor: Dátový pin je pripojený k pinu A0, VCC k 5 V a GND k zemi.
- SCD41: SDA a SCL piny senzora sú pripojené na A4 a A5 piny na Arduino pre I2C komunikáciu, VCC k 3,3 V a GND k zemi.

Výstupy:

- LCD Displej: SDA a SCL piny senzora sú pripojené na A4 a A5 piny na Arduino pre I2C komunikáciu, VCC k 5 V a GND k zemi.

- Relé modul pre sveto: Komunikačný port je pripojený na pin D5, VCC k 5 V a GND k zemi.
- Relé modul pre klimatizáciu: Komunikačný port je pripojený na pin D6, VCC k 5 V a GND k zemi.
- Bzučiak: Komunikačný port je pripojený na pin D4, VCC k 5 V a GND k zemi.

Celé zapojenie je ukázané na Obr. 4.



Obr. 4: Schéma zapojenia komponentov systému

8.4. Popis systému

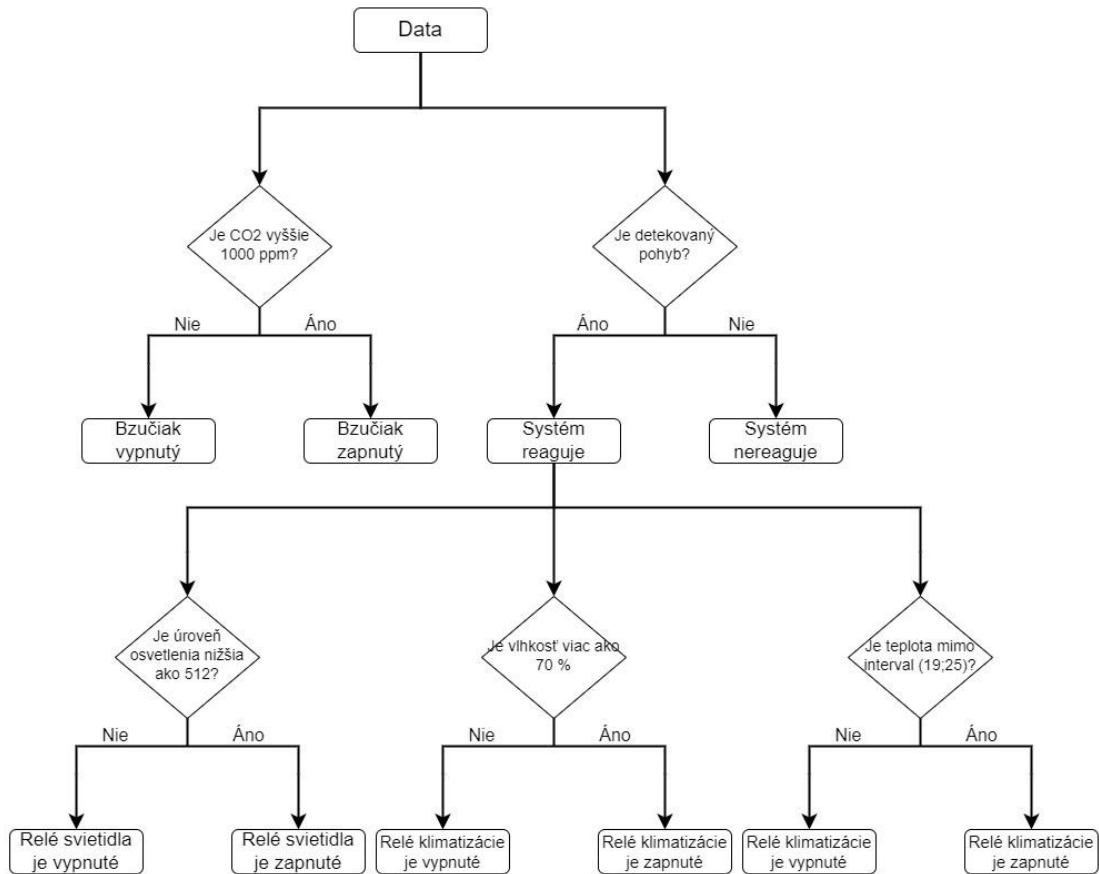
Inteligentný riadiaci systém v dome je navrhnutý tak, aby automaticky riadil klímatizáciu, osvetlenie a kvalitu vzduchu v závislosti od vnútorného prostredia a prítomnosti ľudí.

Systém je programovaný v jazyku C++ s využitím Arduino vývojového prostredia, kde hlavná logika je umiestnená v loop() funkcii, ktorá cyklicky kontroluje hodnoty zo senzorov a podľa nich riadi aktuátory. Využíva podmienené príkazy na kontrolu prahových hodnôt a riadenie aktuátorov založené na aktuálnych meraniach.

8.4.1. Zopnutie relé pre klimatizáciu

Systém periodicky sleduje prostredníctvom senzoru DHT22 teplotu a vlhkosť v miestnosti. Hlavnou podmienkou pre zopnutie oboch relé je detekcia pohybu. Po detekcii pohybu je systém niekoľko cyklov (približne minútu) v stave, kedy môže spínať výstupné relé. Ak teplota klesne pod prahovú hranicu 19 °C alebo teplota presiahne hranicu 25 °C, relé pre napájanie klímatizácie

sa zapne. Relé ostáva zapnuté dovtedy, dokým teplota dosiahne 21 °C. Ďalšia podmienka pre zopnutie relé pre klimatizáciu je, ak vlhkosť v miestnosti prekročí úroveň 70 %. Celý postup je ukázaný na Obr. 5.



Obr. 5: Diagram procesu rozhodovania o výstupe systému

8.4.2. Zopnutie relé pre osvetlenie

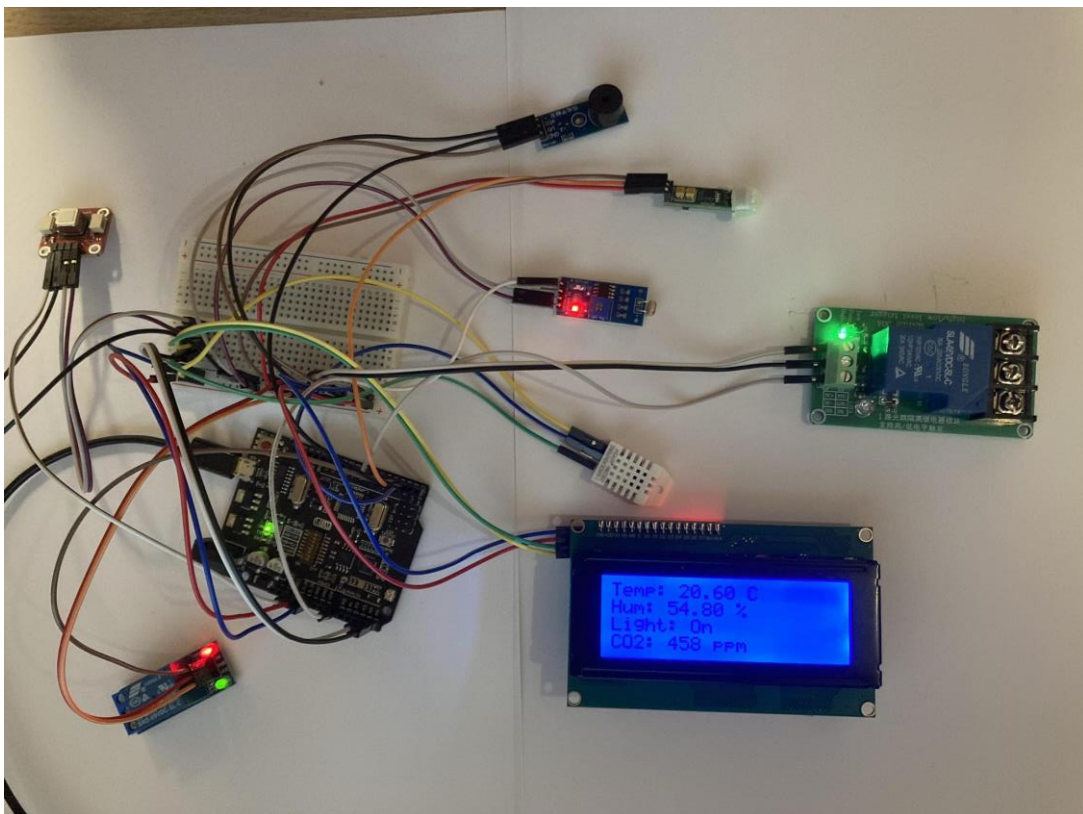
System sleduje úroveň osvetlenia fotorezistorom. Ak klesne osvetlenie pod úroveň 512 na analógovej škále, ktorá má hodnoty od 0 do 1023, a bol zaznamenaný pohyb, tak systém zopne relé pre napájanie svietidla v miestnosti.

8.4.3. Hlasová signalizácia vysokej hodnoty CO2

Prahová hodnota pre CO2 je nastavená na 1000 ppm. Pri prekročení tejto hodnoty systém aktivuje bzučiak, ktorý upozorní obyvateľov na potrebu vetrania. Signalizácia je nezávislá na detekcii pohybu.

8.4.4. Zobrazovanie na LCD displeji

Na displeji je zobrazená aktuálna hodnota teploty, vlhkosti, stav relé pre svietidlo a úroveň koncentrácie CO2 v miestnosti, vid' Obr. 6.



Obr. 6: Fyzické zapojenie modelu systému

8.5. Výsledky

Systém bol navrhnutý na automatické riadenie klimatických podmienok v dome, vrátane regulácie teploty a osvetlenia. S pomocou senzoru DHT22 systém udržiava teplotu v optimálnom rozsahu, kde klimatizácia sa zapína pri teplote nad 25 °C alebo pod 19 °C a po zapnutí sa vypne, ak teplota dosiahne 21 °C. Relé pre klimatizáciu zopne aj vtedy, ak je vlhkosť v miestnosti nad 70 %. Tento prístup zabezpečuje energetickú efektívnosť a zároveň komfortné bývanie. Osvetlenie je riadené na základe intenzity svetla a detekcie pohybu, čo znižuje zbytočnú spotrebu energie a zároveň zabezpečuje adekvátne osvetlenie podľa potreby.

Spôľahlivosť systému sa ukázala byť vysoká, najmä vďaka detekcii pohybu a efektívnemu monitorovaniu kvality vzduchu. PIR senzory zabezpečujú, že svetlá a klimatizácia sa aktivujú len v prípade prítomnosti ľudí, čo minimalizuje zbytočné výdavky za energiu. Senzory CO₂ rýchlo reagujú na zmeny v koncentrácii oxidu uhličitého, čo umožňuje včasné vetranie a zabezpečuje zdravé vnútorné prostredie.

Energetická efektívnosť je jedným z hlavných cieľov systému. Vďaka inteligentnému riadeniu teploty a osvetlenia systém znižuje spotrebu energie, čím prispieva nielen k zníženiu nákladov na energiu, ale aj k redukcii ekologickej stopy. Automatizácia zároveň znižuje potrebu manuálneho zasahovania, čo zvyšuje celkovú užívateľskú pohodlnosť a spokojnosť.

Pri detailnom vyhodnotení boli identifikované potenciálne oblasti pre zlepšenie. Rozšírenie systému o mobilnú aplikáciu by poskytlo užívateľom väčšiu flexibilitu a kontrolu nad nastaveniami systému. Integrácia dodatočných senzorov, ako sú detektory otvorených okien a dverí, by mohla ďalej zvýšiť energetickú efektívnosť tým, že by sa zabránilo strate chladu alebo tepla. Tieto zlepšenia by mohli zvýšiť užívateľskú spokojnosť a systémovú integráciu, čo by systém urobilo ešte atraktívnejším pre širšie spektrum užívateľov.

9. Záver

V tejto bakalárskej práci sme sa zamerali na návrh a implementáciu jednoduchého, ale efektívneho systému pre monitorovanie a reguláciu environmentálnych veličín v domácnosti. Cieľom projektu bolo vytvoriť systém, ktorý by umožňoval užívateľom efektívne spravovať kvalitu ich životného prostredia prostredníctvom automatizácie rôznych funkcií, ako je regulácia teploty, vlhkosti, svetla a koncentrácie CO₂.

Hlavné komponenty systému zahŕňajú senzory teploty a vlhkosti (DHT22), senzor CO₂ (SCD41), PIR senzor na detekciu pohybu, a moduly pre ovládanie svetla a klimatizácie pomocou relé. Systém je riadený mikrokontrolérom Arduino, ktorý spracúva dáta získané zo senzorov a na základe nich vykonáva akcie, ako je zapínanie svetiel alebo aktivácia klimatizačného systému.

Pri implementácii systému bol kladený dôraz na používateľský komfort a energetickú efektivitu. Napríklad, automatizácia osvetlenia a klimatizácie nie len zlepšuje komfort bývania, ale tiež prispieva k zníženiu spotreby energie tým, že zariadenia sú aktívne len vtedy, keď je to skutočne potrebné. Monitorovanie koncentrácie CO₂ a príslušná vizuálna či zvuková signalizácia pritom zabezpečujú, že vnútorné prostredie zostáva v zdravotne nezávadných podmienkach.

Výsledný systém bol testovaný v reálnych podmienkach, kde sa ukázalo, že je schopný spoľahlivo detekovať zmeny v monitorovaných veličinách a adekvátne na ne reagovať. Použitie I2C komunikácie pre LCD displej a CO₂ senzor zase umožnilo jednoduchú a efektívnu integráciu týchto komponentov.

Bakalárska práca teda demonštruje, ako moderné technológie umožňujú vytvárať systémy domácej automatizácie, ktoré môžu výrazne zlepšiť kvalitu života v domácnostiach. Vývoj a implementácia takéhoto systému otvára dvere pre ďalšie výskumy a vývoj v oblasti inteligentných domácností, kde je stále priestor na zlepšenie a inovácie.

Smerom do budúcnosti sa ponúka možnosť integrácie systému s internetom vecí (IoT), čo by umožnilo jeho diaľkové ovládanie a monitoring cez internet. To by otvorilo nové možnosti pre užívateľov spravovať ich domácnosti efektívnejšie, nezávisle na ich aktuálnej prítomnosti v domove. Taktiež, analýza získaných dát môže poskytnúť ďalšie vhľady do optimálneho využívania energetických zdrojov a zlepšenia vnútorného prostredia.

Použitá literatura

- [1] A., Mahmoud (ed.). *Smart Home Systems*. Online. InTech, 2010. ISBN 978-953-307-050-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/182>. [cit. 2024-05-10].
- [2] STOLOJESCU-CRISAN, Cristina; CRISAN, Calin a BUTUNOI, Bogdan-Petru. An IoT-Based Smart Home Automation System. *Sensors*. 2021, roč. 21, č. 11, s. 23.
- [3] BALAJI, B.; PRIYA, R. a REVATHY, R. Domestic Automation System Using Internet of Things and Arduino. Online. In: *2020 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)*. IEEE, 2020, s. 1-4. ISBN 978-1-7281-6202-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ICSCAN49426.2020.9262421>. [cit. 2024-05-10].
- [4] WICHERT, Reiner a MAND, Beate (ed.). *Ambient Assisted Living*. Online. Advanced Technologies and Societal Change. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-52321-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52322-4>. [cit. 2024-05-10].
- [5] JAIHAR, John; LINGAYAT, Neehal; VIJAYBHAI, Patel Sapan; VENKATESH, Gautam a UPLA, K. P. Smart Home Automation Using Machine Learning Algorithms. Online. In: *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*. IEEE, 2020, s. 1-4. ISBN 978-1-7281-6221-8 [cit. 2024-05-10].
Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/INCET49848.2020.9154007>. [cit. 2024-05-10].
- [6] GHAYVAT, Hemant a MUKHOPADHYAY, Subhas Chandra. *Wellness Protocol for Smart Homes*. Online. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-52047-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52048-3>. [cit. 2024-05-10].
- [7] YANG, Tui-Yi; YANG, Chu-Sing a SUNG, Tien-Wen. A Dynamic Distributed Energy Management Algorithm of Home Sensor Network for Home Automation System. Online. In: *2016 Third International Conference on Computing Measurement Control*

and Sensor Network (CMCSN). IEEE, 2016, s. 174-177. ISBN 978-1-5090-1093-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/CMCSN.2016.46>. [cit. 2024-05-10].

[8] *Detekce a analýza plynů*. Online. CHROMSERVIS. Dostupné z: <https://www.chromservis.eu/cz/gas-principles>. [cit. 2024-05-20].

[9] *Sensor technology handbook*. Editor Jon S. WILSON. Newnes. Burlington: Elsevier, c2005. ISBN 0-7506-7729-5.

[10] Arduino [online]. [cit. 2024-05-12]. Dostupné na internete: <https://docs.arduino.cc>

[11] Raspberry Pi [online]. [cit. 2024-05-12]. Dostupné na internete: <https://www.raspberrypi.com>

[12] ESP8266 and ESP32 [online]. [cit. 2024-05-12]. Dostupné na internete: <https://www.espressif.com/en/products/socs>

[13] *UM10204*. Online. 2021. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20221006073143/http://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>. [cit. 2024-05-20].

[14] TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Externí sériové sběrnice SPI a I²C*. Online. In: Root.cz. 2008. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/externi-seriove-sbernice-spi-a-i2c/>. [cit. 2024-05-20].

[15] PIYU, Dhaker. *Introduction to SPI Interface*. Online. 2018. Dostupné z: <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/articles/introduction-to-spi-interface.html>. [cit. 2024-05-20].

[16] *SCC269*. Online. 2006. Dostupné z: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/SCC2691.pdf>. [cit. 2024-05-20].

[17] *Internet of Things*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/internet-things>. [cit. 2024-05-20].

[18] *ZigBee Specification Overview*. Online. C2013. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130627210058/http://www.zigbee.org/Specifications/ZigBee/Overview.aspx>. [cit. 2024-05-20].

[19] SONG, S M a YAO, W J. Research on the Application Value of Wireless Mesh Network in Power Equipment of the UPIOT. Online. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019, roč. 1346, č. 1. ISSN 1742-6588. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1346/1/012046>. [cit. 2024-05-21].

[20] SEITZ, Daniel Anglin. *What Is Z-Wave?* Online. 2020. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-z-wave-4588924>. [cit. 2024-05-21].

[21] *Bluetooth Technology Overview*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/>. [cit. 2024-05-21].

- [22] NESBITT, Brian. *Handbook of Valves and Actuators : Valves Manual International*. Elsevier Science & Technology, 2007. ISBN 978-0-08-054928-6. [cit. 2024-05-21].
- [23] *Chytrý senzor teploty a vlhkosti ZigBee LCD Sonoff SNZB-02D*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.mysmarthome.cz/zbozi/chytry-senzor-teploty-a-vlhkosti-zigbee-lcd-sonoff-snzb-02d/>. [cit. 2024-05-21].
- [24] *Shelly H&T Gen3*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.mysmarthome.cz/zbozi/shelly-h-t-gen3-bateriovy-senzor-teploty-a-vlhkosti-wifi-barva-slonovina/>. [cit. 2024-05-21].
- [25] *Nedis SMART Teplotní senzor ZIGBEE*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.bauhaus.cz/nedis-smart-teplotni-senzor-zigbee-28319869>. [cit. 2024-05-21].
- [26] *Nous E5*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.mironet.cz/nous-e5-inteligentni-detektor-teploty-a-vlhkosti-zigbee+dp595052/>. [cit. 2024-05-21].
- [27] *Eve Weather Smart Home meteostanice*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.svetla24.cz/p/eve-weather-smart-home-meteostanice-thread-2029025.html>. [cit. 2024-05-21].
- [28] *Philips Hue Motion Sensor*. Online. C2018-2024. Dostupné z: <https://www.philips-hue.com/cs-cz/p/hue-pohybovy-senzor/8719514342125#specifications>. [cit. 2024-05-21].
- [29] *AQARA Presence Sensor FP2*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.aqara-shop.co.uk/product/aqara-presence-sensor-fp2/>. [cit. 2024-05-21].
- [30] *PIR senzor (pohybové čidlo)*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.emos.cz/pir-senzor-pohybove-cidlo-ip44-1200w-bily>. [cit. 2024-05-21].
- [31] *JA-110P Sběrníkový PIR detektor pohybu*. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.jablotron.com/cz/produkt/sbernicovy-pir-detektor-pohybu-203/>. [cit. 2024-05-21].
- [32] *PIR R01*. Online. C199-2024. Dostupné z: <https://www.svetlo-svitidla-osvetleni.cz/pir-r01-tuya-dlq94216-pir---stropni-vestavny-senzor-pohybu-pro-osvetleni-bily-zaber-360120-dosah-az-6m-cas-10s-15min-3-1000lx-kompatibilni-smart-system-tuya-max12kw-230v-ip20-d76mm-h68mm-23151090>. [cit. 2024-05-21].
- [33] *KNX is IoT*. Online. C2021. Dostupné z: <https://www.knx-iotech.org/>. [cit. 2024-05-21].
- [34] *Laskakit.cz*. Online. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/>. [cit. 2024-05-22].
- [35] *One bedroom home floor plan*. Online. In: . Dostupné z: <https://www.home-designing.com/2015/08/40-more-1-bedroom-home-floor-plans>. [cit. 2024-05-20].

Prílohy

Príloha 1 – Zdrojový kód k Arduinu

BP_system_model_code.zip - zdrojový kód spustiteľný v Arduino IDE