

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

**MONITOROVACÍ JEDNOTKA ŽIVOTNÍCH PODMÍNEK
CHOVNÉHO PSA**

Kateřina Šenkýřová

Bakalářská práce

2022

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kateřina Šenkýřová**
Osobní číslo: **I19041**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Téma práce: **Monitorovací jednotka životních podmínek chovného psa**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je návrh a realizace konstrukčního řešení monitorovací jednotky životních podmínek chovného psa. Zařízení bude umožňovat monitorování vnitřní a vnější teploty přístřešku, vlhkost vnitřního vzduchu a pohyb zvířete ve vnitřním prostoru přístřešku. Konstrukce monitorovací jednotky bude umožňovat bezdrátový přenos naměřených dat, s možností jejich vizualizace a případným záznamem. Naměřená data ze senzorů budou ukládána v podobě strukturovaného textového souboru (např. na paměťovém médiu SD karty), pro možnost jejich následného zpracování. Základem elektronických jednotek budou mikro počítače typu ATmega, nebo vývojové moduly s těmito mikro počítači (např. Arduino UNO, Mega atp.). Firmware mikro počítačů bude realizován v jazyce C (případně jeho klonu). Vizualizace naměřených dat bude realizována použitím LCD, nebo OLED, displeje.

V teoretické části práce bude zpracována příslušná řešení zadaného tématu. Součástí práce bude podrobný konstrukční a uživatelský manuál, včetně zdrojových kódů firmware mikro počítačů.

Rozsah pracovní zprávy: **40**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

MATOUŠEK, D., Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR-3.díl, edice uP a praxe, 2. vydání, BEN – technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4
MATOUŠEK, D., Aplikace ATmega644, BEN – technická literatura, 2013, ISBN 978-80-7300-492-7
ZÁHLAVA, V., Návrh a konstrukce DPS, BEN-technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-266-4

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **17. prosince 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2022**

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Daniel Honc, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 7. ledna 2022

Prohlášení

Prohlašuji:

Práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 18. 05. 2022

Kateřina Šenkýřová

Poděkování

Děkuji celé své rodině za psychickou i finanční podporu při studiu. Děkuji vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Havlíčkovi, Ph.D. za rady, týkající se návrhu a realizace práce.

V Pardubicích dne 18. 05. 2022

Kateřina Šenkýřová

ANOTACE

Bakalářská práce je věnována návrhu a realizaci monitorovací jednotky životních podmínek chovného psa. V teoretické části jsou popsány podobné projekty, druhy senzorů, mikrokontroléry, technologie internetu věcí a periferie, potřebné k vlastní konstrukci monitorovací jednotky. Praktická část popisuje návrh a realizaci monitorovací jednotky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Arduino, monitoring životního prostředí, internet věcí, LoRa

TITLE

MONITORING UNIT OF LIVING CONDITIONS OF A BREEDING DOG

ANNOTATION

Bachelor thesis is devoted to the design and implementation of a monitoring unit of living conditions of a breeding dog. The theoretical part describes similar projects, types of sensors, microcontrollers, IoT technologies and peripherals needed for the actual construction of the monitoring unit. The practical part describes the design and implementation of the monitoring unit.

KEYWORDS

Arduino, monitoring of living conditions, Internet of Things, LoRa

OBSAH

	Seznam ilustrací	10
	Seznam tabulek	12
	Seznam zkratek	13
	Úvod	14
1	Monitorování životního prostředí psa	15
1.1	Podobné projekty	16
1.1.1	Animalarm	16
1.1.2	RV PetSafety Monitor	17
1.1.3	Jednotky poseidon	18
2	Senzory	19
2.1	Senzory pro měření teploty	19
2.1.1	Dotykové měření teploty	19
2.1.2	Bezdotykové měření teploty	21
2.2	Senzory pro měření vlhkosti	21
2.2.1	Sorpční vlhkostní senzory	22
2.2.2	Psychrometry	23
3	Technologie IoT	24
3.1	IoT sítě	24
3.1.1	RFID	25
3.1.2	Bluetooth a BLE	25
3.1.3	Z-Wave	26
3.1.4	Zigbee	26
3.1.5	GSM	26
3.1.6	Wi-Fi, Wi-Fi HaLow	27
3.1.7	LoRa	27

4	Mikrokontroléry a periferie	29
4.1	Mikroprocesory řady AVR	29
4.2	Platforma Arduino	30
4.3	Platforma ESP	31
4.4	Výběr konstrukčních komponent	32
4.4.1	Arduino Nano	32
4.4.2	IoT ESP-WROOM-32 2.4GHz dual-mode	33
4.4.3	LoRa modul sx1278	33
4.4.4	Senzor kvality ovzduší CJMCU2128	34
4.4.5	Teplotní a vlhkostní senzor DHT22	37
4.4.6	OLED displej	37
4.4.7	Spínač	38
5	Vlastní konstrukce	39
5.1	Realizace vysílací části jednotky	39
5.2	Realizace přijímací části jednotky	45
	Závěr	55
	Použitá literatura	56
	Přílohy	58

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Princip bezdrátových senzorových sítí (Wireless Sensor Network, 2021)	15
Obr. 1.2 – Animalarm (Animalarm, nedatováno)	17
Obr. 1.3 – PetSafety Monitor (Waggle, nedatováno)	17
Obr. 1.4 – Poseidon2 (Monitorovací jednotka Poseidon2, nedatováno)	18
Obr. 2.2 – Blokové schéma měřicího řetězce (Maixner, 2006)	19
Obr. 2.2 – Teplotní závislost PTC, NTC, Pt a Ni senzorů (Ďaďo, 1996)	20
Obr. 2.3 – Měřicí řetězec bezdotykového senzoru teploty (Vojáček, 2014)	21
Obr. 2.4 – Kapacitní vlhkoměr (Kadlec, nedatováno)	22
Obr. 2.5 – Psychrometrický vlhkoměr (Kadlec, nedatováno)	23
Obr. 3.1 – Porovnání technologií IoT (6 Leading Types of IoT Tech, nedatováno)	28
Obr. 4.1 – Architektura AVR (Voda, nedatováno)	30
Obr. 4.2 – Arduino IDE	31
Obr. 4.3 – Arduino Nano (Arduino, nedatováno)	32
Obr. 4.4 – Modul IoT ESP-WROOM-32 (IoT ESP-WROOM-32, nedatováno)	33
Obr. 4.5 – LoRa modul SX1278 (Datasheet SX1278, nedatováno)	34
Obr. 4.6 – CJMVCU2128(Senzor kvality ovzduší, nedatováno)	34
Obr. 4.7 – Blokový diagram CCS811 (CCS811, nedatováno)	35
Obr. 4.9 – Blokový diagram BMP280 (BMP280, nedatováno)	36
Obr. 4.8 – Blokový diagram Si7021 (Si7021, nedatováno)	36
Obr. 4.10 – DHT22 (Temperature and humidity module, nedatováno)	37
Obr. 4.11 – OLED displej (OLED displej, nedatováno)	38
Obr. 5.2 – Schéma zapojení vysílače	39
Obr. 5.1 – Blokové schéma vysílače	39
Obr. 5.3 – Vývojový diagram programu vysílače	42
Obr. 5.4 – Zahnutí knihoven	43

Obr. 5.5 – Definice symbolických konstant	43
Obr. 5.6 – Inicializace modulů	43
Obr. 5.7 – Načtení hodnot	44
Obr. 5.8 – Vytvoření a odeslání zprávy	44
Obr. 5.9 – Blokové schéma přijímače	45
Obr. 5.10 – Schéma zapojení přijímače	45
Obr. 5.11 – Data na OLED displeji	47
Obr. 5.12 – Vývojový diagram programu vysílače	48
Obr. 5.13 – Zahnutí knihoven	49
Obr. 5.14 – Definice symbolických konstant	49
Obr. 5.15 – Inicializace Wi-Fi pro připojení na Internet	49
Obr. 5.16 – Dekódování přijaté zprávy	50
Obr. 5.17 – Zápis na web	50
Obr. 5.18 – Vlozeni.PHP	51
Obr. 5.19 – Dotaz pro připojení k databázi	52
Obr. 5.20 – Příkaz pro databázi	52
Obr. 5.21 – Struktura tabulky	52
Obr. 5.23 – Index.PHP	53
Obr. 5.22 – Tabulka s daty	53
Obr. 5.24 – Vypsání textu na webu	54

SEZNAM TABULEK

Tab. 5.1 – Zapojení vývodů senzoru DHT22	40
Tab. 5.2 – Zapojení vývodů senzoru CJMCU2128	40
Tab. 5.3 – Zapojení vývodů LoRa modulu vysílače	41
Tab. 5.4 – Zapojení vývodů LoRa modulu přijímače	46
Tab. 5.5 – Zapojení vývodů displeje	46

SEZNAM ZKRATEK

A/D	analog/digitál
AIoT	umělá inteligence věcí
ALU	aritmeticko-logická jednotka
CCS	rozprostřené spektrum
D/A	digitál/analog
EDGE	vyšší rychlost přenosu dat pro globální rozvoj
EEPROM	elektricky vymazatelná programovatelná paměť pouze pro čtení
FSK	klíčování frekvenčním posunem
GFSK	gaussovské klíčování frekvenčním posunem
GPRS	obecná packetová radiová služba
GPS	globální polohový systém
GSM	globální systém pro mobilní komunikaci
I ² C	dvouvodičové rozhraní
IDE	integrované vývojové prostředí
IDF	IoT vývojový rámec
IoT	internet věcí
LTE	technologie vysokorychlostního internetu pro mobilní sítě
NTC	negativní teplotní koeficient
OLED	organická elektroluminiscenční dioda
OOK	bipolární modulace
PTC	pozitivní teplotní koeficient
PWM	pulzně šířková modulace
RFID	identifikace na radiové frekvenci
RISC	redukovaná instrukční sada
SoC	systém na čipu
SPI	sériové periferní rozhraní
SRAM	statická paměť s náhodným přístupem
UART	univerzální asynchronní přijímač-vysílač
USART	univerzální synchronní a asynchronní přijímač-vysílač
USB	univerzální sériová sběrnice
VOC	těkavé organické látky
WSN	bezdrátová senzorová síť

ÚVOD

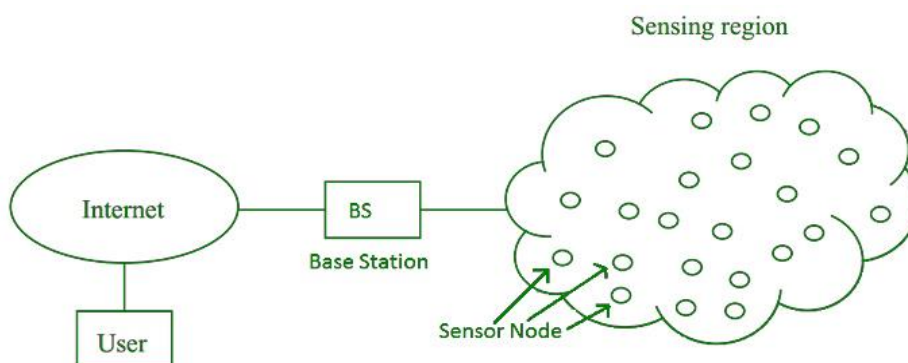
Pro zdárný vývin chovaného jedince je důležitá řada faktorů. Mezi hlavní faktory patří genetický základ, výživa, životní podmínky v chovném objektu, chovatelská a veterinární péče a dostatek prostoru. Tato práce se primárně zabývá životními podmínkami v chovném objektu, které je cílem monitorovat. Základními sledovanými faktory jsou teplota, vlhkost a celková kvalita vzduchu. V případě příliš nízké teploty v chovném objektu dochází k hypotermii, v případě příliš vysoké teploty zase hrozí riziko přehřátí organismu. Nízká vlhkost vzduchu vede k podráždění sliznic, příliš vysoká vlhkost v létě snižuje schopnost zvířete se ochlazovat a v zimě vede k zapařování stěn objektu a ke vzniku plísní. Špatná kvalita ovzduší bývá způsobena toxickými plyny a má za následek oslabení imunitního systému zvířete a také vede k nedostatečnému přísunu kyslíku.

Cílem práce je navrhnout a zkonstruovat jednotku pro monitorování životních podmínek chovného psa. Jednotka je dělena na dvě části. Venkovní část, umístěnou v přístřešku zvířete, která monitoruje jeho přítomnost, umožňuje měření teploty a vlhkosti vzduchu v přístřešku a zároveň i venkovního vzduchu. Naměřená data ze senzorů jsou bezdrátovou technologií posílána do druhé, vnitřní části jednotky, která je umístěna v domě chovatele. Zároveň informace o životních podmínkách zobrazuje na OLED displeji pro větší komfort a přehled chovatele zvířete. Data jsou také ukládána do relační databáze na webu.

Výsledky si kladou za cíl přispět k zajištění zdravého vývoje a života chovného jedince. Umožní chovateli přizpůsobit krmné dávky na základě získaných dat o teplotě a tím zamezit nadměrnému nebo nedostatečnému přísunu kalorií zvířeti, upravit odvětrávání objektu zakrytím nebo odkrytím větracích otvorů a upravit životní rytmus jedince stanovením optimální doby pobytu v chovném přístřešku.

1 MONITOROVÁNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ PSA

Pojem monitorování životního prostředí představuje komplexní činnost sběru a vyhodnocování fyzikálních, chemických nebo biologických dat, získávaných z různých senzorů. Nejlepším způsobem vytvoření zařízení pro monitoring prostředí je použití bezdrátových senzorových sítí. Senzorová bezdrátová síť (anglicky Wireless Sensor Network – WSN) je složena z několika jednotek až tisíců senzorových uzlů s vestavěným procesorem, které jsou rozmístěny v daném prostředí a zaznamenávají různé podmínky v okolí. Nasbíraná data jsou přenášena vybranou bezdrátovou technologií do centrálního uzlu, který funguje jako výpočetní jednotka v systému WSN, a je připojen na Internet, kam následně data ukládá. Senzorové bezdrátové sítě jsou dnes hojně používány v oblasti internetu věcí, monitorování teploty, vlhkosti vzduchu a tlaku v prostředí (Wireless Sensor Network, 2021).



Obr. 1.1 – Princip bezdrátových senzorových sítí (Wireless Sensor Network, 2021)

Díky monitorování prostředí může chovatel zjistit, zda má pes optimální podmínky pro jeho zdravý vývoj a v případě vyskytujících se extrémních podmínek pozměnit a uzpůsobit prostředí, ve kterém zvíře žije. Tato práce si klade za cíl sledování teploty a vlhkosti vzduchu v přístřešku i v okolí, a množství těkavých organických látek a oxidu uhličitého v přístřešku.

Příliš vysoká nebo naopak příliš nízká teplota v přístřešku znamená pro psa stresující prostředí, což může mít za následek změnu jeho chování. Doporučená ideální teplota je v rozmezí od 15 °C do 30 °C (Environmentální enrichment, nedatováno).

U zdravého psa trvá 7 až 60 dní, než se aklimatizuje. Délka doby závisí na velikosti a tvaru těla jedince, srsti, tělesné kondici a jeho celkovém zdravotním stavu. V případě, že se jedinec není schopen přizpůsobit výkyvům teplot, mohou nastat následující důsledky.

Může nastat stres z horka, který se projevuje nadměrným dýcháním, sliněním, žízní, neklidem, úzkostmi nebo celkovou slabostí. Při dlouhodobém vystavení extrémně vysokým teplotám je značné riziko, že pes dostane úpal, který je potenciálně smrtelný.

Chladový stres vyvolá u psa hypotermii, zvyšuje se spotřeba energie – kalorií a zvyšuje se i hladina stresových hormonů, což může vyvolat psychickou depresi, letargii, slabost, svalovou ztuhlost, pomalou srdeční frekvenci a při dosažení velmi nízkých teplot okolí může nastat dokonce kóma či smrt (Temperature and Humidity in Dog Kennels, 2013).

Relativní vlhkost může mít dopad na termoregulační schopnosti psa. Navzdory tomu existuje velmi málo výzkumů, zaměřujících se na hledání optimální vlhkosti v prostředí psů. Savci, včetně psů, by obecně měli žít v podmínkách s relativní vlhkostí vzduchu od 30 % do 70 %. Nízká vlhkost vzduchu vede k podráždění sliznic, vysoká vlhkost v létě snižuje schopnost ochlazování se, v zimě vede k zapařování stěn objektu, způsobuje vytvoření příznivých podmínek pro vznik plísní a pro množení bakterií. Monitorování teploty a relativní vlhkosti vzduchu je tak důležitou součástí kvalitního chovu psa.

1.1 PODOBNÉ PROJEKTY

V této kapitole jsou popsána podobná zařízení, zaměřující se na monitorování životních podmínek zvířat. Zařízení jsou postavena na principu bezdrátových senzorových sítí.

1.1.1 Animalarm

Mobilní zařízení od společnosti Animaware Ltd, umožňuje bezdrátové monitorování teploty a vlhkosti vzduchu, automaticky uživatele informuje o dosažení teplotních limitů formou textové zprávy nebo e-mailu. Součástí základního balení je jedna centrální stanice a jeden senzor, který s centrální stanicí komunikuje pomocí bezdrátové technologie Bluetooth. Je možné dokoupit více senzorů, ale na jedno zařízení jich lze připojit maximálně 5. Výrobce je poskytována také mobilní aplikace, pro kterou zařízení používá roamingovou síť GSM z důvodu jejího rozsáhlého pokrytí a spolehlivosti. Aplikace zobrazuje aktuální hodnoty naměřené ze senzorů, předpověď počasí a umožňuje nastavení teplotních a vlhkostních limitů pro výstražná hlášení. Na internetovém obchodě amazon.com je zařízení k dostání v přepočtu

za 5 700 Kč. Je nutné si dokoupit i předplatné mobilní aplikace za necelých 600 Kč na měsíc (Animalarm, nedatováno).



Obr. 1.2 – Animalarm (Animalarm, nedatováno)

1.1.2 RV PetSafety Monitor

Jedná se o mobilní zařízení, vytvořené společností Waggle Co, které je primárně určeno k monitorování podmínek domácích zvířat v obytných automobilech, nicméně se dá využít i v přístřešku chovného psa. Zařízení zaznamenává teplotu a vlhkost vzduchu uvnitř obytného vozu a v případě překročení stanovených limitů od majitelů zvířete, zašle upozornění o tomto stavu prostřednictvím textové zprávy nebo e-mailu. Využívá 4G mobilní síť Verizon. Je napájeno ze zásuvky v automobilu pomocí USB adaptéru nebo ze záložní baterie. Instalace zařízení do vozu je snadná, systém je vybaven nalepovacími montážními držáky, kterými je možno jej připevnit na vnitřní stěnu vozu. Výrobce je také nabízena mobilní aplikace, která funguje na telefonech Android nebo iPhone. Pořizovací cena tohoto zařízení na obchodě amazon.com začíná na zhruba 4 700 Kč (Waggle, nedatováno).



Obr. 1.3 – PetSafety Monitor (Waggle, nedatováno)

1.1.3 Jednotky Poseidon

Ústav normální a patologické fyziologie Slovenské akademie věd spolu s HW server s. r. o. realizovaly systém pro laboratorní chov zvířat, který monitoruje teplotu a vlhkost v chovných místnostech. Zařízení současně sleduje i míru osvětlení. Jednotka Poseidon je obsazena třemi sadami senzorů teploty, vlhkosti vzduchu a míry osvětlení. Každou hodinu jsou zaznamenávány hodnoty ze senzorů a data jsou pravidelně exportována, v případě překročení stanovených limitů je odeslána textová zpráva o překročení limitu pověřené osobě z ústavu. Jednotka je připojena na Internet, což odpovědným pracovníkům umožňuje kdykoliv a odkudkoliv zkontrolovat aktuální hodnoty měřených veličin. Přes Internet jsou také posílány týdenní záznamy naměřených hodnot odpovědným pracovníkům (Peška, 2017).

Na elektronickém obchodě wifishop.cz je k prodeji monitorovací jednotka Poseidon2 3266 s vlhkočinným a teplotním čidlem od firmy HW group s. r. o. Pořizovací cena této jednotky je 12 630 Kč. Měří teplotu, vlhkost, stavy kontaktů a i externích senzorů, při překročení stanovených limitů pošle o této situaci automaticky e-mail. Je možné i zobrazování dat v online aplikaci HWPortal.cz (Monitorovací jednotka Poseidon2, nedatováno).

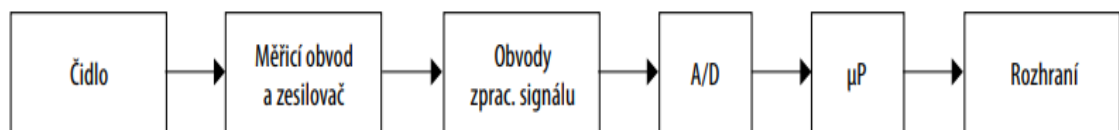


Obr. 1.4 – Poseidon2 (Monitorovací jednotka Poseidon2, nedatováno)

2 SENZORY

Pro realizaci monitorovací jednotky je zapotřebí vybrat několik senzorů – senzor teploty a vlhkosti vzduchu. V této kapitole jsou popsány principy senzorů pro měření teploty a měření vlhkosti plynu.

Senzor je vstupním prvkem měřicího řetězce, je v přímém kontaktu s měřeným prostředím. Senzor v měřeném prostředí snímá sledovanou veličinu (fyzikální, biologickou, chemickou, aj.), kterou následně vhodným způsobem transformuje na měřenou veličinu, většinou elektrickou, a ta je následně zpracovávána dalšími prvky měřicího řetězce (Maixner, 2006).



Obr. 2.2 – Blokové schéma měřicího řetězce (Maixner, 2006)

2.1 SENZORY PRO MĚŘENÍ TEPLoty

Termodynamická teplota je základní fyzikální veličina, charakterizující tepelný stav hmoty. V průmyslové praxi patří teplota k druhé nejčastěji měřené veličině po času. K měření teploty jsou používány různé fyzikální principy, jelikož takřka všechna tělesa mění při změně teploty své fyzikální vlastnosti, například objem, délku, nebo elektrický odpor. Senzory teploty lze rozdělit podle styku s měřeným prostředím do dvou hlavních skupin na bezdotykové a dotykové (Automatizace a automatizační technika, 2014).

2.1.1 Dotykové měření teploty

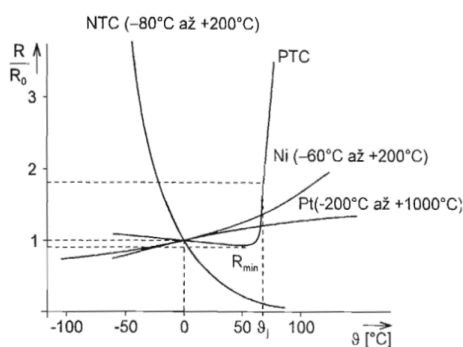
Pro dotykové měření teploty objektu je využíváno přímého kontaktu měřicího senzoru s povrchem daného tělesa (vnější měření), nebo vložením měřicího senzoru do tekutiny (měření vnitřní). Princip spočívá v přenosu tepla materiálu snímaného objektu prostřednictvím tepelné vodivosti materiálů na měřicí místo senzoru. Díky malému vlivu okolního rušení je dotykové měření velmi přesné (Automatizace a automatizační technika, 2014).

Kovová odporová čidla využívají změnu elektrického odporu kovů v závislosti na teplotě. Většina kovů se za normálních podmínek (298 K, 0,1 MPa) nachází v krystalické formě. Mezi atomy kovů v pevném skupenství vzniká kovová vazba, kterou způsobuje elektrostatická přitažlivost kationtů kovů a valenční elektrony, které se volně pohybují. V případě, že se k sobě atomy kovů dostatečně přiblíží, se jejich valenční elektrony začnou volně pohybovat mezi atomy kovové mřížky. Tyto volné elektrony jsou příčinou vysoké elektrické i tepelné vodivosti kovů. Se zvyšující se teplotou se zvyšuje amplituda kmitání atomů krystalové mřížky, čímž se volným elektronům znesnadňuje pohyb mezi atomy – je jim kladen větší odpor při průchodu. K jejich výrobě jsou nejčastěji používány čisté kovy – platina, nikl, měď a dále některé slitiny (Automatizace a automatizační technika, 2014).

Polovodičová odporová čidla využívají teplotní závislosti elektrického odporu polovodičových materiálů na teplotě.

NTC (Negative temperature coefficient) termistory mají záporný teplotní součinitel odporu, s rostoucí teplotou klesá jejich elektrický odpor. Jsou vyráběny z polovodičového materiálu, ve kterém se při nárůstu teploty uvolní nosiče náboje, čímž roste proud a odpor se snižuje. Vyrábějí se práškovou technologií, kde se lisují směsi oxidů kovů, například Fe_2O_3 a TiO_2 . Teplotní rozsah se pohybuje od $-50\text{ }^\circ\text{C}$ do $+150\text{ }^\circ\text{C}$ (Ďaďo, 1996).

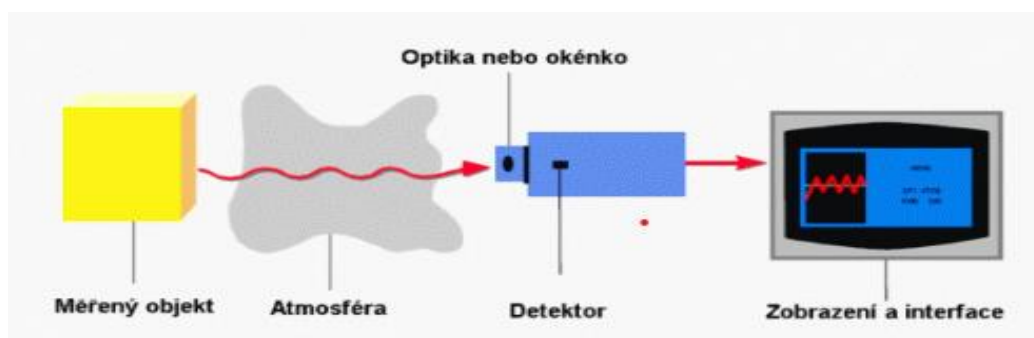
PTC (Positive temperature coefficient) termistory mají pozitivní teplotní součinitel odporu, což znamená, že s rostoucí teplotou roste jejich elektrický odpor. Jsou vyráběny z polykrystalické feroelektrické keramiky, příkladem je titaničitán barnatý (BaTiO_3). Elektrický odpor s rostoucí teplotou zpočátku mírně klesá a nad Curieovou teplotou (při překročení této teploty feromagnetická látka ztrácí své feromagnetické vlastnosti a stává se paramagnetickou) dochází k prudkému růstu rezistivity materiálu (Ďaďo, 1996).



Obr. 2.2 – Teplotní závislost PTC, NTC, Pt a Ni senzorů (Ďaďo, 1996)

2.1.2 Bezdotykové měření teploty

Bezdotykové teploměry pro měření povrchové teploty těles využívají magnetoelektrického záření, konkrétně infračerveného, vyzařovaného měřeným objektem. Infračervené záření vyzařuje každý objekt, jehož teplota je vyšší než teplota absolutní nuly, tj. 0 K. Magnetoelektrické záření o vlnové délce od 0,4 μm do 25 μm je zachytáváno přijímacím detektorem (čidlem), ten ho převede na elektricky měřitelnou veličinu, která je následně zpracovávána. Senzor pro bezdotykové měření teploty tak umožňuje měřit pouze povrchovou teplotu objektů na konkrétním místě, na které je senzor namířen. Rozsah teplot se pohybuje od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+10\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sensory se dělí podle způsobu interakce fotonů s materiálem na tepelné a kvantové (Vojáček, 2014).



Obr. 2.3 – Měřicí řetězec bezdotykového senzoru teploty (Vojáček, 2014)

2.2 SENZORY PRO MĚŘENÍ VLHKOSTI

Vlhkost je základní vlastností vzduchu, je určena množstvím vody v plynném skupenství obsažené v určitém množství vzduchu. Vodní páry vznikají vypařováním – přechod vody z kapalného skupenství do plynného, sublimací – pevná látka (např. led) se přemění přímo ve vodní páru, varem – vypařování v celém objemu kapaliny, nebo při chemické reakci – hoření.

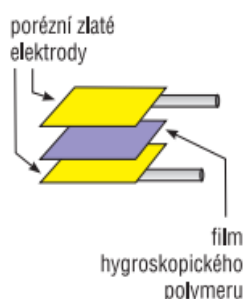
Pro stanovení vlhkosti plynu je nutné znát teplotu a tlak směsi, a tzv. vlhkostní veličinu. Metody měření se vyvíjely od jednoduchých ukazovacích vlhkoměrů až po současné s elektrickým analogovým nebo číslicovým výstupem. Pro měření vlhkosti plynů je známo přes 20 způsobů (Mareš, 2006).

2.2.1 Sorpční vlhkostní senzory

Principem je změna fyzikálně-chemických vlastností materiálu, které se mění v závislosti na stavu adsorpce a desorpce molekul vody z vodní páry. Vliv vlhkosti na použitý materiál v senzoru může měnit jeho délku, objem, hmotnost, elektrický odpor a další.

Odporové elektrolytické vlhkostní senzory využívají změnu vodivosti, která je způsobena u některých hygroskopických (látky snadno schopné pohlcovat a udržovat vzdušnou vlhkost) materiálů absorpcí vody. Na nevodivém substrátu (sklo, plast) jsou dvě elektrody, pokryté hygrofilním materiálem. Elektrický odpor senzoru se mění na základě množství absorbované vody. Závislost odporu na relativní vlhkosti vzduchu je zhruba exponenciální. Senzory jsou citlivé na kondenzaci vodních par a nejsou vhodné pro použití při vyšších teplotách (Mareš, 2006).

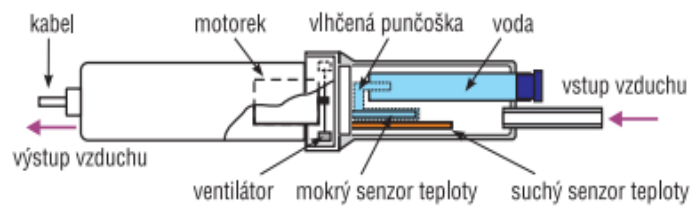
Kapacitní senzory vlhkosti využívají závislost impedance sorpčního materiálu, dielektrického polymeru, na absolutní nebo relativní vlhkosti plynu. Sledovanou veličinou je změna kapacity kondenzátoru. Dielektrikum je tvořeno obvykle polymerovým filmem nebo kovovým oxidem, například oxidem křemičitým (SiO_2) a je umístěno mezi dvěma zlatými elektrodami. Elektrody jsou porézní, umožňují vodním parám prostupovat do polymeru, což způsobuje změnu jeho dielektrických vlastností, čímž se mění i kapacita kondenzátoru, a ta je následně vyhodnocována na vzdušnou vlhkost. Na tomto principu funguje většina běžných senzorů pro měření vlhkosti vzduchu, které zároveň měří i teplotu. Princip kapacitního vlhkoměru je na obr. 2.4 (Mareš, 2006).



Obr. 2.4 – Kapacitní vlhkoměr
(Kadlec, nedatováno)

2.2.2 Psychrometry

Psychometr se skládá ze dvou teploměrů – suchého a mokrého, kolem kterých proudí měřený vzduch. Když se voda z mokrého teploměru začne odpařovat, je odebíráno teplo – energie z okolí. To způsobí, že tato mokrá část bude měřit nižší teplotu než část suchá. Intenzita odpařování vody z mokré části senzoru je závislá na relativní vlhkosti proudícího vzduchu. V případě 100% nasycení vzduchu vodními parami budou oba teploměry ukazovat stejnou teplotu, a tedy nedochází k odpařování vody z mokré části senzoru. Princip psychrometrického vlhkoměru je ukázán na obr. 2.5 (Mareš, 2006).



Obr. 2.5 – Psychrometrický vlhkoměr (Kadlec, nedatováno)

3 TECHNOLOGIE IOT

„Dnešní počítače – a tedy i Internet – jsou téměř zcela závislé na lidech, jde-li o informace. Téměř všech zhruba 50 petabajtů (jeden petabyte je 1 024 terabyte) dat, dostupných na Internetu, bylo nejprve zachyceno a vytvořeno člověkem psaním na klávesnici, stisknutím tlačítka záznamu, pořízením digitálního snímku nebo naskenováním čárového kódu... Problém je v tom, že lidé mají omezený čas, pozornost a přesnost – to vše znamená, že nejsou příliš dobří v zachycování údajů o věcech v reálném světě... Kdybychom měli počítače, které by o věcech věděly všechno, pak s využitím údajů, které by shromáždily bez naší pomoci, bychom mohli všechno sledovat a počítat a výrazně bychom snížili plýtvání, ztráty a náklady. Věděli bychom, kdy je třeba věci vyměnit, opravit nebo je stáhnout z prodeje, zda jsou čerstvé, nebo již dosloužily. Internet věcí má potenciál změnit svět stejně, jako ho změnil Internet. Možná ještě více.“ (Kevin Ashton, 'That 'Internet of Things' Thing', RFID Journal, July 22, 2009)

The Internet of Things, neboli internet věcí, je souhrnné označení pro síť fyzických objektů – „věcí“, které jsou obsazeny speciální elektronikou, softwarem, senzory, a dalším, za účelem spojení a výměny dat s jinými zařízeními nebo systémy, pomocí stejného protokolu po internetu.

Za první IoT zařízení je považován výdejní automat v kampusu Carnegie Mellon University. Zdejší studenti automat propojili s Internetem, aby mohli sledovat aktuálně dostupné nápoje, dříve než se vydali si je zakoupit. Internet věcí jako koncept nebyl oficiálně pojmenován do roku 1999, kdy Kevin Ashton poprvé použil termín „Internet of Things“ ve své prezentaci pro společnost Procter&Gamble. Přesná definice se neustále vyvíjí (Banzi, 2011).

Způsobů využití technologie IoT je v dnešní době mnoho. Ocitli jsme se ve světě, kde je mnohem více propojených zařízení než lidí. Důležitost a dosah aplikace IoT v reálném životě je často vyhodnocována subjektivně. Lze však tvrdit, že se dotýká všech oblastí reálného života.

3.1 IOT SÍŤE

IoT je vlastně komunikace mezi distribuovanými účastníky, kteří mohou být od sebe různě vzdáleni a mohou mít různé nároky na množství a rychlost přenášených dat, a v tomto případě není vhodná realizace komunikace „drátově“. Je požadována síť nehomogenních zařízení, která si budou vyměňovat účelně data. Při zavádění IoT byly nejprve používány již existující technologie, ale vzhledem k měnícím se nárokům a potřebám uživatelů se začaly

vyvíjet nové technologie a také nové principy pro realizaci IoT. V následujících podkapitolách jsou ve zkratce uvedeny použitelné technologie, prakticky všechny dosud používané pracují na principu radiových vln.

3.1.1 RFID

RFID, neboli Radio Frequency Identification, je radiová technologie za podpory společnosti Wal-Mart, sloužící pro obchodní účely. Dnes mají velmi široké uplatnění od přístupových systémů, zdravotnictví až po automobilový průmysl. Primárně byla určena k označování zboží. Pracuje v nelicencovaných pásmech, v Evropě se jedná o frekvenci 868 MHz. Rychlost přenosu dat může být i ve stovkách Mbps. Komunikační dosah point-to-point u pasivních RFID čipů může být až 30 metrů. Umožňuje vytváření jednoduchých sítí se čtečkami jako branami, nejčastěji v hvězdicové topologii (star topology). Velikost sítí je omezena technickými prostředky. Použití v oblasti IoT při krátkých vzdálenostech je výhodné, neboť RFID čipy mohou pracovat bez baterie a mohou uchovávat velké objemy dat. Příkladem je RFID čip umístěný na vozíku, který přepravuje náklad. Při naložení nákladu se informace o něm zapíše do dat a při odebírání nákladu se zase odepíše, takže je neustále dostupná informace o aktuálním obsahu vozíku (Al Agha, 2016).

3.1.2 Bluetooth a BLE

Radiová technologie, vyhovující standardu IEEE 802.15.1. Primárně byla určena také jako náhrada za kabelové připojení RS232. Pracuje v nelicencovaném pásmu 2,4 GHz. Rychlost přenosu dat může být v jednotkách Mbps. Dosah point-to-point komunikace se standardně uvádí jako 10 metrů. Umožňuje vytváření jednoduchých sítí ve hvězdicové topologii až se sedmi nody, které se navíc dají sdružovat. Použití pro IoT je rozšířené, neboť Bluetooth modulem je vybavena řada jednočipových kontrolérů. Použití v oblasti IoT je navíc výrazně podporováno zavedením standardu BLE (Bluetooth Low Energy), což je varianta Bluetooth s nízkou spotřebou. BLE bývá často integrováno v chytrých domácnostech (např. v zámčích dveří), nebo také ve fitness a zdravotních náramcích, kde jsou následně data přenášena a vizualizována na chytré telefony. Nevýhodou je omezený dosah. IoT zařízení musí být pro připojení vybaveno Bluetooth adaptérem (Al Agha, 2016).

3.1.3 Z-Wave

Proprietární radiová technologie, primárně byla určena pro komunikaci prvků inteligentních budov. Pracuje v nelicencovaných pásmech pod 1 GHz. Rychlost přenosu dat se pohybuje od 9,6 kbps do 100 kbps. Komunikační dosah point-to-point je standardně uváděn jako 30 metrů. Z-Wave pracuje v takzvané mesh network, což je vlastně libovolná topologie. V případě, že příjemce není schopen se se zdrojem signálu spojit přímo, pak jednotlivá zařízení slouží jako opakovače signálu. Počet uzlů sítě je maximálně 232. Použití v oblasti IoT je široké, primárně však pro automatizaci domácností, konkuruje si částečně s technologií ZigBee, je ale jednodušší a proto se snáze implementuje. IoT zařízení je vybaveno čipem od jediného výrobce Sigma Designs (Al Agha, 2016).

3.1.4 Zigbee

Radiová technologie, vyhovující standardu IEEE 802.15.4, která je za rozumnou cenu a její výhodou je nízká spotřeba. Původně byla určena pro komunikaci prvků inteligentních budov. Pracuje v nelicencovaných pásmech 2,4 GHz, 900 MHz a 868 MHz. Rychlost přenosu může být od 20 kbps do 250 kbps. Komunikační dosah point-to-point se uvádí jako 100 metrů. Pomocí této technologie se dají vytvářet různé síťové topologie, včetně mesh topologie. Výhodou je počet uzlů, který byl i v původním standardu 65 000. Použití v oblasti IoT se od roku 2014 rozšiřuje, ale zůstává stále omezeno na původní oblast inteligentních budov a nekladou se ambice na to, aby byla něco více. IoT zařízení musí být pro připojení vybaveno patřičným adaptérem. Ve většině případů jsou tyto adaptéry dodávány spolu se zařízením už z výroby (Al Agha, 2016).

3.1.5 GSM

GSM (Group Special Mobile) je radiová technologie, která se stala standardem pro veřejnou mobilní komunikaci. Funguje v různých licencovaných pásmech, jiných v Evropě a jiných v Americe, která jsou za poplatek poskytována provozovatelům služeb. Byla původně určena k přenášení hlasu, později i dat a jiných typů obsahu. Rychlost přenosu pro jeden slot byla stanovena na 9,6 kbps. Vzhledem k neustále se zvyšujícím požadavkům na kvantitu přenášených dat vznikaly nové služby, jako například GPRS (General Packet Radio Service), které byly plně kompatibilní s GSM a později bylo pro vyhovění požadavkům na rychlost datových přenosů zavedeno EDGE. Další zrychlení 3G, 4G, 5G pracují již na jiných principech.

Mezi GSM technologie se řadí i služba typu NB-IoT (Narrow Band IoT), která využívá servisní části LTE komunikace. Dosah komunikace je dán pokrytím a operátorem. Topologicky se jedná o tzv. celulární síť, ve které je propojení mezi jednotlivými buňkami bezdrátové. Přesná topologie nebývá známa, jelikož je poskytována operátorem. Použití pro IoT je díky velkému pokrytí a snadné realizaci velmi výhodné. Z uživatelského hlediska není příliš podstatné, jakou konkrétní službu založenou na GSM zařízení používáme, ale jaká data přenášíme, jaká je spotřeba a jaké jsou provozní náklady placené operátorovi (Al Agha, 2016).

3.1.6 Wi-Fi, Wi-Fi HaLow

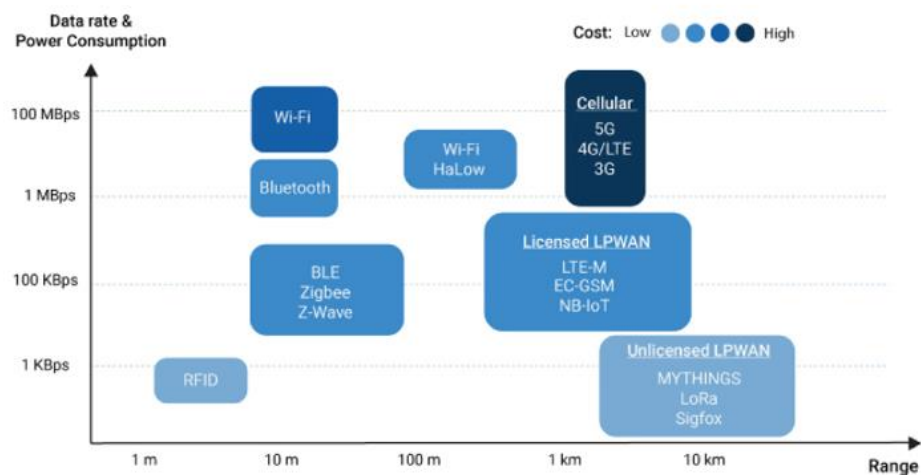
Radiová technologie, vyhovující standardu IEEE 802.11, která se stala standardem pro vytváření bezdrátových sítí. Pracuje v nelicencovaných pásmech 2,4 GHz a 5 GHz. Rychlost přenosu může teoreticky nabývat až jednotek Gbps. Point-to-point komunikace může dosahovat v otevřeném prostoru až do vzdálenosti několika desítek kilometrů, ale pokud je technologie využívána v budovách, tak je dosah menší, jelikož průchod zdmi signál výrazně utlumuje. K většímu útlumu dochází v 5GHz pásmu. Umožňuje vytváření libovolně rozsáhlých sítí. Použití pro IoT je sice možné, ale primárně v případech, kdy chceme přenášet velké objemy dat, neboť jinak jsou Wi-Fi zařízení zatížena svou velkou spotřebou a na většinu aplikací i výkonovou redundancí. Tyto nevýhody by měla odstranit varianta Wi-Fi HaLow, což je Wi-Fi s nízkou spotřebou a větším dosahem, také pracující v nelicencovaných pásmech. Používá se ve dveřních systémech, osvětleních, bezpečnostních kamerách a dalších. IoT zařízení musí být pro připojení vybaveno Wi-Fi adaptérem. Výhodou ale je, že náklady nezahrnují platby za služby poskytované třetí stranou (Al Agha, 2016).

3.1.7 LoRa

LoRa je necelulární radiová komunikace, založená na proprietární variantě modulace CCS (Chirp spread spectrum), která umožňuje kódovat digitální informaci do radiových vln. Pracuje v nelicencovaných pásmech, v Evropě se jedná o frekvenci 868 MHz, v Asii o 433 MHz. Přenosová rychlost dat je poměrně nízká, od 300 bps do 50 kbps, ale to právě umožňuje její nízkou spotřebu, v čemž spočívá její výhoda oproti ostatním technologiím. Data jsou vysílána úsporně z hlediska objemu i četnosti přenosů. Nepoužívá se kontinuální přenos dat, ale opakování vysílání v požadovaných intervalech. V městských oblastech se její komunikační dosah pohybuje až do 3 km a při dohledové viditelnosti až do 10 km. Umožňuje

vytváření libovolně velkých sítí v hvězdicové nebo mesh topologii. Většina zařízení v síti pracuje asynchronně a vysílá data pouze v případě, jsou-li k dispozici. IoT zařízení musí být pro připojení vybavena LoRa adaptérem. Výhodou je flexibilita, neboť síť LoRaWAN si může uživatel buďto vybudovat sám, nebo může svá zařízení připojit již k existujícím sítím, v České republice například k síti Českých radiokomunikací (Al Agha, 2016).

Každá z výše uvedených technologií má své výhody i nevýhody, ale IoT klade při různých aplikacích různé nároky na vlastnosti použitého řešení. Na obr. 3.1 je ukázána vhodnost jednotlivých řešení na základě porovnání jejich rychlosti přenosu, spotřeby a dosahu.



Obr. 3.1 – Porovnání technologií IoT (6 Leading Types of IoT Tech, nedatováno)

4 MIKROKONTROLÉRY A PERIFERIE

Vývoj mikrokontroléru lze sledovat jako důsledek miniaturizace, kdy se výpočetní technika začala stěhovat z velkých sálových počítačů do menších personálních počítačů. První skutečný nástup byl vstup IBM PC na trh. Byl to nástup prostředků pro řešení univerzálních problémů – stejný počítač mohl řešit různé úkoly v závislosti na aktuálně používaném programovém vybavení.

Bylo jasné, že toto je ta správná cesta k nasazení IT do širokých sfér života, ale začalo se ukazovat, že struktura podobná PC je mnohem univerzálnější, než bylo potřeba v mnoha různých aplikacích, zejména v oblasti řízení. Započal tedy proces optimalizace (dá se nazvat i minimalizací) a přizpůsobení mikropočítačů jednoduchým úlohám.

Mikrokontrolér je monolitický integrovaný obvod, který obsahuje jeden nebo více procesorů, operační paměť RAM, pevnou paměť pro uložení programu typu ROM a programovatelné vstupní a výstupní obvody. Je navržený pro specifické operace ve vestavěných (embedded) systémech. Jsou využívány v automaticky řízených zařízeních, např. automobilech, robotech, v domácích spotřebičích, v zabezpečovacích zařízeních, pro zpracování signálů v senzorech a další (Voda, nedatováno).

Existují dvě základní architektury programovatelných počítačů – Von Neumannova a Harvardská. Dle **Von Neumannovy architektury** se počítač skládá z operační paměti, aritmetickologické jednotky, řadiče a vstupně výstupních zařízení. Typická je společná paměť pro program i data, tudíž pro přenos dat je zapotřebí jen jedna datová sběrnice. Naproti tomu **Harvardská architektura** se vyznačuje fyzickým oddělením paměti pro program a paměti pro data.

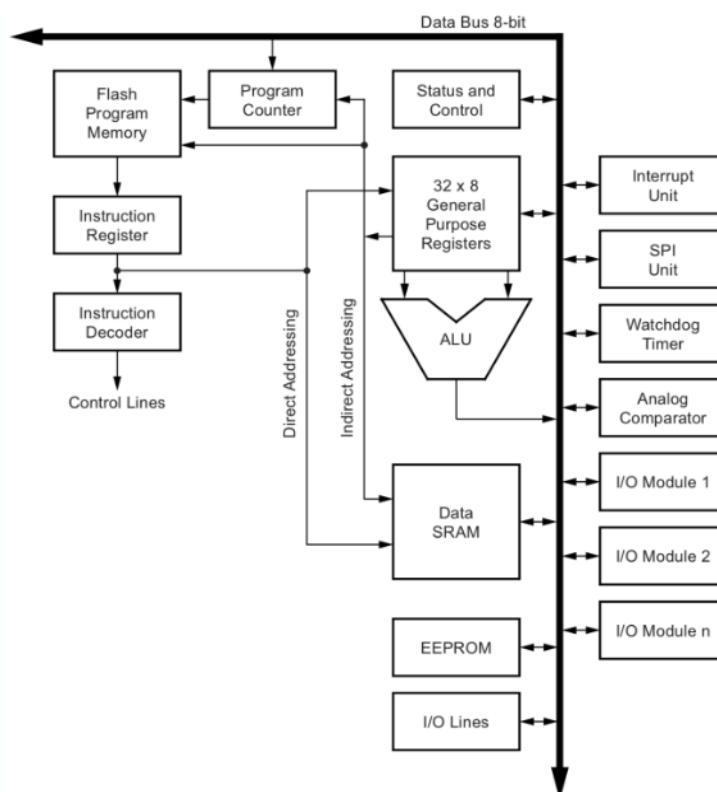
4.1 MIKROPROCESORY ŘADY AVR

AVR mikrokontroléry jsou vyráběny společností Atmel od roku 1996. Integrované obvody jsou založeny na takzvané RISC architektuře. Mikrokontrolér používá úzký, ale vysoce optimalizovaný soubor instrukcí za účelem zvýšení rychlosti a zmenšení nároků na paměť a spotřebu.

AVR mikrokontroléry jsou charakterizovány následujícími základními vlastnostmi, mají sběrnici o šířce 8 nebo 32 bitů, podporují komunikační protokoly USART, SPI, I²C, většina instrukcí je jednotaktových, maximálně dvojtaktových, používaná paměť Flash, SRAM, EEPROM.

Jsou založeny na harvardské architektuře, mají oddělenou paměť pro program a pro data. Procesor obsahuje 32 univerzálních 8bitových registrů, které obsahují data i adresy. Tyto registry jsou propojeny s aritmeticko-logickou jednotkou (ALU). Instrukce jsou prováděny zřetěženým zpracováním (anglicky *pipeling*), zatímco je jedna instrukce programu prováděna, druhá je přesunuta z operační paměti (Váňa, 2003).

Na obr. 4.1 je zobrazen blokový diagram architektury AVR mikrokontrolérů.



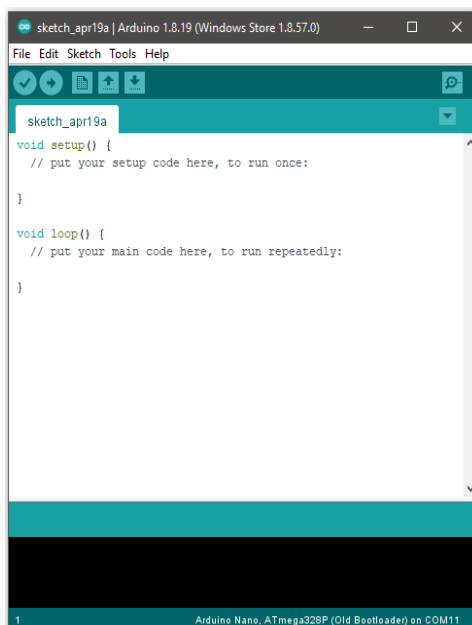
Obr. 4.1 – Architektura AVR (Voda, nedatováno)

4.2 PLATFORMA ARDUINO

Arduino je open-source platforma, založená na snadno použitelném hardwaru a softwaru, která vznikla v roce 2005 v Itálii. Původně bylo určeno pro studenty, kteří neměli předchozí znalosti v oblasti programování a elektroniky. S postupem času se nabídka produktů rozšířila od jednoduchých 8bitových desek až po produkty pro různá vestavěná nebo nositelná zařízení, 3D tisk a v neposlední řadě pro aplikace internetu věcí. Využití je opravdu široké, od zařízení, která používáme v každodenním životě, až po složité vědecké přístroje (Arduino, nedatováno).

Hardware Arduino je malý jednodeskový počítač, který funguje většinou na 8bitových mikrokontrolérech ATmega rodiny AVR od firmy Atmel Corporation. Oficiální desky obsahují čipy ATmega8, ATmega168, ATmega328 nebo ATmega2560. Jsou obsazeny jednou nebo dvěma řadami vstupně-výstupních pinů pro připojení přídatných modulů (anglicky shield). Většina desek obsahuje 5V lineární regulátor napětí, 16MHz krystalický oscilátor nebo keramický rezonátor. Mezi nejznámější verze patří Arduino UNO, Arduino Nano, Arduino Mega 2560 a Arduino Due (Arduino, nedatováno).

Program lze napsat v libovolném kompilovaném programovacím jazyce, který vytváří binární strojový kód pro daný procesor. Arduino IDE (Integrated Development Environment) je integrované vývojové prostředí, podporující programovací jazyky C a C++. Lze jej použít pro programování i jiných jednodeskových počítačů. Program v něm napsaný je nazýván jako sketch. Kód vyžaduje pouze dvě základní funkce, pro spuštění „sketch“ - void setup() a hlavní programovou smyčku - void loop().



Obr. 4.2 – Arduino IDE

4.3 PLATFORMA ESP

ESP je řada levných mikrokontrolérů s různými specializacemi, vyvinutá společností Espressif Systems. Jedná se taktéž o open-source platformu. Hlavním zaměřením je vývoj špičkových řešení pro bezdrátovou komunikaci a AIoT (Artificial Intelligence of Things). AIoT, česky umělá inteligence věcí, je kombinací technologií umělé inteligence (AI – Artificial

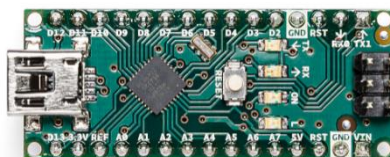
Intelligence) a internetu věcí (IoT), jejím cílem je efektivnější provoz IoT a zlepšení interakcí mezi člověkem a strojem. Mikrokontroléry ESP jsou typu systém na čipu (SoC - system on chip), což znamená, že veškeré potřebné komponenty počítače jsou integrovány na jednom obvodu. Nejčastější využití je v oblasti mobilních a vestavěných systémů. Využívají mikroprocesory Xtensa LX7 ve variantě s jedním nebo dvěma jádry. Vyznačují se nízkou spotřebou a integrovaným rozhraním Wi-Fi a Bluetooth. Nejznámější řady jsou ESP8266 a ESP32 (Espressif, nedatováno).

Pro programování mikrokontrolérů řady ESP slouží oficiální vývojové prostředí ESP-IDF (IoT Development Framework), které poskytuje sadu vývojových nástrojů pro vývoj různých aplikací, s využitím programovacích jazyků C a C++ (Espressif, nedatováno).

4.4 VÝBĚR KONSTRUKČNÍCH KOMPONENT

4.4.1 Arduino Nano

Vývojová deska Arduino Nano pracuje na 8bitovém mikrokontroléru ATmega328 s taktovací frekvencí 16 MHz. Obsahuje 32kB Flash paměť pro program, z čehož 2 kB jsou využívány zavaděčem, 1kB EEPROM, 2kB datovou paměť SRAM, 14 digitálních vstupně-výstupních pinů, pracujících na 5 V, každý pin může dodávat nebo přijímat maximálně 40 mA, 6 digitálních vstupně-výstupních PWM pinů, 8 analogových vstupních pinů, z nichž každý poskytuje rozlišení 10 bitů (tj. 1024 různých hodnot). Deska pracuje s logickou úrovní 5 V. Pro napájení a programování desky je použita sběrnice USB, konkrétně mini-USB typu B. Umožňuje sériovou komunikaci UART TTL (5 V), která je dostupná na digitálních pinech 0 (RX) a 1 (TX). Podporuje také komunikační rozhraní SPI, dostupné na digitálních pinech D13 – SCK (Serial Clock), D12 – MISO (Master In Slave Out), D11 – MOSI (Master Out Slave In) a D10 – SS (Slave Select). Pro rozhraní I²C. slouží analogové piny A4 (SDA – Synchronous Data) a A5 (SCL – Synchronous Clock) (Arduino, nedatováno).



Obr. 4.3 – Arduino Nano
(Arduino, nedatováno)

4.4.2 IoT ESP-WROOM-32 2.4GHz Dual-Mode

Modul ESP-WROOM-32 je vhodný pro širokou škálu aplikací, například pro realizaci bezdrátových senzorových sítí s nízkou spotřebou nebo komunikačního rozhraní IoT s webovým rozhraním. Deska je založen na čipu ESP32 od společnosti Espressif Systems s procesorem se dvěma jádry Tensilica LX6, který má nastavitelnou taktovací frekvenci 80 MHz – 240 MHz. Obsahuje 520kB paměť RAM, vnitřní, programovou, paměť Flash o velikosti 4 MB. Díky integrované anténě, výkonovému a nízko šumovému zesilovači je modul schopen bezdrátově komunikovat pomocí rozhraní Wi-Fi 2,4 GHz a Bluetooth 4.0. Na desce se nachází 26 digitálních vstupně-výstupních pinů, 16 pinů pro PWM, 18 analogových vstupních pinů a 2 DA převodníky. Podporovaná komunikační rozhraní jsou UART, SPI, SDIO a I²C. Obsahuje integrovaný stabilizátor napětí AMS1117. Na modulu je integrován USB řadič CP2102, pomocí kterého lze modul napájet i programovat. Deska pracuje s logickou úrovní 5 V (IoT ESP-WROOM-32, nedatováno).



Obr. 4.4 – Modul IoT ESP-WROOM-32
(IoT ESP-WROOM-32, nedatováno)

4.4.3 LoRa modul SX1278

Jedná se o poloduplexní transceiver. Využívá patentovanou modulační techniku LoRa společnosti Semtech. Obsahuje 32MHz krystalový oscilátor. Pracuje s logickou úrovní 3,3 V. Komunikace s mikrokontrolérem je realizována prostřednictvím SPI rozhraní díky pinům MISO, MOSI, NSS a SLCK. Modul je vybaven standardním modemem FSK (Frequency-shift keying), GFSK (Gaussian frequency-shift keying), OOK (On-Off keying) a zároveň i modemem LoRa, který využívá způsob modulace CHIRP (Compressed High Intensity Radar Pulse) s rozprostřeným spektrem v kombinaci s technikou dopředné korekce chyb, což

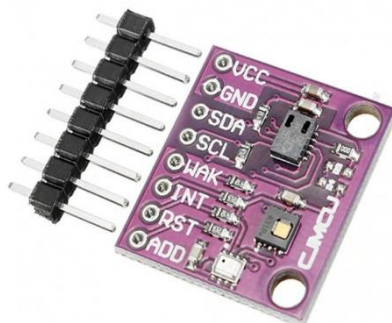
umožňuje zvýšení počtu spojení, dosahu a rychlosti přenosu a odolnosti proti rušení ve frekvenčním pásmu. Rychlost přenosu dat je do 300 kbps. Napájecí napětí LoRa modulu činí 3,3 V (Datasheet SX1278, nedatováno).



Obr. 4.5 – LoRa modul SX1278
(Datasheet SX1278, nedatováno)

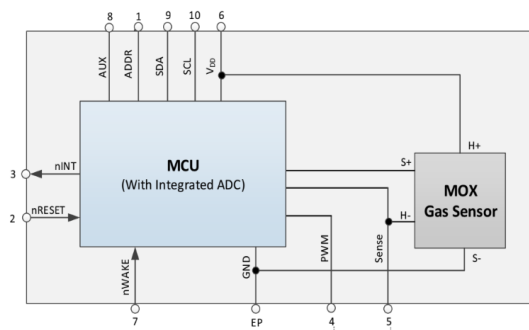
4.4.4 Senzor kvality ovzduší CJMCU2128

Pro monitorování teploty a vlhkosti vzduchu uvnitř přístřešku byl zvolen modul se senzory kvality ovzduší CJMCU2128. Na modulu se nachází senzor CCS811, Si7021 a BMP280. Napájecí napětí senzoru je 3,3 V. Komunikace mikrokontroléru se senzorem je realizována skrze I²C rozhraní (Senzor kvality ovzduší, nedatováno).



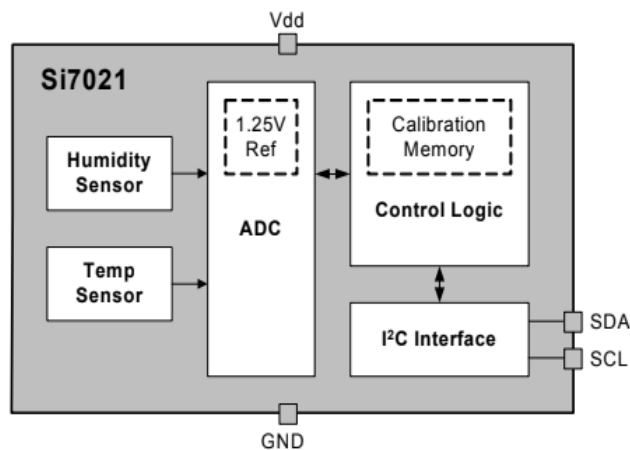
Obr. 4.6 – CJMCU2128(Senzor kvality ovzduší, nedatováno)

CCS811 je integrovaný obvod s nízkonapěťovým digitálním senzorem pro monitorování kvality vnitřního vzduchu, obsahující mikrokontrolér s A/D převodníkem. Na obvodu se nachází detektor plynů na bázi oxidu kovu a široké škály těkavých organických látek VOC, které v přítomnosti slunečního záření reagují s oxidy dusíku za vzniku látek zdraví škodlivých pro živý organismus. Senzor na bázi oxidů kovů měří odpor citlivé vrstvy, která je vystavována okolnímu vzduchu a probíhají na ní oxidační reakce. Čím větší je množství vyskytujících se oxidačních reakcí, tím nižší je odpor senzoru. Zaměřuje se tedy na znečišťující látky, které mohou v substrátu senzoru oxidovat. Měřicí rozsah pro těkavé organické látky je od 0 ppb až 1187 ppb, dokáže ve vzduchu detekovat alkoholy, aldehydy, ketony, organické sloučeniny a aromatické a alifatické uhlovodíky. Rozsah měření oxidu uhličitého je od 400 ppm do 8192 ppm. Podporované komunikační rozhraní je I²C, adresa je 0x76 (CCS811, nedatováno).



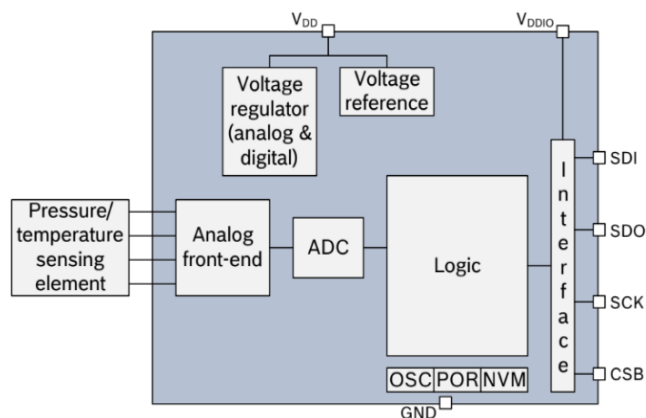
Obr. 4.7 – Blokový diagram CCS811 (CCS811, nedatováno)

Si7021 je CMOS integrovaný obvod obsazený digitálními senzory pro měření relativní vlhkosti vzduchu a teploty, řídicí jednotkou, která obsahuje kalibrační data, AD převodníkem, a I²C rozhraním, základní 7bitová adresa je 0x40. Pro měření vlhkosti využívá principu kapacitního senzoru. Je vybaven rovněž hydrofobním tetrafluorovým filtrem (PTFE – polytetrafluorethylen), který pokrývá vstupní otvor senzoru. Filtr blokuje vstup kontaminantů, ale umožňuje průchod vodní páře, čímž zabraňuje poškození senzoru vodou a umožňuje přesné měření. Pracovní rozsah je 0 % RH až 100 % RH s přesností ± 3 % a -40 °C až $+125$ °C s přesností $\pm 0,4$ °C. Snímače jsou kalibrovány při výrobě a kalibrační data jsou uložena v energeticky nezávislé paměti na čipu. Napájecí napětí činí 3,3 V. Má velmi nízkou spotřebu energie, v aktivním režimu 150 μ A a v neaktivním 60 nA (Si7021, nedatováno).



Obr. 4.8 – Blokový diagram Si7021 (Si7021, nedatováno)

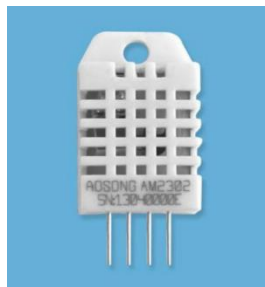
BMP280 je snímač barometrického tlaku a zároveň i teploty vzduchu, určený speciálně pro mobilní aplikace. Je založen na piezorezistivním snímači tlaku od firmy Bosch. Měřicí rozsah tlaku je 300 hPa až 1100 hPa, což odpovídá +9000 m n. m. až -500 m n. m., absolutní přesnost měření je ± 1 hPa a rozlišení 0,18 Pa. Rozsah měření teploty je od -40 °C do $+85$ °C s rozlišením 0,01 °C a přesností $\pm 0,5$ °C. Vyznačuje se vysokou odolností proti elektromagnetickému rušení, vysokou přesností, linearitou a dlouhodobou stabilitou. Jeho nízká spotřeba umožňuje implementaci do zařízení, která jsou napájena z baterie – mobilní telefony, moduly GPS nebo třeba hodinky. Podporuje komunikační rozhraní I²C a SPI. Při realizaci není využito měření barometrického tlaku, ale pouze teploty vzduchu (BMP280, nedatováno).



Obr. 4.9 – Blokový diagram BMP280 (BMP280, nedatováno)

4.4.5 Teplotní a vlhkostní senzor DHT22

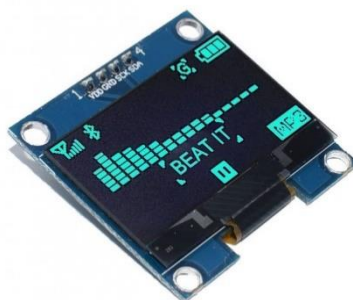
Pro snímání teploty a vlhkosti venkovního vzduchu byl vybrán kalibrovaný digitální teploměr a vlhkoměr DHT22. Senzor pro měření teploty využívá NTC termistor a pro měření vlhkosti kapacitní vlhkostní čidlo, jejichž principy jsou popsány v kapitole 2. Snímací prvky jsou připojeny k 8bitovému jednočipovému počítači. Měří relativní vlhkost v rozsahu od 0 % do 100 % s přesností na 2 %. Teplotu měří v rozsahu od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ s přesností $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Senzor je při výrobě kalibrován v kalibrační komoře, tudíž je jeho použití jednodušší. Má 4 piny, VDD – napájecí, DATA – datový, NULL – prázdný a GND – uzemňovací. Napájecí napětí je 3,3 V. Mezi piny VDD a DATA je nutné zapojit pull-up rezistor, který zabraňuje rušení ve vodiči (Jak pracovat se senzory DHT22 a DHT11?, nedatováno).



Obr. 4.10 – DHT22 (Temperature and humidity module, nedatováno)

4.4.6 OLED displej

Pro vizualizaci zjišťovaných údajů je použit grafický monochromatický OLED displej o velikosti 1,3 ". Jeho rozlišení je 128×64 bodů. Modul pracuje bez podsvícení, jelikož emisní elektroluminiscenční vrstva mezi vodiči jako reakci na protékající elektrický proud vyzařuje světlo. Díky tomu, že na displeji svítí pouze ty body, které jsou právě aktivovány, je dosaženo nižší spotřeby. Napájecí napětí je 3,3 V. Komunikace s mikrokontrolérem ESP32 je realizována I²C rozhraním skrze piny SCL a SDA (OLED displej, nedatováno).



Obr. 4.11 – OLED displej (OLED displej, nedatováno)

4.4.7 Spínač

Pro detekci přítomnosti psa bylo použito tlačítko, které je připevněno na kovovou desku o rozměru A4, kvůli dosažení větší plochy, na které je detekce psa možná. Výhodou je, že nemá aretaci, takže se po uvolnění vrátí do původní polohy. Napájecí napětí je 5 V. Je připojen přes rezistor o velikosti 10 k Ω .

Jako řídicí prvek venkovní části byl zvolen z důvodu malých rozměrů a nízké spotřeby mikročip Arduino Nano, resp. jeho klon. Technický popis jednotlivých komponent je k nalezení v kapitole 4.6.

Měření venkovní vlhkosti a teploty vzduchu je realizováno digitálním senzorem DHT22, který má mezi piny VCC a DATA připojen pull-up rezistor o velikosti 4,7 k Ω , v tab. 5.1 je přehled zapojení vývodů DHT22.

Tab. 5.1 – Zapojení vývodů senzoru DHT22

DHT22	Arduino Nano
VCC	5V
DATA	D4
NC	-
GND	GND

Pro měření vlhkosti a teploty vzduchu, množství oxidu uhličitého a těkavých organických látek v přístřešku psa, je použit senzor kvality ovzduší CJMCU2128, přehled zapojení vývodů je v tab. 5.2.

Tab. 5.2 – Zapojení vývodů senzoru CJMCU2128

CJMCU2128	Arduino Nano
VCC	3V3
GND	GND
SDA	A4
SCL	A5
WAK	A6
INT	-
RST	-
ADD	-

Komunikace mezi vysílací a přijímací stranou monitorovací jednotky je realizována radiovou technologií LoRa, konkrétně LoRa modul SX1278. Nespornou výhodou této technologie je velký dosah a dále oproti ostatním velmi nízká spotřeba. Jedná se o poloduplexní transceiver, tudíž může komunikace mezi oběma moduly probíhat v obou směrech současně, čehož však v této práci není využito. V části jednotky, která je umístěna v přístřešku zvířete, je

využíván LoRa modul pouze jako vysílač a v části, která je v domě, pouze jako přijímač. Zapojení vývodů modulu SX1278 je v tab. 5.3.

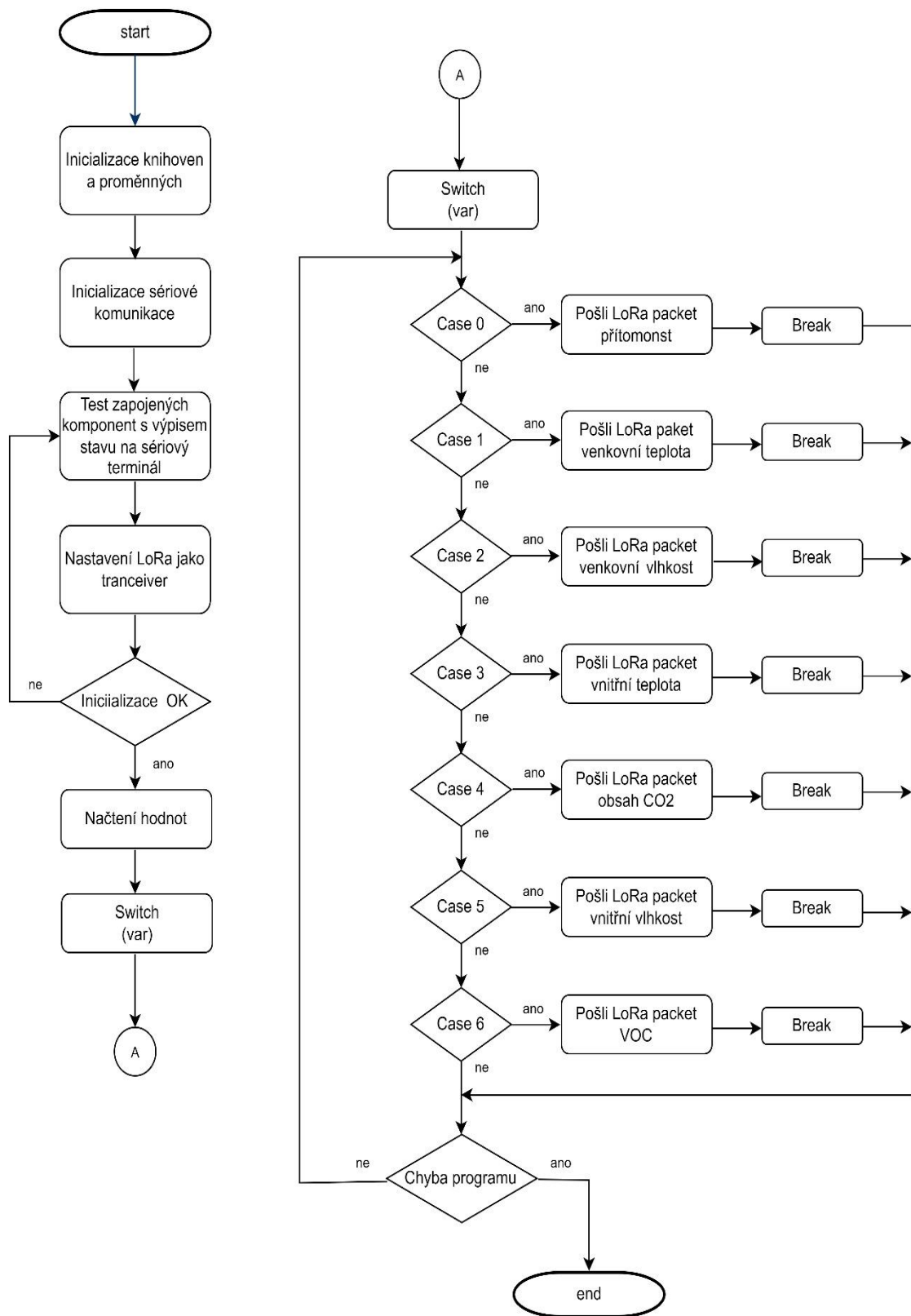
Tab. 5.3 – Zapojení vývodů LoRa modulu vysílače

LoRa SX1278	Arduino Nano
GND	GND
DIO1	-
DIO2	-
DIO3	-
VCC	3V3
MISO	D12
MOSI	D11
SLCK	D13
NSS	D10
DIO0	D2
REST	D9

Pro detekci přítomnosti psa v přístřešku byl použit spínač pod podlahou. Tento spínač je s Arduinem spojen dvěma vodiči, jeden je připojen na vývod GND na desce, druhý je přes 10 k Ω pull-up rezistor spojen s piny A7 a 5V.

Pro uchycení všech výše uvedených komponent byla vytvořena deska plošných spojů, na kterou byly jednotlivé komponenty zapájeny. Deska plošných spojů je uložena v elektroinstalační krabici, konkrétně krabici S-BOX 206 od firmy Pawbol, o rozměrech 120 × 80 × 50 mm, která je namontována na stěnu boudy. Krabice má 6 průchodek, což je potřebné pro přesnější měření vlastností vzduchu v boudě a pro vyvedení senzoru DHT22, který je umístěn pod střechou boudy a spínače, který je dán pod podlahu.

Napájení vysílače je realizováno pomocí 5V adaptéru z venkovního rozvaděče kabelem Mini USB B, jelikož se bouda nachází v těsné blízkosti rozvaděče.



Obr. 5.3 – Vývojový diagram programu vysílače

Vývojový diagram znázorňuje průběh činností programu. Program realizovaný v Arduino IDE používá instrukční set známy z programovacího jazyka C++.

Prvním krokem programu je zahrnutí potřebných knihoven direktivou #include.

```
// Načtení knihoven pro použité HW a SW prvky
#include <ccs811.h>           // knihovny pro senzor CJM2128
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <Adafruit_Si7021.h>
#include <DHT.h>             // knihovny pro senzor DHT22
#include <DHT_U.h>
#include <stdio.h>           // standard input output
#include <LoRa.h>            // knihovna pro technologii LoRa
#include <SPI.h>             // serial peripheral interface
```

Obr. 5.4 – Zahrnutí knihoven

Následuje definice symbolických konstant pro označení pinů direktivou #define.

```
// symbolic constant definition - LoRa A dht22
#define ss 10
#define rst 9
#define dio0 2
#define WAKEUP A6
#define DHTPIN_22 4
#define DHTTYPE_22 DHT22
```

Obr. 5.5 – Definice symbolických konstant

V části programu, ve funkci void setup(), jsou inicializovány jednotlivé hardwarové moduly. Jako první je inicializován digitální teploměr BMP280, ukázka části programu je na obr. 5.6. Pokud inicializace neprojde, program vypíše na sériový terminál chybové hlášení a program dále nepokračuje.

```
// Inicializace digitalního teploměru a tlakoměru BMP280 na 0x76
Serial.println("BMP280 test");
if (!bmp280.begin(0x76)) {
  Serial.println("Problém se senzorem BMP280, zkontroluj zapojení!");
  while (true);
}
```

Obr. 5.6 – Inicializace modulů

Poté vstoupí program do funkce void loop(), kde je prováděn sběr dat a jejich odesílání příjemci. Data ze sensorů jsou načtena určeným způsobem použitými knihovnami. Vyhodnocení přítomnosti chovného zvířete v objektu je určováno spínačem v podlaze.

```

// Načtení analogových hodnot
boudatT = (int) (bmp280.readTemperature()*10);           // Vnitřní teplota
boudaV = SI702x.readHumidity();                         // Vnitřní vlhkost
ccs811.set_envdata (SI702x.readTemperature(), SI702x.readHumidity());
ccs811.read      (&boudaCO, &EVOC, &errstat, &raw);
venkuV = (int) (dht_22.readHumidity());                // Venkovní vlhkost
venkuT = (int) (dht_22.readTemperature()*10);         // Venkovní teplota

```

Obr. 5.7 – Načtení hodnot

Poté, co jsou data načtena a zformátována, jsou prostřednictvím LoRa modulu vysílána přijímači. Vzhledem k omezením délky zprávy v použité knihovně jsou sbíraná data vysílána jednotlivě celkem v 6 oddělených zprávách. Řízení je realizováno příkazem switch s řídicí proměnnou i. Jednotlivé zprávy se vysílají v časovém intervalu 10 sekund.

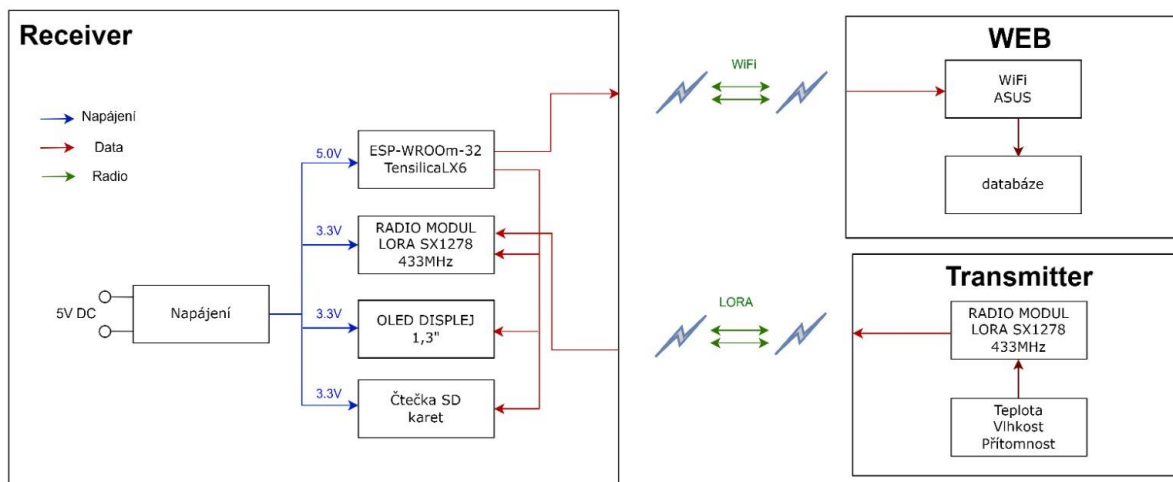
```

// Zasílání jednotlivých packetů s procesním i daty
switch(i)
{
  case 0: // informace o přítomnosti psa v boude
    LoRa.beginPacket(); // Pošli LoRa packet přijímací straně
    LoRa.print("pes");
    LoRa.print(pes);
    LoRa.endPacket();
    break;

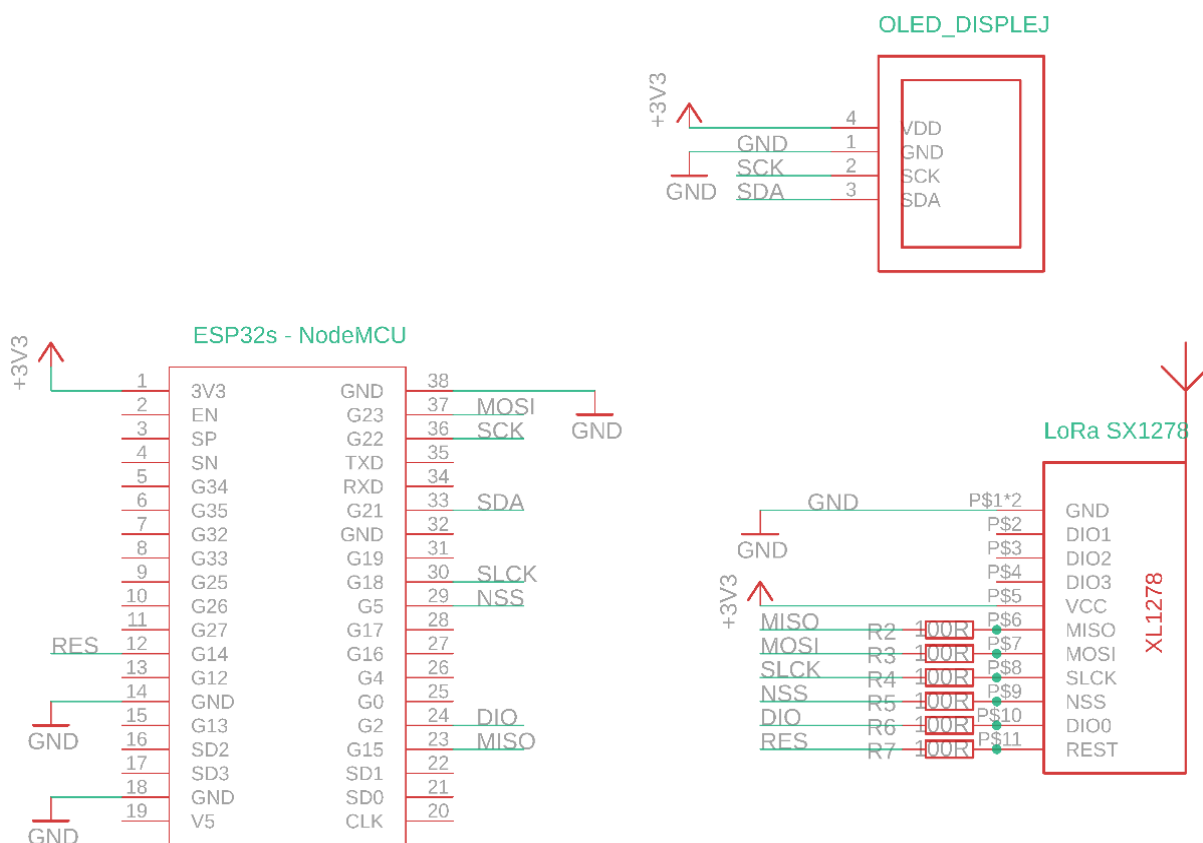
```

Obr. 5.8 – Vytvoření a odeslání zprávy

5.2 REALIZACE PŘIJÍMACÍ ČÁSTI JEDNOTKY



Obr. 5.9 – Blokové schéma přijímače



Obr. 5.10 – Schéma zapojení přijímače

Přijímací část jednotky je umístěna v ochranné krabici v bytě. Oproti původnímu úmyslu byl nakonec na přijímací straně zvolen z důvodu ukládání dat do databáze na webu prostřednictvím internetového spojení modul ESP-WROOM-32 2.4GHz Dual-Mode WiFi + Bluetooth.

Pro komunikaci s vysílací stranou jednotky je využit modul LoRa SX1278, sloužící pouze jako přijímač. V tab. 5.4 je přehled vývodů pinů LoRa modulu.

Tab. 5.4 – Zapojení vývodů LoRa modulu přijímače

LoRa SX1278	ESP-WROOM-32
GND	GND
DIO1	-
DIO2	-
DIO3	-
VCC	3V3
MISO	IO19
MOSI	IO23
SLCK	IO18
NSS	IO5
DIO0	IO2
REST	IO14

Pro zobrazování hodnot ze senzorů byl vybrán OLED displej o velikosti 1,3“, s rozlišením 128×64 bodů. Displej má 4 piny – GND - uzemňovací, VCC - napájecí, SCL, SDA. Piny SCL a SDA využívá ke komunikaci s deskou ESP přes I²C rozhraní.

Tab. 5.5 – Zapojení vývodů displeje

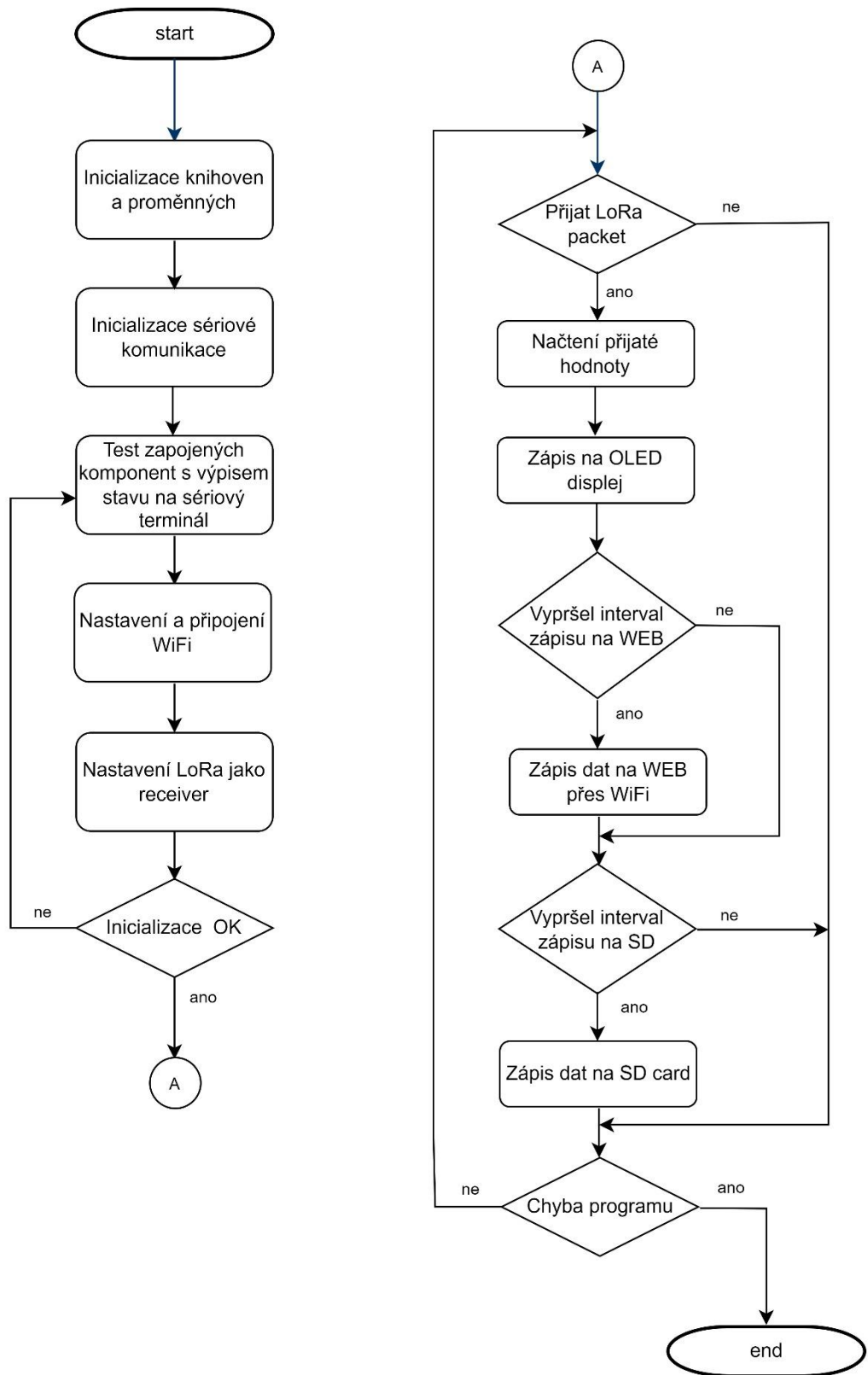
OLED displej	Arduino Nano
VDD	3V3
GND	GND
SCK	G22
SDA	G21

Na obr. 5.11 je ukázka způsobu zobrazování naměřených dat na OLED displeji, umístěném v ochranné krabici.



Obr. 5.11 – Data na OLED displeji

Jednotlivé použité periferie byly zapájeny k modulu ESP-WROOM-32 přes dutinkové lišty. Napájení přijímače je opět vyřešeno pomocí 5V adaptéru ze sítě, popřípadě přímo pomocí Micro USB kabelu typu B z počítače.



Obr. 5.12 – Vývojový diagram programu vysílače

Prvním krokem programu je zahrnutí potřebných knihoven direktivou `#include`.

```
// Načtení knihoven použitých pro HW a SW prvky
#include <GyverOLED.h>           // knihovna pro OLED displej
#include <LoRa.h>                 // knihovny pro technologii LoRa
#include <SPI.h>                  // knihovna pro spi
#include <stdio.h>                // standard input output
#include <stdlib.h>
#include <Arduino.h>
#include <WiFi.h>                 // knihovna pro wifi
```

Obr. 5.13 – Zahrnutí knihoven

Následuje definice symbolických konstant pro označení pinů direktivou `#define`.

```
// Symbolic constant defintion - LoRa
#define ss 5
#define rst 14
#define dio0 2
```

Obr. 5.14 – Definice symbolických konstant

V části programu ve funkci `void setup()` jsou inicializovány jednotlivé hardwarové moduly a softwarové prvky. Inicializace musí proběhnout pro OLED displej, komunikační modul LoRa a pro Wi-Fi modul, integrovaný na desce NodeMCU-3S, která je v tomto případě použita místo Arduina, kvůli požadovanému připojení na Internet.

Poté, co jsou úspěšně inicializovány všechny komponenty, vstoupí program do funkce `void loop()`, kde je prováděno načítání dat z vysílače a jejich kontinuální zápis na web v požadovaném intervalu.

```
// Inicializace Wi-Fi modulu NodeMCU-3S
//nastavení wifi site a hesla na danou sit
#define ssid "ASUS"
#define pass "10xxxxxx."

WiFi.mode(WIFI_STA); // SETS TO STATION MODE!
// WiFi.begin(ssid, WPA2_AUTH_PEAP, EAP_ANONYMOUS_IDENTITY, EAP_IDENTITY, EAP_PASSWORD); // bez certifikatu
WiFi.begin(ssid,pass);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  Serial.print("Pokouším se připojit na SSID: ");
  Serial.println(ssid);

  // počkej 10 sekund pro připojení:
  delay(10000);
  minulyzapis=millis();
}
Serial.println("Připojeno na WiFi!");
printWiFiStatus();
```

Obr. 5.15 – Inicializace Wi-Fi pro připojení na Internet

Program čeká na validní zprávu z vysílače. Pokud radiový modul LoRa přijme takovou zprávu, je načtena a je v ní hledáno klíčové slovo (je použito 6 klíčových slov, pes, venkuT, venkuV, boudatT, boudaV, boudaCO a EVOC). Pokud je nalezeno správné klíčové slovo, pak údaj za ním ve zprávě obsažený je okamžitá hodnota naměřených dat. Klíčové slovo je vyhledáno v proměnné typu CharArray příkazem strncmp.

```

if (packetSize)
{
  Serial.print("Přišel packet");
  while (LoRa.available())          // Přečti packet
  {
    LoRaData = LoRa.readString();
  }

  LoRaData.toCharArray(prijatytext,32); //chci na porovnání použít c strncmp tak převedu na char array

  // 0: Hledej klíčové slovo "pes" -> přítomnost psa v objektu
  if(!strncmp(prijatytext,"pes",3)) //porovná zadaný počet znaků (tady 3)
  {
    sscanf(prijatytext,prijatytext,"pes%d",&pes); //jestli text obsahoval pes, sscanf čeka tvar pes l
  }
  // 1: Hledej klíčové slovo "venkuT" -> venkovní teplota
  else if(!strncmp(prijatytext,"venkuT",6))
  {
    sscanf(prijatytext,"venkuT%d",&venkuT); //sscanf čeká venku231 vytáhne 231 a vloží do venkuT
  }
}

```

Obr. 5.16 – Dekódování přijaté zprávy

Přijátá data jsou po dekódování zobrazena na OLED displeji. Po nadefinovaném časovém intervalu je proveden test, zda je možné přijímač připojit k Internetu a pokud ano, je prostřednictvím http GET request odeslána zpráva s aktuálními daty na web, v testu byl použit web na adrese „chlupac.eparo.cz“.

```

if(WiFi.status()== WL_CONNECTED) //kdyz se nepripoji, tak vynechej web
{
  if (client.connect("chlupac.eparo.cz", 80))
  {
    Serial.println("Připojen na server");
    // Udělej HTTP request:
    sprintf(textven,"GET /vlozeni.php?pes=%d&venkuT=%d&venkuV=%d&boudatT=%d&boudaV=%d&boudaCO=%d&EVOC=%d HTTP/1.1",
    client.println(textven);
    client.println("Host: chlupac.eparo.cz");
    client.println("Spojení: ukončeno.");
    client.println();
    while (client.available())
    {
      char c = client.read();
      Serial.write(c);
    }
  }
}

```

Obr. 5.17 – Zápis na web

Vytvořený program plně vyhovuje požadované funkcionalitě a do budoucna je možné ho snadno rozšířit.

Pro přenos dat na server je využito standardní metody GET, kterou prohlížeč používá pro získání webové stránky. Metoda GET umožňuje při dotazu na stránku předat serveru nějaká data. Stejnou metodu použije i internetový prohlížeč, pokud zadáme adresu stránky. Zadá-li se tedy „chlupac.eparo.cz/vlozeni.php?teplota=33&vlhkost=66“, skládá se adresa (dotaz) ze dvou částí – adresy stránky, tedy adresy serveru (chlupac.eparo.cz), názvu stránky, které jsou parametry předány a také zobrazeny (v tomto případě vlozeni.php), a za otazníkem se nachází seznam parametrů a jejich hodnot. ESP obsahuje třídu „WiFiClient()“, která se chová jako prohlížeč a je možné ji využít pro odeslání hodnot po Wi-Fi na zvolený server.

Na serverové straně bylo podle příkladů vytvořeno zachycení parametrů a uložení do databáze.

```
<html>
<body>
<?php
$pes=$_GET[peš];
$venkuT=$_GET[venkuT];
$venkuV=$_GET[venkuV];
$boudatT=$_GET[boudatT];
$boudaV=$_GET[boudaV];
$boudaCO=$_GET[boudaCO];
$EVOC=$_GET[EVOC];

$servername = "127.0.0.1";
$username = "*****";
$password = "*****";
$dbname = "eparocz2";
echo "<br>";

$conn = mysqli_connect($servername, $username, $password, $dbname);
if (!$conn)
{
    die("Connection failed: " . mysqli_connect_error());
}

$sql = "INSERT INTO`chlupac` (`peš`, `venkuT`, `venkuV`, `boudatT`,`boudaV`,`boudaCO`
,`EVOC`) VALUES ($pes, $venkuT, $venkuV, $boudatT, $boudaV, $boudaCO, $EVOC)";

if (mysqli_query($conn, $sql)) {
    echo "ok";
} else {
    echo "Error: " . $sql . "<br>" . mysqli_error($conn);
}
mysqli_close($conn);
?>
</body>
</html>
```

Obr. 5.18 – Vlozeni.PHP

V tomto případě je použito PHP, to umí parsovat předané parametry přímo. Proměnné v PHP se deklarují bez uvedení datového typu, \$vlhkost založí proměnnou \$vlhkost. Zápis \$venkuT=\$_GET[venkuT]; tedy založí proměnnou (levá strana výrazu) a metoda GET

prohledá parametry, a zvolí, co bylo předáno jako parametr s názvem „venkuT“. Metodou GET jsou získány všechny parametry. Data jsou dále ukládána do databáze. Pro připojení k databázi slouží v PHP dotaz na obr. 5.19, který vrátí připojení.

```
$conn = mysqli_connect($servername, $username, $password, $dbname);
```

Obr. 5.19 – Dotaz pro připojení k databázi

Následuje příkaz pro databázi na obr. 5.20.

```
$sql = "INSERT INTO `chlupac` (`pes`, `venkuT`, `venkuV`, `boudatT`, `boudaV`, `boudaCO`, `EVOC`) VALUES ($pes, $venkuT, $venkuV, $boudatT, $boudaV, $boudaCO, $EVOC)";
```

Obr. 5. 20 – Příkaz pro databázi

Samotná data jsou skladována v SQL databázi na serveru poskytovatele. Databáze je v podstatě pouze sada tabulek, které mohou být případně vzájemně propojené. V této práci je používána pouze jedna tabulka, její struktura je na obr. 5.21.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1 cas	timestamp			No	CURRENT_TIMESTAMP			
<input type="checkbox"/>	2 pes	int(11)			No	None			
<input type="checkbox"/>	3 venkuT	int(11)			No	None			
<input type="checkbox"/>	4 venkuV	int(11)			No	None			
<input type="checkbox"/>	5 boudatT	int(11)			No	None			
<input type="checkbox"/>	6 boudaV	int(11)			No	None			
<input type="checkbox"/>	7 boudaCO	int(11)			No	None			
<input type="checkbox"/>	8 EVOC	int(11)			No	None			

Obr. 5.21 – Struktura tabulky

Všechny hodnoty jsou ukládány jako celá čísla, z důvodu, že jsem chtěla teploty ukládat s přesností alespoň na jedno desetinné místo, ukládám jejich hodnoty jako desetinnásočky. Ve stejném formátu jsou i přenášeny. Šetří to místo a problémy s formátem desetinné čárky. Na obr. 5.22 lze vidět všechna přenášená data a navíc čas, který si tabulka doplní vždy sama v čase uložení informací.

+ Options											
		cas	pes	venkuT	venkuV	boudatT	boudaV	boudaCO	EVOC		
<input type="checkbox"/>				2022-04-27 17:27:34	0	201	50	202	90	1000	0
<input type="checkbox"/>				2022-04-27 18:14:05	0	254	24	284	22	697	0
<input type="checkbox"/>				2022-04-27 18:15:06	0	254	24	284	22	686	0
<input type="checkbox"/>				2022-04-27 18:16:06	0	253	24	284	22	686	0
<input type="checkbox"/>				2022-04-27 18:17:07	0	253	24	284	22	674	0
<input type="checkbox"/>				2022-04-27 18:18:07	0	253	24	284	22	675	0
<input type="checkbox"/>				2022-04-27 18:19:08	0	253	24	283	22	682	0
<input type="checkbox"/>				2022-04-27 18:20:08	0	254	24	283	22	672	0

Obr. 5.22 – Tabulka s daty

Data je sice možné zobrazovat přímo ve správě databáze, ale uživatel by se musel neustále přihlašovat. Proto je využito výpisu záznamů z databáze. Skript je uložen pod názvem index.php, protože index je stránka, kterou server vrací, pokud je zadána adresa bez názvu stránky.

```

<html>
  <head>
  </head>
</body>
<?php
$servername = "127.0.0.1";
$username = "*****";
$password = "*****";
$dbname = "eparocz2";

echo "<br>";
$conn = mysqli_connect($servername, $username, $password, $dbname);
if (!$conn)
{
    die("Connection failed: " . mysqli_connect_error());
}
$sql = "SELECT * FROM `chlupac` WHERE 1";
$result = $conn->query($sql);

if ($result->num_rows > 0) {
    while ($row = $result->fetch_assoc())
    {
        echo "cas:". $row ['cas']. "Je pes " . $row ['pes']. " | Teplota venku="
        . $row ['venkuT']. "C | Vlhkost venku=" . $row ['venkuV']. " | Teplota v
        boude=" . $row ['boudatT']. "C | Vlhkost v boude=" . $row ['boudaV']. " |
        koncentrace CO2=" . $row ['boudaCO']. "ppm | koncentrace organickych
        vyparu=" . $row ['EVOC']. "<br>";
    }
} else {
    echo "<p>Tabulka ". $db_table. " je prazdna.</p>";
}

echo "hotovo";
mysqli_close($conn);
?>
</body>
</html>

```

Obr. 5.23 – Index.PHP

Stejně jako při vkládání se připojím k databázi, místo vkládání je použit dotaz SELECT, konkrétně \$sql = "SELECT * FROM `chlupac` WHERE 1";, což dává příkaz k vybrání všeho z tabulky „chlupac“, kde je hodnota jakákoliv. Po spuštění příkazu pomocí \$result = \$conn->query(\$sql); je vrácen zpět objekt, obsahující tabulku všech hodnot. Následně jsou data zpracována po řádcích, řádek tabulky je z výsledku vytažen pomocí \$row = \$result->fetch_assoc(), kdy se vrátí právě jeden řádek a zároveň je z výsledku result odstraněn. Stačí tedy opakovat tak dlouho, dokud nebudou zpracovány všechny řádky (prázdná odpověď). V řádku tabulky je možné přistupovat k jednotlivým položkám přes jejich názvy, tedy \$row['venkuT'] vrací hodnotu ze sloupce venkuT na získaném řádku. Každý řádek je vtištěn pomocí příkazu echo a výsledek je vidět jako formátovaný text na obr. 5.24.

cas:2022-05-13 13:28:55Je pes 0	Teplota venku=218C	Vlhkost venku=35	Teplota v boude=232C	Vlhkost v boude=42	koncentrace CO2=1044ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:29:56Je pes 0	Teplota venku=218C	Vlhkost venku=35	Teplota v boude=232C	Vlhkost v boude=42	koncentrace CO2=930ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:30:56Je pes 0	Teplota venku=219C	Vlhkost venku=35	Teplota v boude=232C	Vlhkost v boude=41	koncentrace CO2=905ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:31:57Je pes 0	Teplota venku=217C	Vlhkost venku=34	Teplota v boude=232C	Vlhkost v boude=41	koncentrace CO2=905ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:32:57Je pes 0	Teplota venku=215C	Vlhkost venku=34	Teplota v boude=232C	Vlhkost v boude=41	koncentrace CO2=810ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:33:58Je pes 0	Teplota venku=215C	Vlhkost venku=35	Teplota v boude=233C	Vlhkost v boude=4	koncentrace CO2=802ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:34:58Je pes 0	Teplota venku=216C	Vlhkost venku=35	Teplota v boude=233C	Vlhkost v boude=4	koncentrace CO2=802ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:35:59Je pes 0	Teplota venku=217C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=233C	Vlhkost v boude=40	koncentrace CO2=802ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:37:00Je pes 0	Teplota venku=217C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=231C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=774ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:38:00Je pes 0	Teplota venku=217C	Vlhkost venku=34	Teplota v boude=234C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=1029ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:39:01Je pes 0	Teplota venku=216C	Vlhkost venku=34	Teplota v boude=233C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=1029ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:40:04Je pes 0	Teplota venku=219C	Vlhkost venku=34	Teplota v boude=233C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=1095ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:41:03Je pes 0	Teplota venku=219C	Vlhkost venku=34	Teplota v boude=233C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=1095ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:42:03Je pes 0	Teplota venku=221C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=234C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=1134ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:43:04Je pes 0	Teplota venku=221C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=234C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=1134ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:44:04Je pes 0	Teplota venku=221C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=234C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=1060ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:45:04Je pes 0	Teplota venku=222C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=234C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=945ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:46:05Je pes 0	Teplota venku=219C	Vlhkost venku=35	Teplota v boude=234C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=945ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:47:05Je pes 0	Teplota venku=220C	Vlhkost venku=35	Teplota v boude=234C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=990ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:48:06Je pes 0	Teplota venku=220C	Vlhkost venku=34	Teplota v boude=234C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=987ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:49:07Je pes 0	Teplota venku=219C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=235C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=920ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:50:07Je pes 0	Teplota venku=223C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=235C	Vlhkost v boude=39	koncentrace CO2=920ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:51:20Je pes 0	Teplota venku=222C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=235C	Vlhkost v boude=38	koncentrace CO2=897ppm	koncentrace organicky vyparu=0
cas:2022-05-13 13:52:20Je pes 0	Teplota venku=222C	Vlhkost venku=33	Teplota v boude=235C	Vlhkost v boude=38	koncentrace CO2=987ppm	koncentrace organicky vyparu=0

Obr. 5.24 – Vypsání textu na webu

V případě potřeby je možné přidat filtraci a grafické zobrazení.

ZÁVĚR

Úroveň životních podmínek zvířat chovaných člověkem je v současné době ve stále větším zájmu chovatelů. Je to dáno nejen tlakem veřejného mínění, ale také rozvojem společnosti a tím také zvýšením možností, které zvířatům můžeme poskytnout. Mezi nejdůležitější patří zejména podmínky, ve kterých jsou zvířata chována, hlavně podmínky v prostředí, ve kterém jsou zvířata chována, od kterých se odvíjí jejich psychický stav a celková tělesná kondice. Pokud se jedná o chovného psa, je použit buď kotec či bouda, odpovídající svými rozměry velikosti zvířete.

Dalším důležitým kritériem je stav prostředí v objektu, kde je zvíře chováno. Jedná se hlavně o měřitelné podmínky jako je teplota, vlhkost a kvalita ovzduší.

Bakalářská práce si kladla za cíl současnými technickými prostředky kontinuálně monitorovat základní fyzikální veličiny v objektu, ve kterém se nachází pes, a tak umožnit na základě jejich vyhodnocení zlepšení podmínek a zdravotního stavu chovného zvířete.

Použité technické vybavení je schopné plně zabezpečit požadovanou funkci.

Použití radiové komunikace LoRa bylo primárně za účelem seznámení se s aplikací této moderní technologie a získání zkušeností do budoucna při vývoji malých samostatných inteligentních systémů pro sběr různých typů dat a to buď jak z technologie nebo z oblasti životního prostředí.

POUŽITÁ LITERATURA

- 6 *Leading Types of IoT Wireless Tech and Their Best Use Cases* [online]. [cit. 2022-04-19]. Dostupné z: <https://behrtech.com/blog/6-leading-types-of-iot-wireless-tech-and-their-best-use-cases/>
- AL AGHA, K.; PUJOLLE, G; ALI YAHIYAT. 2006. *Mobile and Wireless Networks*. John Wiley, s. 241. ISBN 9781119007555.
- Animalarm* [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: https://www.amazon.com/gp/product/B06ZXTKM59/ref=as_li_tl?ie=UTF8&tag=gopetfriendly-20&camp=1789&creative=9325&linkCode=as2&creativeASIN=B06ZXTKM59&linkId=62f079159745bc3dcc4003b8d99195f9
- Arduino [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/>
- ASHTON, K. 2009. *That "Internet of Things" Thing: In the Real World Things Matter More than Ideas*. RFID Journal. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.
- BANZI, M. 2011. *Getting Started with Arduino*. Second edition. Sebastopol: O'Reilly Media, ISBN 978-1-449-30987-9.
- BMP280: Data sheet* [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/senzor-kvality-ovzduisi--teploty--tlaku-a-vlhkosti-ccs811-si7021-bmp280-i2c/?gclid=CjwKCAiAyPyQBhB6EiwAFUuakqB5tHjCnNEit5HB0eN9HeLqBvUFUITOPhD-F3rFpCbLQDlsjsSMvBoCx6UQAvD_BwE
- CCS811: Ultra-Low Power Digital Gas Sensor for Monitoring Indoor Air Quality* [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/senzor-kvality-ovzduisi--teploty--tlaku-a-vlhkosti-ccs811-si7021-bmp280-i2c/?gclid=CjwKCAiAyPyQBhB6EiwAFUuakqB5tHjCnNEit5HB0eN9HeLqBvUFUITOPhD-F3rFpCbLQDlsjsSMvBoCx6UQAvD_BwE
- ĎAĎO, S.; KREIDL M. 1996. *SENZORY a měřicí obvody*. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01500-9.
- Datasheet SX1278* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/iot-433mhz-lora-lpwan-sx1278/?gclid=CjwKCAjw9qiTBhBbEiwAp-GE0Qqua-OV_IV8y4IB9jXGXctN6kyNUKduCt9-Ourx8TvbJ7DSuvPc-xoCRJgQAvD_BwE
- ENVIROMENTÁLNÍ ENRICHMENT* [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/utulky/utulky/kapitoly/6/c/i/envienrich.html>
- Espressif* [online]. [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.espressif.com/en/products/sdks/esp-idf>
- IoT ESP-WROOM-32 2.4GHz Dual-Mode* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/iot-esp-32s-2-4ghz-dual-mode-wifi-bluetooth-rev-1--cp2102/>
- KADLEC, K.; KOPECKÝ D. *Psychrometrický vlhkoměr: MĚŘENÍ PROVOZNÍCH VELIČIN V CUKROVARNICTVÍ* [online]. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2019/PDF/77-80.pdf
- MAIXNER, L. 2006. *Mechatronika*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 280s. ISBN 80-251-1299-
- MAREŠ, L. *Vlhkost vzduchu a její měření*. TZB-info [online]. 2006 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetraniklimatizace/3137-vlhkost-vzduchu-a-jeji-mereni>

- Monitorovací jednotka Poseidon2 3266 s vlhkostním a teplotním čidlem. *Wifishop.cz* [online]. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: https://www.wifishop.cz/monitorovaci-jednotka-poseidon2-3266-s-vlhkostnim-a-teplotnim-cidlem_d51492.html
- OLED displej 1.3" 128x64 [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/oled-displej-modry-128x64-1-3--i2c-2/?gclid=CjwKCAjwjtOTBhAvEiwASG4bCPv5cdpjob4uLz3aIYkerg8sg4IpQbRqT9eXJsTfALsiPR1NXFgvKR0C45oQAvD_BwE#relatedFiles
- PEŠKA, R. 2017. *Monitoring chovů laboratorních zvířat s jednotkami Poseidon* [online]. 15.02.2017 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/monitoring-chovu-laboratornich-zvirat-s-jednotkami-poseidon.html>
- Senzor kvality ovzduší, teploty, tlaku a vlhkosti CCS811+SI7021+BMP280 I2C [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/senzor-kvality-ovzdusi--teploty--tlaku-a-vlhkosti-ccs811-si7021-bmp280-i2c/?gclid=CjwKCAiAyPyQBhB6EiwAFUuakqB5tHjCnNEit5HB0eN9HeLqBvUFUITOPhd-F3rFpCbLQDlsjsSMvBoCx6UQAvD_BwE
- SI7021: I2C HUMIDITY AND TEMPERATURE SENSOR [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/senzor-kvality-ovzdusi--teploty--tlaku-a-vlhkosti-ccs811-si7021-bmp280-i2c/?gclid=CjwKCAiAyPyQBhB6EiwAFUuakqB5tHjCnNEit5HB0eN9HeLqBvUFUITOPhd-F3rFpCbLQDlsjsSMvBoCx6UQAvD_BwE
- Temperature and Humidity in Dog Kennels. In: *Aphis.usda.gov* [online]. duben 2013 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://www.aphis.usda.gov/animal_welfare/downloads/tech-note-temperature-humidity-dog-kennels.pdf
- Temperature and humidity module: AM2302 Product Manual [online]. [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/user/related_files/am2302_datasheet.pdf
- VÁŇA, V. 2003. *Mikrokontroléry ATMEL AVR: Popis procesoru a instrukční soubor*. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 80-7300-083-0.
- VODA, Z. 2019. Arduino pod pokličkou: Jak funguje mikrokontrolér. *Bastlirna.hwkitchen.cz* [online]. [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://bastlirna.hwkitchen.cz/arduino-pod-poklickou-jak-funguje-mikrokontroler/>
- VOJÁČEK, A. 2014. Přehled principů el. měření teploty. *Automatizace.hw* [online]. [cit. 2022-18-2]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/rehled-principu-el-mereni-teploty-2-dil-bezdotykove>
- Waggle RV/Dog Safety Temperature & Humidity Sensor [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Temperature-Humidity-Cellular-Wireless-compatible/dp/B07SGCYMGN?th=1>
- Wireless Sensor Network (WSN) [online]. 2021 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/wireless-sensor-network-wsn/>

PŘÍLOHY

Příloha A – CD

Příloha B – UŽIVATELSKÝ MANUÁL

Příloha C – KONSTRUKČNÍ MANUÁL

Příloha k bakalářské práci

Monitorovací jednotka životních podmínek chovného psa

Kateřina Šenkýřová

CD

OBSAH

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF
- 2 Zdrojový kód venkovní části jednotky
- 3 Zdrojový kód vnitřní části jednotky
- 4 3D model krabičky

Příloha k bakalářské práci

Monitorovací jednotka životních podmínek chovného psa

Kateřina Šenkýřová

UŽIVATELSKÝ MANUÁL

OBSAH

	Úvod	B – 3
	Seznam ilustrací	B – 4
1	Požadavky na SW	B – 5
2	Požadavky na HW	B – 7
3	Vysílač	B – 7
4	Přijímač	B – 8
	Závěr	B – 9

ÚVOD

Tato příloha slouží k seznámení uživatele se způsobem užívání sestrojené monitorovací jednotky. Uživatel by měl být po přečtení této přílohy bez problému oživit a uvést do provozu monitorovací jednotku.

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.2 – Návod na vybrání správce desek	B – 5
Obr. 1.1 – Přepsání názvu a hesla Wi-Fi sítě	B – 5
Obr. 1.3 – Instalace knihovny esp32	B – 6
Obr. 1.4 – Výběr desky NodeMCU-32S	B – 6
Obr. 1.5 – Nahrání programu	B – 7

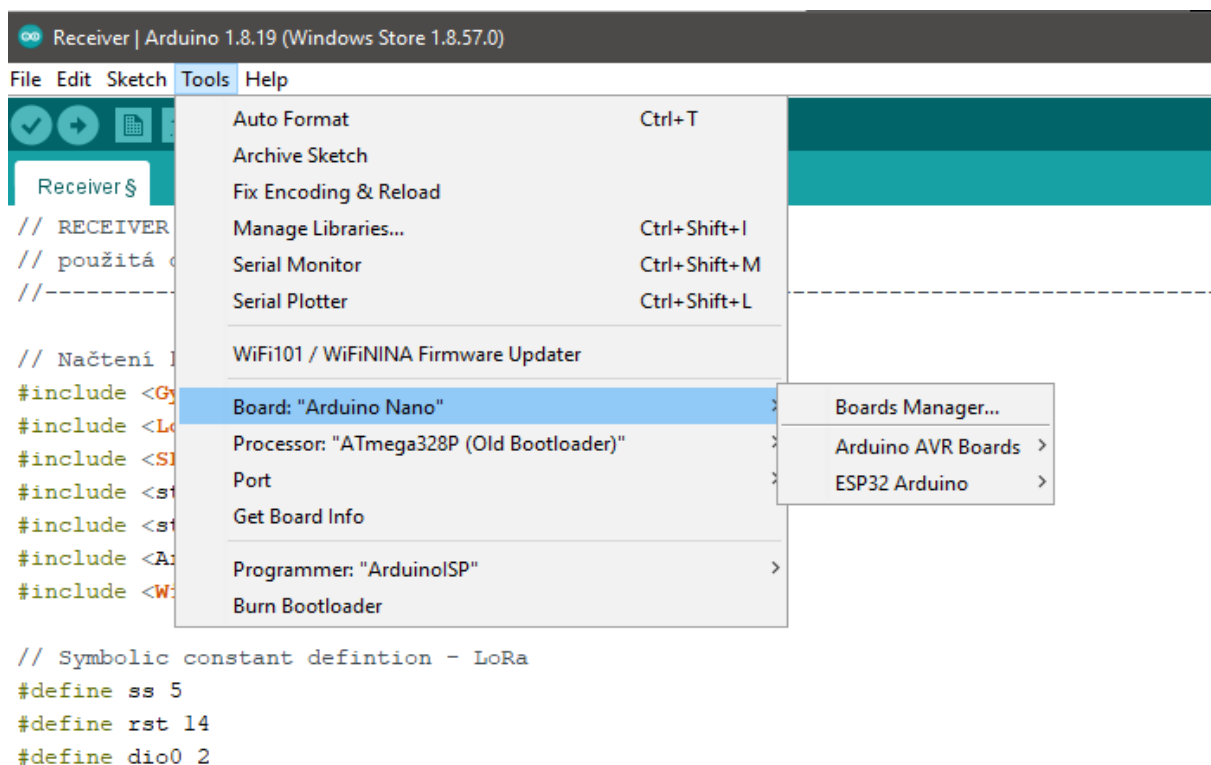
1 POŽADAVKY NA SW

Pokud chce uživatel využít možnosti ukládání dat do databáze na Internetu, je třeba pozměnit část kódu programu, určenou pro přijímací část jednotky. Pro připojení k vlastní Wi-Fi síti je potřeba mít nainstalované prostředí Arduino IDE, ve kterém uživatel otevře sketch s názvem „Receiver“ a před nahráním do desky ESP-WROOM-32 je nutno upravit název Wi-Fi sítě, ke které se má deska připojit a zadat heslo k dané síti“. Na obr. 1.1 je vyobrazená část kódu, která je potřeba upravit.

```
//nastaveni wifi site a hesla na danou sit
#define ssid "ASUS" // do "" vložit název Wi-Fi sítě, ke které se uživatel chce připojit
#define pass "10xxxxxx." // do "" vložit heslo k dané Wi-Fi síti
```

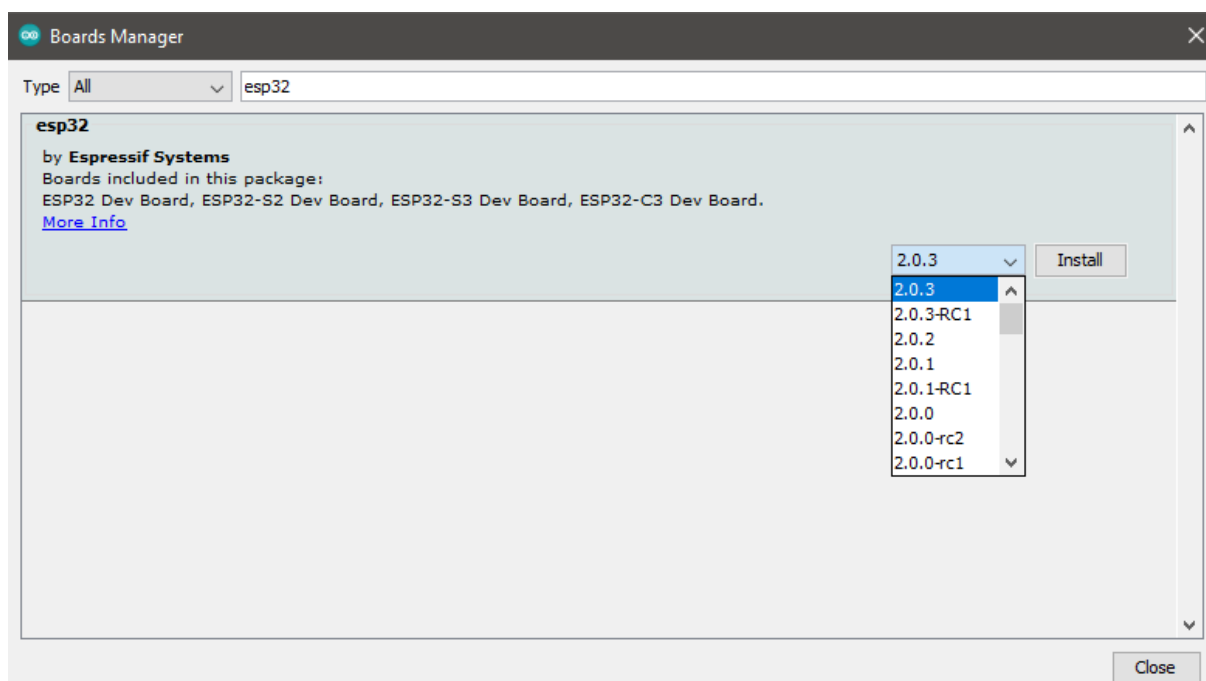
Obr. 1.1 – Přepsání názvu a hesla Wi-Fi sítě

Po pozměnění názvu a hesla Wi-Fi sítě je potřeba upravený program nahrát do desky ESP-WROOM-32 pomocí kabelu Micro USB typu B. V Arduino IDE zvolit variantu „Nástroje“ (anglicky Tools), následně kliknout na „Deska“ (anglicky Board) a otevřít možnost „Správce desek“ (anglicky Boards Manager). Postup je na obr. 1.2.



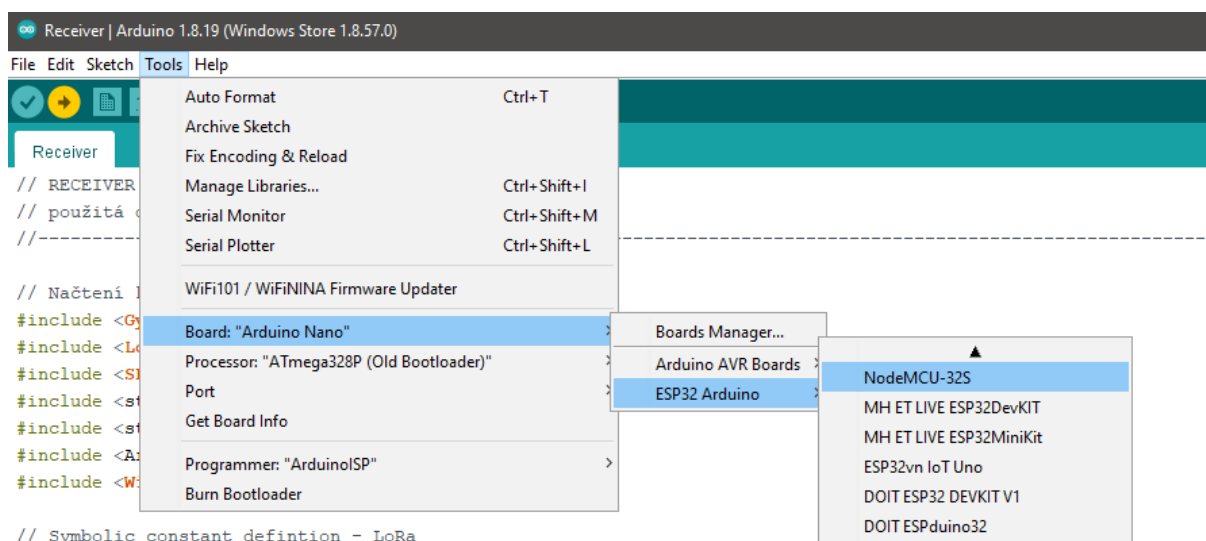
Obr. 1.2 – Návod na vybrání správce desek

Ve správci desek vyhledat „esp32“ a nainstalovat (případně aktualizovat) nejnovější verzi knihovny esp32.



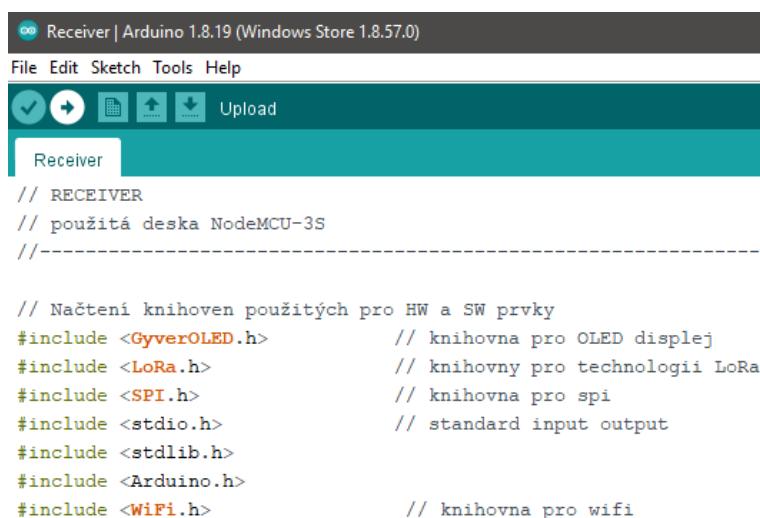
Obr. 1.3 – Instalace knihovny esp32

Nyní, když je nainstalovaná (aktualizovaná) knihovna pro desky ESP32, je třeba vybrat konkrétní typ. V tomto případě se jedná o desku s názvem NodeMCU-32S. Postup je na obr. 1.4.



Obr. 1.4 – Výběr desky NodeMCU-32S

Posledním krokem je nahrání programu do desky kliknutím na ikonu šipky, směřující vpravo, s názvem „Nahrát“ (anglicky Upload).



Obr. 1.5 – Nahrání programu

Nyní je program zkompilován a v případě, že se nevyskytly žádné problémy, je nahrán do desky.

2 POŽADAVKY NA HW

Pro vlastní realizaci je třeba osobní počítač s nainstalovaným vývojovým prostředím Arduino IDE.

3 VYSÍLAČ

Vysílač je sestaven z desky Arduino Nano, senzoru DHT22, CJMCMCU2128, spínače a LoRa modulu. Je umístěno v elektroinstalační krabici, kterou je nutné instalovat do přístřešku, ve kterém chce uživatel monitorovat podmínky. Pro uvedení vysílače do provozu ho stačí připojit k napájení 5 V. Po zapojení napájecího napětí začne vysílač sbírat informace o přítomnosti sledovaného zvířete, teplotě, vlhkosti a kvalitě vzduchu uvnitř přístřešku a teplotě a vlhkosti vzduchu venku. Údaje jsou vysílány do přijímače v požadovaných intervalech. Vysílač není vybaven ovládacími prvky ani displejem. Přijímač je navržen jako bezúdržbový, jediným úkolem je kontrola napájecího modulu. Je také potřeba pravidelně kontrolovat stav kabelového vedení, jehož poškození by mohlo mít za následek zničení elektroniky.

Pokud se vysílač jeví jako nefunkční, je třeba ho připojit k notebooku a provést restart a zkontrolovat, zda se na sériový terminál (součástí IDE) vypisují očekávaná hlášení o průběhu programu.

Je možné, že se nepodařilo inicializovat některou z hardwarových komponent. O jakou komponentu se jedná, se zjistí z výpisu na sériový terminál, který vypisuje, v jakém bodě se vykonávání programu zastavilo.

Pokud komunikace se sériovým terminálem nefunguje, a zařízení je přitom pod napětím a datový kabel je v pořádku, jedná se o vážnější závadu, popřípadě i poškození mikročipové desky a je třeba provést odborný zásah.

4 PŘIJÍMAČ

Přijímací zařízení se skládá z mikročipové desky NodeMCU-32s, LoRa modulu a OLED displeje, všechny komponenty jsou umístěny v ochranné krabici. Vhodné umístění této krabice je například vedle stolního počítače. Nejprve je třeba upravit a nahrát znovu kód do desky pomocí Micro USB kabelu typu B, jak je popsáno v kapitole 1 této přílohy. Pro uvedení přijímače do provozu ho stačí připojit k napájení 5 V. Po zapojení napájecího napětí se na OLED displeji začnou zobrazovat informace zasílané ze sledovaného objektu.

Pokud se na OLED displeji nezobrazují žádné informace, pak nastala blíže neurčená porucha. Je třeba postupovat obdobně jako v kapitole 3, která se týká vysílače a pomocí informací, vypisovaných na sériový terminál, zjistit závadu a stejným způsobem se ji pokusit odstranit.

ZÁVĚR

V této kapitole byl popsán postup, jak zprovoznit vytvořenou monitorovací jednotku. Jednotlivé části jednotky jsou navrženy jako bezúdržbové a zprovoznění by mělo být pro uživatele jednoduché.

Příloha k bakalářské práci

Monitorovací jednotka životních podmínek chovného psa

Kateřina Šenkýřová

KONSTRUKČNÍ MANUÁL

OBSAH

	Obsah	C – 2
	Seznam ilustrací	C – 3
	Úvod	C – 4
1	Konstrukce vysílací části jednotky	C – 5
2	Konstrukce přijímací části jednotky	C – 6
	Závěr	C – 9

SEZNAM ILUSTRACÍ

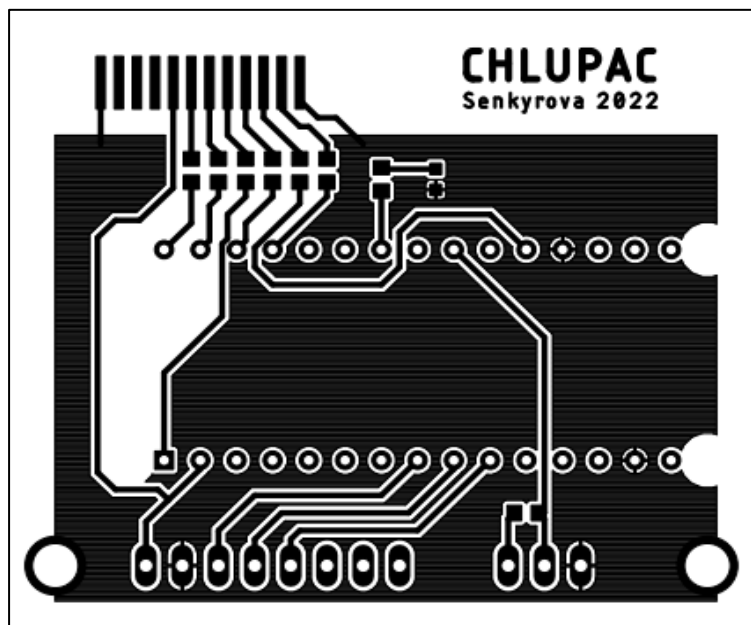
Obr. 1.1 – Plošný spoj	C – 5
Obr. 1.2 – Vnitřní uspořádání krabice vysílače	C – 6
Obr. 1.4 – Výrobní dokumentace těla krabice	C – 7
Obr. 1.3 – Výrobní dokumentace víka krabice	C – 7
Obr. 1.5 – Vnitřní uspořádání v krabici přijímače	C – 8

ÚVOD

Cílem bakalářské práce byla také realizace vlastní monitorovací jednotky, umožňující monitorování životních podmínek v chovném objektu zvířete. Samotná realizace probíhala s ohledem na možnosti v domácích podmínkách. Jednotka je realizována jako bezdrátová senzorová síť, využívající moderní technologie LoRa pro bezdrátové přenosy dat. V této příloze jsou potřebné materiály a postupy ke konstrukci vlastní jednotky.

1 KONSTRUKCE VYSÍLACÍ ČÁSTI JEDNOTKY

Pro vysílací část byla nejprve vytvořena deska plošných spojů, která zajišťuje propojení všech potřebných modulů pro realizaci vlastní monitorovací jednotky, a tedy desky Arduino Nano, senzoru DHT22 a CJMCMCU2128 a spínače. Pro připojení jednotlivých komponent k plošnému spoji bylo využito dutinkových lišt a kabelů s kolíkovými konektory.



Obr. 1.1 – Plošný spoj

Vysílací část jednotky je umístěna do elektroinstalační krabice, konkrétně značky Pawbol, model S-BOX 206 IP o rozměrech 120 × 80 × 50 mm, která je instalována na stěně přístřešku. Důležitou vlastností krabice je 6 průchodek, které jsou potřebné k vyvedení kabelu pro napájení, senzoru DHT22 a spínače a k naměření co nejpřesnějších hodnot vlastností vzduchu. Výsledná podoba vysílací části umístěné v elektroinstalační krabici je na obr. 1.2. Jednotka je napájena 5V adaptérem ze sítě pomocí Mini-B USB kabelu.



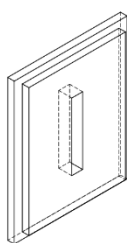
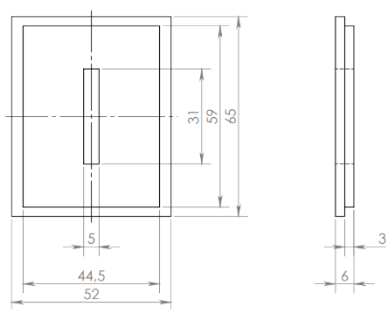
Obr. 1.2 – Vnitřní uspořádání krabice vysílače

2 KONSTRUKCE PŘIJÍMACÍ ČÁSTI JEDNOTKY

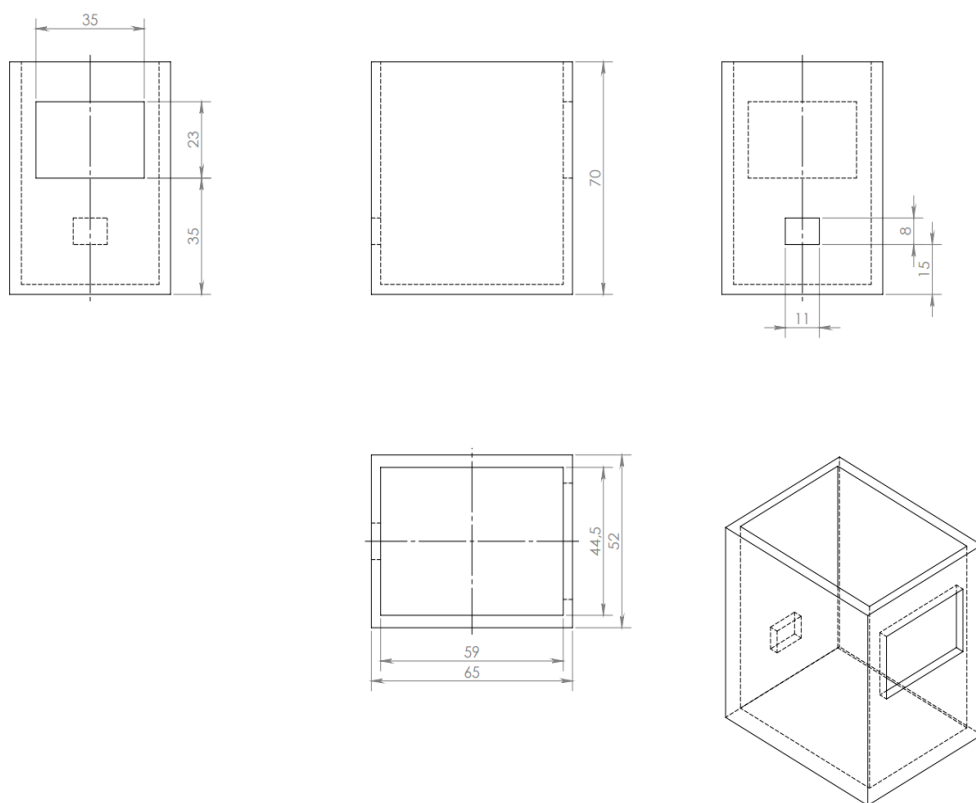
Přijímací část se skládá z modulu ESP NodeMCU32s, z LoRa modulu SX1278 a z OLED displeje. LoRa modul a OLED displej jsou zapájeny k ESP modulu pomocí dutinkových lišt.

Pro uložení přijímací části jednotky byla vytvořena ochranná krabice. Nejprve byl navržen 3D model v online programu Tinkercad, který byl následně exportován ve formátu .stl a vytisknut 3D tiskárně. Deska ESP NodeMCU32s je upevněna na dno krabice. Na přední straně krabice je otvor pro OLED displej, na zadní straně je pro napájecí Micro USB kabel. Jednotlivé součástky byly v krabici upevněny pomocí tavné pistole.

Výsledná podoba vnitřního uspořádání přijímací části je na obr. 1.5.



Obr. 1.3 – Výrobní dokumentace víka krabice



Obr. 1.4 – Výrobní dokumentace těla krabice



Obr. 1.5 – Vnitřní uspořádání v krabici přijímače

ZÁVĚR

V této příloze byly představeny postupy pro sestavení vlastní monitorovací jednotky. Monitorovací jednotka je složena ze dvou částí a každá je umístěna v jiné ochranné krabici.