



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název:	Meteorologická stanice v chytré domácnosti založená na platformě Arduino
Student:	Michal Švec
Vedoucí:	Ing. Pavel Kubalík, Ph.D.
Studijní program:	Informatika
Studijní obor:	Webové a softwarové inženýrství
Katedra:	Katedra softwarového inženýrství
Platnost zadání:	Do konce letního semestru 2019/20

Pokyny pro vypracování

1. Prozkoumejte existující řešení.
2. Pomocí metod softwarového inženýrství navrhnete vlastní řešení vyhovující níže uvedeným požadavkům.
3. Implementujte funkční prototyp, řádně ho zdokumentujte a otestujte.

Požadavky:

- stanice bude poskytovat měření teploty a vlhkosti
- jako řídicí platformu použijte Arduino s procesorem ATmega2560
- aplikaci implementujte v jazyku C
- aplikace umožní:
 - ověření identity uživatele pomocí jména a kódu
 - záznam naměřených dat a jejich odesílání
 - komunikaci a konfiguraci pomocí SMS zpráv, emailů a bluetooth
- každý modul systému (čidla, komunikační moduly, ...) bude realizován jako samostatná knihovna v jazyku C
- při návrhu architektury aplikace počítejte s budoucím rozšířením o další moduly
- navrhnete a implementujete jednoduchou aplikaci pro OS Android, která umožní základní konfiguraci pomocí bluetooth

Seznam odborné literatury

Dodá vedoucí práce.

Ing. Michal Valenta, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. RNDr. Ing. Marcel Jiřina, Ph.D.
děkan

V Praze dne 31. ledna 2019



**FAKULTA
INFORMAČNÍCH
TECHNOLGIÍ
ČVUT V PRAZE**

Bakalářská práce

Meteorologická stanice v chytré domácnosti založená na platformě Arduino

Michal Švec

Katedra softwarového inženýrství
Vedoucí práce: Ing. Pavel Kubalík, Ph.D.

13. května 2019

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Pavlu Kubalíkoví, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a cenné rady během této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu v průběhu studia

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 46 odst. 6 tohoto zákona tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou, a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, a za jakýmkoli účelem (včetně užití k výdělečným účelům). Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené. Každá osoba, která využije výše uvedenou licenci, se však zavazuje udělit ke každému dílu, které vznikne (byť jen zčásti) na základě Díla, úpravou Díla, spojením Díla s jiným dílem, zařazením Díla do díla souborného či zpracováním Díla (včetně překladu), licenci alespoň ve výše uvedeném rozsahu a zároveň zpřístupnit zdrojový kód takového díla alespoň srovnatelným způsobem a ve srovnatelném rozsahu, jako je zpřístupněn zdrojový kód Díla.

V Praze dne 13. května 2019

.....

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta informačních technologií

© 2019 Michal Švec. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí a nad rámec oprávnění uvedených v Prohlášení na předchozí straně, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci

Švec, Michal. *Meteorologická stanice v chytré domácnosti založená na platformě Arduino*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2019.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem prototypu meteorologické stanice založené na platformě Arduino spolu s doprovodnou mobilní aplikací pro platformu Android. Součástí práce je analýza existujících řešení, návrh, implementace a testování navrženého prototypu meteorologické stanice a její doprovodné mobilní aplikace. Výsledný prototyp meteorologické stanice, který vznikl v průběhu této práce, měří teplotu, vlhkost a nadmořský tlak, dále tyto naměřené údaje umí posílat pomocí emailu, SMS nebo Bluetooth. Doprovodná aplikace se stanicí komunikuje pomocí Bluetooth nebo SMS zpráv. Výsledek této práce slouží jako základ pro budoucí vývoj pokročilých meteorologických stanic založených na platformě Arduino.

Klíčová slova meteorologická stanice, hardwarový prototyp, mobilní aplikace, Arduino, Android, Bluetooth, GSM/GPRS

Abstract

This bachelor's thesis is about the development of prototype meteorological station based on the Arduino platform together with its companion mobile application for the Android platform. This thesis includes analysis of existing solutions, design, implementation and testing of prototyped meteorological station and its companion mobile application. The resulting prototype of a meteorological station, which was created during this work, measures temperature, humidity and atmospheric pressure, furthermore, it can send these measurements via email, SMS or Bluetooth. The mobile companion application communicates with a meteorological station via Bluetooth or SMS. The result of this work will serve as a basis for future development of advanced meteorological stations based on the Arduino platform.

Keywords meteorological station, hardware prototype, mobile application, Arduino, Android, Bluetooth, GSM/GPRS

Obsah

Úvod	1
1 Cíl práce	3
2 Rešerše	5
2.1 Existující řešení	5
2.1.1 Komerční řešení	5
2.1.2 Nekomerční řešení	8
2.1.3 Srovnání	9
2.2 Porovnání navrhovaného prototypu a komerčních řešení	10
3 Analýza	11
3.1 Arduino	11
3.1.1 Přehled Arduino a Genuino desek	12
3.1.2 Mega 2560 R3	12
3.1.3 Potřebný hardware	12
3.1.3.1 Měření hodnot	12
3.1.3.2 Konektivita	13
3.1.3.3 Ovládání	13
3.1.3.4 Napájení	13
3.2 Android	13
3.2.1 Minimální podporovaná verze	13
3.3 Analýza požadavků	14
3.3.1 Definice požadavků	14
3.3.1.1 Funkční požadavky - meteorologická stanice	14
3.3.1.2 Nefunkční požadavky - meteorologická stanice	15
3.3.1.3 Funkční požadavky - mobilní aplikace	16
3.3.1.4 Nefunkční požadavky - mobilní aplikace	17
3.3.2 Model případů užití	18

3.3.2.1	Aktéři	18
3.3.2.2	Případy užití	19
3.3.3	Diagram aktivit	20
3.3.3.1	Posílání příkazu přes Bluetooth	21
3.3.4	Použité součástky	21
3.3.4.1	Obrazovka	21
3.3.4.2	Teplotní a vlhkostní čidlo	21
3.3.4.3	Barometr	22
3.3.4.4	Hodiny	22
3.3.4.5	Bluetooth	23
3.3.4.6	GSM/GPRS modul	24
3.3.4.7	Čtečka Micro SD karet	25
3.3.4.8	Analogová tlačítka	25
3.3.4.9	Fotoaparát	26
3.3.4.10	Další komponenty	26
3.3.5	Cenová kalkulace	27
3.4	Potřebné algoritmy	28
3.4.1	SHA-256	28
3.4.2	Base64	28
4	Návrh řešení	29
4.1	Arduino	29
4.2	Komunikace	30
4.3	Uživatelského rozhraní	30
4.3.1	Hlavní principy tvorby uživatelského rozhraní	30
4.3.2	Návrh uživatelského rozhraní mobilní aplikace	31
4.3.2.1	Hlavní obrazovka	32
4.3.2.2	Přidání uživatele	32
4.3.2.3	Přidání meteostanice	32
4.3.2.4	Posílání Bluetooth příkazů	32
4.3.2.5	Posílání SMS příkazů	33
5	Realizace	35
5.1	Meteorologická stanice	35
5.1.1	Implementace jednotlivých modulů	35
5.1.1.1	Obrazovka	35
5.1.1.2	Tlačítka	35
5.1.1.3	Teploměr, vlhkoměr	36
5.1.1.4	Barometr	37
5.1.1.5	Hodiny	37
5.1.1.6	Čtečka micro SD karet	38
5.1.1.7	Bluetooth	38
5.1.1.8	GSM/GPRS	38
5.1.1.9	Fotoaparát	39

5.1.2	SHA 256	40
5.1.3	Ukládání dat	40
5.2	Mobilní aplikace	42
5.2.1	Použité knihovny	42
5.2.2	Ukládání dat	42
5.2.3	Rozvržení grafických prvků	43
6	Testování	45
6.1	Testovací zařízení	45
6.2	Testování během vývoje	46
6.3	Validačního testování	46
6.3.1	Testovací scénáře	46
6.4	Výsledky testování	48
6.4.1	Jednotlivé moduly	48
	Závěr	51
	Literatura	53
	A Seznam použitých zkratk	61
	B Ukázka výsledného prototypu meteorologické stanice	63
	C Ukázka výsledné mobilní aplikace	67
	D Srovnání Arduino, Genuino desek	71
	E Diagram aktivit	75
	F Pokrytí případů užití	77
	G Návrh grafického rozhraní mobilní aplikace	79
	H Obsah přiloženého DVD	83

Seznam obrázků

2.1	Emos AOK-5018B [1]	6
2.2	TFA 35.1129.01 [2]	6
2.3	Sencor SWS 9700 [3]	6
2.4	meteorologická stanice Michala Zelenky [11]	8
3.1	Arduino Mega 2560 Rev3 [17]	12
3.2	Diagram případů užití	19
3.3	TFT OLED modul [21]	21
3.4	modul DHT22 [26]	22
3.5	modul BMP180 [29]	22
3.6	modul DS3231 [31]	23
3.7	modul HC-05 [34]	23
3.8	modul SIM800L [36]	24
3.9	napájení MB102 [38]	24
3.10	Čtečka Micro SD karet [40]	25
3.11	Tlačítkové moduly	25
3.12	OV7670 with AL422 [46]	26
4.1	Blokové schéma návrhu meteorologické stanice	29
4.2	Blokové schéma komunikace s okolím	30
4.3	Blokové schéma návaznosti obrazovek v mobilní aplikaci	31
5.1	Ukázka rozvržení grafických prvků - přidání meteostanice	43
B.1	První část ukázky výsledného prototypu meteorologické stanice	64
B.2	Druhá část ukázky výsledného prototypu meteorologické stanice	65
C.1	První část ukázky výsledné mobilní aplikace	68
C.2	Druhá část ukázky výsledné mobilní aplikace	69
E.1	Diagram aktivit - Posílání příkazů přes Bluetooth	76

G.1	Návrh grafického rozhraní - hlavní obrazovka	80
G.2	Návrh grafického rozhraní - přidání uživatele a meteostanice	81
G.3	Návrh grafického rozhraní - posílání příkazů pomocí SMS a Bluetooth	82

Seznam tabulek

2.1	Srovnání komerčních meteorologických stanic [4, 5, 6]	7
2.2	Porovnání navrhovaného prototypu a komerčních řešení	10
3.1	Používané verze operačního systému Android - duben 2019[56] . . .	14
3.2	Příklad kódování Base64	28
5.1	Zapojení TFT OLED modulu	36
5.2	Zapojení tlačítkových modulů	36
5.3	Zapojení modulu DHT22	36
5.4	Zapojení modulu BMP180	37
5.5	Zapojení modulu DS3231	37
5.6	Zapojení čtečky micro SD karet	38
5.7	Zapojení modulu HC-05	39
5.8	Zapojení modulu SIM800L	39
5.9	Zapojení OV7670	40
5.10	Příklad formátu konfiguračního souboru SETTINGS.txt	41
6.1	Parametry testovacích zařízení	45
D.1	Srovnání Arduino, Genuino desek [15]	72
D.1	Srovnání Arduino, Genuino desek [15]	73
F.1	Pokrytí funkčních požadavků mobilní aplikace [15]	77

Úvod

Počasí ovlivňuje každého z nás, ať už při rozhodování ve stylu „Co si dnes vezmu na sebe?“ nebo „Mám si vzít deštník?“, či třeba možnosti výběru dostupného ovoce a zeleniny v místním supermarketu. Vlivů počasí na člověka je zajisté nespočet a díky jeho sledování můžeme snadno zamezit mnoha neblahým možným následkům.

Už je dávno pryč doba kdy hlavním zdrojem předpovědi počasí byly večerní zprávy nebo noviny. V dnešní době internetu a zejména době chytrých mobilních telefonů máme aktuální informace o počasí doslova na dosah ruky. V rámci lokálního měření teploty se už nepoužívají jen rtuťové teploměry za oknem, ty již v mnohých domácnostech prošli evolucí na domácí meteorologické stanice.

A právě možnost tvorby meteorologické stanice uzpůsobené vlastním požadavkům je natolik zajímavá myšlenka, že jí je věnována tato bakalářská práce.

První část textu je věnována rešerši existujících řešení jak komerčních tak nekomerčních. Poté následují analýzy platforem Arduino a Android, požadavků meteorologické stanice a mobilní aplikace a analýza použitých součástek. Dále práce rozebírá návrh řešení a následnou implementaci meteorologické stanice a její doprovodné mobilní aplikace. Závěr této práce je věnován způsobu testování vzniklých řešení.

Tato bakalářská práce nepřímo navazuje na bakalářskou práci *Univerzální vývojová deska s Arduinem* [12], díky které byl usnadněn výběr některých použitých modulů a jejich zapojení.

Cíl práce

Cílem této práce je prozkoumat existující řešení, navrhnout a vytvořit prototyp meteorologické stanice a doprovodnou mobilní aplikaci. Meteorologická stanice bude založena na řídicí platformě Arduino využívající procesor ATmega2560. Stanice bude umožňovat měření teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu, dále bude stanice schopna tyto naměřené hodnoty posílat přes SMS, email nebo Bluetooth. Doprovodná mobilní aplikace pro operační systém Android umožní bezpečné ověření a následnou komunikaci se stanicí pomocí Bluetooth, která bude sloužit pro její konfiguraci a ovládání. Dalším cílem této práce tvoří testování výsledné meteorologické stanice a doprovodné aplikace.

Rešerše

Předpověď a zaznamenávání počasí již dlouhou dobu není starostí jen korporátní sféry, nýbrž s rozmachem chytrých domácností a příznivé ceně jsou domácí meteorologické stanice běžně dostupnou záležitostí.

2.1 Existující řešení

Uživatelé mohou zvolit již hotové komerční řešení, nebo pokud jsou z části kutilové a mají alespoň základní znalost v programování, tak si mohou postavit vlastní meteorologickou stanici dle svých požadavků.

2.1.1 Komerční řešení

Při výběru komerční meteorologické stanice potenciální uživatel vybírá především podle požadovaných funkcionalit a následně dle ceny. Pro snadné zjištění a porovnání vlastností co tyto produkty poskytují byly dle cenových kategorií do 1000 Kč, mezi 1000-2000 Kč a nad 2000 Kč vybrány následující tři meteorologické stanice:

1. Emos AOK-5018B, obrázek 2.1
2. TFA 35.1129.01, obrázek 2.2
3. Sencor SWS 9700, obrázek 2.3

2. REŠERŠE



Obrázek 2.1: Emos AOK-5018B [1]



Obrázek 2.2: TFA 35.1129.01 [2]



Obrázek 2.3: Sencor SWS 9700 [3]

Tabulka 2.1: Srovnání komerčních meteorologických stanic [4, 5, 6]

Název	Emos AOK-5018B	TFA 35.1129.01	Sencor SWS 9700
Cena	629 Kč [7]	1 899 Kč [8]	2 999 Kč [9]
Rozsah teploty, vnitřní čidlo	0 až 50 °C	0 až 50 °C	-40 až 70 °C
Rozsah teploty, venkovní čidlo	-50 až 70 °C	-40 až 60 °C	-40 až 80 °C
Odchylka	až 2 °C	neuveďeno	až 1 °C
Rozsah vlhkosti, vnitřní čidlo	20 až 95 %	19 až 97 %	20 až 90 %
Rozsah vlhkosti, venkovní čidlo	21 až 95 %	20 až 97 %	1 až 99 %
Odchylka	až 5 %	až 4 %	vnitřní 5 %, venkovní 3 %
Rosný bod	ne	ano	ne
Tendence	ano	ano	ne
Barometr	850 až 1050 hPa	ano	540 až 1100 hPa
Srážkoměr	ne	ne	ano
Větroměr	ne	ne	ano
Předpověď počasí	ano	ano	ano
Datum a čas	ano, řízené DCF	ano, řízené DCF	ano, řízené DCF
Fáze měsíce, západ slunce	ano	ne	ne
Budík	ano	ano	ano
Počet bezdrátových čidel	3	1	1
Dosah bezdrátového čidla	30 m	60 m	150 m
Napájení, řídicí jednotky	2*AA	3*AAA nebo síťový adaptér	síťový adaptér a záložní baterie 1*CR-2032
Napájení, venkovní čidlo	2*AAA	2*AA	3*AA
Obrazovka	Segmentový podsvícený	barevný, blíže nespecifikováno	LCD barevný

Při srovnání vlastností těchto meteorologických stanic, je vidět že každá stanice se skládá z centrální jednotky a poté alespoň jednoho venkovního čidla, dále každá meteorologická stanice disponuje několika základními měřidly na sledování teploty, vlhkosti a atmosférického tlaku. Je zcela patrné, že s rostoucí cenou roste také kvalita vybraných komponent (například dosah venkovních čidel) a množství funkcionalit, které tyto produkty poskytují, výše zmíněná stanice od firmy Sencor například disponuje čidly na měření větru a deště.

2.1.2 Nekomerční řešení

Většina podomácku vyrobených meteorologických stanic je buďto postavena na platformě Raspberry Pi nebo Arduino. Výhoda těchto dvou platform spočívá především v snazším vývoji díky již zavedeným komunitám, modularitě a množstvím různých modulů, které lze použít v mnoha užitečných projektech.

Dobrým příkladem je například meteorologická stanice Michala Zelenky [10], která je založená na Arduino Mega 2560.



Obrázek 2.4: meteorologická stanice Michala Zelenky [11]

[10] Hlavní vlastnosti této meteorologické stanice:

- Měření teploty, vlhkosti a z nich vypočítaný teplotní index a rosný bod
- Propojení s externími čidly od výrobce Sencor, stav signalizován pomocí LED diod
- Zobrazení času
- Měření atmosférického tlaku
- Vyobrazení tendence
- Odesílání dat na server pomocí WiFi
- Plynulé ovládání podsvícení a stavu obrazovky

2.1.3 Srovnání

Hlavní výhodou komerčních řešení oproti nekomerčním je jejich minimální časová náročnost potřebná pro jejich zprovoznění, naopak jejich hlavní nevýhodou je jejich uzavřenost, uživatel bude muset být spokojen jen s funkcionalitami s kterými byl výrobek zakoupen, pokud tedy neexistuje rozšiřující modul pro danou meteorologickou stanici.

Domácí meteorologické stanice tedy vynikají funkcionalitami vybranými přesně dle potřeb uživatele, ať už to je nepřeborné množství sledovaných veličin, různých způsobů jak stanici ovládat (webové rozhraní, aplikace pro telefony) a dalších různých funkcionalit. Jejich hlavní nevýhodou spočívá v jejich vyšší časové náročnosti potřebné pro jejich zprovoznění.

2.2 Porovnání navrhovaného prototypu a komerčních řešení

Díky modularitě platformy Arduino je možné sestavit meteorologickou stanici přímo na míru dle potřebných požadavků. Krom běžných funkcí jako je měření teploty, vlhkosti vzduchu či atmosférického tlaku, bude navrhovaná meteorologická stanice schopna posílat informační zprávy pomocí SMS, emailu či Bluetooth. Oproti dražším komerčním řešením však bude postrádat větroměr a srážkoměr. Následující tabulka 2.2 dává do souvislosti hlavní vlastnosti navrhovaného prototypu oproti vlastnostem komerčních řešení.

Tabulka 2.2: Porovnání navrhovaného prototypu a komerčních řešení

	Navrhovaný prototyp	Komerční řešení
Měření teplot	ano	ano
Měření vlhkosti	ano	ano
Měření atmosférického tlaku	ano	ano
Ovládání přes sms	ano	ne
Ovládání přes Bluetooth	ano	ne
Doprovodná aplikace pro OS Android	ano	ne
Posílání informačních emailů	ano	ne
Větroměr	ne	ano u dražších modelů
Srážkoměr	ne	ano u dražších modelů
Obrazovka	ano	ano
Napájení	baterie nebo síťový adaptér	řídící jednotka - baterie nebo síťový adaptér, čidla - baterie
Rozšiřitelnost	ano	ne

Analýza

Pro vytvoření domácí meteorologické stanice je jedním z prvních a zároveň nejdůležitějších kroků výběr vhodné platformy na které bude postavena. Mezi nejrozšířenější a zároveň nejpopulárnější platformy používané pro potřebu domácích projektů patří Raspberry Pi a Arduino, ať už to je kvůli široké podpoře různých modulů, nepřehlednému množství dostupných materiálů či návodů nebo příznivé pořizovací ceně.

Pro vývoj mobilní aplikace v dnešní době existují prakticky jen dvě možnosti operační systém iOS nebo Android, jejich podíl na trhu v třetím kvartálu roku 2018 byl 13,2 % respektive 86,8 % [16]. Každá z těchto platform má své výhody a nevýhody, ale vzhledem k absenci vlastnictví jakéhokoliv mobilního telefonu s operačním systémem iOS a velice malé cílové skupině pro kterou je tato aplikace navrhována je zbytečné pokračovat v analýze rozdílů těchto dvou platform.

3.1 Arduino

Vývoj prvního Arduina začal již počátkem dvacátého prvního století, jako studentský projekt Italského Interaction Design Institute of Ivrea. První Arduino deska byla představena v roce 2005, od té doby, díky její jednoduchosti pomohla mnoha lidem s tvorbou nespočtu projektů aniž by měli předešlé zkušenosti s programováním mikrokontrolérů. [13]

Arduino je mikrokontrolér programovatelný v jazyce C, tudíž na rozdíl od Raspberry Pi není na Arduinu možné spustit vlastní operační systém. Hlavní výhody platformy Arduino spočívají zejména v lepší podpoře přídatných modulů a nižší spotřebě, to je však vykoupeno řádově nižším výkonem.

3.1.1 Přehled Arduino a Genuino desek

Na výběr je velké množství Arduino nebo Genuino desek. Mezi nejpopulárnější patří Arduino Uno, Arduino Yùn, Arduino Mega 2560 R3 nebo Arduino Due [14]. Jednotlivé charakteristiky stále vyráběných Arduino/Genuino desek najdeme v tabulce D.1.

3.1.2 Mega 2560 R3

Je jedním z nejvýkonnějších Arduino desek a proto je jednou z nejvhodnějších desek při tvorbě prvního prototypu. Disponuje procesorem ATmega2560 s rychlostí 16 MHz, 54 digitálních pinů, 16 analogových pinů. Flash paměť má 256 KB (pro nahraný kód), SRAM 8 KB (použité proměnné) a EEPROM 4 KB (ukládání dat po vypnutí). Deska dále obsahuje 4 UART porty sloužící pro sériovou komunikaci. Mega 2560 zároveň pracuje při napětí 5V.



Obrázek 3.1: Arduino Mega 2560 Rev3 [17]

3.1.3 Potřebný hardware

Jelikož meteorologická stanice bude postavena na platformě Arduino, tak každá požadovaná vlastnost bude muset být zajištěna vhodným modulem.

3.1.3.1 Měření hodnot

Aby se mohla meteorologická stanice nazývat meteorologickou stanicí, tak zajisté musí umět měřit teplotu, vlhkost a tlak. Dále pro zaznamenávání naměřených hodnot bude potřeba také umět měřit čas, deska Mega 2560 sice obsahuje vlastní časovač, ten se ale při nepřetržitém provozu liší v rámci desítek sekund za den [19]. Pro zaznamenávání naměřených hodnot je potřeba modul s úložným prostorem, například čtečka SD karet.

Po zdárném dokončení prvního prototypu bude možné meteorologickou stanicí rozšířit například o fotoaparát, měřič CO₂, větroměrem, srážkoměrem nebo třeba měřičem vlhkosti půdy.

3.1.3.2 Konektivita

Pro dlouhodobé fungování v odlehle oblasti (např. na chatě) a následné přenášení dat na dlouhou vzdálenost je vhodný modul na telefonní SIM kartu co umožní jak přenášet data pomocí SMS, tak pomocí emailu za použití mobilního internetu. Pro přenášení dat na krátkou vzdálenost je zase vhodné použít Bluetooth. Dále by bylo možné použít propojení pomocí WiFi, ale vzhledem k její energetické náročnosti a nutnosti funkční WiFi sítě v jejím dosahu, není tato možnost příliš vhodným řešením. Pokud by se využívala centrální jednotka a několik měřidel tak nejvhodnější možnost jak tyto zařízení propojit by byla použitím rádiových vln (dosah až 100m), jelikož se jedná pouze o jednu centrální jednotku tak tato možnost však také nepřipadá v úvahu.

3.1.3.3 Ovládání

Pro snadné ovládání bez dalších externích prvků je vhodné aby meteorologická stanice obsahovala alespoň jednoduchý display a několik tlačítek pro základní ovládání. Meteorologická stanice by se však měla převážně ovládat pomocí přidružené mobilní aplikace nebo za pomoci SMS zpráv.

3.1.3.4 Napájení

Pro cílené použití této meteorologické stanice v odlehle oblasti není možné aby stanice byla připojena přímo do elektrické sítě, bude tedy potřeba aby byla také schopná fungovat za pomoci několika baterií.

3.2 Android

Operační systém Android zajisté není třeba nějak sáhlodlouze popisovat. Koncem roku 2008 byl HTC Dream uveden do prodeje jako první mobilní telefon s operačním systémem Android verze 1.0, současná verze operačního systému Android nese přezdívku Pie s číselným označením 9.0. [54]

3.2.1 Minimální podporovaná verze

Jak již v předchozí sekci bylo zmíněno, operační systém Android existuje v mnoha verzích. Bohužel aktualizace na vyšší verze systému závisí na aktualizacích od jejich výrobců, mnohé zařízení tedy stále používají starší verze operačního systému a to staví všechny vývojáře před otázku jakou minimální verzi má smysl ještě podporovat. Dle doporučení Googlu určené pro vývojáře, je dobrým zvykem podporovat alespoň 90 % aktivních zařízení [55]. Z tabulky 3.1 tedy vyplývá, že při vývoji nové aplikace dobrým zvykem podporovat minimálně Android 5.0 a výše.

Tabulka 3.1: Používané verze operačního systému Android - duben 2019[56]

Verze	Označení	API	Podíl
2.3.3 -2.3.7	Gingerbread	10	0,2 %
4.0.3 -4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	0,3 %
4.1.x	Jelly Bean	16	1,1 %
4.2.x	Jelly Bean	17	1,5 %
4.3	Jelly Bean	18	0,4 %
4.4	KitKat	19	7,6 %
5.0	Lollipop	21	3,5 %
5.1	Lollipop	22	14,4 %
6.0	Marshmallow	23	21,3 %
7.0	Nougat	24	18,1 %
7.1	Nougat	25	10,1 %
8.0	Oreo	26	14,0 %
8.1	Oreo	27	7,5 %
9.0	Pie	28	<0,1 %

3.3 Analýza požadavků

3.3.1 Definice požadavků

Jedním z prvních a zároveň nejdůležitějších kroků při vývoji nového systému, aplikace je přesné definování požadavků a omezení, které popisují budoucí funkcionality a rozsah projektu. List požadavků byl sestaven na základě zadání této bakalářské práce spolu s využitím již provedených analýz. Požadavky se dělí na funkční a nefunkční.

3.3.1.1 Funkční požadavky - meteorologická stanice

Funkční požadavky popisují chování systému na vysoké úrovni.

- **FP1a. Měření teploty, vlhkosti vzduchu a atmosférického tlaku**
Stanice bude umět na požádání změřit teplotu, vlhkost vzduchu a atmosférický tlak.
- **FP2a. Zaznamenání měřených hodnot**
Stanice bude umět periodicky zaznamenávat naměřené hodnoty z FP1a.
- **FP3a. Bezpečné párování s mobilní aplikací**
Při párování stanice a mobilní aplikace bude uživatel muset zadat shodný ověřovací kód. Poté budou data o uživateli uložena a dále využita při ověřování autenticity uživatele.

- **FP4a. Zpracování SMS příkazů**
Po přijetí SMS zprávy bude zpráva porovnána listem autorizovaných uživatelů a v pozitivním případě i vykonána.
- **FP5a. Komunikace přes Bluetooth**
Po prvním spárování stanice s mobilní aplikací a následné autentizaci bude zajištěna komunikace pomocí Bluetooth. Stanice bude vykonávat přijímat a následně vykonávat předdefinované příkazy.
- **FP6a. Předdefinované příkazy - Zjistí počasí**
Stanice pošle změří a pošle aktuální informace o počasí (teplota, vlhkost vzduchu a atmosférický tlak) přes Bluetooth, pomocí SMS zprávy nebo emailem.
- **FP7a. Předdefinované příkazy - Pošli záznam o počasí**
Stanice pošle záznam naměřených hodnot prostřednictvím emailu.
- **FP8a. Předdefinované příkazy - nastav periodicitu měření**
Stanice nastaví interval mezi měřeními na uživatelem definovanou hodnotu.

3.3.1.2 Nefunkční požadavky - meteorologická stanice

Nefunkční požadavky určují omezení kladená na systém, tyto požadavky mají zásadní dopad při návrhu architektury [18].

- **NFP1a. Řídící platforma**
Jako řídicí platforma bude použito Arduino s procesorem ATmega2560.
- **NFP2a. Programovací jazyk**
Pro tvorbu aplikace bude použit programovací jazyk C.
- **NFP3a. Použití knihoven**
Každý modul systému (čidla, komunikační moduly a pod.) bude realizován jako samostatná knihovna v programovacím jazyce C.
- **NFP4a. Rozšiřitelnost**
Aplikace bude počítat s budoucí rozšiřitelností o další moduly.
- **NFP5a. Modul pro posílání SMS zpráv**
Stanice bude obsahovat modul umožňující posílat SMS zprávy. Modul zároveň musí obsahovat možnost připojení SIM karty přes kterou se budou zprávy autentizovat.
- **NFP6a. Modul pro posílání emailu**
Stanice bude obsahovat modul umožňující posílání emailů přes GSM/GPRS. Tento modul musí také zajišťovat připojení k síti GSM/GPRS.

3. ANALÝZA

- **NFP7a. Moduly pro měření teploty**
Stanice bude obsahovat modul umožňující měřit teplotu.
- **NFP8a. Moduly pro měření vlhkosti vzduchu**
Stanice bude obsahovat modul umožňující měřit vlhkost vzduchu.
- **NFP9a. Moduly pro měření atmosférického tlaku**
Stanice bude obsahovat modul umožňující měřit atmosférický tlak.
- **NFP10a. Moduly umožňující komunikaci přes Bluetooth**
Stanice bude obsahovat modul umožňující komunikaci přes Bluetooth.
- **NFP11a. Moduly pro ukládání naměřených dat**
Stanice bude obsahovat modul umožňující ukládat naměřená data. Toto uložení musí být vyjímatelné pro snadnou první konfiguraci stanice.
- **NFP12a. Napájení pomocí baterií**
Stanice musí obsahovat možnost napájení pomocí baterií.
- **NFP13a. Uživatelský vstup**
Stanice obsahuje modul, který v případě potřeby umožní uživateli se stanicí interagovat, konkrétně pomocí několika tlačítek.
- **NFP14a. Obrazovka**
Stanice obsahuje modul s obrazovkou, který umožní uživateli sdělit zpětnou vazbu stanice.

3.3.1.3 Funkční požadavky - mobilní aplikace

- **FP1b. Vytvoření uživatele**
Pro využívání aplikace bude nutné nejprve vytvořit profil uživatele, který obsahuje jméno, telefonní číslo a emailovou adresu.
- **FP2b. První propojení s meteorologickou stanicí**
Uživatel bude schopen projít procesem přidání nové meteorologické stanice do listu spárovaných stanic. Během tohoto párování bude uživatel vyzván k zadání bezpečnostního pinu, který se musí shodovat s zadaným pinem na meteorologické stanici.
- **FP3b. Výběr aktivní meteorologické stanice**
Uživatel bude schopen zvolit aktivní meteorologickou stanici z listu již spárovaných meteorologických stanic. Na tuto meteorologickou stanici se poté budou vztahovat všechny budoucí příkazy.
- **FP4b. Smazání spárovaných meteorologických stanic**
Uživatel bude schopen smazat meteorologické stanice z listu již spárovaných stanic.

- **FP5b. Smazání dat uživatele a spárovaných meteorologických stanic**
Uživatel bude v aplikaci schopen smazat svá uživatelská data a data již spárovaných meteorologických stanic.
- **FP6b. Zasílání příkazů formou SMS**
Pomocí aplikace bude uživatel schopen poslat předdefinovaný příkaz aktivní meteorologické stanici formou SMS zprávy.
- **FP7b. Ověření identity uživatele při komunikaci přes Bluetooth**
Po FP2 bude uživatel automaticky ověřen při pokusu komunikace přes Bluetooth.
- **FP8b. Zasílání příkazů přes Bluetooth**
Pomocí aplikace bude uživatel schopen poslat předdefinovaný příkaz aktivní meteorologické stanici přes Bluetooth.

3.3.1.4 Nefunkční požadavky - mobilní aplikace

- **NFP1b. Aplikace pro OS Android**
Aplikace bude napsána pro operační systém Android.
- **NFP2b. Podpora operačního systému Android**
Aplikace bude podporovat operační systém Android verze 5.0 a novější.
- **NFP3b. Podpora mobilních telefonů**
Aplikace bude podporovat mobilní telefony.
- **NFP4b. Přístup k Bluetooth**
Pro komunikaci s meteorologickou stanicí bude aplikace vyžadovat povolení přístupu k Bluetooth.
- **NFP5b. Přístup k poloze**
Pro vyhledání Bluetooth zařízení v okolí bude aplikace vyžadovat povolení přístupu k poloze.
- **NFP6b. Přístup posílání SMS zpráv**
Pro zasílání SMS zpráv bude aplikace vyžadovat povolení k zasílání SMS zpráv.
- **NFP7b. Jazyk aplikace**
Uživatelské prostředí bude v anglickém jazyce.
- **NFP8b. Uživatelsky přívětivé UI**
Uživatelské prostředí bude intuitivní pro koncového uživatele, aby nepotřeboval návod k použití.

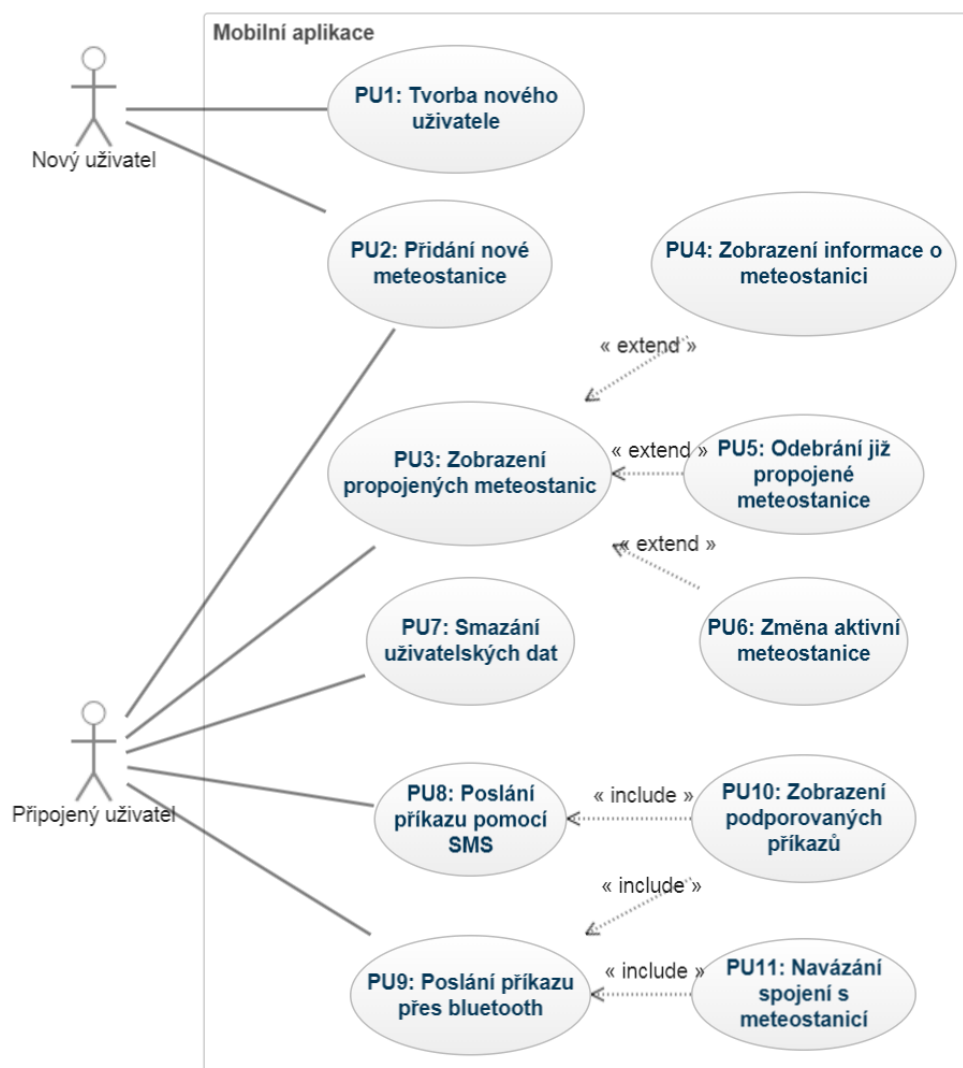
- **NFP9b. Autentizace při komunikaci přes Bluetooth**
Aplikace zajišťuje autentizaci při komunikaci přes Bluetooth.
- **NFP10b. Orientace na výšku**
Aplikace bude podporovat jen orientaci na výšku.

3.3.2 Model případů užití

Model případů užití poskytuje detailní specifikaci funkčních požadavků. Typicky se skládá z UML diagramu, který pomáhá vizuálně zobrazit případy užití a jejich vztahy, dále se skládá ze seznamu aktérů a detailního seznamu případů užití [18].

3.3.2.1 Aktéři

- **Nový uživatel**
Pro plné používání aplikace je zapotřebí mít vyplněny uživatelské údaje a mít přidanou alespoň jednu meteorologickou stanici. Bez propojené stanice bude tedy funkce aplikace značně omezeny.
- **Připojený uživatel**
Připojený uživatel může v navrhované aplikaci provádět veškeré akce. Zejména se bude jednat o komunikaci s konkrétní meteorologickou stanicí.



Obrázek 3.2: Diagram případů užití

3.3.2.2 Případy užití

- PU1: Tvorba nového uživatele**
 Při tvorbě nového uživatele je požadováno vyplnění formuláře, co obsahuje jméno, telefonní číslo a emailovou adresu.
- PU2: Přidání nové meteostanice**
 Uživatel nejprve zadá párovací číselný kód, zvolí meteostanici ze seznamu spárovaných Bluetooth zařízení, vyčká na úspěšný proces párování během něhož se bezpečně ověří, zda párovací kód zadaný na připojované meteostanici je totožný a poté uživatel klikne na tlačítko, které připo-

jovanou meteostanici přidá do seznamu propojených meteostanic. Nově připojená meteostanice se automaticky stane aktivní meteostanicí, není-li uvedeno jinak, tak se všechny operace (např. posílání SMS příkazu) provádějí pod aktivní meteostanicí.

- **PU3: Zobrazení propojených meteostanic**
Uživatel je schopný zobrazit seznam všech propojených meteostanic.
- **PU4: Zobrazení informace o meteostanici**
Po kliknutí na informační tlačítko co se nachází u každé meteostanice v seznamu propojených stanic, se zobrazí informace obsahující název meteostanice, její MAC adresu, telefonní číslo a emailovou adresu.
- **PU5: Odebrání již propojené meteostanice**
Aplikace obsahuje možnost odebrat již propojenou meteostanice. Pro následující komunikaci s touto meteostanicí je nutno opět projít PU3.
- **PU6: Změna aktivní meteostanice**
Kliknutím na položku ze seznamu propojených stanic se změní aktivní meteostanice.
- **PU7: Smazání uživatelských dat**
Aplikace umožní smazat veškerá uživatelská data aplikace.
- **PU8: Posílání příkazu pomocí SMS**
Aplikace umožní posílání příkazové SMS zprávy na aktivní meteostanici.
- **PU9: Poslání příkazu přes Bluetooth**
Aplikace umožní posílat Bluetooth příkazy na aktuálně připojenou meteostanici.
- **PU10: Zobrazí podporovaných příkazů**
Pro snadné posílání příkazů přes SMS a Bluetooth bude zobrazen list podporovaných příkazů (pošli informace o teplotě apod.). Po kliknutí na příkaz ze zobrazeného listu bude aktuální příkaz nahrazen tímto předdefinovaným příkazem.
- **PU11: Navázání spojení s meteostanicí**
Pro posílání příkazů přes Bluetooth je nejprve potřeba propojit požadovanou meteostanici a mobilní aplikaci. Propojování bude automaticky ověřeno pomocí párovacího kódu použitým při přidávání nové meteostanice.

3.3.3 Diagram aktivit

Dalším z UML diagramů je diagram aktivit. Ten slouží pro popis jednotlivých procesů a jejich chování. Jedním z nejdůležitějších procesů v aplikaci je posílání příkazů přes Bluetooth.

3.3.3.1 Posílání příkazu přes Bluetooth

Diagram aktivit znázorňující posílání příkazů přes Bluetooth je zachyceno na obrázku E.1 v příloze. Na diagramu je vidět sled akcí které uživatel musí provést aby mohl poslat příkaz pomocí Bluetooth. Uživatel se musí s aktivní stanicí nejprve bezpečně propojit a poté může začít posílat příkazy na zpracování. Validní příkazy meteorologické stanice zpracuje a následně pošle odpověď, která se zobrazí uživateli. Pokud do té doby uživatel neopustil obrazovku nebo se nepřerušilo spojení tak může pokračovat v posílání dalších příkazů.

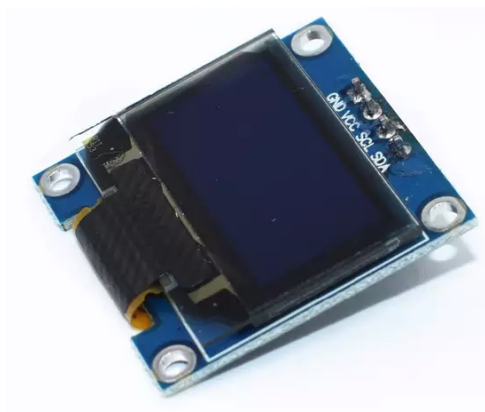
3.3.4 Použité součástky

V této podkapitole bude věnována pozornost každému použitému modulu, jeho vlastnostem a způsobu zapojení.

3.3.4.1 Obrazovka

TFT OLED modul s úhlopříčkou 0.96 palce s rozlišením 128x64 pixelů, disponující dvěma barvami (prvních 16 řad žlutých a zbylých 48 modrých) je vzhledem k jeho nenáročné spotřebě ideální obrazovkou pro zobrazení podkladů informačního charakteru.

Cena: 2.04 USD [20]



Obrázek 3.3: TFT OLED modul [21]

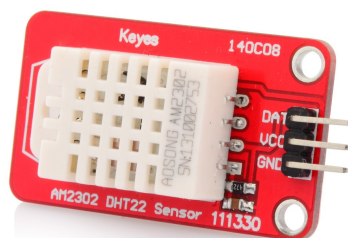
3.3.4.2 Teplotní a vlhkostní čidlo

Pro měření teploty a vzdušné vlhkosti je zvolen modul DHT22. Tento modul je zvolen hlavně kvůli vysoké přesnosti měření, teplota v rozmezí -40 až 80 °C s maximální odchylkou 0.5 °C a relativní vlhkosti vzduchu v rozmezí 0 až 100 % s maximální odchylkou 5 %, přičemž se udává, že v průměru za rok tato odchylka vyjde na 0.5 %. [22]

3. ANALÝZA

Teplotu také umí měřit použitý modul BMP180 pro měření atmosférického tlaku a DS3231 pro udržení přesného času, ale obě tyto dvě měřidla mají menší přesnost než DHT22 [23, 24].

Cena: 2.85 USD [25]

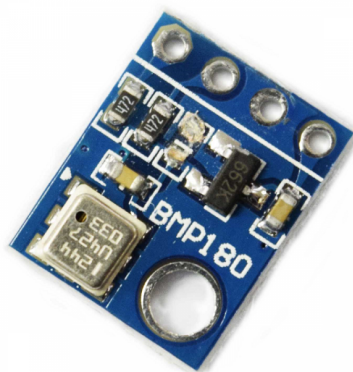


Obrázek 3.4: modul DHT22 [26]

3.3.4.3 Barometr

Pro měření atmosférického tlaku je zvolen modul BMP180. Modul měří v rozmezí 300 až 1100 hPa což odpovídá přibližně nadmořské výšce v rozmezí -500 až 9000 m. [23]

Cena: barometr 0.68 USD [28]



Obrázek 3.5: modul BMP180 [29]

3.3.4.4 Hodiny

K přesnému určení data a času je využit modul DS3231. Pro zachování přesného času se využívá krystalový oscilátor co dokáže kompenzovat měření na základě okolní teploty a stáří modulu. Časová odchylka za rok provozu by

se tudíž měla lišit maximálně o dvě minuty při teplotě -40 až 85°C . Tento modul dále obsahuje 2 alarmy vhodné pro plánované měření a občasnou kontrolu příchozích zpráv pro zachování nízké spotřeby meteorologické stanice. Pro udržení přesného času i po přerušení dodávky elektrické energie využívá knoflíkovou baterii CR2032. [24]

Cena: 1.38 USD[30]

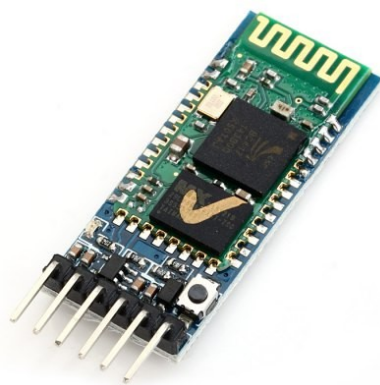


Obrázek 3.6: modul DS3231 [31]

3.3.4.5 Bluetooth

[H] Pro komunikaci přes Bluetooth, využívá Meteorologická stanice modul HC-05. Ten je schopen pracovat jak v režimu master tak i v režimu slave, tudíž se dokáže požadovaná data odesílat tak i od jiného zařízení přijímat. Tento modul podporuje protokol Bluetooth V2.0 + EDR a dokáže se připojit až na vzdálenost 10 metrů [32]. Jelikož však tento modul nepracuje na napětí 5V, tak je také nutné použít převodník logických úrovní 3,3V a 5V.

Cena: 2.44 USD [33] a převodník 28 CZK [27]



Obrázek 3.7: modul HC-05 [34]

3.3.4.6 GSM/GPRS modul

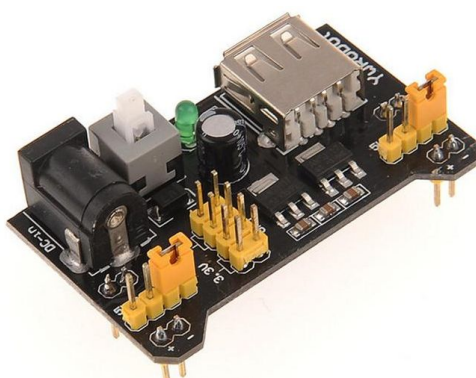
Ke komunikaci přes SMS a posílání emailů je zvolen modul SIM800L se zabudovaným převodníkem napětí potřebným pro přímému připojení k vývojové desce Mega 2560. Modul podporuje pásma 850/900/1800/1900 MHz tudíž by v České Republice neměl mít problém s jakoukoliv sítí. [37]

Jelikož tento modul má velkou energetickou náročnost a samostatné Arduino Mega 2560 by nezvládla napájet všechny moduly, tak je zapotřebí přidat napájecí modul nepájivého pole MB102. Tento modul lze napájet přes USB nebo pomocí napájecího konektoru 2,1 mm. Pro pokrytí energeticky náročných operací byl k SIM800L také přidán kondenzátor o kapacitě 4700 μF , který je připojen na nepájivém poli mezi piny SIM800L pro napájení a uzemnění a piny MB102 pro napájení a uzemnění.

Cena: SIM800L 6.37 USD [35], MB102 1.43 USD [49]



Obrázek 3.8: modul SIM800L [36]



Obrázek 3.9: napájení MB102 [38]

3.3.4.7 Čtečka Micro SD karet

Pro možnost ukládání naměřených dat, konfiguračních dat a fotografií je vybrána čtečka “MicroSD Card Adapter” umožňující použití jak Micro SD karet tak i Micro SDHC karet.

Cena: 1.03 USD [39]

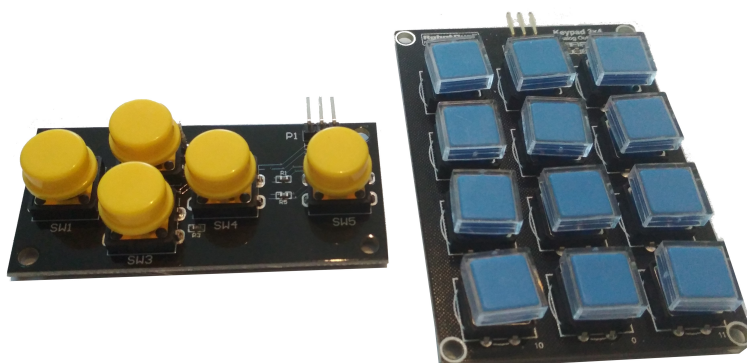


Obrázek 3.10: Čtečka Micro SD karet [40]

3.3.4.8 Analogová tlačítka

Pro potřebu interakce s meteorologickou stanicí jsou zvoleny 2 moduly analogových tlačítek, jeden co obsahuje 5 tlačítek křížového rozpoložení spolu s jedním postranním a druhý co obsahuje 12 tlačítek poskládaných v mřížkovém rozpoložení 3x4.

Cena: 5 tlačítek 1.33 USD [41], 12 tlačítek 2.85 USD [42]

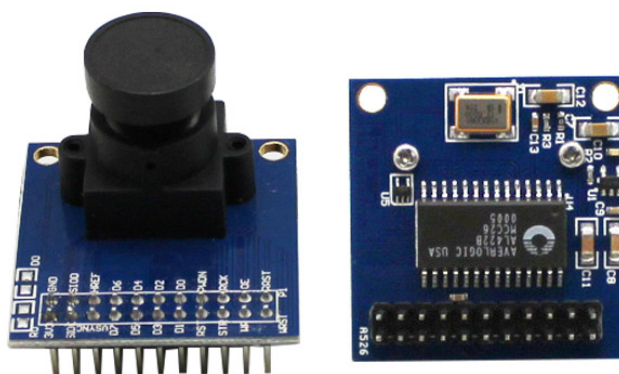


Obrázek 3.11: Tlačítkové moduly

3.3.4.9 Fotoaparát

Pro bonusovou funkci fotoaparátu je zvolen modul OV7670 spolu s AL422B umožňujícím uložení jedné fotografie přímo v modulu. Tento modul dokáže pořizovat fotografie až v rozlišení 640x480 pixelů v 8-bitovém formátu Raw RGB. [43]

Cena: 8.74 USD [45]



Obrázek 3.12: OV7670 with AL422 [46]

3.3.4.10 Další komponenty

Dále pro tvorbu prototypu meteorologické stanice krom výše modulů jsou zapotřebí následující komponenty:

- Klon Arduino Mega 2560
Cena: 9.28 USD [47]
- Nepájivé pole
Nepájivé pole se používá, jak už samotný název napovídá, k zadrátování modulů bez potřeby pájení. U tohoto prototypu je použito nepájivé pole co obsahuje 60 řad.
Cena: 1.63 USD [48]
- Kably dupont
K propojení modulů se používají dupont kabely male-male, male-female a female-female.
Cena: 2.65 USD za 120ks [50]
- Nabíjecí adaptér 21 mm 9V 1 A
Pro ušetření nutnosti používání baterií během vývoje prototypu, je vhodné použití nabíjecího adaptéru pro napájení MB102.
Cena: 1.95 USD [51]

- Adaptér pro 9V baterii
Pro následné venkovní použití kde není dostupná elektrická síť jsou vhodné adaptéry pro 9V baterie
Cena: 0.74 USD za 5 kusů [52]
- Micro SD karta
Pro dlouhodobé ukládání naměřených dat spolu s ukládáním fotografií bude potřebná micro SD karta.
Cena (přibližná): 150 CZK za 16 GB kartu
- Plexisklo 20x30 cm
Pro ukotvení všech modulů je zapotřebí nějaký prostor pro jejich ukotvení. Pro tento prototyp byla zvolena deska z plexiskla o rozměrech 200x300x3 mm.
Cena (přibližná): 50 CZK
- Kondenzátor 16V 4700 μ F Kondenzátor je nutno použít pro zaručení nepřerušovaného fungování SIM800L během energeticky náročných operací.
Cena: 1.41 USD za 5 kusů [53]

3.3.5 Cenová kalkulace

Pro zachování co nejnižší možné ceny prototypu je vhodné většinu součástek objednávat z čínského eshopu AliExpress. Jeho hlavní výhodou je nepřeborný výběr požadovaného zboží, což je umožněno díky velkému množství prodejců a relativně nízké ceně, oproti specializovaným českým eshopům co se zaměřují na Arduino je cena totožných součástek z Alexpressu dvakrát až pětkrát nižší. Tato nízká cena je však vykoupena dlouhou dodací lhůtou, která se většinou pohybuje kolem jednoho měsíce.

Konečná cena zvoleného hardwaru k sestrojení prototypu meteorologické stanice je tedy přibližně 1350 CZK, reálná cena hardwaru zakoupeného k sestrojení prototypu meteorologické stanice je však alespoň dvakrát vyšší, převážně z důvodů poruchy, zakoupení náhradních nebo objednání nevyužitých komponent.

3.4 Potřebné algoritmy

3.4.1 SHA-256

Algoritmus SHA-256 je pokročilá jednosměrná hashovací funkce, která ze zprávy o maximální délce $2^{64} - 1$ bitů vytvoří výstupní hašovací kód o velikosti 256 bitů s bezpečností 128 bitů vůči nalezení kolizí 1. a 2. řádu. Tento algoritmus se využívá například pro kontrolu integrity, ukládání a kontrolu přihlašovacích hesel, prokazování autorství, jednoznačnou identifikaci dat, derivaci klíčů nebo jako pseudonáhodný generátor. [60]

3.4.2 Base64

Kódování Base64 je jednoduché kódování určeno pro přenos dat formou tisknutelných znaků. Kódování probíhá v řetězcích 3 bajtů, tyto 3 bajty jsou spojeny do řetězce 24 bitů a následně zas rozděleny po 6 bitech. Hodnota která je v rozmezí 0 až 63, která je následně indexem v řetězci znaků „ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz0123456789+/“. Pokud je kódovaný řetězec kratší než 3 bajty tak je zakódován dostupný řetězec a na zbylá místa jsou doplněna rovnítka. [58]

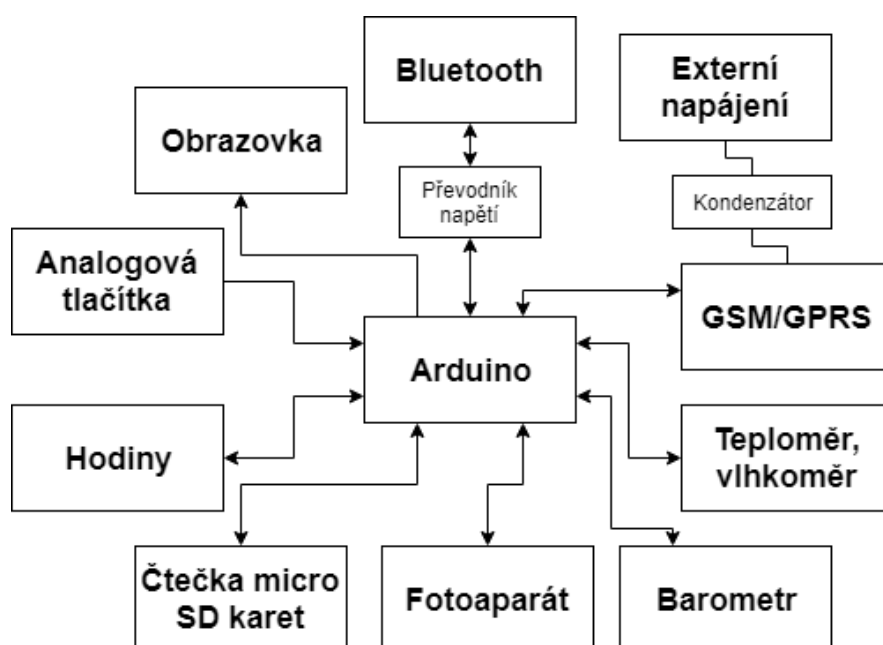
Tabulka 3.2: Příklad kódování Base64

Text	Les
ASCII	76 101 115
Binární reprezentace	01001100 01100101 01110011
Binární reprezentace	010011 000110 010101 110011
Decimální zápis	19 6 21 51
Base64	TGVz

Návrh řešení

4.1 Arduino

Meteorologická stanice se skládá z desky Arduino Mega 2560, obrazovky, 2 modulů analogových tlačítek, hodin, čtečky micro SD karet, barometru, teploměru a vlhkoměru, GSM/GPRS spolu s kondenzátorem a externím napájením, Bluetooth a převodníku napětí. Dále nad rámec požadavků této práce byl přidán modul fotoaparátu. Zapojení těchto součástí lze nalézt na obrázku 4.1



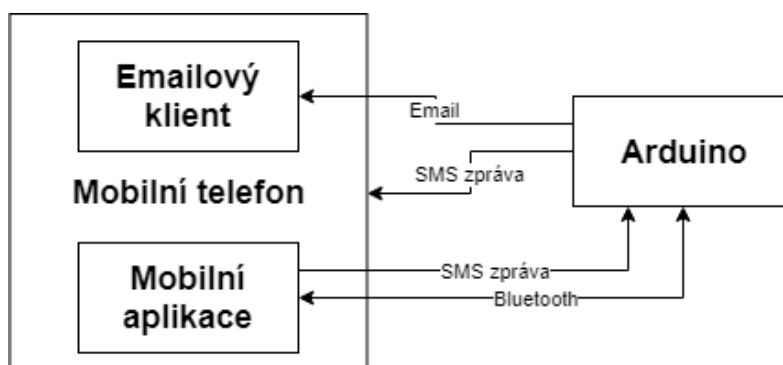
Obrázek 4.1: Blokové schéma návrhu meteorologické stanice

4.2 Komunikace

Meteorologická stanice a mobilní stanice s okolím komunikuje následovně:

- Bluetooth
 - meteorologická stanice ↔ mobilní aplikace
- SMS zpráva
 - mobilní aplikace nebo jiný způsob poslání → meteorologická stanice
 - meteorologická stanice → mobilní telefon
- Email
 - meteorologická stanice → emailový klient

Tato komunikace je zobrazena v blokovém schématu na obrázku 4.2.



Obrázek 4.2: Blokové schéma komunikace s okolím

4.3 Uživatelského rozhraní

Uživatelské rozhraní je jednou z nejdůležitějších součástí každé aplikace. Nepochopení potřeb koncového uživatele mnohdy vede k návrhu neadekvátního uživatelského prostředí.

4.3.1 Hlavní principy tvorby uživatelského rozhraní

[57] Při tvorbě uživatelského rozhraní je potřeba dbát na několik základních principů:

- **Srozumitelnost (Clarity)**
Během používání aplikace uživatel potřebuje být dostatečně informovaný a sebevědomí. V každé aplikaci by mělo být jasné co se právě stalo, kde se uživatel nachází, co může udělat, co se stane když něco udělá.

- **Flexibilita (Flexibility)**

Návrh aplikace by neměl spoléhat na konkrétním zařízení, měl by být natolik flexibilní ať navrhovaná aplikace vypadá dobře v každé situaci, ať už se jedná o velikost obrazovky, její rozlišení, jazyk aplikace nebo když se uživatel dostane do nějaké okrajové situace.

- **Známost (Familiarity)**

Není nutné vytvářet vše od nuly, ba naopak je vhodné používat prvky, které uživatel již zná a má od nich konkrétní očekávání. Například snadno rozpoznatelné ikonky, umístění navigačních prvků, tlačítka s jednoduchým slovesem či vhodné použití barev (zelená pro kladné stavy a červená značící nežádoucí stav). Pro uživatele jsou známe prvky neocenitelnou pomocí během procesu poznávání nové aplikace.

- **Efektivita (Efficiency)**

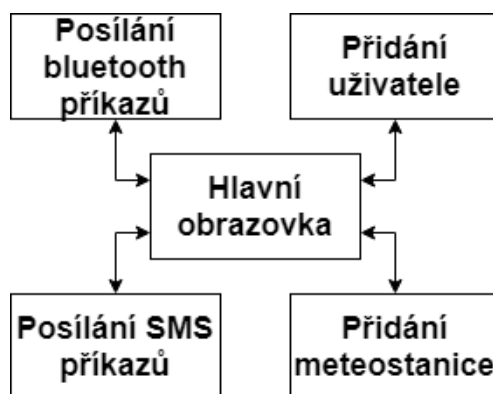
Nejdůležitější funkce aplikace by měly být snadno a rychle přístupné.

- **Konzistence a struktura (Consistency and structure)**

Každá aplikace by měla být konzistentní a držet stejnou strukturu, ať už se jedná o barevné téma, zarovnání textů, použití stejných prvků na různých obrazovkách či jednotný font písma. Konzistence a struktura dávají uživateli pocit obeznámenosti i konkrétním věcem, které uživatel dříve neznal.

4.3.2 Návrh uživatelského rozhraní mobilní aplikace

Návrh uživatelského rozhraní proběhl na základě provedené analýzy a doporučení pro tvorbu uživatelského rozhraní. Pro snazší vývoj a dodržení hlavních principů tvorby uživatelského rozhraní byl zvolen Material Design, což je designový styl od společnosti Google.



Obrázek 4.3: Blokové schéma návaznosti obrazovek v mobilní aplikaci

4.3.2.1 Hlavní obrazovka

Nákres hlavní obrazovky je vidět v příloze na obrázku G.1. Obrazovka zobrazuje informace o aktivní meteostanici a list již přidaných meteostanic. V pravém dolním rohu je umístěno FAB tlačítko reprezentující hlavní akci přidání uživatele nebo přidání nové meteostanice. V pravém horním rohu, který je již mimo normální dosah uživatele je umístěno tlačítko na smazání aktuální meteostanice a tlačítko dalších možností. V levém horním rohu je umístěno tlačítko na otevírající postranní nabídku, tato nabídka jde také otevřít přetažením z levé strany obrazovky. V postranní nabídce jsou umístěny navigační ikony spolu s názvem cílové obrazovky.

4.3.2.2 Přidání uživatele

Nákres obrazovky pro přidání uživatele je vidět v příloze na obrázku G.2. Obrazovka poskytuje způsob jak zadat údaje nového uživatele, konkrétně jeho jméno, emailovou adresu a telefonní číslo. Pod požadovanými údaji se nachází tlačítko pro následné přidání nově vytvořeného uživatele. V levé horní části je tlačítko zpět, které vrátí uživatele na hlavní obrazovku.

4.3.2.3 Přidání meteostanice

Nákres obrazovky pro přidání meteostanice je vidět v příloze na obrázku G.2. Obrazovka poskytuje způsob jak provést první spárování s meteostanicí. V horní části obrazovky se nacházejí texty obsahující informace o průběhu propojení a cílové stanici. Pod těmito informacemi se nachází scrollovací list spárovaných zařízení s mobilním telefonem, tlačítko na zobrazení tohoto listu, pole na vyplnění párovacího kódu a tlačítko na následné přidání propojené meteostanice. V levé horní části je umístěno tlačítko zpět, které přesune uživatele zpět na hlavní obrazovku.

4.3.2.4 Posílání Bluetooth příkazů

Nákres obrazovky pro posílání Bluetooth zpráv je vidět v příloze na obrázku G.3. Obrazovka poskytuje způsob jak komunikovat s aktivní meteostanicí pomocí Bluetooth. V pravém horním rohu se nachází tlačítko připojit, které zahájí proces automatického připojování pomocí Bluetooth. Na vrchu obrazovky jsou umístěny informační texty o stavu připojení a aktivní meteostanici. V horní polovině obrazovky se dále nachází scrollovatelný list příkazů a pod ním historie poslaných a přijatých zpráv. Pod touto historií je umístěno editovatelné textové pole pro posílání příkazů a vpravo od něj je umístěno tlačítko poslat.

4.3.2.5 Posílání SMS příkazů

Nákres obrazovky pro posílání SMS příkazů je vidět v příloze na obrázku G.3. Obrazovka je velice podobná obrazovce pro posílání příkazů přes Bluetooth. V levém horním rohu obsahuje tlačítko zpět, které vrátí uživatele na hlavní obrazovku. Informativní text o cílové meteostanici je taktéž umístěn v horní části obrazovky. Pod ním se nachází scrollovatelný seznam příkazů, které lze poslat pomocí SMS, jen v tomhle případě zabírá místo až po editovatelné textové pole určené pro posílání příkaz. Na pravé straně od posílaného příkazu se nachází tlačítko poslat po jehož zmáčknutí uživatel ještě musí odsouhlasit potvrzovací dialog o poslání SMS zprávy.

Realizace

5.1 Meteorologická stanice

Sestrojený prototyp je naprogramovaný pomocí „programovacího jazyku Arduino“. Tento programovací jazyk je vhodnější nazvat knihovnou programovacího jazyka C++, která usnadňuje práci s platformou Arduino. Aplikace meteorologické stanice je realizována jako jednoduchý automat, který v neustále smyčce kontroluje, zda nemá provést nějakou proceduru. Každý hardwarový modul, který byl postupně přidán je implementovaný formou knihovny, která poskytuje sadu potřebných funkcí umožňujících snadnou práci s daným modulem.

5.1.1 Implementace jednotlivých modulů

5.1.1.1 Obrazovka

Funkce obrazovky poskytuje knihovna `OLED_I2C` [61]. Její nejdůležitější metody jsou:

- **`clrScr()`**
Smazání aktuálně zobrazovaných dat.
- **`print(text, zarovnání, řádek horního pixelu)`**
Nastavení textu k zobrazení.
- **`update()`**
Aktualizace zobrazených dat na obrazovce.

5.1.1.2 Tlačítka

Aby šlo tlačítka používat jako signál přerušení tak je použita knihovna `PinChangeInt` [62]. Nejdůležitější metoda je:

Tabulka 5.1: Zapojení TFT OLED modulu

Obrazovka	Nepájivé pole	Arduino Mega 2560
GND	GND	GND
VCC	5V	5V
SCL	SCL	SCL21
SDA	SDA	SDA20

- **attachPinChangeInterrupt(pin modulu, volaná funkce po přerušení, mód přerušení)**

Nastavení pinu pro přerušení. Je potřeba ať volaná funkce po přerušení je co nejkratší, například změna false na true, jinak může dojít k neočekávanému chování celé aplikace.

Tabulka 5.2: Zapojení tlačítkových modulů

5 tlačítek	Nepájivé pole	Arduino Mega 2560
OUT		A8
VCC	5V	5V
GND	GND	GND
12 tlačítek	Nepájivé pole	Arduino Mega 2560
OUT		A15
VCC	5V	5V
GND	GND	GND

5.1.1.3 Teploměr, vlhkoměr

Pro modul teploměru a vlhkoměru je použita knihovna DHTlib [63]. Nejdůležitější metoda je:

- **read22(pin modulu)**
Změření okolní teploty a vlhkosti. Naměřené hodnoty jsou uloženy v knihovně jako proměnné temperature a humidity.

Tabulka 5.3: Zapojení modulu DHT22

DHT22	Nepájivé pole	Arduino Mega 2560
DAT		49
VCC	5V	5V
GND	GND	GND

5.1.1.4 Barometr

Tento modul využívá knihovnu Adafruit-BMP085-Library [64]. Její nejdůležitější metoda je:

- **readPressure()**
Změření tlaku v okolí.

Tabulka 5.4: Zapojení modulu BMP180

BMP	Nepájivé pole	Arduino Mega 2560
VIN	3.3V	3.3V
GND	GND	GND
SCL	SCL	SCL21
SDA	SDA	SDA20

5.1.1.5 Hodiny

Hodiny využívají knihovnu DS3231 [65]. Tato knihovna musela být mírně upravena vzhledem k problémům s kompilací v novější verzi vývojového prostředí Arduino 1.8.7. nejdůležitější metody této knihovny jsou:

- **getDateTime()**
Metoda pro zjištění aktuálního času formou structu.
- **dateFormat(požadovaný formát, struct zaznamenaného času)**
Úprava structu do textové podoby dle požadovaného formátu
- **setAlarm1(den v měsíci/týdnu, hodina, minuta, vteřina, mód)**
Nastavení času spuštění dalšího alarmu.

Tabulka 5.5: Zapojení modulu DS3231

DS3231	Nepájivé pole	Arduino Mega 2560
32K		
SQW		2
SCL	SCL	SCL21
SDA	SDA	SDA20
VCC	5V	5V
GND	GND	GND

5.1.1.6 Čtečka micro SD karet

Pro potřeby čtení micro SD karty je použita standardní knihovna SD [66]. Její důležité metody jsou:

- **open(cesta a název souboru, mód)**
Otevření souboru pro čtení nebo zápis
- **remove(cesta a název souboru)**
Smazání souboru.

Tabulka 5.6: Zapojení čtečky micro SD karet

Čtečka micro SD karet	Nepájivé pole	Arduino Mega 2560
CS		53
SCK		52
MOSI		51
MISO		50
VCC	5V	5V
GND	GND	GND

5.1.1.7 Bluetooth

Bluetooth modul byl realizován formou vlastní knihovny HC-05. Dvě nejdůležitější metody jsou:

- **receiveOneLine()**
Metoda která vrátí jeden řádek textu ze sériové linky.
- **sendMessage(text zprávy)**
Tato metoda pošle textovou zprávu přes Bluetooth.

5.1.1.8 GSM/GPRS

Pro pokrytí potřebné funkčnosti GSM/GPRS je realizována vlastní knihovna SIM800L obstarávající práci s SMS zprávami, posílání emailu s přílohou nebo třeba zjištění času od mobilního operátora. Knihovna zároveň využívá knihovnu Base64 [67] pro potřeby kódování použitého při posílání emailu s přílohou. Jedny z nejdůležitějších metou této knihovny jsou:

- **sendSMS(telefonní číslo, obsah SMS zprávy)**
Poslání textové zprávy na určené telefonní číslo.
- **getBodySms(pozice zprávy)**
Zjištění obsahu textové zprávy na konkrétní pozici.

Tabulka 5.7: Zapojení modulu HC-05

HC-05	Převod, 3.3V.	Převod, 5V	Nepájivé pole	Ard. Mega 2560
EN				
5V			5V	5V
GND			GND	GND
TX	B4	A4		TX1 19
RX	B3	A3	SCL	RX1 18
STATE				
	3.3V		3.3V	3.3V
	GND		GND	GND
		5V	5V	5V
		GND	GND	GND

- **sendEmailWithAttachment**(APN operátora, čas na posláni emailu, SSL, SMTP adresa, SMTP port, emailová adresa odesílatele, heslo odesílatele, jméno odesílatele, jméno příjemce, emailová adresa příjemce, text předmětu, text těla, název připojeného souboru, cesta spolu s názvem připojovaného souboru)
Tato metoda se pokusí zaslat emailovou zprávu s přílohou.

Tabulka 5.8: Zapojení modulu SIM800L

SIM800L	Nepájivé pole s MB102	Nepájivé pole	Ard. Mega 2560
5VIN	5V		
GND	GND	GND	GND
VOD			GND
TXD			RX2 17
RXT			TX2 16
GND	GND	GND	GND
RST			

5.1.1.9 Fotoaparát

Knihovna fotoaparátu OV7670_FIFO_SD je založena na knize Beginning Arduino ov7670 Camera Development od Roberta Chin [59]. Její nejdůležitější metoda je:

- **ExecuteCommand**(příkaz)
Metoda nastaví fotoaparát podle příkazu a následně udělá fotografii.

Tabulka 5.9: Zapojení OV7670

OV7670	Nepájivé pole	Arduino Mega 2560
3.3V	3.3V	3.3V
GND	GND	GND
SIOC	SCL	SCL21
SIOD	SDA	SDA20
VSYNC		22
HREF		
D7		28
D6		29
D5		30
D4		31
D3		32
D2		33
D1		34
D0		35
RST		
PWON		
STR		
RCK		26
WR		24
OE	GND	GND
WRST		25
RRST		23

5.1.2 SHA 256

Pro potřeby bezpečného ověření identity uživatele je použita knihovna Cryptosuite2 [68] poskytující metody pro snadné použití hashovací funkce SHA256.

Během prvního propojení meteorologické stanice a mobilní aplikace je ověřován hash vzniklý z požadovaného párovacího kódu, který je na každém zařízení zadán zvlášť. Při následovné komunikaci je autenticita uživatele ověřena automaticky pomocí porovnání hashe vzniklého z uživatelského jména a párovacího kódu.

5.1.3 Ukládání dat

Nastavení meteorologické stanice, informace o připojených uživateli, naměřená data a vyfocené fotografie jsou ukládány na micro SD kartu ukládány následovně:

- **Nastavení meteorologické stanice**
Cesta: SETTINGS\STATION.txt

Soubor obsahuje emailovou adresu meteorologické stanice, heslo k emailové adrese, telefonní číslo, interval v minutách mezi jednotlivými měřeními a kontrolou příchozích SMS zpráv, APN operátora a ukončovacího řádku. Telefonní operátoři v České republice využívají toto nastavení APN: TMobile internet.t-mobile.cz, O2 internet, Vodafone internet (paušál) nebo ointernet (předplacená karta). Krom hodnoty intervalu v minutách je před prvním spuštěním nutné zajistit správnou konfiguraci tohoto souboru.

Tabulka 5.10: Příklad formátu konfiguračního souboru SETTINGS.txt

```
Email:emailovaAdresa@seznam.cz
EmailPass:hesloKEmailu
Phone:789213465
AlarmIntervalM:10
SimAPN:internet.t-mobile.cz
-----;
```

- **Uložení uživatelé**

Cesta: SETTINGS\USERS.txt

Soubor obsahuje list autorizovaných uživatelů, v souboru je uloženo jméno uživatele, jeho emailová adresa, telefonní číslo, přijatý kontrolní hash prvního propojení, propojovací kód zadaný prostřednictvím Arduina a koncový znak uživatelských dat. Z důvodu malé operační paměti jsou uschovávány pouze 3 nejnovější uživatelé.

- **Naměřená teplota, vlhkost vzduchu a atmosférický tlak**

Cesta: DATA\HUMID.txt, DATA\PRESS.txt, DATA\TEMP.txt

Každá měřená veličina je ukládána do samostatného souboru HUMID.txt pro vlhkost vzduchu, TEMP.txt pro teplotu a PRESS.txt pro atmosférický tlak. Každé měření je zaznamenáno na samostatný řádek ve formátu: YYYY/MM//DD,HH:MM:SS naměřená hodnota.

- **Fotografie**

Cesta: PHOTOS\NÁZEV.koncovka

Název fotografie je odvozený od data v formátu MMDDHHMM. Tento formát byl zvolen kvůli omezení použité knihovny SD, která omezuje název souboru na 8 znaků. Koncovka souboru je buď to raw nebo yuv, podle zvoleného nastavení při pořizování fotografie.

5.2 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace byla realizována na základě provedené analýzy a návrhu řešení zejména pomocí programovacího jazyku Kotlin. Výslednou podobu mobilní aplikace lze vidět na obrázcích v příloze C.1 a C.2.

5.2.1 Použité knihovny

Krom standardních knihoven pro Android, Javu a Kotlin je použita tato knihovna:

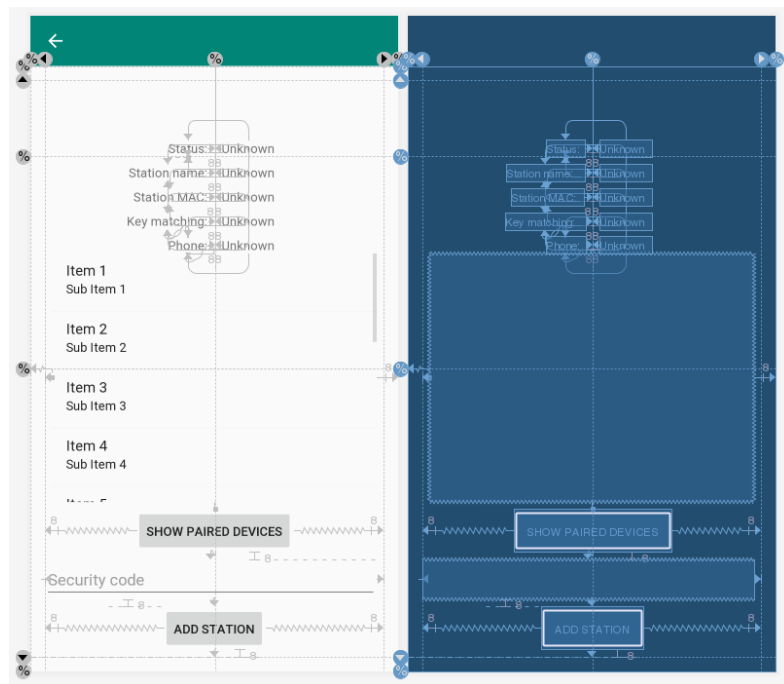
- **Android Bluetooth Client Library [69]**
Tato knihovna poskytuje metody pokrývající změnu stavu Bluetooth, hledání a párování s okolními zařízeními a také komunikaci s připojením zařízením.

5.2.2 Ukládání dat

Pro ukládání dat, konkrétně objekt uživatele a list propojených stanic jsou použity Shared Preferences. Shared Preferences jsou vhodné použít pro persistentní ukládání menšího množství dat, které nevyžadují strukturu. Požadovaná data jsou ukládána do XML souborů jako pár klíč-data, přičemž data musejí být reprezentována jedním z primitivních datových typů: boolean, float, int, long nebo string. Z tohoto důvodu jsou při ukládání objekt uživatele a list propojených stanic pomocí knihovny Gson převedeny do stringu a při načítání dat zas zpět. [70]

5.2.3 Rozvržení grafických prvků

Pro rozvržení grafických prvků, neboli takzvaných layoutů, je v této bakalářské práci použit Constraint Layout. Layouty umožňují snadnou tvorbu uživatelského rozhraní, zejména pomocí Drag & Drop metody, díky tomu se lze při velkém množství případů zcela vyhnout práci s XML kódem reprezentující navrhované uživatelské rozhraní. Constraint Layout je založený na principu omezení, které definuje vztah mezi dvěma grafickými prvky.



Obrázek 5.1: Ukázka rozvržení grafických prvků - přidání meteostanice

Testování

6.1 Testovací zařízení

Pro testování meteorologické stanice byl použit vyvíjený prototyp a pro testování mobilní aplikace byly použity tři různé mobilní telefony jejichž technické parametry lze vidět v tabulce 6.1. Testovací zařízení byla hlavně kvůli různým verzím operačních systémů, které se mohou v některých ohledech odlišovat. Dále vzhledem k nedostupnosti testovacího zařízení s velikostí obrazovky jiné než 5 palců byl použit emulátor s obrazovkou nastavenou na 5,99 palců a poměrem stran 2:1. Bohužel, toto testování bylo velice omezené díky chybějící možnosti propojení emulovaného zařízení pomocí Bluetooth s prototypem meteorologické stanice.

Tabulka 6.1: Parametry testovacích zařízení

	Honor 3C LTE	Redmi 4X	Pixel	Emulátor
Verze OS	5.1.1	8.1	9.0	7.1.1
Velikost obrazovky	5,0"	5,0"	5,0"	5,99"
Rozlišení obrazovky	1280 x 720	1280 x 720	1920 x 1080	2880 x 1440
Operační paměť	2 GB	2 GB	4 GB	1,5 GB

6.2 Testování během vývoje

Během vývoje softwaru meteorologické stanice a mobilní aplikace bylo prováděno pravidelné manuální testování. Zejména se jednalo o:

- Testování nově připojeného modulu pomocí ukázkových kódů. Toto testování zajistí, že modul je správně připojen a funkčnost jeho klíčových vlastností.
- Testování po implementaci nebo úpravě bloku kódu. Smyslem tohoto testování byl pro ujištění, že nově implementovaný kód funguje tak jak má.
- Testování po implementaci nové funkcionality.
- Regresní testování. Přetestování již implementovaných funkcí po přidání nebo úpravě nových funkcí.
- Dlouhodobé testování. Cílem tohoto testování je zajištění správného fungování meteorologické stanice během delšího časového úseku, během vývoje jsou chyby projevující se po delší době obtížně naležitelné z důvodu neustálého přehrávání kódu aplikace.

6.3 Validačního testování

Po dokončení vývoje prototypu meteorologické stanice a doprovodné mobilní aplikace bylo provedeno validační testování díky němuž byla ověřena funkčnost všech klíčových funkcionalit.

6.3.1 Testovací scénáře

Pro ověření hlavních funkcností byly vytvořeny tyto testovací scénáře:

Přidání uživatele

Předpoklady: čistá instalace mobilní aplikace

1. Spuštění mobilní aplikace
2. Kliknutí na „FAB“ tlačítko přidání uživatele
3. Ověření validace vyplněním kombinace validních a nevalidních údajů, a následné kliknutí na tlačítko ADD USER
4. Vyplnění validních údajů a následné kliknutí na tlačítko „ADD USER“, uživatel je úspěšně přidán

Přidání meteorologické stanice

Předpoklady: spuštěná meteostanice, přidáný uživatel, spárovaný mobilní telefon a meteorologická stanice pomocí Bluetooth

1. Spuštění mobilní aplikace
2. Kliknutí na „FAB“ tlačítko přidání meteorologické stanice
3. Kliknutí na „SHOW PAIRED DEVICES“
4. Kliknutí na zobrazenou meteorologickou stanici, status se změní na „Empty security code“
5. Vyplnění bezpečnostního kódu kódem 1234
6. Kliknutí na zobrazenou meteorologickou stanici, začne proces propojování
7. Na meteorologické stanici zadat kód 123456 a zmáčknout zelené tlačítko tlačítko, status se změní na „Hash doesnt match“
8. V mobilní aplikaci vyplnit bezpečnostní kód 1234567890 a kliknout na zobrazenou meteorologickou stanici
9. Na meteorologické stanici zadat kód 1234567890 a zmáčknout zelené tlačítko tlačítko.
10. V mobilní aplikaci vyčkat než se změní status na „Station is ready“
11. Kliknutí na tlačítko „ADD STATION“
12. Vyjmutí micro SD karty z meteorologické stanice a následné zkontrolování uložení údajů nového uživatele

Ovládání pomoci Bluetooth

Předpoklady: spuštěná meteostanice, přidaná meteostanice

1. Otevření obrazovky „Bluetooth control“
2. Kliknutí na tlačítko „Connect“, vyčkání na zprávu UerIdResult:OK
3. Zvolení příkazu spolu s příslušným parametrem a následné poslání pomocí tlačítka „SEND“
4. Vyčkání na odpověď poslaného příkazu
5. Opakovat krok 3 a 4 pro všechny příkazy

Ovládání pomoci SMS zprávy

Předpoklady: spuštěná meteostanice, přidaná meteostanice

1. Otevření obrazovky „SMS control“
2. Zvolení příkazu spolu s příslušným parametrem a následné poslání pomocí tlačítka „SEND“, potvrzovacím dialogu klikneme na možnost „NO“
3. Zvolení příkazu spolu s příslušným parametrem a následné poslání pomocí tlačítka „SEND“, potvrzovacím dialogu klikneme na možnost „YES“
4. Krok 3 opakovat až 10
5. Vyčkání na příslušné odpovědi z meteorologické stanice. Stanice kontroluje příchozí SMS zprávy podle předem nastaveného intervalu
6. Provést kroky 3+, než jsou ověřeny funkčnosti všech požadovaných příkazů

6.4 Výsledky testování

Během testování byly ověřeny funkčnosti všech modulů, meteorologické stanice a mobilní aplikace.

6.4.1 Jednotlivé moduly

- **Obrazovka**
Obrazovka je plně funkční, jen její miniaturní obrazovka o velikosti 0,96" je schopna zobrazit minimální množství informací, ale vzhledem k propojení s mobilní aplikací je plně dostačující.
- **Tlačítka**
Modul co obsahuje 5 tlačítek tak je schopný přerušovat pomocí všech tlačítek, modul s 12 tlačítky je schopný přerušování pomocí 10 tlačítek. Kombinace těchto dvou modulů zcela pokrývá potřeby zadání číselného kódu spolu s možností potvrzení či zrušení.
- **Teploměr, vlhkoměr a barometr**
Oba moduly jsou plně funkční. Naměřené hodnoty byly porovnány s naměřenými hodnotami jiné domácí meteorologické stanice, rozdíl těchto hodnot se pohyboval v rozumném rozmezí.
- **Hodiny**
Tento modul je plně dostačující pro udržování přesného času i pro pravidelné pouštění časovače.

- **Bluetooth**

Funkčnost tohoto modulu byla ověřena pomocí připojení a následné komunikace s doprovodnou mobilní aplikací. Během komunikace může dojít k deformaci posílané zprávy způsobené přetečením limitu sériové linky způsobené nezpracováním již poslaného příkazu.

- **GSM/GPRS**

Tento modul je plně funkční, byla ověřena schopnost posílání, přijímání SMS zpráv a aktualizace času pomocí informací od operátora. Během testování byla zjištěna následující omezení: Tělo emailové zprávy může obsahovat maximálně 4096 znaků, pro více znaků modul hlásí ERROR, velikost přílohy je aktuálně omezena na 8 KB z důvodu pomalé rychlosti přenosu dat, během posílání emailu může dojít k chybě z důvodu ztráty konektivity, tato chyba je redukována 5 pokusy o posílání emailové zprávy.

- **Čtečka micro SD karty**

Čtení a ukládání dat z micro SD karty funguje spolehlivě. Během testování bylo zjištěno omezení možné délky názvu souboru na 8 znaků a dále byl zjištěn problém s pomalou rychlostí přenosu dat. Tyto problémy by měly být řešitelné použitím komplexnější knihovny dostupné pro tento modul.

- **Fotoaparát**

Foťák je schopen zaznamenávat fotografie v formátu raw a yuv, tyto formáty nejsou uživatelsky přívětivé a je nutné fotografie dále převést do přívětivějšího formátu, např. jpg. Arduino však není schopné tento převod zajistit z převážně z důvodu malé paměti. Dále, modul poskytuje pouze manuální ostření, které je bez zobrazení realtime obrazu časově náročné správně zaostřit. Dále v současné implementaci bylo zjištěno prohození červeného a modrého kanálu. Vzhledem k těmto problémům nedoporučuji použití modulu OV7670 pro pořizování fotografií pomocí platformy Arduino.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo prozkoumat existující řešení, provést analýzu, navrhnout, vytvořit a řádně otestovat prototyp meteorologické stanice spolu s doprovodnou mobilní aplikací. Meteorologická stanice by měla být založena na řídicí platformě Arduino využívající procesor ATmega2560, měla by umožňovat měření teploty, vlhkosti vzduch a atmosférického tlaku, dále by měla být schopna tyto naměřené hodnoty posílat pomocí SMS, emailu nebo Bluetooth. Doprovodná mobilní aplikace pro platformu Android by měla s meteorologickou stanicí umožnit bezpečné ověření a následnou komunikaci pomocí Bluetooth sloužící pro její konfiguraci a ovládání.

Všechny cíle této bakalářské práce byly naplněny. Před začátkem návrhu byla provedena rešerše stávajících konkurenčních řešení. Poté byla provedena analýza, při které byla především dbána pozornost na vhodný výběr modulů, aby se předešlo nechtěným komplikacím během následujícího vývoje. Dále byl proveden návrh řešení, podle něhož probíhala následná implementace. Při implementaci meteorologické stanice byl kladen důraz aby hlavní funkčnost každého modulu byla pokryta odpovídající knihovnou a při implementaci mobilní aplikace byl zas kladen důraz na její funkčnost a uživatelskou přívětivost. V závěrečné části této práce bylo provedeno manuální testování pokrývající jak prototyp meteorologické stanice tak i doprovodnou mobilní aplikaci.

Výsledkem této bakalářské práce jsou funkční prototypy meteorologické stanice a mobilní aplikace, obě tyto části jsou připraveny pro další rozvoj.

Literatura

- [1] Domáci bezdrátová meteostanice AOK-5018B. *EMOS* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: https://img1.emos.eu/files/product/attachment/2606126000_01-E5018.jpg
- [2] TFA 35.1129.01. *Heureka* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://im9.cz/iR/importprodukt-orig/2c5/2c5b4c7d563872b4e1ed757ff64095d1.jpg>
- [3] Sencor SWS 9700. *SENCOR* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://www.sencor.cz/Sencor/files/fc/fc0a5e7d-e3c4-4a84-aa42-345b459b4551.png>
- [4] E5018 - AOK-5018B. *EMOS* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: https://img1.emos.eu/files/product/attachment/2606126000_31-E5018.pdf
- [5] Bezdrátová meteostanice SPRING. *Chytry-obchod.cz* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: https://www.chytry-obchod.cz/fotky31121/fotov/_ps_275bezdratova-meteostanice-TFA-Spring-35-1129-01-navod-k-pouziti.pdf
- [6] SWS 9700. *SENCOR* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://www.sencor.eu/professional-weather-station/sws-9700>
- [7] Emos AOK-5018B. *Mall.cz* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/meteostanice/emos-aok-5018b>
- [8] TFA 35.1129.01. *Mall.cz* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/meteostanice/tfa-35112901>
- [9] Sencor SWS 9700. *Mall.cz* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/meteostanice/sencor-sws-9700>

- [10] ZELENKA, Michal. METEOSTANICE OVLÁDANÁ ARDUINEM. *Arduino.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://arduino.cz/meteostanice-ovladana-arduinem/>
- [11] ZELENKA, Michal. Finální verze meteostanice. *Arduino.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://1588504457.rsc.cdn77.org/wp-content/uploads/arduino-meteostanice2-900x6751.jpg>
- [12] KUBÁT, Jan. Univerzální vývojová deska s Arduinem [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/76837>. Bakalářská práce. Fakulta informačních technologií ČVUT. Vedoucí práce Pavel Kubalík.
- [13] About Us. *Best on internet* [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>
- [14] PANDYA, Mandip. Best Arduino Boards of 2017 – 2018. *Best on internet* [online]. 2017 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.bestoninternet.com/compute/electronics/arduino-board/>
- [15] Compare board specs. *Arduino* [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/products/compare>
- [16] Smartphone Market Share. *IDC* [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>
- [17] ARDUINO MEGA 2560 REV3. *Arduino* [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/mega-2560-r3>
- [18] MLEJNEK, Jiří. Presentace SI1 - Analýza a sběr požadavků. *FIT ČVUT COURSE* [online]. 2017, 2017 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://courses.fit.cvut.cz/BI-SI1/@B171/media/lectures/03/03.prednaska.pdf>
- [19] Arduino Time Clock Accuracy. *Stack Exchange* [online]. 2014 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://arduino.stackexchange.com/questions/242/arduino-time-clock-accuracy>
- [20] TZT White Blue color 128X64 OLED LCD LED Display Module For Arduino 0.96 I2C IIC Serial new original with Case. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/Free-Shipping-White-Blue-Whiteand-Blue-color-0-96-inch-128X64-OLED-Display-Module-For-arduino/32713614136.html>
- [21] 1pcs 4pin 0.96"White/Blue/Yellow blue 0.96 inch OLED 128X64 OLED Display Module 0.96" IIC I2C Communicate for arduino. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/32643950109.html>

-
- [22] Digital-output relative humidity and temperature sensor/module DHT22. *SparkFun Electronics* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [23] BMP180 Barometric Pressure/Temperature/Altitude Sensor-5V ready. *Adafruit* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://www.adafruit.com/product/1603>
- [24] DS3231 - Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal. *Maxim Integrated* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>
- [25] High Precision AM2302 DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor Module For arduino Uno R3. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/High-Precision-AM2302-DHT22-Digital-Temperature-Humidity-Sensor-Module-For-arduino-Uno-R3/32759158558.html>
- [26] Senzor teploty a vlhkosti vzduchu DHT-22. *SANTY.cz* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: http://www.santy.cz/data/product/329_1668.jpg
- [27] ROBOTDYN 4 KANÁLY OBOUSMĚRNÝ PŘEVODNÍK LOGICKÝCH ÚROVNÍ 5V A 3.3V. *Laskarduino* [online]. [cit. 2018-11-25]. <https://laskarduino.cz/prenos-dat-dratovy/230016-4-kanaly-obousmerny-prevodnik-logicky-urovni-5v-a-33v-robotdyn.html>
- [28] GY-68 BMP180 GY68 Replace BMP085 Digital Barometric Pressure Sensor Board Module For Arduino I2C IIC Interface 1.8V 3.6V 3.5MHZ. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/BMP180-Replace-BMP085-Digital-Barometric-Pressure-Sensor-Board-Module-for-Ar-NE/1859043509.html>
- [29] BMP180 Digital Barometric Sensor Module. *SpeedyTech* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <http://bdspeedytech.com/image/cache/catalog/BMP180-750x750.png>
- [30] 1PCS DS3231 AT24C32 IIC Precision RTC Real Time Clock Memory Module For Arduino new original. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/1PCS-DS3231-AT24C32-IIC-Precision-RTC-Real-Time-Clock-Memory-Module-For-Arduino-new-original/32830730519.html>
- [31] RTC Hodiny reálného času DS3231 AT24C32 IIC paměťový modul pro Arduino. *Arduino-shop* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/photos/produkty/f/1/1261.jpg?m=1502871291>

- [32] Bluetooth Modul HC-05. *Arduino-shop* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/docs/produkty/0/34/1427822941.pdf>
- [33] Bluetooth Modul HC-05HC05 HC-05 Master-Slave 6pin JY-MCU Anti-Reverse, Integrated Bluetooth Serial Pass-Through Module, Wireless Serial. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/HC05-HC-05-master-slave-6pin-JY-MCU-anti-reverse-integrated-Bluetooth-serial-pass-through-module/32237205237.html>
- [34] Arduino Bluetooth modul HC-05. *Arduino-shop* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/photos/produkty/f/1/1005.jpg>
- [35] SIM800L V2.0 5V Wireless GSM GPRS MODULE Quad-Band W/ Antenna Cable Cap. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/SIM800L-V2-0-5V-Wireless-GSM-GPRS-MODULE-Quad-Band-W-Antenna-Cable-Cap/32877115526.html>
- [36] MINIATURNÍ SIM800L V2.0 5V GPRS GSM MODULE, MICROSIM. *Laskarduino* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: https://laskarduino.cz/5126-large_default/miniaturni-sim800l-v20-5v-gprs-gsm-module-microsim.jpg
- [37] SIM800L Hardware Design V1.00. *Google Drive* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://drive.google.com/file/d/0B4B30jzMyzG8SGhnQ1ZhVV9SZEE/view>
- [38] MB102 Breadboard Power Supply Module 3.3V 5V For Arduino Solderless Breadboard. *SOUQ* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://uae.souq.com/ae-en/mb102-breadboard-power-supply-module-3-3v-5v-for-arduino-solderless-breadboard-8383869/i/>
- [39] MICROSD CARD MODUL SPIMicro SD TF Card Memory Shield Module SPI Micro SD Storage Expansion Board for arduino Diy Kit. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/Micro-SD-TF-Card-Memory-Shield-Module-SPI-Micro-SD-Storage-Expansion-Board-for-arduino-Diy/32877331401.html>
- [40] MICROSD CARD MODUL SPI. *Laskarduino* [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://laskarduino.cz/prenos-dat-dratovy/161000-microsd-card-modul-spi.html>

-
- [41] AD Keyboard Simulate Five Key Module Analog Button for Arduino Sensor Expansion Board. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/AD-Keyboard-Simulate-Five-Key-Module-Analog-Button-for-Arduino-Sensor-Expansion-Board/32899883123.html>
- [42] Button Keypad 3x4 module. One analog out. Compatible for Arduino, Raspberry, STM. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/Button-Keypad-3x4-module/32530917534.html>
- [43] OV7670/OV7171 CMOS VGA (640x480) CAMERACHIP with OmniPixel Technology. *Van Ooijen Technische Informatica* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://www.voti.nl/docs/OV7670.pdf>
- [44]
- [45] 1PCS ov7670 camera take LDO, with source crystal vibration module (with AL422 FIFO) good. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/1PCS-ov7670-camera-take-LDO-with-source-crystal-vibration-module-with-AL422-FIFO-good/32828742883.html>
- [46] Ov7670 camera module with AL422 FIFO with LDO with source crystal board (C4B4). *AliExpress* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1wM0eMFXXXaSXFXq6xXFXxo/640x480-VGA-CMOS-Camera-Module-OV7670-FIFO.jpg>
- [47] MEGA 2560 R3 ATmega2560 R3 AVR USB board + Free USB Cable for arduino 2560 MEGA2560 R3, We are the manufacturer. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-MEGA-2560-R3-ATmega2560-R3-AVR-USB-board-Free-USB-Cable-for-Arduino-2560/32561798310.html>
- [48] Breadboard 830 Point Solderless PCB Bread Board MB-102 MB102 Test Develop DIY for arduino. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/Breadboard-830-Point-Solderless-PCB-Bread-Board-MB-102-MB102-Test-Develop-DIY/32671276515.html>
- [49] MB102 Breadboard Power Supply Module 3.3V 5V For Arduino Solderless Bread Board Voltage Regulator DIY. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/MB102-Breadboard-Power-Supply-Module-3-3V-5V-For-Arduino-Solderless-Breadboard/2038557602.html>

- [50] Dupont line 120pcs 20cm male to male + male to female and female to female jumper wire Dupont cable for Arduino. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-Dupont-line-120pcs-20cm-male-to-male-male-to-female-and-female-to-female/32501238474.html>
- [51] AC 100V-240V Converter Adapter DC 9V1A Power Supply EU/US/AU Plug 5.5mm x 2.5mm Power Adapter Wall Charger Adapter for Arduino. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/5PCS-Experimental-9V-Battery-Snap-Power-Cable-to-DC-9V-Clip-Male-Line-Battery-Adapter-For/32672381838.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.27424c4dFCaLofhttps://www.aliexpress.com/item/AC-100V-240V-Converter-Adapter-DC-9V1A-Power-Supply-EU-US-AU-Plug-5-5mm-x/32901601241.html>
- [52] 5PCS Experimental 9V Battery Snap Power Cable to DC 9V Clip Male Line Battery Adapter For Arduino Uno R3 DIY Jack Connector. *AliExpress* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/5PCS-Experimental-9V-Battery-Snap-Power-Cable-to-DC-9V-Clip-Male-Line-Battery-Adapter-For/32672381838.html>
- [53] 5PCS aluminum electrolytic capacitor 6.3V 1000UF 10V 1500UF 16V 2200UF 25V 3300UF 35V 50V 400V 4700UF 680UF 35V 1UF 2.2UF 3.3UF. *AliExpress* [online]. [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/5PCS-aluminum-electrolytic-capacitor-6-3V-1000UF-10V-1500UF-16V-2200UF-25V-3300UF-35V-50V-400V/32889717918.html>
- [54] CALLAHAM, John. The history of Android OS: its name, origin and more. *Android Authority* [online]. 2018 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.androidauthority.com/history-android-os-name-789433/>
- [55] Google Inc. Support different platform versions. *Android Developer* [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/training/basics/supporting-devices/platforms.html>
- [56] Google Inc. Distribution dashboard. *Android Developer* [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/about/dashboards/>
- [57] PORTMAN, Jane. The core principles of UI design. *Inside-Design by InVision* [online]. 2016 [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://www.invisionapp.com/inside-design/core-principles-of-ui-design/>

-
- [58] MENON, Ramkumar. Base64 Explained. *ORACLE* [online]. 2008 [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://blogs.oracle.com/rammenon/base64-explained>
- [59] CHIN, Robert. Beginning Arduino ov7670 Camera Development. Spojené státy americké: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. ISBN 9781512357981.
- [60] LÓRENCZ, Róbert. Hašovací funkce, MD5, SHA-x, HMAC [online]. 2013 [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <https://courses.fit.cvut.cz/BI-BEZ/media/bez-5.pdf>. Fakulta informačních technologií ČVUT.
- [61] Rinky-Dink Electronics. *OLED_I2C*. Verze 2.10. [software]. [přístup 2018-12-02]. Dostupné z: <http://www.rinkydinkelectronics.com/library.php?id=79>
- [62] SCHWAGER, Miker. *PinChangeInt*. Verze 2.40. [software]. [přístup 2018-12-02]. Dostupné z: <https://github.com/GreyGnome/PinChangeInt>
- [63] TILLAART, Rob. *DHTlib*. Verze 0.1.26. [software]. [přístup 2018-12-02]. Dostupné z: <https://github.com/RobTillaart/Arduino/tree/master/libraries/DHTlib>
- [64] DICOLA, Tony. *Adafruit-BMP085-Library*. Verze 1.0.0. [software]. [přístup 2018-12-02]. Dostupné z: <https://github.com/adafruit/Adafruit-BMP085-Library>
- [65] JARZEBSKI, Korneliusz. *Arduino-DS3231*. Verze ea18fe4. [software]. [přístup 2018-12-02]. Dostupné z: <https://github.com/jarzebski/Arduino-DS3231>
- [66] SparkFun Electronics. *SD Library for Arduino*. Verze 1.2.3. [software]. [přístup 2018-12-02]. Dostupné z: <https://github.com/arduino-libraries/SD>
- [67] RUDD, Adam. *arduino-base64*. Verze 9995957. [software]. [přístup 2019-08-04]. Dostupné z: <https://github.com/adamvr/arduino-base64>
- [68] KNÜTTEL, Daniel. *Cryptosuite2*. Verze 91cd607. [software]. [přístup 2019-08-04]. Dostupné z: <https://github.com/daknuett/cryptosuite2>
- [69] AFLAK, Omar. *Android Bluetooth Client Library*. Verze 1.3.5. [software]. [přístup 2018-12-02]. Dostupné z: <https://github.com/OmarAflak/Bluetooth-Library>
- [70] Google Inc. Data and file storage overview. *Android Developer* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://developer.android.com/guide/topics/data/data-storage.html#pref>

Seznam použitých zkratek

SMS Short message service

GSM Global System for Mobile communications

GPRS General Packet Radio Service

LED Light-Emitting Diode

CPU Central processing unit

IO Input/Output

PWM Pulse Width Modulation

EEPROM Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

SRAM Static Random-Access Memory

USB Universal Serial Bus

UART Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

SD Secure Digital

SDHC Secure Digital High Capacity

FAB Floating Action Button

SHA Secure Hash Algorithm

APN Access Point Name

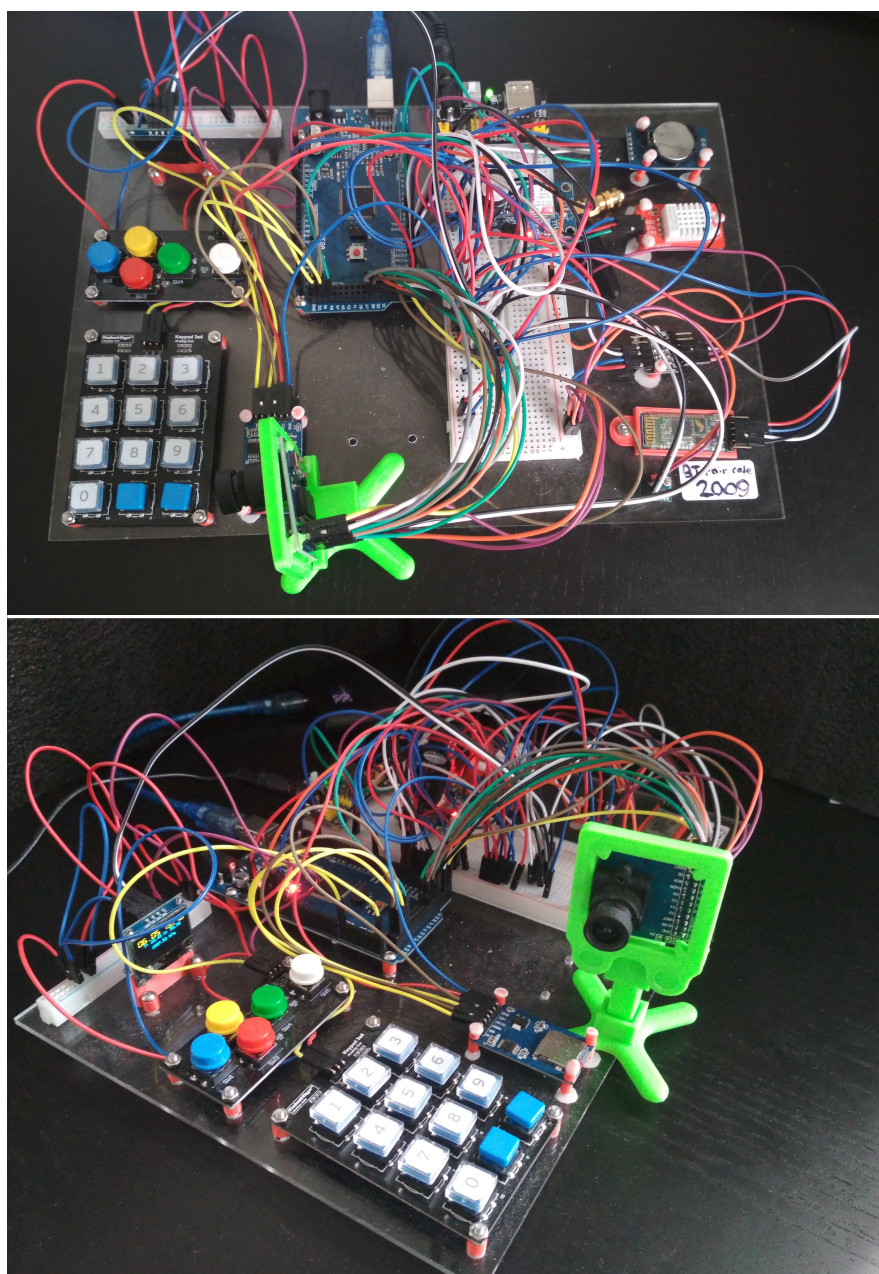
SSL Secure Sockets Layer

SMTP Simple Mail Transfer Protocol

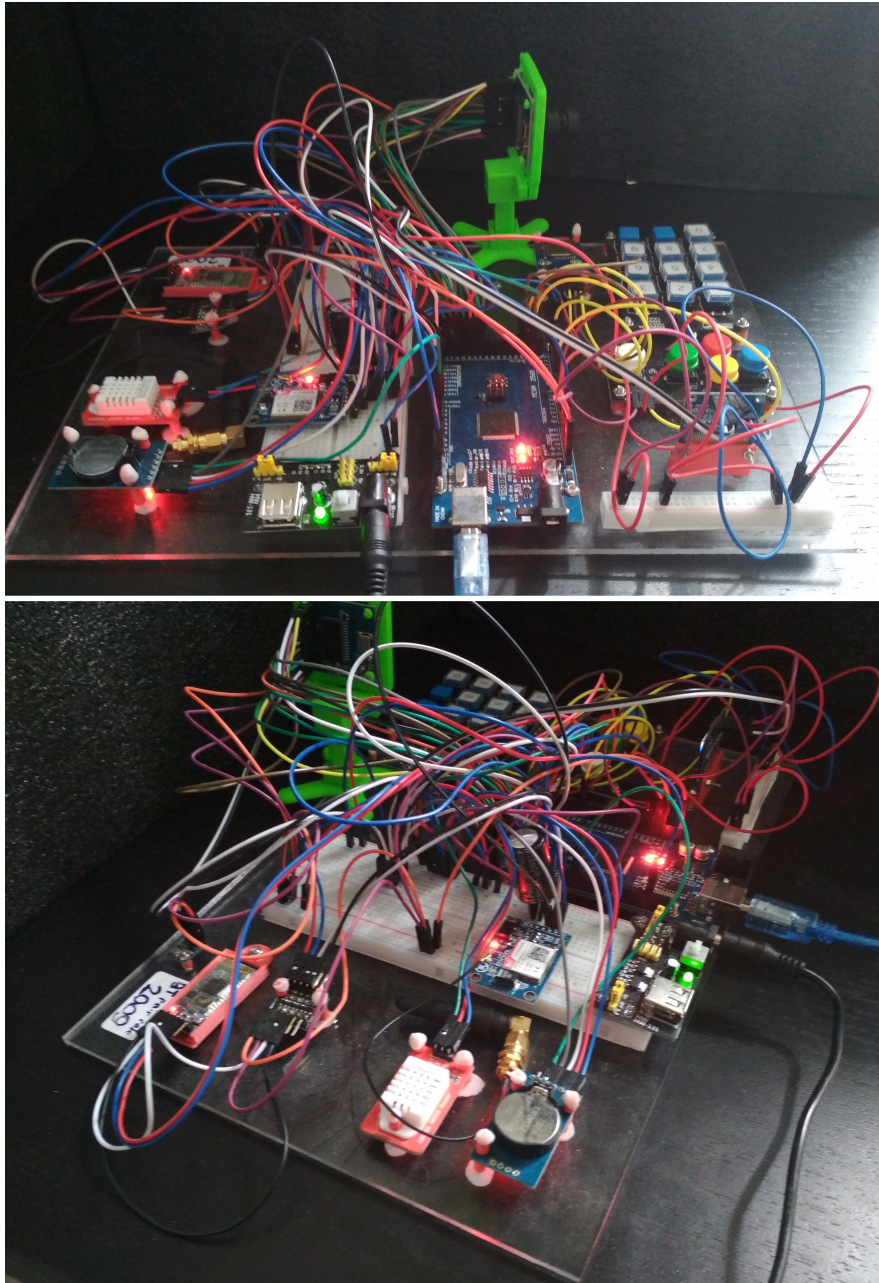
SIM Subscriber Identity Module

**Ukázka výsledného prototypu
meteorologické stanice**

B. UKÁZKA VÝSLEDNÉHO PROTOTYPU METEOROLOGICKÉ STANICE



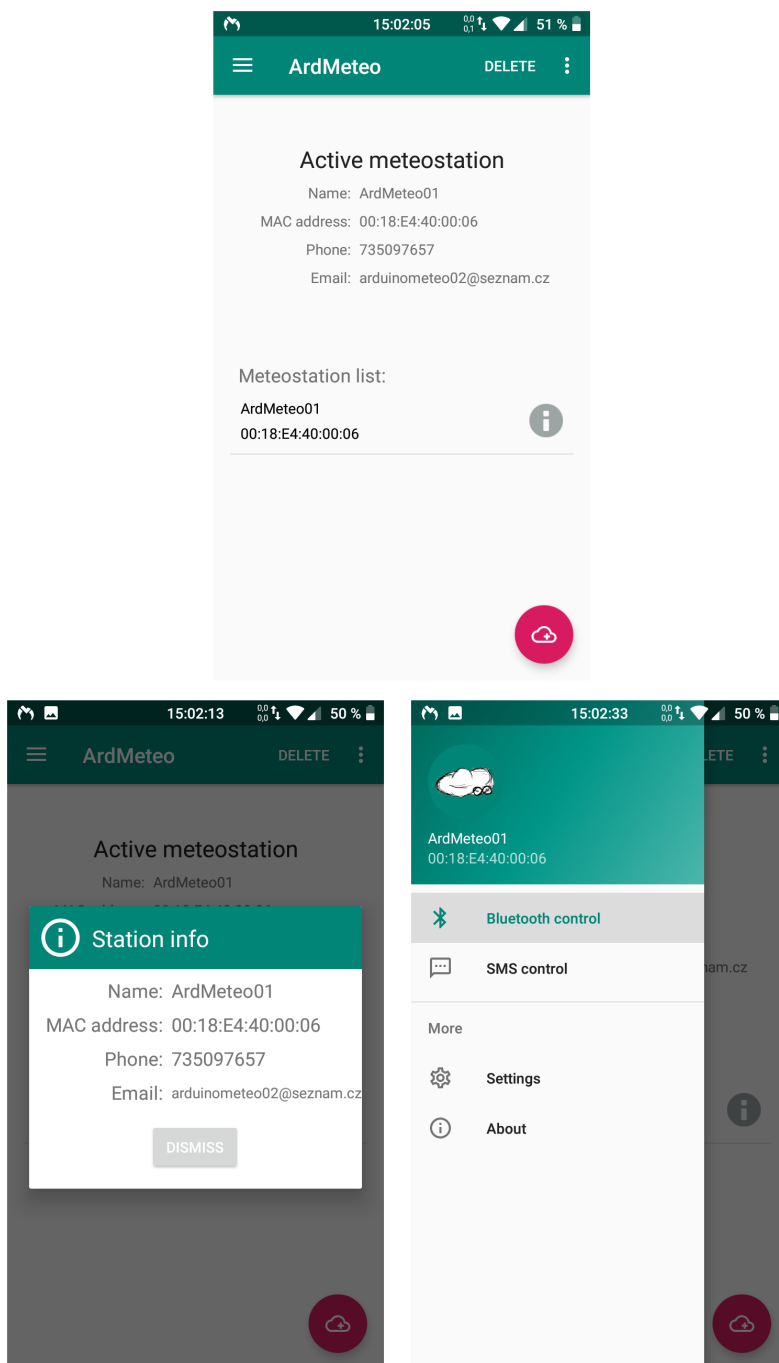
Obrázek B.1: První část ukázky výsledného prototypu meteorologické stanice



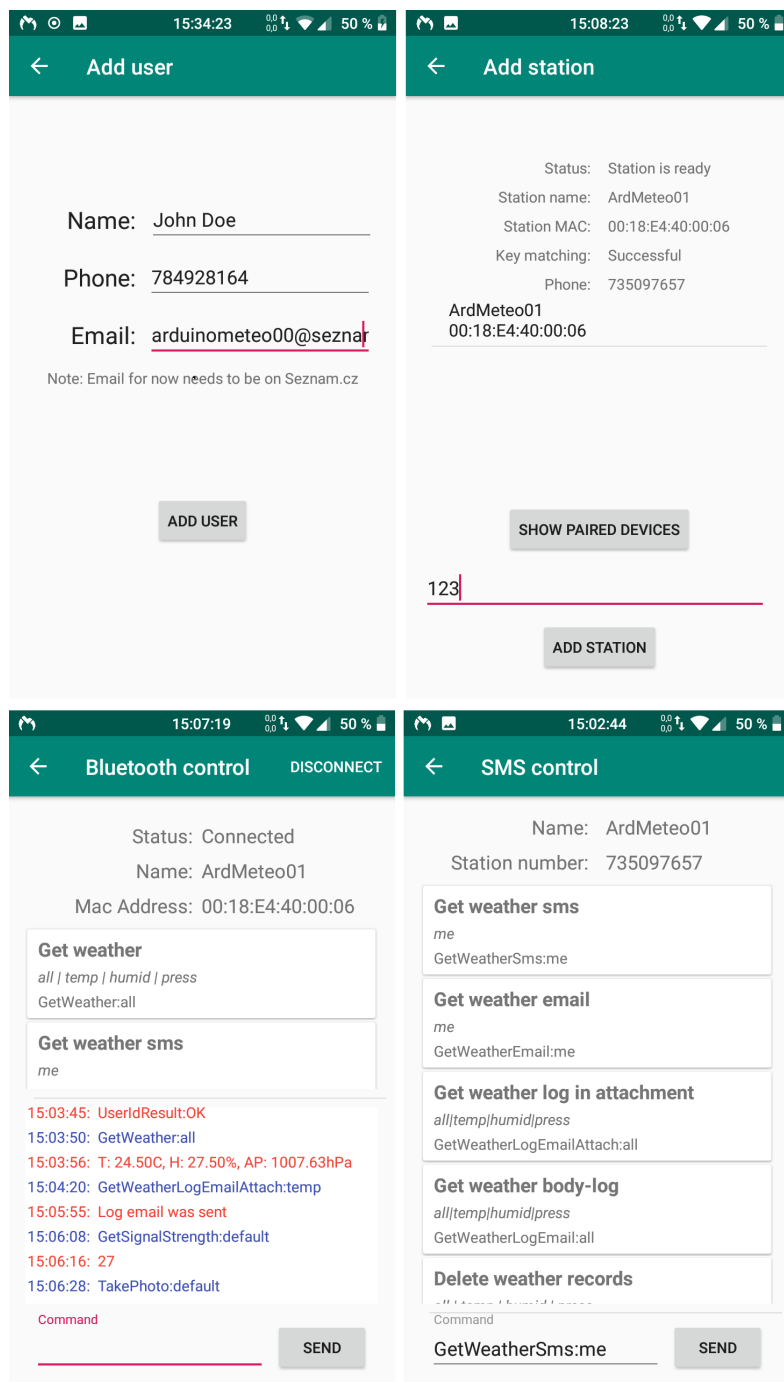
Obrázek B.2: Druhá část ukázky výsledného prototypu meteorologické stanice

Ukázka výsledné mobilní aplikace

C. UKÁZKA VÝSLEDNÉ MOBILNÍ APLIKACE



Obrázek C.1: První část ukázky výsledné mobilní aplikace



Obrázek C.2: Druhá část ukázky výsledné mobilní aplikace

Srovnání Arduino, Genuino desek

Tabulka D.1: Srovnání Arduino, Genuino desek [15]

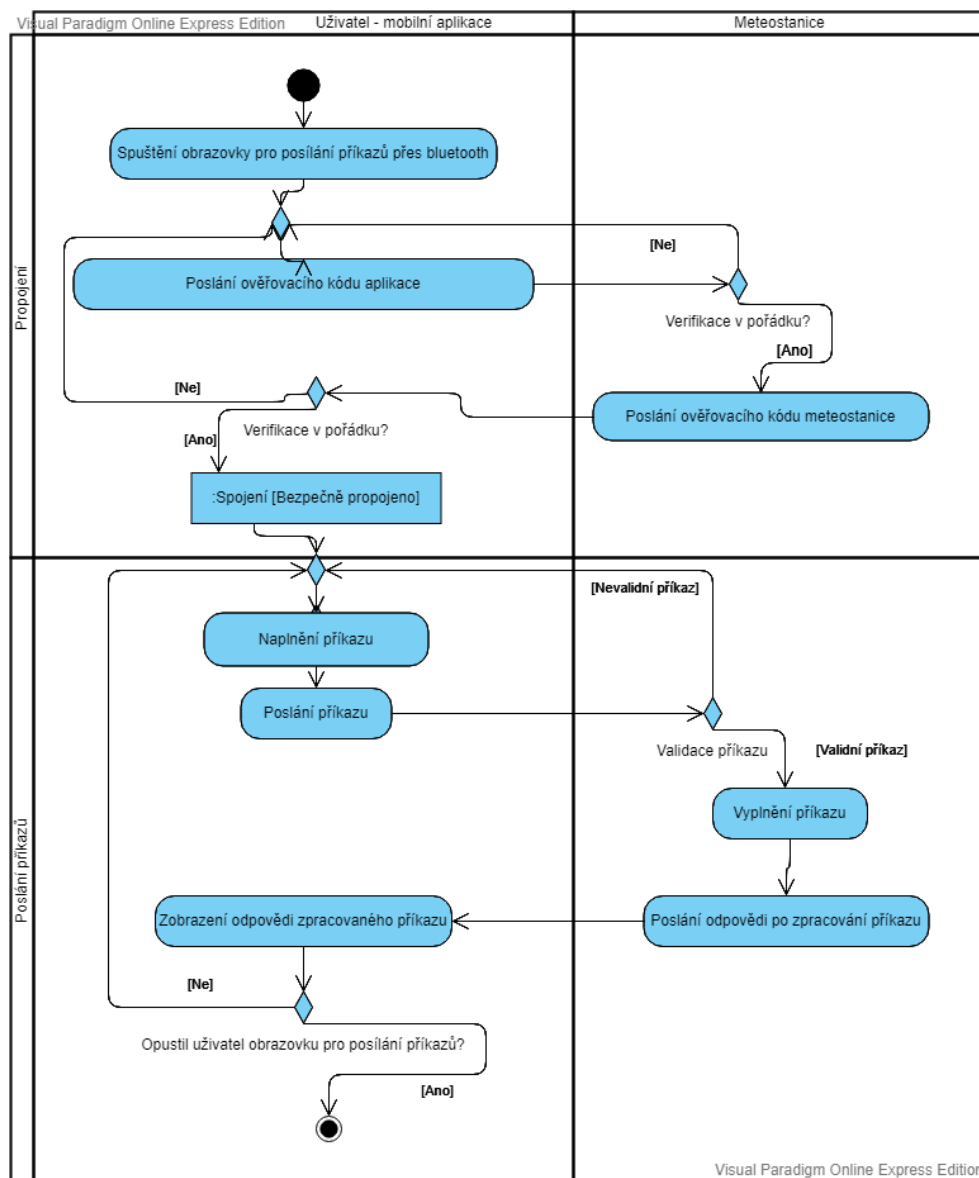
Název	Procesor	Provozní/ Vstupní napětí	Rychlost CPU	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
101	Intel® Curie	3.3V/ 7-12V	32 MHz	6/0	14/4	-	24	196	Regular	-
Gemma	ATtiny85	3.3V/ 4-16V	8 MHz	1/0	3/2	0.5	0.5	8	Micro	0
LilyPad	ATmega168V ATmega328P	2.7-5.5V/ 2.7-5.5V	8 MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	-
LilyPad SimpleSnap	ATmega328P	2.7-5.5V/ 2.7-5.5V	8 MHz	4/0	9/4	1	2	32	-	-
LilyPad USB	ATmega32U4	3.3V/ 3.8- 5V	8 MHz	4/0	9/4	1	2.5	32	Micro	-
Mega 2560	ATmega2560	5V/ 7-12V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Micro	ATmega32U4	5V/ 7-12V	16 MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
MKR1000	SAMD21 Cortex-M0+	3.3V/ 5V	48 MHz	7/1	8/4	-	32	256	Micro	1
Pro	ATmega168 ATmega328P	3.3V/ 3.35- 12V 5V/ 5- 12V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32	-	1
Pro Mini	ATmega328P	3.3V/ 3.35- 12V 5V/ 5- 12V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	-	1

Tabulka D.1: Srovnání Arduino, Genuino desek [15]

Název	Procesor	Provozní/ Vstupní napětí	Rychlost CPU	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
Uno	ATmega328P	5V/ 7–12V	16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	Regular	1
Zero	ATSAMD21G18	3.3V/ 7–12V	48 MHz	6/1	14/10	-	32	256	2 Micro	2
Due	ATSAM3X8E	3.3V/ 7–12V	84 MHz	12/2	54/12	-	96	512	2 Micro	4
Esplora	ATmega32U4	5V/ 7–12V	16 MHz	-	-	1	2.5	32	Micro	-
Ethernet	ATmega328P	5V/ 7–12V	16 MHz	6/0	14/4	1	2	32	Regular	-
Leonardo	ATmega32U4	5V/ 7–12V	16 MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
Mega ADK	ATmega2560	5V/ 7–12V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Mini	ATmega328P	5V/ 7–9V	16 MHz	8/0	14/6	1	2	32	-	-
Nano	ATmega168 ATmega328P	5V/ 7–9V	16 MHz	8/0	14/6	0.512 1	12	1632	Mini	1
Yún	ATmega32U4 AR9331 Linux	5V	16 MHz 400 MHz	12/0	20/7	1	2.5 16 MB	32 64 MB	Micro	1
MKRZero	SAMD21Cortex- M0 + 32bit low powerARM MCU	3.3 V	48 MHz	7/1	22/12	No	32 KB	256 KB	1	1

Diagram aktivit

E. DIAGRAM AKTIVIT



Obrázek E.1: Diagram aktivit - Posílání příkazů přes Bluetooth

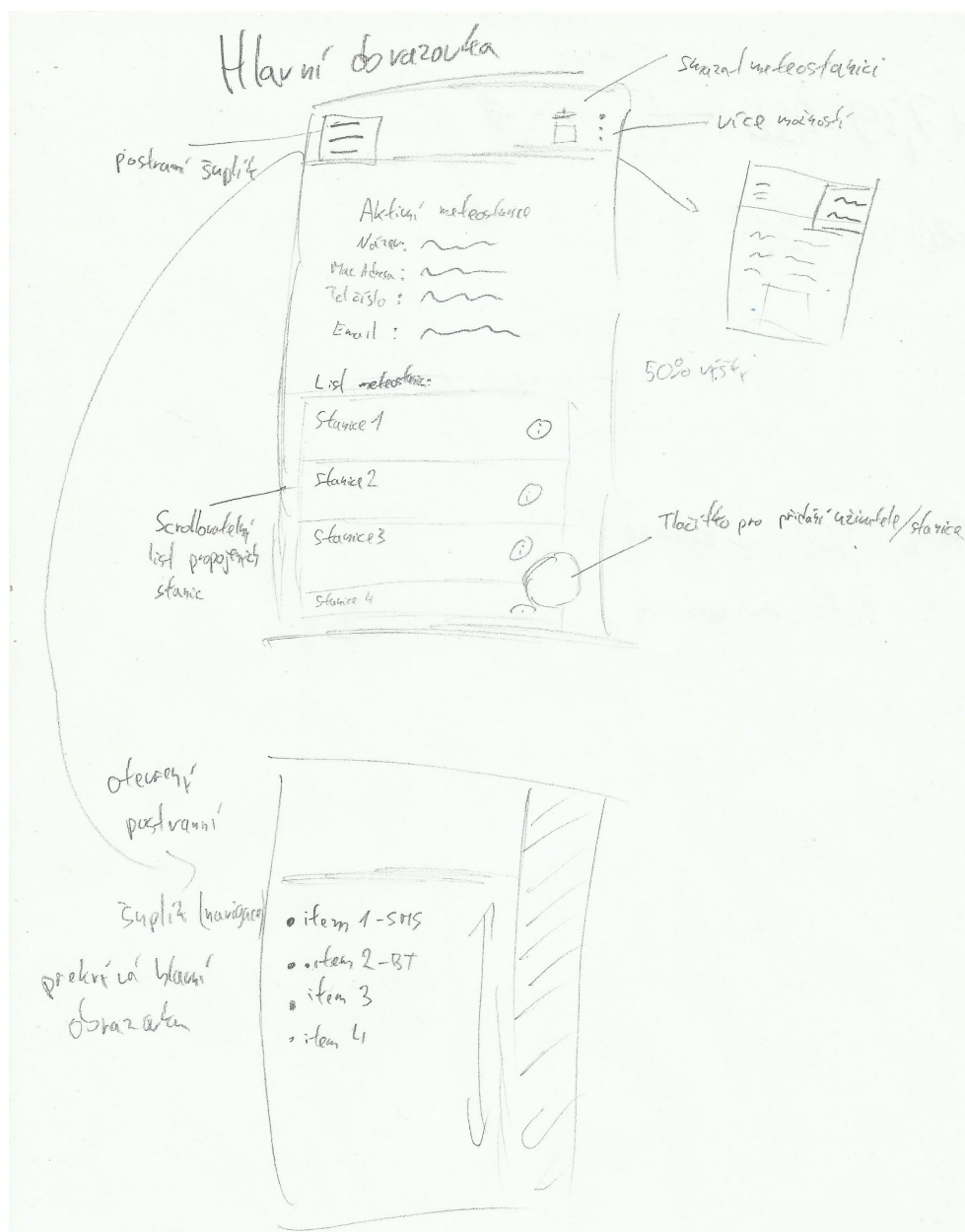
Pokrytí případů užití

Tabulka F.1: Pokrytí funkčních požadavku mobilní aplikace [15]

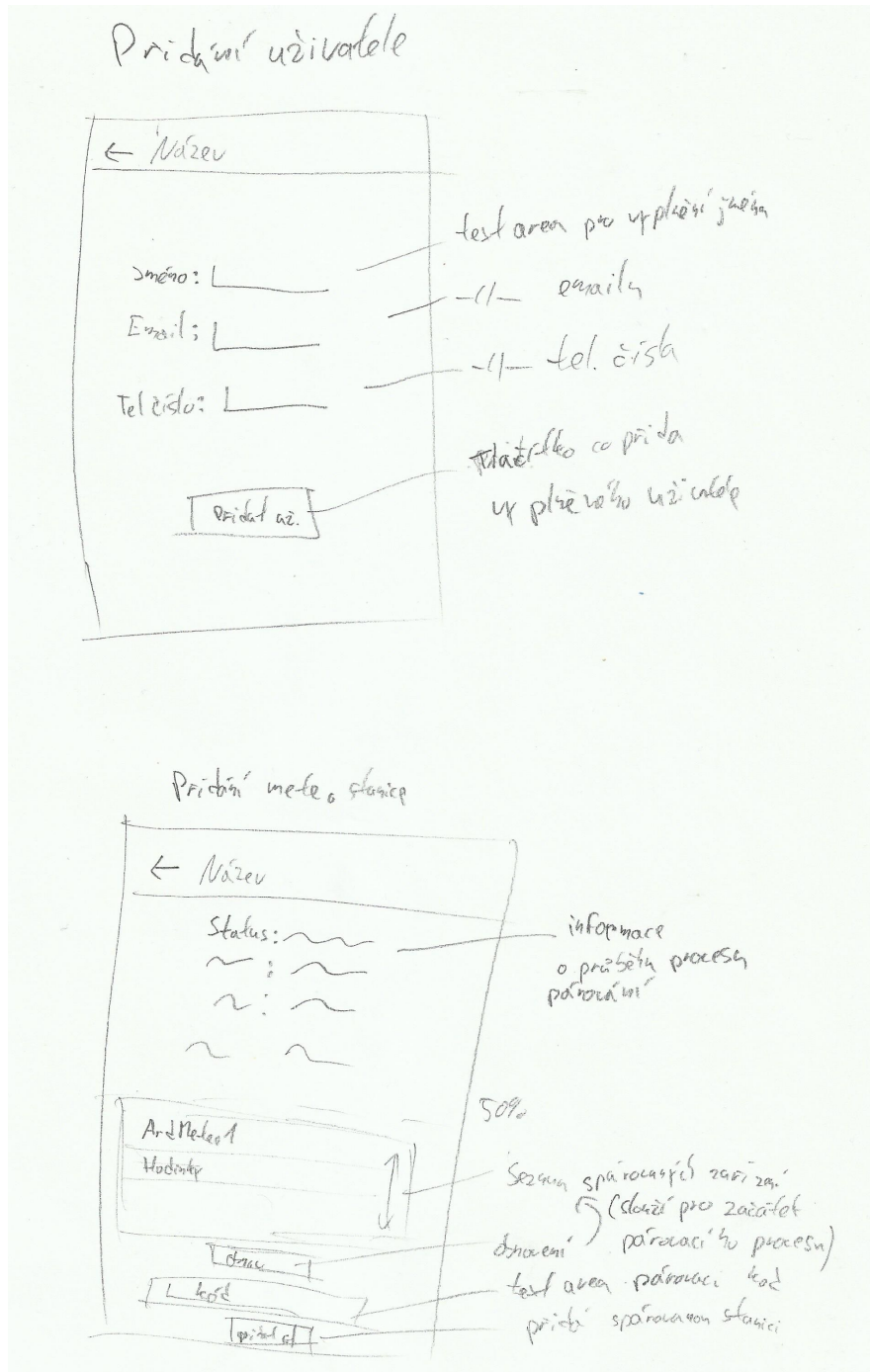
	FP1b	FP2b	FP3b	FP4b	FP5b	FP6b	FP7b	FP8b
PU1	x							
PU2		x						
PU3			x					
PU4			x					
PU5			x	x	x			
PU6			x					
PU7					x			
PU8			x			x		
PU9			x				x	x
PU10						x		x
PU11							x	

Návrh grafického rozhraní mobilní aplikace

G. NÁVRH GRAFICKÉHO ROZHRAŇÍ MOBILNÍ APLIKACE

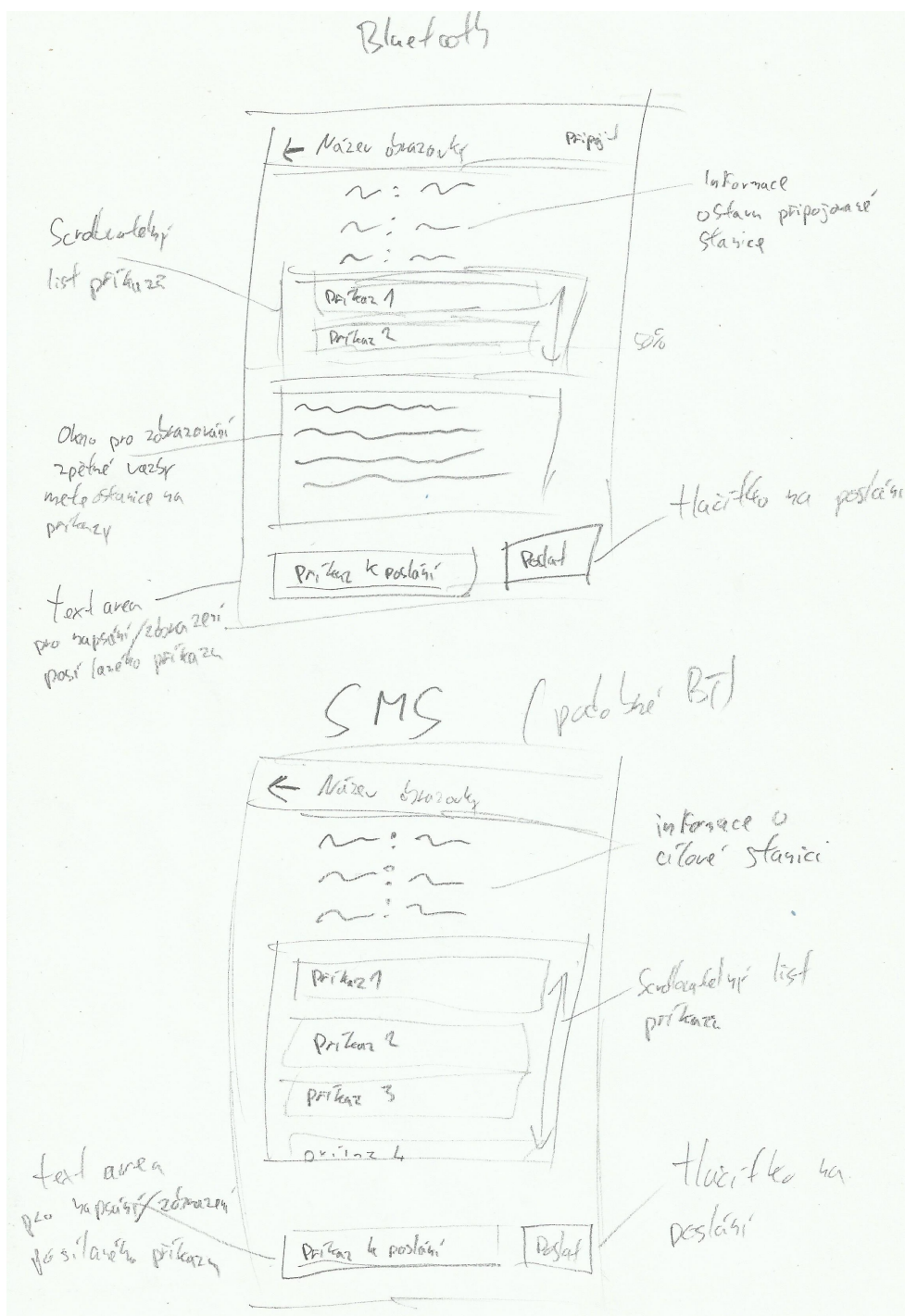


Obrázek G.1: Návrh grafického rozhraní - hlavní obrazovka



Obrázek G.2: Návrh grafického rozhraní - přidání uživatele a meteostanice

G. NÁVRH GRAFICKÉHO ROZHRAŇÍ MOBILNÍ APLIKACE



Obrázek G.3: Návrh grafického rozhraní - posílání příkazů pomocí SMS a Bluetooth

Obsah přiloženého DVD

readme.txt.....	stručný popis obsahu DVD
src	
├── Android	
│ ├── ArdMeteo.....	zdrojové kódy implementace mobilní aplikace
│ └── ArdMeteo.apk	instalační soubor mobilní aplikace
├── Arduino	zdrojové kódy implementace meteorologické stanice
│ ├── lib	použité knihovny
│ ├── set_bluetooth.....	aplikace pro nastavení modulu HC-05
│ └── meteo	zdrojové kódy implementace meteorologické stanice
└── thesis.....	zdrojová forma práce ve formátu L ^A T _E X
text	text práce