



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická  
Katedra teorie obvodů**

**Návrh a realizace systému asistivních technologií  
pro chytré domácnosti**

**Design and implementation of the assistive technology  
for smart home**

Diplomová práce

Studijní program: Biomedicínské inženýrství a informatika

Studijní obor: Biomedicínské inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Jan Havlík, Ph.D.

**Bc. Tomáš Brtěk**

---

**Praha, květen 2017**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra teorie obvodů

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Student:** Bc. Tomáš B r t ě k  
**Studijní program:** Biomedicínské inženýrství a informatika  
**Obor:** Biomedicínské inženýrství  
**Název tématu:** Návrh a realizace systému asistivních technologií pro chytré domácnosti

### Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou systémů asistivních technologií pro chytré domácnosti.
2. Navrhněte systém umožňující snímání, přenos, sběr a základní zpracování informací z různých čidel a vstupních zařízení využitelný v prostředí chytré domácnosti. Systém by měl umožňovat připojení různých čidel a vstupů (např. spínací kontakt, analogové napětí, sériová linka, I2C sběrnice apod.) a předávat data k jejich dalšímu vyhodnocení nebo zpracování (např. pomocí sítě Ethernet, WiFi nebo GSM).
3. Realizujte navržené zařízení a ověřte jeho funkčnost.

### Seznam odborné literatury:

- [1] ROBITAILLE, Suzane. The illustrated guide to assistive technology and devices: tools and gadgets for living independently. Demos Medical Publishing, New Yourk, 2010. ISBN 978-1-932603-80-4.
- [2] CHAN, M., ESTEVE, D., ESCRIBA, C. and CAMPO, E., 2008. A review of smart homes- present state and future challenges. Computer methods and programs in biomedicine, 91(1), pp. 55-81.
- [3] LOSARDO, A., GROSSI, F., MATRELLA, G., DE MUNARI, I. and CIAMPOLINI, P., 2013. Monitoring and identification of trends and abnormal behaviors using an AAL systems, ATTI DEL 4° FORUM ITALIANO PER L'AMBIENT ASSISTED LIVING, 2013.

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Jan Havlík, Ph.D.

**Platnost zadání:** do konce letního semestru 2017/2018

L.S.

prof. Ing. Pavel Sovka, CSc.  
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 19. 12. 2016

## **Prohlášení autora práce**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 26. 5. 2017

.....

## **Poděkování**

Rád bych touto formou poděkoval vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. Janu Havlíkovi, Ph.D., za mnoho cenných rad, ochotu a trpělivost při zpracování této práce. Poděkování patří také mé rodině za podporu nejen ve studiu.

# Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá studiem systémů asistivních technologií pro chytré domácnosti. Zahrnuje přehled asistivních technologií využívaných nebo vyvíjených v současné době pro uplatnění především v domácnosti. Obecně do této kategorie lze zařadit veškerá zařízení či pomůcky, které hendikepovaným osobám usnadňují život. Patří sem také např. zařízení dohlížející na bezpečný provoz domácnosti.

Stěžejní úlohou praktické části této práce je návrh a realizace systému, který má za úkol monitorovat domácnost a pohyb osoby, která v ní žije. Zařízení je navrženo tak, aby, mimo jiné, v případě vyhodnocení nebezpečné situace byla přivolána pomoc. Další funkcí je dlouhodobé získávání informací o stavu domácnosti a základní zpracování získaných dat z pohledu dlouhodobého trendu. Informace jsou průběžně ukládány v tomto zařízení a zároveň odesílány na vzdálené úložiště, kam může být umožněn přístup např. osobám, které na hendikepovaného člověka dohlíží. Z principu je zařízení vhodné zejména do domácnosti, kde se běžně pohybuje pouze jedna osoba (např. samostatně žijící senior).

Při získávání informací z domácnosti se nepředpokládá jakákoliv spolupráce pozorované osoby. Dále je požadován minimální zásah do soukromí domácnosti. Navržené zařízení by tedy na monitorovanou osobu mělo mít minimální negativní vliv a zároveň zvýšit její bezpečnost resp. komfort při pobytu doma. Rozmístit v domácnosti kamery a následně vyhodnocovat pořízené video by jistě z technického pohledu mohl být zajímavý přístup, nicméně ze strany monitorované osoby by nejspíše takové řešení nebylo příliš oblíbené. Technologie monitorování jsou tedy voleny s ohledem na výše zmíněné požadavky.

Senzory detekující akutní ohrožení života (např.: kouřové či požární čidlo, detektor oxidu uhelnatého či plynu, apod.) se z pohledu předávané informace chovají jako spínací kontakt. Podobná bezpečnostní čidla jsou tedy simulována pomocí tlačítka. Monitorování pohybu v domácnosti je realizováno pohybovým PIR čidlem. Další vstupní informace zajišťují čidla snímající teplotu, atmosférický tlak, relativní vlhkost a modul reálného času. Stručné informace o aktuálním stavu zařízení jsou zobrazeny na displeji a po vyhodnocení předány k dalšímu zpracování pomocí sítě Ethernet resp. GSM. Celé zařízení je realizováno na platformě Arduino pomocí vývojové desky Arduino Uno.

Tento systém je určen především k dlouhodobému získávání informací z domácnosti tak, aby bylo možné zaznamenat určité anomálie v chování pozorované osoby. Rozšiřující funkcí jsou potom různá čidla, díky kterým je domácnost nepřetržitě monitorována a v případě potřeby je přivolána pomoc. Cílovou skupinou jsou tedy především samostatně žijící senioři, případně osoby s určitým zdravotním hendikepem, kteří jsou po většinu času sami doma, a lze u nich předpokládat určité zdravotní potíže. Odchytky od denního rytmu či změny v zaběhlých zvyklostech tak mohou včas signalizovat blížící se zdravotní komplikace.

## **Klíčová slova**

*Asistivní technologie; Chytrá domácnost; Monitorování*

# Abstract

This diploma thesis deals with the study of systems of assistive technologies for smart homes. It includes an overview of assistive technologies used or developed for use primarily in the household. Generally, all devices or aids that make life easier for people with disabilities can be included in this category. This includes, for example, devices to ensure safe household operation.

The main task of the practical part of this thesis is the design and implementation of a system designed to monitor the household and the movement of the person living in it. The device is designed to help, among other things, when assessing a dangerous situation. Another function is to obtain long-term information about the state of the household and the basic processing of the acquired data from the point of view of the long-term trend. Information is continuously stored on this device and sent to a remote location where access can be given, for example, to persons who supervise a disabled person. In principle, the device is particularly suitable for households where only one person lives (eg a self-employed senior citizen).

When collecting information from the household, no co-operation is envisaged. In addition, minimal interference with the privacy of the household is required. Therefore, the proposed device should have a minimal negative impact on the monitored person, while increasing his or her safety or comfort while staying at home. Putting cameras in the home and then evaluating the video would certainly be an interesting approach from a technical point of view, but not very popular for the monitored person. Monitoring technologies are therefore chosen in the light of the above-mentioned requirements.

Sensors detecting acute life threats (eg: smoke or fire detector, carbon dioxide or gas detector, etc.) act as a switching contact from the point of view of the information provided. Similar safety sensors are simulated using a button. Home movement monitoring is performed by a motion PIR sensor. Additional input information is provided by sensors sensing temperature, atmospheric pressure, relative humidity and real time mode. Brief information about the current status of the device is shown on the display and, after the evaluation, is forwarded for further processing using the Ethernet or, GSM. The entire device is implemented on the Arduino platform using the Arduino Uno development board.

This system is primarily intended for long-term retrieval of household information so that it can detect certain anomalies in the behavior of the observed person. Expansion features are various sensors that help keep the household constantly monitored and help summoned when needed. Therefore, the target group is mainly seniors living alone, or persons with a certain health disability who are home for most of the time, and some health problems can be expected. Deviations from the daily rhythm or changes in the rituals involved can thus promptly signal imminent health complications.

## **Keywords**

*Assistive technology; Smart home; Monitoring*



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Asistivní technologie.....</b>	<b>13</b>
2.1	Přehled.....	13
2.2	Asistivní technologie v chytré domácnosti .....	14
<b>3</b>	<b>Návrh systému .....</b>	<b>17</b>
3.1	Vstupní periferie .....	17
3.2	Výstupní periferie .....	18
<b>4</b>	<b>Platforma.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Hardwarové řešení .....</b>	<b>23</b>
5.1	RTC modul .....	26
5.2	LCD displej.....	26
5.3	Měření teploty, tlaku a vlhkosti .....	27
5.4	Snímání pohybu.....	27
5.5	SD karta .....	30
5.6	Ethernet.....	30
5.7	GSM .....	31
<b>6</b>	<b>Programové řešení.....</b>	<b>33</b>
6.1	Arduino IDE .....	34
6.2	Vzdálené uložení.....	35
<b>7</b>	<b>Dosažené výsledky .....</b>	<b>37</b>
7.1	Varianta s lokálním uložením .....	38
7.2	Varianta s rozhraním Ethernet .....	38
<b>8</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>43</b>
<b>10</b>	<b>Použité obrázky .....</b>	<b>45</b>



<b>11</b>	<b>Použité tabulky .....</b>	<b>45</b>
<b>12</b>	<b>Použité zkratky .....</b>	<b>47</b>
<b>13</b>	<b>Použité zdroje .....</b>	<b>49</b>
<b>14</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>53</b>



# 1 Úvod

Tato diplomová práce navazuje na individuální projekt zabývající se asistivními technologiemi pro chytré domácnosti. V první části je k dispozici stručný popis současných asistivních technologií využívaných zejména v domácnosti. Dále je popsán postup při vývoji a realizaci zařízení, které by podle zadání mělo sloužit jak pro záznam různých dat získaných v chytré domácnosti, tak i pro jejich rozdělení, ukládání, odesílání pomocí dnes běžně využívaných technologií a případně následné zpracování.

Práce je rozdělena do několika kapitol chronologicky tak, jak bylo během vývoje tohoto zařízení postupováno. V první části je stručně zrekapitulována současná situace na trhu v oblasti asistivních technologií. Dále je popsán postup během návrhu celého systému v obecné rovině s ohledem na to, co by dané zařízení mělo splňovat. V další části je již přehled konkrétních zvolených komponent, tedy veškerého použitého hardwaru, na což navazuje kapitola věnovaná programové části. Další kapitola je věnována dosaženým výsledkům a shrnuje možné využití realizovaného zařízení nebo případné možnosti rozšíření. V závěru práce jsou shrnuty přednosti resp. nedostatky celého systému.



## 2 Asistivní technologie

Podle [1] má ve Spojených státech 54 miliónů obyvatel nějaké fyzické či mentální postižení, což odpovídá asi 20 % populace. Tolik lidí tedy patří mezi potenciální nebo i skutečné uživatele různých technologií určených pro uživatele se zdravotním postižením. Tyto prostředky mohou mít dopad na fyzickou i finanční situaci člověka. Mohou ovlivnit zdravotní péči, zaměstnanost, vzdělání i náplň volného času. Proto jsou pomůcky zlepšující fyzické nebo i duševní fungování, zmírňující poruchy a postižení a zlepšující schopnosti člověka tak důležité.

### 2.1 Přehled

Součástí této diplomové práce je i stručný přehled asistivních technologií, které jsou v současné době využívány nebo vyvíjeny. Pod tímto pojmem si můžeme představit nejrůznější zařízení či pomůcky, které zvyšují komfort a/nebo bezpečnost osob s určitým zdravotním hendikepem. Uživateli jsou tedy ve velké míře lidé se zdravotním postižením, chronicky nemocní nebo senioři. Do kategorie asistivních technologií řadíme zejména:

- Pomůcky zlepšující vnímání
- Pomůcky zlepšující komunikaci
- Pomůcky usnadňující pohyb osob
- Pomůcky (zejména hygienické) zvyšující samostatnost
- Stavební úpravy (bezbariérový přístup)
- Úpravy domácnosti
- Specifickou výpočetní techniku
- Monitorování domácnosti
- Protézy a ortézy
- Pomůcky pro volnočasové aktivity
- Pečovatelské služby
- Apod.

Při navrhování pomůcek a především složitějších zařízení, které mají hendikepovaným osobám usnadnit svou samostatnost, je důležité definovat cílovou kategorii uživatelů. V případě sofistikované asistivní technologie umístěné v domácnosti se nabízí i varianta vyvíjet zařízení tzv. na míru podle konkrétních požadavků.

Vzhledem k velkému množství asistivních technologií, které jsou dnes k dispozici, se může snaha o prosazení v této oblasti zpočátku změnit v hledání vhodné mezery na trhu. Nicméně je třeba poznamenat, že v některých oblastech asistivních technologií je trh poměrně naplněn, ovšem je zde stále dost prostoru pro zvýšení kvality a spolehlivosti daných zařízení. Výjimkou na trhu nejsou běžně dostupné výrobky určené pro seniory, jejichž nejslabší stránkou jsou ovládací prvky. Někdy téměř není počítáno se zhoršeným zrakem a sníženou citlivostí v prstech. Často tak člověk přijde do styku s výrobky typu mobilní telefon, které jsou vhodně navrženy pro seniory, poskytují pokročilé služby (např. možnost lokalizace majitele v případě nouze), ovšem s odemčením klávesnice nebo zvýšením hlasitosti mají, díky použitým ovládacím prvkům, problém i mladí lidé.

## 2.2 Asistivní technologie v chytré domácnosti

Dnes hojně využívané označení inteligentní dům či chytrá domácnost pochází s anglického spojení *smart home* [2]. Zpravidla se jedná o různé oblasti automatizace aplikované v domácím prostředí. I když se výsledné řešení a způsoby využití mohou zásadně lišit, základem bývá silový rozvod (podobně jako v běžném domě) a volba tzv. stupně chytré domácnosti, který zjednodušeně řečeno určuje, do jaké míry budou instalované technologie nahrazovat ovládání člověkem. Nicméně nemusí vždy platit, že vyšší stupeň je lepší. Jinými slovy to co někomu vyhovuje, nemusí nutně vyhovovat všem ostatním. Podstatou chytré domácnosti by tedy měla být i určitá modulárnost, aby si uživatel mohl zvolit, co dané tlačítko (resp. „dvojklik“ či „víceklik“) bude ovládat. Rovněž se nabízí i možnost budoucího rozšíření systému. Prostřednictvím internetu je dnes možné např. z mobilního telefonu či tabletu (umístěného třeba i na stěně vedle klasického vypínače) ovládat:

- jednotlivé zásuvky
- osvětlení
- audio/video systém
- otevírání resp. zavírání oken
- natočení žaluzií
- systém vytápění
- některé domácí spotřebiče
- apod.



Stisknutím jediného tlačítka při odchodu z domova se může celá domácnost uvést do předem zvoleného (úsporného) režimu. Funkce chytré domácnosti se dají rozdělit do následujících kategorií:

- Bezpečnostní (veškerá zabezpečovací technika)
- Komfortní (např. plynulá regulace osvětlení)
- Úsporné (regulace vytápění či klimatizace např. dle tarifu)
- Přehledové (statistické údaje o spotřebě energií apod.)
- Automatizační (např. řízení domácnosti dle plánu či pohybu)
- Asistenční (technologie pro hendikepované osoby apod.)

Tato práce je věnována především poslední zmíněné funkci. Zde se jedná např. o hlasové či jiné dálkové ovládání různých spotřebičů, hlasové zprávy pro nevidomé, specifické monitorování pohybu apod.

Do kategorie asistivních technologií pro chytré domácnosti řadíme systémy, které usnadňují hendikepovaným osobám bezpečný život v domácnosti. Jedná se o snadno a jednoduše ovladatelné spotřebiče, možnost rychlého přivolání pomoci, preventivní monitorování domácnosti za účelem dlouhodobého zpracování dat nebo i různé detektory (kouřové, požární, CO, záplavové, apod.).

Z čistě technického pohledu by se k monitorování pohybu osob v domácnosti mohl hodit systém založený na snímání prostoru pomocí videokamer s následným zpracováním získaného záznamu. Ovšem takové řešení není příliš vhodné zejména s ohledem na zajištění soukromí osob žijících v takové domácnosti. Dalším důvodem pro zamítnutí videokamer je přenášení velkého množství dat resp. nutnost sledování získaného záznamu. Vhodnější je tedy zvolit systém založený na vhodně umístěných senzorech (např. pohybové čidlo).

K monitorování pohybu osob v domácnosti a následnému smysluplnému zpracování získaných dat je nutné znát počet osob, které se zde pohybují. Zásadní rozdíl je zejména mezi případy, kdy domácnost obývá jedna nebo více osob. Rozdílné zde bude jak vyhodnocení snímaných dat, tak i postup při řešení případné krizové situace. Systém navrhovaný v této práci je zaměřen především na domácnost s jedním obyvatelem.



## 3 Návrh systému

Při návrhu systému se téměř výhradně počítá s využitím v běžné domácnosti. Otázka napájení je tedy vyřešena běžným domácím rozvodem AC 230 V. Vzhledem k nepřetržitému provozu se spíše nabízí otázka spotřeby elektrické energie. Základ navrhovaného zařízení by měla být jednotka, do které budou vstupovat různá data z chytré domácnosti. Ta budou následně uložena a dojde k vyhodnocení dalšího postupu. Na vstupu zařízení by tedy měly být k dispozici různé možnosti připojení, které se budou lišit podle typu komunikace daného senzoru. Naopak na výstupu bude zařízení předávat rozdělená data prostřednictvím vhodné technologie k dalšímu zpracování.

### 3.1 Vstupní periferie

Vstupní signály je možné rozdělit podle různých hledisek. V první řadě je možné čidla rozdělit na připojená galvanicky a bezdrátově. Tento rozdíl se projevuje zejména při instalaci zařízení. Zatímco bezdrátová čidla lze bez větších problémů instalovat do zařízené domácnosti, u čidel drátových může být tento krok poněkud komplikovanější. Nicméně významná výhoda přímo připojených čidel je v možnosti napájení prostřednictvím kabelu. Naopak u čidel bezdrátových je zpravidla zapotřebí akumulátor.

Další možné rozdělení přijímaných dat je podle charakteru senzoru. Čidla, která budou v tomto systému sloužit k monitorování pohybu osob (např. pohybové PIR čidlo, dveřní magnetický kontakt, IR závora, apod.), se z pohledu předávané informace chovají jako obyčejný spínací resp. rozpínací kontakt a tudíž mohou nabývat pouze dvou stavů (pohyb je nebo není detekován). V případě senzorů, u nichž hodnota předávané informace může nabývat více stavů, se zpravidla využívá k předání dat spojitý signál reprezentován analogovým napětím nebo signál diskrétní např. v podobě sériové linky.

Dále budou data rozdělena na užitečná z dlouhodobého pohledu a vyžadující urgentní přístup. Data, která tento systém primárně zpracovává, urgentní přístup nevyžadují a jejich podoba v reálném čase příliš informace nenese. Povaha takových dat může být naopak užitečná z pohledu dlouhodobého trendu (např. sledování denního režimu člověka). Zde je vyžadována archivace informací a jejich následné zpracování a vyhodnocení. Samostatnou kategorii tvoří data informačního charakteru (např. teplota v místnosti), jejichž podobu chceme znát v reálném čase, ovšem jejich vyhodnocení zpravidla nepředstavuje ohrožení domácnosti či osob v ní. Nicméně jejich zpracování v souvislosti s případnými anomáliemi

může nést hodnotné informace. Naopak je tomu v případě senzorů, které mohou uživatele informovat o případném ohrožení bezpečnosti, jako jsou např.:

- Kouřový detektor
- Požární detektor
- Detektor oxidu uhelnatého
- Detektor plynu
- Záplavový detektor
- Apod.

Taková data je nutné stručně zhodnotit a v případě poplachu informaci ihned předat dál a přivolat vhodnou pomoc.

Samostatnou kategorií tvoří senzory snímající životní funkce člověka. Nejčastěji jde v domácích podmínkách o detekci srdeční činnosti. Jedná-li se o senzor umístěný přímo na těle sledované osoby, mluvíme výhradně o bezdrátovém senzoru. Jako téměř jediné konstrukční řešení prakticky využitelné pro tyto účely se nabízí varianty náramku, které jsou dnes rozšířeny hlavně mezi sportovci. Jedním z požadavků na návrh systému, kterým se tato práce zabývá, je nevyžadování žádné spolupráce od sledované osoby. Tento požadavek vychází i z délky období, po kterou má být osoba sledována. V případě sportovce se jedná o sledování srdeční (nebo i jiné) činnosti v řádu jednotek hodin, ovšem navrhované zařízení je určeno pro záznam po dobu několika let. Z toho důvodu nebyly senzory umístěné přímo na těle v tomto systému použity. Přítomnost srdeční činnosti je také možné sledovat u ležící osoby čidlem, které bývá umístěno pod nebo přímo v matraci. Takové systémy jsou dnes běžně využívány například pro monitorování novorozenců v porodnicích a jistě by mohly být vhodným rozšířením systému pro monitorování hendikepovaných osob.

## 3.2 Výstupní periferie

Na straně dat, která bude zařízení poskytovat, se bude jednat o stručné informace zobrazené na displeji. Ty budou sloužit spíše při konfiguraci zařízení resp. k získání informace o teplotě, atmosférickém tlaku a relativní vlhkosti (dále pak o stavu pohybového čidla). Tytéž informace budou při detekci pohybu ukládány na SD kartu či odesílány na vzdálené uložení přes rozhraní Ethernet. Zde budou však doplněny o aktuální datum a čas k pozdějšímu zpracování.

Data uložená na vzdáleném serveru budou, po přihlášení uživatelským jménem a heslem, k dispozici dohlížející osobě. Tím může mimo jiné probíhat průběžný vzdálený dohled nad hendikepovanou osobou odkudkoliv, kde je možný přístup na Internet. Stěžejní pro přínos daného systému bude následné zpracování získaných dat a sledována z pohledu dlouhodobého trendu. Sledovány budou zejména odchylky nebo anomálie v zaběhlých zvycích monitorované osoby, které by měly sloužit jako predikce určitých zdravotních komplikací.

Rozšiřující funkcí zařízení bude napojení na bezpečnostní senzory využívané také v zabezpečovací technice. Jedná se o různé detektory signalizující akutní ohrožení života, o kterých byla řeč v předchozí kapitole. V případě poplachu dojde prostřednictvím GSM modulu k odeslání krátké SMS zprávy, která bude mimo data a času obsahovat stručnou informaci o povaze nebezpečí. Může se jednat např. o vytopenou koupelnu v důsledku vadné hadice u pračky nebo vznikající požár.



## 4 Platforma

Pro vývoj navrhovaného zařízení je možné využít nesčetné množství variant a přístupů, kdy mezi některými mohou být diametrální rozdíly. V úvahu připadají složitější možnosti přístupu např. od výběru jednotlivých součástí, návrhu DPS a programování procesorů až po téměř hotové varianty, kde bude nutné zvolit „jen“ odpovídající konfiguraci. S ohledem na požadavky se pro tuto práci v pomyslném spektru možných přístupů nabízí varianty vývojových prostředí, které poskytují vhodné podmínky z pohledu hardwaru i softwaru. Pro použití v této práci byly diskutovány platformy Arduino, Raspberry, ST Microelectronics a Texas Instruments.

S ohledem na dostupnost a dosavadní zkušenosti byla pro účely této práce zvolena platforma Arduino. Zvolená varianta je *open source* elektronická platforma založená na poměrně snadno použitelném hardwaru a softwaru. Vývojové desky Arduino jsou schopny číst vstupní parametry z různých komponent (spínací kontakt, intenzita osvětlení, teploměr, apod.) a transformovat je na výstupní parametry (rozsvícení LED, spuštění motoru, uložení údaje na SD kartu, apod.). Lze určit, co má mikro kontrolér provést při dané kombinaci instrukcí, k čemuž se zpravidla používá programovací jazyk Arduino a software Arduino IDE.



Obr. 1: „Logo Arduino“

Podle [23] na Arduino bylo postaveno již tisíce projektů různých složitostí od jednoduchých po složitá vědecká zařízení. Tuto *open source* platformu využívá napříč celým světem komunita vývojářů zahrnující studenty, amatéry, umělce, programátory i profesionály. Ohromné množství příspěvků a dnes dostupných informací pomáhá začátečníkům i odborníkům.

Arduino vzniklo v IDII (*Interaction Design Institute Ivrea*) jako jednoduchý nástroj pro výrobu prototypů zejména pro studenty. Po vytvoření širší komunity se desky Arduino začaly měnit a přizpůsobovat novým potřebám. K dispozici je dnes celá škála desek od jednoduché 8 bitové varianty po produkty určené pro IoT aplikace, 3D tisk, apod. Všechny produkty Arduino včetně softwaru jsou zcela *open source* a umožňují uživatelům nezávislé sestavy přizpůsobené jejich potřebám. K vývoji celého systému přispívají příspěvky uživatelů z celého světa.

Díky jednoduchosti a uživatelské dostupnosti bylo Arduino využito pro tisíce různých aplikací a projektů. Software Arduino je snadno využitelný pro začátečníky, ale také dostatečně rozšiřitelný pro pokročilé uživatele. Je kompatibilní s operačními systémy Linux, Mac a Windows. Učitelé a studenti jej využívají při vývoji dostupných vědeckých nástrojů, k prokazování fyzikálních či chemických principů nebo k začátkům programování a robotiky. Návrháři a architekti vytvářejí interaktivní prototypy, hudebníci a umělci jej používají k experimentům s hudebními nástroji a výrobci při vývoji projektů. Arduino je klíčový nástroj k výuce nových věcí pro uživatele různého věku i zaměření.



## 5 Hardwarové řešení

Zařízení je postaveno na vývojové desce Arduino Uno, jejímž základem je mikrokontrolér založený na procesoru ATmega 328P. Disponuje 14 vstupními resp. výstupními digitálními a 6 vstupními analogovými vývody. Dále je deska osazena 16 MHz krystalem, resetovacím tlačítkem a konektory USB, ICSP a napájení. Deska lze pomocí USB kabelu připojit k počítači nebo může být napájena z AC 230 V pomocí adaptéru. Uno byla první deskou Arduino s USB konektorem. Následuje přehled základních parametrů.

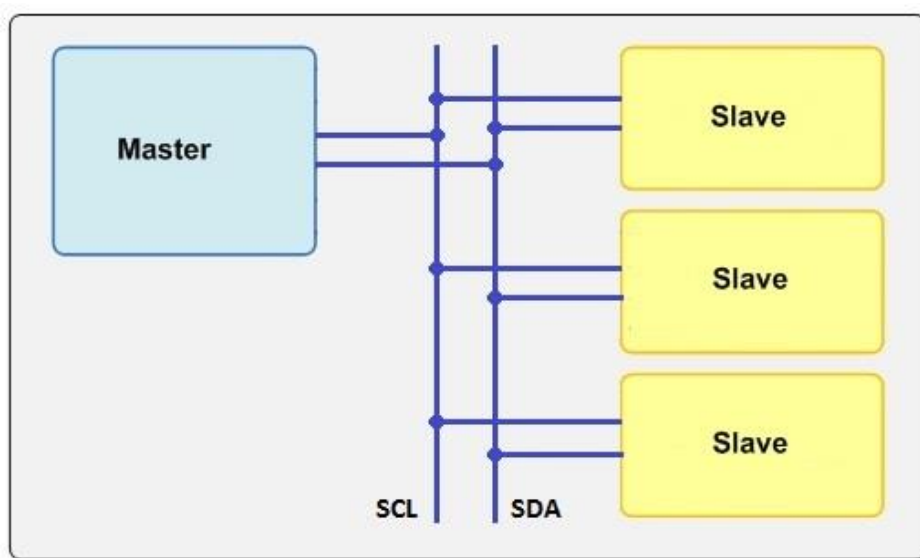
Procesor	ATmega328P
Pracovní napětí	5 V
Napájecí napětí (dopor.)	7 - 12 V
Napájecí napětí (limitní)	6 - 20 V
Digitální vstup/výstup	14
PWM digitální vstup/výstup	6
Analogový vstup	6
DC proud pro vstup/výstup	20 mA
DC proud pro 3,3 V	50 mA
Flash Memory	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frekvence krystalu	16 MHz
Rozměry	69x53 mm



Obr. 2: „Arduino Uno“

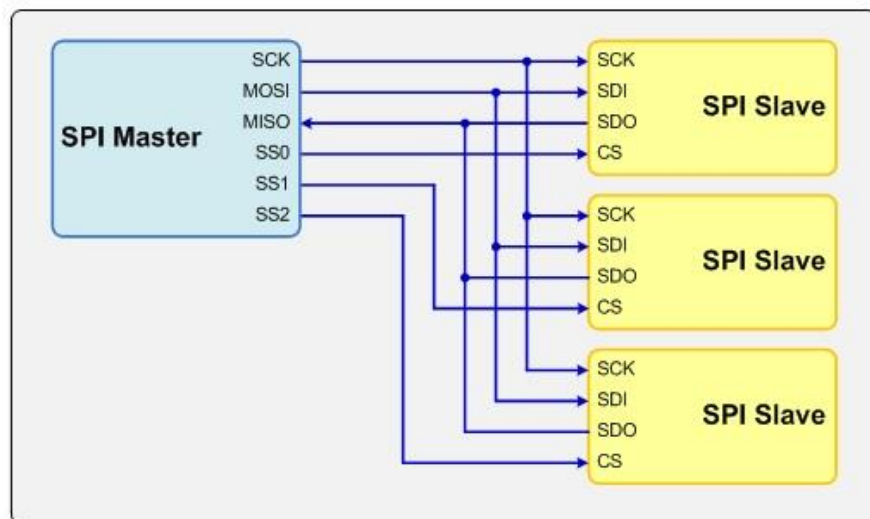
Vývojová deska Arduino Uno umožňuje komunikovat mimo jiné po I2C sběrnici, SPI sběrnici a sériové lince.

I2C či IIC (*Inter Integrated Circuit*) sběrnice byla počátkem 80. let navržena společností Philips pro snadnou komunikaci mezi procesorem a periferiemi umístěnými na jedné desce. Maximální přenosová rychlost byla původně definována na 100 kbit/s, což pro mnoho aplikací stačí dodnes. Nicméně od roku 1998 je k dispozici vysokorychlostní mód s přenosovou rychlostí 3,4 Mbit/s. I2C se hojně využívá i prostřednictvím kabelu pro komunikaci komponent, které nejsou na stejné desce. Mezi hlavní přednosti patří využití pouze dvou sběrnicových vodičů (další dva vývody jsou napájecí), pomocí nichž jsou zařízení spojena paralelně. K adresování pak slouží, v rámci sběrnice, jedinečná adresa pro každé zařízení.



Obr. 3: „Architektura I2C sběrnice“ – upraveno z [25]

Pro podobné účely jako v předchozím odstavci vyvinula společnost Motorola na konci 80. let sběrnici SPI. Jedná se o sériovou synchronní komunikaci běžně používanou mezi zařízeními typu flash paměť, zápis na SD kartu, apod. Sběrnice k synchronizaci využívá hodinový signál SCK. Pro vlastní komunikaci slouží vývody MOSI (*Master Out Slave In*) a MISO (*Master In Slave Out*). Tyto vývody společně s napájením mohou být opět zapojeny paralelně napříč připojenými komponenty (jako u I2C). Naopak poslední vývod, označovaný CS (*Chip Select*) nebo SS (*Slave Select*), je vždy zapojen pouze mezi zařízením „Master“ a jedním konkrétním zařízením „Slave“. Změnou úrovně napětí se aktivuje komunikace dvou daných komponent.



Obr. 4: „Architektura SPI sběrnice“ – převzato z [25]

Zařízení je pro potřeby této práce realizováno na nepájivém poli. Tabulka Tab. 1 zobrazuje propojení vývodů desky Arduino a níže popsaných periférií. Označení v tabulce odpovídá popisům či barevnému značení vývodů použitých komponent.

Tab. 1: „Zapojení vývodů“

Arduino	DHT	PIR	RTC	LCD	BMP	LAN	SD	GSM
RX								White
TX								Black
3,3V					VIN	VCC		Grey
5V	1	VCC	VCC	VCC			5V	
A4			SDA	SDA	SDA			
A5			SCL	SCL	SCL			
D02		OUT						
D03	2							
D04							CS	
D10						CS		
D11						SI	MOSI	
D12						SO	MISO	
D13						SCK	SCK	
GND	4	GND	GND	GND	GND	GND	GND	Brown

## 5.1 RTC modul

K určení aktuálního času slouží modul reálného času DS3231 s integrovaným teplotně kompenzovaným krystalovým oscilátorem. Tento modul poskytuje následující aktuální informace: rok, měsíc, den v měsíci, den v týdnu, hodiny, minuty a sekundy. Výrobce uvádí nepřesnost v řádu jednotek minut za rok. Mezi další funkce patří dva konfigurovatelné budíky či kalendář. Data jsou přenášena pomocí I2C sběrnice.

Rozhraní	I2C
Napájecí napětí	3,3 - 5,5 V
Čip	DS3231
Paměťový čip	AT24C32
Baterie	LIR2032
Přesnost při 0 - 40°C	2 ppm
Rozměry	38x22x14 mm

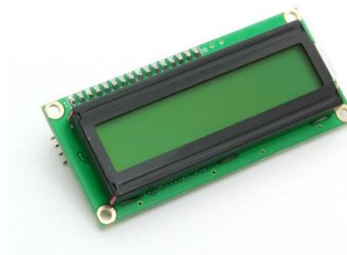


Obr. 5: „Modul DS3231“

## 5.2 LCD displej

K zobrazení stručné informace o stavu zařízení slouží LCD displej s možností podsvícení a nastavitelným kontrastem. Komunikaci je díky převodníku zajištěna I2C sběrnici. Na displeji je zobrazena informace o detekci pohybu, teplota, atmosférický tlak a relativní vlhkost.

Rozhraní	I2C
Napájecí napětí	5 V
Počet znaků	16 x 2
Rozměry	82x35x18 mm

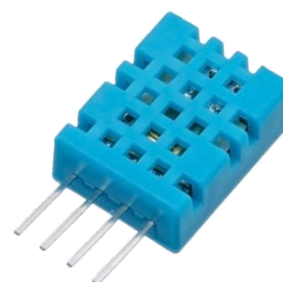


Obr. 6: „LCD displej“

## 5.3 Měření teploty, tlaku a vlhkosti

K získání informací o teplotě, atmosférickém tlaku a relativní vlhkosti jsou použity moduly DHT11 a BMP180. Modul DHT11 slouží k měření teploty a relativní vlhkosti, zatímco modul BMP180 poskytuje informaci o tlaku a teplotě.

Napájecí napětí	3 - 5,5 V
Rozsah vlhkosti	20 - 90 %
Rozsah teploty	0 - 50 °C
Přesnost vlhkosti	± 5,0 %
Přesnost teploty	± 2,0 °C
Odezva senzoru	< 5 s
Rozměry	23x12x5 mm



Obr. 7: „Modul DHT11“

Rozhraní	I2C
Napájecí napětí	1,8 - 3,6 V
Rozsah tlaku	300 - 1100 hPa
Rozsah teploty	0 - 65 °C
Přesnost tlaku	0,01 hPa
Přesnost teploty	0,1 °C
Rozměry	21x18 mm



Obr. 8: „Modul BMP180“

## 5.4 Snímání pohybu

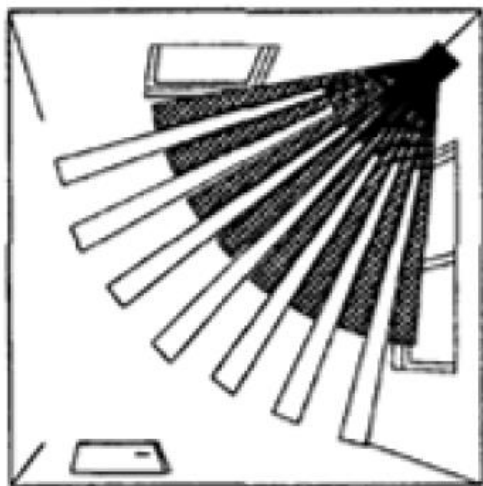
K detekci pohybu lze použít širokou škálu senzorů, zejména z kategorie zabezpečovací techniky. Mezi běžně využívané jsou řazeny zejména:

- Magnetické kontakty
- Mechanické kontakty
- Pasivní infračervená čidla
- Aktivní infračervená čidla

- Ultrazvuková čidla
- Mikrovlnná čidla
- Kapacitní čidla
- Tlaková čidla
- Kombinovaná duální čidla

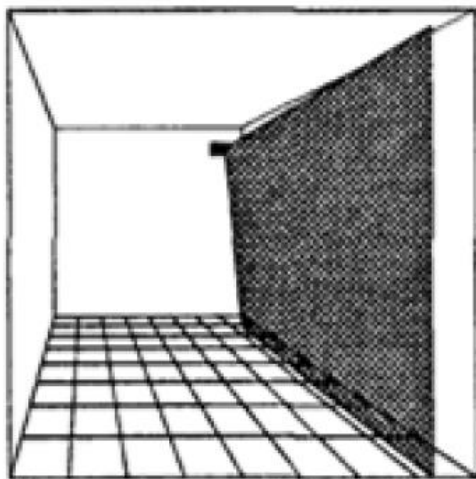
Během vývoje navrhovaného zařízení byla testována především čidla, která jsou vhodná k určení místnosti, ve které se sledovaná osoba nachází. Pro tyto účely připadaly v úvahu magnetické kontakty umístěné na dveřích (ten ovšem ztrácí smysl v případě, že dveře nebudou zcela zavírány) případně optická závora resp. dvě optické závory za sebou, aby bylo možné určit směr pohybu osoby. Dále byl uvažován akcelerometr doplněný kompasem, kterým by bylo možné sledovat pohyb a natočení dveří. Nicméně s ohledem na náročnost instalace (a mimo jiné i dostupnost) byl pro tyto účely zvolen pasivní infračervený senzor. Vzhledem ke své jednoduchosti, spolehlivosti a možnosti směřování byl vyhodnocen jako nejvhodnější.

PIR senzory mohou být za pomoci optiky směřovány pro různé použití a mohou tak vykazovat odlišné snímací charakteristiky. Mezi nejčastěji využívané řadíme typ vějíř, závěs a chodba.



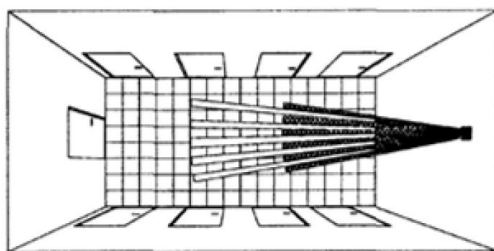
Tato možnost se využívá pro detekci pohybu v běžné místnosti, kdy dosah senzoru činí okolo 12 – 15 m a úhel záběru dosahuje 90 - 120°.

Obr. 9: „Typ vějíř“ – převzato z [26]



Obr. 10: „Typ závěs“ – převzato z [26]

Tato varianta je využívána pro obvodovou detekci pohybu. Jedná se o senzor s obdobnými parametry jako v předchozím případě, ovšem snímací charakteristika je orientována vertikálně.



Obr. 11: „Typ chodba“ – převzato z [26]

Poslední varianta se hodí pro detekci pohybu v dlouhých úzkých chodbách. Zde senzor vykazuje dosah až 30 m a výrazně ostřejší úhel záběru přibližně 45 – 60°.

Pro instalaci PIR senzorů platí určitá pravidla, aby nedocházelo k falešné detekci pohybu. Tato čidla zaznamenávají pohyb na principu změny teploty v určitém prostoru. S ohledem na tento fakt je vhodné instalovat čidla tak, aby předpokládaný pohyb osob byl kolmý resp. tangenciální na snímací charakteristiku senzoru. Důležité je zejména, aby čidlo nebylo nasměřováno do okna, kde by mohlo vlivem slunečního záření docházet k falešné detekci pohybu. Z obdobného důvodu nesmí být čidlo v blízkosti zdroje tepla, komínové stěny, u ústí vzduchotechniky nebo ventilátoru.

K testování bylo zvoleno pohybové čidlo HC-SR501 s pyroelektrickým senzorem. Díky Fresnelově čočce snímá okolí pod prostorovým úhlem přibližně 120°. Na modulu se nachází dva potenciometry. Pomocí prvního je možné nastavovat citlivost snímače a pomocí druhého dobu, po kterou je spínač od zaznamenání pohybu sepnutý.

Napájecí napětí	4,5 - 20 V
Snímaný úhel	120°
Snímací dosah	7 m
Doba sepnutí	5 - 300 s
Rozměry	32x25x24 mm

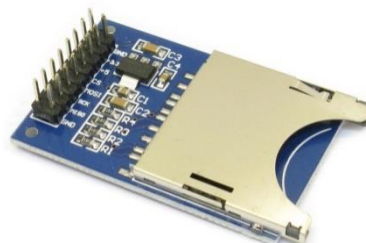


Obr. 12: „Modul HC-SR501“

## 5.5 SD karta

K ukládání získaných dat slouží paměťová karta Secure Digital o kapacitě 128 MB, která je vložena v modulu SD karty. Komunikace modulu s Arduinem Uno je zajištěna pomocí SPI sběrnice.

Rozhraní	SPI
Napájecí napětí	3,3 V / 5 V
Rozměry	48x30 mm



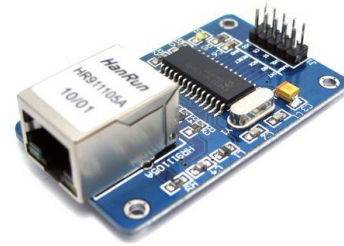
Obr. 13: „Modul SD karty“

## 5.6 Ethernet

Pro předávání získaných dat bylo (mimo GSM) zvoleno rozhraní Ethernet. Tento modul komunikuje s Arduinem Uno pomocí sběrnice SPI. Mezi jeho vlastnosti patří také to, že nemá od výroby přiřazenu MAC adresu. Ta je mu přidána až v rámci zdrojového kódu. Pro účely této aplikace byla zvolena MAC adresa vyřazeného mobilního telefonu.



Rozhraní	SPI
Napájecí napětí	3,3 V
Čip	ENC28J60
Protokol	TCP/IP (IPv4)
Konektor	RJ45
Frekvence oscilátoru	25 MHz
Rozměry	58x34x17 mm



Obr. 14: „Modul Ethernet“

## 5.7 GSM

K odesílání SMS zpráv slouží GSM terminál Cinterion Wireless Modules TC65. Terminál je řízen procesorem ARM7 a je možné ho ovládat hned několika způsoby. Podporuje I2C a SPI sběrnici. Pro účely popisované aplikace bylo zvoleno ovládání pomocí sériové linky RS232.

Mezi deskou Arduino Uno a terminálem je vřazen převodník napěťových úrovní sériové linky z 3,3 V (na straně Arduina) na požadovaných 4 – 12 V (na straně terminálu). Samotný převodník je napájen z Arduina napětím 3,3 V a komparuje přibližně na dvojnásobek napájecího napětí.

Po sériové lince jsou do terminálu odesílány AT příkazy, pomocí nichž je daný text odeslán formou SMS zprávy na zvolené telefonní číslo. Po restartu zařízení je odeslán příkaz k restartu terminálu. Struktura použitých příkazů je zapsána v následující tabulce *Tab. 2*.

Tab. 2: „Přehled příkazů GSM terminálu“

<b>Formát příkazu</b>	<b>Význam</b>
AT+CFUN=1,1	restart terminálu
AT+CMGF=1	aktivace SMS módu
AT+CMGS="\n"+420xxxxxxxx\n"	zadání telefonního čísla
"text"	text zprávy
0x1A	Ctrl+Z (konec zprávy)
0x0D 0x0A	Enter ("odřádkování")

Rozhraní	RS 232, I2C, SPI
Napájecí napětí	8 - 30 V
GSM modul	TC65
Rozměry	130x90x38 mm



*Obr. 15: „GSM terminál“*

## 6 Programové řešení

Úlohou programové části je přijmout vstupující data, vhodně je zpracovat a definovat data výstupní. V tomto případě jsou vstupy informace o stavu pohybového čidla, datum, čas, teplota, tlak, vlhkost a stav spínacího kontaktu (resp. CO detektor). Mezi výstupy patří data zobrazená na displeji, data určená k uložení a data předávaná GSM terminálu. Následující tabulka *Tab. 3* určuje, které výstupy jsou ovlivněny jakými vstupními daty.

*Tab. 3: „Souvislost vstupních a výstupních dat“*

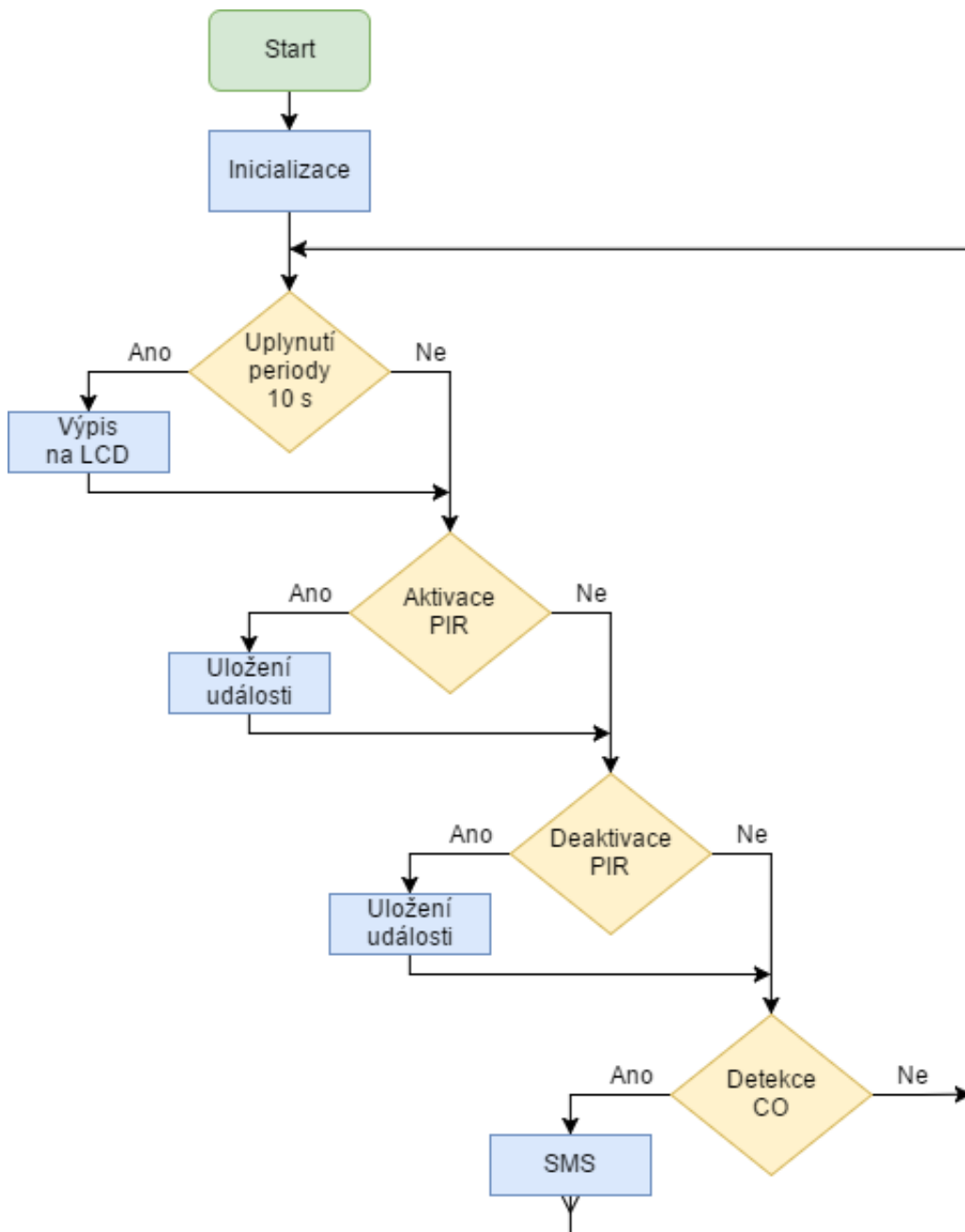
Pořadí	Vstup	Výstup
1	PIR, teplota, tlak, vlhkost	LCD displej
2	PIR, datum, čas, teplota, tlak, vlhkost	Datové uložení
3	CO detektor	GSM terminál

Následující obrázek *Obr. 16* zobrazuje vývojový diagram charakterizující navržené programové řešení. Po spuštění programu následuje načtení knihoven a inicializace. Tento krok se po spuštění provede vždy jen jednou. Dále následuje část programu, která se provádí ve smyčce stále dokola a tvoří tak podstatu celého systému. Zde lze program rozdělit na tři části obdobně jako v tabulce *Tab. 3*.

K zobrazení na LCD displeji se předává informace o detekci pohybu, teplota, tlak a vlhkost. S výjimkou detekce pohybu se informace na displeji aktualizují po uplynutí zvolené periody (např. 10 s). Změna stavu pohybového čidla se na displeji objeví téměř bez prodlevy.

Stěžejní úlohou systému je ukládání informací o detekovaném pohybu. Pro tento účel jsou v kódu dvě podmínky, které sledují aktivaci resp. deaktivaci signálového vývodu pohybového čidla. Informace je v případě začátku pohybu uložena pouze tehdy, pokud pohybový senzor detekuje pohyb a v předchozím chodu programu pohyb detekován nebyl. Analogicky je tomu v případě druhé podmínky, pokud je pohyb ukončen.

Splnění poslední podmínky informuje o detekci CO a na sériovou linku je odeslána posloupnost příkazů, které v GSM terminálu aktivují odeslání SMS zprávy. Pro účely simulace této události je detektor pouze virtuální a jde tedy o stisknutí tlačítka, kterým je nahrazen.



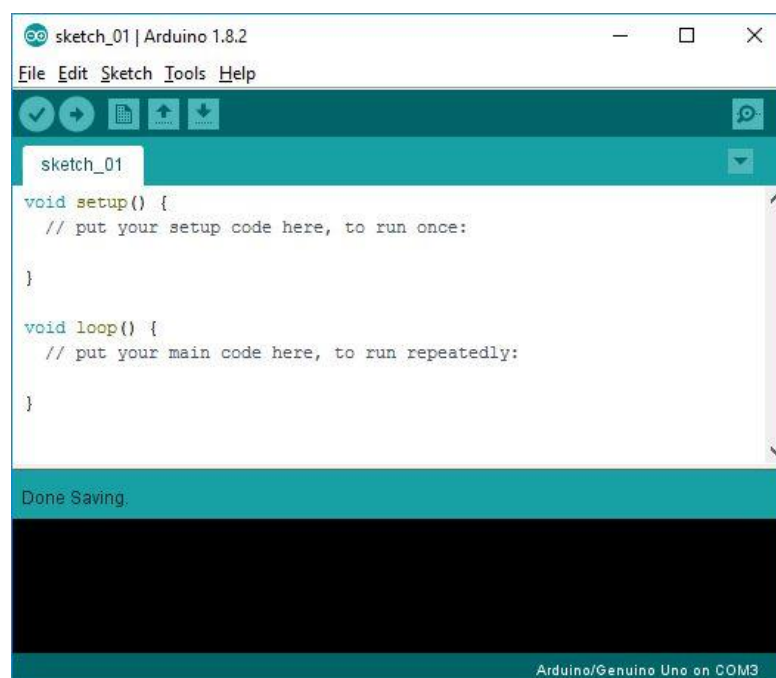
Obr. 16: „Vývojový digram“

## 6.1 Arduino IDE

K vytvoření zdrojového kódu pro Arduino Uno (a další desky) je možné využít vývojové prostředí Arduino IDE. V této práci byla použita verze 1.8.2. Prostředí slouží zejména k vývoji zdrojového kódu (*sketch*) a jeho nahrání do programové paměti desky. V zásadě se jedná o textový editor, který vytváří soubory \*.ino. Při vytváření zdrojového kódu byly nejčastěji využívány funkce *Verify*, *Upload* a *Seriál Monitor*. Verifikace slouží ke kontrole

aktuálního kódu. Tento proces zjišťuje, zda je program v pořádku z pohledu syntaxe a zda se v něm nevyskytují chyby. Funkce *Upload* nahraje program do programové paměti. Každé nahrání programu je podmíněno úspěšnou verifikací. *Serial Monitor* resetuje aktuálně nahraný program a otevře nové okno, které slouží jako monitor příkazů odesílaných po sériové lince.

Základní strukturu kódu je možné rozdělit na tři části. Nejprve jsou načteny použité knihovny, deklarovány proměnné, definovány použité vývody desky, apod. V druhé části *setup* je ta část programu, která se provede vždy po resetu právě jednou. Třetí část programu *loop* se pak provádí ve smyčce stále dokola.



Obr. 17: „Arduino IDE“

## 6.2 Vzdálené uložení

Jako první varianta byla pro vzdálené ukládání studována možnost využít některou ze služeb světového giganta nejen v oblasti ukládání dat AWS (*Amazon Web Services*). Služba AWS se prezentuje jako platforma zabezpečených cloudových služeb, které nabízí široké možnosti v oblastech ukládání dat či databází, sdílení výpočetního výkonu a poskytování různých nástrojů a funkcí, které zákazníkům pomáhají rozšiřovat své možnosti. Některé z mnoha služeb AWS dnes využívají miliony podniků i soukromých osob k vytváření a provozu sofistikovaných aplikací s širokou škálou možností a vysokou spolehlivostí.

Zde se nabízela služba SQS (*Simple Queue Service*), která slouží pro správu dat ve formě zpráv řazených ve frontě. Umožňuje jednoduché a dostupné koordinování či oddělení jednotlivých částí aplikací. Zprávy je možné přijímat, ukládat a odesílat v libovolném pořadí. Tato FIFO služba je navržena tak, aby došlo ke zpracování každé zprávy právě jednou. V případě této aplikace je však problém ve zvoleném hardwaru, jelikož pro tuto službu nemá Arduino Uno podporu (např. v podobě připravené knihovny).

Nicméně je na místě uvést, že řešení pro komunikaci mezi zařízením Arduino a službami AWS je k dispozici. Arduino pro podobné aplikace nabízí svou vývojovou desku Yún, která mimo USB, micro USB a Ethernet konektoru disponuje podporou WiFi a slotem na mikro SD kartu. Výrobce uvádí jistou podobnost s deskou Leonardo. Ovšem Yún je mimo mikrokontroléru ATmega32u4 vybaven i procesorem Atheros AR9331 s podporou Linuxu (založeného na OpenWrt) s názvem Linino. Z pohledu hardwaru je řeč o architektuře se dvěma procesory, která obtížnější procesy předává výkonnějšímu čipu s integrovaným Linuxem. Výhoda je tak např. v dostatečné kapacitě „runtime“ paměti, která je schopna úspěšně zvládnout proces autentizace. U knihoven jde mimo samotné komunikace zejména o zabezpečení dat (k dispozici je zde např. kryptografická knihovna). Na rozdíl od Arduino Uno tak má Yún dostatečně výkonný hardware, který společně s podporou ve formě hotových knihoven splňuje požadavky služby IoT. Právě na bezpečnost klade služba IoT důraz, proto jsou vyžadovány odpovídající certifikáty či identifikace uživatel.

Službu IoT (*Internet of Things*) vytvořil podle [29] britský průkopník v oblasti RFID (*Radio Frequency Identification*), který vyvinul systém propojující internetový svět s reálným. Mezi tři hlavní části IoT řadí hardware, Internet a připojení k němu, přičemž významný přínos vidí ve vyplňování mezery mezi fyzickým a digitálním světem prostřednictvím systémů, které se „sami“ vyvíjejí a zlepšují.

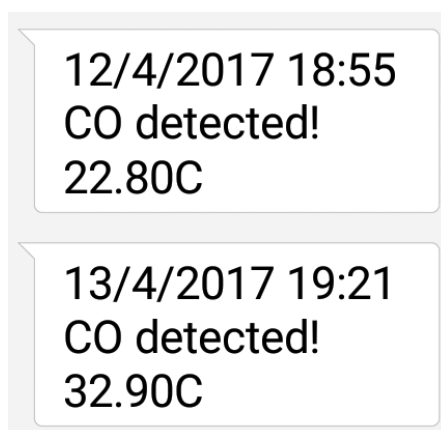
Jako „náhradní“ řešení byla zvolena Java aplikace spuštěná na domácím PC. Tato aplikace využívá pro přijímání a odesílání dat formát JSON (*Java Script Object Notation*). Jedná se o způsob zápisu, který je určen k přenosu dat a je nezávislý na počítačové platformě. Struktura vstupujících dat může být téměř libovolná (např. boolean, float, string, integer, objekt nebo jejich kombinace v podobě pole), na výstupu je pak vždy řetězec a již není možné s jistotou určit předchozí datový typ. K tvorbě aplikace bylo použito vývojové prostředí IntelliJ IDEA, které se běžně využívá k vývoji počítačového softwaru v jazyce Java i mnoha dalších. Toto prostředí nabízí mimo jiné mnoho pokročilých funkcí jako je dokončování příkazů z kontextu kódu, refaktorování, možnost opravit chyby formou nabízených možností, kódovou navigaci, pomocí níž lze přejít k dané třídě, apod.

## 7 Dosažené výsledky

Vzhledem k velikosti programové paměti Arduino Uno, která je omezena na 32 KB, došlo během vývoje k rozhodnutí rozdělit zařízení na dvě varianty. Ty se liší „pouze“ způsobem ukládání dlouhodobě získávaných dat. První varianta využívá lokální uložení v podobě SD karty a druhá varianta odesílá informace po síti Ethernet. K tomuto kroku vedl především vyšší počet použitých knihoven a využití významné části paměti právě v případě modulů SD karty a sítě Ethernet.

Tomuto kroku předcházely i jisté problémy, kdy při nahrávání kódu velikost programové části přesáhla možnosti vyhrazené paměti. V takovém případě může dojít k pravděpodobně neošetřenému přetečení paměti a narušení bootloaderu, v důsledku čehož není možné běžným postupem zapisovat do paměti. Výrobce však dává k dispozici postup i vzorový kód [32], díky němuž lze s využitím druhé stejné („zdravé“) desky bootloader vypálit a deska se tak opět chová standardně.

V obou případech je mimo výše popsaných modulů využito tlačítko, které představuje virtuální detektor CO, při jehož sepnutí je pomocí sítě GSM odeslána SMS zpráva s informací obsahující datum, čas, povahu hrozícího nebezpečí a aktuální teplotu (např. pro případ požáru). Na následujícím obrázku je zobrazena ukázka zpráv informující o detekci vysoké koncentrace oxidu uhelnatého.

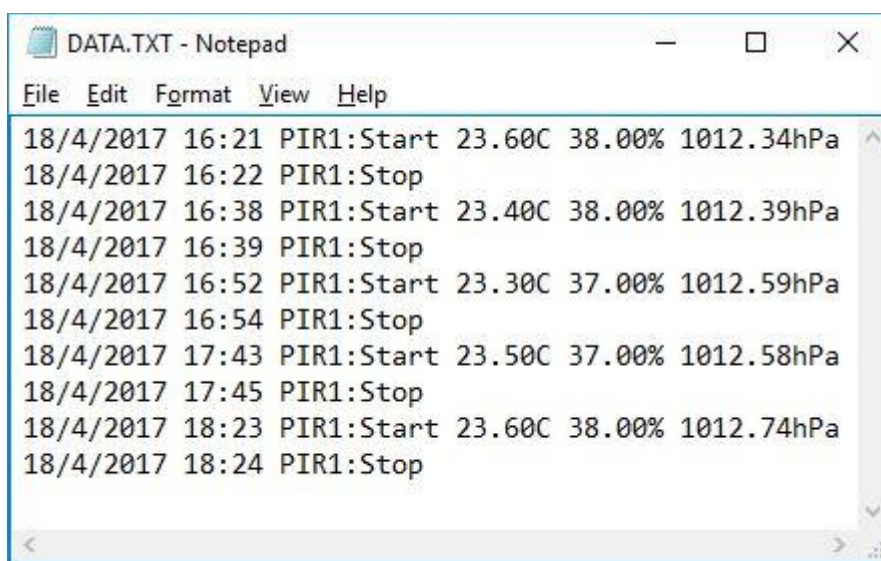


*Obr. 18: „Ukázka SMS zpráv“*

Při napájecím napětí 12 V se orientační měření odebíraného proudu (pomocí digitálního multimetru) pohybovalo okolo 80 mA v pohotovostním stavu resp. 100 mA při „hledání“ GSM sítě či odesílání SMS zprávy. Průměrný příkon by tam neměl přesahovat 1 W.

## 7.1 Varianta s lokálním uložištěm

Výhodou této verze zařízení je, že ke svému provozu nevyžaduje připojení k datové síti. Pořízené informace o pohybu monitorované osoby jsou ukládány na SD kartu umístěnou přímo v zařízení. Data jsou ukládána do textového souboru ve formátu datum, čas a následně „Start“ v případě začátku detekce pohybu resp. „Stop“ v případě ukončení detekce pohybu. Informace o začátku pohybu jsou doplněny hodnotami s aktuální teplotou, atmosférickým tlakem a relativní vlhkostí. Ukázka krátkého záznamu je zobrazena na obrázku *Obr. 18*. Několika denní záznam, který byl pořízen za účelem testování, je k dispozici v příloze.



```
DATA.TXT - Notepad
File Edit Format View Help
18/4/2017 16:21 PIR1:Start 23.60C 38.00% 1012.34hPa
18/4/2017 16:22 PIR1:Stop
18/4/2017 16:38 PIR1:Start 23.40C 38.00% 1012.39hPa
18/4/2017 16:39 PIR1:Stop
18/4/2017 16:52 PIR1:Start 23.30C 37.00% 1012.59hPa
18/4/2017 16:54 PIR1:Stop
18/4/2017 17:43 PIR1:Start 23.50C 37.00% 1012.58hPa
18/4/2017 17:45 PIR1:Stop
18/4/2017 18:23 PIR1:Start 23.60C 38.00% 1012.74hPa
18/4/2017 18:24 PIR1:Stop
```

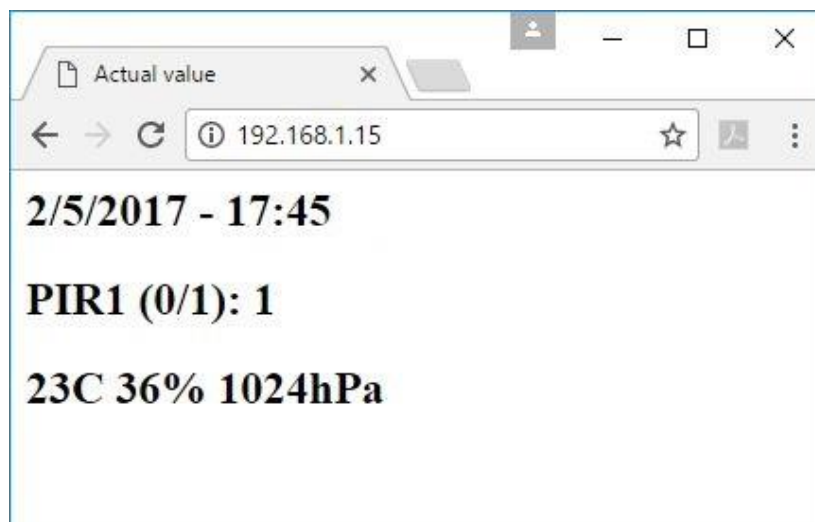
*Obr. 19: „Ukázka dat uložených na SD kartě“*

## 7.2 Varianta s rozhraním Ethernet

Z pohledu získávání informací se jedná o totožné zařízení jako v předchozím bodě. Rozdíl je ve formě předávání výstupních dat, kdy jsou informace odesílány přes rozhraní Ethernet (je tedy vyžadováno připojení k datové síti). Podstatnou výhodou a důvodem k takovému řešení je zejména možnost vzdáleného přístupu k získaným informacím. K otázce vhodného uložiště se tak přidává problematika zabezpečení, aby data byla online k dispozici pečovateltům, zdravotnickému personálu či příbuzným a zároveň byla adekvátně zabezpečena proti zneužití. V případě realizovaného řešení, jsou data dostupná pouze v rámci lokální (domácí) sítě.

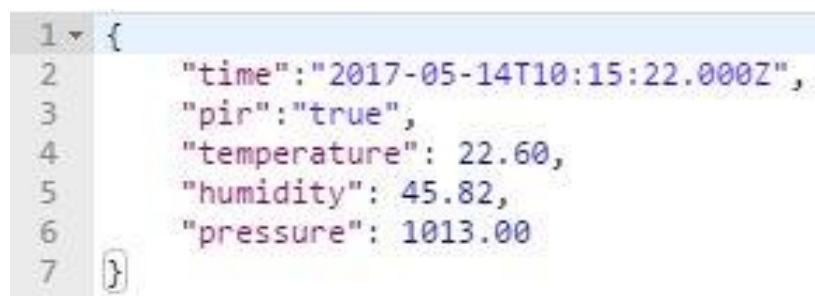


Realizovaný systém je prozatím navržen jako webový server, který poskytuje přístup k datům „pouze“ v reálném čase. Jak je vidět na obrázku *Obr. 20*, informace je možné zobrazit pomocí webového prohlížeče po zadání IP adresy, kterou má zařízení rezervovanou na základě své MAC adresy.



*Obr. 20: „Zobrazení dat webovým prohlížečem“*

Jako budoucí rozšíření systému se nabízí realizovat původní navrhovanou variantu s ukládáním dat na vzdálené uložiště, které se fyzicky může nacházet vedle popisovaného systému, ovšem pro reálný provoz je pravděpodobnější varianta serveru, který bude zcela jinde. Pro tyto účely je připravena možnost v podobě aplikace, která může být spuštěna na běžném PC a sloužit právě jako server, který nabízí ukládání dat či jejich vypsání. Aplikace je připravena pro práci s daty ve formátu JSON (ukázka formátu je na obrázku *Obr. 21*), kdy mimo ukládání dat je k dispozici vypsání všech dostupných uložených dat či zobrazení specifikovaného výběru.



*Obr. 21: „Data ve formátu JSON“*

K testování a ověření funkce uložení v rámci lokální sítě byl použit software Postman. Ten umožňuje snadno a rychle vytvořit zprávy např. ve formátu JSON, který zde byl pro předávání dat použit. Odesílání jednotlivých zpráv zajišťuje metoda POST a požadavek o vypsání uložených dat metoda GET. Použité kombinace jsou zobrazeny v tabulce *Tab. 4*.

*Tab. 4: „Metody prostředí Postman“*

<b>Metoda</b>	<b>HTTP</b>	<b>Význam</b>
POST	<a href="http://localhost:8181/samples">http://localhost:8181/samples</a>	Přidá jeden záznam.
GET	<a href="http://localhost:8181/samples">http://localhost:8181/samples</a>	Vrátí všechny uložené záznamy.
GET	<a href="http://localhost:8181/samples?page=1&amp;size=3">http://localhost:8181/samples?page=1&amp;size=3</a>	Vrátí záznamy dle výběru.

## 8 Diskuse

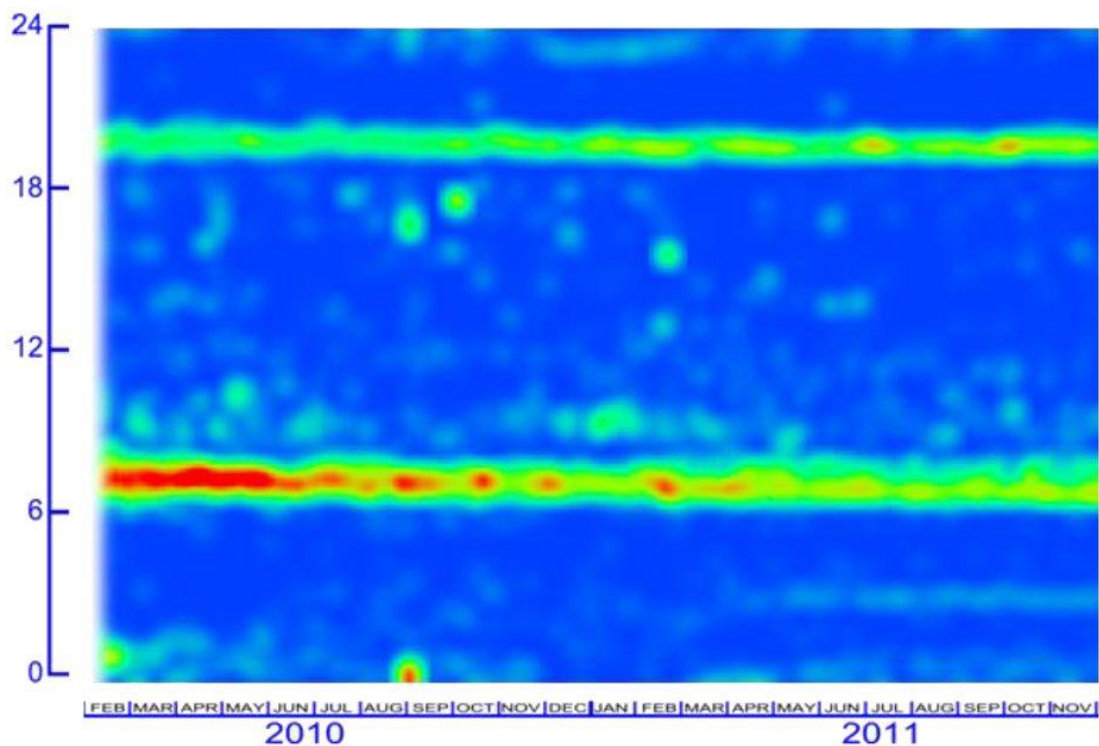
Stěžejní funkcí navrhovaného zařízení je dlouhodobé získávání a shromažďování informací o činnosti monitorované osoby při pobytu v domácnosti. Získané informace by následně měly sloužit pečovatelům či zdravotnickému personálu k lepší představě o denním režimu hendikepované osoby. Jedná se zejména o sledování délky spánku, poruch spánku, denních zvyků, změn v chování, apod. Náhlé změny v chování člověka jistě mohou indikovat zdravotní obtíže a jejich sledování je přínosné. Ovšem pokud dojde k výraznější změně během krátké doby, zpravidla si toho případný pacient všimne sám nebo jeho anomálie v chování zaznamená někdo z okolí.

Dlouhodobý záznam činnosti dané osoby ovšem přináší možnost sledování dat z pohledu dlouhodobého trendu po dobu několika let. Takový přístup umožňuje sledovat změny v chování, které se neprojevují náhle či skokově, ale dochází k nim průběžně během dlouhé doby (např. během několika měsíců). Jedná se o změny, které člověk sám u sebe nemusí zaznamenat. V případě staršího nebo jiným způsobem hendikepovaného pacienta může nastat i situace, že si případné změny nebo odchylky od běžného počínání nebude uvědomovat či pamatovat. Příbuzní a pečovatelé zase nemusí, většinou ani nemohou, dohlížet na onu osobu stále. Nicméně monitorovací systém může v omezené podobě dohled zajišťovat nepřetržitě.

Právě dlouhodobý záznam každodenních událostí, které většinou děláme zcela automaticky každý den, může být z pohledu dlouhodobého trendu pro tuto aplikaci důležitý. Jde o činnosti jako je např. vstávání z postele či usínání, ranní a večerní hygiena, apod. Záznam pořizovaný během několika let může mimo jiné ukázat změny „pomalého“ charakteru související s ročním obdobím. V případě takového záznamu je díky jeho dostatečné délce možné sledovat právě případné anomálie, které mohou včas přispět k detekování zdravotních obtíží. Tento systém ovšem není určen ke stanovení konkrétní diagnózy nebo ke konkrétnímu zpracování získaných dat. Jeho přínosem má být předávání získaných informací lékařskému personálu, pečovatelům či dohlížejícím příbuzným, kterým pořízená data mají sloužit jako jedna z pomůcek k přesnějšímu, rychlejšímu či dřívějšímu odhalení zdravotních komplikací. S ohledem na pozitivní přínos podobných technologií byla při realizaci popisovaného systému snaha sestrojít zařízení dostupné tak, aby v budoucnu mohlo být součástí jakékoliv domácnosti, kde bude mít potenciální přínos.

Ke skutečnému prokázání přínosu navrhovaného zařízení by byla potřeba doba několika let, vhodný dobrovolník a bohužel i jeho případné zdravotní komplikace. Takové podmínky

během tvorby této práce k dispozici nebyly, a proto pořízená data v textovém souboru, která jsou součástí přílohy, demonstrují spíše samotnou funkci systému. Tato data zachycují po dobu několika dní průchod dveřmi mezi obývacím pokojem a předsíní v bytě, který je obýván dvěma osobami. Pro ilustraci je na obrázku *Obr. 19* zobrazen přibližně dvouletý záznam aktivity pohybu v koupelně. Jedná se o v té době asi 90. letou seniorku, která byla monitorována v rámci výzkumu popsaného v [3]. V záznamu je dominantní aktivita vidět v době ranní a večerní hygieny.



*Obr. 22: „Záznam aktivity pohybu“ - převzato z [3]*

## 9 Závěr

Realizovaný systém je navržen především jako zařízení, které slouží k dlouhodobému ukládání informací o pohybu hendikepované osoby v domácnosti a umožňuje data dále předávat k pozdějšímu zpracování. Výstupem systému nemá být konkrétní diagnóza monitorované osoby, ale předpřipravená nashromážděná data, která mají lékařskému personálu přispívat k predikci případných zdravotních komplikací. Rozšiřující funkcí systému je záznam teploty, atmosférického tlaku a relativní vlhkosti a dohlížení na domácnost prostřednictvím bezpečnostních čidel s možností přivolat v případě potřeby pomoc.

Mezi výhody realizovaného zařízení patří jeho jednoduchost v kombinaci s významným přínosem, který však nemusí být na první pohled zřejmý. Dále jde o bezkontaktní provoz, kdy od monitorované osoby není vyžadována žádná spolupráce a dochází k velmi omezenému narušení soukromí. Pro maximální potenciální význam získaných informací se nabízí realizovat zařízení tzv. „na míru“ podle prostředí konkrétní domácnosti, což je však řazeno mezi nevýhody. Stejně tak absence náhlých zdravotních obtíží.

Jako budoucí rozšíření systému se nabízí právě monitorování životních funkcí. A to zejména z důvodu, že zařízení je určeno primárně do domácnosti, ve které žije pouze jedna osoba. Ideálně by se mělo jednat o bezkontaktní senzory, aby byla zajištěna podmínka nevyžadované spolupráce a monitorovaná osoba nebyla omezována kontaktními metodami. V „ostrém“ provozu by systém rovněž vyžadoval odpovídající zabezpečení uložených dat.



## 10 Použité obrázky

Obr. 1	Logo Arduino
Obr. 2	Arduino Uno
Obr. 3	Architektura I2C sběrnice
Obr. 4	Architektura SPI sběrnice
Obr. 5	Modul DS3231
Obr. 6	LCD displej
Obr. 7	Modul DHT11
Obr. 8	Modul BMP180
Obr. 9	Typ vějíř
Obr. 10	Typ závěs
Obr. 11	Typ chodba
Obr. 12	Modul HC-SR501
Obr. 13	Modul SD karty
Obr. 14	Modul Ethernet
Obr. 15	GSM terminál
Obr. 16	Vývojový diagram
Obr. 17	Arduino IDE
Obr. 18	Ukázka SMS zpráv
Obr. 19	Ukázka dat uložených na SD kartě
Obr. 20	Zobrazení dat webovým prohlížečem
Obr. 21	Data ve formátu JSON
Obr. 22	Záznam aktivity pohybu

## 11 Použité tabulky

Tab. 1	Zapojení vývodů
Tab. 2	Přehled příkazů GSM terminálu
Tab. 3	Souvislost vstupních a výstupních dat
Tab. 4	Metody prostředí Postman





## 12 Použité zkratky

AC	<i>Alternating Current</i>
AT	<i>Attention</i>
BMP	<i>Barometric Pressure</i>
CO	<i>Carbon Oxygen</i>
DPS	<i>Deska plošných spojů</i>
DHT	<i>Digital output Humidity and Temperature sensor</i>
DC	<i>Direct Current</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>
GSM	<i>Groupe Spéciale Mobile/Global System for Mobile</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
CS	<i>Chip Select</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IDII	<i>Interaction Design Institute Ivrea</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
JSON	<i>Java Script Object Notation</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MISO	<i>Master In Slave Out</i>
MOSI	<i>Master Out Slave In</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
PIR	<i>Passive Infrared Detector</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RTC	<i>Real Time Clock</i>
SD	<i>Secure Digital</i>
SCK	<i>Serial Clock</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SS	<i>Slave Select</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
SCL	<i>Synchronous Clock</i>
SDA	<i>Synchronous Data</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i>



## 13 Použité zdroje

- [1] ROBITAILLE, Suzane. The illustrated guide to assistive technology and devices: tools and gadgets for living independently. Demos Medical Publishing, New Yourk, 2010. ISBN 978-1-932603-80-4.
- [2] CHAN, M., ESTEVE, D., ESCRIBA, C. and CAMPO, E., 2008. A review of smart homes- present state and future challenges. Computer methods and programs in biomedicine, 91(1), pp. 55-81.
- [3] LOSARDO, A., GROSSI, F., MATRELLA, G., DE MUNARI, I. and CIAMPOLINI, P., 2013. Monitoring and identification of trends and abnormal behaviors using an AAL systems, ATTI DEL 4° FORUM ITALIANO PER L'AMBIENT ASSISTED LIVING, 2013.
- [4] ARDUINO. Arduino Uno & Genuino Uno. (cit. 12.5.2017), [online], URL: <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>
- [5] Maxim Integrated Product, Inc. Extremely Accurate I2C Integrated RTC/TCXO/Crystal, DS3231. Maxim Integrated Product, Inc., 2015, (cit. 12.5.2017), [online], URL: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>
- [6] Datasheet I2C 1602 Serial LCD Module, (cit. 12.5.2017), [online], URL: <http://store.alhekma4u.com/content/Displays/I2C%20LCD%20interface.pdf>
- [7] D-Robotics UK. DHT11 Humidity & Temperature Sensor. D-Robotics, 2010, (cit. 12.5.2017), [online], URL: <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>
- [8] BOSCH. BMP180 Digital pressure sensor. Bosch Sensortec, 2013. BST-BMP180-DS000-09, (cit. 12.5.2017), [online], URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Pressure/BMP180.pdf>
- [9] HC-SR501 PIR Motion Detector, Product Discription, (cit. 12.5.2017), [online], URL: <https://www.mpja.com/download/31227sc.pdf>
- [10] ECLIPSERA. Čtečka SD karet. Ecliptera s.r.o., 2016, (cit. 12.5.2017), [online], URL: <http://navody.arduino-shop.cz/docs/texty/0/64/1427787012.pdf>

- [11] ECLIPSE. Ethernet LAN modul. Ecliptera s.r.o., 2016, (cit. 12.5.2017), [online], URL: <http://navody.arduino-shop.cz/docs/texty/0/88/advyeth.pdf>
- [12] CINTERION. Wireless Modules - TC65 Terminal. Cinterion, 2008. TC65\_Terminal\_HD\_v03.000an, (cit. 12.5.2017), [online], URL: <http://www.oppermann-telekom.de/pdf/cinterion-tc65-ug.pdf>
- [13] ARDUINO. Knihovna Arduino <Adafruit\_BMP085.h>, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/adafruit/Adafruit-BMP085-Library>
- [14] ARDUINO. Knihovna Arduino <DHT.h>, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>
- [15] ARDUINO. Knihovna Arduino <DS1307RTC.h >, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/PaulStoffregen/DS1307RTC>
- [16] ARDUINO. Knihovna Arduino <EtherCard.h >, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/jcw/ethercard>
- [17] ARDUINO. Knihovna Arduino <LiquidCrystal\_I2C.h >, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/fdebrabander/Arduino-LiquidCrystal-I2C-library>
- [18] ARDUINO. Knihovna Arduino <SD.h >, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/adafruit/SD>
- [19] ARDUINO. Knihovna Arduino <SPI.h >, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/PaulStoffregen/SPI>
- [20] ARDUINO. Knihovna Arduino <Time.h >, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/PaulStoffregen/Time>
- [21] ARDUINO. Knihovna Arduino <Wire.h >, (cit. 11.4.2017), [online], URL: <https://github.com/codebendercc/arduino-library-files/tree/master/libraries/Wire>
- [22] ARDUINO. Arduino Nano. (cit. 14.5.2017), [online], URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>
- [23] ARDUINO. About us. (cit. 14.5.2017), [online], URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>

- [24] I2C – Bus: What’s That?. (cit. 17.5.2017), [online], URL: <https://www.i2c-bus.org/>
- [25] SPI Interface. (cit. 17.5.2017), [online], URL: [http://www.corelis.com/education/SPI\\_Tutorial.htm](http://www.corelis.com/education/SPI_Tutorial.htm)
- [26] HUSÁK, Miroslav. Perimetrická, plášťová, prostorová a předmětová ochrana. ČVUT FEL Praha.
- [27] Amazon Web Services. (cit. 17.5.2017), [online], URL: <https://aws.amazon.com/>
- [28] Amazon Simple Queue Service (SQS). (cit. 17.5.2017), [online], URL: <https://aws.amazon.com/sqs/>
- [29] Internet of Things. (cit. 18.5.2017), [online], URL: <https://aws.amazon.com/iot/>
- [30] ARDUINO. Arduino Yún. (cit. 18.5.2017), [online], URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun>
- [31] ARDUINO. Arduino Yún. (cit. 18.5.2017), [online], URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoYun>
- [32] ARDUINO. Arduino as an AVR ISP. (cit. 18.5.2017), [online], URL: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoISP>
- [33] How to build boot application using IntelliJ IDEA. (cit. 19.5.2017), [online], URL: <https://patrickgrimard.io/2014/08/14/how-to-build-a-spring-boot-application-using-intellij-idea/>
- [34] Microchip Technology Inc. ENC28J60 Data Sheet, Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface. Microchip Technology Inc, 2008. (cit. 19.5.2017), [online], URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39662c.pdf>
- [35] ARDUINO. Getting started with Arduino and Genuino product. (cit. 19.5.2017), [online], URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>
- [36] JetBrains. IntelliJ IDEA Capable and Ergonomic IDE for JVM. (cit. 19.5.2017), [online], URL: <https://www.jetbrains.com/idea/?fromMenu>

[37] POSTMAN. Developing APIs is hard. Postman makes it easy. (cit. 19.5.2017), [online], URL: <https://www.getpostman.com/>

[38] POSTMAN. Get the Postman App, it's free!. (cit. 19.5.2017), [online], URL: <https://www.getpostman.com/apps>

# 14 Přílohy

[1] Zdrojový kód v prostředí Arduino „AT\_SD.ino“

[2] Experimentální data v textovém dokumentu „Data.txt“

[3] Zdrojový kód v prostředí Arduino „AT\_Ethernet.ino“

[4] Aplikace v prostředí IntelliJ „Monitor.zip“