



Semestrální práce z předmětu architektura počítačů

ČIDLA VHODNÁ NA MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI

Pavel MAJER

2017

# ČIDLA VHODNÁ NA MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI

## Obsah

Zadání semestrální práce .....	4
Předmluva .....	4
Úvod do tematiky .....	4
Fenomén IOT .....	5
Smart produkty.....	5
Open hardware.....	6
Open hardware – monitoring parkovacích míst.....	6
Co je to senzor? .....	8
Senzory pro měření vzdálenosti .....	8
Ultrazvukové senzory .....	10
Který senzor použít pro sledování parkovacích míst? .....	11
Senzor pro sledování vodní hladiny .....	11
Závěr .....	12
Seznam použité literatury a ostatních zdrojů .....	13

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Internet of things (zdroj <a href="http://www.mspalliance.com">www.mspalliance.com</a> ) .....	4
Obrázek 2 - Withings Thermo (zdroj: Withings) .....	5
Obrázek 3 - Google home (zdroj: Google) .....	5
Obrázek 4 - Arduino (zdroj: <a href="http://www.arduino.cc">www.arduino.cc</a> ) .....	6
Obrázek 5 - Big Clown (zdroj: <a href="http://www.bigclown.com">www.bigclown.com</a> ) .....	6
Obrázek 6 - Diagram monitoringu parkovacích míst (zdroje obrázků: Bigclown, Freeicons.png, Sigfox) .....	7
Obrázek 7 - Schematické znázornění senzoru .....	8
Obrázek 8 - Vybrané senzory pro měření vzdálenosti .....	8
Obrázek 9 - princip fungování ultrazvukových senzorů (zdroj: <a href="http://aimagin.com">http://aimagin.com</a> ) .....	10
Obrázek 10 - ultrazvukových senzor (zdroj: <a href="http://aimagin.com">http://aimagin.com</a> ) .....	10
Obrázek 11 - měřená plocha ultrazvukem při výšce 2.5m .....	11





## Fenomén IOT

Internet of things je koncept představený v roce 1999 Kevinem Ashtonem v laboratořích MIT. Podle jeho vize by v budoucnu měla být všechna zařízení propojena, měla by obsahovat různé senzory, měla by sbírat data, komunikovat mezi sebou a s počítači. Ve svém článku pro RFID Journal se zároveň zamýšlel nad tím, že tehdejší technologie pro komunikaci či napájení ještě nebyly na dostatečné úrovni, aby byly schopné obsloužit miliardy takových zařízení (2).

Od chvíle, kdy byl tento koncept představen došlo k technologickému pokroku v mnoha průmyslových odvětvích. Tehdejší technologické problémy byly z velké části vyřešeny. Díky miniaturizaci zařízení, rozšíření internetu, „low-power“ sítím, a relativně nízkým cenám jednotlivých komponent začínají být prvky IOT dostupné i pro běžné spotřebitele. Možná právě díky tomu se v současné době se právě IOT dostává do popředí zájmu nadnárodních korporací ale i širší společnosti.

Nárůst oblíbenosti IOT lze vysledovat z mnoha probíhajících konferencí či hackathlonů (programátorský maraton) na toto téma ale i z nárůstu počtu produktových nabídek velkých IT společností, jako jsou například Microsoft, Amazon, IBM, T-mobile, Sigfox či Alza.

Jako další důležitý signál o vzestupu IOT a Průmyslu 4.0 se dá rovněž považovat vznik nových studijních oborů, či kurzů na světových (5) i českých univerzitách (6).

## Smart produkty

Na trhu lze pozorovat nárůst množství různých „smart“ produktů. Ač se tato zařízení většinou nepřipojují na internet přímo, dá se hovořit o velkém přiblížení k původní vizi o IOT. Zařízení většinou měří určité hodnoty, podle své podstaty vykonávají určité aktivity, komunikují s okolím, případně umožňují na dálku tato zařízení ovládat.

Již i v běžných obchodech s elektronikou se rozšiřují nabídky komerčních zařízení s připojením na internet, se kterými lze vzdáleně monitorovat domácnosti (smart home), auta (smart car), lidské zdraví (smart health) a podobně. Takováto zařízení mohou vypadat a chovat se jako běžné „věci“, většinou ale mají navíc nějakou funkcionalitu, která využívá internet. Pro některé uživatele může být zajímavý „chytrý teploměr“, který po změření teploty zaznamená a vyhodnocuje trendy a rizika a v případě hrožících komplikací doporučí návštěvu lékaře (7). Někoho může oslovit „chytrá osobní váha“, která rozezná uživatele, zváží jej, změří obsah vody a tuku v jeho těle, změří srdeční tep, vyhodnocuje případné kardiovaskulární problémy, podobně jako jiné váhy. K tomu navíc všechny informace zobrazí na mobilním telefonu, zobrazí váhové trendy uživatele a pomůže zhodnotit splnění nastavených cílů.



Obrázek 2 -  
Withings Thermo  
(zdroj: Withings)



Obrázek 3 - Google  
home (zdroj: Google)

Existuje mnoho „smart“ produktů. Již samotný fakt že obchodníci začali dělit tato zařízení do skupin svědčí o narůstající nabídce ale i poptávce po podobných produktech v naší společnosti (4).

Nevýhodou podobných zařízení dříve bývala určitá uzavřenost a mnohdy nemožnost jejich vzájemné komunikace. Většinou zařízení byla schopna spolu spolupracovat,

ale pouze pokud byla od stejného výrobce. V současné době se dá pozorovat určitý trend, kdy někteří výrobci opouští své uzavřené ekosystémy a stávají se součástí větších celků. Příkladem může být integrace “Google home” (8), která umožňuje uživatelům svým hlasem ovládat inteligentní osvětlení Philips Hue, rádio, některé systémy topení a různá podobná zařízení (9).

## Open hardware

Vedle komerčních (většinou nákladnějších) řešení automatizace a vzdálené správy je možné využít vlastní řešení s pomocí open-source hardware mikrokontroléru (10) a sady čidel. Je více společností, které se zabývají touto tematikou, stále ale pro mnoho uživatelů je synonymem pro mikrokontrolér stavebnice Arduino (11). Tato stavebnice byla poprvé vydána již v roce 2003.



Obrázek 4 - Arduino (zdroj: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

Dá se předpokládat, že právě díky rostoucímu zájmu o IOT a také díky



Obrázek 5 - Big Clown (zdroj: [www.bigclown.com](http://www.bigclown.com))

rostoucímu zájmu o Arduino se na trhu začaly objevovat podobné, ale mnohdy modernější a složitější zařízení. Tato zařízení mají většinou lepší hardwarové parametry, mají integrované čipy a antény pro lokální bezdrátový přenos, pro kryptování, nebo i čipy pro napojení do nových LPWAN sítí, které vznikají výhradně pro IOT zařízení (například Sigfox, Lora). Tato zařízení často mívají i nižší spotřebu energie a mohou proto být vhodnější pro implementaci IOT řešení. Za předního zástupce výrobců těchto modernějších zařízení se dá považovat česká firma Big Clown ([www.bigclown.com](http://www.bigclown.com)).

Velmi důležité je rovněž i to, že existují komunity nadšených uživatelů open hardware platform. Členové těchto skupin si navzájem pomáhají a přes internet zpřístupňují svá řešení. Je velice pravděpodobné, že tato skutečnost také přispívá pro rozšiřování těchto technologií mezi širší společnost. Dá se očekávat, že téměř každý, kdo se touto problematikou hodlá zabývat má k dispozici mnoho návodů na téměř jakoukoliv implementaci. Možností, jak začít je mnoho; od ovládání světel, automatického zalévání skleníků, přes sledování parkovacích míst nebo i robotických autonomních autíček, které se automaticky vyhýbají překážkám.

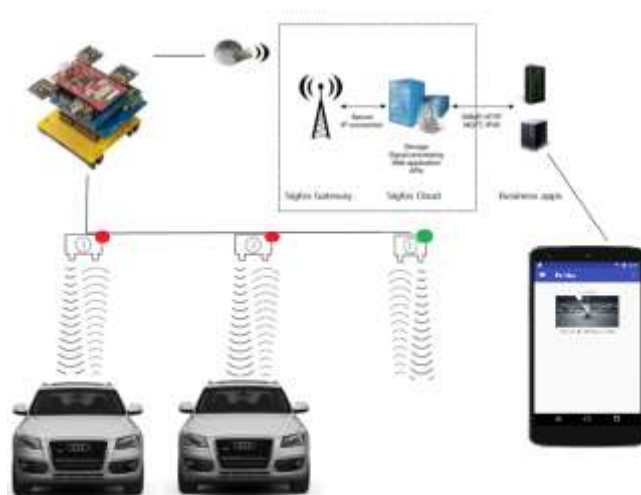
Na komunitních serverech se dají dohledat různé návody na řešení automatizace či vzdálené správy pomocí open-source hardware. Většinou mají podobný koncept jako původní záměr IOT. Jde o „věci“, které spolu mohou komunikovat pomocí rádiového signálu přímo, nebo i přes internet a provádějí určitou logiku.

## Open hardware – monitoring parkovacích míst

Určité části výše zmíněných komunitních návodů mohou být použity pro výrobu nových implementací a nových návodů, například i pro vytvoření systému notifikací o obsazenosti parkovacích míst na parkovišti uvnitř budovy.

Takovýto systém by měl být schopen rozpoznat, kdy na parkovacích místech jsou zaparkována auta, a tyto změny by měly posílat přes internet do vzdálené databáze, do které budou mít přístup klienti. Ti by pak měli mít možnost na dálku zjistit, zda jsou volná místa na zaparkování.

Protože se jedná o vnitřní instalaci, tak jako nejvhodnější pro tuto implementaci se jeví snímání vzdálenosti od stropu k zemi za použití mikrokontroléru od BigClown. Již v základní konfiguraci s jedním dodatečným modulem umožňuje integraci se Sigfox sítí a s cloudovými službami. Na tyto služby by mělo být možné se připojit z mobilních zařízení.



Obrázek 6 - Diagram monitoringu parkovacích míst (zdroje obrázků: Bigclown, Freeiconspng, Sigfox)

K mikrokontroléru je pro takovouto implementaci zapotřebí připojit senzory, které budou zjišťovat, zda je parkovací místo obsazené. Existují dva základní přístupy, jak tuto informaci zjistit:

- **pomocí změny magnetického pole (12)** – zařízení jsou většinou připevněna k silnici, případně mohou i mít tvar dlažební kostky (jako je řešení od firmy Citiq). Tyto jednotky měří změny magnetického pole a z těchto změn dokáží určit, zda je v místě přítomno motorové vozidlo. (Zdroj pro obrázek: [www.spel.cz](http://www.spel.cz))
- **pomocí měření vzdálenosti** – zařízení jsou většinou připevněna ke stropu a měří vzdálenost k nejbližšímu předmětu. Pokud motorové vozidlo není přítomno, čidlo zjistí vzdálenost podlahy parkoviště. V opačném případě čidlo získá vzdálenost k vrchní části motorového vozidla. Z těchto údajů lze zjistit, zda je místo obsazeno. (zdroj pro obrázek: [alibaba.com](http://alibaba.com); produkt: Parking Lot Guidance System with Key-TS07 ultrasonic sensor integrated with LED indicators)



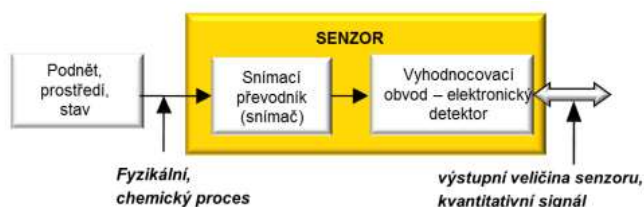
Z mnoha existujících implementací se dá se usuzovat, že systémy založené na měření změn magnetického pole jsou vhodnější spíše pro venkovní instalace, zatímco technologie měření vzdálenosti k podlaze jsou vhodnější spíše pro uzavřené prostory.

Existuje mnoho různých technologií senzorů pro měření vzdálenosti. Různé technologie se hodí pro různé projekty. Správný výběr je extrémně důležitá složka pro téměř jakoukoliv implementaci, protože nevhodně zvolená čidla mohou zapříčinit nefunkčnost celého systému.

## Co je to senzor?

Definice pojmu senzor zatím nejsou ustálené. Určité zobecnění tohoto pojmu lze vyjádřit následujícím způsobem: Senzor je zařízení, které snímá sledovanou fyzikální, chemickou nebo biologickou veličinu a dle určitého definovaného principu ji transformuje fyzikálním převodem na veličinu výstupní, často elektricky kvantitativní. (13)

Stav sledované veličiny snímá citlivá část senzoru označovaná jako snímač či převodník (v angl. sensing element nebo transducer), jehož výstupem je změna měřené fyzikální veličiny, kterou dále převádí a zpracovává vyhodnocovací obvod senzoru. Výstupní informací z vyhodnocovacího obvodu senzoru je kvantitativní, obvykle elektrický signál, který je vytvořen elektronickým detektorem a lze ho dále zpracovat dalšími obvody (Arduino, Bigclown a podobně), vizte obr. 1.



Obrázek 7 - Schematické znázornění senzoru

Existují různé skupiny senzorů, měřící různé veličiny. Dále se tato práce bude zabývat především senzory na měření vzdálenosti.

## Senzory pro měření vzdálenosti

Pro měření vzdálenosti se dají použít různé typy senzorů. Nejčastěji se můžeme setkat s následujícími zástupci jednotlivých technologií (14)

Zleva jsou uvedeny:

1. Ultrazvukový senzor vzdálenosti HC-SR04
2. Infračervený senzor vzdálenosti
3. Lidar - Laserový radar
4. Mikrovlnný radar



Obrázek 8 - Vybrané senzory pro měření vzdálenosti

Každý senzor má určité fyzikální vlastnosti a omezení. Je důležité tato omezení znát a brát na ně ohled při výběru vhodného kandidáta pro danou implementaci.

Níže jsou pro znázornění vybrané určité parametry z produktových listů jednotlivých zástupců. Velké rozdíly lze pozorovat v dosahu, přesnosti ale i ceně. Při výběru čidla je potřeba zároveň znát i omezení jednotlivých technologií. Pokud například budeme chtít změřit vzdálenost vodní hladiny, pak se pro implementaci nebudou hodit čidla, která vysílají signál, který se od vodní hladiny neodráží.



Tabulka 1: vybrané senzory

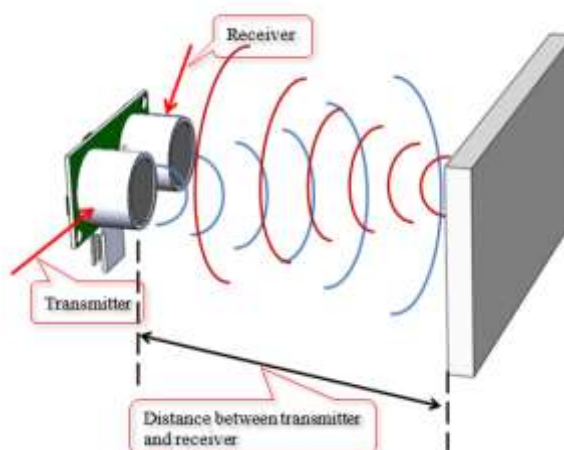
	<b>Ultrazvukový snímač HC-SR04</b>	<b>Infračervený senzor vzdálenosti</b>	<b>LIDAR – laserový radar (15)</b>	<b>RADAR - Mikrovlnný radar</b>
<b>Přesnost</b>	Nízká, množství šumu a odrazů	Třetí nejlepší přesnost	Nejlepší přesnost	Velmi přesný
<b>Dosah</b>	HC-SR04 (2-400cm)	Kratší dosah Sharp GP2Y0A21YK (10-80cm) Sharp GP2Y0A02YK0F (15-150cm)	Operační dosah nastavitelný LIDAR-Lite v3 (5cm-40m) Rozptyl Vzdálenost/100.	Dosah a schopnost radaru pronikat překážkami je závislá na vlnové délce, na které operuje. Mikrovlnný radar má operační dosah krátký
<b>Chybovost</b>	Vysoká chybovost, odrazy signálu	Od většiny povrchů se signál odráží	+ -2.5cm při nastavení dosahu > 1m	Velmi přesný
<b>Technické detaily</b>	15 stupňů, 15mA, 5V DC	33mA, 4.5-5.5V DC	8m Radian divergence 105mA idle; 130mA continuous 4.75-5V DC	
<b>Viditelnost skrz překážky</b>	Ne	Ne	Ne	Ano, v závislosti na vlnové délce
<b>Složitost</b>			Vysoká	
<b>Pořizovací cena</b>	Okolo 40kč v ČR (nebo pod 1USD v zahraničí)	Okolo 300Kč	Vysoká (okolo 4000)	Vysoká
<b>Odkaz</b>		<a href="http://www.sparkfun.com">www.sparkfun.com</a>	<a href="http://www.sparkfun.com">www.sparkfun.com</a>	

## Ultrazvukové senzory

Ultrazvukové senzory mají velkou výhodu ve své ceně. Nejzákladnější modely lze pořídit v ceně do 1 USD. Jsou dodávány i v základních zkušebních sadách Arduino.

Tyto senzory měří vzdálenost na základě počítání času mezi odesláním signálu a návratem jeho odrazu.

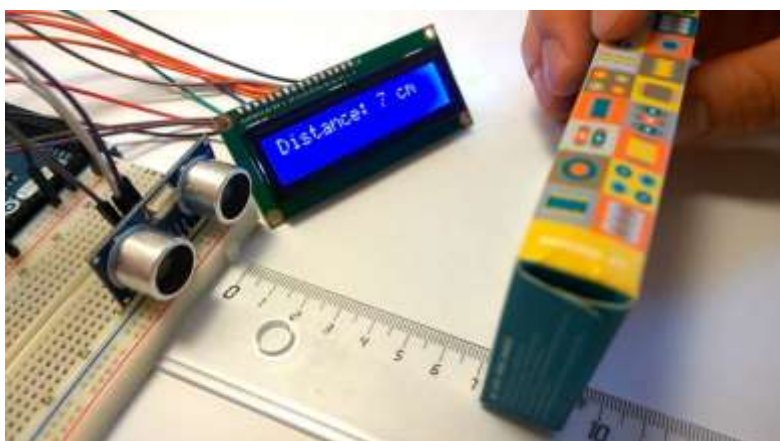
Z tohoto údaje je následně možné vypočítat přibližnou vzdálenost (16). Údaj lze spočítat přesněji, známe-li teplotu vzduchu, případně použijeme-li čidla se zabudovanou kompenzací nepřesností (například naměřené hodnoty teploty vzduchu čidlo rovnou zohlední při výpočtu vzdálenosti).



Obrázek 9 - princip fungování ultrazvukových senzorů (zdroj: <http://aimagin.com>)

Existují speciální knihovny pro základní open-hardware platformy, které řeší i přepočítávání délky odezvy signálu na vzdálenost. Vývoj pro taková čidla je pak o něco jednodušší.

Na trhu různé varianty ultrazvukových senzorů. Mají různé vlastnosti, různou stabilitu v kvalitě měření. Níže uvedená tabulka znázorňuje bližší detaily k vybraným modelům.



Obrázek 10 - ultrazvukový senzor (zdroj: <http://aimagin.com>)

Tabulka 2: vybrané modely senzorů

Model	Přesnost	Dosah	Cena (USD)	Dodatečné informace
HC-SR04	3mm	4m	0.8	Základní model
HC-SR04P	3mm	4m	1.0	model, s podporou 3.3voltů
HY-SRF05	2mm	4m	1.2	
US-015	1mm	4m	1.6	V testech bývá označován za nejspolehlivějšího zástupce ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=aLkkAsrSibo">https://www.youtube.com/watch?v=aLkkAsrSibo</a> )
US-100	3mm	4.5m	2.3	kompenzace chyb měření, které jsou způsobené změnou teploty, vyšší cena

Pro práci s ultrazvukovými senzory existuje mnoho návodů, jako například <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/ultrasonic-sensor-hc-sr04/>

## Který senzor použít pro sledování parkovacích míst?

Dá se předpokládat, že stropy na parkovištích málokdy bývají vyšší než 2.5 metru. Běžný automobil bývá vysoký okolo 1.5m (například výška Škody Octavia je 146cm), některé sportovní automobily bývají vysoké okolo 1m (například výška Lamborghini Miura P400 je 105cm). Aby bylo čidlo schopno zjistit přítomnost vozidla, mělo by mít dosah měření minimálně 1.5 metru.

Pro implementaci zjišťování obsazenosti míst v garáži by mělo být možné použít jakékoliv ze zkoumaných čidel, které dokáže dozrát od stropu až k parkovacímu místu.

S nejlepším poměrem cena/výkon by tedy dopadl ultrazvukový senzor. Podle svých specifikací by měl být schopen dosáhnout až 4 metry (některé varianty 5m). Tato čidla mívají rozptyl 15 stupňů, což může být pro implementaci parkovacího stání výhoda. Na vzdálenost 2.5 metru by výsledná sledovaná plocha byla kruh o průměru 66 cm při kolmém natočení [ $\tan(7.5) \cdot 2.5 \cdot 2$ ]. Pokud realizace bude vyžadovat zvětšení sledované plochy (bude mít tvar elipsy), mělo by být možné toho docílit změnou náklonu čidla, případně umístěním více čidel pro každé parkovací místo.

Ultrazvuková čidla bývají označována za relativně nepřesná. Motorová vozidla jsou ale relativně velká, proto by případné nepřesnosti v měření neměly mít dopad na zjišťování obsazenosti parkovacích míst. Zároveň se měření dají provádět víckrát v řadě, a případné nepřesnosti by mělo být možné softwarově odfiltrovat.

Nelze vyloučit, že se při implementaci řešení objeví nepředvídané technické komplikace a ultrazvukový senzor nebude dobře plnit svoji funkci. Na toto riziko by měl být brán zřetel při softwarové implementaci. Obecně se doporučuje používat návrhový vzor HAL (hardware abstraction layer), který zajistí možnost výměny senzorů, bez nutnosti složitějších zásahů do kódu.



Obrázek 11 - měřená plocha ultrazvukem při výšce 2.5m

## Senzor pro sledování vodní hladiny

O ultrazvukové technologii měření je známo, že vyslané vlny se odrážejí i od vodní hladiny (17). Proto se dá předpokládat, že právě senzory s touto technologií budou nejvíce vhodné pro měření množství vodní hladiny ve studni. Tato vlastnost je dána především tím, že se ultrazvukový signál od vodní hladiny odráží podobně, jako od překážky. Pro tuto vlastnost jsou ultrazvukové senzory vhodnější než laserové nebo infračervené senzory, které vodní hladinu neodráží.

U implementace měření vodní hladiny je potřeba zvážit vlhkost prostředí. Nedá se předpokládat, že běžné elektronické součástky dokáží ve vlhkém prostředí správně fungovat. Pro delší a spolehlivější fungování by se měla použít voděodolná varianta čidel (např. Waterproof Ultrasonic Module FYS-SR04). Jsou to čidla, podobná parkovacím senzorům, která se používají v automobilovém průmyslu.

## Závěr

Účelem této práce bylo nalezení vhodného senzoru, který by mohl být zapojen do sledování volných parkovacích míst a pro měření vodní hladiny ve studni. Původní účel byl splněn.

Došel jsem k závěru, že prakticky všechna zkoumaná čidla by měla zadání splnit. Proto se zdá nejvýhodnější využít ultrazvukový senzor, protože má relativně velký dosah a zároveň je nejlevnější.

Při zkoumání jsem zároveň zjistil, že i mezi ultrazvukovými senzory mohou být rozdíly. Pro realizaci monitoringu parkovacích míst plánuji použít čidlo US-015, především kvůli nižšímu výskytu chyb při měření v recenzích.

Pro realizaci měření ve vlhkém prostředí studně, plánuji použít voděodolný modul FYD-SR04.

Výsledky z této práce mohou být použity jako základ pro další zkoumání, případně mohou pomoci s výběrem nejvhodnější technologie pro realizace podobného druhu.

## Seznam použité literatury a ostatních zdrojů

1. ČTK. <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika>. [Online] Economia, a.s. [Citace: 31. 3 2017.] <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/prumysl-budoucnosti-strojirensky-veletrh-se-zameri-na-automa/r~d470c3e656dc11e5adcb0025900fea04/>.
2. An Introduction to the Internet of Things. [www.cisco.com](http://www.cisco.com). [Online] 11 2013. [Citace: 31. 3 2017.] [http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/solutions/trends/iot/introduction\\_to\\_IoT\\_november.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/introduction_to_IoT_november.pdf).
3. Cílem Prague Startup Centre. Prague IoT Centre – od nápadu k zákaznickému projektu za půl roku. <http://www.pragestartupcentre.cz>. [Online] [Citace: 13. 4 2017.] <http://www.pragestartupcentre.cz/blog/2017/04/12/prague-iot-centre-od-napadu-k-zakaznickemu-projektu-za-pul-roku/>.
4. Alza. Internet věcí přináší nové možnosti i výzvy. [www.alza.cz](http://www.alza.cz). [Online] [Citace: 13. 4 2017.] <https://www.alza.cz/internet-veci-prinasi-nove-moznosti-i-vyzvy>.
5. MIT. INTERNET OF THINGS - Roadmap to a Connected World. *INTERNET OF THINGS - Roadmap to a Connected World*. [Online] [Cited: 4 13, 2017.] <http://web.mit.edu/professional/digital-programs/courses/loT/>.
6. CVUT. bakalářský program - Internet věcí. *FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING*. [Online] [Citace: 13. 4 2017.] <https://www.fel.cvut.cz/cz/education/bk/obory/obor726137411705.B.B.P.10302204.html>.
7. Withings. Withings thermo. *Withings thermo*. [Online] Withings. [Citace: 13. 4 2017.] <https://www.withings.com/uk/en/products/thermo>.
8. Google Home now works with Belkin WeMo and Honeywell smart devices. *The Verge*. [Online] Vox media, 24. 1 2017. [Citace: 15. 04 2017.] <http://www.theverge.com/2017/1/24/14368546/google-home-support-belkin-wemo-honeywell>.
9. Google. Google Home. *Google Home*. [Online] Google. [Citace: 13. 4 2017.] <https://madeby.google.com/home/>.
10. Red Hat. What is open hardware. [www.opensource.com](http://www.opensource.com). [Online] Red Hat, Inc. [Citace: 13. 4 2017.] <https://opensource.com/resources/what-open-hardware>.
11. Arduino. What is Arduino. *Arduino*. [Online] Arduino. [Citace: 13. 4 2014.] <https://www.arduino.cc/>.
12. SPEL, a.s. Tinynode technologie a výrobky pro parkování. [www.spel.cz](http://www.spel.cz). [Online] [www.spel.cz](http://www.spel.cz). [Citace: 15. 4 2017.] <https://spel.cz/page/smart-parking>.
13. Mikrosenzory a mikroelektromechanické systémy. *Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií*. [Online] 2012. [Citace: 31. 3 2017.] [http://www.umel.feec.vutbr.cz/absn/files/skripta\\_mikrosenzory\\_hubalek.pdf](http://www.umel.feec.vutbr.cz/absn/files/skripta_mikrosenzory_hubalek.pdf).
14. UCL. *PA1 Princip funkce a připojení senzorů k Arduino UNO*. [UCL skripta pro předmět Arduino] místo neznámé : UCL, 2016.

15. Garmin. LIDAR\_Lite\_v3\_Operation\_Manual\_and\_Technical\_Specifications. <https://static.garmin.com>. [Online] 9 2016. [Citace: 31. 3 2017.] [https://static.garmin.com/pumac/LIDAR\\_Lite\\_v3\\_Operation\\_Manual\\_and\\_Technical\\_Specifications.pdf](https://static.garmin.com/pumac/LIDAR_Lite_v3_Operation_Manual_and_Technical_Specifications.pdf).
16. Pepperl+Fuchs. Pepperl+Fuchs. *Ultrasonic Sensors Knowledge (Part 4): Influences on Measurement Accuracy*. [Online] Pepperl+Fuchs. [Citace: 14. 4 2017.] <https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/25518.htm>.
17. Ing.Miloš Hušek - QTEST. Porovnání laserových a ultrazvukových dálkoměrů. *Qtest*. [Online] Qtest. [Citace: 14. 4 2017.] <http://www.qtest.cz/laserove-dalkomery/porovnani-laser-ultrazvuk.htm>.
18. Dostál, Dalibor. Český systém pro chytré parkování ve městech vyvinul brněnský startup Citiq. *www.businessInfo.cz*. [Online] 4. 7 2016. [Citace: 13. 4 2017.] <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/cesky-system-pro-chytre-parkovani-ve-mestech-vyvinul-brnensky-startup-citiq-79937.html>.
19. SAS. IOT - what it is and why it matters. *www.sas.com*. [Online] [Citace: 13. 4 2017.] [https://www.sas.com/cs\\_cz/insights/big-data/internet-of-things.html](https://www.sas.com/cs_cz/insights/big-data/internet-of-things.html).