

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

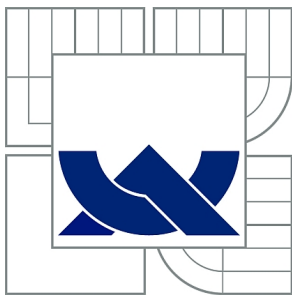
MOBILNÍ PRACOVIŠTĚ PRO MĚŘENÍ ÚROVNĚ SIGNÁLU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

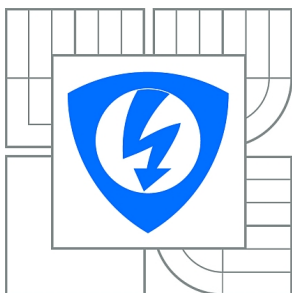
ANDREJ GAŠPIERIK

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

MOBILNÍ PRACOVIŠTĚ PRO MĚŘENÍ ÚROVNĚ SIGNÁLU

MOBILE WORKPLACE FOR FIELD STRENGTH MEASUREMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ANDREJ GAŠPIERIK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV LÁČÍK, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Andrej Gašpírik

ID: 136515

Ročník: 3

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Mobilní pracoviště pro měření úrovně signálu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s metodami měření úrovně signálu mobilních komunikačních systémů (GSM, WiFi apod.). Navrhněte vhodné mobilní pracoviště pro automatizované měření úrovně signálu pole v závislosti na vzdálenosti od vysílače. Pracoviště realizujte a na vybraných příkladech demonstруйте jeho funkčnost. Diskutujte vliv pracoviště a jeho obsluhy na přesnost naměřených dat.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] PECHAČ, P. Modely šíření vln v zástavbě, Praha: BEN - technická literatura, 2005.

[2] ARAI, H. Measurement of mobile antenna systems, Norwood: Artech House, Inc., 2001.

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Láčik, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Cieľom tejto bakalárskej práce je rozobrať spôsob konštrukcie zariadenia na automatizované meranie úrovne signálu v závislosti na vzdialenosti od vysielača. Jedná sa o veľmi sofistikované zariadenie. Môže byť použité napríklad pri pokrývaní budovy signálom wi-fi či GSM. ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY FEKT VUT v Brne bude tento prístroj používať pri výučbe predmetu Návrh antén a rádiových spojov.

V práci je zhrnuté priblíženie problematiky šírenia a merania elektromagnetických vln, možností merania prejdenej vzdialenosti, komunikácie mikrokontroléru ATmega16 s notebookom cez zbernicu USB, vyčítavania dát zo spektrálneho analyzátoru a spracovávania týchto výsledkov v užívateľskom rozhraní. Celé zariadenie, ktoré dokáže vykresľovať, ako sa mení úroveň signálu pri narastajúcej sa vzdialenosti od zdroja signálu, bolo skonštruované a otestované.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

elektromagnetická vlna, ATmega16, USB, spektrálny analyzátor

ABSTRACT

The aim of this work is how to construct mobile workplace for automated field strength measurement in depending on the distance from transmitter. This is a very sophisticated device. It can be used during covering buildings wi-fi or GSM. DEPARTMENT OF RADIOELECTRONICS FEKT VUT in Brno is going to use this workplace on lessons of subject Proposal antennas and radio links.

This thesis summarizes the problematics of extension and measurement of electromagnetic waves, possibilities of measuring the distance, communication between microcontroller ATmega16 and notebook via USB bus, data reading from the spectrum analyzer and the precessing of these results in the user interface. The whole device that can render how changes signal power at increasing distance from the source of the signal has been designed and tested.

KEY WORDS

electromagnetic wave, ATmega16, USB, spectrum analyzer

GAŠPIERIK, A. *Mobilní pracoviště pro měření úrovně signálu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 56 s., 4 strán příloh. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Láčík, Ph.D.

Prehlásenie

Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému „Mobilné pracovisko pre meranie úrovne signálu“ som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho semestrálneho projektu a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tohto projektu som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Zb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení § 152 trestného zákona č. 140/1961 Zb.

V Brne dňa 30. mája 2013

.....
podpis autora

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu semestrálneho projektu Ing. Jaroslavovi Láčíkovi, Ph.D. za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc pri spracovaní mojej bakalárskej práce. Taktiež ďakujem Ing. Ivo Dufekovi za pomoc a ďalšie cenné rady pri realizácii najmä semestrálneho projektu, z ktorého následne vzišla bakalárska práca.

V Brně dňa 30. mája 2012

.....
podpis autora

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1.1 Priestorová klasifikácia elmag. vln pre pozemné rádiové spoje [1].	11
Obr. 1.2 Simulácia šírenia vln v pikobunke.	15
Obr. 1.3 Bloková schéma vysielacej a meracej aparatury.	16
Obr. 2.1 Bloková schéma pracoviska.	18
Obr. 2.2 A) Inkrementačný optický kóder, B) Absolútny optický kóder [12].	20
Obr. 2.3 Hore - nezosilnený a dole - zosilnený signál z krokového motoru[13].	21
Obr. 2.4 Schéma zapojenia tvarovacieho obvodu[13].	21
Obr. 2.5 Princíp funkcie rotačného kóderu.	22
Obr. 2.6 Krokový motor s pasívnym rotorom [17].	23
Obr. 2.7 Krokový motor MITSUMI RH7-1533-01 [18].	23
Obr. 2.8 Označenie pinov mikroprocesoru ATmega16 v puzdre DIP40 [19].	24
Obr. 2.9 USB konektor typu A.	26
Obr. 2.10 Odporúčané zapojenie prevodníka UART-USB podľa datasheetu [24].	27
Obr. 2.11 Prevodník.	27
Obr. 2.12 Schéma a puzdro vytvorenej knižnice Aimtec.	28
Obr. 2.13 Zapojenie DC/DC meniča AIMTEC AM1D-050SZ [25].	28
Obr. 2.14 Pôvodný stav vozíku.	29
Obr. 2.15 Prevod ozubenými kolesami a v krabicike ukrytá elektronika.	30
Obr. 2.16 Detaily uchytenia prijímacej antény Kathrein 737 031.	32
Obr. 2.17 Rohde & Schwarz FSH4.	33
Obr. 2.18 Finálna verzia pracoviska.	34
Obr. 3.1 Vývojový diagram pre mikrokontrolér ATmega16.	35
Obr. 3.2 Uživatelské prostredie NOVA.	37
Obr. 3.3 Vývojový diagram užívateľského rozhrania NOVA.	38
Obr. 3.4 Panel FSH.	39
Obr. 3.5 Panel Mobile Workplace.	40
Obr. 3.6 Panel Actual.	40
Obr. 4.1 Tvar chodby.	42
Obr. 4.2 Ukážka z merania.	43
Obr. 4.3 Uživatelské rozhranie po skončení merania.	44
Obr. 4.4 Vplyv obsluhy.	45

Obsah

Úvod.....	10
1 Elektromagnetické vlny v pásme UHF	11
1.1 Hlavní zástupcovia	12
1.1.1 Wi-Fi.....	12
Wi-fi antény	12
1.1.2 GSM.....	12
1.1.3 UMTS	13
1.1.4 LTE	13
Antény mobilných komunikačných systémov	13
1.2 Šírenie vln v zástavbe.....	14
1.2.1 Mobilný spoj	14
1.2.2 Klasifikácia modelov šírenia vln v zástavbe.....	14
1.3 Simulácia šírenia vln v pikobunke programom I-PROP.....	15
1.4 Meranie úrovne signálu.....	16
1.5 Konektory.....	17
2 Konštrukcia	18
2.1 Meranie prejdenej vzdialenosti	19
2.1.1 GPS	19
2.1.2 Rotačné kódery	20
2.2 Krokové motory	22
2.3 ATmega16.....	24
2.4 Komunikácia s PC.....	25
2.4.1 Bluetooth.....	25
2.4.2 USB.....	26
2.5 Napájanie.....	28
2.6 Mechanická realizácia.....	29
2.6.1 Prevod	30
2.7 Použité antény	31
2.8 Spektrálny analyzátor	33
3 Softwarové vybavenie	35
3.1 Program pre mikrokontrolér ATmega16.....	35
3.2 Uživatelské rozhranie	36
4 Meranie	42
4.1 Vplyv obsluhy na meranie	42
4.2 Výsledky a diskusia.....	43

Záver	46
Zoznam použitej literatúry	47
ZOZNAM SKRATIEK.....	50
ZOZNAM PRÍLOH.....	51

Úvod

Od čias priekopníka bezdrôtovej komunikácie Marconiho uplynulo už veľa rokov a elektromagnetické vlny sa stali bežnou súčasťou moderného sveta. Technológie ako IrDA, Bluetooth, Wi-Fi, GPS a ďalšie dali človeku slobodu, káble sa vytrácajú. Každý môže byť mobilný a pri tom v spojení s okolitým svetom kedykoľvek a prakticky kdekoľvek.

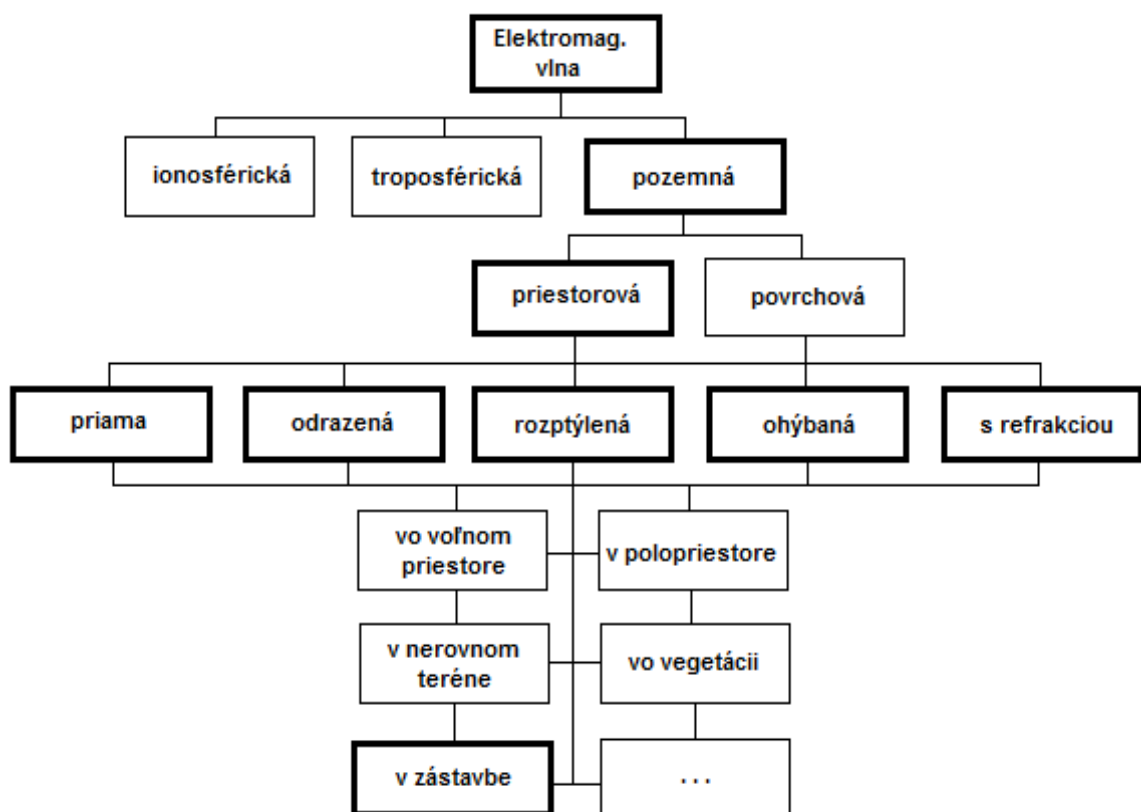
Bezdrôtové technológie sú náchylnejšie na vonkajšie vplyvy. Javy počasia ako dážď, sneh, hmla – všetky tieto poveternostné situácie dokážu komunikáciu medzi zariadeniami zoslabiť, v tom horšom prípade aj na dlhšiu či kratšiu chvíľu úplne prerušiť.

So stále väčším uplatnením elektromagnetických vln preto vzniká potreba ich merania. Táto práca je venovaná tvorbe zariadenia, ktoré dokáže merať úroveň signálu a zároveň prejdenej vzdialenosti. Prvá kapitola je venovaná teoretickým poznatkom šírenia elektromagnetických vln a ich merania. V druhej kapitole sú rozobrané vybrané spôsoby komunikácie medzi meracou a pohyblivou aparátúrou. Tretia kapitola obsahuje popis softwaru pre mikrokontrolér a užívateľského prostredia. Posledná kapitola je venovaná samotnému testovaniu pracoviska a rozboru nameraných výsledkov. Postupne sú ukázané a vysvetlené možnosti, ktoré sa ponúkajú a z nich vybrané tie najoptimálnejšie. Na základe nich bolo celé zariadenie skonštruované a otestované.

1 Elektromagnetické vlny v pásme UHF

Predmetom záujmu merania v tejto práci sú prízemné priestorové vlny v pásme UHF. Pásmo UHF je frekvenčne ohraničené od 300 MHz do 3 GHz. To znamená, že vlny v ňom dosahujú vlnovú dĺžku 1cm – 10cm. Vďaka tomu sa nazývajú aj decimetrové. Charakter správania každej elektromagnetickej vlny najviac závisí na pracovnej frekvencii, respektíve vlnovej dĺžke.

Čím je vlnová dĺžka kratšia, tým viac umožňuje dobrý odraz, ohyb, ľahké prenikanie cez prekážky, nízke straty šírením a prijímacie antény môžu mať rozmery vhodné do mobilných vreckových zariadení. Preto nimi komunikujú napríklad štandardy IEEE 802.11b/g/n alebo systémy mobilných komunikácií ako GSM, UMTS, či LTE, prípadne Bluetooth. Práve úrovne týchto signálov skonštruované mobilné pracovisko meria. Rozdelenie elektromagnetických vln podľa druhov šírenia ilustruje obr. 1.1. V nasledujúcich podkapitolách je uvedené základné a jednoduché priblíženie jednotlivých, pre túto prácu významných, bezdrôtových komunikačných štandardov [1].



Obr. 1.1 Priestorová klasifikácia elmag. vln pre pozemné rádiové spoje [1].

1.1 Hlavní zástupcovia

1.1.1 Wi-Fi

Wi-Fi začalo už v roku 1991. Pôvodne bolo určené pre pokladničné systémy. Dnes už sa využíva aj na pripojenie k internetu. Tieto produkty sa nazývali WaveLAN a dosahovali rýchlosť 1 Mbps/2 Mbps. Spočiatku každý výrobca túto technológiu vyrábal takpovediac po svojom, až v roku 1997 vzal nad Wi-Fi záštitu štandardizačný inštitút IEEE. Ten vydal štandard pod označením 802.11 pre pásmo ISM. Vtedy Wi-fi dosahovalo rýchlosť 2 Mb/s, čo bolo v porovnaní so sieťou pre užívateľov neatraktívne. Onedlho vyšla revízia pod označením 802.11b, ktorý ponúka rýchlosť 11 Mb/s. Nasledoval štandard 802.11a, ktorý síce ponúka dátovú rýchlosť až 54 MB/s, avšak v pásme 5 GHz, ktoré je bezlicenčné iba v USA. Inde vo svete zaň treba platiť. Preto v roku 2003 prišiel štandard 802.11g, ktorý ponúka tiež rýchlosť až 54 Mb/s, avšak opäť v pásme v okolí 2,4 GHz. Posledný štandard Wi-Fi 802.11n dokáže pracovať aj na 2,4 a aj na 5 GHz a ponúka teoretickú prenosovú rýchlosť 144 Mb/s [2].

Každý prístupový bod odosiela po 100 ms intervaloch rýchlosťou 1 Mbps svoje sieťové meno a využíva trinásť 22 MHz kanálov s 5 MHz posunom. Je už na klientovi, či sa rozhodne pripojiť. V prípade, že je k dispozícii viacero prístupových bodov, môže si vybrať ten so silnejším signálom. Signálom Wi-fi sú už pokryté obchodné centrá, školy, reštaurácie. Takže na to, aby človek odpísal na e-mail, už nemusí chodiť domov alebo do internetovej kaviarne [2].

Wi-fi antény

Čo sa týka antén pre Wi-fi, ich výkon sa pohybuje okolo 1 W a zisk 5-10 dBi. Tento zisk postačí na pokrytie aj rozľahlejších priestorov. Na otvorenom priestranstve môže byť dosah dokonca niekoľko 100 metrov, v uzavretých budovách je dosah v desiatkach metrov. Pracujú vo frekvenčnom pásme približne 2,4 – 2,497 GHz pripájajú sa najmä pomocou SMA konektora [6].

Aby bolo zabezpečené šírenie signálu všetkými smermi, spravidla sa umiestňuje vysielateľ (access point-AP) do stredu pokrývanej plochy. Vysielanie Wi-fi je všesmerové v horizontálnej rovine, teda vyžarovacia charakteristika má 360° a pokrytá oblasť má tvar kruhu rotujúceho okolo vysielacej antény. Samozrejme toto pojednáva o ideálnom stave, v reálnych podmienkach by dochádzalo k deformáciám spôsobeným najmä železnými prvkami v budove [5].

1.1.2 GSM

Štandard GSM umožňujúci telefonovanie vznikol ešte v 80. rokoch minulého storočia. Spôsobil rozmach bunkovej mobilnej siete Počas svojej dlhej éry zaviedol napríklad krátke textové správy, kým ho na sklonku milénia vystriedalo UMTS. Pracuje na kmitočte v okolí 900 a 1800 MHz, v USA 1900 MHz. Jeho prenosová rýchlosť je 64 kbit/s.

Celý systém sa delí na 3 časti. Subsystem základňových staníc komunikuje priamo s mobilnými stanicami a naopak. Sieťový a spínací subsystem je, dá sa povedať, rádiatelefonná ústredňa so značne rozšírenými funkciami a úlohami. Posledný je

operačný subsystém, ten zaisťuje prevádzku, údržbu, opravy porúch a podobne. Hovorový signál prenášaný medzi mobilnými stanicami má rýchlosť 13 kbit/s.

Systém GPRS, označovaný aj ako 2,5G, po doplnení mobilných staníc aj celého systému GSM o nové bloky umožnil teoretickú prenosovú rýchlosť až 171,2 kbit/s. Jedná sa už o paketový prenos dát s možnosťou prístupu na internet.

Ďalšie zvýšenie rýchlosti umožňoval EDGE, označovaný aj ako systém 2,75G. Teoretická prenosová rýchlosť v jednom *timeslote* je 48kbit/s, to znamená pri využití všetkých ôsmich *timeslotov* až 384 kbit/s. EDGE využíva moduláciu 8PSK. V tejto podkapitole bolo čerpané z [3].

1.1.3 UMTS

UMTS je jedna z technológií tretej generácie založená na štandarde GSM, ktorej hlavnou novinkou je rozšírenie o možnosť video hovoru. Pracuje na frekvenciách v okolí 2 GHz a poskytuje prenosovú rýchlosť do 2 Mbit/s. Celý systém sa delí na 2 základné časti. Prvou z nich je chrbticová sieť. Tá riadi prevádzku a spojenie v systéme. Prenosové a prepájovacie funkcie plní rádiová prístupová sieť. Tá obsahuje základňové stanice (u systémov 3. Generácie označované ako Node B), ktoré ústia do riadiacej jednotky. Je to teda podobný princíp ako u GSM.

UMTS sa vyznačuje dvoma dôležitými operáciami pri spracovaní signálu – kódovanie kanálu a *skramblovanie*. Pri týchto operáciách väčšinou dochádza k rozprestieraniu spektra. To závisí na bitovej rýchlosti dátového signálu a chipovej rýchlosti rozprestieracieho kódu. Aby sa dali dobre rozlíšiť, je potrebná ich čo najmenšia vzájomná korelačná funkcia a autokorelačná funkcia s impulzným priebehom. Toho je však súčasne ťažké dosiahnuť, preto sa pri kódovaní kanálov používajú Walshove kódy a pri *skramblovaní* pseudonáhodné kódy spĺňajúce korelačné požiadavky [3].

1.1.4 LTE

LTE je už rýdzo paketový systém. Využíva protokol Mobile IP. Táto technológia je určená pre vysokorýchlostný prístup na internet, čo sa týka mobilných sietí. Je to posledný medzičlánok pred sieťami 4G. Umožňuje teoretický *downlink* 172,8 Mb/s a *uplink* 57,6 Mb/s. Plnohodnotne je v prevádzke zatiaľ len v severských krajinách, Estónsku a USA [4].

Antény mobilných komunikačných systémov

V riedko osídlených oblastiach sa používajú v horizontálnej rovine všesmerové vysielacie antény, smerové zas v oblastiach s hustou zástavbou a veľkým počtom obyvateľov. Antény pre GSM aj UMTS sú polarizované vertikálne alebo horizontálne pod uhlom +/- 45°. Základňové stanice GSM môžu dosahovať výkonov až 320 W [2].

Antény integrované v mobilných stanicach sú laditeľné, aby dokázali prijímať všetky pásma mobilných sietí na zemi. Kedysi boli umiestnené zvonka telefónu, niektoré modely boli vybavené dokonca vysúvacou anténou, ktorej dĺžka sa dala meniť. Vyčnievajúce antény žiarili do všetkých smerov[6].

Až s postupnými nárokmi na zmenšovanie mobilných staníc došlo v roku 1999 k integrácii prvých antén pod kryt. V súčasnosti sú antény v mobilných stanicach planárne. Ich rozmery sú čo najmenšie. Momentálne výrobcovia uprednostňujú mikropásikové PIFA antény. Vstavané antény už vyžarujú iba v 2 smeroch - dopredu a dozadu [6].

1.2 Šírenie vln v zástavbe

1.2.1 Mobilný spoj

Bežne má vysielač anténa pevnú polohu a prijímacie zariadenie sa pohybuje. Môže to však byť aj naopak. To spôsobuje kolísanie signálu v zástavbe. Počas putovania signálu od vysielača k prijímaču vznikajú straty. Útlm závisí na vzdialenosti medzi prijímačom a vysielačom, vlastnostiach prostredia, zástavbou, ľuďmi, viaccestným šírením signálu, znečistením signálu spôsobuje aj aditívny šum na prijímacej strane.

1.2.2 Klasifikácia modelov šírenia vln v zástavbe

Makrobunka (makrocell)

Je to prípad, kedy pevná anténa je umiestnená nad úrovňou striech a pokrýva územie o polomere 1 až 30 km. Nie je priama optická viditeľnosť medzi vysielačom a prijímačom, a preto sa využíva difrakcie a lomu.

Mikrobunka (microcell)

V tomto modeli je základňová anténa umiestnená pod úrovňou striech a polomer pokrytého územia je 100 m až 1 km. Medzi vysielačom a prijímačom je priama optická viditeľnosť, dôležitú úlohu zohrávajú odraz a vlnovodný efekt ulíc.

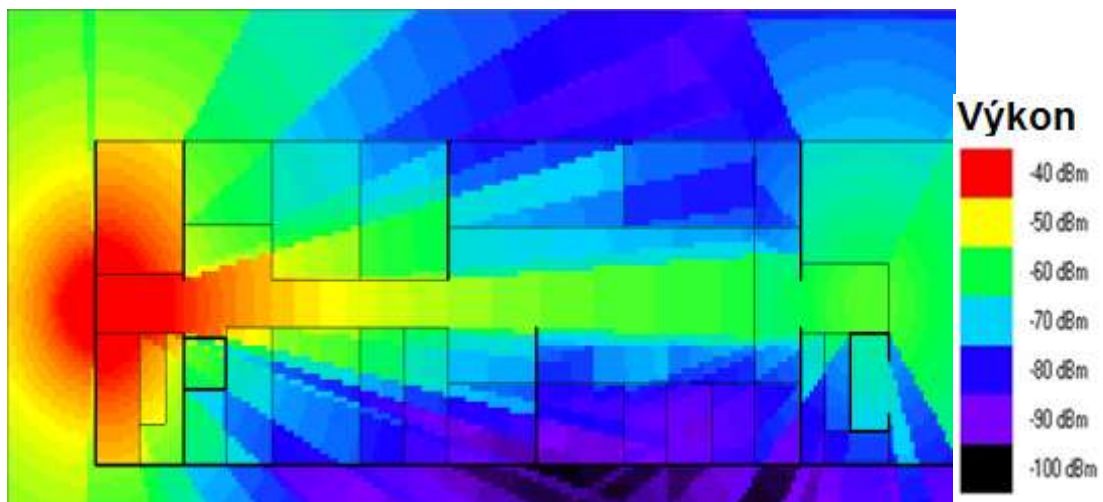
Pikobunka (picocell)

Najkomplikovanejší prípad je pikobunka. Základňová anténa je umiestnená vnútri budov alebo poloopených priestranstiev. Dosah signálu je v pikobunke niekoľko desiatok metrov. Uplatňuje sa tu vlnovodný efekt chodieb a šácht, šírenie signálu cez steny, odrazy aj ohyby. Kvalitu spojenia môže ovplyvniť každý predmet, či pohyb. Práve najmä v pikobunke bude mobilné pracovisko používané. U pikobunky berieme do úvahy vzdialenosť menšiu než 100 metrov, čo znamená oproti mikrobunke a makrobunke rozdiel v tom, že sa pohybujeme ešte pred Fresnelovým zlomom.

V oblasti pred Fresnelovým zlomom je útlm nepriamo úmerný cca druhej mocniny vzdialenosti medzi prijímačom a vysielačom (to znamená útlm 20 dB/dek), kdežto v oblasti za týmto zlomom už štvrtej mocniny vzdialenosti (útlm 40 dB/dek). K Fresnelovmu zlomu dochádza v mieste, kde je dráhový rozdiel priamej a odrazenej vlny rovný práve polovici vlnovej dĺžky. V tejto podkapitole bola výhradne použitá literatúra [1].

1.3 Simulácia šírenia vln v pikobunke programom I-PROP

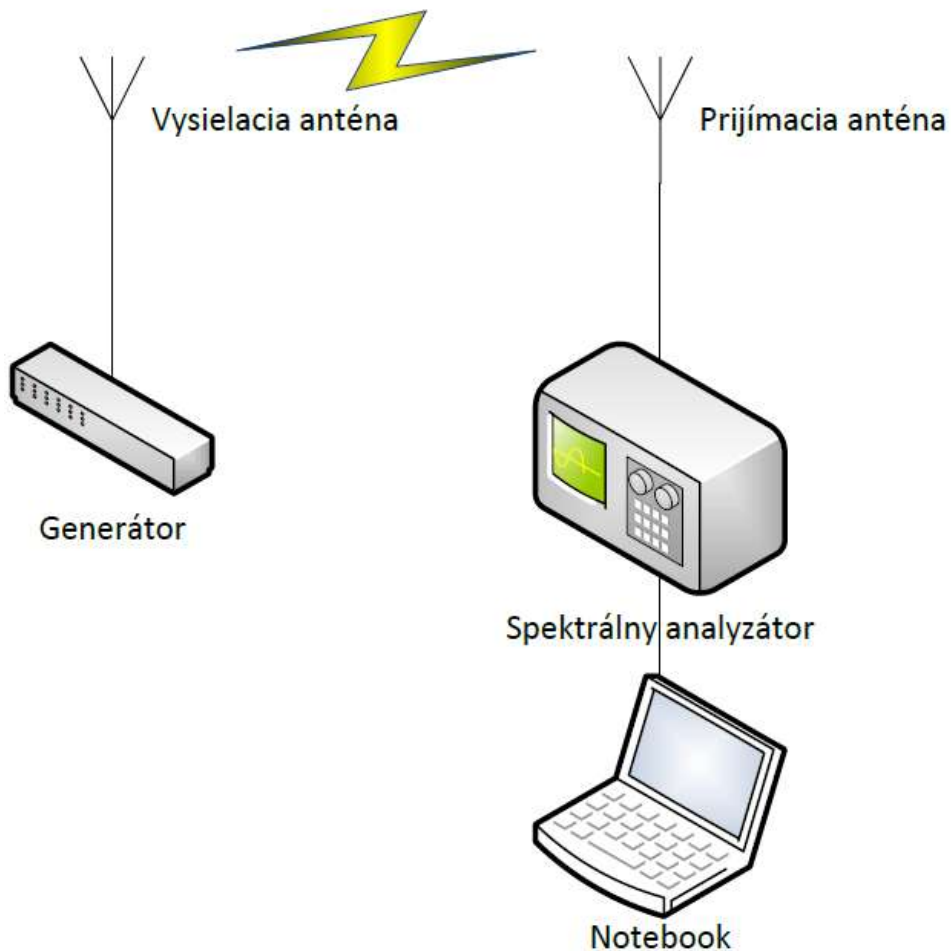
V demo verzii programu I-PROP od Pavla Pechača bola vytvorená simulácia šírenia elektromagnetických vln na modelovom príklade podlažia - pikobunke prostredníctvom semi-empirického Multi-Wall modelu, obr.1.2. S uvažovaním vlnovodného efektu a útlmom cez jednotlivé steny je možné si vytvoriť ucelenejší obraz o pokrytí signálom. Multi-Wall model uvažuje členenie interiéru, čím poskytuje relatívne presné výsledky. Jeho nevýhodou je, že nedokáže simulovať vlnovodný efekt aj na zahýbajúcich sa chodbách. Takéto výsledku sú očakávame aj pri použití skonštruovanej meracej jednotky. Tabuľka napravo udáva farebné odstupňovanie klesajúcej úrovne signálu v závislosti na zvyšujúcej sa vzdialenosti od vysieláča [1].



Obr. 1.2 Simulácia šírenia vln v pikobunke.

1.4 Meranie úrovne signálu

Jedným z druhov merania úrovne je meranie hodnoty výkonu signálu so zvyšujúcou sa vzdialenosťou od zdroja. Merací systém pozostáva zo zdroja signálu pripojeného na vysielačiu anténu a prijímača pripojeného na prijímaciu anténu. Prijímacia anténa sa bude pre každý druh meraného signálu používať špecifická, s odpovedajúcimi parametrami potrebnými pre meranie daného signálu. Úroveň obálky na vstupe vysielača po detekcii je vzorkovaná A/D prevodníkom. Úlohu prijímača, detektora obálky a aj A/D prevodníka plní spektrálny analyzátor. V prípade merania detailnej štruktúry signálu by vzorkovanie nemalo byť menšie ako $\lambda/20$, inak by bolo potrebné používať interpolačné techniky. Práve tento spôsob merania je využívaný pri použití mobilného pracoviska [7]. Schéma vysielačej a prijímacej aparatury je na obr.1.3.



Obr. 1.3 Bloková schéma vysielačej a meracej aparatury.

1.5 Konektory

Okrem televíznej techniky je dnešná vf technika tvorená na impedanciu 50Ω . Pásmo UHF je spojnicou medzi vysokofrekvenčnou a mikrovlnnou technikou. Konektory sú pri šírení takýchto vln veľmi podstatnou časťou. Na obr. 1.4. je ukážka v tejto práci najviac používaného konektoru typu N.



Obr. 1.4 Konektor typu N [3].

Je veľmi dôležité, aby obe zariadenia videli ten istý signál. Na prenos sa preto používajú presné konektory, ktoré dokážu prenášať mikrovlnné signály bez skreslenia. V tabuľke 1.1 sú uvedené základné typy používaných konektorov, ich horný použiteľný kmitočet a moment dotiahnutia pre optimálnu funkciu. Tieto konektory sú však veľmi náchylné na mechanické poškodenie. Väčšina konektorov je konštruovaná pre spojenie kolíček/dutinka (Janko/Marienka, prípadne anglické pomenovanie male/female). Dokonca sú aj hermafroditné konektory (napríklad APC-7), kde sa využíva na spojenie špeciálna matica. Tieto sú však určené na kalibračné a etalonické merania [8].

Tab. 1.1 Horný použiteľný kmitočet a moment utiahnutia vybraných konektorov [3].

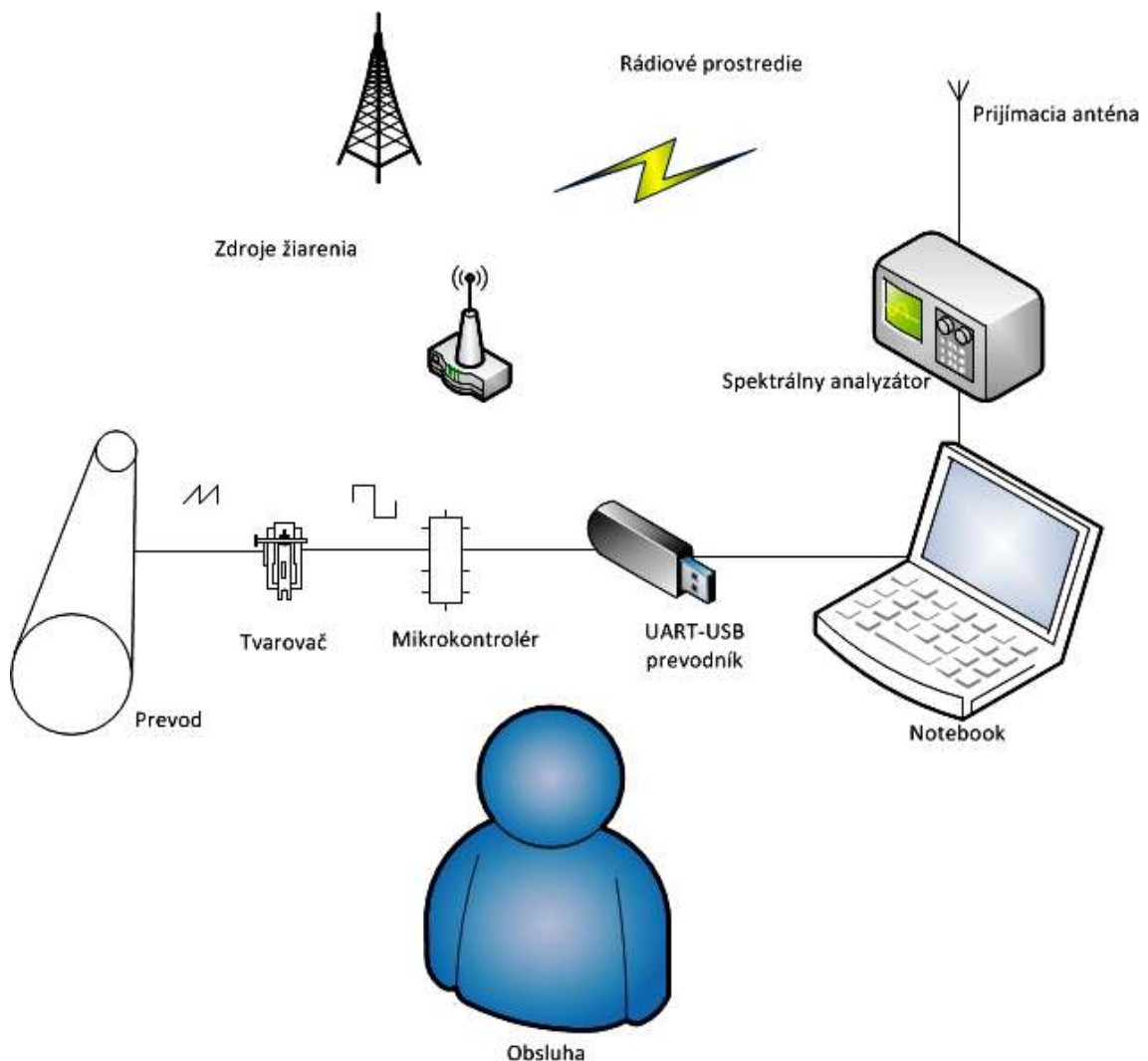
Typ	Horný použiteľný kmitočet [GHz]	Moment [N.m]
N	18	1,36
SMA	26,5	0,56
3,5mm	33	0,9
2,92mm	4	0,56-0,9
2,4mm	50	0,9
1,85mm	67	0,9
1,00mm	110	0,34

2 Konštrukcia

Pri stavbe mobilného zariadenia pre meranie úrovne signálu sa jedná o širokú problematiku. Je potrebné merať prejdenú vzdialenosť, úroveň signálu, spracovávať tieto výsledky a zobrazovať ich na obrazovke notebooku. Meranie úrovne signálu prebieha pomocou špecializovaných antén, ktoré sa dajú vymeniť v závislosti na meranom signáli a spektrálneho analyzátora.

Hlavným mozgom pracoviska je notebook, na ktorom je užívateľské rozhranie umožňujúce zobrazovať aktuálne výsledky, prípadne nastavovať spektrálny analyzátor. Pre lepší obraz je uvedená bloková schéma na obr. 2.1.

Základné časti sú: prevod, meranie úrovne signálu, komunikácia s PC, spracovanie a zobrazovanie výsledkov. Každý z týchto blokov obsahuje dielčie články. Kostrou všetkého je vozíček, na ktorom sú všetky časti položené, prípadne pripevnené. K jednému z kolies je pripojený krokový motor, ktorý vďaka reťazi kopíruje počet otáčok kolesa. Detailnejšie budú jednotlivé bloky popísané v nasledujúcich kapitolách.



Obr. 2.1 Bloková schéma pracoviska.

2.1 Meranie prejdenej vzdialenosti

Meranie rýchlosti dnes ide ruka v ruke s meraním prejdenej vzdialenosti. Prvou možnosťou je, že meracia aparatura počíta, s akou frekvenciou dochádza k otočeniu o nejaký úsek. Podľa počtu týchto otáčok potom dokáže aj namerať prejdenú vzdialenosť. Ďalšou možnosťou je meranie pomocou GPS, ktorá vďaka vedomosti o polohe navigovaného zariadenia dokáže merať rýchlosť aj dráhu sledovaného objektu.

2.1.1 GPS

Technológia GPS-NAVSTAR (Global Positioning System – Navigation using Timing and Ranging) vznikla v 70. rokoch minulého storočia pôvodne pre vojenské účely. Ministerstva obrany USA. Jej úlohou je zistiť aktuálnu polohu kdekoľvek na zemi vďaka nie príliš zložitému prijímaču. Neskôr sa systém uvoľnil aj pre verejnosť, ale výsledky boli umelo skresľované s odchýlkou 20 až 30 metrov, aby nemohlo dôjsť k zneužitiu teroristami. Dnes už však systém poskytuje presnosť rovnakú aj pre civilný sektor. Vďaka družiciam obkolesujúcim celú zemeguľu nie je problém nezablúdiť ani v pred tým nikdy nenavštvienených destináciách. GPS je ale použiteľné aj na meranie aktuálnej rýchlosti, tým pádom je tu aj možnosť uchovávaní informácie o prejdenej vzdialenosti z bodu A do bodu B. Využitie našiel aj na sledovanie firemných áut, prípadne sa jeho služby využíva aj pri hľadaní kradnutých áut. Celý systém sa skladá z troch segmentov [9].

Kozmický segment

Vo vesmíre je momentálne 28 družíc (3 záložné), ktoré obiehajú so sklonom k rovníku 55 až 60 stupňov, to znamená obežnú dráhu 12 hviezdnych hodín (11:58) Každá družica obsahuje množstvo zariadení. Najdôležitejšie z nich sú prijímač, vysielateľ a cesiové atómové hodiny s presnosťou miliardtín sekundy. Nachádzajú sa vo výške 20 200 km. Minimálne 4 z nich sú pozorovateľné z každého miesta na zemi o akomkoľvek čase, pretože práve minimálne 4 družice je potrebné na presné určenie polohy. Jedná sa o rozmery x , y , z a t , ktorý predstavuje posun času prijímača oproti času GPS. Je však možné vidieť ich dokonca až 12. Družice neustále rýchlosťou svetla vysielajú parametre svojej dráhy, na základe ktorých je možné zistiť ich pozíciu, a tým pádom aj vzdialenosť od prijímača [10].

Užívateľský segment

Užívateľský segment je tvorený prijímačmi, ktoré analyzujú polohu a na základe oneskorenia vypočítajú svoju polohu (x,y,z,t). Porovnaním nameraných hodnôt z prijímača s hodnotami nameranými referenčným pozemským prijímačom DGPS (diferenciálne GPS) možno dosiahnuť výsledkov s presnosťou mm. Takto sa dajú zisťovať napríklad pohyby kontinentov [9].

Riadiaci segment

Riadiaci segment pozostáva z hlavnej riadiacej stanice v štáte americkom štáte Colorado, 5 monitorovacích staníc a troch pozemných riadiacich staníc rozmiestnených okolo rovníka po celom svete. Tie merajú signály z družíc a následne ich zadávajú do matematického modelu systému, ktorým sa modeluje poloha satelitov. Pri každom

prelete sú vyhodnotené parametre ich dráh a vypočítané korekcie. Následne sú korekcie odoslané na družice [10].

Na záver treba poznamenať jednu dôležitú vec, a síce, že GPS je vnútri budov menej presné, takže v prípade tejto práce by meranie vzdialenosti prostredníctvom nej znamenalo značné odchýlky. GPS by mohlo byť využívané pri meraní v exteriéri, prípadne pokiaľ by niekedy v budúcnosti malo zariadenie mapovať pokrytie nejakého rozľahlého úseku. S týmto rozšírením sa však zatiaľ nepočíta.

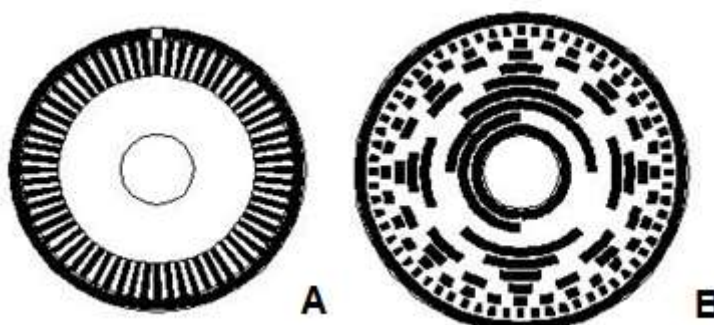
2.1.2 Rotačné kódery

Základ, na ktorom sú kódery postavené je prítomnosť dobre detekovateľného materiálu. U tachometra je to magnet, v prípade guľôčkovej myši je to diera v koliesku, u optických kóderov je to zdroj svetla [11].

Optické rotačné kódery

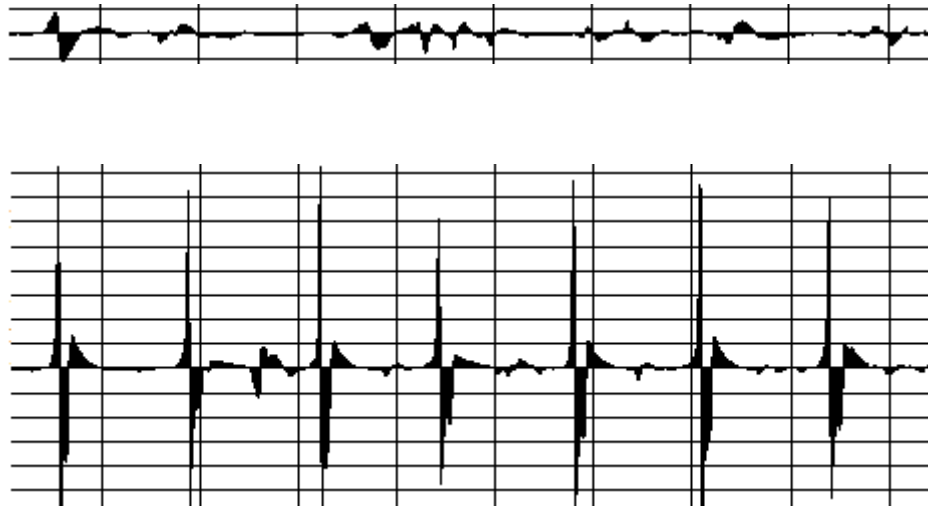
Optické kódery slúžia na zisťovanie polohy, prípadne rýchlosti. Zdroj svetla a aj prijímač sa nachádzajú na jednej strane kolieska, kde sú tak isto aj matné a lesklé plošky. Pri pohybe zariadenia dochádza k zmene napätia vďaka množstvu svetla detekovaným prijímačom. Druhou možnosťou je umiestnenie zdroja a prijímača na opačné strany deravého kolieska. Takto sa generuje pravouhlý signál v pravidelných intervaloch s frekvenciou odpovedajúcou rýchlosti pohybu.

Absolútne kódery sú schopné zisťovať polohu natočenia zariadenia v rámci 360°. Fungujú podobne ako optické. Sú však použiteľné len v aplikáciách, kde je menšia rýchlosť pohybu, no o to presnejšie sa dá zisťovať aktuálna poloha natočenia. V tomto prípade je prítomný väčší kruh so zárezmi v tvare binárnej postupnosti tak, aby pre každý svetelný signál, ktorý sa dostane do detektora sa dala určiť konkrétny smer natočenia. Pre názornejšiu ukážku vid' obr. 2.2 [11].

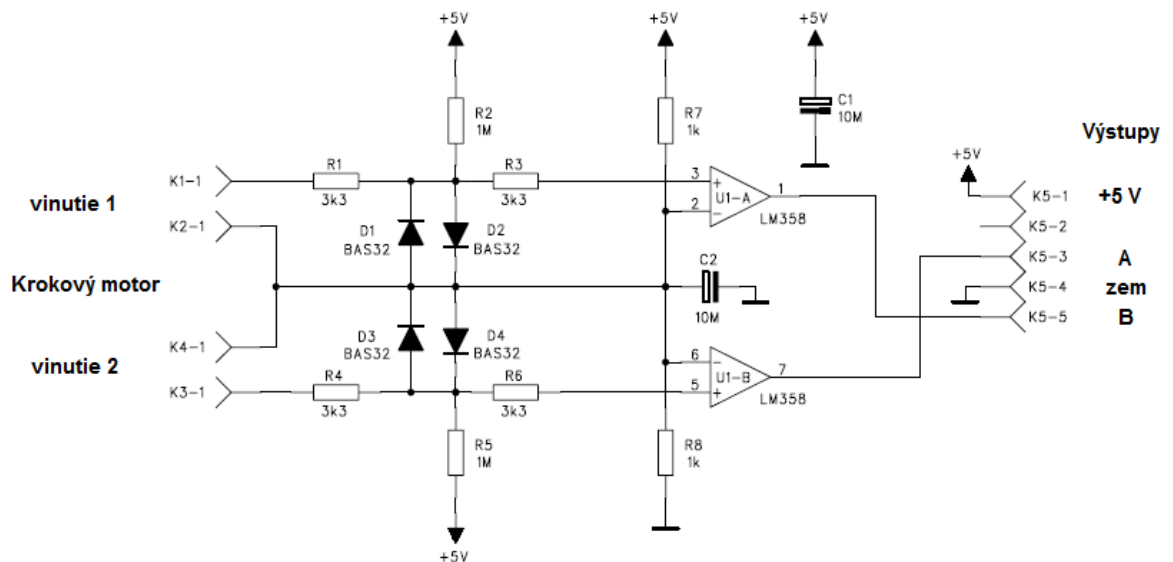


Obr. 2.2 A) Inkrementačný optický kóder, B) Absolútny optický kóder [12].

Bol zvolený elektronický rotačný kóder. Oproti mechanickému má výhodu vo vyššej životnosti. Schéma zapojenia je uvedená na obr. 2.3. V zapojení projektu sú na piny J2 a J3 pripojené jednotlivé vinutia krokového motoru (na obr. 2.3 sú označené písmenom K). Ten privádza na vstup kóderu veľmi slabé špičky. Obvod na obr. 2.4 tieto špičky pomocou operačného zosilovača LM358N a diód zosilní a oreže na 2 obdĺžnikové signály vzájomne posunuté o 90°, obr. 2.5. Z prvého signálu sú získané impulzy, ktoré určujú, že vozík sa pohybuje a z druhého signálu je získavaný smer pohybu.

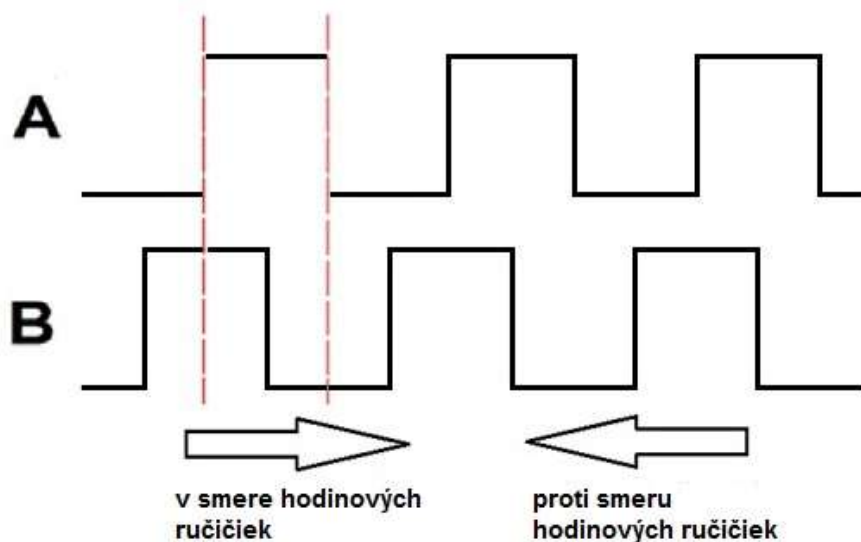


Obr. 2.3 Hore - nezosilnený a dole - zosilnený signál z krokového motoru[13].



Obr. 2.4 Schéma zapojenia tvarovacieho obvodu[13].

V prípade vzostupnej hrany výstupu B a súčasne vysokej úrovne výstupu A sa zariadenie pohybuje dopredu. Pokiaľ je počas vzostupnej hrany B výstup A v logickej nule, znamená to pohyb dozadu, vid' obr. 2.5. Toto sa však dá ovplyvniť aj zmenou v programe pre mikrokontrolér, preto viac detailov na túto tému až v kapitole Softwarové vybavenie.



Obr. 2.5 Princíp funkcie rotačného kóderu.

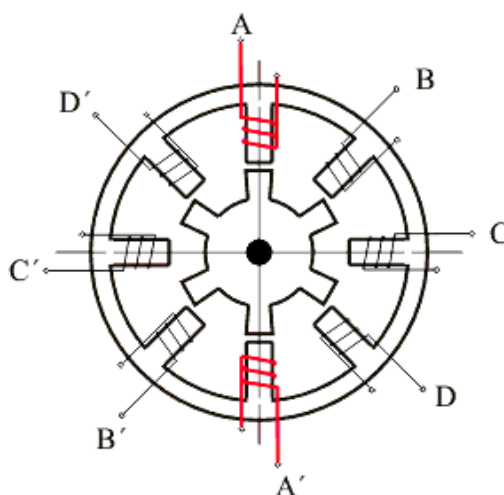
2.2 Krokové motory

Krokové motory sú spôsobom pohonu, ktorý pokiaľ nie je preťažený, dokáže svoju polohu presne nastaviť, a potom aj napriek pôsobeniu vonkajších síl si dokáže túto polohu udržať. Nedochádza v nich k vzniku iskier, takže sú použiteľné aj v prípadoch, kedy by toto mohlo byť nebezpečné [14].

Krokové motory sa veľmi ľahko obsluhujú, ale na druhej strane majú aj svoje nevýhody. Prúd odoberajú aj v statickej polohe a oproti DC motorom ich cena nie je ani veľmi priaznivá. Navyše ani ich pomer váha/výkon nie je dobrý. V tejto práci však nebude krokový motor použitý ako pohon, ale ako využije sa jeho funkcie vysielania impulzov[15].

Základné rozdelenie krokových motorov je na unipolárne a bipolárne. Líšia sa spôsobom budenia. Vinutia unipolárneho krokového motoru sa spínajú k zemi, a teda stačí na jeho budenie jedna polarita napätia. Budenie bipolárneho krokového motoru vyžaduje polaritu na vinutiach meniť. Na to je určený H-mostík. Na prvý pohľad sa dajú rozoznať tak, že bipolárne krokové motory majú 4 vývody a unipolárne zväčša 6, iba v prípade ak prostredné vinutia sú spojené, majú 5 vývodov [16].

Princíp fungovania krokových motorov je veľmi jednoduchý. Pre lepšiu predstavu je uvedený obr. 2.6. V tomto prípade krokový motor napájaný nie je. Bude slúžiť iba na generovanie impulzov, ktoré následne rotačný kóder počíta.



Obr. 2.6 Krokový motor s pasívnym rotorom [17].

Stator (vonkajšia statická časť) má v prípade na obrázku 8 zubov a na každom z nich je cievka. Protiahlé dvojice zubov majú vinutia cievky spojené do série. To znamená 4 fázy – A,B,C a D. Vnútna pohyblivá časť sa nazýva rotor. Pokiaľ je krokový motor napojený na zdroj prúdu, tak si drží svoju polohu. Pokiaľ sa vybudí ďalšia fáza, pritiahne si stator najbližšie zuby rotora tak, aby mal magnetický obvod minimálny magnetický odpor. Tým pádom je motor v kľudovej polohe. Na obrázku možno vidieť aj skutočnosť, že zuby statora a rotora sú v jednej osi len v prípade vybudenej fázy. Zvyšné zuby rotora sú posunuté oproti statorovým o $\frac{1}{4}$, respektíve o $\frac{3}{4}$ rozteče zubov. Odpojením nabudenej fázy a vybudením novej sa rotor natočí o túto $\frac{1}{4}$ tak, že bližšie zuby sa dostanú do jednej osi s nabudenými. A tento priebeh sa analogicky opakuje stále dokola. Existujú krokové motory s rôznym počtom krokov na jednu otáčku. Podľa tohto parametra sa určuje uhlový krok, to znamená, o koľko stupňov sa pri jednom kroku pootočí rotor oproti statoru [17].

Pre potreby bakalárskej práce bol zvolený krokový motor MITSUMI RH7-1533-01. Patrí do rady M49SP-1. Číslo 49 v označení znamená vzdialenosť ok na uchytenie 49 milimetrov. Jedná sa o štvorfázový unipolárne riadený krokový motor, ktorý je určený na napájanie 12 - 24V. Uhlový krok má hodnotu $7,5^\circ$ a dokáže pracovať rýchlosťou až 290 uhlových krokov za sekundu. Jeho veľkou výhodou je absolútna tichosť. Používa sa napríklad v tlačiarňach, kopírkach, či faxoch [18].



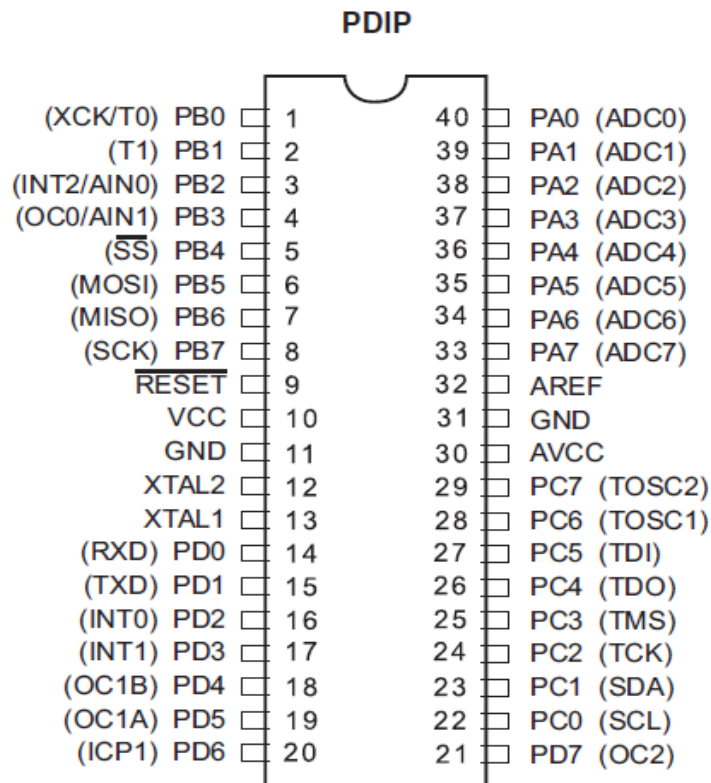
Obr. 2.7 Krokový motor MITSUMI RH7-1533-01 [18].

2.3 ATmega16

Pre potreby tejto práce bol vybraný mikrokontrolér ATmega16. Splňa požiadavky na pamäť aj výkon, navyše je dostupný a obsahuje veľké množstvo programovateľných vstupne/výstupných pinov, takže je otvorená možnosť prípadných rozšírení. Jedná sa o 8-bitový mikroprocesor od firmy Atmel. Jeho stručný popis:

- je založený na architektúre RISC
- 16 kB pamäti FLASH
- 512 B pamäte EEPROM
- 1 kB pamäte SRAM
- JTAG rozhranie pre možnosť krokovania
- maximálna pracovná frekvencia 16MHz
- 2x8-bitový čítač/časovač s vlastnou preddeličkou a komparátorom
- 4xPWM kanál
- 10-bitový AD prevodník

ATmega16 má celkovo 40 pinov. Z toho 32 je vstupne/výstupných. Tie sú rozdelené po ôsmich na 4 Porty A až D. Zvyšné piny - napájacie VCC, AREF, AVCC, piny pre pripojenie externého kryštálu XTAL1, XTAL2, 2 piny uzemnenia GND a RESET nie sú ľubovoľne programovateľné. Použitá verzia DIP40 bola vhodná aj do vývojových dosiek na procesory Atmel, čoho sa tiež využilo. Rozloženie pinov ilustruje obr. 2.8 [18].



Obr. 2.8 Označenie pinov mikroprocesoru ATmega16 v puzdre DIP40 [19].

Nožičky mikrokontroléru sú veľmi krehké, a preto nie je vhodné ho často vyberať a opäť vkladať do patíc. Jedným z dôvodov výberu ATmegy16 bolo, že podporuje ISP rozhranie (in system programming). Komunikácia prebieha pomocou 6-žilového kábla. Ten obsahuje 4 dátové vodiče - MOSI, MISO, RST, SCK, napájanie Vcc a spoločnú GND. Tieto piny sú z DPS vyvedené do ISP konektoru, kam bol pripojený programátor. Ten nahral program do pamäte mikrokontroléru. Program v pamäti mikrokontroléra môže byť prepísaný až niekoľko tisíckrát.

2.4 Komunikácia s PC

Keďže mozgom celého zariadenia je notebook, je potrebné s ním a zvyškom aparatúry nejako komunikovať. V dnešnej dobe sú už snád' všetky notebooky vybavené USB konektormi, bezdrôtová technológia Bluetooth sa tiež už stáva štandardom. Infračervený port označovaný ako IrDA sa vytráca.

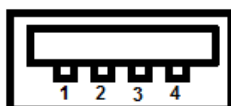
2.4.1 Bluetooth

Je to bezdrôtová technológia umožňujúca nadviazanie spojenia medzi dvoma alebo aj viacerými zariadeniami. Využíva sa v bezdrôtových slúchadlách, PC myšiach, mobilných telefónoch, počítačoch, ale aj inde. Bluetooth je definovaný štandardom IEEE 802.15.1. Pracuje na frekvenciách 2,400-2,485 GHz. Toto pásmo je rozdelené po 1 MHz so zmenou kanálov 1600x/sekunda, aby nedochádzalo k rušeniu s inými zariadeniami pracujúcimi v bezlicenčnom pásme ISM. Keďže existuje už od roku 1994, prešiel si viacerými verziami. Pôvodne sa jednalo o náhradu sériového rozhrania RS-232. Neskôr bola snaha o to, aby zariadenia nadväzujúce spojenie na seba nemuseli vidieť a odstraňoval tým nevýhodu infračerveného prenosu, ktorý funguje na veľmi obmedzenú vzdialenosť a priamu viditeľnosť. Postupne od verzie 1.0, ktorú bolo treba od základov prerobiť, boli verzie 1.1, 1.2, 2.0, 3.0 s v súčasnosti sa implementuje verzia 4.0, od ktorej sa očakáva dosah až 100 metrov [19].

Hlavným rozdielom medzi verziami je dátová priepustnosť, ktorá sa neustále zvyšuje. Znamená to, že na prenos súborov je potrebný kratší čas, čiže vďaka tomu je menšia spotreba energie, teda dlhšia výdrž batérie. To je veľmi dôležité, keďže sa jedná o mobilné zariadenia s obmedzenou kapacitou akumulátorov. Každé zariadenie obsahujúce Bluetooth pomocou tejto služby dokáže vyhľadať ostatné Bluetooth zariadenia v okolí a nadviazať spojenie, ktoré je vždy potrebné potvrdiť na oboch stranách. V prípade častého spájania 2 zariadení sa dá využiť možnosť spárovania. Obe strany zadajú heslo, ktoré pokiaľ je rovnaké, tak sa zariadenia pridajú navzájom do zoznamu spárovaných zariadení. Po ňom už nie je potrebné potvrdzovať prenos. Prenášané dáta sú šifrované, takže nebezpečenstvo odpočúvania je značne znížené [20].

2.4.2 USB

Rozhranie USB je sériová zbernica s jedným masterom (nadriadeným zariadením). Tým je počítač, ktorý dáta od zariadení požaduje, samovoľne však do počítača vysielané byt' nemôžu. Prenos dát sa uskutočňuje po rámcoch dlhých presne 1 ms. Dáta sa prenášajú po jednotlivých bitoch v paketoch a kvôli zníženiu rušenia diferencne. Pakety majú dĺžku 8-64 bajtov (pre izochronný prenos 1024). Každý USB konektor má 4 vývody. Ich rozloženie a významy popisujú tabuľka 1 a Obr. 1.5. Dátové vodiče Data+ a Data- nesú navzájom negované signály [21].



Obr. 2.9 USB konektor typu A.

Slave (podriadené zariadenie) sa musí zosynchronizovať na dátový tok. Hodinový signál sa získava priamo z dátového toku, keďže nie je prenášaný zvlášť linkou. Preto sa používa metóda NRZI. NRZI signál je tvorený tak, že nuly vedú k zmene úrovne a jednotky ho ponechávajú v aktuálnom stave. Ak je jednotiek po sebe 6, vysielateľ pridá 0 kvôli zmene úrovne. Prijímač túto nulu potom odstráni [22].

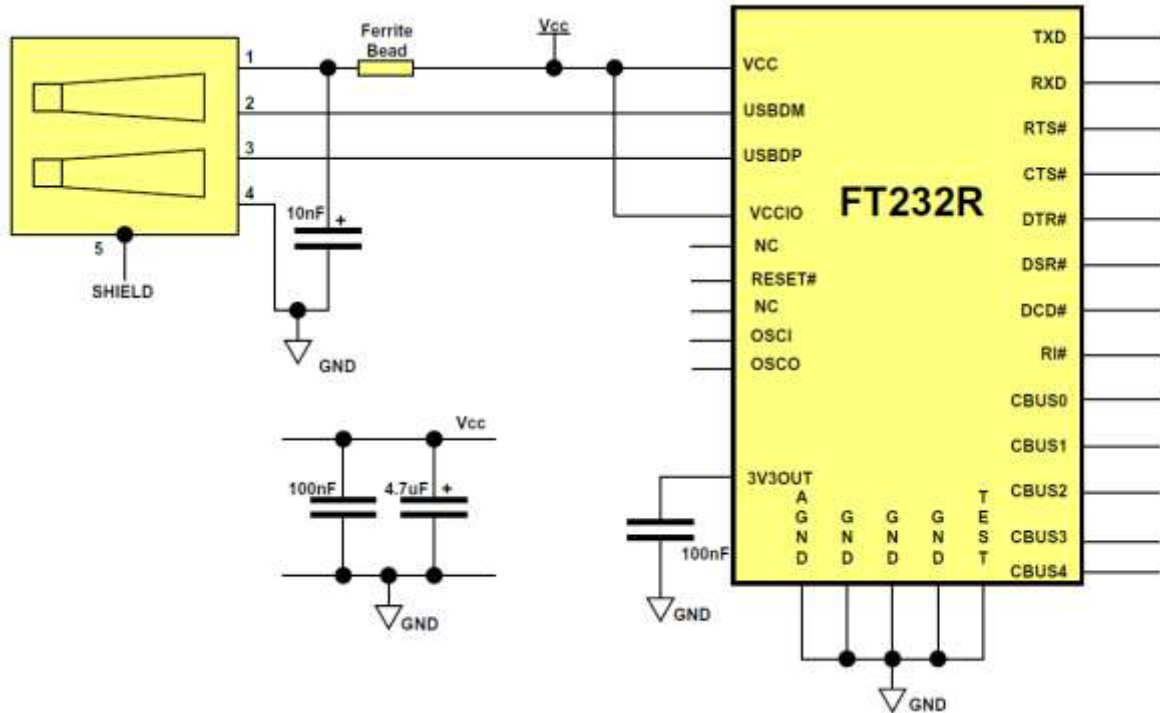
Tab 2.1 Významy jednotlivých vývodov USB konektora [22].

Kontakt	Význam
1	+5 V (U_{cc})
2	Data+ (priame dáta)
3	Data- (negované dáta)
4	GND (zem)

FTDI

V dnešnej dobe sa už v počítačoch sériové porty nevyskytujú. Za to porty USB sú veľmi univerzálnym a obľúbeným štandardom. Aby bolo možné cez USB s počítačom komunikovať, je potrebný UART-USB prevodník. Jedným z najpoužívanejších obvodov na tento prevod je FT232 od spoločnosti FTDI Chip. Tento prevodník je podporovaný všetkými dnes bežne rozšírenými operačnými systémami.

Odporúčané zapojenie prevodníka ukazuje obr. 2.10. Najdôležitejšie sú sériové piny - vysielací výstupný pin TXD a prijímací vstupný pin RXD. Tie sa pripájajú navzájom naopak na vysielací a prijímací pin mikrokontroléru. Práve nimi prebieha sériová komunikácia medzi procesorom a USB zbernicou, teda tým pádom aj PC. Aby však dokázal PC s týmto prevodníkom komunikovať, je potrebné nainštalovať ovládače, ktoré vytvoria virtuálny COM port [23].



Obr. 2.10 Odporúčané zapojenie prevodníka UART-USB podľa datasheetu [24].

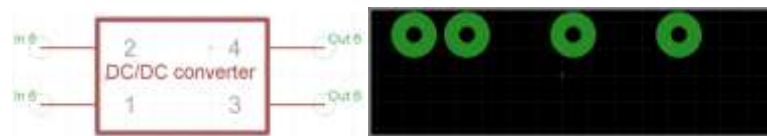
Zapojenie USB-UART prevodníka nebolo zrealizované z finálnych dôvodov. Jeden kus FT232RL stojí približne 155Kč, čo by bolo vzhľadom na to, že obdobný kompletný prevodník výjde na 2,30USD (v prepočte 46,60Kč k dátumu 24.5.2013). Bol preto využitý tento lacnejší variant poskytujúce rovnaké služby. Na prevodník Prolific PL2303 je zapojené napájanie mikrokontroléru cez piny +5V a GND a prekrížené je pinmi Tx a Rx pripojený mikrokontrolér ATmega16. Prevodník má celkovo 5 pinov - 3,3V, 5V, RXD, TXD a GND. Do notebooku sa pripája priamo cez USB konektor typu A. Jeho nevýhodou je to, že podporuje iba Windows 7 a 8. Kábel z prevodníku bol vyrobený v dostatočnej dĺžke aj pre manipuláciu s notebookom po vozíku.



Obr. 2.11 Prevodník.

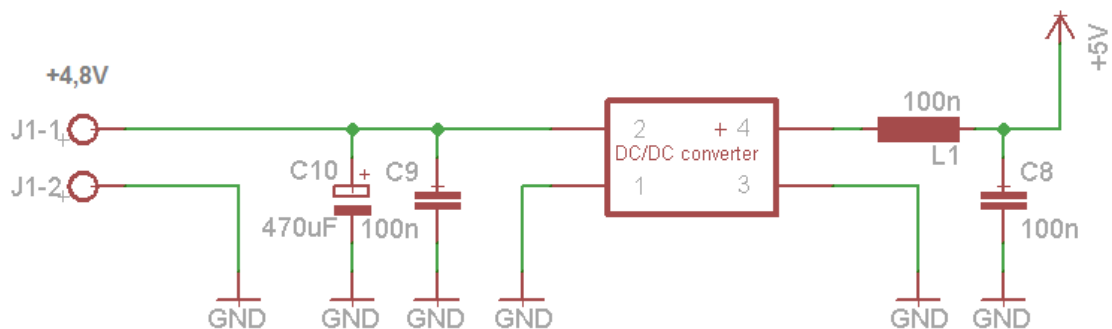
2.5 Napájanie

Napájanie je možné dvoma spôsobmi. Jedným z nich je priamo napojenie +5V z USB portu notebooku vďaka prevodníku a druhou možnosťou je napájanie prostredníctvom štyroch AA batérií. Pripravené sú nabíjateľné batérie NEXcell, každá o kapacite 2200 mAh. Táto kapacita je dostačujúca na niekoľkohodinový chod zariadenia. Tieto batérie poskytujú spolu napätie 4,8 V. Preto bol použitý DC/DC menič Aimtec AM1D-0505SZ, ktorý dokáže vstupné napätie z intervalu 4,5-5,5 V prekonvertovať na výstup o hodnote +/-5 V. Schéma zapojenia tohto meniču je na obr.2.13. Puzdro bolo potrebné vytvoriť do novej knižnice v programe Eagle, keďže na žiadnych oficiálnych stránkach sa takáto knižnica nenachádza, obr. 2.12.



Obr. 2.12 Schéma a puzdro vytvorenej knižnice Aimtec.

Vstup a výstup záporne polarizovaného napätia sú uzemnené podľa odporúčania výrobcu, pretože nebudú použité. Batérie ale prichádzajú do úvahy až v prípade, keby bol notebook staticky umiestnený a meracie pracovisko by pri svojom pohybe posielalo dáta napríklad prostredníctvom technológie Bluetooth bezdrôtovo. Takže zatiaľ je mikrokontrolér napájaný cez USB. Toto riešenie je navyše veľmi praktické a komfortné.



Obr. 2.13 Zapojenie DC/DC meniča AIMTEC AM1D-0505SZ [25].

2.6 Mechanická realizácia

Všetky časti pracoviska musia byť niekde umiestnené. Jeho kostrou je z nemocnice vyradený vozík, ktorý prešiel niekoľkými úpravami. Pôvodný stav vozíka ilustruje obr. 2.14. Z jeho vrchného poschodia ostalo len madlo na manipuláciu. Zvyšok bol odrezaný. Nasledovalo umytie, pri ktorom boli odstránené mastné škvrny. Po uschnutí bol celý povrch zdrsnený a vyhladený, následne po zotretí prachových častíc prestriekaný čiernou farbou.



Obr. 2.14 Pôvodný stav vozíku.

Po odrezaní vrchnej časti nastal problém so stabilitou madla, avšak tento bol odstránený pomocou veľmi silného lepidla určeného dokonca i na kov a vyplnením medzier medzi jednotlivými spojmi. Tak sa stalo aj na druhej strane, kde bolo pôvodne druhé madlo. Do spodnej dosky boli navŕtané diery. V nich sú napevno priskrutkované U profily tak, aby rozteč ich dier na zvislej strane bola rovná rozteči úchytovej krokovej motora (49 mm). Ten bol potom taktiež pevne priskrutkovaný. Predný šrób z uchytenia U profilu slúži zároveň aj pre pripevnenie krabičky obsahujúcej dosku plošného spoja s mikrokontrolérom. Tá bola uchytená ku krabičke na šróboch M3, leží na 3mm distančných podložkách a na vrchu je ešte pripevnená matkami.

2.6.1 Prevod

Ďalšou úlohou, ktorú bolo potrebné vyriešiť bolo, aby krokový motor svojím pohybom kopíroval pohyb kolesa vozíku. Spôsob uchytenia kolesa umožňoval len veľmi sťažka prichytiť rotor krokového motora ku kolesu. Preto bol vybraný variant inšpirovaný bicyklom - reťazový variant. Toto riešenie možno považovať za veľmi trvácne a odolné.

Pravé predné koleso vozíku bolo vybavené 42zubovým prevodníkom. Pravé predné z toho dôvodu, že chodí aj jazdí sa vpravo. Predné, pretože jediný pohyb, ktorý vozík vykonáva, je dopredu a dozadu. Zadné kolesá sú otočné, tam to neprípádalo do úvahy. Na krokový motor bolo pripevnené koliesko zo starej prehadzovačky. Reťaz sa skrátila na mieru. Jej dĺžka je kompromisom medzi tým, aby bola dostatočne napnutá, ale zároveň, aby nemohla svojim prílišným stiahnutím spôsobiť deformáciu najmä krokového motora. Vďaka tomuto riešeniu rotor presne kopíruje pohyb vozíku a tým pádom sú výsledky prejdenej vzdialenosti dôveryhodné. Pri priemere $d = 21,58$ cm je podľa (1) obvod kolesa rovný 67,8 cm. Jeden krok krokového motora má $7,5^\circ$, to znamená 48 krokov pri jednej otáčke o 360° . Čiže v centimetroch má jeden krok hodnotu $67,8 / 48$ hodnotu 1,4125. To je zároveň aj najmenší krok a najväčšia možná teoretická nepresnosť pri meraní vzdialenosti. Podoba prevodu s reťazou je zobrazená na obr. 2.15.

$$A = \pi \cdot d \quad (1)$$



Obr. 2.15 Prevod ozubenými kolesami a v krabičke ukrytá elektronika.

2.7 Použité antény

Najdôležitejšou podmienkou kladenou pre antény - vysielачa je oblasť, akú majú pokryť. Závisí teda, či sa jedná o wi-fi, kde stačí, aby signál bol v priestore rodinného domu a okolí, alebo sa jedná o prevádzkovateľa mobilnej siete, ktorý chce pokryť mesto územie o rozlohe niekoľko kilometrov štvorcových. U prijímacej antény je dôležité, či je dobre natočená na smer, z ktorého prichádza požadovaný signál a tak isto, či je súhlasne polarizovaná ako vysielacia.

Prvou z použitých antén pri meraní bola Kathrein 737 031. Jedná sa o vnútornú, vertikálne polarizovanú GSM anténu, ktorá je všesmerová v rovine kolmej na os antény [29]. Bola použitá ako prijímacia anténa. Nachádza sa priamo na vozíku, upevnená na držiaku z troch U-profilov. Na držiak je pripojená prídavnou zemou podľa odporúčania výrobcu. Od prijímacej antény do značnej miery závisia namerané výsledky.

Vlastnosti:

- Na vstupe N konektor
- frekvenčný rozsah 870-960 MHz
- zisk 2dBi
- impedancia 50Ω
- váha 200g
- výška 201mm

Druhou z dvojice antén bola Kathrein 738 449. Táto anténa je tiež vertikálne polarizovaná, všesmerová v rovine kolmej na os antény a určená nie len pre použitie v interiéri, ale aj v exteriéri. Navyše je dvojpásmová [30]. Táto anténa plnila úlohu vysielacej antény.

Vlastnosti:

- na vstupe N konektor
- frekvenčný rozsah 870-960MHz a 1710-1880MHz
- zisk 2dBi
- impedancia 50Ω
- váha 250g
- výška 216mm

Je nutné podotknúť, že v prípade impedančného prispôsobenia a činiteľa odrazu $S_{11} < -10\text{dBm}$ je možné tieto antény používať nie len (čo sa týka prvého pásma GSM) do 960 MHz, ale až do 980-990 MHz.



Obr. 2.16 Detaily uchytenia prijímacej antény Kathrein 737 031.

2.8 Spektrálny analyzátor

Už podľa názvu spektrálny analyzátor analyzuje frekvenčné spektrum. Na prvý pohľad je podobný osciloskopu. Zobrazuje však signál nie v časovej, ale vo frekvenčnej oblasti. V tom je hlavný a zásadný rozdiel. Dokáže zobrazovať úroveň prijímaného signálu v dBm. Úroveň sa zobrazuje na zvislej osi zhora dole a frekvencia na vodorovnej osi sprava doľava. Frekvenčná os je kalibrovaná v lineárnej aj logaritmickej osi a je na používateľovi, akú si vyberie. Logaritmické meranie však na rozdiel od lineárneho nedokáže zobrazovať absolútne hodnoty amplitúdy, či úrovne signálu. Lineárna stupnica má zas nevýhodu v užšom meranom pásme. Frekvenčná oblasť poskytuje informácie o spektrálnych zložkách a úrovni šumu. Tieto merania sú dôležité pre údržbu a testovanie rádiových obvodov. Môže sa používať napríklad na meranie vysielateľov, či spĺňajú legislatívne požiadavky na vysielaný signál. Tak isto sa dá využívať pri testoch elektromagnetickej kompatibility, to znamená určovanie rušivých frekvencií na funkciu iných zariadení. Základné rozdelenie spektrálnych analyzátorov je na analógové a digitálne [28].

Analógové spektrálne analyzátory využívajú pásmový filter, ktorý prepustí len príslušné frekvenčné pásmo. Nevýhodou týchto plne analógových prístrojov je, že stredná frekvencia nie je veľmi stabilná a pri logaritmickom zobrazení v decibeloch sa tiež nachádzajú chyby [28].

Digitálne spektrálne analyzátory využívajú FFT. Majú lepšiu presnosť amplitúdy; a to aj relatívnu a aj absolútnu. V súčasnosti je digitálny filter 2 typov. Prvý z nich meria amplitúdu a druhý fázu. Spektrálny analyzátor, ktorý umožňuje merať obe sa nazýva hybridný [28].

Na účely tejto bakalárskej práce bol zvolený ručný spektrálny analyzátor Rohde & Schwarz FSH4, obr. 2.15. A to z toho dôvodu, že má vstavaný akumulátor. Je teda mobilný a po chodbách dlhých niekoľko desiatok metrov, kde bude pracovisko používané, odpadá nutnosť predlžovacích šnúr a káblov. Nehovoriac o tom, že by sa káble mohli pliesť pod nohy a aj pod kolesá. S notebookom je spojený pomocou LAN kábla.



Obr. 2.17 Rohde & Schwarz FSH4.

Kľúčové vlastnosti [28]:

- frekvenčný rozsah 9kHz až 3,6GHz
- SPAN 10Hz - 600MHz
- RBW 100Hz - 3MHz
- Maximálny meraný výkon +30dBm
- 4MB pamäte FLASH
- 1MB pamäte SRAM pre video z priebehov či namerané dáta
- 32kB pamäte EEPROM
- kapacita akumulátora 4,5 Ah (cca 3 hodiny prevádzky)

Tento spektrálny analyzátor podporuje vzdialené ovládanie. Do notebooku, cez ktorý je FSH ovládaný, bolo v prvom rade potrebné nainštalovať knižnicu VISA od spoločnosti Agilent. Fyzicky je možné pripojiť FSH k počítaču dvoma spôsobmi. A to buď pomocou USB alebo LAN kábla. Na prístroji je port USB typu A, teda taký istý, aký býva bežne na počítačoch alebo notebookoch. USB A-A kábel nie je vhodným riešením napríklad aj kvôli nižšej prenosovej rýchlosti. Preto bol zvolený LAN kábel. IP adresa prístroja je nastavená na 192.168.0.2. V nastaveniach sieťového adaptéru centra sietí počítača bolo potrebné nastaviť IP adresu protokolu TCP/IPv4; v tomto prípade na 192.168.0.1. Po tomto kroku už počítač rozpozná pripojené zariadenie a komunikácia môže začať. Finálna verzia meracieho pracoviska je uvedená na obr. 2.18.

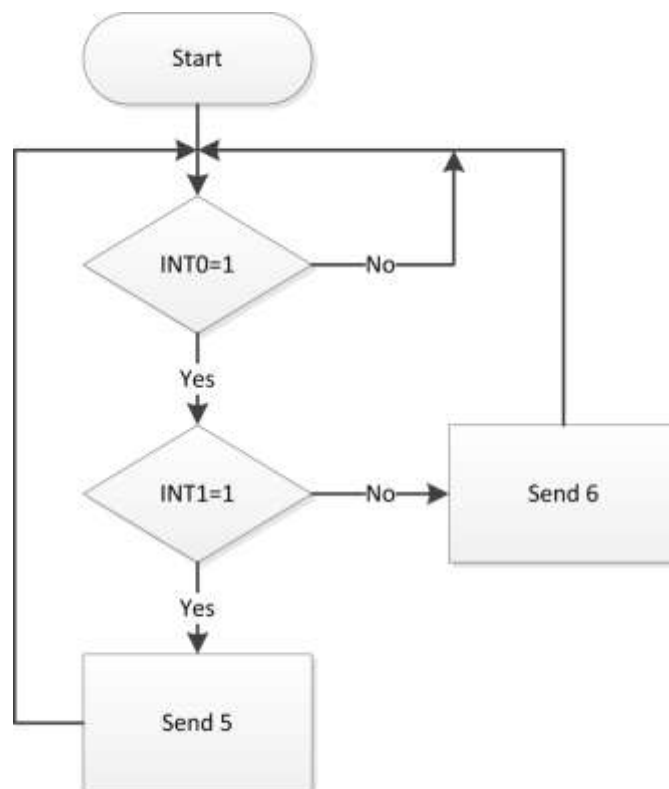


Obr. 2.18 Finálna verzia pracoviska.

3 Softwarové vybavenie

3.1 Program pre mikrokontrolér ATmega16

Prvý program je zodpovedný za odosielanie informácie o tom, ktorým smerom a o koľko krokov krokového motora pri tom bolo vykonaných počas tohto pohybu. Bol vyvinutý v jazyku C prostredia AVR Studio 4. Nahrával sa do mikroprocesoru ATmega16 priamo na doske plošného spoja prostredníctvom ISP rozhrania cez program AVR Burn-O-Mat. Samotný mikrokontrolér sa s notebookom nijako nepáruje, ani nie je potrebné nič inštalovať. Inštalovať sa musí jedine ovládač prevodníka UART-USB, podkapitola 2.4.2. V prípade vyvolania prerušenia, teda logickej jednotky na pine INT0, sa zistí logická úroveň na pine INT1. Podľa toho, či bude v logickej jednotke alebo v nule, následne vyhodnotí smer pohybu zariadenia. Kompletná verzia programu je v prílohe na CD. Kompletný vývojový diagram programu ilustruje obr. 3.1.



Obr. 3.1 Vývojový diagram pre mikrokontrolér ATmega16.

V prípade kombinácie 11 sa zariadenie pohybuje dopredu a mikrokontrolér cez pin Tx odošle cez prevodník do USB hodnotu 5. Naopak, v prípade bitovej kombinácie 10 je odoslané číslo 5-to znamená, že vozík sa pohybuje dozadu. Toto riešenie odstránilo problémy so zákmitmi, ktoré vznikali. Na začiatku bol program nastavený na inkrementáciu/dekrementáciu premennej v závislosti na smere pohybu. Z času na čas však medzi postupnosť čísel skočilo také, ktoré bolo produktom napríklad cuknutia vozíka. Tento nepriaznivý jav bol odstránený práve týmto spôsobom, kedy odosieme

len 2 hodnoty a prípadné iné na prijímacej strane užívateľské prostredie vôbec nevidí. Navyše AMmega16 má len 8bitový prevodník. To znamená, že najväčšie číslo, ktoré dokáže odoslať je 127. Nasleduje pretečenie a buffer sa vynuluje. Čiže pri tomto spôsobe odosielania dát nie je potrebné riešiť pretečenia.

Dáta sú posielané pomocou na to určených registrov UCSRB a UCSRC cez pin TXD do UART-USB prevodníka. Zo sériovej zbernice USB už následne prijaté dáta analyzuje užívateľské rozhranie, o ktorom bude nasledujúca podkapitola. Podľa (2) bola nastavená hodnota registra UBRRL. Pri požadovanej rýchlosti 9600Bd a frekvencii oscilátora mikrokontroléra 16MHz, je register UBRRL rovný 103 [18].

$$UBRR = \frac{f_{osc}}{16 \cdot BAUD} - 1 \quad (2)$$

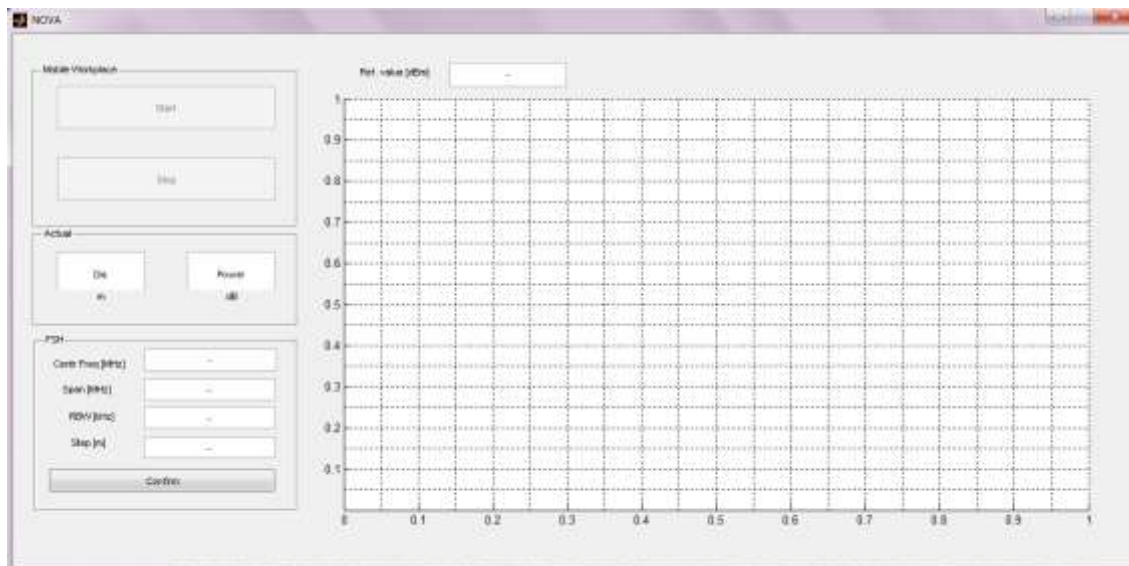
```
ISR(INT0_vect)
{
    if (PIND & (1<<PD2))
    {
        if (PIND & (1<<PD3))
        {
            UDR=5;
        }
        else
        {
            UDR=6;
        }
    }
}
```

Ďalším veľmi dôležitým registrom pri sériovej komunikácii je UCSRB. V ňom sa pri zápise logickej jednotky do 4. bitu tohto registru (TXEN) aktivoval vysielač. Posledný z trojice registrov pre sériovú komunikáciu je UCSRC, kde sa nastavuje počet data a stop bitov, parita a synchrónny/asynchrónny formát prenosu. V tomto prípade bolo zvolených 7 data bitov, 2 stop bity, párna parita a asynchrónny prenos dát. Je veľmi dôležité, aby tieto parametre boli nastavené rovnaké ako na vysielačej, tak aj na prijímacej strane.

$$UCSRC |= (1<<URSEL) | (1<<UPM1) | (1<<USBS) | (1<<UCSZ1)$$

3.2 Užívateľské rozhranie

Aby bolo možné komunikovať s procesorom priamo počas merania, je vytvorené užívateľské prostredie NOVA s niekoľkými ovládacími tlačidlami, obr.3.2. Vytvorené bolo v programe MATLAB R2010a. Užívateľské prostredie vznikalo za pomoci zdrojov [26], [27] a [28].



Obr. 3.2 Uživatelské prostredie NOVA.

Na začiatku bolo potrebné zistiť, či verzia Matlabu obsahuje knižnicu `tmtool`, ktorá umožňuje čítanie/zápis dát z/do externých zariadení pripojených k počítaču. Na komunikáciu s FSH však bolo potrebné nainštalovať ešte program Agilent Connection Expert 16 od spoločnosti Agilent obsahujúci knižnicu VISA. V nej sa nachádzajú príkazy, vďaka ktorým je možné nastavovať prístroj aj vzdialene (v tomto prípade z notebooku). Mikroprocesor s prevodníkom sú pre počítač virtuálny COM port, takže v programe je napísané, na ktorý z nich sú prevodník spolu s procesorom pripojené (v prípade uskutočneného merania to bol COM20). Po spustení programu sa nadviaže komunikácia s mikrokontrolérom aj so spektrálnym analyzátorom Rohde & Schwarz FSH4 (ďalej už len FSH). Podľa nastavení mikrokontroléru sa aj v Matlabe prijíma 7 data bitov, 2 stop bity a párna parita. Keďže potrebujeme ukladať 7 druhov dát, bola vytvorená matica `s.UserData`. Pre LAN komunikáciu existuje obdobný príkaz ako pre USB s tým rozdielom, že sa nezadáva číslo COM portu, ale IP adresa zariadenia. Nakoniec inicializácie sú externé zdroje dát "otvorené" príkazom `fopen`. Vývojový diagram celého programu je uvedený na obr. 3.3.

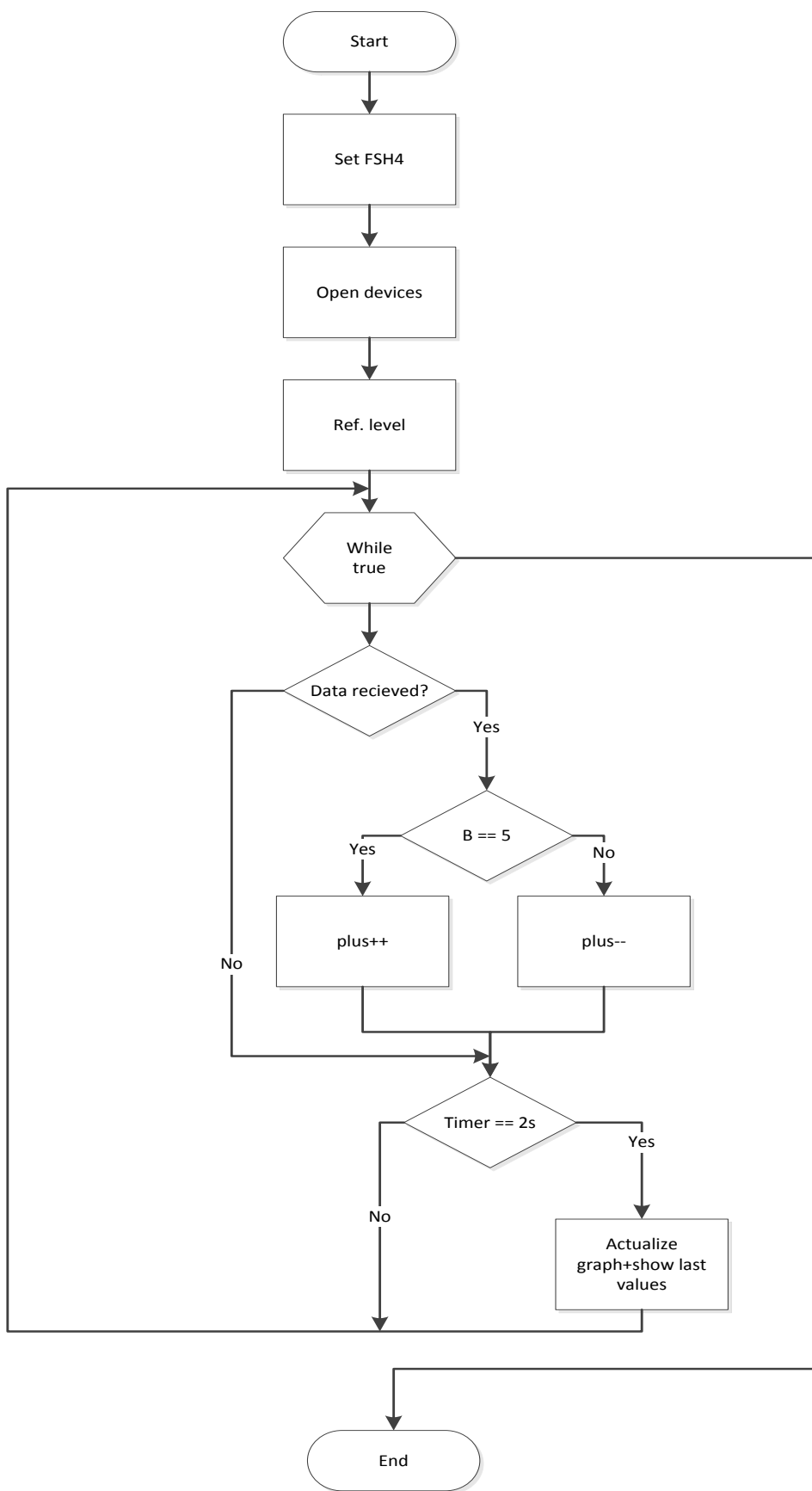
```
s=serial('COM20');

set(s, 'BaudRate', 9600, 'DataBits', 7, 'Parity', 'even', ...
      'StopBits', 2, 'Tag', 'serial', 'timeout', 0.25);

s.UserData=[handles.dis handles.conf handles.pow handles.cent
handles.text4 handles.axes1 handles.edit7 handles.ref];

vt = visa('agilent', 'TCPIP0::192.168.0.2::inst0::INSTR');

fopen(s);
fopen(vt);
```



Obr. 3.3 Vývojový diagram užívateľského rozhrania NOVA.

Pred samotným začatím merania je potrebné nastaviť priložený spektrálny analyzátor. Toho sa docieli v paneli FSH, kde je potrebné nastaviť *central frequency*, *span*, *resolution bandwidth* a krok, po ktorom sa budú jednotlivé namerané hodnoty zapisovať do grafu. Tieto hodnoty možno zadávať len v rámci určitých medzí, čo sa týka obmedzení spektrálneho analyzátoru. Pokiaľ by zadané číslo nebolo z nastavenej množiny hodnôt, vypíše sa do toho konkrétneho *editboxu* chybová hláška. V prípade, že sú zadané hodnoty v poriadku, odomkne sa tlačítko Confirm, po stlačení ktorého dôjde k nastaveniu spektrálneho analyzátoru. Panel FSH ilustruje obr. 3.4.

Obr. 3.4 Panel FSH.

Do FSH je potrebné súčasne odoslať číselné hodnoty a aj jej jednotky. Keby ich stačí poslať vždy rovnaké, nie je to žiadny problém. V tomto prípade je však potrebné číselnú hodnotu nastavovať a jednotky ostávajú. Komplikácia teda nastala v tom, ako poslať *number* aj *string* naraz. Ich rozdelenie a posielanie na dvakrát nefungovalo. Našťastie okrem iného, aj pre takýto prípad, existuje funkcia *strrep*. Do *userdata* objektu *cent* (okno pre nastavenie hodnoty stredného kmitočtu) je uložená užívateľom napísaná hodnota. Táto premenná sa načíta do premennej *tcent*. Implicitne je stredný kmitočet nastavený na 950 MHz (*scent*), ale toto číslo v tomto prípade vôbec nič neznamená. Namiesto 950 sa teda pošle hodnota zapísaná užívateľom a príkaz *scent* môže stále združovať číslo aj príslušnú jednotku. Tohto postupu bolo využité pri nastavení všetkých parametrov.

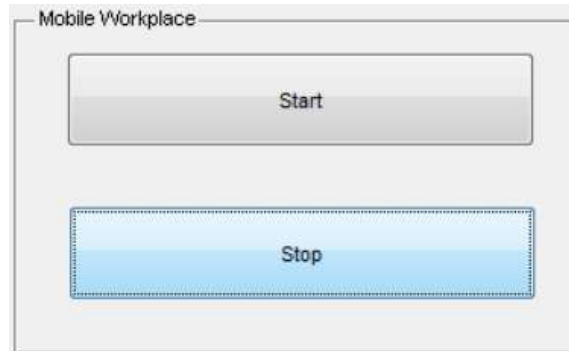
```
tcent=get(handles.cent, 'String');
```

```
scent='FREQ:CENT 950MHz';
```

```
tcent1=strrep(scent, '950', tcent);
```

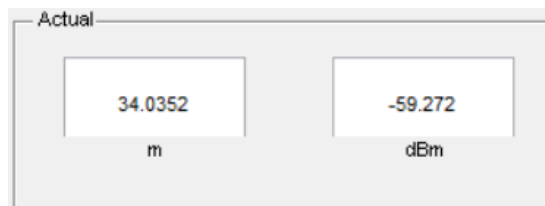
Keď sa prístroj nastaví, môže byť spustené meranie a odblokuje sa dvojica tlačidiel Start a Stop v paneli Mobile Workplace. Po stlačení tlačidla Start dôjde k začatiu merania a spusteniu časovača, obr. 3.5. Do *editboxu* Ref. Level sa zapíše momentálna úroveň signálu v referenčnej vzdialenosti. K tejto úrovni budú všetky nasledujúce namerané úrovne normalizované. To znamená, že ďalšie hodnoty úrovne signálu nebudú v absolútnych hodnotách (dBm), ale v relatívnych hodnotách (dB) voči tej v referenčnej vzdialenosti. Zároveň však po spustení merania tlačidlá pre nastavenie FSH sa uzamknú a nie je možné už meniť nastavenie prístroja. Podľa definície časovača (defaultne je v zdrojovom kóde nadefinovaná hodnota periódy 2s), je každú periódu vyslaná požiadavka jak cez LAN kábel do FSH aby poslalo aktuálne hodnoty úrovne

signálu v dBm. Zároveň sa z *bufferu editboxu* okna Distance načíta, vypíše a pripočíta k poslednej hodnote prejdená vzdialenosť v metroch za príslušnú periódu. Aktálne hodnoty úrovne a vzdialenosti sa zobrazujú v 2 oknách panelu Actual, vid' obr. 3.6. Následne vzniká matica o dvoch stĺpcoch, kde hodnoty vzdialenosti sú v jednom a hodnoty úrovne signálu v druhom stĺpci.



Obr. 3.5 Panel Mobile Workplace.

Na počítanie koľko hodnôt 5, respektíve 6, v závislosti na smere pohybu slúži skript *srl_timer*. V ňom je jednoduchá funkcia, ktorá počíta prijaté 5-ky a 6-ky. Ak počas celej periódy meracie pracovisko stojí, do *Command window* sa vypisuje hodnota prazdna a prejdená vzdialenosť zostáva nezmenená. Úroveň prijímaného signálu sa však prepisuje. Ak chce obsluha meranie ukončiť, stlačí tlačidlo Stop. V takom prípade vyskočí hláška, či chce uložiť namerané hodnoty do súboru xls. Ak áno, tak namerané hodnoty úrovne signálu a prejdenej vzdialenosti budú uložené do dvoch stĺpcov, aby sa z týchto hodnôt dal vykresliť vcelku pohodlne graf programom Microsoft Excel, prípadne OpenOffice a podobne. Po stlačení No sa hodnoty neuložia a kliknutím na krížik je celé užívateľské rozhranie zavreté a komunikácia ukončená.



Obr. 3.6 Panel Actual.

Posledné hodnoty z okien v paneli Actual sú vždy podľa zvolenej periódy a nastaveného kroku zapisované priebežne do grafu. Na ňom je vidieť úrovne meraného signálu v závislosti od nejakého začiatočného bodu. Základnou pointou je zisťovať útlm prostredia, ale môže byť toto pracovisko využité aj na meranie pokrytia budov a podobne.

Ukážka zo scriptu srl_timer – počítanie krokov dopredu/dozadu:

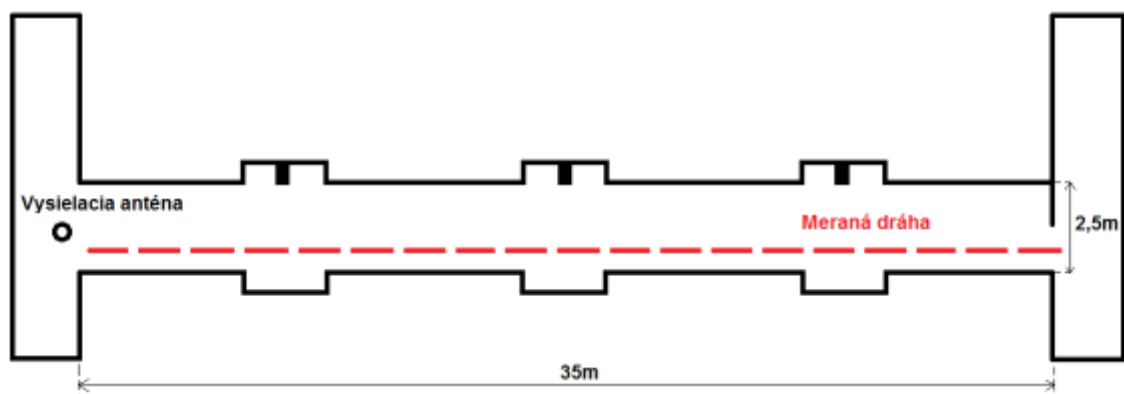
```
if isempty(b)
    disp('prazdna')
    return
else
    for m=1:length(b)
        if b(m)==6
            plus=plus+1;
        elseif b(m)==5
            plus=plus-1;
        end
    end
    h=plus*0.014525;
    disp(h)
```

4 Meranie

Meranie prebiehalo tak, že na spektrálnom analyzátore sa našiel kmitočet, okolo ktorého nevysielali žiadne zariadenia. Bol ním kmitočet 965MHz. K signálovému generátoru sa cez N konektor pripojila anténa Kathrein 738 449. Tento kmitočet sa nastavil na signálovom generátore a cez vysielačiu anténu bol vysielať signál do chodby na 7. poschodí Ústavu Radioelektroniky FEKT VUT v Brne. Ako stojan na vysielačiu anténu poslužil výškovo nastaviteľný statív. Taktiež vďaka N konektoru bola k spektrálnemu analyzátoru pripojená prijímacia anténa Kathrein 737 031 umiestnená na držiaku meracieho pracoviska. Cez užívateľské rozhranie bol najskôr nastavený spektrálny analyzátor taktiež na kmitočet 965 MHz, *Span* na hodnotu 1 MHz a *RBW* na 10 kHz. Hodnota kroku, po ktorom sa aktualizovali hodnoty, bola 0,3 m. Po pre nastavení spektrálneho analyzátoru na požadované hodnoty sa premiestnilo meracie pracovisko tak, aby obe antény (vysielač a prijímač) boli v referenčnej vzdialenosti 1 m. Obe antény mali svoj vrchol vo výške 175 cm. Nasledovalo stlačenie tlačidla Start a obsluha začala ťahať vozík za sebou po chodbe smerom od vysielačej antény. Medzitým sa postupne vykresľovala charakteristika úrovne signálu v narastajúcej vzdialenosti od zdroja signálu na obrazovke notebooku. Na konci chodby, približne po 35 metroch sa po stlačení tlačidla Stop zastavilo meranie a namerané relatívne úrovne signálu boli s príslušnými vzdialenosťami uložené do tabuľky formátu Microsoft Excel. Bolo vykonaných niekoľko meraní, všetky s obdobnými výsledkami. Na obr. 4.3 je uvedené jedno z nich. Chodba bola obdĺžnikovitého tvaru s rozšírenými miestami kvôli dverám. Ukážky z merania je možné vidieť na obr. 4.2.

4.1 Vplyv obsluhy na meranie

Poloha obsluhy ťahá zariadenie za sebou, to znamená, že je až za meracou anténou. Tým pádom nevstupuje do dráhy priameho signálu. Tvar a veľkosť meracieho zariadenia taktiež ovplyvňuje ohyby a odrazy vln v meranom priestore. Ale na účel, za akým bude postavené, nebudú tieto vplyvy uvažované. Ideálne by bolo pokryť jak vozík, tak aj telo obsluhy absorbermi, toto však nie je jednoduché. Bolo vykonané aj meranie, kedy obsluha vozík tlačila, to znamená, že stála medzi anténami. Charakteristiku z tohto merania možno považovať za plynulejšiu. Porovnanie týchto meraní je na obr. 4.3. Grafy boli vykreslené z hodnôt uložených do súboru .xls po ukončení meraní. Pôdorys chodby je na obr. 4.1.



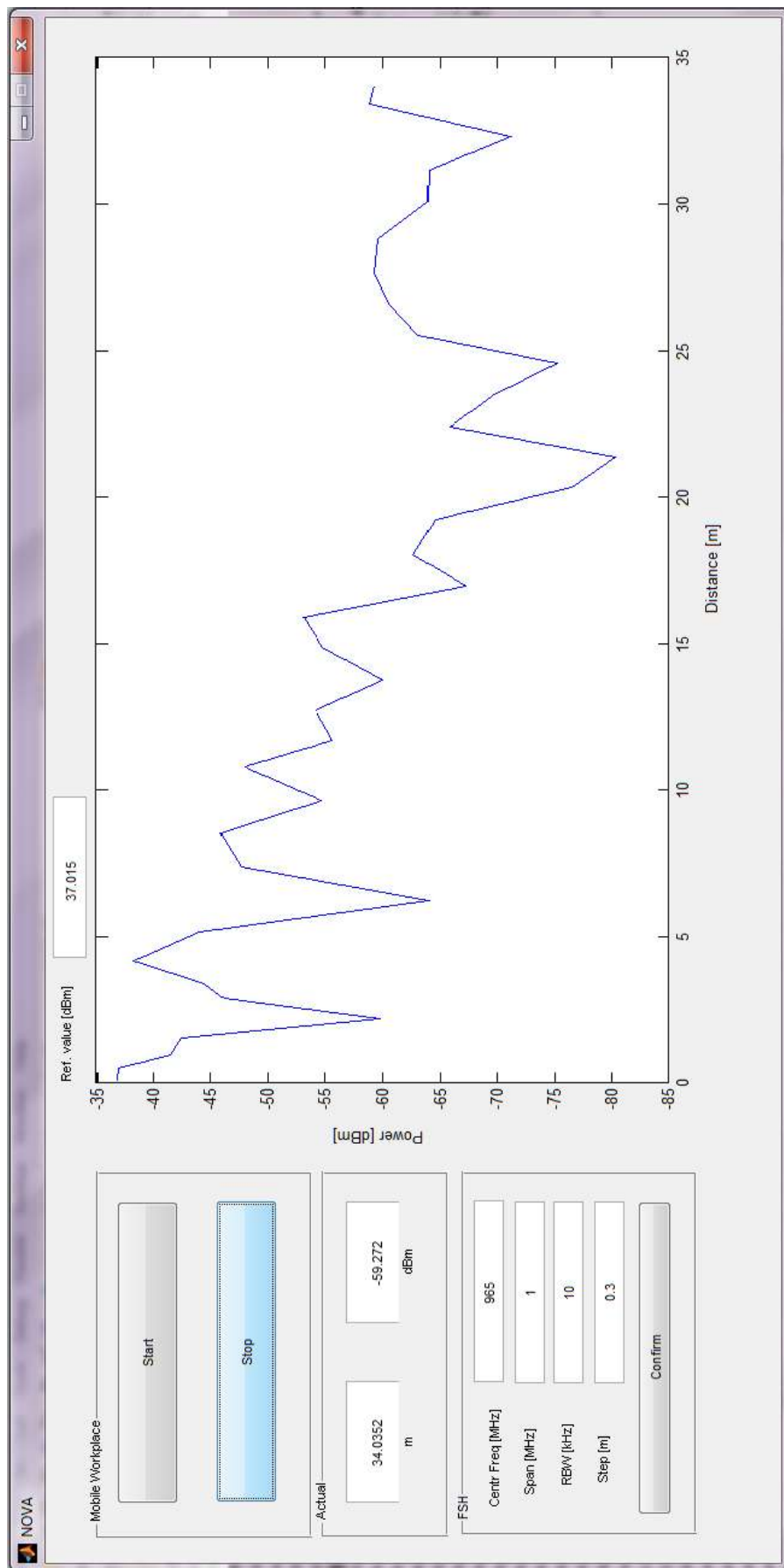
Obr. 4.1 Tvar chodby.

4.2 Výsledky a diskusia

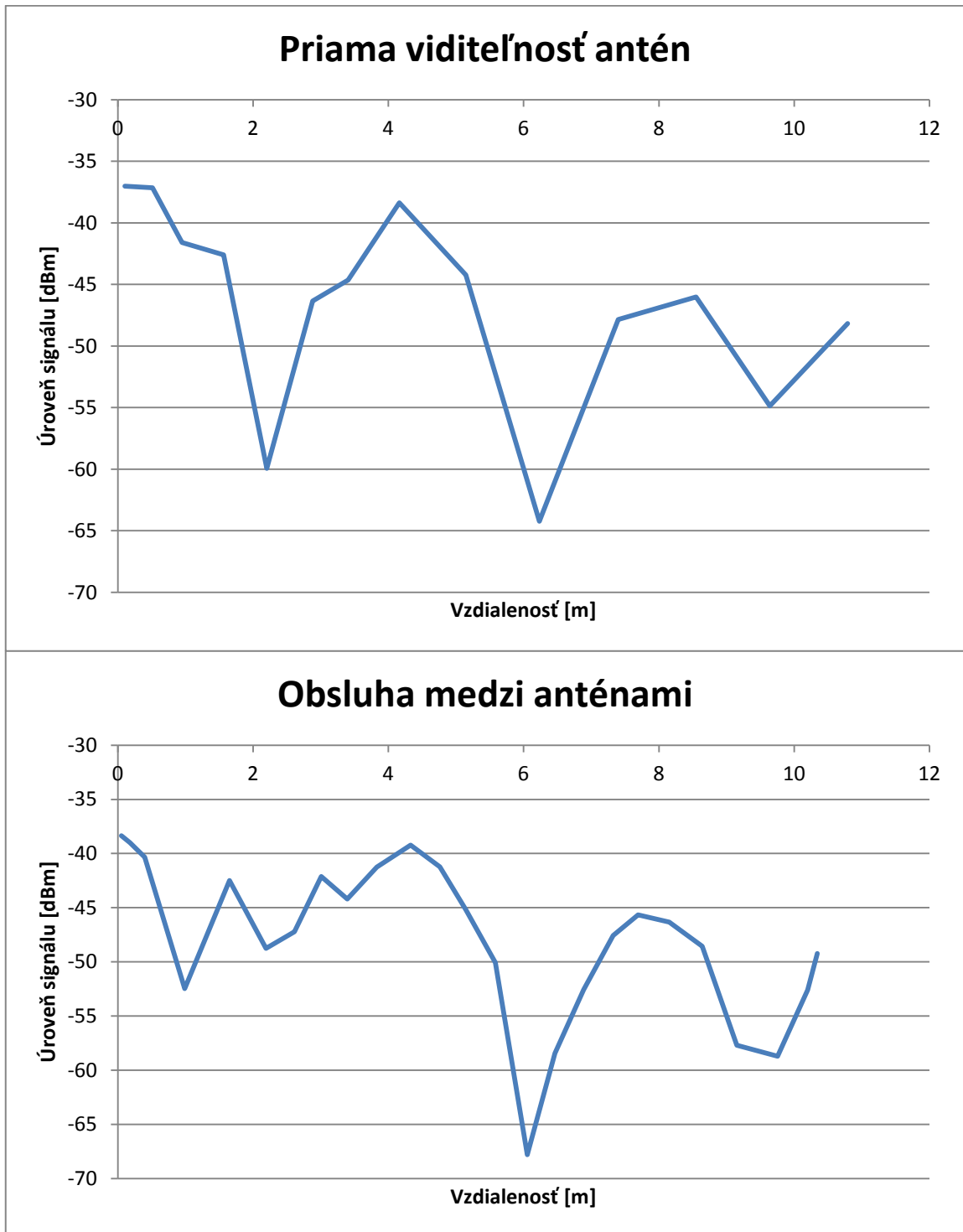
Zariadenie je plne funkčné. Všetky časti pracujú tak, ako sa očakávalo. Meranie vzdialenosti prešlo testami presnosti a dá sa povedať, že pokiaľ nedôjde s vozíkom k cuknutiu dozadu, tak sa dokáže aj na vzdialenosti niekoľko metrov držať v tolerancii jedného kroku krokového motora, to znamená cca 1,4cm. Čo sa týka softwaru, funguje veľmi spoľahlivo. Na doske plošného spoja s mikrokontrolérom je kontrolná LED dióda, ktorá bliká pri každom úplnom kroku motora. Uživateľské rozhranie taktiež počas merania nevykazovalo nijaké chyby funkcie. Jediná maličká neprijemnosť je to, že po zadaní hodnôt pre nastavenie spektrálneho analyzátoru do okna FSH je potrebné buď chvíľku čakať, než sa uvoľní tlačidlo Confirm. Toto však vyrieši stlačenie tlačidla Enter na klávesnici notebooku po zadaní poslednej hodnoty. Je to však záležitosť Matlabu, ktorý zamknuté tlačidlo neuvolňuje okamžite. Totožný jav nastáva aj pri odomknutí tlačidiel Stop a Start.



Obr. 4.2 Ukážka z merania.



Obr. 4.3 Uživatelské rozhranie po skončení merania.



Obr. 4.4 Vplyv obsluhy.

Záver

V tejto práci je vysvetlená a popísaná konštrukcia zariadenia, ktoré dokáže merať prejdenu vzdialenosť a cez mikrokontrolér komunikovať s notebookom prostredníctvom USB. Na začiatku je teoretický rozbor problematiky šírenia, vysielania, prijímania, ale aj merania elektromagnetických vln. Je tu uvedená bloková schéma, schéma zapojenia a bol navrhnutá DPS pre obvod s mikrokontrolérom, pre mikrokontrolér bol vytvorený program na posielanie dát z krokového motora tak, aby bolo možné zisťovať kam a o koľko sa vozík pohol za určený čas. Tieto dáta potom počíta skript vytvorený v Matlabe a posielajú dáta do užívateľského rozhrania. V ňom je možné nastaviť spektrálny analyzátor, sledovať ako sa mení úroveň prijímaného signálu s narastajúcou/zmenšujúcou sa vzdialenosťou a prijaté hodnoty prípadne neskôr editovať v prostredí Microsoft Excel.

Podľa návrhu bolo zariadenie postavené a následne otestované. Celé zariadenie je zatiaľ potrebné buď tlačiť alebo ťahať. Tlačeníím by však obsluha ovplyvňovala výsledky merania, čím by boli mierne skreslené. Preto sa ukázalo ako vhodnejšie celé zariadenie ťahať za sebou. Celé zariadenie je veľmi ťažké, do budúcnosti sa plánuje rozšírenie o pohon a možnosť diaľkového ovládania. Tak by odpadla nutnosť ťahať zariadenie. Všetky voľné piny mikrokontroléru sú vyvedené, a teda je možné pridávať ďalšie periférie, výkon mikroprocesoru a tiež aj jeho pamäť sú dostačujúci aj na ďalšie úkony.

Zoznam použitej literatúry

- [1] PECHAČ, P. *Modely šíření vln v zástavbě*, Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-186-1
- [2] GRÁCOVÁ, M.: *História Wifi* [online]. December 2011 [cit. 2012-12-1]. Dostupné z: <http://www.mgzps.estranky.cz/clanky/zakladne-informacie/historia-wifi.html>.
- [3] SLANINA, M.; LÁČÍK, J.; LUKEŠ, Z.; URBANEC, T.; PETRŽELA, J.; FRÝZA, T.; MARŠÁLEK, R.; HANUŠ, S.; DORDOVÁ, L.; KASAL, M.; KOLKA, Z.; KRATOCHVÍL, T.; DRÍNOVSKÝ, J. *Moderní bezdrátová komunikace*. Moderní bezdrátová komunikace. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. 170 s. ISBN: 978-80-214-4156-9
- [4] Computerworld. *Operátoři zkouší, co vydrží LTE*. [online]. Júl 2012 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z <http://computerworld.cz/technologie/operatori-zkousi-co-vydrzi-lte-48564>.
- [5] ORAVEC, M. *Bezpečnosť bezdrôtových sietí* [online]. 2011 [cit. 2012-12-11]. Dostupné z <http://www.itnews.sk/tituly/infoware/2011-03-10/c140319-bezpecnost-bezdrotovych-sieti-ii>.
- [6] SNÁŠEL, J. *Antény, plíšky schované v mobilu* [online]. August 2008 [cit. 2012-12-11]. Dostupné z <http://www.mobilmania.cz/clanky/anteny-plisky-schovane-v-mobilu/sc-3-a-1120115/default.aspx>.
- [7] ARAI, H. *Measurement of mobile antenna systems*, Norwood: Artech House, Inc., 2001. ISBN 1-58053-065-6
- [8] SKINNER, D. *Guidance on using precision coaxial connectors in measurement* [online]. August 2007 [cit. 2012-12-9]. Dostupné z <http://www.cmi.cz/download.php?wdc=1438>.
- [9] RYDVAL, S. *Princip a fungování GPS* [online]. 2005 [cit. 2012-11-15]. Dostupné z <http://www.rydval.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2005110301>.
- [10] PAVLÍK, D. *Čo je GPS?* [online]. [cit. 2012-11-20]. Dostupné z <http://www.depe.sk/gps/gps01.htm>.
- [11] DLOUHÝ, M.; WINKLER Z. *Enkódery* [online]. Október 2003 [cit. 2012-11-15]. Dostupné z <http://robotika.cz/guide/encoders/cs>.
- [12] Neuron-ai. *Senzory pre mobilné roboty, princípy ich fungovania a ich aplikácie v praxi*. [Online], [cit. 2012-11-5]. Dostupné z <http://neuron-ai.tuke.sk/~uhrin/ui/index2.html>.
- [13] DAVIS, M. A. *Stepper motor as rotary encoder* [online]. [cit. 2012-11-1]. Dostupné z http://home.clear.net.nz/pages/joecolquitt/stepper_as_encoder.html.

- [14] ŘEZÁČ, K. *Krokové motory* [online]. Október 2002 [cit. 2012-11-1]. Dostupné z <http://robotika.cz/articles/steppers/cs>.
- [15] TESÁR, R. *Krokové motory* [online]. November 2009 [cit. 2012-11-20]. Dostupné z <http://www.posterus.sk/?p=2840>.
- [16] ZAJAČIK, M. *Krokové motory* [online]. [cit. 2012-11-5]. Dostupné z <http://www.zajacikm.wz.cz/KMotory/kmotory.html>.
- [17] E-automatizace. *Stejnoseměrné pohony* [online]. [cit. 2012-11-7] Dostupné z http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/Akc_el.html.
- [18] Mitsumi Electric Co., Ltd. *M49SP-1 datasheet* [online]. 2010 [cit. 2012-5-10] 2s. Dostupné z: <http://forumnov.com/index.php?act=attach&type=post&id=240472>
- [19] ATMEL Corporation. San Jose. *ATmega16 datasheet* [online]. Júl 2010 [cit. 2012-12-12]. 357s. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc2466.pdf>
- [20] BLUETOOTH. *A look at the basics of Bluetooth wireless technology* [online]. [cit 2012-11-28]. Dostupné z <http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>.
- [21] Wikipedia, the free encyclopedia. *Bluetooth* [online]. November 2012 [cit. 2012-30-11]. Dostupné z <http://sk.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>.
- [22] KAINKA, B. *Měření, řízení a regulace pomocí sběrnice USB*, Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-073-3
- [23] MATOUŠEK, D. *USB prakticky s obvody FTDI*, Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-103-9
- [24] FUTURE TECHNOLOGY DEVICES INTERNATIONAL LTD.. *FT232R USB UART IC* [online]. 2010 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf.
- [25] AIMTEC. *DC-DC Converter: AMID-Z*. North America, 2010. Dostupné z <http://www.gme.cz/dokumentace/332/332-215/dsh.332-215.1.pdf>.
- [26] KAŠPAR, B. *Monitor alfa aktivity: bakalářská práce*. Brno: FEKT VUT v Brně, 2012. 64 s., Obrázek 21.
- [27] AARTI, R. *What is a Spectrum Analyzer* [online]. [cit. 2013-5-13] Dostupné z: <http://www.buzzle.com/articles/what-is-a-spectrum-analyzer.html>
- [28] ROHDE & SCHWARZ. GmbH & Co. KG. *R&S®FSH4/8 Spectrum Analyzer* [online]. November 2010 [cit. 2013-5-15] Dostupné z: http://www.rohde-schwarz.cz/file_14359/Instrument_Security_FSH4-8.pdf
- [29] KATHREIN-Werke KG. *790-2500MHz Base Station Antennas for Mobile communications* [online]. 2006 [cit. 2013-5-27]. Dostupné z: <http://www.comlink.com.vn/Upload/File/Kathrein%20Anten%20Catalog%200021006.pdf?lang=vi-VN>

- [30] KATHREIN-Werke KG. *790-3800MHz Base Station Antennas for Mobile communications* [online]. 2006 [cit. 2013-5-27]. Dostupné z: <http://www.kathrein.de/de/mcs/kataloge/download/9986276.pdf>
- [31] DOŇAR, B.;ZAPLTÍLEK, K. *MATLAB pro začátečníky*, Praha: BEN - technická literatura, 2005. 152 s. ISBN 80-7300-175-6
- [32] DOŇAR, B.;ZAPLTÍLEK, K. *MATLAB tvorba uživatelských aplikací*, Praha: BEN – technická literatura, 2005. 216 s. ISBN 80-7300-133-0
- [33] DOŇAR, B.;ZAPLTÍLEK, K. *MATLAB začínáme se signály*, Praha: BEN – technická literatura, 2006. 272 s. ISBN 80-7300-200-0
- [34] ROUSE, M.: *Spectrum analyzer* [online]. Apríl 2007 [cit. 2013-26-5]. Dostupné z: <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/spectrum-analyzer>

ZOZNAM SKRATIEK

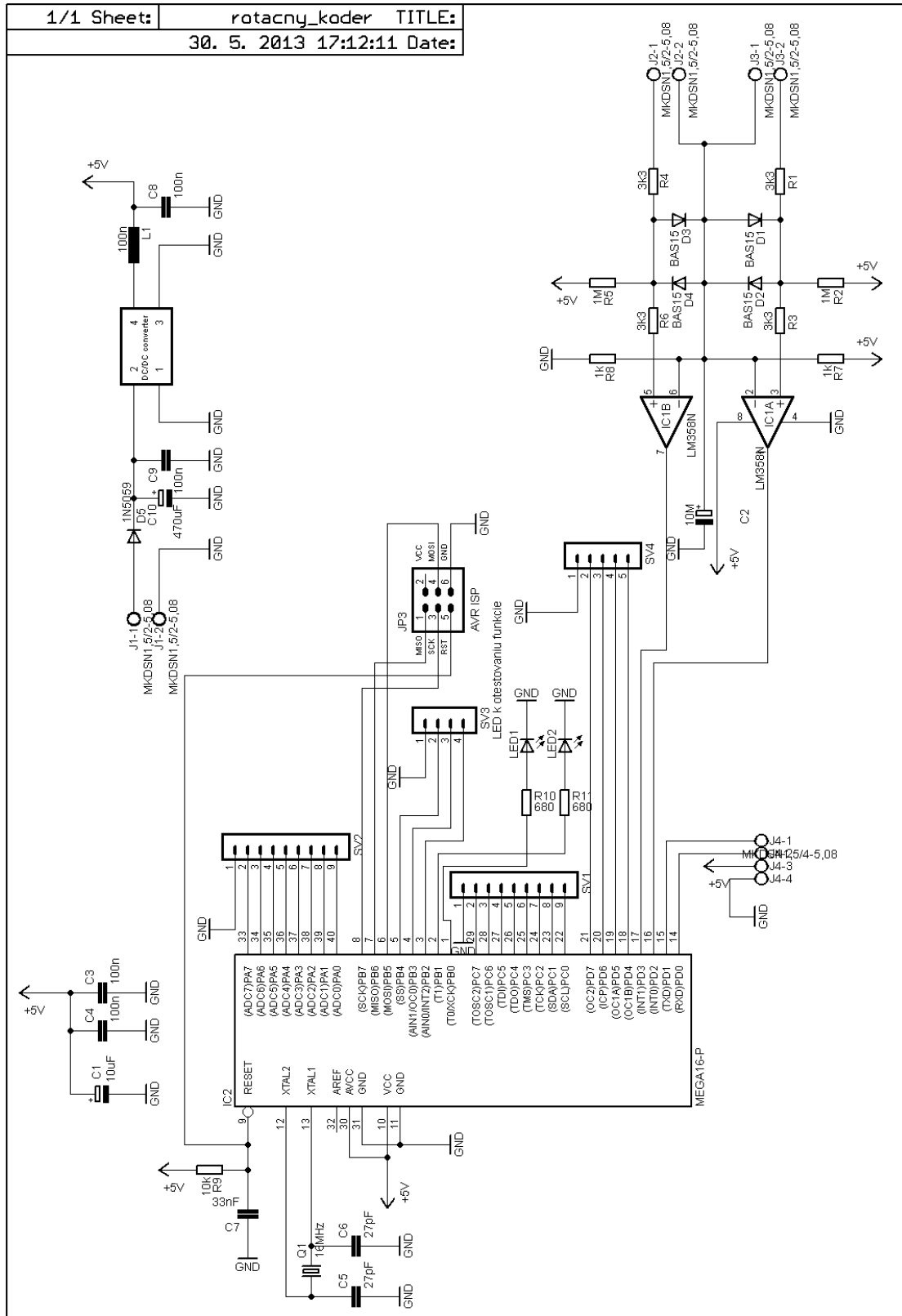
Ah	AmpérHodina, jednotka kapacity akumulátorov
AP	Prístupový bod (Access Point)
B	bajt, reprezentuje 8 bitov
Bd	baud, jednotka bitovej priepustnosti
BTS	základňová stanica u systémov GSM (Base Station Subsystem)
dB/dek	decibel na dekádu
DPS	Doska Plošného Spoja
FFT	Rýchla Fourierova transformácia (Fast Fourier Transformation)
GSM	Groupe Spécial Mobile
Hz	Hertz, jednotka frekvencie
LAN	Local Area Network
LTE	Long Term Evolution
MISO	Master In Slave Out
MOSI	Master Out Slave In
PIFA	Planar Inverted F Antenna
PWM	Pulse Width Modulation
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
USB	Univesal Serial Bus
RBW	Resolution BandWidth
RISC	Reduced Instruction Set Computer
RNC	Radio Network System
RST	Reset
SCK	Serial Clock
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UHF	Ultra High Frequency
VF	Vysokofrekvenčný
W	Watt
WLAN	Wireless Local Area Network

ZOZNAM PRÍLOH

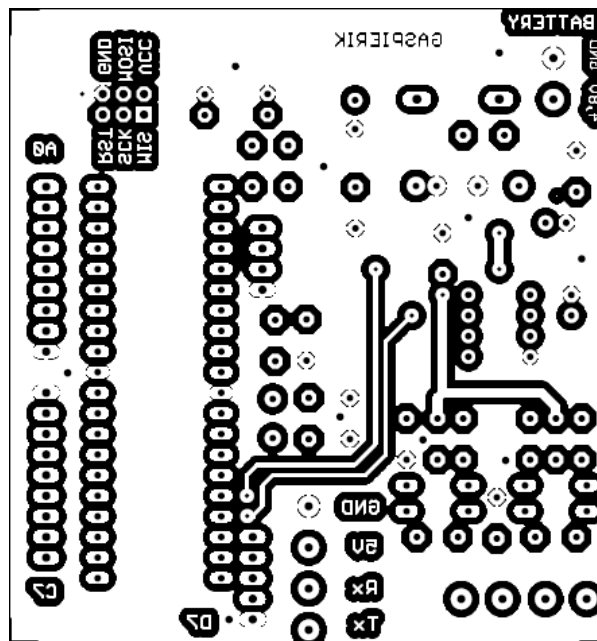
A	Návrh.....	52
A.1	Schéma DPS s mikrokontrolérom.....	52
A.2	Doska plošného spoje – top (strana súčiastok)	53
A.3	Doska plošného spoja – bottom (strana spojov)	53
A.4	DPS po osadení – TOP.....	54
B	MERANÁ CHODBA.....	54
C	ZOZNAM SÚČIASTOK	55

A NÁVRH

A.1 Schéma DPS s mikrokontrolérom

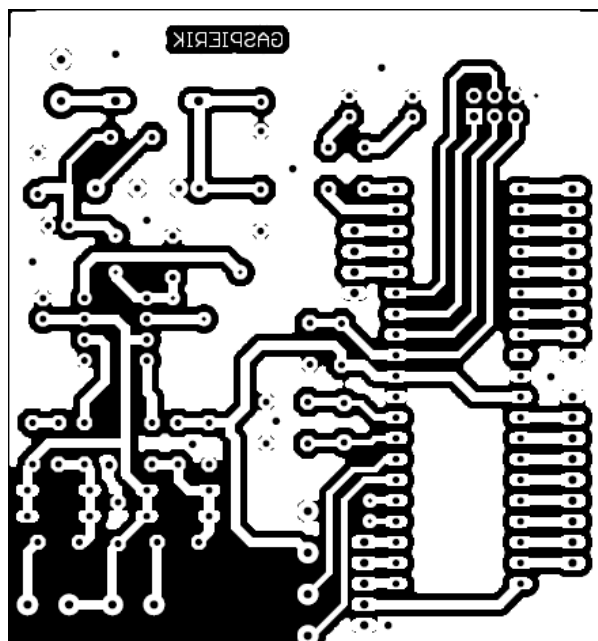


A.2 Doska plošného spoje – top (strana súčiastok)



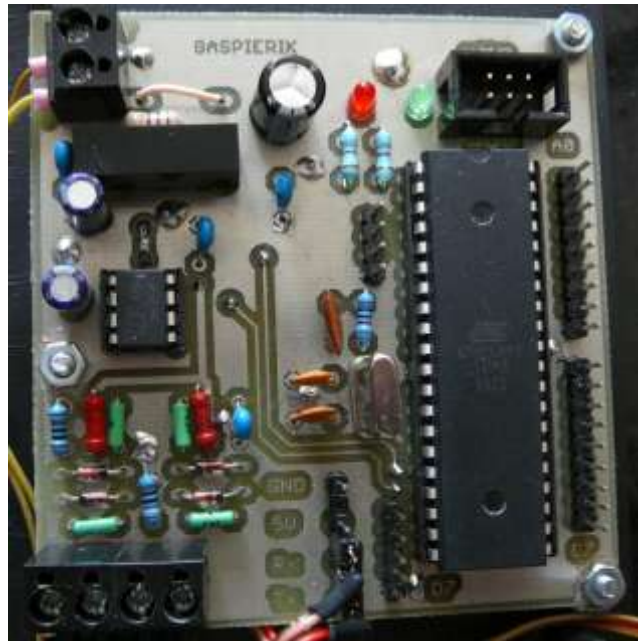
Osadzovací plán – rotačný kódér, TOP, 75x80 mm, mierka M1:1

A.3 Doska plošného spoje – bottom (strana spojov)



Osadzovací plán – rotačný kódér, BOTTOM, 75x80 mm, mierka M1:1

A.4 DPS po osadení – TOP



TOP, 75x80 mm, mierka M1:1

B MERANÁ CHODBA



C ZOZNAM SÚČIASTOK

Označenie	Hodnota	Puzdro	Popis
C1	10u	B45181A	Elektrolytický kondenzátor
C2	10u	B45181A	Elektrolytický kondenzátor
C3	100n	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C4	100n	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C5	27p	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C6	27p	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C7	33n	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C8	100n	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C9	100n	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C10	470u	E3,5-10	Elektrolytický kondenzátor
D1	1N4148	DO35-7	Schottkyho dioda
D2	1N4148	DO35-7	Schottkyho dioda
D3	1N4148	DO35-7	Schottkyho dioda
D4	1N4148	DO35-7	Schottkyho dioda
F	AM1D-0505SZ	SIP7	DC/DC menič
IC1	LM358N	DIL08	Operačný zosilovač
IC2	MEGA16-P	DIL40	Mikrokontrolér
J1		MKDSN1,5/2-5,08	Konektor
J2		MKDSN1,5/2-5,08	Konektor
J3		MKDSN1,5/2-5,08	Konektor
J4		MA09-7	Pinová lišta
JP3	AVR-ISP-6VERT	AVR-ISP-6	Konektor
L1	100n	0204/5	Tlmivka
LED1		LED5MM	LED dióda
LED2		LED5MM	LED dióda
Q1	16MHz	HC49/5	Kryštál
R1	3k3	0204/5	Drôtový rezistor
R2	1M	0204/5	Drôtový rezistor
R3	3k3	0204/5	Drôtový rezistor
R4	3k3	0204/5	Drôtový rezistor
R5	1M	0204/5	Drôtový rezistor
R6	3k3	0204/5	Drôtový rezistor
R7	1k	0204/5	Drôtový rezistor
R8	1k	0204/5	Drôtový rezistor
R9	10k	0204/5	Drôtový rezistor
R10	680	0204/5	Drôtový rezistor
R11	680	0204/5	Drôtový rezistor
SV1		MA09-1	Pinová lišta
SV2		MA09-1	Pinová lišta
SV3		MA04-1	Pinová lišta
SV4		MA05-1	Pinová lišta

Prílohy na CD

Bakalárska práca vo formáte PDF

AVR:

Datasheet ATmega16

Program pre mikrokontrolér

Eagle:

Vytvorená knižnica Aimtec

Osadzovacie plány

Schéma + board

Kathrein:

Datasheet ku Kathrein 737 031

Datasheet ku Kathrein 738 449

Priečinok MatlabR2010a:

Skript srl_timer pre počítanie vzdialenosti

Užívateľské prostredie NOVA

Návod na obsluhu užívateľského prostredia

Meranie:

Záznamy z Excelu

Mitsumi:

Datasheet ku krokovému motoru

Prolific:

Datasheet k prevodníku UART-USB

R&S FSH4

Datasheet ku spektrálnemu analyzátoru FSH4