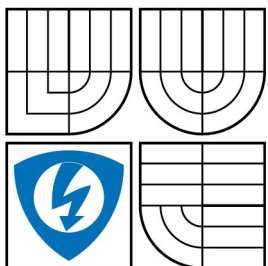


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

BEZDRÁTOVÉ ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

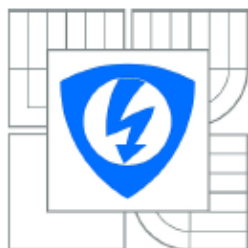
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ GARGULÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. VÁCLAV ZEMAN, PH.D.

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Lukáš Gargulák
Ročník: 3

ID: 106444
Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Bezdrátové zabezpečovací zařízení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte právní předpisy a doporučení pro provozování vyslačů malého výkonu v pásmu ISM - 433.92 MHz. Vyberte vhodné typy přijímače/vysílače/transceiveru a navrhnete obvodové schéma univerzálního miniaturního zabezpečovacího zařízení pracujícího v tomto pásmu oboustrannou komunikací - mezi zabezpečovací jednotkou umístěnou na hlídaném objektu a přenosnou jednotkou. Oboustranná komunikace slouží zejména ke vzájemné kontrole dosahu a možnosti dálkového vypnutí alarmu. Obě jednotky budou osazeny mikrokontroléry ATMEL, ovládací program bude napsán v jazyce C, zapojení musí umožňovat co nejdelší výdrž baterií (co nejmenší spotřeba).

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] MANN, B. : C pro mikrokontroléry. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-077-6
- [2] VÁŇA, V. : Programování v jazyce C - popis a práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-102-0
- [3] Mann, B. : C pro mikrokontroléry, BEN, 2003. ISBN 80-7300-077-6

Termín zadání: 29.1.2010

Termín odevzdání: 2.6.2010

Vedoucí práce: doc. Ing. Václav Zeman, Ph.D.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.
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

Obsahem této bakalářské práce je návrh, konstrukce a naprogramování bezdrátového zabezpečovacího zařízení. Toto bezdrátové zabezpečovací zařízení se skládá ze dvou jednotek. Osobní jednotky a senzorové jednotky. Je zde uvedeno srovnání ISM pásem 433 MHz a 868 MHz, na kterých je možná komunikace těchto dvou jednotek uskutečnit. V práci je uveden výběr jednotlivých součástí pro konstrukci zařízení. Práce se také zabývá strukturou přenášených rámců na linkové vrstvě. Okrajově jsou zmíněny možnosti snížení spotřeby mikrokontrolérů AtmelAVR a také dva způsoby dobíjení Li-ION akumulátoru. Je zde také nastíněn firmware obou jednotek. Jeho úplný zdrojový kód je přiložen na DVD.

ABSTRACT

The content of this thesis is the design, construction and programming of wireless security device. This wireless security system consists of two units. Personal unit and sensor unit. This thesis compares two ISM bands 433 MHz and 868 MHz. The thesis presents a selection of parts for construction wireless security device. The work also deals with the structure of transmitted frames on the link layer. Marginally are discussed ways to reduce consumption AtmelAVR microcontrollers and also two ways of charging Li-Ion battery. It also outlined the firmware of both units. Its complete source code is included on the DVD.

KLÍČOVÁ SLOVA

ISM, 433 MHz, 868 MHz, bezdrátové zabezpečovací zařízení, osobní jednotka, senzorová jednotka, ATmega88, mikrokontrolér, transceiver, otřesové čidlo, Li-ION, SPI rozhraní, firmware, uživatelské rozhraní

KEYWORDS

ISM, 433 MHz, 868 MHz, wireless security device, pager, sensor unit, ATmega88, microcontroller, transceiver, accelerometer, Li-ION, SPI interface, firmware, user interface

GARGULÁK, L.: *Bezdrátové zabezpečovací zařízení: bakalářská práce.*
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních
technologií, 2010. 39 stran, 9 přílohy. Vedoucí práce Doc. Ing. V. Zeman, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Bezdrátové zabezpečovací zařízení jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. ing. Václavu Zemanovi, Ph.D. a ing. Ondřeji Pavelkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

podpis autora

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 KLASICKÉ A BEZDRÁTOVÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY	9
2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O VOLNÝCH RADIOVÝCH PÁSMECH PRO BEZDRÁTOVÉ SYSTÉMY.....	10
2.1 <i>Pásmo 433 MHz a 868 MHz.....</i>	10
3 NÁVRH BEZDRÁTOVÉHO ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ.....	11
3.1 <i>Obecné činnosti BZZ.....</i>	12
3.2 <i>Ostatní funkce.....</i>	12
4 VÝBĚR JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT A POPIS JEJICH KONKRÉTNÍ ČINNOSTI V OSOBNÍ A SENZOROVÉ JEDNOTCE.....	13
4.1 <i>Napájení jednotek.....</i>	13
4.2 <i>Stabilizátor napětí.....</i>	14
4.3 <i>Výběr mikrokontroléru.....</i>	14
4.3.1 <i>Parametry mikrokontroléru ATmega88PA.....</i>	15
4.4 <i>Zdroj taktovacího kmitočtu.....</i>	16
4.5 <i>Výběr transceiveru.....</i>	16
4.6 <i>Konektor pro připojení antény.....</i>	17
4.7 <i>Konektor pro připojení jednotek k programátoru.....</i>	17
4.8 <i>Snímač otřesů.....</i>	18
4.9 <i>Drátové okruhy.....</i>	18
4.10 <i>Povolení senzorů.....</i>	19
4.11 <i>Zdroj akustické signalizace.....</i>	19
5 NABÍJENÍ LI-ION AKUMULÁTORU.....	20
5.1 <i>Nabíjení akumulátoru konstantním ss proudem po celou dobu nabíjení.....</i>	20
5.2 <i>Nabíjení akumulátoru pomocí integrovaného obvodu MAX1811.....</i>	20
6 SÉRIOVÝ KANÁL SPI.....	22
7 POPIS ČINNOSTI JEDNOTEK A JEJICH FIRMWARU.....	24
7.1 <i>Aktivace osobní a senzorové jednotky.....</i>	24
7.2 <i>Aktivní režim.....</i>	24
7.3 <i>Deaktivace senzorové jednotky.....</i>	24
7.4 <i>Popis datových rámců linkové vrstvy.....</i>	25
7.5 <i>Analogové vstupy.....</i>	26
7.5.1 <i>Snímání pohybu.....</i>	26
7.5.2 <i>Měření stavu akumulátorů.....</i>	27

8 METODY PRO SNÍŽENÍ SPOTŘEBY MCU	29
9 UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ	30
9.1 <i>LED svítlna</i>	30
9.2 <i>Shrnutí indikace na uživatelském rozhraní</i>	30
10 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ KRYTŮ JEDNOTEK	32
10.1 <i>Kryt osobní jednotky</i>	32
10.2 <i>Kryt senzorové jednotky</i>	33
11 ZÁVĚR	34
LITERATURA	36
SEZNAM OBRÁZKŮ	38
SEZNAM PŘÍLOH	39

ÚVOD

Tato bakalářská práce popisuje návrh, konstrukci a naprogramování bezdrátového zabezpečovacího zařízení (BZZ) mobilního charakteru.

V první kapitole jsou rozebírány vlastnosti, výhody a nevýhody klasických zabezpečovacích systémů s porovnáním s bezdrátovými systémy.

Ve druhé kapitole jsou zmíněny informace o některých volných radiových pásmech a o normě, kterou je při konstrukci všeobecného bezdrátového zařízení nutno dodržet. Jsou zde krátce srovnána ISM pásma 433 MHz a 868 MHz.

V další kapitole je popisována obecná činnost navrženého BZZ. Také jsou zde uvedeny ostatní funkce, které umožňuje osobní jednotka a nijak nesouvisí s obecnou činností bezdrátového zabezpečovacího zařízení.

Čtvrtá kapitola se zabývá výběrem jednotlivých komponent zařízení. Je zde podrobně popisováno, které komponenty byly zvoleny a jaký mají význam. Je zde provedeno i srovnání a výběr jednoho ze čtyř mikrokontrolérů Atmel řady AVR a výběr jednoho ze čtyř transceiverů od různých firem.

Jelikož zařízení je napájeno akumulátorem, tak je pátá kapitola věnována dvěma způsobům nabíjení Li-ION akumulátorů.

Šestá kapitola je zaměřena na popis SPI rozhraní, které umožňuje komunikaci mezi dvěma hlavními prvky BZZ. Mikrokontrolérem a transceiverem.

Sedmá kapitola popisuje podrobnou činnost osobní a sensorové jednotky podle jejich firmwaru. Je zde i rozebírána přeměna analogového signálu na digitální. Dále jsou zde popsány rámce dat, které si jednotky mezi sebou vyměňují.

Následující kapitola poznamenává metody, jakými způsoby lze snížit spotřebu mikrokontrolerů Atmel řady AVR.

Předposlední kapitola je věnována čistě popisu uživatelského rozhraní a je zde přehledně shrnuta veškerá indikace, kterou osobní jednotka poskytuje uživateli BZZ.

V poslední kapitole je popsáno a vyobrazeno provedení krytů osobní a sensorové jednotky.

Práce obsahuje také tři přílohy na devíti stranách a DVD. První, příloha A, je věnována seznamu součástek, schématu zapojení a motivu plošného spoje osobní jednotky. Příloha B obsahuje seznam součástek, schema zapojení a motiv plošného spoje sensorové jednotky. Příloha C obsahuje firmware obou jednotek a je umístěna na DVD.

1 KLASICKÉ A BEZDRÁTOVÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY

Prvky klasického zabezpečovacího systému jsou navzájem propojeny kabely. Těmito kabely se přenaší veškeré informace a většinou i napájecí napětí k jednotlivým prvkům systému.

Naopak prvky bezdrátového systému spolu mohou komunikovat v nějakém radiovém pásmu. Nejčastěji v pásmu ISM¹ nebo GSM². Napájení prvků bývá ve většině těchto případů realizováno z baterií.

Hlavní předností klasických systémů je, že jsou levnější než systémy bezdrátové a lze většinou kombinovat komponenty několika výrobců při jedné instalaci a není nutné měnit či dobíjet baterie v prvcích systému.

U bezdrátových systémů je hlavní předností jejich velmi rychlá, a tedy i levná, instalace. Systémy jsou jednoduše rozšířitelné. Nevýhodou je nutnost občasného dobíjení baterií.

Při výběru systému je třeba především vycházet z toho, že bezdrátový zabezpečovací systém má za úkol chránit majetek v řádově vyšších hodnotách. Proto musí být jistota, že se na zabezpečovací systém můžeme spolehnout. Výrobek elektronického zabezpečovacího systému by měl být atestován dle normy pro systémy elektronických zabezpečovacích systémů³. Pokud systém používá některá rádiová nebo telekomunikační zařízení, potom musí mít zároveň i atest ČTÚ. Tato schválení jsou určitou zárukou kvality bezdrátového zabezpečovacího systému.

1 Industrial Scientific Medical band
2 Global System for Mobile Communication
3 Popisuje norma ČSN EN 50131-1

2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O VOLNÝCH RADIOVÝCH PÁSMECH PRO BEZDRÁTOVÉ SYSTÉMY

Pod pojmem volné pásmo se rozumí pásmo kmitočtů, ve kterém je povolen radiový provoz bez licenčních poplatků držitelům homologovaných zařízení, přičemž jejich počet není předem omezen. Tito provozovatelé pak mohou sdílet při provozu celé vyčleněné pásmo, ovšem bez nároku na ochranu proti rušení.

V radiofrekvenčním spektru je takových volných pásem vyčleněno více. Např. ISM pásma 433 MHz, 868 MHz, 2,4 GHz a další pásma.

Podmínky pro provoz datových a jiných zařízení ve volných pásmech jsou pro tuzemské prostředí stanoveny generálními licencemi, které vydává Český telekomunikační úřad.

2.1 Pásmo 433 MHz a 868 MHz

Podle všeobecného oprávnění k využívání rádiových kmitočtů k provozování zařízení krátkého dosahu pro nespécifikované stanice je maximální vyzářený výkon zákonem omezen na hodnotu 10 mW u kmitočtového pásma 433 MHz a na hodnotu 25 mW u kmitočtového pásma 868 MHz.

S maximálním vyzářeným výkonem také souvisí vzdálenost, na které mohou tato zařízení komunikovat. Pásmo 433 MHz se většinou používá pro komunikační řešení na krátké a střední vzdálenosti. Tedy do 300 m. Poskytuje levný a snadný způsob, jak navázat spojení dvou zařízení. Nicméně toto pásmo je velmi vytížené a může docházet k vzájemnému rušení s ostatními zařízeními pracujícími na tomto kmitočtu.

Předpisy pro pásmo 868 MHz jsou více omezující než ty pro pásmo 433 MHz. Interference s jinými zařízeními pracujícími na frekvenci 868 MHz jsou redukovány a tím je zajištěna lepší kvalita přenosu informace. Vzdálenost, na kterou mohou dvě zařízení komunikovat je cca 500 m, či-li se dá hovořit o středně velkém dosahu.

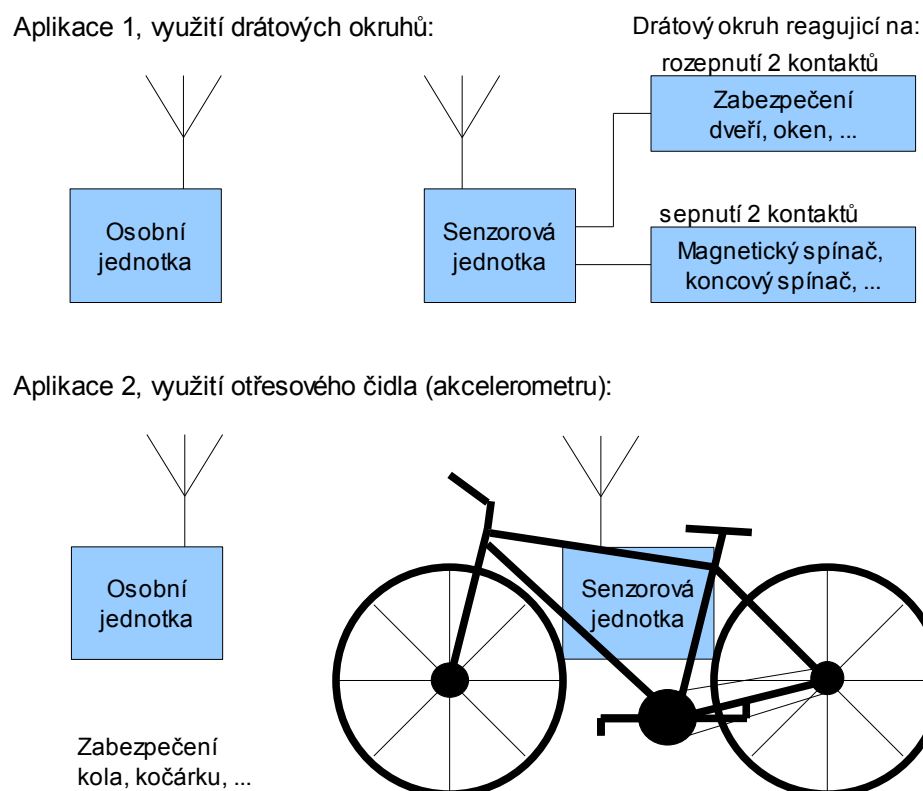
Další text již bude věnován pouze návrhu, konstrukci a naprogramování bezdrátového zabezpečovacího zařízení.

3 NÁVRH BEZDRÁTOVÉHO ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Navrhování bezdrátového zabezpečovacího zařízení (BZZ) bylo prováděno s tím záměrem, aby bylo poměrně malé, lehce přenosné a napájené z baterií.

Má za úkol vyvolat alarm při pohnutí s objektem, na kterém je nainstalováno, nebo při rozpojení, resp. spojení drátů na hlídaném objektu. Hlídaným objektem může být například motocykl, kolo, kočárek a jiné objekty podobného charakteru. Jestliže je použito drátového okruhu, tak je možné zařízení např. použít i na zabezpečení dveří nebo oken do určitého objektu a nebo pro aplikace s využitím magnetických nebo koncových spínačů.

Ukázka použití zabezpečovacího systému je znázorněna na obr. 1. Celé zabezpečovací zařízení se skládá pouze ze dvou jednotek - osobní jednotky (pageru) a senzorové jednotky.



Obr. 1: Příklad použití bezdrátového zabezpečovacího zařízení

3.1 Obecné činnosti BZZ

Před samotným návrhem bezdrátového zabezpečovacího zařízení bylo nutno navrhnout i jeho obecnou činnost.

Jestliže na straně sensorové jednotky dojde k pohybu chráněného objektu, na kterém bude jednotka nainstalována, nebo dojde k rozepnutí či sepnutí kontaktu na jednom z drátových okruhů, bude sensorová jednotka posílat signál osobní jednotce. Tato jednotka situaci vyhodnotí jako alarm. Uživatele na tuto skutečnost upozorní akusticky a vizuálně LED diodou na osobní jednotce.

Jelikož zařízení pracuje v pásmu ISM na frekvenci 868 MHz, je také omezeno vzdáleností, na jakou jsou obě jednotky schopny komunikovat. Jestliže se držitel osobní jednotky od jednotky sensorové vzdálí natolik, že signál přestane být kvalitním, upozorní uživatele bezdrátového zabezpečovacího zařízení akusticky, což je samozřejmě doprovázeno vizuálním rozsvícením LED diody na osobní jednotce.

Protože jsou obě jednotky napájeny z baterií, je nutné předat uživateli o jejich kriticky nízkém stavu napětí. K tomu jsou na osobní jednotce dvě LED diody, které o těchto stavech informují uživatele.

Ve všech případech je možné akustické upozorňování vypnout. Vizuální nikoliv.

Osobní jednotka také umožňuje dálkové aktivování a deaktivování sensorové jednotky vypínačem.

3.2 Ostatní funkce

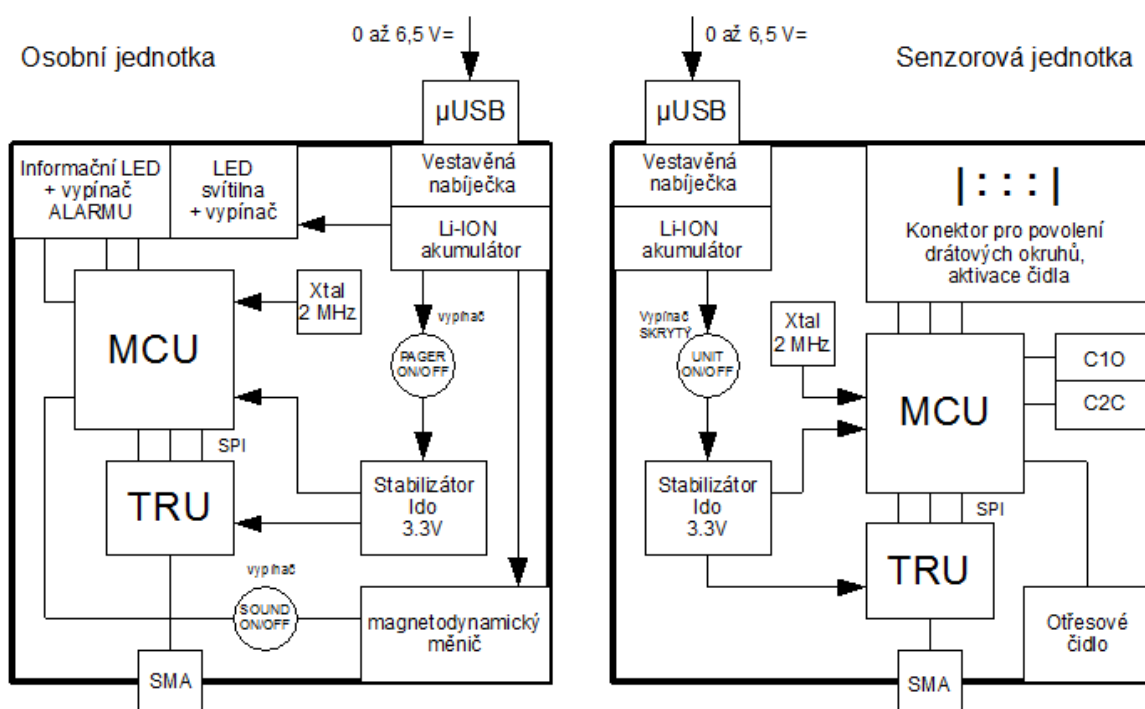
Osobní jednotka je také vybavena bílou, vysoce zářivou, LED diodou, která dodává osobní jednotce i funkci kapesní svítilny. Tato funkce se může hodit tehdy, když budeme připevňovat sensorovou jednotku na místech, kde budou stížené světelné podmínky.

Obě jednotky jsou také vybaveny vypínači pro vypnutí celého systému. U sensorové jednotky je vypínač skrytý pod krytkou, aby jej narušitel předčasně neobjevil.

4 VÝBĚR JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT A POPIS JEJICH KONKRÉTNÍ ČINNOSTI V OSOBNÍ A SENZOROVÉ JEDNOTCE

Základní prvky obou jednotek jsou stejné. Je to mikrokontrolér, generátor hodinového impulzu, transceiver, stabilizátor, konektor pro připojení antény, konektor pro připojení k programátoru a vestavěná Li-ION nabíječka. Nabíječce je věnována samostatná kapitola tohoto textu - Nabíjení Li-ION akumulátorů.

Na obr. 2 jsou nakreslena bloková schemata tzv. pageru - osobní jednotky a senzorové jednotky. Obvodová schemata pro obě jednotky jsou uvedena v příloze A a B.



Obr. 2: Blokové schéma osobní a senzorové jednotky

4.1 Napájení jednotek

Osobní i senzorová jednotka je napájena ze zabudovaného jedno-článekového Li-ION akumulátoru s hodnotou výstupního napětí 3,7 V. Toto výstupní napětí je stabilizováno stabilizátorem na trvalou výstupní hodnotu 3,3 V. U osobní jednotky je nestabilizované napětí přiváděno pouze na magnetodynamický měnič pro akustickou signalizaci a LED svítilnu.

4.2 Stabilizátor napětí

Jako stabilizátor je zvolen stabilizátor LDO MAX604. Stabilizuje vstupní napětí o velikosti 2,7 V až 11,5 V na 3,3 V na výstupu. Na jeho výstup je v obou jednotkách připojen mikrokontrolér a transceiver. U sensorové jednotky také otřesové čidlo (akcelerometr).

4.3 Výběr mikrokontroléru

Mikrokontroléry (MCU) byly vybírány od firmy Atmel z řady AVR podle tzv. klíčových parametrů. Mezi ty patří:

- počet vstupů a výstupů
- velikost programové paměti FLASH
- velikost paměti pro konfigurační a kalibrační data EEPROM
- velikost vnitřní paměti SRAM pro data
- maximální frekvence MCU
- velikost napájecího napětí
- proudový odběr v režimu nečinnosti
- proudový odběr v aktivním režimu
- cena

V následující tab. 1 jsou uvedeny čtyři mikrokontroléry AtmelAVR a jejich srovnání podle výše uvedených klíčových parametrů.

Tab. 1: Srovnání mikrokontroléru AtmelAVR

Klíčový parametr	Model AtmelAVR MCU			
	ATtiny24A	ATmega88PA	ATmega168PA	ATmega8A
V _{CC} (V)	2,7 – 5,5 V	1,8 – 5,5 V	1,8 – 5,5 V	1,8 – 5,5 V
F _{MAX} (MHz)	16	20	20	20
Proudový odběr v aktivním režimu (μA)	3600 při 3 V a 4 MHz	200 při 1,8 V a 1 MHz	200 při 1,8 V a 1 MHz	210 při 1,8 V a 1 MHz
Proudový odběr v režimu nečinnosti (μA)	1000 při 3 V a 4 MHz	0,1 při 1,8 V a 1 MHz	0,1 při 1,8 V a 1 MHz	33 při 1,8 V a 1 MHz
Max I/O Pinů	23	23	23	12
EEPROM (B)	512	512	512	128
Interní SRAM (B)	1024	1024	1024	128
FLASH (kB)	8	8	16	2
CENA (\$)	1,99	1,92	2,27	1,05

Z tab. 1 plyne, že nejvýhodnějším MCU, pro aplikaci bezdrátového zabezpečovacího zařízení, je mikrokontrolér ATmega88PA. Je to z toho důvodu, že při návrhu bezdrátového zabezpečovacího zařízení je kladen důraz především na nízkou spotřebu osobní i sensorové jednotky.

Mikrokontrolér ATmega88PA je vybaven technologií PicoPower. Touto technologií se u firmy Atmel označují MCU s velmi nízkou spotřebou. V poslední řadě byl tento mikrokontrolér také vybrán z důvodu dostupnosti na našem trhu a jeho nízké ceny.

4.3.1 Parametry mikrokontroléru ATmega88PA

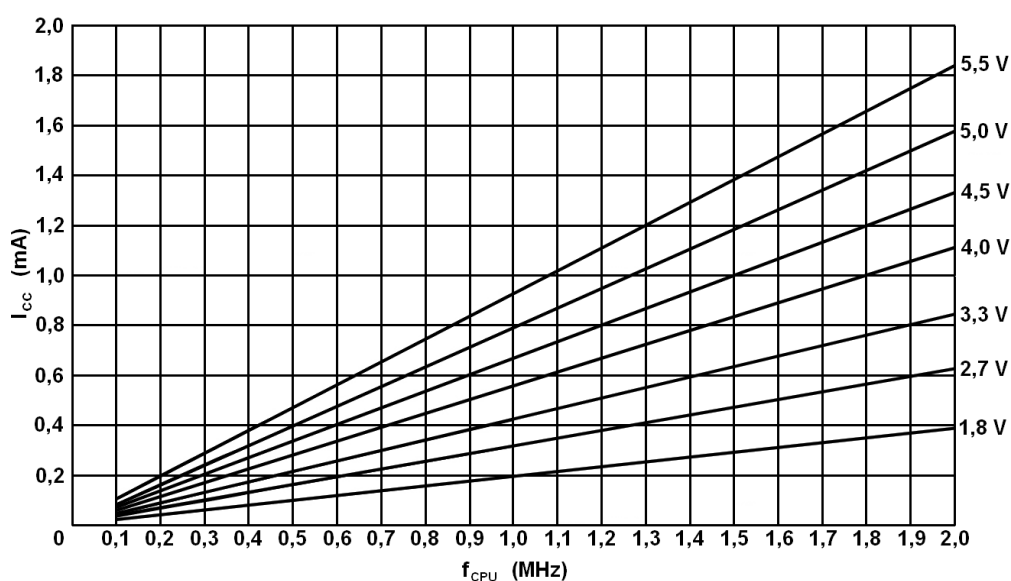
Napájecí napětí mikrokontroléru ATmega88PA je v rozmezí 1,8 V až 5,5 V. Jelikož byl zvolen stabilizátor, který má na výstupu stabilizované napětí 3,3 V, tak nám toto rozmezí vyhovuje.

Taktovací frekvence MCU je maximálně 20 MHz. Tato taktovací frekvence je dostačující, jelikož program, který mikrokontrolér řídí, není nijak náročný na rychlost zpracování instrukcí a vystačí si s taktovací frekvencí 2 MHz, která byla zvolena.

Taktovací frekvence MCU úzce souvisí se spotřebou.

Čím vyšší je taktovací frekvence, tím vyšší je odběr proudu mikrokontrolérem. Ve výše uvedené tabulce pro srovnání čtyř MCU (tab. 1) je uvedeno, že při hodnotě napájecího napětí 1,8 V a taktovací frekvenci 1 MHz má mikrokontrolér ATmega88PA ve stavu nečinnosti spotřebu 0,1 μA a v aktivním režimu spotřebu 200 μA .

Při aktivním režimu, napětí 3,3 V a frekvenci 2 MHz bude mít MCU odběr přibližně 840 μA , což lze vyčíst z obr. 3.



Obr. 3: Spotřeba ATmega88PA

Velikost programové paměti FLASH je 8 kB, velikost paměti pro konfigurační a kalibrační data EEPROM je 512 B. Velikost vnitřní paměti SRAM pro data je 1 kB a je rozšiřitelná vnější pamětí SRAM připojitelnou k MCU jako další integrovaný obvod.

4.4 Zdroj taktovacího kmitočtu

Jak je již výše naznačeno, MCU je taktován kmitočtem 2 MHz, což pro účely tohoto systému dostačuje. Proto byl vybrán krystal HC-49U s drátovými vývody.

4.5 Výběr transceiveru

Jelikož navržené zařízení musí komunikovat oběma směry (od osobní jednotky k senzorové jednotce a naopak), bylo zvoleno univerzální zařízení, které se nazývá transceiver (TRU - Transmitter Receiver Unit). Transceiver je svou podstatou vysílač a přijímač dohromady v jedné součástce. TRU jsou většinou prodávány jako moduly. Stejně tak lze jako modul zvlášť pořídit vysílač a zvlášť přijímač.

Pro konstrukci bezdrátového zabezpečovacího zařízení bylo vybíráno z několika modelů od několika výrobců. Několik vybraných modelů shrnuje i tab. 2.

Tab. 2: Srovnání transceiverů různých výrobců

Klíčový parametr	Výrobce a model transceiveru			
	Radiometrix BiM3B-64	Aurel XTR-434	Hope RFM12B	Telecontrolli RXQ1-433.9
V _{cc} (V)	2,9-16	4,5 – 5,5	2,2 – 3,8	2,7 – 5,25
RF výkon (dBm)	7	10	5	5
Frekvence (MHz)	869,85	433,92	433,92 / 868 / 915	433,92 / 434,33
Přenosová rychlost (kbit/s)	64	20 - 100	115,2	20
Citlivost přijímače (dBm)	-100	-100	-102	-100
Proudový odběr (mA) (přijímací režim)	11	11	12	12
Proudový odběr (mA) (vysílací režim)	17	28	16	26
Proudový odběr (µA) (režim nečinnosti)	Výrobce neuvádí	0,1	0,3	8
Relativní dosah (m)	300	200	300	200
Velikost (mm)	33 x 23 x 5	33 x 23 x 8	16,1 x 15,9 x 4,2	30,48 x 22,86 x 7
Cena (\$)	130	45	6	20

Pro konstrukci zařízení byl vybrán transceiver od firmy HOPE a model RFM12B. Pro tento TRU je možný rozsah vstupního napětí 2,2 V až 3,8 V a zvolení stabilizovaného napětí 3,3 V v obou jednotkách vyhovuje.

Transceiver RFM12B je laditelný i na frekvenci 868 MHz. Citlivost přijímače je -102 dBm. Maximální úroveň vyzářeného výkonu je 5 dBm, což je 3,16 mW a splňuje generální licenci o využívání rádiových kmitočtů k provozování zařízení krátkého dosahu pro nespécifikované stanice, kterou vydalo ČTÚ a je obsažena i v normě ČSN EN 50131-1.

Velkou výhodou tohoto TRU je i jeho velmi nízká spotřeba. Ta je v režimu nečinnosti 0,3 μ A, v přijímacím módu 12 mA a ve vysílacím módu o něco více, 16 mA.

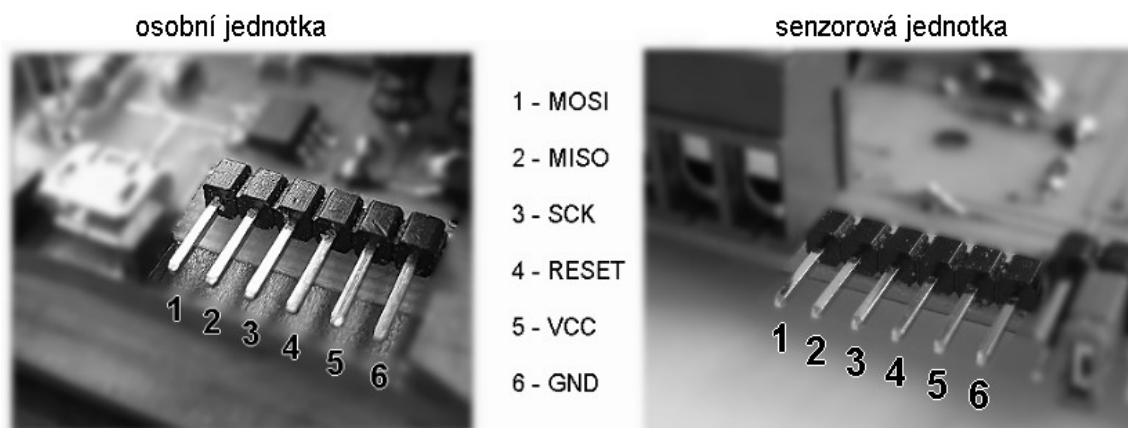
Tento transceiver byl také zvolen z důvodu malých rozměrů a zároveň nízké ceny pohybující se v přepočtu okolo sta korun.

4.6 Konektor pro připojení antény

Obě jednotky jsou vybaveny konektory typu SMA pro připojení antén konstruovaných pro vysílání a přijímání signálu na frekvenci 433 MHz, nebo 868 MHz. Připojená anténa samozřejmě zajistí větší dosah, na který mohou obě jednotky komunikovat.

4.7 Konektor pro připojení jednotek k programátoru

Pro připojení obou jednotek k programátoru slouží jednořadý konektor o šesti pinech. Ten je umístěn na panelu s ostatními konektory na osobní a senzorové jednotce. Aby bylo možno MCU programovat, je konektor napojen na SPI sběrnici a reset MCU. Zapojení pinů je popsáno na obr. 4.



Obr. 4: Umístění vývodů nutných k naprogramování MCU

4.8 Snímač otřesů

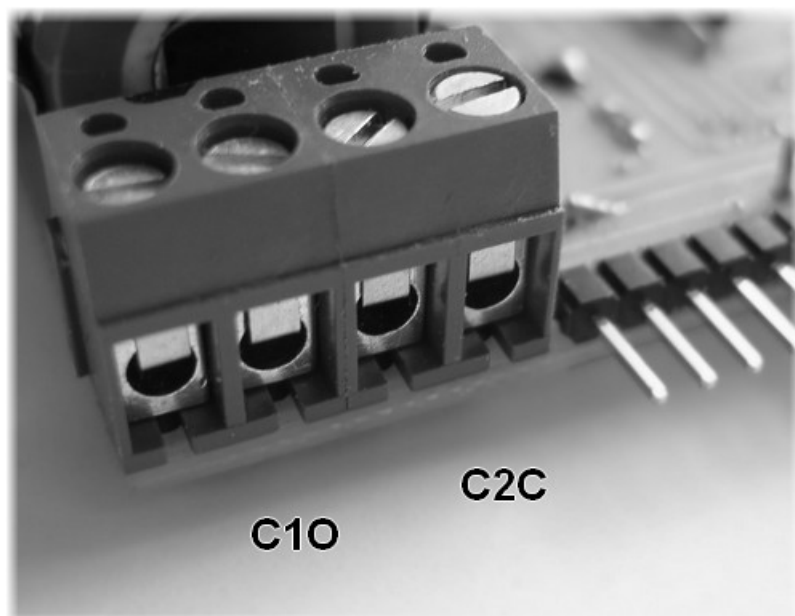
U sensorové jednotky je jako snímač otřesů použit akcelerometr MMA7260QT. Jedná se o integrovaný obvod, který je schopný rozpoznat zrychlení, nebo změnu polohy snímače a převádět tyto události na elektrický signál. Akcelerometr je schopen rozpoznávat tyto události ve všech třech osách (X, Y a Z).

Dokáže měřit statické i dynamické zrychlení. Statické zrychlení je tíhové zrychlení a dynamické zrychlení je způsobeno změnou rychlosti pohybu.

4.9 Drátové okruhy

Na boční stranu sensorové jednotky jsou vyvedeny konektory pro připojení dvou zmíněných drátových okruhů. Reálné provedení je znázorněno na obr. 5.

První okruh je označen jako C1O (Circuit 1 Opened) reagující na rozpojení dvou kontaktů na drátech vyvedených z tohoto konektoru. Druhý okruh, označený jako C2C (Circuit 2 Closed), který reaguje na spojení dvou kontaktů na drátech vyvedených z tohoto konektoru.



Obr. 5: Konektory pro připojení dvou drátových okruhů s kontakty reagujícími na rozepnutí (C1O) a sepnutí (C2C)

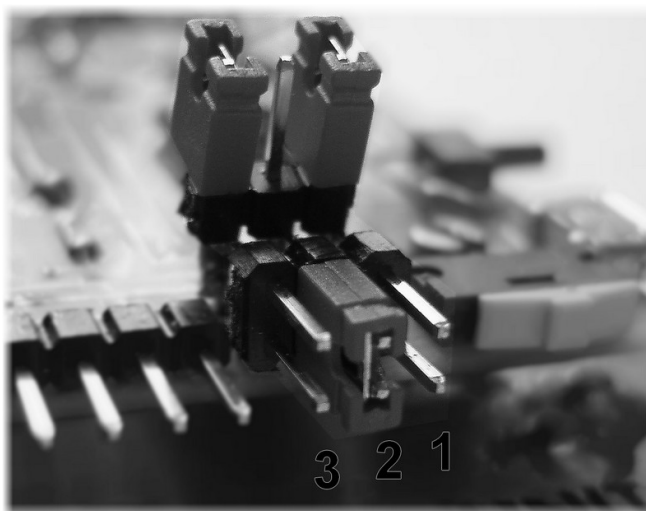
4.10 Povolení senzorů

Pro povolení drátových okruhů nebo i otřesového čidla je sensorová jednotka vybavena dvouřadým konektorem s třemi piny v jedné řadě, viz obr. 6.

Propojkami přiloženými k zařízení u konektoru je možno vybrat, který drátový okruh bude aktivován a zda bude povolené i snímání pohybu se sensorovou jednotkou. Sloupce dvou pinů jsou na sensorové jednotce označeny zkratkami:

- C1C (Circuit 1 Opened)
- C2O (Circuit 2 Closed)
- ACM (Accelerometer)

Tento konektor s propojkami je taktéž ukryt pod krytkou v blízkosti vypínače sensorové jednotky.



1 - C1O, 2 - C2C, 3 - ACM

*Obr. 6: Povolení senzorů propojkami na sensorové jednotce
(povoleno C2C, dvě propojky odloženy)*

4.11 Zdroj akustické signalizace

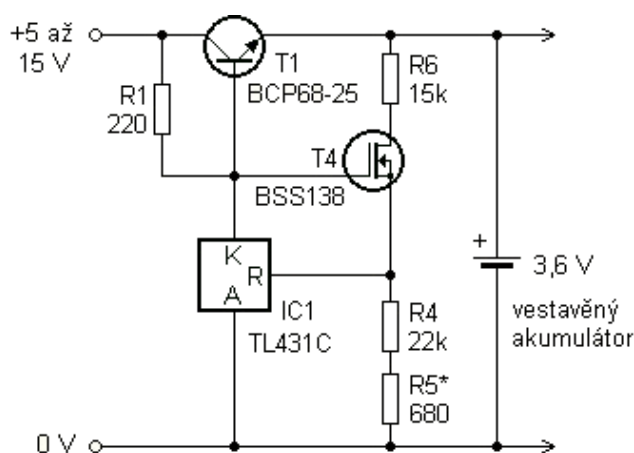
Na osobní jednotce je umístěn magnetodynamický měnič KPB1220 pro akustickou signalizaci alarmu. Měnič je spouštěn pomocí tranzistoru T1 BFP540 s nastavením log.1 na výstup MCU. Akustická signalizace je možná vypnout vypínačem V2. Tento vypínač je na osobní jednotce označen SOUND ON/OFF.

5 NABÍJENÍ LI-ION AKUMULÁTORU

Při navrhování zařízení bylo zjištěno, že by byla vhodná vestavěná nabíječka přímo v osobní i sensorové jednotce. Li-ION akumulátory lze dobíjet mnoha způsoby, a proto jsou zde uvedeny aspoň dva z nich.

5.1 Nabíjení konstantním stejnosměrným proudem po celou dobu nabíjení akumulátoru

Jedním způsobem, jak lze Li-ION akumulátory dobíjet, je uvedeno na obr. 7. Z tohoto zapojení dostaneme na výstup stále stejný nabíjecí proud a akumulátor rychleji stárne a ztrácí velikost maximální hodnoty kapacity, na kterou lze dobít.



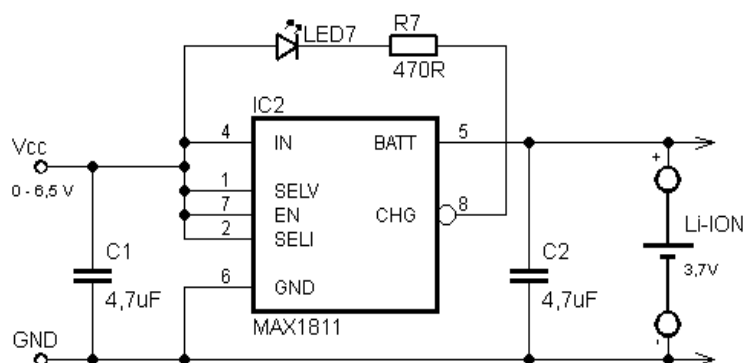
Obr. 7: První způsob dobíjení Li-ION akumulátorů.
Převzato z [4].

5.2 Nabíjení akumulátoru pomocí integrovaného obvodu MAX1811

Jedná se o obvod, který nabíjí Li-ION akumulátor správným dobíjecím cyklem. Stejnosměrný proud, kterým je akumulátor nabíjen, je z počátku nabíjení na velmi nízké hodnotě a postupně roste. Při přiblížení se maxima nabití se proud naopak začne snižovat.

K obvodu MAX1811 je na vstup připojen konektor mikro USB, na který je možné zapojit zdroj stejnosměrného napětí o velikosti 0 V až 6,5 V. Tento konektor typu A/B samice bude vyveden na panel s konektory u obou jednotek. Vedle něj je na osobní jednotce umístěna červená LED7 (LED1 u sensorové jednotky) signalizující stav nabíjení.

Zapojení této vestavěné nabíječky s využitím integrovaného obvodu MAX1811 je na následujícím obr. 8.



Obr. 8: Nabíjení Li-ION akumulátoru pomocí IO MAX1811

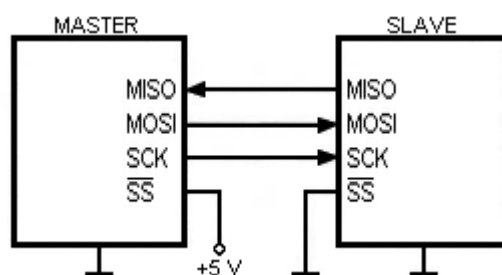
6 SÉRIOVÝ KANÁL SPI

SPI (Serial Peripheral Interface) zajišťuje vysokorychlostní přenos dat mezi mikrokontrolérem a periferním zařízením (v navrženém systému s transceiverem) nebo jinými mikrokontroléry, které jsou vybaveny SPI rozhraním.

Základní vlastnosti SPI rozhraní:

- umožňuje současně přijímat i vysílat data,
- využívá tří vodičového synchronního přenosu dat,
- může pracovat jako master rozhraní (řídící) nebo slave rozhraní (řízené),
- lze zvolit ze sedmi rychlostí přenosu dat
- lze volit pořadí přenášených bitů (od LSB k MSB nebo od MSB k LSB),
- umí nastavit příznaky konce a kolize přenosu,
- má schopnost probuzení řídicího obvodu z režimu nečinnosti po příjmu dat.

Obr. 9 ukazuje způsob propojení mezi dvěma zařízeními s SPI rozhraním. Levý obvod je nastaven jako master, pravý obvod je nastaven jako slave.



Obr. 9: Ukázka propojení dvou zařízení s SPI rozhraním

Obvod master řídí přenos dat a tudíž generuje hodinový signál na vývodu SCK, kterým je přenos dat synchronizován. Na master obvodu je tedy tento vývod výstupní a pro slave obvod, jež signál přijímá, je SCK vstupním vývodem.

Zápis dat do datového registru SPI odstartuje SPI hodinový generátor a data se z master obvodu posílají na sběrnici vývodem MOSI (Master Out Slave In), na stejném vývodu jsou pak přijímána obvodem Slave. Jakmile je vyslán celý bajt, generátor SPI hodin se zastaví a nastaví se příznak konce přenosu (bit SPIF, v registru SPSR). Je-li nastaven bit SPIE (v registru SPCR) a zároveň je povoleno přerušení (I=1 ve stavovém registru SREG), je generováno přerušení. Registry jsou detailněji popsány v literatuře [14],[15],[16].

Pro komunikaci mezi master a slave musí být nastaven vývod SS (Slave Select) v logické nule. Jestliže je vývod SS nastaven v logické jedničce, tak je SPI sběrnice deaktivována a vývod MOSI lze použít jako obyčejný vstup.

Vývod MISO (Master In Slave Out) je určen pro posílání dat opačným směrem, od slave k master obvodu.

Přes seriové rozhraní lze i mikrokontrolér programovat. Proto jsou na panel s konektory u obou jednotek vyvedeny jednořadé konektory o šesti pinech pro tento účel (obr. 4 v kap. 4.7).

7 POPIS ČINNOSTI JEDNOTEK A JEJICH FIRMWARU

7.1 Aktivace osobní a senzorové jednotky

Na úplném začátku jsou obě jednotky vypnuty vypínači.

Osobní jednotku zapneme vypínačem označeným PAGER ON/OFF. V tuto chvíli jsou jednotlivé moduly v režimu spánku. Jestliže přepneme do polohy ON i vypínač ALARM ON/OFF, tak nám osobní jednotka začne vyhledávat spojení. To je oznamováno postupným problikáváním LED indikující alarmy. Při této události svítí i LED DISTANCE, která upozorňuje na navazování nebo rozpad spojení. Jestliže je spojení navázáno, nesvítí ani LED DISTANCE ani neproblikávají LED alarmů.

Tohoto stavu navázaného spojení dosáhneme až ve chvíli, kdy zapneme senzorovou jednotku vypínačem UNIT ON/OFF a je v dostatečné blízkosti osobní jednotce.

7.2 Aktivní režim

Po navázání aktivaci senzorové jednotky spustí senzorová jednotka časovač a v pevně stanovených intervalech odesílá informace o stavu, zda nedošlo k narušení objektu. Program senzorové jednotky testuje jen události, které jsou vybrány propojkami na panelu s konektory (obr. 6 v kap. 4.10).

Jestliže dojde při aktivovaném drátovém okruhu C1O, resp C2C, k rozpojení, resp. spojení, kontaktů, zapíše se tyto události do paměti a v nejbližším okamžiku při přetečení časovače jsou poslány osobní jednotce. Zde se pro okruh C1O rozsvítí LED C1O ALARM a pro okruh C2C LED C2C ALARM. Jestliže se na senzorové jednotce aktivuje otřesové čidlo, tak senzorová jednotka zaznamenává její pohyb. Jak je pohyb vyhodnocován je popsáno v kapitole o analogových vstupech.

7.3 Deaktivace senzorové jednotky

Pro deaktivování senzorové jednotky, můžeme kdykoliv přepnout vypínač ALARM ON/OFF do polohy OFF. Tím se nám vzdáleně deaktivuje senzorová jednotka. Poté se osobní i senzorová jednotka uvede do výchozího stavu, jako tomu bylo po zapnutí vypínači PAGER ON/OFF na osobní jednotce a UNIT ON/OFF na senzorové jednotce.

Všechny stavy rozvícených LED na osobní jednotce jsou doprovázeny taktéž akusticky. Proto, chceme-li mít osobní jednotku dále od sebe, můžeme tohoto využít zapnutím vypínače SOUND ON/OFF.

7.4 Popis datových rámců linkové vrstvy

Na linkové vrstvě se pro aktivaci alarmu vysílá z osobní jednotky dato nesoucí informaci $D6_h$ směrem k sensorové jednotce. Toto dato o velikosti jednoho bajtu je děleno na dvě poloviny. Horní polovina nese adresu sensorové jednotky a dolní polovina nese informaci o tom, že má být sensorová jednotka zapnuta. Celý rámec, který přenáší tuto informaci, je dále složen ze tříbajtové preamble a ze dvoubajtové synchronizace určené výrobcem transceiveru [9]. Přehledné složení tohoto rámce je uvedeno na obr. 10.



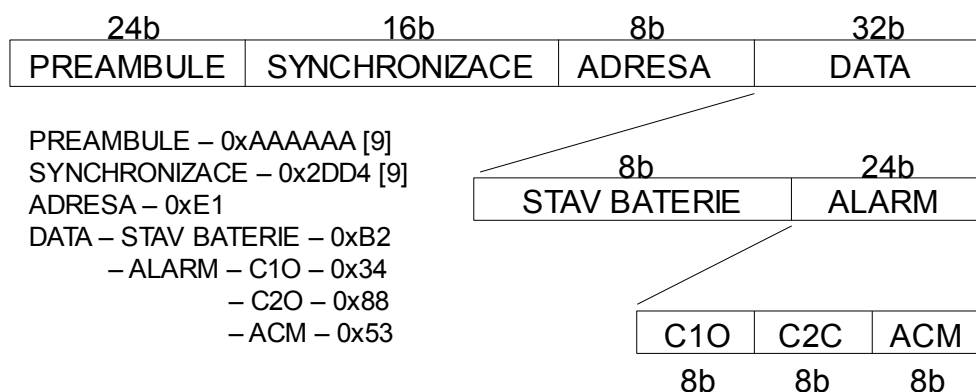
PREAMBULE – 0xAFFFFFFF [9]
 SYNCHRONIZACE – 0x2DD4 [9]
 ADRESA – 0xD
 DATA – ALARM AKTIVOVAT – 0x6
 – ALARM DEAKTIVOVAT – 0x9

Obr. 10: Rámec vysílaný osobní jednotkou

V momentě, kdy sensorová jednotka toto dato přijme, tak odpovídá vysláním data $E1_h$ osobní jednotce, že obdržela dato $D6_h$ obsahující informaci o zapnutí. Poté přechází do aktivního režimu a osobní jednotka přestane vysílat dato $D6_h$. Jakmile osobní jednotka přijme dato $E1_h$, zruší informování uživatele o nedostupnosti nebo nenavázání spojení se sensorovou jednotkou. $E1_h$ je zároveň adresa osobní jednotky, která je pomocí algoritmu ověřována.

Sensorová jednotka v aktivním režimu snímá události povolené propojkami nepřetržitě. V určitých intervalech tato data odesílá osobní jednotce. V programu byl tento interval zvolen jako osmina kmitočtu MCU násobená 16 bity. To pak odpovídá cca 2,1 s. Rámec vysílaný sensorovou jednotkou má strukturu vyobrazenou na obr. 11.

Např. v případě aktivovaného drátového okruhu C1O se odesílá v bajtu určeném pro C1O osobní jednotce informace 34_h.



Obr. 11: Rámec vysílaný senzorem jednotkou

Jestliže senzorem jednotku chceme deaktivovat, tak se vysílá od osobní jednotky dato D9_h, nesoucí informaci o vypnutí, kde opět horní polovina bajtu nese informaci o adrese senzorem jednotky a dolní polovina informaci o jejím vypnutí.

7.5 Analogové vstupy

7.5.1 Snímání pohybu

Otřesové čidlo má 3 analogové výstupy, na kterých se při změně polohy čidla mění velikost napětí zhruba od 1V do 2,6 V. Proto bylo nutné použít děliče napětí k přivedení těchto napětí na vstup AD převodníku MCU. Využívána je vnitřní reference mikrokontroléru ATmega88PA, která je stanovena na hodnotu 1,1 V.

Po aktivování otřesového čidla propojkou dojde k zapsání aktuálních hodnot napětí do paměti. Jestliže jsou při dalším měření tyto hodnoty stejné, nic se neděje. Objekt nebyl narušen. Jestliže jsou hodnoty rozdílné, uloží si jednotka do paměti stav, že nastala situace narušení pohybem a tuto informaci pak posílá i osobní jednotce, která tuto situaci předá uživateli rozsvícením LED u nápisu ACM ALARM.

Následuje malá ukázka vyhodnocování pohybu jednotky pro osu X:

```
int aktualni=ADCW;
if (kanal==0 && mereni==0)
    predchozi_ADCW_x=aktualni;
if (kanal==0 && mereni==1)
{
    h_hranice=predchozi_ADCW_x+CITLIVOST;
    d_hranice=predchozi_ADCW_x-CITLIVOST;
    if (d_hranice<aktualni && aktualni<h_hranice)
    {
        // je ok
    }
    else
    {
        acm=0x53;
    }
}
```

V ADCW je uložena hodnota napětí přivedená na analogový vstup mikrokontroléru vyjádřená číslem v rozsahu 0 až 1023.

Např. pro vstupní napětí 0,5 V na analogový vstup do AD převodníku se tato hodnota vypočítá následujícím způsobem:

$$ADCW = \frac{V_{VST}}{V_{REF}}(2^n - 1) = \frac{0,5}{1,1}(2^{10} - 1) = 465, \quad (1)$$

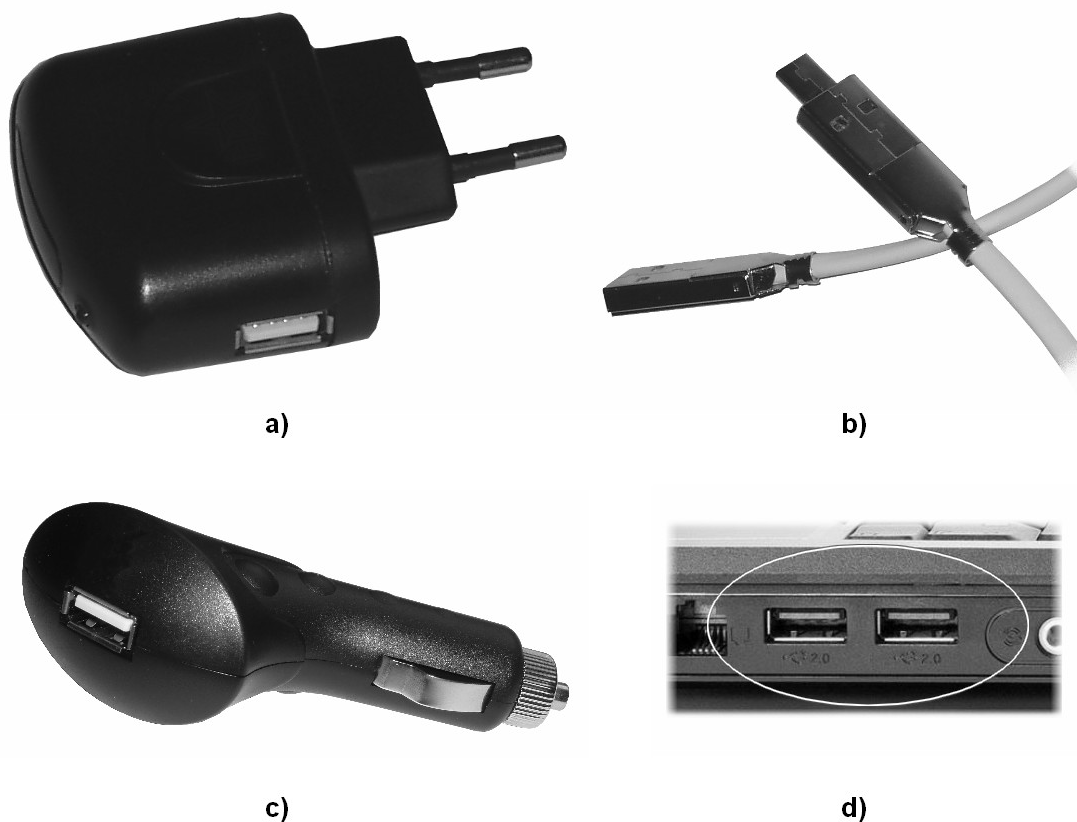
kde n značí počet bitů rozlišovací schopnosti AD převodníku, V_{REF} referenční hodnotu napětí mikrokontroléru a V_{VST} hodnotu napětí přivádenou na vstup AD převodníku.

Změnou hodnoty CITLIVOST v programu lze měnit citlivost, v jakém rozmezí hodnot se může změna pohybovat.

7.5.2 Měření stavu akumulátorů

Každá jednotka si také hlídá kritický nízký stav akumulátoru. K sledování napětí se využívá odporového děliče složeného z rezistorů R13 a R14 u osobní jednotky a z rezistorů R3 a R4 u sensorové jednotky. Toto je dále přiváděno na vstup AD převodníku v mikrokontroléru a porovnáváno s vnitřním referenčním napětím MCU 1,1 V. Program je rozčleněn do několika úrovní hlídání, při kterých nízký stav začne oznamovat. Program je založen na podobném principu přepočítávání vstupního napětí přivedeného do AD převodníku, jako tomu je uvedeno v předešlé kapitole.

Za optimální hodnotu byla vybrána úroveň výstupního napětí akumulátoru 3,25 V. Při této hodnotě je doporučeno akumulátor dobít přes integrovaný nabíjecí obvod, který je popsán v páté kapitole. K tomu je třeba také využít přiložený zdroj a USB kabel, který se na jedné straně zapojí do nabíjené osobní nebo senzorové jednotky a na straně druhé do přiloženého zdroje. Zdrojem může být i USB port osobního počítače nebo USB port přenosného počítače, případně přes USB adaptér i zásuvka v automobilu. Všechny varianty příslušenství potřebného k nabíjení jednotek jsou vyobrazeny na obr. 12.



Obr. 12: Příslušenství potřebné k nabíjení obou jednotek

a) zdroj do elektrické zásuvky 100-240V AC 50/60 Hz

b) USB propojovací kabel s mikroUSB konektorem pro stranu jednotek

c) adaptér pro nabíjení v automobilu, 12V/24V DC

d) USB porty přenosného počítače

8 METODY PRO SNÍŽENÍ SPOTŘEBY MCU

Mikrokontrolér ATmega88PA je především určen pro bateriově napájené aplikace ale i tak je důležité, co nejvíce snížit jeho spotřebu. Spotřeba mikrokontroléru je ovlivňována frekvencí hodinového kmitočtu. To znamená, že čím vyšší je hodinový kmitočet, tím vyšší je příkon MCU. Proto byl zvolen hodinový kmitočet pouze 2 MHz u obou jednotek. Další faktor, který ovlivňuje příkon MCU je velikost napájecího napětí. Snížením napájecího napětí klesá i celkový příkon MCU a to i proudový odběr.

Těchto grafických závislosti napětí, proudu a hodinového kmitočtu si již bylo možné povšimnout ve čtvrté kapitole na obr. 3, kde byl vybírán typ mikrokontroléru, kterým je osazena uživatelská a sensorová jednotka. Z obrázku lze tedy vyčíst, že při hodinovém kmitočtu 2 MHz a napájecím napětí 5,5 V má mikroprocesor ATmega88PA značně větší proudový odběr než při nižším napětí při stejné frekvenci.

Spotřebu AVR mikrokontrolérů lze snížit i uvedením mikrokontroléru do tzn. režimu spánku. Při tomto režimu může nastat několik případů. A to sice, že:

- frekvence taktovacího kmitočtu je snížena na minimální frekvenci,
- je vypnuto jádro mikrokontroléru úplně, přičemž ale mikrokontrolér musí být doplněn periferiemi, které si zapamatují naposledy nastavený stav,
- mikrokontrolér je vybaven svým vlastním vnitřím oscilátorem, který generuje velmi nízký taktovací kmitočet, který stačí k vykonávání instrukcí, ikdyž velmi pomalu (tato možnost je jen u některých mikrokontrolérů).

Třetí případ můžeme využít tehdy, když MCU čeká v nějaké smyčce a ději, který vykonává, je přiřazen reálný čas nebo perioda. Například v aplikaci bezdrátového zabezpečovacího zařízení je osobní jednotka v režimu spánku po tom, co přijme rámeček o stavu sensorové jednotky až do doby, kdy opět bude přijímat tento rámeček.

Využitím režimu snížené spotřeby lze tedy dosáhnout větší výdrže baterií v obou jednotkách. V případě bateriově napájených aplikací to znamená prodloužení života baterií i na pětinasobek.

Jelikož jsou mikrokontroléry osazeny také mnoha analogovými periferiemi, aby výsledné aplikace obsahovaly co nejméně přídavných součástek a aplikace byla menší, jednodušší a spolehlivější, je možné některým periferiím, které není potřeba, programově nastavením příslušných registrů, odepnout napájení.

9 UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ

O vizuální signalizaci o stavu osobní a sensorové jednotky se starají LED označené ve schematu jako LED1 až LED6, kterým jsou předřazeny rezistory R1 až R6. Jejich režimy jsou řízeny mikrokontrolérem a jejich význam je následující:

- LED1 je určena pro oznámení kriticky nízkého stavu akumulátoru osobní jednotky.
- LED2 indikuje stav nenavázaného spojení dvou jednotek a tedy i výpadky spojení během aktivního režimu jednotek.
- LED3 je určena pro oznámení kriticky nízkého stavu akumulátoru sensorové jednotky.
- LED4 signalizuje, že je vyvolán alarm od drátového okruhu reagujícího na rozpojení dvou kontaktů (C1O).
- LED5 signalizuje, že je vyvolán alarm od drátového okruhu reagujícího na spojení dvou kontaktů (C2C).
- LED6 signalizuje, že je vyvolán alarm od akcelerometru reagujícího na pohyb se zabezpečovaným objektem a tedy i se sensorovou jednotkou.

Aby byly odlišeny priority záření jednotlivých LED i vizuálně, je použita pro LED1 až LED3 oranžová barva a pro LED4 až LED6, oznamující alarmy, barva červená.

9.1 LED svítlna

LED8 slouží jako výše zmíněná LED svítlna a je připojena přímo na Li-ION akumulátor přes rezistor R8 a vypínač V3.

Tento vypínač je na osobní jednotce označen jako LAMP ON/OFF.

9.2 Shrnutí indikace na uživatelském rozhraní

Následující tab. 3 na další straně shrnuje veškerou indikaci, kterou poskytuje osobní jednotka uživateli bezdrátového zabezpečovacího zařízení. Akustická indikace je v tabulce vyjádřena symbolem tečky a pomlčky. Tečka vyjadřuje krátký zvukový signál a pomlčka dlouhý zvukový signál.

Tab. 3: Shrnutí vizuální a akustické indikace na osobní jednotce

Událost	Vizuální LED indikace	Akustická indikace
Navázování spojení, rozpad spojení	DISTANCE svítí trvale
Rozpojení kontaktů na okruhu C1O	C1O svítí trvale	. .
Spojení kontaktů na okruhu C2C	C2C svítí trvale	- .
Pohyb se senzorovou jednotkou	ACM svítí trvale	. - . -
Nízký stav baterie pageru	PAGER BATT. svítí trvale	Žádná
Nízký stav baterie senzoru	SENZOR BATT. svítí trvale	Žádná
Dobíjení baterie	CHARGE svítí trvale	Žádná

10 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ KRYTŮ JEDNOTEK

10.1 Kryt osobní jednotky

Kryt osobní jednotky je proveden ze dřeva trnky. Je složen ze dvou částí, které jsou spojeny vruty. Na horní straně je u každé LED napravo napsán její význam. Vypínače jsou umístěny z pravé strany pro ovládání ukazováčkem pravé ruky, jestliže je senzorová jednotka držena v levé ruce. Jaká činnost bude provedena po jejich přepnutí je napsána nad těmito vypínači. Na levé straně je v horní polovině umístěn konektor pro připojení externí antény. Ze spodní strany jsou otvory pro připojení jednotky k nabíječce a k programátoru. Pohled na osobní jednotku ze všech stran i s odejmutým horním krytem ilustruje obr. 13.

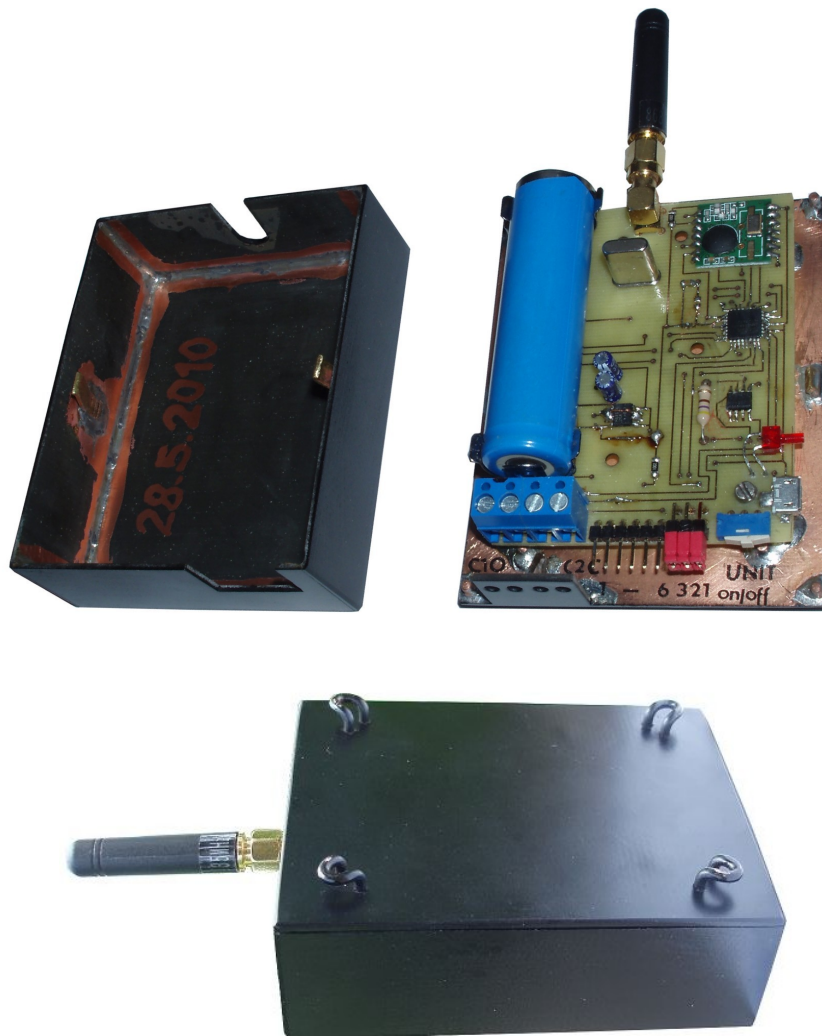


Obr. 13: Provedení krytu osobní jednotky

10.2 Kryt sensorové jednotky

Kryt sensorové jednotky je vyroben z kuprexidu. Celý kryt je složen ze dvou částí. Spodní desky a víka.

Ke spodní desce je připevněna samotná sensorová jednotka. Z vnější strany spodní desky jsou umístěny úchyty pro uchycení jednotky např. k rámu jízdního kola. Víko se sundává lehkým zmáčknutím krytu z levého a pravého boku zároveň a následným táhnutím krytu nahorů. Těmito kroky se uživatel dostane ke svorkovnici pro připojení drátových okruhů, k volbě sensorů, k vypínači a také ke konektoru pro nabití akumulátoru. Na obr. 14 je vyobrazena sensorová jednotka s odejmutým víkem.



Obr. 14: Provedení krytu sensorové jednotky

11 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vyrobit zkušební vzorek bezdrátového zabezpečovacího zařízení (BZZ) v pásmu ISM 433 MHz. Toto pásmo je příliš vytížené a dochází v něm k interferencím s jinými zařízeními pracujícími na tomto kmitočtu. Proto byl dle podrobného zadání práce vybrán transceiver, který je schopný vysílat a přijímat v ISM pásmu 868 MHz. V tomto pásmu už nedochází k tak časté interferenci mezi různými zařízeními jako mezi zařízeními pracujícími na frekvenci 433 MHz.

Po prostudování odborné literatury byly navrženy dvě jednotky, ze kterých se BZZ skládá. Blokovaná schemata těchto dvou jednotek (osobní a sensorové jednotky) jsou uvedeny ve třetí kapitole. Seznam součástek, schema zapojení a motivy plošného spoje obou jednotek jsou uvedeny v příloze.

Velká část práce se věnuje výběru jednotlivých součástek nutných k sestavení celého BZZ.

Zařízení je mobilního charakteru. Při rozmístění součástek po desce plošného spoje bylo dosaženo rozměrů desky 100 x 44 mm pro osobní jednotku a 60 x 80 mm pro sensorovou jednotku. Celkové rozměry jsou samozřejmě o něco větší po umístění jednotek do krytů, kdy dosáhne osobní i sensorová jednotka tloušťky 30 mm. Tato tloušťka je dána velkým průměrem akumulátoru, a proto bude výhodnější při dalším návrhu uvažovat s akumulátory menšími, které se dnes např. běžně používají v mobilních telefonech nebo digitálních fotoaparátech. Zde je však nutno podotknout, že čím bude akumulátor menší, tím může mít menší kapacitu a tím i výdrž.

Osobní jednotka byla navržena se čtyřmi vypínači, kde jejich činnost je popisována v kap. 4. O podávání informací o stavech obou jednotek se na osobní jednotce bude starat šest LED.

Sensorová jednotka je vybavena otřesovým čidlem a dvěma svorkami pro připojení drátových okruhů, jejichž pomocí je možné zabezpečit hlídání objektu. Jednotka je vybavena pouze jedním skrytým vypínačem pro zapnutí, resp. vypnutí a konektorem pro předvolbu senzorů.

Obě jednotky je možné připojit přímo k programátoru mikrokontroléru přes 6-žilový kabel s jednořádkovým konektorem. Dobíjení akumulátoru je umožněno přes konektor mikroUSB, a proto bude možno použít i nedávno standardizovanou

nabíječku s tímto konektorem. Umožněno bude použít také jakýkoliv jiný zdroj s tímto konektorem a s hodnotou výstupního stejnosměrného napětí do 6,5 V. V práci jsou jednotlivé možnosti dobíjení akumulátorů popsány.

Příložené DVD obsahuje naprogramovaný firmware, podle kterého obě jednotky komunikují, zpracovávají a vyhodnocují stavy osobní a sensorové jednotky.

V budoucnu by práce mohla obsahovat i několik dalších rozšíření a změn. Např. osobní jednotka, která podává informace akusticky nebo vizuálně o tom, že se něco děje, by mohla podávat informace i vibracemi. Dále by mohla osobní jednotka při vyžádání vyhodnotit aktuální stavy akumulátorů a neoznamovat pouze jejich kriticky nízkou hodnotu.

Také sensorová jednotka by se mohla rozšířit o zasílání teploty okolí. K jejímu zobrazování by však bylo vhodné, aby osobní jednotka byla vybavena displayem namísto LED zobrazovacích prvků.

Změna by též mohla být provedena při měření kriticky nízkého stavu akumulátorů v obou jednotkách, jelikož rezistor děliče napětí by bylo vhodné přivádět na pin procesoru. Tím bychom taktéž snížili spotřebu obou jednotek v případě kdybychom na výstupní pin MCU přivedli logickou nulu pouze v čase měření akumulátoru.

Další verze firmware by mohla být více pružnější a rychlejší. Při přenosu dat by bylo vhodné provádět pomocí vhodného algoritmu kontrolní součty CRC po přenosu dat přes radiové prostředí.

LITERATURA

- [1] A.R.T. Brno: *Jaký kmitočet bych měl použít* [online].
Advanced Radio Telemetry, spol. s r. o. - [cit. 14.10. 2009].
Dostupné na www: <http://www.artbrno.cz/ostatni/jaky_kmitocet.php>.
- [2] Atmel: *8-bit AVR Microcontroller* [online].
Atmel Corporation - [cit. 2.10. 2009].
Dostupné na www: <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8161.pdf>.
- [3] BELZA, J.: *Vestavná nabíječka akumulátorů Li-ion* [online].
Elektronika Jaroslav Belza - [cit. 30.9. 2009].
Dostupné na www: <<http://www.belza.cz/charge/liionn.htm>>.
- [4] BOLDING, K.: *Cadsoft Eagle 4.0 Editor Tutorial* [online].
Seattle Pacific University - [cit. 14.11. 2009].
Dostupné na www: <<http://myhome.spu.edu/bolding/EE4211/EagleTutorial4.htm>>.
- [5] CS.WIKIPEDIA.: *Formát rámce* [online].
cs.wikipedia.org - [cit. 23.11. 2009].
Dostupné na www: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Ethernet>>.
- [6] FK technics: *ATmega48, ATmega88 a ATmega168* [online].
FK technics s.r.o. - [cit. 10.10. 2009].
Dostupné na www:
<http://www.fktechnics.cz/cz/clanky/soucastky/art_100/chap_164/atmega48-atmega88-a-atmega168.aspx>.
- [7] Freescale Semiconductor: *ISM band FSK transmitter module* [online].
Freescale Semiconductor - [cit. 2.12. 2009].
Dostupné na www:
<http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7260QT.pdf>.
- [8] GARGULÁK, L.: *Bezdrátové zabezpečovací zařízení: Semestrální práce*.
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 35 stran, 8 přílohy. Vedoucí práce Doc. Ing. V. Zeman, Ph.D.
- [9] HOPE MICROELECTRONICS: *ISM band FSK transmitter module* [online].
HOPE MICROELECTRONICS CO.,LTD - [cit. 2.10. 2009].
Dostupné na www: <<http://zefiryn.tme.pl/dok/wd1/rfm02.pdf>>.
- [10] HRBÁČEK, J.: *Komunikace mikrokontroléru s okolím 1. díl*.
Praha: BEN - technická literatura, 2002. ISBN: 80-86056-36-8.
- [11] HRBÁČEK, J.: *Komunikace mikrokontroléru s okolím 2. díl*.
Praha: BEN - technická literatura, 2002. ISBN: 80-86056-73-2.

- [12] KARAS, O.: *Nabíjecí obvody Li-ion akumulátorů pro rozhraní USB* [online]. HW server s.r.o. - [cit. 1.12. 2009].
Dostupné na www: <<http://hw.cz/teorie-a-praxe/art2676-nabijeci-obvody-liion-akumulatoru-pro-rozhrani-usb.html>>.
- [13] KLIMATRON SERVIS: *Nabídka služeb* [online]. KLIMATRON SERVIS s.r.o. - [cit. 2.11. 2009].
Dostupné na www: <<http://www.klimatron.cz/data/Klimatron-profil.pdf>>.
- [14] MATOUŠEK, D.: *Práce s mikrokontroléry Atmel AT89S8252 2. díl*. Praha: BEN - technická literatura, 2002. ISBN: 80-7300-066-0.
- [15] MATOUŠEK, D.: *Práce s mikrokontroléry Atmel AT90S 3. díl*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN: 80-7300-088-1.
- [16] MATOUŠEK, D.: *Práce s mikrokontroléry Atmel ATmega16 4. díl*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN: 80-7300-174-8.
- [17] PETERKA, J.: *CRC* [online]. eArchiv.cz - [cit. 22.11. 2009].
Dostupné na www: <<http://www.earchiv.cz/index.php3>>.
- [18] VÁŇA, V.: *Atmel AVR, popis procesorů a instrukční soubor*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN: 80-7300-083-0.
- [19] VÁŇA, V.: *Programování v jazyce C - popis a práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C*. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-102-0
- [20] ZUSKA, J.: *Bezdrátové datové spoje ve volném ISM pásmu 2,4 GHz* [online]. HW server s.r.o. - [cit. 16.10. 2009].
Dostupné na www: <http://hw.cz/docs/bezdrat_spoje/25ghz_uvod.html>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Příklad použití bezdrátového zabezpečovacího zařízení.....	11
Obr. 2: Blokové schéma osobní a sensorové jednotky.....	13
Obr. 3: Spotřeba ATmega88PA.....	15
Obr. 4: Umístění vývodů nutných k naprogramování MCU	17
Obr. 5: Konektory pro připojení dvou drátových okruhů	18
Obr. 6: Povolení sensorů propojkami na sensorové jednotce	19
Obr. 7: První způsob dobíjení Li-ION akumulátorů. Převzato z [4].....	20
Obr. 8: Nabíjení Li-ION akumulátoru pomocí IO MAX1811.....	21
Obr. 9: Ukázka propojení dvou zařízení s SPI rozhraním.....	22
Obr. 10: Rámec vysílaný osobní jednotkou.....	25
Obr. 11: Rámec vysílaný sensorovou jednotkou.....	26
Obr. 12: Příslušenství potřebné k nabíjení obou jednotek.....	28
Obr. 13: Provedení krytu osobní jednotky.....	32
Obr. 14: Provedení krytu sensorové jednotky.....	33

SEZNAM PŘÍLOH

A OSOBNÍ JEDNOTKA.....	40
<i>A.1 Seznam součástí osobní jednotky.....</i>	<i>40</i>
<i>A.2 Seznam součástí osobní jednotky - pokračování.....</i>	<i>41</i>
<i>A.3 Schema zapojení osobní jednotky.....</i>	<i>42</i>
<i>A.4 Motiv plošného spoje osobní jednotky.....</i>	<i>43</i>
B SENZOROVÁ JEDNOTKA.....	44
<i>B.1 Seznam součástí sensorové jednotky.....</i>	<i>44</i>
<i>B.2 Seznam součástí sensorové jednotky - pokračování.....</i>	<i>45</i>
<i>B.3 Schema zapojení sensorové jednotky.....</i>	<i>46</i>
<i>B.4 Motiv plošného spoje sensorové jednotky.....</i>	<i>47</i>
C FIRMWARE JEDNOTEK.....	48

A OSOBNÍ JEDNOTKA

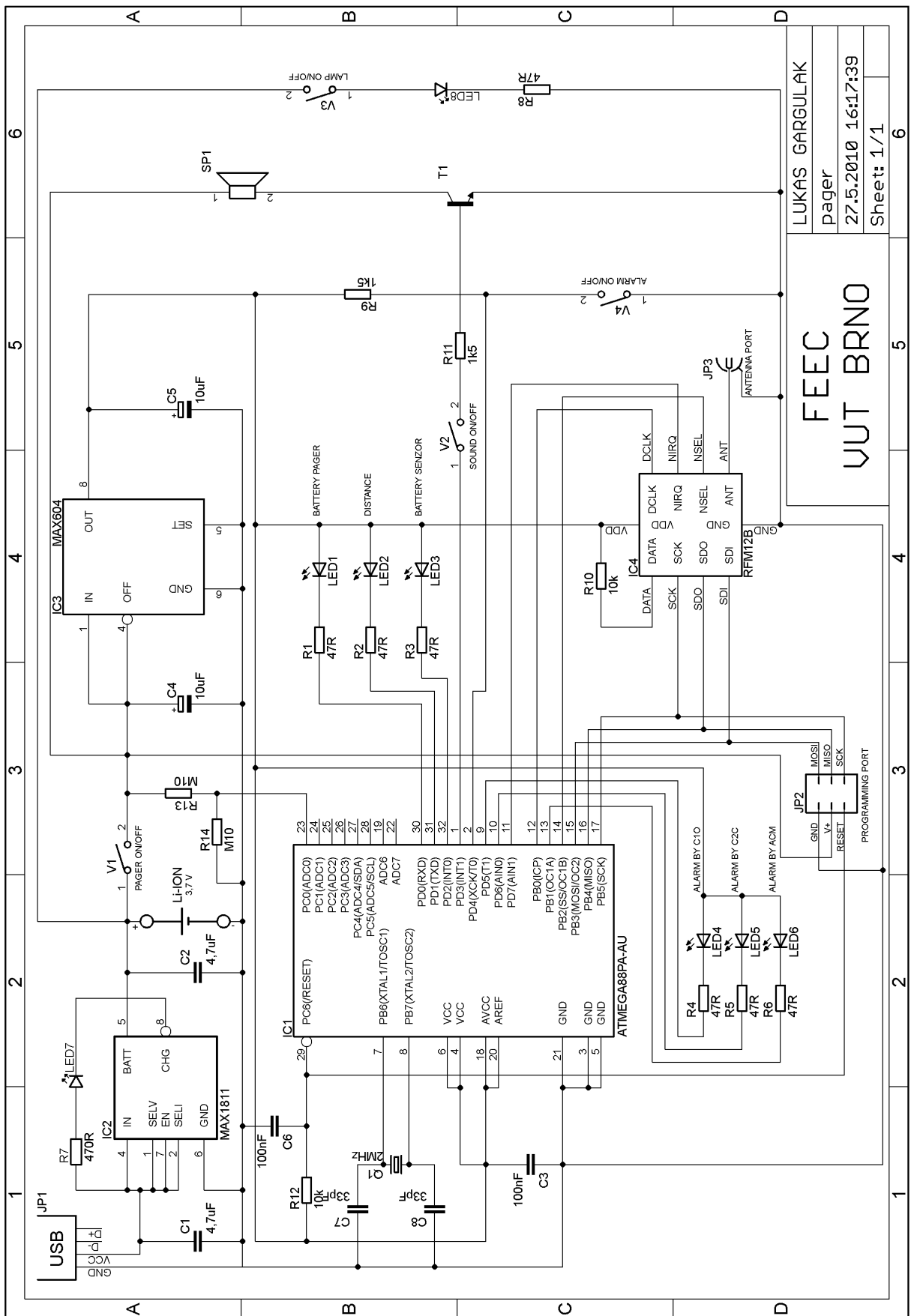
A.1 Seznam součástek osobní jednotky

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C1	4,7uF	C1206	Keramický kondenzátor
C2	4,7uF	C1206	Keramický kondenzátor
C3	100nF	C0805	Keramický kondenzátor
C4	10uF		Elektrolytický kondenzátor
C5	10uF		Elektrolytický kondenzátor
C6	100nF	C0805	Keramický kondenzátor
C7	33pF	C0805	Keramický kondenzátor
C8	33pF	C0805	Keramický kondenzátor
IC1	ATMEGA88PA-AU	TQFP32-08	Mikrokontrolér
IC2	MAX1811	SO08	Li-ION nabíječ
IC3	MAX604	SO08	LDO stabilizátor
IC4	RFM12B	SMD S1	Transceiver
JP1	microUSB		MikroUSB konektor
JP2	Programming port	S1G6W	Lámací lišta jednořadá
JP3	Antenna port	BU-SMA-H	SMA pro anténu
LED1	ORANGE	LED3MM	Baterie pager
LED2	ORANGE	LED3MM	Vzdálenost
LED3	ORANGE	LED3MM	Baterie senzor
LED4	RED	LED3MM	Alarm od C1O
LED5	RED	LED3MM	Alarm od C2C
LED6	RED	LED3MM	Alarm od ACM
LED7	RED	LED2.5x5MM	Nabíjení
LED8	WHITE	LED5MM	Svítilna
Li-ION	3,7V	18650	Baterie
Q1	2MHz	HC49U-V	Krystal
R1	47R	R0603	SMD rezistor
R2	47R	R0603	SMD rezistor
R3	47R	R0603	SMD rezistor
R4	47R	R0603	SMD rezistor
R5	47R	R0603	SMD rezistor
R6	47R	R0603	SMD rezistor
R7	470R	R-12,7	Drátový rezistor
R8	47R	R0603	SMD rezistor
R9	1K5	R0603	SMD rezistor

A.2 Seznam součástek osobní jednotky - pokračování

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
R10	10K	R1206	SMD rezistor
R11	1K5	R0603	SMD rezistor
R12	10K	R1206	SMD rezistor
R13	M10	R0603	SMD rezistor
R14	M10	R0603	SMD rezistor
SP1	90dB		Magnetický měnič
T1	BFP540	SOT343	Spínání měniče
V1	PAGER ON/OFF		Vypínač pageru
V2	SOUND ON/OFF		Vypínač zvuku
V3	LAMP ON/OFF		Vypínač svítilny
V4	ALARM ON/OFF		Vypínač alarmu

A.3 Schema zapojení osobní jednotky

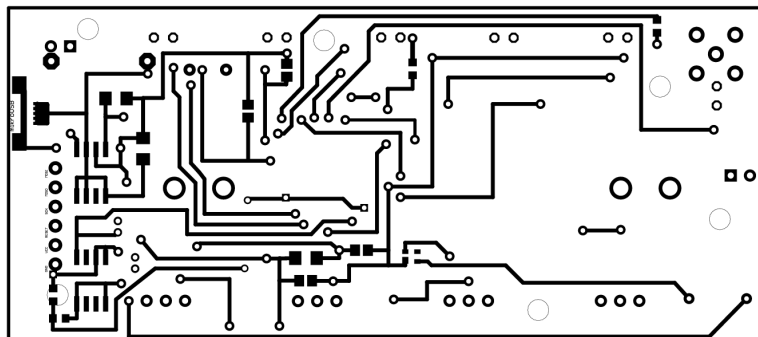


LUKAS GARGULAK
pajer
27.5.2010 16:17:39
Sheet: 1/1

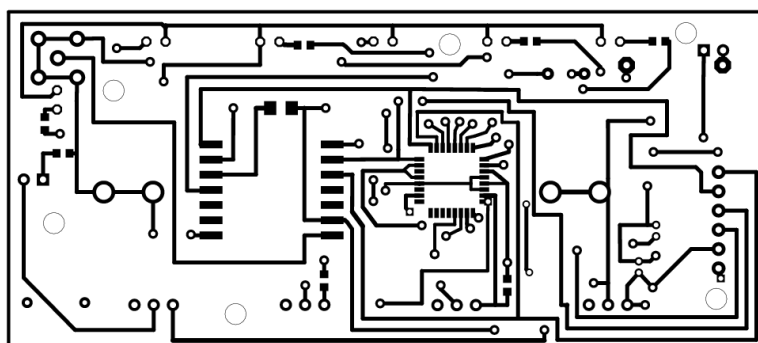
FEEC
VUT BRNO

A.4 Motiv plošného spoje osobní jednotky

Pohled z horní strany



Pohled ze spodní strany



Rozměr desky (100,0 x 44,5) mm

Pozn.: Zde vyobrazené motivy plošného spoje neodpovídají měřítku 1:1

B SENZOROVÁ JEDNOTKA

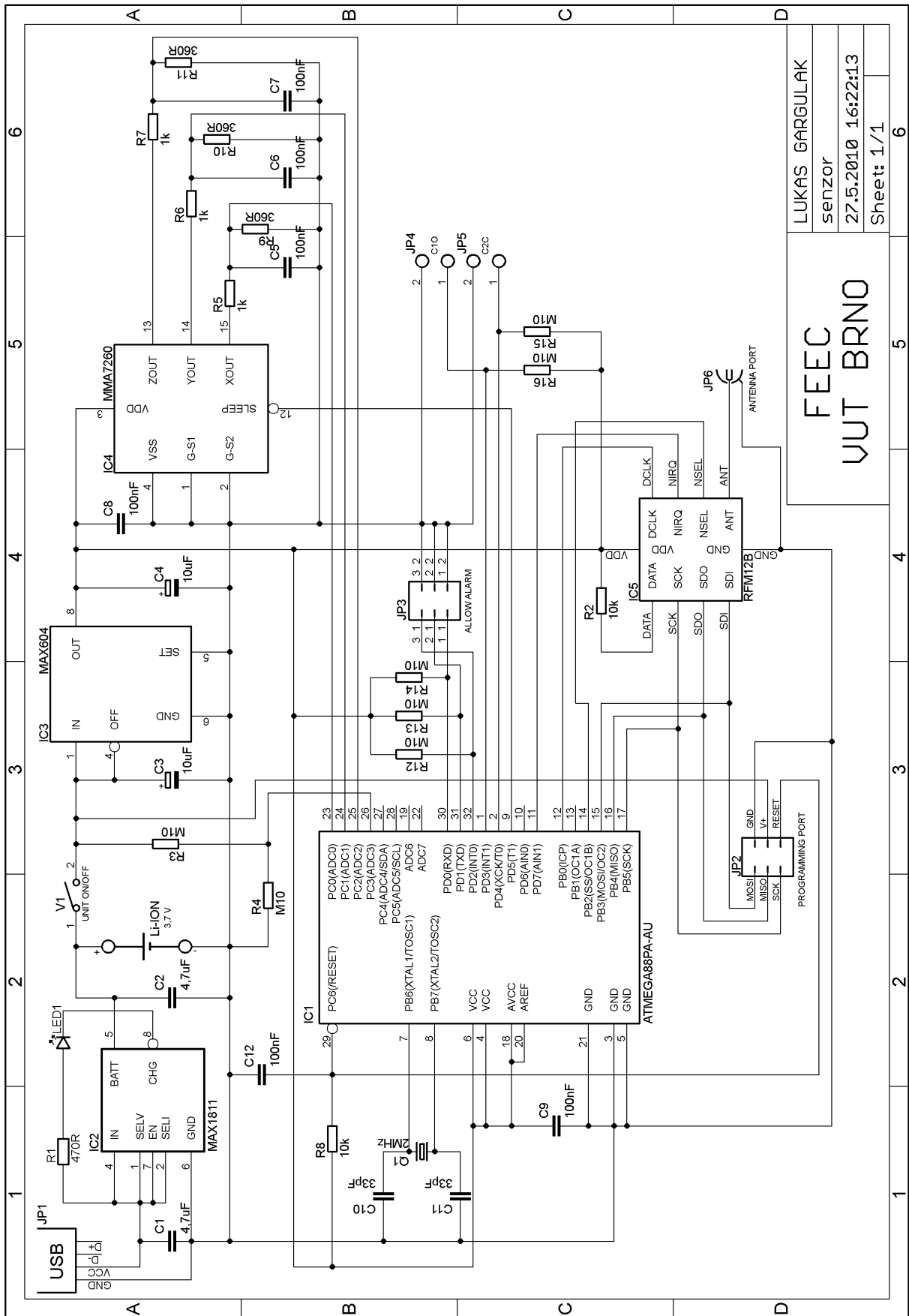
B.1 Seznam součástek senzorové jednotky

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C1	4,7uF	C1206	Keramický kondenzátor
C2	4,7uF	C1206	Keramický kondenzátor
C3	10uF		Elektrolytický kondenzátor
C4	10uF		Elektrolytický kondenzátor
C5	100nF	C0805	Keramický kondenzátor
C6	100nF	C0805	Keramický kondenzátor
C7	100nF	C0805	Keramický kondenzátor
C8	100nF	C0805	Keramický kondenzátor
C9	100nF	C0805	Keramický kondenzátor
C10	33pF	C0805	Keramický kondenzátor
C11	33pF	C0805	Keramický kondenzátor
C12	100nF	C0805	Keramický kondenzátor
IC1	ATMEGA88PA-AU	TQFP32-08	Mikrokontrolér
IC2	MAX1811	SO08	Li-ION nabíječ
IC3	MAX604	SO08	LDO stabilizátor
IC4	MMA7260QT	16QFN	Akcelerometr
IC5	RFM12B	SMD S1	Transceiver
JP1	microUSB		MikroUSB konektor
JP2	Programming port	S1G6W	Lámací lišta jednořadá
JP3	Allow allarm	S2G3W	Lámací lišta dvouřadá
JP4	C10		Připojení 1. drátového okr.
JP5	C2C		Připojení 2. drátového okr.
JP6	Antenna port	BU-SMA-H	SMA pro anténu
LED1	RED	LED2.5x5MM	Nabíjení
Li-ION	3,7V	18650	Baterie
Q1	2MHz	HC49U-V	Krystal
R1	470R	R-12,7	Drátový rezistor
R2	10K	R1206	SMD rezistor
R3	M10	R0603	SMD rezistor
R4	M10	R0603	SMD rezistor
R5	1K	R0603	SMD rezistor
R6	1K	R0603	SMD rezistor
R7	1K	R0603	SMD rezistor
R8	10K	R1206	SMD rezistor
R9	360R	R0603	SMD rezistor

B.2 Seznam součástek sensorové jednotky - pokračování

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
R10	360R	R0603	SMD rezistor
R11	360R	R0603	SMD rezistor
R12	M10	R0603	SMD rezistor
R13	M10	R0603	SMD rezistor
R14	M10	R0603	SMD rezistor
R15	M10	R0603	SMD rezistor
R16	M10	R0603	SMD rezistor
V1	UNIT ON/OFF		Vypínač sensor. jednotky

B.3 Schema zapojení senzorové jednotky

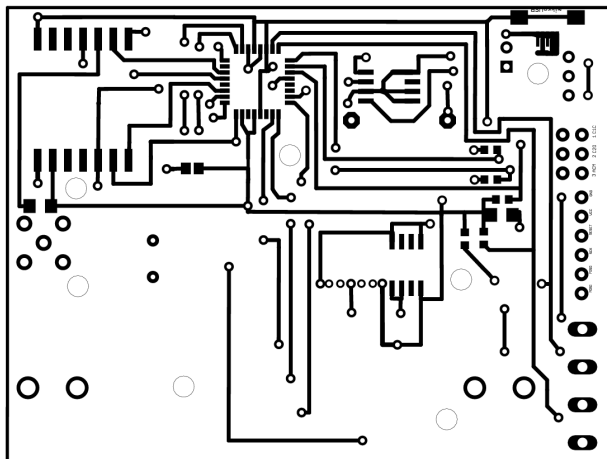


LUKAS GARGULAK
senzor
27.5.2010 16:22:13
Sheet: 1/1

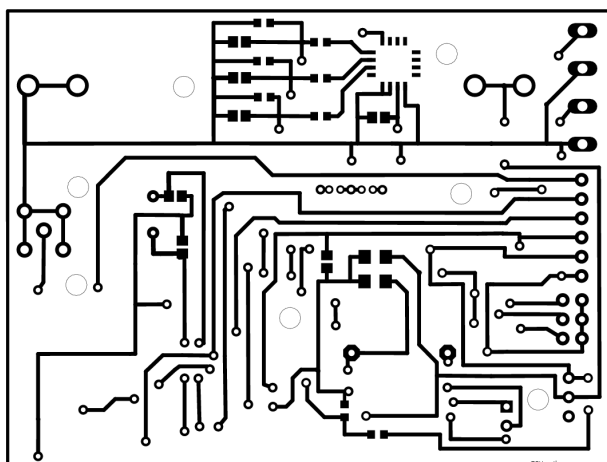
FEEC
VUT BRNO

B.4 Motiv plošného spoje senzorové jednotky

Pohled z horní strany



Pohled ze spodní strany



Rozměr desky (60,0 x 80,0) mm.

Pozn.: Zde vyobrazené motivy plošného spoje neodpovídají měřítku 1:1

C FIRMWARE JEDNOTEK

Firmware jednotek je přiložen na DVD. Před procházením DVD je doporučeno otevřít soubor CtiMe.txt umístěný v kořenovém adresáři.