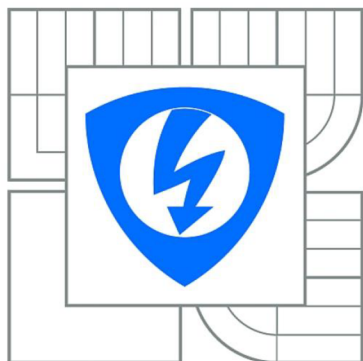


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND  
COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

## ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ SECURITY SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

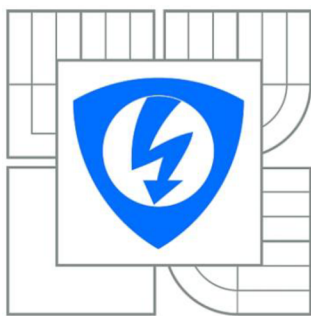
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MAREK PAPOUŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MICHAL PAVLÍK, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ

TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav mikroelektroniky

## Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

**Mikroelektronika a technologie**

**Student:** Marek Papoušek

**ID:** 125580

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2011/2012

**NÁZEV TÉMATU:**

**Zabezpečovací zařízení**

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhnete zabezpečovací zařízení pro střežení samostatně stojícího objektu s důrazem na minimalizaci spotřeby elektrické energie. Zabezpečovací zařízení by mělo obsahovat dvojestavové senzory na základě jejich stavu je vyvolán poplach. Dále by měla být zajištěna signalizace o porušení střežené zóny pomocí GSM sítě.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 6. 2. 2012

**Termín odevzdání:** 31. 5. 2012

**Vedoucí práce:** Ing. Michal Pavlík, Ph.D.

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

### UPOZORNĚNÍ:

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

## **Abstrakt**

Náplní této práce je vytvoření elektronického zabezpečovacího zařízení na bázi mikrokontrolérů rodiny Atmel AVR. Jednotlivé prvky zabezpečení by spolu měly komunikovat pomocí bezdrátového rozhraní XBee. Zařízení by mělo zajišťovat upozornění prostřednictvím GSM sítě při narušení střežené zóny. Komunikace mezi mikrokontrolérem, GSM modulem a XBee modulem bude zajišťována pomocí USART sběrnice. Celý systém by měl zohledňovat energetickou úsporu při napájení pomocí baterií.

## **Klíčová slova**

AVR, ZigBee, XBee, GSM, USART

## **Abstract**

The work deals with design and realization of create an electronic security device based on Atmel AVR microcontroller's family. Individual elements of security, together they communicate using XBee wireless interface. The device should provide notice through the GSM network disruption when guarded zone. Communication between the microcontroller, GSM module, and XBee module will be provided via USART bus. The whole system should take account of energy savings when using battery power.

## **Keywords**

AVR, ZigBee, XBee, GSM, USART

## Bibliografická citace

PAPOUŠEK, M. *Zabezpečovací zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 38 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Pavlík, Ph.D.

## Prohlášení

Prohlašuji, že svůj semestrální projekt na téma „Zabezpečovací zařízení“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu 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 uvedeného semestrálního projektu 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 31. května 2012

.....  
podpis autora

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Pavlíkovi, Ph.D. za metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování projektu.

V Brně dne 31. května 2012

.....  
podpis autora

# OBSAH

ÚVOD .....	1
1 MIKROKONTROLÉRY AVR .....	1
1.1 Historie .....	1
1.2 Základní popis .....	1
1.3 Rodiny AVR .....	2
1.4 Vnitřní struktura mikrokontroléru .....	3
1.4.1 Časovač/čítač .....	4
1.4.2 Vstupně výstupní digitální porty .....	4
1.4.3 Analogově/Digitální převodníky .....	4
1.4.5 Rozhraní USART .....	5
1.4.6 I2C sběrnice .....	5
2 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE .....	6
2.1 Možnosti bezdrátové komunikace .....	6
2.2 Základní technologie bezdrátového přenosu .....	6
2.2.1 Bluetooth .....	7
2.2.2 GSM .....	7
2.2.3 WiFi .....	7
2.2.4 ZigBee .....	8
2.3 Porovnání bezdrátových technologií .....	8
3 VÝBĚR KOMUNIKAČNÍCH MODULŮ .....	10
3.1 Výběr GSM Modulu .....	10
3.2 Výběr ZigBee Modulu .....	10
4 ŘEŠENÍ PROJEKTU .....	12
4.1 Teoretický popis řešení projektu .....	12
4.2 Požadavky na prvky systému .....	13
4.3 Centrální jednotka .....	14
4.4 Klávesnice .....	17
4.5 Senzor .....	20
4.6 Siréna .....	22
3 ZÁVĚR .....	24
4 POUŽITÁ LITERATURA .....	25
5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	27

6 SEZNAM PŘÍLOH .....	28
6.1 Seznam příloh přiložených k práci .....	28
6.2 Seznam příloh na DVD.....	28

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vnitřní architektura mikrokontrolérů AVR [3] .....	3
Obrázek 2: Schéma sběrnice I2C [6].....	5
Obrázek 3: Schéma komunikace bezpečnostního systému .....	12
Obrázek 4: Blokové schéma centrální jednotky.....	14
Obrázek 5: Celkový pohled na centrální jednotku .....	16
Obrázek 6: Detail centrální jednotky .....	16
Obrázek 7: Blokové schéma klávesnice.....	17
Obrázek 8: Základní funkční diagram klávesnice.....	18
Obrázek 9: Celkový pohled na klávesnici .....	19
Obrázek 10: Detail klávesnice.....	19
Obrázek 11: Blokové schéma senzoru .....	20
Obrázek 12: Celkový pohled na senzor.....	21
Obrázek 13: Detail senzoru .....	21
Obrázek 14: Blokové schéma sirény .....	22
Obrázek 15: Celkový pohled na sirénu .....	23
Obrázek 16: Detail sirény.....	23

# SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehled bezdrátových technologií [14] .....	9
Tabulka 2: Přehled modulů ZigBee[15], [16], [17] .....	11

# ÚVOD

V dnešní době je kladen velký důraz na zabezpečení osobního majetku, tedy domů, automobilů, ale i průmyslových objektů. Jako nejspolehlivější řešení zabezpečení se v poslední době volí čím dál tím častěji elektronické zabezpečovací zařízení, které v sobě může integrovat možnosti využití GSM, GPS sítí pro informování o aktuální poloze vozidla, informaci o narušení objektu pomocí SMS a možnost napojení na centrální automatizaci nebo přístupový systém objektu. Pomocí elektronických systémů je možno rozdělit zabezpečení na jednotlivé zóny a tím mít zabezpečené části objektu, ve kterých se právě nikdo nevyskytuje. Tím je maximalizována snaha o co největší bezpečnost osob a majetku.

Cílem této práce je prozkoumat možnosti řešení bezdrátové komunikace mezi jednotlivými prvky zabezpečovacího systému pro samostatně stojící objekt, využití GSM modulů pro informování o narušení střežené zóny a minimalizaci proudové spotřeby pro všechny prvky v systému vzhledem k volbě bezdrátového způsobu přenosu. Dále práce obsahuje i fyzický návrh jednotlivých prvků, aby se jednalo o ucelené elektronické zařízení umožňující libovolné přidání více senzorů do systému. Ovládání a nastavování systému bude probíhat pomocí ovládací klávesnice, která v bezpečnostním systému má funkci pro zakódování popřípadě dekodování střežené zóny.



# 1 MIKROKONTROLÉRY AVR

## 1.1 Historie

Základní architekturu mikrokontrolérů AVR vyvinuli dva studenti z Norského technického institutu Alf-Egil Bogen a Vegard Wollan. Zkratka AVR vznikla podle jejich jmen Alf Vegard RISC, oficiálně ale znamená Advanced Virtual RISC. Na trhu se tyto mikrokontroléry začaly objevovat od roku 1997 od výrobce Atmel.

Hlavní myšlenkou pro vývoj této architektury byla snaha upravit starší architekturu X51 tak, aby bylo možné mikrokontroléry programovat pomocí vyšších programovacích jazyků namísto dříve užívaného Assembleru. Přechodem na vyšší programovací jazyk se urychlilo psaní programu a zdrojový kód se stal zřetelně přehlednějším. [2]

## 1.2 Základní popis

Jedná se o osmibitový mikrokontrolér založený na architektuře RISC. Jeho výpočetní výkon úzce souvisí s jeho pracovním kmitočtem, jelikož provádí jednu výkonnou instrukci za jeden hodinový cyklus. Při kmitočtu 1 MHz je tedy jeho výpočetní rychlost 1 MIPS. Většina AVR mikrokontrolérů je schopna pracovat na kmitočtu 16 MHz s výjimkou nízkonapěťových mikrokontrolérů s označením L, jejichž maximální kmitočet je omezen na 8 MHz, proto jsou vhodné zejména pro přenosná zařízení.

Vnitřní struktura mikrokontrolérů je vytvořena podle harvardské architektury – to znamená, že paměť pro program a data je oddělená. Programová paměť se uchovává na paměti FLASH, která není energeticky závislá a lze do ní program zapisovat či ho elektronicky mazat. Datová paměť se uchovává na paměti typu SRAM a EEPROM. Paměť SRAM se používá pro pracovní registry mikrokontroléru, jelikož má velmi malou přístupovou dobu. Je ovšem energeticky závislá, proto po restartu dojde k jejímu vymazání. Pro uchování měnitelných uživatelských dat slouží paměť EEPROM. Ta je na rozdíl od předchozí energeticky nezávislá, ale oproti tomu velmi pomalá, takže není vhodná pro velké objemy dat.

Využití těchto mikrokontrolérů je velmi rozsáhlé. Jedná se o oblasti domácí a průmyslové automatizace, automobilového průmyslu, dálkových ovládaní a spousty dalších. Použití pro danou aplikaci závisí na možnostech vstupně-výstupních periférií lišících se u jednotlivých rodin AVR [1], [2].

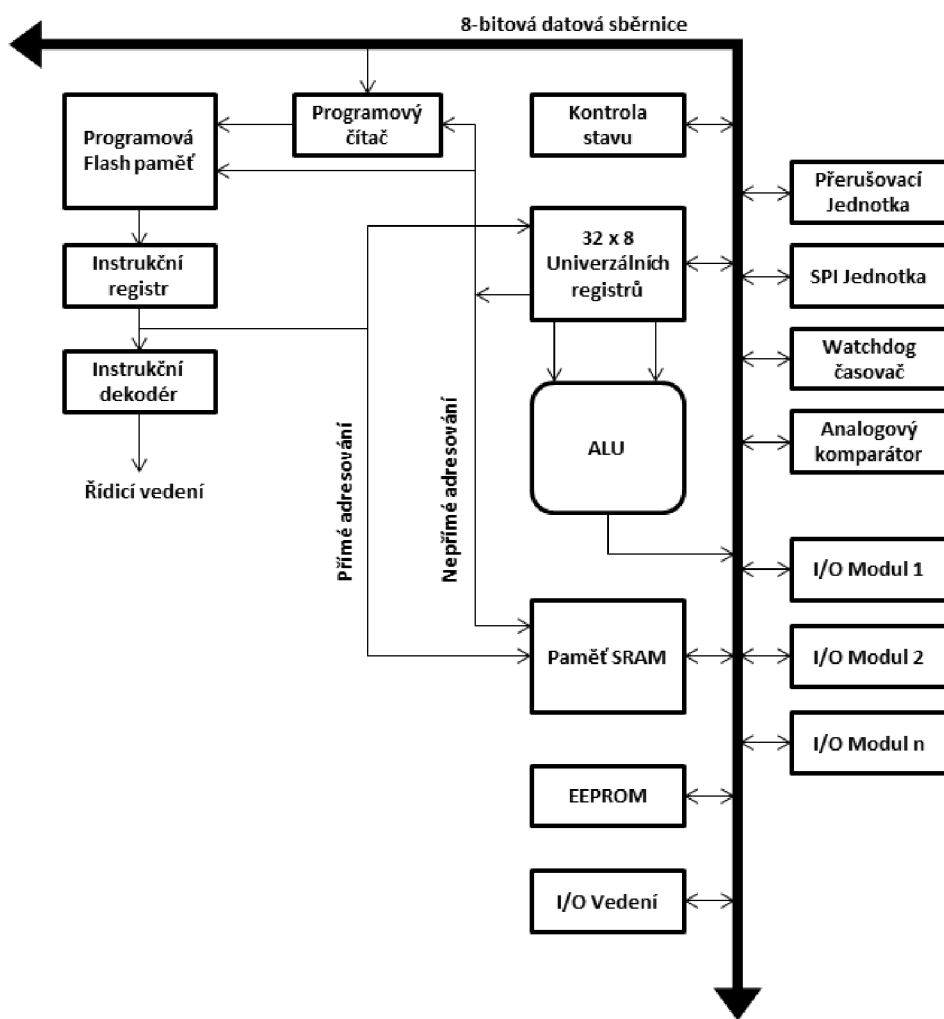
## 1.3 Rodiny AVR

Tato kapitola uvádí přehled rodin mikrokontrolérů Atmel AVR [2].

- **AT90**  
Základní řada mikrokontrolérů Atmel AVR. Dnes již ve výrobě není.
- **ATtiny**  
Řada určená pro jednoduché, levné a nenáročné aplikace. Mají omezenou sadu instrukcí a velmi nízkou spotřebu. Dodává se v pouzdrech velmi malých rozměrů s počtem vývodů 6 – 32 pinů. Tyto mikrokontroléry jsou vhodné zejména pro bateriově napájené aplikace.
- **ATmega**  
Velmi výkonné mikrokontroléry integrující velké množství možných rozhraní. Podporují programování pomocí JTAG. Vyrábí se ve verzích s pamětí pro program 4 – 256 kB a v pouzdrech 23 – 100 pinů. Integrují v sobě podporu sériového UART rozhraní (některé mikrokontroléry až 2), což bývá využíváno pro komunikaci s bezdrátovými moduly.
- **ATxmega**  
Výkonnější verze mikrokontrolérů ATmega s podporou vlastností zvyšujících výkon, jako je DMA systém. Většinou obsahují již integrované LCD řadiče a velké množství rozšiřujících periférií. Programová paměť je u nich v rozmezí 16 – 384 kB. Vyrábí se v pouzdrech 44, 64 a 100 pinů. Navzdory jejich výkonnosti je u nich vyšší pořizovací cena, což je činí nevhodnými pro menší aplikace.
- **ATmega pro speciální aplikace**  
Jde o mikrokontroléry ATmega, které v sobě integrují LCD, USB kontroléry, CAN rozhraní, pokročilejší PWM a mnoho dalších. Jejich cena bývá v mnoha případech vyšší než standardní ATmega s externím kontrolérem/rozhraním.
- **FPSLIC™**  
Kombinace mikrokontrolérů AVR doplněná o hradlové pole FPGA kombinujících 5000 – 40000 hradel. Jádro AVR může pracovat na velmi vysokých kmitočtech až 50 MHz. Programový kód je na rozdíl od ostatních AVR mikrokontrolérů uchovávaný na paměti SRAM.
- **32bitové AVR**  
Jsou na trhu od roku 2006. Mají v sobě integrovány DSP, SIMD a podporu umožňující zpracování videa a zvuku. Vznikly jako konkurence ARM procesorů. Architektura je velmi podobná RISC procesorům, ale není kompatibilní. Využívají se zejména pro aplikace, kde je vyžadováno velmi vysokých výkonů pro zpracování videa a zvuku, jako tomu je ve spotřební a zabezpečovací elektronice.

## 1.4 Vnitřní struktura mikrokontroléru

Jak můžeme vidět na obrázku 1, architektura AVR se skládá z několika hlavních částí. Paměť FLASH, SRAM, EEPROM, programový čítač a instrukční registr, univerzální registry, ALU a další důležité volitelné vstupně-výstupní periferie. Na programové paměti FLASH je uložen řídicí program ve strojovém kódu, který přesně popisuje využití jednotlivých instrukcí uložených v instrukčním registru po jednotlivých krocích, které určuje a inkrementuje programový čítač. ALU jednotka provádí aritmeticko-logické operace, jako jsou například násobení a dělení. Do paměti SRAM se ukládají mezivýsledky z dílčích aritmetických operací a stavy registrů. Jelikož se jedná o osmibitový mikrokontrolér, je vnitřní datová sběrnice 8 bitová.



Obrázek 1 : Vnitřní architektura mikrokontrolérů AVR [3]

Podle druhu může mikrokontrolér obsahovat i různé vstupně-výstupní periferie, rozšiřující funkce a využití pro rozdílné aplikace. Níže je uveden přehled a základní popis těch, které budou v praktické části této práce využity [4].

### 1.4.1 Časovač/čítač

Každý mikrokontrolér s architekturou AVR má k dispozici 1x 8 bitový a 1x 16 bitový časovač/čítač. Některé mikrokontroléry jich mohou obsahovat více, například ATmega 128 obsahuje 2x 8 bitové a 2x 16 bitové. Fungují tak, že zvyšují hodnotu počítadla v každém hodinovém cyklu. Vstupní hodinový signál může v rámci nastavení vstupovat přes děličku hodinového signálu 1:1 až 1:1024. Každý časovač/čítač také obsahuje možnost pracovat v režimech 0 až 3, kde je možné zvolit, zda se má vyvolat přerušení při přetečení zásobníku nebo při dosažení určité přednastavené úrovně. Jejich využití je zejména u přesně nastavovaných hodinových cyklů, kde je například nutnost generovat signál o kmitočtu 1 kHz nebo využití uspávacích režimů, kdy po určitém časovém okamžiku dojde k přečtení teploty atp. [4]

### 1.4.2 Vstupně výstupní digitální porty

Jedna z hlavních vstupně-výstupních periférií u mikrokontrolérů. Pomocí digitální úrovně na výstupu jsme schopni ovládat externí periférie, jako jsou LED diody, výkonové tranzistory či jiné externí periférie. V případě nastavení portu jako vstupní jsme schopni reagovat na stisk tlačítka nebo jinou externí událost na vstupu mikrokontroléru. [4]

Využití výstupních portů je omezeno maximální proudovou zátěží, která bývá většinou u mikrokontrolérů AVR 40 mA. Proto pro napájení výkonových zařízení je nutné využít tranzistorů.

### 1.4.3 Analogově/Digitální převodníky

Důležitou periférií mikrokontrolérů, díky níž je možné převádět analogový signál na digitální, je převodník A/D. Převodníky A/D integrované v AVR mohou být 8 nebo 10 bitové. Jako referenční napětí může být využito napájecí napětí nebo externí referenční napětí, pro které je vyhrazen vlastní vstup. Nevýhodou bývá relativně velký proudový odběr během převodu, proto je vhodné převodník A/D využívat jednou za delší časový úsek. K tomu je možné využít časovače. [4]

Využití těchto převodníků je výhodné pro určení velikosti napájecího napětí na baterii a tím uchování informace, kolik procent energie stále ještě zbývá a při případném poklesu pod určitou úroveň informovat uživatele.

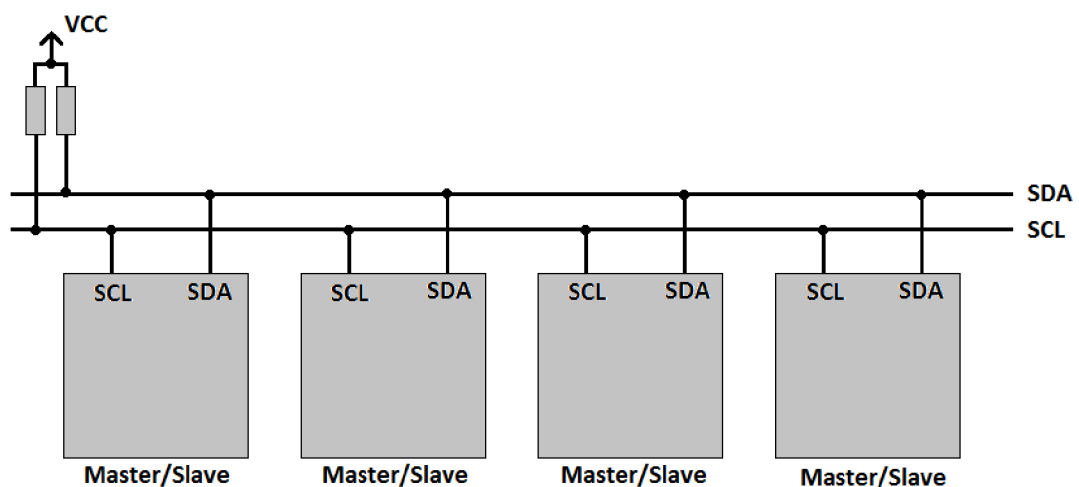
## 1.4.5 Rozhraní USART

Neboli univerzální synchronní a asynchronní sériový přijímač a vysílač. Jde o periférii umožňující obousměrnou komunikaci mezi dvěma obvody za použití buď synchronního, nebo asynchronního přenosu dat. Pomocí tohoto rozhraní lze odesílat bitový rámec o délce 5 až 9 bitů s 1, 1,5 nebo 2 stop bity. Tato periférie také umožňuje výběr mezi druhem použité parity a hardwarovou podporu pro jejich kontrolu, která je vhodná pro kontrolu úspěšného přenosu datového rámce. Lze také nastavit komunikační přenosovou rychlost. Její maximální hodnota je omezena na 115200 baudů. Mikrokontroléry ATmega obsahují typicky jedno až dvě USART rozhraní v závislosti na typu. [5]

Využití těchto obvodů je výhodné pro komunikaci mezi mikrokontrolérem a komunikačními moduly určenými pro bezdrátový přenos mezi jednotlivými částmi systému a pro komunikační GSM modul.

## 1.4.6 I2C sběrnice

Jde o dvou vodičovou sběrnici vyvinutou firmou Philips Semiconductors, která je reprezentována jedním datovým vodičem (SDA) a jedním hodinovým vodičem (SCL). Sběrnice rozděluje zařízení na řídicí (Master) a řízený (Slave). Zařízení Master zahajuje komunikaci a generuje hodinový signál SCL a zařízení Slave je adresovatelné pomocí 7 bitové adresy, kterou má přidělenou každé zařízení připojené do sběrnice.



Obrázek 2 : Schéma sběrnice I2C [6]

Pomocí této sběrnice je možné komunikovat s širokým množstvím periférií, jakými jsou paměti EEPROM, senzory, mikrokontroléry, displeje a mnoho dalších. [6]

## 2 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE

V této kapitole je popsána základní problematika bezdrátové komunikace a oblasti jejich použití. Vyjmenování jednotlivých používaných technologií včetně jejich výhod a nevýhod.

### 2.1 Možnosti bezdrátové komunikace

Principem bezdrátové komunikace je propojení dvou nebo více objektů jinak než mechanicky, tedy bez použití kabelového vedení. Podle principu přenosu informace můžeme dělit bezdrátovou komunikaci na optickou, sonickou a rádiovou.

- Optická komunikace – hodně využívaný typ bezdrátového přenosu dat. Nejvíce se využívá laserového a infračerveného přenosu jako je například standard IrDA. Se standardem IrDA se můžeme setkat u televizních ovladačů nebo mobilních telefonů, kdy tímto způsobem bylo možné přenášet data. Příkladem využití optické komunikace může být využití optických kabelů pro komunikaci na velké vzdálenosti.
- Sonická komunikace – Jedná se o komunikaci založenou na principu mechanického kmitání, může jít o verbální komunikaci, sonografii či echolokaci. Tento typ komunikace se v praxi příliš neuzívá, jelikož podléhá ve významné míře rušení.
- Rádiová komunikace – V praxi nejvíce využívaný typ bezdrátové komunikace. K přenosu mezi vysílačem a přijímačem využívá elektromagnetických vln. Signál dokáže prostupovat dokonce i budovami a zástavbami a to i na velmi vysoké vzdálenosti. Ve významné míře vlastnosti rádiového přenosu ovlivňuje jejich nosná frekvence, amplituda výchozího signálu a materiálu překážky. Obecně u nižších frekvencí jako 433 MHz nebo 868 MHz je možné docílit komunikace na velmi velké vzdálenosti, avšak s malou datovou propustností, která bývá v řádu stovek kB. Vysílače také potřebují větší vyzařovací výkon, aby docílily spojení. To vede k omezení pro použití v bateriově napájených aplikacích. U vyšších frekvencí jako je například 2,4 GHz a více je možné docílit, s použitím vhodné technologie, velmi vysokých přenosových rychlostí i při malém výstupním výkonu vysílače. [7], [8]

### 2.2 Základní technologie bezdrátového přenosu

Byl proveden průzkum trhu na poli bezdrátových technologií z důvodů výběru vhodného modulu pro komunikaci v rámci zabezpečovacího systému i pro informování pomocí GSM sítě. Mezi hlavní bezdrátové technologie patří ZigBee, Bluetooth, GSM a WiFi. Možností by bylo i nasazení technologie WiMAX, která je ale zatím stále ve vývoji a na trhu se vyskytují komunikační moduly jen za příliš vysoké ceny.

### **2.2.1 Bluetooth**

Technologie také označovaná jako standard IEEE 802.15.1 vznikla za účelem náhrady sériového rozhraní RS-232. Umožňuje propojit dvě a více zařízení jako jsou například mobilní telefon, počítačová myš, sluchátka, tiskárna a mnoho dalších. Bluetooth pracuje v ISM pásmu 2,4 GHz a spadá do kategorie počítačových sítí PAN. Rychlost přenosu se pohybuje od 1 do 24 Mbit/s v závislosti na použité specifikaci. Dosah se liší podle podmínek od 1 do 100 m na volném prostranství s přímou viditelností. Energetická náročnost u novějších specifikací sice zaručuje delší životnost pro bateriově napájené aplikace, avšak nedosahuje takových výsledků jako technologie ZigBee. Poslední specifikace dovoluje zabezpečit bezpečnost přenosu dat pomocí šifrování AES-128. [9]

### **2.2.2 GSM**

Jedná se o standard používaný pro mobilní telefony založený v roce 1982. GSM je buňková síť, což znamená, že se komunikační modul nebo mobilní telefon připojují do nejbližší buňky. Existují tři typy buněk makro, mikro, piko a jejich rozdělení je vedeno zejména podle maximálního počtu hlasových kanálů a jejich dosahu, který se pohybuje od stovek metrů do maximální vzdálenosti 35 km. Pro přihlášení do sítě se využívají SIM karty, které obsahují informace potřebné pro přihlášení uživatele do GSM sítě, paměť pro telefonní seznam a SMS zprávy. Bezpečnost sítě je zajištěna pomocí sdíleného šifrování. Přenos je šifrován mezi mobilním telefonem a základovou stanicí, která autorizuje uživatele do sítě GSM. Tento standard je definovaný pro kmitočtová pásma GSM 900 MHz a GSM 1800 MHz. Mobilní zařízení mohou mezi těmito dvěma pásmy volně přepínat podle aktuálního zatížení sítě a dostupnosti na základových stanicích, s tím úzce souvisí energetická náročnost zařízení, která bývá na kmitočtech 1800 MHz výrazně menší oproti 900 MHz. [10]

### **2.2.3 WiFi**

Označováno také jako standard IEEE 802.11 vznikl jako prostředek pro bezdrátovou komunikaci v rámci počítačové sítě. Jde podobně jako v případě Bluetooth o síť typu PAN. WiFi se vyznačuje velmi vysokými rychlostmi, které mohou být až 600 Mbit/s u standardu IEEE 802.11n. WiFi pracuje v bezlicenčním kmitočtovém pásmu 2,4 GHz nebo 5 GHz. Energetická náročnost WiFi modulů bývá větší než je tomu u technologie Bluetooth. Proto se pro bateriově napájené aplikace s dlouhou výdrží příliš nehodí. Zabezpečení se provádí dvojnásobným způsobem, a to šifrováním přenášených dat a pomocí autorizace pro přístup do sítě, které zabraňuje nedovolenému přístupu. Prolomitelnost je možná při delším odposlechu komunikace dvou, nebo více zařízení. Síť lze strukturovat jako Ad-hoc, kdy jde o přímé propojení pouze dvou prvků v síti. Příkladem mohou být dva počítače. Dalším způsobem struktury sítě je výstavba infrastrukturní sítě, která obsahuje jeden nebo více přístupových bodů AP, do kterých se může oprávněný uživatel připojit [11].

## 2.2.4 ZigBee

Technologie vytvořena v roce 2004 pod číslem IEEE 802.15.4. Jedná se o nový standard vzniklý podobně jako Bluetooth pro nízkovýkonové aplikace v sítích PAN. ZigBee vzniklo jako doplněk k současným bezdrátovým standardům, aby vyplnilo mezeru použití pro průmyslové a senzorové aplikace. Jeho využití je výhodné zejména pro bateriově napájené aplikace, kdy je vyžadována výdrž od několika měsíců až po několik let. Jeho přenosové rychlosti se pohybují od 20 do 250 kbit/s. Tato rychlost pro většinu aplikací jakými jsou rozsvěcování/zhasínání světel, spouštění motorů, kontrola teploty a vlhkosti, kontrola přístupu do objektu, pohybová čidla a mnoho dalších plně postačuje a navíc zaručuje velmi vysokou odolnost vůči rušení, což předurčuje tuto technologii pro použití v průmyslu. Dosah nízkovýkonových modulů se pohybuje v rozmezí 40 – 100 m. Na trhu však lze nalézt i moduly, které jsou schopny při použití vhodné antény docílit dosahu komunikace až 40 km. ZigBee standard pracuje v bezlicencovaných kmitočtových pásmech 868 MHz a 2,4 GHz. Bezdrátový přenos je šifrován pomocí šifry AES-128, která je přímo implementována v síťové vrstvě protokolu. Jako u Bluetooth je pořízení ZigBee modulů finančně nenáročné a využitelné do aplikací ve spotřební elektronice, k zabezpečení objektů, k automatizaci v průmyslu a domácnostech a mnoho dalších [12-14].

## 2.3 Porovnání bezdrátových technologií

Při výběru vhodné technologie pro senzorickou síť a komunikaci v rámci návrhu zabezpečovacího zařízení musíme zohlednovat následující faktory:

- Energetická úspora – Při bateriovém provozu nejvíce záleží na době, po kterou je zařízení schopno provozovat svoji činnost, aniž by došlo k vybití baterie. Různé moduly také umožňují více pracovních režimů, jako jsou mód spánku, dočasné vypnutí a další, které výrazně omezují spotřebu a tím prodlužují životnost baterii.
- Bezpečnost přenosu – Jeden z hlavních parametrů pro jednotlivé prvky v zabezpečovacím systému. Možnost šifrování přenosu, popřípadě autorizace v síti přímo ovlivňují, zda je síť zabezpečena proti odposlouchávání a případnému narušení bezpečnosti. Zvolený komunikační modul musí podporovat šifrování přenosu.
- Dosah zařízení – Při montáži bezpečnostního zařízení zejména na průmyslové objekty, se můžeme setkat se situací, kdy jsou senzory od přijímací jednotky vzdáleny až několik stovek metrů. Proto musíme vzít v úvahu, aby vybraná technologie poskytovala požadovaný dosah,; nebo umožňovala použít vlastní řešení pro komunikaci na delší vzdálenosti. Příkladem může být síťová topologie u technologie ZigBee.



Tabulka 1: Přehled bezdrátových technologií [14]

Obchodní označení	GSM / GPRS	WiFi	Bluetooth	ZigBee
<b>Standard</b>	1xRTT / CDMA	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
<b>Oblast použití</b>	Přenos dat, hlas, SMS	Přenos velkoobjemových dat	Počítačové periférie	Senzory, řízení
<b>Systémová paměť</b>	16 MB +	1 MB +	250 kB +	4 – 32 kB
<b>Životnost baterie (dny)</b>	1 - 7	0,5 - 5	1 - 7	100 – 1000 a více
<b>Maximální počet uzlů</b>	1	32	7	$2^{16} / 2^{64}$
<b>Přenosová rychlost (kb/s)</b>	64 - 128	2 000 – 600 000	1 000 – 24 000	25 – 250
<b>Dosah (m)</b>	1 000 – 35 000	1 - 100	1 - 100	1 – 40 000
<b>Přednosti</b>	Kvalita, pokrytí	Rychlost	Cena, jednoduchost	Kvalita, cena, spolehlivost
<b>Zabezpečení</b>	Šifra A5/2	WPA2	AES-128	AES-128

V tabulce č. 1 je uveden přehled hlavních bezdrátových technologií, vhodných pro použití v této práci. Každá technologie má své hlavní oblasti použití a pro tuto aplikaci je zcela jistě nejvíce výhodná technologie ZigBee.

ZigBee splňuje požadavky na dlouhou životnost na baterie, nenáročné řízení přenosu a celého systému, velký dosah i díky síťové topologii, velkou bezpečnost a nízkou cenu jednotlivých modulů.

# 3 VÝBĚR KOMUNIKAČNÍCH MODULŮ

V této kapitole je použita nabídka modulů od společnosti Farnell a TME, včetně jejich cen a parametrů uvedených v katalogových listech jednotlivých produktů.

## 3.1 Výběr GSM Modulu

V tomto projektu byla použita technologie GSM jako prostředek pro informování o narušení střežené zóny pomocí SMS zprávy. GSM síť je výhodná zejména kvůli její dostupnosti a dosažitelnosti, není však vhodná pro bateriově napájené aplikace, proto je třeba ošetřit vypínání napájení modulu v režimu, kdy není střežená zóna narušena.

Nabídka GSM modulů je velmi široká, nicméně byl použit modul SIM300CZ od výrobce SIMCOM. Tento modul však vyžaduje připojení externího držáku pro SIM kartu a antény. Modul je připojitelný přes konektor určený pro SMT montáž, proto je třeba navrhnout a vyrobit desku plošného spoje s osazeným konektorem pro připojení modulu, aby bylo možné program pro řízení GSM modulu naprogramovat.

## 3.2 Výběr ZigBee Modulu

XBee-PRO® 868 RF je výhodný pro aplikace, kde se požaduje co možná nejvyšší vzdálenost komunikace mezi dvěma stranami. Oproti tomu má velmi vysokou spotřebu při vysílání a cenu, proto je pro náš návrh nevhodný.

Při volbě modulu byla nejvíce rozhodující spotřeba při příjmu a vysílání, tu splňovaly moduly XBee® ZB 2,4 GHz RF od společnosti Digi International a ETRX357 2.4GHz SMT od TELEGENESIS. Mezi jejich přednosti patří také nízká pořizovací cena a napájecí napětí.

Tabulka 2: Přehled modulů ZigBee [15], [16], [17]

Název	XBee-PRO® 868 RF	XBee® ZB 2,4 GHz RF	XBee-PRO® ZB 2,4 GHz RF	ETRX357 2.4GHz SMT
Výrobce	Digi International	Digi International	Digi International	TELEGESIS
Rychlost přenosu (kbps)	24	250	250	250
Dosah v zástavbě (m)	550	40	60	-
Dosah venku (m)	40 000	120	1500	-
Senzitivita přijímače (dBm)	-112	-96	-102	-100
Napájecí napětí (V)	3 – 3,6	2,1 – 3,6	3 - 3,4	2,1 – 3,6
Proudový odběr při vysílání (mA)	500	35	170	31
Proudový odběr při příjmu (mA)	65	38	45	26
Proudový odběr ve spánku (µA)	55	< 1	3,5	1
Cena (Kč)	1899	502	890	385

Nejlepších parametrů dosahuje modul od společnosti TELEGESIS, který lze pořídit za nejnižší cenu. Modul je ale určený pro SMT montáž a obsahuje mnohem větší počet nutných nastavení, což by nebylo úplně vhodné pro vývoj zabezpečovacího zařízení. Proto bylo rozhodnuto pro modul XBee® ZB 2,4 GHz RF od společnosti Digi International, konkrétně modul s označením XB24-Z7CIT-004. Tento modul je již osazený čipovou anténou a nabízí srozumitelnou dokumentaci s minimálním množstvím nutných nastavení. To usnadní v nejvyšší možné míře vývoj zařízení.

Vybraný modul je možné osadit do konektoru s rozpětím 2 mm, proto je třeba nutné stejně jako pro GSM modul, navrhnout desku plošných spojů pro povrchovou montáž, kde bude možné oba moduly ovládat. Nastavování, programování a posílání dat je realizováno pomocí UART rozhraní, pomocí kterého bude probíhat veškerá komunikace mezi mikrokontrolérem.

Na trhu jsou dále dostupné moduly lišící se svou výkonností, dosahem, pracovním kmitočtem a možnostmi komunikace s okolím jako je USB, I2C, USART. V tomto přehledu byly uvedeny moduly nejvíce vhodné pro tuto aplikaci, splňující požadavky na srozumitelnou a dostupnou dokumentaci, skladovou dostupnost a jednoduchost pro vývoj.

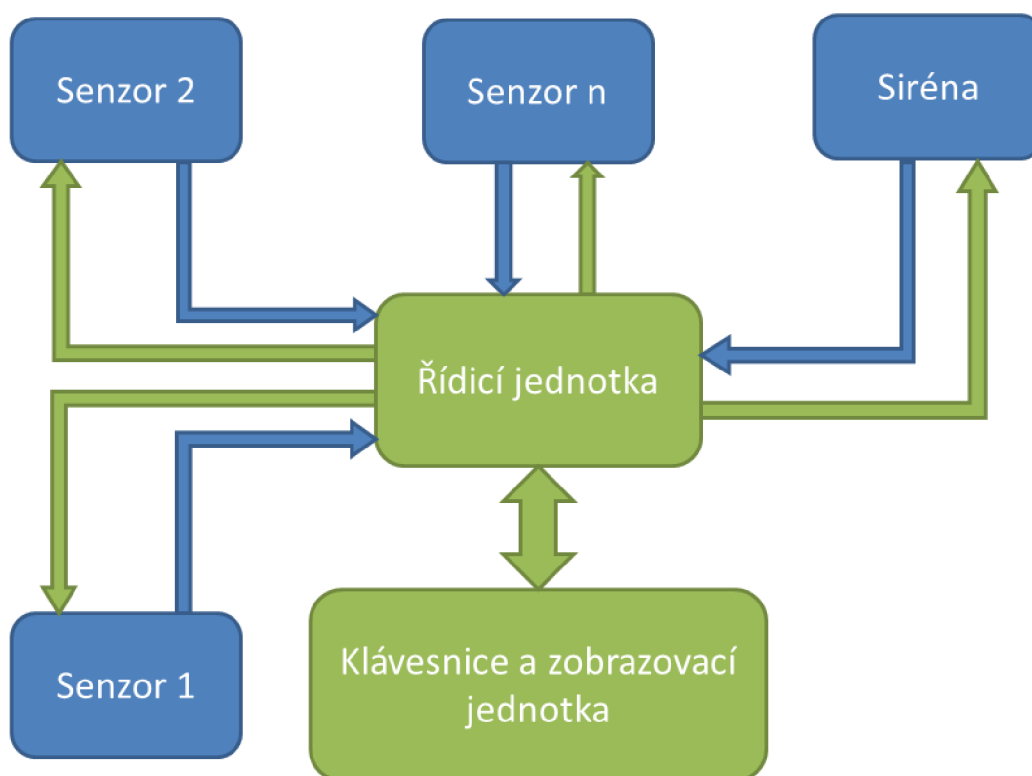
## 4 ŘEŠENÍ PROJEKTU

V této kapitole je uvedeno teoretické řešení celého projektu, včetně praktického vypracování a uvedení použitého řešení pro jednotlivé prvky systému.

### 4.1 Teoretický popis řešení projektu

Celé zabezpečovací zařízení je možné rozdělit do několika funkčních bloků, které spolu budou komunikovat bezdrátovou technologií ZigBee. Je třeba určit centrální jednotku, která bude zastávat funkci koordinátora bezdrátové sítě a určovat funkci celému systému. Pomocí klávesnice je možné nastavit funkci celému systému a zabezpečit střeženou zónu předem nastaveným zabezpečovacím kódem. Jako senzory pro detekci narušení mohou sloužit magnetické, PIR nebo laserové senzory.

Celý systém musí být energeticky nenáročný včetně řídicí jednotky koordinující veškerou komunikaci a včetně GSM modulu, který je při neustálém provozu energeticky velice náročný. Proto je třeba využít vlastností probouzení GSM modulu pomocí mikrokontroléru až v případě poplachu pro minimalizaci proudové spotřeby.



Obrázek 3 Schéma komunikace bezpečnostního systému

Jak lze vidět ze schématu konceptu bezpečnostního systému, komunikace mezi jednotlivými zařízení je obousměrná. Řídicí jednotka se bude periodicky dotazovat jednotlivých zařízení, která jsou připojena, zda fungují a jaký je stav jejich baterie. Pokud po určitém časovém úseku zařízení neodpoví, nahlásí tento stav jako chybový a dojde k vyvolání poplachu.

## 4.2 Požadavky na prvky systému

V této kapitole jsou uvedeny hlavní body, které musí splňovat zařízení připojená do bezdrátového zabezpečovacího zařízení.

### 1. Klávesnice a zobrazovací jednotka

- Snímat údaje z maticové klávesnice 4x4.
- Zobrazovat údaje o stavu systému a informace z řídicí jednotky na LCD displeji.
- Komunikovat s bezdrátovým modulem XBee.
- Plnit požadavky na minimalizaci proudové spotřeby.
- Předávat periodicky informace o stavu vyměnitelných baterii centrální jednotce.

### 2. Centrální jednotka

- Zastávat funkci koordinátora bezdrátové sítě ZigBee a řídit bezdrátový přenos.
- Komunikovat s GSM modulem a obstarávat jeho uspávání a probouzení v případě poplachu.
- Uchovávat údaje o nastavení systému a historii poplachů z jednotlivých senzorů.
- Periodicky se dotazovat všech zařízení, zda je vše v pořádku.
- Umožňovat připojení více libovolných senzorů.
- Splnit požadavky na minimální spotřebu elektrické energie.
- Obsahovat záložní baterii včetně obvodu pro její dobíjení.
- Obsahovat napájecí část v případě připojení na externí zdroj elektrické energie.

### 3. Senzor

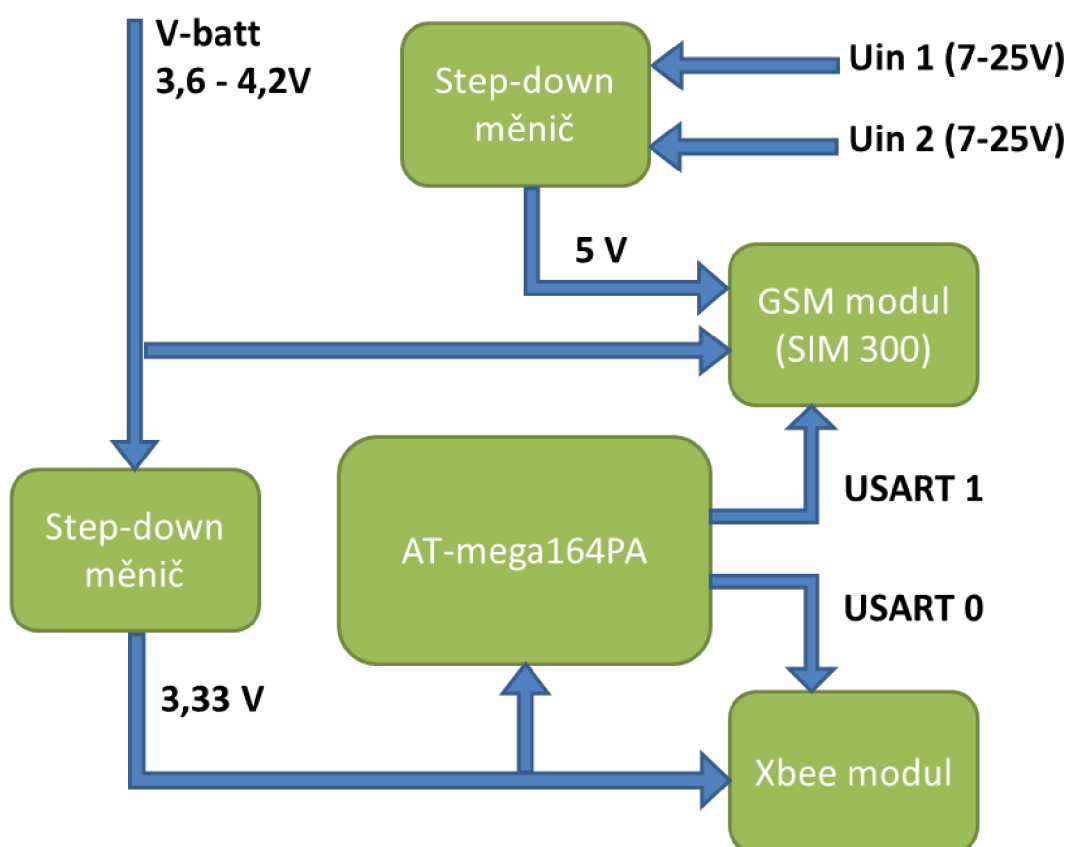
- Snímat údaj z magnetického senzoru.
- Komunikovat s XBee modulem a v topologii sítě zastávat funkci koncového zařízení.
- Zjišťovat stav baterie a uchovávat si informaci o jejím stavu.
- Periodicky podávat zprávy řídicí jednotce o stavu baterie a potvrzovací zprávu, že je vše v pořádku.
- Odesílat zprávy o okamžité změně stavu senzoru, např. otevření dveří.

### 4. Siréna

- V případě příjmu poplachového signálu vydávat výstražné zvukové znamení o narušení objektu.
- Komunikovat s modulem XBee a zastávat v topologii sítě funkci koncového zařízení z důvodu omezení proudové spotřeby.
- Kontrolovat stav své baterie včetně informace, zda nedošlo k narušení pouzdra, a předávat tuto informaci řídicí jednotce.

## 4.3 Centrální jednotka

Pro centrální jednotku byl zvolen mikrokontrolér AT-mega164PA od výrobce Atmel. Tento mikrokontrolér obsahuje podporu dvou komunikačních sběrnic USART, které jsou potřeba pro komunikaci s XBee a GSM modulem. Mezi další jeho výhody patří možnost nižšího napájecího napětí a tím i redukování proudové spotřeby. Kmitočet mikrokontroléru je nastaven pomocí vnitřního RC oscilátoru na 1 MHz, který představuje kompromis mezi dostatečným výkonem pro vykonávání instrukcí uvnitř systému a nízkou spotřebou. Mikrokontrolér je v provedení pouzdra TQFP 44 určené pro povrchovou montáž.



Obrázek 4 Blokové schéma centrální jednotky

Napájení centrální jednotky je zajištěno pomocí zálohovací baterie Li-Ion 3,6 V 4400 mAh. Toto napětí je dále redukováno pomocí spínaného měniče LM2671 na 3,3 V pro napájení mikrokontroléru a XBee modulu. Dobíjení je realizováno pomocí dvou vypínatelných vstupů, kde jako zdroj může být použito solárních panelů nebo síťového spínaného zdroje. Jak lze vidět z obrázku 4, vstupní napětí, které je limitováno rozsahem 7-25 V, je pomocí spínaného měniče A8499SLJT redukováno na 5 V. Toto napětí je dále přivedeno na vstup GSM modulu, který obsahuje obvody pro dobíjení Li-Ion baterie. Velikost zbývající energie v akumulátoru je zjišťována mikrokontrolérem, který pomocí komunikační sběrnice USART zjišťuje přes GSM modul údaj v procentech.

Konstrukční řešení je realizováno pomocí krabičky ABS-75Z od prodejce TME Electronics, ve které jsou vyvrtány otvory pro připojení externího dobíjecího napájení a pro umístění antén. Do konstrukční krabičky je možné DPS s centrální jednotkou umístit pomocí připevňovacích šroubů.

Jednou ze základních funkcí centrální jednotky je komunikace se všemi zařízeními v systému, z toho důvodu jsou adresy všech zařízení uloženy v paměti mikrokontroléru ihned po startu zařízení. Tento způsob pevného zadání adres umožní minimalizovat možné napadení systému. Komunikace probíhá pomocí API rámců dat, které obsahují informaci o adrese odesílatele. Toho je využito ke srovnání adresy s vnitřní pamětí a tím k určení, z jakého zařízení data přišla.

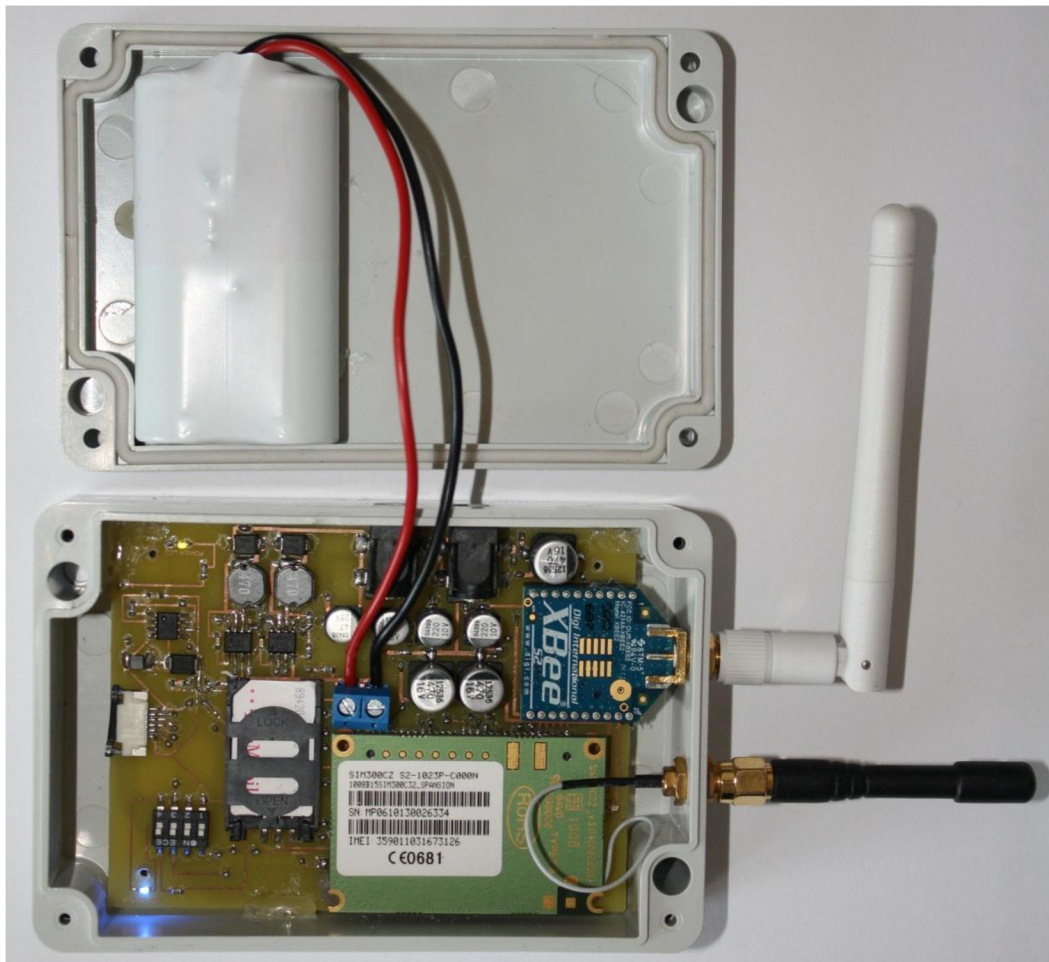
V případě příjmu kódu, který odeslala klávesnice, je porovnán s kódem uloženým ve vnitřní paměti mikrokontroléru, ve které byl uložen ihned po startu zařízení. Pokud je kód správný, dojde k odeslání potvrzující zprávy klávesnici o zahájení odpočtu dvaceti sekund, po kterém dojde k zabezpečení objektu. Při příjmu zprávy ze senzoru o změně magnetického kontaktu dojde k opětovné aktivaci odečtu, ve kterém musí být zadán správný kód. Příjem správného kódu vyvolá odzabezpečení systému. Pokud nedojde k příjmu správného kódu v časovém limitu, je spuštěn alarm, který je odeslán na sirénu a klávesnici systému. Při spuštění alarmu dojde zároveň k odeslání SMS zprávy na telefonní číslo, které je také uloženo v paměti mikrokontroléru.

Komunikace s GSM modulem probíhá přes rozhraní USART. Je využíváno AT příkazů, pomocí kterých je GSM modul nastavován. Po každém odeslaném příkazu je jeho provedení ověřeno přijetím potvrzení od GSM modulu. Po startu celého systému je modul zapnut přes vstupně-výstupní port mikrokontroléru přivedeným na vstup GSM modulu. Následně je poslána sada příkazů, pomocí kterých dojde k nastavení modulu do režimu minimální funkčnosti, během kterého jsou vypnuty všechny rádiové části modulu, a tím je redukována spotřeba na minimum. V případě odesílání SMS zprávy je modul s dostatečným předstihem uveden do plné funkčnosti, aby došlo k připojení do GSM sítě. Následně je modul nastaven pro odesílání zprávy v textovém režimu, po kterém následuje vlastní text zprávy.

Pokud dojde k připojení senzoru nebo sirény do systému, je spuštěn odpočet doby, během které musí dojít k pravidelnému příjmu dat od senzoru nebo sirény. Pokud se tak nestane během jedné minuty, je v případě zabezpečeného objektu vyvolán poplach stejný jako v případě narušení magnetického kontaktu senzoru. Po vyvolání poplachu je odeslána SMS zpráva o informování, že senzor neodpověděl ve stanoveném čase.



Obrázek 5 Celkový pohled na centrální jednotku

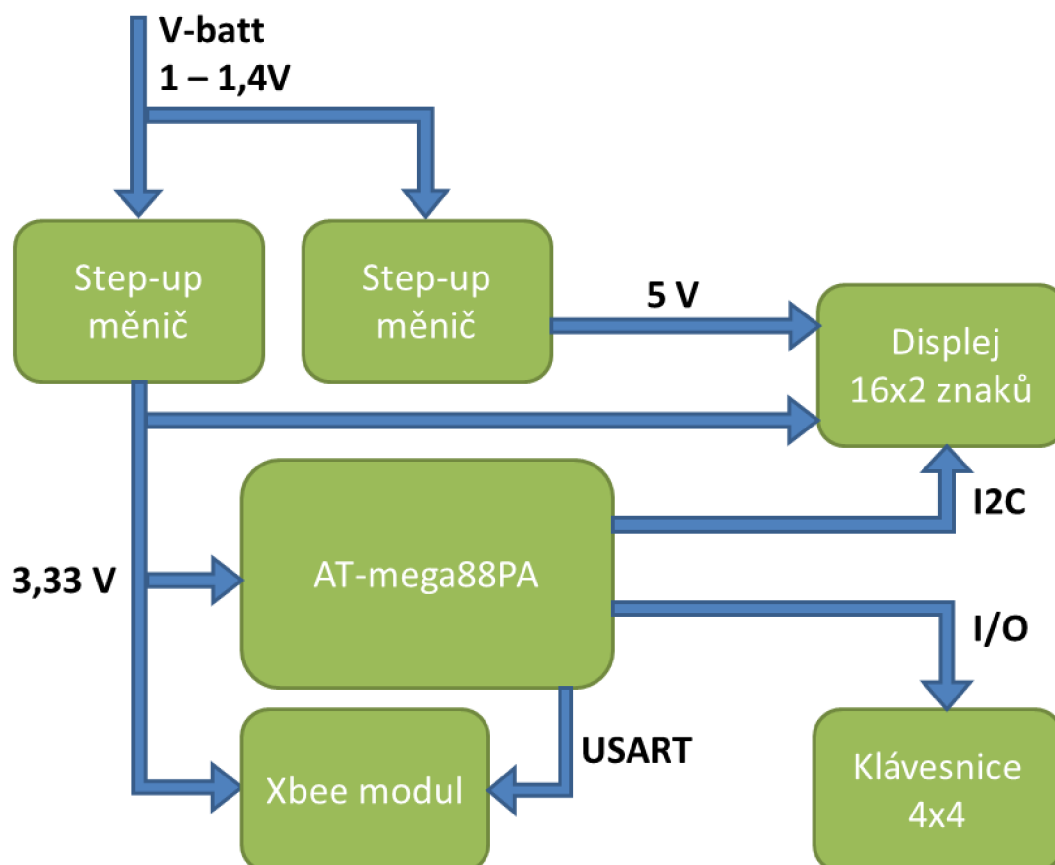


Obrázek 6 Detail centrální jednotky



## 4.4 Klávesnice

Pro klávesnici systému byl zvolen mikrokontrolér AT-mega88PA. Tento mikrokontrolér představuje levné a úsporné řešení z hlediska spotřeby pro využití v bateriově napájené aplikaci. Kmitočet je nastaven na 1 MHz z vnitřního RC oscilátoru.

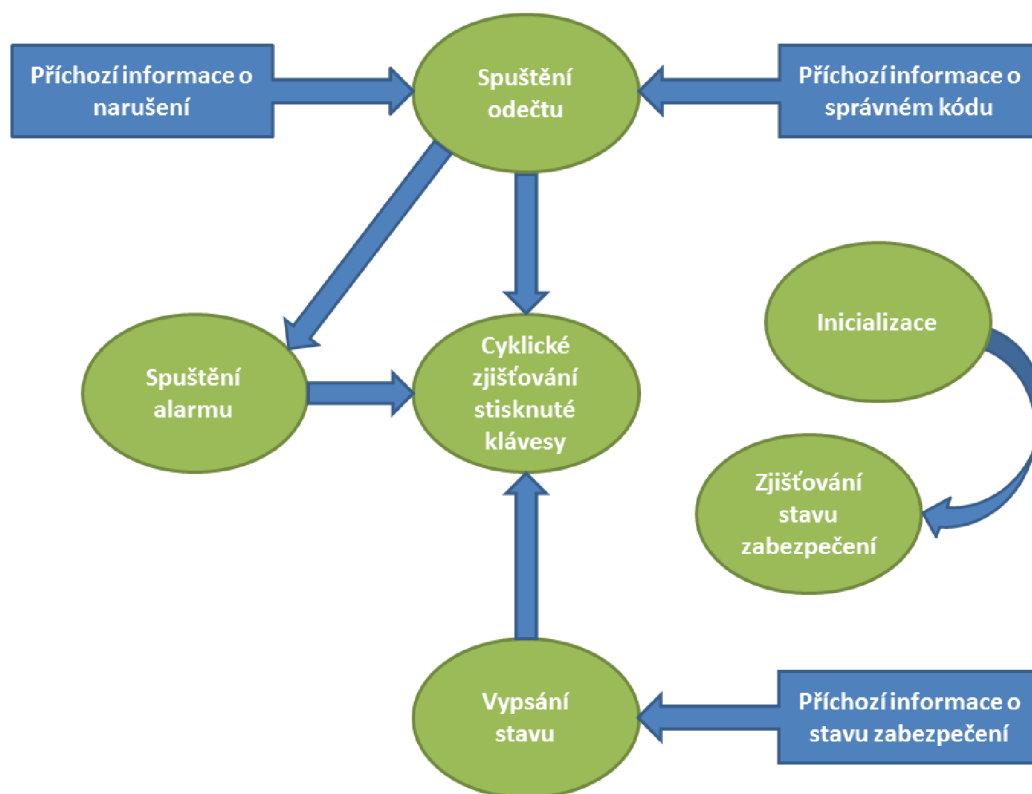


Obrázek 7 Blokové schéma klávesnice

Jak lze vidět na obrázku 7, napájení celého systému je zajištěno pomocí napětí 1 – 1,4 V. Jako zdroj energie je použito nabíjecích Ni-MH akumulátorů zapojených paralelně. Toto napětí je dále pomocí dvou step-up měničů ST L6920DB měněno na 3,3 V a 5 V. Napětím 3,3 V je napájen mikrokontrolér, XBee modul a LCD displej. Napětí 5 V je nutné pro nastavení kontrastu LCD displeje.

Jako zobrazovací jednotka byl zvolen reflexní znakový displej BTHQ21605V od společnosti Batron. Displej obsahuje dva řádky po šestnácti znacích. Komunikace mezi mikrokontrolérem a displejem probíhá po sběrnici I2C, kde displej v topologii sběrnice zastává funkci SLAVE zařízení. Mezi hlavní výhody tohoto displeje se řadí nízká proudová spotřeba, která v případě zapnutí všech funkcí dosahuje maximálně 260  $\mu\text{A}$ , dále možnost komunikace výše zmíněnou sběrnici a napájení řadiče displeje napětím 3,3 V [18].

Pro konstrukční řešení byl použit kryt ABS-33C od dodavatele TME Electronics. V krytu byly provedeny potřebné konstrukční úpravy pro umístění maticové klávesnice a LCD displeje. V případě zmáčknutí klávesy, popřípadě při vyvolání poplachu, je signalizován zvukový signál pomocí piezoelektrické sirény BPT-24BX od výrobce Bestar. Piezoelektrická siréna disponuje vlastním generátorem frekvence na kmitočtu 2,8 kHz a maximální spotřebou 8 mA.

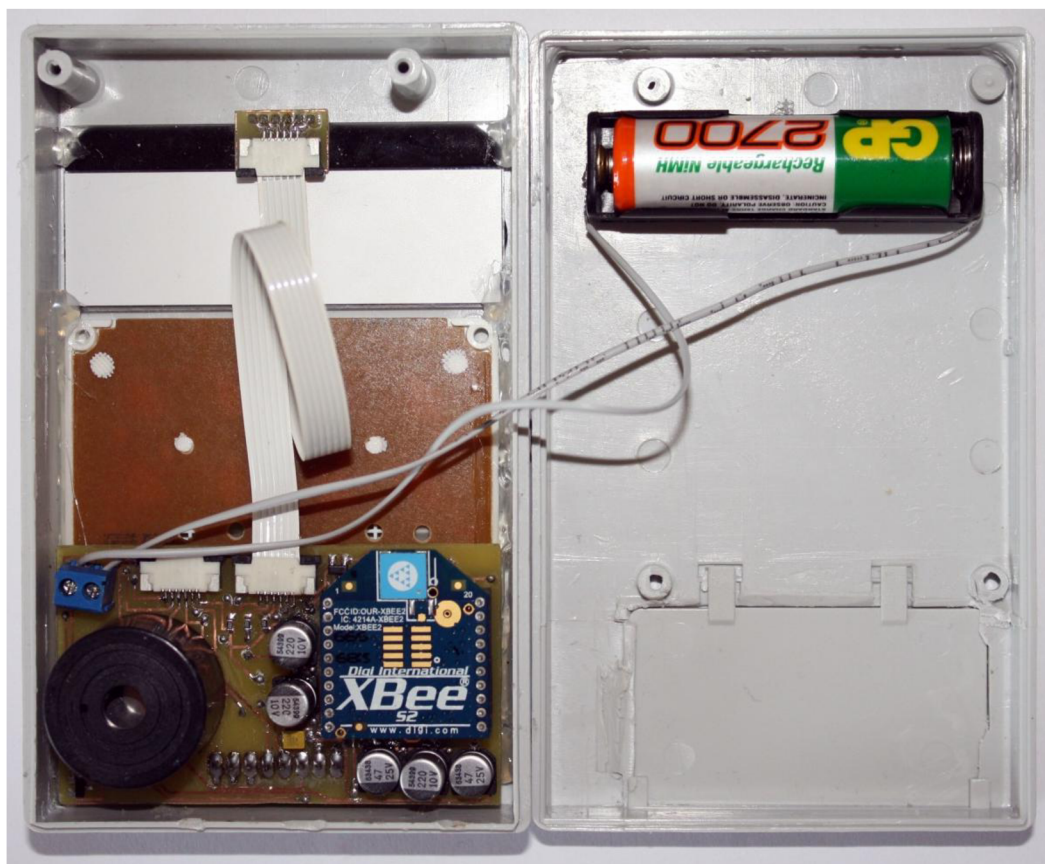


Obrázek 8 Základní funkční diagram klávesnice

Na obrázku 8 je zobrazen základní funkční popis klávesnice. Při zapnutí klávesnice jsou nejprve inicializovány všechny vnitřní funkce a je uložena do paměti adresa řídicí jednotky, která slouží pro správnou adresaci a kontrolu příchozích dat. V prvním kroku klávesnice periodicky zjišťuje, zda je celý systém zabezpečen, či nikoliv. Zde lze i ověřit funkčnost bezdrátového spojení s centrální jednotkou. Po příchozím potvrzení příjmu a přijetí informace o stavu systému je tento stav vypsán na displej klávesnice. Základní funkce systému spočívá v periodické kontrole stisknutí klávesy z maticové klávesnice. V případě zadání kódu a odesláním pomocí písmena A je odeslán tento kód na řídicí jednotku, která odpoví, zda se jedná o správný kód. V případě špatně zadaného kódu se zobrazí tato informace na displeji a je indikována zvukovým znamením, v opačném případě dojde ke spuštění odpočtu limitu dvaceti sekund, který slouží k opuštění střeženého prostoru. Odečet je realizován akustickou signalizací a zobrazením na displeji. V případě přijetí zprávy o narušení prostoru je opět spuštěn odečet, během kterého musí být zadán správný kód na deaktivaci alarmu. Pokud nebude v této době zadán správný kód, spustí se nepřetržitý akustický signál indikující alarm systému.



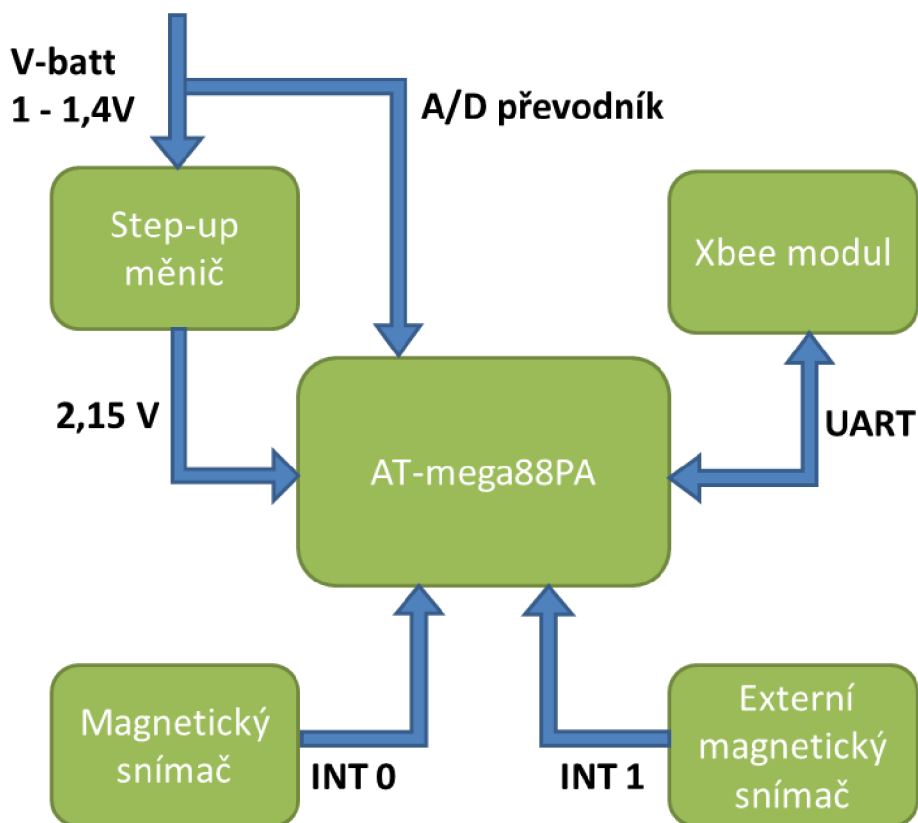
Obrázek 9 Celkový pohled na klávesnici



Obrázek 10 Detail klávesnice

## 4.5 Senzor

Pro senzor byl zvolen mikrokontrolér AT-mega88PA v pouzdru TQFP 32 určený pro povrchovou montáž. Hodinový kmitočet je zvolen 125 kHz z důvodů maximální úspory energie.



Obrázek 11 Blokové schéma senzoru

Jako zdroj energie je použito dvou Ni-MH akumulátorů zapojených paralelně. Napětí akumulátorů je dále přivedeno na převodník AD mikrokontroléru, který zjišťuje procentuální velikost napětí. Jak lze vidět na obrázku 11, napájecí napětí pro mikrokontrolér a Xbee modul je převedeno pomocí měniče ST L6920DB na 2,15 V, díky kterému lze snížit spotřebu na minimum.

Pro snímač otevření dveří je použito magnetického jazýčkového relé Meder C-A7, které při přiblížení magnetu na vzdálenost 2 cm sepne kontakty. Toho je využito k rozpoznání otevřených, popřípadě zavřených dveří. V případě změny na vstupu z magnetického relé je tento stav okamžitě poslán řídicí jednotce, včetně informace, zda se jedná o otevření, nebo zavření dveří.

Spotřeba celého senzoru byla změřena 600  $\mu$ A. Při použití dvou akumulátorů o kapacitě 1000 mAh je možný nepřetržitý provoz senzoru po dobu 138 dní bez uvažování samovybití akumulátorů. V případě vybití akumulátorů řídicí jednotka rozpozná odpojení senzoru od sítě a bude postupovat podobně jako v případě narušení senzoru.



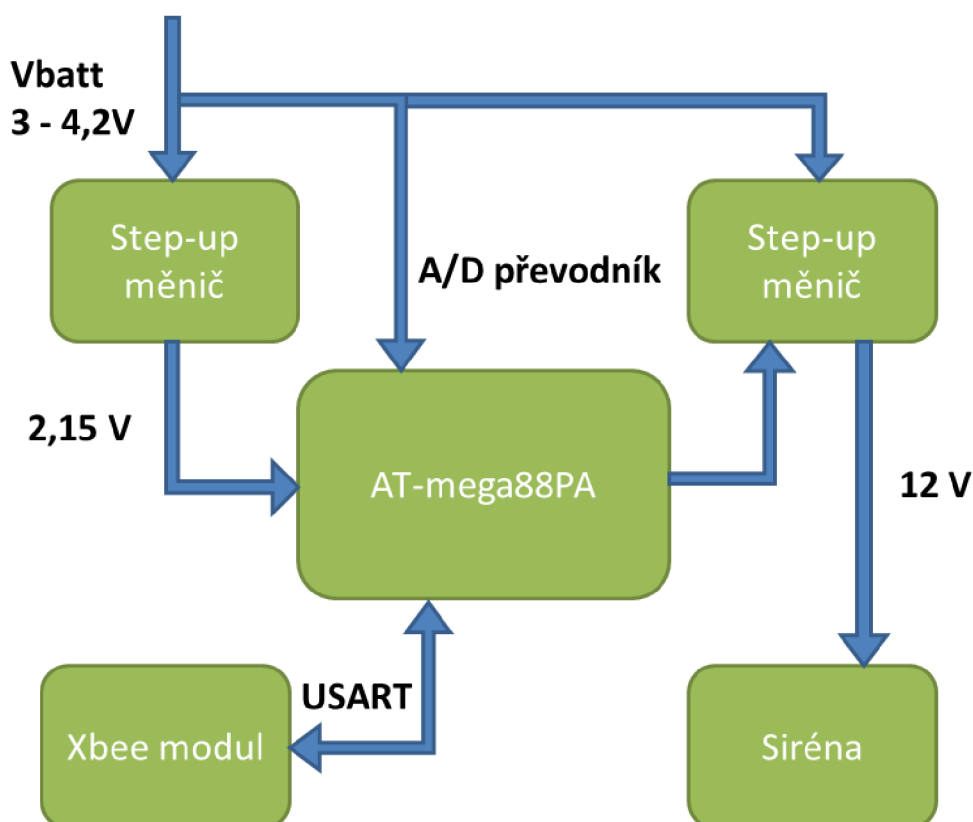
Obrázek 12 Celkový pohled na senzor



Obrázek 13 Detail senzoru

## 4.6 Siréna

Podobně jako u klávesnice a senzoru je pro sirénu použit mikrokontrolér AT-mega88PA, který je taktován na kmitočet 125 kHz.



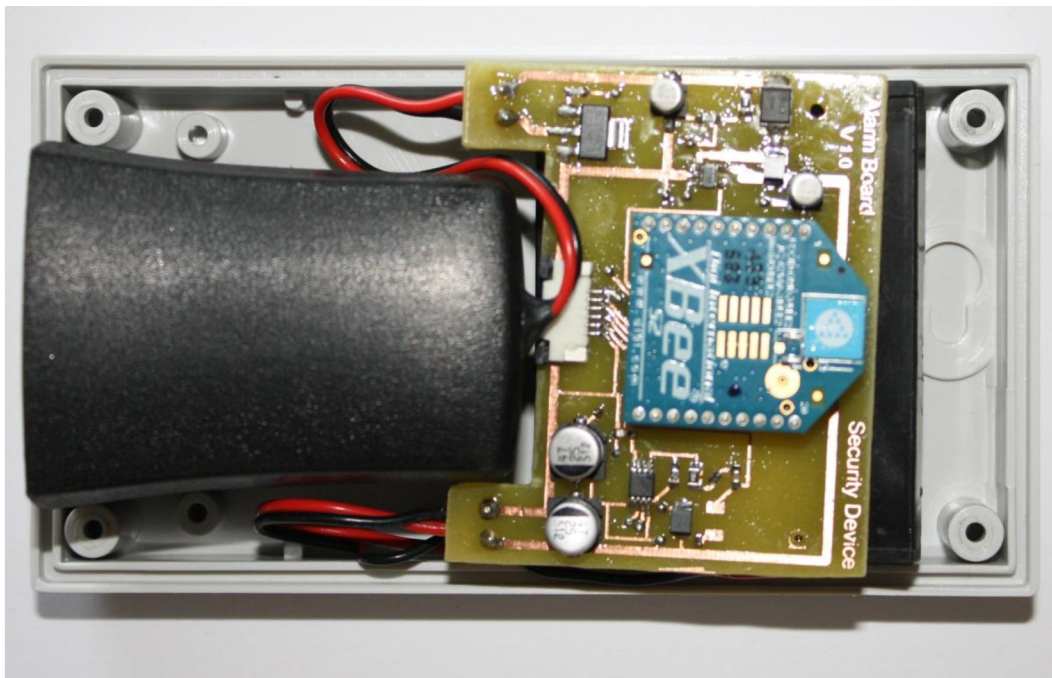
Obrázek 14 Blokové schéma sirény

Pro napájení sirény je využito vzestupného měniče napětí LM 2704 od výrobce National Semiconductor, který mění napětí ze vstupních 3 V na 12 V. Jako akustický signalizátor je použita piezosiréna BPS-4510 od výrobce Bestar. Zapínání piezosirény je provedeno pomocí vypínání měniče a výkonového tranzistoru BDP949 umístěného na vstupu. Napájení mikrokontroléru a XBee modulu je realizováno napětím 2,15 V přes napěťový měnič ST L6920DB. Jako zdroj energie je použito tři Ni-MH akumulátorů zapojených sériově, celkové napájecí napětí se tedy pohybuje v rozmezí 3 – 4,2 V podle stavu nabití. Konstrukční řešení je realizováno použitím krytu PP77GA výrobce Supertronic.

V případě přijetí informace o vyvolání alarmu je spuštěna siréna po dobu dvou minut, přičemž ve druhé minutě je siréna průerušovaně vypínána. Po uplynutí dvou minut je siréna vypnuta z důvodu úspory energie. Pokud dojde během poplachu k přijetí informace o odzabezpečení objektu, dojde k vypnutí sirény. Siréna periodicky podává zprávu o stavu celého systému, toho může být použito pro odhalení případného narušení sirény nebo vybití akumulátorů.



Obrázek 15 Celkový pohled na sirénu



Obrázek 16 Detail sirény

## 3 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout zabezpečovací zařízení pro samostatně stojící objekt, které splňuje nároky na bezpečnost a minimální proudový odběr, vybrat vhodné řešení a kompletní realizaci včetně konstrukčního řešení.

Práce obsahuje teoretický úvod do problematiky mikrokontrolérů AVR a bezdrátové komunikace, výběr jednotlivých modulů a rozbor řešení projektu včetně stanovení požadavků na jednotlivé části systému. Dále obsahuje návrh jednotlivých zařízení včetně stručného vypsání funkce jednotlivých prvků systému. Jednotlivé prvky systému byly zkonstruovány a byly odzkoušeny všechny jejich základní funkce.

Proudový odběr centrální jednotky při zapnutí všech funkcí činí 160 mA, při vypnutém GSM modulu pak 40 mA. Díky použitému solárnímu dobíjení centrální jednotky z 5 W panelů je provoz prodloužen na neomezenou pracovní dobu bez potřeby dobíjení ze síťového napájecího zdroje. Provoz sirény a klávesnice je omezen dobou jednoho měsíce, během které musí dojít k výměně baterií. Provoz senzoru je prodloužen až na dobu tří měsíců nepřetržité funkčnosti.

Díky použitému typu piezosirény je docíleno silného akustického tlaku, který plně postačuje pro odrazení narušitele a pro případné upozornění obyvatel v okolí. Konstrukce všech zařízení je provedena v minimálních možných rozměrech, které umožňují snížit výrobní cenu.

Základní požadavky kladené na projekt byly splněny, avšak v dalším pokračování na projektu by bylo možné více redukovat proudovou spotřebu klávesnice a sirény pomocí vypínání periferií ve stavu zabezpečeného systému, jako jsou například displej, klávesnice a vnitřní napěťové měniče. Je potřeba implementovat možnost čtení příchozích SMS zpráv, na které by následně centrální jednotka odpověděla vypsáním zprávy o stavu baterií a optimalizovat systém pro rozpoznání nízkého stavu baterií a informování uživatele na telefonní číslo prostřednictvím SMS zprávy. Dále by bylo možné zkonstruovat pohybové PIR čidlo pro rozpoznání pohybu v prostoru a tím zvýšit možnost odhalení narušení.

V elektronické příloze jsou přiloženy programy pro jednotlivá zařízení v systému, včetně veškeré dokumentace pro jejich výrobu. Jsou přiloženy i dokumentace k jednotlivým použitým mikrokontrolérům a napěťovým měničům použitých v projektu.



## 4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] VÁŇA, Vladimír. *Mikrokontroléry ATMEL AVR : popis procesoru a instrukční soubor*. 1. vydání. Praha : BEN - technická literatura, 2003. 336 s. ISBN 80-7300-083-0.
- [2] AVR. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 1. 3. 2007, last modified on 19. 11. 2011 [cit. 2011-12-01]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/AVR>>.
- [3] Atmel Corporation: ATmega128 Datasheet (Rev. 2467X-06/11) [online], [citováno 3. 12. 2011]<[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2467.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf)>
- [4] DŘÍNEK, Milan. *Architektura AVR* [online]. 05. 05. 2000 [cit. 2011-12-03]. Architektura AVR v kostce. Dostupné z WWW: <[http://avr.hw.cz/architektura/arch\\_avr.html](http://avr.hw.cz/architektura/arch_avr.html)>.
- [5] KARAS, Ondrej. *Programujte.com* [online]. 20. 11. 2006 [cit. 2011-12-03]. AVR – USART. Dostupné z WWW: <<http://programujte.com/clanek/2006111611-avr-usart/>>.
- [6] DUDÁČEK, K. *Sériová rozhraní SPI, Microwire, I2C a CAN* [online], [citováno 6. 12. 2011] <[http://home.zcu.cz/~dudacek/NMS/Seriova\\_rozhrani.pdf](http://home.zcu.cz/~dudacek/NMS/Seriova_rozhrani.pdf)>
- [7] Bezdrátová komunikace. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 17. 8. 2006, last modified on 17. 8. 2011 [cit. 2011-11-18]. Dostupné z WWW: < [http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezdrátová\\_komunikace](http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezdrátová_komunikace) >.
- [8] LAJCMAN, Aleš. *Advanced Radio Telemetry / A. R. T.* [online]. Červenec 2010 [cit. 2011-11-19]. Přenos signálů mezi rádiovými moduly. Dostupné z WWW: <<http://www.artbrno.cz/index.php/technical-articles/theory-experience/46-signals-between-radio-modules>>.
- [9] Bluetooth. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 25. 6. 2005, last modified on 2. 11. 2011 [cit. 2011-11-19]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>>.
- [10] GSM. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 28. 3. 2005, last modified on 25. 2. 2007 [cit. 2011-11-19]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/GSM>>.
- [11] Wi-Fi. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 9. 11. 2004, last modified on 19. 11. 2011 [cit. 2011-11-20]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>>.
- [12] ZigBee. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 9. 7. 2005, last modified on 9. 7. 2011 [cit. 2011-11-20]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/ZigBee>>.

- [13] VOJÁČEK , Antonín. *HW.cz | Vše o elektronice a programování* [online]. 2005-06-07 [cit. 2011-11-20]. ZigBee - novinka na poli bezdrátové komunikace. Dostupné z WWW: <<http://www.hw.cz/rozhrani/zigbee/index.html>>.
- [14] VOJÁČEK, Antonín. *Bezdrátová komunikace ZigBee a obvody Freescale | HW.cz* [online]. 2007-07-31 [cit. 2011-11-22]. Bezdrátová komunikace ZigBee a obvody Freescale. Dostupné z WWW: <<http://www.hw.cz/novinky/freescale/art1997-bezdratova-komunikace-zigbee-obvody-freescale.html>>.
- [15] DIGI INTERNATIONAL: XBee-PRO®868 RF Modules [online], [citováno 24. 11. 2011] <[http://ftp1.digi.com/support/documentation/90001020\\_B.pdf](http://ftp1.digi.com/support/documentation/90001020_B.pdf)>
- [16] DIGI INTERNATIONAL: XBee®/XBee-PRO® ZB RF Modules [online], [citováno 24. 11. 2011] <[http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976\\_H.pdf](http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976_H.pdf)>
- [17] TELEGESIS: *XBee® & XBee-PRO® ZB* [online], [citováno 24. 11. 2011] <<http://www.telegesis.com/downloads/general/ETRX35x-LR Product Brief.pdf>>
- [18] BATRON: *BTHQ21605V-FSRE-I2C-COG* [online], [citováno 17. 5. 2012] <[http://www.data-modul.com/tl\\_files/dm/data/specification\\_BT60306.pdf](http://www.data-modul.com/tl_files/dm/data/specification_BT60306.pdf)>

## 5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

RISC	Reduced Instruction Set Computer
SRAM	Static Random Access Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
JTAG	Joint Test Action Group
LCD	Liquid Crystal Display
DMA	Direct Memory Access
USB	Universal Serial Bus
CAN	Controller Area Network
PWM	Pulse Width Modulation
FPGA	Field Programmable Gate Array
DSP	Digital Signal Processor
SIMD	Single Instruction Multiple Data
ARM	Advanced RISC Machine
ALU	Arithmetic Logic Unit
LED	Light-Emitting Diode
IrDA	Infrared Data Association
CD	Compact Disc
DVD	Digital Versatile Disc
GSM	Global System for Mobile Communications
GPRS	General Packet Radio Service
CDMA	Code Division Multiple Access
WPA	Wi-Fi Protected Access
PAN	Personal Area Network
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	Industrial, Scientific and Medical
AES	Advanced Encryption Standard
SMT	Surface Mount Technology
SMS	Short Message Service

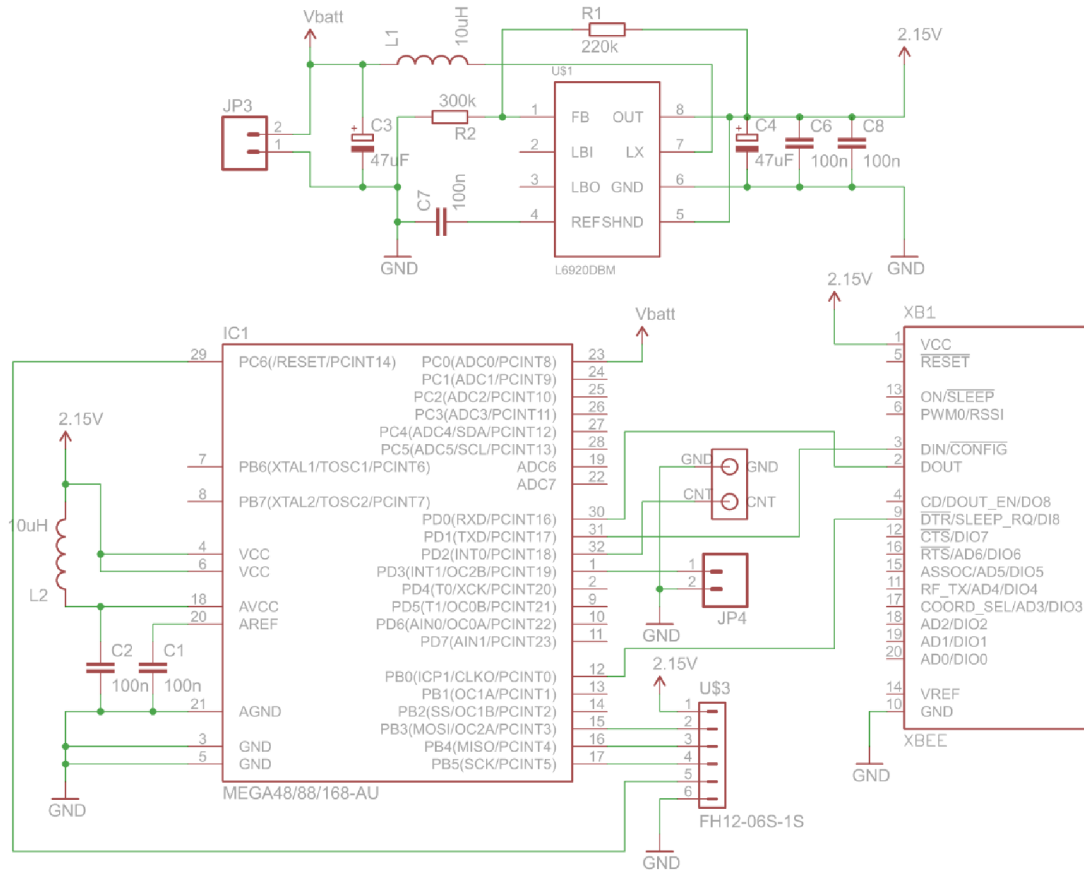
# 6 SEZNAM PŘÍLOH

## 6.1 Seznam příloh přiložených k práci

- Příloha 1: Schéma zapojení senzoru
- Příloha 2: Schéma zapojení sirény
- Příloha 3: Schéma zapojení klávesnice
- Příloha 4: Schéma zapojení centrální jednotky
- Příloha 5: Osazovací plán senzoru
- Příloha 6: Osazovací plán sirény
- Příloha 7: Osazovací plán klávesnice
- Příloha 8: Osazovací plán centrální jednotky
- Příloha 9: Přední strana DPS senzoru
- Příloha 10: Zadní strana DPS senzoru
- Příloha 11: Přední strana DPS sirény
- Příloha 12: Zadní strana DPS sirény
- Příloha 13: Přední strana DPS klávesnice
- Příloha 14: Zadní strana DPS klávesnice
- Příloha 15: Přední strana DPS centrální jednotky
- Příloha 16: Zadní strana DPS centrální jednotky

## 6.2 Seznam příloh na DVD

- Zdrojové kódy pro senzor, sirénu, klávesnici a centrální jednotku.
- Návrh DPS v programu Eagle.
- Dokumentace k použitým komunikačním modulům, mikrokontrolérům, napěťovým měničům a LCD displeji.
- Bakalářská práce v PDF formátu.



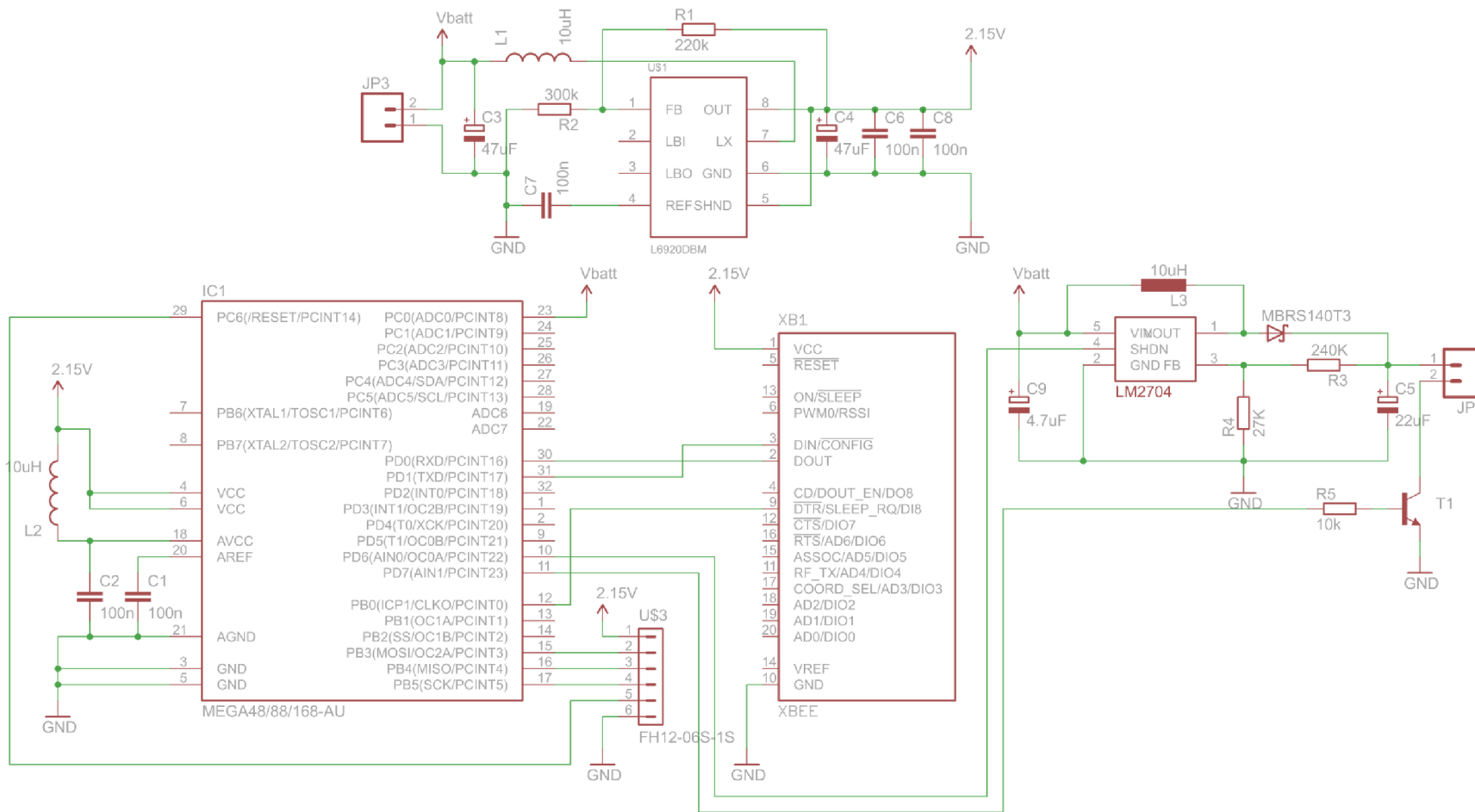
## Schéma zapojení senzoru

Autor: Marek Papoušek

Zabezpečovací zařízení

Datum: 22.3.2012 17:36

Strana 1/1



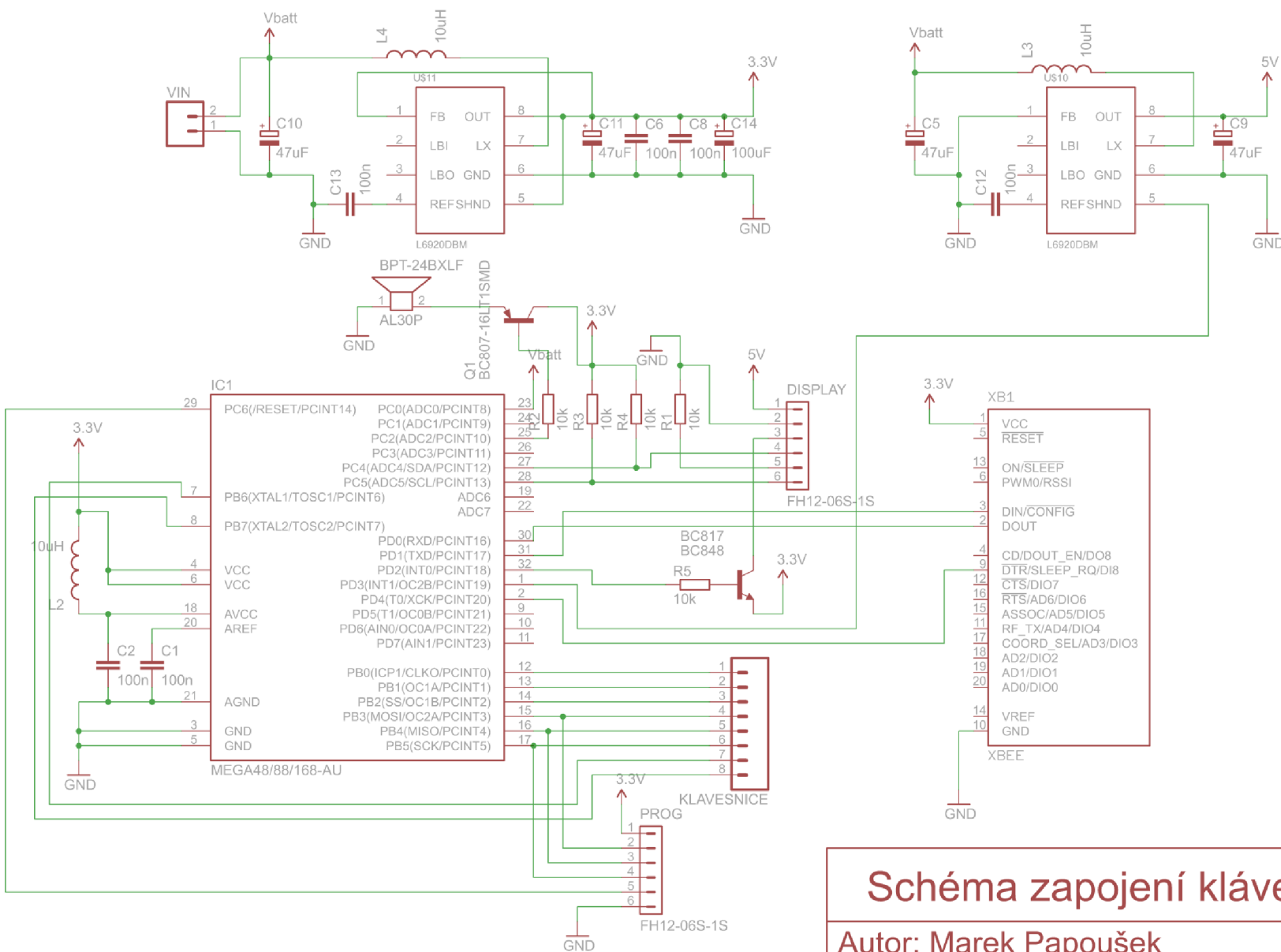
## Schéma zapojení sirény

Autor: Marek Papoušek

Zabezpečovací zařízení

Datum: 22.3.2012

Strana: 1/1



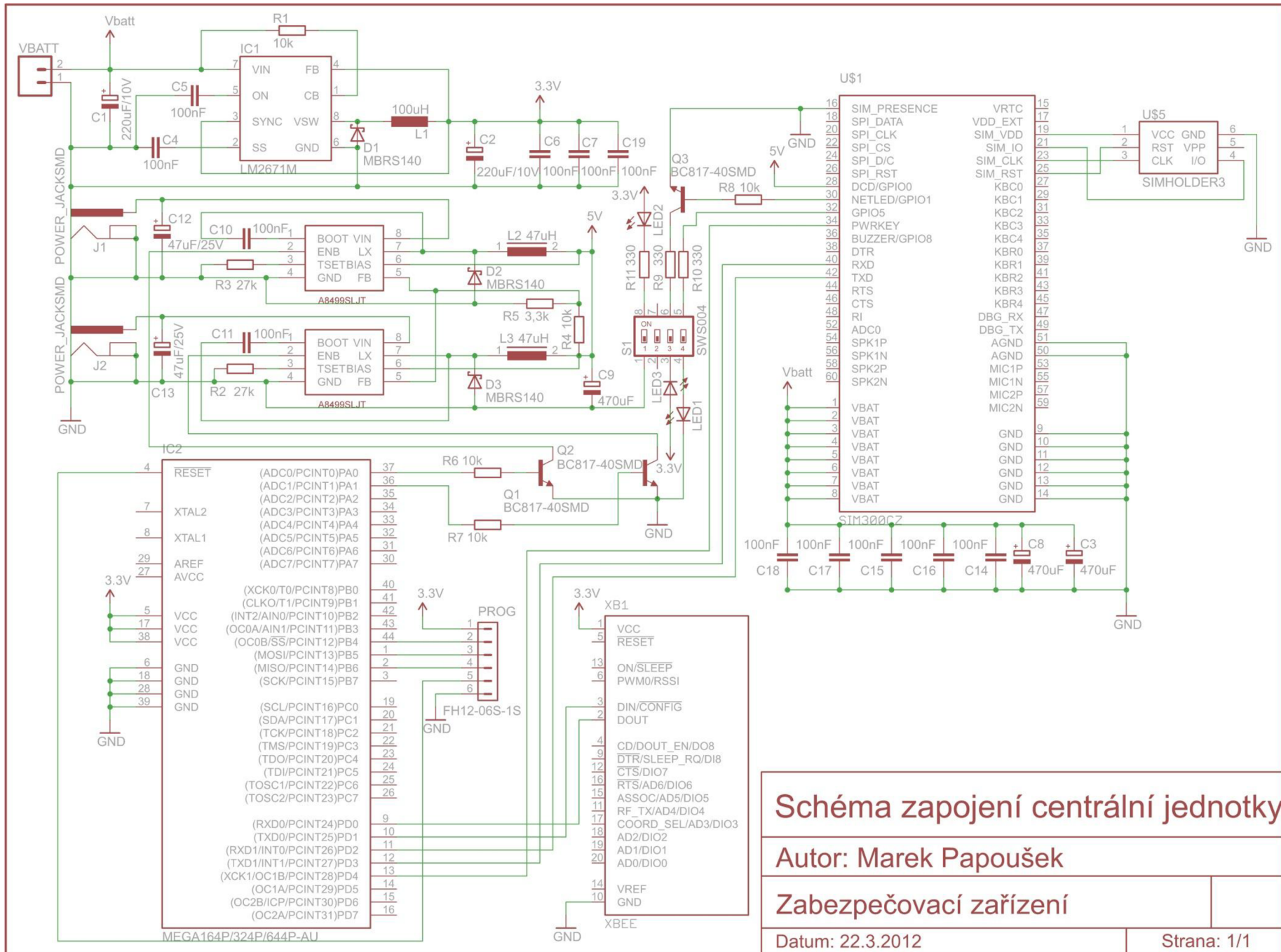
## Schéma zapojení klávesnice

Autor: Marek Papoušek

Zabezpečovací zařízení

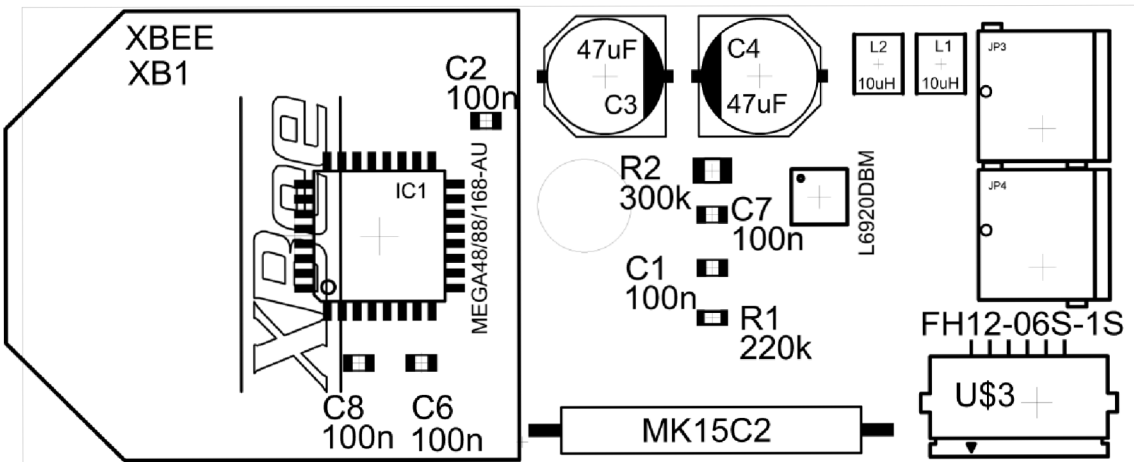
Datum: 22.3.2012

Strana: 1/1

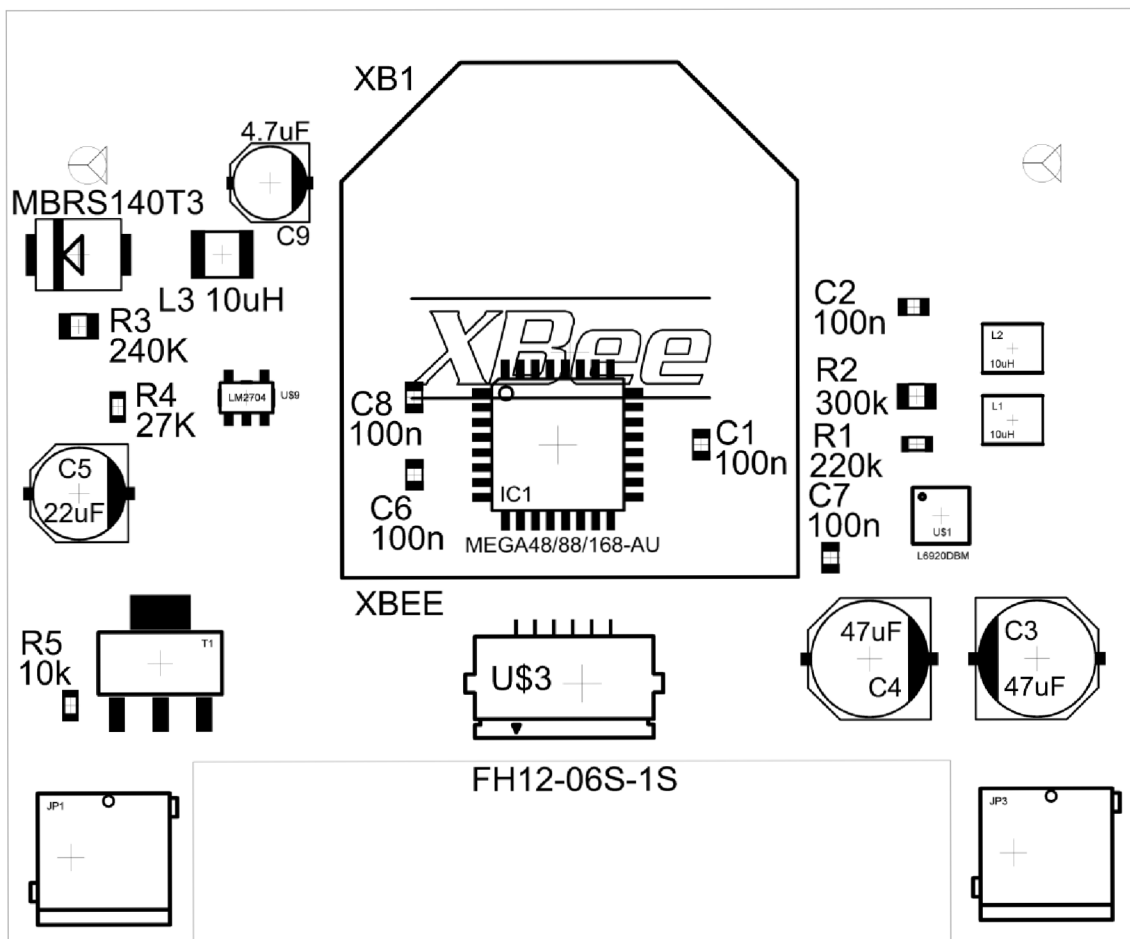




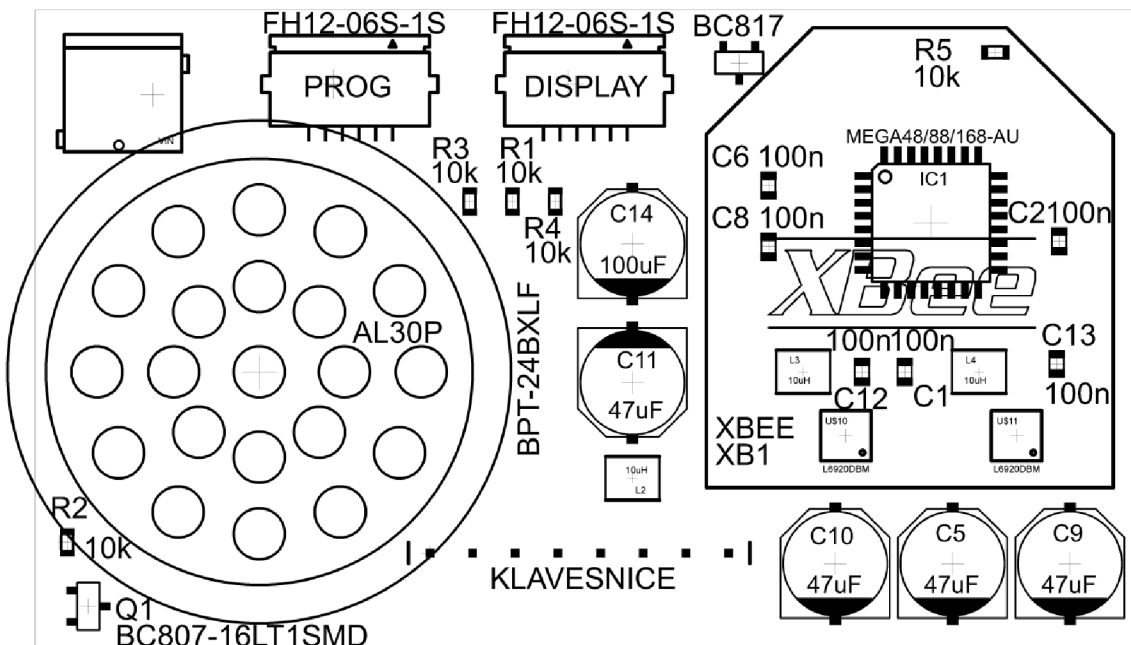
### Příloha 5 Osazovací plán senzoru



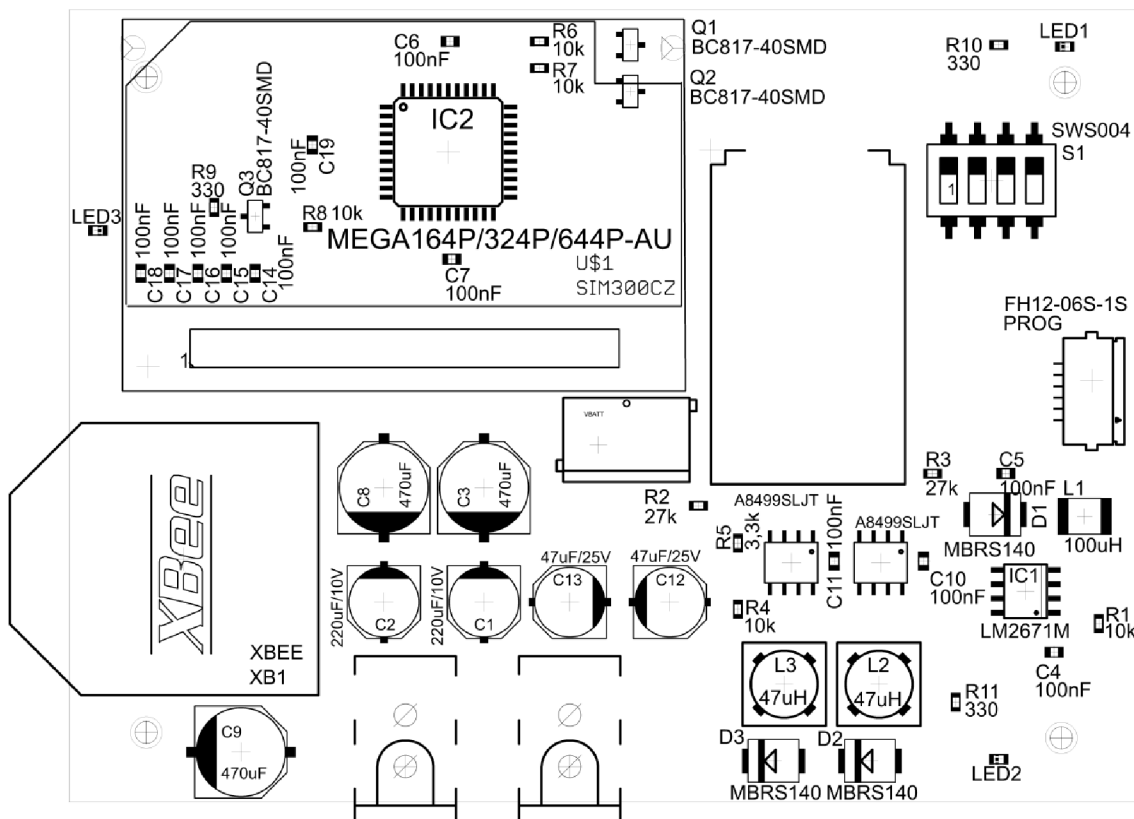
### Příloha 6 Osazovací plán sirény



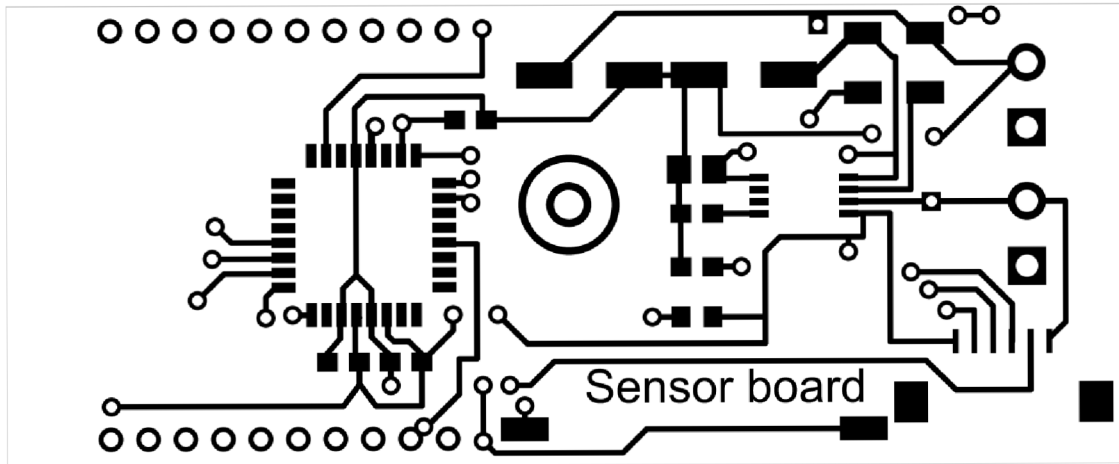
## Příloha 7 Osazovací plán klávesnice



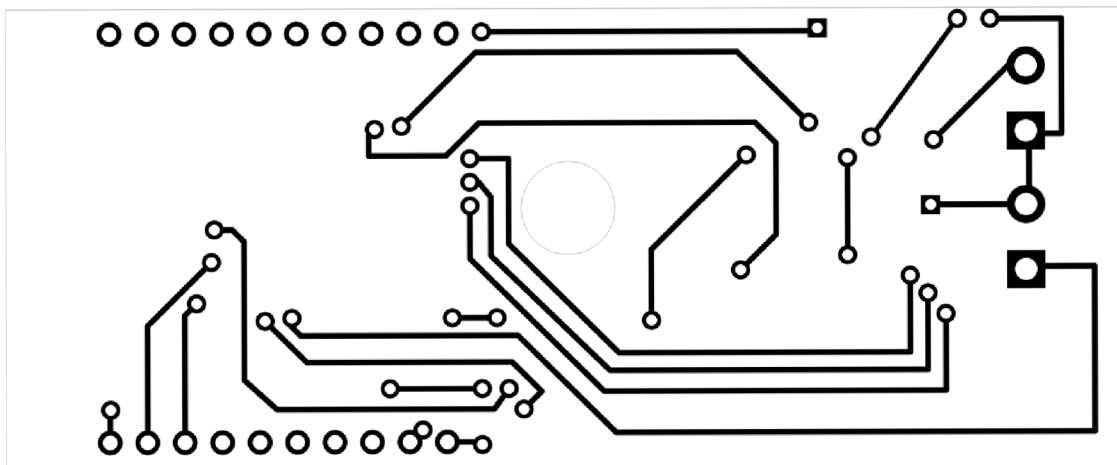
## Příloha 8 Osazovací plán centrální jednotky



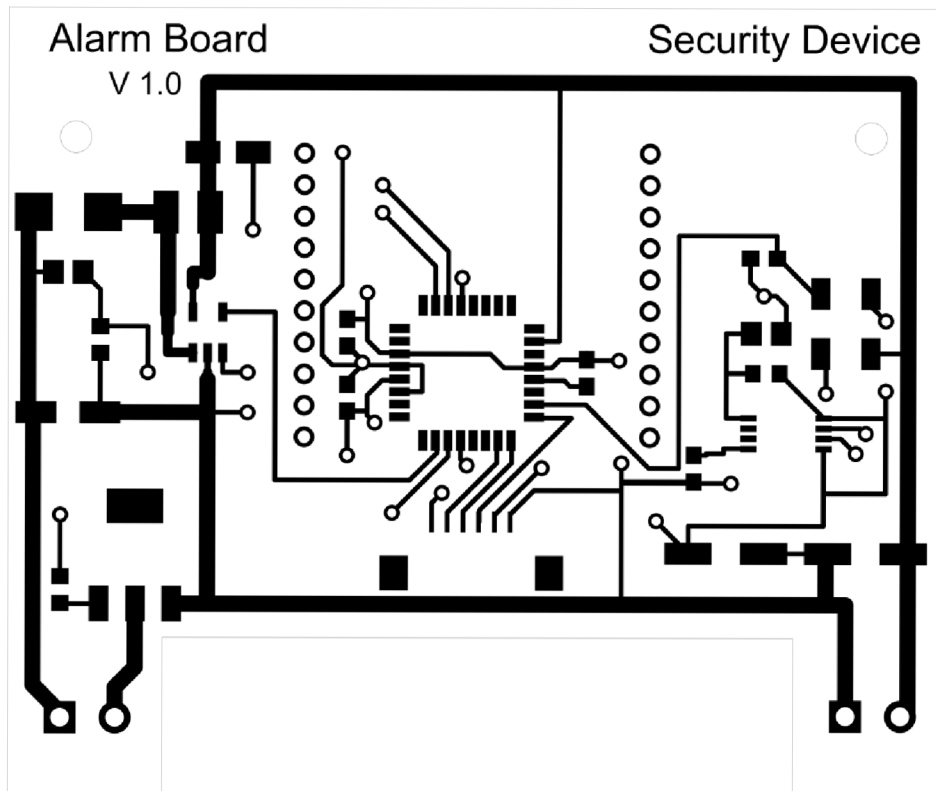
Příloha 9 Přední strana DPS senzoru



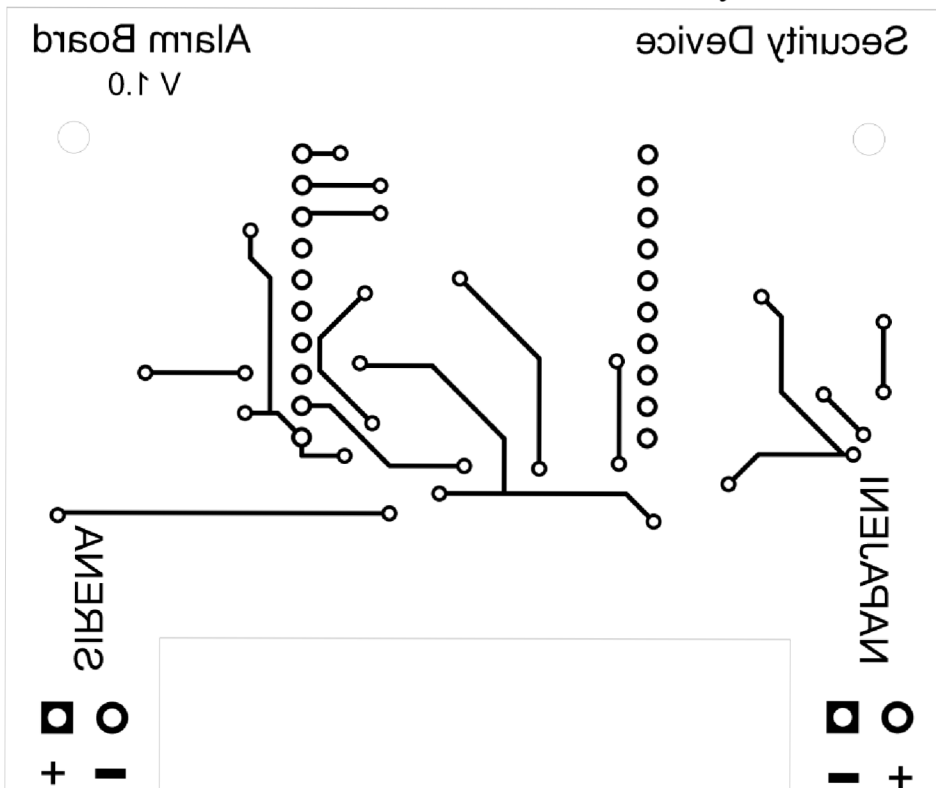
Příloha 10 Zadní strana DPS senzoru



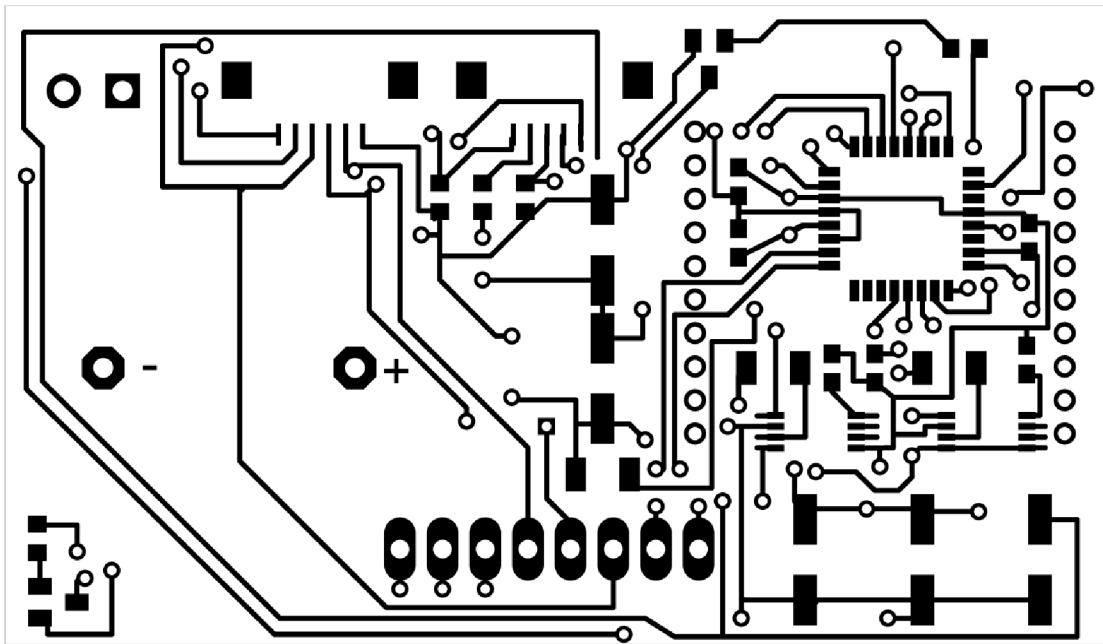
Příloha 11 Přední strana DPS sirény



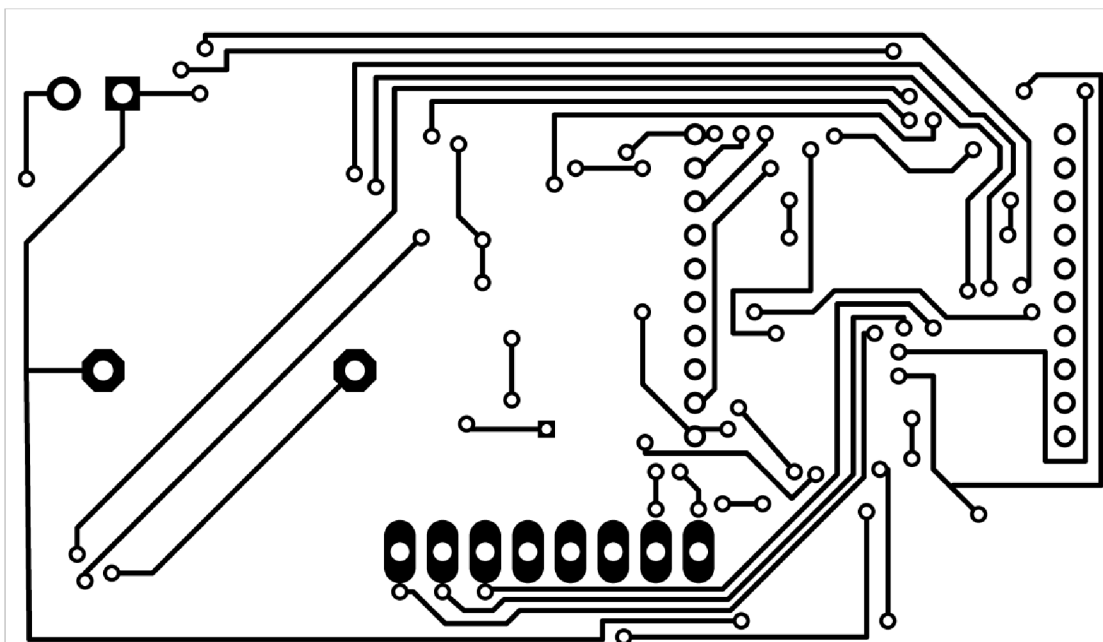
Příloha 12 Zadní strana DPS sirény



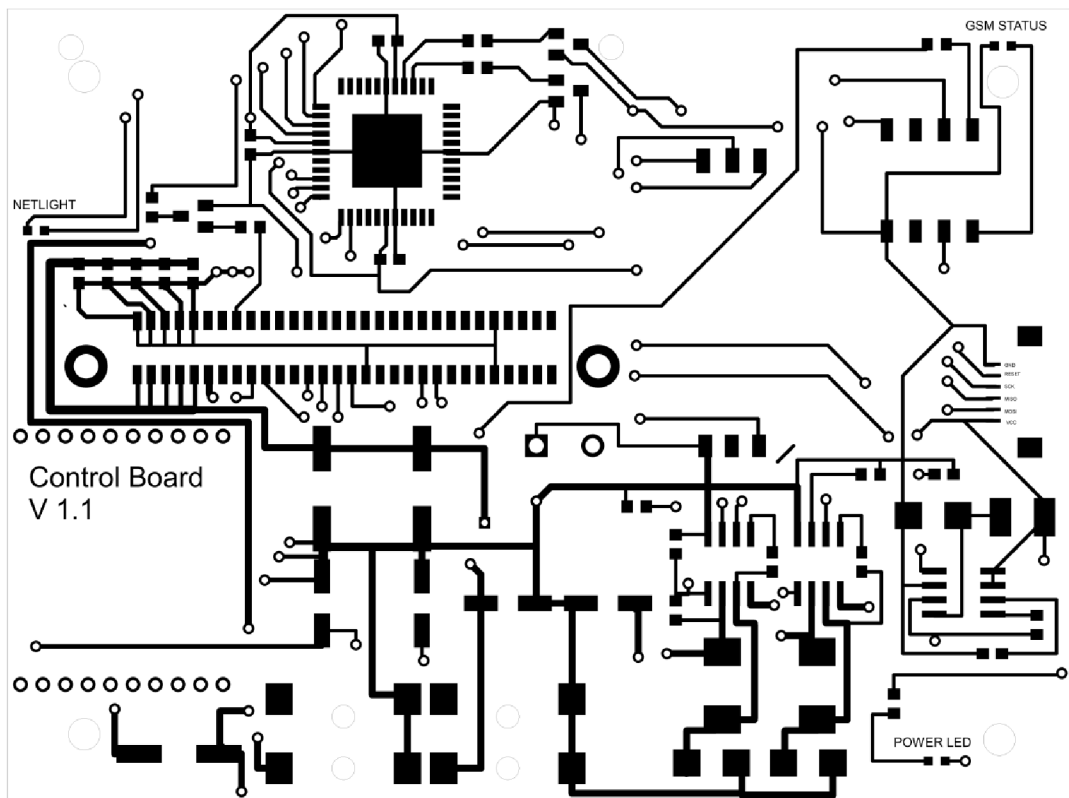
Příloha 13 Přední strana DPS klávesnice



Příloha 14 Zadní strana DPS klávesnice



Příloha 15 Přední strana DPS centrální jednotky



Příloha 16 Zadní strana DPS centrální jednotky

