

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM VYUŽÍVAJÍCÍ GSM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

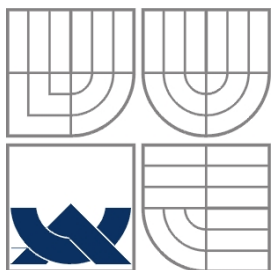
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

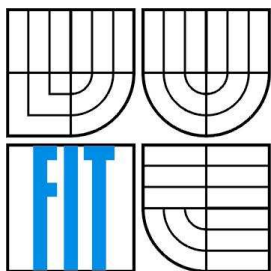
AUTHOR

MATÚŠ KRAMÁRIK

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM VYUŽÍVAJÍCÍ GSM

GSM BASED ALARM SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MATÚŠ KRAMÁRIK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. VÁCLAV ŠIMEK

BRNO 2009

Abstrakt

Cílem této práce je navrhnout a implementovat zabezpečovací systém s mikrokontrolérem, který bude reagovat na narušení střeženého prostoru a přes připojený GSM mobilní telefon (GSM modul) upozorní vybrané osoby zasláním SMS správy. Dále navrhnout síť senzorů používaných při zabezpečovacích systémech a pokusit se zabudovat podporu pro připojení požárního čidla.

Abstract

The objective of this final paper is to propose and implement a security system with microcontroller, which will response to a violation of a guarded compartment and through a binded GSM cellular (GSM module) warn chosen personnel via transmitted SMS. Furthermore to propose a network of sensors used by security systems as well as an attempt to inbuild support to interface fire primary unit.

Klíčová slova

GSM, alarm, zabezpečovací systém, ZigBee, AT příkazy, ZigBee, AVR

Keywords

GSM, alarm, ZigBee, AT command, Hayes AT commands, sensor, mobil, AVR

Citace

Kramárik Matúš: Zabezpečovací systém využívající GSM, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2009

Zabezpečovací systém využívající GSM

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Václava Šimka. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Matúš Kramárik
19.5.2009

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Václavovi Šimkovi za pomoc při řešení této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval ústavu UPSY na FIT VUT v Brně a vedoucímu ústavu Doc. Ing. Zdeňkovi Kotáskovi, CSc. za finanční podporu při realizaci projektu.

© Matúš Kramárik, 2009

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod.....	3
1.1 Organizácia kapitol	3
2 Komunikačný štandard GSM.....	5
2.1 GSM	5
2.1.1 História.....	5
2.1.2 Technické detaily	5
2.1.3 Štruktúra siete	6
2.1.4 SIM karta	6
2.2 AT príkazy.....	7
2.2.1 História AT príkazov	7
2.2.2 Syntax AT príkazov a spôsob komunikácie.....	8
2.2.3 Zoznam príkazov	9
3 Senzory	11
3.1 Rozdelenie senzorov	12
3.2 Generácie senzorov	12
3.3 Merací reťazec.....	13
3.4 Požiarne senzory	14
3.4.1 Ionizačné dymové senzory.....	14
3.4.2 Optické dymové detektory.....	14
3.4.3 Tepelné požiarne senzory	15
3.4.4 Tlačidlové hlásiče požiaru	15
4 Návrh systému	16
4.1 Bloková schéma navrhovaného systému.....	17
4.2 ZigBee	17
4.2.1 IEEE 802.15.4.....	18
4.2.2 Topológia siete.....	18
4.2.3 Typy zariadení v sieti.....	20
5 Implementácia.....	21
5.1 MCU.....	21
5.1.1 Architektúra MCU	22
5.1.2 SPI.....	24
5.1.3 UART / SCI	24
5.1.4 1-Wire	25

5.2	Riadiaci modul	26
5.2.1	Schéma zapojenia.....	26
5.2.2	Napájanie modulu	26
5.2.3	MCU	27
5.2.4	GSM modul.....	27
5.2.5	Klávesnica.....	28
5.2.6	LCD displej	28
5.3	Moduly bezdrôtovej siete ZigBee	28
5.3.1	Napájanie	28
5.3.2	MCU	29
5.3.3	Transciever.....	29
5.3.4	Anténa.....	29
5.3.5	Koordinátor	30
5.3.6	Senzorové moduly	31
6	Programové vybavenie.....	34
6.1	Úvod	34
6.2	SW riadiaceho modulu	34
6.2.1	Vývojový nástroj.....	34
6.2.2	Popis programu	35
6.2.3	Programovanie riadiaceho modulu a problémy pri testovaní	35
6.3	SW pre moduly bezdrôtovej siete ZigBee.....	36
6.3.1	TinyOS.....	36
7	Záver	37
	Literatúra	39
	Zoznam príloh.....	41

1 Úvod

Odkedy si ľudia uvedomujú majetok ako svoje vlastníctvo, snažia si ho chrániť a brániť pred nepredvídateľnými udalosťami, či už pred inými ľuďmi (=zloďmi), pred prírodnými katastrofami alebo pred fyzickým zničením. V súčasnej dobe z analýzy bezpečnostnej situácie a vedeckých prognóz vývoja vyplýva, že majetková kriminalita je a i naďalej zostane veľkým problémom majetkového vlastníctva a najrozšírenejšou formou kriminality. Podiel krádeží vlámaním na majetkovej kriminalite za posledných päť rokov predstavuje viac ako jednu tretinu prípadov trestnej činnosti. Spôsoby páchania majetkovej kriminality sú čoraz sofistikovanejšie, páchatelia používajú stále účinnejšie prostriedky na prekonávanie používaných zabezpečovacích systémov. Pretechnizovaný svet prináša riziko porúch a značné množstvo poškodenia majetku je zapríčinené zlyhaním systému. Častokrát je výhodnejšie investovať do kvalitnej ochrany majetku, ako čakať na chybu v systéme a prípadné zničenie majetku.

A tak sa postupne zabezpečovacie systémy stávajú oveľa viac použiteľné a premyslené tak, aby mohli zaznamenať každú nástrahu okolitého systému. Elektronické zabezpečovacie systémy sú v poslednej dobe finančne oveľa dostupnejšie a prepracovanejšie. Samozrejme, že iná bude hodnota zabezpečovacieho systému určeného pre ochranu jednoizbového majetku na treťom poschodí a iná pre zabezpečenie Národnej banky. Je ale jasné, že zabezpečovací systém nefunguje na odstránenie chyby v systéme, ale na včasné upozornenie na túto udalosť.

Existuje veľké množstvo spôsobov ochrany, od čoho sa odvíja aj veľké množstvo udalostí, na ktoré dokážu zabezpečovacie systémy upozorňovať. Tiež existuje mnoho možností, ako dokáže alarm reagovať na nepriaznivú situáciu – či už zvuková informácia, svetelná, alebo uzavretie objektu. V poslednej dobe sa medzi obľúbené formy upozornenia dostáva upozornenie pomocou SMS správ. Je to lacný spôsob ako informovať majiteľa o nebezpečnej situácii v jeho majetku. Tiež je možné pomocou SMS správy poslanej do zabezpečovacieho systému zistiť aktuálny stav systému a majetku.

Tento dokument sa zaoberá problematikou posielania správ SMS v sieti GSM, spolupráce GSM modulu s mikroprocesorom a tiež popisuje vytvorenie jednoduchkej bezdrôtovej siete senzorov riadenej pomocou SMS správ. Vznikne tak zabezpečovací systém využívajúci GSM sieť, ktorý sa dá použiť na ochranu majetku prípadne na ochranu nejakého veľkého zariadenia napr. pred požiarom, prehriatím a pred nepovolanými osobami.

1.1 Organizácia kapitol

V druhej časti sa venujem teoretickému úvodu do problému, ktorý je rozdelený do dvoch podkapitol. V prvej je popísaný štandard GSM, vysvetlený princíp fungovania GSM sietí, jeho história a SIM

karta. V druhej časti je podrobne popísaná problematika AT príkazov, ktoré sa používajú ku komunikácii s GSM modulom.

V tretej kapitole sa venujem senzorom, vysvetľujem čo je to, popisujem rôzne generácie senzorov a ukazujem, ako prebieha meranie veličín senzormi. Koniec kapitoly je vyhradený pre špeciálny druh senzorov – požiarne čidlá.

V štvrtej kapitole popisujem návrh systému, ktorý je výsledkom tejto práce. V závere tejto kapitoly je popísaný bezdrôtový protokol ZigBee.

V piatej kapitole oboznamujem čitateľa s vlastnou implementáciou systému. V nej popisujem použité súčiastky a navrhnuté moduly. O každom module je popísané na čo slúži, aké základné súčiastky používa, ako je napájaný a ako komunikuje s ostatnými modulmi.

Posledná kapitola je venovaná softwarovej implementácii systému, testovaniu systému a prípadným chybám. V závere zhodnotím výsledok práce a popíšem ďalšie možné vylepšenia.

2 Komunikačný štandard GSM

2.1 GSM

GSM (Groupe Special Mobile) je najpopulárnejší štandard pre mobilnú komunikáciu na svete. Jeho navrhovateľ, GSM Association, odhaduje, že 80% svetovej mobilnej komunikácie je založenej na tomto štandarde. Je používaný viac než troma miliardami ľudí po celom svete [1]. GSM sa líši od jeho predchodcov hlavne tým, že oba kanály, signálový aj rečový, sú digitálne, a tak sa GSM považuje za sieť druhej generácie (2G). Taktiež podporuje náhradu klasického hlasového hovoru, tzv. SMS (Short message systém). Medzi ďalšie výhody patrí fakt, že v štandarde je zahrnuté celosvetové telefónne číslo prvej pomoci – 112, a taktiež jednoduché použitie roamingu. Novšie verzie GSM sú vždy spätne kompatibilné, čo znamená, že aj staršie mobily je možné používať v najnovších verziách GSM sietí.

2.1.1 História

Prvý skutočný krok smerom ku GSM sa datuje do roku 1982, keď skupina európskych telekomunikačných operátorov požiadala inštitút CEPT o možnosť štandardizácie celoeurópskeho mobilného komunikačného štandardu. V júni 1982 prijala CEPT túto úlohu za vlastnú a začala sa ňou vážne zaoberať. Tak vznikla pracovná skupina nazvaná Groupe Spécial Mobile (odtiaľ skratka GSM, ktorej sa neskôr dostal menej francúzsky výklad - Global System for Mobile communications). V roku 1987 memorandum 13 krajín schválilo vyvinutie systému pokrytia celej Európy. V roku 1989 bolo GSM zahrnuté pod ETSI a v roku 1990 bola predstavená prvá časť GSM špecifikácie. Prvá GSM sieť bola spustená v roku 1991 vo Fínsku.

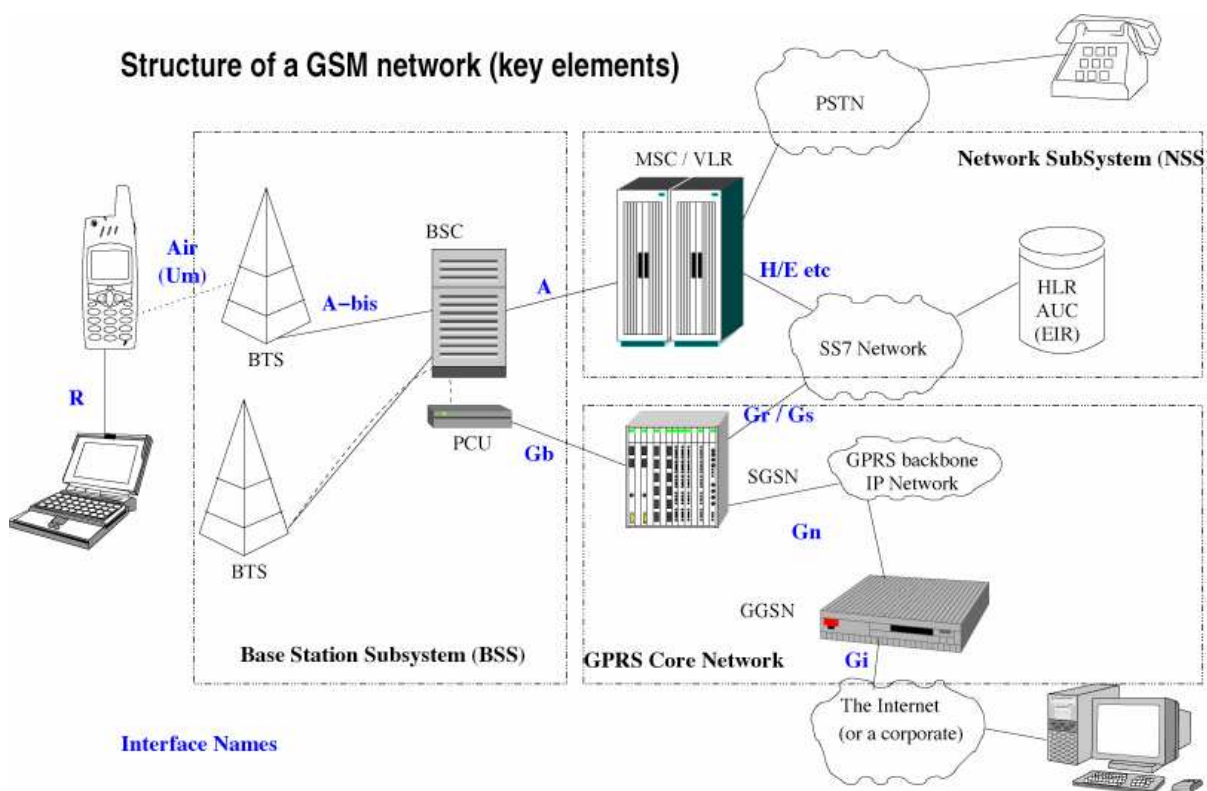
2.1.2 Technické detaily

GSM je tzv. celulárna (cellular) sieť, čo znamená, že GSM modul sa prihlasuje do siete vyhľadaním bunky v jeho okolí. Takáto sieť počíta s rozdelením územia na malé územia nazývané bunky. V každej bunke sa nachádza vysielateľ/prijímač. Fungovanie siete menších buniek má na starosti kontrolné stredisko. Hlavná výhoda celulárnej siete je znovuvyužívanie frekvencií – rôzne bunky môžu využívať rovnaké frekvencie. Telefón sa sám prispôsobí pri prechode z jednej bunky do druhej. Je 5 druhov buniek – macro, micro, pico, femto a „dáždnikové“ bunky. Rozlišujú sa pokrytím, spôsobom inštalácie antén a rozsahom signálu. GSM siete fungujú na rôznych frekvenciách v závislosti na krajine. Väčšina sietí pracuje na 900MHz alebo 1800MHz frekvenciách.

2.1.3 Štruktúra siete

Pozadie siete GSM je pre zákazníka veľmi komplikované vzhľadom na to, koľko možností a služieb poskytuje. Sieť je rozdelená do viacerých sekcií (obrázok 1):

- Base station subsystem, BSS – sekcia, ktorá zodpovedá za spojenie mobilného telefónu (GSM modulu) so zvyškom siete GSM. Zariadenie, ktoré zodpovedá za príjem a odosielanie signálov sa nazýva Base transceiver station (BTS). Zariadenie, ktoré robí logiku tejto sekcie sa nazýva Base station controller (BSC) a Packet Control Unit (PCU).
- Network and Switching Subsystem, NSS – sekcia, ktorá zodpovedá za spájanie hovorov a prepájanie sietí. Zariadenie: Mobile switching center (MSC). Obsahuje tiež Visitor location register (VLR), čo je prechodná databáza všetkých účastníkov, ktorý sa prihlásili do operovanej siete.
- GPRS Core Network (GCN) – nepovinná časť GSM siete, závisí od poskytovateľa. Má na starosti GPRS sieť, ktorá poskytuje pripojenie do siete Internet.



Obr.1: Štruktúra GSM siete [1]

2.1.4 SIM karta

Základná vlastnosť GSM siete je používanie tzv. SIM karty (Subscriber Identity Modul). Je to vymeniteľná Smart Card obsahujúca užívateľove údaje a telefónny adresár. Jej hlavná úloha je

udržiavať tzv. IMSI (International Mobile Subscriber Identity). SIM karta umožňuje meniť mobily jednoduchým vybratím karty z jedného mobilu a vložením do druhého. Vyrába sa v dvoch veľkostných prevedeniach: menšia (25 x 15 x 0,76 mm) a väčšia (85,6 x 53,98 x 0,76 mm). Každá SIM karta uchováva špecifické informácie použité k autentizácii a identifikácii na sieti, medzi najdôležitejšie patrí ICCID, IMSI, Ki, LAI,.. Taktiež sú na nej uložené iné informácie, ako napríklad Centrum SMS, názov providera, čísla na infolinku a tiež aj uložené kontakty a SMS správy. Moderné SIM karty dokážu uschovať 250 kontaktov a 10 SMS správ. SIM karty sú štandardizované podľa GSM 11.11 a GSM 11.14.

2.2 AT príkazy

Ku komunikácii medzi mikrokontrolérom a GSM modulom slúžia AT príkazy. Je to súbor príkazov slúžiacich k spusteniu jednotlivých funkcií GSM modulu. AT príkazov je veľké množstvo, je možné ich rozdeliť do niekoľkých skupín podľa štandardov:

- AT príkazy podľa ITU-T – definované pre modemy
- AT príkazy ETSI GSM 07.07 – definované pre mobilnú komunikáciu a GPRS
- AT príkazy ETSI GSM 07.05 – rozšírenie o podporu SMS správ
- FAX Class 1 kompatibilné príkazy

Každý výrobca si samozrejme príkazy podľa seba mierne upravuje, prípadne pridáva nové. AT príkazy sú do GSM modulu zväčša posielané po sériovej linke, smerom do modulu po linke TxD, z modulu po linke RxD. V tejto práci sa zameriam zväčša na príkazy podľa štandardu GSM 07.07 a 07.05, ktoré sú definované pre GSM komunikáciu, ktorú využívam.

2.2.1 História AT príkazov

AT príkazy vyvinula spoločnosť Hayes Microcomputer Products, Inc. v roku 1981. Slúžili na komunikáciu s modemom Hayes Smartmodem, ktorý bol v tej dobe unikátny tým, že ho bolo možné z počítača jednoducho ovládať pomocou príkazov, ktoré sa neskôr nazvali Hayes AT príkazy. Bolo možné nastavovať vytáčané číslo, hlasitosť reproduktorov, zdvíhanie hovorov a iné. Po roku 1986 sa tieto príkazy stali obľúbené mnohými výrobcami, a preto sa tieto produkty nazývali „Hayes AT commands compatible“ prípadne len „AT compatible“. Pár rokov na to boli príkazy prvýkrát štandardizované pod názvom TIA/EIA-602 („Data Transmission Systems and Equipment - Serial Asynchronous Automatic Dialing and Control“) a ich syntax ako TIA/EIA-615. Boli zväčša identické s Hayes AT príkazmi. No tieto príkazy čoskoro nestačili, preto sa vyvinul nový štandard ITU V.250. Neskôr sa začali AT príkazy používať aj pre sieť GSM pod štandardmi GSM 07.07 a GSM 07.05.

2.2.2 Syntax AT príkazov a spôsob komunikácie

Väčšina AT príkazov začína dvoj - písmenovou sekvenciou AT (ATtention), ktorou sa upozorní modem na zadávanie príkazu. Potvrdenie príkazu a nariadenie na vykonanie AT príkazu je znak Carriage Return (CR), čo je v ASCII sústave hodnota 0Dh. Čiže pre AT príkazy platí nasledujúce [6]:

- Každý príkaz musí začať AT a skončiť znakom 0Dh.
- Telo AT príkazu pozostáva z „viditeľných“ ASCII znakov (znaky 32-126). Ostatné „neviditeľné“ znaky sú ignorované, okrem znakov <BS>, <CAN> a <CR>. AT príkazy sú case-insensitive (nezáleží na veľkosti písmen).
- Všetky znaky pred AT sekvenciou sú ignorované.
- Vykonanie príkazu začne prvým <CR> znakom.
- Znak po úvodnej AT sekvencii a pred <CR> znakom sú považované ako príkaz. Až na pár výnimiek môže byť použitých viac príkazov v jednom príkazovom riadku.
- Príkaz môže byť pred <CR> znakom editovaný. Slúži na to znak <BS>, ktorý zmaže jedno písmeno príkazu. Úvodná sekvencia AT nemôže byť editovaná.
- Zadávanie príkazu môže byť zrušené pomocou znaku <CAN>
- Modul prijíma nový príkaz až po vykonaní predchádzajúceho príkazu (half - duplex komunikácia).

Odpoveď z GSM modulu môže byť: OK (správne zadáný príkaz), ERROR (nesprávne zadáný príkaz, nepodporovaný príkaz), CONNECT, RING, NO CARRIER, NO DIALTONE, BUSY, NO ANSWER, prípadne spolu aj s vrátenou hodnotou požadovaného príkazu.

AT príkazy môžu byť zasielané v troch podobách:

- Test: testovanie AT príkazu (či je podporovaný): AT+<príkaz>=?
- Read: Načítanie nastavených hodnôt z GSM modulu: AT+<príkaz>?
- Set: zápis dát alebo hodnôt do GSM modulu: AT+príkaz=[<hodnota>]

Parametre môžu byť definované ako read-only alebo read-write. Read-only parametre je možné čítať, ale je zakázané ich meniť. Slúžia na informovanie o stave systému. Read-write parametre môžu byť testované, čítané aj nastavované.

Každý príkaz má definovanú dobu, za ktorú musí byť vykonaný. Ak za túto definovanú dobu sa nestihne vykonať (slabý alebo žiaden signál, slabá batéria, zaneprázdnený operátor,...), vykonávanie príkazu sa preruší. Toto samozrejme platí len pre príkazy pracujúce so SIM kartou alebo so sieťou. Príkazy, ktoré pracujú len s GSM modulom sú vykonávané vo veľmi krátkej dobe, ktorá sa dá zanedbať. Napríklad príkaz +CPBR (čítanie záznamov z telefónneho zoznamu) má maximálnu

dobu vykonania 5 sekúnd, ak sa číta len jediný záznam, v prípade čítania celého zoznamu je doba zvýšená na 15 sekúnd.

2.2.3 Zoznam príkazov

Najjednoduchším AT príkazom je samotná dvojica znakov AT. Ak modul podporuje AT príkazy vráti OK. V nasledujúcej tabuľke sú popísané AT príkazy používané v tejto práci

Príkaz	Popis príkazu
AT&F[<value>]	<i>nastaví modul do konfigurácie nastavenej výrobcom</i> <i>Parameter:</i> <value>: <i>0 – len základné údaje sa prepíšu</i> <i>1 – základné aj rozšírené údaje sa prepíšu</i>
AT&Z<n>=<nr>	<i>Uloží telefónne číslo na n-tú pozíciu</i> <i>Parametre:</i> <n> : pozícia <nr> : telefónne číslo <i>Pozícia nemôže byť prepísaná, pred uložením na obsadenú pozíciu musí byť táto zmazaná.</i> <i>Pozícia sa zmaže: AT&Z<n>=<CR></i>
AT&N<n>	<i>Príkaz zobrazí telefónne číslo na n-tej pozícii.</i> <i>Parametre:</i> <n> : pozícia <i>Ak je parameter vynechaný, sú zobrazené všetky pozície.</i>
AT+CPIN[=<pin> [,<newpin>]]	<i>Príkaz posíla heslo potrebné pred prácou s GSM modulom. Ak vyžadované heslo je SIM - PUK alebo SIM - PUK2, <newpin> je potrebné zadať a nahradí aktuálny pin kód SIM karty. Ak sa práve nevyžaduje žiadne heslo, modul pošle ERROR a pre zmenu hesla je potrebné použiť príkaz +CPWD.</i> <i>Parametre:</i> <pin> : heslo <newpin> : nové heslo <i>Ak sa zadá AT+CPIN? modul vráti stav žiadosti o heslo.</i>
AT+CMGF[= [<mode>]]	<i>Príkaz nastavuje formát správy používaný pri posielaní, prezeraní, čítaní a písaní SMS správy.</i> <i>Parametre:</i>

	Parametre: <mode>: 0 – PDU mód 1 – textový mód
AT+CMGS=<da> [,<tda>]	V textovom móde (viď +CMGF). Príkaz pošle SMS správu na zadané číslo. Po potvrdení príkazu s <CR> čaká modul na napísanie SMS správy, posiela sa potvrdením <CR>. Parametre: <da> - cieľová adresa, číslo <tda> - typ cieľovej adresy, čísla
AT+CNMI=[<mode> [,<mt>[,<bm>[,<ds> [,<bfr>]]]]]]	Nastavuje správanie zariadenie pri prijatí novej SMS správy. Parametre: <mode>: nastavenia buffera prijatých SMS správ <mt>: 0 – žiadna indikácia o prijatí nie je poslaná do pripojeného zariadenia 1 – do pripojeného zariadenia je poslaná správa, informujúca, kam sa uložila prijatá SMS správa 2 - do pripojeného zariadenia je poslaná priamo prijatá SMS správa Poznámka: ostatné parametre nie sú pre túto prácu dôležité, ich hodnota je defaultne nastavená na 0.
AT+CPMS=[<memr> [,<memw> [,<mems>]]]	Nastavuje pamäťové miesto použité pre čítanie, písanie, posielanie a ukladanie SMS správ. Parametre: <memr>: pamäť, z ktorej sú dáta čítané a mazané „SM“ – SIM kartu „ME“ – ukladanie do ME (no delete) <memw>: pamäť, na ktorú sa používajú operácie zápisu a posielania „SM“ – SIM karta <mems>: pamäť, na ktorej sa dáta ukladajú „SM“: SIM karta

3 Senzory

Senzory hrajú čím ďalej tým väčšiu rolu v našom živote. Môžeme sa s nimi stretnúť pri každom kroku nášho života. Každý rok sú vyrobené stovky miliónov senzorov. Používajú sa v domácnostiach, zdravotníctve, priemysle, letectve, námorníctve,...

Senzor ako primárny zdroj informácie sníma sledovanú fyzikálnu, chemickú alebo biologickú veličinu a podľa určitého definovaného princípu ju transformuje na meraciu veličinu – najčastejšie elektrický prúd. Jednoduchšie povedané, sú to zariadenia, ktoré prevádzajú fyzikálne parametre do signálu, ktorý môže byť meraný a spracovaný elektricky. Po konvertovaní veličiny do elektrického signálu môže byť tento jednoducho spracovaný počítačom alebo mikroprocesorom. Vo všeobecnosti sa dá povedať, že senzory upozorňujú osoby alebo systémy, s ktorými spolupracujú. Vďaka rýchlemu rozvoju vedy a výskumu sa vyrábajú senzory čím ďalej tým viac presnejšie, citlivejšie a s menšími rozmermi.

Senzor sa skladá z dvoch hlavných častí. *Čidlo* je tá časť, ktorou sa merajú veličiny okolitého prostredia. Tie sa následne prenášajú do *vyhodnocovacieho obvodu*, ktorý namerané hodnoty upraví a pošle ich na výstup zo senzora.

Senzorové polia sú integrované senzory zložené z rovnakých alebo podobných senzorových štruktúr s rovnakou alebo podobnou funkciou.

Multisenzor sa skladá z niekoľkých senzorov s rovnakou alebo podobnou funkciou.

Multifunkčný senzor je jednoduchý integrovaný senzor, ktorý môže realizovať niekoľko rozdielnych snímacích funkcií za rôznych podmienok.

Pri výbere senzoru vývojár stojí pred rozhodnutím vychádzajúcim z požiadavkou kladených na konkrétny typ senzoru. Mnohé obecné požiadavky sú protichodné a vyžadujú veľkú dávku kompromisu. Medzi hlavné vlastnosti každého senzoru je jeho citlivosť. Citlivosť udáva, ako sa zmení výstup so senzora po zmene meraných hodnôt. Napríklad ak sa zvýši výstupné napätie termometra o 1V každým zvýšením meranej teploty o 1°C, tak potom je citlivosť termometra 1V/1°C. Senzory merajúce veľmi malé zmeny prostredia musia mať vysokú citlivosť.

Medzi ďalšie vlastnosti patrí napr. vhodný priebeh základných statických charakteristík (kalibračná krivka, citlivosť,...), minimálna závislosť na vplyvoch okolitého prostredia (mimo meraných veličín), spoľahlivosť, cena a iné.

3.1 Rozdelenie senzorov

Podľa meranej veličiny:

Senzory teploty, tlaku, prietoku, radiačných veličín vo viditeľnom, infračervenom a inom spektre, mechanických veličín (posunutia, polohy, rýchlosti, zrýchlenie, sily, mechanické napätie a iné), senzory pre analýzu látok, kvapalín a plynov, senzory elektrických a magnetických veličín, a iné.

Podľa fyzikálneho princípu:

Senzory odporové, indukčnosť, indukčné, kapacitné, magnetické, piezoelektrické, pyroelektrické, optoelektronické, optické vláknové, chemické, biologické a iné.

Podľa styku senzoru s meraným prostredím:

Bezdotykové a dotykové (v robotike aj proximitné a taktilné).

Podľa transformácie signálu:

Aktívne a pasívne.

Podľa výrobných technológií:

Elektromechanické, mechanické, pneumatické, elektrické, elektronické, elektrochemické, polovodičové, mikroelektronické, optoelektronické a iné.

Aktívny senzor je senzor, ktorý sa pôsobením snímanej veličiny chová ako zdroj elektrického napätia. *Pasívny senzor* je senzor, u ktorého je nutné elektrickú veličinu (indukčnosť, kapacitu, odpor, imitanciu) ďalej transformovať na analógový napäťový alebo prúdový signál pričom meracou veličinou je amplituda, kmitočet, fáza a iné. U pasívnych senzorov je na rozdiel od aktívnych senzorov potrebné vstupné napätie [10].

3.2 Generácie senzorov

V súvislosti s rozvojom senzorovej techniky môžeme rozpoznať niekoľko generácií senzorov (viď obrázok 2):

- **Prvá generácia senzorov** – základná. Využíva rôzne makroskopické princípy (elektromechanické, elektrochemické, mechanické). Patria sem senzory odporové, kontaktné, kapacitné a pod.

- **Druhá generácia senzorov** – využíva elektronické javy v tuhých látkach (napr. piezoelektrický jav, fotoelektrický jav a iné) a v plynch (napr. nárazová ionizácia). Významnú skupinu tejto generácie tvoria polovodičové senzory a z nich hlavne mikroelektronické senzory, ktoré sú často spojené s integrovanými obvodmi. Vývoj v tejto oblasti je zameraný hlavne na jednočipové inteligentné senzory, tzv. Smart senzory.
Inteligentný senzor (Smart senzor) je zariadenie, ktoré v sebe obsahuje citlivú časť – čidlo, a obvody pre prevod, úpravu, riadenie a komunikáciu s ďalšími zariadeniami v jednom celku. Z tejto charakteristiky je možné rozdeliť inteligentný senzor na tri časti: *vstupnú časť* (prevod meranej veličiny na elektrickú, prípadne zosilnenie a úprava signálu), *výstupnú časť* (komunikácia senzoru s okolím), *vnútornú časť* (A/D prevod, číslicová linearizácia, sledovanie medzí, a iné).
- **Tretia generácia senzorov** – využíva pôsobenie neelektrickej veličiny na zväzok svetelného žiarenia. Sú označované skratkou OVS.



Obr. 2 Vývoj senzorov a ich názvy vyjadrujúce nárast ich zložitosti [11]

3.3 Merací reťazec

Transformovaný elektrický signál je zvyčajne treba zosilniť. Pri zosilňovaní signálu je potrebné zaistiť dostatočný odstup signálu od šumu senzoru a zosilňovača a od parazitných signálov (rušenie elektrickým, magnetickým, a elektromagnetickým polom a iné) pôsobiacich ako na senzor, tak aj na zosilňovač. Ďalšie spracovanie signálu je riešené buď analógovými obvodmi alebo po analógovo – číslicovom prevode číslicovou technikou vybavenou mikroprocesorom alebo mikroradičom. Práve v spracovaní elektrických signálov je podstatná výhoda v transformácii neelektrickej veličiny na elektrickú, lebo so signálmi je možné vykonávať ľubovoľné matematické operácie (sčítanie,

odčítanie, násobenie a iné) a signálové operácie (autokalibrácie, filtrácia, Fourierová transformácia a iné).

3.4 Požiarne senzory

Objekty je potrebné chrániť nielen proti vlámaniu ale aj proti požiaru. Škody spôsobené požiarom spravidla viacnásobne presahujú škody spôsobené vlámaním. Poznáme 4 typy požiarnych senzorov v závislosti od charakteru horľavých látok:

- Ionizačné dymové senzory
- Optické dymové senzory
- Tepelné požiarne senzory
- Tlačidlové hlásiče

3.4.1 Ionizačné dymové senzory

Pracujú ako dymové detektory, ktoré sú citlivé na zmenu vodivosti vzduchu vyvolanú prítomnosťou dymu. Detektorom je otvorená ionizačná komora, kde sa potrebná ionizácia dosahuje rádioaktívnym žiaričom (ako žiarič sa používa izotop americia Am241). Ionizovaný vzduch v komore je vodivý. Vplyvom elektrického poľa vytvoreného medzi meracími elektródami dochádza v komore k pohybu iónov, čím vzniká slabý elektrický prúd. Ak do meracej komory vnikne dymový aerosól, niektoré ióny sa akumulujú okolo ťažkých dymových častíc. Dochádza k spomaleniu pohybu ťažkých iónov, zvyšuje sa počet rekombinovaných iónov a znižuje sa prenos náboja. Dôsledkom je zníženie prúdu pretekajúceho vonkajšou komorou. Dôjde k nárastu napätia na snímacej elektróde a tým uvedie detektor do poplachového stavu

3.4.2 Optické dymové detektory

Reagujú na nárast koncentrácie viditeľného dymu, ktorý ovplyvňuje rozptyl alebo absorpciu elektromagnetického žiarenia v oblasti infračervenej, viditeľnej alebo ultrafialovej časti spektra. Používajú sa dva princípy konštrukcie optických detektorov:

- optické detektory dymu na princípe rozptylu žiarenia
- optické detektory dymu na princípe absorpcie žiarenia

Poznáme dva typy detektorov:

- *optické detektory dymu s priamym lúčom* - pracuje na princípe rozptylu infračerveného žiarenia dymovými časticami. V optickej snímacej komore je umiestnený zdroj infračerveného žiarenia, fotoelektrický snímač a nepriehľadný matný labyrint. Fotoelektrický snímač je umiestnený mimo optickej osi zdroja žiarenia tak, aby v kludovom stave naň nemohlo dopadať žiadne IR žiarenie. Labyrint je usporiadaný tak, aby žiarenie, ktoré naň dopadne

absorboval, prípadne odrazil mimo fotoelektrického snímača. Keď sa do komory dostane dym, rozptýli fotóny infračerveného žiarenia, tie dopadnú na fotodiódu a vybudia ju.

- *optické detektory dymu s nepriamym lúčom* - Tento typ optického detektora je tiež tvorený zdrojom IR žiarenia a fotoelektrickým snímačom. Vysielač a prijímač IR žiarenia sú usporiadané tak, že žiarenie priamo dopadá na snímač. V prípade prítomnosti dymu v snímacej optickej komore je IR žiarenie dymovými časticami utlmované. Na útlme sa podieľajú dva efekty: tmavé dymové častice žiarenia absorbujú, svetlé dymové častice žiarenie rozptyľujú, čím na výstupe z fotodiódy poklesne napätie a detektor vyhlási poplach.

3.4.3 Tepelné požiarne senzory

Reagujú na zmenu teploty okolitého prostredia – poplachovým výstupom reagujú na zvýšenie teploty. Zvýšenie teploty môžu vyhodnocovať pri prekročení nastavenej medznej teploty –tzv. *termomaximálne* senzory, alebo v závislosti od nárastu teploty za určitý čas – *termodiferenciálne* hlásiče. Teplotné hlásiče sú určené do prostredia, kde nemožno použiť dymové hlásiče, pretože pri požiari nedôjde k vývinu dostatočného množstva dymu, resp. kde sa dym vyskytuje z technologických dôvodov alebo požiar sprevádza veľký vývin tepla.

3.4.4 Tlačidlové hlásiče požiaru

Tlačidlové hlásiče sú určené pre manuálne ohlásenie požiaru osobou, ktorá požiar zistí. Vyhlásenie požiaru sa uskutoční stlačením tlačidla po rozbití krycieho skla.

4 Návrh systému

Celý systém sa bude využívať ako poplašný systém, ktorý bude chrániť chránený objekt pred nežiaducimi vplyvmi, ako je extrémne zvýšená teplota, narušenie v podobe nepovolaných osôb, zvierat, požiar, dym. Užívateľ bude môcť cez SMS správy kontrolovať stav systému, bude cez ne informovaný o narušení objektu a po poslaní prihlasovacieho kódu bude môcť systém odblokovať. Komunikovať s navrhovaným zabezpečovacím systémom bude takisto možné pomocou LCD displeja a klávesnice, ktoré budú súčasťou systému.

Vstupom do navrhovaného systému budú rôzne podnety z vonkajšieho prostredia, ktoré zachytia senzory a v prípade vyhodnotenia vstupu ako narušenie, bude výstupom zo systému SMS správa a zvuková resp. svetelná signalizácia.

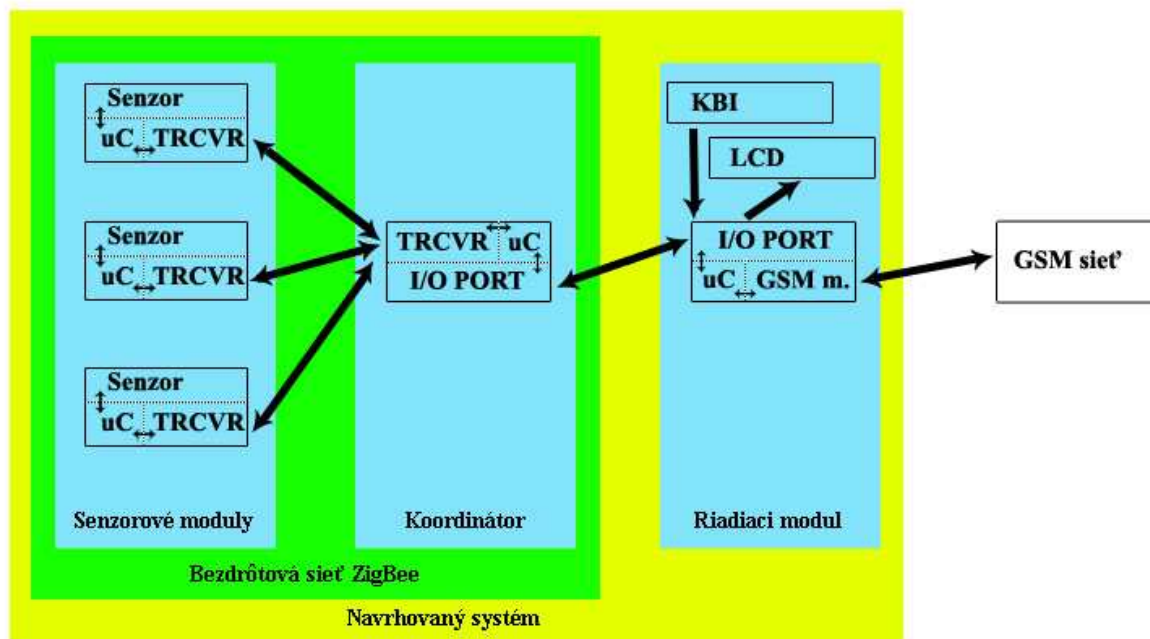
Na začiatku je potrebné si vybrať, aké senzory sa budú používať. Medzi základné senzory patrí senzor teploty, vlhkosti, pohybu, osvetlenia, senzory detekujúce rôzne výpary, požiar. Tieto senzory sú ľahko dostupné u rôznych distribútoroch, sú cenovo výhodné a je ich veľké množstvo rôznych druhov, veľkostí, napájania a spôsobov komunikácii s riadiacou jednotkou. Zväčša sa pripájajú na mikroprocesor pomocou rôznych komunikačných rozhraní (SPI, 1-Wire...), na A/D prevodník, prípadne priamo na porty a nadobúdajú hodnoty logická 1/0.

Pre prepojenie senzorov s riadiacou jednotkou je možné použiť drôtové alebo bezdrôtové pripojenie. Pre bezdrôtové pripojenie je najvhodnejší bezdrôtový protokol ZigBee (viď kapitola 4.2). Je to jednoduchý, ale pritom kompletný a silný protokol pre riadenie bezdrôtovej siete nenáročnej na veľkosť prenášaných dát a rýchlosť prenosu. Jeho prvky majú nízku energetickú náročnosť, schopnosť samoopravovania spojenia v prípade výpadku spojenia a jednoduchú technologickú jednoduchosť. Oproti ostatným bezdrôtovým protokolom má tú výhodu, že má nízke nároky na systém, na ktorom beží. Preto je vhodný aj pre low-end 8-bitové mikroprocesory s nízkou spotrebou s RISC architektúrou, ktoré obsahujú SPI komunikačné rozhranie pre komunikáciu s transcievrom.

Senzorové moduly budú komunikovať s koordinátorom, ktorý bude zbierať dáta a posilať ich bude na riadiaci modul. Ten bude obsahovať LCD displej, klávesnicu a GSM modul.

Pre komunikáciu prostredníctvom SMS správ je potrebné mať pripojený GSM modul. Keďže je predpokladané použitie navrhovaného systému v Európe, je nutné, aby pracoval na vyčlenených pásmach 900MHz a 1800MHz a podporoval GSM 07.07 štandard, ktorý popisuje SMS komunikáciu v sieťach GSM. Keďže bude napojený na mikroprocesor, je potrebné aby GSM modul obsahoval komunikačné rozhranie podporované mikroprocesorom, zväčša sériové USART.

4.1 Bloková schéma navrhovaného systému



Obr. 3 Bloková schéma navrhovaného systému

Celý navrhovaný systém pozostáva z viacerých modulov. Ako riadiaca jednotka každého modulu je použitý *mikroprocesor* (uC). Modul, ktorý komunikuje s užívateľom, sa nazýva *riadiaci modul*. Je to jediný modul, ku ktorému má užívateľ priamy prístup. Preto sa tu nachádza *LCD displej*, *klávesnica* a *GSM modul* pre prístup do GSM siete. Ďalším modulom je *koordinátor* siete ZigBee. Tento modul vytvára sieť ZigBee, riadi komunikáciu v tejto sieti a posielajú prijaté dáta do riadiaceho modulu. Ďalšie moduly, nachádzajúce sa v bezdrôtovej sieti ZigBee, sú *senzorové moduly*. Ich úlohou je snímať sledované fyzikálne veličiny (*senzor*), vyhodnocovať ich a posielajú ich koordinátoru.

4.2 ZigBee

ZigBee je komunikačný protokol vyššej úrovne navrhnutý na použitie v malých, nízko - príkonových rádiových zariadeniach, založených na štandarde IEEE 802.15.4, pre bezdrôtové osobné siete (WPAN - Wireless personal area network).

ZigBee vznikol ako produkt ZigBee Alliance, ktorá v roku 2002 vznikla ako konzorcium viacerých významných spoločností, napríklad Siemens, Atmel, Philips, Motorola, ktoré sú zárukou kvality a uvedenia štandardu do praxe.

ZigBee protokol by mohol nájsť uplatnenie v aplikáciách požadujúcich malú prenosovú rýchlosť a malú spotrebu energie. Súčasným cieľom ZigBee je definovať všeobecne použiteľnú, nízko nákladovú samoorganizujúcu sa sieť, ktorú by mohli využiť priemyselné ovládače, zabudované

senzory, zdravotnícke zariadenia, požiarne a bezpečnostné poplachové systémy a ďalšie zariadenia inteligentných budov. Sieť je navrhnutá tak aby používala málo energie, takže jednotlivé zariadenia budú schopné fungovať 1 - 2 roky s dvojicou AA alkalických batérii.

Technológia je navrhnutá tak, aby bola jednoduchšia a lacnejšia ako iné WPAN technológie ako napr. Bluetooth, WiFi. Napríklad ZigBee uzol potrebuje iba okolo 2 - 10% softvéru oproti bežnému uzlu Bluetooth. Aj keď súčasné veľkosti programov sú väčšie, výrobcovia ZigBee čipov si vystačia so 128 kB pamäti. Komunikáciu je možné šifrovať na MAC vrstve.

4.2.1 IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 je štandard pre bezdrôtový prenos nižších objemov dát – Personal Area Network (PAN) zameraný na nízku spotrebu energie, nízke náklady a malé rozmery. Definuje tiež fyzickú vrstvu (PHY) a Medium Access Control (MAC) úroveň, ktoré sú základom pre patentovaný a otvorený ZigBee protokol.

Od ZigBee zariadení sa vyžaduje, aby spĺňali štandard IEEE 802.15.4-2003 Low-Rate Wireless Personal Area Network (WPAN). Tento štandard špecifikuje nižšie vrstvy protokolu – fyzickú vrstvu (PHY), a MAC (medium access control) časť vrstvy DLL (data link layer). Tento štandard určuje funkciu v nelicencovaných ISM pásmach 2,4 GHz, 915 MHz a 868 MHz. Rádiová časť používa direct-sequence spread spectrum kódovanie (technika modulácie, ktorá využíva viacero frekvencií). BPSK (digitálna modulácia posunom fázy nosnej vlny, dva bity na vzorku) je použitý pri pásmach 868 a 915 MHz, a ortogonálny QPSK, ktorý prenáša 4 bity na vzorku, je použitý v pásme 2,4 GHz. Hrubý tok dát je 250 kbps na kanál pri 2,4 GHz a dosah prenosu je 10 až 75 metrov. Sieť ZigBee teda môžu využívať až 27 kanálov, ktoré medzi sebou neinterferujú. 16 kanálov je vyhradených pre 2,4GHz (celosvetovo), 10 pre 915MHz (len v USA) a jeden pre 868MHz (len EU) [15].

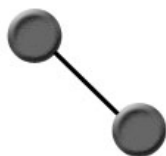
4.2.2 Topológia siete

Každé zariadenie v ZigBee sieti má svoju vlastnú MAC adresu na MAC úrovni. Je to 64 – bitová adresa. Zároveň je každé zariadenie na sieťovej úrovni identifikované svojou sieťovou adresou (16 alebo 64 – bitová adresa). Toto zariadenie je pripojené na sieť, ktorá má svoje vlastné ID, nazvané PAN – ID. Je to 16 – bitová náhodne zvolená adresa pridelená pri vytváraní siete ZigBee koordinátorom.

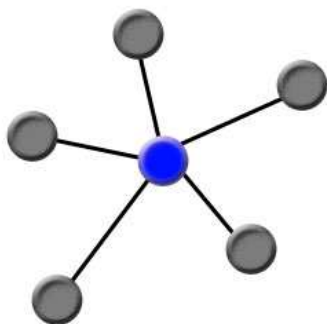
Existujú štyri základné typy usporiadanie siete (obrázok 4.1 - 4.5) [16]:

- *Peer to peer (P2P)*– Ad-hoc – ZigBee zariadenie sa pripájajú priamo na seba pre priamu komunikáciu.
- *Star* – hviezdicové – každé koncové ZigBee zariadenie sa pripája priamo na PAN coordinator, čiže celá komunikácia prebieha cez PAN coordinator.

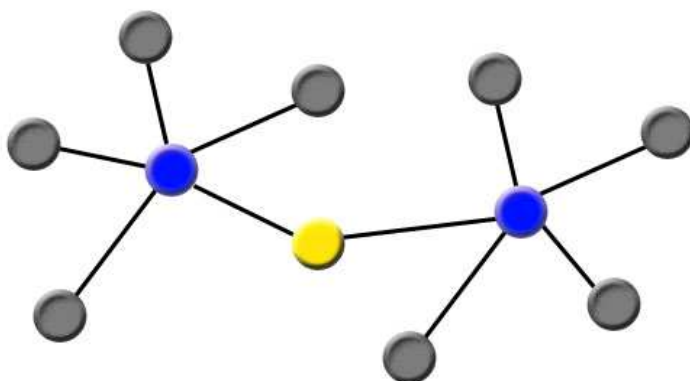
- *Cluster Tree* – stromové – skladá sa z viacerých star ZigBee sietí pospájaných jedným PAN coordinatorom. Z coordinatorov pôvodných star sietí sa stávajú ZigBee routery. Ak sa jeden router stane nedostupný, môže sa vytvoriť alternatívny router, ktorý nahradí pôvodný.
- *Mesh* – spleť – sieť viacerých P2P sietí. V tomto prípade sa ruší stromová štruktúra.



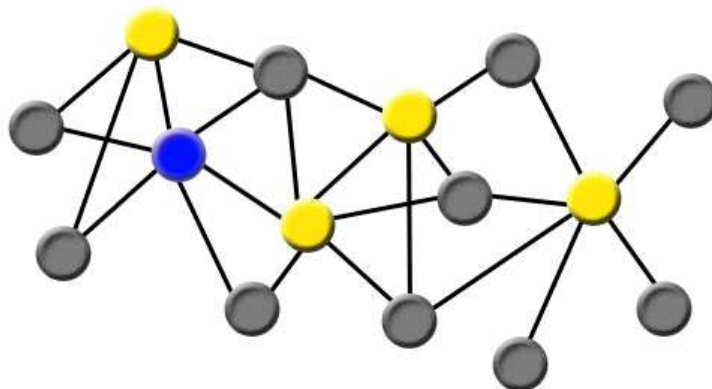
Obr. 4.1 P2P topológia [16]



Obr. 4.2 Star topológia [16]



Obr. 4.3 Tree topológia[16]



Obr. 4.4 Mesh topológia[16]



Obr. 4.5 Legenda k topológiám [16]

K synchronizácii siete sa používajú tzv. beacon rámce. Sú to rámce posielané cez MAC vrstvu, obsahujú informácie o konfigurácii siete, prvku a o spôsobe prihlásenia sa do siete. Sú vysielané pravidelne v určitých intervaloch. Výhoda používania beacon rámcov – nízka latencia správ. Nevýhoda – každé zariadenie v sieti musí byť v dosahu koordinátora. Beacon rámce sa používajú v každej topológii okrem Mesh topológie.

4.2.3 Typy zariadení v sieti

V sieťach typu ZigBee vystupujú tri druhy zariadení:

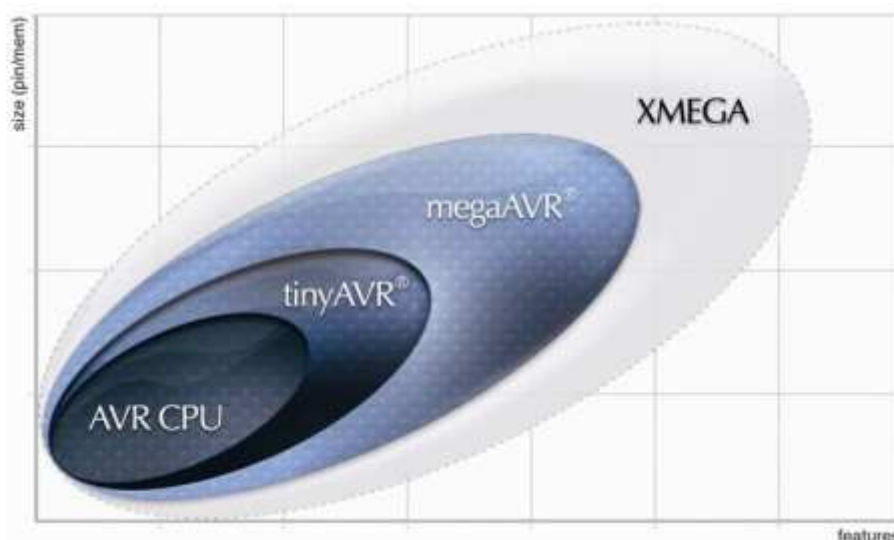
- *ZigBee PAN koordinátor* – ZigBee PAN coordinator (ZC) – zariadenie s najväčšími možnosťami, ZC vytvára koreň stromu siete a vytvára most do iných sietí. Je schopný udržiavať informácie o sieti. V každej ZigBee sieti je práve jeden ZC, ZC vytvára a zapína sieť. Služi tiež na úschovu bezpečnostných kľúčov.
- *ZigBee Router (ZR)*- služi ako medzičlánok pri prenose dát medzi inými zariadeniami.
- *ZigBee koncové zariadenie* – ZigBee End Device (ZED) – obsahuje len funkcie na komunikáciu so svojim ZigBee coordinatorom, nie je schopný komunikovať s ostatnými zariadeniami. Vďaka tomu vyžaduje najmenej pamäte a je teda pre výrobcov menej nákladný ako ZR alebo ZC.

5 Implementácia

5.1 MCU

Na začiatku práce je potrebné si vybrať architektúru, s ktorou budem pracovať. Rozhodol som sa použiť mikroprocesory od firmy Atmel, konkrétne z rady AVR. Sú to 8-bitové „harvardské“ RISC procesory, ktorých inštrukcie sa spravidla vykonajú za jeden takt, čo je veľmi výhodné pri písaní kódu v jazyku C. Obsahujú on-chip flash pamäť pre uloženie programu. Vyrábajú sa v rôznych púzdрах, rozhodol som sa používať TQFP puzdra. Vo všeobecnosti sa delia na 4 hlavné kategórie (obrázok 5) [18]:

- tinyAVR: séria ATtiny
 - 8 - 32 pinové púzdro
 - vhodné na jednoduché aplikácie
- megaAVR: séria ATmega
 - 4 - 256kB pamäte
 - 28 - 100 pinové puzdro
 - rozšírený inštrukčný balík
 - rozšírený balík periférii
- XMEGA: séria ATxmega
 - 16 - 384kB pamäte
 - 44 - 100 pinové puzdro
 - pridaný balík na zrýchlenie výkonu (DMA), „Event Systém“,...
 - DAC
- aplikačné AVR: megaAVR mikrokontroléri s pridanými modulmi, ako napríklad LCD, USB,...



Obr. 5 Graf znázorňujúci rozdelenie AVR procesorov [18]

5.1.1 Architektúra MCU

Mikroprocesory AVR využívajú koncepciu Harwardskej architektúry – oddelené pamäte pre program a dáta (obrázok 6). Program je vykonávaný s jednoduchým prekryvaním inštrukcií – pipeline. Zatiaľ čo jedna inštrukcia je vykonávaná, druhá je načítavaná z pamäte.

AVR procesory majú Flash pamäť, EEPROM a SRAM integrované v jednom a tom istom čípe, čím odbúda potreba použitia externých pamätí. Niektoré typy ale majú externú zbernicu pripravenú na zapojenie prídavnej RAM pamäte.

Inštrukcie sú uložené na internej Flash pamäti. Hoci sú to 8-bitové procesory, niektoré inštrukcie sú aj 16-bitové. Pri programovaní nie je potrebné programovať zvlášť pamäť.

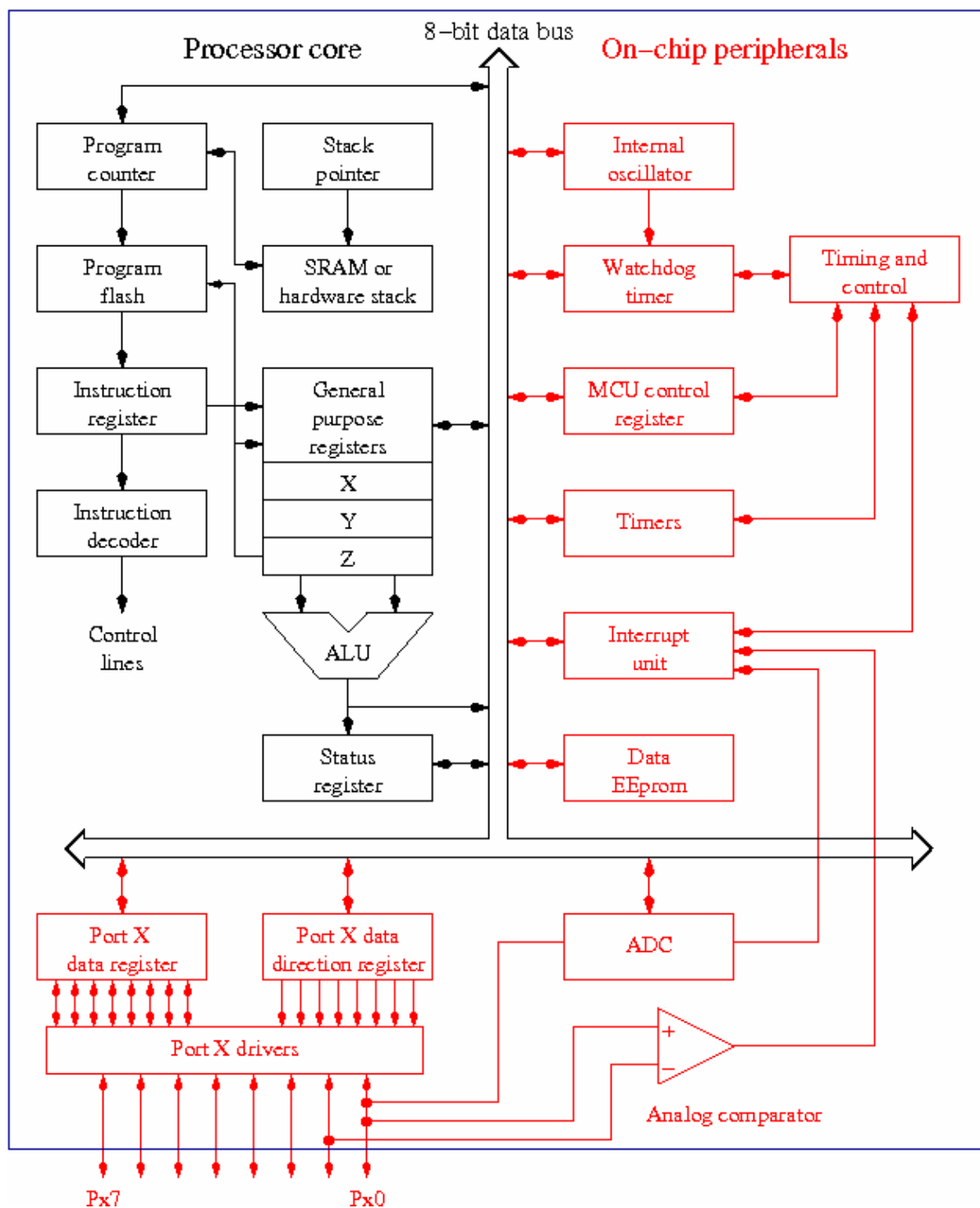
Pri vykonávaní inštrukcie skoku a prerušení je Program Counter (PC) ukladaný na zásobník. Ten je uložený v SRAM, a tak je limitovaný len veľkosťou SRAM a voľným miestom v nej.

AVR procesory obsahujú 32 1-bajtových pracovných registrov. Vo väčšine AVR procesoroch sú tieto pracovné registre mapované ako prvých 32 adries v pamäti, po ktorých nasleduje 64 vstupno/výstupných (I/O) registrov. Po týchto registroch je adresovaná SRAM.

Architektúra AVR má päť adresovacích módov:

- Priame adresovanie
- Nepriame adresovanie s posunutím (6-bitový posun)
- Nepriame adresovanie
- Nepriame adresovanie s dekrementáciou ukazateľ a adresy pred spracovaním inštrukcie
- Nepriame adresovanie s inkrementáciou ukazateľ a inštrukcie po spracovaní inštrukcie

Systém prerušenia má vlastné riadiace registre umiestnené v I/O priestore a navyše obsahuje bit v stavovom registri pre zákaz / povolenie všetkých prerušení. Všetky rôzne prerušenia majú oddelený vektor prerušenia v tabuľke prerušenia umiestnenej na začiatku programovej pamäte. Priorita týchto prerušení je daná ich umiestnením v tabuľke prerušení. Čím nižší vektor, tým má prerušenie väčšiu prioritu.



Obr. 6 Typická schéma AVR procesorov

Väčšina AVR procesorov obsahuje EEPROM pamäť (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) pre uloženie permanentných údajov, ktoré po prerušení napájania ostanú zachované. Počet zápisov na EEPROM je limitovaný - Atmel zaručuje spoľahlivých 100 000 cyklov zápisu.

Procesory z AVR rodiny sú taktované zväčša na 0-20MHz, v špeciálnych prípadoch až do 32MHz. Obsahujú interný kryštál, ktorý ruší potrebu zapojenia externého.

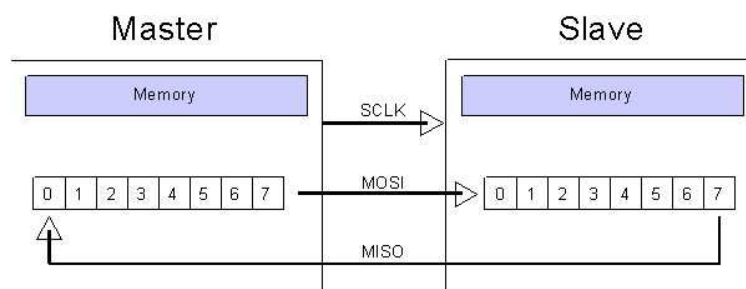
5.1.2 SPI

SPI (Serial Peripheral Interface) zbernica je synchronná sériová dátová linka, ktorá pracuje vo full duplex móde. Využíva sa hlavne pre spojenie s blízkymi spojmi na jednom obvode (napr. s externou EEPROM pamäťou, senzormi, programátormi a inými). Zariadenia komunikujú v master/slave móde, kedy master iniciuje dátový rámec.

Pre komunikáciu sa používajú 4 signály:

- *SCLK* (Serial Clock) synchronizačné pulzy
- *MOSI/SIMO* (Master Output Slave Input) dátový výstup z masteru
- *MISO/SOMI* (Master Input Slave Output) dátový výstup zo slave.
- *SS* (Slave Select) výber slave-u, aktívny v nule.

Komunikácia prebieha nasledovne: Pred vlastným prenosom dát sa vyberie požadovaný Slave. Na to slúži signál SS. Následne Master vyberie prenosovú rýchlosť. Tá je zväčša v rozmedzí 1-70MHz. Ihneď po zápise dát do SPI dátového registru u Mastera začne vlastný prenos dát. Master prenáša dáta po MOSI linke dáta z registru od najvyššieho bitu, Slave si ich ukladá od prvého bitu do registru. Zároveň Slave posiela dáta po MISO linke od najvyššieho bitu, Master si ich ukladá od najnižšieho bitu (obrázok 7)



Obr. 7 SPI komunikácia

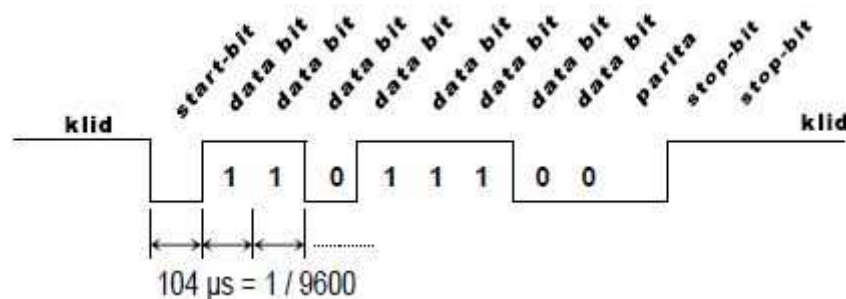
5.1.3 UART / SCI

Sériová periféria UART (Universal Asynchronous Receiver – Transmitter) sa používa prakticky v každom mikrokontroléri. Využíva sériové asynchrónne rozhranie SCI. Môže prenášať jednotlivé znaky o dĺžke 7 alebo 8 bitov. Synchronizácia je znaková, jednotlivé znaky po sebe môžu nasledovať

s ľubovoľne dlhou medzerou. Keďže ide o asynchrónny sériový prenos dát, hodinový signál nie je prenášaný, prijímač si ho musí generovať sám. Je tu potrebné zaistiť dostatočnú presnosť generátora hodinového signálu v prijímači a prostriedky, ktorými je možné generátor hodinového signálu prijímača synchronizovať s generátorom vysieláča. Na prenos stačí jeden signál.

Komunikácia cez SCI funguje nasledovne: V kľudovom stave vysielateľ vysielá na výstupe logickú 1. Pred začatím vysielania pošle tzv. Start Bit, ktorý nastaví výstup vysieláča na log. 0. Potom môžu nasledovať jeden alebo dva Stop Bity, ktoré majú hodnotu log. 1. Potom môže začať vlastné prenos dát (7 alebo 8 bitov). Následne je poslaný voliteľný paritný bit, ktorý slúži pre kontrolu. Po ňom nasleduje Stop Bit, ktorý nastaví výstup vysieláča na hodnotu log. 1 (obrázok 8).

Existuje taktiež periféria USART. Pomocou nej môže mikrokontrolér komunikovať naraz oboma smermi – prijímať aj posielať dáta. Signály sú zvyčajne označené RxD (príjem) a TxD (vysielanie).



Obr. 8 Príklad SCI komunikácie pri rýchlosti 9600Bd

5.1.4 1-Wire

1-Wire je sériové komunikačné rozhranie ktoré poskytuje nízko – rýchlostný prenos dát, riadiacich signálov a napájania cez jeden signál (dva, ak je pripojené externé napájanie). Podobá sa na zbernicu I²C, len komunikuje pomalšou rýchlosťou a väčším intervalom. Sieť viacerých 1-Wire zariadení s asociovaným Masterom sa nazýva MicroLan.

1-Wire navrhla spoločnosť Dallas Semiconductor ako zbernicu pre komunikáciu s malými a jednoduchými zariadeniami ako napr. termometer, tlakomer a iné. Každé zariadenie využívajúce 1-Wire má svoje vlastné unikátne 64 – bitové ID. To sa využíva pri komunikácii cez MicroLan, kde LSB je 8-bitový typ zariadenia a HSB je 8-bitový kontrolný súčin CRC.

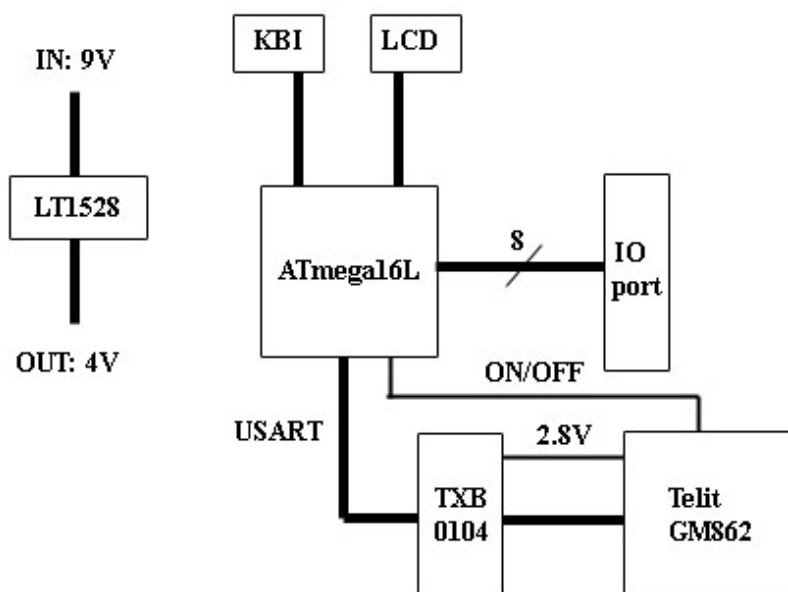
Priebeh komunikácie je pomerne zložitý, pretože protokol obsahuje presne dané časové rámce, v akých sa má jednotlivá logická hodnota vysielateľ. Napríklad pre vyslanie log. 1 master posiela veľmi krátky (1-15 µs) nízky (0) signál. Pre odoslanie 0 sa odosiela 60 µs nízky signál. Popis celého protokolu presahuje tému tejto práce.

5.2 Riadiaci modul

Riadiaci modul zaobstaráva komunikáciu s užívateľom, komunikáciu cez SMS správy a komunikáciu s koordinátorom bezdrôtovej siete senzorových modulov. Preto by mal obsahovať vstupné zariadenie - klávesnicu, výstupné zariadenie - LCD displej pre zobrazovanie stavu systému a GSM modul.

5.2.1 Schéma zapojenia

V nasledujúcom obrázku je schematicky znázornené zapojenie dôležitých súčiastok na riadiacom module:



Obr. 9 Schéma zapojenia riadiaceho modulu

Mikroprocesor je ATmega16L. K nemu pripojené LCD (GDM1602A) a klávesnica (3x4). Pomocou periférie USART (SCI zbernica) pripojený GSM modul Telit GM862 cez level translator TXB0104. Jeden celý port slúži ku komunikácii s koordinátorom siete ZigBee. Napätie na module je 4V, na usmernenie slúži LT1528.

5.2.2 Napájanie modulu

Napájanie modulu je možné vstupným napätím $\pm 15V$ (väčším než 4V), najvhodnejšie je používať 9V batériu. Pretože tento modul obsahuje GSM modul, ktorý má vysokú spotrebu, je potrebné zapojiť až 3A regulátor napätia. Podľa datasheetu GSM modulu (popis vid' kapitola 5.2.4) som použil súčiastku LT1528, ktorej výstup je odpormi nastavený na 4V, ktoré sú dostatočné pre MCU aj pre GSM modul.

LT1528 je 3A nízkoporuchový regulátor napätia optimalizovaný zvládnuť vysoké zaťaženie. Je navrhnutý pre použitie s najnovšími generáciami mikroprocesorov, ktorých vstupných napätie je medzi 3.3V – 5V [24]. Regulátor má pevne nastavený výstup na 3.3V, toto napätie sa však dá doregulovať jednoduchou odporovou deličkou. Stratové napätie je len 0.6V pri plnom zaťažení 3A.

5.2.3 MCU

Riadenie tohto modulu bude zaobstarávať MCU od spoločnosti Atmel ATmega16L, ktorý má nasledujúce parametre [26]:

- RISC architektúra
- Inštrukčný súbor obsahuje 131 inštrukcií
- 32 registrov dĺžky 8-bitov
- Štyri 8-bitové vstupno/výstupné porty (= dokopy 32 vstupov/výstupov)
- Hodinový kmitočet 0-16MHz
- 16 kB Flash pamäte
- Datová pamäť RAM o veľkosti 1KB
- Datová pamäť EEPROM o veľkosti 512B
- Flash a EEPROM sú programované priamo pomocou SPI alebo JTAG
- Analógový komparátor, 10-bitový AD prevodník
- dva 8-bitové čítače/časovače
- jeden 16-bitový čítač/časovač
- štyri PWM kanály
- USART, SPI, TWI, podpora I2C
- 2.7V – 5.5V pri 8MHz, 4.5V – 5.5V pri 16MHz

Použitý je v SMD puzdre TQFP, hodinový takt je vybratý 8MHz.

5.2.4 GSM modul

Pre GSM modul som zvolil modul od firmy TELIT GM862-QUAD, ktorý má tieto parametre [29]:

- Podporované frekvenčné pásmo: 850/900/1800/1900 MHz
- Podpora AT-príkazov podľa štandardu GSM 07.05, 07.07
- Podpora Hayes AT-príkazov
- Napájanie 3.2V – 4.5V
- Komunikačné rozhranie: sériový port
- Podpora klasických SIM kariet
- Nízka hmotnosť (19gramov)

- Pripojenie pomocou 50 pinového Molex konektoru (na strane GSM modulu 52991-0508, na strane navrhovaného riadiaceho modulu 53748-0508)

Zapnutie modulu je riadené portom ON, na ktorom musí byť logická 0 po dobu aspoň 900 ms pre zapnutie modulu. Zapojenie je navrhnuté v datasheete GSM modulu, je použitý NPN tranzistor BC-847 a pull-up odpory.

Modul komunikuje s mikrokontrolérom pomocou SCI sériového rozhrania. GM862-QUAD je síce napájané napätím 3.2V – 4.5V, ale na všetky komunikačné porty môže byť privedených maximálne 2.8V. Toto napätie je výstupné napätie na porte PWRMON GSM modulu. Keďže výstupné napätie z portov mikrokontroléra je 4V, je potrebné použiť Level translator. Na tento účel som použil TXB0104 od spoločnosti Texas Instruments. Je to 4-bitový obojsmerný Voltage-level translator, kde na A porte môže byť napätie 1.2V – 3.6V a na B porte môže byť napätie 1.65V – 5.5V. Na port A som napojil porty GSM modulu napájané z PWRMON portu modulu, na port B som napojil porty mikrokontroléru.

5.2.5 Klávesnica

Vstupné zariadenie pre komunikáciu s užívateľom je klávesnica 4x4, ktorá obsahuje klávesy 0-9, *, #, A, B, C, D. Numerická časť klávesnice je použitá pre zadávanie kódov, * a # je použitá pre posúvanie v menu vpred a vzad.

5.2.6 LCD displej

Použitý je dvojriadkový znakový LCD displej GDM1602A. Na výpis je použitých 2x16 znakov.

5.3 Moduly bezdrôtovej siete ZigBee

Firma Atmel ponúka na svojich stránkach balík (bundle) zariadení, ktoré sú špeciálne navrhnuté na bezdrôtovú sieť ZigBee. Podľa toho som sa rozhodol použiť balík ATmega128RZAV, ktorý sa skladá z mikrokontroléra ATmega1281 a transcievru AT86RF230.

5.3.1 Napájanie

Napájanie modulov je z 9V batérií. Toto napätie je následné regulované na 3.3V regulátorom LM317L doplneným vhodnými externými odpormi. Takéto nízke napätie je z dôvodu použitia nízko - napäťový transciever, ktorého vstupné napätie je 1.8V – 3.6V.

LM317L je 100mA regulátor napájania, ktorý napätie reguluje v rozsahu 1,2V – 37V. Výstupné napätie z regulátora je 1,25V, toto napätie sa upravuje pomocou pripojených rezistorov na 3,3V [25]. Regulátor je použitý v SO puzdre, ktoré poskytuje vhodné tepelné vlastnosti.

Modul je doplnený optickou signalizáciou - LED diódou, ktorá v prípade správneho napájania svieti načerveno.

5.3.2 MCU

Základný prvok tohto modulu je mikrokontrolér Atmel ATmega1281V z rodiny AVR. Medzi jeho hlavné vlastnosti patrí [27]:

- RISC architektúra
- Inštrukčný súbor obsahuje 131 inštrukcií
- 32 registrov dĺžky 8-bitov
- Štyri 8-bitové vstupno/výstupné porty (= dokopy 32 vstupov/výstupov)
- Hodinový kmitočet 0-16MHz
- 128 kB Flash pamäte
- Dva 8-bitové čítače/časovače
- Štyri 16-bitové čítače/časovače
- USART, SPI, TWI, podpora I2C
- 2.7V – 5.5V pri 8MHz, 4.5V – 5.5V pri 16MHz
- Ultra nízka spotreba

Použil som ho v púzde TQFP. Hodinový kmitočet je privedený ako externý z transcievru.

5.3.3 Transciever

AT86RF230 je nízko - príkonový transciever vyvinutý Atmel-om špeciálne na použitie v ZigBee/IEEE 802.15.4/6LoWPAN sieťach pracujúci na frekvencii 2.4GHz. Poskytuje kompletne prepojenie medzi rádiovou časťou modulu a mikrokontrolérom. Skladá sa z dvoch základných častí: analógový rádiový transciever a digitálny demodulátor. Medzi jeho hlavné výhody patrí jednoduchá zapojiteľnosť – postačuje pripojiť len anténu (prípadne aj balún), kryštál a 4 kondenzátory.

Komunikácia s procesorom je zabezpečená pomocou rýchleho SPI rozhrania, doplneným signálmi CLKM (externý signál pre mikrokontrolér), IRQ (prerušenie), RST, SLP_TR (sleep), RST (reset). Komunikácia je typu master-slave, master je mikroprocesor a slave je transciever.

5.3.4 Anténa

Dôležitou súčasťou každej bezdrôtovej sústavy je anténa. Anténa zabezpečuje príjem a/alebo vysielanie rádiových elektromagnetických vln cez prirodzené média (vzduch, zem, voda...). V anténe

sa mení energia elektromagnetického žiarenia na vysokofrekvenčný prúd (príjem) alebo naopak (vysielanie). Vyrábajú sa v rôznych prevedeniach ako napr. drôtová anténa, tyčová anténa, rámová anténa, leptaná anténa... Pre túto prácu je vhodná malá anténa, ktorej rozmery sú zanedbateľné voči rozmerom modulu.

Zariadenia ZigBee štandardne môžu komunikovať v nelicencovaných pásmach. Pre štandard ZigBee sa používajú tri typy antén: leptané, externé, v SMD puzdre. Pre danú aplikáciu som zvolil SMD puzdro, hlavne pre jeho veľkosť a dostupnosť.

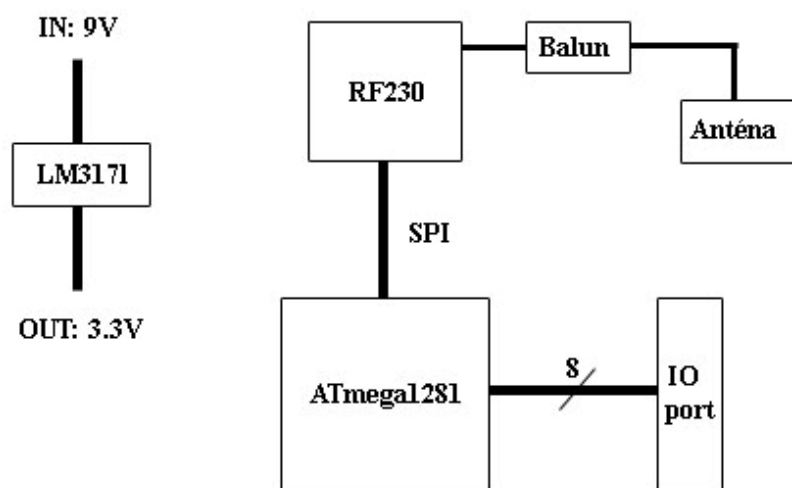
Vybral som anténu od firmy YAGEO s označením 3216. Keďže impedancia tejto antény je 50Ω a výstupná impedancia z transcievru je 100Ω , je potrebné použiť balun LDB182G4510C v malom 0603 púzde, ktorý slúži na zmenu impedancie.

5.3.5 Koordinátor

Koordinátor je modul, ktorý spracováva a vyhodnocuje dáta so senzorových modulov a podľa nich posiela informácie riadiacemu modulu. Pripojenie k riadiacemu modulu je pomocou portu C mikrokontroléra na strane koordinátora a cez port B mikrokontroléra na strane riadiaceho modulu. Táto komunikácia funguje na zmene log. úrovni (0/1). Keďže nejde o žiadne komunikačné rozhranie (ako napr. SPI alebo SCI), je možné vynechať moduly ZigBee siete a pripojiť priamo senzory.

5.3.5.1 Schéma zapojenia

V nasledujúcom obrázku je schematicky znázornené zapojenie dôležitých súčiastok na riadiacom module:



Obr. 10 Schéma zapojenia koordinátora

Hlavná časť modulu je mikroprocesor ATmega1281V. K nemu je cez SPI rozhranie pripojený transciever AT86RF230, ku ktorému je cez balun pripojená anténa. IO port slúži pre komunikáciu s riadiacim modulom. Koordinátor je napájaný cez regulátor napätia LM317L.

5.3.6 Senzorové moduly

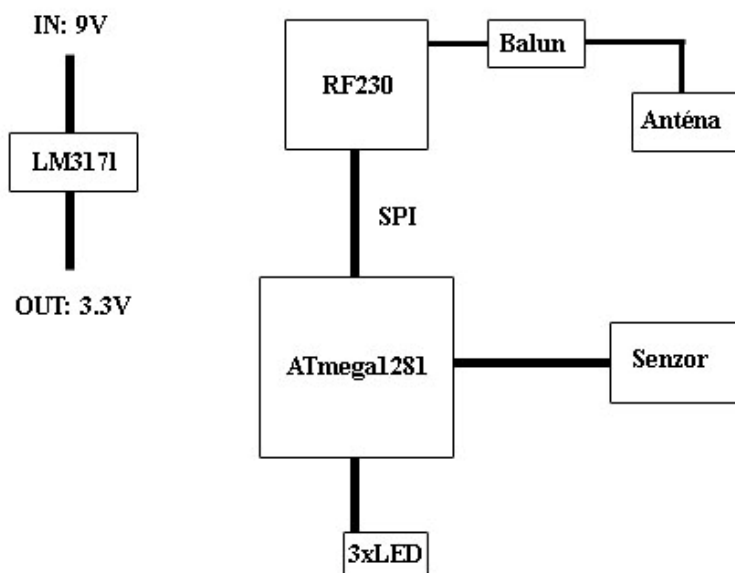
5.3.6.1 Úvod

Senzorové moduly patria ku vstupným zariadeniam systému. Ich úloha je zbierať dáta zo senzorov a pomocou bezdrôtovej siete ZigBee ich posielat' koordinátoru. Keďže moduly patria do bezdrôtovej časti systému, ich hlavné komunikačné časti (MCU + transciever) sú rovnaké s koordinátorom. To znamená použitie ATmega128RZAV bundle.

Moduly sú navrhnuté tak, aby na ne bolo možné pripojiť akýkoľvek senzor s napájaním 3.3V. Týchto senzorov je na trhu veľké množstvo, rozhodol som sa pre ponuku firmy Parallax. Použil som dva senzory: pohybový a teplotný. Senzor môže komunikovať buď cez 1-wire rozhranie, alebo cez log. 0/1 na výstupe (1=poplach, 0=kl'ud).

5.3.6.2 Schéma zapojenia

V nasledujúcom obrázku je schematicky znázornené zapojenie dôležitých súčiastok na senzorovom module:



Obr. 11 Schéma zapojenia senzorového modulu

Základnou jednotkou modulu je procesor ATmega1281V z Atmelovského ZigBee bundle, ku ktorému je cez SPI pripojený transciever AT86RF230. K nemu je napojená SMD anténa, ktorá je

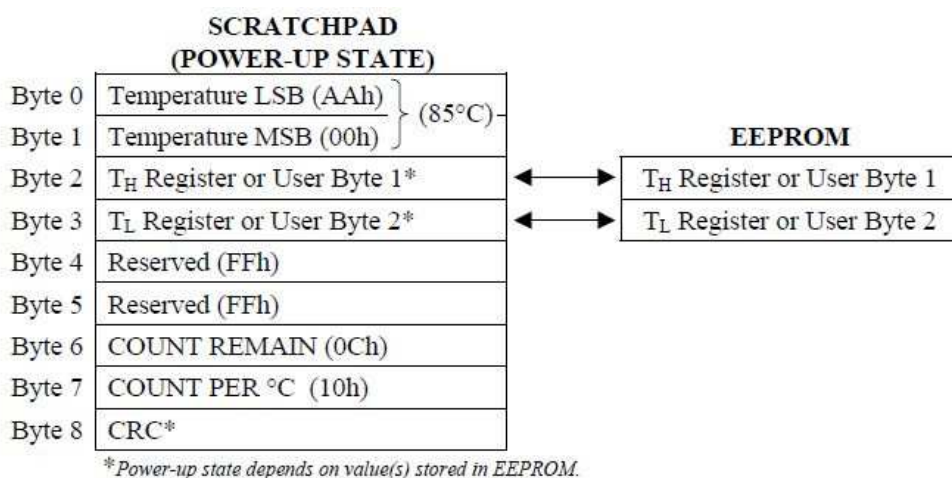
pripojená pomocou balun-a. K procesoru je pripojený senzor, cez 1-Wire alebo iné 1-signálové rozhranie, prípadne priamo na pin procesora zisťovaním zmenou úrovne.

5.3.6.3 Teplotný senzor

Pre túto prácu som sa rozhodol použiť teplotný senzor od firmy Dallas Semiconductor DS18S20 v SO8 puzdre. Pre komunikáciu s procesorom používa komunikačné rozhranie 1-Wire. Rozsah meraných hodnôt je -55 až +125°C. V rozsahu -10°C až 85°C má prípustnú odchýlku $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Zariadenie má možnosť byť napájané zo zbernice 1-Wire (tzv. parazitické napájanie), alebo aj z externého napájania. Parazitické napätie je napätie „kradnuté“ zo zbernice 1-Wire, ktoré nabíja kondenzátory, ktoré napájajú zariadenie v prípade nízkeho napätia na zbernici (=log. 0). Počas tepelnej konverzie má zariadenie spotrebu až 1.5mA, a tak je počas tohto procesu potrebné zariadenie napájať zo zbernice 1-Wire. Výhodou externého napájania je, že nie je potrebný pull-up odpor a že zbernica 1-Wire je voľná počas tepelnej konverzie. Preto som sa rozhodol pre použitie externého napájania.

Medzi ďalšie výhody DS18S20 patrí využívanie SRAM a EEPROM pamäte. V SRAM pamäti sú uložené namerané hodnoty a bajty, ktorými možno nastaviť proces merania. V EEPROM pamäti sa nachádzajú dva bajty, ktorými sa nastavuje funkcia Alarm. Ňou je možné nastaviť upozornenie, ak teplota presiahne nastavenú teplotu.



Obr. 12 Organizácia pamäte DS18S20 [30]

5.3.6.4 Pohybový senzor

Vybral som pohybový senzor od firmy Parallax 555-28027. Je to PIR (Passive Infra-Red) senzor. Znamená to, že je to pyroelektrické zariadenie, ktoré detekuje pohyb zisťovaním zmien v infračervenom pásme vyžarované okolitými objektmi.

Senzor obsahuje tiež špeciálny filter nazvaný Fresnelove šošovky, ktoré „zaostrujú“ infračervené žiarenie na čidlo. Medzi hlavné výhody tohto senzoru patrí jeho veľkosť (32mm x 24mm

x 25mm), ktorá sa dá prirovnať veľkosti zápalkovej krabičky. Ďalšia výhoda je spôsob oznámenia o pohybe: log. 1 na výstupe. To znamená, že výstup zo senzora stačí zapojiť na vstupný port mikrokontroléra a čakať na log. 1, ktorá oznamuje identifikáciu pohybu. Senzor ďalej obsahuje jumper, ktorým možno prepínať mód senzora. V pozícii H je nastavený mód Retrigger, kedy počas celého zaznamenávaného pohybu je výstup senzora log. 1. V pozícii L je nastavený mód L, kedy je postupne prepínané z log. 1 na log. 0. Senzor potrebuje pred použitím kalibráciu, ktorá trvá cca 10-60 sekúnd. Vzhľadom na veľkosť senzora je dosahovaná výborná citlivosť do cca 6 m. Senzor je navrhnutý tak, aby sa prispôboval pomaly meniacim podmienkam, ktoré sa prirodzene dejú, ako napríklad posun dňa, alebo zmena počasia.

5.3.6.5 Požiarny senzor

K modulu môže byť pripojený akýkoľvek požiarny senzor napájaný napätím cca 3.3V s 1-signálovým výstupom. Pre túto prácu som vybral senzor od firmy muRata IRA-E420SW1. Je to pyroelektrický infračervený senzor špeciálne vyvinutý pre detekciu požiarov. Vstupné napätie je 3-15V, čím je umožnené pripojiť ho do navrhovaného zabezpečovacieho systému.

6 Programové vybavenie

6.1 Úvod

Z hľadiska softwarového vybavenia som prácu rozdelil na dve časti. Prvá časť je komunikácia s GSM modulom, t.j. posielanie a prijímanie SMS správ a komunikácia s užívateľom t.j. LCD displej a klávesnica. Túto časť som navrhol v jazyku C. Druhá časť je naprogramovanie bezdrôtovej ZigBee siete senzorových modulov a koordinátora. Na túto časť je vhodné využiť operačný systém vstavaných systémov TinyOS.

6.2 SW riadiaceho modulu

Riadiaci modul je navrhnutý v programovacom jazyku C. Medzi hlavné výhody programovacieho jazyka C patrí skutočnosť, že má nielen vlastnosti, ktoré očakávame od vyšších programovacích jazykov, ale i vlastnosti očakávané skôr od assembleru (strojového jazyka procesorov). Z vyšších jazykov má práve C najbližšie k assembleru. Preto sa i pri veľkých počítačoch používa pri programovaní operačných systémov. Používaním vyššieho jazyka pri programovaní mikroprocesorov sa dokonca zaoberajú aj tvorcovia MCU. RISC-ové AVR procesory sú prispôsobené hlavne programovaciemu jazyku C.

6.2.1 Vývojový nástroj

Pre návrh programu pre riadiaci modul som sa rozhodol použiť vývojové prostredie CodeVisionAVR (CV AVR) od spoločnosti HP InfoTech. Je špeciálne navrhnutý pre AVR procesory. CV AVR obsahuje prekladač jazyka C, integrované vývojové prostredie (IDE) a sprievodcu (wizard), umožňujúci automatické generovanie zdrojového kódu. Jeho prekladač jazyka C z väčšej časti vyhovuje norme ANSI-C. Obsahuje viacero rozšírení vyhovujúcim potrebám vstavaných systémov. Okrem štandardných knižníc obsahuje ďalšie knižnice pre použitie s:

- LCD displejmi
- Zbernicou I2C
- Protokolom 1-wire
- Teplotnými senzormi DS1820 compatible
- Zbernicou SPI
- Perifériou USART.

6.2.2 Popis programu

Program začne nastavením riadiacich registrov. Pre komunikáciu s GSM modulom je použitá USART periféria s nastavenou prenosovou rýchlosťou 4800Bd, 1 StopBitom a žiadnou paritou. Následne je uskutočnená inicializácia LCD displeja a GSM modulu. Ak je GSM modul správne pripojený, zelená LED dióda začne blikať. Pre kontrolu zapnutého GSM modulu je po sériovej linke poslaný príkaz „AT“. Ak modul odpovie „OK“, je správne zapnutý a pripravený prijímať príkazy. Poslaním príkazu AT+CMGF=1 sa GSM modul prepne do textového režimu. Pomocou príkazu AT+CPIN sa pošle do GSM modulu PIN-kód vloženej SIM karty. Po správnom zadaní PIN-kódu GSM modul začne vyhľadávať sieť. Ak sa úspešne pripojí do siete, prestane zelená LED dióda blikať a program sa dostane do slučky, v ktorej čaká na prijatie SMS správy. Ak je prijatá SMS správa, procesor ju dekoduje a v prípade správneho formátu správy zapne/vypne systém. V tejto slučke sa takisto kontroluje vstupný port, na ktorý môže byť napojený koordinátor alebo priamo senzor. Ak dostane informáciu o narušení systému, pošle výstražnú SMS správu na číslo uložené na pozícii „1“ SIM karty.

6.2.3 Programovanie riadiaceho modulu a problémy pri testovaní

Program som do procesora nahrával pomocou programátora Presto od firmy Asix. Je to rýchly programátor podporujúci programovanie osadených súčiastok – ISP (In-System Programming) a JTAG. Programuje veľké množstvo súčiastok – mikrokontroléry (AVR, PIC,...), CPLD, FPGA, sériové Flash a EEPROM pamäte. S počítačom je pripojený rozhraním USB. Základným programovým prostriedkom pre komunikáciu s Prestom je program UP, ktorý okrem bežných príkazov poskytuje radu nadštandardných funkcií, ktoré rozširujú možnosti použitia programátora a uľahčujú jeho obsluhu. Ide napr. o možnosť ovládať program z príkazového riadku, možnosť sériového programovania, nastavenie Fuse bitov.

Počas programovania a testovania modulu vznikali určité chyby, ktoré sa ale podarilo odstrániť. Najdôležitejšia a najkomplikovanejšia bola chyba mikrokontroléra. Stala sa počas programovania do procesora, kedy MCU prestal komunikovať a ani program UP ho nedokázal rozpoznať. Preto som vyskúšal napojiť mikrokontrolér na osciloskop. Všetky merania boli bezúspešné, všetko nasvedčovalo pokazeniu a zničeniu súčiastky. Dosvedčovalo to aj nulové napätie na externom krištáli.

Príčin tejto chyby môže byť viacero. Medzi tie najpravdepodobnejšie patrí chyba pri programovaní (nesprávne nastavenie Fuse Bitov), skrat, ale aj chyba od výroby. Preto som procesor vymenil za nový, ale nie celkom rovnaký. Pôvodný bol ATmega16A, nový ATmega16. ATmega16A má vstupné napájanie 3.2V-5.5V, ale ATmega16 má 4.5V-5.5V. Vzhľadom na to, že regulátor

napätie bol nastavený na hodnotu 4V, ktorá nevyhovuje novému mikrokontroléru, bolo potrebné zmeniť nastavovacie odpory pri regulátore LT1528. Ďalší problém, ktorý vznikol pri výmene procesora bol, že ATmega16 má slabo pullupované vývody. Preto som musel pridať pull-up odpor na pin, ktorým sa zapína GSM modul. Po týchto zmenách už modul pracuje podľa návrhu.

6.3 SW pre moduly bezdrôtovej siete ZigBee

Navrhované moduly bezdrôtovej siete (koordinátor a senzorové moduly) sú nad rámec zadania práce. Preto som sa viac venoval návrhu riadiaceho modulu, pri ktorom mi veľa času zabralo odstraňovanie chýb (najmä výmena mikroprocesora). Tým pádom sa mi do dátumu odovzdania nepodarilo navrhnuť softvér pre tieto moduly. Moduly sú pripravené na naprogramovanie a sú plne funkčné podľa návrhu.

6.3.1 TinyOS

Pre programovanie modulov bezdrôtovej siete ZigBee (senzorové moduly aj koordinátor) je možné využiť TinyOS. Je to voľne dostupný open-source operačný systém zameraný hlavne na bezdrôtové siete. Je napísaný v jazyku NesC, čo je dialekt jazyka C optimalizovaný na pamäťové limity senzorových sietí.

Programy napísané v TinyOS sú tvorené komponentmi, niektoré z nich tvoria abstrakt hardwaru. Tieto komponenty sú navzájom poprepájané pomocou rozhraní (interfaces). TinyOS poskytuje komponenty a rozhrania pre paketovú komunikáciu, routerovanie, ukladanie dát a iné. Medzi nimi sa nachádzajú aj komponenty, ktoré používam v tejto práci – MCU ATmega1281, RF230.

7 Záver

Cieľom tohto projektu bolo navrhnuť a prakticky implementovať zabezpečovací systém s využitím GSM. Behom tejto práce som sa zoznámil so štandardami siete GSM, hlavne GSM 07.07 a GSM 07.05, ktoré popisujú používanie AT príkazov. Pre komunikáciu cez GSM som sa rozhodol pre GSM modul od spoločnosti Telit, ktorý ponúka jednoducho – integrovateľné GSM moduly pre všetky druhy aplikácií. Tieto moduly obsahujú SCI rozhranie, pomocou ktorého komunikujú s pripojeným procesorom. Ďalej som preštudoval základy problematiky senzorov, ich delenie a základné charakteristiky. Venoval som sa hlavne požiarnym čidlám, ktoré sa v súčasnej dobe čoraz viac stávajú súčasťou zabezpečovacích systémov.

Po teoretickej časti tohto projektu som sa venoval návrhu systému. Popísal som spôsob, ako bude tvorená senzorová sieť – pomocou bezdrôtového protokolu ZigBee. V implementácii sú podrobne popísané základné súčiastky, z ktorých sa systém skladá. Hlavné jednotky každého modulu sú mikrokontroléry, ktoré som vybral od spoločnosti Atmel z radu AVR. Po návrhu dosiek plošných spojov, ktoré som vytváral v návrhovom programe Eagle, som obstaral potrebné súčiastky pre výrobu a nechal som navrhnuté dosky vyrobiť a osadiť. Nasledovalo oživovanie a testovanie modulov, čomu sa venuje kapitola 6.

Podarilo sa mi teda navrhnuť a prakticky realizovať zabezpečovací systém ovládaný cez GSM sieť. Po softvérovej stránke je funkčný riadiaci modul, ktorý sprostredkúva komunikáciu s užívateľom cez GSM modul. Je naň možné napojiť koordinátor siete ZigBee, ktorý vytvára bezdrôtovú sieť senzorových modulov. Na riadiaci modul je tiež možné pripojiť senzory priamo, čím sa ruší potreba použitia bezdrôtovej siete.

Vytvorený systém má význam v oblasti zabezpečenia majetku. Je naň možné pripojiť akýkoľvek druh senzoru a vybrať, či bude pripojený bezdrôtovo alebo drôtovo. Vďaka malým rozmerom modulov, použitiu kvalitných súčiastok (procesory a transcièvre od firmy Atmel, GSM modul od firmy Telit) a jednoduchosti je možné systém použiť v akejkoľvek sfére, či už pre zabezpečenie domácnosti alebo veľkých priemyselných priestranstiev.

Napriek tomu, že systém funguje podľa zadania, je potrebné ho ďalej zdokonaľovať. A to hlavne dopísať programy pre moduly bezdrôtovej siete, čím sa systém stane moderným zabezpečovacím systémom bez potreby drôtového prepojenia senzorov. Ďalšími možnými vylepšeniami je hlasové upozorňovanie cez GSM (nahratie reči do pamäte), solárne napájanie modulov, použitie dotykového plne - grafického displeja pre informácie o stave systému a iné. Solárne napájanie by efektívne znížilo vybíjanie napájacích batérii a v prípade použitia kvalitného solárneho panelu aj umožňovalo dobíjanie batérií.

Práca bola pre mňa veľkým prínosom hlavne v oblasti návrhu vstavaných systémov. Na začiatku som mal malé skúsenosti z tejto oblasti informatiky, či už s návrhom schém, plošných spojov

(v programe Eagle) alebo aj výberom správnych komponentov (súčiastok). S týmto všetkým som sa počas práce zoznámil a prinieslo mi to množstvo skúseností do budúcnosti. Taktiež som získal množstvo teoretických vedomostí o GSM sieťach, AT príkazoch, senzoroch a fungovaní procesorov.

Literatúra

- [1] WIKIPEDIA: GSM. [online], posledná aktualizácia 1.5.2009.
URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>
- [2] WIKIPEDIA: Global System for Mobile Communications. [online], posledná aktualizácia 28.4.2009.
URL: <http://sk.wikipedia.org/wiki/GSM>
- [3] Emory University: History and Timeline of GSM. [online], posledná aktualizácia 20.4.2009
URL: <http://www.emory.edu/BUSINESS/et/P98/gsm/history.html>
- [4] ETSI: GSM Technical Specification 07.05. [online, PDF] posledná aktualizácia 16.4.2009
URL: <http://www.ctiforum.com/standard/standard/etsi/0705.pdf>
- [5] WIKIPEDIA: Subscriber Identity Module. [online], posledná aktualizácia 30.4.2009
URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Subscriber_Identity_Module
- [6] WIKIBOOKS: Serial Programming/Modems and AT Commands. [online], posledná aktualizácia 10.3.2009
URL: http://en.wikibooks.org/wiki/Serial_Programming/Modems_and_AT_Commands
- [7] WIKIPEDIA: Hayes Command Set. [online], posledná aktualizácia 3.3.2009
URL: http://en.wikipedia.org/wiki/AT_Commands
- [8] DHServis: AT príkazy mobilných telefónu. [online], posledná aktualizácia 4.4.2009
URL: http://www.dhservis.cz/dalsi/at_prikazy.htm
- [9] Telit: Telit AT Commands Reference Guide. [online, PDF], posledná aktualizácia 3.1.2009
URL: <http://www.telit.com/module/infopool/download.php?id=542>
- [10] Stanislav Ďaďo, Marcel Kreidl: SENZORY a mericí obvody. Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2000, ISBN 80-01-01500-9.
- [11] Prof. Ing. Radimír Vrba, CSc.: Mikrosenzory a mikromechanické systémy. Skriptá FEKT VUT.
- [12] Radislav Martinek: Senzory v průmyslové praxi. Nakladatelství BEN, 2004, ISBN 80-7300-114-4.
- [13] Pavol Slota: Detektory elektrickej požiarnej signalizácie. [online, PDF]
URL: http://fel.utc.sk/~nagy/BS/PDF/Slota_EPS.pdf
- [14] WIKIPEDIA: ZigBee [online], posledná aktualizácia 4.5.2009
URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
- [15] Bernard Halás: Návrh simulácie bezdrôtovej siete ZigBee pomocou simulačného systému OMNET++. Praha: CVUT, 2006 [online]
URL: https://dip.felk.cvut.cz/browse/pdfcache/halasb1_2006bach.pdf
- [16] STG: Types of ZigBee Networks. [online], posledná aktualizácia 13.3.2009.

- URL: http://www.stg.com/wireless/ZigBee_netw.html
- [17] Peter Kuťák: ZigBee. [online], posledná aktualizácia 13.11.2008.
URL: <http://sprite.edi.fmph.uniba.sk/~kutak/texty/ZigBee.htm>
- [18] WIKIPEDIA: Atmel AVR. [online], posledná aktualizácia 23.2.2009.
URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Atmel_AVR
- [19] Vladimír Váňa: Mikrokontroléry ATMEL AVR – programovaní v jazyce C. Nakladateľství BEN, Praha, 2003, ISBN 80-7300-102-0.
- [20] Jiří Pinker: Mikroprocesory a mikropočítače. Nakladateľství BEN, Praha, 2004 ISBN 80-7300-110-1
- [21] Vladimír Šubrt: Mikrokontroléry ATMEL AVR – vývoj aplikácií. Nakladateľství BEN, Praha, 2002 ISBN 80-7300-055-5
- [22] David Matoušek: Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR ATmega16. Nakladateľství BEN, Praha, 2006, ISBN 80-7300-174-8
- [23] Linear Technology: LT1528 3A Low Dropout Regulator for Microprocessor Applications. [online], posledná aktualizácia: 20.4.2009.
URL: <http://www.linear.com/pc/productDetail.jsp?navId=H0,C1,C1003,C1040,C1055,P1048>
- [24] National Semiconductor: LM317L, datasheet. [online, PDF], posledná aktualizácia: 10.3.2009
URL: <http://www.national.com/ds/LM/LM317L.pdf>
- [25] Atmel: ATmega16l, datasheet. [online, PDF], posledná aktualizácia: 20.4.2009
URL: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2466s.pdf
- [26] Atmel: ATmega1281, datasheet. [online, PDF], posledná aktualizácia: 20.4.2009
URL: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2549.pdf
- [27] Atmel: AT86RF230, datasheet. [online, PDF], posledná aktualizácia: 20.4.2009
URL: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc5131.pdf
- [28] Telit: GM862-QUAD/PY Hardware User Guide. [online, PDF], posledná aktualizácia: 20.4.2009
URL: <http://www.telit.com/module/infopool/download.php?id=537>
- [29] Dallas Semiconductor: DS18S20, datasheet. [online, PDF], posledná aktualizácia: 20.4.2009.
URL: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20.pdf>
- [30] Parallax: PIR Sensor 555-28027, datasheet. [online, PDF], posledná aktualizácia: 20.4.2009.
URL: <http://www.parallax.com/dl/docs/prod/audiovis/PIRSensor-V1.2.pdf>
- [31] Murata: Pyroelectric Infrared Sensors. [online, PDF], posledná aktualizácia: 20.4.2009.
URL: <http://www.murata.com/products/catalog/pdf/s21e.pdf>
- [32] WIKIPEDIA: TinyOS. [online], posledná aktualizácia 30.3.2009.
URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/TinyOS>

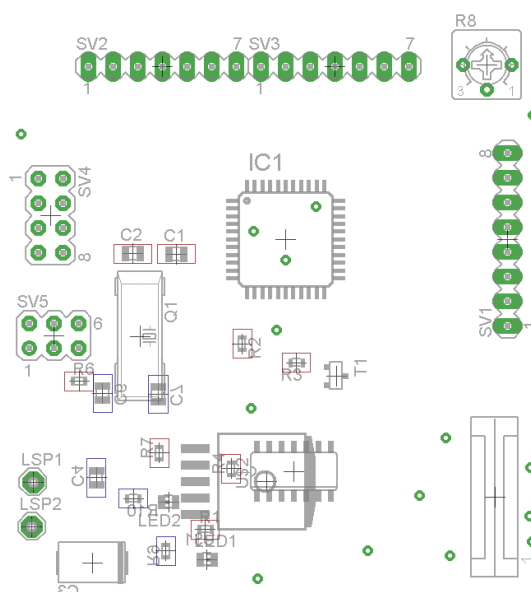
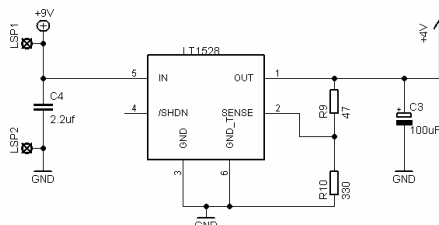
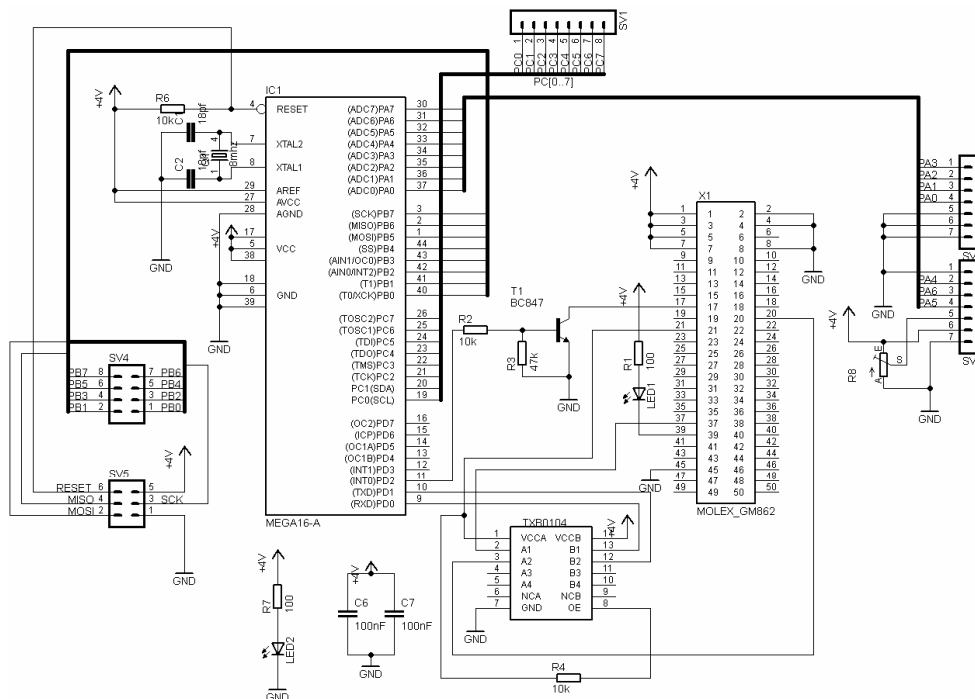
Zoznam príloh

Príloha 1. Schémy a rozmiestnenie súčiastok na plošnom spoji

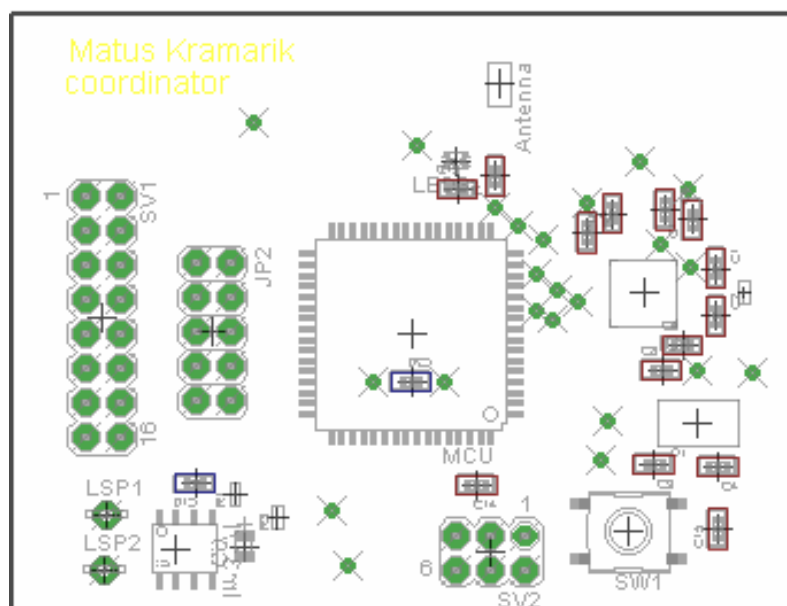
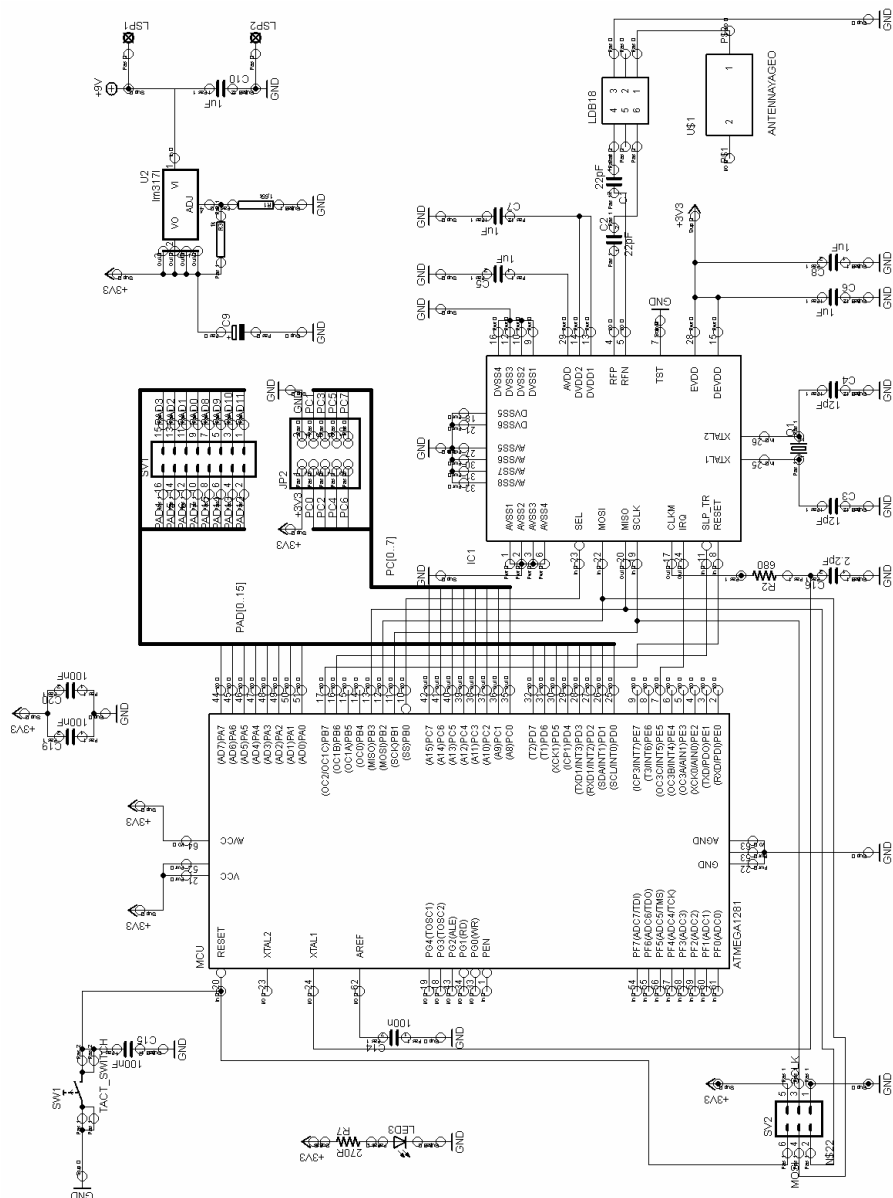
Príloha 2. CD so zdrojovými kódmi, HEX súbor pre riadiaci modul, schémami modulov a popisom zapojenia prídavných modulov (LCD, klávesnica, senzory, GSM modul, napájanie) na riadiaci modul

Príloha 1. Schémy a rozmiestnenie súčiastok na plošnom spoji

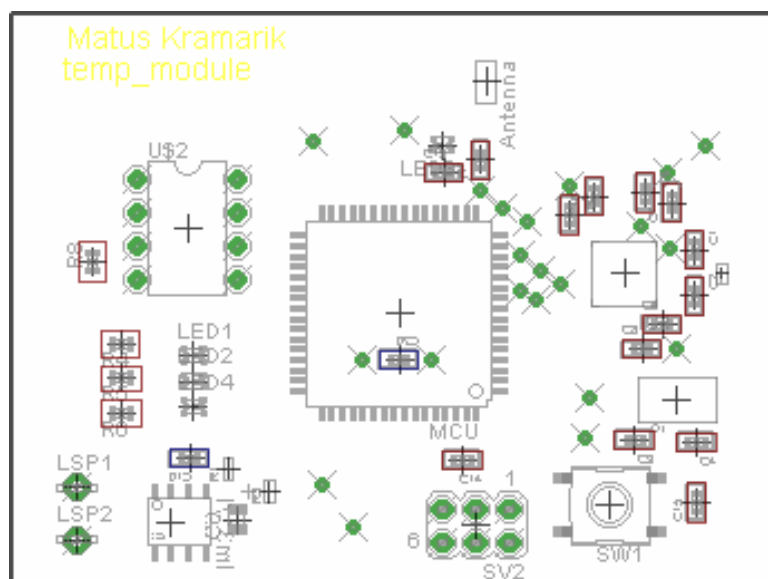
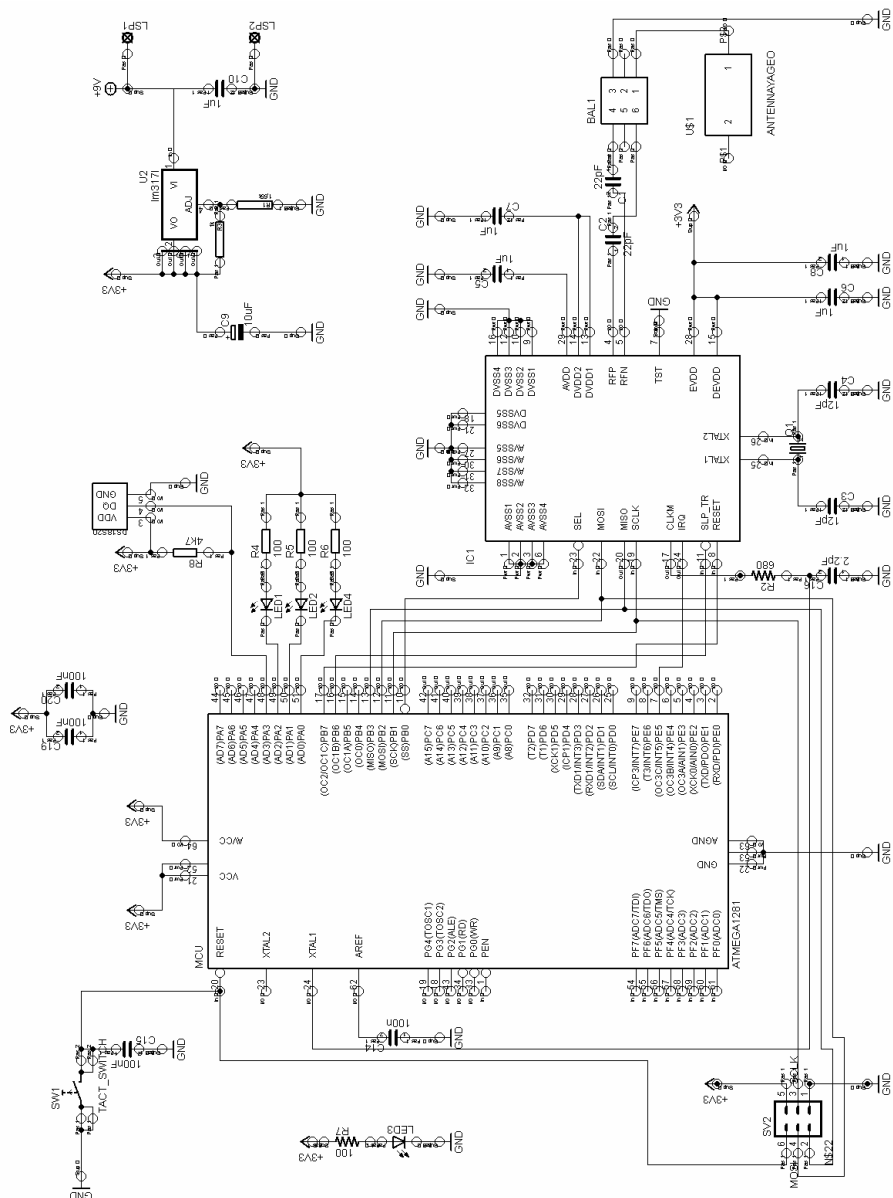
Riadiaci modul



Koordinátor siete ZigBee



Senzorový modul (s vývodmi pre DIL08 puzdro)



Príloha 2.

Priložené CD obsahuje nasledujúce dáta:

- Adresár /Hex – obsahuje HEXa súbor pre riadiaci modul
- Adresár /Src – obsahuje zdrojové kódy
- Adresár /Schemes – obsahuje schémy navrhovaných modulov a návod na správne zapojenie prídavných modulov (LCD, KBI, GSM) na riadiaci modul
- Adresár /Pictures – obsahuje fotky modulov
- PDF súbor technicka_sprava.pdf – úplne znenie technickej správy vo formáte PDF