

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická



Bakalářská práce

**Programovatelné zabezpečovací zařízení do bytu řízené mobilním
telefonem**

Lukáš Přívozník

Vedoucí práce: Ing. Pavel Kubalík

Studijní program: Elektrotechnika a informatika, strukturovaný, bakalářský

Obor: Výpočetní technika

červen 2006

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 21.6.2006

.....

Abstract

The main goal of this bachelor thesis is to design and produce of a simple programmable home security device. The security device is connected to the cell phone and can be programmed by SMS commands. The device has four inputs, four outputs and can monitor up to four temperatures on different places. There are three basic events based on changes of temperature or inputs: sending a SMS, calling a phone number or just ringing the number. These events can be configured in detail. Any of these events can point to different telephone number. The numbers are preprogrammed in the memory. The security device is one part of the complex project. The project contains also web application, client application and server for mediate SMS communication.

Abstrakt

Hlavním cílem této bakalářské práce je návrh a výroba jednoduchého programovatelného zabezpečovacího zařízení pro domácí použití. Zabezpečovací zařízení je spojeno s mobilním telefonem a je nastavováno pomocí příkazů odeslaných prostřednictvím SMS. Zařízení disponuje čtyřmi vstupy, čtyřmi výstupy a umožňuje sledování až čtyř teplot na různých místech. Na základě změny teploty nebo vstupů lze vyvolat tři základní akce: odeslání SMS, volání telefonního čísla nebo jen prozvonění čísla. Tyto akce mohou být podrobně naprogramovány. Každá z těchto akcí může směřovat na jiné z předem nastavených čísel. Zabezpečovací zařízení je jedním modulem celého projektu, v rámci kterého je vyvíjena též webová aplikace, klientská aplikace a server pro zprostředkování SMS komunikace.

Obsah

Seznam obrázků	ix
Seznam tabulek	xi
1 Úvod	1
2 Analýza.....	3
2.1 Přehled obdobných produktů na trhu	3
2.1.1 Flajzar GSM pager (alarm) GPA2 x35	3
2.1.2 Jablotron GSM komunikátor GD-06 "Allegro"	3
2.1.3 Zetron GSM-PAGER EASY	3
2.1.4 Level GB 060 311 GSM KOMUNIKÁTOR	3
2.2 Obvody a součástky použité v návrhu.....	4
2.2.1 Mikrořadič	4
2.2.2 Teplotní čidlo	6
2.2.3 Obvody se sběrnici I ² C.....	7
2.2.4 IR přijímač.....	7
2.2.5 Převodník mezi úrovněmi TTL a RS-232	7
2.2.6 Relé.....	7
2.3 Napájení	8
2.4 Mobilní telefony	9
2.5 Komunikace s mobilním telefonem	9
2.5.1 Použité rozhraní.....	9
2.5.2 Vlastní komunikace.....	9
2.6 Programovací jazyk a vývojové prostředí	11
2.7 Programátor	11
3 Návrh řešení	12
3.1 Blokové schéma zabezpečovacího zařízení	12
3.1.1 Popis jednotlivých bloků.....	12
3.2 Návrh schématu a plošného spoje	13
4 Realizace	14
4.1 Popis jednotlivých částí schématu.....	14
4.1.1 Sériové rozhraní	14
4.1.2 RTC	14
4.1.3 EEPROM.....	15
4.1.4 Napájení	15
4.1.5 LED kontrolky.....	16

4.1.6	Tlačítko.....	16
4.1.7	Teplotní čidla.....	16
4.1.8	Rozhraní GSM.....	17
4.1.9	Řízení nabíjení.....	17
4.1.10	Rozhraní pro programování	17
4.1.11	IR přijímač.....	18
4.1.12	Mikrořadič.....	18
4.1.13	Vstupy	19
4.1.14	Výstupy	19
4.1.15	Vývod nepoužitých pinů mikrořadiče	20
4.2	Úprava napěťových úrovní pro telefon Siemens C35i.....	20
4.3	Programovací rozhraní	20
4.4	Programové řešení.....	21
4.4.1	Funkce mikrořadiče.....	21
4.4.2	Stavové slovo alarmu	22
4.4.3	Formát nastavených reakcí.....	23
4.4.4	Ukládání dat do EEPROM	24
4.4.5	Komunikace s pamětí prostřednictvím sběrnice I ² C	25
4.4.6	Zpracování SMS příkazů.....	26
4.4.7	Popis činnosti alarmu	27
4.5	Připojení periférií a popis zařízení	29
4.5.1	Obrázek výsledného zařízení a připojení periférií	29
4.5.2	Popis obrázku	30
4.5.3	Výchozí nastavení	30
5	Testování.....	31
6	Zhodnocení, možná vylepšení a úpravy.....	32
7	Závěr.....	33
8	Seznam literatury.....	34
	Seznam použitých zkratk.....	PŘÍLOHA A
	Schéma zapojení.....	PŘÍLOHA B
	Komunikační protokol.....	PŘÍLOHA C
	Obsah příloženého CD	PŘÍLOHA D

Seznam obrázků

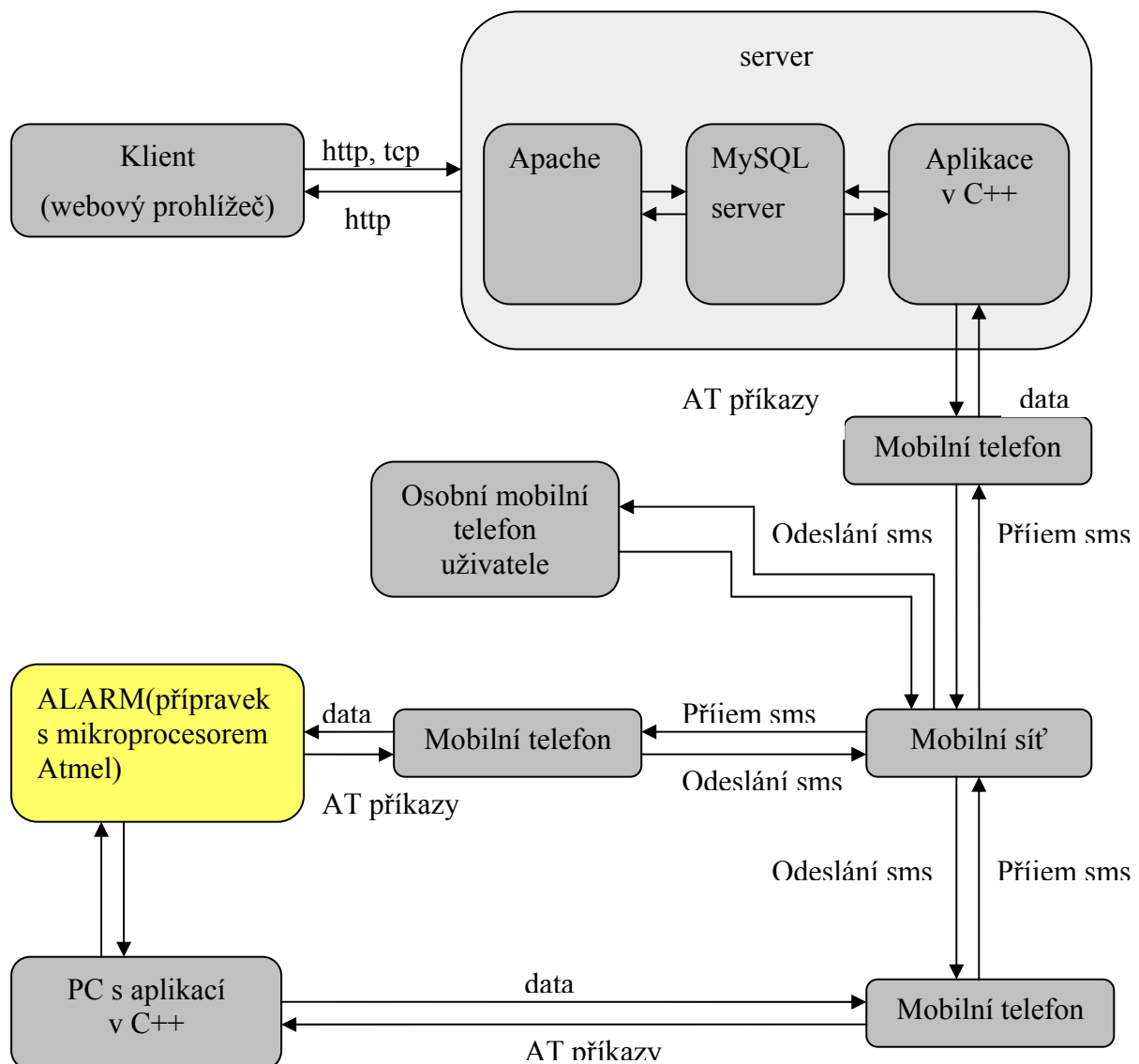
Obrázek 1: Schéma projektu.....	1
Obrázek 2: Příklad PDU formátu pro přijímanou SMS.....	10
Obrázek 3: Převod ASCII do PDU	10
Obrázek 4: Blokové schéma	12
Obrázek 5: Sériové rozhraní	14
Obrázek 6: RTC	14
Obrázek 7: EEPROM	15
Obrázek 8: Napájení	15
Obrázek 9: LED kontrolky	16
Obrázek 10: Tlačítko	16
Obrázek 11: Teplotní čidla	16
Obrázek 12: GSM rozhraní.....	17
Obrázek 13: Řízení nabíjení	17
Obrázek 14: Rozhraní pro programování	17
Obrázek 15: IR přijímač	18
Obrázek 16: Mikrořadič.....	18
Obrázek 17: Vstupy	19
Obrázek 18: Výstupy	19
Obrázek 19: Výstupy	20
Obrázek 20: Zapojení konektoru Siemens C35i.....	20
Obrázek 21: Programovací konektory	21
Obrázek 22: Programátorský model	22
Obrázek 23: Stavové slovo alarmu	23
Obrázek 24: Formát nastavených reakcí.....	24
Obrázek 25: Obsah paměti EEPROM	25
Obrázek 26: Zápis bajtu.....	26
Obrázek 27: Zápis stránky	26
Obrázek 28: Náhodné čtení	26
Obrázek 29: Sekvenční čtení	26
Obrázek 30: Připojení periférií	29

Seznam tabulek

Tabulka 1: Srovnání GSM alarmů na trhu.....	4
Tabulka 2: Přehled potřebných obvodů.....	4
Tabulka 3: Požadavky na mikrořadič	5
Tabulka 4: Porovnání rodin mikrořadičů.....	5
Tabulka 5: ATMEL AVR versus MICROCHIP PIC	6
Tabulka 6: Srovnání teplotních senzorů	7
Tabulka 7: Odhad spotřeby proudů	8
Tabulka 8: Zapojení programovacích konektorů.....	21

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a vytvořit jednoduché multifunkční zabezpečovací zařízení řízené GSM mobilním telefonem. Výsledkem práce je naprogramovaný hardwarový modul, který je říditelný pomocí příkazů zaslaných prostřednictvím SMS. Modul vznikl v rámci týmové práce jako jedna součást celého projektu. Další členové týmu tvoří ostatní moduly, které ve spojení vytvoří robustní systém. Dalšími moduly jsou webová aplikace a server pro zprostředkování SMS komunikace. Webová aplikace přináší příjemné uživatelské prostředí, ve kterém uživatel spravuje zabezpečovací zařízení a generuje příkazy pro hardwarový modul. Tyto příkazy jsou předávány serveru, který je určen pro příjem požadavků z webové aplikace a pro příjem zpráv o nastalých událostech od alarmu. Server přijaté příkazy od webové aplikace převádí do SMS a odesílá je prostřednictvím mobilního telefonu alarmu. Přijme-li server od alarmu zprávu o události, která nastala, uloží ji do databáze, aby jí tak zpřístupnil webové aplikaci. Server je tedy jakýmsi prostředníkem mezi webem a hardwarem. Další funkční blok je klientská aplikace umožňující provádět zálohování a nastavování alarmu pomocí sériové linky. Schéma celého projektu je zachyceno obrázkem 1, mnou tvořená část je zvýrazněna žlutě.



Obrázek 1: Schéma projektu

Náplní mé práce v rámci týmu bylo vytvořit zmíněný hardwarový modul a navrhnout protokol pro vzájemnou komunikaci s dalšími moduly. Vlastní modul obsahuje 4 vstupy, 4 teplotní čidla a 4 přepínatelné výstupy. Dále disponuje rozhraním pro připojení mobilního telefonu, rozhraním RS-232 pro nastavování z klientské aplikace a je připraven pro příjem IR příkazů odeslaných prostřednictvím dálkového ovládání např. od televize. Hlavní funkcí zařízení je aktivace výstupů podle přesně nadefinovaných spouštěcích podmínek, které obsahují kombinaci vstupů, které jsou neaktivní, kombinaci vstupů, které jsou aktivní a prahové úrovně jednotlivých teplotních čidel. Při splnění nastavených podmínek dojde nejen k nastavení výstupů, ale také může být odeslána SMS uživateli i serveru a může být prozvoněno nebo zavoláno telefonní číslo. Zařízení také dokáže napájet či nabíjet mobilní telefon a tak není potřeba dalších zdrojů.

Co se týče protokolu pro vzájemnou komunikaci, ten byl navržen tak, aby byl maximálně jednoduše použitelný a univerzální. Jednoduché použití umožňuje podrobný popis jednotlivých příkazů. Univerzalita spočívá hlavně v tom, že veškeré příkazy obsahují rezervy pro vyšší počet jednotlivých vstupů a výstupů tak, aby protokol mohl být implementován i na jiném hardwarovém zařízení. Díky tomu mohou být vytvořené aplikace používány univerzálně pro správu různých hardwarových modulů. Jednotlivé příkazy byly konzultovány s tvůrci dalších alarmů a na základě jejich požadavků byly přidány další příkazy. Tím se protokol stal jakýmsi standardem, na jehož základě komunikuje několik různých zařízení.

Výsledkem této práce je tedy kompletní návrh hardware, vytvořené blokové schéma a schéma zapojení, nakreslené předlohy pro výrobu desky plošných spojů, navržený protokol pro vzájemnou komunikaci a osazená deska s naprogramovaným mikrořadičem.

2 Analýza

Pro návrh a vlastní výrobu zařízení je potřeba vhodně zvolit použité komponenty tak, aby zařízení vykazovalo velkou spolehlivost, bylo jednoduše sestavitelné a nebylo příliš drahé. Analýzou jednotlivých částí se zabývá tato kapitola. Veškeré ceny uvedené v této kapitole jsou včetně DPH.

2.1 Přehled obdobných produktů na trhu

Na trhu neexistuje příliš mnoho zařízení podobných tomu, které vzniká v rámci této práce. Na internetu existuje spousta návodů na výrobu velmi jednoduchých zařízení, která umožňují ovládat výstupy pomocí SMS odeslaných na mobilní telefon, který je k zřízení připojen. Tyto návody však počítají s velmi jednoduchým použitím, které umožňuje minimální nastavení a to velmi složitou a nezabezpečenou formou.

Komerčních produktů je poměrně málo, jsou těžko dostupné a značně drahé. Většina jich má omezené možnosti použití, spolupracuje jen s vybraným typem mobilního telefonu a umožňuje jen několik málo nastavení. Učinil jsem průzkum trhu v této oblasti a našel několik produktů, které jsou dále porovnány.

2.1.1 Flajzar GSM pager (alarm) GPA2 x35

Stavebnice jednoduchého alarmu, který spolupracuje s mobilními telefony značky Siemens. Disponuje třemi vstupy, jedním výstupem a možností volat několik čísel a poslat SMS. Dalšími funkcemi jsou napájení mobilního telefonu a odposlech hlídaného prostoru. Zařízení umožňuje jednoduché nastavení prostřednictvím SMS zpráv. Cena sestaveného modulu je 1990,- Kč.

2.1.2 Jablotron GSM komunikátor GD-06 "Allegro"

Plně komerční vícekanálový univerzální GSM hlásič a ovladač určený hlavně pro spolupráci s alarmy společnosti Jablotron. Zařízení je vybaveno čtyřmi vstupy a dvěma výstupy. Umožňuje značné nastavené prostřednictvím SMS zpráv, DTMF tónů a také pomocí webové stránky společnosti. Výrobek umožňuje také datovou komunikaci prostřednictvím GPRS. Zařízení má integrován GSM modul pro komunikaci se sítí operátora. Nepoužívá se tedy klasický mobilní telefon, ale speciální modul který je již integrován, a tak se do zařízení rovnou vkládá SIM karta. Cena tohoto zařízení činí 7980,- Kč.

2.1.3 Zetron GSM-PAGER EASY

GSM pager určený k provozu v budovách i automobilech. Disponuje dvěma vstupy a dvěma výstupy. Nízký počet vstupů a výstupů je vyvážen širokými možnostmi nastavení, které lze provádět pomocí SMS, internetu a WAPu. Zařízení je vybaveno GSM modulem, takže se do něj přímo vkládá SIM karta a ke svému provozu tedy nepotřebuje mobilní telefon. Cena zařízení je 7050,- Kč.

2.1.4 Level GB 060 311 GSM KOMUNIKÁTOR

Univerzální výkonný GSM komunikátor, který umožňuje připojení celé řady zařízení a má široké možnosti ovládání. Disponuje čtyřmi vstupy, čtyřmi výstupy, sběrnici Dallas pro připojení deseti teploměrů, analogových vstupů, čipových klíčů nebo karet. Nastavování je možno provádět prostřednictvím SMS, GPRS a sériové linky (RS-232). Výrobce dodává celou řadu modulů a doplňků. Zařízení má integrováno GSM modul, takže není nutno připojovat mobilní telefon. Cena produktu je 9530,- Kč.

GSM alarmy na trhu

Výrobek	Vstupy	Výstupy	Možnosti ovládání			Další funkce	Cena (Kč)
			SMS	Internet	GPRS		
Flajzar GPA2 x35	3	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	1990,-
Jablotron GD-06	4	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GSM integrováno	7980,-
Zetron Pager EASY	2	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ovládání přes WAP, GSM integrováno	7050,-
Level GB 060 311	4	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ovládání přes RS-232, GSM integrováno, sběrnice Dallas	9530,-

Tabulka 1: Srovnání GSM alarmů na trhu

2.2 Obvody a součástky použité v návrhu

Obvody použité v zařízení je nutné vybrat podle požadavků na funkci alarmu z široké nabídky na trhu. Obvody jsem vybíral podle dostupných informací na internetu a podle katalogu [3]. Jednotlivé druhy potřebných obvodů jsou uvedeny v tabulce.

Přehled potřebných obvodů

Funkce	Obvod/součástka
Hlavní činnost alarmu	Mikrořadič
Měření teploty	Teplotní čidlo s převodníkem
Ukládání nastavení	Sériová paměť EEPROM
Udávání reálných hodin	Obvod RTC (Real Time Clock)
Přijímání signálů dálkového ovládání	IR přijímač
Komunikace s PC	Převodník mezi úrovněmi TTL a RS-232
Spínání výstupů	Relé

Tabulka 2: Přehled potřebných obvodů

2.2.1 Mikrořadič

Nabídka nejrozličnějších mikrořadičů je na trhu značná. Mezi nejznámější výrobce patří Intel, Microchip a Atmel. Od firmy Intel jsou nejznámější, dnes už poněkud zastaralé, mikrokontrolery 8051 a jejich klony. Microchip nabízí velkou rodinu mikrořadičů pod označením PIC. Atmel nabízí produktovou rodinu AVR. Většina mikrořadičů je osmibitová, postavená na architektuře RISC, s různou velikostí paměti Flash pro program, a obsahuje různé periferní obvody. Procesory se také liší počtem vstupně výstupních bran a použitým pouzdrem. RISC je architektura s redukovaným instrukčním souborem, která je typická právě pro mikrořadiče, ale dnes se objevuje už i na desktopových procesorech. U této architektury je

omezený počet instrukcí, které se ale provádějí velice rychle, většinou za 1 takt procesoru. Je tím zjednodušeno zřetězení instrukcí a procesory dosahují vysoké rychlosti. Nevýhodou je, že některé složitější operace je nutné rozbít do více instrukcí. Pro jednočipové procesory však tato nevýhoda nepředstavuje velký problém, a tak je RISC pro takové použití ideální. Všechny zmíněné architektury, tedy Intel 8051, Microchip PIC a Atmel AVR jsou RISC.

Přehled požadavků na mikrořadiče

Parametr	Hodnota
Počet výstupů	4
Počet digitálních vstupů	4
Počet teplotních vstupů	4
Spínání nabíjení – výstup	1
IrDa - vstup	1
Sběrnice I ² C	<input checked="" type="checkbox"/>
UART	2x
Programování v zařízení	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabulka 3: Požadavky na mikrořadič

Mikrořadič tedy musí mít minimálně 14 univerzálně použitelných vstupů/výstupů, 2 sériové linky (jednu možno realizovat softwarově), podporovat I²C sběrnici pro další periferní paměti a musí být programovatelný přímo v zařízení, kde je osazen.

Porovnání rodin mikrořadičů

Intel x51	MICROCHIP PIC	ATMEL AVR
Nízká cena	Rychlý procesor	Rychlý procesor
Pouze paralelní programování	Sériové programování	Sériové programování
Nepodporuje I ² C	Podpora I ² C	Podpora I ² C
Obsahuje UART	Integrovaná paměť	Integrovaná paměť
Neobsahuje Watchdog	EEPROM	EEPROM
	Obsahuje UART	Obsahuje UART
	Obsahuje Watchdog	Obsahuje Watchdog

Tabulka 4: Porovnání rodin mikrořadičů

Jak vyplývá z porovnání procesorových rodin, Intel x51 je už zastaralá architektura a nespĺňuje požadované parametry. Atmel AVR a Microchip PIC disponují velmi podobnými parametry. Obě architektury jsou tedy pro použití v navrhovaném alarmu vhodné. Pro podrobnější srovnání je nutné z široké nabídky výrobců vybrat konkrétní procesory, které splňují požadované podmínky, a ty mezi sebou porovnat.

ATMEL AVR versus MICROCHIP PIC

Procesor Parametr	ATMEL ATmega16	MICROCHIP PIC16F877
Velikost paměti FLASH	16 kB	14 kB
Velikost paměti EEPROM	512 bytů	256 bytů
Velikost paměti RAM	1024 bytů	368 bytů
Počet I/O pinů	32	33
Podpora I²C	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Obsahuje watchdog	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Čítače/časovače	2x 8-bit, 1x 16-bit	2x 8-bit, 1x 16-bit
A/D převodník	8 kanálový 10-bit	8 kanálový 10-bit
Max. frekvence CPU	16 MHz	20 MHz
Cena	78,- Kč	150,- Kč

Tabulka 5: ATMEL AVR versus MICROCHIP PIC

Srovnání ukazuje, že procesory mají srovnatelné parametry. Velkou výhodou Atmelu je, že má výrazně větší paměť RAM, jejíž dostatečná kapacita bude potřeba pro práci s SMS. Další výhodou je nižší cena. Jelikož se programování procesorů Atmel AVR vyučuje i na Katedře počítačů v předmětu X36SKD (Strojový kód a data), je platforma AVR jasnou volbou.

Velikost potřebné paměti pro kód programu jsem odhadl na 16 kB s tím, že Atmel vyrábí procesor s dvojnásobnou kapacitou, který je pinově kompatibilní, takže není problém při budoucím rozšíření kódu procesor vyměnit. ATmega16 disponuje pouze jediným USARTem, takže druhá sériová linka bude muset být řešena softwarově. Atmel nabízí i procesor se dvěma USARTy, ale ten má jiné rozložení pinů a je hůře dostupný. Podrobné parametry ATmega16 viz [5].

2.2.2 Teplotní čidlo

Nabídka teplotních senzorů je poměrně široká. Většina jich však funguje pouze jako analogový pasivní prvek, což ztěžuje práci se zpracováním změřených hodnot. Teplotní senzory s digitálním výstupem, tedy s integrovaným A/D převodníkem, jsem v nabídce našel pouze dva.

Srovnání teplotních senzorů

Typ čidla	Dallas DS18	Smartec SMT160
Rozsah teplot	-55°C~+125°C	-45°C~+130°C
Rozlišení	0,5°C	0,7°C
Pouzdro	TO92	TO92, TO18, TO220
Výstup	sériový 9 bit	střída
Cena	79,- Kč	83,- Kč

Tabulka 6: Srovnání teplotních senzorů

Z uvedeného srovnání vyplývá, že jsou čidla velmi podobná. Výhodou čidla Smartec je výstup ve formě pulsně šířkové modulace, který umožňuje jednodušší zpracování a při opakovaném měření spolu s průměrováním vyšší přesnost čidla. Pro navrhované zařízení jsem se tedy rozhodl použít senzor Smartec SMT160. Další informace a parametry tohoto teplotního čidla jsou uvedeny v dokumentu [8].

2.2.3 Obvody se sběrnici I²C

Jelikož napětově nezávislá paměť typu EEPROM, která je součástí mikrořadiče, má velmi malou kapacitu, je potřeba přidat další paměť pro ukládání nastavení zařízení. Nabídka pamětí se sběrnici I²C je u většiny výrobců totožná, liší se pouze nabízenou kapacitou. Jelikož cenové rozdíly jsou nevelké, zvolil jsem paměť 24LC256 o dostatečné kapacitě 256 kilobitů, tedy 32 kB.

Dalším obvodem, který v navrhovaném alarmu nalezne uplatnění, je RTC časovač PCF8583. Časovač lze také připojit na sběrnici I²C. Tento obvod funguje jako klasická EEPROM paměť s tím rozdílem, že na adresách čtených bajtů se obsah cyklicky mění, běží zde hodiny. Nastavení hodin se provádí prostým zapsáním do paměti. Obvod vyžaduje externí krystal a je vhodné jej doplnit záložní baterií.

2.2.4 IR přijímač

Pro příjem IR vyslaný z dálkového ovládání je velmi vhodný obvod SFH5110, který je vybaven výstupním 5V tvarovačem. Výstup tedy odpovídá úrovni TTL, a tak jej lze snadno připojit k mikrořadiči. Obvod se nabízí v různých variantách podle nosné frekvence, kterou používá vysílající dálkové ovládání.

2.2.5 Převodník mezi úrovněmi TTL a RS-232

Nejnámějším obvodem, který plní funkci převodu napětových úrovní mezi TTL a RS-232 je Maxim MAX232. Tento obvod vyžaduje pouze 5 V napájení, ze kterého pomocí vhodné zapojených kondenzátorů dokáže vyrobit napětové úrovně odpovídající standardu RS-232.

2.2.6 Relé

Jelikož všechny ostatní použité obvody jsou napájeny 5 V, je vhodné, aby relé byla také na 5 V. Díky tomu nebude potřeba dalšího speciálního napájení. Relé volím s ohledem na to, aby umožňovala i spínání zařízení pod napětím 230 V~. Tomuto požadavku vyhověla relé výrobce MILLONSPOT s označením H100FD05. Tato relé mohou spínat zařízení až pod napětím 250 V~ do výkonu 720 VA.

2.3 Napájení

Pro vhodnou volbu parametrů napájení je potřeba znát tyto parametry obvodů použitých v zabezpečovacím zařízení:

- Velikost potřebných napětí
- Maximální proudy nutné pro napájení obvodů
- Spotřeba a tepelné vyzařování napájecích obvodů

Všechny použité obvody mají jednotně napájecí napětí 5 V, což značně usnadňuje návrh, bude potřeba jediný napájecí zdroj.

Jednotlivé obvody použité v zabezpečovacím zařízení mají převážně poměrně malou spotřebu. Součástkami s vyšší spotřebou budou relé pro ovládání výstupů, mikrořadič a nabíjení telefonu. Přehled proudů, které tato zařízení spotřebovávají, přináší následující tabulka.

Odhad spotřeby proudů

Obvod/zařízení	Max. proud
Relé H100FD05	60 mA
Mikrořadič ATmega16	100 mA
Nabíjení mobilního telefonu	500 mA

Tabulka 7: Odhad spotřeby proudů

Relé budou napájena 5 V a jejich cívka má odpor $R = 89 \Omega$. Z toho vyplývá, že při sepnutí bude mít relé spotřebu 0,28 W a poteče do něj proud cca 60 mA. Při pěti použitých relé je potřeba počítat s proudem cca 300 mA. Odhad spotřeby mikrořadiče se pohybuje okolo 100 mA. Spotřeba ostatních obvodů je minimální, lze usoudit, že celkově nepřekročí 150 mA. Celkový odběr bude tedy cca 550 mA.

Největší nároky na napájení však bude klást nabíjení mobilního telefonu. Většina telefonů má nabíječky dimenzované na výkon cca 2,5 W. Při napájecím napětí 5 V to znamená proud o velikosti 0,5 A. Rozhodl jsem se proto pro nabíjení telefonu použít samostatný napájecí obvod.

Plošný spoj bude tedy obsahovat pro napájení zařízení 2 napěťové stabilizátory 7805. Oba budou dimenzovány na výstupní proud 1 A, jeden bude sloužit pouze pro nabíjení telefonu a druhý pro napájení všech ostatních komponent. Bude tak dostatečná výkonová rezerva pro napájení všech periférií. Oba stabilizátory budou vybaveny dostatečným chladičem a každý bude jištěn samostatnou pojistkou.

Napájecí zdroj bude tedy muset disponovat dostatečným proudem. Výstupní napětí zdroje musí být vyšší než součet ztrát na stabilizátoru a požadovaných 5 V pro napájení jednotlivých obvodů, tedy nejméně 7 V. Příliš vysoké napájecí napětí vyvolá vyšší tepelné ztráty na napěťových stabilizátorech, a tak je potřeba při volbě napájecího zdroje toto zohlednit. Vhodný zdroj by tedy měl mít výstupní napětí cca 9-12 V a proud asi 2 A.

Případné zálohování napájení bude řešeno mimo vlastní desku alarmu. Na desce bude konektor s vyvedenými nepoužitými piny procesoru, na který bude možno připojit indikaci přerušení napájení, ale to není cílem této práce.

2.4 Mobilní telefony

Celá komunikace mezi navrhovaným zařízením a mobilním telefonem prováděna prostřednictvím AT příkazů. Je tedy nutné, aby telefon byl vybaven hardwarovým modemem schopným přijímat a odeslat standardní AT příkazy. Mikrořadič je naprogramován podle seznamu AT příkazů společnosti Siemens, je tedy schopen pracovat s většinou telefonů této značky. Jelikož je většina příkazů standardizována, nic nebrání použití i telefonu jiné značky, ale je možné, že se zde projeví určitá omezení nebo nefunkčnost. Ceny použitých telefonů Siemens řady x35 a x45 jsou velmi nízké, v řádu stokorun, takže není problém takový telefon k zařízení připojit.

Byla zde ještě možnost osadit zařízení GSM modulem tak, aby se SIM karta vkládala přímo do alarmu. Tím by ubyla nutnost připojení mobilního telefonu. Tato myšlenka je poměrně dobrá, zařízení je tak naprosto nezávislé a jistě spolehlivější, použití této myšlenky ale bránila poměrně vysoká cena. Ta se u takového modulu pohybuje v řádu několika tisíc Kč. Rozhodl jsem se proto, že je vhodnější ponechat nutnost připojení telefonu. Komunikace mezi ním a zařízením probíhá prostřednictvím datového kabelu.

2.5 Komunikace s mobilním telefonem

2.5.1 Použité rozhraní

Zařízení bude s mobilním telefonem komunikovat prostřednictvím sériové linky (RS-232). Jelikož většina telefonů na svém datovém konektoru očekává napětíové úrovně TTL nebo nižší (3,3V), rozhodl jsem se vyvést sériovou linku z procesoru přímo. Taková sériová linka má napětíové úrovně TTL, bez transformace na standardní napětíové úrovně RS-232. To má za výhodu to, že není potřeba kupovat často velmi drahý datový kabel od výrobce telefonu, ale stačí postavit vlastní jednoduchý kabel, který v podstatě jen propojuje vhodné vývody na straně telefonu s těmi na straně alarmu. Aby nedošlo k záměně, na zařízení bude použit speciální nestandardní konektor, který bude obsahovat kromě datových pinů také napájení a nabíjení, které bude možno ovládat přes relé. Jako vhodný se ukázal konektor RJ-45, který se standardně používá u počítačových sítí Ethernet. Konektor obsahuje 8 pinů a lze jej jednoduše osadit na kabel pomocí speciálních kleští. Není tak problém vyrobit různé kabely k několika telefonům. Případná úprava napětíových úrovní se může realizovat přímo na kabelu.

2.5.2 Vlastní komunikace

Komunikace mezi telefonem a alarmem bude probíhat na základě AT příkazů. Těch existuje několik desítek a jejich soubor slouží k celkovému ovládní telefonu. Pro funkci alarmu jsou nezbytné příkazy pro přijetí a odeslání SMS, pro zavolání a pro zavěšení. Největší problém je se zpracováním SMS, jelikož tyto zprávy se prostřednictvím AT příkazů přenášejí ve speciálním formátu PDU. Tento formát podporuje dva režimy přenosu. Většina telefonů podporují tzv. PDU režim, který je úsporný z hlediska přenosu, ale veškerá data se musí poměrně složitě překódovávat. Druhým režimem je prostý text, se kterým se pracuje velice dobře, ale podporují jej pouze novější telefony. Z hlediska univerzálnosti je tedy nutné zaměřit se na režim PDU.

2.5.2.1 PDU formát

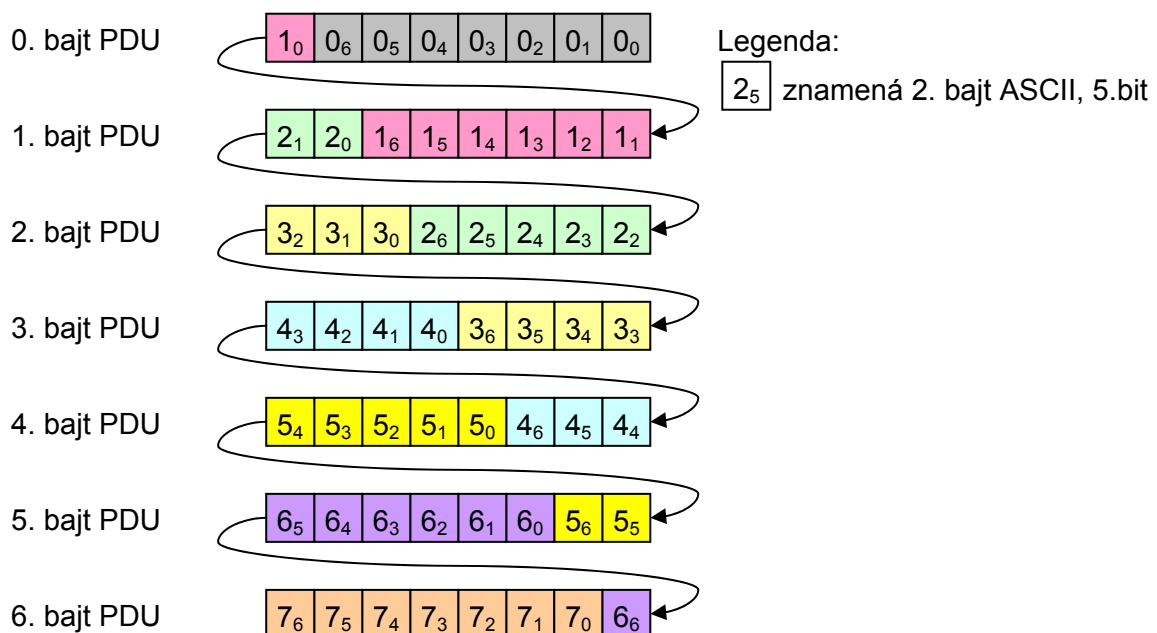
Jedná se o speciální formát pro příjem a odesílání SMS. Formát definuje datový rámec, ve kterém jsou přenášeny zprávy. Základní podoba rámce je znázorněna na obrázku.

Délka SMSC informace	Typ adresy čísla SMS centra	Číslo SMS centra	První byte SMS-DELIVER PDU	Délka čísla odesílatele	Typ adresy odesílatele	Číslo odesílatele	Identifikátor protokolu	Kódování dat	Časové razítko	Počet znaků textu	Vlastní text
07	91	246080006518	04	0C	91	246080214365	00	00	60301311944400	0C	C8F71D14969741F977FD07

Obrázek 2: Příklad PDU formátu pro přijímanou SMS

Číslo SMS centra a odesílatele jsou v PDU uložena s přesmyknutými sousedními číslicemi. Podrobný popis jednotlivých polí lze nalézt v [11]. Rámec znázorněný na obrázku obsahuje text „How are you?“ přenášený v PDU režimu.

PDU režim byl vyvinut z důvodů komprese přenášených dat. Jelikož většinu znaků SMS zpráv tvoří tzv. základní ASCII znaky, tedy prvních 128 znaků ASCII tabulky, není nutné přenášet jednotlivé znaky v 8-bitové podobě, ale vystačíme se 7-mi bity. Při zprávě dlouhé 160 ASCII znaků (tedy 160 bajtů) kompresí uspoříme 1/8 dat a výsledná zpráva bude mít délku pouze 140 bajtů. Znaky, které nepatří do základního souboru jsou kódovány jako dva 7-mi bitové znaky. Algoritmus pro převod textu mezi standardní ASCII podobou a PDU je ale poměrně složitý. Jak algoritmus pracuje popisuje následující obrázek.



Obrázek 3: Převod ASCII do PDU

Převod z PDU do ASCII probíhá podle stejného schématu. V programu je tedy nutné použít dvě funkce, každou pro převod z jednoho formátu do druhého. Dalším problémem je, že na sériovou linku nelze posílat jednotlivé bajty přímo, protože se zde může vyskytnout speciální znak, který by se mohl špatně interpretovat. Telefon tedy obsah zprávy posílá u hexadecimální podobě, kde každému bajtu odpovídá dvojice hexadecimálních číslic. Převodní funkce tedy nejprve musí převést hexadecimální zápis do binární podoby a poté provést převod z PDU na ASCII. Při odesílání zprávy se postupuje opačně, nejprve se ASCII znaky

překódují do PDU a poté se binární podoba převede do hexadecimálního zápisu, který se odešle prostřednictvím sériové linky telefonu.

2.6 Programovací jazyk a vývojové prostředí

Pro programování zvoleného mikrořadiče Atmel AVR se používají jazyky ASSEMBLER, PASCAL a C. ASSEMBLER je jazyk nejnižší úrovně založený na instrukcích, které přímo vykonává procesor. Programování v tomto jazyce je tedy nejúspornější z hlediska velikosti kódu, ale poměrně složité pro programátora, a také časově náročné, protože každý poměrně jednoduchý příkaz se rozloží do několika instrukcí. PASCAL byl vyvinut společností Borland původně jako programovací jazyk pro výuku programování, pro pokročilé programátorské potřeby už není moc vhodný. Jako nevhodnější se ukazuje použití jazyka C, který je moderní, hojně využívaný jazyk, s celou řadou možností použití. V C/C++ se programuje většina aplikací pro PC, ale také spousta mikrořadičů. Překladačů jazyka C pro Atmel AVR existuje hned několik. Atmel nabízí produkt AVR Studio ve verzi 4.12 s integrovaným kompilátorem AVG GCC zdarma. AVR Studio dříve kompilátor jazyka C neobsahovalo a tak není vývoj v tomto prostředí příliš rozšířen. Společnost Rowley Associates nabízí kvalitní vývojové prostředí s názvem CrossWorks for AVR, ale jeho cena je asi 500 liber. Dalším zajímavým produktem je ICCAVR společnosti Imagecraft. Cena tohoto prostředí je také vysoká, činí 200 dolarů. Já jsem se rozhodl použít pro vývoj kódu projekt WinAVR šířený jako open-source, který obsahuje překladač C/C++ šířený pod licenci GNU. Projekt WinAVR obsahuje několik programů nutných pro vývoj aplikace. Program MFile slouží pro tvorbu makefile, tedy souborů určujících parametry překladu. Programmers Notepad je velmi užitečný textový editor se zvýrazňováním syntaxe, který umožňuje přímo vyvolávat překlad souboru pomocí překladače C/C++. Překladač vytvoří soubor v hexadecimální podobě, který se nakonec pomocí programátoru nahraje do mikrořadiče.

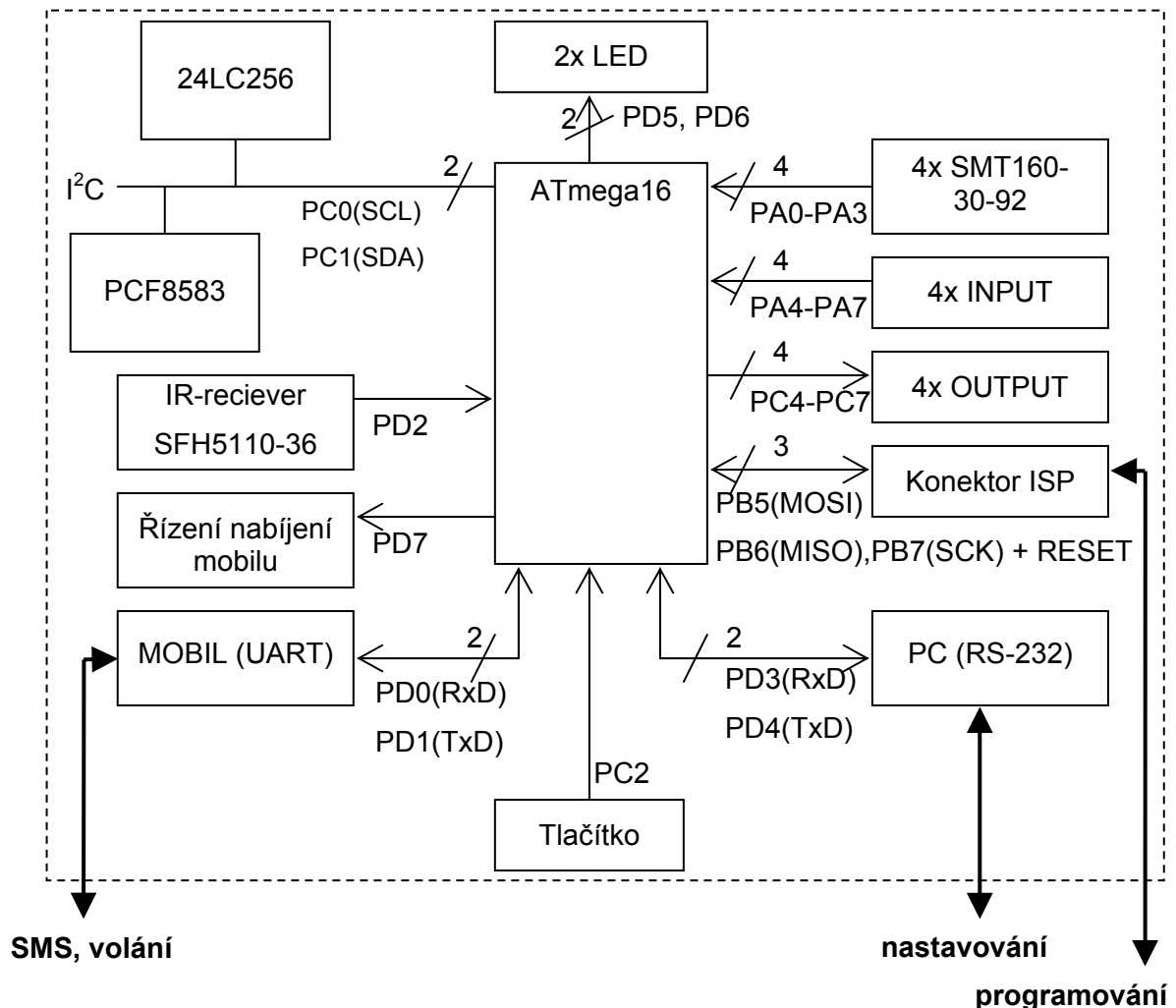
2.7 Programátor

Programátorů pro Atmel AVR je celá řada. Některé jsou jen velmi jednoduché, jiné složité s rozšířenými možnostmi ladění programu. Já jsem se rozhodl použít jednoduchý programátor PonyProg, který jsem vlastnil již před započítím tvorby této bakalářské práce. PonyProg je sériový programátor nejen mikrořadičů Atmel AVR, ale i paměti typu I²C EEPROM a dalších typů mikrořadičů. Pro programování slouží jednoduchý software, který umožňuje soubor vytvořený překladačem snadno nahrát do mikrořadiče. Programování se provádí buď v programátoru, kdy je nutné programovaný obvod vložit do patice PonyProgu, nebo je možné vyvést programovací vodiče a provádět tento úkon přímo v osazeném zařízení. Této možnosti jsem při psaní kódu pro mikrořadiče s velkou výhodou využil.

3 Návrh řešení

3.1 Blokové schéma zabezpečovacího zařízení

Blokové schéma obsahuje nejdůležitější prvky zařízení a jejich vzájemné propojení, včetně použitých vývodů mikrořadiče.



Obrázek 4: Blokové schéma

3.1.1 Popis jednotlivých bloků

ATmega16 – mikrořadič Atmel AVR

24LC256 – paměť typu EEPROM připojená na sběrnici I²C

PCF8583 – RTC časovač připojený na sběrnici I²C

LED – LED pro indikaci stavu zařízení. Zelená LED pro indikaci zapnutí, červená pro indikaci chyby v komunikaci s telefonem

SFH5110-36 – IR přijímač příkazů od dálkového ovládání

Řízení nabíjení mobilu – relé pro ovládání nabíjení telefonu

MOBIL – konektor RJ-45 pro propojení s mobilním telefonem

SMT160-30-92 – teplotní čidla (jedno integrováno na desce, 3 připojitelné pomocí konektoru RJ-11)

INPUT – konektory pro připojení čidel

OUTPUT – přepínací konektory ovládané pomocí relé pro spínání výstupních zařízení

Konektor ISP – programovací konektor pro aktualizaci kódu procesoru přímo v zařízení

PC – sériová linka se standardním konektorem Canon 9 pro připojení k PC

Tlačítko – integrované tlačítko pro spuštění nastavovacího režimu

3.2 Návrh schématu a plošného spoje

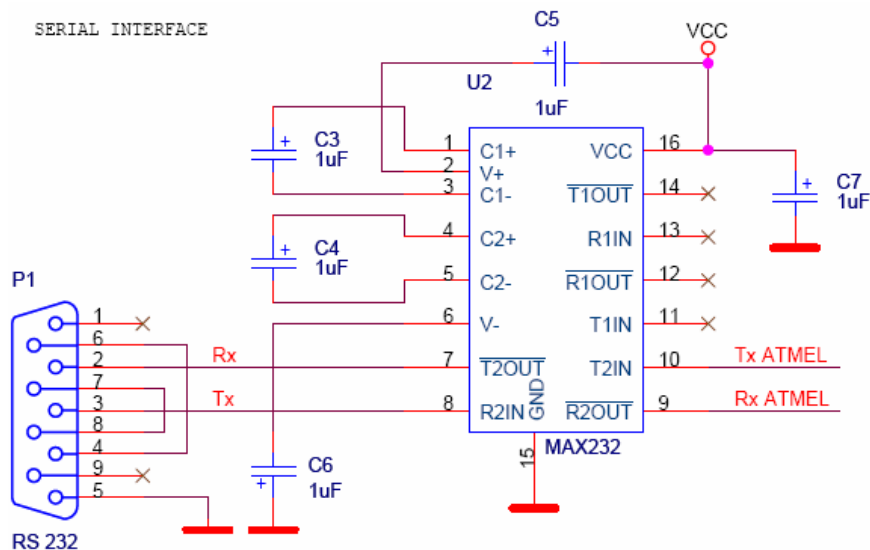
Schéma je navrženo tak, aby bylo možno použít dvouvrstvý plošný spoj. Na takové desce jsou všechny datové spoje a rozvody napájení umístěny na jedné straně a druhá strana slouží jako zem. Ve výjimečných případech, kde by došlo k výraznému zvýšení složitosti návrhu, jsou datové a napájecí spoje vedeny ve vrstvě určené zemi.

4 Realizace

4.1 Popis jednotlivých částí schématu

Na tomto místě jsou rozebrány jednotlivé části schématu a vysvětlena jejich zapojení. Celé schéma je uvedeno v příloze. Schéma bylo vytvořeno v programu OrCAD 10 Capture CIS s využitím literatury [2].

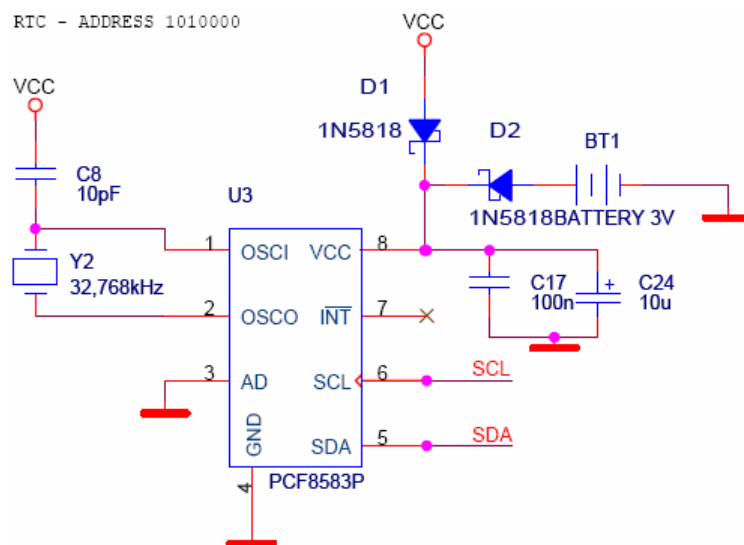
4.1.1 Sériové rozhraní



Obrázek 5: Sériové rozhraní

Převodník z úrovně TTL na úroveň standardu RS-232 – standardní zapojení MAX232. Konektor je samice Canon 9, standardně používaný u RS-232. Tento interface slouží k propojení zařízení s PC. Jako propojovací kabel mezi PC a zařízením slouží standardní prodlužovací kabel RS-232.

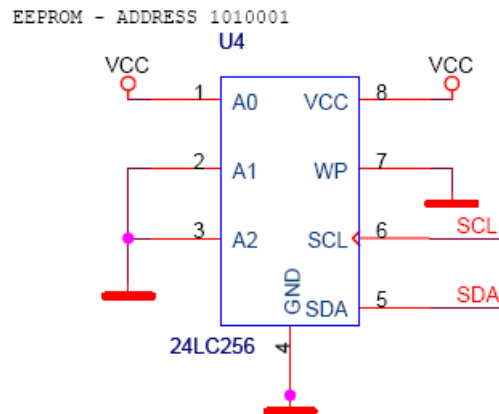
4.1.2 RTC



Obrázek 6: RTC

Obvod PCF8583P souží jako generátor přesného času (RTC). Obvod je vybaven krystalem a záložní baterií, která slouží pro uchování času při odpojení hlavního napájení. Baterie i napájecí napětí je připojeno přes diody. Ty mají funkci oddělení jednotlivých zdrojů napětí. Úbytek na Schottkyho diodách typicky 0,25 V sníží napájecí napětí dodávané standardním zdrojem i baterií obvodu PCF8583A. Ale i tak se jedná o dostatečné napětí, protože baterie dodává 3 V a standardní napájení 5 V, přičemž obvod potřebuje minimální napájecí napětí 2,5 V. Komunikace mezi obvodem a mikrořadičem probíhá prostřednictvím sběrnice I²C. Adresa obvodu je adresovým vstupem nastavena na 1010000.

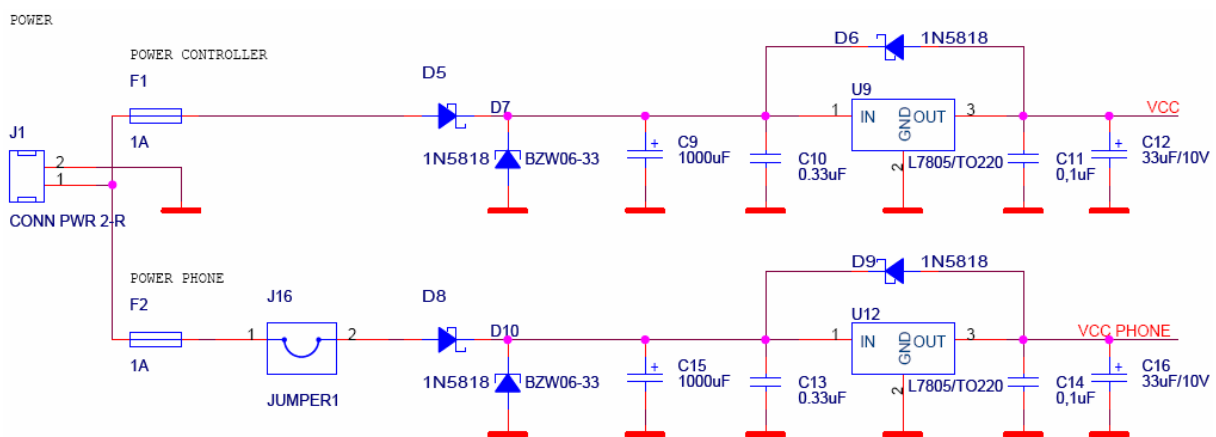
4.1.3 EEPROM



Obrázek 7: EEPROM

Obvod 24LC256 je paměť typu EEPROM o velikosti 256 kilobitů, tedy 32 kB. Komunikace mezi pamětí a mikrořadičem probíhá prostřednictvím sběrnice I²C. Pomocí adresových vstupů je nastavena adresa obvodu na 1010001.

4.1.4 Napájení

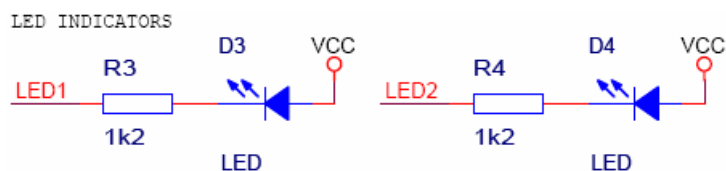


Obrázek 8: Napájení

Tento blok se skládá ze dvou stejných stabilizovaných zdrojů napětí. Jeden zdroj slouží pro napájení zařízení, druhý slouží pro nabíjení mobilního telefonu. Vstupní napětí je 9-12 V. Na vstupech každého zdroje je pojistka a dioda pro ochranu. Dále je připojen transil BZW06-33, který slouží jako ochrana před příliš vysokým vstupním napětím (průrazné napětí 39 V). Za transilem je zapojen stabilizátor 7805, který stabilizuje napětí na 5 V, a filtrační kondenzátory. Dioda zapojená mezi výstupní a vstupní svorkou stabilizátoru slouží jako ochrana stabilizátoru před opačnou polaritou napětí. Ta může vzniknout vybitím

elektrolytického kondenzátoru na výstupu stabilizátoru při zkratu vstupních svorek. Zdroj určený pro nabíjení mobilního telefonu je za pojistkou vybaven jumperem, který slouží k vyřazení tohoto zdroje z provozu pro případ, že nabíjení telefonu nebude vyžadováno.

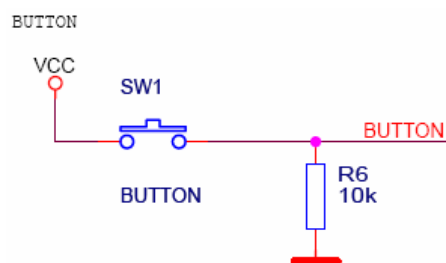
4.1.5 LED kontrolky



Obrázek 9: LED kontrolky

LED, které jsou připojeny na výstupy mikrořadiče, svítí, když je výstup v log. 0.

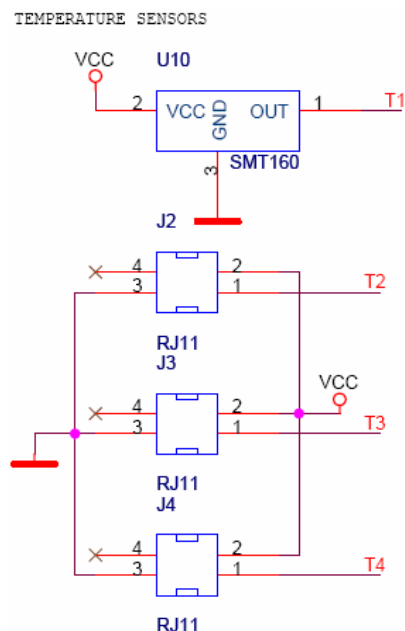
4.1.6 Tlačítko



Obrázek 10: Tlačítko

Tlačítko je připojeno na vstup mikrořadiče. Při stisku nastaví na vstupu mikrořadiče log. 1. Odpor slouží k udržení log. 0 při nestisknutém tlačítku.

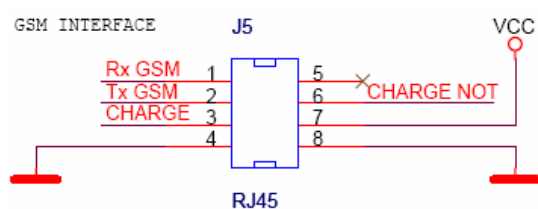
4.1.7 Teplotní čidla



Obrázek 11: Teplotní čidla

Jeden teplotní senzor SMT160-30 je přímou součástí zařízení, další tři je možno připojit prostřednictvím konektoru RJ-11. Teplotní senzory fungují jako převodníky teplota→střída. Jejich výstupy jsou přímo přivedeny na vstupy mikrořadiče.

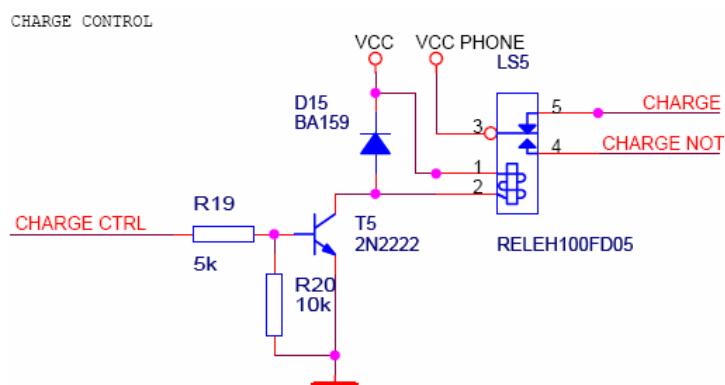
4.1.8 Rozhraní GSM



Obrázek 12: GSM rozhraní

Konektor RJ-45 slouží pro připojení mobilního telefonu. Komunikace mezi mikrořadičem a mobilním telefonem probíhá prostřednictvím sériové linky s napětovými úrovněmi TTL. Pro úpravu úrovní je potřeba přizpůsobit propojovací kabel mezi mobilním telefonem a zařízením. Do konektoru je přivedeno i napětí „CHARGE“, které slouží k nabíjení telefonu. Protože některé telefony se po připojení k nabíječce nabíjí jen jednou a při dalším vybití baterie se nabíjecí proces znovu sám nespustí, je možné toto nabíjení mikrořadičem přerušit a opět navázat pomocí spínání relé.

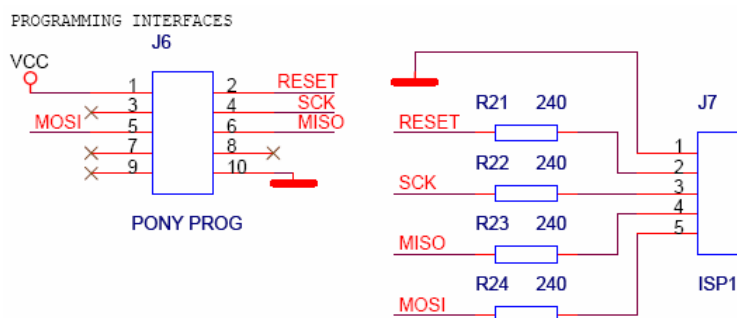
4.1.9 Řízení nabíjení



Obrázek 13: Řízení nabíjení

Tento blok zajišťuje mikrořadiči možnost přerušit nabíjení mobilního telefonu a opět jej spustit. Pro rozpojování napájení mobilního telefonu je použito relé, které je spínáno přes tranzistor NPN použitý jako spínač. Cívka relé má nízký odpor a tedy požaduje velký proud, který by bez použití tranzistoru přetížil výstup mikrořadiče. Zdroj určený pro nabíjení mobilního telefonu lze vyřadit z provozu pomocí jumperu.

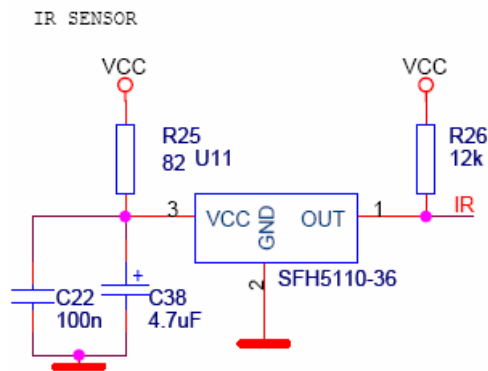
4.1.10 Rozhraní pro programování



Obrázek 14: Rozhraní pro programování

Konektory pro připojení programátoru mikrořadiče Atmel. Obsahuje dvě používané verze konektoru.

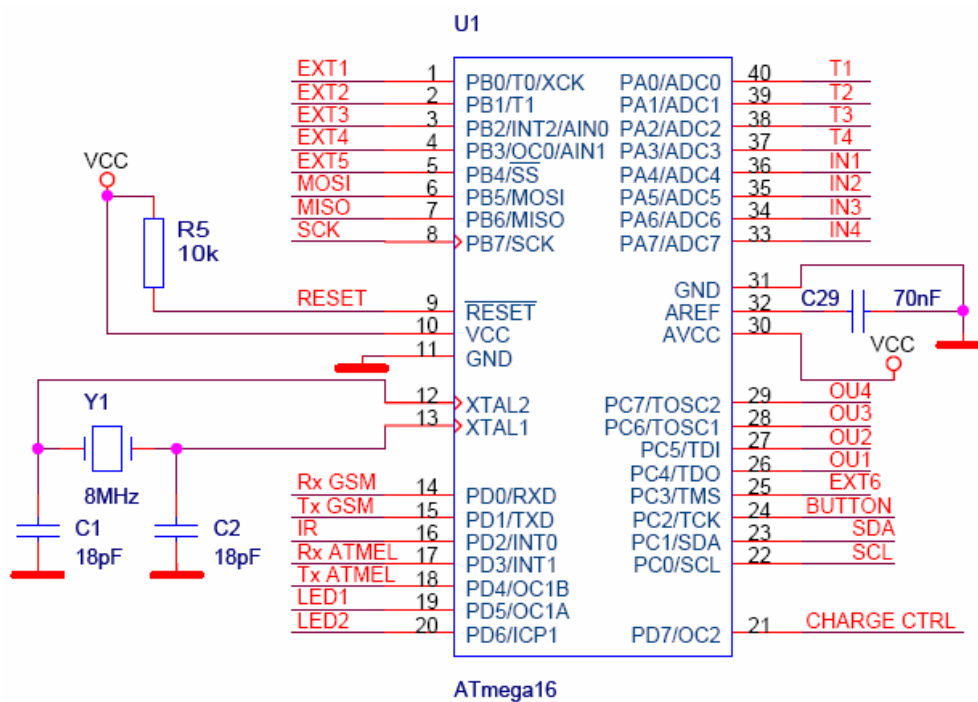
4.1.11 IR přijímač



Obrázek 15: IR přijímač

Obvod SFH5110-36 je převodník IR signálů na TTL logiku. Převedený signál je přímo přiveden na vstup mikrořadiče.

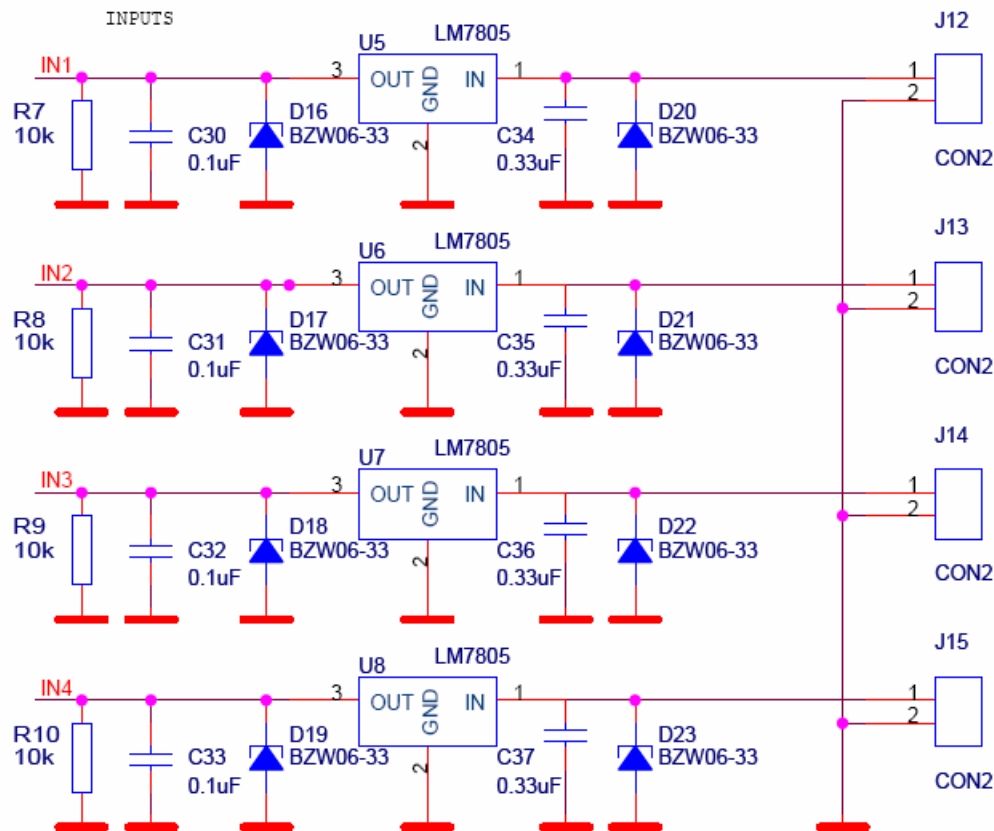
4.1.12 Mikrořadič



Obrázek 16: Mikrořadič

V zapojení je použit mikrořadiče Atmel ATmega16 ve standardním zapojení. RESET je pomocí pull-up rezistoru připojen na napájecí napětí, AVCC je podle doporučení výrobce připojeno k napájecímu napětí také.

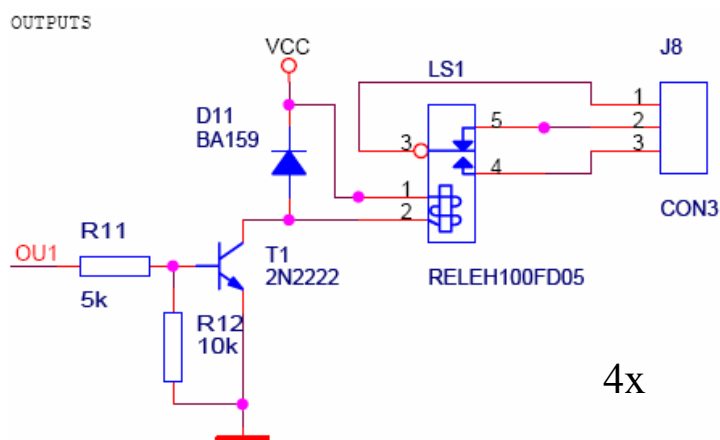
4.1.13 Vstupy



Obrázek 17: Vstupy

Vstupy zařízení musí zvládat rozlišení log. 0 = 0 V, log. 1 = 5-30 V. K úpravě vstupního napětí na úroveň odpovídající TTL slouží stabilizátory 7805. Tyto stabilizátory napětí menší než 6 V upraví tak, že na nich vznikne úbytek cca 0,9 V, zbývající napětí se objeví na výstupu stabilizátoru. Pro napětí vyšší než 6 V stabilizátor udržuje výstupní napětí na 5 V. Takto upravená napětí jsou přivedena na vstupy mikrořadiče.

4.1.14 Výstupy



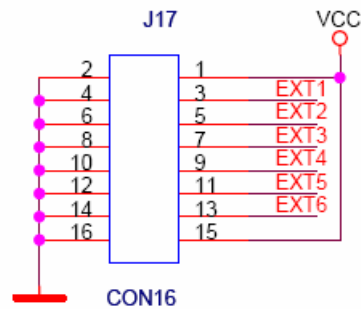
Obrázek 18: Výstupy

Výstupy jsou realizovány tak, že každý výstup má samostatný 3 pinový konektor, kde je jeden vývod pomocí relé přepínán mezi dvěma zbývajících vývody. Tedy, první vývod je vždy

propojen buď s druhým a nebo se třetím vývodem. Relé je spínáno přes tranzistor NPN použitý jako spínač. Cívka relé má nízký odpor a tedy požaduje velký proud, který by bez použití tranzistoru přetížil výstup mikrořadiče.

4.1.15 Vývod nepoužitých pinů mikrořadiče

VYVOD NEVYUZITÝCH PINU

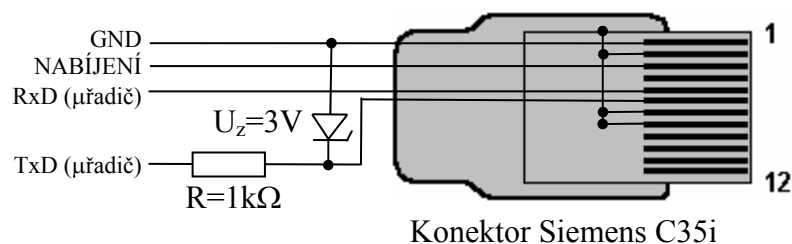


Obrázek 19: Výstupy

Nevyužité piny mikrořadiče jsou vyvedeny na tento konektor spolu s napájecím napětím a GND. To umožňuje k zařízení připojit další periferie, popřípadě jej rozšířit o další hardwarový modul.

4.2 Úprava napěťových úrovní pro telefon Siemens C35i

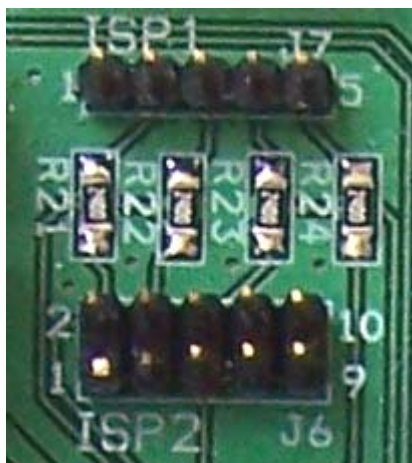
Napěťové úrovně sériové linky určené pro komunikaci s mobilním telefonem jsou TTL (0 V a 5 V). Mobilní telefon Siemens C35i, který jsem používal při vývoji zařízení, používá 3 V logiku, je tedy nutné úrovně upravit. S výhodou lze využít toho, že výstupní signál z telefonu při logické 1 má úroveň 3 V, kterou mikrořadič vyhodnotí správně jako logickou 1. Tento signál tedy není nutno upravovat. Signál TxD vedoucí z mikrořadiče do telefonu už nutné upravit je. Úprava spočívá ve snížení 5 V úrovně při logické 1 na 3 V. Toho lze snadno dosáhnout použitím vhodného zapojení Zenerovy diody. Zapojení 3 V Zenerovy diody spolu s rezistorem 1 k Ω provede požadovanou úpravu. Obě součástky je možné umístit do konektoru pro telefon a zjednodušit tak výrobu kabelu.



Obrázek 20: Zapojení konektoru Siemens C35i

4.3 Programovací rozhraní

Jak je již uvedeno v popisu schématu, zařízení disponuje dvěma programovacími konektory pro různé programátory. Jejich umístění na desce plošných spojů je označeno na obrázku 30. Zapojení těchto konektorů je shrnuto v následující tabulce.



Obrázek 21: Programovací konektory

ISP1

1	GND
2	RESET
3	SCK
4	MISO
5	MOSI

ISP2

1	-	2	RESET
3	-	4	SCK
5	MOSI	6	MISO
7	-	8	-
9	-	10	GND

Tabulka 8: Zapojení programovacích konektorů

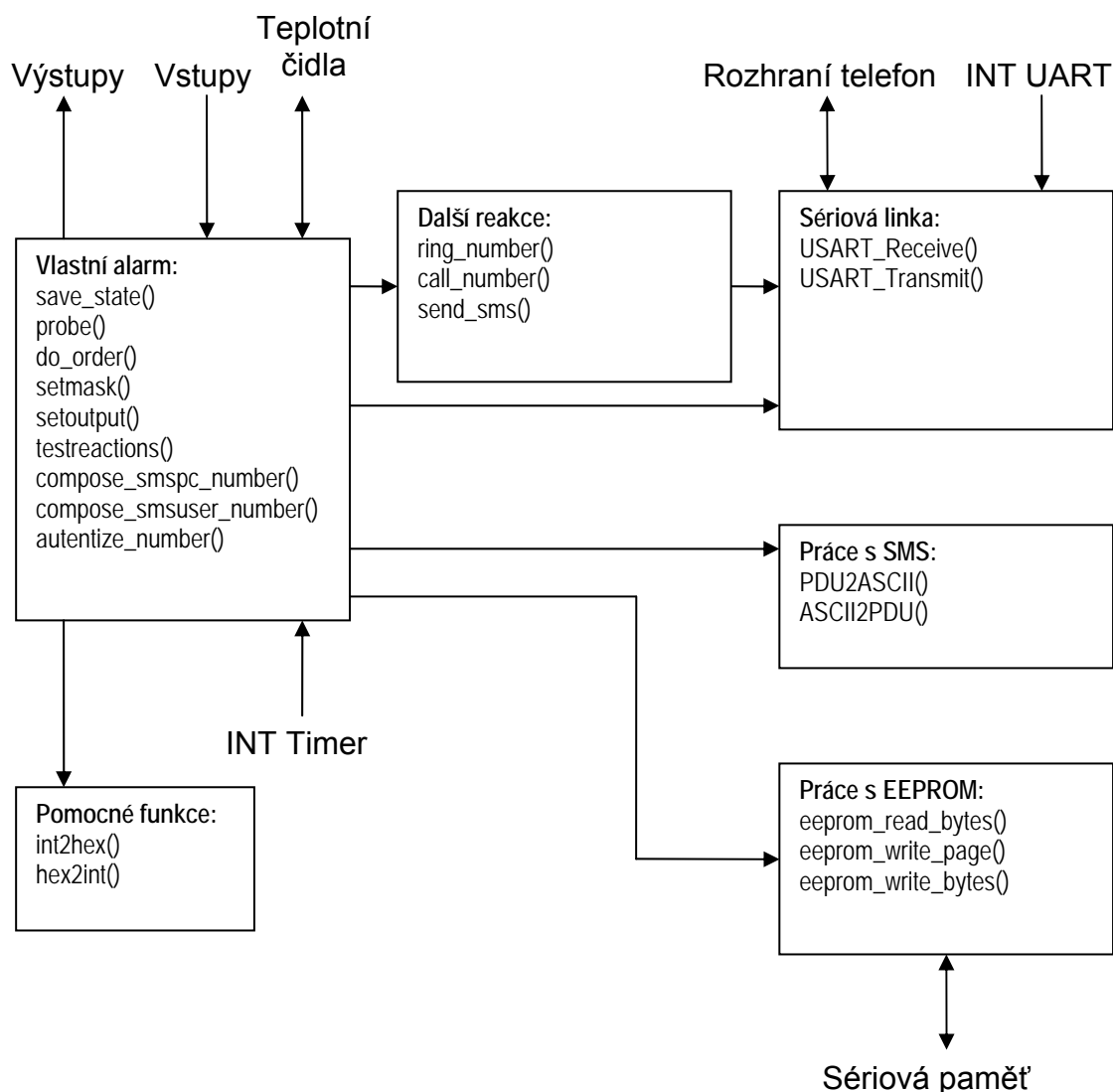
4.4 Programové řešení

4.4.1 Funkce mikrořadiče

Mikrořadič, jako hlavní součástka alarmu, bude vykonávat tyto základní funkce:

- Komunikace s mobilním telefonem – příjem a odesílání SMS, volání
- Komunikace s PC prostřednictvím sériové linky RS-232
- Komunikace s pamětí EEPROM
- Příjem IR příkazů od dálkového ovládání
- Měření teploty
- Příjem a zpracování příkazů
- Sledování vstupů a teplot, vyhodnocování naprogramovaných podmínek, spínání výstupů a provánění dalších reakcí

Pro provádění těchto úkonů jsem rozdělil kód do mnoha funkcí, které provádějí dílčí operace. Rozdělení základních funkcí podle účelu je znázorněno na obrázku.



Obrázek 22: Programátorský model

Jsou znázorněny jen nejdůležitější funkce, které jsou rozděleny podle účelu použití. U jednotlivých funkcí nejsou uvedeny vstupní parametry ani návratové hodnoty. Jednotlivé bloky jsou propojeny pomocí šipek, které znázorňují vztahy, tedy jaká skupina využívá funkce jiné skupiny. Upozorňuji, že šipky neznázorňují datové toky, ale pouze vztahy. Šipky, které vedou mimo bloky, znázorňují komunikaci s dalším hardwarem.

Detailní popis jednotlivých funkcí, co a jak dělají, je uveden přímo v kódu pomocí bohatých komentářů. Nejzajímavější funkce a prostředky, které používají, jsou popsány níže.

4.4.2 Stavové slovo alarmu

Aktuální základní konfigurace alarmu je uložena ve stavovém slově, které je přítomno v paměti RAM. Při každé změně se toto stavové slovo ukládá do napěťově nezávislé paměti, aby při výpadku napájení zůstala konfigurace uchována. Stavové slovo je složeno z 19-ti bajtů. Struktura stavového slova je zachycena na obrázku.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Enable	Input Mask	Output Mask	Temp. Mask	Outputs	Password								PIN				Acknowledge	Ver. Number

Obrázek 23: Stavové slovo alarmu

4.4.2.1 Význam jednotlivých bajtů stavového slova

Enable	zapnutí/vypnutí alarmu – pokud je 1, alarm je v činnosti, pokud je 0, alarm nereaguje na změnu vstupů a teplot, ale přijímá příkazy pomocí SMS
Input Mask	maska vstupů – umožňuje odmaskovat zvolené vstupy tak, aby jejich změna nevyvolala žádnou akci, i v případě, že nějaká akce byla pro danou změnu na vstupu nastavena
Output Mask	maska výstupů – umožňuje zapnout/vypnout funkci výstupů tak, aby i při nastavení odmaskovaných výstupů zůstaly tyto nenastaveny, tedy vyřadí výstupy z činnosti
Temp. Mask	maska teplotních čidel – umožňuje vypnout funkci zvolených teplotních čidel
Outputs	uchovává aktuální nastavení výstupů
Password	8 bajtů dlouhé heslo chránící alarm při nastavování pomocí příkazů odeslaných z PC
PIN	4 bajty dlouhý PIN, který chrání alarm při nastavování uživatelem
Acknowledge	nastavení, zda má alarm na každý přijatý příkaz od PC odesílat potvrzení (1), nebo nikoli (0)
Ver. Numer	nastavení, zda má alarm ověřovat telefonní číslo, ze kterého přišel příkaz (1) nebo nikoli (0)

4.4.3 Formát nastavených reakcí

Nastavené reakce jsou ukládány jako slovo obsahující 14 bajtů, které určují spouštěcí podmínky a nastavené reakce, jenž se provedou v případě splnění spouštěcích podmínek. Tato slova reakcí jsou uložena v paměti EEPROM. Každému slovu vždy předchází bajt určující platnost nastaveného slova.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
IN Reset	IN Set	Direction	T1	T2	T3	T4	Reaction	OUT Reset	OUT Set	Ring	Call	SMS PC	SMS User

Obrázek 24: Formát nastavených reakcí

4.4.3.1 Význam jednotlivých bajtů slova reakcí

IN Reset	kombinace vstupů, které musí být v logické 0, aby došlo ke spuštění reakce
IN Set	kombinace vstupů, které musí být v logické 1, aby došlo ke spuštění reakce
Direction	směry teplotních hranic jednotlivých čidel, podrobnosti viz protokol pro komunikaci mezi alarmy a PC, který je přílohou této práce
T1	hraniční teplota čidla T1 v přímém kódu
T2	hraniční teplota čidla T2 v přímém kódu
T3	hraniční teplota čidla T3 v přímém kódu
T4	hraniční teplota čidla T4 v přímém kódu
Reaction	určení dalších reakcí, které se mají provést, těmi jsou RING, CALL, SMS PC, SMS USER, podrobnosti viz protokol pro komunikaci mezi alarmy a PC
OUT Reset	kombinace výstupů, které budou uvedeny do logické 0
OUT Set	kombinace vstupů, které budou uvedeny do logické 1
Ring	číslo pozice telefonního čísla pro reakce určující číslo, které bude prozvoněno
Call	číslo pozice telefonního čísla pro reakce určující číslo, na které bude zavoláno
SMS PC	číslo pozice telefonního čísla pro reakce určující číslo, na které bude odeslána SMS ve formátu pro PC
SMS USER	číslo pozice telefonního čísla pro reakce určující číslo, na které bude odeslána SMS ve formátu pro uživatele

4.4.4 Ukládání dat do EEPROM

Nastavená konfigurace alarmu, stejně tak jako jeho aktuální stav, je ukládána do napěťově nezávislé paměti EEPROM. Mezi tyto konfigurační údaje patří: stavové slovo alarmu, nastavená oprávněná telefonní čísla a čísla na která jsou prováděna reakce, jako je prozvonění, zavolání nebo odeslání SMS. Umístění jednotlivých parametrů v paměti EEPROM je v kódu nastaveno pomocí konstant tak, aby v případě nutnosti změny umístění těchto parametrů bylo možné novou počáteční adresu snadno nastavit. Základní rozložení dat v paměti EEPROM je zobrazeno na obrázku.

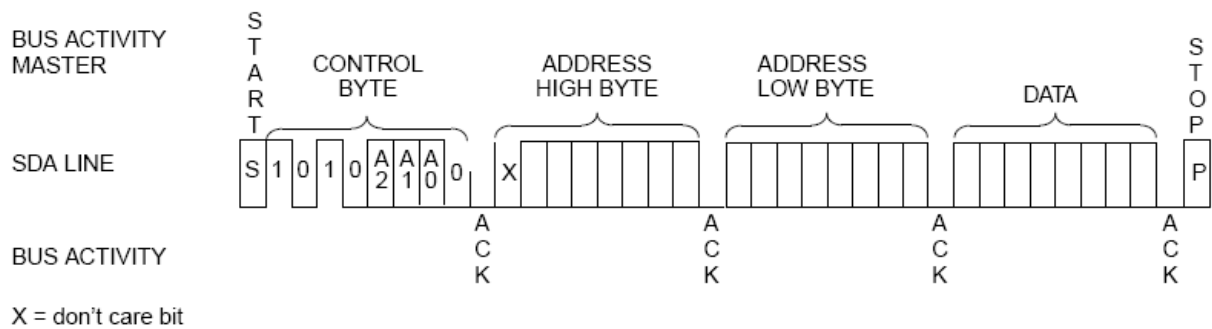
adresa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
000h	Stavové slovo alarmu															
010h																
100h	V0	Nastavené reakce 0														V1
110h	Nastavené reakce 1														V2	
400h	V0	Oprávněné číslo 0											V1			
410h	Oprávněné číslo 1									V2	Oprávněné číslo 2					
500h	V0	Číslo pro reakce 0											V1			
510h	Číslo pro reakce 1									V2	Číslo pro reakce 2					

Obrázek 25: Obsah paměti EEPROM

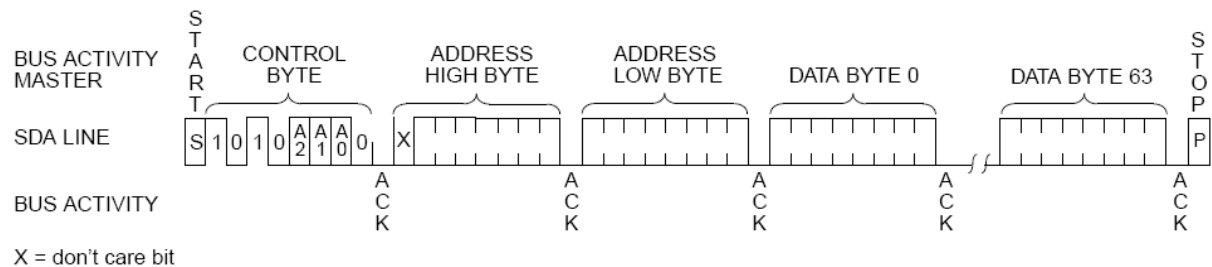
Na začátku paměti, od adresy 000h, je uloženo stavové slovo alarmu. Od adresy 100h jsou ukládána jednotlivá slova nastavených reakcí, každému slovu předchází bajt určující platnost nebo neplatnosti uloženého slova. Od adresy 400h jsou v paměti uložena oprávněná telefonní čísla, ze kterých je možno provádět nastavení alarmu. I tato čísla jsou uvozena bajtem platnosti. Od adresy 500h jsou ukládána telefonní čísla určená pro další reakce, tedy čísla, která mohou být prozváněna a volána, nebo na ně mohou být odesílány SMS. Každému z těchto čísel předchází bajt platnosti.

4.4.5 Komunikace s pamětí prostřednictvím sběrnice I²C

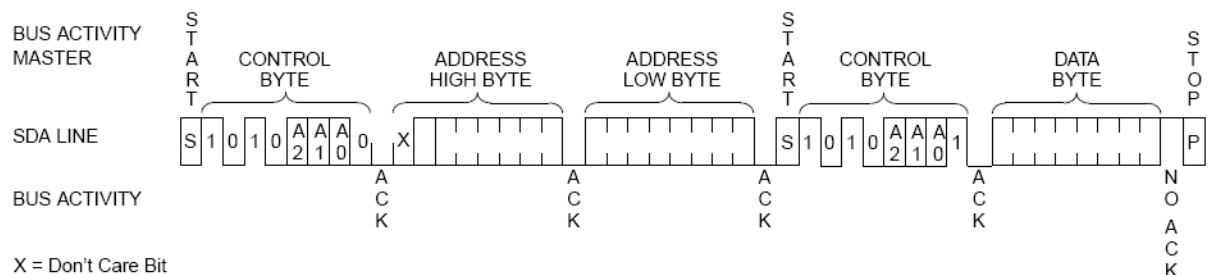
Sběrnice I²C, někdy také označovaná jako TWI (Two Wire Interface), je sériová dvou vodičová sběrnice. Komunikace probíhá v obou směrech na jediném vodiči SDA (Serial Data), který souží jak k přenášení adres tak i dat. Vodič s označením SCL (Serial Clock) slouží k synchronizaci zařízení – na tomto vodiči se přenáší taktovací hodiny. Sběrnice umožňuje přenášet data ve dvou režimech. Při zápisu se jedná o režimy zápisu bajtu a zápisu stránky (page). Zápis bajtu umožňuje po přenesení adresy přenést jeden datový bajt, jenž se do paměti uloží na danou adresu. Při zápisu stránky se nejprve přenesou adresa, která udává začátek oblasti, do které se mají uložit datové bajty. Adresa je následována polem jednotlivých datových bajtů, které může být tak velké, jak udává parametr výrobce paměti „maximální velikost stránky“. Při čtení jsou režimy obdobné, režim, který umožňuje načíst jediný bajt se nazývá náhodný, režim umožňující přečíst více bajtů má název sekvenční. Každý přenesený bajt, ať už adresní nebo datový, vyžaduje potvrzení od druhé strany, tzv. ACK (Acknowledge). Mikrořadič má naprogramovány funkce `eeprom_read_bytes()`, `eeprom_write_bytes()`, `eeprom_write_page()`, které umožňují použít oba režimy přenosu v obou směrech. Tyto funkce jsem vytvořil na základě příkladu, který vytvořil Joerg Wunsch a je součástí prostředí WinAVR. Schéma takových přenosů je znázorněno na následujících obrázcích, které jsou převzaty z [7].



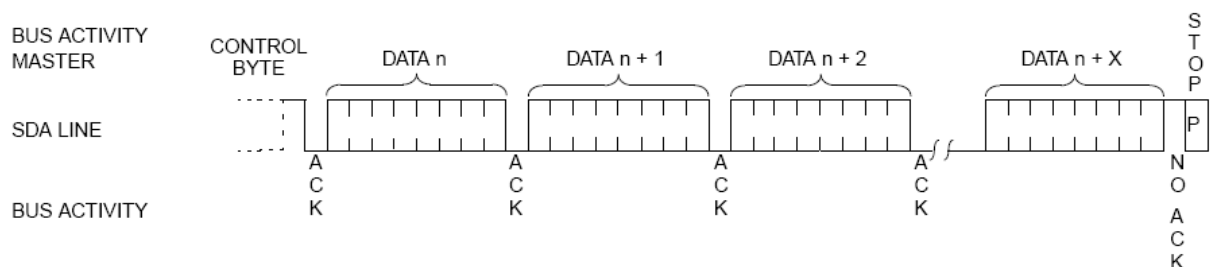
Obrázek 26: Zápis bajtu



Obrázek 27: Zápis stránky



Obrázek 28: Náhodné čtení



Obrázek 29: Sekvenční čtení

4.4.6 Zpracování SMS příkazů

Veškeré příkazy jsou přijímány v podobě, kterou stanoví protokol, jenž jsem navrhnul, a který přílohou této práce. V protokolu jsou popsány jednotlivé příkazy a jejich parametry, možná zřetězení příkazů do jediné SMS atp.

SMS je postupně čtena a pokud obsahuje správné uvození příkazu a heslo je v pořádku, zavolá se funkce `do_order()`, která postupně porovnává příkazy v SMS uvedené se známými klíčovými slovy, a v případě nalezení shody zpracuje parametry a přesune se na další příkaz, až do konce SMS.

Příkazy lze z hlediska implementace rozdělit do několika skupin:

- Příkazy pracující se stavovým slovem
 - Zapnutí/vypnutí alarmu [ONOF]
 - Zapnutí/vypnutí odesílání potvrzení příkazů z PC [SETA]
 - Zapnutí/vypnutí verifikace čísla odesílatele SMS [SETV]
 - Zapnutí/vypnutí funkce vstupu (maskování vstupů) [INPU]
 - Zapnutí/vypnutí měření teploty (maskování teplotních čidel) [TEMP]
 - Zapnutí/vypnutí funkce výstupu (maskování výstupů) [OUTP]
 - Nastavení/shození výstupu [SETO]
 - Nastavení PINu [SPIN]
 - Nastavení hesla [SPWD]
 - Zjištění stavu [INFS]
- Příkazy pracující přímo s pamětí EEPROM
 - Nastavení reakce na vstupy [SETR]
 - Zrušení nastavené reakce na vstupy [DELR]
 - Nastavení data a času [SETT]
 - Nastavení oprávněných čísel [SPNU]
 - Smazání oprávněných čísel [DPNU]
 - Nastavení čísel pro reakce [SRNU]
 - Smazání čísel pro reakce [DRNU]
- Ostatní příkazy
 - Zjištění aktuální teploty [INTA]
 - Zjištění aktuální polohy [POSI]

Příkazy, které pracují se stavovým slovem, ovlivňují přímo obsah stavového slova, a to je po zpracování příkazu uloženo do paměti EEPROM. Tak dojde k zálohování nastavené konfigurace, což je důležité při výpadku napájení.

Ty příkazy, které pracují přímo s EEPROM, neovlivňují žádná data v RAM, ale upravují pouze obsah napěťově nezávislé paměti.

Ostatní příkazy slouží pouze jako žádost o určitá data, která nejsou obsažena v žádné paměti, ale jsou generována až přímo na tuto žádost.

4.4.7 Popis činnosti alarmu

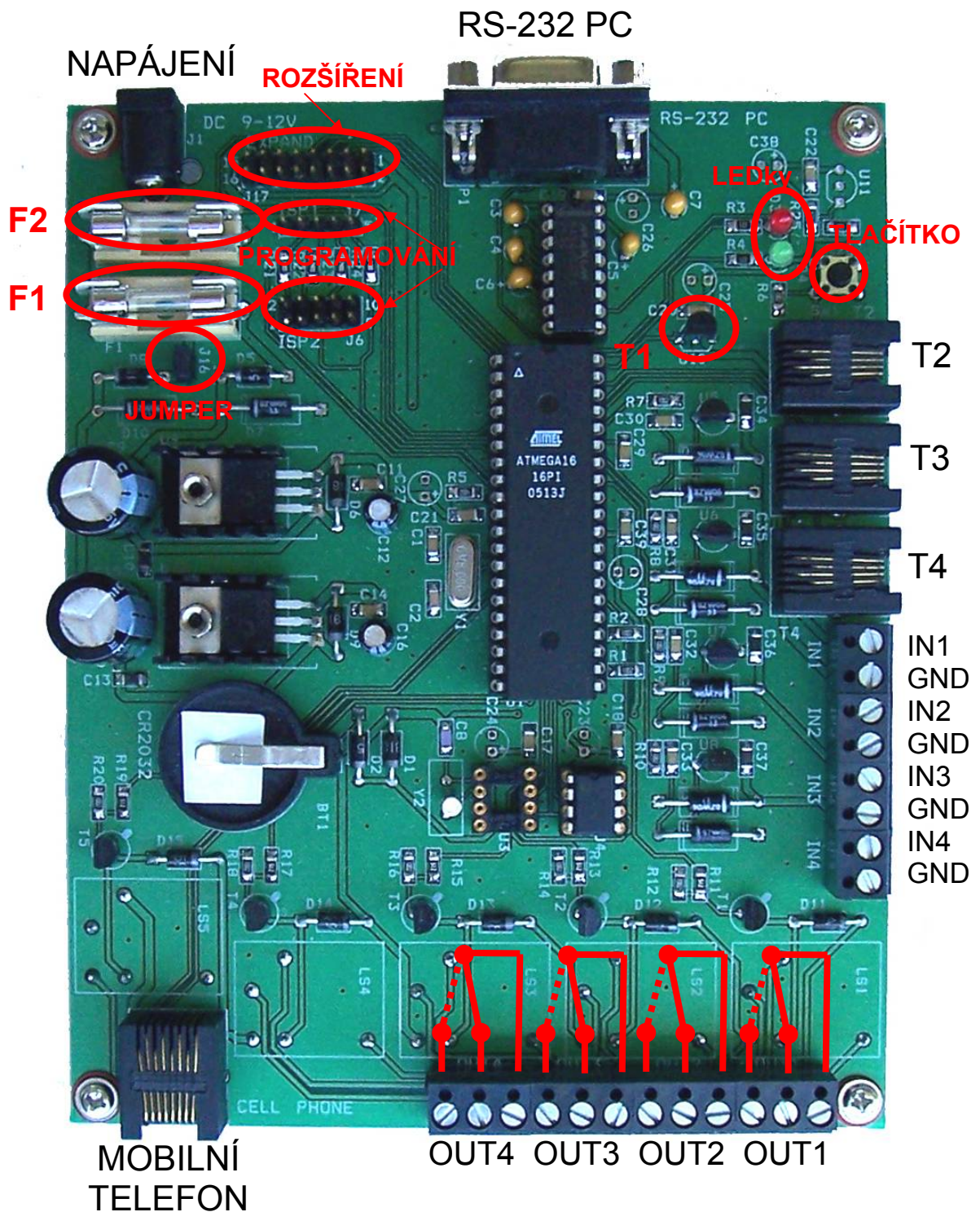
Po zapnutí zařízení načte stavové slovo z paměti EEPROM. Pokud toto slovo obsahuje neočekávaný obsah, je vytvořena výchozí konfigurace a stavové slovo s touto konfigurací je uloženo do EEPROM. Toto nastane při prvním uvedení alarmu do provozu nebo při výměně paměti EEPROM. Pokud je alarm zapnutý (ENABLE=1), rozsvítí se zelená LED. Další činnost zařízení je odvozena od generovaných přerušení od čítače. V pravidelných intervalech 1 s dochází k testu vstupů, v intervalu 4 s dochází k testu teplot (zatím není plně podporováno) a pokud nastane změna oproti předchozímu stavu, dojde k prohledání paměti

nastavených reakcí a porovnání stavu alarmu s uloženými slovy reakcí. Pokud je nalezena shoda spouštěcích podmínek, alarm nastaví výstupy a provede další nastavené akce. V intervalu 8 s jsou vyčítány SMS z telefonu a v případě přijetí nové zprávy je zpráva zpracována a smazána. Pokud alarm nedostane od telefonu očekávanou odpověď, rozsvítí se červená LED a svítí do té doby, dokud nedojde k obnovení komunikace.

Celá činnost zařízení je hlídána pomocí WATCHDOG, který je interní součástí mikrořadiče Atmel ATmega16. Aktivovaný WATCHDOG inkrementuje svůj čítač pomocí interního oscilátoru o frekvenci 1 MHz. Tento čítač je programově neustále nulován. Pokud ale dojde k přetečení čítače, které je nastaveno na počet cyklů odpovídající cca 2 s, je vyvolán restart zařízení. Tím jsou ošetřeny případné softwarové chyby nebo jakékoli neočekávané stavy, které by vedly k zacyklení a tedy nefunkčnosti.

4.5 Připojení periferií a popis zařízení

4.5.1 Obrázek výsledného zařízení a připojení periferií



Obrázek 30: Připojení periferií

4.5.2 Popis obrázku

NAPÁJENÍ	Napájecí napětí 9 - 12 V
T1	Integrované teplotní čidlo
T2-T4	Konektory RJ-11 pro připojení externích teplotních čidel
IN1-IN4	Zabezpečovací vstupy – napětí mezi INx a GND 0 – 2 V odpovídá log. 0, 5 – 30 V odpovídá log. 1
OUT1-OUT4	Přepínání výstupů, způsob přepínání je zachycen na obrázku. Maximální spínaný proud je 6 A, maximální spínané napětí je 250 V~, 125 V=, maximální spínaný výkon je 720 VA
MOBILNÍ TELEFON	Konektor RJ-45 pro připojení mobilního telefonu
RS-232 PC	Sériová linka pro komunikaci s PC
PROGRAMOVÁNÍ	2 programovací konektory pro různé programátory
ROZŠÍŘENÍ	Konektor s nevyužitými vývody mikrořadiče pro pozdější rozšíření
LEDky	Dvě signalizační LED
TLAČÍTKO	Tlačítko se speciální funkcí – přepnutí do režimu programování pomocí sériové linky
F1	Pojistka napájení zařízení (1 A)
F2	Pojistka nabíjení telefonu (1 A)
JUMPER	Jumper pro vypnutí nabíjení telefonu

4.5.3 Výchozí nastavení

Základní nastavení alarmu je uloženo v paměti EEPROM. Toto nastavení má tyto atributy:

- alarm je vypnut
- masky vstupů, výstupů a teplot jsou nastaveny na 0xF0
- všechny výstupy jsou shozeny (relé nejsou přepnuta)
- PIN: 9999, HESLO: 1234ABCD
- potvrzování přijetí příkazů je zapnuto
- ověření čísla pro nastavování je vypnuto
- není uloženo žádné telefonní číslo, ani žádná naprogramovaná reakce

V případě porušení obsahu paměti EEPROM je možno jí vymazat a vložit prázdnou do zařízení, nebo ji nahradit pamětí novou. Po zapnutí zařízení dojde ke k detekci obsahu paměti a v případě zjištění prázdného obsahu dojde k nastavení výchozích parametrů a jejich uložení do paměti.

5 Testování

Celkové testování zařízení se skládalo z několika částí

- Hardwarové testování
- Testování komunikace s mobilním telefonem
- Testování funkčnosti příkazů navrhovaného protokolu
- Testování spolupráce s webovým rozhraním

Hardwarové testování probíhalo celkovým proměřením výrobku, vyzkoušením přivedení různých napětí na vstupy, testy spínání výstupů, reakce na stisknutí tlačítka, rozsvícení LED atd. Také proběhlo otestování nabíjení mobilního telefonu.

Po ověření plné funkčnosti hardware bylo potřeba otestovat správnou komunikaci s mobilním telefonem. Dále bylo potřeba nastavit vhodné časové prodlevy při dotazování na SMS atd. Komunikace s telefonem byla otestována pouze se Siemens C35i, jiný telefon jsem neměl v době testování k dispozici. K testování sloužil především speciální kabel, který jsem sestavil za tímto účelem. Kabel je vybaven dvěma konektory RJ-45 a jedním konektorem Canon 9. Kabel se připojí mezi alarm a telefon a umožňuje tak sledovat probíhající komunikaci na PC, do kterého se kabel připojí na sériový port.

Testování funkčnosti příkazů bylo prováděno tak, že jsem na jiném telefonu sestavoval SMS podle daných příkazů protokolu a odesílal je na telefon připojený k alarmu. Tato fáze odhalila nějaké drobné chyby v programu, které jsem záhy odstranil. Určité problémy nastaly při odměřování teploty, měření nebylo příliš přesné, je ještě potřeba provést důkladnou analýzu problému a provést úpravu programu.

Nakonec jsme otestovali funkčnost na zpracování příkazů odeslaných prostřednictvím webového rozhraní, které vytváří kolega Jiří Franc. Příkazy, které webová aplikace vytvoří jsou alarmu odesílány prostřednictvím serveru, který vytváří kolega Pavel Bucek. Díky tomuto testu došlo ke zkoušce kompletního systému a ověření funkční spolupráce. Během těchto testů bylo objeveno několik drobných chyb, které vyplývaly především ze špatné interpretace protokolu. Tyto chyby byly během testování odstraněny.

6 Zhodnocení, možná vylepšení a úpravy

V rámci této práce se podařilo navrhnout a vyrobit zabezpečovací zařízení řízené mobilním telefonem. Zařízení disponuje čtyřmi vstupy, čtyřmi výstupy a umožňuje sledování až čtyř teplot na různých místech. Na základě změny teploty nebo vstupů lze vyvolat tři základní akce: odeslání SMS, volání telefonního čísla nebo jen prozvonění čísla. Tyto akce mohou být podrobně naprogramovány. Každá z těchto akcí může směřovat na jiné z předem nastavených čísel.

Návrh desky plošných spojů byl dosti komplexní, obsahuje různé periferie, které nejsou pro základní funkčnost potřeba – IR čidlo, obvod reálného času, rozhraní pro připojení PC. Práce na softwarové obsluze těchto periférií nebyla součástí zadání. Tyto periferie jsem do návrhu začlenil pro možná budoucí vylepšení alarmu. Objevily se také určité problémy při odměřování teploty pomocí čidla, kde bude nutné upravit software tak, aby měření bylo přesnější.

Do budoucna tedy plánuji rozšíření funkce alarmu doplněním softwarové obsluhy dalších periférií, jako je možnost alarm zapínat a vypínat prostřednictvím dálkového ovládání, využití obvodu reálného času a zálohování obsahu alarmu do PC prostřednictvím sériové linky. Postupným začleněním těchto funkcí vznikne univerzální zařízení s mnoha možnostmi, které bude pro všestranné použití. Výsledný produkt je tedy plně funkční, ale má velký potenciál k dalšímu rozšíření a zlepšení, na kterém hodlám dále pracovat.

7 Závěr

Základním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a vyrobit jednoduché zabezpečovací zařízení pro domácí použití. Tento cíl byl splněn. Navržené zařízení je součástí celého projektu, který práci zastřešuje. Dokončením tohoto projektu vznikl komplexní zabezpečovací systém s řadou pokročilých nastavení. Díky práci na společném projektu jsme si vyzkoušeli a úspěšně dokončili týmovou práci.

V rámci této práce vznikl kompletní návrh hardware, bylo vytvořeno schéma zapojení a na jeho základě byl navržen obrazec plošného spoje. Byla vytvořena a osazena deska plošných spojů, která obsahuje naprogramovaný mikrořadič. Program mikrořadiče plně řeší funkci alarmu a komunikaci s mobilním telefonem. Tím bylo vytvořeno požadované zabezpečovací zařízení pro domácí použití, které plně splňuje zadání práce. Zařízení je připraveno pro budoucí vylepšení a rozšíření.

8 Seznam literatury

- [1] Mann, Burkhard: C pro mikrokontroléry, BEN - technická literatura, Praha 2003
- [2] Záhlava, Vít: OrCAD 10, Grada, Praha 2004
- [3] Katalog GM Electronics 2005, Praha 2005
- [4] Siemens AT Command Set Reference Manual (GSM 07.07 and GSM 07.05), Version 1.0, elektronická podoba, 2000
- [5] Datasheet Atmel ATmega16,
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf
- [6] Datasheet Philips PCF8583,
http://www.ortodoxism.ro/datasheets/philips/PCF8583_5.pdf
- [7] Datasheet Microchip 24LC256, <http://info.hobbyengineering.com/specs/24LC256.pdf>
- [8] Datasheet Smartec SMT-160-30, <http://www.smartec.nl/pdf/DSSMT16030.PDF>
- [9] Datasheet Infineon SFH5110, http://fl.hw.cz/data_ic/sfh5110.pdf
- [10] Datasheet Maxim MAX232, http://www.hw.cz/data_ic/max232.pdf
- [11] TDC: How to do PDU Mode SMS,
<http://www.tdc.co.uk/technical/downloads/faq/faq-22-01.pdf>

PŘÍLOHA A

Seznam použitých zkratk

ASCII	(American Standard Code for Information Interchange) – Standardní osmibitová znaková sada používaná v datových komunikacích
AT příkaz	Příkaz pro modem odeslaný prostřednictvím sériové linky
DMTF	(Dual Tone Multi Frequency) – Tónová volba
EEPROM	(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) – Napěťově nezávislá programovatelná paměť
Flash	Paměť typu EEPROM
GPRS	(General Packet Radio Service) – Paketově orientovaný přenos dat prostřednictvím mobilní sítě
GSM	(Global System for Mobile communication) – Standard bezdrátové telekomunikační sítě
I²C	(Inter-IC Bus) – Protokol pro sériovou komunikaci mezi integrovanými obvody
IR (IrDa)	(Infrared Data Association) – Bezdrátový přenos dat prostřednictvím infračerveného světla
Mikrořadič	Jednočipový mikropočítač vybavený pamětí a vstupy/výstupy určený pro embedded zařízení
PDU	Formát pro příjem a odeslání SMS prostřednictvím AT příkazu
RISC	(Reduced Instruction Set Computer) – Architektura mikroprocesorů s redukovanou instrukční sadou
RS-232	Protokol pro sériovou linku
RTC	(Real Time Clock) – Obvod pro měření reálného času
SMS	(Short Message Service) – Služba krátkých textových zpráv
UART	(Universal Asynchronous Receiver Transmitter) – Univerzální asynchronní přijímač a vysílač
USART	(Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter) – Univerzální synchronní/asynchronní přijímač a vysílač
WAP	(Wireless Application Protocol) – Protokol pro komunikaci mezi mobilním zařízením a internetem

PŘÍLOHA B

Schéma zapojení

PŘÍLOHA C

Komunikační protokol

PŘÍLOHA D

Obsah přiloženého CD

SOUBOR/SLOŽKA	POPIS
index.html	Výchozí stránka práce, odkazy na dokumentaci a zdrojové soubory
readme.txt	Základní informace a obsah CD
TEXT	Vlastní bakalářská práce, komunikační protokol a uživatelská příručka
DATA	Data související s prací
DATA\DPS	Návrh desky plošných spojů
DATA\INSTALL	Instalační soubory programu Pony Prog a prostředí WinAVR
DATA\SCHEME	Schéma zapojení
DATA\SOURCE	Zdrojové kódy programu mikrořadiče