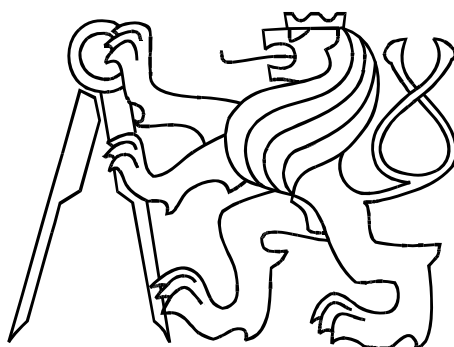


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ŘÍDÍCÍ TECHNIKY



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Dálkové ovládání a dohled pomocí GSM

Praha, 2006

Autor: Tomáš Bartl

Vedoucí práce: Ing. Pavel Němeček

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 12. července 2006

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Pavlu Němečkovi za pomoc a trpělivé vedení během psaní práce a Michaelle Netolické za pečlivou jazykovou korekturu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací zařízení pro dálkové ovládání a dohled s využitím sítě GSM jako komunikačního média mezi uživatelem a zařízením. Práce popisuje návrh a realizaci zařízení založeného na duálním GSM modulu Siemens MC39i a procesoru ATmega128 firmy Atmel, který plní řídicí funkci celého zařízení. Deskripce hardwaru navazuje na úvodní část práce, v níž je popisován GSM modul a řídicí procesor. Závěr bakalářské práce je věnován popisu základního programového vybavení demonstrujícího funkčnost zhotoveného zařízení.

Abstract

This bachelor thesis deals with design and implementation of the equipment for GSM remote control and monitoring system. This document describes design and implementation of device based on module Siemens MC39i and processor ATmega128 by firm Atmel used for control the device. Description of hardware solution comes after references of GSM module and control processor. Last objective is to the implementation of the basic programme, which can demonstrate function of the implemented device.

.....**Zadání**.....
**(Originál v originálu bakalářské práce,
oboustranná kopie v kopii bakalářské práce)**

Obsah

1	Úvod	1
2	Koncepce a návrh technického vybavení	2
2.1	Koncepce	2
2.2	Parametry základních prvků zařízení	4
2.2.1	Řídící procesor Atmel ATmega128.....	4
2.2.2	GSM MODUL	9
2.2.2.1	Požadavky na GSM modul	9
2.2.2.2	Modul Siemens MC39i.....	9
3	Realizace hardwarové části vyvíjeného zařízení	15
3.1	Blokové schéma.....	15
3.1.1	Popis zapojení.....	16
3.1.1.1	Napájení.....	17
3.1.1.2	Úprava napěťových úrovní	20
3.1.1.3	SIM	21
3.1.1.4	Audio	21
3.1.1.5	Hlasový modul.....	22
3.1.1.6	Rozhraní USB.....	27
3.1.1.7	Přijímač tónové volby DTMF	29
3.1.1.8	Vstupy.....	30
3.1.1.9	Výstupy.....	32
3.1.1.10	1 WIRE	33
4	Programové vybavení	35
4.1	Aplikace pro Windows	35
4.1.1	PDU formát SMS zpráv.....	36
4.1.2	GSM Terminal.....	38
4.2	Software pro procesor ATmega128.....	40
4.2.1	Vývojové prostředí CodeVisionAVR C	40
5	Závěr.....	42
	Použité zdroje	43
	Seznam příloh.....	46

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Obecný návrh technického řešení.....	3
Obrázek 2.2: Blokové schéma jádra AVR.....	5
Obrázek 2.3: Datový rámec sériového přenosu.....	8
Obrázek 2.4: Blokové schéma modulu Siemens MC39i.....	10
Obrázek 2.5: Audio rozhraní modulu MC39i.....	13
Obrázek 3.1: Blokové schéma vyvíjeného zařízení.....	15
Obrázek 3.2: Napájecí zdroj procesoru a zbylých logických obvodů.....	17
Obrázek 3.3: Katalogové zapojení MC34063A jako snižující měnič.....	18
Obrázek 3.4: Napájecí zdroj GSM modulu.....	19
Obrázek 3.5: Schéma zapojení pro úpravu.....	20
Obrázek 3.6: SIM rozhraní.....	21
Obrázek 3.7: Zapojení použité čtečky SIM karty.....	21
Obrázek 3.8: Audio rozhraní.....	22
Obrázek 3.9: Schéma hlasového modulu.....	22
Obrázek 3.10: Popis pinů, blokové schéma DataFlash AT45D081A.....	25
Obrázek 3.11: Blokové schéma D/A převodníku AD1857.....	26
Obrázek 3.12: Schéma zapojení D/A převodníku AD1857.....	27
Obrázek 3.13: Zapojení FT232BM pro případ 5V logiky a napájení ze samotné aplikace.....	28
Obrázek 3.14: Schéma zapojení přijímače tónové volby.....	29
Obrázek 3.15: Zapojení vstupního obvodu.....	30
Obrázek 3.16: Zapojení vstupního obvodu pro kontakt.....	31
Obrázek 3.17: Zapojení vstupního obvodu pro připojení napětí.....	31
Obrázek 3.18: Zapojení výstupního obvodu.....	32
Obrázek 3.19: Schéma jednotlivých částí budiče ULN2803.....	33
Obrázek 3.20: Schéma zapojení sběrnice 1 Wire.....	39
Obrázek 4.1: Aplikace GSM Terminal.....	39
Obrázek 4.2: Konfigurační okno aplikace GSM Terminal.....	40

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Přehled vybraných vlastností modulu Siemens MC39i.....	10
Tabulka 2.2: Propojení signálů zařízení DCE-DTE.....	12
Tabulka 2.3: Signály rozhraní SIM.....	12
Tabulka 2.4: Indikace stavu modulu pomocí LED.....	14
Tabulka 3.1: Popis nastavení propojek u D/A převodníku AD1857.....	24
Tabulka 3.2: Funkční dekodovací tabulka MT8870.....	30
Tabulka 3.3: Parametry digitálních vstupů.....	31
Tabulka 3.4: Parametry výstupů.....	33
Tabulka 4.1: Popis vzniku PDU rámce.....	37
Tabulka 4.1: Kódování septetů do oktětů.....	38

Seznam použitých zkratek

A/D	Analog/Digital
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
AES/EBU	Audio Engineering Society/European Broadcasting Union
ALU	Arithmetic Logic Unit
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CSD	Circuid Switched Data
DA	Destination Adress
DCE	Data - Circuing Terminating Equipment
DCS	Data Coding Scheme
DSP	Digital Signal Processing
DTE	Data Terminal Equipment
DTMF	Dual - Tone Multifrequency
EMC	Electromagnetic Compatibility
EPROM	Erasable Programmable Read - Only Memory
FIFO	First In, First Out
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
HW	Hardware
SW	Software
ISP	In - System Programming
LDO	Low Dropout
LED	Light - Emitting Diode
log.	logický
LP filtr	Low - Pass Filter
MIPS	Million Intstructions per Second
MR	Message Reference
MSB	Most Singnificant Bit
I/O	Input/Output
PBCCH	Packet Broadcast Control Channel
PC	Personal Computer

PDU	Protocol Description Unit
PID	Protocol Identifier
RISC	Reduced Instruction Set Computer
RTC	Real - Time Clock
SCA	Service Center Adress
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message System
SPI	Serial Programing Interface
SRAM	Static Random Acces Memory
UART	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter
UD	User Data
UDL	User Data Length
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver and Transmitter
USB	Universal Serial Bus
USSD	Unstructured Supplementary Service Data
VCP	Virtual COM Port
VP	Validity Period

Kapitola 1

Úvod

Cílem této práce je navrhnout a realizovat univerzální zařízení vhodné pro zabezpečení odlehlého objektu menšího rozsahu či osobního automobilu, které současně umožňuje získávat informace o stavu tohoto objektu a dálkově ovládat některá tam instalovaná zařízení (např. zapnout topení akumulacími kamny na noc před příjezdem, aktivovat zavlažování, deaktivovat řídicí jednotky automobilu v případě krádeže apod.).

Pro řízení celého zařízení má být využit mikrokontrolér z rodiny procesorů Atmel AVR, výměnu dat mezi uživatelem a zařízením má zprostředkovat mobilní síť GSM.

Důraz je kladen především na intuitivní způsob komunikace uživatele se zařízením a jeho snadné ovládání. Splnění těchto požadavků má umožnit využití hlasového modulu v kombinaci s dalšími standardními prvky komunikace v síti GSM, jako jsou zasílání krátkých textových zpráv (SMS) a komunikace s využitím tónové volby DTMF.

Hlavní část práce je věnována popisu hardwarového návrhu zařízení. Nejprve je popsán řídicí procesor ATmega128 a GSM modul Siemens MC39i, které tvoří jádro celého zařízení. Dále navazuje popis hardwaru jednotlivých funkčních bloků zařízení, jejichž nejdůležitější částí je popis hlasového modulu. Závěr práce je věnován popisu ukázkového programového vybavení, které demonstruje funkčnost celého zařízení.

Kapitola 2

Koncepce a návrh technického vybavení

V této kapitole je prezentována jednak koncepce zařízení, tedy požadavky, které by mělo hotové zařízení splňovat, jednak parametry základních prvků zařízení – řídicího procesoru a GSM modulu. Vlastnosti procesoru a modulu jsou uvažovány z hlediska funkcí, které by měly v zařízení plnit.

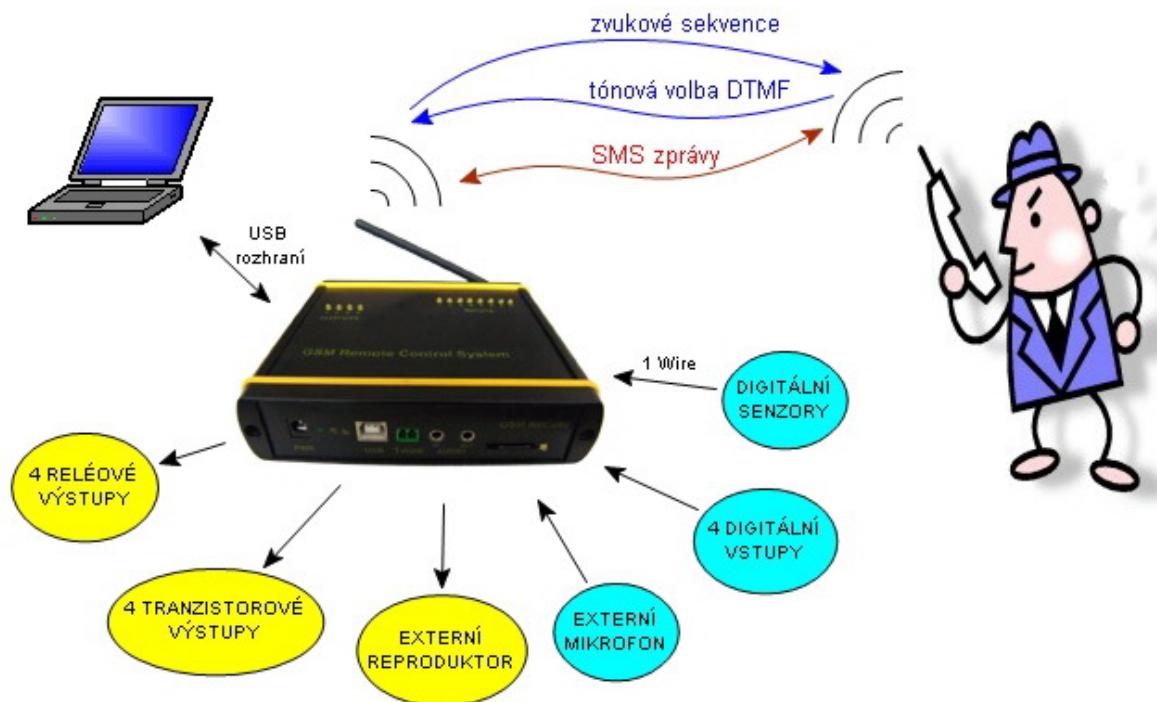
2.1 Koncepce

Cílem je navrhnout univerzální, plně programovatelný systém určený k zabezpečení objektů menšího rozsahu, jako jsou rodinné domy, byty, chaty a chalupy. Systém schopný prostřednictvím výstupů ovládat různé technologie na objektu (osvětlení, topení, čerpadla, zavlažování, ovládání garážových vrat apod.) a zároveň schopný pracovat jako výkonné zařízení s osmi digitálními vstupy a čtyřmi digitálními tranzistorovými a čtyřmi reléovými výstupy. Konstrukce zařízení by měla být plně podřízena bezpečnosti jeho provozu, monitorování všech provozních stavů a dosažení vysoké spolehlivosti přenosu všech požadovaných, zejména poplachových, informací. Dalším ze základních požadavků je intuitivní způsob ovládání a komunikace konečného uživatele se zařízením.

Následuje podrobnější výčet atributů, které by mělo zařízení s ohledem na výše uvedený popis splňovat:

- řízení pomocí procesoru z rodiny Atmel AVR
- využití GSM modulu pro komunikaci uživatele se zařízením
- využití hlasového modulu pro snadnou komunikaci uživatele se zařízením
- obousměrná komunikace zařízení prostřednictvím SMS zpráv
- ovládání zařízení pomocí tónové volby DTMF
- možnost připojení zařízení k PC pro snadnou editaci systému zařízení
- osm digitálních vstupů, čtyři digitální tranzistorové výstupy, čtyři reléové výstupy s možností jejich sledování a nastavování

- možnost připojení externího mikrofону pro dálkový odposlech
- využití Dallas sběrnice 1 Wire pro připojení digitálních senzorů
- programovatelné rozhraní ISP a JTAG
- robustní mechanická konstrukce určená do vnitřních prostor



Obrázek 2.1: Obecný návrh technického řešení

Na obrázku 2.1 jsou schematicky znázorněny funkce zařízení. Zařízení umožňuje dálkové spínání elektrických zařízení pomocí čtyř tranzistorových a čtyř reléových výstupů, kontrolu stavu zařízení sledováním logických úrovní na čtyřech digitálních vstupech s možností automatického upozornění na změnu jejich stavu, snímání hodnot z digitálních senzorů připojených přes 1 Wire rozhraní s možností zaslání těchto hodnot prostřednictvím SMS zpráv a komunikaci s nadřazeným systémem (osobní počítač) prostřednictvím USB rozhraní.

Komunikace uživatele se zařízením probíhá buď prostřednictvím hlasového volání nebo pomocí SMS zpráv. Po navázání telefonního hovoru uživatele se zařízením se hlasový modul „ozve“, přehraje předem uložený zvukový záznam a uživatel může začít se zařízením komunikovat pomocí klávesnice telefonu s využitím tónové volby DTMF. Podle úrovní tónové volby (různé klávesy na telefonu) vykoná zařízení předvolené akce (např. sepnutí výstupu, či vyčtení hodnot vstupů) a hlasový modul přehraje uloženou zvukovou sekvenci pro daný typ akce. Tyto sekvence jsou editovatelné prostřednictvím osobního

počítače přes USB rozhraní. Plně ekvivalentní k tomuto způsobu je komunikace prostřednictvím zasílání SMS zpráv v předdefinovaném formátu.

Zařízení pracuje zcela autonomně a může mít implementováno množství automatických funkcí, konkrétních reakcí na změny stavu zařízení. Např. při změně vstupu, vyvolaného detektorem pohybu, začne „obvolávat“ předem nadefinovaná telefonní čísla nebo při překročení teplotní meze bude spínat či vypínat akumulární kamna apod.

2.2 Parametry základních prvků zařízení

2.2.1 Řídící procesor Atmel ATmega128

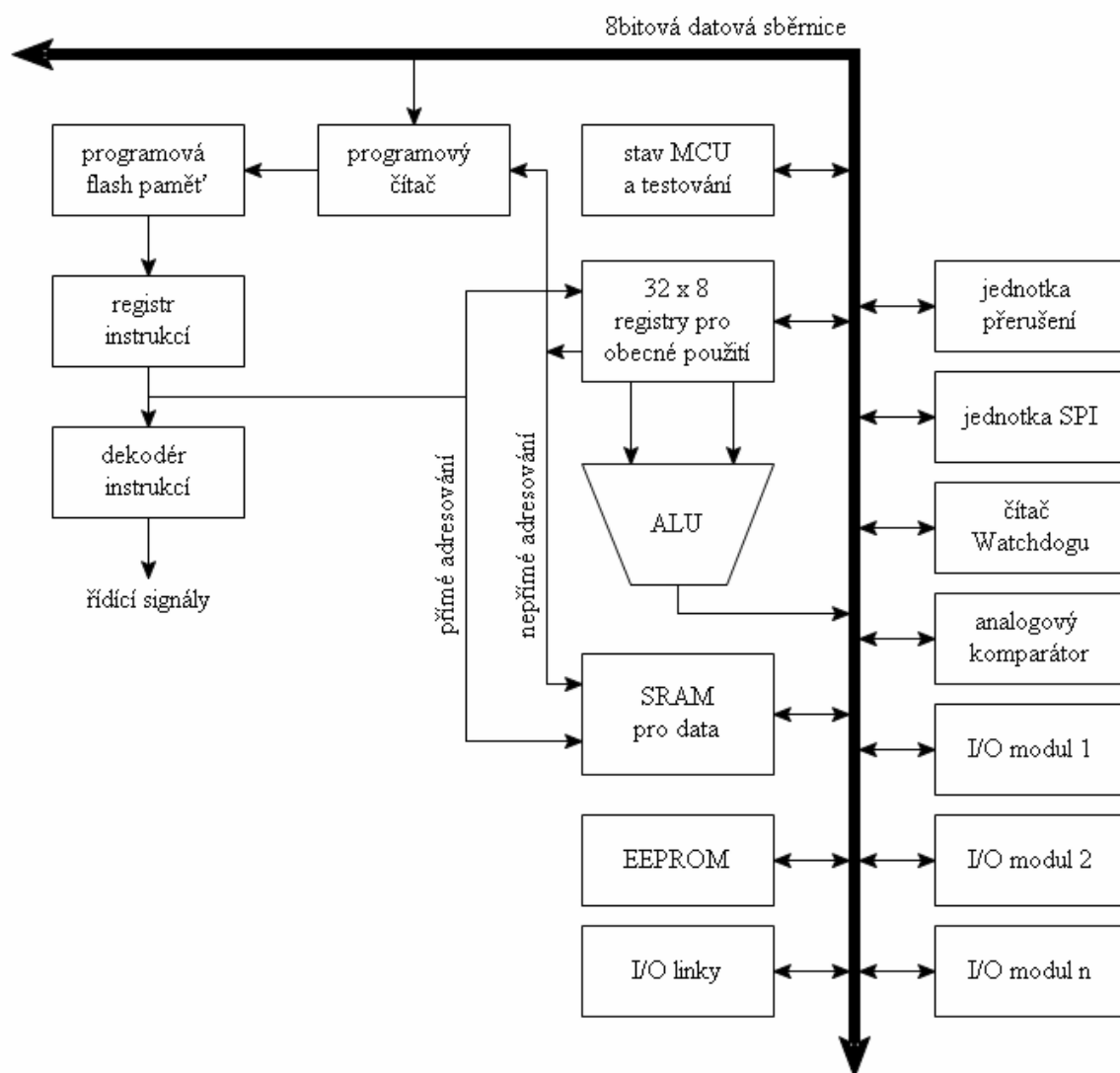
Pro danou úlohu byl zvolen 8bitový RISCový jednočipový mikrokontrolér ATmega 128 z rodiny AVR firmy Atmel. Tento procesor disponuje dostatečnou rezervou výkonu, paměti a periférií pro případné rozšiřování softwaru. Především má k dispozici dvě sériová rozhraní USART, která jsou využita pro komunikaci s GSM modulem a převodníkem UART-USB FT232BM od fy FTDI Chip pro implementaci USB rozhraní. Podrobný popis vlastností procesoru je uveden v katalogovém listu (6), převzaty jsou pouze jeho základní parametry:

- vysoký výkon až 16 MIPS (16 MHz, většina instrukcí se provede během jednoho sběrnicevého cyklu)
- napájecí napětí 4,5 V – 5,5 V (L varianta 2,7 V – 5,5 V)
- nízká spotřeba, podpora různých „Power-Down“ módů
- široké spektrum integrovaných periférií: obvod Watchdog, časovače, analogový komparátor, A/D a D/A převodník, dva USARTy, sériové rozhraní I2C, dvě sériová rozhraní SPI
- 53 programovatelných I/O linek s můstkovými výstupy a volitelnými pull-upy
- 128 kB flash EPROM pro uložení programu a dat s výdrží 10000 přepisů
- 4 kB SRAM pro uložení dat, možnost adresace až 64 kB externí SRAM
- programovatelný RESET po zapnutí a detekce podpětí
- kmitočet oscilátoru 0 MHz – 16 MHz (0 MHz – 8 MHz pro 8MHz verzi)
- kalibrovaný interní programovatelný RC oscilátor umožňující funkci bez krystalu

- programování přes rozhraní ISP, JTAG nebo pomocí BootCode programu
- možnost „In-System“ programování přímo na desce plošných spojů přes rozhraní SPI
- dostupnost vývojových nástrojů zdarma, překladače jazyka C

Z tohoto výčtu vyvíjené zařízení využívá pouze několik částí, kterými se práce bude detailněji dále zabývat.

Architektura RISCového jádra AVR



Obrázek 2.2: Blokové schéma jádra AVR

Procesor ATmega128 je založen na RISCovém jádru AVR Hardwarové architektury, jehož blokové schéma je na obrázku 2.2. To se stará o provádění programu, přístupu k pamětem a perifériím a obsluhu přerušení. Pro zrychlení provádění instrukcí má jednoúrovňovou pipeline, kdy během provádění jedné instrukce se následující instrukce načítá z programové paměti.

ALU (aritmeticko-logická jednotka) má přímý přístup k 32 8bitovým GPR (registrům pro všeobecné použití) uspořádaných do osmi banků. Během jednoho cyklu GPR načte až dva operandy z GPR, provede výpočet a výsledek uloží zpět do GPR. Posledních šest 8bitových GPR registrů může být ve dvojici použito jako ukazatelů pro nepřímé adresování paměti dat. ALU podporuje standardní aritmetické, logické a bitové operace. Některé AVR procesory, jako např. ATmega, mají navíc i hardwarovou násobičku pro celočíselnou a desetinnou aritmetiku (výpočet trvá dva cykly). Po provedení operace ALU nastaví příslušné flagy ve stavovém registru.

Běh programu (Register Program Counter) lze řídit podmíněnými a nepodmíněnými skoky, voláním a návratem z podprogramu a voláním obsluh interních či externích přerušení.

Programová i datová paměť má lineární adresování. Programová paměť flash se dělí na oblast aplikační a oblast zavaděče (BootCode). V zaváděcí oblasti může být uložen program zavaděče, který přes určité rozhraní přijme aplikační program a pomocí instrukce SPM (nelze ji volat programem z aplikační oblasti) jej zapíše do aplikační paměti a pak mu předá řízení. Tento mechanismus lze využít pro programování i přes jiná rozhraní než k tomu určené SPI, JTAG.

Zásobník sdílí interní paměť SRAM a roste směrem dolů. Před voláním programů nebo obsluh přerušení je nutné nastavit ukazatel zásobníku (SP) tak, aby byl k dispozici dostatek volné paměti pro návratové adresy. Každé přerušení lze individuálně nebo globálně povolit/zakázat. Priorita přerušení je dána adresou vektorů přerušení (čím nižší adresa vektoru, tím vyšší priorita). Další informace o jádru AVR v (2, str. 30).

I/O porty

Mikrokontrolér ATmega128 má 53 programovatelných univerzálních obousměrných portů. Většina z nich má jeden nebo dva alternativní významy, které se obvykle aktivují zapnutím dané periferie pomocí jejího řídicího registru. Porty jsou

uspořádány do osmic (port A - G), které lze nastavovat najednou nebo každý bit individuálně. Výstupy portů jsou řešeny jako komplementární pár CMOS se schopností dodávat/odebírat až 40 mA, celkově však nesmí proud všech I/O portů překročit 400 mA. U každého vstupu zvlášť lze zapnout pull-up rezistor o hodnotě 20 k Ω - 50 k Ω . Vstupy mají ochranné diody zapojené proti Vcc a Gnd. Každá osmice portů má tři 8bitové řídicí registry:

DDRx – (Data Direction Register) slouží pro konfiguraci portu jako vstup (hodnota 0) nebo výstup (hodnota 1),

PORTx – slouží pro nastavení hodnoty na pinu I/O portu, je-li port nakonfigurován registrem DDRx jako vstup, řídí nastavení pull-up rezistoru (hodnota 1 – pull-up je aktivní).

Všechny pull-upy lze globálně vypnout přes registr SFIOR, bit PUD. Po resetu jsou všechny porty nastaveny jako porty s vypnutým pull-upem. Čtení registru PORTx dává předchozí zapsanou hodnotu, nikoliv skutečný stav na pinu.

PINx – slouží pro čtení skutečného stavu pinu (nezávisle na stavu DDRx), synchronizuje se s hodinovým signálem.

Z výše popsaného dále vyplývá, že pokud chceme přepnout port z režimu vstup do režimu výstup s danou hodnotou bez nechtěné mezistavové hodnoty, je třeba nejprve zapsat registr PORTx a pak teprve DDRx. Podrobnější výčet vlastností portů v (5, str. 63).

USART

Mikrokontrolér ATmega128 má dva programovatelné USARTy (Universal Synchronous Asynchronous Receiver and Transmitter) pro sériovou komunikaci. Jeden z nich ale sdílí piny s programovatelným SPI rozhraním. Krátký výčet některých vlastností USARTu:

- plný duplex (oddělené vysílací a přijímací registry)
- generátor přenosové rychlosti s jemným dělením
- podpora sériových rámců 5 – 9 datových bitů, 1 start bit, 1 nebo 2 stop bity
- hardwarový generátor sudé i liché parity a kontrola parity
- šumové filtry (digitální LP filtr) a detekce falešného start bitu
- tři přerušení generovaná ukončením vysílání/příjmu a prázdným vysílacím registrem

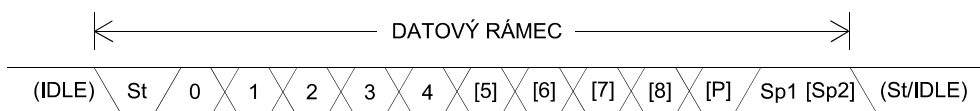
USART se skládá ze tří základních částí: generátoru přenosové rychlosti, vysílače a přijímače. V navrhovaném zařízení se využívají oba USARTy jako UARTy (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) pro komunikaci po RS232, pin XCK - obvod synchronizace z vnějších hodin je tedy nevyužit. Pro nastavení požadované rychlosti slouží 16bitový registr UBRR. Konkrétní rychlost podle hodnoty UBRR registru zjistíme ze vztahu 2.1 a potřebnou hodnotu UBRR (0 - 4095) pro požadovanou rychlost nám dává vztah 2.2.

$$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRR + 1)}, \quad (2.1)$$

kde f_{osc} je hodinový kmitočet procesoru, UBRR je hodnota UBRR registru a BAUD je bitová rychlost v baudech.

$$UBRR = \frac{f_{osc}}{16BAUD} - 1 \quad (2.2)$$

Vysílač obsahuje posuvný registr, do nějž se zápisem datového registru UDR vloží vysílaná data, která jsou dále automaticky zpracována. Jakmile je UDR připraven pro další zápis dat, je vyvoláno přerušení (pokud je povoleno). Podle požadavku je vypočtena sudá nebo lichá (nebo žádná) parita. Řídící logika pak v rytmu hodin generátoru bitové rychlosti vysílá jednotlivé bity doplněné o start, paritu a stop bit přes výstupní budič na pin TxD. Jakmile je přenos dokončen, je vyvoláno další přerušení (pokud je povoleno). Rámec sériového přenosu je na obrázku 2.3. St značí start-bit, 0 – 4 povinné datové bity, [5] – [9] volitelné datové bity, Sp1 a [Sp2] povinný a volitelný stop-bit a IDLE je klidový stav na lince. Detaily jsou popsány v (6, str. 174).



2.3: Datový rámec sériového přenosu

Přijímač přijímá sériový tok bitů pinem RxD. Nejprve se provádí filtrace za účelem odstranění šumu a rušení a regenerace tvaru signálu. Rekonstruovaným hodinovým signálem se řídí přijímací posuvný registr, který postupně střeďává datové bity. Z přijatých dat se spočítá a zkontroluje parita. Po dokončení příjmu slova je vyvoláno přerušení (pokud je povoleno) a přijatá data lze přečíst z registru UDR. Detaily v (6, str. 180).

2.2.2 GSM MODUL

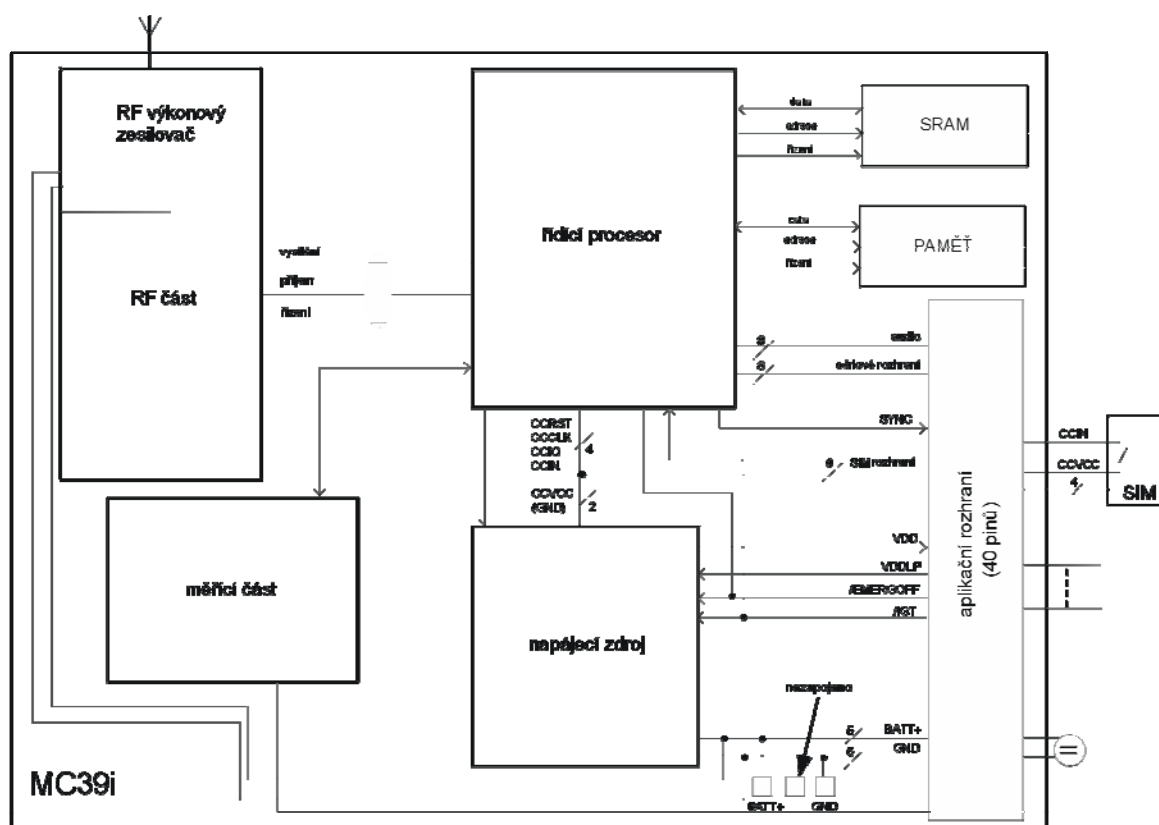
2.2.2.1 Požadavky na GSM modul

Základní požadavek na HW zařízení je podpora komunikace v síti GSM/GPRS. Splnění základního požadavku na podpory komunikace v mobilní síti GSM/GPRS spočívalo především v nalezení vhodných GSM/GPRS modulů. Hlavním kritériem při výběru byly kromě nabízených funkcí také rozměry, konektivita, dostupnost a cena. Výsledkem hledání byl modul MC39i od firmy Siemens, který disponuje požadovanými vlastnostmi. Jeho následující popis vychází z (11) a z (1).

2.2.2.2 Modul Siemens MC39i

Siemens MC39i, jehož blokové schéma je zakresleno na obrázku 2.4, je kompletní dual-band GSM modul, který byl navržen pro použití v síti GSM 900 MHz a 1800 MHz.

Jeho další klíčovou vlastností je podpora GPRS přenosu dat (CS-1, CS-2, CS-3, CS-4), která byla dalším z kritérií výběru modulu. Integrace modulu do uživatelské aplikace se provádí prostřednictvím 40-ti pinového konektoru, na který jsou přivedeny veškeré napájecí, řídicí a jiné vstupy, resp. výstupy.



Obrázek 2.4: Blokové schéma modulu Siemens MC39i

Výčet některých základních vlastností modulu uvádí v přehledu tabulka 2.1, podrobněji v (12, str. 2).

Zdroj napětí		3,3 V - 4,8 V
GSM		900/1800 MHz
GPRS		multi-slot class 10
DATA	GPRS	GPRS mobile station class B, data downlink: max 85,6 kbps, coding schemes CS 1-4, podpora PBCCH
	CSD	přenosové rychlosti 2,4; 4,8; 9,6; 14,4 kb/s, netransparentní, V.110, podpora USSD
SMS		text, PDU mód, paměť SMS na SIM kartě
Audio		2 analogová
Anténní rozhraní		konektor pro připojení GSM antény
Sériové rozhraní		autobauding, HW, SW řízení toku dat (handshake)
Ovládání		pomocí AT příkazů
SIM Toolkit		podporováno

Tabulka 2.1: Přehled vybraných vlastností modulu Siemens MC39i

Zdroj napájení

Modul vyžaduje zdroj napětí připojený na pět pinů BATT+ v maximálním rozsahu hodnot 3,3 V – 4,8 V, typicky 4,2 V. Zdroj musí být schopen dodat špičkový proud při „Transmit Burst“, který obvykle dosahuje až 2 A. O řízení napájení uvnitř modulu se stará napěťový zdroj ASIC. Jeho funkce v obvodu jsou následující:

- Pomocí LDO regulátoru stabilizuje napětí pro GSM procesor.
- Řídí procedury zapnutí a vypnutí modulu. Watchdog implementovaný v GSM procesoru periodicky posílá signály do ASIC. Jakmile je tento periodický chod signálu přerušen, modul je vypnut.
- Na pinu VDD udržuje napětí 2,9 V, které lze použít například jako napájení pro stavové LED diody, napěťové převodníky apod. V módu „Power-Down“ je toto napětí nulové. Lze tedy pomocí tohoto pinu kontrolovat, zda je modul zapnut či ne.
- Poskytuje napájení pro SIM rozhraní.

Komunikační rozhraní

Modul disponuje asynchronním sériovým rozhraním, které je až na napěťové úrovni kompatibilní s rozhraním RS232. Napěťové úrovně jsou 0 V v log. 0 a 2,65 V v log. 1. Datový rámeček je konfigurován na osm datových bitů, bez parity, jeden stop bit. Komunikace je možná při rychlostech 1200, 2400, 4800, 9600, 38400, 115200, 230400 bit/s. Rozhraní umožňuje HW i SW (XON/XOFF) kontrolu toku dat. Modul se chová jako zařízení DCE. Rozhraní má následující vlastnosti:

- Má osm signálů.
- Obsahuje dva datové signály TXD0, RXD0, stavové signály RTS0, CTS0 a řídicí signály modemu DTR0, DSR0, DCD0, RING0.
- Je určeno pro hlasová volání, CSD, fax, GPRS a ovládání modulu pomocí AT příkazů.
- Umožňuje pracovat v multiplexním režimu, při kterém je rozhraní rozděleno na tři virtuální kanály.
- Dotazování na signál DTR se děje jednou za sekundu.
- Podporuje automatickou detekci komunikační rychlosti (autobauding).

Propojení signálů zařízení DCE-DTE přes sériové rozhraní uvádí tabulka 2.2.

Zařízení DCE (MC39i)		Zařízení DTE (aplikace)	
Pin	Směr signálu	Pin	Směr signálu
TXD0	vstup	TXD	výstup
RXD0	výstup	RXD	vstup
RTS0	vstup	RTS	výstup
CTS0	výstup	CTS	vstup
DTR0	vstup	DTR	výstup
DSR0	výstup	DSR	vstup
DCD0	výstup	DCD	vstup
RING0	výstup	RING	vstup

Tabulka 2.2: Propojení signálů zařízení DCE-DTE

Rozhraní pro SIM

Součástí modulu je rozhraní pro připojení SIM karty. Toto rozhraní se skládá ze šesti pinů a popisuje ho tabulka 2.3.

Pokud by SIM karta byla odpojena od SIM rozhraní během doby, kdy je s ní navázána komunikace, mohlo by dojít k poškození tohoto rozhraní i samotné SIM karty. Z tohoto důvodu je součástí rozhraní signál CCIN, který signalizuje přítomnost zásuvky se SIM kartou. Při vytažení zásuvky se SIM kartou z držáku dochází ještě před samotným odpojením pinů SIM karty ke změně úrovně signálu CCIN a GSM procesor okamžitě ukončí provoz SIM rozhraní. Držák a zásuvka SIM musí být ovšem této funkci přizpůsobeny.

Signál	Směr signálu	Popis
CCGND	-	oddělený zemní vodič z důvodu zlepšení EMC
CCCLK	výstup	hodinový signál čipu SIM karty, jehož rychlost nastavuje řídicí procesor
CCVCC	výstup	Napájení pro SIM kartu poskytované z interního zdroje ASIC
CCIO	obousměrný	datová sériová linka
CCRST	výstup	resetování čipu SIM karty, provádí řídicí procesor
CCIN	výstup	slouží pro zjišťování přítomnosti SIM karty v držáku; je nutností v aplikacích, ve kterých uživatel může odebrat SIM kartu z držáku během operace

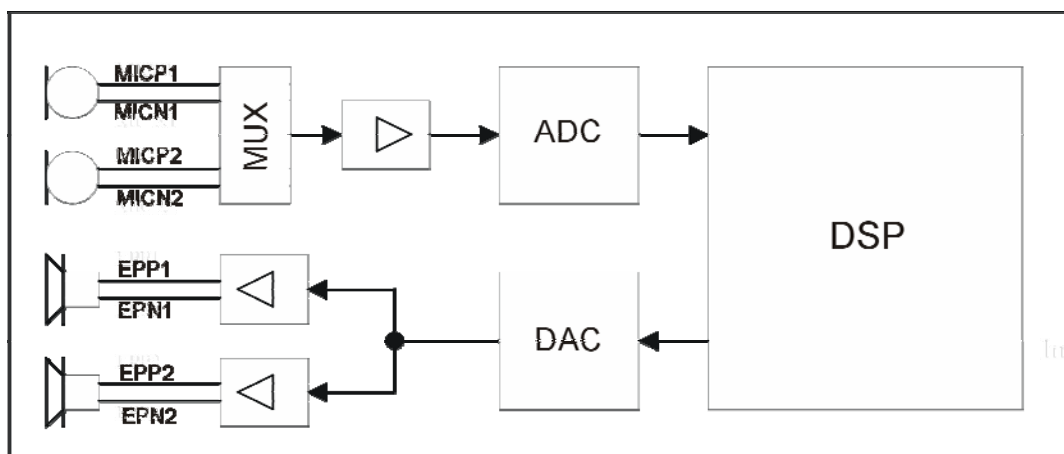
Tabulka 2.3: Signály rozhraní SIM

Audio rozhraní

Modul disponuje dvěma analogovými audio rozhraními s následujícími vlastnostmi:

- První analogové rozhraní není vybaveno zdrojem napětí pro aktivní mikrofon. Impedance mikrofonního obvodu je 50 k Ω . Obě mikrofonní linky je zapotřebí doplnit kapacitami 100 nF.
- Druhé analogové rozhraní je vybaveno zdrojem napětí pro aktivní mikrofon. Impedance mikrofonního obvodu je 2 k Ω .

Blokové schéma audio rozhraní je uvedeno na obrázku 2.5. Audio rozhraní je přizpůsobeno pro použití audio soupravy Votronic HH-SI-30.3/V1.1/0. Před použitím je zapotřebí nastavit příslušný mód pomocí AT příkazů.



Obrázek 2.5 : Audio rozhraní modulu MC39i

Řídící signály

Modul disponuje dvěma řídicími signály. IGT slouží k zapínání GSM modulu a EMERGOFF je signál sloužící k vypnutí modulu. Standardně se však k vypínání modulu nepoužívá. Slouží k nouzovému vypnutí modulu při vzniklých problémech, kdy software dlouho neodpovídá. Při tomto způsobu vypnutí nedochází k ukládání dat do trvalé paměti.

Další vstupy a výstupy

Výstupní pin SYNC. Výstup tohoto pinu se liší podle módu nastaveného AT příkazem $AT^SSYNC=M$, kde M je číslo módu. Standardní nastavení je pro $M=0$, kdy je generován synchronizační signál sloužící k oznámení zvýšení spotřeby z napájecího zdroje během „Transmit Burst“. Protože odběr při „Transmit Burst“ dosahuje až 2 A, může být díky indikaci synchronizačním signálem omezen odběr ostatních obvodů a omezen tak celkový proud procházející napájecím obvodem. Druhý mód pro $M=1$ má význam pro signalizaci pomocí LED. Tento pin je využíván pro signalizaci aktivity modulu, proto indikované stavy podrobněji popíši v tabulce 2.4.

Mód LED	Stav GSM modulu
Stále nesvítí	modul je vypnut nebo je v úsporném režimu
600 ms svítí / 600 ms nesvítí	není vložena SIM karta nebo nebyl zadán PIN nebo se hledá síť nebo se přihlašuje do sítě
75 ms svítí / 3 s nesvítí	úspěšně přihlášen do sítě
75 ms svítí / 75 ms nesvítí / 75 ms svítí / 3 s nesvítí	aktivováno GPRS spojení
Sekvence záblesků	indikuje GPRS přenos dat
Stále svítí	hlasová nebo datová volání

Tabulka 2.4: Indikace stavu modulu pomocí LED

Speciální provozní módy

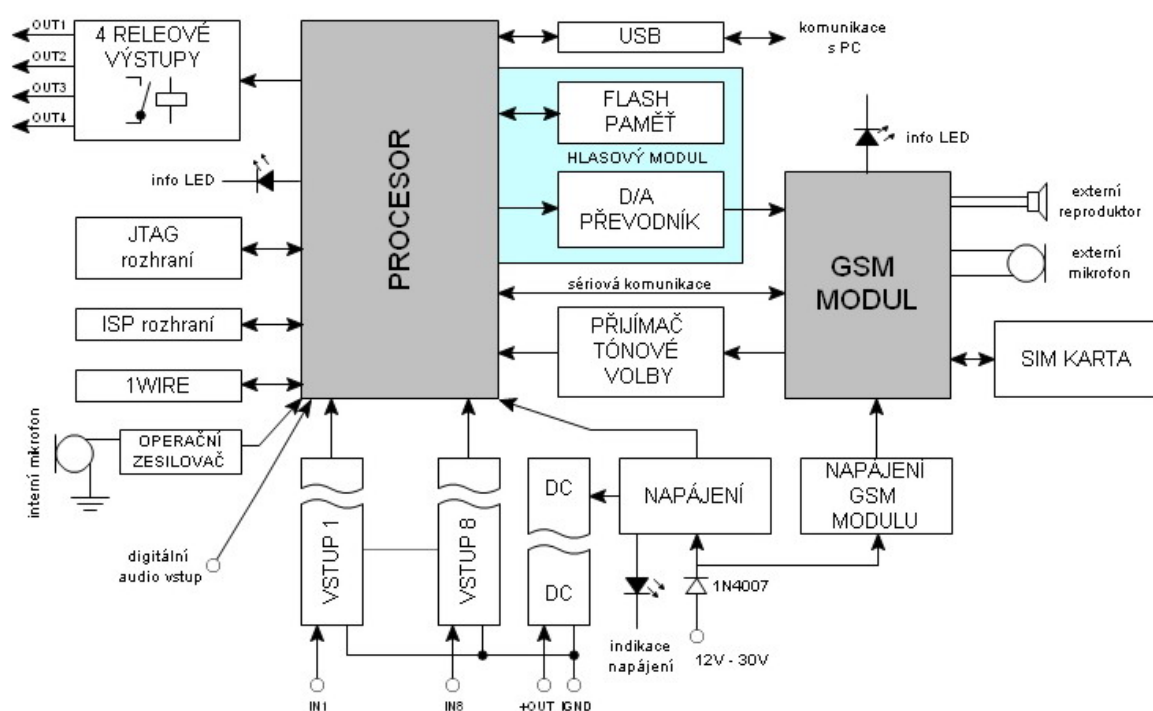
Modul MC39i nabízí různé speciální režimy provozu, které se týkají především úspory napájení. Mód pro nabíjení baterie, několik variant úsporného módu (Sleep Mode), při kterém je odstavováno sériové rozhraní a který dále umožňuje po stanoveném čase přechod do stavu, kdy jsou napájeny pouze hodiny RTC (Alarm Mode). Podrobnější popis těchto módů je nad rámec této práce a je uveden v (11, str. 20).

Kapitola 3

Realizace hardwarové části vyvíjeného zařízení

3.1 Blokové schéma

Blokové schéma je uvedeno na obrázku 3.1.



Obrázek 3.1: Blokové schéma vyvíjeného zařízení

Jádrem celého zařízení je procesor ATmega128, který byl popsán v části 2.1.1. Spolu s GSM modulem Siemens MC39i (popsán v části 2.2.2.) tvoří stěžejní část celého zařízení. Modul je připojen k základní desce zařízení 40-ti pinovým konektorem, na nějž jsou vyvedeny veškeré signály a napájecí vstupy. O napájení se stará dvojice napájecích zdrojů, jeden pro GSM modul a druhý pro procesor a zbytek logických obvodů. Vstupní napětí pro oba napájecí zdroje je přivedeno z externího zdroje (např. palubní napětí automobilu) přes napájecí konektor. Zařízení se zapíná přivedením napětí na napájecí konektor.

Pro připojení SIM karty slouží konektor SIM, který podporuje funkci bezpečného vytažení SIM karty během doby, kdy je rozhraní SIM aktivní. Druhé analogové audio rozhraní GSM modulu MC39i je upraveno k přímému připojení elektrolytického mikrofonu a reproduktoru.

Další důležitou částí zařízení je hlasový modul, který je tvořen flash pamětí AT45D081A, D/A převodníkem AD1857 a samotným procesorem, jehož zvukový výstup je upraven pro přímé připojení k prvnímu analogovému audio rozhraní GSM modulu. Na reproduktorový výstup tohoto rozhraní navazuje dekodér tónové volby MT8870, který úroveň přijaté tónové volby kóduje do 4bitového výstupu a přivádí přímo na vstupní piny brány C procesoru.

Ke komunikaci zařízení s nadřazeným systémem (osobním počítačem) slouží USB rozhraní tvořené převodníkem USB – UART od fy FTDI Chip FT232BM.

Pro připojení digitálních senzorů je implementováno jednovodičové sériové rozhraní I²Wire.

Zařízení disponuje osmi logickými vstupy vyvedenými na zásuvnou svorkovnici společně s galvanicky oddělenou zemí IGND a galvanicky odděleným napětím 12 V OUT+ pro napájení kontaktů. Blok výstupů obsahuje osm digitálními výstupů, z nichž čtyři jsou osazeny relé schopnými spínat velké proudy a jsou vyvedeny na zásuvnou svorkovnici. Zbýlé čtyři tranzistorové výstupy jsou vyvedeny na konektoru uvnitř zařízení.

Dále jsou vyvedena obě rozhraní pro programování SPI (K5) a JTAG (K3).

Zařízení disponuje třemi signalizačními LED, jedna indikuje přítomnost napájecího napětí, druhá, připojená k indikačnímu pinu SYNC GSM modulu, je určena pro signalizaci stavu GSM modulu a třetí, která je vyvedena na jeden z pinů procesoru, nemá zatím přesně určenou funkci.

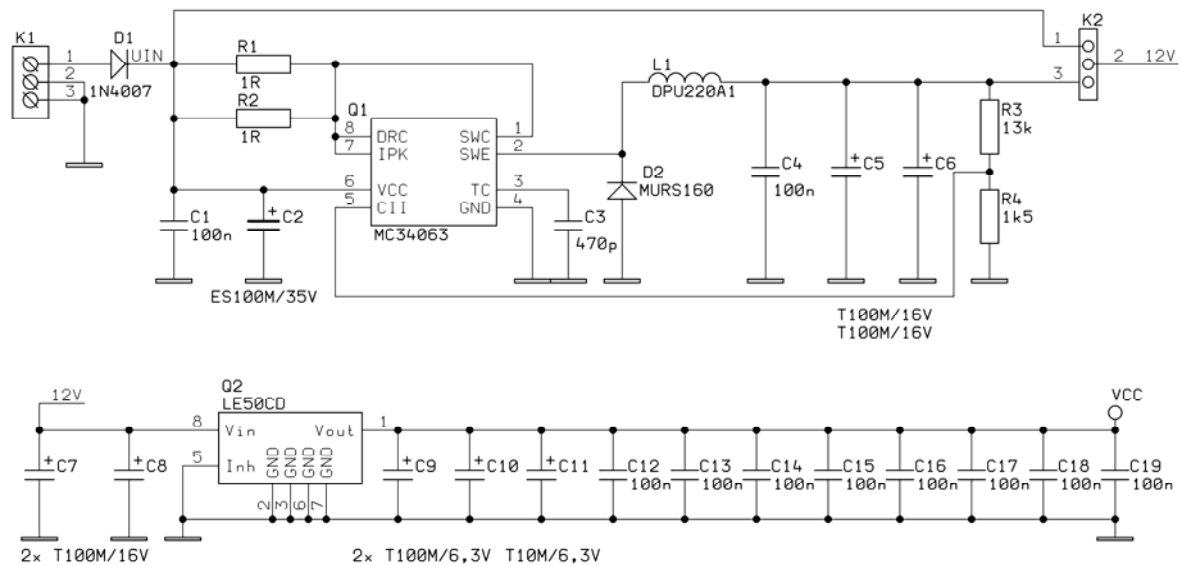
Následuje přesný popis jednotlivých bloků hardwaru.

3.1.1 Popis zapojení

Z důvodu zvýšení přehlednosti byl popis zapojení zařízení rozčleněn do několika dílčích částí. Celé schéma s kompletní výrobní dokumentací je součástí Přílohy A.

3.1.1.1 Napájení

Zařízení je napájeno zdrojem stejnosměrného napětí 12 V nebo 13 V až 30 V a má ochranu proti přepólování. Napájecí rozsah se volí propojkou K2, která není volně přístupná z vnějšku zařízení. Zkratováním špiček 1 a 2 této propojky je možné vybrat napájecí napětí 12 V \pm 10 %. Propojením špiček 2 a 3 vybereme napájení 13 V až 30 V.



Obrázek 3.2: Napájecí zdroj procesoru a zbylých log. obvodů

Při volbě způsobu napájení zařízení sehrála velkou roli skutečnost, že jednou z hlavních funkcí zařízení je zabezpečení objektů. To vedlo ke snaze zařízení co nejvíce miniaturizovat. Pro svou neúměrnou velikost bylo zavrhnuto řešení s kompletním napájecím zdrojem připojitelným přímo do sítě elektrického napětí.

Dále byla uvažována možnost využití zařízení v osobních automobilech a jeho přímé napájení z 12 V palubní sítě. Pro větší napájecí flexibilitu byl nakonec zvolen rozsah 12 V – 30 V.

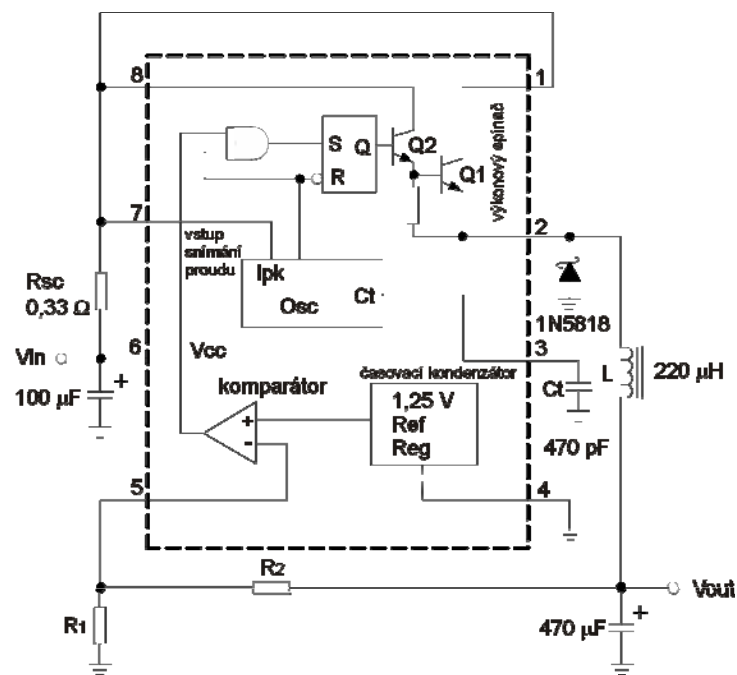
Napájecí blok je složen ze dvou napájecích zdrojů. Jeden pro napájení 4,2 V GSM modulu (obrázek 3.4) a druhý pro napájení procesoru a zbytku log. obvodů napětím 5 V (obrázek 3.2).

První zdroj se skládá ze dvou dílčích částí. První část slouží k úpravě vstupního napětí v rozsahu 13V – 30V na napětí 12 V potřebné pro napájení 12V relé. Vzhledem k poměrně velkému rozdílu na vstupu a výstupu této části bylo zavrhnuto využití jednoduchých lineárních stabilizátorů řady 78xx a byl použit pulsní měnič s integrovaným

obvodem Motorola MC24063A zapojeným jako snižující měnič. Stručný přehled parametrů tohoto obvodu:

- vstupní napětí + 3 V až + 40 V
- spínaný proud až 1,5 A
- proudové omezení
- pracovní frekvence až 100 kHz
- nastavitelné výstupní napětí
- interní napěťová reference s přesností 2%

Zapojení této části vychází z katalogového zapojení obvodu v (9, str. 7), viz. obrázek 3.3, kde je naznačeno i jeho vnitřní zapojení.



Obrázek 3.3: Katalogové zapojení MC34063A jako snižující měnič

Integrovaný obvod obsahuje tyto hlavní části: tepelně kompenzovanou napěťovou referenci, komparátor, oscilátor s proměnnou střídou, obvod pro snímání a omezování proudu a výkonový spínací tranzistor. Z vnějšku je třeba připojit snímací rezistor R_{sc} , na němž se snímá úbytek napětí v závislosti na odebíraném proudu a při překročení určité hranice řídicí obvod nedovolí další zvyšování proudu, dále vstupní a výstupní vyhlazovací kondenzátory, časovací kondenzátor pro nastavení základní frekvence oscilátoru,

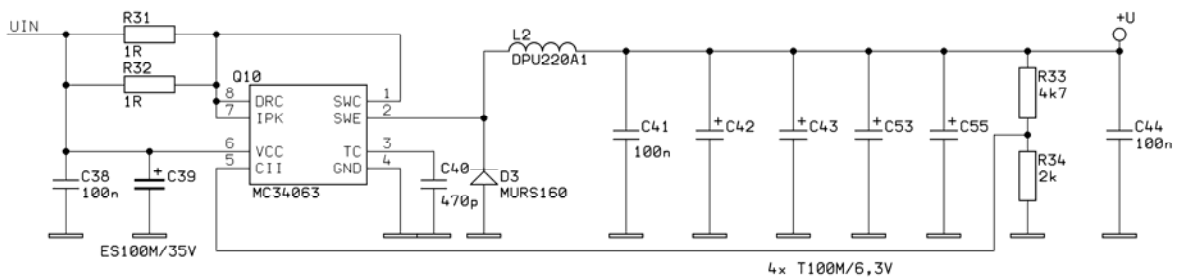
akumulační tlumivku a rychlou (Schottkyho) diodu, volitelně výstupní LC filtr pro snížení zvlnění a odporový dělič pro nastavení výstupního napětí, které je dáno vztahem 2.3.

$$U_{out} = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right), \quad (2.3)$$

kde U_{out} je výstupní napětí [V], R_1 a R_2 jsou hodnoty vnějších odporů [Ω].

Druhá část, která navazuje na předcházející, slouží k úpravě napětí na úroveň 5 V. V této části byl využit napěťový stabilizátor s velmi nízkým poklesem napětí LE50CD fy STMicroelectronics. Stabilizátor je zapojen dle katalogového listu (13).

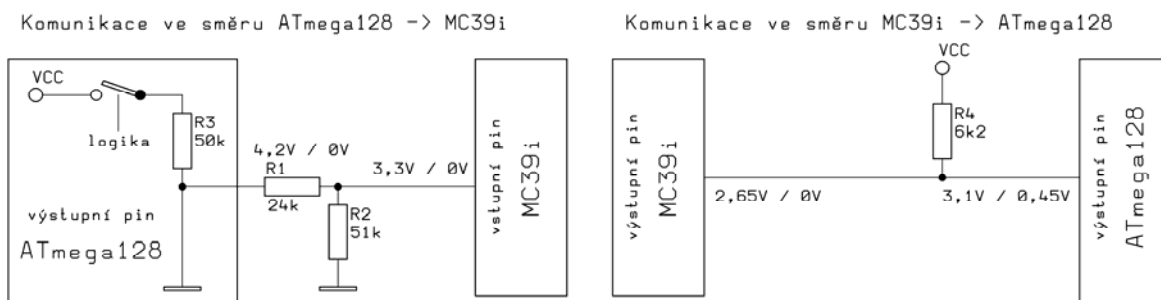
Druhý napájecí zdroj potřebný pro napájení GSM modulu 4,2 V je tvořen opět snižujícím pulsním měničem MC34063A, jeho schéma je uvedeno na obrázku 3.4.



Obrázek 3.4: Napájecí zdroj GSM modulu

Oddělený napájecí zdroj pro GSM modul nebyl implementován pouze z důvodů odlišné napěťové úrovně od zbylých log. obvodů, ale zejména kvůli vysokým napájecím nárokům modulu. Modul je velmi citlivý na zvlnění a poklesy napájecího napětí. To se ukázalo být problémem při ožívování zapojení. Původně obsahovalo zapojení zdroje pouze dva tantalové filtrační kondenzátory, které však nezvládaly vysoký proudový odběr (tzv. „Transmit Burst“) při přihlašování modulu do GSM sítě. V této chvíli má modul proudový odběr přibližně 2 A (viz. popis v části 2.2.2.2, Zdroj napájení). Proudová špička zapříčinila napěťový pokles, který interní zdroj modulu ASIC vyhodnotil jako kritický stav a zresetoval modul. Problém byl vyřešen přidáním dalšího páru stejných tantalových kondenzátorů. Počet kondenzátorů je možno snížit využitím kvalitních nízkoodporových elektrolytických kondenzátorů.

3.1.1.2 Úprava napěťových úrovní



Obrázek 3.5: Schéma zapojení pro úpravu úrovní sériové komunikace procesoru a GSM modulu.

Modul disponuje asynchronním sériovým rozhraním, které je až na napěťové úrovni kompatibilní s rozhraním UART procesoru ATmega128. Napěťové úrovně jsou 0 V v log. 0 a 2,65 V v log. 1, zatímco úrovně u procesoru ATmega128 jsou 5 V v log. 1 a 0 V v log. 0.

Ve směru komunikace od procesoru k GSM (signály TXD, RTS a DTR) modulu byla 5V úroveň snížena napěťovým děličem tvořeným odpory $R_1 + R_3$ a R_2 . Výstupní napětí tohoto děliče se vypočte ze vztahu:

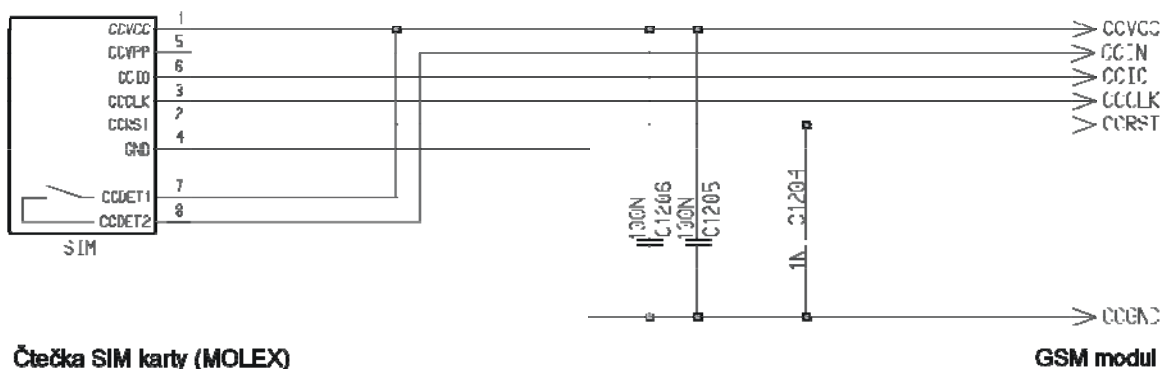
$$U_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + R_3}\right) U_{VCC}, \quad (3.3)$$

kde R_3 je Pull-Up rezistor I/O obvodu procesoru a V_{CC} je napájecí napětí procesoru. Předpokládá se velký vstupní odpor na vstupních pinech GSM modulu, který neovlivní výstupní napětí děliče. (Vnitřní zapojení vstupů GSM modulu není známo.)

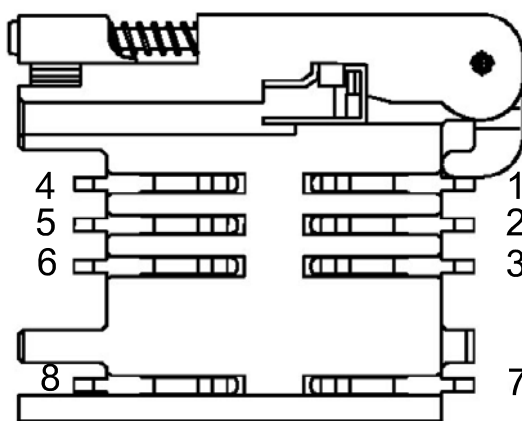
Ve směru komunikace od GSM modulu k procesoru (signály RXD, CTS, DCD, DSR a RING), bylo výstupních 2,65 V pro log. 1 na potřebných min. 3 V „vytaženo“ 6,2k Ω odporem vloženým mezi komunikační signál a napájecí napětí 5 V. Protože není známo vnitřní uspořádání výstupního obvodu GSM modulu byla tato hodnota určena empirickými metodami.

3.1.1.3 SIM

Obrázek 3.6 názorně ukazuje propojení SIM rozhraní s čtečkou SIM karty Q11. Kondenzátory C45, C46 a C48 jsou blokovací kondenzátory napájení SIM karty. Konkrétní typ čtečky SIM karty (MOLEX) a rozvržení pinů je zachyceno na obrázku 3.7. Podrobnější informace o SIM rozhraní jsou uvedeny v části 2.2.2.2 popisující GSM modul.



Obrázek 3.6: SIM rozhraní

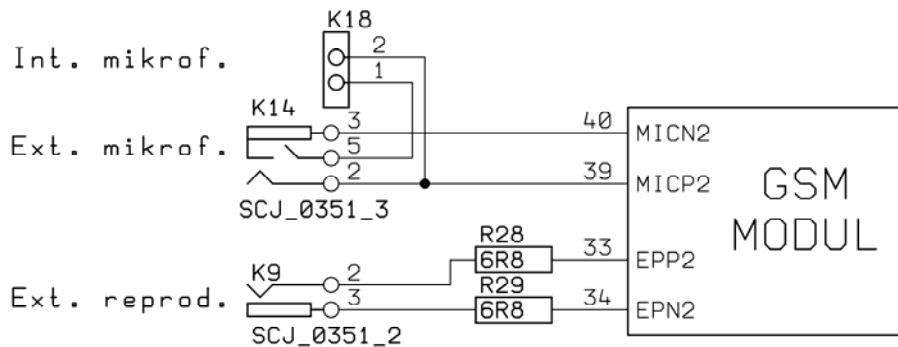


Obrázek 3.7: Zapojení použité čtečky SIM karty

3.1.1.4 Audio

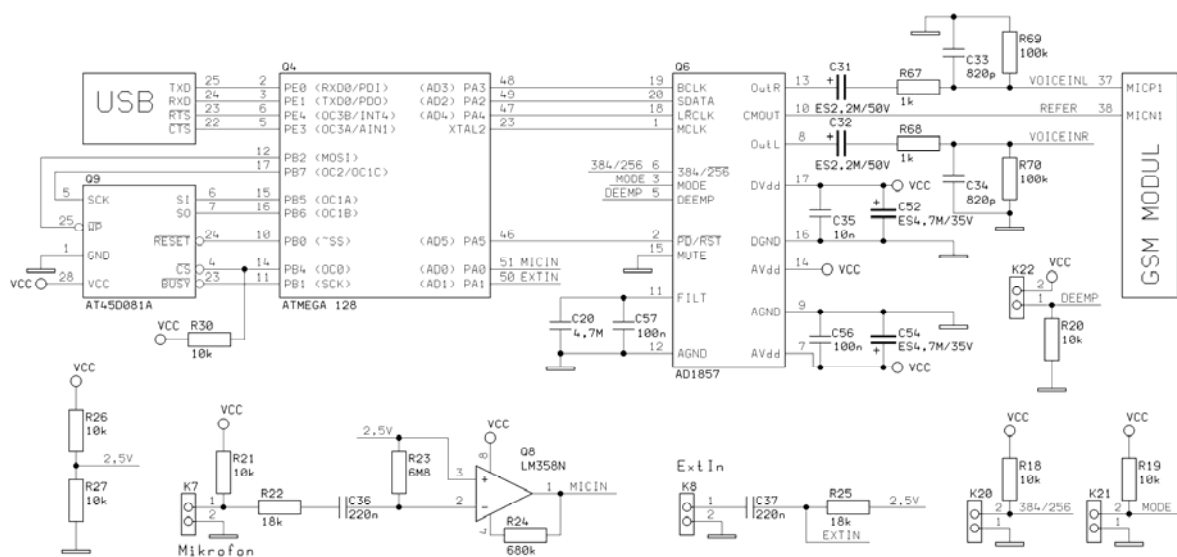
Schéma audio rozhraní ukazuje obrázek 3.8. Na konektory K9 a K14 je vyvedeno druhé analogové audio rozhraní GSM modulu MC39i. Součástí konektoru K14, sloužícího pro připojení pasivního externího elektrolytického mikrofonu, je mechanický spínač, který v momentu zapojení mikrofonu rozeptne obvod interního mikrofonu, který je připojen ke

konektoru K18. Rezistory R28 a R29 slouží k omezení proudu tekoucího rozhraním při připojení reproduktoru.



Obrázek 3.8: Audio rozhraní

3.1.1.5 Hlasový modul



Obrázek 3.9: Schéma hlasového modulu

Úvod

Návrh hardwaru hlasového modulu vycházel ze zařízení publikovaného I. Strašilem v (3). Zde popsany přístroj je univerzálně použitelný modul s funkcemi přehrávání a záznamu zvuku, řečové syntézy číselných údajů a rozpoznávání hlasových povelů. V prezentovaném provedení slouží jako doplněk k různým technologickým zařízením a je ovládán standardní sběrnici RS-232.

Popsaný modul se stal inspirací pro návrh hlasového bloku zařízení zejména pro svou nízkou hardwarovou náročnost a univerzálnost použití, která plně vyhovuje vyvíjenému zařízení. Dalším důležitým kritériem byl volně dostupný zdrojový kód modulu v programovacím jazyku C.

Návrh hardwaru

Pro potřeby vyvíjeného zařízení bylo nutno původní zapojení modifikovat. Kompletní schéma hlasového modulu je uvedeno na obrázku 3.9. Původní zapojení uvažovalo využití mikrokontroléru AVR ATmega16 pro řízení všech funkcí hlasového modulu. Ve vyvíjeném zařízení tuto funkci převzal mikrokontrolér ATmega128, který je zároveň řídicím procesorem celého zařízení. Je taktován na své maximální hodinové frekvenci 16 MHz, při které pro hlasový modul poskytuje dostatečný výkon. Původní návrh obsahoval běžný převodník úrovní s obvodem MAX232 pro komunikaci s nadřazeným systémem pomocí sériové sběrnice RS232. Tento úkol převzalo rozhraní USB, popsané v kapitole 3.1.1.6.

Všechny zaznamenávané zvuky jsou uloženy v 5V paměti DataFlash firmy Atmel AT45D081A (Q9) s kapacitou 1 MB, která nahradila původní 3V AT45DB081A a s níž je plně kompatibilní. Rozšíření kapacity paměti nic nebrání, ve stejné řadě se vyrábějí typy s kapacitami až 512 MB.

Paměť je připojena k hardwarovému synchronnímu sériovému rozhraní (SPI) mikrokontroléru Q4. Rezistor R30 zajišťuje zablokování přístupu k paměti Q9 přivedením log. 1 na signál \overline{CS} vždy, když jsou výstupy mikrokontroléru ve stavu vysoké impedance, například při náběhu napájecího napětí nebo při nahrávání programu.

Pro přehrávání zvuku byl původně osazen D/A převodník fy Philips TDA1543, který se však před více než rokem přestal vyrábět a bylo nutno vybrat vhodný ekvivalent. Obvod nabízel 16bitovou kvalitu přehrávání ve dvou kanálech při vzorkovacích frekvencích až 192 kHz. Zvuková data se do převodníku přenášela z mikrokontroléru po sériové sběrnici I2S.

Snahou bylo vybrat převodník se stejným způsobem komunikace, tedy pomocí sběrnice I2S. Tento požadavek byl dán především skutečností, že k hlasovému modulu byly zveřejněny zdrojové kódy a nebyla by tak nutná úprava zdrojového kódu.

Výše zmíněným požadavkům vyhovovaly pouze dva obvody. D/A převodník od fy Burr-Brown Corporation PCM1725 a převodník fy Analog Devices AD1857. Pro svou snadnější dostupnost byl nakonec zvolen druhý zmiňovaný, D/A převodník AD1857.

AD1857 je $\Sigma\Delta$ převodník s velmi flexibilní sériovou komunikací, která jako jeden ze svých módů zahrnuje komunikaci I2S.

Schéma zapojení převodníku bylo převzato z katalogového listu (5, str. 13) a je vyobrazeno na obrázku 3.12. Převodník byl zapojen univerzálně pro umožnění případných změn ve způsobu komunikace mikrokontroléru s převodníkem. Nastavení se provádí pomocí propojek, jejichž význam je popsán v následující tabulce 3.1:

propojka	funkce	spojena	rozpojena
K20	Přepínání módu řídicího hodinového signálu.	Řídicí hodinový signál je 256 násobkem vzorkovací frekvence.	Řídicí hodinový signál je 384 násobkem vzorkovací frekvence.
K21	Přepínání módu sériové komunikace.	„Left-Justified“ formát	I2S formát
K22	Deemfáze pro frekvenci 44,1 kHz.	aktivovaná	neaktivovaná

Tabulka 3.1: Popis nastavení propojek u D/A převodníku AD1857

Stereofonní výstup modulu vždy přehrává v obou kanálech stejný zvuk, ale je možné nezávisle na sobě regulovat hlasitosti obou výstupů, případně jeden výstup úplně umlčet. Jeden z kanálů je přiveden přímo na jeden ze zvukových vstupů GSM modulu. Druhý není využit, ale je vyveden na konektor K4 pro případné pozdější využití (na tento konektor je z ladících důvodů vyveden i první kanál). Převodník Q6 se bohužel vyznačuje značnou spotřebou, typicky 50 mA, a je tedy v době, kdy není zvukový výstup aktivní, pomocí signálu $\overline{PD}/\overline{RST}$ přiveden do „Power-Down“ módu.

Modul má vlastní elektrolytický mikrofon a externí linkový vstup dostupný na špičce 1 konektoru K8. Signál z mikrofonu připojeného ke konektoru K7 je dále zesílen operačním zesilovačem LM358N (Q8). Mikrofon je napájen přes rezistor R21.

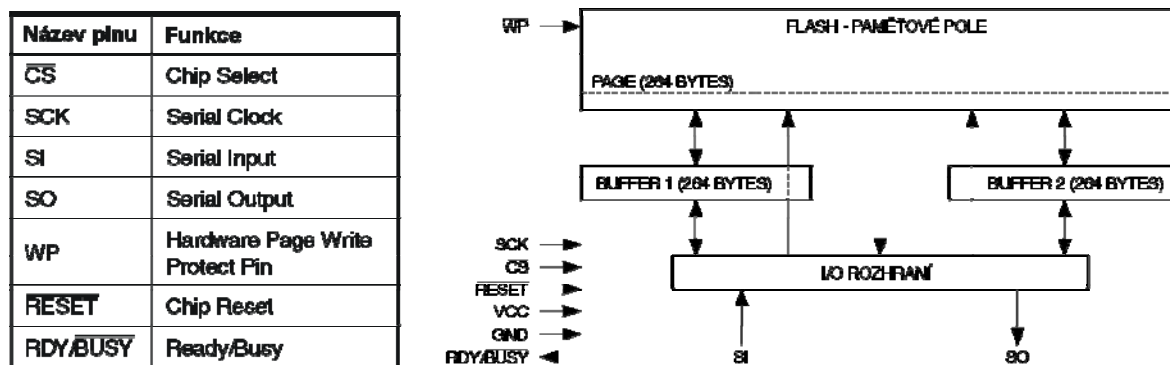
Při nahrávání zvuku do paměti se využívá interní A/D převodník na portu A mikrokontroléru Q4, do kterého jsou vodiči EXTIN a MICIN přivedeny oba audiovstupy.

Funkce hlasového modulu

Hlasový modul je implementován z důvodu snadné komunikace uživatele se zařízením. Po navázání telefonního hovoru uživatele se zařízením se hlasový modul „ozve“, přehraje předem uložený zvukový záznam a uživatel může začít se zařízením komunikovat pomocí klávesnice telefonu s využitím tónové volby DTMF. Podle úrovní tónové volby (různé klávesy na telefonu) vykoná zařízení předvolené akce (např. sepnutí výstupu, či vyčtení hodnot vstupů) a hlasový modul přehraje uloženou zvukovou sekvenci pro daný typ akce. Tyto sekvence jsou editovatelné prostřednictvím osobního počítače přes USB rozhraní.

Základním kamenem hlasového modulu je hlasový záznamník. Do paměti Q9 umožňuje nahrát z audiovstupu nebo digitálně přenést z počítače zvukový signál a následně jej přehrávat. Přehrávání zvuku probíhá současně na obou výstupních kanálech, ale je možné nastavit u obou kanálů různou hlasitost, případně jeden z kanálů zcela umlčet. Modul podporuje ztrátovou kompresi zvuku ADPCM. Více o způsobu ukládání a formátu zvukových záznamů pojednává (3). Bližší popis by byl nad rámec této práce.

DataFlash AT45D081A

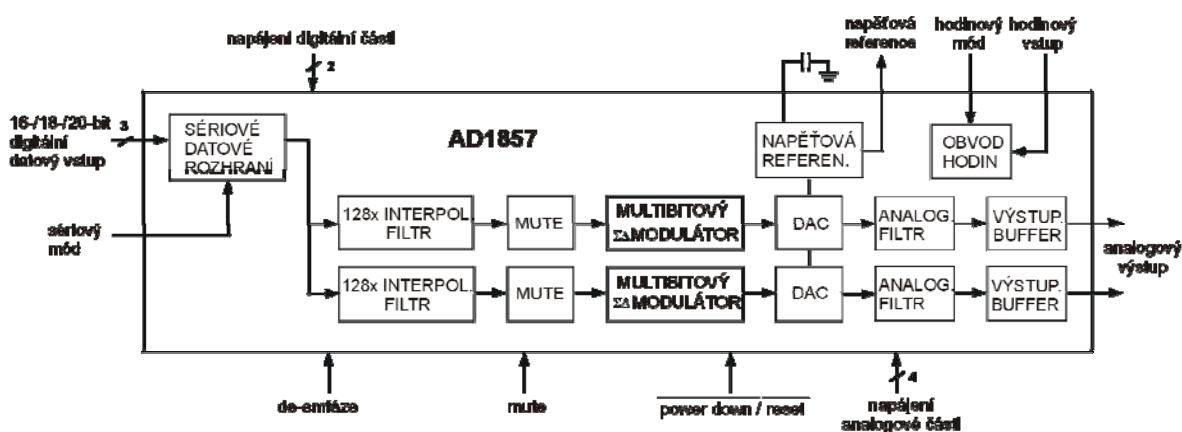


Obrázek 3.10: Popis pinů, blokové schéma DataFlash AT45D081A

AT45D081A je flash paměť se sériovým rozhráním vhodná pro programování přímo v zařízení (In System Programming). Její blokové schéma, včetně popisu pinů je uvedeno na obrázku 3.10. Obsahuje 8 650 752 bitů paměti, které jsou členěny do 4096 stránek po 264 B. Nabízí velmi rychlé čtení i zápis díky integrované dvojici bufferů SRAM. Jednoduché sériové rozhraní zjednodušuje hardwarovou část, zvyšuje spolehlivost, snižuje rušení při spínání obvodu a redukuje velikost pouzdra a počet aktivních pinů na

minimum. Paměť je optimalizována pro použití v mnoha komerčních a průmyslových aplikacích, kde je malá velikost, nízký počet pinů a nízká úroveň napájení žádoucí. Typicky je využívána pro ukládání digitálního záznamu hlasu, ukládání obrázků a dat. Obvod operuje s hodinovou frekvencí až 15 MHz s typickým proudovým odběrem 15 mA (při zápisu dat). Při programování (zápisu dat) nevyžaduje vyšší napájecí napětí. Obvod vyžaduje napájení v rozmezí 4,5 V až 5,5 V jak pro čtení, tak pro zápis dat. Zařízení se aktivuje pomocí signálu *Chip Select* (*/CS*) a komunikuje pomocí třívodičové sběrnice, která se skládá ze signálů *Serial Input* (*SI*), *Serial Output* (*SO*) a *Serial Clock* (*SCK*). Paměť zachovává data po dobu minimálně dvaceti let.

D/A převodník AD1857

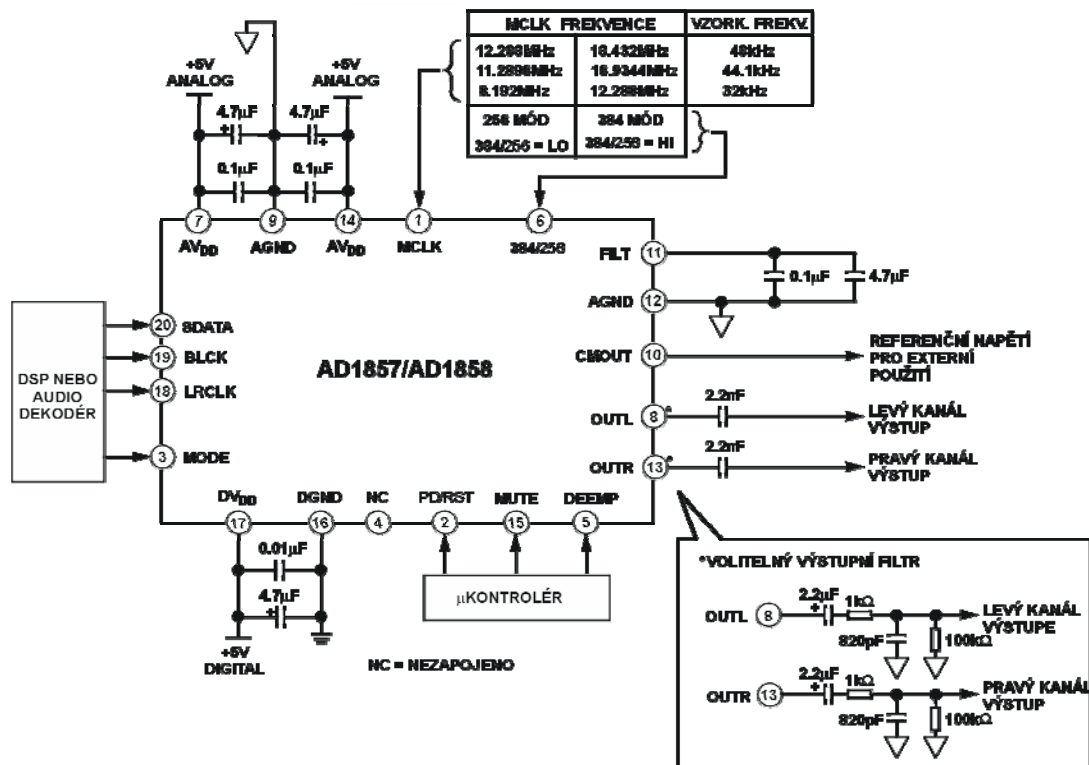


Obrázek 3.11 Blokové schéma D/A převodníku AD1857

Obvod AD1857 je kompletním jednočipovým obvodem pro přehrávání digitálního zvuku. Jeho blokové schéma je naznačeno na obrázku 3.11. (5, str. 1). Obsahuje vyspělý digitální interpolační filtr, lineárně kompenzovaný mnohabitový sigma-delta převodník, analogový filtr a analogový řídicí výstupní obvod. Další součástí je obvod „mute“ pro utišení výstupního analogového signálu a obvod deemfáze vhodný pro vzorkovací frekvenci 44,1 kHz, frekvenci přehrávání zvuku z Compact disků. AD1857 podporuje plynule se měnící vstupní vzorkovací frekvenci s v podstatě lineární fázovou odezvou. Nadřazený systém musí poskytnout řídicí hodiny, které budou synchronní se signálem L/RCLK (hodiny pro přepínání levého a pravého kanálu) a budou 256 nebo 358 násobkem vzorkovací frekvence.

Převodník disponuje jednoduchým flexibilním sériovým rozhraním, které umožňuje vstup pro různé A/D převodníky, DSP (Digital Signal Processing) obvody a přijímače

standardu AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union). Sériové rozhraní může být konfigurováno pro 16, 18 a 20bitový mód nebo I2S mód. AD1857 akceptuje sériová data, která jsou v tzv. druhém doplňku čísla (Two-Complement Format), kde MSB (Most Significant Bit) je na prvním místě. Obvod disponuje „Power-Down“ módem s minimálním proudovým odběrem. Napájecí napětí je 5 V stejnosměrných.



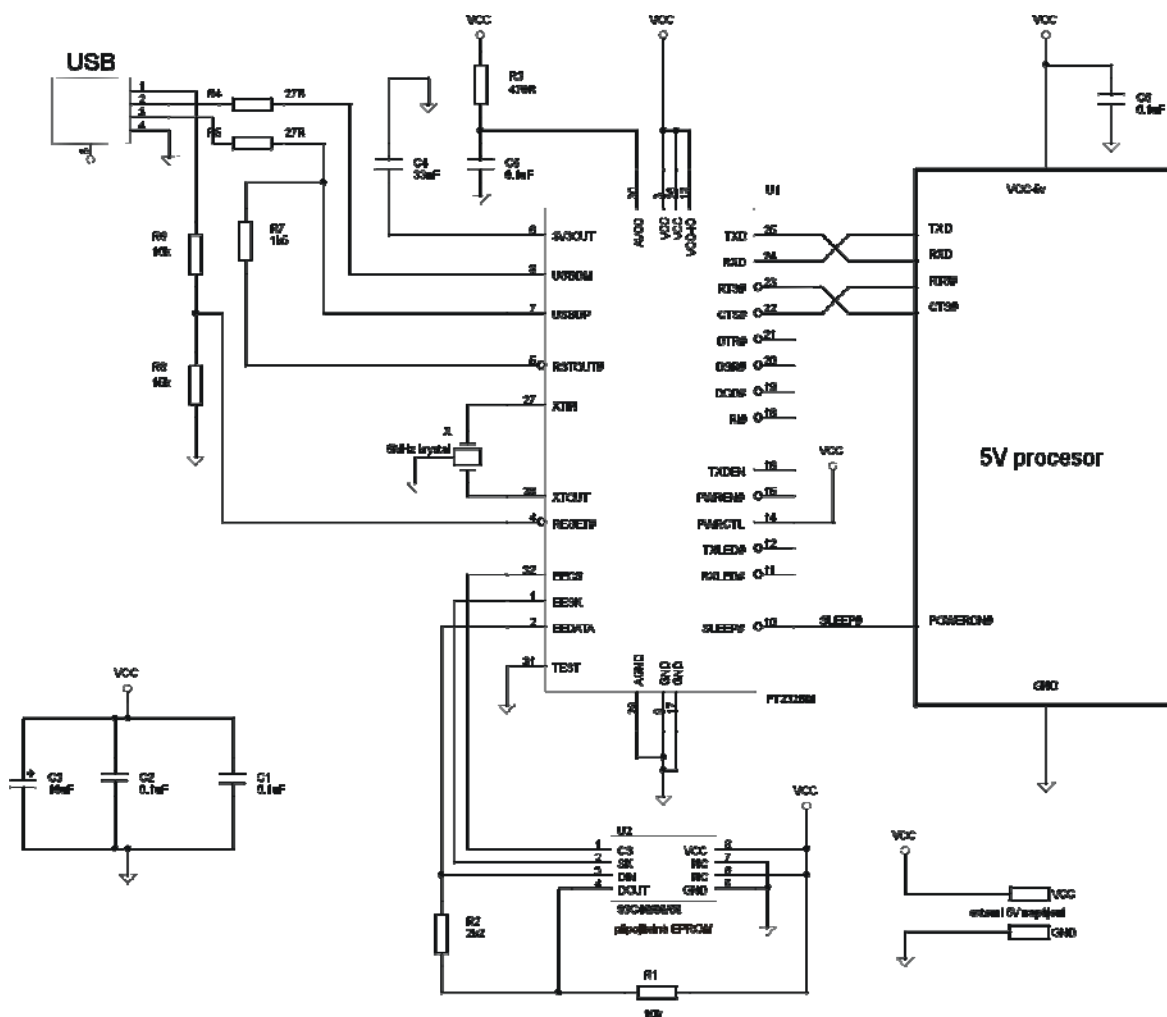
Obrázek 3.12: Schéma zapojení D/A převodníku AD1857

3.1.1.6 Rozhraní USB

Koncepce zařízení předpokládá schopnost komunikace zařízení s osobním počítačem. Proto bylo implementováno rozhraní USB, které je v současné době nejvíce rozšířeno.

Pro realizaci rozhraní USB byl použit konvertor USB – UART od fy FTDI Chip FT232BM, který je v současné době jedním z nejužívanějších obvodů pro realizaci virtuálního sériového rozhraní.

FT232BM je konvertor USB - UART s přenosovou rychlostí 300 Bd až 3 MBd. K dispozici má plně hardwarové řízení přenosu - signály RTS, CTS, DTR, DSR, DCD a RI, a navíc signál TXDEN pro spolupráci s konvertory úrovní RS485.



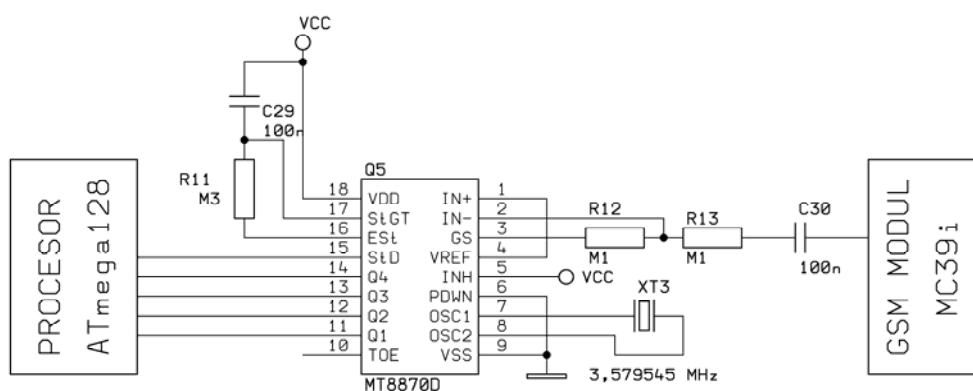
Obrázek 3.13: Zapojení FT232BM pro případ 5V logiky a napájení ze samotné aplikace

V obvodu je zabudována dvouportová vyrovnávací paměť o velikosti 128 B ve směru od PC k aplikaci a 384 B ve směru od aplikace k PC. Podporuje protokol USB 1.1 (resp. USB 2.0 s rychlostí 12 Mbit/s), má možnost připojení externí EEPROM obsahující uživatelské sériové číslo nebo identifikační řetězec, dále je možné napájení 4,4 V až 5,25 V přímo z USB (zabudovaný 3,3 V regulátor), obsahuje integrovaný násobič kmitočtu 6 MHz - 48 MHz pro časování USB operací. Proudová spotřeba je max. 50 mA při normálním provozu a max. 200 μ A v režimu USB Suspend. Obvody se vyrábějí v kompaktním pouzdře MQFP (velikost 7×7 mm) s 32 vývody o rozteči 0.8 mm. Uživatel snadno přistupuje ke koncovému UARTu nebo FIFO portu prostřednictvím ovladačů VCP (Virtual COM Port) dodávaných pro platformy Windows 98SE/ME/NT4/2K/XP, Apple OS8/OS9 a Linux tak, jako by obsluhoval standardní COM porty (např. pomocí Win API). K dispozici jsou také přímé ovladače a příklady pro Borland C++ Builder a Delphi a Microsoft Visual C++ a Visual Basic. Ovladače jsou volně dostupné na internetu. Použití

uvedených integrovaných obvodů tedy není zatíženo žádnými dalšími skrytými náklady (nákup návrhového systému, placení licenčních poplatků apod.).

Zapojení konvertoru bylo převzato z katalogového listu fy FTDI Chip (7, str. 4), viz. obrázek 3.13. Konvertor je zapojen pro případ 5V logiky a napájení ze samotné aplikace. Další podrobnější informace jsou uvedeny v katalogovém listu (7).

3.1.1.7 Přijímač tónové volby DTMF



Obrázek 3.14: Schéma zapojení přijímače tónové volby

Schéma zapojení přijímače tónové volby je na obrázku 3.14. K vyhodnocování tónové volby slouží integrovaný obvod MT8870D, který je zapojen podle katalogového zapojení (8). MT8870D vyhodnotí vstupní zvukový signál přivedený z prvního analogového audio rozhraní GSM modulu a procesoru ATmega128 předá 4bitový kód reprezentující jednotlivé stavy.

Dekodér frekvenční volby vychází samozřejmě z jejího principu, který přiřazuje každému z čísel 0 – 9, písmenům A – D a znakům „*“ a „#“ frekvenční kód. Frekvenční kód se skládá vždy ze dvou z osmi základních frekvencí.

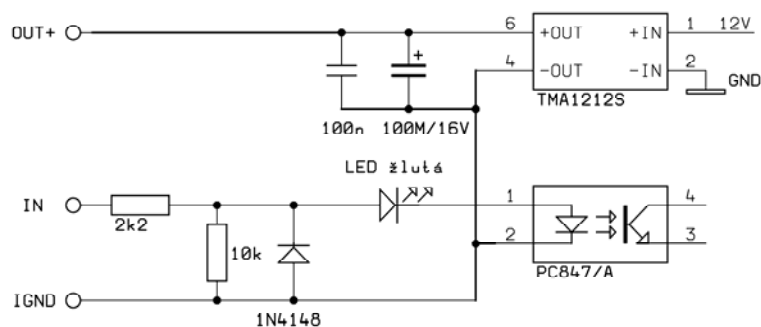
Z důvodu zachování maximální flexibility je vstupní signál frekvenční volby nejprve ukládán do zásobníku přes vstupní operační zesilovač, umožňující nastavení zisku a výběru vstupu. Ze signálu je poté odfiltrován oznamovací tón (350 Hz a 440 Hz) a dále rozdělen přes horní a dolní pásmovou propust do vyhodnocovací jednotky. Ta po dekódování signálu nastaví výstupy Q1 – Q4 do příslušných stavů, dle tabulky 3.2.

znak	f_{LOW} [Hz]	f_{HIGH} [Hz]	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
1	697	1209	0	0	0	1
2	697	1336	0	0	1	0
3	697	1477	0	0	1	1
4	770	1209	0	1	0	0
5	770	1336	0	1	0	1
6	770	1477	0	1	1	0
7	852	1209	0	1	1	1
8	852	1336	1	0	0	0
9	852	1477	1	0	0	1
0	941	1209	1	0	1	0
*	941	1336	1	0	1	1
#	941	1477	1	1	0	0
A	697	1633	1	1	0	1
B	770	1633	1	1	1	0
C	852	1633	1	1	1	1
D	941	1633	0	0	0	0
-	-	-	Z	Z	Z	Z

Tabulka 3.2: Funkční dekódovací tabulka MT8870

3.1.1.8 Vstupy

Zařízení disponuje osmi logickými vstupy vyvedenými na zásuvnou svorkovnici K11 společně s galvanicky oddělenou zemí IGND a galvanicky odděleným napětím 12 V OUT+ pro napájení kontaktů. Zapojení je zachyceno na obrázku 3.15. Je zde vyobrazen pouze první vstup, ostatních sedm vstupů je zapojeno analogicky, viz. celkové schéma uvedené v příloze A.



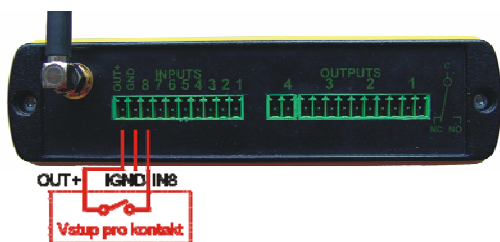
Obrázek 3.15: Zapojení vstupního obvodu

Stav vstupů je indikován žlutou LED diodou, ta svítí, pokud je vstup aktivní. Společný pól vstupů IGND je oddělen od GND celého zařízení a je společný pro všechny

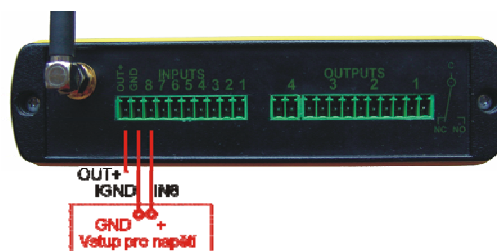
vstupy. Vstupy jsou galvanicky odděleny od zbytku zařízení pomocí optického oddělení obvodem PC847. Jsou chráněny proti přepólování diodou 1N4148. V případě přepólování dojde k omezení proudu protékajícím diodou optočlenu, většina proudu proteče přes diodu 1N4148, která je polarizována v otevřeném směru a má tudíž mnohem nižší odpor než dioda optočlenu.

Dalším prvkem je DC/DC měnič TMA1212S, který slouží ke galvanickému oddělení zemí zařízení (GND) a vstupů (IGND) a 12V napětí pro napájení kontaktů. Pokud je vstup kompletně galvanicky oddělen, nehrozí poškození logiky zařízení přepětím na vstupních svorkách.

Vstupy lze ovládat připojením napětí nebo kontaktu. K nastavování logických úrovní na vstupech se používá od zdroje galvanicky oddělené napětí 12 V na svorce OUT+. Způsob zapojení vstupů je zřejmý z následujících obrázků 3.16 a 3.17. Příklady jsou uvedeny pro první osmí vstup – podobně je samozřejmě možné zapojit i ostatní vstupy. Parametry digitálních vstupů shrnuje tabulka 3.3.



Obrázek 3.16: Zapojení vstupního obvodu pro kontakt



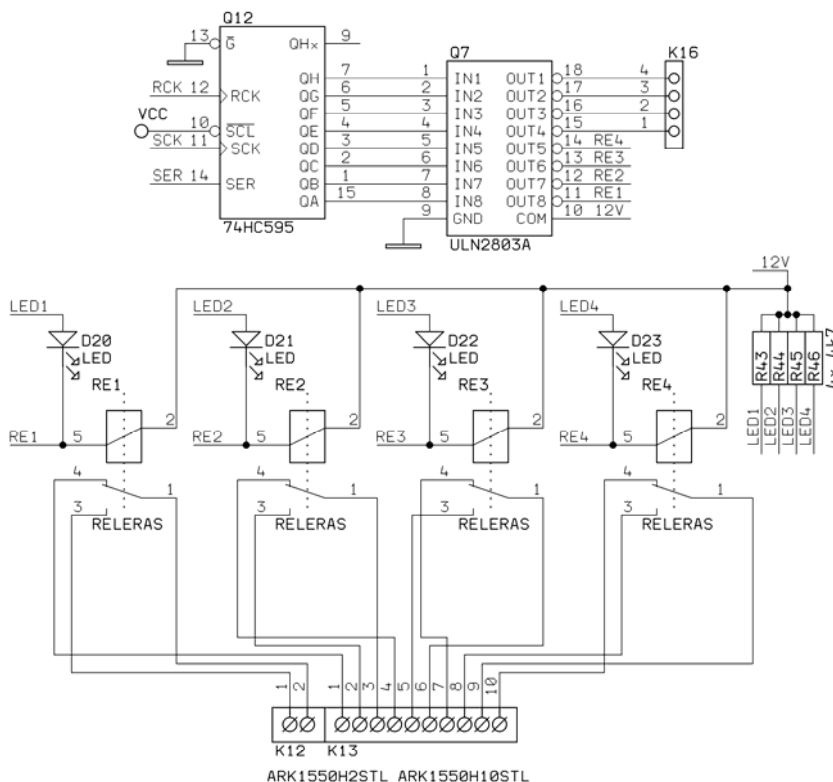
Obrázek 3.17: Zapojení vstupního obvodu pro připojení napětí

Počet digitálních vstupů	8
Typ vstupu	pro připojení napětí 12 V nebo pro spínací kontakt
Napěťový vstup	
Vstupní napětí pro stav „1“	8 V - 20 V
Vstupní napětí pro stav „0“	0 V - 4 V
Vstupní proud pro napětí 12V	4 mA
Maximální vstupní napětí	24 V
Vstup pro kontakt	
Spínané napětí	max. 13 V
Proud do sepnutého kontaktu	4 mA
Galvanické oddělení	optické

Tabulka 3.3: Parametry digitálních vstupů

3.1.1.9 Výstupy

Zařízení disponuje osmi digitálními výstupy, z nichž čtyři jsou osazeny relé schopnými spínat velké proudy a zbylé čtyři tranzistorové výstupy jsou vyvedeny na konektor K16. Zapojení výstupního obvodu je viditelné na obrázku 3.18.



Obrázek 3.18: Zapojení výstupního obvodu

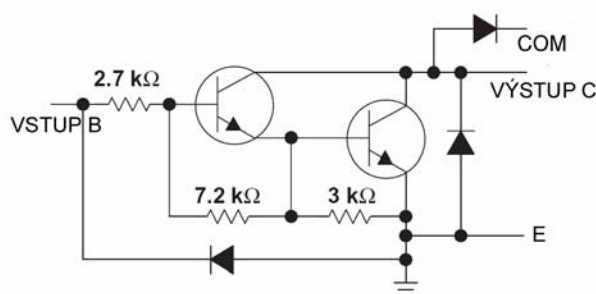
Z důvodu omezení počtu pinů procesoru potřebných pro osm digitálních výstupů byl použit pro řízení výstupu sério-paralelní posuvný registr Q12 a výstupy nebyly zapojeny přímo na piny procesoru ATmega128 (Q4). Využití posuvného registru umožnilo redukci potřebných pinů z osmi na čtyři.

Jako posuvný registr byl zvolen registr 74HC595, který obsahuje mimo posuvného registru ještě záchytný registr pro výstup - výstupy se změní všechny najednou až po nasunutí všech bitů a hodinovém pulsu pro uložení nasunutých bitů do registru pro výstup.

Použitá 12V relé od firmy Sun Hold s typovým označením RAS1215 umožňují podle dokumentace uvedené na webových stránkách výrobce (19) spínání až 15 A pro střídavé napětí ± 220 V a 110 V pro stejnosměrné. Vyžadují však poměrně vysoký spínací

proud, přibližně 30mA. Jednotlivé piny posuvného registru ale dokáží sepnout zátěž s maximálním odběrem proudu $\pm 6 \text{ mA}$ při 5V napájení, viz dokumentace výrobce (14, str. 1).

Problém spínání relé vyřešil tranzistorový budič ULN2803A s otevřenými kolektory od fy Texas Instruments, kterým se posílily výstupy. Dokáže spínat zátěže s proudovým odběrem až 500 mA do 50 V a je upraven pro práci s TTL a 5V CMOS logikou, která je na výstupu posuvného registru Q12. Budič obsahuje 8 darlingtonových tranzistorů s ochrannými diodami. Schéma jednotlivých částí budiče je naznačeno na obrázku 3.19, převzatého z (15, str. 2). Po přivedení 12 V napětí na svorku COM umožňuje budič spínání 12V zátěže, tedy 12V relé RAS1215. Parametry výstupů shrnuje tabulka 3.4.

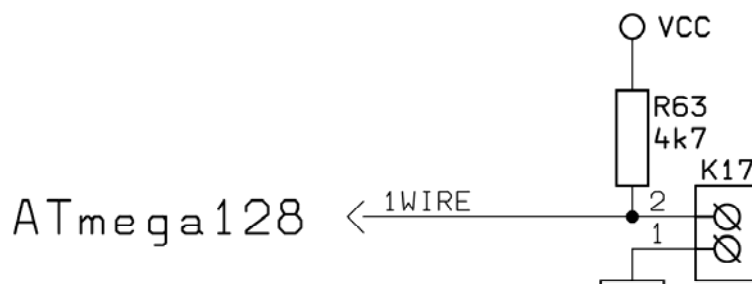


Obrázek 3.19: Schéma jednotlivých částí budiče ULN2803

Počet tranzistorových výstupů	4
Počet reléových výstupů	4
Maximální spínané napětí	střídavé 120V, stejnosměrné 60V
Maximální spínaný proud	5 A

Tabulka 3.4: Parametry výstupů

3.1.1.10 1 WIRE



Obrázek 3.20: Schéma zapojení sběrnice 1 Wire

Sběrnice 1 Wire, navržená firmou Dallas Semiconductor, umožňuje připojit několik zařízení k řídicí jednotce prostřednictvím pouhých dvou vodičů. Sběrnice má jeden řídicí obvod (master) a jeden či více ovládaných zařízení (slave). Všechny obvody jsou zapojeny jednak na společnou zem, jednak paralelně na společný datový vodič. Tento datový vodič je připojen přes odpor 4,7 k Ω na napájecí napětí a "zdvihá" tak sběrnici do log. 1. Zapojení sběrnice je uvedeno na obrázku 3.20. Podrobnější informace jsou uvedeny v (16).

Kapitola 4

Programové vybavení

Cílem této práce byla především realizace hardwarové části zařízení. Implementované programové vybavení slouží pouze pro demonstraci funkčnosti zařízení a neplní výše popsanou funkci dálkového ovladače a systému dohledu pomocí sítě GSM.

Implementovaný software se dělí na dvě hlavní části, aplikaci určenou pro osobní počítač, pro operační systém Windows, a software pro řídicí procesor ATmega128, který umožní komunikaci aplikace s GSM modulem.

Aplikace, která je popsána v části 4.1, byla vytvořena na platformě .NET v jazyce C# v prostředí Microsoft C# 2005. Software pro procesor byl vytvořen v jazyce C v prostředí CodeVisionAVR C a je popsán v části 4.2.

4.1 Aplikace pro Windows

Jádrum zařízení je GSM modul MC39i, který komunikuje s procesorem ATmega128 prostřednictvím sériového komunikačního rozhraní (UART). Komunikace, vyjma několika řídicích signálů na hardwarové úrovni, probíhá pomocí zasílání AT příkazů. K provedení žádané akce je většinou zapotřebí sekvence několika AT příkazů. Vzhledem k této ne zcela triviální formě komunikace, která je náchylná k chybám způsobeným nepřesným zasláním, případně k chybnému vyhodnocení na straně procesoru, byla pro testovací účely vytvořena aplikace GSM terminálu. Aplikace umožňuje přímou komunikaci osobního počítače, připojeného k zařízení prostřednictvím USB rozhraní, s GSM modulem. Spojení umožňuje software implementovaný v procesoru, který zprostředkuje komunikaci mezi dvěma UARTy procesoru, ke kterým je připojen konvertor UART – USB tvořící USB rozhraní a GSM modul.

GSM terminál byl vytvořen zejména pro testovací účely. Slouží pro odladění sekvencí AT příkazů posílaných modulu pro pozdější snadnou implementaci již odladěných sekvencí do samotného procesoru. Podle „odpovědi“ modulu na poslaný AT příkaz je hned zřejmé, zda byl příkaz v pořádku či ne. Zasílané příkazy se mohou libovolně editovat do okamžiku očekávané reakce modulu a odpadá tím problém s komplikovaným

testováním pomocí samotného procesoru - po každém nezdařeném pokusu se musí software upravit a znovu naprogramovat do procesoru.

Kromě zmíněné funkce komunikace prostřednictvím UARTu má GSM terminál implementovanou funkci automatické inicializace modulu. Po spuštění aplikace sama uvede GSM modul do „startovní pozice“, otestuje, zda modul komunikuje, následně jej zaregistruje do GSM sítě a nastaví číslo střediska odesílání SMS zpráv.

Poslední funkcí GSM terminálu je odesílání SMS zpráv v PDU formátu.

4.1.1 PDU formát SMS zpráv

PDU (Protocol Description Unit) je formát určený k přenosu SMS zpráv. PDU rámec obsahuje základní instrukce pro mobilní telefon, číslo příjemce a zakódovanou zprávu. Může však obsahovat mnoho dalších informací, jako je například číslo SMS centra či požadavek na doručení. PDU rámec je odlišný pro odesílané a přijímané zprávy. Podrobně se problematikou PDU zabývá (18). Postup vzniku PDU rámce je popsán v následující tabulce na příkladu posílané zprávy „Ahoj svete“ na telefonní číslo „420608123456“.

Oktety	Délka oktetu	Tvořená SMS	Popis
SCA	1-12	00	(Service Center Adress) Počet oktetů následující informace o SMS centru, včetně volby formátu čísla. Pokud je délka 00, bude použito telefonní číslo uložené na SIM kartě.
		/	Formát telefonního čísla SCA. Mezinárodní formát představuje číslo 91, národní 81.
		/	Telefonní číslo SMS centra upravené záměnou pořadí číslic v párech. Pokud je telefonní číslo tvořeno lichým počtem číslic, pak se za poslední číslici doplní znak „F“.
PDU Type	1	11	Typ zprávy. 11 – posílaná zpráva, kdy zároveň bude udána doba platnosti. 01 – posílaná zpráva bez udání platnosti.
MR	1	00	(Message Reference) Referenční číslo poslané zprávy z telefonu do SMS centra (01-255), které přiřazuje sám telefon

DA	2 - 12	0C	(Destination Adress) Délka telefonního čísla příjemce. Udává se počet čísel v hexadecimálním zápisu. Číslo 420608123456 má 12 číslic (0Ch)
		91	Formát telefonního čísla příjemce. Mezinárodní formát představuje číslo 91, národní 81.
		24 60 80 21 43 65	Telefonní číslo příjemce upravené záměnou pořadí číslic v párech. Pokud je telefonní číslo tvořeno lichým počtem číslic, pak se za poslední číslici doplní znak „F“.
PID	1	00	(Protocol Identifier) Informace, podle které se SMSC rozhoduje, ve kterém formátu nebo pomocí jakého protokolu má být zpráva doručena. Implicitně 00.
DCS	1	00	(Data Coding Scheme) Informace o kódování zprávy. 00 – použito 7-bitové kódování a zpráva je určena k uložení do telefonu.
VP	1/7	AA	(Validity Period) Platnost SMS zprávy, nepovinný údaj. „AA“ znamená platnost 4 dny.
UDL	1	0A	(User Data Length) Počet znaků zprávy v hexadecimálním zápisu. Posílaná zpráva má 10 znaků (0Ah)
UD	0 – 140		(User Data) Obsahuje zakódovanou zprávu s maximální délkou 140 znaků po zakódování. Před zakódováním může mít zpráva max. 160 znaků. („AHOJ SVETE“)

Tabulka 4.1: Popis vzniku PDU rámce

Posledním krokem před odesláním zprávy je kódování textu SMS zprávy a vložení tohoto kódu do PDU rámce.

Protože se nevyužívají písmena s diakritikou a některé další speciální znaky, vystačí SMS zpráva pouze s 128 ASCII znaky a umožní tak redukci 8bitové reprezentace ASCII znaku na 7bitovou. Sedm bitů je schopno popsat právě zmíněných 128 znaků (2^7).

Po redukcí počtu bitů následuje kódování vzniklých septetů na oktety, které budou v hexadecimální reprezentaci vloženy do PDU rámce. Kódování septetů na oktety je znázorněno v tabulce 4.2.

Zpráva	A	h	o	j	
ASCII hodnota	93	104	139	106	32
Septet	1000001	1101000	1101111	1101010	0100000
Oktet	01000001	11110100	01011011	00001101	10011010
Hexadecimální podoba	41h	F4h	5Bh	0Dh	9Ah
Zpráva	s	v	e	t	e
ASCII hodnota	115	118	101	116	101
Septet	1110011	1110110	1100101	1110100	1100101
Oktet	11011011	11001011		11110100	110010
Hexadecimální podoba	DBh	CBh		F4h	32h

Tabulka 4.2: Kódování septetů do oktetů

Na neobsazenou pozici osmého bitu (nejvyššího) prvního bytu zprávy - písmeno „A“ - přesuneme první (nejnižší) bit z následujícího bytu - písmena „h“. Tímto v druhém bytu vzniknou dvě volné pozice na místech nejvyšších bitů, které obsadíme dvěma nejnižšími bity z následujícího bytu - písmena „o“. Vzniknou tři volné pozice, které opět obsadíme třemi nejnižšími bity následujícího písmene. Takto budeme pokračovat dále po celé délce SMS zprávy, až zakódujeme všechna písmena.

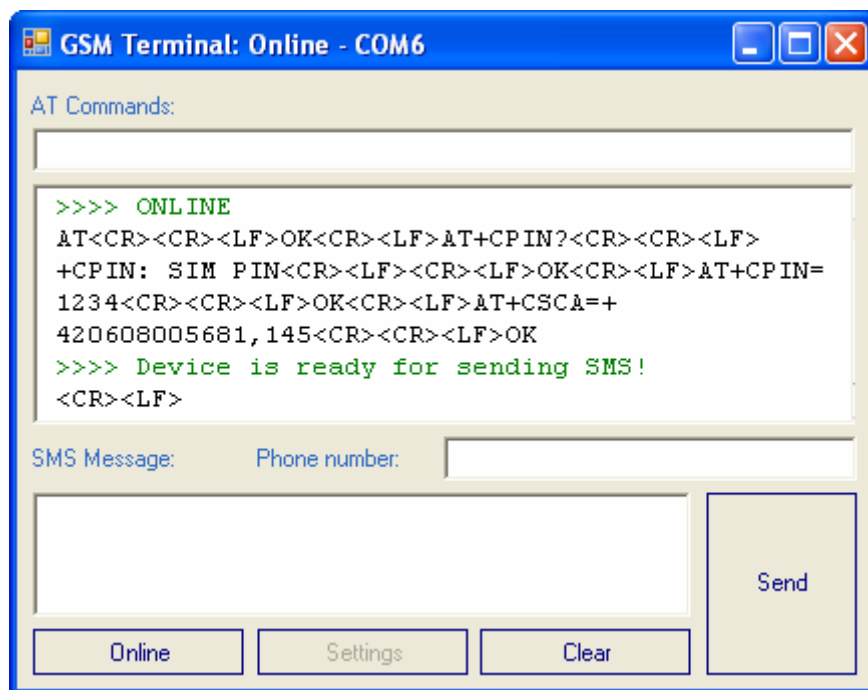
Výhodou transformace je úspora jednoho bytu na každých osm znaků textu, což umožňuje odeslání Až 160 znaků oproti 140 znakům kódovaných osmibitově.

4.1.2 GSM Terminal

GSM Terminal je obdoba standardní Windows aplikace Hyperterminál umožňující sériovou komunikaci počítače s připojenou periférií. Kromě zmíněné sériové komunikace podporuje funkci automatické inicializace GSM modulu MC39i a odesílání SMS zpráv v PDU formátu prostřednictvím tohoto modulu.

Aplikace byla vytvořena na platformě .NET v jazyce C# v prostředí Microsoft C# 2005. Byly využity knihovny pro práci se sériovým portem počítače, které jsou volně dostupné na webových stránkách firmy Microsoft (17). Celý zdrojový kód, včetně využívaných knihoven, je součástí příloženého CD.

Před zahájením vlastní komunikace s modulem musíme nastavit COM port (zařízení disponuje USB rozhraním, které se chová jako virtuální COM port), na kterém je zařízení připojeno, a nakonfigurovat parametry sériové komunikace (8 bitů, žádná parita, 1 stop bit). Tato nastavení se volí v okně GSM Terminal Setting, viz. obrázek 4.2.



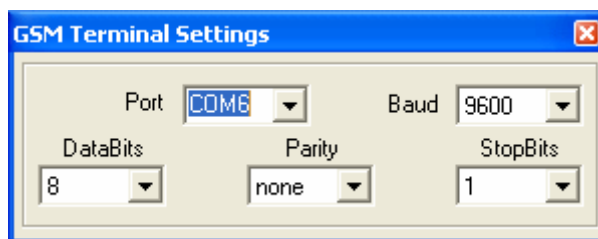
Obrázek 4.1: Aplikace GSM Terminal

Po spuštění komunikace, přepnutím tlačítka Offline na Online, se provede automatická inicializace GSM modulu do „startovní pozice“, otestuje se, zda modul komunikuje, následně jej aplikace zaregistruje do GSM sítě a nastaví číslo střediska odesílání SMS zpráv. O průběhu procesu automatické inicializace nás informuje výpisové okno (viz. obrázek 4.1), kde jsou průběžně vypisovány odchozí a příchozí AT příkazy. Ukončení inicializace je indikováno výpisem „>>>> Device is ready for sending SMS!“.

Po vyplnění telefonního čísla příjemce v mezinárodním formátu v kolonce „Phone number“ a textu odchozí zprávy v políčku „SMS Message“ stiskem tlačítka „Send“ odešleme SMS zprávu. O úspěšném odeslání SMS zprávy nás informuje přijatý AT příkaz „<CR><LF>OK<CR><LF>“ zobrazený ve výpisovém okně. Před odesláním SMS program zkontroluje platnost vyplněných údajů - zda má telefonní číslo správný formát a zda je vyplněn text SMS zprávy.

Prostřednictvím kolonky „AT Commands“ můžeme GSM modulu zasílat libovolné AT příkazy. Veškerá odeslaná či přijatá data se zobrazují ve výpisovém okně.

Posledním prvkem aplikace je tlačítko „Clear“, které vymaže obsah výpisového okna.



Obrázek 4.2: Konfigurační okno aplikace GSM Terminal

4.2 Software pro procesor ATmega128

Cílem tohoto programu je umožnit přímou komunikaci GSM modulu zabudovaného v zařízení s nadřazeným systémem (osobním počítačem) připojeným k zařízení přes USB rozhraní prostřednictvím aplikace GSM Terminal pospané v části 4.1.

Propojení zprostředkovává implementovaný program procesoru ATmega128, který umožní překlenutí dvou sériových rozhraní UART procesoru, na nichž jsou připojeny GSM modul a převodník UART – USB.

Procesor přijatá data z jednoho rozhraní přeposílá na druhé a naopak, tím vzniká komunikační kanál nastavený pro rychlost komunikace 9600 Baud, 8 datových bitů, žádnou paritu a 1 stop bit. K vytvoření tohoto programu bylo nutno ovládnout problematiku komunikace přes asynchronní sériové rozhraní UART. Oba dílčí UARTy jsou naprogramovány na řízení přerušením, které se vyvolá při vyprázdnění zásobníku na příjmu či vysílání.

Program byl vytvořen v jazyku C ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C. Popis jeho základních vlastností je náplní části 4.2.1.

4.2.1 Vývojové prostředí CodeVisionAVR C

Vývojový prostředek CodeVisionAVR, navržený firmou HP Ingotech S. R. L., obsahuje překladač jazyka C, integrované vývojové prostředí IDE a průvodce (wizard) umožňující automatické generování zdrojového kódu pro mikrokontroléry ATMEL AVR.

CodeVisionAVR je program spustitelný pod Windows 95, 98, 2000 a XP.

Jeho překladač z větší části, pokud to umožňuje architektura AVR, vyhovuje specifikaci ANSI C a dále má několik rozšíření vyhovujících potřebám vestavěných (embedded) systémů, speciálně AVR. Je možné zvolit formát souborů, které budou

výsledkem překladač. Takovým formátem může být např. Intel HEX vhodný jako vstup pro programátor mikrokontrolérů AVR nebo formát COFF, který umožňuje ladění, debugging, na úrovni zdrojového kódu pomocí debuggeru AtmelAVRStudia. Další informace v (4).

Kapitola 5

Závěr

Cílem této práce byl návrh a realizace zařízení pro dálkové ovládání a dohled pomocí sítě GSM. Jako řídicí prvek měl být využit jeden z procesorů rodiny AVR fy Atmel.

Vzhledem k poměrně širokému zastoupení obdobných výrobků na trhu bylo snahou vyvíjené zařízení v nějaké oblasti odlišit a přijít s originálním řešením. Největší slabinou se u komerčních výrobků jevil způsob komunikace zařízení s uživatelem. Většina na trhu dostupných dálkových ovladačů komunikuje prostřednictvím zasílání SMS zpráv v předem definovaném formátu či pomocí tónové volby skrze klávesnici mobilního telefonu. Oba způsoby jsou bez přímé zpětné vazby – nevíme, zda byla volba v pořádku a chtěná akce provedena, a jsou náročné na zapamatování přesného formátu SMS zprávy či přesného sledu volených úrovní tónové volby.

Tyto nedostatky pomohla vyřešit implementace hlasového modulu. Umožňuje snadné a efektivní dorozumívání uživatele a zařízení prostřednictvím přehrávání předem uložených zvukových záznamů, dorozumívání ze strany uživatele pak probíhá prostřednictvím tónové volby DTMF. Otevřenost uživateli je dále podpořena implementací USB rozhraní – to umožňuje snadné připojení zařízení k PC, kde mohou být jednoduše editovány hlasové sekvence.

Softwarové vybavení se pro účely bakalářské práce omezilo na implementaci programu ověřujícího a demonstrujícího funkčnost zařízení. Plné softwarové vybavení by bylo nad rámec bakalářské práce, může být však náplní navazující diplomové práce.

Použité zdroje

Literatura:

- (1) ČERNÝ, M. *Komunikace CAN v automobilu*. Praha, 2005. 77 str. Diplomová práce na Fakultě elektrotechnické Českého vysokého učení technického na Katedře řídicí techniky. Vedoucí diplomové práce Jan Krákora.
- (2) MATOUŠEK, D. *Práce s mikrokontroléry Atmel AVR*. 1. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-088-1.
- (3) STRAŠIL, I. Hlasový modul. *Praktická elektronika A Radio*, 2005, ročník 11, číslo 10, str. 8 - 12. ISSN 1211-328X.
- (4) VÁŇA, V. *Mikrokontroléry ATMEL AVR: programování v jazyce C. Popis a práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C*. 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-102-0.

Elektronické manuály a katalogy výrobců:

Manuály a katalogové listy součástek jsou součástí CD přílohy.

- (5) ANALOG DEVICES. *AD1857/AD1858*. [online] Poslední aktualizace 1997. [cit. 2006-06-02], <<http://search.analog.com/search/default.aspx?query=AD1857%2FAD1858&local=en>>.
- (6) ATMEL CORPORATION. *ATmega128(L) Complete*. [online] Poslední aktualizace 11/2004. [cit. 2006-05-28], <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf>.
- (7) FTDI CHIP. *FT232BM Designers Guide*. [online] Poslední aktualizace 2003-05-19. [cit. 2006-06-08], <<http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/ds232b18.pdf>>.

- (8) MITEL. *MT8870D/MT8870D-1 Integrated DTMF Receiver*. [online] Poslední aktualizace 1998-12-18. [cit. 2006-06-17], <<http://www.melabs.com/downloads/MT8870D.pdf>>.
- (9) ON SEMICONDUCTORS. *MC34063A/D*. [online] Poslední aktualizace 12/2005. [cit. 2006-06-11], <<http://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC34063A-D.PDF>>.
- (10) SIEMENS MOBILE. *Mc39i AT Command Set*. [online] Poslední aktualizace 2004-07-13. [cit. 2006-06-29], <<http://www.siemens-wm.cz/>>
- (11) SIEMENS MOBILE. *MC39i Hardware Interface Description*. [online] Poslední aktualizace 2003-11-12. [cit. 2006-05-20], <<http://www.siemens-wm.cz/>>.
- (12) SIEMENS MOBILE. *MC39i User's Guide*. [online] Poslední aktualizace 2003-11-12. [cit. 2006-05-25], <<http://www.siemens-wm.cz/>>.
- (13) ST MICROELECTRONICS. *LE00AB/C Series*. [online] Poslední aktualizace 2005-03-17. [cit. 2006-06-15], <<http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/2573.pdf>>.
- (14) TEXAS INSTRUMENTS. *SN54HC595,SB74HC595 8-Bit Shift Registers*. [online] Poslední aktualizace 20047-02-04. [cit. 2006-06-20], <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn54hc595.pdf>>.
- (15) TEXAS INSTRUMENTS. *ULN2803 Darlington Transistor Array*. [online] Poslední aktualizace 2005-11-17. [cit. 2006-06-21], <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/uln2803a.pdf>>.

Ostatní elektronické zdroje:

- (16) MALÝ, M. *Sběrnice 1 Wire* [online]. Poslední aktualizace 2004-11-17. [cit. 2006-07-02], <<http://www.hw.cz/Rozhrani/ART1215-Sbernice-1-Wire%E2%84%A2.html>>.
- (17) *MSDM Magazine*. [online] Poslední aktualizace 2002-05-29. [cit. 2006-06-25], <<http://msdn.microsoft.com/msdnmag/issues/02/10/NETSerialComm/>>.

(18) *SMS and PDU Format*. [online] Poslední aktualizace 2005-01-19. [cit. 2006-06-28],
<<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

(19) *Relays - RAS series*. [online] Poslední aktualizace 2006-07-02. [cit. 2006-07-02],
<<http://www.sunhold.com/ras2.html>>.

Odkazy na použité zdroje a zápis použitých zdrojů jsou uváděny dle norem ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2 (01-0197).

Seznam příloh

- Příloha A: Hardware zařízení
- Příloha B: Vybrané AT příkazy
- Příloha C: Obrazová část
- Příloha D: Obsah přiloženého CD

Příloha A

Hardware zařízení

Tabulka A.1: Seznam součástek zařízení

INTEGROVANÉ OBVODY			
Označení	Kusy	Typ součástky	Pouzdro
Q1, Q10	2	MC34063	SO8
Q2	1	LE50CD	SO8
Q3	1	FT232BM	LQFP32
Q4	1	ATMEGA128	TQFP64
Q5	1	MT8870D	SOL18
Q6	1	AD1857	SSOP20
Q7	1	ULN2803A	SOL18
Q8	1	LM358N	SO8
Q9	1	AT45D081A	SO28 - 330mil
Q11	1	SIM	MOLEX SIM Holder
Q12	1	74HC595	SO16 - 150mil
Q13, Q14	2	PC847	DIP16
Q15	1	TMA1212S	TMA
REZISTORY			
Označení	Kusy	Hodnota	Pouzdro
R1, R2, R31, R32	4	1 Ω	R1206
R28, R29	2	6,8 Ω	R1206
R5, R6	2	27 Ω	R1206
R10	1	470 Ω	R1206
R15, R67, R68	3	1 k Ω	R1206
R4, R7, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42	10	1,5 k Ω	R1206
R34	1	2 k Ω	R1206
R16, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54	9	2,2 k Ω	R1206
R33, R43, R44, R45, R46, R63	6	4,7 k Ω	R1206
R76, R77, R79, R78, R80	5	6,2 k Ω	R1206
R8, R17, R18, R19, R20, R21, R26, R27, R30, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R64	18	10 k Ω	R1206
R3	1	13 k Ω	R1206
R9	1	15 k Ω	R1206
R22, R25	2	18 k Ω	R1206
R14, R71, R72	3	24 k Ω	R1206
R65, R66	2	33 k Ω	R1206
R73, R74, R75	3	51 k Ω	R1206
R12, R13, R69, R70	4	100 k Ω	R1206
R11	1	300 k Ω	R1206
R24	1	680 k Ω	R1206
R23	1	6,8 M Ω	R1206

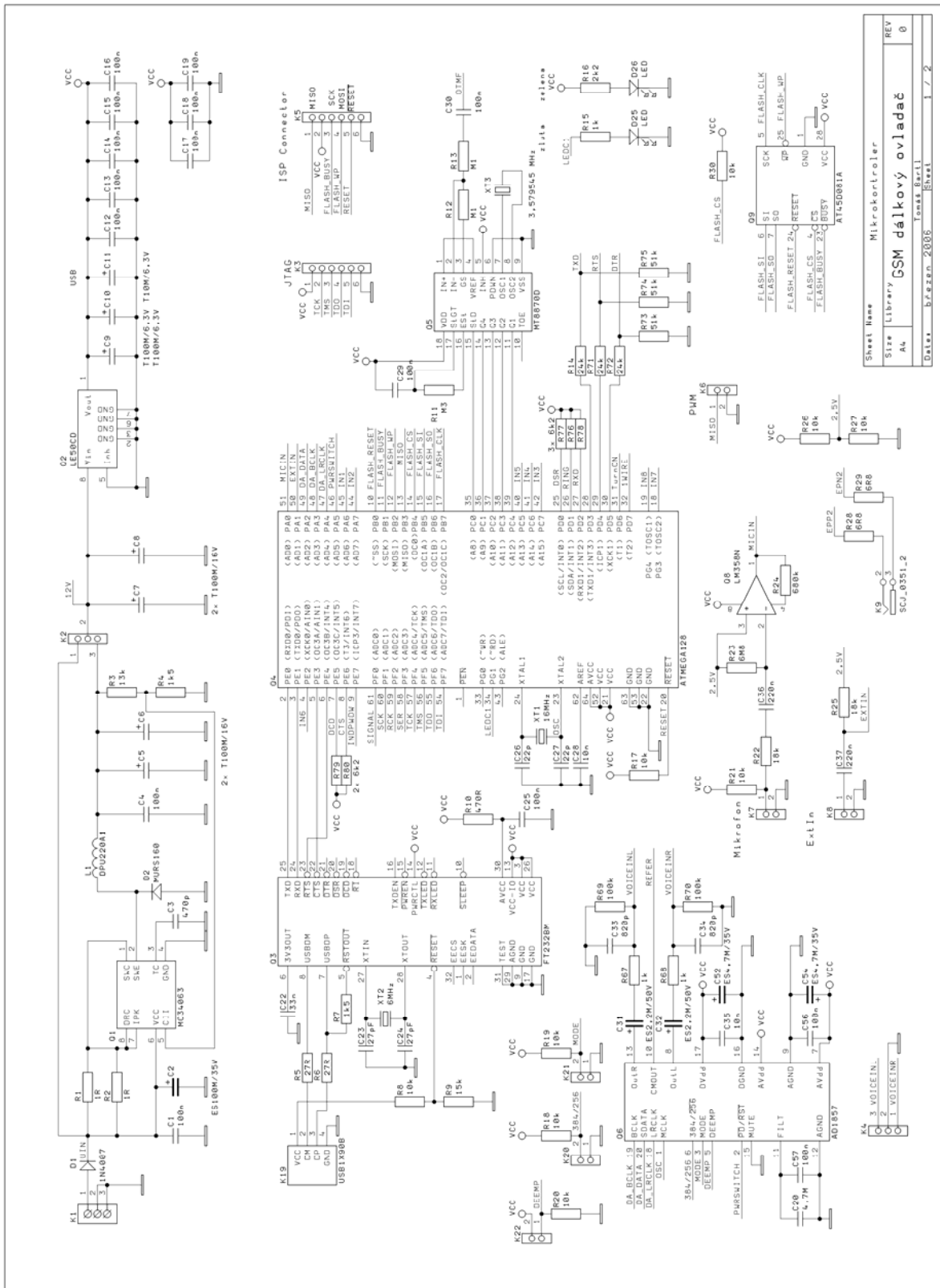
pokračování na další straně

KONDENZÁTORY				
Označení	Kusy	Typ součástky	Hodnota	Pouzdro
C26, C27	2		22 pF	C1206
C23, C24	2		27 pF	C1206
C3, C40	2		470 pF	C1206
C33, C34	2		820 pF	C1206
C45	1		1 nF	C1206
C51	1		6,8 nF	C1206
C21, C28, C35	3		10 nF	C1206
C22	1		33 nF	C1206
C1, C4, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C25, C29, C30, C38, C41, C44, C46, C48, C49, C56, C57	21		100 nF	C1206
C36, C37	2		220 nF	C1206
C20	1		4,7 μ F	C1206
C31, C32	2	elektrolytické	2,2 μ F / 50V	SMD 4x5,5
C52, C54	2	elektrolytické	4,7 μ F / 35V	SMD 4x5,5
C2, C39	2	elektrolytické	100 μ F / 35V	SMD 8x10,5
C47	1	elektrolytické	220 μ F / 10V	SMD 8x10,5
C50	1	elektrolytické	220 μ F / 16V	SMD 6,3x8
C11	1	tantalové	10 μ F / 6,3V	CTA
C9, C10, C42, C43, C53, C55	6	tantalové	100 μ F / 6,3V	CTC
C5, C7, C6, C8	4	tantalové	100 μ F / 16V	CTD
DIODY				
Označení	Kusy	Typ součástky	Poznámka	Pouzdro
D1	1	1N4007		SM1
D2, D3	2	MURS160		SM1
D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11	8	1N4148		SOD80
D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20, D21, D22, D23, D24, D25	14	LED	žluté	LED – \varnothing 3 mm
D26	1	LED	zelená	LED – \varnothing 3 mm
KRYSTALY, CÍVKY, RELÉ				
Označení	Kusy	Typ součástky	Hodnota	Pouzdro
L1, L2	2	DPU220A1		DPU-1509
XT1	1	XTAL	16 MHz	XHC49SM-U
XT2	1	XTAL	6 MHz	XHC49SM-U
XT3	1	XTAL	3,579545 MHz	XHC49SM-U
RE1, RE2, RE3, RE4	4	RAS1215	RELERAS	

pokračování na další straně

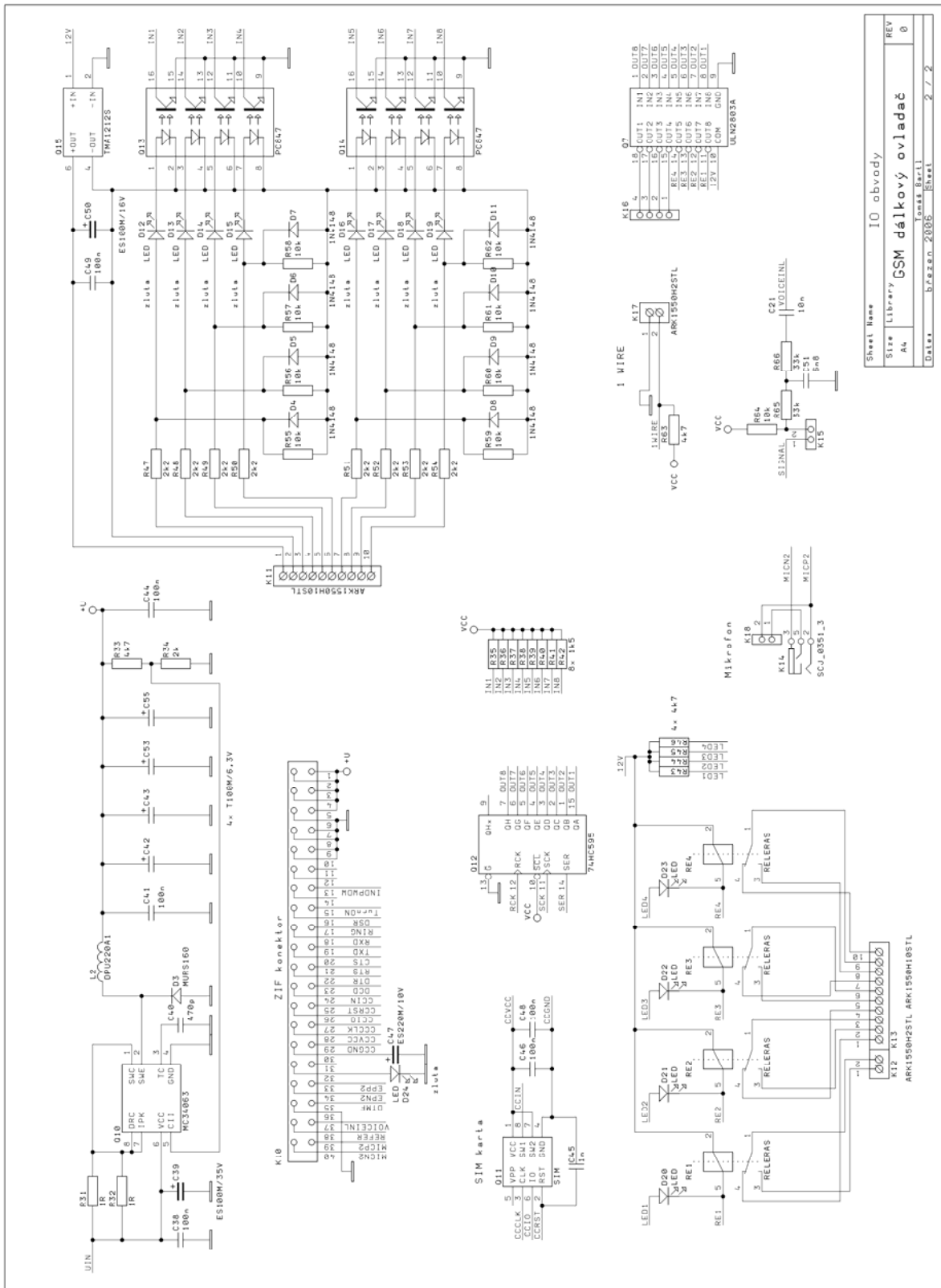
KONEKTORY			
Označení	Kusy	Typ součástky	Popis
K1	1	K375A	Souosý napájecí konektor
K19	1	USB1X90B	USB konektor do DPS, typu B
K9	1	SCJ-0351-2	Mono zástrčka do DPS, pro 3,5mm JACK konektor
K14	1	SCJ-0351-3	Mono zástrčka do DPS, pro 3,5mm JACK konektor s přepínačem
K10	1	FH12-40S 0.5 SH	40 pinový ZIF konektor
SVORKOVNICE			
Označení	Kusy	Typ součástky	Popis
ARK1550/10	2	násuvná 10 x 3,5	
ARK1550/2	2	násuvná 2 x 3,5	
K11, K13	2	ARK1550H10STL	10 pinů pro ARK 1550
K12, K17	2	ARK1550H2STL	2 piny pro ARK 1550
KONEKTOROVÉ LÁMACÍ KOLÍKY			
Označení	Kusy	Popis	
K16	1	1x4 piny	
K2, K4	2	1x3 piny	
K3, K5	2	1x6 pinů	
K6, K7, K8, K15, K18, K20, K21, K22	8	1x2 piny	

Tabulka A.1: Seznam součástek zařízení



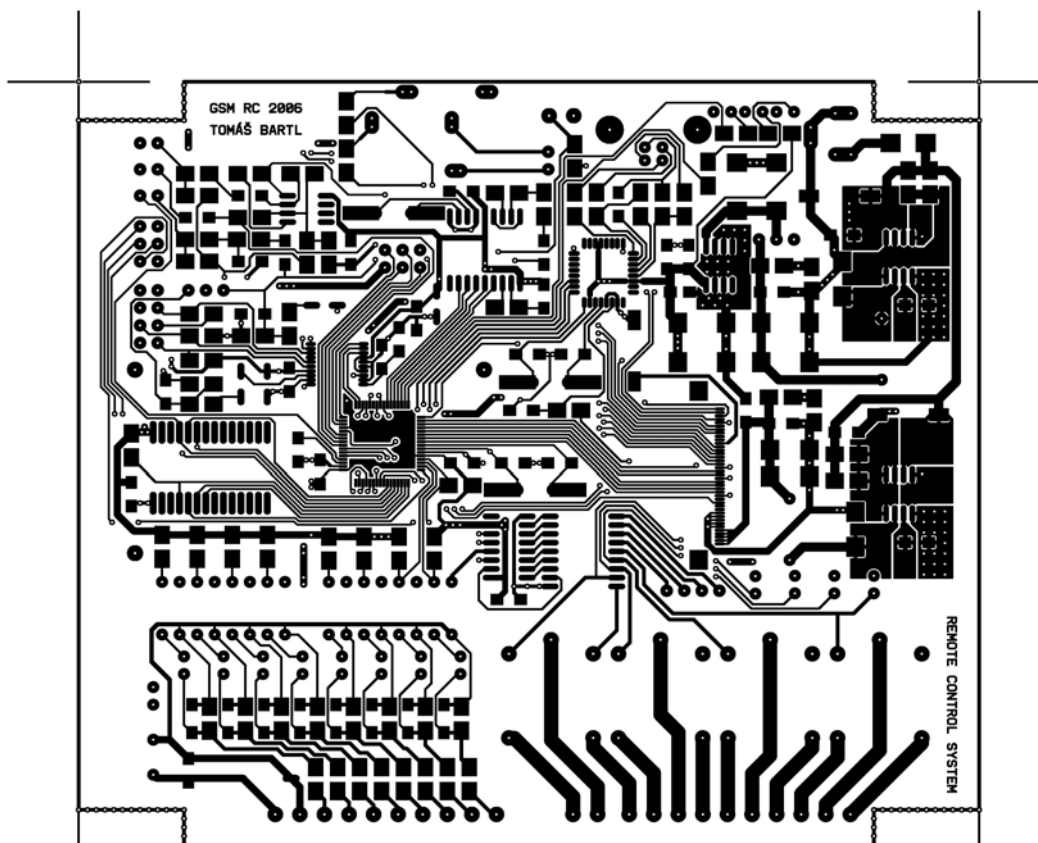
Obrázek A.1: Elektrické schéma navrženého zařízení – první část

Sheet Name	Mikrokontroler
Size	A4
Library	CSM dálkový ovladač
REV	0
Date	11.11.2006
Author	Tomáš Štrácl
Rev. 1	1 / 2

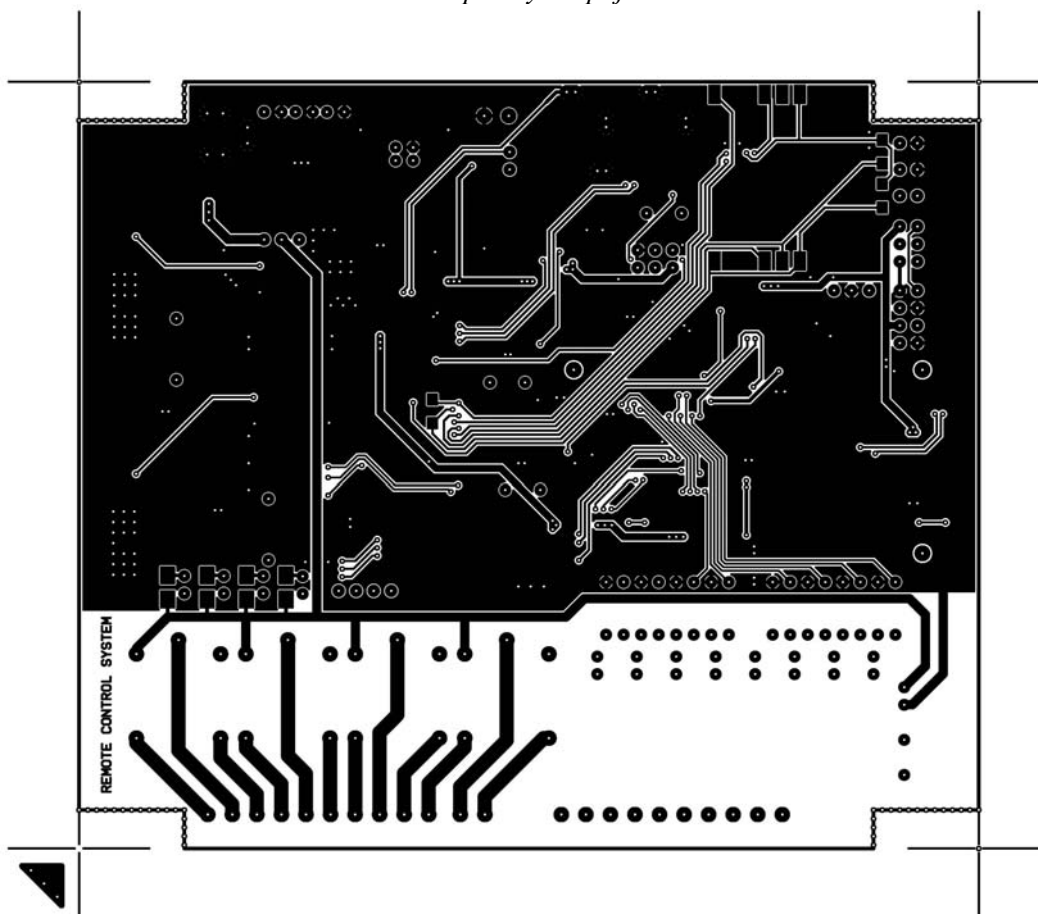


Obrázek A.2: Elektrické schéma navrženého zařízení – druhá část

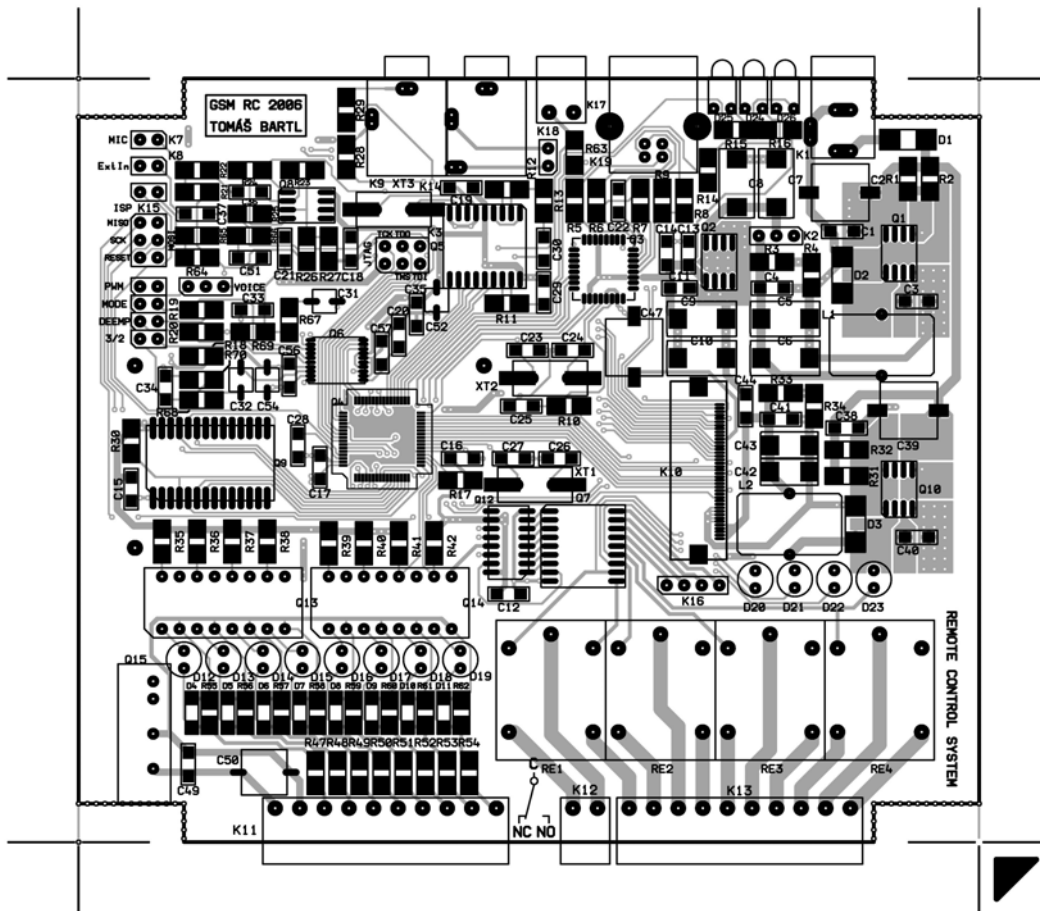
Sheet Name	IO obvody
Size	A4
Library	CSM dálkový ovladač
Rev	0
Date	14.11.2006
Author	Blazek
Page	2 / 2



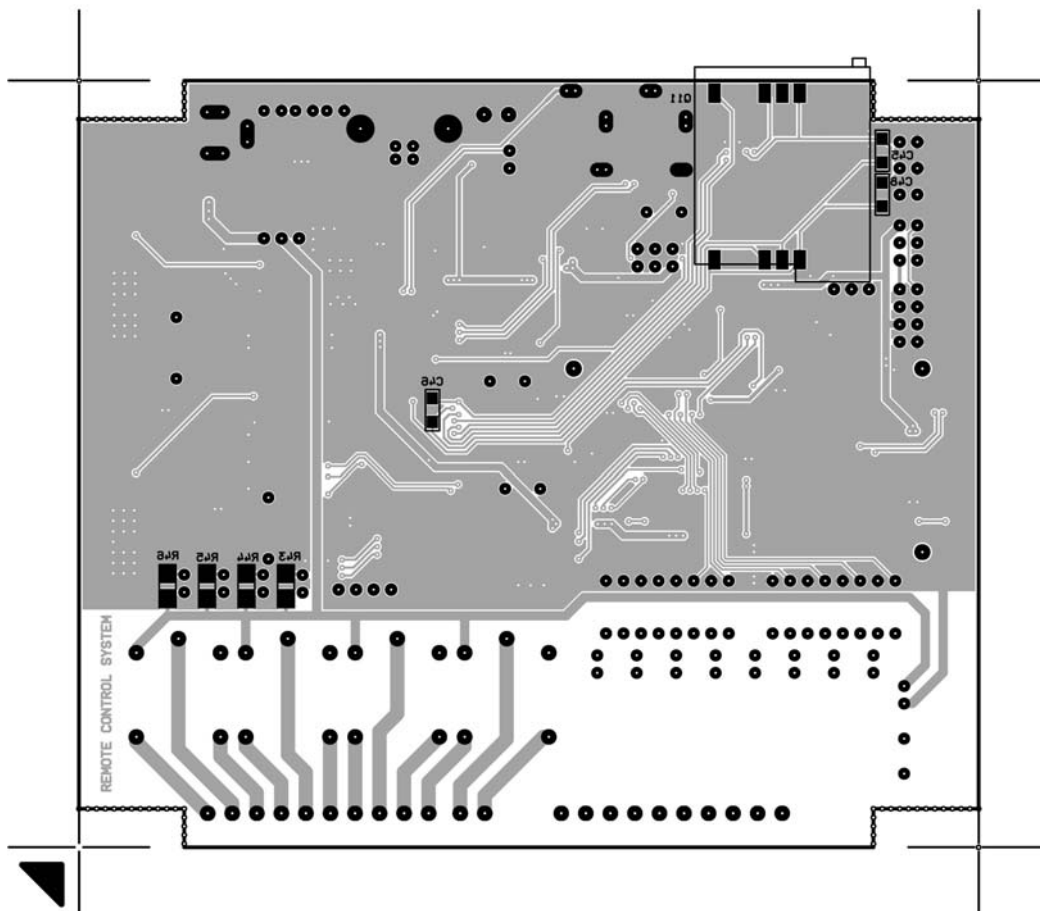
Obrázek A.3: Obrazec plošných spojů – strana součástek



Obrázek A.4: Obrazec plošných spojů – strana spojů



Obrázek A.5: Osazovací výkres – strana součástek



Obrázek A.6: Osazovací výkres – strana spojů

Příloha B

Vybrané AT příkazy

Formát zápisu AT příkazu může mít tři různé varianty

1. test, zda zařízení příkazu rozumí – **AT+<příkaz>=?<CR>**
2. načtení již nastavených parametrů – **AT+<příkaz>?<CR>**
3. zápis parametrů – **AT+<příkaz>=<parametr>?<CR>**

Některé z často používaných AT příkazů uvádí tabulka B.1 Kompletní popis AT příkazů podporovaných modulem je k nalezení v [10].

AT příkaz	Popis	Příklad použití
AT	Test komunikace se zařízením	AT<CR>
ATA	Zvednutí příchozího hovoru oznamované sekvencí „RING“	ATA<CR>
ATD	Vytočení telefonního čísla	ATD608123456<CR>
ATH	Zrušení probíhajícího hovoru	ATH<CR>
AT+CPIN	Zadání PIN/PUK	AT+CPIN=1234<CR>
AT+CPBR	Výpis telefonního seznamu v rozmezí zadaných pozic	AT+CPBR=1,20<CR>
AT+CPMS	Definice paměti pro práci s SMS. „ME“ je paměť GSM modulu, „SM“ paměť SIM karty	AT+CPMS=„SM“,„SM“<CR>
AT+CMGL	Výpis SMS zpráv, parametr udává typ zprávy 0 – přijaté nepřečtené 1 – přijaté přečtené 2 – uložené neodeslané 3 – uložené odeslané 4 – všechny	AT+CMGL=0<CR>
AT+CMGS	Odeslání SMS ve tvaru PDU rámce. Na výzvu > se vkládá PDU rámec zakončený znakem <CTRL-Z> nebo <ESC>	AT+CMGS=23<CR>
AT+CMGD	Smazání zprávy s indexem zadaným v parametru příkazu	AT+CMGD=13<CR>
AT^SMSO	Vypnutí zařízení	AT^SMSO<CR>

Tabulka B.1: Vybrané AT příkazy

Příloha C

Obrazová část



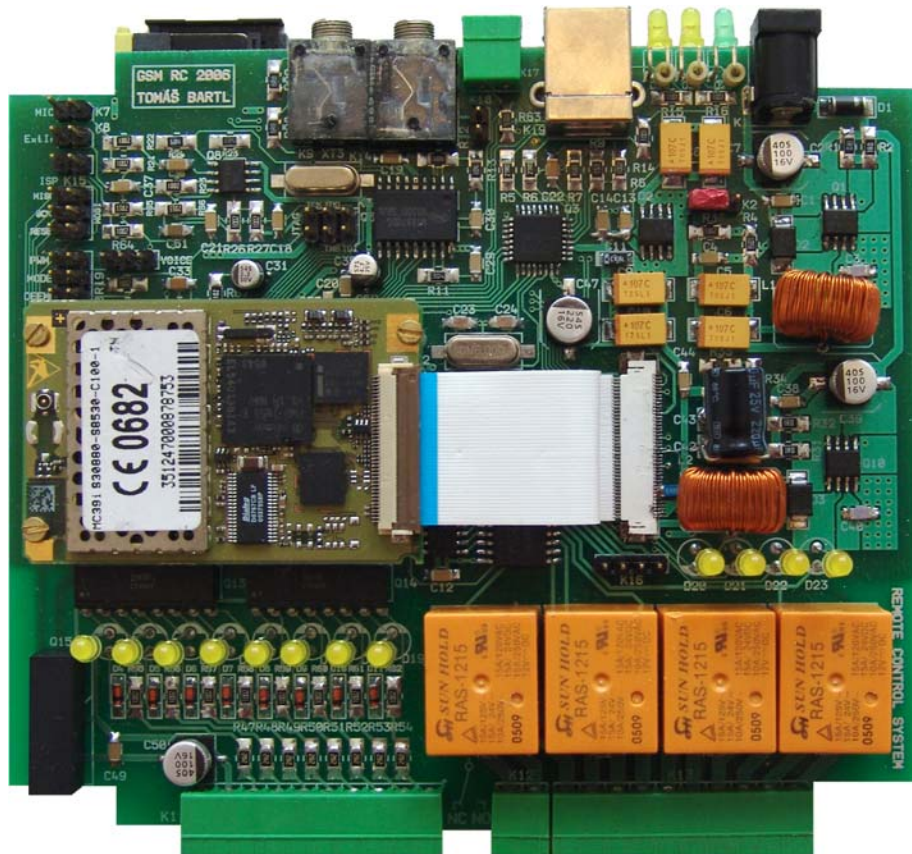
Obrázek C.1: Fotografie celého zařízení – čelní pohled



Obrázek C.2: Fotografie celého zařízení – boční pohled



Obrázek C.3: Fotografie odkrytovaného zařízení



Obrázek C.4: Fotografie desky plošných spojů

Příloha D

Obsah příloženého CD

Adresář	Obsah adresáře
\Text\	Text této práce ve formátu pdf.
\Hardware\	Elektrické schéma a návrh plošného spoje. Vytvořeno v prostředí Formica 4.4.
\Hardware\ProductDOCs\	Výrobní podklady: osvitkové filmy, podklady pro souřadnicovou vrtačku.
\Software\GSMTerminal\	Program GSM Terminal (spustitelný .exe soubor).
\Software\GSMTerminal\Source\	Zdrojové kódy programu GSM Terminal
\Software\SerialCOM\	Knihovny v pro práci se sériovým portem ve Windows v programovacím jazyku C#. (17)
\Software\ATmega128\	Zdrojové kódy programu pro procesor ATmega128.
\Software\ModulSet\	Instalace programu ModulSet 1.4–demo od fy SEA pro ovládání GSM modemů přes sériový port osobního počítače.
\Foto\	Fotodokumentace k zařízení
\Datasheets\	Katalogové listy k použitým součástkám
\Datasheets\Siemens MC39i\	Katalogové listy k GSM modulu MC39i
\USB\	USB Driver pro Windows, pro převodník USB – UART FT232BM.

Tabulka D.1: Obsah příloženého CD