

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**PŘENOS TECHNOLOGICKÝCH INFORMACÍ
POMOCÍ SLUŽBY SMS**

Liberec 2003

Jan Petřík

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program 2612 M – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612 T - Mechatronika

Katedra Softwarového Inženýrství

PŘENOS TECHNOLOGICKÝCH INFORMACÍ POMOCÍ SLUŽBY SMS

Jan Petřík

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Tůma, Csc.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Josef Grosman

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií
Katedra softwarového inženýrství

Studijní program: 2612 T – Elektrotechnika a informatika
Diplomant: Jan Petřík
Téma práce: Přenos technologických informací pomocí služby SMS
Theme of work: Technological data transmission through the medium of SMS
Rok obhajoby DP: 2003
Vedoucí DP: Ing. Petr Tůma, Csc.
Konzultant: Ing. Josef Grosman

Resumé:

Cílem této diplomové práce bylo realizovat funkční vzorek s jednoúčelovým mikropočítačem fungujícím jako mezičlánek mezi zařízením GSM a automatem PLC firmy Omron, který vytvoří možnost odesílat a přijímat zprávy SMS. Jako mezičlánek byl použit mikropočítač ADUC 812 od Analog Devices. Jedná se o klasickou architekturu na bázi procesoru 8051. Vytvořené zařízení pracuje automaticky, bezobslužně a reaguje na elektrické podněty na vstupu automatu PLC, který lze konfigurovat pomocí příchozích SMS zpráv. Potřebné programové vybavení bylo vyvíjeno v jazyce ANSI C.

Abstract:

The aim of the diploma thesis is to create a functional module with a microprocessor ADUC812 (Analog Devices), which is the interface between GSM device and PLC Omron. It is a standartized architecture based on a type of processor 8051.

The intarface ensures sending and receiving SMS messages. The module works automatically and responds to electrical signals on the inputs of PLC. When is any input changed, the modul sends a SMS message about the status of the system. All programs are made in ANSI C compiler.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat Ing. Petru Tůmovi, Csc. za odborné vedení, pomoc při zpracování diplomové práce, cenné rady a poskytnuté informace.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci 23. 5. 2003

.....
Jan Petřík

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci 23. 5. 2002

.....
Jan Petřík



OBSAH

1. Úvod	9
2. Hardware	11
2.1. Telefon Siemens	11
2.1.1. Protokol PDU	11
2.1.2. Hayes AT příkazy	22
2.1.3. Kódování SMS	24
2.2. Modul s ADUC 812	25
2.2.1. Mikropočítač ADUC 812	25
2.2.1.1. Vstupní a výstupní brány	26
2.2.1.2. Přerušovací systém	27
2.2.1.3. Organizace paměti	28
2.2.1.3.1. Organizace vnitřní paměti	28
2.2.1.3.2. Organizace datové paměti	29
2.2.1.3.3. Datová paměť flash EEPROM	30
2.2.1.4. Periferie ADUC 812	32
2.2.2. Plošný spoj s ADUC 812	32
2.3. PLC Sysmac CPM1	34
2.3.1. Vstupní a výstupní brány	35
2.3.2. Organizace paměti automatu CPM1	36
2.3.3. Host Link	37
2.3.3.1. Příkazy protokolu Host Link	37
2.3.3.2. Datagram protokolu Host Link	38



3. Software	40
3.1. Vývojové prostředí KEIL μ Vision.....	40
3.2. Softwarový balíček pro ADUC 812.....	42
3.3. Vývíjení programu.....	43
3.3.1. Popis programu.....	44
4. Závěr	47
5. Seznam použité literatury	48



1. Úvod

Cílem této diplomové práce je co nejjednodušší bezdrátové ovládání různých periférií na velmi velké vzdálenosti. Přenos by měl být rychlý, levný a spolehlivý. Všechny tyto vlastnosti do jisté míry splňují krátké textové zprávy SMS (Short Message Service) ve standardu GSM (Groupe Special Mobile – Global System for Mobile Communications). Vzhledem k oblíbenosti a rozšířenosti tohoto druhu komunikace, je to nejvýhodnější způsob komunikace na neomezenou vzdálenost s možností Roamingu ze zahraničí. Rychlost přenosu SMS ale závisí na mnoha faktorech, které nelze přehlédnout. V prvním případě musí být na daném místě signál. Pokrytí všech operátorů je v dnešní době značné a zpráva řádově dojde na mobil během několika sekund. V druhém případě to je vytíženost operátorů, kde se situace zlepšila přechodem na rychlejší vysílací frekvenci. Výběr telefonu závisel na tom, zda má přístroj interní modem a možnost komunikace v ASCII. V mém případě byl použit Siemens C 35. Jako cílové koncové zařízení byl použit PLC automat Omron SYSMAC CPM1. Mezičlánek, který má zajišťovat komunikaci mezi telefonem (UART) a koncovou periferií (HOST LINK), je mikropočítač ADUC 812 od Analog Devices. Zprávy jsou zabezpečeny vstupním heslem, které lze po propojení mikropočítače s PC změnit. Mikropočítač reaguje na nové zprávy SMS a změnu stavu vstupů na automatu PLC. Toto zařízení je velmi vhodné např. pro ostrahu objektů, ovládání tepelných zařízení, sběr technologických dat nebo bezpečnostní čidla požáru.



2. Hardware

2.1. Telefon Siemens

Telefony Siemens řad S25, X35, X45 a MT50 obsahují HW modem, který umožňuje komunikovat standardním protokolem UART. Základem bylo nastudovat normy institutu ETSI, který schvaluje a vyvíjí evropské mobilní telekomunikační normy datagramů. Datagram PDU je datový záznam údajů a vlastností dané zprávy SMS, které jsou potřeba pro její transport. Obsahuje informace např. o odesílateli (telefonní číslo, čas odeslání apod.), ale také o operátorovi (číslo servisního centra) a o typu zprávy (SMS, Data, Fax, MMS).

2.1.1. Protokol PDU

MS: Mobile Station	SM-AL: Short Message Application Layer
SME: Short Message Entity	SM-TL: Short Message Transport Layer
SMSC: Short Message Service Center	SM-RL: Short Message Relay Layer
MMI: Man Machine Interface	SM-LL: Short Message Link Layer
PDU: Protocol Data Units	

Tabulka č.1: Seznam zkratk

Rozhraní pro komunikaci s uživatelem (MMI) je založeno na množině AT+C příkazů (rozšířená množina pro celulární síť) a může být realizováno pomocí terminálu nebo displejem mobilního telefonu.

Přenosová vrstva SM-TL poskytuje služby aplikační vrstvě SM-AL. Tyto služby umožňují SM-AL přenášet krátké zprávy protilehlé entitě, přijímat zprávy od této entity a také přijímat výsledné zprávy o předchozích požadavcích na transport krátkých zpráv.

SM-TL komunikuje pomocí šesti různých datagramů PDU (Protocol Data Unit), jsou to: SMS-DELIVER, SMS-DELIVER REPORT, SMS-SUBMIT, SMS-SUBMIT



REPORT, SMS-STATUS REPORT a SMS-COMMAND. Jejich hlavní funkce a směr ve kterém se používají tyto rozdílné typy jsou popsány v tabulce.

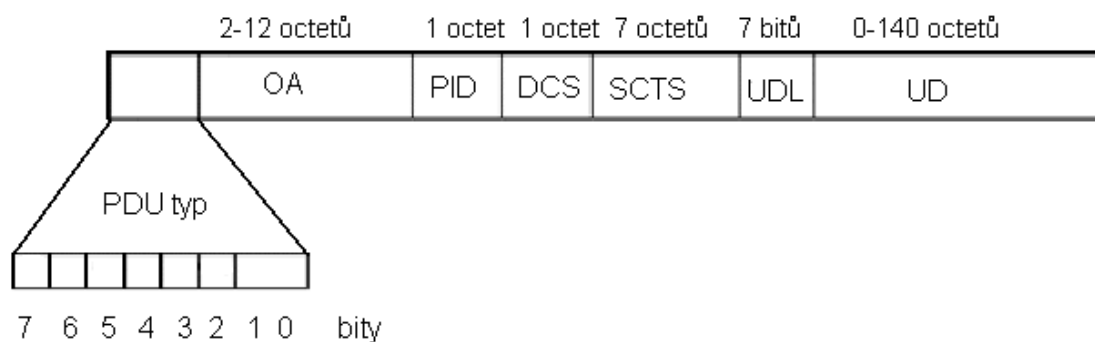
PDU typ	Směr	Funkce
SMS-DELIVER	SMSC => mobilní telefon	doručí krátkou zprávu
SMS-DELIVER REPORT	Mobilní telefon => SMSC	doručí příčinu selhání (pokud je to nutné)
SMS-SUBMIT	Mobilní telefon => SMSC	doručí krátkou zprávu
SMS-SUBMIT REPORT	SMSC => mobilní telefon	doručí příčinu selhání (pokud je to nutné)
SMS-STATUS REPORT	SMSC => mobilní telefon	doručí hlášení o stavu
SMS-COMMAND	Mobilní telefon => SMSC	doručí příkaz

Tabulka č.2: Typy PDU

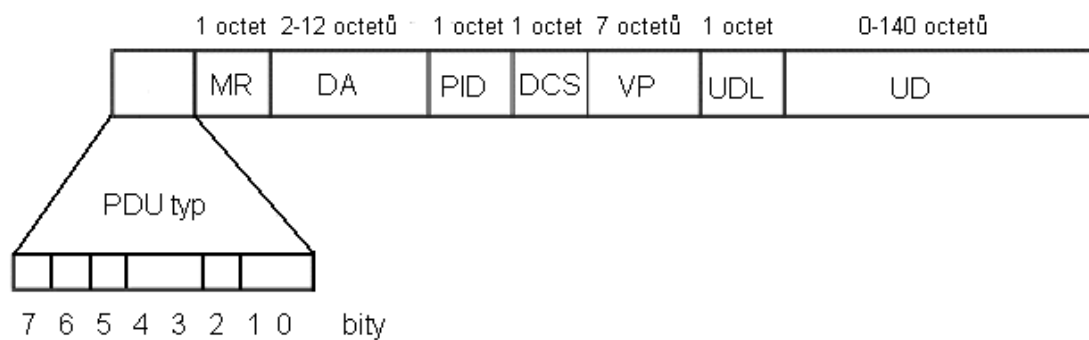
Hlavní úlohou SMS-DELIVER a SMS-SUBMIT je doručit aktuální data zprávy a k tomu přidružené informace mezi jednotlivými SMS zařízeními (mobilní stanice a SMSC). SMS-STATUS REPORT nese informaci jestli zpráva byla či nebyla doručena aktuálnímu adresátovi a kdy se tak stalo. SMS-COMMAND obsahuje příkaz, který se provede na předešlém SMS-SUBMIT (například smazání již odeslané zprávy či zrušení čekání na vyžádaný status report).

SMS-DELIVER a SMS-SUBMIT

Pro svou cestu sítí GSM jsou vybaveny celou řadou parametrů, jimž se tato sekce bude dále věnovat. Na uvedených obrázcích je naznačena vnitřní bitová struktura datagramů.



Obrázek č.1: Schéma SMS-DELIVER

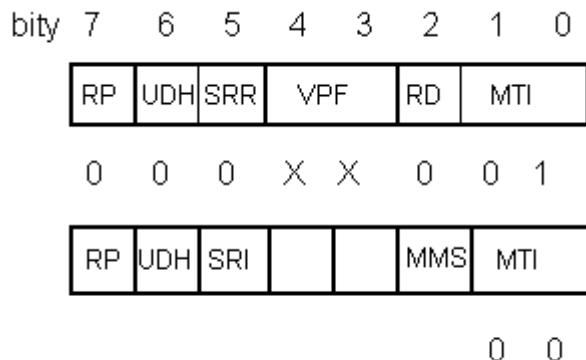


Obrázek č.2: Schéma SMS-SUBMIT



Protocol Data Unit typ (PDU typ)

SMS-SUBMIT: SMS-DELIVER:



Obrázek č.3: Schéma PDU typů SMS-SUBMIT a SMS-DELIVER

PDU typ tvoří první byte datagramu a obsahuje následující údaje:

Pole RP (*Reply-Path*) indikuje, že odpověď na tuto zprávu je placena původcem této zprávy a její příjemce může odpovědět bezplatně. Tento parametr byl definován pro případy, kdy se vyzyvatel ptá na něco příjemce a nechce, aby měl adresát zprávy nějaké výlohy s odpovědí. V SMS může být tato volba aktivována pouze zasílatelem zprávy.

UDHI (*User Data Header Indication*) informuje o přítomnosti hlavičky na začátku pole uživatelských dat (UD).

Parametr SRI (*Status Report Indication*) ukazuje zda bude status report zaslán zpět k původci krátké textové zprávy. To znamená, že v okamžiku doručení k adresátovi bude vygenerován report, který bude zaslán zpět jako potvrzení příjmu. Toto pole je nastavováno pouze v SMSC.

SRR (*Status Report Request*) oznamuje, že odesílatel krátké textové zprávy požaduje potvrzení o doručení. Pokud byla zpráva doručena během doby platnosti, pak původce zprávy dostane pozitivní odpověď spolu s časem kdy byla přijata. Jestliže zpráva nemůže být doručena i po vypršení časové platnosti je původci odesláno chybové hlášení spolu s důvodem proč zpráva nebyla zaslána.



Pole VPF (*Validity Period Format*) popisuje jestli je položka VP (*Validity Period*) přítomna v datagramu a pokud ano, tak v jakém formátu je uložena, zda v relativním či v absolutním.

Položka MMS (*More Messages to Send*) určuje zda pro daného adresáta jsou v SMSC uloženy ještě další zprávy. To může nastat například v případě, že mobilní stanice je dlouho vypnuta a v SMSC se nahromadí větší množství zpráv. Základní princip, který je schován za tímto parametrem, spočívá ve využití už jednou zbudovaného spojení na kontrolním kanále pro transport více SMS zpráv najednou. To samozřejmě snižuje obsazení kontrolního kanálu, ale i zkracuje čas potřebný pro přenos více zpráv.

RD (*Reject Duplicate*) znemožňuje SMSC příjem datagramu SMS-SUBMIT pro krátkou zprávu, která je ještě držena v SMSC a která má stejné pole MR (*Message Reference*) a DA (*Destination Address*) jako předešlá odeslaná zpráva od stejného původce.

Parametr MTI (*Message Type Indicator*) je 2-bitová hodnota popisující druh zprávy obsažené v datagramu PDU.

bit1	bit0	typ zprávy
0	0	SMS-DELIVER (SMSC ==> MS)
0	0	SMS-DELIVER REPORT (MS ==> SMSC)
0	1	SMS-SUBMIT (MS ==> SMSC)
0	1	SMS-SUBMIT REPORT (SMSC ==> MS)
1	0	SMS-STATUS REPORT (SMSC ==> MS)
1	0	SMS-COMMAND (MS ==> SMSC)
1	1	Rezervováno

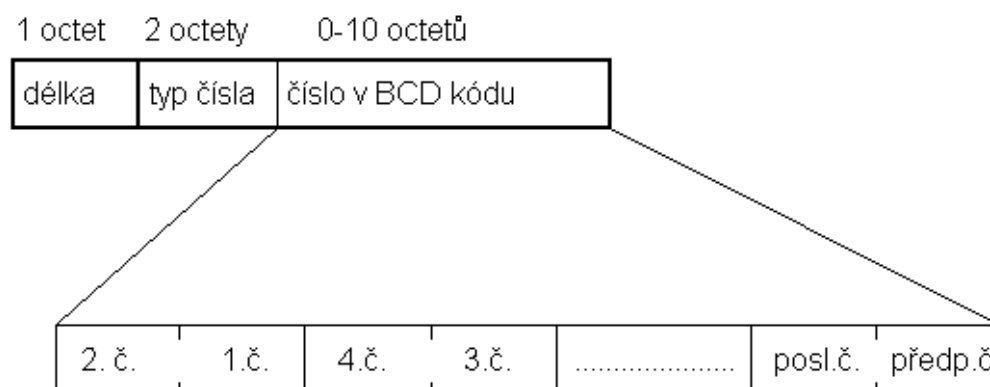
Tabulka č.3: Message Type Indicator

Message Reference MR

Položka MR udává číslo (0..255) reprezentující referenční číslo SMS-SUBMIT datagramů v posloupnosti zpráv, jež byly z mobilní stanice odeslány do SMSC. Toto pole je použito, když je z SMSC vysláno hlášení o stavu (STATUS REPORT) na MS.

Originator Address OA a Destination Address DA

Pole OA obsahuje adresu odesílatele dané zprávy. Pokud je původce jiný mobilní telefon, pak je položka OA aktuální telefonní číslo specifické mobilní stanice. Mnoho dnešních telefonů zjistí, že tato adresa je telefonní číslo a nabídne svým uživatelům možnost vytočit přímo toto číslo místo toho, aby bylo nutno psát odpověď, což je vhodné v okamžiku, kdy adresát nechce ztrácet čas se psaním odpovědi jako SMS zprávy. Položka DA má úplně stejný formát jako OA.



Obrázek č.4: Číslo odesílatele

V prvním bytu je uložena délka čísla, což je v zásadě počet BCD číslic. Pak následují dva byty které určují formát telefonního čísla, tj. zda je v národním či mezinárodním formátu. Poslední pole BCD-digit obsahuje BCD-číslo adresáta či odesílatele, jestliže telefonní číslo je tvořeno lichým počtem číslic, pak poslední číslice by měla být vyplněna koncovým znakem "FH".

Pro příklad národní číslo 1234567 se zapíše jako 0781214365F7 (81H je kód pro národní číslo).



Protocol Identifier PID

V PID je informace podle které se SMSC rozhoduje ve kterém formátu či pomocí jakého protokolu má být krátká zpráva doručena. Jsou zde dvě základní varianty. První je přenos zprávy mezi dvěma mobilními telefony v GSM síti, který nepotřebuje žádné speciální zacházení, protože používá pouze vyšší vrstvy. Uživatel mobilního telefonu může, pokud mu to jeho přístroj dovolí, nastavovat PID. Na místě je však upozornění, že ne každá síť podporuje každý typ protokolu. Jak ale plyne z následující tabulky, v principu nic nebrání tomu, aby byla SMS zpráva přenesena do nejrozličnějších zařízení.

hodnota PID	telematické zařízení
0	Implicitní hodnota, obyčejná SMS zpráva
1	Telex
2	fax Group 3
3	fax Group 4
4	normální telefon (tj. konverze do hlasu)
5	ERMES (European Radio Messaging System)
6	národní pagingový systém (dle definice v SMSC)
7	videotext
8-12	Různé typy teletexu
13	Universal Computer Interface (UCI)
14-15	Rezervováno
16	speciální zpracování podle nastavení SMSC
17	X.400
18-23	Rezervováno



24-30	speciální zpracování podle nastavení SMSC
31	mobilní stanice GSM (z jakéhokoliv kódování do výchozí abecedy SMS)

Tabulka 4: Hodnoty parametru Protocol Identifier

Data Coding Scheme DCS

lbity	7	6	5	4	3	2	1	0
	Coding Group				0	X	X	X

př.: 0 0 0 0 0 0 0 0 = 00h
znamená 7-bitovou výchozí abecedu

př.: 1 1 1 1 0 1 1 0 = F6h
znamená 8-bitovou adresu dle Class2

Obrázek č.5: Schéma DCS

Položka DCS určuje kódovací schéma dat obsažených v poli UD a může indikovat třídu zprávy. Octet je používán podle skupiny kódování, která je uložena v bitech 7 až 4. Celý octet je kódován takto (tabulka viz další strana):



Skupina kódování: bity 7..4	bity 3..0
0000	indikace abecedy nespecifikované zpracování zprávy MS 0000 výchozí abeceda (7-bitový kód v User Data) 0001-1111 rezervováno
0001-1110	rezervované skupiny kódování
1111	kódování dat/třídy zpráv bit 3 rezervován, nastaven na 0 bit 2 (kódování zprávy) 0 výchozí abeceda (7-bitový kód v User Data) 1 8-bitová data v User Data bit 1 bit 0 (třídy zpráv) 0 0 Class0 ihned zobrazit 0 1 Class1 uložit do ME (SIM) 1 0 Class2 specifická zpráva pro SIM 1 1 Class3 uložit do TE

Tabulka 5: Skupiny kódování UD

Při použití výchozí abecedy je pole User Data kódováno pomocí 7-bitové abecedy, která je uvedena v příloze. Pokud je tato abeceda použita je osm znaků zprávy zapakováno do sedmi bytů a zpráva může obsahovat až 160 znaků (místo 140

při 8-bitovém kódu). V 8-bitovém kódování je použita klasická ASCII-HEX tabulka. Ve třídě 0 (okamžité zobrazení) je krátká zpráva psána přímo na displej. Ve třídách 1 až 3 je krátká zpráva uložena v několika zařízeních: ME (mobilní telefon), SIM karta (ukládání pouze speciálních údajů), TE (externí zařízení připojené k ME).

Service Center Time Stamp SCTS

Časovým razítkem SCTS informuje SMSC příjemce MS o čase, kdy byla krátká zpráva doručena transportní vrstvou do SMSC. Tato časová hodnota je uložena v každé zprávě SMS-DELIVER, která je doručována na MS a reprezentuje místní čas dle schématu na obrázku.



Obrázek č.6: Schéma SCTS

Parametr Time Zone obsahuje rozdíl ve čtvrt hodinách mezi místním časem a GMT (Greenwich Main Time). Jinými slovy podle tohoto údaje může každý, kdo obdrží SMS zprávu, zjistit, kdy byla odeslána, či přesněji, kdy byla přijata SMSC.

Validity Period VP

Položka Validity-Period obsahuje informaci, která umožňuje MS posílající SMS-SUBMIT zprávu do SMSC specifikovat časový úsek, po který je daná zpráva platná, tj. jak dlouho by SMSC mělo garantovat existenci zprávy ve své paměti před tím, než vyprší čas na doručení této zprávy. Často je ale tento parametr centrem krátkých zpráv ignorován a je nastavována hodnota na maximum určené správou SMSC.

**První případ (relativní)**

př.: A A h

čtyři dny

Druhý případ (absolutní)

Rok	Měsíc	Den	Hodina	Minuta	Sekunda	Čas.pásmo
-----	-------	-----	--------	--------	---------	-----------

př.: 7 9 5 0 1 2 3 1 5 4 3 3 0 0

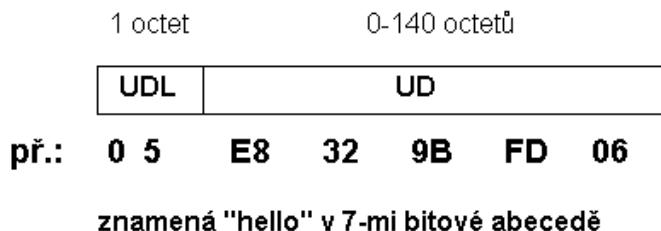
Obrázek č.7: Vality Period

Pole VP je zadáno buď jako číslo anebo jako semi-octet. V prvním případě obsahuje pouze jeden byte, udávající délku časového úseku držení zprávy v SMSC od doby, kdy je SMS-SUBMIT přijata do SMSC. V druhém případě je v položce VP uloženo 7 bytů udávajících absolutní čas, do kdy má SMS existovat.

V prvním případě je čas reprezentován způsobem popsaným v tabulce, kdežto v druhém případě je formát času identický s reprezentací SCTS. Způsob reprezentace VP (absolutní/relativní) je nastaven pomocí parametru VPF v PDU typu.

hodnota VP	velikost časového úseku
0-143	$(VP + 1) \times 5$ minut (tj. 5 minutové intervaly do 12 hodin)
144-167	12 hodin + $((VP - 143) \times 30)$ minut
168-196	$(VP - 166) \times 1$ dnů
197-255	$(VP - 192) \times 1$ týdnů

Tabulka 6: Relativní zadání VP

**User Data Length (UDL) a User Data (UD)**

Obrázek č.8: Parametry UDL a UD

Parametr UDL udává počet znaků, které v poli UD následují, přičemž záleží na tom, jaké je použito kódovací schéma. Jestliže jde o 8-bitové kódování znaků je UDL totožná s počtem bytů, pokud jde o výchozí SMS 7-bitové kódování je počet bytů menší než počet znaků. Položka UD obsahuje aktuální zakódovanou zprávu s maximální délkou 140 bytů (či 160 znaků).

2.1.2. Hayes AT příkazy

Mobilní telefon Siemens se dá ovládat podobným způsobem jako modemy pomocí tzv. Hayes AT příkazů. Tento standard schválil Evropský Telekomunikační Standardizační Institut (ETSI) a stanovil jednotlivé profily AT příkazů (GSM 07.07). Zda-li telefon odpoví na příkaz „AT“ odezvou „OK“, znamená to že AT příkazům rozumí. Komunikace je typu : **příkaz → odpověď**, pouze při vyzvánění telefon posílá řetězec „**RING**“.

Příkazy se zadávají ve tvaru: **AT <příkaz> = <parametr> <CR>** .

Příkaz ATE0 <CR>

- vypíná opakování příkazu v odpovědi z telefonu

Např: příkaz: **AT <CR>**

odpověď bez ATE0: **AT <CR>**

OK<CR>



odpověď s ATE0: **OK<CR>**

Příkaz ATD < telefonní číslo > <CR>

- vytočí telefonní číslo
- Pokud hovor odmítne volaný, telefon pošle **BUSY** (obsazeno). Pokud volaný přijme hovor, telefon pošle **OK**. Pokud ukončí hovor volaný, telefon pošle **NO CARRIER**. Pokud hovor zavěsí volající příkazem **ATH**, telefon pošle **OK**.

Příkaz ATA <CR>

- přijmutí příchozího hovoru
- Příkaz je dostupný jen při zvonění telefonu! jinak telefon pošle **ERROR**. Při příchozím hovoru, telefon pošle **RING**, telefon se vyzvedne příkazem **ATA** a telefon pošle **OK**. Po zavěšení telefonu příkazem **ATH**, telefon pošle **OK**. Pokud hovor zavěsí volající, telefon pošle **NO CARRIER**.

Příkaz AT+CLIP <CR>

- identifikace volajícího

Příkaz ATH <CR>

- zavěšení hovoru

Příkaz ATDL <CR>

- vytočení posledního volaného telefonního čísla

Příkaz AT + CMGW <CR>

- uloží SMS zprávu do paměti

Příkaz AT + CMGS <CR>

- odeslání SMS zprávy

Příkaz AT + CMGL = <parametr> <CR>

- vrací seznam SMS zpráv
- jestli je parametr roven 0, testuje příjem nové zprávy SMS. Po přijetí vrací datagram nové SMS. Jestli v telefonu není žádná nová zpráva, vrací „OK“

Příkaz AT + CMGR = <parametr> <CR>

- vrací datagram SMS zprávy uložené v telefonu. Parametr je číslo zprávy. Zprávy se číslují postupně jak docházejí vzestupně od nuly. Pokud se zadá neexistující číslo SMS zprávy, telefon vrací „ERROR“

Příkaz AT + CMGD = <parametr> <CR>

- vymaže SMS, kde parametr je číslo SMS zprávy

**Příkaz AT + CPBR <CR>**

- čtení čísla z telefonního seznamu

Příkaz AT + CMGW <CR>

- zápis SMS do paměti

Příkaz AT + CBS <CR>

- vrací stav baterie

Příkaz AT + CSQ <CR>

- vrací intenzitu přijímaného signálu

Od telefonu přichází tyto zprávy: **OK**, **ERROR**, **RING**, **CONNECT**. Při příchozím zvonění na mobil, telefon posílá na sériový kanál řetězec znaků: **RING**.

Mobil komunikuje ve standardu UART s osmi datovými bity, jedním Start bitem a jedním Stop bitem. Aby bylo možné spojit mobilní telefon s rozhraním RS 232, je nutné použít převodník napětových úrovní na bázi obvodu MAX 232. S tímto obvodem se vyskytly problémy s intenzitou signálu obou operátorů. Proto jsou na výstupních vodičích RxD a TxD napájeny k zemi Zenerovy diody 3,3 V.

Většina nových telefonů již umí komunikovat pomocí AT příkazů, ale starší telefony (např.: Siemens C25, staré typy Ericssonů) komunikují v binárním módu, kde je datagram od tohoto typu zcela odlišný.

2.1.3. Kódování SMS

Institut ETSI zavedl standard pro kódování textu zpráv SMS. Text zprávy může být dlouhý až 160 znaků, kde každý znak je reprezentován sedmibitovou abecedou.

Kódování septetu (sedmibitových dat) do oktetu

Latinská abeceda je v ASCII tabulce reprezentována sedmi bity. (poslední znak „z“ má hodnotu 122). Pro úsporu paměti v mobilním telefonu, která v dřívější době byla velmi malá, se kóduje text zprávy do sedmi bitů.

Slovo „hellohello“ je tvořeno deseti znaky, každý z nich je tedy tvořen septetem, který je sám tvořen sedmi bity. Tyto septety musí být přetransformovány do oktětů, aby mohl proběhnout úspěšný přenos SMS.



h	e	l	l	o	h	e	l	l
104	101	108	108	111	104	101	108	108
1101000	1100101	1101100	1101100	1101111	1101000	1100101	1101100	1101100
1101000	1100101	1101100	1101100	1101111	1101000	1100101	1101100	1101100

Tabulka č.7: Princip kódování do sedmi bitů

Ze druhého septetu se odebere bit s nejnižší vahou, a doplní se na místo bitu z vahou nejvyšší k prvnímu septetu. Tak vznikne z osmi bitů oktet. Druhému septetu však chybí dva bity na to, aby utvořil oktet. Ty se odeberou z třetího septetu a opět se přidají na místo dvou bitů s nejvyšší vahou u druhého septetu. Celý proces tak pokračuje.

1	00	100	1111	01000	100101	1101100		1	11
1101000	110010	11011	1101	110	11	1		1101100	0111
E8	32	9B	FD	46	97	D9		EC	37

Tabulka č.8: Výsledek kódování

Výsledné zakódované slovo „hellohello“ je reprezentováno 8329BFD4697D9EC37.

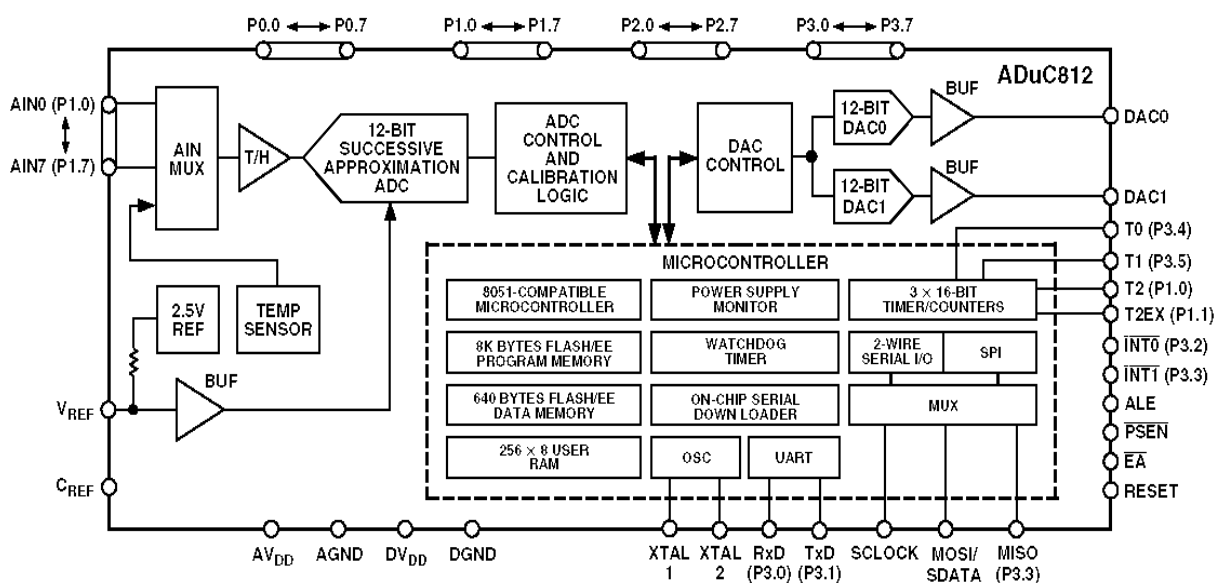
2.2. Modul s ADUC 812

2.2.1. Mikropočítač ADUC 812

Výpočetní jádro mikrokonvertoru ADuC812 je plně kompatibilní s originálem 8051. Frekvence oscilátoru je maximálně 16 MHz. Pro ovládání a komunikaci s analogovou částí a všemi ostatními vestavěnými periferními obvody je instrukční sada rozšířena o doplňkovou řadu instrukcí, které umožní jejich obsluhu přes SFR registry prostým zápisem nebo čtením z registru.

Mikrokonvertor ADuC812 má vestavěné referenční napětí na čipu s nízkým driftem ($40 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$) a výstupním napětím $+2,5 \text{ V}$. Vnitřní odpor tohoto zdroje je cca $50 \text{ k}\Omega$ a proto se moc nedoporučuje jeho použití i mimo obvod. Je to však možné s použitím operačního zesilovače. Taktéž je možné na stejný pin obvodu připojit jiný zdroj referenčního napětí o hodnotě napětí v rozsahu $+2,3 \text{ V}$ až napájecí napětí analogové části obvodu. Pro správnou činnost zdroje je nutné dodržet požadavek výrobce a připojit k pinům C_{ref} a V_{ref} externí kondenzátory o kapacitě 100 nF .

V mikrokonvertoru ADuC812 je k dispozici 8-mi kanálový multiplexovaný 12-bitový A/D převodník umožňující maximální vzorkovací kmitočet 200 kSPS (200000 vzorků za sekundu) pro jeden vybraný kanál. Vlastní převod je realizován metodou postupné aproximace a zpracovává unipolární signály v rozsahu napětí 0 V až $+V_{\text{ref}}$. Možnost nastavení A/D převodníku do DMA módu, kdy výsledné vzorky jsou ukládány do externí paměti RAM, je výborná vlastnost obvodu. Tento režim totiž nezatěžuje výkon vlastního výpočetního jádra procesoru 8051 a proto je možné procesor použít na jiné výpočetní úkoly.



obrázek č.9: Vnitřní architektura ADUC 812



2.2.1.1. Vstupní a výstupní brány ADUC 812

Všechny brány, až na P1, jsou vstupně výstupní. Brána P1 je zároveň vstupem pro multiplexovaný AD převodník. Vstupní a výstupní, digitální a analogové porty jsou ovládány přes SFR registry. Port P0 je standardně určený pro datovou sběrnici a pro dolní polovinu adresové sběrnice. Port P1 je výhradně určen pro analogový vstup. Piny P1.0 a P1.1 lze použít pro externí vstup časovače T2. Pin P1.5 pak jako vstup „Slave select input“ při použití SPI komunikace. Port P2 - je standardně určen pro horní polovinu adresové sběrnice. Při adresování vnější paměti RAM nad 64 kB pak i multiplexně pro adresy A16 - A24.

Port P3 - je standardní jako u 8051 a něco málo navíc:

- **P3.0** - RxD pro UART,
- **P3.1** - TxD pro UART,
- **P3.2** a **P3.3** - externí HW vstup při vnější přerušení,
- **P3.3** - ještě navíc pro vstup MISO - při použití SPI komunikace,
- **P3.4** a **P3.5** - vstupy časovačů T0 a T1,
- **P3.5** navíc vstupní signál pro vnější spuštění A/D převodu,
- **P3.6** - WR a **P3.7**- RD : signály pro obsluhu vnějších pamětí RAM a ROM.

2.2.1.2. Přerušovací systém ADUC 812

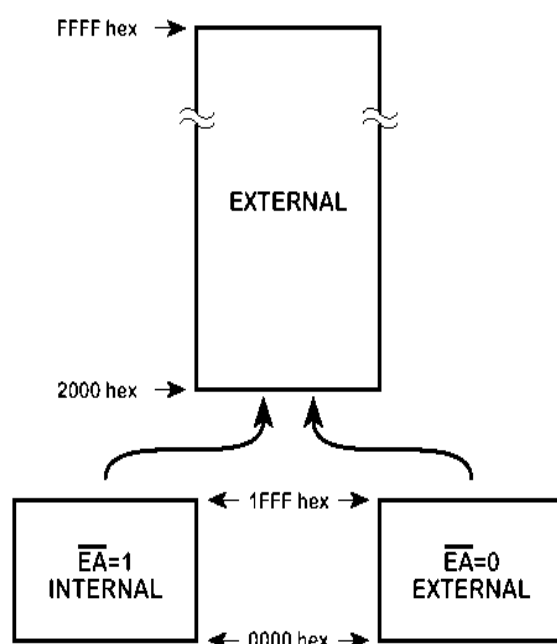
Mikrokonvertor ADuc812 má, oproti 8x51, celkem 9 zdrojů přerušení se dvěma prioritními úrovněmi. Veškerá konfigurace přerušovacího systému se provádí přes dva konfigurační registry, registr IE - známý z klonů 8051, který je však rozšířen a registr IE2. Priorita přerušovacích signálů je pak nastavována v registru IP - Interrupt Priority. V tabulce je přehledně uvedena priorita a adresy vektorů přerušení. Lze z ní vyčíst to, že všechny standardní vektory přerušení z 8051 jsou shodné a na další paměťová místa se přidaly doplňkové vektory, specifické pro mikrokonvertor ADuC812. To samo o sobě umožňuje použití již vyvinutých programových modulů z rodiny 8x51 u tohoto procesoru bez úpravy.

Přerušení	Název typu přerušení	Adresa vektoru přerušení	Úroveň priority
PSMI	Power Supply Monitor	43H	1.
IE0	External INT0	03H	2.
ADCI	End of ADC Conversion	33H	3.
TF0	Timer 0 Overflow	0BH	4.
IE1	External INT1	13H	5.
TF1	Timer 1 Overflow	1BH	6.
I2CI/ISPI	Serial Interrupt	3BH	7.
RI/TI	UART Interrupt	23H	8.
TF2/EXF2	Timer 2 Interrupt	2BH	9.

Tabulka č.9 : Tabulka přerušovacího systému

2.2.1.3. Organizace paměti ADUC 812

2.2.1.3.1. Organizace vnitřní paměti



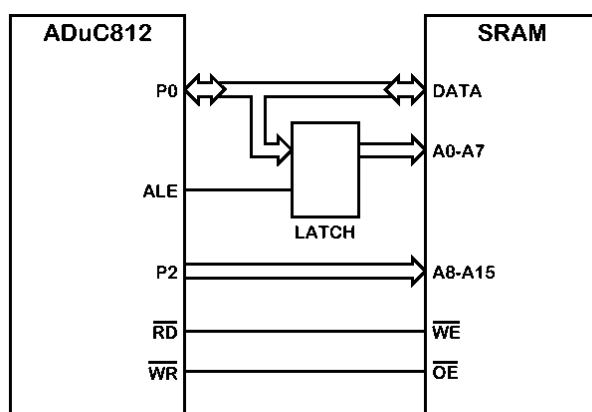
Obrázek č.10 : Princip mapování programové paměti

Velikost vnitřní programové paměti je 8 kB. Její použití musí být definováno logickou úrovní na vstupu EA=1.

V případě že program je delší než 8kB, lze připojit externí programovou paměť až do velikosti 64kB. Vestavěná datová paměť flash EEPROM má velikost 640 bytů. Je přístupná pouze přes SFR registry a její organizace je rozdělena do 160 stránek (00h až 9Fh). Nevýhoda této paměti je patrná při vymazávání, kde se musí uvolnit celý paměťový prostor.

Naprogramování interní paměti EEPROM pro program je možné dvěma způsoby. Standardním jako u novějších klonů 8051 nebo zcela jinak. Tzv. In Circuit Programming využívá sériovou linku a režim „download“ k zavedení programu do vnitřní programové paměti, bez nutnosti vyjmát mikrokonvertor z aplikace. K nastavení režimu „download“ slouží pin PSEN, který se spojí přes odpor 1KΩ na GND a následně se provede RESET. Po spuštění programu DLOAD812 s patřičným přeloženým souborem HEX se programová paměť obvodu ADuC812 nejprve vymaže a následně naprogramuje novým obsahem. Po ukončení „downloadu“ se odstraní zkrat odporu 1KΩ na GND a provede se opět RESET. V tomto okamžiku začne ADuC812 vykonávat program podle nového obsahu programové paměti.

2.2.1.3.2. Organizace datové paměti RAM



Obrázek č.11 : Princip připojení a adresace externí paměti 64 kB

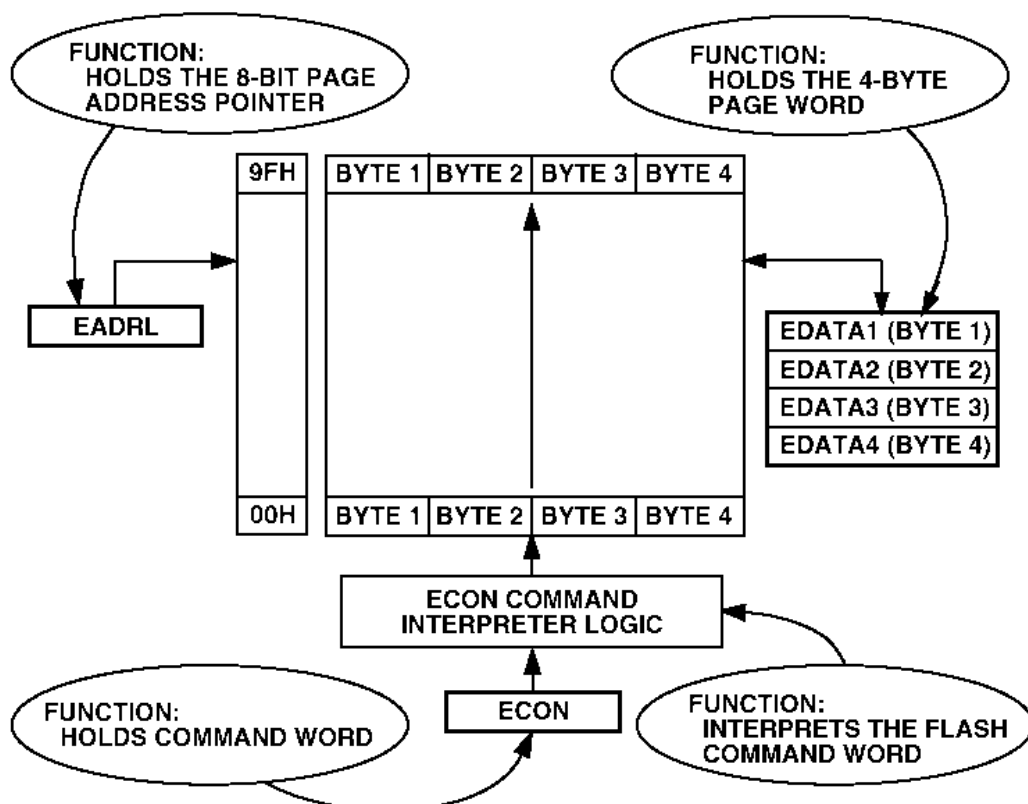
Mikrokonvertor ADuC812 má vestavěnou vnitřní paměť RAM o velikosti 256B s tím, že její horní polovina (od 80H výše) je dostupná pouze přes nepřímé adresování (@R0, @R1). Její obsluha je tedy stejná jako u standardu 8051. Pokud se připojí vnější paměť (přístupná přes příkaz MOVX ...) je možné adresovat až 16MB paměťového prostoru. Na obrázku je naznačeno principiální připojení externí paměti do adresového prostoru 64kB. Dolní polovina adresy je, v době aktivního signálu ALE, přístupna na portu P0, horní polovina na portu P2.

Jiná situace nastává při adresaci většího prostoru paměti (nad 64kB). Mikrokonvertor ADuC812 je vybaven dalším 8-mi bitovým registrem (DPP - DATA POINTER - PAGE BYTE), který provádí stránkování připojené externí paměti RAM. Na obrázku je zobrazeno připojení takto velké paměti ke konvertoru. Obsah registru DPP je k dispozici na portu P2 v době aktivního signálu ALE, tedy obdoba jako u portu P0. S využitím dalšího záchytného obvodu je tedy možné „připravit“ plnou 24 bitovou adresu pro následnou práci s externí pamětí RAM. Obdobný případ adresace je externí paměti RAM je v režimu DMA, kde se však o adresování starají tři 8-mi bitové registry DMAL, DMAH a DMAP.

2.2.1.3.3. Datová paměť flash EEPROM

Vestavěná paměť flash EEPROM je určená pro ukládání dat. Její velikost je 640 bytů. Vzhledem k požadavku přístupnosti k údajům pouze přes SFR registry, je její organizace rozdělena do 160 stránek (00H až 9FH) po 4 bytech. Adresa požadované stránky se zapisuje do SFR registru EADRL. Řídící příkazy pro činnost (mazání, zápis, čtení stránky, mazání celé paměti) do registru ECON a data jsou k dispozici nebo se ukládají do registru EDATA1 až EDATA4. Tato organizace přístupu do paměti flash EEPROM je výhodná právě tím, že nepotřebuje žádné jiné příkazy, než jen zápis nebo čtení do/z registru. Háček tu však přece je. Flash paměti musí být před zápisem nových dat vymazány. Mazání se provádí elektricky, ale nelze vymazat jen jeden byte. V dané organizaci je nutné vymazat všechny 4 byty, které jsou naadresovány registrem EADRL. Pro zamezení ztráty údajů, které není potřebné opětovně ukládat, navrhl firma Analog Devices postup, který je schématicky uveden na obrázku. Nejprve se adresuje paměťové místo flash EEPROM prostým zápisem adresy do registru EADRL.

Následně se provede čtení, prostým zápisem údaje 01H do registru ECON. Tak se data z flash EEPROM přesunou do SFR registrů EDATA1 až EDATA4. Nyní se prostým zápisem údaje 03H do registru ECON vymaže naadresovaná paměťová stránka. Požadovaná změna v datech se zapíše do vybraného registru EDATA1 až EDATA4 a prostým zápisem 02H do registru ECON se stránka (4 byty) „zapíše“ do Flash EEPROM.



Obrázek č.12 : Organizace flash EEPROM paměti

Z hlediska časování trvají všechny zápisy nebo čtení z registrů SFR jeden programový cyklus, zápis jedné stránky (4 byty) cca 250us a mazání jedné stránky paměti nebo celé Flash EEPROM paměti 20ms. Systém programového čítače je přitom nastaven tak, že „automaticky“ počká s vykonáváním programových příkazů po zápis příkazu k mazání paměti Flash EEPROM právě oněch 20 ms. Programátor tak nemusí vytvářet nějaké čekací smyčky. Nevýhodou je však skutečnost, že se tím může znatelně zpozdít vykonávání programu. Při sestavování programovacího algoritmu si proto musí programátor dávat pozor na to, aby některá přicházející data nebyla ztracena právě z důvodu tohoto zpoždění.

2.2.1.4. Periferie ADUC 812

Mikrokontroler ADuC812 je vybaven dvěma průmyslovými rozhraními, synchronním SPI a I2C. Obě tato rozhraní lze konfigurovat do režimu MASTER nebo SLAVE. Protože se piny konvertoru pro vstup a výstup dat na těchto rozhraních vzájemně sdílí, lze v jedné aplikaci použít buď SPI nebo I2C rozhraní.

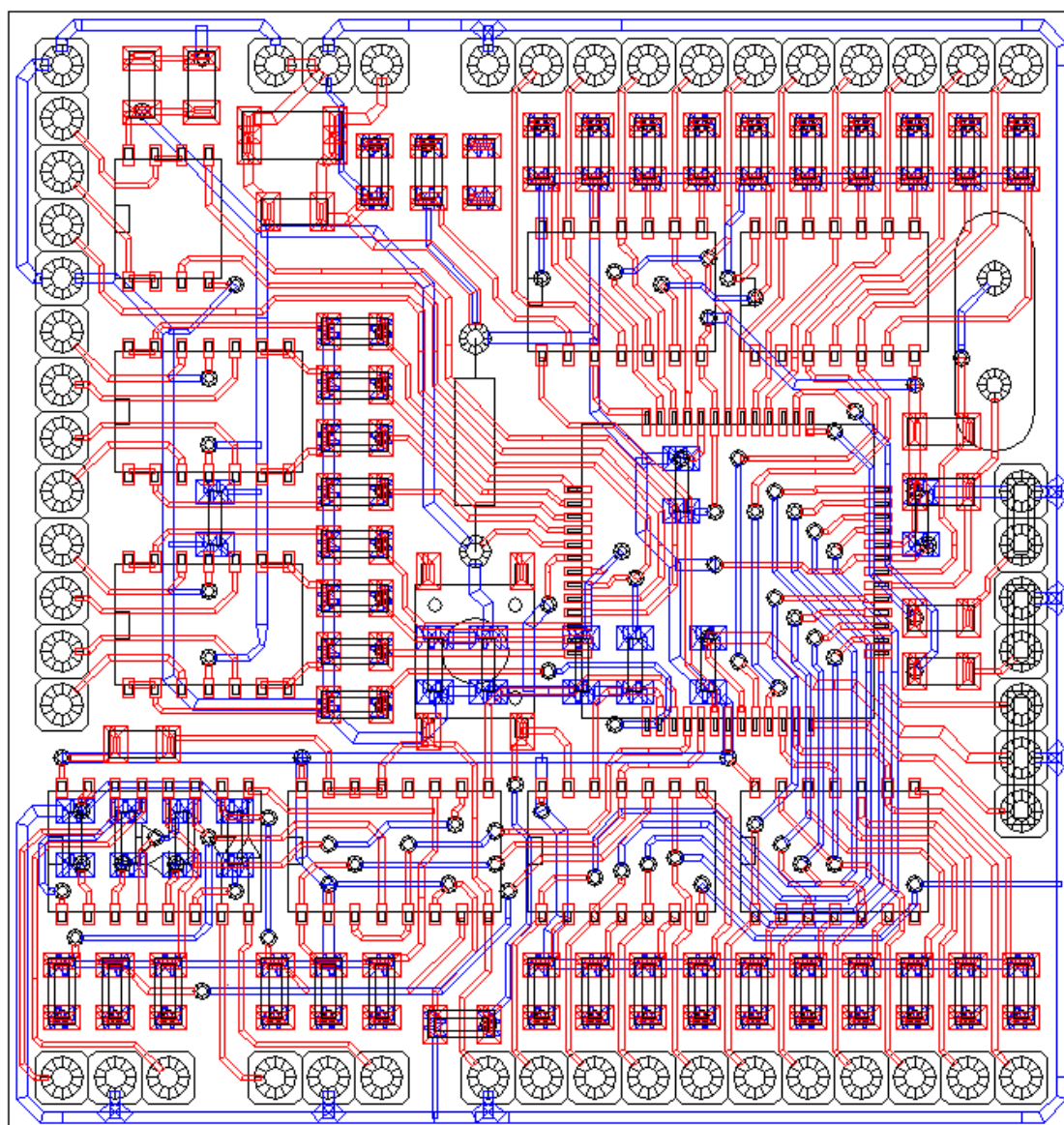
Velkou výhodou je Serial Downloading (In Circuit Programming), díky kterému není při nahrávání programu do EEPFlash paměti potřeba žádný externí programátor. Data programu se nahrávají po seriové lince UART.

Pro zabezpečení správné funkce programu a ochrany proti zacyklení je v čipu WatchDog Timer, který monitoruje stav programu na několika kontrolních bodech. Pokud neprojde vyvolá událost přerušení a vrátí program do „normálního“ stavu (např: RESET). U tohoto typu obvodu lze měnit délku odezvy na puls RESET od 16 až do 2048 ms.

2.2.2. Plošný spoj s ADUC 812

Tato deska byla navržena na katedře KSI TUL Liberec a vyrobena firmou Cube.

Srdce celé desky tvoří mikroprocesor ADUC 812, pracující na frekvenci piezokeramického oscilátoru 11,0592 MHz. Tato frekvence byla vybrána z důvodu přenosové rychlosti sériového kanálu s telefonem (19 200 kbaud/s) a PLC Omron (Host Link 9 600 kbaud/s). Napájecí napětí celé desky je stabilizovaných 5V. Jako indikace zapnutí slouží červená LED dioda, která je umístěna hned vedle napájecího konektoru. Obvod je chráněn proti přepólování napájecího napětí diodou. Pro standardní komunikaci pracující na rozhraní UART RS 232 je deska osazena obvodem ST232B. Tento obvod převádí úroveň napětí RS 232 na TTL a naopak. Při převodu TTL – RS232 využívá obvod nábojovou pumpu, která zvedá napětí na potřebných 12 V. Aby mohl procesor komunikovat s oběma periferiemi pomocí sériového kanálu, je obvod osazen multiplexerem se dvěma vstupy, který přepíná oba sériové kanály pomocí pinu P3.2. Aktivní kanál označuje červená LED dioda. Pro snadnou indikaci toku dat jsou na pinech RxD a TxD umístěny LED diody.



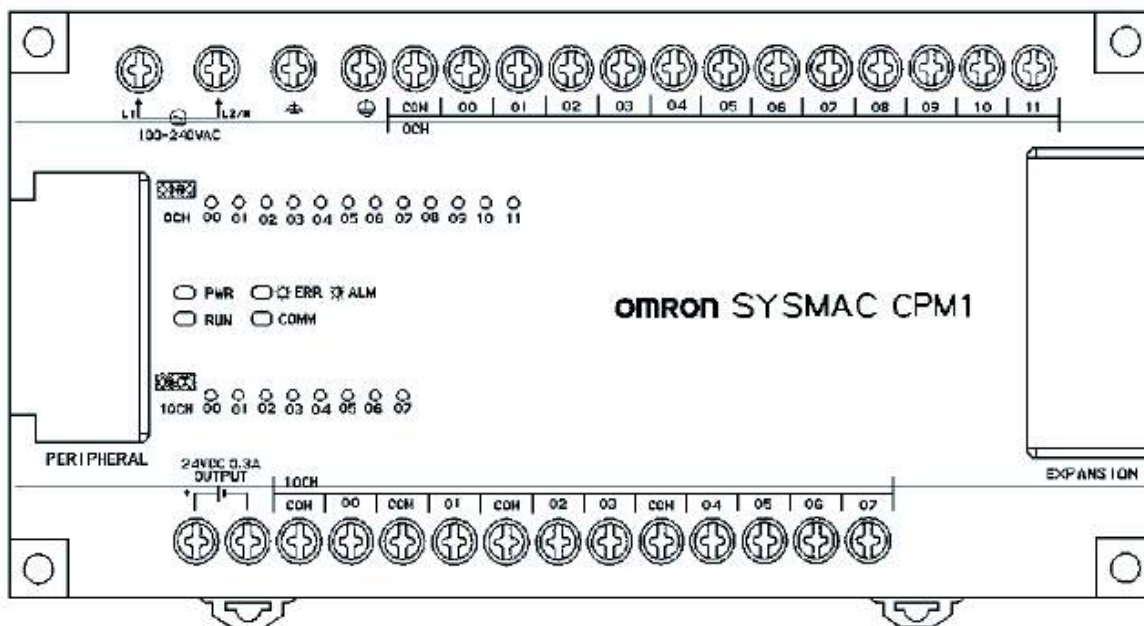
červená – strana součástek

modrá – strana pájení

Obrázek č.13: Plošný spoj s ADUC 812 (velikost 50 x 50 mm)

Multiplexované analogové vstupy jsou impedančně odděleny pomocí dvou typů operačních zesilovačů, a to 2902 a 2904. Pro nahrávání nového programu do Flash paměti, musí být sepnut pin PSEN přes odpor 10 k Ω na zem a zapnut mikrospínač RESET. Procesor aktivuje funkci Serial Downloading a vyšle sekvenci znaků „ADUC 812“. Piny P1.0 až P1.7 jsou pouze vstupní. Piny P2.0 až P2.7 je vstupně/výstupní. Digitální vstupy a výstupy jsou galvanicky odděleny a jejich logickou hodnotu indikují LED diody.

2.3. PLC SYSMAC CPM1



Obrázek č.14 : PLC Omron CPM1

Tato řada automatů, která patří do kategorie mikro PLC.CPM1 v sobě sdružuje vlastnosti malých modulárních PLC, jako jsou rychlost, kapacita pamětí, instrukční soubor, malé rozměry a jednoduchost ovládání aplikací. Paměť je typu FLASH, takže uchovává data i po odpojení od napájení. Rozeznává rychlou odezvu vstupů (0,2 ms – vhodné pro řízení modulací), rozezná dvě úrovně externího přerušení, má dva vysokorychlostní časovače (od 0,5ms do 319,968ms). Vstupní filtr je nastavitelný na 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 ms pro stabilní zpracování binárních vstupů. Rychlý čítač lze použít v jednosměrném (do 5 kHz) nebo v obousměrném (do 2,5 kHz) módu, tím umožňuje jednoduché připojení čidel IRC. Používá 14 základních a 139 speciálních instrukcí kompatibilních s automaty řady CQM1, CQM1H, C200H, CS1.



2.3.1. Vstupně/výstupní brány

CPM1 má 20 digitálních reléových vstupů/výstupů s možností rozšíření na 100 vstupů/výstupů. Pro CPM1 existují čtyři vstupy (000.03 až 000.06) s rychlou odezvou. Interní buffer zachytí impuls s minimální délkou 0,2 ms a podrží ho na délku jednoho cyklu.

- Vstupní 5-24V DC obvody**

Vstupní napětí	24 VDC +10% /-15%
Vstupní impedance	IN00.00 až IN00.02 : 2k Ω Ostatní : 4,7 k Ω
Vstupní proud	IN00.00 až IN00.02 : 12 mA Ostatní : 5 mA
ON napětí	14,4 VDC min.
OFF napětí	5,0 VDC max.

Tabulka č.10 : Vstupní parametry PLC

- výstupní reléové obvody**

Maximální spínané hodnoty	250 VAC/2 A ($\cos\Phi=1$) 24 VDC/2 A
Minimální spínaná hodnota	5 VDC, 10 mA
Použité relé	G6RN-1A-ACD DC24
Elektrická životnost	Odporová zátěž : 300 000 zapnutí Induktivní zátěž : 100 000 zapnutí
Mechanická životnost	20 000 000 zapnutí

Tabulka č.11: Výstupní parametry



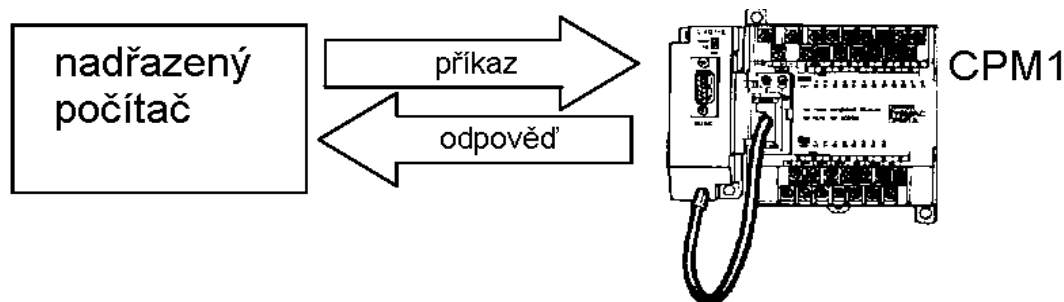
2.3.2. Organizace paměti automatu CPM1

Data Area		WORDS	BITS	FUNCTION
IR AREA	Input area	IR 00 to IR 009 (10 words)	IR 00000 to 00915	Externí I/O terminály
	Output area	IR 010 to IR 019 (10 words)	IR 01000 to 01915	
	Work area	IR 020 to IR 049 IR 200 to IR 227 (58 words)	IR 02000 to 04515 IR 20000 to 22715	Bity používané v programu
SR AREA		SR 228 to 255 (28 words)	SR 22800 to SR 25515	Flagy a řídicí bity
TR AREA		---	TR 0 TR 7 (8 bits)	Bity dočasně uchováající ON/OFF status programu
HR AREA		HR 00 to HR 19 (20 words)	HR 0000 to 1915	Bity uchováající data a ON/OFF status po vypnutí.
AR AREA		AR 00 to AR 23 (24 words)	AR 0000 to 2315	Flagy a řídicí bity
LR AREA		LR 00 to LR 15 (16 words)	LR 0000 to 1515	Používané pro datovou linku s dalším PC
Čítače Časovače		TC 000 to TC 255	(hodnoty čítače a časovače)	Sejné hodnoty jsou použity pro oba časovače
DM AREA	Read/Write	DM 0000 to 1999 DM 2022 to 2047 (2 026 words)	---	Data se po vypnutí ukládají
	Error log	---		Zde je uložen čas a kód chyby
	Read-only	DM 6144 to 6599 (456 words)		Data nemůžou být přepsána v programu
	PC Setup	DM 6600 to 6655 (56 words)		Řídicí parametry PC

Tabulka č.9 : Organizace paměti PLC Omron CPM1

2.3.3. Host Link

PLC se ovládá pomocí protokolu HOST LINK, pracující na RS-232 a RS-422: (7 datových bitů, 1 start bit, 2 stop bity, lichá parita 9 600 baud/s). Programuje se demo verzí vývojového prostředí SYSWIN pro Windows.



Obrázek č.15 : Host Link

2.3.3.1. Příkazy protokolu Host Link

Vybrané příkazy Host Link(Header Code):

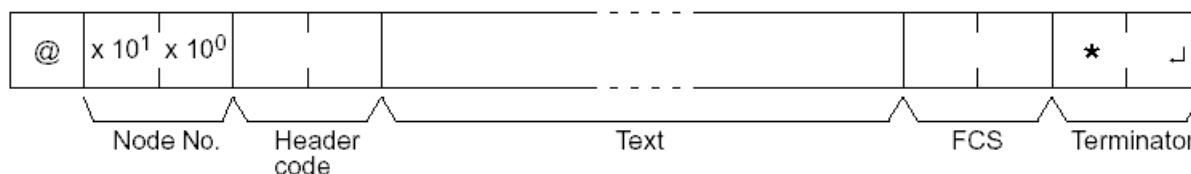
- **RR** čte stav IR a SR paměťovou oblast
 - Monitoruje vstupy/výstupy a flagy
- **WR** zapisuje do IR a SR paměti
- **RD** čte DM paměťovou oblast
- **WD** zapisuje do paměti DM
- **MS** čte status automatu
 - 00 – Programový mód
 - 01 – Monitorovací mód
 - 02 – Run mód
- **SC** nastavuje status automatu
- **MF** čte chyby v komunikaci
 - Systémové chyby
 - Chyby paměti
 - Chyba v instrukci
 - Chyba přetečení cyklu



- Chyba v zadání vstupně/vstupních terminálů
- Chyba v napájení
- **RP** čte program
- **WP** zapisuje program

2.3.3.2. Datagram protokolu Host Link

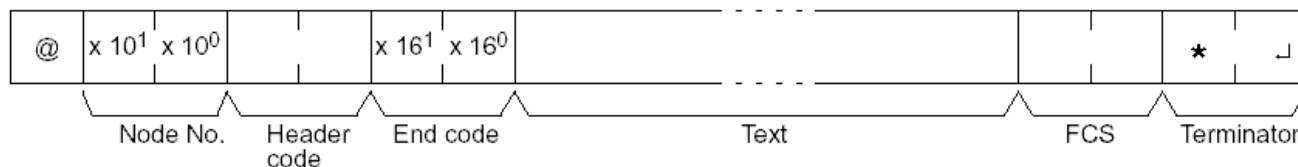
Příkaz v protokolu **Host Link** vypadá takto:



Obrázek č.16 : Datagram příkazu v protokolu Host Link

- **@** : tímto znakem začíná každý datagram
- **Node Number**: identifikuje komunikaci mezi automatem a nadřazeným počítačem
- **Header Code**: charakterizuje dvouznakový příkaz
- **Text** : parametry příkazu
- **FCS** : kontrola datového rámce
- **Terminator**: ukončení datagramu

Odpověď v protokolu **Host Link** vypadá takto:



Obrázek č.17 : Datagram odpovědi v protokolu Host Link

- **@, Node Number, Header Code, FCS, Terminator**: viz výše
- **End Code**: - stav dekodování příkazu
- je-li End Code 00, příkaz byl proveden bez chyby



Algoritmus kódování FCS:

@	→	40	→	0100		0000
					XOR	
1	→	31	→	0011		0001
					XOR	
0	→	30	→	0011		0000
					XOR	
R	→	52	→	0101		0010
					XOR	
0	→	30	→	0011		0000
					XOR	
0	→	30	→	0011		0000
					XOR	
0	→	30	→	0011		0000
					XOR	
1	→	31	→	0011		0001
				<hr/>		
				0100		0010
				↓	↓	
				4	2	

Obrázek č.18 : Příklad kódování FCS



3. Software

3.1. Vývojové prostředí KEIL μ Vision

Toto prostředí bylo použito již na ročníkovém projektu. Program byl vyvíjen v programovacím jazyku assembler. Pro programování kontroleru AT89C2051 stačilo omezení u sharewarové verze KEIL μ Vision 2 verze 2.10. V diplomové práci je použit pouze jazyk ANSI C.

Toto prostředí je vyvinuto speciálně pro procesory řady 8051. Obsahuje Editor zdrojového textu s barevnou syntaxí, C51 compiler pro ANSI (American National Standards Institute, který předepsal syntaxi jazyka C) a L51 linker. V tomto případě byl použit pro psaní programu editor Keil μ Vision2 verze 2.10. Tato verze je pouze shareware, která je omezena 2 kB strojového kódu „Hex file“. Na rozdíl od procesoru Atmel 89C2051, má ADUC 812 8kB FLASH paměti a při programování v C značně narůstá velikost výsledného „Hex file“ souboru. Proto byl použit Compiler a Linker ze starší verze pro MS-DOS, C51 Compiler V5.02 a L51 Linker V3.52. Editor z novější je mnohem lépe ergonomicky vyřešen díky snadné orientaci v programu a barevnému odlišení zdrojového textu.

Jazyk C pro mikrokontrolery se liší v několika bodech od standardního jazyka C pro PC. Především je to ukládáním dat do paměti. Jelikož mikroprocesor v PC má již dostatečně velkou RAM paměť, nemusí se starat o spotřebované místo jako v případě čipu 8051. ADUC 812 má RAM velkou 256 bytů. Z tohoto důvodu lze při zápisu dat či volbě proměnných volit paměťový prostor kam budeme ukládat:

- **data** - proměnná je uložena v interní RAM procesoru (registrová paměť 0x00-0xFF) - maximální rychlost přístupu
- **idata** - proměnná je uložena v interní RAM procesoru 0x80-0xFF a je adresována nepřímo (indirect) - pomalejší přístup
- **xdata** - proměnná je uložena v externí paměti procesoru - nejpomalejší přístup, ale velký datový objem
- **code** - hodnoty jsou uloženy v paměti programu; vhodné pro konstanty
- **bit** - bitová proměnná je uložena v bitově adresovatelné oblasti interní RAM procesoru 0x20-0x2F
- **sbit** - takto se definují speciální registry procesoru a jejich



Důležitou součástí programů pro mikrokontrolery je obsluha přerušení. Kompilátor je pro toto rozšířen o klíčová slova **interrupt** a **using**. Pomocí **interrupt** se definuje, které přerušení je obsluhováno a kompilátor vloží volání této funkce do tabulky přerušení. Číslo určuje typ přerušení (adresa bodu přerušení bude $3 + \text{číslo} * 8$). Tyto hodnoty platí pro ADUC 812:

- **0** externí přerušení 0
- **1** timer 0
- **2** externí přerušení 1
- **3** timer 1
- **4** sériové rozhraní nebo SPI
- **5** timer 2
- **6** ADC převodník

Klíčové slovo **using** určuje, která registrová sada se pro obsluhu přerušení použije (0 až 3). Kompilátor pro samotný program používá registrovou sadu 0 a tak pro přerušení zbývají sady 1 až 3. Je důležité pamatovat na to, že přerušení s vyšší prioritou může přerušit nižší a je třeba v něm použít volnou registrovou sadu. Funkce jsou bez argumentů a také nic nevracejí.

Další pomůckou je vložení knihovny SRF registrů (`#include <reg51.h>`), která velice usnadňuje práci při vyvíjení programu.

Při zakládání nového projektu je nutno nastavit ve vlastnostech projektu typ procesoru a typ hexadecimálního zdrojového kódu. Při změně zdrojového souboru se nemusí znova nastavovat vlastnosti projektu, což je nesporná výhoda při vývoji složitějších programů, které se mohou odladit postupně.

Vývojové prostředí KEIL umožňuje program také v jisté míře nasimulovat. Tato funkce se aktivuje při úspěšné kompilaci a přeložení programu. V režimu simulace se otevřou okna s výpisem hodnot registrů, popřípadě další zvolená okna s výpisem stavu různých periférií. Mezi tato okna patří např. okno Watch, emulace sériové linky, stav vstupně výstupních bran apod. Simulace podporuje i dva druhy krokování programu, a to krokování po instrukcích (řádcích), nebo krokování po celých rutinách, což je vhodné např. při odesílání znaku a čekání na nastavení příznaku „RI“. Při odladování a puštění programu je možno simulaci zastavit na předem určené instrukci.



3.2. Softwarový balíček pro ADUC 812

Firma Analog Devices uvolnila na internetu možnost stáhnutí tohoto softwarového vybavení pro ADUC 812. Při instalaci samorozbalovacího souboru ADuCQSDSv30www.exe (cca 8,3 MB) se na zvoleném disku vytvoří podadresář ADuC a v něm celá řada dalších podadresářů. V nich jsou především umístěny spustitelné soubory:

- **ADSIM** s již zmíněným simulátorem,
- **ASM51** s DOS kompilátorem assembleru na INTEL HEXA formát
- **DeBugV2**, což je novější verze debuggeru pro mikrokonvertory ADuC812/816/824 s využitím sérové linky RS-232,
- **WASP** - program pro analýzu software pro mikrokonvertoru ADuC812/816/824
- **WSD** - DownLoad pod windows k zavedení zkompilovaného programu do mikrokonvertoru ADuC812/816/824 po sériové lince

Spuštěním simulátoru ADsim812 získáme velmi komfortní vývojový simulátor řady 8051 a jeho dalších nadstaveb. Mimo základní menu se v horní části okna zobrazí dvě lišty, které umožňují vyvolat celou řadu funkcí a událostí v „běhu“ laděného programu. Na ostatní volné ploše obrazovky lze zobrazit pomocná okna následujících funkcí a významů:

- laděný program, v němž jsou uvedeny také odkazy a návěští jako ve zdrojovém textu programu,
- obsah interní, případně externí paměti RAM pro data
- paměťovou lokaci SFR registrů, tedy jen těch, co používá základní 8x51
- všechny čtyři I/O porty včetně zobrazení po bitech
- všechny tři časovače, tedy včetně Timer2 u 8x52
- a speciálně pro ADuC812:
 - paměťovou lokaci SFR registrů pro A/D a D/A převodníky
 - paměťovou lokaci pro I2C a SPI rozhraní
 - paměťovou lokaci pro obsluhu flash EEPROM paměti včetně této flash paměti
 - paměťovou lokaci vnitřního WDT monitoru a monitoru napájení včetně možnosti simulace poklesu tohoto napájení



Ve všech oknech lze provádět modifikaci paměťového místa nebo registru. Jedině v okně programu to možné není.

Pro vlastní ladění programu lze využít shodné funkce jako u simulátoru v μ Vision.

K nahrávání programu do obvodu slouží program WSD. Po jeho spuštění proběhne test jestli je k jedné ze sériových linek připojen mikrokontroler. Jestli obvod nenajde, spouští se automaticky dialogové okno s vlastnostmi přenosu sériového kanálu a nastavení frekvence piezokeramického rezonátoru na desce s ADUC 812. Po provedení úspěšného testu se aktivují tlačítka **Configuration**, **Reset**, **Download** a **Run**. Program lze nahrát pouze pomocí funkce **Download**. Po nahrání se v terminálovém okně musí zobrazit „Download.....OK“. WSD komunikuje s ADUC812 rychlostí 9 600 kbaud/s, 8 datových bitů, jeden start bit a stop bit.

3.3. Vyvíjení programu

Pro lepší seznámení s komunikačními standardy (PDU, HOST LINK) bylo nutné naprogramovat jednoduché terminály pro PC v borlandovském Builderu 5. Při vývoji programu byly dvě možnosti jak naprogramovat komunikaci po sériové lince. První z nich bylo použití již hotové komponenty Cport, kde již jsou implikovány veškeré funkce ovládající COM port. Pro její nekompatibilitu s různými verzemi operačních systémů, bylo vhodnější naprogramovat tyto funkce pomocí API. Pro čtení z portu bylo použito vlákno souběžně s hlavním vláknem programu.

Protokol Host Link, komunikující s PLC Omron, používá 7 datových bitů, lichou paritu, jeden start bit a dva stop bity. Tento typ komunikace mikrokontroler nepodporuje. Lze použít typ s devíti datovými bity, jedním start bitem a stop bitem. Osmý datový bit je použit jako paritní a devátý jako Stop bit. Při příjmu a odesílání dat protokolem Host Link je nutno každý datový bajt vhodným způsobem namaskovat.

Nastavení vstupů/výstupů automatu Omron je řešeno přes dva instrukční příkazy. V datagramu příkazu se musí stav zakódovat do hexadecimální soustavy. Každý vstup/výstup tu reprezentuje jeden bit při příjmu/vyslání dat.



vstup	bit	Hodnota (ASCII)
0	2^0	1 h
1	2^1	2 h
2	2^2	4 h
3	2^3	8 h
4	2^4	10 h
.	..	.
.	.	.
11	2^5	800 h

Tabulka č. : Popis kódování vstupů/výstupů automatu Omron

3.3.1. Popis Programu

Programování v ANSI C pro mikrokontrolery se liší jen v několika bodech popsaných výše. Velkou výhodou oproti assembleru je přehlednost programu, ať už při volání rutin, obsluha přerušení či nastavení SFR registrů.

Na začátku programu dojde k zavolání rutiny INIT_CPU, která nastavuje vlastnosti důležitých SFR registrů ovládajících časovače, přerušení a sériovou linku (IE, IP, TMOD, TCON, PCON, SCON, TH1, TH0, TL0, TI, RI).

Po inicializaci dojde k vymazání alokovaných polí pro příjem a aktivuje se sériová linka pro mobilní telefon.

Při spuštění programu se otestuje přítomnost telefonu AT příkazem „AT“, je-li telefon připojen, měl by vrátit odpověď „OK“. Nedojde-li ke spojení, dojde k vykonání zpoždovací rutiny (5s) a test se provede znovu. Pokud je test úspěšný, posílá příkaz „ATEO<CR>“, který zamezuje opakování příkazu při příjmu odpovědi z telefonu. Mobil vrací řetězec „OK“.

Po testu komunikace se dotáže telefonu jestli došla nová SMS zpráva (AT + CMGL = 0 <CR>). Telefon vrací datagram nové SMS zprávy.



Ukázka rutiny pro vysílání znaku:

```
void posli (unsigned char znak)
{
    SBUF=znak;          //naplnění vstupně/výstupního bufferu
    while (TI==0) {}    //čeká na odvysílání
    TI=0;
    //příznak vyslání znaku musí být softwarově vynulován
}
```

Novou SMS začne ukládat do interní RAM alokovanou v horní polovině adresované od 80h do FFh. Naplnění vstupního bufferu vyvolá přerušení:

```
void nactisms (void) interrupt 4 using 2
{
    if(RI)                // kontrola naplnění vstupního bufferu
    {
        RI=0;
        if (pom<140)      //pole pom je omezeno na 140 znaků
        {
            sms[pom]=SBUF;
            pom++;}
    }
}
```

Velikost uložené zprávy je omezena velikostí interní RAM paměti. Pro ovládání dvanácti vstupů a osmi výstupů automatu Omron tato velikost stačí. Prvních 76 znaků jsou vlastnosti PDU formátu a informace o odesílateli. Pro vlastní zprávu zbude 64 bajtů zakódovaných a 43 rozkódovaných znaků textu SMS. Prvních osm znaků je přístupové heslo k ovládání obvodu. Heslo lze změnit po připojení ADUC 812 k PC. Dalších 16 znaků je pro nastavení výstupů („Vystupy:01010101“). Poslední řetězec „Posli“ určuje jestli se má poslat odpověď se stavem systému.

Po načtení SMS zprávy dojde k jejímu rozkódování. Vypočte se délka datagramu a oddělí se samotný text. Text se převede z hexadecimální do dekadické podoby. Kvůli velmi malé RAM paměti se zpráva ukládá na začátek stejného pole. Spustí se rutina pro rozkódování sedmibitových dat. Proběhne kontrola hesla, zda-li je heslo správné, zpráva se vymaže z telefonu. Je-li heslo jiné, zprávu nevymaže, ale zkontroluje se jestli není vyčerpaná kapacita pro příchozí SMS zprávy. Každý operátor podporuje na SIM



kartě různý počet přijatých a odeslaných SMS zpráv (např.: T-Mobile TWIST celkem 10, Oskar tarif Odepiš celkem 30 z toho 20 přijatých a 10 odeslaných).

Rozdíl hodnot mezi kódováním v ASCII a v telefonu je ve znaku „@“, kde v telefonu ho reprezentuje hodnota nula a v ACII hodnota 65.

Program prohlíží celý řetězec nové zprávy a hledá přístupové heslo, jelikož zprávy z internetu začínají různými specifickými znaky podle typu operátora nebo SMS brány.

Program přepne sériový kanál a počká 5 s. Pak začne komunikovat s PLC. Nastaví vstupy a uloží do paměti stav všech výstupů. Jestli nastala změna nebo byla vyžádána odpověď, pošle SMS s celkovým stavem systému.

Zpráva vypadá např. takto: **Modul2001-Vstupy:0101010101-Vystupy:01010101.**

Pro různé aplikace je možné text SMS zprávy upravit do vhodnější a přehlednější formy. Poté se program rozběhne znovu od začátku a testuje příchod nové SMS.



4. Závěr

Úkolem diplomové práce bylo navrhnout a realizovat jednoúčelový mikropočítač jako mezičlánek mezi GSM zařízením a automatem PLC. Funkční vzorek byl navržen na katedře KSI a realizován firmou CUBE. Deska byla osazena procesorem ADUC 812 od Analog Devices. Základem pro další práci bylo nastudování komunikačních standardů rozhraní zařízení GSM a protokolem Host Link systémů PLC firmy Omron. Pro hardwarové spojení obou zařízení byla vyrobena odpovídající kabelová spojení, pouze pro automat PLC byl použit datový kabel firmy Omron. Pro detailnější seznámení s komunikačními standardy byly vytvořeny pomocné programy – terminály pro oba druhy komunikace, vyvíjené ve vývojovém programátorském vybavení Borland Builder 5.

Program pro mikroprocesor ADUC 812 byl vyvíjen v prostředí Keil μ Vision 2. Ověření funkčnosti bylo provedeno na simulátorech v Keil μ Vision a v programu ADSim od Analog Devices.

Mikrokontroler komunikuje a monitoruje bezobslužně s oběma zařízeními po sériovém rozhraní UART RS 232. Po třicetisekundových intervalech kontroluje příjem nové SMS zprávy a změnu na vstupech automatu PLC. Při změně logických úrovní digitálních vstupů automatu posílá buď na předem určené telefonní číslo nebo na číslo poslední došlé SMS o stavu celého systému. Chce-li uživatel změnit nebo zjistit stav systému, musí na začátek zprávy napsat krátké přístupové heslo, bez kterého nemá přístup k ovládání celého zařízení. Uživatel tedy může přistupovat k informacím o stavu systému z jakéhokoli čísla. Chce-li si vyžádat odpověď o celkovém nastavení automatu, musí na konec zprávy zadat řetězec „Posli“.



Použitá literatura:

- [1] Skalický Petr: Mikroprocesory řady 8051. Druhé rozšířené vydání . Nakladatelství BEN – technická literatura , Praha 1998
- [2] Herout Pavel: Učebnice jazyka C. Třetí.upravené vydání. Nakladatelství Kopp, České Budějovice, 1999
- [3] Vlach Jaroslav. Nakladatelství BEN – technická literatura , Praha 1994
- [4] Aduc812 Datasheet [online]. Analog Devices, Inc.,2001. Dostupné z <<http://www.analog.com>.>
- [5] Sysmac Programming Manual [online]. Omron Manufacturing of the Netherlands BV. Dostupné z <<http://www.omron.com>>.
- [6] Sysmac Operation Manual [online]. Omron Manufacturing of the Netherlands BV. Dostupné z <<http://www.omron.com>>.
- [7] Hayes At Commands [online]. Dostupné z <<http://www.option.co.za>>
- [8] <www.etsi.org>
- [9] <www.hw.cz>



Seznam příloh na přiloženém CD médiu :

Adresář:

Diplomová práce

- obsahuje diplomovou práci v elektronické podobě (DP.pdf)

Manuály

- obsahuje manuály k ADUC 812 a PLC Omron v elektronické podobě

Programy

- obsahuje programové vývojové prostředí Keil μ Vision

Modul 2003

- obsahuje hlavní program

Terminály

- obsahuje pomocné terminály k telefonu a automatu Omron

Plošný spoj

- obsahuje náčrt plošného spoje