



FAKULTA  
ELEKTROTECHNICKÁ

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**MODUL PRO GSM MONITORING SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNY S  
MIKROKONTROLÉREM PIC**

**Vedoucí práce: Ing. Jan Michalík Ph.D.  
Autor: Vladislav Kolaja**

**2012**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2011/2012

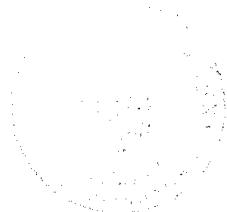
**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Vladislav KOLAJA  
Osobní číslo: E11B0209P  
Studijní program: B2644 Aplikovaná elektrotechnika  
Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika  
Název tématu: Modul pro GSM monitoring solární elektrárny s mikrokontrolérem PIC  
Zadávající katedra: Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Student by měl v průběhu řešení postupovat následujícím způsobem:

1. Podrobné seznámení se s GSM modulem a měničem SunnyBoy, popis komunikačního protokolu, funkce apod.
2. Návrh monitorovacího systému (výběr vhodného mikrokontroléru a periférií, návrh DPS, zhotovení programu).
3. Testování realizovaného zařízení, zhotovení dokumentace.



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.


Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Michalík, Ph.D.**

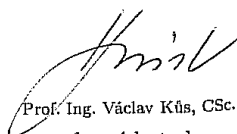
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 17. října 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 3. června 2012

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

## Anotace

**Tato práce se zabývá vývojem vlastního zařízení pro monitorování fotovoltaické elektrárny. Dále popisem několika druhů měničů různých výrobců a popisem jejich možností monitoringu. Úkolem práce je vytvořit vhodné zařízení pro dálkové monitorování měničů či skupiny měničů a vhodný softwarový podklad pro zobrazení výsledků.**

**Tento celek se skládá ze dvou základních částí: MIKROKONTROLÉR, GSM MODUL**

## Klíčová slova

**GSM, monitoring, fotovoltaická elektrárna, mikrokontrolér.**

## Abstract

**This thesis deals with description of several types of converters from different manufacturers and their technical solutions and monitoring capabilities. The task is to create suitable work equipment for remote monitoring of changing or group of transducers and software suitable basis for displaying results.**

**This unit consists of two basic blocks: MICROCONTROLLER,GSM MODUL**

## Keywords

**GSM, monitoring, photovoltaic power, microcontroller.**

## Prohlášení

**Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.**

**Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.**

**V Plzni dne 3.6.2012**

**Vladislav Kolaja**

.....

## Poděkování

**Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Michalíkovi, Ph.D., za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.**

## OBSAH

1	ÚVOD .....	9
1.1	CÍL PRÁCE.....	9
2	Metodika návrhu .....	10
3	Možnosti komunikace se střídačem .....	11
3.1	SÉRIOVÁ KOMUNIKACE .....	11
3.1.1	RS-232.....	12
3.1.2	RS-485.....	13
3.2	ETHERNET .....	14
3.3	WIFI.....	16
3.4	BLUETOOTH.....	17
3.5	GSM.....	18
4	Vlastní řešení.....	20
4.1	POUŽITÉ KOMPONENTY .....	20
4.2	MIKROKONTROLÉR ATMEGA128.....	21
4.3	GSM MODUL MOTOROLA G24-LITE .....	23
4.4	STŘÍDAČ SMA SUNNYBOY U700.....	24
5	GSM monitoring - popis jednotlivých modulů .....	25
5.1	POPIS KOMUNIKAČNÍHO PROTOKOLU .....	25
5.1.1	SMA SunnyBoy U700.....	25
5.1.2	Motorola G24 lite .....	25
5.2	MOŽNOSTI KOMUNIKACE S PC.....	26
6	GSM monitoring - Návrh a realizace .....	28
6.1	NÁVRH SCHÉMATU .....	28
7	Závěr.....	36
	Citovaná literatura .....	37
	Seznam obrázků .....	38





# 1 ÚVOD

## 1.1 Cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit prototyp zařízení, které bude schopné dálkově sledovat střídač a posílat aktuální dodávaný výkon a popř. jiné parametry (teplota, napětí, apod.) pomocí datové části GSM modulu. Tato data se budou ukládat na vzdálený databázový server, kde budou dále zpracována a zobrazována. Zadavatel této práce vyžaduje použití předem daných komponent. Jako další požadavky na prototyp jsou co nejnižší pořizovací náklady a co nejvyšší spolehlivost a dostupnost (ve smyslu GSM pokrytí).

Seznam daných komponent:

- střídač SMA SunnyBoy U700
- GSM modul Motorola G24-Lite

Úkolem tohoto zařízení je přinést větší komfort a možnost snadného monitorování vývoje dodávaného výkonu. Komunikace mezi GSM modulem a mikrokontrolérem je realizována pomocí sériové linky.

## 2 Metodika návrhu

Zde rozepíše předpokládaný postup prací v bodech, při vývoji prototypu:

1. Seznámení se střídačem SMA SunnyBoy U700 a jeho komunikačních možnostech.
2. Seznámení se s GSM modulem Motorola G24-Lite.
3. Výběr vhodného mikrokontroléru.
4. Ověření funkčnosti nástroje YASDI.
5. Návrh schématu v programu EAGLE.
6. Návrh desky plošného spoje v programu EAGLE.
7. Modelování desky plošného spoje za pomoci programu EAGLE, EAGLE 3D a POV-RAY.
8. Výroba desky plošného spoje, osazení a oživení.
9. Návrh a naprogramování mikrokontroléru za pomoci knihoven nástroje YASDI.
10. Ověření funkčnosti prototypu.

### 3 Možnosti komunikace se střídačem

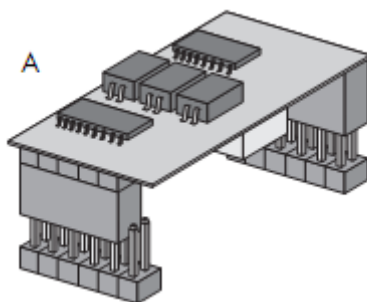
Tato část bakalářské práce se zabývá možnostmi datové komunikace se střídačem. Popis datové komunikace je vytvořen pro konkrétní typ zařízení – SMA SunnyBoy U700.

Je nutné si uvědomit, že pokud chceme dálkově sledovat střídač, tak kromě níže uvedených rozhraní je nutné mít tarif nebo dobíjecí kartu, díky které bude možná datová komunikace se vzdáleným serverem, na který budou ukládána veškerá data a poté vhodným způsobem zobrazována.

#### 3.1 Sériová komunikace

Se střídačem SunnyBoy U700 v základu nelze komunikovat vůbec nijak. Jediný způsob, jak se s ním dát tzv. „do řeči“, je použití převodníku speciálně určeného pro tento typ střídače, tzv. „PiggyBack“ [Obr] 3.1.

*Převodníky sériového rozhraní „piggy back“ jsou násuvné moduly pro převod signálů TTL na určený typ rozhraní.*



[Obr] 3.1 - Ukázka PiggyBack – převodníku

Sériová sběrnice používá pro přenos dat a řízení sběrnice jeden vodič (resp. dvojici signálových vodičů) nebo více vodičů.

Po fyzikální stránce se datová informace přenáší buď pomocí změny elektrického napětí nebo změny elektrického proudu. Realizace pomocí změny napětí je jednodušší, realizace pomocí změny proudu je složitější, ale má větší odolnost proti elektromagnetickému rušení. Data jsou většinou přenášena v sériové posloupnosti pomocí jednoho signálu. Jaký je formát přenášených dat, časování přenosu, řízení přenosu atd. popisuje protokol sběrnice. Standard sběrnice popisuje také elektrické a mechanické parametry sběrnice. Sériová komunikace se dále dělí na více protokolů, které budou popsány níže. (1)

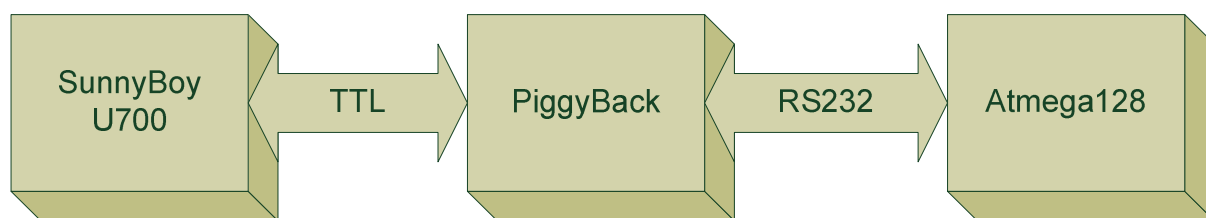
### 3.1.1 RS-232

RS-232 je rozhraní pro přenos informací vytvořené původně pro komunikaci dvou zařízení do vzdálenosti 20 m. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena větším napětím, než je standardních 5 V. Přenos informací probíhá asynchronně, pomocí pevně nastavené přenosové rychlosti a synchronizace sestupnou hranou startovacího impulsu.

Osobní počítače jsou vybaveny buď samostatným čipem UART popř. USART, nebo je tento universální vysílač a přijímač zabudován do nějakého složitějšího čipu (většinou jižního můstku – south bridge – na základní desce). (2)

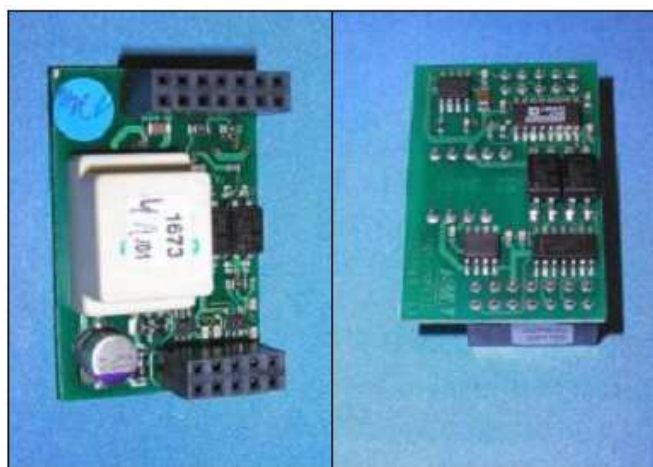
Výhodou použití RS-232 je její cena. Stačí nám pouze jeden převodník na jeden střídač, dále se přímo připojíme na mikrokontrolér a můžeme komunikovat se střídačem bez dalších převodníků.

Blokové zapojení tohoto rozhraní je vidět níže [Obr] 3.2 . Jak je z blokového schématu zřejmé, toto zapojení je velmi jednoduché a levné.



[Obr] 3.2 - Blokové schéma použití rozhraní RS232

Na dalším obrázku [Obr] 3.3 je zobrazen převodník PiggyBack, který disponuje výstupním rozhraním RS-232.



[Obr] 3.3 - PiggyBack - RS-232

Výhody a nevýhody komunikace pomocí RS-232:

Výhody:

- Levné a jednoduché převodníky.
- Jednodušší struktura programu.
- Celkové řešení je levnější.

Nevýhody:

- Lze připojit pouze jeden střídač na jeden RS-232, pro testovací účely vhodné, nikoliv však pro více střídačů a běžné použití.

### 3.1.2 RS-485

Komunikace pomocí RS-485 je poněkud složitější. Na rozdíl od rozhraní RS-232, které lze použít pro komunikace pouze mezi dvojicí zařízení. Blokové zapojení tohoto rozhraní je vidět na obrázku [Obr] 3.5. U RS-485 lze komunikovat s více zařízeními pomocí jednoho vedení. Sice tím uspoříme materiál (není nutné tahat ke každému zařízení zvlášť vedení - stačí pouze jedno multiplexované), ale zvýšíme tím složitost programu, který bude muset obsluhovat více přijímačů.

Každý převodník PiggyBack [Obr] 3.1 má svojí EEPROM paměť, ve které má uložený klíč, podle kterého poznáme, se kterým převodníkem komunikujeme. Na rozdíl od RS-232 na které lze připojit pouze 1 zařízení na rozhraní RS-485 lze fyzicky připojit až 32 zařízení (32 zařízení vychází ze specifikací rozhraní RS-485).

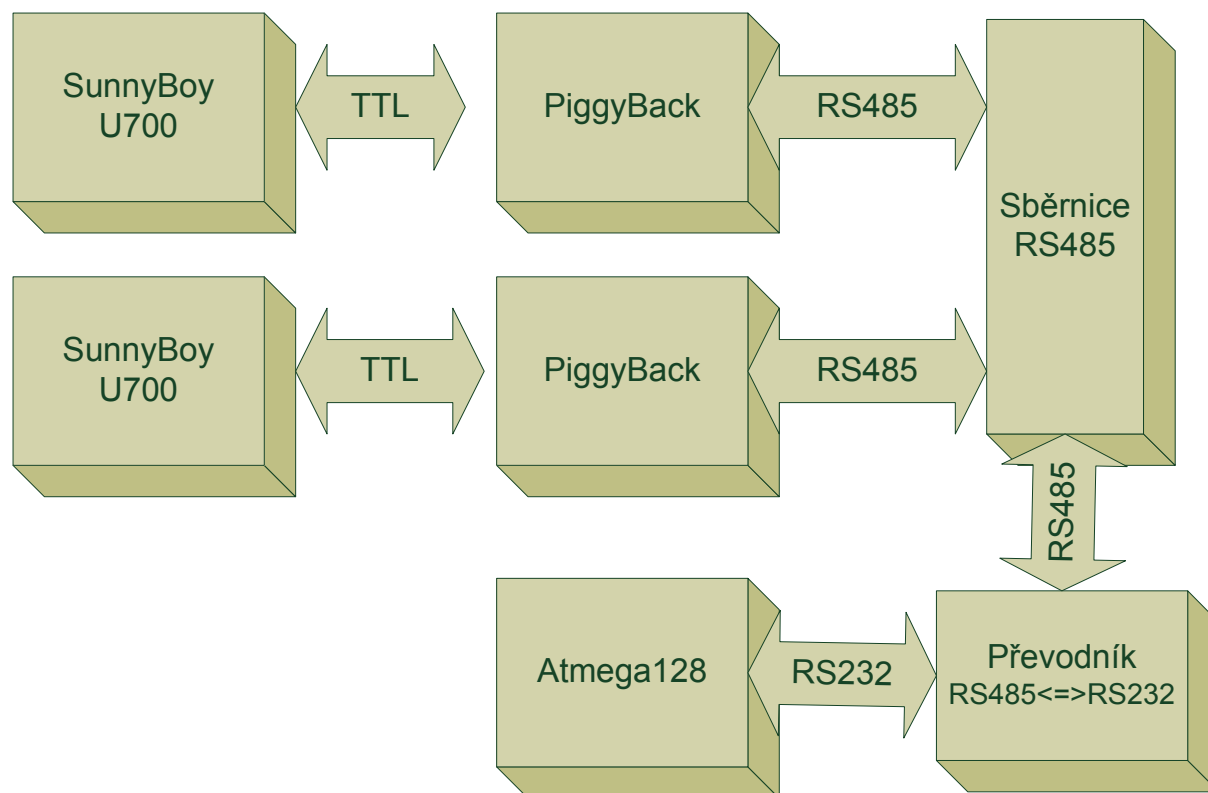
Níže na [Obr] 3.4 je vidět fyzická podoba převodníku. Výstupní protokol je RS-485.



[Obr] 3.4 - PiggyBack - RS485

U rozhraní RS485 je použit jen jeden dvoudrát (kroucený pár) pro připojení až 32 povolených zařízení na datové vedení (řídící signály u rozhraní RS485 nejsou). Každé zařízení na lince RS-485 může být řídicím zařízením (MASTER). Vedení je společné pro vysílaná i přijímaná data. Aby nedocházelo ke kolizi dat na lince, musí být v každém případě v převodníku RS-232 na RS-

485 použito nějaké řízení ovládání přístupu na společnou komunikační linku RS-485. Lze použít HW nebo SW přepínání příjem / vysílání. (3)



[Obr] 3.5 - Blokové schéma použití rozhraní RS485

Výhody a nevýhody komunikace pomocí RS485 :

Výhody:

- Možnost komunikace s více zařízeními pomocí jednoho vedení.
- Možnost monitorovat více střídačů.

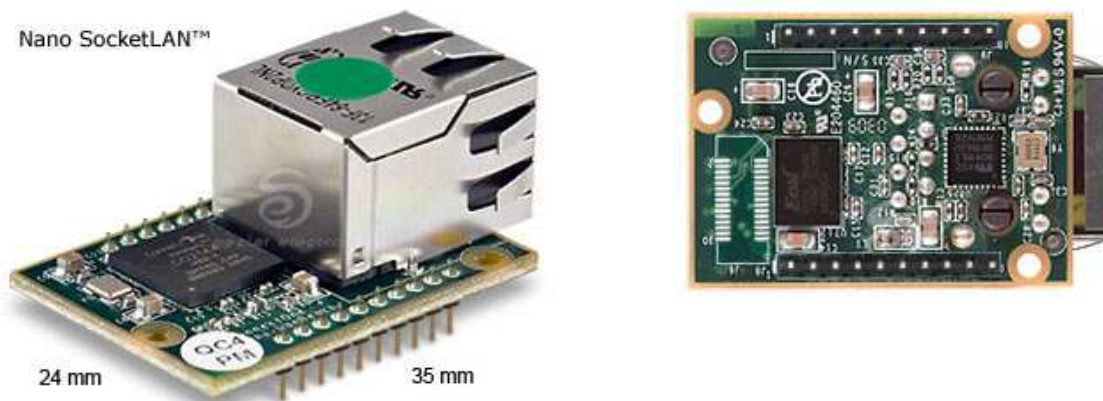
Nevýhody:

- Vyšší cena z důvodu použití dalšího převodníku RS485<=>RS232.
- Dále vyšší softwarová náročnost kvůli multiplexované sběrnici.

### 3.2 Ethernet

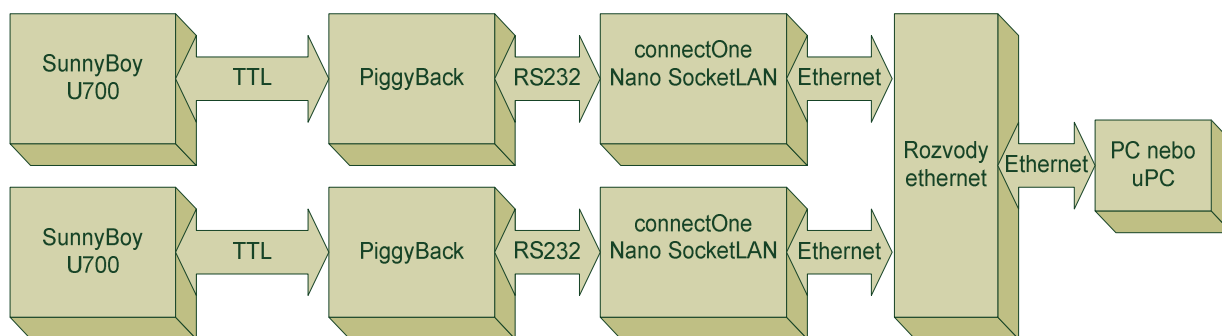
Komunikační rozhraní ethernet se z mého hlediska jeví jako nejlepší řešení. Avšak v našem použití je potřeba dálkového monitorování střídače. Proto se pro naše využití příliš nehodí. Toto rozhraní se hodí do míst, kde jsou již realizovány rozvody počítačové sítě, která slouží k připojení k internetu. Z tohoto důvodu není nutné používat žádný GSM modul pro datovou komunikaci se vzdáleným serverem pro ukládání dat ze střídače.

Ethernet modul firmy connectOne [Obr] 3.6 slouží jako převodník mezi rozhraními UART(RS-232)<=>Ethernet.



[Obr] 3.6 - Ukázka ethernet modulu Nano SocketLAN firmy connectOne

Velkou výhodou tohoto provedení je možnost připojení velkého množství zařízení [Obr] 3.7. Díky použití ethernet protokolu má každý střídač svoji unikátní MAC a IP adresu, díky které je snadno identifikovatelný. Dalším velkým plus je dle mého názoru možnost připojení se na každý jednotlivý ethernet modul a sledování aktuálních hodnot na konkrétním střídači. Každý ethernet modul (od firmy ConnectOne) disponuje jednoduchým web serverem, na kterém lze provozovat jednoduché java aplety, na kterých je možno sledovat různé hodnoty odečtené ze střídače.



[Obr] 3.7 - Blokové schéma použití rozhraní ethernet

Výhody a nevýhody technologie ethernet jsou následující:

Výhody:

- Možnost sledovat více střídačů.
- Možnost využití stávajících rozvodů ethernetu.
- Není třeba žádný GSM modul pro dálkovou správu.

Nevýhody:

- Vyšší cena.

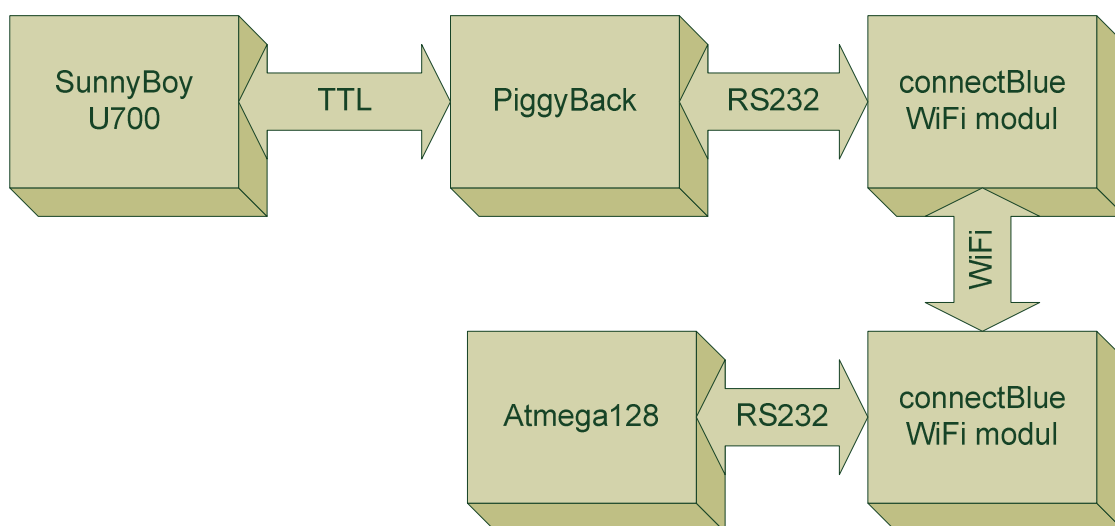


### 3.3 Wifi

Další možností komunikace mezi střídačem a mikrokontrolérem je použití Wifi modulu. Na obrázku [Obr] 3.8 je vidět blokové schéma použití rozhraní Wifi. Díky tomuto převodníku lze celkem snadno přenášet data bezdrátově na relativně velké vzdálenosti (řádově desítky metrů až jednotky kilometrů - kilometry pouze za předpokladu použití externí směrové antény a přímé viditelnosti).

Využití rozhraní Wifi má mnoho výhod oproti řešením, která jsou uvedena výše (RS-232 a RS-485). Jednou z nich je, že pro dálkovou správu není nutné použít GSM modulu. Díky použití Wifi modulu je možné připojení ke stávající Wifi síti a tím odpadá nutnost platit vybranému mobilnímu operátorovi za jeho datové služby.

Ukázka Wifi modulu je vidět na níže [Obr] 3.9. Pokud chceme využít sériového rozhraní Wifi modulu, je nutno použít převodník UART<=>RS232.



[Obr] 3.8 - Blokové schéma použití rozhraní Wifi



[Obr] 3.9 - Ukázka WiFi modulu firmy connectBlue

Výhody a nevýhody technologie WiFi jsou následující:

Výhody:

- Relativně velký dosah (10metrů až jednotky km).

- Možnost využití stávající infrastruktury pro připojení ke vzdálenému serveru pro ukládání dat (dodávaného výkonu do sítě a jiných parametrů).

Nevýhody:

- Cena.
- Možnost zarušení prostředí (2,4GHz bezlicenční pásmo).
- V případě použití na delší vzdálenosti nutno chránit proti atmosférickým výbojům.

### 3.4 Bluetooth

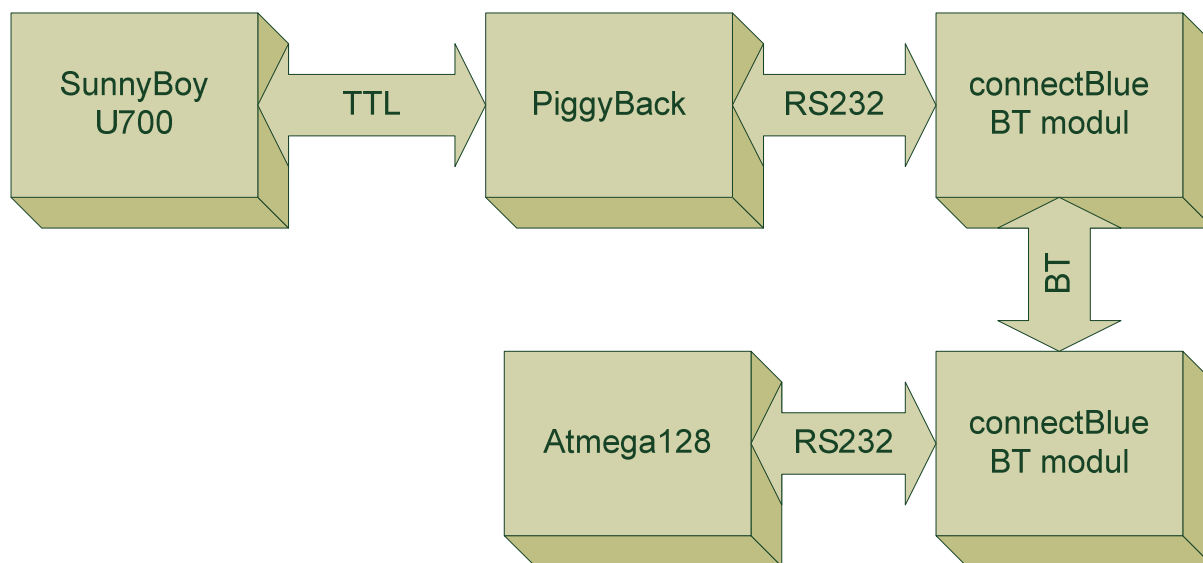
Možnost komunikace za pomoci rozhraní bluetooth přidávám pouze jako další možnost komunikace. Toho rozhraní není vhodné pro naše použití především kvůli velmi nízkému dosahu, který je náchylné na umístění a na prostorové rozložení překážek a způsob zpracování budovy (vyztužené stropy, armatury, apod.). Pro ilustraci je níže uveden obrázek převodníku RS232<=>Bluetooth [Obr] 3.10.



[Obr] 3.10 - Ukázka BT modulu firmy connectBlue

Pokud bychom chtěli přece jenom použít komunikaci pomocí bluetooth modulu, je nutné do blokového schématu [Obr] 3.11 přidat další převodník. Samotný bluetooth modul disponuje velkým množstvím komunikačních rozhraní, jako je RS232, RS485 (nutno použít převodník RS232<=>RS485), v našem případě bychom využili pouze rozhraní RS232. Komunikace probíhá standardně pomocí AT příkazů.

Blokové schéma použití rozhraní Bluetooth je vidět na obrázku níže.



[Obr] 3.11 - Blokové schéma použití rozhraní Bluetooth

Výhodou využití technologie bluetooth budou následující:

- Bezdrátová komunikace, avšak omezený dosah (v řádu jednotek až desítek metrů).
- Levnější než GSM modul.

Největší výhodou tohoto řešení je, že se nemusí platit žádný kredit či paušál jako v případě použití GSM modulu.

Avšak nevýhod má tato technologie více:

- Velmi nízký dosah (řádově jednotky až desítky metrů – velmi záleží na místní situaci), výrobce modulu uvádí dosah až 150m při přímé viditelnosti.

### **3.5 GSM**

Jelikož zadavatel práce trvá na použití GSM modulu, jmenovitě modulu G24-Lite od firmy Motorola, bude se tato část věnovat tomuto konkrétnímu modelu. V našem případě GSM modul slouží k odeslání dat z paměti mikrokontroléru na vzdálený databázový server. Pro lepší představu daného problému je náš problém zobrazen na blokovém schématu [[Obr] 3.12 - Blokové schéma použití rozhraní GSM] ( pro jednodušší představu je použito rozhraní RS232 - tzn. pouze jeden střídač ).

Jak je vidět na obrázku [Obr] 3.12, GSM modul komunikuje z jedné strany s mikrokontrolérem Atmega128 pomocí sériové linky a ze strany druhé pomocí datového spojení s databázovým serverem pomocí GPRS nebo EDGE dle dostupnosti.

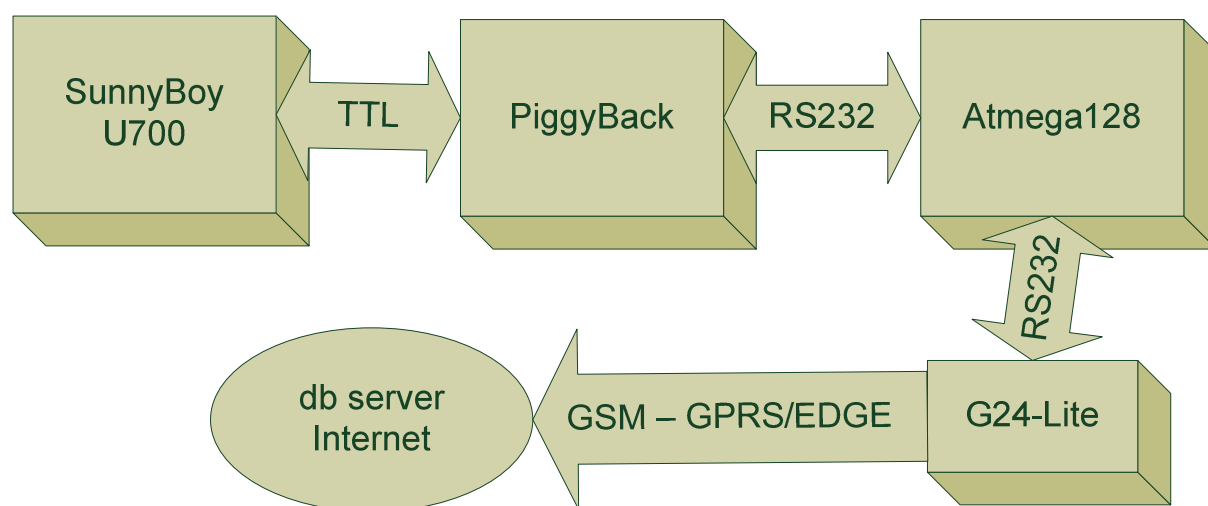
Výhody využití technologie GSM :

Výhody :

- Největší výhodou této technologie je, velmi vysoká dostupnostu tohoto řešení. Signál GSM má "téměř" 100% pokrytí.
- Data jsou přeposílána přímo na databázový server, kde jsou dále zpracovávána.

Nevýhody:

- Cena GSM modulu.
- Nutnost platit za datové služby ( GPRS/EDGE přenosy ).



[Obr] 3.12 - Blokové schéma použití rozhraní GSM

## 4 Vlastní řešení

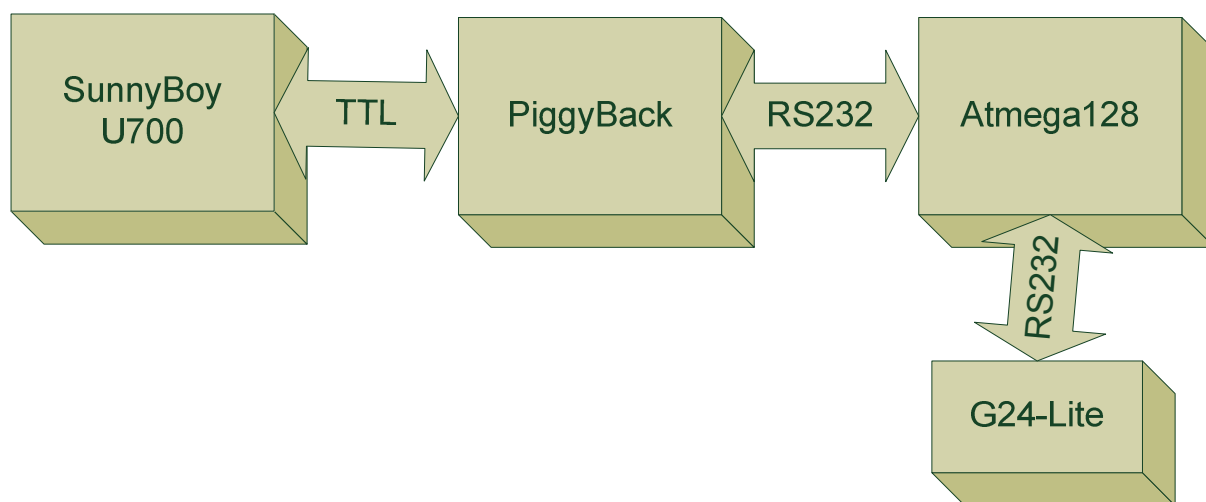
### 4.1 Použité komponenty

V této části bakalářské práce si jednotlivě popíšeme použité komponenty.

Od zadavatele této práce byly určeny následující komponenty:

- SMA SunnyBoy U700
- GSM Modul Motorola G24-L

Komponenty uvedené výše jsou dány. Naším cílem v této části bakalářské práce je vybrat vhodný mikrokontrolér, který by zprostředkoval komunikaci mezi GSM modulem a střídačem SunnyBoy U700. Blokové schéma je možné vidět na obrázku [Obr] 4.1.



[Obr] 4.1 - Komunikace mezi střídačem SunnyBoy U700, mikrokontrolérem Atmega128 a GSM modulem G24-L

Bylo nutné vybrat vhodný mikrokontrolér, se kterým je možné splnit veškeré požadavky na zařízení kladené zadavatelem práce. Požadavky na mikrokontrolér jsou následující:

- 2xUSART.
- Dostatečně velká paměť na program.
- Dostatečně velká paměť na data jdoucí ze střídače (pouze dočasné uložení - po úspěšném odeslání na DB server smazána).

Pro naši potřebu se nejvíce hodil mikrokontrolér od firmy Atmel Atmega128. Tento mikrokontrolér si rozebereme blíže v následující kapitole.

## **4.2 Mikrokontrolér Atmega128**

ATmega128 je zástupce řady Atmel AVR. AVR jsou 8bitové mikrokontroléry s harvardskou architekturou a RISC strukturou.

Harvardská architektura má na rozdíl od Von Neumanovy architektury oddělený paměťový prostor pro data a pro program. Harvardská koncepce dovoluje používat pro paměť programu například paměti typu ROM (Read Only Memory) a umožňuje v podstatě zdvojnásobení velikosti paměti oproti Von Neumanově architektuře při stejně veliké adresové sběrnici. ATmega128 má k dispozici 4kB interní datové paměti SRAM a 128kB programové paměti Flash (zaručeno 10 000 Write/Erase cyklů). Navíc obsahuje 4kB paměti EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), která má zaručeno 100 000 Write/Erase cyklů.

Dalším hlavním rysem mikroprocesoru AVR je architektura RISC. Zkratky RISC a CISC představují dvě rozdílné architektury CPU. CISC (Complex Instruction Set Computer) obsahuje instrukční soubor s takovými instrukcemi, které pod jedním operačním kódem vykonají složité operace s variabilitou různých adresovacích módů. Toto se provádí za cenu zpracování těchto instrukcí ve strojových cyklech. Druhá koncepce RISC (Reduced Instruction Set Computer) je založena na předpokladu, že frekvence používání některých složitých instrukcí je tak malá, že se nevyplatí implementovat na čip, a v případě potřeby jsou nahrazeny posloupností jednoduchých instrukcí.

Instrukční sada obsahuje malý počet jednoduchých instrukcí, díky tomu jsou řídicí obvody CPU jednodušší a zkracuje se doba zpracování instrukcí. Řídicí obvody u CISC- architektury zabírají na čipu přibližně 60% místa, kdežto u RISC architektury je to pouze 6-10% a výkon instrukce s výjimkou komunikace s pamětí je jeden strojový cyklus. Pro dosažení co nejvyšší rychlosti komunikace s pamětí se u RISC architektury ušetřené místo na čipu využije pro soubory registru, k nimž je jednocyklový přístup. ATmega128 obsahuje 32 8-bitových registrů a disponuje 133 instrukcemi, z nichž většina se provádí během jednoho taktu.

ATmega128 je navržena pro provoz až při frekvenci 16MHz (ve verzi V jen do 8MHz), kdy je její výpočetní výkon až 16 MIPS (Mega Instructions Per Second).

Periferie jsou důležitou součástí MCU. Můžeme si je představit jako dílčí samostatné celky MCU, ke kterým přistupujeme většinou pomocí patřičných registrů. Jejich chování je do jisté míry autonomní s definovanými vstupy a výstupy. Mikroprocesor Atmel Atmega128 obsahuje tyto periferie :

- 2x 8bitový čítač/časovač - v režimu čítač čítá impulsy přivedené na vnější pin označený T1 nebo T0. V režimu časovač čítá pevný kmitočet, který je odvozen od hodinového signálu mikroprocesoru. Napočítáním určitého počtu impulsů se zajistí odměření časového úseku. Součástí čítače/časovače je generování PWM (Pulse Width Modulation) signálu, záchytný registr a výstupní komparátor, který je schopen na základě své činnosti vyvolat přerušení.
- 2x 16bitový čítač/časovač - oba režimy jsou shodné s 8bitovým čítačem/časovačem, navíc je lze použít jako 4x 8-bitové. Dalším vylepšením jsou speciální módy pro obsluhu PWM.
- 2x USART (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter) - plně duplexní (umožňuje současně přijímat i vysílat data) synchronní i asynchronní přijímač a vysílač dat po dvou vodičích dodržuje polaritu RS-232. Je schopen na základě své činnosti vyvolat několik různých přerušení.
- SPI (Serial Peripheral Interface) - je jednosměrné nebo obousměrné komunikační rozhraní. Jde o synchronní jednosměrné (dvouvodičové) nebo obousměrné (třívodičové) rozhraní, které bývá ještě navíc vybaveno třetím (čtvrtým) vodičem pro výběr periferního obvodu (CE -Chip Enable).
- Watchdog Timer s vlastním oscilátorem - je nezávislý čítač, který dohlíží na správný běh programu. Běží-li program správně, je Watchdog Timer pravidelně na některém místě programu nulován, ale pouze dojde-li z nějakého důvodu k zacyklení programu (uvízne v nekonečné smyčce), není Watchdog Timer nulován a přeteče. Po jeho přetečení dojde k resetování mikroprocesoru.
- Analogový komparátor - porovnává napětí pinu AIN0 a AIN1. Při překročení komparační meze vyvolá přerušení. Také lze nakonfigurovat na použití s interní napětíovou referencí typu Bandgap.

Více informací (4)

### 4.3 GSM modul Motorola G24-Lite

Motorola G24-Lite je klasický GSM modul s možností připojení externí antény. Tento modul má mnoho použití, od vzdáleného měření různých veličin, automatizace a řízení, až po ochranu majetku. GSM moduly mají velmi široké využití. V naší aplikaci budeme GSM modul používat pouze jako přenašeč dat z paměti mikrokontroléru do tabulek našeho databázového serveru. Motorola nabízí řadu g24 ve 3 provedeních:

- g24 - klasický GPRS/EDGE modul.
- g24 Lite - základní verzi s GPRS.
- g24 Java- programovatelný modul v jazyce Java.

Od zadavatele práce jsme dostali jako jeden z požadavků použití modelu G24-Lite.

Jeho specifikace jsou následující:

- Quad Band – 850/900/1800/1900 MHz – podporuje všechna používaná pásma. Proto by neměl být problém používat modul v jakékoli síti.
- Napájecí napětí – 3.3 až 4.2V.
- RF MMCX – používaný konektor pro VF použití .
- SIM karta – standardní 3.0V / 1.8V .
- USB 1.1 – univerzální sériová sběrnice. Tato sběrnice je hojně využívána zejména v osobních počítačích.
- UART (universal asynchronous receiver/transmitter) - sériové rozhraní pro komunikaci s "vnějším světem".



[Obr] 4.2 - Horní strana G24-L



[Obr] 4.3 - Dolní strana G24-L

Více informací (5).



#### 4.4 Střídač SMA SunnyBoy U700

Střídač SMA SunnyBoy U700 je nejnižším modelem střídačů řady SunnyBoy firmy SMA. Na obrázku [Obr] 4.4 můžete vidět ilustrační obrázek střídače SMA SunnyBoy U700.

Všechny střídače firmy SMA SunnyBoy je možné připojit k počítači pomocí mnoha komunikačních rozhraní. Třeba pomocí sériové linky (RS-232, RS-485).

V našem případě je nejvýhodnější zvolit sériové rozhraní RS-485 – jeho výhody jsou popsány v podkapitole 3.1.2. Se sériovou linkou jako takovou se komunikuje relativně snadno a je časem prověřená.

Nyní si popíšeme vybrané elektrické parametry našeho střídače:

Číslo 700 v názvu střídače udává maximální výstupní výkon 700W. Výstupní napětí je v rozmezí 220V-240V,  $\cos \varphi = 1$ . Dalším důležitým parametrem našeho střídače je kód krytí IP, který je IP65 - číslo 6 udává prachotěsnost a číslice 5 udává stupeň krytí vůči stříkající vodě. Rozměry střídače : v/š/h jsou 32,2 / 29 / 18 a váha 16kg.

Více informací (6).



[Obr] 4.4 - Ukázka střídače SMA SunnyBoy U700

## 5 GSM monitoring - popis jednotlivých modulů

### 5.1 Popis komunikačního protokolu

V této kapitole si popíšeme komunikační protokoly jednotlivých modulů jako je střídač SMA SunnyBoy U700, Motorola G24-Lite.

#### 5.1.1 SMA SunnyBoy U700

Střídače firmy SMA disponují mnoha komunikačními protokoly, které můžeme získat za pomoci převodníků. Tyto převodníky jsme si popsali v kapitole. Ke střídačům SunnyBoy lze přímo od výrobce (z jejich webových stránek) stáhnout nástroj YASDI, který je implementací komunikačního protokolu SMA DATA, díky němuž lze komunikovat s ostatními přístroji od firmy SMA. Tato implementace je k dispozici jako knihovna, tudíž není nutné provádět vlastní implementaci protokolu.

K těmto knihovnám je volně dostupný také zdrojový kód, který je napsaný v programovacím jazyce C, čímž je zaručena jeho „snadná“ přenositelnost na jiné operační systémy.

Přehled parametrů knihovny YASDI:

- Pro následující systémy: Linux, 32bitové systémy Windows, Windows CE, Mac OS X, RTKernel-32, (AmigaOS, ... )
- K dispozici jako knihovna. V systémech Linux: soubory Shared Object („.so“) V systémech Windows: soubory DLL
- Komunikace prostřednictvím RS232, RS485 a Powerline ( pro naše testovací účely budeme používat komunikaci pomocí RS485 )
- Možnost načítání aktuálních naměřených hodnot
- Snadné přenášení ( není nutné ručně odečítat hodnoty z displeje střídače )

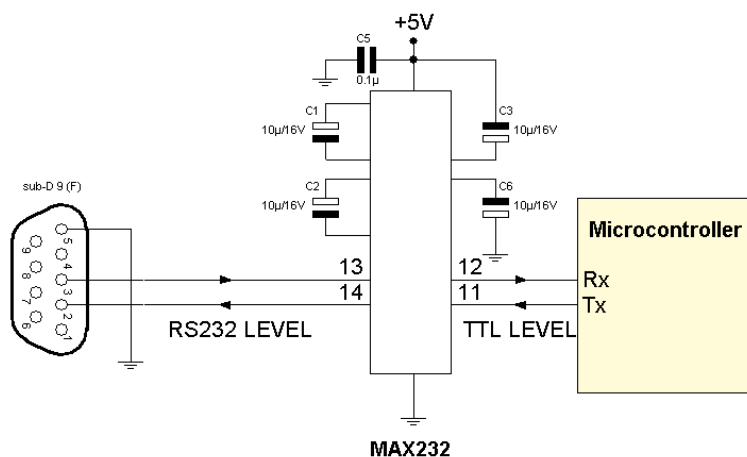
Více informací (7).

#### 5.1.2 Motorola G24 lite

S tímto GSM modulem od firmy Motorola lze komunikovat více způsoby. Buď za pomoci USB 1.1, který je nejlepší pro komunikaci s PC (hlavně díky svému jednoduchému zapojení), nebo pomocí sériové linky. Výhodou GSM modulu Motorola G24-L je tzv. automatický výběr komunikačního rozhraní. Modul nedisponuje žádným dynamickým detekováním, nýbrž vždy po zapnutí zkontroluje, zda je připojeno komunikační rozhraní USB, pokud je vybere ke

komunikaci USB. V případě, že není připojeno USB, vybere ke komunikaci sériovou linku RS232. My jsme si zvolili jako komunikační rozhraní sériovou linku RS232. Avšak pro komunikaci přímo s PC je nutné mezi GSM modul a PC přidat převodník mezi napěťovými hladinami.

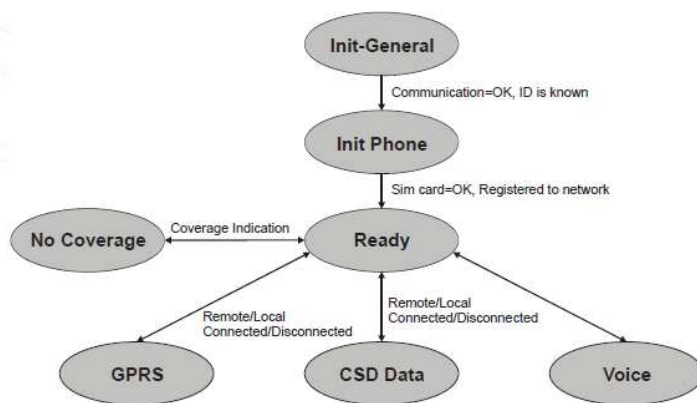
K této funkci se vyrábějí specializované čipy, jedním z nich je MAX 232, který použijeme i my. Na obrázku [Obr] 5.1 je vidět schematické zapojení takového obvodu.



[Obr] 5.1 - Převodník napěťových úrovní TTL/CMOS na RS232

Komunikace GSM modulem probíhá za pomoci AT příkazů Motorola. Na obrázku níže je vidět vývojový diagram [Obr] 5.2 průběhu zapínání GSM modulu. V první fázi získáme od modulu informace, zda telefonní funkce jsou v pořádku. Poté povolíme SIM kartu. Dále zaregistrujeme SIM kartu do

sítě - po úspěšné registraci do sítě jsme schopni vidět dostupné služby, jako třeba GPRS/EDGE. Po provedení těchto tří kroků jsme schopni využívat GSM modul.



[Obr] 5.2 - Vývojový diagram spouštění GSM modulu

## 5.2 Možnosti komunikace s PC

Pro úplnost si zde popíšeme možnosti komunikace s PC. Komunikace s PC probíhá standardně pomocí komunikačního rozhraní RS232. Pokud chceme sledovat aktuální dodávaný výkon ze střídače, je potřeba mít nainstalovaný nástroj YASDI, který je již od

výrobce zkompileovaný pro operační systém MS Windows (pro 32bit verzi), který běží v příkazové řádce [Obr] 5.4. Níže je uvedeno blokové schéma [Obr] 5.3 této komunikace. Nástroj YASDI disponuje automatizovaným vyhledáváním připojených střídačů, což znamená, že po správném připojení by neměl být problém s komunikací se střídačem a získáváním potřebných dat pro další zpracování.



[Obr] 5.3 - Blokové schéma připojení střídače přímo k PC pomocí RS232

Bohužel zadavatel práce nedodal převodník PiggyBack, který je nutný pro ověření funkčnosti nástroje YASDI, což znamená, že při dalším vývoji je nutné spoléhat na funkčnost nástroje YASDI.

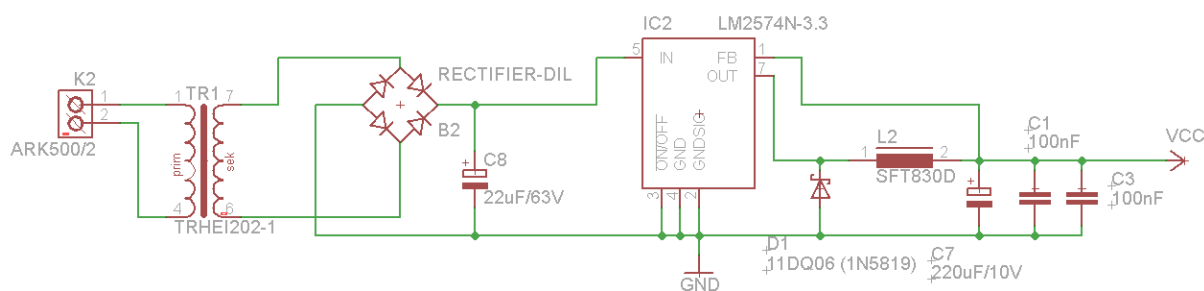
```
*****
YASDI Mini Shell (build for Win32)
<This is an test program using YASDI>
*****
Switching driver 'COM1' on...success
Switching driver 'IP1' on...success
Command ('?' for help): ?
Commands:
? => This help...
e => Detection of connected devices <device count>
d => Print device list
a => Show spot channel values
p => Show parameter channel values
t => Show test channel values
s => Write parameter
n => Remove Device <DeviceHandle>
l => Change access level
q => Quit
Command ('?' for help):
```

[Obr] 5.4 - Ukázka YASDI pro MS Windows

## 6 GSM monitoring - Návrh a realizace

### 6.1 Návrh schématu

Nyní se dostáváme k návrhu vlastního řešení. Nejdříve bylo nutné navrhnout elektrické schéma. Schéma bylo tvořeno v programu Eagle. Program Eagle se používá pro tvorbu schémat a dále pro návrh desky plošných spojů. Nejdříve bylo nutné navrhnout k mikrokontroléru Atmega128 vhodný napájecí obvod, jehož schematické zapojení je vidět na obrázku [Obr] 6.1. Jak je ze schématu vidět, máme zde transformátor, dále můstkové zapojení usměrňovače, starající se o usměrnění napětí pro stabilizátor. Na výstupu stabilizátoru máme již našich potřebných stabilizovaných 5V. Dále je zde vidět několik blokovacích kondenzátorů.

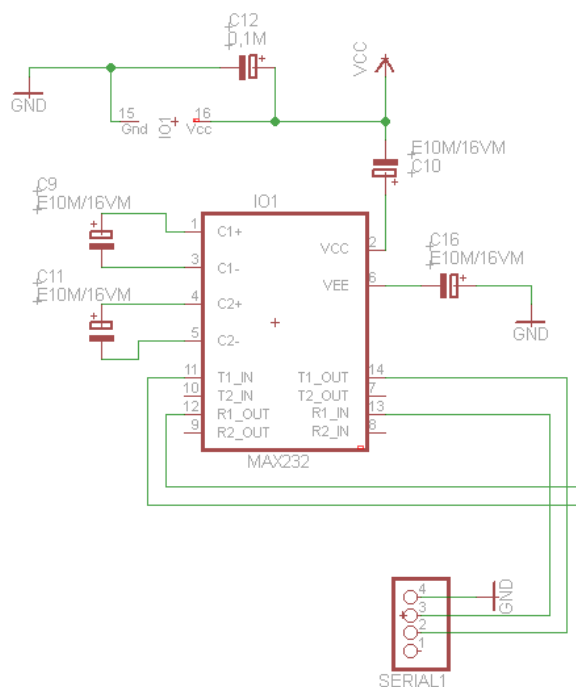


[Obr] 6.1 - Schéma zapojení napájecího obvodu Atmega128

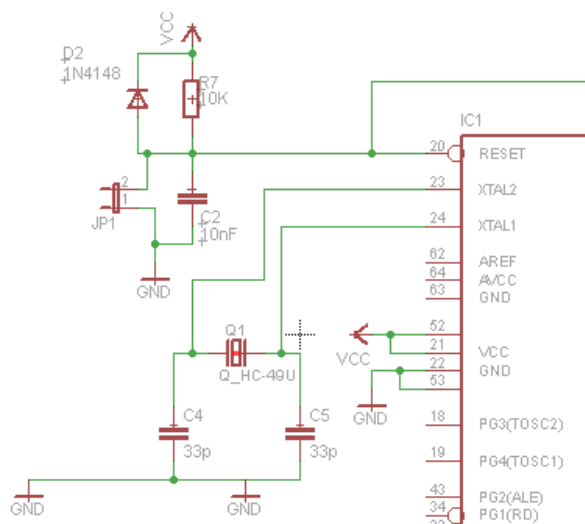
Tyto kondenzátory se starají o to, aby pokud se změní výstupní hodnota na některé bráně mikroprocesoru, který na to zareaguje proudovou špičkou. Pokud bychom zde neměli blokovací kondenzátory, vznikaly by nám na vstupu napájení tzv. "zuby", tj. poklesy napětí, které by mohly způsobovat různé potíže, např. restartování mikroprocesoru, nebo jeho špatnou funkci.

Na dalším obrázku [Obr] 6.2 vidíme schéma zapojení převodníku napětíových hladin TTL/CMOS na RS232. Tento převodník je nutný pro komunikaci s PC. V našem případě jsme připojeni přes převodník k mikrokontroléru a dále přes mikrokontrolér k GSM modulu.

Dále je nutné připojit napájení a krystal k mikrokontroléru. Na obrázku níže je vidět schematické zapojení napájení a krystalu [Obr] 6.3 našeho mikrokontroléru Atmega128. K mikrokontroléru je zapojen standardní krystal s frekvencí 8MHz v zapojení se dvěma kondenzátory 33pF dle doporučeného zapojení od výrobce mikrokontroléru. Dále můžeme na schématu vidět zapojení resetovacího tlačítka, které je připojeno na negovaný vstup mikrokontroléru a dále je vyvedeno na konektor pro programátor.



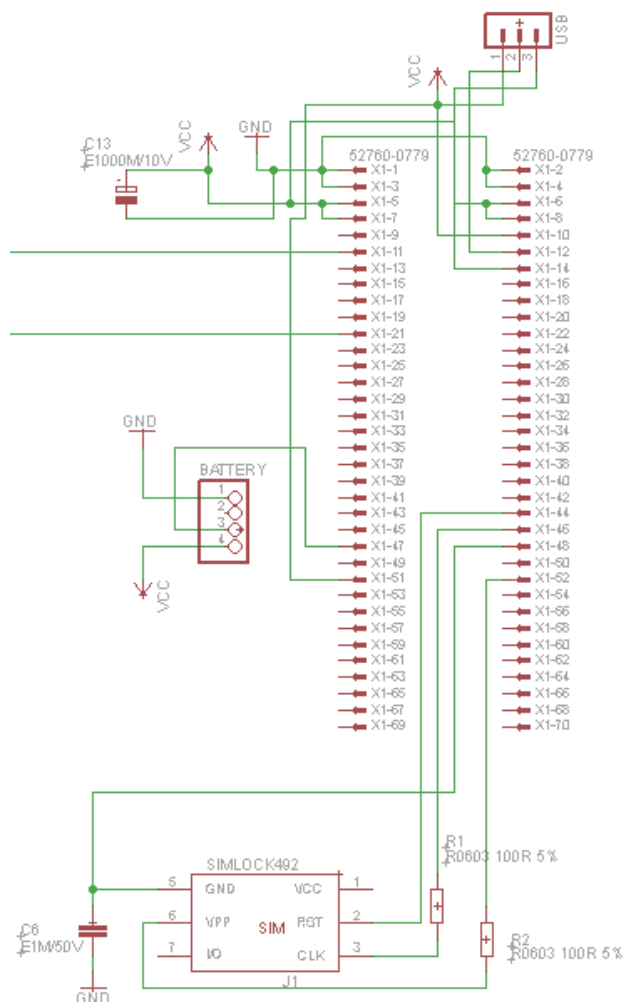
[Obr] 6.2 - Schéma zapojení převodníku TTL/CMOS na RS232



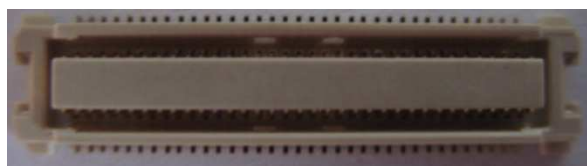
[Obr] 6.3 - Výřez schématického zapojení napájení a krystalu mikrokontroléru Atmega128

Na dalším obrázku si ukážeme zapojení konektoru GSM modulu [Obr] 6.4. Spolu s GSM modulem je dodáván 70pinový konektor pro pájení na DPS. Konektor disponuje 70piny, které jsou rozděleny do dvou stran po 35 pinech. Tomuto konektoru odpovídá Molex 53748-0708. Tento konektor je možné vidět na obrázcích [Obr] 6.5 a [Obr] 6.6. Problém s tímto konektorem je, že je velmi malý a má velmi malé rozestupy mezi jednotlivými piny, což bude problém při pájení konektoru na DPS.

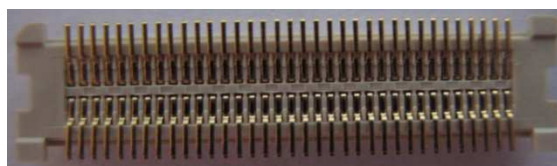
Na obrázku níže [Obr] 6.4 je vidět schématické zapojení GSM modulu. Modul disponuje mnoha funkcemi, avšak my z nich budeme využívat pouze malou část. Zejména nás zajímají piny pro připojení sériové linky, baterie, USB a SIM karty. Piny X1-11 a X1-21 jsou připojeny na piny sériové linky mikrokontroléru. Z pinů X1-14, X1-12, X1-10 máme vyvedený USB port [Obr] 6.7 pro případnou komunikaci s PC.



[Obr] 6.4 - Schématické zapojení GSM modulu Motorola G24-Lite



[Obr] 6.5 - Horní strana  
Molex 53748-0708



[Obr] 6.6 - Dolní strana  
Molex 53748-0708

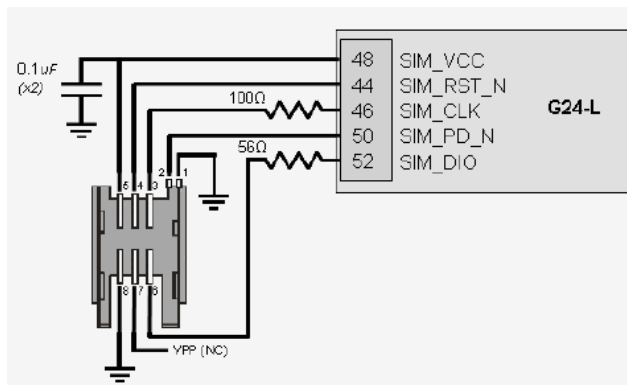


[Obr] 6.7 - Připojení USB k GSM modulu

v případě jeho výpadku. Zapojení této záložní baterie [Obr] 6.8 je vidět na obrázku níže. Rozhodl jsem se pro vyvedení pinů pro zapojení záložní baterie, avšak s největší pravděpodobností nebude použita kvůli zvýšení ceny zařízení. Není ovšem vyloučené její budoucí použití v případě problémů s napájením.

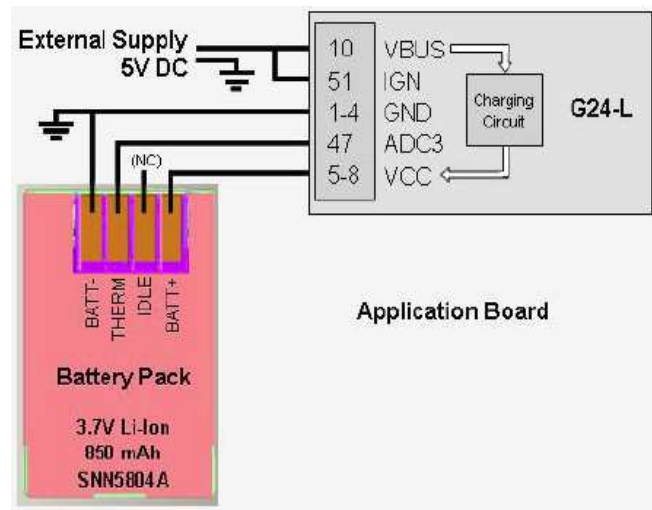
Dalším důležitým článkem GSM modulu je SIM karta. V následujících řádcích si krátce ukážeme zapojení SIM karty, držáky na SIM karty. Na obrázku níže je zobrazeno schéma zapojení SIM karty [Obr] 6.9, jak je doporučeno od výrobce GSM modulu. Toto zapojení je nutné dodržet. Pokud není dodrženo, je možné, že modul nebude správně fungovat. Dále si ukážeme držáky na SIM kartu.

S GSM modulem bylo dodáno více držáků na SIM kartu. Na obrázcích níže je vidět držák SIM karty v otevřeném [Obr] 6.10 a zavřeném [Obr] 6.11 stavu. Tento držák je možné vidět u některých typů mobilních telefonů. Druhým dodaným držákem na SIM kartu je model vyobrazený výše. Tento model má několik vylepšení oproti předchozímu modelu držáku. Hlavní výhodou je, že není vyklápěcí, z čehož



[Obr] 6.9 - Schéma zapojení SIM karty

Piny X1-1, X1-3 a dále X1-5, X1-7 jsou určeny pro napájení. Motorola G24-Lite disponuje piny, na které je možné připojit baterii pro možnou zálohu napájecího napětí



[Obr] 6.8 - Schéma zapojení baterie k GSM modulu

vyplývá, že se neulomí v případě větší zátěže. Nevýhodou tohoto držáku bude zřejmě to, že je nutné ho správně geometricky uspořádat, což znamená, že jej nelze umístit kamkoli (u minulého držáku to bylo možné - SIM karta se vkládala horem). Tento držák je nutné umístit tak, aby bylo volné místo



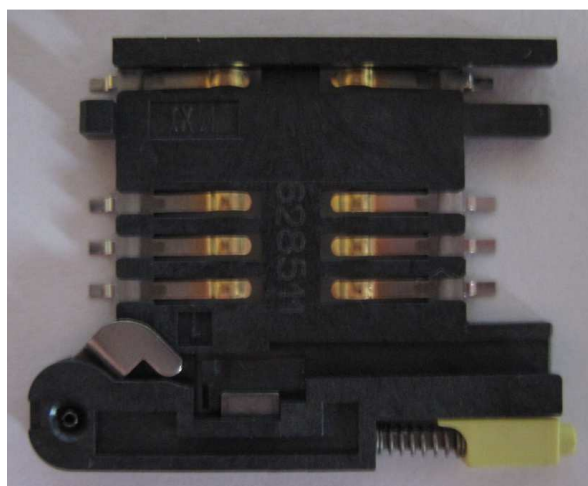
na pravé straně, kudy se zasouvá SIM karta.



[Obr] 6.10 - Držák SIM karty zavřený  
stav



[Obr] 6.11 - Držák SIM karty otevřený  
stav



[Obr] 6.12 - Vylepšený držák na SIM  
kartu

Pro naše použití se hodí oba držáky SIM karty, takže zvolíme ten, který bude levnější.

Dále je nutné nějak chytit GSM signál, což bez antény nelze. Proto jsem k GSM modulu při objednávce vybral také nalepovací všesměrovou anténu. Tato anténa se připojuje k GSM modulu pomocí pigtailu, který slouží jako redukce z malého konektoru [Obr] 6.15 umístěného na GSM modulu na F konektor [Obr] 6.13, kterým

disponuje všesměrová nalepovací anténa. Na obrázku na další stránce si můžeme prohlédnout obrázek všesměrové nalepovací GSM antény [Obr] 6.14. V naší modifikaci by bylo možné použít klasickou všesměrovou anténu, avšak v tomto případě by nastal problém s její montáží. Proto jsem vybral tento speciální nalepovací model. Anténa má z druhé strany, samolepící pásku, tudíž s montáží nebude problém. Jediný problém, který nemusí být tak zřejmý, je délka kabelu od antény, který je zbytečně dlouhý a mohl by způsobit problém s instalací do montážní krabice. Což by způsobilo vyšší cenu zařízení.

V místech s horším signálem GSM se nám delší kabel může hodit, anténu pak lze umístit na vhodnější místo s lepším signálem. Ale zase na druhou stranu, pokud bude signál dostatečný, bude potřeba kabeláž upravit, aby se celé zařízení vešlo do montážní krabice. Ta v tomto případě (s dostatečným signálem) bude muset být vybrána větší, aby se všechny komponenty do ní vešly. Jelikož je GSM modul malý (přibližně jako krabička od sirek), nebylo možné umístit na jeho tělo tak velký konektor na externí anténu. S tímto problémem nám pomůže dodávaný pigtail.

Pigtail je obecně redukce v našem případě redukce, z malého konektoru umístěného na těle GSM modulu a většího konektoru na externí anténě. Detail připojeného pigtailu [Obr] 6.13 k GSM modulu.



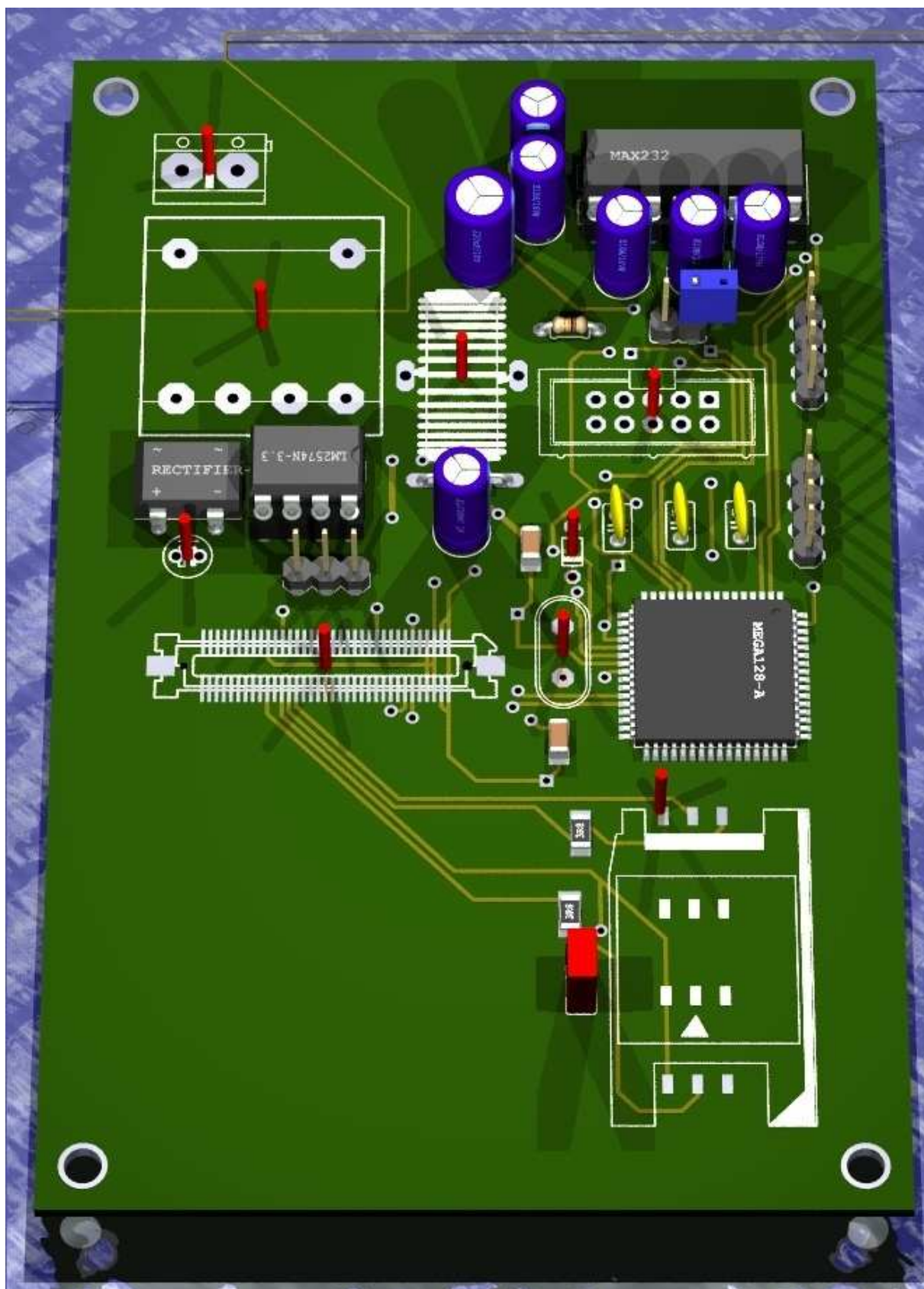
[Obr] 6.13 - Detail F konektoru, kterým se připojuje všesměrová GSM anténa



[Obr] 6.14 - Ukázka všesměrové nalepovací GSM antény



[Obr] 6.15 - Ukázka připojení pigtailu k GSM modulu



[Obr] 6.16 - 3D model naší DPS

## 7 Závěr

Důvod výběru tohoto zadání bakalářské práce byl ten, že zadavatel této práce - vývoje prototypu, mě požádal, zda by bylo možné vytvořit zařízení, které dokáže dálkově monitorovat dodávaný výkon střídače.

Při návrhu tohoto prototypu jsem se snažil postupovat podle předem navrženého postupu (Metodika návrhu, kapitola 2). Bohužel zadavatel práce včas nedodal převodník PiggyBack, který je nutný k ověření funkčnosti nástroje YASDI, jehož správná funkce je nutnou podmínkou funkčnosti tohoto prototypu. Jelikož mě zadavatel práce, několikrát ubezpečil že převodník dodá, rozhodl jsem se ve vývoji prototypu pokračovat. Z tohoto důvodu nejsem zatím schopen říci, zda jsme uspěli při vývoji. Tento prototyp zařízení je dělaný na "míru" pro střídače firmy SMA SunnyBoy, konkrétně pro model U700. Díky nástroji YASDI je velmi pravděpodobné, že bude fungovat i s jinými typy střídačů od firmy SMA.

Zhodnocení tohoto prototypu je možné pouze teoreticky, jelikož z důvodů popsaných výše zatím nemáme funkční model zařízení.

Jsem rád, že jsem mohl pracovat na této práci, přestože nebylo možné ji kompletně dokončit. Při její tvorbě jsem získal řadu cenných zkušeností z oblasti návrhu schémat, plošných spojů, jednočipových mikrokontrolérů, a nejen proto věřím že, až zadavatel poskytne všechny slíbené komponenty, bude úspěšně dokončena.

## Citovaná literatura

1. Wikipedia.org. *Wikipedia.org*. [Online] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Sériová\\_komunikace](http://cs.wikipedia.org/wiki/Sériová_komunikace).
2. <http://hw.cz/rs-232>. *http://hw.cz/rs-232*. [Online] <http://hw.cz/rs-232>.
3. [www.hw.cz](http://www.hw.cz). *www.hw.cz*. [Online] [http://hw.cz/products/rs232\\_konvertory/index.html](http://hw.cz/products/rs232_konvertory/index.html).
4. Firemní literatura Atmel. [Online] <http://www.atmel.com>.
5. Firemní literatura firmy Motorola. [Online] <http://www.motorola.com>.
6. Firemní literatura SMA SunnyBoy. [Online] <http://www.sma.de>.
7. Nástroj YASDI. [Online] <http://www.sma.de/en/products/software/yasdi.html>.
8. MAX232. *Datasheet k převodníku TTL/CMOS <> RS232*. [Online] [Citace: 2. 6 2010.] <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>.
9. Firemní dokumentace Farnell - Molex konektor. *Farnell*. [Online] <http://www.farnell.com/cad/44916.pdf>.
10. <http://programujte.com>. *Rubrika AVR*. [Online] <http://programujte.com/?rubrika=179>.
11. **Vladimír, Váňa**. *Mikrokontroléry Atmel AVR - Bascom*. místo neznámé: BEN - technická literatura, 2004. 80-7300-115-2 / 9788073001155.
12. <http://www.kvetakov.net>. *Začínáme s AVR*. [Online] <http://www.kvetakov.net/clanky/avr/22-zaciname-s-avr.html>.
13. <http://www.sallyx.org>. *Programujeme v jazyce C/C++*. [Online] <http://www.sallyx.org/sally/c/>.
14. **Kernighan Brian W., Ritchie Dennis M.** *Programovací jazyk C*. místo neznámé: Computer Press, 2006. 80-251-0897-X / 9788025108970.

## Seznam obrázků

[Obr] 3.1 - Ukázka PiggyBack – převodníku.....	11
[Obr] 3.2 - Blokové schéma použití rozhraní RS232.....	12
[Obr] 3.3 - PiggyBack - RS-232.....	12
[Obr] 3.4 - PiggyBack - RS485.....	13
[Obr] 3.5 - Blokové schéma použití rozhraní RS485.....	14
[Obr] 3.6 - Ukázka ethernet modulu Nano SocketLAN firmy connectOne.....	15
[Obr] 3.7 - Blokové schéma použití rozhraní ethernet.....	15
[Obr] 3.8 - Blokové schéma použití rozhraní Wifi.....	16
[Obr] 3.9 - Ukázka WiFi modulu firmy connectBlue.....	16
[Obr] 3.10 - Ukázka BT modulu firmy connectBlue.....	17
[Obr] 3.11 - Blokové schéma použití rozhraní Bluetooth.....	17
[Obr] 3.12 - Blokové schéma použití rozhraní GSM.....	19
[Obr] 4.1 - Komunikace mezi střídačem SunnyBoy U700, mikrokontrolérem Atmega128 a GSM modulem G24-L.....	20
[Obr] 4.2 - Horní strana G24-L.....	23
[Obr] 4.3 - Dolní strana G24-L.....	23
[Obr] 4.4 - Ukázka střídače SMA SunnyBoy U700.....	24
[Obr] 5.1 - Převodník napěťových úrovní TTL/CMOS na RS232.....	26
[Obr] 5.2 - Vývojový diagram spouštění GSM modulu.....	26
[Obr] 5.3 - Blokové schéma připojení střídače přímo k PC pomocí RS232.....	27
[Obr] 5.4 - Ukázka YASDI pro MS Windows.....	27
[Obr] 6.1 - Schéma zapojení napájecího obvodu Atmega128.....	28
[Obr] 6.2 - Schéma zapojení převodníku TTL/CMOS na RS232.....	29
[Obr] 6.3 - Výřez schématického zapojení napájení a krystalu mikrokontroléru Atmega128.....	29
[Obr] 6.4 - Schématické zapojení GSM modulu Motorola G24-Lite.....	30
[Obr] 6.5 - Horní strana.....	30
[Obr] 6.6 - Dolní strana.....	30
[Obr] 6.7 - Připojení USB k GSM modulu.....	31
[Obr] 6.8 - Schéma zapojení baterie k GSM modulu.....	31
[Obr] 6.9 - Schéma zapojení SIM karty.....	31
[Obr] 6.10 - Držák SIM karty zavřený stav.....	32
[Obr] 6.11 - Držák SIM karty otevřený stav.....	32

[Obr] 6.12 - Vylepšený držák na SIM kartu.....	32
[Obr] 6.13 - Detail F konektoru, kterým se připojuje všesměrová GSM anténa .....	33
[Obr] 6.14 - Ukázka všesměrové nalepovací GSM antény .....	33
[Obr] 6.15 - Ukázka připojení pigtailu k GSM modulu .....	34
[Obr] 6.16 - 3D model naší DPS .....	35