České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídící techniky
Obor: Kybernetika a měření

Jednotka vstupů pro systém domácí automatizace

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Miloš Okrouhlý
Vedoucí práce: Ing. Pavel Němeček
Rok: 2007

Před svázáním místo téhle stránky vložíte zadání práce s podpisem děkana (bude to jediný oboustranný list ve Vaší práci) !!!!

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu. A byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

V Praze dne ....

Miloš Okrouhlý

Poděkování

Děkuji Ing. Pavlu Němečkovi za vedení mé bakalářské práce a za podnětné návrhy, které ji obohatily. Děkuji také svým rodičům a přátelům za dobré zázemí a podporu při studiu.

Miloš Okrouhlý

Název práce:

Jednotka vstupů pro systém domácí automatizace

Autor: Miloš Okrouhlý

Obor: Kybernetika a měření

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Němeček

Katedra řídící techniky, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze

Abstrakt:

Cílem projektu bylo navrhnout a oživit vstupní jednotku, která je schopna detekovat na jednom vodiči stavy až čtyřech spínačů pomocí pasivních součástek. Informace o stisku konkrétních spínačů musí být signalizována pomocí několika LED diod a dále poslána po sběrnicovém systému nadřazené řídící jednotce. Jádrem jednotky je mikropočítač Atmel ATmega64, který ovládá několik základních integrovaných obvodů pro zajištění požadované funkce. Pro komunikaci s řídící jednotkou lze volit mezi standardy CAN a RS-485. Softwarové řešení bylo realizováno nízkoúrovňovým programovacím jazykem C. Prototyp vstupní jednotky vykazoval vysokou stabilitu a odolnost proti kolísání napájecího napětí.

Title:

Input Unit for Home Automation System

Author: Miloš Okrouhlý

Abstract:

The aim of the project was to design and program an input unit which can detect states of up to four buttons on one cable using passive components. The information about a button press must be signalized using a few LED diodes and also sent to a super ordinate control unit via the bus system. The core of the unit is a microcomputer Atmel ATmega64 which controls a few basic integrated circuits to assure needed functions. To communicate with the control unit, standards CAN or RS-485 can be used. The software solution was realized by low-level programming language C. The prototype of the input unit proved highly stable and resistant to supply voltage fluctuation.

Obsah

1. Úvod 1

2. Seznámení s problematikou sběrnicových systémů 3
2.1 Obecně o sběrnicových systémech 3
2.2 Sběrnice RS-485 4
2.3 Sběrnice CAN 6

3. Seznámení s mikrokontroléry Atmel AVR 9
3.1 Obecně o mikrokontrolérech AVR 9
3.2 Architektura mikrokontrolérů AVR 10
3.3 Hlídací obvod Watchdog 13
3.4 Obvod RESETu 15
3.5 Čítače časovače 15
3.6 Synchronní sériový port SPI 17
3.7 Asynchronní sériový port UART vs. USART 17
3.8 Analogový komparátor 18
3.9 A/D převodník 19

4. Návrh a konstrukce jednotky vstupů 21
4.1 Ustanovení a pravidla návrhu 21
4.2 Teoretický rozbor problematiky detekce 23
4.3 Praktické řešení detekce vstupů 24
4.4 Vlastní měření napětí 27
4.5 Konvertor napětí z 12 na -12V 28
4.6 Stabilizátor napětí 29
4.7 Signalizace pomocí dvoubarevných LED diod 30
4.8 Komunikační obvody po sběrnici RS 485 a CAN 31

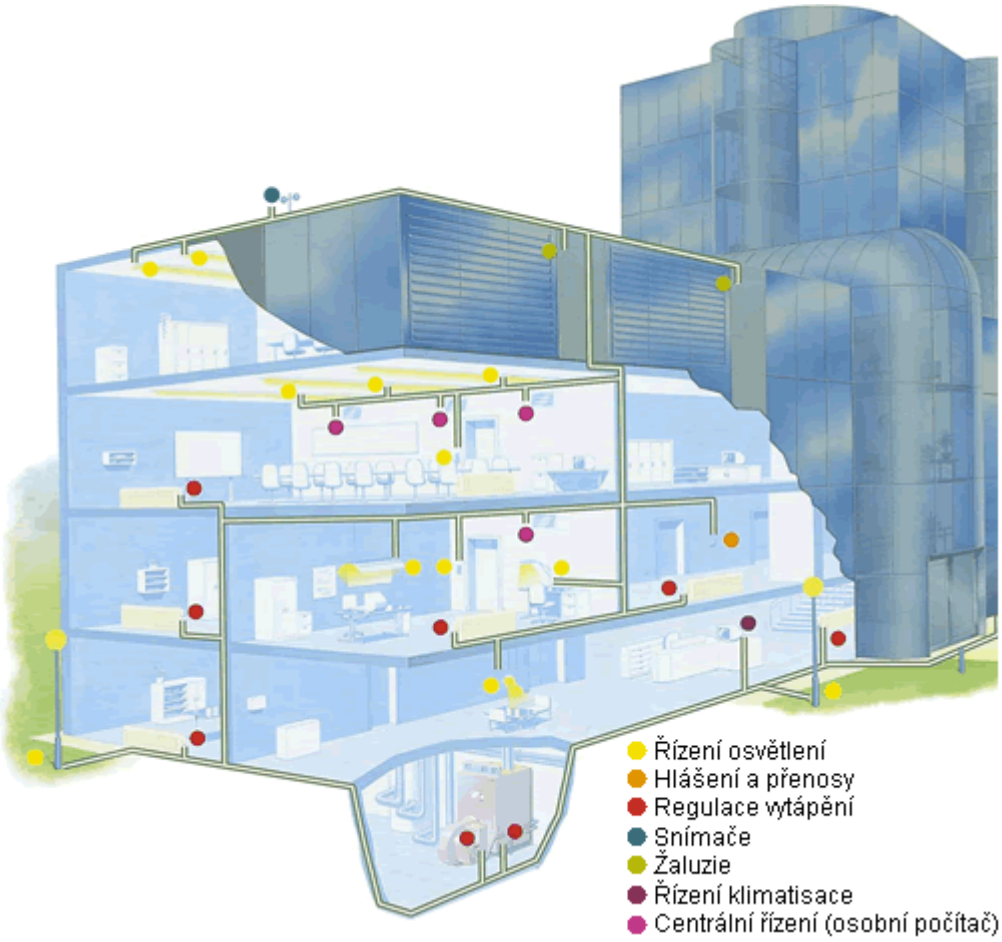
5. Ovladač mikrokontroléru 34
5.1 Obecné pojednání 34
5.2 Hlavní blok programu 35
5.3 Přerušovací systém 37

6. Závěr 39

1. Úvod

Účelem této práce byla realizace vstupní jednotky, jež je jedním z mnoha prvků centralizovaného sběrnicového systému. Celý sběrnicový systém je na logické vrstvě organizován jako centralizovaný, s jednou řídící jednotkou. Tato řídící jednotka se nastavuje pomocí připojeného PC z uživatelsky snadno ovladatelného programu.

Na fyzické vrstvě je systém realizován sběrnicovou topologií. Veškerá komunikace je tedy organizována řídící jednotkou a to s možností výběru mezi třemi komunikačními standardy. Ke komunikaci je tedy možno zvolit sběrnici CAN, RS485, nebo I^2C na krátké vzdálenosti (např. v rámci rozvaděče). Tyto systémy jsou známé jako Inteligentní elektroinstalace, případně inteligentní domy.



Vlastní vstupní jednotka je založena na logickém jádře mikrokontroléru Atmel AVR. Jednotka slouží k detekci stisku až čtyřech spínačů připojených na jeden fyzický vodič a to za pomoci jednoduchých pasivných součástek. K jednotce se může připojit až osm těchto vodičů, tedy maximálně 32 spínačů. Dále je schopna rozlišit jednotlivé stisky, které vyhodnotí a příslušnou informaci po dotázání odešle ke zpracování centrální jednotce. Reakci na stisk příslušného spínače nastavuje uživatel v obslužném programu a posléze nahraje do centrální jednotky.

Návrh jednotky je interpretován v programovém prostředí OrCAD, kde bylo nejdříve vytvořeno schéma celého modulu a poté také navržen plošný spoj, s omezením na využití dvou vodivých vrstev. Jednotu bylo nutno navrhnout s využitím veškerých volně prodávaných součástek s přiměřenou dostupností. Celý návrh, ale i výběr všech součástek se řídil především podle ceny, protože jedním z hlavních úkolů této práce bylo co nejvíce snížit náklady celého systému.

V systémech inteligentních elektroinstalací je tendence veškeré prvky osadit určitou inteligencí a zajistit tak jejich přímé připojení ke sběrnici. Jsou však případy, kdy je takovýto způsob řešení nevýhodný, nebo dokonce nerealizovatelný. V okamžiku kdy by byli nutné stavební úpravy pro natažení sběrnicového kabelu k novému spínači, mohou se díky této vstupní jednotce využít nepoužité vodiče ve zdi. Vstupní jednotku je také výhodné použít k připojení většího množství jednoduchých spínačů, kdy by přímé připojení ke sběrnici bylo příliš finančně náročné (např. bezpečnostní kontakty oken a dveří).

2. Seznámení s problematikou sběrnicových systémů

2.1 Obecně o sběrnicových systémech

Sběrnice fyzicky propojují určitá zařízení a zajišťují komunikaci mezi nimi. Když je řeč o sběrnicích, zdaleka nejde pouze o jejich fyzické provedení, jedná se také o elektrické vlastnosti a v neposlední řadě o způsob rozlišení přenášených dat. K přenosu informace se využívají různé druhy přenosových médií.

U nejpoužívanějších metalických vedení jsou nejproblematičtějšími body rušení a odrazy na vedení. Odrazy se potlačují přizpůsobováním konců vedení charakteristickými impedancemi. Ovšem rušení vznikající vlivem vzájemného elektromagnetického pole mezi vodiči a nejen mezi nimi se odstraňují jednak vhodnou volbou kabelu (koaxiální kabeli, kroucené dvojlinky), a jednak samotnými metodami přenosu elektrického signálu.

Vlastní přenos informace je možné realizovat buď analogově, nebo digitálně. Informace lze modulovat, kódovat, přenášet přímo, nebo po paketech s pomocnými informacemi o přenášené zprávě. Často se využívají detekční kódy, které dokáží odhalit chybu v přenosu, korekční kódy, pomocí nichž lze zjištěné chyby opravit, nebo třeba kódy sloužící k synchronizaci přijímače s vysílačem.

Data je možné přenášet jednak paralelně, což přináší výhodu v jednoduchosti přenosu, ovšem na větší vzdálenosti značné nevýhody v nákladech na přenosové médium, nemluvě o problematice rušení, a jednak sériově. Právě sériový přenos i přes svou složitost se ukazuje být řešením nejoptimálnějších sběrnicových systémů používaných od středních vzdáleností.

Na sběrnici se používá buď simplexní, duplexní, nebo poloduplexní komunikace. Simplexní komunikace probíhá na jednom kanálu a pouze jedním směrem. Duplexní také na jednom kanálu, ale ten je využíván ke komunikaci v obou směrech. Nakonec poloduplexní komunikace využívá dva přenosové kanály a každý z nich je určen pro jeden směr komunikace.

V případě multiprocesorového využití sběrnice musí být dána přesná pravidla pro určení vysílacího zařízení. Nejjednodušší řízení je centralizované, kdy jeden prvek Master rozhoduje, kdo a kdy může danou sběrnici používat. Distribuované řízení je velmi složité a pro výběr možného vysílače se musí dodržovat přesně stanovená pravidla. Další metodou řízení sběrnice je takzvané kruhové řízení, kdy si jednotlivá zařízení postupně předávají vysílací práva. Velmi známou metodou řízení sběrnice je tzv. náhodný přístup, při kterém každé zařízení započne vysílat v libovolném okamžiku. Při této metodě ovšem dochází k vysoké chybovitosti a s rostoucím počtem zařízení prudce klesá propustnost sběrnice.

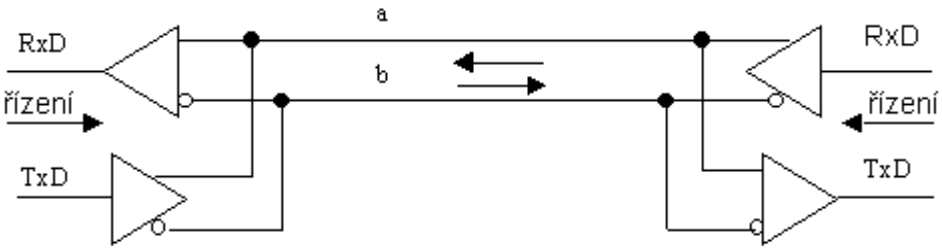
2.2 Sběrnice RS-485

Sběrnici RS-485 lze podle standardu používat v několika modifikacích, v následujících řádcích však bude popisována pouze metoda, využitá v praktické části tohoto projektu. RS 485 k přenosu informace nevyužívá porovnání napěťové úrovně vůči zemi jako například RS 232, ale polarity rozdílového napětí mezi dvěma datovými vodiči. Tento způsob přináší spousty kladných vlastností. Například nezávislost zemnících svorek, čímž lze snadno odstranit vliv parazitních proudů, zvýšení napěťových odstupů mezi logickými stavy a především potlačení indukovaného rušení. Délka vedení může dosahovat až 1200 metrů a běžně vyráběná obvody dosahují přenosových rychlostí 2,5 MB/s.

Jako přenosové médium se používá kroucené dvojlinky TP (twistedpair), která díky svému provedení indukuje rušivé napětí do obou vodičů stejně, což nemá prakticky žádný vliv na přenášenou informaci. Naindukované napětí může mít vliv pouze na rozsah vstupů přijímacího budiče, kdy se přijímaný signál může dostat mimo rozsah napěťové stupnice.

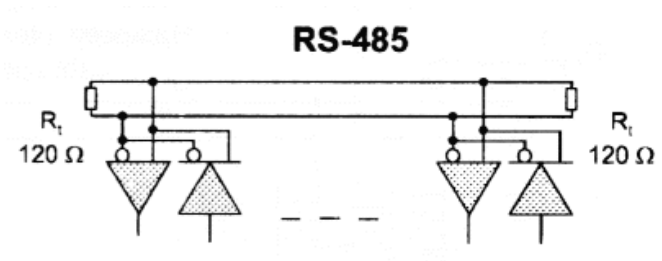
RS-485 se používá pro multipoint komunikaci více zařízení po jedné sběrnici. Většina systémů používá Master/Slave architekturu, kdy Slave zařízení odpovídají pouze a určité pakety. Tyto pakety generuje Master a periodicky obesílá všechny Slave zařízení.

Komunikace může probíhat ve dvou variantách Single TwistedPair RS 485 a Double TwistedPair RS 485. Single TwistedPair (Obr. 1) ke komunikaci využívá jedné kroucené dvojlinky a to v obou směrech, je tedy nutné vedení impedančně přizpůsobit na obou koncích a zároveň všechna zařízení musí mít třístavové budiče.



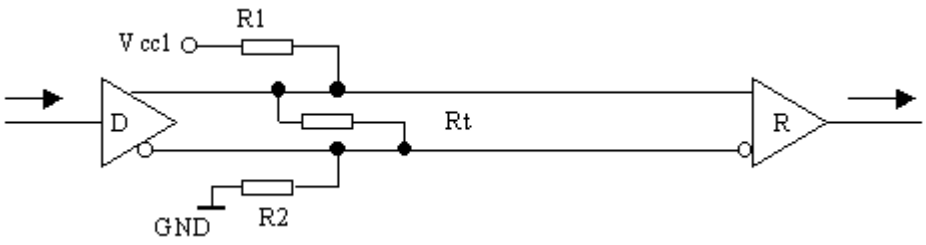
Obr. 1: Zapojeni jedné kroucené dvojlinky RS 485 (Single TwistedPair)

Ke sběrnici se poté připojují jednotlivá zařízení dle Obr. 2. Zde je nutno dbát, aby odbočky od sběrnice byly co možná nejkratší.



Obr. 2: Připojování zařízení na sběrnici

Vodiče pro přenos informace jsou označovány jako A a B. V klidovém stavu, je signál neaktivní a na vodiči A je napětí záporné, kdežto na B kladné. V opačném případě je signál aktivní a na A je napětí kladné, kdežto na B záporné. V okamžiku přepínání mezi vysílači jsou všechny budiče na sběrnici ve třetím stavu. Aby se po tuto dobu nevyskytovali falešné signály vlivem rušení, je sběrnice v klidovém stavu přidržena dvěma vysoko hodnotovými odpory R1 a R2 dle Obr. 3.



Obr. 3: Definování klidového stavu

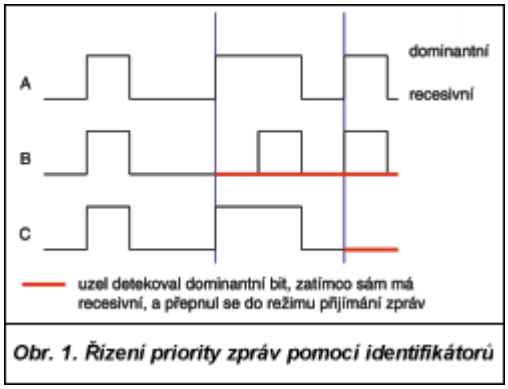
2.3 Sběrnice CAN

CAN je poměrně mladá komunikační sběrnice, která se během krátké doby rozšířila do celé řady průmyslových odvětví. To sebou ovšem přineslo i spousty problémů, neboť dříve než mohlo dojít k ustálení návrhových zvyklostí a standardizaci, vzniklo velké množství odlišných specifikací. V roce 1992 vznikla organizace CIA snažící se o jednotnou standardizaci CAN, avšak dodnes existuje velké množství modifikací.

Sběrnice CAN přináší oproti RS-485 několik zásadních změn. První z nich je poněkud odlišný způsob přenosu informace. Aktivní a pasivní stav je opět rozpoznáván pomocí rozdílového napětí na dvou vodičích, ovšem nikoli jako kladná a záporná diference, ale jako velikost této diference. Pasivní stav odpovídá menší diferenci, než je prahová hodnota a aktivní stav větší, než je tato hodnota. Tento způsob přináší značnou výhodu především v možnosti souběhů dvou vysílačů, aniž by došlo ke zničení budičů. Tím pádem odpadá i povinnost nastavovat přijímače do stavu vysoké impedance.

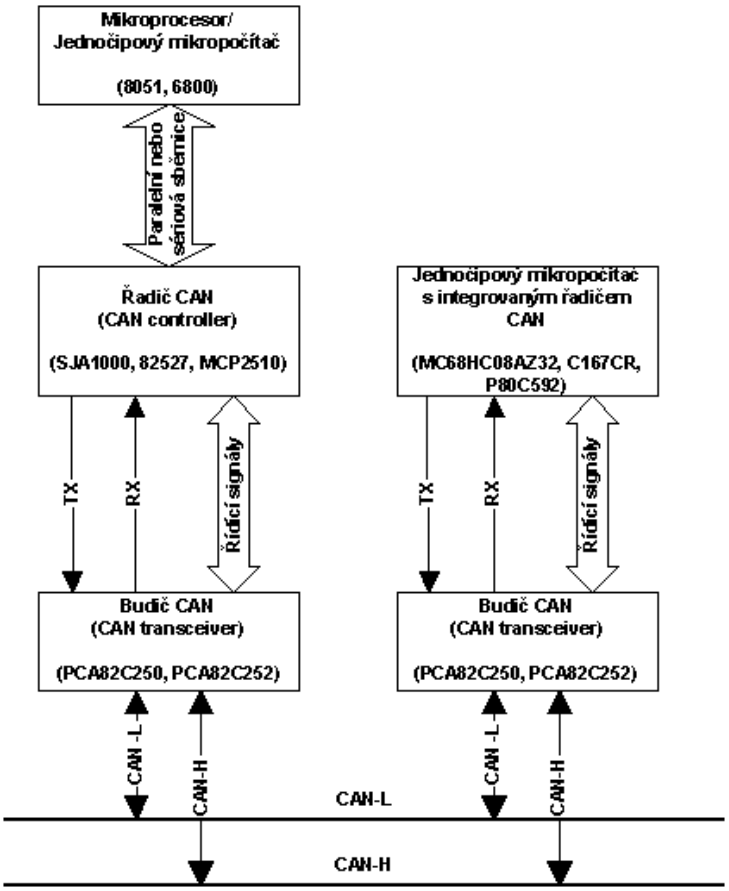
CAN byl od počátku navrhován pro multiprocesorovou komunikaci s distribuovaným přístupem. Pokud chce zařízení vysílat, čeká na uvolnění sběrnice, po jejím uvolnění začíná komunikovat. Jako první vysílá svou vlastní adresu a zároveň naslouchá, jaká data se na sběrnici skutečně vyskytují. Pokud zjistí, že je na sběrnici dominantní bit, zatímco on má ve své adrese bit recesivní, stáhne se a ponechá sběrnici volnou pro zařízení s vyšší prioritou. Pokus o vysílání opětuje po dalším uvolnění sběrnice. Tento způsob přístupu k sběrnici vyžaduje přiřazení jednoznačné adresy každému zařízení a to přesně podle jejich

priorit. Pokus o vysílání dvou zařízení je naznačen na Obr. 4 (zařízení A má nejvyšší prioritu). Díky tomuto způsobu komunikace nedochází k zbytečnému opakování započatého vysílání.



Obr. 4: Zahájení vysílání na CAN třemi prvky naráz

Pro realizaci komunikace je zapotřebí třech obvodů. Nejprve musí být zapojen budič realizující fyzickou vrstvu protokolu, tj. převod mezi TTL úrovní na diferenciální CAN sběrnici. Dalším obvodem je řadič, realizující datovou linkovou vrstvu (rámce, chybové zabezpečení, arbitráž, filtrování zpráv atd.) a nakonec vlastní mikroprocesor obsluhující události, dávající pokyny pro vysílání zpráv a zpracovávající přijatá data. V některých případech je řadič již součástí mikropočítače, viz. Obr. 5.



Obr. 5: Příklad současného typického zapojení

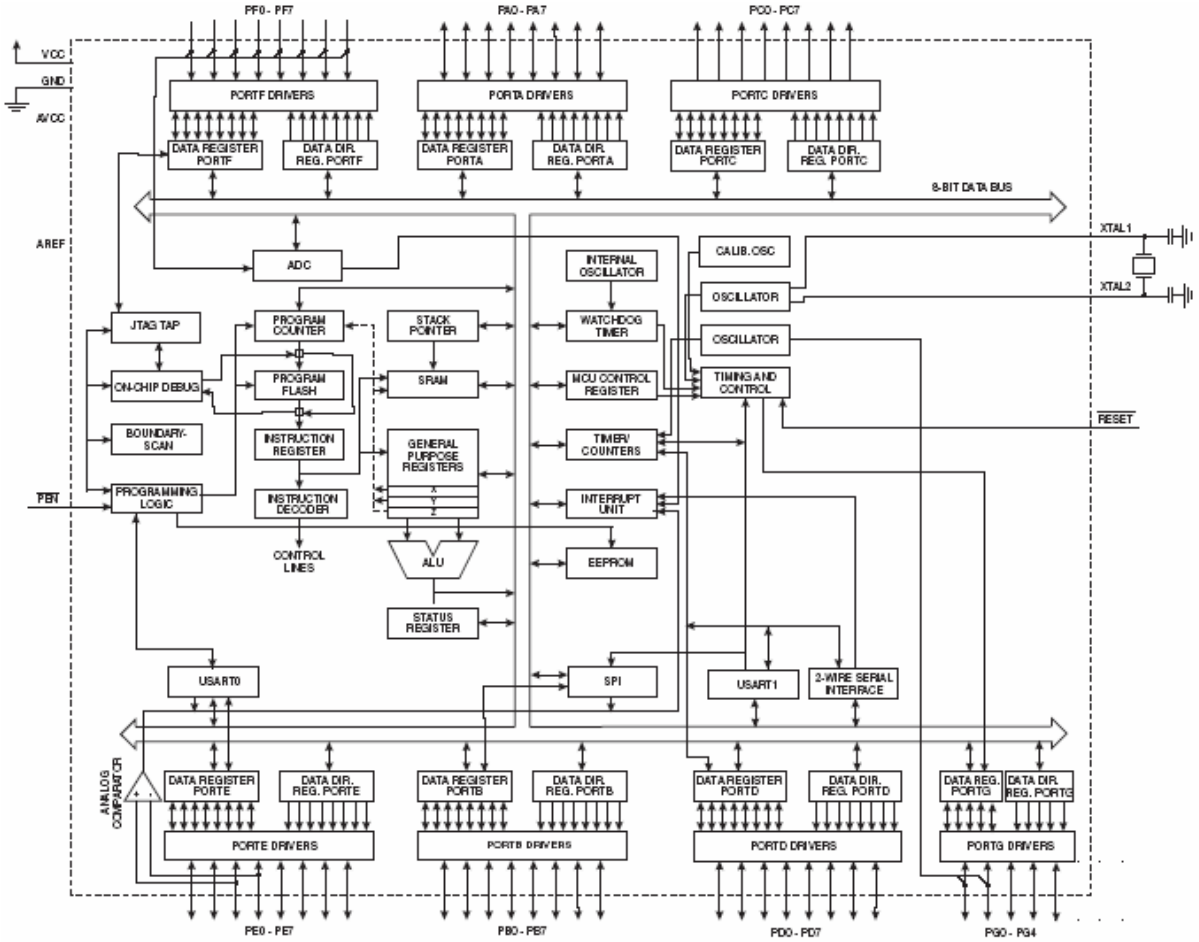
3. Seznámení s mikrokontroléry Atmel AVR

3.1 Obecně o mikrokontrolérech AVR

Označení AVR je přiřazeno mikrokontrolérům společnosti Atmel s RISC architekturou (omezenou instrukční sadou), vyvinutých na míru především pro nízkoúrovňový programovací jazyk C. Oproti klasickému mikroprocesoru 8051 naznali procesory této řady základních změn. Jde především o zvětšení šíře instrukčního slova na 16 bitů. Což umožnilo zrychlení načítání instrukcí, kdy až na několik vyjímek dochází k načtení během jednoho hodinového cyklu.

Dalším pokrokem této řady je přímé propojení ALU (aritmeticko logické jednotky) s 32 pracovními registry , což vedlo ke snížení počtu hodinových taktů k vykonání většiny instrukcí na pouhé dva takty (načtení + dekódování a vykonání). Díky tomu, že instrukce vystačí s jedním slovem, bylo možné využít jednoduchého překrývání instrukcí (pipelining). Toto překrývání způsobuje, že v okamžiku dekódování a vykonávání jedné instrukce dochází k současnému nahrávání následující instrukce. Počet hodinových taktů potřebných na vykonání instrukce typu registr-registr se tím snížil na pouhý jeden hodinový takt.

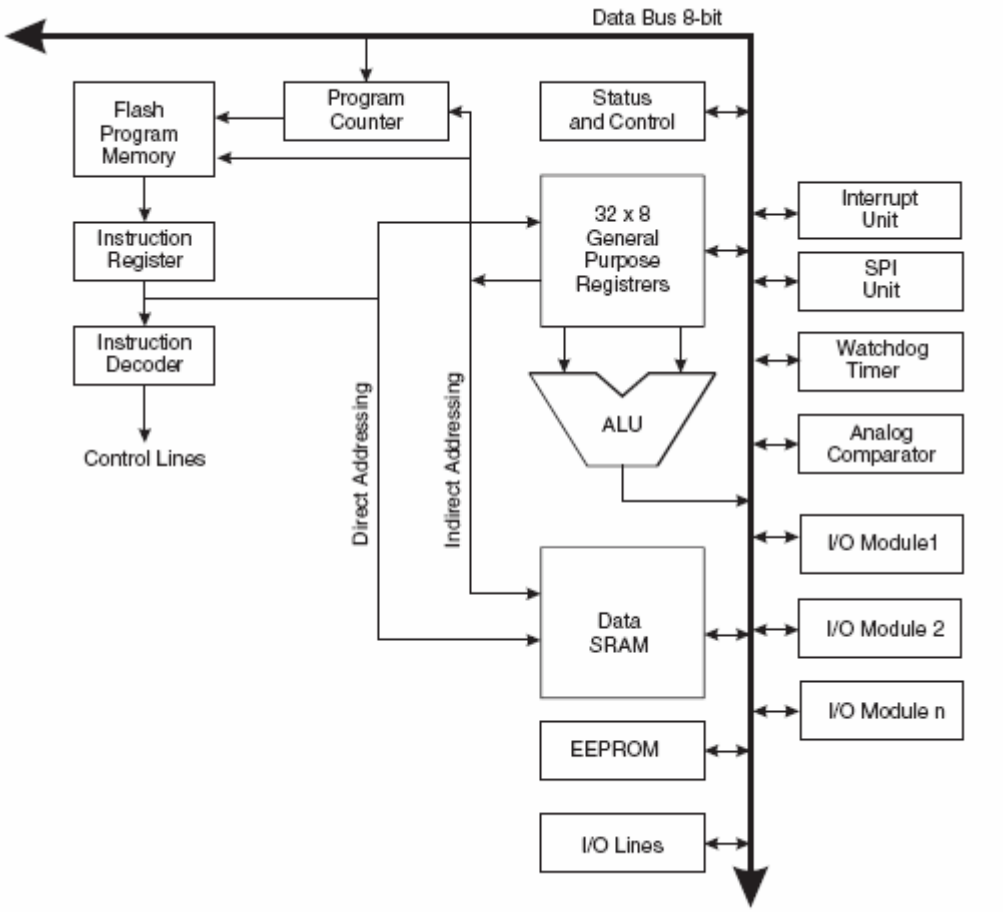
Při krátkém porovnání s řadou 8051 je vidět, že AVR poskytuje až 12x vyšší výpočetní výkon při stejném hodinovém kmitočtu. Blokové schéma celého mikrokontrolérů řady AVR (zde konkrétně ATmega64, použitá pro realizaci projektu) je vidět na Obr. 6.



Obr. 6: Blokové schéma MCU AVR (ATmega64)

3.2 Architektura mikrokontrolérů AVR

Mikrokontroléry AVR jsou Harvardského typu (oddělená paměť pro program a data). Na čipu jsou však implementovány tři typy pamětí. Paměť typu Flash má šířku 16 bitů a je využita pro uložení programu. Paměť SRAM má šířku 8 bitů a je využívána pro ukládání dat. Nakonec paměť EEPROM slouží pro odkládání dat, které je potřeba zachovat i při odpojení napájecího napětí. Přístup do EEPROM se zajišťuje nastavením příslušných registrů a komunikace s ní je pomalejší.

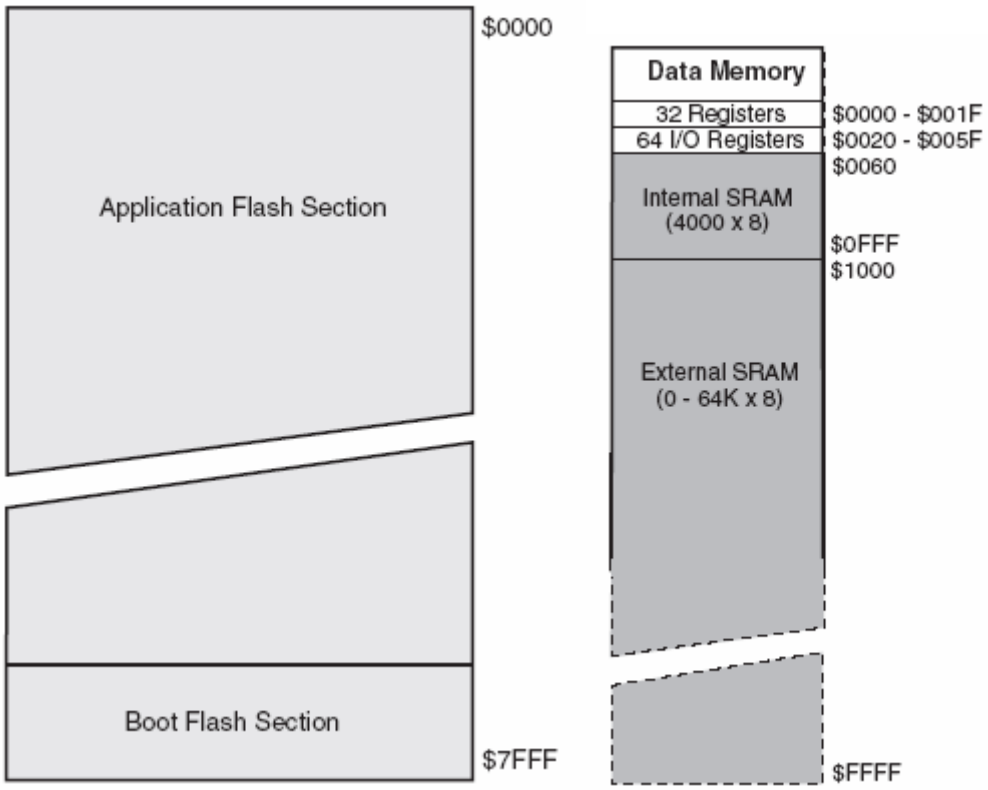


Obr. 7: Příklad architektury MCU AVR (ATmega64)

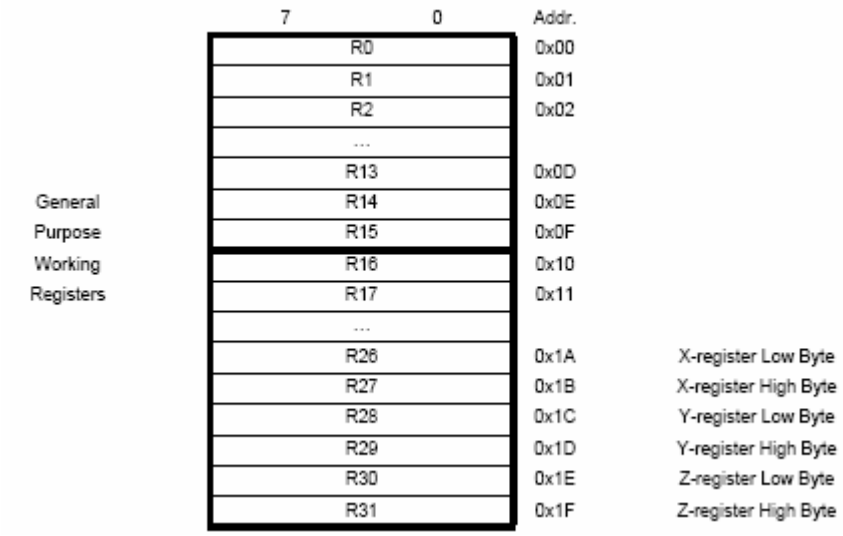
Jádro AVR se skládá z 32 stejných 8 bitových registrů (viz. Obr. 7), sloužících pro uložení jak adresy tak dat. Tyto registry jsou propojeny přímo s ALU a práce s nimi zabírá pouze jeden strojový takt. Díky jejich adresaci v rozmezí 0H až 1FH je k nim zjednodušený programový přístup. A i když se nacházejí na spodní části adresového prostoru dat (Obr. 8), fyzicky nejsou součástí SRAM. K nepřímé adresaci je možno využít po dvojicích posledních 6 registrů označované jako X, Y, Z (viz Obr. 9).

Stejně jako 32 pracovních registrů ani 64 následujících I/O (vstupně výstupních) registrů není fyzicky uloženo na SRAM. Tyto registry jsou adresovatelné v rozmezí 20H až 5FH a slouží pro veškerá nastavení mikroprocesoru. V dalším adresovém prostoru se již nachází vnitřní paměť dat SRAM a její velikost je určena konkrétním typem procesoru (u ATmega64 do 0FFFH).

Vyšší adresní prostory je možno zaplnit externí pamětí SRAM. Adresace je realizována 16 bitově s tím, že spodních 8 bitů je přepínáno pro přenos dat. Díky tomuto přepínání a vysokým rychlostem zpracování jsou na tyto paměti kladeny rychlostní požadavky. Ta musí být schopna dodat data do tří (max. čtyř) taktů.



Obr. 8: Paměť programu (vlevo) a dat (vpravo) pro ATmega64



Obr. 9: Obecné pracovní registry MCU AVR

Paměť programu (Flash) je možné programovat několika způsoby. Nejstarším způsobem programování je paralelní. Procesor je potřeba vypojit z konkrétní aplikace a připojit k programátoru. Tento způsob je silně neefektivní a v jistých případech je procesor dokonce potřeba odpájet z plošného spoje. Nejpoužívanější variantou je sériové programování ISP (In System Programmable Flash), při němž procesor zůstává nadále zapojen v konkrétní aplikaci, pouze stačí vyvést několik vstupů. Konkrétně MOSI, MISO, SCK a RESET. Procesory řady ATmega jsou dokonce schopny programovat samy sebe pomocí standardního ovladače BOOT Leader Program, umístěném na nejvyšších adresách programové paměti. Výrobce Atmel zaručuje až 1000 násobnou programovatelnost pamětí Flash.

Procesor je po připojení napájení restartován a PC (programový čítač) nastaven na nula. Běh programu tedy začíná od adresy 0H. Od této adresy je vyhrazeno několik paměťových buněk pro tabulku přerušovacích vektorů. Tuto tabulku má každý procesor jinou, přičemž adresa konkrétního vektoru je dána dle jeho priority, s tím že nejvyšší prioritu má vektor na adrese 0H.

Architektura AVR má pět adresovacích módů pro paměť dat: Přímé adresování, nepřímé adresování s posunutím (6bitový posun), nepřímé adresování, nepřímé adresování s dekrementací ukazatele adresy před zpracováním instrukce a nepřímé adresování s inkrementací ukazatele instrukce po zpracování instrukce.

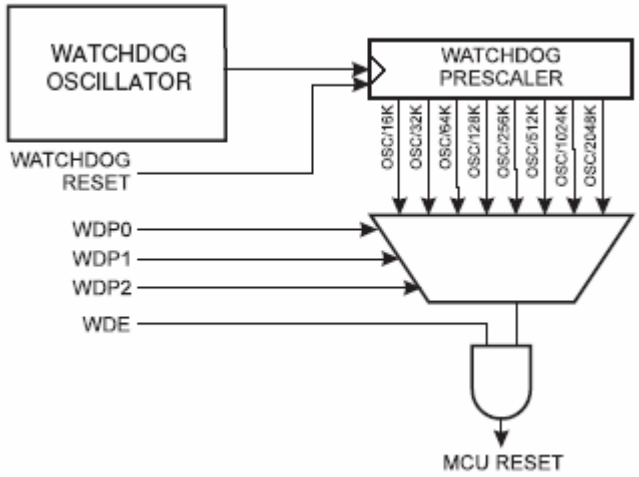
Mikrokontroléry AVR lze rozdělit do třech základních skupin. Nejslabší a tím i nejlevnější řadou je ATtina nejčastěji s 90 instrukcemi. Další řada je označovaná jako Základní nejčastěji se 118 instrukcemi. Nejhonosnější skupinou AVR je řada ATmega se 130 instrukcemi. Tyto procesory jsou vybavovány nejnovějšími technickými doplňky a mají spousty užitečných obvodů integrovány přímo na čipu.

3.3 Hlídací obvod Watchdog

Obvod Watchdog je v podstatě obyčejný čítač. Jeho smyslem je zabezpečit činnost procesoru před nežádoucím zacyklením. Při jeho povolení se musí

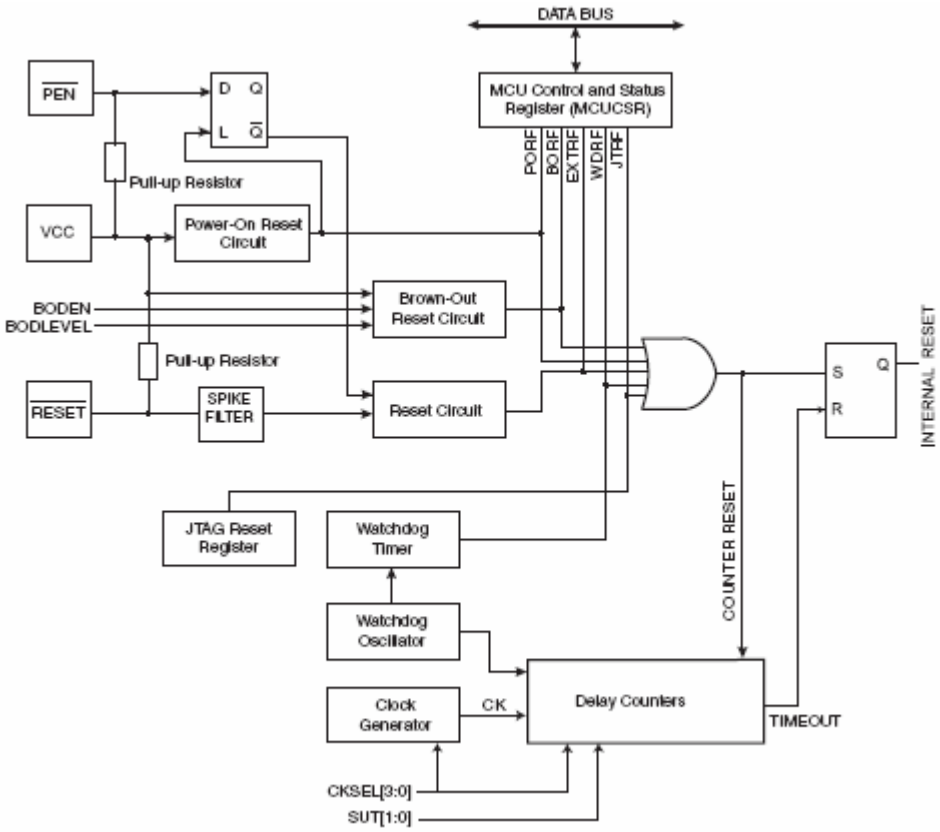
vynulovat a nulovat se musí i nadále v průběhu programu. Došlo-li by k jeho přetečení byl by okamžitě generován resetovaní impuls a celý procesor by startoval znovu. Tohoto obvodu se využívá, mohou-li v průběhu výpočtu nastat nežádoucí jevy zapříčiňující zacyklení, tzn. procesor se dostane do zakázaného stavu.

Dle zapojení na Obr. 10, využívá tento obvod nepřesného vnitřního RC oscilátoru závislého na velikosti napájecího napětí. Pokud by se používal externí oscilátor, mohlo by v určitých případech dojít k jeho nefunkčnosti a to je zcela nepřípustné. Rychlost čítání je možno nastavit pomocí předděličky.



Obr. 10: Blokové schéma hlídacího obvodu Watchdog

3.4 Obvod RESETu



Obr. 11: Schéma obvodu RESETu ATmega64

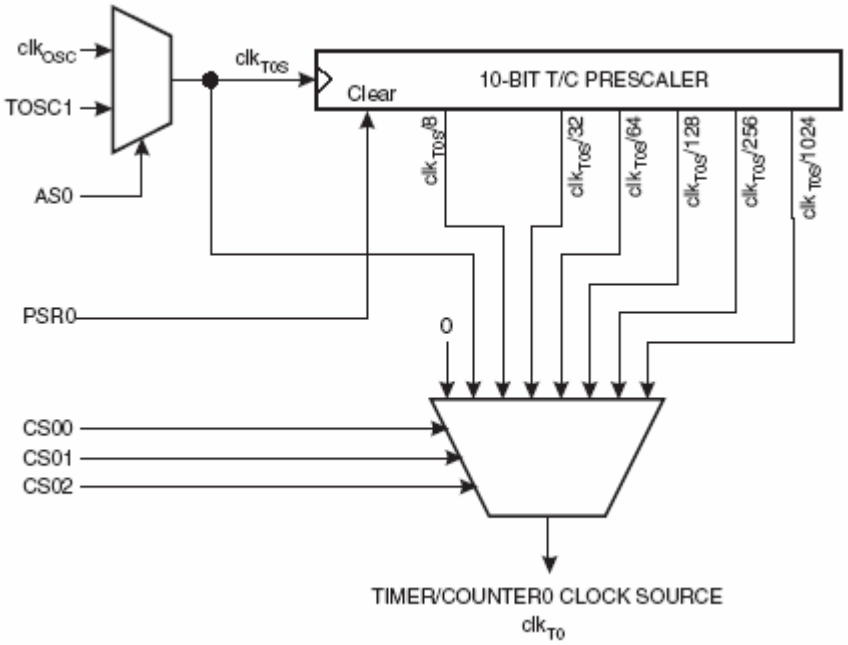
Základní řady AVR využívají pouze tři zdroje resetu a to již zmíněný Watchdog, automatický reset po připojení napájení POR (Power-on Reset) a externí reset přivedením logické nuly na vývod /RESET MCU na dobu delší než je minimální délka pulsu. Procesor ATmega64 je rozšířen o další dva zdroje. JTAG ladícího obvodu pro krokování a sledování stavu procesoru. Posledním zdrojem je obvod hlídající napájecí napětí, který v případě zapnutí generuje resetovaní impuls při poklesu napájení pod prahovou úroveň.

3.5 Čítače časovače

Všechny mikrokontroléry řady AVR jsou vybaveny minimálně jedním osmi bitovým čítačem časovačem 0. Většina jich však má ještě jeden šestnácti bitový

čítač časovač 1 s mnoha rozšiřujícími funkcemi. Konkrétně typ ATmega64 má dva 8 bitové a dva 16 bitové čítače časovače.

Čítače časovače slouží, jak již název napovídá, buď k čítání určitých událostí, např. změny logické úrovně na příslušných pinech, nebo k časování podle frekvence odvozené od řídícího krystalu. Čítání vnějších událostí je možno řídit na sestupnou, či vzestupnou hranu, kdy doba logické úrovně na vstupu musí být minimálně rovna době jednoho taktu procesoru. Maximální frekvence čítání tedy odpovídá 2 * f_{osc}. V režimu časování je možné vstupní hodinový impuls dělit předděličkou frekvence dle Obr. 12. Pozor, nastavení dělící frekvence se liší jak mezi jednotlivými typy procesoru, tak mezi samotnými čítači a je vždy nutno podívat se do dokumentace používaného procesoru.



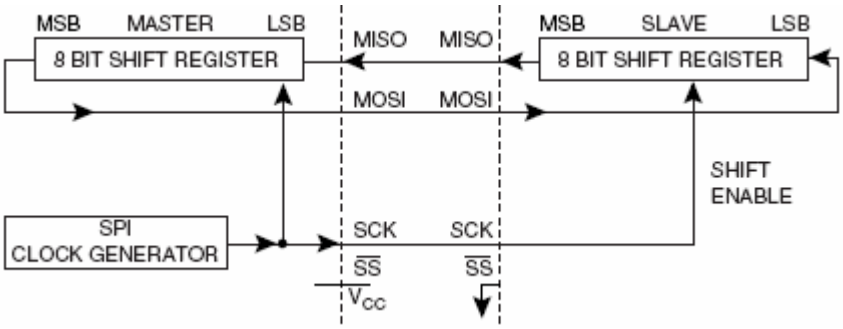
Obr. 12: Předdělička frekvence čítačů časovačů

Čítače časovače je možné používat pro celkem čtyři funkce. První z nich je klasické čítání, jak již bylo popsáno, kdy se přerušení generuje po přetečení čítacího registru. Další funkcí kterou může zmiňovaný blok vykonávat je porovnání obsahu čítače časovače s obsahem registru Output Compare Registr a generování přerušení v momentu dosažení shody. Třetí funkcí je zachycení stavu čítače časovače v momentu, kdy se změní stav vstupního pinu ICP do aktivní úrovně. Poslední čtvrtou funkcí je generování signálu PWM.

Funkce generování přerušení při schodě s příslušným registrem, je možné s výhodou využít pro generování pravidelných periodických signálů. Toto použití se uplatňuje pro volání obslužné rutiny v přesně definovaných časových intervalech. V okamžiku shody se zavolá příslušný vektor přerušení a dojde k automatickému vynulování čítače (není to však podmínkou).

3.6 Synchronní sériový port SPI

V mikroprocesorech AVR je sériové rozhraní SPI využito pro programování paměti programu Flash. Byla by ovšem škoda tohoto rozhraní využívat pouze pro programování, je zde tedy i možnost využít ho pro komunikaci procesoru. Nechá se zde nastavit, zda má příslušné zařízení sloužit jako Master, nebo Slave. Zda se má nejdříve odesílat nejvýznamnější bit MSB, nebo nejméně významný LSB. Lze volit mezi sedmi přenosovými rychlostmi (u ATmega64), aniž by uživatel přišel o jediný čítač časovač. Obvod také dokáže detekovat kolize na sběrnici. Komunikace mezi dvěma procesory je naznačena na Obr. 13, kdy při vysílání Mastera na Slave zároveň dochází i k opačnému přenosu dat.



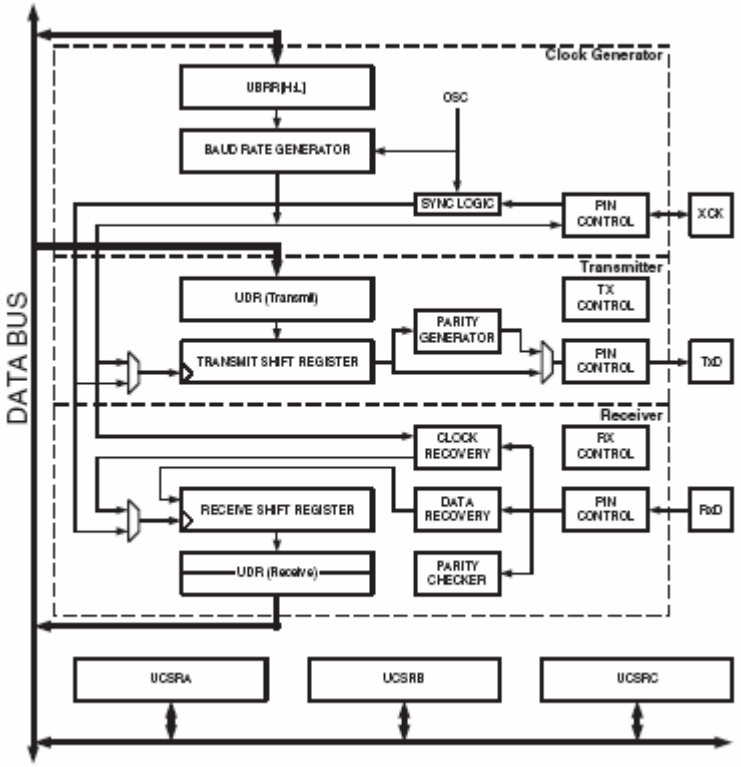
Obr. 13: SPI spojeni Master a Slave

3.7 Asynchronní sériový port UART vs. USART

UART: Jde o plně duplexní sériový kanál, umožňující komunikaci v 8 a 9 bitovém režimu. Obsahuje detekci falešného start bitu, detekci chybného znaku,

přetečení datového registru a filtraci. Kanál obsahuje tři samostatné vektory přerušení: Vysílání dokončeno, příjem kompletní a vysílací vyrovnávací registr prázdný. UART je opět vybaven vlastním generátorem přenosových rychlostí, takže uživatel opět nepřijde o žádný z čítačů časovačů. Kanál je často používán pro multiprocesorovou komunikaci po jedné sběrnici, například právě RS 485. Jak přijatá data, tak data k odeslání se ukládají do registru se stejným názvem UDR, ale jejich fyzické umístění v paměti IO registrů se liší.

USART: Jde pouze o rozšíření staršího UARTu. Především lze tento kanál použít také jako synchronní (viz. Obr. 14) a pro odesílání je možno použít 5,6,7,8, nebo 9 datových bitů a 1 nebo 2 STOP bity.

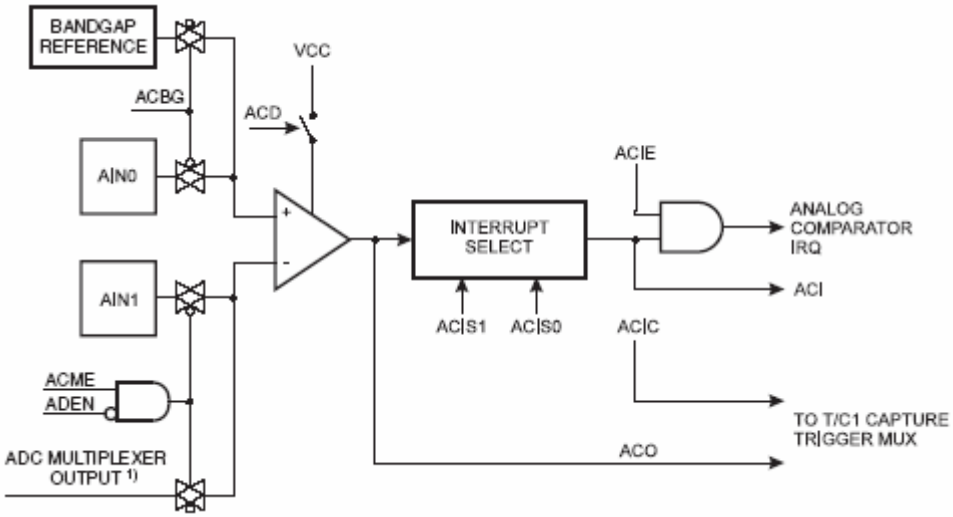


Obr. 14: Blokový diagram USART

3.8 Analogový komparátor

Ve spoustě aplikací je potřeba zpracovávat analogová data a použití AD převodníku je v určitých případech naprosto zbytečné. Lze tedy použít méně

přesného převodu pomocí komparátoru. Na čipech AVR bývá jeden komparátor integrován, podle zapojení na Obr. 15. Stav komparátoru lze zjistit buď přímo, nebo je možné nastavit volání přerušení a to na změnu stavu, sestupnou, nebo vzestupnou hranu výstupu komparátoru.



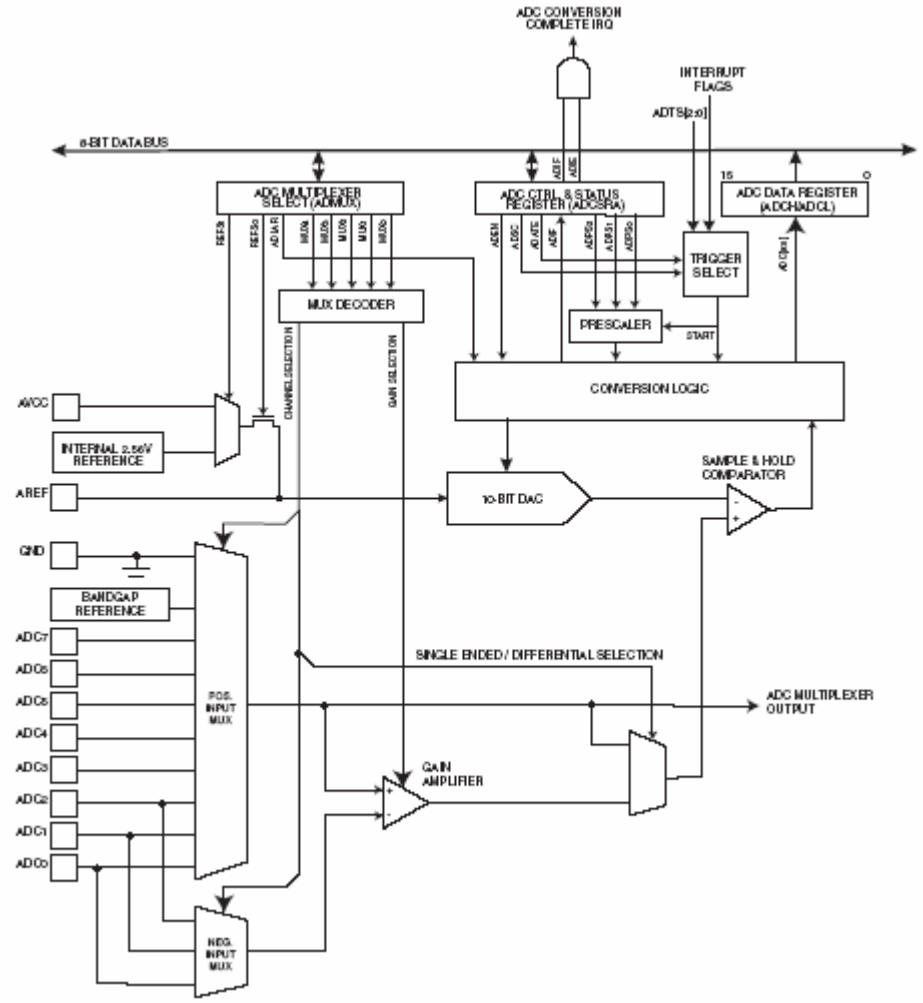
Obr. 15: Blokové schéma analogového komparátoru

3.9 A/D převodník

AD převodník není součástí všech mikrokontrolérů řady AVR, ale u většiny často používaných typů se s ním běžně potkáváme. U každého typu procesoru má také trochu jiné vlastnosti, co se týče kvality převodu, proto zde bude popisován právě AD převodník procesoru ATmega64.

Tyto převodníky pracují na principu postupné aproximace s rozlišením do 10 bitů. Výrobce zaručuje maximální změnu nelinearity do 0.75 LSB a absolutní chybu ±1,5 LSB. Pro zachování maximální přesnosti pracuje s rychlostí 15 kSps s dobou převodu v rozmezí 13 až 260 µs. Pro volbu rychlosti je použito vlastní předděličky na řídící kmitočet. Pro výrazné zvýšení přesnosti doporučuje výrobce kvalitní filtraci napájecího napětí a přepnutí procesoru do úsporného režimu, kdy se sníží rušení od digitální části. Převodník může pracovat ve dvou režimech: uživatelském a volně běžícím.

Na vstup je možno přivádět analogové napětí až z osmi vstupů procesoru a to díky integrovanému analogovému multiplexoru (viz. Obr. 16). Po dokončení převodu je možné volat automatické přerušení. Výsledek převodu je uložen do 10 bitů, kdy nulová hodnota odpovídá nulovému napětí a nejvyšší hodnota zvolenému referenčnímu napětí. Referenční napětí lze volit mezi vnitřním napětím o hodnotě 2,56V a vnějším napětím přivedeným na vstup procesoru.



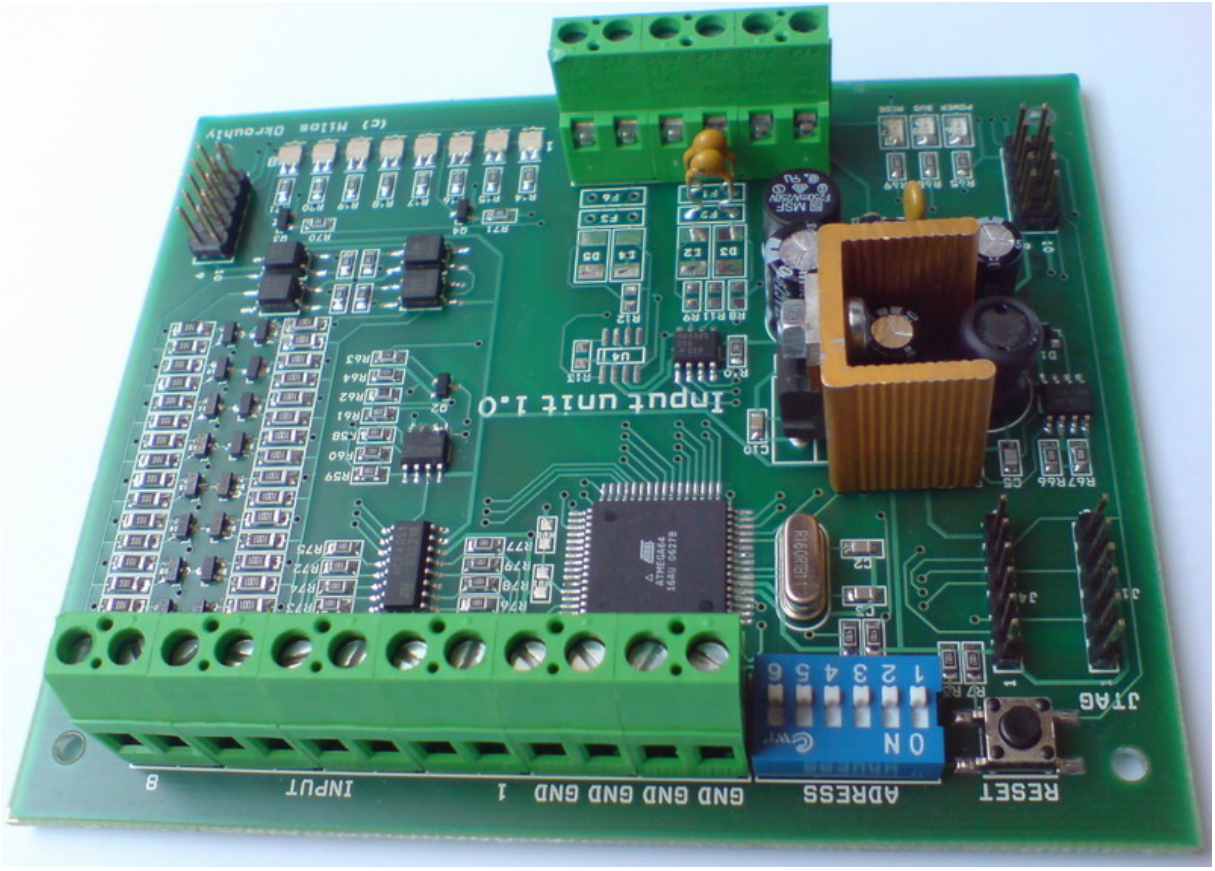
Obr. 16: Zapojení A/D převodníku

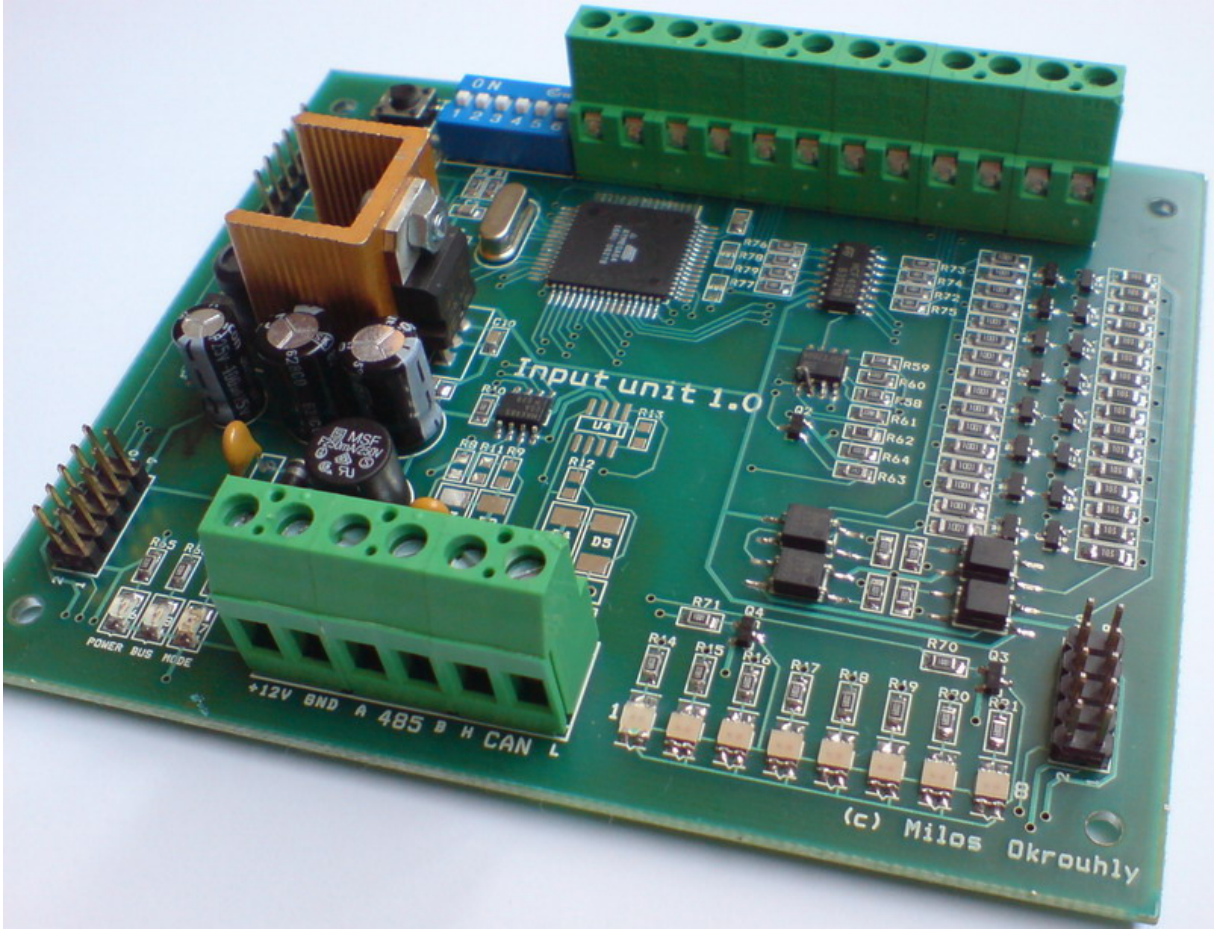
4. Návrh a konstrukce jednotky vstupů

4.1 Ustanovení a pravidla návrhu

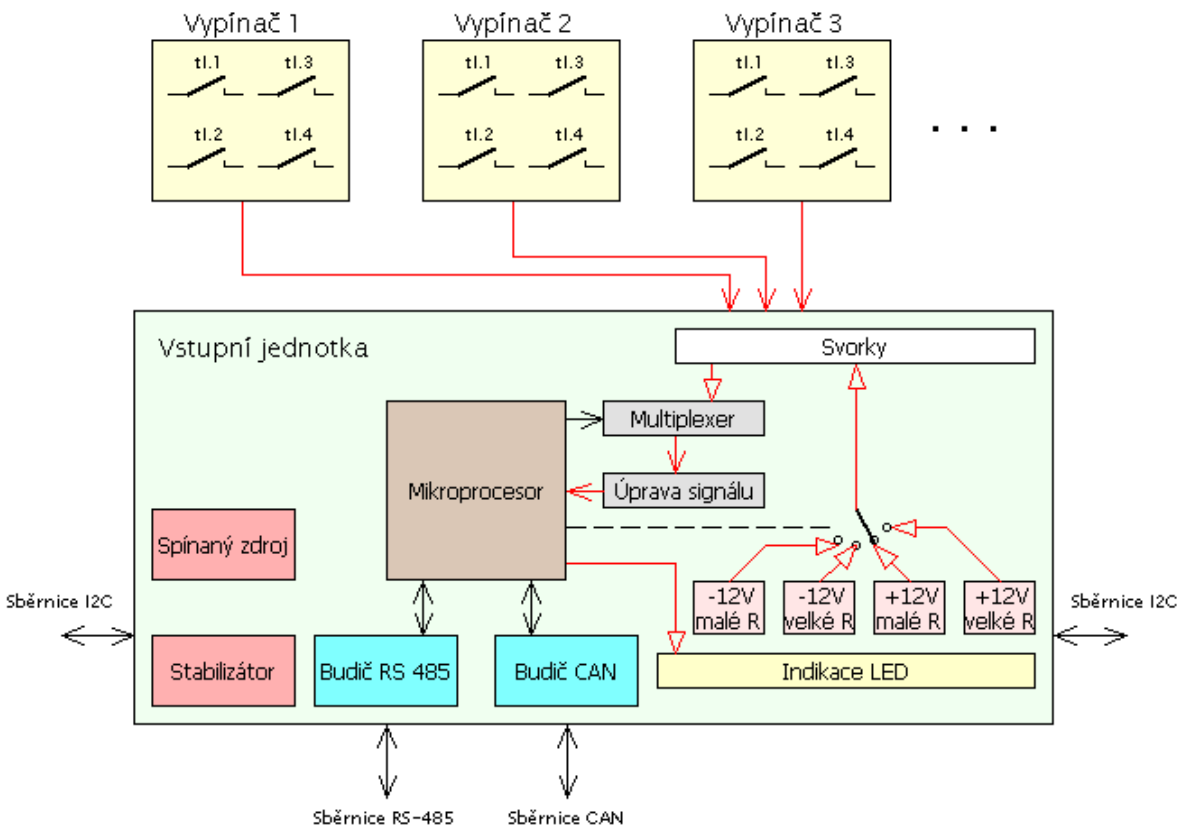
Podle rozšířených požadavků zadání má být jednotka schopna komunikovat s řídící jednotkou pomocí sběrnice RS-485, CAN, nebo I^2C. Jednotka se má na sběrnici chovat jako zařízení typu Slave, proto by měla mít možnost manuálního nastavení adresy. Měla by mít možnost sériového programování mikroprocesoru a vývod pro ladění JTAG. Na vstup musí být možno připojit až osm vodičů pro maximální možnou detekci stisku až 32 spínačů. Stisk každého spínače, stejně jako připojení napájecího napětí a komunikace po sběrnici, musí být opticky signalizován pomocí LED diod.

Jednotka je jedním z mnoha zařízení, které se připojují ke společné sběrnici, proto bylo potřeba při návrhu dodržovat určité zvyklosti, které ač ne nutně je vhodné dodržovat při návrhu všech jednotek. Aby bylo možné jednotky umístit do stejných krabiček, měly by jejich plošné spoje zachovávat rozměr 112,5 x 93,5 mm. Pro alternativní způsob uchycení by měli být v rozích plošného spoje připravené průchodky pro šrouby. Dalším ze zvyků je připojovat vstupy v horní části plošného spoje, napájení a připojení ke sběrnici RS-485 a CAN v dolní části a po stranách k I2C.





Obr. 17: Skutečné provedení Vstupní jednotky



Obr. 18: Blokové schéma zapojení

4.2 Teoretický rozbor problematiky detekce

Způsoby přenosu informace jsou rozdělovány do čtyřech základních způsobů, respektive multiplexů. Nejjednodušší je prostorový multiplex. Prostorový multiplex je při přenosu po vodičích chápán jako počet vodičů, po nichž přenášíme danou informaci. V našem případě je dle požadavků stanoven maximální počet vodičů na osm, což ovšem nijak neřeší základní problematiku rozpoznání až 32 spínačů (tedy 4 spínače na vodič).

Další z možných způsobů přenosu většího množství informace je časový multiplex. Ten by byl snadno realizovatelný a jednoduchý, avšak k takovémuto způsobu přenosu informace je zapotřebí aktivních prvků jak na straně vstupní jednotky, tak na straně spínače, což by nesplňovalo požadavek zadání.

Zadání by bylo možné dodržet s využitém frekvenčního multipexu, kdy by se na straně spínačů využilo pasivných filtrů. Vstupní jednotka by pouze vysílala signál

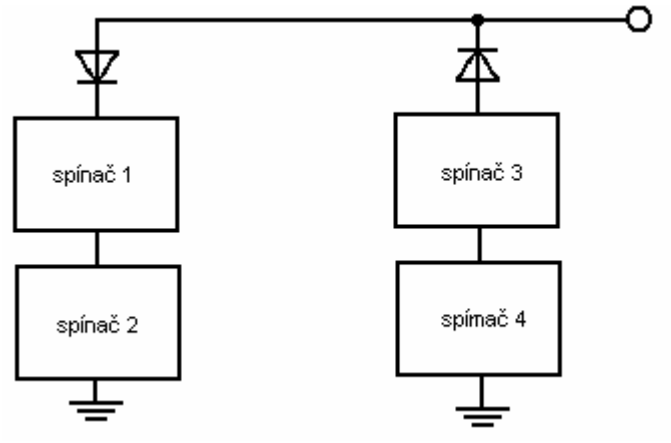
o příslušné frekvenci a naslouchala, zda došlo k jeho útlumu, či nikoli. Tato možnost, však značným způsobem zvyšuje jak technické, tak především finanční nároky realizace.

Jako nejjednodušší a také nejlevnější způsob detekce se ukázal kódový multiplex. Protože je však přenášena informace o čtyřech bitech (4 spínače) je tato informace zakódovaná do 16 stavů, což by v našem případě při napájení 12 volty znamenalo rozpoznat jednotlivé stavy mezi sebou v rozmezí menším jak jeden volt. Při uvážení různých zákmitů, přechodových odporů a především nestálosti napájecího napětí jednotky by toto rozlišení nemuselo zajistit požadovanou přesnost a stabilitu.

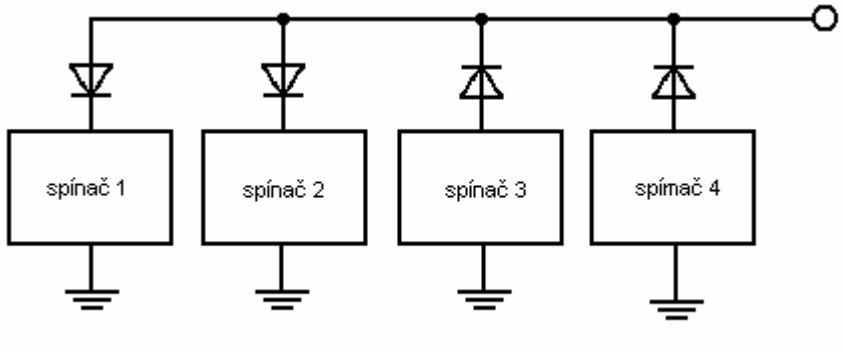
Pro zajištění většího detekčního rozmezí se použilo invertoru z 12 voltů na -12. Nyní se tedy využívá rozsah napětí -12 až 12 voltů. Další ze způsobů zvýšení detekčního rozmezí je kontrolovat dva spínače pro kladné a dva pro záporné napětí. Pro každou z polarit napájecího napětí jsou tedy detekovány pouze dva spínače (2 bity) a tím tedy pouze 4 stavy. Tento důsledek nám dává rozmezí mezi jednotlivými stavy 3 volty.

4.3 Praktické řešení detekce vstupů

Oddělení detekce dvou tlačítek pro kladné a záporné napětí se realizuje velmi snadno zapojením usměrňovací diody přímo před spínač. Složitější otázkou je však dosažení požadované napěťové úrovně při stisku jednotlivých spínačů. Nejsnazším způsobem je sériové zapojení obou spínačů (Obr. 19), jehož nevýhoda je blízké svázání těchto spínačů. Pro paralelní zapojení všech čtyřech spínačů (Obr. 20) a tedy naprostou nezávislost jejich umístění, je potřeba implementovat složitější detekční algoritmus. Cílem projektu je navrhnout a sestavit takové zařízení, jež umožní realizaci obou těchto variant.

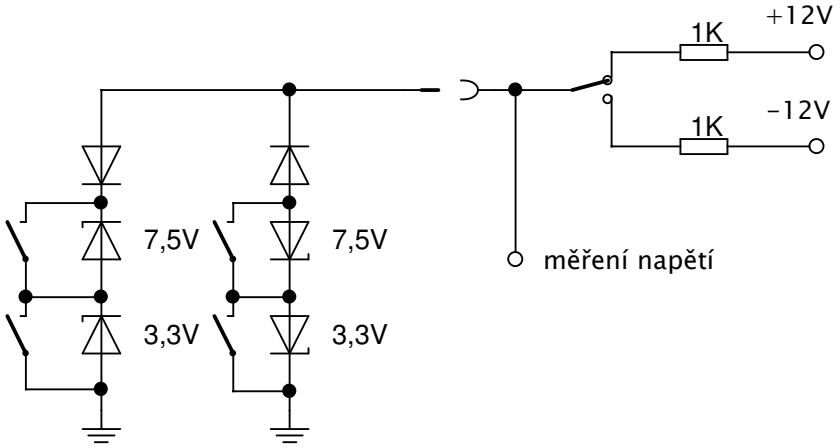


Obr. 19: Sériové zapojení spínačů



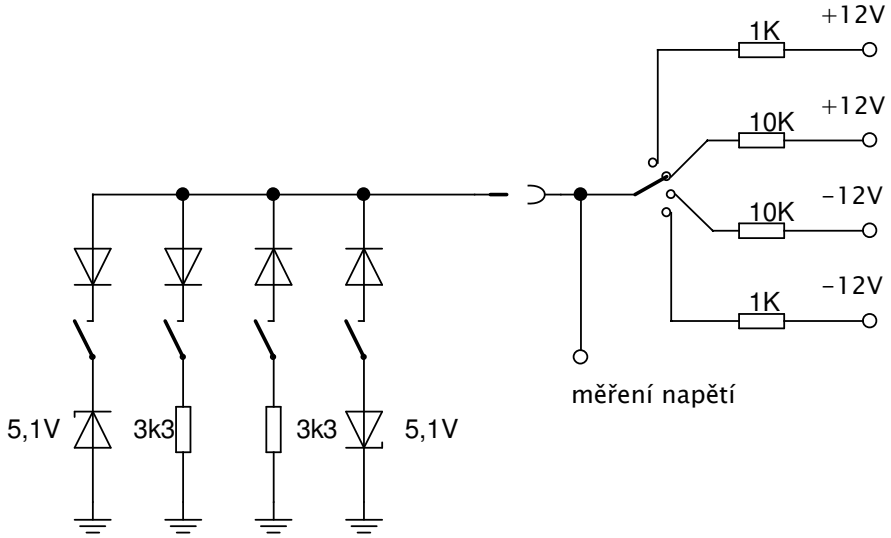
Obr. 20: Paralelní zapojení spínačů

Nejprve si rozebereme první případ a to sériové zapojení dvou spínačů. Zde jsou jednotlivé spínače realizovány jako klasický spínač paralelně připojený k zenerově diodě přesně definovaného napětí (viz. Obr. 21). Toto zapojení má značnou výhodu v jednoduchosti zapojení, snadné detekci, ale především ve stálosti měřeného napětí při kolísání vstupního napětí. Zenerovy diody při stisku jakéhokoli tlačítka zajistí přesné napětí v bodě měření pro různé hodnoty napájecího napětí, které ovšem nesmí klesnout pod únosnou mez (asi 10 voltů).



Obr. 21: Fyzické zapojení dvou spínačů v sérii

Druhý způsob zapojení je již poněkud komplikovanější (viz. Obr. 22). V tomto případě pro vyhodnocení stisku spínačů jedné polarity je potřeba provést dva odměry. Vyhodnocení stisku konkrétního tlačítka se pak musí provést podle tabulky (viz Tab. I). Jak je zřejmé ze zapojení, není tento způsob detekce odolný vůči kolísání napájecího napětí, což je nutno zohlednit v obslužném softwaru (v mikrokontroléru Atmel AVR).



Obr. 22: Fyzické zapojení všech spínačů paralelně

Tab. I: Detekce stisku tlačítka při paralelním zapojení pro kladnou polaritu

Sepnutý spínač	1. Odměr	2. Odměr
žádný	12 V	12 V
1.	6 V	6 V
2.	9 V	3,5 V
1. + 2.	6 V	3,5 V

4.4 Vlastní měření napětí

Pro měření napětí bylo využito A/D převodníku integrovaného přímo v pouzdře mikrokontroléru AVR. Tím se ušetřilo jak místo na plošném spoji, tak nadbytečná režie za další elektronické součástky. Při použití A/D převodníků je však nutno přizpůsobit měřené napětí napěťovému rozmezí převodníku. Na vstup mikrokontroléru je možné přivést pouze napětí v rozmezí 0V až napájecí napětí, tedy 0 až 5 voltů a to kvůli ochranným diodám na vstupních pinech (viz Obr. 23). Tyto diody chrání obvod před statickými elektrickými výboji.

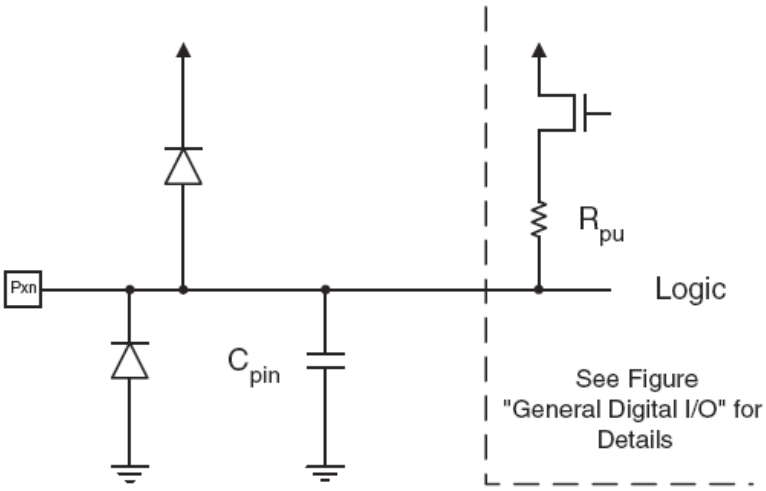
Protože je však potřeba měřit napětí v rozmezí -12 až +12 voltů, musí se tento napěťový rozsah omezit. Nejprve je potřeba transformovat záporné napětí na kladné a naopak kladnému polaritu ponechat. Poté už pouze stačí obyčejným odporovým děličem snížit napěťový rozsah. Celý tento proces lze realizovat pomocí dvou operačních zesilovačů (viz Obr. 24).

První je zapojen jako pouhý sledovač napětí a jeho účelem je zajistit dostatečně malý výstupní odpor zdroje, aby nedocházelo k ovlivnění rezistorového poměru invertoru. A zároveň nekonečně velký vstupní odpor, aby neovlivňoval měřenou soustavu.

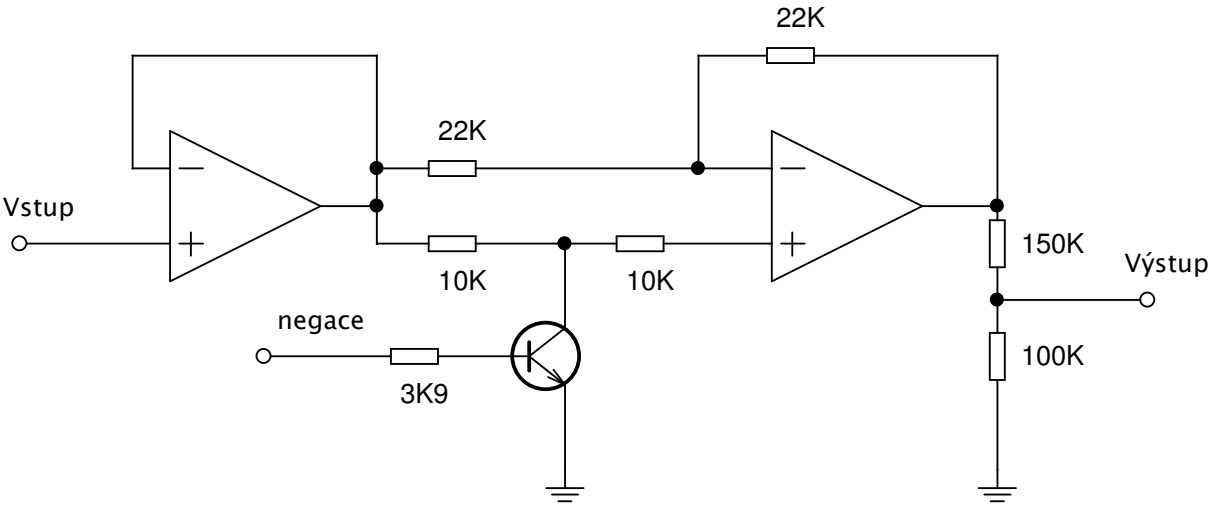
Druhý operační zesilovač je v zapojení invertoru napětí, kde při sepnutém ovládacím tranzistoru má obvod na výstupu napětí o stejné velikosti jako na vstupu, pouze s opačnou polaritou. A při rozepnutém tranzistoru přenáší na výstup vstupní velikost napětí o stejné polaritě.

Mikrokontrolér má před vlastním A/D převodníkem zařazen ještě analogový multiplexor o osmi vstupech, tudíž by bylo možné vést všechny vstupy přímo na vstupní piny procesoru, musel by však být na plošném spoji 8x totožný obvod dle Obr. 24. Takovéto řešení opět plýtvá jak financemi, tak prostorem na plošném spoji.

Proto se přivádí veškerá vstupní napětí z osmi svorek na jeden komparátor přes analogový multiplexor 4051. Jelikož je analogový multiplexor 4051 typu HC, tj. má na vstupních pinech ochranné diody, musely být před vstupy do série zařazeny odpory pro případné snížení zkratového proudu.



Obr. 23: Vnitřní zapojení na vstupech mikrokontroléru Atmel AVR



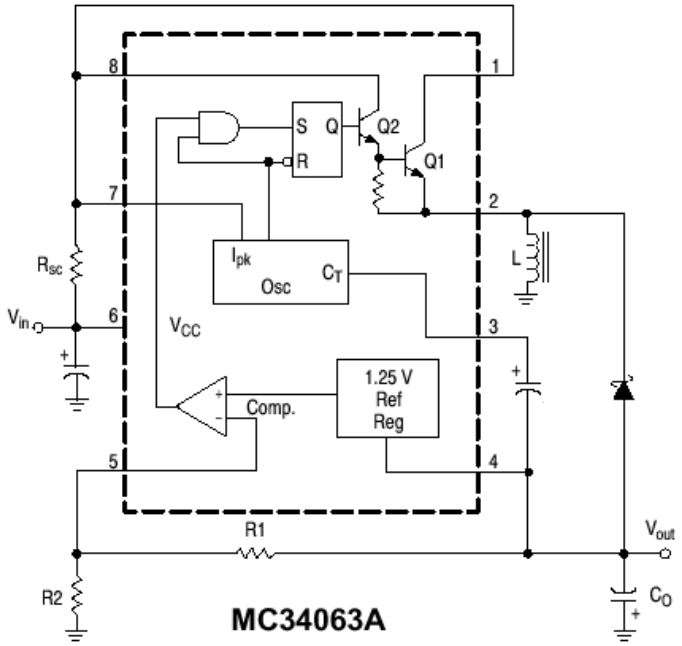
Obr. 24: Invertor napětí + odporový dělič

4.5 Konvertor napětí z 12 na -12V

Použitý konvertor napětí MC34063A je založen na principu spínaného zdroje. Integrovaný obvod MC34063A může dle zapojení pracovat jako spínaný obvod step-up, step-down, nebo invertor. Pro funkci invertoru je použito zapojení dle Obr. 25.

Elektrolytický kondenzátor na vstupu zastupuje funkci blokovacího kondenzátoru, který je v případě rychlých změn proudového odběru schopen pokrýt proudové špičky. Rezistor R_{sc} zde slouží pouze jako měřící odpor, ke zjištění proudových odběrů. Z těchto důvodů má také malou rezistivitu, aby na něm nevznikali velké nežádoucí napěťové úbytky. Cívka L a schottkyho dioda zde zastávají hlavní princip spínaného zdroje. Aby byl spínaný zdroj ve spojitém režimu, je potřeba zvolit dostatečně vekou hodnotu indukčnosti.

Výstupní kondenzátor C_0 snižuje rozkmit výstupního napětí, tedy čím bude větší jeho hodnota, tím bude napěťové kolísání nižší. Odporovým děličem R_1 a R_2 je zajištěná požadovaná velikost výstupního napětí. Mezi těmito odpory je snímána velikost napětí, jež se porovnává s vnitřním referenčním napětím. Podle tohoto porovnání se poté rozhoduje o sepnutí, či nesepnutí nabíjecího tranzistoru. A nakonec kondenzátorem C_T se nastavuje frekvence oscilátoru.



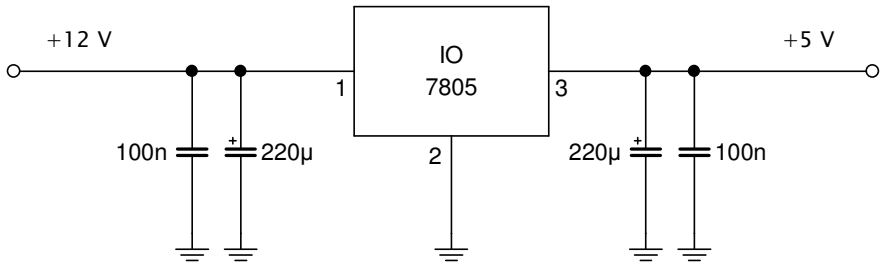
Obr. 25: Invertor napětí z +12 na -12 voltů

4.6 Stabilizátor napětí

Mikrokontrolér je nutné napájet v napěťovém rozmezí 4,5 až 5,5 voltů. Z těchto důvodů je nutné snížit napájecí napětí z 12 V na 5 V. Nabízeli se opět dva

způsoby provedení. Jeden ze způsobů je využít spínaného zdroje typu step-down, nebo použít napěťového stabilizátoru. Spínaný zdroj poskytuje výhodu nízkých napěťových ztrát, ovšem za cenu většího množství použitých součástek a větší ceny. Napěťový stabilizátor typu 7805 nám poskytuje levý a jednoduchý způsob zapojení, ovšem jeho nevýhodou jsou velké výkonové ztráty a problémy s chlazením.

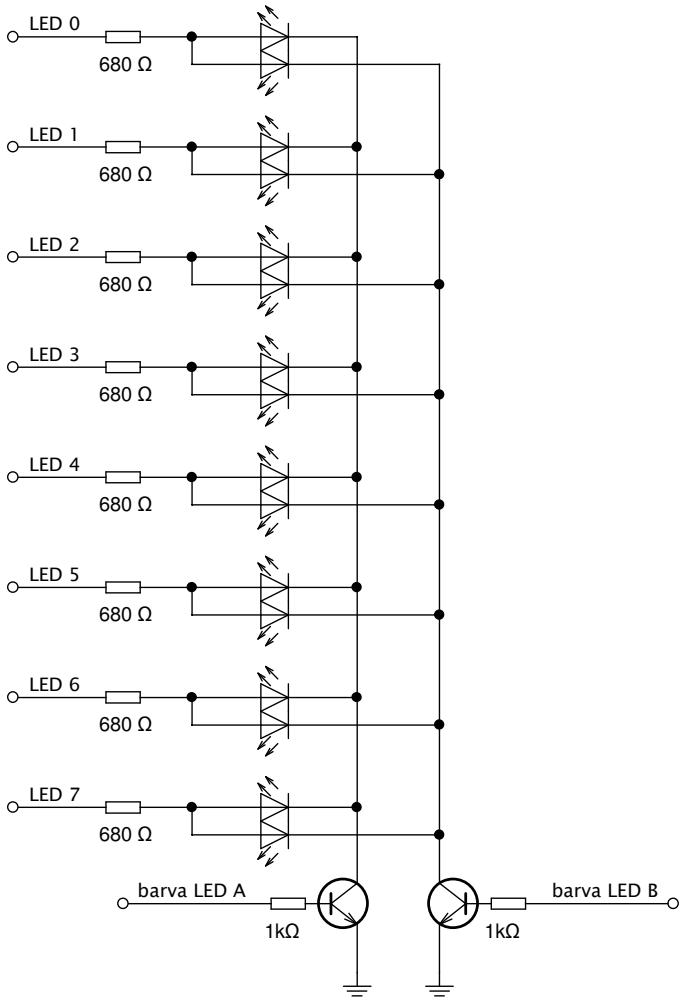
Po zvážený průměrných a maximálních proudových odběrů, byl využit napěťový stabilizátor 7805, kde jeho výkonové ztráty nepřekročí únosnou mez, jak co se týče spotřeby, tak chlazení. Použité zapojení je vidět na Obr. 26. Zapojené blokovací kondenzátory mají za úkol opět pokrýt proudové špičky a zároveň vyhladit napěťové kolísání.



Obr. 26: Napěťový stabilizátor 7805

4.7 Signalizace pomocí dvoubarevných LED diod

Jedním z požadavků bylo, aby jednotka indikovala stisky jednotlivých spínačů pomocí LED diod umístěných na plošném spoji. Protože však k jednotce může být připojeno současně až 32 spínačů a tedy je nutno signalizovat až 32 stisků současně. Ukázalo se jako naprosto nesmyslné, využít pro každý spínač vlastní LED diodu a zároveň zabrat 32 výstupů mikrokontroléru. Bylo tedy využito pouze osm výstupů procesoru, jež jsou postupně přepínány na osm dvoubarevných LED diod (viz. Obr. 27).



Obr. 27: Signalizace stisků pomocí LED diod

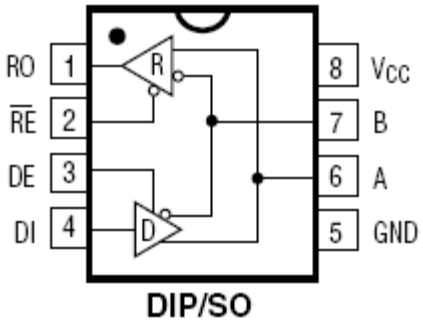
4.8 Komunikační obvody po sběrnici RS 485 a CAN

Pro komunikaci mezi jednotkami lze volit jeden ze standardů RS485, nebo CAN, případně i I^2C. Nakonec byl upřednostněn standard RS485. Avšak plošný spoj je navržen tak univerzálně, aby v případě potřeby bylo možné snadno přejít na standard CAN. Na osazeném prototypu je použit mikrokontrolér Atmel AVR ATmega64, který bohužel standard CAN nepodporuje, lze ho však snadno zaměnit za typ AT90CAN128, který již má podporu obou komunikačních protokolů.

Obvod MAX485 (viz obr. 28) je obyčejný převodník úrovní. Pokuj je vstup s označením RE/ ve stavu log. jedničky je na výstupu pinu RO nastavena vysoká impedance. Je-li RE/ v log. nule na výstupu RO je nastavena úroveň podle polarity rozdílového napětí mezi piny A a B. V případě, že napětí A>B má RO vysokou

úroveň, naopak B<A má RO nízkou úroveň napětí, zároveň musí být potenciální rozdíl mezi A a B větší jak 200 mV.

Další řídící vstup má označení DE, je-li v log. nule jsou výstupy A a B ve stavu vysoké impedance a obvod MAX485 slouží pouze k naslouchání na sběrnici. Pokud je DE v log. jedničce obvod slouží k vysílání na sběrnici a tedy převádí vstup z pinu DI na diferenciální výstupy A B.

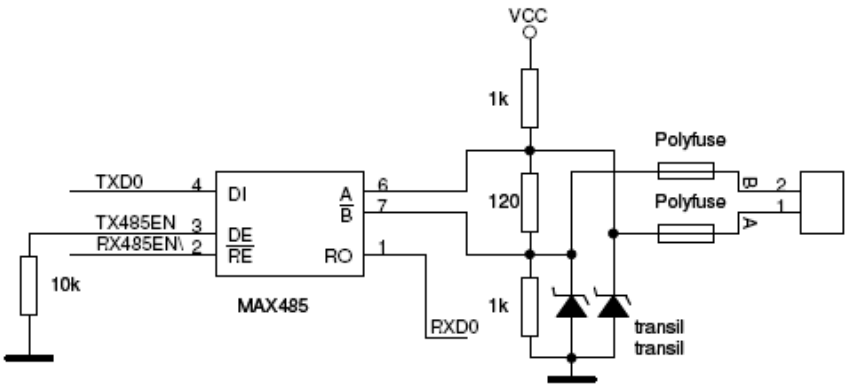


Obr. 28: Integrovaný obvod MAX485

Konkrétní zapojení v obvodu je na obr. 29. Na výstupu obvodu jsou zapojené tři rezistory. Rezistor o hodnotě 120 Ω musí být na sběrnici pouze na dvou místech a to na začátku a na konci sběrnice, zapojen bude tedy pouze v případě, že vstupní jednotka bude právě na konci sběrnice. Jeho smysl je impedanční přizpůsobení sběrnice, což zajistí odolnost vůči odrazům. Jeho velikost odpovídá charakteristické impedanci vedení kroucené dvojlinky. Použití kroucené dvojlinky je předepsáno normou, pro její kladné vlastnosti proti okolnímu rušení.

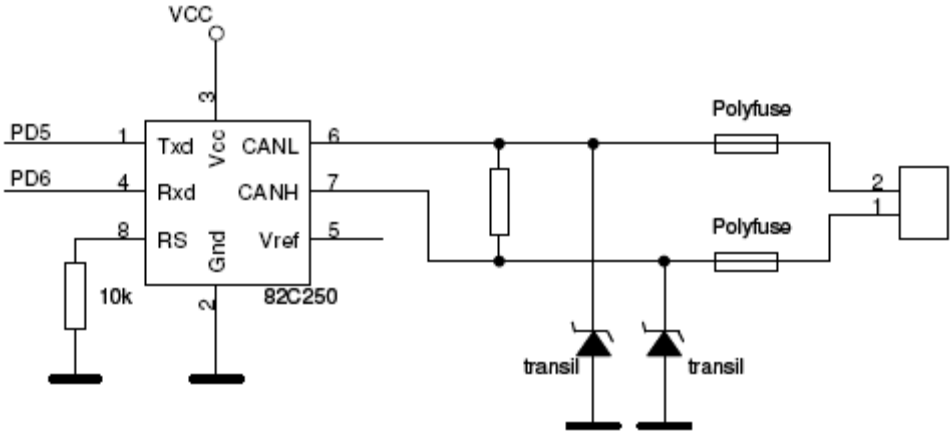
Odpory o hodnotách 1 kΩ vztažené k zemi a napájení musí být na celé sběrnici také zapojeny pouze jedenkrát. Jejich významem je nastavit klidový stav sběrnice v okamžiku, kdy se mění vysílače. V tento okamžik mají totiž všechna zařízení výstupy ve stavu vysoké impedance a rušení by mohlo vytvářet falešný zdroj dat.

Další zapojené součástky jsou transily, které ochraňují integrovaný obvod před záporným napětím, napětím přesahujícím jejich napájecí napětí, ale také před rychlými napěťovými překmity. Zkráceně mají funkci přepěťové ochrany. Při použití transilů, je zapotřebí, aby před nimi byly zapojeny pojistky, které po delším proudovém zatížení obvod odpojí a oddělí od nebezpečí na sběrnici.



Obr. 29: zapojení MAX485

Budič 82C250 založený na standardu CAN je zapojen dle obr. 30. Pro toto zapojení platí stejná pravidla jako pro obvod MAX485.



Obr. 30: zapojení 82C250

5. Ovladač mikrokontroléru

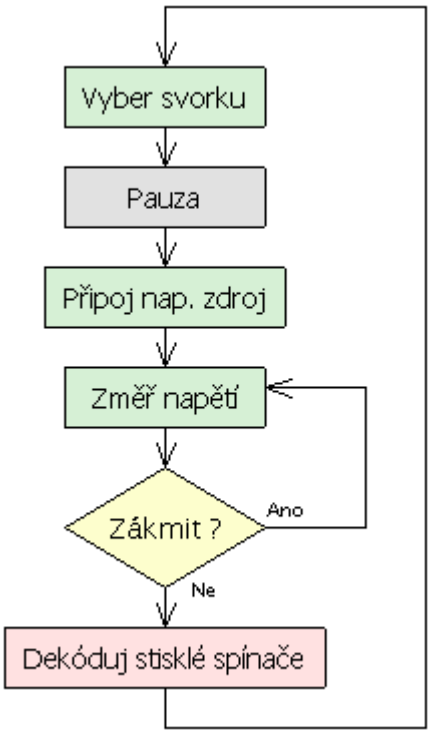
5.1 Obecné pojednání

Ovladač mikrokontroléru je napsaný v nízkoúrovňovém jazyce C, neboť již struktura mikrokontrolérů Atmel AVR je navržena přímo pro programování v jazyce C. Zdrojový kód je psaný podle oficiálního standardu ANSI C z roku 1990.

Struktura celého ovladače je psaná přímo na míru elektronickému zapojení jednotky. Předpoklad, že by navržené knihovny mohly být využity u jiných aplikací je prakticky nulová, díky specifickému el. zapojení. Z těchto důvodů jsou i knihovny psány s přiměřenou mírou obecnosti, kdy je volen kompromis mezi jednoduchostí, rychlostí a obecnému pojetí. Knihovny jsou vždy psány pro celé funkční celky, dle schématického zapojení jednotky.

Celý software je koncipován do jedné hlavní smyčky, v které se prování základní úkony spojené s měřením vstupního napětí. Tento hlavní cyklus je pomocí přerušovacího systému prokládán metodami pro nastavení optické signalizace stisku jednotlivých spínačů, vlastním zobrazováním, předzpracováním dat k odeslání po sběrnici a do budoucna i metodami pro komunikaci po sběrnici.

5.2 Hlavní blok programu



Obr. 31: Blokový diagram hlavní smyčky programu

Nejobsáhlejší částí je tedy hlavní smyčka prováděná v nekonečném cyklu. V této smyčce jsou využity knihovny pro výběr polarity napájení s volbou velikosti vstupního zatěžovaného odporu (viz. obr. 24), nastavení invertoru (obr. 26), ovládání multiplexoru a měření napětí s využitím integrovaného A/D převodníku.

Po startu programu dojde k inicializaci všech knihoven a přednastavení potřebných proměnných. Poté se s nekonečným opakováním vybírá mezi jednotlivými zdroji napájení (dle typů snímaných spínačů) a vždy se projdou jednotlivé vstupní svorky na kterých se měří velikost el. napětí.

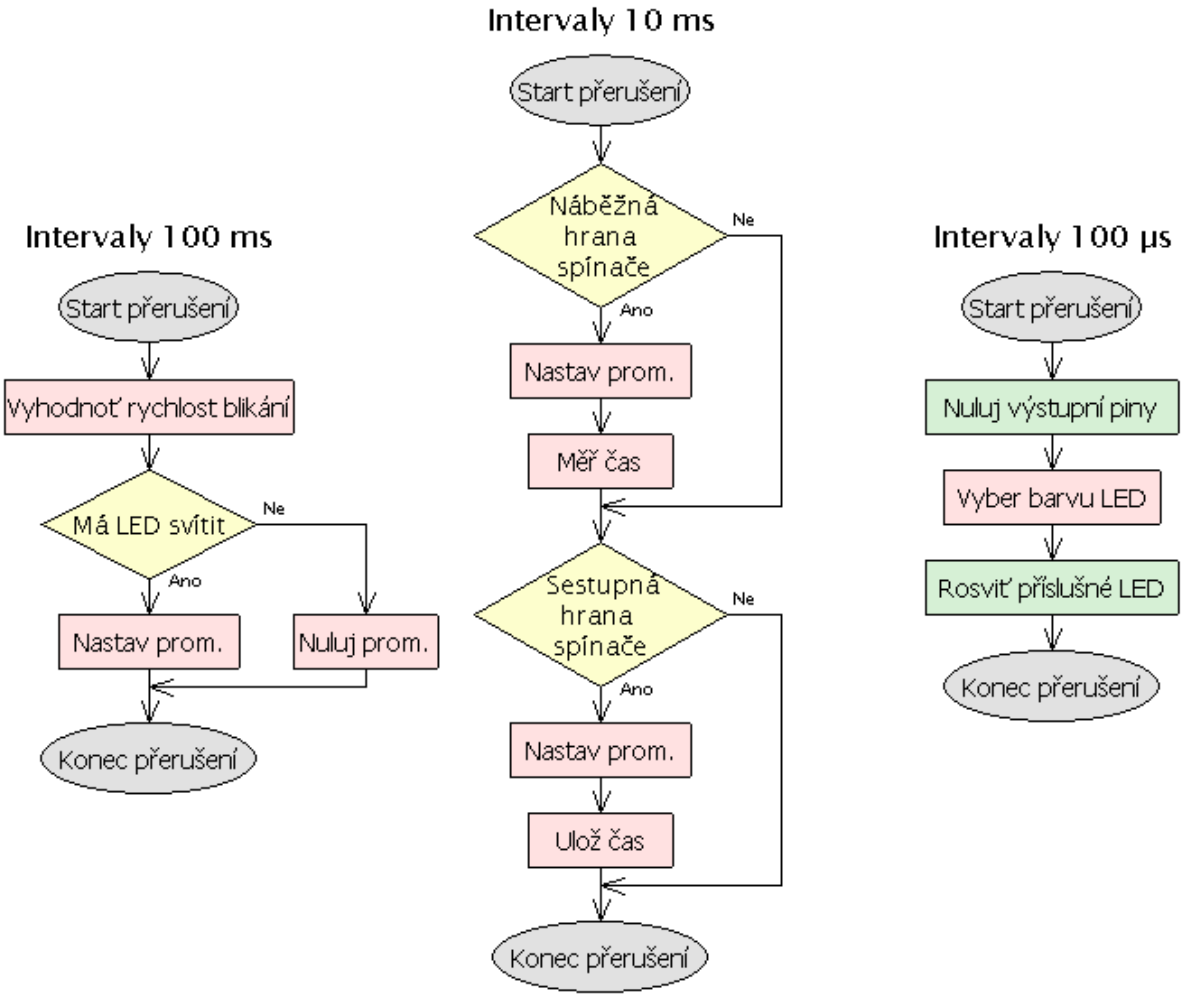
Pro vybrání dané svorky se zavolá metoda multiplex z knihovny vstup, jíž se předává jeden parametr číselně odpovídající požadované svorce. Dále je volána zpožďující metoda, která zajišťuje rozumnou frekvenci měření vstupů. Neboť příliš velkou frekvencí bychom zbytečně zvyšovaly ztrátový výkon a naopak při malé frekvenci měření bychom mohli přijít o užitečnou vstupní informaci (krátký stisk spínače).

V následujícím kroku dojde k volbě napájecího zdroje vstupů, při kterém je automaticky nastaven invertor napětí, a k vlastnímu měření napětí pomocí A/D

převodu. Tento převodník je nastaven pro měření do 10 bitů, přičemž nejvyšší možná naměřená hodnota odpovídá napětí 5 voltů. Aby se zamezilo měření nežádoucích zákmitů, je změřená hodnota porovnána s předcházejícím odměrem (s jistou tolerancí) a v případě neshody se měření opakuje.

Posléze dojde k odpojení napájecího zdroje od vstupů, aby se zamezilo zbytečným proudovým odběrům, a přejde se k vyhodnocení naměřeného napětí. Dle naměřeného napětí se případně nastaví odpovídající bity ve 4x 8 bitových registrech reprezentující jednotlivé spínače. Tyto registry se využívají v přerušovací smyčce k detekci náběžné a sestupné hrany při stisku spínače. Celý cyklus se dále opakuje pro následující vstupní svorky.

5.3 Přerušovací systém



Obr. 32: Blokový diagram hlavní smyčky programu

Přerušovací systém využívá 4 čítače/časovače nastavené v režimu časování ve funkci komparátorů s přednastavenou hodnotou, tak aby generovali pravidelné signály v intervalech 0.1, 1, 10 a 100 milisekund.

V nejdelších intervalech 100 milisekund je volána funkce pro nastavení rychlosti blikání a aktuálního stavu svícení jednotlivých LED diod a jejich barev. Tento interval je dostatečně vyhovující pro daný účel a není ho potřeba volat častěji, aby zbytečně nevytěžoval procesor. Při každém zavolání této obslužné rutiny dochází k inkrementaci přednastaveného intervalu a pokud je napočítáno do nuly, nařídí se překlopení stavu odpovídající LED diody. Pokud je však detekována změna stavu spínačů příslušných k dané LED, přehodnotí se interval blikání pro příslušnou barvu a inkrementace začíná od znova. V této části však nedochází k vlastnímu

nastavení jednotlivých výstupních pinů, ale pouze k definici stavů LED diod.

V intervalech 10 milisekund dochází k předzpracování dat určených pro odeslání po sběrnici řídící jednotce. Zjišťuje se zde tedy náběžná hrana stisku, doba stisku spínače a sestupná hrana. Takto zjištěná data se ukládají do globálních proměnných, které jsou připraveny pro zpracování komunikační knihovnou. Její implementace však není součástí této práce. Globální proměnné musí být po odeslání vynulovány. Toto opatření je nutno provádět v komunikační části programu, aby nedocházelo ke ztrátě informace, v případě že by došlo ke zpomalení komunikace s řídící jednotkou.

Posledním využitým intervalem je 100 mikrosekund ve kterém se na LED diodách přepíná mezi jednotlivými barvami a nastavují se stavy jednotlivých LED. Přepínání se provádí, z důvodu použití pouhých osmi výstupních pinů pro 2x 8 LED. Toto přepínání musí být dostatečně rychlé, abychom oklamalo nedokonalé lidské oko, které tuto situaci vyhodnotí, jako kdyby svítili obě barvy současně.

6. Závěr

Zařízení při testování vykazovalo kvalitní výsledky s vysokou odolností při kolísání napájecího napětí. Při dlouhodobějším běhu se ukázala potřeba pasivního chladiče, o který byl stabilizátor 7805 zpětně doplněn. Indikace stisku jednotlivých spínačů se při větším počtu stisknutých tlačítek projevila jako nepřehledná, takováto situace však nastává pouze ve výjimečných případech, proto je přidávání dalších LED diod cenově i prostorově nevýhodné. Při volbě komunikačního standardu CAN je nutné plošný sloj osadit mikrokontolérem AT90CAN128, který je oproti ATmega64 již doplněn řadičem systémů CAN.

Dalším z nedostatků zapojení prototypu je použití otevřené radiální cívky. Vynutí této cívky se po delší době chodu jednotky uvolnilo a vytváří mírný hluk. I přesto že byl spínaný zdroj navržen na frekvenci 45kHz, tedy do neslyšitelné oblasti. Tento nedostatek by se dal odstranit použitím kvalitnějšího typu indukčnosti.

Plošný spoj byl kompletně osazen všemi součástkami, tedy až na budič sběrnice CAN, a je ho možné využívat v plném rozsahu. Ovšem obslužný software je naprogramován pouze v základním funkčním rozsahu pro detekci sérioparalelního zapojení spínačů. Pokud by bylo potřeba využívat paralelního zapojení, musel by být upraven hlavní blok programu. Obslužné knihovny periferií jsou již na tento způsob detekce připraveny. Při využití v praxi je nutné doplnit program komunikační knihovnou pro obsluhu a přenos dat po sběrnicích. Tato část je již řešena v jiné bakalářské práci.

Seznam použitých zdrojů

[1] ZÁHLAVA, Vít. *OrCAD 10.* První vydání. Praha: Grada, 2004. 224 stran. ISBN 80-247-0904-X

[2] VÁŇA, Vladimír. *Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesorů a instrukční soubor.* První vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2003. 336 stran. ISBN 80-7300-083-0

[3] VÁŇA, Vladimír. *Mikrokontroléry ATMEL AVR: Programování v jazyce C.* První vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2003. 216 stran + CD ROM. ISBN 80-7300-102-0

[4] HEROUT, Pavel. *Učebnice jazyka C.* Třetí upravené vydání. České Budějovice: KOPP nakladatelství, 1999. 272 stran. ISBN 80-85828-21-9

[5] KOCOUREK, Petr. *Přenos informace.* Druhé upravené vydání. Praha: ČVUT, 1999. 241 stran. ISBN 80-01-01978-0

[6] STAĚK, Jan. *RS 485 & 422* [online]. c1998, [cit.1998-15-01]. Dostupné z: <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART821-RS-485-422.html>.

[7] PROUCHA, Pavel. *Přenos dat po linkách RS485 a RS422* [online]. c1999, [cit.1999-25-08]. Dostupné z: <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART705-Prenos-dat-po-linkach-RS485-a-RS422.html>.

[8] ZÁVIDČÁK, Miroslav. *CAN – popis struktury* [online]. c2004, [cit.2004-04-06]. Dostupné z: <http://www.hwserver.cz/Rozhrani/ART1111-CAN---popis-struktury.html>.

[9] *MC34063A development aid* [online]. Dostupné z: <http://www.nomad.ee/micros/mc34063a/index.shtml>.

Přílohy

Příloha A

Horní vrstva plošného spoje

Spodní vrstva plošného spoje

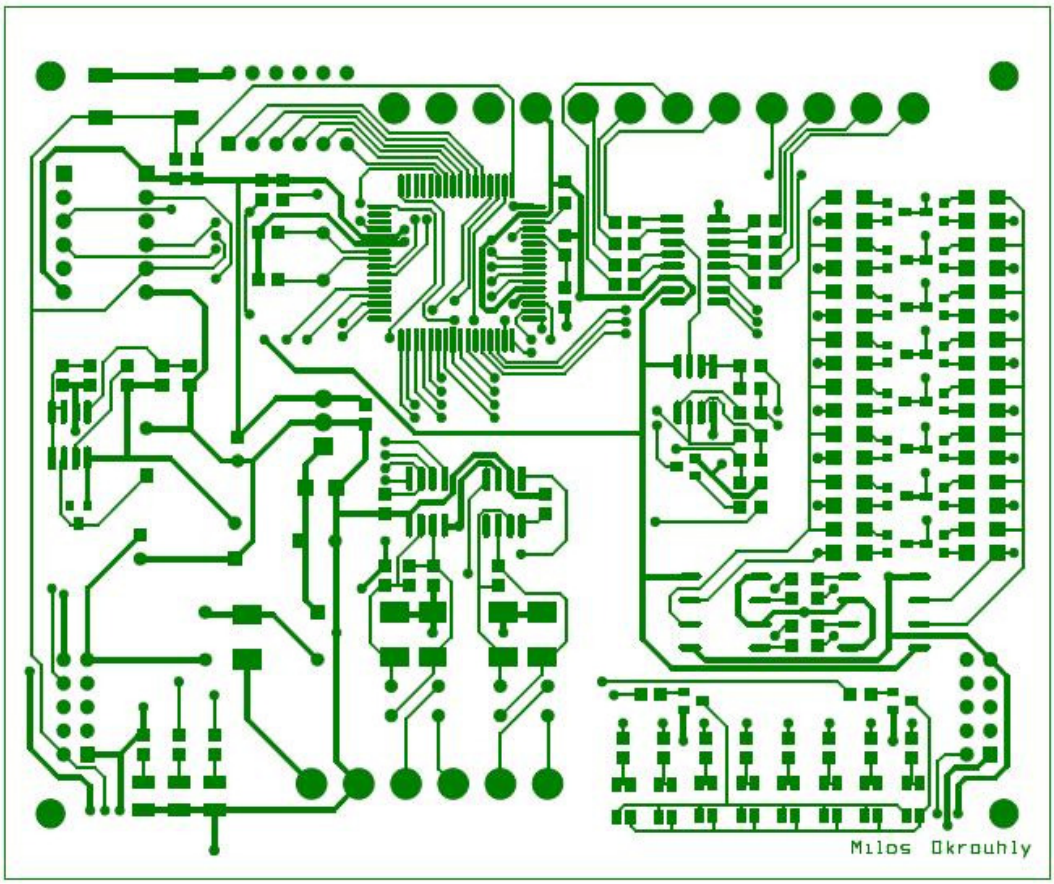
Rozmístění součástek na plošném spoji

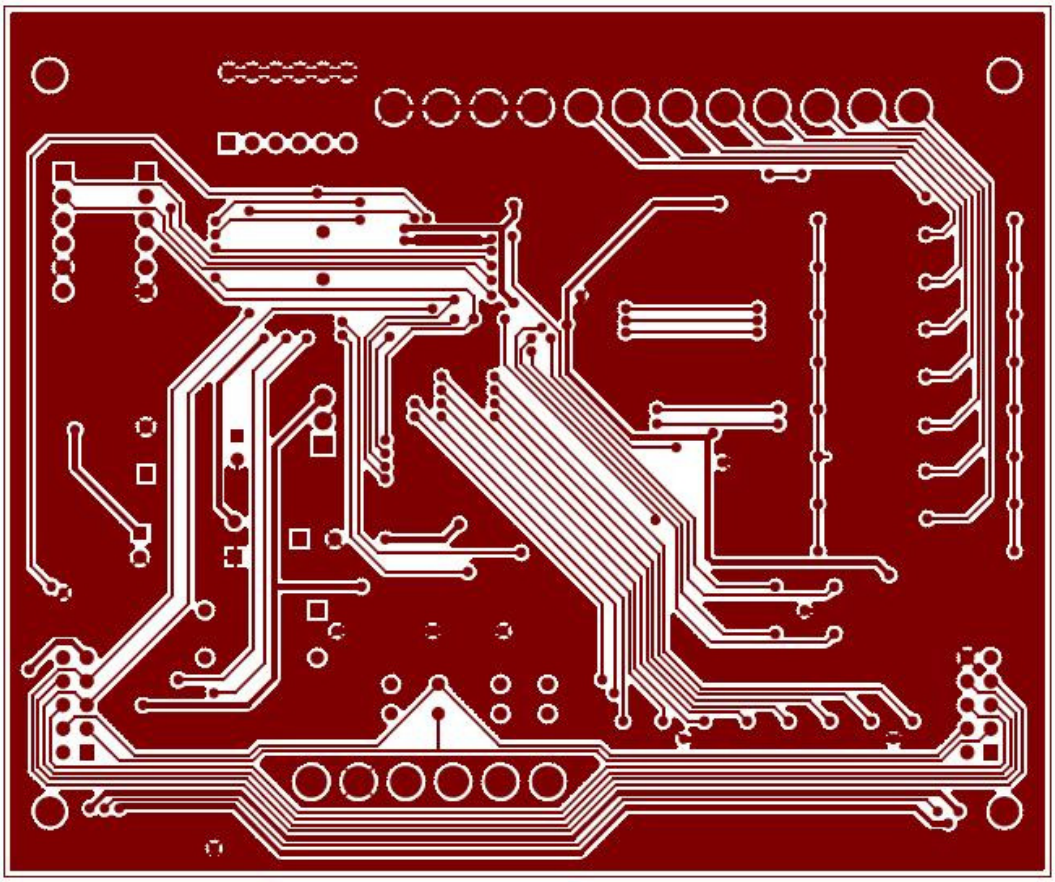
Schéma zapojení

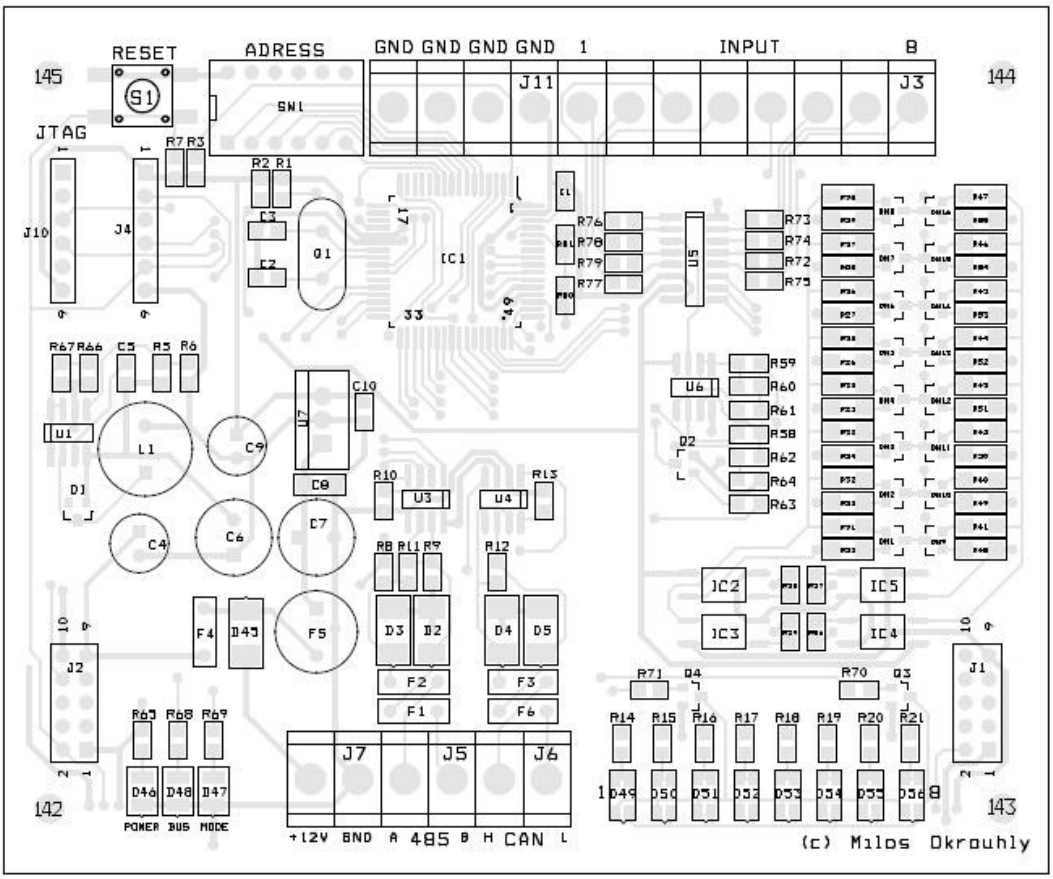
Příloha B

Přiložené CD

- schéma zapojení + plošný spoj v programu OrCAD
- schéma zapojení v barevném a černobílém provedení ve formátu PDF
- nákres spodní a horní vrstvy plošného spoje a rozmístění součástek v PDF a JPG
- zdrojový kód v programovacím jazyku C
- technické listy použitých součástek
- text bakalářské práce v PDF
- fotky prototypu


Milos Okrouhly




RESET
ADRESS
GND GND GND GND 1
INPUT
B
145
144
S1
SW1
J11
J3
JTAG
R7 R3
R2 R1
J10
J4
C3
C2
Q1
IC1
17
33
49
R76
R78
R79
R77
U5
R73
R74
R72
R75
R67 R66
C5
R5
R6
U1
L1
C9
U7
C10
C8
D1
R10
U3
U4
R13
C4
C6
C7
R8 R11 R9
R12
U6
D2
R59
R60
R61
R58
R62
R64
R63
IC2
IC5
IC3
IC4
F4
D43
F5
D3
D2
D4
D5
F2
F3
F1
F6
J2
J1
R71
Q4
R70
Q3
R65 R68 R69
J7
J5
J6
R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20 R21
D46 D48 D47
D49 D50 D51 D52 D53 D54 D55 D56
142
143
POWER BUS MODE
+12V GND A 485 B H CAN L
(c) Milos Okrouhly