

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**System inteligentní elektroinstalace – modul detekce vypínačů
a vysílací jednotka**

Vypracoval: Radomír Vach

Vedoucí práce: Ing. Pavel Němeček

Praha květen 2006

Prohlášení

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

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

V Praze dne

.....

Podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především vedoucímu mé práce Ing. Pavlu Němcovi za cenné připomínky a rady při řešení problémů souvisejících s bakalářskou prací. Rád bych poděkoval také rodičům a všem blízkým za jejich podporu a pomoc při mém studiu.

Anotace

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a realizovat přijímací modul a vysílací jednotky komunikující mezi sebou dvouvodičovým vedením (napájení, zem). Jednotka musí být schopná připojení ke sběrnici I2C nebo RS 485. Další podmínkou bylo najít nejlevnější možné řešení této úlohy.

Abstract

The main aim of this thesis was designed and realized receiving modul and transmitting unit which communicate between themselves over a twisted pair conduct (source, ground). The unit has to be able to connect to I²C or RS 485 bus. Next condition was found the most cheap solution.

1	ÚVOD	7
1.1	VÝBĚR METODY PŘENOSU SIGNÁLU Z VYSÍLACÍ JEDNOTKY DO MODULU A JEJÍ NÁVRH	7
1.2	NAVRH ŘEŠENÍ VSTUPŮ	7
1.3	VÝBĚR VHODNÉHO MIKROKONTROLERU A NÁVRH POSTUPU MĚŘENÍ	8
2	TEORETICKÝ ROZBOR METODY	9
2.1	OBECNÝ ÚVOD.....	9
2.2	OBECNÁ PROBLEMATIKA	9
2.3	VYSÍLACÍ JEDNOTKA	9
2.4	PŘIJÍMACÍ MODUL	10
2.4.1	<i>Princip rozpoznávání stisknutých tlačítek</i>	11
2.5	SBĚRNICE I ² C A RS 485	12
2.5.1	<i>Princip funkce I²C sběrnice</i>	12
2.5.2	<i>Princip funkce RS 485 sběrnice</i>	15
3	MIKROKONTROLER ŘADY AVR ATMEGA16	16
3.1	OBECNÁ CHARAKTERISTIKA MIKROKONTROLERŮ AVR	16
3.2	ZPŮSOBY PROGRAMOVÁNÍ.....	18
3.3	PŘERUŠOVACÍ SYSTÉM	18
3.4	PAMĚŤOVÝ PROSTOR	20
3.5	A/D PŘEVODNÍK.....	20
4	MULTIPLEXERY A SWITCHE	23
4.1	I/O MULTIPLEXER ADG526A	23
4.1.1	<i>Obecná princip časového multiplexování</i>	23
4.1.2	<i>Popis a parametry ADG526A</i>	24
4.2	PŘEPÍNAČ NAPĚTÍ ADG431	24
4.2.1	<i>Obecná princip switche</i>	24
4.2.2	<i>Popis a parametry switche ADG431</i>	24
5	REALIZACE HARDWARE	25
5.1	VYSÍLACÍ JEDNOTKA	25
5.2	NAPÁJENÍ	26
5.2.1	<i>Lowdrop L4940V10</i>	26
5.2.2	<i>Stabilizátor LM7805</i>	26
5.2.3	<i>DC to DC konvertor MC34063A</i>	27
5.3	PŘEPÍNAČE A MULTIPLEXERY	28
5.3.1	<i>Přepínač ADG431</i>	28
5.3.2	<i>Multiplexer ADG526A</i>	29
5.4	KOMUNIKACE I2C(SWI) A MAX485	30
5.4.1	<i>I2C (SWI)</i>	30

5.4.2	RS 485.....	31
5.5	OBVOD PŘEDZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU PŘED A/D PŘEVODNÍKEM V MIKROKONTROLÉRU.....	32
5.6	OBVOD INDIKUJÍCÍCH LED DIOD.....	33
6	NÁVRH SOFTWARE V MIKROKONTROLERU ATMEGA16.....	35
6.1	PŘEPÍNAČÍ A MĚŘÍCÍ SMYČKA.....	35
6.2	HLAVNÍ SMYČKA.....	36
7	ZHODNOCENÍ.....	37
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	38
	<i>Příloha</i>	39

1 Úvod

Hlavním cílem této bakalářské práce je navrhnout a realizovat přijímací modul a vysílací jednotky komunikující mezi sebou dvouvodičovým vedením (napájení, zem). Další podmínkou je najít nejlevnější možné řešení této úlohy.

Řešení této úlohy lze rozdělit na 3 části, které se dají řešit jednotlivě.

1.1 Výběr metody přenosu signálu z vysílací jednotky do modulu a její návrh

Nejdříve je nutné vybrat nejvhodnější metodu pro přenos informace z vysílače do modulu. Budeme uvažovat pouze digitální přenos signálu, abychom eliminovaly chyby způsobené velkými vzdálenostmi mezi vysílačem a modulem. Dále můžeme přenos informace přenášet pomocí měření napětíové úrovně nebo střidy signálu. U měření střidy (PWM modulace) je velice výhodné, že máme velmi velkou odolnost proti rušení na delším metalickém vedení. Metoda měření amplitudy digitálního signálu, tak odolná proti rušení není. Avšak je třeba uvažovat i cenu vysílací jednotky, protože se bude nacházet v každém vypínači. Pokud zvolíme měření střidy, tak by každá jednotka musela obsahovat měnič frekvence a vlastní napájení, které jsou finančně náročné. Další možností je navrhnout vysílací jednotku pouze z pasivních součástí, které budou měnit napětíovou úroveň signálu, tato metoda je levná a přitom vyžaduje pouze dvouvodičové vedení, avšak vyžaduje dvě úrovně napětí.

1.2 Návrh řešení vstupů

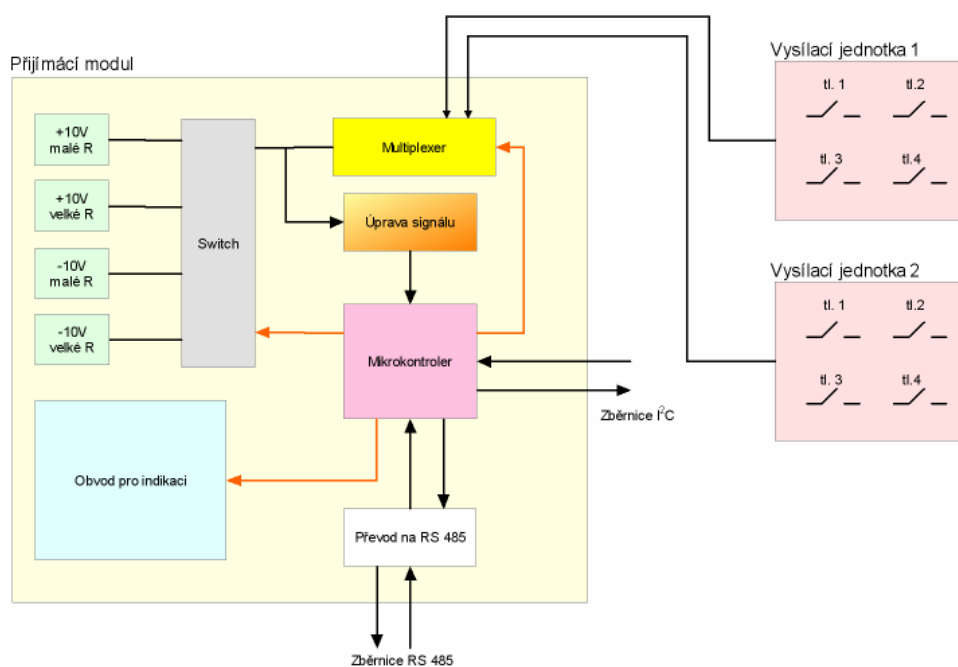
V tomto bodě je nutné vyřešit jiný druh problému, musíme navrhnout plošný spoj, který bude mít požadovanou velikost a nebude příliš drahý. Můžeme navrhnout modul, který bude mít pro každý vstup vlastní detekční a měřicí jednotku. Tato metoda však není moc výhodná, protože vyžaduje mnoho součástí, bude také zvětšovat velikost plošného spoje a navíc bude vyžadovat řídicí mikrokontroler s větším počtem I/O. Úloha se dá zjednodušit pomocí multiplexerů, které budou přepínat synchronně jednotlivé vstupy, které budeme měřit. Tato metoda je sice šetrná k velikosti plošného spoje, možná bude mít pozitivní vliv i na cenu výrobku, ale podmínka správného

fungování celého modulu je, aby bylo přepínání dostatečně rychlé a aby při přepínání nedocházelo k velikým napěťovým špičkám, které by mohly poškodit výrobek.

1.3 Výběr vhodného mikrokontroleru a návrh postupu měření

Posledním úkolem je vybrat řídicí mikrokontroler a metodu měření napěťové úrovně signálu. Výběr z mikrokontrolerů je veliký, budeme však potřebovat mnoho I/O, dostatečnou rychlost mikrokontroleru a nízkou cenu. Lze použít mikrokontroler 51, PIC, AVR, MOTOROLA a mnoho dalších. Zde se zřejmě přikloníme k mikrokontroleru AVR (ATmega), který splňuje všechny tyto parametry, navíc obsahuje i A/D převodníky, které budeme využívat. Nakonec se dostáváme k problému, jakou metodou budeme řešit samotné měření signálu. Měření napěťových úrovní lze měřit buď A/D převodníkem a nebo komparátory. A/D převodníky jsou v dnešní době poměrně drahé a navíc nejsou v některých případech ani dostatečně rychlé, ale nevyžadují tolik místa na plošném spoji a dají se lehce nastavovat. Komparátory jsou oproti A/D převodníkům o mnoho rychlejší, ale vyžadují mnoho místa na plošném spoji a navíc se musí nastavovat pomocí odporů.

Modul musí obsahovat i jiné funkční celky, jako diagnostické ledky, konvertory napětí a jednotku komunikace s ostatními moduly, zde zřejmě využijeme přenos po I²C a nebo RS 485.



Obrázek 1 Zjednodušené blokové schéma systému

2 Teoretický rozbor metody

2.1 Obecný úvod

System inteligentní elektroinstalace se v dnešní době uplatňuje mnohem častěji než kdykoliv jindy, ale zatím zůstává pouze ve sféře velkých podniků, kde je tato metoda řízení potřebná. S příchodem moderních a levnějších technologií se tyto produkty začnou vyskytovat i u menších podniků a nakonec i v domácnostech. V dnešní době existují produkty pro domácnost, ale jsou stále velmi drahé.

2.2 Obecná problematika

Princip funkce systému inteligentní elektroinstalace se liší od pojetí klasické elektroinstalace tím, že se skládá ze dvou hlavních funkčních celků. První část je tvořena samotným napájením světelného okruhu, kde světlo je přivedeno přímo k rozvodné skříni, ve které se nachází spínací prvek ovládaný řídicí jednotkou. V klasické elektroinstalaci je přívodní kabel přiveden od vypínače ke světlu, který je dále přiveden k rozvaděči.

Druhá část je tvořena datovými kabely vedenými od vypínače k rozvaděči, kde se nachází ovládání světel a kde dochází k detekci sepnutí vypínače. Tímto se nám úloha rozpadá na dvě části, návrhu vysílací jednotky, která je ve vypínači a návrhu modulu pro detekci sepnutí vypínače.

2.3 Vysílací jednotka

Vysílací jednotka se skládá pouze z pasivních součástek měnících napětí dle kombinace stisknutých tlačítek. Vysílač je navržený tak, aby kombinací tlačítek, rezistorů a diod změnil napětíovou úroveň na vedení, které následně vyhodnotí měřící jednotka. Abychom bezpečně určili napětí na vedení, potřebujeme měnit polaritu napětí v rozsahu -10V až +10V. Kombinaci stisknutých tlačítek určíme pomocí tabulky, která obsahuje hodnoty v rozsahu $\pm 10V$. Budeme uvažovat všech 16 kombinací stisknutí tlačítek.

Stav	Tl. 1	Tl. 2	Tl. 3	Tl. 4	Napětí +10V Odpor 10kΩ	Napětí +10V Odpor 30kΩ	Napětí -10V Odpor 10kΩ	Napětí -10V Odpor 30kΩ
1	0	0	0	0	9,892	9,675	-9,892	-9,675
2	1	0	0	0	5,333	3,006	-6,276	-4,418
3	0	1	0	0	3,85	2,054	-8,25	-7,724
4	1	1	0	0	3,057	1,635	-6,276	-4,418
5	0	0	1	0	9,224	8,058	-9,054	-7,632
6	1	0	1	0	5,202	2,972	-6,01	-4,155
7	0	1	1	0	3,808	2,054	-7,999	-7,393
8	1	1	1	0	3,044	1,635	-6,01	-4,154
9	0	0	0	1	9,058	8,303	-6,852	-4,356
10	1	0	0	1	5,332	3,007	-5,156	-3,398
11	0	1	0	1	3,85	2,054	-6,851	-4,359
12	1	1	0	1	3,057	1,635	-5,165	-3,398
13	0	0	1	1	8,653	7,684	-6,467	-3,966
14	1	0	1	1	5,201	2,972	-4,992	-3,255
15	0	1	1	1	3,807	2,054	-6,466	-3,966
16	1	1	1	1	3,044	1,636	-4,992	-3,255

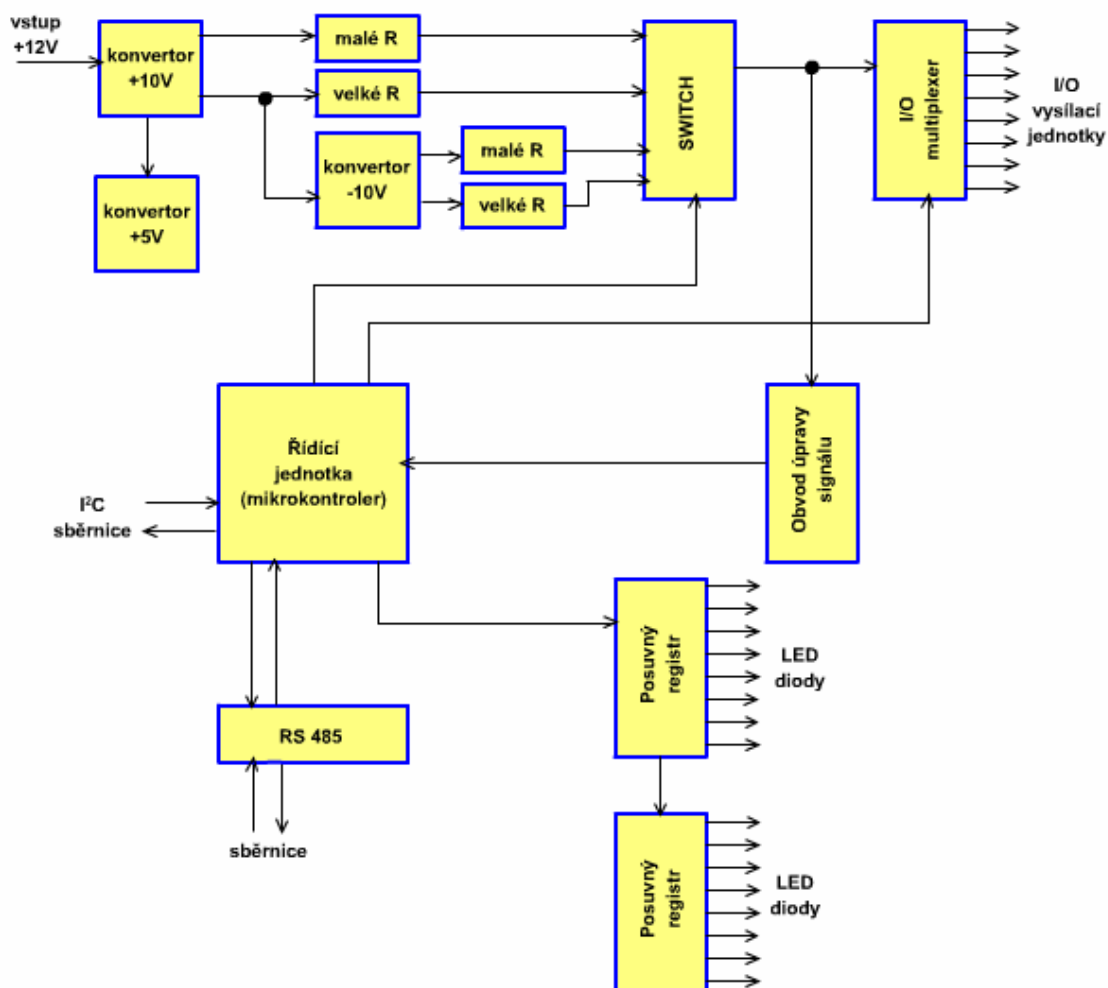
Tabulka 2.3 Teoretická tabulka stavů, které mohou nastat při daných kombinacích napětí a odporů

2.4 Přijímací modul

Přijímací modul je určen pro připojení vysílacích jednotek, následného vyhodnocení údajů a komunikaci s masterem (řídící jednotkou projektu).

Přijímací modul je složen z osmi funkčních bloků

- řídící mikrokontroler
- převodník napětí +12V na +10V
- převodník napětí +10V na +5V
- převodník napětí +10V na -10V
- přepínač pro přepínání -10V/+10V
- multiplexer pro přepínání vstupů
- bloky komunikace s okolními moduly I²C a RS 485
- obvod indikace sepnutí tlačítek na výstupních jednotkách



Obrázek 2.4 Blokové schéma přijímacího modulu

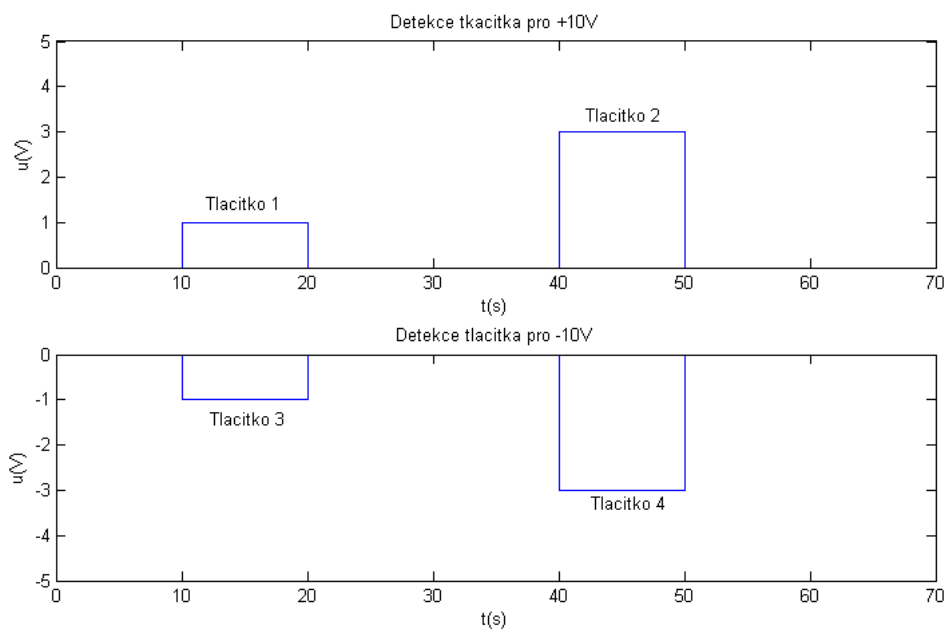
2.4.1 Princip rozpoznávání stisknutých tlačítek

Princip rozpoznávání stisknutých tlačítek se provádí určením změny napěťové úrovně na vedení viz. odstavec 2.1. Měření se provede tak, že při stisku libovolné kombinace tlačítek se při kladné polaritě napětí naměří požadovaná hodnota, následně mikrokontroler změni polaritu na zápornou a po ustálení napětí naměří opět požadovanou hodnotu. Nemění se pouze polarita, ale i odpor zátěže. Kombinací těchto hodnot určí, které tlačítka byla stisknuta. Např. stiskneme-li tlačítko 1 a 3, při kladném napětí +10V se na pasivních součástkách změni napětí na +1V, při změření napětí na vedení, mikrokontroler přepóluje napětí na -10V a po ustálení napětí naměří -1V. To samé se opakuje i pro jiné hodnoty odporů. Přepínač přepíná mezi 4 stavy:

- +10V velký odpor
- +10V malá odpor

- -10V velký odpor
- -10V malý odpor

Z tabulky 2.2.1 určí, že byla stisknuta kombinace tlačítek 1 a 3. Příklad je uveden na Obrázku 2.2.1



Obrázek 2.2.1 Průběhy napětí na vedení při stisku tlačítek

Je dobré si uvědomit, že se tento postup opakuje pro všech 16 vstupů stále dokola. Z toho vyplývá, že tento postup bude mít zřejmé časové nároky, respektive bude vyžadovat, aby bylo tlačítko stisknuté po minimální časový úsek. Tento časový úsek se bude rovnat součtu všech časů, které je zapotřebí pro přepínání vstupů, přepínání napěťových úrovní, doby ustálení napětí, doby měření a následné vykonání programu.

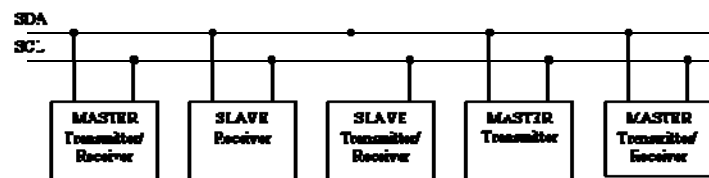
2.5 Sběrnice I²C a RS 485

2.5.1 Princip funkce I²C sběrnice

Sběrnice I2C (I2C-bus, Inter-IC-bus) je dvou vodičové datové propojení mezi jedním nebo několika procesory (Masters) a speciálními periferními součástkami (Slaves). Všechny součástky jsou připojeny na téže sběrnici a jsou cíleně vybírány svými adresami. Adresy i data se přenášejí týmiž vodiči. Sběrnice umožňuje velmi

jednoduché propojení mezi několika integrovanými obvody a bezproblémové dodatečné rozšiřování.

Protokol sběrnice je navrhnut tak, aby mohli být připojeni všechny integrované obvody, které zvládají speciální protokol sběrnice. Mimo integrovaných obvodů RAM, EEPROM, obvodů pro rozšíření portů, A/D a D/A převodníků a obvodů hodinových signálů existuje ještě celá řada speciálních integrovaných obvodů, jako například budiče displejů nebo integrovaných obvodů pro televizní a audio techniku. Sběrnice I²C používá sériovou datovou linku SDA a linku hodinového signálu SCL. Data a adresy se přenášejí podobně jako v posuvných registrech společně hodinovými impulsy. Obě linky je možno používat jako obousměrné. Jsou vybaveny zvyšovacím (pull-up) odporem a mohou být každým účastníkem sběrnice staženy na nízkou úroveň výstupem s otevřeným kolektorem nebo drainem.



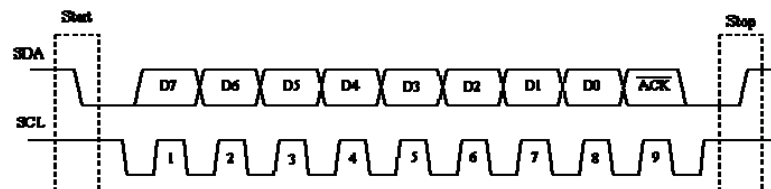
Obrázek 2.5.1a Princip propojení sběrnice

Neaktivní účastníci sběrnice mají vysokou impedanci, neustále však vyhodnocují signály na sběrnici. Je-li použit jen jeden master, vydává hodinový signál jen on. Data však může vysílat jak master, tak slave.

Protokol I²C rozeznává řadu přesně definovaných situací, které každému účastníkovi umožňují rozeznat začátek a konec přenosu a také své možné adresování:

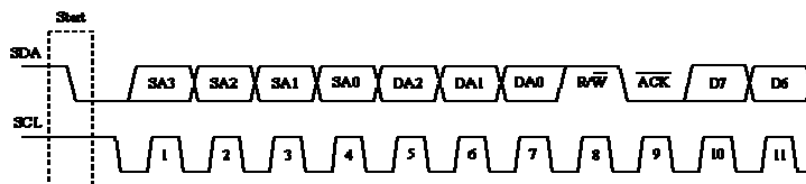
- Klidový stav - SDA i SCL jsou na vysoké úrovni (HIGH) a tím neaktivní.
- Podmínka startu - SDA je masterem stažena na nízkou úroveň, zatímco SCL zůstává na úrovni HIGH.
- Podmínka stop - SDA přejde z LOW na HIGH, SCL zůstává na úrovni HIGH.
- Přenos dat - Příslušný vysílač přivede na datovou linku SDA osm datových bitů, které jsou hodinovými impulsy na lince SCL vysílanými masterem posouvány dále. Přenos začíná bitem s nejvyšší vahou.

- Potvrzení (acknowledge) - Příslušný přijímač potvrzuje příjem bytu nízkou úrovní na SDA, dokud master nevyšle devátý hodinový impuls na SCL. Potvrzení současně znamená, že se má přijímat další byte. Požadované ukončení přenosu se musí ohlásit neexistencí potvrzení. Vlastního ukončení přenosu se dosahuje podmínkou stopu.



Obrázek 2.5.1b Přenos dat po sběrnici I²C

Přenos a potvrzování adres se provádí přesně stejně jako přenos dat. V nejjednodušším případě přenosu dat od mastera k podřízenému zařízení (slave), např. výstupnímu portu, probíhají následující děje: master vyrobí podmínku startu a pak v bitech 7 až 1 přenese adresu portu (součástky) a v bitu 0 požadovaný směr přenosu dat, totiž 0 pro "zápis". Podřízené zařízení (slave) adresu potvrdí. Pak master vyšle datový byte, který rovněž bude potvrzen. Master nyní může spojení přerušit zasláním podmínky stopu nebo může témuž zařízení slave posílat další byty.



Obrázek 2.5.1c Přenos potvrzení a adres po sběrnici I²C

Mají-li se číst data od zařízení slave, musí se adresa přenést s nahozeným bitem přenosu R/W. Master vždy vydá osm hodinových impulsů a dostane osm datových bitů. Potvrdí-li příjem vysláním devátého hodinového impulsu, může přijímat další byty. Přenos je nakonec masterem ukončen vynecháním potvrzení a podmínkou stopu. Každá součástka I²C má stanovenou svoji adresu, která je zčásti pro daný typ specificky stanovená (SA0...SA3), zčásti proměnná (DA0...DA2). Při třech vyvedených adresních linkách může být na jedné sběrnici I²C až osm součástí téhož typu. Maximální hodinový kmitočet pro sběrnici I²C je pro většinu integrovaných obvodů 100 kHz.

2.5.2 Princip funkce RS 485 sběrnice

RS 485 funguje tak, že pro každý signál používá jedno twistedpair (TP) vedení, tj. 2 vodiče smotané kolem sebe. Z elektrického hlediska mluvíme tzv. Balanced data transmission, nebo také Differential voltage transmission. Označíme-li si jeden vodič z TP jako A druhý jako B, pak je-li signál neaktivní, je napětí na A záporné a na B kladné. V opačném případě, signál je aktivní, je A kladné a B záporné. Jedná se o rozdíl (diferenci) mezi vodiči A a B. Pro RS 485 může délka vedení dosahovat až 4000 stop (cca 1200 metrů) a běžně vyráběné obvody dosahují přenosových rychlostí 2.5 MB/s. RS 485 se používá pro multipoint komunikaci, více zařízení může být připojeno na jedno signálové vedení. Stejně jako například síť ETHERNET, vedené po koaxiálním kabelu. Většina RS 485 systémů používá Master/Slave architekturu, kde má každá slave jednotka svojí unikátní adresu a odpovídá pouze na jí určené pakety. Tyto pakety generuje Master (například PC) a periodicky obesílá všechny připojené slave jednotky.

RS 485 existuje ve dvou variantách: 1 TwistedPair a 2 TwistedPairs. V Single TwistedPair RS 485 verzi jsou všechny zařízení připojená na jeden TwistedPair. Všechny tudíž musí mít třístavové budiče (včetně Master). Komunikace probíhá po tomtéž vedení v obou směrech. Je tedy důležité, aby nezačalo vysílat více zařízení najednou, což je softwarová záležitost.

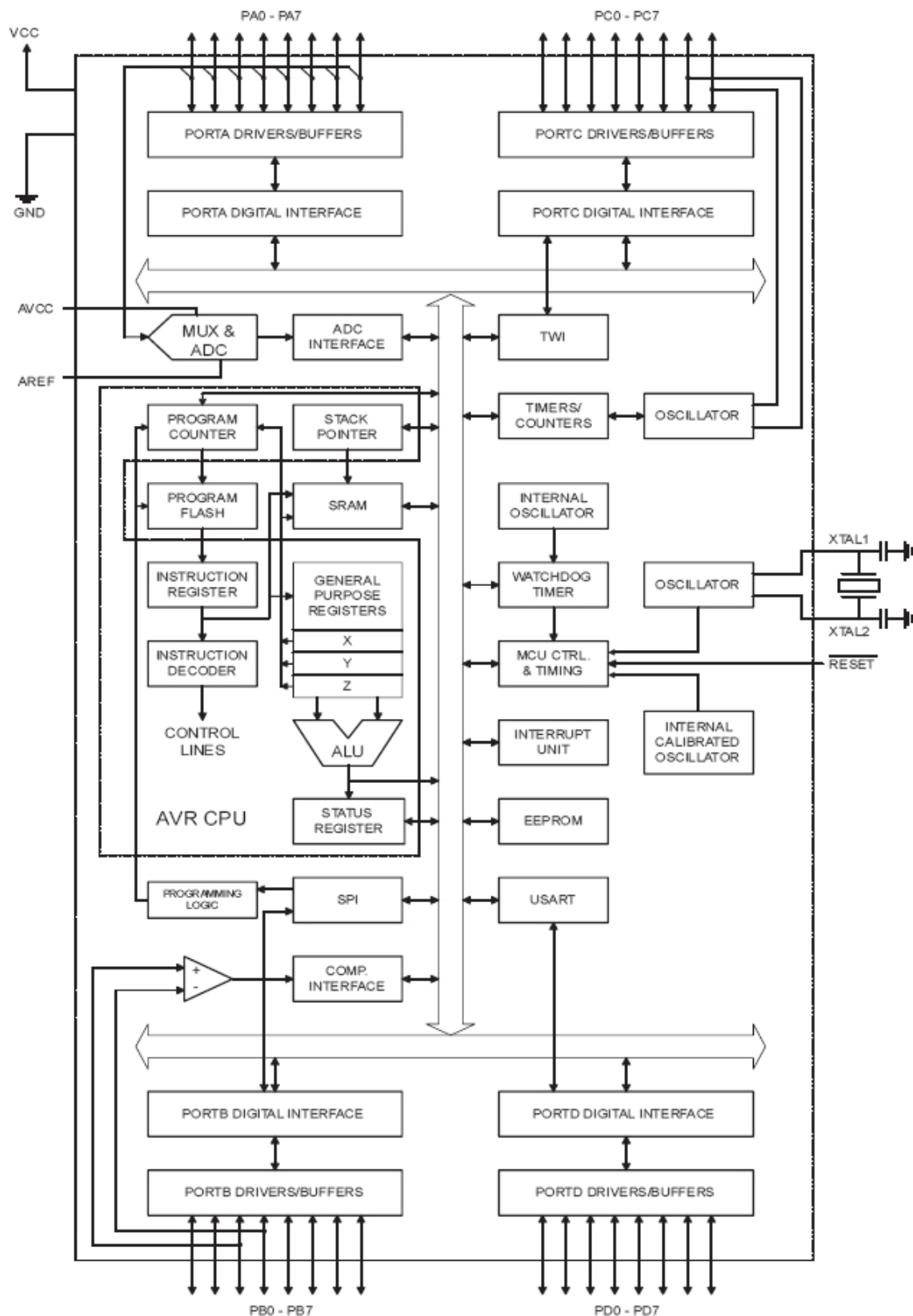
U Double TwistedPair RS 485 zapojení Master nemusí mít třístavový výstup, protože Slave zařízení vysílají do druhého twistedpairu, určeného pro komunikaci od slave zařízení k masteru. Toto řešení často umožňuje implementovat multipoint řešení. Samozřejmě je ovšem nutnost úpravy Master software, tak, aby obesílal všechny Slave zařízení dotazovacími pakety. Zřejmé je také zvýšení datové propustnosti při větších objemech dat.

3 Mikrokontroler řady AVR ATMEGA16

3.1 Obecná charakteristika mikrokontrolerů AVR

Jádro řady AVR se podobá jádru většiny RISC procesorů, které jsou dostupné na trhu. Jádro AVR se skládá ze 32 stejných 8bitových registrů, které mohou obsahovat jak data, tak adresy. K přístupu k těmto univerzálním registrům stačí jeden hodinový cyklus. Vzhledem k propojení těchto registrů s ALU (Arithmetic Logic Unit) to znamená, že během jednoho hodinového cyklu se provede jedna ALU operace. Přitom vstupem jsou dva operandy uložené v souboru registrů, výstup operace je pak uložen nazpět do registru. Posledních 6 registrů můžeme ve dvojici použít jako ukazatele adresy pro nepřímé adresování paměti dat. Tyto registry označované písmeny X, Y a Z dovolují libovolné ukládací operace (load/store). Programátor má například na výběr, zda se ukazatel adresy bude po zpracování určité instrukce inkrementovat nebo se před zpracováním této instrukce bude dekrementovat. Užitečné je pro adresování využít možnosti 6 bitového posunu v ukazateli adresy v dvojitých registrech Y a Z. ALU umožňuje aritmetické a logické operace mezi registry, nebo mezi registrem a konstantou. Také umožňuje operace s jediným registrem. K registrovým operacím se mohou přidat i operace aplikující obvyklé paměťové adresní módy na soubor registrů. Je to umožněno tím, že soubor registrů zabírá dolních 32 adres datového prostoru (\$00 až \$1 F), což dovoluje přístup k registrům jako by to byly běžné paměťové buňky.

Paměťový prostor dále obsahuje 64 adres I/O registrů sloužící k periferním funkcím jako jsou řídicí registry, čítače/časovače, A/D převodníky a další I/O funkce. Rovněž k této části adresového prostoru je možný přístup, tentokrát v rozsahu adres \$20 až \$5F.



Obrázek 3.1 Architektura mikrokontroleru ATMEGA16

3.2 Způsoby programování

Mikrokontroléry AVR využívají koncepci Harwardské architektury — oddělené paměti pro program a pro data. Jak již bylo zmíněno, program umístěný v programové paměti je prováděn s jednoduchým překrýváním instrukcí (pipeline). Zatímco jedna instrukce je prováděna, druhá je přesouvána Z programové paměti. Programová paměť je „In System Programmable Flash memory“. Znamená to, že kromě klasického, paralelního naprogramování této paměti, je možné i sériové naprogramování přímo v systému. Při paralelním programování, které se používá u většiny jednočipových mikropočítačů či mikrokontrolérů se využívá toho, že příslušný obvod je navržen tak, aby po připojení programovacího napětí na určitý vývod obvodu se provedlo přepnutí vývodů, které jsou v normálním režimu vývody I/O portů, tak, že nyní jsou tyto vývody obvodu připojeny k adresovým a datovým vývodům vnitřní programové paměti, takže lze do této paměti paralelně zaznamenat data, což je vlastně příslušný program. Po naplnění této paměti snížení napětí na vývodu umožňujícím přepínání do/z programovacího módu a uvedení procesoru do počátečního stavu (resetování) pak mikropočítač či mikrokontrolér pracuje podle právě naprogramovaného programu. Je zřejmé, že při tomto způsobu programování je třeba, aby při programování byl k I/O vývodům připojen programátor a naopak aby byly odpojeny od jakýchkoli jiných obvodů, např. periférií. Proto je při každém programování potřeba obvod vyjmout z objímky, popř. vyletovat z plošného spoje a vložit do programátoru. Tato nevýhoda odpadá při sériovém programování, kdy mikrokontrolér zůstává v aplikaci a pomocí několika signálů (u většiny AVR MCU jsou to signály MOSI, MISO, SCK a RESET) připojených k programátoru se dá jednoduše naprogramovat.

3.3 Přerušovací systém

Při provádění relativních skoků či instrukcí volání je přímo přístupný adresový prostor. Většina AVR instrukcí má formát jednoho 16 bitového slova. Každá adresa programové paměti obsahuje 16 nebo 32 bitovou instrukci. Při provádění obsluhy přerušení a volání podprogramu se návratová adresa programového čítače (PC tj. Program counter) ukládá do zásobníku. Zásobník je umístěn v datové paměti SRAM a tudíž je omezen jenom velikostí paměti SRAM a jejím volným místem. Všechny uživatelské programy musí inicializovat SP v inicializační (reset) části programu, před

prováděním podprogramů nebo obsluhy přerušení. Šestnácti bitový ukazatel zásobníku je přístupný pro čtení i zápis v I/O prostoru.

Architektura AVR má pět adresovacích módů pro paměť dat:

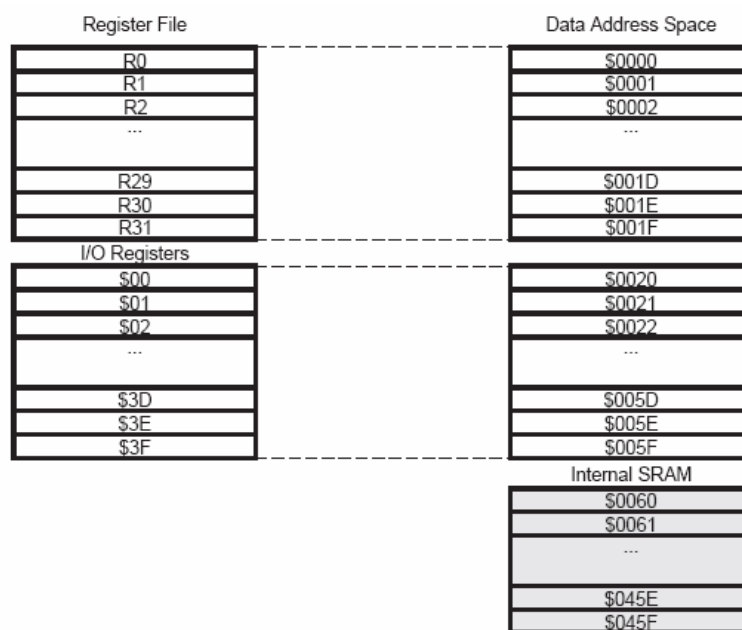
- přímé adresování,
- nepřímé adresování s posunutím (6bitový posun),
- nepřímé adresování,
- nepřímé adresování s dekrementací ukazatele adresy před zpracováním instrukce,
- nepřímé adresování s inkrementací ukazatele instrukce po zpracování instrukce.

System přerušení má vlastní řídicí registry umístěné v I/O prostoru a navíc bit ve stavovém registru pro zákaz/povolení všech přerušení. Všechna různá přerušení mají oddělený vektor přerušení v tabulce vektorů přerušení umístěné na začátku programové paměti. Priorita těchto přerušení je dána umístěním jejich vektorů V tabulce přerušení. Čím nižší má vektor přerušení adresu, tím větší má prioritu.

3.4 Paměťový prostor

Příklad paměťového prostoru ATMEGA16 ukazuje Obrázek 2.4.1.

Na tomto obrázku vidíme, že prvních 32 adres v datové paměti patří souboru registrů. Třebaže tyto registry nejsou implementovány jako součást SRAM, umožňuje tato organizace paměťového prostoru značnou flexibilitu v přístupu k registrům.



Obrázek 3.4 Organizace paměťového prostoru

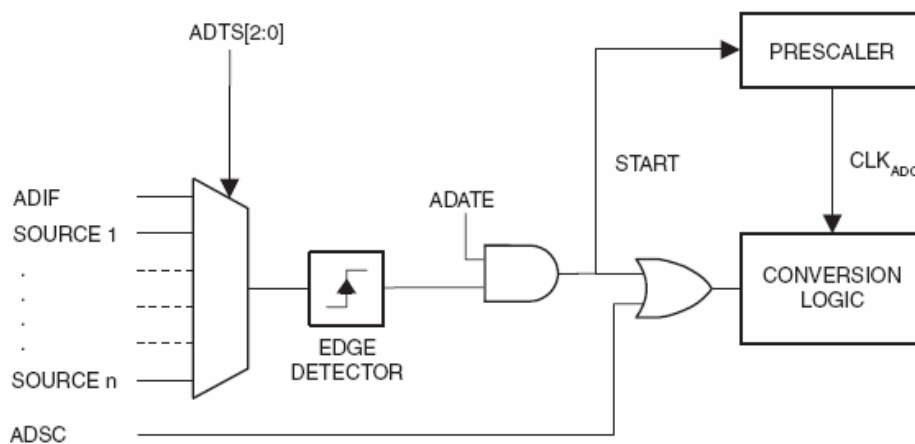
Pokud jde o paměť programu typu flash, je organizována jako $N \times 16$, kde N je závislé na typu mikrokontroléru, pro ATMEGA16 je $N=16K$. Pro programovou paměť flash zaručuje firma Atmel alespoň 1000 programovacích cyklů. Již jsme se zmínili o programování této paměti paralelně v přípravku nebo sériově jako ISP. Novinkou je i možnost programování této paměti přímo mikrokontrolérem, jehož je součástí.

3.5 A/D Převodník

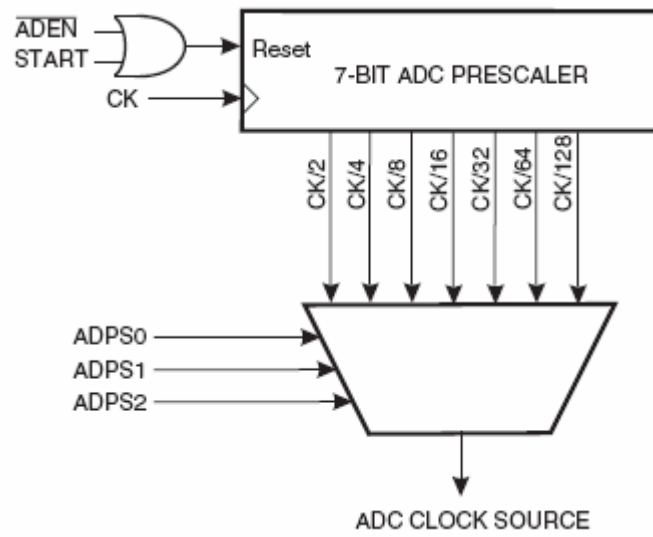
ATmega16 je vybavena vstupním analogovým multiplexerem na který je připojen 10bitový A/D převodník pracující na principu postupné aproximace s rozlišením až 10 bitů. Výrobce zaručuje $\pm 0,5$ LSB maximální nelinearitu a 2 LSB absolutní přesnost. Převodník je schopen poskytnout maximálně 15 kps při zachování maximální přesnosti. Protože převodník potřebuje ke své činnosti zdroj řídicího

kmitočtu, disponuje převodník vlastní předděličkou, která je schopna poskytnout požadovaný kmitočet vydělením kmitočtu systémového. Pro dosažení maximální přesnosti se musí řídicí kmitočet pro A/D převodník pohybovat v rozmezí 50 kHz až 200 kHz. V rozmezí těchto kmitočtů se doba převodu pohybuje v rozmezí 260 μ s až 65 μ s. Pokud nepotřebujeme maximální přesnost, lze zvýšit řídicí kmitočet až na 2 MHz. Na druhé straně, pokud potřebujeme dosáhnout maximální přesnosti, doporučuje výrobce několik opatření počínaje dobrou filtrací napájecího napětí pro analogovou část MCU přes vhodný návrh desky plošných spojů s vhodným rozmístěním součástek, až po možnost uvést MCU do úsporného režimu, kdy zůstane v činnosti pouze část periférií. Uvedením MCU do úsporného režimu se výrazně omezí vnitřní rušení signály z digitální části MCU. Blokové schéma A/D převodníku ukazuje obrázek 3.5a a obrázek 3.5b ukazuje předděličku.

A/D převodník (ADC) pracuje ve dvou módech — S jedním převodem a volně běžící. V módu s jedním převodem je každý převod inicializován uživatelem. Ve volně běžícím módu je A/D převodník pravidelně vzorkován a obnovuje data v ADO datovém registru.



Obrázek 3.5a Blokové schéma A/D převodníku



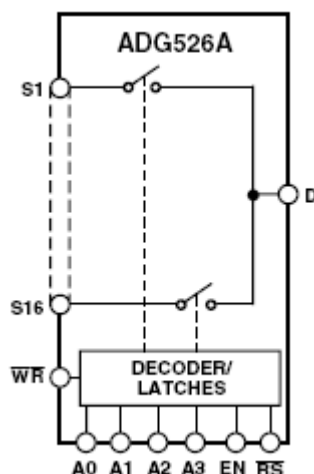
Obrázek 3.5b Předdělička A/D převodníku

4 Multiplexery a switche

4.1 I/O multiplexer ADG526A

4.1.1 Obecná princip časového multiplexování

Časový multiplex TDM je princip přenosu více signálů jedním společným přenosovým médiem. Jednotlivé signály jsou odděleny tím, že se každý z nich vysílá (přenáší) pouze krátký pevně definovaný časový okamžik. Laicky řečeno „každý chvilku tahá pilku“. Prakticky ve všech případech se používá rámcové struktury, která je rozdělena na stejně velké timesloty (TS), časové intervaly pro vysílání, pro každý signál jeden. Tento rámec se v čase neustále opakuje a tedy každý signál se přenáší stále se stejnou pravidelností.



Obrázek 4.1.1 Funkční blokový diagram ADG526A

4.1.2 Popis a parametry ADG526A

ADG526A je monolitický CMOS analogový multiplexer s 16 kanály. ADG526A spíná jeden z 16 vstupů na jeden běžný výstup v závislosti na 4 bitové adrese a enable vstupu. Multiplexer je vyroben LC²MOS technologií, která zaručuje velký rozsah napětí, rychlé přepínání, nízkou spotřebu a malý odpor v propustném směru.

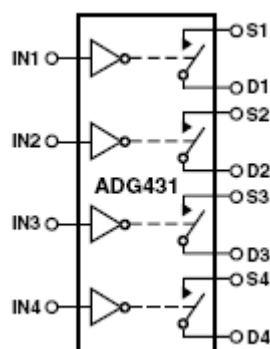
Parametry:

- 44V maximální napájecí rozsah napětí
- Napěťový rozsah analogového signálu od VSS do VDD
- Jednoduché/dualní napájecí specifikace
- Kompatibilita s procesory
- Nízká spotřeba (28mW max)
- Široký rozsah vstupního napětí (10,8V až 16,5V)

4.2 Přepínač napětí ADG431

4.2.1 Obecná princip switche

Přepínač se chová jako klasické spínací relé nebo vypínač. Výhoda switchů je, že jsou zapouzdřeny v integrovaném obvodu a jsou podstatně rychlejší než klasické spínací prvky, jsou spínány napětím přivedeným na řídicí brány.



Obrázek 4.2.1 Funkční blokový diagram ADG431

4.2.2 Popis a parametry switche ADG431

ADG431 je CMOS zařízení zahrnující 4 nezávislé volitelné přepínače. Je navržený na zdokonaleném LC2MOS procesu, který poskytuje nízkou spotřebu,

poskytuje vysokou rychlost přepínání a má malý odpor v propustném směru. Každý přepínač vede stejně v obou směrech při sepnutém stavu.

Parametry:

- 44V maximální napájecí rozsah napětí
- $\pm 15V$ analogového vstupního signálu
- Malý odpor v propustném směru ($< 24\Omega$)
- Velmi nízká spotřeba ($3,9\mu W$)
- Rychlé doby přepínání

$$t_{ON} < 165ns$$

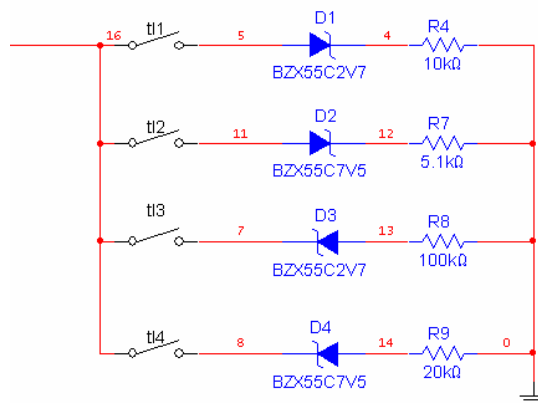
$$t_{OFF} < 130ns$$

- TTL/CMOS kompatibilní

5 Realizace hardware

5.1 Vysílací jednotka

Vysílací jednotku tvoří pouze 4 Zenerovy diody, 4 odpory a 4 spínače. Jejich vzájemnou kombinací docílíme toho, že odpory na straně vysílače a přijímacího modulu budou tvořit napěťové děliče. Diody budou stabilizovat napětí podle jejich parametrů.



Obrázek 5.1 Zapojení vysílací jednotky

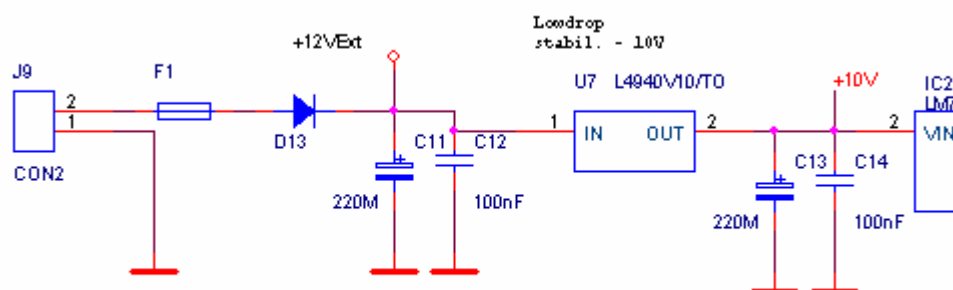
5.2 Napájení

5.2.1 Lowdrop L4940V10

Lowdrop L4940V10 usměrňuje napětí z +12V na +10V. Zde byl použit lowdrop, protože potřebujeme usměrnit +12V na +10V, klasické usměrňovací obvody potřebují ke správné funkci minimální rozdíl napětí 3V. U lowdropů ke správnému usměrnění postačuje rozdíl napětí 1,7V.

Pojistka F1 chrání obvod před zničením při přepětí. Dioda D13 chrání obvod, pokud by došlo k prepólování vstupních svorek.

Monolitické kondenzátory C11, C12 filtrují vstupní napětí, aby se do obvodu nedostalo střídavé napětí 50Hz. Kondenzátory C12, C14 filtrují vysoké frekvence.

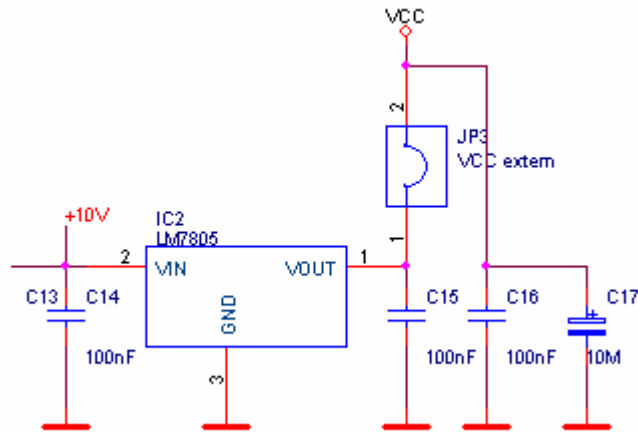


Obrázek 5.2.1 Zapojení Lowdrop L4940V10

5.2.2 Stabilizátor LM7805

LM7805 je klasický napěťový usměrňovač napětí, zde slouží ke stabilizaci z +10V na +5V. Jumper JP3 pro přepínání mezi usměrněným a externím napětím.

Kondenzátory C15 a C16 filtrují vysoké frekvence, C17 filtruje nízké frekvence a to hlavně 50Hz, která by mohla přicházet ze sítě.



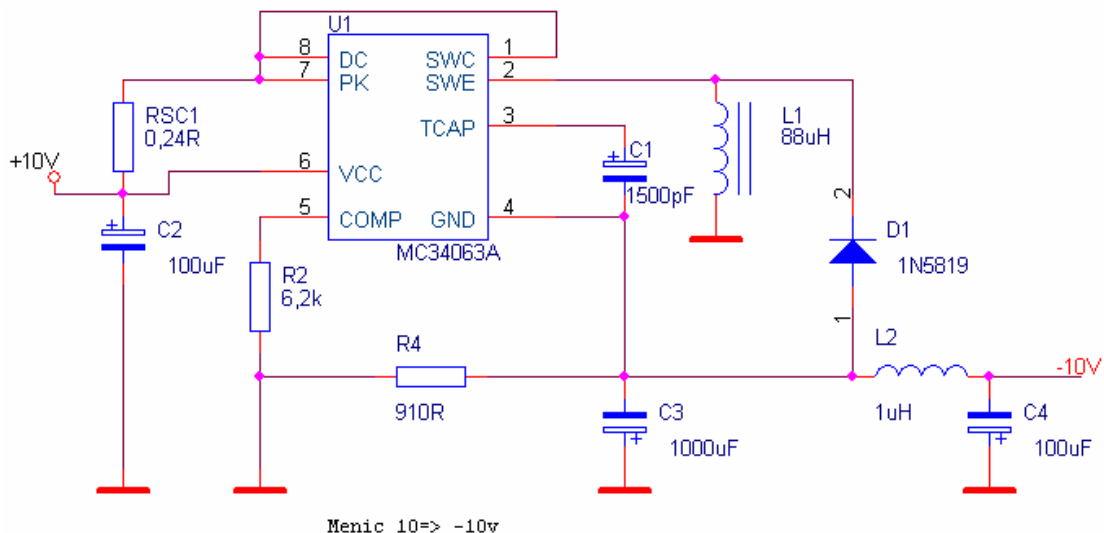
Obrázek 5.2.2 Zapojení DC stabilizátoru LM7805

5.2.3 DC to DC konvertor MC34063A

Konvertor je potřebný k převodu z +10V na napětí -10V, které je dále přivedeno k přepínači ADG431. Převodník může být napájen v rozmezí 3V až 40V. Nastavení převodníku se provádí rezistory (potenciometrem) R2 a R4.

$$\text{Vzorec pro nastavení výstupního napětí: } U_{\text{výstupní}} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R2}{R4}\right)$$

Ze vzorce je patrné, že konvertor není závislý na změně vstupního napětí, ale pouze na změně hodnot rezistorů R2 a R4. Výstupní proud z konvertoru může být v tomto zapojení maximálně 1,5A.



Obrázek 5.2.3 Zapojení DC to DC konvertoru MC34063A

5.3 Přepínače a multiplexery

5.3.1 Přepínač ADG431

Z obrázku je patrné, že ADG431 je spínač, který je řízen 4 vstupními svorkami. Na výstupní svorky jsou připojeny různé kombinace odporů a napětí, které jsou dále vedeny k multiplexeru ADG526A.

Kombinace odporů a napětí na výstupních svorkách obvodu ADG431:

- +10V s odporem 100Ω
- +10V s odporem 10kΩ
- 10V s odporem 100Ω
- 10V s odporem 10kΩ

Vstupní svorky ADG431 jsou řízeny obvodem 74HCT139, který překládá kombinaci slova z mikrokontroléru o 2 bitech 00,01,10,11 na výstupy Y, které dále spínají 4 výstupní spínače na ADG431 viz. obrázek 5.3.1. Obvod 74HCT139 byl přidán z důvodu úspory výstupních svorek z mikrokontroléru, který by jinak vyžadoval k adresování ADG431 4 výstupní svorky.

Vstupy:

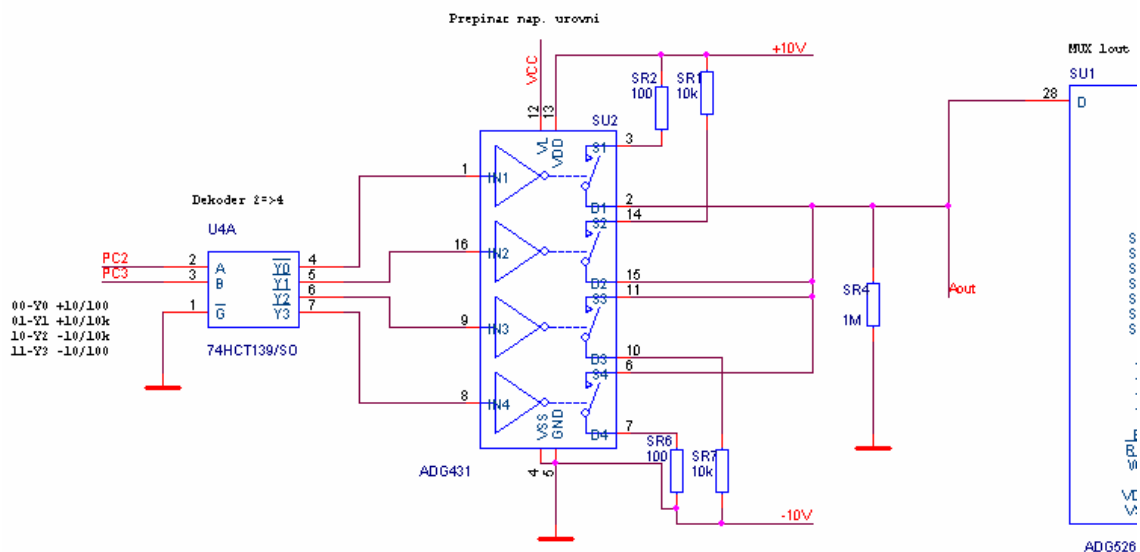
IN1 až IN4 vstupy pro ovládání výstupů

VDD a VSS symetrické napájení

Výstupy:

S1 až S4

D1 až D4 výstupní spínací svorky



Obrázek 5.3.1 Zapojení přepínače ADG431

5.3.2 Multiplexer ADG526A

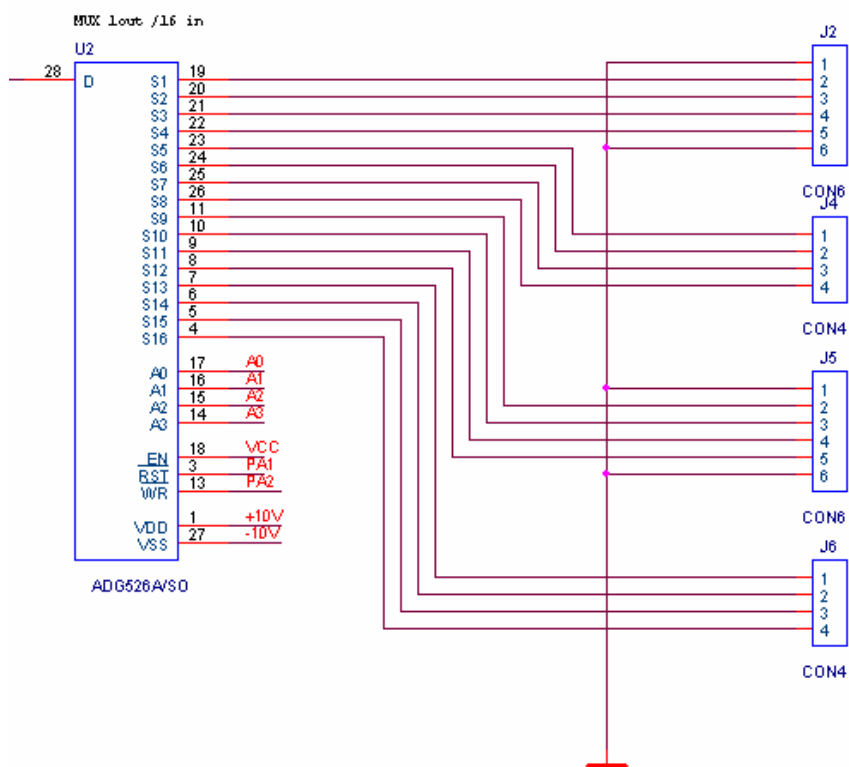
Multiplexer ADG526A má naprosto triviální zapojení, kde k D výstupu je přiveden signál přes přepínač ADG431 a na výstupy jsou přivedené přívody S1 až S16 k jednotlivým vysílacím jednotkám. Pro správný chod ADG526A je nutné zajistit symetrické napájení $\pm 10\text{V}$ na svorkách +VCC a -VCC. Multiplexer je adresován adresovacími bity A0 až A3 a povolován enable bitem EN. Máme zde možnost ovládat i zápis na pin D tím, že přivedeme log. 0 na pin WR. Samozřejmostí je i reset pin RST. ADG526A je řízen přímo mikrokontrolerem.

Vstupy:

S1 až S16	multiplexovaný vstup
A0 až A3	adresování vstupů
VDD a VSS	symetrické napájení
EN	povolovací vstup
RST	reset
WR	povolení zápisu na výstup

Výstupy:

D	výstup multiplexeru
---	---------------------

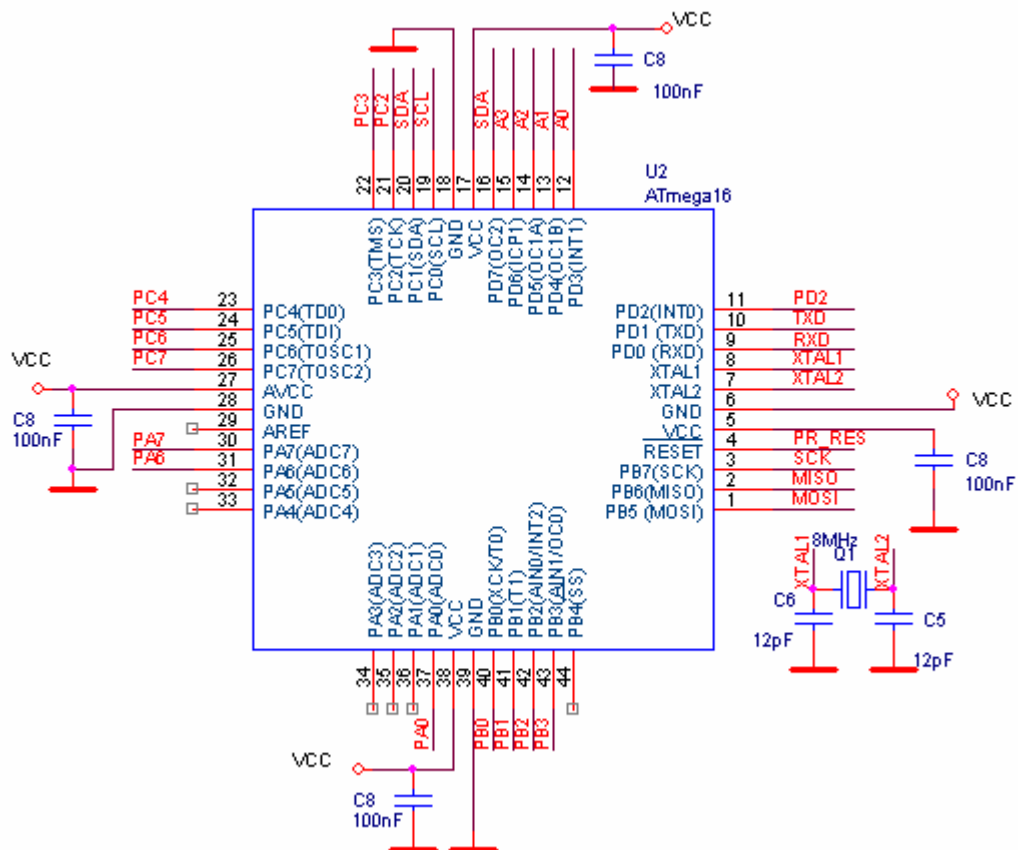


Obrázek 5.3.2 Zapojení multiplexeru ADG526A

5.4 Komunikace I2C(SWI) a MAX485

5.4.1 I2C (SWI)

Modul je I²C neboli SWI(Two-wire Seriál Interface), jak jí nazývá firma ATMEL je součástí samotného mikrokontroleru ATMEGA16. Výstupy SWI se nalézají v portu C na pozicích PC0(SCL) a PC1(SDA).



Obrázek 5.4.1 Zapojení vývodů I2C(SWI) v mikrokontroléru ATMEGA16

5.4.2 RS 485

Sériovou komunikaci přes RS 485 zajišťuje obvod MAX485, který převádí napětí z TTL logiky do logiky napěťové úrovně komunikující po RS 485. Komunikace mezi mikrokontrolérem a MAX485 jsou zajištěny piny TDX a RXD, z toho vyplývá, že mezi sebou komunikují po sériové lince. Ze schématu je patrné, že RS 485 je nastavena tak, že pracuje na napětí 0 až 5V a je symetrická v napětí 2,5V. Tuto napěťovou úroveň zajišťuje vstupní dělič 1:1. Zenerovy diody D2 a D3 slouží k ochraně MAX 485, zajišťují, aby se do obvodu nedostane vyšší napětí než 5V.

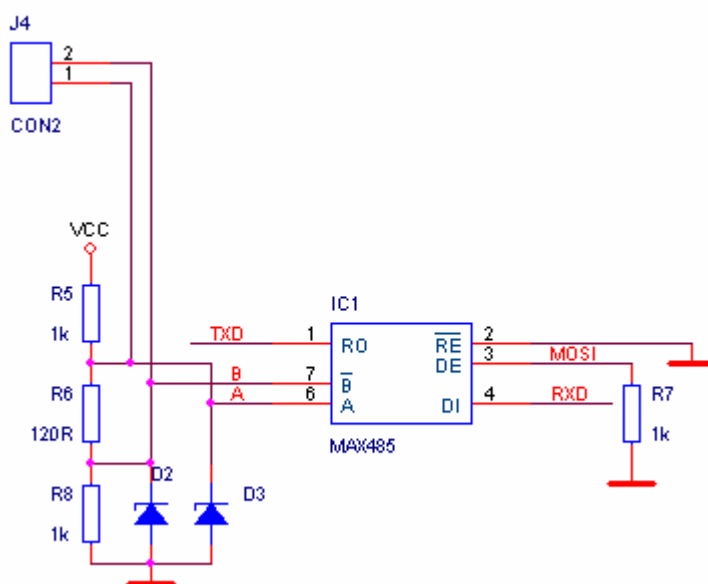
Vstupy:

- RE povolení příjmu po sériové lince
- DE povolení odesílání po sériové lince
- DI vstup pro sériová data

Výstupy:

- RO výstup pro sériová data

A-B komunikace po RS 485



Obrázek 5.4.2 Zapojení MAX485

5.5 Obvod předzpracování signálu před A/D převodníkem v mikrokontroléru

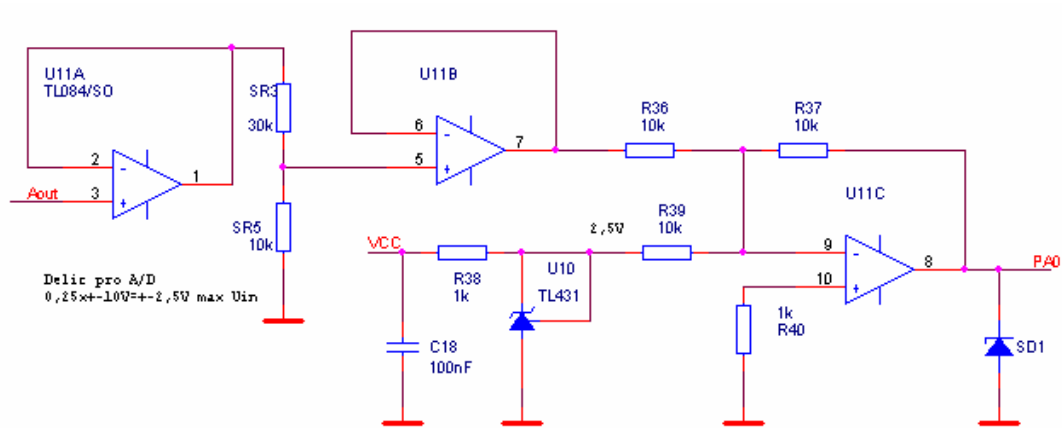
Toto zapojení je potřebné pro převod napětí $\pm 10V$ na napětí 0 až 5V, které vyžaduje A/D převodník mikrokontroléru ATmega16.

Obvod TL084 se skládá ze 4 nezávislých operačních zesilovačů. Do prvního U11A vstupuje napětí z výstupu multiplexeru, tento operační zesilovač má napěťové zesílení 1, takže nám nijak neovlivní funkci, slouží jako buffer. Za U11A je zařazený napěťový dělič, který rozdělí vstupní napětí na 1/4, takže z maximální hodnoty $\pm 10V$ vyrobí napětí $\pm 2,5V$.

Další operační zesilovač U11B je zde opět jako buffer s napěťovým zesílením 1. Na jeho výstup je přiveden vstup do třetího operačního zesilovače U11C, který slouží jako sčítač napětí. Jeden vstup do U11C je z U11B a druhý z obvodu TL431, což je napěťový usměrňovač, který nám usměrňuje napětí +5V maximálně na +2,5V.

Pro představu uvedeme příklad. Pokud budeme měřit napětí +10V na výstupu multiplexeru, tak obvod převede tuto úroveň děličem napětí na úroveň +2,5V ve sčítacím operačním zesilovači dojde k přičtení +2,5V z obvodu TL431. Součtem těchto dvou napětí dostaneme +5V. Pokud budeme měřit napětí -10V, tak se upraví přes dělič na -2,5V, přičteme +2,5V z obvodu TL431 a dostaneme 0V. Jako jistění je zde ještě

Zenerova dioda, která zaručí, že se na vstup A/D převodníku nedostane vyšší napětí než +5V.



Scitací zesilovac = $\pm 2,5V$ přičte $2,5V$, získáme $0-5V$ pro A/D

Obrázek 5.5 Zapojení TL084 pro předzpracování signálu před A/D převodníkem

5.6 Obvod indikujících led diod

Zapojení slouží k indikaci sepnutí tlačítek na vysílacích jednotkách. Obvod 74HCT139 předkládá 2 bitové slovo z mikrokontroléru (PC4,PC5) na 4 bitový výstup (1D1 až 1D4), které jsou připojeny ke spínacím tranzistorům přes odpory $10k\Omega$. Obvod TPIC6C595 je sériový posuvný registr do kterého jsou sériově přiváděna data, ty jsou dále paralelně přivedeny na výstupy DRAIN0 až DRAIN7, které v kombinaci s tranzistory rozsvěčují led diody. Spínací tranzistory slouží k multiplexování rozsvěcování led diod, tímto postupem ušetříme 32 led diod místo 64 diod, které by byli potřebné k indikaci 64 stavů.

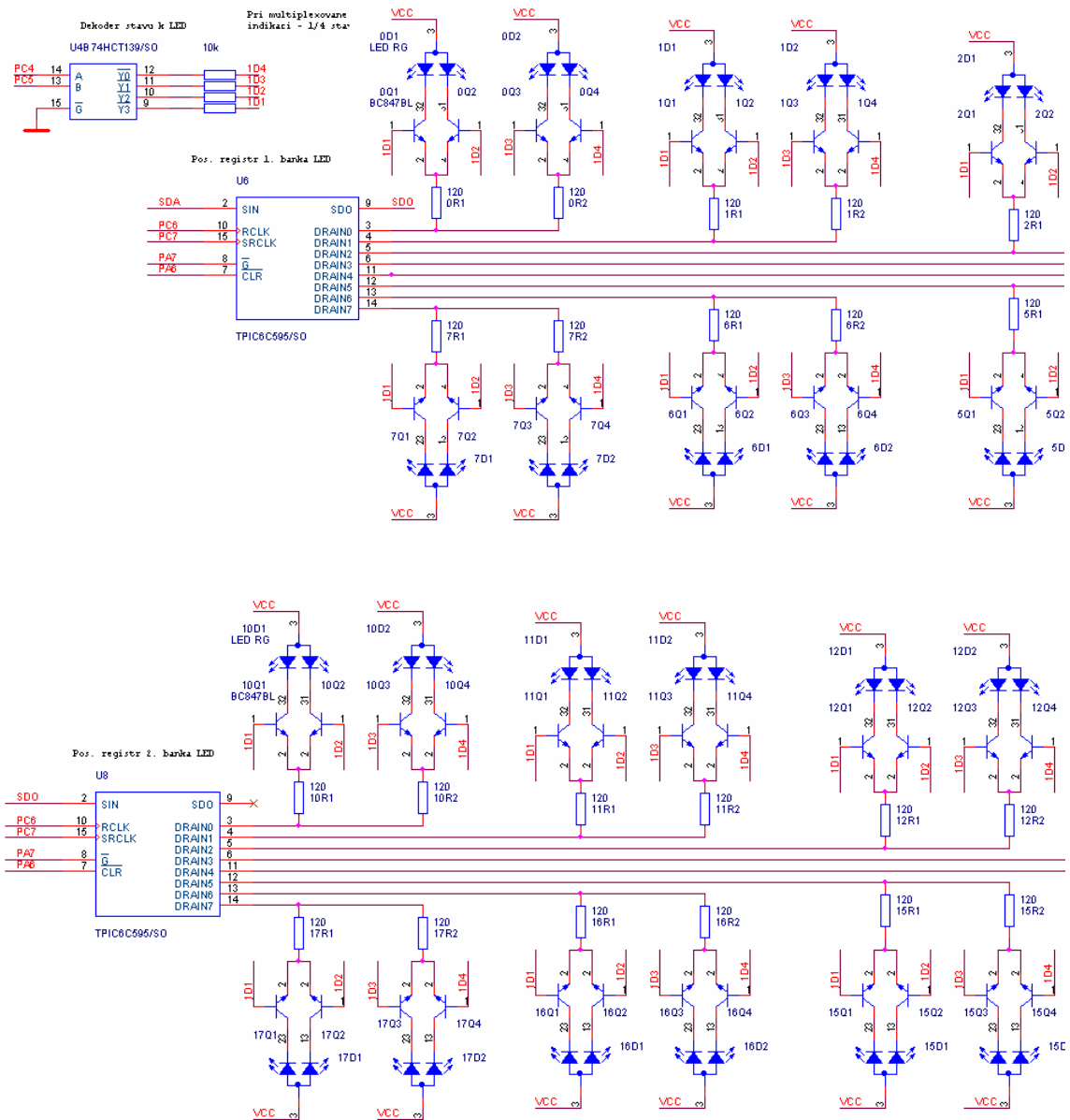
Vstupy TPIC6C595:

SIN	vstup pro sériová data z mikrokontroléru
SRCLK	hodiny pro sériový vstup
RCLK	hodiny pro výstupní piny
G	povolovací signál pro výstup
CLR	mazací vstup

Výstupy TPIC6C595:

SDO	výstup pro sériová data, je propojen s dalším sériovým posuvným registrem
-----	---

DRAIN0 až DRAIN7 paralelní výstup



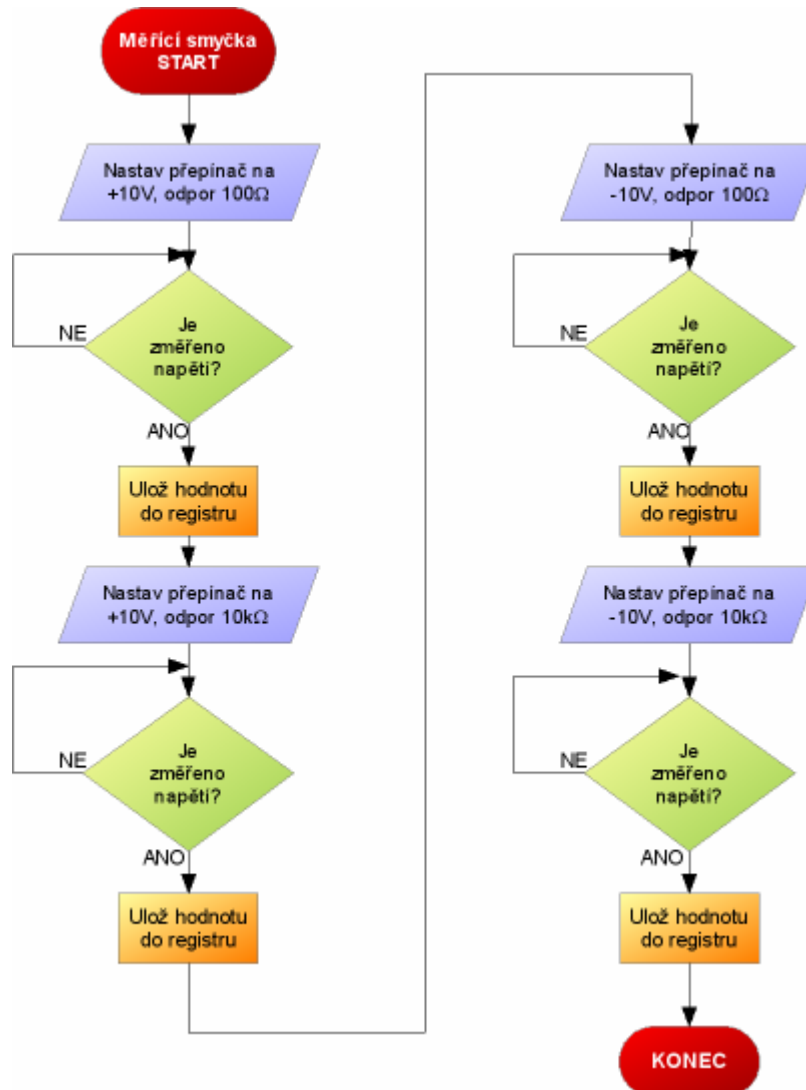
Obrázek 5.6 Zapojení diagnostických led diod s obvody 74HCT139 a TPIC6B595

6 Návrh software v mikrokontroleru ATmega16

6.1 Přepínací a měřicí smyčka

Měřicí smyčka slouží k řízení přepínače ADG431, který spíná 4 stavy.

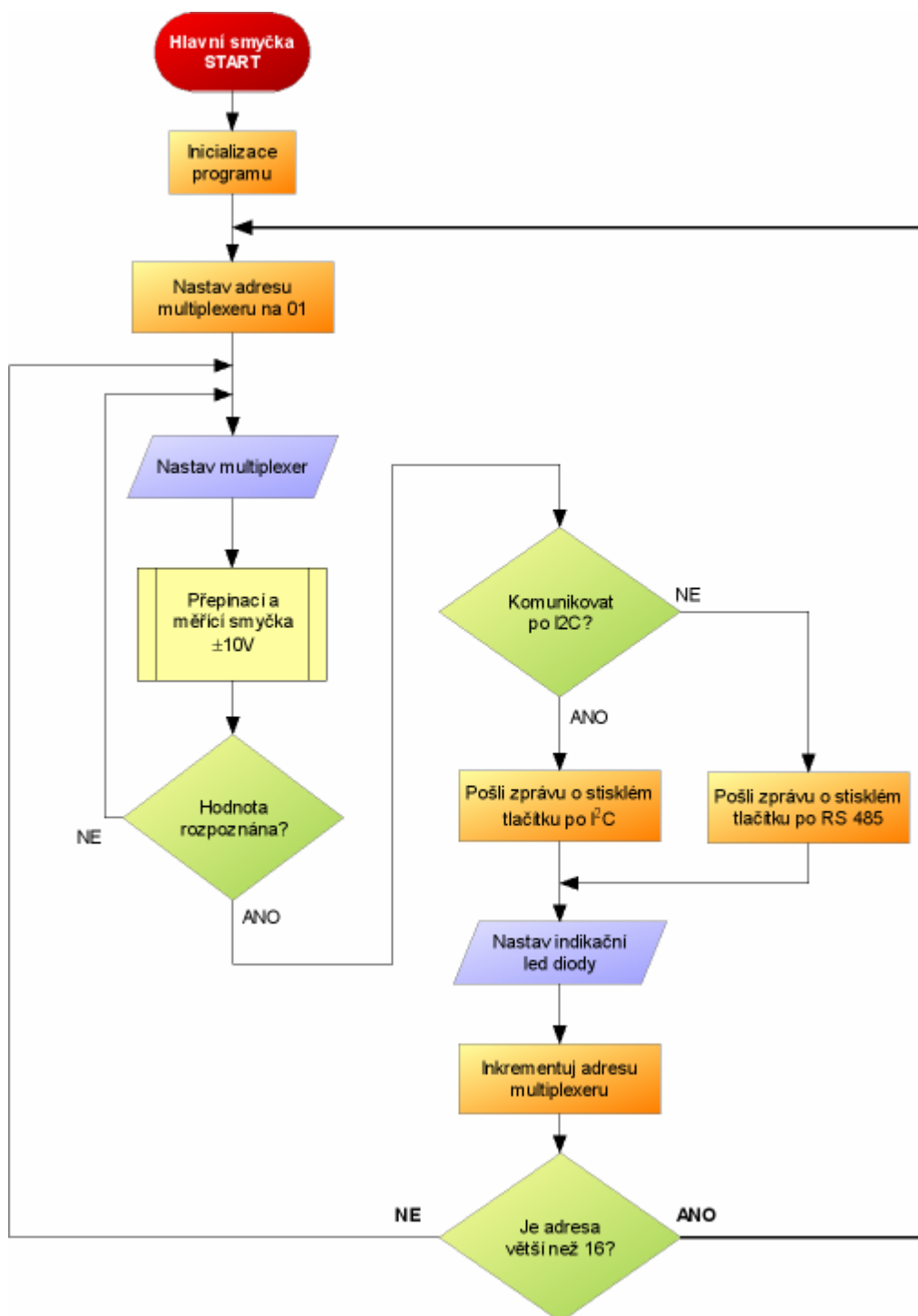
Viz. kapitola 5.3.1.



Obrázek 6.1 Smyčka přepínání a měření signálu z multiplexeru

6.2 Hlavní smyčka

Hlavní smyčka ovládá celý systém, je v ní zahrnuta i měřicí smyčka, která je v obrázku 6.2 uvedena jako žlutý rámeček.



Obrázek 6.2 Hlavní smyčka programu mikrokontroléru

7 Zhodnocení

Zhodnotit tuto bakalářskou práci bude velmi obtížné, protože v této chvíli ještě nemáme funkční zařízení a tím pádem i výsledky měření. Tento problém jsme vyřešili tak, že jsme sestrojili některé funkční celky např. zdroje napětí, vysílací jednotku a mohli jsme si je odzkoušet jejich funkce. To co jsme nemohli postavit, bylo simulováno v programu Orcad PSpice 9.2 a Multisim 8.

Výsledky simulací a měření byli velmi uspokojivé, změřené zdroje se chovali podle našich požadavků např. tvrdost zdroje, napěťové úrovně. U ostatních simulovaných periférií jsme nezaznamenali žádnou chybu, která by mohla zapříčinit nefunkčnost zařízení.

Pro ověření metody měření napěťových úrovní jsme si sestrojili vysílací jednotku. Místo switchu ADG431 v přijímacím modulu jsme použili obyčejné mechanické přepínače. Simulovali jsme měření na 30m dvou vodičovém vedení (obyčejná 2linka) v zarušeném prostředí.

Rychlost indikace stisknutých tlačítek jsme určili přibližně na 20ms. Při této metodě sice nepoužíváme nejpřesnější a nejrychlejší A/D převod mikrokontroléru ATmega16, ale výsledná přesnost a rychlost pro naše účely postačuje.

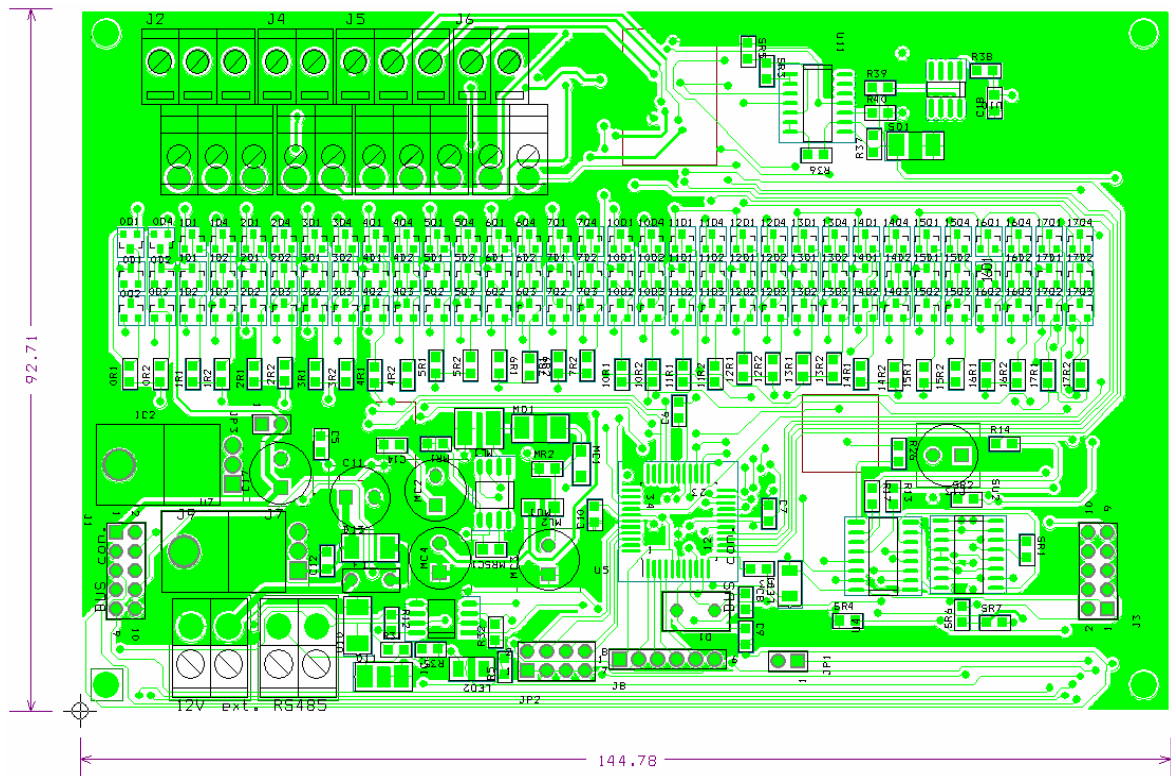
Celkovou cenu výrobku není jednoduché určit, ale cena za přijímací modul by neměla překročit 1000kč, což se jeví jako pozitivní. Ceny vysílacích jednotek se pohybují v korunách, což byl hlavní záměr této bakalářské práce. U vysílacích jednotek není třeba plošného spoje, protože s počtem 8 pasivních součástek by to bylo zřejmě irelevantní.

8 Seznam použité literatury

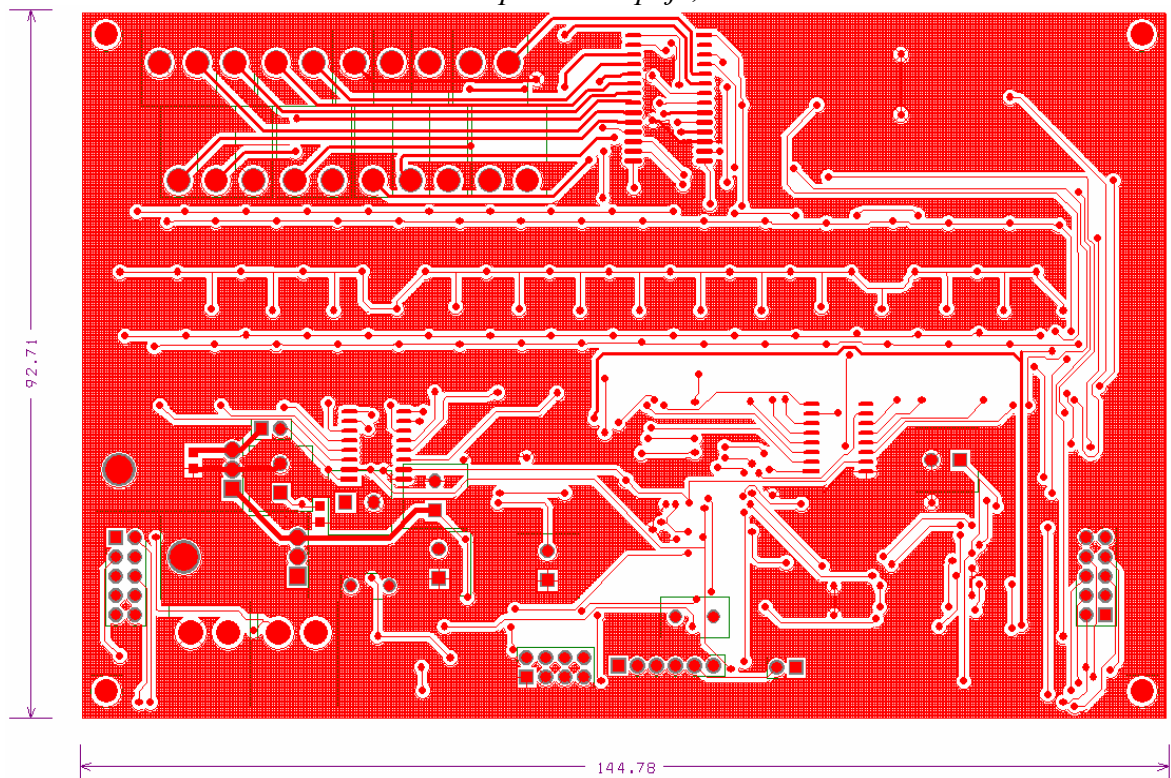
- [1] Mikrokontrolery ATMEL AVR – popis procesoru a instrukční soubor
Vladimír Váňa, Technická literatura BEN, Praha 2003
- [2] http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=2010
- [3] <http://www.analog.com/en/prod/0%2C2877%2CADG526A%2C00.html>
- [4] <http://cs.wikipedia.org/wiki/TDM>
- [5] <http://www.analog.com/en/prod/0%2C2877%2CADG431%2C00.html>
- [6] <http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/2141/14940xx5.pdf>
- [7] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/85503/ETC/LM7805.html>
- [8] http://www.jaycar.com.au/images_uploaded/MC34063A.PDF
- [9] <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf>
- [10] <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tl084.pdf>
- [11] <http://pdf1.alldatasheet.co.kr/datasheet-df/view/15537/PHILIPS/74HCT139.html>
- [12] <http://www.ortodoxism.ro/datasheets/texasinstruments/tpic6c595.pdf>
- [13] Orcad pro Windows – Praktický průvodce návrháře
Vít Záhlava, Grada Publishing 1999
- [14] <http://www.dhservis.cz/iic.htm>
- [15] <http://www.hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART821-RS-485-&%3B-422.html>

Příloha

Plošný spoj (návrh v programu Orcad Layout 9.2)



Obrázek Návrh plošného spoje, horní vrstva



Obrázek Návrh plošného spoje, dolní vrstva

Schéma plošného spoje (návrh v programu Orcad Capture 9.2)

