

1	ÚVOD	1
2	VÝUKA POČÍTAČOVÝCH SÍTÍ NA FEI VŠB-TU OSTRAVA	3
2.1	Současný stav výuky počítačových sítí	3
2.2	Virtuální laboratoř síťových technologií	4
2.2.1	Funkce Automatizovaného systému správy síťových konfigurací ve Virtuální laboratoři síťových technologií	6
3	VÝBĚR A POPIS SPÍNANÝCH ROZHRAŇÍ	8
3.1	Výběr spínaných síťových rozhraní	8
3.2	Popis fyzické vrstvy vybraných rozhraní	8
3.2.1	Fyzická vrstva rozhraní Ethernetu 10BaseT	8
3.2.2	Fyzická vrstva rozhraní EIA/TIA RS232	10
4	ANALÝZA MOŽNOSTI ŘEŠENÍ	13
4.1	Možnosti realizace spínací části	13
4.1.1	Spínání za pomoci reléových prvků	13
4.1.2	Spínání za pomoci polovodičového spínacího pole	13
4.1.3	Zvolené řešení spínacího pole	13
4.2	Celková koncepce zařízení	14
4.2.1	Úprava signálu rozhraní 10BaseT pro polovodičové spínací pole	14
4.2.2	Úprava signálu rozhraní RS232 pro polovodičové spínací pole	15
4.3	Výběr obvodů pro realizaci	19
4.3.1	Výběr vhodného mikroprocesoru	19
4.3.2	Popis mikroprocesoru Atmel AT89C51ED2	20
4.3.3	Obvod spínacího pole	22
4.3.4	Pomocné obvody	24
5	NÁVRH ŘEŠENÍ	28
5.1	Popis obvodového schéma základní desky	28
5.2	Popis obvodového schématu modulu konektorů	30

6	SOFTWARE ŘIDÍCÍ JEDNOTKY	33
6.1	Požadavky na software	33
6.2	Struktura programu	33
6.3	Příkazový jazyk řídicí jednotky	36
7	PŘÍKLAD POUŽITÍ	39
7.1	Experimentální výsledky	40
8	ZÁVĚR	42
9	POUŽITÁ LITERATURA	43
10	PREZENTACE VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	44
	PŘÍLOHY	45

1 ÚVOD

Automatizace se v současné době stává nedílnou součástí života nás všech. Mnohdy se s ní setkáváme a ani si to neuvědomujeme. Samotný budík, jež nás ráno vzbudí, mikrovlnná trouba, v níž si ohřejeme snídani, autobus, jímž jedeme do práce, výtah. To všechno jsou přístroje, které nám každý den ulehčují život, a každý z nich obsahuje nějakou část, jež byla automatizována.

Dalším z fenoménů dnešní doby se stal Internet. Tato celosvětová počítačová síť, která ještě před pár lety byla jen snem všech počítačových nadšenců, se dnes stává zcela běžným médiem stejně jako kdysi tomu bylo u rozhlasu či televize. A stejně jako jsme se kdysi ptali přátel, jestli mají doma barevnou televizi, dnes se ptáme, zdali mají doma Internet. Internet se stává zcela běžnou součástí dnešních domácností. Prostřednictvím Internetu budeme zanedlouho moci vzdáleně ovládat například vytápění domu nebo si zjistíme stav zásob v ledničce.

Cílem této diplomové práce je návrh a praktické ověření možností realizace dálkově řízeného propojovače WAN a LAN portů, který umožní automatizovat manuální hardwarové konfigurace laboratorních prvků počítačové sítě.

Vyvíjený systém by se měl chovat jako jakási ústředna, k níž bude možno připojit prostřednictvím LAN a WAN portů jednotlivé síťové prvky (směrovače, prepínače). Zařízení poté umožní vzájemně propojit typově shodná síťová rozhraní těchto prvků. Jedná se tedy o nahrazení práce člověka, který by tuto činnost musel provádět a musel by za pomoci příslušných kabelů manuálně propojoval jednotlivá síťová rozhraní.

Vývoj systému bude vyžadovat analýzu fyzické vrstvy jednotlivých síťových rozhraní a dle zjištěných skutečností návrh spínací části, která by signály této fyzické vrstvy umožnila spínat. Dále bude nutné realizovat řídicí jednotku, která bude celé zařízení řídit. Tato řídicí jednotka bude ovládána prostřednictvím terminálové aplikace nebo nadřazeného systému. Pro ovládání řídicí jednotky bude použito asynchronního sériového rozhraní RS232.

Zařízení bude použito ve virtuální laboratoři síťových technologií realizované

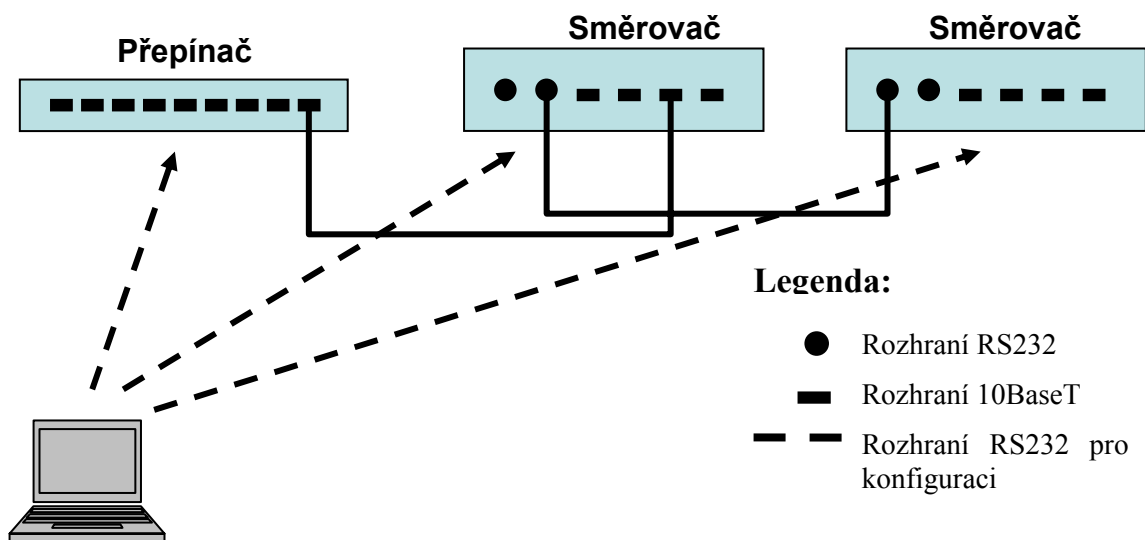
na katedře informatiky, FEI VŠB-TU Ostrava. Virtuální laboratoř si klade za cíl zkvalitnit výuku počítačových sítí, a to především její praktickou část.

2 VÝUKA POČÍTAČOVÝCH SÍTÍ NA FEI VŠB-TU OSTRAVA

2.1 Současný stav výuky počítačových sítí

V současnosti je výuka počítačových sítí rozdělena na dva základní celky, a to na praktickou a teoretickou část. V teoretické části se studenti seznamují s principy počítačových sítí. Nabývají znalostí o jednotlivých síťových prvcích, komunikačních protokolech, fyzikálních principech přenosu dat apod.

Praktická výuka probíhá v laboratoři, která je vybavena množstvím síťového hardware (přepínače, směrovače, rozbočovače, modemy). Studenti se na začátku věnují sestavení požadované síťové topologie, propojením jednotlivých síťových prvků. Tato propojení jsou realizována různými typy rozhraní, například 10BaseT, 100BaseT, RS232, V.35, X.21 a dalšími. Jakmile studenti vytvoří požadovanou síťovou topologii, věnují se konfiguraci jednotlivých síťových prvků tak, aby dosáhli potřebných vlastností takto vytvořené sítě, a to v souladu se zadáním prováděné úlohy. Jednotlivé síťové prvky jsou konfigurovány nejčastěji prostřednictvím synchronního sériového rozhraní RS232. Situace je naznačena na Obr.1.

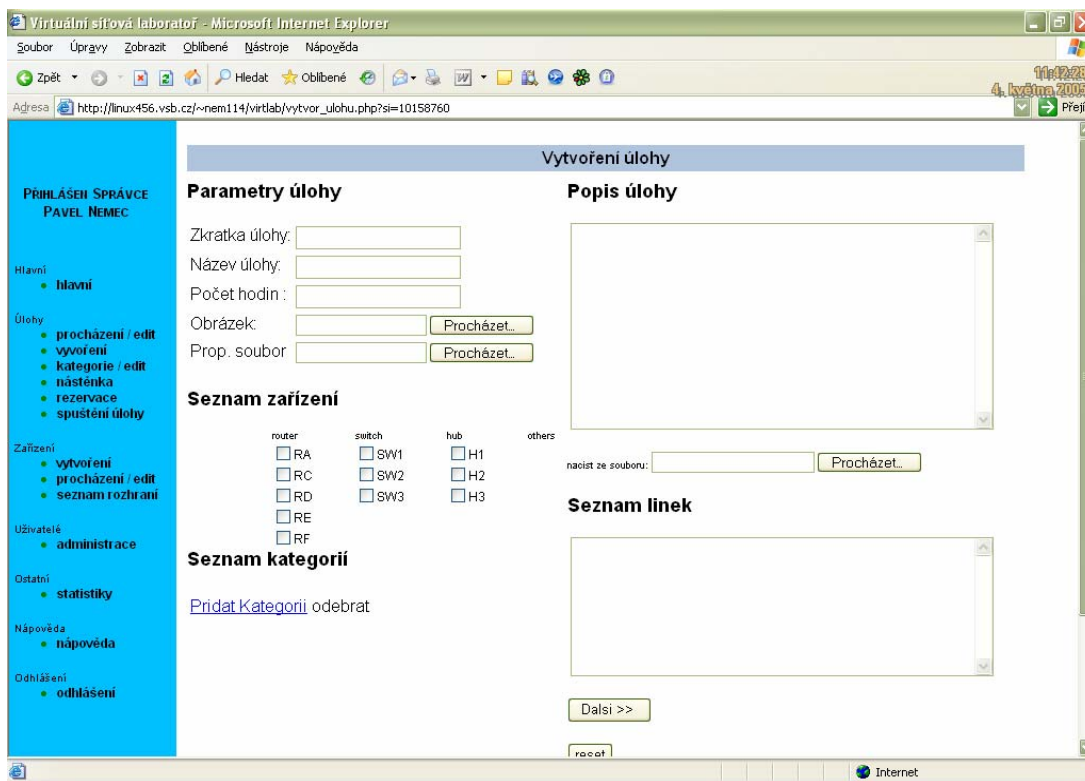


Obr. 1 Naznačení praktické výuky počítačových sítí

Při výuce počítačových sítí je praktická část velice důležitá. Studenti si v ní utvrzují nabyté teoretické znalosti a ozřejmují si principy, na nichž počítačové sítě pracují. Jak se ale v současnosti ukazuje, je praktická část výuky prováděna v nedostatečné míře, přestože tato část výuky má pro studium největší význam. Jelikož zájem o výuku počítačových sítí neustále narůstá, je vytížení laboratoře značné a její provoz klade velké nároky, a to jak časové, tak i finanční. Je nutné zajistit dohled nad studenty, jelikož laboratoř je vybavena velmi nákladným zařízením. Současný styl praktické části výuky vede k tomu, že nákladné vybavení počítačové laboratoře není využíváno v období víkendů, svátků, zkouškového období, prázdnin, večerů apod. , což je vzhledem k jejím pořizovacím nákladům značně neefektivní.

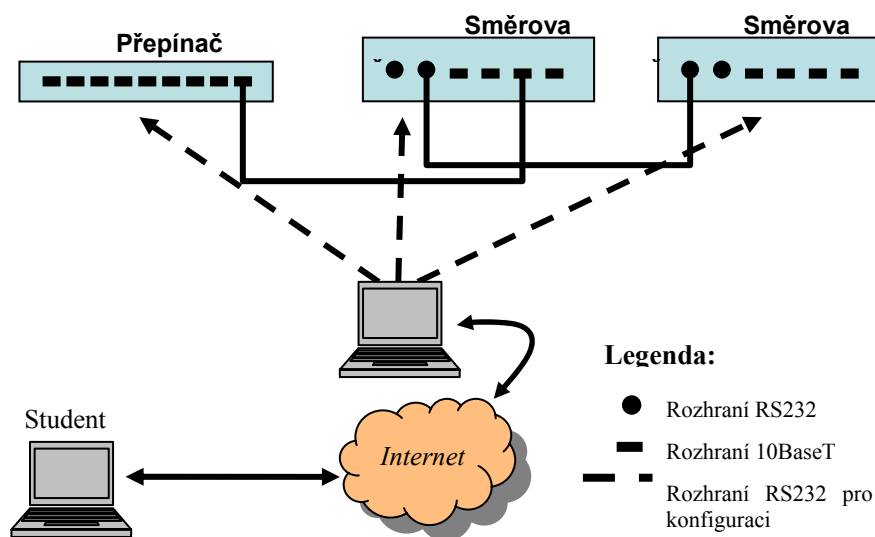
2.2 Virtuální laboratoř síťových technologií

Myšlenka Virtuální laboratoře síťových technologií si klade za cíl zkvalitnit výuku počítačových sítí, a to právě její praktické části. Virtuální laboratoř umožní studentům konfigurovat jednotlivé síťové prvky vzdáleně prostřednictvím sítě Internet. Celý systém bude vytvořen tak, aby si jednotliví studenti či skupiny studentů mohli ve kteroukoli dobu rezervovat řešení některých síťových úloh. Jakmile si student či skupina studentů takovouto úlohu rezervuje, může se na ní teoreticky připravit, a když nastane čas řešení úlohy, připojí se k Internetu a začne na dálku konfigurovat jednotlivé síťové prvky. To vše prostřednictvím webového rozhraní, které je naznačeno na Obr.2., a bylo vyvíjeno v rámci diplomové práce na katedře informatiky VŠB-TU Ostrava.



Obr. 2 Náhled do webového rozhraní Virtuální laboratoře

Síťové prvky, k nimž se přistupuje prostřednictvím Internetu, jsou umístěny v jedné místnosti. Jejich konfigurační porty jsou připojeny k řídicímu počítači prostřednictvím multiportové karty (Obr.3). Řídicí počítač má za úkol řídit provoz síťové laboratoře. Zprostředkovává studentům a správcům systému webové rozhraní, zpřístupňuje v daných dobách daným studentům patřičné úlohy, tedy zpřístupňuje prostřednictvím webového rozhraní jednotlivé konfigurační rozhraní patřičných síťových prvků.

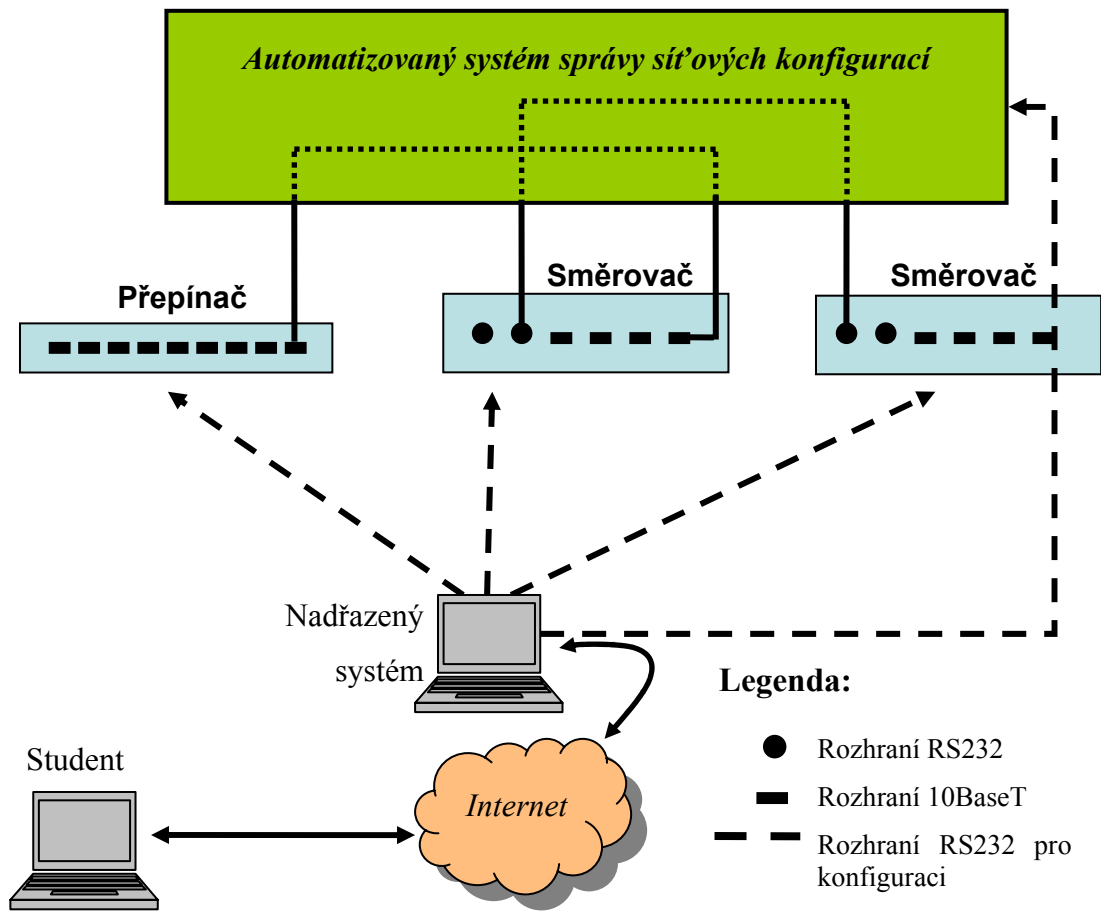


Obr. 3 Zpřístupnění síťových prvků prostřednictvím sítě Internet

Nevýhodou takto koncipovaného systému je to, že vzájemné propojení jednotlivých síťových prvků je neměnné a studenti tedy mohou řešit pouze úlohy specifikované na tuto topologii. V případě, že bude zapotřebí změnit síťovou topologii, musí řídicí systém virtuální laboratoře informovat obsluhu (tedy člověka), který by musel manuálně změnit síťovou topologii. Musel by se dostavit do laboratoře, zrušit současnou topologii a propojit patřičné síťové prvky dle zadání nové úlohy. Tento úkon bude mít za následek jistou prodlevu v samotné výuce a taky bude nutné pro obsluhu systému vyčlenit člověka, který by síťové konfigurace měnil.

2.2.1 Funkce Automatizovaného systému správy síťových konfigurací ve Virtuální laboratoři síťových technologií

Automatizovaný systém správy síťových konfigurací, který je cílem řešení této diplomové práce, má za úkol nahradit práci člověka, který by musel manuálně měnit síťové konfigurace příslušné jednotlivým úlohám virtuální laboratoře. Zařízení musí umožnit spojování dvojic vhodně zvolených síťových rozhraní a dále musí obsahovat dostatečný počet těchto rozhraní, aby bylo možné zařadit do virtuální laboratoře patřičné množství síťových prvků a tak dosáhnout velké variability realizovatelných topologií. Zařízení musí být konfigurovatelné nadřazeným systémem nebo z PC (osobní počítač), jak je naznačeno na Obr.4.



Obr. 4 Naznačení funkce Automatizovaného systému správy síťových konfigurací

3 VÝBĚR A POPIS SPÍNANÝCH ROZHRAŇÍ

3.1 Výběr spínaných síťových rozhraní

Před samotným návrhem a realizací bylo zapotřebí vybrat rozhraní, které bude automatizovaný systém správy síťových konfigurací spínat. Bylo požadováno, aby zařízení umělo spínat jeden typ rozhraní LAN. Nejčastěji se používají rozhraní Ethernet 1000BaseT, 100BaseT, 10BaseT, 10Base2. Spínat rozhraní 1000BaseT je technologicky natolik náročné, že už zpočátku bylo zavrženo. Rozhraní 10Base2 a 10Base5 jsou dnes již velmi málo podporovaná. Pro vyvíjené zařízení bylo určeno, že bude vycházeno z rozhraní 10BaseT.

Výběr vhodného WAN rozhraní byl dán hlavně dostupností a cenou konektorů těchto rozhraní a vlastností fyzické vrstvy tohoto rozhraní. V úvahu připadaly synchronní sériová rozhraní X.21, V.35 a RS232. Velká nevýhoda rozhraní X.21 a V.35 je ta, že data jsou reprezentována rozdílovými napět'ovými signály oproti rozhraní RS232, u kterého jsou napět'ové signály vztaženy ke společnému potenciálu. A jelikož je rozhraní RS232 běžně používáno i v radioamatérských aplikacích, jsou obvody i konektory rozhraní RS232 daleko dostupnější. Konektory, které jsou používány pro rozhraní V.25 a V.35 jsou oproti konektorům rozhraní RS232 i rozměrnější. Všechny tyto aspekty vedly k tomu že jako WAN rozhraní bylo zvoleno synchronní sériové rozhraní RS232.

3.2 Popis fyzické vrstvy vybraných rozhraní

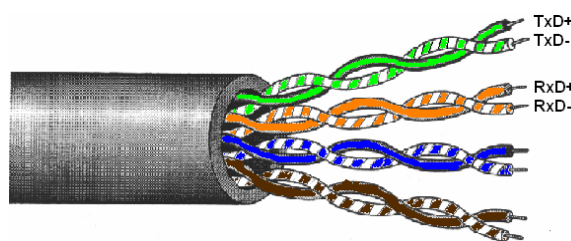
Před samotným návrhem spínacího pole je nutné zabývat se charakteristikami přenosu dat ve vybraných rozhraních. Ze specifik těchto rozhraní poté vyjdou najevo i požadavky na samotné spínací pole, jež bude realizovat propojení jednotlivých signálů.

3.2.1 Fyzická vrstva rozhraní Ethernetu 10BaseT

Fyzické médium, po kterém se přenášejí data u rozhraní 10BaseT, je UTP¹ kabel. Ten obsahuje čtyři dvojice vodičů. Každá dvojice je vůči sobě šroubovicově zkroucena a vytváří takzvanou kroucenou dvoulinku. Data jsou přenášena sériově za

¹ Někdy se používají i STP kabely, které jsou oproti UTP kabelům ještě stíněny.

pomocí pouze čtyř vodičů v UTP kabelu. (Obr.5) V každém páru vodičů je veden rozdílový signál, který značně snižuje vliv rušení. Napěťové signály tedy nabývají svých hodnot vždy vůči druhému vodiči v páru, nikoli vůči společnému potenciálu. Signály takto vedené jsou pouze dva, a to TxD (Transit Data) a RxD (Receive Data). Existují dva typy zapojení kabelů, a to kabel přímý a křížený (Tab.1). Typ kabelu použitého k propojení dvou zařízení prostřednictvím rozhraní 10BaseT je dán typem propojovaných zařízení. Například propojujeme-li dvě PC, použijeme kabel křížený. Propojujeme-li PC a rozbočovač, použijeme kabel přímý. Konektor používaný pro rozhraní 10BaseT nese označení RJ45.

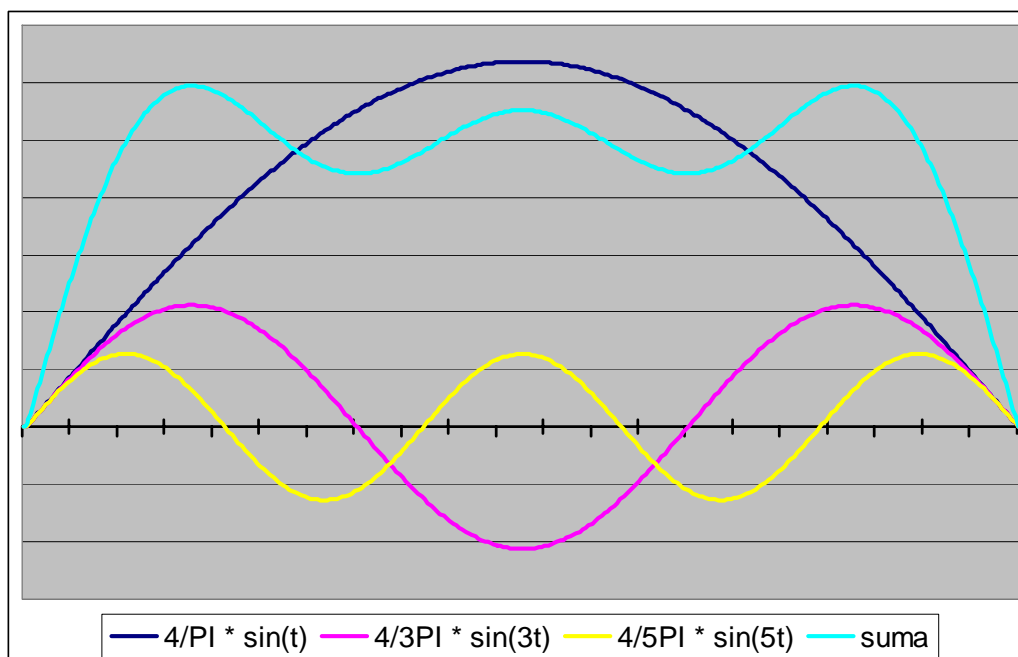


Obr. 5 UTP kabel

Křížený kabel			Přímý kabel		
Konektor RJ45		Konektor RJ45	Konektor RJ45		Konektor RJ45
1	↔	3	1	↔	1
2	↔	6	2	↔	2
3	↔	1	3	↔	3
6	↔	2	6	↔	6

Tab. 1 Popis propojení dvou konektorů rozhraní 10BaseT

Pro rozhraní 10BaseT je definována maximální délka vedení 100m. Jelikož parazitní kapacity a indukčnosti vedení dlouhého 100m dosahují při vyšších frekvencích obsažených v přenášeném signálu již nemalých hodnot, je deformace obdélníkového signálu na tomto vedení tak značná, že už není možné tento signál na přijímači obnovit. Z tohoto důvodu je signál upraven tak, aby se přenášely pouze nižší liché harmonické, které zcela dostačují k rekonstrukci signálu (za předpokladu použití kódu Manchester). Na Obr.6 je uvedeno, jak lze polovinu periody obdélníkového signálu aproximovat jeho prvními třemi lichými harmonickými.



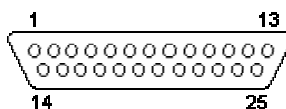
Obr. 6 Časové průběhy jednotlivých sinusových signálů a jejich součet

Z příkladu je tedy zřejmé, že pro přenos obdélníkového signálu je možné využít i dostatečné množství vhodně sečtených signálů sinusových. Právě tento princip se využívá při modulaci signálu rozhraní 10BaseT, kde výstupní signál je vytvářen součtem několika sinusových signálů o různých frekvencích.

3.2.2 Fyzická vrstva rozhraní EIA/TIA RS232

Rozhraní RS232 má svou fyzickou vrstvu oproti rozhraní 10BaseT značně odlišnou. Jedním z podstatných odlišností je to, že signály tohoto rozhraní již nejsou rozdílové. Nabývají tedy svých napěťových hodnot proti společnému potenciálu. Jedná se o dvoustavové signály, úroveň logické jedničky je dána rozmezím napětí od -3 do -15V a úroveň logické nuly je dána rozmezím hodnot napětí 3 až 15V. Další podstatnou odlišností je to, že fyzická vrstva tohoto rozhraní není reprezentována pouze signály TxD a RxD, ale i několika signály pomocnými. Jedná se o signály RTS (Request To Send), CTS (Clear To Send), DSR (Data Set Ready) a DTR (Data Terminal Ready). Tyto signály jsou pomocné a slouží k řízení toku dat. Další velmi důležité signály u synchronního rozhraní RS232 jsou TxC (Transmit Clock) a RxC (Receive Clock). Jedná se o hodinové signály, které musejí být generovány vždy jedním z dvojice propojovaných síťových prvků. Síťový prvek, jenž generuje hodinové signály, nese

označení DCE, a prvek, který se těmito hodinovými signály řídí, se označuje DTE. Používaný konektor je znázorněn na Obr.7. a popis jednotlivých pinů konektoru Cannon DB25 je v tabulce Tab.2.



Obr. 7 Konektor Cannon DB25 rozhraní RS232









Pin	Název	Směr toku dat	Popis
1	GND	-----	Ground
2	TXD	→	Transmit Data
3	RXD	←	Receive Data
4	RTS	→	Ready To Send
5	CTS	←	Clear To Send
6	DSR	←	Data Set Ready
7	GND	-----	Ground
8	DCD	←	Data Carrier Detect
9	n/c		Not connected
10	n/c		Not connected
11	n/c		Not connected
12	n/c		Not connected
13	n/c		Not connected
14	n/c		Not connected
15	TxC	→	Transmit Clock
16	RxD	←	Receive Data
17	RxC	←	Receive Clock
18	LTST		Link Test
19	n/c		Not connected
20	DTR	→	Data Terminal Ready
21	n/c		Not connected
22	n/c		Not connected
23	n/c		Not connected
24	TxCE	→	Transmit Clock Echo
25	n/c		Not connected

Legenda:

- ← vstup dat vzhledem k uvažovanému rozhraní
- výstup dat vzhledem k uvažovanému rozhraní

Tab. 3 Piny konektoru CAN25

Chceme-li propojit dvojici síťových prvků pomocí rozhraní RS232, je nutné propojit signály dle tabulky Tab.3.

Zařízení typu DTE	Tok dat	Zařízení typu DCE
TxD		RxD
RxD		TxD
DTR		DSR
DSR		DTR
CTS		RTS
RTS		CTS
RxC		TxC
TxC		RxC

Tab. 4 Popis propojení dvou konektorů rozhraní RS232

4 ANALÝZA MOŽNOSTI ŘEŠENÍ

4.1 Možnosti realizace spínací části

Stěžejní částí celé konstrukce je návrh spínací části, tedy vytvoření spínací matice, jež by umožňovala vzájemné propojení nejméně šesti dvojic portů vybraných rozhraní. Apriorní kritérium pro všechna navrhovaná řešení je, že zařízení bude pracovat na první vrstvě referenčního modelu ISO OSI, tedy na fyzické vrstvě. S přihlédnutím k tomuto požadavku byla zvažována tato řešení:

4.1.1 Spínání za pomoci reléových prvků

Jednou z možností bylo spínat signály reléovým prvkem. Výhoda tohoto řešení by byla v dokonalém oddělení řídicí a spínací části. Spínané signály by při tomto řešení nemusely být nijak upravovány (absence oddělovacích transformátorů a přizpůsobovacích členů). Takto řešené spínací maticové pole by taktéž umožnilo spínat vysokou škálu frekvencí. Výhody jsou tedy značné. K nevýhodám patří například to, že relé je mechanická součástka, a tudíž má větší náklonnost k poruchovosti než polovodičový spínací prvek. Je taky zřejmé, že by každé relé muselo být spínáno polovodičovým prvkem, jenž by oddělil mikroprocesorovou řídicí jednotku a jednotlivá relé. To by opětovně rozšířilo počet součástek a navýšilo komplikovanost celého zařízení. Všechny jmenované aspekty by přispěly i ke snížení spolehlivosti.

4.1.2 Spínání za pomoci polovodičového spínacího pole

Hlavní výhoda polovodičového spínacího maticového pole je, že spínání se provádí bezkontaktně. Běžně dostupné polovodičové součástky mohou realizovat spínací matici o rozměrech až 8x16. Tedy na vytvoření spínacího pole 16x16 by bylo zapotřebí jen dvou součástek. Nevýhodou je, že spínané signály se musejí nejdříve přizpůsobit (například signály z UTP kabelu budou muset být přes oddělovací transformátory připojeny na společný potenciál).

4.1.3 Zvolené řešení spínacího pole

Z výše jmenovaných kritérií byla pro spínací jednotku zvolená druhá varianta. Pro spínání bude tedy použito analogové maticové spínací pole. Jak již bylo výše vysvětleno, signály rozhraní 10BaseT je svou povahou spojitě, nikoli dvoustavové. Je

tedy nutné použít spínací pole pro analogové signály.

4.2 Celková koncepce zařízení

Před samotným návrhem bylo rozhodnuto, že zařízení bude konstruováno modulárně. Bude vyrobena základní deska, která bude obsahovat spínací pole, řídicí logiku a moduly, které budou umístěny do konektorů na základní desce. Na modulech bude vždy umístěno alespoň jedno z rozhraní a také přizpůsobovací obvody, které signál z daného rozhraní upraví tak, aby jej bylo možné spínat vybraným polovodičovým spínacím polem. Moduly bude možné v budoucnu navrhnout tak, aby mohly upravovat i jiné typy signálů.

4.2.1 Úprava signálu rozhraní 10BaseT pro polovodičové spínací pole

Jak již bylo zmíněno, signály v rozhraní 10BaseT jsou rozdílové. Chceme-li ale tyto signály spínat libovolnou polovodičovou součástkou, musíme je nejprve svest na společný potenciál. To je ale v přímém rozporu filozofie přenosu dat prostřednictvím rozhraní 10BaseT. Musely tedy být provedeny následující experimenty:

Experiment 1

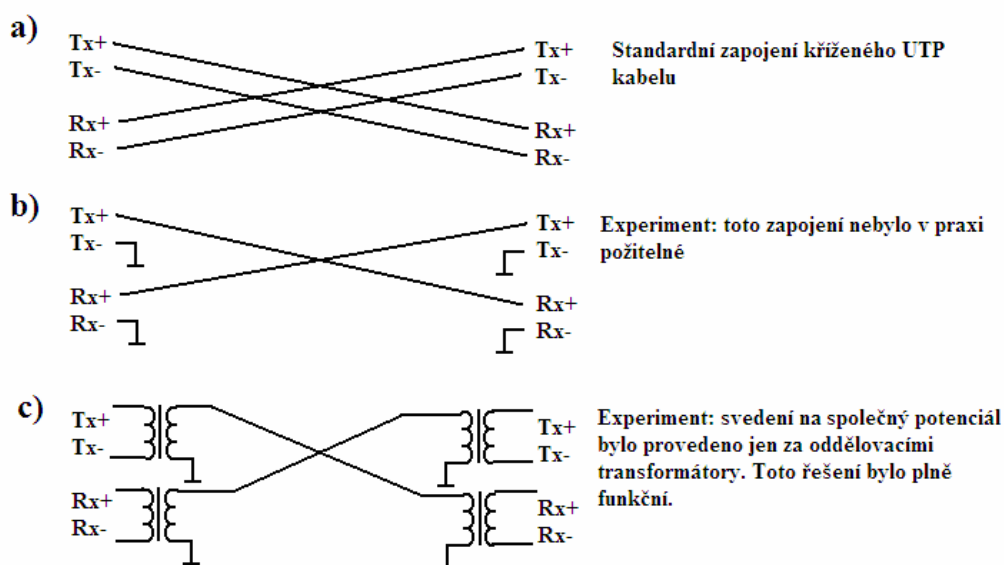
Signály RxD (-) a TxD (-) byly svedeny na společný potenciál (GND) a ostatní signály zůstaly beze změny. Situace je naznačena na Obr.8 b). Takto zapojený UTP kabel byl připojen k síťovým prvkům a toto zapojení bylo podrobena analýze. Hlavním sledovaným parametrem byla ztrátovost paketů v přenášených datech. Pro rozhraní 10BaseT je přípustná hodnota do desetin procenta, a to i při délce vedení blízké se maximu – tedy 100m. V našem experimentálním zapojení ovšem docházelo ke ztrátě až 60% paketů, a to při délce kratší než 2m. V případě, kdy bylo vedení prodlouženo na 30m, ztrátovost se přiblížila 90%. Tyto hodnoty jsou natolik velké, že by takto realizované propojení nebylo možné v praxi vůbec použít. Tento experiment tedy odhalil, že zapojení popsané na Obr.8 b) je nepoužitelné.

Experiment 2

V tomto experimentu byly taktéž signály svedeny na společný potenciál, ale až za oddělovacími transformátory, jak je naznačeno na Obr.8 c). Za těmito transformátory byly signály patřičně překříženy a celá konstrukce byla opět podrobena

analýze. Nyní již byla situace odlišná. Ztrátovost paketů v tomto zapojení se nijak nelišila od ztrátovosti, jež je běžná v klasickém kabelu UTP. Tedy zapojení oddělovacích transformátorů nebylo na datových přenosech vůbec znatelné, a to ani při značně dlouhém vedení a velkém zatížení linky.

Na základě výše uvedených experimentů bylo rozhodnuto, že signály rozhraní 10BaseT budou pro potřeby spínání spínacím polem upravovány dle experimentu 2.

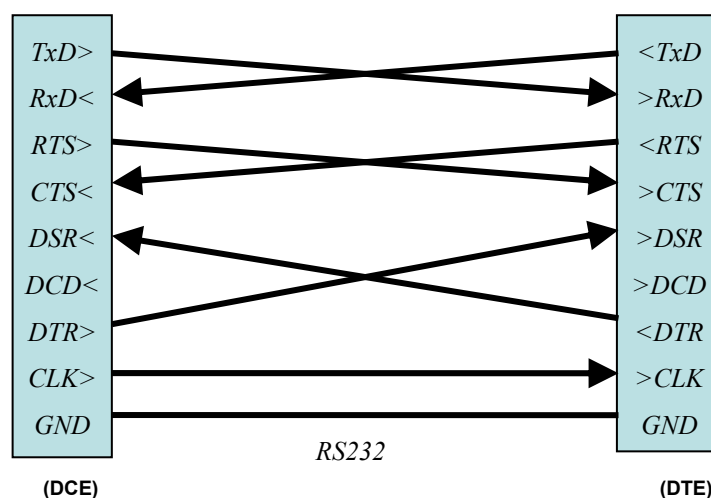


Obr. 9 Schématické zapojení UPT kabelu, a) standardní zapojení, b) experiment svedení na společný potenciál, c) experiment svedení na společný potenciál za oddělovacími transformátory

4.2.2 Úprava signálu rozhraní RS232 pro polovodičové spínací pole

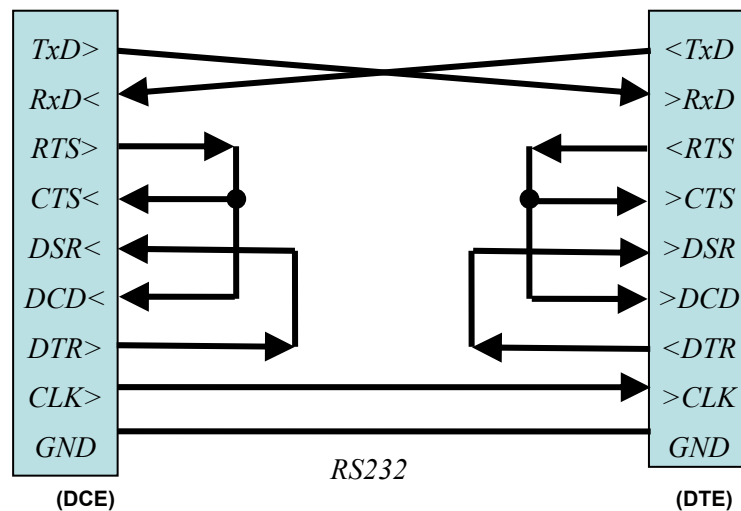
Spínání signálů rozhraní RS232 již neskýtalo větších problémů. Napěťové hodnoty na tomto rozhraní nabývají svých hodnot proti společnému potenciálu a jsou tedy přímo vhodná pro spínání polovodičovým spínacím polem. Přesto ale bylo rozhodnuto, že signály budou pro potřebu spínání polovodičovým polem převedeny z hodnot odpovídajících rozhraní RS232 na hodnoty TTL. Důvodem bylo záporné napětí, kterým je reprezentována u rozhraní RS232 logická jednička. Po převedení na TTL hodnoty bude i logická jednička i logická nula reprezentována kladným napětím. Tento fakt značně ulehčí návrh napájecí části spínacího pole.

Další velkou odlišností rozhraní RS232 od rozhraní 10BaseT je počet signálů. Jak již bylo řečeno, obsahuje toto rozhraní nejen signály datové, ale i dva signály pomocné. A jelikož se jedná o synchronní sériové rozhraní, je zapotřebí přenášet i signál hodinový. Tento fakt si klade za požadavek větší počet spínacích polovodičových prvků než u rozhraní Ethernetu 10BaseT, což by celou konstrukci komplikovalo a prodražilo. Propojení dvou zařízení s rozhraním RS232 je naznačeno na obr.9.



Obr. 10 Standardní zapojení konektorů rozhraní RS232

Problém s pomocnými signály se v praxi běžně řeší speciálním zapojením konektoru zvaným „null modem“. Na zařízeních, která komunikovala prostřednictvím asynchronního rozhraní RS232, bylo vyzkoušeno speciální zapojení konektorů, které eliminovalo počet signálů pouze na dva. A to dva datové signály TxD a RxD. Pomocné signály si každé rozhraní generovalo samo sobě. Tímto způsobem bylo dosaženo úspor na kabeláži na úkor možnosti řízení toku dat. Funkčnost tohoto zapojení konektorů byla odzkoušena na propojení zařízení typu PC a modem, ale při propojování síťových prvků není toto zapojení používáno. Proto muselo být odzkoušeno, zdali bude i při propojení dvou síťových zařízení (například dvou směrovačů) uspokojivě fungovat. Zapojení je naznačeno na Obr.11.



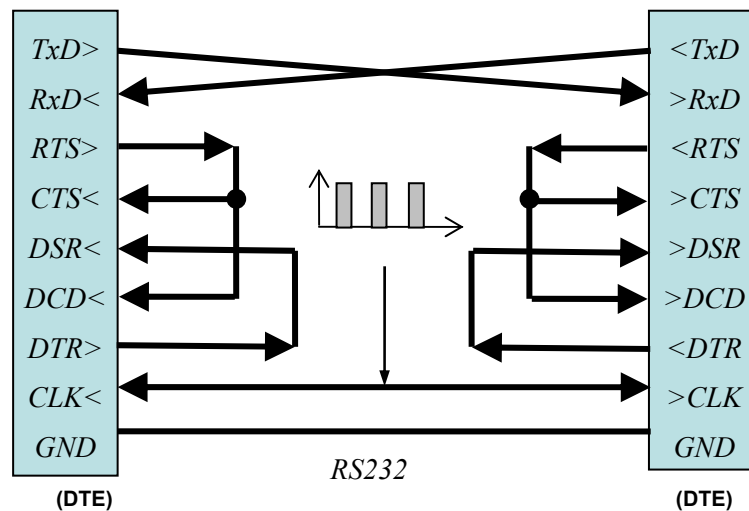
Obr. 11 Zapojení konektorů rozhraní RS232 do tzv. Null Modemu

Bylo realizováno výše popsané zapojení konektorů (Obr.11) rozhraní RS232 a připojeno ke dvěma směrovačům. Bylo sledováno, jak se toto propojení bude chovat a především, jak bude ovlivněn přenos dat přes takto upravené rozhraní.

Po několika testech bylo zjištěno, že zapojení konektorů do tzv. „null modemu“ nemá na přenos dat mezi síťovými prvky žádný negativní vliv. Data byla přenášena bez jakýchkoli znatelných výpadků přenášených dat.

Tímto byl značně redukován počet spínaných signálů a byla značně snížena potřeba spínacích prvků. Pořád ale vzniká potřeba spínat hodinový signál. U dvojice propojovaných síťových prvků musí být při použití synchronního přenosu vždy jeden síťový prvek nakonfigurován tak, aby generoval hodinový signál. K tomuto síťovému prvku se připojí kabel, který je zakončen konektorem CAN25F (samice) a tento síťový prvek je označován jako DCE. Druhý síťový prvek, jenž se tímto hodinovým signálem řídí, nese označení DTE a je k němu připojen kabel zakončený koncovkou CAN25M (samec).

Pro získání dalších úspor bylo navrženo následující. Všechna síťová zařízení, která budou propojována prostřednictvím sériového synchronního rozhraní RS232, budou typu DTE, tedy budou k nim připojeny kabely zakončené konektorem CAN25M (samec). Hodinový signál bude generovat samotné spínací pole. Bylo zkonstruováno výše popsané zapojení (Obr.11) a otestováno, zdali je navržený systém vhodný.



Obr. 12 Zapojení konektorů rozhraní RS232 do tzv. Null Modemu

Po několika testech bylo konstatováno, že zapojení nemá na přenos dat žádný vliv. Navíc přinese i další ulehčení při konfiguraci síťových prvků. Již se totiž nebude muset dbát na to, aby vždy jeden z dvojice síťových prvků propojených prostřednictvím synchronního rozhraní RS232 byl typu DTE a druhý DCE. Nyní bude každý síťový prvek připojený ke spínacímu poli sériovým synchronním rozhraním RS232 typu DTE.

4.3 Výběr obvodů pro realizaci

4.3.1 Výběr vhodného mikroprocesoru

Řízení celého zařízení nebude nijak náročné na rychlost zpracování informací, proto nebude zapotřebí velký výpočetní výkon. Má-li ovládání zařízení splňovat všechny požadavky, jež jsou na něj kladeny, bude zapotřebí dostatečný paměťový prostor pro řídicí program. Taktéž by řídicí jednotka měla obsahovat dostatečné množství vstupně výstupních linek a konstrukci by velmi ulehčilo, kdyby již měla integrované asynchronní sériové rozhraní. Všechny výše jmenované požadavky splňují mikroprocesory řady x51.

Pro řízení celého zařízení byl vybrán osmibitový mikroprocesor Atmel AT89c51ED2. Základní vlastnosti tohoto procesoru jsou následující:

- Čítače/Časovače: 3x16bit
- EEPROM: 2048B
- Flash (OTP): 64kB Flash
- Max. kmitočet krystalu: 60 MHz
- Počet I/O linek: 34
- Pouzdro: DIL40
- Programování: SPI
- RAM: 256B

Jednou z důležitých vlastností je 64kB paměti Flash, což je paměť programu, a jeho velikost je dostatečná i pro značně velkou aplikaci. Obvod obsahuje tři moduly čítače/časovače, což je pro mikroprocesory řady x51 velice nezvyklé. Mikroprocesory této řady většinou obsahují pouze dva moduly čítače/časovače. Jeden čítač je obvykle použit jako časová základna pro sériové asynchronní rozhraní.

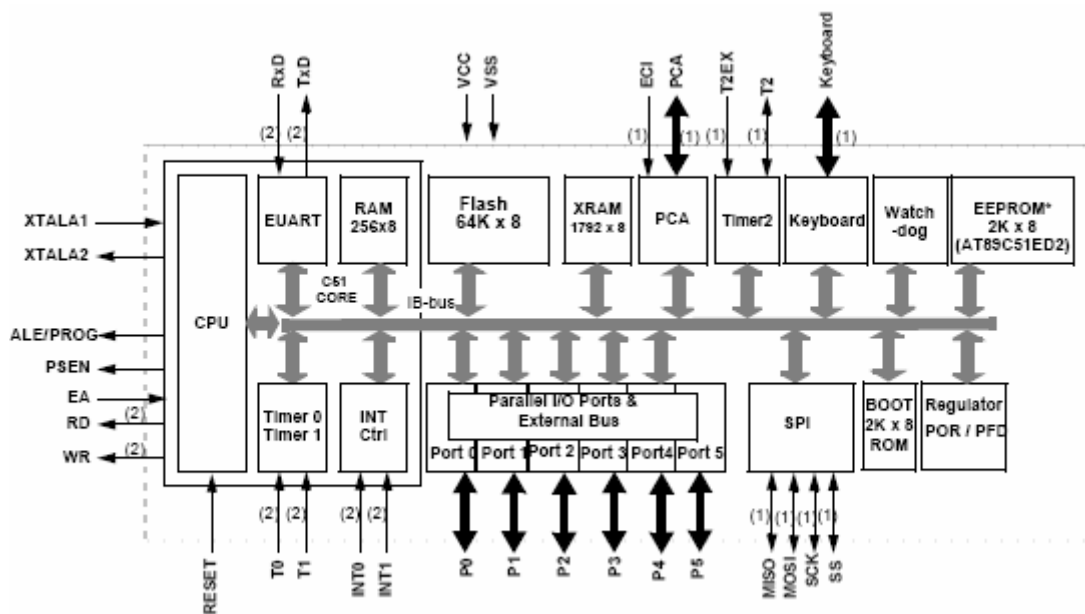
Maximální kmitočet použitého krystalu je 60MHz. Vnitřní dělička tento kmitočet vydělí 12 (volitelně i 6), z čehož vyplývá, že vykonání jedné instrukce trvá mikroprocesoru $0,2\mu\text{s}$ při použití krystalu 60Mhz. Jelikož nebudou na výpočetní výkon

mikroprocesoru kladeny velké nároky, je tato rychlost pro řízení celého zařízení dostačující.

Pro celou aplikaci bude významná ještě další vlastnost zvoleného mikroprocesoru, a to způsob nahrávání řídicího programu. Použitý mikroprocesor je možno programovat hned třemi způsoby. První je klasický způsob, který znamená umístění mikroprocesoru do programátoru a zavedení programu. Druhý způsob je programování pomocí SPI rozhraní. Jde o synchronní sériové rozhraní využívající čtyři signály mikroprocesoru. Poslední způsob programování je specifický pro mikroprocesor AT89c51ED2. Jestliže po restartu mikroprocesoru je vývod PSEN přiveden na nulový potenciál(GND), nezačne se program vykonávat od adresy 0x00 v paměti FLASH, ale ze speciální paměti ROM, ve které je od výrobce nahrána aplikace BOOT Loader. Tento program očekává data po sériovém asynchronním rozhraní a tato data začne zapisovat do paměti FLASH. Tímto způsobem lze velice snadno mikroprocesor naprogramovat, a to přímo v aplikaci, bez nutnosti vyjmát mikroprocesor. Při návrhu plošného spoje je ale nutné umožnit pohodlné připojení signálu PSEN mikroprocesoru na nulový potenciál.

4.3.2 Popis mikroprocesoru Atmel AT89C51ED2

Mikroprocesor je nástupcem staršího typu mikroprocesoru AT89c51RD2. Oproti svému předchůdci má dokonaleji řešen zápis dat do interní paměti EEPROM a aplikace BOOT Loader je umístěna ve zvláštní paměti. Mikroprocesor AT89C51RD2 měl tuto aplikaci umístěnou na konci paměti FLASH. Taktéž je možné tento procesor taktovat krystalem o vyšší frekvencí oproti jeho předchůdci. Blokové schéma mikroprocesoru AT89c51ED2 je vyobrazeno na Obr.13.



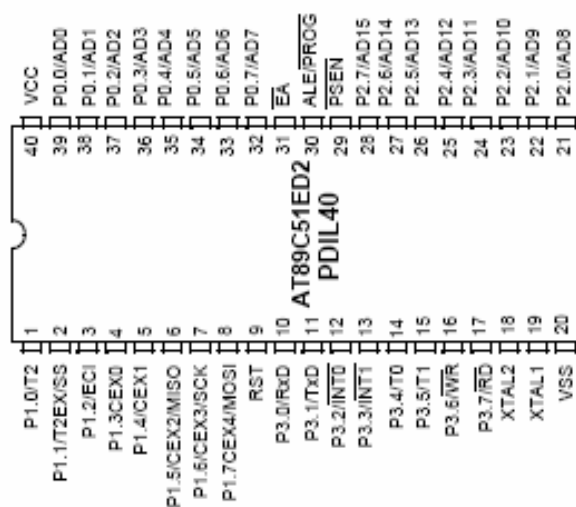
Obr. 13 Blokové schéma mikroprocesoru AT89c51ED2[6]

Mikroprocesor se skládá s těchto bloků

- **CPU** - modul centrální procesorové jednotky
- **Timer0, Timer1** - modul časovačů /čítačů 0
- **INT** - modul zpracování externího přerušení
- **I/O Ports** - vstupně výstupní paralelní porty
- **SPI** - modul pro sériové SPI programování
- **BOOT ROM** - paměť pro aplikaci Boot Loader
- **EEPROM** - paměť EEPROM
- **WatchDog** - modul hlídající běh procesoru
- **Keyboard** - modul obsluhy externí klávesnice
- **Timer2** - modul časovače/čítače
- **PCA** - modul programově říditelného čítačového pole
- **XRAM** - rozšířená paměť RAM
- **FLASH** - paměť programu

- **RAM** - základní paměť RAM
- **(E)UTAR** - modul asynchronního sériového rozhraní

Z blokového schématu je zřejmé, že mikroprocesor je vybaven šesti vstupně výstupními branami, a to P0 až P5. Verze mikroprocesoru v pouzdru DIL40 má vyvedeny pouze brány P4 a P5 vzhledem k nedostatku pinů. Některé piny přísluší jak vstupně výstupní bráně, tak nějaké periférii. Názvy jednotlivých pinů jsou znázorněny na Obr.13.

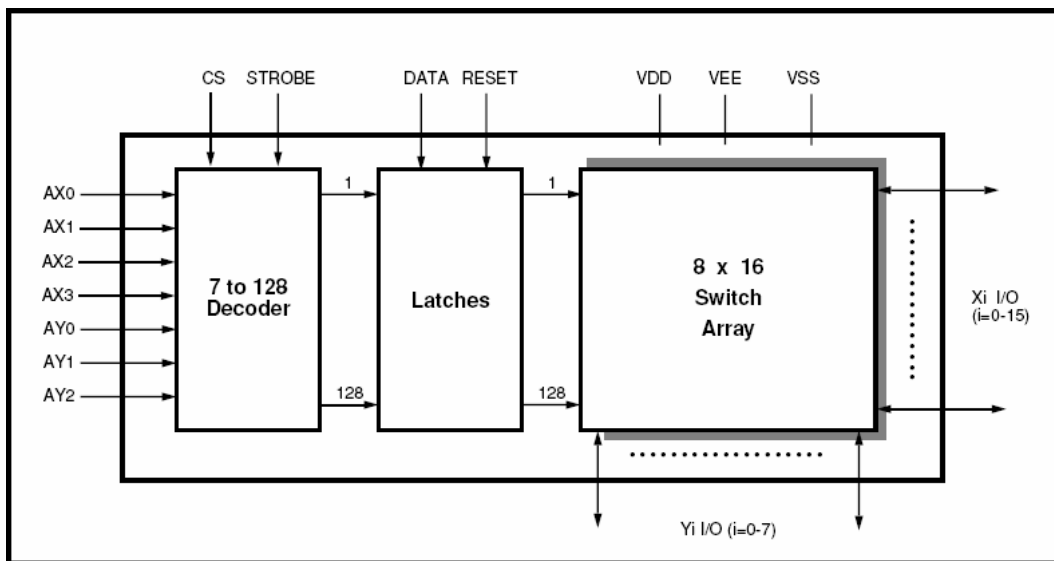


Obr. 14 Popis pinů mikroprocesoru AT89c51ED2 [6]

4.3.3 Obvod spínacího pole

Pro realizaci spínací matice byl vybrán obvod MT8816. Tento obvod vyrábí firma Zarlik. Důvody, které vedly k výběru tohoto obvodu, jsou především dostupnost na trhu, přijatelné pořizovací náklady a dobrá dokumentace. Spínací analogové pole MT8816 obsahuje spínací matici 8x16, tedy pro vytvoření symetrické spínací matice o rozměrech 16x16 je zapotřebí pouze dvou těchto obvodů. Blokové schéma obvodu je naznačeno na Obr.14 . K základním vlastnostem patří:

- Napájecí napětí 4,5V až 13,5V
- Maximální odpor při propojení dvou linek 65Ω a to při 25°C
- Použitá technologie výroby ISO-CMOS

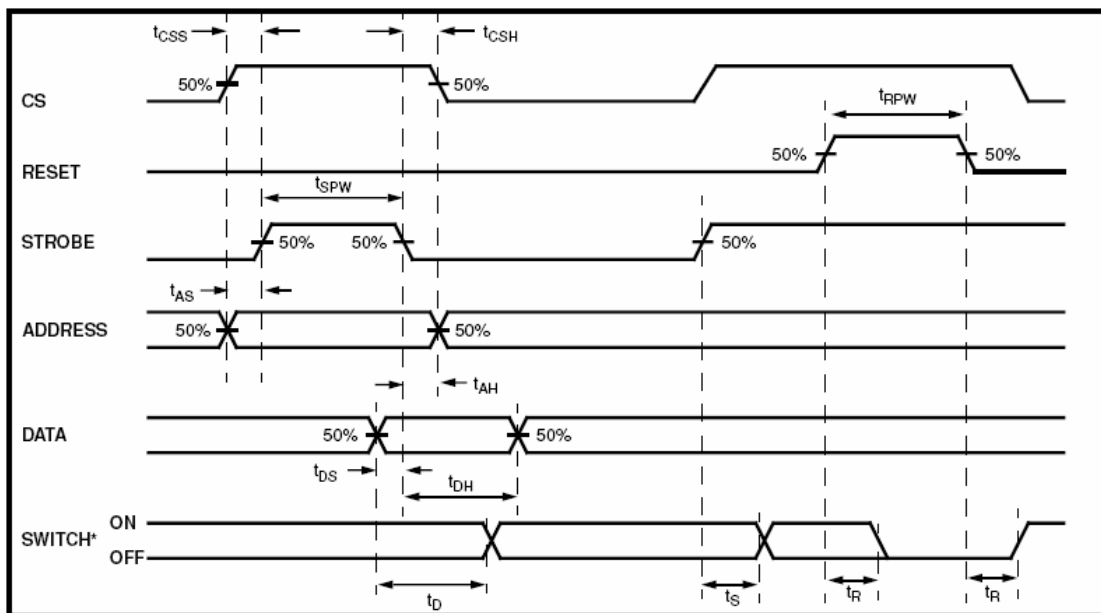


Obr. 15 Blokové schéma obvodu MT8816[5]

Na Obr.14 jsou patrné tři základní části tohoto obvodu. Jednak modul samotného spínacího pole (Switch Array), modul pro ovládání spínacího pole (Latches) a modul pro komunikaci s nadřazeným systémem (Decoder).

Obvod je řízen sedmibitovou sběrnicí označenou AX0 až AX3 a AY0 až AY2, dále pak řídicími signály CS, STROBE, DATA a RESET. Chceme-li propojit například pin Y1 s pinem X3, musí komunikace s obvodem probíhat následovně. Vycházíme z toho, že všechny datové linky jsou na nízké logické úrovni. Nejdříve je nutné uvést pin s označením CS na vysokou logickou úroveň, poté na vstupních branách AX a AY nastavit příslušné hodnoty. Tedy v našem případě na bráně AX hodnotu 3, což znamená AX0=1, AX1=1, AX2=0, AX3=0. A na bráně AY hodnotu 1, tedy AY0=1, AY1=0, AY2=0. Nakonec se musejí nastavit pin DATA na vysokou úroveň. Nyní již stačí jen na patřičnou dobu uvést na vysokou úroveň pin STROBE. Chceme-li stejné piny rozpojit, bude postup stejný, pouze pin DATA zůstane po celou dobu komunikace na nízké logické úrovni. Konkrétní časové průběhy všech signálů jsou zřejmé z Obr.16.

Pro názornost je v příloze B je naznačeno jak lze využít dvou spínacích maticových polí o rozměrech 4 x 8 k vytvoření spínací matice o rozměrech 8 x 8.



Obr. 16 Časové průběhy signálů při komunikaci o obvodem MT8816 [5]

Další důležitou vlastností použitého spínacího pole je útlum signálu. Dle katalogových údajů je útlum propojovaného signálu o frekvenci 45MHz 3dB. Podle této hodnoty můžeme konstatovat, že tímto obvodem nelze spínat signály rozhraní 100BaseT.

4.3.4 Pomocné obvody

Pro chod celého zařízení jsou zapotřebí i další obvody, které je nutné do systému zařadit. Jsou to obvody stabilizace napětí, převodníky logických úrovní TTL na logické úrovně RS232, serioparalelní převodníky k zajištění dostatečného množství vstupně výstupních linek pro komunikaci s okolím a také obvod určený ke generování hodinového signálu pro spínané sériové rozhraní.

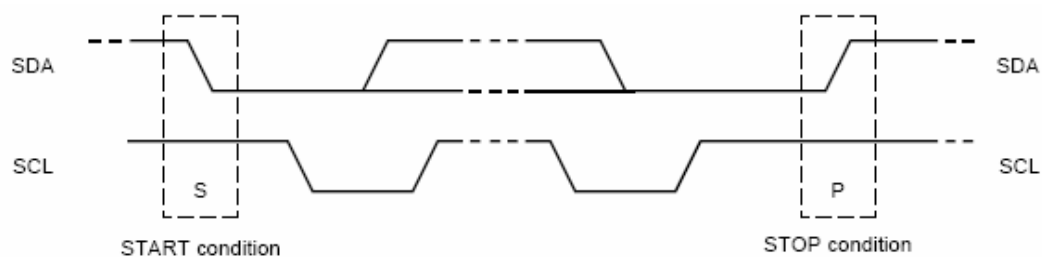
Stabilizátor napětí 7805 a 7808

Tyto stabilizátory mají za úkol stabilizovat vstupní stejnosměrné nestabilizované napětí na napětí 5V a 8V. Tímto napětím se napájejí všechny součásti systému, které napájení vyžadují. Napájecím napětím 8V jsou napájeny obě spínací pole, napětím 5V ostatní součástky.

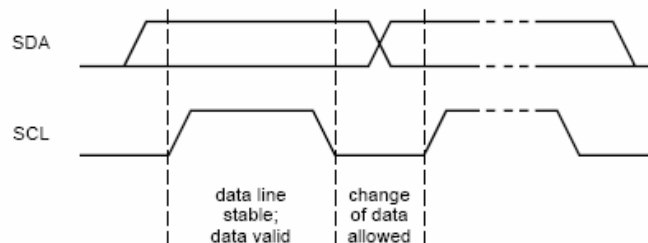
Osmibitový expandér Philips PCF8574 a popis komunikace na sběrnici I²C

Obvod PCF8574 obsahuje jednu osmibitovou vstupně výstupní bránu, kterou

lze ovládat pomocí sběrnice I²C. Tato datová sběrnice umožňuje nadřazenému systému komunikovat s velkým množstvím obvodů. Sběrnice I²C je pouze dvou vodičová. Obsahuje signály SDA a SCL. Na této sběrnici jsou přesně definované stavy. Je-li linka SDA i SCL na vysoké logické úrovni, je sběrnice v neaktivním stavu. Uvede-li řídicí systém linku SDA do nízké logické úrovně, jedná se o takzvanou podmínku START(S), tedy obvody připojené na sběrnici jsou vyzvány ke komunikaci. Obdobně existuje i podmínka STOP. Ta je dána přechodem linky SDA z nízké na vysokou logickou úroveň při vysoké logické úrovni na lince SCL (Obr.16.).



Obr. 17 START a STOP podmínka na sběrnici I2C [7]



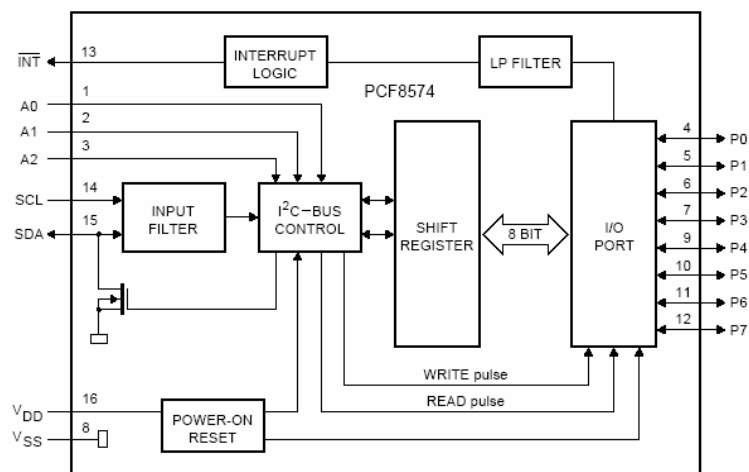
Obr. 18 Přenos bitu na sběrnici I2C [7]

Na sběrnici probíhá sériová synchronní komunikace. Po podmínce START je na lince SCL generován nadřazeným systémem hodinový signál a na lince SDA jsou předávána data. Logická úroveň se na lince SDA může měnit jen při nízké logické úrovni na lince SCL (Obr.17.) Bity se vysílají tak, že bit s nejvyšší vahou je vysílán jako první. Chce-li nadřazený systém komunikovat s nějakým obvodem na sběrnici, musí nejdříve na sběrnici vyslat adresu tohoto obvodu. Adresa je pro každý obvod na sběrnici jednoznačná a skládá se ze složky pevné, která je dána výrobcem, a složky volitelné, jež je volena logickými hodnotami na příslušných pinech každého adresovaného obvodu na sběrnici. Obvody na sběrnici mají sedmibitovou adresu,

osmým bitem se určuje, zdali se bude z obvodu číst, nebo do něj zapisovat. Pokaždé, když je z řídicího systému vysláno osm bitů adresy nebo dat, řídicí systém uvede linku SDA do stavu s vysokou impedancí a provede jeden taktovací impuls. Na tento impuls by mělo reagovat adresované zařízení a mělo by uvést linku SDA do nízké logické úrovně. Tím nadřazenému systému potvrdí převzetí informace. Pro ukončení komunikace je na sběrnici generována podmínka STOP(P).

Blokové schéma obvodu PCF8574 je znázorněno na Obr.18. Na obrázku jsou patrné jednotlivé piny obvodu.

- **SDA a SCL** - jsou určeny k připojení na sběrnici I²C
- **VDD** - kladné napájecí napětí
- **VSS** - záporné napájecí napětí
- **A0 až A2** – piny, jimiž se určuje adresa obvodu. Implicitní adresa obvodu je 72
- **INT** – pin, který změní svou logickou hodnotu při změně logické hodnoty na vstupní bráně obvodu



Obr. 19 Blokové schéma obvodu PCF8574 [7]

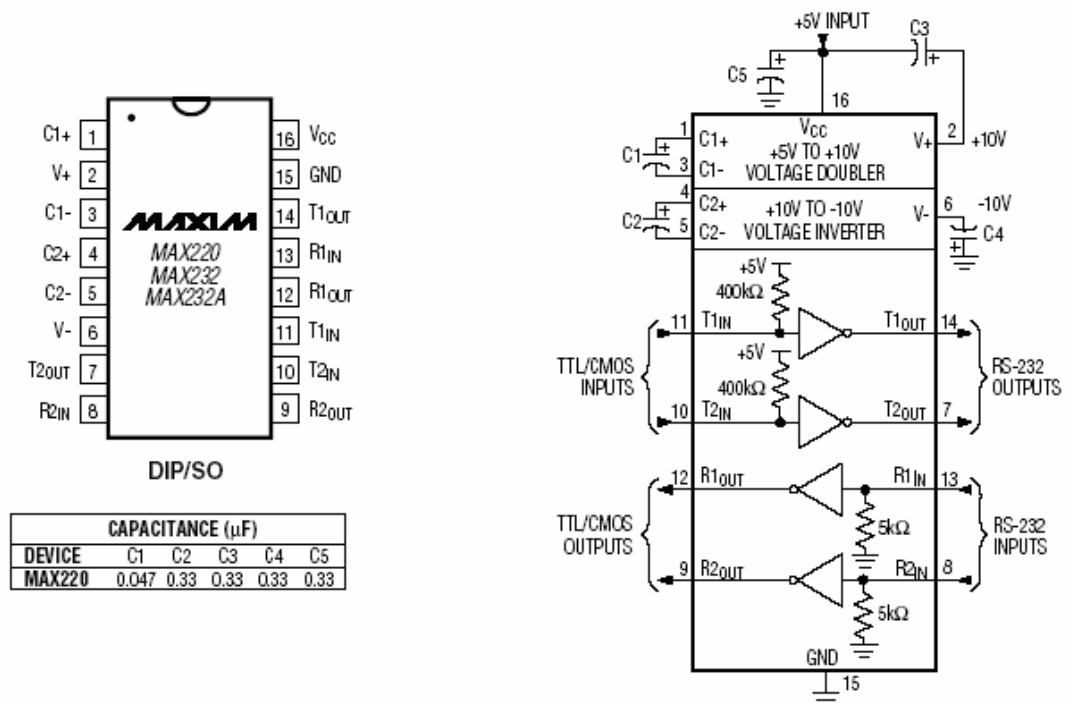
Obvod pro generování hodinového signálu pro synchronní rozhraní RS232

Funkce generování hodinového signálu byla svěřena druhému mikroprocesoru AT89c51ED2. Tento procesor má za úkol pouze na svých dvou branách P0 a P3

generovat hodinový signál o dané frekvenci. Byl zvolen shodný obvod s řídicím mikroprocesorem, a to zejména kvůli možnosti programovat jej prostřednictvím sériového rozhraní.

Převodník napět'ových úrovní TTL a RS232

Obvod firmy Maxim MAX232 je přímo určen k použití jako převodník napět'ových úrovní pro tato rozhraní. Díky tomu potřebuje pro svou funkci minimum pasivních součástek. Na Obr.19 je znázorněno blokové schéma vnitřního uspořádání obvodu MAX232 a pohled na pouzdro DIL16, ve kterém je tato součástka umístěna. Z obrázků je taktěž patrné, že tento obvod umožňuje převod celkem čtyř linek, a to dvou z logických úrovní TTL na logické úrovně RS232 a dvou v opačném směru.



Obr. 20 pouzdro a blokové schéma obvodu MAX232[8]

5 NÁVRH ŘEŠENÍ

5.1 Popis obvodového schéma základní desky

Obvodové schéma základní desky je vzhledem ke své velikosti umístěno v příloze A. Seznam součástek je v příloze D.

Nejdůležitější částí celého zapojení jsou obvody spínacích polí MT8816 označené ARRAY1 a ARRAY2. Tyto obvody realizují samotnou spínací matici. Jimi spínané piny jsou označeny X0 až X15 a Y0 až Y7. Aby bylo dosaženo symetrické spínací matice, byly tyto piny připojeny na sběrnici, na níž jsou jednotlivé linky analogicky označeny X0 až X15. Na tyto linky jsou připojeny stejnojmenné piny obou spínacích polí. Na linky označené Y0 až Y7 jsou připojeny stejnojmenné piny spínacího pole označeného ARRAY1. Linky sběrnice označené Y8 až Y15 jsou připojeny k pinům označeným Y0 až Y7 na spínacím poli označeném ARRAY2. Obvod je napájen prostřednictvím pinu označeného VDD a na společný nulový potenciál GND je připojen piny VEE a VSS. Obě spínací pole jsou řídicím mikroprocesorem ovládána prostřednictvím řídicích pinů CS, STROBE, DATE, RESET, AY0 až AY2 a AX0 až AX3. Způsob komunikace s obvodem byl popsán v kapitole 4.3.3. Až na piny CS jsou vždy piny STROBE, DATE, RESET se shodným označením obou obvodů propojeny a připojeny k mikroprocesoru. Se kterým z obvodů spínacích polí bude procesor komunikovat, se určí stavem na linkách CS1 a CS2. Bude-li linka CS1 na vysoké logické úrovni a linka CS2 na nízké logické úrovni, bude procesor komunikovat s polem s označením ARRAY1 a obdobně i pro pole s označením ARRAY2.

Další podstatnou součástí je řídicí obvod celého zařízení. Jedná se o mikroprocesor Atmel AT89c51ED2. Ve schématu je označen IC6. Pro svou správnou funkci je nutné přivést na jeho piny s označením VCC napájecí napětí 5V a společný zemnicí potenciál na pin GND. Dále je nutné pro správnou funkci obvodu připojit na piny XTAL1 a XTAL2 krystal. Krystal je pro dobrou stabilitu vhodné doplnit dvěma keramickými kondenzátory C5 a C4. Vývod RST je připojen ke dvěma rezistorům R2, R3 a kondenzátoru C6. Tyto součástky zajišťují správnou inicializaci obvodu při náběhu napájecího napětí. Mikroprocesor je resetován, jestliže je přivedena vysoká

logická úroveň na vývod RST.

Při náběhu napájení je kondensátor C6 vybitý a začíná se nabíjet přes rezistor R2. Po dobu nabíjení je na pinu RST mikroprocesoru vysoká logická úroveň. Mikroprocesor začne vykonávat program až poté, co napětí na kondenzátoru dosáhne hodnoty, která odpovídá logické nule. Mikroprocesor začne vykonávat program až po jistém časovém intervalu po náběhu napájecího napětí. Kondenzátor C6 je možné zkratovat za pomoci zkratovací propojky RESET1, čímž se dosáhne resetování mikroprocesoru. Aby bylo možné procesor uvést do stavu, kdy začne vykonávat program BOOT Leader pro nahrávání nového programu do paměti Flash, je pin označený PSEN připojen ke zkratovací propojce LOADER1.

Brána P1 mikroprocesoru je z části použita pro řízení datových linek AX0 až AX3 a AY0 až AY2. Pin P1.7 ovládá linku RESET obou spínacích polí. Piny P3.0 a P3.1 jsou využity pro sériovou asynchronní komunikaci s řídicím počítačem. Jsou vedeny do převodníku napěťových úrovní MAX232. Piny P3.2 a P3.3 jsou využity pro řízení linek CS1 a CS2, jimiž mikroprocesor vybírá, se kterým spínacím polem bude komunikovat. Pin P3.4 ovládá linku STROBE a Pin P3.5 linku DATA. Piny P3.6 a P3.7 jsou využity pro řízení sběrnice I²C. Brány P0 a P2 řídí linky, jež jsou přivedeny k mikroprocesoru určenému ke generování hodinového signálu pro spínání synchronní sériová rozhraní.

Integrované obvody IC2 až IC5 jsou osmibitové expandéry připojené na sběrnici I²C piny SCL a SDA. Piny A0 až A2 se určuje adresa každého obvodu, jak bylo popsáno v kapitole 4.3.4. Piny VCC a GND jsou určeny k napájení. Jednotlivé piny všech bran jsou přivedeny k přímým konektorům KON00 až KON15. Díky těmto expandérům je systém vybaven celkem 32 vstupně výstupními linkami, díky kterým je možné komunikovat s jednotlivými moduly konektorů, zjišťovat jejich stavové veličiny popřípadě ovládat funkci některých součástí na modulech umístěných. Ke každému ze šestnácti modulů jsou přivedeny vždy dvě linky.

Obvod pro generování hodinového signálu reprezentuje mikroprocesor AT89c51ED2 s označením IC1. Zapojení napájecích a pomocných linek je shodné se zapojením řídicího mikroprocesoru IC6. Na pinech bran P2 a P0 je generován hodinový

signál pro jednotlivé moduly.

Napájení celého systému zajišťují obvody IC8 7805 a IC9 7808. Nestabilizované napětí je k nim přivedeno přes diodu D1, která má zabránit nechtěnému přepólování napájecího napětí. Dále jsou zde použity filtrační keramické kondenzátory C11 až C14 a elektrolytické kondenzátory C15 až C20. Stabilizátor IC10 není prozatím osazen a je určen pro další případné rozšíření celého systému. Napětí, které by tento obvod stabilizovalo, je přivedeno do všech přímých konektorů na základní desce (KON00 až KON15).

Do každého z konektorů jsou přivedeny tyto linky. Pro názornost bude popisován konektor KON00. K dalším konektorům jsou linky přivedeny identicky. Linky Y0 a X1 vedou do spínacích polí a jsou to linky, jež jsou těmito poli spínány. Linky SDA a SCL nejsou prozatím ve zhotovených modulech využívány, přesto byly vyvedeny do konektorů pro další případné rozšíření modulů konektorů. Na linky +5V a GND je přivedeno napájecí napětí 5V, společný zemnicí potenciál. Linka V+ je přivedena k zatím nepoužívanému stabilizátoru napětí a je určena k případnému dalšímu rozšíření celého systému. Linky IO a O0 jsou přivedeny vždy ke dvou pinům jednoho z osmibitových expandérů a jsou využívány ke komunikaci a řízení modulů.

5.2 Popis obvodového schématu modulu konektorů

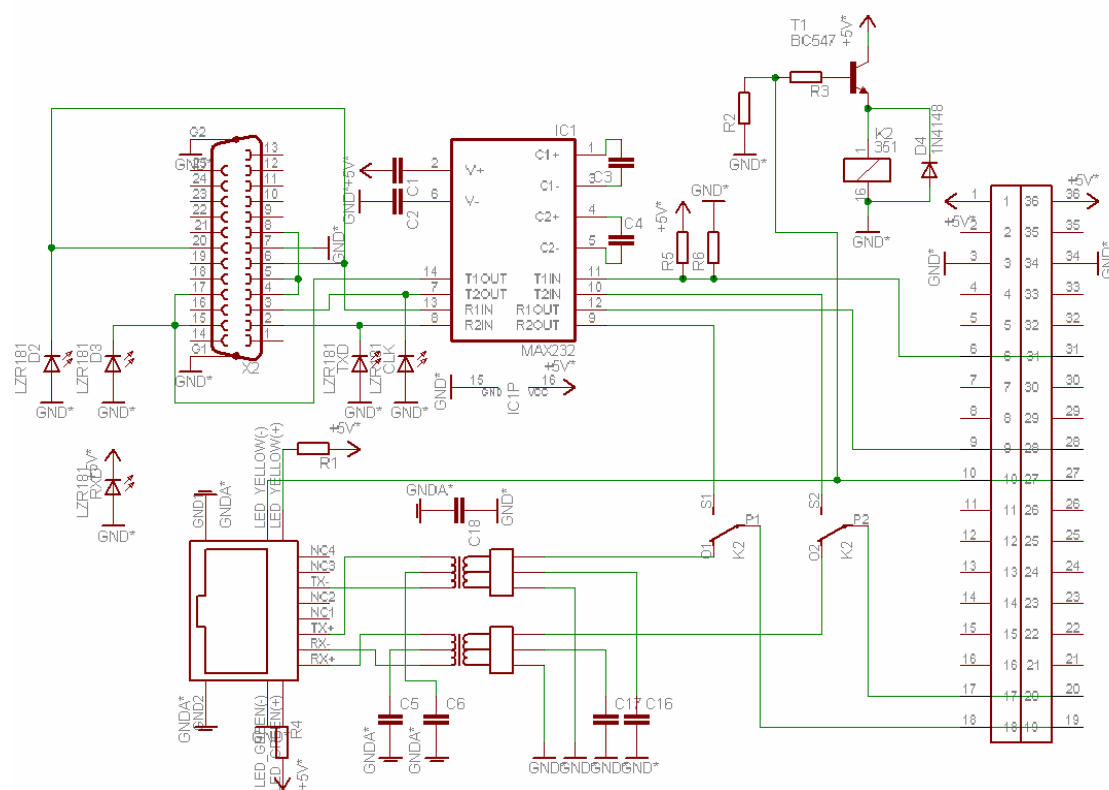
Modul konektorů má za úkol upravit parametry vstupních signálů tak, aby je bylo možné spínat spínacím polovodičovým polem. Obvodové schéma je vyobrazeno na Obr.21. Seznam součástek je v příloze C. Samotný modul konektorů může být v budoucnu upraven tak, aby přizpůsobil spínacímu poli i signály jiných rozhraní.

Celý modul lze rozdělit na dvě základní části, a to část pro úpravu signálů rozhraní RS232 a část pro úpravu rozhraní Ethernetu 10BaseT.

Na modulu je umístěn konektor CANON25F, jenž přísluší rozhraní RS232 a je označen jako X2 (Obr.21.). Patříčné piny tohoto konektoru jsou propojeny tak, aby vytvořily při připojení zařízení pomocí sběrnice RS232 „null modem“. Piny označené 2 a 3 reprezentují signály RxD a TxD rozhraní RS232 a jsou vedeny do převodníku napěťových úrovní MAX232. Propojené piny 20 a 6 v konektoru X2 jsou taktéž přivedeny do převodníku napěťových úrovní MAX232 a dále do patřičných pinů

expandérů PCF8574. Do pinů 15 (TxC) a 17 (RxC) konektoru je přiveden výstup z převodníku napět'ových úrovní, na které je generován hodinový signál pro synchronní rozhraní RS232. Ke každému signálu rozhraní RS232 je připojena i dvoubarevná antiparalelně zapojená LED dioda, která opticky signalizuje stavy na rozhraní RS232.

Rozhraní 10BaseT je na modulu vyvedeno do konektoru RJ45A označeného X1. Rozdílové signály tohoto rozhraní jsou vyvedeny na piny 1,2 (RxD) a 3,6 (TxD). Tyto signály jsou vedeny do oddělovacího transformátoru. Konektor X1 obsahuje dvě diody LED. Jedna je použita k detekci přivedeného napětí do modulu a druhá signalizuje, že je modul přepnut do stavu, kdy spínacímu poli upravuje rozhraní 10BaseT. Ve schématu jsou kolem oddělovacího transformátoru nakresleny filtrační kondenzátory. Tyto není nutné osadit, jestliže to použitý oddělovací transformátor nevyžaduje. Signály vedoucí z oddělovacího transformátoru jsou svedeny na společný potenciál a přivedeny do reléových kontaktů K2.



Obr. 21 Obvodové schéma modulu konekturů

Sepnutím či rozepnutím reléových kontaktů je vybíráno, zdali bude modul pracovat s rozhraním RS232 či 10BaseT. Je-li relé v klidovém stavu, připojí modul ke spínacímu poli rozhraní 10Base, je-li relé ve stavu sepnutém, je připojeno rozhraní RS232. Relé je spínáno tranzistorem T1, jehož báze je připojena k pinům 10 a 27 konektoru modulu. Dle použitého tranzistoru je možné volitelně osadit rezistory R2 a R3, které mají za úkol napětově přizpůsobit signál, jímž je tranzistor spínán. Velmi důležitá je dioda D4. Když dochází k rozpínání kontaktů relé, indukují se v cívce relé napětí, které by působilo proti napětí napájecímu a mohlo by způsobit proražení spínacího tranzistoru. Napětí takto vzniklé je ale zmařeno v diodě a nemůže spínací tranzistor ohrozit.

6 SOFTWARE ŘIDÍCÍ JEDNOTKY

Pro řídicí procesor bylo nutné napsat program. Tento program má za úkol komunikovat s obsluhou zařízení prostřednictvím terminálu a má ovládat spínací pole a pomocné obvody tak, aby byla spínána žádaná rozhraní dle pokynů obsluhy. Celý program je napsán v jazyce ANSI C.

6.1 Požadavky na software

Mezi základní požadavky na program patří vytvoření vhodného komunikačního rozhraní, které umožní obsluze ovládat celý systém za pomoci textově orientovaného jazyka. Stejně tak musí být umožněno vkládat příkazy z nadřazeného systému.

Celý program by se dal rozdělit na dvě základní části. Část pro obsluhu terminálu a část pro obsluhu řízených obvodů.

6.2 Struktura programu

V této stati budu popisovat jednotlivé soubory s příponou .c, jež tvoří zdrojové kódy programu. Pokud název souboru začíná znaky „t_“, obsluhují funkce v tomto souboru jeden z příkazů terminálu.

RS232.c

Tento soubor obsahuje základní rutiny pro komunikaci po sériovém asynchronním rozhraní. Obsahuje funkce, které nastaví patřičné parametry modulu UART mikroprocesoru. Tedy nastaví parametry sériové komunikace systému s nadřazeným PC. Mezi tyto parametry patří především rychlost komunikace, parita, počet stop bitů a způsob řízení toku dat. Za předpokladu, že je použit krystal o frekvenci 18,432MHz, je rychlost komunikace 19200kbps. Další vlastnosti sériového rozhraní: parita žádná, jeden stop bit a řízení toku hardwarové RST/CTS.

Jednou z nejdůležitějších funkcí je RXlink(). Tato funkce je obslužnou funkcí přerušení volaného při přijetí znaku ze sériového kanálu. Má za úkol sledovat příchozí znaky, a jestliže se jedná o "tisknutelné" znaky, posílá je zpět po sériovém kanále. Jsou-li to znaky řídicí jako např. Enter, Backspace, apod., zajišťuje obsluhu těchto řídicích znaků. Tato funkce taky řeší problematiku řízení toku (flow control). Při

vyhodnocování přijatých znaků mikroprocesorem může být čas vyhodnocení znaku delší než interval do přijetí dalšího znaku. To způsobí, že na takto vyslaný znak nebude systém reagovat. Aby se tento stav nemohl vyskytnout, je použito právě hardwarové řízení toku dat. V době, kdy mikroprocesor zpracovává nějaký znak, je linka RTS rozhraní RS232 nastavena na svou vysokou logickou úroveň. Tímto je zastaven tok dat od nadřazeného systému do sériového rozhraní mikroprocesoru.

V programu jsou velmi často využívány stavové proměnné definované v souboru `eeprom.c`. Stav systému, tedy propojení jednotlivých spínaných portů, popis jednotlivých portů a typ propojovaných rozhraní, je umístěn v paměti RAM. Funkce, jež mění stav systému, mění tyto stavové proměnné. Po každé změně stavových proměnných je volána funkce, která vyčte požadovaný stav systému ze stavových proměnných v paměti RAM, a dle tohoto stavu nastaví patřičné součástky do požadovaného stavu.

`tcommand.c`

Je-li na přijatých datech detekován znak odpovídající klávese Enter, jsou volány funkce tohoto souboru. Funkce mají za úkol analyzovat přijatý řetězec, vyhodnotit, zdali se jedná o příkaz terminálu, a správně na něj reagovat.

Nejdůležitější funkce je `t_vyhodnot()`. Tato funkce zkoumá přijatý řetězec znaků, a jestliže odpovídá nějakému příkazu terminálu, volá obsluhu příslušné funkce.

Jednou z dalších podstatných pomocných funkcí je funkce `short_command()`. Do této funkce vstupují dvě proměnné. První je seznam příkazů a druhou je řetězec, který byl předán po stisknutí klávesy Enter. Splní-li řetězec v dostatečné míře podmínky podobnosti s některým členem seznamu příkazů, je nahrazen tímto členem. Funkce zavádí do terminálové aplikace možnost psaní zkrácených příkazů.

`t_write.c`

Soubor obsahuje jen jedinou funkci, která zapíše systémové proměnné uložené v paměti RAM do paměti EEPROM.

`t_reload.c`

Funkce, jež je obsažena v tomto souboru, je opačná k funkci `t_write()`. Tato

funkce načte proměnné z paměti EEPROM do systémových proměnných v paměti RAM.

t_clock.c

V souboru je opět jen jedna funkce, která změní systémové proměnné v paměti RAM tak, aby se na patřičném modulu začal generovat hodinový signál. Taktéž zajistí uvedení rozhraní RS232 na příslušném modulu konektoru do aktivního stavu (sepnou se kontakty relé).

t_connect.c

Soubor s funkcí, která je pro celý systém jednou z nejdůležitějších. Funkce změní systémové proměnné tak, aby bylo dosaženo propojení dvou modulů konektorů.

t_description.c

Soubor obsahuje funkci, která uloží do patřičných systémových proměnných popis spínaného portu. Délka zapsaného řetězce je omezena na 9 znaků. Toto omezení je dáno velikostí paměti RAM mikroprocesoru.

t_reset.c

Funkce v tomto souboru uvede všechny systémové proměnné do základního stavu. Tedy stavu, kdy nejsou spojeny žádné ze spojovaných rozhraní a není generován žádný hodinový signál. Taktéž jsou vymazány všechny popisy portů (description).

MT8816.c

Jak již název napovídá, tento soubor obsahuje funkce, které zprostředkovávají komunikaci mezi procesorem a analogovým spínacím polem MT8816. Na tomto místě bych upozornil na funkci `MT8816_write()`. Funkce zprostředkovává komunikaci s oběma obvody MT8816 a obsluhuje jednotlivé datové linky, kterými se tyto obvody řídí. Komunikační protokol je implementován z katalogového listu obvodu.

I2C.c

Nijak zde nejsou řešeny komunikace s jednotlivými obvody. Jsou zde pouze umístěny všechny potřebné rutiny definující procedury na sběrnici I²C, které jsou využívány dalšími funkcemi pro komunikaci s konkrétními obvody na této sběrnici.

PCF8574.c

Zde se nacházejí funkce, které definují komunikaci s obvody expandéru PCF8574. Jsou zde řešeny jak rutiny čtení, tak rutiny zápisu do těchto obvodů. Funkce řeší jak zápis i čtení celého bajtu tak i zápis i čtení jednotlivých bitů.

clocker.c

Funkce tohoto souboru nejsou prozatím využívány. Jsou určeny pro další rozšíření celého systému. Funkce budou sloužit ke komunikaci s procesorem, který se stará o generování hodinových signálů pro sériová synchronní rozhraní. V budoucnu bude možné každému ze sepnutých dvojic portů určit jinou taktovací frekvenci pro synchronní sériové rozhraní RS232.

eprom.c

Velká část funkcí pro obsluhu terminálu pracovala se systémovými proměnnými. Tedy s proměnnými, které jsou umístěny v paměti RAM. Všechny tyto proměnné jsou definovány v tomto souboru. V ostatních souborech jsou definovány jako datový typ extern. V souboru eprom.c jsou dále funkce, které komunikují s interní pamětí eprom a dovedou do ní zapsat systémové proměnné uložené v paměti RAM

main.c

Soubor obsahuje funkci main(), bez níž by žádný program psaný v jazyce C nebyl schopen funkce. Soubor obsahuje funkci main(), která je volána jako první po spuštění programu. Funkce main() je velice jednoduchá, obsahuje pouze inicializační rutiny a poté přejde v nekonečnou smyčku. Všechny další funkce jsou vykonávány v přerušení.

6.3 Příkazový jazyk řídicí jednotky

Systém je řízen manuálně prostřednictvím emulátoru terminálu. Tento emulátor může být spuštěn na libovolné softwarové platformě, která umožňuje komunikaci po sériovém rozhraní. Taktéž lze systém řídit automatizovaně z nadřazeného systému.

Aby bylo ovládání příjemné, byla terminálové aplikace programována tak, aby se co nejvíce podobala konfiguraci stávajících síťových zařízení firmy CISCO. Aplikace

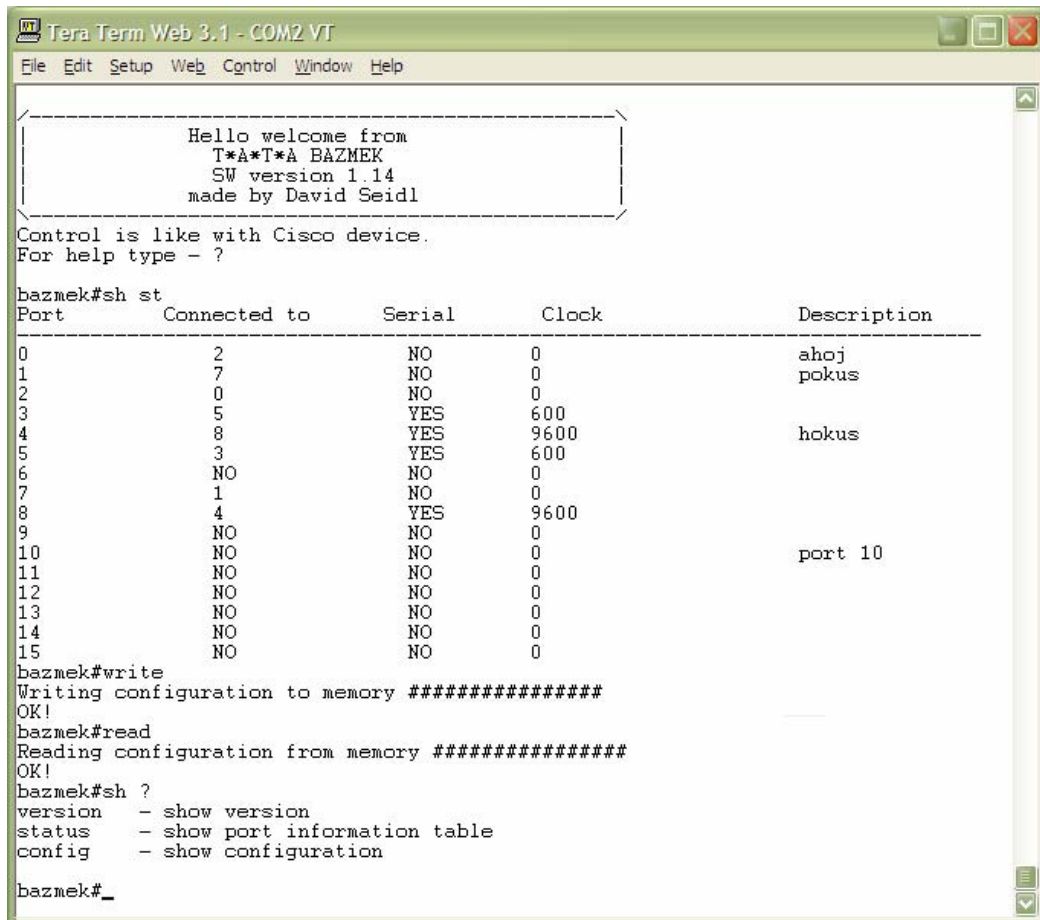
podporuje tyto příkazy:

- **connect *port_a port_b*** – propojí porty *port_a* a *port_b*, přičemž kontroluje, zda už nejsou tyto porty propojené a zda jde o porty stejného typu
- **show** – příkaz vypisuje informace o systému, má tyto parametry:
 - **status** – vypíše tabulku, v níž jsou uvedena všechna aktuálně uskutečněná
 - **config** – vypíše konfiguraci ve formátu posloupnosti příkazů, jež by se musely zadat zařízení po resetu, aby se zařízení uvedlo do nynější konfigurace
 - **version** – vypíše verzi řídicího software
- **clock *port*** - definovaný port a port s ním propojený přepne do stavu, kdy je aktivní rozhraní RS232 (sepne relé)
- **reset** – uvede systém do stavu, kdy jsou všechny porty rozpojeny
- **write** – zapíše aktuální konfiguraci do paměti EEPROM a tato konfigurace bude načtena při opětovném zapnutí přístroje
- **description *port value*** – přiřadí popis k jednotlivým spínaným portům, „*value*“ je libovolná textová hodnota, slouží k popisu jednotlivých portů (maximální délka 9 znaků)
- **read** – nastaví systém do stavu, jež je uložen v EEPROM
- **no** – neguje funkce **clock**, **description** a **connect** (příklad: *no clock 6* – zruší hodinový signál na portu 6, *no connect 6* – rozpojí port 6)

Emulátor terminálu obsahuje i funkce historie příkazů, která umožňuje opětovně vypsát již provedené příkazy. Další funkce, která má sloužit k většímu komfortu obsluhy, je funkce zkrácených příkazů. Tato funkce porovnává napsaný text s databází příkazů či parametrů daného příkazu, a pokud napsaný text jednoznačně definuje příkaz či parametr, je proveden. Tedy například příkaz *sh* je identický s příkazem *show* apod. Poslední důležitou funkcí je nápověda. Výpis nápovědy ke každému z příkazů je aktivován parametrem „?“ . Tedy nápověda k příkazu *show* se vyvolá zadáním *show ?* či zkráceně *sh ?*.

Náhled do emulátoru terminálu je naznačen na obr.21. Je zde vidět uvítací hlášení,

výstup příkazů *show status* (zkrácený na *sh st*), *read*, *write* a *sh ?*.



```
Tera Term Web 3.1 - COM2 VT
File Edit Setup Web Control Window Help

Hello welcome from
T*A*T*A BAZMEK
SW version 1.14
made by David Seidl

Control is like with Cisco device.
For help type - ?

bazmek#sh st
Port      Connected to  Serial  Clock  Description
-----
0         2            NO      0      ahoj
1         7            NO      0      pokus
2         0            NO      0
3         5            YES     600
4         8            YES     9600   hokus
5         3            YES     600
6         NO           NO      0
7         1            NO      0
8         4            YES     9600
9         NO           NO      0
10        NO           NO      0      port 10
11        NO           NO      0
12        NO           NO      0
13        NO           NO      0
14        NO           NO      0
15        NO           NO      0

bazmek#write
Writing configuration to memory #####
OK!
bazmek#read
Reading configuration from memory #####
OK!
bazmek#sh ?
version   - show version
status    - show port information table
config    - show configuration

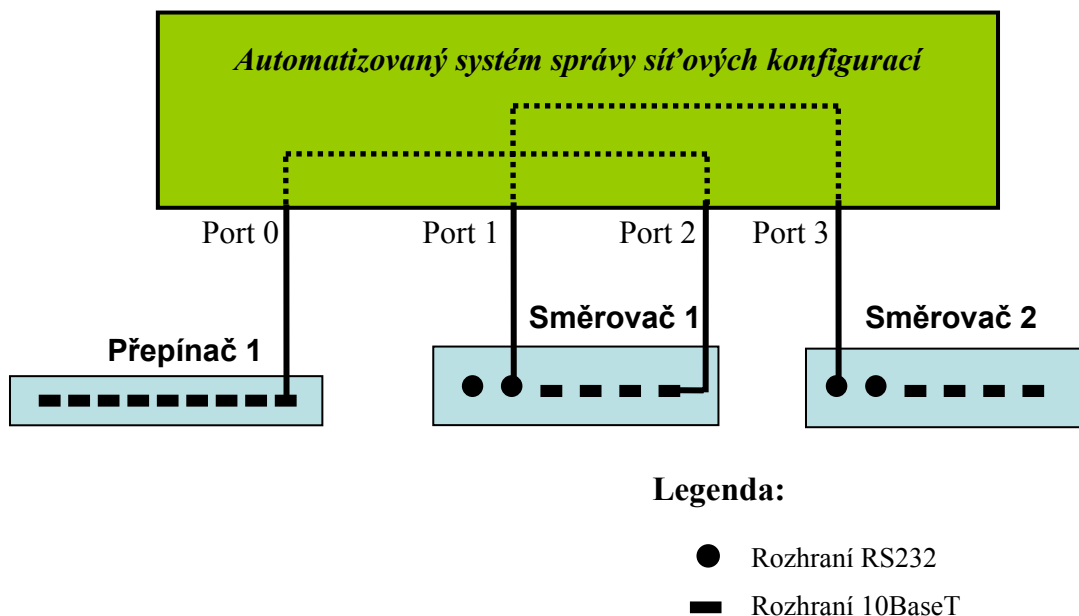
bazmek#_
```

Obr. 22 Náhled do terminálové aplikace

7 PŘÍKLAD POUŽITÍ

Nyní si uveďme konkrétní příklad, jak lze vyvinutý systém použít pro propojení několika síťových prvků. Vraťme se k příkladu naznačeném na Obr. 23. Nyní si již pojmenujme všechny porty, které použijeme ve spojovacím poli. Jsou to porty Port 0 až Port 3. Situace je naznačena na Obr. 24. Jak je tedy zapotřebí postupovat, chceme-li vytvořit tuto síťovou topologii? Tedy propojit sériové porty Směrovače 1 a Směrovače 2 a Ethernetový port Směrovače 1 a Přepínače 1?

Nejprve je vhodné spínací pole uvést do výchozího stavu příkazem `reset`. Poté propojíme porty s označením Port 0 a Port 2 zadáním příkazu `connect 0 1` a stejným způsobem propojíme porty s označením Port 1 a Port 3. Tyto porty mají propojovat sériové synchronní rozhraní, proto musíme tyto porty nastavit jako sériové příkazem `clock 1`, tím se nastaví Port 1 a s ním propojený Port 3 jako sériový. Tímto je samotné propojení ukončeno. Chceme-li tuto konfiguraci uložit, použijeme příkaz `write`.



Obr. 25 Naznačení funkce Automatizovaného systému správy síťových konfigurací

7.1 Experimentální výsledky

Poté, co byl sestaven prototyp vyvíjeného zařízení, bylo nutné otestovat funkčnost tohoto zařízení. Byly provedeny testy s cílem stanovit, jaký vliv má zařízení na přenos dat mezi spojovanými síťovými prvky.

Nejdříve bylo testováno rozhraní 10BaseT. Při testech bylo zjištěno, že při módu fullduplex nečiní problém propojit libovolné síťové prvky. Problémy se vyskytly až u módu halfduplex. V tomto módu byla komunikace mezi dvěma PC značně chybová. Stejně se v halfduplex módu projevovala i u komunikace mezi PC a libovolným síťovým prvkem. Jestliže byly v tomto módu propojovány aktivní prvky CISCO, například směrovač a přepínač, probíhala komunikace bez potíží. Tento stav byl vysvětlován kvalitou vstupních detekčních obvodů v těchto síťových prvcích.

Při módu halfduplex je vysílán signál na lince TxD ethernetového rozhraní. Pokud je v tu samou dobu detekován signál na lince RxD, je tento stav vyhodnocen jako kolize. Jelikož jsou signály ethernetového rozhraní ve spojovacím poli svedeny na společný potenciál, je zřejmé, že bude docházet k přeslechům mezi jednotlivými spojovanými signály v daleko větší míře. Tyto přeslechy na RX páru jsou právě příčinou falešné detekce kolizních stavů. Záleží už jen na kvalitě vstupních členů jednotlivých síťových zařízení. V módu halfduplex docházelo ke ztrátě přes 40% paketů.

Při spínání ethernetového rozhraní 10BaseT v módu fullduplex nebyly v přenosu dat zjištěny žádné problémy. Při testech byly linky zatíženy pakety velikosti 18kB vysílanými desetkrát za sekundu, což odpovídá datovému toku přibližně 1Mbps. Po vyslání 40000 paketů byly průměrně nadetekovány pouze 3 chyby v přenosu paketů. Tato hodnota je více než dostačující.

Spínání sériového rozhraní RS232 v asynchronním módu bylo zkoušeno při různých rychlostech přenosu dat. Do rychlosti 80kbps se nevyskytovaly žádné znatelné chyby v přenosu. Nad tuto rychlost přenosu dat ovšem chybovost značně vzrůstala. To je zřejmě způsobeno použitým obvodem MAX232, který je dle katalogových údajů schopen pracovat při rychlosti datových přenosů do 116kbps. Tato maximální hodnota

je ještě značně ovlivňována typem použitých kondensátorů, které jsou k obvodu MAX232 připojeny, čímž mohl být mezní maximální tok dat snížen. Při datovém toku 80kbps bylo při testech přeneseno 25000 paketů a pouze u dvou se vyskytly chyby. Tato hodnota je taktéž přijatelná. Při datovém toku vyšším než 80kbps chybovost značně vzrůstala.

Při spínání synchronního rozhraní RS232 se nevyskytly žádné problémy. Přenos dat byl úspěšný ve 100% případech. Hodinový signál, který je generován spínacím polem byl v programu taktovacího procesoru nastaven na 64kHz. Při testech byly přenášeny pakety různé velikosti a ani v jednom případě nedošlo ke ztrátě dat.

8 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala návrhem a vývojem automatizovaného systému správy síťových konfigurací. Tento systém bude používám ve virtuální laboratoři síťových technologií realizované na katedře informatiky VŠB-TU Ostrava v rámci Regional Cisco Network Academy.

V úvodu práce byl vysvětlen princip virtuální laboratoře síťových technologií a funkce automatizovaného systému správy síťových konfigurací v této laboratoři.

Další část byla věnována výběru rozhraní vhodných pro spínání ve vyvíjeném zařízení. Byla vybrána rozhraní 10BaseT a synchronní rozhraní RS232. V dalším textu byly detailněji popsány principy přenosu dat ve vybraných rozhraních v návaznosti na výběr vhodného spínacího prvku, který by realizoval spínání jednotlivých rozhraní.

Jako spínací prvek byla vybrána polovodičová součástka. Tento fakt vedl k jistým potížím při spínání rozhraní 10BaseT. Bylo navrženo a experimentálně odzkoušeno zapojení, jež tento problém vyřešilo a umožnilo spínání rozhraní 10BaseT.

Dále bylo optimalizováno propojení řídicích signálů rozhraní RS232 tak, aby byl minimalizován počet propojovaných signálů tohoto rozhraní, a bylo navrženo, že hodinový signál pro synchronní rozhraní RS232 bude generovat samotné spínací pole. Díky vhodným úpravám v propojení spínaných signálů byl značně snížen počet spínacích prvků v celém zařízení, což vedlo ke zjednodušení celého zařízení.

Bylo vypracováno obvodové schéma celého zařízení a podle něj navrženy potřebné desky plošných spojů. Zařízení bylo poté osazeno součástkami a oživeno. Pro řídicí procesor byl napsán program a byly odzkoušeny všechny funkce tohoto programu s uspokojivým výsledkem.

Celé zařízení bylo testováno v laboratoři síťových technologií a bylo zkoumáno, zdali vyhovuje všem požadavkům, které na něj byly kladeny. Tyto požadavky byly splněny v plné míře. Zařízení bude dále testováno a předpokládá se jeho nasazení od října 2005 při výuce počítačových sítí na katedře informatiky, FEI, VŠB-TU Ostrava..

9 POUŽITÁ LITERATURA

1. MANN, B. *C pro mikrokontroléry*.: BEN – technická literatura, Praha 2003, 280 s.
2. ECKEL, B. *Myslíme v C++ knihovna programátora*.: Granada Publishing, spol.s.r.o, Praha 2000, 556s.
3. KAINKA, B. 1998. *Využití rozhraní PC*.: HELL, Praha 1998, 133s.
4. IEEE 802.3 Working Group: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specification. IEEE Standatd [online]. 20.února 2005, Dostupné na Word Wide Web: <http://standards.ieee.org/groups/802/3>
5. Katalogový list obvodu MT8816, [online]. Květen 2005, Dostupný na World Wide Web: http://assets.zarlink.com/DS/zarlink_MT8816_FEB_05.pdf
6. Katalogový list mikroprocesoru ATMEL 89c51ED2, [online]. Květen 2005, Dostupný na World Wide Web: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4235.pdf
7. Katalogový list obvodu PCF8574, [online]. Květen 2005, Dostupný na World Wide Web: http://www.semiconductors.philips.com/acrobat_download/datasheets/PCF8574_4.pdf
8. Katalogový list obvodu MAX232, [online]. Květen 2005, Dostupný na World Wide Web: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/TI/MAX232.html>
9. DOSTÁLEK, L. *Velký průvodce TCP/IP a systémem DNS*: Computer Press, Praha 2000, 426s.

10 PREZENTACE VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Grygárek, P., Seidl, D., Němec, P.: Virtuální síťová laboratoř pro CNAP. Výroční konference Cisco Networking Academy Program, Brno 2005.

Seidl, D.: Automatizovaný systém správy síťových konfigurací. STOČ 2005 - Studentská tvůrčí a odborná činnost, Ostrava 2005, 1 místo v sekci informační technologie

Seidl, D., Grygárek, P.: Automatizovaný systém správy síťových topologií. Seminář o otevřených systémech a svobodném software Open source řešení v sítích 3, Karviná 2005