

# **Mikropočítačová jednotka pro testování UTP kabelů**

Microcontroller unit for testing UTP cables

Zdeněk Oborný

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zdeněk OBORNÝ**  
Osobní číslo: **A08074**  
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Mikropočítačová jednotka pro testování UTP kabelů**

## Zásady pro vypracování:

1. **Prostudujte problematiku testování UTP kabelů používaných v počítačových sítích.**
2. **Zvolte pro daný účel vhodný typ mikropočítače Freescale HCS08.**
3. **Provedte hardwarový návrh jednotky pro testování UTP kabelů.**
4. **Realizujte prototyp jednotky a ověřte její správnou funkci.**
5. **Vytvořte podpůrné programové vybavení pro vizualizaci výsledků testu na PC.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. BURKHARD, Mann. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN – technická literatura, 2003. 280 s. ISBN 80-7300-077-6.
2. Freescale Semiconductor. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual., 2001. Dostupný z WWW: [www.freescale.com]
3. Freescale Semiconductor. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1., 2003. Dostupný z WWW: [www.freescale.com]
4. Freescale Semiconductor. MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev.2.3., 2004. Dostupný z WWW: [www.freescale.com]
5. Freescale Semiconductor. MC9S08SH8, MC9S08SH4 Data Sheet, Rev. 3, 2008. Dostupný z WWW: [www.freescale.com]
6. HRABOVSKÝ, Miroslav, JURÁNEK, Antonín. EAGLE pro začátečníky : Návrhový systém pro plošné spoje. Praha : BEN – technická literatura, 2007. 192 s. ISBN 80-7300-213-2.
7. TRULOVE, James. Síť LAN : hardware, instalace a zapojení. 1. vyd. Praha : Grada, 2009. 384 s. ISBN 978-80-247-2098-2.
8. VÁŇA V.: Začínáme s mikrokontroléry Motorola HC08 Nitron. Praha: BEN ? technická literatura, 2003. 96 s. ISBN 80-7300-124-1

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Dostálek, Ph.D.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

**25. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

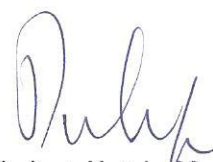
**7. června 2011**

Ve Zlíně dne 25. února 2011



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce pojednává o konstrukční a programové realizaci mikropočítačové jednotky pro testování UTP kabelů. Začátek práce se věnuje teorii testování UTP kabelů a popisu použitých mikropočítačů. Postupně je vysvětleno hardwarové a programové vybavení včetně vizualizačního rozhraní s názornými ukázkami. Příloha obsahuje schémata celého zařízení, zdrojové kódy pro mikropočítače a vizualizační aplikaci UTP tester včetně fotodokumentace.

Klíčová slova: UTP, tester, mikropočítač, HCS08

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with a constructional and programmatic realization of microcontroller unit for testing UTP cables. The beginning of work focuses on the theory of testing UTP cables and the description of used microcontrollers. Hardware and software, including visualization interface with illustrative examples are gradually explained. The enclosure contains schematics of the whole device, the source codes for microcontrollers and visualization application of UTP tester including photo documentation.

Keywords: UTP, tester, microcontroller, HCS08

*Vedoucím bakalářské práce je Ing. Petr Dostálek Ph.D., kterému chci poděkovat za cenné rady při hardwarové realizaci a za čas věnovaný bakalářské práci.*

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 UTP KABELY</b> .....	<b>11</b>
1.1 KROUCENÁ DVOULINKA .....	11
1.1.1 Stavba kabelu .....	11
1.1.2 Elektrická charakteristika .....	12
1.1.3 Kategorie kroucené dvoulinky .....	13
1.2 MODULÁRNÍ KONEKTORY .....	13
1.2.1 Zapojení konektorů .....	14
1.3 TESTOVÁNÍ UTP KABELŮ.....	15
1.3.1 Test zapojení vodičů .....	15
1.3.2 Měření délky .....	15
1.3.3 Měření útlum .....	15
1.3.4 Měření přeslechů .....	16
1.3.5 Odstup přeslechu na blízkém konci .....	17
1.4 KOMERČNÍ TESTOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	17
1.4.1 Nejlevnější testery .....	17
1.4.2 Střední třída mezi testery .....	18
1.4.3 Profesionální testery .....	18
<b>2 MIKROPOČÍTAČE</b> .....	<b>20</b>
2.1 OBECNĚ.....	20
2.1.1 Architektura mikropočítačů .....	20
2.1.1.1 Von Neumannova architektura .....	20
2.1.1.2 Harvardská architektura .....	21
2.1.2 Instrukční sada .....	21
2.1.2.1 CISC (Complex Instruction Set Computer).....	21
2.1.2.2 RISC (Reduced Instruction Set Computer) .....	22
2.2 MIKROPOČÍTAČE FREESCALE HCS08.....	22
2.2.1 Registry centrální procesní jednotky HCS08 .....	22
2.2.2 Periferní rozhraní HCS08 .....	23
2.2.3 Mapa paměti.....	23
2.3 POUŽITÉ MIKROPOČÍTAČE .....	24
2.3.1 MC9S08SH16 .....	24
2.3.1.1 Periferie.....	25
2.3.2 MC9S08GB60.....	26
2.3.2.1 Periferie.....	27
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>3 HARDWAROVÝ NÁVRH ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>30</b>
3.1 VYSÍLAČ.....	30
3.1.1 Napájení .....	30
3.1.2 Řídící část vysílače.....	31
3.2 PŘIJÍMAČ .....	32
3.2.1 Napájení .....	32

3.2.2	Obvod pro snímání průchodnosti .....	33
3.2.3	Obvod pro měření délky kabelu .....	33
3.2.4	Obvod pro ovládání displeje .....	34
3.2.5	Komunikační rozhraní .....	35
3.2.6	Zapojení mikropočítače .....	35
<b>4</b>	<b>SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ .....</b>	<b>37</b>
4.1	ZDROJOVÝ KÓD VYSÍLAČE .....	37
4.1.1	Definice proměnných .....	37
4.1.2	Nastavení systémových registrů .....	38
4.1.3	Hlavní program .....	38
4.1.3.1	Obsluha tlačítka .....	38
4.1.3.2	Měření průchodnosti .....	39
4.1.3.3	Měření délky .....	39
4.2	ZDROJOVÝ KÓD PŘIJÍMAČE .....	39
4.2.1	Definice proměnných .....	40
4.2.2	Nastavení systémových registrů .....	40
4.2.3	Obsluha přerušení .....	41
4.2.4	Hlavní program .....	41
4.2.4.1	Obsluha tlačítek .....	42
4.2.4.2	Měření zapojení kabelu .....	42
4.2.4.3	Měření délky kabelu .....	42
4.2.4.4	Zobrazení zapojení kabelu na displeji .....	43
4.2.4.5	Zobrazení délky kabelu na displeji .....	43
4.2.4.6	Obsluha sériové linky .....	43
4.3	UŽIVATELSKÝ MANUÁL TESTERU .....	44
4.3.1	Rozmístění ovládacích prvků a konektorů .....	44
4.3.2	Obsluha zařízení .....	45
4.3.2.1	Režim měření průchodnosti kabelu .....	45
4.3.2.2	Režim měření délky kabelu .....	45
4.3.2.3	Sériové rozhraní .....	46
<b>5</b>	<b>VIZUALIZAČNÍ ROZHRAŇÍ PRO PC .....</b>	<b>47</b>
5.1	TEORETICKÝ ROZBOR .....	47
5.2	ZDROJOVÝ KÓD .....	48
5.2.1	Načtení všech sériových portů .....	48
5.2.2	Otevření sériové linky .....	48
5.2.3	Odpojení sériové linky .....	49
5.2.4	Čtení sériové linky .....	49
5.2.5	Operace s řetězcí .....	49
5.2.6	Opakování měření .....	50
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>51</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ .....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>59</b>

## ÚVOD

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat zařízení, které umožňuje měřit průchodnost jednotlivých vodičů UTP kabelu včetně jeho délky. Tato zařízení jsou nedílnou součástí každého technika, který se stará o realizaci a údržbu počítačových sítí. Testery lze uplatnit na všech místech, kde je potřeba vyhledat důležité informace o dané strukturované kabeláži, až po její certifikaci podle kategorií standardu EIA/TIA. Ovšem množství zjištěných informací záleží na konkrétním měřicím přístroji. Proto je důležité zvolit vhodné zařízení, které vyhovuje daným požadavkům provozovaných služeb na testované kabeláži.

Díky výuce založené na programování mikropočítačů Freescale Semiconductor a možnosti získat vhodný mikropočítač daného výrobce zdarma byly proto zvoleny osmibitové mikropočítače MC9S08SH16 a MC9S08GB60 z řady HCS08. Tato konstrukce poukazuje na jedno z možných použití mikropočítačů v praxi. Bakalářská práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. Teoretická část se zabývá obecnými vlastnostmi UTP kabelů přes jejich testování při použití v počítačových sítích, až po ukázkou komerčně dostupných zařízení. Dále pojednává o teorii mikropočítačů a popis řady Freescale HCS08 včetně podrobné charakteristiky použitých mikropočítačů. Praktická část obsahuje konstrukční řešení jednotlivých částí testovací jednotky a popisu jednotlivých bloků. Dále je nastíněn princip řídicích algoritmů obou částí zařízení včetně názorných ukázek kódu a vysvětlení ovládání celého zařízení. V neposlední řadě se zabývá návrhem jednoduchého vizualizačního rozhraní, které umožňuje zobrazit výsledky měření na monitoru počítače, zde jsou také vysvětleny důležité části zdrojového kódu včetně praktických ukázek.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

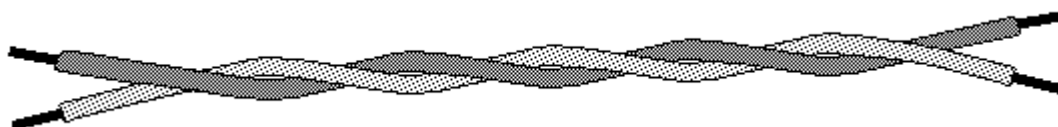
## 1 UTP KABELY

Aby počítačová síť byla úspěšně použitelná, je testování kabeláže naprosto nezbytné. O zajištění výkonnostních požadavků provozovaných služeb na dané síti se starají kabelové standardy. Strukturovaná kabeláž se řídí standardem TIA-568-C, jehož součástí jsou i testovací nároky. Na tento standard jsou kladeny tři základní požadavky a to zaprvé, že je nutné navrhnu síť tak, aby při použití předepsaných součástí a postupů splňovala požadované výkonnostní nároky. Za druhé se předpokládá použití součástí, které jsou pro danou kategorii kabelu certifikované. Za třetí se musí dodržet správné instalační postupy, které zaručí, že výkon kabelu a součástek zachovají. [1]

### 1.1 Kroucená dvoulinka

Kroucená dvoulinka se v současnosti stala nejpoužívanější vodičem v počítačových sítích. Její předností je všestrannost, snadná instalace, nízká cena a nabízí slušný výkon. Vyrábí se v několika variantách jako stíněná či nestíněná, v různých barevných provedeních, průměru vodičů, izolací, počtu závitů a typu pláště.

Základní návrh kroucené dvoulinky je na obr. 1. Uvnitř kabelu se může nacházet několik takových párů, například telefonní kabely se vyrábí se dvěma, čtyřmi, šesti, pětadvaceti sto i více páry. Kabely, které se používají u počítačových sítí, mají obvykle 4 páry.



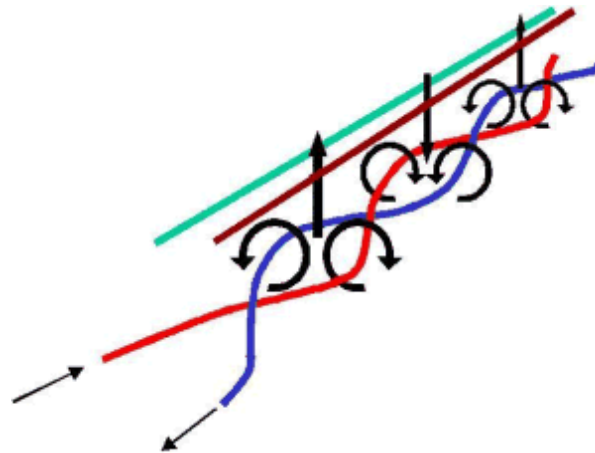
Obr. 1: Kroucená dvoulinka [17]

Právě čtyřpárovému kabelu se věnuje několik standardů včetně TIA/EIA-568-C, s tímto kabelem je spojeno několik důležitých výkonnostních testů a specifikací pro počítačové síť. Většina počítačových topologií požívá pouze dva páry z uvedených čtyř, pouze některé stomegabitové a rychlejší síť využívají všechny čtyři páry kabelu. [1]

#### 1.1.1 Stavba kabelu

Kroucená dvoulinka je složena z jednoho nebo více párů izolovaných vodičů, které jsou zakroucené do sebe a obalené pláštěm. Mezi hlavní parametry každého kabelu patří průměr vodiče, typ vodiče, počet závitů, typ izolace, charakteristická impedance a typ pláště. Každý z těchto parametrů určuje specifické použití kabelu. Vodičem může být buď plný

drát, nebo lanko spletené z několika tenčích drátů. Výhodou kroucené dvoulinky je zakroucení obou vodičů v páru, díky tomu se elektromagnetické rušení projeví na obou vodičích stejně, takže výsledný rušivý signál se vynuluje (obr. 2). Tomuto vedení se říká symetrické, ale aby se rušení skutečně odstranilo, musí se o vysílaný signál starat symetrický obvod. [1]



Obr. 2: Symetrické vedení [16]

### 1.1.2 Elektrická charakteristika

Jeden z nejdůležitějších parametrů kabelu je jeho charakteristická impedance, to proto pokud je rozdílná impedance zdroje a zátěže, linka nepřenese maximum energie a použitelná délka kabelu se zkracuje. Také rozdíly v charakteristické impedanci mohou způsobovat nežádoucí odrazy signálu, které mohou zhoršovat kvalitu příjmu. Charakteristická impedance kabelu se však může lišit na frekvenčním rozsahu vysílaného signálu, tu však upravují standardy, určující maximální odchylku, kterou kabel musí splňovat. Kabely pro datové sítě se vyrábí v několika variantách charakteristické impedance nejběžnější je však  $100 \Omega \pm 10 \%$ .

Dalšími důležitými parametry je stejnosměrný odpor a kapacitance kroucené dvoulinky, které způsobují útlum, udává se v decibelech (dB) na metr. Kapacitance je faktor, který s rostoucí frekvencí zvyšuje útlum. Maximální odchylku kapacitance upravují standardy. V neposlední řadě je u kroucené dvoulinky důležitým parametrem zpoždění signálu. Je to čas, za který vyslaný signál dorazí z jednoho konce kabelu na druhý, obvykle je udáván v nanosekundách. U kabelů ve kterých se informace posílá po více, než jednom páru se měří rozdíl ve zpoždění jednotlivých párů a tedy pokud je rozdíl příliš velký může se stát,

že vyslané pulzy budou přicházet v jiný čas a přijímač nebude schopný rekonstruovat datové pakety. [1]

Tab. 1: Základná parametry kroucené dvoulinky při teplotě 20°C. [1]

Parametr	Vztahuje se	Podmínky	Kategorie	Omezení
Stejnoseměrný odpor	libovolný vodič		všechny	$\leq 9,38\Omega$ na 100m
Odchylka stejnosměrného odporu	libovolný pár		všechny	$\leq 5\%$
Odchylka kapacitance	libovolný pár	1kHz	všechny	$\leq 330\text{pF}$ na 100m

### 1.1.3 Kategorie kroucené dvoulinky

UTP kabely se dělí do několika výkonnostních kategorií, v současné době jich existuje sedm jak je uvedeno v tab. 2. Odlišnost kategorií mezi sebou spočívá hlavně v šířce pásma, což určuje do jaké míry je daný kabel schopný plnit síťové nároky. Pro dnešní instalace se doporučuje použít kabel alespoň kategorie 5e.

Tab. 2: Výkonnostní kategorie UTP kabelů [1]

Označení	Průřez vodiče [mm <sup>2</sup> ]	Impedance	Přenos	Použití
Kategorie 1	0,128-0,823	neuvádí se	zvuk, stejnosměrný proud	zvonkové dráty
Kategorie 2	0,128-0,823	neuvádí se	do 1,5 MHz	analogový telefon
Kategorie 3	0,205-0,324	100 $\Omega \pm 10\%$	do 16 MHz	10BaseT, Token Ring
Kategorie 4	0,205-0,324	100 $\Omega \pm 10\%$	do 20 MHz	10BaseT, Token Ring
Kategorie 5/5e	0,205-0,324	100 $\Omega \pm 10\%$	do 100 MHz	100BaseTX, 1000BaseT
Kategorie 6	0,205-0,324	100 $\Omega \pm 10\%$	do 250 MHz	1000BaseT
Rozšířená kategorie 6 (AC6)	0,205-0,324	100 $\Omega \pm 10\%$	do 500 MHz	10GBaseT
Kategorie 7	0,324	100 $\Omega \pm 10\%$	do 1200MHz	10GBaseT

## 1.2 Modulární konektory

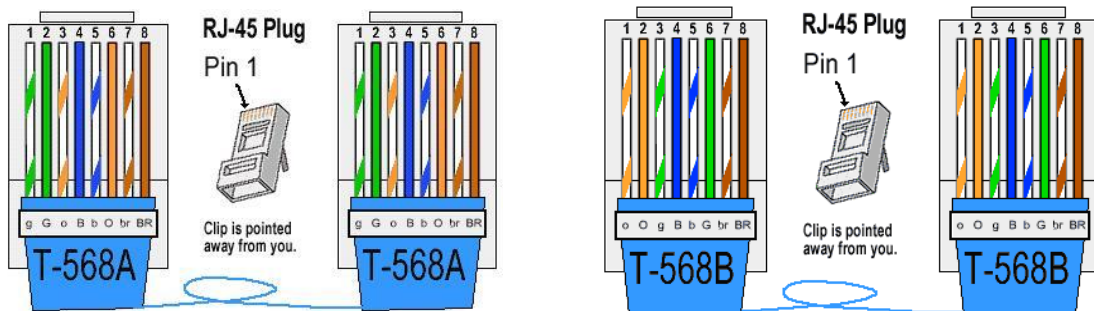
Modulární konektory se vyrábějí v několika velikostech a konfiguracích, pro datové sítě se obvykle používá osmi pinová varianta také nazývaná RJ-45 (obr. 3). U konektorů se také testují přenosové parametry například útlum a přeslechy na blízkém konci.



Obr. 3: Konektor RJ-45

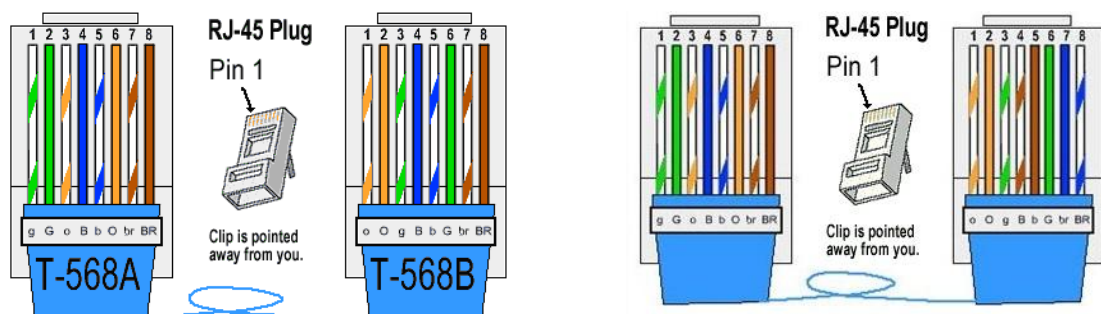
### 1.2.1 Zapojení konektorů

Standard TIA-568-C rozlišuje pouze dva druhy zapojení osmi pinového konektoru RJ-45, T568A a T568B, rozdíl mezi těmito zapojeními je pouze v prohození zeleného a oranžového páru kabelu (obr. 4).



Obr. 4: Barevné značení T568A a T568B [15]

Počítačové sítě dále rozlišují UTP kabel jako křížený nebo přímý, v podstatě se jedná o dodržování barevného značení na obou koncích kabelu. Tedy přímý kabel je takový, který má na obou stranách kabelu stejné barevné značení T568A nebo T568B (obr. 4). Křížený kabel je takový, který má na každé straně jiné barevné značení (obr. 5 vlevo) u gigabitové a rychlejší sítě se ještě navíc prohazuje modrý pár za hnědý (obr. 5 vpravo).



Obr. 5: Křížený kabel [15]

### 1.3 Testování UTP kabelů

Mezi základní testy kabelu patří měření zapojení vodičů, měření délky, se kterým úzce souvisí útlum, dále se mohou měřit přeslechy na blízkém (NEXT - near end crosstalk) a vzdáleném (FEXT - far end crosstalk) konci, zpoždění signálů, reálný odpor jednotlivých párů a mnoho dalších parazitních jevů.

#### 1.3.1 Test zapojení vodičů

Test zapojení hledá chyby v zapojení kabelu. Testery zapojení se skládají většinou z hlavní zkoušečky a vzdálené jednotky, které se připojí na oba konce kabelu. Komunikace mezi sebou probíhá po měřeném kabelu, tyto zařízení dokážou odhalit všechny standardní chyby. U stíněného kabelu se navíc testuje neporušenost stínícího vedení. Při testu se kontrolují:

- Průchodnost vodičů
- Zkraty
- Křížení párů
- Prohození párů
- Rozdělení párů

#### 1.3.2 Měření délky

Maximální délka UTP kabelu dle standardu by měla být 100 metrů, ovšem zařízení, která měří délku kabelu, by měla zvládat měřit kabel alespoň do vzdálenosti 310 metrů. Komerční testery odhadují délku kabelu pomocí zpoždění signálů, které závisí na fyzických parametrech kabelu. Tyto parametry se mohou lišit kategoriemi kabelu, různými sériemi výrobce. Aby se tyto odchylky mohly do měření započítat, je potřeba vždy měřící zařízení kalibrovat na každé nové cívice kabelu. K dosažení nejpřesnějšího měření délky, se musí měření provádět na každém páru kabelu, poté se vyhodnotí vodič s nejmenším zpožděním a podle něj se spočítá délka kabelu. Udávaná tolerance u měření délky kabelu je 10 %. [1]

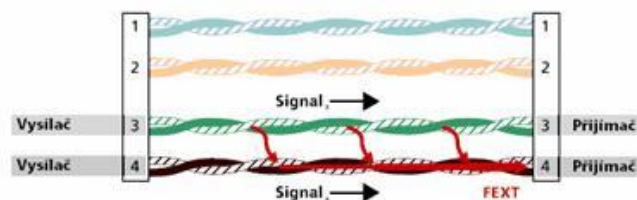
#### 1.3.3 Měření útlum

Útlum UTP kabelu měří testery podle vzorce, který definuje povolený útlum při různých frekvencích. Měření se provádí po megahertzových skocích až do maximální frekvence, kterou kabel podporuje. Pokud kabel nevyhovuje, tester oznámí při jaké frekvenci došlo

k chybě, dokáže také upozornit, při jaké frekvenci došlo k útlumu pod 3 dB, ale při rozhodování zda kabel vyhovuje nebo ne se k tomu nepřihlíží. Jelikož útlum závisí i na teplotě je povolená tolerance 1,5 % z hodnoty dB pro kabel kategorie 3 a pro kategorii 4 a 5 se udává 0,4 %. Útlum je také závislý na vlhkosti pro tuto možnost, ale žádná tolerance není. [1]

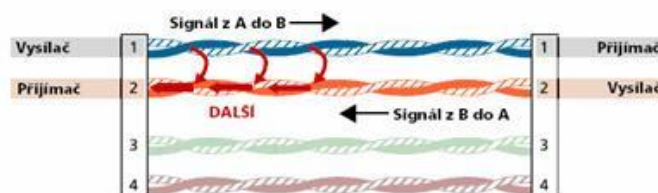
### 1.3.4 Měření přeslechů

Přeslechy vznikají, když se přenáší mnoho signálu z vysílacího páru do přijímacího páru. Pokud je přenos prováděn pomocí více jak dvou párů musí se testovat přeslechy na vzdáleném konci obr. 6. [2]



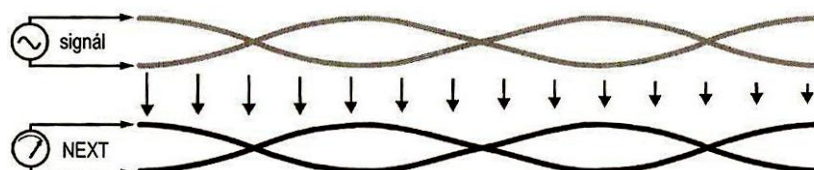
Obr. 6: FEXT [2]

Pro ostatní vedení po dvou párech postačuje měření přeslechu pouze na blízkém konci, jelikož zde dochází k největším přeslechům, protože signál zde ještě nestačil zeslábnout kvůli útlumu obr. 7.



Obr. 7: NEXT [2]

Princip měření přeslechu na blízkém konci je znázorněn na obr. 8. Ztráty z NEXT se měří po 150 kHz krocích od jednoho do 31,25 MHz poté v 250 kHz krocích až do 100 MHz. Výsledkem testu je pár, který dosáhl nejhoršího výkonu. [1]



Obr. 8: Měření NEXT [1]

### 1.3.5 Odstup přeslechu na blízkém konci

Odstup přeslechu na blízkém konci (ACR - attenuation to crosstalk ratio) vzniká rozdílem mezi naměřeným útlumem a NEXT, udává se ve stejných jednotkách jako útlum a NEXT. ACR značí, o kolik bude výsledný signál silnější než rušení NEXT. [1]

## 1.4 Komerční testovací zařízení

Na trhu je velké množství zařízení k testování UTP kabelů, pořídít se dají už od několika set korun až po desítky tisíc. Téměř všechny testery se skládají z jedné hlavní měřicí jednotky a vzdálené jednotky, některé testery umožňují měřit i koaxiální kabely. Nejlevnější testery umí pouze měřit průchodnost kabelu, většinou ani neobsahují displej, na kterém by se zobrazoval výsledek měření. K zobrazení výsledku slouží několik diod signalizujících právě měřený vodič. Další variantou jsou zařízení, která jsou již dražší, ty však už obsahují velký grafický displej a umí rozpoznat zapojení kabelu, měřit délku kabelu pomocí kapacitní metody nebo reflektometrie v časové oblasti (TDR). Ty nejdražší zařízení umí vše co předchozí a navíc dokážou testovat kvalitu kabelu například přeslechy, zkreslení. Některé typy umí identifikovat připojené aktivní zařízení nebo PING. Běžně lze tyto naměřené hodnoty přenést do počítače přes rozhraní USB nebo paměťovou kartu, kterou tyto testery mohou obsahovat.

### 1.4.1 Nejlevnější testery

Mezi nejlevnější testery patří například typ NS-468 Cable Tester obr. 9.



Obr. 9: NS-468 Cable Tester [3]

Tento tester umožňuje měřit pouze průchodnost stíněného i nestíněného kabelu s konektorem RJ-45 a RJ-11, posloupnost blikání LED diod určuje zapojení kabelu. Nevýhodou tohoto testeru, je nutnost znát rozdíl v zapojení přímého a kříženého kabelu.[3]

#### 1.4.2 Střední třída mezi testery

Příkladem testeru střední třídy Goldtool LAN /Length TCT-2690 Pro obr. 10.



Obr. 10: TCT-2690 Pro [4]

Tímto testerem lze měřit jak kabely s konektorem RJ-45 tak koaxiální zakončené F konektorem. Výsledek měření je zobrazen na velkém displeji, dokáže odhalit všechny standardní chyby v zapojení konektorů a také změřit délku kabelu. K měření délky využívá TDR. Výrobce uvádí, že měřená délka je udávána s 97 % přesností. [4]

#### 1.4.3 Profesionální testery

Tyto testery mají v sobě velké množství funkcí k diagnostice síťových kabelů a dokonce počítačových sítí, typický příkladem je Validator NT -955 obr. 11.



Obr. 11: Validator NT 955 [5]

Tento tester dokáže ověřit kvalitu kabeláže vyhodnocením úrovně šumu, který vzniká různými typy přeslechů a odrazů. Samozřejmostí je měření délky a zapojení kabelu. Dále tester dokáže ověřit maximální přenosovou rychlost kabelu, měřením chybovosti přenosu digitálního signálu, identifikovat připojená aktivní zařízení. Také lze ověřit TCP/IP konektivitu a funkčnost DHCP serveru použitím PING. Umožňuje snadně nalézt port aktivního prvku sítě generováním signálu, který způsobí jeho blikání LINK indikátoru, přístroj automaticky přepíná zapojení přenosového páru mezi MDI(síťová karta) a MDI-X(switch, hub). Obsahuje také tónový generátor pro lokalizaci párů a kabelu. Naměřená data lze přenést do počítače přes USB port nebo paměťové karty. Nevýhodou tohoto testeru je fakt, že neměří podle kabelových standardů ISO, TIA/EIA což znemožňuje použití testeru pro certifikaci kabeláže. [5]

## 2 MIKROPOČÍTAČE

### 2.1 Obecně

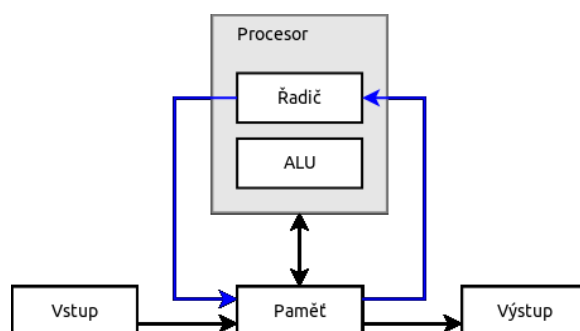
Jednočipový počítač, v anglické literatuře označován také jako microcontroller, je monolitický obvod, který v sobě obsahuje kompletní mikropočítač. Vznikne doplněním mikroprocesoru o operační paměť a vestavěnou nevolatilní paměť. Dále mohou obsahovat vstupně výstupní obvody, komunikační rozhraní, čítače, časovače, A/D převodník a mnoho dalších periférií. Mikropočítače se vyznačují kompaktností a spolehlivostí, proto často bývají nasazovány v jednoúčelových aplikacích v oblastech jako je řízení, regulace a podobně. Také se využívají v takzvaných embedded systémech. [6]

#### 2.1.1 Architektura mikropočítačů

Mikropočítače lze dělit podle celé řady kritérií. Nejdůležitější je však jejich architektura. První dělení iniciovala americká vláda, když v 70. letech požádala Princetonskou a Harvardskou univerzitu, aby navrhly architekturu vhodnou pro potřeby armády. Vznikly tak dvě koncepce : Von Neumannova a Harvardská. [7]

##### 2.1.1.1 Von Neumannova architektura

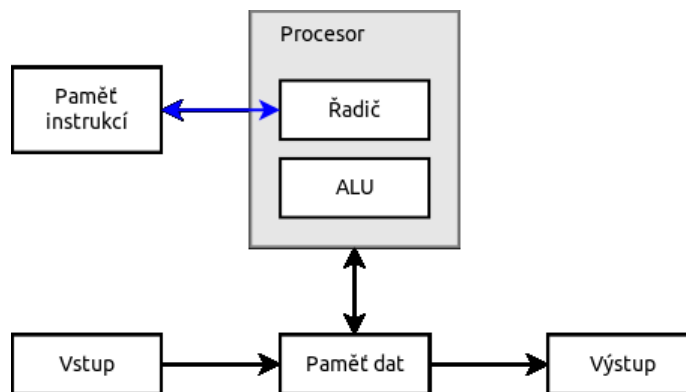
Von Neumannova architektura je architektura, pro kterou je typická společná paměť pro data i program. Toto uspořádání má výhody v tom, že nepotřebujeme rozlišovat instrukce pro přístup k paměti dat a paměti programu, což vede k zjednodušení vlastního čipu. Další výhodou je, že je potřeba pouze jedna datová sběrnice, po které se přenáší oba typy dat, což je výhodné v případě použití externích pamětí, kdy se redukuje potřebný počet nutných vstupů a výstupů. Nevýhodou je, že přenos obou typů dat po jedné sběrnici je pomalejší, než při oddělených sběrnících pro paměti dat a programů. Von Neumannova architektura najde využití všude tam, kde je požadována univerzálnost a jednoduchost. [6]



Obr. 12: Von Neumannova architektura [12]

### 2.1.1.2 Harvardská architektura

Harvardská architektura je typická oddělením paměti programu a paměti dat. Hlavní nevýhodou této architektury je větší technologická náročnost daná nutností vytvořit dvě sběrnice. Za hlavní výhodu lze považovat možnost jiné šířky programové a datové sběrnice. Této možnosti se široce využívá, takže najdeme osmibitové mikropočítače s programovou sběrnicí širokou 12, 14 i 16 bitů. Mezi další výhody harvardské architektury patří rychlost vykonávání instrukcí, protože instrukci i potřebná data lze číst v jeden okamžik. [6]



Obr. 13: Harvardská architektura [12]

### 2.1.2 Instrukční sada

Jádrem každého mikroprocesoru je logický obvod, který dokáže zpracovat sadu jednoduchých mikroinstrukcí. Mikroinstrukce jsou pouze jednoduché příkazy. Napsat aplikační program složený pouze z mikroinstrukcí by bylo složité. Každý mikroprocesor je proto vybaven programátorsky „přívětivější“ instrukční sadou, určenou pro jeho praktické programování. Převod instrukční sady (té, kterou používají programátoři) na mikroinstrukce (těm zase rozumí mikroprocesor) obstarává program napsaný v mikroinstrukcích - ten je další podstatnou částí mikroprocesoru. Dnes existují dvě soupeřící koncepce mikroprocesorů: RISC a CISC. Rozdíl mezi nimi spočívá právě ve velikosti instrukční sady. [8]

#### 2.1.2.1 CISC (Complex Instruction Set Computer)

Jde o řešení, kdy mikroprocesor obsahuje co nejúplnější instrukční sadu, takže zadáním jednoho příkazu je možno realizovat složité zpracování, čímž se dá ušetřit místo. Nevýhodou je, že tyto příkazy vyžadují složitý interpret příkazů, který příslušný příkaz zpracovává během několika hodinových cyklů. [9]

### 2.1.2.2 RISC (*Reduced Instruction Set Computer*)

Vychází ze znalosti, že pro vykonání 80 % operací je zapotřebí asi jen 20 instrukcí. Mikroprocesor je pak vybaven jednoduššími instrukcemi, které jsou snáze proveditelné. Další instrukce neobsažené v základní sadě RISC je pak možné vykonat kombinací existujících. [8]

## 2.2 Mikropočítače Freescale HCS08

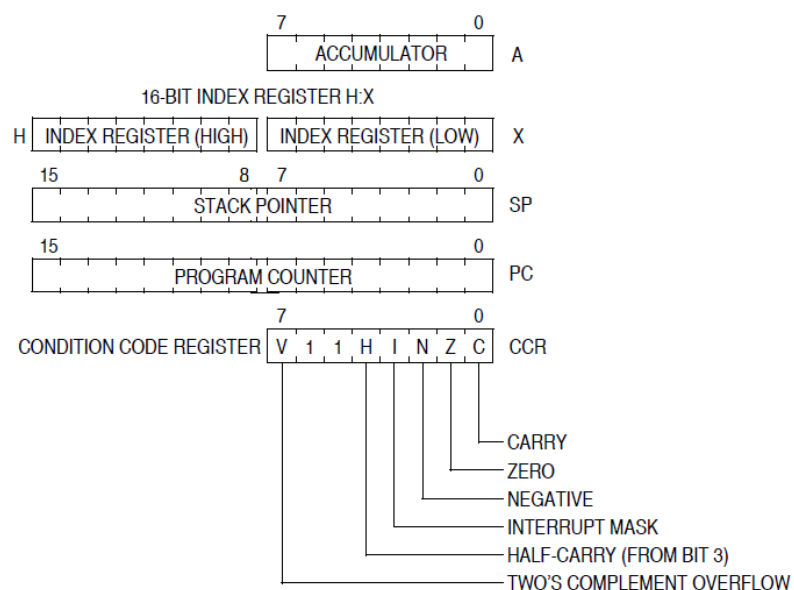
Řada mikropočítačů Freescale HCS08 obsahuje nové instrukce pro ladění a vývoj, jsou stále plně kompatibilní s mikropočítači MC68HC08. Každý mikropočítač HCS08 obsahuje jádro HCS08 včetně několika pamětí a periferních modulů. Jádro HCS08 se skládá z:

- Procesoru HCS08
- Background debug controller (BDC)
- Podpory až 32 přerušení s oddělenými vektory

Procesor HCS08 obsahuje všechny instrukce HC08, včetně BGND instrukcí. Maximální takt procesoru je 40 MHz generovaného z krystalu nebo interního generátoru taktu. Nejvyšší frekvence sběrnice může být 20 MHz tedy polovina taktu procesoru. [10]

### 2.2.1 Registry centrální procesní jednotky HCS08

HCS08 obsahuje stejné registry jako M68HC08.



Obr. 14: Registry CPU HCS08 [10]

Patří mezi ně jeden 8 bitový Akumulátor (A), jeden 16 bitový indexový registr, který se skládá ze samostatně přístupné horní (H) a dolní (X) 8 bitové poloviny. Dále obsahuje 16 bitový ukazatel na zásobník (SP), 16 bitový programový čítač (PC) a 8 bitový registr příznaku (CCR), který obsahuje pět vlajek procesoru (V,H,N,Z a C) a globální přerušovací masku (I). [10]

### 2.2.2 Periferijní rozhraní HCS08

Kombinace periferijních modulů se může lišit v závislosti na typu mikropočítače z dané rodiny, nicméně vždy tam bude paměť pro program a data, generátor hodinového kmitočtu a modul pro ladění programu. Dále mikropočítač může obsahovat některé z níže uvedených modulů: [9]

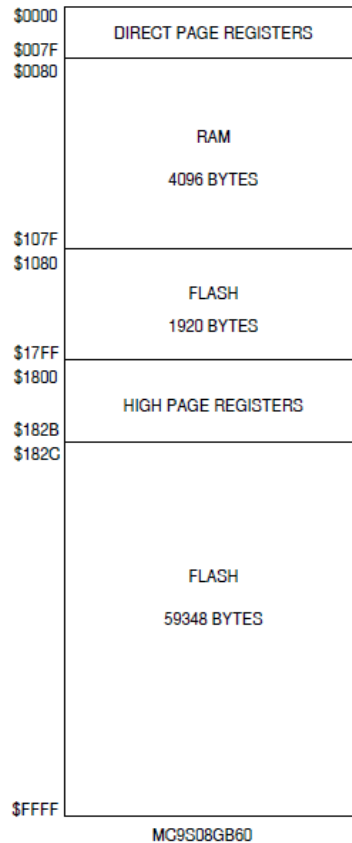
- 4 KB - 60 KB FLASH nebo ROM paměti
- 128 - 4KB statické paměti RAM
- Asynchronní sériové rozhraní (SCI)
- Synchronní sériové rozhraní (SPI a I2C)
- Funkce časovače / PWM moduly (TPM)
- Přerušování od klávesnice (KBI)
- Analogově digitální převodník (ADC)
- Hodinový generátor
  - Plně vybavený interní generátor hodin (ICG), schopný provozu bez externích součástek
  - Tradiční Pierce oscilátor bez FLL nebo PLL (OSC)
- Ladící modul s devíti trigger módy (DBG)

### 2.2.3 Mapa paměti

Kapitola popisuje mapu paměti mikroprocesoru MC9S08GB60, která poskytuje podobné informace i pro ostatní typy mikropočítačů HCS08. Jak lze vidět z obr. 15 paměť RAM je ve společném paměťovém prostoru s FLASH programovou pamětí včetně I/O a řídicích registrů. Registry jsou namapovány do tří paměťových rozsahů: [10]

- Direct-page registry (\$0000 až \$007F)
- High-page registry (\$1800 až \$182B)
- Permanentní registr (\$FFB0 až \$FFBF)

Reset a vektory přerušení jsou umístěny na adresách \$FFCC až \$FFFF. U MC9S08GB60 je použito všech 64 kilobajtů pro paměť a registry, takže nemůže mít žádné neplatné umístění adresy. [10]



Obr. 15: Paměťová mapa MC9S08GB60 [10]

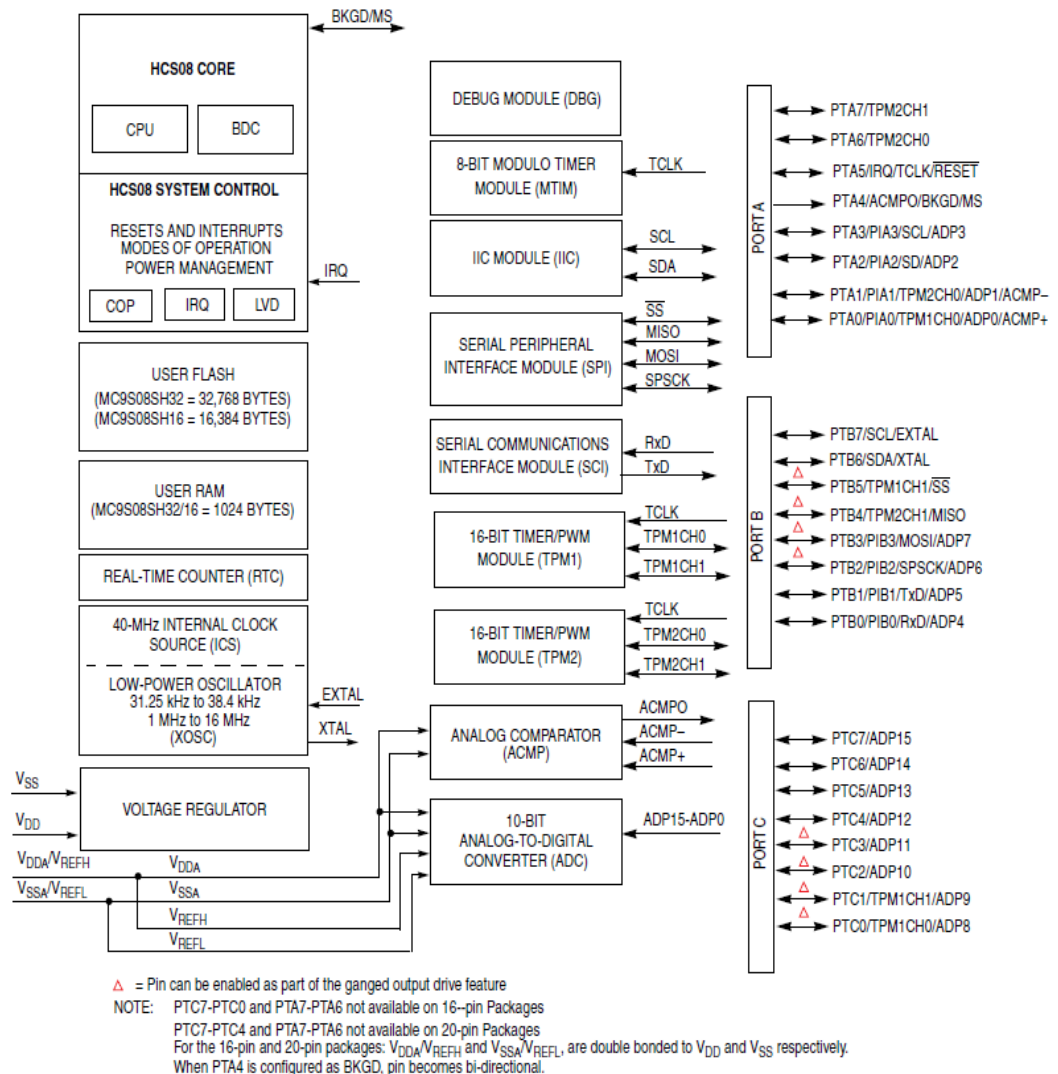
## 2.3 Použité mikropočítače

Pro hardwarový návrh mikropočítačové jednotky pro testování UTP kabelu byly použity mikropočítače Freescale HCS08 z rodin SH a GB.

### 2.3.1 MC9S08SH16

Z rodiny SH byl použit osmi bitový mikropočítač MC9S08SH16, který je vhodný pro aplikace napájené napětím 5 V. Při tomto napětí může mikropočítač pracovat až na 40 MHz, musí se však dodržet maximální rychlost sběrnice 20 MHz, požadované frekvence lze dosáhnout nastavením interního nebo externího krystalu. Externí krystal lze volit v rozsahu od 31.25 kHz do 38.4 kHz nebo od 1 MHz do 16 MHz. Mikropočítač disponuje pamětí RAM, která má velikost 1 kilobyte a FLASH pamětí o velikosti

16 kilobajtů. Daný mikropočítač se vyrábí v několika verzích zapouzdření a počtu pinů. Konkrétně byla použita největší 28 pinová varianta v pouzdře SOIC, která disponuje 23 I/O piny včetně 8 přerušení tlačítky s volitelnou reakční hranou. [11]

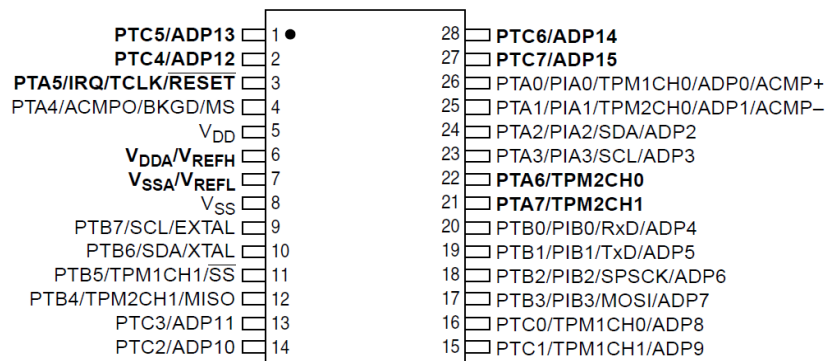


Obr. 16: Blokové schéma MC9S08SH16 [11]

### 2.3.1.1 Periferie

Mikropočítač disponuje 16 kanálovým A/D převodníkem s 10 bitovým rozlišením (ADC), doba převodu je 2,5  $\mu$ s. Dále analogový komparátor (ACMP) s volitelným přerušením na rostoucí nebo klesající změnu napětí, také umožňuje porovnávat s pevným referenčním napětím. Obsahuje plně duplexní synchronní (SPI) a asynchronní (SCI) sériové rozhraní. Rozhraní I2C umožňuje přenos až 100 kbps při maximálním zatížení sběrnice, podporuje režim vysílání a desetibitové adresování. Součástí je i osmibitový modulo čítač (MTIM)

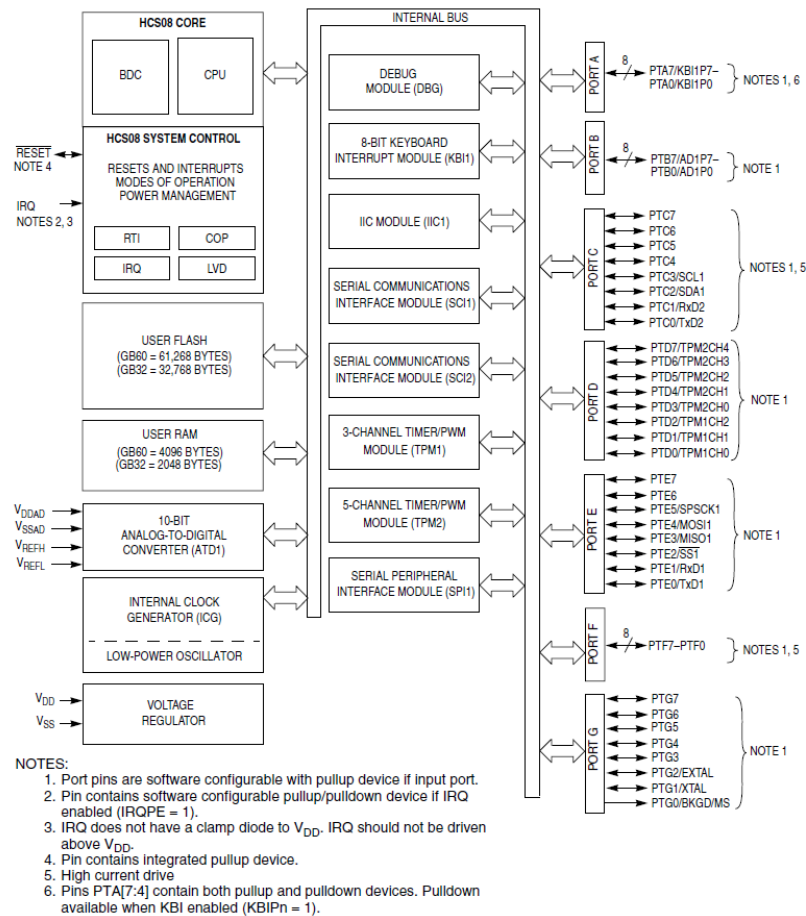
s osmibitovým prescalerem, dva dvoukanálové časovače PWM (TPMx) a jeden real-time osmibitový časovač (RTC). [11]



Obr. 17: MC9S08SH16 28-pin SOIC[11]

### 2.3.2 MC9S08GB60

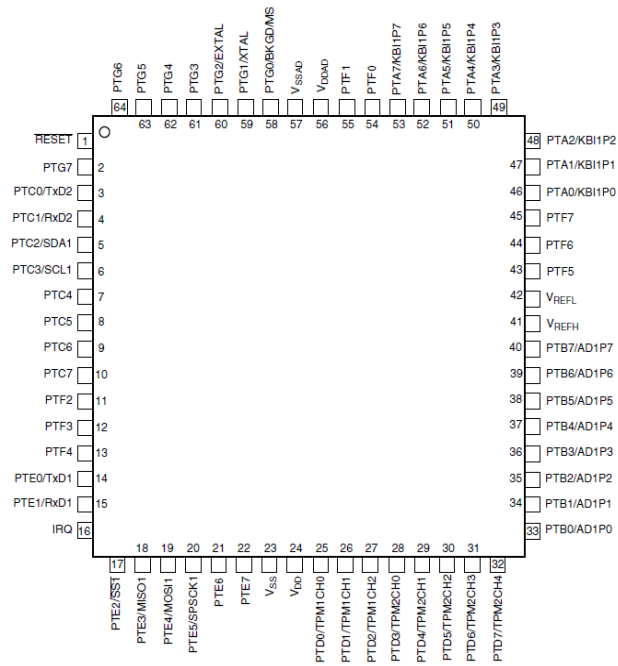
Z rodiny GB byl použit osmi bitový mikropočítač MC9S08GB60, který je vhodný pro nízko napěťové aplikace. Což předurčuje jeho použití v ručních nástrojích, zabezpečovacích systémech nebo přenosné spotřební elektronice. Při frekvenci sběrnice do 8 MHz postačuje napájení pouze 1,8 V, pokud je potřeba frekvence sběrnice vyšší tedy až 20 MHz tak je potřeba napětí 2,08 V avšak maximální napětí, které lze přivést do mikropočítače je 3,6 V. K nastavení požadované frekvence lze použít interní referenční generátor, externí časovač nebo externí krystal, který lze volit v rozmezí od 32 kHz do 100 kHz nebo od 1 MHz do 16 MHz. Mikropočítač obsahuje dvě paměti, jedna je typu RAM, která má kapacitu 4 kilobajty, druhá paměť je FLASH s kapacitou 60 kilobajtů. Mikropočítač se vyrábí ve čtyřech variantách v tomto případě byl použit v zapouzdření LQFP s 64 piny. Toto zapouzdření disponuje 56 vstupními a výstupními piny.[12]



Obr. 18: Blokové schéma MC9S08GB60 [12]

### 2.3.2.1 Periferie

Mikropočítač disponuje 8 kanálovým A/D převodníkem s volitelným rozlišením 8 nebo 10 bitů, doba převodu je 14  $\mu$ s. Obsahuje dvě plně duplexní asynchronní sériové linky s oddělenými dvojitými buffery pro vysílač a přijímač, včetně hardwarového generátoru parity a programovatelné délky slova 8 nebo 9 bitů. Synchronní sériová linka je pouze jedna, může pracovat v master nebo slave módu, umožňuje full-duplexní nebo single-wire přenos, má dvojitě buffery pro vysílání i příjem a programovatelnou přenosovou rychlost. Rozhraní I2C umožňuje přenos až 100 kbps při maximálním zatížení sběrnice. Součástí je i jeden tří-kanálový a jeden pěti-kanálový časovač s 16 bitovými modulo registry k nastavení rozsahu. Mikropočítač disponuje i osmi přerušeními od klávesnice, kde jde nastavit reakci na náběžnou hranu či úroveň. [12]



Obr. 19: MC9S08GB60 64 pin LQFP [12]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 HARDWAROVÝ NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Cílem bylo navrhnout mikropočítačovou jednotku pro testování UTP kabelů, tak aby se konstrukčně podobala komerčně prodávaným zařízením. Zařízení se skládá ze dvou částí vysílače - vzdálené jednotky a přijímače - hlavní měřící jednotky obě části jsou aktivní, tedy se musí obě napájet baterií. Mezi kritéria návrhu patřilo, aby zařízení bylo schopno ověřit průchodnost jednotlivých vodičů v kabelu a vyhodnotit jejich zapojení, dalším požadavkem na zařízení byla možnost měření délky kabelu, a veškeré informace spojené s měřením byly zobrazeny na alfanumerickém displeji. Uvažována byla i konektivita s počítačem přes rozhraní RS-232.

Pro měření průchodnosti byl zvolen princip vysílání různě dlouhého signálu, specifického pro každý vodič kabelu, tím je zaručena identita každého vodiče. Další zařízení pak zachytí vysílaný signál, změří jeho délku a vyhodnotí podle předem nastavených parametrů v paměti, o který vodič se jedná. Celý tento proces se opakuje v nekonečné smyčce.

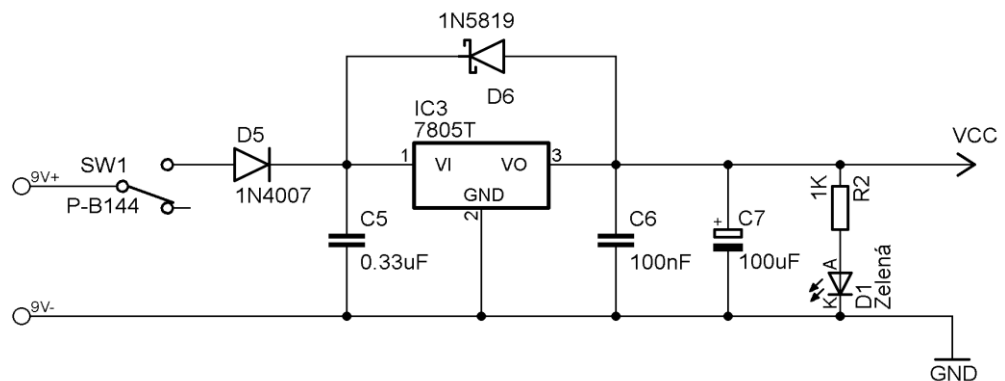
Při měření délky kabelu se vychází z měření úbytku napětí na kabelu s jeho rostoucí délkou. Konstrukce vychází z toho, že síťová komunikace potřebuje nejméně dva páry kabelu, zařízení měří délku pouze jednoho páru, druhý pár slouží jako signalizace měření délky kabelu. Vysílač při měření délky propojí dva vodiče mezi sebou, vznikne tedy smyčka, která je dvakrát delší než celková délka kabelu, přijímač pustí do takhle vzniklé smyčky proud přibližně 100 mA. Vzhledem k tomu, že úbytek napětí vzniklý na kabelu je velmi malý, zesílí se ještě před vstupem do A/D převodníku operačním zesilovačem v neinvertujícím zapojení.

#### 3.1 Vysílač

Konstrukčně jednodušší zařízení obsahuje mikroprocesor MC9S08SH16. Slouží jako vzdálená jednotka.

##### 3.1.1 Napájení

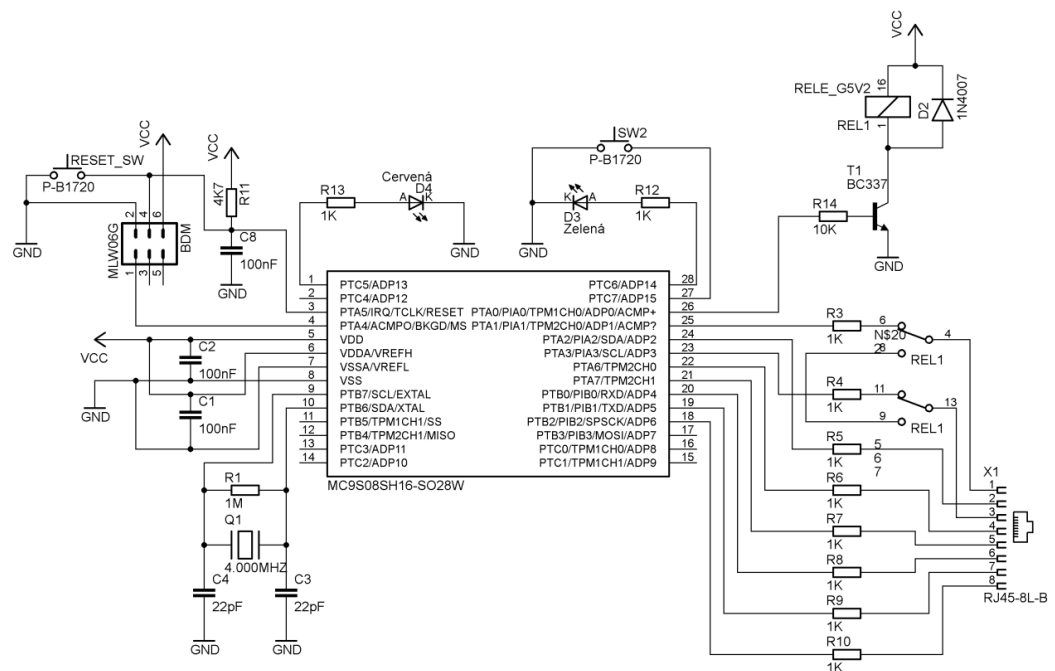
Napájení vysílače je z 9 V baterie z důvodu potřeby napájet mikropočítač pouze 5 V, bylo potřeba napětí snížit pomocí stabilizátoru 7805T, správné napájení je signalizováno pomocí zelené LED diody.



Obr. 20: Napájení vysílače

### 3.1.2 Řídicí část vysílače

Vysílač disponuje dvěma režimy. K přepínání mezi režimy slouží tlačítko a aktuální režim je indikován pomocí dvojice LED diod. Programování je řešeno přes rozhraní BDM. Takt mikropočítače je na 32 MHz a frekvence sběrnice je 16 MHz.



Obr. 21: Schéma řídicí části vysílače

V režimu měření průchodnosti má toto zařízení za úkol na jednotlivých pinech konektoru RJ-45 měnit napětovou úroveň z log.0 na log.1. Tato změna se provádí pokaždé pouze pro jeden pin konektoru na ostatních pinech musí být vždy log. 0 z důvodů uzavření elektrického obvodu v snímací části přijímače. Doba změny napětové úrovně identifikuje jednotlivý vodič kabelu. Pro první vodič je doba změny 160  $\mu$ s, následující vodiče se liší přičtením dalších 80  $\mu$ s k tomuto času. Zpoždění mezi jednotlivými změnami je 200  $\mu$ s.

Režim měření délky kabelu propojí první a třetí vodič kabelu pomocí relátka, na druhý a šestý vodič se nastaví logická jednička, která má signalizovat přijímači, že se měří délka kabelu. Aby měření délky bylo úspěšné, je potřeba kabel, který je správně zapojený a plně funkční.

Tab. 3: Zapojení vstupů a výstupů vysílače

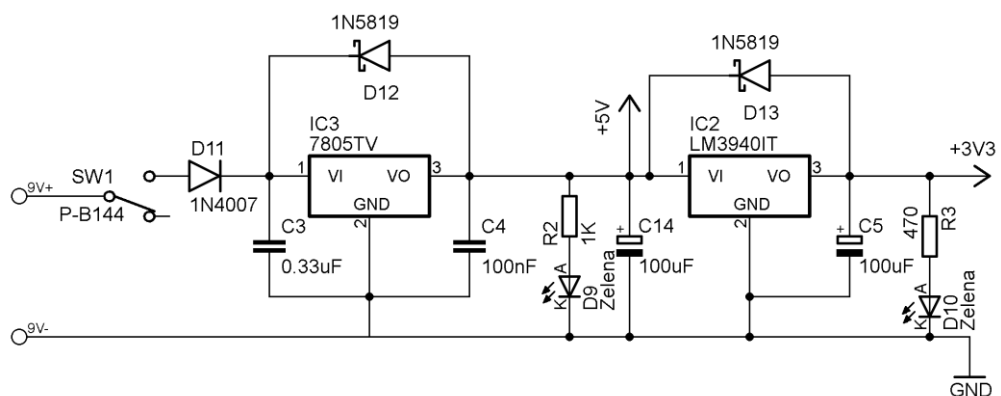
Port	Název	Port	Název
PTC5	Signální LED dioda červená	PTA3	3 vodič kabelu
PTC6	Signální LED dioda zelená	PTA6	4 vodič kabelu
PTC7	Tlačítko přepínání režimu	PTA7	5 vodič kabelu
PTA0	Ovládání relé, které propojuje 1 a 3 vodič kabelu	PTB0	6 vodič kabelu
PTA1	1 vodič kabelu	PTB1	7 vodič kabelu
PTA2	2 vodič kabelu	PTB2	8 vodič kabelu

## 3.2 Přijímač

Zde je použit mikroprocesor MC9S08GB60. Toto zařízení jde rozdělit do několika částí. Kompletní schéma zapojení je uveden v příloze.

### 3.2.1 Napájení

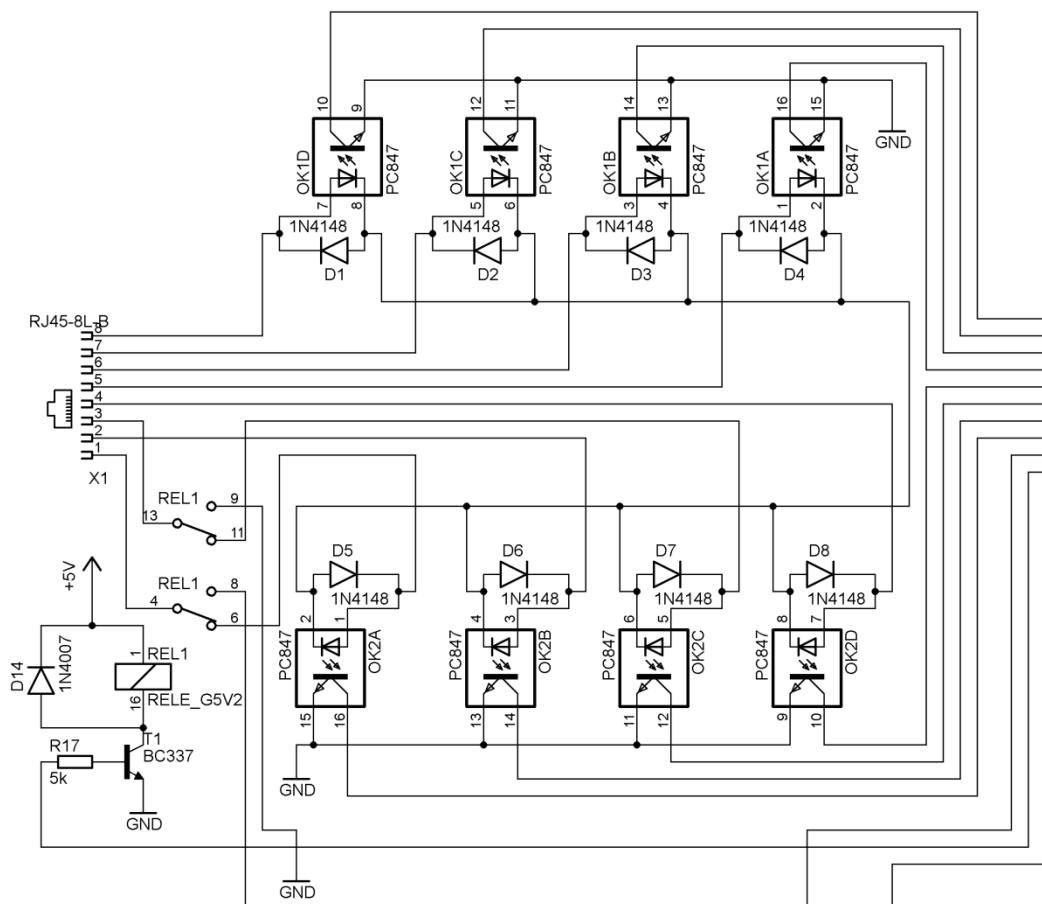
Jelikož zařízení obsahuje obvody, které potřebují k napájení 5 V a 3,3 V bylo nutné upravit napájení z devíti voltové baterie pomocí stabilizátoru 7805T, který napětí sníží na 5 V a stabilizátor LM3940IT, který napětí 5V sníží na 3,3V. Přítomnost obou napětí signalizuje dvojice zelených LED diod.



Obr. 22: Napájení přijímače

### 3.2.2 Obvod pro snímání průchodnosti

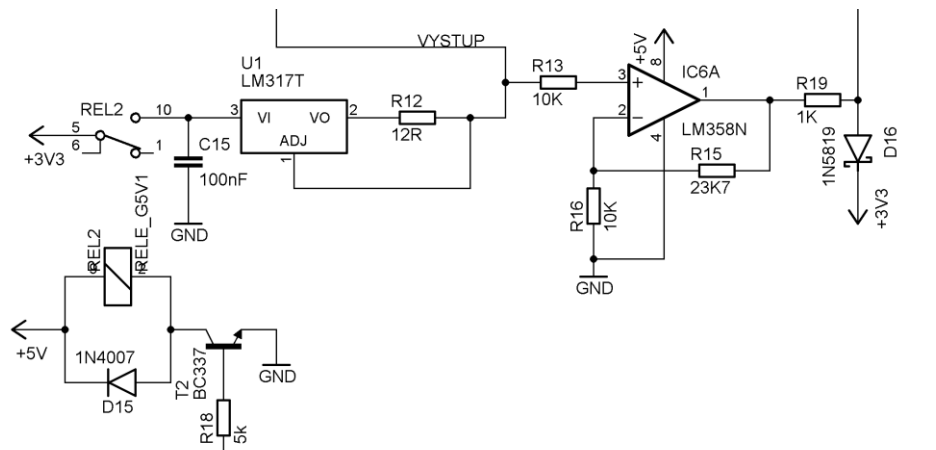
Tato část obvodu, která je tvořena dvěma optočleny PC847 a několika diodami, galvanicky odděluje vysílač od přijímače. Pokud se na jednom z vodičů UTP kabelu objeví logická 1, tak se sepne příslušný optočlen a přes ostatní diody se obvod uzavře, jelikož na ostatních vodičích je logická 0. Relé zde slouží k přepnutí žil 1 a 3 do měřicí části obvodu.



Obr. 23: Obvod pro snímání průchodnosti kabelu

### 3.2.3 Obvod pro měření délky kabelu

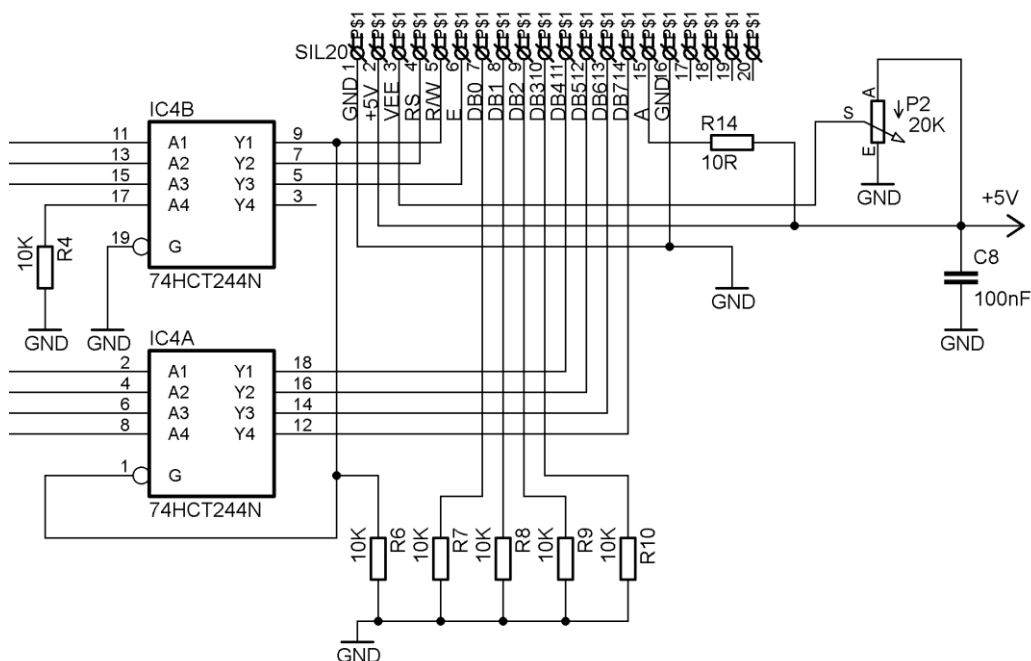
Pokud se nachází zařízení v režimu měření délky kabelu, tak relé sepne zdroj proudu, který je tvořen integrovaným obvodem LM317T na jehož výstupu je přibližně proud 100 mA. Proud ze zdroje je přes relé z obr. 23 puštěn do kabelu, výstup z kabelu je uzemněn. Úbytek napětí na kabelu je při délce kabelu 100 m přibližně 1,2 V, aby se mohlo použít celého rozsahu A/D převodníku je měřený úbytek zesílen neinvertujícím zesilovačem. Maximální délka kabelu, která lze měřit, byla stanovena na 100 m, tedy výsledný úbytek se trojnásobně zesílí zesilovačem. Schotkyho dioda je zde na ochranu mikropočítače, aby se nestalo, že do A/D převodníku se dostane vyšší napětí než 3,6V.



Obr. 24: Obvod pro měření délky kabelu

### 3.2.4 Obvod pro ovládání displeje

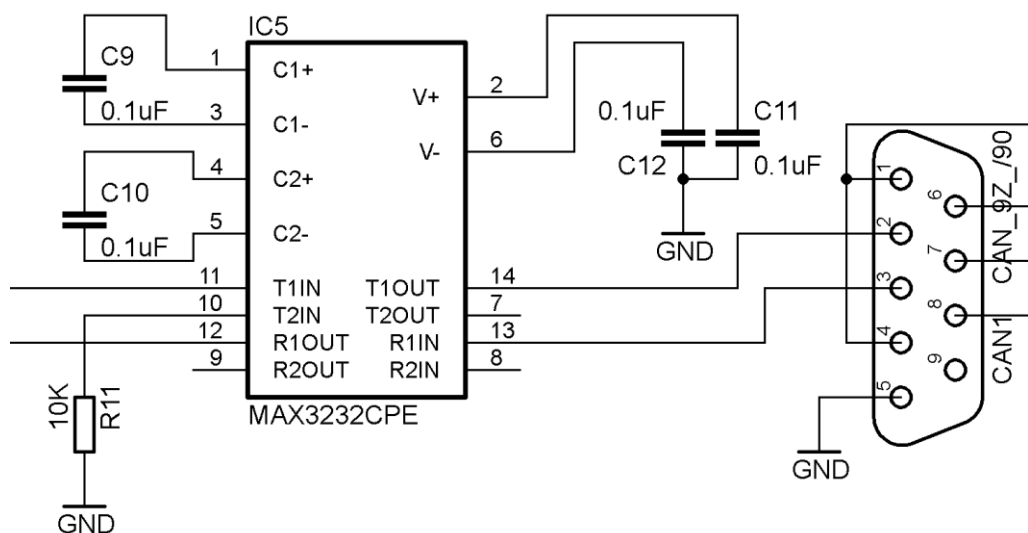
Jelikož mikropočítač používá rozdílné napěťové úrovně než zakoupený displej ATM 1602B. Cílem bylo převést tyto 3,3 V na 5 V úrovně co nejjednodušeji, proto se uvažovala pouze jednosměrná komunikace s displejem. Jako vhodný elektronický obvod pro převod byl použit osmi kanálový budič sběrnice 74HCT244N. Komunikace s displejem používá čtyř bitový režim, při kterém se data posílají na dvakrát nejprve vyšší 4 bity a poté nižší 4 bity. Potenciometr P2 slouží k nastavení kontrastu displeje. Je zde vyvedeno i napájení pro podsvětlení displeje.



Obr. 25: Obvod zapojení displeje

### 3.2.5 Komunikační rozhraní

Pro komunikaci s počítačem bylo použito rozhraní RS-232, o převod na toto rozhraní se stará převodník MAX3232CPE, který pracuje při napájecím napětí 3,3 V.



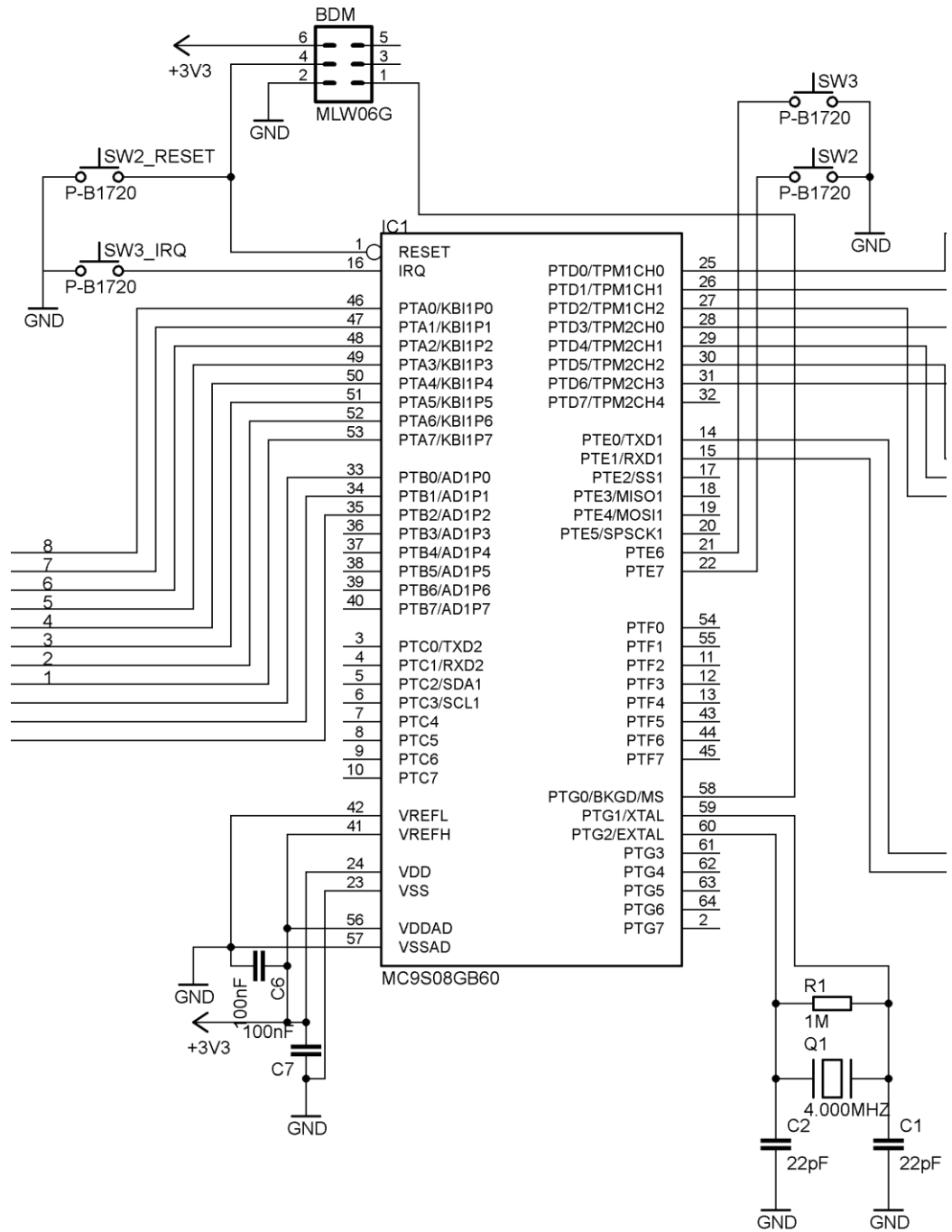
Obr. 26: Komunikační rozhraní

### 3.2.6 Zapojení mikropočítače

Nejdůležitější část celého přijímače, obsahuje dvě tlačítka, která slouží k přepínání zobrazení informací na displeji a připojení sériové linky. K programování mikropočítače slouží rozhraní BDM. Takt mikropočítače je na 40 MHz a frekvence sběrnice je 20 MHz.

Tab. 4: Zapojení jednotlivých vstupů/výstupů do mikropočítače přijímače

Port	Název	Port	Název
PTA0-PTA7	Vstupy z kabelu	PTD5	DB5 pin displeje
PTB0	Vstup úbytku napětí do A/D převodníku	PTD6	DB4 pin displeje
PTB1	Ovládání relé, které přepojuje vstupy kabelu do měřící části	PTE0	TX pin RS232 komunikace
PTB2	Ovládání relé, které spíná zdroj proudu	PTE1	RX pin RS232 komunikace
PTD0	R/W pin displeje	PTE6	Ovládací tlačítko SW3
PTD1	RS pin displeje	PTE7	Ovládací tlačítko SW2
PTD2	DB7 pin displeje		
PTD3	Enable pin displeje		
PTD4	DB6 pin displeje		



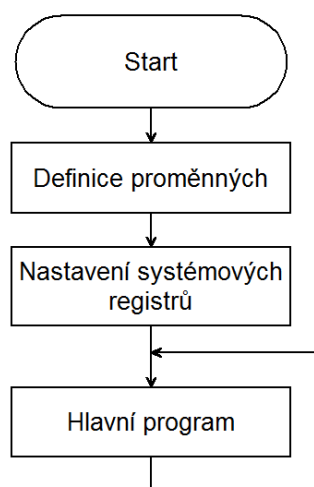
Obr. 27: Zapojení mikropočítače

## 4 SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ

V následující části bude popsána realizace mikropočítačové jednotky pro testování UTP kabelu z pohledu softwarového řešení. Všechny programy jsou napsány v jazyku C, až na výjimku ovladače sériové linky, který je již napsán v jazyce symbolických adres dostupný na stránkách Fakulty informačních technologií [13]. Pro programování mikropočítačů Freescale je k dispozici vývojové prostředí CodeWarrior, kterého bylo také použito. Následně budou programy přijímače a vysílače popsány v blocích a ty podrobněji vysvětleny. Programy nebudou popisovány celé, ale pouze důležité části, kompletní zdrojový kód programu je přiložen v příloze.

### 4.1 Zdrojový kód vysílače

Zdrojový kód vysílače lze rozdělit do tří základních skupin. Při každém startu nebo restartu mikropočítače se provede inicializační sekvence, která obsahuje definici proměnných a nastavení systémových registrů. Poté následuje cyklický blok, který obsahuje hlavní program.



Obr. 28: Vývojový diagram celého programu vysílače

#### 4.1.1 Definice proměnných

V tomto bloku se definují proměnné a funkce, program vysílače však obsahuje pouze jednu dvou-stavovou proměnnou, která je datového typu char a má za úkol signalizovat, zda se mikropočítač nachází v režimu měření průchodnosti kabelu nebo v režimu měření délky. Po startu je defaultně nastavena na 0, což je režim měření průchodnosti. Definované funkce budou popsány v bloku hlavního programu.

#### 4.1.2 Nastavení systémových registrů

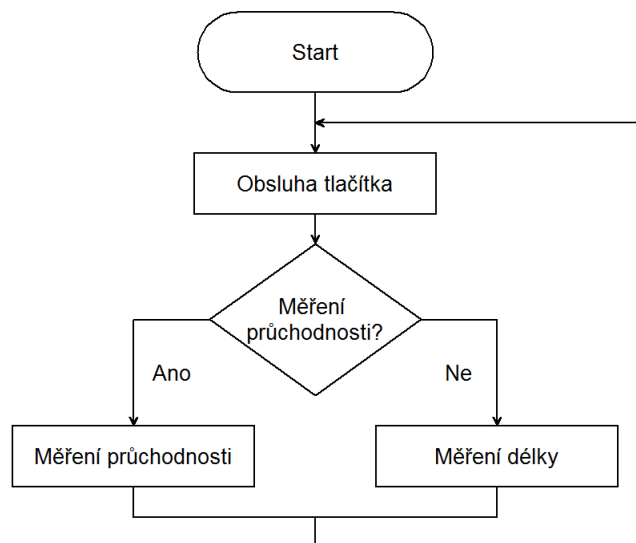
Blok nastavení systémových registrů určuje nastavení mikropočítače od taktu mikropočítače až po nastavení jednotlivých periférií. Program vysílače obsahuje pouze nastavení taktu mikropočítače na 16 MHz, nastavení vstupu tlačítka včetně pull-up rezistoru a nastavení výstupních pinů pro generování signálu.

Ukázka programu nastavení taktu mikropočítače:

```
ICSC1=0x3A;
ICSC2=0x26;
while(!ICSSC_OSCINIT) {
}
```

#### 4.1.3 Hlavní program

Hlavní program se na rozdíl od předchozích bloků neustále opakuje. Skládá se ze tří funkcí a jedné zpoždovací smyčky, které budou následně podrobně popsány.



Obr. 29: Blokové schéma hlavního programu

##### 4.1.3.1 Obsluha tlačítka

Tato funkce se stará o obsluhu stisku tlačítka, pokud je tlačítko stisknuto změní se hodnota dvoustavové proměnné, která signalizuje aktuální režim měření z hodnoty 0 na 1 a opačně. Režimu měření průchodnosti odpovídá hodnota proměnné 0 a pro režim měření délky hodnota 1 proměnné. Dále zajišťuje správnou signalizaci aktuálního režimu ovládním dvojice LED diod.

#### 4.1.3.2 Měření průchodnosti

V této funkci se nejprve testuje, zda je hodnota proměnné rovna 1, pokud ano provede se sekvence generování pulsu do vodiče kabelu. Pokud je proměnná rovna 0, je tato sekvence přeskočena.

Ukázka programu generování signálu pro jeden vodič kabelu:

```
PTAD_PTAD1=1;
cekej40us(4);
PTAD_PTAD1=0;
cekej40us(5);
```

Funkce cekej40us() je zpoždovací smyčka, která má jeden vstupní parametr značící počet opakování této smyčky za sebou.

#### 4.1.3.3 Měření délky

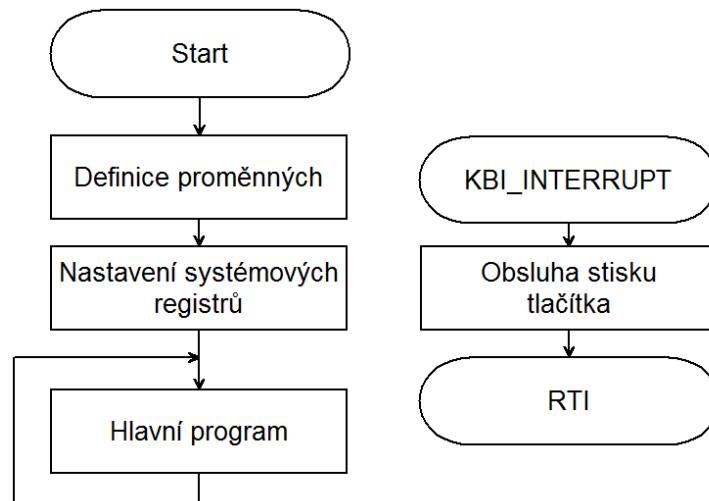
Zde se stejně jako v předchozí funkci testuje hodnota stavové proměnné, pokud je hodnota rovna 1 tak se provede nastavení pinů ovládající relé a signalizační vodiče 2, 6 na log. 1.

Ukázka programu měření délky:

```
void delka(void) {
    if (stav==1) {
        PTAD_PTAD0=1; //sepnutí relátka
        PTAD_PTAD2=1; //nastaví měření na přijímači vodič 2
        PTBD_PTBD0=1; // nastaví měření na přijímači vodič 6
    }
}
```

## 4.2 Zdrojový kód přijímače

Cyklický blok, který obsahuje hlavní program, se opakuje do té doby, dokud jej nepřeruší vstupní piny. Po obslužení přerušení se program vrátí do místa hlavního programu, kde byl přerušen.



Obr. 30: Vývojový diagram celého programu přijímače

#### 4.2.1 Definice proměnných

V tomto bloku se definují globální proměnné a funkce, program přijímače obsahuje několik proměnných, například několik polí, které obsahují informace o jednotlivých vodičích kabelu, dále buffer sloužící k výpisu textu na displej a několik stavových proměnných informujících o stavu v kterém se program zrovna nachází.

Ukázka definice proměnných:

```

char zapojeni[]={0,0,0,0,0,0,0,0,0};
char sci_on = 0;
float delka=0;
  
```

#### 4.2.2 Nastavení systémových registrů

Zde se nastavuje takt mikropočítače na 40 MHz, inicializuje se displej, sériová linka a jednotlivé vstupy, výstupy včetně A/D převodníku a řídicího registru přerušení mikropočítače.

Ukázka programu nastavení taktu mikropočítače:

```

sci1_init(BD9600); //inicializace SCI
dinit();          //inicializace displeje
KBI1SC = 0x06; //nast. řídicího reg.KBI - přerušeni povoleno
ATD1C = 0xC4; //zapnutí převodníku, 10 bit výsledek
ATD1PE = 0x01; //pin PTB0 přepne do režimu vstupu A/D
                //převodníku
  
```

### 4.2.3 Obsluha přerušení

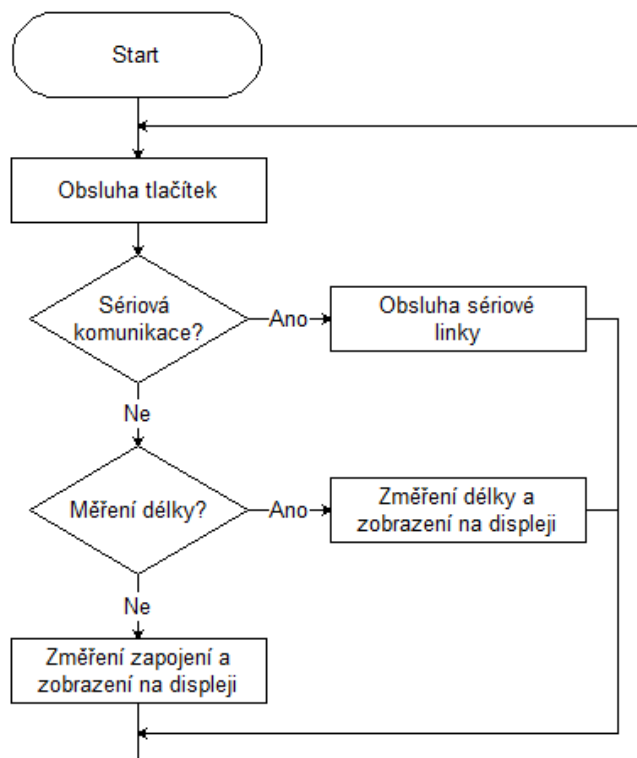
Tato část programu se vždy spustí, když na vstupním pinu, kde je povoleno přerušení, se objeví log 1. Hlavní účel této funkce je okamžitě reagovat na změnu režimu měření průchodnosti nebo délky. Dalším úkolem v režimu měření průchodnosti je měřit délku změny logické úrovně jednotlivých vstupních pinů, v režimu měření délky kabelu se obsluha přerušení vypne.

Ukázka programu pro měření délky pulsu jedno vstupního pinu:

```
if (vstup[0]==0 && zapsano[0]==0) {
    while (PTAD_PTAD7==0) {
        vstup[0]++;
        zapsano[0]=1;
    }
}
```

### 4.2.4 Hlavní program

Hlavní program obsahuje funkce pro měření zapojení a délky kabelu, zobrazení výsledků displeji, obsluhu tlačítek, obsluhu sériové linky a funkce, které se starají o opakování měření. Jednotlivé funkční bloky budou následně popsány.



Obr. 31: Vývojový diagram celého hlavní program přijímače

#### 4.2.4.1 *Obsluha tlačítek*

Téměř identická s funkcí, která je popsána u vysílače, pouze obsahuje obsluhu pro dvě tlačítka, která se starají o chod zařízení. Jedno z tlačítek nastavuje proměnou informující o spuštění sériové linky. Druhé má v režimu měření průchodnosti za úkol měnit zobrazené informace na displeji nastavením proměnné informující o změně zobrazení. V režimu měření délky se při stisku tohoto tlačítka zavolá funkce opakující měření délky.

#### 4.2.4.2 *Měření zapojení kabelu*

Tato funkce má za úkol roztřídit zapojení jednotlivých vodičů z pole vstup, které se naplnilo při přerušení. Hodnoty v tomto poli odpovídají délce pulsu na jednotlivých vodičích kabelu, například pro první vodič je to hodnota 195. Aby se nemuselo neustále pracovat s tak velkými hodnotami je toto číslo převedeno sadou podmínek na jednomístné číslo v rozsahu 1 - 8, které lépe specifikuje o jaký vodič se jedná. Při vyhodnocení se samozřejmě může stát, že hodnota odpovídající délce pulsu se může lišit, kupříkladu při větší délce kabelu, proto je u každého pulsu nastavena určitá tolerance. Výsledek roztřídění je uložen do dalšího pole zapojení, jenž používají funkce sloužící k interpretaci výsledků.

Ukázka programu rozřazení pouze pro první vodič kabelu:

```
for( i = 0; i < 8; i++ ){
    //první vodič kabelu
    if( vstup[i] > 152 && vstup[i] < 210 ) {
        zapojeni[i] = 1;
    }
}
```

#### 4.2.4.3 *Měření délky kabelu*

Hlavním úkolem toho bloku je sepnutí relátek zajišťující přepnutí vstupu kabelu do měřicí části obvodu a následný jednorázový převod úbytku napětí A/D převodníkem. Tomuto předcházelo experimentální zjištění závislosti hodnoty udávané A/D převodníkem na délce kabelu. Při délce kabelu 1,8 metru je hodnota z A/D převodníku 85 a při 10 metrech 397 ovšem tyto hodnoty se mohou lišit podle druhu cívky kabelu. Následnou aproximací byla zjištěna rovnice závislosti délky kabelu.

$$A/D \text{ výstup} = 38 \cdot \text{délka} + 16,5 \quad (1)$$

Ukázka výpočtu celkové délky, kde cele je hodnota udávaná A/D převodníkem:

```
delka=(cele-16.5)/38;
```

#### 4.2.4.4 Zobrazení zapojení kabelu na displeji

Aby bylo možné zobrazit informace na displeji, musel být naprogramován ovladač pro displej kompatibilní s řadičem HD44780U, tento ovladač zde nebude popisován. Ovladač obsahuje několik základních funkcí jako je nastavení kurzoru na jakoukoli pozici displeje, smazání displeje a výpis řetězce nebo znaku, zdrojový kód ovladače je přiložen v příloze.

Funkce umožňuje zobrazit informace o měřeném kabelu ve dvou variantách, buď jako posloupnost jednotlivých vodičů po sobě jdoucích v kabelu, nebo přímo zobrazí informaci, o jaký typ kabelu se jedná. Co se zrovna zobrazí, záleží na dvoustavové proměnné, kterou nastavuje tlačítko SW1.

Ukázka části programu, která informuje o typu kabelu:

```
if ( zapojeni[0] == 3 && zapojeni[1] == 6 && zapojeni[2] == 1
&& zapojeni[3] == 7 && zapojeni[4] == 8 && zapojeni[5] == 2
&& zapojeni[6] == 4 && zapojeni[7] == 5 )
{
    dtext("Krizeny kabel    ");
}
```

#### 4.2.4.5 Zobrazení délky kabelu na displeji

Pro zobrazení informace o délce kabelu slouží tato funkce, zde se pouze vypíše na displej obsah proměnné, která obsahuje délku kabelu.

```
setcursor(1,1);
dtext("Mer.delky ");
dtext(delkab);
douta('m');
dtext("    ");
cekej50us(500);
```

#### 4.2.4.6 Obsluha sériové linky

Tato funkce zajišťuje komunikaci s počítačem. Při spuštění se na displeji zobrazí, že zařízení je připojeno k sériové lince. Informace o měření, která je vysílána z počítače má tvar @12345678?1,8?0!\n, kde zavináč signalizuje počáteční znak a vykřičník koncový, otazník rozděluje tento "paket" na tři části. První část značí zapojení kabelu, druhá délku kabelu a třetí signalizuje režim měření délky nebo průchodnosti. Zařízení umožňuje obousměrnou komunikaci, kde při každém odeslání "paketu" čeká na odpověď. Rozlišují se pouze tři odpovědi, buď je odpověď rovna znaku 1, což zopakuje měření délky, nebo je

rovna 2, které odpojí sériovou linku, pokud přijatý znak odpovídá jiné hodnotě odešle se nový "paket" s informací o měření.

Ukázka odeslání informace o měření:

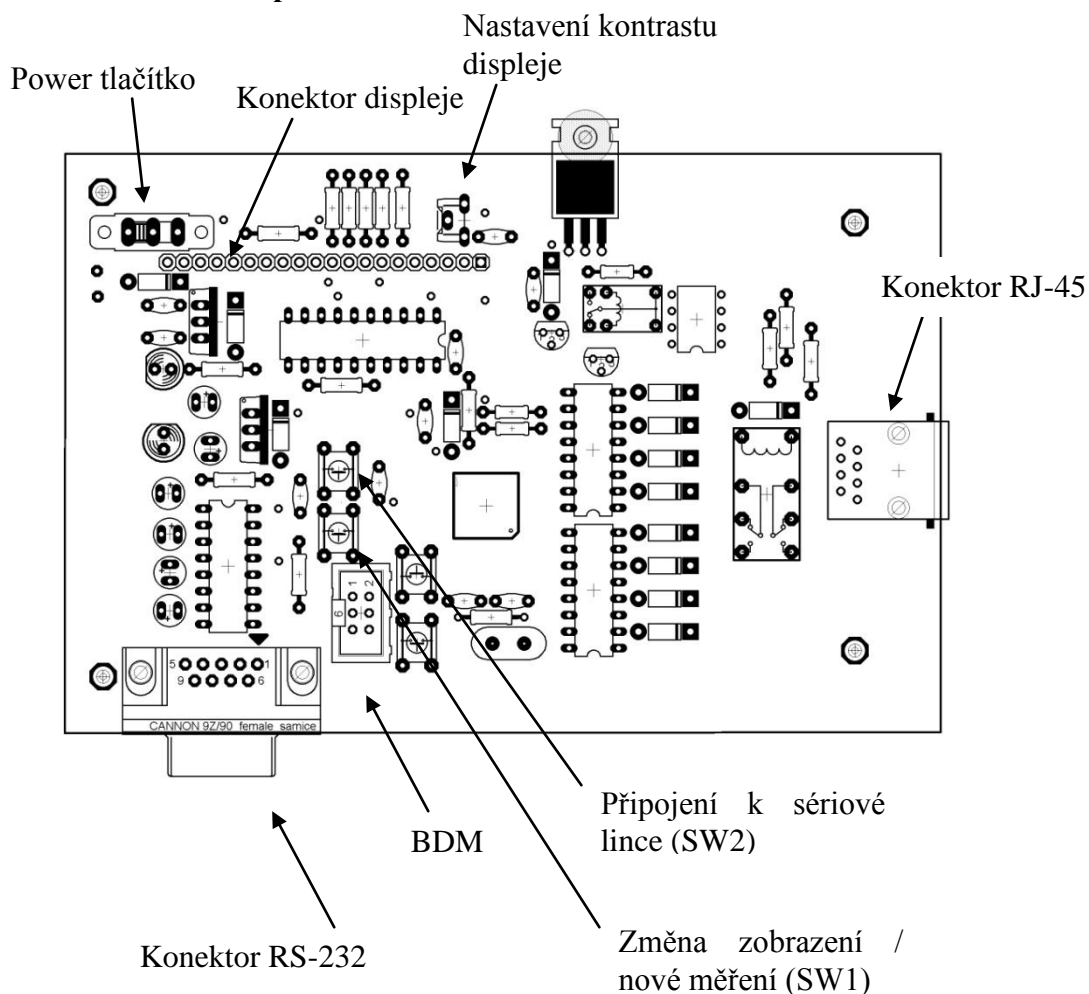
```

scil_out('@');
for(i=0;i<8;i++){
    sprintf(zap,"%d",zapojeni[i]);
    scil_str_out(zap);    //odeslání záznamu o měření
}
scil_out('?');
sprintf(buffer," %0.1f ",delka);
scil_str_out(buffer);
scil_out('?');
scil_out(mereni);
scil_str_out("!\\n");

```

### 4.3 Uživatelský manuál testeru

#### 4.3.1 Rozmístění ovládacích prvků a konektorů

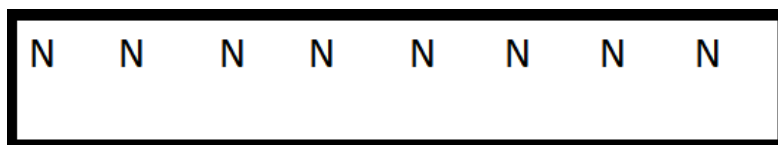


Obr. 32: Rozmístění ovládacích prvků a konektorů

### 4.3.2 Obsluha zařízení

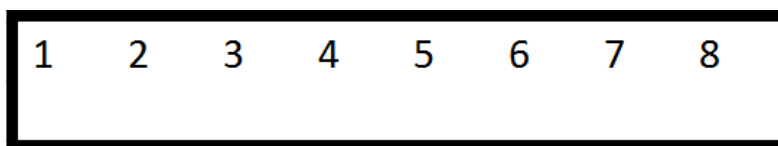
#### 4.3.2.1 Režim měření průchodnosti kabelu

Po zapnutí tlačítka napájení na přijímači se zařízení nachází v režimu měření průchodnosti kabelu, na displeji se zobrazí:



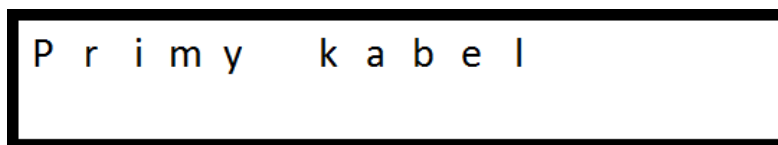
Obr. 33: Displej po zapnutí zařízení

Po připojení testovaného kabelu a zapnutí napájecího tlačítka na vysílači se rozsvítí červená dioda, která signalizuje, že zařízení se nachází v režimu měření průchodnosti. Na displeji se zobrazí zapojení jednotlivých vodičů kabelu. Pokud některý z vodičů bude porušen, místo čísla je zobrazeno písmeno N. Důležité je, že k správné funkci zařízení je potřeba, aby alespoň dvě žíly ve vodiči byly nepřerušené.



Obr. 34: Displej při měření jednotlivých vodičů

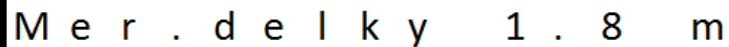
Stiskem tlačítka SW1 se na displeji zobrazí, o jaký typ kabelu se jedná, pokud dané zapojení kabelu tester nepozná, vypíše, že kabel není definován. Dalším stiskem tohoto tlačítka se přepne zpět do zobrazení informací o jednotlivých vodičích.



Obr. 35: Displej při zobrazení informací o typu kabelu

#### 4.3.2.2 Režim měření délky kabelu

Zařízení je po spuštění v režimu měření průchodnosti. Tlačítkem na vysílači přepneme do režimu měření délky, zhasne červená dioda a rozsvítí se dioda zelená. Pokud je připojený kabel, který je přímý nebo křížený, na displeji se zobrazí informace o přibližné délce kabelu.

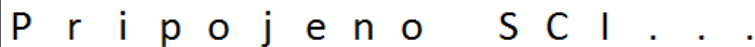
A rectangular display with a black border showing the text 'M e r . d e l k y 1 . 8 m' in a monospaced font.

*Obr. 36: Displej při měření délky*

Stiskem tlačítka SW1 na přijímači lze měření délky opakovat. Přepnutím tlačítka změny režimu na vysílači se zařízení přepne zpět do režimu průchodnosti kabelu, ale na displeji stále zůstane informace o délce kabelu, pro odblokování a zobrazení informací o průchodnosti kabelu je nutné stisknout tlačítko SW1.

#### **4.3.2.3 Sériové rozhraní**

Stiskem tlačítka SW2 zařízení přejde do režimu sériové komunikace, na displeji se zobrazí, že zařízení je připojeno.

A rectangular display with a black border showing the text 'P r i p o j e n o S C I . . .' in a monospaced font.

*Obr. 37: Displej při sériové komunikaci*

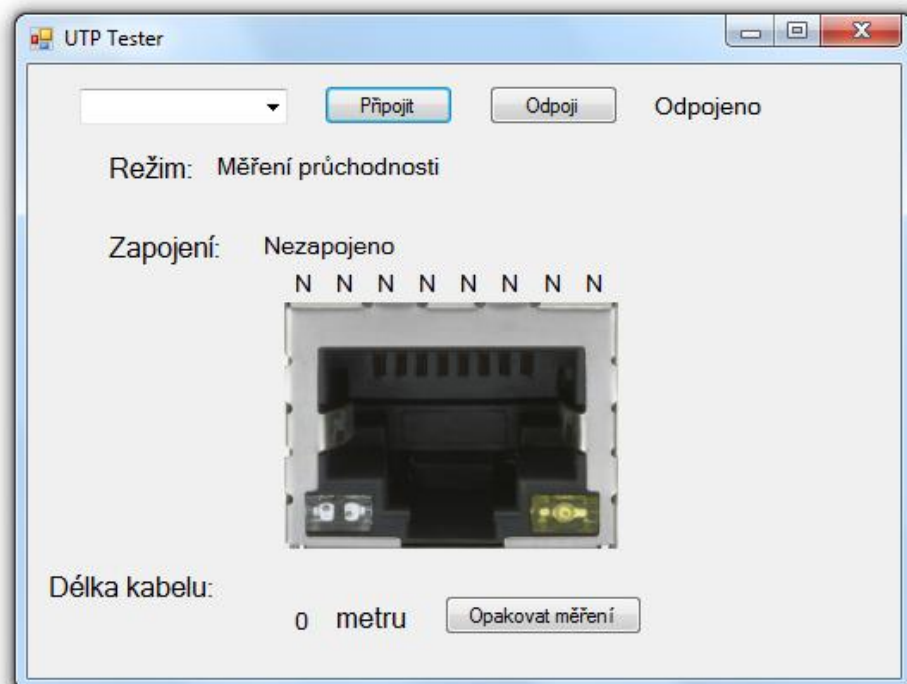
Odpojení od sériové linky lze pak provést několika způsoby buď vypnutím zařízení pomocí tlačítka power, opětovným stiskem tlačítka SW2 nebo kliknutím ve vizualizačním rozhraní zařízení v počítači na tlačítko odpojit.

## 5 VIZUALIZAČNÍ ROZHRAŇÍ PRO PC

Jeden z dalších bodů zadání bakalářské práce bylo vytvořit vizualizační rozhraní pro počítač. Nejvhodnějšího programovací jazyk se zdálo být rozumné použít C#, což je vysokoúrovňový objektový jazyk vytvořený společností Microsoft. Programovací prostředí bylo použito Microsoft Visual C# 2008 Express Edition.

### 5.1 Teoretický rozbor

Při návrhu tohoto programu byl kladen důraz na jednoduchost a intuitivnost ovládání. Jak již bylo zmíněno, přijímač odesílá takzvaný paket ve tvaru @12345678?1,8?0!\n, bohužel délka tohoto paketu není přesně specifikovaná. Proto bylo nutné vymyslet způsob zachytávání tohoto paketu. Programovací jazyk C# disponuje řadou funkcí pro práci se sériovou linkou. Funkce, která byla použita pro zachytávání, se jmenuje ReadLine, umožňuje načítat přijaté bajty do zásobníku tak dlouho, dokud se neobjeví sekvence znaků \n, jenž značí konec řádku. Poté už stačí vyvolat událost, která se provede po přijetí daného paketu, v tomto případě funkce starající se o rozdělení paketu na další tři bloky - zapojení, délka kabelu a stav měření. Následně se použijí operace pro práci s řetězci k získání jednotlivých znaků a zobrazit je v okně aplikace.



Obr. 38: Aplikace UTP Tester

## 5.2 Zdrojový kód

Při programování v C# se nejprve musí navrhnout design aplikace pomocí objektů, jako jsou tlačítka, combo boxy, labely a mnoho dalších. Interakce programu s těmito objekty se následně programuje. V následující části nebude popsán celý program, ale pouze ty nejdůležitější části. Kompletní zdrojový kód včetně aplikace UTP Tester je přiložen v příloze.

### 5.2.1 Načtení všech sériových portů

Aby se při otevření aplikace vyhledaly všechny dostupné sériové porty v počítači a následně naplnil combo box, ze kterého se pak bude moci vybrat port připojeného zařízení, slouží následující sekvence příkazů, kde port je název combo boxu:

```
string[] allPorts;  
allPorts = SerialPort.GetPortNames();  
port.Items.Clear();  
foreach (string porty in allPorts)  
{  
port.Items.Add(porty);  
}
```

Pokud je vyvolána výjimka bude vypsána informace o nenalezení žádného portu.

### 5.2.2 Otevření sériové linky

Před zahájením komunikace s přijímačem je velmi důležité nastavit na obou zařízeních stejnou přenosovou rychlost, v tomto případě je nastavena na 9600 Bd/s. Následně při otevření portu se zablokuje změna portu a tlačítko připojit.

```
serialPort1.PortName = port.Text;  
serialPort1.BaudRate = 9600;  
serialPort1.ReadTimeout = 500;  
serialPort1.Open();  
if (serialPort1.IsOpen)  
{  
    stav.Text = "Připojuji...";  
    port.Enabled = false;  
    pripojit.Enabled = false;  
    odpojit.Enabled = true;  
}
```

Při vyvolání výjimky je zobrazeno, že daný port nelze otevřít.

### 5.2.3 Odpojení sériové linky

Při kliknutí na tlačítko odpojit se nejprve odešle do mikropočítače odpojovací sekvence a následně se zavře sériový port a povolí se opět combo box s porty a tlačítko připojit.

```
serialPort1.Write("2");
serialPort1.Close();
if (!serialPort1.IsOpen)
{
    stav.Text = "Odpojeno...";
    port.Enabled = true;
    pripojit.Enabled = true;
    odpojit.Enabled = false;
}
```

Při vyvolání výjimky je zobrazena chyba v odpojení daného portu.

### 5.2.4 Čtení sériové linky

Jak již bylo zmíněno o čtení dat ze sériové linky se stará funkce ReadLine, která načítá tak dlouho do zásobníku dokud nenarazí na sekvenci znaků značící nový řádek. Pokud je přenos ukončen vyvolá se událost Retezce obsahující operace s řetězcí.

```
RxRetezec = serialPort1.ReadLine();
this.Invoke(new EventHandler(Retezce));
```

Když je vyvolána výjimka uzavře se sériový port.

### 5.2.5 Operace s řetězci

Nejdůležitější funkce starající se o správné zobrazení na monitoru. Nejprve se celý řetězec rozdělí na tři bloky podle otazníku.

```
pole = RxRetezec.Split('?');
```

Následně se do pole znaky vypíše řetězec z prvního bloku obsahující informace o zapojení vodičů a vypíše do okna jednotlivé zapojení.

```
znaky=pole[0].ToCharArray();
v1.Text = Convert.ToString(znaky[1]);
v2.Text = Convert.ToString(znaky[2]);
v3.Text = Convert.ToString(znaky[3]);
v4.Text = Convert.ToString(znaky[4]);
v5.Text = Convert.ToString(znaky[5]);
v6.Text = Convert.ToString(znaky[6]);
v7.Text = Convert.ToString(znaky[7]);
v8.Text = Convert.ToString(znaky[8]);
```

Dále se vypíše typ zapojení kabelu, ukázka zde:

```
if (znaky[1] == '1' && znaky[2] == '2' && znaky[3] == '3' &&
    znaky[6] == '6' && znaky[4] == '0' && znaky[4] == '0' &&
    znaky[7] == '0' && znaky[8] == '0')
{
    zapojeni.Text = "Přímý kabel úsporná varianta 4 vodiče";
}
```

Aby se mohl zobrazit aktuální režim musí se nejprve odstranit nežádoucí znaky, které se zde vyskytují stejně tak u zobrazení délky kabelu.

```
merenid = pole[2].Replace('!', ' ').Trim();
delkabelu = pole[1].Trim();
```

Pak se již provede dvojice podmínek, které zobrazí aktuální režim měření a zpřístupní tlačítko opakovat měření.

```
if (merenid == "0")
{
    stav.Text = "Připojeno...";
    rezim_label.Text = "Měření průchodnosti";
    delka.Text = "0.0";
    opakovat.Enabled = false;
}
if (merenid == "1")
{
    stav.Text = "Připojeno...";
    rezim_label.Text = "Měření délky";
    delka.Text = delkabelu;
    opakovat.Enabled = true;
}
```

Nakonec se odešle do přijímače informace, že může poslat další paket.

```
serialPort1.Write("0");
```

### 5.2.6 Opakování měření

Stiskem tlačítka opakovat měření v režimu měření délky, odešle do přijímače informaci, že má opakovat měření.

```
serialPort1.Write("1");
```

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat mikropočítačovou jednotku pro testování UTP kabelů včetně podpůrného programového vybavení. Toto zařízení se však nachází ve fázi prototypu, nicméně je kompletně funkční a odzkoušené. Jako jediný nedostatek zařízení je přesnost měření délky, která je v současné době udávána s odchylkou 20 %, je to dáno tím, že zatím neobsahuje možnost kalibrace na použitou cívku UTP kabelu, ovšem tento nedostatek lze další úpravou zdrojového kódu opravit. Dále velikost proudu, který je přibližně 100 mA, vstupující do kabelu se zdá být moc velký a má negativní vliv na elektrické vlastnosti kabelu, z tohoto důvodu bude v další revizi zařízení snížen na 10 mA. Tento proud má i nepříznivý vliv na výdrž baterie přijímače. Z testování a ladění programu zařízení, které probíhalo jeden a půl měsíce bylo zjištěno, že vysílač během této doby nepotřeboval výměnu baterie, která k zařízení byla připojena v době oživení. Na rozdíl od vysílače, přijímač během této doby spotřeboval třetí baterii, a však tento rozdíl je dán tím, že vysílač obsahuje pouze dvojici LED diod a jedno relé, která nejsou energeticky náročná. Jak již bylo uvedeno, přijímač obsahuje displej a proudový zdroj na 100 mA, což baterii silně ubírá na životnosti. Co se týče dalšího hardwarového návrhu na úpravu zařízení, bylo by v další verzi zařízení vhodné použít SMD součástky a nejlépe dvouvrstvý plošný spoj, což by výrazně snížilo rozměry přijímače a vysílače. Dále použití pouze 5 V napájení přijímače, které by vedlo k úspoře součástek a umožnilo obousměrnou komunikaci s displejem. Ovšem daný mikropočítač by se musel nahradit ekvivalentem s napájením 5 V. Vytvořené programové vybavení pro vizualizaci výsledků měření na počítači je možné doplnit o řadu dalších funkcí například archivaci záznamu o měření do souboru.

Cíle bakalářské práce bylo dosaženo konstrukcí prototypu mikropočítačové jednotky pro testování UTP kabelů včetně podpůrného programového vybavení. Tato práce může sloužit jako námět pro další konstrukce různých testerů kabelů. Výsledek práce byl prezentován v rámci školního kola soutěže firmy Freescale Semiconductor, kde získal druhé místo.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of the bachelor thesis was to design and to construct the microcontroller unit for testing of UTP cables including supporting software. This device is situated in prototype phase, nevertheless is completely functional and well-proven. The only defect of device is the accuracy in distance measurement which is currently stated with 20 % of divergence, this is because so far it does not include the option of the calibration on used coil of UTP cable, but it is possible to repair it by another correction of the source code. Furthermore the current, which is approximately 100 mA, entering into the cable seems to be too big and has negative influence on electric qualities of cable, for this reason, the current will be reduced to 10 mA in the next revision of the device. It has also a negative impact on the lifetime of the receiver battery. From testing and debugging of device, which took one and a half months, have been found that the transmitter during this period did not need to replace the battery, which was attached to the device at the time of recovery. Unlike the transmitter, the receiver during this time has already consumed third battery, however this difference is due to the fact that the transmitter has only a pair of LEDs and one relay, which are not energy-consuming. As already mentioned, the receiver includes a display and current source to 100 mA, which strongly reduces battery life. As for the next hardware design of the device, it would be suitable in another version of the device to use SMD parts and double layer printed circuit board, which would significantly reduce the size of receiver and transmitter. Furthermore, the use of only 5V receiver power, which would lead to saving components and allow two-way communication with display. However, the microcontroller would have to be replaced by an equivalent with supply of 5V. Created software for visualization of measurement results on the computer is possible to complete with range of functions, for example archiving a record about measurement to a file.

The aim of bachelor thesis was achieved by design of prototype of microcontroller unit for testing UTP cables including supporting software. This work could be used like subject for further constructions of various cable testers. The result of the work was presented in the school contest of the company Freescale Semiconductor, where it won a second place.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TRULOVE, James. *Sítě LAN*. Praha : Grada Publishing a.s., 2009. 384 s.
- [2] Svět sítí [online]. 12. 6. 2006 [cit. 2011-05-23]. Požadavky pro testování 10 Gb/s Ethernetu na twisted-pair kabelážích – 1. část. Dostupné z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/view.asp?rubrika=Tutorialy&temaID=321&clanekID=32>>
- [3] PC Diagnostics Software [online]. 23.4.2008 [cit. 2011-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.pc-diagnostics.com/documents/NS-468CableTesterManual.pdf>>.
- [4] In line [online]. 18.6.2009 [cit. 2011-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.inline-info.de/ftp/treiber/Dokument/79996C.pdf>>.
- [5] Testery [online]. 23.2.2011 [cit. 2011-05-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.testery.cz/index.php/metalicke-rozvody/kvalifikacni-testery/nt-955-validator-nt>>.
- [6] Jednočipový počítač. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-05-24]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Jednočipový\\_počítač](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jednočipový_počítač)>.
- [7] FRÝZA, Tomáš. *Mikroprocesorová technika a embedded systémy*. Brno, 2010. 70 s. Skriptá. Vysoké učení technické v Brně.
- [8] HORÁK, Jaroslav . *Hardware učebnice pro pokročilé*. Brno : CP Books, a.s., 2005. 342 s.
- [9] MANN, Burkhard. *C pro mikrokontroléry*. Praha : BEN - technická literatura, 2004. 280 s. ISBN 80-7300-077-6.
- [10] Freescale Semiconductor. *HCS08 Family Reference Manual, Rev.1.*, 2003. Dostupný z WWW: [[www.freescale.com](http://www.freescale.com)]
- [11] Freescale Semiconductor. *MC9S08SH16, MC9S08SH32 Data Sheet, Rev. 3*, 2008. Dostupný z WWW: [[www.freescale.com](http://www.freescale.com)]
- [12] Freescale Semiconductor. *MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev.2.3.*, 2004. Dostupný z WWW: [[www.freescale.com](http://www.freescale.com)]
- [13] UTB, FAI. *Soubory ovladače sériového rozhraní (SCI)*, Dostupné z WWW: <[www.vyuka.fai.utb.cz](http://www.vyuka.fai.utb.cz)>, kurz Mikropočítače.

- [14] *HORDĚJČUK, Vojtěch . Bc. Vojtěch Hordějčuk [online]. 2010 [cit. 2011-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://voho.cz/wiki/hardware/>>.*
- [15] *ICalvin [online]. 2007 [cit. 2011-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.icalvyn.com/utp-cable-aka-network-cable/>>.*
- [16] *Trendcomms [online]. 2006 [cit. 2011-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.trendcomms.com/multimedia/training/broadband%20networks/web/main/copper/theme/Chapter2/Crosstalk.html>>.*
- [17] *PETERKA, Jiří. EArchiv [online]. 1992 [cit. 2011-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.earchiv.cz/a92/a207c110.php3>>.*

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\Omega$	Ohm jednotka odporu.
kbps	Kilobit za sekundu. Jednotka přenosové rychlosti.
kHz	Kilohertz jednotka frekvence.
m	Metr jednotka délky.
KB	Kilobyte jednotka množství dat.
V	Volt jednotka napětí.
mA	Miliampér jednotka proudu.
UTP	Nestíněná kroucená dvojlinka.
USB	Univerzální sériová sběrnice.
PING	Packet InterNet Groper.
LED	Elektroluminiscenční dioda (Light-emitting diode).
TCP/IP	Sada protokolů pro komunikaci v počítačové síti.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol.
A/D	Analogově digitální.
FLASH	FLASH paměť.
ROM	Paměť pouze pro čtení (Read-Only Memory).
RAM	Paměť s libovolným přístupem (Random-access memory).
I2C	Multi-master sériová sběrnice.
PWM	Pulsně šířková modulace (Pulse Width Modulation).
SMD	Součástky pro povrchovou montáž.
BDM	Rozhraní pro programování mikropočítačů.
I/O	Vstup/Výstup.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1: Kroucená dvoulinka [17]</i> .....	11
<i>Obr. 2: Symetrické vedení [16]</i> .....	12
<i>Obr. 3: Konektor RJ-45</i> .....	14
<i>Obr. 4: Barevné značení T568A a T568B [15]</i> .....	14
<i>Obr. 5: Křížený kabel [15]</i> .....	14
<i>Obr. 6: FEXT [2]</i> .....	16
<i>Obr. 7: NEXT [2]</i> .....	16
<i>Obr. 8: Měření NEXT [1]</i> .....	16
<i>Obr. 9: NS-468 Cable Tester [3]</i> .....	17
<i>Obr. 10: TCT-2690 Pro [4]</i> .....	18
<i>Obr. 11: Validator NT 955 [5]</i> .....	19
<i>Obr. 12: Von Neumannova architektura [12]</i> .....	20
<i>Obr. 13: Harvardská architektura [12]</i> .....	21
<i>Obr. 14: Registry CPU HCS08 [10]</i> .....	22
<i>Obr. 15: Paměťová mapa MC9S08GB60 [10]</i> .....	24
<i>Obr. 16: Blokové schéma MC9S08SH16 [11]</i> .....	25
<i>Obr. 17: MC9S08SH16 28-pin SOIC [11]</i> .....	26
<i>Obr. 18: Blokové schéma MC9S08GB60 [12]</i> .....	27
<i>Obr. 19: MC9S08GB60 64 pin LQFP [12]</i> .....	28
<i>Obr. 20: Napájení vysílače</i> .....	31
<i>Obr. 21: Schéma řídicí části vysílače</i> .....	31
<i>Obr. 22: Napájení přijímače</i> .....	32
<i>Obr. 23: Obvod pro snímání průchodnosti kabelu</i> .....	33
<i>Obr. 24: Obvod pro měření délky kabelu</i> .....	34
<i>Obr. 25: Obvod zapojení displeje</i> .....	34
<i>Obr. 26: Komunikační rozhraní</i> .....	35
<i>Obr. 27: Zapojení mikropočítače</i> .....	36
<i>Obr. 28: Vývojový diagram celého programu vysílače</i> .....	37
<i>Obr. 29: Blokové schéma hlavního programu</i> .....	38
<i>Obr. 30: Vývojový diagram celého programu přijímače</i> .....	40
<i>Obr. 31: Vývojový diagram celého hlavního programu přijímače</i> .....	41
<i>Obr. 32: Rozmístění ovládacích prvků a konektorů</i> .....	44

---

<i>Obr. 33: Displej po zapnutí zařízení.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 34: Displej při měření jednotlivých vodičů .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 35: Displej při zobrazení informací o typu kabelu.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 36: Displej při měření délky .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 37: Displej při sériové komunikaci .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 38: Aplikace UTP Tester .....</i>	<i>47</i>

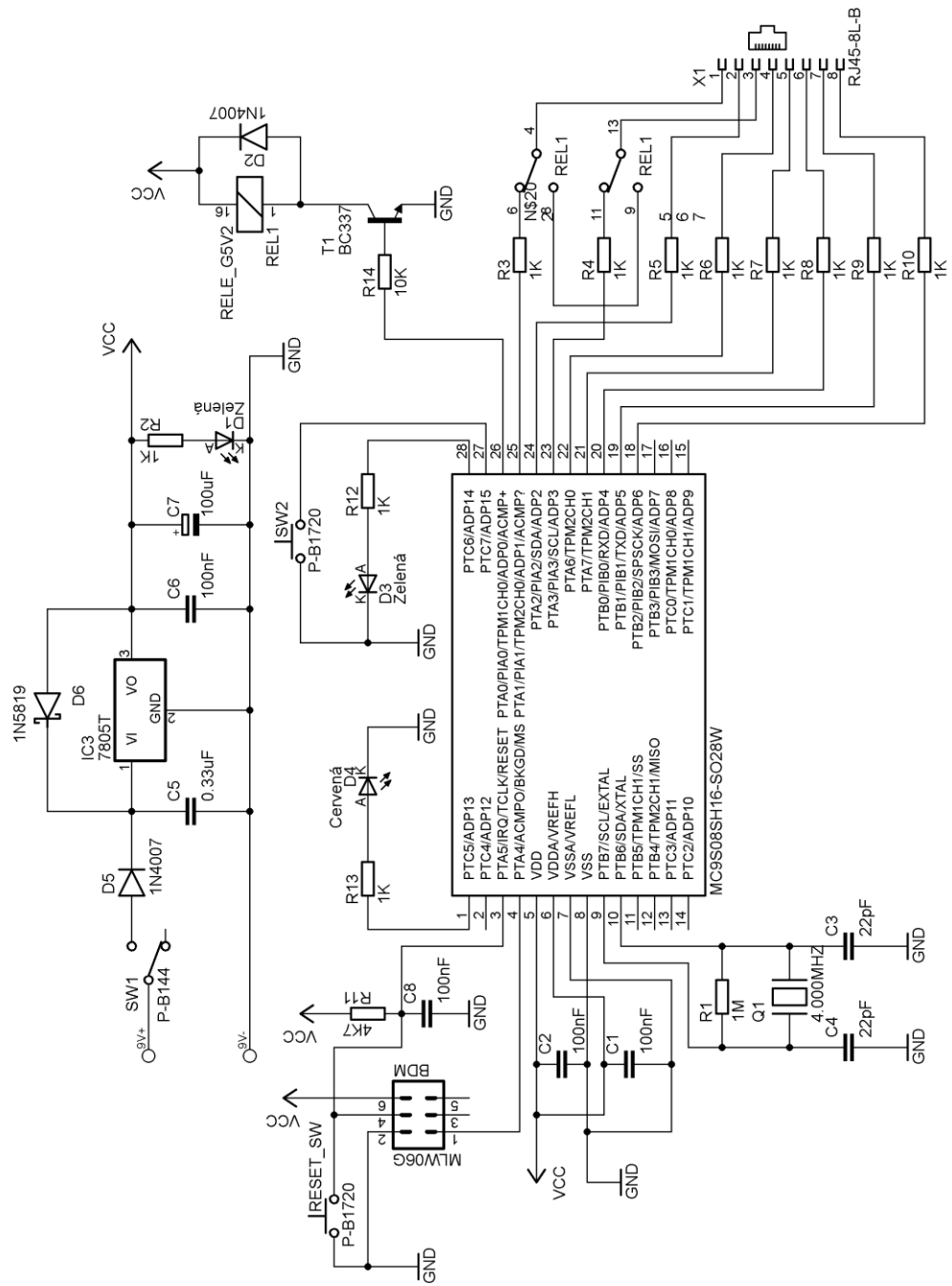
**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1: Základná parametry kroucené dvoulinky při teplotě 20°C.[1]</i> .....	13
<i>Tab. 2: Výkonnostní kategorie UTP kabelů[1]</i> .....	13
<i>Tab. 3: Zapojení vstupů a výstupů vysílače</i> .....	32
<i>Tab. 4: Zapojení jednotlivých vstupů/výstupů do mikropočítače přijímače</i> .....	35

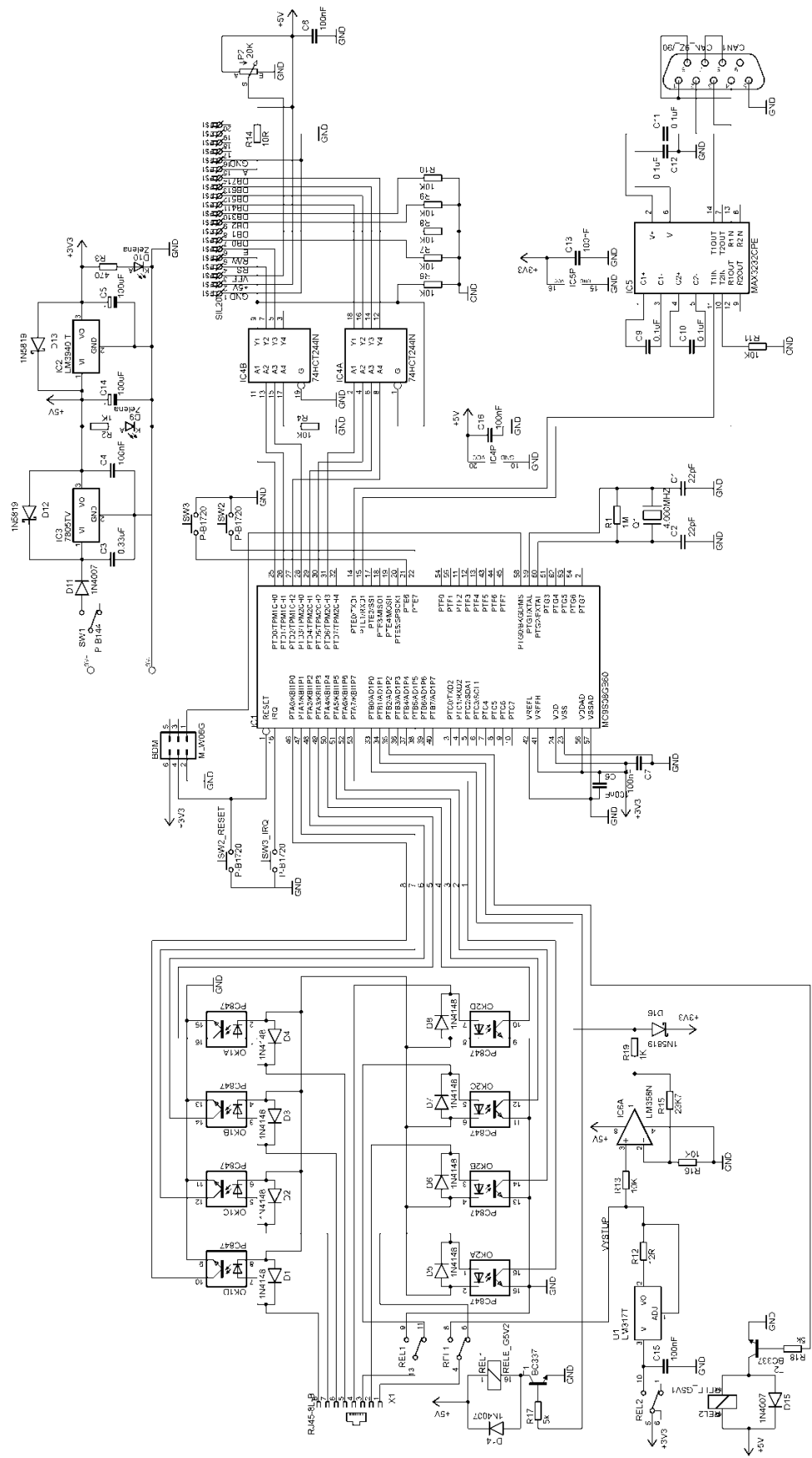
## SEZNAM PŘÍLOH

- P I Schéma zapojení vysílače
- P II Schéma zapojení přijímače
- P III Motiv plošného spoje a osazovací plán vysílače
- P IV Motiv plošného spoje a osazovací plán přijímače
- P V Fotodokumentace
- P VI Elektronické přílohy a verze bakalářské práce na CD

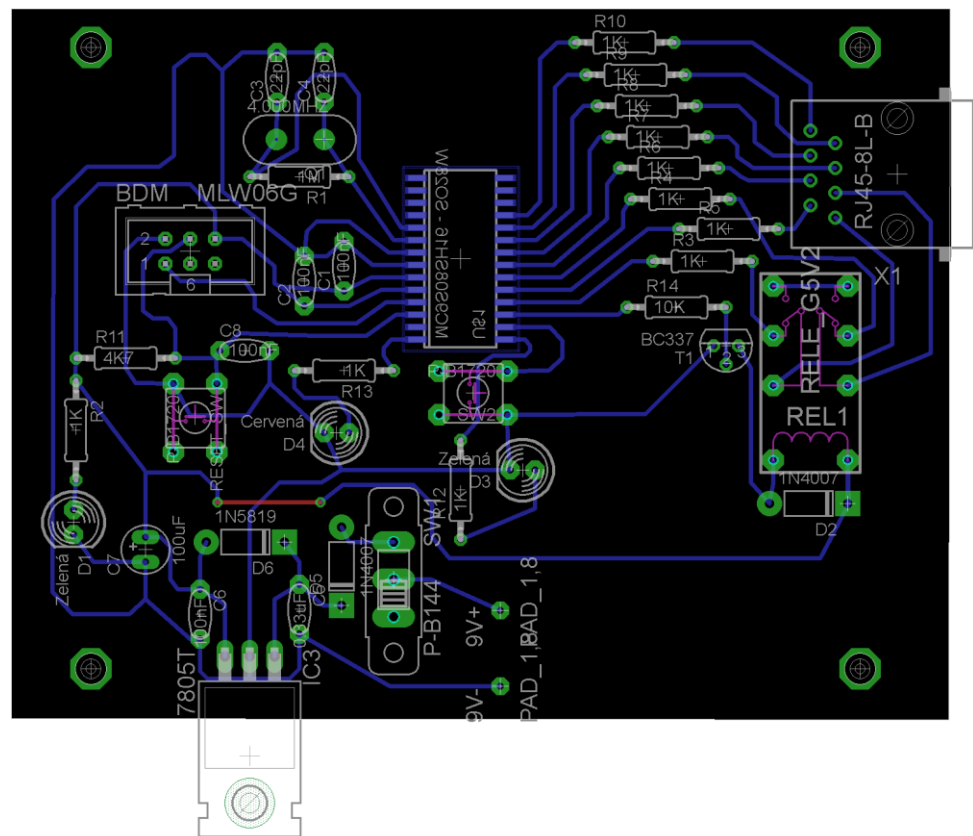
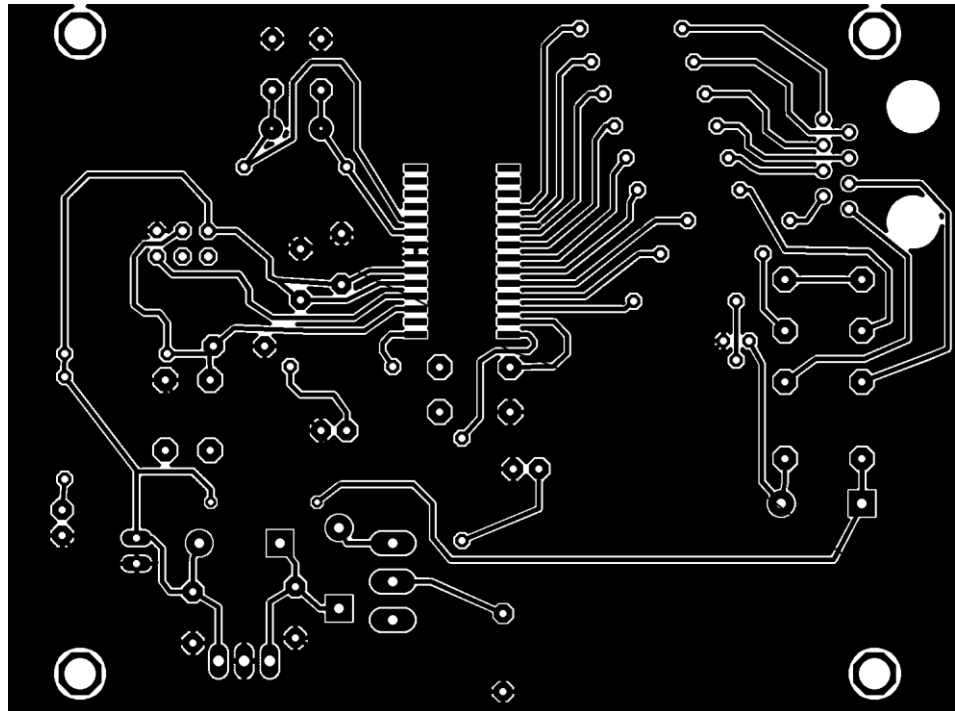
# PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ VYSÍLAČE



# PŘÍLOHA P II: SCHÉMA ZAPOJENÍ PŘIJÍMAČE



# PŘÍLOHA P III: MOTIV PLOŠNÉHO SPOJE A OSAZOVACÍ PLÁN VYSÍLAČE





## PŘÍLOHA P V: FOTODOKUMENTACE

