

Simulace rušení sběrnice Measurement BUS s využitím systému MATLAB Simulink

Ing. Jiří Novák, Ph.D., Petr PFEIFER

Katedra měření, Fakulta elektrotechnická,
České vysoké učení v Praze, Technická 2, 16627 Praha 6

Abstrakt: Příspěvek se zabývá implementací a popisem vyvinutého programového vybavení pro simulaci sběrnice Measurement Bus pomocí simulačního systému MATLAB Simulink. Je ale sestaven z obecně využitelných bloků, tyto lze jednoduše upravit také pro simulace jiných typů sběrnic. Pro účely přesného dohledání mechanismů vzniklých chyb při přenosech dat je každý jednotlivý blok schopen každý svůj stav přesně protokolovat.

1. Úvod

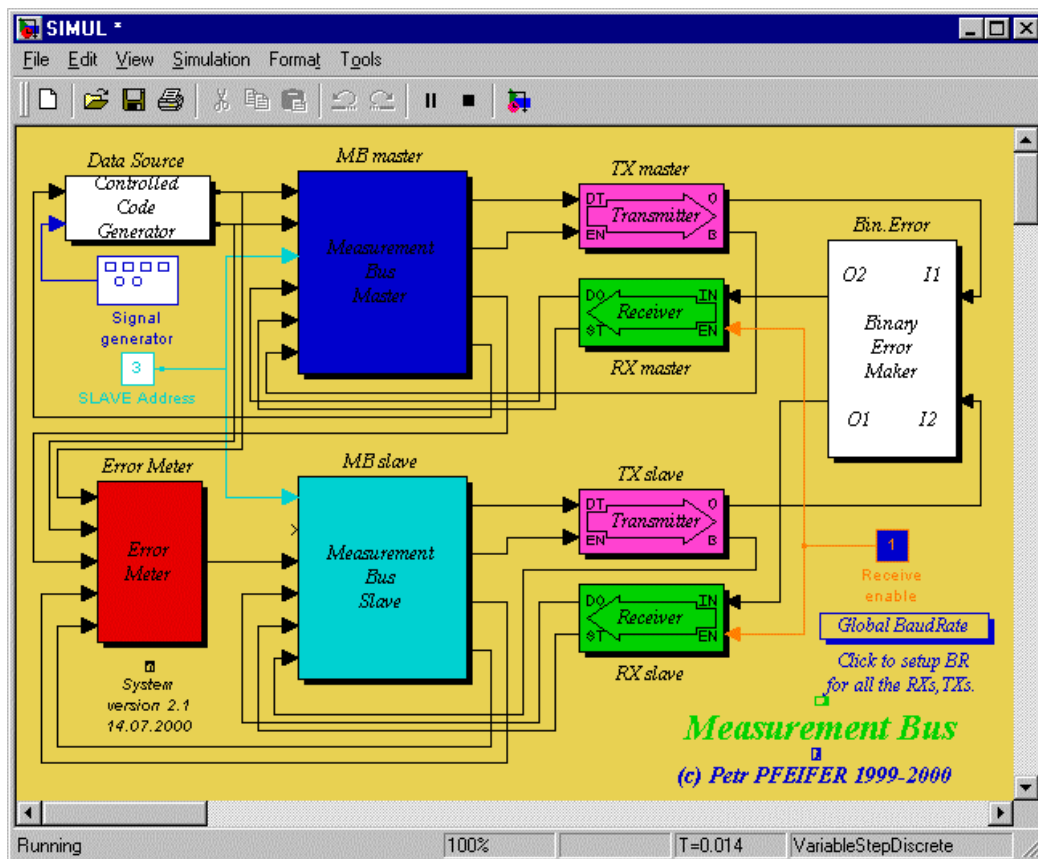
Naše katedra se již dlouhou dobu zabývá vývojem a aplikacemi různých typů především distribuovaných průmyslových systémů. Na základě velkého množství praktických a teoretických poznatků bylo rozhodnuto vyvinout ekvivalent reálného systému pro účely simulace jeho chování při působení různých typů rušení a odzkoušení nových úprav přenosových protokolů s cílem větší odolnosti systému a zvýšení propustnosti přenosového kanálu při jeho zarušení. Nový program měl pracovat v prostředí Windows a měl podávat vyčerpávající informace o chování simulovaného systému.

Pro vývoj tohoto nového programového vybavení byl zvolen simulační systém MATLAB Simulink. Vyvinutý systém umožňuje simulovat komunikaci po sběrnici Measurement Bus a její rušení. Důvodem volby právě tohoto typu sběrnice byla nejen její relativní jednoduchost, ale především velké množství naměřených dat, prováděných na reálných zařízeních za konkrétních podmínek. Přesto byla snaha sestavit systém z obecně využitelných bloků. Tyto bloky lze pak jednoduše upravit také pro simulaci jiných typů sběrnic. Pro účely přesného dohledání mechanismů vzniku chyb při přenosech jsou jednotlivé bloky schopny každý svůj stav protokolovat do souboru.

Při návrhu bylo pamatováno na možnost simulace i na nižších vrstvách (fyzické a linkové), proto je možné simulovat a také sledovat data na sběrnici přímo v sériové podobě.

2. Základní informace o sběrnici Measurement Bus

Sběrnice Measurement Bus (dříve označovaná DIN - Messbus) vznikla v roce 1986 a v praxi je používána od roku 1990. Je standardizována normou DIN 66348, především částí 2, která definuje fyzickou a linkovou vrstvu protokolu dle ISO-OSI modelu. Jde o sběrnici s Master-Slave řízením, definice její fyzické vrstvy odpovídá standardu RS-485. Na sběrnici lze připojit až 32 jednotek včetně stanice řídicí. Sběrnice byla vytvořena především pro datové přenosy v oblasti jednoduché automatizace a sběru dat. Její značnou výhodou je snadná implementovatelnost v libovolném procesoru, vybaveném pouhým asynchronním sériovým rozhraním (UART), vše ostatní lze realizovat programově. Typická přenosová rychlost je 9600 Bd, norma ale připouští použití přenosových rychlostí až do 1 MBd. Pro vyšší vrstvy (aplikační) ISO-OSI modelu je doporučen standard DIN 66348, část 3. Při zabezpečení přenášeného bloku dat se vychází z normy ISO 1155 (podélná parita), resp. ISO 1177 (příčná parita). Řešení případných chyb na vyšších vrstvách se řídí normou ISO7498.



Obr. 1 Kopie okna simulačního systému MATLAB Simulink s modelem.

3. Stručný popis jednotlivých bloků simulačního schématu

Všechny níže popisované bloky jsou implementovány převážně s využitím systémových funkcí (s-functions), případně využitím některých bloků z knihoven, jako je např. Communications Toolbox, apod. Kopie okna simulačního systému MATLAB Simulink se zjednodušeným blokovým schématem je na obr. 1. Celý systém se zjednodušeně skládá z níže popisovaných bloků. U každého jednotlivého bloku je samozřejmě možné vyvolat mnohdy velice podrobnou nápovědu, která pomůže řešit případné problémy při nastavování jednotlivých parametrů bloku. Další informace lze získat zavoláním příslušné systémové funkce bloku bez parametrů, zcela detailní pak při jejím klasickém výpisu. Informace o struktuře jednotlivých bloků pak získáme jejich rozbalením (odmaskováním).

3.1 Blok generátoru dat

První funkční součástí blokového schématu je blok generátoru dat. Zde jsou generována data, která se následující bloky systému mezi sebou snaží úspěšně vyměnit. Generátor může vysílat data ze zadaného souboru nebo je např. náhodně generovat pomocí připojeného generátoru. Data jsou vysílána především do bloku řídicí stanice (Measurement Bus master) dle jeho požadavků. Kopie vyslaných dat je rovněž odevzdávána do bloku detektoru a měřiče počtu přenosových chyb (Error Meter).

3.2 Blok řídicí stanice sběrnice

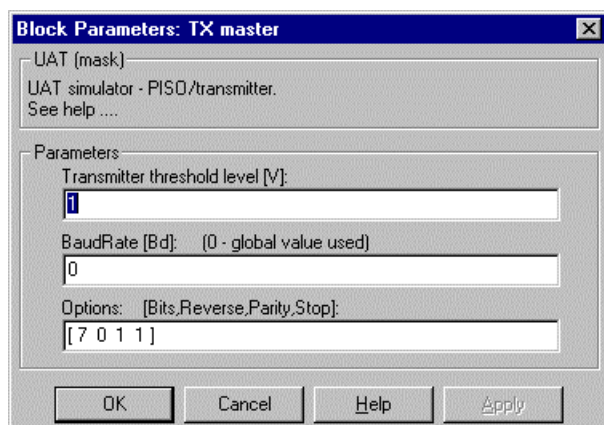
Tento blok simuluje řídicí stanici simulované sběrnice. Při jeho konstrukci bylo využito normy DIN 66348, resp. informací v ní uvedených. Tento blok byl pro účely simulace

zjednodušen, protože tato konkrétní implementace počítá pouze s jednosměrným přenosem dat od řídicí stanice ke stanici účastnické. Byly tedy vypuštěny ty části, které s tímto přenosem přímo nesouvisí nebo ho žádným způsobem neovlivní.

Jako u každého bloku, i u tohoto lze nastavit jeho parametry, jako je např. jeho systémový takt jako obdobu rychlosti zpracování instrukcí procesorem, a tím možnost simulovat vliv zpoždění reakce procesoru, resp. programu na pochody na sběrnici. Dalšími parametry jsou určení maximální délky datového bloku, povolení výpisu hlášení, velikost vyrovnávací paměti bloku, časové konstanty T_a a T_c dle normy.

3.2 Blok vysílače sériových dat

Tento blok simuluje vysílací část běžného UART obvodu. Realizuje tedy načítání dat

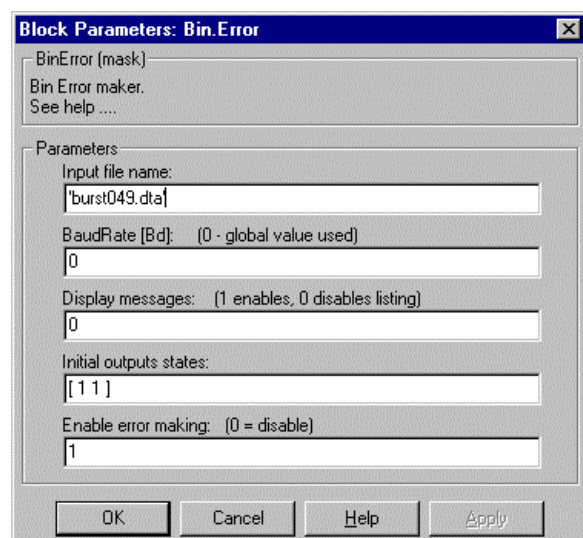


Obr. 2 Parametry bloku vysílače

do virtuálního vstupního registru a jejich konverzi z paralelní formy na sériovou a následné vyslání na virtuální přenosovou linku. U tohoto bloku je možné nastavit tyto jeho následující parametry: rozhodovací úroveň vstupu povolení vysílání, přenosovou rychlost, v části *Options* počet bitů přenášených znaků, pořadí přenášených bitů (od MSB k LSB nebo naopak), použitý kontrolní mechanismus přenosu znaku (parita lichá, sudá, značka nebo mezera) a počet stopbitů. Další parametry lze zadat přímo do programu. Kopii okna s parametry bloku je možné vidět na obr. 2.

3.3 Blok vytváření přenosových chyb, rušení přenosu (Binary Error Maker)

V tomto bloku se realizuje vlastní simulace rušení přenosové cesty. Jeho funkce je

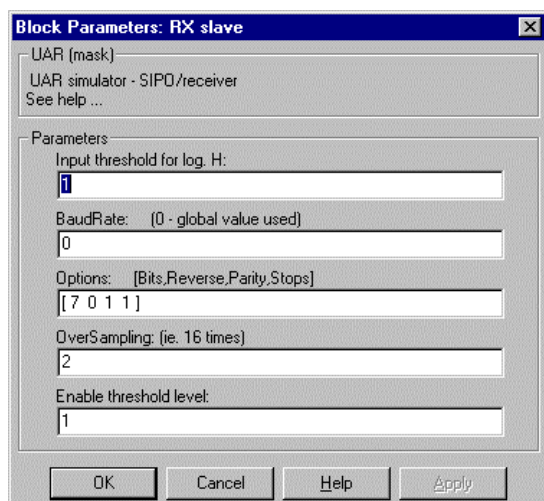


Obr. 3 Parametry bloku vytváření přenosových chyb

velice jednoduchá a spočívá v tom, že se postupně načítají data ze zadaného souboru, na jejichž základě se vytváří vlastní virtuální rušivé impulsy. U tohoto bloku můžeme nastavit tyto jeho následující parametry: jméno vstupního souboru, který obsahuje údaje, na jejichž základě bude prováděno virtuální zarušení přenosového kanálu, přenosová rychlost, která se v systému používá. Pokud zadáme do této položky nulu, blok automaticky použije hodnotu z globální proměnné, což bude voleno v případě požadovaného rušení synchronně s přenosem znaků. Nicméně nám nic nebrání v tom, vytvářet rušivé impulsy délky kratší nebo delší, než je doba přenosu jednoho bitu zprávy. Kopii okna s parametry bloku je možné vidět na obr. 3.

3.3 Blok přijímače sériových dat (Receiver)

Tento blok simuluje přijímací část běžného UART obvodu. Realizuje tedy načítání sériových dat z virtuální přenosové linky a jejich dekódování a konverzi do paralelní formy

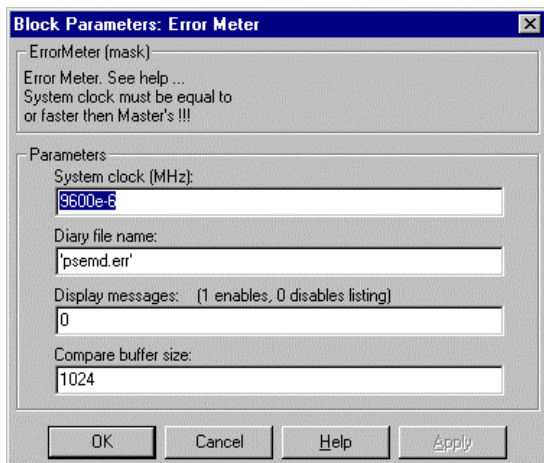


Obr. 4 Parametry bloku přijímače

blok automaticky použije hodnotu z globální proměnné. V části *Options* stejně jako v případě vysílače počet bitů přijímaných znaků, pořadí, paritu a počet stopbitů. Nakonec máme možnost volby převzorkování (toto číslo udává, kolikrát častěji se bude vzorkovat vstup IN, než je vlastní nastavená přenosová rychlost, máme tak možnost ovlivnit schopnosti synchronizace na startbit přenášené sekvence) a rozhodovací úroveň povolovacího vstupu. Výstupem bloku po přijetí kompletního znaku z přenosového kanálu (sériové linky) je hodnota přijatého znaku na výstupu DO a stavový byte na výstupu ST, který se nastavuje během příjmu posledního bitu stopbitu znaku. Tento výstup indikuje následující stavy: nový znak ještě nebyl přijat, byl úspěšně přijat znak (je tedy naprosto v pořádku), znak byl přijat, ale nesouhlasí jeho parita s paritou nastavenou, znak byl přijat, ale nesouhlasí jeho rámeček (špatné stopbity), znak byl přijat, ale nesouhlasí ani jeho rámeček, ani jeho parita. Kopii okna s parametry bloku je možné vidět na obr. 4.

3.4 Blok účastnické stanice (Measurement Bus Slave)

Tento blok simuluje účastnickou stanici simulované sběrnice. Při jeho konstrukci bylo využito normy DIN 66348, resp. informací v ní uvedených. Tento blok byl pro účely simulace opět zjednodušen, protože tato konkrétní implementace počítá pouze s jednosměrným přenosem dat od řídicí stanice ke stanici účastnické. Byly tedy opět vypuštěny ty části, které s tímto přenosem přímo nesouvisí nebo ho žádným způsobem neovlivní. U tohoto bloku můžeme nastavit následující parametry: systémový takt s podobným významem jako u řídicí



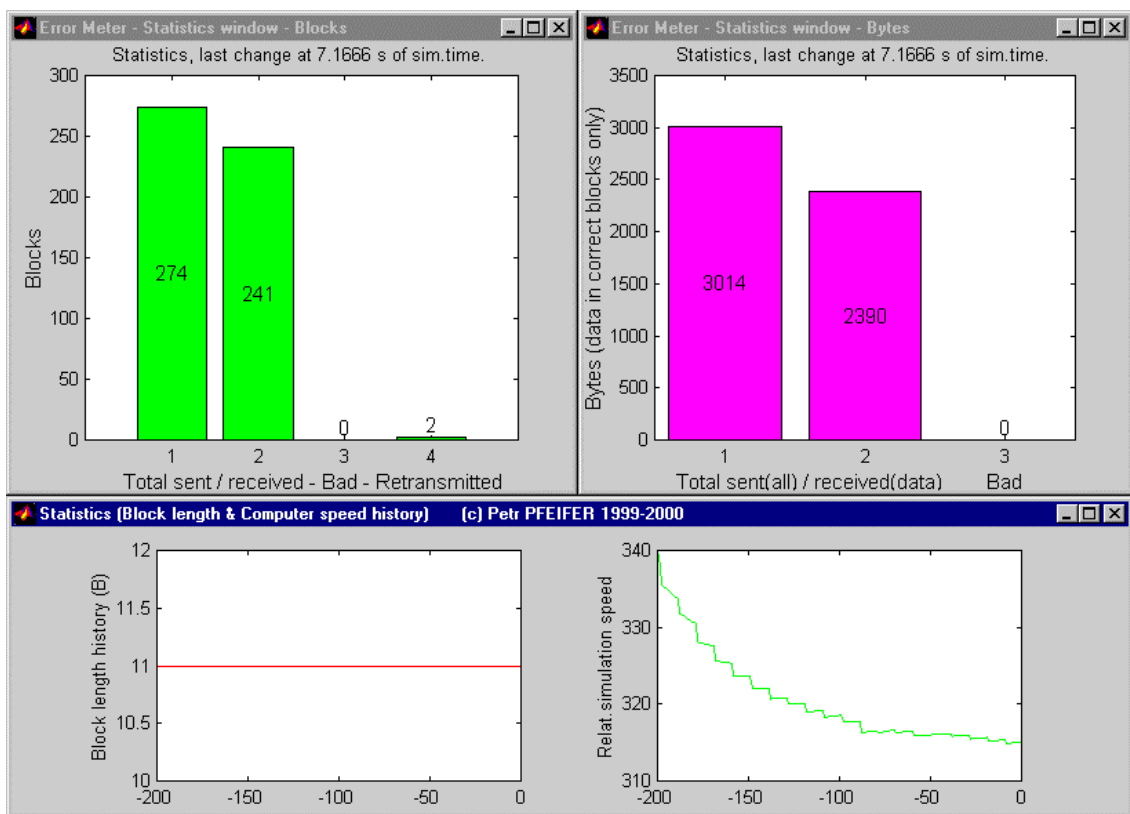
Obr. 5 Parametry bloku detektoru a měřiče počtu přenosových chyb

pro následné využití dalším blokem. Parametry bloku a vlastnosti přenášených znaků je možné v širokých mezích měnit. Na výstupu bloku je možné po každém přijetí znaku zjistit jeho hodnotu a kvalitu, tedy zda byl přijatý v pořádku, případně zda se vyskytl rozdíl v jeho paritě nebo neshoda jeho rámeček v případě, že takovou kontrolu správnou volbou nastavení přijímače umožníme. U tohoto bloku můžeme nastavit tyto jeho následující parametry: rozhodovací úroveň vstupu pro detekci logické jedničky (číslo v této položce udává minimální velikost virtuálního napětí, které se musí přivést na vstup DI, aby se detekovalo přijetí logické jedničky), přenosová rychlost, kterou se data po sériové lince přenášejí. Pokud zadáme do této položky nulu,

stanice, maximální délku datového bloku pro vytvoření dostatečné vnitřní vyrovnávací paměti, povolení výpisu hlášení o aktuálním stavu bloku a časové konstanty T_a a T_c dle normy.

3.5 Blok detektoru a měřiče počtu přenosových chyb (Error Meter)

Funkce tohoto bloku je zcela evidentní. Jeho úkolem je přebírat data, která si bere řídicí stanice do své vyrovnávací paměti a utvářet k nim časové značky. Dalším úkolem je přebírat od účastnické stanice přijaté bloky dat, případně informace o jejím stavu. Data, která jsou vysílána z účastnické stanice, jsou porovnávána s těmi,



Obr. 6 Grafické výstupy bloku detektoru a měřiče počtu přenosových chyb

kteřá byla přijata řídicí stanicí ke zpracování. Do výstupního protokolového souboru je pak uložena časová značka a hodnota znaku, který přijala řídicí stanice, následována časovou značkou a hodnotou znaku, který byl ve shodném pořadí získán ze stanice účastnické. U tohoto bloku můžeme nastavit následující parametry: systémový takt, jméno souboru pro ukládání vyslaných a přijatých znaků a protokolu, povolení výpisu hlášení a velikost vnitřní porovnávací paměti.

Výstupů tohoto bloku je několik. V prvním případě aktuálně vizuálně informuje v podobě grafů o dosavadních výsledcích simulace, přičemž zobrazuje počet doposud řídicí stanicí vyslaných bloků, účastnickou stanicí přijatých, špatných bloků a bloků pouze poškozených (tzn. na chybu kontrolní mechanismy přišly a požádaly řídicí stanici o opětovné vyslání). V druhém grafu je tento výsledek interpretován konkrétněji, přepočítán na znaky (byte). Poslední zobrazované okno obsahuje pouze dva grafy a má čistě informativní charakter o nedávné historii délky přijatých bloků účastnickou stanicí a výkonu výpočetního systému, resp. rychlosti simulace. Kopie oken je na obr. 6. Další výstupy jsou zmíněné výstupy do souborů, kdy se evidují vyslané a přijaté znaky spolu s jejich časovými značkami.

4. Zkušenosti se simulací, výsledky

Možnost simulací i na té nejnižší vrstvě musí být něčím vykoupena. Touto cenou je především rychlost simulace. Simulovaný systém je asi 350 krát pomalejší oproti reálnému systému při běhu simulací na PC s procesorem Intel Pentium 120MHz. Při použití PC s procesorem Intel Celeron 333MHz byl tento poměr již asi 130. Protože jsou takřka všechny soubory typu m-file, není tento výsledek zase tak špatný. Aktuální informace o rychlosti simulace je vidět i obr.6 (pravý spodní graf).

Po desítkách provedených simulací byl systém shledán v mnoha parametrech podobným reálnému zařízení. Předností systému je možnost přesně definované pravděpodobnosti chyby z širokého možného rozsahu, čehož se samozřejmě v realitě špatně dosahuje.

5. Závěr

Popisované programové vybavení pro simulaci sběrnice Measurement Bus a jejího rušení bylo původně realizováno ještě s použitím MATLABu verze 4.2., který byl v té době nejlépe zvládnut. Nicméně ještě v průběhu roku se přistoupilo ke konverzi simulačních souborů a modelů do verze MATLABu 5.3. S minimálními úpravami se konverze úspěšně zdařila, program byl navíc doplněn o funkce nebo možnosti, které nebyly v předchozí verzi MATLABu možné.

Dalším uvažovaným krokem je detailnější rozbor rozdílů simulace s realitou, případné další úpravy programů a následný návrh a simulace různých inteligentních algoritmů s cílem dosáhnout co nejvyšší propustnosti přenosového kanálu při ovlivnění různými typy rušení, aniž by to vedlo k velikým zásahům do již realizovaných zařízení. Některé úpravy byly již úspěšně realizovány.

Tento výsledek byl získán za finančního přispění Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci podpory projektu výzkumu a vývoje LN00B073.

Literatura

- [1] Wang Weizheng, Communications TOOLBOX User's Guide, The MATHWORKS Inc.,1996
- [2] Norma DIN 66348
- [3] Kocourek Petr, Přenos informace, skriptum ČVUT,1996
- [4] Hilscher Philipp, Implementace programového vybavení do univerzálního mikroprocesorového modulu, bakalářská práce 1997
- [5] Půlpán Radek, Rozšiřující modul pro podřízenou stanici s operačním systémem RČ pracující na sběrnici Fieldbus dle DIN66348, bakalářská práce 1997
- [6] Procházka Dalibor, Spojení segmentů systému DIN-Messbus prostřednictvím komutované telefonní linky, bakalářská práce 1997
- [7] Pfeifer Petr, Simulace komunikací v Matlabu, semestrální práce 1999
- [8] Soubor Messbus.doc, ČVUT FEL, K338
- [9] Soubor Refer.doc, ČVUT FEL, K338
- [10] Kocourek Petr a kol., Číslicové měřicí systémy, ČVUT 1994
- [11] Internet (<http://fielbus.feld.cvut.cz>, apod.)

Kontaktní adresa:

Petr PFEIFER

Katedra měření, FEL ČVUT Praha, Technická 2, 166 27 Praha 6

e-mail: xpfeifer@fel.cvut.cz