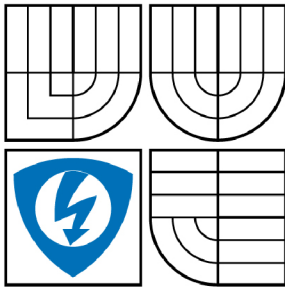


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## SOUBOR ÚLOH Z OBLASTI SBĚRU DAT (DATA ACQUISITION) PRO KURS BEMS

EXERCISES FOR DATA ACQUISITION FOR BEMS COURSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

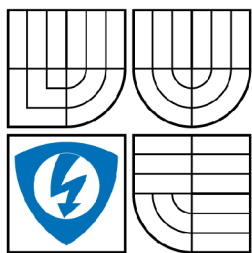
MAREK NOVOTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV ČEJKA, CSc.

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Automatizační a měřicí technika**

**Student:** Marek Novotný

**ID:** 77912

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2008/2009

## NÁZEV TÉMATU:

**Soubor úloh z oblasti sběru dat (Data Acquisition) pro kurs BEMS**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1/ Seznamte se s LabVIEW a LabWINDOWS/CVI a prostředky sběru dat pro toto prostředí
- 2/ Zpracujte přehled nejčastěji se vyskytujících úloh sběru analogových dat v praxi a nástrojů pro řešení takových úloh
- 3/ Navrhněte dvě laboratorní úlohy s využitím modulů USB 6008 a zpracujte k nim dokumentaci .
- 4/ Úlohy ověřte a zhodnoťte dosažené výsledky

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Firemní literatura National Instruments,  
materiály kurzu BEMS

**Termín zadání:** 9.2.2009

**Termín odevzdání:** 1.6.2009

**Vedoucí práce:** Ing. Miloslav Čejka, CSc.

**prof. Ing. Pavel Jura, CSc.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

## ABSTRAKT

Obsahem této práce je pochopení problematiky sběru dat. Je zde vysvětleno co je to sběr dat, taktéž jsou vysvětleny některé často používané pojmy a principy, které s touto problematikou souvisí. Jak lze z určitého fyzikálního procesu nebo jevu získat užitečné informace. Jak může být takto získaná informace dále zpracována nebo reprezentována. Část práce se zabývá hardwarovou stránkou zařízení a to nejčastěji používaných sběrnic a s tím související měřicí systémy, karty a moduly. Kromě hardwarové části jsou zmíněny také používané vývojové a měřicí programy, jejich vlastnosti a systém tvorby aplikací.

V díle je možné se dozvědět jaké úlohy mohou využívat sběr dat. S jakými problémy se v praxi lze setkat a tudíž nutné počítat.

Jako příklad celého systému pro sběr dat jsou ukázány příklady dvou úloh vypracovaných v systému LabVIEW. Obě úlohy pracují s reálným zařízením a tak získávají reálná data, se kterými lze dále pracovat.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

měření, zpracování signálu, úlohy v LabVIEW, sběr dat

## ABSTRACT

The content of this thesis is to understand a field of data acquisition. There is explained what it is data acquisition and also there are described frequently used terms and principles, which belong to this theme. We have to understand how to get useful information from a specific physical effect or event; how can be this information processed or represented. A part of this thesis describes hardware side of this mechanism – the most used buses and measuring systems, cards and modules belonging to it. There are also described used developing and measuring programmes, their features and system of output of applications besides.

In the thesis we can see which tasks can use data acquisition, which problems can appear and we have to know about them.

As an example of the whole data acquisition there are showed two tasks which are worked out in system of LabVIEW. Both tasks work with real mechanisms so they get real data and we can work with them further.

## KEY WORDS:

measurement, data processing, LabVIEW exercises, data acquisition

Bibliografická citace práce:

NOVOTNÝ, M. *Soubor úloh z oblasti sběru dat (Data Acquisition) pro kurs BEMS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 42s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miloslav Čejka, CSc.

## Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Soubor úloh z oblasti sběru dat (Data Acquisition) pro kurs BEMS jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **1. června 2009**

.....  
podpis autora

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Miloslavu Čejkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **1. června 2009**

.....  
podpis autora

## OBSAH

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>8</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
1.1 cíle práce.....	10
<b>2 SBĚR DAT OBECNĚ .....</b>	<b>11</b>
2.1 signály.....	11
2.1.1 analogový signál .....	12
2.1.2 číslicový signál .....	12
2.2 snímače .....	13
2.3 úpravy signálu.....	13
2.3.1 zesílení signálu.....	14
2.3.2 potlačení signálu .....	14
2.3.3 filtrace signálu.....	14
2.3.4 stínění a izolace.....	14
2.4 základní pojmy měřicí techniky.....	14
2.5 některé obecně používané pojmy při sběru dat.....	15
2.6 zařízení pro sběr dat.....	16
2.6.1 používaná rozhraní PC pro měřicí zařízení .....	16
2.6.2 měřicí systémy .....	18
2.6.3 modul NI USB-6008 .....	22
<b>3 ŘEŠENÍ A VÝSLEDKY .....</b>	<b>26</b>
3.1 sběr analogových dat v praxi .....	26
3.2 ukázkové úlohy .....	27
3.2.1 úloha č.1 – spektrum signálu, aliasing efekt .....	27
3.2.2 TEORETICKÝ ÚVOD .....	27
3.2.3 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A APLIKACE .....	30
3.2.4 POSTUP MĚŘENÍ .....	30
3.2.5 ZÁVĚR .....	32
3.2.6 úloha č.2 – Fázový posun při vícekanálovém měření .....	32
3.2.7 TEORETICKÝ ÚVOD .....	33
3.2.8 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A APLIKACE .....	34
3.2.9 POSTUP MĚŘENÍ .....	34
3.2.10 ZÁVĚR .....	36
<b>4 ZÁVĚR.....</b>	<b>37</b>
<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>38</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK.....</b>	<b>39</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>40</b>
příloha č.1 - blokové schéma úlohy č. 1 „Spektrum signálu“ .....	41
příloha č.2 - blokové schéma úlohy č. 1 „Fázový posun“ .....	42

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1: Blokové schéma při sběru dat (Data Acquisition System).....	11
Obrázek 2.2: Grafické zobrazení analogového signálu .....	12
Obrázek 2.3: Grafické zobrazení digitálního signálu .....	13
Obrázek 2.4: Příklady měřících zařízení využívající sběrnice PC [4].....	16
Obrázek 2.5: Měřicí systém PXI-1033 [4] .....	19
Obrázek 2.6: Měřicí systém VXI [4].....	20
Obrázek 2.7: Měřicí systém SCXI [4].....	21
Obrázek 2.8: Měřicí systém Compact FieldPoint-1804 [4].....	22
Obrázek 2.9: multifunkční měřicí zařízení USB-6008 [4] .....	23
Obrázek 2.10: Blokové schéma modulu NI USB-6008[5].....	24
Obrázek 2.11: Obvody analogového vstupu modulu NI USB-6008 [5].....	25
Obrázek 3.1: Periodický sled obdélníkových impulsů ( obdélníkový signál) –zobrazení v čase .....	28
Obrázek 3.2: Obdélníkový signál, zobrazení ve frekvenci – spektrum signálu .....	28
Obrázek 3.3: Spektrum signálu při dodržení vzorkovacího teorému [1].....	29
Obrázek 3.4: Přeložení spektra signálu při nedodržení vzorkovacího teorému [1].....	30
Obrázek 3.5: Ovládací panel pro úlohu č.1 – „Spektrum signálu“ .....	31
Obrázek 3.6: Vícekanálové uspořádání, 1 převodník, 1 vzorkovač – blokové schéma [1] .....	33
Obrázek 3.7: Vícekanálové uspořádání, 1 převodník, 1 vzorkovač – fázový posuv [1] .....	33
Obrázek 3.8: Ovládací panel pro úlohu č.2 - “Fázový posun“ .....	35



## SEZNAM TABULEK

Tab 2.1: Vztah mezi fyzikální veličinou a možným snímačem.....	13
Tab 2.2: Porovnání některých parametrů modulu USB-6008 a USB-6009 .....	23
Tab 3.1: Tabulka naměřených hodnot pro úlohu č.2.....	32
Tab 3.2: Tabulka naměřených hodnot pro úlohu č.2.....	36

## 1 ÚVOD

Měřicí technika vstupuje do lidského života větší měrou než se na první pohled může většině lidí zdát. Mnoho úkonů, které dříve dělal člověk pomocí jednoduchých strojů je dnes nahrazeno automatickým procesem. Důvod takového aplikování automatizace je ve vývoji polovodičových součástek a číslicového zpracování. V automatizovaném procesu je člověk nahrazen mikroprocesorem nebo podobnou polovodičovou součástkou schopnou vykonávat nějaký předem daný program (automatický proces). Obsluhu těchto zařízení ani tak nezajímá co je uvnitř přístroje ale spíše jak má přimět přístroj dělat to, co obsluha chce.

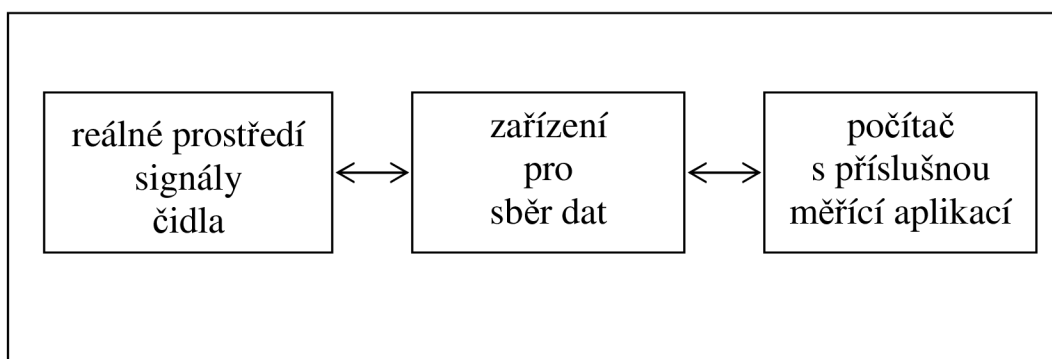
Na to, jak určité věci přimět, aby dělaly co chceme, existuje celá řada pomůcek, které nám mohou výrazně ulehčit práci i čas. Ať už jsou to různá zařízení, programy či jen správný pracovní postup, je třeba onu konkrétní pomůcku umět správně použít.

### 1.1 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce bylo vytvořit ukázkové úlohy, které by mohly být nápomocny studentům, kteří budou pracovat s vývojovým a měřicím prostředím LabVIEW. Díky vypracovaným úlohám mohou sledovat jak signály simulované, tak práci s reálným zařízením. V průběhu práce bylo také třeba zjistit a pochopit, jak vůbec sběr dat probíhá, co lze se získanými daty udělat a v neposlední řadě, co lze ze získaných dat vyvodit. Cílem celého systému sběru dat bylo pochopit možnosti, ale zejména omezení, která s sebou sběr dat přináší.

## 2 SBĚR DAT OBECNĚ

Smyslem sběru dat je měření elektrických nebo fyzikálních veličin jako je napětí, proud, teplota, tlak nebo zvuk. Sběr dat založený na počítačích kombinuje hardware, software a vlastní počítač. Každý systém sběru dat je složen z takových částí, které jsou potřeba pro dané měření. Systémy mají analyzovat měřená data a prezentovat nějakým způsobem výsledky svého měření. Tvoří vazbu mezi signály, čidly, zásobníky, programem a dalšími zařízeními sběru dat. [4]



Obrázek 2.1: Blokové schéma při sběru dat (Data Acquisition System)

Sběr dat zahrnuje získání signálů od zdroje působení a jeho digitalizaci, která umožní jeho uložení, analýzu a zobrazení na počítači. Existuje mnoho různých forem komunikace s počítačem. Pro měření si můžeme vybrat z několika typů sběrnic: PCI, PXI, PCI Express, PXI Express, PCMCIA, USB, bezdrátové komunikace a Ethernet. Existuje pět hlavních oblastí, o kterých bychom měli uvažovat, když budeme sestavovat systém pro sběr dat. [1][4]

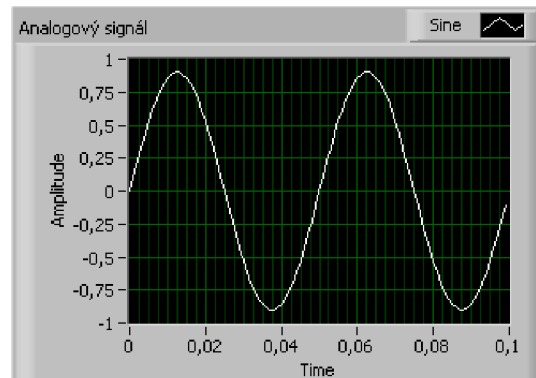
- signály
- čidla a převodníky
- úprava signálu
- zařízení pro sběr dat
- ovladače zařízení a software

### 2.1 SIGNÁLY

Abychom mohli jakýkoli signál efektivně měřit a hlavně mu správně porozumět, je třeba znát určité vlastnosti měřeného signálu. Signály lze rozdělit do dvou hlavních skupin, na analogové a digitální.

### 2.1.1 analogový signál

Analogový signál má nějakou hodnotu v každém okamžiku času. Pod analogovým signálem si lze představit například veličiny jako napětí, teplota, tlak. Důležité parametry analogového signálu, které vypovídají o jeho vlastnostech, jsou především amplituda, frekvence a tvar signálu.



Obrázek 2.2: Grafické zobrazení analogového signálu

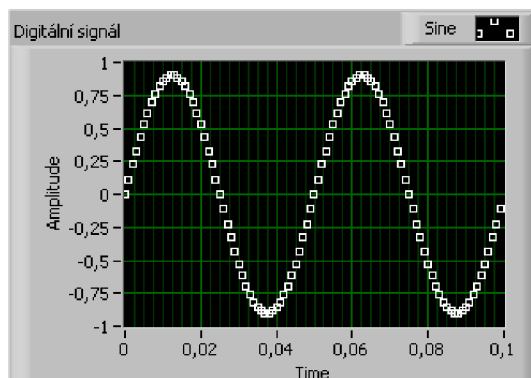
Amplituda signálu nám dává velice důležitou informaci o měřeném signálu. Představuje totiž velikost, kterou daný signál působí, jako například hodnota teploty v místnosti.

Frekvence analogového signálu souvisí s rychlostí signálu, tj. kolik period signálu proběhne v dané časové oblasti (např. za jednu vteřinu). Pro získání hodnoty frekvence se v měření obvykle využívá Fourierovy Transformace.

Některé základní signály dostaly jména podle tvaru svého průběhu například sinusový průběh, obdélníkový průběh, pilový či trojúhelníkový průběh. Z tvaru analogového signálu lze určit špičkové hodnoty, hodnoty stejnosměrné složky nebo strmost. Mimo těchto signálů lze měřit a vyhodnocovat signály, které se v čase rychle mění a tvar průběhu je velice důležitý. Mezi důležité rychle se měnící signály patří videosignály, odezvy obvodů na skoky napětí nebo impulzy, srdeční tep.

### 2.1.2 číslicový signál

Hlavní odlišností digitálního a analogového signálu je skutečnost, že u digitálního signálu neznáme hodnotu signálu v kterémkoli okamžiku času. K důležitým parametrům patří úroveň signálu nebo frekvence s jakou je digitální signál vzorkován.



Obrázek 2.3: Grafické zobrazení digitálního signálu

## 2.2 SNÍMAČE

Základním členem sběru dat je signál, který má určité fyzikální vlastnosti. Pod pojmem signál si lze představit například teplotu v místnosti, intenzitu osvětlení, tlak uvnitř nějakého objektu, sílu působící na objekt nebo cokoli jiného.

Čidlo je zařízení, které převádí fyzikální veličinu na měřitelný elektrický signál jako je elektrické napětí nebo proud. Je tedy důležité, abychom věděli, co všechno bude systém měřit ještě před vlastní sestavením. Schopnosti hardware jsou různé a je vhodné vybrat to zařízení, které nejvíce vyhovuje požadavkům na měření.

Fyzikální veličina	Čidlo
teplota	termočlánek, termistor
světlo	fotoprvky (fototranzistor, ...)
zvuk	mikrofon
síla a tlak	tenzometr
zrychlení	akcelerometr
pH	pH elektroda

Tab 2.1: Vztah mezi fyzikální veličinou a možným snímačem

Různá čidla mají různé požadavky na převádění fyzikálních veličin na měřitelný signál. Některá čidla ke svému fungování potřebují zdroj napětí, vnější buzení nebo nějaký další obvod.

## 2.3 ÚPRAVY SIGNÁLU

Mimo signálů, které lze přímo změřit existují i signály, jenž musí být před vlastním procesem měření upraveny. Pokud by se takové signály neupravily, může hrozit buď zničení měřícího zařízení, překrytí či zkreslení užitečného signálu šumem nebo naměření nesmyslné hodnoty. Mezi takové signály by patřily signály o vyšším napětí, extrémně vysoké nebo nízké signály, prostory s hlučným prostředím. Úprava

signálu tedy umožňuje měřit signály bezpečně, s danou přesností a v souladu s požadavky systému sběru dat. S ohledem na působící rušivé vlivy nebo nevhodné vlastnosti signálu je tedy třeba volit vhodné zařízení. [1][4]

### 2.3.1 zesílení signálu

Většina signálů vyskytujících ve skutečném prostředí není nijak upravena a lze je tak stěží přímo změřit a správně vyhodnotit. Zesilovače zvyšují úroveň vstupního signálu a tak zvyšují rozlišení a citlivost měření. Zesilovač však už nemusí být jen samostatný blok, mnoho snímačů nebo zařízení pro sběr dat již má zesilovače integrovány v sobě.

### 2.3.2 potlačení signálu

Jedná se o opačný postup než je zesílení signálu. Signály o vyšším napětí než lze měřicím zařízením měřit se musí zeslabit. Při tomto postupu se zmenšuje amplituda vstupního signálu.

### 2.3.3 filtrace signálu

V měřeném signálu může být kromě užitečné složky signálu i složka, která představuje šum a kdyby nebylo k takovému jevu při měření přihlédnuto, naměřili bychom chybná data. Zdroje signálu mohou být zapojeny do elektrické sítě a tím proniká do měřeného signálu šum z napájecího obvodu v podobě tzv. síťového brumu. Takovýto šum má obvykle frekvenci 50 Hz nebo 60 Hz. Naštěstí lze relativně jednoduše tomuto jevu zamezit použitím dolnofrekvenční propusti, která tyto frekvence odfiltruje.

Další nežádoucí jev je aliasing-efekt, který vzniká při špatně navzorkovaném signálu (podvzorkovaném), tj. nesplnění vzorkovacího teorému.

### 2.3.4 stínění a izolace

Nesprávné nebo nedostatečné uzemnění vede také k problémům při měření. Také měření je opět znehodnoceno díky šumu, který se může dostávat k měřené části přes špatně uzemněnou společnou svorku. Dobré uzemnění tak může předejít chybám.

Hrozí také riziko, že se do měřené části dostane vyšší napětí než měřené, například napájecí napětí. Předejít lze takovým problémům pomocí různých zařízení jako oddělovací transformátor nebo optické oddělovací prvky. [4]

## 2.4 ZÁKLADNÍ POJMY MĚŘICÍ TECHNIKY

- **měření** – je to proces, při kterém se získává informace o hodnotě měřené veličiny
- **měřicí metoda** – slouží jako předpis, jak zapojit měřicí přístroje aby bylo možné měřit žádanou veličinu; měření může být jak přímé, tak i nepřímé; při přímém je hodnota měřené veličiny přímo odečtena z měřícího přístroje, při nepřímém je výsledná hodnota získána pomocí výpočtu z naměřených hodnot

- **měřicí přístroj** – z hlediska funkce může jít o analogový nebo o digitální přístroj; na analogovém přístroji je měřená hodnota zobrazována pomocí výchylky ručičky a stupnice a hodnotu musí obsluha vypočítat podle aktuální výchylky a nastavení přístroje, u digitálního je měřená hodnota přímo zobrazena na displeji přístroje
- **měřicí systém** – je systém složený z několika přístrojů a lze s ním vykonat měření několika veličin
- **automatický měřicí systém** – měřicí systém, který nepotřebuje ke svému měření účast člověka, tj. je schopen nastavit rozsahy měření podle měřené veličiny, změřit měřenou veličinu a zaznamenat ji do paměti
- **volba měřicí metody a měřícího přístroje** – měřicí metoda i měřicí přístroj se musí přizpůsobit charakteru měřeného objektu, aby měřený objekt nebyl vlastním měřením ovlivněn; tuto volbu provádí obsluha na základě daných postupů nebo zkušeností
- **sestavení měřícího řetězce** – je-li kladen důraz na automatizaci měření, je důležité vybrat takové přístroje, které lze ovládat a lze automaticky přizpůsobit jaký signál, čím a kdy bude měřen [1]

## 2.5 NĚKTERÉ OBECNĚ POUŽÍVANÉ POJMY PŘI SBĚRU DAT

- **A/D převodník** - lze ho považovat za jednu z nejdůležitějších součástí většiny systémů sběru dat; jedná se o obvod (elektronický obvod), který převádí analogový signál do odpovídající diskrétní podoby
- **D/A převodník** - po zpracování signálu (např. v počítači) je třeba pracovat s analogovým signálem a proto se používá převodník diskrétních signálů na analogové
- **Jednoduchý VSTUP** - souvisí s propojením zdroje signálu (čidla) a zařízením, které zpracovává naměřená data (systém pro sběr dat); každý analogový signál má vodič, který vede užitečný signál (kladná svorka) a vodič, který je pro všechny signály společný (záporná svorka nebo tzv. zem). Systémy pro sběr dat mají obvykle buď jednoduchý nebo diferenciální vstup (je možnost i obojího)
- **Digitální VSTUP/VÝSTUP** - popisuje o jaký typ signálu jde; každý digitální vstup nebo výstup má dva stavy, buď má stav hodnotu „ZAPNUTO“ nebo „VYPNUTO“, logická „1“ nebo logická „0“, úroveň „H“ nebo „L“; lze je také nazývat binárními signály
- **Diferenciální VSTUP** - souvisí s propojením zdroje signálu a systému sběru dat, kde diferenciální vstupy nemají žádnou společnou svorku a jsou pro každý kanál galvanicky odděleny
- **Rychlost vzorkování** - jde o rychlost, kterou systém sběru dat shromažďuje data, běžně je vyjadřována počtem vzorků za sekundu; u vícekanálového

systemu se udává rychlost převodu A/D převodníku; rychlost vzorkování jednotlivého kanálu je pak dána rychlostí vzorkování A/D děleno počtem kanálů

- **Sběrnice GPIB** - také nazývána IEEE488; jedná se o systém pro počítačové řízení elektronických přístrojů, který je již sice zastaralý avšak stále je používán kvůli celosvětové rozšířenosti a ustálenosti
- **Rozlišení** - jedná se o nejmenší přírůstek signálu, jenž může být systémem sběru dat změřen; rozlišení se udává v bitech, proporcionálně nebo v procentech rozsahu; např. systém s 12-ti bitovým rozlišením má rozlišení rozsahu na 4096 dílků nebo 0,0244 % z rozsahu.
- **RS232** - protokol sériové komunikace; je asi nejvíce rozšířený typ sběrnice používané v systémech pro sběr dat, ale dnes je již z větší části vytlačen jinými sběrnici z důvodu schopnosti připojení více přístrojů na sběrnici a větší rychlost komunikace; maximální délka propojovacího vodiče je 15m
- **RS485** - je to standardní sériový přenos používaný v mnoha systémech sběru dat; není tak obvyklý jako RS232, i když je mnohem více flexibilní, protože podporuje komunikaci po sběrnici pro více přístrojů a přenos lze úspěšně využívat až do 1560 m [2]

## 2.6 ZAŘÍZENÍ PRO SBĚR DAT

V současné době existuje velké množství modulů, karet, čidel nebo celých systémů, které lze připojit k počítači a tak s nimi komunikovat. S vývojem počítačů řady PC se také vyvíjely různé typy sběrnic, na které lze jednotlivé moduly připojit. Na každém typu sběrnice lze nalézt spoustu výhod ale i nevýhod. Mezi výhody, ale i nevýhody, bude jistě patřit připojení modulů, rychlost komunikace, šířka sběrnice nebo počet měřicích kanálů. [4]

### 2.6.1 používaná rozhraní PC pro měřicí zařízení

Základní informace o jednotlivých rozhraních, důležité parametry, výhody a nevýhody.



a)



b)

Obrázek 2.4: Příklady měřicích zařízení využívající sběrnice PC [4]  
a) multifunkční měřicí karta PCI sběrnice, b) bezdrátový multifunkční měřicí modul



### 2.6.1.1 sériové rozhraní

Sériová komunikace je také známa pod standardem RS232. Umožňuje komunikaci dvou zařízení, například počítač a externí měřicí zařízení. Komunikace probíhá sériově po jednom vodiči. Dnes jde již o překonané rozhraní zejména pro svou malou rychlost a nemožnost připojení dalšího zařízení. S vývojem počítačů již také není možné počítat s přítomností konektoru pro toto rozhraní (sériový port).

Existuje však také modifikace jako RS485, která nevýhody původního standardu RS232 překonala a stále se ještě používá. Až 32 modulů lze napojit na sběrnici RS485, kterou lze natáhnout na vzdálenost max. 1200 m po jednom páru vodičů. Pomocí opakovačů RS485 lze doplňovat další moduly a zvětšit i celkovou přenosovou vzdálenost. Maximální počet modulů na jeden port RS485 je 254. Komunikační příkazy pro převodníky jsou ASCII formátu a tudíž naprogramování celé aplikace je velmi jednoduché v jakémkoliv jazyce.

### 2.6.1.2 Ethernet

Rozhraní využívá hvězdicovou topologii. Jednotlivá zařízení jsou propojena kabeláží obsahující 4 páry vodičů (4x data+zem). Typ kabeláže je třeba volit podle požadavků na rušení kvůli následnému omezení rychlosti přenosu dat. Kabely mohou být nestíněné (UTP - Unshielded Twisted Pair) a stíněné (STP - Shielded Twisted Pair). Každé zařízení je identifikováno pomocí hardwarových adres tzv. MAC adresa. Takové adresování má zajistit přesnou identifikaci zařízení při vysílání/příjmu, aby nedošlo ke kolizi vysílaných dat.

Dnes běžně se vyskytující verze rozhraní Ethernet je **100Base-TX** s rychlostí přenosu 100 Mbit/s a **1000Base-T** s rychlostí 1000 Mbit/s. Maximální definovaná vzdálenost dvou připojených míst je 100m.

### 2.6.1.3 USB

Výhodou USB sběrnice je hot-plug připojení, tj. připojení zařízení za chodu počítače. Počítač dokáže po připojení USB zařízení nalézt a nainstalovat ovladače potřebné pro správný chod. Mezi další nemalé výhody patří napájení nenáročných zařízení po sběrnici (bus-powered). Teoretická rychlost poslední verze USB 2.0 je 480 Mbit/s. Neméně důležitá je také zpětná kompatibilita se starší a pomalejší verzí USB1.1 dosahující přenosové rychlosti 12 Mbit/s.

Zařízení využívající USB sběrnici se zbavují neduhů a nedostatků dříve používaného standardu RS-232. Topologie hvězdy umožňuje připojit až 127 zařízení. Maximální délka kabelu mezi sousedními zařízeními je 5 m. Kabel obsahuje 4 vodiče. Dva jsou pro napájení (5V a zem). Druhý pár je kroucený a slouží pro přenos dat.

### 2.6.1.4 Wireless

Bezdrátová zařízení pro sběr dat kombinují komunikaci pomocí protokolu IEEE 802.11g a Ethernet komunikace. Zařízení mohou přenášet měřená data na každý kanál více než 50 kS/s s rozlišením 24 bit. Bezdrátová komunikace je chráněna 128 bitovým šifrováním AES a vylepšenými metodami pro přístup k měřeným datům i měřicímu zařízení.

## 2.6.2 měřicí systémy

Mimo zařízení využívajících vlastností sběrnic počítačů existují i soběstačné systémy pro měření, ukládání a prezentaci naměřených dat. Vlastnosti jednotlivých systémů se liší podle období, ve kterém vznikly. Starší systémy jako GPIB nemusejí být uživateli tolik přístupné jako např. systém Compact FieldPoint.

### 2.6.2.1 GPIB

Také známé pod IEEE 488, IEC 625. Představuje universální měřicí systém, který je sice již zastaralý, nicméně ve světě velmi rozšířený. Systém se skládá z několika měřicích přístrojů, které nejsou nijak vázány na použití pouze pro GPIB, ale fungují i samostatně. Jako řídicí jednotka (tzv. řidič) se dnes využívá počítač s příslušnou kartou.

Pro ovládání (resp. řízení) přístrojů v měřicím systému programátor nemusí znát speciální programovací jazyk nebo speciální program, stačí znát určitou sadu instrukcí daného přístroje (např. z firemní literatury výrobce). Instrukce pro řízení sběrnic nebyly jasně dány, ale byly pouze doporučeny a každý programátor si je tak mohl upravovat.

Při komunikaci mezi přístroji je vždy jeden přístroj mluvčí (Talker) a jeden nebo více přístrojů posluchači (Listener). Komunikace probíhá paralelně a ke sběrnici lze připojit maximálně 15 přístrojů. Dříve byla sběrnice propojována konektorem CANNON 25, ale i kvůli úspoře místa byl konektor změněn na AMPHENOL 24, avšak konektory lze přes redukci dále spojovat. Datová linka má 24 vodičů. Maximální délka sběrnic je 20m a maximální délka mezi přístroji 4m.

Systém pracuje v Negativní logice tj. logická „0“ odpovídá napěťové úrovni  $> 2,1V$  a logická „1“  $< 0,8V$ . Digitální přenos probíhá sérioparalelně po bytech (8 bitů). Jedná se o asynchronní přenos dat, který je řízen hardwarově. Maximální přenosová rychlost je 1 MByte/s kde aktuální přenosová rychlost odpovídá délce kabelu mezi přístroji a rychlosti nejpomalejšího přístroje.

Rozšířená verze se nazývá IEEE 488.2 a přináší řadu omezení a zpřísnění vůči původní verzi IEEE 488.1:

- minimální sestavu funkcí dle IEEE 488.1
- formát a syntaxi zpráv
- rozšířený stavový model
- soubor obecných příkazů
- protokol přístrojových zpráv

Norma IEEE 488.2 například umožňuje identifikaci přístroje. V souboru obecných příkazů je zpráva \*IDN?, která přístroj identifikuje, ale také testuje správnost komunikace přístroje s řídicí jednotkou což u předešlé verze možné nebylo. [1] [4]

### 2.6.2.2 PXI

PXI je unifikovaný systém modulární konstrukce průmyslových počítačů v provedení CompactPCI. Ten spočívá v tom, že do skříně s pasivní sběrnici se zepředu zasouvají moduly v mechanickém provedení, podobném typu tzv. Eurokarty. Každý modul (karta) má kovový rámeček kolem desky plošných spojů, na zadní straně rámečku je několik vícepólových konektorů a na přední straně je držadlo pro manipulaci se vsuvkou. Skříň může pojmout až 7 modulů mimo řídicí počítač, což je značné rozšíření oproti standardnímu PC, kde bývá místo na maximálně 4 vsuvky. Elektricky je CompactPCI přesným ekvivalentem klasické sběrnice PCI, rozdíl je tedy pouze v mechanickém provedení a navíc všechny komponenty mají velmi tvrdou specifikaci, vzhledem k odolnosti proti vibracím, tepelným a mechanickým šokům. Zaručuje také parametry jako Elektromagnetická kompatibilita (EMC), spolehlivost a metrologické vlastnosti.

Důležitou vlastností systému PXI je naprostá kompatibilita se stávajícími počítači řady PC. Operační systémy, programy, připojení do sítí a vše ostatní, je bez jakýchkoliv úprav přenositelné do systémů PXI. Ceny systémů PXI se pohybují mezi cenami průmyslových PC a VXI. [1] [4]

Vlastnosti PXI:

- 1 systémový konektor + další periferní konektory pro moduly
- frekvence sběrnice: 33/66 MHz
- přenos dat po 32bit a 64bit sběrnici
- rychlost přenosu 132 MByte/s pro 32bit, 264MByte/s pro 64bit přenos
- všechny moduly fungují na principu Plug & Play
- možnost rozšiřování pomocí PCI-PCI mostů



Obrázek 2.5: Měřicí systém PXI-1033 [4]

### 2.6.2.3 VXI

Systém VXI vychází ze standardu VME, které rozšiřuje o specifické funkce pro měřicí aplikace. Dnes aktuální verze VXI je Rev 1.3. Celý systém je sestaven ze zásuvných modulů, které se vkládají do rámu (Main Frame). Tento rám zajišťuje propojení, chlazení i napájení jednotlivých modulů. Mozkem systému je řídicí jednotka sestavená z počítače řady PC nebo jiného. Řízení celého zařízení nemusí být prováděno vestavěným počítačem, ale také pomocí sběrnice GPIB nebo MXI (Multisystem eXtension Interface). VXI systém vzešel ze systému VME a zůstala tak i zpětná kompatibilita s těmito zařízeními.

Pro výběr systémů VXI je také důležitý software pro vytváření měřicích aplikací a přístup k měřicím modulům. Výběr z mnoha programovacích jazyků, operačních systémů nebo ADE (Application Development Environments) je na uživateli. Důležitým parametrem je také cena. [1] [4]

- multiprocesorová sběrnice dat 32bit, hodinový signál až 100 MHz
- precizní časování a synchronizace zlepšující schopnosti měření
- standardizovaný VXI Plug&Play software usnadňuje konfiguraci a programování
- modulární design zlepšuje spolehlivost, prodlužuje dobu, při které zařízení funguje bez poruchy a snižuje čas potřebný pro případnou výměnu nebo opravu modulů
- možnost rozšiřování pomocí PCI-PCI mostů



Obrázek 2.6: Měřicí systém VXI [4]

### 2.6.2.4 SCXI

SCXI je vysoce účinný systém pro úpravu signálu. Lze ho použít jako zdroj napětí nebo proudu, ke sledování digitálních signálů a jejich další úpravu. Základem je robustní rám, do kterého se vsouvají jednotlivé moduly. Na výběr je mnoho

modulů, jako jsou analogové vstupy/výstupy, digitální vstupy/výstupy nebo moduly pro přepínání.

- podpora pro modulární zařízení
- univerzální přepínání měřících míst, pomocí multiplexeru nebo matice
- snadná změna konfigurace modulů



Obrázek 2.7: Měřicí systém SCXI [4]

### 2.6.2.5 Compact FieldPoint

Základním prvkem systému je programovatelný automat, který lze snadno a početně rozšiřovat pomocí přídatných modulů. Jednotlivé vstupně/výstupní moduly jako filtry nebo váhy převádějí signál z čidla na technické jednotky. Systém je schopen také provádět kontrolu sama sebe kvůli detekci problémů. Integrovaný web a file server umožňuje sdílet probíhající měření na síti Ethernet. Vlastnosti Compact FieldPoint tak umožňují dálkový přístup ke vstupům a výstupům, připojení virtuálního čidla k různým velice přesným analogovým nebo diskrétním I/O modulům.

Platforma Compact FieldPoint je ideální pro aplikace vystavené silným vibracím, neboť je schopna vydržet náraz o síle 50 g a vibrace s efektivní hodnotou 5 g, a to i při montáži na těžké stroje nebo do vozidel. Compact FieldPoint lze provozovat při teplotách  $-40^{\circ}\text{C}$  až  $70^{\circ}\text{C}$ , takže uživatelé mohou provozovat aplikace LabVIEW v prostředí s extrémními podmínkami, ve kterých selhávají běžné průmyslové počítače. [4]

Vlastnosti:

- vyhovuje Americkým i Evropským normám o bezpečnosti, použití v nebezpečných prostorách nebo Elektromagnetické kompatibilitě
- používá LabVIEW real-time aplikace pro měření

- snadné měření bez nutnosti znát speciální programovací jazyk, spuštění měření spočívá v konfiguraci I/O modulů a čtení vstupů/výstupů



Obrázek 2.8: Měřicí systém Compact FieldPoint-1804 [4]

### 2.6.3 modul NI USB-6008

Zařízení patří do skupiny „levných“ multifunkčních zařízení. Na tomto modulu byly vytvářeny příslušné aplikace, tj. příklady úloh pro kurz BEMS.

Model USB-6008, ač na to na první pohled nevypadá, nabízí spoustu základních funkcí pro zkoušení vytváření různých aplikací nebo laboratorních pokusů. Patří sice k levnějším zařízením, ale pravda však je, že plně dostačuje většině náročných aplikací. Kromě jednoduchého programu lze také vytvářet aplikace v LabVIEW nebo v jazyce C.

Vlastnosti USB-6008:

- 8 analogových vstupů (12bit, 10kS/s)
- analogové výstupy (12-bit, 150 S/s); 12 digitálních I/O; 32bit čítač
- napájení pomocí USB sběrnice
- kompatibilní s LabVIEW, LabWindows/CVI, and Measurement Studio for Visual Studio .NET
- NI-DAQmx ovladače a NI LabVIEW SignalExpress LE interaktivní software pro záznam dat



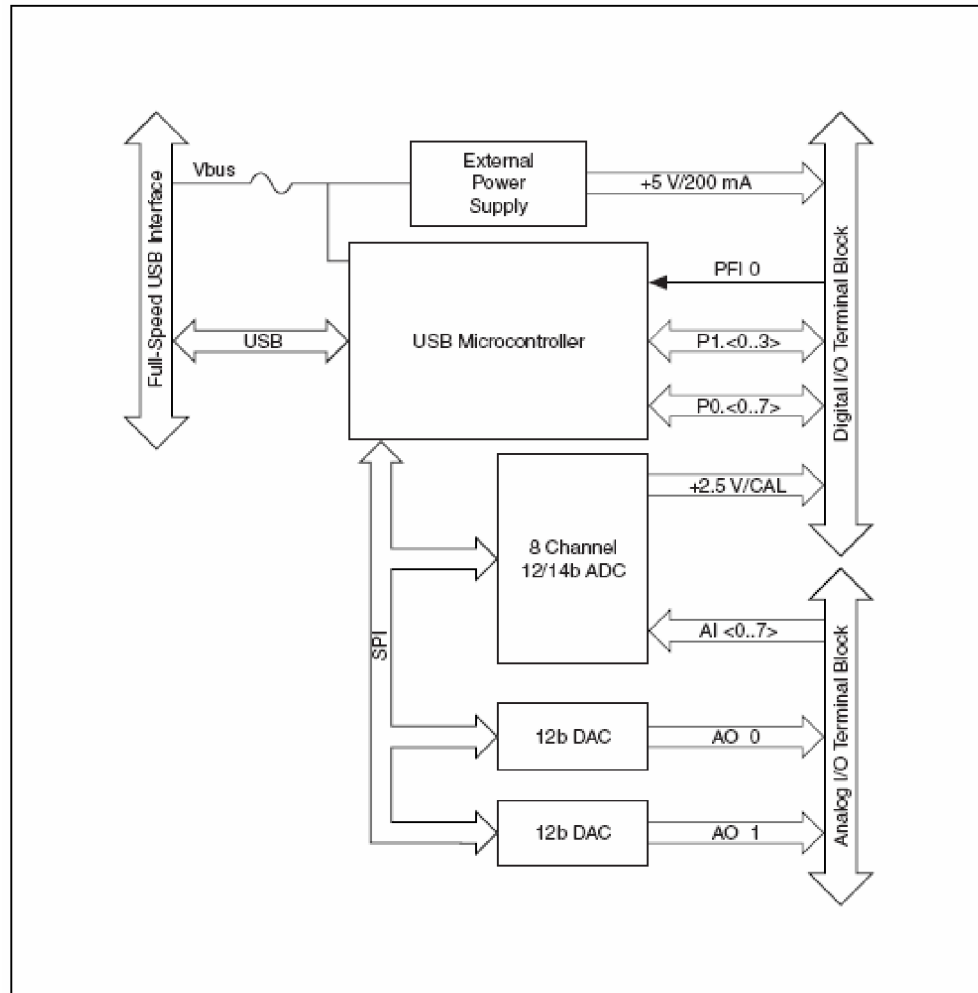
Obrázek 2.9: multifunkční měřicí zařízení USB-6008 [4]

Pro přehled je zde uvedeno několik základních parametrů, kterými modul disponuje. Pro srovnání je zde uvedena i novější verze USB-6009:

Parametr	USB-6008	USB-6009
<b>Analogový vstup</b>		
počet kanálů	8 Single Ended / 4 differential	
vzorkovací frekvence	10 kS/s	48 kS/s
rozlišení	12 bits	14 bits
napěťový rozsah (max.)	-10..10 V $\pm$ 138mV	
napěťový rozsah (min.)	-1..1 V $\pm$ 37,5mV	
<b>Analogový výstup</b>		
počet kanálů	2	
obnovovací frekvence	150 S/s	
rozlišení	12 bits	
napěťový rozsah (min./max.)	0..5 V $\pm$ 7mV	
<b>Digitální I/O</b>		
počet kanálů	12 Bidirectional Channels	
typ logiky	TTL	
<b>Čítač/Časovač</b>		
počet C/T	1	
rozlišení	32 bits	
maximální frekvence zdroje	5 MHz	
min. šířka vstupního impulsu	100 ns	

Tab 2.2: Porovnání některých parametrů modulu USB-6008 a USB-6009 [4][5]

Na obrázku 2.10 je blokové schéma modulu, ze kterého jsou patrné vazby mezi jednotlivými částmi.

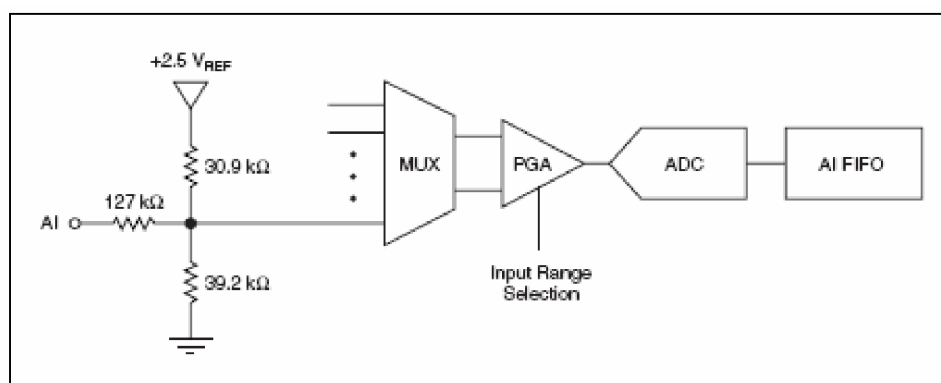


Obrázek 2.10: Blokové schéma modulu NI USB-6008[5]



Obrázek 2.11 znázorňuje obvody, ze kterých jsou sestaveny analogové vstupy:

- MUX – modul 6008 má pouze jeden AD převodník, přepínání mezi vstupními kanály je tedy provedeno přes multiplexer v závislosti na zesilovači s programovatelným zesílením (PGA)
- PGA – zesílení jednotlivého kanálu je závislé na použitém zapojení (Differential, Single-Ended) a je řízeno z aplikace, která se zařízením komunikuje



Obrázek 2.11: Obvody analogového vstupu modulu NI USB-6008 [5]

### 3 ŘEŠENÍ A VÝSLEDKY

Dnes je doba, kdy ze všech stran slyšíme o nových digitálních technologiích, které nám usnadňují nebo nahrazují naši práci. Nezasvěcenému člověku se pak může zdát, že vše co se týká analogového signálu je již zastaralé a tudíž se nepoužívá nebo už ani nevyskytuje. Mohlo by se tedy zdát, že všechno analogové může být považováno za „vyhynulé“.

Opak je však pravdou. Většina technických vymožeností je přitom založena na sběru analogových dat. Je nutné však rozlišovat mezi analogovými daty a analogovým zpracováním. Pochopitelné je, že analogové zpracování dat je již takřka zcela vytlačeno zpracováním digitálním. Důvodů pro nahrazení analogového zpracování je mnoho. Nespornou výhodou je aplikace různých složitých matematických výpočtů, metod nebo transformací přinášejících daleko větší přesnost, rychlost zpracování a v neposlední řadě i cena. Je-li zkrácena doba potřebná pro zpracování dat, zbylý čas lze využít efektivněji a je možno ušetřit finanční prostředky.

Analogová data je potřeba nejen získávat, ale především je analyzovat nebo upravit pro další zpracování. Z tohoto důvodu se převádí na data číslicová. Převod mezi analogovými a číslicovými daty je proveden přes analogově-číslcový převodník. Vlastnosti onoho AD převodníku jsou v dnešní době především dány potřebami, které souvisí s dalším zpracováním dat. Je sice pravda, že by bylo možné použít všude nejlepší převodníky, které lze vyrobit, avšak jejich použití by mohlo naopak mít více negativních vlivů, než těch pozitivních. Například by se mohl neúměrně prodloužit čas, který je třeba ke zpracování získaných dat. Není-li dán nějaký zvláštní požadavek na rozlišení převodníku, je zbytečné použít vyšší počet bitů a tím zvyšovat cenu celkového zařízení. Rozlišení AD převodníku je tedy třeba zkorigovat i s ostatními prvky.

#### 3.1 SBĚR ANALOGOVÝCH DAT V PRAXI

Pokud bychom mohli vybrat nějaký základní analogový signál, který se v našem životě vyskytoval dávno před vynalezením jakéhokoli elektronického obvodu, byl by to určitě lidský hlas. S takovým signálem se v praxi setkáme vždy a nadále setkávat budeme. Mezi neméně důležité signály patří například EKG signál nebo hudební akustický signál.

Na analogová data se lze dívat z několika pohledů. Jeden pohled může být z hlediska primárního, tj. fyzikálního hlediska. Takovéto rozdělení může například zahrnovat veličiny jako: teplota, tlak, vibrace, zvuk, obraz nebo mnoho dalších.

Na sběr analogových dat se však můžeme podívat z opačné strany a to tak, že měřená fyzikální veličina je již převedena na odpovídající elektrickou veličinu. Nejčastěji se jedná o elektrické napětí, elektrický proud nebo frekvenci.

V praxi se ke sběru dat používá velká škála zařízení od jednoduchých modulů, přes zásuvné karty do PC po měřicí systémy. Základní vlastnosti, možnosti rozšíření nebo způsob, jakým jsou data sbírána je již popsán v kapitole 2.6.

### 3.2 UKÁZKOVÉ ÚLOHY

Na počátku bylo nutné vymyslet úlohy, které by se daly realizovat. To znamenalo vybrat určité děje, které při sběru dat vznikají a dají se pomocí nějaké aplikace názorně ukázat. Při výběru musel být brán ohled jak na fyzické zařízení, tak na systém, v němž je aplikace vytvářena. Fyzické zařízení zde bude reprezentovat univerzální modul National Instruments USB-6008. Důvod použití tohoto modulu bylo jednak proto, že je v laboratoři k dispozici, ale také proto, že lze jednoduše připojit a celkem snadno nastavit pro měření.

Znění úlohy je tvořeno tak, aby bylo případně možné je použít jako úlohy pro měření v počítačové učebně. Jedna z úloh se zabývá problematikou zobrazování spekter signálu a problémy, které mohou vzniknout při nevhodně nastavených parametrech. Druhá úloha řeší problém při vícekanálovém měření.

#### 3.2.1 úloha č.1 – Spektrum signálu, aliasing efekt

Využijte aplikaci v LabVIEW pro zobrazení spektra signálu a následně pozorujte negativní efekty plynoucí z použití Fourierovy transformace, odečtěte parametry analyzovaného signálu. Co lze ze spektra říci o vstupním signálu?

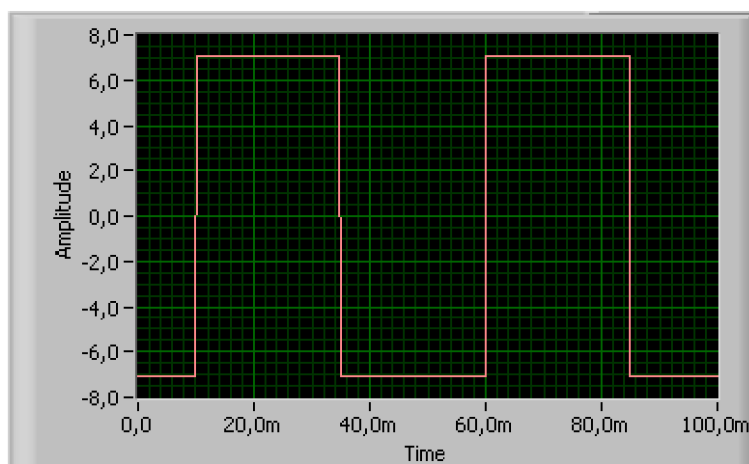
#### 3.2.2 TEORETICKÝ ÚVOD

Vztah 1.1 se nazývá vzorkovací teorém (známý také jako Shannon-Kotělníkův teorém). Vztah říká, že pokud vzorkujeme alespoň dvakrát rychleji než je nejvyšší kmitočet, ve spektru vzorkovaného signálu potom nedojde ke vzájemnému překrytí spekter. Jedině za tohoto předpokladu lze z navzorkovaného signálu zpětně rekonstruovat signál spojitý. Jedině za tohoto předpokladu totiž nedochází při vzorkování ke ztrátě informace.[3]

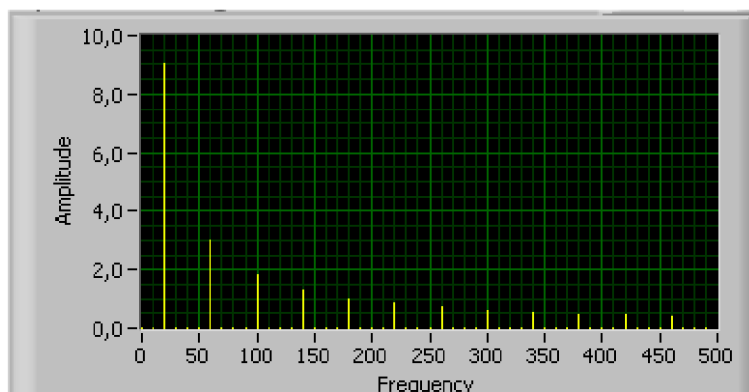
$$f_{vz} \geq 2f_{max} \quad (1.1)$$

Harmonický signál může být zobrazen dvěma body, jedno zobrazení je v rovině frekvence – amplituda, druhé zobrazení v rovině úhlová frekvence – počáteční fáze. Harmonický signál lze tedy plně zobrazit svým spektrem.

Za nejčastěji se vyskytující technický signál lze považovat periodický sled obdélníkových signálů. (Obrázek 3.1) [8]



Obrázek 3.1: Periodický sled obdélníkových impulsů ( obdélníkový signál) –zobrazení v čase



Obrázek 3.2: Obdélníkový signál, zobrazení ve frekvenci – spektrum signálu

### 3.2.2.1 Poučky o spektrech

Při posunutí signálu v čase se nemění amplitudy harmonických složek, mění se počáteční fáze. Posunutím periodického signálu v čase o  $-k\omega_1\tau$  se v čase posunou všechny jeho harmonické složky. Všechny složky se posunou o stejný časový úsek, aniž by se změnila jejich amplituda. Fázové posunutí stejné není, je úměrné kmitočtu. Výraz  $-k\omega_1\tau$  udává fázové posunutí  $k$ -té harmonické složky. [9]

K analýze signálu v úloze je použita metoda FFT (Rychlá Fourierova Transformace). Fourierova transformace se provádí na určitém časovém úseku signálu, který obecně nemusí odpovídat době periody určitého periodického signálu. Jestliže zvolíme pro transformaci časový úsek, který právě odpovídá době periody, je výsledkem Fourierova řada. F. řada je tedy speciálním případem F. transformace.

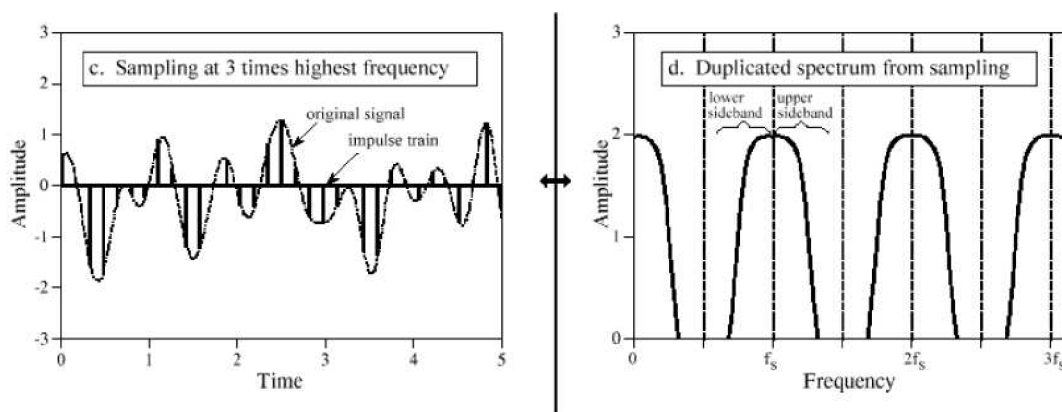
**Rychlá Fourierova transformace (FFT)** je algoritmus výpočtu diskretní Fourierovy transformace, který umožňuje snížit počet prováděných dílčích výpočtů a

tím celý výpočet značně zrychlit. Úspora času je zvláště zřetelná u velkého počtu vzorků. Pro dosažení optimálního času výpočtu se měřený úsek dělí na počet stejných úseků, jejichž počet je roven právě mocnině 2 (např. 512 nebo 4098). Výsledkem transformace bude počet harmonických (odvozených od daného intervalu), který je polovinou počtu úseků (vzorků). Získané spektrum bude obsahovat nultou harmonickou (stejnoseměrnou složku), frekvence první harmonické bude převrácenou hodnotou transformovaného intervalu a frekvence dalších harmonických budou celistvými násobky základní harmonické až do frekvence  $N/2T$ .

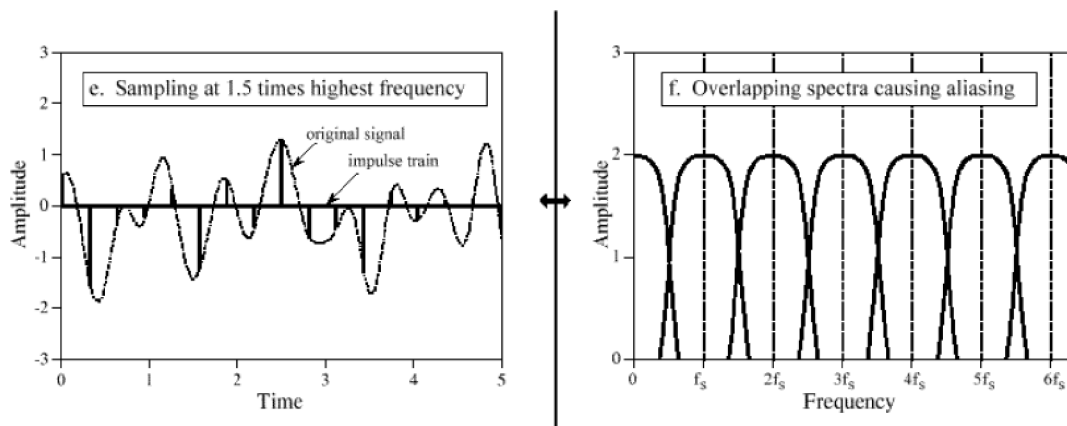
Jako příklady použití FFT lze uvést: rozeznávání řeči, digitální kódování akustických signálů pro snížení datového toku při digitálním přenosu, potlačení maskovaných frekvenčních složek pro snížení datového toku, monitorování vibrací strojů.

Při průběžném monitorování stavu stroje jsou v několika místech snímány vibrace, většinou pomocí akcelerometrů. Snímaný signál má mnoho složek s různými frekvencemi, které pocházejí z různých zdrojů. Kromě frekvencí, které odpovídají vlastním otáčkám stroje (motoru, turbíny), se vyskytují frekvence, které tvoří jednotlivé hřídele převodovek, ozubené převody nebo valivá ložiska. [6]

Není-li dodržen vzorkovací teorém (1.1), tj. frekvence vzorkování je menší než dvojnásobek frekvence vstupního signálu, dochází k tzv. přeložení spektra – aliasing efektu. Někdy záměrně vzorkovací teorém porušíme s tím omezením, že již není možná rekonstrukce signálu, ale výhodou je snížení nároků na měřicí řetězec. Dodržení teorému si lze pojistit použitím AAF (Anti-aliasing filtr), který ale deformuje fázovou charakteristiku spektra a tím zmenšuje přesnost měření. [1]



Obrázek 3.3: Spektrum signálu při dodržení vzorkovacího teorému [1]  
v časové a ve frekvenční oblasti;  $f_{vz} = 3f_x$



Obrázek 3.4: Přeložení spektra signálu při nedodržení vzorkovacího teorému [1]  
v časové a ve frekvenční oblasti;  $f_{vz} = 1.5f_x$

### 3.2.3 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A APLIKACE

aplikace „Spektrum signálu“ (u1\_spektra.vi)  
univerzální modul pro sběr dat (NI USB 6008)  
signálový generátor

### 3.2.4 POSTUP MĚŘENÍ

Za prvé je třeba správně připojit a hlavně nastavit USB modul:

- Modul musí být připojen do rozhraní USB, musí na něm blikat zelená LED
- Zkontrolovat, že v programu MAX (Measurement & Automation Explorer) je modul zobrazen ve sloupci Configuration a je mu přiřazeno jméno ( např. NI USB6008:“Dev1“).
- Nesmí zde být červený křížek – modul není nyní fyzicky rozpoznán.
- Vytvořit tzv. Task (viz dále)
- Otevřít a spustit aplikaci

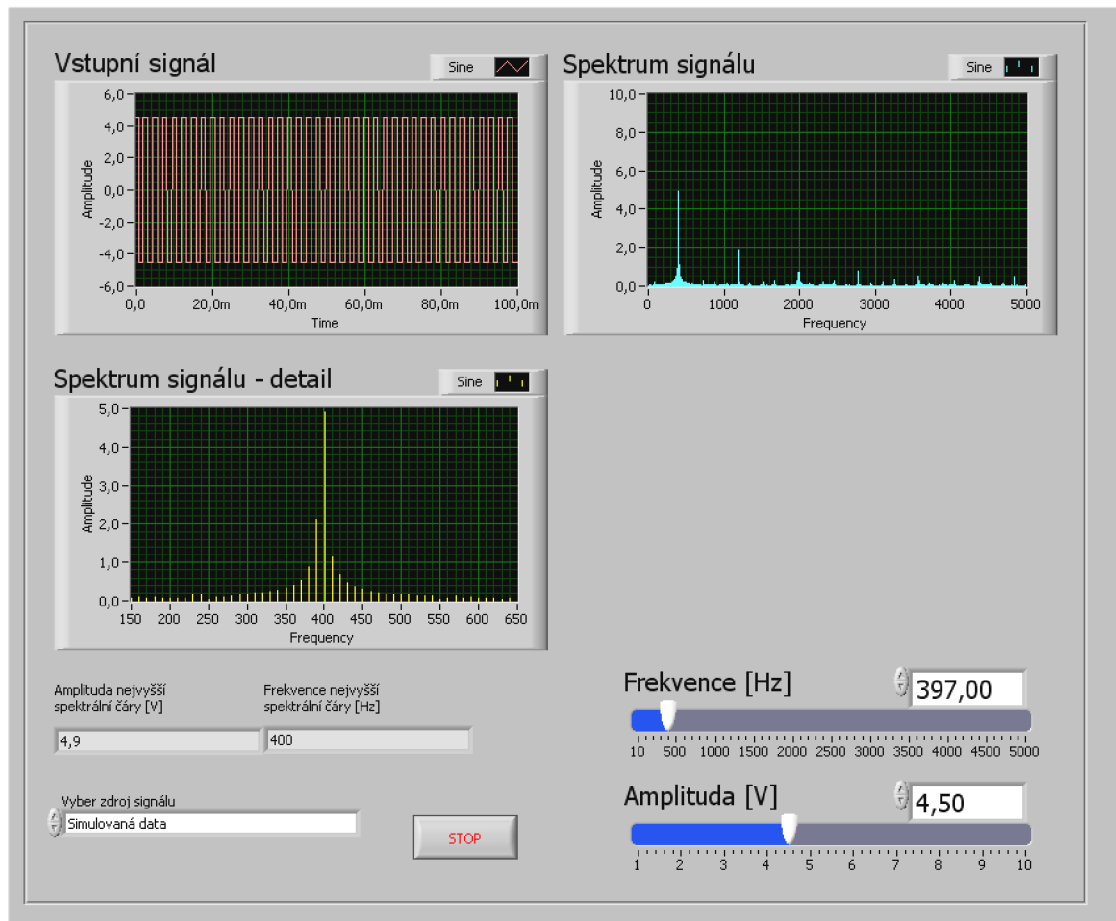
#### Task

Task určuje, které fyzické vstupy se na modulu použijí (fyzický kanál) a jaká bude jejich výchozí konfigurace (např. analogový, vstupní, DIFF, rozsah vstupních napětí, způsob získání dat – On Demand).

Task může být vytvořen buď v programu MAX (pak bude viditelný a konfigurovatelný v Configuration – Data Neighborhood – NiDAQmx Task) pod zvoleným jménem, nebo ho může aplikační program LabVIEW vytvořit sám jako lokální. Veškeré další práce (čtení dat, zápis dat např. do D/A převodníku) se pak odehrávají právě přes identifikaci tasku.

Aplikační program může mít otevřeno i několik tasků (např. pro A/D převod, další pro D/A). Aplikační programy mají pro tento účel k dispozici nástroj (Ni-DAQ Assistant). [7]

Pokud bylo vše uděláno v pořádku, aplikace se spustí a může se začít měřit.



Obrázek 3.5: Ovládací panel pro úlohu č.1 – „Spektrum signálu“

Prvním krokem je výběr, zda budeme zobrazovat simulovaná nebo reálná data. Tento výběr je proveden kontextovým menu *Vyber zdroj signálu*.

- **Simulovaná data**

Pokud si vybereme možnost *Simulace*, máme možnost v aplikaci měnit frekvenci a amplitudu simulovaného signálu. Zdrojem signálu je generátor jehož parametry lze měnit posuvným ovládacím prvkem *Frekvence [Hz]* a *Amplituda [V]*.

- **Měřená data – USB 6008**

Je-li zvoleno měření tj. *Měřená data – USB 6008* zdrojem dat je tentokrát fyzické zařízení (modul NI USB 6008). Na jeden z

analogových vstupů AI0-AI7 připojíme signálový generátor o určité frekvenci, amplitudě a tvaru signálu. Je třeba zvolit stejný vstup AIx, jaký je nastaven v TASKu.

V grafu *Vstupní signál* je zobrazen nastavený signál, ať už simulovaný nebo reálný. Druhý graf *Spektrum signálu* zobrazuje transformovaný signál pomocí FFT transformace. V posledním grafu *Spektrum signálu – detail* je zobrazena dominantní složka signálu jako nejvyšší spektrální čára ze vstupního signálu. Nejen že se dominantní frekvence zobrazí, ale také se zjistí hodnoty frekvence a amplitudy. Zobrazení těchto hodnot je v políčku *Amplituda nejvyšší spektrální čáry [V]* a *Frekvence nejvyšší spektrální čáry [Hz]*.

Po transformaci harmonického signálu by se měla objevit jedna spektrální čára představující frekvenci a amplitudu vstupního signálu. Pokud nastavujeme frekvence jako celé násobky 10Hz, tak toto platí. Je-li však nastavena odlišná frekvence, vznikají další spektra. Tato spektra vznikají tím, že transformovaný signál je počítán ze vstupního signálu, který nemá celý počet period.

Pro měření si zvolte 10 hodnot frekvence z rozmezí 10 – 5000 Hz a 10 hodnot amplitudy z rozsahu 1 – 10 V. Volte takové hodnoty, které lze zadat jak při simulaci, tak na reálném generátoru. V grafu *Spektrum signálu – detail* také sledujte, jak vypadá spektrum při nastavené frekvenci o jiné než násobek 10. Tento signál pak nemá jednu spektrální čáru, ale širší spektrum frekvencí.

Porovnejte spektra harmonického a neharmonického signálu.

f [Hz]										
U [V]										
F <sub>N</sub> [°]										
U <sub>N</sub> [°]										

*Tab 3.1: Tabulka naměřených hodnot pro úlohu č.2*

### 3.2.5 ZÁVĚR

Tato úloha má za svůj cíl především zobrazení spektra různých analogových signálů vstupujících do HW modulu v porovnání se simulovanými daty. Porovnání odlišností signálů. Celá úloha by také měla připomenout omezení, která jsou s tímto spojena, jako je otočení spektra při nedodržení vzorkovacího teorému.

### 3.2.6 úloha č.2 – Fázový posun při vícekanálovém měření

Za pomoci dané aplikace sledujte průběh signálu a odečtěte jednotlivé fázové posuny mezi kanály. Je třeba se zamyslet proč k těmto posuvům mezi jednotlivými kanály dochází a jak jim předejít.

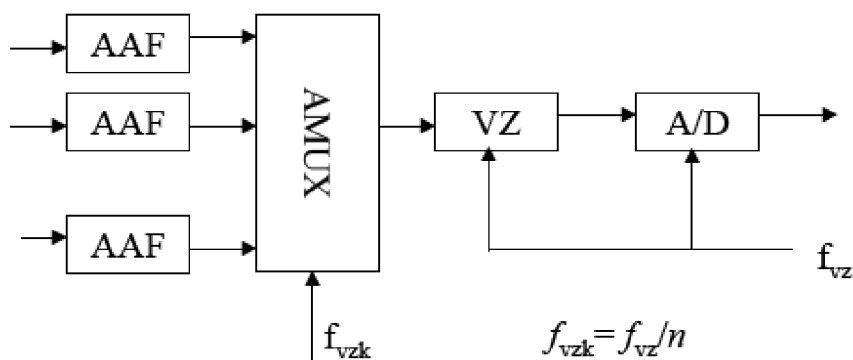


### 3.2.7 TEORETICKÝ ÚVOD

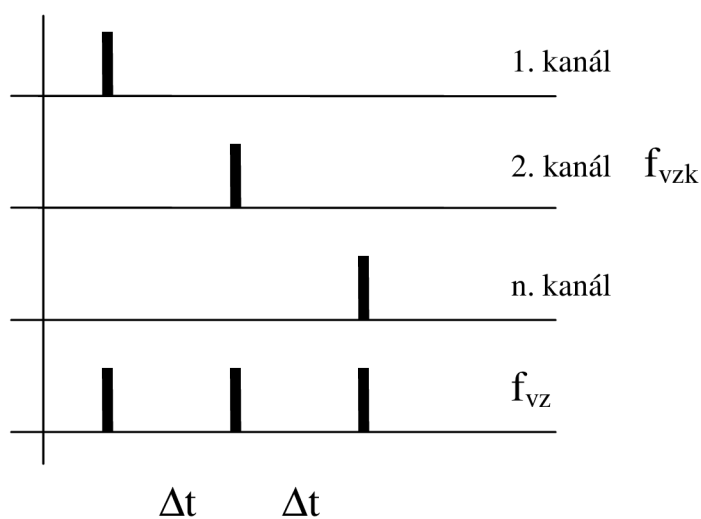
Můžeme se setkat s požadavkem, kdy chceme, aby zařízení bylo schopno měřit více kanály najednou. V úvahu připadá několik možných uspořádání zapojení jednotlivých fyzických bloků, jako jsou vzorkovače, multiplexery, demultiplexery, převodníky, filtry.

Může být zapojení, kde jsou všechny kanály zařízení vzorkovány svým vzorkovačem nebo může jeden vzorkovač vzorkovat všechny kanály, které jsou postupně přepínány multiplexerem.

Pokud máme pouze jeden A/D převodník a jeden vzorkovač a přepínač, sníží se vzorkovací frekvence na kanál  $n$ -krát, kde  $n$  je počet kanálů. Jednotlivé přepínání mezi kanály trvá určitou dobu, která se projeví ve výsledném signálu. Všechny kanály tedy nejsou současně vzorkovány a tudíž dochází k přídavnému fázovému posuvu. [1]



Obrázek 3.6: Vícekanálové uspořádání, 1 převodník, 1 vzorkovač – blokové schéma [1]



Obrázek 3.7: Vícekanálové uspořádání, 1 převodník, 1 vzorkovač – fázový posuv [1]

Nechtěný fázový posuv lze eliminovat použitím více vzorkovačů. Každý kanál bude vzorkován svým vzorkovačem a vzorkovače budou pracovat synchronně. Nevýhoda v podobě snížené vzorkovací frekvence však zůstává.

Nejvýhodnější z hlediska rychlosti a kvality je kombinace  $n$  převodníků a  $n$  vzorkovačů. I toto zapojení má však svá negativa a to ve složitosti zapojení. [1]

Modul USB-6008 odpovídá první variantě, kdy dochází k přídatnému fázovému posuvu. Cílem úlohy je tedy sledovat a změřit tento fázový posuv.

První varianta také počítá s tím, že se získají nejprve analogová data z jednoho kanálu a ta se následně navzorkují (diskretizují) a převádí na digitální signál. Každému vzorku vstupního signálu je třeba přiřadit číselnou hodnotu s omezeným počtem desetinných míst. Jelikož není možné vytvořit nekonečně krátké vzorky, je taktéž převod zatížen kvantovací chybou. Ale tato chyba je už závislá na typu, rozlišení a rychlosti převodníku. Teprve po převodu se přepínač přepne a začne se zpracovávat další kanál.

### 3.2.8 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A APLIKACE

aplikace „Fázový posun při vícekanálovém měření (u2\_fazovy\_posun.vi)“  
univerzální modul pro sběr dat (NI USB 6008)  
signálový generátor

### 3.2.9 POSTUP MĚŘENÍ

Jako u první úlohy je třeba provést nutné přípravy před měřením. Postup nastavení modulu je již popsán výše.

Prvním krokem je opět výběr, zda budeme zobrazovat simulovaná nebo měřit reálná data. Tento výběr je proveden kontextovým menu *Vyber zdroj signálu*.

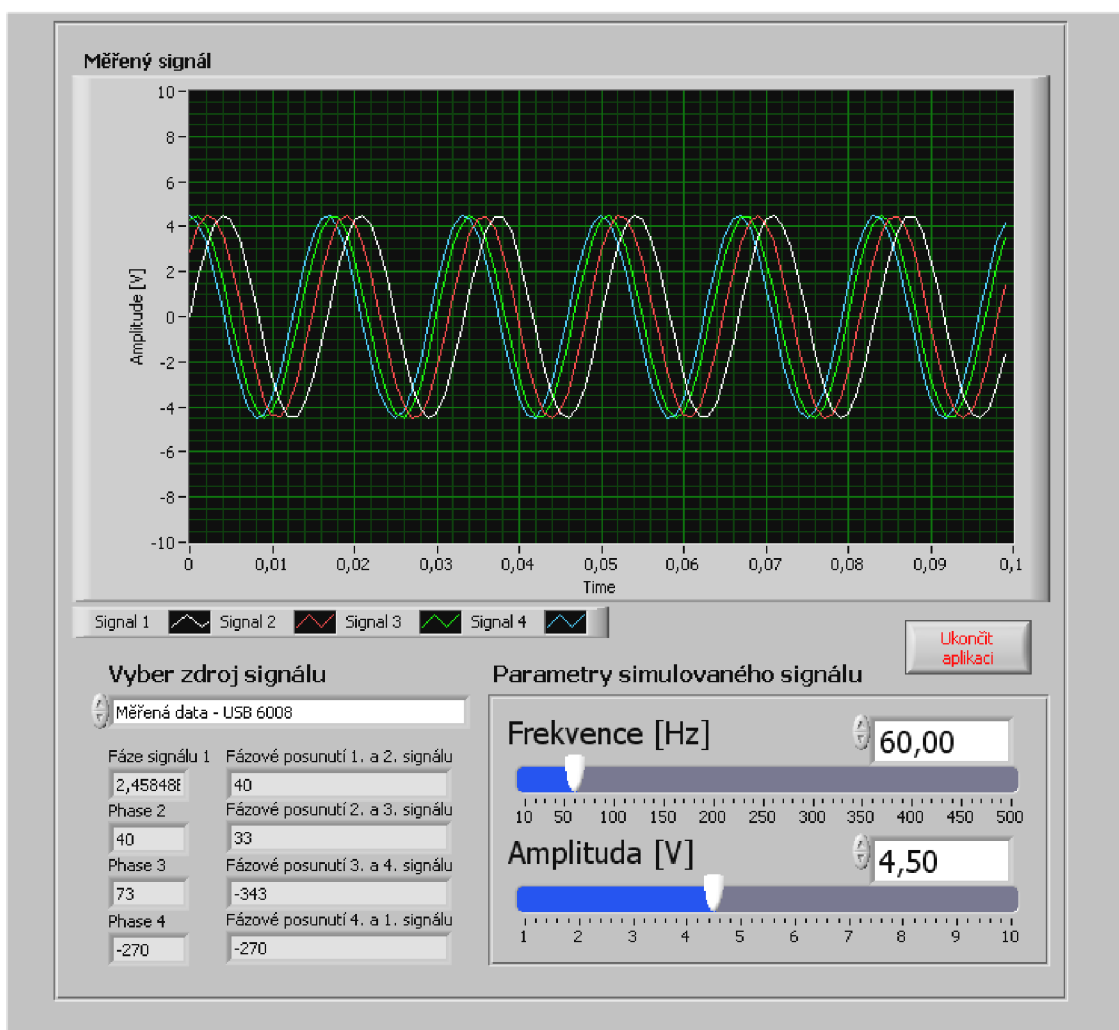
- **Simulace**

Při výběru zdroje dat *Simulace* lze nastavovat jak frekvenci, tak amplitudu signálu. Signál je složen se čtyř vzájemně fázově posunutých sinových průběhů. Tento průběh lze vidět v grafu *Měřený signál*. Frekvenci je možno nastavovat v rozmezí 10 Hz až 5000 Hz. Amplitudu můžeme nastavit v rozmezí 1 V až 10 V. Pro nastavenou frekvenci a amplitudu je automaticky vypočítán fázový posun mezi jednotlivými signály.

- **Měřená data – USB 6008**

Pokud vybereme volbu *Měřená data – USB 6008* budeme měřená data získávat pomocí modulu USB – 6008. Abychom získali signál složený ze vzájemně posunutých signálů, propojíme svorky AI0 až AI4 a na tyto svorky přivedeme signál ze signálového generátoru.

Průběh takto získaného signálu budeme mít opět zobrazen v grafu *Měřený signál*. Současně se zobrazením průběhu můžeme sledovat jednotlivé fázové posuny mezi signály. Frekvenci a amplitudu je možné tentokrát přímo měnit na signálovém generátoru a změny pozorovat jak na grafu tak na hodnotách fázových posuvů.



Obrázek 3.8: Ovládací panel pro úlohu č.2 - "Fázový posun"

Pro měření si zvolte 5 hodnot frekvence z rozmezí 10 – 500 Hz a 5 hodnot amplitudy z rozsahu 1 – 10 V.

Hodnoty výsledných fázových rozdílů zapište do tabulky.

f [Hz]					
U [V]					
$\Delta\varphi_{\text{sim1}}$ [°]					
$\Delta\varphi_{\text{sim2}}$ [°]					
$\Delta\varphi_{\text{sim3}}$ [°]					
$\Delta\varphi_{\text{sim4}}$ [°]					
$\Delta\varphi_{\text{real1}}$ [°]					
$\Delta\varphi_{\text{real2}}$ [°]					
$\Delta\varphi_{\text{real3}}$ [°]					
$\Delta\varphi_{\text{real4}}$ [°]					

Tab 3.2: Tabulka naměřených hodnot pro úlohu č.2

### 3.2.10 ZÁVĚR

Druhá úloha zobrazuje problém nesoučasného vzorkování při sběru analogových dat z více kanálů najednou. Při používání různých zařízení je potřeba znát, jakým způsobem jsou získávána data z více kanálů. Tento fakt je nutné vzít v úvahu, aby nebyla měřená data nesprávně interpretována.

## 4 ZÁVĚR

Celá tato práce zahrnuje spoustu informací týkající se měření, zpracování a prezentace určitých dat. Tento proces můžeme nazvat Sběrem dat. Sběr dat, jak jsme se postupně v průběhu práce dozvěděli, není nic jiného, než vhodně sestavený soubor měřicího zařízení, stykové jednoty v podobě počítače a obslužného programu. Informace obsažené v úvodu práce umožňují pochopit základní spojitosti mezi jednotlivými prvky sběru dat. Je možné si zde také udělat přehled o některých jednoduchých měřicích zařízeních, avšak i o složitějších soběstačných systémech. Při měření je také nutné se seznámit s problémy, které mohou nastat při nedodržení určitých parametrů či určitého měřicího rozsahu. Tyto příčiny poté vedou k chybným výsledkům a tedy k opětovnému měření.

Jeden z hlavních úkolů bylo vytvořit dvě ukázkové úlohy, na kterých by se dala názorně ukázat nějaká negativní vlastnost, která by vznikla buď při porušení některého z daných pravidel nebo jenž by vznikla čistě z hardwarových vlastností daného zařízení. Z těchto informací se vycházelo a byla navržena dvě zadání. Na tato zadání byly zpracovány úlohy „Spektrum signálu“ a „Fázový posun“, kde jedna úloha pracuje se spektry analogového signálu a tzv. aliasing efektem a druhá se zabývá nesoučasným vzorkováním při sběru analogových dat při měření z čtyř vstupních kanálů. Pro možnost srovnání je v úlohách přidána možnost porovnat naměřená dat s daty simulovanými.

Úlohy vytvořené v LabVIEW mají tu výhodu, že je již velká spousta algoritmů vytvořena a není třeba je tedy na úlohy podobné výše uvedeným složitě vytvářet. Díky existenci Expresních funkcí lze celkem snadno s LabVIEW pracovat a vytvářet programy, které jsou snadno čitelné i pro toho, kdo si v textovém programování neví rady. Již vytvořené úlohy tak lze dále rozšiřovat, což by mohl být například další bod zadání v případné laboratorní úloze v kurzu BEMS.

## SEZNAM LITERATURY

- [1] ČEJKA Miloslav.: *Elektronické měřicí systémy*. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT Brno. Brno 1.8.2002
- [2] ČEJKA Miloslav.: *Použití počítačů v měřicí technice*. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT Brno. Brno 1.8.2002
- [3] JURA Pavel.: *Signály a systémy – Část 3: Diskrétní signály a diskrétní systémy*. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT Brno.
- [4] National Instruments  
URL: <http://www.ni.com/dataacquisition/> [cit 17.12.2008]
- [5] *User Guide and Specification NI USB-6008/6009*. National Instruments Corporation. Dec 2007
- [6] *Metody analýzy časově proměnných signálů*. SOU Technické Chotěboř  
URL : <http://www.souch.cz/dok/e/scitani.doc> [cit 20.5.2009]
- [7] *Použití modulu USB-6008 a knihovny NI-DAQmx*. <Použití modulu USB.pdf>
- [8] ŠEBESTA V., SMÉKAL Z.: *Signály a soustavy*. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT Brno

## SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

V, Hz ... fyzikální jednotky

USB, RS232, RS485 ... komunikační rozhraní

PXI, VXI, VME, GPIB, SCXI ... měřicí systémy

UTP, STP ... typ kabeláže

FFT ... algoritmus

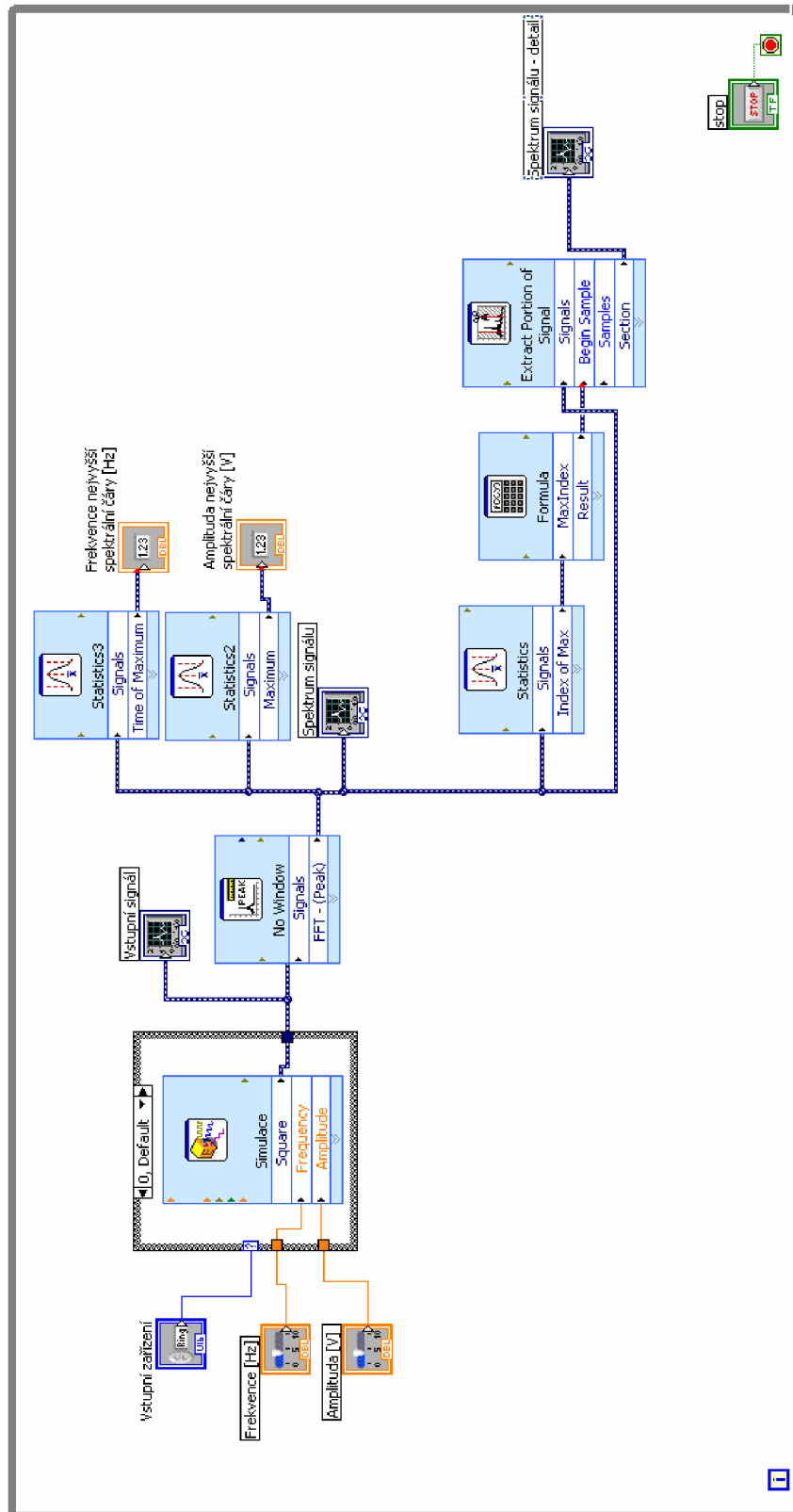
A/D, D/A, AAF ... el. obvody

## SEZNAM PŘÍLOH

*příloha č.1 - blokové schéma úlohy č. 1 „Spektrum signálu“*  
*příloha č.2 - blokové schéma úlohy č. 2 „Fázový posun“*



PŘÍLOHA Č.1 - BLOKOVÉ SCHEMA ÚLOHY Č. 1 „SPEKTRUM SIGNÁLU“



PŘÍLOHA Č.2 - BLOKOVÉ SCHÉMA ÚLOHY Č. 1 „FÁZOVÝ POSUN“

