

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského**  
**inženýrství**

**Záznamník provozních stavů průmyslových zařízení**

**Datalogger of industrial machines operational status**

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Veselý**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika  
Téma: **Záznamník provozních stavů průmyslových zařízení**  
**Datalogger of Industrial Machines Operational Status**

### Zásady pro vypracování:

Záznamník provozních stavů slouží pro diagnostiku a údržbu průmyslových zařízení. Záznamník bude realizován jako přístroj postavený na bázi PC a Virtuální instrumentace. Tato koncepce umožní maximálně rychlý vývoj, flexibilitu a snadné doplnění budoucích funkcí a rozšíření systému.

1. Definice požadovaných funkcí a chování záznamníku s ohledem na potřeby průmyslové praxe.
2. Návrh vhodného modulu sběru dat (měřicí karta) a návrh struktury aplikace s ohledem na požadované chování záznamníku.
3. Implementace funkce v LabVIEW.
4. Návrh a implementace aplikace pro analýzu a prohlížení zaznamenaných průběhů.
5. Zajištění praktického nasazení a získání reálných dat z měření na průmyslových zařízeních.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] DEWESOFT. *Download center* [online] c2010-2012. [cit. 2012-10-22]. Dostupné z: <http://www.dewesoft.com/download> .
- [2] NATIONAL INSTRUMENTS. *NI Developer Zone/ fórum uživatelů Labview* . [online]c2012. [cit. 2012-10-22]. Dostupné z: <http://zone.ni.com> .
- [3] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. 1. vyd. Ilustrace Viktorie Vlachová. Praha: BEN - technická literatura, 2008. 247 s. ISBN 978-80-7300-245-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Bilík, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2014



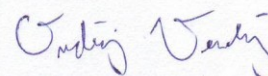
doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne ..... 25. 4. 2014 .....



.....  
Bc. Ondřej Veselý

## **Poděkování**

Mé poděkování patří vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Petru Bilíkovi, Ph.D. za pomoc při vypracování této diplomové práce a za cenné rady, které mi poskytl v průběhu zpracování.

## Prohlášení právnické osoby

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské / diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských / magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Opavě dne 25.4.2014 .....

Ing. Lumír Buchvaldek .....  
(vedoucí elektroúdržby)



## **Abstrakt**

Náplní této diplomové práce je vytvoření univerzálního měřicího systému, který je schopen měřit a zaznamenávat běžné digitální či analogové signály, vyskytující se na průmyslových zařízeních. Silou takového měřicího systému je možnost nasazení v případech, kdy člověk vzhledem k rychlosti dějů není schopen tyto vnímat, nebo v případě dlouhodobého monitoringu určitých procesů.

Záznamník provozních stavů slouží tedy zejména pro diagnostiku a údržbu průmyslových zařízení. Záznamník je realizován jako přístroj postavený na bázi PC a virtuální instrumentace. Tato koncepce umožňuje maximálně rychlý vývoj, flexibilitu a snadné doplnění budoucích funkcí a rozšíření systému.

Pro sběr dat byla použita měřicí karta firmy National Instruments NI USB-6008. Samotná aplikace pro ovládání této karty, sběr dat a následná analýza byla vytvořena v grafickém programovacím jazyku ve vývojovém prostředí LabVIEW.

## **Klíčová slova**

Sběr dat, Datalogger, LabVIEW, NI USB-6008, Virtuální přístroj, Virtuální instrumentace

## **Abstract**

The aim of this thesis is the creation of universal measurement system, which is useful for measure and record data type digital and analog, common incident on industrial machines. The main usability for this measurement system is the case, the man can not feel very fast action or the action last for a long time.

Datalogger of industrial operational status serves especially for diagnostic and maintenance for industrial machines. Datalogger is realized as device of base PC and virtual instrumentation. This conception makes it possible to very fast development, flexibility and easy completion of function in future.

For data acquisition is used measurement card type NI USB-6008 of National Instruments. The application for control of this card, data acquisition and analyze is made in graphical programming language in development system LabVIEW.

## **Keywords**

Data acquisition, Datalogger, LabVIEW, NI USB-6008, Virtual instrument, Virtual instrumentation

## Seznam použitých symbolů a zkratek

AI	Analogový vstup (Analog Input)
AO	Analogový výstup (Analog Output)
ADC	Analogově digitální převodník (Analog to Digital Converter)
CMOS	Technologie výroby IO (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)
CPU	Procesor (Central Processing Unit)
DAQ	Sběr dat (Data Acquisition)
DI	Digitální vstup (Digital Input)
DIFF	Mód připojení signálu k měřicí kartě (Differential)
DO	Digitální výstup (Digital Output)
FIFO	Paměť typu fronta (First In – First Out)
GND	Zemní svorka (Ground)
GUI	Grafické uživatelské rozhraní (Graphical User Interface)
HW	Technické vybavení – fyzicky existující (Hardware)
I/O	Označení vstup/výstup (Input/Output)
LVTTTL	Tranzistorově-Tranzistorová logika (Low Voltage Transistor-Transistor-Logic)
MAX	Konfigurační nástroj DAQ (Measurement & Automation Explorer)
MPI	Rozhraní systému Simatic (Multipoint Interface)
MUX	Elektronický člen, přepínač (Multiplexer)
NRSE	Mód připojení signálu k měřicí kartě (Non-Referenced Single-Ended)
PC	Osobní počítač (Personal Computer)
PFI	Čítačový vstup zařízení DAQ
PGA	Zesilovač s programovatelným zesílením (Programmable Gain Amplifier)
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable logic controller)
RSE	Mód připojení signálu k měřicí kartě (Referenced Single-Ended)
subVI	Podprogram VI (Virtual Instrument)
SW	Programové vybavení (Software)
TDMS	Typ souboru (Technical Data Management Streaming)
TTL	Tranzistorově-Tranzistorová logika (Transistor-Transistor-Logic)
USB	Univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus)
VI	Virtuální přístroj (Virtual Instrument)

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Definice požadovaných funkcí a chování záznamníku .....</b>	<b>2</b>
2.1 Definice stávajících možností pro měření na průmyslových zařízení.....	2
2.2 Požadované funkce a chování záznamníku .....	3
2.3 Sběr dat pomocí měřicích karet.....	4
2.3.1 Analogové vstupy.....	4
2.3.2 Typy zapojení analogových vstupů měřicích karet.....	4
2.3.3 Vzkovávání.....	5
2.3.4 Rozlišení A/D převodníku.....	6
2.3.5 Digitální vstupy.....	6
<b>3 Návrh vhodného modulu sběru dat.....</b>	<b>7</b>
3.1 Výběr vhodného modulu sběru dat .....	7
3.1.1 Popis měřicí karty NI USB-6008 .....	8
3.1.2 Základní technické parametry .....	10
3.2 Instalace programového vybavení.....	11
3.3 Testování karty se softwarem DEWESoft 7.1 .....	12
<b>4 Implementace funkce záznamníku v LabVIEW .....</b>	<b>14</b>
4.1 Přejechod k virtuální instrumentaci .....	14
4.2 Grafické programovací prostředí LabVIEW.....	15
4.3 Uživatelské rozhraní.....	15
<b>5 Návrh a implementace aplikace pro měření a prohlížení zaznamenaných průběhů .....</b>	<b>18</b>
5.1 Požadavky pro tvorbu aplikace k záznamovému zařízení.....	18
5.2 Úvodní interface měřicí aplikace .....	19
5.2.1 Struktura kódu úvodního GUI.....	20
5.3 Nastavení karty .....	21
5.3.1 Struktura kódu k nastavení měřicí karty .....	23
5.3.2 Povolení kanálu AI.....	25
5.3.3 Povolení kanálu DI.....	26
5.3.4 Nastavení vzorkovací frekvence .....	27
5.3.5 Nastavení rozsahu DIFF.....	27
5.3.6 Kontrola podmínek pro povolení k měření .....	28
5.3.7 Nápověda k nastavení karty .....	29
5.4 Měření .....	30
5.4.1 Struktura kódu k měření.....	32
5.4.2 Inicializace .....	33
5.4.3 Nastavení a zápis do indikátorů .....	33
5.4.4 Nastavení parametrů grafu .....	34
5.4.5 Nastavení karty NI USB-6008 pro měření.....	36
5.4.6 Hlavní smyčka měření (forma producent – konzument).....	38
5.4.7 Ukládání do souboru .....	40
5.5 Prohlížení záznamu .....	42
5.5.1 Struktura kódu k prohlížení záznamu.....	45



5.5.2	Událost reagující na stisk tlačítka „Zvolit adresář záznamů“ .....	46
5.5.3	Událost reagující na stisk tlačítka „Vybrat označený záznam“ .....	46
5.5.4	Událost reagující na stisk tlačítka „Zobrazit zvolený záznam v grafu“ .....	47
5.5.5	Událost reagující na stisk tlačítka „Zobrazené průběhy“ .....	49
5.5.6	Událost reagující na stisk tlačítka „Analýza průběhů“ .....	50
5.5.7	Událost reagující na stisk tlačítka „Vytvoř kurzor“ .....	50
5.5.8	Událost reagující na stisk tlačítka „Odeber vybraný kurzor“ .....	51
5.5.9	Událost reagující na stisk tlačítka „Délka záznamu mezi kurzory“ .....	51
5.5.10	Událost reagující na stisk tlačítka „Nápověda“ .....	51
5.5.11	Událost reagující na stisk tlačítka „Ukončit aplikaci“ .....	51
5.6	Nápověda .....	52
5.7	O aplikaci .....	52
5.8	Ukončení celé aplikace .....	52
<b>6</b>	<b>Zajištění praktického nasazení a získání reálných dat .....</b>	<b>53</b>
6.1	Praktické nasazení záznamníku v průmyslové praxi .....	53
6.2	Problém 1: Monitoring napěťových zdrojů na stroji Masterflex 203A MATIC .....	53
6.2.1	Představení stroje .....	53
6.2.2	Rozbor problému .....	53
6.2.3	Nasazení záznamníku .....	54
6.2.4	Zhodnocení naměřených výsledků .....	55
6.3	Problém 2: Hlídaní tlaku vzduchu linky Martin NT 1228 .....	56
6.3.1	Představení stroje .....	56
6.3.2	Rozbor problému .....	56
6.3.3	Nasazení záznamníku .....	57
6.3.4	Zhodnocení naměřených výsledků .....	58
<b>7</b>	<b>Zhodnocení dosažených výsledků .....</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>60</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>61</b>

# 1 Úvod

Počáteční myšlenka pro zvolení tématu této diplomové práce pochází z potřeb průmyslové praxe, konkrétně pro potřeby pracovníků elektroúdržby závodu Model Obaly a.s. v Opavě. Tato firma se zabývá výrobou obalů z hladkých, kaširovaných a vlnitých lepenek. Zvyšující se požadavky na spolehlivost a rychlost při opravách na průmyslových zařízeních vyžaduje nejen neustálé zdokonalování samotných pracovníků elektroúdržby, ale inovace by měla přicházet i v podobě technických řešení pro diagnostiku neustále složitějších průmyslových strojů.

V případech kdy se jedná o závady vyskytující se s malou četností, nebo v situacích kdy je třeba měřit rychlé děje, nezbyvá než nasadit systém, který by určité stavy definované například napětíovou úrovní, nebo logickým stavem elektrického signálu umožňoval takovéto změřit a zaznamenat. Výsledkem této diplomové práce je tedy záznamové zařízení, které tuto schopnost umožňuje.

První kapitola definuje požadované funkce a chování záznamníku. Je důležitá pro vlastní návrh měřicího systému. Každý takový návrh vyžaduje ujasnění si požadavků, které budou v budoucnu na takovéto zařízení kladeny, aby bylo možné zvolit správné řešení. Vzhledem k možnosti maximálně rychlého vývoje, flexibility a snadného doplnění budoucích funkcí a rozšíření systému bylo zvoleno zařízení na bázi PC a virtuální instrumentace. Tato kapitola shrnuje také výhody tohoto návrhu oproti stávajícím možnostem.

Další kapitola se zabývá výběrem měřicí karty vhodné pro danou problematiku. Pro danou úlohu byla vybrána profesionální karta NI USB-6008 firmy National Instruments. Z této kategorie se jedná o kartu finančně nejdostupnější, avšak její parametry i tak splňují požadavky záznamníku pro diplomovou práci.

V třetí kapitole je popsán silný nástroj pro tvorbu měřicí aplikace v případě použití virtuální instrumentace. Pro navržení měřicí aplikace je využito grafického programovacího jazyka ve vývojovém prostředí LabVIEW. Takovéto řešení namísto klasického textového programování umožňuje tvořit programy v grafické interpretaci, intuitivně a samozřejmě i rychleji. Zároveň je tento způsob přívětivější pro techniky, kteří nedisponují takovou znalostí klasického textově orientovaného programování oproti takto zaměřeným programátorům, ale zase mají nesporně větší znalosti v oblasti hardwaru a jeho praktického použití.

Následující a v podstatě nejdůležitější kapitola se zabývá samotným návrhem aplikace pro ovládání měřicí karty NI USB-6008, analýzu a prohlížení zaznamenaných dat. Detailně je zde popsáno jak uživatelské rozhraní v podobě front panelu obsluhujícího pracovníkem pověřeným daným úkolem, tak samotná struktura aplikace a tedy její vlastní kód v podobě blokového diagramu.

Funkce takovéhoto zařízení v reálném prostředí je uvedena v páté kapitole, která pojednává o praktickém nasazení tohoto zařízení v závodech Model Obaly a.s. na vybraných průmyslových zařízeních pro výrobu a zpracování vlnité lepenky.

Závěrečná kapitola se zabývá zhodnocením výsledků, které sebou záznamové zařízení přineslo. Systematicky je zde shrnutá problematika jednotlivých kapitol a hlavně výsledků přínosu tohoto zařízení pro elektroúdržbu Model Obaly a.s. jak pro čas přítomný tak pro reálné rozšíření takovéto aplikace do budoucna.

## 2 Definice požadovaných funkcí a chování záznamníku

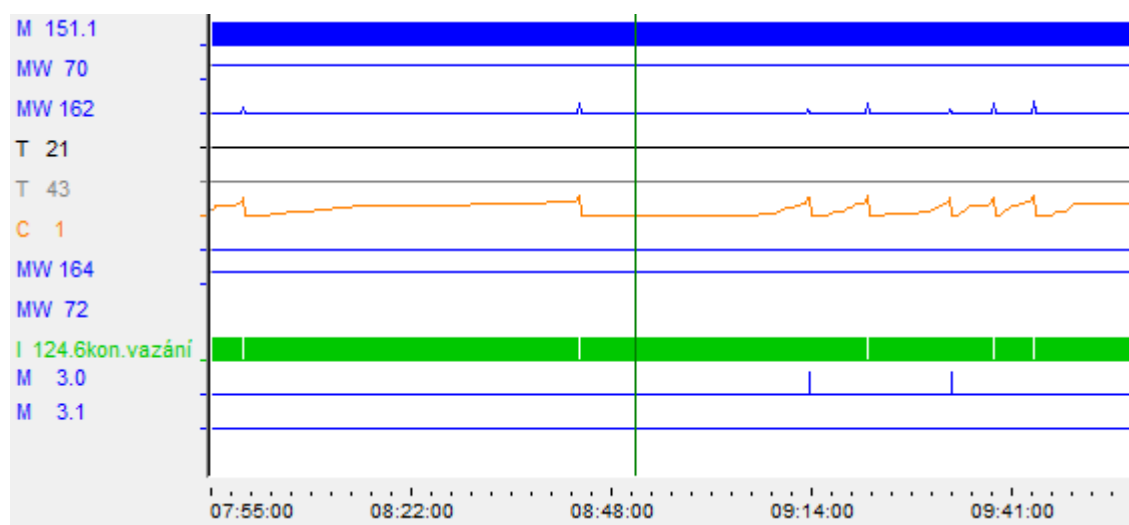
### 2.1 Definice stávajících možností pro měření na průmyslových zařízeních

Rostoucí nároky při diagnostice a opravách na průmyslových zařízeních sebou přináší nutnost inovovat technické zařízení, které je k takovýmto opravným a diagnostickým účelům stvořené. Výroba každého podniku je závislá na spolehlivosti strojního zařízení. Požadavky na spolehlivost zařízení, které stárne, obvykle narůstají, přestože jde o protichůdné směry. Také modernizace strojů s sebou přináší stále složitější systémy, které je rovněž nutné spolehlivě provozovat.

Z praxe je patrné, že zásadní problémy, které je nutné při složitějších opravách řešit, je monitoring rychlých dějů, smysly člověka těžko, nebo vůbec nerozpoznatelnými a tyto následně zaznamenat. Dalším problémem je pak monitoring dlouhodobých procesů. Zejména se jedná o krátkodobé poruchové stavy, které se vyskytují např. jednou za den. V praxi není možné, aby pracovník, který se opravami a diagnostikou zabývá, trávil pak veškerý čas „čekáním“, až takový problém nastane a zároveň se spoléhal, že jej vlastními smysly zaznamená.

Zařízení, které je výstupem této diplomové práce má za úkol výše popsané stavy monitorovat a zaznamenávat. Je určeno pro reálný provoz závodu Model Obaly a.s. v Opavě, zabývajícího se výrobou obalů z hladkých, kaširovaných a vlnitých lepenek. Stojní park tohoto závodu je velice rozmanitý co do výbavy tak stárí zařízení, které se pohybuje od 20let po nejmodernější stroje současnosti.

Současné možnosti jako jsou analogové a digitální multimetry, případně klešťové ampérmetry a osciloskopy nejsou pro výše zmíněné situace použitelné. V podstatě jediným záznamovým zařízením, momentálně použitelným je software „PLC - Analyzer pro 4“, německého dodavatele „Autem“. Tento software je předurčen pro monitoring PLC (programovatelných logických automatů). Automat je přes MPI sběrnici připojen k PC s tímto softwarem a je možné tak zaznamenávat el. signály přicházející do automatu. Pro každý druh PLC je však nutné zakoupit patřičný driver k PLC což celé zařízení značně prodražuje. Navíc praxe ukázala nespolehlivost zachycení rychlejších dějů (300ms), což je nedostačující.



**Obr. 1.** Ukázka záznamu prostřednictvím „PLC – Analyzer pro 4“.

Na Obr. 1. je vidět záznam prostřednictvím výše zmiňovaného softwaru. Jedná se o průběh, který trval asi 2hod. Zaznamenávány byly digitální vstupy do PLC a dále pak speciální paměťová oblast PLC tzv. markery (definující určitý stav nějakého procesu) a dále pak oblast čítačů a časovačů.

Dalším problémem pro nasazení tohoto softwaru je možnost monitoringu pouze signálů, které vstupují do PLC. V mnoha případech je však nutné monitorovat signály, které do PLC nejsou připojeny, anebo se jedná o PLC na které není dostupný patřičný driver.

Jistým řešením podobných situací je použití PLC jako měřicí karty. Tzn. bude-li k dispozici volné PLC doplněné o patřičné vstupní karty a driver nutný pro komunikaci s PLC-analyzer pro 4 je pak možné takovýto systém nakonfigurovat a plnohodnotně měřit a zaznamenávat. Nevýhodou takového řešení je nutnost mít „skladem“ všechny komponenty pro daný měřicí řetězec což celé zařízení značně prodražuje. Dále objem takového měřicího systému není také zanedbatelný.

Moderní doba s sebou přináší neustálé inovace a proto bylo mým cílem v oblasti měření a diagnostiky v rámci údržby rozsáhlého strojního parku závodu Model Obaly a.s. představit zcela nové a dle mého názoru velmi efektivní a moderní řešení v podobě virtuální instrumentace. Následující kapitoly shrnují a popisují tuto problematiku pro návrh měřicího a záznamového zařízení a virtuální instrumentace jako takové.

## **2.2 Požadované funkce a chování záznamníku**

V této kapitole jsou stručně v bodech rozepsány základní funkce, které by záznamník měl být schopen změřit a zaznamenat, aby bylo následně možné provést analýzu takto uložených dat. Tyto funkce jsou definovány na základě potřeb pracovníků elektroúdržby závodu Model Obaly Opava a.s. a nejčastějších problémů, se kterými je možné se setkávat.

### *1.Zpracování a analýza digitálního signálu :*

- zobrazení aktuálního průběhu volitelného stavu digitálních vstupů
- záznam logického stavu volitelného počtu digitálních vstupů
- možnost volby vzorkovací frekvence
- pojmenování jednotlivých kanálů pro přehlednou analýzu
- ukládání dat do souboru
- zobrazení celého průběhu nalogovaných dat v reálném čase
- měření délky (signálů), podle nastavení kurzoru
- měření trvání signálů (např. v log „1“ během celého záznamu)
- nápověda k ovládání měřicí aplikace

### *2.Zpracování a analýza analogového signálu :*

- zobrazení aktuálního průběhu volitelného stavu analogových vstupů
- záznam úrovně napětí sledovaného analogového signálu
- možnost volby vzorkovací frekvence
- pojmenování jednotlivých kanálů pro přehlednou analýzu
- ukládání dat do souboru
- zobrazení celého průběhu nalogovaných dat v reálném čase
- měření délky (signálů), podle nastavení kurzoru
- nápověda k ovládání měřicí aplikace
- zobrazení minima a maxima

## 2.3 Sběr dat pomocí měřicích karet

Dle požadavků ze zadání k diplomové práci se nabízí varianta použití vhodné měřicí karty, nebo-li karty pro sběr dat (Data Acquisition – DAQ). Takové karty slouží pro přímé měření, nebo generování signálu počítačem. Sdružují v sobě funkce vícekanálového analogového vstupu, analogového výstupu, čítačového vstupu impulsů, popřípadě číslicových vstupů a výstupů. Karty s více než jedním z výše uvedených funkcí se označují jako multifunkční. Na následujících řádcích jsou popsány nejzákladnější parametry a pojmy z oblasti DAQ nutné k pochopení této problematiky a související s touto diplomovou prací. [8]

### 2.3.1 Analogové vstupy

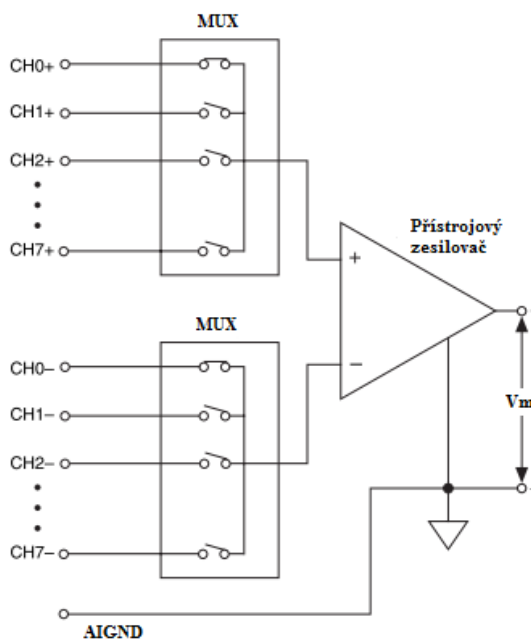
Nejdůležitějšími parametry analogových vstupů je jejich počet, rozlišení, maximální vzorkovací frekvence a napěťové rozsahy. Je logické, že s rostoucími nároky na kvalitu, případně kvantitu těchto parametrů výrazně stoupá cena takové karty a tak je vhodné před jejím výběrem promyslet budoucí použití karty pro dané účely.

### 2.3.2 Typy zapojení analogových vstupů měřicích karet

Rozlišujeme tři základní zapojení pro připojení signálu: [7],[10]

#### 1. Diferenční (DIFF)

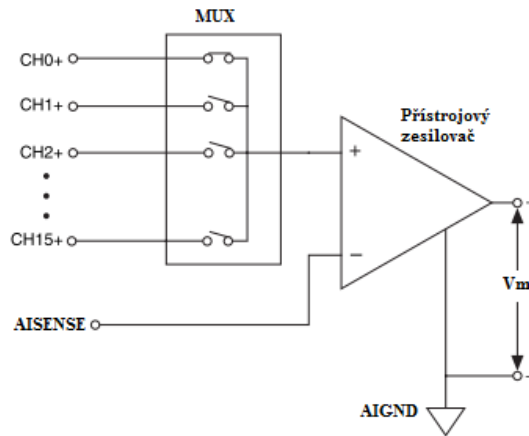
- Žádný vstup není spojen s kostrou přístroje
- Pro každý signál jsou použity dva vstupy měřicí karty
- Měření proti sobě (odstraňuje souhlasné rušivé napětí)
- Vhodné pro nízkonapěťové signály, vhodnější pro zarušená prostředí



Obr. 2. Diferenční zapojení. [11]

## 2. Referenced single-ended (RSE)

- Měření se provádí vztaženo ke systémové zemi
- Pro každý signál je použit jeden kanál
- Neodstraňuje souhlasné rušivé napětí
- Vhodné pro vyšší napětí, jednotky voltů

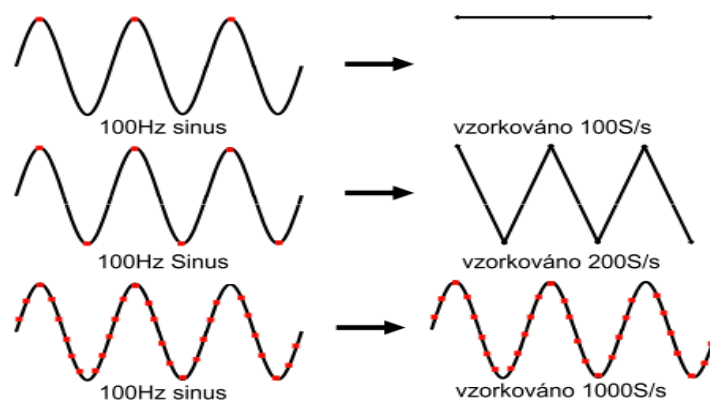


Obr. 3. Zapojení RSE. [11]

Třetí zapojení **Non-referenced single-ended (NRSE)** je variací k zapojení RSE s tím rozdílem, že se měření provádí vztaženo ke vstupu AISENSE, tedy proti referenční přivedené hodnotě.

### 2.3.3 Vzorkování

Měřený analogový signál je spojitý, kdežto vzorkovaný signál je série diskretních vzorků získaných při dané vzorkovací frekvenci. Čím rychleji bude tedy vzorkováno, tím více se bude vzorkovaný signál podobat měřenému. Problém pak nastává, pokud je vzorkováno nedostatečnou rychlostí, pak nastává tzv. aliasing. Podle Nyquistova teorému musí být vzorkováno alespoň dvojnásobnou frekvencí než je maximální frekvenční složka v signálu obsažená, aby byla správně reprezentována frekvence signálu. Pokud má být správně reprezentován i tvar signálu musí být vzorkovací frekvence 5-10x vyšší. Na Obr. 4. je tato situace graficky znázorněna. [9],[10]

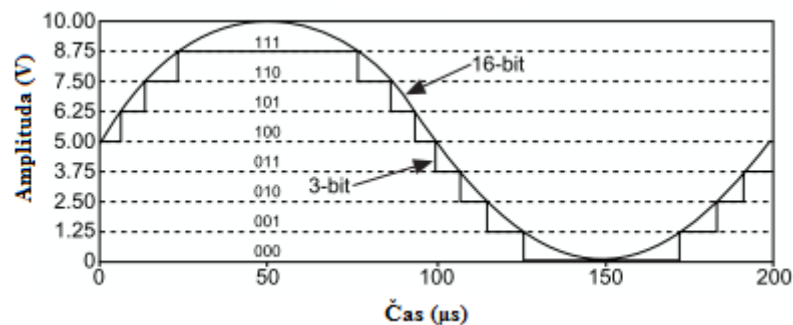


Obr. 4. Příklad vzorkovaných signálů. [9]

U DAQ je třeba si uvědomit jakou architekturu analogového vstupu máme k dispozici. Levnější varianty obsahují pouze jeden zesilovač a A/D převodník pro všechny kanály a přepínání mezi jednotlivými kanály zajišťuje multiplexer. V tom případě se pak maximální možná frekvence dělí počtem použitých analogových vstupů. Analogicky u dražšího řešení má každý kanál svůj zesilovač a A/D převodník. [8]

### 2.3.4 Rozlišení A/D převodníku

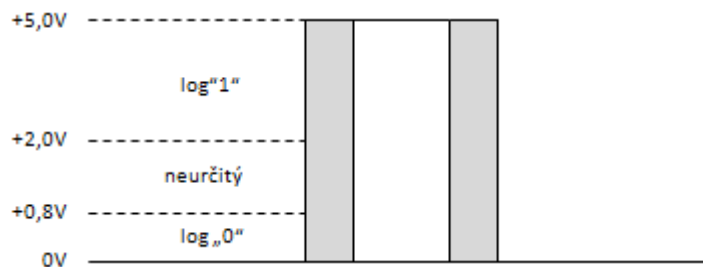
Rozlišení A/D převodníku reprezentuje počet bitů, které převodník používá k reprezentaci signálu. Určuje tedy, kolik různých napěťových hladin může být vyhodnoceno. Vztah pro výpočet je následující:  $\text{počet hladin} = 2^{\text{počet bitů}} - 1$ , tedy např. 3 bitový převodník = 8 hladin, zatímco 16 bitový převodník = 65535 hladin. Graficky je to patrné z Obr. 5. [10]



Obr. 5. Rozlišení 16 bitové versus 3 bitové. [10]

### 2.3.5 Digitální vstupy

Digitální linky lze nalézt u většiny multifunkčních karet. Jejich hlavní vlastností je, že u nich rozlišujeme pouze dva stavy, např. zapnuto nebo vypnuto, analogicky „1“ nebo „0“. Linky mohou být obousměrné (tzn. softwarově je lze nastavit jako vstup nebo výstup). Digitální linky na DAQ akceptují a generují signály kompatibilní s TTL. [12]



Obr. 6. Definice TTL signálu. [11]

V této oblasti je zavedeno několik důležitých termínů. *Bit* – nejmenší jednotka dat, má hodnotu 0 nebo 1. *Linka* – jeden individuální signál na portu. *Port* – množina digitálních linek. *Šířka portu* – počet linek v portu. *Maska* – definuje, které linky jsou čteny nebo zapisovány a které jsou ignorovány. [12]

### 3 Návrh vhodného modulu sběru dat

#### 3.1 Výběr vhodného modulu sběru dat

Současný trh nabízí celou řadu zařízení pro sběr dat. Jedním ze světových lídrů a výrobcem takovýchto zařízení je americká firma National Instruments, která se zabývá širokou škálou zařízení pro sběr dat. Jedná se o zařízení na profesionální úrovni. Jedním ze základních požadavků pro zařízení k této diplomové práci byla cena takového produktu. Dalším předpokladem je jednoduchost pro připojení k běžnému PC (notebooku), čemuž odpovídá možnost připojení přes sběrnici USB. Jestliže byl v potaz brán základ z kapitoly č.2 pro požadavky na takovéto záznamové zařízení, byla vybrána měřicí karta NI USB-6008. Karta je cenově velmi přívětivá a zároveň s sebou přináší profesionální nástroj v podobě variability v případě doplnění budoucích funkcí pro aplikaci, která zařízení DAQ obsluhuje a to bez nutnosti změny hardware. Následující Tab. 1. zobrazuje cenové srovnání některých DAQ pro připojení k USB z nabídky National Instruments.

Product	Cena (Kč)	Analog Input			Analog Output		Digital I/O	Counter		
		Kanálů (DI/SE)	Rozlišení (bit)	Vz. Frekvence (kS/s)	Kanálů	Obnov. Frekvence (kS/S)	Kanálů	Kanálů	Rozlišení (bit)	Max. IN Frekvence (MHz)
USB 6008	4090	8/4	12	10	2	0,15	12	1	32	5
USB 6009	6690	8/4	14	48	2	0,15	12	1	32	5
USB 6210	14990	8/16	16	250	0	-	0	2	32	80
USB 6215	25690	8/16	16	250	2	250	0	2	32	80
USB 6216	30900	8/16	16	400	2	250	32	2	32	80

**Tab. 1.** Cenové srovnání některých DAQ pro připojení k USB. [2]

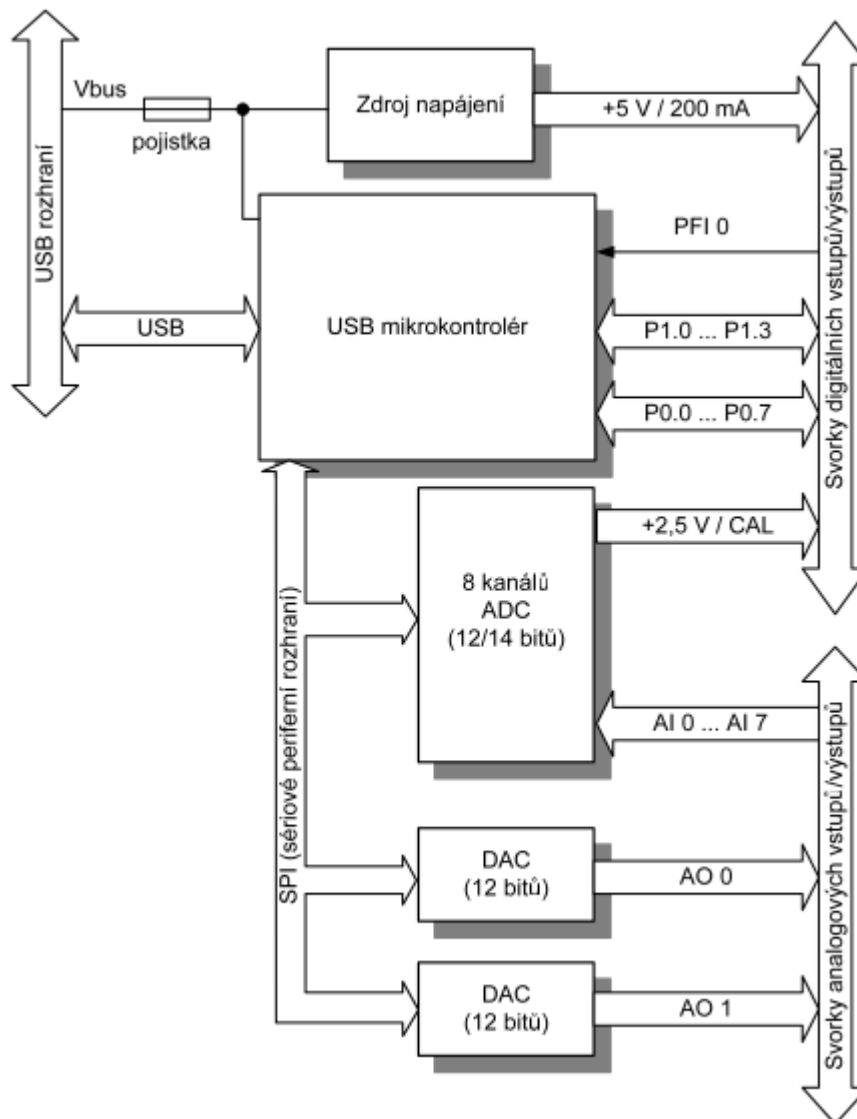


**Obr. 7.** Obrázek reálné měřicí karty NI USB-6008.



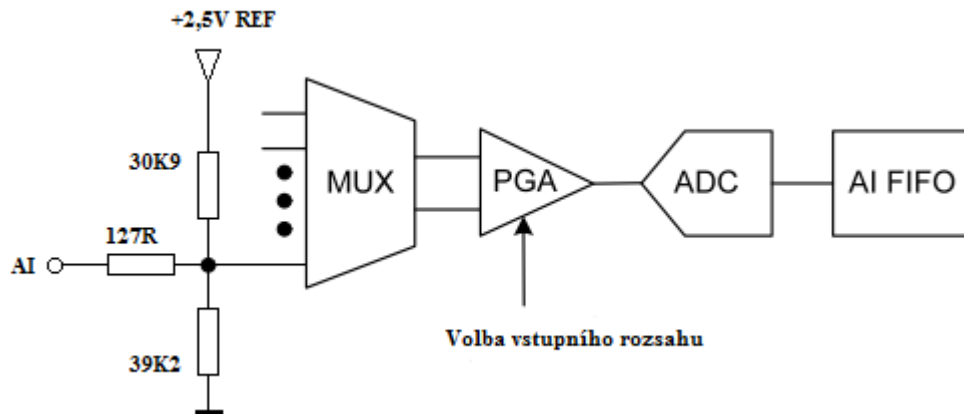
### 3.1.1 Popis měřicí karty NI USB-6008

Blokové schéma multifunkční karty NI USB-6008 je znázorněno na Obr. 8. Karta je vybavena osmi analogovými vstupy (AI 0 až AI 7 – Analog Input), dvěma analogovými výstupy (AO 0 a AO 1 – Analog Output), dvanácti obousměrnými digitálními linkami (P0.0 až P1.3) a jedním 32bitovým čítačem (vstup PFI 0, který může sloužit rovněž jako vstup pro spouštění – trigger). Analogové vstupy AI lze zapojit buď jako osm nesymetrických kanálů (tzn. proti společné zemi) nebo jako čtyři diferenciální (symetrické) kanály. Na vnější konektor je rovněž vyvedeno napětí +5 V (získané z rozhraní USB) a referenční napětí +2,5V ze stabilizátoru pro A/D převodník (ADC). [1],[5]



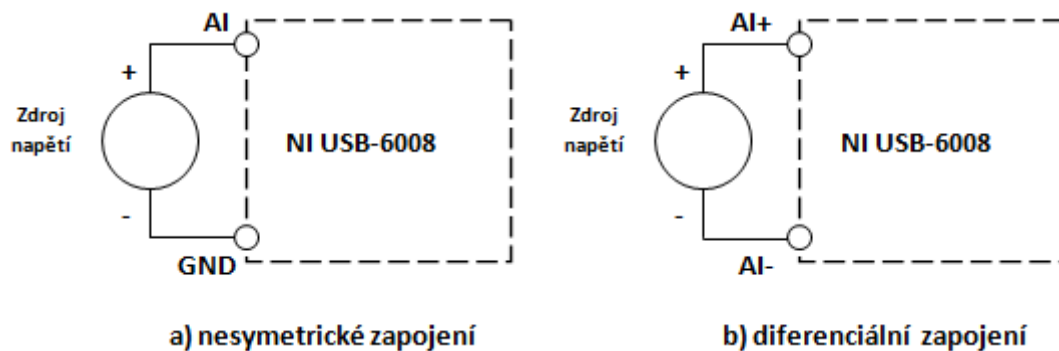
**Obr. 8.** Blokové schéma multifunkční karty NI USB-6008. [5]

Blokové schéma analogového vstupu (kanály AI) je naznačeno na Obr. 9. Multiplexer MUX připojuje jednotlivé analogové vstupy AI na zesilovač s programovatelným zesílením PGA. Zesílení se nastavuje podle vstupního rozsahu 1x, 2x, 4x, 5x, 8x, 10x, 16x, resp. 20x (pro diferenciální zapojení vstupů AI), nebo 1x (pro zapojení nesymetrické se společnou zemí). A/D převodník ADC potom převádí napětí na číslcovou informaci ve formátu dat. Aby při převodu nedošlo ke ztrátě dat, je nutno je ukládat do paměti typu fronta (FIFO). [1],[5]



**Obr. 9.** Blokové schéma analogového vstupu. [5]

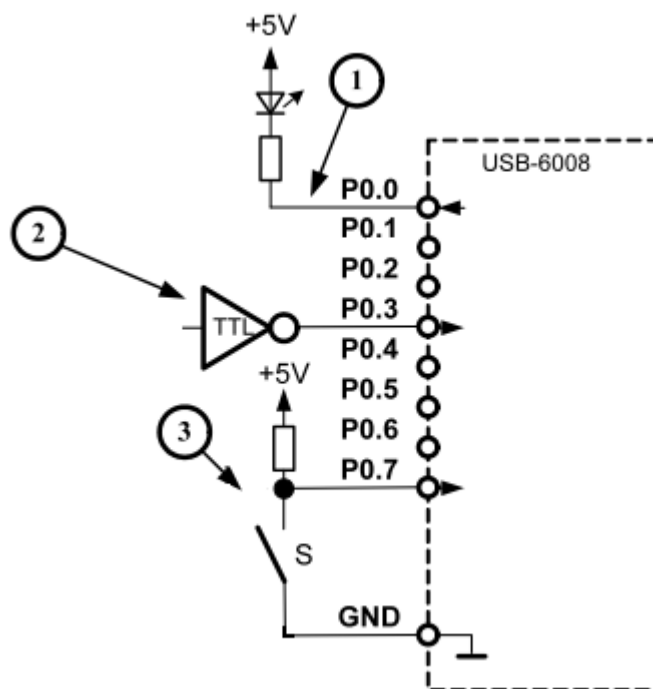
Analogový signál lze přivést na vstup AI buď v nesymetrickém zapojení (kladný pól na vstup AI a záporný na zem GND), nebo v diferenciálním zapojení (kladný pól na vstup AI+ a záporný na vstup AI-), jak je znázorněno na Obr. 10.



**Obr. 10.** Připojení signálu na analogové vstupy. [5]

Karta NI USB-6008 je vybavena 12 číslicovými linkami P0.0 až P0.7 a P1.0 až P1.3, které tvoří jeden DIO port (Digital Input / Output). Každou jednotlivou linku lze naprogramovat buď jako vstup nebo jako výstup. Vztažným bodem je společná zem GND. Na Obr. 11. je znázorněn příklad nastavení jednotlivých číslicových linek. 1) linka P0.0 je nastavena jako výstupní, typ otevřený kolektor, 2) linka P0.3 je nastavená jako vstupní (na vstupu je výstup hradla TTL), 3) linka P0.7 je nastavena jako vstupní (na vstupu je mechanický kontakt).

[1],[5]



**Obr. 11.** Příklad nastavení číslicových linek. [5]

### 3.1.2 Základní technické parametry

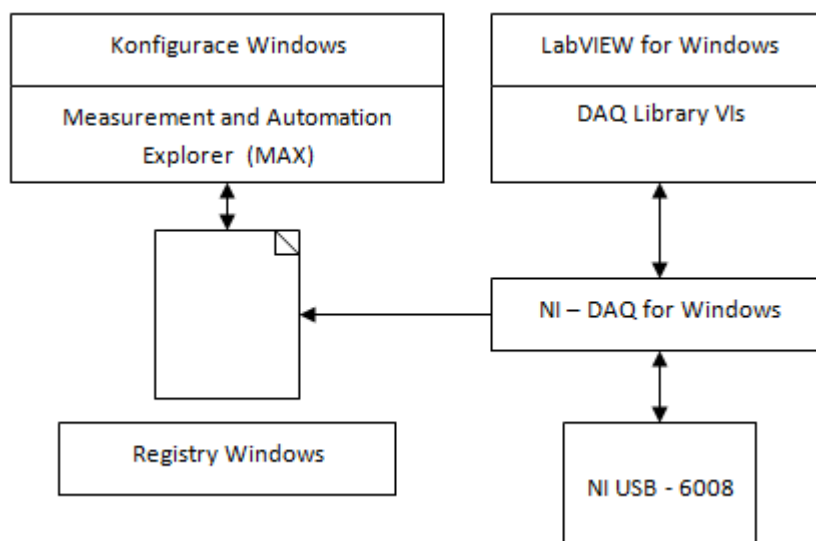
Napájení karty 4,1 až 5,25VDC a odběr obvykle 80mA, max. 500mA je řešeno přes sběrnici USB 2.0 full-speed. Výše zmíněné zdroje napětí na kartě jsou omezeny : +5V (max. 200mA) a +2,5V (max. 1mA). Základní parametry jsou shrnuty níže. Bližší specifikace je pak v příloze I. diplomové práce. [1],[5]

- 8 analogových vstupů (12-bit, 10 kS/s)
- 2 analogové výstupy (12-bit, 150 S/s)
- 12 digitálních linek programovatelných jako vstup nebo výstup
- 1 čítač (32-bit)
- Kompatibilní se softwarem: LabVIEW, LabWindows™/CVI, Measurement Studio for Visual Studio .NET

### 3.2 Instalace programového vybavení

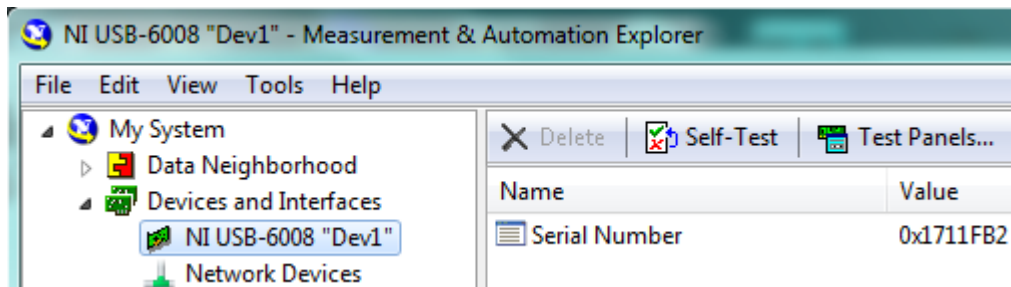
Aby bylo možné patřičné fyzikální signály (napětí, proud, teplota apod.), přes použitou měřicí kartu přenést do počítače k dalšímu zpracování, je třeba nainstalovat potřebné programové vybavení – ovladač (driver). Tento provede konfiguraci zařízení a jeho datových kanálů. Neustále vyvíjený a postupně rozšiřovaný ovladač pro zařízení DAQ firmy National Instruments se nazývá NI-DAQmx. Takovýto ovladač je obvykle dodáván se zařízením na CD.

Pro konfiguraci zařízení DAQ v operačním systému Windows se používá nástroj Measurement & Automation Explorer (MAX). MAX přečte informace v ovladači zařízení v registrech operačního systému Windows a přiřadí zařízení logické jméno pro NI-DAQmx s nímž se potom pracuje v LabVIEW. Na Obr. 12. je znázorněno řízení konfigurace zařízení DAQ pro LabVIEW v operačním systému Windows při použití MAX. [1],[5]



Obr. 12. Řízení konfigurace LabVIEW ve Windows. [4]

Pokud již bylo nějaké zařízení DAQ nainstalováno, lze v prostředí MAX v záložce „Devices and Interfaces“ toto ověřit. Dále je možné otevřít další podsložky, z nichž lze mít přístup k nastavení a vlastnostem zařízení DAQ viz. Obr. 13.



Obr. 13. Ověření nainstalovaného zařízení DAQ v MAX.

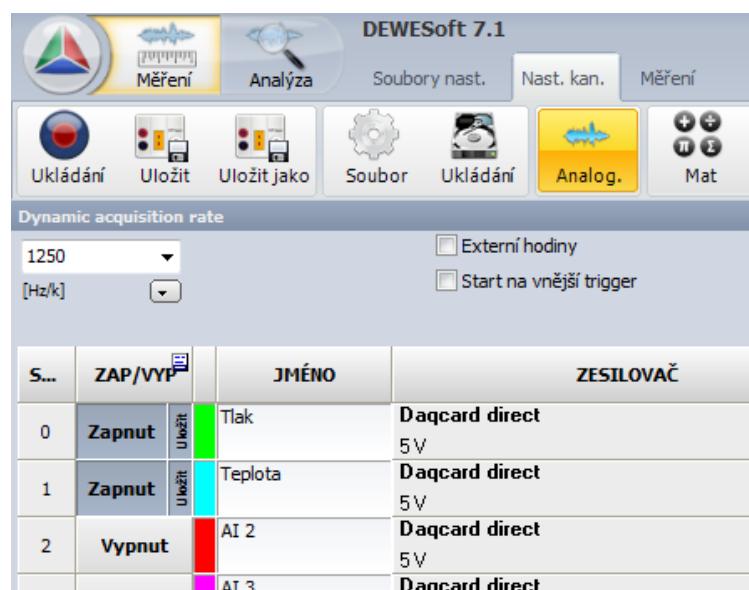
### 3.3 Testování karty se softwarem DEWESoft 7.1

Před samotným započítím s aplikací pro daný měřicí systém byl proveden průzkum trhu komerčně dostupných řešení. Z důvodu otestování karty byla vybrána profesionální aplikace světového formátu a to DEWESoft 7.1, která podporuje kartu NI USB-6008. DEWESoft je měřicí software, který dokáže sbírat data z různých druhů hardware. Přináší uživatelům tak jednoduchou cestu k procesu sběru a analýze dat. Hlavní myšlenkou DEWESoftu jsou tedy dva základní moduly, sběr a analýza. Hlavní odlišností těchto směrů lze popsat tak, že zatímco sběr dat pracuje s reálným hardware (on-line), tak analýza pracuje se soubory, do kterých jsou uložena měřená data (off-line). V nápovědě lze dohledat, které druhy hardware tento software podporuje. Pro úlohu této diplomové práce bylo dostačující použití trialové verze, která je volně ke stažení a je plně funkční po dobu 30 dní. Jako manuál pro danou aplikaci lze využít rozsáhlé nápovědy. Po úspěšné instalaci a zaregistrování bylo tedy možné přejít k testování s kartou NI USB-6008. Na Obr. 14. lze vidět úspěšné nalezení karty s jejími základními parametry jako je např. počet analogových vstupů, vzorkovací frekvence apod. V této části nastavení již lze nastavit např. typ připojení (RSE, DIFF apod.). [3]



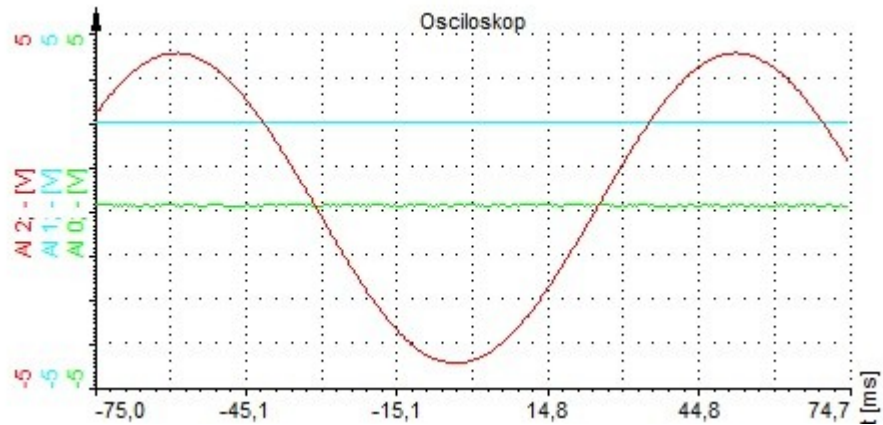
Obr. 14. Úspěšné nalezení karty NI USB-6008 prostřednictvím DEWESoft 7.1.

Na Obr. 15. lze vidět část základní obrazovky aplikace, kde v horní části jsou vyobrazeny ikony pro již zmíněné dva základní moduly: sběr (měření) a analýza.



Obr. 15. Část základního menu aplikace pro nastavení měření.

Tento software umožňuje zvolit mnoho různých režimů zobrazení měřeného signálu. V rámci diplomové práce byl k testování této aplikace s měřicí kartou NI USB-6008 použit generátor napětí sinusového průběhu a dále pak stabilizovaný zdroj s regulovaným stejnosměrným napětím. Na Obr. 16. je vidět jeden z mnoha režimů zobrazení měřeného signálu podobajícím se obrazovce osciloskopu.



**Obr. 16.** Režim zobrazení měřeného signálu „osciloskop“.

Vždy záleží na použití aplikace pro danou úlohu a z toho vyplývající vhodnost použití zobrazovacích prvků. Jiná volba zobrazení je na Obr. 17., kde uživatele nezajímá měřený signál v čase, ale spíše aktuální hodnoty. Z tohoto režimu je možné vyčíst základní údaje jako je jméno kanálu, jednotky měřeného signálu, vzorkovací frekvence a naměřená hodnota.

Index	Jméno	Jednot...	Vzorkování	Hodnoty		OVL
AI 0	AI 0	V	1250	0,134		0,144
AI 1	AI 1	V	1250	2,5		2,51
AI 2	AI 2	V	1250	-4,3		4,44
AI 3	AI 3	V	1250	1,4		1,41
AI 4	AI 4	V	1250	1,4		1,41
AI 5	AI 5	V	1250	1,4		1,41
AI 6	AI 6	V	1250	1,4		1,41
AI 7	AI 7	V	1250	1,4		1,41

**Obr. 17.** Režim zobrazující všechny použité kanály DAQ.

Pro budoucí účely je třeba řádně promyslet vhodnost použití dané aplikace. Tato aplikace má sice nepřehledné množství funkcí, jejichž použití je ale ku příkladu v rámci potřeb údržby závodu Model Obaly a.s. málo pravděpodobné. Proto byla navržena efektivnější varianta s aplikací doslova šitou na míru na bázi virtuální instrumentace pro konkrétní potřeby výše zmíněných potřeb průmyslové praxe.

## 4 Implementace funkce záznamníku v LabVIEW

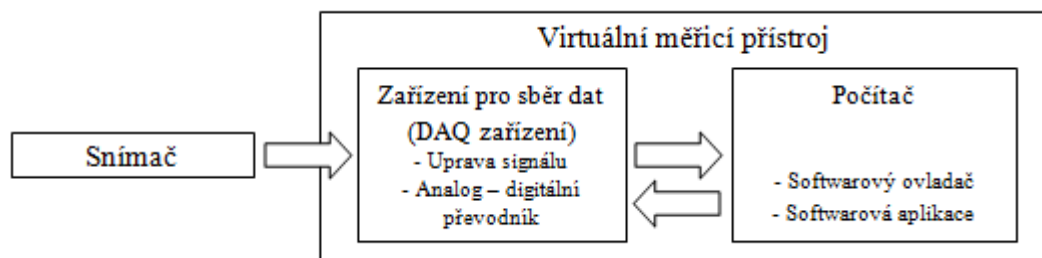
### 4.1 Přejchod k virtuální instrumentaci

Přístrojová technika prochází úžasně rychlým vývojem zejména díky vývoji nových technologií v oblasti mikroelektroniky, elektroniky a také v oblasti software. Stává se běžnou zvyklostí používání personálních počítačů ve všech odvětvích průmyslu. S vyšším využitím osobních počítačů vznikl i nový termín „virtuální instrumentace“. V současné době se stal velmi populárním a široce používaným pojmem. Ve svém obsahu skrývá kombinaci základního hardwarového vybavení, nejčastěji v podobě snímací karty s A/D převodníkem, softwarové nástavby s uživatelem definovanými funkcemi aplikace (programem) a všeobecně použitelného osobního počítače. Cílem virtuální instrumentace je dokonalá aplikace s vlastnostmi přesně určenými uživatelem, kdy není omezen pouze výrobcem implementovanými funkcemi profesionálního přístroje, ale počítá s doplňováním dalších užitečných schopností, případně s modifikací již stávajících tak, jak to bude uživatel vyžadovat. Změna vlastností přístroje probíhá obvykle na úrovni software, což umožňuje na základě stávajícího hardwarového vybavení vyvinout i zcela nový přístroj odpovídající současným požadavkům na měřicí techniku. Někdy je nutno tímto způsobem vyvinout zcela nový speciální přístroj, který v požadované podobě žádný výrobce nenabízí. Přístroje jsou tedy vyvíjeny na softwarové platformě a význam hardware zde ustupuje do pozadí. Díky tomu není aktuální potřeba neustálého doplňování hardware, jehož zastarávání není tak markantní. Ovšem principiálně je rozšíření hardware taktéž možné. To zejména tehdy, je-li nutno systém rozvinout co do počtu zpracovávaných signálů.

[1],[4]

Klasický přístroj	Virtuální přístroj
Funkce přístroje definuje výrobce	Funkce přístroje definuje uživatel
Specializačně zaměřený systém, omezené možnosti komunikace	Flexibilní systém s jednoduchou možností různých druhů komunikace
Klíčová role specializovaného, jednoúčelového hardware	Univerzální hardware, klíčovou roli hraje software
Obyčejně vyšší náklady	Nízká cena, za předpokladu modifikace vícenásobné použití hardware
Uzavřená architektura, neměnné funkce	Otevřená architektura, modifikovatelnost

Tab. 2. Srovnání klasického a virtuálního přístroje. [4]



Obr. 18. Komponenty virtuálního měřicího přístroje. [6]

## 4.2 Grafické programovací prostředí LabVIEW

Programovací a vývojové prostředí LabVIEW (z angl. Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) v překladu „laboratorní pracoviště virtuálních přístrojů“, je produktem americké firmy National Instruments, která je průkopníkem a největším výrobcem v oblasti virtuální instrumentace, technické disciplíny, která zažívá veliký rozvoj v oblasti vývoje, výzkumu, školství a průmyslu. [1],[4],[6]

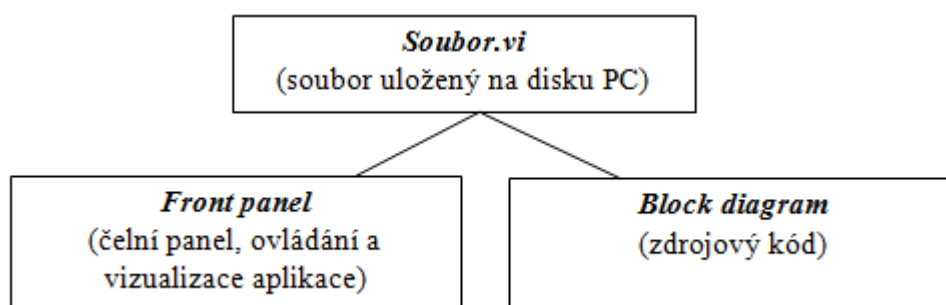
Prostředí LabVIEW, někdy nazývané též jako G - jazyk (grafický jazyk), je vhodné nejen k programování systémů pro měření a analýzu signálů, řízení a vizualizaci technologických procesů různé složitosti, ale také k programování složitých systémů. S určitou nadsázkou lze tedy říci, že prostředí LabVIEW nemá omezení své použitelnosti. [1],[4],[6]

Hlavním cílem virtuální instrumentace je nahradit dočasně nebo i trvale prostorově, finančně a mnohdy i časově náročné využití technických prostředků (hardware) řešením virtuálním (zdánlivým) za přispění programových prostředků (software) a zejména pak grafickými a vizuálními prostředky a zprostředkovat tak uživateli maximální názornost. Toto řešení umožňuje rychlé navrhování nových aplikací i provádění změn v konfiguraci, což je u realizace skutečnými nástroji za pomoci reálných součástek často velice nákladné nebo přímo nemožné. [1],[4],[6]

Pojem virtuální instrumentace se promítnul i do označení souborů, resp. programů, se kterými se v LabVIEW pracuje a které se nazývají virtuální instrumenty, ve zkratce VI. Toto označení se rovněž objevuje v příponě souboru, např. *Osciloskop.vi*. [1],[4],[6]

## 4.3 Uživatelské rozhraní

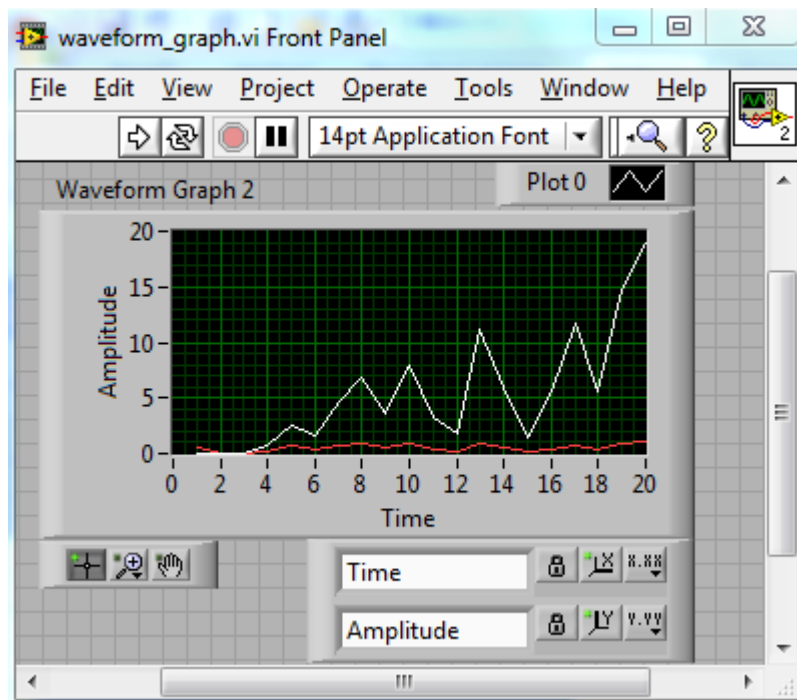
Uživatelské rozhraní programu v LabVIEW mívá obvykle podobu čelního ovládacího panelu určitého měřicího přístroje (tzv. „front panel“). To je také jeden z důvodů, proč se program v LabVIEW nazývá pojem zdánlivý (virtuální přístroj - VI). Každý program (VI) se pak skládá ze dvou sdružených (asociovaných) oken tedy výše zmíněného Front Panelu a z blokového diagramu (tzv. „block diagram“), který je zdrojovým kódem VI. [1],[4],[6]



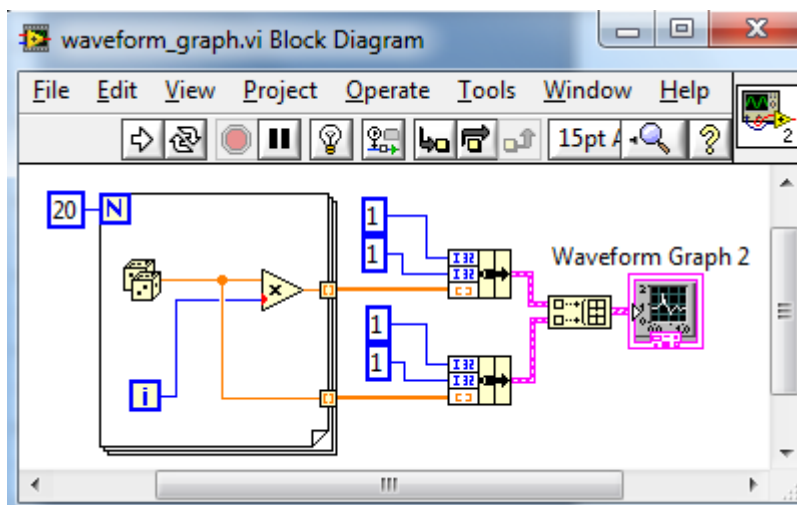
**Obr. 19.** Struktura virtuálního přístroje.

Na následujících obrázcích je ukázka jednoduchého virtuálního přístroje s názvem *waveform\_graph.vi*, realizujícího jednoduchou úlohu v podobě vykreslení 20 náhodně generovaných vzorků a jejich vykreslení do 2 průběhů a zobrazení v grafu se závislostí amplituda v čase. Každý takovýto virtuální přístroj se tedy skládá z „čelního panelu“ viz. Obr. 20. a „blokového diagramu“ (vlastního kódu) viz. Obr. 21.





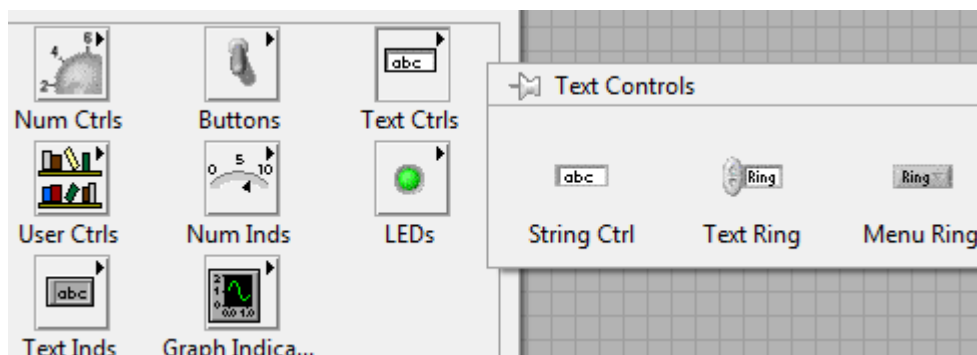
**Obr. 20.** Čelní panel aplikace („front panel“).



**Obr. 21.** Vlastní kód aplikace („block diagram“).

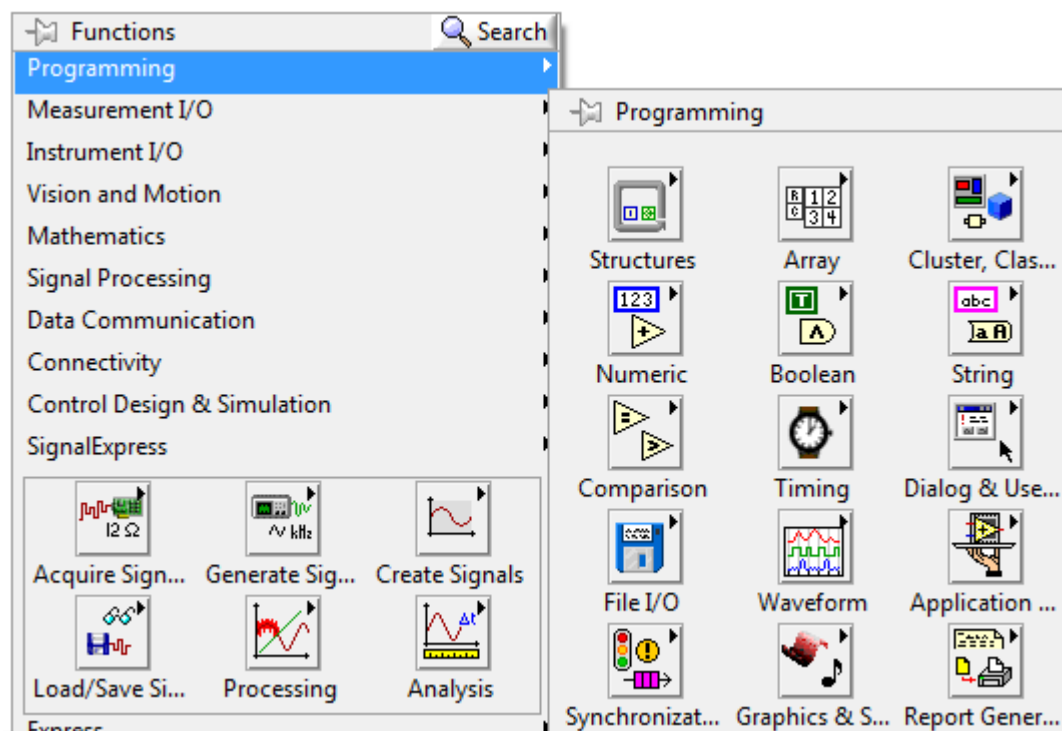
Čelní panel tvoří uživatelské rozhraní zvolené aplikace a určuje její vzhled a chování. Přes jeho objekty (ovládací a indikační prvky) lze řídit běh aplikace, zadávat parametry a získávat informace o zpracovaných výsledcích. Veškeré objekty je možné libovolně měnit a upravovat, programově nastavovat apod. Vizuální prvky se dělí z funkčního hlediska na dvě základní skupiny : vstupy a výstupy. [1],[4],[6]

Vstupy („control“) mohou mít podobu různých druhů ovladačů jako je např. tlačítko, otočný knoflík, textový ovladač aj. Výstupy („indicator“) mohou mít různé podoby zobrazovačů jako např. ručkové měřidlo, kontrolky, různé grafy apod. Na Obr. 22. je ukázka nabídky takovýchto objektů pro „front panel“ z knihovny „Controls“. [1],[4],[6]



**Obr. 22.** Čelní panel s otevřenou knihovnou „Controls“.

Na obrazovce blokového diagramu uživatel definuje vlastní algoritmus programu, tedy propojení prvků z čelního panelu a jejich parametry. Grafické objekty, které jsou obsahem blokového diagramu, tvoří zdrojový kód programu, resp. VI v LabVIEW. Blokový diagram, který se může podobat vývojovému diagramu programu, odpovídá rovněž řádkům textu v textově orientovaných programovacích jazycích. Ve skutečnosti je blokový diagram přímo spustitelným kódem, který je překládán během psaní s možností okamžité zpětné vazby při vzniku chyby, jako např. při připojení neslučitelných datových typů. Na Obr. 23. je ukázka nabídky takovýchto objektů pro „block diagram“ z knihovny „Functions“. [1],[4],[6]



**Obr. 23.** Blokový diagram s otevřenou knihovnou „Functions“.

## 5 Návrh a implementace aplikace pro měření a prohlížení zaznamenaných průběhů

Tato nejdůležitější kapitola popisuje vlastní návrh a funkci aplikace pro záznamové zařízení k diplomové práci. Funkčnost této aplikace byla popsána v kapitole 2.2 (Požadované funkce a chování záznamníku). Celá aplikace byla naprogramována v grafickém programovacím jazyce ve vývojovém prostředí LabVIEW.

### 5.1 Požadavky pro tvorbu aplikace k záznamovému zařízení

Strukturálně bylo třeba rozdělit aplikaci na jednotlivé úlohy. Tím se celá aplikace zpřehlední jednak na úrovni uživatelské, ale také co je důležité na úrovni programátorské. Je to dáno především rozdělením kódu na dílčí části (na sobě relativně nezávislých). Po vyřešení předávání dat mezi jednotlivými úlohami byl tak vytvořen funkční celek celé aplikace. Základem bylo rozdělit úlohy do třech základních oblastí:

- Nastavení podmínek pro měření a nastavení vlastního hardware (NI USB-6008)
  - možnosti volby měření na analogových nebo digitálních vstupech
  - volba volitelného množství vstupů (omezeno použitým hardwarem)
  - možnost pojmenování každého vstupu zvlášť
  - nastavení vzorkovací frekvence
  - nastavení volby zapojení analogového vstupu (RSE / DIFF)
  - nastavení vstupního rozsahu měřicí karty
  - informace uživateli o velikosti nastavení max. možné vz. frekvenci
  - volba souboru k ukládání
  - možnost vypnout / zapnout ukládání
  - volba nápovědy k nastavení
- Spuštění měření a záznamu ukládaných dat do souboru v závislosti na předchozím nastavení (on-line měření s měřicím hardware)
  - zobrazení aktuálně naměřených hodnot v grafu
  - zobrazení aktuálních informací k danému měření (vz. frekvence, aktivní pojmenované kanály, zda-li je aktivní měření atd..)
- Prohlížení naměřených dat ze souboru a jejich analýza (off-line analýza)
  - výběr zvoleného záznamu k analýze
  - základní informace o měření (začátek, konec měření..)
  - analýza zvolených průběhů (min., max. hodnoty AI, celkový čas v log „1“ u DI..)
  - vkládání kurzorů do grafu (odečítání aktuálních hodnot podle umístění kurzoru v grafu, délka průběhu mezi dvěma kurzory..)
  - aktivace / deaktivace zvoleného průběhu v grafu

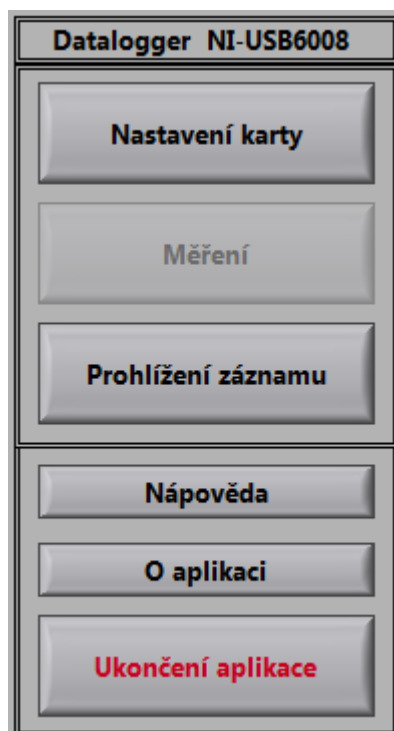
Struktura následujících podkapitol (5.2 – 5.5) popisujících vlastní návrh a funkci aplikace záznamového zařízení je taková:

1. *Návrh vlastního panelu GUI (grafický uživatelský interface), vysvětlení uživatelského ovládání dané části aplikace*
2. *Struktura kódu k dané části aplikace (vývojové diagramy)*
3. *Vysvětlení dílčích částí kódů*

## 5.2 Úvodní interface měřicí aplikace

Základ pro ovládání měřicí aplikace je vytvořen pomocí jednoduchého panelu znázorněném na Obr. 24., který představuje pro uživatele možnost výběru patřičné operace. Jakmile je tedy program spuštěn, je možné zvolit z následující nabídky jednu z funkcí.

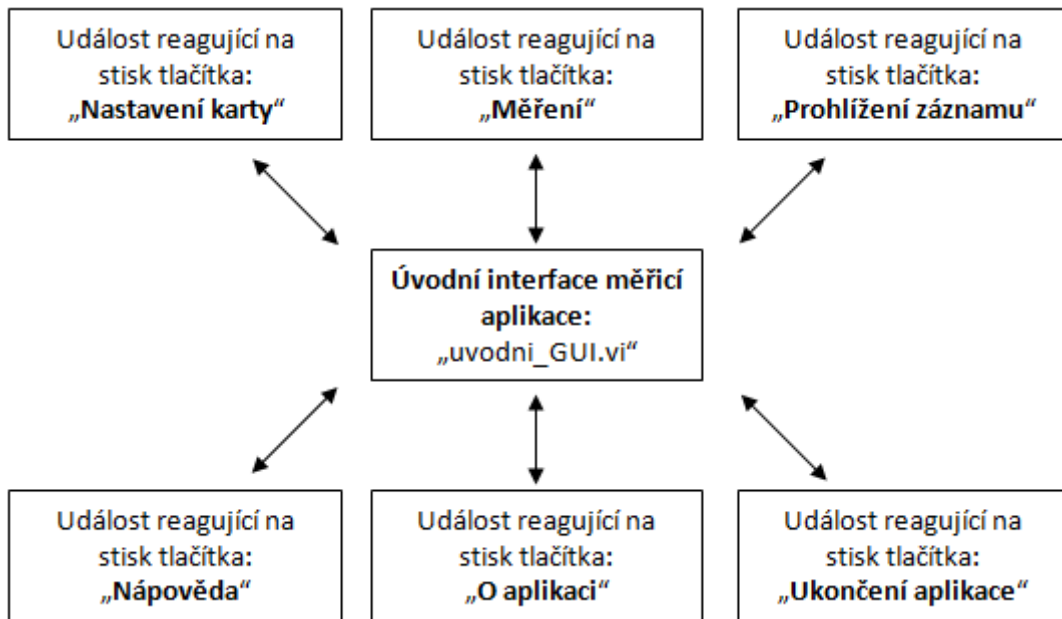
- I. Nastavení karty
- II. Měření
- III. Prohlížení záznamu
- IV. Nápověda
- V. O aplikaci
- VI. Ukončení aplikace



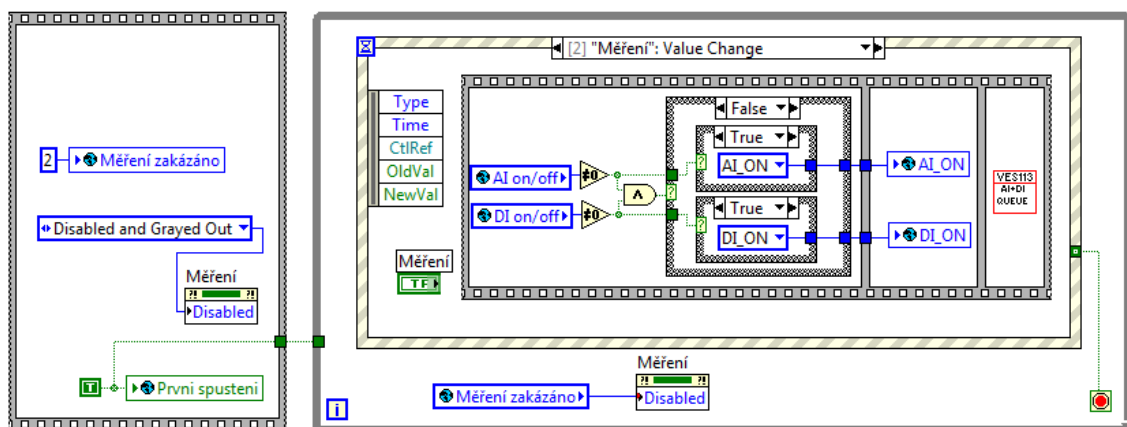
**Obr. 24.** Úvodní interface měřicí aplikace.

### 5.2.1 Struktura kódu úvodního GUI

Z Obr. 24. je patrné, že při prvním spuštění programu není možné zvolit funkci „měření“. Je to logický postup, neboť pro spuštění měření a tedy i záznamu je nutné nejprve nastavit hardware, tedy kartu NI USB-6008 a ostatní podmínky potřebné pro měření. Základem programu pro úvodní interface měřicí aplikace je vytvoření tzv. událostmi řízené struktury. Událostí je v tomto případě kliknutí myši na patřičné tlačítko, čímž se daná funkce provede. Program tedy takovou strukturu obsahuje, v LabVIEW tzv. „event structure“, která čeká na výskyt události, která když nastane, provede se kód k této události přiřazený.



Obr. 25. Struktura událostmi řízené aplikace pro úvodní GUI.



Obr. 26. Struktura kódu úvodní aplikace v LabVIEW.

### 5.3 Nastavení karty

Pokud uživatel zvolí funkci „nastavení karty“ z úvodního uživatelského interface, zavolá se kód, respektive VI s názvem „nastaveni\_karty“ jehož čelní panel je vidět na Obr. 27. Při prvním spuštění aplikace jsou ovládací prvky zašednuty a nedají se ovládat. Tyto funkce se zpřístupní až po volbě zapnutí „Analogové vstupy ZAPNUTY“ respektive „Digitální vstupy ZAPNUTY“. Pro uživatele je zde také možnost volby nápovědy k nastavení karty, která se vyvolá stisknutím tlačítka „Nápověda k nastavení karty“ umístěném v levém spodním rohu panelu. Okno, které se v případě nápovědy vyvolá je na Obr. 28. Tato aplikace je především určená pro kartu NI USB-6008 a z toho bylo vycházeno při návrhu designu čelního panelu.

V případě volby analogových vstupů je možné zvolit, na kterém vstupu se bude měřit pomocí označení příslušného políčka ve sloupci „Aktivní“. Tomu je přiřazen příslušný vstup DAQ ve sloupci „Vstup“ (AI0 – AI7). Pro lepší orientaci je možné si každý kanál zvlášť pojmenovat viz. sloupec „Jméno kanálu“.

**Nastavení karty NI USB - 6008**

**Analogové vstupy ZAPNUTY**

Vstup	Aktivní	Jméno kanálu	Konstanta
AI0	<input checked="" type="checkbox"/> OFF/ON	analog_input_0	1
AI1	<input checked="" type="checkbox"/> OFF/ON	analog_input_1	1
AI2	<input checked="" type="checkbox"/> OFF/ON	analog_input_2	1
AI3	<input type="checkbox"/> OFF/ON		1
AI4	<input type="checkbox"/> OFF/ON		1
AI5	<input type="checkbox"/> OFF/ON		1
AI6	<input type="checkbox"/> OFF/ON		1
AI7	<input type="checkbox"/> OFF/ON		1

Volba zapojení (RSE/DIFF): RSE      U (max) vstupu (V): 20  
Vzorkovací frekvence (S/s): 1000      U (min) vstupu (V): -20

Nevybrán žádný analogový kanál  
 Příliš velká vzorkovací frekvence  
Maximální vzorkovací frekvence: 3333

Soubor nevybrán  
Ukládání do souboru: C:\Users\Ondik\Documents\Škola\Diplomová práce\My\_VIs\

Nevybrán žádný digitální kanál

Interval vzorkování (ms): 1000

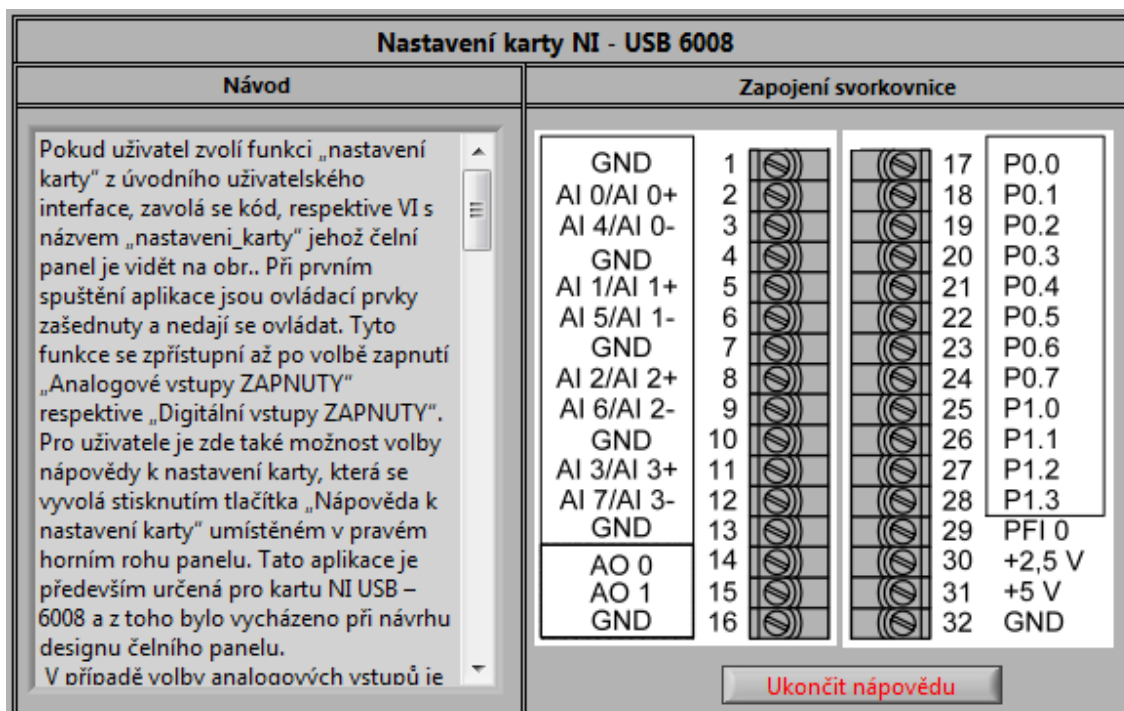
**Ukládání zapnuto**

Nápověda k nastavení karty

**Ukončit nastavení karty**

Obr. 27. Čelní panel pro nastavení karty.

Konstantou se rozumí násobení kanálu příslušným koeficientem a to v případě potřeby převodu napětí na jinou fyzikální veličinu. Dále je nutné nastavit způsob připojení ke kartě viz. „Volba zapojení (RSE/DIFF). Teorie k tomuto kroku je popsána v kapitole 2 a z toho plyne, že v případě volby diferenčního zapojení (DIFF) je počet kanálů poloviční. Programově se pak zpřístupní nastavení jen 4 kanálů. Důležitým prvkem je nastavení vzorkovací frekvence v jednotkách S/s tzn. počet samplů (vzorků) za sekundu. Je nutné si uvědomit, že karta má pouze jeden A/D převodník a s tím související omezení maximální vzorkovací frekvence 10 000(S/s) / počet zvolených kanálů. Pro jednoduchost je vytvořen algoritmus, který automaticky uživatele informuje o možné maximální vzorkovací frekvenci viz. indikátor „Maximální vzorkovací frekvence“. Dle technických parametrů k DAQ je také možnost zvolit patřičný rozsah viz. volba „U (max) vstupu (V)“ a „U (min) vstupu (V)“.



**Obr. 28.** Panel k nápovědě k nastavení karty.

Obdobný postup je pro nastavení digitálních vstupů. Navíc je jen prvek „Interval vzorkování (ms)“, který definuje interval mezi sejmutím vzorku pro digitální vstupy. Karta nepodporuje HW časování pro DI. Vzorkování je tedy řízeno softwarově. Z toho důvodu je volba nastavení intervalu pro DI vzorkování aktivní, pouze pokud není zvolen žádný AI. V opačném případě je interval vzorkování nastaven pevně na 100ms. Bližší vysvětlení rozdílu mezi hardwarovým a softwarovým časováním je uvedeno v kapitole 5.4.5.

Poslední ovládací prvky jsou pro volbu souboru k uložení průběhu a dále tlačítko pro aktivaci, zda-li se má do souboru ukládat. V případě této volby se tlačítko probarví zeleně.

Čelní panel dále obsahuje čtyři výstražné indikátory, které když jsou aktivní (tj. probarví se červeně), je zachycena nějaká chyba, která nedovolí spuštění měření. To se projeví neaktivním (zašednutým) tlačítkem „měření“ pro úvodní interface měřicí aplikace. První výstražná kontrolka „Nevybrán žádný analogový kanál“ se aktivuje, pakliže je zpřístupněno „Analogové vstupy ZAPNUTY“ a žádný není vybrán.

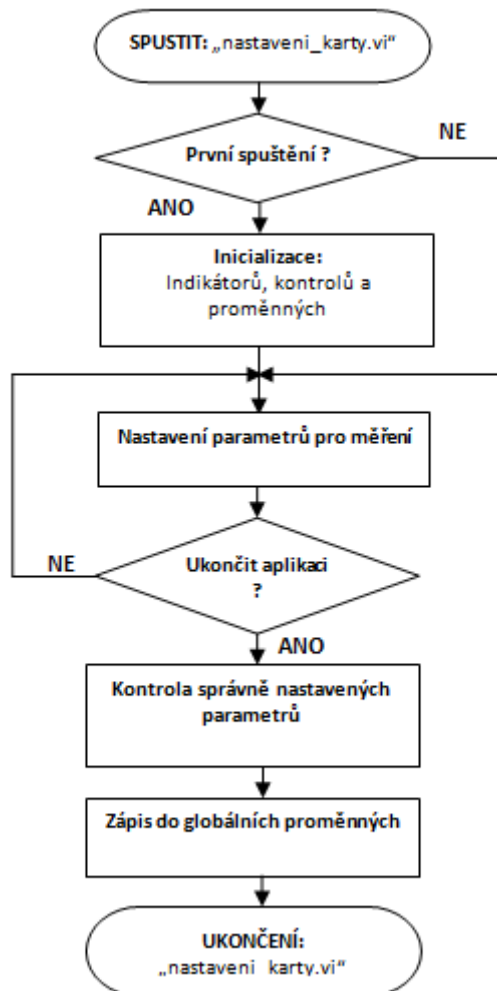
Výstražná kontrolka „Nevybrán žádný digitální kanál“ se aktivuje po zpřístupnění „Digitální vstupy ZAPNUTY“ a žádný není vybrán. Další kontrolka „Příliš velká vzorkovací frekvence“ je aktivní v případě porušení podmínky, tedy nastavená příliš velká vzorkovací frekvence. A konečně kontrolka „Soubor nevybrán“ se aktivuje v případě, že je ukládání aktivní, ale není vybrán soubor k ukládání.

Ukončení nastavování karty a návrat k úvodnímu interface aplikace se provede tlačítkem „Ukončit nastavení karty“.

V případě, že je nutné něco upravit, např. zvolit jiný analogový vstup, je jednoduché se k nastavování karty vrátit a patřičnou funkci upravit, aplikace si předchozí nastavení pamatuje a do implicitních hodnot je nastavena jen při prvním spuštění celé aplikace.

### 5.3.1 Struktura kódu k nastavení měřicí karty

Vývojový diagram na Obr. 29. znázorňuje strukturu kódu, který se vykonává, pokud uživatel zvolí funkci nastavení karty. Nastavování parametrů je možné měnit tak dlouho, dokud není stisknuto tlačítko ukončit nastavení karty. Poté se ještě provede kontrola správně nastavených parametrů a zapíše se do globálních proměnných. Následující podkapitoly popisují jednotlivé úseky kódů pro nastavení karty.

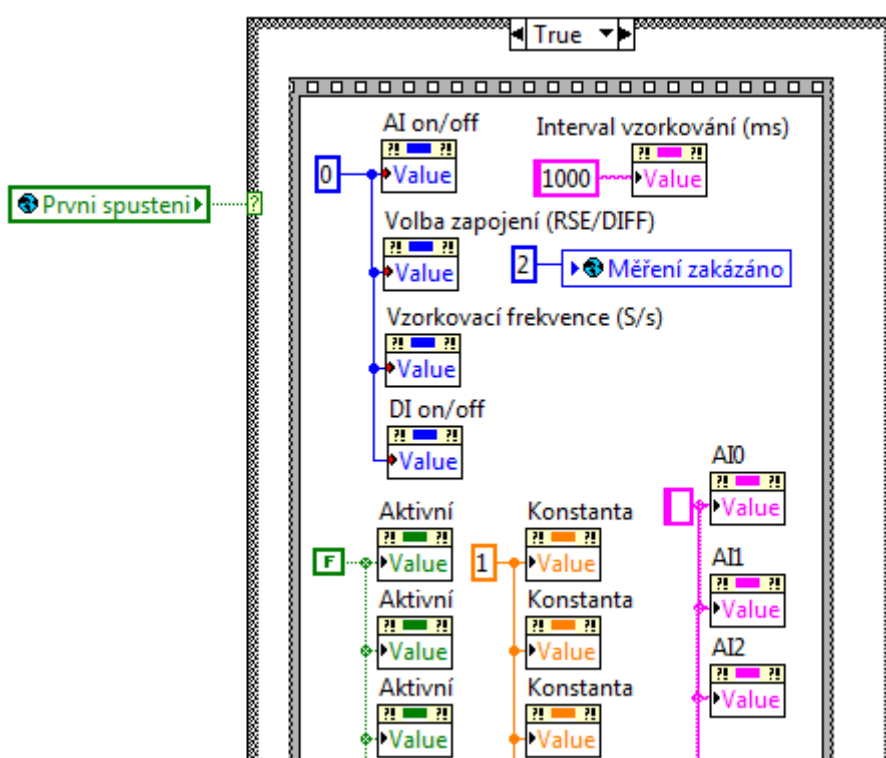


Obr. 29. Vývojový diagram k nastavení karty.



Jelikož je kód poměrně rozsáhlý a není možné jeho celkové vyobrazení, uvádím v jednotlivých podkapitolách pouze zásadní části kódu pro jejich vysvětlení a pochopení. Celý kód je pak přiložen ve zdrojových souborech jako příloha diplomové práce na CD.

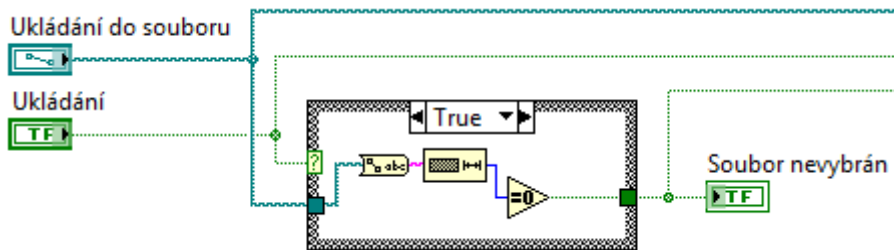
Po vyvolání „Nastavení karty“ se zjistí, zda-li se jedná o první spuštění, pakliže ano, nastaví se implicitní hodnoty (předem určené) pro jednotlivé typy indikátorů, kontrolů a globálních proměnných. Na Obr. 30. je vidět, jak je tento stav zajištěn. Již v úvodní aplikaci „uvodni\_GUI“ je zajištěno zapsání této podmínky do globální proměnné datového typu „boolean“. Tato informace pak zajistí nastavení hodnot jak je patrné z Obr. 30., který je částí kódu prvotní inicializace. Jako příklad lze uvést vypnuté digitální a analogové vstupy, tj. zapsaná „0“ na vstup jednotlivých kontrolů, nastavení implicitní hodnoty 1000 pro interval vzorkování digitálních vstupů. Dále vypnutí jednotlivých kanálů zapsáním hodnoty „false“, nastavení konstanty „1“ pro analogové vstupy a přiřazení prázdného jména pro pojmenování analogových vstupů. Podobným postupem jsou tak ošetřeny všechny nutné prvky.



**Obr. 30.** Ukázka části kódu inicializace indikátorů, kontrolů a globálních proměnných.

Poté, co je provedena inicializace, dochází ke spuštění smyčky, ve které je kód k nastavení jednotlivých parametrů pro měření, záznam a vlastností jednotlivých kanálů. Smyčka se vykonává tak dlouho, dokud ji uživatel neukončí stisknutím tlačítka „ukončit nastavení karty“. Následující řádky popisují základní části kódu pro jednotlivé funkce. Je nutné si uvědomit, že kód je dost rozsáhlý a tak není možné zobrazit jej najednou. Struktura kódu je patrná z vývojového diagramu a v diplomové práci jsou tak podrobněji uvedeny zejména stěžejní části kódu.

Na Obr. 31. je znázorněno jakým způsobem je zajištěno ověření zda-li je vybrán soubor k uložení. Poté co uživatel zvolí možnost ukládání do souboru, je zjištěna zvolená cesta. Tato cesta je konvertována do formátu „string“, ze kterého se pak zjistí jeho velikost. Pakliže se velikost rovná „0“ je jasné, že soubor vybrán není a tento stav je uživateli signalizován indikátorem „Soubor nevybrán“.

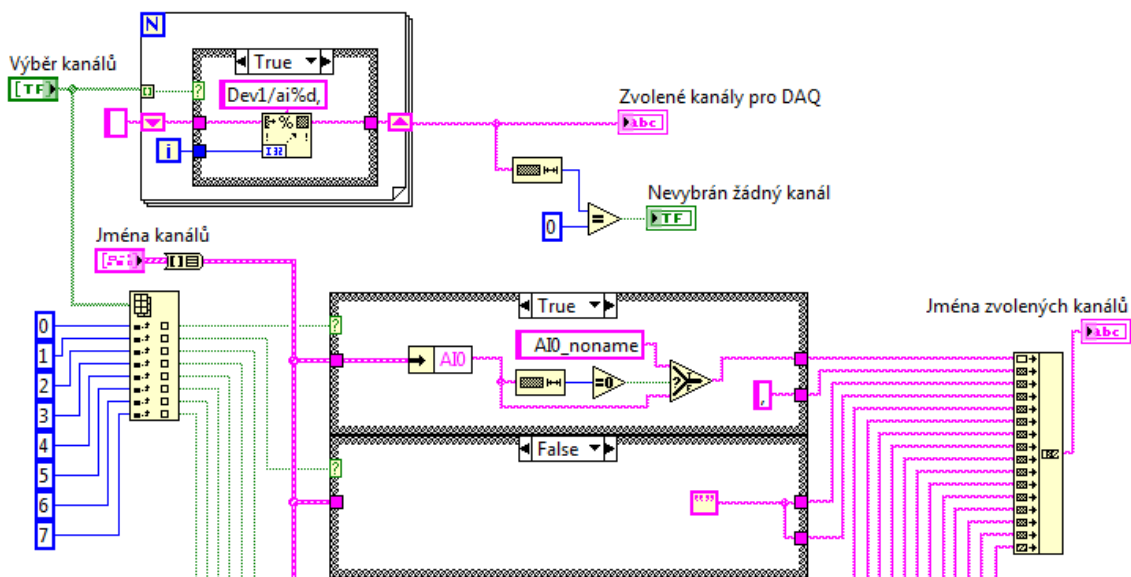


Obr. 31. Kód zjištění, zda-li je vybrán soubor k uložení.

### 5.3.2 Povolení kanálu AI

Pro povolení jednotlivých kanálů a jejich pojmenování byl vytvořen samostatný subVI (podprogram) s názvem „povoleni\_kanalů\_AI“. Z pole prvků, které uživatel označí zatržením zvolených kanálů se nejprve vytvoří jméno („string“), který je informací pro kartu na kterých kanálech se bude měřit. Pokud byly například vybrány první dva analogové vstupy bude tento „string“ vypadat takto: „Dev1/ai0,Dev1/ai1“, kde Dev1 je jméno zařízení DAQ a ai0(1) je jméno kanálu. Dále se zjistí velikost tohoto „string“ respektive „Zvolené kanály pro DAQ“ a pakliže se hodnota rovná „0“, je tento stav signalizován indikátorem „Nevybrán žádný kanál“.

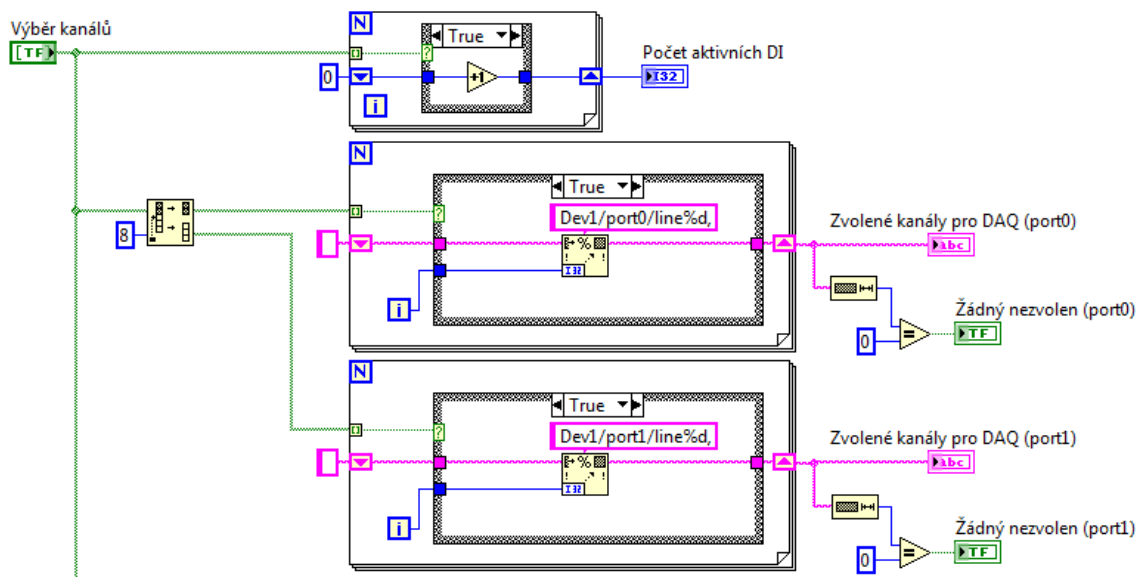
V dalším kroku se zjistí jména, které uživatel zvolil pro pojmenování jednotlivých kanálů pro lepší orientaci. V případě, že je určitý kanál vybrán, ale není nijak pojmenován, je programově toto zjištěno a nastaveno implicitní jméno (např. AI0(7)\_noname), tj. bezejmenný.



Obr. 32. Část kódu k nastavení analogových vstupů.

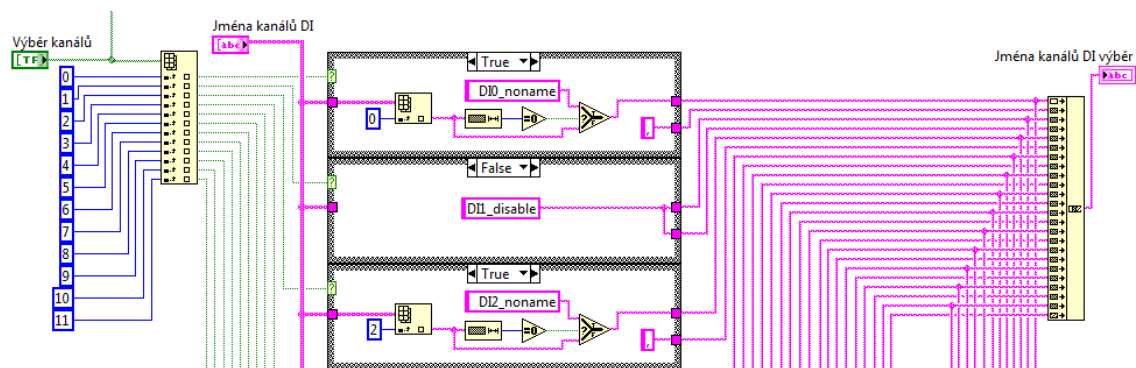
### 5.3.3 Povolení kanálu DI

Podobný stav jako u nastavování analogových vstupů je použit pro nastavení vstupů digitálních. Opět byl pro tuto část vytvořen samostatný subVI s názvem „povolení\_kanalů\_DI“. Z pole vybraných kanálů uživatelem se nejprve zjistí počet aktivních vstupů. Tato informace je v programu použita dále. Opět je vytvořen „string“ pro nastavení karty, která má dle technických parametrů dva digitální porty, (port 0 = 8 vstupů, port 1 = 4 vstupy). V případě, že uživatel vybere např. oba první vstupy jednotlivých vstupů, bude „string“ vypadat takto: Dev1/port0/line0,Dev1/port1/line0. Opět se zjistí zda-li byl vůbec nějaký kanál vybrán a tento stav je indikován tj. „Žádný nezvolen (port0)“.



Obr. 33. Kód k nastavení digitálních vstupů.

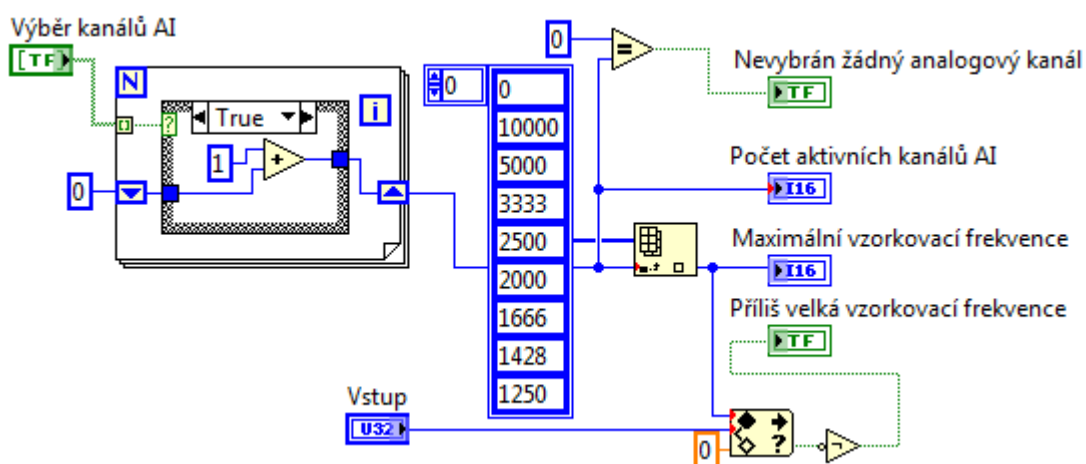
Pojmenování je opět podobné jako u analogových vstupů. Pokud je patřičný vstup vybrán a nepojmenován, dojde k zapsání jeho implicitního jména (např. DI0\_noname, DI2\_noname apod.). Vypnutý kanál je označen jako (např. DI1\_disable), tj. vypnutý.



Obr. 34. Část kódu k pojmenování digitálních vstupů.

### 5.3.4 Nastavení vzorkovací frekvence

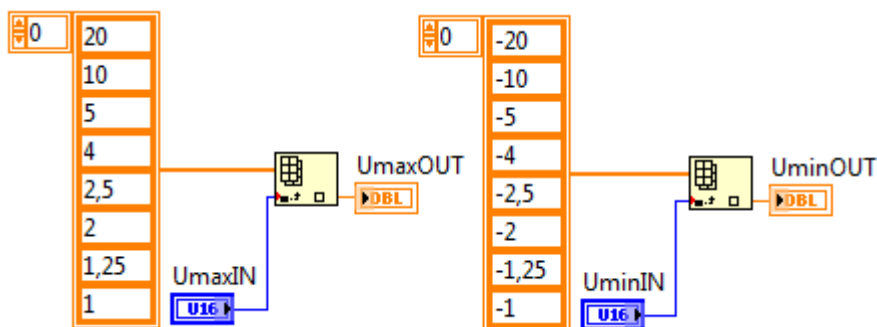
Tento samostatný subVI s názvem „nastaveni\_frekvence“ slouží pro automatický výpočet pro maximální možnou frekvenci, jakou lze vzhledem k jednomu převodníku ADC (pozn. karta NI USB-6008 má jen jeden, vysvětleno v kapitole 2.3.3) použít vzhledem k počtu vybraných vstupů. Tento algoritmus pracuje na základě dělení maximální vzorkovací frekvence (10 000kS/S – dáno použitou kartou) počtem aktivních vstupů. Tento subVI dále zjistí počet aktivních kanálů AI, zda-li je vůbec nějaký vybraný (indikováno „Nevybrán žádný analogový kanál“) a dále pokud byla uživatelem zvolena příliš velká vzorkovací frekvence. Tím je znepřístupněno měření, jak je vysvětleno dále.



Obr. 35. Výpočet maximální možné vzorkovací frekvence.

### 5.3.5 Nastavení rozsahu DIFF

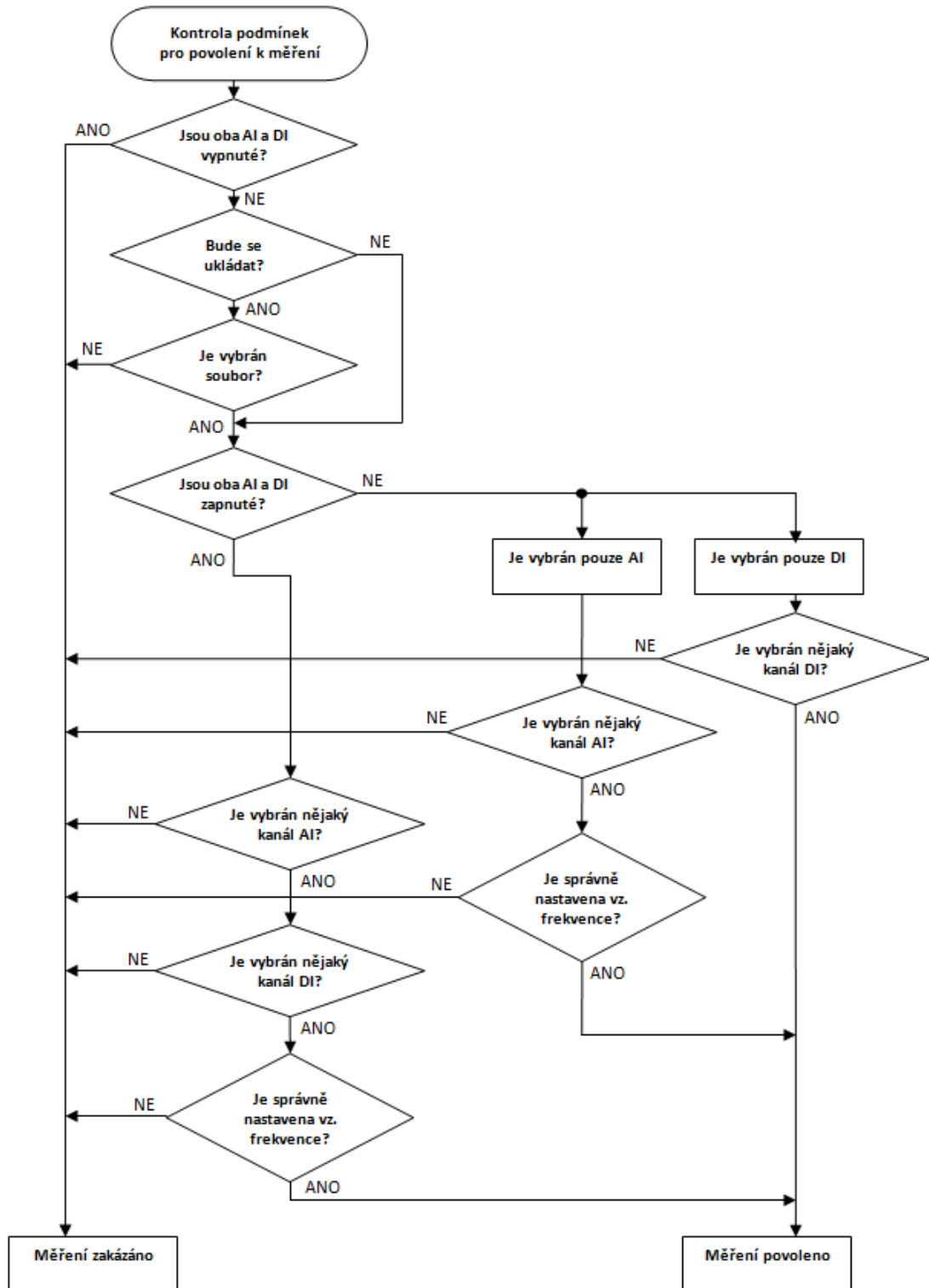
Tento subVI „rozsah\_DIFF“ zajistí dle technických parametrů karty nastavení rozsahu, který je předdefinován a uživatel zvolí patřičným ovládacím prvkem „U (max) vstupu“ a „U (min) vstupu“ dle potřeby požadovanou hodnotu.



Obr. 36. Nastavení rozsahu při diferenciálním zapojení.

### 5.3.6 Kontrola podmínek pro povolení k měření

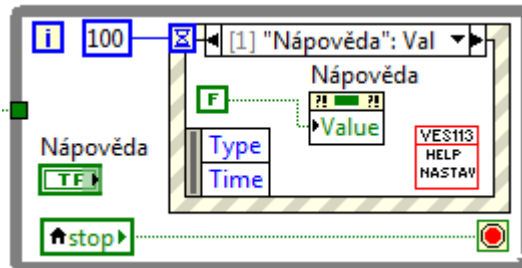
Následující Obr. 37. zobrazuje strukturálně jakým způsobem je provedena kontrola zda-li může být povoleno měření. Tento kód se provede pokaždé, kdy uživatel ukončí nastavování karty. V případě porušení některé z podmínek zůstane tlačítko k měření neaktivní.



Obr. 37. Vývojový diagram pro povolení k měření.

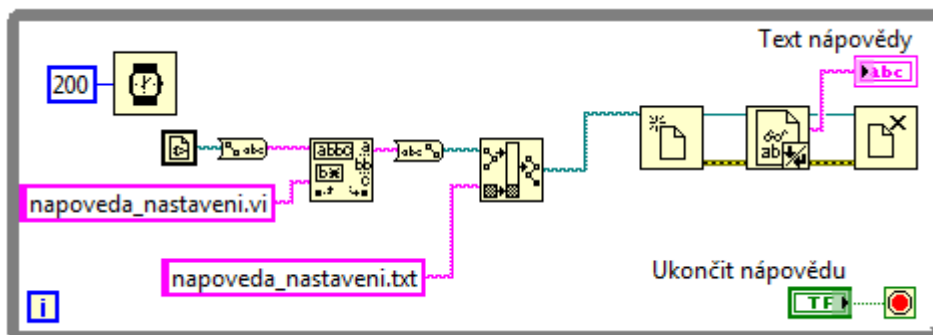
### 5.3.7 Nápověda k nastavení karty

Vyvolání nápovědy je realizováno v samostatné smyčce s událostí řízenou strukturou, která čeká až uživatel stiskne tlačítko „Nápověda“. Poté je vykonán subVI „napoveda\_nastaveni“. Tento kód je dále vysvětlen. Po potvrzení nápovědy je možné se vrátit k nastavování karty a je možné ji kdykoliv vyvolat znovu.



Obr. 38. Smyčka zajišťující vyvolání nápovědy k nastavení karty.

Na Obr. 39. je znázorněn kód, který zajistí zobrazení nápovědy ze souboru. Nejprve se zjistí místo kde je umístěn VI „napoveda\_nastaveni“, který je umístěn ve stejném adresáři jako soubor s nápovědou „napoveda\_nastaveni.txt“, dojde k nahrazení jména VI jménem souboru s nápovědou a následně se tento text zobrazí v indikátoru „Text nápovědy“ viz. Obr. 28., panel k nápovědě k nastavení karty.



Obr. 39. Kód nápovědy k nastavení karty.

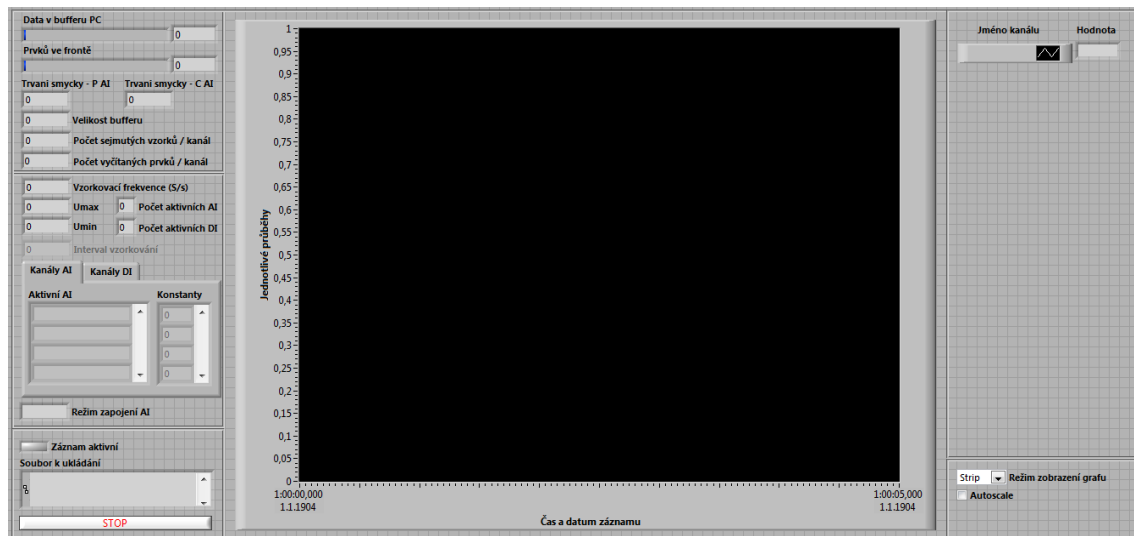
## 5.4 Měření

Pro aplikaci k měření byl navržen panel jehož celkové vyobrazení je patrné viz. Obr. 40. Aplikace se spustí pokud jsou splněny podmínky pro měření viz. předchozí kapitoly a uživatel stiskne tlačítko „měření“. Panel se skládá ze čtyř hlavních částí.

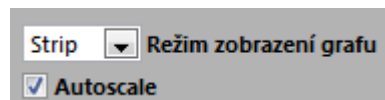
V levé části panelu lze nalézt základní informace o měření, které jsou závislé na nastavení karty a podmínek pro samotné měření. Bližší popis je rozepsán dále viz. Obr. 42.

Prostřední část panelu obsahuje samotný graf, kde je vidět aktuální stav snímaných průběhů v závislosti na aktuálním čase. Pro režim zobrazení grafu je možné zvolit jednu ze tří variant viz. ovládací prvek „režim zobrazení grafu“. Režim „strip“ je kontinuální zobrazování a aktualizace průběhů zprava doleva. Režim „scope“ se podobá zobrazování osciloskopu a poslední režim „sweep“ je provázen svislou přímkou, která protíná aktuální průběhy. V případě volby funkce „autoscale“ je rozsah grafu osy y nastavován automaticky, jinak je rozsah zvolen podle nastavení rozsahu viz. nastavení karty. Implicitně je „autoscale“ neaktivní.

Pravá část panelu se skládá z legendy ke každému zvolenému průběhu tzn. je vidět jméno každého průběhu podle toho jaké uživatel zvolil. Pakliže je příslušný kanál vybrán a není pojmenován, bude takovému kanálu přiřazeno jméno implicitní např. AI7\_NONAME jak je patrné z Obr. 42. Součástí této legendy je také grafické vyobrazení, zda-li se jedná o signál analogový nebo digitální. Za legendou je pak umístěn indikátor s numerickou hodnotou aktuálního stavu daného průběhu.

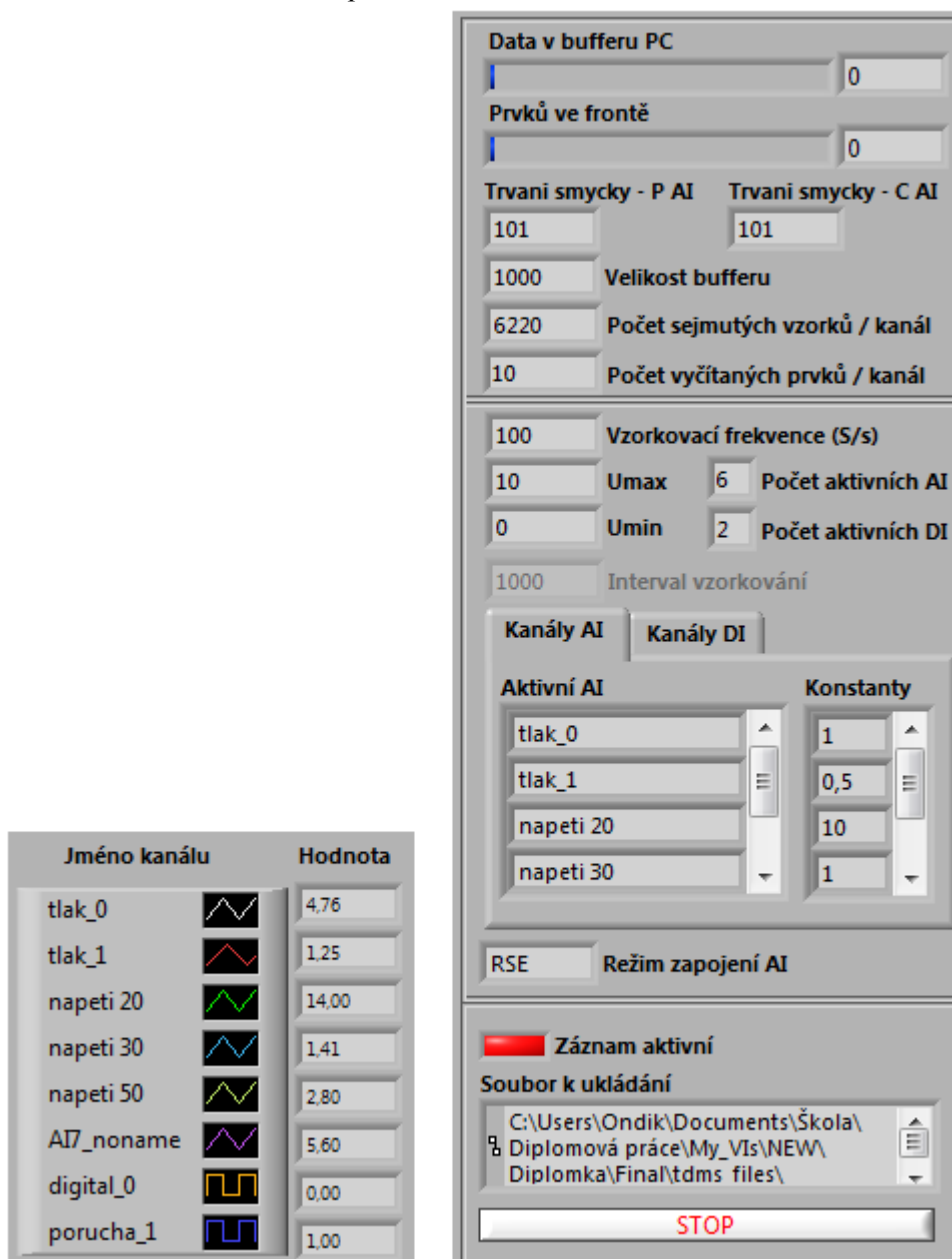


Obr. 40. Celkový pohled na panel pro měřicí aplikaci.



Obr. 41. Detail nastavení grafu.

Následující Obr. 42. je detailem levé části panelu měřicí aplikace včetně legendy k jednotlivým průběhům. Po spuštění měření dochází k zapsání příslušných parametrů do patřičných indikátorů, které uživatele informují o stavu a parametrech měření. První dva ukazatele monitorují aktuální stav „dat v bufferu PC“ a „počet prvků ve frontě“. Detailní popis těchto prvků společně s „velikostí bufferu“ a „trvání smyčky – P AI (C AI)“ je vysvětlen v kapitole 5.4.5 a 5.4.6. Ukazatel „Počet sejmutých vzorků / kanál“ zobrazuje celkový počet vzorků, které karta sejmula od počátku měření na kanál. „Počet vyčítaných prvků / kanál“ pak zobrazuje počet vzorků sejmutých kartou v každém jednom běhu kódu. Další indikátory zobrazují vzorkovací frekvenci analogového signálu, nastavený rozsah karty a počet použitých AI a DI. V případě použití pouze DI je aktivní indikátor „interval vzorkování“. Dále lze nalézt jména jednotlivých kanálů, včetně použitých konstant, informace o aktivním záznamu a konečně cesta k souboru k ukládání průběhů.

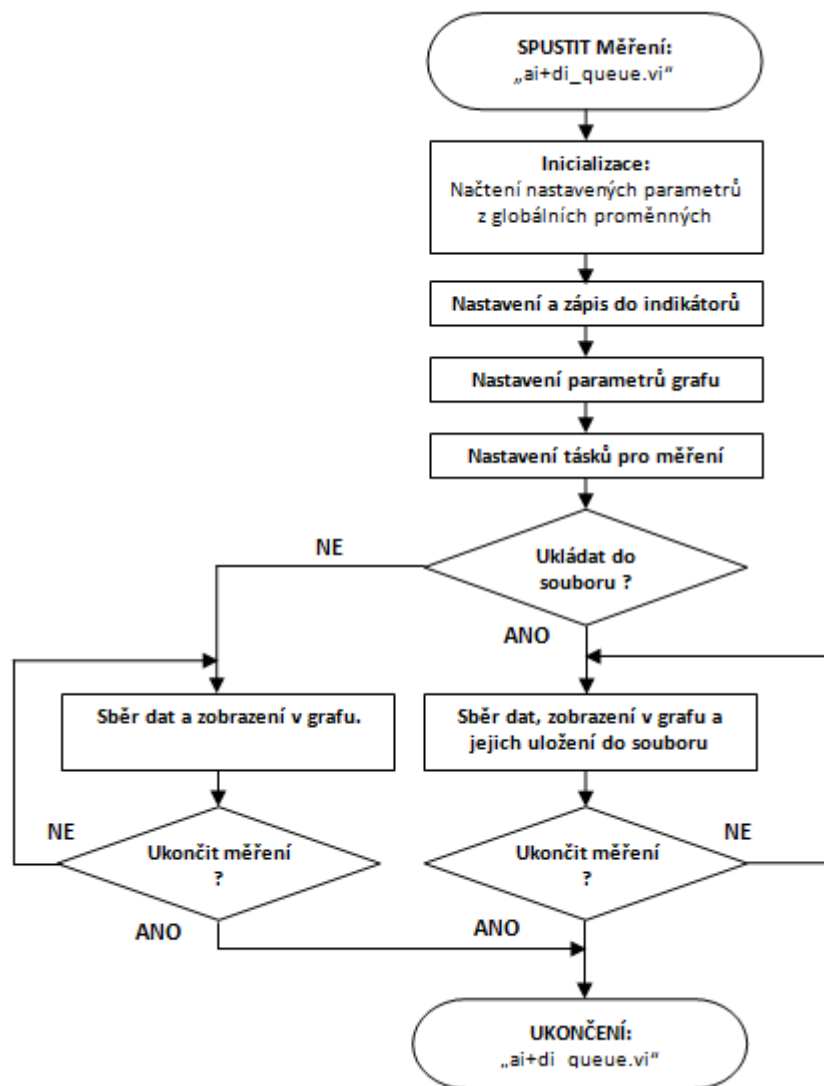


Obr. 42. Detail legendy k průběhům a levé části panelu měřicí aplikace.



### 5.4.1 Struktura kódu k měření

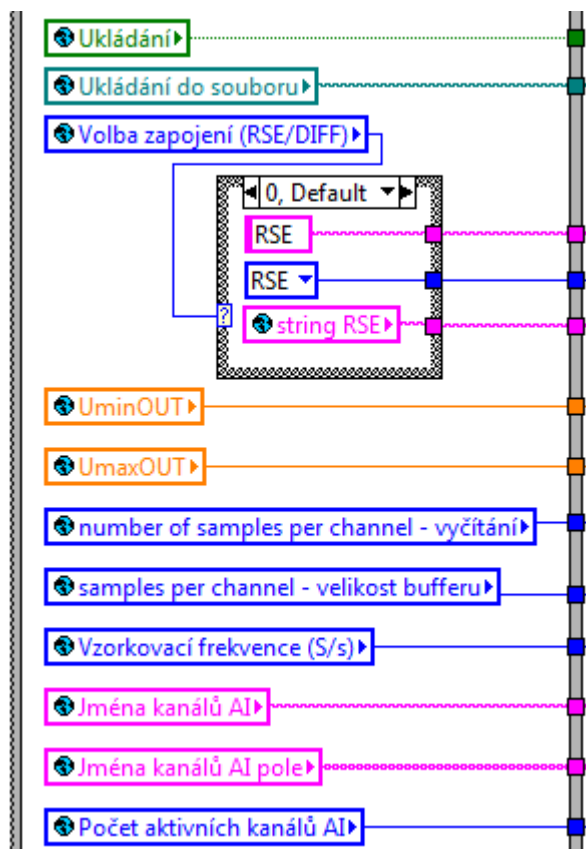
Pakliže jsou splněny podmínky pro spuštění měření viz. předchozí kapitoly a uživatel stiskne tlačítko „měření“, spustí se subVI „ai+di\_queue.vi“. Opět byla použita programová sekvence ve které dojde nejprve k inicializaci, tedy načtou se parametry z globálních proměnných. Poté se nastaví výchozí hodnoty jednotlivých indikátorů a ovládacích prvků (kontrolů). Následuje nastavení parametrů pro zobrazení v grafu. Nastaví se úlohy pro obsluhu analogových a digitálních vstupů karty NI USB-6008 (podle toho, co je zvoleno tj. AI, DI, nebo AI + DI). Pokud je zvoleno ukládání do souboru, začne sběr dat a měření se zobrazením v grafu a data se začnou ukládat. Pokud ne, dojde pouze k měření a zobrazení dat v grafu. V obou případech se měření (případně sběr dat do souboru) provádí tak dlouho, dokud uživatel neukončí měření tlačítkem „ukončit měření“. Jednotlivé kroky kódu jsou popsány v následujících kapitolách. Kód je opět poměrně rozsáhlý a tak jsou vybrány pouze stěžejní části kódu.



Obr. 43. Vývojový diagram měřicí aplikace.

### 5.4.2 Inicializace

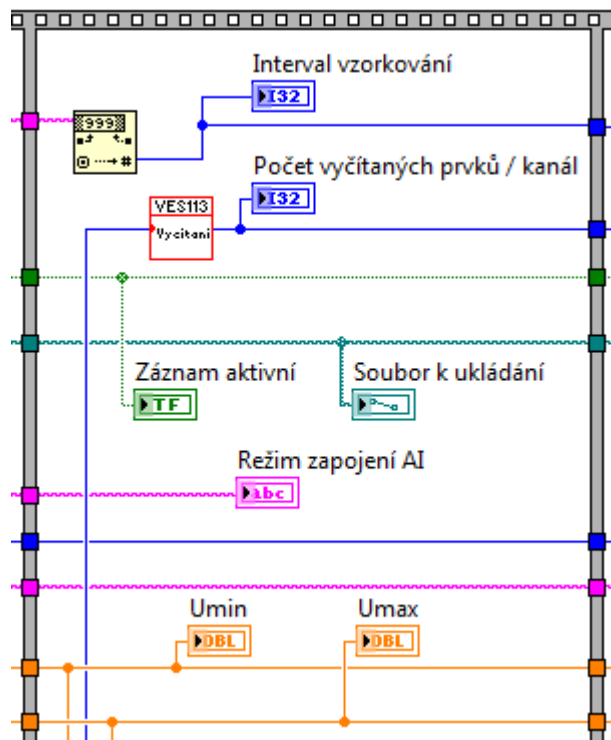
Jako první při spuštění měření se provede sekvence, ve které se načtou parametry z globálních proměnných. Na Obr. 44. je vidět jen část parametrů nutných k nastavení pro jednotlivé funkce. Barevné odlišení je dáno různými datovými typem globálních proměnných. Jak je vidět hodnoty jednotlivých proměnných vstupují do další sekvence prostřednictvím datových tunelů a jelikož je platný princip „data flow“ (jakýkoliv uzel blokového diagramu se vykoná až tehdy, pokud má na všech svých vstupech data k dispozici) tak další sekvence se spustí po splnění této podmínky, čímž je zajištěno postupné vykonávání kódu.



Obr. 44. Část kódu pro načtení parametrů z globálních proměnných.

### 5.4.3 Nastavení a zápis do indikátorů

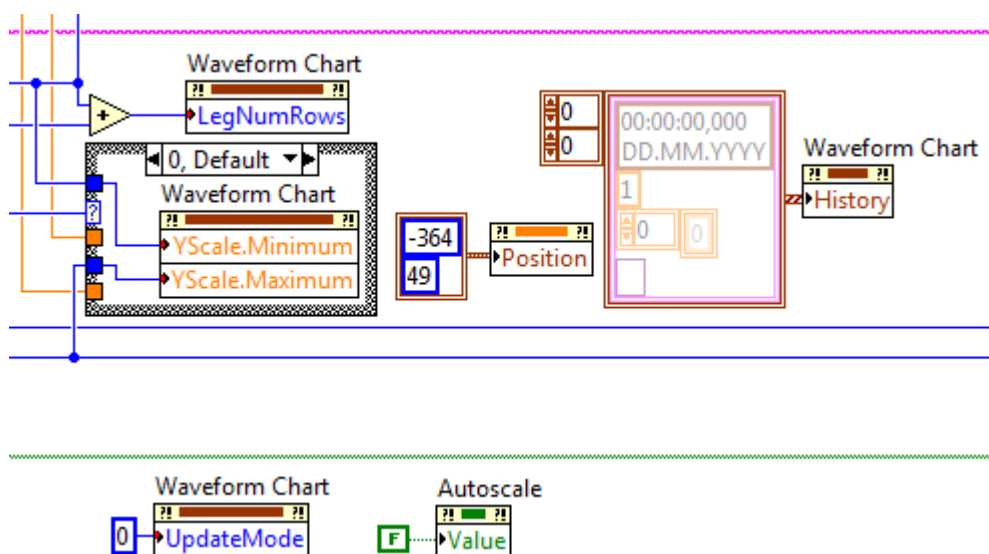
Následující druhá sekvence má za úkol nastavit a zapsat požadované parametry do patřičných zobrazovacích (indikátorů) a ovládacích (kontrolů) prvků. Část tohoto kódu je patrná z Obr. 45. Na tomto obrázku je také vidět umístění subVI „vycitani“, které má za úkol podělit vzorkovací frekvenci deseti, čímž je zajištěno 10x menší vyčítání počtu vzorků pro měřicí smyčku. Uživatel to například pocítí tak, že se graf bude „občerstvovat“ novými hodnotami s frekvencí 10Hz, což je dostatečné pro kontinuální vnímání. Pokud je však hodnota vzorkování menší než 10Hz, je programově nastaveno vyčítání na 1Hz.



Obr. 45. Část druhé sekvence pro nastavení a zápis do indikátorů.

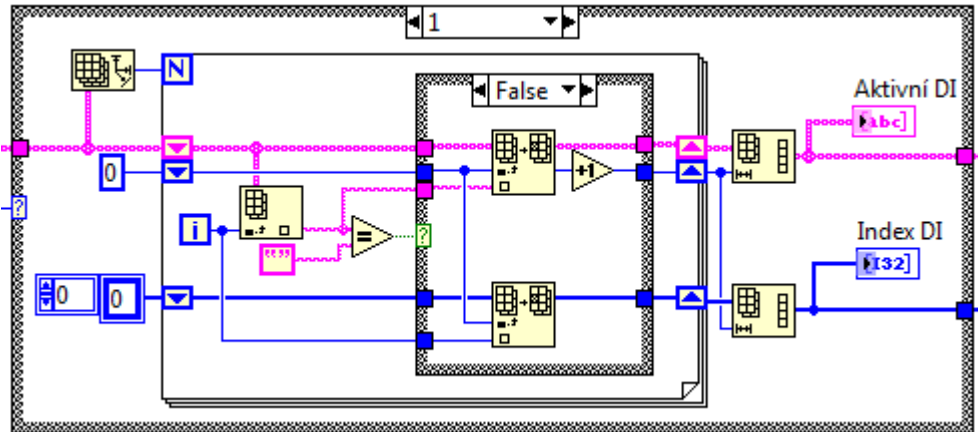
#### 5.4.4 Nastavení parametrů grafu

Třetí část sekvence se postará o nastavení parametrů pro zobrazení měřených dat v grafu. Jak je vidět na Obr. 46. nastaví se rozsah zobrazených hodnot pro osu y, vymaže se předchozí historie grafu, nastaví se programově pozice legendy a její vlastnosti. Dále se upraví režim zobrazení grafu a přednastaví se vypnutí automatického nastavení rozsahu grafu. Režim zobrazení grafu byl popsán v předchozí kapitole.



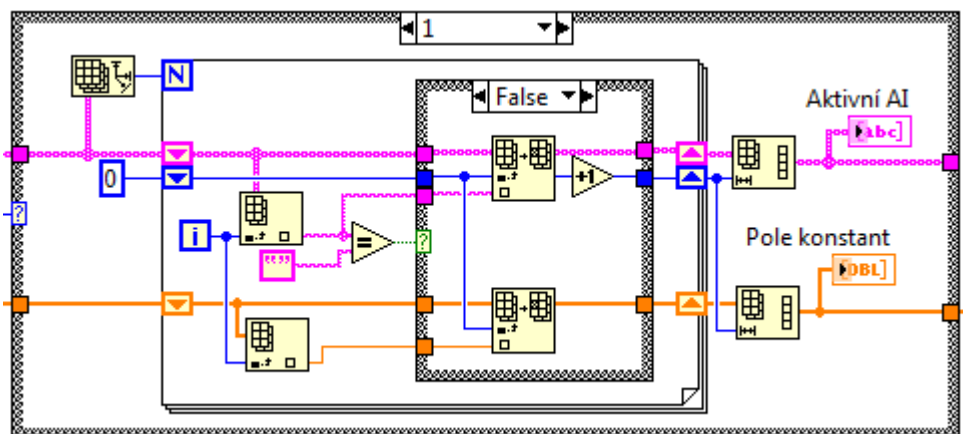
Obr. 46. Nastavení parametrů grafu.

Součástí této sekvence viz. Obr. 47. je také zjištění, které aktivní kanály (Aktivní DI) jsou zvolené uživatelem a následně zobrazené v grafu. Z pole hodnot se tedy vyberou jen prvky aktivních kanálů. Vyhodnocovací podmínkou je v tomto případě nalezení prázdného prvku typu „string“ a odstranění takového prvku z pole. Tzn. nalezení nepojmenovaného kanálu. Pro každý aktivní kanál je také přiřazen jeho (index DI).



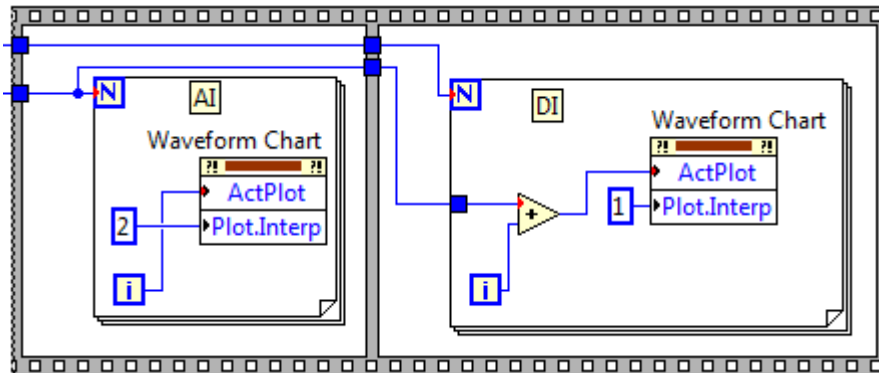
**Obr. 47.** Zobrazení aktivních kanálů DI.

Obdobným způsobem je vyřešeno zjištění, které kanály AI jsou aktivní (Aktivní AI). Opět je vyhodnocovací podmínkou nalezení prázdného prvku typu „string“. Součástí tohoto kódu je také přiřazení každému z aktivních kanálů AI jeho násobící konstantě, v případě, že ji uživatel zvolí, protože chce zobrazovaný analogový signál mít zobrazený již v nějakých převedených jednotkách. Například si napěťový signál převede přímo na tlak (bar) pro lepší orientaci a analýzu v grafu. V implicitním stavu má tato konstanta hodnotu „1“, tedy nedojde k žádnému převedení jednotek na jinou fyzikální veličinu.



**Obr. 48.** Zobrazení aktivních kanálů AI.

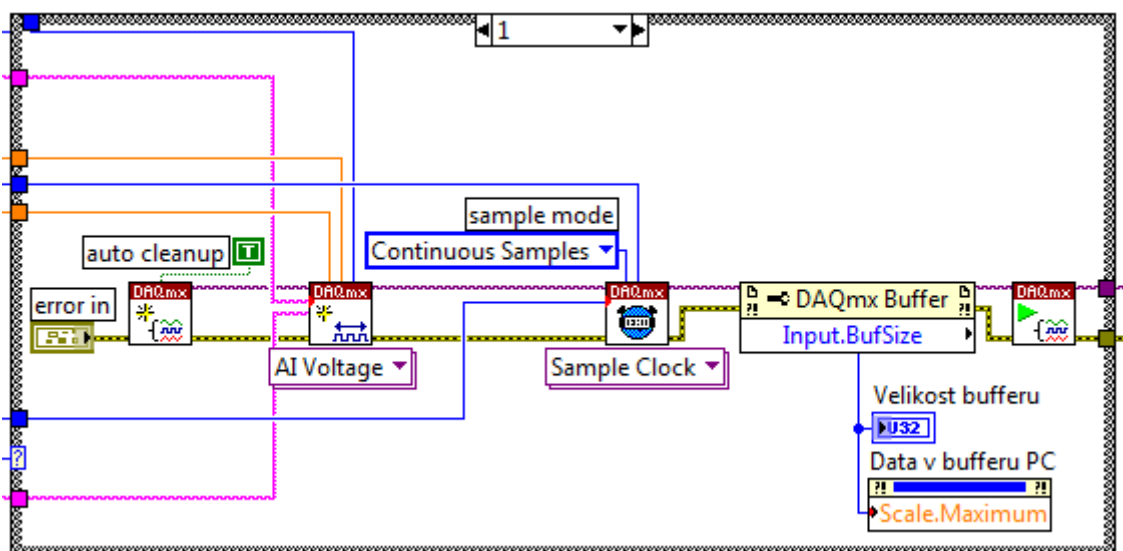
Pro zobrazení jednotlivých průběhů v grafu je nutné zjistit, zda-li se jedná o signál analogový nebo digitální a podle toho se zvolí režim zobrazení takového průběhu v grafu. Tímto způsobem viz. Obr. 49. je zajištění zobrazení digitálního signálu skokově, neboť nás zajímá pouze vzestupná a sestupná hrana signálu. Toto se provede tzv. interpolací patřičného průběhu. Pro zobrazení AI je index vlastností interpolace = 2, pro DI je index vlastností interpolace = 1.



Obr. 49. Nastavení vlastností jednotlivých průběhů.

#### 5.4.5 Nastavení karty NI USB-6008 pro měření

V poslední čtvrté sekvenci se nastaví hardware, tedy karta NI USB-6008. Nejprve se zjistí, zda-li jsou zvoleny analogové nebo digitální vstupy a podle toho dojde k nastavení příslušných kanálů. Pro ovládání hardwaru je k dispozici tzv. NI-DAQmx což je software na úrovni ovladačů, dll který přistupuje přímo k DAQ zařízení. V nabídce LabVIEW DAQmx je pak paleta funkcí, které lze použít pro nastavení hardwaru a spuštění měření viz. následující řádky. Situace pro nastavení analogových vstupů je na Obr. 50. Nejprve se zřídí úloha. Následuje nastavení jednotlivých analogových kanálů. Vstupní řetězec na kterých kanálech se má měřit může mít podobu např. Dev1/ai0, Dev1/ai1, tedy jméno zařízení a příslušný kanál zařízení.



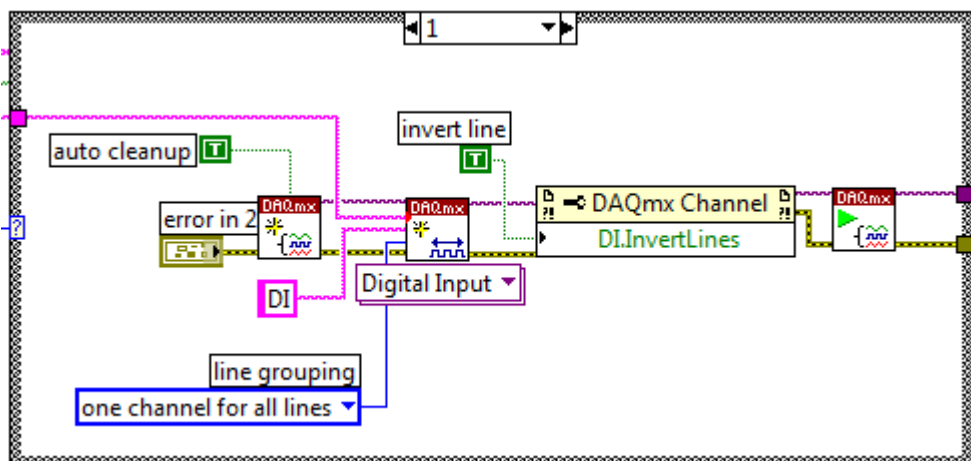
Obr. 50. Nastavení karty pro analogové vstupy.

Dále se nastaví patřičný rozsah vstupu karty DAQ a režim zapojení vstupu (RSE/DIFF). V dalším kroku je nastaveno časování, tedy kontinuální měření, vzorkovací frekvence a velikost bufferu, což je alokovaná paměť v PC pro naměřené vzorky, ta se nastavuje automaticky v závislosti na zvolené vzorkovací frekvenci. Tím je karta připravena pro měření, které může být spuštěno.

Obdobným způsobem je nastavení karty pro digitální vstupy viz. Obr. 51. Bohužel karta NI USB-6008 nepodporuje hardwarové časování DI (řízení vzorkování signálu je prostřednictvím hodin zařízení DAQ, které definují časový interval mezi vzorky, je nezávislé na běhu jiných aplikací a mnohem rychlejší a přesnější než softwarové časování) proto vzorkovací frekvence digitálních vstupů je závislá na softwarovém časování (tedy řízení vzorkovací frekvence programově nějakým časovačem v programu, závislé na běhu jiných aplikací a méně přesné). Tento problém a tedy vzájemná synchronizace vstupů AI a DI byl vyřešena následovně. Pakliže jsou aktivní AI a DI současně, je vzorkování AI nastaveno uživatelem a DI je vzorkováno napevno frekvencí 10Hz. To odpovídá počtu vyčítání vzorků z bufferu PC, které je programově nastaveno 10x menší než vzorkovací frekvence AI. Např. je-li nastavena vzorkovací frekvence AI na 1000S/s pak vyčítání vzorků je nastaveno na 100 vz. a z toho plyne že interval vyčítání a tedy jeden běh kódu je  $100/1000$  tedy  $0,1s = 10Hz$ .

Pokud je nutné vzorkovací frekvenci DI zvětšit, je možné zvolit dvě varianty. Tou první je zapojení digitálního signálu na analogový vstup, který je hardwarově časován a v případě karty NI USB-6008 lze při použití jednoho vstupu využít max. vzorkovací frekvenci 10kS/s.

Druhá varianta spočívá v tom, že se nastaví na kartě pouze digitální vstupy. Pak je řízení běhu kódu řízeno funkcí „wait“, která čeká specifikovaný okamžik, před každým následujícím jedním během kódu. Je však logické, že tento interval nesmí být menší než je vlastní doba jednoho běhu kódu. Nevýhoda tohoto použití je taková, že velikost tohoto intervalu je závislá na zatížení CPU (běh jiných aplikací..) a možné výkyvy můžou tento interval zvětšit. Měřicí karty s hardwarově časovanými DI jsou však v jiných cenových relacích.

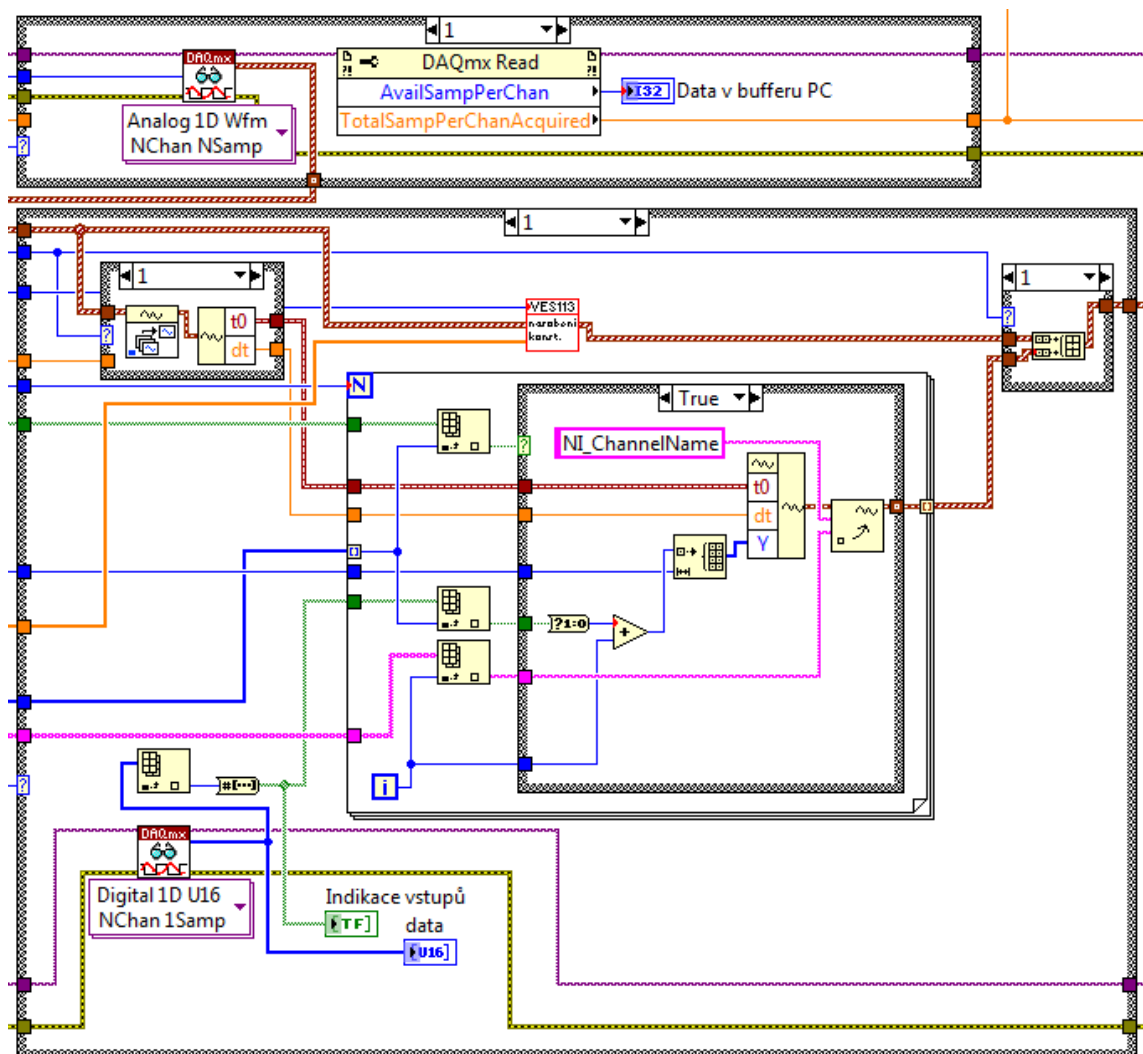


**Obr. 51.** Nastavení karty pro digitální vstupy.

#### 5.4.6 Hlavní smyčka měření (forma producent – konzument)

Architektura hlavní měřicí smyčky je formou producent – konzument s využitím předávání dat ve formě fronty (queue). V podstatě se jedná o dvě paralelní smyčky z níž jedna data produkuje (producent), sbírá data z měřicí karty a druhá data spotřebovává (konzument), tedy data zobrazuje v grafu a ukládá do souboru. Předávání dat se děje prostřednictvím tzv. fronty (queue), která má schopnost data akumulovat a vyrovnávat tak rozdílné rychlosti smyček producenta a konzumenta. Ve výchozím stavu má fronta podobu paměti typu FIFO (first in – first out = první dovnitř – první ven).

Měřené vzorky jsou postupně ve smyčce producent dodávány do fronty a ve smyčce konzument jsou tato data element po elementu vyzvedávána. Ukončení běhu kódu se provede tlačítkem „STOP“. Tím se ukončí fronta což je ve smyčce konzument rozpoznáno a ta se ukončí také. Tato metoda předávání dat se používá v případě nepravidelného chodu procesu data produkujícího nebo naopak procesu data spotřebovávajícího nebo v případě procesu takovém, kde je požadavek aby žádná data nebyla ztracena což je u měření logické.

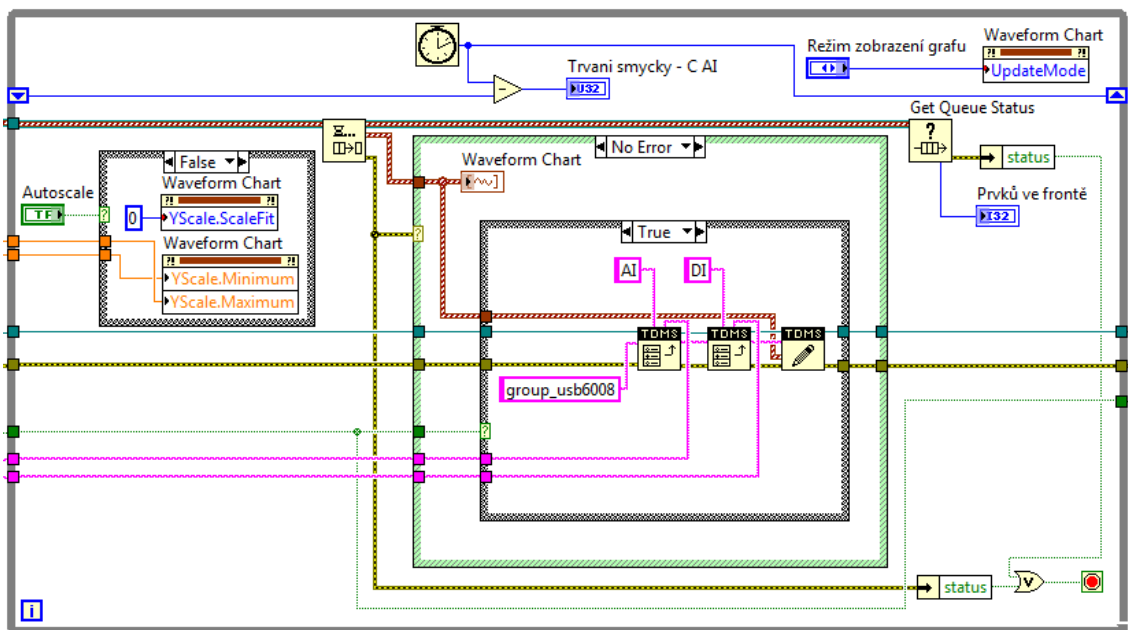


Obr. 52. Hlavní část smyčky producent.

Základem smyčky producent viz. Obr. 52. jsou funkce DAQmx Read, které se starají o vyčítání naměřených dat z karty. Vždy závisí na tom, zda-li je nastaveno měření AI, DI nebo AI+DI a podle toho je nastaveno programové vykonávání dané operace. Programově je možné nastavit podoba výstupních dat z této funkce v závislosti na použitém hardwaru. V případě analogových vstupů je výstup jednotlivých kanálů v podobě 1D pole datového typu waveform. Waveform je cluster, který v sobě nese časovou známku počátku měření =  $t_0$ , dále hodnotu času v milisekundách mezi každým vzorkem signálu =  $dt$  a naposledy 1D pole hodnot vlastních naměřených vzorků. Jako poslední se do naměřeného signálu zavede konstanta, pakliže byla uživatelem navolena viz. Obr. 54. Z těchto informací pak není problém vykreslit průběh v grafu.

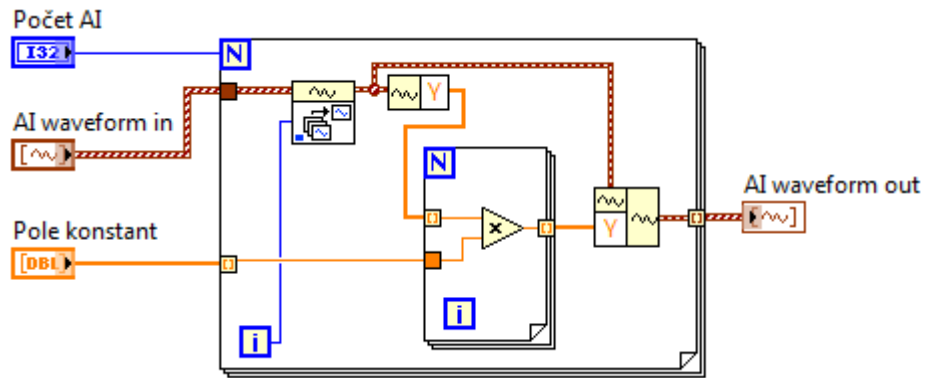
V případě vyčítání digitálních vstupů jsou výstupem data v digitální podobě, které se nejprve převedou na pole prvků typu „boolean“ a následně do formy dvou stavů signálů (0,1). Aby se jednotlivé signály v grafu nekryly, je každému programově přiřazen násobek o stupeň větší. Poté je třeba tento signál převést do podoby typu waveform (konzistence s AI). Tato situace je závislá na tom zda-li je aktivní také nějaký AI. Pokud ano, synchronizuje se  $t_0$  a  $dt$  s prvky z waveformu AI. Pokud ne, je  $t_0$  nastaveno funkcí, která vrací aktuální čas a datum programově a  $dt$  je upraveno dle zvolené hodnoty vzorkovacího intervalu DI uživatelem a za pomoci funkce „wait“. V posledním kroku je k digitálním průběhům přiřazeno jméno.

Tato data (AI,DI) typu waveform jsou pak zaslána do fronty ke zpracování ve smyčce konzument. Tato smyčka má dva hlavní úkoly. Za prvé je to zobrazování aktuálních průběhů v grafu, nastavování automatického nebo pevného rozsahu osy y a nastavování režimu grafu. Za druhé pak zápis jednotlivých průběhů do souboru pakliže je ukládání aktivováno uživatelem. Bližší vysvětlení ke způsobu a formátu ukládaných dat je rozepsán v následující kapitole. Smyčka se ukončí automaticky s ukončením měření tlačítkem „STOP“, tento stav bude rozpoznán ukončením fronty ve smyčce producent. Pro kontrolu běhů kódů jsou obě smyčky producent i konzument vybaveny indikátorem zobrazujícího dobu jednoho běhu kódu („Trvání smyčky – P AI (C AI)“).



Obr. 53. Smyčka konzument.



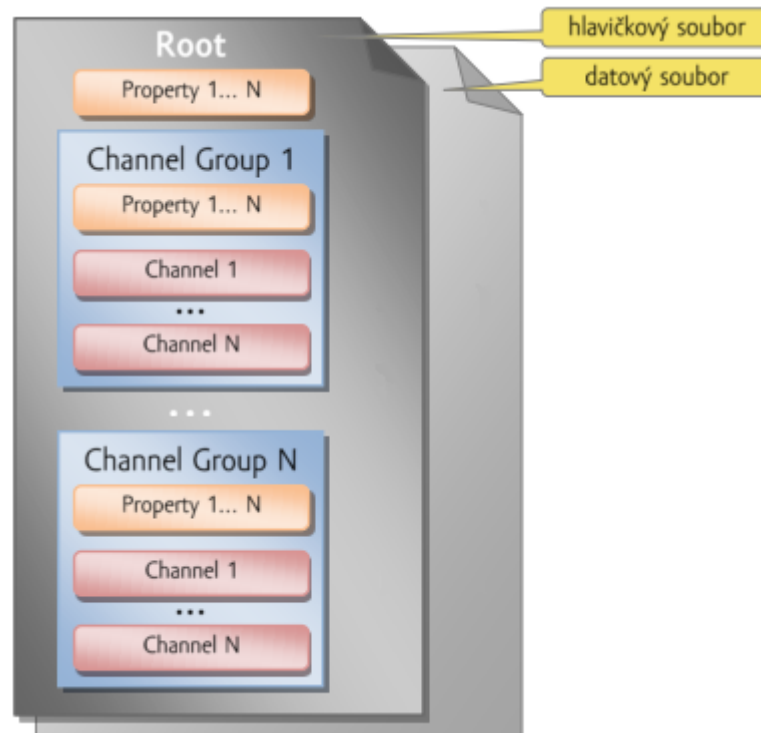


Obr. 54. Přiřazení konstanty k danému analogovému signálu.

#### 5.4.7 Ukládání do souboru

Pro ukládání dat do souboru bylo nutné zvážit jaký formát souboru a jakým způsobem se zaznamenaná naměřená data budou ukládat. Jelikož je předpoklad, že pro tento záznamník bude nutné ukládat velké množství dat, někdy poměrně velkou rychlostí s řadou atributů a měnícím se počtem kanálů, je vhodné použití datových souborů kombinovaných, které využívají systém dvou souborů. Hlavičkový soubor obsahuje různé atributy a přehledové informace zatímco soubor s vlastními daty obsahuje vlastní, zpravidla binárně uložená data. [6]

Pro danou úlohu byl tedy zvolen typ souborů využívající technologii TDMS. Tento formát souborů je uspořádán do tří-úrovňové hierarchie s možností na každé z úrovní ukládat popisy v podobě atributů. Struktura takového souboru je patrná z Obr. 55. TDMS formát ukládá data do dvou souborů. Indexový s metainformacemi s příponou *.tdms\_index* a do souboru s vlastními daty s příponou *.tdms*. Oba dva data soubory jsou binární. [6]



Obr. 55. Struktura TDMS souboru. [6]

Na Obr. 56. je už vyobrazena reálná struktura souboru, který byl nazván „testovaci\_mereni“. Pro zobrazení této struktury byl využit nástroj v LabVIEW tzv. TDMS File Viewer. Na disku je tento soubor uložen s příponou „testovaci\_mereni.tdms“ a testovaci\_mereni.tdms\_index. Jednotlivé záznamy jsou uloženy pod skupinou nazvanou logicky „group\_usb6008“ a z její vlastnosti lze vyčíst počet aktivních analogových a digitálních vstupů (AI = 3), (DI = 3) viz. horní šipka na Obr. 56.

V levém sloupci jsou vidět všechny uložené průběhy pro jednotlivé kanály tak, jak byly uživatelem pojmenovány. V případě nepojmenování je kanálu implicitně přiřazeno jméno podle použitého vstupu (AI2\_noname, DI2\_noname).

Další důležité atributy pro zvolený vstup (spodní šipka), jsou znázorněny ve spodní části Obr. 56. Mezi ty nejdůležitější parametry, se kterými se dále pracuje v případě analýzy zaznamenaných průběhů je počet zaznamenaných vzorků (NI\_ChannelLength = 444), jméno kanálu (NI\_ChannelName = analog\_0), perioda vzorkování signálu (wf\_increment = 0,1(s)), počet vzorků vyčítaných a uložených s danou periodou do souboru (programově nastaveno na 1/10 vzorkovací frekvence (wf\_samples = 1) → z toho je patrné, že vzorkovací frekvence byla v tomto případě 10Hz. Další důležitý údaj je počátek měření (wf\_start\_time = 31.3.2014 09:25:24,391). Položka „Values“ pak obsahuje hodnotu každého vzorku.

Soubor TDMS lze po nainstalování pluginu otevřít i v programu Excel. Je tedy možné vybrané průběhy zobrazit a analyzovat prostřednictvím tohoto softwaru společnosti Microsoft.

The screenshot shows the TDMS File Viewer interface. On the left, a tree view under 'testovaci\_mereni.tdms' shows a folder 'group\_usb6008' containing channels: analog\_0, analog\_1, AI2\_noname, digital\_0, digital\_1, and DI2\_noname. Red arrows point from 'group\_usb6008' to the top table and from 'analog\_0' to the bottom table. The top table shows properties for the selected channel: AI=3, DI=3, name=group\_usb6008. The bottom table shows detailed properties for the 'analog\_0' channel.

Property name	Property value
AI	3
DI	3
name	group_usb6008

Property name	Property value
NI_ChannelLength	444
NI_ChannelName	analog_0
NI_DataType	10
NI_UnitDescription	Volts
name	analog_0
unit_string	Volts
wf_increment	0,100000
wf_samples	1
wf_start_offset	0,000000
wf_start_time	31.3.2014 09:25:24,391

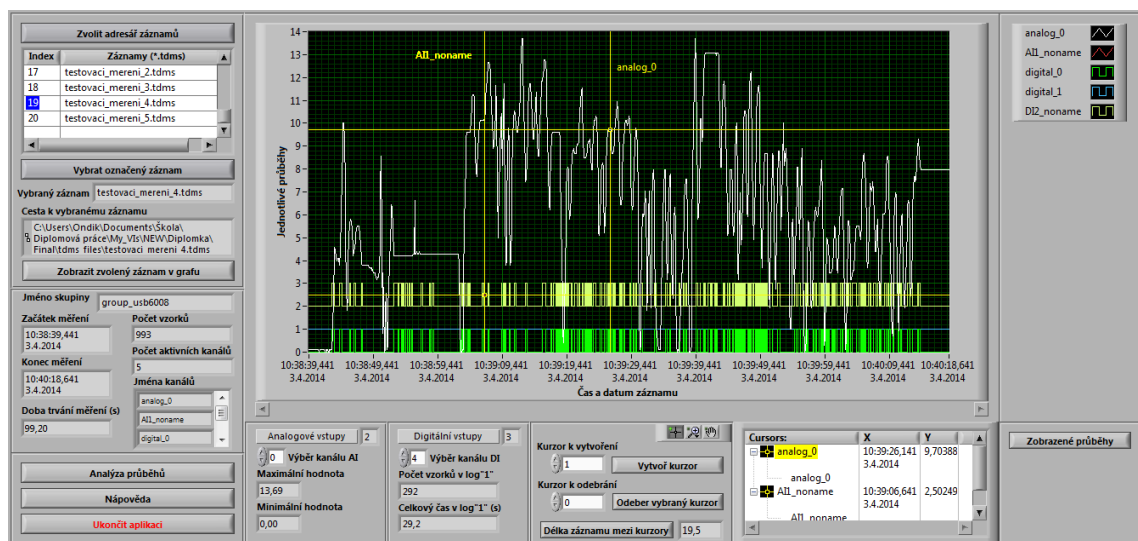
**Obr. 56.** Struktura reálného záznamu „testovaci\_mereni.tdms“.

## 5.5 Prohlížení záznamu

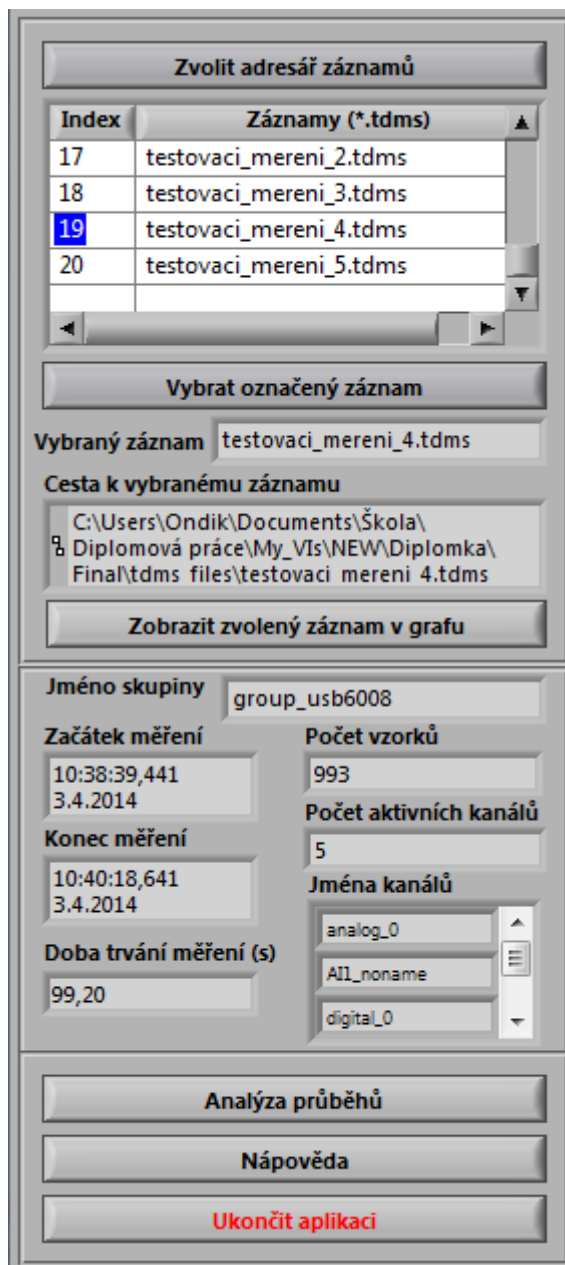
Jestliže uživatel zvolí funkci prohlížení záznamu, spustí se aplikace jejíž celkový pohled je na Obr. 57. Panel aplikace se podobně jako měřicí aplikace skládá ze čtyř základních částí. Detailní vyobrazení jednotlivých částí viz. další část v textu.

V levé části panelu viz. Obr. 58. jsou nejdůležitější ovládací prvky. Pote co je aplikace spuštěna, zvolí uživatel prostřednictvím tlačítka „Zvolit adresář záznamů“ takový adresář, ve kterém jsou uloženy průběhy ve formátu TDMS. Načte se nabídka pojmenovaných průběhů (jméno průběhu bylo přiřazeno uživatelem vždy v části „Nastavení karty“) a po výběru jednoho ze záznamů uživatel stisknutím tlačítka „Vybrat označený záznam“ daný záznam vybere a ten se zobrazí v indikátoru „Vybraný záznam“. Současně je zobrazena i cesta k uloženému záznamu viz. indikátor „Cesta k vybranému záznamu“. Pakliže uživatel již nezmění vybraný průběh, může pokračovat stisknutím tlačítka „Zobrazit zvolený záznam v grafu“ čímž se všechny průběhy záznamu zobrazí v grafu. Současně s tímto krokem se aktualizují indikátory o základních informacích z měření jako je jméno skupiny měření (implicitně nastaveno), začátek a konec měření, délka trvání celého záznamu, počet naměřených vzorků, počet aktivních kanálů včetně jmen jednotlivých průběhů. Dále se také aktualizuje legenda jednotlivých průběhů viz. Obr. 61.

Poté co je záznam vybrán je možné prostřednictvím tlačítka „Analýza průběhů“ aktualizovat indikátory viz. Obr. 59. V této nabídce se uživatel dozví kolik bylo vybráno aktivních AI a DI. Současně je zjištěna maximální a minimální hodnota analogového signálu daného průběhu (který je vybrán prostřednictvím „Výběr kanálu AI“). Výběr a přiřazení je závislé na volbě indexu daného průběhu. Orientace je velmi jednoduchá tzn. z legendy k jednotlivým průběhům je indexace vždy shora – dolů (0,1,2...). Z Obr. 61. k legendě je tak třeba index AI1\_NONAME = 1. Při změně výběru průběhu je nutné opakovat tlačítkem „Analýza průběhů“ tuto operaci. Obdobným způsobem se ošetří analýza digitálních vstupů, tedy jejich počet, počet vzorků v log „1“ vybraného průběhu a celkový čas vybraného průběhu ve stavu log „1“.

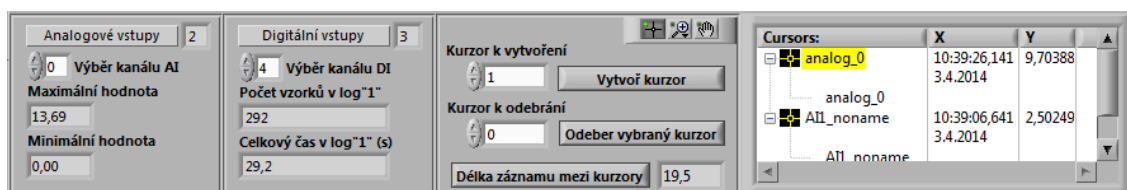


Obr. 57. Celkový pohled na aplikaci zpracovávající naměřená data.



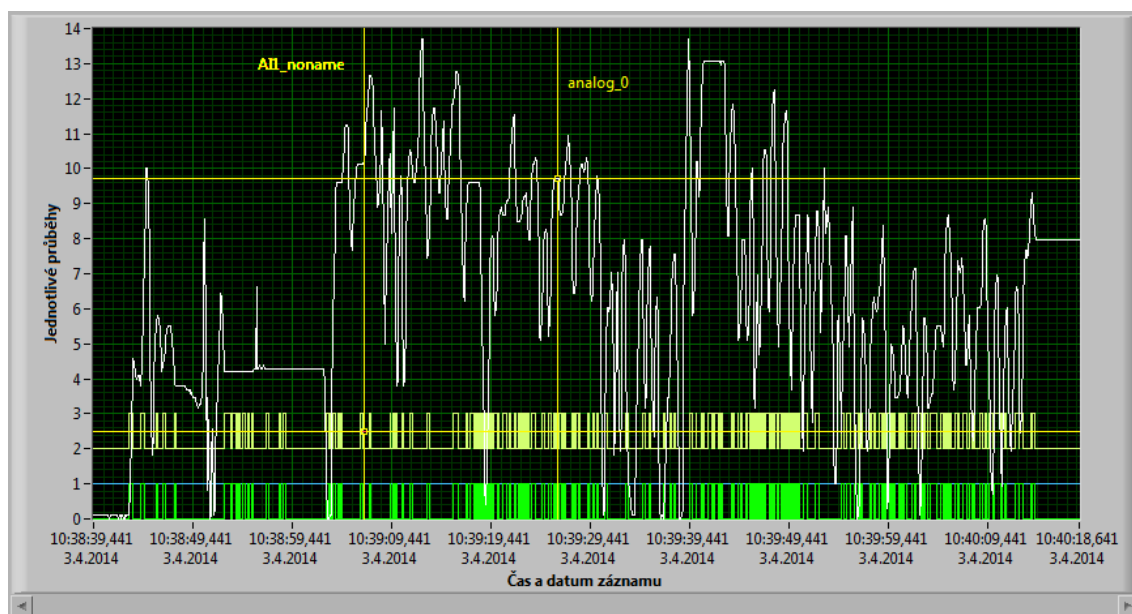
Obr. 58. Detail levé části panelu.

Další funkcí je možnost vytvářet kurzory v grafu a podle jejich polohy v grafu odečítat aktuální hodnoty na osách x,y. Nejprve se vybere, ke kterému průběhu se má daný kurzor přiřadit. Nastaví se tedy žádaný index viz. „Kurzor k vytvoření“ a tlačítkem „Vytvoř kurzor“ se tento vytvoří. Kurzor bude pro lepší orientaci mít pojmenování i v grafu jak je vidět na Obr. 60.



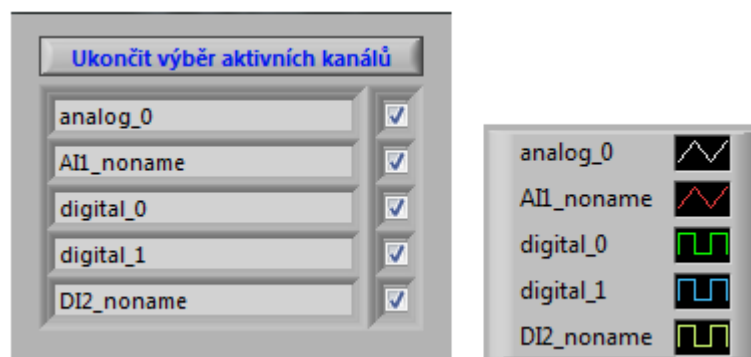
Obr. 59. Detail spodní části panelu.

Pokud uživatelé zajímá délka nějakého průběhu, respektive jeho části, je možné do grafu vložit 2 kurzory (tzn. začátek a konec žádané délky) a pomocí tlačítka „Délka záznamu mezi kurzory“ se délka označeného průběhu vypočte a zobrazí v indikátoru. Přidání každého kurzoru včetně jeho jména a aktuálních hodnot je vidět v detailu na Obr. 59. zcela vpravo. Implicitně se každý nový kurzor nastaví na začátek grafu. Jakýkoliv kurzor je možné následně také odstranit výběrem žádaného indexu a dále tlačítkem „Odeber vybraný kurzor“. Graf je možné pomocí tlačítek viditelných v části s kurzorovou nabídkou různě zvětšovat, zmenšovat, nebo s ním různě posouvat. Při zvětšení průběhů v grafu se automaticky aktivuje rolovací lišta pro posuv v grafu.



**Obr. 60.** Detail grafu s jednotlivými průběhy a dvěma kurzory.

Pokud uživatel potřebuje z nějakých důvodů skrýt některý průběh v grafu, je možné pomocí tlačítka „Zobrazené průběhy“ vyvolat panel viz. Obr. 61. Odznačením ikony příslušného kanálu se takový průběh z grafu odstraní. Kdykoliv je pak možné panel znovu vyvolat a patřičný průběh opět aktivovat. Implicitně je nastaveno zobrazení všech průběhů. Ukončení výběru se provede tlačítkem „Ukončit výběr aktivních kanálů“.



**Obr. 61.** Detail pro výběr zobrazení jednotlivých průběhů s legendou grafu.

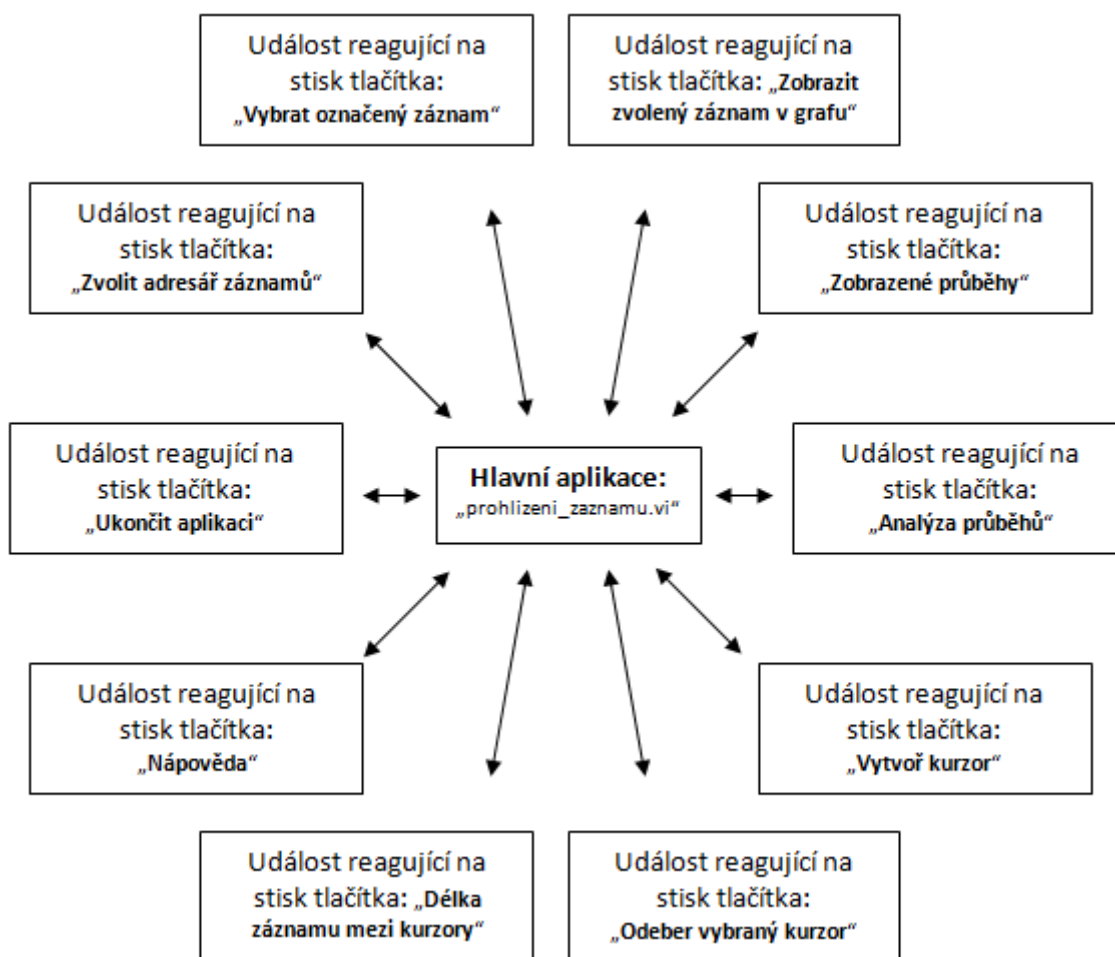
Na Obr. 61. je detail legendy k zaznamenaným průběhům, která zobrazuje jméno a dále graficky informaci jestli se jedná o analogový nebo digitální signál.

Uživatel může dále zvolit nápovědu pro aplikaci k prohlížení záznamů stisknutím tlačítka „Nápověda“. Ukončení nápovědy se provede tlačítkem „Ukončit nápovědu“.

Ukončení aplikace k prohlížení záznamů se provede tlačítkem „Ukončit aplikaci“, po které se programově navrátí k panelu s úvodní nabídkou.

### 5.5.1 Struktura kódu k prohlížení záznamu

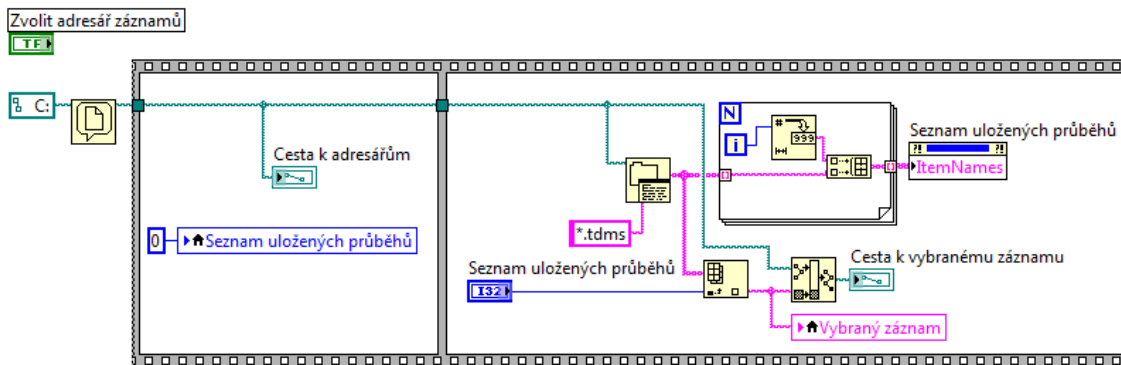
Aplikace k prohlížení záznamu je naprogramována na principu událostmi řízené struktury. Jednotlivé úlohy jsou volány sekvenčně, není důležitý jejich paralelní chod. Strukturálně je zřetelné z Obr. 62. jaké úlohy jsou volány. V následujících kapitolách jsou jednotlivé fáze kódu rozebrány. Každá fáze je závislá na stisknutí některého z tlačítek na panelu aplikace pro prohlížení záznamu. Po spuštění aplikace dojde nejprve k inicializaci ovládacích a zobrazovacích prvků. Poté průběh volání jednotlivých fází přebírá uživatel.



Obr. 62. Struktura událostmi řízené aplikace pro prohlížení záznamu.

### 5.5.2 Událost reagující na stisk tlačítka „Zvolit adresář záznamů“

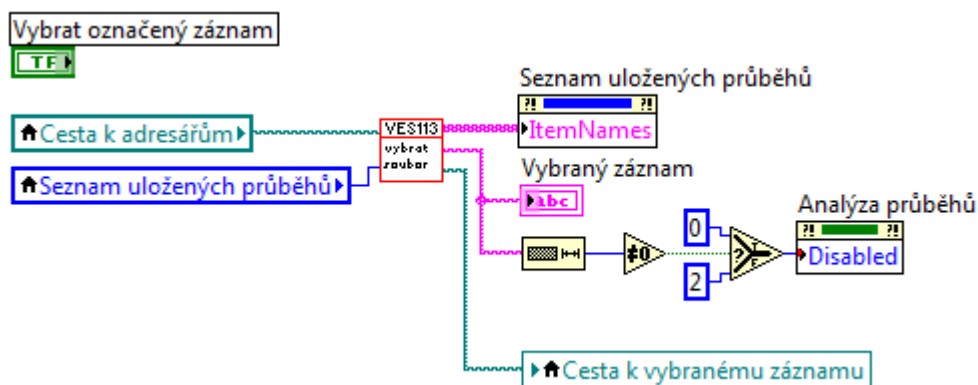
Nejprve je nutné zvolit adresář, ve kterém se nachází uložené záznamy ve formátu TDMS. Programově je přednastavena cesta k takovému adresáři, aby nebylo nutné složitě adresář vyhledávat. Poté co je adresář zvolen, tak se jednotlivé průběhy načtou. Implicitně je nastaveno označení nultého průběhu (první v seznamu). Každý takový průběh je pak označený svým jménem a jemu přiřazeným indexem. Kód je znázorněn na Obr. 63.



Obr. 63. Událost reagující na stisk tlačítka „Zvolit adresář záznamů“.

### 5.5.3 Událost reagující na stisk tlačítka „Vybrat označený záznam“

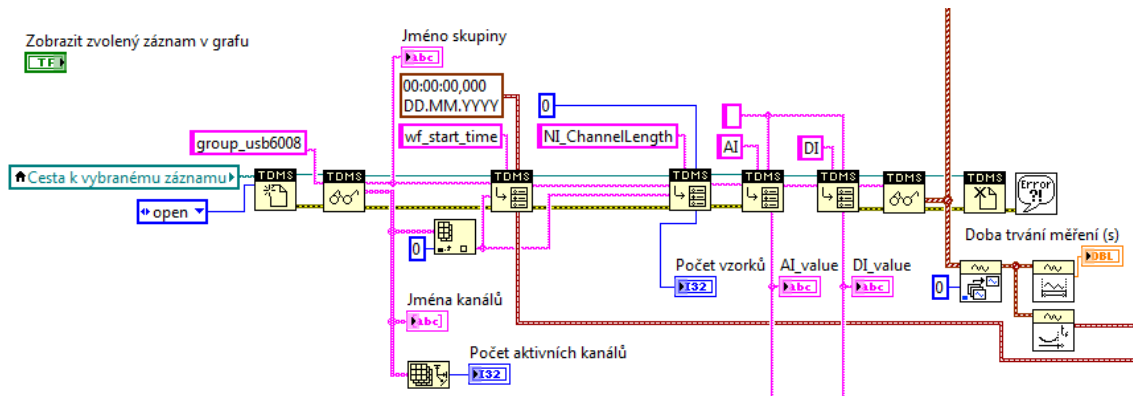
Vybráním zvoleného záznamu se aktivuje indikátor se jménem „Vybraný záznam“. Pokud je nějaký záznam vybrán, aktivuje se tlačítko „Analýza průběhů“. V opačném případě zůstane toto tlačítko zašedlé a není možné analýzu provést. Toto tlačítko je nutné potvrdit vždy, pokud uživatel zvolí jiný záznam k zobrazení. Kód této části je znázorněn na Obr. 64.



Obr. 64. Událost reagující na stisk tlačítka „Vybrat označený záznam“.

### 5.5.4 Událost reagující na stisk tlačítka „Zobrazit zvolený záznam v grafu“

Pro zobrazení zvoleného záznamu v grafu je kód vykonáván sekvenčně ve třech krocích. První je načtení dat z vybraného souboru TDMS. Druhý krok je nastavení ovládacích prvků dle zvoleného záznamu, nastavení vlastností jednotlivých průběhů a vlastností grafu a následně třetí krok je zobrazení průběhů v grafu.



**Obr. 65.** Událost reagující na stisk tlačítka „Zobrazit zvolený záznam v grafu“ část a).

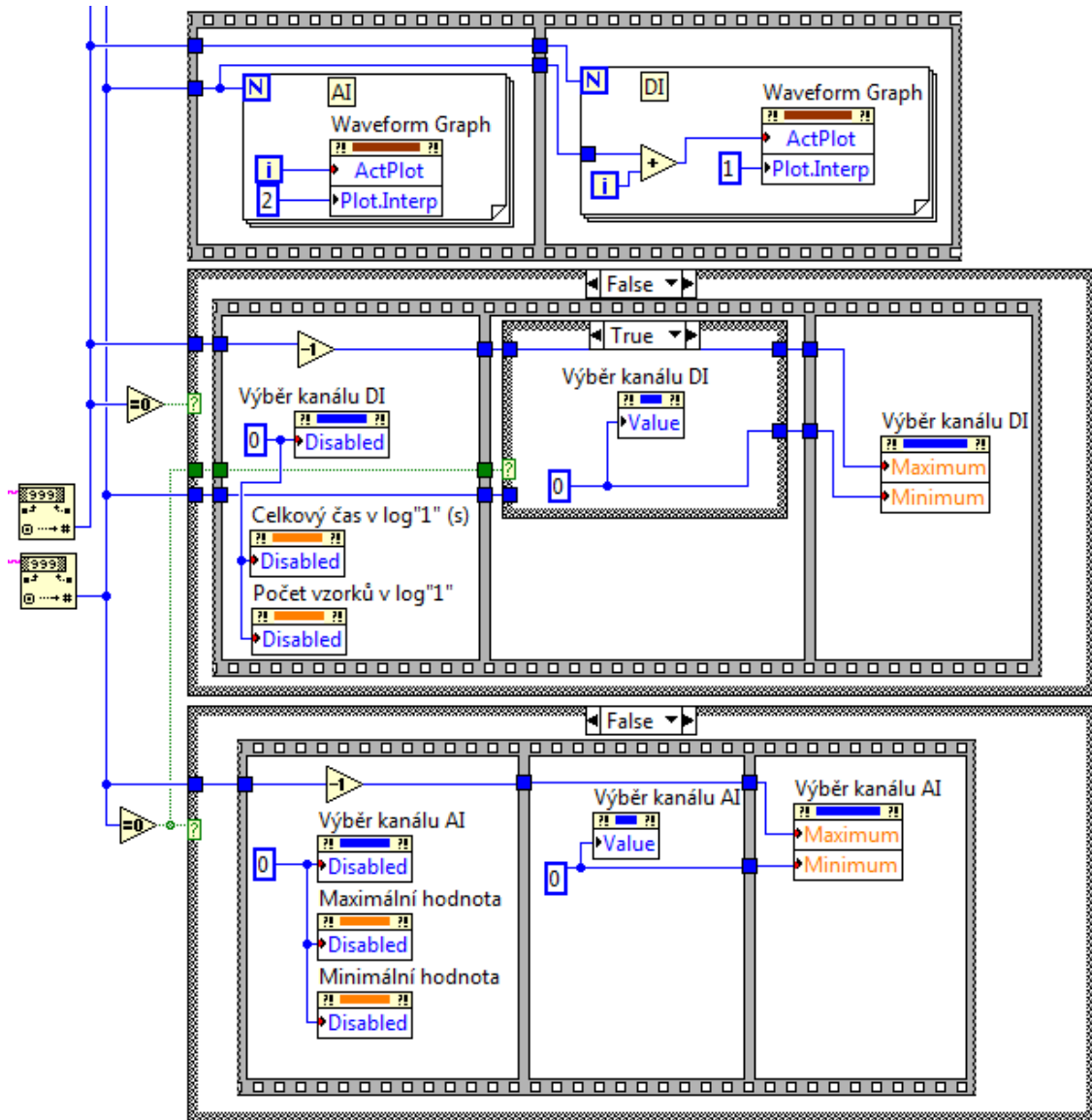
Na Obr. 65. je vidět první sekvence kódu a to jakým způsobem je načten záznam ze souboru. Z vybrané cesty k záznamu a implicitně nastaveného jména skupiny „group\_usb6008“ se zjistí jména jednotlivých průběhů a dále se zjistí počet aktivních kanálů. Ve vlastnostech souboru se vyčtou důležité parametry jako je počáteční čas a datum měření, počet naměřených vzorků každého průběhu, kolik průběhů je analogových a kolik digitálních a naposled se zjistí celková doba měření a konečný čas a datum měření. Tím se nastaví jednotlivé indikátory a uživatel tak má základní informace o měření.

Druhá sekvence viz. Obr. 66. nastaví podle počtu aktivních analogových a digitálních průběhů jejich vlastnosti v podobě interpolace, jako je to vysvětleno a podobně realizováno v kapitole 5.4.4. Dále se automaticky nastaví ovládací prvky pro analýzu průběhů. Tzn. automaticky se přednastaví indexy pro volbu analyzovaných průběhů. Když budou ku příkladu součástí vybraného záznamu 2 průběhy analogové a 3 digitální, nastaví se automaticky indexy analogových průběhů na 0,1 a analogicky průběhy digitální budou mít indexy 2,3,4.



V případě, že budou součástí jen analogové, nebo jen digitální průběhy, dojde k zařazení ovládacích prvků pro nepoužité průběhy. Součástí této sekvence je také aktualizace indikátorů „Aktivních AI“, „Aktivních DI“, „Začátek měření“ a „Konec měření“.

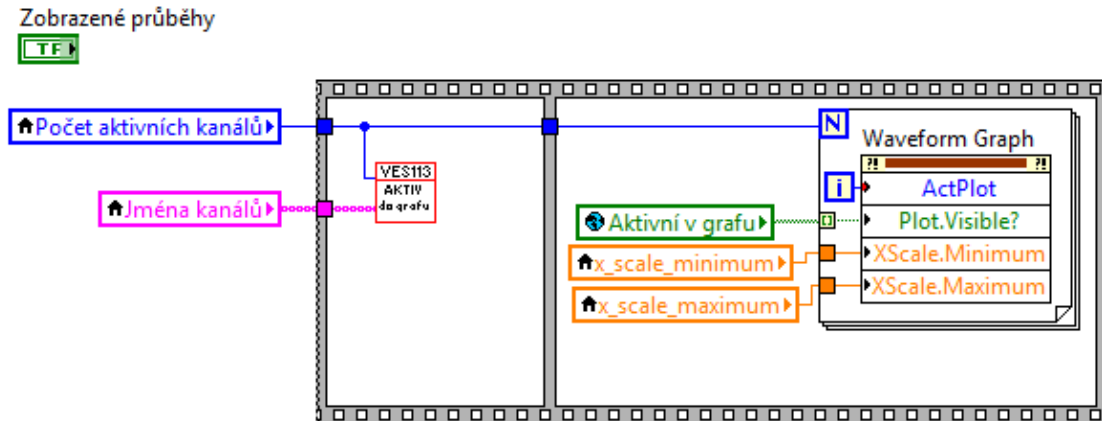
V poslední třetí sekvenci dojde k vykreslení jednotlivých průběhů do grafu.



Obr. 66. Událost reagující na stisk tlačítka „Zobrazit zvolený záznam v grafu“ část b).

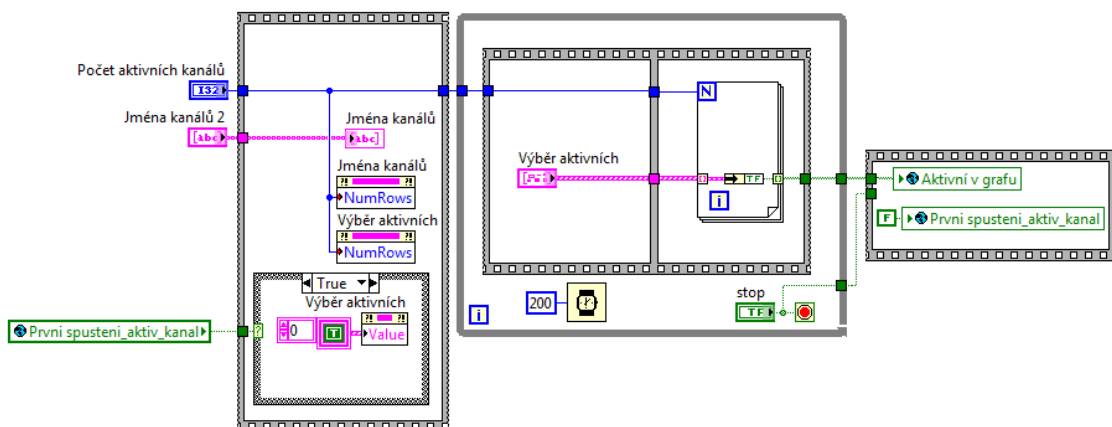
### 5.5.5 Událost reagující na stisk tlačítka „Zobrazené průběhy“

Tato část kódu viz. Obr. 67. vyvolá panel s nabídkou jednotlivých průběhů v případě, že uživatel chce některé průběhy v grafu skrýt. Automaticky se zobrazí jména daných průběhu a prostřednictvím ikonек se odznačí průběh který se má ukryt. Implicitně je nastaveno zobrazení všech průběhů.



Obr. 67. Událost reagující na stisk tlačítka „Zobrazené průběhy“.

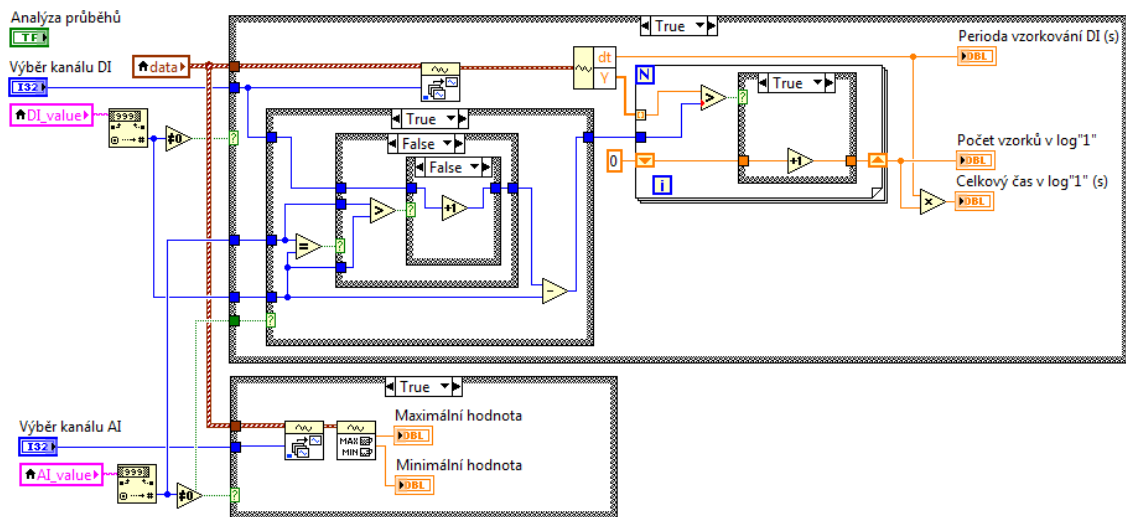
Pro výběr nastavených průběhů v grafu bylo vytvořeno SubVI, jehož kód je znázorněn na Obr. 68. Aplikace pozná pakliže se jedná o první spuštění a v takovém případě přednastaví zobrazení všech průběhů v záznamu do grafu. Pokud už ale aplikace běží a byl již nějaký průběh deaktivován, aplikace si tento stav zapamatuje a při znovu zvolení nastavení aktivních průběhů se zobrazí naposledy nastavený stav. Ukončení této nabídky se provede tlačítkem „Ukončit výběr aktivních kanálů“.



Obr. 68. Kód SubVI „aktivni\_do\_grafu.vi“.

### 5.5.6 Událost reagující na stisk tlačítka „Analýza průběhů“

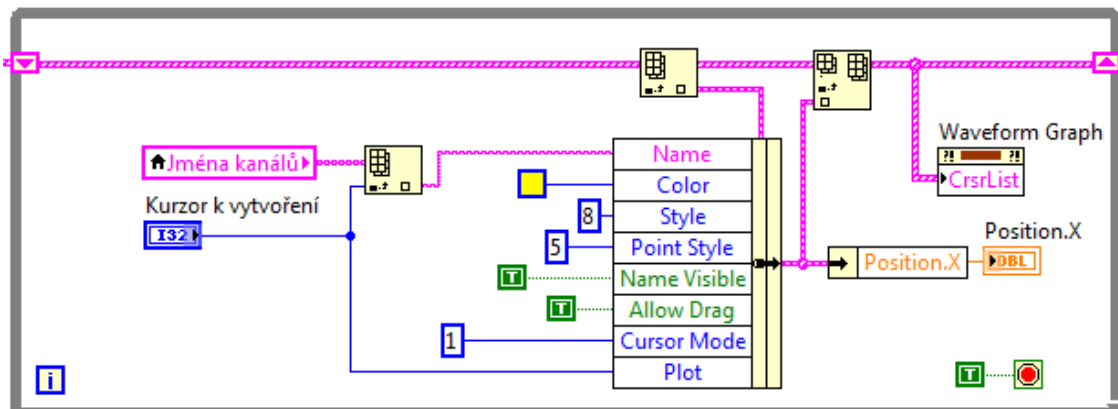
Pakliže je analýza průběhů povolena a uživatel stiskne tlačítko „Analýza průběhů“, zjistí se jestli jsou aktivní AI a DI. Pokud ano, spustí se podle nastavených indexů analýza těchto průběhů. V případě analogových vstupů dojde k nalezení maximální a minimální hodnoty daného průběhu a zápis do příslušných indikátorů. V případě digitálních vstupů se zjistí počet vzorků ve stavu log „1“ a celková doba trvání v tomto stavu. Tento kód je znázorněn níže na Obr. 69.



Obr. 69. Událost reagující na stisk tlačítka „Analýza průběhů“.

### 5.5.7 Událost reagující na stisk tlačítka „Vytvoř kurzor“

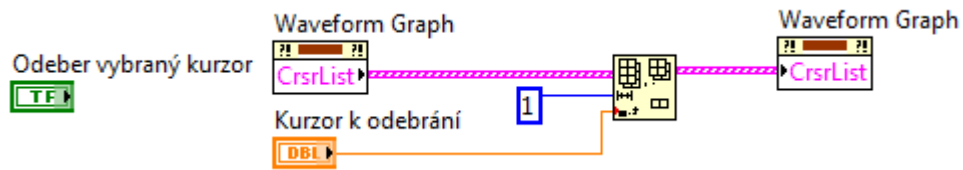
Poté co je zvolen index, ke kterému průběhu se má daný kurzor přiřadit je takovýto zřízení. Implicitně se nastaví jeho vlastnosti: jméno podle zvoleného průběhu, barva, tvar kurzoru, tvar styčného bodu s průběhem, viditelnost v grafu, povolení pohybu v grafu, mód kurzoru (přiřazení jen ke specifickému průběhu) a nastavení indexu v grafu. Tento kurzor se implicitně nastaví na začátek měřeného záznamu. Kód je znázorněn na Obr. 70.



Obr. 70. Událost reagující na stisk tlačítka „Vytvoř kurzor“.

### 5.5.8 Událost reagující na stisk tlačítka „Odeber vybraný kurzor“

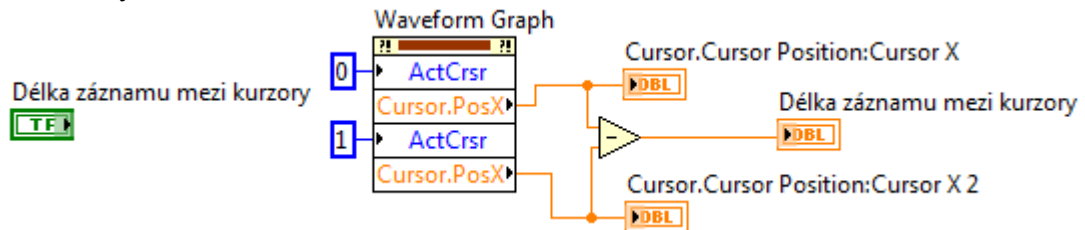
Poté co uživatel vybere index kurzoru, který chce odstranit a potvrdí tlačítkem „Odebrat vybraný kurzor“, je takovýto z grafu odebrán.



Obr. 71. Událost reagující na stisk tlačítka „Odeber vybraný kurzor“.

### 5.5.9 Událost reagující na stisk tlačítka „Délka záznamu mezi kurzory“

Pro určení délky záznamu mezi kurzory je vyvolán jednoduchý kód viz.Obr. 72., který odečte pozice dvou vybraných kurzorů a tuto hodnotu zapíše do indikátoru „Délka záznamu mezi kurzory“.



Obr. 72. Událost reagující na stisk tlačítka „Délka záznamu mezi kurzory“.

### 5.5.10 Událost reagující na stisk tlačítka „Nápověda“

Kód k nápovědě je analogický jako v nápovědě v kapitole 5.3.7, rozdíl je v načtení jiného souboru s nápovědou.

### 5.5.11 Událost reagující na stisk tlačítka „Ukončit aplikaci“

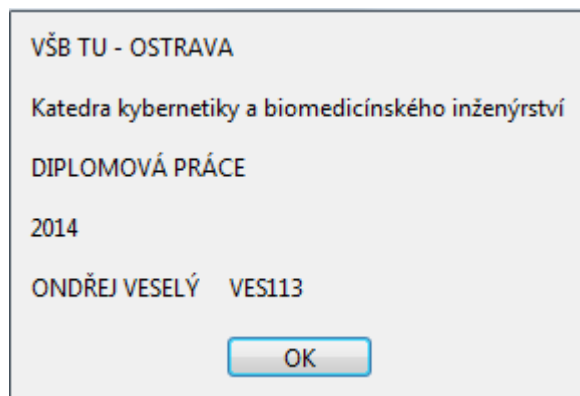
Ukončení aplikace k prohlížení záznamů se provede tlačítkem „Ukončit aplikaci“, čímž se aplikace uzavře a stav programu se vrátí k původní úvodní nabídce aplikace „uvodni\_GUI.vi“.

## 5.6 Nápověda

Po zvolení funkce nápověda je vyvolán panel s nápovědou, uživatel má tedy k dispozici nápovědu pro ovládání úvodní aplikace. Kód je opět obdobný jako v kapitole 5.3.7, rozdíl je v načtení jiného souboru s nápovědou.

## 5.7 O aplikaci

Tlačítkem „O aplikaci“ je vyvoláno okno viz. Obr. 73., kde jsou základní údaje o aplikaci jako takové.



**Obr. 73.** Informační okno „o aplikaci“.

## 5.8 Ukončení celé aplikace

Pro ukončení celé aplikace se stiskne tlačítko „Ukončení aplikace“, čím se celá aplikace uzavře a v dalším spuštění budou všechny ovládací a indikační prvky nastaveny do implicitních hodnot.

## 6 Zajištění praktického nasazení a získání reálných dat

### 6.1 Praktické nasazení záznamníku v průmyslové praxi

Záznamník provozních stavů je koncipován pro univerzální použití, nicméně jeho zadání vychází z potřeb pracovníků údržby závodu Model Obaly Opava a.s.

Tento závod nabízí výrobní kapacitu a nejširší sortiment obalů a displejů z vlnité lepenky a dále obaly z kaširovaných a hladkých lepenek. Strojový park závodu tvoří výrobní stroje 20 let staré až po nejmodernější stroje současnosti. Z toho vyplývá široká rozmanitost technického vybavení strojů a použitých technologií.

Praktické použití záznamníku bylo realizováno na řešení reálných problémů na výrobních strojích na středisku výroby a zpracování vlnité lepenky. Funkčnost záznamníku byla demonstrována na řešení dvou vybraných skutečných problémech.

### 6.2 Problém 1: Monitoring napěťových zdrojů na stroji Masterflex 203A MATIC

#### 6.2.1 Představení stroje

[13]

- Název a výrobce: Masterflex 203A MATIC švýcarského výrobce BOBST SA
- Rok výroby: 2002
- Funkce: flexotisk vlnité lepenky velikosti vlny E, B, C, BE, BC
- Základní parametry : 5 flexotiskových jednotek, min. formát archu: 520x600mm, max. formát archu: 1270x2032mm, max. výkon: 10 000 archů / hod.



Obr. 74. Masterflex 203A MATIC.

#### 6.2.2 Rozbor problému

Za dobu provozu tohoto tiskového stroje byly několikrát zaznamenány výpadky během produkce do neočekávaných stavů. Stroj v lepším případě zastavil s poruchovým hlášením „nouzové vypnutí“, nebo naopak došlo jen k mžikovému zastavení chodu, kdy stroj nehlásil vůbec nic.

Jiné situace jako falešné hlášení např. pro poruchové stavy řídicího systému, frekvenčních měničů apod. zaváděly pracovníky údržby na neobjektivní řešení problému, čímž docházelo k prodlužování prostojů při opravách a nedořešení skutečného problému.

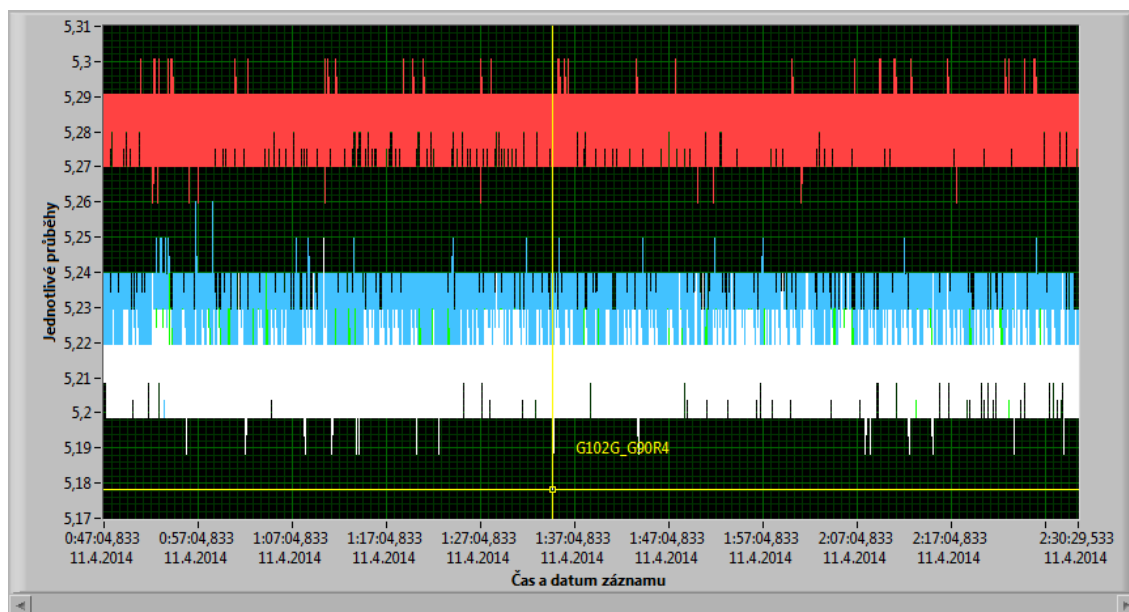
Tato situace s sebou přinášela finanční ztráty, které byly vyčísleny jednak vlastním prostojem, tak například výměnou dílu, který byl ve skutečnosti v pořádku. Jak se v průběhu mnohých zásahů ukázalo, měly na některých těchto výpadech zásluhu minimální poklesy napětí čtyřech napájecích zdrojů, které napájí jednotlivé skupiny řídicích karet vlastního řídicího systému stroje tzv. „CUBE“. Výstupní napětí těchto zdrojů je 5,20VDC. Pokud by byly tyto změny včas zachyceny, je možné takovýmto problémům předejít výměnou takového zdroje.

Jistým řešením se nabízelo nasazení záznamníku, který by byl v periodických intervalech nasazován ve stroji a který by monitoroval úroveň napětí jednotlivých zdrojů. Porovnávací metodou by pak bylo možné odhalit odchylky jednotlivých průběhů a stanovit tzv. „podezřelý“ zdroj, který by se preventivně vyměnil v čase plánovaného odstavení stroje a předešlo by se tak k výše zmíněným problémům.

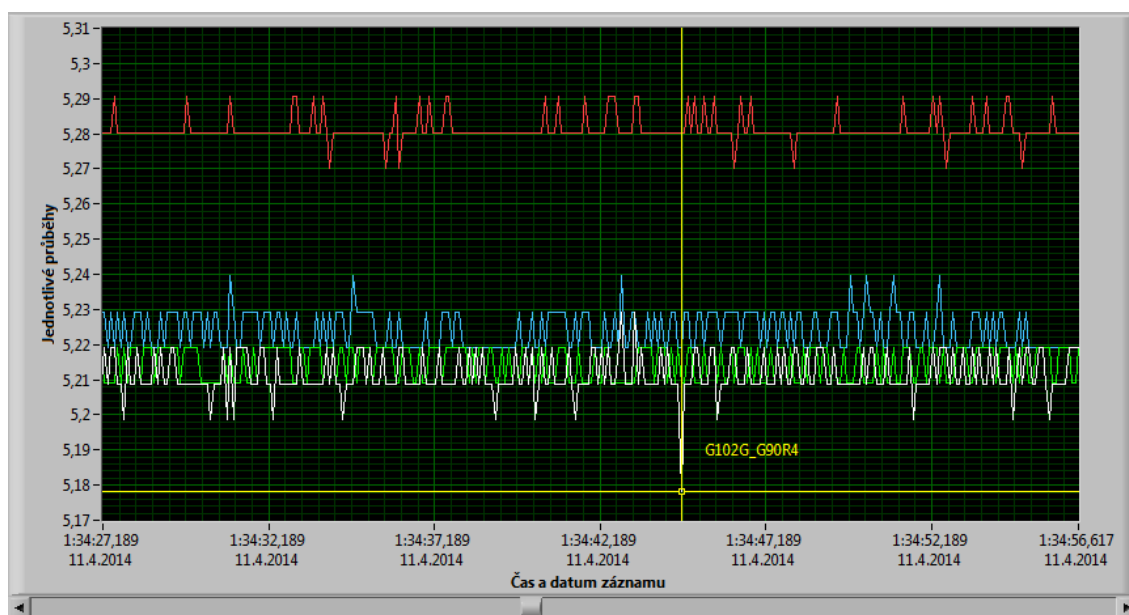
Následující podkapitoly nasazení takového záznamníku, který byl výsledkem diplomové práce demonstrují.

### 6.2.3 Nasazení záznamníku

Za produkce stroje byly monitorovány čtyři napájecí zdroje, pojmenované dle vlastních názvů z výrobní dokumentace: G102G\_G90R1, G102G\_G90R2, G102G\_G90R3, G102G\_G90R4. Vzorování 4 jednotlivých vstupních analogových kanálů na kartě NI USB-6008 bylo nastaveno na 10S/s v zapojení RSE. Celý záznam trval necelé 2 hodiny během kterých došlo k navzorování asi 62000 vzorků / kanál. Graf celkového záznamu je na Obr. 75. Detail průběhů s kurzorem umístěným v pozici minimální naměřené hodnoty napětí jednotlivých napájecích zdrojů je na Obr. 76.



Obr. 75. Graf průběhů s celkovým záznamem (problém 1).



**Obr. 76.** Detail průběhů s vyznačením minimální naměřené hodnoty (problém 1).

#### 6.2.4 Zhodnocení naměřených výsledků

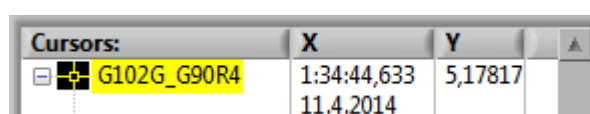
Analýzou naměřených průběhů byly zjištěny hodnoty viz. následující Tab. 3. V průběhu 2 hodinového záznamu nebyly zjištěny výrazné poklesy napájecího napětí jednotlivých napájecích zdrojů. Minimální naměřená hodnota napětí 5,18V byla naměřena na zdroji G102G\_G90R4 v Tab. 3 zvýrazněná červeně. Z jednotlivých průběhů je patrné, že všechny zdroje vykazovaly v době měření stabilní napětí a jevíly se tak v pořádku.

Pravidelným monitorováním a porovnáváním jednotlivých naměřených hodnot by bylo možné odhalit možné poklesy napájecího napětí (odhalit kritickou dolní mez napájecího napětí) a včas zjednat nápravu preventivní výměnou vadného zdroje. Vhodným řešením by bylo také doplnění měření odběru proudů jednotlivých zdrojů (pomocí vhodných převodníků připojených k měřicí kartě) a porovnávání jejich VA charakteristik.

Je jasné, že k vyhodnocení výsledků bude zapotřebí více opakovaných měření. To vyžaduje větší časové rozpětí, které je nad rámec diplomové práce.

	Minimální napětí	Maximální napětí
G102G_G90R4	5,18V	5,25V
G102G_G90R3	5,26V	5,30V
G102G_G90R2	5,20V	5,24V
G102G_G90R1	5,20V	5,26V

**Tab. 3.** Naměřené hodnoty viz. „problém 1“.



**Obr. 77.** Pozice kurzoru pro minimální naměřené napětí zdroje G102G\_G90R4.



## 6.3 Problém 2: Hlídaní tlaku vzduchu linky Martin NT 1228

### 6.3.1 Představení stroje

[14]

- Název a výrobce: Martin NT 1228 francouzského výrobce MARTIN
- Rok výroby: 2003
- Funkce: flexotisk vlnité lepenky velikosti vlny B, C, BE, BC, výsek shora, rotační výsek, podélné lepení, skládací dráha, svazkování archů
- Základní parametry : 3 flexotiskové jednotky, min. formát archu: 350x600mm, max. formát archu: 1160x2845mm, max. výkon: 15 000 archů / hod.



**Obr. 78.** Martin NT 1228.

### 6.3.2 Rozbor problému

V současné době se na stroji objevuje velmi nepravidelně problém, kdy během produkce dojde k náhlému zastavení stroje, který hlásí pokles tlaku vzduchu na přívodu do stroje. Kontrolu vstupních manometrů je zjištěno, že tlak na vstupu (8 barů) je v okamžiku kontroly v pořádku.

Tlak vzduchu pro jednotlivé stroje je vyráběn ve výkonných kompresorech nacházejících se v kotelně závodu. Odtud je pak v potrubních trasách přiváděn k jednotlivým výrobním strojům. Dle vyjádření pracovníků kotelny je však tlak vzduchu z výroby (od kompresorů) v pořádku.

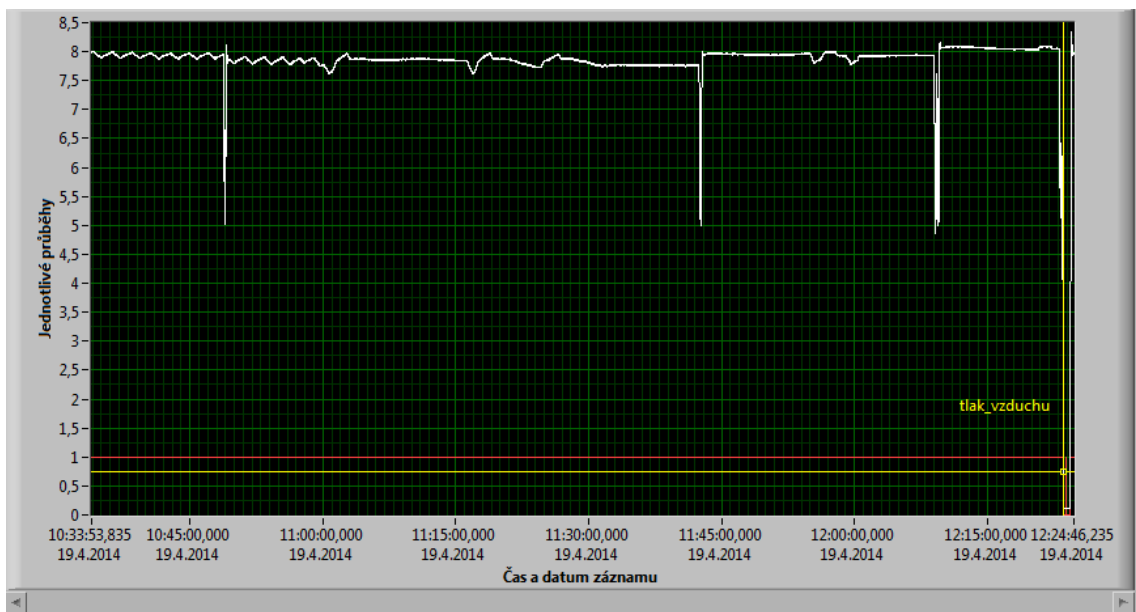
Jako možné řešení by bylo nasazení záznamníku, který by tlak pravidelně monitoroval. Dále by byl součástí záznamu signál, který se aktivuje vybavením bezpečnostního relé hlídajícího pokles vzduchu na přívodu do stroje (součást výrobního stroje). Tím by bylo možné v daném záznamu okamžitě porovnat hodnotu tlaku vzduchu v okamžiku výpadku.

Z těchto naměřených výsledků by bylo možné dále zhodnotit příčinu vzniku problému jako je oprávněnost hlášení o poklesu (porucha na straně výroby stlačeného vzduchu), porucha spínacích prvků (ventil pro otevření přívodu stlačeného vzduchu do stroje), nebo vyhodnocovacích prvků (snímač tlaku vzduchu včetně vyhodnocovacího relé).

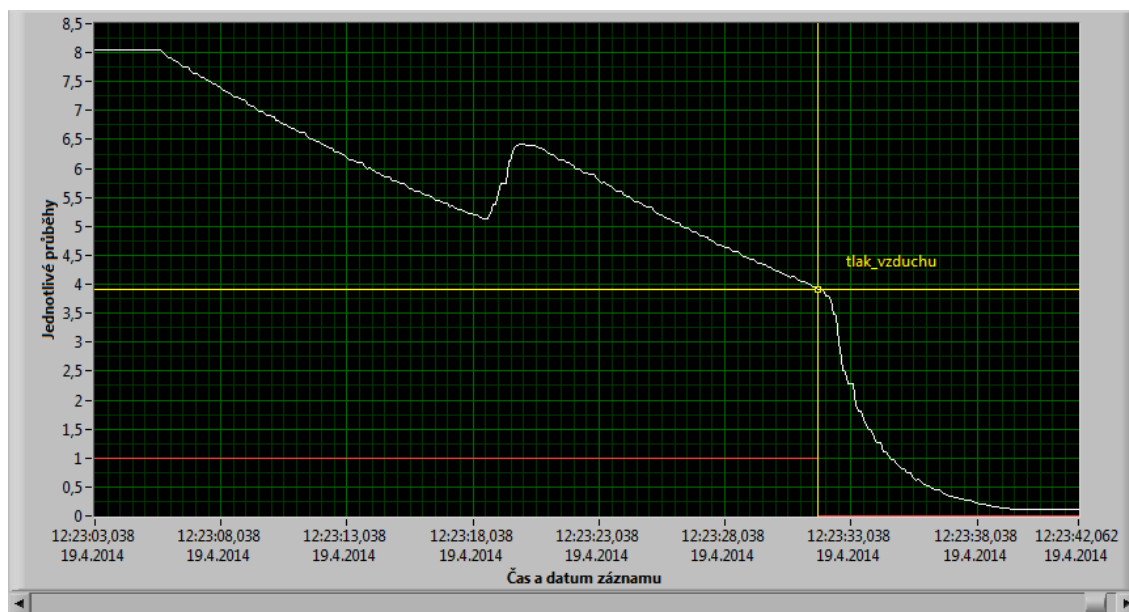
Následující kapitola popisuje nasazení záznamníku při řešení tohoto problému a demonstruje výše popsanou funkci. Pro měření vstupního tlaku byl dodán externí snímač tlaku vzduchu (popsaný dále), který byl umístěn za vstupním ventilem, který spíná stlačený vzduch do výrobního stroje.

### 6.3.3 Nasazení záznamníku

Monitorování tlaku vzduchu bylo prováděno za produkce stroje. Pro snímání tlaku byl použitý snímač tlaku vzduchu (rozsah snímání 0 – 10 bar, výstupní napětí 0 – 10V). Vzorkování signálu bylo nastaveno na 10S/s. Celé měření včetně zaznamenání poruchového stavu trvalo téměř 2 hodiny během kterých bylo navzorkováno více jak 66000 vzorků / kanál. Dále byl do záznamu vložen signál monitorující kritický pokles vzduchu (součástí výrobního stroje – vybavovací relé KA1P). Celkový záznam je na Obr. 79. Detail se zaznamenaným poruchovým stavem je pak patrný z Obr. 80.



**Obr. 79.** Graf průběhů s celkovým záznamem (problém 2).



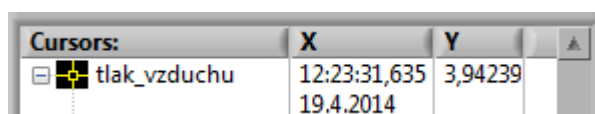
**Obr. 80.** Detail průběhů s vyznačením poruchového stavu (problém 2).

### 6.3.4 Zhodnocení naměřených výsledků

Z celkového záznamu je patrné, že na stroji docházelo v průběhu monitorování k relativně častým poklesům tlaku vzduchu. Do okamžiku zaznamenání kritického poklesu tlaku vzduchu však nebyly tyto anomálie operátorům výrobního stroje nijak rozpoznatelné. Je to dáno především bezvadnou funkcí stroje, který bez nějakých potíží může pracovat se vstupním tlakem vzduchu v rozmezí 5 – 8 barů. Ze záznamu je patrné, že do doby poruchy došlo během asi 2 hodin 3 krát k poklesu vstupního tlaku na hodnotu asi 5 barů. Tento stav, ale trval vždy jen pár sekund po kterých došlo ke stabilizaci vstupního tlaku zpětně na 8 barů.

Součástí záznamu je také signál monitorující vstupní tlak prostřednictvím snímače a bezpečnostního relé (součást výrobního stroje), tím bylo možné ihned porovnat tlak vzduchu v okamžiku vyhodnocení poruchy a nalezení příčiny poruchové události. V grafu je tento stav zaznamenaný. Z naměřených výsledků je tedy patrné, že stroj vyhodnotil poruchový stav v okamžiku poklesu vstupního tlaku na hodnotu 3,94 barů (viz. pozice kurzoru na Obr. 81). Vzhledem k tomu, že snímač, který byl dodán v rámci monitorování tlaku vzduchu byl umístěn za spínacím ventilem na přívodu do stroje a že byly k dispozici informace, že tlak vzduchu od kompresorů je v pořádku, byla stanovena jako nejpravděpodobnější příčina vzniku problému vada spínacího ventilu. Po jeho výměně došlo k okamžitému odeznění problému.

Vyřešením tohoto problému byla jasně demonstrována funkčnost záznamového zařízení, které je výsledkem diplomové práce. Pro objasnění problému, který trval několik týdnů stačilo naměřením 2 hodinového záznamu, který sloužil jako základní podklad pro stanovení konečného řešení. Tím byla výrazně zkrácena doba opravy a doba neplánovaných prostojů.



**Obr. 81.** Pozice kurzoru v okamžiku zachycení poruchy.

## 7 Zhodnocení dosažených výsledků

Součástí první kapitoly bylo dosaženo návrhu definujícího základní požadavky pro navržení záznamníku na bázi virtuální instrumentace. Cílem bylo také shrnout současné možnosti pro diagnostiku a měření poruchových stavů na průmyslových zařízení v závodě Model Obaly Opava a.s. a nastínit zcela nové řešení jakým virtuální instrumentace beze sporu je. Do této kapitoly byla záměrně vložena základní teorie k problematice měřících karet pro objasnění základních pojmů použitých v dalších kapitolách.

Druhá kapitola definuje výběr vhodné měřicí karty, kterým byla vybrána karta NI USB-6008. Součástí této kapitoly je také porovnání různých produktů měřících karet z nabídky National Instrument. Z tohoto výběru se jedná sice o nejlevnější kartu, nicméně její parametry i tak splňují požadavky daného záznamového zařízení. V rámci daného tématu byla také testována profesionální aplikace DEWESoft 7.1, která umožňuje komunikaci a měření s vybranou kartou. Tato aplikace nabízí nesčetné možnosti pro nastavení měření a byla vhodnou inspirací pro pozdější návrh měřicí aplikace.

V třetí kapitole byl popsán grafický programovací jazyk a vývojové prostředí LabVIEW. Potvrdily se slova uvedená v úvodní kapitole. Pro technika, který nemá dostatek zkušeností s klasicky textově orientovanými programovacími jazyky je určitě snadnější naprogramovat požadovanou aplikaci s tímto grafickým programovacím jazykem. Úloha to ale i tak nebyla snadná, jak jsem se mohl v této práci přesvědčit. Pochopení klíčových principů takového programování vyžaduje osvojení si práce na mnohých příkladech. Časem pak dochází k zautomatizování jistých řešení úloh a postupů při programování.

Nejdůležitější čtvrtá kapitola rozebírá jednotlivé části návrhu měřicí aplikace. Kapitola shrnuje problematiku jak samotného ovládání aplikace uživatelem tak popisuje stěžejní části jednotlivých algoritmů. Pro dosažení lepší pochopitelnosti kódu jsou v kapitole uvedeny vývojové diagramy, zobrazeny stěžejní části kódu v grafickém programovacím jazyce ve vývojovém prostředí LabVIEW a vše bylo dále doplněno komentáři k daným úsekům kódu.

Nejlépe prezentovat výsledky takovéto práce je formou nasazení záznamníku v praxi. O tom pojednává pátá kapitola, která popisuje nasazení záznamníku do ostrého provozu průmyslové praxe závodu Model Obaly Opava a.s. při řešení skutečných problémů. Nasazení záznamníku ihned sklidilo úspěch, když byl po 2 hodinovém měření odhalen reálný problém na výrobním stroji, který se do té doby vlekl několik týdnů.

Budoucnost této aplikace je předurčena k dalšímu vývoji, tzn. doplnění dalších funkcí, nebo rozšíření a úprava stávajících. Odladění drobných nedostatků, které v aplikaci mohou nastat, je možné průběžně řešit a přiblížit aplikaci bezchybnosti. Základní odladění aplikace bylo provedeno nesčasným testováním a tak se zásadní problémy nepředpokládají. Pro další rozvíjení měřicí aplikace je předpokladem mít nainstalovaný software LabVIEW. Dalším řešením, které nepředpokládá další vývoj, ale jen možnost spuštění aplikace nezávisle na vývojovém prostředí LabVIEW je překlad aplikace do běžně spustitelného kódu EXE s využitím LabVIEW Run-Time modulu, který je volně distribuovatelný.

Vývoj této aplikace mi osobně přinesl nový pohled v oblasti programování, ujasnění si nejrůznějších principů při vývoji takového software a zdokonalení a získání nových poznatků v oblasti měřicí techniky a virtuální instrumentace. O tom, že je to oblast budoucnosti myslím není pochyb.

## 8 Literatura

- [1] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. [i]Začínáme s LabVIEW. [i] 1.vyd. Ilustrace Viktorie Vlachová. Praha: BEN - technická literatura, 2008. 247 s. ISBN 978-80-7300-245-9.
- [2] NATIONAL INSTRUMENTS. [i]NI Developer Zone / fórum uživatelů Labview [i]. [online]c2012. [cit. 2012-10-22]. Dostupné z: <http://zone.ni.com> .
- [3] DEWESOFT. [i]Download center [i][online] c2010-2012. [cit. 2012-10-22]. Dostupné z: <http://www.dewesoft.com/download> .
- [4] Žídek, J.: Grafické programování ve vývojovém prostředí LabVIEW, výuková skripta, VŠB-TU Ostrava 2006.
- [5] USB – 6008/6009, Uživatelská příručka, publikace NI Czech, Praha 2006.
- [6] Wittassek, T.: Virtuální instrumentace I., učební text, VŠB-TU Ostrava 2012.
- [7] Bilík, P., SMSD\_přednáška01aPrincipyDigitalizace. [PDF] : katedra Měřicí a řídicí techniky, FEI, VŠB-TU Ostrava.
- [8] Hošek, P., Sběr dat (DAQ). [PDF] : Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií.
- [9] Bilík, P., VI2\_přednáška00\_AI\_základy. [PDF] : katedra Měřicí a řídicí techniky, FEI, VŠB-TU Ostrava.
- [10] LabVIEW Measurements Manual. [PDF] : NATIONAL INSTRUMENTS, July 2000 edition, part number 322661A-01.
- [11] LabVIEW Measurements Manual. [PDF] : NATIONAL INSTRUMENTS, April 2003 edition, part number 322661B-01.
- [12] Bilík, P., SMSD\_přednáška04\_DIO. [PDF] : katedra Měřicí a řídicí techniky, FEI, VŠB-TU Ostrava.
- [13] Firemní dokumentace Model Obaly Opava a.s. (technická dokumentace stroje: Masterflex 203A MATIC).
- [14] Firemní dokumentace Model Obaly Opava a.s. (technická dokumentace stroje: Martin NT 1228).

## **9 Přílohy**

- I. Technické parametry karty NI USB-6008
- II. Zapojení svorkovnice karty NI USB-6008
- III. Zdrojové kódy (elektronická příloha na CD)

## Příloha I.

(Technické parametry karty NI USB-6008)

Typ převodníku :	s postupnou aproximací
Počet vstupů :	8 při zapojení na spol. zem 4 při diferenciálním zapojení softwarově přepínané
Rozlišení :	12 bitů diferenciálně 11 bitů na společnou zem (RSE)
Max. vzorkovací frekvence : (může být závislá na připojeném PC, při měření jednoho kanálu, sdílený A/D převodník)	10 kSa/s
Paměť FIFO :	512 bytů
Rozlišení hodin :	41,67 ns (hodiny 24 Mhz)
Přesnost hodin :	100 ppm aktuální vz. frekvence
Vstupní rozsahy :	Zapojení na spol. zem $\pm 10V$ Diferenciální zapojení $\pm 20V$ , $\pm 10V$ , $\pm 5V$ , $\pm 4V$ , $\pm 2,5V$ , $\pm 2V$ , $\pm 1,25V$ , $\pm 1V$
Pracovní napětí :	$\pm 10V$
Vstupní impedance :	144k $\Omega$
Ochrana proti přepětí :	$\pm 35V$
Spouštění (trigger) :	softwarově nebo externě
Systémový šum :	diferenciální zapojení 1,47mVef na spol. zem 2,93mVef

**Tab. 1.** Technická data pro analogové vstupy.

Typ převodníku :	s postupnou aproximací
Počet výstupů :	2
Rozlišení :	12 bitů
Max. obnovovací frekvence :	150 Hz, softwarové časování
Výstupní rozsah :	0 až 5V
Výstupní impedance :	50 $\Omega$
Výstupní proud :	5mA
Stav při zapnutí :	0V
Doba přeběhu :	1V/ $\mu s$
Zkratový proud :	50mA
Absolutní přesnost (bez zátěže) :	7mV obvykle, max. 36,4mV při plném rozsahu

**Tab. 2.** Technická data pro analogové výstupy.

Digitální linky :	P0 <0..7> 8 linek PI <0..3> 4 link
Nastavení linek :	každá linka samostatně programově nastavitelná jako vstup nebo jako výstup
Typy výstupů :	open collector
Výstupní logika :	TTL, LVTTTL, CMOS
Absolutní maximální napěťový rozsah :	-0,5 až 5,8V proti zemi (GND)
Pull-up rezistor :	4,7kΩ na 5V
Stav při zapnutí :	(vysoká impedance)

**Tab. 3.** Technická data pro digitální linky.

Rozsah :	Min	Max	Jednotka
Vstupní napětí nízká úroveň :	-0,3	0,8	V
Vstupní napětí vysoká úroveň :	2,0	5,8	V
Vstupní proud :	-	50	μA
Výstupní napětí nízká úroveň (I=8,5mA) :	-	0,8	V
Výstupní napětí vysoká úroveň :			
Open collector (open-drain), I=-0,6mA, nominální :	2,0	5,0	V
Open collector (open-drain), I=-8,5mA, s externím pull-up rezistorem :	2,0	-	V

**Tab. 4.** Logické úrovně digitálních linek.

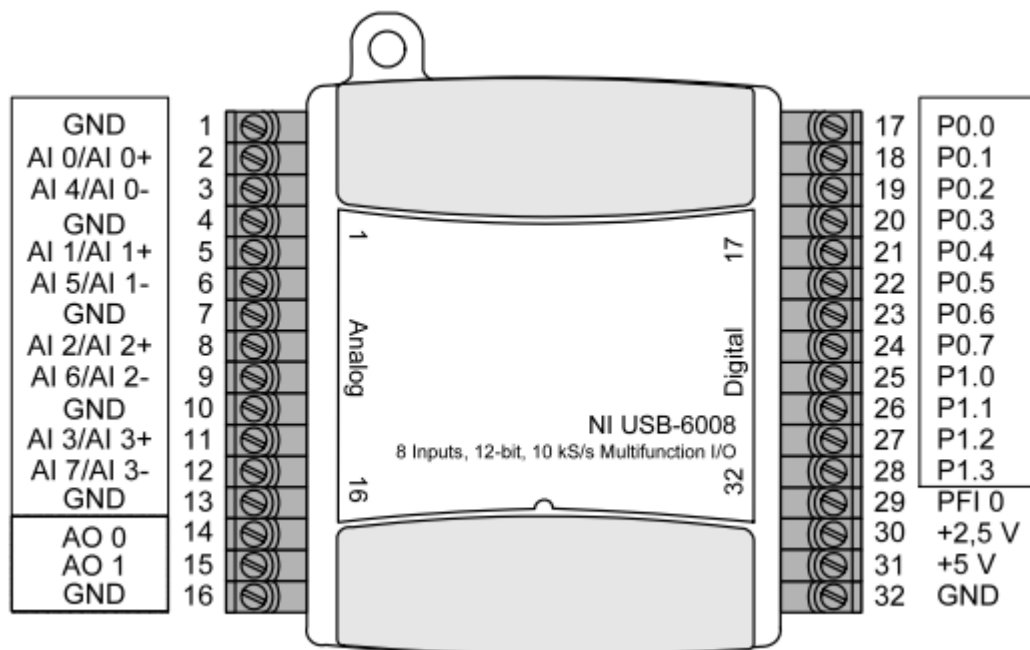
Počet čítačů :	1
Rozlišení :	32 bitů
Funkce čítače čítání hran :	(sestupná hrana)
Pull-up rezistor :	4,7kΩ na 5V
Max. vstupní frekvence :	5MHz
Max. šířka pulzu vysoké úrovně :	100ns
Max. šířka pulzu nízké úrovně :	100ns
Napětí vysoké úrovně :	2,0V
Napětí nízké úrovně :	0,8V

**Tab. 5.** Technická data pro čítačový vstup.



## Příloha II.

(Zapojení svorkovnice karty NI USB-6008)



Obr.1. Zapojení svorkovnice karty NI USB-6008.