

# Řízení experimentu počítačem

## Úloha 3: Analogový výstup přes NI-DAQmx z LabView, simulace třífázové soustavy

### 1 Úvod

Počítačem řízený analogový výstup je důležitou podmínkou pro vývoj aplikací s funkcí řízení experimentu. D/A převodník s napěťovým výstupem je v podstatě regulovatelný zdroj napětí, který umožňuje generování signálu s libovolným průběhem. Je-li proudově posílen, může být použit pro řadu aplikací – např. měření VA charakteristik, vyhřívání a termostaticizaci, osvětlování a regulaci osvětlení, napájení motorových zátěží apod. Pro aplikace, kde postačuje malá zatížitelnost zdroje, je výhodné použít počítačových karet, USB modulů apod. Pro větší zátěže jsou vhodné laboratorní zdroje připojitelné k počítači přes rozhraní RS-232, GPIB či USB. Alternativou je řízení samostatného zdroje s analogovou regulací napěťovým výstupem z PC.

V této úloze si lze vyzkoušet všechny výše uvedené přístupy. K dispozici jsou tato zařízení:

- NI USB-9263 – USB modul pro napěťový výstup se čtyřmi nezávislými kanály pro generování napětí v rozsahu  $-10\text{ V} - 10\text{ V}$ , rozlišení 16 bitů, rychlost generování 100 kS/s, zatížitelnost 1 mA/kanál (4 mA celkem), chyba cca 0,3%. Rychlost vzorkování dovoluje modul použít jako generátor harmonického signálu s frekvencí do 2 kHz (při požadavku 50 vzorků na periodu).
- NI USB-6008 – multifunkční USB modul pro napěťový vstup a výstup, 8 analogových vstupů (12-bitové, 10 kS/s), 2 nezávislé analogové výstupy (12-bitové, rychlost vzorkování 150 S/s), 12 digitálních vstupů/výstupů, 32-bitový čítač. Umožňuje generovat napětí v rozsahu  $0 - 5\text{ V}$ , zatížitelnost 5 mA, chyba až 36 mV. Změny signálu jsou časovány pouze softwarově.
- Volcraft VSP 2403 HE – spínaný laboratorní zdroj  $2 \times 0 - 40\text{ V}/3\text{ A}$ ,  $0 - 6\text{ V}/1,5\text{ A}$  s analogovou regulací napětím  $0 - 2,3\text{ V}$ .
- Manson – spínaný laboratorní zdroj,  $1 - 40\text{ V}/5\text{ A}$ , říditelný přes rozhraní RS-232 a RS-485. Podprogramy pro LabView k řízení zdroje jsou volně dostupné.

### 2 Generování rychlého harmonického průběhu modulem USB-9263 přes NI-DAQmx z LabView

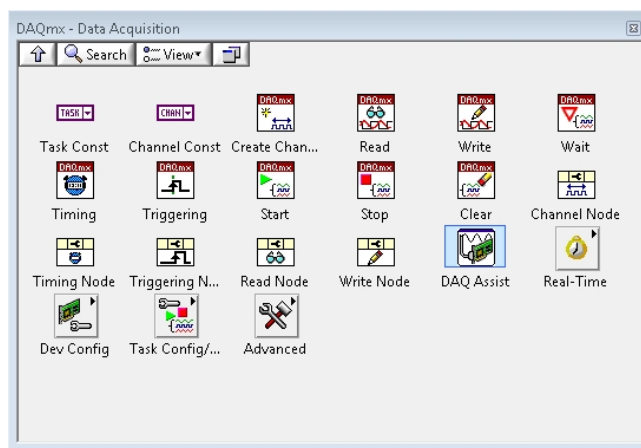
V této části si popíšeme vytvoření jednoduché aplikace provádějící generování harmonického signálu s frekvencí 1 kHz modulem USB-9263. K vytvoření aplikace použijeme LabView 2009 a softwarové rozhraní NI-DAQmx.

Softwarové rozhraní NI-DAQmx dovoluje snadný vývoj programů pro sběr nebo generování dat se zařízeními firmy NI. Má následující vlastnosti:

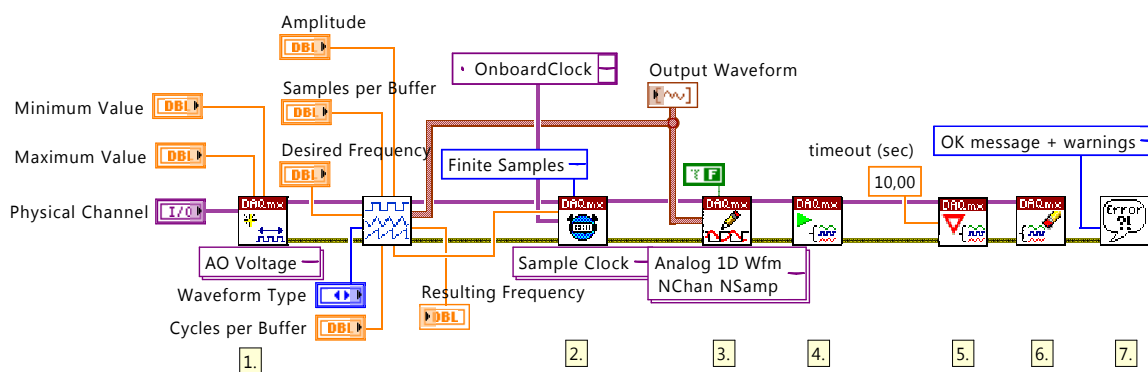
- Jediné rozhraní pro řadu vývojových nástrojů a programovacích jazyků (LabView, LabWindows, .NET C#, C++, ...)
- Jediné rozhraní společné pro mnoho zařízení pro sběr dat.
- Úlohy (tasks) a virtuální kanály.
- Polymorfismus uzlů.
- Softwarová simulace hardwaru.
- Velmi rychlý vývoj programu pomocí DAQ Assistant Express VI.
- Generování diagramu pro připojení vodičů podle nastavené úlohy.
- Testovací paměly pro rychlý test funkčnosti zařízení.
- Kalibrace.
- Volný software pro záznam dat a export.
- Generování kódu pro LabVIEW.

Mezi nejdůležitější pojmy nutnými pro pochopení způsobu tvorby blokového diagramu s NI-DAQmx patří

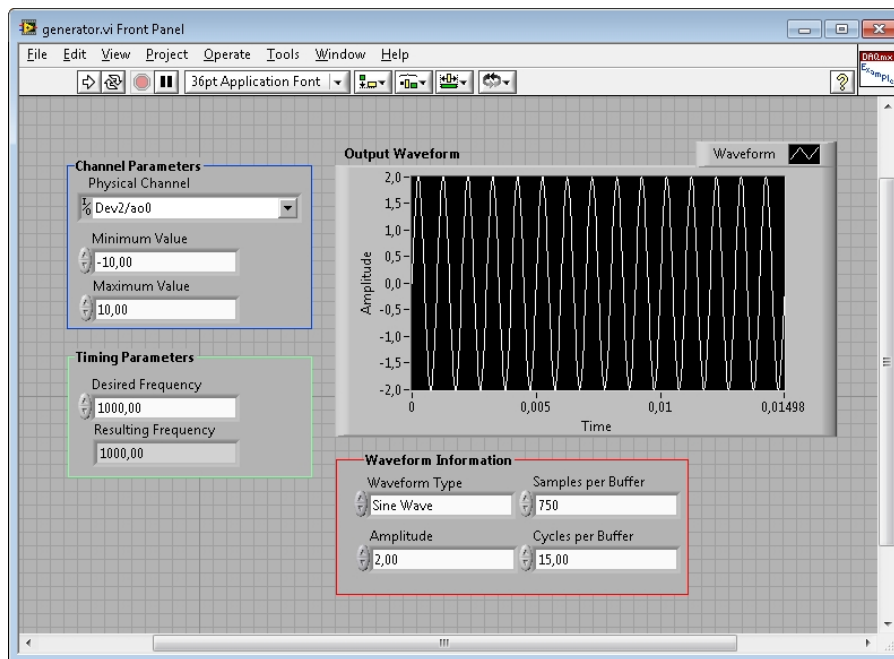
- NI-DAQmx úloha (task) – soubor jednoho a více virtuálních kanálů s nastaveným časováním a spouštěním (triggeringem). NI-DAQmx úlohu lze předem vytvořit v aplikaci MAX (Measurement and Automation Explorer) nebo vytvořit programově.
- virtuální kanál – Program používající NI-DAQmx pracuje s tzv. virtuálními kanály. Každý kanál je určitého typu – analogový vstup pro měření napětí, odporu, teploty čidlem RTD, napěťový výstup, proudový výstup, apod. Virtuální kanál může být softwarově vytvářen a rušen. Není svázán s konkrétním zařízením, dovoluje tedy vytvořit program s detailním nastavením parametrů měření, aniž bychom museli pevně specifikovat, jaké zařízení jej poskytuje.
- fyzický kanál – kanál poskytovaný konkrétním zařízením. Např. USB-9263 obsahuje čtyři fyzické kanály typu napěťový analogový výstup. NI-DAQmx vytváří seznam dostupných fyzických kanálů podle aktuálně připojených zařízení. Před spuštěním programu je vždy nutné virtuálnímu kanálu přiřadit odpovídající fyzický kanál.



Obrázek 1: Paleta NI-DAQmx v sekci Measurement I/O s uzly pro vytváření NI-DAQmx úloh.

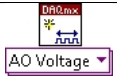








Obrázek 2: Blokový diagram programu Generator.

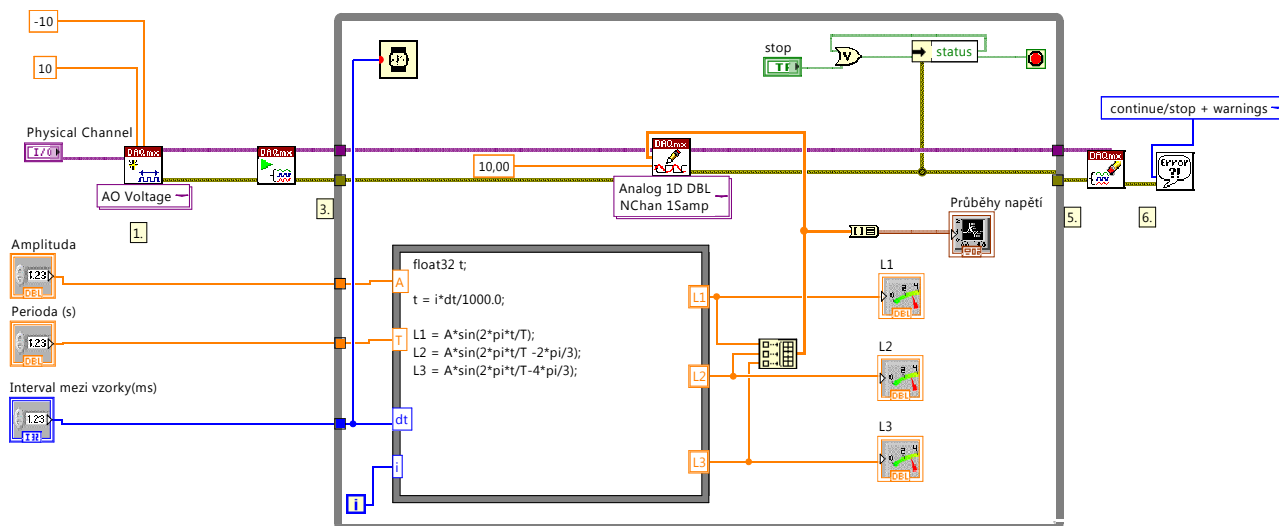


Obrázek 3: Přední panel programu Generator.

K tvorbě programů využívající softwarové rozhraní DAQm jsou připraveny uzly v paletě Measurement I/O – NI-DAQmx (viz obr. 1). Z palety použijeme zejména tyto uzly:

Uzel	Název	Funkce
	DAQmx Create Channel	Vytvoří nový virtuální kanál příslušného typu. Nejdůležitějším vstupním terminálem je použitý fyzický kanál. Výstupem je hrana, nesoucí referenci o nové, právě nastavované NI-DAQmx úloze (Task out).
	DAQmx Timing	Slouží k nastavení časování vzorkování. Typ Sample Clock vyžaduje přivedení zdroje časování a vzorkovací frekvenci, typ Waveform vyžaduje přivedení vygenerovaných dat ve formátu Waveform.
	DAQmx Write	Zapíše vygenerovaná data do bufferu zařízení.
	DAQmx Start Task	Spustí úlohu.
	DAQmx Wait Until Done	Čeká na ukončení úlohy.
	DAQmx Clear Task	Zruší úlohu.
	Waveform buffer generation	Generuje data s periodickým průběhem. Není součástí NI-DAQmx. Podprogram je součástí vzorových programů pro Lab-View.

Celý blokový diagram je zobrazen na obr. 2, proběhlý program se záznamem generovaného výstupu na obr. 3. Program provádí následující činnost:



Obrázek 4: Blokový diagram programu Třífázová soustava.

1. Vytvoří se nový kanál typu napěťový výstup. Virtuálnímu kanálu je přiřazen fyzický kanál pomocí přivedené hodnoty prvku **Control Physical Channel** (viz přední panel). Uzel **Waveform buffer generation** vygeneruje data se sinusovým průběhem podle nastavené frekvence. Vrací mimo jiné i nutnou vzorkovací frekvenci pro generování.
2. Je zavolán uzel **DAQmx Timing** (Sample Clock), který nastaví časování na hardwarové pomocí hodin specifikovaných terminálem source a se vzorkovací frekvencí podle výsledku předchozího uzlu. Počet vzorků nastaví na konečný (obsah bufferu se použije jednou).
3. **DAQmx Write** Zapiše data (waveform) do zařízení. Při větším počtu dat, než je velikost FIFO paměti v zařízení, budou data v paměti buffrována. Buffrování lze zakázat pomocí vlastnosti **AO.UseOnlyBrdMemory** (zde nepoužito.)
4. Spustí úlohu.
5. Čeká na ukončení úlohy, max. 10 s. V případě spojitého generování (mód **continuous** místo **finite samples**) je vhodné **DAQmx Wait Until Done** volat opakovaně pro detekci chyb.
6. Zruší úlohu v paměti a uvolní používané zdroje, zejména fyzické kanály. Ty poté mohou být použity jiným programem.
7. Zobrazí případná chybová hlášení.

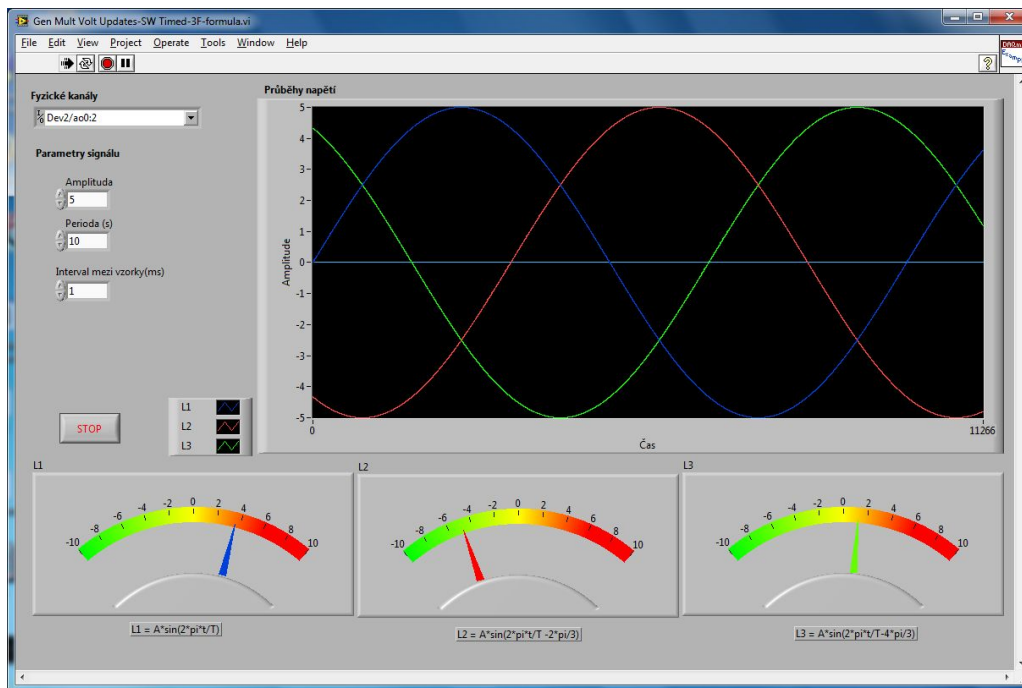
Tento program je prakticky shodný s příkladem **Multi Volt Updates-Int Clk.vi**, který je součástí LabView. Další užitečné ukázky, řešící různé varianty jako spojitě generování, generování na více kanálech, regenerování signálu pouze z paměti na zařízení apod. čtenář nalezne v části **Hardware Input and Output – DAQmx – Analog generation - Voltage**.

### 3 Simulace třífázové soustavy modulem USB-9263 přes DAQM z Lab-View

V předešlé ukázce bylo demonstrováno hardwarově řízené generování napěťového signálu. V některých případech, zejména při nižší frekvenci signálu a při nižších požadavcích na přesnost časování, postačuje softwarově řízené generování, při kterém je čas změny výstupu dán časem zápisu nové hodnoty do zařízení. Navíc některá zařízení (např. USB-6008) jiné než softwarově řízené generování nepodporují.

Softwarově řízené generování signálu si ukážeme na simulaci třífázové soustavy, tj. na synchronním generování tří střídavých napětích, navzájem posunutých o  $2/3\pi$ . K tomuto účelu s výhodou využijeme modul USB-9263, který poskytuje dokonce čtyři nezávislé kanály. Ačkoliv frekvence 50 Hz pro modul nepředstavuje problém, pro demonstraci je výhodná frekvence podstatně nižší. Můžeme tak použít softwarově řízené generování.

Celý blokový diagram je zobrazen na obr. 4, běžící program na obr. 5. Program funguje následovně:



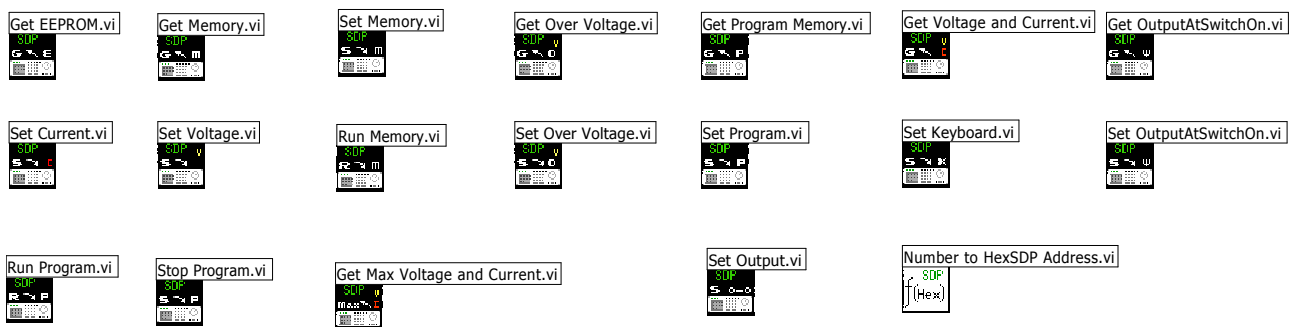
Obrázek 5: Přední panel programu Třífázová soustava.

1. Vytvoří se tři virtuální virtuální kanály. Toho je docíleno přivedením výstupu uzlu Fyzické kanály typu Control s hodnotou Dev2/ao0:2 na vstupní terminál physical channels uzlu Create Channel.
2. Uzel DAQmx Start Task spustí právě vytvořenou úlohu.
3. V cyklu while vymezeném šedým rámečkem se nejprve vypočítají aktuální hodnoty všech tří střídavých napětí L1, L2 a L3. K tomu je použit uzel Formula Node, který zefektivňuje zápis komplikovanějších matematických operací. Uzel Formula Node má čtyři vstupní terminály: amplitudu  $A$ , periodu  $T$ , interval generování  $dt$  a index cyklu  $i$ .
4. Dále jsou vypočtené hodnoty L1, L2 a L3 jednak zobrazeny indikátory ve formě ručkových přístrojů, jednak jsou sloučeny do pole, které je přivedeno na uzel DAQmx Write. Uzel DAQmx Write je přitom nastaven na zápis do více kanálů, pro každý kanál zapisuje z přivedeného 1D pole právě jednu hodnotu typu Double. Protože úloha je již spuštěna, zápis způsobuje změnu analogového výstupu. Mimo to jsou data vykreslována uzlem Chart, který si pamatuje určitý počet dříve přivedených hodnot. Není tak nutné vytvářet pomocné pole pro úschovu již vygenerovaných hodnot jako v případě uzlu Graph.
5. Cyklus je prováděn až do stisknutí tlačítka stop. Poté je úloha zrušena uzlem Clear Task.

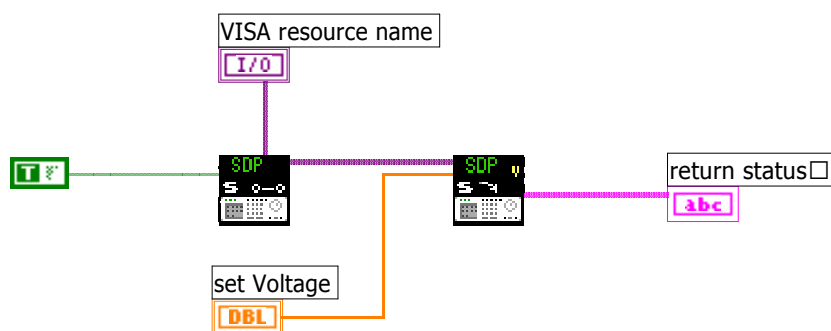
Výstupní napětí na kanálech 0 – 2 je možné měřit, ať už zpětným záznamem, např. pomocí modulu USB-6008, nebo analogovými ručkovými přístroji. Pro připojení demonstračních třífázových zařízení je nutné výstup ještě výkonově posílit.

## 4 Řízení laboratorního zdroje Manson z LabView

Laboratorní zdroj Manson lze připojit k počítači přes rozhraní RS-232 a RS-485. Pro řízení zdroje Manson lze využít knihovnu SDP.llb, která obsahuje řadu podprogramů pro ovládání zdroje. Podprogramy umožňují např. nastavení napětí či proudu, změření napětí a proudu, zapojení/vypnutí výstupu, naplnění paměti určitým průběhem napětí, spuštění uloženého průběhu apod. Knihovna je vykreslena na obr. 6. Nejjednodušší program pro nastavení napětí je zobrazen na obr. 7. Používá podprogramy Set Output.vi a Set Voltage.vi.



Obrázek 6: Výrobce poskytované podprogramy pro řízení zdroje Manson.



Obrázek 7: Blokový diagram programu pro nastavení napětí na zdroji Manson

## Úkoly

1. Prostudujte si vytvořené programy a dále vzorové programy ze sekce Hardware Input and Output – DAQmx – Analog generation - Voltage. Modifikujte první program tak, aby soustavně generoval data, která budou umístěna pouze v paměti zařízení.
2. Prostudujte si definici typu waveform. Vytvořte novou část programu pro vlastní generování dat ve formátu waveform (např. načtením pole hodnot ze souboru).
3. Prostudujte si program Třífázová soustava. V části Formula Node dopočítejte z generovaných signálů průběh sdružených napětí. Výsledek porovnejte s reálným měřením na výstupu.
4. Ke zdroji Manson připojte halogenovou žárovku 24 V. Pomocí LabView postupně zvyšujte napětí na výstupu. Pomocí zdroje zpětně měřte napětí a proud a do grafu vykreslujte VA charakteristiku. Pozorujte, jak se charakteristika mění při různé rychlosti zvyšování napětí.