

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

**Komunikační rozhraní v softwaru MATLAB**  
**pro sběr dat ze systému ELVIS**

Communication Interface in MATLAB Software  
for Data Acquisition System ELVIS

## Zadání bakalářské práce

Student: **Kateřina Gecová**

Studijní program: B2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik

Téma: **Komunikační rozhraní v softwaru MATLAB pro sběr dat  
ze systému ELVIS  
Communication Interface in MATLAB Software for Data  
Acquisition System ELVIS**

### Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s problematikou komunikačních rozhraní.
2. Seznámení se s prostředím MATLAB a možnostmi komunikace s NI Elvis.
3. Návrh a realizace měření laboratorní úlohy na měření pomocí NI Elvis.
4. Provedení měření a testů.
5. Zhodnocení výsledků měření.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] SVATOŠ, Josef. *Biologické signály I*. Praha: ČVUT Praha, 1998. 202 s. ISBN 8001018229/978-8001018224.
- [2] PENHAKER, M., M. IMRAMOVSKÝ, P. TIEFENBACH a F. KOBZA. *Lékařské diagnostické přístroje učební texty*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2004. 320 s. ISBN 80-248-0751-3.
- [3] PEREZ, Reinaldo. *Design of Medical Electronic Devices*. 1st Edition. San Diego(USA): Academic Press, 2002. 296 s. ISBN 0125507119.
- [4] WEBSTER, John G.(ed.) *Medical instrumentation: Application and Design*. 4th Edition. NY(USA): John Wiley&Sons, 2009. 691 s. ISBN 978-0471676003.
- [5] CARR, Joseph J. a John M. BROWN. *Introducion to Biomedical Equipment Technofogy*. 4th Edition. Upper Saddle River, New Jersey(USA): Prentice Hall, 2000. 743 s. ISBN 0130104922.
- [6] MACKAY, Stuart R. *Bio-Medical Telemetry: Sensing and Transmitting Biological Information from Animals and Man*. 2nd Edition. Wiley-IEEE Press, 1998. 556 s. ISBN 0780347188.


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

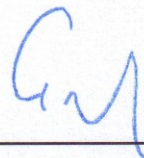
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Penhaker, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



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

  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty



## **Prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně.  
Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.*

.....  
*Gecová*  
Kateřina Gecová

*Datum odevzdání bakalářské práce: 6.5.2015*

## **Poděkování**

Chtěla bych tímto velmi poděkovat panu Ing. Marku Penhakerovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace a odborný dohled při vedení mé bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá využitím softwaru Matlab pro komunikaci se systémem NI Elvis a vytvořením demonstračních úloh. Jedná se o bazální zapojení, využívané v lékařské technice, a určené pro experimenty a výuku. Platforma NI Elvis je sice primárně určena pro použití s produkty firmy National Instruments, tedy hlavně se softwarem LabView, avšak Matlab disponuje mnohem širšími možnostmi využití, a to nejen v oblastech vědy a techniky, ale také vzdělávání. Realizace byla provedena zapojením obvodů na nepájivém poli zařízení NI Elvis, a následným získáváním dat. Dosaženými výsledky tedy bylo nejen samotné propojení Matlabu se zařízením, ale také umožnění měření pomocí vnitřního multimetru zařízení NI Elvis, a možnost grafického zobrazení libovolného signálu, s určením jeho frekvence.

## **Klíčová slova**

Matlab, NI Elvis, sběr dat.

## **Abstract**

This thesis deals with the use of the Matlab software for communication with the NI Elvis system and creation of several demonstration tasks. These are the basal wiring used in medical technology, and intended for experiments and teaching. Although the NI Elvis platform is primarily designed for use with the products from the National Instruments, a mainly with the LabView software, the Matlab has a much wider range of applications, not only in the fields of science and technology, but also in education. The implementation was carried out by creating circuits on the board of the NI Elvis, followed by data acquisition. So the obtained results were not only the interconnection of the Matlab and the device, but also allowing the measurements using the internal digital multimeter of the NI Elvis device and viewed graphically any signal with the determination its frequency.

## **Key words**

Matlab, NI Elvis, data acquisition.

## Seznam použitých symbolů a zkratek

| <b>Zkratka</b> |                                    | <b>Význam</b>                                   |
|----------------|------------------------------------|---|
| DAQ            | Data Acquisition                   | Sběr dat  |
| USB            | Universal Serial Bus               | Univerzální sériová sběrnice                    |
| PC             | Personal Computer                  | Osobní počítač                                  |
| PCI            | Peripheral Component Interconnect  | Počítačová sběrnice                             |
| PXI            | PCI eXtensions for Instrumentation | PC platforma pro měřicí a automatizační systémy |
| FPGA           | Field Programmable Gate Array      | Programovatelné hradlové pole                   |
| VCO            | Voltage-Controlled Oscillator      | Napětově řízený oscilátor                       |
| OZ             | –                                  | Operační zesilovač                              |
| AI/AO          | Analog Input/Analog Output         | Analogový vstup/analogový výstup                |
| AC/DC          | Alternating Current/Direct Current | Střídavý proud/stejnoseměrný proud              |
| BNC            | Bayonet Neill Concelman            | BNC konektor                                    |
| LED            | Light-Emitting Diode               | Dioda emitující světlo                          |
| NI             | National Instruments               | Jméno výrobce zařízení Elvis                    |
| DMM            | Digital Multimeter                 | Digitální multimetr                             |
| COM            | Common (reference connection)      | Společné (referenční spojení)                   |
| DIO            | Digital Input/Output               | Digitální vstup/výstup                          |

# Obsah

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>MATLAB A SIMULINK JAKO VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ.....</b>                           | <b>2</b>  |
| 2.1      | ÚVOD DO MATLABU .....   | 2         |
| 2.2      | SIMULINK .....  | 3         |
| <b>3</b> | <b>SYSTÉM NI ELVIS .....</b>  | <b>5</b>  |
| 3.1      | HARDWARE .....  | 5         |
| 3.1.1    | <i>Integrované přístroje.....</i>   | <i>5</i>  |
| 3.2      | SOFTWARE.....   | 8         |
| 3.2.1    | <i>LabView.....</i>   | <i>8</i>  |
| <b>4</b> | <b>PROPOJENÍ MATLABU A NI ELVIS PŘES USB.....</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>5</b> | <b>SADY TESTOVACÍCH ÚLOH .....</b>  | <b>10</b> |
| 5.1      | TESTOVACÍ ÚLOHA 1 .....   | 10        |
| 5.2      | TESTOVACÍ ÚLOHA 2 .....   | 12        |
| <b>6</b> | <b>REALIZACE .....</b>  | <b>14</b> |
| 6.1      | BAZÁLNÍ EXPERIMENTÁLNÍ ÚLOHY PRO KONSTRUKCI LÉKAŘSKÉ PŘÍSTROJOVÉ TECHNIKY ..... | 14        |
| 6.1.1    | <i>Symetrický zdroj .....</i>   | <i>15</i> |
| 6.1.2    | <i>Logický komparátor .....</i>   | <i>16</i> |
| 6.1.3    | <i>Vobler.....</i>  | <i>16</i> |
| 6.1.4    | <i>Astabilní klopný obvod .....</i>   | <i>17</i> |
| 6.1.5    | <i>Rezonátor .....</i>  | <i>17</i> |
| 6.1.6    | <i>Usměrňovač.....</i>  | <i>18</i> |
| 6.1.7    | <i>Binární čítač.....</i>   | <i>18</i> |
| <b>7</b> | <b>OŽIVENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH ÚLOH .....</b>                                      | <b>19</b> |
| 7.1      | OŽIVENÍ BLOKU SYMETRICKÉHO ZDROJE.....  | 19        |
| 7.2      | OŽIVENÍ BLOKU LOGICKÉHO KOMPARÁTORU .....                                       | 20        |
| 7.3      | OŽIVENÍ BLOKU VOBLER.....   | 20        |
| 7.4      | OŽIVENÍ BLOKU ASTABILNÍHO KLOPNÉHO OBVODU.....                                  | 21        |
| 7.5      | OŽIVENÍ BLOKU REZONÁTORU.....   | 21        |
| 7.6      | OŽIVENÍ BLOKU USMĚRŇOVAČE.....  | 22        |
| 7.7      | OŽIVENÍ BLOKU BINÁRNÍHO ČÍTAČE .....  | 22        |
| <b>8</b> | <b>ROZBOR MATLAB KÓDU .....</b>   | <b>24</b> |
| 8.1      | MĚŘENÍ POMOCÍ MULTIMETRU DMM.....   | 24        |
| 8.1.1    | <i>Manuální měření multimetrem .....</i>  | <i>24</i> |
| 8.1.2    | <i>Automatické měření multimetrem.....</i>                                      | <i>24</i> |
| 8.2      | VYKRESLENÍ SIGNÁLŮ S VÝPOČTEM FREKVENCE .....                                   | 25        |
| 8.2.1    | <i>Volba parametrů .....</i>  | <i>25</i> |
| 8.2.2    | <i>Nastavení.....</i>   | <i>25</i> |
| 8.2.3    | <i>Čtení a zápis signálu .....</i>  | <i>26</i> |
| 8.2.4    | <i>Nastavení grafu a vykreslení .....</i>                                       | <i>26</i> |
| <b>9</b> | <b>ZÁVĚR.....</b>   | <b>27</b> |

# 1 Úvod

V dnešní době se pro nejrůznější měření běžně používají laboratorní stolní přístroje, jako je například osciloskop, funkční generátor či multimetr. Jejich pořizovací ceny však mohou dosahovat vysokých částek, což byl jeden z důvodů vytvoření platformy NI Elvis. Tento systém v sobě obsahuje většinu těchto často používaných přístrojů. Dalšími důvody bylo také usnadnění, větší přehlednost a jisté zvýšení efektivity práce.

V otázce softwarového vybavení je NI Elvis primárně určen pro použití s prostředím LabView. Je zde prostor pro grafické programování pomocí sestavování jednotlivých funkčních bloků a ovládání přístrojů, které jsou součástí NI Elvis. Jelikož však výrobce tohoto systému (National Instruments) poskytuje ovladače, které po připojení přes USB umožňují rozpoznání zařízení NI Elvis počítačem, existují i jiné varianty komunikace s tímto systémem.

Tato práce se tedy zabývá možností propojení systému NI Elvis se softwarem Matlab. Jedná se o programovací prostředí, použitelné v mnoha oborech, a to díky rozšiřujícím knihovnám, které jsou těmto oblastem co nejvíce přizpůsobeny, pro co nejefektivnější využití. Jednou z nich je také knihovna, která umožňuje sběr dat, a právě ta je klíčová pro tuto práci. Zprostředkovává totiž komunikaci mezi Matlabem a NI Elvis.

Požadovaným cílem je tedy definování základních funkcí, umožňujících vzájemnou komunikaci, a jejich následná aplikace na konkrétních úlohách.



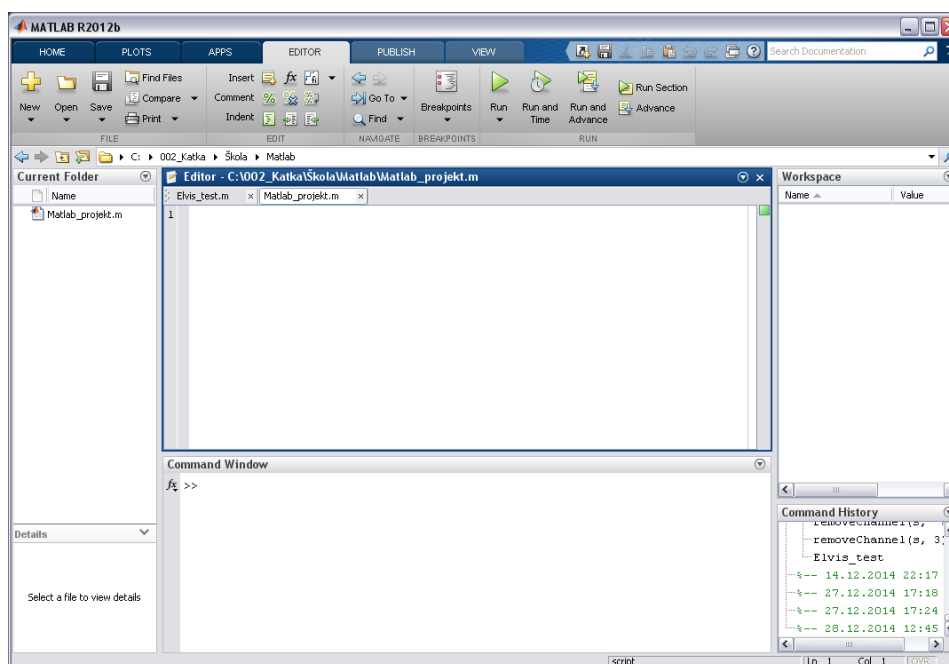
## 2 Matlab a Simulink jako vývojové prostředí

### 2.1 Úvod do Matlabu

Matlab je interaktivní programovací prostředí určené především pro vědeckotechnické výpočty, modelování, simulaci, měření a zpracování dat. Jeho název vychází z anglického Matrix Laboratory. [1] Aplikace Matlab je produktem firmy MathWorks, která na svých webových stránkách ([www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)) poskytuje uživatelům nejen kompletní dokumentaci a možnost volného stahování některých produktů, ale také návody pro instalaci a následné používání Matlabu v praxi. Svě uplatnění nachází především ve sféře vědy, výzkumu a průmyslu, ale i vzdělávání. Silnou stránkou Matlabu je rychlé výpočetní jádro a také jednoduchost jazyka (oproti, například, Fortran nebo C). [2]

Uživatelské prostředí Matlabu je možno vidět na Obr. 1. V pracovní ploše je možno nalézt lištu se záložkami, přes něž získáme přístup k jednotlivým ikonám daných funkcí. Níže se pak nachází několik oken, a to:

- Command Window, tedy příkazové okno. Zde můžeme spouštět jednotlivé příkazy a jejich výstup zobrazit. Námí vytvořený kód je možné spustit také v Editoru.
- Current Folder zobrazuje soubory ve složce, se kterou právě pracujeme.
- Workspace udává veškeré informace o proměnných, které byly vytvořeny.
- Command History vypisuje seznam všech příkazů, které byly použity. [1]



Obr. 1: Prostředí Matlabu

Rozšíření jeho použití umožňují toolboxy, což jsou knihovny funkcí, zaměřující se na různé oblasti vědy a techniky. Jejich obsahem jsou předzpracované funkce, specializované na danou problematiku, a je možno různě je rozšiřovat i měnit pro konkrétní případy.

Toolboxů existuje celá řada a většina z nich je zahrnuta již v základních verzích programu. Můžeme je rozdělit do určitých skupin dle jejich zaměření. Patří zde například Matematické výpočty, statistika a optimalizace, dále Finanční analýza a modelování, Výpočetní biologie, Zpracování signálů

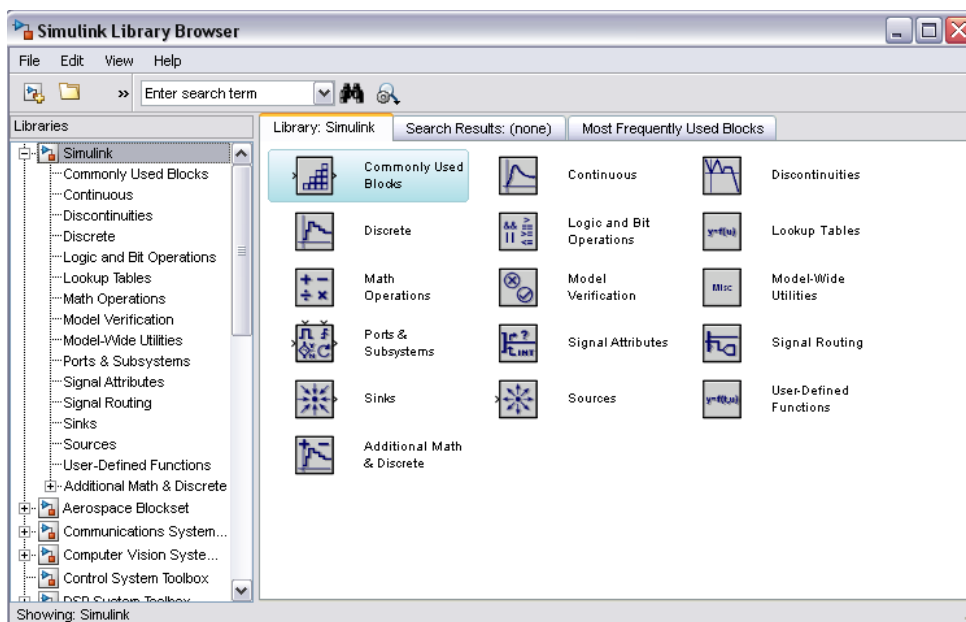
a komunikace, a tak dále. Pro tuto bakalářskou práci je významná především skupina Měření a testování, a z ní konkrétně Data Acquisition Toolbox. [2]

Tento toolbox poskytuje funkce umožňující připojení Matlabu k hardwaru pro sběr dat. Podporuje řadu DAQ hardwarů kompatibilních s počítačem, včetně USB, PCI, PCI – Express, PXI a PXI – Express od různých výrobců, mimo jiné i od firmy National Instruments. Pomocí toolboxu můžeme nastavit DAQ hardware a poslat data přímo do prostředí Matlab nebo je zaslat analogovými a digitálními výstupními kanály DAQ hardwaru. Tato data můžeme buďto analyzovat ihned nebo je uložit pro pozdější zpracování. DAQ software pak zahrnuje funkce pro ovládání analogového a digitálního vstupu a výstupu a čítače/časovače. Data Acquisition Toolbox umožňuje provádět různá měření přímo v prostředí Matlab. [3]

Práce v Matlabu s využitím Data Acquisition Toolbox umožňuje uživateli pracovat v jednotném a známém prostředí Matlabu, bez nutnosti ovládání dalších programů, což ve výsledku znamená větší přehlednost a zjednodušení. [4]

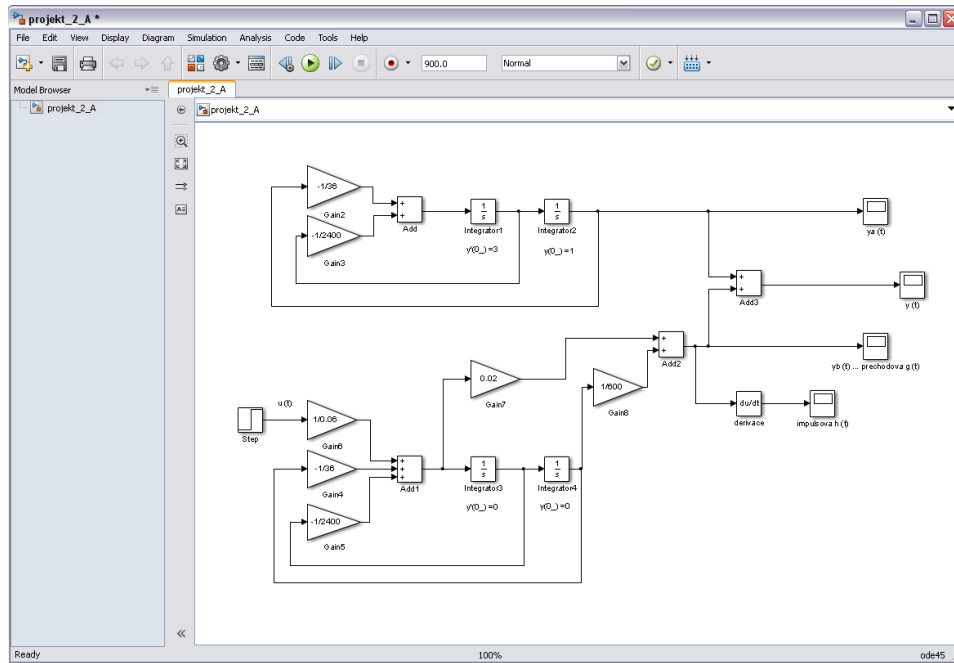
## 2.2 Simulink

Simulink je nástavba Matlabu, umožňující zpracování úloh jejich namodelováním a vytvořením simulace. Jedná se především o řešení dynamických systémů s využitím numerických výpočtů diferenciálních rovnic. Tyto modely vytváříme pomocí funkčních bloků, které můžeme nalézt v knihovně Simulinku (Obr. 2). Ta nabízí širokou škálu těchto bloků, pro přehlednost rozřazených dle jejich funkcí. Pokud si uživatel nevystačí s již definovanými funkcemi, má možnost vytvořit své vlastní a pracovat s nimi. Touto cestou je možné definovat funkci buď vzorcem, nebo kódem zapsaným v editoru daného bloku. Tyto volitelné funkce je pak možno nalézt v knihovně Simulinku, v sekci nazvané User-Defined Functions. Knihovna navíc nabízí také blocksety, které ji rozšiřují pro další oblasti vědy a techniky.



Obr. 2: Knihovna Simulinku

Při samotném vytváření modelu otevřeme nové okno, kam můžeme pomocí přetažení myši umístit požadované bloky. Dále je možné jejich libovolné přesunutí a propojení. Simulink tedy pro uživatele představuje jisté zjednodušení jeho práce, poměrně velkou variabilitu a také přehlednost. [5]



Obr. 3: Příklad sestaveného modelu

## 3 Systém NI Elvis

NI Elvis II (National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series) [6] je modulární vzdělávací platforma, vybavená sadou běžně používaných nástrojů v jednom kompaktním provedení. Využívá se jak při výzkumu, tak i v oblasti vzdělávání, kdy mají studenti možnost provádět různé experimenty kombinující měření, automatizaci a řízení. [7] NI Elvis II poskytuje následující integrované přístroje:

- Generátor libovolných průběhů
- Bode analyzátor
- Digitální sběrnice pro čtení a zápis
- Digitální multimetr
- Dynamický analyzátor signálu
- Funkční generátor
- Impedanční analyzátor
- Osciloskop
- 2vodičový a 3vodičový analyzátor proudu a napětí
- Proměnný napájecí zdroj

NI Elvis II kombinuje hardware a software do kompletní laboratorní jednotky.

### 3.1 Hardware

Základní částí hardwaru je NI Elvis II Workstation. Tento panel poskytuje konektory pro připojení k integrovaným přístrojům, otočné knoflíky pro manuální nastavení hodnot, LED diody pro indikaci stavu připojení a také konektor pro výměnné desky. V zadní části panelu se pak nachází konektor pro připojení ke zdroji napájení, USB port a tlačítko pro zapnutí. Další částí je Prototyping Board – deska připojená na hlavní panel. Je to deska s nepájivým polem, která slouží k sestavení libovolného obvodu pomocí reálných součástek a propojovacích vodičů a umožňuje nám připojení potřebné pro přístup k signálu. Existuje více druhů těchto desek, například FPGA Board s programovatelným hradlovým polem nebo Emona DATEx Add-on Board pro sestavení a měření komunikačních systémů podle blokových schémat.

#### 3.1.1 Integrované přístroje

Následující specifikace platí pouze pro NI Elvis II (ve většině případů se shoduje s parametry pro NI Elvis II+, avšak u některých přístrojů se hodnoty liší, především u osciloskopu a analyzátorů).

**Generátor libovolných průběhů:** je schopen generovat průběhy, které jsme zvolili v editoru. Tento editor je součástí softwaru NI ELVISmx.

- Zapojení: analogové výstupní kanály AO 0 a AO 1
- Parametry:  
Počet kanálů: 2 (kanál 1: 2,8 MS/s, kanál 2: 2 MS/s)  
Rozlišení: 16 bitů  
Výstupní rozsah:  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V



**Bode analyzátor:** využívá funkční generátor pro výstup stimulu a dva analogové vstupní kanály pro měření odpovědi.

- Parametry:  
Frekvenční rozsah: 1 Hz až 200 kHz

**Digitální sběrnice pro čtení:** přečte buďto osm po sobě jdoucích řádků: 0 – 7, 8 – 15, 16 – 23, nebo provede jediné čtení.

**Digitální sběrnice pro zápis:** uživatel má možnost vytvořit vlastní digitální vzor nebo si vybrat z předdefinovaných.

**Digitální multimetr:** je možné provádět měření proudu (AC i DC), napětí (AC i DC), odporu, kapacity a indukčnosti, dále diodový test a zvukový test kontinuity.

- Zapojení: pro měření napětí, odporu a pro diodový test slouží horní červená zdířka na hlavním panelu zařízení. Černá zdířka uprostřed představuje společné referenční spojení, a dolní červená zdířka slouží pro měření proudu.
- Parametry:  
Vstupní impedance: 11 M $\Omega$ 
  - Měření napětí:  
DC rozsahy: 100 mV, 1 V, 10 V, 60 V  
AC rozsahy: 200 mV<sub>rms</sub>, 2 V<sub>rms</sub>, 20 V<sub>rms</sub>
  - Měření proudu:  
DC rozsah: 2 A  
AC rozsahy: 500 mA<sub>rms</sub>, 2 A<sub>rms</sub>
  - Měření odporu:  
Rozsahy: 100  $\Omega$ , 1 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$ , 100 k $\Omega$ , 1 M $\Omega$ , 100 M $\Omega$
  - Měření kapacity:  
Rozsah: 50 pF až 500  $\mu$ F
  - Měření indukčnosti:  
Rozsah: 100  $\mu$ H až 100 mH

**Dynamický analyzátor signálu:** provádí frekvenční transformaci.

- Parametry:  
Frekvenční rozsah: až do 625 kHz

**Funkční generátor:** u generovaných průběhů je možno nastavit tvar, amplitudu a frekvenci. Dále můžeme také provádět amplitudovou a frekvenční modulaci.

- Zapojení: FGEN – výstup, SYNC – TTL výstup synchronizovaný s FGEN signálem, AM – analogový vstup pro amplitudovou modulaci FGEN signálu, FM – analogový vstup pro frekvenční modulaci FGEN signálu.
- Parametry:  
Počet kanálů: 1  
Typ výstupního průběhu: sinusový, obdélníkový, trojúhelníkový  
Rozsahy: 0,186 Hz až 5 MHz (sinusový), 0,186 Hz až 1 MHz (obdélníkový a trojúhelníkový)  
Rozsah amplitudy: 10 V<sub>p-p</sub>  
Výstupní impedance: 50  $\Omega$   
Maximální výstupní proud: 100 mA

**Impedanční analyzátor:** na dané frekvenci je schopen měřit resistenci, reaktanci, fázi a amplitudu pasivních 2vodičových součástek.

- Zapojení: na DUT+ pinu je generováno napětí (sinus), na DUT– je pak naměřen výsledný proud
- Parametry:  
Budicí frekvence: 1 Hz až 35 kHz  
Rozsah při měření odporu: 5  $\Omega$  až 3 M $\Omega$

**Osciloskop:** poskytuje stejné funkce jako standardní stolní osciloskop.

- Zapojení: přes BNC konektory CH 0 a CH 1. Maximální rozsah hodnot pro analogové vstupní kanály je  $\pm 10$  V.
- Parametry:  
Počet kanálů: 2  
Rozlišení: 16 bitů  
Maximální vzorkovací rychlost: 1 kanál: 1,25 MS/s, 2 kanály: 500 kS/s

**2vodičový a 3vodičový analyzátor proudu a napětí:** umožňují provádět tranzistorový a diodový test a zobrazit AV křivku. U 2vodičového je velká flexibilita v nastavování parametrů proudu a napětí. 3vodičový nabízí možnost nastavení proudu pro měření NPN a PNP tranzistoru.

- Zapojení: Base – buzení pro bipolární tranzistory. 2vodičový se zapojuje mezi DUT+ (interně spojeno s FGEN, čímž je dodán zdroj napětí) a DUT–. U 3vodičového je přidáno zapojení pro bázi bipolárního tranzistoru.
- Parametry:
  - 2vodičový analyzátor:  
Rozsah proudu:  $\pm 40$  mA  
Napěťový rozsah rozmítání:  $\pm 10$  V
  - 3vodičový analyzátor:  
Maximální kolektorový proud:  $\pm 40$  mA  
Maximální kolektorové napětí:  $\pm 10$  V

**Proměnný napájecí zdroj:**

- Zapojení: SUPPLY+: kladné napájení, SUPPLY–: záporné napájení.
- Parametry:  
Maximální výstupní proud: 500 mA
  - Kladné napájení:  
Výstupní napětí: 0 V – 12 V
  - Záporné napájení:  
Výstupní napětí: –12 V – 0 V

[10], [6], [13]

## 3.2 Software

Software pro NI Elvis II představuje NI ELVISmx, vytvořený v LabVIEW. Obsahuje v sobě Soft front panel (SFP) instruments, což jsou výše zmíněné integrované přístroje NI Elvis. Přístup k nim je umožněn prostřednictvím NI Elvis Instrument Launcher. V softwaru je dále zahrnuto LabView Express VIs a SignalExpress blocks. [6] SignalExpress je interaktivní software pro rychlé získávání, analýzu, zaznamenávání a prezentaci dat ze stovek DAQ zařízení, bez nutnosti programování. [11]

### 3.2.1 LabView

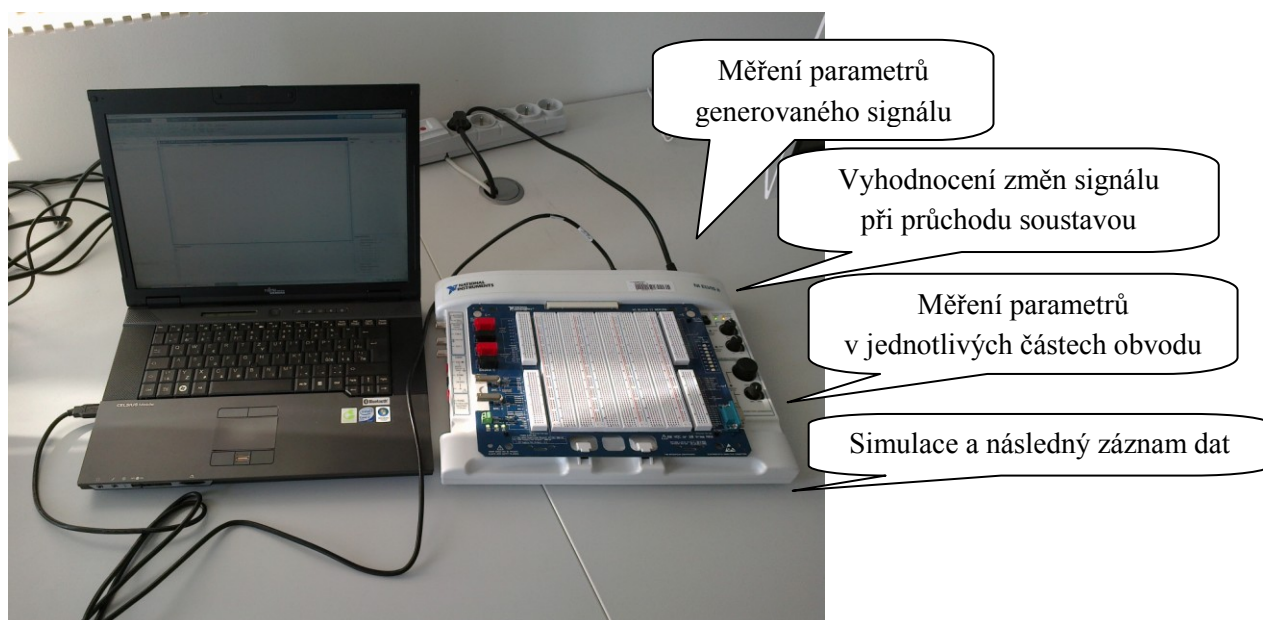
LabView je grafické programovací prostředí. Program se nazývá VI (Virtual Instrument) a skládá se ze dvou hlavních oken. Prvním z nich je Front panel, který představuje uživatelské rozhraní, a tím druhým je Block diagram. Ten slouží jako funkční grafický kód, který v LabView vytvoříme. Kliknutím pravým tlačítkem myši do prostoru Front panelu se zobrazí nabídka ovládacích prvků (Controls palette). Z ní můžeme vybrat libovolné komponenty, jako tlačítka, grafy, textové bloky atd., a přesunout je na plochu Front panelu. Zároveň s tím se v okně Block diagramu objevují odpovídající terminály. Zde se také po kliknutí pravým tlačítkem myši zobrazí nabídka funkcí (Functions palette). Jedná se o programovací funkce, jako jsou struktury, funkce boolean nebo string, numerické či matematické funkce atd. [9] Přes okno Block diagramu je také umožněn přístup k LabView Express VIs. Express virtual instruments umožňují interaktivně konfigurovat nastavení pro každý nástroj. Díky tomu lze vyvíjet LabView aplikace i bez rozsáhlejších zkušeností s programováním.

LabView bylo původně vytvořeno pro komunikaci s klasickými stolními přístroji. Každý z nich obsahuje vlastní procesor, napájení, paměť, obrazovku atd. Při používání více takovýchto přístrojů tedy vzniká jistá nadbytečnost spojená s vyššími náklady. Softwary přístrojů jsou předdefinovány pro dané měření a není tudíž možné přizpůsobení pro konkrétní případy. Řešením těchto problémů tedy bylo vytvoření virtuálních přístrojů, což vedlo k odstranění nadbytečných komponentů, nižším nákladům a flexibilnějším řešením. LabView poskytuje knihovny s více než 450 integrovanými ucelenými funkcemi, určenými pro měření, analýzu a zpracování signálů. Je známé pro své grafické programování, kdy je zdrojový kód vytvořen ze stavebních bloků, datových toků a vodičů. [8]

## 4 Propojení Matlabu a NI Elvis přes USB

Hlavní panel zařízení NI Elvis poskytuje USB port pro připojení k počítači. Velmi důležité jsou však i ovladače, což jsou soubory daných softwarových postupů, které řídí programovatelný přístroj. National Instruments – výrobce NI Elvis – poskytuje celou řadu těchto ovladačů, a to nejen pro svá zařízení, ale i pro produkty jiných firem, jako například Tektronix, Agilent Technologies nebo Avtech Electrosystems. Pro systémy NI Elvis existují ovladače NI ELVISmx, které uživateli umožní pracovat s programovacím prostředím LabView a jeho prostřednictvím komunikovat se zařízením. Cílem této práce je však propojení nikoli s LabView, ale se softwarem Matlab. Ovladače zde tedy slouží pouze k tomu, aby počítač rozpoznal připojené zařízení. [14]

Matlab je programovací prostředí s možnostmi uplatnění v mnoha oblastech. Jak již bylo zmíněno, existuje velké množství toolboxů, rozšiřující oblasti jeho použití. Data Acquisition Toolbox umožňuje spojení Matlabu s DAQ hardwarem řady výrobců, mezi něž patří Measurement Computing, Advantech, Data Translation a také National Instruments. Touto cestou je tedy umožněna komunikace mezi Matlabem a systémem NI Elvis. [3]



Obr. 4: Zapojení NI Elvis a PC přes USB



## 5 Sady testovacích úloh

Pro umožnění komunikace systému NI Elvis s Matlabem je nejprve nutné nainstalovat software, který tuto komunikaci zprostředkuje. Jelikož veškerá měření probíhají na školou zapůjčeném zařízení NI Elvis, byla zde možnost nainstalovat ovladače, které výrobce dodává spolu s přístrojem. Jedná se konkrétně o DVD se softwarem NI ELVISmx Software Suite 4.3.1. Pokusy o jeho instalaci ovšem nebyly úspěšné.

Na webových stránkách National Instruments jsou však veškeré ovladače snadno dostupné. Při vyhledání NI Elvis je možné nalézt v sekci Setup and Support ovladače ke stažení, které odkazují přímo na program NI ELVISmx 4.4. Po nainstalování získáme NI MAX (National Instruments Measurement & Automation Explorer), poskytující přístup k NI zařízení. Po zapojení zařízení k počítači poskytuje NI MAX možnost spustit Self-Test, který potvrdí, že mohou ovladače se zařízením komunikovat. Důležité informace o ovladači jsou uvedeny níže:

- Ovladač podporuje NI Elvis II/II+ a také NI myDAQ (umožňuje těmto zařízením pracovat s laboratorními přístroji)
- Obsahuje NI ELVISmx Instrument Launcher, LabVIEW Express VIs a SignalExpress
- Podpora operačních systémů Windows 7, Windows Vista, Windows XP a Windows Server 2008 [12]

Poté proběhla instalace podpůrného balíčku pro NI Elvis II, dostupného na stránkách MathWorks. Ten však podporuje pouze digitální multimetr, funkční generátor a proměnný napájecí zdroj. Pro jeho použití je nutná instalace Matlabu ve verzi 32bit. [22]

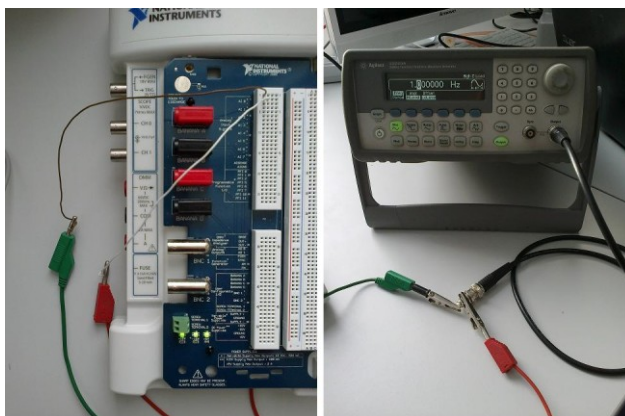
Velmi podstatnou podmínkou je použití počítače s vhodným operačním systémem. Je nutné brát na vědomí skutečnost, že při instalaci 32bit ovladačů na operační systém verze 64bit není zaručena správná funkce připojeného zařízení.

### 5.1 Testovací úloha 1

V zapojení byly použity tyto přístroje:

- Počítač (operační systém Windows 7, Matlab verze R2014a)
- NI Elvis II s deskou Prototyping Board
- Generátor impulsů Agilent 33220A

Zapojení počítače a NI Elvis bylo umožněno pomocí USB kabelu. Z výstupu generátoru byl veden BNC kabel a dále dva vodiče připojené na analogový vstup Prototyping Board, konkrétně na AI 0+ a AI 0-.



Obr. 5: Zapojení pro testovací úlohu 1

V této testovací úloze byl na generátoru nastaven impuls daného tvaru, frekvence a amplitudy, a tento byl veden na analogový vstup zařízení NI Elvis. Poté bylo možno zobrazit tento průběh v prostředí Matlab. Pro demonstraci základních funkcí následuje popis jednotlivých částí kódu:

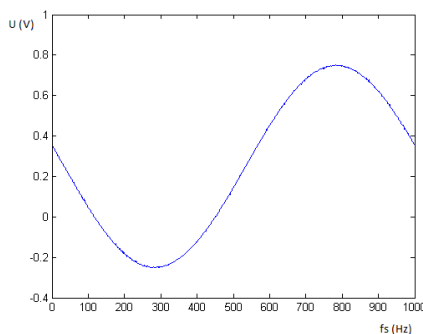
- $d = \text{daq.getDevices}$ 
  - tato funkce zobrazí všechna dostupná zařízení a přiřadí jim jejich ID. Vypíše se také některé základní informace, například pro analogový vstup a výstup je uvedena vzorkovací frekvence, počet kanálů a typ měření.
- $v = \text{daq.getVendors}$ 
  - do proměnné  $v$  budou vypsány názvy všech výrobců, jejichž zařízení je dostupné. Každý výrobce má přiděleno své ID (pro National Instruments je to 'ni').
- $s = \text{daq.createSession('ni')}$ 
  - vytvoří relaci  $s$ , čímž umožní provádět veškeré operace. Vstupním argumentem je zde výrobce (tedy jeho ID). Pro každého výrobce se vytvoří jedna relace.
- $\text{addAnalogInputChannel}(s, 'dev3', 'ai0', 'Voltage')$ 
  - tato funkce přidá analogový kanál. Vstupními argumenty jsou zde relace  $s$ , ID zařízení, ID kanálu, typ měření.
- $\text{data} = \text{inputSingleScan}(s)$ 
  - z každého vstupního kanálu v relaci vrátí jeden záznam jako pole čísel o jednom řádku a tolika sloupcích, kolik je kanálů.
- $\text{data} = \text{startForeground}(s)$ 
  - spustí sběr dat a uloží je do proměnné  $\text{data}$ . Dokud tato operace neskončí, jsou ostatní blokovány.
- $\text{figure()}$   
 $\text{plot}(\text{data})$ 
  - vykreslení do grafu.

Tyto funkce, které se týkají sběru dat, je možné nalézt na stránkách firmy MathWorks, v dokumentaci s názvem Data Acquisition Toolbox. [15]

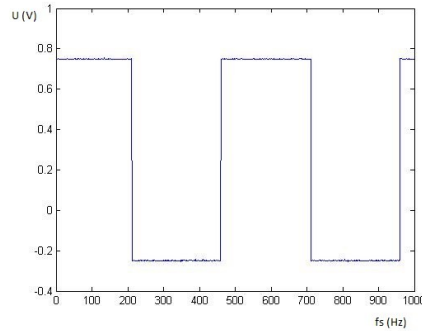
Na generátoru byl nastaven:

- a) sinusový průběh, frekvence 1 Hz a amplituda 1 V<sub>p-p</sub>
- b) obdélníkový průběh, frekvence 2 Hz a amplituda 1 V<sub>p-p</sub>

Pokud nijak nezměníme nastavení relace, bude vždy vzorkovací frekvence rovna 1000 Hz a čas 1 s. Výsledné grafy z Matlabu jsou uvedeny níže. Na ose x je vzorkovací frekvence a na ose y je napětí.



**Obr. 6: Graf pro testovací úlohu 1 podle nastavení a)**



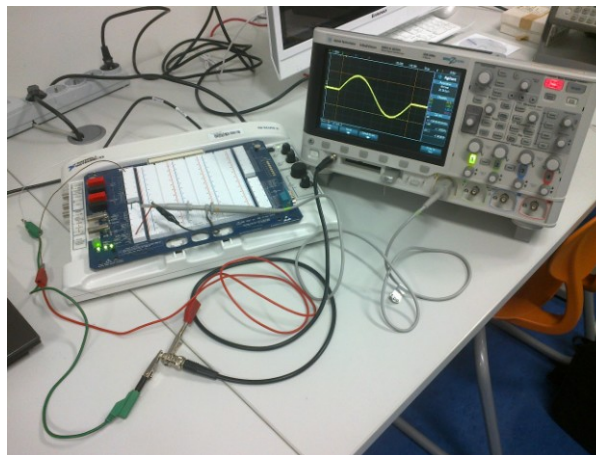
**Obr. 7: Graf pro testovací úlohu 1 podle nastavení b)**

## 5.2 Testovací úloha 2

V zapojení byly použity tyto přístroje:

- Počítač (operační systém Windows 7, Matlab verze R2014a)
- NI Elvis II s deskou Prototyping Board
- Osciloskop Agilent InfiniiVision MSO-X 2024A

Zapojení počítače a NI Elvis bylo umožněno pomocí USB kabelu. Z výstupu vnitřního generátoru osciloskopu byl veden BNC kabel a dále dva vodiče připojené na analogový vstup Prototyping Board, konkrétně na AI 0+ a AI 0-. Na kanál 1 na osciloskopu byla připojena sonda, vedoucí na analogový výstup AO 0 a její zemnicí konektor na zem GROUND.



**Obr. 8: Zapojení pro testovací úlohu 2**

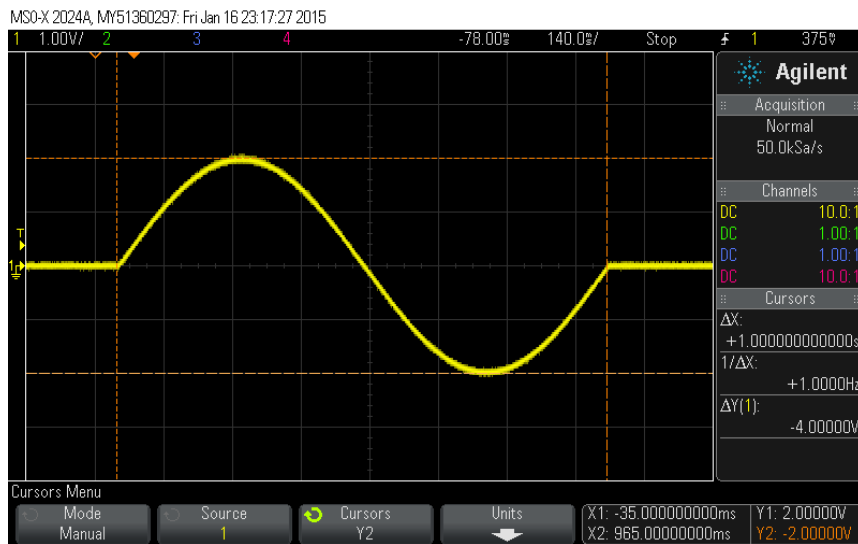
V této testovací úloze byly v Matlabu nastaveny parametry pro daný impuls, který byl veden přes analogový vstup a výstup na kanál 1 na osciloskopu. Zde jej poté bylo možno vykreslit.

Stejně jako v předchozí úloze je nejprve vypsán seznam zařízení a výrobců. (Pracujeme-li stále se stejným zařízením, není již nutné tyto kroky opakovat. V případě připojení jiného zařízení je to však nezbytné.) Vytvoření relace  $s$  je však nutné vždy.

Další funkce jsou rozepsány níže:

- `addAnalogInputChannel(s,'dev4','ai0','Voltage')`  
`addAnalogOutputChannel(s,'dev4','ao0','Voltage')`
  - vytvoří analogový vstup AI 0 a výstup AO 0 pro měření napětí.
- `s.Rate = 9000`
  - udává vzorkovací frekvenci.
- `signal = 2 * sin(linspace(0,2*pi,s.Rate))`
  - definuje sinusový signál o amplitudě 2 V. Funkce `linspace` generuje vektor, u nějž je zadána první a poslední hodnota intervalu a počet bodů, které se v něm nacházejí.
- `queueOutputData(s, signal)`
  - výstupní data jsou zařazena do fronty. Při použití analogového výstupního kanálu je tato funkce nezbytná. Po ní pak následuje funkce `dataSent = startForeground(s)`. [15]

Na osciloskopu poté bylo možné vidět daný sinusový průběh. Pomocí kurzorů pak byly odečteny hodnoty, odpovídající hodnotám zadaným v Matlabu (čas roven 1 s a amplituda 2 V).

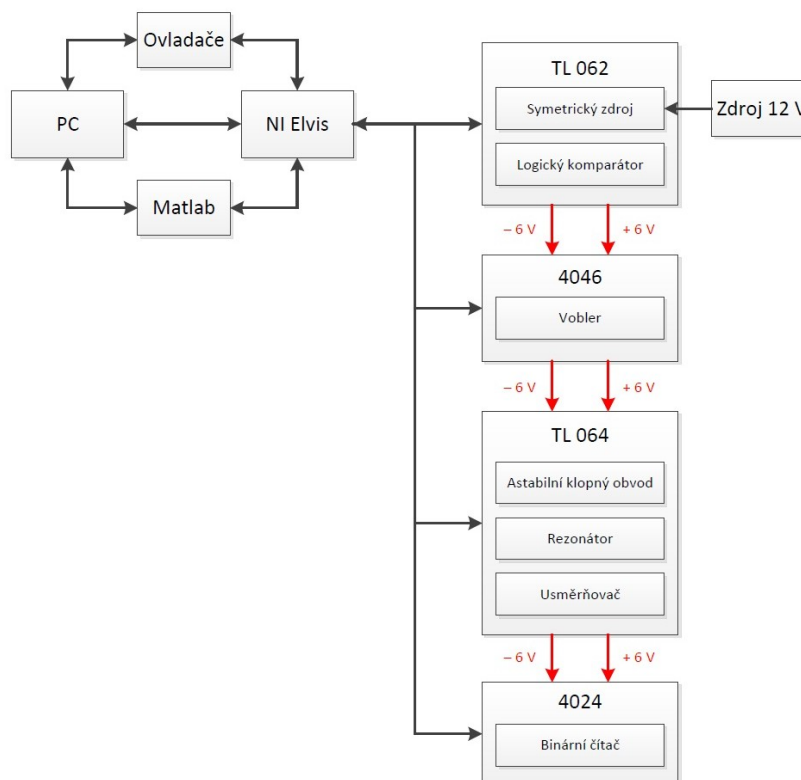


Obr. 9: Graf pro testovací úlohu 2



## 6 Realizace

Samotná praktická část práce spočívá v demonstraci dosavadních poznatků na konkrétním příkladu. Tím je sedm dílčích úloh, které představují základní prvky pro návrh lékařské přístrojové techniky. Blokové schéma celého zapojení je uvedeno níže. (Schéma bylo vytvořeno v programu Microsoft Visio, dostupném na počítači ve školní laboratoři.)



**Obr. 10: Blokové schéma zapojení jednotlivých zařízení a obvodů**

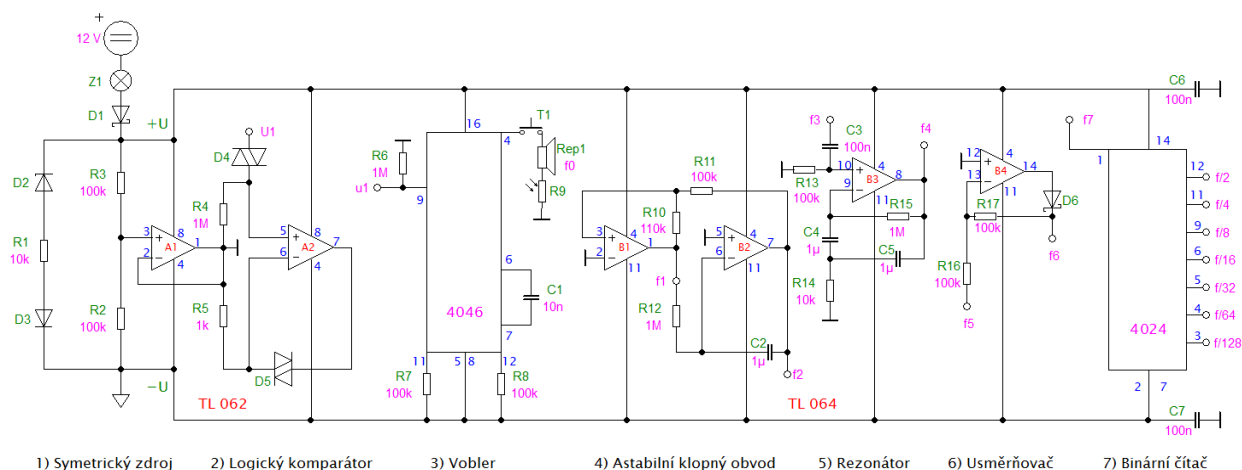
Na počítači jsou nainstalovány potřebné ovladače pro umožnění komunikace se zařízením NI Elvis, se kterým je PC zároveň propojeno přes USB. Dále je zde také programovací prostředí Matlab, které zprostředkovává ovládání zařízení NI Elvis. Veškeré zapojení je poté realizováno prostřednictvím nepájivého pole, jež je součástí desky Prototyping Board na NI Elvis. Obvod se skládá primárně ze sedmi dílčích částí a obsahuje čtyři integrované obvody. Prvním z nich je TL062, zapojený zároveň v obvodu symetrického zdroje a logického komparátoru. Následuje integrovaný obvod 4046, kterým je realizováno zapojení Vobleru. Dále obvod pokračuje obvodem TL064, spojující astabilní klopný obvod, rezonátor a usměrňovač. Poslední částí je integrovaný obvod 4024, tedy binární čítač. Přes symetrický zdroj je do obvodu přivedeno napětí 12 V z akumulátoru. Dále již pokračuje symetricky rozděleno, tedy na +6 V a -6 V, a takto propojuje ostatní části obvodu.

### 6.1 Bazální experimentální úlohy pro konstrukci lékařské přístrojové techniky

Obvod slouží k demonstraci několika základních možností komunikace Matlabu a zařízení NI Elvis. Ačkoli byly v zapojení u testovacích úloh použity i samostatné stolní přístroje, nyní se již pracovalo s integrovanými přístroji zařízení NI Elvis. Obvod se skládá z těchto dílčích částí:

- Symetrický zdroj
- Logický komparátor
- Vobler
- Astabilní klopný obvod
- Rezonátor
- Usměrňovač
- Binární čítač

Autorem návrhu zapojení pan Ing. Tomáš Klinkovský. Schéma dle tohoto návrhu bylo vytvořeno v programu ProfiCAD.



**Obr. 11: Schéma bazální experimentální úlohy pro konstrukci lékařské přístrojové techniky [16]**

Ze schématu je patrné, že integrovaný obvod TL062 v sobě obsahuje dva operační zesilovače, označené A1 a A2. Obvod TL064 je pak složen ze čtyř operačních zesilovačů, a to B1, B2, B3 a B4.

## 6.1.1 Symetrický zdroj

### 6.1.1.1 Popis

V tomto případě je celý obvod napájen akumulátorem s napětím 12 V. Symetrický zdroj je schopen vytvořit +U, -U a virtuální nulu, tedy konkrétně napětí +6 V a -6 V (vždy vůči nule). Mezi +U a -U bude naměřena hodnota 12 V. Žárovka Z1 v obvodu plní funkci detekce zkratu. Za normálních okolností tedy nesvítí. Schottkyho dioda D1 je zde zapojena v propustném směru a zabraňuje tedy přepólování zdroje. Zenerova dioda D2 spolu s odporem R1 a LED diodou D3 funguje jako indikátor napájení. Odpory R2 a R3 tvoří napěťový dělič, mezi nimi (na neinvertujícím vstupu operačního zesilovače A1) tedy dostaneme nulové napětí. Je však důležité, aby měly oba rezistory stejnou hodnotu (100 kΩ). Jelikož je neinvertující vstup operačního zesilovače A1 propojen s výstupem, jedná se o napěťový sledovač a zesílení bude rovno 1.

(Existuje také zdroj nesymetrický, který se liší tím, že je u něj proti zemi pouze jedna větev místo dvou.)

### 6.1.1.2 Parametry použitých součástek (mimo rezistorů, které jsou v obvodu již popsány)

- Z1 – žárovka: typ ZG1; maximální hodnoty jsou: napětí 12 V, proud 50 mA, ztrátový výkon 0,6 W.
- D1 – Schottkyho dioda: typ BAT46; maximální hodnoty jsou: napětí 100 V, proud 150 mA; napěťová ztráta 0,45 V.

- D2 – Zenerova dioda: typ C5V1PH; maximální hodnoty jsou: napětí 5,1 V, proud 98 mA, ztrátový výkon 0,5 W.
- D3 – zelená LED dioda: typ LED 3MM GREEN; minimální proud je 2 mA, svítivost 3,5 mcd, napěťová ztráta 1,8 V.
- TL 062CP – typ pouzdra DIP8, složený ze dvou obvodů (dva nízkopříkonové OZ, obsahují tranzistory typu JFET, tedy unipolární, řízené napětím); maximální hodnoty napájecího napětí jsou +18 V a -18 V. [18]

## 6.1.2 Logický komparátor

### 6.1.2.1 Popis

V zapojení logického komparátoru jsou použity dvojdiody (obousměrné diody). Jedná se o paralelní zapojení dvou LED diod odlišných barev, ve vzájemně opačném směru. V tomto zapojení byly použity dvojdiody D4 a D5, obsahující vždy zelenou a červenou LED diodu. Na svorku U1 je možné přivést napětí kladné (+U), či záporné (-U). Podle toho, jaké napětí na svorku přivedeme, bude dvojdioda D5 svítit určitou barvou. Dvojdioda D4 však svítit nebude. Je v obvodu zapojena z důvodu odstranění šumu. Jedná se o prahovou necitlivost, kdy bude po překročení prahového napětí na dvojdiodě eliminován šum.

### 6.1.2.2 Parametry použitých součástek (mimo rezistorů)

- D4, D5 – dvojdioda: typ L-57EGW, R/G (červená a zelená); rozměr pouzdra 5 mm; maximální proud 20 mA; napěťová ztráta 2 V (červená) a 2,2 V (zelená).
- TL 062CP – popsáno výše.

## 6.1.3 Vobler

### 6.1.3.1 Popis

V obvodu 4046 je možné na pinu číslo 4 vidět následující komponenty: tlačítko T1, piezoměnič Rep1 a fotoodpor R9. Při stisku tlačítka vydává piezoměnič zvukový signál o určité frekvenci. Změnou napětí na svorce u1 se změní frekvence výstupního signálu. Úroveň hlasitosti se však řídí fotoodporem, a to tak, že čím více světla fotoodpor detekuje, tím hlasitější je zvukový signál piezoměniče. Tohoto se využívá pro zvukové signalizace (alarmy) zdravotnických přístrojů. Za dne je tedy signalizace hlasitější než v noci (dle normy ČSN EN 60601-1-8). Zapojení rezistorů R7 a R8 a kondenzátoru C1 je dáno přímo výrobcem integrovaného obvodu. Z datasheetu je možné vyčíst, že VCO (napěťově řízený oscilátor) vyžaduje zapojení jednoho kondenzátoru a jednoho či dvou rezistorů. Rezistor na pinu číslo 11 (tedy rezistor R7) a kondenzátor C1 (pin 6 a 7) určují frekvenční rozsah oscilátoru. Rezistor na pinu 12 (rezistor R8) pak umožňuje frekvenční offset oscilátoru, pokud je vyžadován.

### 6.1.3.2 Parametry použitých součástek (mimo rezistorů a kondenzátorů)

- T1 – tlačítko: typ TC-0103-T, jednopólový spínací ON-OFF mikrospínač; maximální hodnoty jsou: napětí 12 V, proud 50 mA.
- Rep1 – piezoměnič: typ KPE126; rezonanční frekvence 2,8 kHz; maximální hodnota napětí 30 V; spotřeba při 10 V je 10 mA.

- R9 – fotorezistor: typ VT43N1; odpor při hodnotě 10 lux je v rozsahu 4 – 12 k $\Omega$ , při úplné tmě je odpor 300 k $\Omega$ .
- CD 4046BE – typ pouzdra DIP16, obsahuje jeden obvod (CMOS); napájení 3 – 18 V. [19]

## 6.1.4 Astabilní klopný obvod

### 6.1.4.1 Popis

Operační zesilovač B1 spolu s kladnou zpětnou vazbou a rezistory R10 a R11 tvoří Schmittův klopný obvod. Kladná zpětná vazba vytváří z analogového obvodu digitální. Zbývající část, tedy operační zesilovač B2, kondenzátor C2 a rezistor R12, vytváří integrátor. Ten vnucuje obdélníkový signál (který můžeme naměřit na svorce f1) a integrováním z něj vytváří na výstupu, tedy na svorce f2, signál pilovitý.

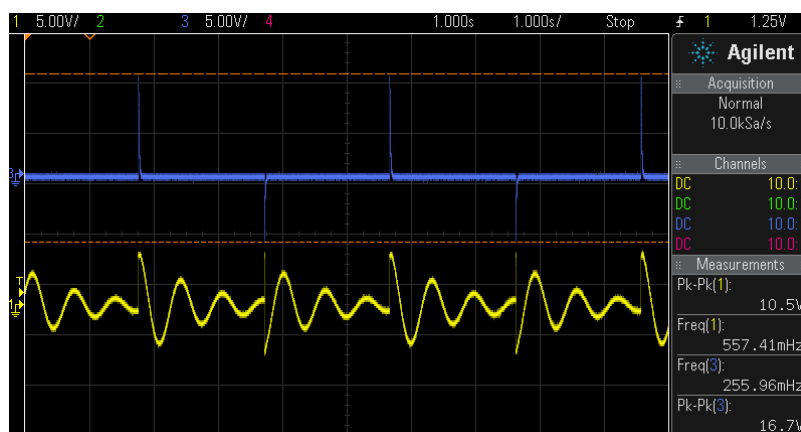
### 6.1.4.2 Parametry použitých součástek (mimo rezistorů a kondenzátorů)

- TL 064CN – typ pouzdra DIP14, složený ze čtyř obvodů (čtyři nízkopříkonové OZ, obsahují tranzistory typu JFET); maximální hodnoty napájecího napětí jsou +18 V a -18 V. [20]

## 6.1.5 Rezonátor

### 6.1.5.1 Popis

Pokud by byl na vstup rezonátoru přiveden sinusový signál, objevil by se také na výstupu, za předpokladu stejné frekvence. V tomto zapojení je však na vstupní svorku f3 přiveden obdélníkový signál z výstupní svorky f1. Na uzlu u neinvertujícího vstupu operačního zesilovače B3 je možné naměřit průběh zobrazený na následujícím grafu modrou barvou. Jedná se o derivaci původního obdélníkového signálu. Žlutě je poté zobrazen průběh na výstupu rezonátoru, tedy na svorce f4.



Obr. 12: Porovnání průběhů v obvodu rezonátoru

### 6.1.5.2 Parametry použitých součástek (mimo rezistorů a kondenzátorů)

- TL 064CN – popsáno výše.



## 6.1.6 Usměrňovač

### 6.1.6.1 Popis

Na vstup usměrňovače, tedy na svorku f5, je přiveden pilovitý průběh z výstupní svorky f2. V průběhu se střídají kladné a záporné půlvlny. Při vstupu kladné půlvlny je na invertující vstup operačního zesilovače B4 přivedeno kladné napětí a na výstupu bude tudíž napětí záporné. Za výstupem je v obvodu zapojena Schottkyho dioda D6. Jelikož je však na anodu této diody přivedeno záporné napětí, nebude dioda propouštět. Signál tedy prochází ze vstupu f5 pouze přes rezistor R16 a R17 a poté na výstup f6, kde se projeví opět jako kladná půlvlna. Při vstupu záporné půlvlny je na invertující vstup přivedeno záporné napětí. Na výstupu tedy dostaneme kladné napětí, které dioda D6 propustí. Na výstup f6 bude tedy opět kladná půlvlna. Celkově bude tedy na svorce f6 naměřen průběh o dvojnásobné frekvenci, než na vstupní svorce f5.

### 6.1.6.2 Parametry použitých součástek (mimo rezistorů)

- TL 064CN – popsáno výše.
- D6 – Schottkyho dioda: typ BAT46; maximální hodnoty jsou: napětí 100 V, proud 150 mA; napěťová ztráta 0,45 V.

## 6.1.7 Binární čítač

### 6.1.7.1 Popis

Integrovaný obvod binárního čítače 4024 je složen z klopných obvodů, které vždy dělí kmitočet dvěma. Na vstupní svorku f7 čítače (pin 1) je přiveden obdélníkový signál ze svorky f1. Čítač obsahuje sedm výstupních svorek označených f/2, f/4, f/8, f/16, f/32, f/64 a f/128. Frekvence na každém z výstupů bude vždy v podílu frekvence na vstupu. To znamená, že na výstupu f/2 bude frekvence poloviční, na f/4 bude čtvrtinová, a tak dále.

Za obvodem binárního čítače jsou zapojeny ještě dva kondenzátory C6 a C7. Pro vysvětlení důvodu jejich zapojení je nutné vrátit se na začátek obvodu k symetrickému zdroji. Optimálním napájením by byl ideální zdroj, který má nulový vnitřní odpor. Připojením zátěže však vždy určitý odpor vznikne. Frekvenční charakteristika operačního zesilovače udává na ose y zesílení a na ose x frekvenci. Významné jsou zde dvě hodnoty, a to mezní výkonový kmitočet  $f_p$  a tranzitní kmitočet  $f_T$ .  $f_p$  je maximální kmitočet, na kterém operační zesilovač dokáže přenést na výstup nezkreslený signál. Po překročení této frekvence se zesílení snižuje a vnitřní odpor narůstá, a to až do hodnoty mezního výkonového kmitočtu, kde je již zesílení nulové. Cílem tedy je, co nejvíce se přiblížit ideálnímu zdroji, a to použitím součástky, která bude mít na vysokých frekvencích malou impedanci. Z toho důvodu jsou v obvodu zapojeny kondenzátory.

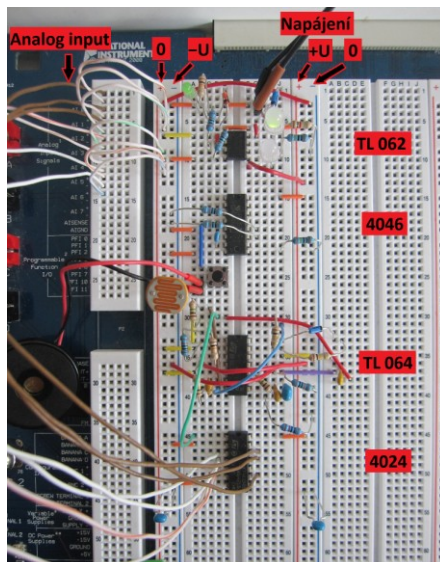
### 6.1.7.2 Parametry použitých součástek (mimo rezistorů a kondenzátorů)

- HCF 4024BE – binární čítač: typ pouzdra DIP14; maximální hodnoty napájecího napětí jsou -0,5 V až +22 V (doporučeno je 3 – 20 V). [21]

Všechny použité součástky, jakožto i samotné zařízení NI Elvis, byly zapůjčeny ze školní laboratoře. Parametry součástek byly vyčteny převážně z internetových stránek. [17]

## 7 Oživení experimentálních úloh

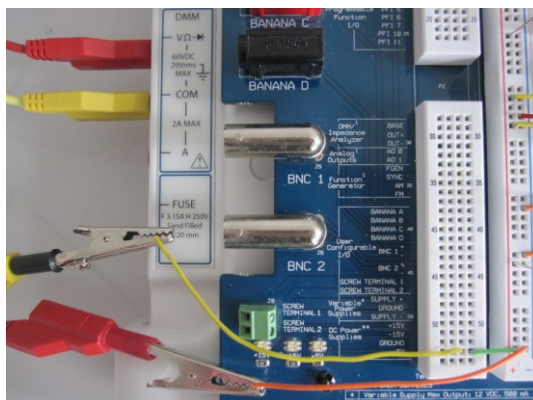
Po získání a prostudování datasheetů pro jednotlivé integrované obvody, bylo možné sestavit obvod bazálních experimentálních úloh na nepájivém poli desky Prototyping Board. Označení základních částí v reálném zapojení je uvedeno na obrázku Obr. 13 níže.



Obr. 13: Zapojení na desce Prototyping Board

### 7.1 Oživení bloku symetrického zdroje

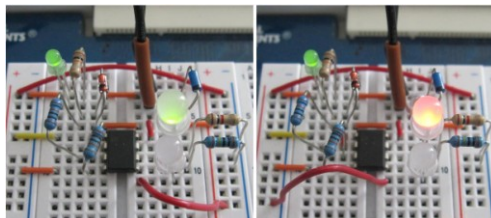
Obvod je napájen akumulátorem, dodávajícím napětí 12 V. Symetrický zdroj by měl tedy vytvořit napětí +6 V a -6 V. Avšak reálné naměřené hodnoty jsou o něco nižší, vlivem úbytku napětí na zapojených součástkách. Napětí na +U se tedy rovnalo hodnotě 5,8 V, a na -U pak hodnotě -5,8 V. Měření bylo provedeno pomocí vnitřního multimetru zařízení NI Elvis. Zapojení pro měření na DMM (Digital multimeter) je možné vidět níže na Obr. 14. Jelikož je zde měřeno napětí -U proti nule, je propojen výstup multimetru pro měření napětí a odporu s místem, kde napětí měříme (propojení realizováno pomocí červeného kabelu). Druhý kabel (žlutý) pak propojuje výstup COM z multimetru, tedy společné referenční spojení, a nulu (GROUND).



Obr. 14: Zapojení při měření multimetrem

## 7.2 Oživení bloku logického komparátoru

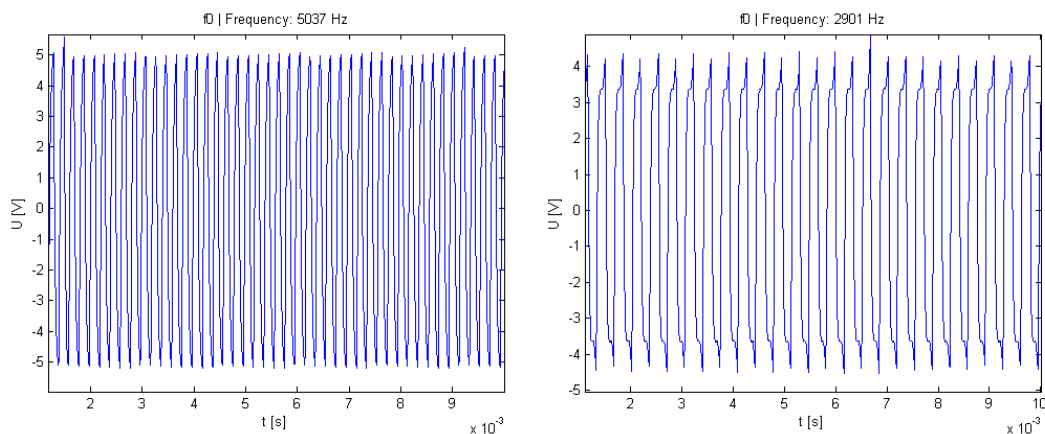
V obvodu logického komparátoru je zapojena dvojdioda D5. Aby svítila, je nutné přivést na svorku U1 určitý signál. Při zapojení kladného napětí (+U) svítila dioda D5 zeleně. Záporné napětí (tedy -U) pak bylo indikováno červenou barvou. Obě varianty zapojení lze vidět níže na Obr. 15.



Obr. 15: Indikace polarity napájení

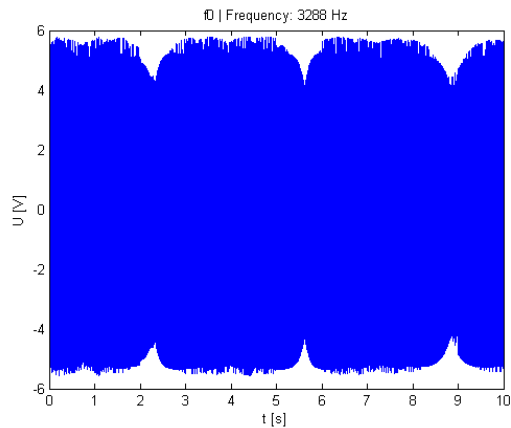
## 7.3 Oživení bloku Vobler

Piezoměnič Rep1 představuje zvukovou signalizaci, která se používá v lékařské technice. Jak již bylo řečeno, intenzitu hlasitosti ovlivňuje fotorezistor R9. Na samotný zvuk má však vliv signál, který přivedeme na vstupní svorku u1. Bylo tedy provedeno připojení signálů ze tří různých bodů v obvodu. Prvním bylo kladné napětí +U, kdy po stisku tlačítka T1 zazněl tón o vysoké frekvenci. Po připojení záporného napětí -U byla frekvence tónu ztlačně nižší. Nakonec byl na svorku u1 připojen signál ze svorky f2. Jelikož se jedná o signál tvaru pila, odpovídal tomu i zvuk z piezoměniče, který ve stejných časových úsecích vždy lineárně stoupal a klesal.



Obr. 16: Signál na svorce f0 po připojení napětí (zleva) +U a -U

Měření probíhalo v místě zapojení piezoměniče, kdy byl jeden konektor připojen na kladný vstup AI+ a druhý na záporný vstup AI-. Tlačítko T1 muselo být stisknuté po celou dobu měření. Jelikož výsledné hodnoty frekvence se pohybují v řádu kHz, byla zvolena vyšší vzorkovací frekvence, a to konkrétně 100 kHz. V první části Obr. 16 je možné vidět průběh signálu při zapojení kladného napětí (tedy 5,8 V) na svorku u1. Naměřená frekvence (v horní části grafu) zde byla 5037 Hz. Zapojením záporného napětí (-5,8 V) frekvence poklesla, a to na hodnotu 2901 Hz.



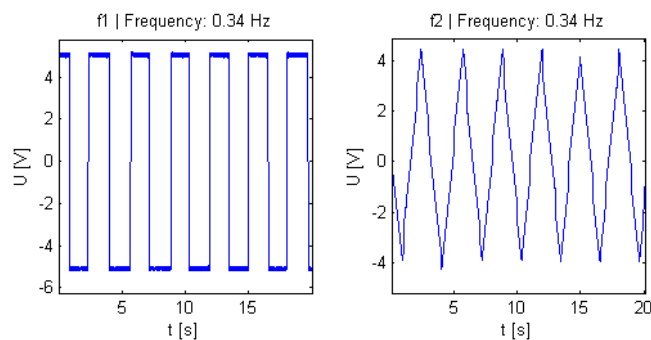
**Obr. 17: Signál na svorce f0 po připojení pilovitého signálu**

V další fázi byl na vstup u1 připojen pilovitý signál ze svorky f2. Výsledkem byl průběh o frekvenci 3288 Hz. Tento signál je modulovaný, jak je možné vidět na Obr. 17, a to frekvencí 0,34 Hz, což je frekvence signálu na svorce f2.

#### 7.4 Oživení bloku astabilního klopného obvodu

V obvodu se nacházejí dvě výstupní svorky. Signál na svorce f1 má obdélníkový průběh, s frekvencí 0,34 Hz. Tento je poté používán jako vstupní signál v dalších částech obvodu. Na svorce f2 byl naměřen výsledný signál pilovitého průběhu, se stejnou frekvencí, tedy 0,34 Hz.

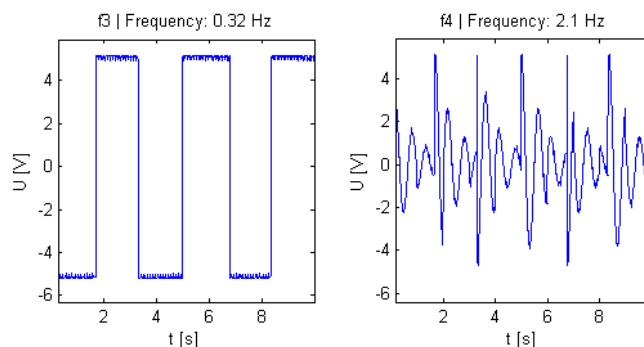
Zde i v následujících měřeních byly vždy připojeny dva analogové vstupy. AI 0+ byl zapojen k měřenému místu pro první graf, a AI 1+ k měřenému místu pro graf následující. AI 0- i AI 1- pak byly vždy připojeny na nulu (GROUND).



**Obr. 18: Signály na výstupních svorkách f1 a f2**

#### 7.5 Oživení bloku rezonátoru

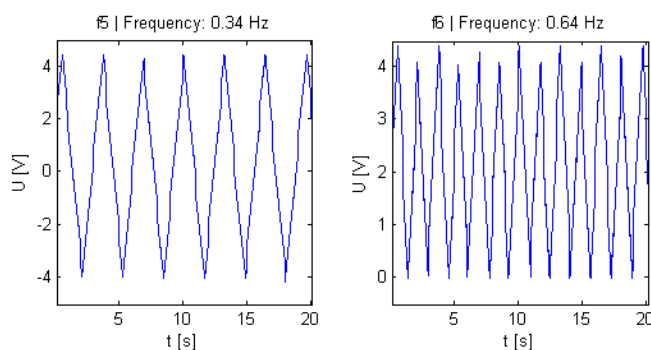
Na vstupní svorku f3 je přiveden obdélníkový signál z výstupní svorky f1. Tento prochází obvodem rezonátoru až na výstupní svorku f4. Zde byl naměřen výstupní signál s frekvencí 2,1 Hz, jehož tvar byl zdůvodněn v kapitole 6.1.5.



Obr. 19: Signály na vstupní svorce f3 a výstupní svorce f4

## 7.6 Oživení bloku usměrňovače

Vstupní svorka f5 je propojena s výstupní svorkou f2, a je zde tedy přiveden pilovitý signál o frekvenci 0,34 Hz. Ten prochází obvodem usměrňovače a na výstupní svorce f6 je možné jej naměřit jako signál s dvojnásobnou frekvencí, přibližně tedy 0,64 Hz.



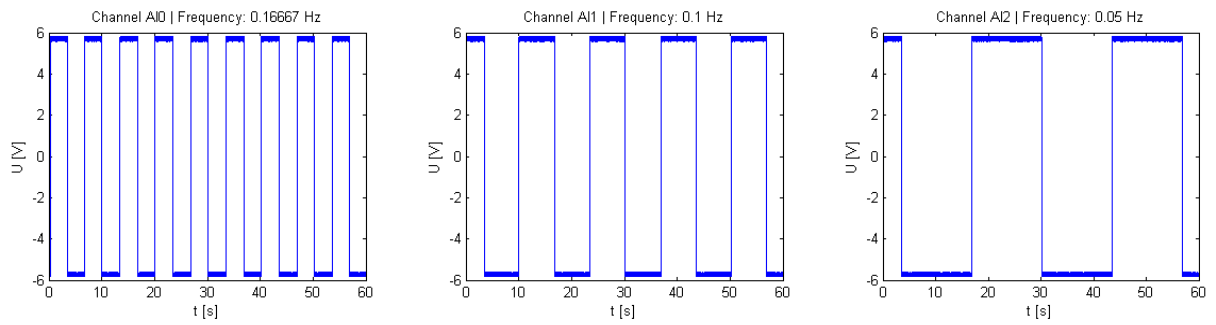
Obr. 20: Signály na vstupní svorce f5 a výstupní svorce f6

## 7.7 Oživení bloku binárního čítače

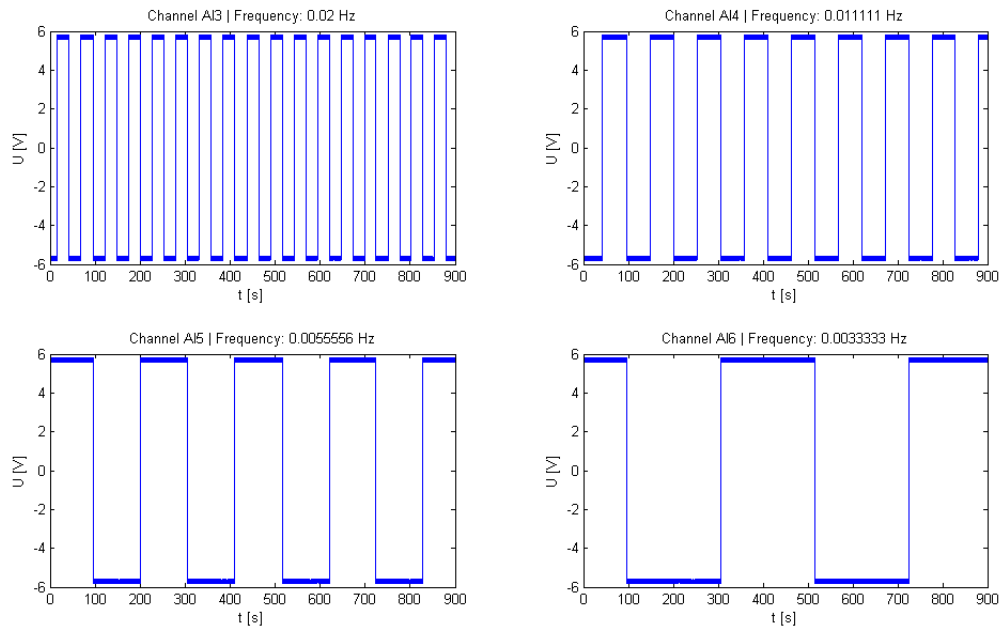
V obvodu se nachází jedna vstupní svorka f7 a dále sedm svorek výstupních (f/2, f/4, f/8, f/16, f/32, f/64 a f/128). Na svorku f7 byl přiveden obdélníkový signál ze svorky f1. Výstupy čítače byly nejprve připojeny na DIO vstup/výstup (Digital Input/Output) na zařízení NI Elvis. Toto propojení však působilo změny napětí na +U a -U. Postupným připojováním všech sedmi výstupů se zvětšovalo odchýlení od původních hodnot, které se poté pohybovaly okolo +6,77 V a -1,72 V. Důvodem byla skutečnost, že na digitální vstup/výstup je možno přivést napětí rozsahu pouze od 0 V do 5 V (na výstupech čítače byla naměřena hodnota signálů v průměru 12 V). K naměření výsledných frekvencí a vykreslení signálů do grafu bylo tedy použito připojení přes analogový vstup AI (analog input), a to přes vstupy AI 0 – AI 6. Každá výstupní svorka čítače byla připojena na plusovou svorku analogového vstupu, na jeho minusovou svorku pak byla vždy připojena nula (GROUND).

Při samotném vykreslování byly zvoleny odlišné časy měření, a tím i rozsah časové osy. Důvodem byl velký rozdíl frekvencí mezi jednotlivými signály, což by při jednotném rozsahu časové osy způsobilo, že by vždy jedna část grafů nebyla dostatečně čitelná. Pro výstupy f/2, f/4 a f/8 byl zvolen čas měření 60 s, a pro f/16, f/32, f/64 a f/128 poté 900 s. Výsledné frekvence jsou zobrazeny v horní části každého grafu a lze vidět, že každá z nich je vždy poloviční oproti frekvenci předchozí (či vstupní, v případě f/2).





**Obr. 21: Signály na výstupech  $f/2 - f/8$  (AI 0 – AI 2) čítače**



**Obr. 22: Signály na výstupech  $f/16 - f/128$  (AI 3 – AI 6) čítače**

Při měření a výpočtu frekvencí byla přesnost ovlivněna hodnotou vzorkovací frekvence. Pro měření v obvodu Vobler činila 100 kHz, a v ostatních případech pak 1 kHz. Stolním osciloskopem poté bylo ověřeno, že jsou tyto hodnoty dostatečné.

## 8 Rozbor Matlab kódu

### 8.1 Měření pomocí multimetru DMM

Využitím vnitřního multimetru zařízení NI Elvis je možné měřit napětí, odpor a proud. Dle měřené veličiny je však nutné správně zvolit zapojení. Na Obr. 14 jsou viditelné zdířky pro použití DMM, a to v levé části panelu zařízení. Zdířka, která se nachází v horní části DMM, slouží pro měření napětí a odporu, dolní zdířka pak k měření proudu.

Úvodní část kódu pro každý vytvořený program vypadá následovně:

- `close all;`
  - zavření všech oken
- `clear all;`
  - vymazání všech proměnných
- `clc;`
  - vymazání obsahu Command Window
- `d = daq.getDevices`
  - do proměnné `d` se vypíší všechna dostupná zařízení s přiřazenými ID.
- `v = daq.getVendors`
  - do proměnné `v` jsou vypsané názvy všech výrobců dostupných zařízení (ID pro National Instruments je `ni`).
- `s = daq.createSession('ni')`
  - je vytvořena relace `s` a jako vstupní argument je uvedeno ID výrobce, tedy `ni`.

#### 8.1.1 Manuální měření multimetrem

Po spuštění programu je do Command Window vypsán výsledek měření. Pro měření v jiné části obvodu je nutné přepojit kabely na dané místo a znovu spustit program.

- `DCdmm = elvis.Multimeter('dcvoltage', d(1).ID)`
  - `elvis` je označení třídy a `Multimeter` je její metoda. Vstupními argumenty je zde typ měření (zde konkrétně DC napětí), a poté ID používaného zařízení. Zápis `d(1).ID` znamená, že je použito první zařízení, které se nachází v proměnné `d`.
- `DCdmm.RangeValStrings`
  - jsou vypsané možnosti po výběr rozsahu měření.
- `DCdmm.Range = '10V';`
  - zvolení rozsahu měření.
- `data = DCdmm.readData`
  - do proměnné `data` je uložena naměřená hodnota, pomocí metody `readData`.

#### 8.1.2 Automatické měření multimetrem

V tomto případě je vytvořeno GUI, tedy grafické uživatelské rozhraní. Po spuštění programu se objeví okno multimetru (Obr. 23), udávající typ měření, měřící rozsah, a samozřejmě také měřenou hodnotu. Je zde i možnost zvolit automatický výběr rozsahu. Možné typy měření jsou AC/DC napětí, AC/DC proud a odpor. Výhodou tohoto způsobu měření je, že pro jeden typ měření stačí program

spustit pouze jednou. Poté je možné dle potřeby měnit místo zapojení měřících kabelů, a sledovat změnu výsledné hodnoty měření.

Tento způsob měření multimetrem byl již vytvořen autory podpůrného balíčku pro používání zařízení NI Elvis.

- `DCdmmAuto = elvis.MultimeterAuto('dcvoltage');`
  - spustí automatické měření DC napětí
- `DCdmmAuto = elvis.MultimeterAuto('dccurrent');`
  - spustí automatické měření DC proudu
- `DCdmmAuto = elvis.MultimeterAuto('resistance');`
  - spustí automatické měření odporu



**Obr. 23: Automatické měření DC napětí multimetrem**

## 8.2 Vykreslení signálů s výpočtem frekvence

Účelem tohoto programu bylo zobrazit průběhy signálů v grafech, skrze analogový vstup zařízení NI Elvis. Jak již bylo popsáno výše, pro měření bylo vždy nutné zapojení obou vstupů daného analogového kanálu.

V horní části každého grafu byly zobrazeny jednotlivé výsledné frekvence, které byly vypočteny v Matlabu pomocí Fourierovy transformace.

Úvodní část kódu pro zjištění dostupných zařízení a vytvoření relace je totožná s předchozím případem. Následující části jsou pro větší přehlednost rozčleněny do podkapitol.

### 8.2.1 Volba parametrů

V této části jsou uvedeny základní parametry, které byly pro jednotlivá měření nejčastěji měněny. Bylo by sice možné tento zápis vynechat a provádět změny přímo, avšak tato varianta umožňuje větší přehlednost a ucelení základních parametrů. (Celý následující zápis je demonstrován na případu měření výstupních signálů binárního čítače.)

- `T = 900;`
  - čas; délka měření v sekundách
- `fs = 1000;`
  - určení vzorkovací frekvence (Hz)
- `channels = 0:6;`
  - zvolení používaných měřících kanálů (AI 0 až AI 7)

### 8.2.2 Nastavení

- `s.Rate = fs;`
  - nastavení vzorkovací frekvence zařízení
- `ai = addAnalogInputChannel(s, d(1).ID, channels, 'Voltage');`
  - přidání vstupních kanálů (`s` je označení relace, `d(1).ID` určuje zařízení, pomocí `channels` jsou nastaveny zvolené měřící kanály a `Voltage` určuje typ měření)

### 8.2.3 Čtení a zápis signálu

- `signal = [];`
  - vytvoření prázdné proměnné `signal`
- `for t = 1 : T`
  - cyklus `for`; opakování podle počtu vteřin (zařízení je totiž primárně nastaveno na vykreslení průběhu o délce trvání jedné sekundy)
- `signal = cat(1, signal, startForeground(s));`
  - zápis do proměnné `signal`. Prvním vstupním parametrem funkce `cat` je dimenze, kdy hodnota 1 odpovídá řádku. Pomocí `startForeground(s)` jsou každá nová data vždy vložena do proměnné `signal`. Výsledkem je tedy spojování řádků již naměřeného signálu s novými daty ze zařízení, a to vždy po jedné sekundě.
- `end`
  - ukončení cyklu `for`

### 8.2.4 Nastavení grafu a vykreslení

- `time = 0:(1/fs):(length(signal)-1)/fs;`
  - výpočet časové osy. Zápis tvoří počátek osy (nula), poté krok (vychází ze vzorkovací frekvence) a konec osy (všechna data z proměnné `signal` jsou dělena vzorkovací frekvencí, čímž získáme počet sekund). Odečtením 1 je ubrána jedna hodnota, jelikož je na začátku použita nula.
- `for a = 1:7`
  - cyklus `for` pro sedm opakování (počet výsledných grafů pro výstupy čítače)
- `[maxValue,indexMax] = max(abs(fft(signal(:,a - mean(signal(:,a))))));`  
`frequency = indexMax * fs / length(signal(:,a));`
  - výpočet frekvence z Fourierovy transformace (FFT) určením maximální složky výkonového spektra a odečtením odpovídající hodnoty frekvence.
- `subplot(2,4, a);`
  - grafy jsou umístěny do jednoho okna o dvou řádcích a třech sloupcích. Proměnná `a` nabývá hodnot od 1 do 7, tedy postupně označuje každý graf.
- `plot(time, signal(:,a));`
  - samotné vykreslení jednotlivých grafů zadáním časové osy a dat z proměnné `signal`. Hodnoty každého kanálu byly uloženy ve sloupcích. Pomocí `signal(:, a)` je tedy vždy vybrán daný sloupec.
- `title(['Channel A', num2str(a-1), '| ', 'Frequency: ', num2str(frequency), ' Hz']);`
  - vytvoření názvu grafu – textu, zobrazeném nad grafem. První část označuje snímaný kanál, ve druhé je poté daná výsledná frekvence.
- `ylabel('U [V]');`  
`xlabel('t [s]');`
  - přidání popisů osy x a y
- `hold on;`
  - umožňuje podržení aktuálního okna pro vykreslení více grafů
- `end`
  - ukončení cyklu `for`

[15], [22]

## 9 Závěr

Tématem této práce bylo vytvoření komunikačního rozhraní mezi systémem NI Elvis a programovacím prostředím Matlab. Jelikož má však zařízení NI Elvis svůj vlastní software (LabView), kterým lze plně ovládat veškeré funkce, není pro fungování s Matlabem přímo určen.

Tato práce by měla sloužit hlavně studentům technických oborů (především oboru Biomedicínský technik) jako návod pro ovládání NI Elvis skrze Matlab. Důvod snahy o nahrazení LabView právě Matlabem tkví ve skutečnosti, že jej studenti ve svém oboru často využívají a není jim tedy jeho používání zcela cizí. Další výhodou sběru dat do Matlabu je možnost jejich dalšího využití a zpracování, které Matlab se svým četným počtem rozšiřujících knihoven nabízí. Pro ovládání NI Elvis je sice LabView lépe přizpůsobené, avšak jeho další využitelnost nenabízí možnosti srovnatelné s Matlabem. Pro studenty je také mnohem přijatelnější pracovat ve známém prostředí Matlabu, než se učit ovládat zcela nový software.

V počáteční fázi bylo nutné vyhledat informace o možnostech propojení. Firma National Instruments, výrobce NI Elvis, poskytuje volně dostupné ovladače NI ELVISmx, tedy aplikační software, podporující samotné zařízení. S těmito ovladači již mohl počítač připojené zařízení rozeznat. Autor Matlabu, tedy firma MathWorks, na webu nabízí podpurný balíček funkcí. Jedná se o knihovnu, která rozšiřuje podporu pro komunikaci se zařízením NI Elvis. Fyzické spojení zařízení s počítačem pak bylo realizováno prostřednictvím USB kabelu.

Pro prvotní testování komunikace byly sestaveny dvě úlohy. První z nich sloužila pro ověření správného použití analogového vstupu zařízení NI Elvis, pomocí stolního generátoru impulsů. Druhá úloha poté testovala použití analogového vstupu i výstupu, za použití osciloskopu. Tyto úlohy tedy ověřily, že je možné pracovat se zasláním i sběrem dat na zařízení NI Elvis, a také umožnily otestovat správnost použití základních funkcí pro práci s těmito daty.

Aby bylo možné provádět i složitější měření a zpracování dat, bylo nutné použít konkrétní zapojení. Byl tedy sestaven obvod, představující sedm bazálních experimentálních úloh pro konstrukci lékařské přístrojové techniky. Pro snadnější orientaci a možnost vlastního značení jednotlivých prvků, bylo schéma překresleno v programu ProfiCAD. Dle zadání byly opatřeny všechny potřebné součástky daných parametrů, a poté již bylo možné samotný obvod sestavit na nepájivém poli desky Prototyping Board. Po rozboru jednotlivých částí a pochopení funkce dílčích obvodů již mohlo započít měření. Pro určení hodnoty napětí (popřípadě také proudu a odporu) byl použit vnitřní digitální multimetr. V Matlabu byly pro tato měření vytvořeny dvě verze programu, a to manuální a automatická. Po zapojení měřicích kabelů do příslušných zdířek v hlavním panelu zařízení bylo možné změřit napětí v kterékoli části obvodu. Dále byl vytvořen program, schopný v libovolném místě obvodu určit frekvenci signálu a zároveň jej vykreslit do grafu. Realizace spočívala ve využití analogových vstupů zařízení, odkud pak byla data přenesena do počítače. Každý analogový kanál odpovídal jednomu výslednému grafu. Tento program by do jisté míry mohl nahradit osciloskop, který zde nebylo možné použít. Důvodem byla skutečnost, že použitý podpurný balíček funkcí tento vnitřní přístroj nezahrnoval.

Tato práce poskytuje funkční návod pro umožnění komunikace systému NI Elvis s Matlabem, a také podrobně popsany postup pro základní měření. Vytváří tedy jakýsi mezistupeň v řešení této problematiky, jelikož prozatím není vytvořena podpora, která by spojením s Matlabem plně nahrazovala funkci softwaru LabView. Dosažené výsledky však již nyní tvoří podstatnou část realizace tohoto komunikačního rozhraní a je možné je využít pro vzdělávací účely, ke kterým byly převážně určeny. Zároveň zde existuje možnost navázat na tuto práci a s prostřednictvím Matlabu umožnit ovládání všech funkcí zařízení NI Elvis.

## Použitá literatura

- [1] Jak pracovat s MATLABem. In: *Přírodovědecká fakulta MU* [online]. 2014-09-14 [cit. 2014-12-27]. Dostupné z: <https://www.math.muni.cz/~kolacek/vyuka/vypsyst/navod.pdf>
- [2] Matlab. *Humusoft* [online]. © 1991 - 2014 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://humusoft.cz/produkty/matlab/matlab/>
- [3] Data Acquisition Toolbox. In: *MathWorks* [online]. © 2012 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/products/datasheets/pdf/data-acquisition-toolbox.pdf>
- [4] Data Acquisition Toolbox. *Humusoft* [online]. © 1991 - 2014 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://humusoft.cz/produkty/matlab/aknihovny/daq/>
- [5] Simulink. *Humusoft* [online]. © 1991 - 2014 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://www.humusoft.cz/produkty/matlab/simulink/>
- [6] NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVIS TM II Series) User Manual. In: *National Instruments* [online]. 2011 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/374629c.pdf>
- [7] NI ELVIS II, NI ELVIS II+. *National Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/205425#overview>
- [8] What is LabVIEW?. In: *National Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2015-01-15]. Dostupné z: <http://www.ni.com/webcast/3187/en/>
- [9] LabVIEW Environment. *National Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.ni.com/academic/students/learn-labview/environment/>
- [10] NI ELVIS II Prototyping Board Pinouts. In: *National Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: [http://digital.natinst.com/public.nsf/\\$CXIV/ATTACH-AEEE-7J4L7X/\\$FILE/NI%20ELVIS%20II%20Prototyping%20Board%20Pinouts.pdf](http://digital.natinst.com/public.nsf/$CXIV/ATTACH-AEEE-7J4L7X/$FILE/NI%20ELVIS%20II%20Prototyping%20Board%20Pinouts.pdf)
- [11] What Is NI SignalExpress?. *National Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2015-01-05]. Dostupné z: <http://www.ni.com/labview/signalexpress/whatis.htm>
- [12] NI ELVISmx 4.4. *National Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.ni.com/download/ni-elvismx-4.4/3050/en/>
- [13] NI ELVIS II Series Specifications. In: *National Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372590b.pdf>
- [14] Drivers. *National Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2015-01-15]. Dostupné z: <http://search.ni.com/nisearch/app/main/p/ap/tech/lang/cs/pg/1/sn/ssnav:drv/>
- [15] Data Acquisition Toolbox. *MathWorks* [online]. © 1994-2015 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/help/daq/index.html>
- [16] Výukový materiál, autor návrhu: Ing. Tomáš Klinkovský
- [17] GM electronic [online]. 1990–2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/>
- [18] TL062CP Datasheet (PDF) - Texas Instruments. *ALLDATASHEET.COM* [online]. 2003 - 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/28797/TI/TL062CP.html>
- [19] CD4046BE Datasheet (PDF) - Texas Instruments. *ALLDATASHEET.COM* [online]. 2003 - 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26875/TI/CD4046BE.html>
- [20] TL064CN Datasheet (PDF) - Texas Instruments. *ALLDATASHEET.COM* [online]. 2003 - 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/28791/TI/TL064CN.html>



- [1] HCF4024BEY Datasheet (PDF) - STMicroelectronics. *ALLDATASHEET.COM* [online]. 2003 - 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/28791/TI/TL064CN.html>
- [2] NI ELVIS II Power Supply, Function Generator, Digital Multimeter Support. *Matlab Central* [online]. © 1994-2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/32635-ni-elvis-ii-power-supply--function-generator--digital-multimeter-support>

## **Seznam příloh**

Všechny následující přílohy se nalézají na přiloženém CD. Jedná se o soubory v Matlabu, jež byly použity při testování, měření a vykreslování dat.

Příloha I: Test\_1.m pro testovací úlohu 1

Příloha II: Test\_2.m pro testovací úlohu 2

Příloha III: DMM.m pro měření na digitálním multimetru

Příloha IV: Vykresleni.m pro grafické vyjádření signálu s určením frekvence