ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Freeware simulační a vizualizační nástroje pro GNU / Linux

vedoucí práce: **Ing. Martin Janda, Ph.D.**
autor: **Lupínek Jiří**

2013

Originál (kopie) zadání BP/DP

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na porovnávání freeware simulačních a vizualizačních nástojů pro operační systém Linux. Práce se zabývá vyhledáním volně šiřitelných programů pro simulace elektronických úloh a jejich zobrazením. Dále také demonstraci použití nasimulováním jednoduché elektrotechnicé úlohy a následným porovnáním z hlediska uživatele.

Klíčová slova

Linux, elektrotechnická úloha, simulace, instalace, Pascal, C++, freeware, simulační nástroje, porovnání

Abstract

The graduation thesis is about comparing of freeware simulation and visualization programs for operation system Linux (Ubuntu, Mandrake...). It's about searching for freeware programs for simulation of electrotechnical tasks and their visualization. It also include a use by demonstration on simple electotechnical task and comparison from the view of the user.

Key words

Linux, electrotechnical task, simulation, instalation, Pascal, C++, freeware, simulation tools, comparizon

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr bakalářského studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 17.6.2013 Jiří Lupínek

……..

Obsah

Úvod

Tato práce je zaměřena na porovnání freeware grafických a vizualizačních programů pro Linux.

Samotná práce má tři části. První popisuje použitý operační systém, jeho první instalaci a rady důležité pro práci s ním. Druhá se zabývá programy použitými pro vytvoření kódů pro hlavní program, jejich popisem, reálným využitím a instalací. Třetí část popisuje funkci programů a vizualizaci.

Seznam symbolů a zkratek

Linux ..... operační systém

C++..... programovací jazyk

Pascal..... programovací jazyk

OS..... operační systém

PDA..... malý kapesní počítač

MAC..... operační systém pro počítače Macintosh

MATLAB..... Matrix laboratory

1. Linux

1.1 Úvod do programování

Freeware programy se rozvijejí již od počátku výroby složitějších programů. Jedná se většinou o zjednodušené verze placených programů, které mají za úkol navnadit budoucí zákazníky a donutit je ke koupi vylepšené verze. V praxi se tento typ programů začal používat u operačních systémů Windows, ale postupně se přesunul i na ostatní platformy.

S růstem poptávky po specializovaných programech pro specifická odvětví lidské činnosti se objevili i programy pro řešení nejdříve jednodušších elektrotechnických úloh a později i pro ty složité. Nejednalo se jen o samotné výpočty, ale postupem časů i o vizualní simulaci. Díky zdokonalování počítačových komponentů rostou i možnosti detailního zobrazení.

Běžní uživatelé ovšem nezvládají složitější a dle nich nelogické programy. Proto se začal brát ohled nejen na vzhled a zobrazení hodnot a výsledků, ale také na jednoduchost ovládání. Ruku v ruce s ovládáním se rozvinula i snadná instalace.

V této práci budeme pracovat a porovnávat programovací jazyky Pascal a C++. Oba mají možnost vizualizace a hodí se k naprogramování zadaných úloh dle potřeb uživatele. V našem případě byl použit freeware program Lazarus IDE v0.9.28.2-10 pro zpracování jazyka Pascal a program QT4 pro jazyk C++ .

1.2 Popis Linuxu

Linux je moderní operační systém (OS), jehož ovládání je stejně přívětivé jako u jiných systémů a který obsahuje velké množství ovladačů pro nejrůznější standardizovaný hardware.

- Na Linuxu není zpravidla nutné používat žádný komplikovaný zabezpečovací nebo antivirový systém.

- Linux neodesílá žádné citlivé informace bez vašeho vědomí. V naprosté většině případů systém nevyžaduje restart k projevení změn.

- Mezi aplikacemi každé větší linuxové distribuce najdete kancelářský balík, tzv. office.
- V každé linuxové distribuci naleznete velké množství nejrůznějších aplikací.
- Linux lze výkonově i vzhledově přizpůsobit každému požadavku.
- Linux je možné používat na velkém množství zařízení od PDA, přes notebooky, stolní počítače až po specializované servery. Díky jeho založení však není potřeba se na každém učit novému zacházení. Stále se jedná o principiálně stejný systém.

- Flexibilita Linuxu umožňuje, že při změně hardwaru nebo celého počítače nemusíte přeinstalovávat celý systém.

- Nemusíte se přihlašovat a odhlašovat při administraci systému. Pracovat může i několik lidí najednou.
- Na Linuxu je možné pracovat vzdáleně, a to mnoha různými způsoby.

- V podstatě všechny linuxové distribuce jsou k dispozici zdarma, protože se jedná o svobodný software.

1.3 Nejznámější distibuce

- Ubuntu – celkem mladá distribuce, vývoj pro osobní počítače jako desktopová aplikace
  - různé modifikace grafických prostředí, možnost pustění pres Live CD (lze spustit Linux bez nutnosti instalce)

- Gentoo – pro pokročilé uživatele, možnost nastavit si distribuci na míru počítače a používání

- Debian – rozsáhlý, dlouho vyvýjený

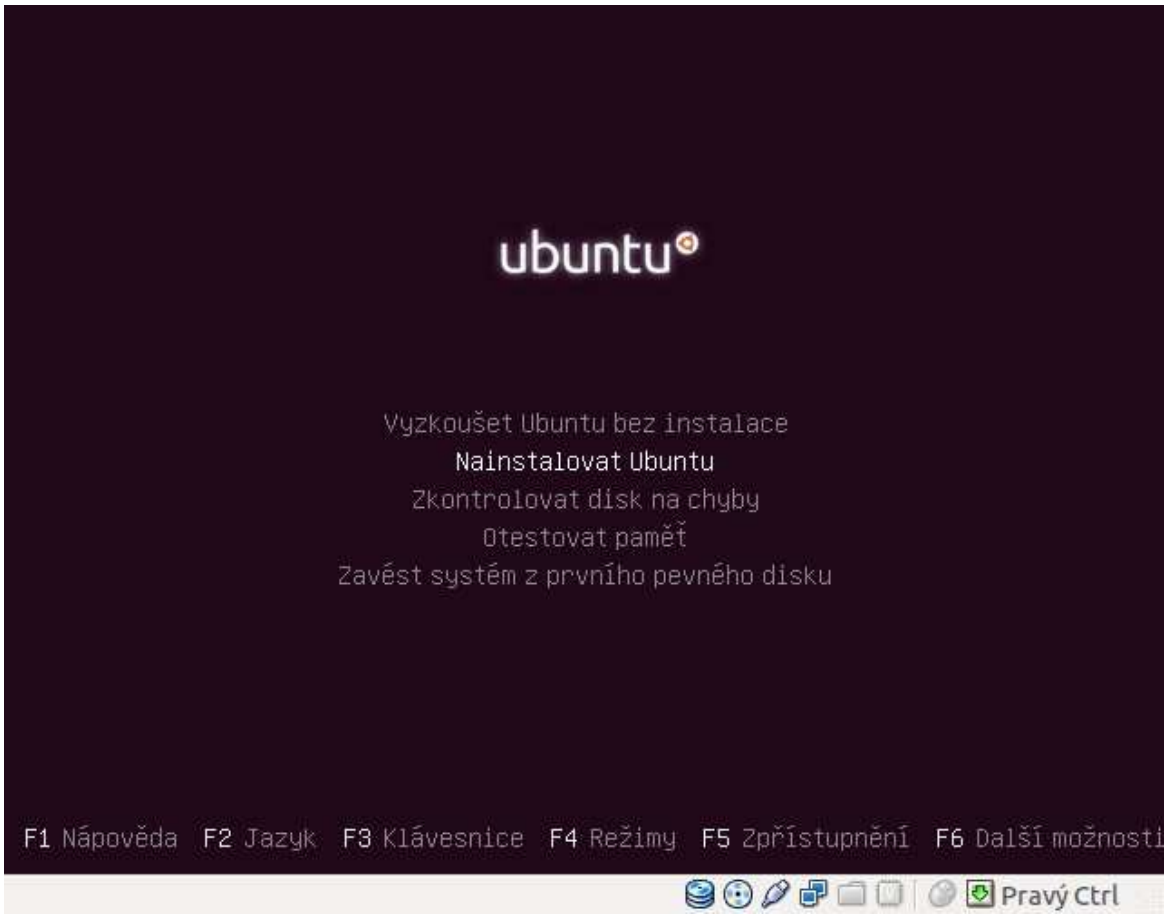
1.4 Instalace Linuxu

Z internetu si stáhneme instalační soubory, například ze stránek http://www.linux.cz/ . Po vypálení na cd / Dvd v režimu systémového disku není problém naisntalovat systém na počítač.

V našem případě jsem použil program Oracle Virtual Box, který nám umožňuje vytvořit si virtuální počítač v počítači s již nainstalovaným operačním systémem Windows.

Odpadne tímto problém s rozdělováním pevných disků na více oddílů a nastavování spouštění jednotlivých operačních systémů.

Instalace Linuxu se příliš neliší od většině lidí známé instalace Windows. Poběhne prakticky bez zásahu uživatele a zabere necelou půlhodinu času.

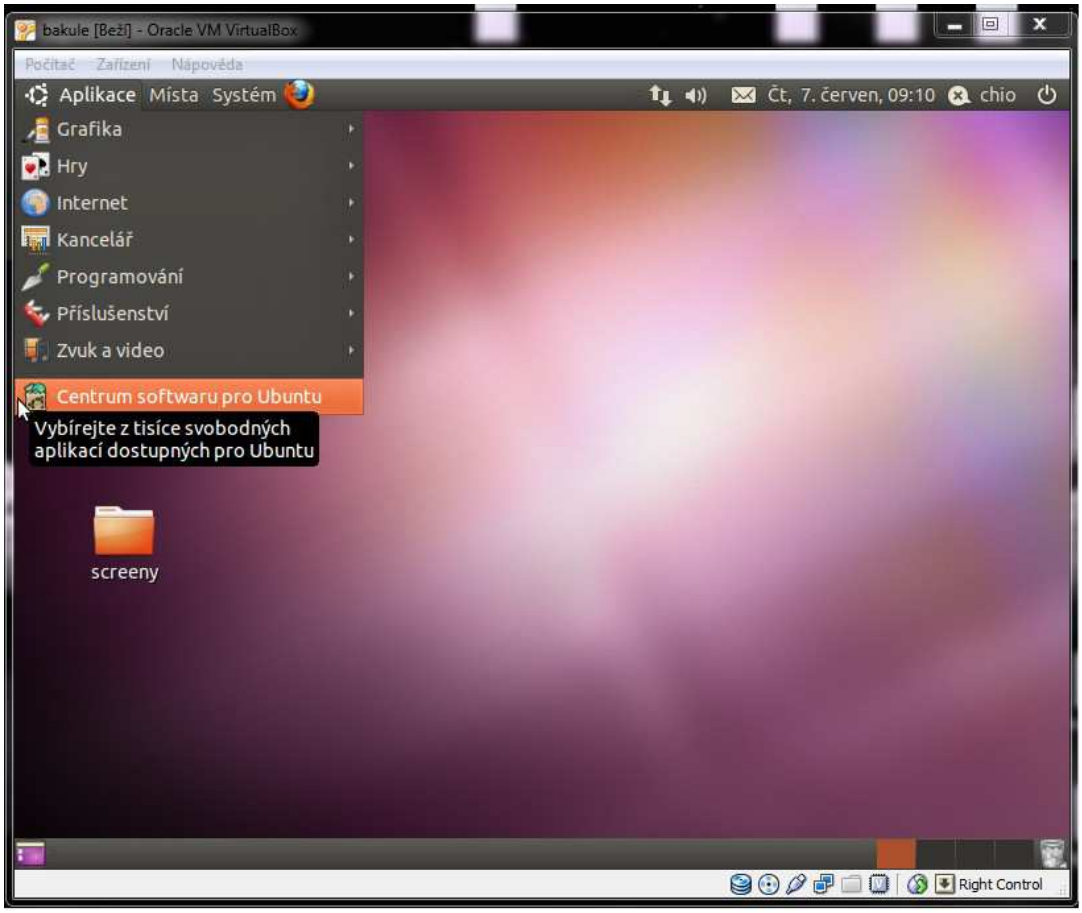


Obrázek 1.4 – Instalace Ubuntu

1.5 Vzhled operačního systému

Práce v systému je v případě distribuce Ubuntu prakticky totožná s Windows. Najdeme zde plochu, systémovou lištu monitorující pevné i připojené disky, nastavení obrazovek či klávesnice. V levém horním rohu obrazovky jsou nastavení systému, adresář základních složek (Dokumenty, Počítač, Plocha, Síť) a pro nás nejdůležitější – seznam aplikací.

V něm najdeme nejen nainstalované aplikace, ale také zde máme přístup ke stažení dalších programů pomocí Centra softwaru pro Ubuntu.



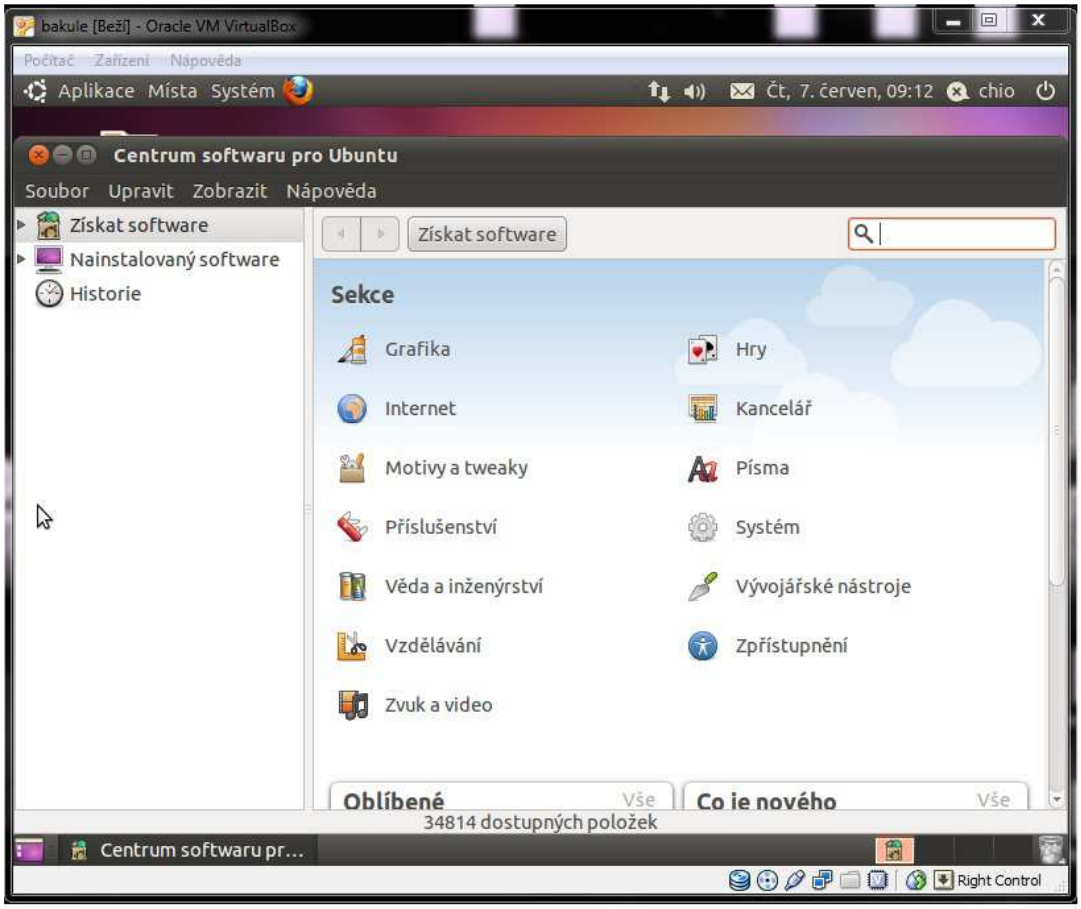
Obrázek 1.5 – Vzhled plochy v Ubuntu

2. Programovací jazyky

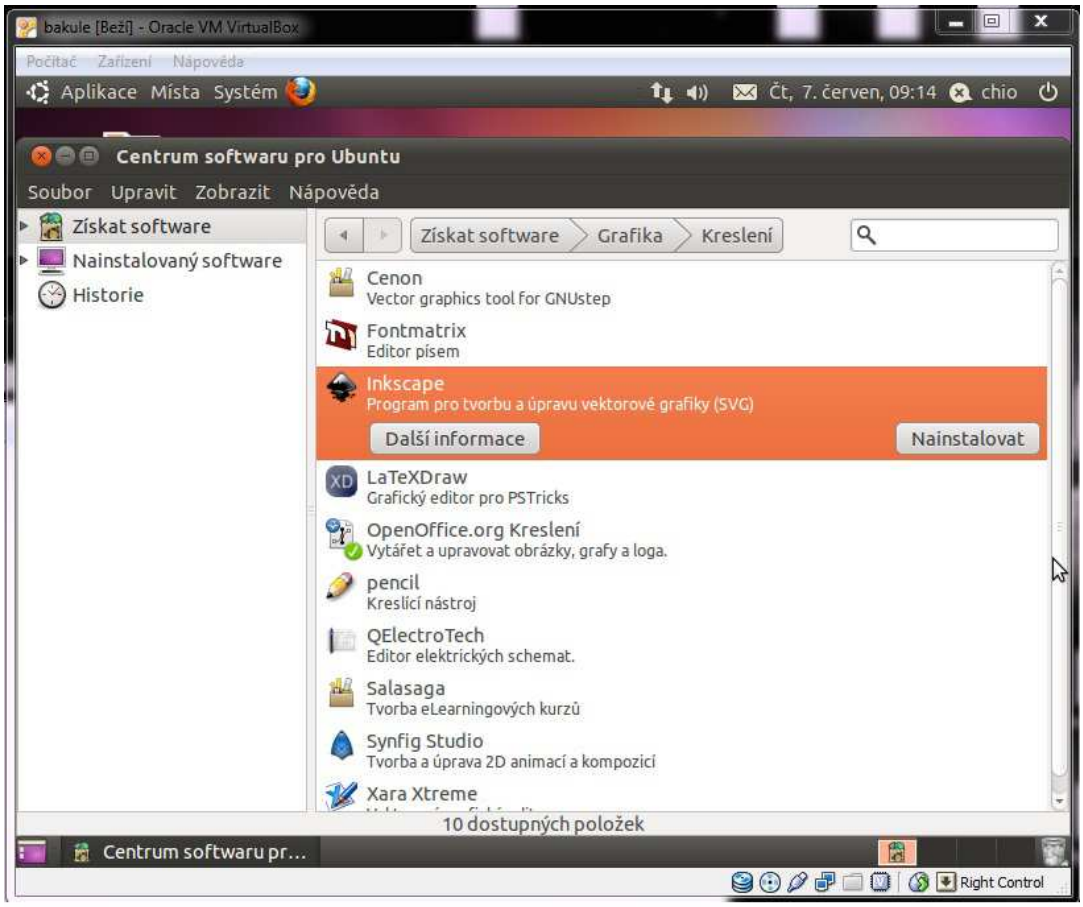
2.1 Instalace

Otevřeme si Centrum softwaru pro a zde si najdeme buď dle kategorií či přímo dle názvu vhodný program. Po nalezení programu se nam v možnostech nabídne zobrazení více informací a samotná instalace. Uživatel tak má možnost si najít program, který pokrývá celou škálu potřebných funkcí. Samotná instalace pak probíhá automaticky bez nutného zásahu od nás.

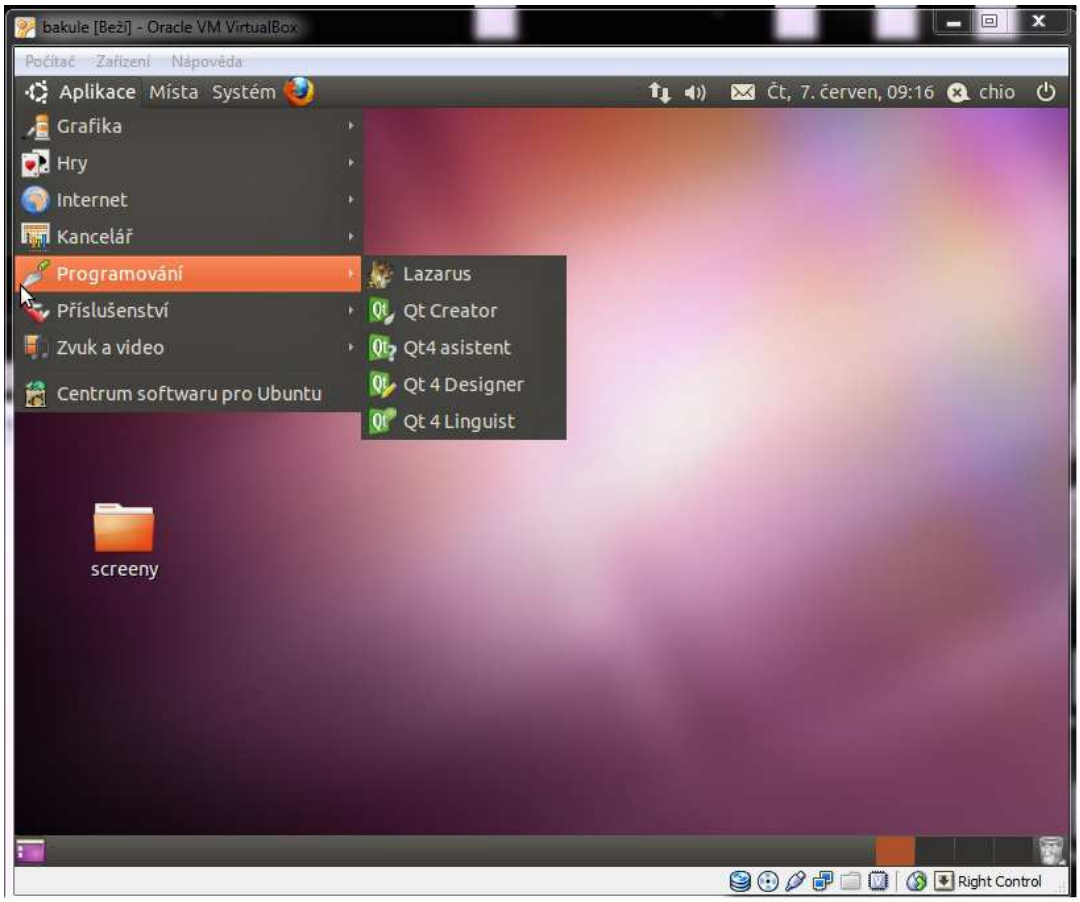
Pro náš další postup v úkolu si nainstalujeme oba zvolené programy. Lazarus pro programovací jazyk Pascal a QT4 pro C++. Po nainstalování pak programy najdeme v záložce Aplikace a v podzáložce Programování.



Obrázek 2.1 – Cetrum softwaru pro Ubuntu



Obrázek 2.1 – Detaily o programu



Obrázek 2.1 – Přehled nainstalovaných programů

2.2 Lazarus

2.2.1 Základní informace

Toto vývojové prostředí je dostopné nejen pro Linux, ale i pro windows. Používá se k vývoji v jazycích Pascal, ale také Deplhi. Je tedy vhodný jak pro programování přes příkazový řádek, tak pro objektovou práci. Vývojové prostředí se podobá Delphi. Debug informace se ukládají prímo do exe souboru. Je stabilní s rozsáhlými možnostmi vizualizace. Lze kompilovat pod Linux, Windows a Mac. Dá se použít pro kompilaci aplikací pro mobilní telefony. Použití tohoto programu v roce 2011 udává tabulka.

Widget set	Supported Operating Systems	Status
Windows API, GDI	Windows	Mainstream use
Windows CE API, GDI	Windows CE	Mainstream use
GTK+ 1.2.*x*	Linux (via X11)	Deprecated
GTK+ 2.8+	Windows, Linux (X11 and framebuffer) and Mac OS X (via X11)	Mainstream use
Qt 4.5+	Windows, Linux (X11 and framebuffer), Mac OS X	Mainstream use. Works in Windows, Linux, Mac OS X, Maemo, etc
Cocoa	Mac OS X	In progress
Carbon	Mac OS X	Mainstream use
fpGUI	Windows, Windows CE, Linux (via X11)	Initial stage
Lazarus Custom Drawn Controls	Android, Windows, Linux (via X11), Mac OS X	Initial stage

Obrázek 2.2.1 – Tabulka používatelnosti v roce 2011

2.2.2 Používání databází

Lazarus také podporuje používání databází. Po nainstalování doplňků se může používat spolu s MySQL, PostgreSQL a dalšími. Lze ho také používat pro webový vývoj.

Seznam použitelných databází s potrebnými komponenty v angličtině:

- PostgreSQL, with the PSQL package
- dBase and FoxPro can be supported without the need for an external server or library through the TDbf component
- MySQL works
- InterBase / Firebird works via standard SQL DB Package, and the Open Source IBX for Lazarus (see external link below)
- SQLite needs a single external library and the TSqliteDataset component
- MSSQL is working with Zeoslib. FPC versions after 2.6.0 will allow FreeTDS for MSSQL access.
- InterBase / Firebird also works with the latest ZeosLib
- SQLdb which is shipped by default provides connectivity against PostgreSQL, Oracle, ODBC, MySQL, SQLite and InterBase
- ZeosDBO originally written for Delphi, now works for Lazarus as well, providing connectors roughly as many as SQLdb

2.2.3 Porovnání s Delphi

Rozdíly mezi Lazarusem a Delphi:

- větší velikost souborů oproti Delphi kvůli ukládaní debug informací do exe souboru. Lze zredukovat nastavením kompilatoru či použitím programů Strip či UPX.
- Komponenty pro Delphi lze použít po konvertaci i v Lazarusu
- Chybí propojení s MS Ofiice (Excelové tabulky)
- Práce se síťovými prostředky je díky množství dodatkových balíčků na dobré úrovni
- Nepodporuje knihovny .NET, lze ovšem použít kód v nich obsažený
- Od verze 2.2.0 podporuje COM
- Nepodoruje dynamické balíčky
- Není plně kompatibilní s VCL kvůli designu, je třeba ručně doupravit

2.2.4 Aplikace

Anglický popis aplikací použitelných pro program Lazarus:

- Audio X is a media management tool that can organize and sort your media without using a separate database, so the data set is always synchronized. Many audio formats are usable directly but you can also organize your LP or CD collection with it. It stores data in XML files so they are also viewable with a web browser. Made with Lazarus/FPC.
- Cactus Jukebox is an audio player that comes with a database to organize your MP3 file collection. It is platform independent and currently available for Linux and 32-bit Windows. Made with Lazarus/FPC.
- Cartes du Ciel is a free planetarium program for Linux, Mac OS X and Windows. The software maps out and labels most of the constellations, planets, and objects you can see with a telescope. It's fully written in Lazarus/FPC and released under GPL.
- Becape is an open source backup tool aimed at personal/desktop usage. It does incremental backups and stores the backup info in an SQLite database allowing the restoration of the exact state of the backed files at a chosen date. It's fully written in Lazarus/Freepascal.
- CQRLOG is an advanced ham radio logger based on a Firebird database. Provides radio control based on hamlib libraries (currently support of over 140 radio types and models), DX cluster connection, QRZ callbook (web version), a grayliner, ON6DP

QSL manager database support and a most accurate country resolution algorithm based on country tables developed by OK1RR. CQRLOG is strongly focused on easy operation and maintenance. Made with Lazarus/FPC.

- Cheat Engine is an open source memory scanner/hex editor/debugger. It is useful for cheating in computer games. Since version 6.0 it is compiled with Lazarus/FPC.
- Dedalu is a collection of small and simple projects developed in Lazarus/FPC by Giuseppe Ridinò (aka Pepecito). They are games, editors, utilities, etc.
- DarGUI is a graphical interface for Denis Corbin's Dar backup utility, developed using Lazarus/FPC.
- HJSplit for Linux is a freeware file splitter. HJSplit supports file sizes of over 100 Gigabytes, Split, Join/Recombine, MD5 checksums, file-compare and "run without install". Runs on Linux. Created using Free Pascal and Lazarus.
- KComm is a ham radio logging program developed specifically for Elecraft K2 and K3 transceivers. It works under Windows or Linux. It is designed for the average ham radio operator who wants an easy to use logging program also suitable for casual contest use. It supports CW Transmit from the keyboard, CW decoding, PSK31/63 transmit and receive. DX Cluster client and integration with CW Skimmer. Made with Lazarus/FPC.
- LockHunter a free utility used to force deletion of any files, even those that are locked by some processes. Made with Lazarus/FPC, currently supports Windows 32 / 64 bit only.
- Master Maths specializes in computer based training and maths. The third incarnation of their flagship product is developed using Lazarus, Firebird database and tiOPF v2. The product has two parts. An Administration application and a Learner Browser (used to view and mark the teaching modules). The Learner Browser uses Adobe Flash extensively and is a CGI web application. The complete product runs under Linux and Windows. Made with Lazarus/FPC and uses the fpGUI Toolkit as its widgetset.
- MRIcron is a medical image visualization and analysis package. The software provides tools for drawing volumes of interest and volume rendering. In addition, it includes non-parametric statistical mapping (npm) and conversion of images from DICOM format to NIfTI format (dcm2nii). Made with Lazarus/FPC, it is currently

available for Windows (using WinAPI), Linux (GTK1, GTK2 or QT) and Mac OS X (Carbon or GTK1).

- MRIcroGL uses GLScene to provide hardware accelerated volume rendering. It can display grayscale images (e.g. CT, MRI) or full color images (e.g. photographs from the visible human dataset).
- Music Player by Freebyte.com is a freeware no-frills music player designed for Linux. It supports MP3, Wav, OGG and AIFF files. Created using Lazarus, Free Pascal and the Bass audio library.
- MyNotex is a free software for Gnu/Linux useful to take and to manage textual notes.
- OutKafe is a next-generation free and open source cybercafe management suite. OutKafe is licensed under the GNU GPL version 3, and is thus considered free software. OutKafe is developed by A.J. Venter with sponsorship from OutKast I.T. Solutions C.C. and the kind contributions of several volunteers. OutKafe is running hundreds of cybercafe's at business, schools and other establishments around the world. Made with Lazarus/FPC.
- Peazip is an open source archiver, made with Lazarus/FPC
- QFront is a platform independent frontend for the CPU emulator QEMU. Made with Lazarus/FPC.
- SimThyr is a continuous numerical simulation program for thyrotropic feedback control used for research and education (open source, cross platform for Mac OS X, Windows and Linux).
- Smith4VNA is a program for driving "miniVNA" Vector Analyzer via USB port. The results of measurements are both table and Smith Chart. Made with Lazarus/FPC, Linux + Windows32 platforms.
- SPINA is a medical cybernetic software package that allows for calculating constant structure parameters of endocrine feedback control systems from hormone levels obtained *in vivo*. This free software comes with source code in Lazarus/FPC and PocketStudio.
- TreePad Lite for Linux is a freeware tree-based personal information manager for Linux. It has been designed to manage, store, edit, organize and browse any type of textual data, such as: notes, emails, articles, links, phone numbers, addresses, scraps pasted from the Web, etc. Created using Lazarus and Free Pascal.

- TruckBites business management software for independent trucking companies and owner/operators in the USA. Written with Lazarus/FPC under contract by Tony Maro for both Linux and Windows for "Partners in Trucking, LLC".
- Virtual Magnifying Glass is a free, open source, screen magnification tool for Windows, Mac OS X and Linux.
- Double Commander is a cross-platform open source file manager with two panels side by side.
- Wireless Orders for Mini Bar Cafe Win32 TCP/IP Application Server, Win32 TCP/IP Client, WinCE TCP/IP Client.

2.3 QT4

2.3.1. Popis

Přezdívaný taky jako cute (milý) je multiplatformový framework pro aplikace. Pouívá se hlavně k vývoji softwaru aplikací s grafickým uživatelským rozhraním (GUI). Lze ho také využít pro konzolové aplikace či nástroje pro příkazový řádek pro servery. Používá se pro Adobe Photoshop, VLC Media Player, Virtual Box či Mathematica. Používají do firmy jako ESA, Dreamworks, Panasonic, Philips, Google, Hp nebo Siemens. Webový prohlížeč Opera dho používá jako toolkit pro vzhled v Linuxových platformách.

2.3.2 Vývoj

QT je vyvýjen jako open source. Původně ve firmě Troltech, pak Nokia a později byla licence prodána společnosti Digia. I v dnešní době se vývojáři od Nokie aktivně podílí na vývoji.

V kódování se používá standartního jazyka C++, který je obohacen o speciální generátor kódu. Lze ho použít pro většinu mobilních či desktopových platform. Umí pracovat s SQL databázemi, zpracováním XML, podporou sítí, správou procesů a multiplatformový výstup pro zvládání různých typů souborů.

2.3.3 Podpora programů

Podporuje kompilaci jazyka C++ či kód pro Visual Studio. Při práci s C++ nebo Javou je k dispozici několik balíčků, které v sobě obsahují množství pomocných vychytávek, grafických textur, úprav stylů a dalšídch, pořebných k vývoji modernícho vzhledu programů.

3. Grafický výstup

3.1 OpenOffice.org

OpenOffice.org je kancelářský balík. Tedy sada programů pro kancelářskou práci doma či ve firmě. Podobně jako Microsoft Office se skládá z několika podprogramů. Ty jsou navzájem kompatibilní a umožňují tím úzkou spolupráci mezi nimi. Mezi nejpoužívanější bych zařadil: Writer, Calc a Draw,

Program je tvořen ve firmě Apache Software Foundation. Přispívají do něj také dobrovolní programátoři. Jedná o tedy o otevřený projekt. Je volně dostupný a není za něj třeba platit.

Instalaci jsem provádět nemusel, program byl nainstalován zároveň s instalací operačního systému, ale není problém naistalovat podobně jako dříve zmíněné programy.

4. Regulace proudu v kotve DC motoru

4.1 Matlab

Zdrojový kód pro Matlab byl zadán jako součást úkolu. Naším cílem je předělat ho pomocí vybraných programů pod operační systém Linux. Jedná se o program eegulace proudu v kotve DC motoru napajeneho ze 4-kvadrantoveho pulsniho menice (H-mustku).

4.2 Lazarus

Jedná se o konzolovou aplikaci, která je pro začátečníky jednodušší k naprogramování. Nemusíme řešit objetové programování a stačí nám jednodušší příkazy. Kostra a schéma programu je prakticky totožné s Matlabem. Použijeme pouze příkazy pro Pascal. V mém případě došlo k problému s vykreslením finálních grafů z hodnot

dvourozměrného pole. To jsem vyřešil uložením hodnot do souboru, který otevřeme externím programem a výsledky v něm zpracujeme.

4.3 QT4

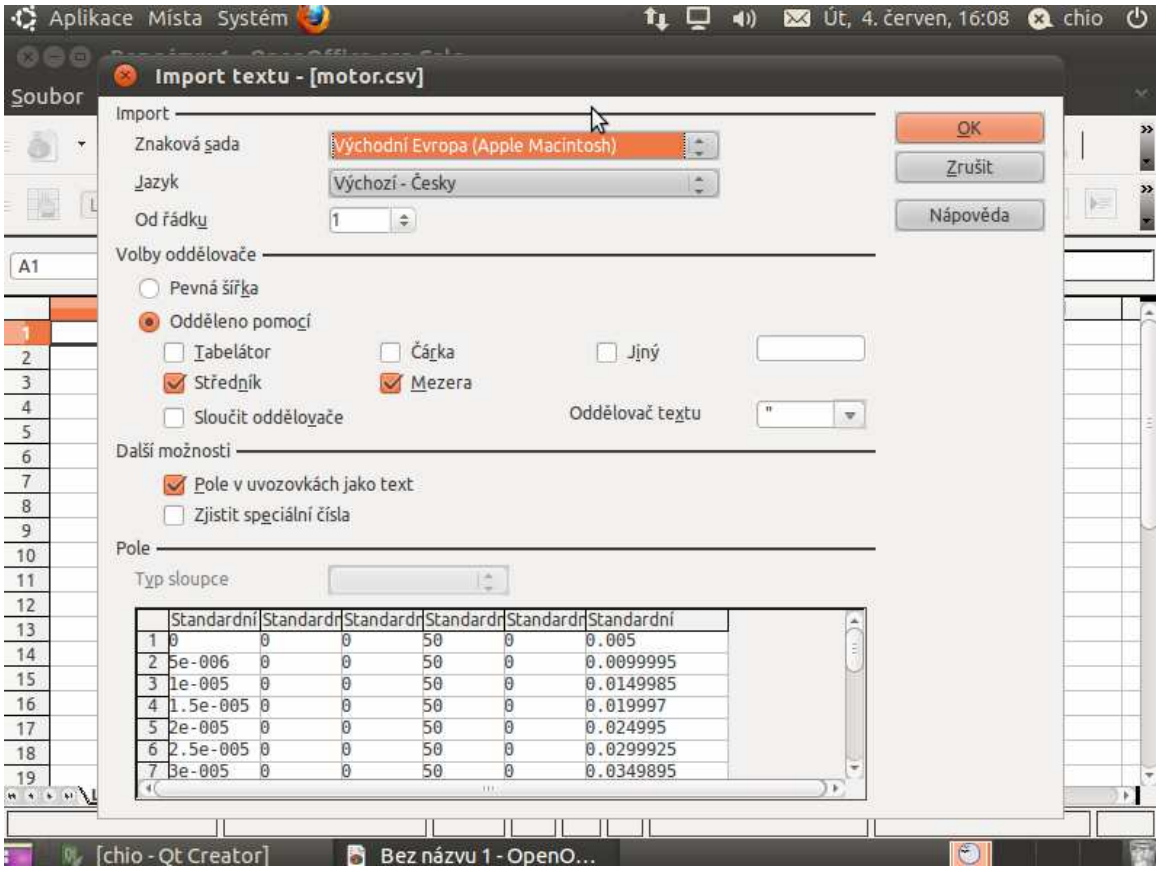
Jde o grafickou aplikaci naprogramovanou v jazyce C++ s využitím knihovny Qt 4. Qt 4 vyžaduje od programátora objektový přístup a není tedy pro začátečníky tak jednoduché, jako například Lazarus (Pascal).

Vlastní kód výpočtu a uchování hodnot je velmi podobný kódu v Matlabu. Je pouze nutné dbát na správné datové typy, které jsou vyžadovány.

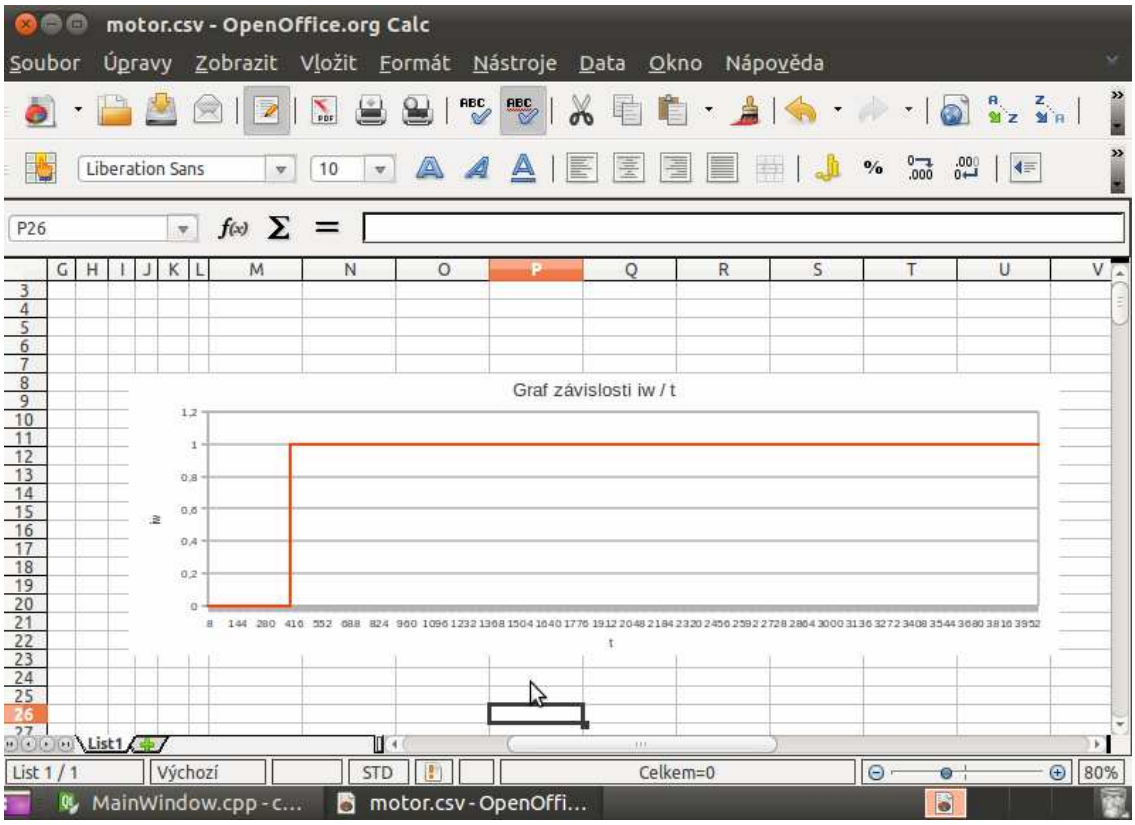
Problém však nastává při vykreslování grafů do aplikace, protože je nutný objektový přístup. Bylo by pravděpodobně nutné, napsat vlastní komponentu implementovanou objektově, která se poté bude starat o vlastní vykreslení grafů. To jsem vyřešil uložením hodnot do souboru, který otevřeme externím programem a výsledky v něm zpracujeme.

4.4 Vytvoření grafů

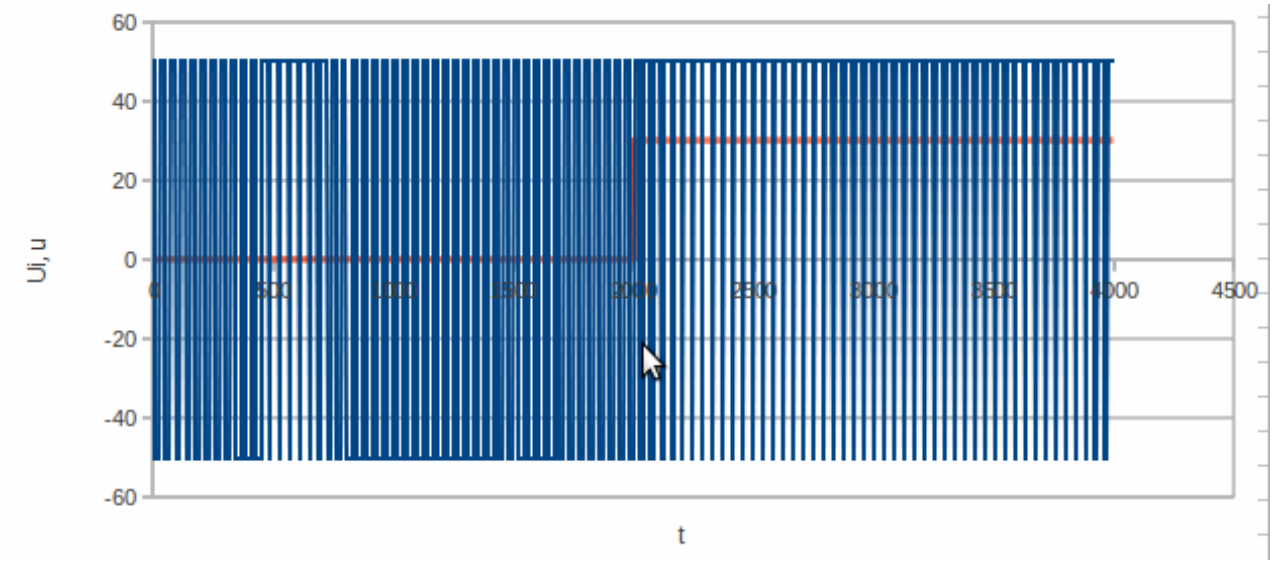
K zobrazení grafů z hodnot vypočtených programy jsem se rozhodl využít program OpenOffice.org a jeho tabulkový editor (Calc). Podporuje čtení souborů s příponou CSV, který je vhodný k ukládání dat. Věechny hodnoty jsou uložené tak, že se z nich při otevření vytvoří přehledná tabulka, která má 5 sloupců a 4000 řádků. Velký počet řádků je způsoben malými kroky při výpočtech hodnot. Zde už pro běžného uživatele se znalostí tabulkových editorů není problém vytvořit grafy jednotlivých závislostí dle potřeby. Pro názornou ukázku porovnání výstupu z Matlabu a upravené grafy pro některé veličiny z OpenOffice.org.



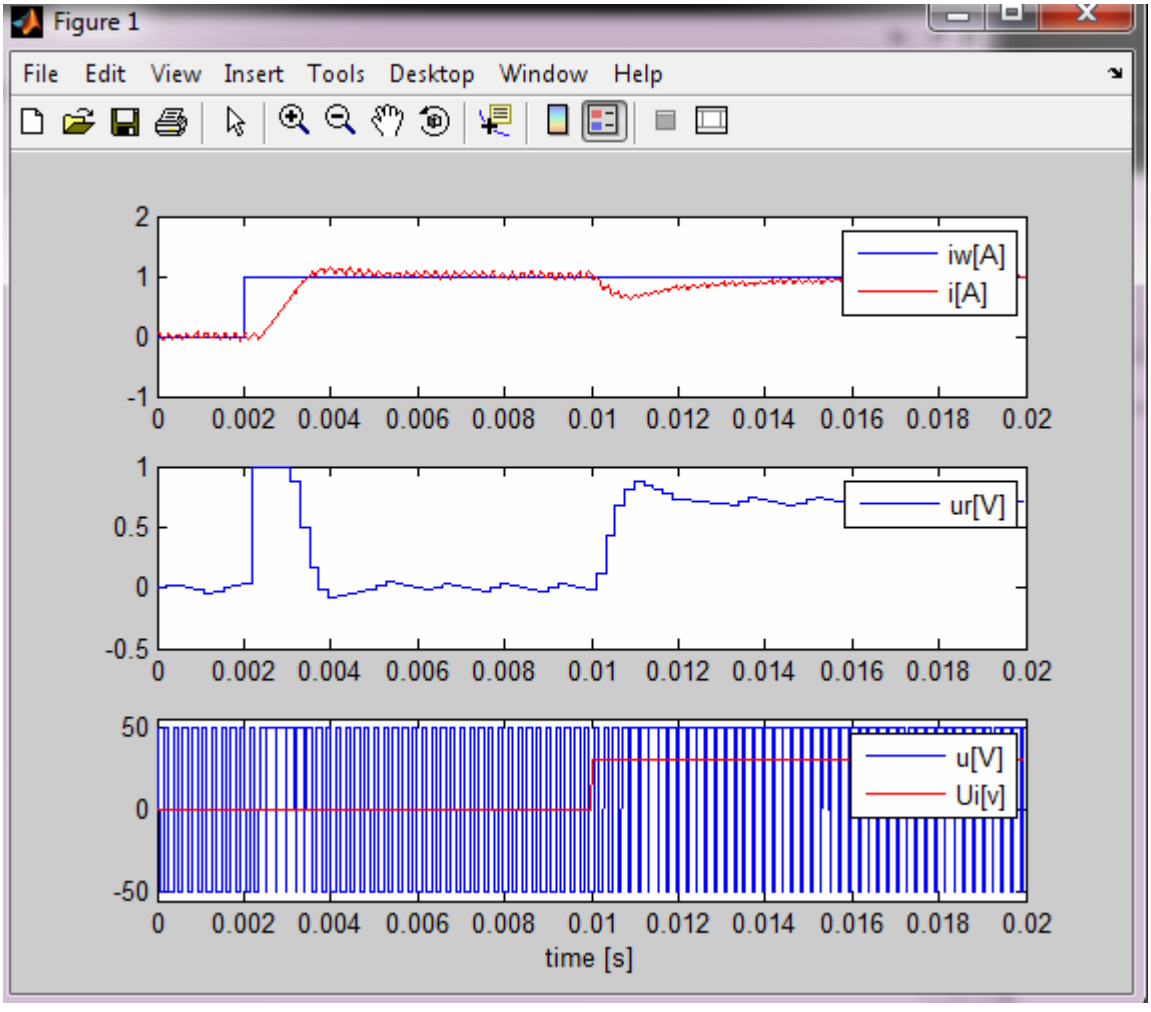
Obrázek 4.4 – Otevření souboru výsledků a jeho import do tabulky



Obrázek 4.4 – Graf závislosti i_w na čase v OpenOffice.org



Obrázek 4.4 – Graf závislosti U_i a u na čase v OpenOffice.org



Obrázek 4.4 – Grafy závislostí v Matlabu

Závěr

Podařilo se mi úspěšně nainstalovat požadované programy k otestování. Při jejich porovnávání jsem zjistil, že výhodnější je pracovat v programu QT4, vzhledem k lepší přehlednosti kódu programovacího jazyka a velikosti vytvořeného souboru. Výstup v podobě datového souboru si uživatel může otevřít v tabulkovém editoru, kde lze celkem přesně simulovat grafický výstup Matlabu.

Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] Mareš, Amadeo: 1001 tipů a triků pro C# 2010, Computer Press, 2011

[2] Pavel Herout: Učebnice jazyka C, Koop, 5.vydání, ISBN 978-80-7232-351-7

[3] Putz, Karel : Pascal, Grada, 2007, ISBN 978-80-247-1255-0

[4] http://www.linuxexpres.cz/blog/nebud-lazar-bud-lazarus

[5] http:/wiki.freepascal.org/Lazarus_Documentation/sk

[6] http://en.wikipedia.org

[7] http://www.linux.cz/

Přílohy

Příloha 1 – Původní program v Matlabu

```
%regulace proudu v kotve DC motoru napajeneho ze 4-kvadrantoveho pulsniho
%menice (H-mustku)

clear;
dt=5e-6;%[s] %krok simulace

%parametry regulatoru
kr=2;
Taur=0.003;

fp=5000;%frekvence nosne pily, Hz
urmax=1;%rozsah ridiciho napeti mustku
U=50;%napajeci napeti mustku [V]
R=1;%odpor vinuti [Ohm]
L=0.05;%indukcnost vinuti [H]

dupila=4*fp;%derivace signalu nosne pily

%pocatecni podminky
t=0;i=0;sum=0;ur=0;iw=0;compareReg=0;
u=0;Ui=0;up=-1;

%vlastni vypocetni smycka
while t<0.02
   %definovani pozadovaneho prubehu proudu
   if t>0.002 iw=1; end;
   %definovani prubehu poruchy
   if t>0.01 Ui=30; end;

   %pila tvorici PWM (symetricka)
   up=up+dupila*dt;
   if up>urmax dupila=dupila*(-1);end;
   if up<-urmax
      dupila=dupila*(-1);
      compareReg=ur;%do compare registru PWM se priradi vystup regulatoru z minule
periody PWM - doba vypoctu algoritmu Pi regulatoru trva celou 1/fp (nejhorsi pripad)
      e=iw-i; %regulacni odchylka
      %PI (P) regulator
      if abs(ur)<urmax sum=sum+1/Taur*e/fp; end;%integrace reg. odchylky, pokud neni
vystup omezen
      ur=kr*(e+sum);
      %omezovac regulatoru
      if ur>urmax ur=urmax; end;
      if ur<-urmax ur=-urmax; end;
    end;
```

```
    % PWM
    if compareReg>up u=U; else u=-U; end;

    % vypocet diference proudu (z rovnice u=R*i+L*di/dt)
    di_dt=1/L*(u-R*i-Ui);

    % numericka integrace Eulerovou metodou
    i=i+di_dt*dt;

    % zapis vysledku do pole
    if t==0 vys=[t,iw,ur,u,Ui,i]';
    else vys=[vys [t,iw,ur,u,Ui,i]']; end;
    % posun casu na dalsi vypocetni krok
    t=t+dt;
end;

subplot(3,1,1);
plot(vys(1,:),vys(2,:));hold on;
plot(vys(1,:),vys(6,:),'r');hold off;
legend('iw[A]','i[A]');
subplot(3,1,2);
plot(vys(1,:),vys(3,:));
legend('ur[V]');
subplot(3,1,3);
plot(vys(1,:),vys(4,:));hold on;
plot(vys(1,:),vys(5,:),'r');hold off;
legend('u[V]','Ui[v]');
set(gca,'YLim',[-U*1.1,U*1.1]);
xlabel('time [s]');
```

Příloha 2 – Program předělaný pro Pascal v programu Lazarus

```
program motor;

{$mode objfpc}{$H+}

uses
  {$IFDEF UNIX}{$IFDEF UseCThreads}
  cthreads,
  {$ENDIF}{$ENDIF}
  Classes, SysUtils, CustApp, CRT
  { you can add units after this };

  var    kr,pole,j,n:integer;
         ovladacg,modg:smallint;
         Taur,fp,urmax,U,R,L,dupila:extended;
         di_dt,dt,t,e:extended;
         i,sum,ur,iw,compareReg,um,Ui,up:extended;
         vys: array [1..100,1..6]of smallint;
   const
   Cesta = 'c:\motor.csv';

type

  { grafy }

  grafy = class(TCustomApplication)
  protected
    procedure DoRun; override;
  public
    constructor Create(TheOwner: TComponent); override;
    destructor Destroy; override;
    procedure WriteHelp; virtual;
  end;

{ grafy }

procedure grafy.DoRun;
var
  ErrorMsg: String;
  soubor: TextFile;
  sloupec: integer;
begin
  // quick check parameters
  ErrorMsg:=CheckOptions('h','help');
  if ErrorMsg<>'' then begin
    ShowException(Exception.Create(ErrorMsg));
    Terminate;
    Exit;
  end;
```

```
// parse parameters
if HasOption('h','help') then begin
  WriteHelp;
  Terminate;
  Exit;
end;

{ add your program here }


  begin
  // parametry regulatoru
  kr:= 2;
  Taur:= 0.002;
  dt := 5e-6; // krok simulace
  fp:= 5000.0; // frekvence nosne pily, Hz
  urmax:= 1.0; // rozsah ridiciho napeti mustku
  U := 50.0; // napajeci napeti mustku [V]
  R := 1.0; // odpor vinuti [Ohm]
  L := 0.05; // indukcnost vinuti [H]

  dupila:= 4 * fp; // derivace signalu nosne pily

  // pocatecni podminky
   t := 0.0; i := 0.0; sum := 0.0; ur := 0.0;
  iw := 0.0; compareReg := 0.0;
  um := 0.0; Ui := 0.0; up := -1.0;
  pole := 1;
   end;

   begin

    AssignFile(soubor,Cesta);   // prirazeni souboru
      Rewrite(soubor);    // otevreni pro zapis

   // vlastni vypocetni smycka
  while (t < 0.02)   do   begin

      // definovani pozadovaneho prubehu proudu
      if (t > 0.002) then iw := 1.0;

      // definovani prubehu poruchy
      if (t > 0.01)  then Ui := 30;

      // pila tvorici PWM (symetricka)
      up := up + dupila * dt;
      if (up > urmax) then dupila := -1 * dupila;

      if (up < -urmax)    then
```

```
            begin
            dupila := -1 * dupila;
            compareReg := ur; // do compare registru PWM se priradi vystup regulatoru z
minule periody PWM - doba vypoctu algoritmu Pi regulatoru trva celou 1/fp (nejhorsi
pripad)
            e := iw - i; // regulacni smycka
            end;
            // PI (P) regulator
            if (Abs(ur) < urmax) then sum := sum + 1 / Taur * e / fp; // integrace reg.
odchylky, pokud neni vystup omezen

            ur := kr * (e + sum);

            // omezovac regulatoru
            if (ur > urmax) then ur := urmax;

            if (ur < -urmax) then  ur:=-urmax;

        // PWM
        if (compareReg > up) then u := U
        else um := -U;

        // vypocet diference proudu (z rovnice u=R*i+L*di/dt)
        di_dt := 1 / L * (u - R * i - Ui);

        // numericka integrace Eulerovou metodou
        i := i + di_dt * dt;

        // zapis vysledku do pole

        vys[pole,1] := round(t);
        vys[pole,2] := round(iw);
        vys[pole,3] := round(ur);
        vys[pole,4] := round(u);
        vys[pole,5] := round(Ui);
        vys[pole,6] := round(i);

        for sloupec:= 1 to 6 do begin
                        Write(soubor,vys[pole,sloupec]);
                        Write(soubor,';');
                        end;
                Writeln(soubor);
                end;


        // posun casu na dalsi vypocetni krok
        t := t + dt;
        Inc (pole);
    end;
```

```
    CloseFile(soubor);

    end;

  // stop program loop
 { Terminate; }

constructor grafy.Create(TheOwner: TComponent);
begin
  inherited Create(TheOwner);
  StopOnException:=True;
end;

destructor grafy.Destroy;
begin
  inherited Destroy;
end;

procedure grafy.WriteHelp;
begin
  { add your help code here }
  writeln('Usage: ',ExeName,' -h');
end;

var
  Application: grafy;

begin
  Application:=grafy.Create(nil);
  Application.Title:='grafy';
  Application.Run;
  Application.Free;
end.
```

Příloha 3 – Hlavní struktura v programu C++

```
#include "MainWindow.h"
#include <QDebug>
#include <fstream>

MainWindow::MainWindow(QWidget *parent) :
   QMainWindow(parent)
{
   ui.setupUi(this);

   float dt = 5.0e-6; // krok simulace

   // parametry regulatoru
   int kr = 2;
   float Taur = 0.002f;

   float fp = 5000.0f; // frekvence nosne pily, Hz
   float urmax = 1.0f; // rozsah ridiciho napeti mustku
   float U = 50.0f; // napajeci napeti mustku [V]
   float R = 1.0f; // odpor vinuti [Ohm]
   float L = 0.05f; // indukcnost vinuti [H]

   float dupila = 4 * fp; // derivace signalu nosne pily

   // pocatecni podminky
   float t = 0.0f, i = 0.0f, sum = 0.0f, ur = 0.0f, iw = 0.0f, compareReg = 0.0f;
   float u = 0.0f, Ui = 0.0f, up = -1.0f;

   std::fstream fstream;

   fstream.open("motor.csv", std::fstream::in | std::fstream::out);

   // vlastni vypocetni smycka
   while (t < 0.02f)
   {
      // definovani pozadovaneho prubehu proudu
      if (t > 0.002f)
         iw = 1.0f;

      // definovani prubehu poruchy
      if (t > 0.01f)
         Ui = 30.0f;

      // pila tvorici PWM (symetricka)
      up = up + dupila * dt;
      if (up > urmax)
         dupila = -1 * dupila;

      if (up < -urmax)
```

```
    {
      dupila = -1 * dupila;
      compareReg = ur; // do compare registru PWM se priradi vystup regulatoru z minule
periody PWM - doba vypoctu algoritmu Pi regulatoru trva celou 1/fp (nejhorsi pripad)
      float e = iw - i; // regulacni smycka

      // PI (P) regulator
      if (qAbs(ur) < urmax)
        sum = sum + 1 / Taur * e / fp; // integrace reg. odchylky, pokud neni vystup omezen

      ur = kr * (e + sum);

      // omezovac regulatoru
      if (ur > urmax)
        ur = urmax;

      if (ur < -urmax)
        ur=-urmax;
    }

    // PWM
    if (compareReg > up)
      u = U;
    else
      u = -U;

    // vypocet diference proudu (z rovnice u=R*i+L*di/dt)
    float di_dt = 1 / L * (u - R * i - Ui);

    // numericka integrace Eulerovou metodou
    i = i + di_dt * dt;

    // zapis vysledku do pole
    Vysledek vys;
    vys.vys[0] = t;
    vys.vys[1] = iw;
    vys.vys[2] = ur;
    vys.vys[3] = u;
    vys.vys[4] = Ui;
    vys.vys[5] = i;

    for (int j = 0; j < 6; ++j) {
    if (j != 0)
    fstream << ";";
    fstream << vys.vys[j];
    }
    fstream << "\n";

    pole_vysledku.append(vys);
```

```
        qDebug() << t << iw << ur << u << Ui << i;

        // posun casu na dalsi vypocetni krok
        t = t + dt;
    }

    fstream.close();
}
```