

Současné možnosti virtuální instrumentace

Martin Čureček

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Martin Čureček**
Osobní číslo: **A17186**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Současné možnosti virtuální instrumentace**
Téma práce anglicky: **Current Virtual Instrumentation Possibilities**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární řešení na dané téma.
2. Zpracujte přehled současných měřicích a virtuálních přístrojů, včetně systémů pro sběr a zpracování dat, používaných při tvorbě automatizovaných měřicích systémů.
3. Analyzujte možnosti a vhodnost použití graficky orientovaných vývojových prostředí, srovnajte jejich výhody a nevýhody.
4. Vytvořte vhodný edukační materiál, který bude obsahovat srovnání uvedených, aktuálně dostupných, vývojových prostředí, včetně jednoduchých ukázkových příkladů.
5. Navrhněte a realizujte ve dvou vybraných grafických programovacích prostředích aplikaci realizující automatizovaný sběr dat a jejich vyhodnocení.

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. TRAVIS, Jeffrey a Jim KRING. *LabVIEW for everyone: graphical programming made easy and fun*. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, c2007. ISBN 0131856723.
2. ESSICK, John. *Hands-on introduction to LabVIEW for scientists and engineers*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, c2013. ISBN 0199925151.
3. FRENZEL, Louis E. *Handbook of serial communications interfaces: a comprehensive compendium of serial digital input/output (i/o) standards*. Waltham, MA: Newnes, an imprint of Elsevier, [2016]. ISBN 978-012-8006-290.
4. JOVITHA, Jerome. *Virtual instrumentation using LabVIEW*. New Delhi: PHI Learning, 2010. Print. ISBN 8120340302
5. ČEJKA, M. *Použití počítačů v měřicí technice*. VUT-FEKT, 2002.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Navrátil, Ph.D.**
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2021**

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.
ředitel ústavu

*** naskenované Prohlášení str. 1 ***

Jméno, příjmení:

Název bakalářské práce:

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

v. r. Martin Čureček
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce shrnuje informace o možnostech použití virtuální instrumentace. Je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se zaměřuje na problematiku sběru dat, měření a porovnání jednotlivých technologií využívaných jak pro klasickou, tak i pro virtuální instrumentaci. Praktická část se zaměřuje na příklady vypracované v různých grafických prostředích a porovnává postup při řešení zadaní napříč prostředími.

Klíčová slova: Control Web, LabVIEW, VEE Pro, instrumentace, měřicí přístroje, grafická vývojová prostředí, virtuální přístroje

ABSTRACT

The bachelor thesis summarizes information about the possibilities of using virtual instrumentation. It is divided into theoretical and practical part. The theoretical part focuses on the issue of data collection, measurement and comparison of individual technologies used for both classical and virtual instrumentation. The practical part focuses on examples developed in various graphical development environments and compares the process of solving assignments across environments.

Keywords: Control Web, LabVIEW, VEE Pro, instrumentation, measuring instruments, graphical development environment, virtual instruments

Bylo mi velkým potěšením, že vedoucím bakalářské práce byl Ing. Milan Navrátil, Ph.D. a tímto bych mu chtěl poděkovat za odborné vedení, konzultace, pomoc při shromáždění podkladů a připomínky k výsledné práci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 SOUČASNÉ MĚŘICÍ A VIRTUÁLNÍ PŘÍSTROJE.....	10
1.1 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	11
1.1.2 Přístroje pro virtuální instrumentaci.....	12
2 GRAFICKÁ VYVOJOVÁ PROSTŘEDÍ	22
2.1 LABVIEW.....	22
2.2 VEE PRO.....	22
2.3 CONTROL WEB.....	23
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	25
3 PROGRAMOVÁNÍ V PROSTŘEDÍ LABVIEW, VEE PRO A CONTROL WEB	26
3.1 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ	26
3.1.1 LabVIEW	26
3.1.2 VEE Pro	31
3.1.3 Control Web	34
3.2 TESTOVACÍ PŘÍKLAD PRO POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH PROSTŘEDÍ	37
3.2.1 Zadání.....	37
3.2.2 Zpracování.....	37
3.2.3 Zhodnocení práce v jednotlivých prostředích.....	50
4 APLIKACE PRO AUTOMATIZOVANÝ SBĚR DAT.....	51
4.1 MĚŘENÍ FREKVENČNÍ CHARAKTERISTIKY PIEZOKRYSTALU	51
4.1.1 Schéma zapojení.....	51
4.1.2 Použité přístroje	51
4.2 LABVIEW.....	52
4.3 VEE PRO.....	57
5 PREZENTACE VIRTUÁLNÍ INSTRUMENTACE	63
5.1 STRUKTURA PREZENTACE	63
ZÁVĚR	64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
SEZNAM OBRÁZKŮ	71
SEZNAM PŘÍLOH.....	74

ÚVOD

Měření veličin, a to i těch neelektrických, nás provází po tisíciletí. Za tuto dobu prošlo přirozenou evolucí spojenou s tím, jak se rozvíjela naše společnost. Od měření rychlosti lodí pomocí lana s uzly jsme se dostali až k složitým systémům, které data změří, shromáždí, zobrazí, analyzují, vyhodnotí, a to bez přičinění člověka (pokud nepočítáme vývoj, instalaci a údržbu). Obrovský podíl na tomto rozvoji má i rychlý vývoj výpočetní techniky, se kterou se v dnešní době setkáváme v každém z aspektů našeho života.

Existuje několik možných pohledů na to, jak moderní měřicí přístroje dělit. Postupem času dělení na digitální (číslicové) a analogové (ručičkové) pozbylo na významu. Moderní měřicí přístroje jsou z podstaty digitální, byť měří analogové vstupy. Nicméně s „klasickými“ ručičkovými přístroji se stále můžeme setkat jako s kontrolními nebo provozními přístroji, ale čím dál více jsou nahrazovány digitálními přístroji. Postupný přechod na digitální přístroje má několik důvodů a nese s sebou i velkou řadu výhod. Hodně přispělo větší rozšíření výpočetní techniky. Možnost napojení digitálních měřicích přístrojů k počítačům bylo obrovským benefitem při pomoci se zpracováním dat. V neposlední řadě nesmíme ani zapomínat na vyšší mechanickou odolnost těchto zařízení, menší náchylnost na chybu při odečtu dat a potažmo i celkovou vyšší přesnost digitálních měřicích přístrojů.

V této práci se budu zaměřovat na přístroje měřící elektrické veličiny, na zpracování a vyhodnocení dat, a to za pomoci moderního hardwarového a programového vybavení. Všechny mé poznatky by měly déle sloužit ku pomoci dalším studentům, kteří by se chtěli problematikou moderní instrumentace zabývat.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SOUČASNÉ MĚŘICÍ A VIRTUÁLNÍ PŘÍSTROJE

Měření, a to i v rámci instrumentace, vždy začíná u základních měřených veličin. Tyto veličiny musíme být schopni efektivně využít a k tomu nám slouží měřicí přístroje. V dnešní době by se sběr dat dal rozdělit do několika kroků [1][2]:

1. Čtení dat

- Z čidel se snímají analogové a digitální signály, které putují dále díky komunikačním protokolům.

2. Úprava dat

- Data se musí upravit tak, aby byla vhodná ke zpracování A/D převodníkem. Data mohou být zesílena, zeslabena či převedena na signál z jiných veličin.

3. Převod

- A/D převodníky mívají přesnost 8-24b. Jejich vzorkování probíhá simultánně nebo multiplexováním. Každý z převodníků je výhodný v jiné instalaci v závislosti na požadavcích, na dopravní zpoždění převodníku a vzorkovací frekvenci.

4. Uložení

- Jelikož jde o ukládání velkého objemu dat na dlouhou dobu, je důležité zvolit vhodné úložiště. V závislosti na požadavcích na přístup k datům se volí forma ukládání dat (data ve formě souborů nebo uložení do databáze).

5. Zpracování

- Nad uloženými daty lze provádět zpětné analýzy, ale i „real-time monitoring“.

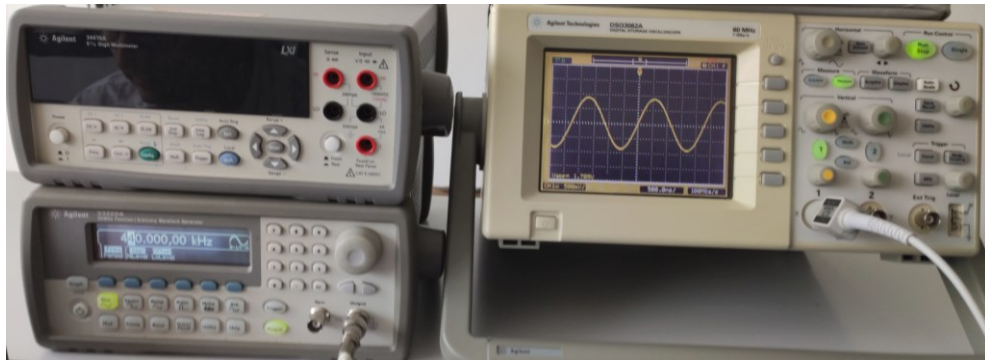
6. Zobrazení

- Monitoring může být plně autonomní, ale ve většině případů se neobejdeme bez dohledu člověka. Pro tyto účely HMI (*Human-Machine Interface*), které např. za pomoci PC zobrazí potřebné informace, nebo komplexní SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) systémy, čili monitorovací centra, kde lze nejen procesy pozorovat, ale i ovládat.

1.1 Měřicí přístroje

Momentálně dokážeme měřicí přístroje dělit na dvě významné skupiny, a to na přístroje pro klasickou a virtuální instrumentaci. U obou dokážeme docílit stejných výsledků za použití jiných filozofií při zpracování a hlavně při předání dat počítači. [1]

1.1.1 Přístroje pro klasickou instrumentaci



Obrázek 1 Přístroje pro klasickou instrumentaci

Jedná se převážně o „stand alone“ zařízení. Jejich funkce je pevně definována už při výrobě a opírají se hlavně o specializovaný hardware. S tím se nese vyšší pořizovací cena a občasné problémy s konektivitou na PC kvůli nutnosti použití speciálních sběrnic či propojovacích kabelů. Jedná se tedy převážně o jednoúčelová zařízení. [2]

Jejich propojením s PC jsme se dočkali spousty benefitů, jako je například omezení chyb při odčítání dat z displeje, rychlost a efektivita zpracování, které se bez použití PC nedá dosáhnout. Mezi nejpoužívanější sběrnice patří USB, RS232, GPIB a Ethernet. Po připojení na PC je možné sesbíraná data dále zpracovávat pomocí nástrojů virtuální instrumentace jako je například VEE Pro. Pomocí instrukční sady je možné z těchto prostředí přístroje konfigurovat a řídit (příklad níže v kapitole 4. **Aplikace pro automatizovaný sběr dat**).

Přístroje lze tedy ovládat jak klasickou formou, čili čtení dat přímo z displeje na přístroji, ale i za pomoci PC. Pro stavbu složitějších zapojení je nutné si dokoupit několik specializovaných zařízení. [2]

Pro propojení s PC lze využít I/O knihoven jako například **VISA**. VISA (*Virtual Instrument Systems Architecture*) knihovna je průmyslový standard pro ovládání měřicích přístrojů pomocí aplikací vytvořených v grafických vývojových prostředích. Připojení VISA sběrnice k PC je možné provádět přes několik rozhraní např. USB, RS-232, LAN. Knihovnu podporuje množství SW [13]:

- Keysight VEE
- C/C++
- MathWorks MATLAB
- Microsoft Visual Basic 6
- Microsoft Visual Studio .Net (using Visual Basic, Managed C++ or C#)
- National Instruments LABVIEW
- National Instruments LabWindows/CVI

1.1.2 Přístroje pro virtuální instrumentaci



Obrázek 2 Přístroje pro virtuální instrumentaci – NI myDAQ [4]

Tyto přístroje se dají označit jako spojení PC a A/D převodníku. Odpadá tedy nutnost nákupu různých typů přístrojů. Pro propojení PC pomocí vestavěné sběrnice (např. PCI, PCI-E) nebo externí sběrnice jsme schopni vytvořit za pomoci vývojových prostředí takřka jakýkoli měřicí přístroj klasické instrumentace. Neobejdeme se bez nutné znalosti vývojového prostředí (*typu VEE Pro, LabVIEW a Control Web*) což znamená, že se dostáváme do sféry programování a vývoje analytických algoritmů.

U moderních vývojových prostředí se setkáváme převážně s formou grafického programového prostředí. Programování probíhá za pomoci jakýchsi objektů, kterým přidělujeme vlastnosti a propojujeme je.

Spojením HW pro sběr dat a SW pro zpracování vzniká virtuální přístroj.

1.1.2.1 Zásuvné karty pro sběr dat

Zásuvné karty pro sběr dat využívají sběrnic, které obsahuje mateřská deska počítače. Standardně se využívá např. PCI, PCIe, PC-Card atd. Většinou se jedná o multifunkční systémy pro příjem a odesílání dat. Problém u použití těchto karet nastane při využívání pro složitější systémy. Systémy jsou omezeny rozměry a počtem karet, které lze v jeden moment využít (PC má jen omezené množství použitelných PCI slotů). Řešením se stalo použití několika PC. [10]



Obrázek 3 Zásuvné karty pro sběr dat – NI PCI-6221 [5]

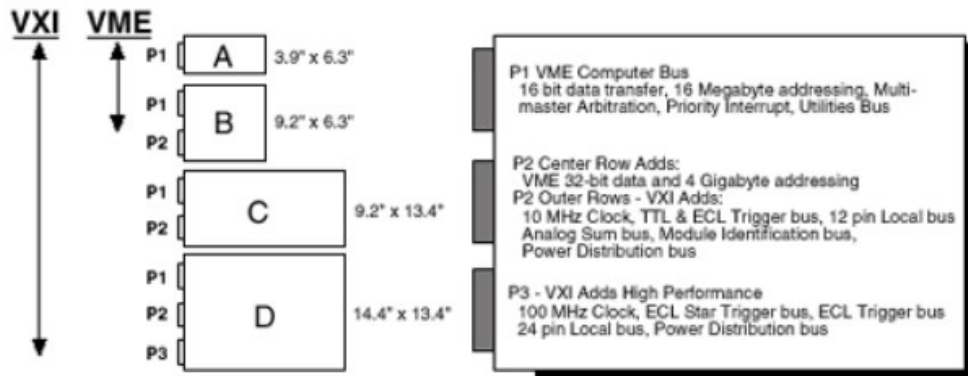
1.1.2.2 Modulární systémy pro sběr dat

Mezi modulární systémy řadíme tzv. cardcage systémy. Vyznačují se použitím speciálního „šasi“ pro umístění jednotlivých modulů. V průběhu let vzniklo několik laboratorních standardů [10]:

- 1987 - VXI (VXIbus Consortium)
- 1991 - SCXI – pouze úprava signálu
- 1997 - PXI
- 2005 - PXI express
- 2005 - LXI (LAN)
- 2008 – AXIe

1. Systém VXI

VXI systém je odvozen od systému MATE a standardu průmyslových počítačů VMEbus. Je zpětně kompatibilní k VMEbus modulům. Proti VMEbus byly přidány velikosti Eroc card C a D specifikace a funkce důležité pro měřicí systémy. [10]



Obrázek 4 Systém VXI – VXI vs. VME [10]

VXI subsystém má 13 slotů. Slot 0 je určen pro kontrolér a 12 slotů pro moduly. Je možné propojit několik VXI subsystémů a rozšířit počet modulů až na 256 pomocí speciálního interface, GPIB či RS-232. [10]



Obrázek 5 Systém VXI – Agilent E8401A [26]

Každý modul může představovat jeden samostatný přístroj, více přístrojů nebo může být jeden přístroj tvořen několika moduly. [10]



Obrázek 6 Systém VXI – VXI-MXI-2 [27]

2. Systém PXI a PXIe

PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) je modulární systém založený na bázi PC. Jde o spojení PC PCI sběrnice a Eurocard. Díky SW kompatibilitě se PXI moduly programují stejně jako PCI karty pro PC. Systém se skládá ze skříně, systémového kontroléru a zásuvných modulů. PXI, jako takové, je díky své koncepci vhodné pro tvorbu testovacích prostředí. Velkým benefitem je hlavně cena a rozměry. [28] [16]



Obrázek 7 Systém PXI a PXIe – skříně [28]

Skříně obsahuje propojovací systém pro PXI a PCI/PCI-E sběrnici a speciální slot pro kontrolér. Sloty pro moduly mohou být standardní pro PXI, hybridní (PCI i PCIe) a PXIe (viz. Obrázek 10). [10][16]



Obrázek 8 Systém PXI a PXIe – PXI controller [28]

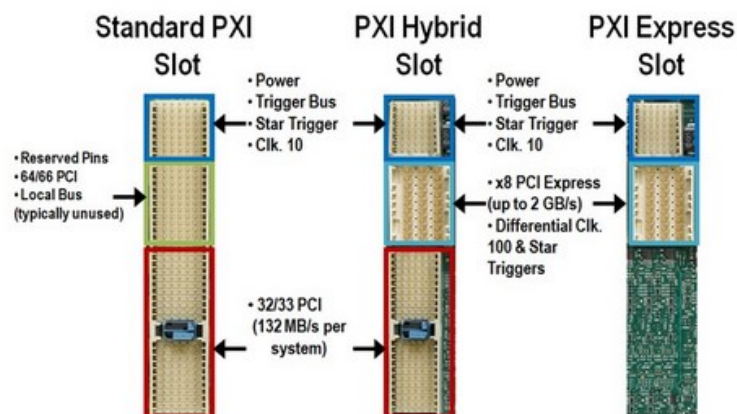
Kontrolér obsahuje CPU, pevný disk, RAM, Ethernet a další prvky známé z PC. Pro chod PXI s PXI kontrolérem není nezbytně nutné spojení s PC. Pro řízení PXI pomocí PC nebo notebooku se používá MXI kontrolér. [10][16]



Obrázek 9 Systém PXI a PXIe – PXI moduly [28]

Moduly systému PXI jsou hlavní částí celého zařízení a udávají jeho funkci. Díky široké škále různých modulů dokážeme spojit několik měřicích přístrojů do jednoho kompaktního měřicího systému. [28][16]

Díky hybridním slotům je zajištěna zpětná kompatibilita mezi PXI a PXIe. [10]



Obrázek 10 Systém PXI a PXIe – PXI a PXIe sloty [10]

Díky využití PCIexpress u PXIe bylo možné využít propustnosti až 2GB/s proti 132MB/s u PXI využívající PCI. [10]

3. Systém AXIe

AXIe (AdvancedTCA Extensions for Instrumentation and Test) je standard pro extrémně výkonné aplikace. Jedná se o větší verzi PXI pro výkony 200W/slot (u PXI 30W/slot). S větším výkonem bylo upraveno i chlazení a každý slot je založený na PCIe, ke kterému je přidán i LAN. [5][17][18]



Obrázek 11 Systém AXIe – Cobham AXIe Vector Signal Transceiver - mA-6806 [18]
Základem platformy je ATCA (Advanced Telecom Computing Architecture). Jedná se o otevřenou architekturu založenou na síťové komunikaci. AXIe kombinuje PXI a ATCA. Toto spojuje výhody obou platform, ale přebírá větší rozměry a nutnost výkonného chlazení. [10][17][18]

Feature	AXIe	PXIe
Chassis base	AdvancedTCA	cPCI/cPCIe
PCIe maximum data bandwidth (Maximum Gen 3.0): Single peripheral slot to backplane All peripheral slots to system slot	2-16* GB/s 26-224* GB/s	4 GB/s 8 GB/s
PCIe fabric	Yes	Yes
LAN backplane	Yes	No
Local bus	62 differential pairs	1 line (13 PXI)
Triggers	Bidirectional Star Trigger 12 signal MLVDS bus	Star Trigger(1xTTL, 3x Diff per slot) 8 Signal TTL bus
Frequency Reference & Sync	100MHz, yes	10MHz, 100MHz, yes
Power per slot	200 W	30 W
Board space per slot (higher density, flexibility)	900 cm ²	160 cm ²
Modules available	>20	~1100

Obrázek 12 Systém AXIe – porovnání AXIe a PXIe [19]

4. Proprietární modulární systémy

Jedná se o uzavřené modulární systémy (VXI, PXI i AXIe vychází z otevřených standardů). Jejich možnosti použití jsou limitované počtem vyrobených modulů. Většinou se jedná o zařízení s kompaktními rozměry. Platforma je samostatně vyvíjena jednotlivými výrobci zvlášť. [10]

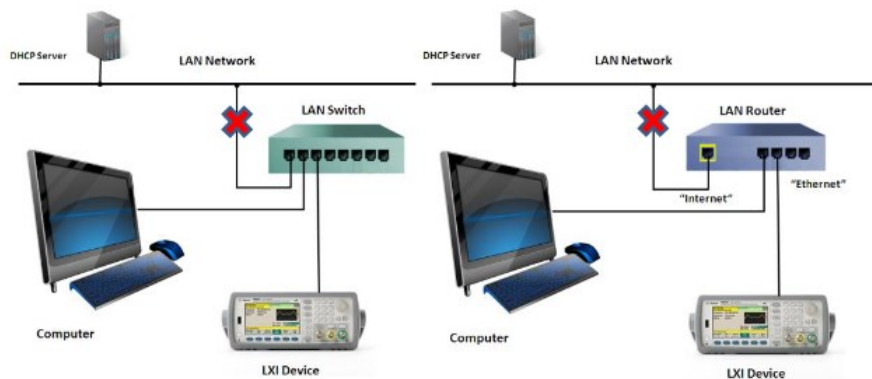


Obrázek 13 Proprietární modulární systémy – NI CompactDAQ [29]

Spojení s PC probíhá pomocí LAN, USB nebo RS – 232. [10]

5. Systém LXI

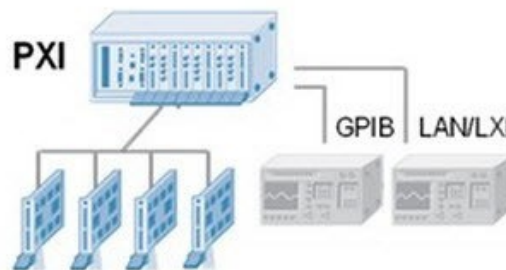
LXI (LAN eXtension for Instrumentation) je systém založený na standardu LAN, kdy jsou jednotlivá zařízení připojena do jedné LAN sítě. [5][20]



Obrázek 14 Systém LXI – Ukázka napojení LXI [20]

LXI vychází z technologie GPIB (General Purpose Interface Bus). Na rozdíl od GPIB není třeba speciálních propojovacích kabelů, ale je využito celkově levnější infrastruktury. Konfigurace a komunikace s LXI zařízeními pak probíhá pomocí webové aplikace. Díky použití LAN má výbornou konektivitu. Pokud je zařízení připojeno k síti a je schopno zobrazovat webové stránky, tak je možné z něj LXI monitorovat a konfigurovat. Zařízení

mohou být klasická nebo modulární. Velkou výhodou je snadná integrace do už fungujících prostředí, které využívají GPIB nebo modulární zařízení. [21][22]



Obrázek 15 Systém LXI – Příklad hybridního LXI systému [21]

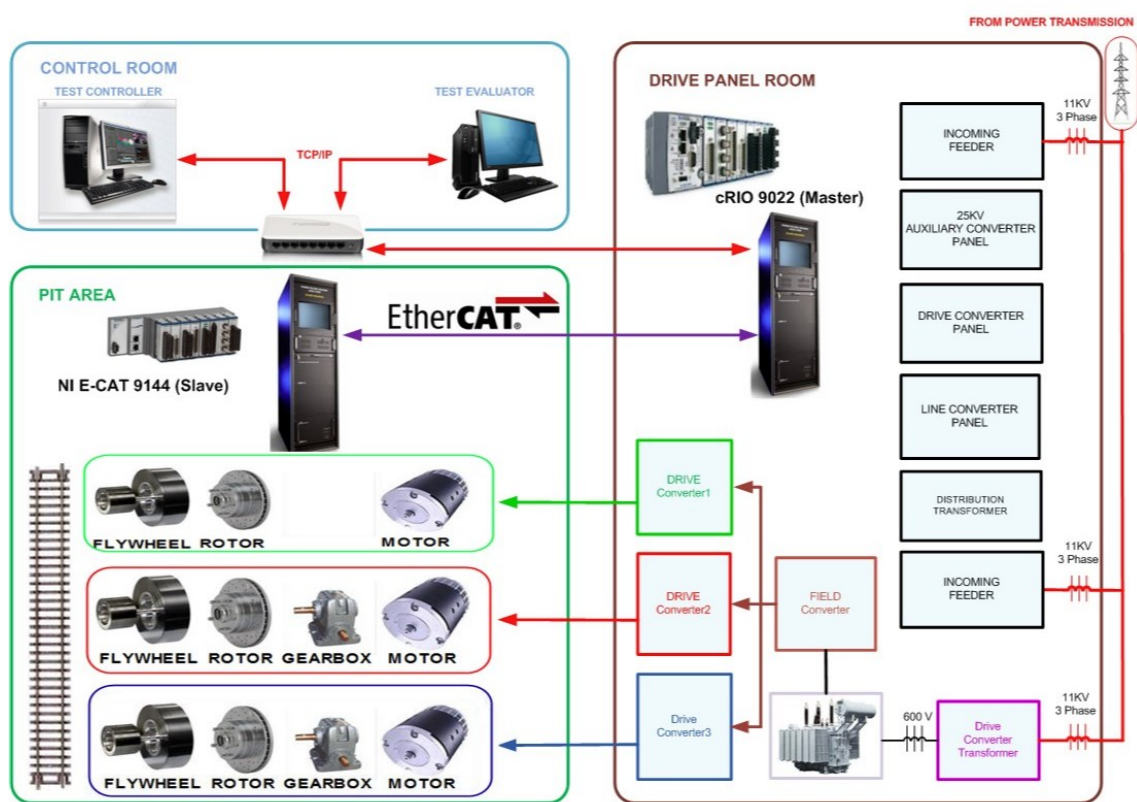
1.1.2.3 Virtual instrument (Virtuální přístroje)

Virtuální přístroje se využívají v různém rozsahu. Lze vytvořit aplikaci, která nahradí multimetr a jako protipól jednoduchým VI tvoří rozsáhlé SCADA systémy. S použitím PXI (PCI eXtension for Instrumentation) modulu pro multimetr jako HW a vytvořením aplikace pro zobrazení měřených hodnot vznikne přesný měřicí přístroj. S výhodou můžeme dále data zpracovávat a rozšiřovat aplikaci. Rozšiřováním SW části přístroje může z multimetru vzniknout měřicí jednotka sledující kritické hodnoty monitorovaného zařízení, které dokáže efektivně zobrazit a případně i zaslat upozornění. [10][12]



Obrázek 16 Přístroje pro virtuální instrumentaci – PXI Digital Multimeters [13]

Jako vrchol VI by se daly považovat již zmíněné SCADA systémy. SCADA (Supervisory control and data acquisition) systémy využívají všech výhod VI. Sběrem několika různých fyzikálních veličin, které jsou (většinou) zpracovány a zobrazeny v reálném čase, dostaneme nástroj schopný monitorovat provoz složitých zařízení. Se zaměřením na kritické anomálie dokáže efektivně upozornit operátora sledujícího SCADA systém na možné chyby či poruchy monitorovaného zařízení. Díky vyhodnocování v reálném čase a možnosti náhledu do historických dat, lze díky spojení různých měřených veličin sledovat chování v průběhu času bez zásahu do zařízení (např. postupné snižování tlaku oleje může upozorňovat na klesající efektivitu hnacího čerpadla). [10][11][14]



Obrázek 17 Přístroje pro virtuální instrumentaci – SCADA systém pro testování lokomotiv [11]

SCADA systém se nezaměřuje na řízení jako spíše na dispečerský dohled. Je provozován v úrovni nad HW. Pro zobrazení dat lze využít zařízení od tabletu až po velká monitorovací centra. [11][14]



Obrázek 18 Přístroje pro virtuální instrumentaci – SCADA monitoring center [14]

2 GRAFICKÁ VYVOJOVÁ PROSTŘEDÍ

2.1 LabVIEW



Obrázek 19 Grafická vývojová prostředí - LabVIEW logo

Tento produkt od firmy National Instruments(dále jen NI) je široce rozšířený. Vliv na jeho oblibu má široké použití, možnosti integrace a v neposlední řadě i neustálý rozvoj a kvalitní podpora od technických i aplikačních inženýrů z NI. LabVIEW je vyvíjen už přes 30 let. Grafické vývojové prostředí jako takové bylo poprvé představeno v roce 1986. Prostředí se rozšířilo na většinu platforem (Windows PC, UNIX, IBM PC, Macintosh, ...). Prostředí procházelo úspěšnou evolucí s vývojem GUI a vývojem nových plug-in DAQ zařízení. V posledním letech se čím dál více setkáváme s prostředím LabVIEW NXG. [7][2]

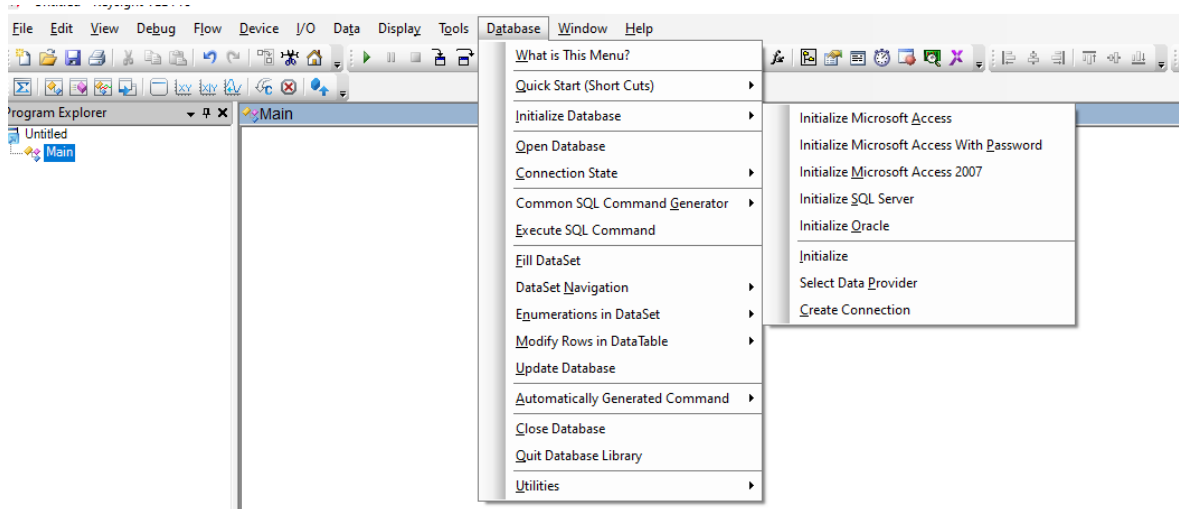
Podrobnější náhled na prostředí je v části **3.1.1 LabVIEW**.

2.2 VEE Pro



Obrázek 20 Grafická vývojová prostředí – VEE Pro logo

Firma Keysight, která stojí za VEE Pro, vyvinula systém, který je kompatibilní s nejnovějšími průmyslovými standardy. Jeho první verze se objevila v roce 1991. Jde o grafický programovací jazyk podporující multithreading a multi-core programování. Podporuje programovací jazyky jako Visual Basic, C/C++, Visual C# a jazyky kompatibilní s .NET. Velkou výhodou je také zabudovaný Signal Processing Toolbox, který umožňuje využívání funkce z MATLAB a možnost propojení s databázemi a MS Office. [3][8][24]



Obrázek 21 Grafická vývojová prostředí – VEE Pro Database tab

Podrobnější náhled na prostředí je v části 3.1.2 VEE Pro.

2.3 Control Web



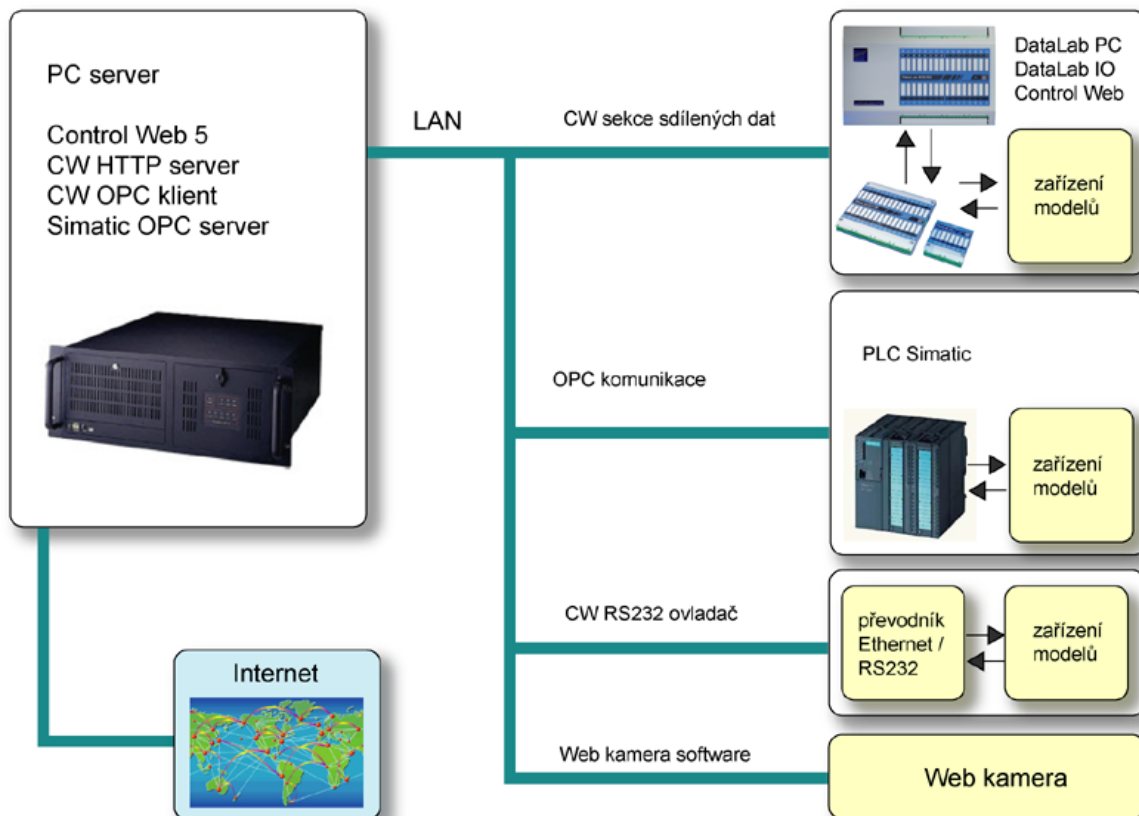
Obrázek 22 Grafická vývojová prostředí – Control Web logo

Control Web je český zástupce na poli moderní instrumentace. Je vyvíjen firmou Moravské Přístroje a s první verzí jsme se mohli setkat v roce 1992. Prostředí má také širokou škálu využití. Control Web je možné umístit do různých vrstev řídicího systému. Dokáže fungovat v řídicí jednotce systému, fungovat jako datový server, simulovat a modelovat procesy, vytvářet vizualizace a mnoho dalšího.[23]

Předchůdcem byl systém Control Panel. Po přechodu na Windows NT se název Control Panel změnila na Control Web. Pro komunikaci mezi jednotlivými komponentami uvnitř aplikace je použit programovací jazyk OCL. Jedná se o všestranný nástroj, který dokáže řešit veškerou funkčnost SCADA. Může pracovat v řídicích jednotkách systémů, může být

datovým serverem s webovými klienty, jako nástroj pro modelování procesů a mnoho dalšího. [23]

Příkladem využití může být i Laboratoř integrované automatizace vybudovaná v roce 2006 na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Obsahovala experimentální zařízení, která byla řízena pomocí PLC Simatic a průmyslovými počítači DataLab. Vše bylo zastřešeno počítačem se systémem Control Web, který zajišťoval přístup k prostředí přes http server. [23]



Obrázek 23 Grafická vývojová prostředí - Struktura systému Laboratoře integrované automatizace [23]

Podrobnější náhled na prostředí je v části **3.1.3 Control Web**.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 PROGRAMOVÁNÍ V PROSTŘEDÍ LABVIEW, VEE PRO A CONTROL WEB

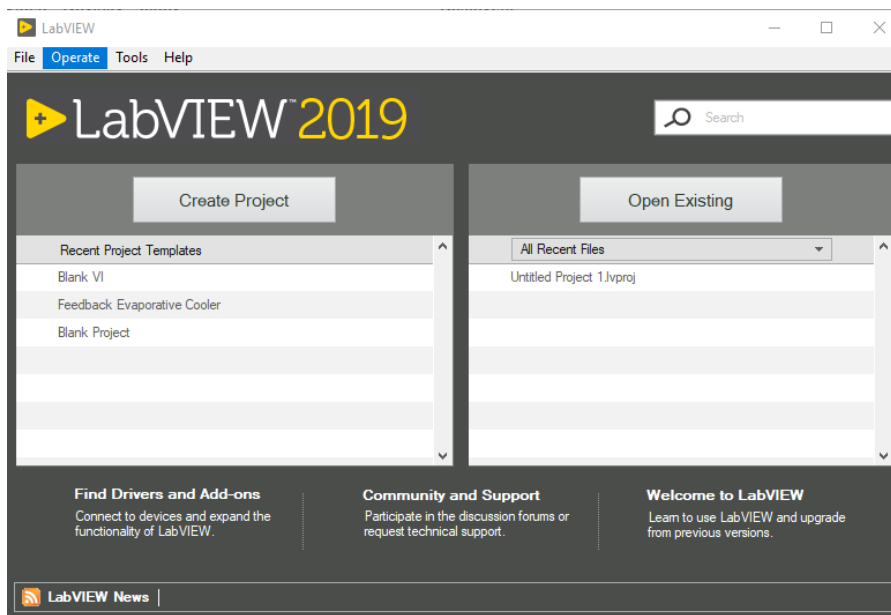
Při porovnávání jednotlivých prostředí je důležité, jak se s prostředími pracuje, jaké jsou jejich přednosti a případně jaké mají omezení. Mezi hlavní parametry řadím také intuitivnost prostředí. Pokud je prostředí přehledné a jednotlivé objekty jsou logicky uspořádané, odpadne zdlouhavé dohledávání potřebných objektů či jejich parametrů v dokumentaci nebo online. Dalším důležitým faktorem je také možnost customizace. Pokud by bylo prostředí omezené pouze na práci s předdefinovanými objekty, tak bychom u složitějších aplikací mohli narážet na jeho limity.

3.1 Vývojové prostředí

Už při prvním spuštění prostředí může u méně zkušených uživatelů nastat problém. Byť jde o specializované programy, tak na první pohled nemusí být úplně zřejmé, jak s prostředím pracovat.

3.1.1 LabVIEW

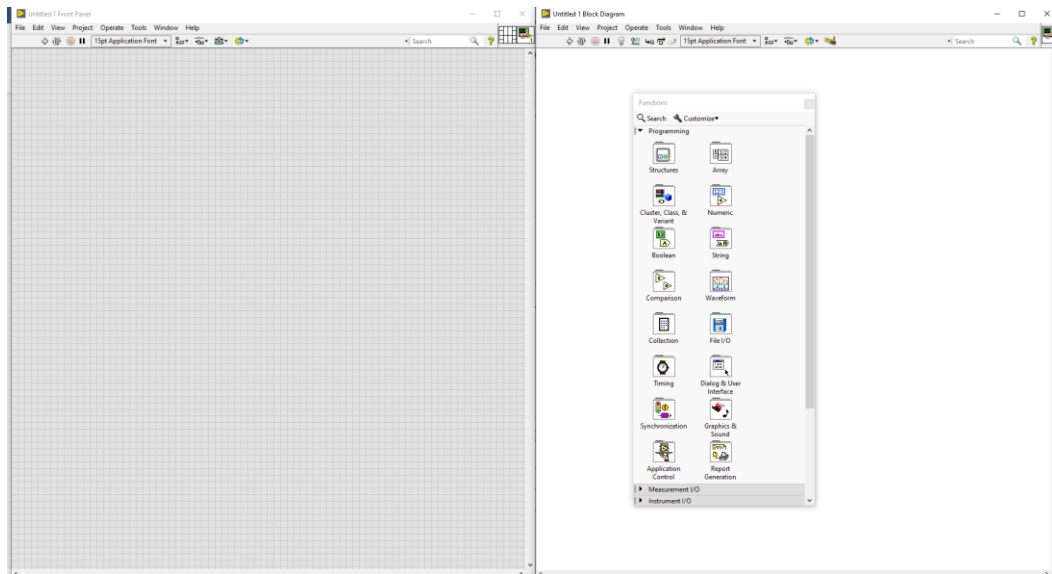
3.1.1.1 Úvodní obrazovka



Obrázek 24 LabVIEW 2019 – Úvodní obrazovka

Po spuštění programu se zobrazí úvodní obrazovka. Zde můžeme vybrat, jestli otevřeme existující nebo vytvoříme nový projekt. V tomto příkladě použijeme nový **Blank VI** projekt.

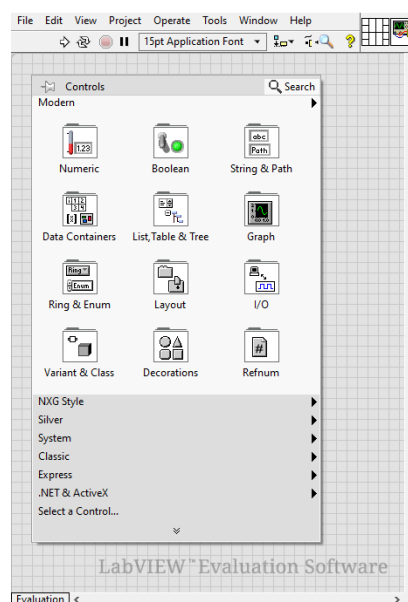
3.1.1.2 Vývojové prostředí



Obrázek 25 LabVIEW 2019 – Úvodní obrazovka

Po vytvoření, nebo otevření existujícího projektu se dostaneme do samotného prostředí. Prostedí působí poměrně stroze (což ovšem nemá žádný vliv na jeho funkčnost) a skládá se ze dvou oken. Okno vlevo je **Front Panel** a vpravo je **Block Diagram**. Obě okna jsou spolu propojená.

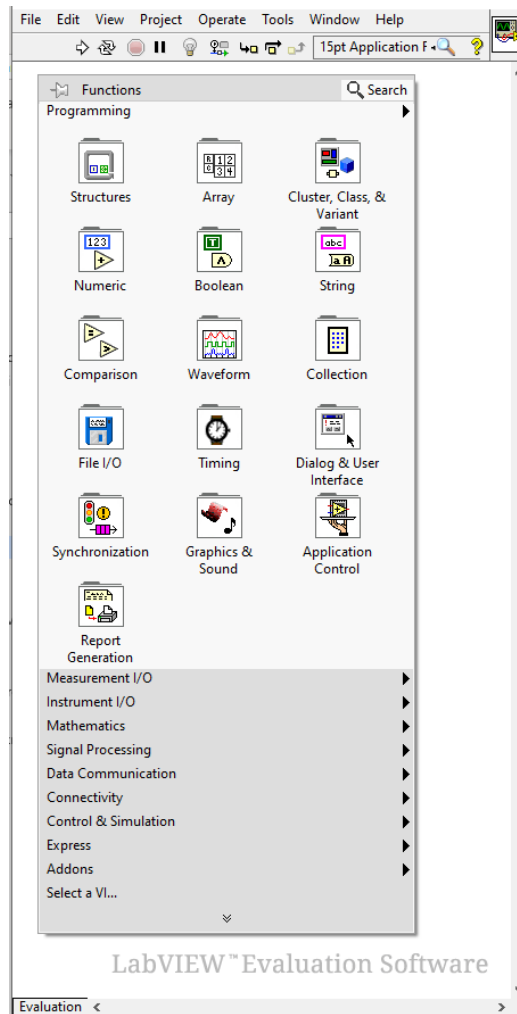
3.1.1.3 Front Panel



Obrázek 26 LabVIEW 2019 – Front Panel

Front Panel neboli čelní panel zobrazuje „fyzické“ objekty programu. Jedná se o vstupní a výstupní prvky, jako jsou např. tlačítka či displeje. V tomto okně s nimi lze provádět akce (stlačení tlačítka, zobrazení změn na vstupu na displeji apod.).

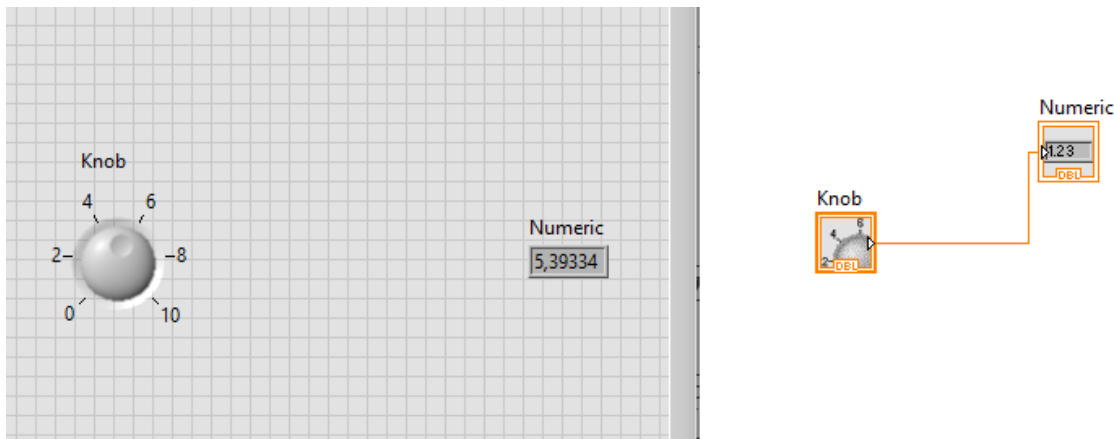
3.1.1.4 Block Diagram



Obrázek 27 LabVIEW 2019 – Block Diagram

V **Block Diagramu** lze vkládat stejné objekty jako ve **Front Panelu**, ale hlavně zde vytváříme jejich spojení a vnitřní logiku programu.

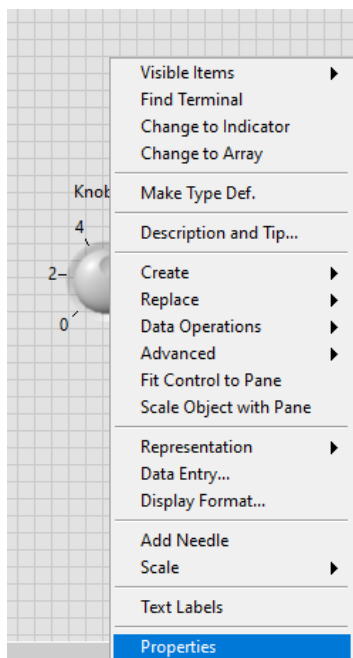
3.1.1.5 Propojení Front Panelu a Block Diagramu



Obrázek 28 LabVIEW 2019 – Ukázka propojení oken

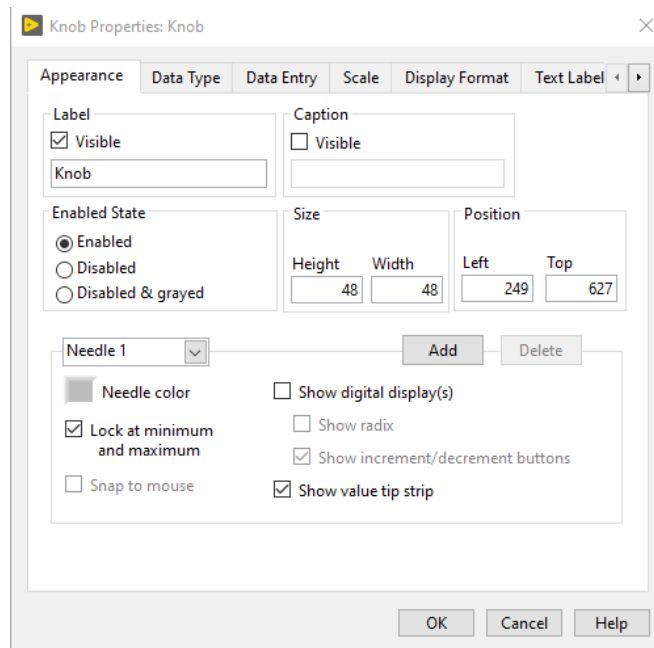
Již zmíněné propojení jde demonstrovat na jednoduchém příkladu. Na obrázku 5 vidíme stejné prvky **Knob** a **Numeric**. Vlevo (Front Panel) jde o otočný knoflík a číselný displej. Díky propojení vytvořeném v pravé části (Block Diagram) je možné displejem zobrazit v jaké pozici se knoflík nachází => knoflík se nachází v pozici, která odpovídá číslu na stupnici 0-10 a tato hodnota se zobrazuje na displeji.

3.1.1.6 Vlastnosti objektu



Obrázek 29 LabVIEW 2019 – Properties

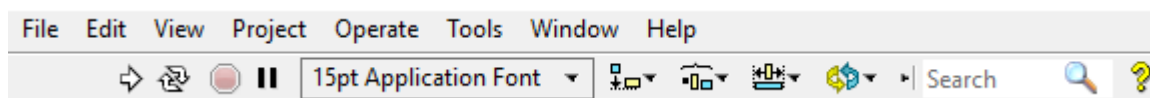
Po kliknutí pravým tlačítkem myši a vybrání možnosti Properties se dostaneme do vlastností objektu.



Obrázek 30 LabVIEW 2019 – Properties

Zde je možné konfigurovat vlastnosti vybraného projektu.

3.1.1.7 Ovládání prostředí

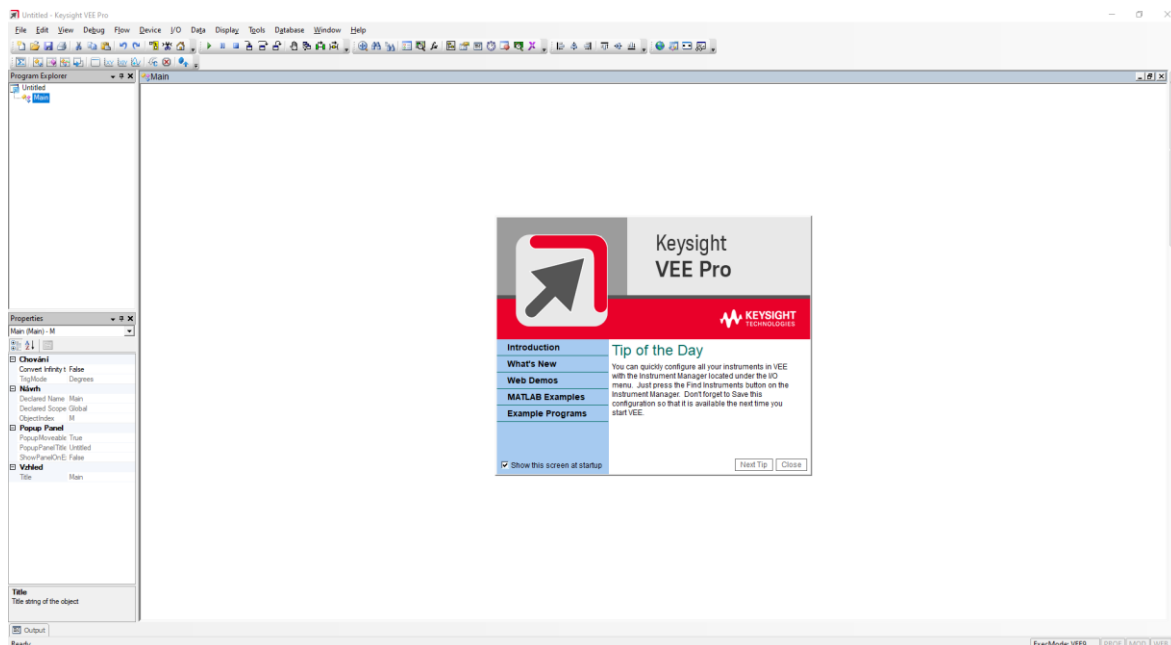


Obrázek 31 LabVIEW 2019 – Ukázka propojení oken

Prostředí obsahuje dále standardní ovládací prvky známé i z jiných programů používaných Microsoft Windows (více v kapitole 3.2).

3.1.2 VEE Pro

3.1.2.1 Vývojové prostředí



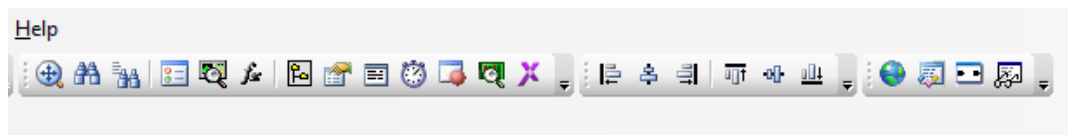
Obrázek 32 VEE Pro 9.33 – Vývojové prostředí

Vývojové prostředí je na první pohled známé a přehledně rozdělené do několika sekcí.

3.1.2.2 Ovládací panel



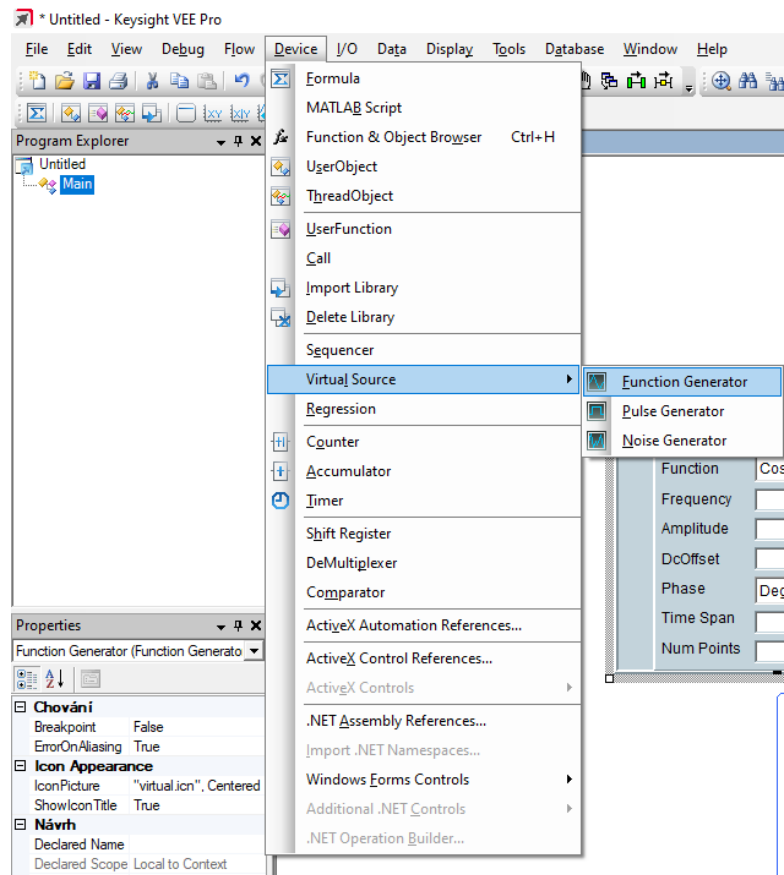
Obrázek 33 VEE Pro 9.33 – Ovládací panel 1/2



Obrázek 34 VEE Pro 9.33 – Ovládací panel 2/2

Hlavní část pro výběr objektů a práci s programem. Spodní část je editovatelná a můžeme zde prostředí ovládat pomocí tlačítek.

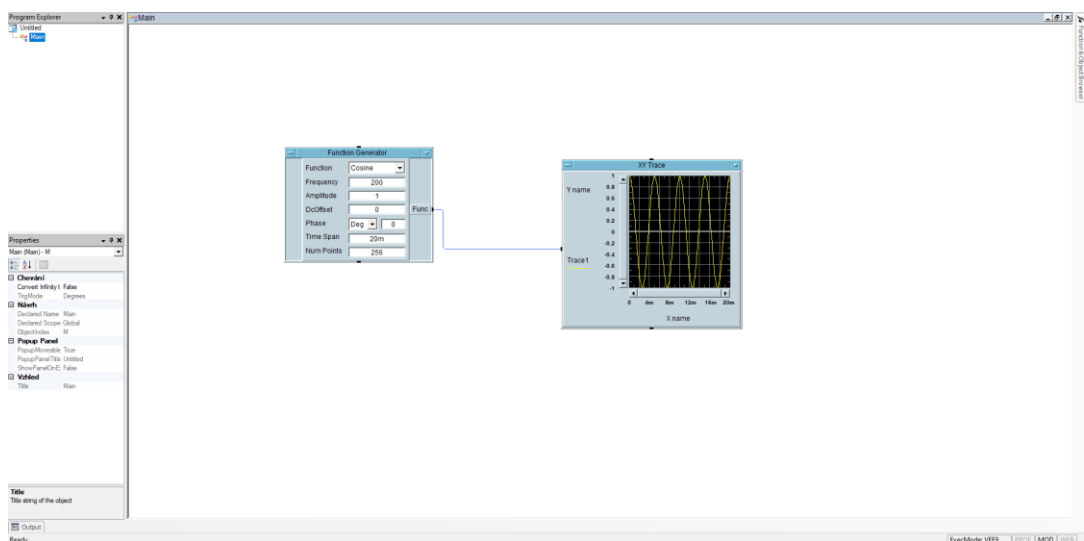
3.1.2.3 Vkládání objektů



Obrázek 35 VEE Pro 9.33 – Příklad výběru objektu

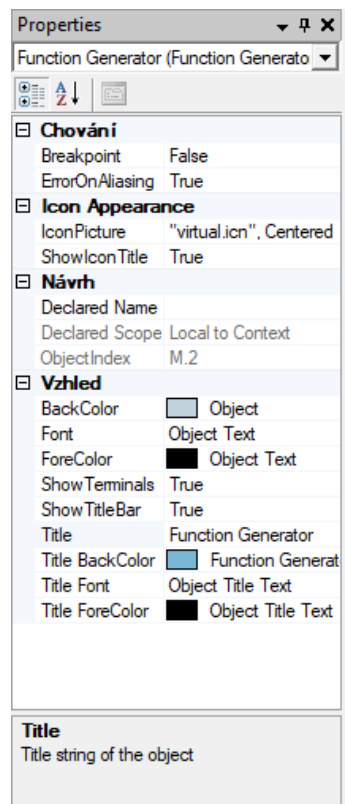
Pro příklad vybereme v části **Device Function Generator** a v části **Display XY trace** pro vygenerování signálu, který následně zobrazíme pomocí grafu.

3.1.2.4 Main sekce



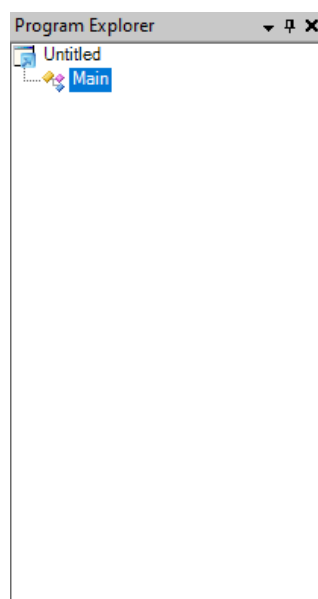
Obrázek 36 VEE Pro 9.33 – Main

Vybrané objekty následně propojíme v části **Main** a nastavíme jejich parametry. Změny nastavení se projeví po spuštění programu v ovládacím panelu.



Obrázek 37 VEE Pro 9.33 – Vlastnosti

Vlevo dole je možné upravit vlastnosti označeného objektu jako je název, barvy prvků objektu atd.

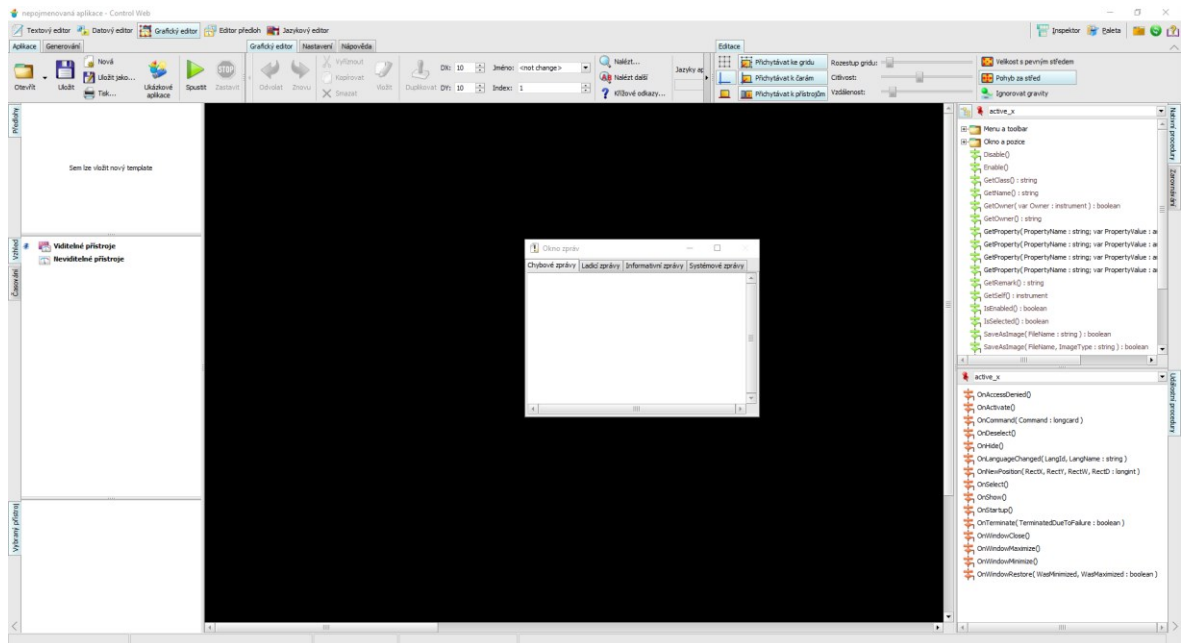


Obrázek 38 VEE Pro 9.33 – Strom programu

Vlevo nahoře vidíme strom programu.

3.1.3 Control Web

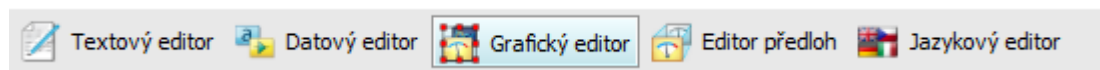
3.1.3.1 Vývojové prostředí



Obrázek 39 Control Web 8 – Vývojové prostředí

Celé vývojové prostředí je podobně jako VEE Pro rozděleno do několika sekcí.

3.1.3.2 Nástrojová lišta



Obrázek 40 Control Web 8 – Nástrojová lišta

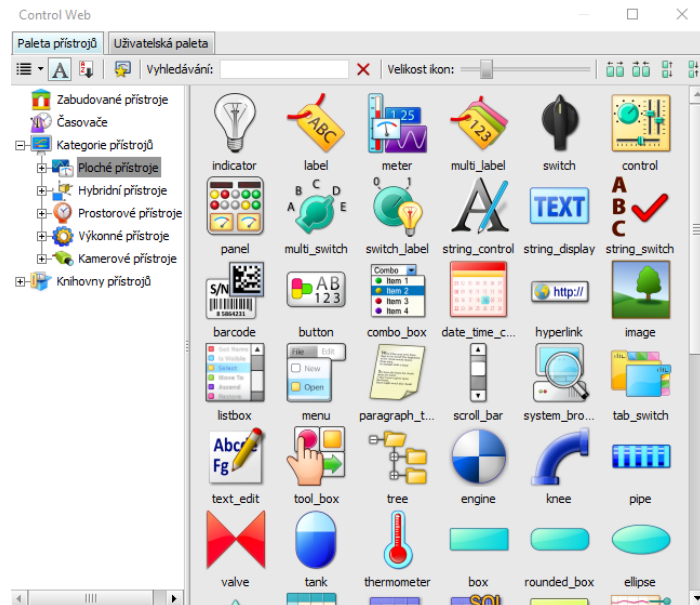
Po spuštění je přepnuta do grafického editoru. Grafický editor je hlavní prostor pro tvorbu aplikace.

3.1.3.3 Paleta přístrojů



Obrázek 41 Control Web 8 – Paleta přístrojů

Do palety přístrojů se dostaneme kliknutím na **Paletu** v pravém horním rohu vývojového prostředí.



Obrázek 42 Control Web 8 – Otevřená Paleta přístrojů

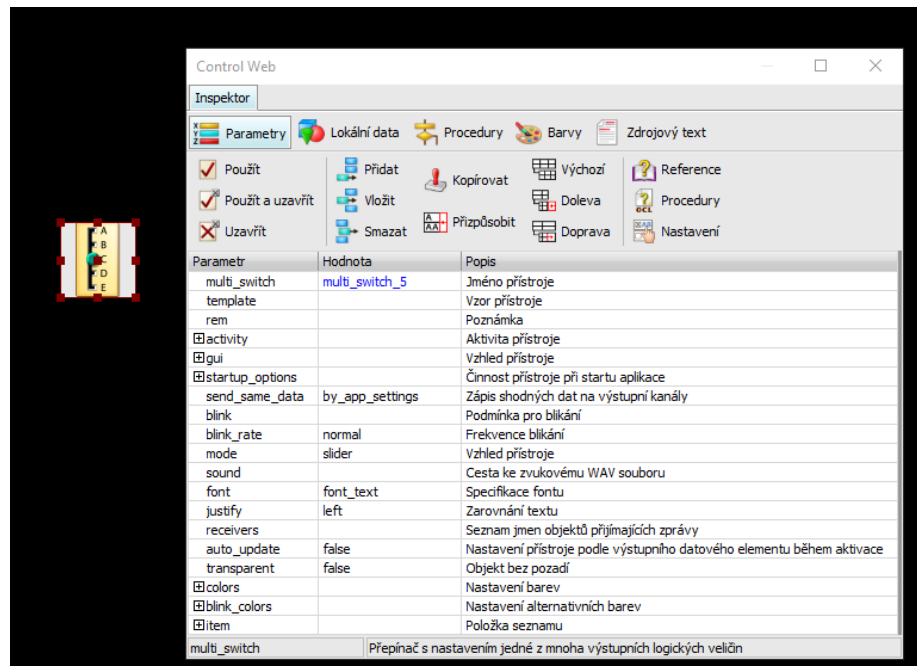
Jde o jednu z nejdůležitějších částí prostředí. Zde vybíráme objekty, které používáme při tvorbě programu. Paleta se skládá ze dvou částí. Vlevo je část se stromem, kde jsou jednotlivé knihovny přístrojů. Vpravo je pak možné vidět jednotlivé přístroje v knihovně.

3.1.3.4 Pracovní plocha



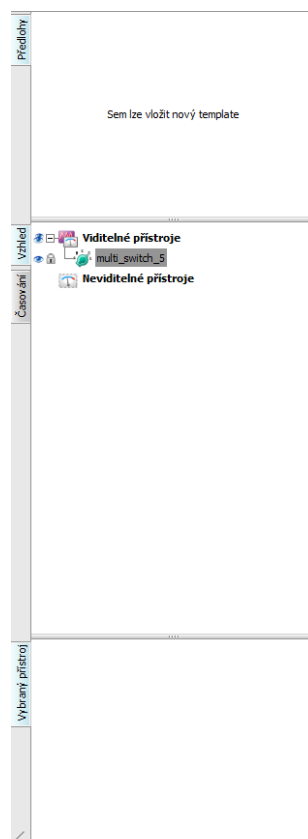
Obrázek 43 Control Web 8 – Pracovní plocha

Pracovní plocha je prostor, kde tvoříme aplikaci. Vidíme zde vlastně i finální podobu aplikace pomocí rozmístění jednotlivých vybraných objektů.



Obrázek 44 Control Web 8 – Inspektor objektu

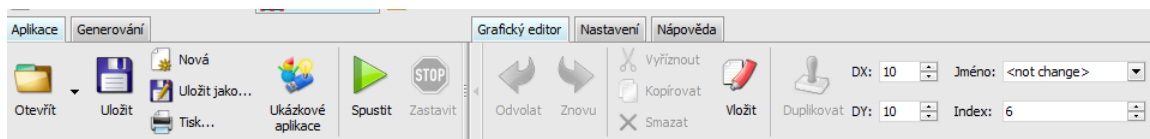
Zde vybrané objekty pomocí „drag and drop“ umístíme a dále konfigurujeme. Dvojklikem je možné zobrazit Inspektor objektu a zde upravovat jeho vlastnosti podle našich představ.



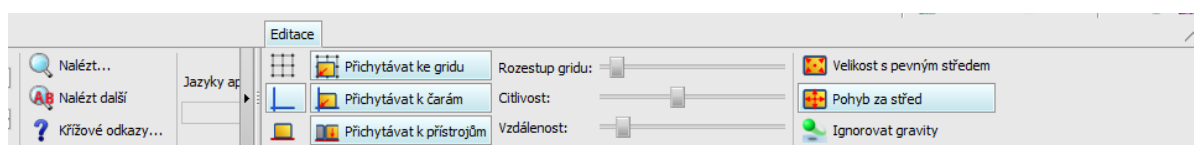
Obrázek 45 Control Web 8 – Strom přístrojů

Dalším vhodným místem pro vložení objektu jsou stromy přístrojů. Zde můžeme objekty uzamknout, zneviditelnit a časovat.

3.1.3.5 Ovládání prostředí



Obrázek 46 Control Web 8 – Prvky pro ovládání prostředí 1/2



Obrázek 47 Control Web 8 – Prvky pro ovládání prostředí 2/2

V této části můžeme upravovat vlastnosti samotného prostředí a spouštět programy. Jde o část, která bude každému, kdo pracoval v jiném (např. grafickém) programu, důvěrně známá.

3.2 Testovací příklad pro porovnání jednotlivých prostředí

Pro test jednotlivých prostředí jsem zvolil následující postup. Našel jsem příklad, který je možné zpracovat ve všech prostředích. Půjde o jednoduché zadání s použitím virtuálních vstupů a výstupů, které prověří přehlednost a intuitivnost prostředí a umožní jejich srovnání.

3.2.1 Zadání

Tvorba jednoduché kalkulačky, která dokáže sčítat, odečítat, násobit a dělit. Zadání bylo zvoleno s ohledem na možnosti jednotlivých prostředí tak, aby bylo ve všech prostředích i realizovatelné.

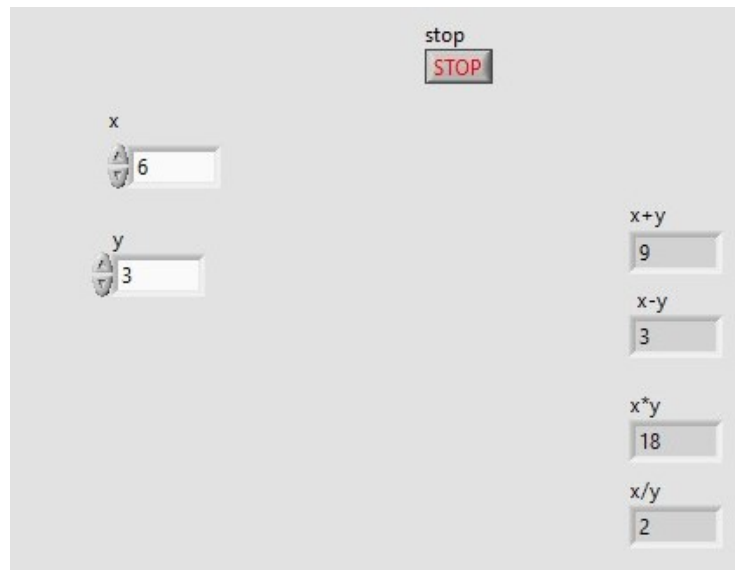
3.2.2 Zpracování

Při zpracování jsem se zaměřil na orientaci v prostředí a intuitivnost. Cílem bylo pracovat s co nejmenším možným využíváním dokumentací.

3.2.2.1 LabVIEW

Ukázky jsou zpracovány v LabVIEW 2019. Samotný program se nachází v **Příloha P V: LabVIEW_kalk.vi**

Vzhled aplikace

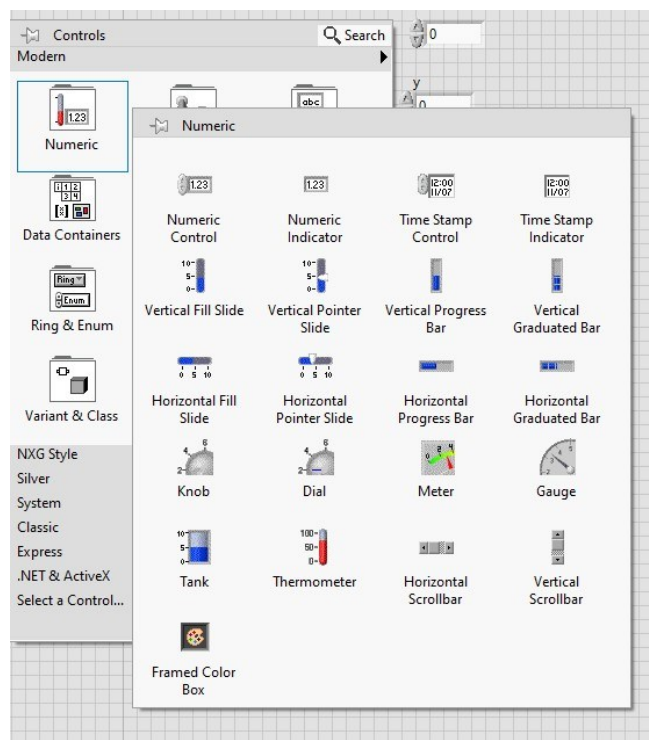


Obrázek 48 LabVIEW testovací aplikace – Front Panel

Aplikace je jednoduchá. Skládá se ze dvou **Numeric control** prvků a čtyř **Numeric Indicator**. Tlačítko **stop** Ukončí běh programu.

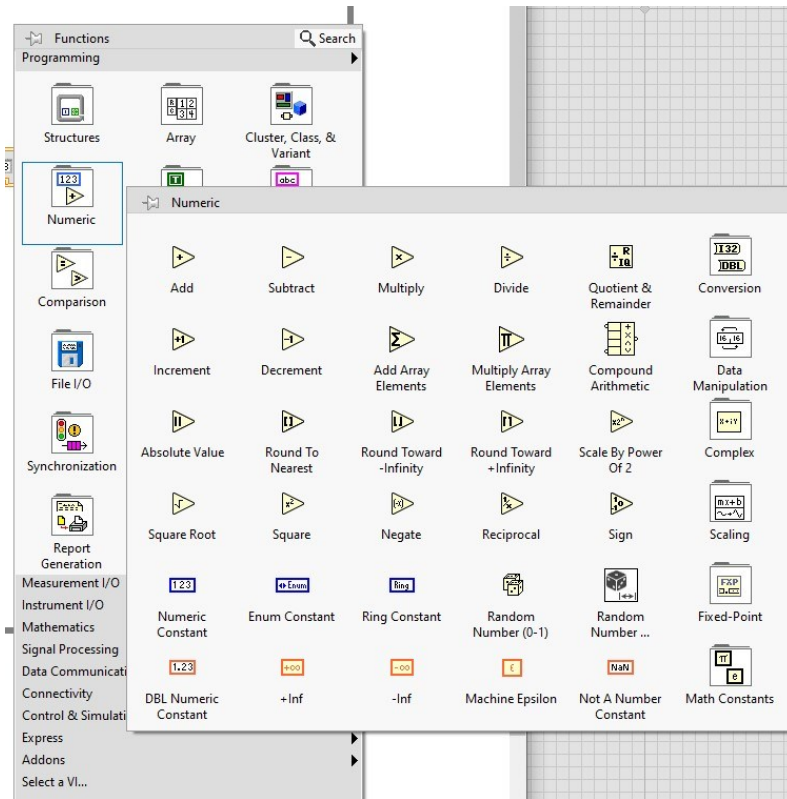
Prvky aplikace

Prostředí je velmi intuitivní a jednotlivé prvky jsou srozumitelně označeny jak textem, tak graficky.



Obrázek 49 LabVIEW testovací aplikace – Výběr prvků

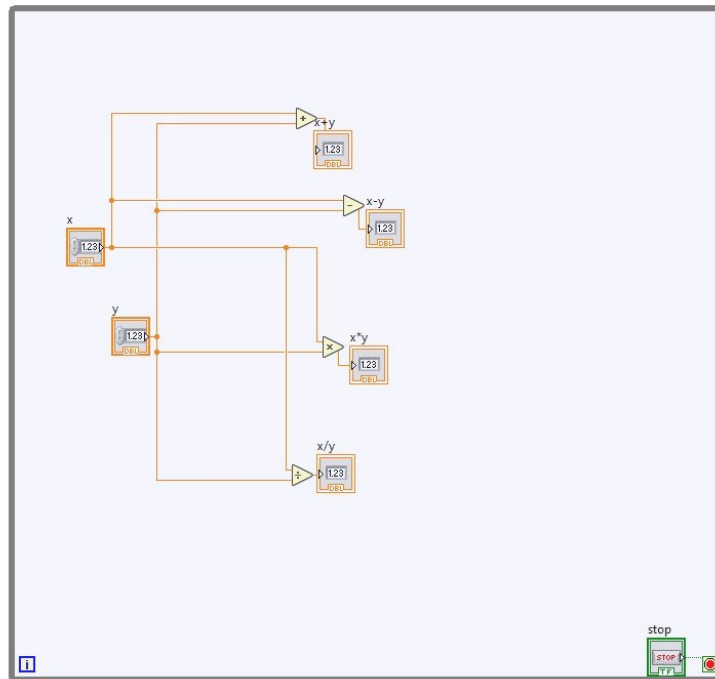
V části **Front Panel** se pravým kliknutím zobrazí nabídka. Zde jdou vybrat jen prvky, které budou viditelné při používání aplikace (displeje, tlačítka atd.).



Obrázek 50 LabVIEW testovací aplikace – Výběr prvků

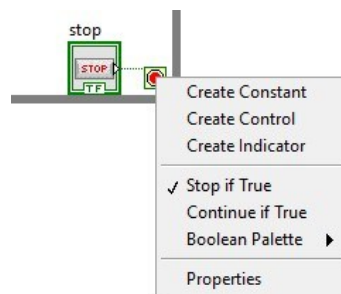
V části **Block Diagram** se následně tvoří vnitřní logika aplikace. Doplňování funkcí a jiných struktur je také přehledně označeno.

Vnitřní logika aplikace



Obrázek 51 LabVIEW testovací aplikace – Vnitřní logika

Propojení jednotlivých prvků se provádí graficky pomocí spojovacích čar. Celá struktura vnitřní logiky je zabalena do smyčky, které zajistí neustálé obnovování aktuálního zobrazení výstupu vůči vstupům. Bez smyčky by po spuštění proběhl program jen jednou => jeden výpočet.



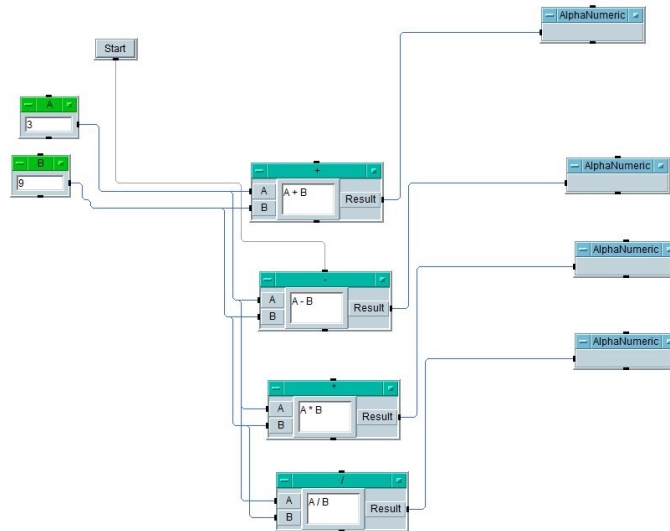
Obrázek 52 LabVIEW testovací aplikace – Vnitřní logika

Přerušení smyčky (ukončení chodu aplikace) zajišťuje tlačítko stop => po stisknutí tlačítka se program ukončí. Tlačítko lze doplnit pravím kliknutím na **Loop Condition** a výběrem **Create Control**.

3.2.2.2 VEE Pro

Pro práci jsem si zvolil VEE Pro 9.33. Samotný program se nachází v **Příloha P IV: VEE_Pro_kalk.vi**

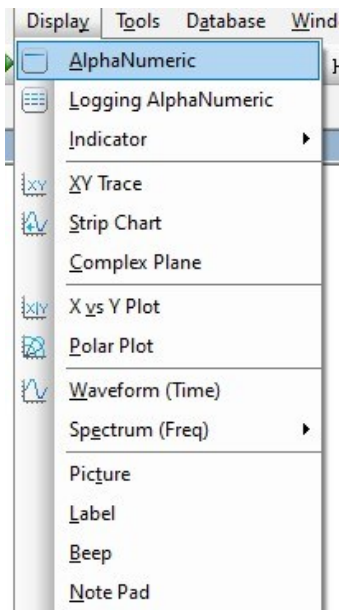
Vzhled aplikace



Obrázek 53 VEE Pro testovací aplikace – Vzhled aplikace

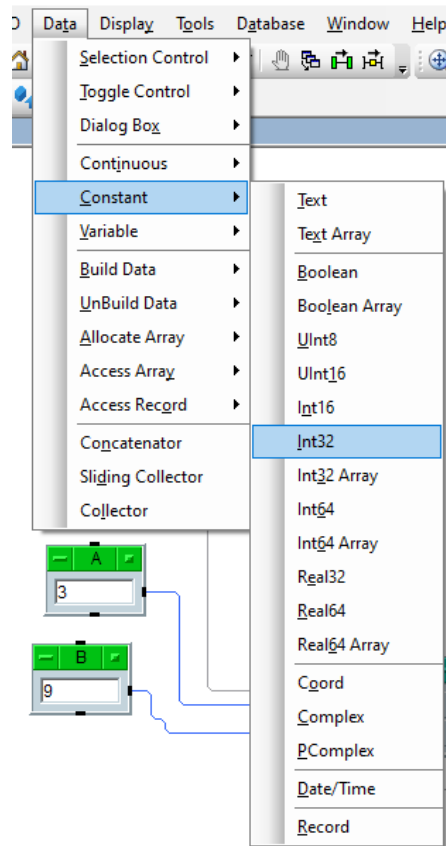
Aplikace a konfigurace prvků je vždy viditelná. Skládá se ze dvou **Constant**, čtyř výpočetních funkcí a čtyř **Alpha Numeric** displejů.

Prvky aplikace



Obrázek 54 VEE Pro testovací aplikace – Výběr prvků

Základem u této konkrétní aplikace je možnost zadávat čísla a číst výsledky. Jako i v případě LabVIEW bylo třeba zajistit tyto 2 funkcionality. V aplikaci jsou vždy viditelné všechny prvky i základní konfigurace. Pro zobrazení jsem v části Display zvolil **AlphaNumeric** výstup.



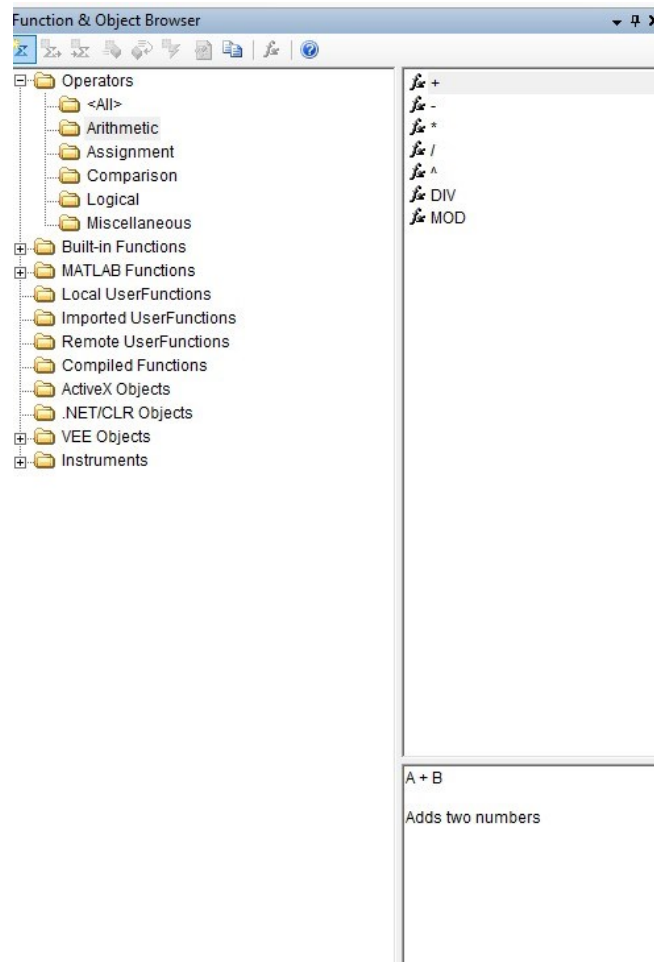
Obrázek 55 VEE Pro testovací aplikace – Výběr prvků

Pro vstup jsem zvolil **Int32 Constant**.



Obrázek 56 VEE Pro testovací aplikace – Výběr prvků

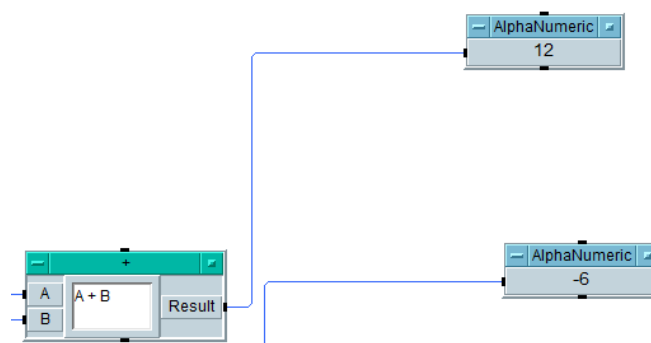
Pro nalezení funkcí zajišťující vnitřní logiku je praktické zobrazit si strom funkcí. Strom je logicky rozdělen do několika sekcí.



Obrázek 57 VEE Pro testovací aplikace – Výběr prvků

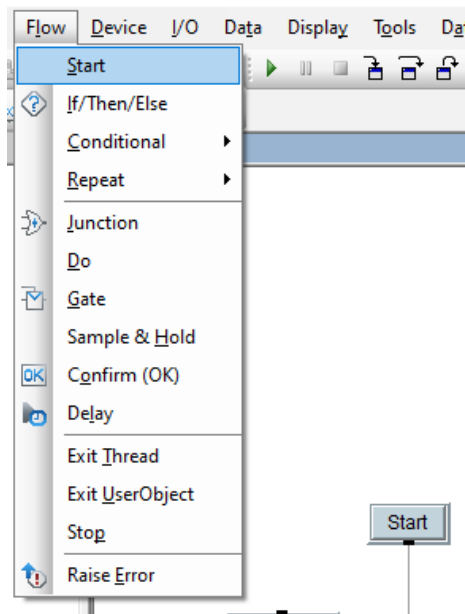
Nalezení potřebných funkcí už pak nebylo složité.

Vnitřní logika aplikace



Obrázek 58 VEE Pro testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace

Propojení jednotlivých prvků je prováděno jako u LabVIEW graficky pomocí spojovacích čar.



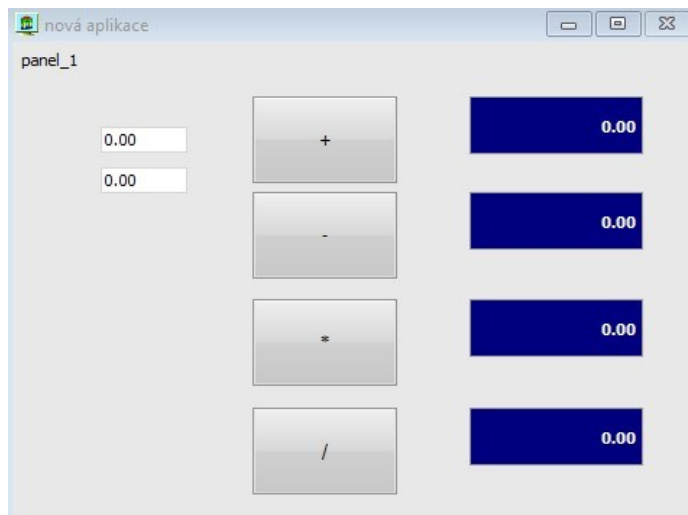
Obrázek 59 VEE Pro testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace

Program jsem doplnil o poměrně praktické tlačítko **Start**. Po stisknutí tohoto tlačítka proběhne výpočet. Spojovací čára vedoucí z tlačítka nepřenáší hodnotu, jako u čar mezi konstantou a výpočtním objektem, ale určuje pořadí. Po stisku tlačítka Start začne program s výpočty.

3.2.2.3 Control Web

Veškerá práce a ukázky jsou zpracovány v Control Web 8. Samotný program se nachází v Příloha P III: Control_Web_kalk.cw

Vzhled aplikace

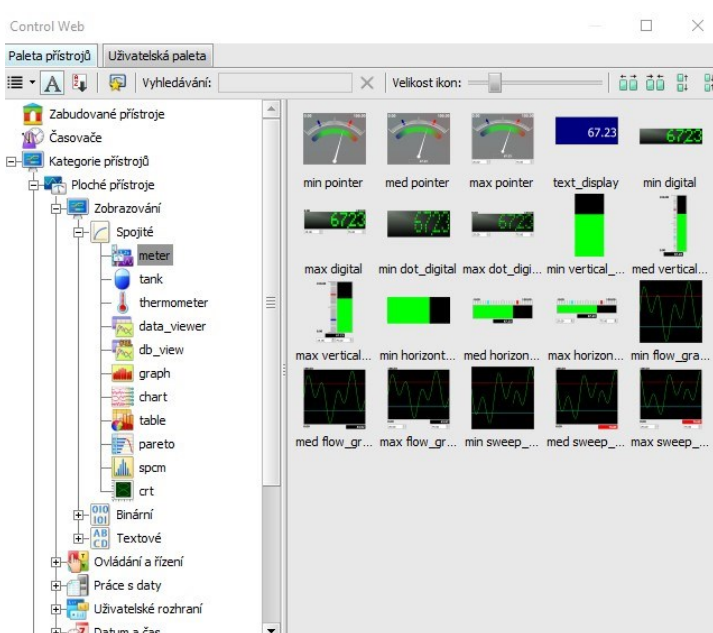


Obrázek 60 Control Web testovací aplikace – Vzhled aplikace

Jednoduchá aplikace se skládá ze dvou **edit_box** prvků, čtyř ovládacích tlačítek a čtyř **text_displaj**. Všechny prvky jsou umístěny v panelu aplikace.

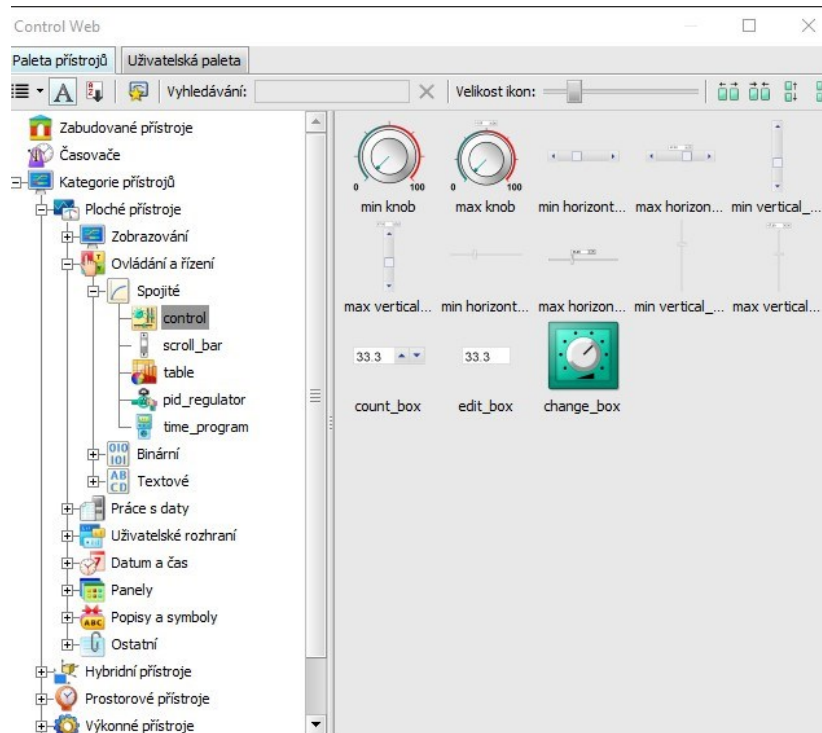
Prvky aplikace

Veškeré prvky se nachází v Paletě a jsou viditelné. Vnitřní logika a ani propojení jednotlivých prvků, na rozdíl od dvou předchozích prostředí, není viditelné.



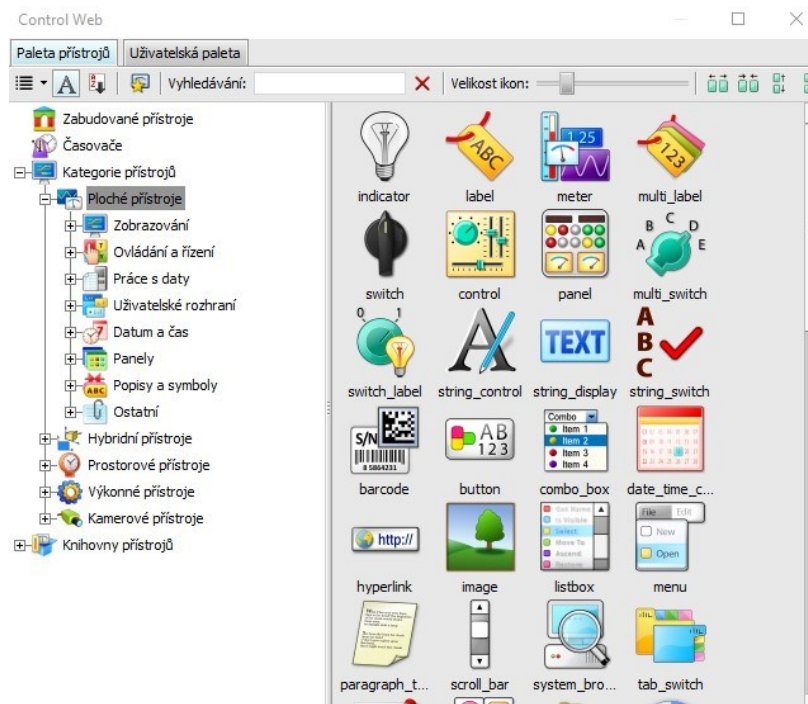
Obrázek 61 Control Web testovací aplikace – Výběr prvků

Pro zobrazení výsledku jsem zvolil text display ze sekce **Ploché_přístroje>Zobrazování>Spojitě>meter**.



Obrázek 62 Control Web testovací aplikace – Výběr prvků

V sekci **Ploché_přístroje>Ovládání_a_řízení>Spojitě>Control** jsem vybral edit box pro zadávání hodnot.

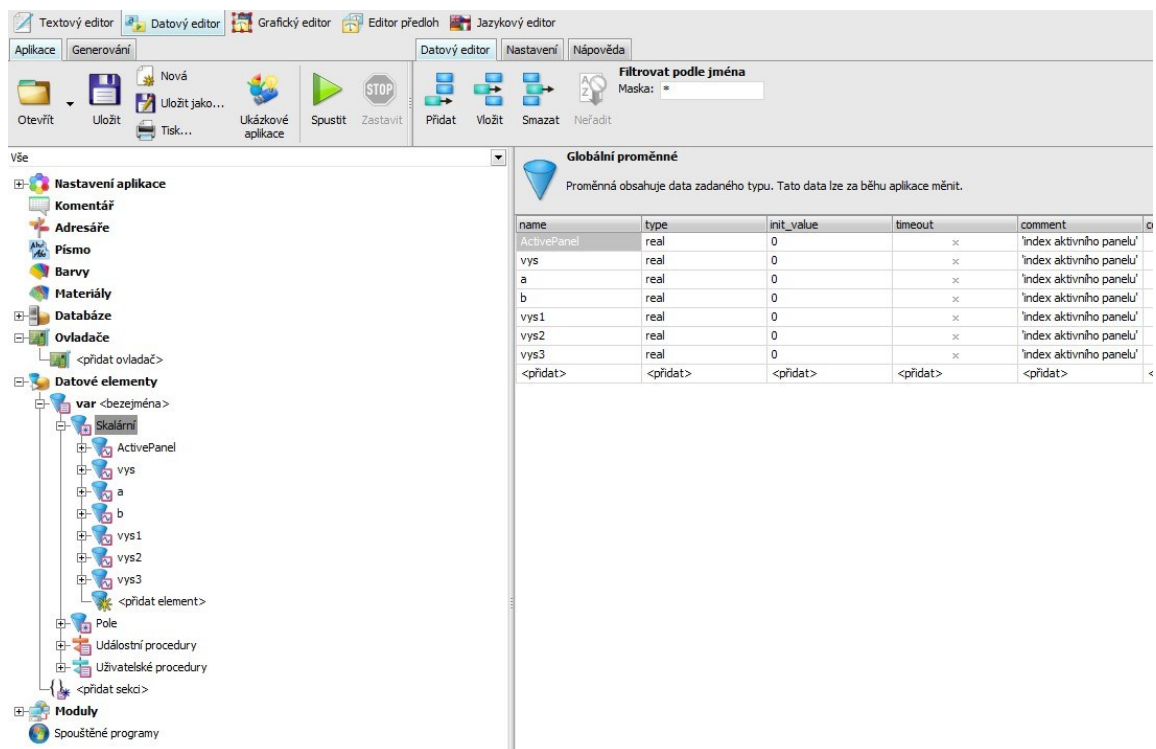


Obrázek 63 Control Web testovací aplikace – Výběr prvků

Button/Tlačítko jsem našel hned v sekci **Ploché přístroje**. Nebylo nutné prohledávat strom.

Vnitřní logika aplikace

Tvorba vnitřní logiky už není tvořena spojením čar, ale poměrně komplikovanou konfigurací.



Obrázek 64 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace

Je nutné mít dobře promyšleno, jak bude aplikace na pozadí fungovat. Bylo nutné vytvořit proměnné se kterými bude program pracovat. Vytvořil jsem proměnné **a** a **b** pro **vstupy**. Pro **výstupy** jsem zvolil proměnné **vys** až **vys3**. S proměnnými se následně pracuje v prvcích aplikace.

nová aplikace.cw - Control Web

Inspektor

Parametry Lokální data Procedury Barvy Zdrojový text

Použít Přidat Kopírovat Výchozí Reference
 Použít a uzavřít Vložit Doleva Procedury
 Uzavřít Smazat Doprava Nastavení

Parametr	Hodnota	Popis
control	control_3	Jméno přístroje
template		Vzor přístroje
rem		Poznámka
activity		Aktivita přístroje
gui		Vzhled přístroje
startup_options		Činnost přístroje při startu aplikace
send_same_data	by_app_settings	Zápis shodných dat na výstupní kanály
output	a	Výstup z přístroje
blink		Podmínka pro blikání
blink_rate	normal	Frekvence blikání
mode	edit_box	Vzhled přístroje
content	min	Obsah vzhledu přístroje
range_from	0	Začátek rozsahu stupnice
range_to	100	Konec rozsahu stupnice
init_value	0	Inicializační hodnota přístroje
real_step	1	Krok změn hodnoty
dec_places	2	Počet desetinných míst
justify	left	Zarovnání textu
change_icon		Cesta k ikoně pro mód change_box
icon_size	0, 0	Velikost ikony
font	font_text	Specifikace fontu
receivers	meter_1	Seznam jmen objektů přijímajících zprávy
transparent	false	Objekt bez pozadí
auto_update	false	Nastavení přístroje podle výstupního datového elementu během aktivace
stop_auto_update_when_selected	false	Blokování nastavení přístroje podle výstupního datového elementu během jeho selekce a editace
disable_mouse_wheel	false	Blokování události od kolečka myši
colors		Nastavení barev
blink_colors		Nastavení alternativních barev

Obrázek 65 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace

Edit boxům jsem přiřadil **output**. Tímto jsem definoval, do jaké proměnné má Edit box přiřadit svoji hodnotu.

Control Web

Inspektor

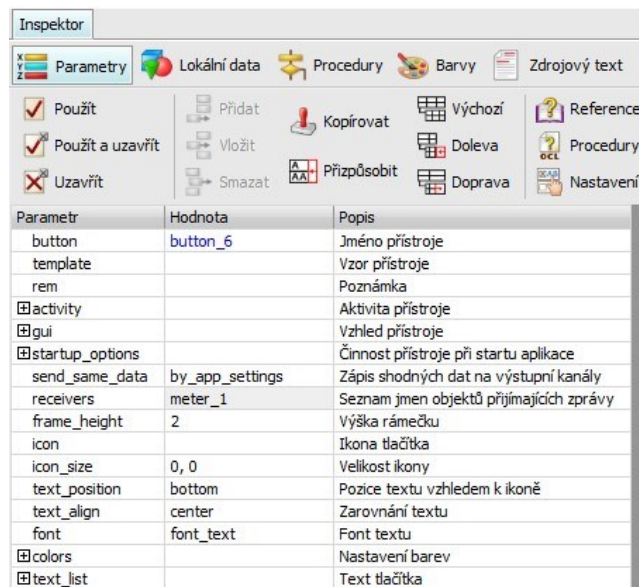
Parametry Lokální data Procedury Barvy Zdrojový text

Použít Přidat Kopírovat Výchozí Reference
 Použít a uzavřít Vložit Doleva Procedury
 Uzavřít Smazat Doprava Nastavení

Parametr	Hodnota	Popis
meter	meter_1	Jméno přístroje
template		Vzor přístroje
rem		Poznámka
activity		Aktivita přístroje
gui		Vzhled přístroje
startup_options		Činnost přístroje při startu aplikace
send_same_data	by_app_settings	Zápis shodných dat na výstupní kanály
expression	vys	Výraz, který je přístrojem vyhodnocován
blink		Podmínka pro blikání
blink_rate	normal	Frekvence blikání
mode	text_display	Vzhled přístroje
content	min	Obsah vzhledu přístroje
range_from	-10000000	Začátek rozsahu stupnice
range_to	10000000	Konec rozsahu stupnice
low_limit	25	Hodnota dolního limitu
high_limit	75	Hodnota horního limitu
dec_places	2	Počet desetinných míst
justify	right	Zarovnání textu
history	2	Délka paměti historického trendu
real_step	1	Krok změn hodnoty
frame	1	Výška rámečku
h_grid	0	Počet vodorovných čar mřížky
v_grid	0	Počet svislých čar mřížky
line_width	1	Šířka čar grafu
font	font_text	Specifikace fontu
meter		Číselný zobrazovač, čárový graf, ručkový přístroj, vodorovný a svislý sloupcový ukazatel

Obrázek 66 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace

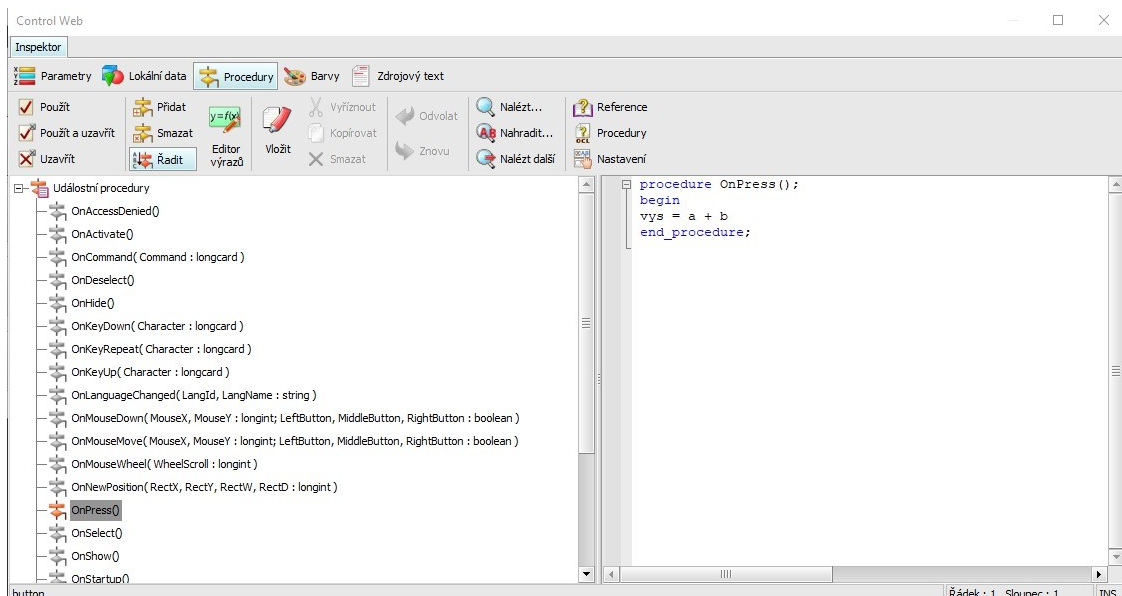
Displejům jsem nastavil **expression** neboli proměnnou, kterou budou zobrazovat a zvětšil jsem defaultní **range_from** a **range_to** a upravil tím rozsah stupnice.



Parametr	Hodnota	Popis
button	button_6	Jméno přístroje
template		Vzor přístroje
rem		Poznámka
activity		Aktivita přístroje
startup_options		Činnost přístroje při startu aplikace
send_same_data	by_app_settings	Zápis shodných dat na výstupní kanály
receivers	meter_1	Seznam jmen objektů přijímajících zprávy
frame_height	2	Výška rámečku
icon		Ikona tlačítka
icon_size	0, 0	Velikost ikony
text_position	bottom	Pozice textu vzhledem k ikoně
text_align	center	Zarovnání textu
font	font_text	Font textu
colors		Nastavení barev
text_list		Text tlačítka

Obrázek 67 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace

Hlavními prvky vnitřní logiky jsou pak tlačítka. Zajišťují provedení výpočtu a přiřazení výstupu. Bylo nutné nastavit **receivers**, tedy místo, kde bude zasílán výsledek.



Obrázek 68 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace

Poté jsem vytvořil jednoduchou funkci, které proběhne po stlačení tlačítka - **OnPress**. Výpočet tedy proběhne pro každou funkci zvlášť (u předchozích aplikací se vypočítaly vždy všechny funkce najednou). Program běží, dokud není ukončen ve vývojovém prostředí.

3.2.3 Zhodnocení práce v jednotlivých prostředí

Každá testovaná aplikace je jiná a zároveň stejná. Ve všech aplikacích pracujeme s objekty, které propojujeme a tvoříme co mají na pozadí provádět za úkony.

U LabVIEW hodnotím velice kladně možnosti výběru prvků. Vše je velice přehledné a dobře značené. Nicméně smyčku pro neustálý běh programu, není bez nahlédnutí do dokumentace možné vytvořit. Nicméně celkový potenciál programu se projeví až po připojení externích zdrojů dat. Čistě graficky orientované vývojové prostředí s ne moc hezkým výstupem je místy trochu svazující a některé složitější struktury logiky by mohly obsahovat větší množství pomocných objektů, což by mohlo mít vliv na rychlost aplikace.

VEE Pro je proti LabVIEW více „zapouzdřené“. Jednotlivé objekty je nutné trochu více vyhledávat a jeho potenciál vidím hlavně v měřicí technice a věřím, že pro propojení s externími zdroji dat se doopravdy projeví jeho možnosti. Velmi se mi zamlouvá okamžitá možnost editovat jednotlivé prvky přímo v grafickém zobrazení prvku. U ostatních prostředí bylo nutné vstoupit do dalšího okna. Uvítal bych možnost měnit např. int32 na int64 constant, ale tuto možnost jsem nenašel.

Posledním testovaným byl český Control Web. Zobrazení aplikace po spuštění v novém okně přidává na pocitu vyšší hodnoty aplikace. Výběr a vyhledávání jednotlivých prvků v české verzi je z mého pohledu poměrně zmatečné. Jednotlivé sekce stromu jsou popsány v češtině, ale prvky mají anglický název => button pod názvem tlačítko vyhledávání nenajde. Problém by vyřešila instalace anglické verze, ale zase by byla škoda přijít o povedené popisky v češtině. Tvorba vnitřní logiky na první pohled vypadá poměrně složitě a u složitějších struktur už se jedná spíše o programování v pravém slova smyslu. Tento fakt ale na druhou stranu přidává obrovské možnosti nastavení funkcí a vlastností prvků, a i celého průběhu programu. Tato variabilita v konfiguraci na nižší úrovni je obrovskou předností Control Web.

4 APLIKACE PRO AUTOMATIZOVANÝ SBĚR DAT

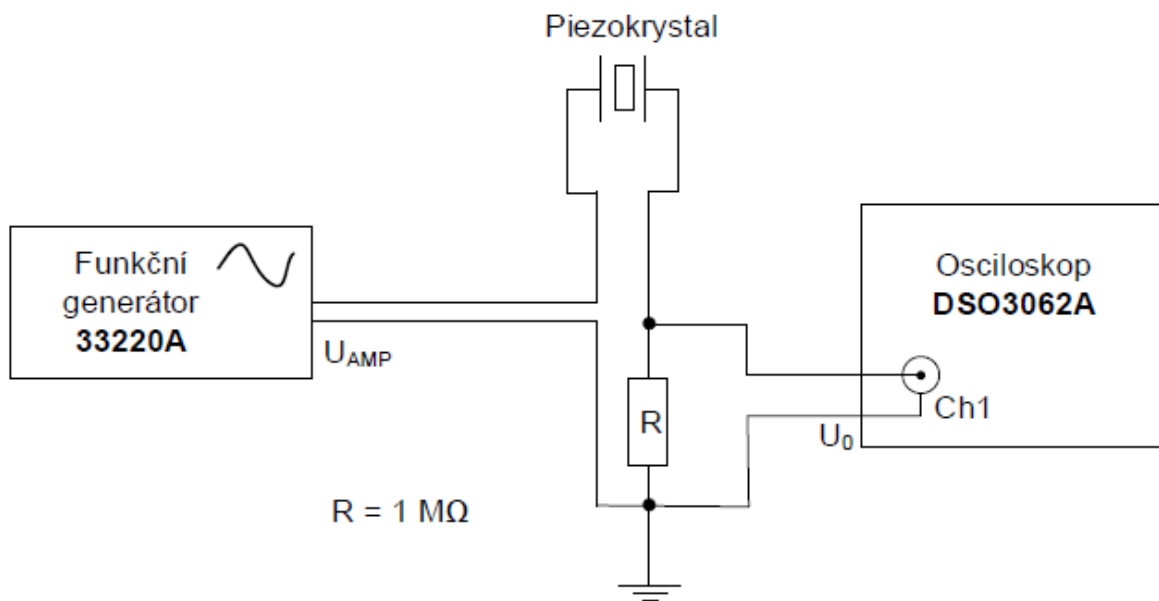
4.1 Měření frekvenční charakteristiky piezokrystalu

Program by měl být schopen měřit a zobrazit frekvenční charakteristiku krystalu. Při definování přesných hodnot je možné proměřit oblast sériové rezonance. [30]

Při průchodu proudem krystalem prochází proud i rezistorem, na kterém měříme napětí => hodnota napětí je úměrná protékajícímu proudu (Ohmův zákon). Neměříme tedy protékající proud, ale měříme napětí na rezistoru. [30]

Hodnotu vstupního signálu upravujeme pomocí funkčního generátoru **33220A**. Napětí na rezistoru pak měříme pomocí osciloskopu **DSO3062A**. [30]

4.1.1 Schéma zapojení



Obrázek 69 Měření piezokrystalu – Schéma zapojení [30]

4.1.2 Použité přístroje

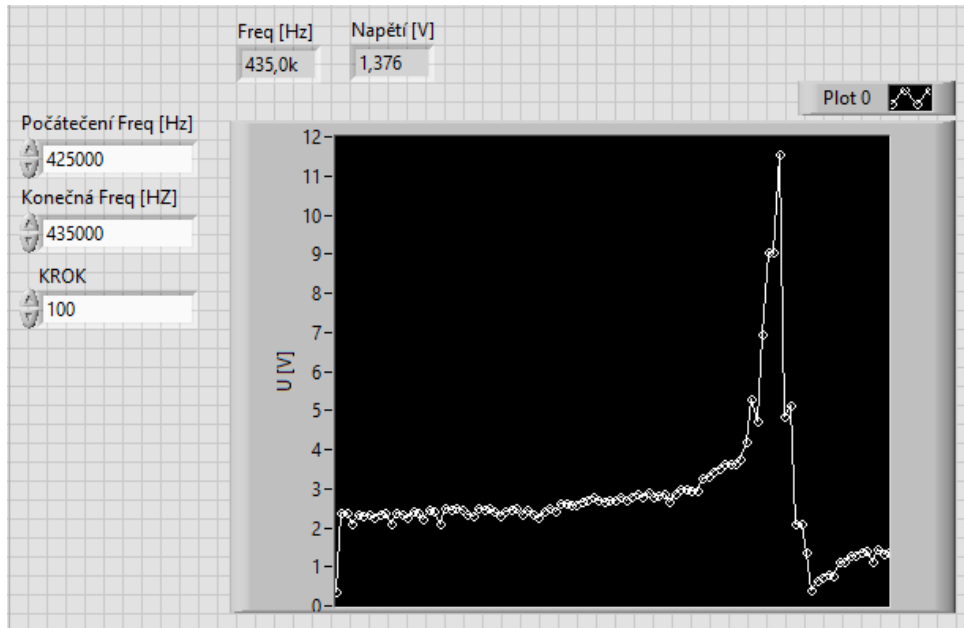
- PC vybavené programy LavVIEW a VEE Pro
- Osciloskop Agilent Technologies DSO3062A
- Generator Funkcí Agilent Technologies 33220A
- Použitý krystal ZTB 429P

4.2 LabVIEW

Samotný program se nachází v **Příloha P II: LabVIEW_auto.vi**

4.2.1 Front panel

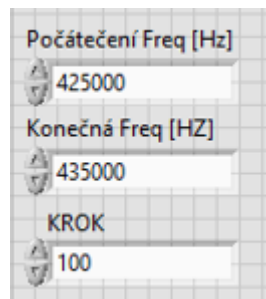
Jedná se o pracovní část programu. V této části zadáváme vstupní hodnoty a sledujeme naměřené výstupy.



Obrázek 70 Měření piezokrystalu LabVIEW – Front Panel

4.2.1.1 Vstupy programu

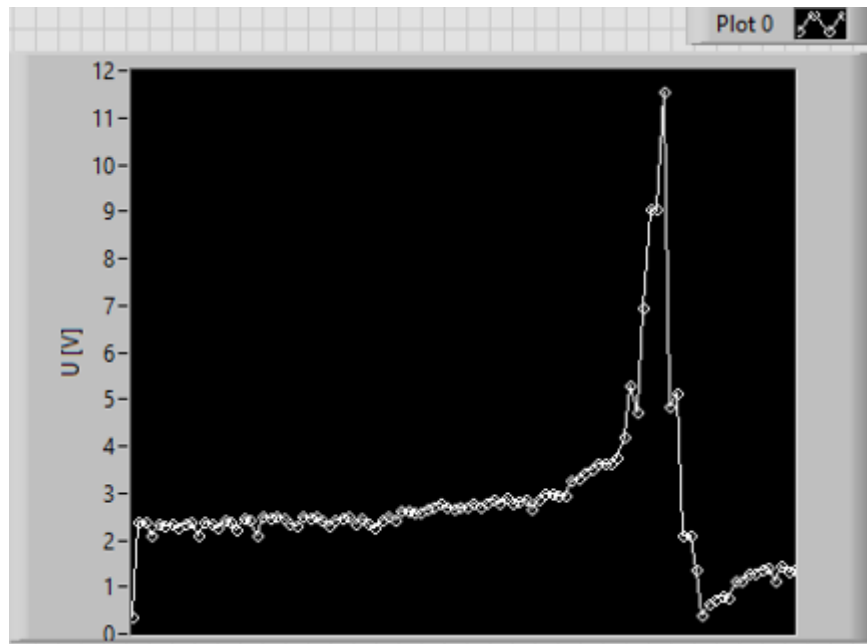
Programu zadáme **počáteční hodnotu frekvence v Hz, konečnou frekvenci v Hz a krok Hz**. Krokem je míněna velikost přírůstku Hz.



Obrázek 71 Měření piezokrystalu LabVIEW – Vstupy

4.2.1.2 Výstup

Výstupem je pak zobrazení měřených hodnot v reálném čase a zaznamenání hodnoty napětí na rezistoru do grafu. Graf zobrazuje úroveň napětí v každém kroku měření.



Obrázek 72 Měření piezokrystalu LabVIEW – Graf

Aktuální hodnota frekvence a napětí je zobrazena v indikátorech **Freq [Hz]** a **Napětí [V]**.

Freq [Hz]	Napětí [V]
435,0k	1,376

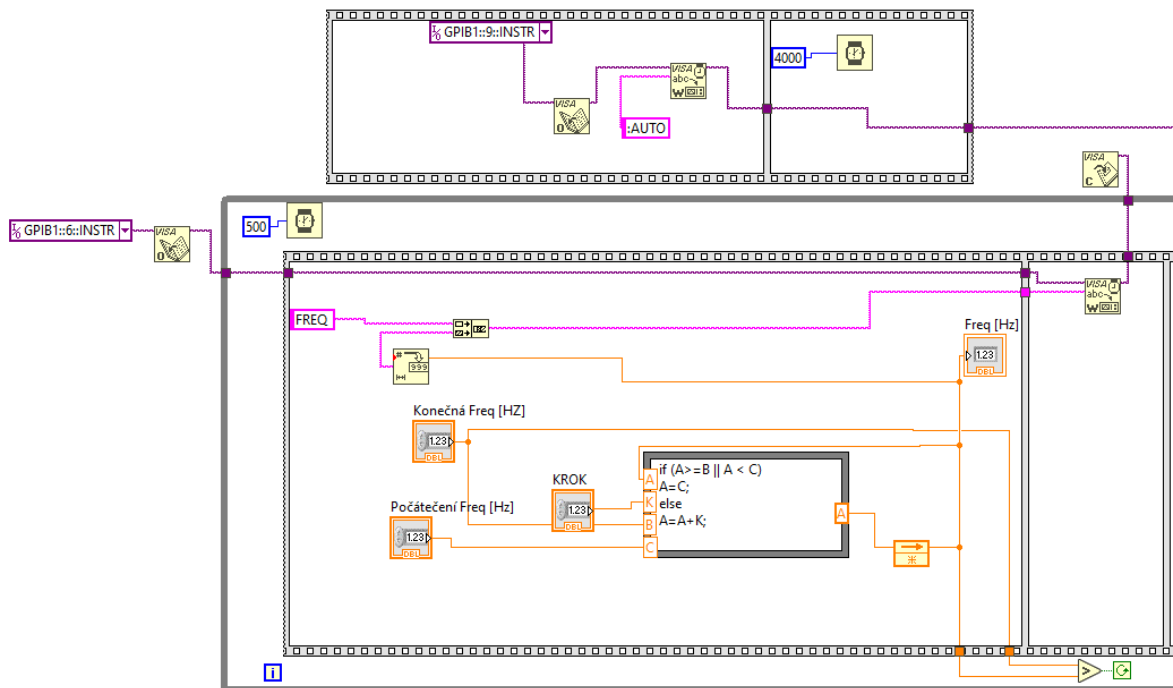
Obrázek 73 Měření piezokrystalu LabVIEW – Aktuální hodnoty

4.2.2 Block Diagram

V této části se zpracovávají vstupní hodnoty a provádí výpočty a úpravy nutné pro relevantní výstup. Program je strukturovaný do několika kroků a většina programu probíhá v podmíněné smyčce, tedy ve struktuře **While Loop**. Měření tedy probíhá, pokud je aktuální frekvence menší než konečná frekvence. Pro každý průběh smyčkou je nastaveno zpoždění **500ms**.

4.2.2.1 Spuštění programu

V první fázi programu je nutné otevřít a upravit hodnoty na **Osciloskopu** a **generátoru funkcí**.

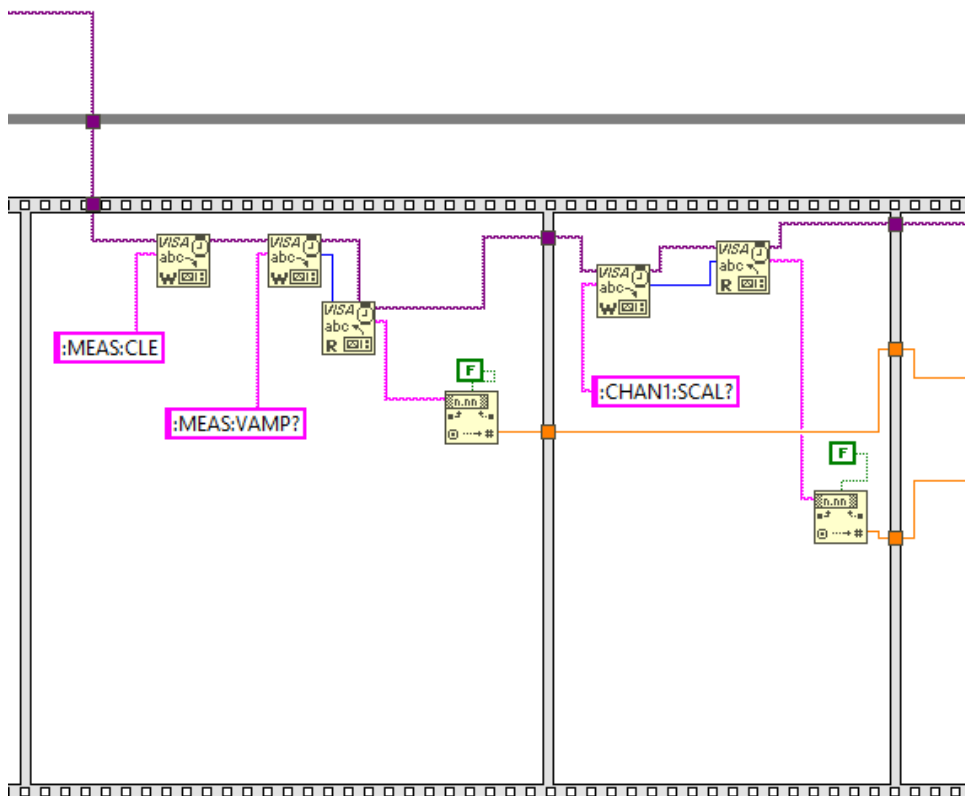


Obrázek 74 Měření piezokrystalu LabVIEW – První fáze programu

Mimo smyčku se osciloskop s názvem **GPIB1::9::INSTR** inicializuje, nastaví rozsah podle aktuálního signálu na vstupu pomocí příkazu **:AUTO**. Následně program čeká po dobu 4000ms aby měl osciloskop dostatek času k nastavení rozsahu. Proces je uzavřený ve struktuře **Flat Sequence**, aby byl zajištěn postupný průběh příkazů. Zároveň probíhá inicializace generátoru **GPIB1::6::INSTR**. Následně se program přesune do smyčky, která pracuje se zpožděním **500ms**, aby osciloskop a generátor stíhal provádět konfiguraci. V první části **Flat Sequence** probíhá veškeré nastavení generátoru. Podle hodnot **Počáteční Freq**, **Konečná Freq** a **KROK**. V prvním průchodu smyčkou se na generátoru nastaví hodnota **Počáteční Freq**. Data následně pokračují do struktury **Formula Node**, kde probíhá kontrola hodnoty **Počáteční Freq** vůči **Konečné Freq** a **Freq**, tedy vypočítané hodnotě frekvence. Zde probíhá zvětšení frekvence o zadaný krok. Hodnota aktuální frekvence vystupuje ven z **Flat Sequence** a následně proběhne porovnání konečné frekvence s aktuální frekvencí (ověří se platnost podmínky pro pokračování smyčky). Vypočítaná frekvence je následně převedena do formátu pro předání generátoru pomocí příkazu **FREQUENCY [vypočtená hodnota]**.

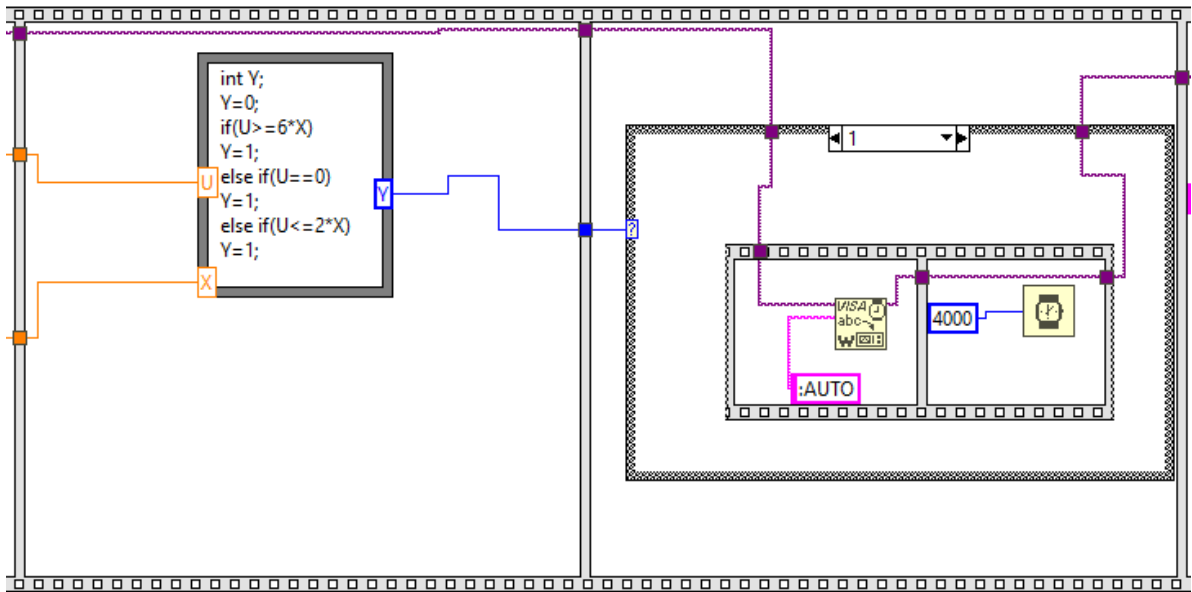
4.2.2.2 Sběr a interpretace dat

Sběr dat jako takový probíhá na osciloskopu. Pomocí sekvence příkazů `:MEASure:CLEAr` a `:MEASure:VAMPlitude?` program čte změřené hodnoty. V další části **Flat Sequence** se pomocí příkazu `:CHANnel:SCALe?` dotazují na rozsah osciloskopu.



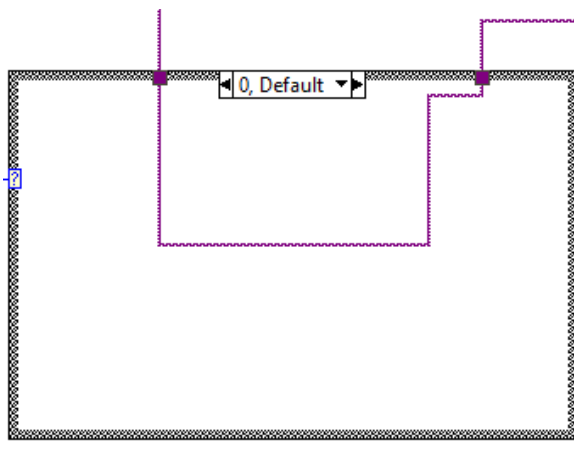
Obrázek 75 Měření piezokrystalu LabVIEW – Měření osciloskopem

Postupně program přechází na část, kde je potřeba ověřit, zda má osciloskop dostatečný rozsah pro měření signálu na vstupu. Osciloskop vrací hodnoty jako textové pole, je tedy nutné ho převést do správného číselného formátu. Pokud by byl rozsah nedostatečný, tak by byla hodnota napětí rovna nule a naměřené hodnoty by neodpovídaly reálným hodnotám na krystalu. Pro zajištění, že rozsah bude vždy dostatečný, je využita **Case structure**. Pokud je tedy splněna podmínka, kdy naměřené napětí je rovno 0 nebo se velikost napětí blíží nejvyšší hodnotě měřitelné při momentálním nastavené, tak se rozsah upraví pomocí sekvence příkazu `:AUTO` a pozdržení **4000ms**.



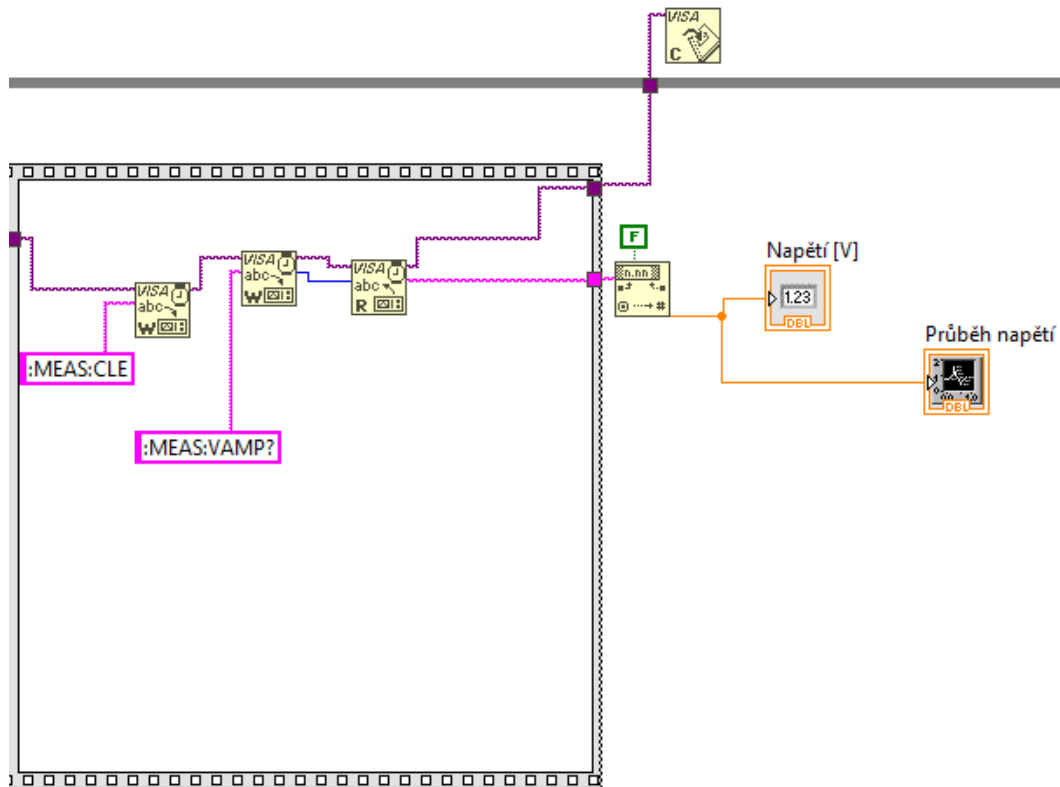
Obrázek 76 Měření piezokrystalu LabVIEW – Kontrola rozsahu osciloskopu

Jestliže podmínka splněna není a rozsah je dostatečný, tak program pokračuje bez úprav rozsahu osciloskopu dál.



Obrázek 77 Měření piezokrystalu LabVIEW – Case Structure pro hodnotu 0

V poslední fázi program znovu přečte měřená data a předá je k zobrazení v grafu a v indikátoru určenému pro zobrazení aktuálního napětí na krystalu.



Obrázek 78 Měření piezokrystalu LabVIEW – Čtení na měření dat

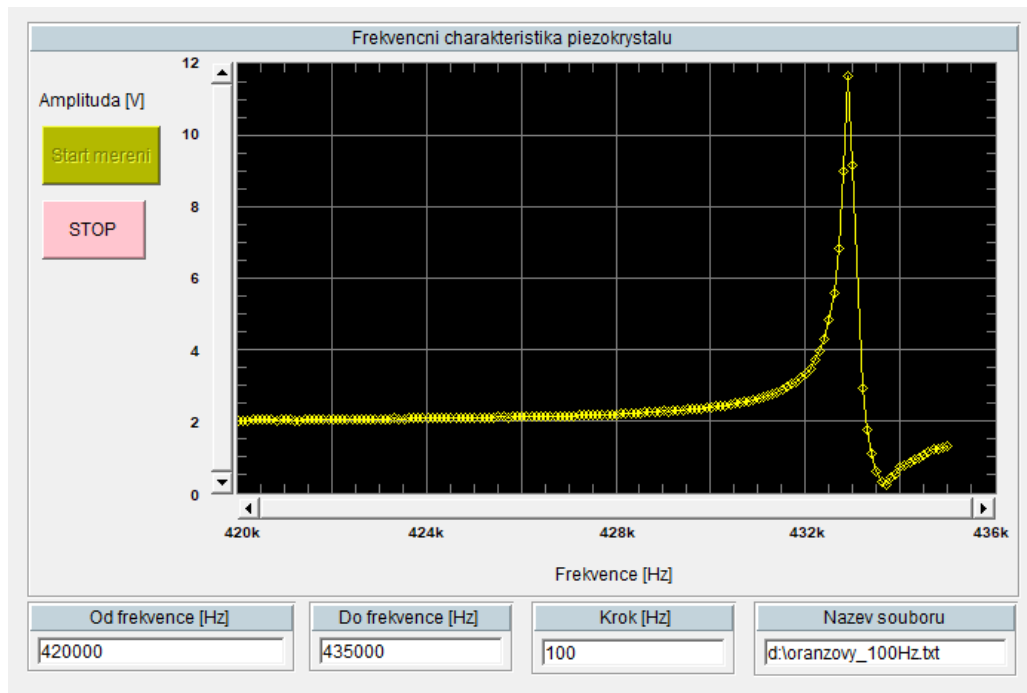
Následně program pokračuje dál ve smyčce, dokud není splněna podmínka pro ukončení smyčky, tedy dokud je aktuální frekvence nižší než konečná frekvence.

4.3 VEE Pro

Samotný program se nachází v **Příloha P I: VEE_Pro_auto.vee**

4.3.1 Panel

Panel je obdobný jako **Front panel** u LabVIEW. Kromě nastavení frekvencí a kroku obsahuje i tlačítka pro spuštění a zastavení programu (**Start měření** a **STOP**) a možnost zadání názvu souboru pro zápis naměřených hodnot.



Obrázek 79 Měření piezokystalu VEE Pro – Panel

4.3.1.1 Vstupy

Do vstupů tedy patří hodnoty **počáteční frekvence**, **konečná frekvence** a **krok**.

Od frekvence [Hz]	Do frekvence [Hz]	Krok [Hz]
420000	435000	100

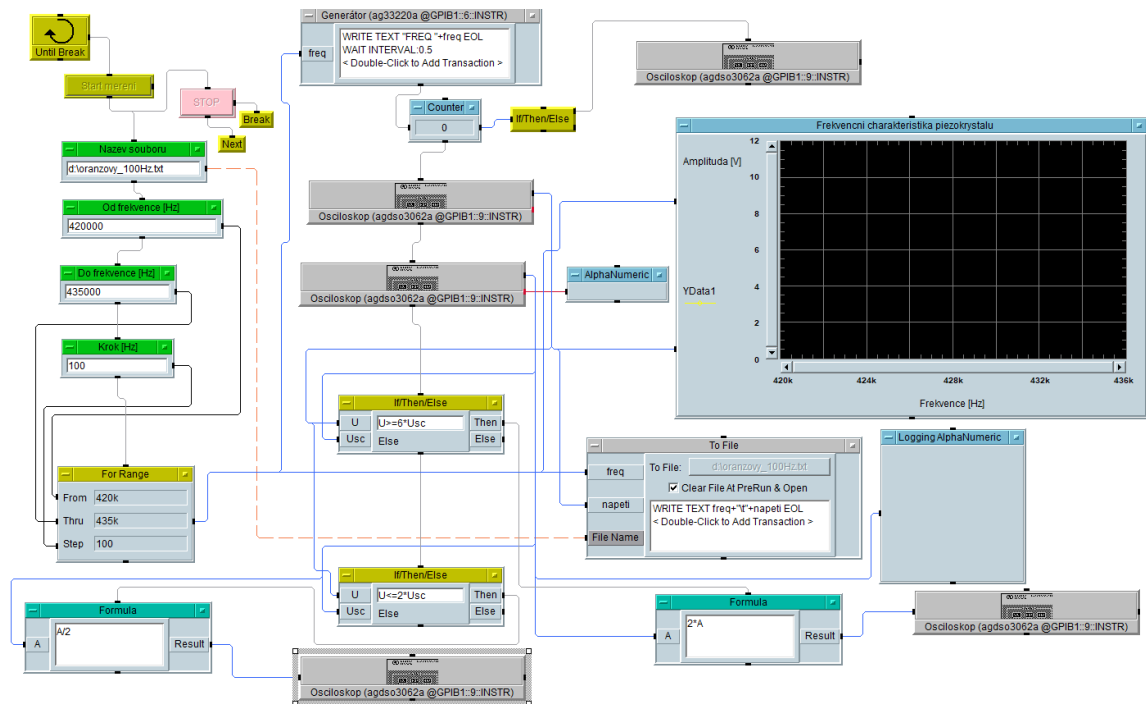
Obrázek 80 Měření piezokystalu VEE Pro – Vstupy

4.3.1.2 Výstupy

Mezi výstupy zde máme graf zobrazující frekvenční charakteristiku a soubor reprezentovaný dialogovým oknem **Název souboru**.

4.3.2 Programová část

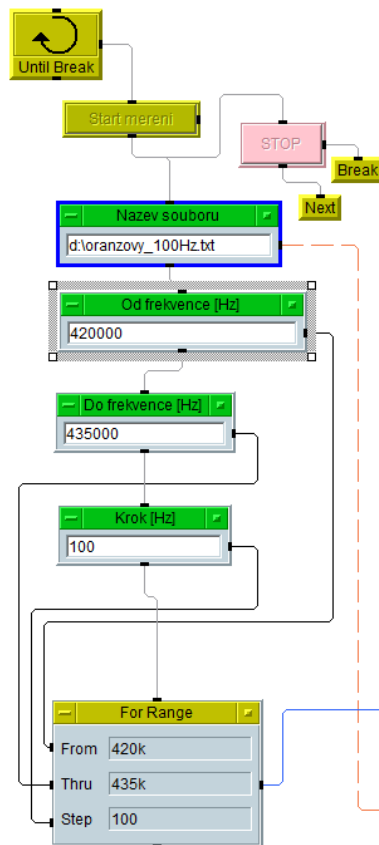
Program se zpracovává ve smyčce **Until Break**, která se spustí tlačítkem **Start mereni** a ukončí až stiskem tlačítkem **STOP**. Program, jako u verze v LabVIEW, musí probíhat v určité sekvenci. Sekvenčnost je zde zajištěna pomocí propojení jednotlivých objektů pomocí **lines**.



Obrázek 81 Měření piezokrystalu VEE Pro – Vnitřní struktura programu

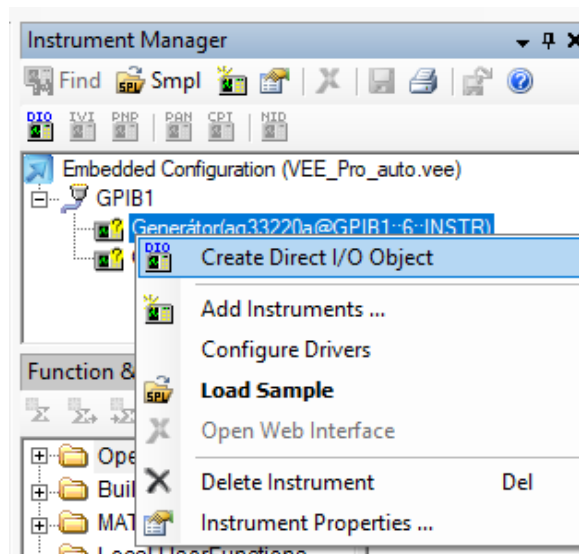
4.3.2.1 Spuštění programu

Zadané hodnoty v Panelu se z objektů **Constant** přenesou do objektu **For Range**, který zajišťuje výpočet hodnot pro nastavení **Generátoru funkcí**, zápisu frekvence do souboru a předání hodnoty frekvence pro graf. Tmavší linky znázorňují přenos dat a světlejší postup v chodu programu. **For Range** tedy zajišťuje výpočet aktuální frekvence a hlídá její hodnotu tak, aby nepřekročila konečnou frekvenci.



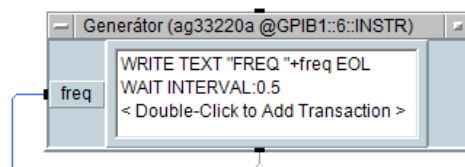
Obrázek 82 Měření piezokrystalu VEE Pro – Spuštění programu

Pro práci s měřicími přístroji je třeba využít okno **Instrument Manager**, který se nachází v pravé části vývojového prostředí. Zde pomocí příkazu **Find** vyhledáme připojená zařízení. Zde se i vytváří objekty určené pro komunikaci s připojenými zařízeními.



Obrázek 83 Měření piezokrystalu VEE Pro – Instrument Manager

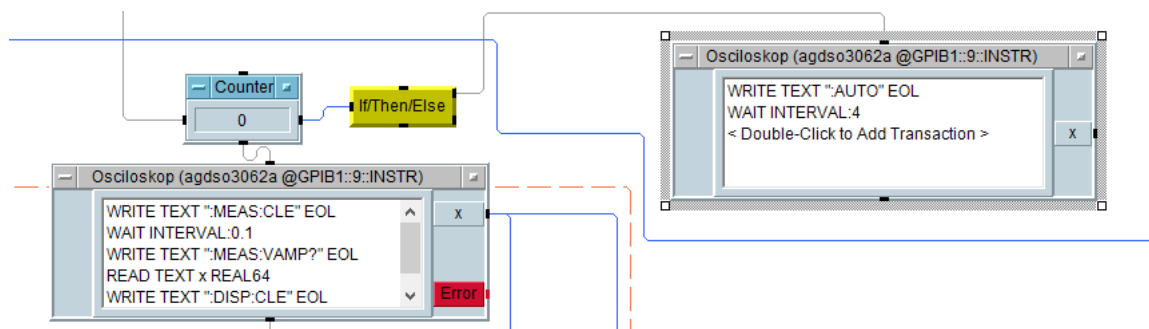
Generátor pomocí takto vytvořeného objektu následně nastaví požadovanou hodnotu frekvence. Nastavení probíhá pomocí příkazu **FREQUENCY [vypočtená hodnota]**.



Obrázek 84 Měření piezokrystalu VEE Pro – Nastavení generátoru funkcí

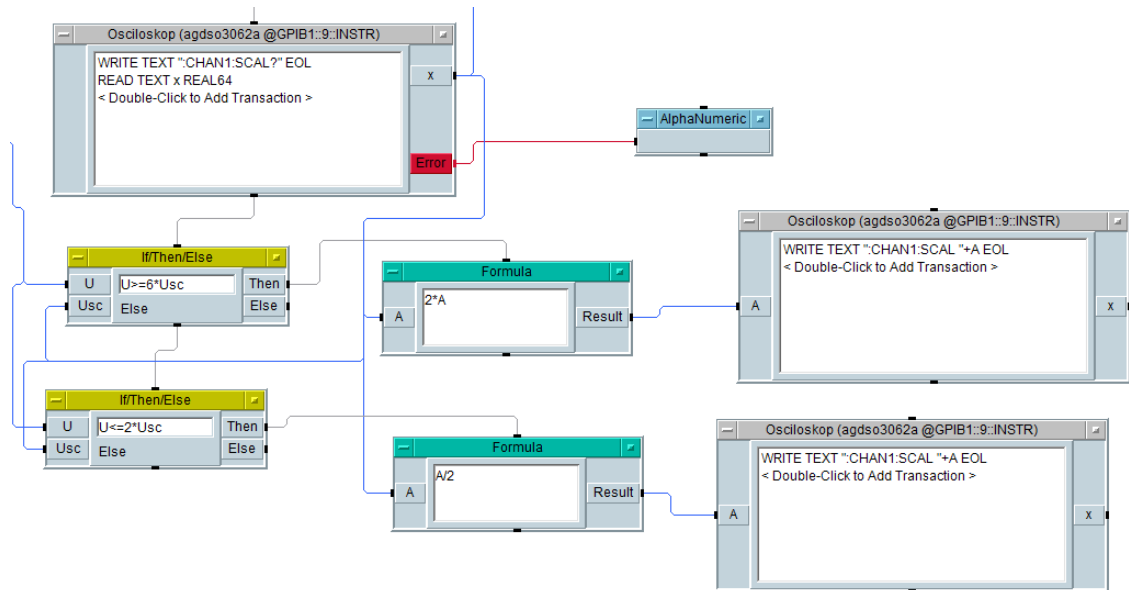
4.3.2.2 Sběr a interpretace dat

V dalším kroku probíhá část, ve které program pracuje převážně s osciloskopem. Upraví se rozsah osciloskopu příkazem **:AUTO**, pokud je splněna podmínka v objektu **If/Then/Else**. Podmínka se dotazuje na hodnotu objektu **Counter**, který počítá počet průchodů programem. Pokud se jedná o první průchod, rozsah se upraví. Program dál pokračuje čtením naměřených hodnot příkazy **:MEASure:CLEar** a **:MEASure:VAMplitude?**. Naměřené hodnoty se pak předají pro zápis do souboru a pro zobrazení v grafu.



Obrázek 85 Měření piezokrystalu VEE Pro – Kontrola rozsahu a čtení dat osciloskopu

V poslední fázi program prověří, jestli je rozsah osciloskopu dostatečný. Pomocí příkazu **:CHANnel:SCALE?** zjistíme aktuální rozsah a pomocí dvojice podmínek **If/Then/Else** rozhodneme, jestli je třeba rozsah zvětšit nebo případně zmenšit. Podmínky pracují s aktuálně naměřeným napětím na krystalu a velikostí rozsahu osciloskopu. V podmínkách se kontroluje jak rozsah blížící se horní měřitelné hodnotě ale i dolní mez pro měření v aktuálně používaném rozsahu. Rozsah se pak mění pomocí příkazu **:CHANnel:SCALE [vypočtená hodnota]**. Konfigurace tedy neprobíhá příkazem **:AUTO**, ale nastaví se přesně požadovaný rozsah pro měření. Hodnota pro nastavení rozsahu se počítá v objektech **Formula**, kde je hodnota aktuálního rozsahu dvojnásobně zvětšena či zmenšena.



Obrázek 86 Měření piezokrystalu VEE Pro – Kontrola úprava rozsahu osciloskopu
 Program následně pokračuje ve smyčce. Výpočet frekvence se zastaví na požadované konečné frekvenci. Program zůstává „aktivní“ dokud není ukončen tlačítkem **STOP**.

5 PREZENTACE VIRTUÁLNÍ INSTRUMENTACE

Součástí práce je také prezentace **Virtuální instrumentace.pptx**, která shrnuje informace shromážděné při tvorbě bakalářské práce.

Prezentace se nachází v **Příloha P VI: Virtuální instrumentace.pptx**

5.1 Struktura prezentace

1.2 Přístroje pro klasickou instrumentaci

Měřicí přístroje je možné dělit jako přístroje pro klasickou a virtuální instrumentaci.

Charakteristika pro přístroje klasická instrumentace:

- **Převážně jednoúčelová stand alone zařízení**
 - Pro složitější instalaci je potřeba několik různých **drobných** zařízení
- **Vysoká cena**
- **U starších nemožnost připojit k PC**
- **Připojení k PC pomocí sběrnic: USB, RS232, GPIB a Ethernet.**
 - Pro propojení se využívá I/O knihovna VISA

Měřicí přístroje
Momentálně dokážeme měřicí přístroje dělit na dvě významné skupiny, a to na přístroje pro klasickou a virtuální instrumentaci. U obou dokážeme docílit stejných výsledků za použití jiných filozofií při zpracování a hlavně při předání dat počítači.

Přístroje pro klasickou instrumentaci
Jedná se převážně o *stand alone* zařízení. Jejich funkce je pevně definována už při výrobě a opírají se hlavně o specializovaný hardware. S tím se nese vyšší pořizovací cena a občasné problémy s konektivitou na PC kvůli nutnosti použití speciálních sběrnic či propojovacích kabelů. Jedná se tedy převážně o jednoúčelová zařízení. Jejich propojením s PC jsme se dočkali spousty benefitů, jako je například omezení chyb při odčítání dat z displeje, rychlost a efektivita zpracování, které se bez použití PC nedá dosáhnout. Mezi nejpoužívanější sběrnic patří USB, RS232, GPIB a Ethernet. Po připojení na PC je možné sesbíraná data dále zpracovávat pomocí nástrojů virtuální instrumentace jako je například VEE Pro. Pomocí instrukční sady je možné z těchto prostředí přístroje konfigurovat a řídit. Přístroje lze tedy ovládat jak klasickou formou, čili čtení dat přímo z displeje na přístroji, ale i za pomoci PC. Pro stavbu složitějších zapojení je nutné si dokoupit několik specializovaných zařízení.

Obrázek 87 Prezentace Virtuální instrumentace – Ukázka struktury

Samotná prezentace shrnuje v bodech nejdůležitější informace. Do poznámky je pak vždy doplněn text z práce.

přístroje pro klasickou a virtuální instrumentaci. U obou dokážeme docílit stejných výsledků za použití jiných filozofií při zpracování a hlavně při předání dat

ž při výrobě a opírají se hlavně o specializovaný hardware. S tím se nese vyšší pořizovací cena a občasné problémy s konektivitou na PC kvůli nutnosti použití lová zařízení.

zení chyb při odčítání dat z displeje, rychlost a efektivita zpracování, které se bez použití PC nedá dosáhnout. Mezi nejpoužívanější sběrnic patří USB, RS232, omocí nástrojů virtuální instrumentace jako je například VEE Pro. Pomocí instrukční sady je možné z těchto prostředí přístroje konfigurovat a řídit. přístroji, ale i za pomoci PC. Pro stavbu složitějších zapojení je nutné si dokoupit několik specializovaných zařízení.

Poznámky

Obrázek 88 Prezentace Virtuální instrumentace – Poznámky

ZÁVĚR

Práce se soustředí na seznámení studentů s problematikou virtuální instrumentace v poměrně širokém měřítku. Probírá postupný vývoj a široké možnosti využití těchto nástrojů v praxi.

V teoretické části jsem se snažil o seznámení s přístroji a technologiemi, které se na poli instrumentace využívaly v minulosti a jakým směrem se instrumentace ubírá nyní. Jedním z hlavních témat teoretické části je pak kapitola pojednávající o přístrojích pro virtuální instrumentaci. Velký důraz je také kladen na grafická vývojová prostředí LabVIEW a VEE Pro. Obě prostředí jsou široce využívána po celém světě. Díky tomu je pro studenty jejich znalost možnou výhodou při uplatnění na trhu práce. Naopak jako lehkou nevýhodu těchto dvou prostředí bych označil nedostatek materiálu v českém jazyce. Nejen z tohoto důvodu může být práce přínosná právě ve fázi seznamování se s prostředím. Nebyl opomenut ani přínos společnosti Moravské Přístroje a.s., která rovněž se svým produktem Control Web dokáže LabVIEW a VEE Pro konkurovat. Bohužel Control Web není tak široce rozšířený, ale poskytuje kompletní dokumentaci v češtině.

Praktická část se zaměřuje na ukázky zpracované v jednotlivých prostředích. Ukázky jsou popsány a je zde i vysvětlena funkce použitých prvků. Díky praktickým ukázkám je možné pozorovat rozdíly v přístupu k problematice v různých prostředích. Nabízí také srovnání jejich možností. Pro porovnání slouží příklad jednoduché kalkulačky. Je zpracována v LabVIEW, VEE Pro i Control Webu. Je zde možné pozorovat, jak rozdílný je postup při řešení stejného problému napříč prostředím. Aplikace pro automatický sběr dat pak ukazuje složitější zadání, které využívá i externích zařízení pro sběr dat. Obě prostředí dokážou využít plný potenciál připojených zařízení. U LabVIEW jsem narazil na nutnost převodu výstupních hodnot, které program interpretuje jako textové proměnné a pro další zpracování je nutný převod na numerickou hodnotu.

Z uživatelského hlediska se jeví jako lepší volba maximální využití předností grafických objektů, které perfektně využívá jak prostředí LabVIEW, tak VEE Pro. U LabVIEW jsem měl občas dojem, že místy se snaží až zbytečně moc být co nejvíce „objektové“. Občas to působilo zmateně a nelogicky. Naproti tomu v Control Webu je nutné častěji pracovat s prvky klasického programování, což by mohlo lidem, co nemají s klasickým programováním zkušenosti vadit. VEE Pro pak v tomto ohledu stojí mezi prostředím LabVIEW a Control Web.

Jako výstup z práce dále vznikla prezentace (**Příloha P VI: Virtuální instrumentace.pptx**), která přehledně shrnuje jak teoretickou část, tak poznatky z tvorby praktických ukázek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] 1) Rozdělení elektrických měřících přístrojů. Informace pro žáky ISS Slaný [online]. [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <http://zak.iss-slany.cz/?id=487&action=detail&presenter=Material>
- [2] Senzorický systém na bázi virtuální instrumentace. Ostrava, 2018. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- [3] Keysight VEE Pro 9.33. Electronic design, test automation & measurement equipment | Keysight [online]. © Keysight Technologies 2013-2018 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.keysight.com/zz/en/assets/9018-03968/quick-start-guides/9018-03968.pdf>
- [4] MyDAQ Student Data Acquisition Device - NI. Engineer Ambitiously - NI [online]. © 2021 NATIONAL INSTRUMENTS CORP. [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/shop/hardware/products/mydaq-student-data-acquisition-device.html>
- [5] PCI-6221 - NI. Engineer Ambitiously - NI [online]. © 2021 NATIONAL INSTRUMENTS CORP. [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/support/model.pci-6221.html>
- [6] W4000D VEE Pro 9.33 | Keysight. Electronic design, test automation & measurement equipment | Keysight [online]. © Keysight Technologies 2000–2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.keysight.com/zz/en/product/W4000D/vee-pro-9-33.html>
- [7] LabView | Vývoj.HW.cz. Vývoj.HW.cz | Profesionální elektronika [online]. Copyright © 1997 [cit. 05.05.2021]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/labview>
- [8] SLUŠTÍK, Radek. Příprava výukového materiálu pro předmět Zpracování signálů. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 108 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/1373>. Tomas Bata University in Zlín. Faculty of Applied Informatics, Ústav automatizace a řídicí techniky. Vedoucí práce Navrátil, Milan.
- [9] Základy LabVIEW. Aktuálně na DPS [online]. Copyright © 2021 DPS Elektronika od A do Z. [cit. 05.05.2021]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/mereni/id:22208/nove-v-e-archivu-zaklady-labview>

- [10] Kurz: A0M38VIP - Virtuální přístroje - B181. Moodle Fakulta elektrotechnická [online]. [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://moodle.fel.cvut.cz/course/view.php?id=2409#section-0>
- [11] SCADA System for Locomotive Testing Using CompactRIO and LabVIEW. Engineer Ambitiously - NI [online]. © 2021 NATIONAL INSTRUMENTS CORP. [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/case-studies/19/scada-system-for-locomotive-testing-using-compactrio-and-labview.html>
- [12] Monitoring the Main Gearbox of a Bucket-Wheel Excavator Using CompactRIO. Engineer Ambitiously - NI [online]. 2012 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/case-studies/19/monitoring-the-main-gearbox-of-a-bucket-wheel.html>
- [13] Digital Multimeters. Engineer Ambitiously - NI [online]. 2019 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.ni.com/pdf/product-flyers/digital-multimeters.pdf>
- [14] Co je to SCADA? SCADA/HMI systém PROMOTIC [online]. [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsScada.htm>
- [15] Software I/O Layers - VISA, VISA COM, SICL, Keysight 488 - Technical Overview | Keysight. Electronic design, test automation & measurement equipment | Keysight [online]. © Keysight Technologies 2000–2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.keysight.com/zz/en/lib/resources/technical-specifications/software-io-layers--visa-visa-com-sicl-keysight-488--technical-overview-1461160.html>
- [16] Introduction to the PXI Architecture - NI. Engineer Ambitiously - NI [online]. 2020 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/white-papers/14/introduction-to-the-pxi-architecture.html>
- [17] AXIe-1: Base Architecture Specification. AXIe Consortium [online]. 2015 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: http://axiestandard.org/images/AXIe-1_Revision_3.0_20151008.pdf
- [18] AXIe-1 Base Architecture Specification Products. AXIe Consortium [online]. © 2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: http://www.axiestandard.org/products_1.html
- [19] AXIe : AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test. AXIe Consortium [online]. 2016 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <http://www.axiestandard.org/files/AXIe%20Overview%20-%202016.pdf>

- [20] LXI Getting Started Guide. LXI Consortium [online]. 2013 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.lxistandard.org/Documents/GuidesForUsingLXI/LXI%20Getting%20Started%20Guide%20Aug%203%202013.pdf>
- [21] What Is LXI? Engineer Ambitiously - NI [online]. 2020 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/white-papers/08/what-is-lxi-.html>
- [22] LXI vs GPIB. LXI Consortium [online]. © 2021 The LXI Consortium [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.lxistandard.org/About/LXI-vs-GPIB.aspx>
- [23] Co je Control Web? Moravské přístroje a.s. [online]. 2010 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/art?id=380&cat=146&lang=405>
- [24] VEE Pro 9.33. Electronic design, test automation & measurement equipment | Keysight [online]. 2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.keysight.com/zz/en/assets/7018-03144/data-sheets/5990-9117.pdf>
- [25] Agilent 3000 Series Oscilloscopes. Electronic design, test automation & measurement equipment | Keysight [online]. © Agilent Technologies, Inc. 2005-2006, 2008 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.keysight.com/zz/en/assets/9018-05335/programming-guides/9018-05335.pdf?success=true>
- [26] Agilent HP E8401A. Testwall - Test & Measurement Equipment | Measurement Equipment [online]. © 2018 - 2019 Testwall Ltd. [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://www.testwall.com/product/agilent-hp-e8401a/>
- [27] VXI-MXI-2 - NI. Engineer Ambitiously - NI [online]. © 2021 NATIONAL INSTRUMENTS CORP. [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/support/model.vxi-mxi-2.html>
- [28] PXI Systems - NI. Engineer Ambitiously - NI [online]. © 2021 NATIONAL INSTRUMENTS CORP. [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/shop/pxi.html>
- [29] Erdos Miller Favorites: the cRIO and the cDAQ. Erdos Miller: MWD Technology [online]. 2017 [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://info.erdosmiller.com/blog/erdos-miller-favorites-the-crio-and-the-cdaq>
- [30] *Měření frekvenční charakteristiky piezokrystalu*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, © 2021

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D	Analog/Digital.
HDD	Hard Disk Drive
HMI	Human-Machine Interface.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
PC	Personal computer
USB	Universal Serial Bus
RS232	Recommended Standard 232 (sériová linka)
GPIO	General Purpose Interface Bus
VISA	Virtual Instrument Systems Architecture
I/O	Input/output
LAN	Local Area Network
SW	Software
HW	Hardware
PCI	Peripheral Component Interconnect)
PC-Card	Personal computer - Card
VXI	VMEbus Extensions for Instrumentation
SCXI	Signal Conditioning Extensions for Instrumentation
PXI	PCI Extensions for Instrumentation
PXIe	PCI Express Extensions for Instrumentation
LXI	LAN eXtensions for Instrumentation
AXIe	AdvancedTCA Extensions for Instrumentation and Test
VMEbus	Versa Module Eurocard bus
MATE	Modular Automatic Test Equipment
CPU	Central Processing Unit
RAM	Random Access Memory

MXI	Multisystem eXtension Interface
ATCA	Advanced Telecom Computing Architecture
VI	Virtual instrument
DAQ	Data Acquisition
MS Office	Microsoft Office
PLC	Programmable Logic Controller

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Přístroje pro klasickou instrumentaci.....	11
Obrázek 2 Přístroje pro virtuální instrumentaci – NI myDAQ [4].....	12
Obrázek 3 Zásuvné karty pro sběr dat – NI PCI-6221 [5].....	13
Obrázek 4 Systém VXI – VXI vs. VME [10].....	14
Obrázek 5 Systém VXI – Agilent E8401A [26].....	14
Obrázek 6 Systém VXI – VXI-MXI-2 [27].....	14
Obrázek 7 Systém PXI a PXIe – skříň [28].....	15
Obrázek 8 Systém PXI a PXIe – PXI controller [28].....	15
Obrázek 9 Systém PXI a PXIe – PXI moduly [28].....	16
Obrázek 10 Systém PXI a PXIe – PXI a PXIe sloty [10].....	16
Obrázek 11 Systém AXIe – Cobham AXIe Vector Signal Transceiver - mA-6806 [18] ...	17
Obrázek 12 Systém AXIe – porovnání AXIe a PXIe [19].....	17
Obrázek 13 Proprietární modulární systémy – NI CompactDAQ [29].....	18
Obrázek 14 Systém LXI – Ukázka napojení LXI [20].....	18
Obrázek 15 Systém LXI – Příklad hybridního LXI systému [21].....	19
Obrázek 16 Přístroje pro virtuální instrumentaci – PXI Digital Multimeters [13].....	19
Obrázek 17 Přístroje pro virtuální instrumentaci – SCADA systém pro testování lokomotiv [11].....	20
Obrázek 18 Přístroje pro virtuální instrumentaci – SCADA monitoring center [14].....	21
Obrázek 19 Grafická vývojová prostředí - LabVIEW logo.....	22
Obrázek 20 Grafická vývojová prostředí – VEE Pro logo.....	22
Obrázek 21 Grafická vývojová prostředí – VEE Pro Database tab.....	23
Obrázek 22 Grafická vývojová prostředí – Control Web logo.....	23
Obrázek 23 Grafická vývojová prostředí - Struktura systému Laboratoře integrované automatizace [23].....	24
Obrázek 24 LabVIEW 2019 – Úvodní obrazovka.....	26
Obrázek 25 LabVIEW 2019 – Úvodní obrazovka.....	27
Obrázek 26 LabVIEW 2019 – Front Panel.....	27
Obrázek 27 LabVIEW 2019 – Block Diagram.....	28
Obrázek 28 LabVIEW 2019 – Ukázka propojení oken.....	29
Obrázek 29 LabVIEW 2019 – Properties.....	29
Obrázek 30 LabVIEW 2019 – Properties.....	30
Obrázek 31 LabVIEW 2019 – Ukázka propojení oken.....	30
Obrázek 32 VEE Pro 9.33 – Vývojové prostředí.....	31

Obrázek 33 VEE Pro 9.33 – Ovládací panel 1/2	31
Obrázek 34 VEE Pro 9.33 – Ovládací panel 2/2	31
Obrázek 35 VEE Pro 9.33 – Příklad výběru objektu.....	32
Obrázek 36 VEE Pro 9.33 – Main	32
Obrázek 37 VEE Pro 9.33 – Vlastnosti	33
Obrázek 38 VEE Pro 9.33 – Strom programu	33
Obrázek 39 Control Web 8 – Vývojové prostředí	34
Obrázek 40 Control Web 8 – Nástrojová lišta.....	34
Obrázek 41 Control Web 8 – Paleta přístrojů.....	34
Obrázek 42 Control Web 8 – Otevřená Paleta přístrojů.....	35
Obrázek 43 Control Web 8 – Pracovní plocha	35
Obrázek 44 Control Web 8 – Inspektor objektu	36
Obrázek 45 Control Web 8 – Strom přístrojů.....	36
Obrázek 46 Control Web 8 – Prvky pro ovládání prostředí 1/2	37
Obrázek 47 Control Web 8 – Prvky pro ovládání prostředí 2/2	37
Obrázek 48 LabVIEW testovací aplikace – Front Panel	38
Obrázek 49 LabVIEW testovací aplikace – Výběr prvků	38
Obrázek 50 LabVIEW testovací aplikace – Výběr prvků	39
Obrázek 51 LabVIEW testovací aplikace – Vnitřní logika	40
Obrázek 52 LabVIEW testovací aplikace – Vnitřní logika	40
Obrázek 53 VEE Pro testovací aplikace – Vzhled aplikace	41
Obrázek 54 VEE Pro testovací aplikace – Výběr prvků.....	41
Obrázek 55 VEE Pro testovací aplikace – Výběr prvků.....	42
Obrázek 56 VEE Pro testovací aplikace – Výběr prvků.....	42
Obrázek 57 VEE Pro testovací aplikace – Výběr prvků.....	43
Obrázek 58 VEE Pro testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace	43
Obrázek 59 VEE Pro testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace	44
Obrázek 60 Control Web testovací aplikace – Vzhled aplikace.....	45
Obrázek 61 Control Web testovací aplikace – Výběr prvků	45
Obrázek 62 Control Web testovací aplikace – Výběr prvků	46
Obrázek 63 Control Web testovací aplikace – Výběr prvků	46
Obrázek 64 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace.....	47
Obrázek 65 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace.....	48
Obrázek 66 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace.....	48
Obrázek 67 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace.....	49

Obrázek 68 Control Web testovací aplikace – Vnitřní logika aplikace.....	49
Obrázek 69 Měření piezokrystalu – Schéma zapojení [30].....	51
Obrázek 70 Měření piezokrystalu LabVIEW – Front Panel.....	52
Obrázek 71 Měření piezokrystalu LabVIEW – Vstupy.....	52
Obrázek 72 Měření piezokrystalu LabVIEW – Graf.....	53
Obrázek 73 Měření piezokrystalu LabVIEW – Aktuální hodnoty	53
Obrázek 74 Měření piezokrystalu LabVIEW – První fáze programu	54
Obrázek 75 Měření piezokrystalu LabVIEW – Měření osciloskopem.....	55
Obrázek 76 Měření piezokrystalu LabVIEW – Kontrola rozsahu osciloskopu	56
Obrázek 77 Měření piezokrystalu LabVIEW – Case Structure pro hodnotu 0	56
Obrázek 78 Měření piezokrystalu LabVIEW – Čtení na měření dat.....	57
Obrázek 79 Měření piezokrystalu VEE Pro – Panel.....	58
Obrázek 80 Měření piezokrystalu VEE Pro – Vstupy	58
Obrázek 81 Měření piezokrystalu VEE Pro – Vnitřní struktura programu	59
Obrázek 82 Měření piezokrystalu VEE Pro – Spuštění programu	60
Obrázek 83 Měření piezokrystalu VEE Pro – Instrument Manager.....	60
Obrázek 84 Měření piezokrystalu VEE Pro – Nastavení generátoru funkcí	61
Obrázek 85 Měření piezokrystalu VEE Pro – Kontrola rozsahu a čtení dat osciloskopu ...	61
Obrázek 86 Měření piezokrystalu VEE Pro – Kontrola úprava rozsahu osciloskopu.....	62
Obrázek 87 Presentace Virtuální instrumentace – Ukázka struktury	63
Obrázek 88 Presentace Virtuální instrumentace – Poznámky	63

SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy jsou v elektronické formě na přiloženém CD.

Příloha P I: VEE_Pro_auto.vee

Příloha P II: LabVIEW_auto.vi

Příloha P III: Control_Web_kalk.cw

Příloha P IV: VEE_Pro_kalk.vee

Příloha P V: LabVIEW_kalk.vi

Příloha P VI: Virtuální instrumentace.pptx