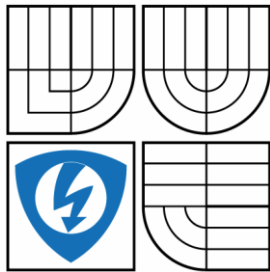


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION



AUTOMATIZOVANÉ MĚŘENÍ
JEDNODUCHÝCH ELEKTRICKÝCH
OBVODŮ

Automated measurement of simple electric circuits

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

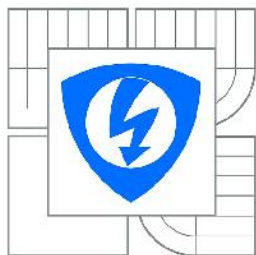
MICHAL GÁLA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARIE HAVLÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Michal Gála

ID: 154722

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Automatizované měření jednoduchých elektrických obvodů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Vypracujte přehled významných parametrů a charakteristik přenosových článků prvního řádu a popište jejich praktické využití v elektrotechnice.
2. V návaznosti na semestrální projekt navrhnete a realizujete měřicí pracoviště pro automatizované měření přenosových charakteristik těchto článků. Výběr přístrojů zdůvodněte.
3. Vytvořte měřicí aplikaci pro měření charakteristik daných článků v programu MATLAB, LabVIEW nebo libovolné verzi jazyka C, výběr zdůvodněte. Aplikace musí být schopná změřit základní parametry diskutované v teoretické části, bude generovat protokol o měření a bude umožňovat nastavení parametrů měření, editaci protokolu, export dat a grafů.
4. Vytvořenou měřicí aplikaci prezentujte a popište její funkcionality.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] ČEJKA, M.: Elektronické měřicí systémy, Skriptum VUT Brno, 2002
[2] Firemní literatura, manuály přístrojů Agilent

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 25.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Marie Havlíková, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce: Bc. Ondřej Bošтік

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Táto práca teoreticky popisuje chovanie jednoduchých obvodov 1.rádu. Ďalšia časť dokumentu popisuje možné automatizované meranie pomocou znakov SCPI, ktoré sú náplňov blokov v prostredí LabVIEW. Nakoniec popisuje vytvorenú aplikáciu na meranie amplitúdového a fázového prenosu.

Kľúčové slová

Jednoduché elektrické obvody, návrh automatizovaného pracoviska, komplexné jednobrany, komplexné dvojbrany, prostredie LabVIEW.

Abstract

This document is about theoretical description of behavior simple circuits 1. regulations. Next page of this document describes the possible automated programming circuits 1. regulations. Programming using SCPI characters that are filling of the blocks in the LabVIEW. Finally describes created application of the measure the amplitude and phase transfer

Keywords

Simple electric circuits, design automated workstation, complex one-port, complex double-port, LabVIEW

Bibliografická citace:

GÁLA, M. Automatizované měření jednoduchých elektrických obvodů Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 89 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marie Havlíková, Ph.D.

Prehlásenie

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Automatizované měření jednoduchých elektrických obvodů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **18. května 2015**

.....
podpis autora

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce Ing. Marii Havlíkovej, Ph.D a konzultantovi Bc. Ondřejovi Boštíkovi za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri vypracovávaní mojej bakalárskej práce. Ďalej moja vďaka patrí Ing. Martinovi Čalovi za odbornú pomoc pri zostavovaní aplikácie.

V Brně dne: **18. května 2015**

.....
podpis autora

Obsah

1	ÚVOD	8
2	KOMPLEXNÉ DVOJBRANY	9
2.1	Pararelné zapojenie odpor-kondenzátor	10
2.2	Pararelné zapojenie kondenzátor-odpor	15
2.3	Pararelné zapojenie odpor-cievka	19
2.4	Pararelné zapojenie cievka-odpor	22
2.5	Zhrnutie komplexných dvojbranov	27
3	KOMPLEXNÉ JEDNOBRANY	29
3.1	Sériové zapojenie odpor-kondenzátor	32
3.2	Sériové zapojenie odpor-cievka	37
3.3	Zhrnutie jednobranov	41
4	STANDART SCPI	43
4.1	Využitie Standartu SCPI	43
4.2	Rozhranie RS-232	44
4.3	Rozhranie GPIB	45
4.4	Model prístroja	45
4.5	Syntax SCPI	49
5	NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVISKA	51
5.1	Hardwarové vybavenie	52
5.2	Softwarové vybavenie	56
5.3	Virtuálne inštrumenty v prostredí LabVIEW	57
6	REALIZÁCIA AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVISKA	61
6.1	Popis meracej aplikácie	61
6.2	Stavový automat	67
6.2.1	Automatizované zvyšovanie frekvencie	68
6.2.2	Stav <i>Konfigurace</i>	68
6.2.3	Stav <i>Initialize</i>	70
6.2.4	Stav <i>Generator</i>	71
6.2.5	Stav <i>Mereni</i>	72
6.2.6	Stav <i>Rizeni</i>	74
6.2.7	Stav <i>Konec</i>	75
7	FUNKČNOSŤ APLIKÁCIE	76
8	ZÁVER	77

1 ÚVOD

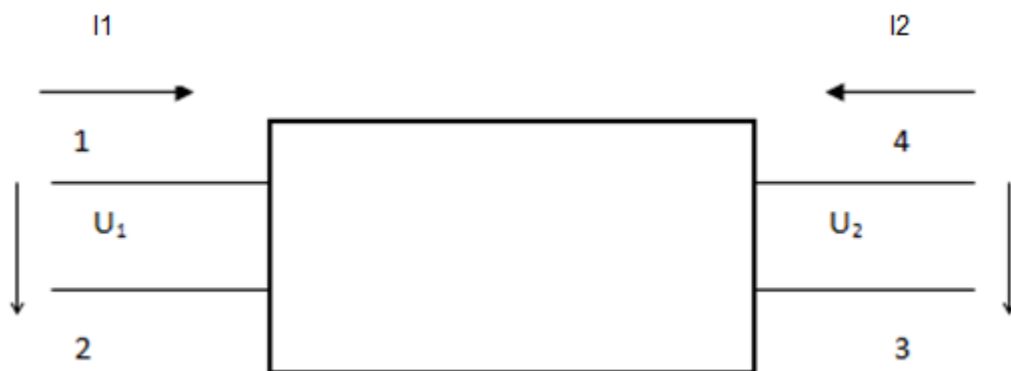
Táto práca sa zaoberá teóriou prenosových článkov prvého rádu. V práci sú popísané kombinácie súčiastok pre realizáciu týchto článkov, ako aj možné výhody, či naopak nevýhody ktoré so sebou prináša práve zvolená kombinácia. V práci rozoberám realizáciu jednobranov, dvojbranov a ich možnosti zapojenia v praktických realizáciách. Prenosové články prvého rádu sú obvody s jedným akumulárnym prvkom. Sú popísané diferenciálnou rovnicou prvého rádu. Tieto články našli bohaté uplatnenie vo svete techniky a technológie[1].

Náplňou práce je aj podrobný popis zostavenia meracej aplikácie. Na jej zostavenie som použil prostredie LabVIEW. Dôvod použitia tohoto prostredia ako aj popis je taktiež bodom mojej práce.

Poslednou časťou dokumentu je funkčný popis vytvorenej aplikácie a jej možné použitie v reálnych podmienkach.

2 KOMPLEXNÉ DVOJBRANY

Dvojbrany sú elektronické obvody, ktoré majú vstupné a výstupné svorky. Majú teda 2 vstupné a 2 výstupné svorky. Prúdy, ktoré pretekajú práve 2 svorkami jednej brány musia byť totožné. Medzi týmito svorkami sa nachádzajú elektronické súčiastky ako odpor(R), kondenzátor(C) či indukčnosť(L). Každé spojenie týchto súčiastok vykazuje iné vlastnosti, ktoré úzko závisia od obvodových veličín, vstupného napätia (U_1), výstupného napätia (U_2), prúdu $I(t)$, vid' Obrázok 1. Toto spojenie elektronických súčiastok spĺňa neodmysliteľnú úlohu v obvodoch, jeho úloha môže spočívať ako dolnofrekvenčná či hornofrekvenčná priepusť, filter pásmovej priepusti, alebo filter pásmovej zádrže. Dvojbrany sa ďalej delia podľa typu odporu, ktorý je zahrnutý v obvode na lineárne a nelineárne. Lineárne dvojbrany majú výhodu oproti nelineárnym, a to možnosť zamenenia vstupných a výstupných svoriek[2].



Obrázok 1:Schéma komplexného dvojbranu[3]

U_1, I_1 - vstupné veličiny dvojbranu,

U_2, I_2 - výstupné veličiny dvojbranu,

1,2 - vstupné svorky dvojbranu,

3,4 - výstupné svorky dvojbranu.

Keď vstupnú bránu budím harmonickým signálom, prebehne prechodový dej, avšak po jeho ustálení definujem komplexný napät'ový prenos :

$$A_u = \frac{U_2}{U_1} = A_u e^{j\varphi} = \frac{U_2 e^{j\varphi_2}}{U_1 e^{j\varphi_1}} \quad (1)$$

U_2 - výstupné napätie dvojbranu[V],

U_1 - vstupné napätie dvojbranu[V],

$U_2 e^{j\varphi_2}$ - fázor výstupného napätia[V],

$U_1 e^{j\varphi_1}$ - fázor vstupného napätia[V],

$A_u e^{j\varphi}$ - napät'ový prenos príslušného dvojbranu[.]

Celkový komplexný výraz má dve časti:

Reálnu,

Imaginárnu.

Inak povedané modul a argument. V nasledujúcom vzorci popíšem modul komplexného napät'ového prenosu. Ten je daný podielom amplitúd výstupného a vstupného napätia.

$$A_u = \frac{U_2}{U_1} \quad (2)$$

U_2 - výstupné napätie dvojbranu[V],

U_1 - vstupné napätie dvojbranu[V].

Modul je často treba vyjadriť v logaritmickom merítke :

$$A_u \text{ db} = 20 \log_{10}(A_u) \quad (3)$$

A_u - modul komplexného napät'ového prenosu dvojbranu[.]

Druhá časť komplexného čísla, teda jeho argument, je daný rozdielom argumentov, inak povedané fáz výstupného U_2 napätia a vstupného U_1 napätia. Tejto numerickej hodnote sa hovorí tiež aj fázový posuv, fázový rozdiel, alebo aj časový rozdiel vzťahnutý na periodu T .

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (4)$$

φ_2 - fáza výstupného napätia dvojbranu[°],

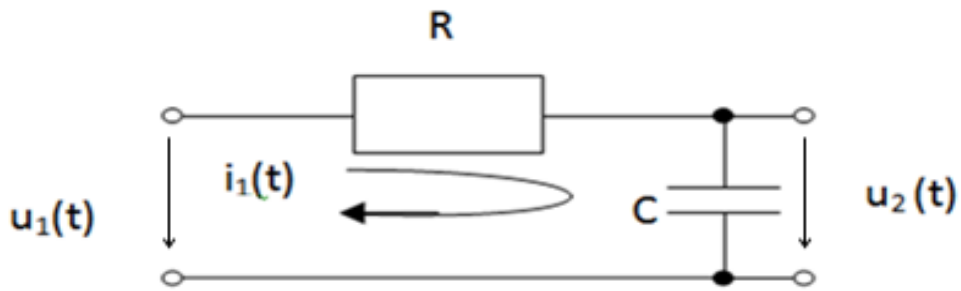
φ_1 - fáza vstupného napätia dvojbranu[°].

Kompletné zhrnutie vyššie popísaných vzorcov hovorí o tom, že vlastne obe časti aj reálna a takisto imaginárna sú frekvenčne závislé. U všetkých nasledujúcich obvodov sa preto nachádza aj frekvenčná charakteristika.

2.1 Pararelné zapojenie odpor-kondenzátor

Toto zapojenie sa v praxi označuje skratkami jednotlivých komponentov, ktoré tvoria tento obvod, čiže RC obvod. Jeho obvodové zapojenie, vid' Obrázok 2.

Nazýva sa tiež aj ako korekčné zapojenie, pretože upravuje, alebo koriguje prenos striedavého signálu. Obe súčiastky tvoriace obvod sú pasívne, teda sú spotrebiče elektrického signálu. Otázka linearity je v týchto obvodoch zodpovedaná práve použitým rezistorom R .



Obrázok 2: Zapojenie integračného RC obvodu[4]

V praxi sa tento typ článku využíva ako hornofrekvenčná zadrž a dolnofrekvenčná priepusť, taktiež ako RC oscilátor, kde spätnú väzbu tvorí RC článok.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (5)$$

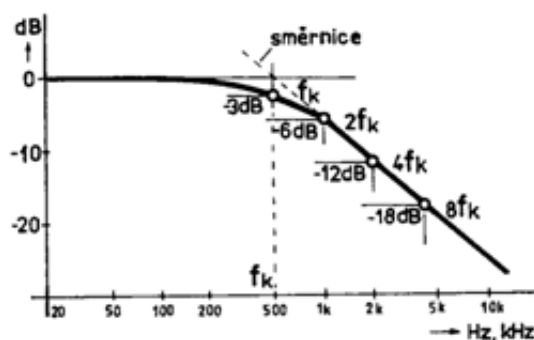
f - frekvencia RC článku[Hz],

ω - uhlová frekvencia RC článku[rad*s⁻¹],

C - kapacita RC článku[F].

Zo vzťahu vyplýva že pri nízkej frekvencii f má obvod veľký kapacitný odpor X_C , teda daný signál neprejde kondenzátorom C , nieje zvedený k zemi a jeho celé spektrum sa objaví na výstupe. Preto obvod nazývame dolnofrekvenčná priepusť. Opačná situácia nastáva pri vysokej frekvencii f . Kapacitný odpor X_C podľa vzťahu bude v tomto prípade malý a signál prejde ako odporom R tak aj kapacitou C a bude zvedený do zeme teda do spoločného nulového potenciálu spojených pólov.

Obvod predstavuje pre signál druh zadrž, a preto sa obvodu inak hovorí aj hornofrekvenčná zadrž, prenos vysokej frekvencie je teda zlý. Daný popis, je na Obrázok 3.



Obrázok 3: Priebeh prenosu integračného RC obvodu[5]

Frekvenčná charakteristika býva zväčša zakreslená v komplexnej rovine, v odbornej praxi sa musí prevádzať na dve rovnocenné charakteristiky a to reálne charakteristiky. Ak má tento článok malý odpor R a veľkú kapacitu C , používa sa v zdrojoch nestabilizovaného napätia. V týchto obvodoch býva odpor R nahradený odporom vinutia transformátora a vnútorným odporom diód usmerňovač[6].

Integračná konštanta pasívneho integrátora s rezistorom R a kondenzátorom C je :

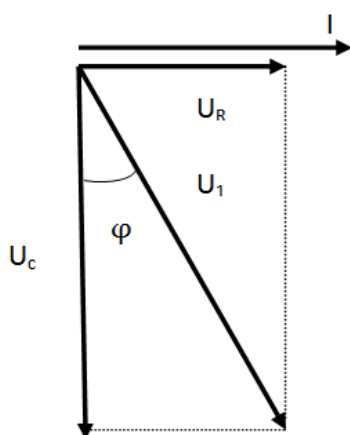
$$K_i = RC \quad (6)$$

R - odpor RC článku[Ω],

C - kapacita RC článku[F].

Hlavná vlastnosť kondenzátora C , teda kapacita musí byť vždy dostatočne veľká, malá by znamenala veľkú reaktanciu pre nízku frekvenciu f . Odpor R ako už bolo spomenuté musí byť čo najmenší aby som dostal čo najmenšie úbytky napätia U , na odpore R . So zvyšujúcou frekvenciou f vstupného signálu $U_{1(i)}$ výstupné $U_{2(i)}$ klesá. Ideálny integrátor reaguje na 10x zvýšenú frekvenciu 10x zníženou amplitúdou.

Fázorový diagram pre RC článok, vid' Obrázok 4. V ďalšom texte bude porovnávaný s CR článkom a ďalšími článkami. V závere je zhodnotený tvar diagramu.



Obrázok 4: fázorový diagram integračného RC obvodu[4]

Kondenzátor C spôsobuje posunutie napätia U oproti prúdu I o -90° . Keďže v obvode sa nachádza okrem neho ešte odpor R , ktorý má fázový posuv 0° . Zapojenie mení elektrický signál v závislosti na danom prenose $F(j\omega)$. Teda pre nízke frekvencie f pôsobí ako filter, teda kondenzátorom C frekvencie neprejdú. Funkcia tohto obvodu

spočíva v nabíjaní daného kondenzátora C a to tak, že na vstup kondenzátora C prichádza napätie $U_{I(i)}$. Takže kondenzátor C sa začal nabíjať a rýchlosť nabíjania je priamoúmerná veľkosti odporu R a kapacity C . Časová konštanta článku RC je vypočítaná keď je prevedený súčin odporu R a kapacity C . Frekvencia f , ktorá je nižšia ako prevrátená hodnota časovej konštanty takýto článok neovplyvní, naopak vyššia frekvencia f spôsobuje to, že RC článok je väčšou impedanciou priamoúmernou výške frekvencie f . Toto zapojenie sa v mnohých textoch vyznačuje aj ako integračné zapojenie RC. Je to z dôvodu, že niekedy sa vyskytuje v takom obvode, v ktorom sa prejavuje účinok prúdu I len v krátkych momentoch, intervaloch. Napät'ové impulzy sa na kondenzátore C zhromažďujú, teda navyšujú svoj počet, alebo integrujú[6].

Prenos $F(j\omega)$ integračného článku RC je:

$$F(j\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{1 + j\omega K_i} \quad (7)$$

ω - uhlová frekvencia RC článku[rad*s⁻¹],

K_i - integračná konštanta RC článku[-].

Tento článok spôsobuje fázový posuv medzi vstupným a výstupným signálom. Tento posuv závisí na prenose $F(j\omega)$. Čím vyššia frekvencia f v obvode, tým je posuv väčší. Frekvencia f na ktorej sa dostavuje pokles napätia o -3 dB sa v článkoch a odbornej literatúre hovorí frekvencia zlomu. Fázový posuv v nej dosahuje hodnotu -45°. Logaritmickeá amplitúdová frekvenčná charakteristika RC článku:

$$|F(j\omega)| = 20 \log|F(j\omega)| = 20 \log 1 - 20 \log \sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2} \quad (8)$$

ω - uhlová frekvencia RC článku[rad*s⁻¹],

R - odpor RC článku[Ω],

C - kapacita RC článku[F].

Prvá časť výrazu teda $20 \log 1$ je vždy 0. Avšak druhá časť môže mať až 3 rôzne situácie. V nasledujúcom texte budú popísané.

$$\omega RC \ll 1$$

- 2. člen výrazu podobne rovný 0. A prenos je do frekvencie zlomu rovný 0

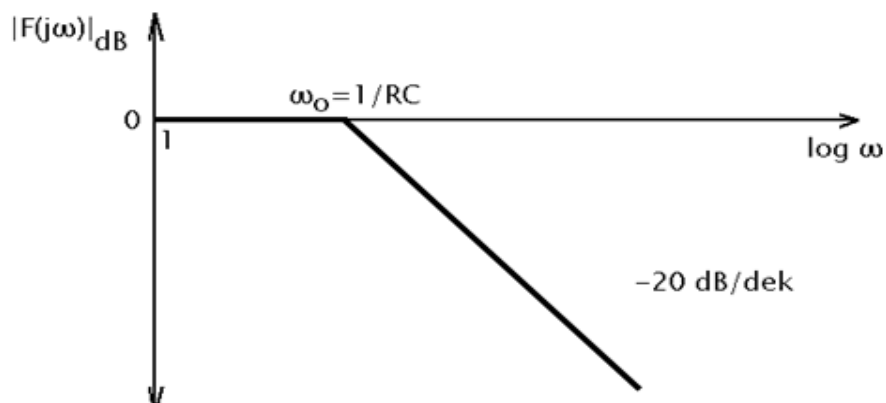
$$\omega RC = \omega = \omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{K_i}$$

- ω_0 je v tomto prípade uhlová frekvencia zlomu

$$\omega RC \gg 1$$

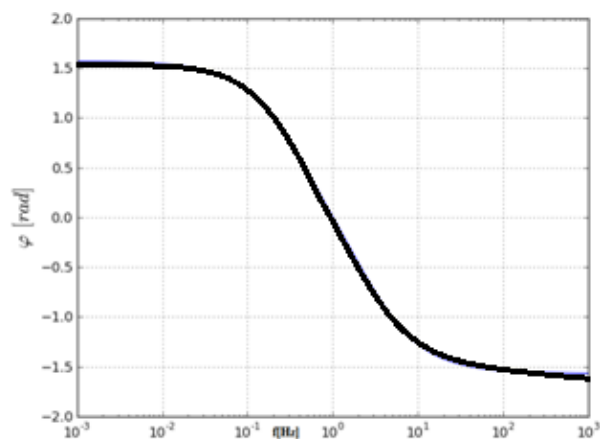
- jednotku pod odmocninou pre tento prípad zanedbávame a dostávame tak priamku s počiatkom v zlomovej uhlovej frekvencii ω_0 , ktorá klesá so strmou -20 dB/dek[6].

Popisované výsledky sú na Obrázok 5.



Obrázok 5: Logaritmickej amplitúdová frekvenčná charakteristika integračného RC obvodu[5]

Amplitúdová frekvenčná charakteristika udáva závislosť amplitúdy výstupného napätia U , alebo prenosu A na frekvencii f pri stálej veľkosti vstupného napätia U . Fázová charakteristika zobrazuje závislosť fázy výstupného napätia U , vid' Obrázok 6.



Obrázok 6: Fázová charakteristika integračného RC obvodu[6]

Vzťah, ktorý popisuje fázovú charakteristiku :

$$\varphi(\omega) = \frac{Im}{Re} = -\arctg(\omega Ki) \quad (9)$$

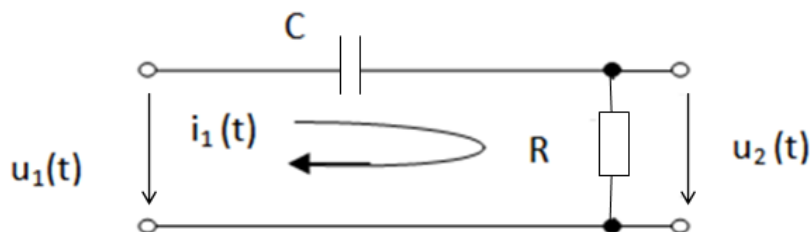
Im - imaginárna časť fázovej charakteristiky RC článku,

Re - reálna časť fázovej charakteristiky RC článku,

Ki - integračná konštanta RC článku,

2.2 Pararelné zapojenie kondenzátor-odpor

Hlavný rozdiel oproti RC článku plynie z názvu, teda v tomto zapojení sa využíva ako prvá súčiastka kondenzátor C . Obvodové riešenie tohto zapojenia, viď Obrázok 7. Tento obvod je podobne ako RC obvod filter pre nízke kmitočty, ktoré neprechádzajú cez kondenzátor C . Pri rezistore R berieme v úvahu len elementárne vlastnosti teda odpor R a činný výkon[7].



Obrázok 7: Zapojenie derivačného CR obvodu[7]

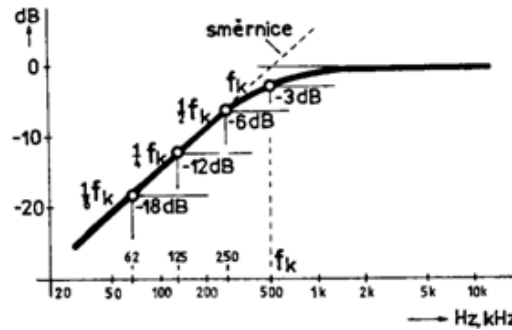
Pri základných vlastnostiach je rezistor R rovnaký pre všetky zvolené frekvencie f . Toto zapojenie teda pracuje ako dolnofrekvenčná zadrž. Stredné frekvencie f , to sú kmitočty od 500 Hz ÷ 1 kHz obodom prechádzajú, majú malý útlm. Pre vysoké kmitočty obvod nepredstavuje žiadnu prekážku, alebo bariéru a teda v oblasti hornofrekvenčných signálov nepredstavuje korekciu. Podobne ako predošlý obvod, tvorí tiež napäťový delič. Hodnoty základných elementov tohto obvodu určujú kritickú frekvenciu fk . To je frekvencia f , pri ktorej nastáva pokles vstupného napätia o 3 decibely[db]. Obrázok 8 vykresluje danú charakteristiku, oblasť kmitočtov od 2 kHz je charakteristika rovná, a je na úrovni 0 db teda je bez útlmu[7].

Tento typ článku sa delí na dve kategórie:

- pasívny jednoduchý obvod,
- aktívny jednoduchý obvod.

Pasívny jednoduchý derivačný obvod je na Obrázok 7. Skladba súčiastok je pasívna teda spotrebúva energiu. Opakom Pasívneho jednoduchého derivačného obvodu je Aktívny

jednoduchý derivačný obvod. Skladba súčiastok v tomto obvode je doplnená o operačný zosilňovač. Derivačný článok možem konštruovať aj napríklad digitálneho typu, zložením prevodníku napätie frekvencia s jednoduchým čítačom pulzov.



Obrázok 8: Priebeh prenosu kmitočtov derivačného CR obvodu[8]

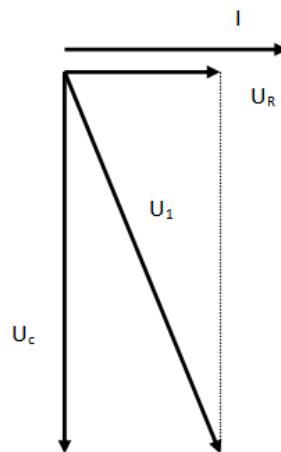
Zapojenie má iné poradie elementárnych elektrotechnických súčiastok ako obvod RC, ale skladá sa z tých istých súčiastok, a má rovnaký fázový posuv. Kondenzátor C spôsobuje v obvode posunutie fáze napätia U o -90° oproti prúdu I . Fázorový diagram a správanie napätia U a prúdu I pre toto zapojenie, vid' Obrázok 9.

Derivačná konštanta CR obvodu:

$$Kd = RC \quad (10)$$

R - odpor CR článku[Ω],

C - kapacita CR článku[F].



Obrázok 9: Fázorový diagram derivačného CR obvodu[9]

Ak obvod CR nezpôsobuje príliš veľké zaťaženie tak jeho prenosové vlastnosti odpovedajú obvodu RC. Impedancia Z obvodu, ktorá je pripojená na korekčný člen má byť veľká. V prípade, že zaťažovací odpor RZ je malý, tak zhoršuje vlastnosti korekčného členu. Takéto obvody nájdeme ako súčasť obvodov číslicovej techniky, označujú sa častokrát aj derivačné obvody. Hlavná úloha tohto obvodu spočíva v zužovaní širok jednotlivých impulzov, tieto nové šírky závisia priamoúmerne na rýchlosti nabíjania kondenzátoru C , ktorý je v CR obvode umiestnený pred odporom R a teda na hodnotách týchto stavebných prvkov obvodu[7].

Fázovú charakteristiku, viď Obrázok 11, ten hovorí o závislosti fázi na prenose $F(j\omega)$. Argument komplexného čísla je daný vzťahom :

$$\varphi = \arctg \frac{Im(A)}{Re(A)} \quad (11)$$

$Im(A)$ - imaginárna časť komplexného čísla

$Re(A)$ - imaginárna časť komplexného čísla

Tento článok užíva teda frekvenčnú charakteristiku hornopriepustného filtra. U ideálneho zapojenia niekoľkonásobné zvýšenie frekvencie f je dôsledkom niekoľkonásobnému zvýšenia amplitúdy. Sklon logaritmickej amplitúdovej charakteristiky je +20 dB/dek. Prenos CR článku je v tomto prípade:

$$F(j\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{j\omega Kd}{1 + j\omega Kd} \quad (12)$$

ω - uhlová frekvencia CR článku[rad*s⁻¹],

Kd - derivačná konštanta CR článku[.].

Logaritmická amplitúdová frekvenčná charakteristika CR článku:

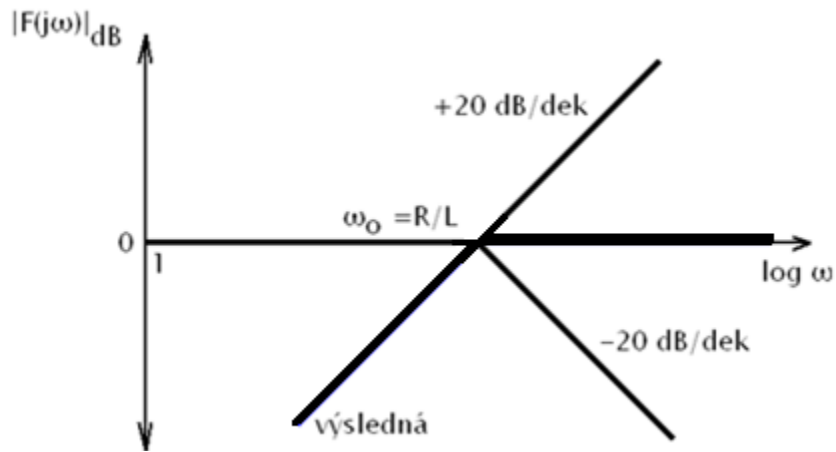
$$|A(j\omega)|_{dB} = 20\log|F(j\omega)| = 20\log\omega RC - 20\log\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2} \quad (13)$$

ω - uhlová frekvencia CR článku[rad*s⁻¹],

R - odpor CR článku[Ω],

C - kapacita CR článku[F].

Vzorec (13) je popísaný pomocou grafického zobrazenia na.Obrázok 10.



Obrázok 10: Logaritmickej amplitudovej frekvenčnej charakteristiky derivačného CR obvodu[10]

Prvá časť charakteristiky je priamka so strmou 20 dB/dek, vodorovnú os pretína v bode $\omega_0 = \frac{1}{RC}$. V druhej časti riešime 3 prípady:

$$\omega RC \ll 1$$

- 2. člen výrazu bude podobne rovný 0. A prenos je do frekvencie zlomu rovný $F(j\omega) = 0$

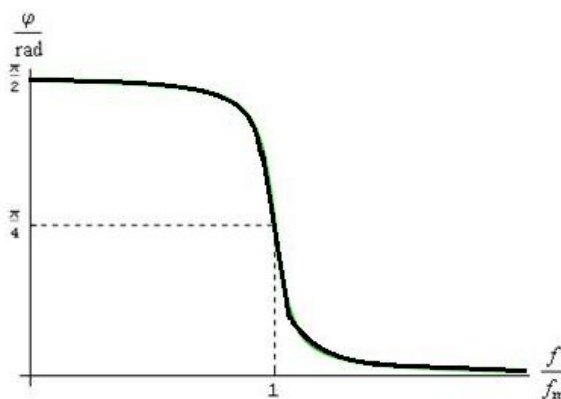
$$\omega RC = \omega = \omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{K_d}$$

- ω_0 je v tomto prípade uhlová frekvencia zlomu

$$\omega RC \gg 1$$

- jednotku pod odmocninou pre tento prípad zanedbávame a dostávame tak priamku s počiatkom v zlomovej uhlovej frekvencii ω_0 , ktorá stúpa so strmou +20 dB/dek.

Na Obrázok 11 sa nachádza Fázová charakteristika derivačného CR obvodu.

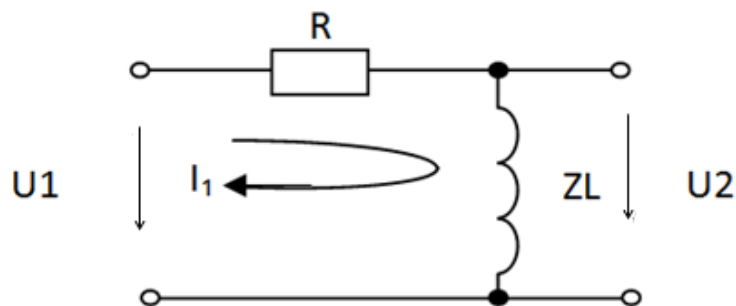


Obrázok 11: Fázová charakteristika derivačného CR obvodu[7]

Tento obvod našiel uplatnenie v elektrotechnike, ako základné spojenie pri tvorbe 3 stupňového zosilňovača, taktiež ako súčasť obvodov v mnohých nástrojoch pre striedavé prúdy.

2.3 Pararelné zapojenie odpor-cievka

Podobne ako som značil jednoduché obvody RC resp. CR tak aj tento RL, označením dávam na zreteľ usporiadanie súčiastok v tomto jednoduchom obvode. Usporiadanie RL je na Obrázok 12. Z neho je patrné, že odpor R je v sérii s napájacím napätím U . Hlavná zložka zapojenia spočíva v cievke L . Veľkosť cievky L bude ovplyvňovať tvar frekvenčnej charakteristiky[11].



Obrázok 12:Zapojenie derivačného RL obvodu[11]

Indukčný odpor cievky je:

$$X_L = 2\pi fL \quad (14)$$

L - indukčnosť cievky RL článku[H],

f - frekvencia[Hz].

Teda zo vzťahu plynie že čím vyššia frekvencia f , tým väčšia indukčnosť L . Tým sa odlišuje zapojenie od obvodu RC kde platila nepriama úmera. Cievka L predstavuje pre nízke frekvencie f malý indukčný odpor, teda ich vyvedie na spoločný nulový potenciál, na výstup sa nedostanú a preto pre nízke frekvencie f obvod predstavuje dolnofrekvenčnú zádrž. Prenos takéhoto signálu s týmto rozhodujúcim parametrom je teda zlý[12].

Derivačná konštanta RL článku:

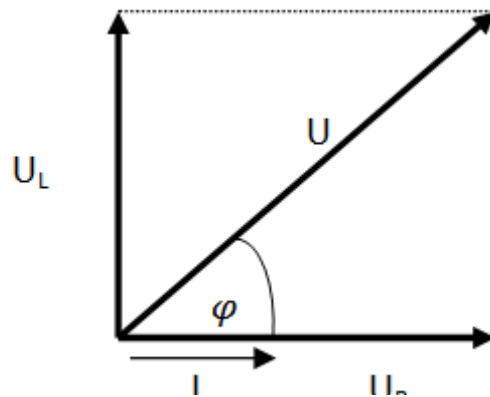
$$Kd = \frac{L}{R} \quad (15)$$

L - indukčnosť cievky RL článku[H],

R - odpor RL článku[Ω].

Opačný prípad nastáva pri vysokých frekvenciách f . Po prejdení tejto frekvencie cez odpor R a nemožnom prejdení cez cievku L . Nemožnom preto, že cievka L predstavuje vysoký induktívny odpor. O málo nižším frekvenciám f sa po prejdení odporom R podarí prejsť na výstup bez útlmu. Predstavuje teda hornofrekvenčnú priepusť. Keďže sa obvod skladá z dvoch elementárnych súčiastok, z ktorých má odpor R 0° fázový posuv, teda celá režia posuvu pripadá na cievku L [12].

Tá spôsobuje podľa textu vo všeobecnej časti práce fázový posuv $+90^\circ$. Teda výsledný fázorový diagram bude mať tvar, ktorý je na Obrázok 13.



Obrázok 13:Fázorový diagram derivatívneho RL obvodu[13]

Ďalšia odlišnosť oproti obvodom RC a CR plynie z výpočtu časovej konštanty. Vypočíta sa:

$$\tau = \frac{L}{R} \quad (16)$$

L - indukčnosť cievky RL obvodu[H],

R - odpor RL článku[Ω].

Teda zo vzorca plynie, že konštanta bude priamoúmerne závisieť od veľkosti indukčnosti L a naopak nepriamoúmerne od veľkosti odporu R . V obvode RL dochádza k prechodovému deju. Tento článok sa v odbornej literatúre nazýva aj derivatívny článok. Priebeh výstupného napätia $U_{2(t)}$ je teda deriváciou vstupného napätia $U_{1(t)}$ podľa času.

Ako už bolo spomenuté článok pracuje ako hornofrekvenčná priepusť, prepustí len tie signály, ktorých hodnota je vyššia ako hodnota medznej frekvencie konkrétneho článku. Medzná frekvencia závisí na parametroch R a L . Odpor R , ktorý je na vstupe obvodu sa nemení s meniacou sa frekvenciou f , nieje to frekvenčne závislá súčiastka.

Logaritmická amplitúdová frekvenčná charakteristika derivačného RL obvodu vid'.Obrázok 14.

$$Z = \frac{(Rp * j\omega L)}{(Rp + j\omega L)} \quad (17)$$

L - indukčnosť cievky RL článku[H],

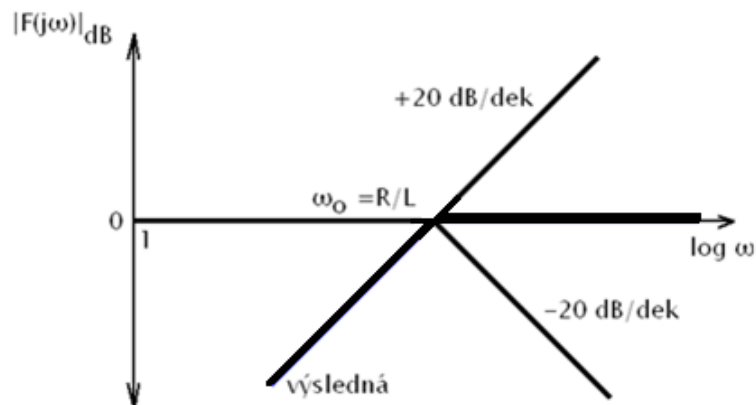
ω - uhlová frekvencia RL článku[rad/s].

Prenos RL článku je v tomto prípade:

$$F(j\omega) = \frac{U2}{U1} = \frac{j\omega Kd}{1 + j\omega Kd} \quad (18)$$

ω - uhlová frekvencia RL článku[rad*s⁻¹],

Kd - derivačná konštanta RL článku[-].



Obrázok 14:Logaritmická amplitúdová frekvenčná charakteristika derivačného RL obvodu[14]

Prvá časť charakteristiky vytvára priamku, ktorá stúpa 20 dB/dek a táto priamka pretína vodorovnú os v bode :

$$\omega_0 = \frac{L}{R} \quad (19)$$

L - indukčnosť cievky RL článku[H],

R - odpor RL článku[Ω].

V druhej časti môžu nastať 3 prípady. V nasledujúcom texte ich popíšem.

$$\omega \frac{L}{R} \ll 1$$

- Pre tento prípad sa aj druhá časť charakteristiky rovná 0. Celkový prenos je teda až do bodu ω_0 teda zlomového uhlového kmitočtu rovný nule.

$$\omega \frac{L}{R} = 1$$

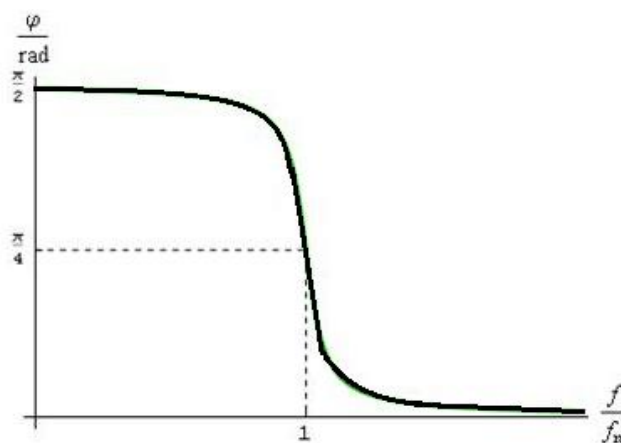
- $\omega = \omega_0 = \frac{R}{L} = \frac{1}{Ki}$, v tomto prípade je ω_0 uhlový kmitočet zlomu

$$\omega \frac{L}{R} \gg 1$$

- jednotku v odmocnине zanedbávame, tým pádom dostaneme priamku s počiatkom v uhlovom zlomovom kmitočte ω_0 táto priamka klesá so strmosťou -20 dB/dek

Súčet obidvoch priebehov je rovný výslednej charakteristike, do bodu ω_0 stúpa so strmosťou +20 dB/dek k vodorovnej osi X a za týmto bodom má svoju smernicu rovnakú ako os X teda smeruje po nej[12].

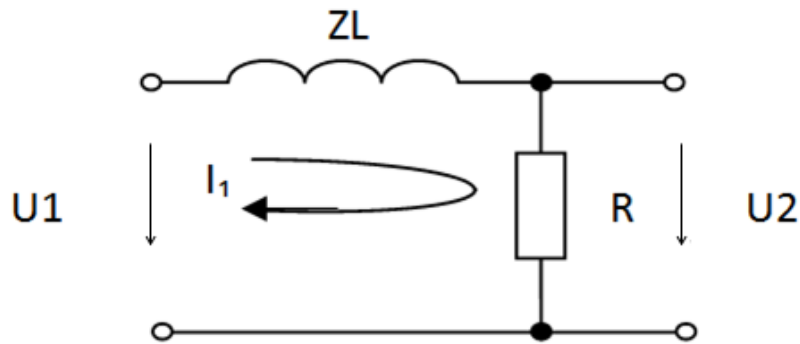
Charakteristika, ktorá je pre RL obvod, teda pre derivačné obvody potrebná je fázová charakteristika vid' Obrázok 15.



Obrázok 15:Fázová charakteristika derivačného RL obvodu[16]

2.4 Pararelné zapojenie cievka-odpor

Už z názvu vyplýva, že sa jedná o obvod, ktorý sa použitím súčiastok rovná predošlému, avšak elementy sú použité v opačnom poradí. V sérii so zdrojom napätia U je teda cievka L . Obrázok 16 popisuje obvodové zapojenie tohoto jednoduchého obvodu[15].



Obrázok 16: Zapojenie integračného LR obvodu[17]

Nízkym frekvenciám f obvod kladie malý odpor R , tzn. že ich prenos je dobrý. Vysokým frekvenciám f cievka L kladie veľký zdanlivý odpor R , tzn. prenos vysokých frekvencií f je zlý.

Obvod LR je pre frekvencie f od určitého bodu neprechodný, tento bod závisí na veľkosti indukčnosti L danej cievky v obvode. Čím je táto vlastnosť u cievky L vyššia, tým skôr prichádza k obmedzovaniu stredných a vysokých frekvencií f . Obvod má rovnaký fázorový diagram ako predošlý teda RL obvod, ktorý je na Obrázok 13[15].

Obrázok 17 ukazuje miesto, kde vychádza fázová charakteristika pre LR jednoduchý obvod. Je to približný počiatok súradnicových ôs.

Os X má logaritmické merítko a preto fázová charakteristika nemôže začínať presne v počiatku, ale je s miernym posuvom. Frekvencia f na začiatku charakteristiky má uhlovú frekvenciu ω danú :

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{K_{i0}} \quad (20)$$

K_{i0} - integračná konštanta LR článku[.]

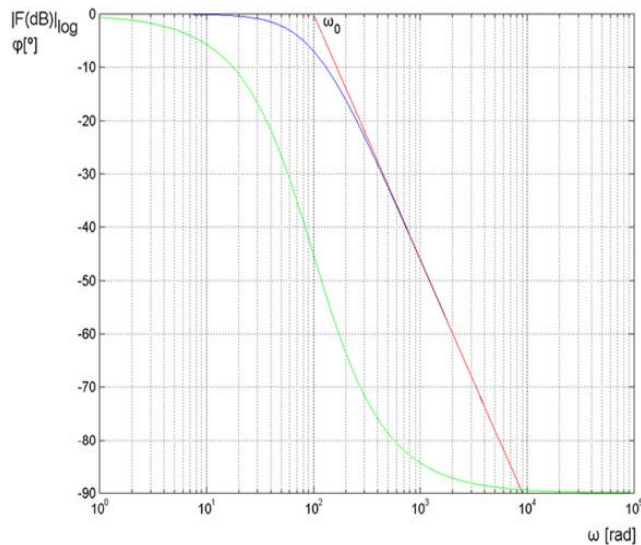
Integračný obvod potrebuje k svojej činnosti skladbu súčiastok takú, aby aspoň jedna zo súčiastok obsadených v obvode bola frekvenčne závislá.

Jednoduché integračné obvody sa delia na :

- Pasívne jednoduché integračné obvody,
- Aktívne jednoduché integračné obvody.

Pasívny integrátor je na Obrázok 16. Má jednoduchú štruktúru a skladá sa z pasívnych súčiastok.

Aktívny jednoduchý integračný obvod má vo svojom talóne jednu súčiastku navyše. A to operačný zosilňovač, ktorý sa stará o aktívnu časť zapojenia.



Obrázok 17: Logaritmickej frekvenčnej amplitúdovej a fázovej charakteristiky integračného LR obvodu [17]

Argument je 1 a fázový posuv $-\frac{\pi}{4}$. S nárastom uhľovej frekvencie ω sa fázová charakteristika blíži $-\frac{\pi}{2}$. S predpokladom je známe, že každému zlomu na frekvenčnej charakteristike o -20 dB/dek zodpovedá posuv fázy o -90° . Ak v danom mieste nedochádza ku zlomu, tak je fázová frekvenčná charakteristika konštantná. Fázovú charakteristiku, vid' Obrázok 16, táto charakteristika je vyznačená zelenou farbou. Logaritmickej amplitúdovej charakteristiky je na danom obrázku vyznačená červenou farbou.

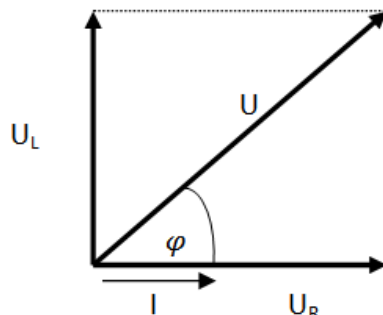
Integračná konštanta:

$$K_i = \frac{L}{R} \quad (21)$$

L - indukčnosť cievky LR článku [H],

R - odpor LR článku [Ω].

Fázorový diagram, vid' Obrázok 18. Má rovnaký tvar ako fázorový diagram RL obvodu ktorý sa nachádza na Obrázok 18.



Obrázok 18:Fázorový diagram integračného LR obvodu[18]

Obvod vykonáva funkciu dolnofrekvenčnej priepuste, podobne ako RC článok sa aj tento zaraďuje medzi integračné články.

Hlavný rozdiel obvodov RC a LR je v použití rôznych súčiastok, ako z názvu vyplýva v obvode LR je použitá cievka L sériovo spojená so zdrojom napätia U_1 . Tento obvod predstavuje zdrž pre vysoké frekvencie f . Teda pôsobí ako vysokofrekvenčný filter[15].

Z už popísaných vlastností viem, že so zvyšujúcou sa hodnotou frekvencie f napätia na vstupe daných obvodov(RC, LR) výstupné U_2 klesá.

Prenos integračných článkov je:

$$F(j\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{1 + j\omega Ki} \quad (22)$$

ω - uhlová frekvencia[rad*s⁻¹],

Ki - integračná konštanta[.]

Obvod má ten istý charakter práce ako RC obvod teda integruje signál, ktorého posuv až po -90 ° závisí od frekvencie f . Frekvencia f pri ktorej dochádza k poklesu U o -3 dB ($A_U = 0,707$), sa označuje ako frekvencia zlomu.

Fázový posuv je pri nej rovný -45°, vid' Obrázok 19.

Logaritmická amplitúdová frekvenčná charakteristika LR článku je:

$$\begin{aligned} |F(j\omega)|_{db} &= 20 \log|F(j\omega)| = \\ &20\log 1 - 20\log\sqrt{1 + \omega^2 \frac{L^2}{R^2}} \end{aligned} \quad (23)$$

R - odpor LR článku[Ω],

L - impedancia LR článku[H],

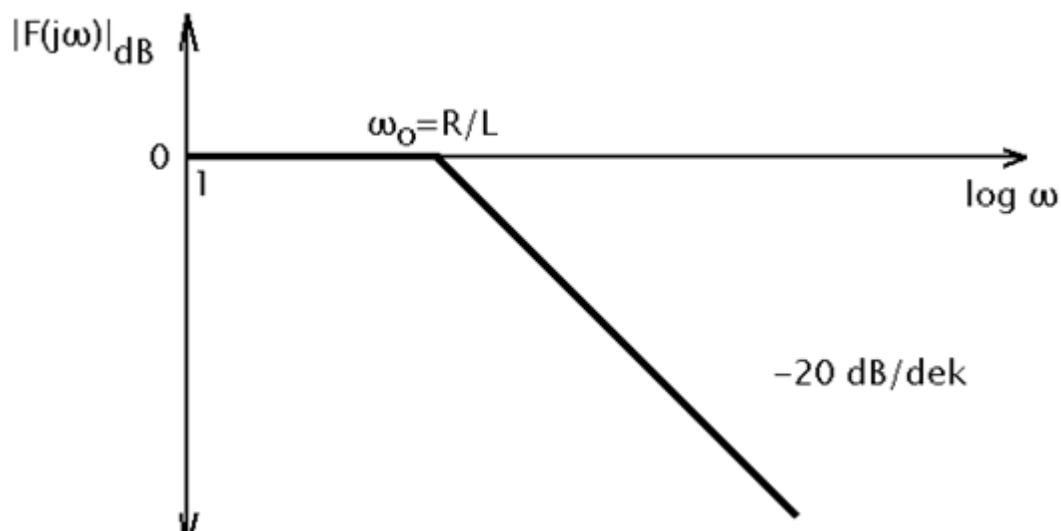
ω - uhlová frekvencia [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$],

$F(j\omega)$ - prenos jednoduchého elektrického obvodu,

$|F(j\omega)|$ - absolútna hodnota prenosu jednoduchého elektrického obvodu.

Zlom, ktorý je na Obrázok 19 závisí na podiele daného odporu R a indukčnosti L .

Začiatok charakteristiky je určený hodnotou $20\log(1)$ teda začiatok je 0.



Obrázok 19: Logaritmická amplitúdová frekvenčná charakteristika integračného článku LR obvodu[17]

Opäť ako v predošlom integračnom článku RC aj tu sa rovná prvá časť výrazu 0.

$20 \log(1)=0$. Pre druhú časť budú v ďalšom texte rozpísané prípady výsledku.

$$\frac{\omega L}{R} \ll 1$$

- Druhý člen výrazu frekvenčnej charakteristiky je tiež rovný 0, frekvenčný prenos až do zlomovej uhlovej frekvencie rovný nule.

$$\frac{\omega L}{R} = 1 \quad \omega = \omega_0 = \frac{R}{L} = \frac{1}{Ki}$$

- ω_0 je v tomto prípade uhlová frekvencia lomu

$$\frac{\omega L}{R} \gg 1$$

- 1 pod odmocninou je pre tento prípad zanedbaná a dostaneme priamku s počiatkom v uhlovej zlomovej frekvencii ω_0 , tá bude mať sklon -20 db/dek.

2.5 Zhrnutie komplexných dvojbranov

Komplexné dvojbrany poznáme dvoch typov :

Integračné,

Derivačné.

1.Integračné články: Na výstupe integračného obvodu teda obvodu CR a RL sa nachádza signál, ktorý má okamžitú hodnotu úmernú integrácii okamžitej hodnoty vstupného signálu.

Tento signál sa inak nazýva aj impulz. Integračné obvody sú pasívne, teda pôsobia negovanou úlohou zdroja avšak svojou konštrukciou sú vhodné v generátoroch lineárne narastajúcich napätí.

Ich hlavná úloha spočíva v priepusti dolnofrekvenčného priepustu. Vysokofrekvenčné signály sú zoslabované následkom znižujúcej sa reaktancie akumuláčnej súčiastky teda kondenzátora C so zvyšujúcou sa frekvenciou f , alebo následkom narastajúcej reaktancie cievky L .

Pasívne integračné obvody majú na svojej výstupnej bráne signály s malou amplitúdou. Keď pridáme operačný zosilňovač do spätnej väzby obvodu tento problém bude odstránený[15].

2. Derivačné články: Na výstupe derivačného obvodu teda RC a LR dostanem signál, ktorý má okamžitú hodnotu úmernú derivácii okamžitej hodnoty signálu na vstupe. Obvod, ktorý obsahuje kondenzátor C sa využíva ako hornofrekvenčný filter. Reaktancia C sa znižuje s narastajúcou frekvenciou f . Vyššie harmonické zložky sa zo vstupného dvojbranu objavia na výstupe obvodu ako nízkofrekvenčné zložky. Pre naopak vysoké frekvencie f predstavuje kondenzátor C skrat. To znamená že vysokofrekvenčný signál je na výstupe po prejení obvodu bez zoslabenia. Rozdielna situácia nastáva pri frekvencii $f=0$.

Kondenzátor C má pre túto frekvenciu nekonečne veľkú reaktanciu. Teda jeho správanie simuluje rozpojený obvod. Signál, ktorý je jednosmerný sa kondenzátorom C delí medzi vstupný signál a výstupný signál. Časové priebehy vstupného a výstupného

signálu napätia U tohto článku v prípade, že vstupný signál má tvar periodických pravouhlých impulzov. Na začiatku v čase rovnom 0 predstavuje kondenzátor C skrat a na rezistore R je plné napätie U , ktoré odpovedá amplitúde impulzu napätia U a kondenzátor C sa bude nabíjať exponenciálne prúdom I .

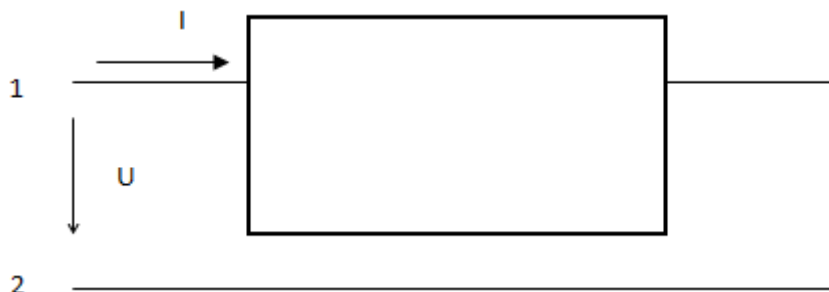
Napätie na rezistore R bude konať úplne opačnú úlohu a to exponenciálne klesať. Krátko po zániku impulzu sa nabitý kondenzátor C exponenciálne vybíja prúdom I' a napätie U na rezistore R stúpa.

Pri pasívnych derivačných článkoch, alebo obvodoch sú na výstupe signály, ktoré majú relatívne malú amplitúdu. Opäť ako u integračných obvodov môžeme tento problém odstrániť pridaním operačného zosilňovača do spätnej väzby. Použitím zápornej spätnej väzby zabránime kolísaniu výstupného napätia U vplyvom zmien teploty [15].

3 KOMPLEXNÉ JEDNOBRANY

Jednobran sa nazýva inak aj dvojpól. Súčiastka, alebo zoskupenie súčiastok s dvoma prípojnými bodmi. Nasledujúci text opisuje konkrétnejšie zapojenia pozostávajúce z troch možných súčiastok a to odpor R , cievka L a kondenzátor C . Kondenzátor C a cievka L predstavujú fázový posuv napätia U voči prúdu I , keď spojením prechádza harmonický striedavý prúd I [19].

Otázka linearitu spočíva v odporovej časti zapojenia. Pre možnú nelinearitu postačuje nelinearita jednej zo súčiastok tvoriacich daný obvod. Celková Z impedancia vytvoreného jednobranu sa odvíja od frekvencie f obvodu. Obrázok 20 vykresluje obvODOVÉ riešenie daného komplexného jednobranu[19].



Obrázok 20:Schéma komplexného jednobranu[19]

U - napätie jednobranu[V],

I - prúd jednobranu[I],

1 - vstupná svorka jednobranu,

2 - výstupná svorka jednobranu.

Jednobrany teda rozdeľujeme na lineárne, majú funkčnú závislosť medzi veličinami, ktoré sú v obvode lineárnu.

Ďalším typom sú jednobrany nelineárne, u nich postačí nelinearita u jednej zo súčiastok.

Tretím typom sú komplexné jednobrany, sú to jednobrany obsahujúce cievku L , alebo kondenzátor C . Tieto súčiastky spôsobujú fázový posuv prúdu I .

Jednobran obsahuje aj rezistor R , ktorý popisuje zdanlivý odpor. Symetrický jednobran má funkčnú charakteristiku medzi veličinami symetrickú. Impedanciu takýchto obvodov môžeme zapísať formou komplexného čísla závislého na frekvencii f . Sú 2 možnosti zápisu: 1. zložkový tvar a 2. exponenciálny tvar. Zložkový tvar je v zápise na pozícii označenej (24) a exponenciálny tvar je na pozícii s označením (25).

$$Z = R + jX \quad (24)$$

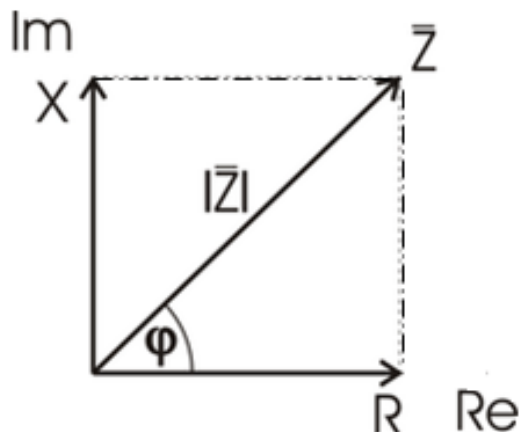
$$Z = Z e^{j\varphi} \quad (25)$$

$R = Z \cdot \cos(\varphi)$ - činný odpor jednobranu,

$X = Z \cdot \sin(\varphi)$ - reaktancia jednobranu.

$\varphi = \arctg(X/R)$ = fázový posuv prúdu a napätia jednobranu.

Situácia popísaná vzorcami sa nachádza v grafickej forme na Obrázok 21.



Obrázok 21:Zobrazenie impedancie v komplexnej rovine[19]

Impedancia Z má aj svoju absolútnu hodnotu, teda vzdialenosť od čísla 0. Jej zápis je:

$$|Z| = Z(f) \quad (26)$$

$Z(f)$ - impedancia jednobranu

Frekvenčné charakteristiky jednobranov majú na vodorovnej osi frekvenciu v logaritmickej stupnici, frekvencia s jednotkou [Hz] by bola v mnohých prípadoch nedostatočná, pretože by neobsiahla rozsiahle frekvenčné pásmo. Na vodorovnú os je vynesená impedancia Z , ktorá je tiež v logaritmických jednotkách.

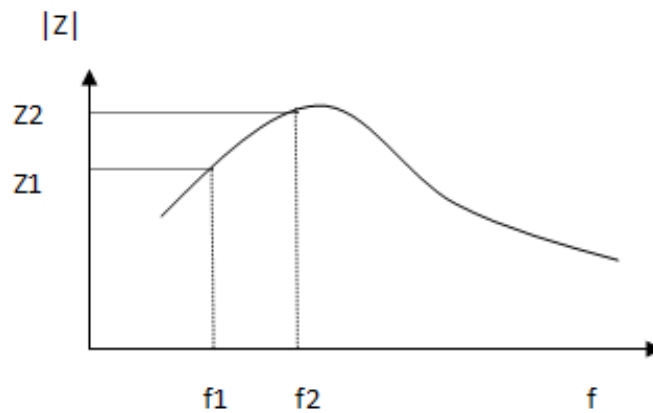
Vzťah pre prepočet :

$$Z_{dB} = 20 \log_{10}|Z| \quad (27)$$

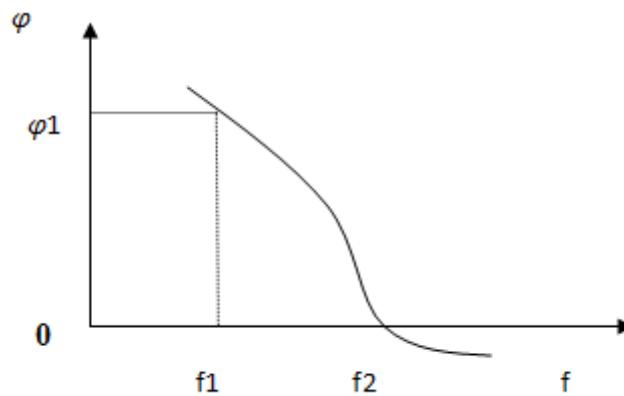
$|Z|$ -absolútna hodnota impedancie jednobranu

Absolútna hodnota impedance $|Z|$ jednobranu je na osi y, vid' Obrázok 22. Na obrázku vid' zobrazenú Amplitúdovú frekvenčnú charakteristiku. Obrázok 23 popisuje fázovú frekvenčnú charakteristiku. Tieto 2 charakteristiky majú na osi X vynesenú frekvenciu f , teda

skúmajú či zobrazujú správanie danej veličiny, či už $|Z|$ alebo fáze φ na zvolenej frekvencii f .



Obrázok 22: Amplitúdová frekvenčná charakteristika jednobranu[19]



Obrázok 23: Fázová frekvenčná charakteristika jednobranu[19]

Ak si určitú frekvenciu f navolím ako vzťažnú, budem ostatné frekvencie vyjadrovať pomerom k tejto vzťažnej frekvencii f_v . Na vodorovnej osi vznikne po tomto úkone bezrozmerná veličina.

Rovnako vyjadřím aj impedanciu Z daného obvodu. Zvolím si referenčnú, vzťažnú hodnotu impedancie Z_0 pri frekvencii $f=f_0$. Z daného vzorca vyplýva, že impedancii Z_0 odpovedá 0 db[19].

Tieto situácie taktiež využívajú prevod do logaritmickej stupňov. Platí teda vzťah:

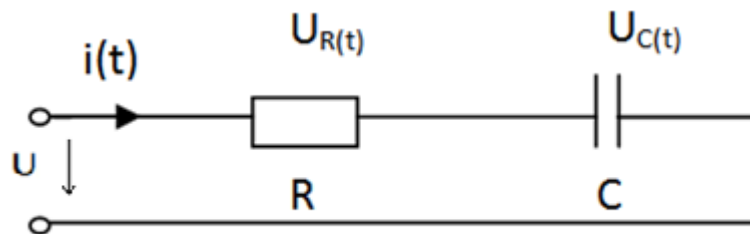
$$\left| \frac{Z}{Z_0} \right|_{\text{db}} = 20 \log_{10} \left| \frac{Z}{Z_0} \right| \quad (28)$$

Z - impedancia daného jednobranu[Ω],

Z_0 -referenčná hodnota impedancie jednobranu[Ω].

3.1 Sériové zapojenie odpor-kondenzátor

V tomto obvode podobne ako v obvode zloženom s odporu R a cievky L prebiehajú prechodové deje. Elementárny obvod sa skladá zo zdroja jednosmerného napätia U a už spomenutej sériovej kombinácie príslušných súčiastok, vid' Obrázok 24. Prechodový dej začína prebiehať v momente keď pripojíme zdroj napätia U do obvodu. Následne obvodom tečie najvyšší možný prúd I , ktorý býva obmedzený iba rezistorom R a teda Ohmovým zákonom[20].



Obrázok 24:Zapojenie sériového RC obvodu[20]

U - napätie RC článku[V],

R - odpor RC článku[Ω],

C –kapacita RC článku[F]

Tento obvod má 2 ustálené stavy. Je všeobecne známe, že elektrická energia v obvode je spotrebovaná kondenzátorom C a ten vytvára elektrické pole. Nastáva prvý z prechodových dejov. Teda nabíjanie kondenzátora, keď energia zostáva nahromadená v polarizovanom dielektriku vo forme elektrického poľa. Obrázok 25 popisuje schému pre nabíjanie tohoto komplexného jednobranu.

Pri zániku elektrického poľa sa energia vracia do obvodu. Pred prechodovými dejmi však nastáva 1. ustálený stav. To je stav keď obvodom netečie žiadny prúd I .

Naopak po dobe prechodových dejov nastáva 2. ustálený stav. Napätie U na kondenzátore C teda U_c sa vyrovná napätiu zdroja U_0 . $U_c=U_0$. Obvodom nepreteká prúd I a napätie na rezistore R je nulové teda $U_R=0$. Kondenzátor C pred pripojením zdroja do obvodu býva vybitý a chová sa teda ako skrat. Čím viac bude v kondenzátore C uloženého náboja q , teda kondenzátor C sa nabíja a zvyšuje sa aj

napätie U_c tým menej prúdu I prechádza cez dané obvodové zapojenie. Po prerušení prívodu ku zdroju sa z kondenzátora C stáva pomyselný zdroj[20].

Kondenzátor C sa vybíja a teda náboj q a energia uložená pri nabíjaní sa presunie do rezistora R , a tam sa premení na teplo Q .

Z praxe je známe, že kondenzátor C môžem považovať za vybitý, keď v obvode prechádza 5 % prúdu I .

Z teoretického hľadiska sa však kondenzátor C môže vybíjať nekonečne dlhú dobu. V tomto texte boli popísané 2 prechodové deje RC obvodu. V prvom prípade sa znižuje diferenciu medzi napätím na zdroji U_0 a napätím na kondenzátore U_c , keďže kondenzátor C sa nabíja.

Keďže sa nabíja cez rezistor R je nevyhnutná jeho interpretácia v rovnici pre 1. Prechodový dej obvodu RC:

$$U_c + U_r = U_0 \quad (29)$$

U_c - napätie na kondenzátore v RC článku [V],

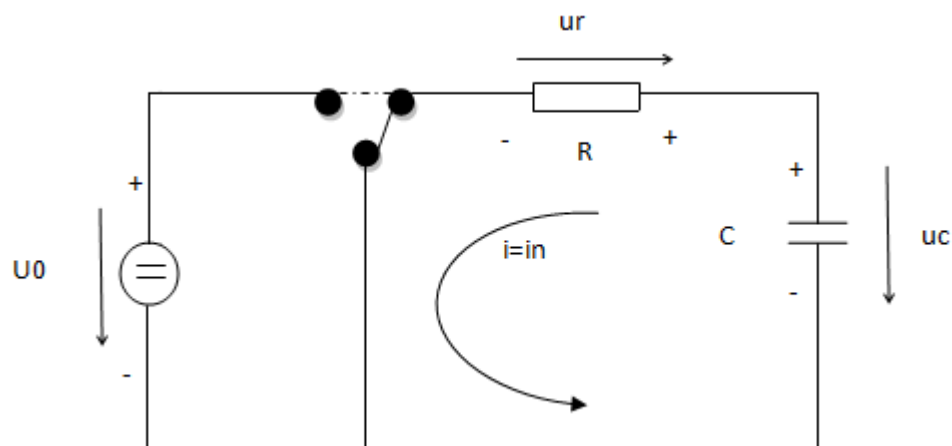
U_r - napätie rezistora v RC článku [V],

U_0 - napätie zdroja v RC [V].

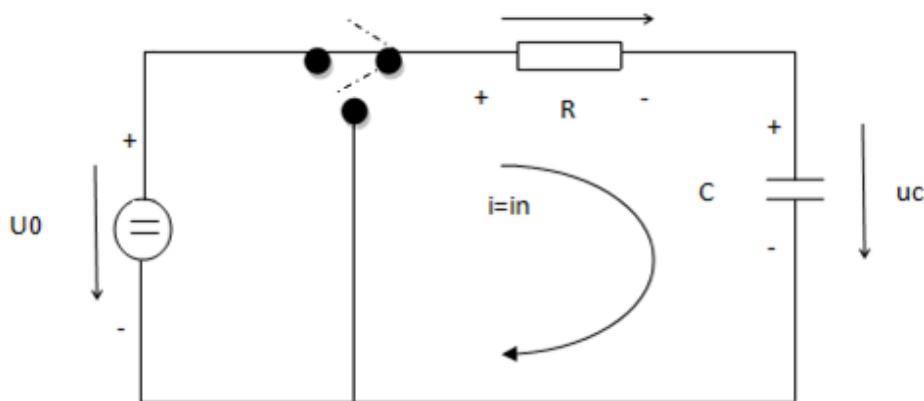
2. Prechodový dej následne nastáva po prepnutí spínača. Kondenzátor C sa začína vybíjať cez rezistor R .

Znižuje sa teda napätie na kondenzátore U_c , prúd I sa tiež znižuje, od veľkosti prúdu I závisí vybíjanie kondenzátora C , čo znamená že po úplnom znižovaní nastáva opäť prvý ustálený stav.

Daný popis je na Obrázok 26.

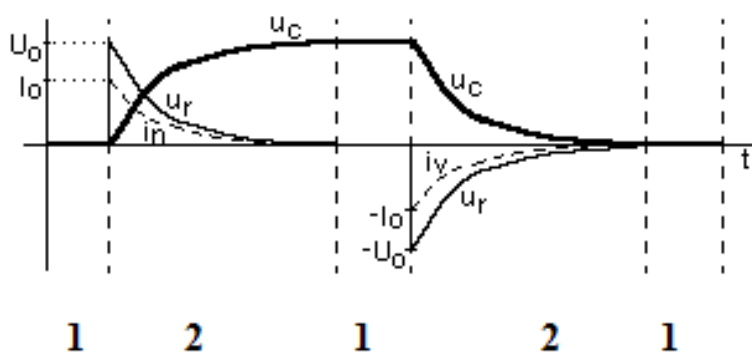


Obrázok 25:Schéma pri nabíjaní kondenzátora C v sériovom RC obvode[20]



Obrázok 26:Schéma pri vybíjaní kondenzátora C v sériovom RC obvode[20]

Obrázok 27 hovorí o správaní nabíjania/vybíjania za čas t. Pre prehľadnosť som na obrázku vyznačil časové úseky.



Obrázok 27: Správanie sériového RC obvodu počas času t[20]

Úseky označené číslom 1 sú ustálené stavy obvodu RC.

Prechodné deje na obrázku sú označené číslom 2. Celková impedancia RC obvodu je:

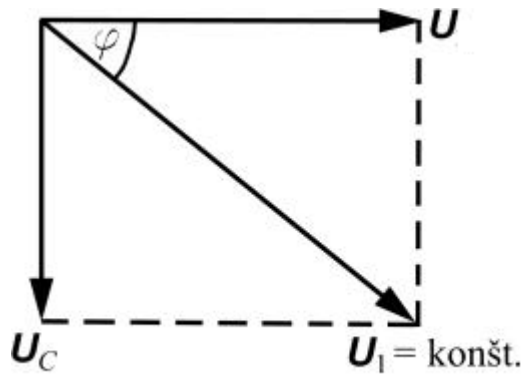
$$Z = R_s - j\left(\frac{1}{\omega C}\right) \quad (30)$$

R_s - odpor RC článku[Ω],

ω - uhlová frekvencia RC článku[$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$],

C - kapacita RC článku[F].

Rovnaký tvar fázorového diagramu pre tento obvod je aj pre obvod CR, vid' Obrázok 28.



Obrázok 28:Fázorový diagram sériového RC obvodu[21]

Fázorový diagram nezáleží od spôsobu spojenia súčiastok. Záleží na celkovej skladbe obvodu a teda v predošlom texte bolo spomenuté, že kondenzátor C posúva napätie U_c o 90° za prúd I [19].

V obvode sa podobne ako v pararelnom zapojení musí nachádzať aj odpor R , ktorý nespôsobuje žiadne posunutie napätia U_R oproti prúdu I [19].

Obvod má 1 bránu, a v ceste prúdu stojí v tomto RC zapojení rezistor R pred kondenzátorom C . Impedanciu RC článku si upravíme na tvar:

$$Z = \frac{R(1 + \omega RC)}{j(\omega RC)} \quad (31)$$

R - odpor RC článku[Ω],

ω - uhlová frekvencia[$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$],

C - kapacita RC článku[F].

Platí f_0 , ktoré je dané veľkosťami jednotlivých komponentov obvodu má vzťah:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (32)$$

R - odpor RC článku[Ω],

C - kapacita RC článku[F],

Tento obvod je napájaný len striedavým signálom napätia U s frekvenciou $f_0=0,25$ a $4f_0$. Obvod sa najčastejšie využíva ako topná záťaž a je úplne neprechodný pre jednosmerné napätie U vďaka premyslene usporiadaným súčiastkam obvodu[19].

Podobne ako tomu bolo u pararelného zapojenia, takisto aj v takomto obvodovom zložení sa časová konštanta vypočíta:

$$\tau = RC \quad (33)$$

R - odpor RC článku[Ω],

C - kapacita RC článku[F].

Pri analýze a výpočtoch prechodových dejov sa zaznačujú aj hodnoty, ktoré boli známe pred zopnutím spínača obvodu.

Hodnoty pred zopnutím sú $U_{C(t)}=0$, kondenzátor C v obvode je celkom vybitý $i(t)=0$, lebo spínač je rozpojený a obvodom teda neprechádza žiadny prúd I a $U_{R(t)}=0$, plynú to z predošlého zápisu o $i(t)$, na rezistore R za týchto podmienok nevzniká žiadny úbytok napätia U . Tieto nulové hodnoty sa inak nazývajú počiatočné podmienky[19].

Ďalšia činnosť v obvode je už spojená s uvedením spínača do zopnutej polohy a teda začína prechodový dej. Kondenzátor C sa nabíja cez odpor R a jeho napätie U_c sa mení podľa vzťahu:

$$u_{c(t)} = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (34)$$

U_0 – napätie na začiatku prechodného deja v RC článku [V],

t - čas[s],

τ - časová konštanta v RC článku[s].

Prúd, ktorý sa nachádza v obvode má vzťah :

$$i(t) = \frac{U_0 - u_{c(t)}}{R} = \frac{U_0 - U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}{R} = \frac{U_0 - U_0 + U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}}{R} = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (35)$$

U_0 – napätie na začiatku prechodného deja v RC článku [V],

t - čas[s],

τ - časová konštanta v RC článku[s],

R - odpor RC článku[Ω].

Napätie rezistora $U_{r(t)}$ vypočítame podľa vzťahu:

$$U_{r(t)}(t) = Ri(t) = R \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (36)$$

U_0 – napätie na začiatku prechodného deja v RC článku [V],

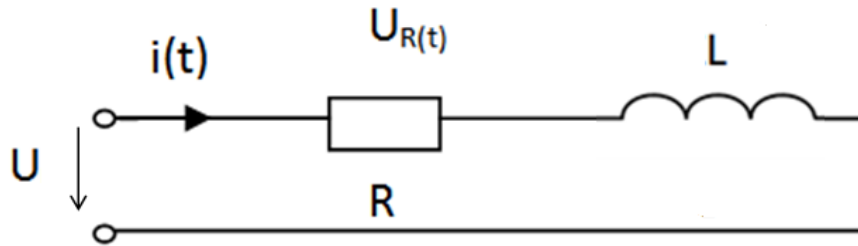
t - čas[s],

τ - časová konštanta v RC článku[s],

R - odpor RC článku[Ω].

3.2 Sériové zapojenie odpor-cievka

Tento jednoduchý obvod je už podľa názvu tvorený odporom R a cievkou L v sériovom zapojení. Obrázok 29 popisuje jeho obvodové riešenie. Cievka L predstavuje akumulčný prvok, odpor R predstavuje pasívny prvok. V akumulčnom prvku dochádza k ukladaniu napätia U počas doby keď je obvod pripojený ku zdroju napätia U [19].



Obrázok 29:Zapojenie sériového RL obvodu[19]

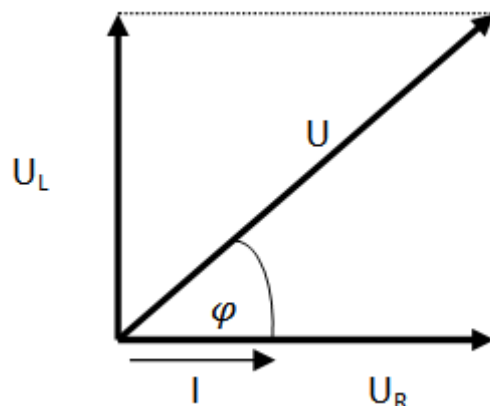
Celková impedancia Z tohto obvodu :

$$Z = R + jL \quad (37)$$

L - impedancia RL článku[H],

R - odpor RL článku[Ω].

Tento obvod má rovnaký fázorový diagram ako RL obvod zapojení paralelným zapojením. Cievka L posúva svoju napäťovú zložku U_L o 90° pred prúd I , smer napätia U na odpore U_R sa nemení a je rovnobežný s prúdovým signálom I . Celkový fázorový diagram, vid'.Obrázok 30.



Obrázok 30: Fázorový diagram sériového RL obvodu[18]

V obvode dochádza ku prechodovým dejom. Tie súvisia s akumulárnym prvkom obvodu, teda cievkou L . Pred pripojením ku zdroju U sa obvod nachádza v ustálenom stave, teda ustálený stav je v čase $t=0$. Obvodom netečie prúd a rezistor R nevykazuje žiadny úbytok napätia U , podľa Ohmovho zákona. Na cievke L sa v tomto stave neakumuluje žiaden indukovaný signál napätia U . Napätie U na rezistore R je teda nulové a v okolí cievky L sa nenachádza žiadne magnetické pole. Po pripojení ku zdroju obvodom začína prechádzať prúd I , po jeho prechode cievkou sa v jej okolí vytvára magnetické pole, ktoré sa kontinuálne zväčšuje až do veľkosti napätia U na zdroji. Energia obvodu sa mení spojito, prúd obvodu I je rovnomerný rozdielu napätia zdroja a indukovaného napätia na cievke L . Prúd I teda rastie, hodnota úbytku napätia U sa tiež zväčšuje. Situáciu je na Obrázok 31. Naopak hodnota napätia U na cievke L sa znižuje a hodnota je závislá od rýchlosti zmeny prúdu I . Ak sa hodnota I úplne prestane meniť, bude U_L rovné 0 [20].

Veľkosť napätia U na cievke je teda závislá na veľkosti prúdu I , jej úplný vzťah:

$$u_{l(t)} = U_0 - R * iL(t) \quad (38)$$

U_0 - hodnota napätia v čase $t=0$ [V],

R - odpor sériového RL článku [Ω],

iL - prúd cievkou v sériovom RL článku [A],

Ak je hlavný spínač na obvode prepnutý do druhej polohy, v cievke L sa začne indukovať napätie U_L , ktoré má opačnú polaritu ako v predošlom deji. Popisujem teda 2. prechodný dej a to zánik prúdu I v obvode RL. Vid' Obrázok 32. Energia, ktorá je nahromadená v magnetickom poli cievky sa nemôže stratiť úplne bez náhrady. Platí zákon premeny energie z jedného druhu na iný. Teda obvodom prechádza prúd I rovnakým smerom. Energia sa v rezistore R mení na energiu tepelnú, veľkosť prúdu I sa znižuje až opäť nastáva 1. ustálený stav.

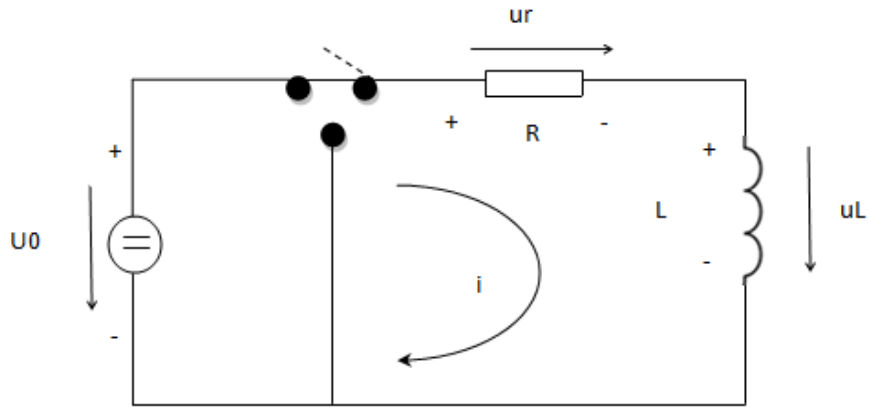
Pre obvod, na ktorom je ukázaný priebeh 2. prechodného deju platí rovnica :

$$u_r + u_i = 0 \quad (39)$$

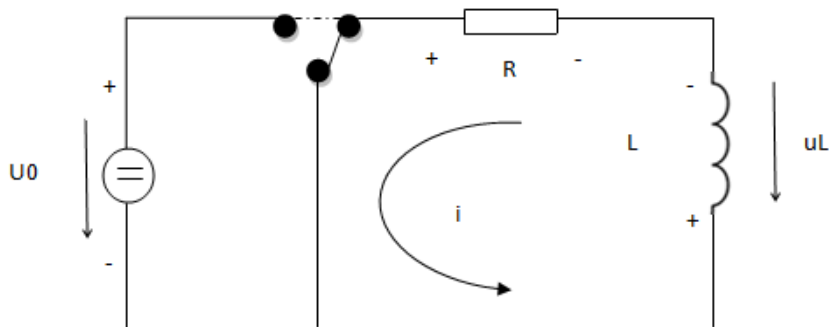
u_r - napätie na rezistore R v obvode RL [V],

u_i - napätie na cievke L v obvode RL [V].

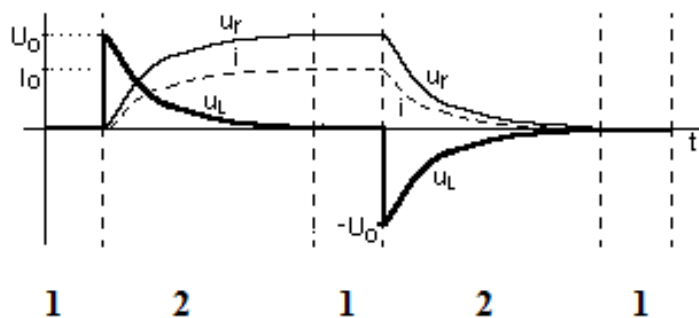
Obrázok 33 popisuje ustálené stavy a prechodné deje v čase t . Legenda k daného obrázku je taká istá ako v predošlom prípade na Obrázok 27, a to číslom 1 sú označené úseky na ktorých je ustálený stav. Prechodné deje sú značené číslovkou 2.



Obrázok 31:Vznik prúdu v sériovom RL obvode [20]



Obrázok 32:Zánik prúdu v sériovom RL obvode[20]



Obrázok 33:Správanie sériového RL obvodu počas času t [20]

Doba, ktorá je potrebná k ukončeniu prechodného deju sa rovná 5τ . Kde τ predstavuje časovú konstantu. Je to reálne číslo, má jednotku času teda sekundu.

Časová konštanta sa vypočíta ako podiel celkovej impedancie L a odporu R .

$$\tau = \frac{L}{R} \quad (40)$$

L - impedancia RL článku[H],

R - odpor RL článku[Ω].

Konštanta nezávisí od zapojenia, ale obsahu daného obvodu. Vďaka nej je možné definovať medznú frekvenciu daného obvodu. Jej vzorec je:

$$\omega = \frac{1}{\tau} \quad (41)$$

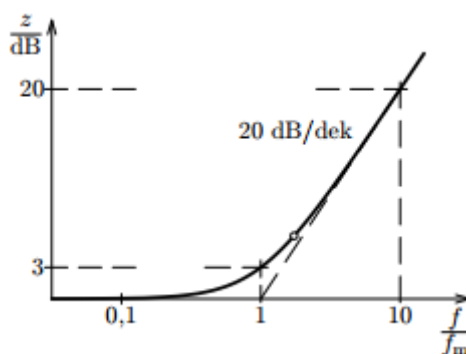
τ - časová konštanta [s].

alebo

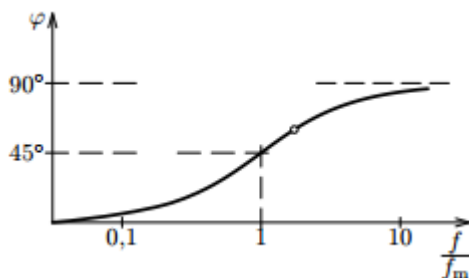
$$f_m = \frac{1}{2\pi\tau} \quad (42)$$

τ - časová konštanta [s].

Frekvenčná amplitúdová charakteristika je na Obrázok 34, a z nej odvíjajúca sa fázová charakteristika, vid' Obrázok 35.



Obrázok 34:Frekvenčná amplitúdová charakteristika sériového RL[20]



Obrázok 35:Frekvenčná fázová charakteristika sériového RL obvodu[20]

Skutočná frekvenčná charakteristika sa nahrádza asymptotickou charakteristikou. Najväčšia chyba v tomto prípade nastáva pre $\frac{f}{f_m} = 1$. Fázorová frekvenčná charakteristika je zvislá polopriamka s kladnou hodnotou, ktorá prechádza bodom 1 na reálnej osi[19].

3.3 Zhrnutie jednobranov

Dvojpól, alebo jednobran je súčiastka s 2 pólmi. Delia sa na 4 skupiny:

Zdroje a spotrebiče,

Odporové a reaktančné jednobrany,

Lineárne a nelineárne obvody,

Pasívne a aktívne obvody.

- 1. Zdroje a spotrebiče :** zdroj má charakteristickú vlastnosť že do obvodu dodáva výkon. Spotrebič naopak odoberá, alebo spotrebúva výkon.
- 2. Odporové a reaktančné jednobrany:** odporové súčiastky majú pomer okamžitých hodnôt napätia U a prúdu I , na frekvencii f nezávislý. Reaktančné súčiastky v obvodoch, ktorých pomer okamžitých hodnôt prúdu I a napätia U závisí na frekvencii f .
- 3. Lineárne a nelineárne obvody:** Lineárne obvody majú lineárnu závislosť medzi prúdom I a napätím U . Charakteristika takýchto obvodov má tvar priamky. U nelineárnych obvodov sa vyskytuje nelineárna závislosť medzi prúdom I a napätím U . Táto charakteristika má tvar krivky.
- 4. Pasívne a aktívne obvody:** Pasívne obvody sú zložené z pasívnych súčiastok, teda spotrebičov výkonu, a naopak aktívne obvody sú zložené z aktívnych súčiastok, teda aspoň jedného zdroju výkonu[22].

Jednobran je spojenie sériovo zapojených súčiastok, alebo to môže byť aj elementárna súčiastka, ktorá má 1 vstupnú svorku a 1 výstupnú svorku. Podľa zloženia súčiastok to môžu byť obvody s rezistormi R , kondenzátormi C a cievkami L . Podľa usporiadania súčiastok v obvode určujem, ktorým prvkom potečie prúd I ako prvým[22].

Jeho zapojenie si môžem zjednodušiť Theveninovou, alebo Nortonovou vetou. Veta Theveninova hovorí, že akýkoľvek aktívny jednobran je možné nahradiť sériovým zapojením ideálneho zdroja napätia U a rezistora R . Pričom napätie U je napätie na

prázdnou a odpor R je jeho vnútorný odpor. Nortonova veta hovorí, že akýkoľvek aktívny jednobran je možné nahradiť ideálnym zdrojom prúdu I , ktorý je paralelne zapojený k vnútornému odporu R , veľkosť odporu R odpovedá celkovému odporu obvodu. Prúd I sa rovná prúdu, ktorý prechádza svorkami pri zapojení na krátko.

Pri výpočtoch náhradného odporu R nahradím všetky zdroje elektrickej energie ich vlastnými vnútornými odpormi R_i . Ideálny zdroj napätia $R_i=0$, ideálny zdroj prúdu $R_i=\infty$, teda obvod v danom mieste rozpojím.

4 STANDART SCPI

SCPI, je skratka pre The Standard Commands for Programmable Instruments, teda štandardné príkazy pre programovateľné prístroje. V nasledujúcom texte budú tieto príkazy značené skratkou *SCPI*[23].

V roku 1990 bola odobrená norma, ktorá zahŕňa používanie *SCPI* Standartu spolu s IEEE 488.2 špecifikáciou. Táto norma zahŕňa jednotné používanie vo všetkých programovateľných meracích zariadeniach[23].

V programovateľných zariadeniach sa pomocou datových štruktúr vytvárajú príkazy, ktoré majú univerzálne použitie vo všetkých meracích prístrojoch podporujúcich *SCPI STANDART*. Sú to teda sady ASCII textových reťazcov, skladajúcich sa z jedného alebo viacerých slov, ktoré môžu byť napísané vo svojom normovanom teda celom tvare, alebo ako heslovitá skratka.

V tejto norme sú taktiež definované triedy meracích prístrojov. Reakcie na takéto povely, teda príkazy sú taktiež forme ASCII reťazcov. Vo veľkom výskyte reťazcov sa môže používať aj binárne znenie takýchto príznakov. Jednotlivé príkazy môžu prepínať napájanie prístroja, zaznamenávať získané data z prístroja a mnohé ďalšie potrebné operácie[23].

4.1 Využitie Standartu SCPI

Automatizované meranie využíva na svoje účely počítač a jedno, alebo viacej meracích zariadení, ktoré môžu byť pripojené medzi sebou, ale musia byť pripojené do počítača či laptopu.

V súčasnosti sa na trhu objavujú mnohé kvalitatívne vyspelé meracie zariadenia, ktoré dokážu komunikovať s počítačovou jednotkou pomocou *SCPI*. Táto komunikácia pomohla k tomu, aby sa výsledky, prípadne postup merania dal analyzovať, či upravovať.

Od mnohých meraní v súčasnom svete závisí kvalita budúcnosti. Práve pre takéto merania bol vytvorený *STANDART SCPI*.

Na komunikáciu medzi PC a meracím zariadením existuje konektor *RS-232*, *GPIB* a mnohé ďalšie rozhrania[25].

4.2 Rozhranie RS-232

Je to sériový port, alebo linka. Jej vývoj trvá od druhej polovice 20.storočia. Tento port umožňuje teda komunikáciu počítača a ďalšej elektroniky, ktorá podporuje tento štandard. Keďže je tento port sériový, jednotlivé bity sú vysielané postupne za sebou., po jednom páre vodičov v každom smere. Táto vrstva zaručuje bezkolíznosť, naopak kolízne vrstvy sú vrstva Ethernet či USB[26].

Rozhranie RS-232 však poskytovalo iba to, že ako preniesť určitú sekvenciu bitov. Aj napriek svojej kolíznosti sa v súčasnosti využíva USB vrstva pre tento typ komunikácie. Je to z dôvodu jednoduchého, a to užívateľovi poskytuje viacero voliteľných možností a zaoberá sa aj vyššími vstvami komunikácie. V množstve vrstiev preto dochádza ku kolíziám. To je však malá nevýhoda oproti ponuke, ktorú má USB rozhranie oproti RS-232.

Na počítači je treba aby bol USB konektor, na starších PC však bývajú miesto tohto typu konektora konektory pre RS-232 a to konektory D-sub typu DE-9 M. Zariadenie sa pripája pomocou šnúry s konektorom DE-9 F[26].

Základný technický popis rozhrania RS-232

Poradie bitov, ktoré sú prenášané pomocou tohto štandardu ide postupne od najmenej významného bitu po najviac významný bit. Počet týchto bitov je jednoducho voliteľný. Pomocou dvoch úrovní napätia je nastavovaná hodnota prenášaných bitov teda buď 0, alebo 1. Napätie môže byť :

- ±5 V,
- ±10 V,
- ±12 V,
- ±15 V.

Toto rozhranie má 3 základné typy vodičov. Vodič pre príjem, pre vysielanie a vodič pre spoločnú zem. Tieto vodiče sú doplnené vodičmi na riadenie prenosu. Tieto doplnkové vodiče sa môžu používať, naopak však nie sú v niektorých situáciách potrebné, alebo môžu byť použité na napájanie elektronických obvodov v zariadení[26].

4.3 Rozhranie GPIB

Rozhranie pre meracie prístroje, ktoré zabezpečuje prenos medzi dvoma alebo viacerými meracími zariadeniami. Toto rozhranie umožňuje aj pripojenie počítača, ktorý bude riadiť prenos dát. Pre túto možnosť som uprednostnil rozhranie GPIB vo svojej praktickej práci, ktorú popíšem v dokumente od kapitoly 5.

Presný rok vývinu tohto rozhrania je 1972 a je zapísaný medzi aplikácie, ktoré vyvinula spoločnosť Hewlett-Packard. V súčasnosti je toto rozhranie jedno z najpoužívanejších rozhraní pre komunikačnú a meraciu techniku[27].

Hlavná výhoda je pripojenie medzi dvoma či viacerými meracími zariadeniami v rámci mnoho laboratórií.

Základný technický popis rozhrania GPIB

Typ paralelnej zbernice, ktorá umožňuje pripojenie maximálne 15 meracích zariadení. Táto zbernica má 24 vodičov.

Dĺžka medzi pripojenými zariadeniami môže byť dokopy 20 m, avšak maximálna dĺžka, na ktorej je zaručená funkcionálnosť medzi dvoma zariadeniami nemôže presiahnuť 2 m.

Informácie sú po zbernici prenášané v bytoch.

Veľkosť 1 bytu je 8 bitov. Prenos informácií medzi zariadeniami je riadený pomocou hardwaru, teda najčastejšie osobného počítača. Typ tohto prenosu je asynchrónny.

Rýchlosť prenosu je 250 až 500 kB/s. V teoretických rovinách až 1000 kB/s.

Vodiče tejto zbernice sa delia do 3 skupín. Prvú skupinu tvoria dátové vodiče, ktorých je celkovo 8.

3 vodiče tvoria druhú skupinu, a tá zabezpečuje asynchrónny prenos po dátovej zbernici. 5 vodičov riadi a koordinuje procesy na zbernici[27].

Poslednou skupinou je uzatváranie prúdových smyčiek a zemnenie. Vodičov tejto skupiny je celkovo 8. Toto rozhranie taktiež dovoľuje pripojenie PC pre riadenie prenosu dát[27].

4.4 Model prístroja

Standart SCPI má exaktne definovaný model prístroja. Tento model pozostáva z niekoľkých podblokov. Každý podblok má svoj špecifický príkaz, a predovšetkým

vykonáva svoju úlohu v procese. K zápisu danej úlohy sa teda využívajú tieto špecifické príkazy[25].

Model prístroja udáva spôsob zápisu, ktorý podporujú všetky meracie prístroje určené na vzdialenú komunikáciu s riadiacou jednotkou. Ukážkový zápis pre úlohu na prístroj zapísanú pomocou presne stanovených bodov modelu prístroja pomocou SCPI znakov vid'.Obrázok 36.

MEASure:<function>?<parameters>

Obrázok 36: Ukážka SCPI príkazu[25]

Ukážkový príkaz zodpovedá stromovej štruktúre prístrojového modelu, ktorá sa nachádza na Obrázok 37.

Tento model pozostáva z viacerých podblokov, ktoré tvoria dva hlavné bloky:

-Measurement Function,

-Signal Generation.

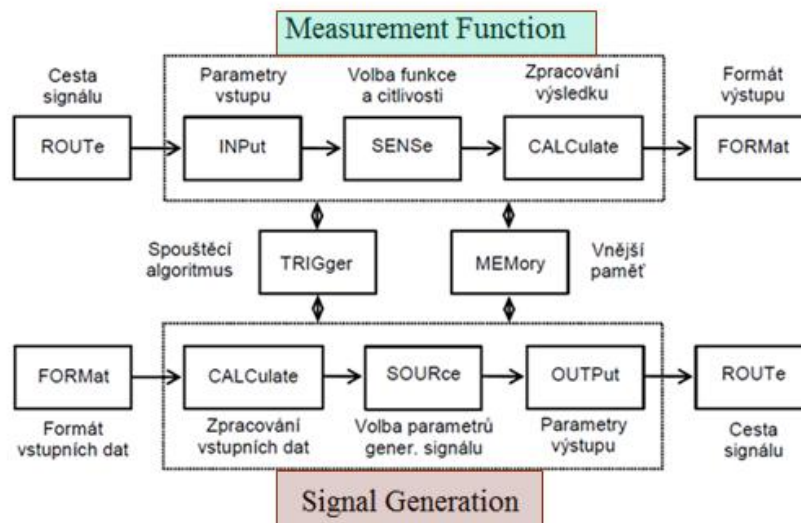
Hlavný blok *Measurement Function*. Skladá sa z viacerých podblokov. Ich úlohy budú popísané v ďalšom texte. Spolu je ich funkcia prevádzať analógový signál do vnútorného stavu.

Ďalším hlavným blokom tvoreným z viacerých podblokov, je blok s názvom *Signal Generation*. Ako už z názvu vyplýva, funkcia týchto podblokov sa interesuje o generovanie signálu určitých parametrov, určených prevažne podblokmi tohoto systému.

Funkcia každého podbloku v celom systéme bude popísaná v ďalšom texte, spolu s praktickými ukázkami daných SCPI príkazov.[25]

Ďalšou zaujímavou časťou sú obecné prístrojové príkazy. Sú to vlastne správy vysielané riadiacou jednotkou a slúžia k identifikácii daného stavu, či ovládaniu prístroja.

Prístroj je v každom prípade povinný vrátiť adekvátnu odpoveď, pokiaľ je posledným znakom príkazu znak "?". Príkaz sa okrem tohto znaku skladá z 3 iných znakov .



Obrázok 37: Prístrojový model podľa SCPI[24]

Blok Measurement function

Tento hlavný blok zoskupuje niekoľko funkčných blokov, potrebných pre prácu s daným typom signálu.

Bloky ako ROUTe, INPut, SENSE, CALCulate, FORMat, TRIGger, MEMory úzko súvisia s hlavným blokom, a pri zápise jednotlivých príkazov využívam ich skratkové spojenia, či celé menové výrazy[25].

Hlavná úloha podbloku ROUTe je vo volení cesty signálu. V prístrojovom modeli vid'. Obrázok 37 sa nachádza pred hlavným blokom. Táto skutočnosť vyplýva z toho, že v súčasnosti existuje veľké množstvo meracích a porovnávacích zariadení, a v mnohých tento podblok nie je potrebný. Jeho úloha v týchto zariadeniach je rozložená medzi ďalšie podbloky. Práca s podblokom začína v momente zápisu :ROUTe:.

Podblok INPut je vstupnou bránou pre signál. Práca s touto súčasťou je po zadaní :INPut:. Hlavná úloha spočíva v úprave a následnom exporte signálu do ďalšieho podbloku s názvom SENSE.

Práca s týmto podblokom je uvedená v symboloch [:SENSe:]. Je však rozdelená do niekoľko sekcií, tie ovplyvňujú jednotlivé nastavenia zariadenia. Signál s upravenými zariadeniami putuje do podbloku CALCulate.

Daný signál sa v tomto podbloku vplyvom nastavení v predošlom podbloku vyčíslí. Práca tohto podbloku začína po zadaní CALCulate:.

Posledný blok pred výstupom je blok FORMat. V danej časti modelu sa výstupné formáty nastavujú do požadovaného tvaru. Tento typ môžem meniť aj počas doby ich spracovávania, čo ešte viac urýchly automatizovaný proces a užívateľ tak získa pocit úplného ovládania formy procesu[25].

Bloky TRIGger a MEMory

Tieto podbloky dochádzajú do kontaktu ako aj s *Measurement function* tak aj so *Signal Generation*.

TRIGger obsahuje algoritmy na synchronizáciu akcií zariadenia a udalostí. Akcie sú nadobudnuté meraním, alebo uplatnením podnetu na dané zariadenie príkazom SCPI. Model ARM-TRIGger obsahuje podmnožinu schopností. Schopnosti pre spúšťanie sú v súlade s normami a dodržiajú ACQ01B názvoslovie. Sekvencie popisovanej časti sú sady vertikálne prepojených vrstiev. Plná čiara určuje tok riadenia medzi jednotlivými stavmi. Prerušovaná čiara určuje, ako je udalosť rozšírená do iných častí spúšťacieho modelu. Ďalej obsahuje 2 nezávislé detekcie udalostí. Je to z dôvodu lepšej prehľadnosti s určitosti zachytenia udalostí[25].

Podblok MEMory vykonáva riadenie vnútornej pamäte zariadenia. Táto pamäť môže obsahovať typy ako e.g., ASCii, BINary, instrument STATE, TRACe, alebo MACRO. Jednotlivé datové typy sú dostupné pre daný druh zariadenia. Prístroj podporuje jeden z dvoch typov pridelovania pamäte. Je to pridelovanie buď fixné, alebo dynamické. S fixným pridelovaním je určitá časť pamäťového bloku pridelená postupne všetkým typom. S dynamickým pridelovaním je to tak, že sa vytvorí pamäťový blok, a jeho priestor je zdieľaný aktuálnemu dátovému typu. Práca s týmito podblokmi začína po zadaní MEMory: či po zadaní TRIGger:[25].

Blok Signal generation

Táto súčasť sa skladá z podblokov ako FORMat, CALCulate, SOURce, OUTPut.

Práca tejto časti začína zadaním FORMat:. Týmto podblokom, podobne ako v časti *Measurement function* nastavujeme formát výstupu, tentokrát je výstupným prvkom signál.

Ďalší podblok v ceste signálu je CALCulate. Tento podblok vykonáva rovnakú funkciu, lenže na signále, čiže počíta signál z vopred nastavených parametrov zariadenia. Tento

signál sa ukladá do určitého formátu, a je pripravený na ďalší prechod prístrojovým modelom[25].

Zadaný formát ďalej putuje do podbloku SOURce. Tento podblok obsahuje niekoľko sekcií pre nastavenie vstupného zdroja parametrov signálu. Každá sekcia sa zaoberá nástrojmi na nastavenie špecifického zariadenia a špecifického typu signálu. K týmto nástrojom sa dostanem zápisom v podobe SOURce:.

Podblok OUTPut je ďalší v poradí. Riadi vlastnosti výstupného signálu zo zdroja signálu. Riadenie vlastností prebieha pomocou viacerých príkazov. Ďalšia cesta signálu vedie cez podblok ROUTe, ktorý vykonáva presne tú istú funkciu, ako v už popísanej časti *Measurement function*. Teda volenie cesty naprieč ďalších podblokov v prístupovom modeli[25].

4.5 Syntax SCPI

Konštrukcia príkazov Standartu SCPI je riadená istými pravidlami. Tieto pravidlá sa združujú a podobne, ako v mnohých dorozumievacích, alebo programovacích jazykoch sa týmto pravidlám hovorí syntax.

Skladba jednotlivých príkazov je k danej úlohe veľmi dôležitá, je to časť, ktorú ovplyvňuje sám človek, v časti mojej práci bola nahradená softwarom, ktorého činnosť popíšem v ďalšej kapitole tohoto dokumentu.

Ako som už spomínal, syntax *SCPI* pozostáva z niekoľkých pravidiel, ktorých dodržanie je dôležité pre správnu činnosť zariadenia. Na obrázku, vid' Obrázok 36 sa nachádza ukázkový príkaz *SCPI*. Tento príkaz sa skladá z veľkých a malých pímen. Veľké písmená musia byť zapísané pri práci s prístrojom, malé písmená sú z dôvodu lepšej orientácii človeka v dokumentácii pre daný prístroj.

Parameter, ktorý je umiestnený medzi znakmi “< >” si stanovuje sám užívateľ a predstavuje v chode programu konštantu. Tieto zátvorky sa nachádzajú v dokumentácii pre daný prístroj. Do samotného programu sa neuvádzajú, uvádza sa iba potrebný číselný alebo znakový parameter, ktorý sa nachádza vo vnútri zátvoriek v dokumentácii. Príklady znakových parametrov sú MINimum, MAXimum. Taktiež sa do programu píše iba veľké písmená z týchto parametrov[28].

Znaky “{ }” teda zložené zátvorky predstavujú spolu so zvislými čiarami výber niekoľko možností pre daný parameter. Taktiež sú uvedené iba v dokumentácii pre typ zariadenia, teda do programu sa nekladajú.

Znak “ : ” dvojbodka, ktorý je vložený medzi dve kľúčové slová, označuje, že sa prevádza vnorenie do ďalšej úrovne stromu. Ak je takýto znak pred prvým príkazom v príkazovom riadku znamená to, že nasledujúci znak je úrovne root teda koreň. Príklad zápisu :SOURCE , značí, že SOURCE je na úrovni root.

Znak “ ; ” teda bodkočiarka hovorí, že dva príkazy sú v tej istej úrovni v stromovej hierarchii.

Znakom “ , ” oddelujem parametre príkazu.. Taktiež sa úroveň v príkaze nemení.

Biele znaky ako medzery sa vo väčšine prípadov ignorujú. Avšak existujú dve výnimky. Biely znak nie je dovolený vo vnútri kľúčového slova. Ako príklad uvádzam zápis :MEAS.

Biely znak musí byť použitý ako oddelovač parametrov od príkazu :MEAS:VOLT:AC? 100,0.1. Za zápisom AC? dochádza k výpisu parametrov. Za týmto zápisom je biely znak, teda medzera.

Nepovinné parametre sú uvedené v hranatých zátvorkách . Znak “[]”. Zátvorky sa neodosielajú, iba označujú parametre, ktoré môžu byť z daného zápisu vypustené. Logicky usporadúvajú parametre daného príkazu a do príkazu sa vypisujú iba pri väčšom objeme parametrických vlastností. Ak chceme poslať prístroju viacero príkazov naraz, oddelíme ich znakom “ ; ”.

Príklad zápisu SCPI príkazu: MEASure:CURRent:DC? 1,MAX

Programový zápis príkazu by v tomto prípade bol MEAS:CURR:DC? 1,MAX

Príkaz označuje, že bude meraný jednosmerný prúd v rozsahu 1A, udáva prvý parameter. A bude zmeraný s maximálnou presnosťou[23].

5 NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVISKA

Automatizované pracovisko, je zoskupenie viacerých meracích zariadení a počítača, ktoré vykonávajú danú úlohu bez ľudského operátora. To je v dnešnom svete veľmi žiaduce, pretože priemysel vo veľkom množstve využíva bezľudské systémy, či naprogramované zariadenia.

Automatizovaný merací systém má mnohé výhody. Keďže dokáže pracovať bez človeka, teda bez obsluhy, je vhodný na meranie na miestach človeku neprístupných, či už sú to mnohé chemické laboratória, alebo miesta, kde je človek vystavený inému druhu nebezpečia. Ak je potrebné previesť na týchto miestach úkony spojené s nameraním určitého druhu signálu, či energie, je práve použitie automatizovaného meracieho systému tou správnou voľbou.

Systémy vyžadujú čo najmenší počet zásahov človeka, tie sú potrebné iba pri realizácii a inštalácii hardwarového zariadenia na miesto priebehu.

V praxi platí zásada, že hlavným hľadiskom sú ekonomické náklady na realizáciu systému, a teda aj úkon, ktorý chceme realizovať pomocou zariadenia. Činnosti, ktoré má daná skupina meradiel zaznamenávať by mala byť čo najväčšia, pretože menej automatizovaných krokov je neefektívnych. Avšak pre dlhodobú výrobnú činnosť, by daný automatizovaný systém bol veľkou výhodou, pretože veľmi veľa zohrá aj čas na prípravu merania.

Časové nároky na operácie sú v tomto prípade omnoho nižšie než v prípade bežného zariadenia, pretože spracovacia úloha nameraných výsledkov prebieha omnoho rýchlejšie a efektívnejšie, ako u bežných prístrojov potrebných na obsluhu tejto činnosti. Tento bod spočíva v návrhu a koncepcii ako hardwarovej časti úlohy, tak aj softwarovej časti úlohy.

Riadenie automatizovaných systémov prebieha po mnohých zberniciach a prebieha za pomoci počítača. Zbernice sú GPIB, RS-232, Ethernet či mnohé ďalšie.

Moja úloha, bolo navrhnuť a realizovať meracie pracovisko pre automatizované meranie prenosových charakteristík jednoduchých obvodov 1. rádu. Tieto jednoduché obvody sú popísané ako komplexné dvojbrany a komplexné jednobrany v 2 a 3 kapitole tohto dokumentu.

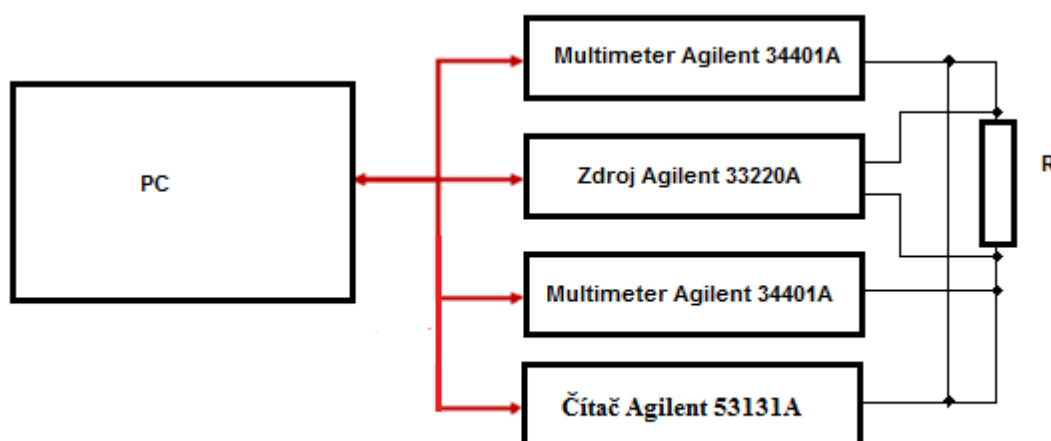
Hardwarovému a softwarovému návrhu je prikladaná mimoriadna dôležitosť, preto som týmto častiam venoval samostatné podkapitoly, vid' 5.1 a 5.2. Obe tieto časti tvoria celok, a od tohto systému sa očakáva presnosť a efektívnosť čo sa času týka, a možnosť doplnenia ďalšieho meracieho zariadenia do tohto celku.

Taktiež je očakávaná bezporuchovosť a ľahká inštalácia do pracovných podmienok.

5.1 Hardwarové vybavenie

Hardwarové vybavenie je základná úloha pri realizácii systému tohto druhu. Od neho závisí možnosť merania a realizácia danej úlohy.

Merací systém, ktorý som zostavil z hardwarových inštrumentov, dokáže odmerať prenosy popísané u jednotlivých jednoduchých obvodov 1. rádu. Požiadavok na systém je, aby bol schopný previesť meranie prenosov daných obvodov. Podľa toho som si vybral 4 zariadenia a ich zapojenie je na Obrázok 38.



Obrázok 38:Schéma zapojenia systému

Mnou vybraný systém pozostáva zo zariadení:

- Funkčný generátor Agilent 33220A,
- 2x Multimeter Agilent 34401A,
- Čítač Agilent 53131A.

Funkčný generátor Agilent 33220A podporuje rozhranie GPIB. Čo je dôležitá vlastnosť pri zostavovaní automatizovaného meracieho systému na meranie prenosov jednoduchých elektrických obvodov. Funkčný generátor Agilent 33220A má široké

frekvenčné spektrum (20 Mhz), ktoré je potrebné pri meraní prenosov daných obvodov. Funkčný generátor Agilent 33220A obsahuje funkcie, ktoré sú vďaka podpore rozhrania GPIB dostupné zo vzdialenej riadiacej jednotky, čo umožňuje bezobslužný servis pri danom meraní. Funkčný generátor Agilent 33220A je možné ovládať pomocou SCPI znakov.

Funkčný generátor Agilent 33220A generuje viacero možných signálov:

- sínusový signál,
- obdĺžnikový signál,
- trojúholníkový signál rampu, pulzy či šum.

Funkčný generátor Agilent 33220A má množstvo pomocných funkcií, ktoré pracujú s presnými signálmi daných úrovní, za účelom exaktného generovania potrebného signálu. Tieto funkcie sú taktiež dostupné zo vzdialenej riadiacej jednotky vďaka podpore GPIB rozhrania.

Funkcie podporované Funkčným generátorom Agilent 33220A:

- modul,
- sweep,
- burst.

Podporuje 3 typy modulácií:

- ampilúdovú,
- fázovú,
- frekvenčnú moduláciu.

Podrobnejší popis vid'. dokumentácia Funkčného generátora Agilent 33220A. V katalógovom liste je uvedená taktiež presnosť, ktorú dosahuje dané meradlo. Samozrejme táto presnosť má veľa pôsobiacich vplyvov, ale najdôležitejším je frekvencia f . Každý vygenerovaný priebeh inej frekvencii f , má teda inú presnosť, ktorú má výrobca vypísanú v dokumentácii k Funkčnému generátoru Agilent 33220A.

Multimeter Agilent 34401A sa v širokej miere používa v mnohých laboratóriách, pre jeho zobrazovacie vlastnosti, ktoré sú na dobrej úrovni až $6\frac{1}{2}$ digit. Prístroj taktiež obsahuje pripojenie na rozhranie GPIB.

Multimeter Agilent 34401A dokáže prečítať až 1000 meraní za sekundu, čím spĺňa sériu ďalších požiadavkov, a tie sú dĺžka, či záznam z daných meraní, čo je dôležitá

vlastnosť pre tvorbu automatizovaného meracieho systému. Multimeter Agilent 34401A povoľuje merať vo viacerých jednotkách napr:

-frekvencia[Hz],

-napätie[V],

-odpor[Ω].

Multimeter Agilent 34401A obsahuje viacero zvolených funkcií, ku ktorým je možný prístup cez vzdialenú riadiacu jednotku vďaka podpore GPIB rozhrania. Príklad meracích módov je zmena striedavého napätového signálu na jednosmerný. Meranie frekvencie či ďalšie iné možnosti. Multimeter Agilent 34401A obsahuje prepínač medzi prednými tlačítkami a zadným panelom. Túto funkciu nevyužijem, pretože zariadenie budem ovládať pomocou vzdialeného prístupu cez počítač. V dokumentácii pre Multimeter Agilent 34401A je uvedená kapacita pamäte pre prečítané a zapísané data (512 memory). Jednou z mojich hlavných požiadaviek bolo, aby všetky použité komponenty v obvode, vid' Obrázok 38 podporovali práve jedno rozhranie na vzdialené nastavovanie a meranie signálu prechádzajúceho obvodom. Tieto 4 použité zariadenia mi ponúkli túto vlastnosť.

Čítač Agilent 53131A je univerzálne zariadenie, ktoré slúži na meranie viacerých fyzikálnych veličín. Medzi veličinami je aj fázový posuv.

Zariadenie má 2 kanály a to :

-channel 1,

-channel 2.

Tieto 2 kanály som využil, a to tak, že kanál číslo 1 som pripol na jeden koniec prípravku (jednoduchého obvodu 1. rádu) a kanál číslo 2 som využil na pripnutie k druhému koncu prípravku. Medzi týmito kanálmi meriam fázu v stupňoch [°].

Ďalšie meracie funkcie čítača Agilent 53131A som nevyužil pri práci a vyvíjaní meracieho systému. Iné meracie módy pre čítač sú tiež:

-frekvencia,

-perióda,

-fáza,

-strieda.

Toto meradlo tiež podporuje rozhranie GPIB. Display obrazovky sa premieta aj do programového zobrazenia a podporuje až 10 čísel.

Mnou zvolené rozhranie po analýze funkčného zloženia obvodu je rozhranie GPIB. Rozhranie GPIB je z dôvodu pomerne vysokej prenosovej rýchlosti (1 MB/s), taktiež možná maximálna dĺžka zbernice je dostatočne veľká, až 20 m, čo postačuje na moje využitie. Vzďialenosť medzi 2 pripojenými prístrojmi je pod 2 metre, čo taktiež vyhovuje využitiu tejto sústavy.

Rozhranie GPIB je paralelná zbernica, ktorej maximálny počet prepojených prístrojov je 15. Ja som využil 4 zapojenia do zbernice. Na chod rozhrania GPIB sa využíva 24 vodičov, nie je viazané na konkrétny systém v počítači, jeho funkčnosť je dostupná po pripojení USB konektora do počítačovej jednotky. V prípade starších operačných systémov je treba stiahnuť GPIB driver, u novších sa nainštaluje automaticky.

Zbernica rozhrania GPIB obsahuje 16 signálových vodičov, z toho 8 sú dátové a značia sa DIO0-DIO7. 3 vodiče sú využívané na riadenie dátového prenosu a pomocou 5 vodičov je riadený celkový chod zbernice GPIB. Káble rozhrania GPIB musia byť certifikované a taktiež dané meradlá musia mať certifikát od výrobcu[27].

Ďalšou požiadavkou bola presnosť nameraných údajov. Presnosť Multimetru Agilent 34401A sa skladá z niekoľkých ovplyvňujúcich faktorov. Má dve hlavné zložky, a to presnosť z nameranej hodnoty a presnosť zo zvoleného rozsahu. Nameraná hodnota závisí od mnoho aspektov správneho merania, ktoré je ovplyvnené inými nežiaducimi veličinami, napr. impedanciou, teplotou. Samozrejme rovnako dôležitý je aj merací rozsah. V dokumentácii má výrobca stanovené veľkosti neistôt pre dané rozsahy a teploty, ktoré sa bežne pri meraní na týchto rozsahoch vyskytujú.

Meranie tejto úlohy prebieha v laboratórných podmienkach pri bežnej izbovej teplote.

Meranie prenosoch článkov 1. rádu je jedna možnosť využitia, avšak to vôbec neprekáža realizácii tohto automatizovaného spôsobu merania, pretože zariadenie je nastavené aby meralo a súčasne pracovalo s veľkým množstvom dát, ktoré by človek za tak krátku chvíľu určite nedokázal spracovať a vyhodnotiť meranie do grafických zobrazení.

Pri poslednej úlohe tejto časti, teda fyzickom prepojení je treba zabezpečiť dostatočné potlačenie rušenia odporu vedenia tým, že dané sústavy káblov rozhrania GPIB nesmú byť príliš dlhé a nesmú byť neefektívne využité napríklad skrútením a inou deformáciou bežného úsečkového použitia. Pri návrhu prepojenia som ďalej dbal na dostatočnú prenosovú kapacitu, či dostatočný adresovateľný priestor.

Rozhranie GPIB je paralelné rozhranie čo umožňuje vyslanie správy po 1 byte teda 8 bitoch súčasne, čo poskytuje dostatočný priestor aj kapacitu na požiadavky tejto úlohy. Topologicky som volil teda 1 Funkčný generátor Agilent 33220A na generovanie signálu presnej frekvencie f a dva Multimetre Agilent 34401A, Multimeter č.1 bude merať signál napätie U na začiatku jednoduchého článku, a Multimeter č.2 na konci obvodu[27].

Na jednoduchý obvod ďalej je pripojený aj Čítač Agilent 53131A.

5.2 Softwarové vybavenie

V súčasnom svete výrobcovia ponúkajú mnohé programové vybavenia slúžiace práve k úkonom programovania úloh meraciemu zariadeniu. Automatizované meracie zariadenie dané úseky úlohy expresne vykoná a s nameranými datami prevedie vopred stanovenú operáciu. Či už ich uloží do súboru, alebo vytlačí protokol o meraní, či mnohé ďalšie úkony, ktoré sú potrebné k vyššej analýze daného merania.

Na výber sú programovacie jazyky ako MATLAB, LabVIEW, C#, C++ , alebo mnohé iné.

Pre zostavenie mojej práce som si vybral prostredie LabVIEW, ktoré bolo vytvorené firmou National Instruments a pracuje s grafickým programovacím jazykom G.

Prostredie LabVIEW pre mňa predstavovalo zastrešenie všetkých operácií, ktoré som potreboval ku ovládaniu daného automatizovaného meracieho pracoviska. V prostredí LabVIEW našla svoje miesto rozsiahla analýza signálov, či mnohé nástroje pre prácu so signálmi daných typov idúcich z meracích zariadení, alebo simulovaného správania.

Prostredie LabVIEW ponúka virtuálne laboratórium s množstvom meracích blokov, tieto bloky sú schopné pracovať s už uvedenými signálovými typmi, využíva bloky, pretože je to vizuálny programovací jazyk, ktorý pracuje na základe dátového toku namiesto inštrukcií, ktoré sú základom ostatných programovacích softwarov.

Prostredie LabVIEW berie na zreteľ mnohé dátové typy a umožňuje prácu s nimi vo svojich vetvách. Napríklad typ float, double, cluster či integer.

Prostredie LabVIEW dokáže pracovať aj so širokou škálou meracích, alebo generujúcich zariadení. K práci s týmito zariadeniami slúžia ovládače, alebo drivery, ktoré sú ku stiahnutiu na domovských stránkach firmy National Instruments. Na zostavenie funkčného programu som potreboval tri ovládače:

- Multimeter Agilent 34401A,
- Funkčný generátora Agilent 433220A,
- Čítač Agilent 53131A.

Po stiahnutí týchto ovládačov som začal pracovať na programových poveloch, ktoré budem pomocou programu posielat' na automatizované meracie pracovisko.

Ako som už spomenul, prostredie LabVIEW ponúka k programovaniu vizuálny kontakt na dané bloky v časti, ktorú popíšem v kapitole 5.3, a to je časť *Block diagram*.

Funkcia jednotlivých blokov vyplýva z ich názvu v databázach tohto softwaru. Množstvo funkčných blokov, ktoré môže prostredie LabVIEW zahrňovať, je veľmi veľa. Plyní to z ovládačov k daným elektrickým zariadeniam, či z množstva menších podúloh, ktoré sa vykonávajú pri hlavných bodoch merania. Tieto bloky môžu tiež spracovávať data a grafy a pripraviť ich k následnému exportu do iných médií, alebo súborov uložených v pamäti počítaču.

Vnútro jednotlivých blokov je úzko späté s funkciami v danom meracom zariadení pomocou znakov, ktoré sú súčasťou Standartu SCPI.

Komunikáciu medzi užívateľom a automatizovaným meracím pracoviskom teda zabezpečujú takzvané SCPI príkazy, ktorým je venovaná kapitola 4. Tieto príkazy sa teda nachádzajú v jednotlivých blokoch a dochádzajú do styku s mnou vybraným hardwarovým zastúpením, spúšťajú proces generovania, či merania elektrických zložiek. Každý program zostavený pomocou prostredia LabVIEW musí obsahovať určité poradie blokov, pre správny chod daného hardwarového zapojenia. Program v rozhraní LabVIEW sa volá Virtuálny inštrument, teda nesie skratku VI. Po jeho spustení automaticky prepína pripojené meracie zariadenia do remote modu, čiže vzdialeného ovládania prístrojových funkcií. Podrobný popis informácií o VI sa nachádza v nasledujúcej kapitole tejto práce.

5.3 Virtuálne inštrumenty v prostredí LabVIEW

Pre popis virtuálnych prístrojov má grafické prostredie LabVIEW tri základné úrovne:

Front panel,

Block diagram,

Connector Pane.

Úroveň *Front panel*:

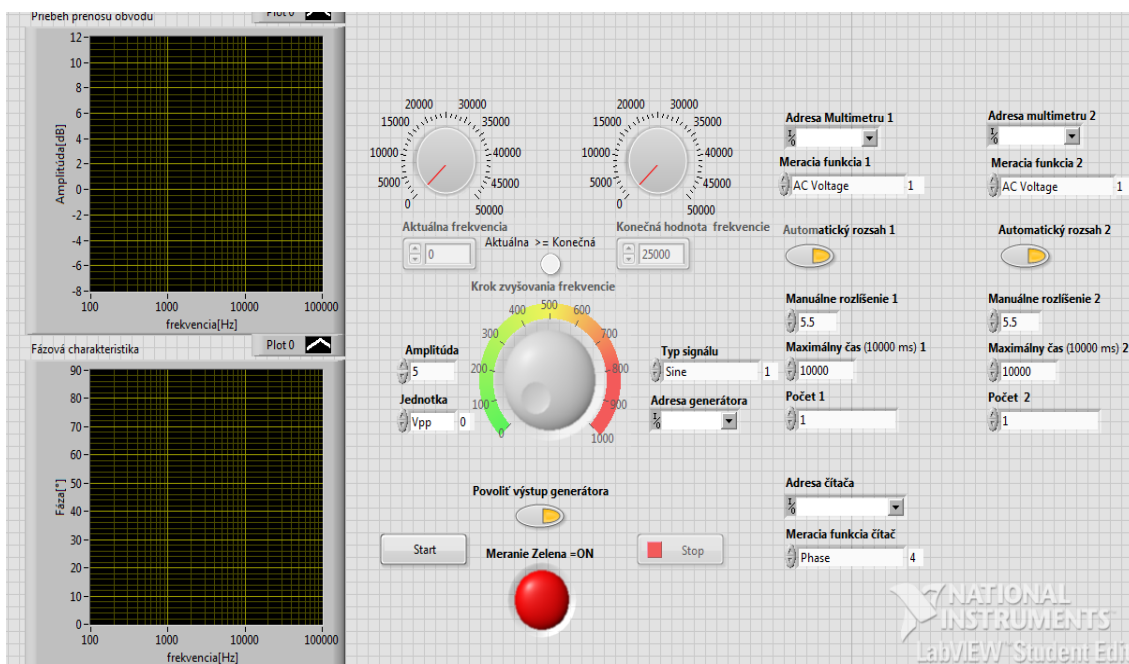
Na ňom ležia segmenty, ktoré budú prístupné bežnému užívateľovi. Segmenty sa delia:

- Tlačítka,
- Indikátory.

Tlačítka sú základnou manipulačnou jednotkou slúžiacou pre vstup dát, a sú vyhradené na manipuláciu užívateľa daného programu, a tým aj zásah do jednotlivých úloh pripraveného programu.

Opakom vstupu dát je ich výstup, ten sa prevádza pomocou *indikátorov*. Môžu to byť rôzne stupnice, či už horizontálne, či vertikálne, software ponúka aj booleanovský výstup teda logická jednotka, alebo nula a to v podobe LED-diódy, či *tlačítka* a mnohé ďalšie segmenty potrebné na výstup programu[29].

Ukážový *Front panel*, vid' Obrázok 39.



Obrázok 39: *Front panel* v prostredí LabVIEW

Úroveň *Block diagram*:

obsahuje väčšinu segmentov z *Front panelu*. Naviac sa do neho dá pridať jedine *konštanta*, ktorá nemá zastúpenie na *Front paneli*. Dá sa povedať, že je to návesť 1. Úrovne teda po pridaní fyzických tlačítok, grafov, či iných blokov do *Front panelu* sa terminály pridaných prvkov zobrazia na 2. úrovni teda v *Block diagrame*. Vytvára sa teda až po vložení objektov na *Front panel*.

Po prepojení terminálov vzniknú programové časti, a teda po dokončení všetkých potrebných prepojení na *Block diagram* hovorím, že program je graficky dokončený. Zdrojový kód je teda vizuálny pomocou virtuálnych vodičov.

V *Block diagram* sú nástroje, ktoré dokážu operovať so signálmi daných druhov a to pomocou matematických a štatistických operácií, ktoré sú súčasťou Expresných VI, alebo operátorových blokov. V tejto časti virtuálneho inštrumentu našli svoje miesto aj debugovacie nástroje, teda nástroje pre odladenie programu, nájdenie chýb, či iných nezrovnalostí v programe[29].

Tieto sa delia na:

- Retain Wire Values,
- Highlight execution,
- Start Single Steppng.

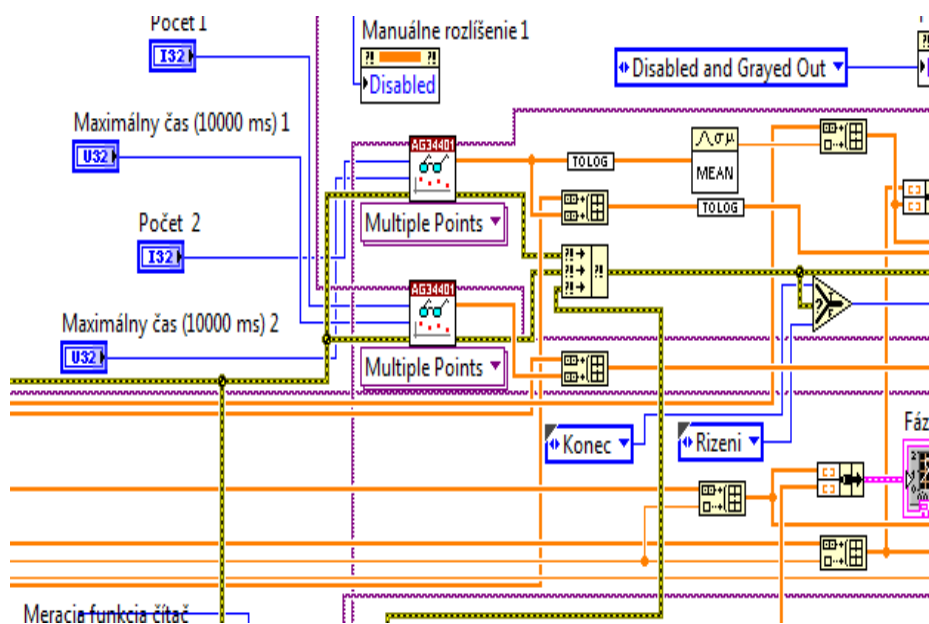
Retain Wire Values predstavuje zachytenie aktuálnej hodnoty v danom spojení bloku alebo blokov.

Highlight Execution predstavuje spomalenie spusteného chodu programu, a aktuálny priebeh daného signálu po trase spojenia.

Start Single Stepping je nástroj pre jednoduché krokovanie, ktorý ponúka krok späť, dopredu, pomocou tohto typu debugovacieho módu viem preskočiť skupinu blokov[29].

Na odladenie môjho programu som najčastejšie využil *Highlight Execution*.

Ukážkový *Block diagram* je na Obrázok 40.

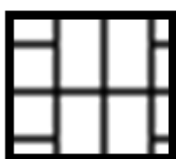


Obrázok 40: *Block diagram* v prostredí LabVIEW

Úroveň Connector Pane:

Táto časť zahŕňa prácu s iným Virtuálnym inštrumentom tzv. SubVI v práve otvorenom VI. Je to mapa vstupno/výstupných konektorov daného inštrumentu. Je nevyhnutná pri práci so zložitejším programom. Upravuje prehľadnosť daného programovania. Odstraňuje káblivé spojenia na danom *Blokovom diagrame*, tým že pracuje so SubVI ako s jedným blokom vo VI. Takéto SubVI som použil aj v mojom programe[29]. Jeho využitie mi prišlo vhodné na prepočítanie daného zosilnenia do logaritmickej stupnice.

Ukázkový *Connector Pane*, vid' Obrázok 41.



Obrázok 41: Ukážka nepoužitého *Connector Pane* v rozhraní LabVIEW

6 REALIZÁCIA AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVISKA

6.1 Popis meracej aplikácie

Block diagram, automatizovaného meracieho pracoviska, ktoré slúži na meranie pomocou hardwarového vonkajšieho zapojenia Multimeter Agilent 34401A sa musí skladať z hlavných blokov *Initialization*, *Measurement*, *Read*, *Close*, *Simple error handler*, vid' Obrázok 42. Pozostáva teda z takých blokov, ktoré zaručujú postupnosť SCPI príkazov podľa vopred schváleného Standartu.

Blok *Initialization* má za úlohu inicializáciu meracieho zariadenia a teda nastavenie hardwarovej cesty k danému meradlu, má na starosti reset meracieho zariadenia a seriálovú konfiguráciu. Tento blok obsahuje aj *Error* vstup a *Error* výstup. Je to z dôvodu prípadnej chyby a teda možného chybového zobrazenia po dvojkliknutí na blok *Initialization*.

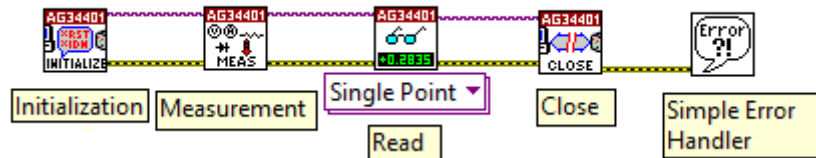
Druhý blok v obecnej blokovej schéme Multimetru Agilent 34401A nesie názov *Measurement*. Hlavná úloha tejto časti schémy je meranie daného signálu. Má parametre ako meraná jednotka či rozsah merania.

Tretí blok v ceste signálu je blok *Read*. Tento blok slúži na prečítanie daného meraného signálu. Teda blok *Read* je veľmi potrebný pre následnú operáciu s nameranými datami, pretože vytvára tabuľky nameraných dat a hneď ich aj spracováva do grafu, čo je veľká výhoda automatizovaného meracieho systému.

Posledným povinným blokom v tejto sekvencii je uzavretie prístroja., teda blok s názvom *Close*. Tento blok uzatvára dané meranie a prístroja Multimeter Agilent 34401A.

Posledným blokom do štruktúry je blok *Simple error handler*, ktorý je popísaný v nasledujúcej časti tejto kapitoly. Schéma v blokovom diagrame pre meranie na Multimetri Agilent 34401A, vid' Obrázok 42. Blok *Simple error handler* som taktiež využil, pre prípadné zobrazenie chyby v danej sústave. Bol použitý na konci danej smyčky. Podrobný postup pri zostavovaní časti aplikácie som ukladal a blokovú schému, ktorá je na obrázku, vid' Obrázok 42 je uložená aj v programovom rozhraní

LabVIEW a to pod názvom Obecná bloková schéma Multimetru Agilent 34401A v prostredí LabVIEW.vi v prílohách práce.



Obrázok 42:Obecná bloková schéma Multimetru Agilent 34401A v prostredí LabVIEW

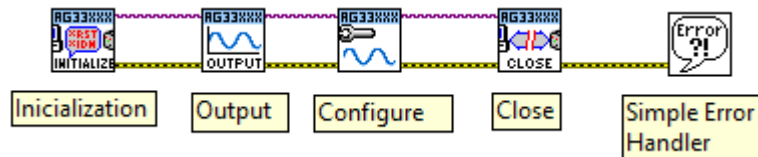
O čosi jednoduchšie bloky potrebné k správnej činnosti potrebuje zariadenie, ktoré generuje signály, čiže Funkčný generátor. Mnou zvolený Funkčný generátor Agilent 33220A má taktiež svoj ovládač v rozhraní LabVIEW, vid' Obrázok 43. Z ponuky tohto driveru som vybral bloky *Inicialization*, *Output*, *Configure*, *Close*, *Simple Error Handler*.

Blok *Inicialization*, ktorým som inicializoval generátor na správnu cestu k zariadeniu.

Blok *Output* realizuje spustenie výstupu na generátore, bez spustenia by nebolo možné generovanie.

Blok *Configure*, ktorý slúži na konfiguráciu výstupu, teda na navolenie správneho generovaného tvaru, frekvencie a amplitúdy.

Blok *Close* činnosť tohto bloku je tá istá ako na obrázku, vid' Obrázok 42. Zakončuje to tiež blok *Simple Error Handler*, činnosť tohto bloku je taktiež rovnaká ako v predošlej schéme. Schéma na Obrázok 43 je taktiež v spustiteľnej verzii v rozhraní LabVIEW a je uložená pod názvom Obecná bloková schéma Funkčného generátoru Agilent 33220A v prostredí LabVIEW.vi



Obrázok 43:Obecná bloková schéma funkčného generátoru Agilent 33220A v prostredí LabVIEW

Na obrázkoch Obrázok 42 a Obrázok 43 sa nachádza medzi blokmi *funkčný kábel*. *Funkčný kábel* ma dvojakú farbu, žltú a fialovú. Žltý *kábel* spája všetky bloky danej schémy. Je to *kábel* určený na chybové hlásenie. Spája všetky prvky z dôvodu efektívnejšieho zistenia chyby, ktorá mohla nastať za behu programu. Po dvojkliku na

Ku hlavnému bloku s názvom *Initialization*, je káblom určeným na prenos stringových znakov, teda textu pripojený doplnkový blok s názvom *VISA resource name*, v mojom programe podblok s názvom *Adresa multimetru*. V tomto doplnkovom bloku sa nastavuje cesta, teda adresa *GPIB* daného zariadenia, ktoré chceme ovládať pomocou ostatných blokov.

Ku bloku *Measurement* je možné pripojiť viacero doplnkových blokov. Káblom určeným na prenos celého čísla, teda integer je k nemu pripojený podblok *Function*, s ním si volím aký signál chcem merať či je to jednosmerný teda DC, alebo striedavý AC. V mojom programe sa podblok volá *Meracia funkcia*.

Káblom na prenos typu boolean čiže true, alebo false je k nemu pripojený doplnkový blok s názvom *Enable Auto Range(Automatický rozsah)*. Týmto doplnkovým blokom si volím automatický rozsah daného merania. Kábel pre typ boolean je zelenej farby.

Oranžovým káblom je k hlavnému bloku pripojený doplnkový blok *Manual Resolution(Manuálne rozlíšenie)*.

Oranžový kábel je určený na prenos double precision, teda desatinných čísel, alebo čísel s desatinnou bodkou. Týmto doplnkovým blokom určujem správanie a zobrazenie nameraných údajov, pre Multimeter Agilent 34401A je najväčšie rozlíšenie 6.5.

Ďalší hlavný blok je blok *Read*.

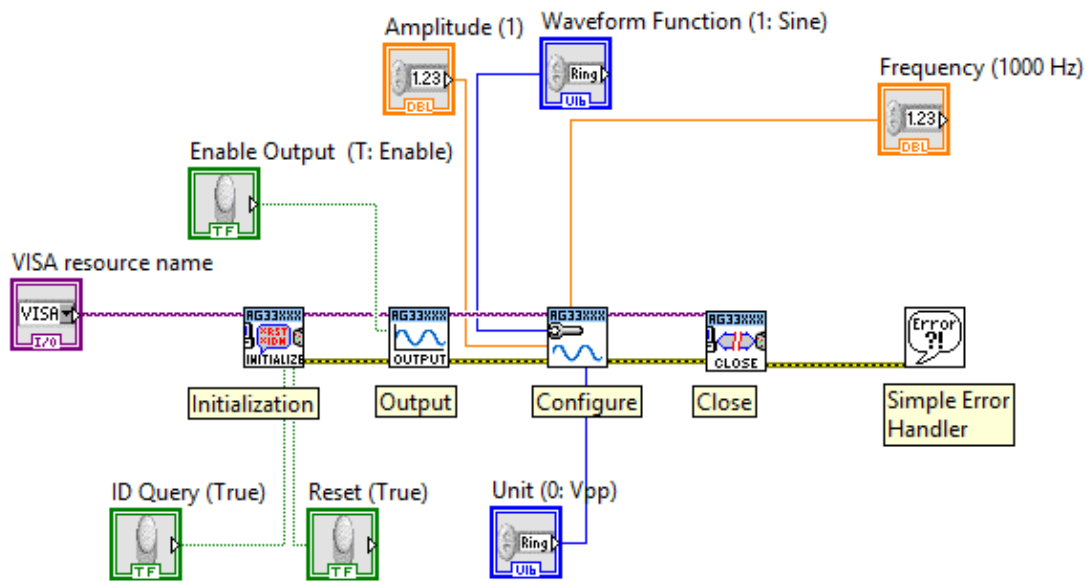
K nemu je pomocou káblu integer pripojený blok *Maximum Time(Maximálny čas)*, ten určuje čas zapisovania výsledkov a blok *Sample Count(Počet,)* tým si udávam kroky, po ktorých sa má meranie realizovať.

Ďalej sú k nemu pomocou káblov určených pre double prenos pripojené bloky s názvom *Priebeh prenosu obvodu* a *Fázová charakteristika*.

Tieto doplnkové bloky slúžia na spracovávanie nameraných hodnôt, a to tak, že ich zapisujú rovno krok po kroku a vytvárajú graf.

Na konci tejto schémy sa nachádza už spomenutý blok s názvom *Simple Error Handler*. Táto schéma je zostavená podľa zásad SCPI Standartu.

Každý funkčný blok plní predpísanú funkciu.



Obrázok 45: Detailná schéma Funkčného generátora Agilent 33220A v prostredí LabVIEW

Na Obrázok 45 taktiež ako na predošlom obrázku Obrázok 44 je spojenie hlavných a doplnkových blokov. Toto spojenie predstavuje detailnú schému funkčného generátora Agilent 33220A.

Do hlavného bloku s názvom *Initialization* vedie kábel na prenos stringu od doplnkového bloku *VISA resource name* (Adresa generátora), podobne ako tomu bolo v predošlom obvode na obrázku Obrázok 44. V hlavnom bloku *Initialization* sú pomocou káblu pre typ Bool v detailnej schéme vid' Obrázok 45 pripevnené dva podbloky *ID Query* a *Reset*, tie som v mojom programe však nepoužil.

Ďalším hlavným blokom je blok *Output*. K nemu je pomocou kábla typu Boolean pripojený podblok s názvom *Enable Output* (Povoliť výstup generátora), s tým je prepínaný výstup generátora do stavu 1, teda do spustenia signálu do sústavy.

Tretím hlavným blokom je blok *Configure* a do neho vedú dva káble na prenos typu double a jeden integer. Káblom pre typ integer spája s hlavným blokom blok s názvom *Waveform function* (Typ signálu). S ním dokážem voliť generované funkcie ako sínus, trojuholník, šum a mnohé ďalšie typy tvarov. Káblami na prenos typu double sú k hlavnému bloku pripojené bloky *Amplitude* (Amplitúda) a *Frequency* (Frekvencia). *Frequency* slúži na voľbu frekvencie generovaného signálu na výstupe. A *amplitude* na voľbu veľkosti amplitúdy.

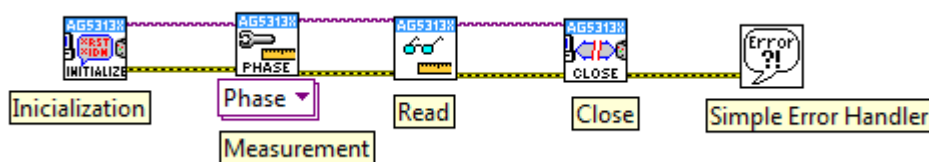
Blokom s názvom *Close* sa systém podobne ako v predošlom prípade uzatvára systém adresovaného meradla.

Na konci tejto cesty je opäť *Simple Error Handler*, na zachytávanie chýb.

Obe schémy sú určené na jednu a tú samú činnosť, a to teda meranie prenosov jednoduchých elektrických obvodov. Blokové schémy prístrojov Multimetra Agilent 34401A a Funkčného generátora Agilent 33220A sú zostavené podľa funkčných postupov, teda sú zložené z blokov, ktoré nasledujú presne tak, ako prikazuje SCPI Standart, keďže v blokoch prostredia LabVIEW sa nahádzajú SCPI príkazy.

Čítač Agilent 53131A má taktiež zastúpenie v blokoch *Block diagramu*. Na to, aby som mohol používať tieto bloky, som si taktiež, ako v predošlých 2 prípadoch musel stiahnuť driver pre tento merací prístroj. Driver sa nachádza v prílohe ku práci, spolu s drivermi pre oba ďalšie prístroje.

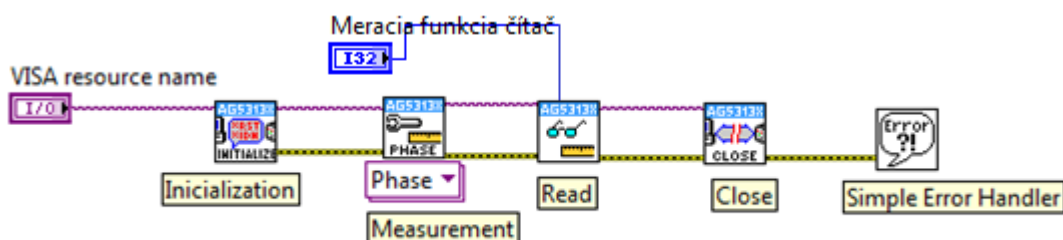
Postup prác na schéme pre čítač vid' na Obrázok 46. Pre čítač Agilent 53131A sa nachádzajú v schéme tie sté bloky ako pre multimeter Agilent 34401A. Schéma sa riadi pravidlami. Tie sú Inicializovať prístroj (*Initialize*), nastaviť parameter pre meranie (*Measurement*), odmerať (*Read*), ukončiť prístroj (*Close*).



Obrázok 46:Obecná bloková schéma čítača Agilent 53131A v prostredí LabVIEW

Na zostavenie a funkčné odladenie bolo však treba pripraviť adresu čítača. V mojom programe sa tento podmok volá *Adresa čítača*. Tá sa nachádza na Detailnej schéme pre daný prístroj, ktorá je na Obrázok 47. Takto zostavená schéma má v mojom programe niekoľko po sebe idúcich častí, v ktorých sú jednotlivé bloky posadené v stavoch im odpovedajúcim. Ale je zachovaná postupnosť SCPI znakov pre meranie fáze signálu daného jednoduchého obvodu. Popis stavového automatu a mnou vytvorených stavov je v ďalších kapitolách práce. Ďalšou odlišnosťou v tejto schéme oproti Obcejnej je podblok *Meracia funkcia čítač*, ktorá nastavuje meranie fáze.

Obe tieto schémy sú prístupné aj v prílohe k práci pod názvami Obecná bloková schéma čítača Agilent 53131A.vi a Detailná schéma čítača Agilent 53131A.vi.



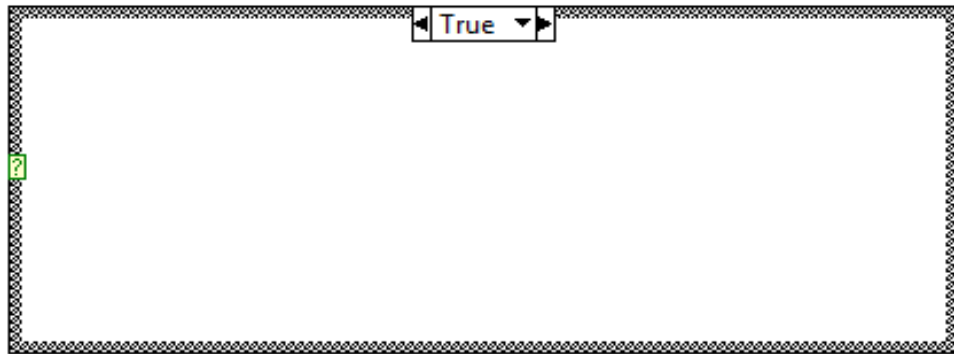
Obrázok 47:Detailná schéma čítača Agilent 53131A v prostredí LabVIEW

6.2 Stavový automat

Zoskupenie viacerých funkčných variánt, ktoré logicky naväzujú, alebo spolu súvisia. Je to prehľadnejšie riešenie pri zložitých aplikáciách. Stavový automat má viaceré výhody:

- opakovanie stavov vo vytvorenom automate,
- zastavenie programu v ktoromkoľvek mieste vykonávania,
- možné zmenenie podmienky pre spustenie nového stavu,
- lepšia prehľadnosť,
- menšie nároky na procesor,

Obrázok 48 ukazuje jeden stav obecného Stavového automatu, stav *True*.



Obrázok 48:Obecný stavový automat

Stavový automat nahradil v mojom programe neprehľadné spojenie viacerých *káblových* spojení, neprehľadné uloženie blokov. Stav *True* je smýčka Stavového automatu, ktorá nastáva pri splnení určitej podmienky. Prechody jednotlivých stavov popíšem na vlastnom Stavovom automate, ktorý pozostáva zo 6 stavov.

Stavy vytvorenej aplikácie:

- Konfigurace,
- Initialize,
- Generator,
- Mereni,
- Rizeni,
- Konec.

Smyčka stavového automatu, ktorá sa volá Case structure vnorená do While smyčky sa vytvorí v časti *Block Diagram*, bloky ktoré sú súčasťou tejto smyčky sa prevedú v signalizovanom stave *True*, ktorý si samozrejme môže užívateľ, v mojom prípade ja, premenovať podľa svojho uváženia

6.2.1 Automatizované zvyšovanie frekvencie

Tento úkon bolo v prostredí LabVIEW možné riešiť viacerými spôsobmi. Z dôvodu vytvorenia stavového automatu, teda smyčky While a smyčky Case do nej vnorenej, som si vybral zvyšovanie pomocou Shift Registrov.

Značka Shift Registrov v prostredí LabVIEW, vid' Obrázok 49



Obrázok 49: Značka Shift registra v prostredí LabVIEW

Pomocou týchto registrov som dosiahol nárast frekvencie o hodnotu, ktorú som zadal vo vnútri týchto 2 smyčiek. Tieto registre v nasledujúcej iterácii používajú ako vstupné data hodnoty z predchodzieho kroku. Prostredie LabVIEW má svoj vstup a svoj výstup. Dobrým zvykom je postupnosť z ľavej strany smerom do prava. Samozrejme VI sa dá zostaviť aj naopak, nato však treba dostatočne upozorniť používateľa aplikácie z dôvodu editácie blokového diagramu a mnohých ďalších možných doplnení.

Do ľavého Shift Registra sa zadrátuje východzia hodnota, v mojom prípade frekvencie funkčného generátora Agilent 33220A. Táto frekvencia je po každej iterácii navyšovaná o hodnotu, ktorá je pomocou súčtového člena pripočítaná ku frekvencii v 2 smyčkách While a Case.

6.2.2 Stav Konfigurace

Tento stav nastáva ihneď po spustení *Virtuálneho inštrumentu*. Je to stav, kedy nastavujem parametry generovaného signálu, ktorý je generovaný funkčným generátorom Agilent 33220A. Následne je meraný multimetrami typu Agilent 34401A a

čítačom Agilent 53131A. V tomto stave sa dajú parametre všetkých prístrojov nastaviť príslušnými Controlmi.

Pre funkčný generátor Agilent 33220A sú mená a funkcie Controlov nasledovné:

Amplitúda- nastavovanie veľkosti amplitudy,

Jednotka- generovaná jednotka signálu,

Typ signálu- tvar signálu,

Adresa generátora- presná GPIB adresa,

Povoliť výstup z funkčného generátora Agilent 33220A- zapnutie funkcie Output na funkčnom generátore Agilent 33220A,

Aktuálna frekvencia- hodnota počiatocnej frekvencie,

Krok zvyšovania frekvencie- po akých hodnotách sa má približovať ku koncu frekvenčného rozsahu,

Konečná hodnota frekvencie- koniec frekvenčného rozsahu.

Všetky tieto Controly na *Front panely* majú isté hranice , teda rozsahy . Ak daný rozsah bude prekročený, vyšle sa error a program skončí. O tejto funkcii popíšem v ďalšej časti tohoto stavu.

Multimetre Agilent 34401A majú rovnaké počiatocné schémy. Líšia sa iba vo vyhodnocovacej fáze, ktorá sa deje v inom stave. Pre stav *Konfigurace* sú programovo odokryté meracie parametre.

Pre iné stavy sú tieto nastavenia blokované. Controly pre multimetre Agilent 34401A sú:

Adresa multimetru- presná GPIB adresa,

Meracia funkcia- jednotka meraných parametrov,

Automatický rozsah- prepnutie meracieho rozsahu do automatického režimu,

Manuálne rozlíšenie-rozlíčení meraného signálu,

Maximálny čas- musí byť vyšší ako priebeh celého merania,

Počet- počet vzorkov pre jednu frekvenciu.

Tieto Controly majú svoje terminály na *Front panely*, tiež ako Controly pre predošlý typ meracieho zariadenia povolené.

Posledným meradlom v mojom systéme je čítač Agilent 53131A. Podobne ako predošlé 2 meradlá, tak aj toto má nastaviteľné parametre merania. Controly umiestnené na *Front*

Panely pre toto zariadenie sú taktisto počas stavu *Konfigurace* programovo povolené. Controly pre toto meradlo sú:

Adresa čítača- presná GPIB adresa,

Meracia funkcia čítač- nastavitelnosť vracej funkcie,

Controly pre všetky prístroje sú teda pre stav *Konfigurace* povolené. Už z názvu *Konfigurace* vyplýva, že v tomto stave konfigurujem presné parametre, aby som dokázal vyhodnotiť daný jednoduchý obvod.

Po nastavení parametrov, kliknem na tlačidlo, ktorému som navoľil názov *Start* a pustím meranie. Tlačidlo s názvom *Stop* je tam preto, aby bolo možné doplnenie niektorého parametru, ak užívateľ z nejakej príčiny nenastavoval daný Control, ale je pre stav *Konfigurace* programovo zakázané.

Tlačidlo *Stop* vráti program na počítačový stav, teda na stav *Konfigurace*. Tlačidlo *Start* je pre stav *Konfigurace* povolené a pre iné stavy zakázané. Tlačidlo *Stop* to má teda presne naopak.

Prechod do ďalšieho stavu teda nastáva po stlačení Controlu *Start*. Ak sa načítajú všetky údaje z daných polí Controlov bez chyby, pokračuje sa na nasledujúci stav. Ak sa v programe vyskytne chyba, tak tá putuje programom až po koniec druhého stavu a to *Inicializace*. Neprebíha meranie s chybou, toto tvrdenie dokazuje block *Select*.

Tento stav bol vytvorený z príčiny získania času a Controlu pre spustenie činnosti.

Stav *Konfigurace* viď Obrázok 57 v prílohe práce.

6.2.3 Stav *Initialize*

Je to stav, ktorý nastáva po stave *Konfigurace*, po stlačení Controlu *Start*. Nie je podmienkou, aby v predchádzajúcom stave bola, či nebola chyba, pretože chybový kábel nevedie do žiadneho funkčného bloku meradla v stave predošlom teda *Konfigurace*.

Na *Block diagrame* pre stav *Initialize* chybový kábel už vedie do viacerých blokov. Tieto bloky sú *Inicializace prístroja* a *Meas*, čiže merací priebeh. V tomto stave sa tiež nachádzajú bloky terminálov Controlov, ktoré sú povolené v predošlom stave *Konfigurace*. Sú tu preto, lebo ich hlavné funkčné bloky sa musia nachádzať práve v tomto stave, pre lepší poriadok v programe a zosúladenie názvov blokov a názvu stavu. Je to prvý stav, v ktorom sú Controly okrem Controlu tlačidla *Stop* zakázané, teda

užívateľsky neprístupné. Funkčné bloky použité v stave *Initialize* sa nachádzajú aj v schémach pre meranie na daných meradlách, schémy vid' Obrázok 44 a Obrázok 45.

V stave *Initialize* sa teda nachádza viacero blokov s potrebným vstupom a výstupom pre chybový kábel. Teda v tomto stave už musím brať ohľad na vzniknutý chybový stav. Viacero trás chybového káblu som musel na istom mieste zjednotiť. Pre ich zjednotenie a následný presuv chyby, ktorá je maximálne 1 zo stavu *Initialize* som použil blok s názvom *Merge Errors*. V tomto bloku som si mohol prispôbiť počet vstupov. Počet výstupov je 1, je to pochopiteľné, pretože týmto blokom zjednocujem dané chyby do jednej.

Po zjednotení chýb a následnom dokončení všetkých potrebných úprav v programe pre stav *Initialize*, je aplikácia pripravená prejsť do nasledujúceho stavu. Predtým však nastáva kontrola v bloku *Select*. Význam tejto kontroly je veľmi dôležitý. Pre prípad, ak chybový stav nastane práve v stave *Initialize*, program automaticky preskočí do stavu *Konec* a vyhodí chybovú hlášku.

Tento skok som dosiahol priradením stavu *Konec* do bloku *Select*. Opačný prípad nastáva ak ku chybe nepríde. V tejto variante sa program dá do stavu ďalšieho a to *Generator*. Znova som dané tvrdenie dokázal zrealizovať pomocou 2 vstupu do bloku *Select*, a tým vstupom je Control s názvom *Generator*. Obrázok stavu *Initialize* vid' Obrázok 56 v prílohe práce.

6.2.4 Stav *Generator*

V tomto stave prichádza na rad generovanie signálu funkčným generátorom typu Agilent 33220A. Pre tento postup som použil bloky, ktoré sa taktiež nachádzajú na Obrázok 45.

Sú to bloky funkčného generátora, a to bloky s názvami *Configure standart* a *Enable Output*.

Blokom *Configure standart*, ktorého terminály sú povolené iba v stave *Konfigurace* pomocou property nodov pre príslušné povolenie, nastavujem parametre generovaného signálu.

Parametre počas generovania nemožno meniť, lebo by som znehodnotil dosiahnuté výsledky. Preto som to vyriešil pomocou property nodu.

Blok Enable Output je taktiež povolený len v stave *Konfigurace*. Je to povolenie výstupu. Pri vytváraní týchto povolení resp. zákazov som sa inšpiroval bežným meradlom a postupom prác na ňom, ktoré sú prevedené človekom. Postup a čas prác bol veľmi potrebný na vyladenie detailov mojej aplikácie.

V tomto stave je taktiež potrebné brať zreteľ na možnú chybu počas generovania. To som vyriešil podobne ako v minulom prípade blokom *Select* a na jeho rozhodovací vstup som priviedol chybový kábel.

Ak nastane počas tohoto stavu chyba, je zachytená a podľa jej prítomnosti resp. neprítomnosti sa v bloku *Select* nachádza vstup, v ktorom je privedený stav *Konec*, alebo *Mereni*.

V stave *Generator* sa nachádza taktiež Control s názvom *Aktuálna frekvencia* a *Krok zvyšovania frekvencie*. Sú to bloky, ktorých terminály sú povolené taktiež ako Controly všetkých meniteľných parametrov len pre stav *Konfigurace*.

Zvyšovanie frekvencie som vyriešil pomocou spomínaných *Shift registrov*, ktoré sú rozobraté v kapitole 6.2.1. Tie prinesú frekvenciu do stavu *Generator*. Tu sa hodnoty z Controlov *Aktuálna frekvencia* a *Krok zvyšovania frekvencie* spočítajú a pomocou nasledujúceho a predošlého stavu dochádza ku generovaniu vyššej frekvencie z daného užívateľsky nastaveného rozsahu frekvencií.

Stav *Generator* v obrázkovej forme vid' Obrázok 58 v prílohe práce.

6.2.5 Stav *Mereni*

V tomto stave sa zaznamenávajú namerané hodnoty do polí, z ktorých sa automaticky za chodu generujú 2 charakteristiky. Charakteristika s názvom *Priebeh prenosu obvodu* a *Fázová charakteristika*. Obe tieto charakteristiky som vyriešil pomocou XY grafov, ktoré som vybral z ponuky indikátorov prostredia LabVIEW.

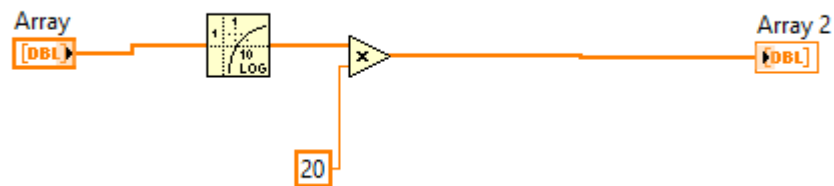
Pre ich zostavenie je potrebné rozmyslenie, aká hodnota sa bude nachádzať na Y osi a aká na X osi.

Priebeh prenosu obvodu má na Y osi Amplitúdu. Táto amplitúda pozostáva z viacerých výpočtových častí. Tieto časti sú automatický index pre ukladanie do poľa v závislosti na frekvencii, namerané parametre z funkčného bloku pre prístroj Agilent 34401A. Tie sa taktiež ukladajú do poľa. Tieto uloženia sú zabezpečené konštantou, ktorá je pred

stavovým automatom a *shift registrom*, ktorého základná vlastnosť je automatické indexovanie.

Takto uložené 2 polia putujú káblami do bloku s názvom *Bundle by Name*, tento blok má na starosti ukladanie došlých signálov na osi X a osi Y.

Pre hodnotu, ktorá je zobratá z bloku *Read* som vytvoril SubVI, ktoré prepočítava došlé hodnoty do logaritmických a násobí ich konstantou 20. Block diagram SuBVI je na Obrázok 50.



Obrázok 50: Block diagram SubVI

Tým som teda dosiahol ponímanie hodnoty ako logaritmickéj, teda má jednotku v decibeloch.

Posledná úprava logaritmického signálu, je úprava blokom *Meas*. Tento blok určí strednú hodnotu a pri malých zmenách signálu to na charakteristike nebude až tak vidieť. Takto dosahujem výborné výsledky čo sa týka prenosu obvodu. Je dokonale vidieť koleno prenosu. Na osi X som vyniesol hodnotu frekvencie a navolil som si logaritmické vykreslenie tejto hodnoty. Podobný postup som aplikoval aj pri zostavení Fázovej charakteristiky. Na os X som priviedol frekvenciu a povolil som jej vykreslenie v logaritmickom merítku.

Os Y obsahuje hodnoty z bloku s názvom *Read Measurement*. To je funkčný blok čítaču Agilent 53130A. Aplikoval som podobný postup ako pri zostavovaní Amplitúdy pri predošlom grafe.

Takto zostavené grafy sa vykresľujú pre každý iteračný krok. Mal som na výber aj vykreslenie naraz celého grafu. Túto možnosť som si ale nevybral. Je to preto, lebo pri ladení chýb zapojenia, alebo parametrov som potreboval vidieť okamžité hodnoty na grafe.

Funkčné bloky prístrojov majú okrem vstupu pre meranie aj vstup pre chybový kábel. Keďže blokov je viacero, tak po druhýkrát som využil možnosť použiť blok z názvom *Merge Error*.

Ak chyba nenastala, tak blok *Select* to vyhodnotí a pustí program do ďalšieho stavu, a to *Rizeni*.

Ak nastala tak nasleduje stav *Konec* a ukončenie programu. Vyhodenie chyby je v tomto prípade samozrejmosťou.

Práve v stave *Mereni* je zakázaná veľká časť Controlov. Toto zakázanie nasleduje všetkými stavmi, až príde stav *Konfigurace* a zákaz je zrušený. To však nastáva len pri dokončení merania a ďalšiom spustení programu. Toto je jeden z technicky vytvorených stavov tohto automatu. Jeho tvorba mi zabrala najviac času. Ale čas strávený na tvorbe práve tohoto stavu, mi priniesol ušetrenie časov na ďalších menej náročných stavoch.

Stav *Mereni* v obrázkovej podobe sa nachádza na Obrázok 59 v prílohe práce.

6.2.6 Stav *Rizeni*

Pre tento stav je prvoradá rozhodovacia schopnosť. Rozhodovanie, či má program pokračovať v načítaní ďalšej frekvencie z rozsahu, alebo frekvencia sa vyrovnala, alebo presiahla maximálnu úroveň nastavenú užívateľom v Controly s názvom *Konečná hodnota frekvencie*. Tento parameter sa samozrejme nastavuje v stave *Konfigurace*. Fyzicky sa tento Control nachádza v *Block diagrame* v stave *Rizeni*. Nastavenie tohoto parametru je veľmi potrebné.

Aktuálna frekvencia je spolu s konečnou hodnotou frekvencie privedená na *Komparátor*. Na jeho výstupe sa nachádza logická 0 alebo 1. Podľa tohoto parametru sa udá ďalší cyklus. Teda pokračujem v meraní, hodnota aktuálnej frekvencie nedosiahla úroveň hodnoty maximálnej frekvencie, tak program ide opäť do stavu *Generator* a postupuje po všetkých stavoch, ktoré sa nachádzajú v reláciách od stavu *Generator* po stav *Rizeni*. Teda program ide po stavoch *Generator*, *Mereni* a do stavu *Rizeni* sa dostáva zvýšená frekvencia.

Ak je sa hodnota aktuálnej frekvencie rovná, alebo presiahla úroveň Maximálnej hodnoty frekvencie, program to zaznamená, zasvieti červená LED dioda s názvom *Aktuálna >= Konečná*. To je signál pre užívateľa, že frekvencie sa presiahli, okrem tohoto signálu to užívateľ uvidí aj na indikátoroch a kontrolkách pre dané frekvencie.

Do tohoto stavu som vniesol aj Control *Stop*. Je tam na zastavenie priebehu programu, možnej úpravy parametrov a následného pokračovania merania. Užívateľ však musí byť opatrný pri používaní Controlu *Stop*, a mal by meniť iba také parametre ako je *Krok frekvencie* a *Maximálna hodnota frekvencie*. Zmena ostatných parametrov vedie k znehodnoteniu daného merania a straty času, ktorý užívateľ získal po vytvorení tohoto programu.

Obrázok stavu *Rizeni* je na Obrázok 61 v prílohe práce.

6.2.7 Stav *Konec*

Tento stav ukončuje dané zariadenia. Ukladá hodnoty, ktoré boli meraním získané do mnou predvoleného formátu. Stav *Konec* je potrebný k programovému ukončeniu práce daných prístrojov. Bez ukončenia, by program hádzal chybové hlášky a ich náplňou, by bolo nesplnenie syntaxu, pretože blok *Close* teda uzavretie, je naplnený presnými príkazmi na ukončenie práce s meradlom. Aktuálna hodnota frekvencie a Krok frekvencie je nastavený tak, že pri dosiahnutí tohoto stavu sa automaticky reinitializuje na defaultné hodnoty, ktoré som nastavil. Tento stav musí trvať minimálne 7 sekúnd. Je to z toho dôvodu, že čas potrebný na ukončenie prístrojov môže byť dlhší.

Pri prekročení času pre stav *Konec* a neuzavretí prístrojov, by program vyhodnotil chybovú hlášku, ktorá by sa zobrazila na monitore počítača.

Ukladanie výsledkov do súboru robím pomocou bloku *Write to measurement file*. Je to pohodlná cesta pre ukladanie súboru. Do bloku som navoľil formát ukladania súboru, a taktiež jeho názov. Pri druhom meraní užívateľ nemusí meniť názov, pretože automaticky sa mu výsledné pole hodnôt uloží pod číslovku 2.

Ukladanie grafov som vyriešil pomocou *Property node*. Grafy sa ukladajú do formátu *.bmp*. Taktiež som to vyriešil v stave *Konec*.

Zdrojové káble pre ukladané pole beriem z grafov *XY*, ktoré sa však nachádzajú v stave *Mereni*.

Stavový automat je však inteligentné zariadenie, a teda pri pripnutí na *Case* blok káblu v jednom stave sa kábel automaticky objavuje aj v druhých stavoch. Na toto tvrdenie je potrebné myslieť, a v prípade nepotrebné funkcie káblu ich treba jednoducho potiahnuť naprieč novému stavu.

Na tvorbu poľa som využil 3 hodnoty:

-frekvencie[Hz],

-amplitúdy[dB],

-fáze[°].

Takto vytvorený súbor, ktorý má koncovku *.xls* je teda prioritne určený pre Microsoft Excel je pre užívateľa výstupom z tohoto programu. Na grafoch vidí priebeh týchto hodnôt.

Obrázok stavu *Konec* je na Obrázok 60 v prílohe práce.

7 FUNKČNOSŤ APLIKÁCIE

Aplikácia je vhodná na meranie amplitúdového prenosu jednoduchého obvodu 1. rádu a taktiež na meranie fázového prenosu daného obvodu 1. rádu. Front panel je vytvorený na úrovni jednoduchého meradla. Je s ním ľahká manipulovateľnosť.

Mnou vytvorená meracia aplikácia pozostáva z viacerých meracích stavov. Každý stav je presne daný a ich poradie nebude musieť užívateľ meniť.

Potrebné znalosti musí užívateľ preukázať v zostavení fyzického obvodu z konkrétnymi meradlami, ktoré sú popísané v práci. Fotky mnou zostaveného obvodu sú v bode s názvom Príloha. Pre iné značky prístrojov je program nevhodný, pretože obsahuje exaktné ovládače pre Multimeter Agilent 34401A, Funkčný generátor 33220A a čítač Agilent 53130A. Tieto ovládače sú v prílohe k práci, spolu s jednoduchými obvodmi na meranie pomocou týchto meradiel.

8 ZÁVER

Táto práca rieši problematiku jednoduchých obvodov 1. rádu. Problematika je rozdelená do častí Komplexné dvojhrany, Komplexné jednobrany. V týchto častiach sú rozobraté jednotlivé spojenia súčiastok týchto obvodov. Časť týchto kapitól je venovaná frekvenčným charakteristikám spomínaných obvodov 1. rádu.

Taktiež som popísal potencionálne využitie v praxi pre jednotlivé obvody a ich spojenia s ostatnými súčiastkami funkčných celkov.

Ďalšia kapitola je venovaná SCPI štandardu. Je to štandard, ktorým nepriamo ovládam programovanie prístrojov na meranie obvodov 1. rádu. Ovládam meracie zariadenia vo vzdialenom režime.

Praktickou časťou mojej práce bolo navrhnuť aplikáciu na meranie prechodovej a fázovej charakteristiky pre obvody 1. rádu. Pre túto úlohu som si spomezi viacerých prostredí vybral prostredie LabVIEW. Toto prostredie mi prišlo vhodné, pretože sa v ňom nachádzajú bloky, ktoré sú naplnené práve SCPI štandardom. SCPI štandard prichádza do kontaktu s meracími zariadeniami a udáva program ich merania. Pre programátora v programe LabVIEW sa však na obrazovke nenachádzajú príkazy, ale bloky. Bližší popis vybraného prostredia sa nachádza v práci bod 5.2.

Meradlá, ktoré som využil pri práci na úlohe, som popísal v bode 5.1.

V 6. bode dokumentu som rozobral a popísal fázy programu, tzv. stavy, ktorých splnenie je nutné k funkčnosti danej aplikácie a programu, ktorý vykonáva meraciu úlohu.

V prílohe sa nachádzajú fotky pracoviska, ktoré som využíval k vyvíjaniu danej aplikácie. Fotky aplikácie, a jednotlivé fotky stavov Block diagramu.

Prácu hodnotím dobre, pretože pri jej tvorbe som si zdokonalil nabraté vedomosti o programe LabVIEW.

Výstupom z programu sú grafy, ktoré sú smerodátne pre ďalších užívateľov mojej aplikácie a sú určené pre dokument typu .xls. V tomto dokumente pre program Excel sa nachádza pole merania. V tomto poli sú zobrazené naprogramované frekvencie, zosilnenie daného obvodu a zmeraná fáza.

Aplikácia je teda vhodná na meranie zosilnenia a fázovej charakteristiky, bude plne k dispozícii meraciemu tímu na FEKT VUT v Brne na vyhodnocovanie jednoduchých elektrických obvodov.

Literatúra

- [1] MAŤÁTKO J.,ELEKTONIKA. Vydanie 1987. 185 s. ISBN 80-85970-20-1
- [2] Dvojbrány [online][cit. 2.12.2014]Dostupné na internete:
http://oskole.sk/?id_cat=122&rocnik=3&clanok=11322
- [3] Schéma dvojbranu obvodu.Vo Wikipedia[online][cit.2.12.2014].Dostupné na internete: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dvojbran>
- [4] Obvodové zapojenie RC obvodu.Vo Wikipedia[online][cit.3.12.2014]. Dostupné na internete:http://cs.wikipedia.org/wiki/RC_článek
- [5] Priebeh prenosu RC článku . [online][cit.5.12.2014]Dostupné na internete:
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1369-integracni-clanek>
- [6] Parallel RC circuits[online][cit.28.11.2014].Dostupné na internete:http://www.play-hookey.com/ac_theory/andr/ac_rc_parallel.html
- [7] Jaroslav Reichl:Derivacny clanek.[online].[cit.4.12.2014].Dostupné na internete:<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1368-derivacni-clanek>
- [8] Priebeh prenosu kmitočtov CR obvodom.Derivačný článok.[online].[cit.7.12.2014].Dostupné na internete:http://cs.wikipedia.org/wiki/Derivační_článek
- [9] Fázorový diagram CR článku.[online].url obrázku:https://www.google.cz/search?q=diagram+fazorovy+RC&biw=1354&bih=641&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=H5aoVJ0lOcTuyQOwxIHgCA&ved=0CAyQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=jVxqJVMhgf8-JM%253A%3BiLwhqT9jSwLcdM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ddp.fmph.uniba.sk%252F~koubek%252FUT_html%252FG3%252Fcvicenie%252FCv04_soubory%252Fimage035.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ddp.fmph.uniba.sk%252F~koubek%252FUT_html%252FG3%252Fcvicenie%252FCv04.htm%3B256%3B184
- [10] Logaritmickej amplitudovej frekvenčnej charakteristiky derivačného CR článku.vo Wikipedia.[online].[cit.10.12.2014].Dostupné na internete:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Derivační_článek
- [11] Obvodové zapojenie RL zapojenia.Parallel circuit.[online].v electrical4u.[cit.14.12.2014].Dostupné na internete:<http://electrical4u.com/rl-parallel-circuit/>
- [12] Prenosové články RC,RL.[online].v moryst.web.cz.[cit.16.12.2014].Dostupné na internete:<http://moryst.web.cz/elt2/stranky1/elt018.htm>
- [13] Fázorový diagram RL obvodu.[online].[cit.18.12.2014].url obrázku:
<https://www.google.cz/search?q=RL+clanek+fazorovy+diagram&client=opera&hs=TLH&biw=1360&bih=660&tbm=isch&imgil=G27T1C5ruXteqM%253A%253B>

[Fi6D2LSq8E3QEM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.tonko.eu%25252F5-cievky&source=iu&pf=m&fir=G27T1C5ruXteqM%253A%252CFi6D2LSq8E3QEM%252C%20&usg=__AUcTrfuSVxKvS9rfGtJezHeYz5c%3D&dur=923](http://www.tonko.eu/25252Fcontent%25252F5-cievky&source=iu&pf=m&fir=G27T1C5ruXteqM%253A%252CFi6D2LSq8E3QEM%252C%20&usg=__AUcTrfuSVxKvS9rfGtJezHeYz5c%3D&dur=923)

- [14] Logaritmická amplitudová frekvenčná charakteristika derivačného RL článku.[online].[cit.19.12.2014].v Wikipedia.Dostupné na internete:http://cs.wikipedia.org/wiki/Derivační_článek
- [15] Integračný a derivačný článok: [online].[cit.20.12.2014].v oskole.Dostupné na internete:http://oskole.sk/?id_cat=122&rocnik=3&clanok=11325
- [16] fázová charakteristika RL obvodu.Derivačný článok: [online].[cit.22.12.2014].v Wikipedia.Dostupné na internete:http://cs.wikipedia.org/wiki/Derivační_článek
- [17] Obvodové zapojenie LR obvodu.[online].[cit.27.12.2014] .v cs.wikipedia.Dostupné na internete:http://cs.wikipedia.org/wiki/Integrační_článek
- [18] Fázorový diagram RL článku:[online].[cit.30.12.2014].url obrázku:https://www.google.cz/search?q=Fázorový+diagram+LR+článku&biw=1360&bih=660&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=dR6rVO_2DemS7AbU4ICoCg&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=XAlbUvtnfeqA1M%253A%253Bq7Tof_6sLpSS8M%253Bhttp%253A%252F%252Fwww.techmania.cz%252Fedutorium%252Fdata%252Ffil_1611.gif%253Bhttp%253A%252F%252Fwww.techmania.cz%252Fedutorium%252Fart_exponaty.php%253Fxxkat%253Dfyzika%2526xser%253D456c656b74f8696e612061206d61676e657469736d7573h%2526key%253D494%253B234%253B199
- [19] Komplexné lineárne jednobrany:[online].[cit.2.1.2015].v dlabos.wz.cz.Dostupné na internete: <http://moryst.sweb.cz/elt2/stranky1/elt015.htm>
- [20] Prechodné javy v RC a RL obvodoch.[online].[cit.3.1.2015].v dnp.fmph.uniba.sk .Dostupné na internete:<http://www.dnp.fmph.uniba.sk/~kollar/jewww/prechod.htm>
- [21] https://www.google.cz/search?q=F%C3%A1zorov%C3%BD+diagram+s%C3%A9riov%C3%A9ho+RLC+obvodu&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=r9dNVZy0F8aBUaOjgbgL&ved=0CAYQ_AUoAQ#imgrc=s83_bzqx7WyafM%253A%253BTynHehJLf5fuDM%253Bhttp%253A%252F%252Ffyzikalniulohy.cz%252F_upload%252F00623%252Fparzap.png%253Bhttp%253A%252F%252Ffyzikalniulohy.cz%252Fuloha.php%253Fuloha%253D623%253B477%253B258
- [22] Komplexné lineárne jednobrany:[online].[cit.2.1.2015].v wikipedia.Dostupné na internete: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Jednobran>
- [23] Standart Commands for programmable instruments:[online].[cit.7.1.2015].Dostupné na internete:http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Commands_for_Programmable_Instruments

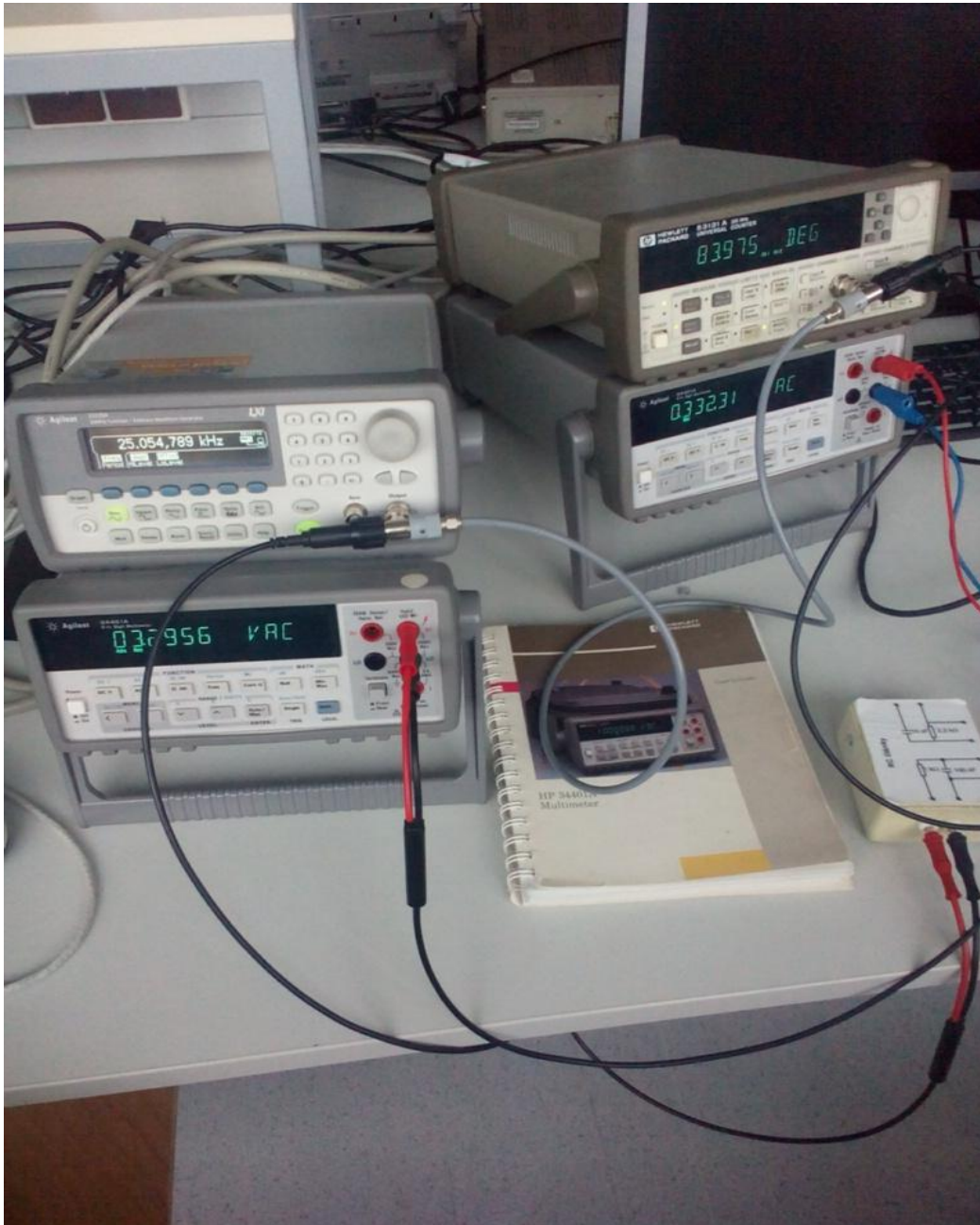
- [24] SCPI trees:[online].[cit.3.1.2015].url
obrázka:https://www.google.cz/search?q=tree+structure+scpi&biw=1360&bih=660&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=qCerVLu3AYap7AadtIHoDQ&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=BO1muBOfxry2dM%253A%3BAKU0-cRZKv3b-M%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.jpacsoft.com%252Fimages%252Fscpi_branch.gif%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.jpacsoft.com%252Fscpi_commands.htm%3B359%3B152
- [25] SCPI manuals:[online].[cit.3.1.2015].v sdpha2.ucsd.edu.Dostupné na internete:
http://sdpha2.ucsd.edu/Lab_Equip_Manuals/SCPI-99.pdf
- [26] RS232online].[cit.7.1.2015].Dostupné na internete:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- [27] GPIBonline:[online].[cit.3.1.2015].v sdpha2.ucsd.edu.Dostupné na internete:
<http://cs.wikipedia>
- [28] SCPI command reference:[online].[cit.7.1.2015].Dostupné na internete:<http://anlage.umd.edu/Microwave%20Measurements%20for%20Personal%20Web%20Site/E8251-90356.pdf>
- [29] LabVIEW:[online].[cit.9.5.2015].Dostupné na internete:
<http://en.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

Zoznam príloh

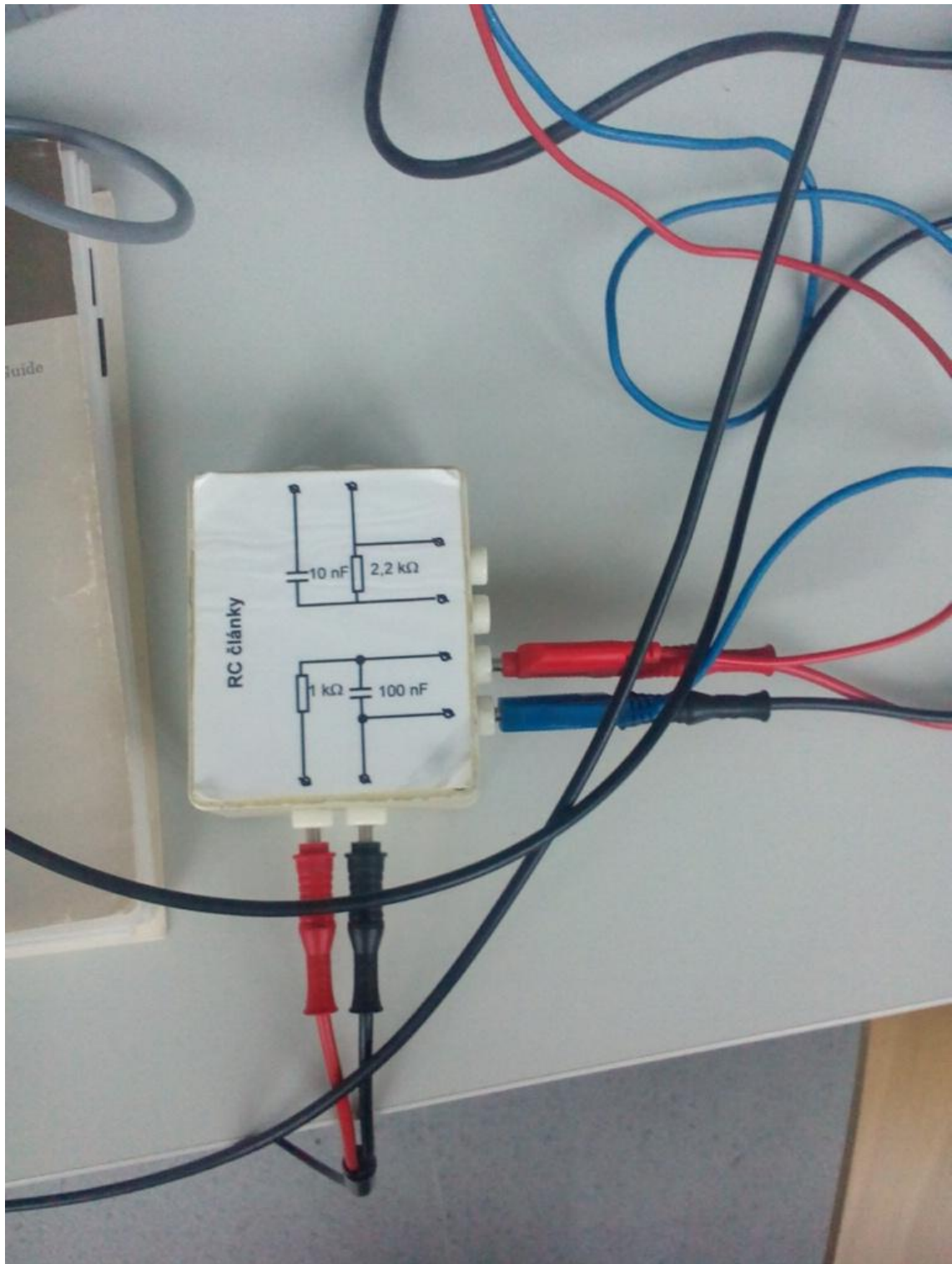
Príloha 1. CD/DVD

Príloha 2. Zdrojové schémy

Príloha 3. Fotky:



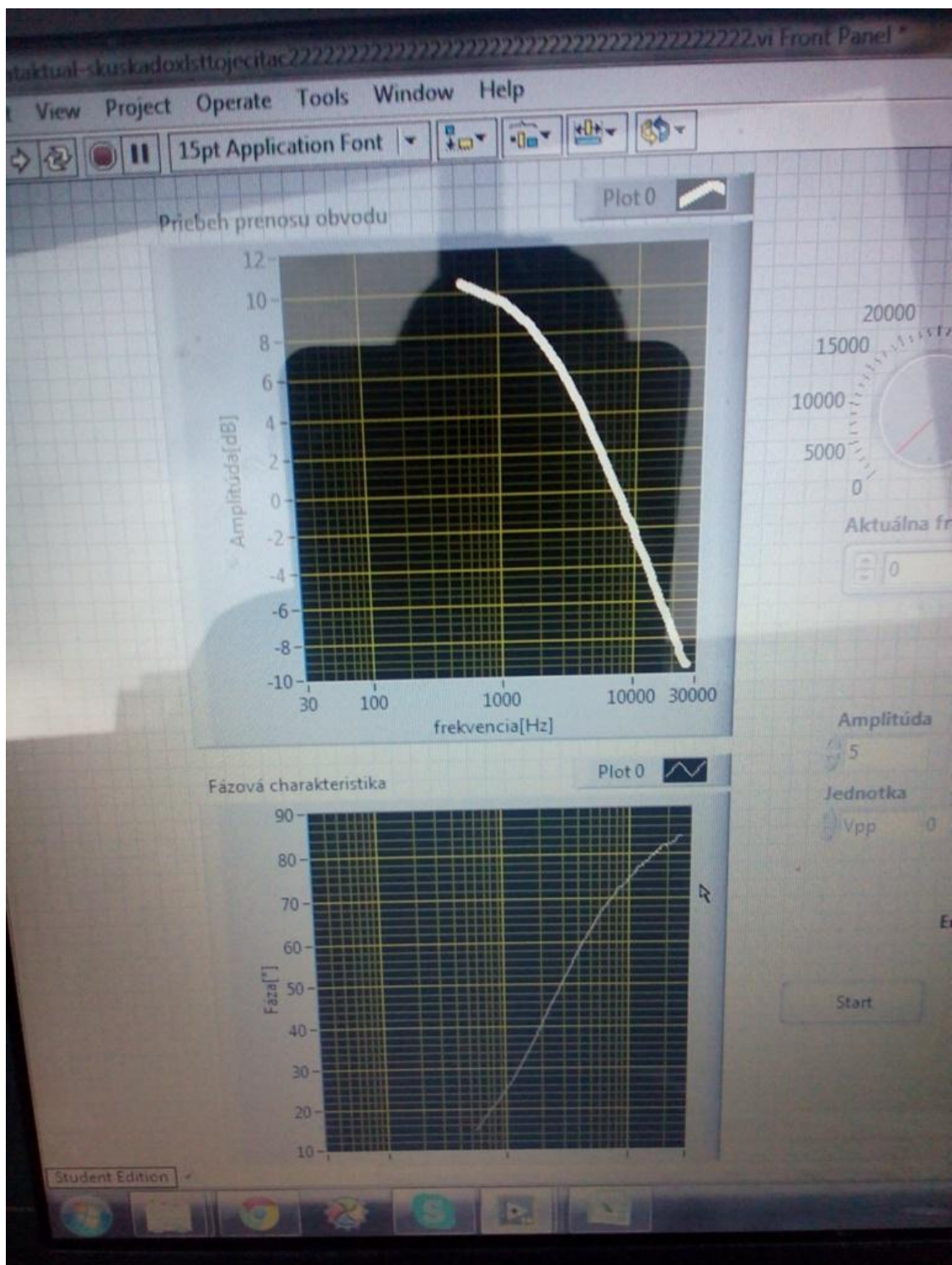
Obrázok 51: Zapojenie automatizovaného meracieho pracoviska



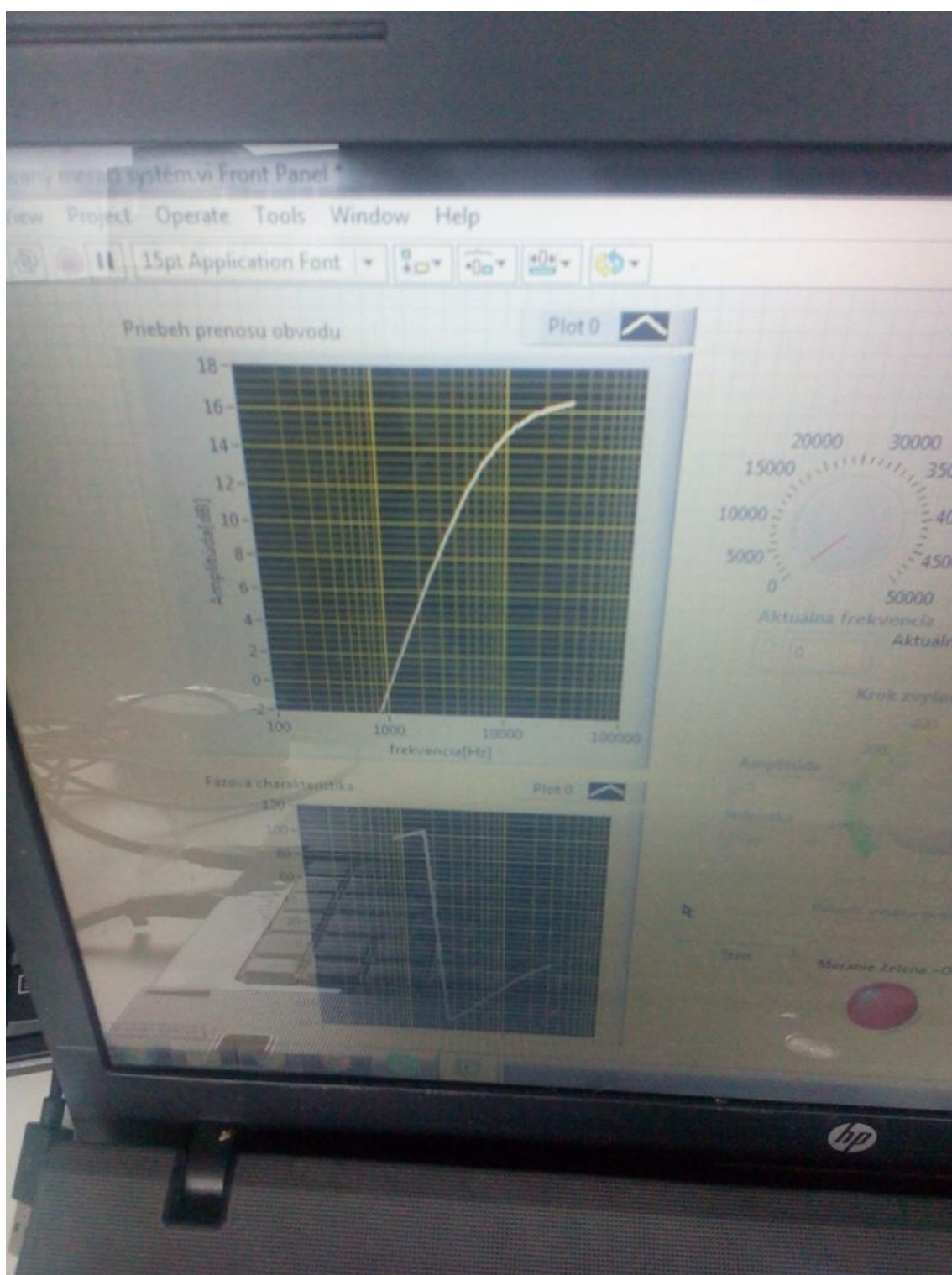
Obrázok 52:Jednoduchý elektrický obvod 1. rádu



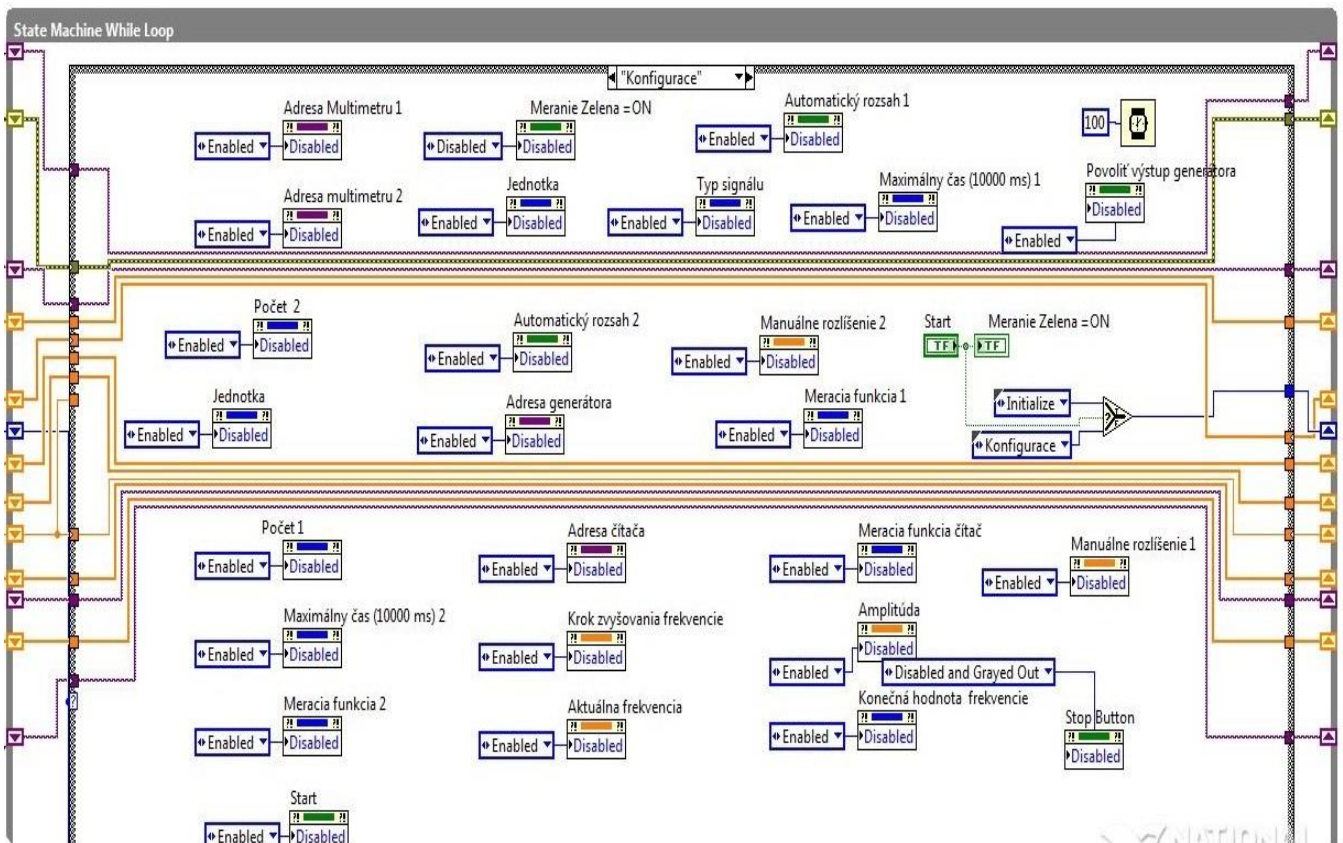
Obrázok 53:Automatizované meracie pracovisko počas doby spustenia



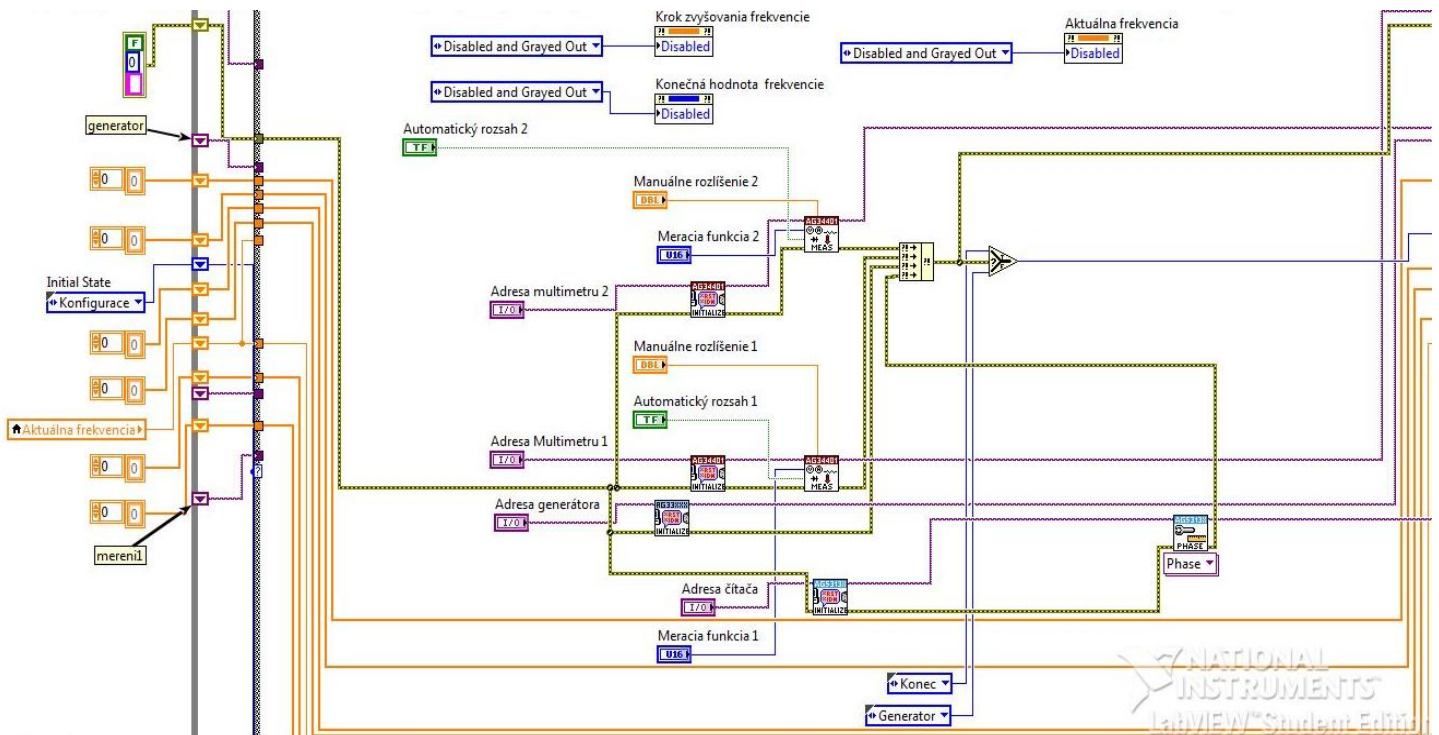
Obrázok 54: Získané charakteristiky článku



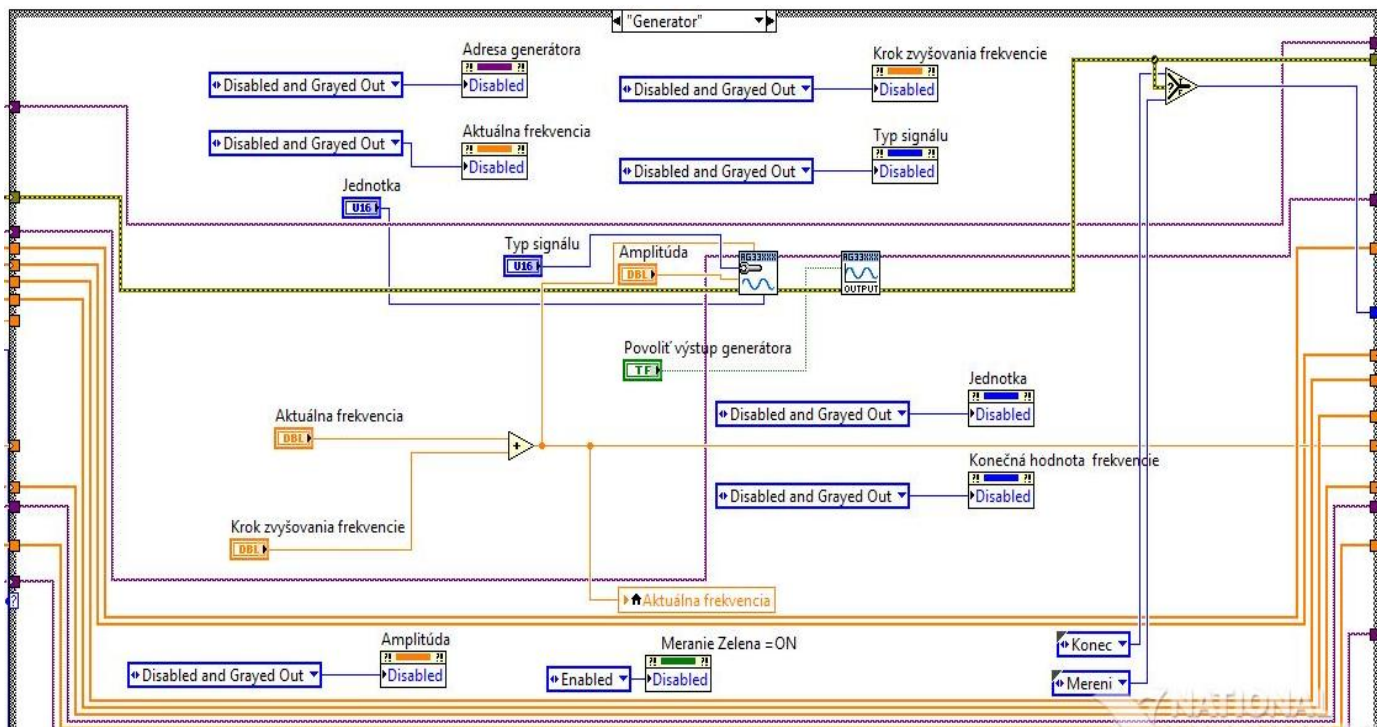
Obrázok 55: Získané charakteristiky článku



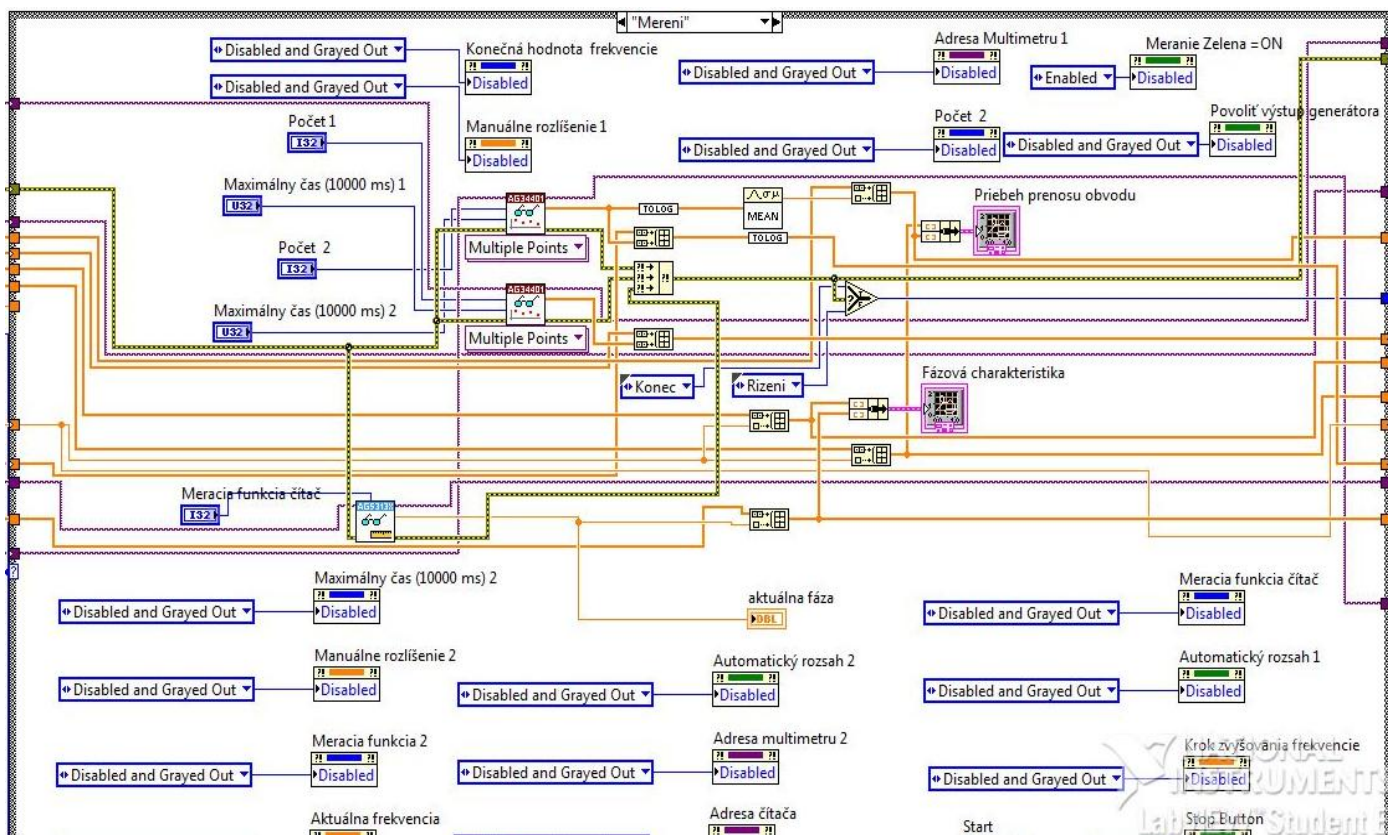
Obrázok 57:Hlavná časť stavu Konfigurace



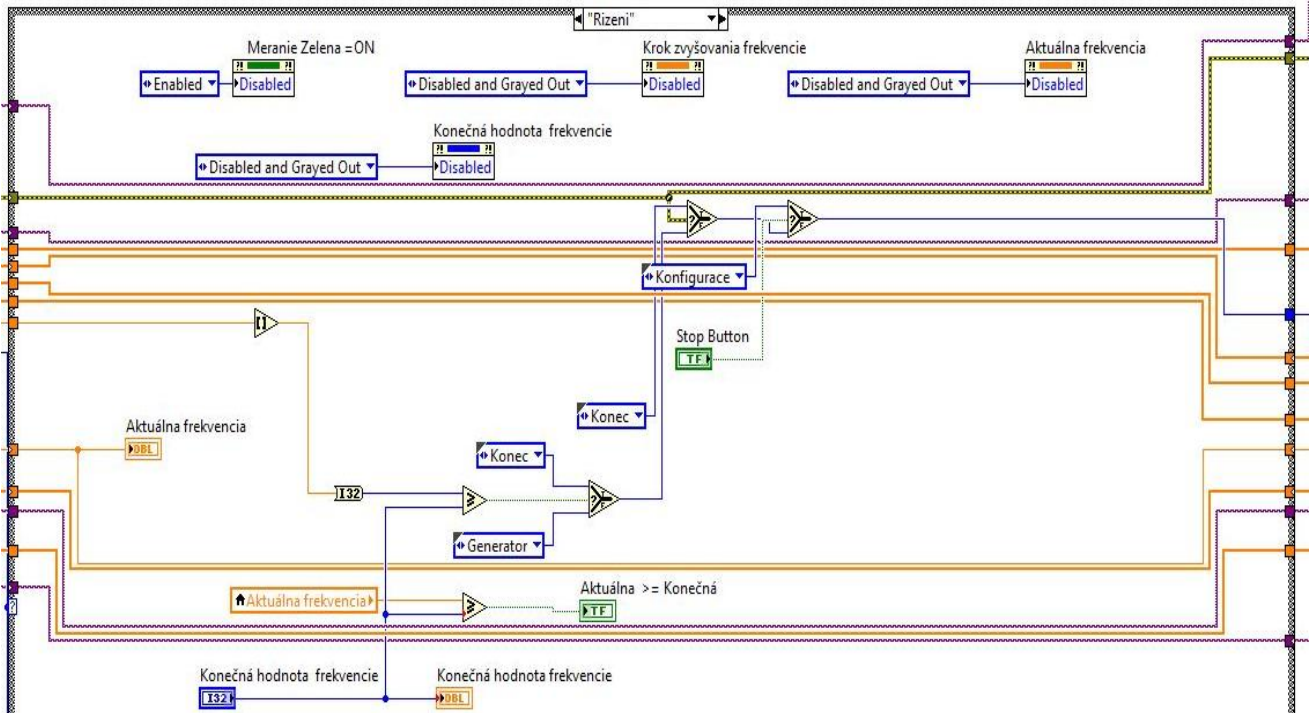
Obrázok 56:Hlavná časť stavu Inicializace



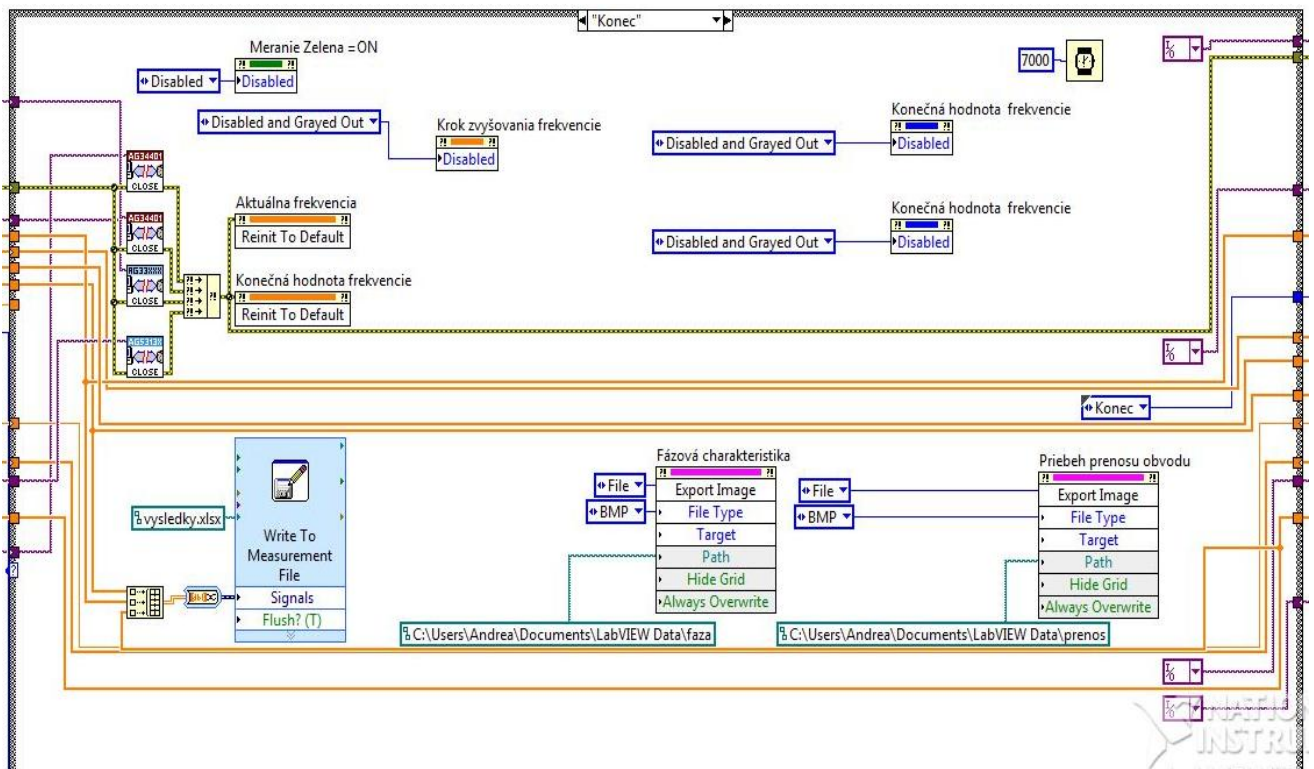
Obrázok 58:Hlavná časť stavu Generator



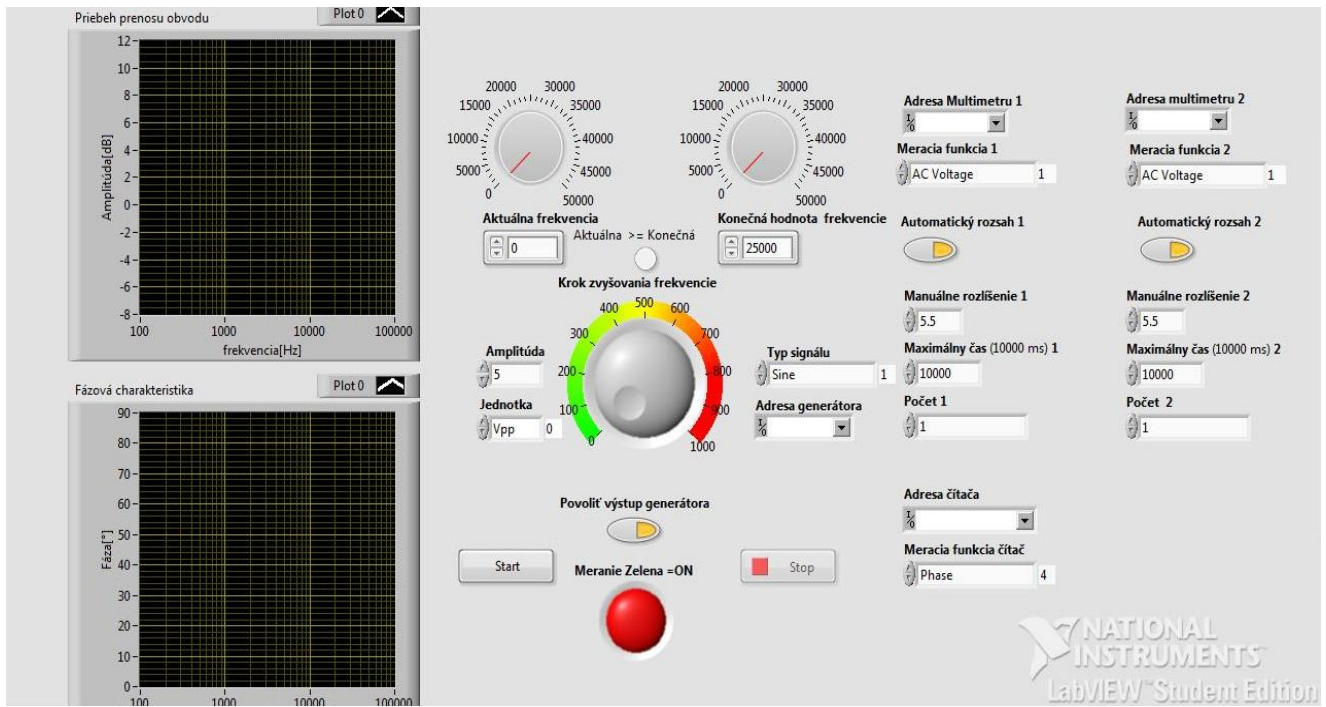
Obrázok 59:Hlavná časť stavu Mereni



Obrázok 61:Hlavná časť stavu Rizeni



Obrázok 60:Hlavná časť stavu Konec



Obrázok 62: Front Panel spusteného programu