

Šablona
BAKALÁŘSKÁ / DIPLOMOVÁ PRÁCE
Verze 2021

Červené texty dále v šabloně přepište odpovídajícím textem nebo smažte.

DESKY

Namísto této stránky vložte stránku **desky** vygenerovanou v IS VUT.

TITULNÍ LIST

Namísto této stránky vložte **titulní list** (s logem) vygenerovaný v IS VUT.

ZADÁNÍ

Namísto této stránky vložte stránku **zadání FEKT** vygenerovanou v IS VUT.

Abstrakt

Tato práce se věnuje vývoji VST plug-inu na bázi granulárního syntezátoru, jehož parametry (jako například mezní frekvence filtru typu horní, dolní nebo pásmové propusti, délka granul, a další) jsou ovládány pomocí vlnové délky světla přicházejícího na webkameru. Plug-in je ovladatelný pomocí jednoho či více MIDI kontrolérů, kdy každý z nich může ovládat další instanci syntezátoru. Je tedy dosaženo naprosté nezávislosti vstupních dat, přijímaných MIDI zpráv i parametrů nastavovaných jednotlivým instancím a tím tedy i zvukové zajímavosti výsledného signálového výstupu VST plug-inu.

Klíčová slova

Syntezátor, granulární syntéza, plug-in, VST, JUCE, C++

Abstract

This thesis addresses the development of a VST plug-in based on a granular synthesizer, whose parameters (such as the cutoff frequencies of high-pass, low-pass or band-pass filters, grain length, and others) are controlled by the wavelength of light captured by a web camera. The plug-in can be operated using one or more MIDI controllers, with each of them capable of controlling an additional instance of the synthesizer. This achieves complete independence of input data, received MIDI messages, and parameters set for individual instances, thus enhancing the sound richness of the resulting signal output of the VST plug-in.

Keywords

Synthesizer, granular synthesis, plug-in, VST, JUCE, C++

Bibliografická citace

KUCHAŘ, V. *Experimentální softwarový hudební nástroj nebo zvukový zdroj*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2023. 11 s., 3 s. příloh. Semestrální práce. Vedoucí práce: doc. Ing. MgA. Mgr. Dan Dlouhý PhD.

PROHLÁŠENÍ

- do tištěné verze závěrečné práce vložte originál prohlášení s podpisem autora
- do elektronické verze vložte prohlášení bez podpisu

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Vojtěch Kuchař
VUT ID studenta:	240173
Typ práce:	Semestrální práce
Akademický rok:	2023/2024
Téma závěrečné práce:	Experimentální softwarový hudební nástroj nebo zvukový zdroj

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné 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 závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné 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. prosince 2021

podpis autora

Poděkování (nepovinné)

Můžete naformulovat vlastní poděkování těm, kteří vám s prací pomáhali (vedoucí práce, konzultant, kolega, ...). Do tištěné verze závěrečné práce vložte originál poděkování s podpisem autora, do elektronické verze vložte poděkování bez podpisu.

Příklad:

Děkuji vedoucímu diplomové (bakalářské) práce Prof. Ing. Jiřímu Novotnému, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: 18. prosince 2021

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK.....	9
ÚVOD	10
1. GRANULÁRNÍ SYNTÉZA.....	11
1.1 PRINCIP A METODY GRANULÁRNÍ SYNTÉZY	11
1.1.1 Metoda mřížek (screens)	11
1.1.2 Metoda událostí (events).....	12
1.2 HISTORIE.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
1.3 ELEKTRONICKÁ PŘÍLOHA	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2. ZÁKLAD PRÁCE SE STYLY	13
2.1 ČLENĚNÍ TEXTU.....	14
2.2 STYLY PRO TEXT	14
2.2.1 Obyčejný text.....	14
2.2.2 Zdrojový kód	14
2.3 VKLÁDÁNÍ OBRÁZKŮ	15
2.4 VKLÁDÁNÍ TABULEK.....	16
2.5 VKLÁDÁNÍ ROVNIC.....	17
3. TYPOGRAFICKÉ A JAZYKOVÉ ZÁSADY	18
3.1 NIKDY TO NEBUDE NAPROSTO DOKONALÉ	19
3.2 CO JE TO NORMOVANÁ STRÁNKA?.....	19
4. ZÁVĚR.....	20
LITERATURA.....	21
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	22
SEZNAM PŘÍLOH.....	23

*Pozn.: Obsah se v rámci této šablony generuje automaticky z nadpisů 1 až 3 úrovně. Pro jeho aktualizaci stačí kliknout pravým tlačítkem na vytvořený obsah a vybrat položku **Aktualizovat pole → Celá tabulka**.*

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Vložení odkazu na obrázek. Vyberte <i>Typ odkazu</i> , pak <i>Pouze popisek a číslo</i>16
-----	---

*Pozn.: Seznam obrázků se generuje automaticky z vložených titulků. Pro jeho aktualizaci stačí kliknout pravým tlačítkem na vytvořený seznam a vybrat položku **Aktualizovat pole → Celá tabulka**. Všechny položky formátované zmíněným stylem se přidají do seznamu.*

Pokud závěrečná práce neobsahuje obrázky, tuto stránku smažte.

SEZNAM TABULEK

2.1	V této šabloně jsou definované následující důležité styly	16
-----	---	----

*Pozn.: Seznam tabulek se generuje automaticky z vložených titulků. Pro jeho aktualizaci stačí kliknout pravým tlačítkem na vytvořený seznam a vybrat položku **Aktualizovat pole** → **Celá tabulka**. Všechny položky formátované zmíněným stylem se přidají do seznamu. Pokud závěrečná práce neobsahuje obrázky, tuto stránku smažte.*

ÚVOD

Syntezátory jsou součástí hudebního světa již desítky let. První z nich byly sestrojeny před více než stoletím a připomínaly dnešní elektrické varhany [1]. Za základ dnešních syntezátorů je považován prototyp Roberta Mooga představený na sdružení Audio Engineering Society v roce 1964. Dnešní nástroje jsou schopny pokrýt obrovskou paletu zvuků a jejich barev a existuje jich nepřeberné množství. Technická vyspělost umožňuje přenesení jejich existence z fyzického světa do světa virtuálního a otevírá tím nové možnosti zvukovým tvůrcům. Stejně jako existuje obrovské množství syntezátorů, existuje i množství druhů syntézy. Nejrozšířenějšími formami jsou aditivní, subtraktivní, wavetable a granulární syntéza.

Granulární syntéza je způsob tvorby zvuku pomocí rozdělení vstupního signálu na spoustu drobných úseků a jejich následné skládání zpět za sebe. V praxi se používají úseky (jinak také granuly neboli zrnka) o délce přibližně 1–100 ms. Způsobů, kterými jsou jednotlivá zrnka za sebe řazena, existuje nespočet. Dalšími parametry, které mohou obohatit výsledný zvuk, jsou například změny vzdálenosti mezi jednotlivými granulami, jejich překrýváním, rychlostí přehrávání, přidáváním různých typů obálek a spoustu dalších.

Tato práce se věnuje problematice vývoje softwarového granulárního syntezátoru ve vývojovém prostředí JUCE. Jejím hlavním cílem je vytvoření VST plug-inu schopného vstupní zvuková data jednak rozdělit na granuly, zároveň na ně aplikovat výše zmíněné parametry. Některé z nastavitelných parametrů bude možno ovládat také pomocí vlnové délky světla zachycené webkamerou.

Semestrální práce je členěna do **X** kapitol. V kapitole 1 je popsán princip a historie granulární syntézy, srovnání dalších veřejně dostupných řešení je obsaženo v kapitole 2. Vývojové prostředí JUCE je představeno v kapitole 3, kapitola 4 se věnuje vývoji samotného plug-inu. V kapitole 5 se nachází shrnutí a závěr semestrální práce.

1. GRANULÁRNÍ SYNTÉZA

Granulární syntéza je dnes již jednou ze zavedených, ale přesto velmi kreativních forem tvorby umělých zvuků. Její masová využitelnost přišla až s nástupem výkonnějších počítačů, které jsou schopny zpracovat i digitální zvukové soubory s větší bitovou hloubkou, avšak myšlenka tvorby zvuku podobným způsobem se objevila už mnohem dříve, dávno před vznikem počítačů. Tato kapitola se věnuje principu tohoto typu syntézy a popisuje některé druhy třídění grainů. Stručné historii granulární syntézy se věnuje kapitola 1.2.

1.1 Princip a metody granulární syntézy

Jak již bylo popsáno v úvodu, koncept granulární syntézy pracuje s krátkými zvukovými úseky v řádech jednotek až desítek milisekund. Tato délka zejména ovlivňuje charakter zvuku z hlediska vnímání tónu. Maďarsko-britský fyzik Dennis Gabor na základě výzkumu stanovil minimální dobu trvání potřebnou pro rozeznání tónu od šumu na 10 ms [2]. Můžeme tedy říct, že délka granul kratší než tato hodnota vytvoří dojem perkusivního zvuku, zatímco delší granuly budou mít spíše tónový charakter.

Dalším důležitým parametrem je také hustota grainů ve výsledném zvuku. S menší hustotou vzniká dojem větší trhanosti, při větší hustotě, či dokonce překryvu zrnek vznikají nové harmonické složky a formantové oblasti v původním signálu neobsažené.

Pro samotný vznik umělého zvuku za pomoci granulární syntézy je nutné zvolit nové pořadí jednotlivých zrnek. Možností existuje mnoho, avšak v minulosti bylo velmi zajímavých výsledků dosaženo těmito metodami:

1.1.1 Metoda mřížek (screens)

Tato metoda byla ve smyslu granulární syntézy – ačkoli ne v dnešním pojetí – použita v 50. letech 20. století Řekem Iannisem Xenakisem. Podrobně ji popisuje ve své knize *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition* [3]. Jednotlivá zrnka jsou umístěna do mřížek podle jejich zjištěné frekvence a amplitudy. Každému oknu je následně přiřazena pravděpodobnost jeho přehrání tak, aby každý sloupec (frekvence) měl dohromady pravděpodobnost přehrání rovnu 100 %. V časové ose je pak zvoleno pořadí frekvencí, na jehož základě jsou podle pravděpodobnosti přehrána jednotlivá okna či pouze určitý počet zrnek v nich. Samo pořadí frekvencí je určeno další pravděpodobnostní tabulkou, případně Gaussovým rozdělením, kdy za střední hodnotu je vybrána libovolná frekvence.

[OBRÁZKY]

[OBRÁZKY]

Celá metoda, ačkoli její výsledek může působit značně nahodile a náhodně, je pevně předepsaná. Pro její konstrukci je využita teorie pravděpodobnosti, z ní vycházející užití Markovových řetězců a dalších stochastických jevů.

1.1.2 Metoda událostí (events)

Jejím autorem je americký hudební skladatel Curtis Roads [4]. Metoda rozděluje granuly podle více – až dvanácti – parametrů převážně syntetických zvuků, jako jsou například počáteční tvar vlny, počáteční střední frekvence, šířka pásma a jeho strmost nebo počáteční amplituda. Útvary, do kterých se granuly organizují, se nazývají událostmi (events). Výsledné textury dosažené mícháním různých událostí s rozličnými parametry se nazývají mraky (clouds) a přispívají k větší spektrální bohatosti vytvořeného zvuku.

Roads k tomuto tématu dodává, že vítaným rozšířením samotné syntézy by mohlo být vytvoření takzvaných složených granulárních zvuků vzniklých kombinací vln syntetických s vlnami pocházejících ze samplů živých nástrojů. Dále popisuje princip podobný FM syntéze, systém analýzy/syntézy. Ten ze samplovaného živého nástroje generuje sadu „prováděcích funkcí“, které při následné syntéze ovlivňují tvar vlny k co nejvěrnějšímu napodobení původního zvuku.

[OBRÁZKY]

Granulární syntezátory existují v zásadě ve dvou provedeních. Prvním z nich je tzv. granulizér, tedy svého druhu efekt, který pouze vstupní zvukový soubor rozdělí na jednotlivá zrnka, případně upraví jejich parametry podle dat zadaných uživatelem, a následně je podle zvoleného algoritmu skládá za sebe a vytváří tím umělý zvuk. Druhým z nich je plnohodnotný granulární syntezátor, který textury zrnka granulizérem vytvořená a seřazená dokáže přehrávat ve výšce určené uživatelem pomocí klaviatury.

1.2 Historie

Počátky myšlenky tvorby zvuku způsobem podobným granulární syntéze sahají do 17. století. Tehdy byla novověkým nizozemským atomistou Isaacem Beeckmanem do jeho deníku zapsána poznámka – teze o vzniku zvuku. Nutnou podmínkou pro vznik zvuku dle něj není mechanické kmitání, nýbrž dělení vzduchu na malé částčky, tzv. globuly [zdroj].

První skutečné pokusy o zvukovou granulární syntézu se objevují v 50. letech 20. století u již zmiňovaného řeckého skladatele a architekta, jenž většinu tvůrčího života prožil ve Francii, Iannise Xenakise (1922–2001). Jeho architektonická práce na pavilonu firmy Phillips pro světovou výstavu v Bruselu se nesla v těsném spojení s hudebním uvažováním a jeho koncepcí meta-art, tedy myšlenky, že každé umění lze pomocí matematických operací převést na jinou formu [zdroj]. Ve své zralé tvůrčí fázi často komponuje pouze s využitím elektronických nástrojů a umělého (=člověkem upravených) zvuků. Granulární syntézu obsahují například jeho skladby Bohor (1962) nebo Persepolis (1972). Jeho přístup ke granulární syntéze je popsán detailněji v kapitole 1.1.1.

Dalším průkopníkem v oblasti granulární syntézy se stal americký skladatel a programátor Curtis Roads (*1951). Jeho skladatelské dílo se zejména specializuje na hudbu tvořenou s pomocí počítačů, granulární a pulsarovou syntézu. Ve své knize Microsound (2001) popisuje různé typy obálek aplikované na jednotlivá zrnka pro odstranění artefaktů vzniklých náhlými přechody úrovní hlasitostí mezi jednotlivými grainy [zdroj]. Z tohoto pohledu rozlišuje Gaussovu, kvazi–Gaussovu, lichoběžníkovou, trojúhelníkovou, sinus cardinalis a exponenciálně rostoucí nebo klesající obálku. Dále se zaměřuje na technologii generování zrn, jejich řazení a organizaci a tvorbu složitějších struktur, tzv. mraků (clouds).

2. ZÁKLAD PRÁCE SE STYLY

(Kapitolu nahraďte svým textem) V této kapitole jsou představena základní pravidla, která je vhodné dodržet při psaní semestrální / závěrečné práce. Jedná se především o používání stylů, které zjednoduší formátování práce a rovněž zajistí její jednotnost.

2.1 Členění textu

Text práce je členěn do kapitol a podkapitol několika úrovní, přičemž na jednotlivých úrovních je použito desetinné číslování (např. 2, 2.1, 2.1.1). Nepoužívejte hlubší členění nadpisů než na tři úrovně. Každá kapitola 1. úrovně musí začínat na nové stránce. Připravené číslované styly v šabloně se jmenují **Nadpis 1**, **Nadpis2** a **Nadpis 3**. Použitím těchto stylů zajistíte automatické generování obsahu a současně jejich správné číslování.

V práci je možné použít také názvy kapitol, které zpravidla neobsahují číslování. Jedná se například o seznam obrázků, seznam tabulek, literaturu apod. Tyto názvy je možné vytvořit pomocí stylu **Nadpis 1 - nečíslovaný**.

Obdobou kapitol a podkapitol jsou přílohy a jejich styly **Příloha 1** a **Příloha 2**. Tyto styly definují odlišné číslování příloh, kdy je zvykem používat písmena místo číslic, a jsou také využity pro automatickou tvorbu seznamu příloh. Ukázka použití příloh je uvedena na konci práce.

Odkazy na obrázky, tabulky, literaturu, vzorce a kapitoly vkládejte do textu jako tzv. **křížové odkazy** (menu *Reference* → *Křížový odkaz*); automaticky se aktualizuje v závislosti na změnách v textu. Například zde je odkaz na kapitolu **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, a literaturu [1].

2.2 Styly pro text

2.2.1 Obyčejný text

První řádek textu následující za nadpisem kapitoly není odsazen a je tvořen stylem **První odstavec**.

Všechny ostatní odstavce v textu se již vyznačují odsazením prvního řádku a jsou tvořeny stylem **Odstavec**. Odsazení prvního řádku společně s malou mezerou mezi odstavci napomáhá čtenáři ve snadnější orientaci v textu. Tento styl používá patkové písmo Times New Roman o velikosti 12 bodů, jednoduché řádkování a veškerý text je zarovnán do bloku.

2.2.2 Zdrojový kód

Speciálním případem textu je ukázka zdrojového kódu.

K výpisu takového kódu se používá neproporcionální písmo, např. `Courier New` nebo `Consolas` a menší velikost písma. Předdefinovaný styl se jmenuje **Zdrojový kód**. Ve zdrojovém kódu je vhodné zvýraznit syntaxi, nebo alespoň rezervovaná slova programovacího jazyka, jak ukazuje následující příklad. **POZOR: Úryvky zdrojových kódů vkládejte do textu výhradně, pokud toto zlepší pochopení dané problematiky.** Jednotlivé kódy by neměly být delší než půl strany A4. V mnoha případech je názornější použití textový nebo grafický zápis algoritmu (viz např. volné programy Dia Diagram Editor, yEd Graph Editor a jiné).

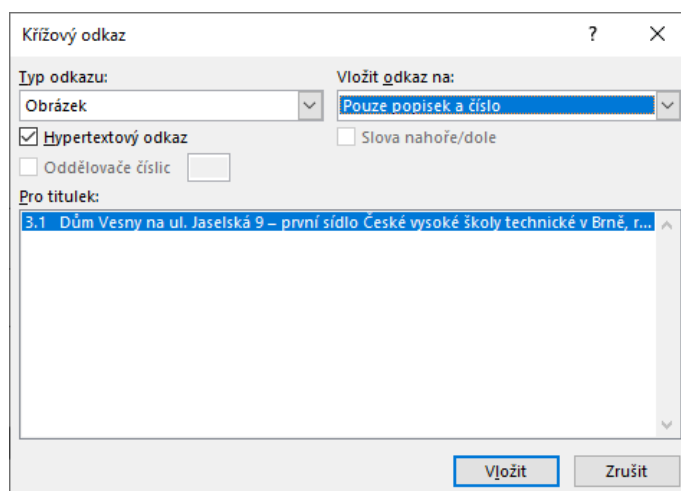
```
/* *****  
 * Main function  
 */  
int main(void)  
{  
    // setup I/O port  
    DDRB = 0xff;           // set output direction  
    PORTB = 255;           // turn off all LEDs  
  
    // forever loop  
    while (1){  
        delay_ms(100);     // wait for 100 ms  
        PORTB = PORTB-1;   // change binary counter  
    }  
    return 0;  
}
```

2.3 Vkládání obrázků

Obrázky vkládané do textu mají pomoci s pochopením popisované problematiky. Musí být dostatečně kvalitní, buď vektorové, nebo bitmapové s vyšším rozlišením (alespoň 300 dpi), mohou být černobílé i barevné. **Nepoužívejte naskenované obrázky - ty lze přejímat pouze v odůvodněných případech a vždy s patřičnou citací zdroje.**

Každý obrázek musí mít popisku, která obsahuje jeho číslo, název a je umístěna pod obrázkem. Za popisným textem se nepíše tečka. Styl pro formát popisku obrázku se jmenuje **Popisek**. Kvůli vytváření odkazů v textu vložením pouze čísla (bez popisku) je s ohledem na nedokonalost Wordu nutné vkládat obrázky a jejich popisky ve formě tabulek (bez ohraničení). Pro další obrázky tedy zkopírujte tabulku obrázku 2.1 a v ní nahraďte obrázek a popis. Číslování se aktualizuje automaticky před tiskem, nebo ručně přes lokální menu (pravé tlačítko myši → *Aktualizovat pole*).

Při vkládání odkazu na obrázek (a podobně pak dále pro tabulky a rovnice) zvolte menu *Reference* → *Křížový odkaz* a vyberte příslušný *Typ odkazu*, pak zvolte *Pouze popisek a číslo*.



Obrázek 2.1 Vložení odkazu na obrázek. Vyberte *Typ odkazu*, pak *Pouze popis a číslo*

2.4 Vkládání tabulek

Tabulky mají obdobný význam jako obrázky, tj. jejich účelem je pomoci s pochopením popisované problematiky. **V žádném případě ne vkládejte tabulky jako bitmapy, nebo dokonce je neskenujte.** Pro tabulky rovněž platí, že se na ně musí v textu odkazovat. K tomu opět slouží popis, který se ovšem, na rozdíl od obrázku, vkládá před samotnou tabulkou. Styl popisky je totožný jako v předešlé části, tj. **Popisek**. Rovněž postup vkládání je obdobný - zkopírujte popisku před tabulkou 2.1 (jde o jednořádkovou tabulku bez ohraničení) a v ní nahraďte popis.

Pro text uvnitř tabulky je použit styl **Tabulka**. Tabulka 2.1 obsahuje výčet všech definovaných stylů, které je možné použít k tvorbě semestrální / závěrečné práce.

Tabulka 2.1 V této šabloně jsou definované následující důležité styly

Název stylu	Použití	Příklad
Nadpis 1	Nadpis 1. úrovně	1. Nadpis 1
Nadpis 2	Nadpis 2. úrovně	1.1 Nadpis 2
Nadpis 3	Nadpis 3. úrovně	1.1.1 Nadpis 3
Nadpis 1 - nečíslovaný	Nečíslovaný nadpis	Nadpis nečíslovaný
Nadpis mimo obsah	Nadpis - neobjevuje se v obsahu	Nadpis mimo obsah
Literatura	Styl pro zápis použité literatury	[1] Literatura
Příloha 1	Nadpis přílohy	Příloha A

Příloha 2	Podnadpis přílohy	Příloha A.1
Pokračování	Psaní normálního textu první odstavec (neodsazený)	Normální text
BP/DP normální	Psaní normálního textu v odstavcích (odsazený)	Normální text
Zdrojový text	Pro výpis zdrojových textů	Zdrojový text
Popisek	Pro popisky obrázků a tabulek	Popisek
Tabulka	Pro texty v tabulkách	Tabulka

2.5 Vkládání rovnic

K vytvoření rovnic můžeme použít integrovaný **Editor rovnic**. Rovnice se vkládají na samostatný řádek a jsou číslovány. Jejich číslo je udáváno v závorce (na pravém okraji stránky) a slouží ke snadným odkazům v textu. Vkládání rovnice je nesnadnější tak, že zkopírujete celou tabulku s rovnicí (jde o jednořádkovou tabulku bez ohraničení) a v ní nahradíte rovnici. Následně doplňte k číslu závorky a zformátujte pomocí stylu **Rovnice**.

Každá rovnice je součástí věty, proto do ní musí být včleněna i včetně interpunkčních znamének, jak ukazuje následující příklad.

Jednorozměrná diskrétní kosinová transformace je definována vztahem

$$F(u) = \gamma(u) + \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \frac{\pi u(2x+1)}{2N}, \quad (2.1)$$

kde $f(x)$ představuje signál v časové oblasti, $F(u)$ je jeho transformovaný obraz, $\gamma(u)$ reprezentuje váhový koeficient, index u nabývá hodnot od 0 do $N-1$ a konstanta N určuje počet bodů vstupního signálu.

Platí pravidlo, že proměnné veličiny v textu rovnice a samotném textu práce jsou vždy uvedeny kurzívou a konstantní veličiny vždy stojatým písmem. Indexy u všech veličin jsou také uvedeny stojatým písmem.

3. TYPOGRAFICKÉ A JAZYKOVÉ ZÁSADY

(Kapitolu nahraďte svým textem) Při tisku odborného textu typu technická zpráva, ke kterému patří například i text kvalifikačních prací, se často volí formát A4 a často se tiskne pouze po jedné straně papíru. V takovém případě volte levý okraj všech stránek o něco větší než pravý – v tomto místě budou papíry svázány a technologie vazby si tento požadavek vynucuje.

Horní a spodní okraj volte stejně veliký, případně potištěnou část posuňte mírně nahoru (horní okraj menší než dolní). Počítejte s tím, že při vazbě budou okraje mírně oříznuty.

Pro sazbu na stránku formátu A4 je vhodné používat pro základní text písmo stupně (velikosti) 12 bodů. Volte šířku sazby 15 až 16 cm a výšku 22 až 24 cm (včetně případných hlaviček a patiček). Proklad mezi řádky se volí 120 % stupně použitého základního písma, což je optimální hodnota pro rychlost čtení souvislého textu.

Při vkládání obrázků volte jejich rozměry tak, aby nepřesáhly oblast, do které se tiskne text (tj. okraje textu ze všech stran). Pro velké obrázky vyčleňte samostatnou stránku. Obrázky nebo tabulky o rozměrech větších než A4 umístěte do písemné zprávy formou skládky vřité do přílohy nebo vložené do záložek na zadní desce.

Obrázky i tabulky musí být pořadově očíslovány. Číslování se volí buď průběžné v rámci celého textu, nebo – což bývá praktičtější a je to použito v této šabloně – průběžné v rámci kapitoly. V druhém případě se číslo tabulky nebo obrázku skládá z čísla kapitoly a čísla obrázku/tabulky v rámci kapitoly – čísla jsou oddělena tečkou. Čísla podkapitol nemají na číslování obrázků a tabulek žádný vliv. Tabulky a obrázky používají své vlastní nezávislé číselné řady. Z toho vyplývá, že v odkazech uvnitř textu musíme kromě čísla udat i informaci o tom, zda se jedná o obrázek či tabulku (například "... viz tabulka 2.7 ...").

Rovnice, na které se budeme v textu odvolávat, opatříme pořadovými čísly při pravém okraji příslušného řádku. Tato pořadová čísla se píšou v kulatých závorkách. Číslování rovnic může být průběžné v textu nebo v jednotlivých kapitolách.

Pro odkazy na stránky, na čísla kapitol a podkapitol, na čísla obrázků a tabulek a v dalších podobných příkladech využíváme křížových odkazů, které zajistí vygenerování správného čísla i v případě, že se text posune díky změnám samotného textu nebo díky úpravě parametrů sazby.

Mezeru neděláme tam, kde se spojují číslice s písmeny v jedno slovo nebo v jeden znak – například 25krát. Je rozdíl mezi 12 % (dvanáct procent) a 12% (dvanáctiprocentní).

Členicí (interpunkční) znaménka tečka, čárka, středník, dvojtečka, otazník a vykřičník, jakož i uzavírací závorky a uvozovky se přimykají k předcházejícímu slovu bez mezery. Mezera se dělá až za nimi. To se ovšem netýká desetinné čárky (nebo desetinné tečky). Otevírací závorka a přední uvozovky se přimykají k následujícímu

slovu a mezera se vynechává před nimi - (takto) a „takto“. Lomítko se píše bez mezer. Například školní rok 2001/2002.

Typografickým prohrěškem jsou i tzv. vdovy a sirotci - osamocené řádky na začátku či konci odstavce, které jsou zlomem stránky odděleny od zbytku odstavce.

Jednopísmenné předložky a spojky jako jsou u, k, o, s, v, z, a, i se nikdy nenechávají na konci řádku samostatně. Je třeba za nimi použít tzv. pevnou mezeru, kterou napíšete pomocí klávesové zkratky *Alt+0160* nebo kombinací *Ctrl+Shift+mezerník*. Pevná mezera se tváří jako klasická mezera, ale v daném místě nemůže dojít k zalomení řádku. Tento typ mezery je třeba použít také ve zkratkách či kódech (například: „s. r. o.“), spojení zkratky křestního jména a příjmení nebo zkratky titulu a příjmení („J. Malá“, „JUDr. Novák“).

3.1 Nikdy to nebude naprosto dokonalé

Když jsme už napsali vše, o čem jsme přemýšleli, uděláme si den nebo dva dny přestávku a pak si přečteme sami rukopis znovu. Uděláme ještě poslední úpravy a skončíme. Jsme si vědomi toho, že vždy zůstane něco nedokončeno, vždy existuje lepší způsob, jak něco vysvětlit, ale každá etapa úprav musí být konečná.

3.2 Co je to normovaná stránka?

Pojem *normovaná stránka* (*normostrana*) se vztahuje k posuzování objemu práce, nikoliv k počtu vytištěných listů. Z historického hlediska jde o počet stránek rukopisu, který se psal psacím strojem na speciální předtištěné formuláře při dodržení průměrné délky řádku 60 znaků a při 30 řádcích na stránku rukopisu. Vzhledem k zápisu korekturních značek se používalo řádkování 2 (ob jeden řádek). Tyto údaje (počet znaků na řádek, počet řádků a proklad mezi nimi) se nijak nevztahují ke konečnému vytištěnému výsledku. Používají se pouze pro posouzení rozsahu textu. Jednou normovanou stránkou se tedy rozumí $60 \times 30 = 1800$ znaků. Obrázky zařazené do textu se započítávají do rozsahu písemné práce odhadem jako množství textu, které by ve výsledném dokumentu potisklo stejně velkou plochu.

Orientační rozsah práce v normostranách lze v programu Microsoft Word zjistit pomocí funkce **Počet slov**, když hodnotu *Znaky (včetně mezer)* vydělíte konstantou 1800. Do rozsahu práce se započítává pouze text uvedený v jádru práce. Části jako abstrakt, klíčová slova, prohlášení, obsah, literatura nebo přílohy se do rozsahu práce nepočítají. Je proto nutné nejdříve označit jádro práce a teprve pak si nechat spočítat počet znaků. Přibližný rozsah obrázků odhadnete ručně.

4. ZÁVĚR

(Kapitolu nahrad'te svým textem) Kapitola Závěr obsahuje stručné shrnutí, čeho bylo dosaženo. Doporučený rozsah je na jednu stranu. Čtenář by se měl dozvědět o všech výsledcích, ale také o bodech, které nebyly provedeny/změřeny. Závěr by měl obsahovat kritický rozbor dosažených výsledků a popis přínosu vlastní bakalářské nebo diplomové práce. V závěru lze také uvést shrnutí technických parametrů nebo konkrétních výsledků návrhu, realizace nebo simulace. Součástí závěrečné kapitoly rovněž může být návrh další práce v dané problematice (u semestrální práce je toto povinné).

LITERATURA

- [1] *Syntezátor*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Syntez%C3%A1tor>. [cit. 2023-11-13].
- [2] GABOR, Dennis. Acoustical Quanta and the Theory of Hearing. *Nature*. 03 May 1947, roč. 1947, č. 159, s. 593.
- [3] XENAKIS, Iannis. *Formalized Music: Thoughts and Mathematics in Music*. Second, revised English edition, with additional material translated by Sharon Kanach. Pendragon Press, 2001. ISBN 1-57647-079-2.
- [4] ROADS, Curtis. Introduction to Granular Synthesis. *Computer Music Journal*. Summer, 1988, roč. 1988, č. 12, s. 11–13. ISSN 01489267.
- [5] VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2017. *Směrnice č. 72/2017 - Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací*. Online. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/uredni-deska/vnitri-predpisy-a-dokumenty/smernice-72-2017-uprava-odevzdavani-a-zverejnovani-zaverecnych-praci-d161410>. [cit. 2023-10-03].
- [6] ČSN ISO 690:2022 (010197), *Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*, 2022. [Praha]: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [7] ČSN ISO 7144 (010161), *Dokumentace - Formální úprava disertací a podobných dokumentů*, 1997. Praha: Český normalizační institut.
- [8] ČSN EN ISO 80000-2 (011300), *Veličiny a jednotky - Část 2: Matematika*, 2020. Praha: Česká agentura pro standardizaci.

Pozn.: Pro vytváření citací ve formátu dle ČSN ISO 690:2022 je doporučeno využít webové stránky: <http://www.citace.com/> nebo lze přímo instalovat doplněk Citace PRO do MS Word (viz - <https://www.vut.cz/uk/navody/citacepro>)

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
JUCE	Jules' Utility Class Extensions
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
VST	Virtual Studio Technology
VUT	Vysoké učení technické v Brně

Symboly:

U	napětí	(V)
I	proud	(A)

Pozn.: V této části by měly být uvedeny všechny zkratky použité v textu a všechny symboly použité v rovnicích.

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - NAMĚŘENÉ HODNOTY	24
------------------------------------	----

Samotná část příloh je tvořena dvěma částmi „Seznamem příloh“ a jednotlivými přílohami označenými „Příloha A“ až „Příloha X“. Do příloh se dávají např. manuály, zdrojové kódy, rozsáhlé tabulky s naměřenými hodnotami, grafy apod. V případě, že taková data nejsou součástí práce, není třeba přílohy uvádět vůbec.

Pokud je rozsah přílohy příliš velký (např. příliš velký počet tabulek, nebo mnoho stránek zdrojového kódu), do seznamu příloh lze uvést např. větu: „Příloha A – Zdrojový kód programu je uložen na přiloženém CD“. V takovém případě musí být závěrečná práce doplněna CD, na kterém jsou příslušná data uložena a jasně označena.

Příloha A - Naměřené hodnoty

A.1 Tabulka naměřených hodnot

$R_z (\Omega)$	$I_z (A)$	$U_z (V)$	$P_i (W)$	$P_z (W)$	$P (W)$	η
10	4,000	40,00	320,00	160,00	480,00	33,33%
15	3,429	51,43	235,10	176,33	411,43	42,86%
20	3,000	60,00	180,00	180,00	360,00	50,00%
25	2,667	66,67	142,22	177,78	320,00	55,56%
40	2,000	80,00	80,00	160,00	240,00	66,67%

A.2 Naměřené průběhy – grafy

