



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

KNIŽNICA PRE BOOLOVSKÉ FUNKCIE V ALGEBRAICKEJ NORMÁLNEJ FORME

LIBRARY FOR BOOLEAN FUNCTIONS IN ALGEBRAIC NORMAL FORM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAROŠ VASILIŠIN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ROLAND DOBAI, Ph.D.

BRNO 2017

Abstrakt

Do tohoto odstavce bude zapsán výtah (abstrakt) práce v českém (slovenském) jazyce.

Abstract

Do tohoto odstavce bude zapsán výtah (abstrakt) práce v anglickém jazyce.

Kľúčové slová

Sem budou zapsána jednotlivá klíčová slova v českém (slovenském) jazyce, oddelená čárkami.

Keywords

Sem budou zapsána jednotlivá klíčová slova v anglickém jazyce, oddelená čárkami.

Citácia

VASILIŠIN, Maroš. *Knižnica pre boolovské funkcie v algebraickej normálnej forme*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Dobai Roland.

Knižnica pre boolovské funkcie v algebraickej normálnej forme

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne pod vedením pána Ing. Rolanda Dobaia, Ph.D. Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

Maroš Vasilišin

19. januára 2017

Pod'akovanie

Týmto by som sa chcel podakovať pánovi Ing. Rolandovi Dobaiovi, Ph.D. za rady, trpezlivosť, vecné pripomienky a pomoc pri vypracovaní tejto práce.

Obsah

1	Úvod	2
2	Booleovske funkcie	3
2.1	Definícia booleovskej funkcie	3
2.2	Reprezentácia booleovskych funkcií	3
2.3	Normálne formy	4
2.4	Algebraická normálna forma	5
2.5	Binárne rozhodovacie diagramy	5
3	Existujúce knižnice	6
3.1	Colorado University Decision Diagram Package - CUDD	6
4	TODO	7
5	Záver	9
	Literatúra	10
	Prílohy	11
A	Jak pracovat s touto šablonou	12

Kapitola 1

Úvod

Booleovské funkcie majú v dnešnej dobe veľké využitie. V matematike sa využívajú na určenie pravdivostnej hodnoty výrokov, v elektrotechnike na vytváranie kombinačných obvodov, takisto ich môžeme vidieť na pozadí teórie hier či v legislatíve.

TODO

- popisať motiváciu k projektu
- aktuálne používane reprezentacie
- existujúce riešenie
- krátky popis vytvoreného riešenia

Kapitola 2

Booleovske funkcie

Táto kapitola popisuje čo sú to booleovske funkcie, čo môžu obsahovať a ako ich môžeme prehľadne znázorniť. Ďalej sú popísané rôzne normalizované formy zápisu booleovskych funkcií, primárne algebraická normálna forma.

2.1 Definícia booleovskej funkcie

Ako uvádza Crama [1], booleovská funkcia je každá funkcia $f : \mathcal{B}^n \rightarrow \mathcal{B}$, kde \mathcal{B} je množina $\{0, 1\}$, n je kladné prirodzené číslo, a \mathcal{B}^n označuje n -násobný kartézsky súčin množiny \mathcal{B} samej so sebou. Každý bod funkcie $X^* = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ naberá hodnotu buď 0 alebo 1.

Celkový počet booleovských funkcií pre n premenných je 2^{2^n} . Je to dané tým, že všetkých možných kombinácií vstupných parametrov je (2^n) a parametre môžu mať hodnotu z $\{0, 1\}$. Počet možných booleovských funkcií pre niektoré hodnoty n sa nachádza v Tabuľke 2.1.

n	počet funkcií
1	4
2	16
3	256
5	4.29497×10^9

Tabuľka 2.1: Počet booleovských funkcií pre vybrané hodnoty n

V mnohých aplikáciách sa namiesto hodnôt $\{0, 1\}$ používa iná dvojica, napríklad $\{\text{true}, \text{false}\}$, $\{\text{on}, \text{off}\}$, $\{\text{áno}, \text{nie}\}$, vždy to ale označuje opačné hodnoty. Množina \mathcal{B} spolu so základnými booleovskymi operáciami konjunkciou, disjunkciou a negáciou tvorí Booleovsku algebru.

2.2 Reprezentácia booleovskych funkcií

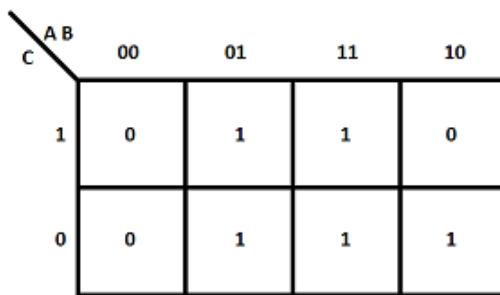
Booleovske funkcie môžu byť vyjadrené rôznymi spôsobmi. Záleží hlavne na tom, čo plánujeme s danou funkciou robiť. Niektoré zápisy sú vhodnejšie na matematické výpočty, iné zase na prehľadné prezeranie dát.

Prvým možným zápisom je tzv. pravdivostná tabuľka. Je to tabuľka, v ktorej na každom riadku je hodnota funkcie pri inú kombináciu vstupných hodnôt funkcie. Pravdivostné tabuľky majú dobré využitie pre funkcie do 4-5 parametrov. Pre vyšší počet parametrov sa stávajú neprehľadnými pre vysoký počet možných kombinácií. Príklad pravdivostnej tabuľky pre 2 vstupné hodnoty sa nachádza v Tabuľke 2.2.

(x_1, x_2)	$f(x_1, x_2)$
(0, 0)	0
(0, 1)	1
(1, 0)	1
(1, 1)	0

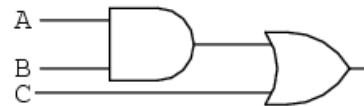
Tabuľka 2.2: Pravdivostná tabuľka

Upravenou formou pravdivostnej tabuľky je Karnaughova mapa. Je to forma zápisu ktorá prevádzza n-rozmernú booleovsku funkciu do 2-rozmernej. Využíva sa hlavne pri minimalizácii funkcií. Príklad sa nachádza na Obrázku 2.1



Obr. 2.1: Karnaughova Mapa

Ďalším zo zápisov je logický obvod. Ide o schému, ktorá graficky zobrazuje booleovsku funkciu. Tento zápis je vhodnejší pre fyzikálne zamerané úlohy, alebo pre pokročilejšie úlohy, ktoré obsahujú zložitejšie funkcie, a tie sa dajú prehľadne zobraziť logickým obvodom. Príklad zobrazenia funkcie $(A \wedge B) \vee C$ vidíme na Obrázku 2.2



Obr. 2.2: Logický obvod

V technických odvetviach sa využívajú určité štandardné výrazy, ktoré sa dajú dobre využiť pri vytváraní kombinačných obvodov. Tieto výrazy sa nazývajú normálne formy a existuje ich niekolko. Rôznymi typmi normálnych foriem sa zaobráva nasledujúca sekcia.

2.3 Normálne formy

Normálna forma je každý výraz v tvare:

$$T_1 \ op \ T_2 \ op \ T_3 \ op \ \dots \ op \ T_n$$

kde množina $\{T_1, T_2, T_3 \dots T_n\}$ sú navzájom rôzne termy rovnakého typu a op je operácia v Boolovskej algebre. Podľa typu termov a typu operácie poznáme niekoľko základných normálnych foriem.

- disjunktívna - termy sú konjunkciou premenných a operáciou je disjunkcia

- konjunktívna - termy sú disjunkciou premenných a operáciou je konjunkcia

Ak sa v každom terme v spomenutých normálnych formách vyskytuje premenná práve raz, tieto normálne formy nazývame úplná disjunktívna/konjunktívna normálna forma. Ak vynecháme redundantné členy, nazývame ich iredundantné normálne formy.

2.4 Algebraická normálna forma

Algebraická normálna forma (skrátene ANF) je jeden z možných spôsobov reprezentácie booleovských funkcií. Iný názov pre zápis v ANF je aj Zhegalkinov polynom alebo Reed-Mullerov výraz.

Celá ANF má hodnotu z množiny $\{0, 1\}$, a skladá sa z viacerých termov, ktoré majú takisto hodnotu z množiny $\{0, 1\}$. Každý term vznikol kombináciou premenných spojených operáciou AND. Termy sú spojené pomocou operácie XOR. Operácia NOT nie je v ANF povolená. Príklad algebraickej normálnej formy:

$$A \oplus B \oplus AB \oplus ABC$$

Z programátorského pohľadu môžeme hodnotu každého termu reprezentovať ako integer modulo 2. Každý term je v terminológii podľa **ODKAZ** jednoduchým polynómom, ktorý v sebe neobsahuje koeficienty ani exponenty. Koeficienty nepotrebujueme, pretože 1 je jediný nenulový koeficient. Exponenty nie sú potrebné pretože v móde modulo 2 platí: $x^2 = x$. Preto napríklad aj zložitejší polynom ako $3^x 2^y 5^z$ môžeme prepísať na xyz .

Pomocou operácií \wedge a \neg dokážeme vytvoriť všetky ostatné operácie v Booleovskej algebre. Ďalšie operácie sú tvorené len kombináciou týchto dvoch operácií. Kedže v ANF je nie povolená operácia NOT, musíme si ju nejakovo vytvoriť. Negácia v ANF vzniká XORom premennej a logickej jedničky: $x \oplus 1$.

An example application is the representation of the Boolean 2-out-of-3 threshold or median operation as the Zhegalkin polynomial $xy \oplus yz \oplus zx$, which is 1 when at least two of the variables are 1 and 0 otherwise.

- Method of Indeterminate Coefficients
- Canonical Disjunctive Normal Form

2.5 Binárne rozhodovacie diagramy

TODO

Kapitola 3

Existujúce knižnice

Existuú viaceré knižnice vytvorené za účelom manipulácie s Booleovskymi funkciami. Nasledujúca kapitola sa zaobrá niektorými vybranými, hlavne tými, ktoré využívajú binárne rozhodovacie stromy (BDD).

3.1 Colorado University Decision Diagram Package - CUDD

CUDD je verejne dostupná knižnica¹, ktorej vývoj sa začal už v 70. rokoch a nadalej pokračuje.

Balíček je možné využívať ako tzv. *black box*, teda používať len exportované funkcie, ale aj ako tzv. *clean box*, kde si programátor vie dodať vlastné doplňujúce funkcie.

Je napísaná v jazyku C a poskytuje funkcie pre manipuláciu s BDD, s algebraickými rozhodovacími diagramami (ADD, MTBDD) a s diagramami s potlačenou nulou (ZDD). Takisto poskytuje možnosť prevádzkať medzi jednotlivými typmi diagramov.

CUDD využíva ukazovatele na uzly BDD. Udržuje si počítadlo referencií. Počet premenných ovplyvňuje počet tabuľiek. Knižnica využíva heuristiku, ktorá sprístupní tabuľku výpočtov len vtedy, ak aspoň jeden argument má hodnotu počítadla referencií väčšiu než 1.

V CUDD existuje veľmi efektívny správca pamäte. Garbage Collector podľa počítadla referencií maže *mrtvé uzly*, teda uzly, ktoré majú 0 v počítadle referencií.

Ďalšie informácie o knižnici sa dajú dohľadať v manuáli [2].

- CacBDD - <http://www.kailesu.net/CacBDD/CacBDD.pdf>
- BuDDy - <http://www.drdobbs.com/the-buddy-library-boolean-expressions/184401847>
- nejaka C# knižnica - <http://dispatcher.swu.bg/BCL/>
- CORAL - <https://www.yumpu.com/en/document/view/20494846/a-modern-c-library-for-the-manipulation-of-boolean-functions>

rozpisat na podkapitoly

¹ <http://vlsi.colorado.edu/~fabio/>

Kapitola 4

TODO

ODKAZY:

Boolovske funkcie:

- Crama, Y; Hammer, P. L. (2011), Boolean Functions, Cambridge University Press.
- Hazewinkel, Michiel, ed. (2001), "Boolean function", Encyclopedia of Mathematics, Springer, ISBN 978-1-55608-010-4
- Janković, Dragan; Stanković, Radomir S.; Moraga, Claudio (November 2003). "Arithmetic expressions optimisation using dual polarity property" (PDF). Serbian Journal of Electrical Engineering. 1 (71-80, number 1). Retrieved 2015-06-07.
- Mano, M. M.; Ciletti, M. D. (2013), Digital Design, Pearson.

Pravdivostne tabulky:

- Georg Henrik von Wright (1955). "Ludwig Wittgenstein, A Biographical Sketch". The Philosophical Review. 64 (4): 527–545 (p. 532, note 9). doi:10.2307/2182631. JSTOR 2182631.
- Emil Post (July 1921). "Introduction to a general theory of elementary propositions". American Journal of Mathematics. 43 (3): 163–185. doi:10.2307/2370324. JSTOR 2370324.
- Ludwig Wittgenstein (1922) Tractatus Logico-Philosophicus http://www.gutenberg.org/ebooks/5740?msg=welcome_stranger
- Anellis, Irving H. (2012). "Peirce's Truth-functional Analysis and the Origin of the Truth Table". History and Philosophy of Logic. 33: 87–97. doi:10.1080/01445340.2011.621702.

Zhegalkin:

- Bell, Eric (1927). "Arithmetic of Logic". Transactions of the American Mathematical Society. Transactions of the American Mathematical Society, Vol. 29, No. 3. 29 (3): 597–611. doi:10.2307/1989098. JSTOR 1989098.
- Gindikin, S.G. (1972). Algebraic Logic. Moscow: Nauka (English translation Springer-Verlag 1985). ISBN 0-387-96179-8.

- Stone, Marshall (1936). "The Theory of Representations for Boolean Algebras". Transactions of the American Mathematical Society. Transactions of the American Mathematical Society, Vol. 40, No. 1. 40 (1): 37–111. doi:10.2307/1989664. ISSN 0002-9947. JSTOR 1989664.
- Zhegalkin, Ivan Ivanovich (1927). "On the Technique of Calculating Propositions in Symbolic Logic". Matematicheskii Sbornik. 43: 9–28.

KOnjunktivna NF:

- Paul Jackson, Daniel Sheridan: Clause Form Conversions for Boolean Circuits. In: Holger H. Hoos, David G. Mitchell (Eds.): Theory and Applications of Satisfiability Testing, 7th International Conference, SAT 2004, Vancouver, BC, Canada, May 10–13, 2004, Revised Selected Papers. Lecture Notes in Computer Science 3542, Springer 2005, pp. 183–198
- G.S. Tseitin: On the complexity of derivation in propositional calculus. In: Slisenko, A.O. (ed.) Structures in Constructive Mathematics and Mathematical Logic, Part II, Seminars in Mathematics (translated from Russian), pp. 115–125. Steklov Mathematical Institute (1968)

DNF:

- B.A. Davey and H.A. Priestley (1990). Introduction to Lattices and Order. Cambridge Mathematical Textbooks. Cambridge University Press.

Majority function:

- Knuth, Donald E. (2008). Introduction to combinatorial algorithms and Boolean functions. The Art of Computer Programming. 4a. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley. pp. 64–74. ISBN 0-321-53496-4.

Reed Muller:

- Kebschull, U. and Rosenstiel, W., Efficient graph-based computation and manipulation of functional decision diagrams, Proceedings 4th European Conference on Design Automation, 1993, pp. 278–282

Kapitola 5

Záver

Literatúra

- [1] CRAMA, Y.; HAMMER., P. L.: *Boolean Functions: Theory, Algorithms, and Applications*. NY, New York: Cambridge University Press, 2011, ISBN 9780521847513, doi:10.1017/CBO9780511852008.
- [2] Somenzi, F.: CUDD: CU Decision Diagram Package 3.0.0. [Online; 19.01.2017]. URL <http://vlsi.colorado.edu/~fabio/CUDD/cudd.pdf>

Prílohy

Príloha A

Jak pracovat s touto šablonou

V této kapitole je uveden popis jednotlivých částí šablony, po kterém následuje stručný návod, jak s touto šablonou pracovat.

Jedná se o přechodnou verzi šablony. Nová verze bude zveřejněna do konce roku 2016 a bude navíc obsahovat nové pokyny ke správnému využití šablony, závazné pokyny k vypracování bakalářských a diplomových prací (rekapitulace pokynů, které jsou dostupné na webu) a nezávazná doporučení od vybraných vedoucích. Jediné soubory, které se v nové verzi změní, budou projekt-01-kapitoly-chapters.tex a projekt-30-prilohy-appendices.tex, jejichž obsah každý student vymaže a nahradí vlastním. Šablonu lze tedy bez problémů využít i v současné verzi.

Popis částí šablony

Po rozbalení šablony naleznete následující soubory a adresáře:

bib-styles Styly literatury (viz níže).

obrazky-figures Adresář pro Vaše obrázky. Nyní obsahuje placeholder.pdf (tzv. TODO obrázek, který lze použít jako pomůcku při tvorbě technické zprávy), který se s prací neodevzdává. Název adresáře je vhodné zkrátit, aby byl jen ve zvoleném jazyce.

template-fig Obrázky šablony (znak VUT).

fitthesis.cls Šablona (definice vzhledu).

Makefile Makefile pro překlad, počítání normostran, sbalení apod. (viz níže).

projekt-01-kapitoly-chapters.tex Soubor pro Váš text (obsah nahraďte).

projekt-20-literatura-bibliography.bib Seznam literatury (viz níže).

projekt-30-prilohy-appendices.tex Soubor pro přílohy (obsah nahraďte).

projekt.tex Hlavní soubor práce – definice formálních částí.

Výchozí styl literatury (czechiso) je od Ing. Martínka, přičemž anglická verze (englishiso) je jeho překladem s drobnými modifikacemi. Oproti normě jsou v něm určité odlišnosti, ale na FIT je dlouhodobě akceptován. Alternativně můžete využít styl od Ing. Radima Loskota

nebo od Ing. Radka Pyšného¹. Alternativní styly obsahují určitá vylepšení, ale zatím nebyly řádně otestovány větším množstvím uživatelů. Lze je považovat za beta verze pro zájemce, kteří svoji práci chtějí mít dokonalou do detailů a neváhají si nastudovat detaily správného formátování citací, aby si mohli ověřit, že je vysázený výsledek v pořádku.

Makefile kromě překladu do PDF nabízí i další funkce:

- přejmenování souborů (viz níže),
- počítání normostran,
- spuštění vlny pro doplnění nezlomitelných mezer,
- sbalení výsledku pro odeslání vedoucímu ke kontrole (zkontrolujte, zda sbalí všechny Vámi přidané soubory, a případně doplňte).

Nezapomeňte, že vlna neřeší všechny nezlomitelné mezery. Vždy je třeba manuální kontrola, zda na konci řádku nezůstalo něco nevhodného – viz Internetová jazyková příručka².

Pozor na číslování stránek! Pokud má obsah 2 strany a na 2. jsou jen „Přílohy“ a „Seznam příloh“ (ale žádná příloha tam není), z nějakého důvodu se posune číslování stránek o 1 (obsah „nesedí“). Stejný efekt má, když je na 2. či 3. stránce obsahu jen „Literatura“ a je možné, že tohoto problému lze dosáhnout i jinak. Řešení je několik (od úpravy obsahu, přes nastavení počítadla až po sofistikovanější metody). **Před odevzdáním proto vždy překontrolujte číslování stran!**

Doporučený postup práce se šablonou

1. **Zkontrolujte, zda máte aktuální verzi šablony.** Máte-li šablonu z předchozího roku, na stránkách fakulty již může být novější verze šablony s aktualizovanými informacemi, opravenými chybami apod.
2. **Zvolte si jazyk**, ve kterém budete psát svoji technickou zprávu (česky, slovensky nebo anglicky) a svoji volbu konzultujte s vedoucím práce (nebyla-li dohodnuta předem). Pokud Vámi zvoleným jazykem technické zprávy není čeština, nastavte příslušný parametr šablony v souboru projekt.tex (např.: `documentclass[english]{fitthesis}`) a přeložte prohlášení a poděkování do angličtiny či slovenštiny.
3. **Přejmenujte soubory.** Po rozbalení je v šabloně soubor projekt.tex. Pokud jej přeložíte, vznikne PDF s technickou zprávou pojmenované projekt.pdf. Když vedoucímu více studentů pošle projekt.pdf ke kontrole, musí je pracně přejmenovávat. Proto je vždy vhodné tento soubor přejmenovat tak, aby obsahoval Váš login a (případně zkřácené) téma práce. Vyhnete se však použití mezer, diakritiky a speciálních znaků. Vhodný název tedy může být např.: „xlogin00-Cistení-a-extrakce-textu.tex“. K přejmenování můžete využít i přiložený Makefile:

```
make rename NAME=xlogin00-Cistení-a-extrakce-textu
```

¹BP Ing. Radka Pyšného <http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/BP.php?id=7848>

²Internetová jazyková příručka <http://prirucka.ujc.cas.cz/?id=880>

4. Vyplňte požadované položky v souboru, který byl původně pojmenován projekt.tex, tedy typ, rok (odevzdání), název práce, svoje jméno, ústav (dle zadání), tituly a jméno vedoucího, abstrakt, klíčová slova a další formální náležitosti.
5. Nahraďte obsah souborů s kapitolami práce, literaturou a přílohami obsahem své technické zprávy. Jednotlivé přílohy či kapitoly práce může být výhodné uložit do samostatných souborů – rozhodnete-li se pro toto řešení, je doporučeno zachovat konvenci pro názvy souborů, přičemž za číslem bude následovat název kapitoly.
6. Nepotřebujete-li přílohy, zakomentujte příslušnou část v projekt.tex a příslušný soubor vyprázdněte či smažte. Nesnažte se prosím vymyslet nějakou neúčelnou přílohu jen proto, aby daný soubor bylo čím naplnit. Vhodnou přílohou může být obsah přiloženého paměťového média.
7. Nascanované zadání uložte do souboru zadani.pdf a povolte jeho vložení do práce parametrem šablony v projekt.tex (`documentclass[zadani]{fitthesis}`).
8. Nechcete-li odkazy tisknout barevně (tedy červený obsah – bez konzultace s vedoucím nedoporučuji), budete pro tisk vytvářet druhé PDF s tím, že nastavíte parametr šablony pro tisk: (`documentclass[zadani,print]{fitthesis}`). Barevné logo se nesmí tisknout černobíle!
9. Vzor desek, do kterých bude práce vyvázána, si vygenerujte v informačním systému fakulty u zadání. Pro disertační práci lze zapnout parametrem v šabloně (více naleznete v souboru fitthesis.cls).
10. Nezapomeňte, že zdrojové soubory i (obě verze) PDF musíte odevzdat na CD či jiném médiu přiloženém k technické zprávě.

Pokyny pro oboustranný tisk

- Zapíná se parametrem šablony: `\documentclass[twoside]{fitthesis}`
- Po vytisknutí oboustranného listu zkонтrolujte, zda je při prosvícení sazební obrazec na obou stranách na stejně pozici. Méně kvalitní tiskárny s duplexní jednotkou mají často posun o 1–3 mm. Toto může být u některých tiskáren řešitelné tak, že vytisknete nejprve liché stránky, pak je dáte do stejného zásobníku a vytisknete sudé.
- Za titulním listem, obsahem, literaturou, úvodním listem příloh, seznamem příloh a případnými dalšími seznamy je třeba nechat volnou stránku, aby následující část začínala na liché stránce (`\cleardoublepage`).
- Konečný výsledek je nutné pečlivě překontrolovat.

Užitečné nástroje

Následující seznam není výčtem všech využitelných nástrojů. Máte-li vyzkoušený osvědčený nástroj, neváhejte jej využít. Pokud však nevíte, který nástroj si zvolit, můžete zvážit některý z následujících:

MiK_TE_X L^AT_EX pro Windows – distribuce s jednoduchou instalací a vynikající automatizací stahování balíčků.

TeXstudio Přenositelné opensource GUI pro L^AT_EX. Ctrl+klik umožňuje přepínat mezi zdrojovým textem a PDF. Má integrovanou kontrolu pravopisu, zvýraznění syntaxe apod. Pro jeho využití je nejprve potřeba nainstalovat MikTeX.

JabRef Pěkný a jednoduchý program v Java pro správu souborů s bibliografií (literaturou). Není potřeba se nic učit – poskytuje jednoduché okno a formulář pro editaci položek.

InkScape Přenositelný opensource editor vektorové grafiky (SVG i PDF). Vynikající nástroj pro tvorbu obrázků do odborného textu. Jeho ovládnutí je obtížnější, ale výsledky stojí za to.

GIT Vynikající pro týmovou spolupráci na projektech, ale může výrazně pomoci i jednomu autorovi. Umožňuje jednoduché verzování, zálohování a přenášení mezi více počítači.

Overleaf Online nástroj pro L^AT_EX. Přímo zobrazuje náhled a umožňuje jednoduchou spolupráci (vedoucí může průběžně sledovat psaní práce), vyhledávání ve zdrojovém textu kliknutím do PDF, kontrolu pravopisu apod. Zdarma jej však lze využít pouze s určitými omezeními (někomu stačí na disertaci, jiný na ně může narazit i při psaní bakalářské práce) a pro dlouhé texty je pomalejší.

Užitečné balíčky pro L^AT_EX

Studenti při sazbě textu často řeší stejné problémy. Některé z nich lze vyřešit následujícími balíčky pro L^AT_EX:

- `amsmath` – rozšířené možnosti sazby rovnic,
- `float`, `afterpage`, `placeins` – úprava umístění obrázků,
- `fancyvrb`, `alltt` – úpravy vlastností prostředí Verbatim,
- `makecell` – rozšíření možností tabulek,
- `pdflscape`, `rotating` – natočení stránky o 90 stupňů (pro obrázek či tabulku),
- `hyphenat` – úpravy dělení slov,
- `picture`, `epic`, `eepic` – přímé kreslení obrázků.

Některé balíčky jsou využity přímo v šabloně (v dolní části souboru fitthesis.cls). Nahlednutí do jejich dokumentace může být rovněž užitečné.

Sloupec tabulky zarovnaný vlevo s pevnou šířkou je v šabloně definovaný „L“ (používá se jako „p“).