

Střední průmyslová škola Třebíč

Maturitní práce

Hashtesting

Profilová část maturitní zkoušky

Studijní obor: Informační technologie

Třída: ITA4

Školní rok: 2024/2025 Kamil Franek

Zadání práce

ABSTRAKT

Maturitní práce na téma hashování, jeho využití a typy hashovacích funkcí. Zabývá se problematikou spojenou s hashováním a vysvětlení použití hashování v IT. Tento dokument popisuje použitou technologii, praktiky a vytváření samotného programu a všeho okolo. Výsledný program disponuje základními i rozšířenými funkcemi práce s hashem a soubory pro zvýšení efektivity práce. Dále disponuje okénkem pro informace, vysvětlení rozdílů mezi hashovacími funkcemi, rozdíl mezi použitím a nepoužitím soli a dalších informací za účelem zvýšení chápání daného téma pro uživatele.

KLÍČOVÁ SLOVA

Maturitní práce, Výuka, Hash, Kybernetický útok, Integrita dat

ABSTRACT

\*abstrakt anglicky\*

KEYWORDS

\*klíčová slova anglicky\*

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Ladislavu Havlátu za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování maturitní práce.

V Třebíči dne 20. března 2025 podpis autora

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval/a samostatně a uvedl/a v ní všechny prameny, literaturu a ostatní zdroje, které jsem použil/a.

V Třebíči dne 20. března 2025

podpis autora

Obsah

[Úvod 7](#_Toc193364478)

[1 Teorie hashovaní 8](#_Toc193364479)

[1.1 Použití Hashů 8](#_Toc193364480)

[1.2 Použité Hashe 8](#_Toc193364481)

[1.2.1 MD5 8](#_Toc193364482)

[1.2.2 SHA1/SHA256/SHA512 9](#_Toc193364483)

[1.2.3 RIPEMD160 10](#_Toc193364484)

[1.2.4 CRC32 10](#_Toc193364485)

[1.3 Sůl, Pepř a jejich používání 11](#_Toc193364486)

[1.4 Kybernetické útoky na hashe 12](#_Toc193364487)

[1.4.1 Pravděpodobnost kolize (Narozeninový paradox) 13](#_Toc193364488)

[1.5 Útoky 15](#_Toc193364489)

[1.5.1 Duhové tabulky a slovníkové útoky 16](#_Toc193364490)

[1.5.2 Útok hrubou silou 17](#_Toc193364491)

[1.5.3 Pass the Hash 18](#_Toc193364492)

[2 Použité programy a technologie 19](#_Toc193364493)

[2.1 C# a .NET 19](#_Toc193364494)

[2.2 Visual Studio 2022 19](#_Toc193364495)

[2.3 Visual Code 19](#_Toc193364496)

[2.4 Git/Github a Github Desktop 20](#_Toc193364497)

[2.5 Freelo.io 20](#_Toc193364498)

[2.6 Wayback Machine 21](#_Toc193364499)

[2.7 Online hashers 22](#_Toc193364500)

[3 Hashovací třídy 23](#_Toc193364501)

[3.1 Rozdělení 23](#_Toc193364502)

[3.2 Základní hashovací metody 23](#_Toc193364503)

[3.3 Multi-Hashování 25](#_Toc193364504)

[3.4 Postupné Hashování 26](#_Toc193364505)

[3.5 Práce se solí a pepřem 27](#_Toc193364506)

[3.6 Kontrolní součet 30](#_Toc193364507)

[3.7 Hledání kolize 31](#_Toc193364508)

[3.8 Multithreading 34](#_Toc193364509)

[3.8.1 Problémy s Multithreadingem 34](#_Toc193364510)

[3.8.2 Async a Await 35](#_Toc193364511)

[3.8.3 Interlocked.Increment 35](#_Toc193364512)

[3.8.4 Invoke 36](#_Toc193364513)

[3.8.5 CancellationTokenSource 36](#_Toc193364514)

[3.9 Výpočet prolomení hesla 36](#_Toc193364515)

[3.10 Slovníkový útok 38](#_Toc193364516)

[3.11 Útok duhovou tabulkou 39](#_Toc193364517)

[3.11.1 Generování duhové tabulky 40](#_Toc193364518)

[3.11.2 Generování duhové tabulky pomocí více vláken 41](#_Toc193364519)

[3.12 Útok hrubou silou 43](#_Toc193364520)

[4 Funkce Programu a UI 48](#_Toc193364521)

[4.1 Hlavní Formulář 48](#_Toc193364522)

[4.1.1 Strip menu 48](#_Toc193364523)

[4.2 Záznam 54](#_Toc193364524)

[4.3 Třída Settings 54](#_Toc193364525)

[4.4 Třída FormManagement 59](#_Toc193364526)

[4.5 Jazyk a lokalizace 60](#_Toc193364527)

[4.6 Frekvence UI formulář 64](#_Toc193364528)

[4.7 Nastavení CPU a vláken formulář 65](#_Toc193364529)

[4.8 Formulář postupného hashování 66](#_Toc193364530)

[4.9 Formulář pro kontrolu souborů 67](#_Toc193364531)

[4.10 Formulář pro práci se solí/pepřem 69](#_Toc193364532)

[4.11 Formulář pro vícenásobné hashování 72](#_Toc193364533)

[4.12 Formulář pro hledání kolizí 73](#_Toc193364534)

[4.13 Formulář pro útoky na hesla 75](#_Toc193364535)

[5 Statistiky 76](#_Toc193364536)

[Závěr 77](#_Toc193364537)

[Seznam použitých zdrojů 78](#_Toc193364538)

[Seznam použitých symbolů a zkratek 79](#_Toc193364539)

[Seznam obrázků 80](#_Toc193364540)

[Seznam tabulek 81](#_Toc193364541)

[Seznam příloh 82](#_Toc193364542)

Úvod

Cílem této ročníkové práce a programu je zjednodušení práce s hashy, ukázka rozdílů mezi hashovacími funkcemi, používání soli a pepře, ukázka postupného hashování pomocí mezikroků, silné a slabé stránky hashů, kde a proč se používají. Dále program obsahuje test prolomení hesla pomocí útoku hrubou silou, slovníkovým útokem a útokem s duhovými tabulkami. V dokumentu jsou popsány použité programy a technologie, jak jsou použité a proč jsou použité. V praktické části je popsána celá cesta dělání programu, hlavní problémy, trable a vysvětlení fungování celého programu s ukázkami samotného kódu, testování a různé obrázky z pracovního postupu. V závěru jsou popsány moje pocity z práce na projektu a spokojenost s finální verzí programu.

# Teorie hashovaní

Hashování je matematický algoritmus pro převod dat do předem určitého dlouhého výstupu podle algoritmu tzv. hashovací funkce. Hashe mají několik výtečných vlastností: vstupní data můžou být jakkoliv dlouhá, minimální změna v datech znamená velký rozdíl ve výstupech, s větší výstupní délkou se exponenciálně zmenšuje šance na stejnost výstupních hodnot při jiném vstupu a ta nejdůležitější, nedá se získat z výstupních dat vstupní data (bez použití kybernetických útoků), znamenaje, že proces je jednosměrný. Díky tomu se hash bere jako unikátní otisk vstupních dat. [1]

## Použití Hashů

Hashe se používání k uschování důležitých informací (například hesel), kde pro bezpečnost nechceme dostat vstupní data zpátky, dělání kontroly a integrity dat (kontrolní součet), vytváření a ověřování elektronického podpisu (třeba pro bankovnictví nebo email ověření), hledání škodlivého malwaru antivirovým programem, k hledání úseků DNA sekvencí atd. [1]

## Použité Hashe

Existuje spoustu hashovacích funkcí a každá má svoje výhody, nevýhody a využití pro jiné účely. Tady je informace pro hashovací funkce, které jsou použity v programu.

### MD5

MD5 (Message-Digest Algorithm) pochází z rodiny „Message-Digest“ neboli algoritmus na strávení zprávy. Předchůdci MD5 jsou hashovací funkce MD2 a MD4, všechny tři vytvořeny a vydány Ronaldem Rivestem. MD2 byl vydán v roce 1989, MD4 jakožto pokračovatel v 1990 a MD5 jakožto vylepšená verze MD5 v roce 1991. MD5, na rozdíl od svých předchůdců, je docela složitý algoritmus na rozlousknutí. Používá 4 kola, místo 3 kol jako MD4, a pomocí matematických operací s maticemi vypočítá výstup. Délka výstupu hashe je 128 bitů. I přes jeho používání v tehdejší a dnešní době se v MD5 našla řada chyb, které by mohly být při ukládání hesel závažné. MD5 je totiž poměrně náchylný na takzvaný brute force attack, česky útok hrubou silou. [1][2]



Obrázek Příklad 1. kola hashovací funkce MD5

### SHA1/SHA256/SHA512

SHA, Secure-Hash Algorithm neboli bezpečná hashovací funkce je další velice známý a používaná hashovací funkce. SHA se bere za nástupce MD5 s větší bezpečností a delším výstupem (SHA1 – 160 bitů. SHA256 – 256 bitů, SHA512 – 512 bitů). SHA1 byla první verze SHA vydaná v roce 1995, nepočítaje SHA-0, což byla rychle zapomenutá „před“ verze SHA-1. SHA je rodina vytvořena a zveřejněna americkým ústavem pro technologické standardy (National Institute of Standards and Technology [NIST]). [3][4]

V roce 2005 byl na SHA1 nalezen možný útok a proto v roce 2010 vyšla skupina SHA-2, což je skupina několika hashovacích funkcí, u kterých se mění délka výstupu (pro nás důležité SHA 256 a SHA512, dále se nachází SHA-224 a SHA-384. Čísla na konci znamenají délku výstupu v bitech). Skupina SHA-2 se dodnes považují za bezpečné hashovací algorithmy pro integritu dat a ukládání hesel. [5]

Funkce SHA-256 se využívá ve virtuálních měnách jako třeba Bitcoin. Hlavní premise takzvaných těžiček je najít vstup zahashovaného textu pomocí SHA-256 funkce. [6]

„Google oznámil, že se mu [podařilo prolomit bezpečnost](https://security.googleblog.com/2017/02/announcing-first-sha1-collision.html) hašovací funkce SHA-1. Od [první publikované slabiny](https://www.schneier.com/blog/archives/2005/02/cryptanalysis_o.html) po úspěšný útok tak uběhlo deset let. Dva roky trvalo vědcům z CWI Institute in Amsterdam a společnosti Google, než dokončili práci na slabině a přinesli důkaz toho, že kolizní funkce existuje a významně urychluje útok.“ [7] Přikládám URL adresu projektu SHAttered: <https://shattered.io/>

### RIPEMD160

RipeMD160 je hashovací funkce, která měla za účel nahradit MD4 a MD5, stejně jako SHA1. Hlavní rozdíl je, že RipeMD160 byla vyvinuta v EU jakožto součást projektu RIPE (RACE Integrity Primitives Evaluation, 1988-1992). RipeMD160 byla vytvořena Hansem Dobbertinem, Antoonem Bosselaersem a Bartem Preneelem. Spolu s RipeMD128, RipeMD256 a RipeMD320 byly vydány v roce 1996. Všechny tyto verze vstávají z originální RipeMD hashovací funkce, která byla vydána roku 1992. Dnes všechny tyto verze RipeMD nejsou doporučovány používat, i když v lepších verzích RipeMD (vydány v 1996) nebyly nalezeny žádné kolize. [8]

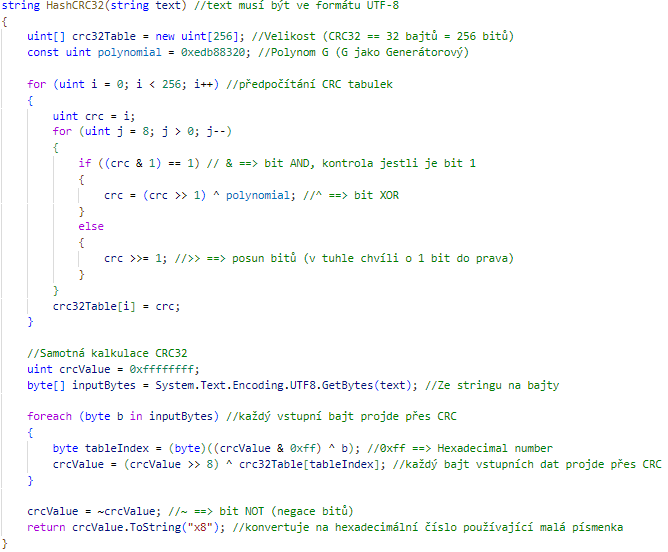
V originálním RipeMD z roku 1992 byla nalezena kolize v roce 2004. Pro maximální bezpečnost se může používat Hash160, což je kombinace SHA256 a RipeMD160, kde vstup prvně projde SHA256 a výsledek poté projde přes RipeMD160. Hash160 se používá u Bitcoinu jako identifikátor pro úschovu peněženky. [9] <https://www.hash160.com/>

### CRC32

CRC32 je hashovací funkce z rodiny cyclic redundancy check neboli cyklická redundantní součet (CRC) je hashovací funkce zaměřená na kontrolní součet a integritu dat. Kvůli tomuto využití jsou všechny CRC velice rychlé. Rodina CRC byla zveřejněna W. Wesley Petersonem v 1961. Nejznámější a nejpoužívanější funkce z rodiny CRC jsou CRC32, která se používá v „ISO 3309 (HDLC), ANSI X3.66 (ADCCP), FIPS PUB 71, FED-STD-1003, ITU-T V.42, ISO/IEC/IEEE 802-3 (Ethernet), SATA, MPEG-2, PKZIP, Gzip, Bzip2, POSIX cksum, PNG, ZMODEM atd.“ [10], a CRC16, které se používá v Bluetooth, SD, X.25, v různých mobilních sítích, USB a mnoho dalších. [11]

Wesley Petersonovi byla za návrh CRC udělena cena „Japan Prize“ v roce 1999. [12] Co se týče hashování důležitých dat, klíčů a bezpečnostních prvků nemá CRC mnoho využití, ale jakožto funkce pro kontrolní součet jich má nespočet.

#### Výpočet CRC

Základ celého výpočtu CRC jsou polynomy. Každý jeden bit v určité délce může být zapsán do polynomu. Příklad (1101) může být zapsán jako . poslední bit reprezentuje 1, druhý bit x, třetí atd. CRC32 má až a CRC16 až . Tento výpočet pro CRC32 je v mém kódu reprezentován druhým cyklem for (uint j = 8; j > 0; j--); Výpočet se prodeve tolikrát, kolik je výstupní délka v bitech (pro CRC32 to je 256, pro CRC16 to je rovno 128). Náš vytvořený polynom je poté porovnán operací XOR (Exclusive OR, které vrací 0, pokud jsou obě hodnoty stejné a 1, pokud jsou jiné).

Další část je porovnávání vstupních bajtů s bajty v tabulce. Index tabulky je zjištěn pomocí předběžného výstupu CRC (pro první projití je do hodnoty CRC nastavena nejvyšší hodnota), operací AND (AND vrací log. 1 pouze pokud jsou oba bity log. 1) a pomocí operace XOR se vstupem. Dále se na CRC výstupu posune 8 bitů do prava, tímto se 8 bitů vpravo efektivně ztratí a provede se XOR operace s tabulkovou hodnotou na indexu předchozího výpočtu. Na závěr se celý výstup ještě neguje bit po bitu (operace NOT). [10][11]

## Sůl, Pepř a jejich používání

Hashovací sůl a pepř jsou další vrstvou pro bezpečnost hashování. Sůl je náhodně vygenerována před generováním a dává se před samotnými daty. Může mít jakoukoliv délku, záleží na správci, který bude hodnotu ukládat. Díky soli se chráníme před takzvanými rainbow tables útoky a útoky hrubou silou.

Pepř je podobný jako sůl, jenže je většinou krátký, dává se na konec dat místo před data a nikde se neukládá. To znamená, že musíme provést všechny možné kombinace hashů a porovnávat výsledné hashe abychom zjistili shodu. Jediná nevýhoda pepře je, že musíme hashovací a porovnávací proces dělat několikrát, což výrazně zvýší prodlevu. V praxi se používají sůl i pepř pro maximální ochranu hesel. [13]

Příklad: Máme heslo “TestingPassword123”. Díky soli se před heslo vygeneruje sůl “a0\_X”, která je někde v tabulce uložena. Před heslo se vygeneruje pepř o délce jednoho ASCII znaku. To znamená že při každém pokusu o přihlášení se před heslo dá sůl a za heslo se postupně zkouší “000”, poté “001”, “010” a tak dale, dokud se nevyzkouší všechny kombinace pepře. Pokud žádný z těchto pepřových kombinací nevýjde, heslo je zadáno špatně.

Všechny hashe jsou šifrované v hashovací funkci MD5.  
(bez soli) TestingPassword123 == 1d898af5dbe7c9e07fc473e248f623a1  
(se solí) a0\_XTestingPassword123 == 5a6c1e14762baf73406b7267a8afae88  
(sůl I pepř) a0\_XTestingPassword123C == d7d0d822ce9faea482a0c5ae372d0ed0

## Kybernetické útoky na hashe

Hashe dokážou zpracovat jakékoliv množství dat a vrátit jenom určitou délku, to ovšem znamená menší problémy. Různé vstupní data mohou vracet stejnou hodnotu hashe, což v případě, že používáme hashe pro ukládání hesel znamená velký bezpečnostní problém. Šance kdy se něco takového může stát je závislá na délce výstupního hashe, proto se doporučuje používat delší a bezpečnější hashe pro ukládání důležitých dat (jako třeba hesel), jako třeba SHA-256 či SHA-512.

Pravděpodobnost si můžeme sami vypočítat pomocí jednoduchého zvorečku. Počet všech kombinací u hashovací funkce je rovna . To znamená že CRC32 má šanci 1 ku (skoro 4.3 miliardy kombinací) neboli 0.0000000233%. To se může zdát jako velice malá šance, jenomže tohle je šance jenom mezi 2 hashemy. Když započítáme šanci každého s každým (použití takzvaného narozeninového paradox), když hledáme čistě jenom kolize, počet všech kombinací se nám sníží na .

„Narozeninový paradox nám říká, že pokud máme v místnosti 23 lidí, existuje přibližně padesátiprocentní šance, že se dva z nich narodili ve stejný den. Toto je velice důležitý fakt, který nám dává dolní ohraničení pro délku hashe produkovaného dobrou kryptografickou hashovací funkcí.“ „Pokud budeme mít například 40-bitovou zprávu, abychom našli kolizi s pravděpodobností 0.5, potřebujeme pouze 2^20 náhodných hashů.“ [14, strana 2]

Tabulka Šance na najití kolize

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Hashovací funkce | Velikost hashe  (bit) | Počet možných kombinací (zaokrouhleno) | 50% šance při hledání kolize (zaokrouhleno) |
| MD5 | 128 | 3,40e+38 | 18 446 744 073 709 551 616 |
| SHA-1 | 160 | 1,46e+48 | 1 208 925 819 614 629 174 706 176 |
| SHA256 | 256 | 1,15e+77 | 3,40e+38 |
| SHA512 | 512 | 1,346e+154 | 1,15e+77 |
| CRC32 | 32 | 4 294 967 296 | 65 536 |

### Pravděpodobnost kolize (Narozeninový paradox)

https://www.youtube.com/watch?v=yQ1pGhMRLKI

Pokud ovšem hashujeme více než dva vstupy, například při hledání kolize, pravděpodobnost kolize vzrůstá. Při **více projetí** se totiž pravděpodobnost kolize řídí tzv. „narozeninovým paradoxem“. Pravděpodobnost, že mezi vygenerovanými hashy alespoň jednou nastane kolize lze vypočítat podle vzorce pro kombinatoriku:

Tento vzorec je velice přesný, ovšem pro počítání skoro až nereálný, jelikož při N = jako to je u RipeMD-160 naprosto vyloučeno. Naštěstí si můžeme vzorec poupravit do mnohem lepší formy.

Tato upravená verze není až tak přesná, ale dá se mnohem snadněji vypočítat. [15, strana 11 a 12]  
k = počet vygenerovaných hashů  
e = eulerovo číslo (přibližně 2.718)  
N = počet možných hashů ()  
P ≥ zaokrouhlená šance na kolizi (mezi 0 a 1 / 0% a 100%)

Graf Šance na nalezení kolize pro CRC32

Jak můžeme vidět, hledání kolizí je exponenciální. Díky narozeninovému paradoxu se nám drasticky zmenšuje počet projití, které je potřeba na najití jakékoliv jedné kolize. Pokud chceme najít pravděpodobnost kolize v určité šanci, třeba na 23 % (tedy p=0.23), můžeme si poupravit naši rovnici a získat vzorec   
(ln je přirozený logaritmus neboli logaritmus o základu e) ze které po dosazení vznikne , n ≐ 47 382. Po projití 47 382 hashů máme 23% šanci na naleznutí kolize.

Tento způsob výpočtu má dva problémy. Problém jedna je, že , jelikož bychom se dostali k dělení 0 v jmenovateli, ==> , proto musíme dosadit co nejbližší číslo menší než 1, což je 0.99 periodický. Další problém je zaokrouhlování, protože pomocí jedné metody () nám vychází, že 50 % na najití kolize je zaokrouhleně 65 tisíc, jenže pomocí našeho upraveného vzorečku pro p nám vychází zaokrouhleně 74 tisíc (tento útvar jde vidět v grafu).

Tady dokazuji, že exponenciální rovnice je pro všechny hashovací funkce stejná. Konce grafů ovšem neukazují 100% úspěšnost, jelikož 100% úspěšnost lze získat pouze zkoušením všech možných kombinací.

## Útoky

Jak už bylo zmíněno, na hashe a hlavně hesla existuje pár specifických útoků. Většinou jsou útoky zamýšlené na získání hesla či nějakého klíče či certifikátu, jako to používají cookies (sušenky) na webových prohlížečích. [16] Mezi nejrozšířenější jsou duhové tabulky a slovníkové útoky, útok hrubou silou a pass the hash.

### Duhové tabulky a slovníkové útoky

Slovníkový útok a útok pomocí duhové tabulky můžou na první pohled vypadat jako jeden a ten samý útok, jenže tady je jeden hlavní rozdíl. Oba útoky jsou nějaká databáze potenciálních hesel, jediný rozdíl je, že duhová tabulka vyhledává už zahešovaný výstup, nikoliv jeho vstup. Vstup si je schopná odvodit z nalezeného hashe. Naopak slovníkový útok se snaží najít počátek hashe.

Slovníkový útok se použije v případě, kdy nemáme přístup k databázi se zahešovanými hesly. Nádherný příklad je přihlášení. Zkoušíme všechna možná hesla ze seznamu, dokud nás jedno nedostane dovnitř. Pokud nenajdeme žádnou shodu, můžeme začít útok hrubou silou. Výhoda slovníkového útoku je, že nezáleží na použití soli, jediné, na čem záleží je velikost slovníku a čas. Jeden nádherný slovník má ve svém základě Kali Linux s názvem rockyou.txt, který obsahuje přes 12 milionů často používaných hesel.

Útok s duhovými tabulkami použijeme, když jsme se nějakým způsobem dostali k už zaheshovanému heslu. Díky délce hashe můžeme docela dobře zjistit použitou funkci. Každá funkce má svoji vlastní tabulku. Místo abychom jako u slovníkového útoku hledali počátek, hledáme radši shodu ve finálním hashy. Jakmile ho najdeme, tak s ním máme i originální vstup. Největší obtíže tomuto stylu útoku dělá používání soli a pepře při hashování vstupu. Jelikož skladování jak vstupu, tak výstupu může být u nějakých hashovacích funkcí náročné na místo (SHA512 má 512 bitů na heslo bez vstupu => pro 10 mil. hesel nám jenom hash zabírá 640 MB).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Vlastnosti** | **Slovníkový útok** | **Útok přes duhové tabulky** |
| Rychlost hashování | Záleží na použité funkci | Předhashováno |
| Náročnost na uložiště | Malá (akorát vstup) | Velká (vstup i výstup) |
| Použitelnost | Platí na všechny funkce | Pro specifickou funkci |
| Rychlost | Pomalá (hashování) | Rychlá (hledání shody) |
| Efektivita | Záleží akorát na délce vstupu | Samostatně bezbranný proti solení/pepře |

### Útok hrubou silou

Útok hrubou silou (brute force) je nejzákladnější útok možný. Zkoušení hesel, dokud se nějakému nezadaří. Dal by se chápat, jako poslední možnost, když selžou všechny ostatní útoky. Fungování je jednoduché, začneme od nejmenšího možného znaku a postupně přidáváme, dokud se to jednoho dne nepovede. Záleží na délce hesla a na použitých znacích. Heslo může být 8 míst dlouhé, ale pokud víme, že používá pouze číslice, tak máme velikou výhodu. Vzorec pro vypočítání všech možných kombinací je . [17] V našem případě to je milionů možných kombinací. To možná zní jako hodně, ale když jedna grafická karta RTX 4090 dokáže zvládnout 200 tisíc hashů za sekundu BCryptu[[1]](#footnote-1) a 300 milionů hashů NTLM [[2]](#footnote-2) [17], tak 100 milionu najednou nezní tak krásně.

Při použití všech doporučených znaků pro heslo, což je malá písmena (26 znaků), velká písmena (26 znaků), číslice (10 znaků) a speciální znaky (33 znaků\*), tak máme dohromady 95 možných použitelných znaků. Minimální doporučená délka je 7 znaků, takže počet kombinací je , což je skoro 70 bilión kombinací, což může jedné RTX 4090 trvat při použití MD5 necelých 5 dní. [19, řádek 41] Můžeme zvýšit velikost hesla, ale útočník může zvýšit počet grafik. Naštěstí 15 znaků dlouhé heslo pořád nezvládne ani 10 vysoce výkonných grafických karet zvládnout za skoro 300 miliard let. [17]

### Pass the Hash

Hlavní důvod proč se hashování používá pro hesla je zabránit tomu, aby si někdo při komunikaci mohl jen tak vzít packet a přečíst si naše heslo. Když by někdo odposlouchával zaheshované heslo, tak musí pomocí dalšího útoku (například slovníkového) zjistit originální vstup. To, jak už určitě víme trvá spousty a spousty času a je díky tomu mnohem efektivnější dostat heslo jiným způsobem (třeba sociální inženýrství). Když ale na server přichází pouze zahashované heslo, a ne doopravdy heslo, proč bychom nemohli na daný server prostě poslat náš hash. O tomto je přesně pass the hash útok. Získat hash oběti je mnohem jednodušší než získat její heslo. Nejúčinnější je tento útok pro NTLM. Originální útok je od Paula Ashtona a byl zveřejněn roku 1997. Dokonce existuje i „toolkit“ pro zkoušení tohoto útoku přímo ve Windows či Kali Linuxu (Windows: <https://github.com/byt3bl33d3r/pth-toolkit>) (Kali: [https://www.kali.org/tools/passing-the-hash/).](https://www.kali.org/tools/passing-the-hash/).%20) [21] [22]

# Použité programy a technologie

Každý správný projekt potřebuje použití několika programů či stránek pro zlepšení práce na projektu. Každý použitý program či stránka jsou popsané k čemu slouží, teorii, popřípadě vysvětlení jak fungují a proč jsem je použil.

## C# a .NET

„Jazyk C# je multiplatformní jazyk pro obecné účely, který vývojářům umožňuje produktivní práci při psaní vysoce výkonného kódu. S miliony vývojářů je jazyk C# nejoblíbenějším jazykem .NET. Jazyk C# má širokou podporu v ekosystému a všech úlohách .NET. Na základě objektově orientovaných principů zahrnuje mnoho funkcí z jiných paradigmat, nikoli z nejméně funkčního programování. Funkce nízké úrovně podporují scénáře vysoké efektivity bez psaní nebezpečného kódu. Většina modulů runtime a knihoven .NET je napsaná v jazyce C# a pokroky v jazyce C# často využívají všechny vývojáře .NET.“ [23]

Programovací jazyk je základ všeho a jelikož jsem chtěl mít jistotu, tak jsem si vybral možnost, kterou velice dobře znám. Visual Studio, .NET framework pro Windows a s tím i spojený jazyk C#.

## Visual Studio 2022

Hlavní důvod vybrání si Visual Studia a .NET frameworku je jednoduchost k přidání knihoven a manipulace s nimi. Hashování je provedeno přes „System.Security.Cryptography“ knihovnu, která je v základu s .NET frameworkem. Tuto knihovnu používám pro všechny hashe použité v programu, až na CRC32. Dále poskytuje spousty UI elementů a práci s formulářem, jednoduché přidání unit-testů, chybové hlášení, krokování programu, statistika využití CPU a RAM a mnoho dalšího.

## Visual Code

Visual Code je univerzální editor kódu. Je nejlepší s použitím jazyka Python či HMTL a PHP, ale díky jeho univerzálnosti není žádný problém dělat v C#. Jediné, co stačí je doinstalovat si rozšíření, a to vyžaduje jedno zmáčknutí tlačítka. Při používání Visual Studia není potřeba používat Visual Code, ale líbí se mi jednoduchost programu. Použil jsem program při vytváření dodatečných skriptů (jako například hasher.cs nebo settings.cs), které jsem poté naimportoval do Visual Studia.

## Git/Github a Github Desktop

„Git je verzovací systém, pomocí kterého ukládáte své projekty a veškeré jejich verze. Je to distribuovaný systém správy verzí. To znamená, že k celému kódu i jeho historii se vývojář dostane z jakéhokoliv počítače.[[3]](#footnote-3) Většina operací, které se s kódem provádějí, se dějí lokálně na disku pomocí příkazového řádku. Pokud ale chcete Git sdílet s kolegy, probíhá spolupráce téměř vždy přes centrální server nebo úložiště.“ [24]

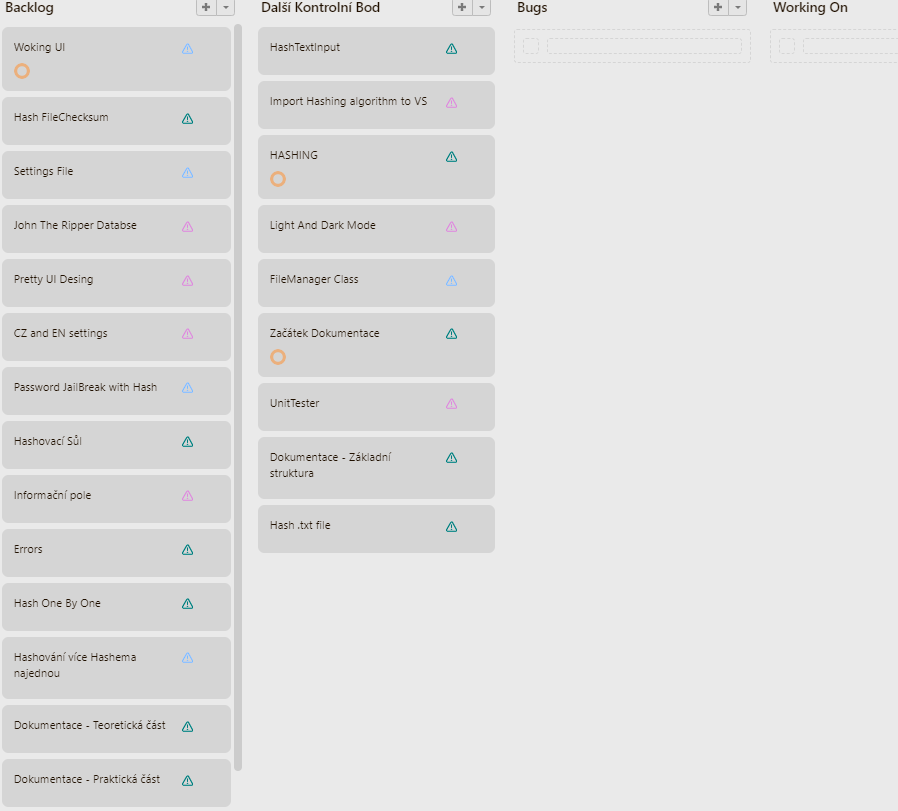
Github je webová stránka, kde se dají procházet a ukládat různé Git projekty. Github nabízí spousty služeb, článků a dokonce nabízí i předplatné pro ještě více funkcí. Jedna z jejich nejnovějších zaměření je Copilot, což je umělá inteligence (AI), která má dělat programování o něco jednodušší. Nejdůležitější věc je, že většina hlavních funkcí je zadarmo, a to i s uložištěm (byť trochu malým).

„Díky tomuto systému je spolupráce na projektu bezpečnější a jednodušší. Možná i to je důvod, proč **Git používá více než 87 % vývojářů**.“ [24]  
Github desktop je počítačová aplikace, která funguje stejně jako příkazový řádek v Git, akorát místo CLI[[4]](#endnote-1) to je GUI[[5]](#endnote-2) a dělá to Git uživatelsky přívětivé.

Existuje i test-driven development (TDD) (Vývoj řízený testy v češtině), který spočívá na systému právě unit-testů. Před prací na programu si prvně připravíme unit-testy, které nám říkají, jak se má program chovat, a podle těchto testů pak píšeme program. [26]

## Freelo.io

„Freelo je [online](https://cs.wikipedia.org/wiki/Online) aplikace s cílem usnadnit [řízení projektů](https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98%C3%ADzen%C3%AD_projekt%C5%AF) a zvýšit efektivitu podnikatelů a firem. Řadí se mezi [SaaS](https://cs.wikipedia.org/wiki/SaaS)[[6]](#endnote-3) aplikace a v červnu 2021 překročilo hranici 50 000 uživatelů.“ „Mezi hlavní funkce Freela patří Projekty, To-Do listy, Diskuse, Kalendář a Finance. Jejich cílem je usnadnění finanční správy projektu.“ [27]

Freelo je založeno na agilním projektovém řízení Kanban[[7]](#footnote-4). Kanban je založen na systému výroby Just In Time[[8]](#footnote-5) (JIT), která byla vymyšlena v japonské automobilové firmě Toyota. Zakladatel je Taiičiho Óno. Kanban zjednodušuje práci několika lidí a její management. Díky Kanbanu jde krásně vidět co kdo dělá, co bude dělat a co se musí ještě udělat. V mém případě Freelo používám jako to-do list[[9]](#endnote-4). [29]

Příklad mého použítí Freela na začátku projektu.

## Wayback Machine

Wayback Machine je digitální archiv, který je součástí Internet Archive. Internet Archive je nezisková organizace, původem z USA, která se snaží zachovat co nejvíce z internetu. Od webových stránek, po videa, audia, obrázky, programy a další. V dnešní době mají uloženo přes 960 miliard stránek v rozmezí 1996 až konce 2024. [31] Nejlepší je, že pro uživatele je všechno k podívání zadarmo bez potřeby účtu. U webových stránek stačí mít pouze URL[[10]](#endnote-5) adresu. Záznamů může být několik a člověk si může vybrat. Odkaz na Internet Archive <https://archive.org> a Wayback Machine <https://web.archive.org>

Já osobně jsem používal Wayback Machine při dělání citací, protože většina internetových stránek nemají veřejný datum vzniku. Když je internetová stránka uložena v Internet Archive, znamená to, že v té době už existovala. Není to nejpřesnější datum, ale je to lepší než nic.

## Online hashers

Online hashers jsou funkční algoritmy pro různé hashe, většinou ve formě stránky, které jsem primárně používal k porovnávání vygenerovaných hashů pro unit testy. Existuje spousty programů a stránek, já jsem používal <https://www.browserling.com/tools/all-hashes>, protože tam jsou všechny hashovací funkce, které používám v programu.

# Hashovací třídy

Pod tuto kapitolu patří popsání a vysvětlení fungování programu, ukázky kódu a další věci společné s programem. Celý program, zdrojový kód, písemná práce a další jsou veřejně dostupné na službě GitHub pod názvem HashTester.

## Rozdělení

Kvůli velikosti programu, přehlednosti a dodržování programátorských konvencí obsahuje program několik tříd a formulářů[[11]](#footnote-6), které jsou vysvětleny při jejich použití. Třída hasher v sobě obsahuje několik skupin funkcí, které se používají v celém programu. Proto je na třídu hasher odkazováno ve vícero částech práce.

## Základní hashovací metody

Hlavní funkce programu jsou hashovací funkce, proto jsem si vytvořil svůj vlastní skript na jednoduchou práci s hashy. Tento skript se jmenuje hasher. Hasher používá public enumerátor „Hashing Algorithm“, díky kterému se vybírá, kterou hashovací funkci použít. V základu je na výběr MD5, SHA1, SHA256, SHA512, RipeMD-160 a CRC32.

Základní metoda skriptu je Hash, která má 4 přetížení. Tyto přetížení jsou pro vstupní text a výstupní text, vstupní text a výstupní bajty, vstupní bajty a výstupní text a nakonec vstupní bajty a výstupní bajty. Text je podporován v kódování UTF-8.



Výpis Metoda Hahs ve třídě Hasher

V metodě Hash se rozhoduje, která hashovací funkce se má použít.



Výpis Metoda HashMD5 ve třídě Hasher

Pro příklad HashMD5 je privátní metoda, která se stará o samotné hashování. Třída MD5 a další jsou součástí oboru názvů System.Security.Cryptography, který je součástí .NET Frameworku. Všechny metody mají také 4 přetížení, stejně jako metoda Hash.

Jediná výjimka je metoda pro CRC32, protože se nenachází v oboru. Naštěstí je na internetu dostupná.

CRC32 funguje na předpřipravené tabulce, která je vždy stejná. Pro optimalizaci si prvně kontroluji, zda už není tabulka vytvořena. Jestli není, tak vytvořím pomocí metody CRC32Table. Tato optimalizace velice zrychluje už tak rychlou hashovací funkci.



Výpis Metoda HashCRC32 ve třídě Hasher



Výpis Metoda CRC32Table ve třídě Hasher, která je volána metodou HashCRC32

Pro generování tabulky se používá polynom, což je předurčena konstanta. Ostatní CRC funkce jako například CRC16 bude mít polynom jiný.

## Multi-Hashování

Multi-hashování, neboli hashování vstupu vícero funkcemi najednou, je krásný příklad použití třídy Hasher. ProcessingHash se nachází v hlavním formuláři a slouží jako takový mezikrok. Zadá se do metody text v UTF-8 či bajty, jeden či více hashovacích funkcí a dobrovolná komponenta listbox. Metoda se ujistí o správné zakomponování soli a pepře, zpracování a výstupu podle nastavení uživatele.

//Pro vícero funkcí najednou

public void ProcessingHash(string[] originalText, Hasher.HashingAlgorithm[] algorithm, ListBox listbox)

//Pro vstup z .txt souboru

public void ProcessingHashTXTInput(Hasher.HashingAlgorithm[] algorithm, ListBox listbox)

//Základ v hlavním formuláři

public void ProcessingHash(string[] originalText, Hasher.HashingAlgorithm algorithm, bool askForSaltPepper)

Tady je několik příkladů přetížení metody ProcessingHash a ProcessingHashTXTInput, kde místo přímého vstupu se pomocí komponenty OpenFileDialog přečte text ze souboru podle řádků a ty se následně zpracují.



Výpis Část kodu pro hashování více hashovacích funkcí ve třídě Hasher

Díky ProcessingHash metodě je implementace tohoto kódu velice jednoduchá a přehledná.

## Postupné Hashování

Postupné hashování není až tak použitelné v reálném životě, ale krásně se na něm ukazuje krása hashování, kde jenom malá změna na vstupu dokáže kompletně změnit výstup. Protože má pouze výuková použití, nedá se nastavit sůl či pepř.

Ve třídě Hasher jsou celé 2 metody, jedna bez soli a pepře, druhá s. Jenže druhou metodu nikde v kódu nepoužívám.



Výpis Metoda GradualHashing ve třídě Hasher

Kód je naprosto jednoduchý. Začneme prvním znakem textu a v každém projití cyklu se přidá jeden znak, dokud nemáme plnou délku textu. To se poté vrátí do formuláře s postupným hashováním, který výsledek zobrazí podle volby uživatele.

## Práce se solí a pepřem

Sůl a pepř je jedna z nejdůležitějších bezpečnostních opatření hashe, jelikož dělají hash imunní vůči útoku s duhovými tabulkami. Nejznámější použití je při práci s hesly.

V regionu „SaltAndPepperLogic“ ve třídě Hasher se nachází 4 hlavní metody. Metoda IsUsingSaltAndPepper, SaveSalt, LoadSalt a CheckPepper. Metoda IsUsingSaltAndPepper má několik přetížení.



Výpis Metoda IsUsingSaltAndPepper ve třídě Hasher

Každá metoda, která hashuje a uživatel povolil použití soli či pepře, má tuto metodu. Tato metoda nastavuje formulář SaltAndPepperQuestion, kde si uživatel zvolí buď vlastní sůl/pepř, nebo náhodně generovanou o nějaké délce. Tyto hodnoty se poté vrací zpátky, kde jsou metodou IsUsingSaltAndPepper zpracovány a uloženy.



Výpis Metoda SaveSalt ve třídě Hasher

Metoda SaveSalt ukládá informace o soli a délce pepře do souboru identifikovaného pomocí hashID. Tento identifikátor je buď automaticky generován, nebo zadán uživatelem. Slouží k propojení konkrétního hashe s odpovídajícími parametry soli a pepře, aby bylo možné při ověřování nebo generování hashe použít správné údaje. Metoda LoadSalt pak získává tyto údaje pomocí hashID. Všechny tyto údaje se nachází v podsložce HashData.

Sůl je ukládaná jako text, ovšem pepř je uložen jako délka, nikoliv text. Ukládání pepře jako délku zajistí další bezpečnost. Kdyby se totiž někdo dostal k soli, mohl by započít útok pomocí duhových tabulek, který je vysoce efektivní. Díky neznámosti pepře se z útoku stává útok hrubou silou, který je velice neefektivní.



Výpis Metoda CheckPepper ve třídě Hasher

Hledání pepře je poměrně těžké, ale je to výhodné pro maximální bezpečnost. Musíme projít všechny možné kombinace a postupně porovnávat vygenerovaný hash s cílovým hashem. Pokud nalezneme shodu, znamená to, že jsme našli odpovídající vstupní text. Pokud žádná kombinace neodpovídá, originální text a hash se neshodují.

Já používám pro pepř znaky UTF-8 neboli prvních 256 znaků Ascii, dokonce i prvních 32, které jsou netisknutelném, jelikož všude v programu je možnost vypisovaní v hexadecimální soustavě.

Pro rychlost programu a případné formátování používám třídu StringBuilder. Funguje stejně jako datový typ string, akorát s vlastnostmi a metodami (příklad Insert v kódu).

## Kontrolní součet

Kontrolní součet je jedna z dalších použití hashovacích funkcí. Nejčastěji se pro kontrolní součet používá hashovací funkce CRC32.

Ve třídě Hasher je celá jedna statická metoda pro kontrolní součet jménem FileChecksum.



Výpis Metoda FileChecksum ve třídě Hasher

Všechny funkce pracují na stejném principu jako MD5. Každá hashovací funkce v .NET framework má metodu ComputeHash, do které se dá dosadit FileStream a metoda si sama po kouscích vypracuje hash. Tato metoda čtení a zpracování kousek po kousku nezatěžuje RAM počítače a dají se takhle číst i obrovské soubory. Výstup se zapíše do proměné hash v bajtech a pomocí BitConverter.ToString je zapsaná jako hexadecimální číslo.

Správnost kontrolního součtu jsem si ověřil pomocí aplikace WinRAR, která vypisuje i kontrolní součet souboru v CRC32.

## Hledání kolize

Hledání kolizí nemá svoji vlastní třídu, místo toho se všechny metody nacházejí ve formuláři HashingCollisionForm, kde jsou taky použity. Samotné hledání kolize není složité, jediné věci, co jsou potřeba jsou generátor náhodných znaků a list. Horší bylo udělat hledání koliz, které dokáže použít všechny vlákna CPU.



Výpis Metoda GenerateCollision ve formuláři HashingCollisionForm

Tohle je metoda GenerateCollision, která je základ celého algoritmu. V hlavičce metody jsou parametry jako threadNumber/threadID, která slouží pro multithreading, neboli použití více vláken najednou.

Random random = new Random((int)(DateTime.Now.Ticks \* threadNumber));

ThreadNumber se používá při generaci náhodného stringu a pomocí násobení se stávajícím časem zajistíme, že každé vlákno má jiné náhodné číslo a to při každém spuštění.

private string GenerateRandomString(Random random, int length)

{

char[] result = new char[length];

for (int i = 0; i < length; i++)

{

result[i] = (char)random.Next(33, 256);

}

return new string(result);

}

Metoda GenerateRandomString nám zajišťuje náhodný string podle délky, které máme hledat. Tato délka je na začátku algoritmu zadána uživatelem. String se generuje v rozmezí od 33 do 255, aby se při převádění na bajty použili všechny možnosti.

Metoda taky obsahuje několik vymožeností pro uživatele, jako je třeba maximální počet pokusů, výstup záznamu do listboxu, výstup v hexadecimálním zápisu a výstup kolize do souboru.



Výpis Příklad vygenerovaného textového souboru

Další část kolizí je metoda CheckCollision, která vezme uživatelovi vstupy a zkontroluje, jestli se po zahešování rovnají či nikoliv. Vstup může být i přes soubor. Program obsahuje několik předpřipravených souborů. Ve složce Collisions je také \_collisionInfo.txt, který popisuje vytváření vlastních souborů.



Výpis Část metody pro zpracování textového souboru

Ukázka vstupu přes soubor. Pokud se soubor vybere, přečte se první řádek s hashovací funkcí a poté se vyhledává <string>, <hex> nebo <bin>, které představují vstupní formát. Přetížení CheckCollision si poté samo převede podle formátu, což je vlastní enumerátor.

## Multithreading[[12]](#endnote-6)

Multithreading je používání více vláken v programu najednou. Většina programů používají pouze jedno vlákno, jenže použití více vláken má několik výhod. Zabrání zablokování uživatelského rozhraní a dovolí použití celé síly procesoru. [33]

### Problémy s Multithreadingem

Použití několika vláken má ovšem i svoje problémy. Hlavní problém je komunikace mezi vlákny, protože vzniká šance na kolizi a případnou ztrátu dat. Pokud jedno vlákno čte hodnotu proměnné a jiné vlákno ji mezitím změní, může dojít ke ztrátě dat. Krásný příklad je x++. Jedno vlákno udělá x++, což znamená jak přečtení, tak zápis do paměti. Díky tomu bude vlákno 1 mít hodnotu proměnné x 13 a vlákno 2 hodnotu 12, což znamená ztrátu dat. Čím více vláken používáme, tím horší může být tento problém. Proto existují způsoby, jak správně pracovat s více vlákny. [33]

volatile bool foundCollision = false;

Základ je u proměnné, kde očekáváme, že bude použita mezi vlákny dáme volatile. Bohužel samotné volatile nezabrání problémům.

### Async a Await



Výpis Příklad použití async a await v obsluze pro tlačítko

Tady je krásný příklad použití více vláken správně. Metoda je async (asynchronní), což znamená že se nebude blokovat hlavní UI vlákno, tím pádem je uživatelské rozhraní pořád aktivní a reaguje na vstupy. S async je spojeno await, které čeká na provedení programu také bez blokování hlavního vlákna. Použití Task může být nahrazeno třídou Thread, ale třída Task je nadstavba třídy Thread s více metodami a jednodušším používáním. Task.Run započne operaci na novém vlákně. [34]

#### Lambda výraz

Lambda výraz () => nahrazuje potřebu dělat novou metodu a umožňuje předávání proměnných v hlavičce.



Výpis Příklad bez lambda výrazu



Výpis Příklad s lambda výrazem

### Interlocked.Increment

Další důležitá třída je Interlocked, specificky metoda Interlocked.Increment(ref), která zaručuje správné zpracování problému x++ mezi vlákny. Problém je když příjde více požadavků najednou, protože vlákno musí počkat než se akce dokončí. [35]



Výpis Příklad použití thread safe zvýšení proměnné

### Invoke

Pro vykonání nějaké akce ze sekundárního jádra se používá třída Invoke, která řekne hlavnímu vláknu (také známe jako UI vlákno) ať vykoná nějaký kód. Pokud se totiž pokusíme nějak poupravit UI komponentu ze sekundární vlákna, vyhodí se výjimka InvalidOperationException. [38]



Výpis Příklad použití metody Invoke

### CancellationTokenSource

Poslední důležitá třída je CancellationTokenSource pro ukončení běhu programu. [36]



Výpis Příklad použití třídy CancellationTokenSource

## Výpočet prolomení hesla

Pro výpočet prolomení hesla používám vlastní třídu PasswordStrenghtCalculator, ve které jsou 3 jednoduché metody. Celý výpočet funguje na jednom vzorečku.



Výpis Metoda Calculator ve třídě PasswordStrenghtCalculator

Hlavní metoda je Calculator, která používá BigInteger. BigInteger je speciální dynamický datový typ, který pochází z třídy System.Numerics. Výhoda BigIntegeru oproti jednoduchým datovým typům jako Long je, že nemá žádnou horní či dolní mezi. Toho se docílí použitím více místa v paměti systému, takže velikost BigIntegeru je omezena velikostí RAM. [37]

Pro počítání mocniny jsem si udělal svoji vlastní jednoduchou TryPower metodu, která právě používá BigInteger.



Výpis Metoda TryPower pro mocnění BigIntegeru

Funguje stejně jako TryParse u jednoduchých datových typů, akorát dělá mocninu o mocniteli větší jak 1, jelikož u tohoto vzorce nikdy nemůže být mocnitel menší jak 1.

Vzorec na celkový počet kombinací pro heslo. Počet znaků závisí na použití malých písmen (26 znaků), velkých písmen (26 znaků), číslic (10 znaků) a speciálních znaků jako třeba „!/@:? atd. (33 znaků).

Vzorec pro vypočítání celkové doby trvání neboli vyzkoušení všech možných kombinací. Kdybychom dělali útok hrubou silou, tak doba trvání je nejdelší čas, reálná doba trvání může být od instantní po dobu trvání. Většinou se může počítat s poloviční dobou doby trvání.



Výpis Metoda Output ve třídě PasswordStrenghtCalculator

Metoda Output akorát vypíše dobu trvání v představitelné časové době.

## Slovníkový útok

Pro slovníkový útok používám vlastní třídu DictionaryAttack. Třída pracuje s více vlákny a používá metody, které byly v podkapitole MultiThreading vysvětleny. Také používá vlastnosti Get a Set pro zapouzdřenost.



Výpis Vlastnost Progress ve třídě DictionaryAttack

Příklad použití vlastnosti Get pro získání progresu pro UI komponentu progressBar, která má rozmezí od 0 do 100 (int).



Výpis Metoda PasswordFinder ve třídě DictionaryAttack

PasswordFinder je hlavní metoda celého slovníkového útoku. Pro slovníkový útok potřebujeme textový soubor s hesly (fullPathToTXT) a hesla, které chceme najít (passwords). Metoda dovoluje hledání více hesel najednou. Spousta prvků je pro UI, jako třeba CurrentLine nebo použití Stopwatch pro měření času. Základ je ovšem přečíst si řádek a zkontrolovat se všemi hledanými hesly, jestli nejsou stejné. Pokud jsou, zapíše se řádek do proměnné lineFoundMatch a foundMatch se dá na true. Jestli jsou všechny prvky ve foundMatch nastavené na true, našli jsme všechny hesla a algoritmus se může předčasně ukončit, jinak běží do konce souboru. Celá metoda je zanořena v Try a Catch.



Výpis Zkouška zda v poli byly najité všechny vstupy

## Útok duhovou tabulkou

Útok pomocí duhové tabulky je založen na stejném principu jako slovníkový útok. Jediný rozdíl je, že duhová tabulka už má před hashované data. Tabulka teda obsahuje nezahashovaný a zahashovaný vstup, kdyžto slovník obsahuje pouze nezahashovaný vstup. Příklad je (iloveyou=e4ad93ca07(…)) pro duhovou tabulku a (iloveyou) pro slovník.

Výhoda oproti slovníku je mnohem větší rychlost, jelikož se vstupní data nemusí hashovat. Hlavní nevýhodou oproti slovníku je velikost souboru. Slovník (pro tenhle příklad první 1. Mil hesel z rockyou.txt) má velikost 9 360KB, kdy duhová tabulka o stejném počtu hesel s hashovací funkcí SHA256 má 72 365KB. To je o 7krát více oproti slovníku. Obrana proti oběma útokům je použití soli a pepře.

Pro slovníkový útok mám 2 třídy. Jedna pro vygenerování duhové tabulky ze slovníku jménem RainbowTableGenerator a druhou pro samotný útok zvanou RainbowTableAttack. Obě třídy mají stejný základ jako třída pro slovníkový útok. Používají zapouzdřenost, cancellationToken pro ukončení procesu a mají metody pro použití více vláken.

### Generování duhové tabulky

Vytvoření duhové tabulky je velice jednoduché. Vezmeme slovník ve formátu .txt a po řádku generujeme duhovou tabulku.



Výpis Hlavička metody GenerateRainbowTable ve třídě RainbowTableGenerator

Potřebujeme cestu k slovníku, výstupní cestu a hashovací funkci.



Výpis Tělo metody GenerateRainbowTable ve třídě RainbowTableGenerator

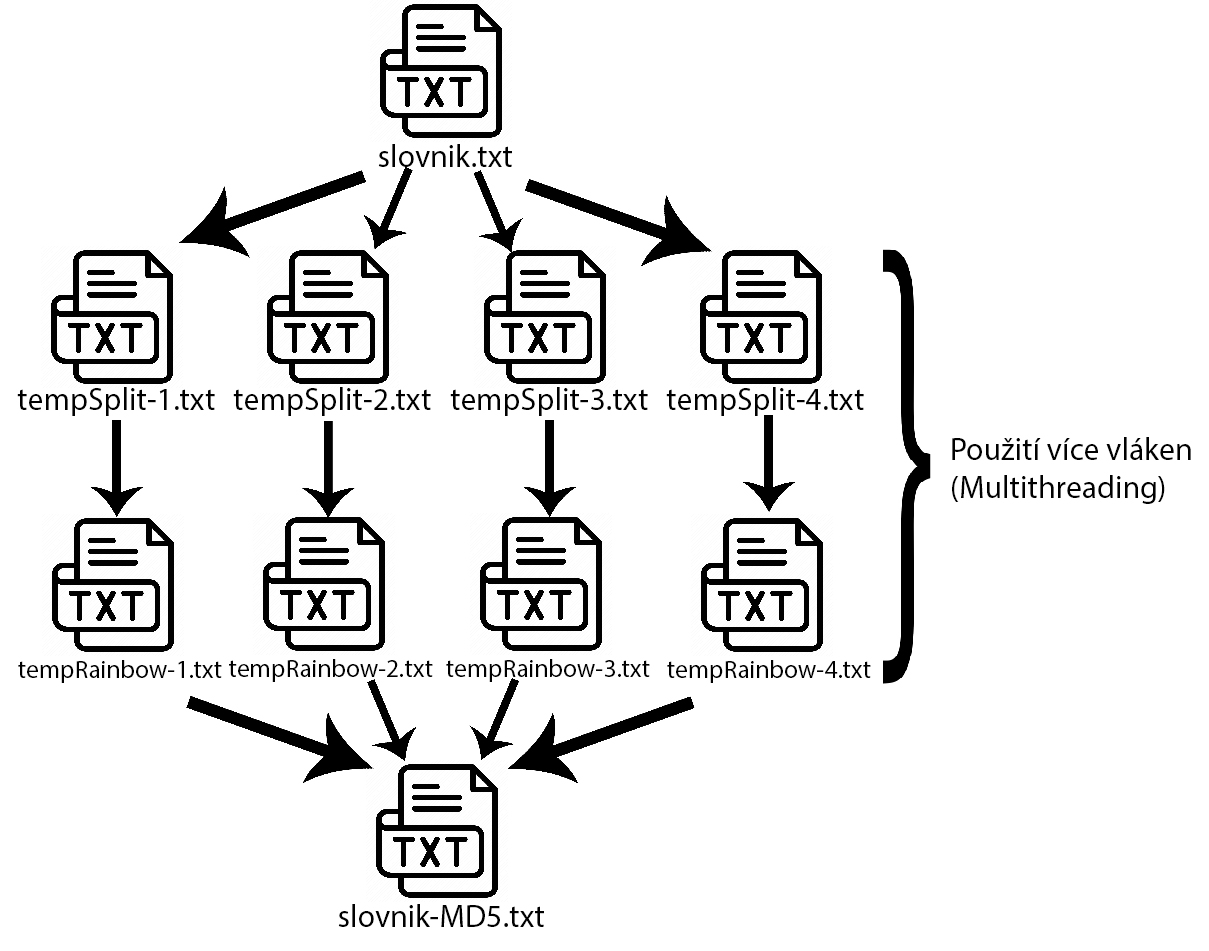
Pomocí tříd StreamWriter a StreamReader zpracováváme po řádcích slovník a zapisujeme. Jako první řádek duhové tabulky je vždy jakou hashovací funkci používáme. Funkce je rozdělena pomocí dvou rovná se (==) a data pomocí jednoho (=).



Výpis Příklad začátku duhové tabulky v textovém souboru

### Generování duhové tabulky pomocí více vláken

Generování duhové tabulky ze slovníku s multithreadingem vystavuje jeden zásadní problém. Více vláken nemůže přistupovat do jednoho souboru. Řešením je rozdělit soubor na více částí, díky čemuž si každé jedno vlákno vytvoří duhovou tabulku a pak se soubory sloučí do jednoho. Problém je příprava, protože rozdělování souborů a následné složení může dělat jenom jedno vlákno.



Obrázek Fungování metody GenerateRainbowTableMultiThread pro 4 vlákna

#### Metody pro mutlithreading



Výpis Metoda GenerateRainbowTableMultiThreadForSingleThread

Metoda je zavolaná pro každé jedno vlákno. Funguje stejně jako při použití jednoho vlákna.



Výpis Hlavička metody GenerateRainbowTableMultiThread

Metoda spouští pro každé vlákno předchozí metodu. Kvůli použití await musí být metoda async, jenže async metoda nemůže vracet základní datový typ, pouze Task<T>. To je důvod k použití Task<bool> v hlavičce metody.

#### Mazání dočasných souborů

Dočasné soubory jsou po dokončení generace vymazány, pokud nedošlo při generování k výjimce či ukončení procesu uživatelem.



Výpis Metoda RemoveFilesQuestion

Poté se pomocí metody RemoveFilesQuestion či RemoveFilesQuestionMultiThread program uživatele zeptá, jestli chce vymazat dočasné soubory, nebo je smazat. Jestli uživatel chce zachovat soubory, budou přejmenovány.

## Útok hrubou silou

Udělat útok hrubou silou není až tak těžké. Třída BruteForceAttack používá stejné principy jako předchozí třídy. Hlavní funkce je zkusit všechny možné kombinace znaků v určité délce a pokračovat, dokud se nenajde stejný hash jako u hesla. Uživatel musí zadat originální heslo nebo už zaheshované heslo, jaké všechny znaky použít (malé a velká písmena, číslice a speciální znaky), délka hledaného hesla pro zrychlení hledání, popřípadě začít od úplného začátku. Dodatečně časový limit a limit na pokusy.



Výpis Metoda SelectAllUsableChars ve třídě BruteForceAttack

Metoda SelectAllUsableChars nastaví do pole znaků usableChars uživatelské vstupy, které má třída BruteForceAttack použít.



Výpis Metoda CalculateAllPossibleCombinations ve třídě BruteForceAttack

Dále metoda CalculateAllPossibleCombinations spočítá všechny možné kombinace za použití BigInteger, aby výsledek nepřetekl. Metoda počítá variantou, že neznáme velikost hesla a počítá tak s maximem, které je nastaveno na začátku třídy (50 znaků, takže maximální počet kombinací je ).



Výpis Metoda PasswordBruteForce ve třídě BruteForceAttack

Managementování více vláken je mnohem složitější než u jednoho vlákna. Jedno vlákno má začátek a konec. Dvě vlákna se musí rozdělit na dvě cca stejně velké půlky a každé vlákno musí začít na jiném indexu. To se musí provést i když neznáme délku.



Výpis Logika posunu hledané délky ve třídě BruteForceAttack

Když neznáme velikost hledaného hesla, musíme vyzkoušet všechny kombinace pro jednu délku a jakmile projedeme všechny kombinace pro jednu délku, přidáme k délce další znak a znova projedeme všechny kombinace. Jestli je celkový počet kombinací větší než maximální nastavená délka, metoda se ukončí.



Výpis Metoda GenerateText ve třídě BruteForceAttack

Metoda GenerateText si v hlavičce vezme index, všechny hledané znaky a délku a pomocí těchto dat vygeneruje text, který se poté zahashuje a vyzkouší. Příklad pro index 1, všechny možné znaky a délku 5 se vrátí aaaaa. Pro index 2 hje aaaab, pro index 96 bude aaaba atd.



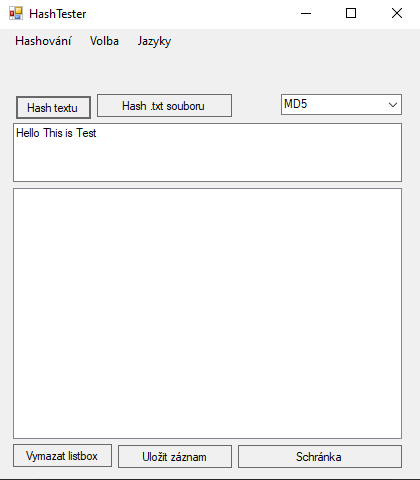
Výpis Příklad použití metody GeneratText

Vygenerovaný text podle indexu se zaheshuje a výstup se porovná s hashem hledaného hesla. Když jsou hashe stejné, našly se původní vstupní data. Pokud ne, pokračuje se dále.

# Funkce Programu a UI

Pod tuto kapitolu patří všechno okolo programu a UI, které nejsou dostatečně technické či nějak spojené s hashováním. Patří sem nastavení výstupu, grafické rozhraní GUI, výběr jazyků, fungování tmavého či světlého režimu a práce se soubory.

## Hlavní Formulář

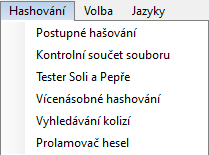


Hlavní formulář je první věc, kterou uživatel po spuštění programu uvidí. Disponuje jednoduchým víceřádkovým textboxem, komponentou strip menu, výběrem hashovacích funkcí a tlačítka.

### Strip menu

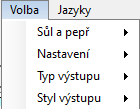
Nahoře se nachází komponenta strip menu, která slouží pro nastavení, uživatelské preference a jako přístup k dalším formulářům. Menu má tři hlavní sekce.

#### Hashování



Sekce hashování je pro otevření dalších formulářů, které všechny mají jinou funkci. Všechny fungují jako tlačítko. Každý jeden formulář je upřesněn později.

#### Volba



Volba (options anglicky) je sekce pro nastavení programu a uživatelské preference. Všechny informace jsou uloženy ve třídě Settings.

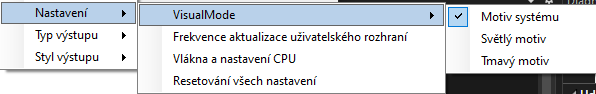
 

Pod volbou sůl a pepř se nachází položky použít sůl a použít pepř, které fungují jako komponenty checkbox. V základu jsou možnosti vypnuté.



Výpis Obsluha menu strip tlačítka použít sůl

Kód pro obsluhu je velice jednoduchý, tlačítko se nastaví na opačnou hodnotu a uloží do třídy Settings.



Pod sekcí nastavení je několik možností. Motiv slouží pro nastavení vzhledu programu. Frekvence aktualizace uživatelského rozhraní (GUI) a Vlákna a nastavení CPU jsou dodatečné formuláře, které mají vlastní sekci v dokumentaci. Resetování všech nastavení nastaví základní parametry ve třídě Settings.

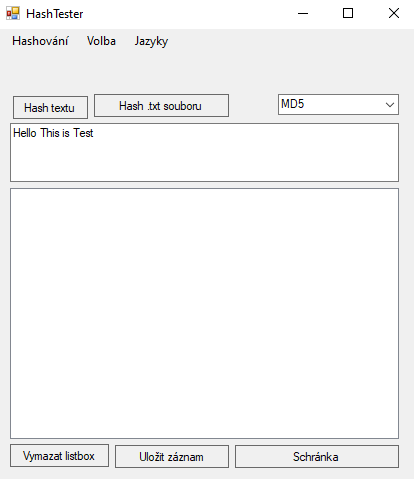
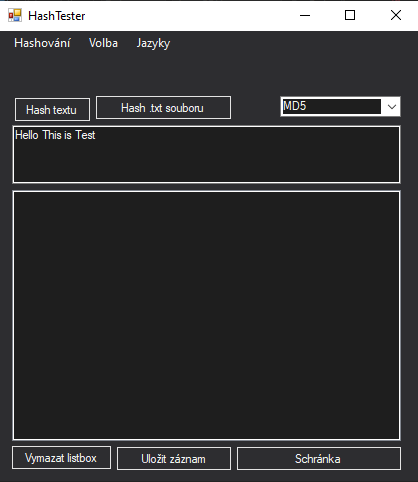
#### Motivy

Všechny formuláře podporují světlý a tmavý režim. Základní hodnota je motiv systému, která vezme hodnotu z registru počítače. Světlý motiv nastaví světlý a tmavý zase tmavý. Možnosti fungují jako radiobutton, takže může být nastavena pouze jedna z možností. Ve třídě Settings je hodnota jako datový typ enum.



Výpis Metoda RegistryUseLightMode ve třídě Settings

Práce s registry je poměrně jednoduchá. Existuje třída RegistryKey pro práci s registry v operačním systému Windows. Stačí si akorát vzít registr, přečíst ho a zpracovat. Nejtěžší bylo najít kde se nachází specifický klíč. Naštěstí je to veřejná informace a použití registrů je velice častá záležitost pro aplikace a weby. Windows má v sobě aplikaci RegEdit pro případné upravování registrů.

Příklad vzhledu hlavního formuláře ve světlém a tmavém režimu.

#### Vlastní barevná paleta

.Net framework nepodporuje tak docela tmavé barvy a formuláře. Jeden z důkazů je fakt, že MessageBox nejde nastavit na tmavé pozadí. Dále existuje spousta přednastavených barev ve třídě Colors (jak jde vidět na obrázku), ale většinou jsou buď moc světlé a barevné, nebo čistě černé. Proto jsem se rozhodl udělat si vlastní barevnou paletu.



Obrázek byl vzat ze stránky Microsoft Learn, která mluví o třídě Colors. Všechna práva patří společnosti Microsoft. Odkaz na stránku <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/system.windows.media.colors?view=windowsdesktop-9.0>



Výpis Příklad třídy CustomColorTable a vlastnosti MenuStripGradientBegin

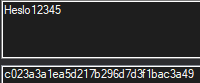
Rychlý příklad třídy CustomColorTable, která dědí od ProfessionalColorTable. V konstruktoru stačí zadat světlý či tmavý režim. Některé vlastnosti vrací přímo třídu Colors či SystemColors, u některých je nastavena hodnota v RGB[[13]](#endnote-7). 90 % času je hodnota světlejší nebo tmavší šedá.

#### Uživatelské preference

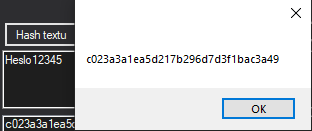
Zpátky do sekce nastavení, Typ výstupu a Styl výstupu jsou nastavení pro uživatelskou preferenci.



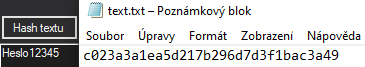
Typ výstupu funguje jako komponenta radiobutton. Program podporuje výstup do MessageBox, Listboxu (záznamu) a do nového .txt souboru.



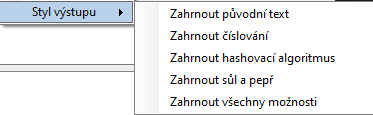
Příklad do záznamu.



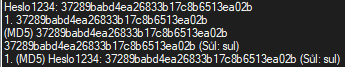
Příklad do MessageBox



Příklad do souboru.



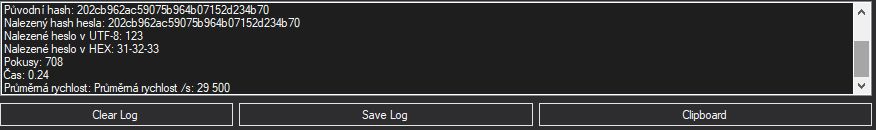
Styl výstupu formátuje výsledný text podle několika možností. Všechny možnosti fungují jako checkbox. Když jsou všechny 4 možnosti zahrnuty, zaškrtne se „Zahrnout všechny možnosti“. Pomocí toho se dají rychle nastavit či odebrat všechny možnosti. Pro každodenní práci s hashy to není moc užitečné, ale pro amatérské ukládání či výuku to má své využití.



Postupný příklad všech možností samostatně a poté všechny najednou.

## Záznam

Většina formulářů obsahuje komponentu listbox a 3 tlačítka, která dohromady slouží pro záznam neboli log. Do záznamu se dají ukládat výsledné hashe a slouží celkově jako informace o tom, co program dělá.



Příklad použití záznamu. Vymazat záznam odstraní všechny položky ze záznamu. Tlačítko uložit záznam otevře SaveFileDialog a následně všechny položky uloží ve formátu .txt. Schránka funguje jako zkratka CTRL + C. Uživatel si označí jeden prvek v záznamu a po kliknutí se text zkopíruje do počítačové schránky, kde se pak pomocí zkratky CTRL + V může použít dále.



Výpis Metoda při stiknutí tlačítka kopírovat ve formuláři

Samotná operace je na jeden řádek s použitím statické třídy Clipboard a metody SetText. Listbox pro záznam je nastaven, aby povoloval pouze jeden označený text najednou.

## Třída Settings

Třída Settings je statická třída, která nastavuje všechny možnosti programu a ukládá je do souboru. Třída používá zapouzdřenost, vlastnosti a enum.



Výpis Příklad použití enum a vlastnosti ve třídě Settings



Výpis Vlastnost DirectoryPathToSettings

Některé vlastnosti jsou pro práci se soubory, jako třeba “DirectoryPathToSettings”. Všechny tyto vlastnosti jsou pouze get a používají cestu hlavního .exe souboru.

Třída disponuje čtyřmi metodami, ResetSettings, SaveSettings, LoadSettings a InitialFolderChecker. Při zapnutí programu se jako první spouští InitialFolderChecker, který kontroluje existenci všech složek a souborů potřebných ke správném běhu programu. Funguje to jako taková malá instalace. V základu program obsahuje anglický jazyk ve složce Languages, několik kolizí ve složce Collisions a prvních 5 tisíc řádku rockyou.txt. Systém složek jsem zvolil, protože to dovoluje flexibilnější práci s programem. Pro příklad, uživatel si může přidat jakýkoliv wordlist do složky Wordlists. Jestli se stane chyba v tomto kroku, nebude program fungovat a sám se vypne. Program musí mít zapisovací a čtecí práva na soubory, jinak se ani nenačte jazyk.



Výpis Část metody InitialFolderChecker ve třídě Settings

Další metoda je LoadSettings, která se zavolá po InitialFolderChecker při zapnutí programu. Ve složce Settings je soubor settings.txt, ve kterém je uloženo všechno nastavení programu. Jestli soubor neexistuje, spustí se metoda ResetSettings, která nastaví základní hodnoty. SaveSettings vezme tyto nastavené hodnoty a uloží je do souboru.



Výpis Metoda ResetSettings ve třídě Settings



Výpis Metoda SaveSettings ve třídě Settings

Metoda SaveSettings vytvoří dočasný soubor, do kterého jsou zapsané všechny potřebné informace (v kódu jsem nechal příklad enum motivu), poté je originální settings.txt soubor smazát a dočasný soubor je přejmenován. Stejně jako InitialFolderSetup je potřeba práva na zápis a čtení, pokud tyto práva nejsou, aplikace se ukončí.

Tento druh ukládání mám z postarší videohry Need For Speed: Most Wanted 2005, kterou jsem hrál jako dítě. Všechna volba nastavení je v textovém souboru. Když se přešlo z 4:3 monitorů na 16:9 a zvlášť na Full HD, tak to vnitřní nastavení ve hře nepodporovalo, i když herní engine ano. Díky tomu, že nastavení byl jeden textový soubor se dala velikost obrazovky ručně nastavit velice jednoduše, a dokonce tam bylo i pár nastavení, která ani ve hře nebyla dostupná. Je to tak jednoduché a uživatelsky přívětivé řešení, že jsem na této filozofii postavil i svůj program.



Výpis Textový soubor settings.txt ve složce Settings

Stačí si otevřít textový soubor, poupravit a hotovo. Dokonce systém podporuje poznámky, takže uživatel ví, co může a nemůže zadat. Jako bonus jsou poznámky přeloženy podle jazyka.



Výpis Příklad čtení nastavení ze souboru v metodě LoadSettings ve třídě Settings

Pokud zadá nějaký vstup špatně, tak bude nastavena základní hodnota v metodě LoadSettings.

## Třída FormManagement

Statická třída FormManagement je třída, která usnadňuje práci s formuláři, jelikož se spousta věci v nich opakuje.



Výpis Metody ve třídě FormManagement

SetUpFormTheme je metoda, která inicializuje třídu CustomColorTable a nastavuje motiv. Metoda má pod sebou všechny soukromé metody. SaveLog ukládá záznam do souboru. Metody NumberOfThreadsToUse a UseMultiThread by dávali větší smysl ve třídě Settings, upřímně nevím, proč jsem je dal sem.

## Jazyk a lokalizace

V tuto dobu jsou podporované dva jazyky, angličtina a čeština. Bez problému by stačila čeština, ale jelikož je program dělán za pomocí GitHubu, na který to mám v plánu i vydat, tak jsem se rozhodl přeložit celý program do angličtiny za pomocí DeepL online překladače, jenž funguje na AI[[14]](#endnote-8).



Výpis Příklad jak vytvořit datový typ Dictionary

Statická třída Languages pracuje na datovém typu Dictionary a ID systému, kterým jsem se inspiroval z Android Studia.



Výpis Metoda AllLanguages ve třídě Languages

Na začátku programu se spustí metoda AllLanguages, která ze složky „Languages“ vytáhne všechny textové soubory. Ty se poté bez přípony dají do strip menu v hlavním formuláři pomocí metody „AddLanguagesToMenu”.



Výpis Metoda AddLanguagesToMenu ve třídě Languages

Ke každému jazyku se přidá metoda, která se spustí po kliknutí. Ta akorát nastaví, aby byla jediná zaškrtnuta, uloží nastavení a přepne jazyk, aby používal jiný jazyk.



Výpis Metoda LoadDictionary ve třídě Languages

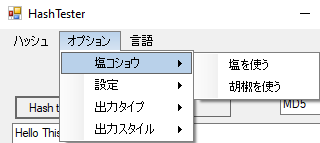
Přiřazení dat do slovníku je akorát čtení dat ze souboru, který je už předpřipraven. Jediná nevýhoda je, že všechny data jsou uložené v paměti, ale když budeme brát v úvahu, že celý soubor pro češtinu zabírá akorát 14KB místa, tak si nemyslím, že to bude dělat problém i na starších zařízeních. Druhá možnost by byla zatěžovat disk a CPU čtením přímo z disku, a to bych řekl, že je ještě horší.



Výpis Metoda Translate ve třídě Languages

Metoda, která má přes 600 odkazů je metoda Translate, která vezme ID a pomocí slovníku vrátí přeložený text. Jestli pro nějaké ID neexistuje překlad, nastaví se „Translation Missing for ID.“

Díky takovému systému není žádný problém udělat překlad do více jazyků, stačí akorát přidat do složky „Languages“ přidat soubor a je hotovo. Pro vyzkoušení jsem si pomocí DeepL za minutu udělat japonskou lokalizaci.





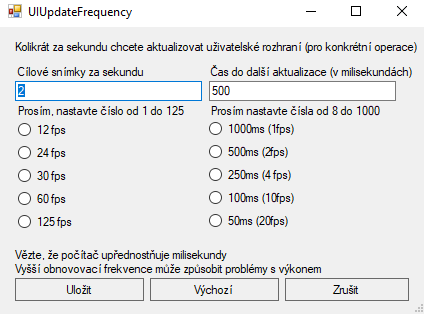
Výpis Japonský překlad formuláře



Výpis Český překlad formuláře

## Frekvence UI formulář

Ve volbách, nastavení ve strip menu je „Frekvence aktualizace UI“, která ukáže modulární formulář „UIUpdateFrequency“ pro nastavení použité frekvence v programu.



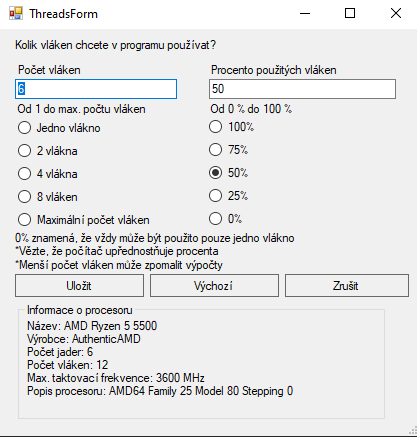
Formulář obsahuje 2 části, obě nastavují jednu věc. Nalevo je cílová snímková frekvence (FPS – snímky za sekundu) a vpravo čas do další aktualizace. Když se změní hodnota vlevo, nastaví se i hodnota vpravo, protože obě znamenají stejnou věc. FPS pracuje na jednotkách Hz, zatímco čas na periodě. Proto se dají tak jednoduše zaměnit. Pod textboxy se nachází několik radiobuttonů pro rychlé nastavení hodnoty. Ani jedna hodnota není stejná. Do Settings je ukládaná hodnota v periodě, protože to je jednodušší k nastavení časovače. Doporučená hodnota je 24fps, standardní hodnota je 30fps pro dojem plynulosti, ale hodně záleží na CPU.



Výpis Příklad použití časovače a periody

## Nastavení CPU a vláken formulář

Hned pod formulářem s frekvencí je formulář pro nastavení počtu vláken. Tento formulář funguje na úplně stejném principu.



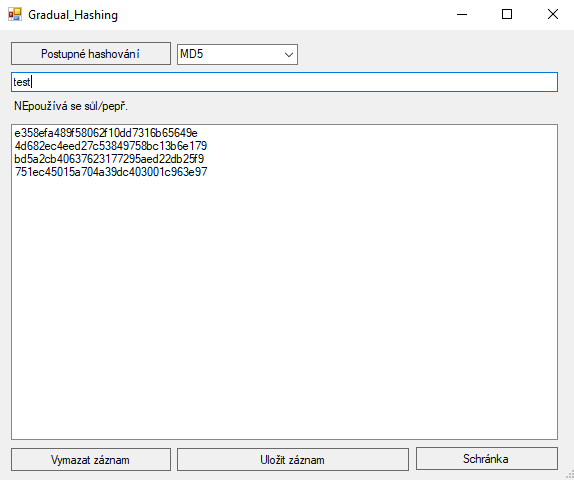
Pokud je procento použitých vláken 0 %, nikdy se nebude používat systém více vláken (multithreading). Doporučené procento je 50 % či 75 %, protože musí zbýt minimálně jedno jádro pro obsluhu GUI.



Výpis Příklad použití proměnné v programu

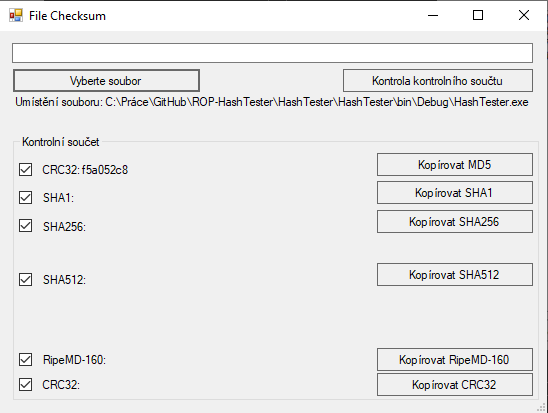
## Formulář postupného hashování

Formulář je velice jednoduchý, nemá nějaké velké využití kromě ukázání, že i přidání jednoho znaku naprosto změní výstup hashe. Nepoužívá se sůl či pepř.



## Formulář pro kontrolu souborů

Formulář slouží hlavně pro kontrolu integrity souborů, ale může se použít jako otisk pro důležité dokumenty. Při stahování z internetu se někdy dává i hash jakožto kontrola integrity, díky formuláři si může uživatel udělat kontrolní součet souboru a zjistit, zda se soubor stáhnul správně.



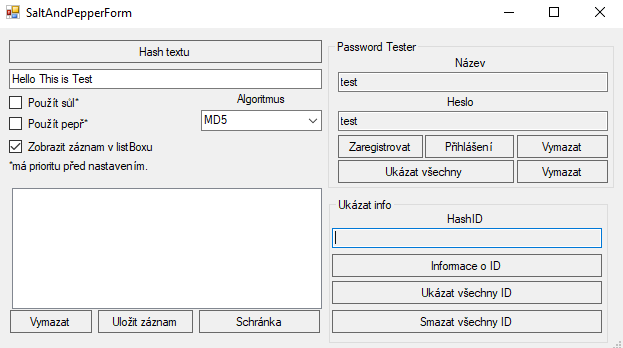
Uživatel si může buď vybrat soubor, nebo zadat hash do textboxu a poté soubor. Jestliže kontrola probíhá přes tlačítko „Vyberte soubor“, uživatel musí pomocí komponenty checkbox zaškrtnout jaké algoritmy by chtěl. Pokud ovšem probíhá kontrola přes kontrolu součtu, musí být splněna délka jednoho z hashů (8 pro CRC32, 64 pro SHA256 atd.). Pokud je délka 40, program se pomocí checkboxu zeptá, jestli se jedná o RipeMD-160 nebo SHA1 (oba používají délku 40 – 160 bitů). V parvo si uživatel může zkopírovat do schránky hashe. To funguje stejně jako kopírování u záznamu.



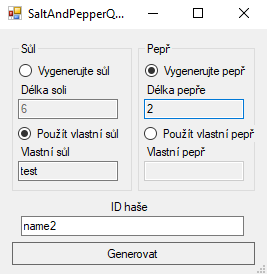
Výpis Velice jednoduchý rozhodovací proces hashovací funkce podle délky hashe

## Formulář pro práci se solí/pepřem

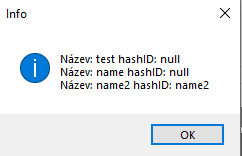
Formulář pracuje ze solí a pepřem a pomocí textového souboru simuluje přihlášení třeba na webovou stránku.



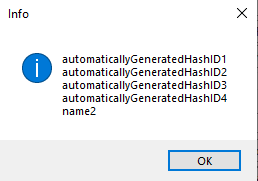
Na levé straně je část pro normální hashování, jakožto je u hlavního formuláře. Na pravé straně nahoře je přihlášení a dole informace o hashech. Formulář používá složku „HashData“ a podsložku „PasswordTester“ pro funkci. V „PasswordTester“ se nachází textový soubor nameTable.txt, který ukládá přihlašovací data. HashID slouží pro identifikaci a získání informací o soli a pepři.



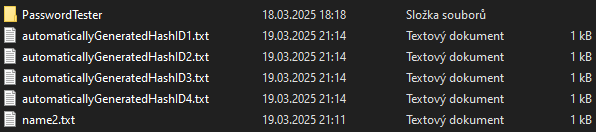
Při jakémkoliv použití soli či pepře se zobrazí další formulář, kde si může uživatel vybrat mezi náhodnou generací či vlastní. HashID se v případě registrace použije samo, jelikož je stejné se jménem, jinak se samo vygeneruje. Jestli není zadané HashID, data se neuloží.



Tlačítko „ukázat všechny“ ukáže všechny zaregistrované uživatele a jejich HashID. Null znamená, že nepoužívají sůl/pepř.



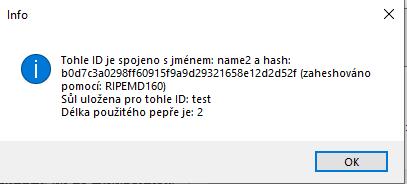
Tlačítko „ukázat všechny ID“ ukáže všechny ID ve složce HashData.



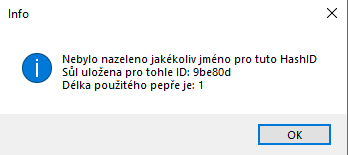
Složka HashData.



Výpis Data v souboru name2.txt



Tlačítko „Informace o ID“ pro hashID name2 nám ukáže všechny informace v souboru a taky informace o uživateli se kterým je spojené.



Pokud hashID není spojeno s uživatelem, vypíšou se pouze data z textového souboru.

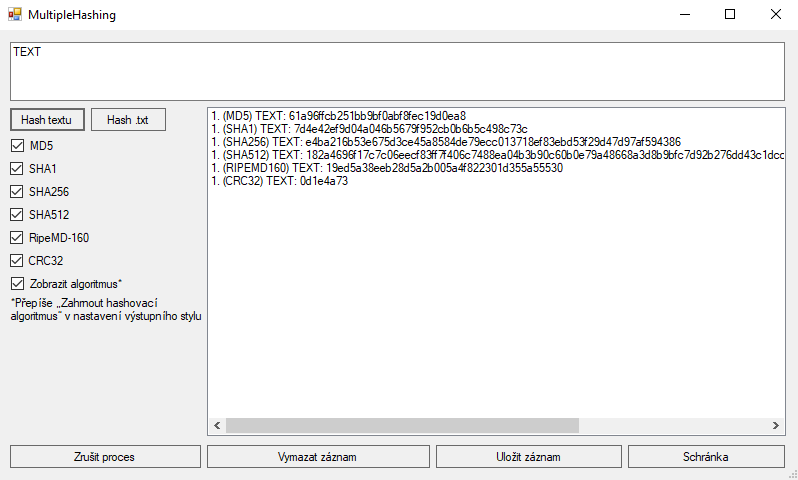


Výpis Metoda ShowIDInfo

Metoda „ShowAllInfo“ prohledá všechny soubory ve složce HashData po hashID a poté prohledá nameTable.txt v HashData/PasswordTester po hashID.

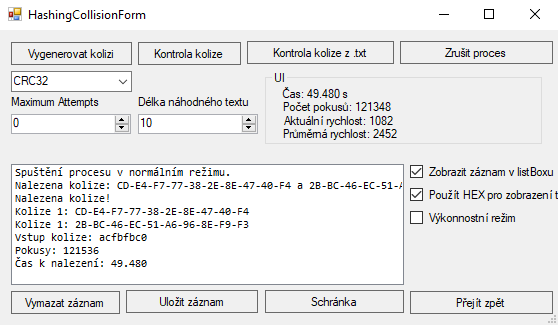
## Formulář pro vícenásobné hashování

Formulář dělá to stejné jako je základ hlavního formuláře, ovšem si uživatel může pomocí checkboxů vybrat jaké hashovací funkce použít. Podporuje se více vstupů najednou, vstup z textového souboru a „Zobrazit algoritmus“ možnost, která zahrne ve výstupu hashovací funkci, stejně jako možnost u stylu výstupu. „Zobrazit algoritmus“ má přednost před normálním nastavením.



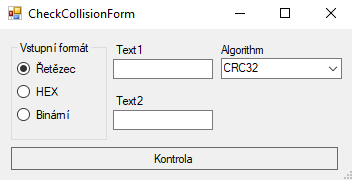
## Formulář pro hledání kolizí

Formulář vyhledává kolizi dvou různých vstupů se stejným výstupem.



Formulář má 3 hlavní tlačítka, „Vygenerovat kolizi“, „Kontrola kolize“ a „Kontrola kolize z .txt. Kontrola kolize a kontrol z .txt jsou stejné funkce, akorát se mění formát vstupních dat. Vygenerovat kolizi začne náhodně generovat vstupní data, hashovat je a zapisovat do listu, dokud se nenajde shoda. Výkonnostní režim je použití více vláken najednou, kde každé vlákno má vlastní list. Je to mnohem jednodušší udělat než udělat jeden společný velký list kvůli problémům mezi vlákny. Maximum pokusů ukončí program, pokud se přesáhne počet pokusů. „Hex pro zobrazení“ při nalezení kolize zobrazí vstup v hexadecimálním zápisu společně s UTF-8.

Co se týče generování jsou podporované pouze CRC32, RipeMD-160, MD5 a SHA1. Důvod je, že pro tyto hashovací funkce je aspoň nějaká šance na nalezení kolize. CRC32 je doporučená, protože většinou maximálně do minuty se najde nějaká kolize. MD5 má potvrzeno několik kolizí, ale vyhledávání je minimálně proces pro spousty moderních GPU. SHA1 byla do 2017 bezkolizní, ale vyhledávání přes krátký text je takřka nemožné. Stejně jako u postupného hashování doporučuji použití pouze pro ukázání, jak kolize fungují u hashů.



Kontrola kolize spustí další formulář, kam uživatel zadá vstup ve formátu UTF-8, hexadecimální číslo nebo binární číslo. Ve složce Collisions je pár souborů s kolizemi, které se dají použít.



Výpis Soubor MD5-Prefab.txt

Příklad kolize v textovém souboru pro hashovací funkci MD5, kterou jsem našel na sociální síti X (Twitter) účtem “realhashbreaker” Marc Stevens. Příspěvek byl vzeřejněný 19. března 2024.

## Formulář pro útoky na hesla

# Statistiky

Závěr

Vytvořená šablona maturitních prací obsahuje formální požadavky maturitních prací na SPŠT Třebíč. Jedná se zejména o upravené styly v dokumentu, podrobný popis jednotlivých částí maturitní práce a jejího obsahu, snadno editovatelné záhlaví a zápatí s automatickým číslováním stránek a propojení stylů se seznamy a obsahem.

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

|  |
| --- |
|  |

Seznam obrázků

[Obr. 2.1 Obsah **Chyba! Záložka není definována.**](#_Toc147493921)

[Obr. 2.2 Příklad umístění legendy obrázku **Chyba! Záložka není definována.**](#_Toc147493922)

Seznam tabulek

[Tab. 2.1 Legenda k tabulce **Chyba! Záložka není definována.**](#_Toc147493615)

Seznam příloh

Prázdná šablona maturitní práce

1. BCrypt je další hashovací funkce, která je ovšem značně pomalá. V roce vydání (1976) dokázala funkce zaheshovat skoro 4 hesla za sekundu. Vytvořena Nielsem Provosem a Davidem Mazièresem. [19] [↑](#footnote-ref-1)
2. Windows New Technology LAN Manager (NTLM) je bezpečnostní protokol, který slouží k ověřování identity uživatelů a integritě dat. NTLM umožňuje jednotné přihlašování **(SSO).** NTLM Používá MD4 a DES šifrovací funkci. [20] [↑](#footnote-ref-2)
3. Nejdůležitější funkce pro mě jako studenta, protože pracuji jak z domu, tak ze školy [↑](#footnote-ref-3)
4. CLI je zkratka pro Command Line Interface (rozhraní příkazového řádku) [↑](#endnote-ref-1)
5. GUI je zkratka pro Graphical User Interface (grafické uživatelské rozhraní) [↑](#endnote-ref-2)
6. SaaS je zkratka pro Software as a Servise (software jako služba**)** [↑](#endnote-ref-3)
7. Kanban (看板) z japonštiny znamená cedule či tabule [↑](#footnote-ref-4)
8. Just In Time (právě v čas) „umožňuje podniku vyrábět výrobky v určeném množství a určeném čase dle požadavků zákazníka.“ [28] [↑](#footnote-ref-5)
9. To-Do list znamená list věcí, které se ještě musí udělat. [↑](#endnote-ref-4)
10. Uniform Resource Locator (URL) znamená jednoznačné určení zdroje a používají to webové stránky jakožto doménovou adresu (příklad je seznam.cz) [↑](#endnote-ref-5)
11. celkově 12 tříd a 11 formulářů [↑](#footnote-ref-6)
12. Multithreading v překladu více vláknové řízení či použití více vláken [↑](#endnote-ref-6)
13. RGB znamená Red Green a Blue, což je formát pro nastavení barvy. Každá barva má hodnotu od 0 do 255. 0 ==> nesvítí a 255 ==> svítí nejvíce. Černá barva jsou všechny hodnoty na 0 a bílá všechny hodnoty na 255. [↑](#endnote-ref-7)
14. AI, artificial inteligence, je počítačově simulovaný algoritmus založený na neuronech a strojovém učení. [↑](#endnote-ref-8)