

# Dokumentacja projektowa Kryptografia i teoria kodów

Nikodem Bulanda

13 grudnia 2024

Autor:

Bartłomiej Cetera

# Spis treści

|          |                                      |           |
|----------|--------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Wstęp</b>                         | <b>3</b>  |
| 1.1      | Czym jest kryptografia? . . . . .    | 3         |
| 1.2      | Algorytmy . . . . .                  | 3         |
| 1.2.1    | AES . . . . .                        | 3         |
| 1.2.2    | DES . . . . .                        | 4         |
| 1.2.3    | RSA . . . . .                        | 5         |
| 1.2.4    | Szyfr Monoalfabetyczny . . . . .     | 6         |
| 1.2.5    | Szyfr Transpozycyjny . . . . .       | 7         |
| 1.2.6    | HMAC . . . . .                       | 8         |
| 1.2.7    | Diffie-Hellman . . . . .             | 9         |
| <b>2</b> | <b>Opis aplikacji</b>                | <b>11</b> |
| 2.1      | Główne funkcje aplikacji . . . . .   | 11        |
| 2.2      | Dobór technologii . . . . .          | 13        |
| <b>3</b> | <b>Implementacja</b>                 | <b>15</b> |
| 3.1      | Modułowość . . . . .                 | 15        |
| 3.2      | AES . . . . .                        | 16        |
| 3.2.1    | AES strumieniowy . . . . .           | 16        |
| 3.2.2    | AES blokowy . . . . .                | 17        |
| 3.3      | DES . . . . .                        | 19        |
| 3.3.1    | DES strumieniowy . . . . .           | 19        |
| 3.3.2    | DES blokowy . . . . .                | 20        |
| 3.4      | RSA . . . . .                        | 21        |
| 3.4.1    | RSA + AES . . . . .                  | 22        |
| 3.5      | Szyfr Monoalfabetyczny . . . . .     | 24        |
| 3.6      | Szyfr Transpozycyjny . . . . .       | 25        |
| 3.7      | HAMAC . . . . .                      | 27        |
| 3.8      | Diffie-Hellman - symulacja . . . . . | 28        |
| 3.9      | Podpisy cyfrowe - czytnik . . . . .  | 28        |
| <b>4</b> | <b>Podsumowanie</b>                  | <b>29</b> |

# 1 Wstęp

## 1.1 Czym jest kryptografia?

Kryptografia to dziedzina nauki zajmująca się technikami szyfrowania informacji w celu zapewnienia ich poufności, integralności, autentyczności i niezaprzeczalności. W praktyce oznacza to metody zmieniania czytelnej wiadomości (tekst jawny) na formę trudną do odczytania (szyfrogram) oraz możliwość przywrócenia jej do pierwotnej postaci. Kryptografia znajduje zastosowanie w zabezpieczaniu komunikacji, danych w sieci, uwierzytelnianiu użytkowników oraz wielu innych dziedzinach, takich jak podpisy cyfrowe czy blockchain.

### Podstawowe pojęcia w kryptografii:

- Szyfrowanie: Proces zmiany tekstu jawnego w szyfrogram za pomocą algorytmu i klucza.
- Klucz: Sekretny parametr używany w procesach szyfrowania i deszyfrowania.
- Kryptografia symetryczna: Wykorzystuje ten sam klucz do szyfrowania i deszyfrowania.
- Kryptografia asymetryczna: Wykorzystuje parę kluczy – publiczny do szyfrowania i prywatny do deszyfrowania.

## 1.2 Algorytmy

### 1.2.1 AES

#### Opis

AES (Advanced Encryption Standard) to algorytm szyfrowania symetrycznego, który został przyjęty jako standard szyfrowania przez Narodowy Instytut Standardyzacji i Technologii (NIST) w 2001 roku. Został opracowany przez belgijskich kryptografów Vincenta Rijmena i Joana Daemena i początkowo nazwany Rijndael. AES zastąpił starszy standard DES (Data Encryption Standard) ze względu na wyższy poziom bezpieczeństwa i lepszą wydajność.

#### Zasada działania

AES to szyfr blokowy, co oznacza, że dane są dzielone na bloki o stałym rozmiarze (128 bitów) i szyfrowane w każdym bloku niezależnie. Algorytm wykonuje szereg operacji matematycznych na danych w kilku rundach (10, 12 lub 14, w zależności od długości klucza: 128, 192 lub 256 bitów). Proces szyfrowania składa się z następujących etapów:

- SubBytes: Zastępowanie bajtów według tabeli S-box (substytucja).
- ShiftRows: Przesunięcie wierszy macierzy w lewo.
- MixColumns: Operacja mieszania kolumn w celu większego rozproszenia danych.
- AddRoundKey: Łączenie danych z kluczem szyfrowania za pomocą operacji XOR.

## Zastosowanie

AES jest popularny dzięki swojej efektywności, bezpieczeństwu i wsparciu na wielu platformach sprzętowych i programowych. Jest odporny na większość znanych ataków kryptograficznych i spełnia wymagania związane z ochroną danych na wysokim poziomie. AES jest powszechnie używany do ochrony danych w różnych dziedzinach:

- Szyfrowanie komunikacji: Protokół HTTPS, VPN, komunikatory.
- Ochrona plików: Szyfrowanie dysków twardych i plików.
- Bankowość i finanse: Bezpieczeństwo transakcji online.
- Urządzenia mobilne: Szyfrowanie danych w telefonach i aplikacjach.
- Rząd i wojsko: Ochrona danych niejawnych i wrażliwych.

### 1.2.2 DES

#### Opis

DES (Data Encryption Standard) to algorytm szyfrowania symetrycznego, który został opracowany w latach 70. XX wieku przez IBM i zatwierdzony jako standard szyfrowania przez Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii (NIST) w 1977 roku. Był to jeden z pierwszych szeroko stosowanych algorytmów kryptograficznych w komputerach. DES opiera się na pracy Horsta Feistela i jego strukturze kryptograficznej. Ze względu na zbyt małą długość klucza (56 bitów), DES stał się podatny na ataki brute force i został zastąpiony przez AES w 2001 roku.

#### Zasada działania

DES to szyfr blokowy, który operuje na blokach danych o stałym rozmiarze 64 bitów i wykorzystuje klucz o długości 56 bitów. Algorytm wykonuje 16 rund szyfrowania, w każdej z nich stosując różne operacje kryptograficzne:

- Permutacja początkowa (IP): Dane wejściowe są przeorganizowane w określony sposób.
- Podział na półbloki: Blok danych jest dzielony na dwie części (lewa i prawa).
- Feistel function: W każdej rundzie prawa część jest przetwarzana z użyciem klucza i funkcji kryptograficznej, a następnie łączona z lewą częścią przy pomocy operacji XOR.
- Permutacja końcowa (FP): Po 16 rundach dane są ponownie permutowane.

#### Zastosowanie

DES w swoich czasach był uznawany za bezpieczny i wydajny, dzięki czemu zyskał dużą popularność. Był jednym z pierwszych algorytmów szyfrowania zaimplementowanych na szeroką skalę i zapoczątkował rozwój nowoczesnej kryptografii. Jednak z czasem długość klucza okazała się zbyt krótka, a algorytm został uznany

za przestarzały i podatny na ataki brute force. Obecnie DES jest głównie używany w celach edukacyjnych lub w formie ulepszonej jako Triple DES (3DES), który zwiększa długość klucza i odporność na ataki. DES był szeroko stosowany w latach 80. i 90. XX wieku w następujących obszarach:

- Bankowość: Szyfrowanie transakcji bankomatowych (ATM) i kart kredytowych.
- Sieci telekomunikacyjne: Ochrona komunikacji głosowej i tekstowej.
- Przemysł: Ochrona danych w systemach informatycznych firm.
- Rząd: Bezpieczeństwo danych niejawnych (do lat 90.).

### 1.2.3 RSA

#### Opis

RSA (od nazwisk wynalazców: Ron Rivest, Adi Shamir i Leonard Adleman) to jeden z pierwszych publicznych algorytmów kryptograficznych, który opiera się na asymetrycznym szyfrowaniu. Algorytm został zaprezentowany w 1977 roku na MIT i szybko stał się podstawowym narzędziem w dziedzinie kryptografii. RSA jest oparty na teorii liczb i trudności faktoryzacji dużych liczb pierwszych.

#### Zasada działania

RSA to algorytm kryptograficzny asymetryczny, który wykorzystuje parę kluczy: klucz publiczny i klucz prywatny. Jego działanie opiera się na trudności faktoryzacji dużych liczb pierwszych.

##### Generowanie kluczy

- Wybierz dwie duże liczby pierwsze  $p$  i  $q$ .
- Oblicz moduł  $n$  jako iloczyn  $p$  i  $q$ :

$$n = p \times q$$

- Oblicz funkcję Eulera  $\phi(n)$ :

$$\phi(n) = (p - 1) \times (q - 1)$$

- Wybierz liczbę  $e$ , która spełnia warunek  $1 < e < \phi(n)$  oraz jest względnie pierwsza z  $\phi(n)$ .
- Oblicz klucz prywatny  $d$  jako odwrotność modularną  $e$  względem  $\phi(n)$ :

$$d \cdot e \equiv 1 \pmod{\phi(n)}$$

**Szyfrowanie** Wiadomość  $m$  jest szyfrowana za pomocą klucza publicznego  $(e, n)$  zgodnie z równaniem:

$$c = m^e \bmod n$$

gdzie  $c$  to szyfrogram.

## Deszyfrowanie

Szyfrogram  $c$  jest odszyfrowywany za pomocą klucza prywatnego  $(d, n)$  zgodnie z równaniem:

$$m = c^d \bmod n$$

gdzie  $m$  to odszyfrowana wiadomość.

## Zastosowanie

RSA zrewolucjonizował kryptografię, ponieważ umożliwił szyfrowanie asymetryczne, eliminując konieczność uprzedniego wymieniania klucza prywatnego między stronami. Algorytm opiera się na solidnym matematycznym fundamencie (trudności faktoryzacji dużych liczb pierwszych), co czyni go bardzo bezpiecznym. Jest jednak stosunkowo wolny w porównaniu z algorytmami symetrycznymi, dlatego często używa się go w połączeniu z szyfrowaniem symetrycznym, np. w systemach hybrydowych (RSA + AES). RSA jest powszechnie stosowany w:

- Protokołach bezpieczeństwa internetowego (SSL/TLS): Służy do ustanawiania bezpiecznych połączeń w internecie.
- Szyfrowaniu poczty elektronicznej: Programy takie jak PGP wykorzystują RSA do szyfrowania i podpisywania wiadomości.
- Podpisach cyfrowych: Zapewnia autentyczność i integralność danych.
- Dystrybucji kluczy: RSA jest używany do bezpiecznego przekazywania kluczy w algorytmach symetrycznych.

### 1.2.4 Szyfr Monoalfabetyczny

#### Opis

Szyfr monoalfabetyczny, znany również jako szyfr podstawieniowy, jest jednym z najstarszych i najprostszych algorytmów szyfrowania. Szyfr monoalfabetyczny był szeroko stosowany w starożytności, zwłaszcza w czasach rzymskich. Julius Caesar używał uproszczonej wersji tego szyfru, znanej jako szyfr Cezara, aby zabezpieczać swoje wiadomości wojskowe. Pomimo prostoty, przez wieki był podstawowym narzędziem w kryptografii, zanim pojawiły się bardziej zaawansowane metody.

#### Zasada działania

Szyfr monoalfabetyczny działa na zasadzie podstawienia każdej litery tekstu jawnego na inną literę zgodnie z ustalonym kluczem, który definiuje mapowanie znaków. Klucz to permutacja alfabetu, gdzie każdej literze alfabetu jawnego odpowiada inna litera alfabetu szyfrowego.

#### Proces szyfrowania:

- Każda litera tekstu jawnego jest zastępowana odpowiednią literą z klucza szyfrowania.

- Spacje, cyfry i znaki interpunkcyjne mogą być pozostawione bez zmian lub również szyfrowane, w zależności od implementacji.

#### **Proces deszyfrowania:**

- Każda litera szyfrogramu jest zastępowana literą tekstu jawnego zgodnie z odwrotną permutacją klucza.

#### **Zastosowanie**

Szyfr monoalfabetyczny był stosowany w korespondencji wojskowej i dyplomatycznej, aby ukryć znaczenie wiadomości. Dzisiaj szyfr monoalfabetyczny ma znaczenie głównie edukacyjne, jako wprowadzenie do kryptografii. Ze względu na łatwość złamania przy użyciu analizy częstotliwości, nie jest już używany w praktycznych zastosowaniach bezpieczeństwa.

### **1.2.5 Szyfr Transpozycyjny**

#### **Opis**

Szyfr transpozycyjny to technika kryptograficzna, w której znaki tekstu jawnego są przemieszczane (transponowane) zgodnie z określonym wzorcem lub regułą, zamiast być zastępowane innymi znakami. Szyfry transpozycyjne były używane już w starożytności. Jednym z najwcześniejszych przykładów jest skytale, narzędzie stosowane przez starożytnych Spartan do szyfrowania wiadomości. Wiadomość była zapisywana na pasku pergaminu owiniętym wokół cylindrycznego obiektu, a jej odczytanie wymagało odpowiedniego klucza w postaci cylindra o tej samej średnicy.

#### **Zasada działania**

Szyfr transpozycyjny zmienia kolejność liter w tekście jawnym według określonego klucza, ale nie zmienia samych znaków.

#### **Proces szyfrowania:**

- Tekst jawny jest wpisywany w siatkę lub według ustalonego wzorca.
- Znaki są odczytywane w innej kolejności, zgodnie z kluczem.
- Wynik to szyfrogram, który zawiera te same znaki co tekst jawny, ale w zmienionej kolejności.

#### **Proces deszyfrowania:**

- Szyfrogram jest wpisywany w siatkę zgodnie z kluczem.
- Odczytuje się znaki w pierwotnej kolejności, aby odzyskać tekst jawny.

#### **Zastosowanie**

Szyfry transpozycyjne były wykorzystywane w czasach wojny do ukrywania wiadomości, zwłaszcza tam, gdzie urządzenia do bardziej zaawansowanego szyfrowania nie były dostępne. Szyfr transpozycyjny ma głównie zastosowanie edukacyjne i teoretyczne w nauce kryptografii, aby pokazać różnicę między szyframi podstawieniowymi a transpozycyjnymi.

### 1.2.6 HMAC

#### Opis

HMAC (Hashed Message Authentication Code) to mechanizm kryptograficzny służący do uwierzytelniania wiadomości oraz zapewnienia ich integralności przy użyciu funkcji skrótu i klucza tajnego. HMAC został formalnie opisany w 1996 roku przez Mihira Bellare, Ranju Canettiego i Hugo Krawczyka. Jest szeroko stosowany w kryptografii, w szczególności w protokołach uwierzytelniania i komunikacji, takich jak TLS, IPsec czy JWT. HMAC został zaprojektowany jako bezpieczny i łatwy w implementacji sposób na wykorzystanie funkcji skrótu w celu uwierzytelniania danych.

#### Zasada działania

HMAC łączy funkcję skrótu (np. SHA-256, SHA-1, MD5) z kluczem tajnym, aby stworzyć kod uwierzytelniający wiadomość. Dzięki temu HMAC gwarantuje, że wiadomość pochodzi od autoryzowanego nadawcy (znającego klucz), oraz zapewnia integralność, czyli brak modyfikacji wiadomości podczas transmisji.

#### Proces tworzenia HMAC

- Klucz jest dostosowywany do ustalonej długości (zazwyczaj długości bloku używanej przez funkcję skrótu).
- Klucz jest łączony z wiadomością w procesie dwukrotnego mieszania:
  - Klucz jest najpierw łączony z tzw. *ipad* (wewnętrzną maską) i wiadomością.
  - Wynik pierwszego mieszania jest łączony z *opad* (zewnętrzną maską) i ponownie hashowany.
- Powstały wynik to kod HMAC.

#### Wzór matematyczny

$$HMAC(K, M) = H((K \oplus opad) \parallel H((K \oplus ipad) \parallel M))$$

#### Opis symboli

- $K$ : klucz tajny (dostosowany do długości funkcji skrótu).
- $M$ : wiadomość.
- $H$ : funkcja skrótu (np. SHA-256).
- $\oplus$ : operacja XOR (alternatywa wykluczająca).
- $\parallel$ : konkatencja (łączenie).
- $ipad, opad$ : maski (stałe o ustalonej długości).

#### Zastosowanie

HMAC jest stosowany w wielu protokołach i standardach kryptograficznych, takich jak:



- TLS/SSL: do uwierzytelniania danych w połączeniach internetowych.
- IPsec: do uwierzytelniania pakietów w komunikacji sieciowej.
- JWT (JSON Web Tokens): w celu zapewnienia integralności i uwierzytelnienia tokenów.
- AWS S3 i inne API: HMAC jest używany do uwierzytelniania żądań API.

### 1.2.7 Diffie-Hellman

#### Opis

Diffie-Hellman Key Exchange Protocol został opracowany w 1976 roku przez Whitfielda Diffiego i Martina Hellmana. Jest to jeden z pierwszych praktycznych przykładów kryptografii asymetrycznej, gdzie dwie strony mogą wymieniać dane w sposób bezpieczny, nawet bez wcześniejszego ustalenia wspólnego klucza.

#### Zasada działania protokołu Diffie-Hellmana

Diffie-Hellman pozwala dwóm stronom na obliczenie wspólnego tajnego klucza, który może być użyty do dalszej wymiany zaszyfrowanych wiadomości. Algorytm opiera się na trudności rozwiązania problemu logarytmu dyskretnego, co czyni go bezpiecznym w praktyce.

**Parametry publiczne** Obie strony uzgadniają liczbę pierwszą  $p$  oraz bazę  $g$ , które są publicznie znane.

**Klucze prywatne i publiczne** Każda strona generuje swój klucz prywatny:

- Alicja wybiera  $x$ ,
- Bob wybiera  $y$ .

Na ich podstawie generują swoje klucze publiczne:

$$A = g^x p, \quad B = g^y p$$

#### Wymiana kluczy publicznych

- Alicja wysyła  $A$  Bobowi,
- Bob wysyła  $B$  Alicji.

**Obliczenie wspólnego klucza** Każda strona oblicza wspólny klucz przy użyciu klucza publicznego drugiej strony i swojego klucza prywatnego:

$$K = B^x p \quad (\text{obliczane przez Alicję})$$

$$K = A^y p \quad (\text{obliczane przez Boba})$$

Wynik  $K$  jest identyczny dla obu stron i stanowi wspólny tajny klucz.

#### Wzór matematyczny

$$K = g^{xy} p$$

**Gdzie:**

- $g$ : baza,
- $p$ : liczba pierwsza (moduł),
- $x, y$ : klucze prywatne,
- $A = g^x p, B = g^y p$ : klucze publiczne,
- $K$ : wspólny klucz.

**Zastosowanie**

Diffie-Hellman znajduje zastosowanie w:

- Protokole TLS/SSL (do bezpiecznej wymiany kluczy),
- Sieciach VPN,
- Systemach szyfrowania wiadomości,
- Wszelkich aplikacjach wymagających bezpiecznego uzgadniania klucza w niepewnym środowisku.

## 2 Opis aplikacji

Aplikacja kryptograficzna to kompleksowe narzędzie przeznaczone do szyfrowania i deszyfrowania danych, dostosowane zarówno do potrzeb edukacyjnych, jak i praktycznych zastosowań. Dzięki obsłudze wielu algorytmów oraz intuicyjnemu interfejsowi graficznemu, użytkownicy mogą w prosty sposób zabezpieczać swoje dane oraz poznawać zasady działania różnych metod kryptograficznych.

### 2.1 Główne funkcje aplikacji

#### Obsługa wielu algorytmów szyfrowania:

- AES (szyfrowanie blokowe i strumieniowe): Zaawansowany algorytm kryptografii symetrycznej używany w standardach bezpieczeństwa.
- DES (szyfrowanie blokowe i strumieniowe): Klasyczny algorytm symetryczny dla mniej-szych zastosowań.
- RSA (w tym RSA + AES): Kryptografia asymetryczna umożliwiająca szyfrowanie z wykorzystaniem pary kluczy (publiczny i prywatny).
- Hamak: Uproszczony algorytm demonstracyjny, idealny do nauki podstaw kryptografii. Szyfry klasyczne:
- Monoalfabetyczny: Substytucja każdej litery alfabetu inną, zgodnie z ustalonym kluczem.
- Transpozycyjny: Przestawianie znaków tekstu według określonego wzorca. Podpisy cyfrowe: Analiza certyfikatów i podpisów zawartych w plikach PDF.

#### Szyfrowanie i deszyfrowanie plików:

- Możliwość szyfrowania plików dowolnego typu, od dokumentów tekstowych po archiwa i multimedia.
- Zabezpieczanie danych w plikach za pomocą symetrycznych lub asymetrycznych algorytmów.
- Tworzenie plików wyjściowych, które można odszyfrować przy użyciu odpowiedniego klucza.

#### Szyfrowanie i deszyfrowanie tekstu:

- Użytkownik może wpisać tekst w oknie aplikacji i zaszyfrować go jednym z dostępnych algorytmów.
- Wynik szyfrowania można zapisać w pliku lub skopiować do schowka.

#### Generowanie kluczy kryptograficznych:

- Automatyczne generowanie kluczy do każdego algorytmu.
- Obsługa asymetrycznych kluczy publicznych i prywatnych (np. RSA).
- Opcja kopiowania kluczy do schowka w celu łatwego udostępnienia lub wykorzystania.

#### **Praca z plikami:**

- Intuicyjny system wyboru plików wejściowych do szyfrowania/deszyfrowania.
- Zabezpieczenie przed przypadkową utratą danych poprzez operacje na kopiach plików.

#### **Analiza podpisów cyfrowych:**

- Odczyt podpisów cyfrowych z plików PDF.
- Wyświetlanie szczegółowych informacji o certyfikatach, takich jak wystawca, data ważności i podmiot.

## 2.2 Dobór technologii

### Python

Projekt kryptograficzny został zrealizowany w oparciu o Python, uniwersalny i dynamiczny język programowania. Dzięki bogatej bazie bibliotek, Python umożliwia implementację zarówno prostych, jak i zaawansowanych funkcji kryptograficznych, zapewniając wysoką wydajność i elastyczność. Oto szczegółowy opis technologii i bibliotek użytych w tym projekcie:

**Tkinter:** Wbudowana biblioteka w Pythonie, służąca do tworzenia graficznych interfejsów użytkownika (GUI).

Zastosowanie w projekcie:

- Tworzenie okien aplikacji, przycisków, pól tekstowych i etykiet.
- Intuicyjne rozmieszczenie elementów interfejsu w sekcjach, takich jak "Generowanie kluczy" czy "Szyfrowanie plików".

**Crypto:** Pochodzi z pakietu PyCryptodome, jednego z najpopularniejszych modułów kryptograficznych w Pythonie.

Zastosowanie w projekcie:

- Implementacja zaawansowanych algorytmów, takich jak RSA i AES.
- Obsługa kluczy publicznych i prywatnych.
- Operacje szyfrowania i deszyfrowania plików oraz tekstów.

**Shutil:** Wbudowany moduł Python do operacji na plikach i katalogach.

Zastosowanie w projekcie:

- Tworzenie kopii zapasowych plików podczas operacji szyfrowania/deszyfrowania, aby zapobiec utracie danych.
- Bezpieczne usuwanie tymczasowych kopii plików po zakończeniu operacji.

**Os:** Wbudowany moduł Python do interakcji z systemem operacyjnym.

Zastosowanie w projekcie:

- Obsługa ścieżek plików.
- Zarządzanie plikami tymczasowymi.

**Pyperclip:** Biblioteka umożliwiająca operacje na schowku systemowym.

Zastosowanie w projekcie:

- Kopiowanie kluczy kryptograficznych do schowka w celu łatwego udostępnienia.

**FileDialog:** Część biblioteki Tkinter do obsługi wyboru plików w GUI.

Zastosowanie w projekcie:

- Wybór plików wejściowych do szyfrowania/deszyfrowania.
- Wskazanie lokalizacji dla plików wyjściowych.

## Git

Git to rozproszony system kontroli wersji, który pozwala na śledzenie zmian w plikach i zarządzanie historią projektu. Umożliwia efektywną współpracę między programistami, jednocześnie zapewniając bezpieczeństwo i elastyczność w pracy nad kodem. Jego kluczową cechą jest rozproszony charakter, dzięki któremu każde lokalne repozytorium zawiera pełną historię projektu, co minimalizuje ryzyko utraty danych. Git pozwala na tworzenie różnych ścieżek rozwoju projektu poprzez system gałęzi, a także ich późniejsze łączenie. Umożliwia zapis zmian w postaci commitów, co pozwala na powrót do dowolnej wersji projektu. Dzięki swojej wydajności i wszechstronności jest to jedno z najczęściej używanych narzędzi w branży programistycznej.

## Github

GitHub jest platformą zbudowaną na bazie Gita, która pozwala na hostowanie zdalnych repozytoriów i ułatwia współpracę między programistami na szeroką skalę. Umożliwia zarządzanie projektami, przeglądanie kodu, zgłaszanie poprawek oraz rozwiązywanie problemów dzięki wbudowanym funkcjom, takim jak pull requests i issue tracker. GitHub wspiera także automatyzację procesów za pomocą integracji z narzędziami CI/CD, a dzięki dodatkowym funkcjom, takim jak wiki i dokumentacja, umożliwia kompleksowe zarządzanie projektami. To platforma, która łączy miliony programistów na całym świecie, wspierając rozwój oprogramowania zarówno w zespołach komercyjnych, jak i w środowisku open source.

## Latex

LaTeX to zaawansowany system do składu tekstu, który jest szczególnie popularny w środowiskach naukowych, technicznych i akademickich. Umożliwia tworzenie dokumentów o wysokiej jakości typograficznej, takich jak artykuły, raporty, prezentacje czy książki. LaTeX pozwala na precyzyjne zarządzanie strukturą dokumentu, wstawianie skomplikowanych wzorów matematycznych, tabel i wykresów, a także integrację bibliografii. Jego zaletą jest oddzielenie treści od formy, co oznacza, że autor skupia się na pisaniu tekstu, a system zajmuje się wyglądem i układem.

## Overleaf

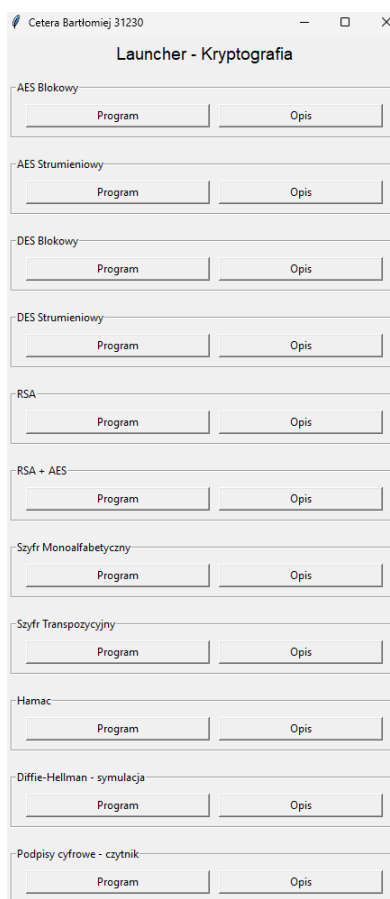
Overleaf to platforma online, która umożliwia łatwą pracę z dokumentami LaTeX bez potrzeby instalowania dodatkowego oprogramowania. Umożliwia współpracę w czasie rzeczywistym, co jest szczególnie przydatne w przypadku zespołów piszących wspólne prace naukowe czy projekty. Overleaf oferuje intuicyjny interfejs użytkownika, wbudowaną kompilację dokumentów i obsługę szablonów, co znacznie ułatwia korzystanie z LaTeX nawet osobom początkującym. Dzięki pracy w chmurze użytkownicy mają dostęp do swoich dokumentów z dowolnego miejsca, co czyni Overleaf wygodnym narzędziem zarówno dla studentów, jak i profesjonalistów.

## 3 Implementacja

### 3.1 Modułowość

Aplikacja została zaprojektowana w sposób modułowy, co oznacza, że składa się z wielu niezależnych podprogramów, z których każdy realizuje konkretne zadania związane z różnymi algorytmami kryptograficznymi i funkcjami szyfrowania oraz deszyfrowania danych. Centralnym elementem tego rozwiązania jest główny plik sterujący o nazwie „launcher”, który pełni rolę interfejsu pozwalającego użytkownikowi na wygodne uruchamianie poszczególnych modułów. Dzięki temu użytkownik nie musi samodzielnie przeszukiwać struktury projektu w celu odnalezienia i uruchomienia konkretnego programu – wystarczy kilka kliknięć w menu „launchera”.

Każdy moduł w aplikacji działa jako niezależny program, co pozwala na jasne rozdzielenie zadań i łatwiejsze zarządzanie kodem. Moduły te obsługują różne algorytmy kryptograficzne, takie jak AES, DES, RSA, szyfr monoalfabetyczny, szyfr transpozycyjny, a także procesy związane z podpisami cyfrowymi i generowaniem kluczy.



Rysunek 1: Launcher - aplikacja startowa

## 3.2 AES

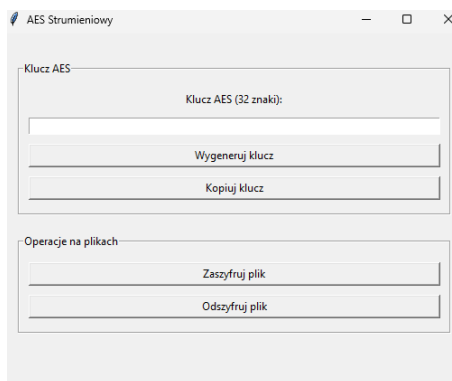
### 3.2.1 AES strumieniowy

Program AES strumieniowy implementuje algorytm Advanced Encryption Standard (AES) w trybie strumieniowym. W odróżnieniu od trybu blokowego, dane są przetwarzane w sposób ciągły, co pozwala na szyfrowanie i deszyfrowanie danych w mniejszych porcjach. Tryb strumieniowy nie wymaga dzielenia danych na bloki o stałej długości ani stosowania paddingu, dzięki czemu jest bardziej elastyczny i efektywny w przypadku danych o nieokreślonej długości, takich jak strumienie multimedialne czy dane przesyłane w czasie rzeczywistym. Program oferuje funkcje szyfrowania i deszyfrowania plików, a także umożliwia wprowadzenie i szyfrowanie tekstu bezpośrednio z interfejsu graficznego. Użytkownik może podać klucz szyfrujący, wybrać plik wejściowy i zapisać zaszyfrowane lub odszyfrowane dane w pliku wynikowym. Klucz musi spełniać wymagania algorytmu AES (128, 192 lub 256 bitów), co gwarantuje bezpieczeństwo operacji.

#### Scenariusz użycia programu

- Po uruchomieniu programu użytkownik widzi interfejs graficzny, który umożliwia wprowadzenie klucza szyfrującego oraz wybór plików do przetworzenia.
- Użytkownik podaje klucz szyfrujący w odpowiednim polu tekstowym. Program sprawdza długość klucza, aby upewnić się, że jest zgodna z wymogami AES.
- Użytkownik może wprowadzić dowolny tekst w polu tekstowym i kliknąć przycisk „Zaszyfruj tekst”, aby zaszyfrować dane i zapisać je do pliku. Szyfrowanie odbywa się strumieniowo, znak po znaku.
- Użytkownik wybiera plik do zaszyfrowania, wskazuje miejsce zapisu pliku wynikowego, a następnie uruchamia proces szyfrowania. Algorytm AES w trybie strumieniowym szyfruje dane w małych porcjach, dzięki czemu proces jest bardziej elastyczny w przypadku dużych plików.
- Użytkownik wskazuje plik zaszyfrowany jako wejściowy, wybiera lokalizację dla odszyfrowanego pliku, a następnie uruchamia proces deszyfrowania.
- Po zakończeniu szyfrowania lub deszyfrowania użytkownik otrzymuje powiadomienie o sukcesie operacji, a plik wynikowy jest zapisany w wybranej lokalizacji.





Rysunek 2: AES strumieniowy

### 3.2.2 AES blokowy

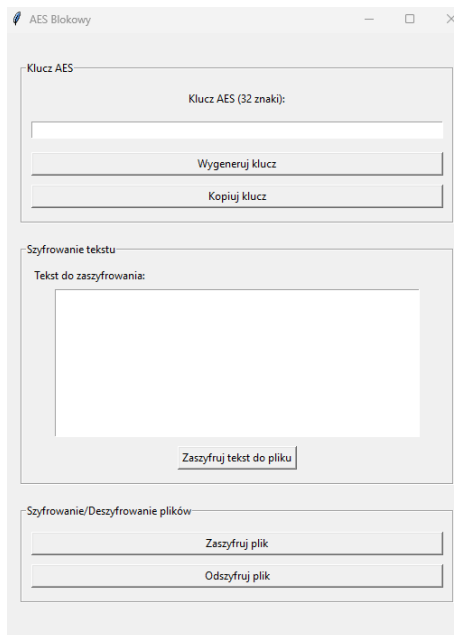
Program AES blokowy implementuje algorytm Advanced Encryption Standard (AES) w trybie blokowym. Oznacza to, że dane wejściowe są dzielone na bloki o stałej długości (zazwyczaj 128 bitów), które są szyfrowane indywidualnie, blok po bloku. W przypadku, gdy dane wejściowe nie są wielokrotnością długości bloku, stosowany jest padding, czyli uzupełnianie brakujących bitów. Tryb blokowy oznacza, że każda porcja danych jest przetwarzana w wyraźnie odseparowanych jednostkach (blokach), co różni się od trybu strumieniowego, w którym dane są przetwarzane w sposób ciągły. Program oferuje funkcje zarówno szyfrowania, jak i deszyfrowania plików. Jego graficzny interfejs użytkownika (GUI) umożliwia użytkownikowi wprowadzenie klucza szyfrującego, wybranie pliku wejściowego oraz wskazanie miejsca zapisu wyniku szyfrowania lub deszyfrowania. Klucz wykorzystywany w algorytmie AES musi mieć określoną długość (128, 192 lub 256 bitów), co zapewnia bezpieczeństwo operacji.

#### Scenariusz użycia programu

- Uruchomienie programu: Po uruchomieniu programu użytkownik widzi interfejs graficzny z polami do wprowadzenia klucza szyfrującego oraz przyciskami umożliwiającymi wybór plików do zaszyfrowania lub odszyfrowania.
- Wprowadzenie klucza: Użytkownik wpisuje w odpowiednie pole klucz szyfrujący. Program automatycznie sprawdza poprawność długości klucza, aby spełniał wymagania algorytmu AES.
- Wybór pliku do zaszyfrowania: Użytkownik wybiera plik wejściowy, który ma zostać zaszyfrowany, korzystając z przycisku „Wybierz plik”. Następnie wskazuje miejsce, w którym zaszyfrowany plik ma zostać zapisany.
- Proces szyfrowania: Po kliknięciu przycisku „Szyfruj” program wykorzystuje algorytm AES w trybie blokowym, dzieląc dane na bloki i szyfrując je indywidualnie. Wynik operacji jest zapisywany w pliku wyjściowym.
- Odszyfrowanie pliku: Aby odszyfrować wcześniej zaszyfrowany plik, użytkownik wskazuje zaszyfrowany plik jako wejściowy oraz wybiera miejsce zapisu

odszyfrowanych danych. Po kliknięciu przycisku „Deszyfruj” program odtwarza oryginalne dane z zaszyfrowanych bloków przy użyciu tego samego klucza szyfrującego.

- Wynik operacji: Po zakończeniu szyfrowania lub deszyfrowania użytkownik otrzymuje komunikat o sukcesie operacji, a plik wynikowy jest zapisany w określonej lokalizacji.



Rysunek 3: AES blokowy

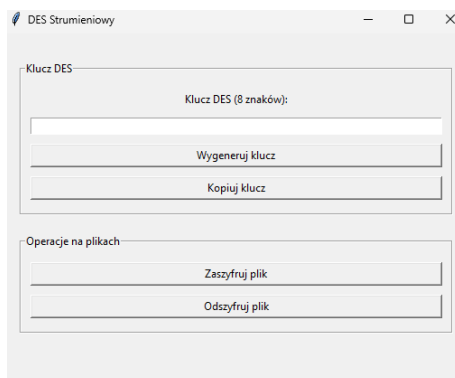
## 3.3 DES

### 3.3.1 DES strumieniowy

Program DES strumieniowy implementuje algorytm szyfrowania Data Encryption Standard (DES) w trybie strumieniowym. DES, choć historycznie uznawany za standard kryptografii symetrycznej, w swojej strumieniowej wersji pozwala na przetwarzanie danych w mniejszych porcjach, co zwiększa jego elastyczność w przypadku danych o dynamicznej długości lub przesyłanych w czasie rzeczywistym. Tryb strumieniowy nie wymaga dzielenia danych na bloki o stałej długości, co pozwala na szyfrowanie strumieniowe w sposób bardziej zbliżony do rzeczywistych potrzeb użytkownika. Program oferuje użytkownikowi możliwości szyfrowania i deszyfrowania danych, zarówno w postaci plików, jak i tekstu wprowadzanego bezpośrednio w interfejsie. Klucz szyfrujący jest podawany przez użytkownika, co pozwala na pełną kontrolę nad procesem kryptograficznym.

#### Scenariusz użycia programu

- Uruchomienie programu: Po uruchomieniu użytkownik widzi intuicyjny interfejs graficzny, umożliwiający wprowadzenie klucza szyfrującego i wybór operacji szyfrowania lub deszyfrowania.
- Wprowadzenie klucza: Użytkownik podaje klucz szyfrujący w odpowiednim polu tekstowym. Klucz musi spełniać wymogi DES, czyli być 56-bitowy (często wprowadzany w formie 8 bajtów, z których każdy ma ustawiony 1 bit parzystości).
- Szyfrowanie tekstu: Użytkownik wprowadza tekst w oknie tekstowym i klika przycisk „Zaszyfruj tekst”. Program przetwarza dane w trybie strumieniowym, zapisując wynik w wybranym pliku.
- Szyfrowanie pliku: Użytkownik wybiera plik do zaszyfrowania oraz lokalizację zapisu pliku wynikowego. Algorytm DES w trybie strumieniowym przetwarza plik porcjami, co umożliwia szyfrowanie nawet dużych danych bez konieczności ich pełnego wczytania do pamięci.
- Deszyfrowanie pliku: W procesie deszyfrowania użytkownik wybiera zaszyfrowany plik wejściowy i wskazuje lokalizację pliku wynikowego. Program odtwarza oryginalne dane przy użyciu podanego klucza.
- Zakończenie operacji: Po zakończeniu procesu szyfrowania lub deszyfrowania użytkownik otrzymuje informację o sukcesie, a plik wynikowy jest dostępny w wybranej lokalizacji.



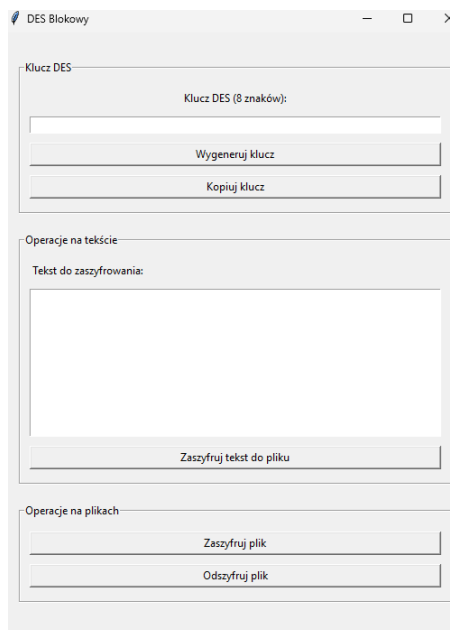
Rysunek 4: DES strumieniowy

### 3.3.2 DES blokowy

Program DES blokowy implementuje algorytm szyfrowania Data Encryption Standard (DES) w trybie blokowym. DES, jako kryptograficzny algorytm symetryczny, działa na danych w stałych blokach o długości 64 bitów, co odróżnia go od trybu strumieniowego. W trybie blokowym dane wejściowe są dzielone na bloki o ustalonej długości, a każdy z bloków jest przetwarzany niezależnie. Jeśli dane wejściowe nie są wielokrotnością długości bloku, dodawany jest padding, aby wypełnić brakujące bity. Program umożliwia szyfrowanie i deszyfrowanie zarówno tekstu, jak i plików. Użytkownik ma możliwość pracy z kluczem szyfrującym, który musi być zgodny z wymogami DES, a operacje są łatwo dostępne dzięki przyjaznemu interfejsowi graficznemu.

#### Scenariusz użycia programu

- Uruchomienie programu: Użytkownik uruchamia program i wita go interfejs graficzny z opcjami generowania klucza, szyfrowania i deszyfrowania.
- Generowanie lub wprowadzenie klucza: Użytkownik może wygenerować klucz szyfrujący lub wprowadzić własny klucz. Klucz musi spełniać wymogi algorytmu DES (zazwyczaj 56-bitowy klucz z dodatkowym bitem parzystości).
- Szyfrowanie tekstu: Użytkownik wprowadza tekst do pola tekstowego i klika przycisk „Zaszyfruj tekst”. Program dzieli tekst na bloki, szyfruje każdy blok i zapisuje wynik w pliku wyjściowym.
- Szyfrowanie pliku: Użytkownik wybiera plik wejściowy i podaje lokalizację pliku wynikowego. Program dzieli plik na bloki 64-bitowe, dodaje padding (jeśli to konieczne), a następnie szyfruje dane blok po bloku.
- Deszyfrowanie pliku: Podczas deszyfrowania użytkownik wybiera zaszyfrowany plik i podaje lokalizację pliku wynikowego. Program odtwarza oryginalne dane poprzez usuwanie paddingu i odwrócenie procesu szyfrowania.
- Informacja o zakończeniu operacji: Po każdej operacji program informuje użytkownika o sukcesie, a dane wynikowe są dostępne w wybranej lokalizacji.



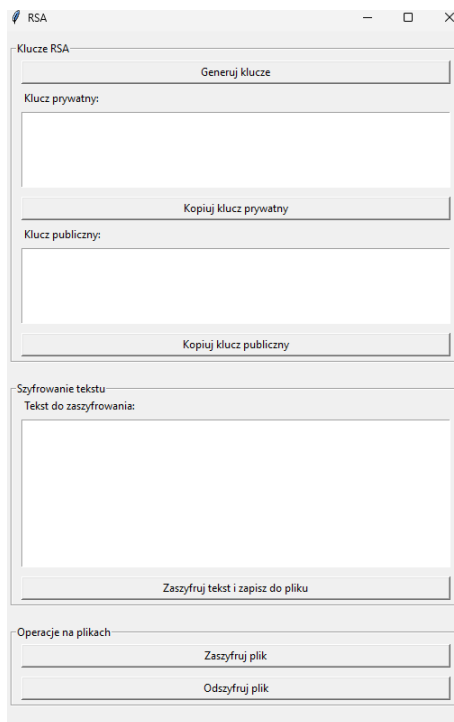
Rysunek 5: DES blokowy

### 3.4 RSA

Program RSA implementuje klasyczny algorytm szyfrowania i deszyfrowania oparty na RSA (Rivest-Shamir-Adleman). RSA to asymetryczny algorytm kryptograficzny, który korzysta z dwóch różnych kluczy: publicznego do szyfrowania oraz prywatnego do deszyfrowania. Program umożliwia generowanie kluczy w sposób prosty i intuicyjny, co stanowi podstawę późniejszych operacji na danych. Główne funkcje programu obejmują szyfrowanie i deszyfrowanie zarówno tekstu, jak i plików. Użytkownik może wprowadzać tekst w dedykowanym polu interfejsu graficznego, który następnie zostaje zaszyfrowany za pomocą klucza publicznego i zapisany w pliku. W przypadku plików program dzieli je na fragmenty zgodne z rozmiarem klucza, co pozwala na ich poprawne szyfrowanie i późniejsze deszyfrowanie.

#### Scenariusz użycia programu

- Użytkownik uruchamia program i generuje parę kluczy (publiczny i prywatny) za pomocą przycisku w interfejsie.
- Następnie wprowadza tekst do szyfrowania w odpowiednim polu lub wybiera plik do zaszyfrowania.
- Program szyfruje tekst/plik za pomocą klucza publicznego i zapisuje wynik w wybranej lokalizacji.
- W przypadku deszyfrowania użytkownik wybiera zaszyfrowany plik i podaje klucz prywatny. Program odszyfrowuje dane i zapisuje wynik w formie odczytywalnej.



Rysunek 6: RSA

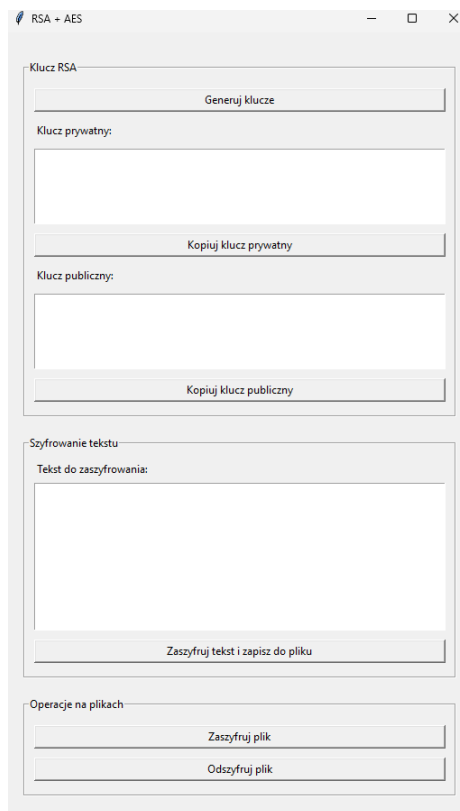
### 3.4.1 RSA + AES

Program RSA + AES, znajdujący się w podfolderze "RSA" w projekcie, implementuje hybrydowy system kryptograficzny, który łączy zalety asymetrycznego RSA i symetrycznego AES. Tego rodzaju podejście umożliwia efektywne szyfrowanie dużych plików, zachowując jednocześnie wysoki poziom bezpieczeństwa kluczy dzięki kryptografii asymetrycznej. Główne funkcje programu obejmują generowanie par kluczy RSA (prywatnego i publicznego), szyfrowanie tekstu oraz szyfrowanie i deszyfrowanie plików. W przypadku szyfrowania plików stosowany jest schemat hybrydowy: klucz symetryczny AES jest generowany dynamicznie i szyfrowany kluczem publicznym RSA, natomiast rzeczywiste dane pliku są szyfrowane algorytmem AES w trybie EAX, który zapewnia zarówno poufność, jak i integralność danych.

#### Scenariusz użycia programu

- Generowanie kluczy: Użytkownik otwiera aplikację i klika przycisk "Generuj klucze". Program tworzy parę kluczy RSA (prywatny i publiczny). Klucze są wyświetlane w polach tekstowych w interfejsie i mogą być zapisane, skopiowane do schowka lub wykorzystane od razu.
- Szyfrowanie tekstu: W polu tekstowym użytkownik wpisuje wiadomość, np. "Poufne dane dotyczące projektu". Następnie klika przycisk "Zaszyfruj tekst i zapisz do pliku". Program szyfruje wiadomość przy użyciu klucza publicznego RSA i zapisuje wynik w wybranym przez użytkownika pliku.

- Szyfrowanie pliku: Użytkownik wskazuje plik do zaszyfrowania, np. dokument "dokumentprojektu.pdf". Program generuje klucz AES i szyfruje plik przy jego użyciu. Klucz AES jest następnie zaszyfrowany kluczem publicznym RSA i zapisany razem z zaszyfrowanym plikiem. Plik wynikowy jest zapisany w wybranej lokalizacji.
- Przesyłanie zaszyfrowanych danych: Zaszyfrowany plik i klucz publiczny są przesyłane do innego użytkownika, który ma dostęp do klucza prywatnego RSA.
- Deszyfrowanie pliku: Odbiorca otwiera aplikację, wczytuje swój klucz prywatny RSA i wskazuje zaszyfrowany plik. Program odszyfrowuje klucz AES za pomocą klucza prywatnego RSA, a następnie deszyfruje właściwy plik przy użyciu tego klucza AES. Wynikowy plik jest zapisany w wybranej przez odbiorcę lokalizacji.
- Weryfikacja: Odbiorca otwiera odszyfrowany plik, który jest identyczny z oryginalnym dokumentem przesłanym przez nadawcę.



Rysunek 7: RSA + AES

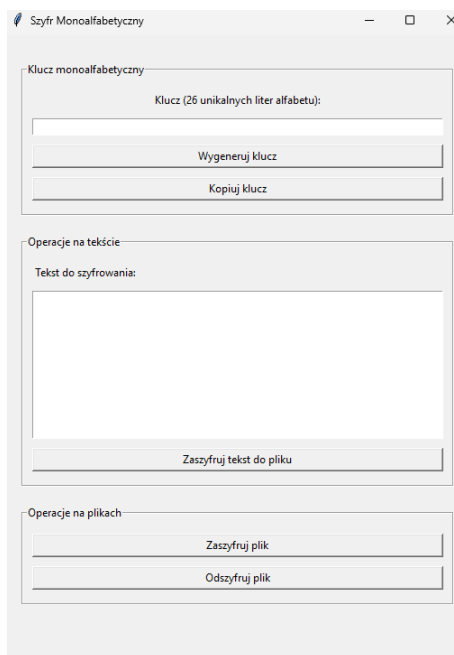
### 3.5 Szyfr Monoalfabetyczny

Program Szyfr Monoalfabetyczny implementuje szyfrowanie i deszyfrowanie tekstu za pomocą szyfru monoalfabetycznego. Szyfr ten polega na podstawieniu każdej litery alfabetu za pomocą odpowiedniego klucza w postaci permutacji liter. Dzięki swojej prostocie jest jednym z najstarszych i najbardziej znanych sposobów szyfrowania, jednak z powodu ograniczonego bezpieczeństwa znajduje obecnie zastosowanie głównie w celach edukacyjnych. Program umożliwia użytkownikowi szyfrowanie tekstu poprzez wpisanie go w odpowiednie pole w interfejsie, a następnie przekształca go zgodnie z określonym kluczem szyfrującym i zapisuje wynik w pliku. W podobny sposób można odszyfrować tekst, który został wcześniej zaszyfrowany przy użyciu tego samego klucza, co pozwala na odzyskanie pierwotnej zawartości. Program obsługuje również szyfrowanie i deszyfrowanie plików tekstowych, oferując użytkownikowi możliwość wskazania pliku do przetworzenia oraz miejsca zapisu wyniku. Dzięki intuicyjnemu interfejsowi aplikacja jest przystępna w użyciu i wspiera naukę podstawowych zasad działania prostych algorytmów szyfrowania.

#### Scenariusz użycia programu

- Użytkownik otwiera aplikację i generuje klucz szyfrujący, który jest permutacją alfabetu (np. qwertyuipasdfghjklzxcvbnm).
- Użytkownik wpisuje tekst w pole, np. "To jest test", a następnie wybiera opcję zaszyfrowania. Program używa klucza do zamiany każdej litery tekstu na odpowiadającą literę z permutacji i zapisuje wynik w pliku.
- Zaszyfrowany tekst, np. "Yg oyjg ygst", może zostać przesłany do innej osoby, która posiada odpowiedni klucz odszyfrowujący.
- Odbiorca wprowadza zaszyfrowany tekst do programu, używa tego samego klucza i odtwarza pierwotny tekst.





Rysunek 8: Szyfr Monoalfabetyczny

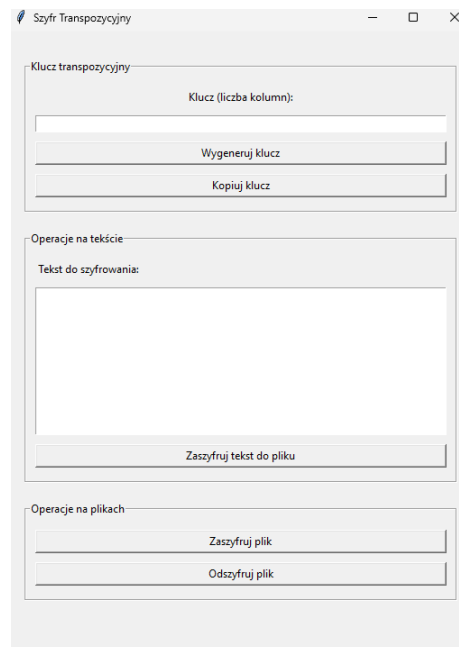
### 3.6 Szyfr Transpozycyjny

Program Szyfr Transpozycyjny implementuje algorytm szyfrowania i deszyfrowania oparty na zasadzie przestawiania (transpozycji) znaków w tekście. W szyfrze transpozycyjnym kolejność liter w tekście jest zmieniana według określonego schematu, który opiera się na kluczu wskazującym, w jaki sposób należy przestawić znaki. W przeciwieństwie do szyfrów podstawieniowych, takich jak monoalfabetyczny, szyfr transpozycyjny nie zmienia wartości znaków, a jedynie ich kolejność, co zapewnia inny rodzaj ukrywania informacji. Program umożliwia użytkownikowi szyfrowanie tekstu poprzez wpisanie go w dedykowane pole w interfejsie. Na podstawie wprowadzonego klucza (określającego sposób przestawiania znaków) aplikacja generuje tekst zaszyfrowany, który można zapisać do pliku. W analogiczny sposób użytkownik może odszyfrować tekst, przywracając jego pierwotną kolejność znaków, o ile użyje tego samego klucza, który został zastosowany podczas szyfrowania. Program obsługuje także szyfrowanie i deszyfrowanie plików tekstowych, co pozwala na wygodne przetwarzanie większych zbiorów danych.

#### Scenariusz użycia programu

- Użytkownik uruchamia aplikację i widzi interfejs z polami do wprowadzania tekstu, wybierania plików oraz klucza szyfrującego.
- Wprowadza tekst, który chce zaszyfrować, np. "Witaj świecie", i podaje klucz, np. 4.
- Po kliknięciu przycisku "Szyfruj tekst i zapisz do pliku" program przetwarza tekst, tworząc zaszyfrowaną wersję, i zapisuje ją w wybranym pliku.

- Aby odszyfrować tekst, użytkownik wskazuje zaszyfrowany plik i ponownie wprowadza ten sam klucz. Po kliknięciu "Odszyfruj plik" program odtwarza pierwotny tekst i zapisuje go w nowym pliku.
- Użytkownik może również szyfrować lub odszyfrowywać całe pliki tekstowe, wybierając je w odpowiednich sekcjach aplikacji.



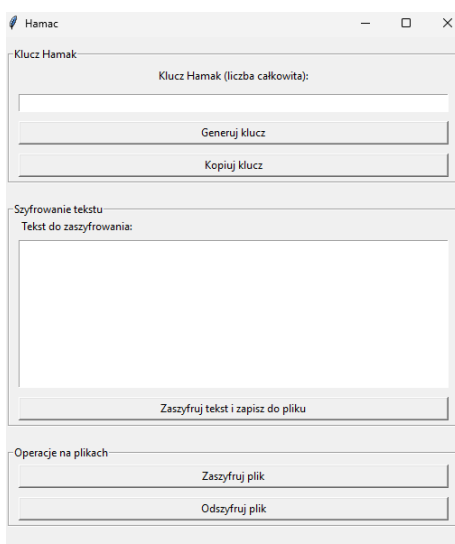
Rysunek 9: Szyfr Transpozycyjny

## 3.7 HMAC

Program HMAC (Hash-based Message Authentication Code) realizuje funkcjonalność opartą na algorytmie kryptograficznym, który umożliwia uwierzytelnianie wiadomości i weryfikację ich integralności. Wykorzystuje funkcję skrótu, taką jak SHA-256, oraz klucz kryptograficzny do generowania kodu uwierzytelniającego (HMAC), który jest unikalny dla danej wiadomości i klucza. Program pozwala na generowanie jednego klucza kryptograficznego, który jest wykorzystywany zarówno do generowania kodów HMAC, jak i do ich weryfikacji, a klucz ten może być zapisywany i kopiowany. Użytkownik może wpisać wiadomość w polu tekstowym i za pomocą przycisku utworzyć jej kod HMAC, który zostanie zapisany do pliku. Program umożliwia także wybranie pliku, dla którego wygenerowany zostanie kod HMAC, a wynikowa wartość zapisana w wybranym pliku wyjściowym. Wygenerowany HMAC można porównać z istniejącą wartością, aby upewnić się, że dane nie zostały zmienione. Dzięki temu program demonstruje praktyczne zastosowanie generowania i weryfikacji HMAC w prosty i intuicyjny sposób.

### Scenariusz użycia programu

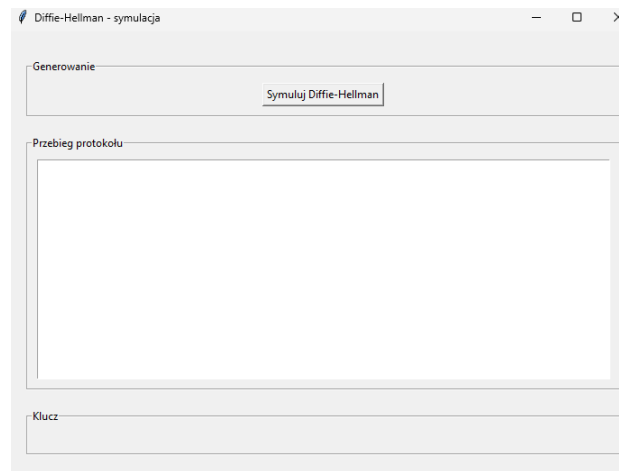
- Użytkownik uruchamia aplikację i generuje klucz kryptograficzny.
- Wpisuje tekst do pola w aplikacji, klika przycisk generowania HMAC, a wynik zapisuje do pliku.
- Następnie użytkownik wybiera plik tekstowy, generuje dla niego kod HMAC i zapisuje wynik w oddzielnym pliku.
- W późniejszym czasie, przy użyciu tego samego klucza, użytkownik może zweryfikować oryginalność danych, porównując zapisany HMAC z wartością ponownie wygenerowaną dla danego pliku lub wiadomości.



Rysunek 10: HMAC

### 3.8 Diffie-Hellman - symulacja

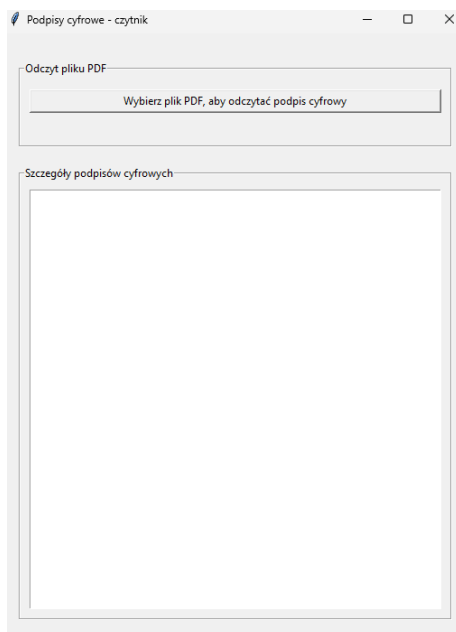
Program symulacji protokołu Diffie-Hellmana pozwala użytkownikom zrozumieć, jak działa proces wymiany kluczy w systemie kryptograficznym opartym na trudności rozwiązania problemu logarytmu dyskretnego. Protokół ten umożliwia dwóm stronom obliczenie wspólnego tajnego klucza na podstawie publicznie wymienionych danych, takich jak baza i liczba pierwsza. W programie każda strona, reprezentowana przez Alicję i Boba, generuje swój klucz prywatny oraz odpowiadający mu klucz publiczny. Po wymianie kluczy publicznych obie strony obliczają identyczny wspólny klucz przy użyciu swoich kluczy prywatnych i publicznych drugiej strony.



Rysunek 11: Diffie-Hellman - symulacja

### 3.9 Podpisy cyfrowe - czytnik

„Podpisy cyfrowe – czytnik” służy do analizy podpisów cyfrowych w plikach PDF. Umożliwia wczytanie dokumentu, a następnie sprawdzenie szczegółów podpisów, takich jak dane podpisującego, powód podpisu, data podpisania oraz informacje o użytych certyfikatach. Dzięki prostemu interfejsowi użytkownik może łatwo wyświetlić i zrozumieć strukturę podpisów cyfrowych. Aplikacja analizuje zawartość podpisu i prezentuje informacje w czytelnej formie, co pozwala na weryfikację, czy dokument został prawidłowo podpisany i czy nie uległ zmianom. Narzędzie sprawdza się zarówno dla osób uczących się o podpisach cyfrowych, jak i dla profesjonalistów, którzy potrzebują szybko zweryfikować autentyczność podpisanych dokumentów.



Rysunek 12: Podpisy cyfrowe - czytnik

## 4 Podsumowanie

Projekt zrealizowany w ramach przedmioty Kryptografia i teoria kodów stanowi kompleksowe narzędzie. Został zaprojektowany w sposób modułowy, co pozwala na łatwe zarządzanie poszczególnymi komponentami oraz ich rozszerzanie. Każdy moduł odpowiada za implementację określonego algorytmu kryptograficznego lub funkcji, takich jak szyfrowanie, deszyfrowanie, generowanie kluczy czy weryfikacja podpisów cyfrowych. Dzięki centralnemu elementowi, jakim jest „launcher”, użytkownicy mają szybki dostęp do wszystkich funkcjonalności aplikacji, co czyni ją intuicyjną i przyjazną dla użytkownika.

Projekt obejmuje implementację zarówno klasycznych algorytmów, takich jak szyfry monoalfabetyczne i transpozycyjne, jak i zaawansowanych systemów, takich jak AES, DES czy RSA, w tym wersje hybrydowe łączące różne podejścia. Dodatkowo, aplikacja oferuje symulację wymiany kluczy Diffie-Hellmana oraz narzędzie do analizy podpisów cyfrowych, co czyni ją wszechstronnym narzędziem edukacyjnym i użytkowym. Obsługa plików tekstowych i binarnych, wsparcie dla uwierzytelniania wiadomości za pomocą HMAC oraz przyjazny interfejs graficzny umożliwiają wykorzystanie aplikacji w szerokim zakresie scenariuszy.

Dobór technologii, takich jak Python i jego biblioteki (m.in. PyCryptodome, Tkinter, Pyperclip), pozwolił na połączenie prostoty implementacji z zaawansowaną funkcjonalnością kryptograficzną. Dzięki temu realizacja aplikacji miała istotny wkład w rozwój umiejętności programisty, łącząc teorię z praktyką.