Криптосистема Хилла.

Создадим файл hill.py и реализуем следующие функции:

1. Умножение матрицы 2x2 на вектор 2x1 по модулю.

```
def mult_AP_mod(A, P, mod=256):
    return [(A[0][0]*P[0] + A[0][1]*P[1]) % mod, (A[1][0]*P[0] + A[1][1]*P[1]) % mod]
```

2. Вычисление обратной матрицы 2x2 по модулю m.

   Рассмотрим пример для матрицы $A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$.

   Вычислим определитель матрицы A: $\Delta = det\ (A) = a * d - b * c$.

   Если $gcd(|\Delta|, mod) = 1$, т.е. абсолютное значение определителя является взаимно простым со значением модуля, то обратную матрицу можно найти по следующей формуле:

   $$A^{-1} = \Delta^{-1} * \begin{bmatrix} d\ mod\ m & -b\ mod\ m \\ -c\ mod\ m & a\ mod\ m \end{bmatrix}$$, где

   Δ^{-1} – обратное значение по умножению к Δ по модулю m (вычисляется по расширенному алгоритму Евклида).

   Расширенный алгоритм Евклида:

```
def get_inverse_mod(a, mod):
    # Returns the modular inverse of a % mod, which is
    # the number x such that a*x % mod = 1

    if gcd(a, mod) != 1:
        return None

    # Calculate using the Extended Euclidean Algorithm:
    u1, u2, u3 = 1, 0, a
    v1, v2, v3 = 0, 1, mod
    while v3 != 0:
        q = u3 // v3
        v1, v2, v3, u1, u2, u3 = (u1 - q * v1), (u2 - q * v2), (u3 - q * v3), v1, v2, v3
    return u1 % mod
```

   Реализуем функцию для вычисления обратной матрицы по модулю m:

```
def get_inverse_matrix_mod(A, mod=256):
    d = A[0][0]*A[1][1] - A[0][1]*A[1][0]
    inv_d = affine.get_inverse_mod(abs(d), mod)
    return [[(A[1][1]*inv_d) % mod, (-A[0][1]*inv_d) % mod],
            [(-A[1][0]*inv_d) % mod, (A[0][0]*inv_d) % mod]]
```

3. Реализуем функции encrypt_data и decrypt_data.

```
def ed(data, A, mod=256):
    res = []
    for i in range(0, len(data), 2):
        x = mult_AP_mod(A, [data[i], data[i+1]], mod)
        res.append(x[0])
        res.append(x[1])
    return res

def dd(data, A, mod=256):
    res = []
    inv_A = get_inverse_matrix_mod(A, mod)
    for i in range(0, len(data), 2):
        x = mult_AP_mod(inv_A, [data[i], data[i+1]], mod)
        res.append(x[0])
        res.append(x[1])
    return res
```

1. Расшифровать файл im3_hill_c_all.bmp. Ключ K = [[189, 58], [21, 151]]

```
key = [[189, 58], [21, 151]]
encrypt_data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/im3_hill_c_all.bmp')
decrypt = hill.dd(encrypt_data, key)
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/im3_hill_c_all_decrypt.bmp', decrypt)
```

Результат:

2. Дешифровать b4_hill_c_all.png.

Известно, что первые четыре байта в любом png-файле: 137, 80, 78, 71.

Посмотрим первые четыре байта у зашифрованной картинки: 23, 3, 239, 52.

Чтобы дешифровать картинку нужен ключ. Пусть $K = \begin{bmatrix} K_1 & K_2 \\ K_3 & K_4 \end{bmatrix}$ – искомый ключ.

Тогда, картинка шифровалась следующим образом:

$$\begin{bmatrix} K_1 & K_2 \\ K_3 & K_4 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 137 \\ 80 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 23 \\ 3 \end{bmatrix} \text{ и } \begin{bmatrix} K_1 & K_2 \\ K_3 & K_4 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 78 \\ 71 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 239 \\ 52 \end{bmatrix}$$

Распишем в линейные уравнения:

$$\begin{cases} K_1 * 137 + K_2 * 80 = 23 \\ K_3 * 137 + K_4 * 80 = 3 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} K_1 * 78 + K_2 * 71 = 239 \\ K_3 * 78 + K_4 * 71 = 52 \end{cases}$$

Теперь сгруппируем:

$$\begin{cases} K_1 * 137 + K_2 * 80 = 23 \\ K_1 * 78 + K_2 * 71 = 239 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} K_3 * 137 + K_4 * 80 = 3 \\ K_3 * 78 + K_4 * 71 = 52 \end{cases}$$

То есть получили:

$$\begin{bmatrix} 137 & 80 \\ 78 & 71 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 23 \\ 239 \end{bmatrix} \text{ и } \begin{bmatrix} 137 & 80 \\ 78 & 71 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} K_3 \\ K_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 52 \end{bmatrix}$$

Выражаем элементы ключа, домножив обе части равенства на матрицу обратную к $\begin{bmatrix} 137 & 80 \\ 78 & 71 \end{bmatrix}$ по модулю 256. Обратная матрица = $\begin{bmatrix} 89 & 80 \\ 175 & 251 \end{bmatrix}$.

$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 89 & 80 \\ 175 & 251 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 23 \\ 239 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 175 \\ 251 \end{bmatrix} \text{ и } \begin{bmatrix} K_3 \\ K_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 89 & 80 \\ 175 & 251 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 3 \\ 52 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 75 \\ 214 \end{bmatrix}$$

В итоге искомый ключ выглядит так:

$$K = \begin{bmatrix} 175 & 251 \\ 75 & 214 \end{bmatrix}$$

Теперь напишем программу, которая расшифрует заданный файл:

```
encrypt_data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/b4_hill_c_all.png')
a = [[137, 80], [78, 71]]
b = encrypt_data[:4]
inv_a = hill.get_inverse_matrix_mod(a)
key = [hill.mult_AP_mod(inv_a, [b[0], b[2]]),
       hill.mult_AP_mod(inv_a, [b[1], b[3]])]
print(key)
decrypt_data = hill.dd(encrypt_data, key)
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/b4_hill_c_all_decrypt.png', decrypt_data)
```

Результат:

3. Дешифровать файл text2_hill_c_all.txt.
   Известно, что текст в файле начинается со слова Whose.
   Рассуждения аналогичны пункту 2. Возьмем первые четыре буквы: W, h, o, s; и возьмем значения этих букв из таблицы символов ASCII, тем самым получим числовые значения и, повторив расчеты, получим ключ $K = \begin{bmatrix} 167 & 94 \\ 233 & 121 \end{bmatrix}$.
   Реализация:

```
encrypt_data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/text2_hill_c_all.txt')
a = [[ord('W'), ord('h')], [ord('o'), ord('s')]]
b = encrypt_data[:4]
inv_a = hill.get_inverse_matrix_mod(a)
key = [hill.mult_AP_mod(inv_a, [b[0], b[2]]),
       hill.mult_AP_mod(inv_a, [b[1], b[3]])]
print(key)
decrypt_data = hill.dd(encrypt_data, key)
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/text2_hill_c_all_decrypt.txt', decrypt_data)
```

   Результат:

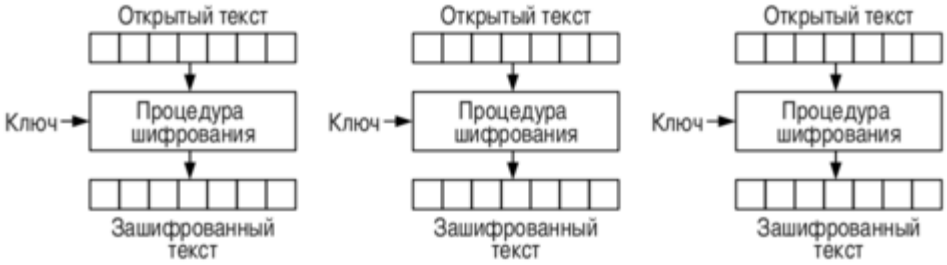
```
Whose woods these are I think I know.
His house is in the village, though;
He will not see me stopping here
To watch his woods fill up with snow.
My little horse must think it queer
To stop without a farmhouse near
Between the woods and frozen lake
The darkest evening of the year.

He gives his harness bells a shake
To ask if there is some mistake.
The only other sound's the sweep
Of easy wind and downy flake.
The woods are lovely, dark and deep,
But I have promises to keep,
And miles to go before I sleep,
And miles to go before I sleep.
```

4. Используя расширенный алгоритм Евклида, найти обратное значение по умножению для 1234 по mod 4321.

Режимы шифрования.

Реализуем файл encryption_modes.py.

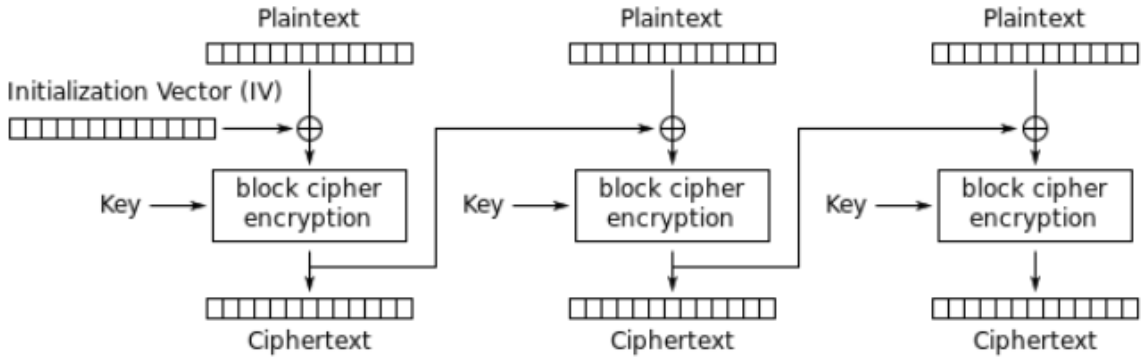
1. Режим ECB.



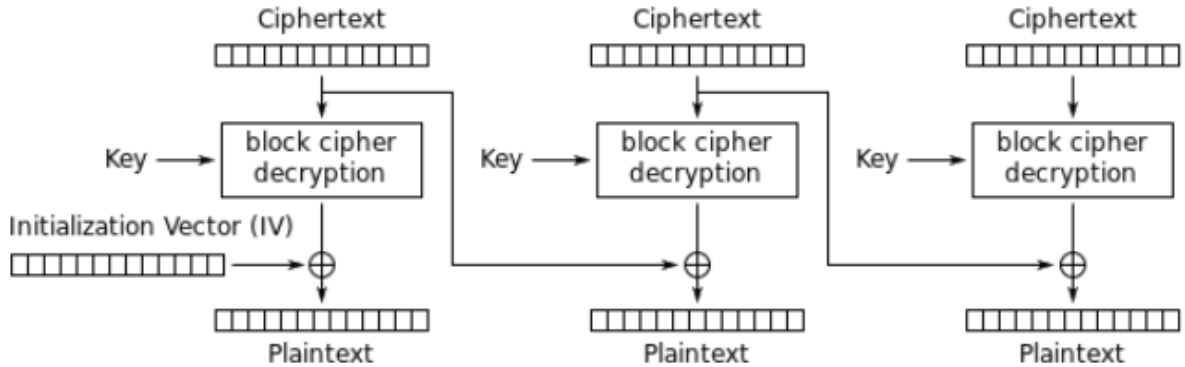
Реализация функций шифрования и расшифрования:

```
def ecb_e(data, key, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    if crypto_mode == 'caesar': return caesar.ed(data, key, mod)

def ecb_d(data, key, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    if crypto_mode == 'caesar': return caesar.dd(data, key, mod)
```

2. Режим CBC.
   Шифрование:



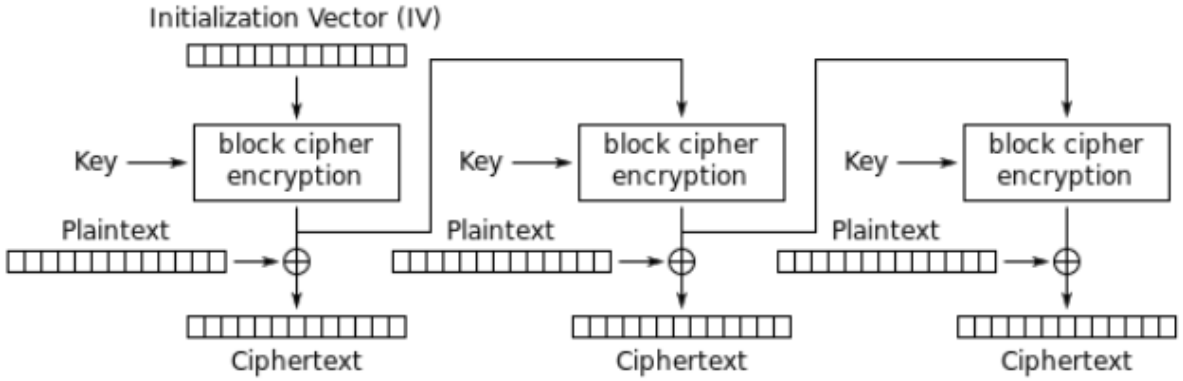
Расшифровывание:



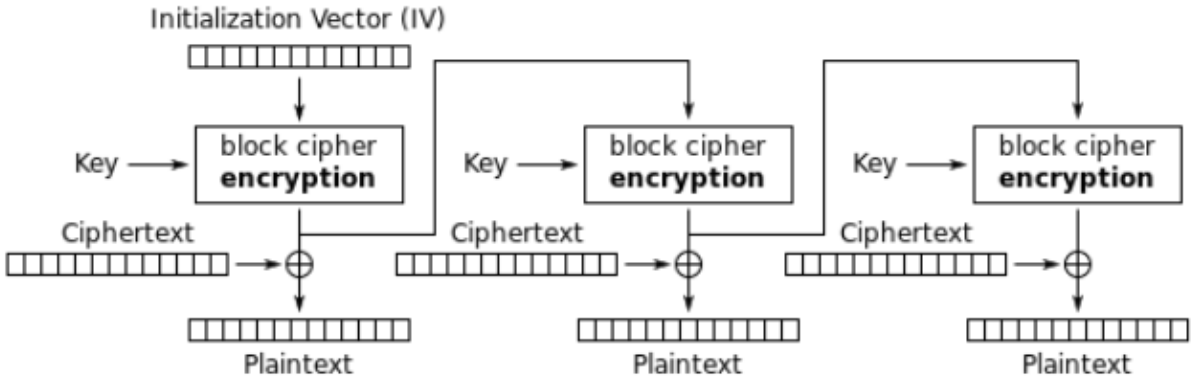
Реализация:

```
def cbc_e(data, key, iv, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    res = []
    a = data[0] ^ iv
    if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(a, key, mod)
    elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(a, ord(key[0]), mod)
    elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(a, key[0], key[1], mod)
    res.append(a)
    for i in range(1, len(data)):
        a = data[i] ^ res[i-1]
        if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(a, key, mod)
        elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(a, ord(key[i % len(key)]), mod)
        elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(a, key[0], key[1], mod)
        res.append(a)
    return res

def cbc_d(data, key, iv, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    res = []
    if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.d(data[0], key, mod)
    elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.d(data[0], ord(key[0]), mod)
    elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.d(data[0], key[0], key[1], mod)
    a ^= iv
    res.append(a)
    for i in range(1, len(data)):
        if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.d(data[i], key, mod)
        elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.d(data[i], ord(key[i % len(key)]), mod)
        elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.d(data[i], key[0], key[1], mod)
        a ^= data[i-1]
        res.append(a)
    return res
```

3. Режим OFB.
   Шифрование:



Расшифровывание:

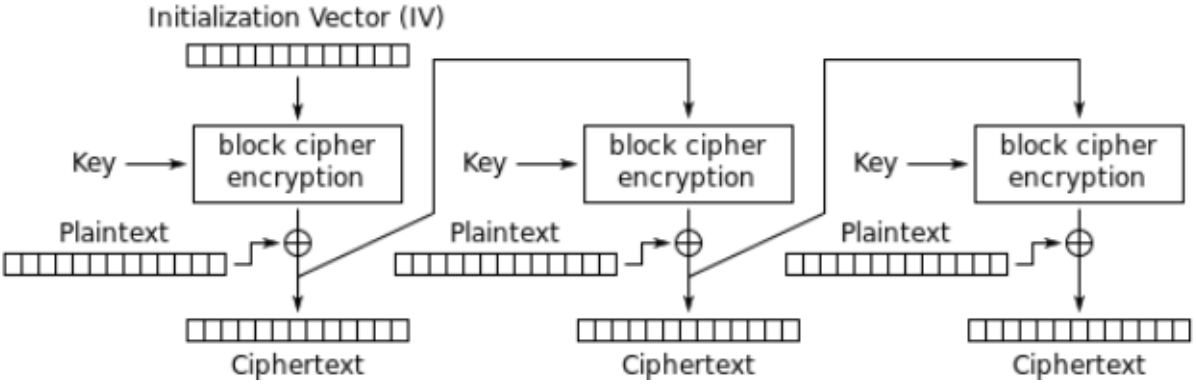


Реализация:

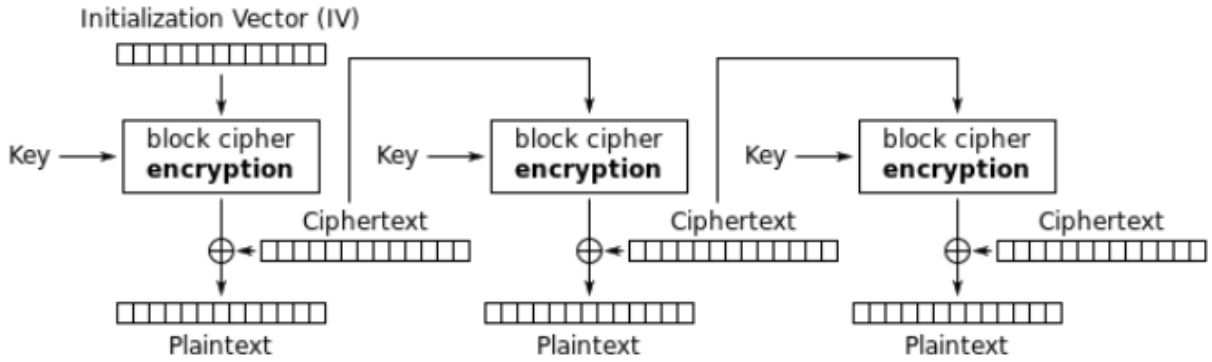
```
def ofb_e(data, key, iv, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    res = []
    if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(iv, key, mod)
    elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(iv, ord(key[0]), mod)
    elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(iv, key[0], key[1], mod)
    res.append(a ^ data[0])
    for i in range(1, len(data)):
        if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(a, key, mod)
        elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(a, ord(key[i % len(key)]), mod)
        elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(a, key[0], key[1], mod)
        res.append(a ^ data[i])
    return res

def ofb_d(data, key, iv, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    return ofb_e(data, key, iv, mod=mod, crypto_mode=crypto_mode)
```

4. Режим CFB.

Шифрование:



Расшифровывание:

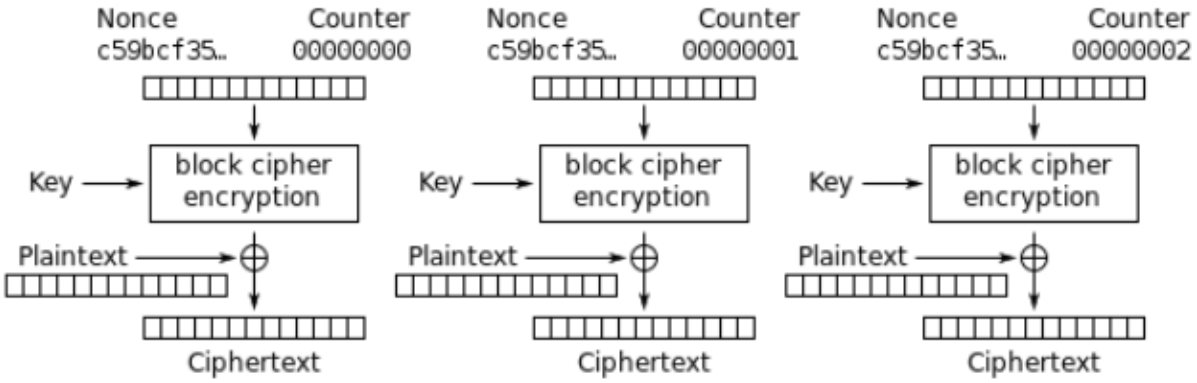


Реализация:

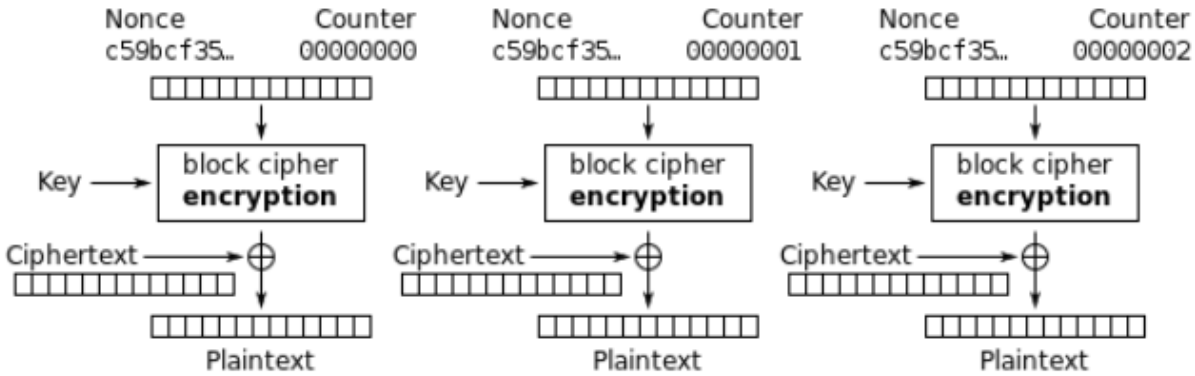
```
def cfb_e(data, key, iv, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    res = []
    if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(iv, key, mod)
    elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(iv, ord(key[0]), mod)
    elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(iv, key[0], key[1], mod)
    a ^= data[0]
    res.append(a)
    for i in range(1, len(data)):
        if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(a, key, mod)
        elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(a, ord(key[i % len(key)]), mod)
        elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(a, key[0], key[1], mod)
        a ^= data[i]
        res.append(a)
    return res

def cfb_d(data, key, iv, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    res = []
    if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(iv, key, mod)       # encrypt!
    elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(iv, ord(key[0]), mod)
    elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(iv, key[0], key[1], mod)
    res.append(a ^ data[0])
    for i in range(1, len(data)):
        if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(data[i-1], key, mod)
        elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(data[i-1], ord(key[i % len(key)]), mod)
        elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(data[i-1], key[0], key[1], mod)
        res.append(a ^ data[i])
    return res
```

5. Режим CTR.

Шифрование:



Расшифровывание:



Реализация:

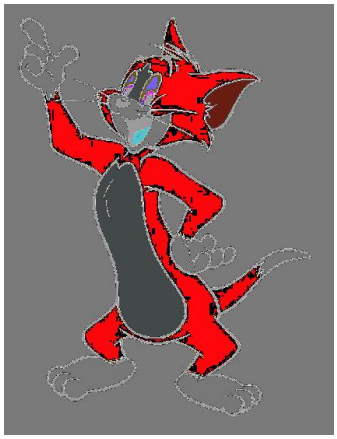
```
def ctr_e(data, key, counter=0, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    res = []
    for i, x in enumerate(data):
        if   crypto_mode == 'caesar':  a = caesar.e(counter, key, mod)
        elif crypto_mode == 'vigener': a = vigener.e(counter, ord(key[i % len(key)]), mod)
        elif crypto_mode == 'affine':  a = affine.e(counter, key[0], key[1], mod)
        res.append(a ^ x)
        counter += 1
    return res

def ctr_d(data, key, counter=0, mod=256, crypto_mode='caesar'):
    return ctr_e(data, key, counter=counter, mod=mod, crypto_mode=crypto_mode)
```

1. Расшифровать файл im7_caesar_cbc_c_all.bmp не удалось.
   Поэтому используем другой файл с тем же ключом и вектором инициализации.
   Key = 123, iv = 5. Зашифровать в режиме ECB и CBC, оставив первые 50 байт без изменения.
   Шифр Цезаря.
   Реализация:

```
key = 123
iv = 5
data = read_write_file.read_data_1byte('decrypt_data/f3_cbc_d.bmp')
ecb_e = em.ecb_e(data[50:], key, crypto_mode='caesar')
cbc_e = em.cbc_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='caesar')

read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f3_ecb_e_c_50.bmp', data[:50] + ecb_e)
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f3_cbc_e_c_50.bmp', data[:50] + cbc_e)
```

   Результат:

Оригинал



Режим ECB

Режим CBC

2. Расшифровать файл im8_caesar_ofb_c_all.bmp не удалось.
   Поэтому используем другой файл с тем же ключом и вектором инициализации.
   Key = 56, iv = 9. Зашифровать в режиме ECB и OFB, оставив первые 50 байт без изменения.
   Шифр Цезаря.
   Реализация:

```
key = 56
iv = 9
data = read_write_file.read_data_1byte('data/f4.bmp')
ecb_e = em.ecb_e(data[50:], key, crypto_mode='caesar')
ofb_e = em.ofb_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='caesar')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f4_ecb_c_e_50.bmp', data[:50] + ecb_e)
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f4_ofb_c_e_50.bmp', data[:50] + ofb_e)
```

   Результат:


Оригинал


Режим ECB


Режим OFB

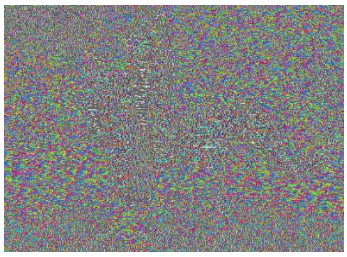
3. Расшифровать файл im9_caesar_cfb_c.bmp не удалось.
   Поэтому используем другой файл с тем же ключом и вектором инициализации.
   Key = 174, iv = 9. Зашифровать в режиме ECB и CFB, оставив первые 50 байт без изменения.
   Шифр Цезаря.
   Реализация:

```
key = 174
iv = 9
data = read_write_file.read_data_1byte('data/f5.bmp')
ecb_e = em.ecb_e(data[50:], key, crypto_mode='caesar')
cfb_e = em.cfb_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='caesar')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f5_ecb_c_e_50.bmp', data[:50] + ecb_e)
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f5_cfb_c_e_50.bmp', data[:50] + cfb_e)
```

   Результат:


Оригинал


Режим ECB


Режим CFB

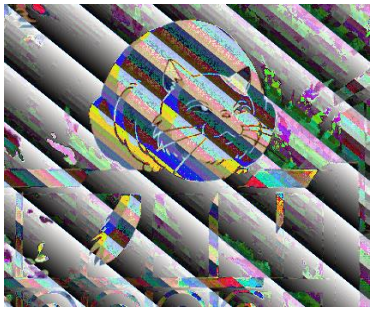
4. Расшифровать файл im10_caesar_ctr_c_all.bmp не удалось.
   Поэтому используем другой файл с тем же ключом и вектором инициализации.
   Key = 223, iv = 78. Зашифровать в режиме ECB и CTR, оставив первые 50 байт без изменения.
   Шифр Цезаря.
   Реализация:

```
key = 223
iv = 78
data = read_write_file.read_data_1byte('data/f7.bmp')
ecb_e = em.ecb_e(data[50:], key, crypto_mode='caesar')
ctr_e = em.ctr_e(data[50:], key, crypto_mode='caesar')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f7_ecb_c_e_50.bmp', data[:50] + ecb_e)
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f7_ctr_c_e_50.bmp', data[:50] + ctr_e)
```

   Результат:


Оригинал


Режим ECB


Режим CTR

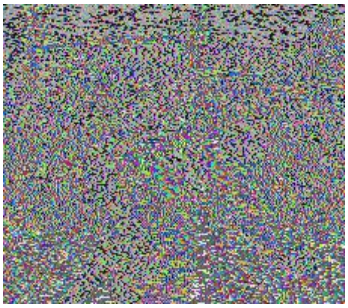
5. Для одного из расшифрованных изображений выполнить следующее: на одном и том же ключе и векторе инициализации зашифровать во всех рассмотренных режимах, включая ECB, оставив первые 50 байт без изменения. Шифр Цезаря.
   Реализация:

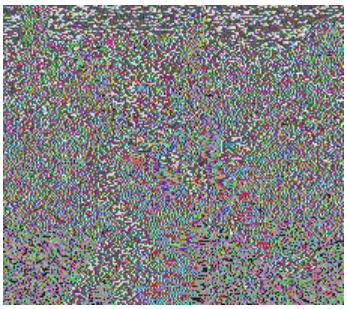
```
key = 331
iv = 53
data = read_write_file.read_data_1byte('data/f6.bmp')

ecb_e = em.ecb_e(data[50:], key, crypto_mode='caesar')
cbc_e = em.cbc_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='caesar')
cfb_e = em.cfb_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='caesar')
ofb_e = em.ofb_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='caesar')
ctr_e = em.ctr_e(data[50:], key, crypto_mode='caesar')

read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f6_ecb_c_e_50.bmp', data[:50] + ecb_e)
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f6_cbc_c_e_50.bmp', data[:50] + cbc_e)
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f6_cfb_c_e_50.bmp', data[:50] + cfb_e)
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f6_ofb_c_e_50.bmp', data[:50] + ofb_e)
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f6_ctr_c_e_50.bmp', data[:50] + ctr_e)
```

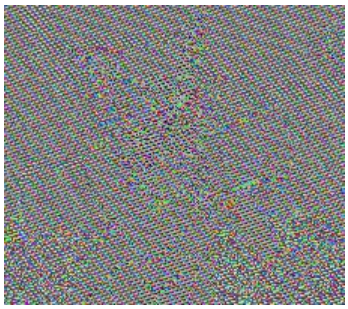
Результат:

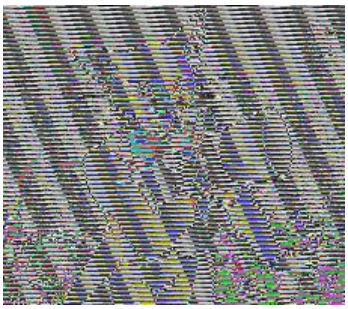

Оригинал


Режим ECB


Режим CBC


Режим CFB


Режим OFB


Режим CTR

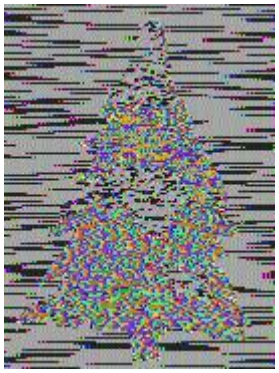
6. Расшифровать файл im3_vigener_cbc_c_all.bmp. Шифр Виженера.Режим CBC. Key = MODELING, iv = 67. Зашифровать, оставив первые 50 байт без изменения.

Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/im3_vigener_cbc_c_all.bmp')
key = 'MODELING'
iv = 67
cbc_d = em.cbc_d(data, key, iv, crypto_mode='vigener')
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/im3_vigener_cbc_c_all_decrypt.bmp', cbc_d)

data = read_write_file.read_data_1byte('decrypt_data/im3_vigener_cbc_c_all_decrypt.bmp')
cbc_e = em.cbc_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='vigener')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/im3_vigener_cbc_c_all_50.bmp', data[:50] + cbc_e)
```

Результат:


Оригинал

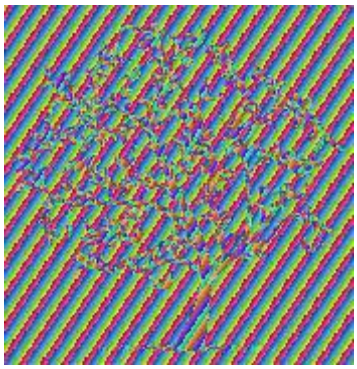

Режим CBC

7. Расшифровать файл im4_vigener_ofb_c_all.bmp. Шифр Виженера.Режим OFB.
   Key = MODULATOR, iv = 217. Зашифровать, оставив первые 50 байт без изменения.
   Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/im4_vigener_ofb_c_all.bmp')
key = 'MODULATOR'
iv = 217
ofb_d = em.ofb_d(data, key, iv, crypto_mode='vigener')
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/im4_vigener_ofb_c_all_decrypt.bmp', ofb_d)

data = read_write_file.read_data_1byte('decrypt_data/im4_vigener_ofb_c_all_decrypt.bmp')
ofb_e = em.ofb_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='vigener')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/im4_vigener_ofb_c_all_50.bmp', data[:50] + ofb_e)
```

   Результат:


Оригинал

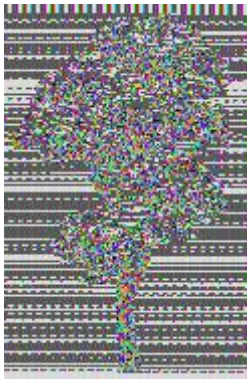

Режим OFB

8. Расшифровать файл im5_vigener_cfb_c_all.bmp. Шифр Виженера.Режим CFB.
   Key = MONARCH, iv = 172. Зашифровать, оставив первые 50 байт без изменения.
   Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/im5_vigener_cfb_c_all.bmp')
key = 'MONARCH'
iv = 172
cfb_d = em.cfb_d(data, key, iv, crypto_mode='vigener')
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/im5_vigener_cfb_c_all_decrypt.bmp', cfb_d)

data = read_write_file.read_data_1byte('decrypt_data/im5_vigener_cfb_c_all_decrypt.bmp')
cfb_e = em.cfb_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='vigener')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/im5_vigener_cfb_c_all_50.bmp', data[:50] + cfb_e)
```

   Результат:


Оригинал

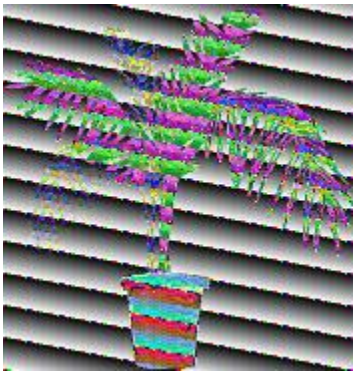

Режим CFB

9. Расшифровать файл im6_vigener_ctr_c_all.bmp. Шифр Виженера.Режим CTR.
   Key = MONOLITH, iv = 167. Зашифровать, оставив первые 50 байт без изменения.
   Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/im6_vigener_ctr_c_all.bmp')
key = 'MONOLITH'
iv = 167
ctr_d = em.ctr_d(data, key, iv, crypto_mode='vigener')
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/im6_vigener_ctr_c_decrypt.bmp', ctr_d)

data = read_write_file.read_data_1byte('decrypt_data/im6_vigener_ctr_c_decrypt.bmp')
ctr_e = em.ctr_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='vigener')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/im6_vigener_ctr_c_50.bmp', data[:50] + ctr_e)
```

   Результат:

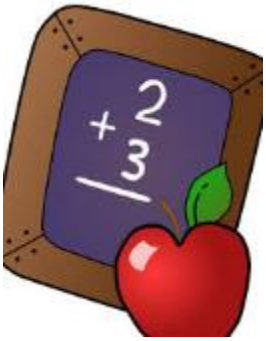

Оригинал


Режим CTR

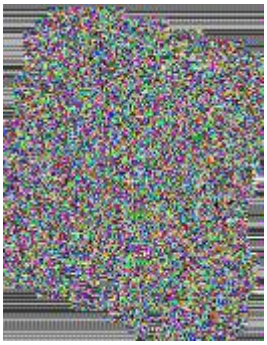
10. Расшифровать файл im15_affine_cbc_c_all.bmp. Шифр аффинный. Режим CBC.
    a= 129, b= 107, iv = 243. Зашифровать, оставив первые 50 байт без изменения.
    Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/im15_affine_cbc_c_all.bmp')
a = 129
b = 107
iv = 243
key = [a, b]
cbc_d = em.cbc_d(data, key, iv, crypto_mode='affine')
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/im15_affine_cbc_c_all_decrypt.bmp', cbc_d)

data = read_write_file.read_data_1byte('decrypt_data/im15_affine_cbc_c_all_decrypt.bmp')
cbc_e = em.cbc_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='affine')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/im15_affine_cbc_c_all_50.bmp', data[:50] + cbc_e)
```

    Результат:



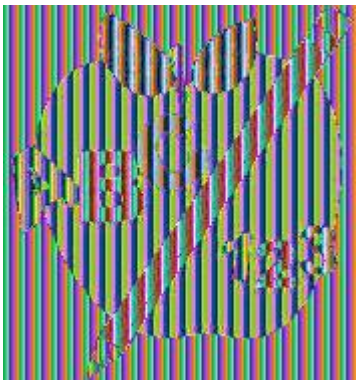
Оригинал


Режим CBC

11. Расшифровать файл im16_affine_ofb_c_all.bmp. Шифр аффинный. Режим OFB.
a= 233, b= 216, iv = 141. Зашифровать, оставив первые 50 байт без изменения.
Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/im16_affine_ofb_c_all.bmp')
a = 233
b = 216
iv = 141
key = [a, b]
ofb_d = em.ofb_d(data, key, iv, crypto_mode='affine')
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/im16_affine_ofb_c_all_decrypt.bmp', ofb_d)

data = read_write_file.read_data_1byte('decrypt_data/im16_affine_ofb_c_all_decrypt.bmp')
ofb_e = em.ofb_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='affine')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/im16_affine_ofb_c_all_50.bmp', data[:50] + ofb_e)
```

Результат:

Оригинал Режим OFB

12. Расшифровать файл im17_affine_cfb_c_all.bmp. Шифр аффинный. Режим CFB.
a= 117, b= 239, iv = 19. Зашифровать, оставив первые 50 байт без изменения.
Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/im17_affine_cfb_c_all.bmp')
a = 117
b = 239
iv = 19
key = [a, b]
cfb_d = em.cfb_d(data, key, iv, crypto_mode='affine')
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/im17_affine_cfb_c_all_decrypt.bmp', cfb_d)

data = read_write_file.read_data_1byte('decrypt_data/im17_affine_cfb_c_all_decrypt.bmp')
cfb_e = em.cfb_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='affine')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/im17_affine_cfb_c_all_50.bmp', data[:50] + cfb_e)
```

Результат:

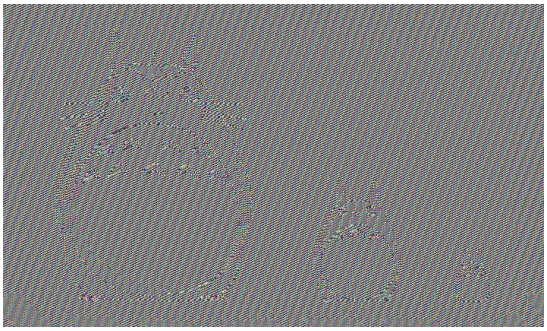

Оригинал Режим CFB

13. Расшифровать файл im18_affine_ctr_c_all.bmp не удалось.
    Поэтому используем другой файл с тем же ключом и вектором инициализации.
    a = 13, b = 181, iv = 78. Зашифровать в режиме CTR оставив первые 50 байт без изменения. Шифр аффинный.
    Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_1byte('data/f8.bmp')
a = 13
b = 181
iv = 92
key = [a, b]
ctr_e = em.ctr_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='affine')
read_write_file.write_data_1byte('encrypt_data/f8_ctr_a_e_50.bmp', data[:50] + ctr_e)

data = read_write_file.read_data_1byte('encrypt_data/f8_ctr_a_e_50.bmp')
ctr_d = em.ctr_e(data[50:], key, iv, crypto_mode='affine')
read_write_file.write_data_1byte('decrypt_data/f8_ctr_a_e_50_decrypt.bmp', data[:50] + ctr_d)
```

    Результат:

Оригинал



Режим CTR

Алгоритм шифрования на основе сети SPN.

Реализуем файл spn.py:

Зададим таблицы замен и перестановок:

```
s = [14, 4, 13, 1, 2, 15, 11, 8, 3, 10, 6, 12, 5, 9, 0, 7]
p = [0, 4, 8, 12, 1, 5, 9, 13, 2, 6, 10, 14, 3, 7, 11, 15]
```

Реализуем функции обращения к таблицам s и p, а также обратные функции:

```
def sbox(x):
    return s[x]

def pbox(x):
    y = 0
    for i in range(len(p)):
        if x & (1 << i) != 0:
            y ^= (1 << p[i])
    return y

def asbox(x):
    return s.index(x)

def apbox(x):
    y = 0
    for i in range(len(p)):
        if x & (1 << i) != 0:
            y ^= (1 << p.index(i))
    return y
```

Реализуем функции формирования списка раундовых ключей для шифрования и расшифровывания:

```
def round_keys(k):
    rk = []
    rk.append((k >> 16) & (2**16 - 1))
    rk.append((k >> 12) & (2**16 - 1))
    rk.append((k >>  8) & (2**16 - 1))
    rk.append((k >>  4) & (2**16 - 1))
    rk.append( k        & (2**16 - 1))
    return rk

def round_keys_to_decrypt(key):
    k = round_keys(key)
    l = []
    l.append(k[-1])
    for i in range(3, 0, -1):
        l.append(apbox(k[i]))
    l.append(k[0])
    return l
```

Реализуем функции mux(), demux(), mix():

```
def demux(x):
    y = []
    for i in range(4):
        y.append((x >> (i * 4)) & 0xf)
    return y

def mux(x):
    y = 0
    for i in range(4):
        y ^= (x[i] << (i * 4))
    return y

def mix(p, k):
    return p ^ k
```

Реализуем функции round(), decrypt_round():

```
def round(p, k):
    u = mix(p, k)
    v = []
    for x in demux(u):
        v.append(sbox(x))
    w = pbox(mux(v))
    return w

def decrypt_round(p, k):
    u = mix(p, k)
    v = []
    for x in demux(u):
        v.append(asbox(x))
    w = apbox(mux(v))
    return w
```

Реализуем функции last_round(), decrypt_last_round():

```
def last_round(p, k1, k2):
    u = mix(p, k1)
    v = []
    for x in demux(u):
        v.append(sbox(x))
    u = mix(mux(v), k2)
    return u

def decrypt_last_round(p, k1, k2):
    u = mix(p, k1)
    v = []
    for x in demux(u):
        v.append(asbox(x))
    u = mix(mux(v), k2)
    return u
```

Реализуем функции encrypt(), decrypt():

```
def encrypt(p, rk, rounds):
    x = p
    for i in range(rounds-1):
        x = round(x, rk[i])
    x = last_round(x, rk[rounds-1], rk[rounds])
    return x

def decrypt(p, lk, rounds):
    x = p
    for i in range(rounds-1):
        x = decrypt_round(x, lk[i])
    x = decrypt_last_round(x, lk[rounds-1], lk[rounds])
    return x
```

Реализуем функции encrypt_data(), decrypt_data():

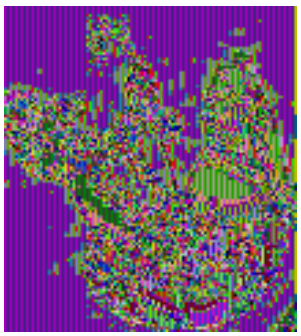
```
def encrypt_data(data, key, rounds):
    e = []
    rk = round_keys(key)
    for x in data:
        e.append(encrypt(x, rk, rounds))
    return e

def decrypt_data(data, key, rounds):
    d = []
    lk = round_keys_to_decrypt(key)
    for x in data:
        d.append(decrypt(x, lk, rounds))
    return d
```

1. Расшифровать файл d5_spn_c_all.bmp, зашифрованный шифром на основе сети SPN.
   Key = 34523456231.
   Реализация:

```
data = read_write_file.read_data_2byte('encrypt_data/d5_spn_c_all.bmp')
key = 34523456231
rounds = 4
spn_d = spn.decrypt_data(data, key, rounds)
spn_e = spn.encrypt_data(spn_d[500:], key, rounds)
read_write_file.write_data_2byte('decrypt_data/d5_spn_c_all_500.bmp', spn_d[:500] + spn_e)
```

   Результат:

Оригинал



SPN