Цель работы:

Изучить основные принципы работы алгоритмы AES.

Задачи работы:

1. Выполнение 1 раунда алгоритма AES вручную (т.е. выполнение всех функций, входящих в раундовую функцию AES, для фиксированной входной матрицы состояний с отображением промежуточных значений шифрования) или программная реализация 1 раунда (или полной системы) AES.
2. Анализ визуализации алгоритма AES и примитивных атак на шифр, используя Cryptool 2.

Ход работы:

Часть 1.

Был программно реализован процесс шифрования для 1 раунда AES.
Модуль реализован на языке программирования Python 3.8.

Алгоритм работы программы:

1. Сложение с подключом (addRoundKey)
2. S-box (subBytes)
3. Сдвиг строк (shiftRows)
4. Перемешивание столбцов (mixColumn)

Демонстрация работы программного модуля:

1. Сгенерированное сообщение (128 бит):

```
Input:
['0x3a', '0x70', '0x56', '0xc8']
['0x92', '0xfb', '0x5e', '0xae']
['0xc4', '0x7b', '0x6', '0xdb']
['0x97', '0x0', '0xba', '0x70']
```

2. Сгенерированный ключ (128 бит):

```
Key:
['0xbe', '0x42', '0x12', '0xb1']
['0xbc', '0x3d', '0xe5', '0xb2']
['0x2f', '0xbb', '0x5a', '0x2c']
['0xa0', '0x2d', '0x77', '0x5e']
```

3. Результат выполнения функции addRoundKey():

```
addRoundKey():
['0x84', '0x32', '0x44', '0x79']
['0x2e', '0xc6', '0xbb', '0x1c']
['0xeb', '0xc0', '0x5c', '0xf7']
['0x37', '0x2d', '0xcd', '0x2e']
```

4. Результат выполнения функции subBytes():

```
subBytes():
['0x5f', '0x23', '0x1b', '0xb6']
['0x31', '0xb4', '0xea', '0x9c']
['0xe9', '0xba', '0x4a', '0x68']
['0x9a', '0xd8', '0xbd', '0x31']
```

5. Результат выполнения функции shiftRows():

```
shiftRows():
['0x5f', '0x23', '0x1b', '0xb6']
['0xb4', '0xea', '0x9c', '0x31']
['0x4a', '0x68', '0xe9', '0xba']
['0x31', '0x9a', '0xd8', '0xbd']
```

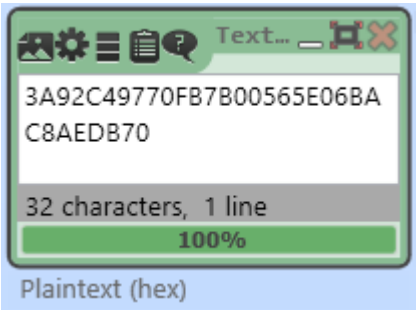
6. Результат выполнения функции mixColumns():

```
mixColumns():
['0x2', '0x91', '0xb8', '0x23']
['0xc3', '0xce', '0xc0', '0xbc']
['0x2c', '0xac', '0x3d', '0x34']
['0x7d', '0xc8', '0xf3', '0x2b']
```

Часть 2. Визуализация 1 раунда алгоритма AES.

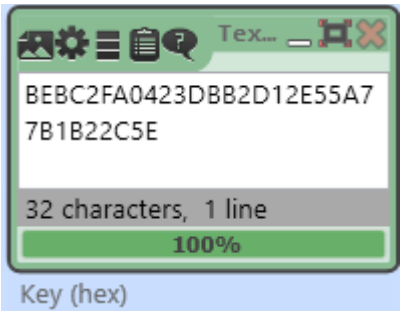
Исходное сообщение (128бит):

00111010100100101100010010010111011100001111101101111011000000000101011001011111
00000011010111010110010001010111011011011011100000
или
3A92C49770FB7B00565E06BAC8AEDB70

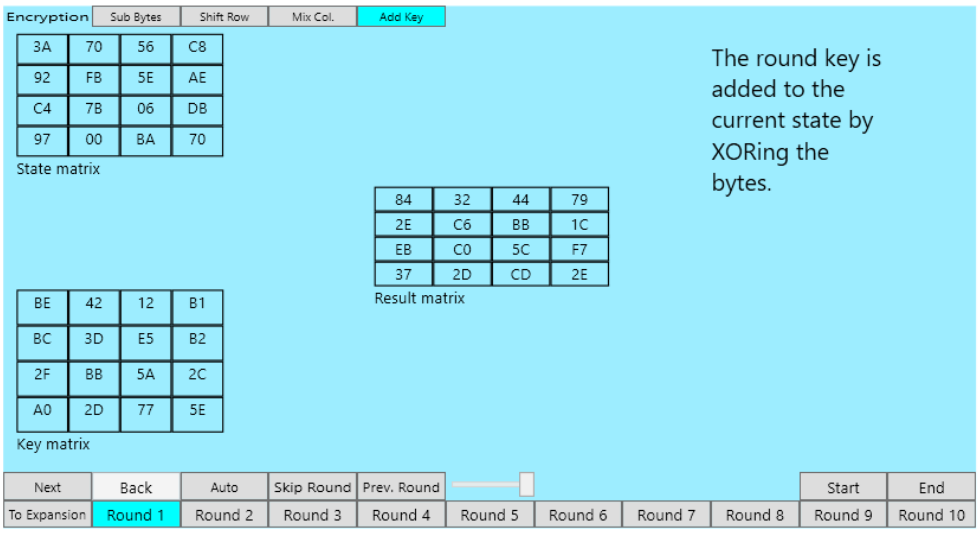


Исходный ключ (128 бит):

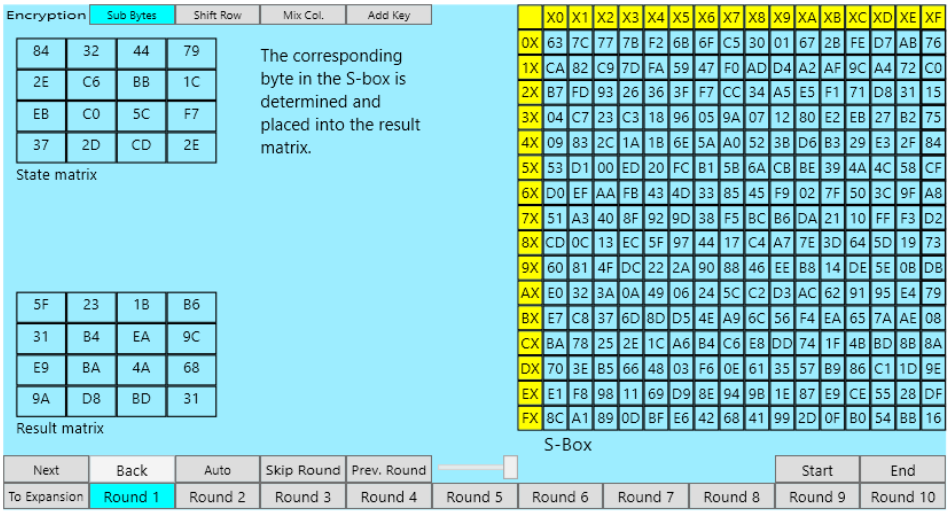
10111110101111000010111110100000010000100011110110111011001011010001001011100
10101011010011101111011000110110010001011000101111 0
или
BEBC2FA0423DBB2D12E55A77B1B22C5E



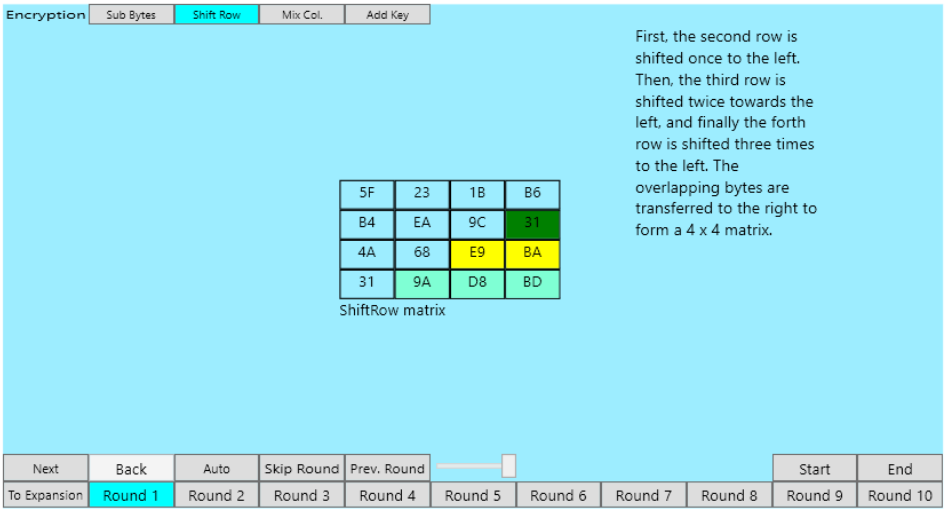
Результат выполнения функции addRoundKey():



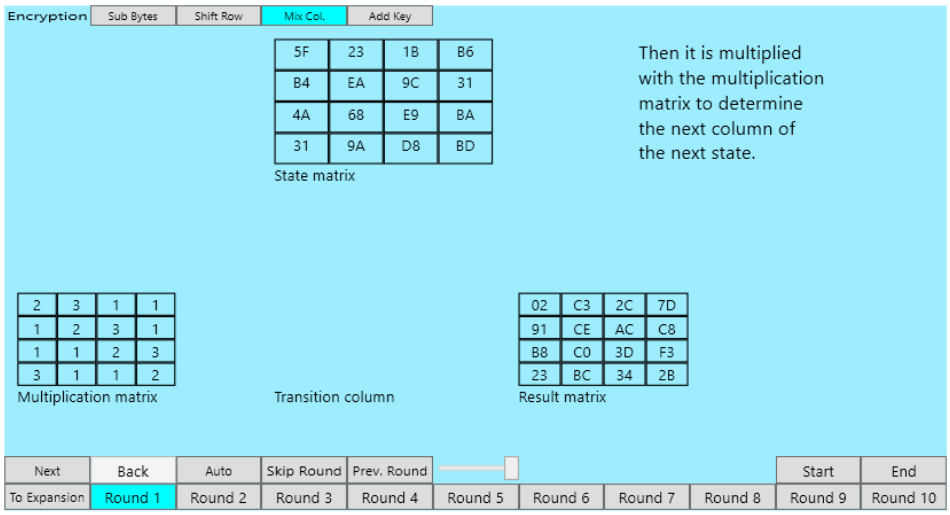
Результат выполнения функции subBytes():



Результат выполнения функции shiftRows():

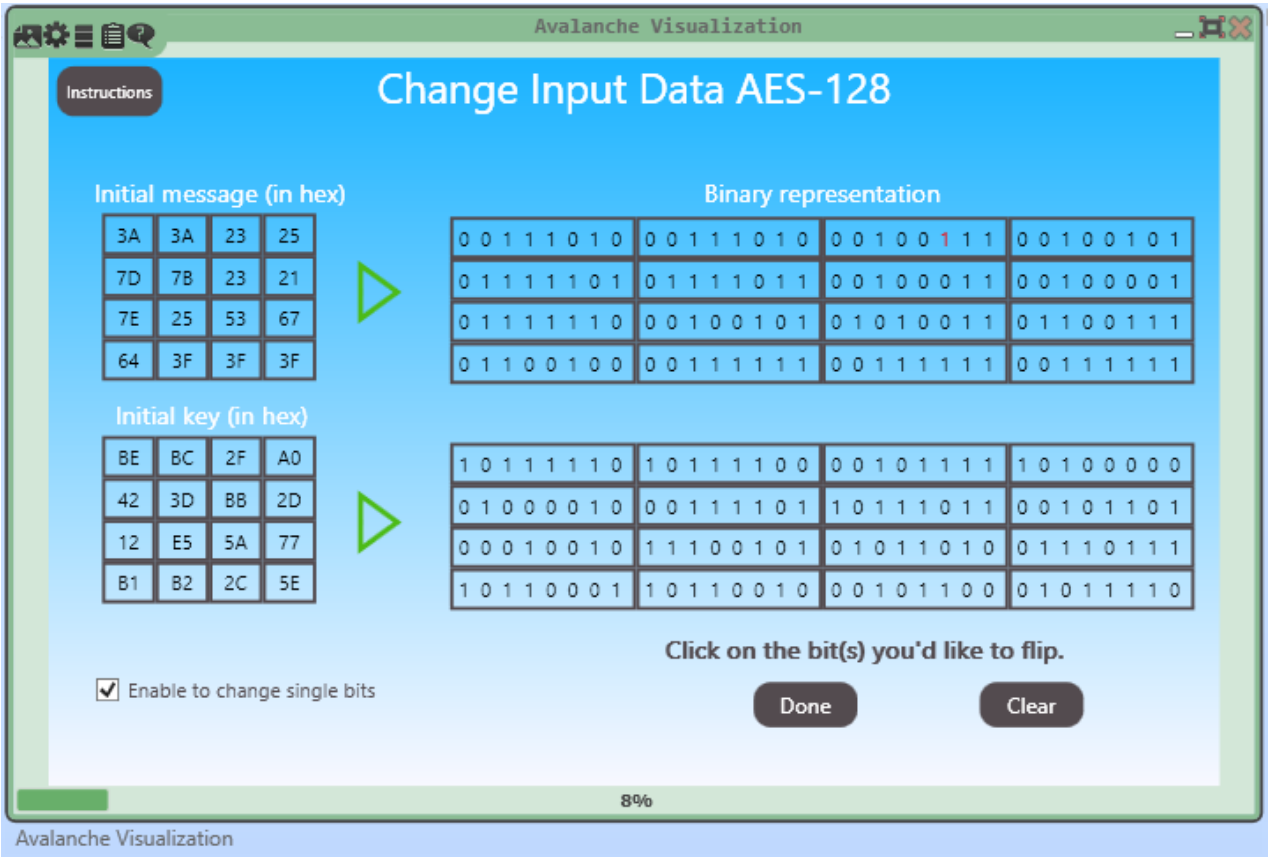


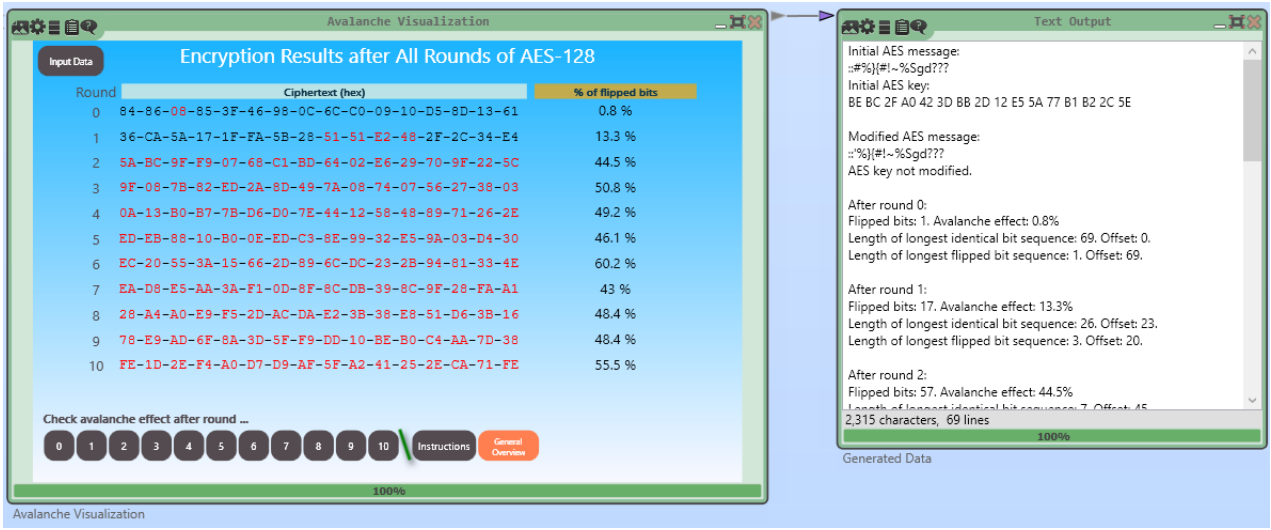
Результат выполнения функции mixColumns():



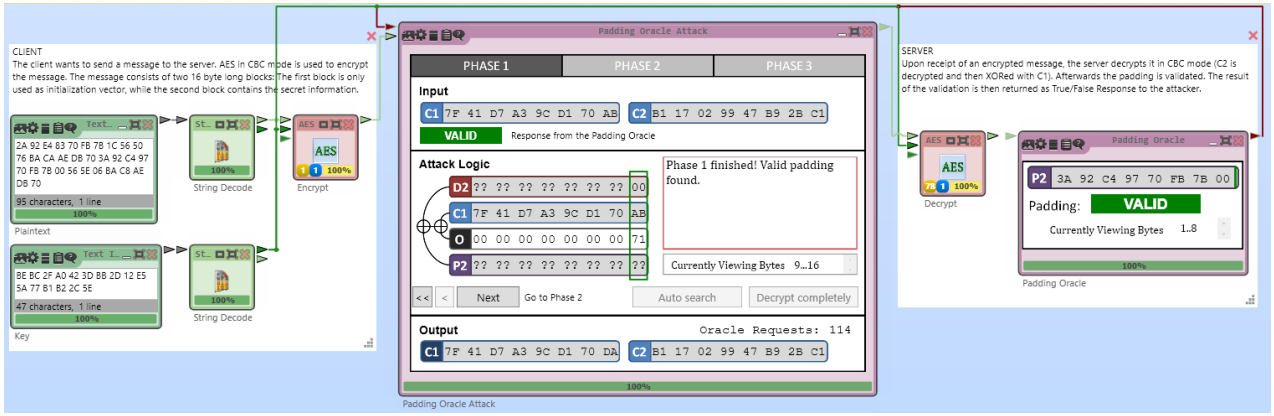
Часть 2. Визуализация «лавинного эффекта» AES.

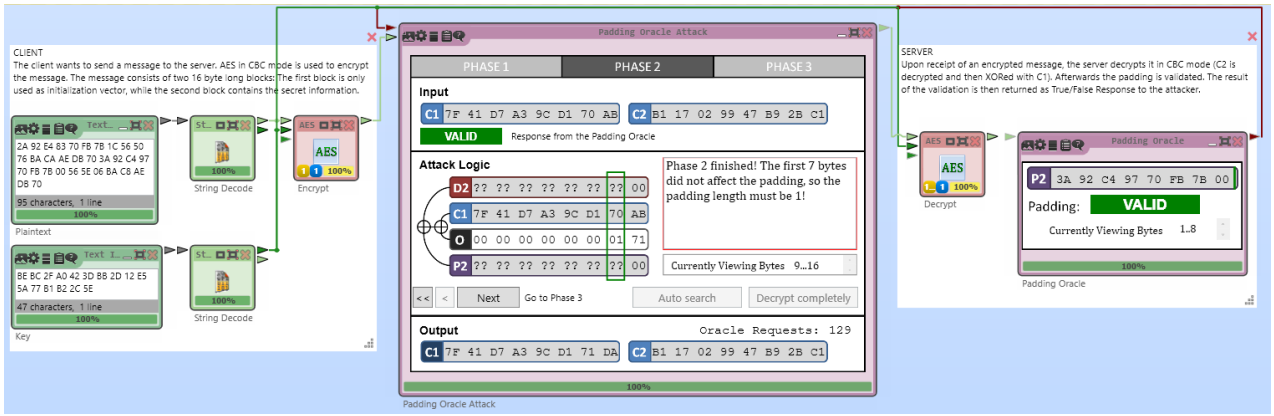
Изменим 1 бит в исходном сообщении и проверим, на сколько исказится шифротекст.

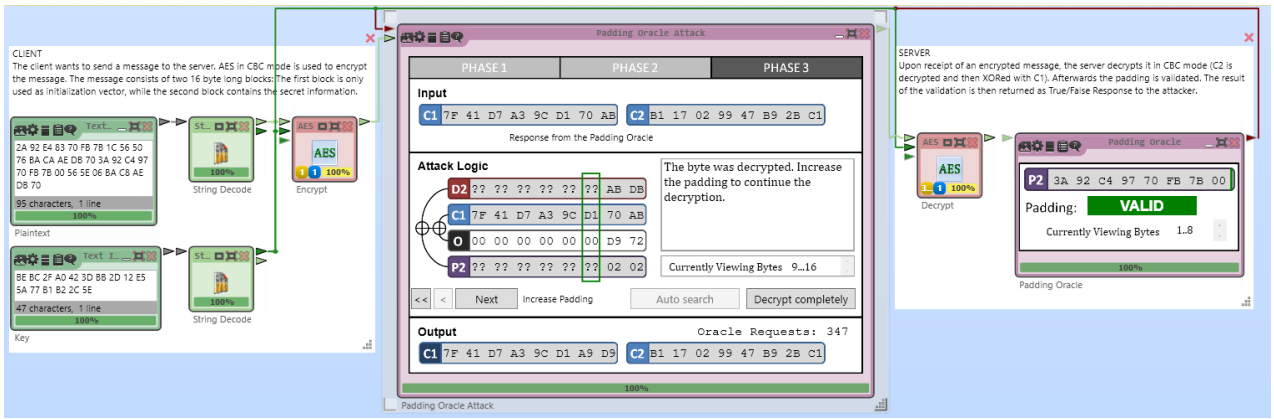


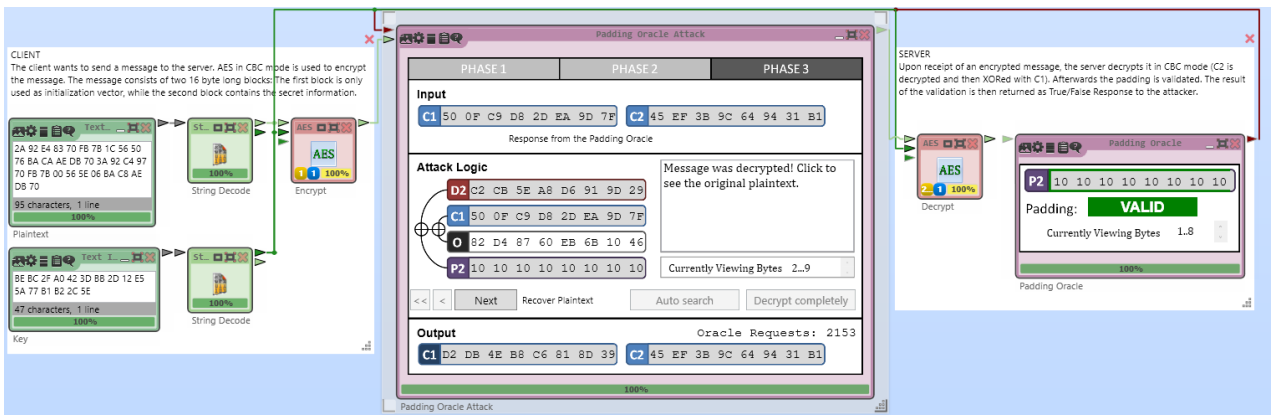


Часть 2. Проведение Padding Oracle атаки на DES.









Вывод:

В результате данной лабораторной работы были изучены основные принципы работы алгоритма AES, программно реализован процесса шифрования для 1 раунда AES. Был выполнен анализ визуализации алгоритма AES, продемонстрирован лавинный эффект, проведена padding oracle атака на AES.

Приложение 1. Листинг программного кода.

```
import random

s_box = (
    0x63, 0x7C, 0x77, 0x7B, 0xF2, 0x6B, 0x6F, 0xC5, 0x30, 0x01, 0x67, 0x2B, 0xFE, 0xD7, 0xAB, 0x76,
    0xCA, 0x82, 0xC9, 0x7D, 0xFA, 0x59, 0x47, 0xF0, 0xAD, 0xD4, 0xA2, 0xAF, 0x9C, 0xA4, 0x72, 0xC0,
    0xB7, 0xFD, 0x93, 0x26, 0x36, 0x3F, 0xF7, 0xCC, 0x34, 0xA5, 0xE5, 0xF1, 0x71, 0xD8, 0x31, 0x15,
    0x04, 0xC7, 0x23, 0xC3, 0x18, 0x96, 0x05, 0x9A, 0x07, 0x12, 0x80, 0xE2, 0xEB, 0x27, 0xB2, 0x75,
    0x09, 0x83, 0x2C, 0x1A, 0x1B, 0x6E, 0x5A, 0xA0, 0x52, 0x3B, 0xD6, 0xB3, 0x29, 0xE3, 0x2F, 0x84,
    0x53, 0xD1, 0x00, 0xED, 0x20, 0xFC, 0xB1, 0x5B, 0x6A, 0xCB, 0xBE, 0x39, 0x4A, 0x4C, 0x58, 0xCF,
    0xD0, 0xEF, 0xAA, 0xFB, 0x43, 0x4D, 0x33, 0x85, 0x45, 0xF9, 0x02, 0x7F, 0x50, 0x3C, 0x9F, 0xA8,
    0x51, 0xA3, 0x40, 0x8F, 0x92, 0x9D, 0x38, 0xF5, 0xBC, 0xB6, 0xDA, 0x21, 0x10, 0xFF, 0xF3, 0xD2,
    0xCD, 0x0C, 0x13, 0xEC, 0x5F, 0x97, 0x44, 0x17, 0xC4, 0xA7, 0x7E, 0x3D, 0x64, 0x5D, 0x19, 0x73,
    0x60, 0x81, 0x4F, 0xDC, 0x22, 0x2A, 0x90, 0x88, 0x46, 0xEE, 0xB8, 0x14, 0xDE, 0x5E, 0x0B, 0xDB,
    0xE0, 0x32, 0x3A, 0x0A, 0x49, 0x06, 0x24, 0x5C, 0xC2, 0xD3, 0xAC, 0x62, 0x91, 0x95, 0xE4, 0x79,
    0xE7, 0xC8, 0x37, 0x6D, 0x8D, 0xD5, 0x4E, 0xA9, 0x6C, 0x56, 0xF4, 0xEA, 0x65, 0x7A, 0xAE, 0x08,
    0xBA, 0x78, 0x25, 0x2E, 0x1C, 0xA6, 0xB4, 0xC6, 0xE8, 0xDD, 0x74, 0x1F, 0x4B, 0xBD, 0x8B, 0x8A,
    0x70, 0x3E, 0xB5, 0x66, 0x48, 0x03, 0xF6, 0x0E, 0x61, 0x35, 0x57, 0xB9, 0x86, 0xC1, 0x1D, 0x9E,
    0xE1, 0xF8, 0x98, 0x11, 0x69, 0xD9, 0x8E, 0x94, 0x9B, 0x1E, 0x87, 0xE9, 0xCE, 0x55, 0x28, 0xDF,
    0x8C, 0xA1, 0x89, 0x0D, 0xBF, 0xE6, 0x42, 0x68, 0x41, 0x99, 0x2D, 0x0F, 0xB0, 0x54, 0xBB, 0x16,
)

# input_bin =
'00111010100100101100010010010111011100001111101101111011000000000101011001011110000001101011101011001000101011101101101101110000'
# key_bin =
'10111110101111000010111110100000010000100011110110111011001011010001001011100101010110100111011110110000110011001000101100011011110'
input_bin = ''
key_bin = ''
for i in range(128):
    input_bin += str(round(random.random()))
for i in range(128):
    key_bin += str(round(random. random()))

def printHex(state):
    for row in state:
        print([hex(elem) for elem in row])

def binToMatrix(plain):
    return [list(list(int(plain[row+elem:row+elem+8], 2) for row in range(0, len(plain), 32))) for
elem in range(0, 32, 8)]

def addRoundKey(state, key):
    for row in range(4):
        for elem in range(4):
            state[row][elem] = state[row][elem] ^ key[row][elem]
    return state

def subBytes(state):
    for row in range(4):
        for elem in range(4):
            state[row][elem] = s_box[state[row][elem]]
    return state

def shiftRows(state):
    state[1][0], state[1][1], state[1][2], state[1][3] = state[1][1], state[1][2], state[1][3],
state[1][0]
    state[2][0], state[2][1], state[2][2], state[2][3] = state[2][2], state[2][3], state[2][0],
state[2][1]
    state[3][0], state[3][1], state[3][2], state[3][3] = state[3][3], state[3][0], state[3][1],
state[3][2]
    return state

def mixMulti(a, b):
    if b == 2:
        if a < 128: a <<= 1
        else: a = (a << 1) ^ 27
        if a > 255: a %= 256
    if b == 3:
        t = a
        if a < 128: a <<= 1
        else: a = (a << 1) ^ 27
        if a > 255: a %= 256
        a ^= t
    return a
```

```
def mixColumns(s):
    t = [ [0,0,0,0], [0,0,0,0], [0,0,0,0], [0,0,0,0] ]
    for e in range(4):
        t[0][e] = mixMulti(s[0][e], 2) ^ mixMulti(s[1][e], 3) ^ s[2][e] ^ s[3][e]
        t[1][e] = s[0][e] ^ mixMulti(s[1][e], 2) ^ mixMulti(s[2][e], 3) ^ s[3][e]
        t[2][e] = s[0][e] ^ s[1][e] ^ mixMulti(s[2][e], 2) ^ mixMulti(s[3][e], 3)
        t[3][e] = mixMulti(s[0][e], 3) ^ s[1][e] ^ s[2][e] ^ mixMulti(s[3][e], 2)
    return t


def main():
    input_m = binToMatrix(input_bin)
    print('\nInput:')
    printHex(input_m)
    key_m = binToMatrix(key_bin)
    print('\nKey:')
    printHex(key_m)
    state = addRoundKey(input_m, key_m)
    print('\naddRoundKey():')
    printHex(state)
    state = subBytes(state)
    print('\nsubBytes():')
    printHex(state)
    state = shiftRows(state)
    print('\nshiftRows():')
    printHex(state)
    state = mixColumns(state)
    print('\nmixColumns():')
    printHex(state)

if __name__ == "__main__":
    main()
```