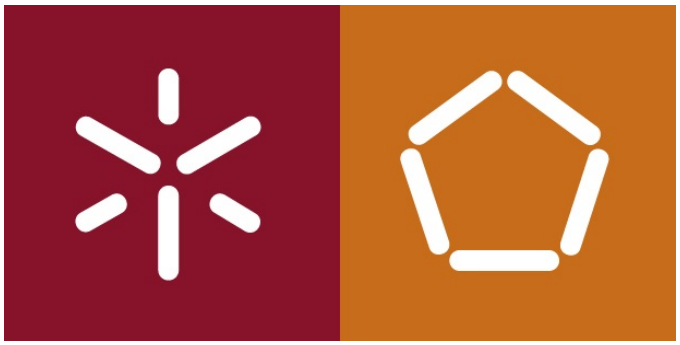
Universidade do Minho

Mestrado Integrado em Engenharia Informática -
Criptografia e Segurança da Informação



Estruturas Criptográficas

Relatório do Trabalho Prático 1

Grupo 1

Pedro Freitas
A80975

André Gonçalves
A80368

March 16, 2020

PipeCommunication

Esta classe é responsável por implementar comunicação entre duas entidades.

Esta classe necessita de receber pelo menos as duas entidades (por conveniência, vamos assumir que cada entidade é uma função), sendo opcionalmente o fornecimento de um timeout para a comunicação. A cada entidade é lhe atribuída uma extremidade do Pipe. Depois vamos criar um processo para cada entidade, processo este que terá como target (ou seja, vai realizar essa função) a entidade em si e cujo argumento será a extremidade anteriormente atribuída (a função vai ser aplicada àquela extremidade).

Esta classe tem um método `run()` que é responsável por fazer correr os processos criados.

In [1]:
```
from multiprocessing import Pipe, Process
```

In [2]:
```
class PipeCommunication():
    def __init__(self,leftE, rigthE, timeout=None):
        '''
            Classe responsável por ligar 2 entidades através de um
Pipe para poderem comunicar entre si.
            A cada entidade será atribuída uma extremidado do pipe.
            Será criado um processo para cada entidade onde o proce
sso terá como alvo a entidade respetiva e
                passar-lhe-á como argumento a extremidade da conexã
o que lhe é correspondente.
        '''
        left_end, right_end = Pipe()
        if (timeout == None):
            self.timeout = 30
        else:
            self.timeout = timeout
        self.left_process = Process(target = leftE, args=(left_end,
))
        self.right_process = Process(target = rightE , args=(right_
end,))

    def run(self):
        self.left_process.start()
        self.right_process.start()
        self.left_process.join(self.timeout)
        self.right_process.join(self.timeout)
```

A célula seguinte é uma célula de teste.

In [3]:
```
def leftE(conn):
    print('LeftE: I am leftE! Sending message!')
    conn.send(b'Ola eu sou a entidade da Esquerda!')
    conn.close()
```

A célula seguinte é célula de teste.

In [4]:
```
def rightE(conn):
    print('RightE: Eu sou a RightE! Receiveng messages!')
    msg = conn.recv()
    print('RightE leu: ' + msg.decode())
    conn.close()
    try:
        print(conn.recv())
    except:
        print('Conexão já foi fechada! Não há nada para ler')
```

In [5]:
```
def teste():
    PipeCommunication(leftE, rightE, timeout=30).run()
```

In [6]:
```
teste()
```

```
LeftE: I am leftE! Sending message!
RightE: Eu sou a RightE! Receiveng messages!
RightE leu: Ola eu sou a entidade da Esquerda!
Conexão já foi fechada! Não há nada para ler
```

TP1 - 1)

Neste exercício temos como objetivo implementar uma comunicação privada síncrona entre um agente Emitter e um agente Receiver. Esta comunicação tem que ter algumas característica como:

- Um gerador de nounces: um nounce, que nunca foi usado antes, deve ser criado aleatoriamente em cada instância da comunicação
- A cifra simétrica AES usando autenticação de cada criptograma com HMAC e um modo seguro contra ataques aos vectores de iniciação (iv's).
- O protocolo de acordo de chaves Diffie-Hellman com verificação da chave, e autenticação dos agentes através do esquema de assinaturas DSA.

Solução

A nossa solução para o probelma em causa passou por criar dois agentes (*Receiver* e *Emitter*). Estes dois agentes irão comunicar através de *Pipes* (esta comunicação está definida no ficheiro PipeCommunication.py) , sendo que o Receiver terá o papel de "servidor" e o Emitter o papel de "cliente".

Neste momento do relatório vamos demonstrar a nossa solução. Primeiro os **imports** necessários

In [1]:
```
import os
import time

from PipeCommunication import PipeCommunication

from cryptography.exceptions import *

from cryptography.hazmat.backends import default_backend

from cryptography.hazmat.primitives.asymmetric import dh,dsa
from cryptography.hazmat.primitives.kdf.pbkdf2 import PBKDF2HMAC
from cryptography.hazmat.primitives import hashes, hmac, serializat
ion
from cryptography.hazmat.primitives.ciphers import Cipher, algorith
ms, modes
```

Implementou-se o protocolo de acordo de chaves Diffie-Hellman com verificação da chave e autenticação mútua dos agente através do esquema de assinaturas Digital Signature Algorithm. O protocolo Diffie-Hellman contém 3 algoritmos:

- A criação dos parâmetros
- O agente Emitter gera a chave privada, a sua respetiva chave pública e envia ao Receiver
- O agente Receiver gera a chave privada, a sua respetiva chave pública e envia ao Emitter
- De seguida, ambos os agentes geram a chave partilhada.

O Processo de troca de chaves públicas para gerar a chave partilhada é executada tal como o protocolo está definido:

- 1) **Emitter envia a Receiver:** `g^x` (a sua chave pública)
- 2) **Receiver envia a Emitter:** `g^y || SIG(g^x,g^y)` (a sua chave pública || as duas chaves públicas assinadas)
- 3) **Emitter envia a Receiver:** `SIG(g^x,g^y)` (as duas chaves públicas assinadas)

A partir daqui ambas geram a chave partilhada.

De realçar que qualquer mensagem enviada que envolva assinaturas, é verificada na outra entidade antes do processo continuar.

Na célula seguinte vêmos a criação dos parâmetros para as chaves do protocolo Diffie-Hellman e as chaves para o protocolo DSA.

In [2]:
```
print('Gerando os parâmetros para o Diffie-Hellman . . .')
parameters_dh = dh.generate_parameters(generator=2, key_size=1024,b
ackend=default_backend())
print(' . . . Parâmetros criados!')
print('')
print('Gerando agora os parâmetros para as assinaturas DSA . . .')
parameters_dsa = dsa.generate_parameters(key_size=1024,backend=defa
ult_backend())
print(' . . . Parâmetros criados!')
```

```
Gerando os parâmetros para o Diffie-Hellman . . .
 . . . Parâmetros criados!

Gerando agora os parâmetros para as assinaturas DSA . . .
 . . . Parâmetros criados!
```

Agora iremos implementar todos os métodos necessários que involvam chaves DH.

In [3]:
```
class DiffieHellman:
    def generate_DH_PrivateKey(self):
        private_key = parameters_dh.generate_private_key()
        return private_key

    def generate_DH_PublicKey(self, private_key):
        public_key = private_key.public_key()
        return public_key

    def generate_DH_PublicBytes(self, public_key):
        return public_key.public_bytes(
            encoding=serialization.Encoding.PEM,
            format=serialization.PublicFormat.SubjectPublicKeyInfo)
```

Naturalmente iremos também implementar todos os métodos necessários que involvem chaves DSA e assinaturas digitais.

In [5]:
```
class DSASignatures:
    def generate_DSA_PrivateKey(self):
        private_key = parameters_dsa.generate_private_key()
        return private_key

    def generate_DSA_PublicKey(self,private_key):
        public_key = private_key.public_key()
        return public_key

    def generate_DSA_PublicBytes(self, public_key):
        return public_key.public_bytes(
            encoding=serialization.Encoding.PEM,
            format=serialization.PublicFormat.SubjectPublicKeyInfo)

    def sign_message(self, message,own_private_key):
        signature = own_private_key.sign(
            message,
            hashes.SHA256()
        )
        return signature

    def verify_Signature(self, message, signature, other_public_key
):
        other_public_key.verify(
            signature,
            message,
            hashes.SHA256()
        )
```

Na célula seguinte vamos gerar as chaves privadas e públicas do Emitter e do Receiver. Optamos por torna-las globais para evitar mais trocas de chaves (visto que não achamos que seria o principal objetivo).

In [6]:
```
dsaSig = DSASignatures()

emitter_dsa_privateKey = dsaSig.generate_DSA_PrivateKey()
emitter_dsa_publicKey = dsaSig.generate_DSA_PublicKey(emitter_dsa_p
rivateKey)

receiver_dsa_privateKey = dsaSig.generate_DSA_PrivateKey()
receiver_dsa_publicKey = dsaSig.generate_DSA_PublicKey(receiver_dsa
_privateKey)
```

Na comunicão entre os agentes foi implementeada a cifra AES na qual foi usado o modo Counter Mode (CTR).

In [7]:
```
class Encription:
    def kdf(self, password, mySalt=None):
        if mySalt is None:
            auxSalt = os.urandom(16)
        else:
            auxSalt = mySalt
        kdf = PBKDF2HMAC(
            algorithm = hashes.SHA256(),   # SHA256
            length=32,
            salt=auxSalt,
            iterations=100000,
            backend=default_backend()        # openssl
        )
        key = kdf.derive(password)
        if mySalt is None:
            return auxSalt, key
        else:
            return key

    def mac(self, key, msg, tag=None):
        h = hmac.HMAC(key,hashes.SHA256(),default_backend())
        h.update(msg)
        if tag is None:
            return h.finalize()
        h.verify(tag)

    def encript(self, Ckey, Hkey, msg):
        iv = os.urandom(16)
        cipher = Cipher(algorithms.AES(Ckey), modes.CTR(iv), defaul
t_backend())
        encryptor = cipher.encryptor()
        ciphertext = encryptor.update(msg) + encryptor.finalize()
        tag = self.mac(Hkey,ciphertext)
        return iv, ciphertext, tag

    def decript(self, Ckey, iv, msg):
            cipher = Cipher(algorithms.AES(Ckey), modes.CTR(iv), de
fault_backend())
            decryptor = cipher.decryptor()
            cleant = decryptor.update(msg) + decryptor.finalize()
            return cleant
```

Emitter

O Emitter é responsável por enviar mensagens ao Receiver. Este apenas recebe mensagens do Receiver quando estes estão no protocolo Diffie-Hellman. Este agente foi dividido em dois processos diferentes. Um que trata do protocolo Diffie-Hellman e outro para enviar as mensagens.

Emitter_DH

Este método é o responsável por representar o Emitter na troca de chaves DiffieHellman.

In [10]:
```
def Emitter_DH(conn):
    diffieHellman = DiffieHellman()
    dsaSign = DSASignatures()
    print('EmitterDH: Iniciar Processo de DiffieHellman')

    emitter_dh_privateKey = diffieHellman.generate_DH_PrivateKey()
    #print('Emitter: Chave privada criada')
    emitter_dh_publicKey = diffieHellman.generate_DH_PublicKey(emit
ter_dh_privateKey)
    #print('Emitter: Chave pública criada')
    print('EmitterDH: Enviando a minha chave pública')
    emitter_dh_public_bytes_key =diffieHellman.generate_DH_PublicBy
tes(emitter_dh_publicKey)
    conn.send(emitter_dh_public_bytes_key)

    while True:
        print('EmitterDH: Esperando a chave pública do Receiver')
        pubkey = conn.recv()
        break
    while True:
        print('EmitterDH: Esperando a assinatura da chave pública')
        signature = conn.recv()
        break

    try:
        aux = emitter_dh_public_bytes_key + pubkey
        dsaSign.verify_Signature(aux,signature,receiver_dsa_publicK
ey)
        print('EmitterDH: Assinatura válida!')
        receiver_dh_public_key = pubkey
        print('EmitterDH: Já obtive a chave pública do Receiver')
        sign = dsaSign.sign_message(aux,emitter_dsa_privateKey)
        conn.send(sign)
    except(InvalidSignature):
        print('EmitterDH: Assinatura não válida! Conexão fechada!')

    while True:
        msg = conn.recv()
        break
    while True:
        sig = conn.recv()
        break
    try:
        dsaSign.verify_Signature(msg,sig,receiver_dsa_publicKey)
        print('EmitterDH: Assinatura válida!')

        emitter_dh_shared_key = emitter_dh_privateKey.exchange(seri
alization.load_pem_public_key(
            receiver_dh_public_key,
            backend = default_backend()))
        print('EmitterDH: Shared Key criada!')
        return emitter_dh_shared_key
    except(InvalidSignature):
        print('Emitter: Assinatura inválida! Conexão fechada!')
```

Receiver

O Receiver é responsável por receber as mensagens do Emitter, decifra-las e dar print. Este também foi dividido em dois processos, um para a troca de chaves e outra para receber as mensagens.

In [11]:
```
def Receiver_DH(conn):
    diffieHellman = DiffieHellman()
    dsaSigns = DSASignatures()
    print('ReceiverDH: Iniciar Processo de DiffieHellman.')

    receiver_dh_privateKey = diffieHellman.generate_DH_PrivateKey()
    #print('Receiver: Chave privada criada.')
    receiver_dh_publicKey = diffieHellman.generate_DH_PublicKey(rec
eiver_dh_privateKey)
    #print('Receiver: Chave pública criada - - - ')
    receiver_dh_public_bytes_key = diffieHellman.generate_DH_Public
Bytes(receiver_dh_publicKey)

    #print('Receiver: Esperando chave pública do Emitter')
    while True:
        emitter_dh_public_key = conn.recv()
        #print('Receiver: Já obtive a chave pública do Emitter')
        #print(emitter_dh_public_key)
        break;

    publicKeys = emitter_dh_public_key + receiver_dh_public_bytes_k
ey
    sign = dsaSigns.sign_message(publicKeys, receiver_dsa_privateKe
y)
    print('ReceiverDH: Enviando a minha chave pública')
    conn.send(receiver_dh_public_bytes_key)
    conn.send(sign)

    while True:
        ''' Esperando pela assinatura do emitter (ultimo passo do D
iffie-Hellman)'''
        msg = conn.recv()
        break;

    try:
        dsaSigns.verify_Signature(publicKeys,msg,emitter_dsa_public
Key)
        print('ReceiverDH: Assinatura válida!')
        print('\n\n Acordo Realizado!\n\n')
        msg = b'ACORDO REALIZADO!'
        sig = dsaSigns.sign_message(msg,receiver_dsa_privateKey)
        conn.send(msg)
        conn.send(sig)
    except:
        print('Receiver DH: Assinatura inválida')

    receiver_dh_shared_key = receiver_dh_privateKey.exchange(serial
ization.load_pem_public_key(
            emitter_dh_public_key,
            backend=default_backend()))
    print('ReceiverDH: Shared Key criada!')
    return receiver_dh_shared_key
```

In [16]:

```
def Emitter(conn):
    shared_key = Emitter_DH(conn)
   # print('E: sharedKey- ' + str(shared_key))
    time.sleep(2)
    print('Emitter: Tenho o segredo partilhado.\n\n')

    encription = Encription()
    dsaSig = DSASignatures()

    text1 = b'Ola! Vamos enviar 4 mensagens(sendo esta a primeira)
para o Receiver!'
    text2 = b'Todas estas mensagens serao encriptadas. Sera ele cap
az de as desencriptar?'
    text3 = b'Cada criptograma sera autenticado com um HMAC e vai a
ssinado com a minha chave privada DSA'
    text4 = b'Se correr bem, todas estas 4 mensagens foram printada
s!'
    text5 = b'Assinado: Emitter'
    text6 = b'PS: Afinal foram 6'
    msgs=[text1,text2,text3,text4,text5,text6]

    i = 0
    while(i < 6):
        salt,key = encription.kdf(shared_key)
        Ckey = key[0:16]
        #print('E: Ckey- ' + str(Ckey))
        Hkey = key[16:32]
        #print('E: Hkey- ' + str(Hkey))
        iv,cipher_text, tag = encription.encript(Ckey,Hkey, msgs[i]
)
        sig = dsaSig.sign_message(cipher_text, emitter_dsa_privateK
ey)
        conn.send(salt)
        #print('E: SALT- ' + str(salt))
        conn.send(iv)
        #print('E: IV- ' + str(iv))
        conn.send(cipher_text)
        #print('E: MSG- ' + str(cipher_text))
        conn.send(tag)
        #print('E: TAG- ' + str(tag))
        conn.send(sig)
        #print('E: SIG- ' + str(sig))
        time.sleep(2)
        i+=1
    print('ALL MESSAGES SENDED!')

    #conn.send(b'welelele')
```

In [17]:

```
max_msg = 6
def Receiver(conn):
    sharedKey = Receiver_DH(conn)
    #print('R: sharedKey- ' + str(sharedKey))
    time.sleep(2)
    print('Receiver: Tenho o segredo partilhado.\n\n')
    encription = Encription()
    dsaSig = DSASignatures()
    i = 0
    while (i < max_msg):
        '''
        Esperemos sempre 5 mensagem por cada criptograma. Um com o
salt, outra com o iv, outra com a tag,
        outra com a assinatura e outra com a mensagem cifrada
        '''
        while True: #salt
            mySalt = conn.recv()
            #print('R: SALT- '+ str(mySalt))
            while True: #iv
                iv = conn.recv()
                #print('R: IV- '+str(iv))
                while True: #mensagem
                    msg = conn.recv()
                    #print('R: MSG- '+ str(msg))
                    while True: #tag
                        tag = conn.recv()
                        #print('R: TAG- ' + str(tag))
                        while True: #sign
                            sig = conn.recv()
                           # print('R: SIG- ' + str(sig))
                            break
                        break
                    break
                break
            break

        try:
            dsaSig.verify_Signature(msg, sig, emitter_dsa_publicKey
)
            key = encription.kdf(sharedKey, mySalt)
            Ckey = key[0:16]
            Hkey = key[16:32]
            #print('R: CKEY- ' + str(Ckey))
            #print('R: HKEY- ' + str(Hkey))
            try:
                encription.mac(Hkey,msg,tag)
                plaintext = encription.decript(Ckey, iv, msg)
                print(plaintext)
            except(InvalidSignature):
                print('Tag inválida!')
        except(InvalidSignature):
            print('Assinatura inválida!')

        i += 1

    print('MAX MESSAGE REACHED')
```

In [18]:
```
def main():
    PipeCommunication(Emitter,Receiver,timeout=600).run()
```

In [19]:
```
main()
```

```
EmitterDH: Iniciar Processo de DiffieHellman
ReceiverDH: Iniciar Processo de DiffieHellman.
EmitterDH: Enviando a minha chave pública
EmitterDH: Esperando a chave pública do Receiver
ReceiverDH: Enviando a minha chave pública
EmitterDH: Esperando a assinatura da chave pública
EmitterDH: Assinatura válida!
EmitterDH: Já obtive a chave pública do Receiver
ReceiverDH: Assinatura válida!


 Acordo Realizado!


ReceiverDH: Shared Key criada!
EmitterDH: Assinatura válida!
EmitterDH: Shared Key criada!
Receiver: Tenho o segredo partilhado.


Emitter: Tenho o segredo partilhado.


b'Ola! Vamos enviar 4 mensagens(sendo esta a primeira) para o Rece
iver!'
b'Todas estas mensagens serao encriptadas. Sera ele capaz de as de
sencriptar?'
b'Cada criptograma sera autenticado com um HMAC e vai assinado com
a minha chave privada DSA'
b'Se correr bem, todas estas 4 mensagens foram printadas!'
b'Assinado: Emitter'
b'PS: Afinal foram 6'
MAX MESSAGE REACHED
ALL MESSAGES SENDED!
```

TP1 - 2)

Neste exercício temos como objetivo implementar o mesmo esquema do exercício anterior, mas agora com o uso de curvas elíticas substituindo:

- A cifra simétrica por ChaCha20Poly1305
- Diffie–Hellman por Elliptic-curve Diffie–Hellman
- Digital Signature Algorithm p Elliptic Curve Digital Signature Algorithm .

In [1]:
```
import os
import time

from PipeCommunication import PipeCommunication

from cryptography.exceptions import *

from cryptography.hazmat.backends import default_backend

from cryptography.hazmat.primitives.asymmetric import ec
from cryptography.hazmat.primitives.kdf.pbkdf2 import PBKDF2HMAC
from cryptography.hazmat.primitives import hashes, hmac, serializat
ion
from cryptography.hazmat.primitives.ciphers import Cipher, algorith
ms, modes
```

Na célula seguinte estão as alterações feitas ao primeiro exercício quanto ao processo de geração de chaves DiffieHellman.

Como podemos ver a principal diferença é a não necessidade de gerar parâmetros. A primitiva Eliptic Curve consegue gerar chaves privadas com dois argumentos: *algoritmo da curva elíptica* e *backend*.

In [2]:
```
class ECDiffieHellman:
    def generate_ECDH_PrivateKey(self):
        private_key = ec.generate_private_key(ec.SECP384R1(),defaul
t_backend())
        return private_key

    def generate_ECDH_PublicKey(self, private_key):
        public_key = private_key.public_key()
        return public_key

    def generate_ECDH_PublicBytes(self, public_key):
        return public_key.public_bytes(
            encoding=serialization.Encoding.PEM,
            format=serialization.PublicFormat.SubjectPublicKeyInfo)
```

Na célula seguinte estão as alterações feitas ao primeiro exercício quanto ao processo de geração de chaves DSA. Como podemos ver, também a principal diferença é a não necessidade de gerar parâmetros. A primitiva Eliptic Curve consegue gerar chaves privadas com dois argumentos: algoritmo da curva elíptica e backend.

In [3]:
```
class ECDSASignatures:
    def generate_ECDSA_PrivateKey(self):
        private_key = ec.generate_private_key(ec.SECP384R1(),defaul
t_backend())
        return private_key

    def generate_ECDSA_PublicKey(self,private_key):
        public_key = private_key.public_key()
        return public_key

    def generate_ECDSA_PublicBytes(self, public_key):
        return public_key.public_bytes(
            encoding=serialization.Encoding.PEM,
            format=serialization.PublicFormat.SubjectPublicKeyInfo)

    def sign_message(self, message,own_private_key):
        signature = own_private_key.sign(
            message,
            ec.ECDSA(hashes.SHA256())
        )
        return signature

    def verify_Signature(self, message, signature, other_public_key
):
        other_public_key.verify(
            signature,
            message,
            ec.ECDSA(hashes.SHA256())
        )
```

Neste exercício também vamos tornar as chaves de DSA globais para evitar excessivas trocas de chaves.

In [4]:
```
dsaSig = ECDSASignatures()

emitter_ecdsa_privateKey = dsaSig.generate_ECDSA_PrivateKey()
emitter_ecdsa_publicKey = dsaSig.generate_ECDSA_PublicKey(emitter_e
cdsa_privateKey)

receiver_ecdsa_privateKey = dsaSig.generate_ECDSA_PrivateKey()
receiver_ecdsa_publicKey = dsaSig.generate_ECDSA_PublicKey(receiver
_ecdsa_privateKey)
```

In [5]:

```
class Encription:
    def kdf(self, password, mySalt=None):
        if mySalt is None:
            auxSalt = os.urandom(16)
        else:
            auxSalt = mySalt
        kdf = PBKDF2HMAC(
            algorithm = hashes.SHA256(),   # SHA256
            length=32,
            salt=auxSalt,
            iterations=100000,
            backend=default_backend()        # openssl
        )
        key = kdf.derive(password)
        if mySalt is None:
            return auxSalt, key
        else:
            return key

    def mac(self, key, msg, tag=None):
        h = hmac.HMAC(key,hashes.SHA256(),default_backend())
        h.update(msg)
        if tag is None:
            return h.finalize()
        h.verify(tag)

    def encript(self, Ckey, Hkey, msg):
        iv = os.urandom(16)
        cipher = Cipher(algorithms.AES(Ckey), modes.CTR(iv), defaul
t_backend())
        encryptor = cipher.encryptor()
        ciphertext = encryptor.update(msg) + encryptor.finalize()
        tag = self.mac(Hkey,ciphertext)
        return iv, ciphertext, tag

    def decript(self, Ckey, iv, msg):
            cipher = Cipher(algorithms.AES(Ckey), modes.CTR(iv), de
fault_backend())
            decryptor = cipher.decryptor()
            cleant = decryptor.update(msg) + decryptor.finalize()
            return cleant
```

In [6]:

```
def Emitter_ECDH(conn):
    diffieHellman = ECDiffieHellman()
    dsaSign = ECDSASignatures()
    print('EmitterECDH: Iniciar Processo de DiffieHellman')

    emitter_ecdh_privateKey = diffieHellman.generate_ECDH_PrivateKe
y()
    #print('Emitter: Chave privada criada')
    emitter_ecdh_publicKey = diffieHellman.generate_ECDH_PublicKey(
emitter_ecdh_privateKey)
    #print('Emitter: Chave pública criada')
    print('EmitterDH: Enviando a minha chave pública')
    emitter_ecdh_public_bytes_key =diffieHellman.generate_ECDH_Publ
icBytes(emitter_ecdh_publicKey)
    conn.send(emitter_ecdh_public_bytes_key)

    while True:
        print('EmitterDH: Esperando a chave pública do Receiver')
        pubkey = conn.recv()
        break
    while True:
        print('EmitterDH: Esperando a assinatura da chave pública')
        signature = conn.recv()
        break

    try:
        aux = emitter_ecdh_public_bytes_key + pubkey
        dsaSign.verify_Signature(aux,signature,receiver_ecdsa_publi
cKey)
        print('EmitterDH: Assinatura válida!')
        receiver_ecdh_public_key = pubkey
        print('EmitterDH: Já obtive a chave pública do Receiver')
        sign = dsaSign.sign_message(aux,emitter_ecdsa_privateKey)
        conn.send(sign)
    except(InvalidSignature):
        print('EmitterDH: Assinatura não válida! Conexão fechada!')

    while True:
        msg = conn.recv()
        break
    while True:
        sig = conn.recv()
        break
    try:
        dsaSign.verify_Signature(msg,sig,receiver_ecdsa_publicKey)
        print('EmitterDH: Assinatura válida!')

        emitter_ecdh_shared_key = emitter_ecdh_privateKey.exchange(
ec.ECDH(),serialization.load_pem_public_key(
            receiver_ecdh_public_key,
            backend = default_backend()))
        print('EmitterDH: Shared Key criada!')
        return emitter_ecdh_shared_key
    except(InvalidSignature):
        print('Emitter: Assinatura inválida! Conexão fechada!')
```

In [7]:
```
def Receiver_ECDH(conn):
    diffieHellman = ECDiffieHellman()
    dsaSigns = ECDSASignatures()
    print('ReceiverDH: Iniciar Processo de DiffieHellman.')

    receiver_ecdh_privateKey = diffieHellman.generate_ECDH_PrivateK
ey()
    #print('Receiver: Chave privada criada.')
    receiver_ecdh_publicKey = diffieHellman.generate_ECDH_PublicKey
(receiver_ecdh_privateKey)
    #print('Receiver: Chave pública criada - - - ')
    receiver_ecdh_public_bytes_key = diffieHellman.generate_ECDH_Pu
blicBytes(receiver_ecdh_publicKey)

    #print('Receiver: Esperando chave pública do Emitter')
    while True:
        emitter_ecdh_public_key = conn.recv()
        #print('Receiver: Já obtive a chave pública do Emitter')
        #print(emitter_ecdh_public_key)
        break;

    publicKeys = emitter_ecdh_public_key + receiver_ecdh_public_byt
es_key
    sign = dsaSigns.sign_message(publicKeys, receiver_ecdsa_private
Key)
    print('ReceiverDH: Enviando a minha chave pública')
    conn.send(receiver_ecdh_public_bytes_key)
    conn.send(sign)

    while True:
        ''' Esperando pela assinatura do emitter (ultimo passo do D
iffie-Hellman)'''
        msg = conn.recv()
        break;

    try:
        dsaSigns.verify_Signature(publicKeys,msg,emitter_ecdsa_publ
icKey)
        print('ReceiverDH: Assinatura válida!')
        print('\n\n Acordo Realizado!\n\n')
        msg = b'ACORDO REALIZADO!'
        sig = dsaSigns.sign_message(msg,receiver_ecdsa_privateKey)
        conn.send(msg)
        conn.send(sig)
    except:
        print('Receiver DH: Assinatura inválida')

    receiver_ecdh_shared_key = receiver_ecdh_privateKey.exchange(ec
.ECDH(),serialization.load_pem_public_key(
            emitter_ecdh_public_key,
            backend=default_backend()))
    print('ReceiverDH: Shared Key criada!')
    return receiver_ecdh_shared_key
```

In [8]:
```
def Emitter(conn):
    shared_key = Emitter_ECDH(conn)
   # print('E: sharedKey- ' + str(shared_key))
    time.sleep(2)
    print('Emitter: Tenho o segredo partilhado.\n\n')

    encription = Encription()
    dsaSig = ECDSASignatures()

    text1 = b'Ola! Vamos enviar 4 mensagens(sendo esta a primeira)
para o Receiver!'
    text2 = b'Todas estas mensagens serao encriptadas. Sera ele cap
az de as desencriptar?'
    text3 = b'Cada criptograma sera autenticado com um HMAC e vai a
ssinado com a minha chave privada DSA'
    text4 = b'Se correr bem, todas estas 4 mensagens foram printada
s!'
    text5 = b'Assinado: Emitter'
    text6 = b'PS: afinal foram 6'
    msgs=[text1,text2,text3,text4,text5,text6]

    i = 0
    while(i < 6):
        salt,key = encription.kdf(shared_key)
        Ckey = key[0:16]
        #print('E: Ckey- ' + str(Ckey))
        Hkey = key[16:32]
        #print('E: Hkey- ' + str(Hkey))
        iv,cipher_text, tag = encription.encript(Ckey,Hkey, msgs[i]
)
        sig = dsaSig.sign_message(cipher_text, emitter_ecdsa_privat
eKey)
        conn.send(salt)
        #print('E: SALT- ' + str(salt))
        conn.send(iv)
        #print('E: IV- ' + str(iv))
        conn.send(cipher_text)
        #print('E: MSG- ' + str(cipher_text))
        conn.send(tag)
        #print('E: TAG- ' + str(tag))
        conn.send(sig)
        #print('E: SIG- ' + str(sig))
        #time.sleep(2)
        i+=1
    print('ALL MESSAGES SENDED!')

    #conn.send(b'welelele')
```

In [9]:
```
max_msg = 6
def Receiver(conn):
    sharedKey = Receiver_ECDH(conn)
    #print('R: sharedKey- ' + str(sharedKey))
    time.sleep(2)
    print('Receiver: Tenho o segredo partilhado.\n\n')
    encription = Encription()
    dsaSig = ECDSASignatures()
    i = 0
    while (i < max_msg):
        '''
        Esperemos sempre 5 mensagem por cada criptograma. Um com o
salt, outra com o iv, outra com a tag,
        outra com a assinatura e outra com a mensagem cifrada
        '''
        while True: #salt
            mySalt = conn.recv()
            #print('R: SALT- '+ str(mySalt))
            while True: #iv
                iv = conn.recv()
                #print('R: IV- '+str(iv))
                while True: #mensagem
                    msg = conn.recv()
                    #print('R: MSG- '+ str(msg))
                    while True: #tag
                        tag = conn.recv()
                        #print('R: TAG- ' + str(tag))
                        while True: #sign
                            sig = conn.recv()
                           # print('R: SIG- ' + str(sig))
                            break
                        break
                    break
                break
            break

        try:
            dsaSig.verify_Signature(msg, sig, emitter_ecdsa_publicK
ey)
            key = encription.kdf(sharedKey, mySalt)
            Ckey = key[0:16]
            Hkey = key[16:32]
            #print('R: CKEY- ' + str(Ckey))
            #print('R: HKEY- ' + str(Hkey))
            try:
                encription.mac(Hkey,msg,tag)
                plaintext = encription.decript(Ckey, iv, msg)
                print(plaintext)
            except(InvalidSignature):
                print('Tag inválida!')
        except(InvalidSignature):
            print('Assinatura inválida!')

        i += 1

    print('MAX MESSAGE REACHED')
```

In [10]:
```
def main():
    PipeCommunication(Emitter,Receiver,timeout=600).run()
```

In [11]:
```
main()
```

```
EmitterECDH: Iniciar Processo de DiffieHellman
ReceiverDH: Iniciar Processo de DiffieHellman.
EmitterDH: Enviando a minha chave pública
EmitterDH: Esperando a chave pública do Receiver
ReceiverDH: Enviando a minha chave pública
EmitterDH: Esperando a assinatura da chave pública
EmitterDH: Assinatura válida!
EmitterDH: Já obtive a chave pública do Receiver
ReceiverDH: Assinatura válida!


 Acordo Realizado!


ReceiverDH: Shared Key criada!
EmitterDH: Assinatura válida!
EmitterDH: Shared Key criada!
Receiver: Tenho o segredo partilhado.


Emitter: Tenho o segredo partilhado.


b'Ola! Vamos enviar 4 mensagens(sendo esta a primeira) para o Rece
iver!'
b'Todas estas mensagens serao encriptadas. Sera ele capaz de as de
sencriptar?'
b'Cada criptograma sera autenticado com um HMAC e vai assinado com
a minha chave privada DSA'
b'Se correr bem, todas estas 4 mensagens foram printadas!'
b'Assinado: Emitter'
ALL MESSAGES SENDED!
b'PS: afinal foram 6'
MAX MESSAGE REACHED
```