Cifrari a blocchi
Esercizi con OpenSSL

Alfredo De Santis

Dipartimento di Informatica
Università di Salerno

ads@unisa.it

http://www.dia.unisa.it/professori/ads

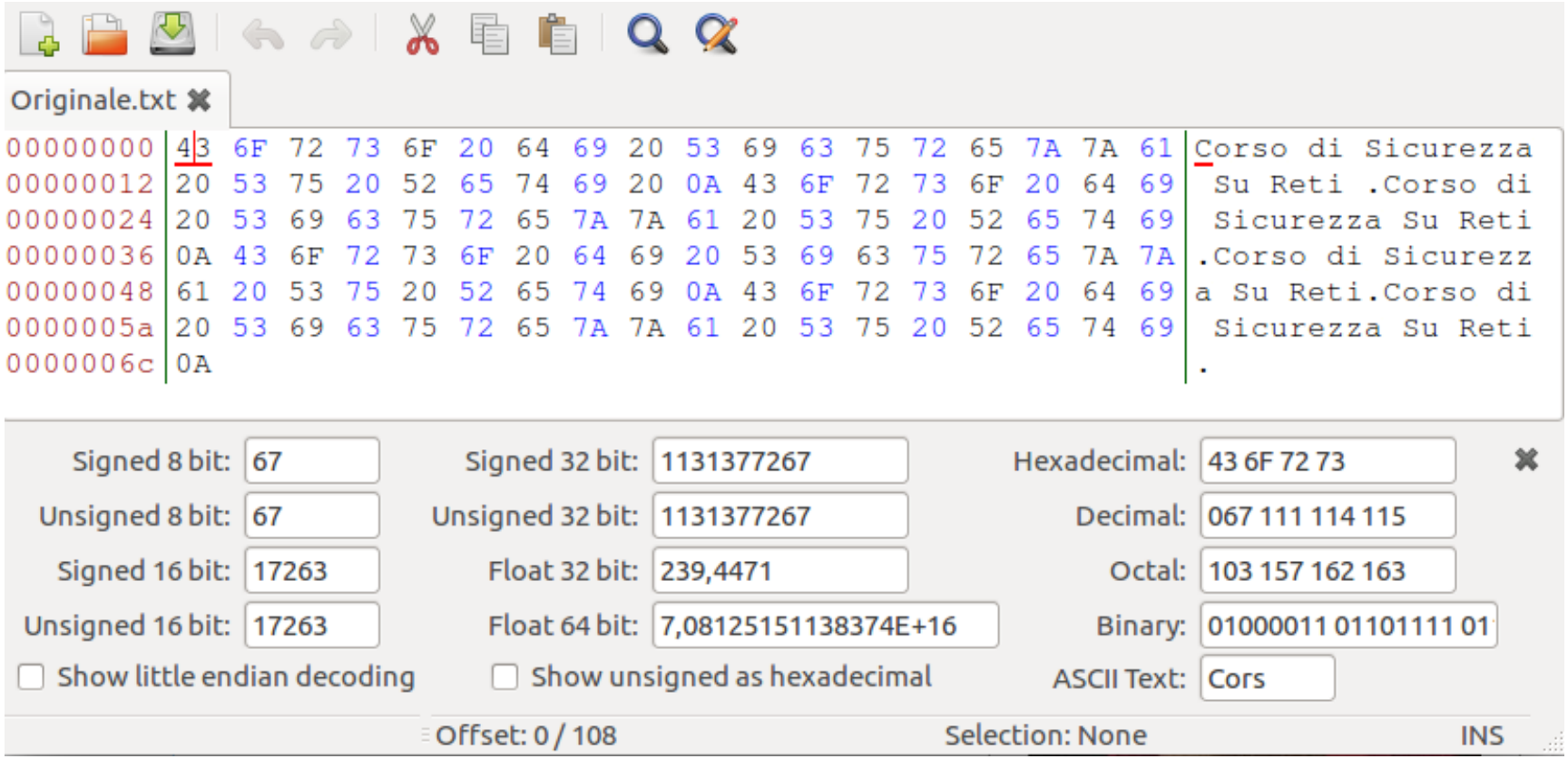
Marzo 2017

Strumenti Necessari

- Per lo svolgimento degli esercizi sono necessari
  - Bless (Editor Esadecimale)
    - sudo apt-get install bless
  - Comando **time**
- Potrebbe essere necessaria la consultazione della seguente tabella
  - https://www.co.tt/files/asciitable.pdf

Bless

Editor Esadecimale



http://home.gna.org/bless/

Comando time

```
TIME(1)                    BSD General Commands Manual                    TIME(1)

NAME
     time -- time command execution

SYNOPSIS
     time [-lp] utility

DESCRIPTION
     The time utility executes and times utility.  After the utility finishes,
     time writes the total time elapsed, the time consumed by system overhead,
     and the time used to execute utility to the standard error stream.  Times
     are reported in seconds.
```

Ad esempio

```
time ls

real 0m0.006s
user 0m0.001s
sys 0m0.002s
```

Comando time

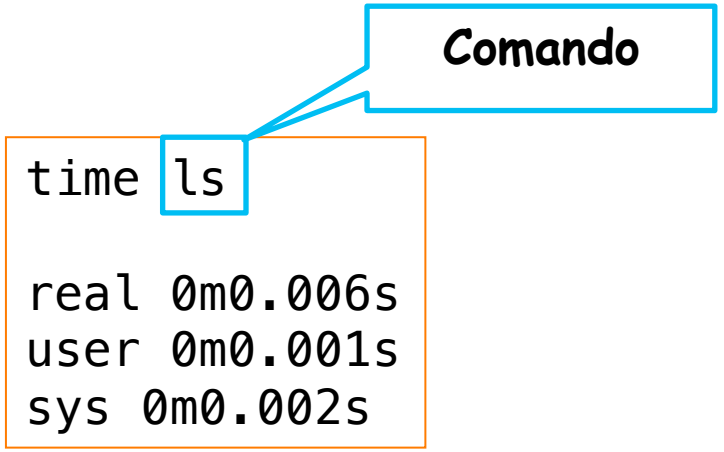
```
TIME(1)                    BSD General Commands Manual                    TIME(1)

NAME
     time -- time command execution

SYNOPSIS
     time [-lp] utility

DESCRIPTION
     The time utility executes and times utility.  After the utility finishes,
     time writes the total time elapsed, the time consumed by system overhead,
     and the time used to execute utility to the standard error stream.  Times
     are reported in seconds.
```

Ad esempio



Base 64: Riepilogo

- Schema di codifica che permette di rappresentare dati binari mediante stringhe ASCII
  - Usa 65 caratteri stampabili
    - 26 lettere minuscole, 26 lettere maiuscole, 10 cifre, i caratteri '+' e '/' ed il carattere speciale '='
  - Comunemente utilizzato quando è necessario codificare dati binari che devono essere memorizzati o trasferiti in formato testuale

Codifica Base64

- **Esercizio 1.0** Studiare il formato di output dalla codifica Base64
  - Spiegare come vengono trasformati i gruppi di bit, come avviene il padding ed il significato di "==" e "="
- **Esercizio 1.1** Codificare un file di testo arbitrario con Base64 e visualizzare il risultato
- **Esercizio 1.2** Codificare un file binario arbitrario con Base64 e visualizzare il risultato
- **Esercizio 1.3** Codificare con Base64 un file di testo contenente una qualsiasi password ed inviarlo tramite email ad un compagno di corso
  - Chiedere al compagno di decodificare la password memorizzata in questo file

Cifratura con Password

- **Esercizio 2.1** Qual è lo scopo del parametro -nosalt in DES?
- **Esercizio 2.2** Cifrare un file arbitrario e decifrarlo usando la password corretta (usando DES e -nosalt)
- **Esercizio 2.3** Cifrare un file arbitrario e provare a decifrarlo usando una password non corretta
- **Esercizio 2.4** Confrontare la dimensione di un testo in chiaro e quella del testo cifrato corrispondente
  - Argomentare e motivare le differenze

Cifratura con Password

- **Esercizio 2.5** Usare "ls -al > dir1.txt" per generare il file dir1.txt
- **Esercizio 2.6** Cifrare dir1.txt mediante DES ECB per ottenere il file cifrato dir1.ecb. Qual è il comando da usare?
- **Esercizio 2.7** Cifrare dir1.txt mediante DES CBC per ottenere il file cifrato dir1.cbc. Qual è il comando da usare?
- **Esercizio 2.8** Cifrare dir1.txt mediante AES 256 ECB per ottenere il file cifrato dir1_aes.ecb. Qual è il comando da usare?
- **Esercizio 2.9** Cifrare dir1.txt mediante AES 256 CBC per ottenere il file cifrato dir1_aes.cbc. Qual è il comando da usare?

Cifratura con Chiave ed IV

- **Esercizio 2.10** Cifrare un file testuale arbitrario, chiamato file.txt, con AES (chiave da 128 bit) in modalità CBC e salvare il risultato nel file cifrato.txt, usando le opzioni –nosalt e -p

```
openssl enc -e -in file.txt -out cifrato.txt -aes-128-cbc
-nosalt -p
```

- **Esercizio 2.11** Descrivere l'output del suddetto comando
- **Esercizio 2.12** Descrivere come le opzioni –nosalt e –p influenzano il comando stesso

Cifratura con Chiave ed IV

- **Esercizio 2.13** Eseguire almeno due volte il seguente comando, utilizzando la stessa password

```
openssl enc -e -in file.txt -out cifrato.txt -aes-128-cbc
-nosalt -p
```

- **Esercizio 2.14** Eseguire almeno due volte il seguente comando, utilizzando la stessa password

```
openssl enc -e -in file.txt -out cifrato.txt -aes-128-cbc -p
```

- **Esercizio 2.15** Cosa si può notare?
  - Motivare ed argomentare la risposta
- **Esercizio 2.16** Decifrare il file cifrato.txt mediante il seguente comando

```
openssl enc -d -in cifrato.txt -out decifrato.txt
-K chiave -iv iv -aes-128-cbc -p
```

Analisi di Testi Cifrati

- **Esercizio 3.1** Creare i due seguenti file, che differiscano solo per l'ultimo carattere della prima riga

```
Mio esempio1
SR_2016/2017
CifraturaSimmetrica
```

Plaintext1.txt

```
Mio esempio2
SR_2016/2017
CifraturaSimmetrica
```

Plaintext2.txt

- **Esercizio 3.2** Cifrare Plaintext1.txt e Plaintext2.txt con AES-128-ECB:
  - usando la chiave abcdef0123456789
  - memorizzando le cifrature nei file Cifrato1.txt e Cifrato2.txt, rispettivamente
  - specificando l'opzione -nosalt

Analisi di Testi Cifrati

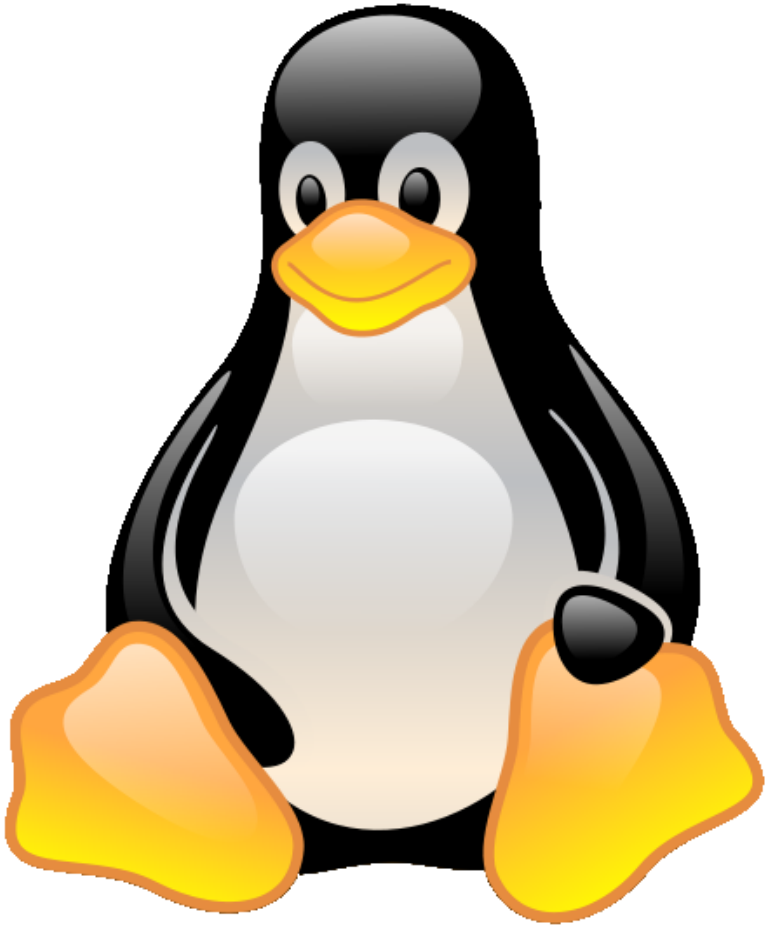
- **Esercizio 3.3** Analizzare il contenuto dei file Cifrato1.txt e Cifrato2.txt mediante uno dei seguenti strumenti
  - Bless
  - Comando **xxd**
  - Comando **hexdump**

- **Esercizio 3.4** Cosa si può notare?
  - Mettere in evidenza le differenze e le similitudini tra i due file
  - Da cosa derivano le similitudini tra i due file?

- **Esercizio 3.5** Ripetere gli esercizi precedenti (da 3.2 a 3.4), utilizzando AES-128-CBC per la cifratura e specificando il vettore di inizializzazione 012345

Cifratura di Immagini Bitmap

tux.bmp



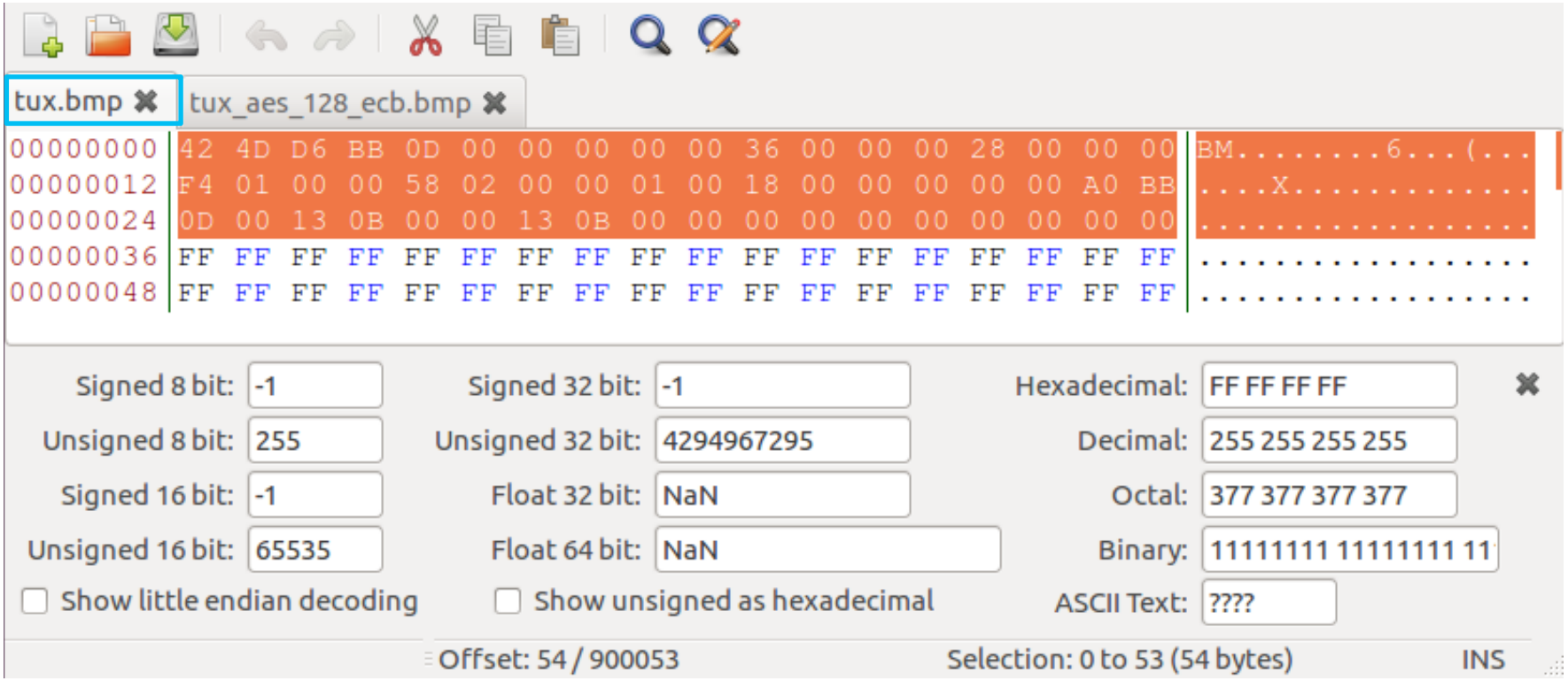
Cifratura di Immagini Bitmap

- Il file tux.bmp contiene un'immagine bitmap
- **Esercizio 4.1** Cifrare tale file usando AES con le modalità ECB e CBC
  - **Osservazione** Per poter visualizzare il contenuto dell'immagine cifrata è necessario ripristinare il relativo header, contenuto nei primi 54 byte dell'immagine originaria (tux.bmp)
    - Ciò può essere fatto usando l'editor esadecimale Bless
    - Nell'esempio seguente vedremo come fare

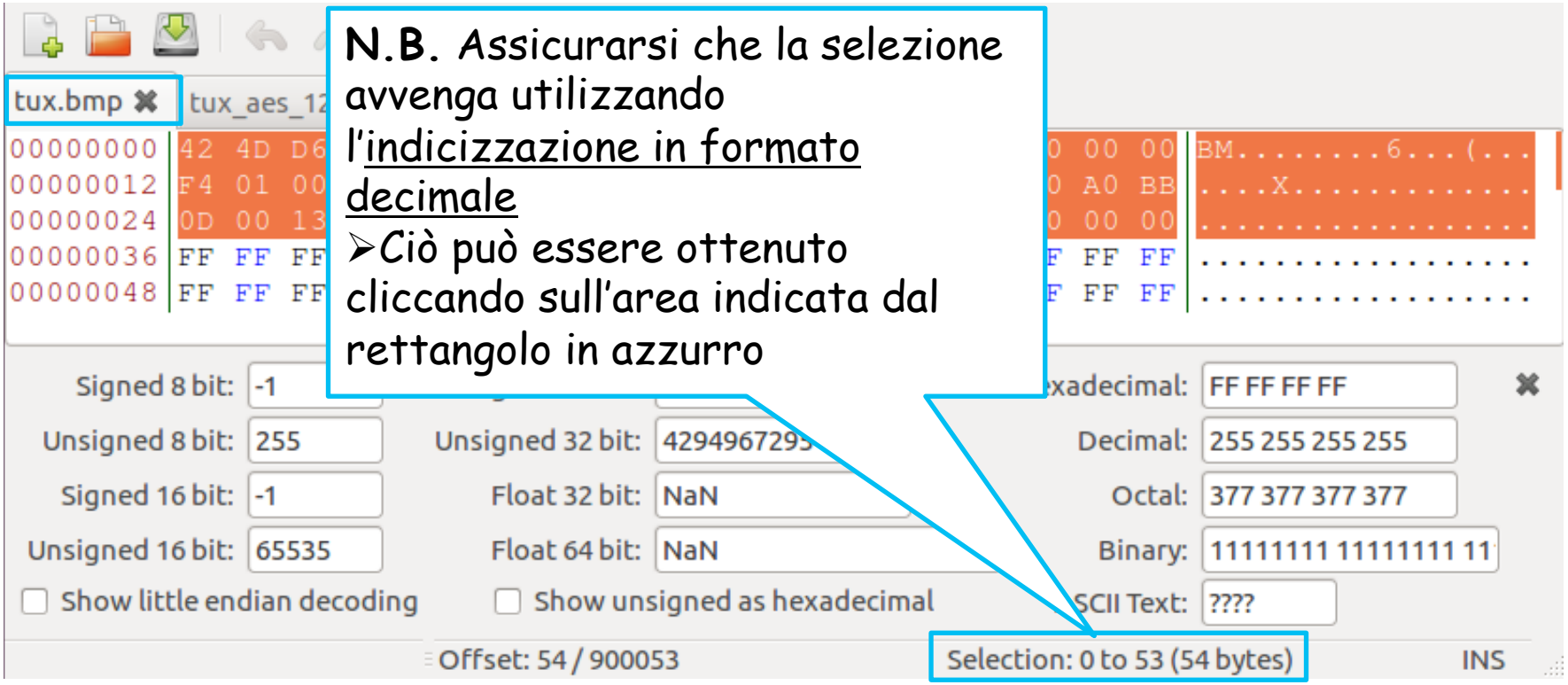
Cifratura di Immagini Bitmap

- Si assuma che
  - tux_aes_128_ecb.bmp sia il file contenente la cifratura di tux.bmp mediante AES a 128 bit in modalità ECB
  - tux_aes_128_cbc.bmp sia il file contenente la cifratura di tux.bmp mediante AES a 128 bit in modalità CBC
- Mediante Bless ripristiniamo l'header bitmap all'interno dell'immagine cifrata
  - Apriamo sia il file tux.bmp che il file tux_aes_128_ecb.bmp
  - Copiamo i primi 54 byte del file tux.bmp in quelli corrispondenti del file tux_aes_128_ecb.bmp
    - La stessa operazione deve essere fatta per il file tux_aes_128_ecb.bmp

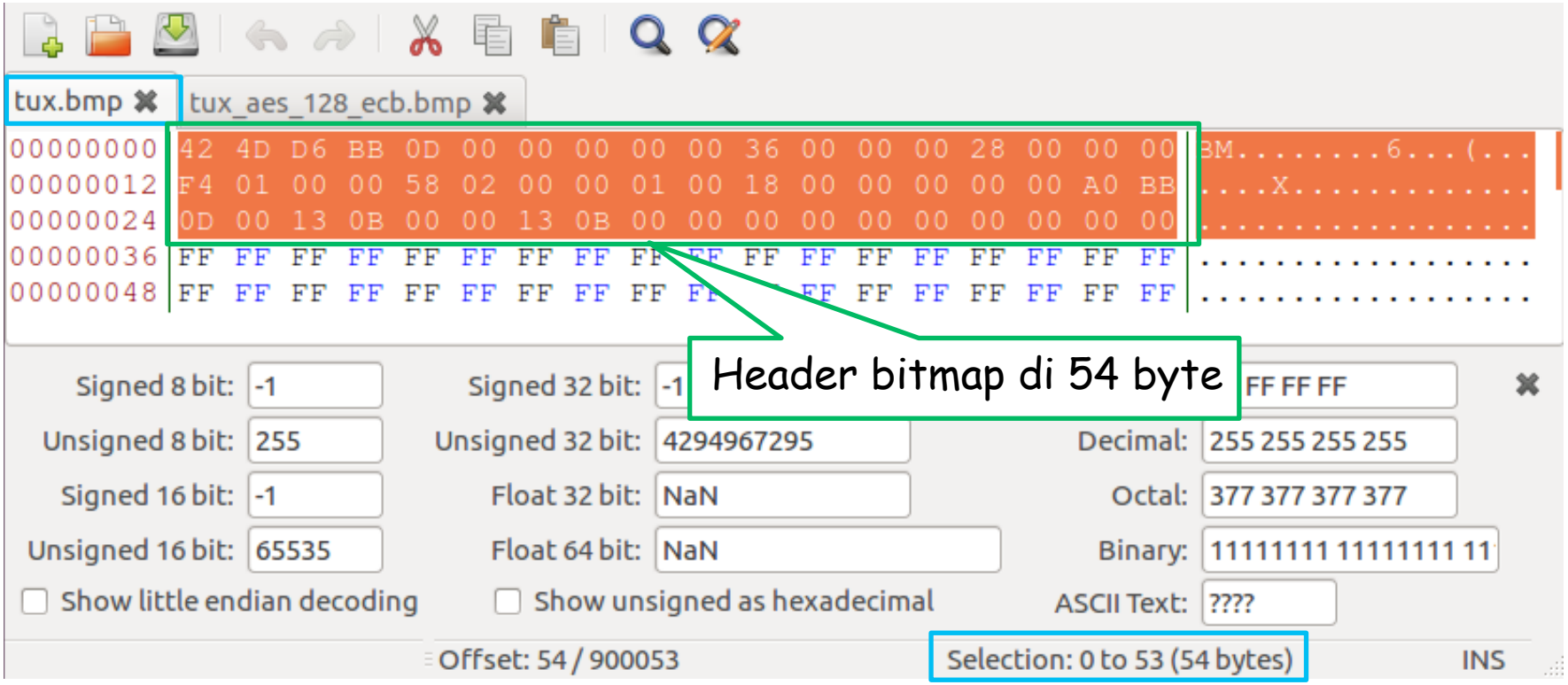
Cifratura di Immagini Bitmap



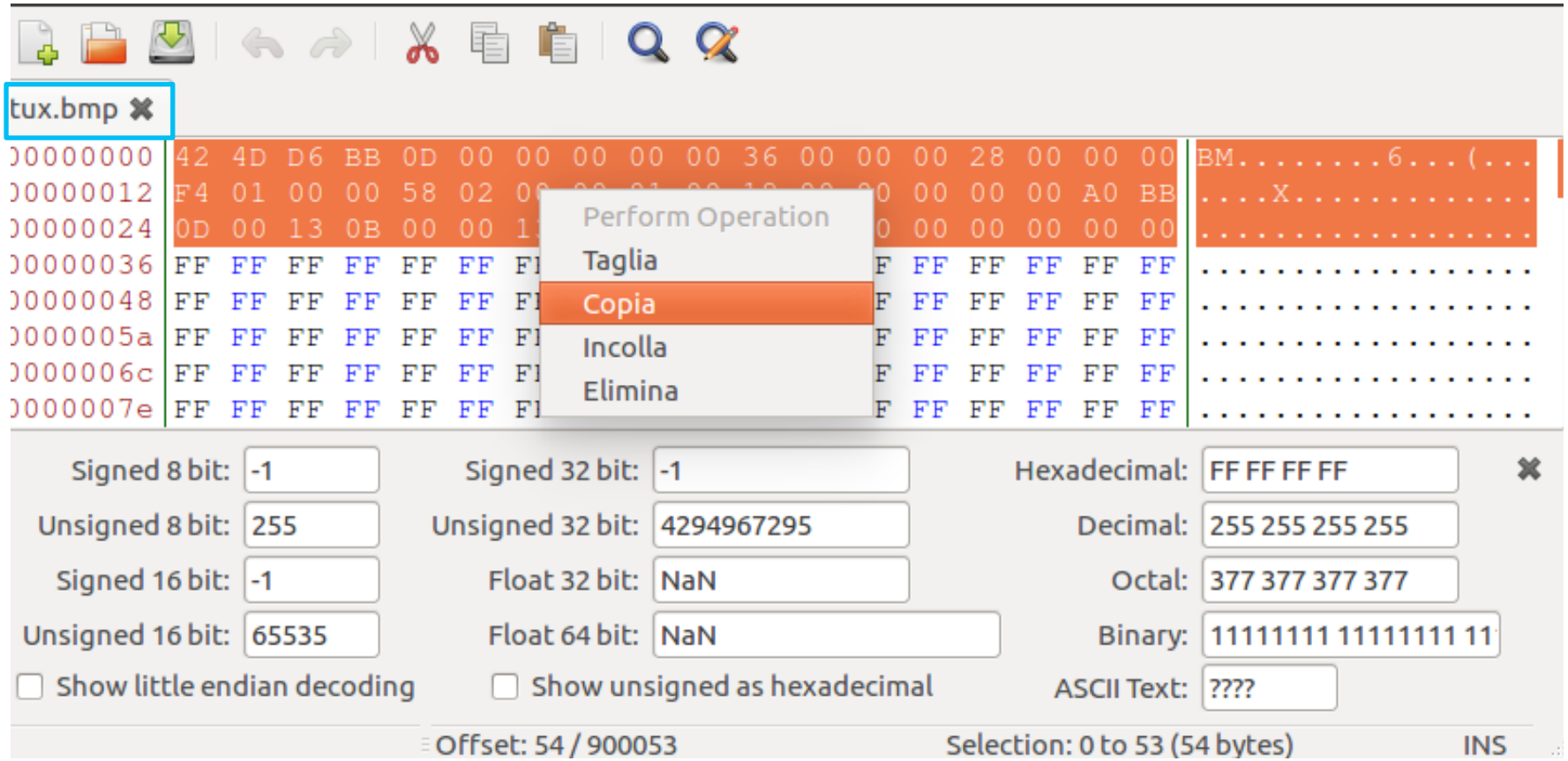
Cifratura di Immagini Bitmap



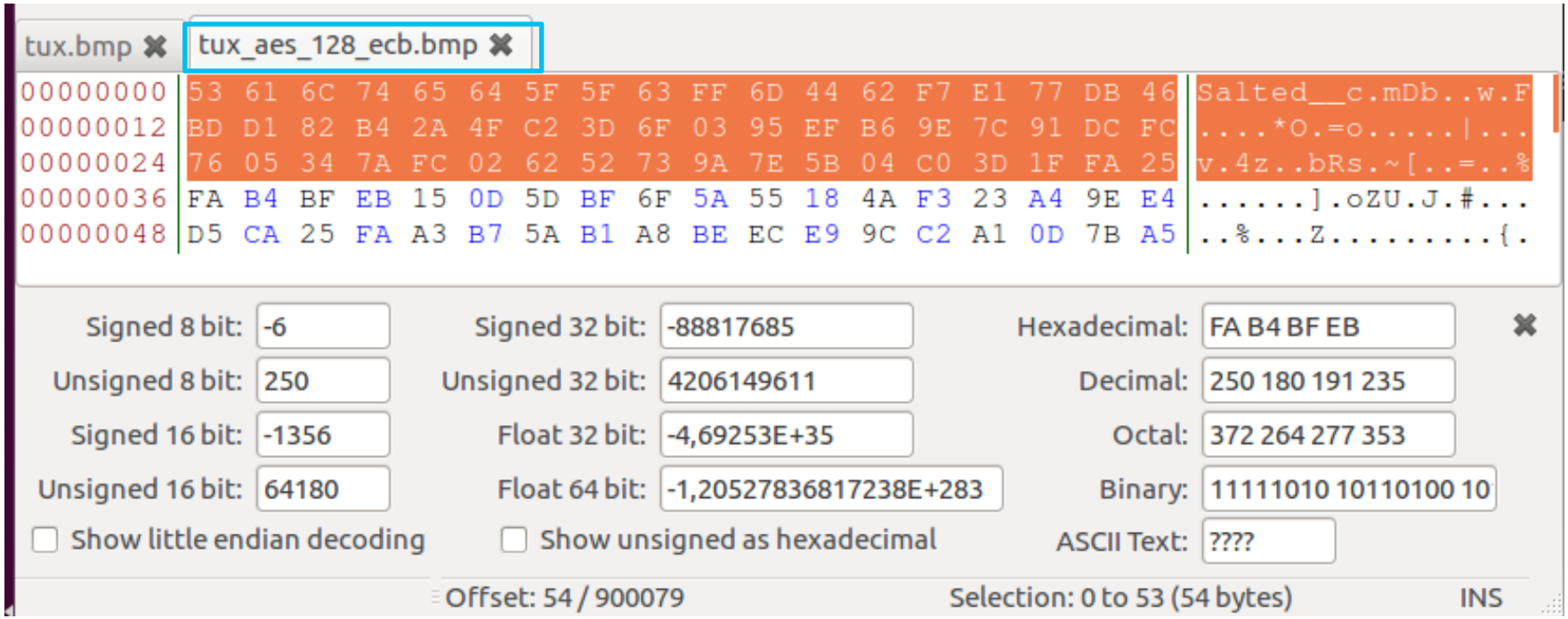
Cifratura di Immagini Bitmap



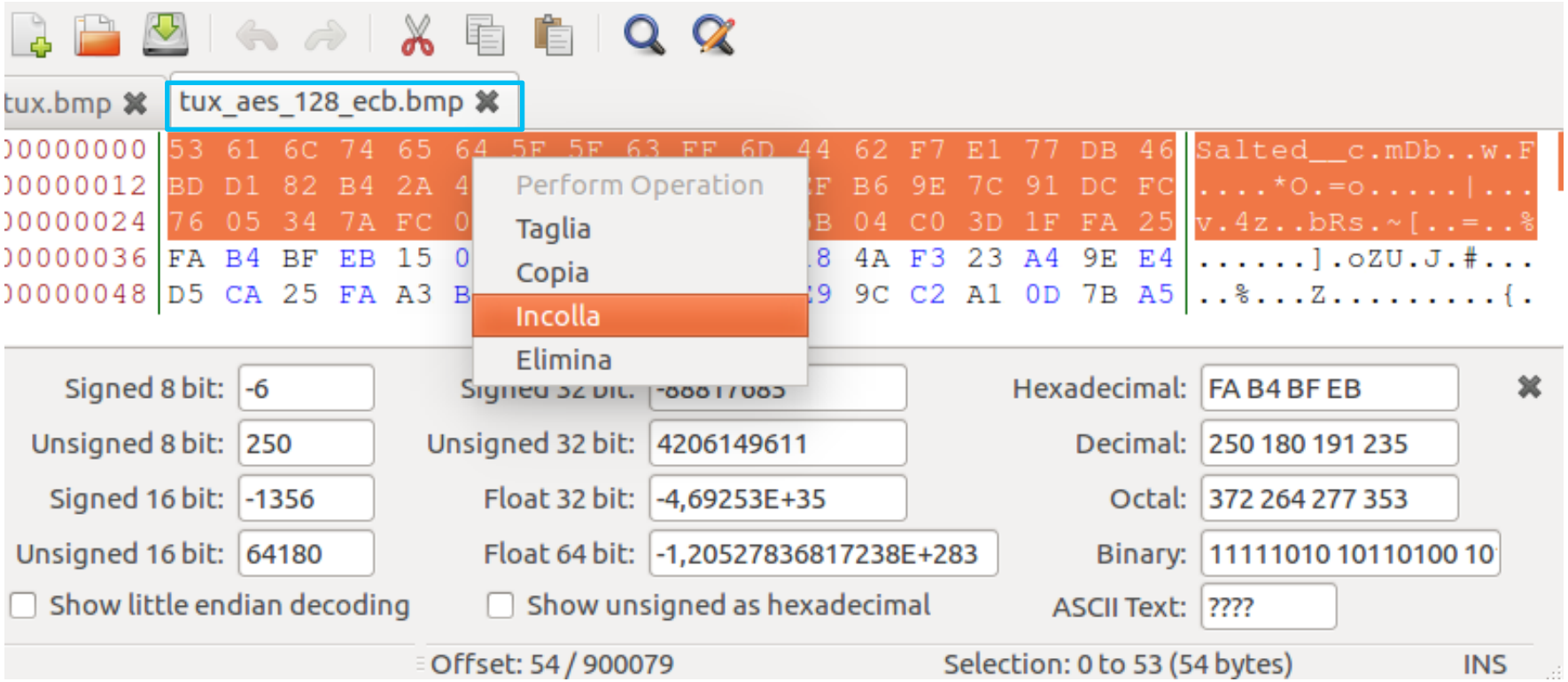
Cifratura di Immagini Bitmap



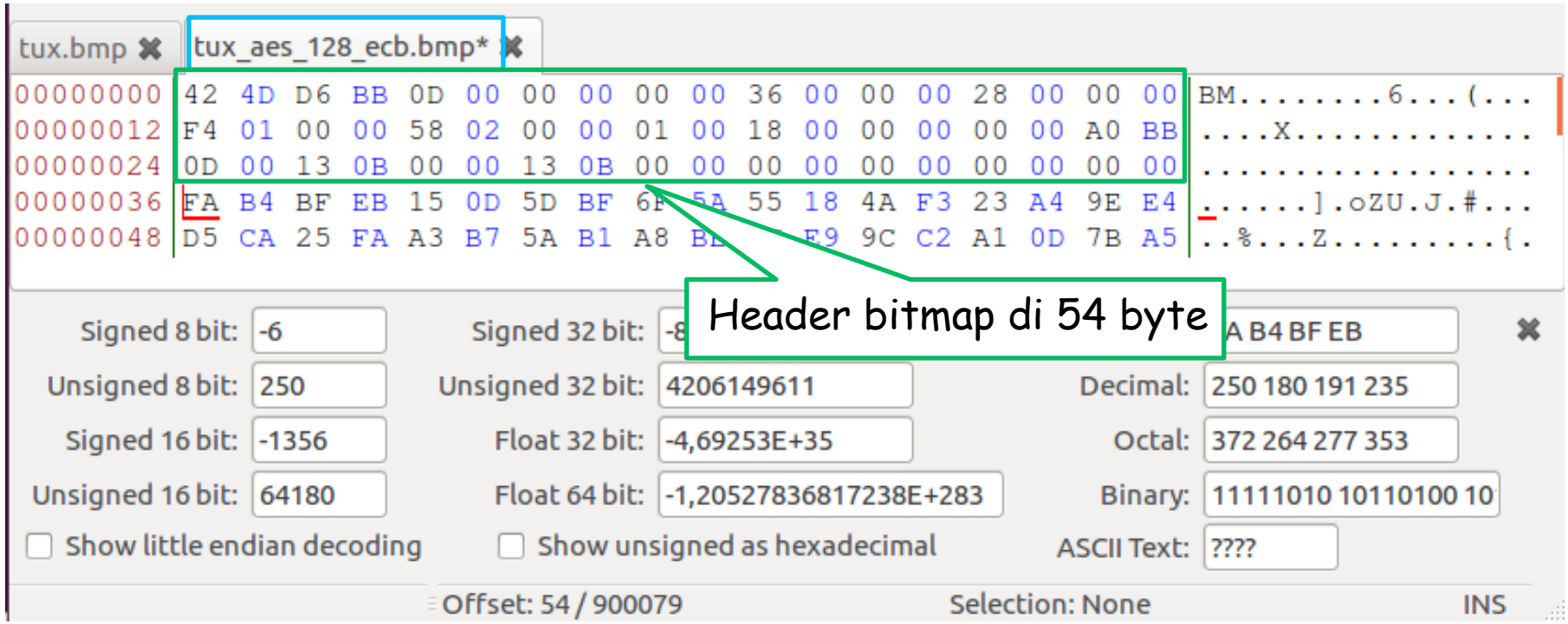
Cifratura di Immagini Bitmap



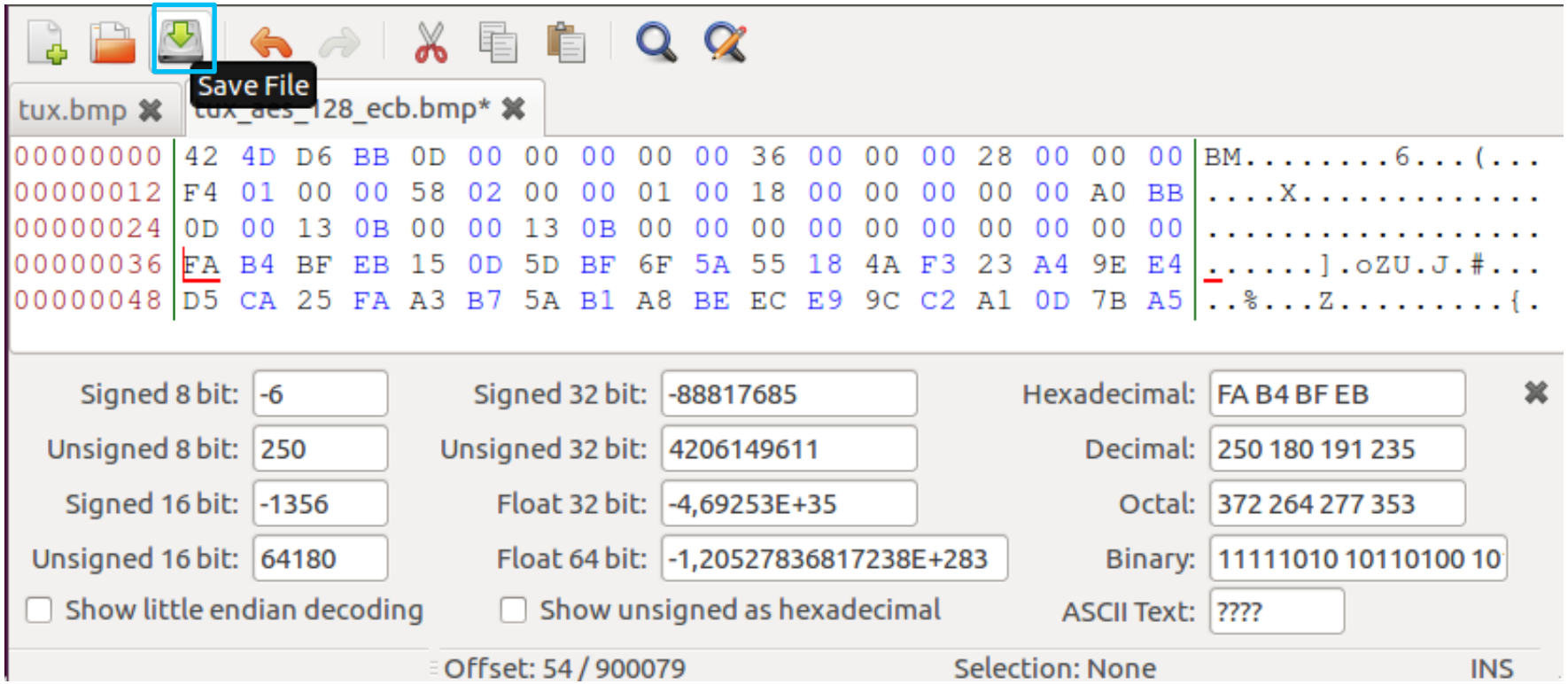
Cifratura di Immagini Bitmap



Cifratura di Immagini Bitmap

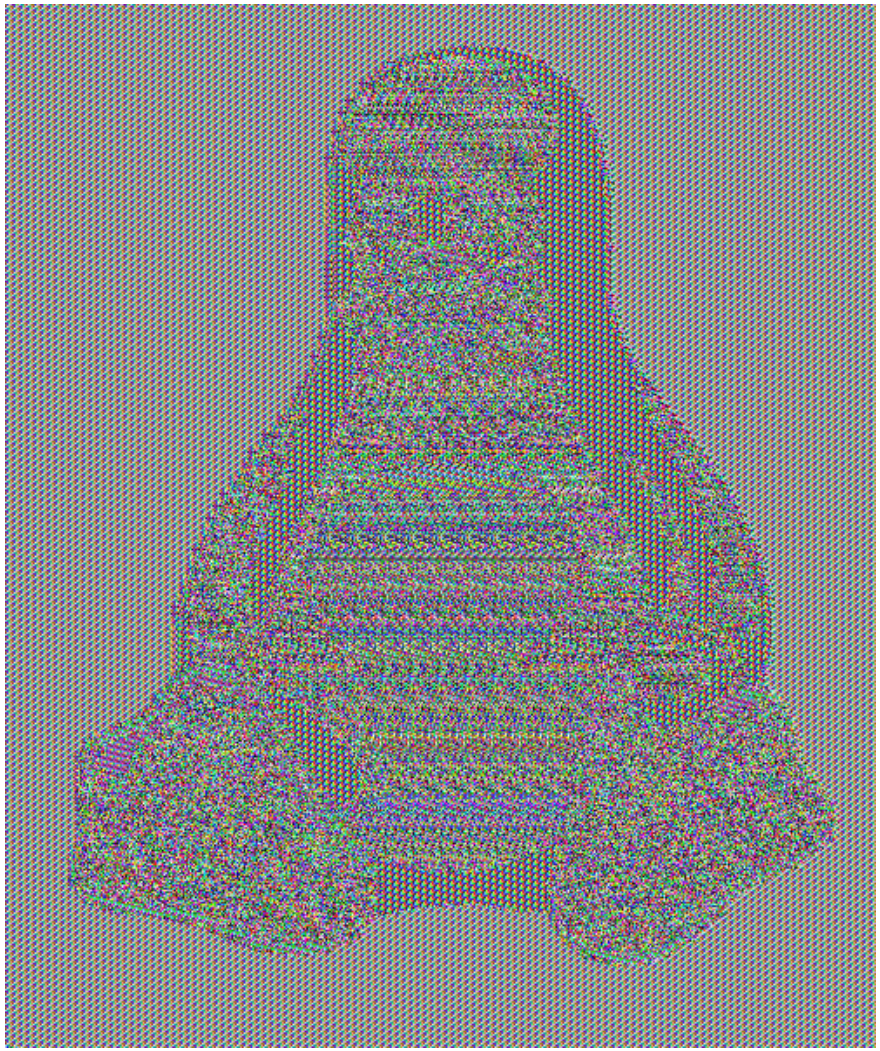


Cifratura di Immagini Bitmap



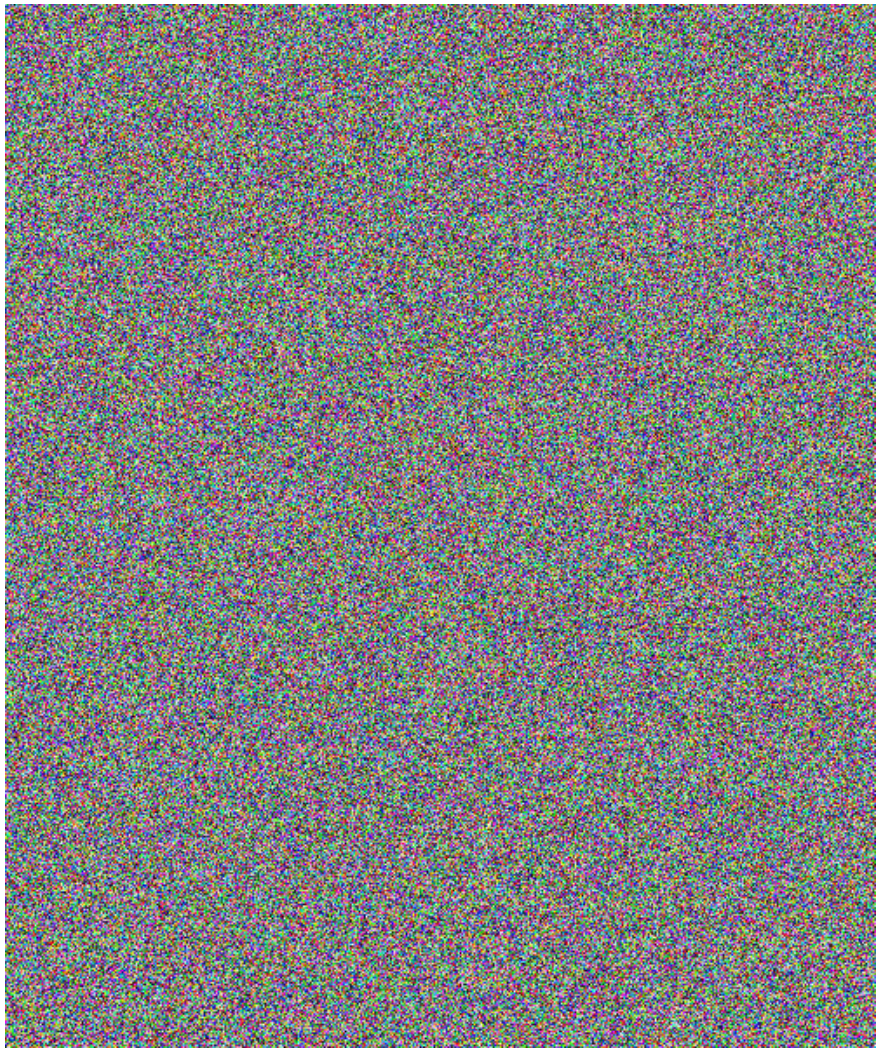
Cifratura di Immagini Bitmap

tux_aes_128_ecb.bmp



Cifratura di Immagini Bitmap

tux_aes_128_cbc.bmp



Cifratura di Immagini Bitmap

- **Esercizio 4.2** Visualizzare le immagini cifrate, utilizzando un qualsiasi software per la visualizzazione di immagini
  - A partire dalle immagini cifrate, possono essere ricavate informazioni utili sull'immagine originale? Si argomentino le proprie osservazioni
- **Esercizio 4.3** Si confrontino e discutano le due immagini prodotte cifrando il file originale (tux.bmp) mediante le modalità ECB e CBC, rispettivamente
  - Quale modalità permette di nascondere meglio il contenuto dell'immagine? Quale garantisce maggiore sicurezza e perché?

Esempio: Testo Cifrato Corrotto

Si consideri il seguente file

```
Corso di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
```

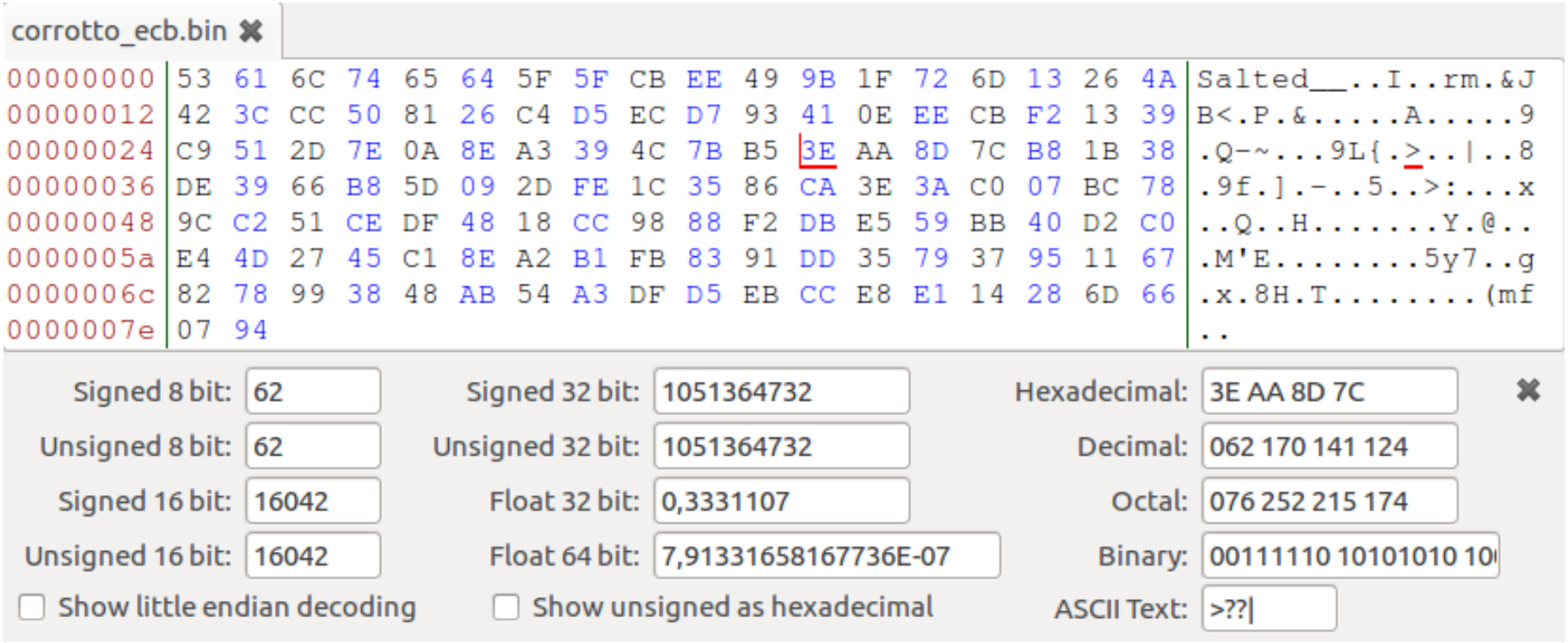
Originale.txt

Cifriamo il file **Originale.txt** mediante AES a 128 bit in modalità ECB

```
openssl enc -aes-128-ecb -e -in Originale.txt -out
corrotto_ecb.bin
```

Esempio: Testo Cifrato Corrotto

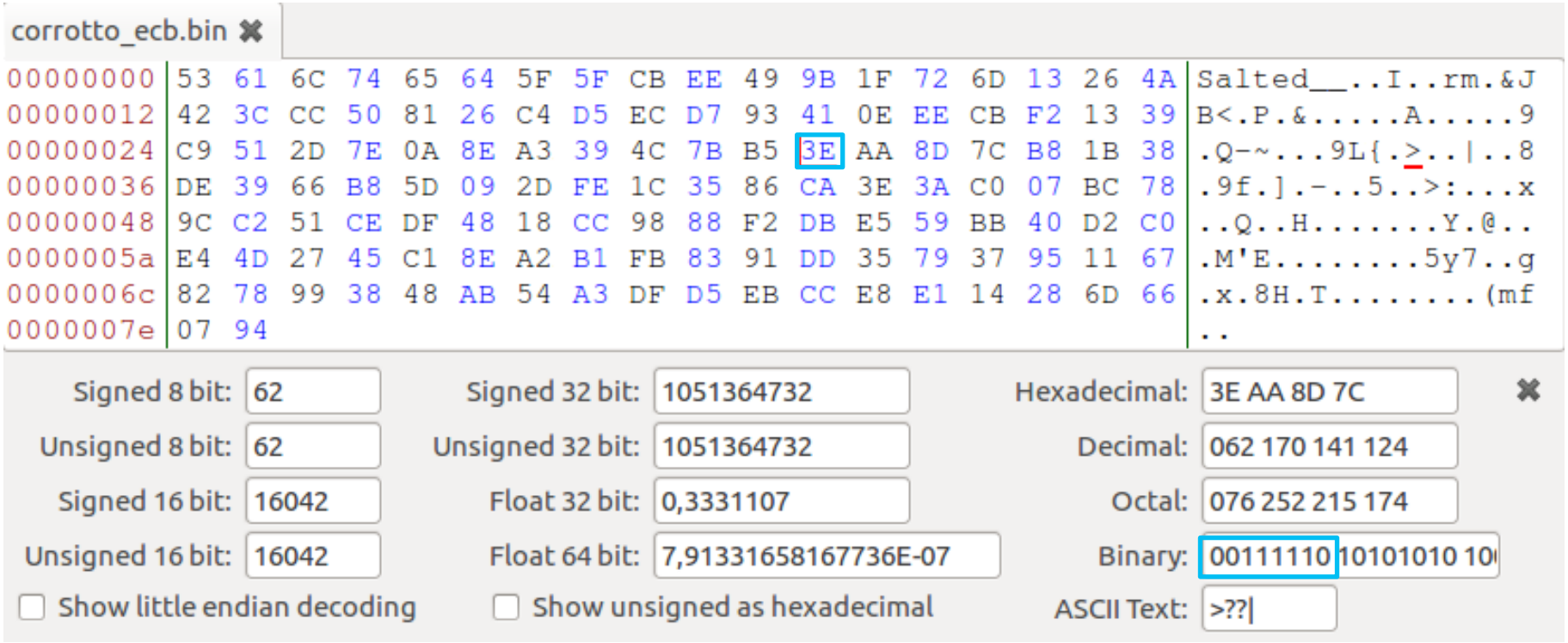
Apriamo mediante Bless il file **corrotto_ecb.bin**



Esempio: Testo Cifrato Corrotto

Consideriamo il valore di un dato byte, ad es. il valore del byte in posizione 48

- Valore 3E



Esempio: Testo Cifrato Corrotto

Cambiamo il valore di un bit relativo a tale byte (da 3E a 2E) e salviamo il file **corrotto_ecb.bin**

corrotto_ecb.bin

```
00000000 53 61 6C 74 65 64 5F 5F CB EE 49 9B 1F 72 6D 13 26 4A Salted__..I..rm.&J
00000012 42 3C CC 50 81 26 C4 D5 EC D7 93 41 0E EE CB F2 13 39 B<.P.&.....A.....9
00000024 C9 51 2D 7E 0A 8E A3 39 4C 7B B5 2E AA 8D 7C B8 1B 38 .Q-~...9L{....|..8
00000036 DE 39 66 B8 5D 09 2D FE 1C 35 86 CA 3E 3A C0 07 BC 78 .9f.].-..5..>:...x
00000048 9C C2 51 CE DF 48 18 CC 98 88 F2 DB E5 59 BB 40 D2 C0 ..Q..H.......Y.@..
0000005a E4 4D 27 45 C1 8E A2 B1 FB 83 91 DD 35 79 37 95 11 67 .M'E........5y7..g
0000006c 82 78 99 38 48 AB 54 A3 DF D5 EB CC E8 E1 14 28 6D 66 .x.8H.T........(mf
0000007e 07 94                                                 ..
```

Signed 8 bit:	46	Signed 32 bit:	782929276	Hexadecimal:	2E AA 8D 7C
Unsigned 8 bit:	46	Unsigned 32 bit:	782929276	Decimal:	046 170 141 124
Signed 16 bit:	11946	Float 32 bit:	7,755838E-11	Octal:	056 252 215 174
Unsigned 16 bit:	11946	Float 64 bit:	6,83407358291895E-84	Binary:	00101110 10101010 10
Show little endian decoding		Show unsigned as hexadecimal		ASCII Text:	.??

Esempio: Testo Cifrato Corrotto

Decifriamo il file **corrotto_ecb.bin** ed esaminiamo il risultato della decifratura, sia mediante un editor di testi che mediante Bless

```
openssl enc -aes-128-ecb -d -in corrotto_ecb.bin -out
corrotto_ecb.txt
```

```
Corso di Sicurez;›˘T`&◊rΔÜ”0Û¢-◊o di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
```

corrotto_ecb.txt

Esempio: Testo Cifrato Corrotto

In modo analogo, è possibile valutare le altre modalità operative

Modalità CBC

```
Corso di Sicurezæ »»s6 “˜î
ı, ®o di Sicurezza Pu Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
```

corrotto_cbc.txt

Modalità CFB

```
Corso di Sicurezza Su Reti
Corr:ÔíBø˙˜®ü7=0ô˙˝ju Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
```

corrotto_cfb.txt

Modalità OFB

```
Corso di Sicurezza Su Reti
Corpo di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
Corso di Sicurezza Su Reti
```

corrotto_ofb.txt

Testi Cifrati Corrotti

- Eseguire i seguenti passi
  1. Creare un file testuale che sia grande almeno 64 byte
  2. Cifrare il file usando rispettivamente AES-128 in modalità CBC, CFB, ECB ed OFB
  3. Simulare la corruzione di un bit nel trentesimo byte del file cifrato, cambiando il valore di tale bit mediante Bless
  4. Decifrare il file cifrato corrotto, usando la password corretta

Testi Cifrati Corrotti

- **Esercizio 5** Rispondere alle seguenti domande
  1. Quante informazioni è possibile recuperare decifrando il file corrotto, se la modalità di cifratura è rispettivamente ECB, CBC, CFB od OFB?
     - Si provi a rispondere a tale domanda prima di svolgere l'esercizio in OpenSSL
     - Si verifichi successivamente, mediante OpenSSL, se la risposta è corretta o sbagliata
  2. Quanti byte risultano essere danneggiati nel file decifrato a causa della modifica di un bit nel file cifrato?
  3. In quale blocco (o in quali blocchi) si trovano i byte danneggiati?
  4. Spiegare perché il numero di byte danneggiati risulta essere diverso quando vengono usate diverse modalità operative per la cifratura ed in che modo, ciascuna modalità operativa, influenza la propagazione dell'errore

Argomentare e motivare ciascuna risposta

Padding

- Per i cifrari a blocchi, quando la dimensione del testo in chiaro non è multipla della dimensione del blocco, può essere necessario il padding
  - **Esercizio 6.1** Quali sono le modalità operative che utilizzano il padding? Per le modalità operative che non lo utilizzano, spiegare il perché
  - **Esercizio 6.2** Usare le modalità ECB, CBC, CFB, ed OFB per cifrare un dato file (si può scegliere un qualsiasi cifrario a blocchi)
  - **Esercizio 6.3** Confrontare la dimensione del file originario rispetto a quella dei file derivanti dalla cifratura con ciascuna modalità operativa

Padding

- **Esercizio 6.4** Si considerino due differenti file: plaintext1.txt e plaintext2.txt (aventi dimensioni diverse)
  - Cifrare plaintext1.txt e plaintext2.txt specificando chiave ed IV, con un cifrario ed una modalità operativa a scelta. Siano ciphertext1 e ciphertext2 i file derivanti dalle cifrature
  - Decifrare ciphertext1 e ciphertext2 utilizzando l'opzione –nopad. Siano plaintext1nopad.txt e plaintext2nopad.txt i file derivanti dalle decifrature
  - Confrontare mediante un editor di testi il contenuto del file plaintext1.txt rispetto a quello del file plaintext1nopad.txt, così come quello di plaintext2.txt rispetto a plaintext2nopad.txt
  - Si ripetano le suddette operazioni usando Bless
- **Esercizio 6.5** Discutere e motivare i risultati ottenuti al passo precedente
- **Esercizio 6.6** Cosa si può notare osservando le dimensioni dei file?
- **Esercizio 6.7** Ripetere l'esercizio 6.4 utilizzando altre modalità operative, discutendo e motivando i risultati ottenuti

Prestazioni della cifratura

- Si consideri il seguente comando, che opera su un arbitrario **file**

```
openssl enc ciphertype -e -in file -out cipher.bin –K
00112233445566778889aabbccddeeff –iv 0102030405060708
```

- **Esercizio 7.1** Sostituire **ciphertype** con uno specifico cifrario fornito da OpenSSL, come -aes-128-cbc, -aes-128-cfb, etc.
- **Esercizio 7.2** Si provino almeno 3 diversi cifrari e tre diverse modalità operative
- **Esercizio 7.3** Si valutino, mediante il comando **time**, i tempi di esecuzione delle suddette procedure
  - Qual è la più veloce?
  - Qual è la più lenta?

Argomentare e motivare ciascuna risposta

Prestazioni della cifratura

- **Esercizio 7.4** Cifrare, mediante 2 cifrari a scelta e 4 modalità operative (ECB, CBC, CFB e OFB), un file di dimensioni maggiori di 1GB
- **Esercizio 7.5** Per ciascuna delle suddette configurazioni, mediante il comando **`time`**, valutare i tempi richiesti e riportarli in Tabella 1
- **Esercizio 7.6** Per ciascuna delle suddette configurazioni, effettuare una stima dei tempi richiesti per cifrare il contenuto dell'intero dell'hard disk e riportarli in Tabella 2

Argomentare e motivare ciascuna risposta

Prestazioni della cifratura

(File di Grandi Dimensioni)

Cifrario	Cifrario 1	Cifrario 2
Modalità Operativa 1		
Modalità Operativa 2		
Modalità Operativa 3		
Modalità Operativa 4		

Tabella 1

Dimensione File:

Prestazioni della cifratura

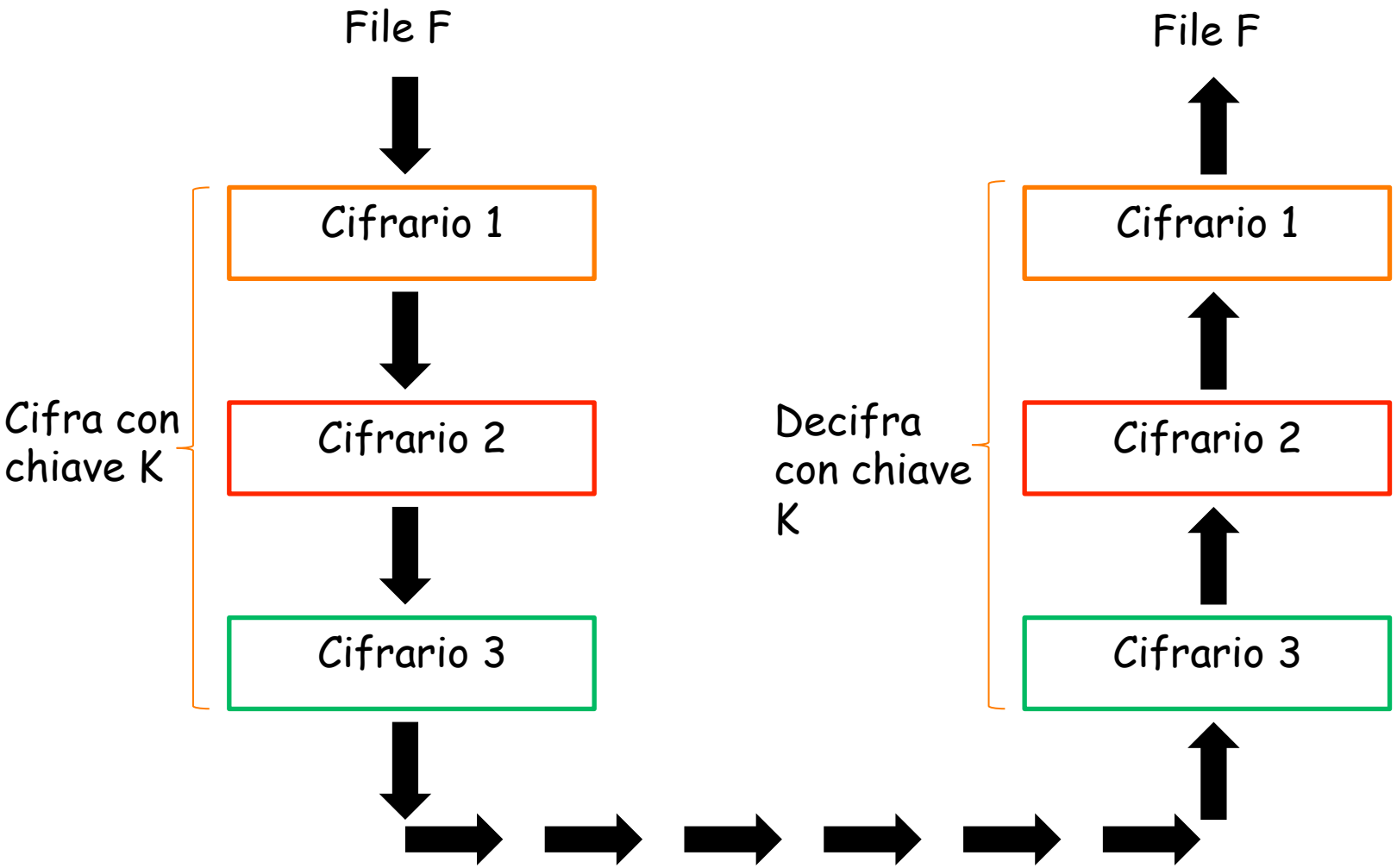
(Contenuto dell'Interno Hard Disk)

Cifrario	Cifrario 1	Cifrario 2
Modalità Operativa 1		
Modalità Operativa 2		
Modalità Operativa 3		
Modalità Operativa 4		

Tabella 2

Dimensione hard disk:

Cifratura a Cascata



Cifratura a Cascata

- **Esercizio 8.1** Si realizzi il pattern di cifratura mostrato nell'immagine precedente. In dettaglio
  - Il file F deve essere grande almeno 1GB
  - Si utilizzino 3 cifrari differenti
    - Per ciascun cifrario usare una diversa lunghezza della chiave ed una diversa modalità operativa

Cifratura a Cascata

- **Esercizio 8.2** Si ripeta l'esercizio precedente considerando diverse combinazioni di cifrario/lunghezza chiave/modalità operativa
  - Quale combinazione richiede meno tempo per la cifratura?
  - Quale combinazione richiede più tempo per la decifratura?
  - Quale combinazione richiede complessivamente meno tempo per cifratura e decifratura?
  - Quale combinazione richiede complessivamente più tempo per cifratura e decifratura?
  - Quale combinazione permette di ottenere il ciphertext con la grandezza maggiore?
  - Quale combinazione permette di ottenere il ciphertext con la grandezza minore?

Argomentare e motivare ciascuna risposta