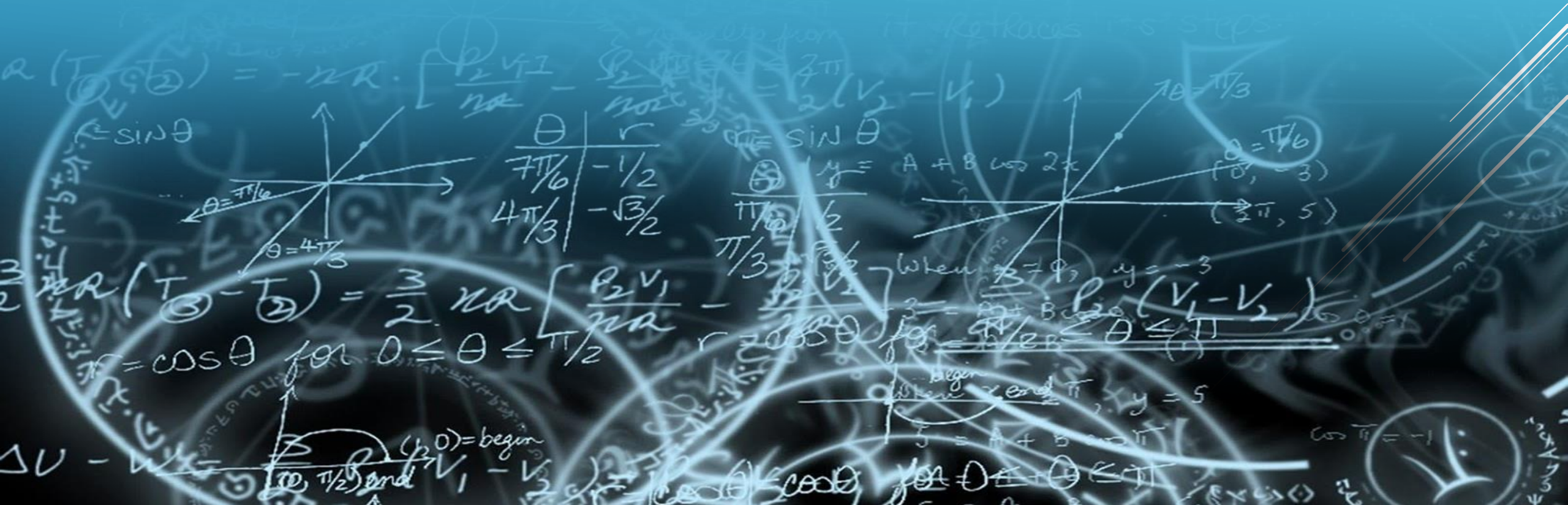
ALGORITMUL DES



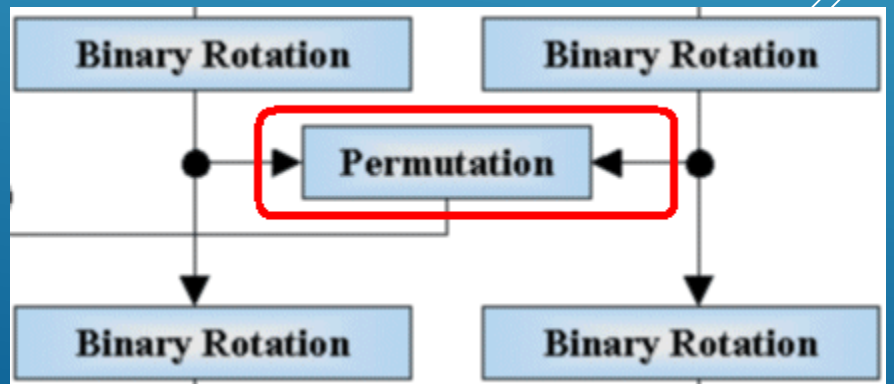
Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
3. DES, descriere în detaliu

P1.4

Vom calcula sub-cheile Kn n=1,16 aplicând următoarea permutare celor 16 numere binare obţinute prin concatenarea CnDn:

PC-2

14	17	11	24	1	5
3	28	15	6	21	10
23	19	12	4	26	8
16	7	27	20	13	2
41	52	31	37	47	55
30	40	51	45	33	48
44	49	39	56	34	53
46	42	50	36	29	32



Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

3. DES, descriere în detaliu

Ex:

C_1D_1 = 1110000 1100110 0101010 1011111 1010101 0110011 0011110 0011110

K_1 = 000110 110000 001011 101111 111111 000111 000001 110010

Celelalte chei vor fi în ordine:

K_2 = 011110 011010 111011 011001 110110 111100 100111 100101 (6 *8 = 48b)

K_3 = 010101 011111 110010 001010 010000 101100 111110 011001

K_4 = 011100 101010 110111 010110 110110 110011 010100 011101

K_5 = 011111 001110 110000 000111 111010 110101 001110 101000

K_6 = 011000 111010 010100 111110 010100 000111 101100 101111

K_7 = 111011 001000 010010 110111 111101 100001 100010 111100

K_8 = 111101 111000 101000 111010 110000 010011 101111 111011

K_9 = 111000 001101 101111 101011 111011 011110 011110 000001

K_{10} = 101100 011111 001101 000111 101110 100100 011001 001111

K_{11} = 001000 010101 111111 010011 110111 101101 001110 000110

K_{12} = 011101 010111 000111 110101 100101 000110 011111 101001

K_{13} = 100101 111100 010111 010001 111110 101011 101001 000001

K_{14} = 010111 110100 001110 110111 111100 101110 011100 111010

K_{15} = 101111 111001 000110 001101 001111 010011 111100 001010

K_{16} = 110010 110011 110110 001011 000011 100001 011111 110101

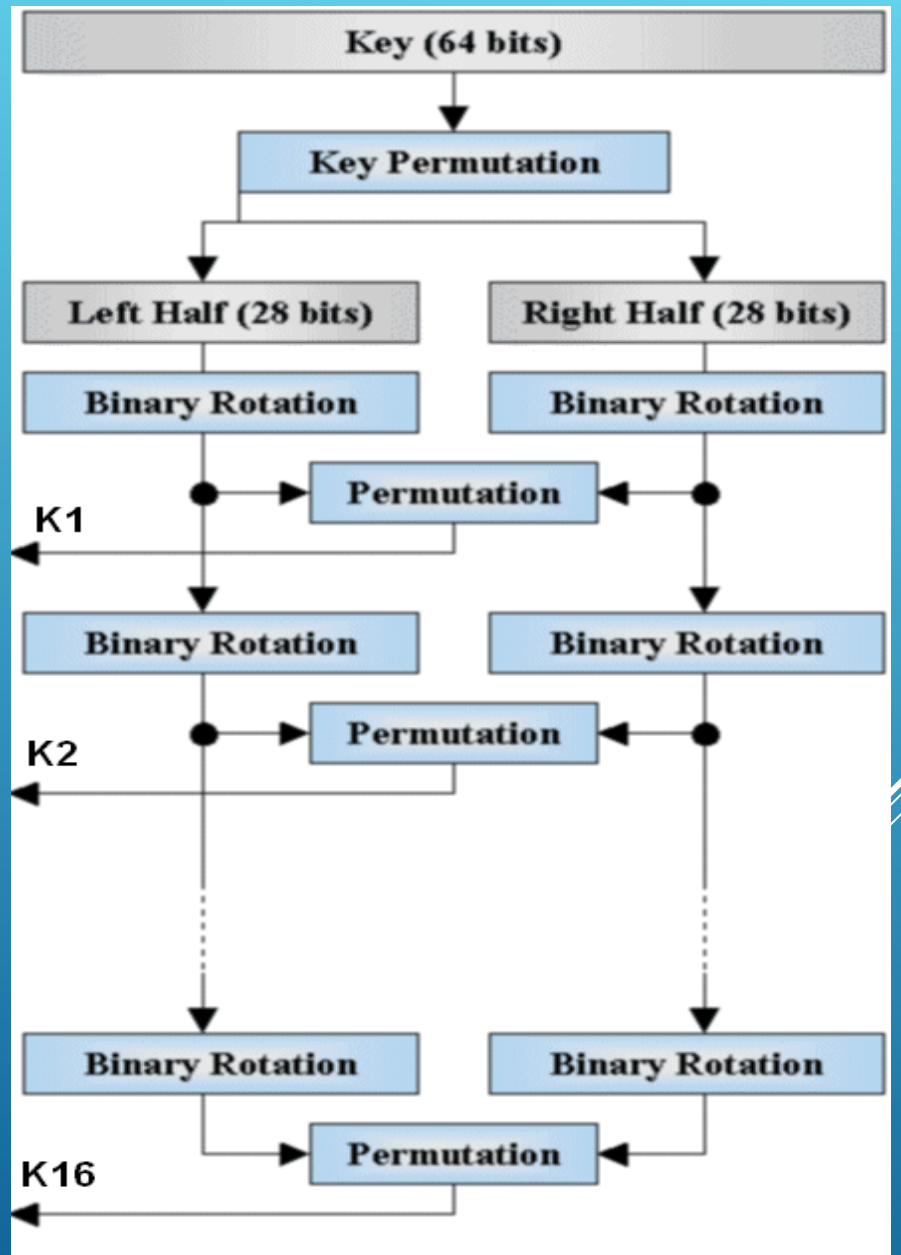
Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

3. DES, descriere în detaliu

Prelucrarea cheilor, funcţii de implementat:

1. DES_Key_Permut_PC1();
2. DES_ Key_Divide_C0_D0() ;
3. DES_ Key_Divide_Ci_Di() ;
4. DES_ Key_Permut_PC2();
5. DES_Key_CreateSubKeys()

care va apela toate funcţiile anterioare.



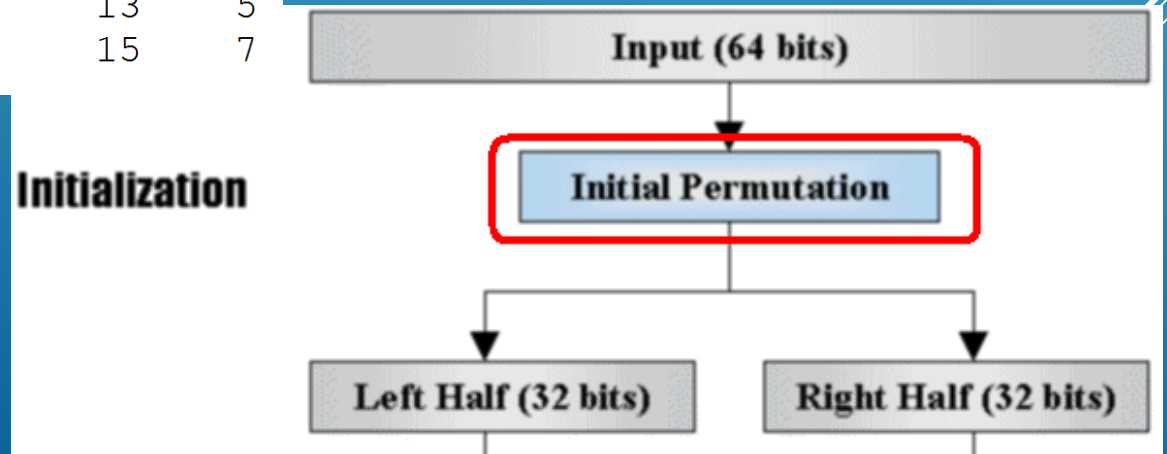
Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
3. DES, descriere în detaliu

Pasul 2 – Criptarea fiecărui grup de 64 de biţi

P2.1

Vom efectua o permutare asupra grupului niţial de 64 de biţi pe care o vom numi **IP (initial permutation)**:

IP							
58	50	42	34	26	18	10	2
60	52	44	36	28	20	12	4
62	54	46	38	30	22	14	6
64	56	48	40	32	24	16	8
57	49	41	33	25	17	9	1
59	51	43	35	27	19	11	3
61	53	45	37	29	21	13	5
63	55	47	39	31	23	15	7



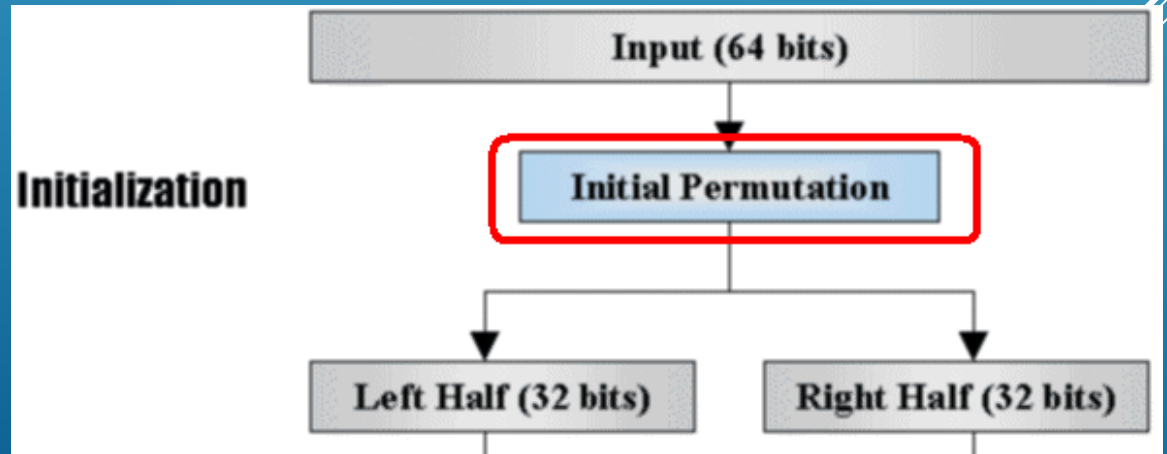
Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

3. DES, descriere în detaliu

Ex:

M = 0000 0001 0010 0011 0100 0101 0110 0111 1000 1001 1010 1011 1100 1101 1110 1111

IP = 1100 1100 0000 0000 1100 1100 1111 1111 1111 0000 1010 1010 1111 0000 1010 1010



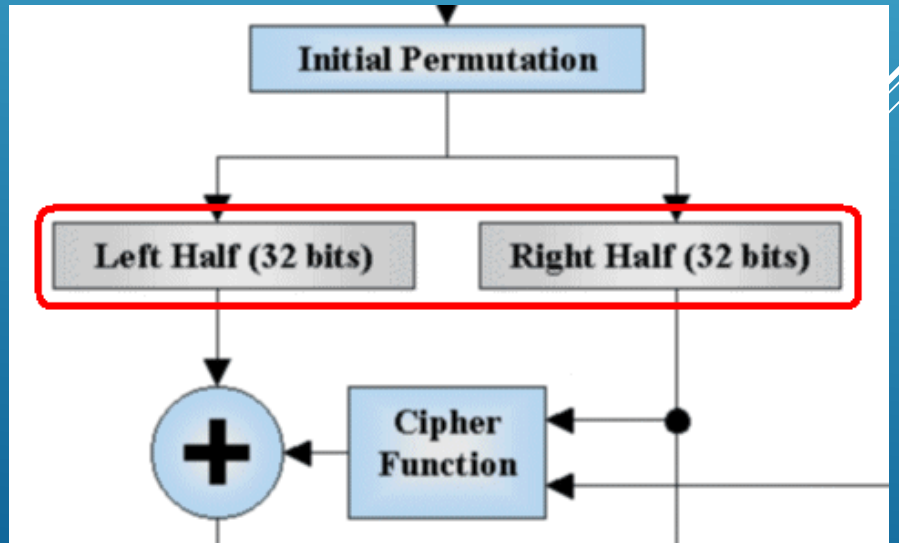
Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
3. DES, descriere în detaliu

P2.2

Vom impărţi permutaţia IP în două jumătăţi de câte 32 de biţi fiecare: L0 şi R0 (left, right):

L0 **= 1100 1100 0000 0000 1100 1100 1111 1111**

R0 **= 1111 0000 1010 1010 1111 0000 1010 1010**



Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
3. DES, descriere în detaliu

P2.3

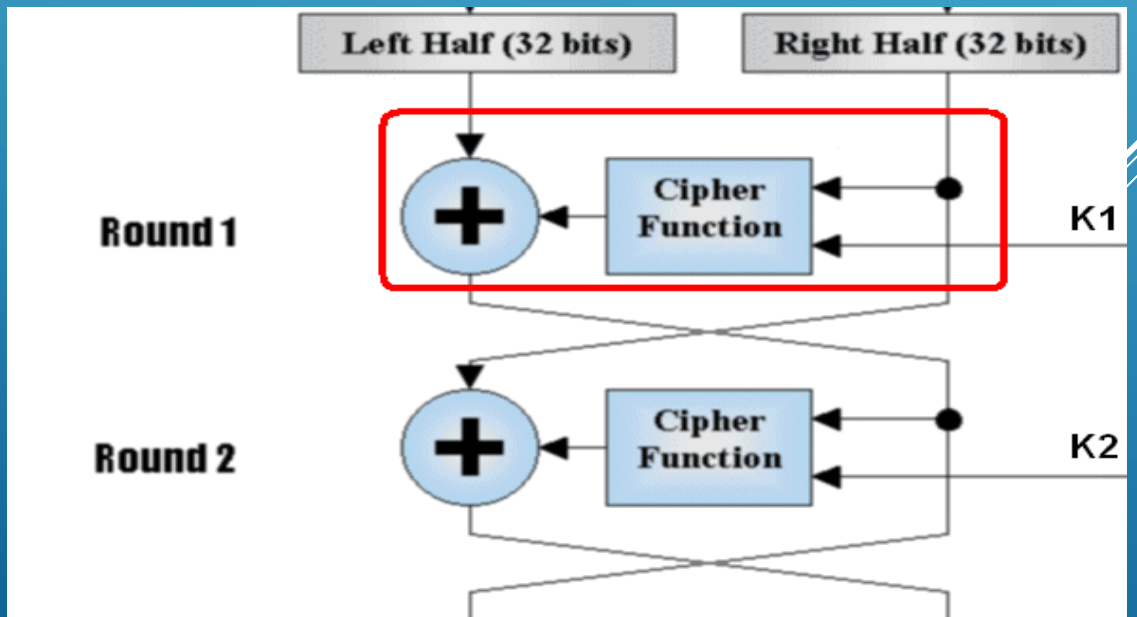
Trecând prin 16 iteraţii şi utilizând o funcţie f ce acţionează asupra a două blocuri, unul de date de 32 de biţi şi unul de subcheie de 48 de biţi, şi va produce un rezultat de 32 de biţi.

Vom nota cu + operaţia pe biţi XOR.

În iteraţii vom efectua următoarele calcule (fără runda 1):

$$L_n = R_{n-1}$$

$$R_n = L_{n-1} + f(R_{n-1}, K_n)$$

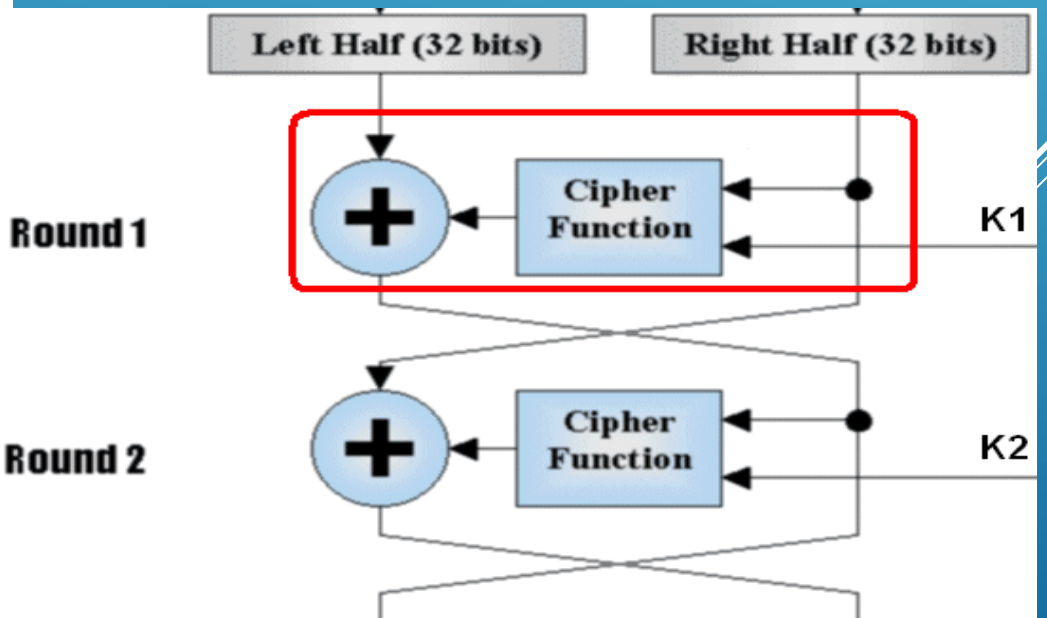


Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

3. DES, descriere în detaliu

Pentru a calcula *f*(*Rn-1*,*Kn*) va trebui să expandăm fiecare bloc de 32 de biţi la unul de 48 folosind tabela de permutări E:

E	BIT-SELECTION	TABLE			
32	1	2	3	4	5
4	5	6	7	8	9
8	9	10	11	12	13
12	13	14	15	16	17
16	17	18	19	20	21
20	21	22	23	24	25
24	25	26	27	28	29
28	29	30	31	32	1



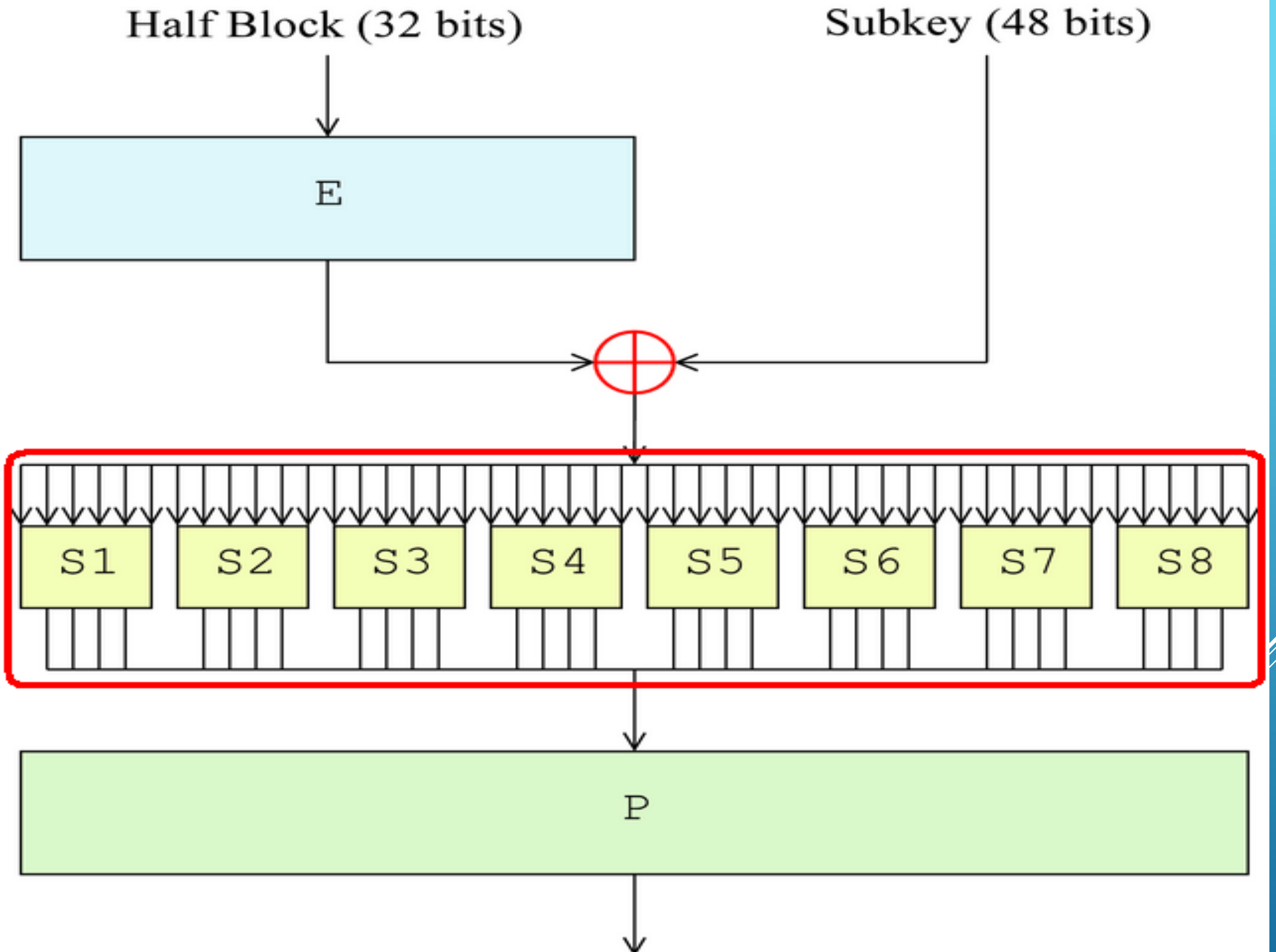
Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
3. DES, descriere în detaliu

Obs: Rezultatul ultimei operaţii XOR este un număr pe 48 de biţi. R1 din formula ***R1*** = ***L0*** + ***f***(***R0***,***K1***) este însă pe 32 de biţi. Pentru a obţine acest număr de 32 de biţi vom trece din nou printr-o serie de permutaţii.

Vom scrie ***Kn*** + **E**(***Rn-1***) =***B1B2B3B4B5B6B7B8***, unde fiecare Bi este un grup de 6 biţi.

Vom calcula ***S1(B1)S2(B2)S3(B3)S4(B4)S5(B5)S6(B6)S7(B7)S8(B8)***, unde ***Si(Bi)*** este rezultatul folosirii permutaţiei ***Si***.

Pentru a nu uita, fiecare funcţie **S** de va avea drept intrare un grup de 6 biţi şi va avea drept ieşire un grup de 4 biţi.


Half Block (32 bits)
Subkey (48 bits)
E
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
P

S_1

Row No.	Column Number															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	14	4	13	1	2	15	11	8	3	10	6	12	5	9	0	7
1	0	15	7	4	14	2	13	1	10	6	12	11	9	5	3	8
2	4	1	14	8	13	6	2	11	15	12	9	7	3	10	5	0
3	15	12	8	2	4	9	1	7	5	11	3	14	10	0	6	13

a. Primul şi ultimul bit din cei 6 va reprezenta un număr binar de 2 cifre din intervalul [0,3] şi îl vom numi generic **I**.
b. Cei 4 biţi din mijlocul blocului de 6 biţi reprezintă un număr di intervalul [0,15] şi îl vom numi generic **J**.
c. Vom căuta numărul aflat pe linia I şi coloana J în matricea de mai sus. Acesta va fi ieşirea funcţiei ***$S_1(B)$***.

Ex:
B = 011011
I = 01 = 1 (linia)
J = 1101 = 13 (coloana)
S1(011011) = 5 (0101)

Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

3. DES, descriere în detaliu

Tabelele Si folosite în mod curent sunt:

S1

14	4	13	1	2	15	11	8	3	10	6	12	5	9	0	7
0	15	7	4	14	2	13	1	10	6	12	11	9	5	3	8
4	1	14	8	13	6	2	11	15	12	9	7	3	10	5	0
15	12	8	2	4	9	1	7	5	11	3	14	10	0	6	13

S2

15	1	8	14	6	11	3	4	9	7	2	13	12	0	5	10
3	13	4	7	15	2	8	14	12	0	1	10	6	9	11	5
0	14	7	11	10	4	13	1	5	8	12	6	9	3	2	15
13	8	10	1	3	15	4	2	11	6	7	12	0	5	14	9

S3

10	0	9	14	6	3	15	5	1	13	12	7	11	4	2	8
13	7	0	9	3	4	6	10	2	8	5	14	12	11	15	1
13	6	4	9	8	15	3	0	11	1	2	12	5	10	14	7
1	10	13	0	6	9	8	7	4	15	14	3	11	5	2	12

S4

7	13	14	3	0	6	9	10	1	2	8	5	11	12	4	15
13	8	11	5	6	15	0	3	4	7	2	12	1	10	14	9
10	6	9	0	12	11	7	13	15	1	3	14	5	2	8	4
3	15	0	6	10	1	13	8	9	4	5	11	12	7	2	14

S5

2	12	4	1	7	10	11	6	8	5	3	15	13	0	14	9
14	11	2	12	4	7	13	1	5	0	15	10	3	9	8	6
4	2	1	11	10	13	7	8	15	9	12	5	6	3	0	14
11	8	12	7	1	14	2	13	6	15	0	9	10	4	5	3

S6

12	1	10	15	9	2	6	8	0	13	3	4	14	7	5	11
10	15	4	2	7	12	9	5	6	1	13	14	0	11	3	8
9	14	15	5	2	8	12	3	7	0	4	10	1	13	11	6
4	3	2	12	9	5	15	10	11	14	1	7	6	0	8	13

S7

4	11	2	14	15	0	8	13	3	12	9	7	5	10	6	1
13	0	11	7	4	9	1	10	14	3	5	12	2	15	8	6
1	4	11	13	12	3	7	14	10	15	6	8	0	5	9	2
6	11	13	8	1	4	10	7	9	5	0	15	14	2	3	12

S8

13	2	8	4	6	15	11	1	10	9	3	14	5	0	12	7
1	15	13	8	10	3	7	4	12	5	6	11	0	14	9	2
7	11	4	1	9	12	14	2	0	6	10	13	15	3	5	8
2	1	14	7	4	10	8	13	15	12	9	0	3	5	6	11

Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

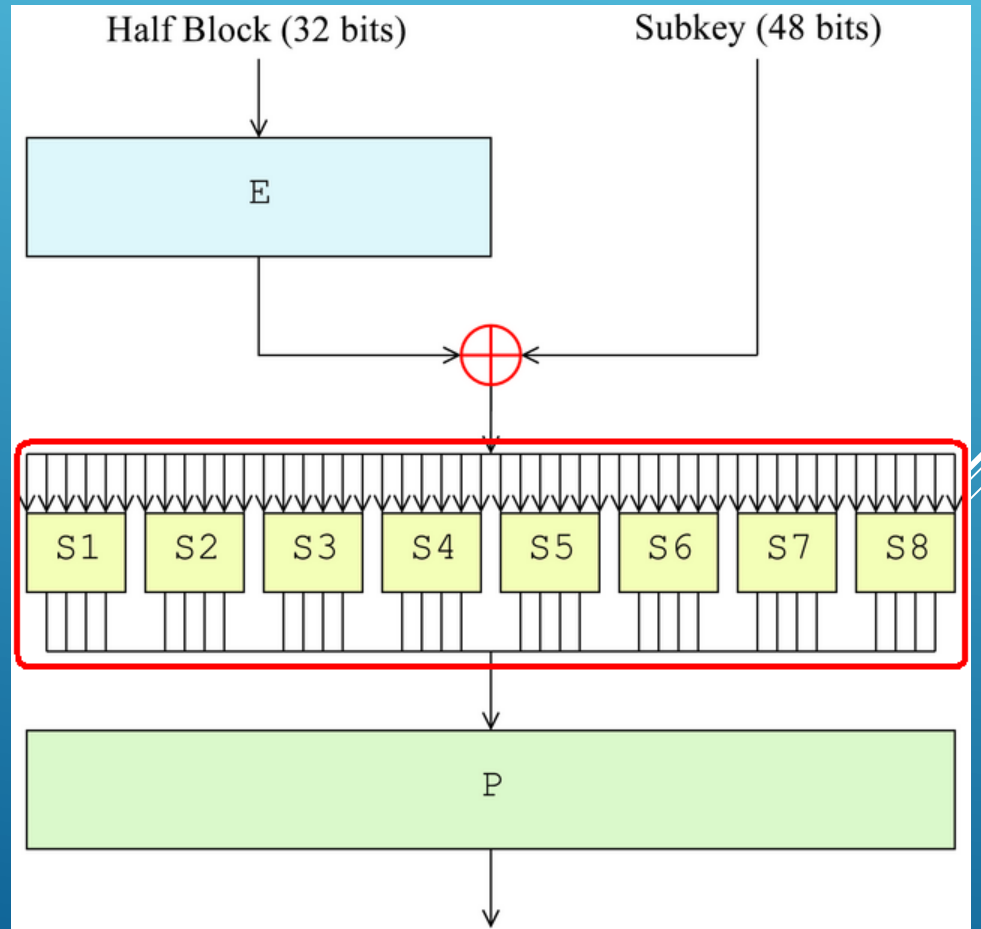
3. DES, descriere în detaliu

Pasul final al calculării funcţiei ***f*** este efectuarea unei permutaţii f pentru ***S1(B1)S2(B2)S3(B3)S4(B4)S5(B5)S6(B6)S7(B7)S8(B8)***.

f = P(***S1(B1)S2(B2)...S8(B8)***)

P

16	7	20	21
29	12	28	17
1	15	23	26
5	18	31	10
2	8	24	14
32	27	3	9
19	13	30	6
22	11	4	25

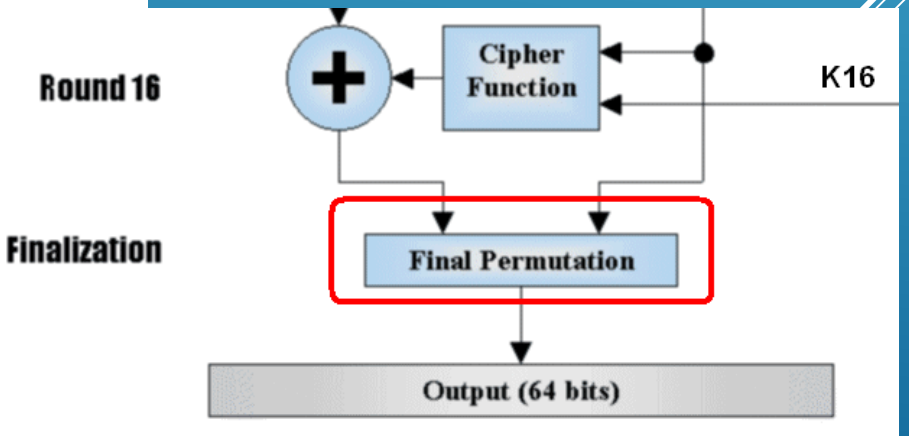


Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

3. DES, descriere în detaliu

După cele 16 iteraţii, vom obţine L16 şi R16 pe care le vom concatena invers: R16L16 şi vom aplica o ultimă permutaţie IP-1 , după cum urmează:

IP^{-1}							
40	8	48	16	56	24	64	32
39	7	47	15	55	23	63	31
38	6	46	14	54	22	62	30
37	5	45	13	53	21	61	29
36	4	44	12	52	20	60	28
35	3	43	11	51	19	59	27
34	2	42	10	50	18	58	26
33	1	41	9	49	17	57	25

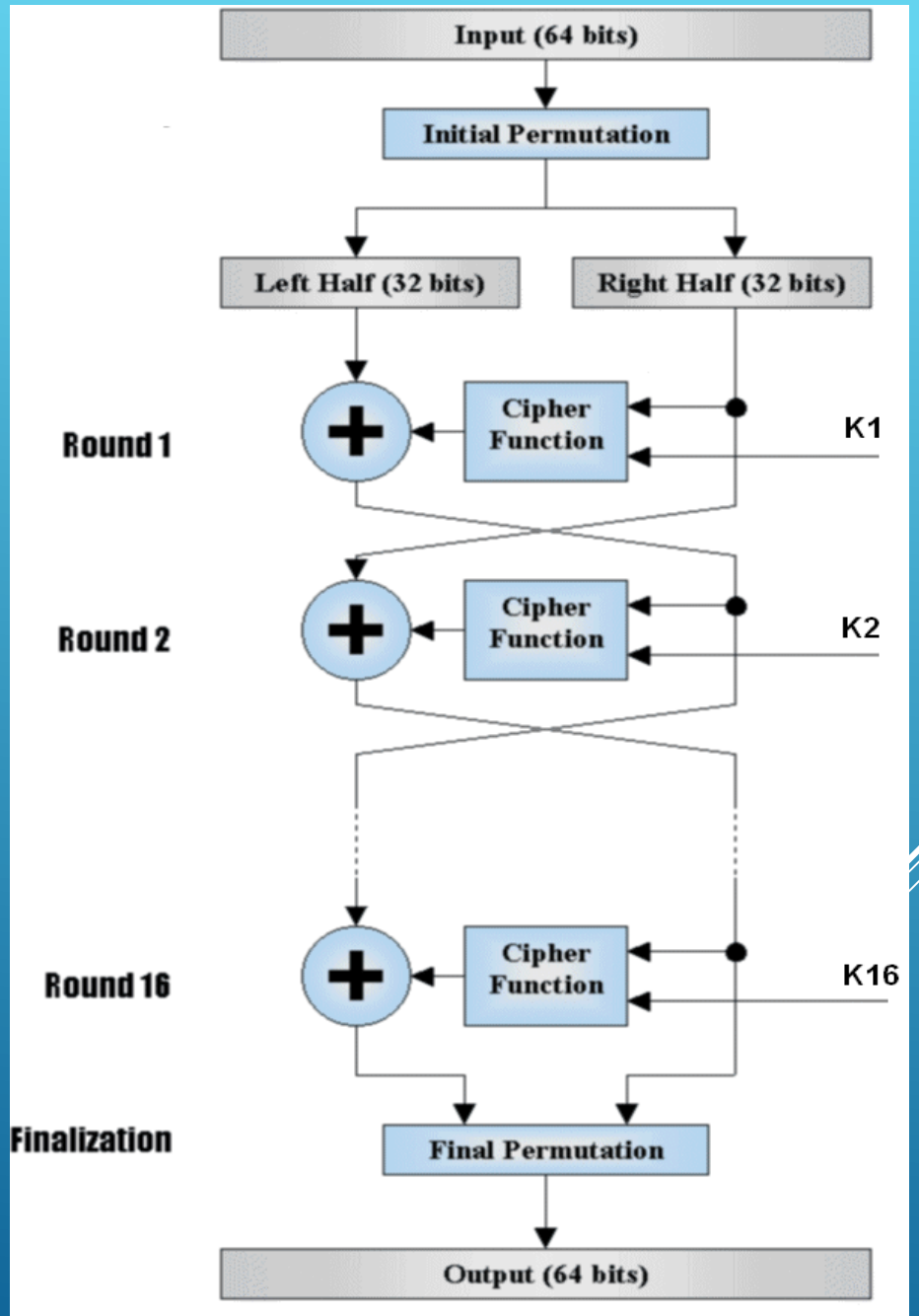


Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

3. DES, descriere în detaliu

Prelucrarea cheilor, funcţii de implementat:

1. DES_Permut_IP();
2. DES_Divide_L0_R0() ;
3. DES_Permut_E() ;
4. DES_Permut_Si ();
5. DES_Permut_P() (sau DES_Compute_F());
6. DES_Compute_Li_Ri();
7. DES_Compute_Inv_IP();
8. DES_Encrypt();



Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
4. Moduri de aplicare a algoritmului DES

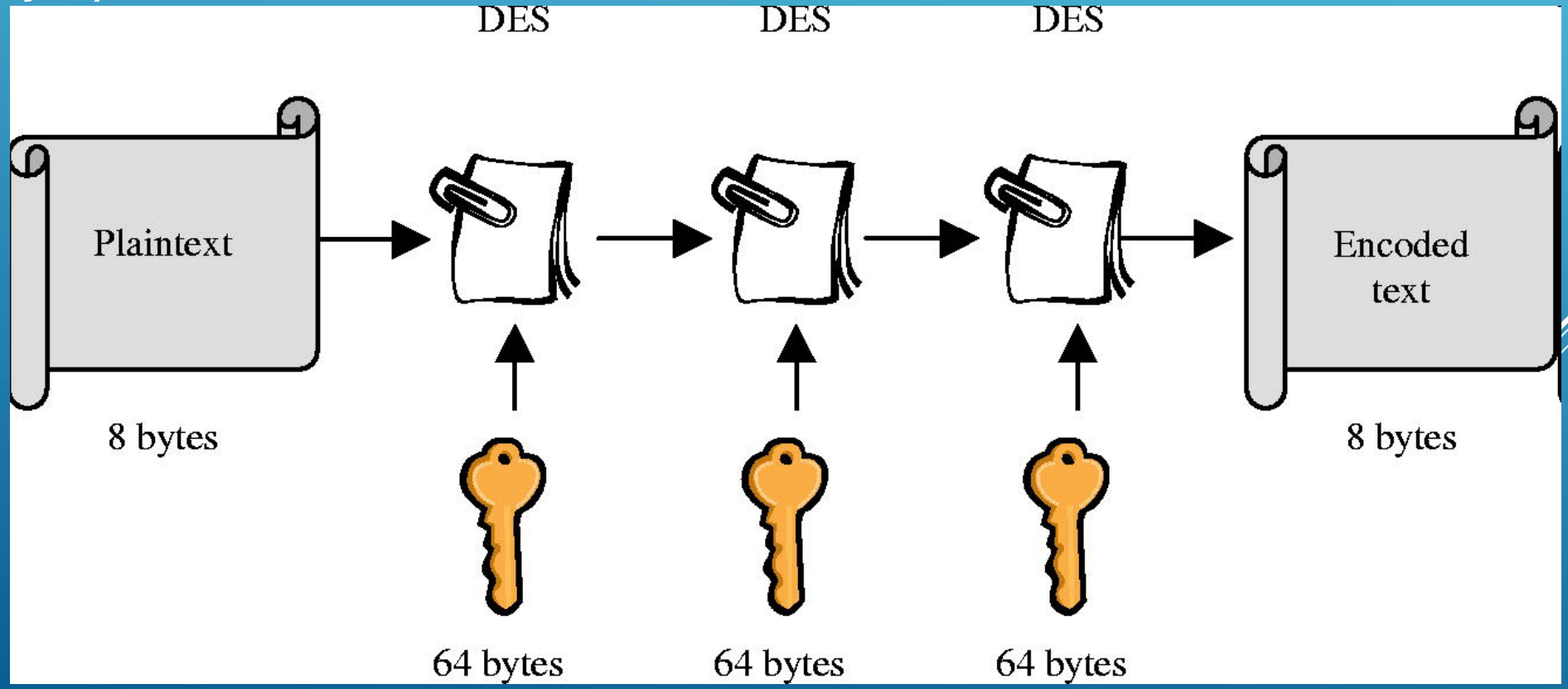
Deoarece algoritmul DES se aplică asupra unor blocuri de 64 de biţi este denumit generic algoritm de tip ECB (***Electronic Code Book***).

Există de asemeni două variante ale DES: CBC (***Chain Block Coding***) şi CFB (***Cipher Feedback***) în care fiecare pachet depinde într-un mod sau altul de pachetul (pachetele) anterior criptat printr-o operaţie de tip XOR.

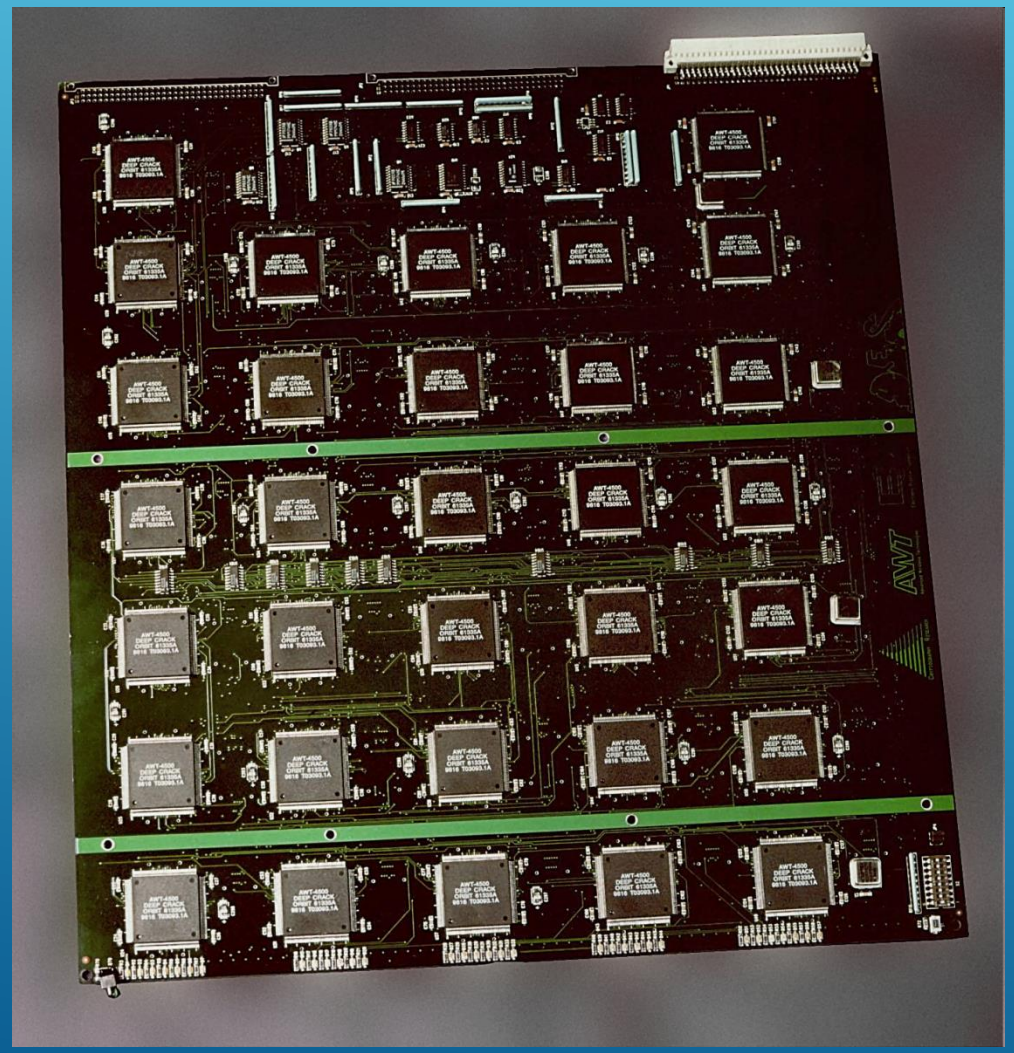
Deoarece este un algoritm ECB, putem imagina algoritmi ce funcţionează pe 128 sau 256 de biţi ce folosesc într-un mod sau altul criptarea sau decriptarea DES. Una dintre aceste modalităţi de criptare des folosită în industre este şi Triple DES.

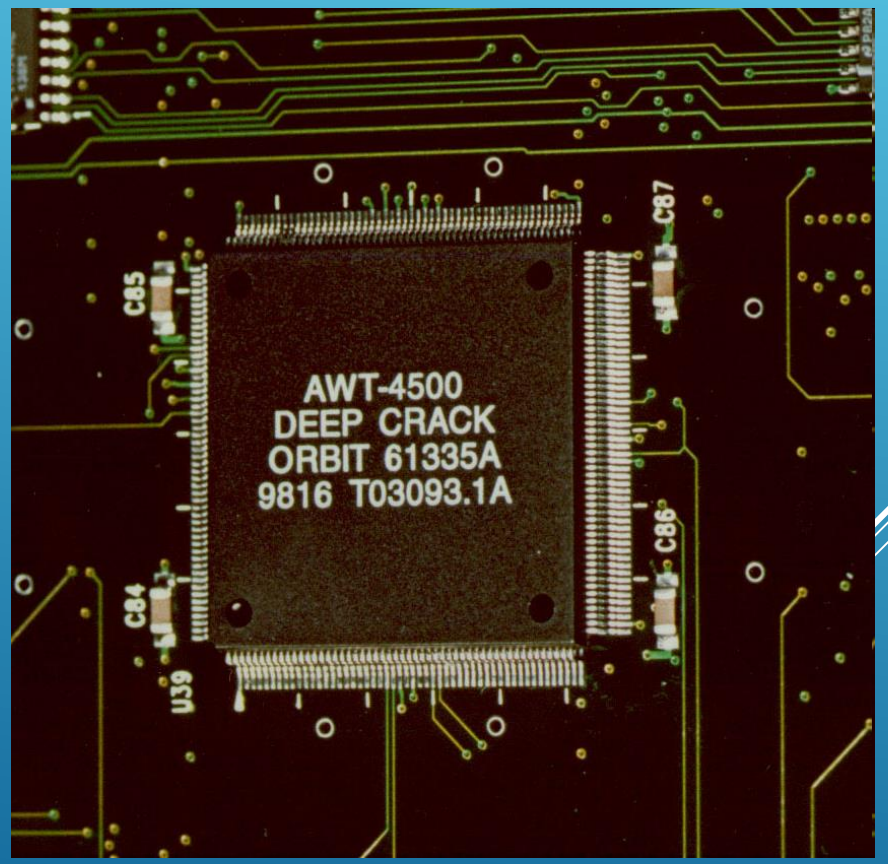
Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
5. Triple-DES

În ultimii ani, pentru a creşte securitatea algoritmului DES, se foloseşte o altă variantă a sa denumită generic Triple-DES ce foloseşte două chei, după cum urmează (vezi figura de mai jos):



Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
6. Maşini de căutare a chilor
6.1 EFF DES cracker ("Deep Crack")





Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

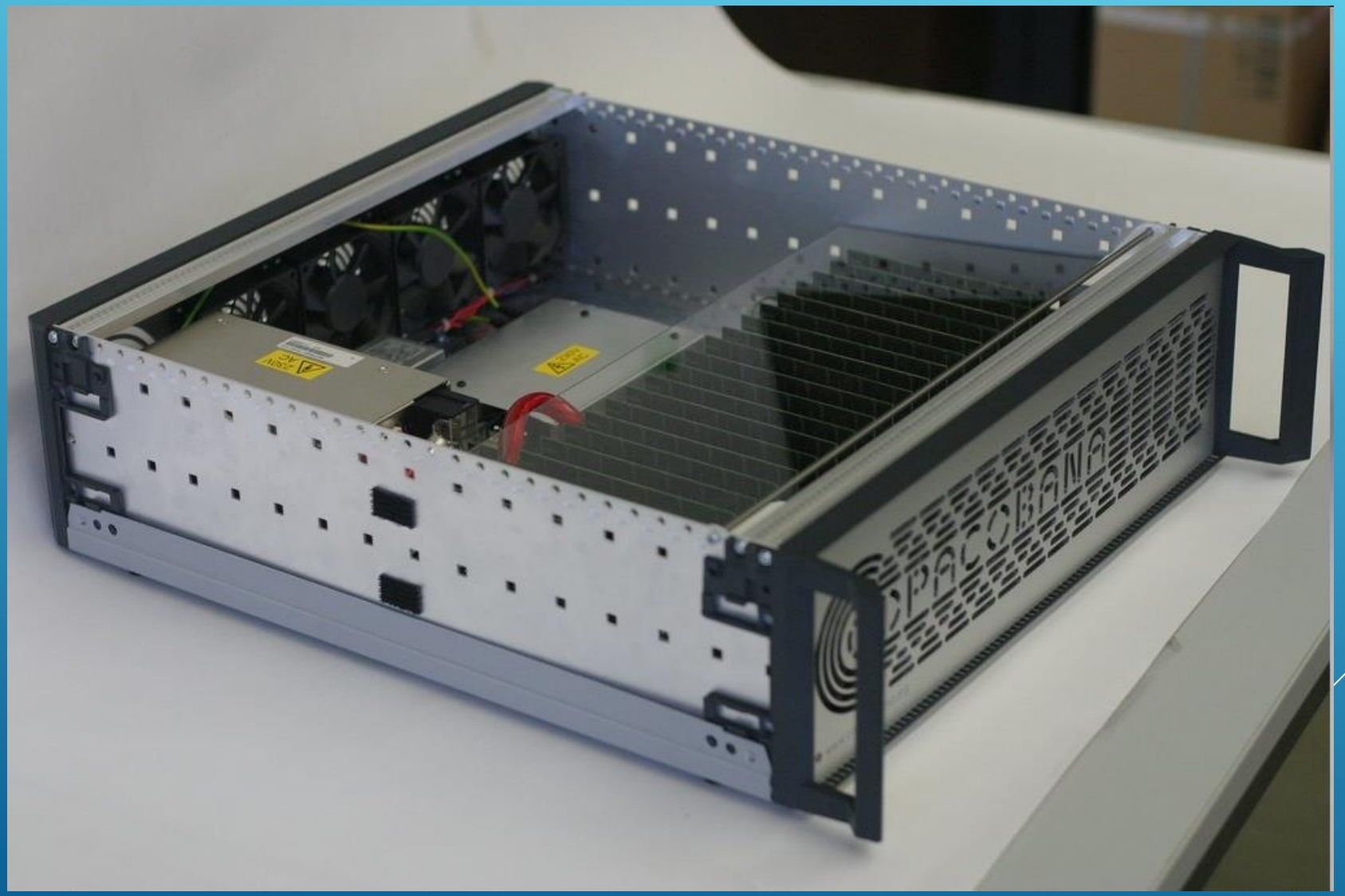
6. Maşini de căutare a chilor

6.1 COPACOBANA (University of Bochum and Kiel, Germany)

Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

6. Maşini de căutare a chilor

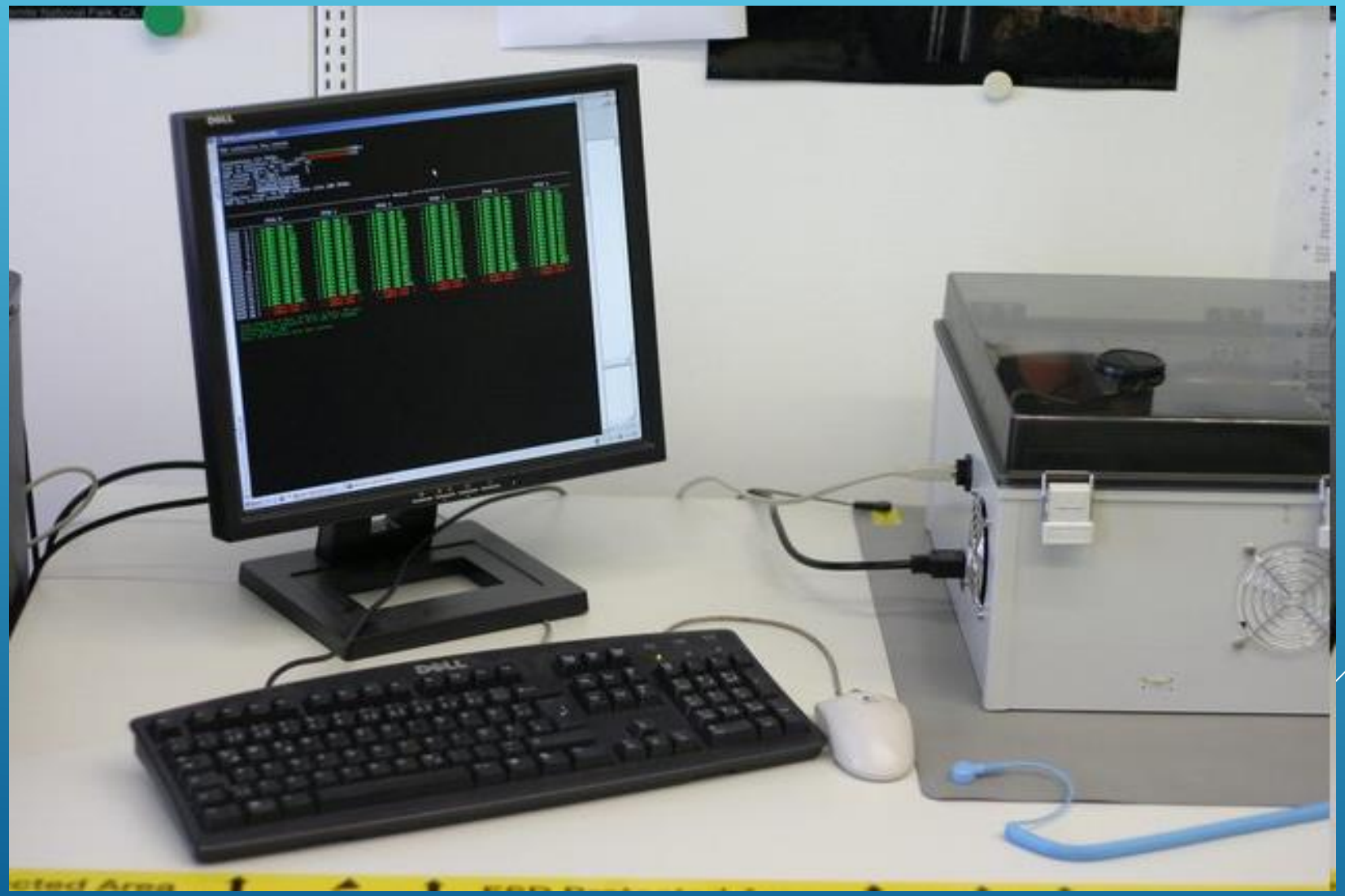
6.1 COPACOBANA (University of Bochum and Kiel, Germany)



Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

6. Maşini de căutare a chilor

6.1 COPACOBANA (University of Bochum and Kiel, Germany)



Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

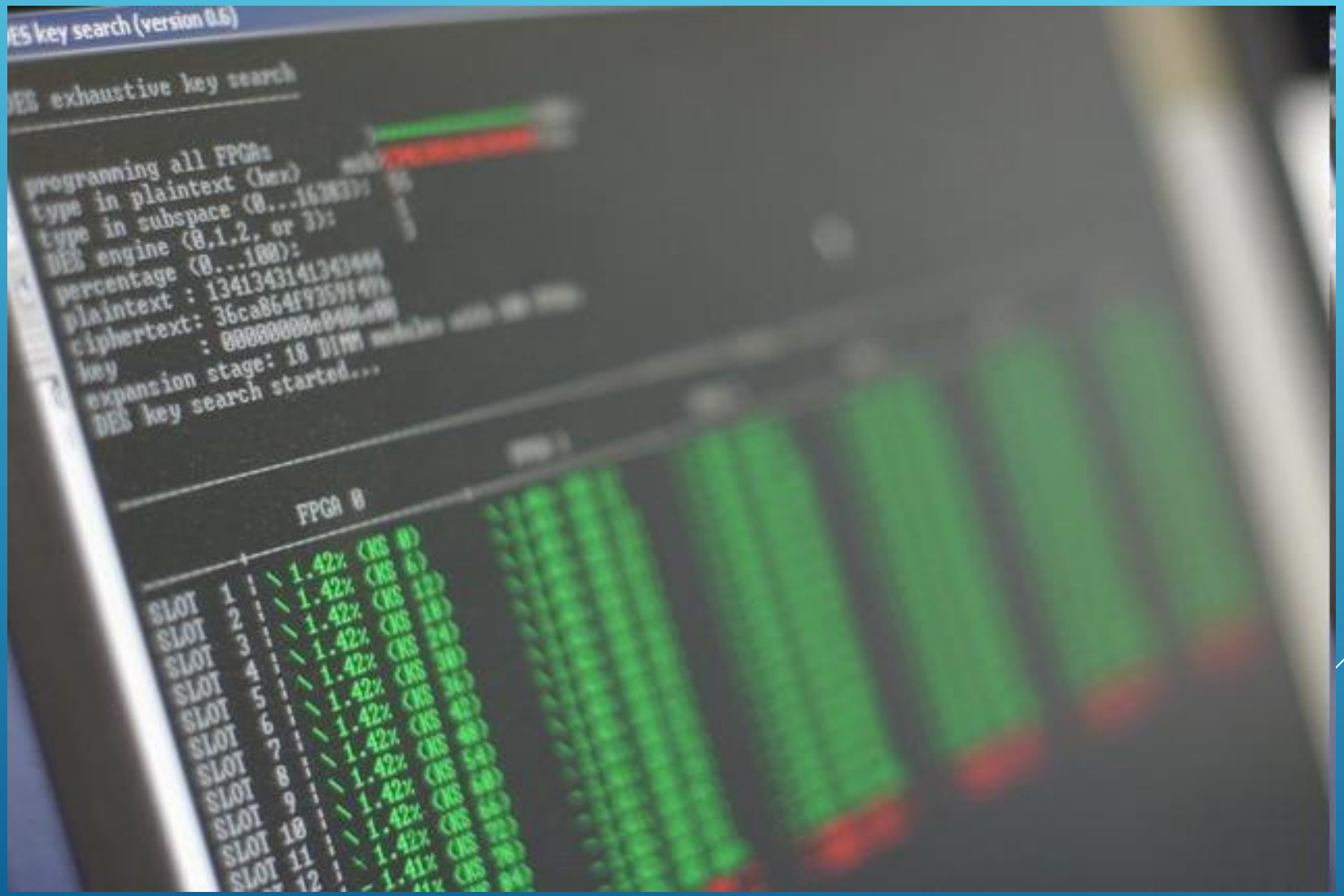
6. Maşini de căutare a chilor

6.1 COPACOBANA (University of Bochum and Kiel, Germany)

Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)

6. Maşini de căutare a chilor

6.1 COPACOBANA (University of Bochum and Kiel, Germany)



Algoritmul de criptare DES (Data Encryption Standard)
7. Criptare DES cu C#

```
using System.Security.Cryptography;
using System.IO;

        static byte[] bytes = ASCIIEncoding.ASCII.GetBytes("MyPassword");

        public static string DESEncrypt(string originalString)
        {

            if (String.IsNullOrEmpty(originalString))
            {
                throw new ArgumentNullException
                       ("The string which needs to be encrypted can not be null.");
            }
            DESCryptoServiceProvider cryptoProvider = new DESCryptoServiceProvider();
            MemoryStream memoryStream = new MemoryStream();
            CryptoStream cryptoStream = new CryptoStream(memoryStream,
                cryptoProvider.CreateEncryptor(bytes, bytes), CryptoStreamMode.Write);
            StreamWriter writer = new StreamWriter(cryptoStream);
            writer.Write(originalString);
            writer.Flush();
            cryptoStream.FlushFinalBlock();
            writer.Flush();
            return Convert.ToBase64String(memoryStream.GetBuffer(), 0, (int)memoryStream.Length);
        }
```