crittografia classica

A. Ferrari

- cifrario a ***sostituzione monoalfabetica***
  - utilizza un alfabeto per il testo in chiaro e una ***permutazione*** dello stesso per il testo cifrato
  - la permutazione costituisce la chiave del sistema
  - ad ogni lettera del testo in chiaro viene associata la corrispondente lettera dell'alfabeto permutato

500-600 a.c.
cifrario atbash

A. Ferrari

- ***atbash***
  - cifrario a sostituzione ***monoalfabetica***
  - la prima lettera dell'alfabeto è sostituita con l'ultima, la seconda con la penultima, e così via
- *testo in chiaro*:
  - **ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ**
- *testo cifrato*:
  - **ZYXWVUTSRQPONMLKJIHGFEDCBA**
  - esempio:
  - LEZIONI DI CRITTOGRAFIA
  - OVARLMR WR XIRGGLTIZURZ

https://www.cryptool.org/en/cto-ciphers/monoalpha

400 a.c. scitala spartana

A. Ferrari

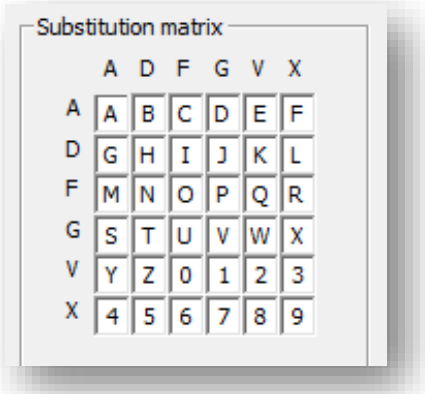
- ***scitala*** (σκυτάλη = bastone)
  - piccola bacchetta utilizzata dagli Spartani per trasmettere messaggi segreti
- il messaggio veniva scritto su di una striscia di pelle arrotolata attorno alla scitala, come se fosse stata una superficie continua
- una volta srotolata e tolta dalla scitala la striscia di pelle, era impossibile capire il messaggio
- la decifrazione era possibile se si aveva una bacchetta identica alla scitala del mittente: vi si arrotolava nuovamente la striscia di pelle ricostruendo la primitiva posizione
- si tratta del più antico metodo di crittografia per ***trasposizione*** conosciuto

https://www.cryptool.org/en/cto-ciphers/scytale

150 a.c.
scacchiera di Polibio

A. Ferrari

- la scacchiera originale è costituita da una ***griglia*** composta da 25 caselle ordinate in 5 righe ed altrettante colonne
- le lettere dell'alfabeto vengono inserite da sinistra a destra e dall'alto in basso
- le righe e le colonne sono numerate: tali numeri sono gli indici o "***coordinate***" delle lettere costituenti il messaggio in chiaro
- esempio (6x6)
  - PIANO LAUREE SCIENTIFICHE
  - FGDFAAFDFFDXAAGFFXAVAVGAAFDFAVFDGDDFAXDFAFDDAV



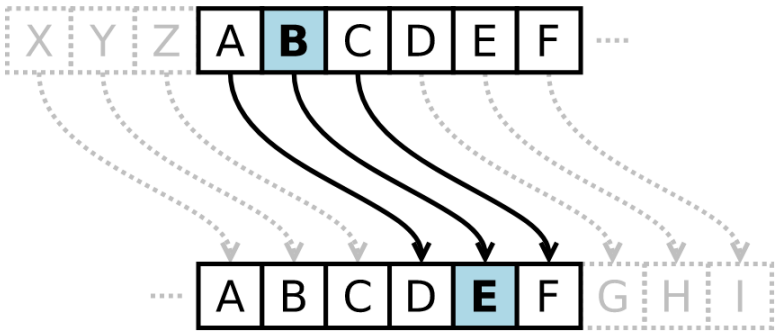
	α	β	γ	δ	ε
α	A	B	Γ	Δ	E
β	Z	H	Θ	I	K
γ	Λ	M	N	Ξ	O
δ	Π	P	Σ	T	Υ
ε	Φ	X	Ψ	Ω	‡

https://www.cryptool.org/en/cto-ciphers/adfg-v-x

50-60 a.c.
metodo di Cesare

A. Ferrari

- cifrario di ***Cesare***
  - cifrario a sostituzione monoalfabetica in cui ogni lettera del testo in chiaro è sostituita nel testo cifrato dalla lettera che si trova un certo numero di ***posizioni successive*** nell'alfabeto
- Cesare utilizzava uno spostamento di ***3*** posizioni (CHIAVE 3)
- testo in chiaro:
- ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
- testo cifrato:
- DEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZABC
- esempio:
  - **LEZIONI DI CRITTOGRAFIA**
  - **OHCLRQL GL FULWWRJUDILD**



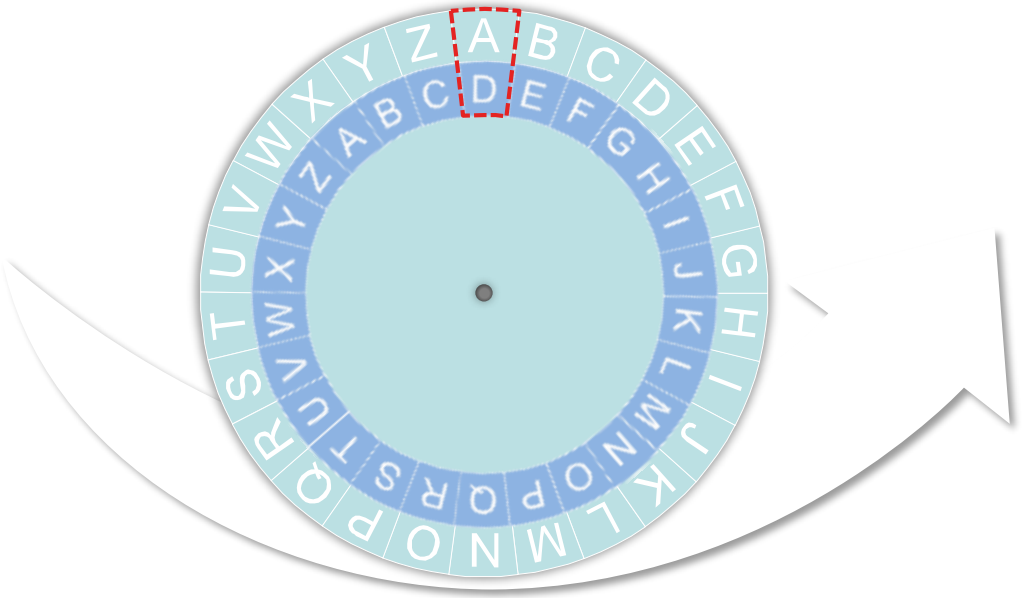
https://www.cryptool.org/en/cto-ciphers/caesar

- *P (alfabeto testo in chiaro [plaintext])*
- *C (alfabeto testo crittato)*
- *K_E (chiave di cifratura, parametro per f)*
- *K_D (chiave di decifratura, parametro per f^{-1})*
- *f() (funzione di trasformazione crittografica)*

- $P = C = \{A, B, C, \ldots, X, Y, Z\}$
  $= \{0, 1, 2, \ldots, 23, 24, 25\}$
- $K_E = k \in P,\ k \neq 0$
- $f(x_i) = (x_i + k) \bmod 26$
- $K_D = k_d \in P,\ k_d = 26-k$
- $f^{-1}(x_i) = (x_i + k_d) \bmod 26$

cifrari a scorrimento

A. Ferrari

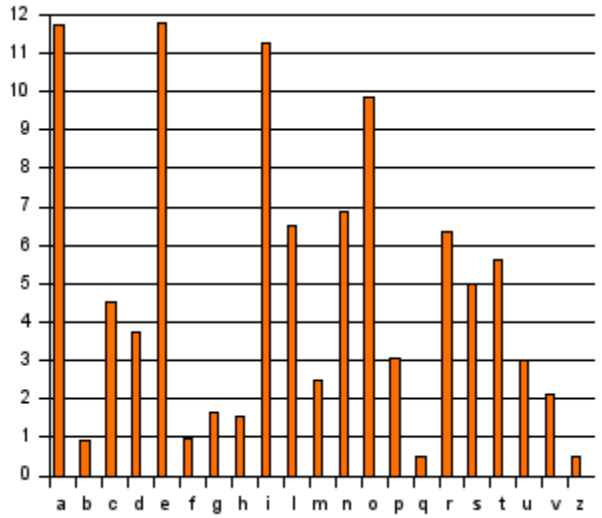


debolezze del metodo di Cesare

- il metodo di Cesare ha due principali ***debolezze***:
  - è sensibile all'**analisi di frequenza**
  - sono possibili solo **poche chiavi** diverse (n − 1) se n è il numero di caratteri dell'alfabeto
- chi intercetta un messaggio cifrato con il metodo di Cesare può limitarsi a provare successivamente tutte le possibili chiavi di cifratura e trovare il testo in chiaro in un tempo ragionevolmente breve (attacco a **forza bruta**)

analisi di frequenze

- ***analisi delle frequenze***
  - studio della frequenza di utilizzo delle lettere o gruppi di lettere in un testo cifrato
  - in ogni lingua la ***frequenza*** di uso di ogni lettera è piuttosto determinata



Lettera	Frequenza
a	11.74%
b	0.92%
c	4.50%
d	3.73%
e	11.79%
f	0.95%
g	1.64%
h	1.54%
i	11.28%
l	6.51%
m	2.51%
n	6.88%
o	9.83%
p	3.05%
q	0.51%
r	6.37%
s	4.98%
t	5.62%
u	3.01%
v	2.10%
z	0.49%

1586 Il cifrario di Vigenère

A. Ferrari

- il cifrario di Blaise de Vigenère è il più semplice dei ***cifrari polialfabetici***
- fu **ritenuto per secoli inattaccabile**
- si può considerare una ***generalizzazione*** del cifrario di Cesare
  - invece di spostare sempre dello stesso numero di posti la lettera da cifrare, questa viene spostata di un numero di posti variabile ma ripetuto
  - lo spostamento è determinato da una parola chiave da scrivere ripetutamente sotto il messaggio, carattere per carattere
- esempio:
  - `PIANO LAUREE SCIENTIFICHE`
  - `ITIS`
  - `XBIFW EIMZXM KKBMFBBNAKAM`

https://www.cryptool.org/en/cto-ciphers/vigenere

Vigenère

- *P (alfabeto testo in chiaro [plaintext])*
- *C (alfabeto testo crittato)*
- K_E *(chiave di cifratura, parametro per f)*
- K_D *(chiave di decifratura, parametro per* f^{-1}*)*
- *f() (funzione di trasformazione crittografica)*

- $P = C = \{A, B, C, \ldots, X, Y, Z\}$
  $= \{0, 1, 2, \ldots, 23, 24, 25\}$
- $K_E = k = [k_0, k_1, k_2, \ldots, k_{m-1}] \in P^m,\ k \neq [0, \ldots, 0]$
- $f(x_i) = (x_i + k_i) \bmod 26$

confronto Vigenère - Cesare

- il metodo di Vigenère rende impossibile l'analisi di frequenza perché le lettere più frequenti sono codificate con lettere diverse da colonna a colonna, con il risultato di rendere quasi uguali le frequenze relative delle lettere del testo cifrato
- il metodo di Vigenère sembra essere molto più robusto di quello di Cesare perché il crittografo ha due problemi:
  - determinare la lunghezza k della chiave
  - e poi la chiave stessa
- se l'alfabeto ha n caratteri, vi sono n^k possibili chiavi di cifratura, mentre sono solo $n!/(n-k)!$ se vogliamo che i caratteri siano tutti diversi fra loro

Cryptographia ad usum Delphini – A.Zaccagnini

debolezza del metodo di Vigenère

- considerato sicuro per alcuni secoli, finche un'analisi statistica più raffinata, di Kasinski, mostrò che è possibile "indovinare" la lunghezza k della chiave di cifratura, riducendo il problema della decifratura a k problemi di decifratura del metodo di Cesare
- l'analisi si basa sul fatto che in ogni lingua vi sono alcune combinazioni di due lettere piuttosto frequenti: se due istanze di questa coppia di lettere compaiono nel testo in chiaro ad una distanza che è un multiplo della lunghezza della chiave, saranno cifrate allo stesso modo, perché vanno a finire nelle stesse colonne

Cryptographia ad usum Delphini – A. Zaccagnini

la macchina Enigma

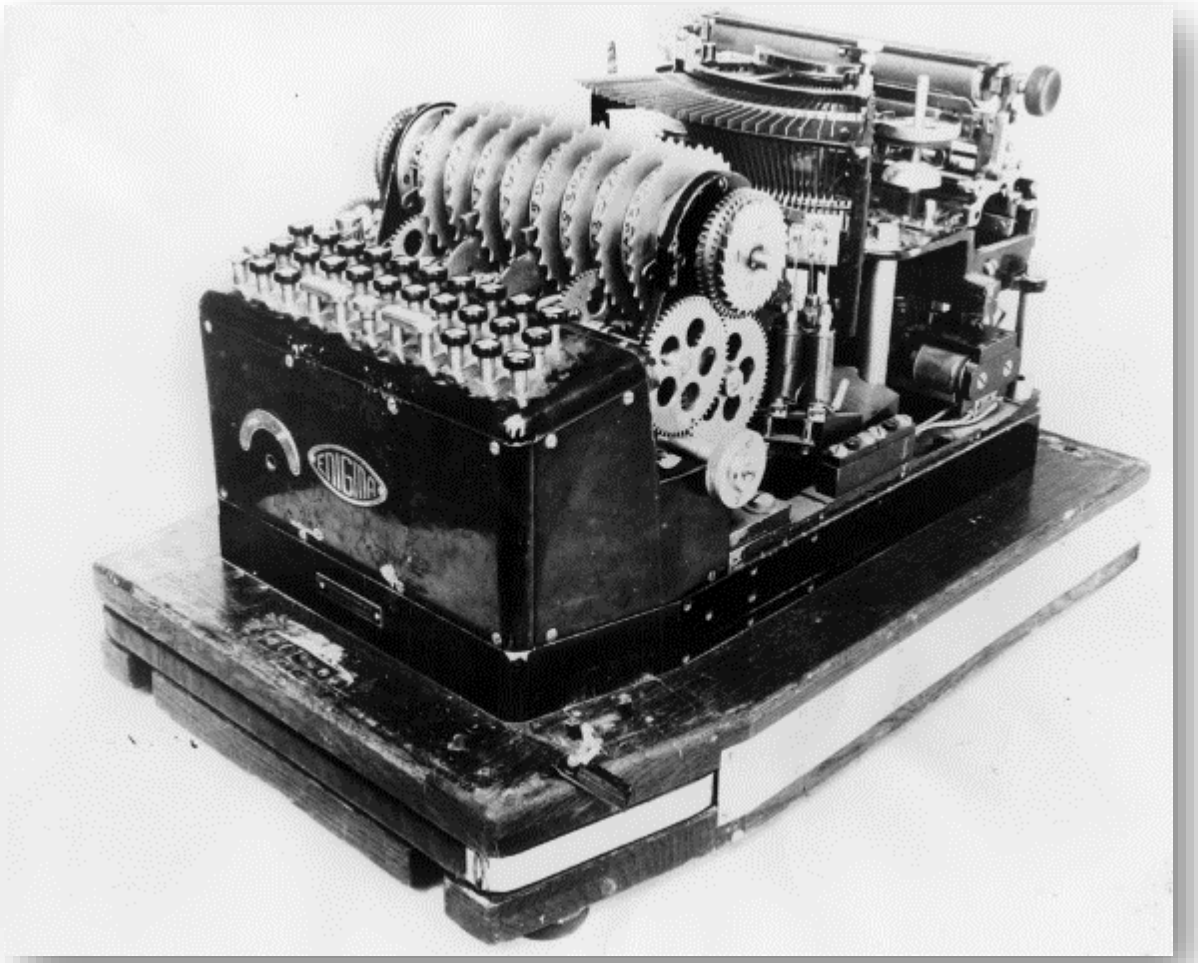
A. Ferrari

- ***Enigma***
  - macchina elettromeccanica usata dai tedeschi nella seconda guerra mondiale.
- una serie di rotori effettuano la trasformazione di un carattere dell'alfabeto in un altro che veniva a sua volta trasformato dal rotore successivo
- dopo la digitazione di ogni carattere il primo rotore effettua una rotazione che può comportare la rotazione eventuale del successivo
- la scelta della posizione iniziale dei rotori (e di altri meccanismi di traslazione) costituisce la chiave
- ritenuta per molto tempo inattaccabile
- il matematico polacco Marin Rejewsky con il suo lavoro riuscì a decifrare numerosi messaggi militari tedeschi, un fattore che probabilmente contribuì alla vittoria finale degli alleati

https://www.cryptool.org/en/cto-ciphers/enigma

Enigma

A. Ferrari



1976 DES

- Data Encryption Standard (***DES***) è un algoritmo di cifratura scelto come standard per il governo degli Stati Uniti d'America nel 1976 e in seguito diventato di utilizzo internazionale
- si basa su un algoritmo a chiave **simmetrica** con chiave a 56 bit
- DES è considerato ***insicuro*** per moltissime applicazioni. La sua insicurezza deriva dalla chiave utilizzata per cifrare i messaggi, che è di soli 56 bit
- nel gennaio del 1999 si dimostrò pubblicamente la possibilità di individuare una chiave di crittazione in 22 ore e 15 minuti
- l'algoritmo è ritenuto sicuro reiterandolo 3 volte (Triple DES)
- DES è stato sostituito dall'Advanced Encryption Standard (AES) un nuovo algoritmo che elimina molti dei problemi del DES

protocollo del doppio lucchetto

A. Ferrari

- A mette il suo messaggio per B in una scatola, che chiude con un lucchetto e invia a B.
- B mette il suo lucchetto alla scatola e la rispedisce ad A.
- A toglie il suo lucchetto e rispedisce la scatola a B.
- B toglie il suo lucchetto e legge il messaggio.
- la scatola non viaggia mai senza lucchetto
- ne A ne B ha dovuto inviare all'altro la chiave del proprio lucchetto
- è possibile comunicare con sicurezza senza dover effettuare un preventivo scambio delle chiavi ! ! !