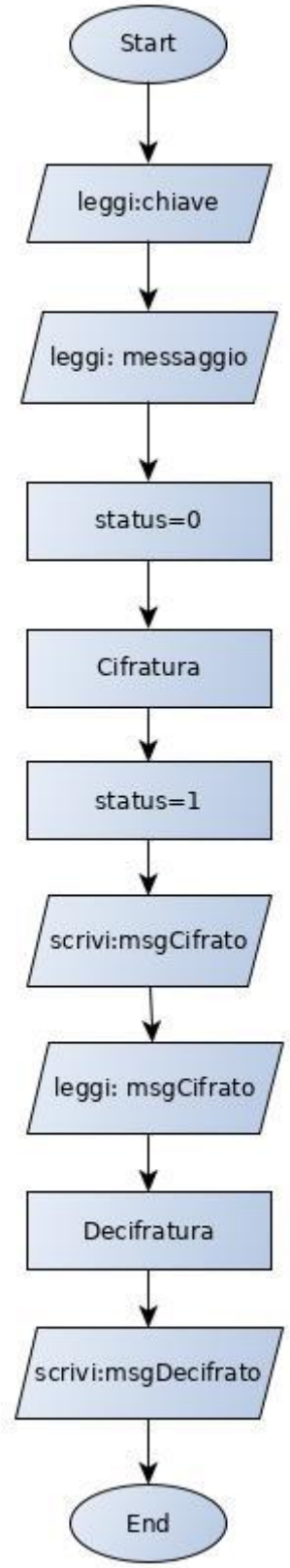
Progetto Architettura degli elaboratori
anno accademico 2018-2019

GRUPPO DI LAVORO :

DUCCIO SERAFINI E-MAIL: duccio.serafini@stud.unifi.it
ANDRE CRISTHIAN BARRETO DONAYRE E-MAIL: andre.barreto@stud.unifi.it

DATA DI CONSEGNA: 27/05/19

Schema generale del progetto:



DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE UTILIZZATA:

Il programma principale inizia dal label “main” ed ha la responsabilità di eseguire le fasi di cifratura e decifratura, chiamando le apposite Procedure.
Questa descrizione ad alto livello si focalizza nel presentare le strutture fondamentali utilizzate dal Cifratore. Il programma è stato sviluppato in modo da rispettare il principio di modularità., mentre
il codice è stato impostato in modo tale da essere più "facilmente" mantenibile, grazie anche alla suddivisione delle funzionalità in piccole procedure.

Il Cifratore inizialmente avrà il compito di inizializzare la tabella dei salti dedicata agli Algoritmi
(algorithmTable) successivamente dovrà leggere i file di testo (contenenti la chiave di cifratura e messaggio da cifrare) per caricarli negli appositi buffer.
Nella fase di Decifratura leggerà il file da decifrare e lo caricherà in bufferReader. La chiave, ottenuta in fase di cifratura, sarà letta in senso inverso grazie ad un flag di controllo.
Alla fine di ogni fase il Cifratore avrà il compito di scrivere nei file di uscita, chiamando le apposite procedure.

Le procedure native del linguaggio Mips che permettono la scrittura e la lettura dei file sono state racchiuse all’interno di procedure più grandi (writeMessage, readMessage, readKey) in modo tale da generalizzarle e poterle riutilizzare in maniera indipendente.

CIFRATURA E DECIFRATURA:

Per come è stato impostato il codice, le responsabilità delle procedure sono state ridotte al minino, dato che gli algoritmi A, B, C hanno degli stati in comune sia durante la Cifratura che durante la Decifratura.
Il loro comportamento è determinato dalla chiamata di setStatusABC( ), questa procedura va ad aggiornare il buffer dedicato “statusABC” con valori diversi a seconda della fase in esecuzione.
La fase di cifratura ha la responsabilità di caricare l'indirizzo di partenza per la lettura della chiave, essendo la prima fase in esecuzione.
Entrambi le fasi chiameranno la procedura CORE() che eseguirà l'effettiva operazione di cifratura o decifratura.

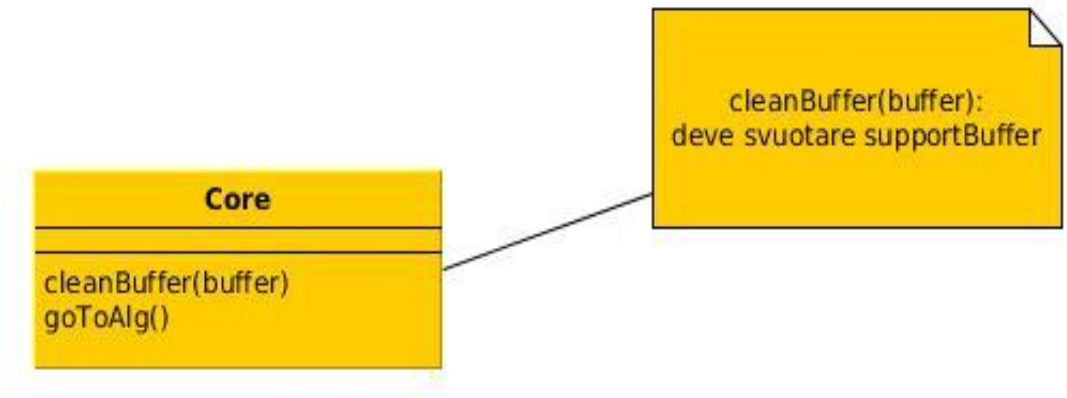
CORE:

Core è la procedura generica alla base del funzionamento dell'intero Cifratore, perché viene utilizzata sia in fase di cifratura che in fase di decifratura. Core ha l'unica responsabilità di chiamare gli algoritmi, a seconda della chiave corrente.
Il comportamento di Core è determinato da una "variabile di stato" definita in $s7, settata a 0 in fase di cifratura e a 1 in decifratura.

Core carica gli indirizzi di bufferReader e statusABC al suo interno. Eseguirà poi un controllo per capire da che punto iniziare a leggere la chiave, se ci troviamo in fase di Cifratura leggera la chiave da sinistra verso destra, altrimenti la leggerà in senso inverso.
Per ogni simbolo trovato all'interno della chiave chiamerà l'algoritmo associato facendo riferimento alla tabella dei salti algorithmJAT inizializzata precedentemente nel main.

Per motivi di chiarezza, il calcolo dell'indirizzo e il salto all'algoritmo desiderato viene svolto dalla procedura dedicata "goToAlg": Essendo le chiavi rappresentate in formato decimale in un intervallo tra 65 e 69, effettuando la sottrazione tra il valore corrente e la costante di 65 si ottengono valori che vanno da 0 a 4 che, moltiplicati per quattro, permettono di saltare alla posizione corretta nella tabella degli algoritmi. Successivamente nel ritorno a tale algoritmo "l'indice" della chiave verrà aggiornato.
La lettura della chiave finirà poi solo quando verrà trovato lo zero, che indica la fine della stringa.

L'array di riferimento per entrambe le fasi è bufferReader. All'inizio del programma contiene il messaggio originario, mentre durante lo svolgimento dei vari algoritmi conterrà la cifratura (o decifratura) parziale fino ad arrivare alla fine della lettura della chiave, quando conterrà il messaggio finale da scrivere nel file di output.



PROVE DI FUNZIONAMENTO E DESCRIZIONE DEGLI ALGORITMI :

Per le prove di funzionamento e' stata usata la stringa di 11 caratteri : Lorem ipsum . Ha una rappresentazione decimale secondo la tabella ASCII :
76-111-114-101-109-32-105-112-115-117-119

Shifter : E' la procedura generica associata agli algoritmi A,B,C. L'esecuzione di questo algoritmo determina il cambiamento del contenuto del buffer in ingresso, senza alterarne la grandezza.
Shifter combina le operazioni di cifratura e decifratura in modo da poterle sfruttare nel corso delle varie chiamate.
La cifratura e la decifratura hanno in comune la prima parte di codice, che consiste nel caricare il buffer da analizzare (bufferReader), caricare il "passo" di scorrimento del buffer, e l'indice di partenza da cui iniziare le operazioni.
Shifter esegue le operazioni di cifratura e decifratura all'interno dei ciclo "convertitore", che si ripete usando un salto incondizionato.
Vengono caricati il valore del modulo e la costante di "shift", che in fase di cifratura varrà 4 e in decifratura varrà -4.
La distinzione tra le operazione di cifratura e decifratura viene eseguita controllando il registro $s7, permettendo di evitare l'esecuzione delle righe che interessano la decifratura. L'algoritmo termina quando nella stringa viene incontrato il carattere zero.

AlgD: Inverter : E' la procedura dedicata all'implementazione dell'algoritmo D . L'esecuzione di questo algoritmo ha l'effetto di invertire il buffer dato in ingresso, senza alterare il suo contenuto.
Inverter usa un buffer di supporto chiamato supportBuffer, sul quale verrà scritto il buffer invertito.
Per rendere la procedura più generica possibile, l'algoritmo si appoggia a bufferLenght(buffer) che ritorna la lunghezza del buffer in ingresso che sarà poi utilizzata nel ciclo di reversal, che esegue l'effettivo lavoro di inversione della stringa.
Dato che reversal ha effetto su supportBuffer, la parte finale dell'algoritmo, svuota il buffer in ingresso e chiama una procedura dedicata a copiare il contenuto di supportBuffer dentro bufferReader.

Cifratura-E : Questa procedura e' dedicata alla fase di cifratura dell'algoritmo E .
L'esecuzione di questo algoritmo ha l'effetto di cambiare il contenuto del buffer, trovando le occorrenze degli elementi al suo interno e aumentando di conseguenza la dimensione del messaggio.
Viene chiamata inizialmente la procedura Occurence() che restituisce all'interno di un buffer dedicato (di nome occurrenceBuffer) gli elementi di bufferReader ripetuti una volta sola.

L'operazione di *costruzione* della **stringa cifrata** viene eseguita dalla procedura writer che utilizzerà occurrenceBuffer e bufferReader. Per fare ciò il metodo prende gli elementi di occurrenceBuffer come riferimento, uno per uno, e scorre bufferReader per controllare quando l'elemento puntato del primo buffer è uguale a quello del secondo; in questo caso l'occorenza è stata trovata e il contatore delle posizioni viene salvato.

L'algoritmo E ha necessità inoltre al suo interno una routine che permette di rappresentare cifre di posizioni superiori al 9 .

L'esecuzione di writer ha effetto su supportBuffer, la parte finale dell'algoritmo chimerà la procedura che di overWrite( ) per scrivere il contenuto di supportBuffer dentro bufferReader.

Decifra-E : Questa procedura e' dedicata alla fase di decifratura dell'algoritmo E.
L'esecuzione di questo algoritmo ha l'effetto di cambiare il contenuto e diminuendo di conseguenza la dimensione del messaggio in entrata.

La decifratura viene svolta dal ciclo findPos che distingue tra " " (gli spazi) e "-" per distinguere tra simboli e occorrenze. Quando vengono trovati gli spazi significa che è il momento di piazzare un nuovo elemento nella stringa di output, mentre quando vengono trovati i trattini va piazzato ancora l'elemento trovato in precedenza.

L'esecuzione del ciclo findPos ha effetto su supportBuffer, la parte finale dell'algoritmo chiamerà la procedura che di overWrite( ) per scrivere il contenuto di supportBuffer dentro bufferReader.

Per motivi di visibilità è stato riportato solo l'output della console di qt-Spim:

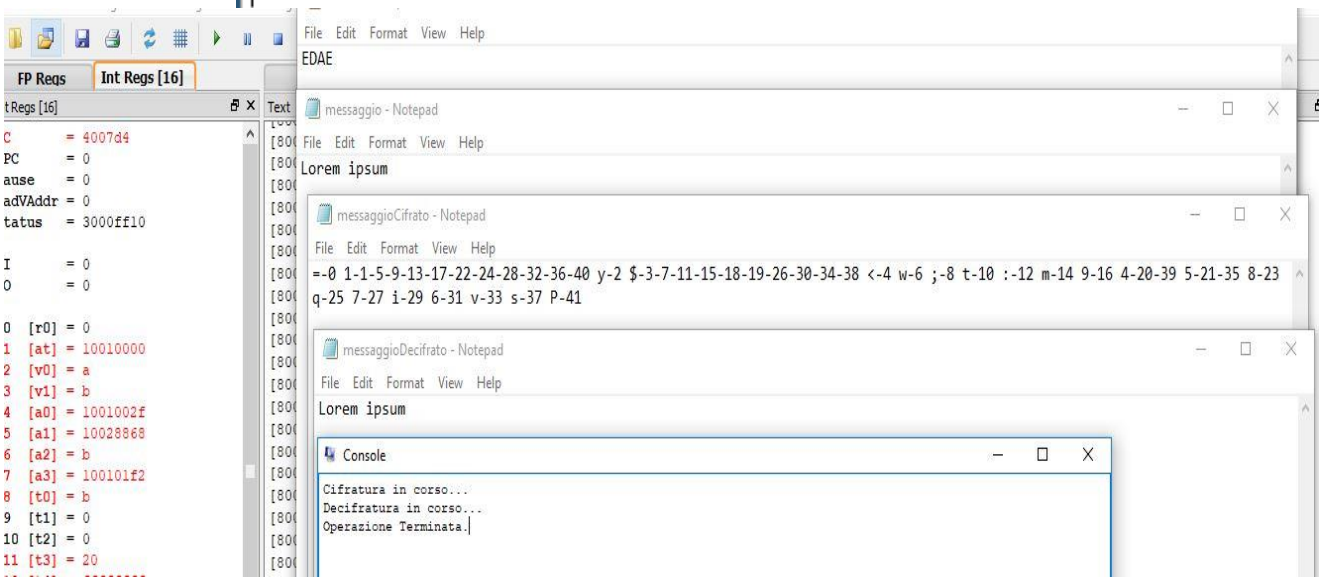
```
Console
chiave corrente: A
stringa corrente: Lorem ipsum
stringa cifrata: Psviq$mtwyq.

stringa decifrata: Lorem ipsum
```

```
Console
chiave corrente: B
stringa corrente: Lorem ipsum
stringa cifrata: Poveq mpwuq

stringa decifrata: Lorem ipsum
```

```
Console
chiave corrente: C
stringa corrente: Lorem ipsum
stringa cifrata: Lsrim$itsym.

stringa decifrata: Lorem ipsum
```

```
Console
chiave corrente: D
stringa corrente: Lorem ipsum
stringa cifrata:
muspi merol
stringa decifrata: Lorem ipsum
```

```
Console
chiave corrente: E
stringa corrente: Lorem ipsum
stringa cifrata: L-0 o-1 r-2 e-3 m-4-10  -5 i-6 p-7 s-8 u-9
-11
stringa decifrata: Lorem ipsum
```



SCELTE IMPLEMENTATIVE:

Visti i problemi di saturazione della memoria riscontrati precedentemente e la seconda revisione del testo, a bufferReader e supportBuffer sono stati assegnati una dimensione di 100000 byte.
Questa scelta è stata determinata dal calcolo del caso peggiore che possa avvenire in fase di cifratura, ovvero un messaggio di 128 caratteri su cui viene eseguita una cifratura in chiave “EEEE”. Supponendo poi che tutti gli elementi siano differenti tra di loro, alla prima chiamata di E il messaggio creatosi avrà almeno 4 nuovi elementi per ogni occorrenza presentatasi nel messaggio iniziale: questi nuovi elementi sono il carattere di cui si trova l’occorrenza, il “-” seguente, la posizione in cui l’elemento viene trovato e lo spazio che divide le occorrenze tra di loro. Considerato ciò, e considerato anche il fatto che nelle successive chiamate verranno trovati elementi anche in posizioni superiori al migliaio, i caratteri aumentano esponenzialmente. Abbiamo così deciso di calcolare approssimativamente lo spazio necessario attraverso più operazioni di moltiplicazione: 128 x 4 (dati i caratteri ipotizzati sopra) x 5 (date le posizioni che saranno sicuramente sopra il centinaio) x 6 x 6 (date le posizioni che saranno sicuramente sopra il migliaio).
Il risultato di tale operazione è 92160, che abbiamo deciso di arrotondare a 100000 nel caso in cui il calcolo da noi effettuato non copra tutte le possibilità.

Dal testo dell’esercizio poi sappiamo che la stringa iniziale sarà composta da un massimo di 128 elementi, ma abbiamo deciso di lasciare la dimensione del buffer delle occorrenze (occurenceBuffer) a 256, perché, dato che la tabella ASCII contiene 256 elementi, non possiamo escludere il fatto che possano comparire tutti almeno una volta durante le chiamate dei vari algoritmi.

Per ottimizzare la funzionalità della procedura Core() è stata introdotta sin dal main una JAT-table dedicata agli algoritmi. In alternativa poteva essere adoperata una serie di beq, che però rendevano il codice meno mantenibile all'occorrenza.

Per favorire la leggibilità del codice sono stati implementate due procedure differenti per la lettura del messaggio e della chiave (readMessage e readKey).

Nel codice è stato riscontrata la necessità di introdurre in punti ben precisi un procedura dedicata alla pulizia dei buffer che vengono utilizzati (cleanBuffer), dato che, ad esempio in presenza di messaggi molto brevi, venivano stampati caratteri rimasti dalle operazioni precedenti.

Visto che in più occasioni è stata riscontrata la necessità di calcolare la lunghezza si una stringa è stato aggiunta la procedura dedicata al calcolo della lunghezza dei buffer, bufferLength(buffer), che ritorna la lunghezza del vettore in ingresso.

Codice :

```
# GRUPPO DI LAVORO :
# DUCCIO SERAFINI                       E-MAIL: duccio.serafini@stud.unifi.it
# ANDRE CRISTHIAN BARRETO DONAYRE  E-MAIL: andre.barreto@stud.unifi.it
#
# DATA DI CONSEGNA:  27/05/19
#

.data

# STRINGHE DEDICATE PER LA VISUALIZZAZIONE DELLA OPERAZIONE IN CORSO:
                opCifra:        .asciiz         "Cifratura in corso..."
                opDecif:                .asciiz         "\nDecifratura in corso..."
                done:                   .asciiz         "\nOperazione Terminata."
# DESCRITTORI DEI FILE IN INGRESSO:
                messaggio:              .asciiz         "messaggio.txt"
                chiave:                 .asciiz         "chiave.txt"
# DESCRITTORI DEI FILE IN USCITA:
                msgCifrato:             .asciiz         "messaggioCifrato.txt"
                msgDecifrato:           .asciiz         "messaggioDecifrato.txt"

.align 2

# BUFFER DECICATI AL SUPPORTO DELLE PROCEDURE:
                algorithmJAT:           .space          20
                statusABC:              .space          36
                supportInvert:          .space          4
                occurrenceBuffer:       .space          256
                supportBuffer:          .space          100000

# BUFFER DEDICATI ALLA LETTURA DEI DATI DEI FILE IN INPUT:
                bufferReader:           .space          100000
                bufferKey:              .space          4
.align 2

.text
.globl main

main:           addi    $sp, $sp, -16
                jal     algorithmTable          # Creo una JAT table per chiamare gli algoritmi
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo nello stack l'indirizzo di ritorno del chiamante
                sw      $s0, 4($sp)
                sw      $s1, 8($sp)
                sw      $s2, 12($sp)

################ AVVIO FASE CIFRATURA ################

                la      $a0, chiave             # Carico l'indirizzo del file che contiene la chiave
                jal     readKey                         # Vado alla procedura che la legge

                la      $a0, messaggio          # Carico l'indirizzo del file che contiene il messaggio
                jal     readMessage             # Vado alla procedura che lo legge

                li      $s7, 0                  # Variabile di stato : settata per la CIFRATURA

                jal     cifratura               # Fase di CIFRATURA

                la      $a0, msgCifrato         # Carico l'indirizzo del file in cui verra' scritto il messaggio
cifrato
```

```
                jal     writeMessage            # E vado alla procedura che lo scrive

                li      $v0, 16
                la      $a0, msgCifrato         # Chiusura del file del messaggio cifrato
                syscall

################ AVVIO FASE DECIFRATURA ################

                li      $s7, 1                  # VARIABILE DI STATO : settata per la DECIFRATURA

                la      $a0, msgCifrato         # Metto in $a0 l'indirizzo del file che contiene il messaggio
cifrato
                jal     readMessage             # Vado al metodo di lettura del messaggio

                jal     decrifratura            # Fase di DECIFRATURA

                la      $a0, msgDecifrato       # Carico l'indirizzo del file in cui verra' scritto il messaggio
decifrato
                jal     writeMessage            # Vado al metodo che lo scrive

                li      $v0, 16
                la      $a0, msgDecifrato       # Chiusura del file contenente il messaggio decifrato
                syscall

                j       exit                    # Vado alla fine del programma

#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------#
cifratura:      addi    $sp, $sp,-4             # Alloco spazio dello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo il ritorno del chiamante del main

                li      $v0, 4                  # Stampa del messaggio della cifratura
                la      $a0, opCifra            # "Cifratura in corso..."
                syscall

                la      $a1, statusABC          # Salvo in $a1 l'indirizzo del'array degli stati per A-B-C
                jal     setStatusABC            # Salto alla procedura di inizializzazione

                la      $s6, bufferKey          # Metto l'indirizzo del buffer chiave in $s6
                jal     core                    # Vado alla parte centrale del programma

uscita:         lw      $ra, 0($sp)             # Riprendo l'indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco lo spazio che lo conteneva
                jr      $ra                     # Torno al chiamante che era nel main

#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------#
decrifratura:   addi    $sp, $sp,-4             # Alloco spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante

                li      $v0, 4                  # Stampa del messaggio della decifratura
                la      $a0, opDecif            # "Decifratura in corso..."
                syscall

                la      $a1, statusABC          # Salvo in $a1 l'indirizzo del'array degli stati per A-B-C
                jal     setStatusABC            # Salto alla procedura di inizializzazione

                jal     core                    # Vado alla parte centrale del programma

                lw      $ra, 0($sp)             # Carico l'indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio dello stack
                jr      $ra                     # Torno al main
```

```
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------#

core:           addi    $sp, $sp, -4            # Alloco spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Ci salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante

                beqz    $s7, offsetChiave       # Se il flag e' 0 siamo in cifratura e vado a scorriChiave
                li      $s3, -1                 # Imposto $s3 a -1 per scorrere la chiave al contrario
                addi    $s6, $s6, -1            # Torno indietro di una posizione perche' la cifratura ha portato
                                                # il puntatore della chiave fuori dal buffer
                j       prossimoAlg             # Vado direttamente alla procedura che chiama gli algoritmi

offsetChiave:   li      $s3, 1                  # Imposto $s3 a 1 per scorrere la chiave in avanti

prossimoAlg:    lb      $t0, ($s6)              # Carico l'elemento puntato della chiave
                beqz    $t0, fineCore           # Se e' zero allora sono arrivato alla fine della stringa
                blt     $t0, 65, scorriChiave   # Controlli per evitare ogni altro simbolo presente nella chiave
                bgt     $t0, 69, scorriChiave   # con valori minori o maggiori rispetto, relativamente, ad A ed
E

                li      $t1, 65                 # I vari algoritmi da chiamare vengono riconosciuti
                sub     $t0, $t0, $t1           # attraverso una operazione di sottrazione con 65
                move    $a0, $t0                # Salvo il risultato  della sottrazione in $a0

                la      $a1, supportBuffer      # Carico il buffer di support
                jal     cleanBuffer             # per pulirlo attraverso cleanBuffer

                jal     goToAlg                         # Vado al metodo che chiama l'algoritmo scelto dalla
chiave

scorriChiave:   add     $s6, $s6, $s3           # Scorro la chiave di 1 se siamo in cifratura, di -1 in decifratura
                j       prossimoAlg             # Vado all'algoritmo successivo

fineCore:       lw      $ra, 0($sp)             # Carico l'indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Delloco spazio dello stack
                jr      $ra                     # Torno a cifratura/decifratura

# goToAlg: Procedura che calcola la posizione in cui saltare nella tabella degli algoritmi
# Parametri: $a0 <-- Sottrazione ottenuta in precedenza fra il valore ascii della chiave e 65
#
# In questo modo verra' restituito un valore che, moltiplicato nel seguente metodo per 4, servira' a trovare
# la posizione corretta nella tabella degli algoritmi da cui verra' chiamato l'algoritmo di cifratura richiesto

goToAlg:                addi    $sp, $sp,-4             # Salvo il registro $ra corrente per potere tornare
                sw      $ra, 0($sp)             # al main a fine alla fine della procedura

                li      $t2, 4                  # Costante di default per il calcolo dell'indirizzo in cui saltare
                mult    $t2, $a0                # Moltiplico la costante per la sottrazione ottenuta in
precedenza
                mflo    $t2                     # Riprendo il risultato dal regristro dedicato alla
moltiplicazione


                lw      $a0, algorithmJAT($t2)  # Carico l'indirizzo contenuto nella JAT alla posizione
specificata
                jr      $a0                     # Viene eseguito il salto all'algoritmo richiesto

ritorno_scelta: lw      $ra, 0($sp)             # Carico l'indirizzo di ritorno
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio nello stack
                jr      $ra                     # Torno a CORE
```

```
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------#
# cleanBuffer: Procedura dedicata alla pulizia del contenuto di qualsiasi buffer in ingresso
# Parametri :           $a1 <-- buffer da pulire
cleanBuffer:    lb      $t0, ($a1)              # Carico in $t0 l'elemento puntato
                beqz    $t0, endClean           # Se e' zero sono arrivato alla fine della stringa
                move    $t0, $zero              # Altrimento svuoto la variabile
                sb      $t0, 0($a1)             # Per caricarla nella stringa, cancellando il precedente elemento
                addi    $a1, $a1, 1             # Vado al prossimo elemento

                j       cleanBuffer             # Ripeto

endClean:       jr      $ra                     # Torno dove e' stato chiamato cleanBuffer

# shifter: Procedura generica che svolge la cifratura e la decifratura degli algoritmi A, B e C
# Il suo comportamento e' definito da procedure che settano dei flag prima di ogni chiamata
# Parametri:            $s0 <--  offset di inizio di scorrimento del buffer
#                       $s1 <--  flag distinzione tra operazione di CRIFRATURA e DECIFRATURA
#                       $s2 <--   valore dedicato al passo di scorrimento del buffer
#
# VALORE DI RITORNO:        VOID

shifter:        addi    $sp, $sp, -4            # Salvo il registro $ra corrente per potere tornare
                sw      $ra, 0($sp)             # al main a fine alla fine della procedura

                la      $a3, bufferReader       # Carico l'indirizzo del buffer che contiene il messaggio
                lb      $s2, 8($a0)             # $s2: passo per lo scorrimento all'elemento successivo
                lb      $s0, 0($a0)             # $s0: e' l'indice di partenza per la lettura
                add     $a3, $a3, $s0           # Vado all' indice giusto

convertitore:   lb      $t0, 0($a3)             # Metto in $t0 l'elemento da cifrare
                beqz  $t0, uscitaShifter # Se ha valore 0 allora siamo arrivati alla fine della stringa
                li      $t1, 255                # Viene definito il valore del modulo
                li      $t2, 4                  # E la costante di cifratura

decriptazione:  beqz    $s7, criptazione        # Se $s7 ha valore 0 allora siamo in cifratura
                                                # altrimenti siamo in decifratura
                li      $t4, -1                 # In questo caso metto in $t4 -1
                mult    $t2, $t4                # Per moltiplicarlo a $t2 (contiene 4)
                mflo    $t2                     # E ottenere -4 per poi sottrarlo all'elemento da decifrare
                                                # AGGIUNGERE CONTROLLO SUI NEGATIVI

criptazione:    add     $t0, $t0, $t2           # Sommo all'elemento +4 o -4
                div     $t0, $t1                # Poi effettuo la divisione per 255
                mfhi    $t0                     # E salvo il modulo in $t0
                sb      $t0, 0($a3)             # Salvo il valore ottenuto al posto di quello precedente nel
buffer
                add     $a3, $a3, $s2           # Avanzo di 1 o 2 posizioni a seconda dell'algoritmo chiamato

                j       convertitore            # Torno al convertitore

uscitaShifter:  lw      $ra, 0($sp)             # Carico l'indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco lo spazio dello stack
                jr      $ra                     # Fine di shifter e ritorno a core

# algD: Procedura che inverte i buffer dati in input
# Parametri :   $a2 <--- bufferReader , buffer contenente la stringa a invertire
#               $a3 <--- buffer di support alla procedura di inversione
algD:           add     $sp, $sp, -4            # Alloco spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante
```

```
                                        # $a2 <-- bufferReader
                jal     bufferLength    # Vado alla procedura che calcola la lunhgezza del buffer
                addi    $a2, $a2, -1    # Dato che il puntatore e' fuori dal buffer lo faccio tornare
                                        # indietro di una posizione
                move    $s0, $v1                # Recupero il valore di ritorno : lunghezza del buffer
corrente
                move    $t0, $zero      # Riinizializzo $t0 per contare gli elementi inseriti
                                        # Ciclo di inversione:
reversal:       beq     $t0, $s0, swapVet # Se il numero dei caratteri inseriti e' pari alla lunghezza del
buffer
                                        # allora posso uscire dalla procedura
                lbu     $t1, ($a2)      # Carico l'elemento puntato del buffer
                sb      $t1, ($a3)      # E lo salvo nel buffer di uscita
                addi    $a2, $a2, -1    # Vado al carattere precedente del buffer di input
                addi    $a3, $a3, 1     # Scorro alla posizione successiva del buffer di output
                addi    $t0, $t0, 1     # Aumento di 1 il contatore dei caratteri inseriti
                j       reversal        # Ricomincio ilciclo

swapVet:        la      $a1, bufferReader # Metto in $a1 l'indirizzo di bufferReader
                jal     cleanBuffer     # Per chiamare la procedura di pulizia del buffer

                la      $a2, bufferReader # Carico il buffer che va sovrascritto
                la      $a3, supportBuffer # Carico il buffer contenente gli elementi da scrivere in
bufferReader
                jal     overWrite       # Vado alla procedura di sovrascrittura

                lw      $ra, 0($sp)     # Carico l'indirizzo di ritorno del chiamante
                add     $sp, $sp, 4     # Dealloco spazio dello stack
                jr      $ra             # Fine dell'algoritmo D

# overWrite: Procedura che sovrascrive il contenuto di qualasiasi vettore
# Parametri:    $a2 <-- Vettore da sovrascrivere
#               $a3 <-- Vettore con i dati da scrivere
#               $s0 <-- Lunghezza dell'array da scrivere
overWrite:      move    $t0, $zero      # Inizializzo il contatore degli elementi inseriti

loop_overWrite: beq     $t0, $s0, EXIT_loopOW # Se ho inserito il numero giusto di elementi, esco da overWrite
                lb      $t1, 0($a3)     # Altrimenti carico l'elemento puntato di supportBuffer
                sb      $t1, 0($a2)     # E lo salvo in bufferReader
                addi    $a2, $a2, 1     # Avanzo di una posizione su bufferReader
                addi    $a3, $a3, 1     # Avanzo di una posizione su supportBuffer
                addi    $t0, $t0, 1     # Aumento il numero degli elementi inseriti di 1
                j       loop_overWrite  # Ricomincio il ciclo

EXIT_loopOW:    jr      $ra             # Torno al chiamante

# bufferLength: Procedura che conta il numero dei caratteri nel buffer in ingresso
# Parametri:    $a2 <-- La stringa di cui contare la lunghezza
bufferLength:   move    $t0, $zero      # Inizializzo contatore degli elementi della stringa a 0

counterLoop:    lbu     $t1, 0($a2)     # Carico il carattere puntato in $t1
                beqz    $t1, endCounter # Se sono arrivato alla fine della stringa il metodo termina
                addi    $t0, $t0, 1     # Altrimenti aumento il contatore di 1
                addi    $a2, $a2, 1     # Scorro alla posizione successiva del buffer
                j       counterLoop     # Inizio un nuovo ciclo

endCounter:     move    $v1, $t0        # Valore di ritorno in $v1
                jr $ra                  # Torno al chiamante

# cifratura_E : Algoritmo che conta le occorence della stringa data in input
```

```
# Parametri:    $a2 <-- bufferReader
#               $a3 <-- supportBuffer
cifratura_E:    add     $sp, $sp, -4            # Alloco spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante

                la      $a2, occurrenceBuffer   # Occurrence buffer verra' riempito con gli elementi di
bufferReader
                                                # ripetuti una sola volta
                jal     occurrence              # Salto al metodo che riempe tale buffer

                la      $a2, occurrenceBuffer   # Rimetto il puntatore all'inizio del buffer
                move    $t5, $zero              # Inizializzazione del contatore degli elementi inseriti in
supportBuffer

                jal     writer                  # Salto al metodo che produce l'output di cifratura

                la      $a2, supportBuffer      # Rimetto il puntatore all'inizio del buffer
                jal     bufferLength            # Vado al metodo che conta il numero di elementi presenti in
supportBuffer

                addi    $s0, $v1, -1            # Diminuisco la lunghezza di 1 perche' va ignorato l'ultimo
elemento
                la      $a2, bufferReader       # Rimetto il puntatore all'inizio di bufferReader
                la      $a3, supportBuffer      # e di supportBuffer
                jal     overWrite               # Vado alla sovrascrittura di supportBuffer in bufferReader

                la      $a1, supportBuffer      # Rimetto il puntatore all'inizio del buffer
                jal     cleanBuffer             # e lo svuoto per un possibile riutilizzo

                la      $a1, occurrenceBuffer   # Rimetto il puntatore all'inizio del buffer
                jal     cleanBuffer             # e lo svuoto per un possibile riutilizzo

                lw      $ra, 0($sp)             # Carico l'indirizzo di ritorno del chiamante
                add     $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio dello stack
                jr      $ra                     # Torno al chiamante
                # FINE ALGORITMO E

# Inizio del metodo che riempe occurrenceBuffer
occurrence:     lbu     $t1, ($a1)              # Carico in $t1 il carattere puntato di bufferReader
                beqz    $t1, finish_occurence   # Se sono alla fine della stringa il metodo termina
# Frammento di metodo che riconosce se un elemento e' gia' stato inserito
control:        lbu     $t2, ($a2)              # Carico l'elemento puntato di occurrenceBuffer in $t2
                beqz    $t2, firstOccurrence    # Se in quella posizione non e' presente alcun elemento allora e'
la
                                                # prima volta che viene trovato. Vado quindi a
"firstOccurrence"
                beq     $t1, $t2, ignore        # Se gli elementi sono uguali invece vado a "ignore"
                addi    $a2, $a2, 1             # Altrimenti se sono diversi scorro di una posizione il buffer
delle
                j       control                 # occorrenze per controllare se l'elemento e' gia' stato trovato
prima
                                                # oppure e' la prima volta
# Metodo che gestisce la prima occorrenza di un elemento
firstOccurrence: sb     $t1, 0($a2)             # Salvo l'elemento che ho trovato nel buffer delle occorrenze
                addi    $a1, $a1, 1             # Vado alla posizione successiva di bufferReader
                la      $a2, occurrenceBuffer   # Rimetto il puntatore all'inizio del buffer delle occorrenze
                j       occurrence              # e inizio nuovamente a cercare le prime occorrenze degli
elementi
# Frammento di metodo che ignora un elemento se e' gia' presente in occurrenceBuffer
ignore:         addi    $a1, $a1, 1             # Scorro alla posizione successiva di bufferReader
```

```
                la      $a2, occurrenceBuffer   # Rimetto il puntatore all'inizio del buffer delle occorrenze
                j       occurrence              # e inizio nuovamente a cercare le prime occorrenze degli
elementi

finish_occurence:jr     $ra                     # Torno a cifratura_E

# Metodo che inizia il ciclo di cifratura del messaggio
writer:         la      $a1, bufferReader       # Torno all'inizio di bufferReader per leggere il messaggio
                move    $t0, $zero              # Inizializzo il contatore delle posizioni
# Metodo che scorre il buffer delle occorrenze per esaminare uno specifico elemento di bufferReader
elements:       lbu     $t2, ($a2)              # Carico l'elemento puntato di occurrenceBuffer in $t2
                beqz    $t2, end_writer         # Se sono arrivato alla fine del buffer allora l'algoritmo termina
                sb      $t2, 0($a3)             # Altrimenti salvo $t2 all'interno di supportBuffer, in modo tale
che
                                                # evidenzi l'elemento preso in esame in occurrenceBuffer
                addi    $a3, $a3, 1             # Vado alla posizione successiva di supportBuffer
                addi    $t5, $t5, 1             # Dato che ho inserito un elemento aumento il contatore $t5 di
1
# Metodo che stampa le posizioni in cui si trova l'elemento esaminato
positions:      lbu     $t1, ($a1)              # Carico l'elemento puntato di bufferReader in $t1
                beqz    $t1, nextElement                # Se sono alla fine del buffer allora vuol dire che ho
controllato tutte le
                                                # occorrenze dell'elemento puntato in occurrenceBuffer, e
posso andare al prossimo
                bne     $t1, $t2, nextControl   # Se $t1 e $t2 sono diversi allora vado al metodo che scorre al
controllo
                                                # dell'elemento successivo di bufferReader
                li      $t3, '-'                # Altrimenti carico il simbolo '-'
                sb      $t3, 0($a3)             # e lo salvo in supportBuffer per separare le occorrenze

                addi    $t5, $t5, 1             # Dato che ho inserito un elemento in supportBuffer aumento
$t5 di 1
                move    $t4, $t0                # Metto in $t4 il contatore delle posizioni
                move    $t8, $zero              # Inizializzo il contatore delle cifre

                sgt     $t7, $t4, 9             # Se il contatore e' superiore a 9 imposto $t7 a 1
                beq     $t7, 1, digitsCounter   # In tal caso vado al metodo che conta da quante cifre e'
composto
                                                # il contatore
# Metodo che salva una sola cifra (se il contatore $t4 e' ancora minore di 10)
storeDigit:     addi    $a3, $a3, 1             # Avanzo di uno perche' sto puntando a "-"
                addi    $t0, $t0, 48            # Aggiungo 48 a $t0 per convertirlo in ASCII
                sb      $t0, 0($a3)             # Salvo il valore ottenuto in supportBuffer
                addi    $t0, $t0, -48           # Faccio tornare il contatore di posizioni al valore precedente
                addi    $a3, $a3, 1             # Avanzo di una posizione su supportBuffer
                addi    $t5, $t5, 1             # Aumento di uno il contatore degli elementi

# Metodo che passa al prossimo controllo
nextControl:    addi    $a1, $a1, 1             # Vado all'elemento successivo di bufferReader
                addi    $t0, $t0, 1             # Aumento di 1 il contatore delle posizioni
                j       positions               # Torno al controllo delle posizioni

# Metodo che permette di passare al prossimo controllo degli elementi basato sul buffer delle occorrenze
nextElement:    li      $t3, ' '                # Carico in $t3 uno spazio per separare le varie occorrenze
degli elementi
                sb      $t3, 0($a3)             # Lo salvo all'interno di supportBuffer
                addi    $a3, $a3, 1             # Avendo inserito questo elelemento avanzo alla posizone
successiva
                addi    $t5, $t5, 1             # E aumento di 1 il contatore degli elementi inseriti
```

```
                addi    $a2, $a2, 1             # Passo al prossimo elemento di confronto presente in
occurrenceBuffer
                j       writer                  # E ricomincio il ciclo

# Metodo che conta da quante cifre e' formata l'occorrenza
digitsCounter:  beqz    $t4, storeDigits        # Se ho contato tutte le cifre allora vado al metodo che salva
cifre multiple
                li      $t9, 10                 # Metto in $t9 il valore 10
                div     $t4, $t9                # Per effettuare la divisione ed eliminare l'ultima cifra
                mflo    $t4                     # Salvo il quoziente in $t4
                addi    $t8, $t8, 1             # Aumento di 1 il contatore delle cifre
                j       digitsCounter           # Ricomincio il ciclo di divisione
# Metodo che salva in supportBuffer occorrenze con piu' di una cifra (se il contatore $t4 e' maggiore di 10)
storeDigits:    move    $s0, $t8                # Salvo il numero delle cifre nella costante $s0
                add     $a3, $a3, $s0           # Avanzo del numero di cifre corretto su supportBuffer
                move    $t4, $t0                # Metto in $t4 il contatore delle posizioni
# Ciclo di salvataggio di cifre multiple
storeCicle:     div     $t4, $t9                # Divido il contatore delle posizioni per 10
                mflo    $t4                     # Salvo in $t4 il quoziente
                mfhi    $t8                     # Salvo in $t8 il resto
                                                # per poi salvare la cifra ottenuta nella giusta posizione
                addi    $t8, $t8, 48            # Aggiungo 48 a $t8 per convertirlo in ASCII
                sb      $t8, ($a3)              # Salvo il valore cosi' ottenuto nella giusta posizione
                beqz    $t4, offset             # Se il numero e' stato stampato completamente allora termino
il ciclo
                addi    $a3, $a3, -1            # Altrimenti vado alla posizione precedente del buffer
                                                # per salvare la cifra precedente della posizione
                j       storeCicle              # Ricomincio il ciclo di salvataggio

# Metodo che imposta nelle giuste posizioni i puntatori ai buffer e aumenta i contatori del valore corretto
offset:         add     $a3, $a3, $s0           # Avanzo nuovamente in supportBuffer del numero di cifre
appena salvate
                add     $t5, $t5, $s0           # Il contatore dei caratteri inseriti aumenta del numero di cifre
salvate
                addi    $a1, $a1, 1             # Avanzo di 1 in bufferReader
                addi    $t0, $t0, 1             # Aumento di 1 il contatore delle posizioni
                j       positions               # Torno a cercare le posizioni degli elementi
end_writer:     jr      $ra                     # Torno al metodo principale

# decifra_E: Algoritmo che decifra il messaggio cifrato da E
# Parametri:    $a2 <-- bufferReader
#               $a3 <-- supportBuffer
decifra_E:      addi    $sp, $sp -4             # Alloco spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante
                li      $s1, 10                 # $s1 e' la costante che servira' per formare le posizioni
superiori al 9
# Metodo che trova l'elemento da piazzare
itemToPlace:    la      $a2, supportBuffer      # Imposto l'indirizzo iniziale del buffer di supporto in $a2
                lbu     $t0, ($a1)              # Carico il primo elemento della frase in $t0 (che sara'
l'elemento
                                                # che dovra' essere inserito per formare la frase originaria)
                addi    $a1, $a1, 2             # Scorro avanti di 2 dato che dopo questo elemento ci
sara'sicuramente '-'
                move    $t1, $zero              # Inizializzo la variabile che formera' la posizione
# Ciclo che trova la posizione in cui piazzare l'elemento
findPos:        lbu     $t2, ($a1)              # Carico l'elemento puntato in $t2
                beq     $t2, '-', placeItem     # Se tale elemento e' '-'
                beq     $t2, ' ', placeItem     # O uno spazio
                beqz    $t2, placeItem          # Oppure la fine della stringa
```

```
                                        # Allora ho trovato la posizione giusta dove collocare
l'elemento
                mult    $t1, $s1        # Altrimenti vuol dire che la posizione non e' completa
                mflo    $t1             # Salvo il risultato della moltiplicazione di $t1 per 10 in $t1
                addi    $t2, $t2, -48   # Converto l'elemento da ASCII a numero
                add     $t1, $t1, $t2   # Sommo la cifra per formare la posizione
                addi    $a1, $a1, 1     # Scorro di 1 il buffer
                j       findPos         # Ricomincio il ciclo
# Metodo che piazza l'elemento una volta trovata la sua posizione
placeItem:      add     $a2, $a2, $t1   # Mi sposto alla posizione indicata
                sb      $t0, 0($a2)     # Inserisco l'elemento in posizione corretta

                addi    $a1, $a1, 1     # Avanzo di 1 sul buffer
                beq     $t2, ' ', itemToPlace   # Se prima ho trovato uno spazio allora devo trovare
                                        # il prossimo elemento da piazzare
                la      $a2, supportBuffer      # Se invece ho trovato un '-' significa che devo piazzare
l'elemento
                                        # altre volte, torno quindi all'inizio del buffer codificato
                move    $t1, $zero      # Metto nuovamente a 0 il contatore delle posizioni
                beq     $t2, '-', findPos   # E torno al metodo che trova le posizioni
                                        # Alrimenti vuol dire che sono arrivato alla fine della stringa
                                        # e il programma puo' terminare
                la      $a1, bufferReader       # Rimetto il puntatore all'inizio del buffer
                jal     cleanBuffer             # e lo svuoto

                la      $a2, supportBuffer      # Rimetto il puntatore all'inizio del buffer
                jal     bufferLength            # Per calcolarne il numero di elementi

                move    $a1, $v1                # Salvo il valore di ritorno in $a1
                la      $a2, bufferReader       # Rimetto il puntatore all'inizio di bufferReader
                la      $a3, supportBuffer      # e all'inizio di supportBuffer
                jal     overWrite               # Per sovrascrivere supportBuffer in bufferReader

                la      $a1, supportBuffer      # Rimetto il puntatore all'inizio dle buffer
                jal     cleanBuffer             # e lo svuoto

                lw      $ra, 0($sp)             # Carico l'indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio dello stack
                jr      $ra                     # Torno al chiamante
                # FINE DECIFRATURA ALGORITMO E
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------#

# Procedura che inizializza la tabella dedicata agli algoritmi
algorithmTable: la      $t7, algorithmJAT       # Salvo l'indirizzo della JAT in $t7
                la      $t6, algoritmo_A        # In $t6 metto l'indirizzo all'algoritmo A
                sw      $t6, 0($t7)             # E lo salvo nella JAT
                la      $t6, algoritmo_B        # In $t6 metto l'indirizzo all'algoritmo B
                sw      $t6, 4($t7)             # E lo salvo nella JAT
                la      $t6, algoritmo_C        # In $t6 metto l'indirizzo all'algoritmo C
                sw      $t6, 8($t7)             # E lo salvo nella JAT
                la      $t6, algoritmo_D        # In $t6 metto l'indirizzo all'algoritmo D
                sw      $t6, 12($t7)            # E lo salvo nella JAT
                la      $t6, algoritmo_E        # In $t6 metto l'indirizzo all'algoritmo E
                sw      $t6, 16($t7)            # E lo salvo nella JAT

                move    $v0, $t7                # Restituisco l'indirizzo della JAT in $v0
                jr      $ra                     # Torno nel main


# setStatusABC: Imposta l'array degli stati dedicati alle procedure A, B e C
```

```
# Offset per lettura dello stato : 0 e' A , 12 e' B, 24 e' C
#
setStatusABC:   addi    $sp, $sp, -4            # Faccio spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante

                jal     algAStatus              # Imposto gli stati per l'algoritmo A

                addi    $a1, $a1, 12            # Vado avanti di 3 spazi
                jal     algBStatus              # Imposto gli stati per l'algoritmo B

                addi    $a1, $a1, 12            # Vado avanti di 3 spazi
                jal     algCStatus              # Imposto gli stati per l'algoritmo B

                lw      $ra, 0($sp)             # Carico l'indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio dello stack
                jr      $ra                     # Torno al chiamante in Cifratura/Decifratura

# algAStatus: Procedura dedicata al settaggio dei flag dedicati all'algoritmo A
algAStatus:     addi    $sp, $sp, -4            # Faccio spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante

                li      $t0, 0                  # Carico l'offset di partenza
                sb      $t0, 0($a1)             # E lo salvo nel buffer
                li      $t2, 1                  # Carico il passo di lettura
                sb      $t2, 8($a1)             # E lo salvo nel buffer

                beqz    $s7, stepA              # Se il flag e' 0 allora siamo in cifratura
                li      $t1, 1                  # Altrimenti siamo in decifratura e imposto il flag a 1
                sb      $t1, 4($a1)             # E lo salvo nel buffer
                j       fineStatusA             # Vado alla fine del metodo

stepA:          li      $t1, 0                  # Essendo in cifratura imposto il flag a 0
                sb      $t1, 4($a1)             # E lo salvo nel buffer

fineStatusA:    lw      $ra, 0($sp)             # Carico indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio dello stack
                jr $ra                          # Torno a setStatusABC

# algBStatus: Procedura dedicata al settaggio dei flag dedicati all'algoritmo B
algBStatus:     addi    $sp, $sp, -4            # Faccio spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante

                li      $t0, 0                  # Carico l'offset di partenza
                sb      $t0, 0($a1)             # E lo salvo nel buffer
                li      $t2, 2                  # Carico il passo di lettura
                sb      $t2, 8($a1)             # E lo salvo nel buffer

                beqz    $s7, stepB              # Se il flag e' 0 allora siamo in cifratura
                li      $t1, 1                  # Altrimenti siamo in decifratura e imposto il flag a 1
                sb      $t1, 4($a1)             # E lo salvo nel buffer
                j       fineStatusB             # Vado alla fine del metodo

stepB:          li      $t1, 0                  # Essendo in cifratura imposto il flag a 0
                sb      $t1, 4($a1)             # E lo salvo nel buffer

fineStatusB:    lw      $ra, 0($sp)             # Carico indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio dello stack
                jr $ra                          # Torno a setStatusABC

# algCStatus: Procedura dedicata al settaggio dei flag dedicati all'algoritmo C
```

```
algCStatus:     addi    $sp, $sp, -4            # Faccio spazio nello stack per una parola
                sw      $ra, 0($sp)             # Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante

                li      $t0, 1                  # Carico l'offset di partenza
                sb      $t0, 0($a1)             # E lo salvo nel buffer
                li      $t2, 2                  # Carico il passo di lettura
                sb      $t2, 8($a1)             # E lo salvo nel buffer

                beqz    $s7, stepC              # Se il flag e' 0 allora siamo in cifratura
                li      $t1, 1                  # Altrimenti siamo in decifratura e imposto il flag a 1
                sb      $t1, 4($a1)             # E lo salvo nel buffer
                j       fineStatusC             # Vado alla fine del metodo

stepC:          li      $t1, 0                  # Essendo in cifratura imposto il flag a 0
                sb      $t1, 4($a1)             # E lo salvo nel buffer

fineStatusC:    lw      $ra, 0($sp)             # Carico indirizzo di ritorno del chiamante
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio dello stack
                jr $ra                          # Torno a setStatusABC

#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------#
# Chiamata agli algoritmi di cifratura e decifratura

algoritmo_A:    la      $a0, statusABC          # Carico l'indirizzo del buffer degli stati per A B o C
                jal     shifter                 # Chiamo shifter settato per l'algoritmo A

                j       ritorno_scelta          # Torno indietro

algoritmo_B:    la      $a0, statusABC          # Carico l'indirizzo del buffer degli stati per A B o C
                addi    $a0, $a0, 12            # Avanzo di 12 posizioni nel buffer per trovare gli stati di B
                jal     shifter                 # Chiamo shifter settato per l'algoritmo B

                j       ritorno_scelta          # Torno indietro

algoritmo_C:    la      $a0, statusABC          # Carico l'indirizzo del buffer degli stati per A B o C
                addi    $a0, $a0, 24            # Avanzo di 24 posizioni nel buffer per trovare gli stati di C
                jal     shifter                 # Chiamo shifter settao per l'algoritmo C

                j       ritorno_scelta          # Torno indietro

algoritmo_D:    la      $a2, bufferReader       # Carico l'indirizzo del buffer che contiene il messaggio in $a2
                la      $a3, supportBuffer      # Carico l'indirizzo del buffer di supporto in $a3
                jal     algD                    # Vado all'algoritmo D

                j       ritorno_scelta          # Torno indietro

algoritmo_E:    la      $a1, bufferReader       # Carico l'indirizzo del buffer che contiene il messaggio in $a2

                la      $a3, supportBuffer      # Carico l'indirizzo del buffer di supporto in $a3

                beq     $s7, 1, decifratura_E   # Se siamo in fase di decifratura vado a decifra_E
                jal     cifratura_E             # Altrimenti vado al criptaggio di E
                j       salta_decifra           # Ignorando la decifratura

decifratura_E:  jal     decifra_E               # Chiamo il metodo che decifra E

salta_decifra:  j       ritorno_scelta          # Torno indietro

#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------#
# readMessage : Procedura dedicata alla lettura del file che deve essere CIFRATO o DECIFRATO
```

```
# parametri :	$a0 <-- descritttore del file da leggere
#
# valore di ritorno:	void
# il suo effetto e' quello di riempire il file da trattare
readMessage:	addi	$sp, $sp, -4		# Apro spazio nello stack per una parola
		sw	$ra, 0($sp)		# Salvo l'indirizzo di ritorno del chiamante

		jal	openFile_read		# Apre il file in solo lettura, il descrittore lo riceve dal main


		move	$a0, $v0			# Passo il descrittore del file
		la	$a1, bufferReader	# Carico il buffer che conterra' il messaggio
		li	$a2, 255			# Imposto la dimensione del buffer
		jal	readFile		# Leggo il file e carico il buffer dedicato

		lw	$ra, 0($sp)		# Reimposto il registro del chiamante
		addi	$sp, $sp, 4		# Dealloco spazio dello stack
		jr $ra

# readKey: Procedura dedicata alla lettura del file che contiene la CHIAVE di cifratura(decifratura)
# PARAMETRI :		$a0 <-- DESCRITTORE DEL FILE
#
# Valore di ritorno:	void
# Il suo effetto e' quello di riempire il buffer con la chiave
readKey:		addi	$sp, $sp, -4		# Alloco spazio nel buffer per una parola
		sw	$ra, 0($sp)		# Salvo il rigistro di ritorno del chiamante

		jal	openFile_read		# Apro il file in lettura

		move	$a0, $v0			# Salvo il descrittore del file per la prossima procedura
		la	$a1, bufferKey		# Carico il buffer che conterra' la chiave
		li	$a2, 4			# Imposto la dimensione del buffer
		jal	readFile		# Vado alla procedura di lettura da file

		lw	$ra, 0($sp)		# Carico il registro di ritorno
		addi	$sp, $sp, 4		# Dealloco lo spazio della pila
		jr $ra				# Torno al precedente Jal

# writeMessage : Procedura dedicata alla scrittura del file CIFRATO o DECIFRATO
# Parametri :	$a0 <-- descritttore del file da leggere (l'etticheta che conitiene il percorso)
#
# Valore di ritorno:	void
writeMessage:	addi	$sp, $sp, -4		# Alloco spazio nello stack per una parola
		sw	$ra, 0($sp)		# Salvo il registro di ritorno del chiamante
						# $a0<--DESCRITTORE DEL FILE
		jal	openFile_write
		move	$a0, $v0			# Passo il descrittore del file in $a0

		la	$a2, bufferReader	# Salvo l'indirizzo di bufferReader in $a2
		jal	bufferLength		# Per poi trovarne la lunghezza

		move	$a2, $v1			# Recupero in $a2 il valore restituito da bufferLength
		la	$a1, bufferReader	# Salvo l'indirizzo di bufferReader in $a1
		jal	writeFile		# Per poi scrivere il buffer nel file

		li	$v0, 16			# Chiamata a sistema di chiusura file
		move	$a0, $a1			# Passo in $a0 l'indirizzo del file
		syscall

		lw	$ra, 0($sp)		# Reimposto il registro del chiamante
```

```
                addi    $sp, $sp, 4             # Dealloco spazio dello stack
                jr $ra                          # Torno al main

# openFile_read: Procedura che permette di aprire un file in solo lettura
# $a0: Descrittore del file
#
# Valore di ritorno :   $v0 <-- Indirizzo di memoria del buffer con i dati letti
openFile_read:  li      $v0, 13                 # Chiamata a sistema per apertura file
                li      $a1, 0                  # Flag di lettura
                li      $a2, 0                  # (Ignorato)
                syscall

                jr $ra

# openFile_write: Procedura che permette di aprire un file in solo scrittura
# $a0: Descrittore del file
#
# Valore di ritorno :   $v0 <-- Indirizzo di memoria del buffer con i dati letti
openFile_write: li      $v0, 13                 # Chiamata a sistema per apertura file
                li      $a1, 1                  # Flag di scrittura
                li      $a2, 0                  # (Ignorato)
                syscall

                move $v1, $v0                   # Salvo il percorso del file in $v1
                jr $ra

# readFile: Procedura per la lettura dei file
# $a0: Descrittore del file
# $a1: Registro che contiene l'indirizzo di partenza del buffer di riferimento
# $a2: Grandezza del buffer di riferimento
# VALORE DI RITORNO:    $v0 <-- REGISTRO DEL BUFFER CON I DATI LETTI
readFile:       li      $v0, 14
                syscall

                jr $ra

# WRITE-FILE: PROCEDURA PER SCRIVERE IL CONTENUTO NEL FILE
# $a0: Descrittore del file
# $a1: Registro che contiene l'indirizzo di partenza del buffer di riferimento
# $a2: Grandezza del buffer di riferimento
writeFile:      li      $v0, 15
                syscall

                jr $ra
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------#
exit:           lw      $ra, 0($sp)
                lw      $s0, 4($sp)
                lw      $s1, 8($sp)
                lw      $s2, 12($sp)
                addi    $sp, $sp, 16            # Dealloco spazio dello stack per chiuderlo definitivamente

                li      $v0, 4                  # Visualizza il messaggio di terminazione del programma
                la      $a0, done               # "Operazione Terminata."

                syscall

                li      $v0,10
                syscall                         # terminazione del programma
```