Progetto Assembly MIPS A.A. 2018/2019

Relazione

Informazioni e data di consegna

Autore: Matteo Menichetti (matteo.menichetti@stud.unifi.it);
Data di consegna: 29 agosto 2019

Descrizione soluzione adottata

Sezione .data

Questa sezione è dedicata alla memoria statica del programma. Sono dichiarate delle procedure che permettono di allocare un determinato numero di byte, utilizzando la direttiva .space (dove verranno inseriti il messaggio e la chiave), e di raggiungere i file utili per l'esecuzione del programma. I file saranno utilizzati per estrarre il messaggio e la chiave e per inserire il messaggio criptato o decriptato. La direttiva .space 256 analoga al messaggio è dovuta alla richiesta di spazio aggiuntivo quando è richiesta la cifratura con gli algoritmi A, B, C in quanto l'aumento del valore ASCII, senza il dovuto spazio, andrebbe a sovrascrivere la memoria statica dedicata all'utente.

Sezione .text

Nelle procedure a seguire alcuni registri hanno la caratteristica di contenere valori, in modo univoco per tutte le procedure, che variano il comportamento del programma e sono:

- $s0 contiene l'indirizzo in memoria del messaggio;
- $s1 contiene l'indirizzo in memoria della chiave;
- $t4 contiene il numero di caratteri del messaggio (variano tra gli algoritmi A-B-C-D e l'algoritmo E);
- $t7 contiene un valore (0/1) a seconda se il programma è in fase di crittografia (0) o decrittografia (1);

Procedura **main:** viene memorizzato l'indirizzo di memoria ($ra) all'interno della sezione di memoria preposta per l'utilizzo della struttura dati Stack. Vengono invocate due procedure che impostano l'apertura dei file a seconda della fase del programma (cifratura o decifratura).

Procedure **open_File-suff e read_-suff:** sono utilizzate per aprire i file "messaggio.txt" e "chiave.txt" inserendo il contenuto di questi in due buffer separati.

Procedura **selectAlg:** questa procedura è utilizzata per scorrere il contenuto del buffer contente la chiave ed a seconda del valore del registro $t7 viene scorso da sinistra verso destra o al contrario.

PSEUDOCODICE:

//in fase di cifratura T7 assume valore “false” (0)

S0 <— INIZIO MESSAGGIO

T2 = S0[i]

IF !(A < T2 < E)—>Scrivi il risultato

IF (T7) —> i-1 //per percorrere a ritroso il cifrario viene in/decrementato

ESLE i+1

IF (A < T2 < B) —> ALGORITMOABC

IF (T2 == C) —> ALGORITMOC

IF (T2 == D) —> ALGORITMOD

IF (T2 == E) —> ALGORITMOE

SALTO A PROC. selectAlg

Procedura **ALGORITMOABC:** procedura che determina, se in fase di cifratura, debba essere effettuata una somma, caricando l’immediato 4 nel registro $t0 o invocare la procedura **algDecod.**

La procedura **ALGORITMOABC** utilizza procedure secondarie per effettuare le operazioni di somma e di scrittura dei caratteri cifrati commentate all’interno del sorgente. Una caratteristica degli algoritmi A, B, C e D è che non richiedono memoria ausiliaria per la cifratura o decifratura del messaggio.

PSEUDOCODICE:

WHILE (i < S0.lunghezza){

IF (S0[i] + 4 > 255) —> S0[i] = (S0[i] + 4) / 256

ELSE S0[i] = S0[i] + 4

IF (S1[i] == A) —> i + 1

IF (B < S1[i] < C) —> i + 2

}

SALTO A PROC. selectAlg

Procedura **ALGORITMOD:** procedura che inverte i caratteri del messaggio utilizzando il numero di caratteri da cui è composto ($t4). Sommando $t4 all’indirizzo associato a $s0 (somma nel registro $t2) e copiando l’indirizzo del messaggio ($s0) in un secondo registro ($t3) si evita la modifica del registro da preservare $s0. L’algoritmo utilizza una seconda procedura, “procedAD”, per scambiare effettivamente i caratteri.

Procedura **procedAD:** procedura che effettua gli scambi dei caratteri utilizzando due registri di appoggio ($t1 e $t5) dove vengono salvati i caratteri all'indirizzo base contenuto all'interno del registro utilizzato.

PSEUDOCODICE:

i = 0

j = S.lunghezza - 1

WHILE (T3 < T2) {

T1 = S0[i]

T5 = S0[j]

S0[i] = T5

S0[j] = T1

i + 1

j - 1

}

ELSE SALTO A PROC. lbkey

Procedura **ALGORITMOE:** la procedura ALGORITMOE applica, con procedure secondarie, l'algoritmo E.

In questa procedura, oltre lo stack, per memorizzare i dati generati dall'algoritmo riguardati i registri da preservare, viene implementata una linkedlist, una per ogni applicazione dell'algoritmo E, che consente di memorizzare in quali posizioni sono allocati i caratteri del messaggio da cifrare. La linkedlist è costruita, utilizzando il registro $t2 come testa e $t3 come coda, in modo che per ogni elemento che la compone si ha che: 4 byte vengono utilizzati per memorizzare l'indirizzo successivo all'elemento inserito, 4 byte sono dedicati al carattere che viene inserito (il quale viene estratto dal messaggio da cifrare) e 4 byte per la posizione in cui è allocato il carattere all'interno del messaggio da cifrare. L'algoritmo utilizzerà, dopo il carattere precedentemente inserito, 8 byte invece che 12 byte dove i primi 4 byte sono utilizzati per inserire l'indirizzo dell'elemento successivo mentre i secondi 4 byte sono utilizzati per memorizzare la posizione a cui è allocato il carattere del messaggio precedentemente inserito. I 4 byte riguardanti l'indirizzo della memoria dell'elemento successivo sono portati a zero nel caso dell'inserimento in coda. La distinzione tra numero, che caratterizza la posizione del carattere, e carattere ASCII del messaggio cifrato è la sezione di memoria che compone la linkedlist. Quando viene analizzata una porzione di memoria con indirizzo di base che 'punta' all'indirizzo dell'elemento successivo (es. lw $t0, 0($t2)) avremo che con offset 8 (es. lw $t0, 8($t2)) il dato estratto si differenzia da un numero ridotto, nel caso si abbia un carattere ASCII del precedente messaggio, o dall'indirizzo di una porzione di memoria, quindi un numero molto alto, che caratterizza il formato da 8 byte. Il dato da estrarre è in posizione 4($t2) e sarà un numero intero che rappresenta la posizione all'interno della parola da cifrare di un carattere.

Il messaggio cifrato viene composto facendo la distinzione, tra porzioni di memoria, precedentemente descritta inserendo il messaggio cifrato in una nuova porzione di memoria. Questo per non corrompere la porzione di memoria del messaggio su cui viene applicato l'algoritmo. Per calcolare la memoria necessaria viene utilizzata la procedura **calcT4**.

I registri $t8 e $t9 sono utilizzati, nelle procedure per l'inserimento di un carattere all'interno della linkedlist, per stabilire a che posizione è un determinato carattere all'interno del messaggio da cifrare. Il registro $t9 viene

incrementato ogni qualvolta si seleziona il carattere da cercare, all'interno della linkedlist, mentre $t8 viene utilizzato per scorrere il messaggio da cifrare dalla posizione $t9 fino alla sua fine, per cercare in quali posizioni sono le parole da inserire. La ricerca, tramite la procedura **search**, cerca all'interno della linkedlist il carattere del messaggio preso in considerazione per la cifratura. Questa ricerca viene effettuata per evitare di inserire due volte un carattere già presente all'interno della linkedlist. La ricerca ha inizio dalla 'testa' della linkedlist ($t2) ed arriva alla 'coda' ($t3) quando la ricerca è senza successo e quindi il carattere da cifrare, caricato nel registro $t5, è da inserire all'interno della struttura dati. L'inserimento avviene tramite la procedura **addT5**. Questa procedura è caratterizzata dalla chiamata a sistema SBRK, ricerca 12 byte in memoria (che funzionerà come estensione alla linkedlist già esistente), e dall'inserimento del carattere all'interno della linkedlist, con annessa posizione all'interno del messaggio da cifrare. La procedura count, in seguito all'assegnazione dei registri $s0 e $t9 ai registri $t6 e $t8, scorre il messaggio per memorizzare all'interno della linkedlist, dopo una chiamata a sistema SBRK, ogni posizione in cui è presente il carattere da cifrare.

PSEUDOCODICE:

ALGORITMO E: IF (T7) —> compS0

initLL: T2 <— 0 //TESTA

T3 <— 0 //CODA

selectT5:

T5 <— S0[i]

ctrlT5E:IF (T5 == 0) —> instanceLL

ELSE SALTO A PROC. search

instanceLL:

Chiamata a sistema SBRK (A0 = 12)

IF (T3 == 0) —> newLL

ELSE SALTO A PROC. CHIAMANTE

search: T6 = T2

IF (T6[0] == 0) —> addT5

assT7: T7 = T6[4]

IF (T5 == T7) —> updateT6

IF (T6 == T3) —> updateT6

T7 = T6[8]

IF (T7 == 0 or T7 > 200000000) —> updateT6

T9 + 1

SALTO A PROC. selectT5

updateT6:

T6 = T6[0]

SALTO A PROC. assT7

calcT4: T6 = T2

ctrlT7C:IF (T7 == 0) —> SALTO A PROC. CHIAMANTE

T7 == T6[8]

IF (T7 > 200000000) —> T7 = T6[4] SALTO AGLI IF

T4 + 1 // una posizione per il carattere

IF (T7 > 99) —> IF (T7 > 999) —> T4 + 5 // 5 posizioni per il trattino e le quattro cifre che compongono numeri maggiori di 999

ELSE T4 + 3 ELSE T4 + 4 // 3 o 4 posizioni, a seconda della grandezza del numero per il trattino e le cifre che compongono il numero che caratterizza la posizione del carattere del messaggio da cifrare

T6 = T6[0]

SALTO A PROC. ctrlT7C

Procedura **reCompS0:** questa procedura è invocata dalla procedura **ALGORITMOE** quando il programma è in fase di cifratura del messaggio. Questa procedura mira a comporre i valori contenuti all'interno della linkedlist per creare il messaggio cifrato e utilizza procedure secondarie per comporre il messaggio cifrato quali **calcT4** e **initSBRK**, il quale utilizzo è già noto. Vengono memorizzati due valori, 45 e 32, in due registri, rispettivamente $t6 e $t7, che rappresentano i valori ASCII dei caratteri "-" e " ".

Procedura **decNum:** questa procedura permette di trasformare i numeri interi, che caratterizzano la posizione all'interno del messaggio da cifrare, in valori ASCII, per essere rappresentabili graficamente o viceversa. Tramite il frame pointer viene memorizzata l'indirizzo in cui sono memorizzati i dati che richiedono il mantenimento di una posizione nota. Tramite il registro $t6 viene inserito un "-".

Procedura **cycleDIV** & **swapValue:** queste procedure tramite la divisione del valore contenuto in $t5 permettono di eseguire il modulo e di sommare 48 al risultato ottenuto dal modulo. L'operazione di modulo è sostenuta attraverso la divisione per 10 del numero associato al registro $t5 e dal trasferimento della parte alta della divisione nel registro $t3. Il valore associato ad HI, in questo caso, può essere definito come il numero che viene trascritto dopo la virgola, quando dividiamo per 10, oppure come risultato del modulo 10 di un numero. Il valore associato a LO è associato, nel caso di una divisione per 10, alle restanti cifre che compongono il numero diviso per 10.

PSEUDOCODICE (procedura **decNum**):

i = 0

IF (T7 == 1) —> multD

WHILE (T5 > 0){

T3 = (T5 mod 10) + 48

T5 = T5 / 10

APP[i] <— T3

i + 1

} ELSE {

WHILE (i == 0){

V0[j] <— APP[i]

i - 1

j + 1

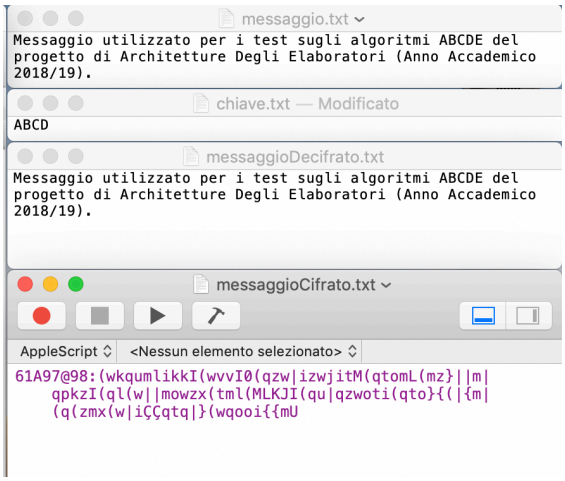
}

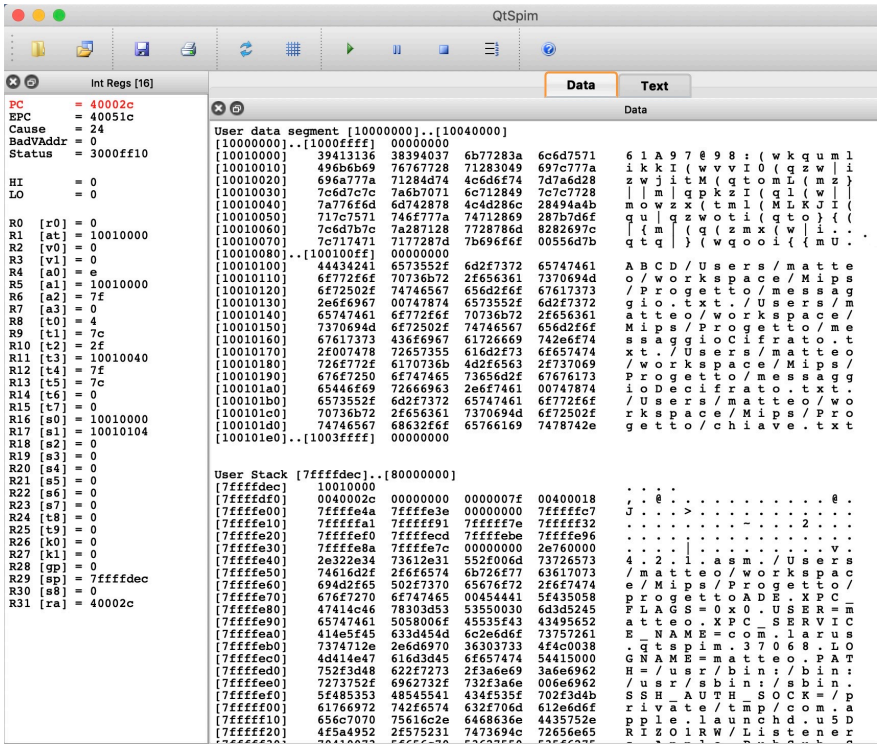
}

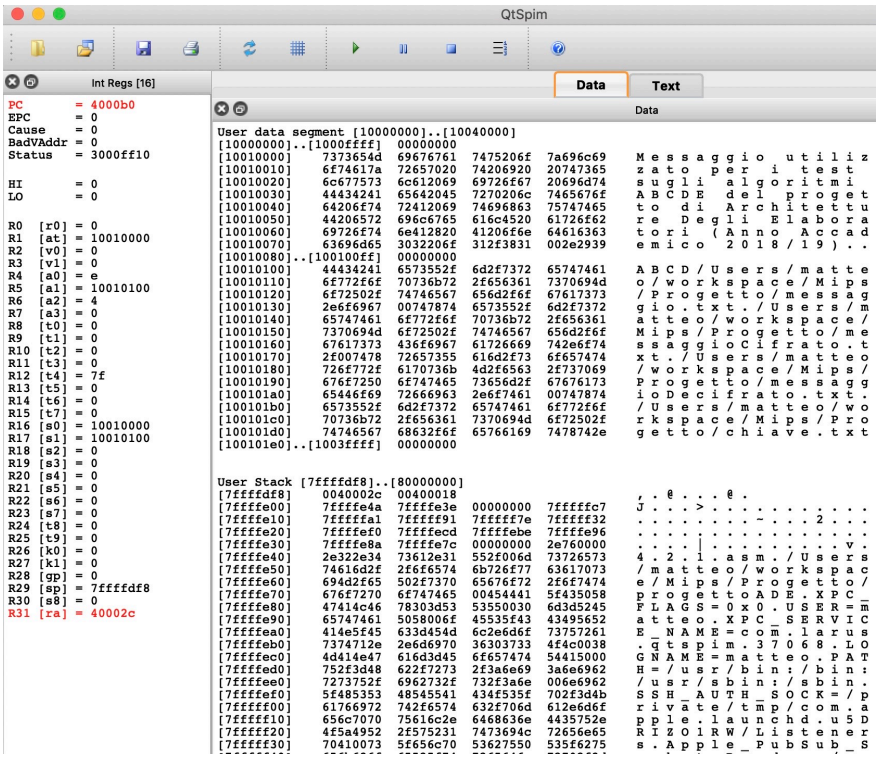
La rappresentazione tramite lo pseudocodice mostra che il vettore **APP** è, nel codice che compone il progetto, rappresentato dallo stack e l'indice i è rappresentato dall'indirizzo contenuto all'interno del registro $sp. L'operazione di modulo viene effettuata tramite l'associazione del valore di HI (tramite istruzione specifica mfhi); il controllo del primo ciclo while è rappresentato dal salto condizionato beq $t3, cycleDiv; infine il controllo sul secondo ciclo while è il salto condizionato bene $fp, $sp, swapValue.

Test di corretto funzionamento

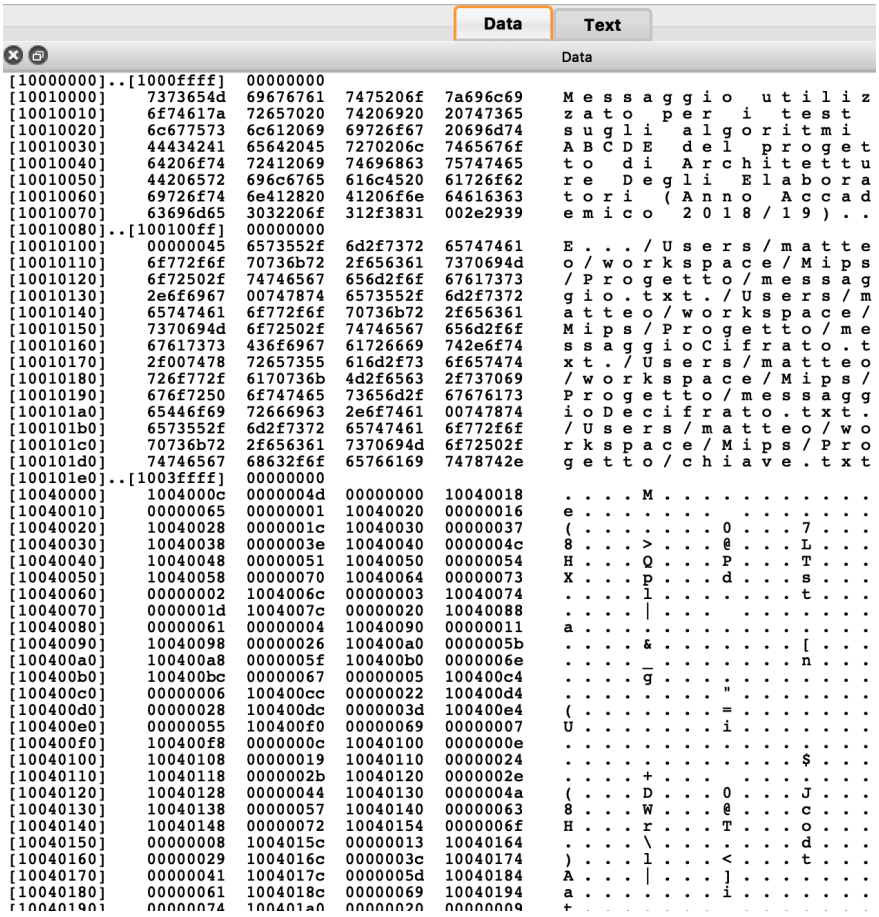
Test con chiave "ABCD":

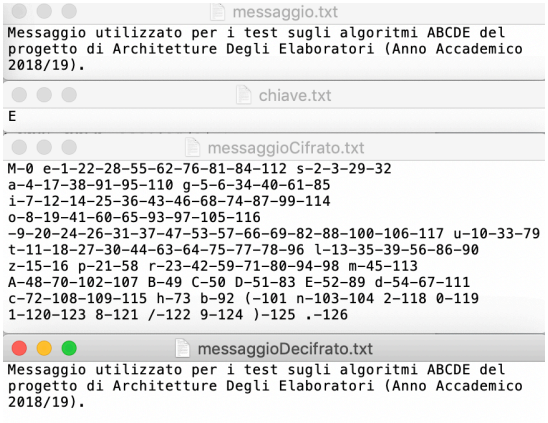


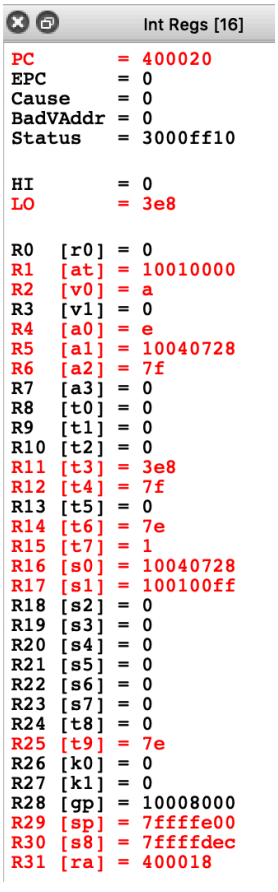




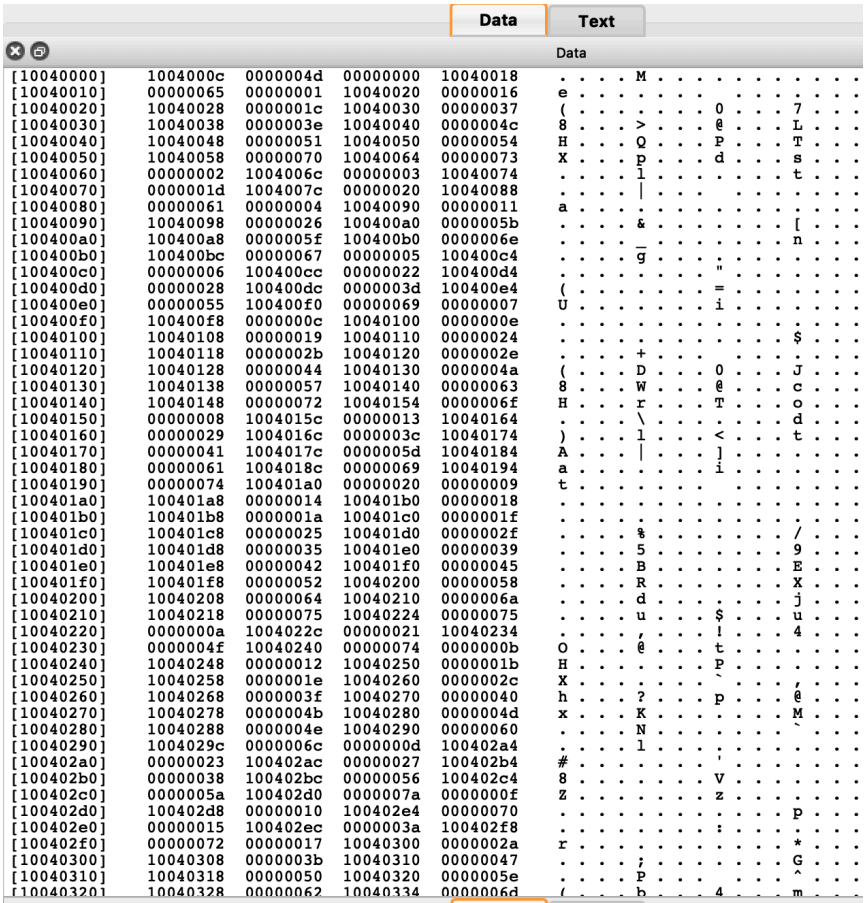
Test chiave E:







RELAZIONE ASSEMBLY MIPS AA 2018/2019



RELAZIONE ASSEMBLY MIPS AA 2018/2019

CODICE

```
.data
bufferMsg: .space 256 #direttiva utilizzata per allocare 256 byte per il messaggio
bufferKey: .space 4 #direttiva utilizzata per allocare 4 byte per la chiave
#percorso dei file utilizzati per la cifratura dei messaggi
nameFileInput: .asciiz "/Users/matteo/workspace/Mips/Progetto/messaggio.txt"
nameFileOutput: .asciiz "/Users/matteo/workspace/Mips/Progetto/messaggioCifrato.txt"
nameFileOutputReverse: .asciiz "/Users/matteo/workspace/Mips/Progetto/messaggioDecifrato.txt"
nameFileKey: .asciiz "/Users/matteo/workspace/Mips/Progetto/chiave.txt"
.text
main:   sw $ra, 0($sp)   #inserimento dell'indirizzo di ritorno dell'exception handler
        jal open_FileMsg
        j setRegReverseProcess
open_FileMsg:
        li $v0, 13          #carico il numero 13 nel registro $v0
        la $a0, nameFileInput    #carico l'indirizzo in memoria 'nameFileInput'
        move $a1, $zero          #imposto flag e modalità per poter solamente leggere dopo l'apertura del file
        move $a2, $zero
        syscall             #chiamata a sistema e passaggio del descrittore del file
        move $a0, $v0
read_Msg:
        li $v0, 14          #carico il numero 14 nel registro $v0
        la $a1, bufferMsg          #carico l'indirizzo in memoria 'bufferMsg'
        li $a2, 256         #imposto la lunghezza del buffer (256 byte)
        syscall             #chiamata a sistema
        la $s0, bufferMsg #carico l'indirizzo del messaggio in $s0 e verra' utilizzato come registro di base applicare gli algoritmi
        sub $sp, $sp, 4  #preservo l'indirizzo del registro $ra (indirizzo dell'istr. j setRegReverseProcess) per poter invocare la procedura 'close'senza perdere il valore del registro
        sw $ra, 0($sp)
        move $t4, $v0 #al registro $v0 è associato il numero di caratteri contenenti all'interno del file aperto.
        jal close
```

open_FileKey: #'open_fileKey' e 'read_Key' sono procedure analoghe a quelle riguardanti l'apertura del file "messaggio.txt"

```
li $v0, 13
la $a0, nameFileKey
move $a1, $zero
move $a2, $zero
syscall
move $a0, $v0
```

read_Key:

```
li $v0, 14
la $a1, bufferKey
li $a2, 4
syscall
la $s1, bufferKey
jal close
lw $ra, 0($sp) #estrazione dell'indirizzo di ritorno precedente alla chiusura del file
```

storeSP:sub $sp, $sp, 12 #sottrazione di 3 parole per preservare l'indirizzo del messaggio da de/cifrare, l'indirizzo di ritorno e il registro $t7. Il registro $ra contiene l'indirizzo successivo al salto incondizionato contraddistinto dall'utilizzo della jal; il registro $t7 contiene un selettore, così da poter selezionare la fase in cui un algoritmo deve operare (fase in cui viene cifrato, valore 0, e fase in cui viene decifrato il messaggio, valore 1) ed il registro $t4 è utilizzato per tenere traccia del numero dei caratteri da cui è composta una parola

```
sw $s0, 0($sp)   #dati da preservare
sw $ra, 4($sp)
sw $t7, 8($sp)
sw $t4, 12($sp)
j lbKey #non vi e' necessita' di ricaricare gli indirizzi del messaggio e del ritorno perche' gia' corretti
```

selectAlg:

```
lw $s0, 0($sp)
lw $ra, 4($sp)
```

lbKey: lb $t2, 0($s1) #carichiamo byte per byte il contenuto della chiave per poi applicare al messaggio ogni algoritmo di cifratura

ctrl: blt $t2, 65, decisionFileOut # i valori compresi tra 65 e 69 (codice ASCII in base 10) rappresentano le lettere A-B-C-D-E e quando il valore di $t2 e' diverso gli algoritmi da applicare sono terminati ed e' possibile scrivere il messaggio nel file apposito

```
bgt $t2, 69, decisionFileOut
```

beq $t7, 1, subS2 # se il programma è in fase di decifratura viene decrementato di un byte l'indirizzo della chiave

```
        addi $s1, $s1, 1
select:  ble $t2, 66, ALGORITMOABC#scelta dell'algoritmo da applicare
        beq $t2, 67, ALGORITMOC
        beq $t2, 68, ALGORITMOD
        beq $t2, 69, ALGORITMOE
        j lbKey
decisionFileOut:
        beqz $t7, open_Fileout # quando $t7 e' asserito scriviamo in "messaggioCifrato.txt" oppure in "messaggioDecifrato.txt"
        j open_FileMsgCripted
subS2:  sub $s1, $s1, 1
        j select
ALGORITMOC:
        addi $s0, $s0, 1 #l'algoritmo C richiede di cifrare i caratteri contentuti in posizioni dispari e come indirizzo di parte verra' incrememtato l'indirizzo di base di un byte
ALGORITMOABC:
        beq $t7, 1, assT0
        li $t0, 4 #valore utilizzato per la somma di 4 posizioni del valore ASCII del carattere
assT5ABC:
        lb $t5, 0($s0)    #lettura del primo carattere all'indirizzo 0($s0)
ctrlT5:  beqz $t5, selectAlg        #arrivato al termine del buffer del messaggio viene richiamata la procedura selectAlg
        add $t5, $t5, $t0#somma di 4 o -4
div256: bgt $t5, 255, divMod     #modulo 256 del valore del carattere per poter dare una rappresentazione anche agli ultimi 15 caratteri ASCII quando vengono applicate i cifrari A-B-C una o piu' volte
store:   sb $t5, 0($s0)    #scrittura del carattere cifrato
        beq $t2, 65, ALGORITMOA    #selezione dell'incremento dell'indirizzo, a seconda delle richieste dell'algoritmo
        ble $t2, 67, ALGORITMOBC
        j assT5ABC
assT0:  li $t0, -4          #in fase di decifratura si assegna il valore -4 per procedere al contrario rispetto alla cifratura
        j assT5ABC
ALGORITMOA:
        addi $s0, $s0, 1 #avanzamento di un byte / carattere
        j ALGORITMOABC
ALGORITMOBC:
        addi $s0, $s0, 2 #avanzamento di due byte / carattere
```

```
        j assT5ABC

ALGORITMOD:
        add $t2, $s0, $t4           #somma all'indirizzo in memoria del messaggio del numero di caratteri -1
        move $t3, $s0    #assegnazione di $s0 a $t3 per evitare di modificare $s0
procedAD:
        sub $t2, $t2, 1
        bgt $t3, $t2, lbKey #appena i due valori si incrociano $t3 diventa maggiore di $t2, viene invocata la procedura
lbKey   lb $t1, 0($t3)
        lb $t5, 0($t2)
        sb $t1, 0($t2)
        sb $t5, 0($t3)
        addi $t3, $t3, 1
        j procedAD
ALGORITMOE:
        beq $t7, 1, compS0 #fase di decifratura
initLL: move $t2, $zero#inizializzazione dei registri usati nelle procedure seguenti $t2 = testa LINKEDLIST
        move $t3, $zero #coda LINKEDLIST
        move $t9, $zero#$t9 e' il registro utilizzato come contatore ed e' tenuto aggiornato per sapere, passo passo, il
numero della posizione del carattere rispetto all'inizio della parola durante l'esecuzione dell'algoritmo
selectT5:
        lb $t5, 0($s0)     #estrazione del carattere
ctrlT5E:
        beqz $t5, reCompS0 #se $t5 e' uguale a 0 invoca la procedura che ricompone il messaggio
        add $s0, $s0, 1
ctrlLL: beqz $t2, instanceLL #quando $t2 e' uguale a 0 (l'elemento in testa non esiste) senno' cerca il carattere ($t5)
        j search
instanceLL: #chiamata sbrk. Instanzia uno spazio di 3 words (12 byte)
        li $v0, 9
        li $a0, 12
        syscall
        beqz $t3, newLL #se la coda non è stata inizializzata viene invocata la procedura newLL
        jr $ra
newLL:  move $t2, $v0 #inizializzazione della LinkedList
        move $t3, $v0    #testa ($t2) = coda ($t3)
        sw $zero, 0($t2)# 0-3 byte caratterizzati dall'indirizzo all'elemento successivo contenuto nella linkedlist
```

```
        sw $t5, 4($t2) #4-7 byte caratterizzati dal contenere il carattere contenuto nel messaggio
        sw $zero, 8($t2)#8-11 byte, posizione in cui è allocato il carattere nel messaggio da cifrare
        j count
addT5:  add $t9, $t9, 1#viene incrementato di 1 perche' altrimenti rimarrebbe al valore della precedente parola
        jal instanceLL
assV0A:sw $v0, 0($t3)#inserisco nuovo indirizzo della coda
        move $t3, $v0 #aggiorno coda della linkedlist con il nuovo indirizzo
        sw $zero, 0($t3) #inserisco 0 perche' e' l'ultimo elemento della linkedlist (0-3 byte)
        sw $t5, 4($t3)    #inserisco il carattere da cifrare (4-7 byte)
        sw $t9, 8($t3) #inserisco posizione del carattere da cifrare (8-11 byte)
count:  move $t6, $s0    #inizializzazione del registro $t6 con l'indirizzo della parola per evitare di modificare $s0
        move $t8, $t9    #$t8 utilizzato dalla posizione contenuta in $t9 alla fine del messaggio
ASST7E:
        lb $t7, 0($t6)     #estraggo il carattere da confrontare con il carattere da cifrare
        add $t8, $t8, 1 #aggiorno la posizione del carattere estratto
ctrlT7:  beqz $t7, selectT5 #se $t7 e' uguale a zero la procedura e' a fine messaggio da cifrare
        beq $t7, $t5, trueT7e5 #se i caratteri, quello estratto dal messaggio da cifrare e quello da cifrare, hanno lo stesso valore ASCII viene inserito il valore del registro $t8 all'interno della linkedlist
incrT6: add $t6, $t6, 1   #avanzamento di un carattere del messaggio
        j ASST7E
trueT7e5:
        li $v0, 9 #allocazione spazio per inserire il valore associato a $t8 (4 byte) e l'indirizzo dell'elemento successivo (4 byte)
        li $a0, 8
        syscall
assV0C:sw $v0, 0($t3)#inserimento del nuovo indirizzo della coda
        move $t3, $v0#aggiorno l'indirizzo della 'coda' della linkedlist
        sw $zero, 0($t3)#inserisco 0 nei primi 4 byte perche' e' l'ultimo elemento della linkedlist
        sw $t8, 4($t3)#inserisco $t8 allinterno della linked list
        j incrT6
reCompS0:
        jal calcT4 #calcolo del numero di caratteri del messaggio cifrato
        li $t6, 45 #assegnazione dei valori "-" e " " con il valore ASCII in base 10
        li $t7, 32
        jal initSBRK #allocazione della memoria per il messaggio cifrato
        sw $v0, 0($sp)#aggiornamento del indirizzo del messaggio cifrato
```

```
firstComp:
        lw $t5, 4($t2)#estrazione primo carattere
        sw $t5, 0($v0)#inserimento del primo carattere
        addi $v0, $v0, 1#scorrimento di un carattere l'indirizzo base del messaggio cifrato
        move $t5, $zero #trasferimento di zero in $t5
        j decNun
calcT4: move $t6, $t2 #duplico l'indirizzo contenuto in $t2
        li $t7, 1 #per evitare il salto condizionato assegnazione di 1 al registro $t7
cfrT7C: beqz $t7, jump #controllo sul valore contenuto all'indirizzo 0($t6). la seguente istruzione solleverebbe un'eccezione se non esiste l'elemento ad indirizzo 8($t6)
        lw $t7, 8($t6) #caricamento del valore all'indirizzo 8($t6)
        bgt $t7, 200000000, assT7 #quando persiste un valore alto nella porzione di memoria 8($t6) il contenuto da utilizzare nel messaggio e' solo un numero (contenuto all'indirizzo 4($t6))
        bgt $t7, 99, assT5 #quando non si verifica la condizione precedente i valori validi da inserire nel messaggio cifrato sono contenuti agli indirizzi con offset 4 e 8($t6) ed a seconda della grandezza dei loro valori verra' incrementato il valore associato a $t4 (utilizzato poi dalla procedura initSBRK quando viene eseguito il salto condizionato beqz $t7, jump)
        addi $t4, $t4, 3 #3 posizioni per il carattere del messaggio cifrato, la posizione ed il trattino da posizionare tra carattere e numero
seT50:  move $t5, $zero#$t5 e' utilizzato come selettore per il conteggio dei caratteri del messaggio cifrato
        addi $t4, $t4, 1
assT7:  beq $t5, 1, seT50
        lw $t7, 4($t6)
        bgt $t7, 99, t7gt99 #3 o 4 posizioni, a seconda della grandezza del numero per il trattino e le cifre che compongono il numero che caratterizza la posizione del carattere del messaggio da cifrare
        addi $t4, $t4, 3
        j incrT6C
assT5:  li $t5, 1
        bgt $t7, 999, t7gt999
t7gt99:  addi $t4, $t4, 4
cfrT5.1:beq $t5, 1, assT7
incrT6C:
        lw $t6, 0($t6) #aggiornamento all'elemento successivo della linkedlist
        beqz $t6, jump #controllo sulla posizione della linkedlist
        lw $t7, 0($t6) #estrazione del
        j cfrT7C
t7gt999:addi $t4, $t4, 5 # 5 posizioni per il trattino e le quattro cifre che compongono i numeri maggiori di 999
```

j cfrT5.1

cfrT2: beqz $t2, stackPointerVar #salto condizionato, se viene eseguito e' stata composto completamente il messaggio cifrato

assT58: lw $t5, 8($t2) #assegnazione del valore all'indirizzo 8($t2)

bgt $t5, 200000000, T5eq0R#se il valore $t5 il contenuto da prendere in considerazione è quello all'indirizzo 4($t2) e rappresenta la posizione di un carattere all'interno del messaggio da cifrare (organizzazione a 8 byte)

beqz $t5, T5eq0R #in ultima posizione della linkedlist $t5 assume valore 0 e quindi il valore da estrarre e' il numero in posizione 4($t2)

lw $t8, 4($t2)#il valore contenuto in $t5 e' un intero che rappresenta il carattere all'indirizzo 4($t2) (organizzazione a 12 byte)

storeT75:

sb $t7, 0($v0)#347 viene inserito uno spazio per distanziare gli interni (le posizioni del precedente carattere) dal carattere da inserie (con analoghe posizioni)

sb $t8, 1($v0)#inserimento del carattere estratto come ultimo carattere del messaggio cifrato

incrV0: addi $v0, $v0, 2# avanzamento di due posizioni a causa dell'inserimento dello spazio e del carattere

j decNum

T5eq0R:

lw $t5, 4($t2)

j decNum

cfrT5: beqz $t5, stackPointerVar #nel caso che anche l'indirizzo all'elemento

j assT58

decNum:

beq $t7, 1, multD

move $fp, $sp

sb $t6, 0($v0)#scrittura del carattere "-"

addi $v0, $v0, 1 #incremento dovuto all'aggiunta del trattino

cycleDIV:

div $t5, $t5, 10

mfhi $t3

addi $t3, $t3, 48 #somma che permette di rappresentare le cifre (0-9)dei numeri, quindi scomposti cifra per cifra

sub $sp, $sp, 1

sb $t3, 0($sp)#inserimento del numero all'interno dello stack

mflo $t3

bnez $t3, cycleDIV #ciclo fin quando non saranno inserite tutte le cifre all'interno dello stack, utilizzatto come appoggio per evitare di scrivere al contrario (posizione 125 diventerebbe 521) le lettere nel messaggio cifrato (non conoscendo la quantita' precisa di cifre)

swapValue:

lb $t3, 0($sp)

sb $t3, 0($v0)

addi $v0, $v0, 1

addi $sp, $sp, 1

bne $fp, $sp, swapValue#ciclo per inserire correttamente le cifre del che compongono la posizione in cui e' presemte il carattere

incrT2: lw $t2, 0($t2) #incrementa $t2 effettuare un controllo sulla 'testa' della linkedlist

move $t5, $zero

j cfrT2

multD: move $t6, $zero#in fase di decifratura del messaggio i numeri interi che rappresentano la posizione in cui il carattere era allocato prima della precedente applicazione dell'algoritmo e devono essere riportati a numeri utilizzabili dall'algoritmo

li $t3, 1 #caricamento necessario per inizializzare il registro $t3 (utilizzato per moltiplicare per multipli di 10 i numeri derivati dalla conversione del messaggio cifrato)

cycleMULT:

lb $t5, 0($s0)

beq $t5, 45, refrSp#appena incontra il valore "-" o con $t3>1000 salta alla procedura refrSp (restituisce il numero derivato dalla sequenza trasformata in precedenza come sequenza di valori, in base 10, compresi tra 48 e 57)

bgt $t3, 1000, refrSp

sub $t5, $t5, 48

mul $t5, $t5, $t3

mul $t3, $t3, 10

add $t6, $t6, $t5

sub $s0, $s0, 1

j cycleMULT

search: move $t6, $t2#inizializzazione $t6 con l'indirizzo contenuto in $t2 per evitare di modificare $t2

firstSearch:

j asst7#salto incondizionato al confronto tra caratteri

updateT6:

lw $t6, 0($t6) #incremento di $t6 all'indirizzo dell'elemento successivo della linkedlist

assT7S: beqz $t6, addT5 #se $t6 e' uguale a 0 non e' presente il carattere all'interno della linkedlist e va insierito con le posizioni in cui e' presente all'interno del messaggio da cifrare

asst7: lw $t7, 4($t6) #caricamento del valore da confrontare con quello da inserire, se sono diversi aggiorna $t6

cfrT57: bne $t5, $t7, updateT6

ctrlS: sub $t7, $t6, $t3#421 sottrazione e controllo dovuti alla verifica sull'indirizzo in $t6. se uguale a $t3 la ricerca è arrivata a fine linkedlist e quindi il carattere associato a $t5 deve essere inserito nella linkedlist

```
        beqz $t7, addT5
        lw $t7, 8($t6)
        bgt $t7,200000000, updateT6
        beqz $t7, updateT6
addT9:  addi $t9, $t9, 1
        j selectT5
compS0:
        lw $t4, 12($sp)#carica il numero di caratteri preventivamente calcolato
        jal initSBRK#chiamata SBRK per comporre il messaggio decifrato
        j compSP
assT2:  lb $t2, 0($s0)#carica il carattere che verra' inserito nelle posizioni calcolate in base al messaggio cifrato
incrS0: addi $s0, $s0, 2#incremento di 2 posizioni dovuto dal valore "-" che divide il carattere dall'intero che rappresenta la posizione nella quale deve essere inserito. (M-0 e-1-ecc.)
assT8:  lb $t8, 1($s0)#estrazione del valore in posizione 1($s0)
        beq $t8, 45, trueT5eq4532#se il valore estratto e' un "-" o " " significa che all'indirizzo $s0 e' presente l'ultima cifra del numero intero che contraddistingue la posizione che deve assumere i carattere associato al registro $t2
        beq $t8, 32, trueT5eq4532
        beqz $t8, trueT5eq4532
        addi $s0, $s0, 1
        j assT8#fin quando non viene associato al registro $t8 il valore "-" o " " $s0 viene incrementato di uno
compSP:         addi $sp, $sp, 4 #aggiornamento dello stack (diminuisce di una parola lo stack perche' non e' piu' necessario il valore all'indirizzo 12($sp)
        sw $v0, 0($sp)
        sw $ra, 4($sp)
        sw $t7, 8($sp)
        sw $t4, 12($sp)
        j assT2
trueT5eq4532:
        sub $sp, $sp, 8#$t8 e' uguale a "-" o " " e quindi vengono preservati i valori dei registri $s0 e $ra
        sw $s0, 0($sp)
        sw $ra, 4($sp)
        j decNum
refrSp: lw $s0, 0($sp)#ripristina i registri da preservare
        lw $ra, 4($sp)
        addi $sp, $sp, 8
```

posT2: add $v0, $v0, $t6 #utilizzando il valore restituito dalla porcedura multD avanza delle posizioni necessarie all'inserimento del carattere nella messaggio da decifrare

sb $t2, 0($v0)

sub $v0, $v0, $t6

beq $t8, 32, trueT8#quando il valore successivo alla posizione nella quale si inserisce il carattere e' uno spazio si incrementa di due l'indirizzo di $s0

addi $s0, $s0, 1

beqz $t8, T8eq0

j assT8

T8eq0: jal count_CharMsg#procedura utilizzata per aggiornare il valore $t4 all'interno dello stack

sw $t4, 12($sp)

j selectAlg

trueT8: addi $s0, $s0, 2

j assT2

initSBRK: #chiamata a sistema SBRK

li $v0, 9

move $a0, $t4

syscall

jr $ra

divMod: div $t5, $t5, 256 #calcolo del modulo 256

mfhi $t5

j store

stackPointerVar:

jal count_CharMsg#ripristina i valori nello stack e ricalcola il numero di caratteri a causa della variabilita' dei caratteri generati dall'applicazione dell'algoritmo e

lw $s0, 0($sp)

lw $ra, 4($sp)

lw $t7, 8($sp)

sub $sp, $sp, 4

sw $s0, 0($sp)

sw $ra, 4($sp)

sw $t7, 8($sp)

sw $t4, 12($sp)

j lbKey

open_Fileout:#apertura del file di scrittura del messaggio cifrato

lw $t4, 12($sp)#estrazione numero di caratteri da scrivere all'interno del file

```
        li $v0, 13
        la $a0, nameFileOutput
        li $a1, 1
        li $a2, 1
        syscall
        move $a0, $v0
        lw $ra, 4($sp)
        j write_File
setRegReverseProcess:
        sub $s1, $s1, 1
        li $t7, 1 #caricamento 1, inserimento in stack. inizio fase di decifratura
        sw $t7, 8($sp) #modifica del valore nello stack
        j lbKey
open_FileMsgCripted:#apertura del file "messaggioDecifrato.txt"
        li $v0, 13
        la $a0, nameFileOutputReverse
        li $a1, 1
        move $a2, $zero
        syscall
        move $a0, $v0
        addi $sp, $sp, 16#aggiornamento dello stack
        lw $ra, 0($sp)
        addi $sp, $sp, 4
write_File:
        li $v0, 15
        la $a1, ($s0)
        move $a2, $t4 #numero di caratteri che compone il messaggio da scrivere su file
        syscall
close:  li $v0, 16          #procedura creata per risolvere eventuali errori derivati dal mantere "aperti" file
        syscall
jump:   jr $ra              #procedura utilizzata per eseguire salti incondizioni all'indirizzo contenuto in $ra
count_CharMsg:
        move $t4, $zero
        lw $s0, 0($sp)
lbT5:   lb $t5, 0($s0)
```

```
        beq $t5, $zero, jrRa
        addi $s0, $s0, 1
        addi $t4, $t4, 1
        j lbT5
jrRa:   lw $s0, 0($sp)#permette di effettuare un salto incondizionato e ripristinare $s0 dopo aver eseguito il conteggio dei caratteri
        jr $ra
```