

# Laboratorio 5



R. Ferrero

Politecnico di Torino

Dipartimento di Automatica e Informatica (DAUIN)

Torino - Italy

This work is licensed under the Creative Commons (CC BY-SA) License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>



# Esercizio

- Si scriva un programma in Assembly ARM in grado di moltiplicare due matrici.
- La prima matrice ha  $N$  righe e  $M$  colonne.
- La seconda matrice ha  $M$  righe e  $P$  colonne.
- La matrice risultato ha  $N$  righe e  $P$  colonne.
- Tutte le matrice contengono numeri con segno espressi su una word.
- $N$ ,  $M$ ,  $P$  sono costanti da definire con EQU.

# Dichiarazione delle matrici

- Le prime due matrici sono definite come costanti in un'area di memoria READONLY.
- La terza matrice deve essere allocata in un'area DATA READWRITE.

# Moltiplicazione di matrice

- sia  $a_{ik}$  l'elemento alla riga  $i$  e colonna  $k$  della matrice  $A$
- sia  $b_{kj}$  l'elemento alla riga  $k$  e colonna  $j$  della matrice  $B$
- il prodotto delle matrici  $A$  e  $B$  genera una matrice  $C$  i cui elementi sono:

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik} b_{kj}$$

# Esempio 1

$$N = 3, M = 4, P = 2$$

$$A = \begin{pmatrix} 4 & -3 & 5 & 1 \\ 3 & -5 & 0 & 11 \\ -5 & 12 & 4 & -5 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} -2 & 3 \\ 5 & -1 \\ 4 & 3 \\ 9 & -7 \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} 6 & 23 \\ 68 & -63 \\ 41 & 20 \end{pmatrix}$$

# Gestione dell'overflow

- Le somme intermedie devono essere calcolate su due word.
- Al termine di un prodotto riga\*colonna, si controlla la word più significativa della somma parziale.
- In caso di overflow, occorre memorizzare come risultato il massimo numero (positivo o negativo, in base al tipo di overflow) esprimibile su una word.

# Condizioni di overflow

- Se una delle due condizioni seguenti è vera, il risultato non è rappresentabile in una word:
  - La word più significativa è diversa da 0 o da 0xFFFFFFFF
  - La word più significativa è uguale a 0 o a 0xFFFFFFFF, ma il bit più significativo della word meno significativa è diverso dai bit della word più significativa.

## Esempio 2: matrice A

- $N = 4$ ,  $M = 7$ ,  $P = 5$
- Tutti i numeri sono in esadecimale

$$A = \begin{pmatrix} 00000BB8 & 000036B0 & FFFFC568 & 00002328 & 00006590 & FFFF30F8 & 00001388 \\ 00015BA8 & 000013498 & 00000BB8 & 000059D8 & 00014820 & FFFFE890 & FFFF8AD0 \\ 0000A7F8 & FFFFF448 & 00014438 & 00006978 & FFFFD8D8 & 0000C350 & 00006D60 \\ FFFEA840 & 0000A028 & 00017AE8 & FFFE6DA8 & 00010D88 & 00009858 & FFFFD8D8 \end{pmatrix}$$



## Esempio 2: matrice B

B =

$$\begin{pmatrix} 00009088 & FFFE7578 & 0 & 0000E290 & FFFFB1E0 \\ 00002328 & 00012110 & 00016F30 & FFFFF060 & 0000E678 \\ FFFFA628 & 00015F90 & FFFECF50 & 00003E80 & FFFFF060 \\ 0 & FFFF0DD0 & 00014FF0 & 00004E20 & 00015BA8 \\ 00002328 & 00014FF0 & 00006D60 & 0 & FFFF7B30 \\ 00014050 & 00001388 & 000084D0 & FFFFADF8 & 000003E8 \\ 00011170 & FFFEFA48 & 00002328 & 00014050 & 000036B0 \end{pmatrix}$$

## Esempio 2: matrice C

$$C = \begin{pmatrix} 80000000 & 1B7A4D40 & 7FFFFFFF & 5E3C2540 & 2D4CAE00 \\ 7D1C32C0 & 7FFFFFFF & 7FFFFFFF & 7FFFFFFF & 6164DC80 \\ 7FFFFFFF & BA5279C0 & 80000000 & 7FFFFFFF & 6A372980 \\ 8D05CBC0 & 7FFFFFFF & 80000000 & 80000000 & 80000000 \end{pmatrix}$$

## Esempio 2: calcolo di $c_{1,3}$

1.  $00000BB8 * 00000000 = 0000000000 \ 00000000$   
Risultato parziale:  $0000000000 \ 00000000$
2.  $000036B0 * 00016F30 = 00000000 \ 4E709100$   
Risultato parziale:  $00000000 \ 4E709100$
3.  $FFFFC568 * FFFECF50 = 00000000 \ 45BCC880$   
Risultato parziale:  $00000000 \ 942D5980$
4.  $00002328 * 00014FF0 = 00000000 \ 2E224D80$   
Risultato parziale:  $00000000 \ C24FA700$

## Esempio 2: calcolo di $c_{1,3}$

5.  $00006590 * 00006D60 = 00000000\ 2B646600$   
Risultato parziale:  $00000000\ EDB40D00$
  6.  $FFFF30F8 * 000084D0 = FFFFFFFF\ 9497A980$   
Risultato parziale:  $00000000\ 824BB680$
  7.  $00001388 * 00002328 = 00000000\ 02AEA540$   
Risultato finale:  $00000000\ 84FA5BC0$
- Il risultato non è rappresentabile con una word perché il primo bit della word meno significativa è diverso dai bit della word più significativa.
  - $c_{1,3} = 7FFFFFFF$

## Esempio 2: calcolo di $c_{2,1}$

1.  $00015BA8 * 00009088 = 000000000 C4473140$   
Risultato parziale: 000000000 C4473140
2.  $000013498 * 00002328 = 000000000 2A60FFC0$   
Risultato parziale: 000000000 EEA83100
3.  $00000BB8 * FFFFA628 = FFFFFFFF FBE324C0$   
Risultato parziale: 000000000 EA8B55C0
4.  $000059D8 * 00000000 = 000000000 00000000$   
Risultato parziale: 000000000 EA8B55C0

## Esempio 2: calcolo di $c_{2,1}$

5.  $00014820 * 00002328 = 00000000 \ 2D0FA500$   
Risultato parziale:  $00000001 \ 179AFAC0$
  6.  $FFFFE890 * 00014050 = FFFFFFFF \ E2ACAD00$   
Risultato parziale:  $00000000 \ FA47A7C0$
  7.  $FFFF8AD0 * 00011170 = FFFFFFFF \ 82D48B00$   
Risultato finale:  $00000000 \ 7D1C32C0$
- Nonostante al passo 5 il risultato parziale sia su 2 word, il risultato finale è rappresentabile con una sola word.

## Esempio 2: calcolo di $c_{1,1}$

1.  $00015BA8 * FFFE7578 = FFFFFFFD E836BEC0$   
Risultato parziale: FFFFFFFD E836BEC0
2.  $000013498 * 00012110 = 00000001 5C72E180$   
Risultato parziale: FFFFFFFF 44A9A040
3.  $00000BB8 * 00015F90 = 00000000 1017DF80$   
Risultato parziale: FFFFFFFF 54C17FC0
4.  $000059D8 * FFFF0DD0 = FFFFFFFF AB00F780$   
Risultato parziale: FFFFFFFE FFC27740

## Esempio 2: calcolo di $c_{1,1}$

5.  $00014820 * 00014FF0 = 00000001 \text{ AE957E00}$   
Risultato parziale:  $00000000 \text{ AE57F540}$
  6.  $FFFFE890 * 00001388 = FFFFFFFF \text{ FE363C80}$   
Risultato parziale:  $00000000 \text{ AC8E31C0}$
  7.  $FFFF8AD0 * FFFEFA48 = 00000000 \text{ 77CE2A80}$   
Risultato finale:  $00000001 \text{ 245C5C40}$
- Il risultato non è rappresentabile con una word perché la word più significativa è diversa da 0 e da FFFFFFFF.
  - $c_{1,1} = 7FFFFFFF$