


UC della CPU a singolo ciclo

Prof. Alberto Borghese
Dipartimento di Informatica
alberto.borghese@unimi.it

Università degli Studi di Milano

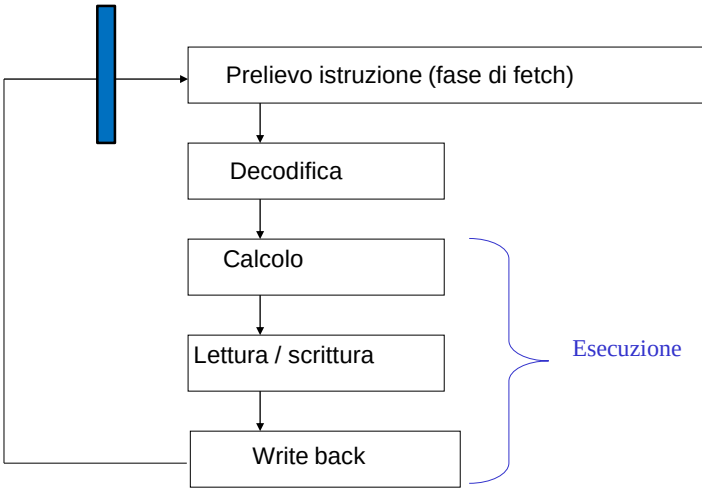
Riferimento sul Patterson: capitolo 4.2 , 4.4, D1, D2.


Sommario

UC della CPU

Control and Data path

Ciclo di esecuzione di un'istruzione MIPS

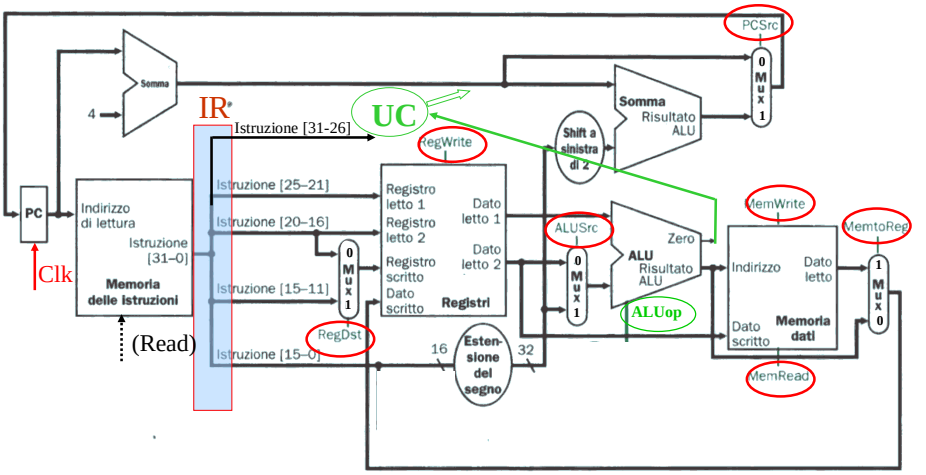


Codifica delle istruzioni

- Tutte le istruzioni MIPS hanno la **stessa** dimensione **(32 bit) – Architettura RISC.**
- I 32 bit hanno un significato diverso a seconda del formato (o tipo) di istruzione
  - il tipo di istruzione è riconosciuto in base al valore di alcuni bit **(6 bit)** più significativi **(codice operativo - *OPCODE*)**
- Le istruzioni MIPS sono di **3** tipi (formati):
  - **Tipo R (register) – Lavorano su 3 registri.**
    - Istruzioni aritmetico-logiche.
  - **Tipo I (immediate) – Lavorano su 2 registri. L'istruzione è suddivisa in un gruppo di 16 bit contenenti informazioni + 16 bit riservati ad una costante.**
    - Istruzioni di accesso alla memoria o operazioni contenenti delle costanti.
  - **Tipo J (jump) – Lavora senza registri: codice operativo + indirizzo di salto.**
    - Istruzioni di salto incondizionato.

	6-bit	5-bit	5-bit	5-bit	5-bit	6-bit
R	op	rs	rt	rd	shamt	funct
I	op	rs	rt	Indirizzo / costante		
J	op	indirizzo				

Schema generale CPU



UC: Segnali_Controllo = f(OpCode)
- Selezione di cammini
- Attivazione di unità funzionali

{R, lw, sw, addi, beq}

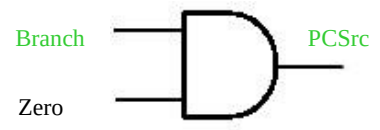
Da dove esce PCSrc?

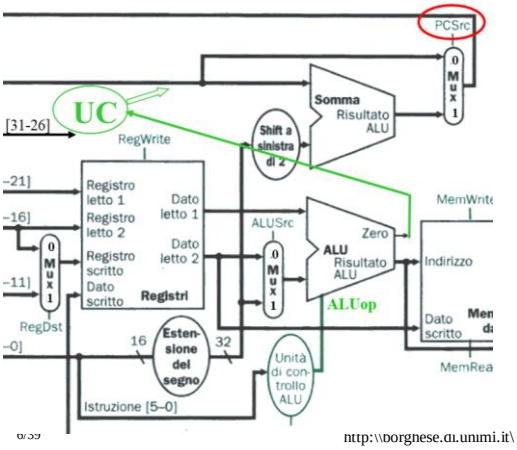
PCSrc = 1 if

Branch (Branch = 1) # Prodotto dalla UC = f(OpCode)

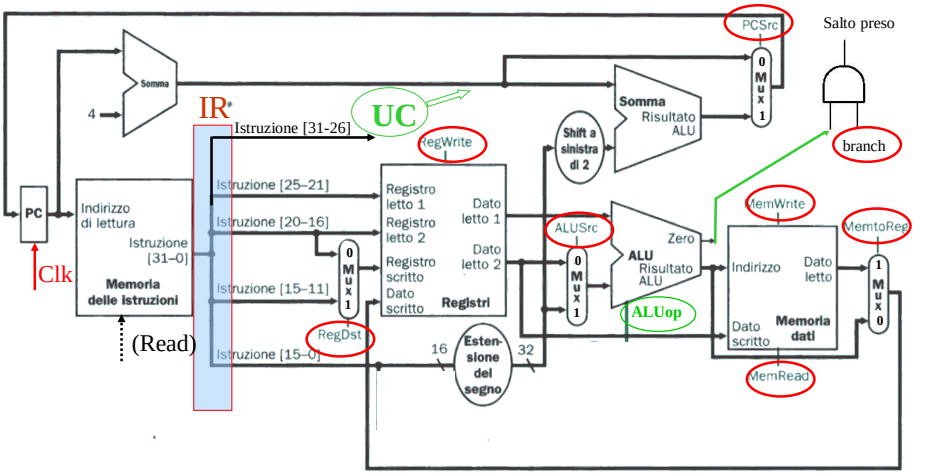
AND

Zero (Zero = 1) # Prodotto dalla ALU





Schema generale CPU



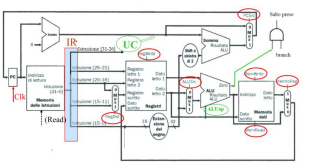
UC: Segnali_Controllo = f(OpCode)

- Selezione di cammini
- Attivazione di unità funzionali

Codici operativi: considerati: {R, lw, sw, addi, beq}

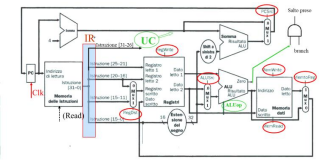
Segnali di controllo su 1 bit

Nome del segnale	Effetto quando è negato	Effetto quando è affermato
RegDst		
RegWrite		
ALUSrc		
Branch		
MemRead		
MemWrite		
MemtoReg		



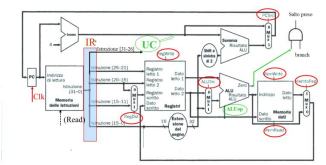
Segnali di controllo su 1 bit

Nome del segnale	Effetto quando è negato	Effetto quando è affermato
RegDst	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rt (R2, bit 20-16)	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rd (bit 15-11)
RegWrite		
ALUSrc		
Branch		
MemRead		
MemWrite		
MemtoReg		



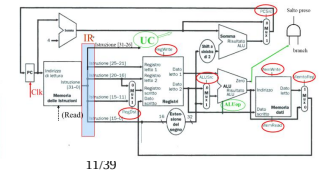
Segnali di controllo su 1 bit

Nome del segnale	Effetto quando è negato	Effetto quando è affermato
RegDst	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rt (R2, bit 20-16)	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rd (bit 15-11)
RegWrite	Nessuno	Nel registro specificato all'ingresso registro scritto del Register File, viene scritto il valore presente all'ingresso Dato Scritto
ALUSrc		
Branch		
MemRead		
MemWrite		
MemtoReg		



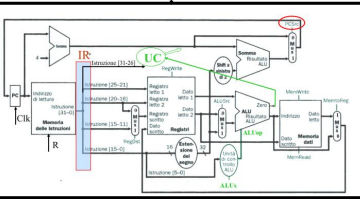
Segnali di controllo su 1 bit

Nome del segnale	Effetto quando è negato	Effetto quando è affermato
RegDst	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rt (R2, bit 20-16)	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rd (bit 15-11)
RegWrite	Nessuno	Nel registro specificato all'ingresso registro scritto del Register File, viene scritto il valore presente all'ingresso Dato Scritto
ALUSrc	Il secondo operando della ALU proviene dalla seconda uscita in lettura del Register File	Il secondo operando della ALU è la versione estesa (con segno) del campo offset
Branch	Il valore del PC viene preso dall'uscita del sommatore che calcola PC+4 (se il segnale di Zero della ALU = 0)	Il valore del PC viene preso dall'uscita del sommatore che calcola la destinazione del salto (se il segnale di Zero della ALU = 1)
MemRead		
MemWrite		
MemtoReg		



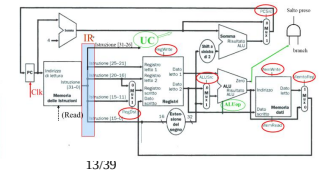
Segnali di controllo su 1 bit

Nome del segnale	Effetto quando è negato	Effetto quando è affermato
RegDst	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rt (R2, bit 20-16)	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rd (bit 15-11)
RegWrite	Nessuno	Nel registro specificato all'ingresso registro scritto del Register File, viene scritto il valore presente all'ingresso Dato Scritto
ALUSrc	Il secondo operando della ALU proviene dalla seconda uscita in lettura del Register File	Il secondo operando della ALU è la versione estesa (con segno) del campo offset
Branch	Il valore del PC viene preso dall'uscita del sommatore che calcola PC+4 (se il segnale di Zero della ALU = 0)	Il valore del PC viene preso dall'uscita del sommatore che calcola la destinazione del salto (se il segnale di Zero della ALU = 1)
MemRead	Nessuno	Il contenuto della cella di memoria dati indirizzata dal MAR è posto nel MDR
MemWrite		
MemtoReg		



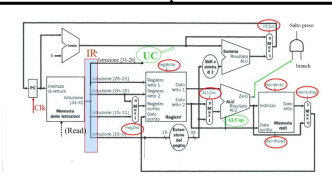
Segnali di controllo su 1 bit

Nome del segnale	Effetto quando è negato	Effetto quando è affermato
RegDst	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rt (R2, bit 20-16)	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rd (bit 15-11)
RegWrite	Nessuno	Nel registro specificato all'ingresso registro scritto del Register File, viene scritto il valore presente all'ingresso Dato Scritto
ALUSrc	Il secondo operando della ALU proviene dalla seconda uscita in lettura del Register File	Il secondo operando della ALU è la versione estesa (con segno) del campo offset
Branch	Il valore del PC viene preso dall'uscita del sommatore che calcola PC+4 (se il segnale di Zero della ALU = 0)	Il valore del PC viene preso dall'uscita del sommatore che calcola la destinazione del salto (se il segnale di Zero della ALU = 1)
MemRead	Nessuno	Il contenuto della cella di memoria dati indirizzata dal MAR è posto nel MDR
MemWrite	Nessuno	Il contenuto in ingresso al MDR, viene memorizzato nella cella il cui indirizzo è caricato nel MAR
MemtoReg		



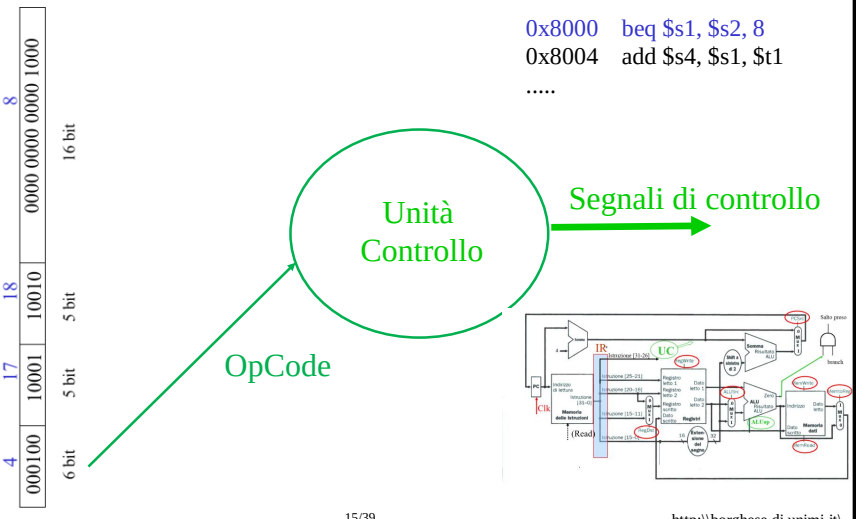
Segnali di controllo su 1 bit

Nome del segnale	Effetto quando è negato	Effetto quando è affermato
RegDst	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rt (R2, bit 20-16)	Il numero del registro destinazione proviene dal campo rd (bit 15-11)
RegWrite	Nessuno	Nel registro specificato all'ingresso registro scritto del Register File, viene scritto il valore presente all'ingresso Dato Scritto
ALUSrc	Il secondo operando della ALU proviene dalla seconda uscita in lettura del Register File	Il secondo operando della ALU è la versione estesa (con segno) del campo offset
Branch	Il valore del PC viene preso dall'uscita del sommatore che calcola PC+4 (se il segnale di Zero della ALU = 0)	Il valore del PC viene preso dall'uscita del sommatore che calcola la destinazione del salto (se il segnale di Zero della ALU = 1)
MemRead	Nessuno	Il contenuto della cella di memoria dati indirizzata dal MAR è posto nel MDR
MemWrite	Nessuno	Il contenuto in ingresso al MDR, viene memorizzato nella cella il cui indirizzo è caricato nel MAR
MemtoReg	Il valore inviato all'ingresso Dato al Register File proviene dalla ALU	Il valore inviato all'ingresso Dato al Register File proviene dalla memoria



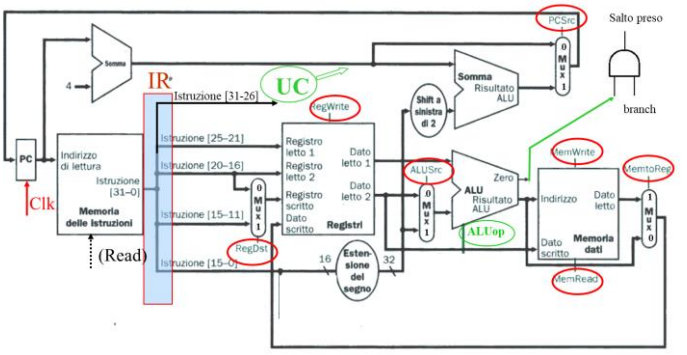
Fase di decodifica

1) Leggo l'istruzione e genero i segnali di controllo opportuni.
Bus che connette i 6 bit del CodOp con la UC



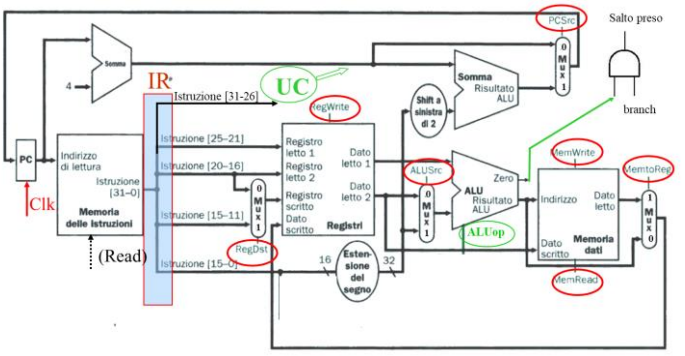
Codifica dei segnali di controllo

Istruzione (OpCode)	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs
R (000000)								
lw (100011)								
sw (101011)								
beq (000100)								
addi(001000								



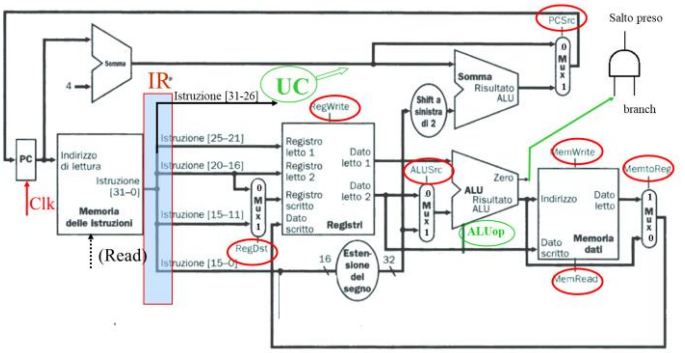
Controllo del data-path

Istruzione (OpCode)	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs
R (000000)	1	0	0	1	0	0	0	10 (R)
lw (100011)								
sw (101011)								
beq (000100)								
addi(001000								



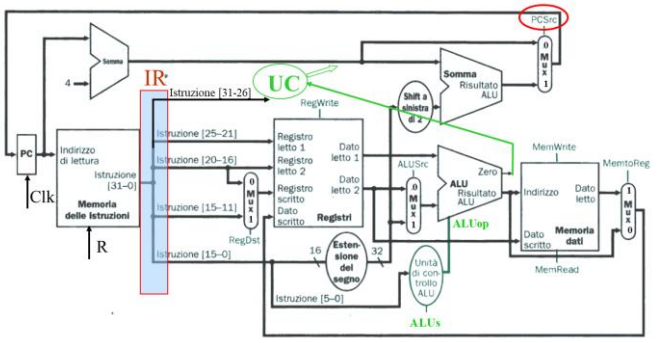
Controllo del data-path

Istruzione (OpCode)	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs
R (000000)	1	0	0	1	0	0	0	10 (R)
lw (100011)	0	1	1	1	1	0	0	00 (add)
sw (101011)								
beq (000100)								
addi(001000								



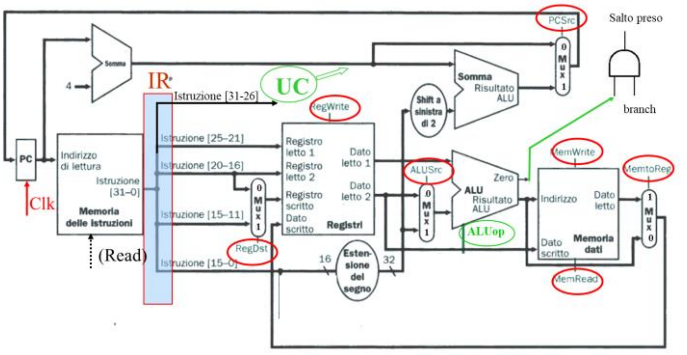
Controllo del data-path

Istruzione (OpCode)	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs
R (000000)	1	0	0	1	0	0	0	10 (R)
lw (100011)	0	1	1	1	1	0	0	00 (add)
sw (101011)	x	1	x	0	0	1	0	00 (add)
beq (000100)								
addi(001000								



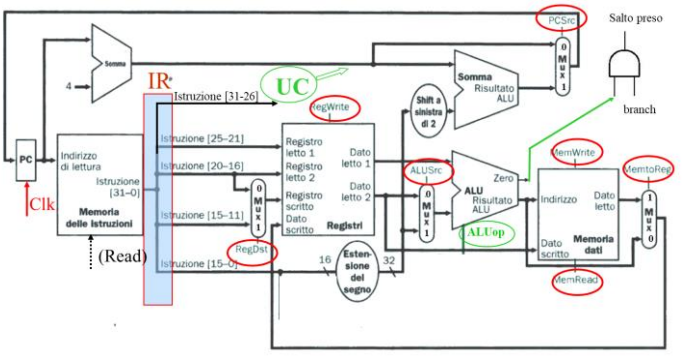
Controllo del data-path

Istruzione (OpCode)	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs
R (000000)	1	0	0	1	0	0	0	10 (R)
lw (100011)	0	1	1	1	1	0	0	00 (add)
sw (101011)	x	1	x	0	0	1	0	00 (add)
beq (000100)	x	0	x	0	0	0	1	01 (sub)
addi(001000								



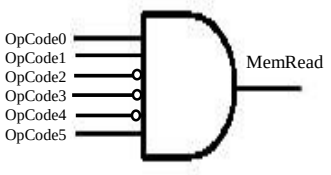
Controllo del data-path

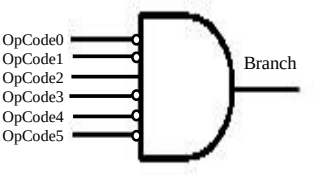
Istruzione (OpCode)	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs
R (000000)	1	0	0	1	0	0	0	10 (R)
lw (100011)	0	1	1	1	1	0	0	00 (add)
sw (101011)	x	1	x	0	0	1	0	00 (add)
beq (000100)	x	0	x	0	0	0	1	01 (sub)
addi(001000	0	1	0	1	0	0	0	00 (add)



Controllo del data-path

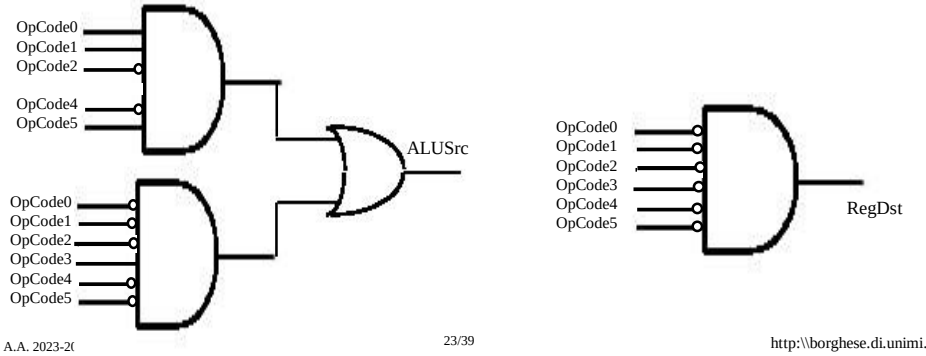
Istruzione (OpCode)	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs
R (000000)	1	0	0	1	0	0	0	10
lw (100011)	0	1	1	1	1	0	0	00
sw (101011)	x	1	x	0	0	1	0	00
beq (000100)	x	0	x	0	0	0	1	01
addi(001000)	0	1	0	1	0	0	0	00



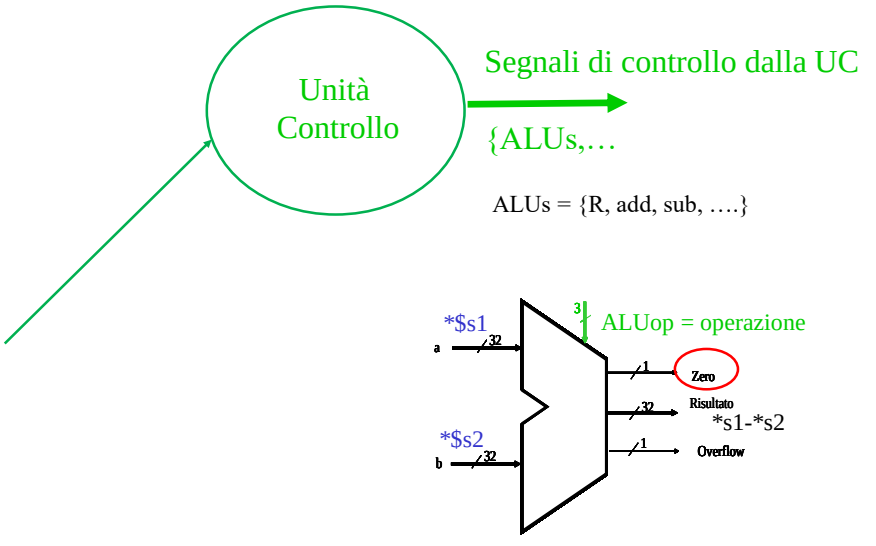


Controllo del data-path

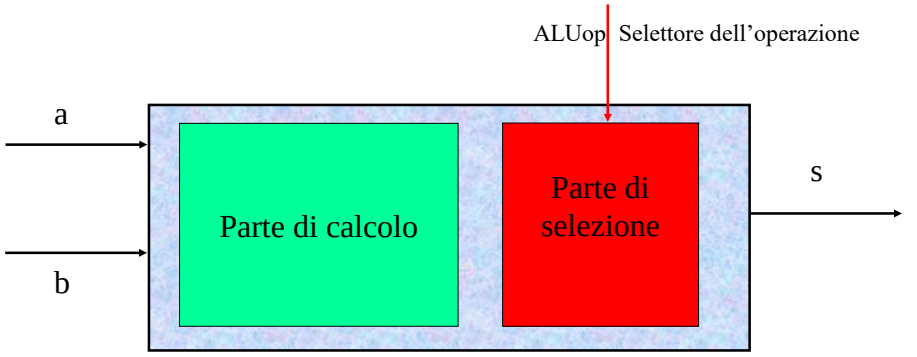
Istruzione (OpCode)	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs
R (000000)	1	0	0	1	0	0	0	10
lw (100011)	0	1	1	1	1	0	0	00
sw (101011)	x	1	x	0	0	1	0	00
beq (000100)	x	0	x	0	0	0	1	01
addi(001000)	0	1	0	1	0	0	0	00



Controllo della ALU



Struttura a 2 livelli di una ALU



Eseguire un'operazione vuol dire scegliere di portare in uscita un certo risultato prodotto dalla Parte di calcolo oppure un altro

Segnali di UC e ALU

Visione della UC

	6-bit	5-bit	5-bit	5-bit	5-bit	6-bit
R	op	rs	rt	rd	shamt	funct
I	op	rs	rt	Indirizzo / costante		
Operazione? (ALUs = 10 = R) sub $s0, $s1,$s2	op = 0	rs = 18	rt = 19	rd = 17	Shamt=0	funct=34
Operazione = 00 = somma addi $0, $1, 20	op = 8	rs = 17	rt = 18	cost = 20		

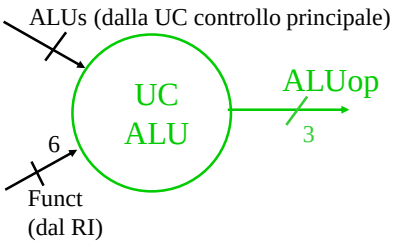
Visione della ALU

Le operazioni consentite dalla ALU (selezionate tramite ALUop):

Tipo	**Aluop**
and	000
or	001
add	010
sub	110
slt	111

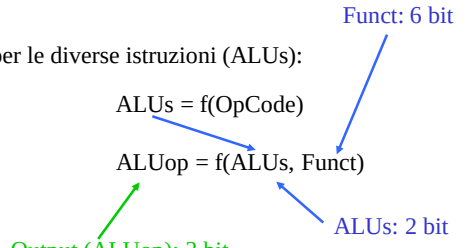
UC e ALU

Data l'istruzione, l'UC deve inviare il comando opportuno alla ALU.
Campo Op Code
Campo Funct



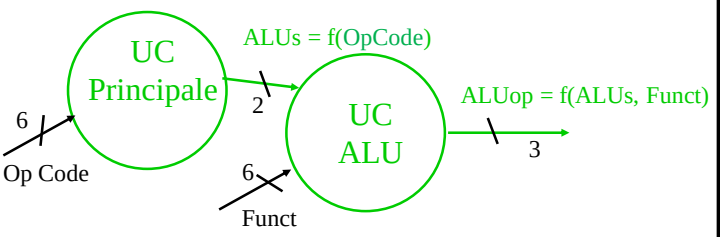
Le operazioni consentite dalla ALU:
- and 000
- or 001
- add 010
- sub 110
- slt 111

Quali operazioni devono essere eseguite per le diverse istruzioni (ALUs):
- R -> Dipende dal campo funct
- lw -> Somma
- sw -> Somma
- beq -> Differenza



Controllo gerarchico

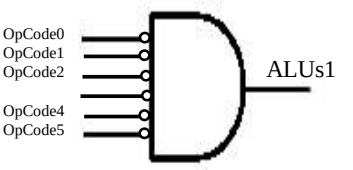
Le operazioni consentite dalla ALU:
- and 000
- or 001
- add 010
- sub 110
- slt 111

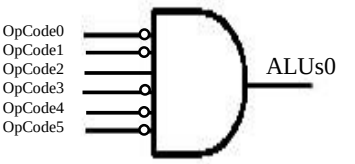


If (OpCode == R) then
Funct → ALUop
Else
OpCode → ALUop

Controllo della ALU

Istr	OpCode						ALUs	
lw	1	0	0	0	1	1	0	0
sw	1	0	1	0	1	1	0	0
beq	0	0	0	1	0	0	0	1
addi	0	0	1	0	0	0	0	0
add	0	0	0	0	0	0	1	0
sub	0	0	0	0	0	0	1	0
and	0	0	0	0	0	0	1	0
or	0	0	0	0	0	0	1	0
slt	0	0	0	0	0	0	1	0





Sintetizzo i 2 bit come SOP

ALUs = f(OpCode)

Controllo della ALU

Istr	OpCode						ALUs		Funct						ALUop		
lw	1	0	0	0	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	0	1	0
sw	1	0	1	0	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	0	1	0
beq	0	0	0	1	0	0	0	1	x	x	x	x	x	x	1	1	0
addi	0	0	1	0	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x	0	1	0
add	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
sub	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
and	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
or	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
slt	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1

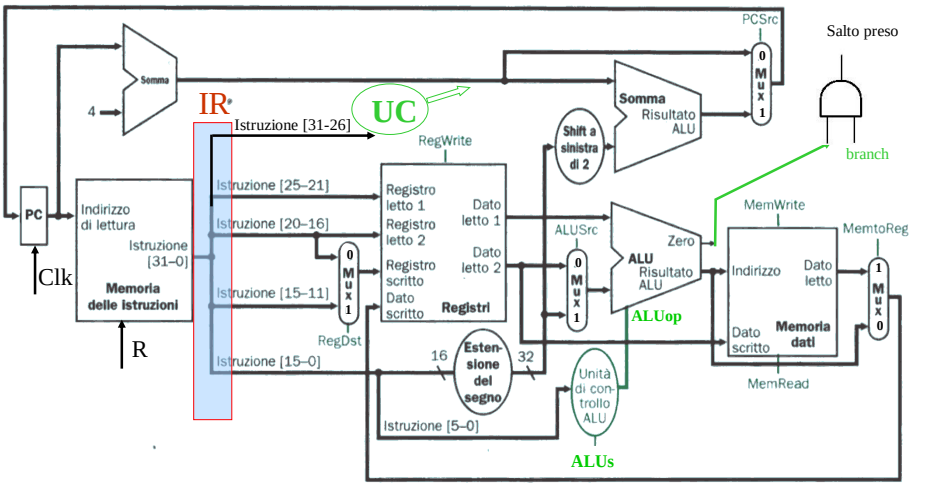
UC principale

ALU control

ALUop = f(ALUs, Funct)

Schema generale CPU

{R, lw, sw, addi, beq}



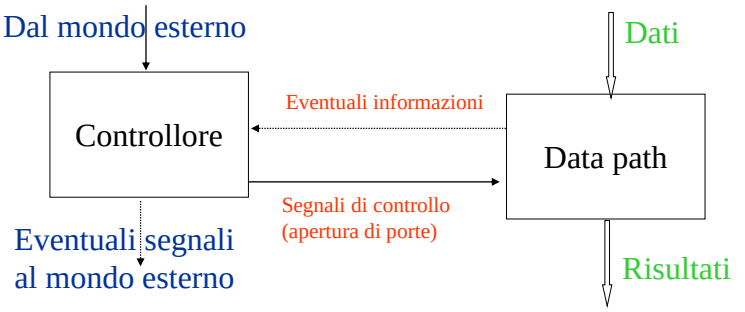
Sommario

UC della CPU

Control and Data path

Rapporto UC - Dati

La CPU è un'architettura del tipo: Controllore - Data-path

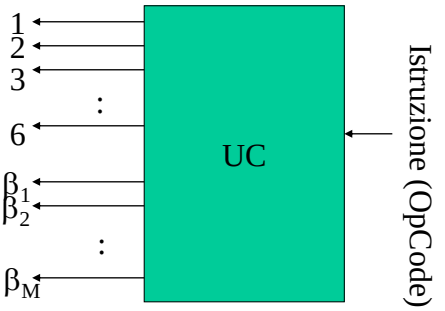


Fase comune nel ciclo di esecuzione:
•Fase di fetch
•Decodifica (generazione dei segnali di controllo)

Fase diversa: Esecuzione (Calcolo, Memoria, WriteBack)

L'unità di controllo

- Unità di controllo coordina i flussi di informazione (è il "cervello" della CPU):
- 1) abilitando le vie di comunicazione opportune a seconda dell'istruzione in corso di esecuzione.
- 2) selezionando l'operazione opportuna delle ALU.
- 3) modificando un elemento di stato (memoria o register file)



L'istruzione jump

J	Op Code = 2	Indirizzo
	6 bit	26 bit

L'indirizzo di salto sarà determinato in due passi: 0x8000 j 80040

A) Calcolo di Indirizzo = Indirizzo * 4.

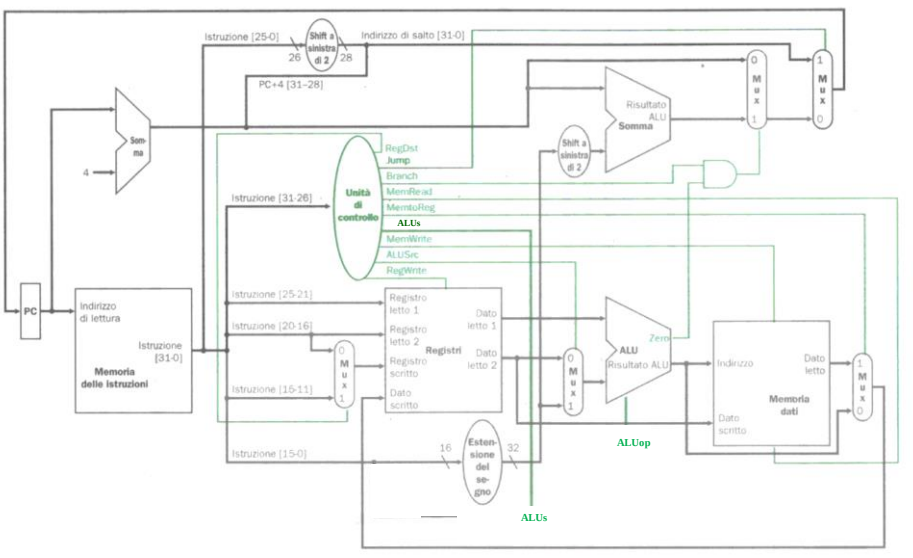
B) Deteminazione dell'indirizzo di destinazione del salto come:

Base (PC) 0100 1000 0011 0001 1011 1011 1011 10 00
Nuovo indirizzo 0000 0110 0111 0000 0000 0001 00 00 =

Indirizzo salto 0100 0000 0110 0111 0000 0000 0001 00 00

L'indirizzo è un numero positivo (posizione in memoria assoluta).

CPU + UC completa (aggiunta di jump)

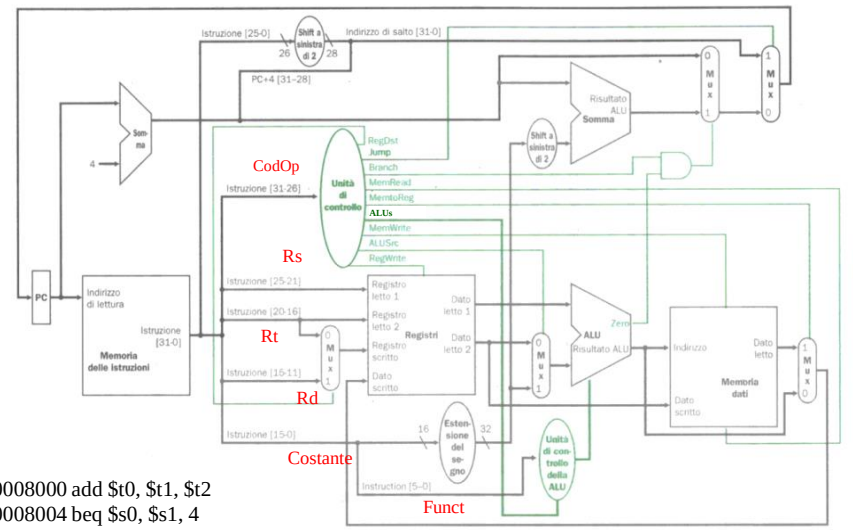


Controllo del data-path

Istruzione (OpCode)	Reg Dst	ALU Src	Memto Reg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	ALUs	Jump
R (000000)	1	0	0	1	0	0	0	10	0
lw (100011)	0	1	1	1	1	0	0	00	0
sw (101011)	x	1	x	0	0	1	0	00	0
addi (001000)	0	1	0	1	0	0	0	00	0
beq (000100)	x	0	x	0	0	0	1	01	0
j (000010)	x	x	x	0	0	0	0	xx	1

La lettura della memoria non è indolore soprattutto quando sono presenti dei livelli (di cache).

Contenuto della CPU per l'esecuzione di istruzioni diverse



0x00008000 add $t0, $t1, $t2
0x00008004 beq $s0, $s1, 4
0x00008008 lw $t1, 32($s0)
0x0000800C sw $t1, 32($s0)
0x00008010 addi $t1, $t1, 16

Sommario

UC della CPU

Control and Data path