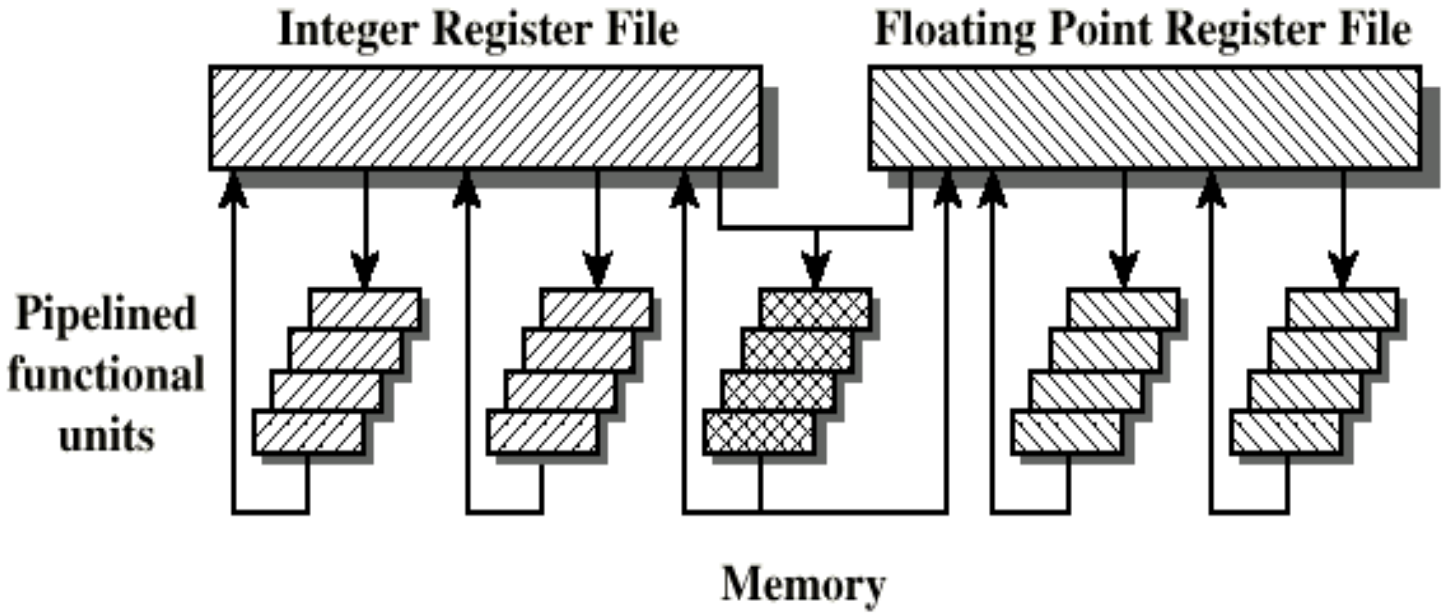
Architektura procesorů – shrnutí základních pojmů

Co je to superskalární architektura?

- Minimálně dvě fronty instrukcí.
- Provádění instrukcí je možné iniciovat současně, instrukce se pak provádějí paralelně.
- Realizovatelné jak v CISC tak i RISC architekturách.

Superskalární architektura - obecně



Několik funkčních jednotek - každá z nich realizovaná jako fronta – podpora paralelního provádění instrukcí

Dva typy instrukcí (pro operace s čísly typu integer a operace s čísly v pohyblivé řádové čárce).

Superzřetězené architektury (superpipelined)

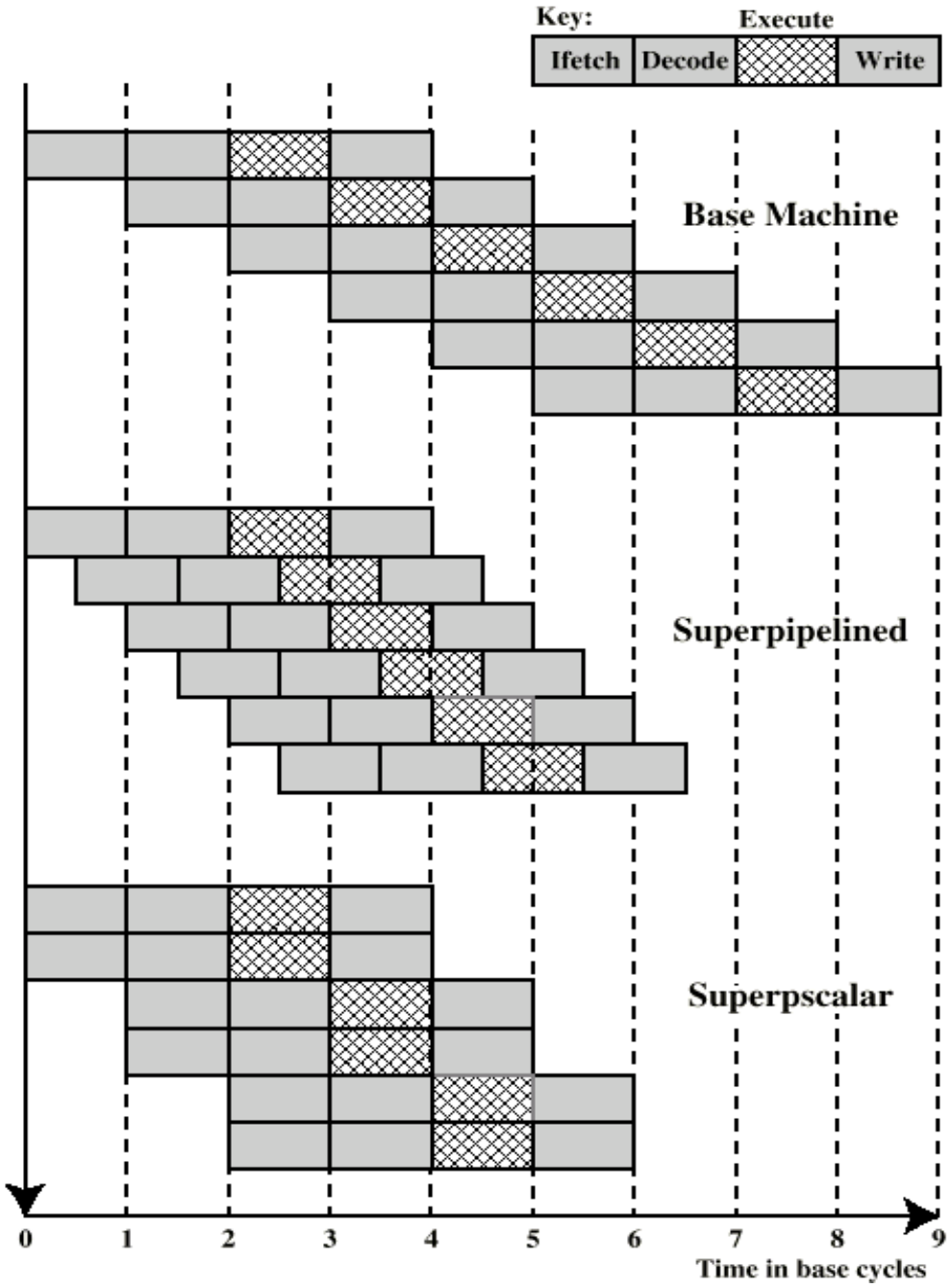
- Existují situace, kdy **je možné instrukci zpracovat v kratším čase než polovina cyklu nebo zahájit zpracování instrukce uprostřed vnějšího cyklu**.
- Jeden vnější cyklus – dva interní cykly.
- **Ve vztahu k vnějšímu cyklu – provádějí se dvě úlohy v jednom vnějším cyklu.**

Superzřetězené architektury

Klasická zřetězená architektura – jedna fronta instrukcí

Superzřetězené architektury – vnitřní kmitočet 2x vyšší než vnější.

Superskalární architektura – v obou frontách se provádění zahajuje ve stejném okamžiku.



Omezení superskalárních architektur

- Pojem „paralelismus na úrovni provádění instrukcí“ (instruction level parallelism) - ILP
- Snaha o maximální využití těchto technik:

  na úrovni překladu

  na úrovni hardware
- Omezení využití:
  - datová závislost,
  - procedurální závislost,
  - konflikt zdrojů,
  - výstupní závislost,
  - antidatová závislost.

Datová závislost

- ADD r1, r2 (r1 := r1+r2;)
- MOVE r3,r1 (r3 := r1;)
- Druhou instrukci je **možné** paralelně vložit do fronty instrukcí a dekódovat, není možné ji začít provádět.
- **Není možné** zahájit provádění další instrukce.
- **Závislost, kdy následná instrukce nemůže být provedena dříve než je ukončena instrukce předcházející.**

Procedurální závislost

- Není možné provádět instrukce, které jsou za instrukcí skoku, dokud není znám výsledek vyhodnocení podmínky skoku.
- Obdobně: instrukce je dlouhá, je nutno ji nejdříve dekódovat (zjistí se délka instrukce), pak se teprve přečte zbytek instrukce – není možné zahájit čtení další instrukce.
- **Procedurální závislost postihuje situace, kdy se pracuje s pamětí a je nutné rozhodnout, kdy bude možné zahájit další činnost s pamětí**.

Konflikt zdrojů

- Dvě nebo více instrukcí potřebuje přístup ke stejnému zdroji (paměť, RVP, sběrnice, ALU, …
  - např. dvě aritmetické instrukce
- Řešení: zdvojení zdrojů:

  - např. dvě aritmetické jednotky

- **V superskalárních architekturách je snaha, aby každá fronta a každý stupeň měly kompletní vybavení.**

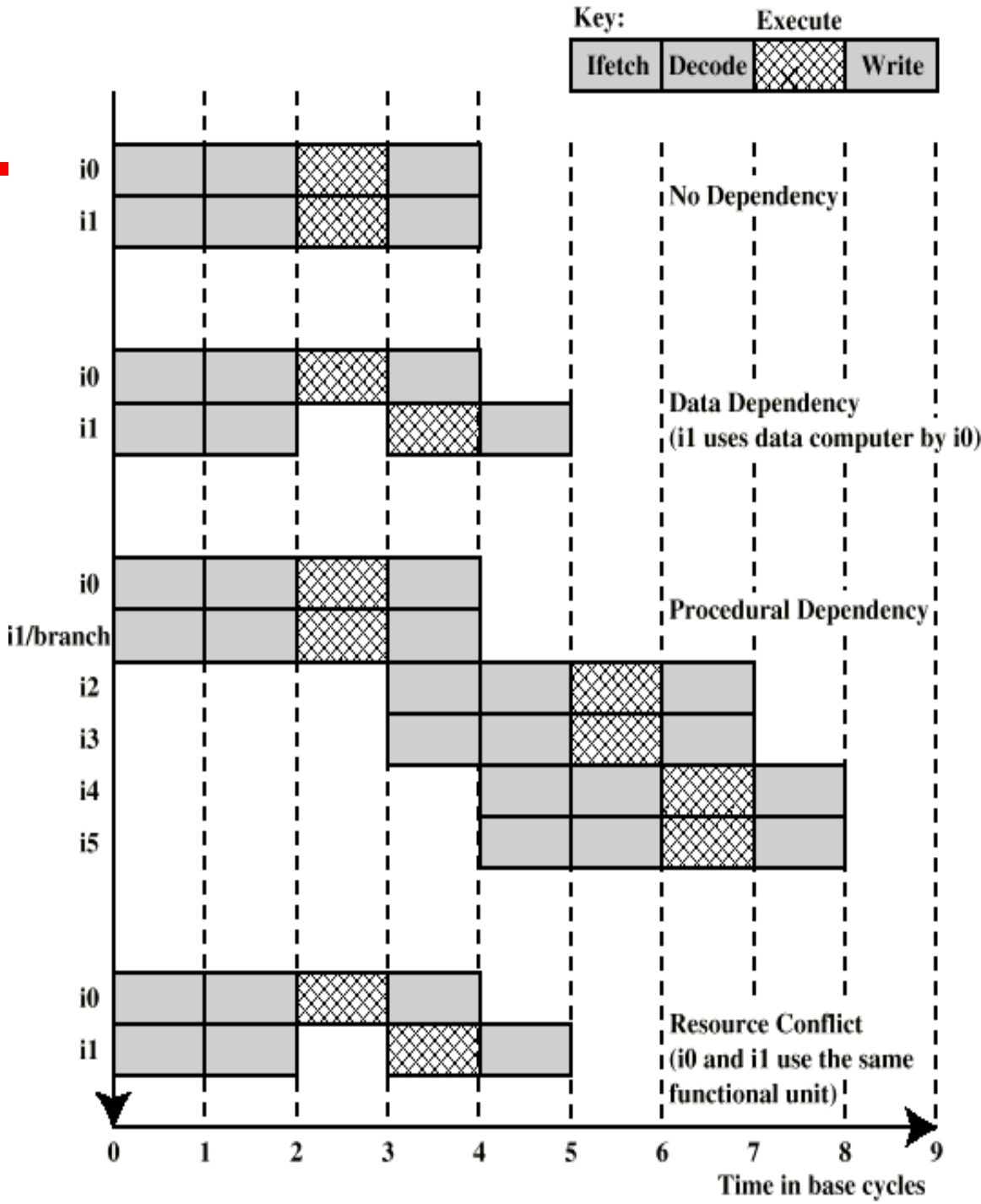
Vliv závislostí

Bez závislosti

Datová závislost – (instrukce i1 potřebuje data vypočtená instrukcí i0)

Procedurální závislost

Konflikt zdrojů



Paralelismus na úrovni instrukcí a počítače

- Na úrovni instrukcí (Instruction Level Parallelism - ILP)
  - Nezávislost instrukcí ve frontě.
  - Provádění instrukcí se může překrývat.
  - Souvislost s datovou a procedurální závislostí.
- Na úrovni počítače (Machine Level Parallelism – MLP)
  - Počítač musí být vybaven tak, aby bylo možné využít ILP.
  - Závislost na počtu paralelně pracujících front.

Souvislost s prováděním instrukcí

- **Paralelní provádění instrukcí** – kvalitní procesor musí být vybaven tak, aby se při plánování činností nemusel držet striktně pořadí instrukcí, ale mohl provádět změny v posloupnosti provádění instrukcí – reordering.
- **Možnosti přeuspořádání**:

  - Pořadí, v němž jsou instrukce řazeny do fronty.

  - Pořadí provádění instrukcí.

  - Pořadí, podle něhož instrukce mění obsahy registrů a pamětí.

Vstup instrukcí podle pořadí, dokončení instrukcí podle pořadí

- Instrukce jsou čteny podle pořadí v programu.
- Nepříliš efektivní.
- Do vstupní fronty je čtena více jak jedna instrukce.
- V případě potřeby se provádění instrukcí pozastaví.
- RISC – reorganizace posloupnosti instrukcí při překladu.

Vstup instrukcí podle pořadí, dokončení instrukcí podle pořadí

Decode		Execute			Write		Cycle
I1	I2						1
I3	I4	I1	I2				2
I3	I4	I1					3
	I4			I3	I1	I2	4
I5	I6			I4			5
	I6		I5		I3	I4	6
			I6				7
					I5	I6	8

2 vstupní fronty, 3 funkční jednotky, 2 výstupní fronty.
Na provedení instrukce I1 jsou potřeba 2 cykly.
I3 a I4 potřebují při provádění stejné funkční jednotky.
I5 čeká na výsledek I4.
I5 a I6 potřebují stejnou funkční jednotku.
Doba trvání – 8 cyklů.

Vstup instrukcí podle pořadí, změna pořadí výstupu

Decode		Execute			Write		Cycle
I1	I2						1
I3	I4	I1	I2				2
	I4	I1		I3	I2		3
I5	I6			I4	I1	I3	4
	I6		I5		I4		5
			I6		I5		6
					I6		7

Doba provedení – 7 cyklů.

Ve všech doposud diskutovaných případech se organizace pořadí instrukcí mění ve výstupní frontě, zkrácení počtu cyklů.

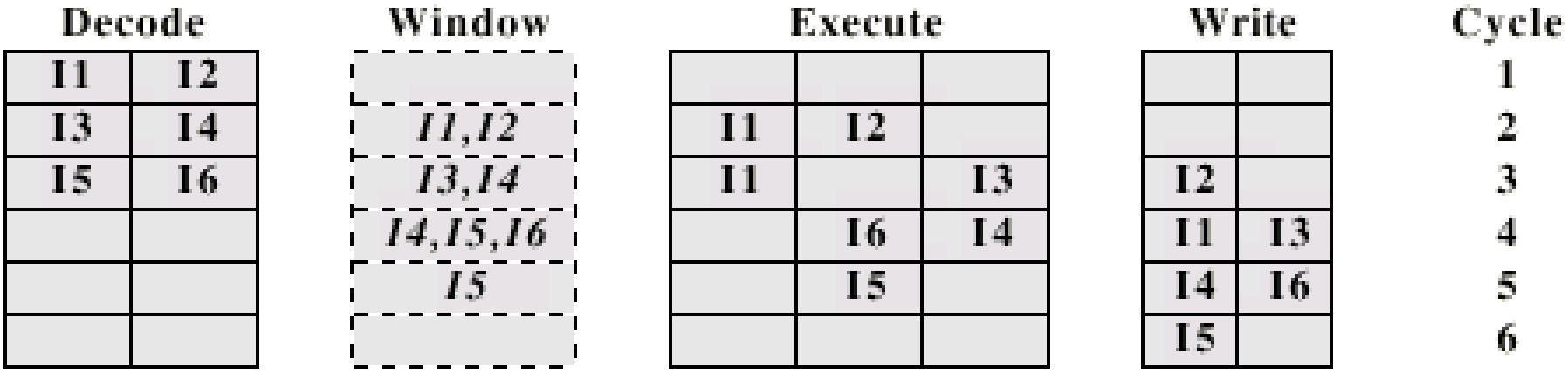
Následující případ – jiná koncepce.

Změna pořadí na vstupu, změna pořadí na výstupu

Základní principy předcházejících postupů:

- Na výstupu jsou instrukce párovány jinak než ve vstupní frontě.
- Do vstupní fronty se přivádějí instrukce a rozdekódují se.
- Jakmile se uvolní funkční jednotka, instrukce se provede.
- Instrukce byly rozdekódovány, procesor se může „dívat dopředu".
- Pokud při rozdekódování instrukce vznikne konflikt, tak se řeší a nejsou dekódovány další instrukce, dokud se tento konflikt nevyřeší – procesor se přestane zabývat instrukcemi, které následují za touto konfliktní instrukcí (chybí „pohled dopředu" – lookahead).
- Řešení – **instruction window**.

Změna pořadí na vstupu, změna pořadí na výstupu (diagram)



Do fronty se plynule čte (na rozdíl od předcházejících architektur) – konflikty se řeší až ve „window“.

Instrukční okno není další frontou. O instrukci, která je v okně platí, že procesor má dostatek informace o tom, jaké mohou při realizaci instrukce vzniknout konflikty, takže může být rozhodnuto o tom, že provádění instrukce bude zahájeno.

Změna pořadí na vstupu, změna pořadí na výstupu

- Zařazení do window znamená, že procesor má dostatek informací o tom, co bude pro provedení instrukce potřeba.
- Reorganizace se odehrává v režii procesoru.

Antizávislost (antidatová závislost)

- Předcházející situace datové závislosti: při párování (současném zpracování dvou instrukcí ve dvou frontách) nesmí být instrukce n+1 provedena dříve než instrukce n, pokud obě instrukce pracují se stejným operandem (instrukce n přiřazovala hodnotu parametru, s nímž se pracuje jako s operandem v instrukci n+1).
- Write-write dependency
  - R3:=R3 + R5; (I1)
  - R4:=R3 + 1; (I2)
  - R3:=R5 + 1; (I3)
  - R7:=R3 + R4; (I4)
  - Pokud by se I3 a I2 prováděli paralelně, nesmí se I3 dokončit dříve než I2, protože I2 potřebuje hodnotu uloženou v R3 a I3 mění hodnotu v R3 (nesmí se stát, aby I3 změnila hodnotu v R3 předtím, než I2 „vezme“ hodnotu z R3).