

5. Protočnost, resursi mašine i paralelizam

Osnovna ideja protočnosti je da se operacija obavlja tako što za svaku fazu izvršavanja operacije postoji kombinaciona logika između registara koja obavlja tu fazu u jednom ciklusu. Ta kombinaciona logika, zajedno sa registrima čini protočni stepen. Protočni niz sastoji se iz niza protočnih stepeni kod kojih izlazni registar jednog protočnog stepena predstavlja ulazni registar sledećeg protočnog stepena. Odgovarajući niz protočnih stepeni može da obavi celokupnu operaciju.

Ako posmatramo zauzeće resursa u kontekstu List scheduling algoritma, operacija traje onoliko ciklusa koliko ima stepeni u protočnom nizu. Međutim, u svakom ciklusu izvršavanja operacije, od strane operacije zauzima se samo jedan protočni stepen u nizu. Zato niz protočnih stepeni uvodi značajan paralelizam – srazmeran broju protočnih stepeni u nizu. Kako je u protočnom nizu u svakom stepenu tipično različit tip resursa, to znači u kontekstu List scheduling-a da imamo po jedan resurs svakog tipa. U svakom svom ciklusu tada operacija zauzima novi tip resursa. Dakle operacija zauzima samo jednu (i jedinu) instancu tipa resursa svakog ciklusa u toku svog izvršavanja u nizu protočnih stepeni.

Kako u protočnom nizu može da se startuje izvršavanje nove operacije svakog ciklusa, niz protočnih stepeni ima paralelizam srazmeran broju protočnih stepeni. Naravno, sve operacije nalaze se u različitim fazama izvršavanja. Posebno dobra osobina protočnog niza je da izlaz (izlazni registar) jednog protočnog stepena predstavlja ujedno ulaz (ulazni registar) drugog protočnog stepena. Na ovaj način drastično je uprošćena distribucija rezultata svake faze izvršavanja, u odnosu na paralelizam u kome bi postojale nezavisne jedinice u paraleli, koje obavljaju istu funkciju kao celokupni niz protočnih stepeni.

Kontrolnim signalima definiše se funkcija ulaz – izlaz kombinacione logike svih protočnih stepeni u svakom ciklusu. Na taj način definiše se željena obrada u protočnom stepenu. Kod RISC procesora, na primeru aritmetičko-logičke jedinice koja na svojim ulazima i izlazima ima protočne registre, najlakše se uočava funkcija kontrolnih signala koji utiču na funkcije ulaz – izlaz. Kontrolni signali tada određuju operaciju koju obavlja aritmetičko logička jedinica.

Zbog jednostavnosti funkcije zauzeća resursa mašine od strane operacije kod protočnog niza, krajnje je trivijalno uklapati operacije kod List scheduling-a. Dakle, kod svih operacija koje se obrađuju u protočnom nizu, redosled i broj resursa određenog tipa se poklapa. Zato započinjanje nove operacije svakog ciklusa znači automatski izbegavanje konflikta u korišćenju resursa. Naravno, mašina se čak ni u slučaju RISC procesora ne može posmatrati kao jedan protočni niz, mada se prilikom uprošćenog posmatranja to često radi. Glavni razlozi su konflikti u korišćenju registarskih memorija i prosleđivanja rezultata koji su argumenti pojedinih operacija.

Posebno je interesantan problem uslovnog grananja u slučaju protočnog niza. Ako instrukcija – operacija generiše signal na osnovu koga se donosi odluka o skoku, tada bi se moralo sačekati sa prvim fazama izvršavanja operacija iza instrukcije uslovnog skoka ili iza tačke skoka. To bi označilo pražnjenje niza protočnih stepeni i samim tim neiskorišćene resurse. Bolje srednje iskorišćenje postiže se ako pretpostavimo ishod

skoka i odmah popunimo niz operacijama (instrukcijama) iz pretpostavljene grane. To je spekulativno izvršavanje ciklusa operacija iz pretpostavljene grane. Ako je u jednostavnom protočnom nizu došlo do greške u predikciji, ne moraju se poništavati rezultati predviđenih operacija, jer nisu ni izašli iz protočnog niza. Tada se samo poništavaju sve faze izvršavanja svih operacija koje su ušle u protočni niz, pa se praktično prazni protočni niz i gubi na paralelizmu. Međutim, ako se pogodi ishod skoka, tada nema gubitka u paralelizmu i resursi mašine maksimalno se koriste. Dakle, i u slučaju jednostavnog protočnog niza, neophodno je obezbediti dobru predikciju grananja, kako bi se na nivou faza operacije ostvarilo spekulativno izvršavanje kod koga je velika verovatnoća da će se spekulativno urađeni delovi operacija iskoristiti, a ne odbaciti.