

Procesorski sistemi v telekomunikacijah Prekinitve

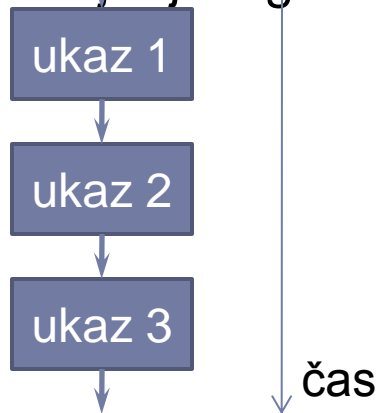


(c) Arpad Bűrmen, 2010-2012

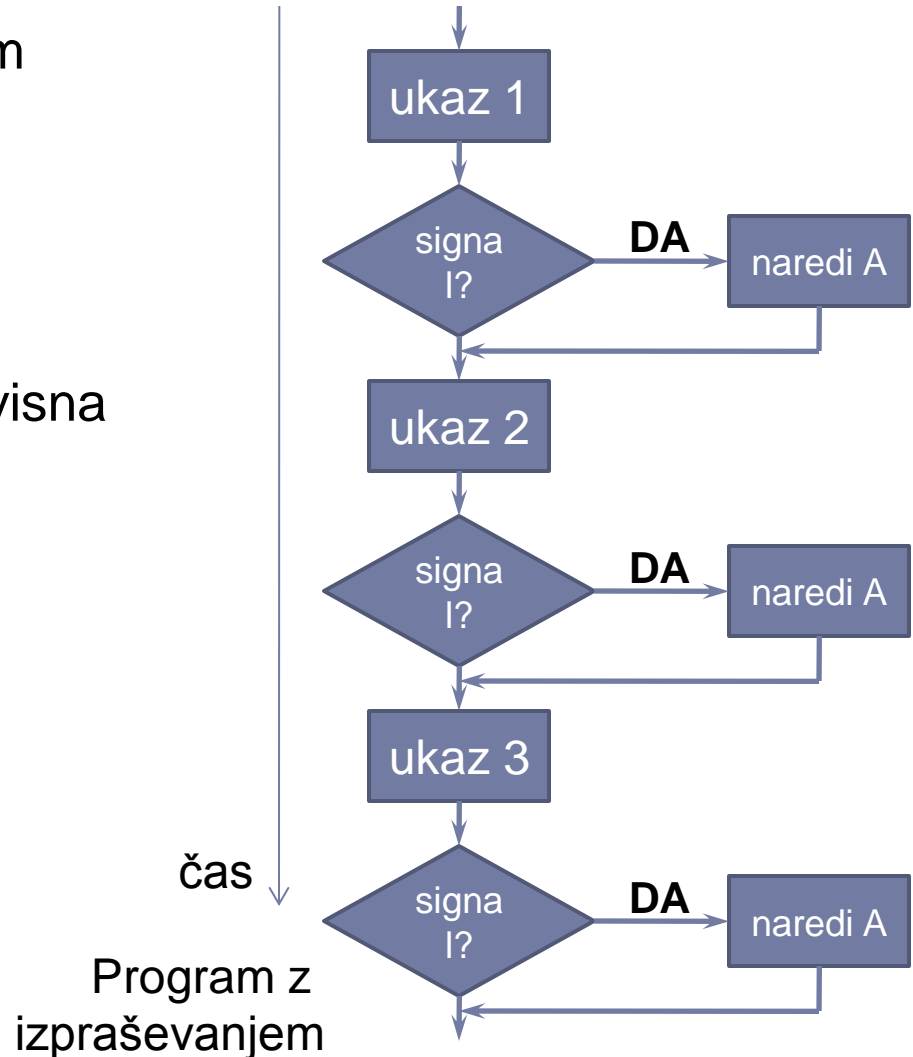
Problem: odzivanje na dogodek

Rešitev A: izpraševanje (polling) ...

- ▶ Recimo, da moramo ob nekem dogodku, izvršiti opravilo A
- ▶ O dogodku smo obveščeni z nekim zunanjim signalom
- ▶ Odzivnost (kako hitro se odzovemo na dogodek) je odvisna od pogostosti izpraševanja (preverjanja signala).



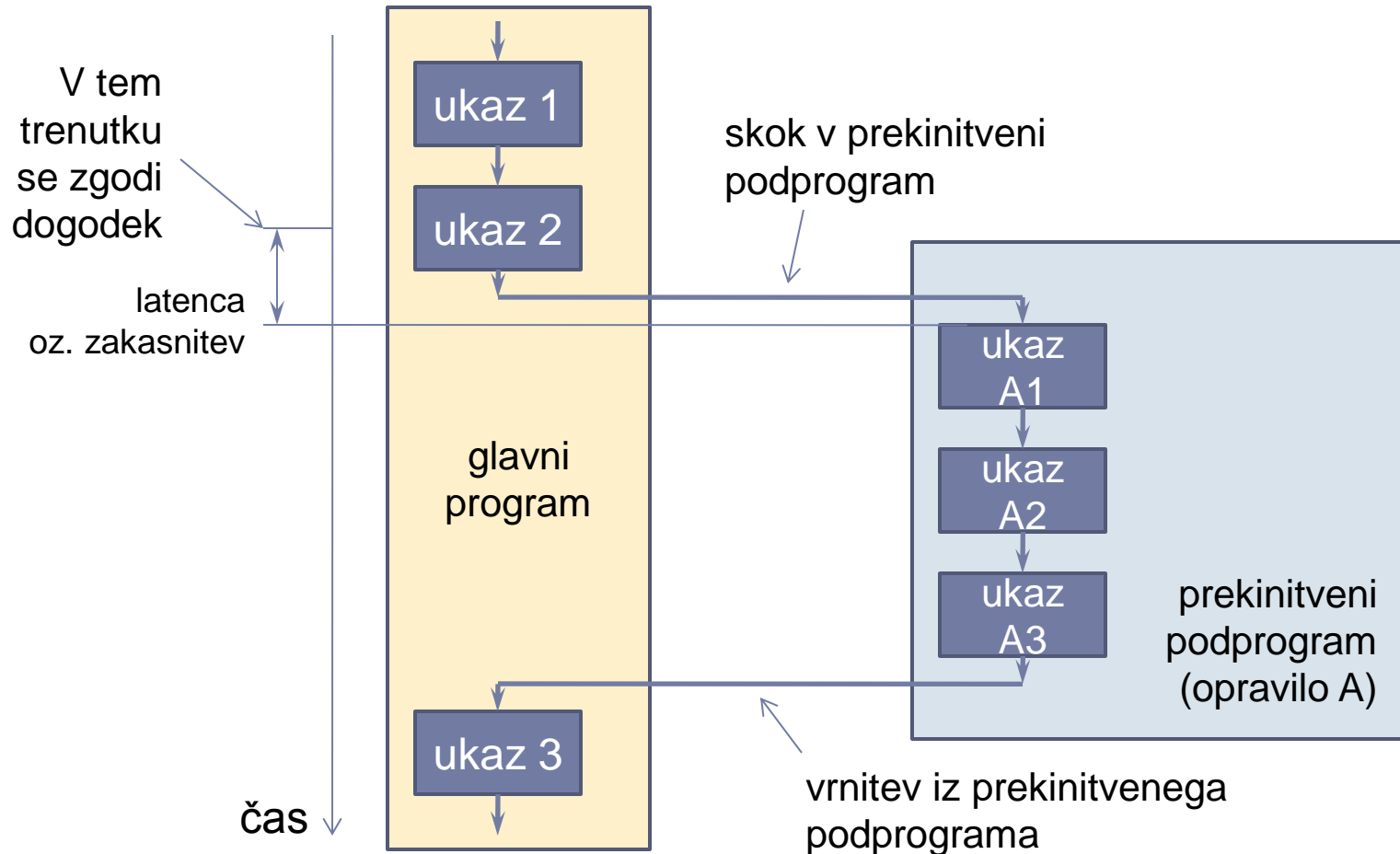
Prvotni program



... rešitev B:

Prekinitve (interrupts, exceptions)

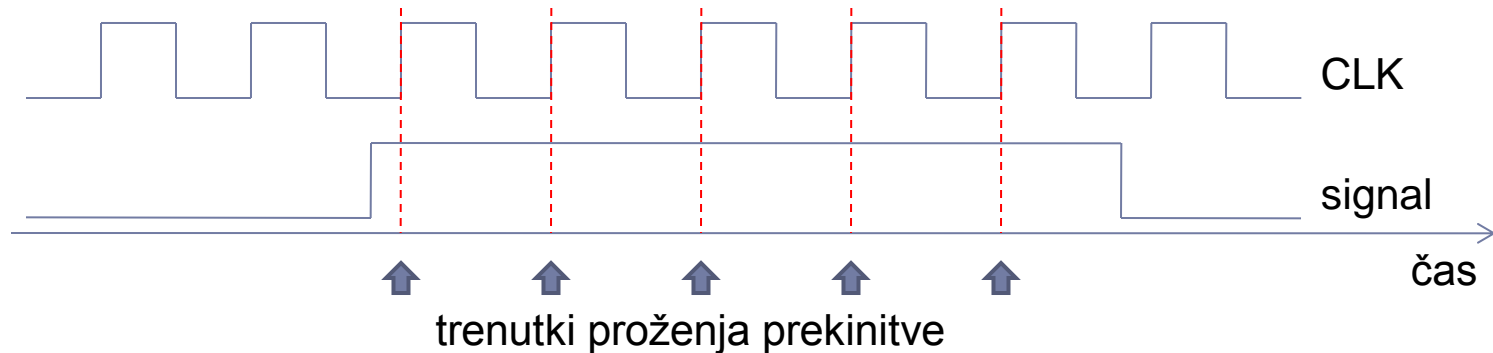
- ▶ Prekinitveni mehanizem v mikroprocesorju ob zaznanem dogodku sproži poseben (prekinitveni) podprogram, ki izvede opravilo A.



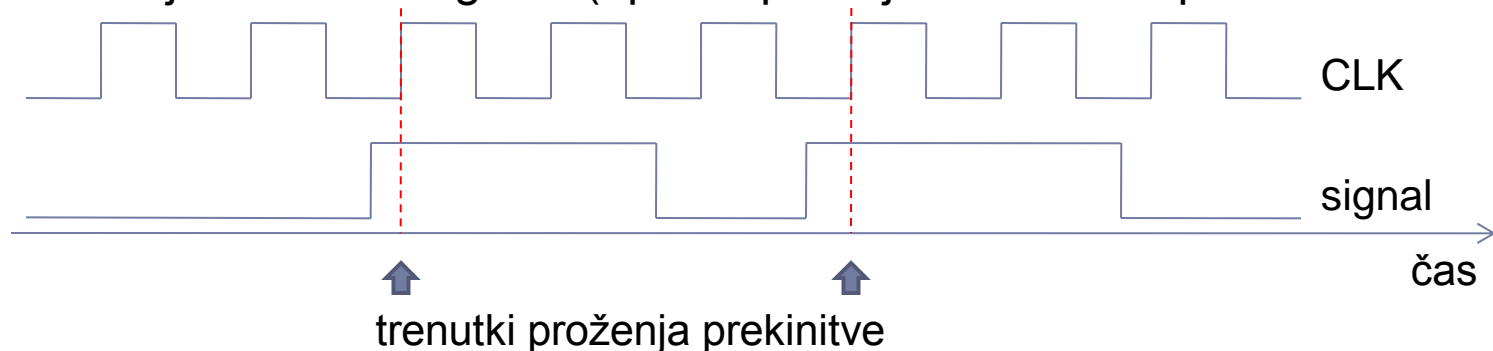
Proženje prekinitev

- ▶ **Z zunanjim signalom** (strojne prekinitev)

a) Proženje na nivo signala (npr. na logično '1')



b) Proženje na fronto signala (npr. na prednjo fronto – ob prehodu iz '0' v '1')



- ▶ **Programsko – s posebnim ukazom** (programske prekinitev)

npr. ukaz SWI jedra ARM7 sproži SWI prekinitev

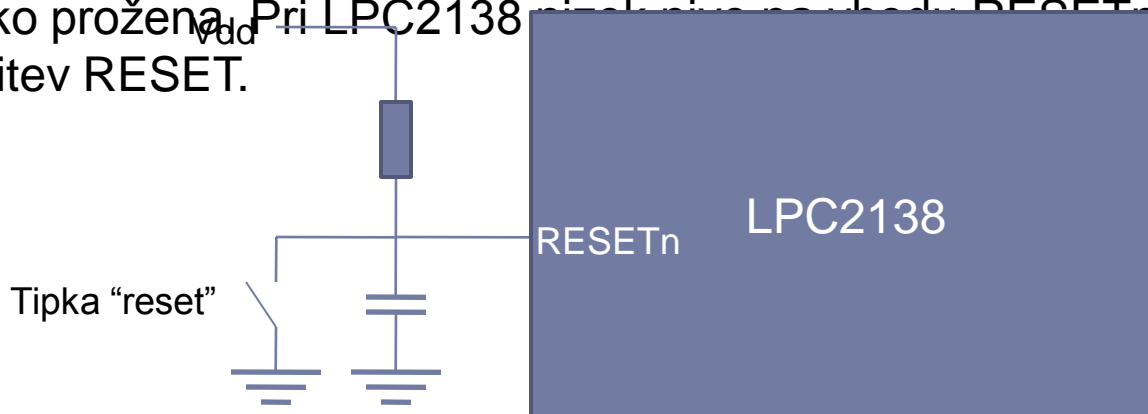
Prekinitve in program

- ▶ Ob skoku v prekinitveni podprogram si mikroprocesor zapomni stanje programskega števca (PC).
Ponavadi ga zapiše na sklad.
ARM7 ga zapiše v register R14 (LR – link register).
- ▶ Programer mora sam poskrbeti za začasno shranjevanje stanja registrov, ki jih bo uporabil v prekinitvenem podprogramu.
Ponavadi jih zapiše na sklad. Včasih se to zgodi samodejno (npr. pri 68HC11)
ARM7 ima za nekatere prekinitve poseben nabor registrov (npr. lasten nabor R8-R14 za prekinitvev FIQ, ki se aktivira ob vstopu v prekinitveni podprogram prekinitve FIQ).
- ▶ Vrnitev iz prekinitvenega podprograma izvedemo s posebnim ukazom mikroprocesorja, ki vzpostavi prvotno stanje PC.
- ▶ Pred vrnitvijo moramo vzpostaviti prvotno stanje registrov.
Pri prekinitvi FIQ jedra ARM7 se to za registre R8-R14 zgodi samodejno.
- ▶ ⁵V ostalih primerih ponavadi poberemo prej zapisane vrednosti s sklada.

Maskiranje prekinitev

NMI prekinitve, prekinitvev RESET

- ▶ Maskiranje = izklop mehanizma za proženje prekinitvenega programa. Ponavadi poteka s postavljanjem bitov v registru stanja. Pri ARM7 maskiramo prekinitvev FIQ s postavitvijo 6. bita (F) v registru CPSR na 1.
- ▶ Vseh prekinitev se ne da maskirati (Non-Maskable Interrupt, NMI). Tako naprimer ne moremo maskirati prekinitvev RESET.
- ▶ Ponavadi se prekinitvev samodejno maskirajo ob vstopu v prekinitveni podprogram. To je smiselno, saj začetnega dela podprograma (shranjevanja registrov na sklad) ne sme prekiniti nova zahteva po prekinitvi.
- ▶ Prekinitvev RESET sprožimo ob zagonu mikroprocesorja. Ponavadi je nivojsko prožena. Pri LPC2138 nivojsko sproži prekinitvev RESET.



Prekinitve jedra ARM7 (prožene s signalom)...

▶ RESET

Proži jo vhod RESETn jedra ARM7. Nizek nivo ('0') sproži prekinitiv RESET.

▶ Data Abort

Proži jo vhod ABORT jedra ARM7. Če gre ta vhod na visok nivo ('1') med nalaganjem podatka iz pomnilnika, se sproži ta prekinitiv.

▶ FIQ

Proži jo vhod FIQn jedra ARM7. Če gre ta vhod na nizek nivo ('0'), se sproži prekinitiv FIQ.

▶ IRQ

Proži jo vhod IRQn jedra ARM7. Če gre ta vhod na nizek nivo ('0'), se sproži prekinitiv IRQ.

▶ Prefetch Abort

Podobna kot Data Abort, le da se sproži, če gre signal ABORT na visok nivo med nalaganjem ukaza iz pomnilnika. Preko Data/Prefetch Abort prekinitve lahko enota za upravljanje s pomnilnikom (MMU) jedro obvešča o poskusih dostopa do zaščitene delov pomnilnika.

... prekinitve jedra ARM7 (programsko prožene)

▶ Undefined Instruction

Sproži se, če jedro ob izvajanju ukaza naleti na 32-bitno kodo, ki ne ustreza nobenemu znanemu ukazu.

▶ SWI

Sproži jo programer s pomočjo ukaza SWI. Ponavadi se uporablja za klice operacijskega sistema. Ukaz ima en 24-bitni operand, ki ga uporabljamo za navajanje kode storitve operacijskega sistema.

▶ **Maksimalna latenca najhitrejše prekinitve (FIQ) v jedru ARM7**

27 ciklov ure (če nimamo čakalnih stanj – zero wait state)

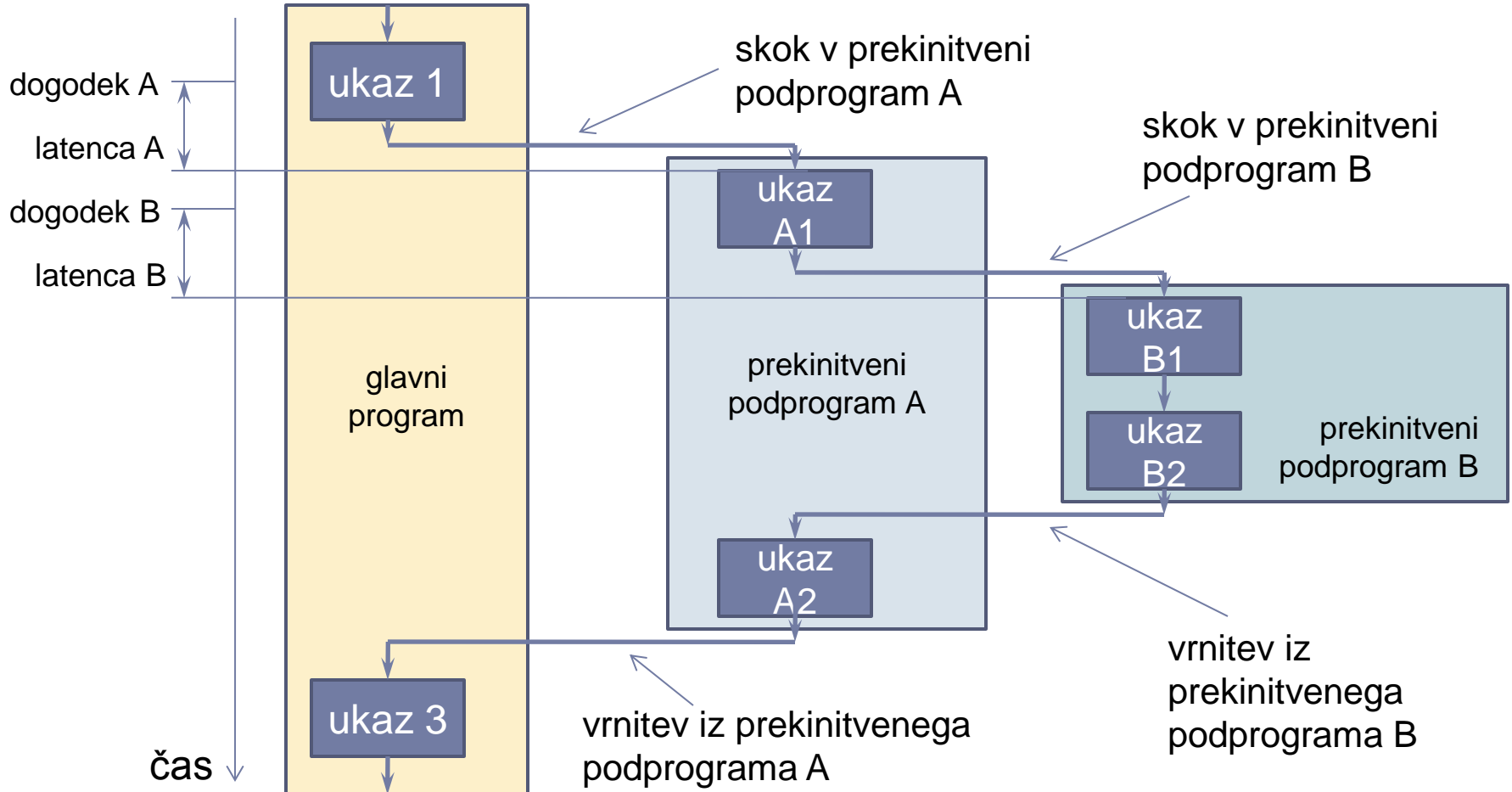
27 ciklov @ 40 MHz = 0.675us

▶ Tabela prekinitvenih vektorjev

naslovi 0x00-0x20 hranijo 8 skočnih ukazov, po enega za skok na vsakega od prekinitvenih podprogramov: RESET, Undefined Instruction, SWI, Prefetch Abort, Data Abort, xxx, IRQ in FIQ. Naslovi 0x14-0x18 nimajo posebnega pomena za jedro ARM7. V LPC2138 so uporabljeni za kontrolno vsoto tabele vektorjev.

Gnezdene prekinitve...

- ▶ Včasih dovolimo, da se prekinitveni podprogram A prekine z novo zahtevo po prekinitvi, ki se pojavi med izvajanjem podprograma A.



... gnezdene prekinitve

Prioriteta (prednost) prekinitve

- ▶ Pri gnezdenih prekinitvah je treba biti še posebej pozoren na shranjevanje stanja registrov pred začetkom izvajanja prekinitvenega podprograma.
- ▶ Prekinitveni podprogram lahko prekine nova zahteva po isti prekinitvi (podprogram A = podprogram B).
- ▶ Gnezdenje je ponavadi treba ročno omogočiti.
npr. pri ARM7 v prekinitvenem podprogramu za servisiranje prekinitve FIQ postavimo bit F registra CPSR na 0 (ponovno omogočimo prekinitvev FIQ).
- ▶ Izvajanje nekega prekinitvenega podprograma lahko prekinejo le tiste zahteve po prekinitvi, ki imajo višjo prioriteto (prednost).

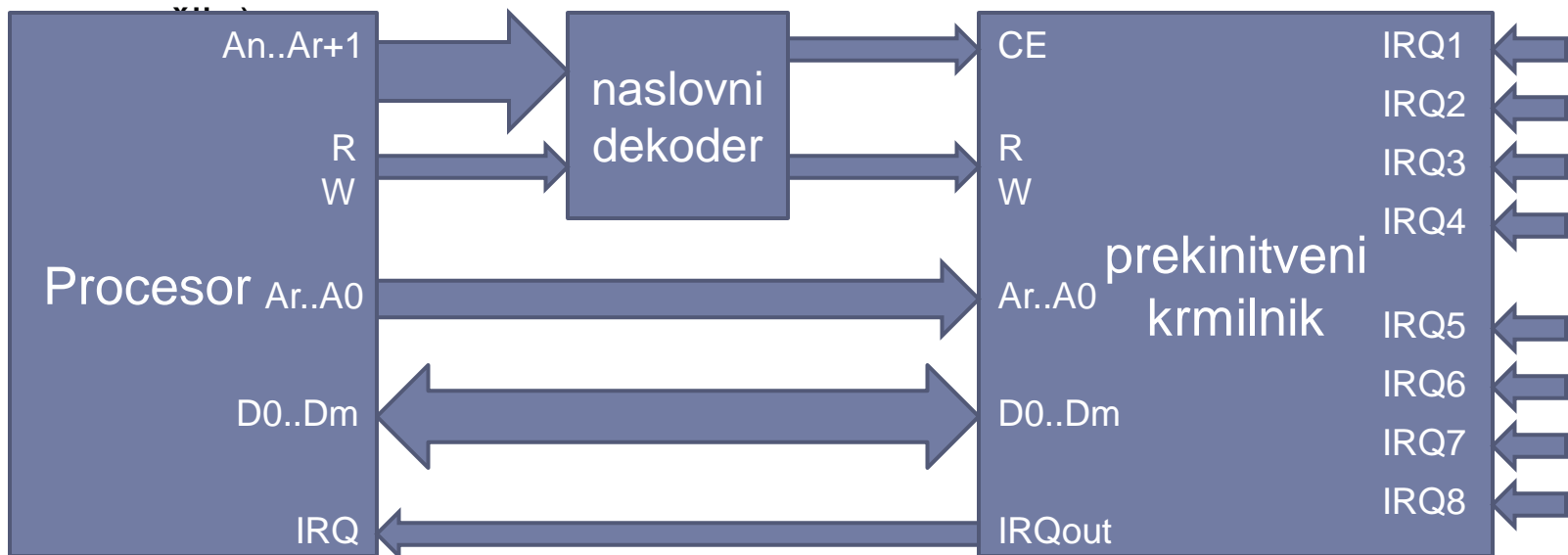
Prioritete prekinitvev pri ARM7:

RESET (najvišja), Data Abort, FIQ, IRQ, Prefetch Abort,
Undefined Instruction, SWI (najnižja)

Premalo vhodov za prekinitve?

Prekinitveni krmilnik...

- ▶ Procesorji imajo malo zunanih vhodov za proženje prekinitev.
- ▶ Kaj če je to premalo?
- ▶ Krmilnik si ob zahtevi po prekinitvi na vhodih IRQ1..IRQ8 zapomni vhod, na katerem se je pojavila zahteva ter sproži prekinitev na vhodu IRQ mikroprocesorja.
- ▶ Ob servisiranju zahteve prekinitveni podprogram iz registrov krmilnika prebere, kateri vhod krmilnika je sprožil prekinitev (katera naprava jo je



... prekinitveni krmilnik

- ▶ Intel 8259 – prekinitveni krmilnik za mikroprocesorje 8085 in 8086 (IBM PC/XT) - 8 prekinitev – IRQ0...IRQ7
- ▶ V IBM PC/AT dve vezji 8259 – dodatno še IRQ8...IRQ15



- ▶ Danes: Intel APIC (Advanced Programmable Interrupt Controllers)
- ▶ LPC2138 (jedro ARM7) – vgrajen prekinitveni krmilnik
VIC (Vectored Interrupt Controller)
32 vhodov (virov zahtev po prekinitvi), 2 izhoda (IRQ, FIQ)
Povezave vhodov in izhodov lahko nastavimo programsko.
Vire zahtev po prekinitvi (32) lahko razvrstimo po prioriteti.

Druge rabe prekinitev...

Izvedba nedefiniranih ukazov procesorja

- ▶ Primer – ARM7

- ▶ Če procesor naleti na neznan ukaz, se sproži prekinitev “Undefined Instruction”

- ▶ Servisni podprogram te prekinitve lahko prebere ukaz, ki je povzročil prekinitev in temu ustrezno ukrepa

- ▶ Za emulacijo matematičnega koprocetorja

Če je koprocetor prisoten, bo izvršil ukaz in prekinitev se ne bo sprožila

Če koprocetorja ni, se sproži prekinitev.

Prekinitveni podprogram programsko izvrši (emulira) ukaz koprocetorja.

- ▶ Za emulacijo ukazov novejših procesorjev na

- ▶ 15 starejših procesorjih iste družine (npr. ukazi ARM9 ne ARM7)

... druge rabe prekinitev ...

Sistemske klici OS

- ▶ Sistemski klic izvede storitev operacijskega sistema, kadar to zahteva program (izvede sistemski klic).
- ▶ Sistemski klici so pogosto izvedeni s pomočjo programskih prekinitev (na ARM7 je to SWI).
- ▶ Sistemski klic (ARM7) izvedemo s pomočjo ukaza
`SWI xxx`
Pri tem je xxx številka systemskega klica.
- ▶ SWI prekinitveni podprogram prebere številko systemskega klica in izvede pripadajoč sistemski podprogram.

... druge rabe prekinitev

Sporočanje nedovoljenih dostopov

- ▶ Enota za upravljanje s pomnilnikom (MMU) lahko sporoči poskus dostopa do zaščenega dela pomnilnika preko linije ABORT jedru ARM7
- ▶ Če se to zgodi med nalaganjem ukaza, se sproži “Prefetch Abort” prekinitev.
- ▶ Če se to zgodi med nalaganjem podatka, se sproži “Data Abort” prekinitev.
- ▶ Prekinitveni podprogram (operacijski sistem) lahko nato ustrezno ukrepa:
 - a) Ustavi program, ki je povzročil nedovoljen dostop
 - b) Če je prekinitev posledica pomanjkanja pomnilnika sproži mehanizme za preslikavo pomnilnika in izmenjavo pomnilnika (swapping), da ustvari iluzijo večje količine pomnilnika, kot je dejansko prisotna v sistemu.