vaja 05

PicoBlaze KCPSM6

Digitalno načrtovanje – laboratorijske vaje

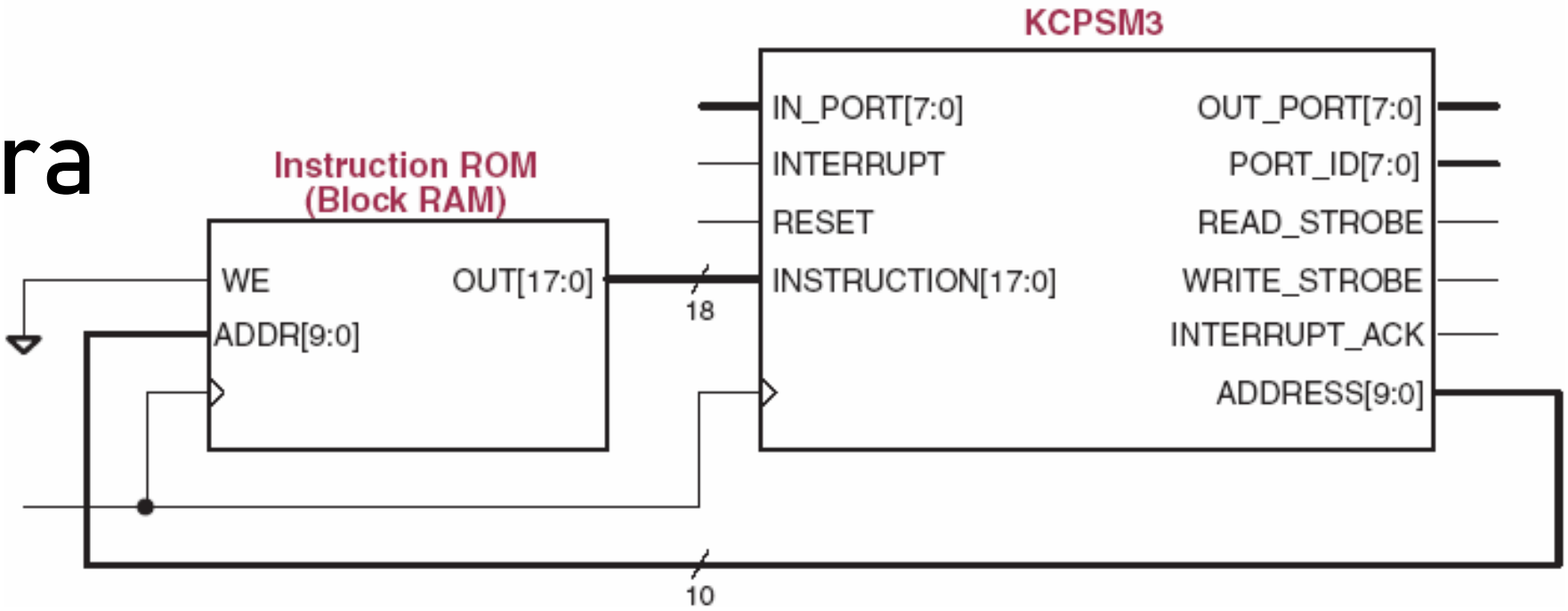
asistent: Nejc Ilc

Uvod

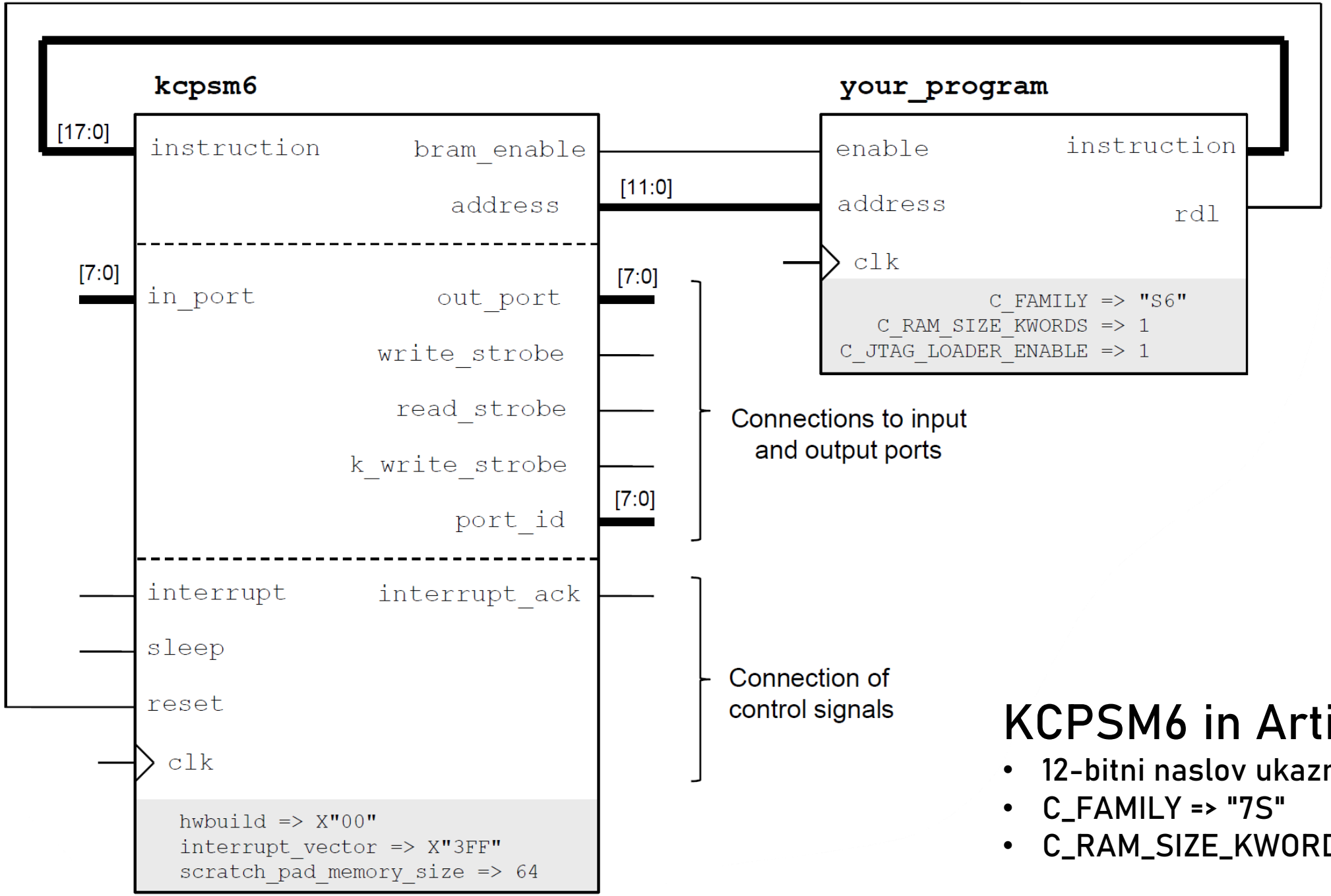
PicoBlaze™

- KCPSM
  - Ken Chapman's PSM
  - Konstant Coded Programmable State Machine
- Enostaven mikrokrmilnik (t.i. soft processor), prilagojen za celostno vgradnjo v Xilinx-ove čipe FPGA
  - arhitektura: 8-bitni RISC
  - zmogljivost: 52-119 MIPS
  - zelo varčen z viri - zasede 0,3-5 % vezja FPGA (26 rezin - slices)
  - odprtokoden, prost
- Namen uporabe: kompleksni, časovno nekritični avtomati, ki jih programiramo v zbirniku

Arhitektura



- Implementacijo sestavljata mikrokrmilnik in ukazni pomnilnik (ROM), ki hrani program
  - ukazi so 18-bitni,
  - ukazni pomnilnik hrani do 4 K ukazov (na čipih Artix-7 do 2 K),
  - uporablja komponento "bločni RAM" (BRAM). Vhod WE je 0, kar pomeni, da imamo ROM namesto RAM.
  - Zgornja shema prikazuje KCPSM3, ki naslavlja pomnilnik z 10 biti.



KCPSM6 in Artix-7

- 12-bitni naslov ukaznega pomnilnika
- C_FAMILY => "7S"
- C_RAM_SIZE_KWORDS => 2

Arhitektura

- 18-bitni ukazi
  - vsi ukazi se izvajajo 2 urini periodi (RISC)
  - ukazi lahko spreminjajo zastavici Zero (Z) in Carry (C), ki ju lahko uporabimo za procesiranje kaskade 8-bitnih podatkov (npr. 16, 32, 64, …-bitna števila)
- 2 množici 16 8-bitnih splošno-namenskih registrov
  - poimenovani s0-sF
  - množica A in množica B za hiter preklop med neodvisnimi opravili, denimo, ko obdelujemo prekinitev
- (64/128/256)x8 bitni pomnilnik za hranjenje podatkov (Scratchpad RAM)
- Vhod/izhod
  - 8-bitni naslov V/I vrat PORT_ID (256 možnih vhodov in prav toliko izhodov)
  - 8-bitni podatek, ki se bere iz vhoda IN_PORT ali piše na izhod OUT_PORT
- Prekinitve
  - en prekinitveni vhod (INTERRUPT), potrjevanje (INTERRUPT_ACK)
  - reakcija v 3-4 urinih periodah (čas od aktiviranja prekinitve do vstopa v prekinitveno-servisni program)

Nabor ukazov

- Vhod/izhod: INPUT, OUTPUT
- Registri: LOAD
- Aritmetični/logični: ADD, SUB, AND, OR, XOR, RL, RR, SL, SR,
- Primerjanje: COMPARE, TEST
- Delo s podatkovnim pomnilnikom: FETCH, STORE
- Skoki, klici: JUMP, CALL, RETURN
- Celoten seznam ukazov: glej naslednjo stran ali https://docs.xilinx.com/v/u/en-US/ug129, stran 15, Tabela 3-1

KCPSM6 Instruction Set

```
aaa : 12-bit address 000 to FFF
 kk : 8-bit constant 00 to FF
 pp : 8-bit port ID 00 to FF
  p : 4-bit port ID 0 to F
 ss : 8-bit scratch pad location 00 to FF
  x : Register within bank s0 to sF
  y : Register within bank s0 to sF
```

Page	Opcode	Instruction
	Register loading	
55	00xy0	LOAD sX, sY
55	01xkk	LOAD sX, kk
71	16xy0	STAR sX, sY
	Logical	
56	02xy0	AND sX, sY
56	03xkk	AND sX, kk
57	04xy0	OR sX, sY
57	05xkk	OR sX, kk
58	06xy0	XOR sX, sY
58	07xkk	XOR sX, kk
	Arithmetic	
59	10xy0	ADD sX, sY
59	11xkk	ADD sX, kk
60	12xy0	ADDCY sX, sY
60	13xkk	ADDCY sX, kk
61	18xy0	SUB sX, sY
61	19xkk	SUB sX, kk
62	1Axy0	SUBCY sX, sY
62	1Bxkk	SUBCY sX, kk
	Test and Compare	
63	0Cxy0	TEST sX, sY
63	0Dxkk	TEST sX, kk
64	0Exy0	TESTCY sX, sY
64	0Fxkk	TESTCY sX, kk
65	1Cxy0	COMPARE sX, sY
65	1Dxkk	COMPARE sX, kk
66	1Exy0	COMPARECY sX, sY
66	1Fxkk	COMPARECY sX, kk

Page	Opcode	Instruction
	Shift and Rotate	
67	14x06	SL0 sX
67	14x07	SL1 sX
67	14x04	SLX sX
67	14x00	SLA sX
67	14x02	RL sX
68	14x0E	SR0 sX
68	14x0F	SR1 sX
68	14x0A	SRX sX
68	14x08	SRA sX
68	14x0C	RR sX
	Register Bank Selection	
70	37000	REGBANK A
70	37001	REGBANK B
	Input and Output	
73	08xy0	INPUT sX, (sY)
73	09xpp	INPUT sX, pp
74	2Cxy0	OUTPUT sX,(sY)
74	2Dxpp	OUTPUT sX, pp
78	2Bkkp	OUTPUTK kk, p
	Scratch Pad Memory	
	(64, 128 or 256 bytes)	
81	2Exy0	STORE sX,(sY)
81	2Fxss	STORE sX, ss
82	0Axy0	FETCH sX, (sY)
82	0Bxss	FETCH sX, ss

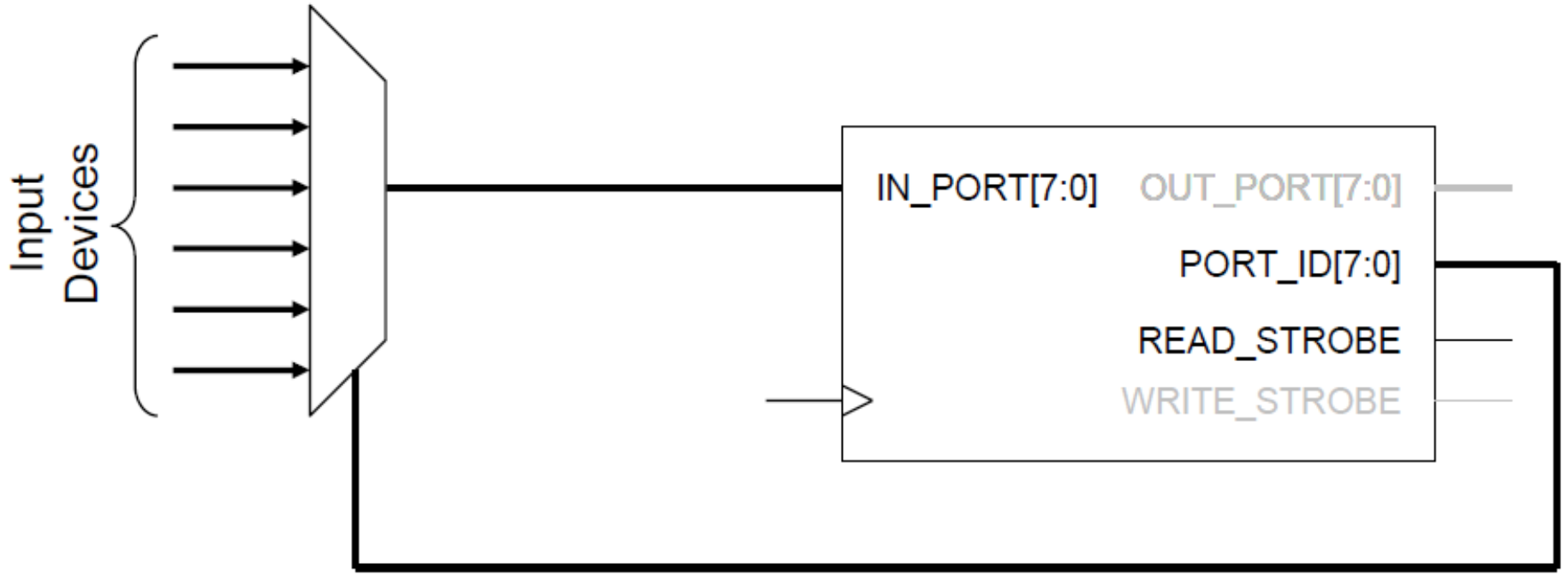
Page	Opcode	Instruction
	Interrupt Handling	
83	28000	DISABLE INTERRUPT
83	28001	ENABLE INTERRUPT
84	29000	RETURNI DISABLE
84	29001	RETURNI ENABLE
	Jump	
87	22aaa	JUMP aaa
88	32aaa	JUMP Z, aaa
88	36aaa	JUMP NZ, aaa
88	3Aaaa	JUMP C, aaa
88	3Eaaa	JUMP NC, aaa
89	26xy0	JUMP@ (sX, sY)
	Subroutines	
92	20aaa	CALL aaa
93	30aaa	CALL Z, aaa
93	34aaa	CALL NZ, aaa
93	38aaa	CALL C, aaa
93	3Caaa	CALL NC, aaa
94	24xy0	CALL@ (sX, sY)
96	25000	RETURN
97	31000	RETURN Z
97	35000	RETURN NZ
97	39000	RETURN C
97	3D000	RETURN NC
98	21xkk	LOAD&RETURN sX, kk
	Version Control	
101	14x80	HWBUILD sX

Branje vhodov (1)

- Vrednost na vhodu preberemo z ukazom INPUT
- Sintaksa:
  - `INPUT sX, pp`
    - v register `sX` shrani stanje vhoda na naslovu `pp`
  - `INPUT sX, (sY)`
    - v register `sX` shrani stanje vhoda na naslovu, ki se nahaja v registru `sY`

Branje vhodov (2)

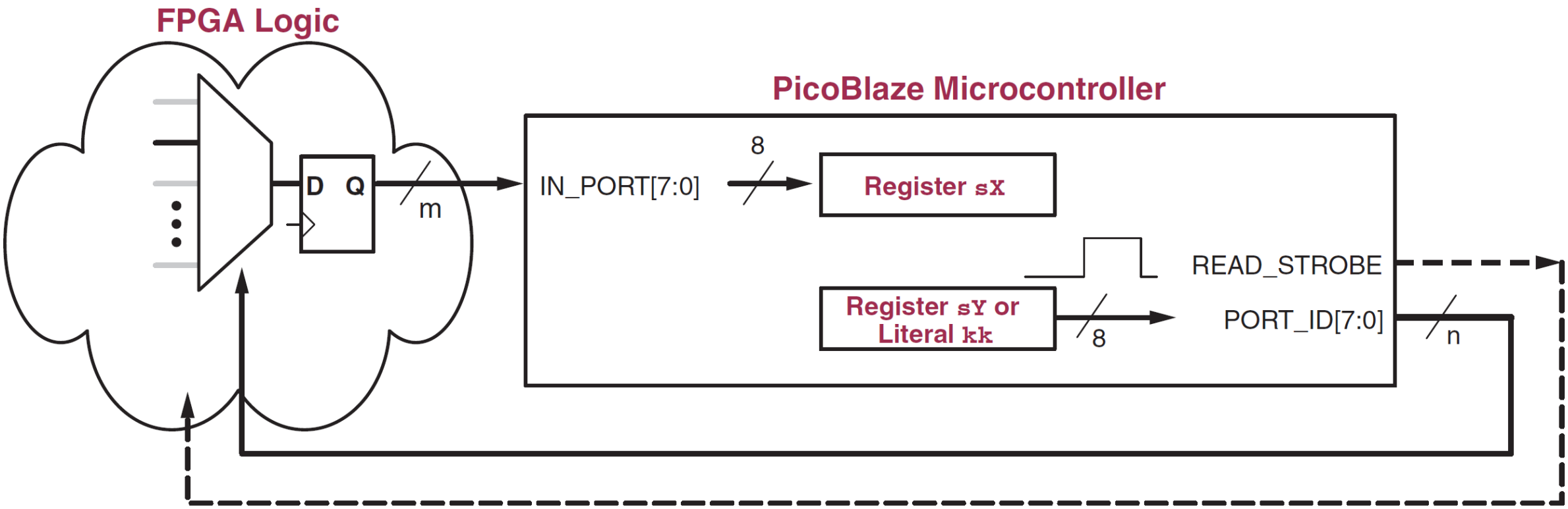
- Na vhodu IN_PORT je vrednost, ki jo preberemo v register
- PORT_ID določa naslov vhoda, ki ga beremo



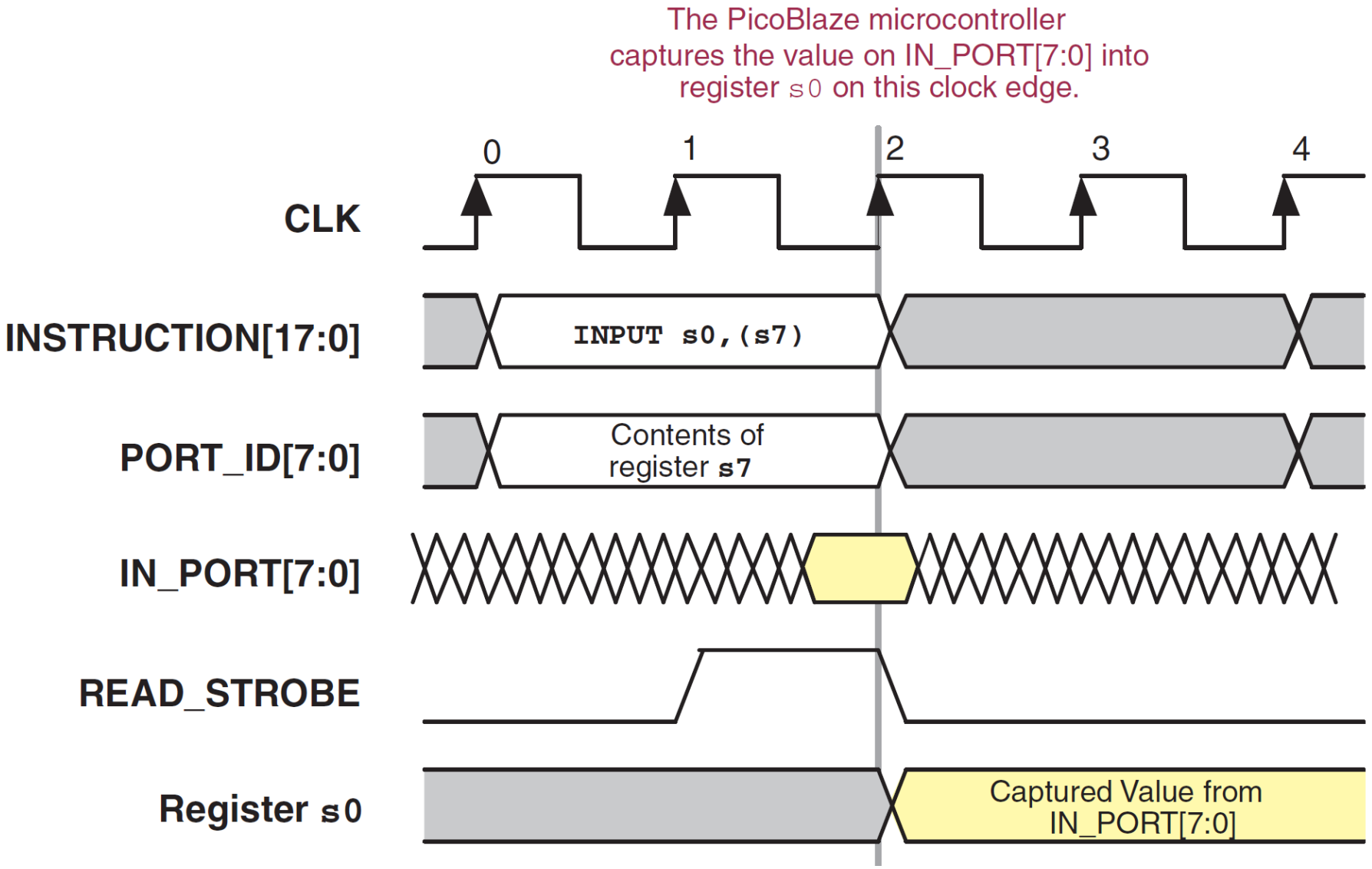
Branje vhodov (3)

- Med izvajanjem ukaza INPUT se na signalu READ_STROBE generira impulz, ki označuje, da beremo vrednost na vhodu;
- nekaterim vhodom je "vseeno" za ta signal (npr. gumb, stikalo)
- spet drugim vhodom pa ni "vseeno", kdaj smo vrednost prebrali oziroma, ali sploh smo jo prebrali (npr. medpomnilnik FIFO). Pri teh se signal READ_STROBE uporabi, da lahko odstranijo prebran podatek (pomaknejo vsebino "naprej").

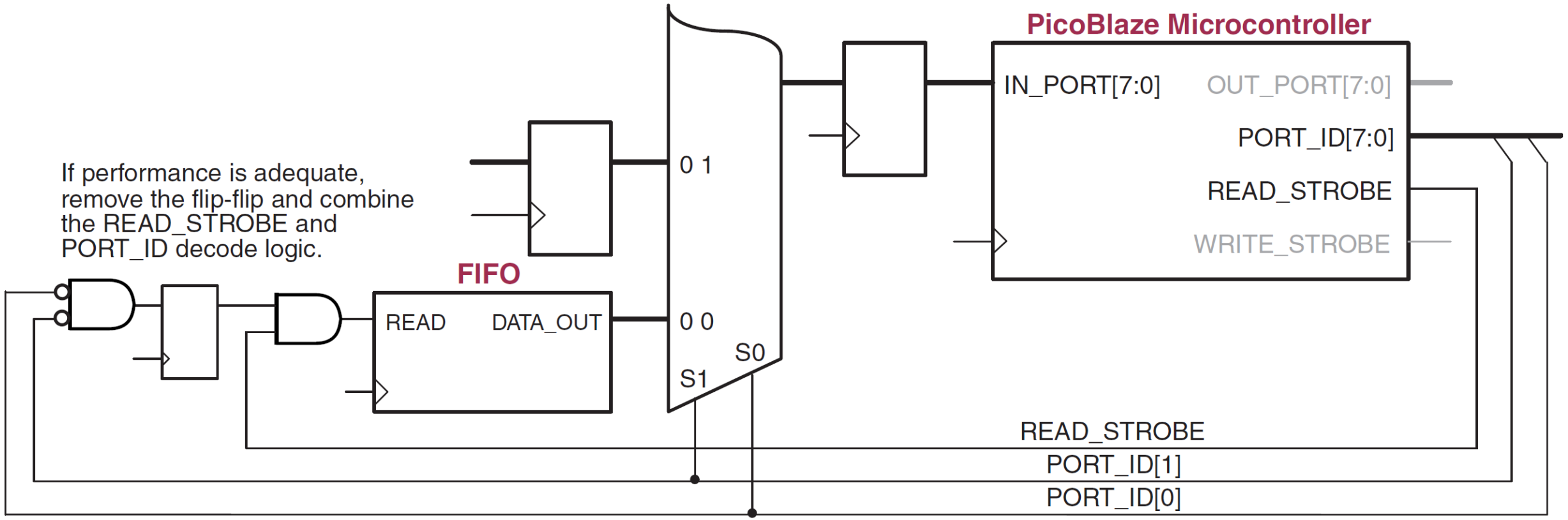
Branje vhodov (4)



Branje vhodov (5)



Branje vhodov (6)

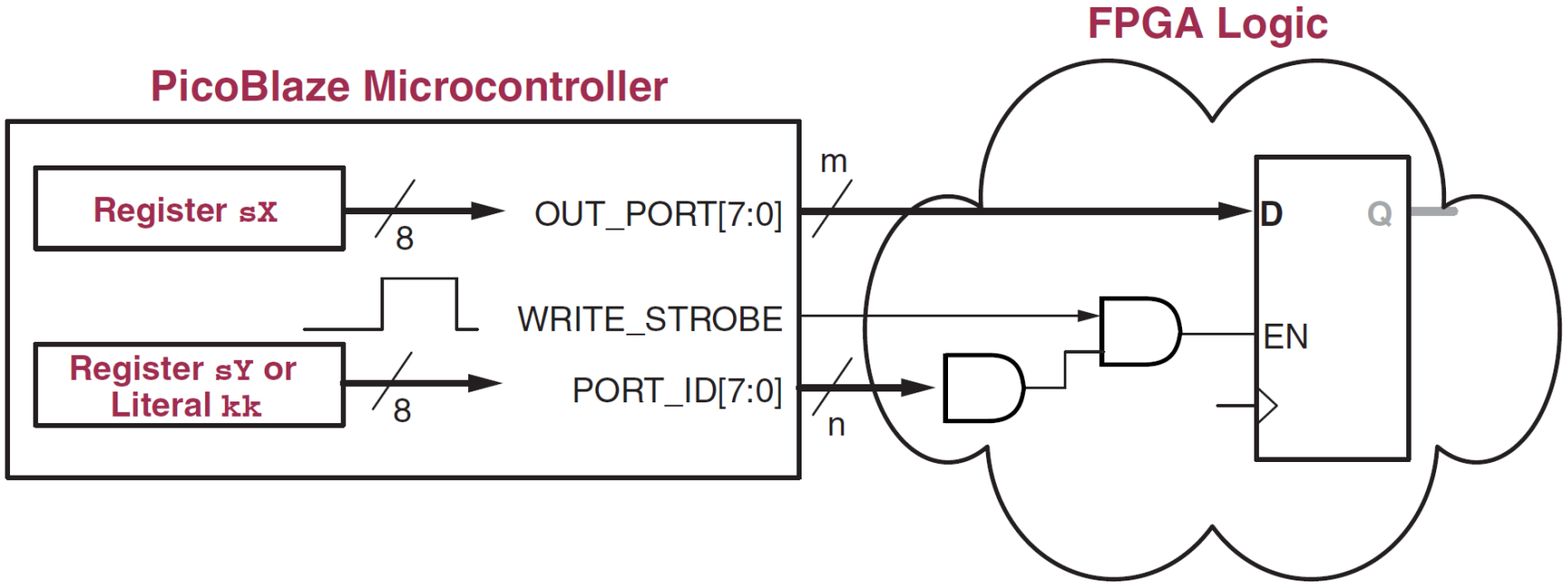


Pisanje na izhod (1)

- Vrednost na izhod postavimo z ukazom OUTPUT
- Sintaksa:
  - `OUTPUT sX, pp`
    - na izhod z naslovom `pp` se postavi vsebina registra `sX`
  - `OUTPUT sX, (sY)`
    - na izhod z naslovom, ki je shranjen v registru `sY`, se postavi vsebina registra `sX`

Pisanje na izhod (2)

- Naslov izhoda se pojavi na signalu PORT_ID
- Na signalu OUT_PORT se pojavi vrednost izhoda
- Ob izvajanju ukaza OUTPUT se na signalu WRITE_STROBE generira impulz, ki označuje pisanje izhoda.



Vključitev v projekt (1)

- Izvorna koda mikrokrmilnika in zbirnik sta na voljo na učilnici in na uradni spletni strani
- Datoteka *kcpsm6_design_template.vhd* vsebuje predlogo kode. V naš projekt kopiramo:
  - deklaracije za:
    - komponenti `kcpsm6` in ukazni pomnilnik `<your_program>`, ki ga preimenujemo, da ustreza datoteki PSM
    - notranje signale

Vključitev v projekt (2)

- za `begin`
  - instanco `processor: kcpsm6`
    - popravimo ime signala za uro (`clk`), da ustreza vhodu v naš glavni modul
  - `kcpsm6_sleep <= '0'; -- funkcijo za spanje izklopimo`
  - `interrupt <= interrupt_ack; -- prekinitve si pogledamo naslednjič`
  - instanco `program_rom`, ki ima ime enako datoteki PSM (brez presledkov!)
    - popravimo ime signala za uro (`clk`), da ustreza vhodu v naš glavni modul
    - `C_FAMILY => "7S"`
    - `C_RAM_SIZE_KWORDS => 2`
    - `C_JTAG_LOADER_ENABLE => 1`
  - Kodo za preslikavo vhodov/izhodov (če potrebujemo)
    - za učinkovito sintezo upoštevamo navodila glede dekodiranja naslovov `port_id`
      - vhodi: naslovimo toliko bitov, kolikor je res potrebno: `case port_id(1 downto 0) is`
      - izhodi: en-bit-en-naslov ("one hot"): `if port_id(1) = '1' then -- port 0x2`

Vključitev v projekt (3)

- V projektno mapo *<ime_projekta>.srcs/sources_1/new* kopiramo:
  - *kcpsm6.exe*
  - *kcpsm6.vhd*
  - *ROM_form.vhd*
- V tej mapi tudi naredimo datoteko PSM, ki vsebuje program v zbirniku
  - program lahko urejamo tudi v Vivadu, priporočam spremembo tipa datoteke: Sources → izberemo datoteko PSM → desni klik → Source File Properties → spremenimo Type v ASM
- Zaženemo prevajalnik
  - `kcpsm6.exe <ime_programa>.psm`
  - napredi lepo formatirano datoteko *.fmt*
  - odprtokodna implementacija Opbasm: https://kevinpt.github.io/opbasm
- V Vivadu: Add sources → *kcpsm6.vhd* in *<ime_programa>.vhd*

Izziv

Z uporabo mikrokrmilnika PicoBlaze realizirajte naslednje:

- vseh 16 diod LED želimo krmiliti s stikali
- Gumb BTNC naj določi način:
  - BTNC = 0 → stanje LED diod ustreza stanju stikal: LED[i] = SW[i]
  - BTNC = 1 → invertirano stanje: LED[i] = not SW[i]