



Laboratorij za načrtovanje integriranih vezij

Univerza *v Ljubljani*
Fakulteta *za elektrotehniko*

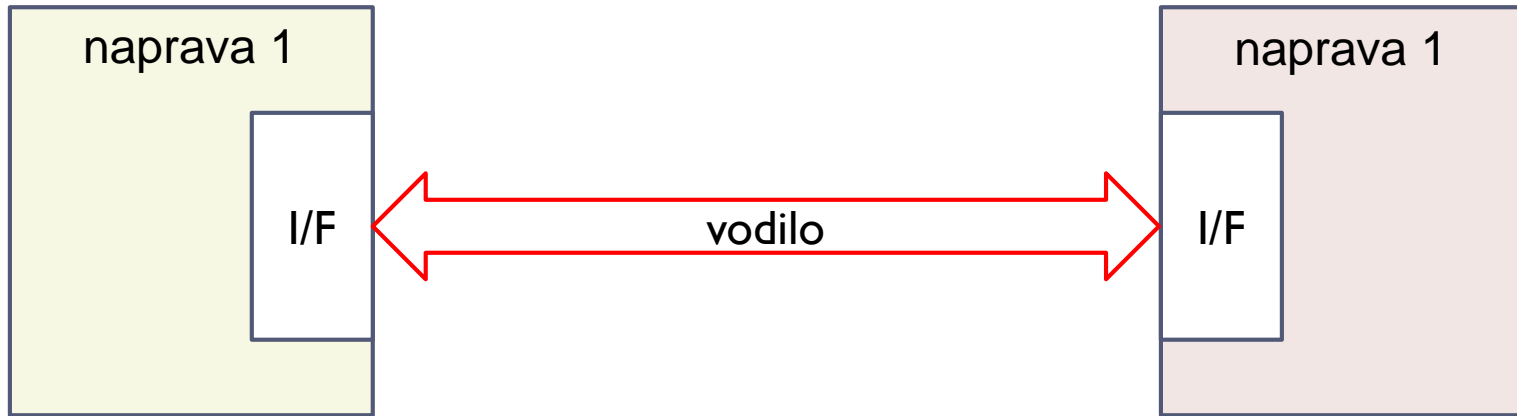


Digitalni Elektronski Sistemi

Vodila in vmesniki

Vodila, vzporedni (paralelni) vmesniki

Vmesniki in vodila



- ▶ Električni vmesnik (**Interface**, I/F)
 - ▶ logično vezje z zunanjimi povezavami in priključki
- ▶ Vodilo (**bus**)
 - ▶ vodilo omogoča prenos podatkov med napravami
 - ▶ pasivno vodilo (el. povezave)
 - ▶ vodilo s krmilnikom (usklajuje fizični nivo prenosa, **Phy**)

Klasifikacija vmesnikov

Vzporedni (paralelni)

- ▶ prenos več bitov hkrati
- ▶ Asinhroni
 - ▶ paralelna vrata (Centronics)
 - ▶ pomnilniški (SRAM, DRAM)

- ▶ Sinhroni
 - ▶ računalniški ISA, PCI
 - ▶ pomnilniški (SDRAM)
 - ▶ procesorski (Wishbone AMBA)

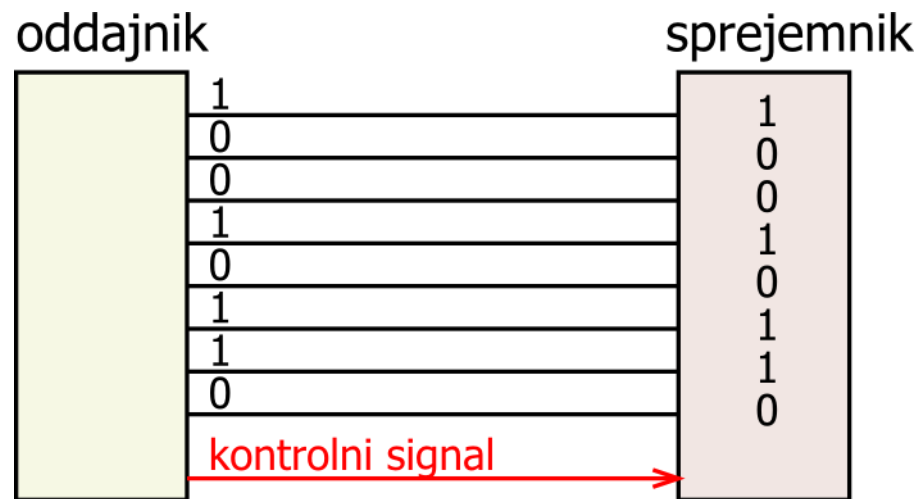
Zaporedni (serijski)

- ▶ en bit naenkrat
- ▶ Asinhroni
 - ▶ RS232 (UART), LIN
 - ▶ USB, Ethernet

- ▶ Sinhroni
 - ▶ PS/2 (tipkovnica)
 - ▶ SPI (SD Card)
 - ▶ I2C (med čipi)
 - ▶ JTAG (program & test)

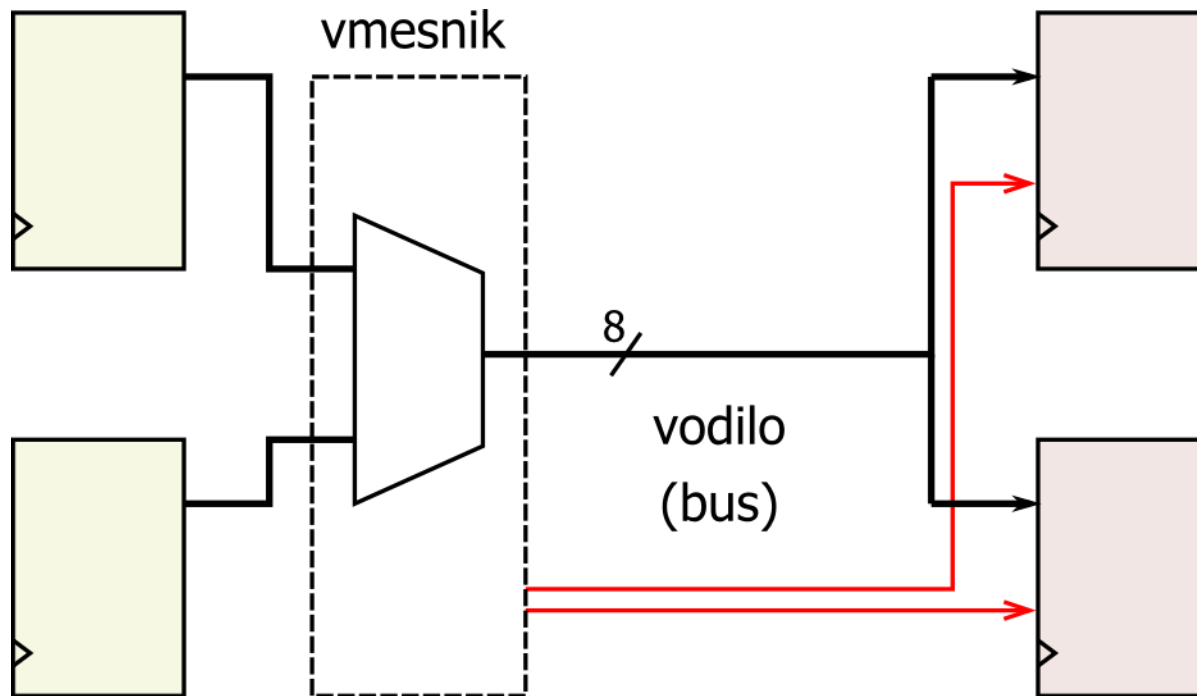
Vzporedni (paralelni) prenos podatkov

- ▶ prenos več bitov naenkrat, vsak po svoji povezavi
- ▶ vodilo vsebuje podatkovne povezave in
- ▶ kontrolne povezave
 - ▶ določajo kdaj naj se podatek prenese



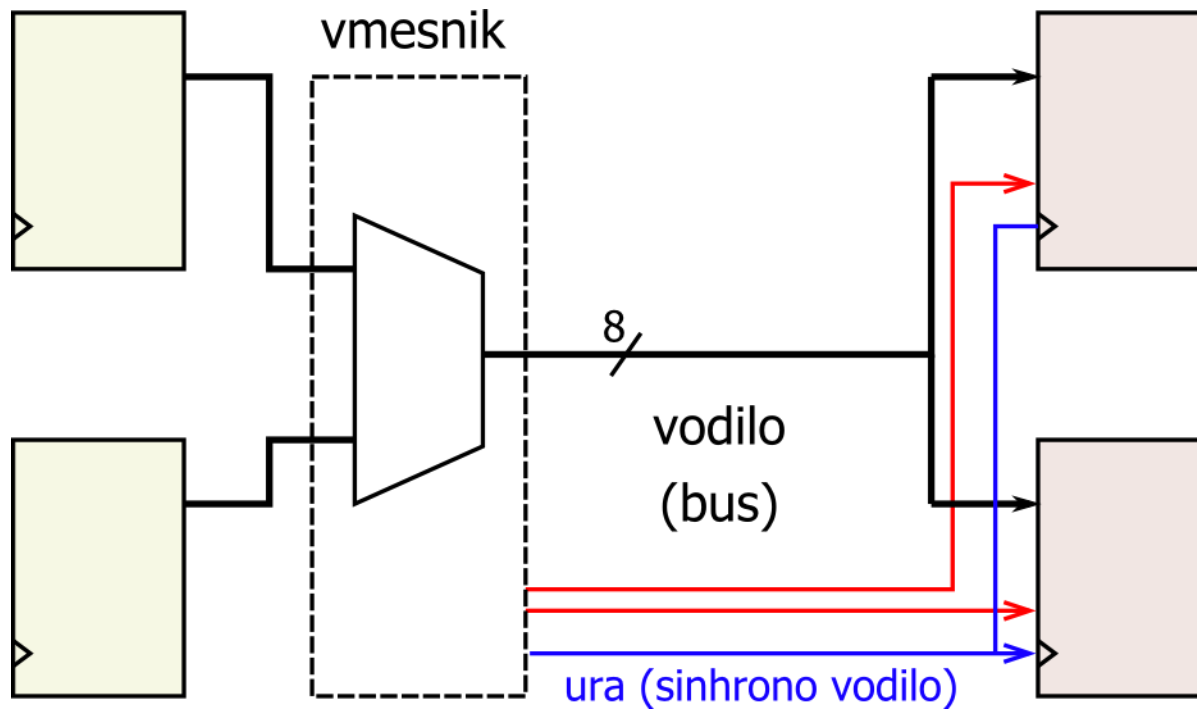
Vzporedni prenos z več registri

- ▶ vmesnik določa signale vodila
- ▶ kontrolni signal ali naslov za vsak register
- ▶ asinhrono



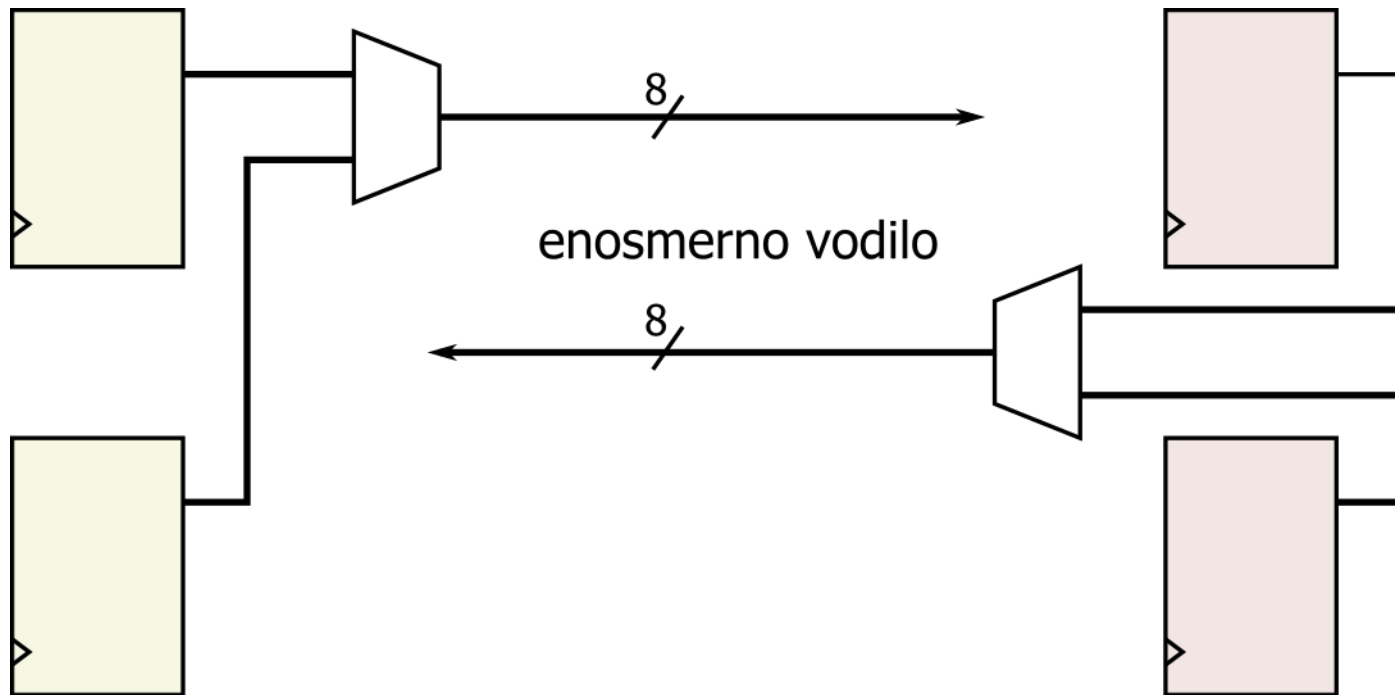
Vzporedni prenos v več registrov

- ▶ vmesnik določa signale vodila
- ▶ kontrolni signal ali naslov za vsak register
- ▶ asinhrono ali **sinhrono (vodilo vsebuje uro)**



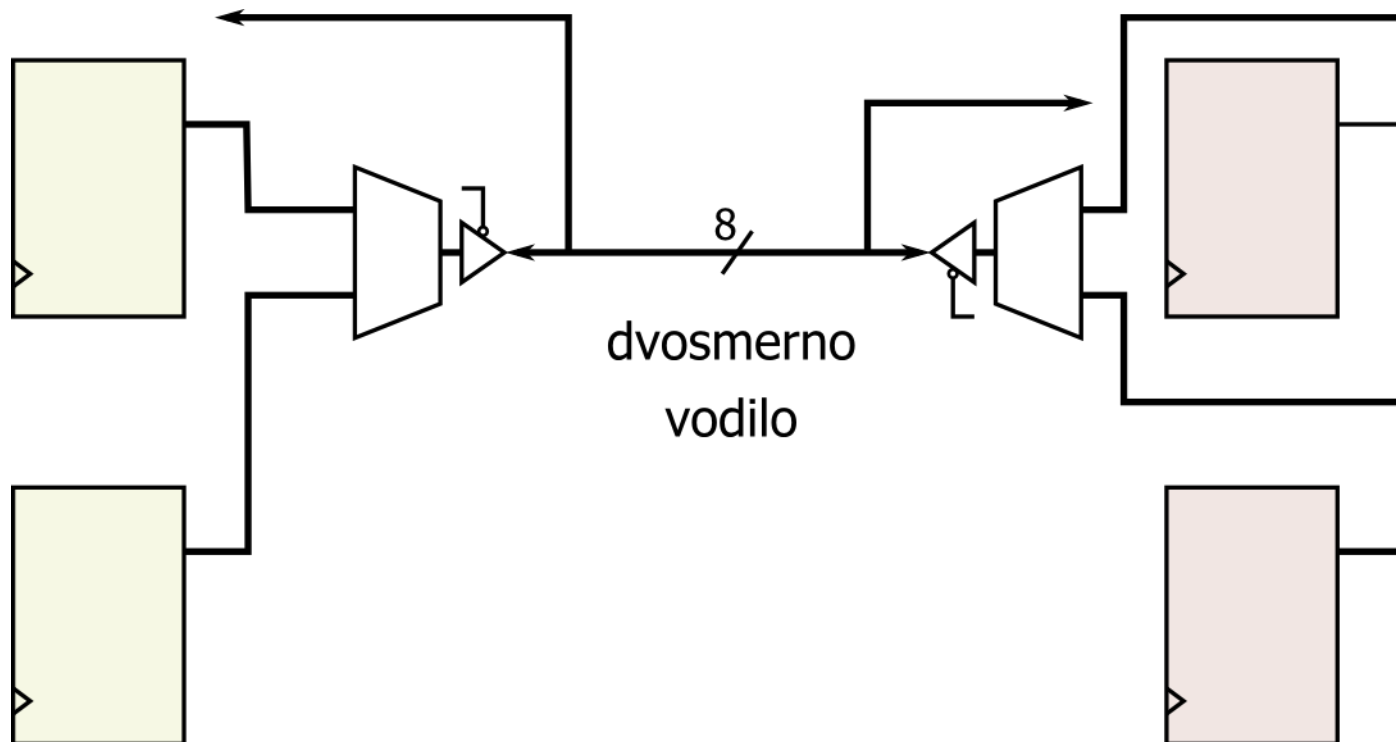
Enosmerni (unidirectional) prenos

- ▶ podvojene podatkovne povezave za prenos v obe smeri
 - ▶ več vodnikov – dražje tiskano vezje, kabli...
 - ▶ prenos lahko poteka v obe smeri hkrati



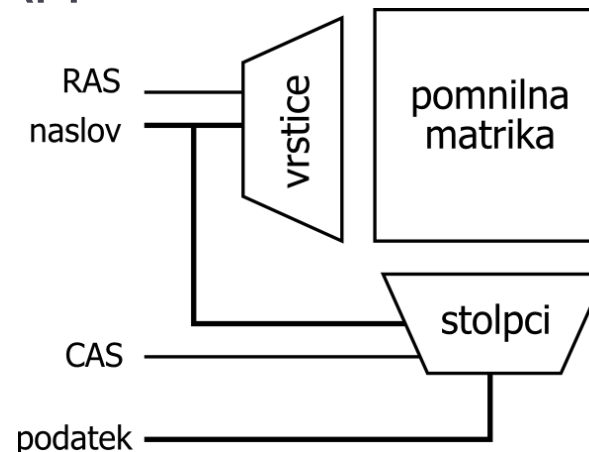
Dvosmerni (bidirectional) prenos

- ▶ izhode vežemo skupaj preko tristanjskih ojačevalnikov
 - ▶ en ojačevalnik je odprt, drugi so v stanju visoke impedance
- ▶ lastnosti
 - ▶ cenejše vodniki, prenos poteka le v eno smer naenkrat

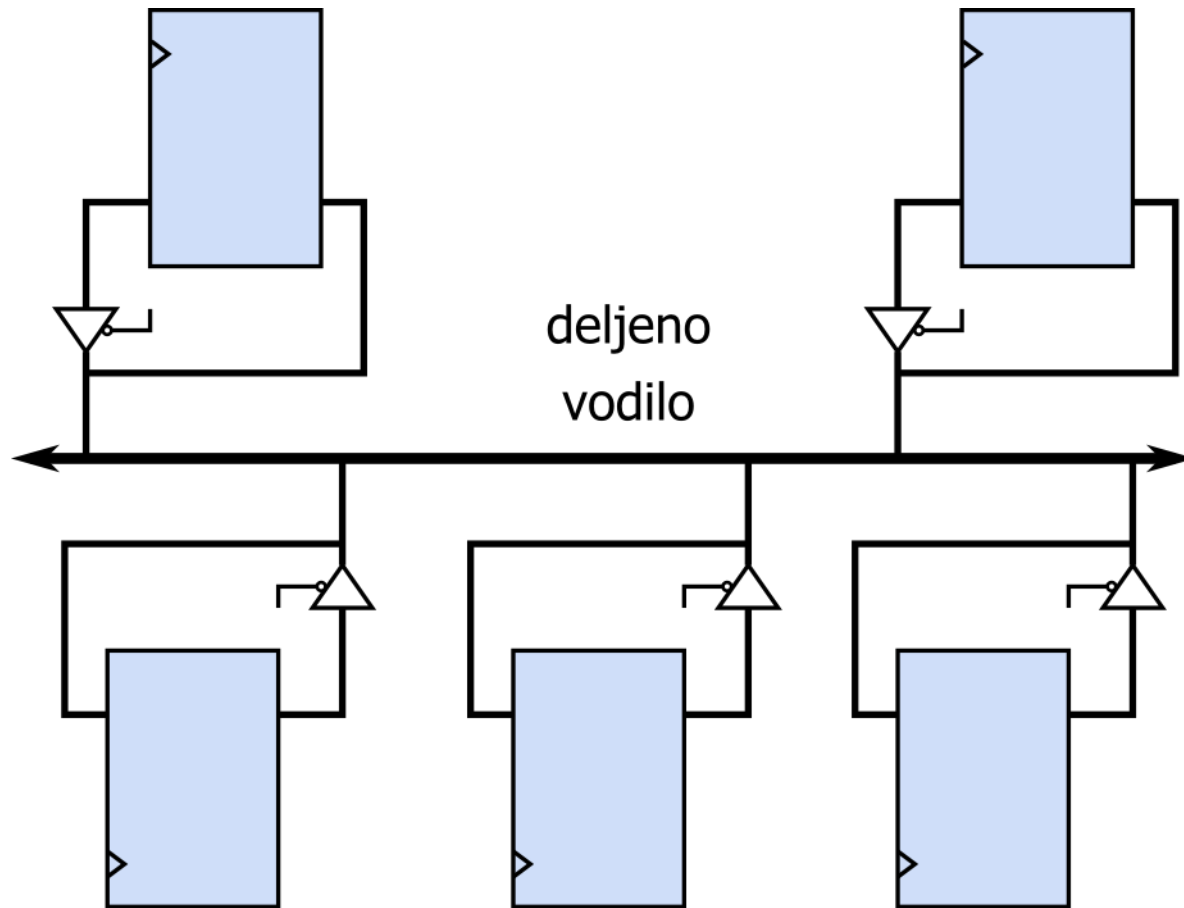


Deljeno vodilo

- ▶ deljenje (multipleksiranje) signalov, ki se prenašajo preko istih povezav
- ▶ deljenje zaradi dvosmernega prenosa podatkov
 - ▶ npr. statični pomnilnik - SRAM
- ▶ deljenje naslovnih in podatkovnih povezav
 - ▶ npr. zunanje vodilo 8-bitnih procesorjev Intel 8051
- ▶ deljenje naslovnega vodila
 - ▶ npr. dinamični pomnilnik - DRAM



Deljeno vodilo za povezavo več naprav



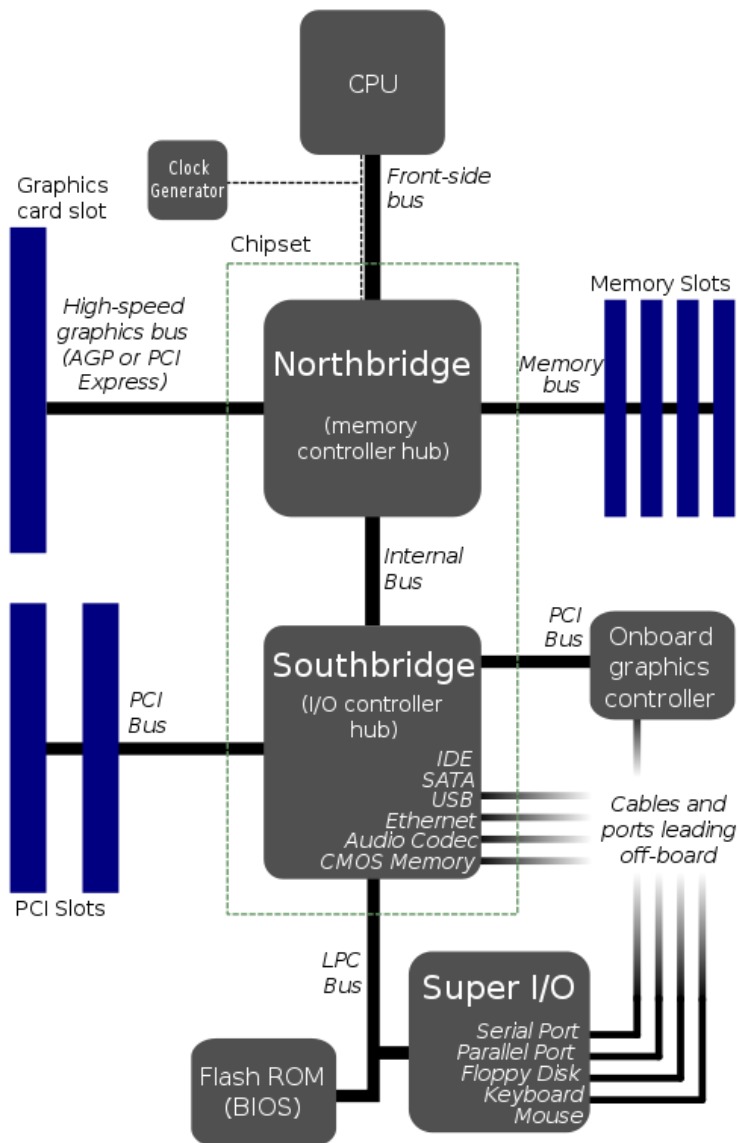
Kaj prenašamo po vodilu

- ▶ Podatke
 - ▶ prenašajo se po besedah (*byte*)
- ▶ Ukaze oz. kontrolne signale
 - ▶ izberi napravo / beri / piši
 - ▶ naslov izvora ali ponora podatkov
- ▶ Signale, ki jih določa protokol prenosa
 - ▶ zahteve (*request*), prekinitve (*interrupt*)
 - ▶ potrditve (*acknowledge*)
 - ▶ časovno usklajevanje (sinhrono / asinhrono)

Razvoj vodila v računalniških sistemih (1)

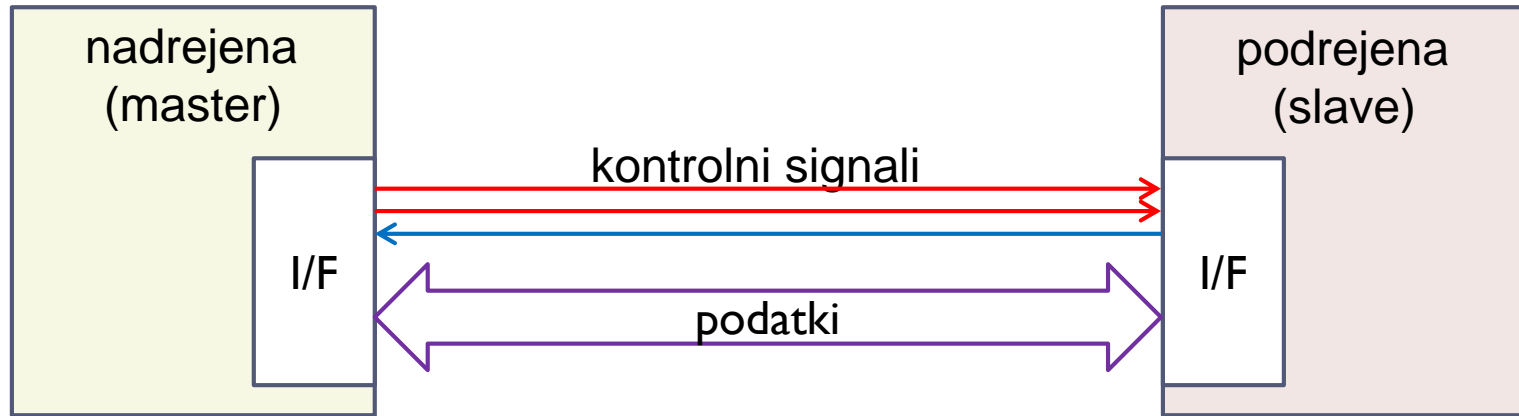
- ▶ začetek: vzporedni prenos podatkov med račun. karticami
 - ▶ ISA s standardni napetostni nivoji (5V TTL/CMOS, 1981)
 - ▶ IBM AT prenaša 16 bitov pri 8 MHz, TTL
 - ▶ paralelno vodilo za disk (IDE/ATA)
- ▶ pri visokih frekvencah ima vzporedno vodilo veliko težav
 - ▶ zakasnitve med biti, motnje ob simultanih preklopih
 - ▶ PCI pri 33 MHz obravnava povezave kot visokofrekvenčne linije
- ▶ zunanja vodila:
 - ▶ vzporedna vrata Centronics, npr. za povezavo tiskalnika
 - ▶ zaporedni RS232, dodatek z diferencialnimi nivoji omogoča prenos na večje razdalje

Razvoj vodila v računalniških sistemih (2)



- ▶ sistemsko vodilo
 - ▶ odvisno od procesorja
- ▶ pomnilnik SDRAM
 - ▶ 64 bitov, 133 MHz, SSTL 2.5V
 - ▶ do 533 MHz, SSTL 1.5V
- ▶ vzporedno vodilo PCI
 - ▶ 32 bitov, 33 MHz (133MB/s)
 - ▶ 64 bitov, 66 MHz (533MB/s)
- ▶ hitri zaporedni vmesniki
 - ▶ PCIe (1-16 GB/s)
 - ▶ SATA (1.5-6 GB/s)
- ▶ hitri zunanji vmesniki
 - ▶ zaporedni USB, Ethernet

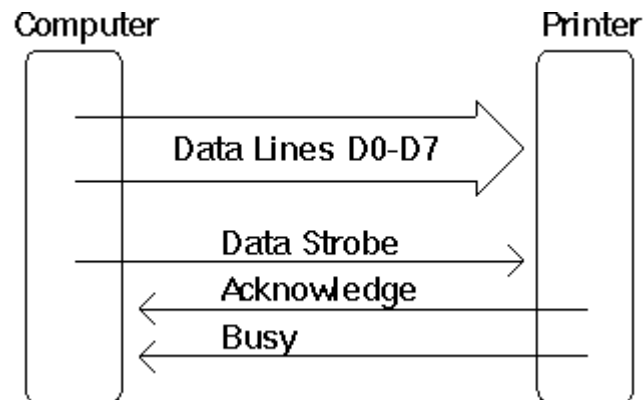
Usklajevanje komunikacije



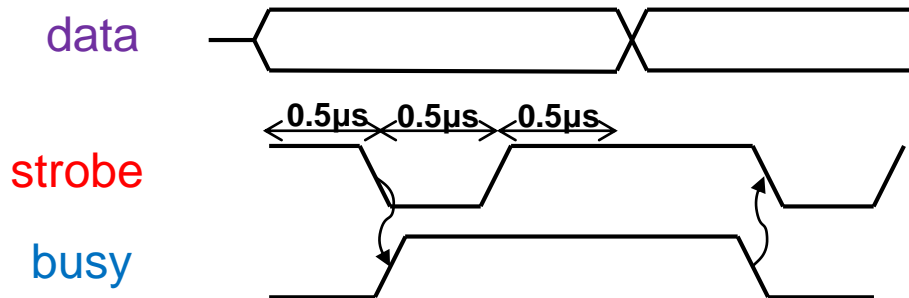
- ▶ Usklajevanje z nadrejeno napravo
- ▶ Ena izmed naprav (**master**) določa kdaj in kam se prenaša
- ▶ Druga naprava (**slave**) posluša in izvršuje zahteve

Primer: vzporedna vrata Centronics

- ▶ 8-bitni vmesnik za zunanje naprave računalnika (PC)
- ▶ asinhrono paralelno vodilo
PC je nadrejen (master)

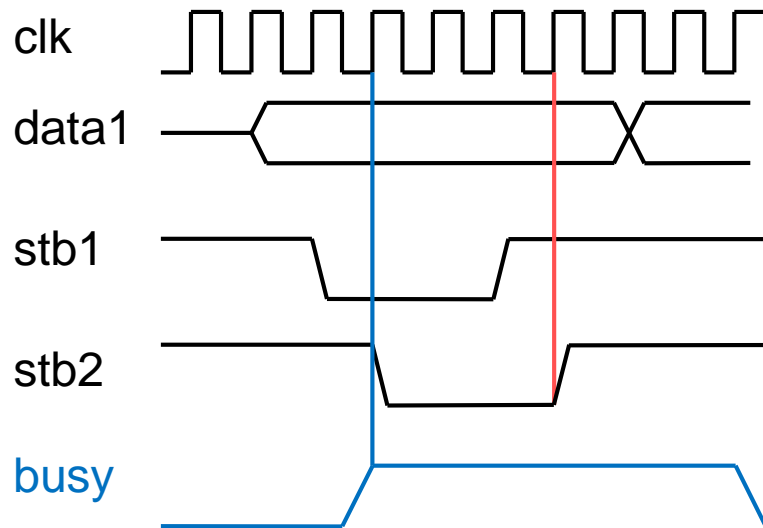


- ▶ Usklajevalni protokol
 1. PC čaka, da je naprava pripravljena (**busy=0**)
 2. PC postavi podatek (**data**) in naredi impulz (**strobe**)
 - ▶ podrejena naprava signalizira zasedenost (**busy=1**)



Sinhronizacija podrejene naprave

- ▶ kontrolne signale vzorčimo z lokalno uro
 - ▶ ura podrejene naprave je precej hitrejša od impulzov nadrejene
 - ▶ strobe vzorčimo dvakrat za sinhrono detekcijo fronte!



```
p: process (clk)
begin
  if rising_edge(clk) then
    if stb1='0' and stb2='1' then
      busy <= '1';
    end if;

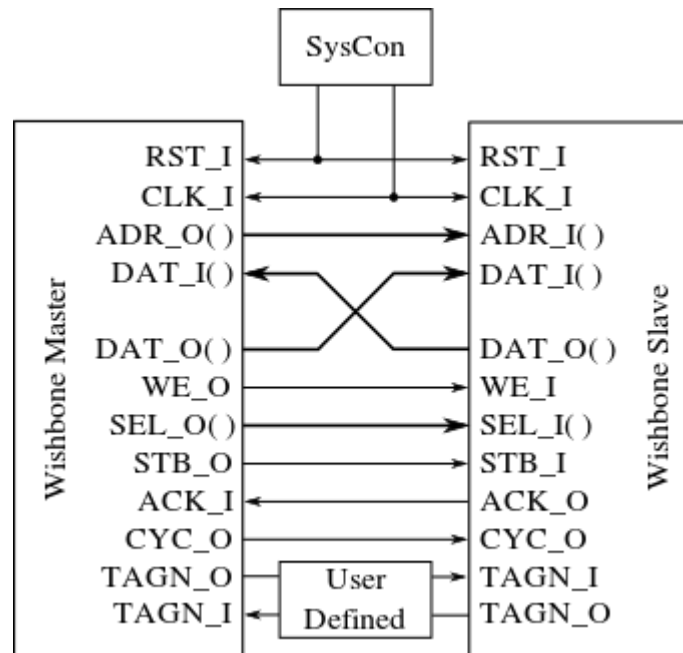
    if stb1='1' and stb2='0' then
      d <= data1;
    end if;
  end if;
end process
```


Primer: vodilo Wishbone

- ▶ odprt standard za sinhrono vodilo v integriranem vezju
- ▶ enostaven protokol
 - ▶ bralni, pisalni, blokovni in RMW (read-modify-write) prenos
 - ▶ prenos podatka v enem ciklu ure
- ▶ različne povezovalne arhitekture
 - ▶ točka s točko, deljeno vodilo, stikalo
 - ▶ sistem podrejenih enot (master/slave)
- ▶ različne možnosti razširitev
 - ▶ osnovni prenos, registrski prenos
 - ▶ lastni signali (address, data ali cycle tag)

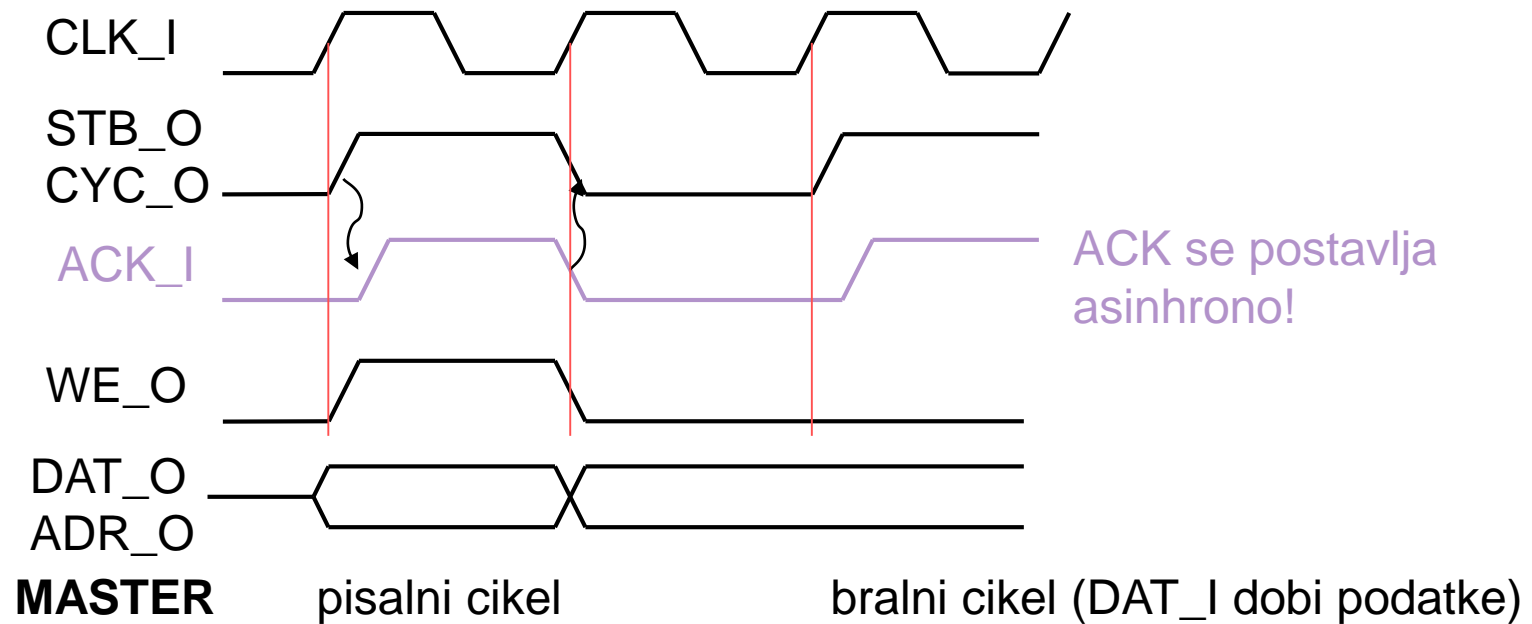
Wishbone: povezava dveh naprav

- ▶ enosmerni prenos podatkov
 - ▶ ena je nadrejena (master), druga pa podrejena (slave)
- ▶ sistemska ura in reset (SysCon)
- ▶ prenos lahko poteka v obe smeri hkrati



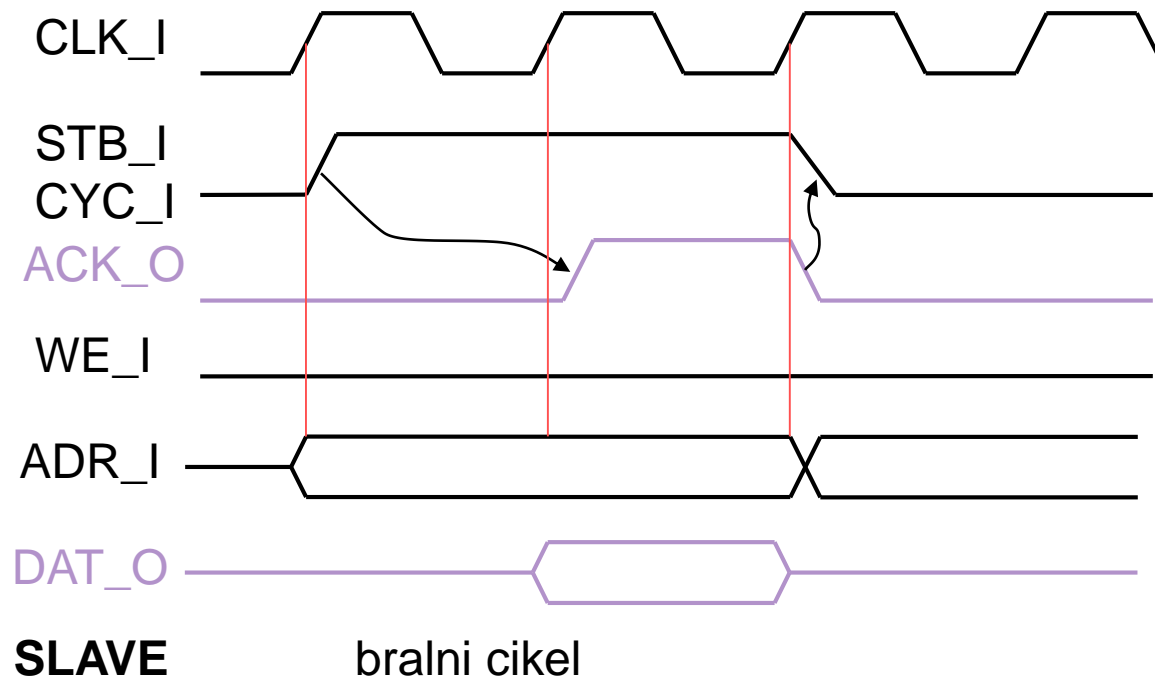
Wishbone: osnovni protokol

- ▶ kontrolni signali so veljavni ob fronti ure



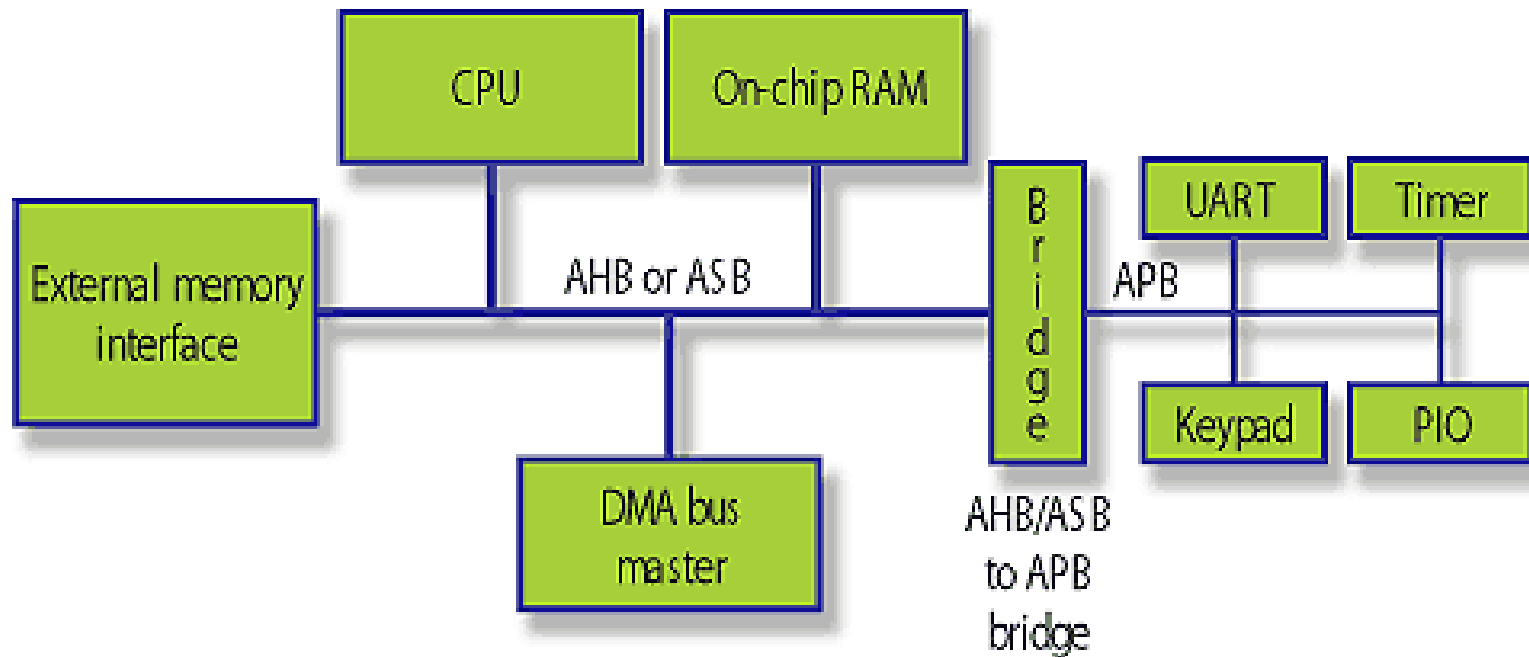
Wishbone: čakalni cikli

- ▶ če podrejena naprava ni pripravljena za prenos, se cikel podaljša (za 1, 2, 3... urne cikle)



Primer: vodilo AMBA

- ▶ AMBA je sinhrono vzporedno vodilo v procesorjih ARM
- ▶ vodilo je hierarhično razdeljeno na:
 - ▶ sistemsko vodilo ASB za hitro povezavo CPU-RAM
 - ▶ periferno vodilo APB, ki povezuje ostale komponente



Povzetek

- ▶ Kaj je vodilo in kaj električni vmesnik?
 - ▶ Kako lahko razdelimo različne vrste vmesnikov?
- ▶ Opiši usklajevanje komunikacije med nadrejeno in podrejeno napravo.
 - ▶ Zakaj je pomembna sinhronizacija?
- ▶ Navedi nekaj primerov vzporednih (paralelnih) vmesnikov.
 - ▶ V čem se razlikujejo ?
 - ▶ Kje se uporabljajo ?