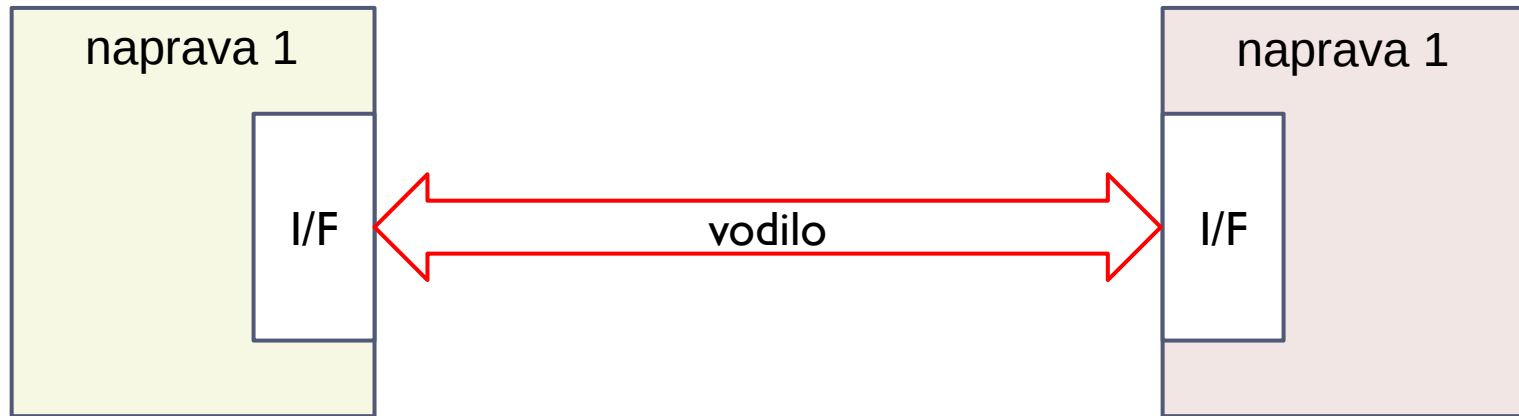


Vmesniki in vodila



- ▶ 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**)

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)

Klasifikacija vmesnikov

Vzporedni (paralelni)

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

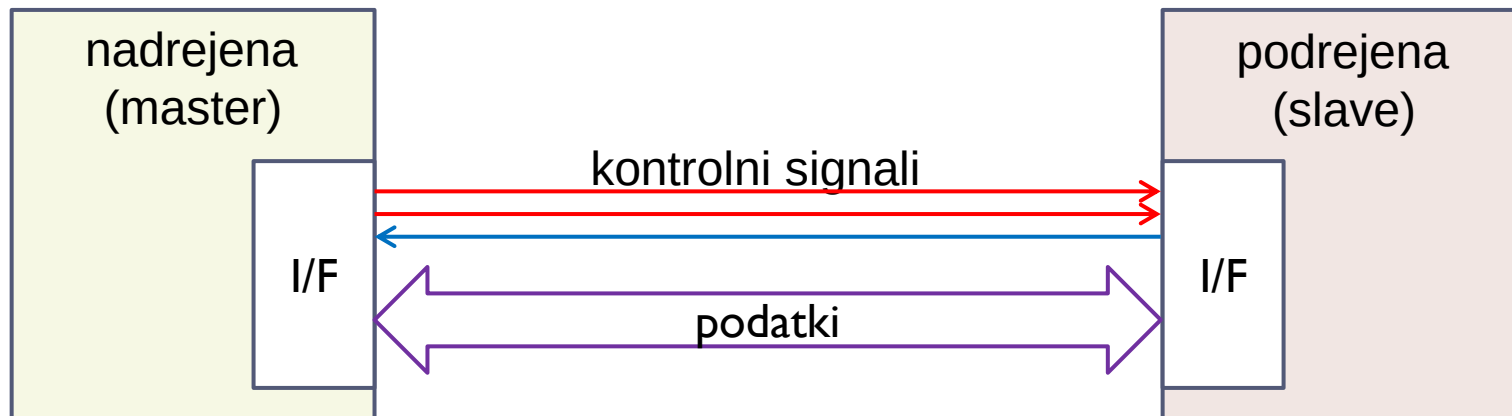
- ▶ Sinhroni
 - ▶ računalniški ISA, PCI
 - ▶ sinh. pomnilnik (SDRAM, FIFO...)

Zaporedni (serijski)

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

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

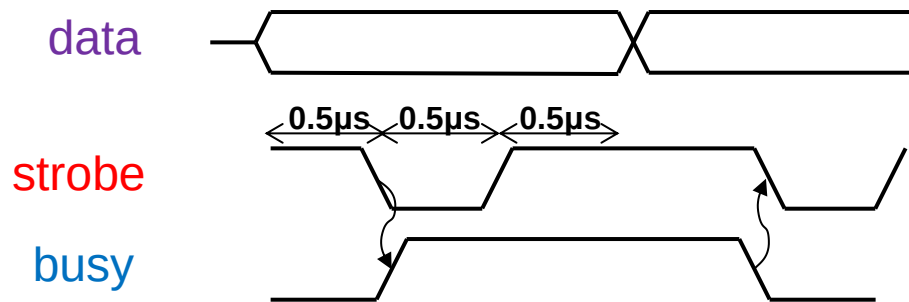
Usklajevanje komunikacije



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

Paralelna vrata

- ▶ Paralelni vmesnik Centronics (star računalniški vmesnik)
 - ▶ 8-bitni asinhroni vmesnik za zunanje naprave računalnika (PC)
- ▶ 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**)

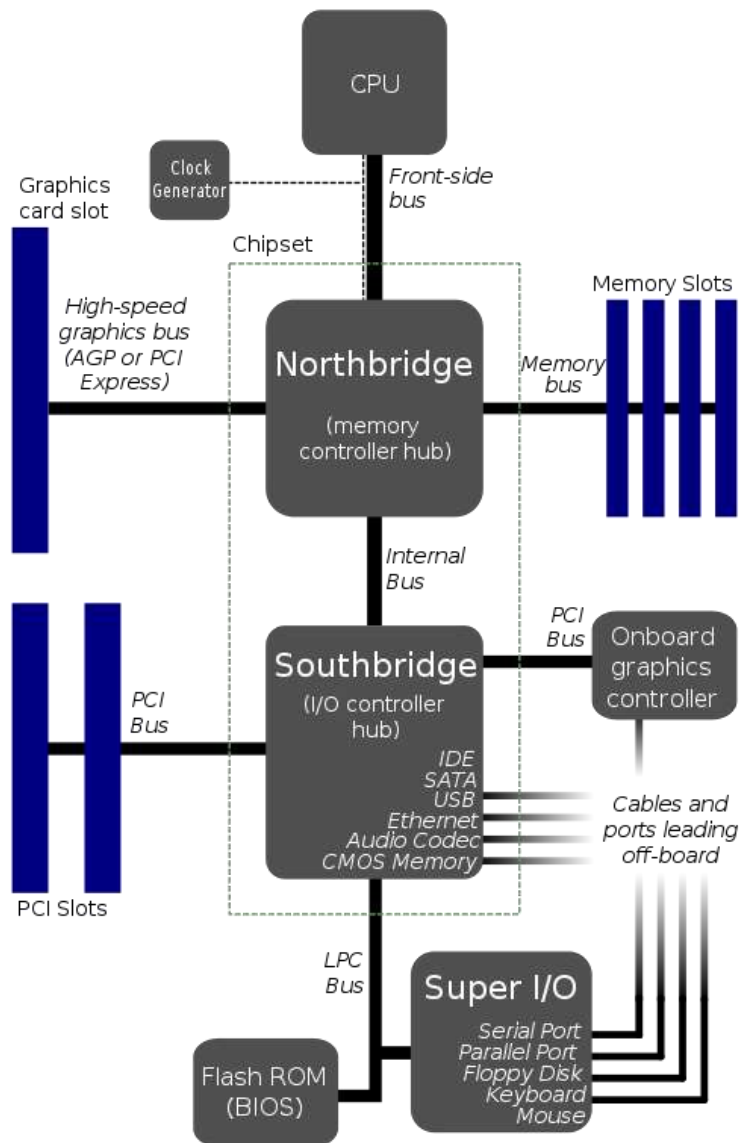


- ▶ Dodatni kontrolni signali
 - ▶ prekinitev ob zaključku
 - ▶ status naprave (out of paper, error...)

Razvoj komunikacije v digitalnih sistemih

- ▶ Vzporedni prenos podatkov po tiskanem vezju s standardnimi napetostnimi nivoji (5V TTL/CMOS)
- ▶ Paralelna vodila na plošči osebnega računalnika
 - ▶ vodilo ISA (Industry Standard Architecture, 1981/84)
 - ▶ IBM AT vodilo prenaša 16 bitov pri 8 MHz, TTL
 - ▶ paralelno vodilo za disk (IDE/ATA)
- ▶ Vzporedno vodilo Centronics
 - ▶ prenos podatkov do tiskalnika, na krajše razdalje
- ▶ Zaporedna vodila
 - ▶ RS232, RS485 diferencialni nivoji omogočajo večje razdalje
- ▶ Hitra zaporedna vodila
 - ▶ USB, Ethernet, PCI Express

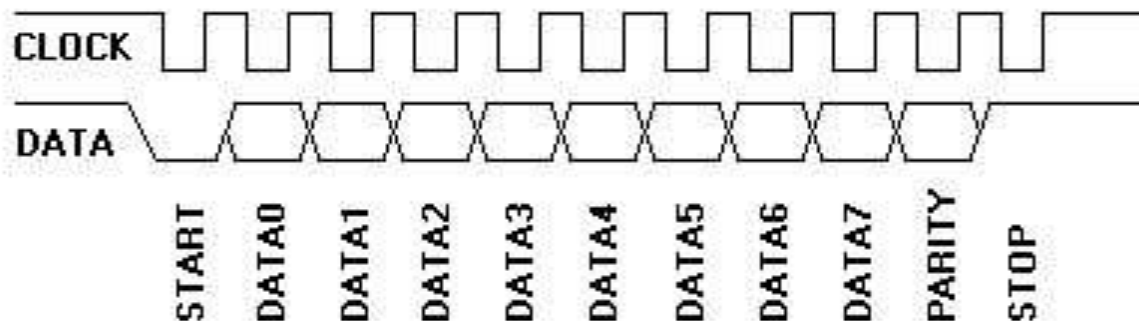
Vodila v osebnem računalniku



- ▶ **sistemska 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)
- ▶ **vmesniki za zunanja vodila**
 - ▶ zaporedni USB, Ethernet
 - ▶ RS232, PS/2

Zaporedni (serijski) vmesniki

- ▶ Najprimernejši za komunikacijo na daljše razdalje
- ▶ Sinhroni serijski vmesniki
 - ▶ pošiljajo tudi uro
- ▶ Asinhroni vmesniki
 - ▶ pošiljajo le podatke, uro mora sprejemnik rekonstruirati
- ▶ Protokol določa vrstni red podatkovnih in kontrolnih bitov
 - ▶ Npr. vmesnik PS/2 pošlje najprej start ('0'), nato pa podatkovne bite od najnižjega (LSB) proti najvišjemu (MSB)...

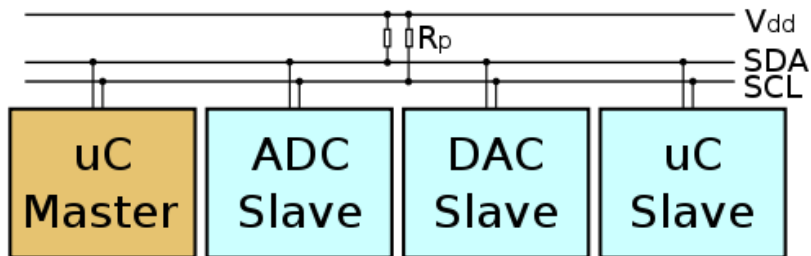


Lastnosti zaporednih vmesnikov

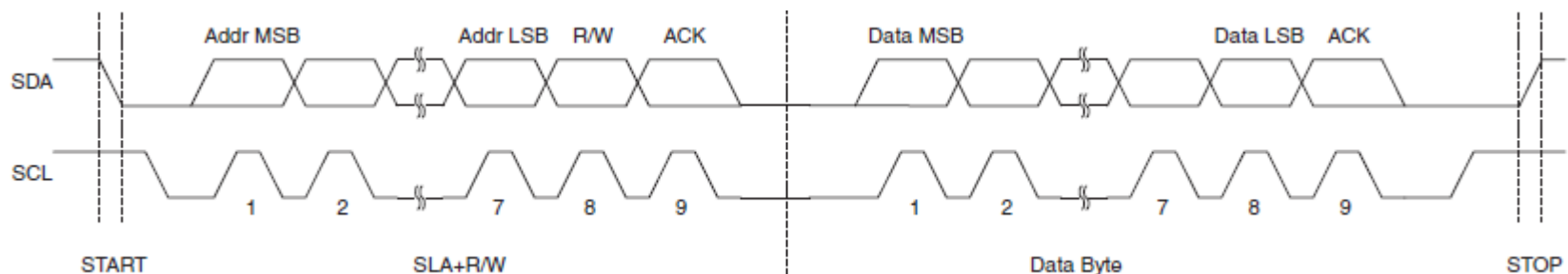
- ▶ Bitna hitrost = frekvenca s katero se prenašajo posamezni biti, določa periodo za posamezni bit ($T = f_{\text{bit}}$)
- ▶ Podatkovni okvir
 - ▶ podatkovne bite vedno spremlja nekaj kontrolnih bitov
 - ▶ podatkovni okvir – start, kontrolna vsota ali pariteta, stop
 - ▶ okvir omogoča usklajevanje sprejemnika in oddajnika in detekcijo ali odpravljanje napak pri prenosu
 - ▶ hitrost prenosa podatkov (podatkovni pretok) je zaradi okvirja manjša od bitne hitrosti
- ▶ Prenos poteka po povezavah z običajnimi logičnimi nivoji (npr. na tiskanem vezju) ali diferencialnih povezavah (za večje razdalje ali hitrosti prenosa)

Sinhroni zaporedni vmesnik – I2C

- ▶ Ločen prenos ure (SCL) in podatkov (SDA) po vodilu
- ▶ Enostavni vmesnik z dvema signalnima povezavama
 - ▶ I2C – serijski EEPROM, D/A in A/D pretvorniki, senzorji
 - ▶ Omogoča povezavo več enot na vodilo

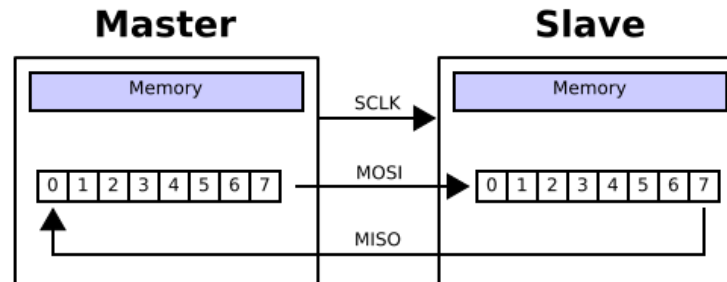


- ▶ Npr. mikroprocesor AVR ima vmesnik TWI (Two Wire Interface) za komunikacijo po I2C protokolu

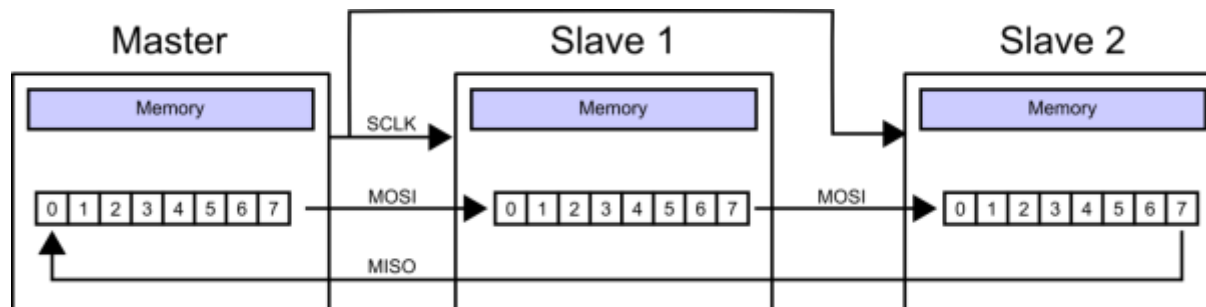


Sinhroni zaporedni vmesnik - SPI

- ▶ Prenos ure (SCLK) ter podatkov iz glavne enote (MOSI) in v glavno enoto (MISO)

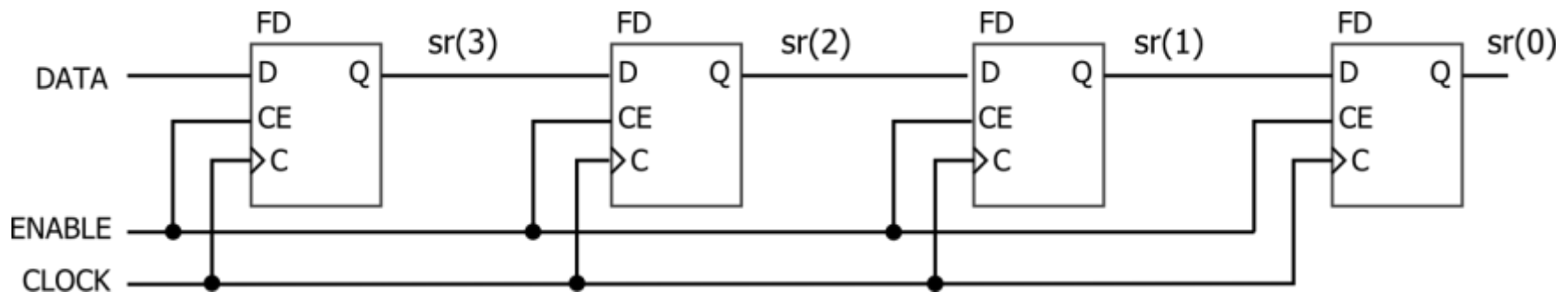


- ▶ Uporaba:
 - ▶ MMC, SD kartice, senzorji, nalaganje mikrokrmilnikov
 - ▶ prenos podatkov od MSB proti LSB
 - ▶ več podrejenih enot lahko vežemo vzporedno ali v verigo



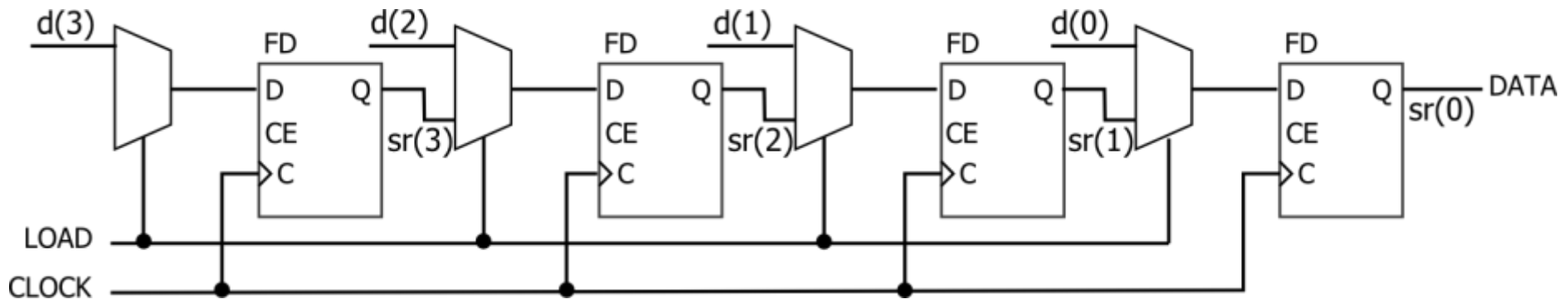
Zaporedna pretvorba podatkov v vzporedno

- ▶ Pretvorba s pomikalnim registrom (SIPO)
 - ▶ zaporedno vežemo toliko DFF, kolikor je dolg podatkovni paket
 - ▶ paziti moramo na zaporedje – prvi poslani bit je MSB ali LSB
- ▶ Npr. 4-bitni pomikalni register, prvi bit je LSB
 - ▶ podatki se pomikajo v desno, proti LSB



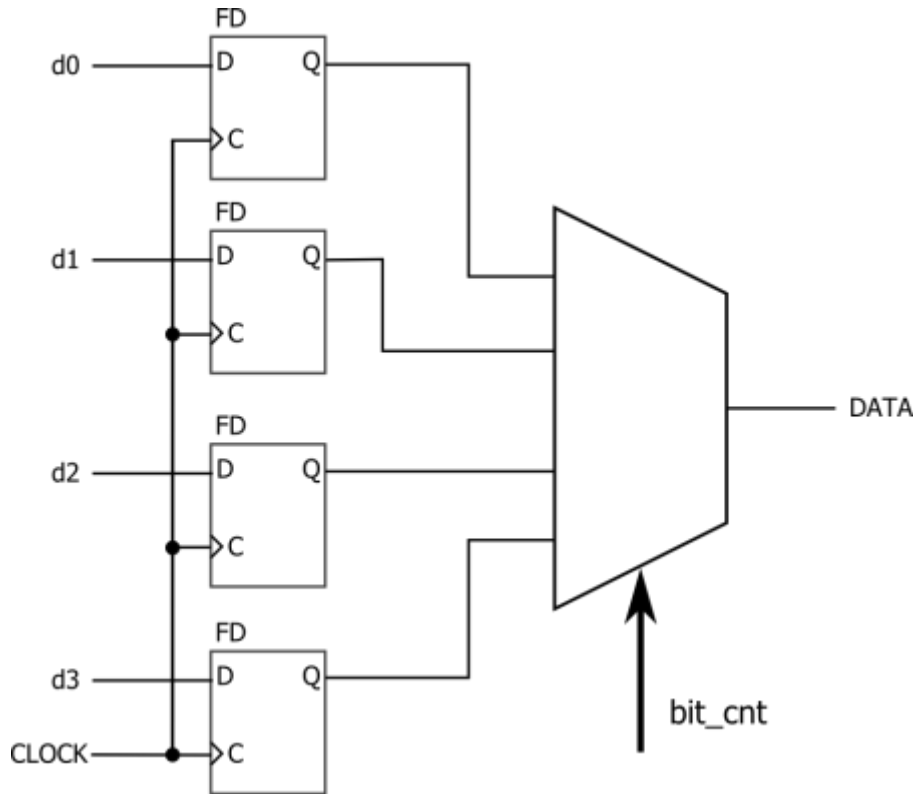
Vzporedna zaporedna pretvorba (oddajnik)

- ▶ Zaporedni oddajnik s pomikalnim registrom (PISO)



Pretvorba z izbiralnikom

- ▶ Zaporedno vzporedno pretvorbo lahko naredimo z registrom in izbiralnikom
 - ▶ števec bitov (`bit_cnt`) določa kateri podatek gre na izhod



Asinhroni zaporedni vmesnik – RS232

- ▶ Asinhroni sprejemnik in oddajnik (UART)
 - ▶ asinhroni podatkovni paketi, sprejemna ura se sinhronizira za vsak paket – sinhronizacija paketov
 - ▶ vnaprej dogovorjene bitne frekvence
 - ▶ 9600, 38400, 115200 bit/s
 - ▶ npr. podatkovni paket 8N1:

