

***) IZRAZAVANJE BRZINE MAGISTRALA**

Brzina magistrala se može izraziti pomoću više različitih jedinica:

-) Frekvencija (kod sinhronih magistrala): izražava se u Hz. Nije naročito dobar parametar za upoređivanje brzina (možemo imati više transfera po ciklusu, ali i više ciklusa po transferu).

-) Transfer po sekundi (T/s): Ova jedinica apstrahuje detalje o broju transfera po ciklusu magistrale i dobijamo čistu informaciju o tome koliko se transfera obavi u svakoj sekundi. Npr. ako je frekvencija magistrale 200MHz, a imamo 2 transfera po ciklusu, imaćemo 400MT/s (megatransfera po sekundi).

-) Bajtova po sekundi (B/s): Ova jedinica dodatno uračunava širinu magistrale. Naime, to što dve magistrale imaju isti broj transfera po sekundi, ne znači da su jednako brze, zato što jedna od njih može biti serijska (pa prenosi po jedan bit u svakom transferu), a druga paralelna (pa prenosi npr. po 8 bajtova u svakom transferu). Takođe, u slučaju serijskih magistrala često se u niz bitova koji se šalju dodaju razni kontrolni i sinhronizujući bitovi koji ne predstavljaju korisnu informaciju. Prilikom preračunavanja iz T/s u B/s ovi bitovi se ne računaju. Otuda informacija o brzini protoka izražena u B/s najpreciznije opisuje koliko je neka magistrala brza i predstavlja najbolji parametar za poredjenje. Mi ćemo u nastavku koristiti ovu jedinicu za poredjenje magistrala. Pritom, naglasimo da ovde KB/s znači 1000 B/s (ne 1024B/s), MB/s znači 1000 KB/s (a ne 1024 KB/s). [Faktor 1024 se koristi kod izražavanja kapaciteta memorija, dok se kod količine transfera koristi faktor 1000. Alternativno, postoje jedinice KiB (kibibajt) = 1024B, MiB (mibibajt) = 1024KiB, GiB (gibibajt) = 1024MiB, ...).

-) Bitovi po sekundi (bit/s ili b/s): Ova jedinica se često koristi za serijske magistrale (jer one prenose bit po bit), pri čemu se u broj bitova po sekundi uračunavaju i dodatni kontrolni bitovi koji ne predstavljaju korisnu informaciju. Dakle, ova jedinica se uglavnom koristi za izražavanje "sirove brzine" neke serijske veze. Ova jedinica se kod serijskih linija uglavnom koristi umesto frekvencije, zato što se kod serijskih linija, čak i kada su sinhronne, časovnik ne distribuira zajedno sa podacima (kao što je to slučaj kod paralelnih magistrala), već se časovnik prepoznaje u samom nizu bitova koji se šalje (prepoznajući promene nivoa signala koje se kodiraju tako da se odvijaju dovoljno često).

***) PRIMERI MAGISTRALA**

-- ISA: paralelna, razdvojena magistrala, sa 16-bitnom magistralom podataka i 24-bitnom adresnom magistralom [prva verzija je imala 8-bitnu magistralu podataka i 20-bitnu adresnu magistralu, što je odgovaralo Intelovim 8086 procesorima; sa uvođenjem 80286 procesora koji su bili 16-bitni, došlo je do unapređenja ove magistrale]. U pitanju je sinhrona magistrala, frekvencija časovnika magistrale je išla do 8.33MHz (u prvim verzijama 4.77MHz). S obzirom na širinu magistrale od 16 bita (2 bajta), i na činjenicu da je za jedan transfer po protokolu bilo potrebno dva ciklusa časovnika, brzina transfera je bila oko 8MB/s. Koriscena je kao glavna magistrala na koju su se povezivali svi uređaji

(procesor, RAM, ulazno-izlazni uredjaji) tokom 80tih kod PC racunara. Daljom evolucijom (pre svega zbog potrebe brzih uredjaja kao sto su graficke karte, kao i zbog ubrzanja procesora i memorije) nastaje PCI magistrala, a ISA se jos neko vreme koristi paralelno sa njom, za potrebe povezivanja sporijih uredjaja.

- PCI: paralelna, multipleksirana 64-bitna magistrala (u ranijim verzijama 32-bitna). Sinhrona magistrala sa casovnikom cija je frekvencija bila 66MHz (u ranijim verzijama 33MHz). Brzina transfera bila je 528MB/s (u sporijoj verziji 266MB/s). Nije koriscena za komunikaciju izmedju procesora i memorije, vec za povezivanje sa periferijskim uredjajima. Dakle, sa pojavom PCI magistrale arhitektura sistema se menja i vise ne postoji jedinstvena magistrala na koju se sve povezuje, vec postoji vise magistrala koje su medjusobno povezane mostovima i koje sluze za povezivanje sa razlicitim uredjajima.
- FSB: Front Side Bus -- PREDNJA MAGISTRALA: razdvojena paralelna magistrala sa 64-bitnom magistralom podataka i 32-48 bita sirokom magistralom adresa. Pojavljuje se u vreme nastanka PCI magistrale. Naime, kako PCI magistrala nije bila prilagodjena komunikaciji sa RAM-om (jer je bila multipleksirana), a ISA magistrala je vec bila prespora, sistem je reorganizovan tako da je procesor preko FSB-a bio povezan sa cipom na matichnoj ploci koji se zvao SEVERNI MOST (engl. North Bridge). Severni most je u sebi integrisao mnoge funkcije poput sistemskog sata, memorijskog kontrolera, PCI kontrolera i sl. Memorijski kontroler u severnom mostu je preko MEMORIJSKE MAGISTRALE bio povezan sa RAM memorijom. Takodje, severni most je bio povezan sa PCI magistralom preko koje se povezivao sa periferijskim uredjajima. Za potrebe komunikacije sa starijim sporijim uredjajima, severni most je bio povezan preko PCI magistrale sa JUZNIM MOSTOM (engl. South Bridge) koji je u sebi sadrzao kontroler ISA magistrale i preko koga je ostvarivana veza sa ISA magistralom. Takodje, juzni most je sadrzao kontrolere za standardne ulazno izlazne uredjaje (tastatura, mis), diskove (PATA magistrala), USB, i td.

Brzina FSB magistrale je na AMD-ovim sistemima bila do 200MHz, uz 2 transfera po ciklusu (na silaznom i ulaznom rubu). Ovo znaci da je brzina protoka isla do 3.2GB/s. Na Intel-ovim sistemima frekvencija FSB magistrale je standardno isla do 333MHz, ali je omogucavala 4 transfera po ciklusu, sto je omogucavalo brzinu transfera do 10.6GB/s (za Core2 Duo procesore). Najbrze varijante su isle do 400MHz, sto je davalo do 12.8GB/s protoka.

Ovaj sistem je koriscen sve do Intel Core2 Duo procesora. Sa pojavom Core i3, i5, i7 procesora i brzih DD3 memorija, FSB magistrala postaje usko grlo, pa je izbacena iz upotrebe, a funkcionalnosti Severnog mosta integrisane su u sam procesor [dakle, procesor je direktno povezan kako na memorijsku magistralu, tako i na druge vrste magistrala za komunikaciju sa periferijskim uredjajima, poput PCI-E, DMI, QPI, i sl.).

-- MEMORIJSKA MAGISTRALA: u pitanju je razdvojena paralelna magistrala. Ova magistrala podrzava 2 transfera po ciklusu (sto podrazumeva savremene DDR memorije), sto uz frekvencije do 1600MHz i sirinu od 64 bita daje maksimalnu brzinu transfera do 25.6GB/s za DDR 4 memorije (u slucaju DDR3 memorije, frekvencije magistrale su isle do 1066.66MHz, sto je davalo brzine protoka do 17GB/s). Sve do pojave Intel Core i3,i5,i7 procesora kontroler magistrale se nalazio u severnom mostu, a memorijska magistrala je povezivala severni most sa memorijom. Procesor je preko FSB-a, severnog mosta i memorijske magistrale komunicirao sa memorijom. Od pojave ovih procesora arhitektura je promenjena, pa je sada procesor direktno povezan na memorijsku magistralu (memorijski kontroler je sada ugradjen u sam procesor). Ovo je omogućilo znatno vece frekvencije memorijske magistrale i veci protok. Takodje, mnogi procesori imaju vise od jedne memorijske magistrale (tzv. VISEKANALNI SISTEMI, engl. multi-channel systems). Npr. u dvokanalnim sistemima (dual-channel), imamo dve memorijske magistrale, pa mozemo instalirati dva memorijska modula sa kojima procesor moze nezavisno komunicirati. Time se teorijski duplira protok (mada u praksi sve zavisi od nacina na koji se koriste podaci iz memorije, tj. da li se naizmenicno uzimaju podaci iz razlicitih modula ili ne). U novije vreme, postoje i trokanalni i cetvorokanalni sistemi.

-- PCI-EXPRESS (PCI-E): serijska dvosmerna magistrala koja se danas dominantno koristi za povezivanje procesora sa perifirijским uredjajima (grafickom i zvucnom kartom, mreznom kartom, i sl.). Aktuelna verzija 3.0 omogućava brzinu protoka od 985MB/s u svakom od smerova. Dolazece verzije 4.0 i 5.0 imace brzine od 1969MB/s, odnosno skoro 4GB/s u svakom od smerova.

Iako se zove magistrala, u sustini je u pitanju direktna (point-to-point) komunikacija. Svaka serijska veza povezuje samo dva uredjaja. Da bi smo povezali vise uredjaja, koristimo skretnice (engl. switch) koje povezuju vise uredjaja, koristeći topologiju zvezde (slicno kao kod racunarskih mreza). Nalik racunarskim mreza, podaci se pakuju u pakete i salju putem ovih serijskih linija (i skretnica) do odredista. Ovakva arhitektura eliminise probleme sa zagusenjem magistrale, kao i probleme arbitraze, jer tako nesto ovde nije neophodno (jer nemamo istinsku magistralu).

Dva uredjaja se mogu povezati i pomocu vise od jedne serijske veze preko kojih se mogu nezavisno i istovremeno slati podaci (u oba smeru). Na ovaj nacin se protok visestruko uvecava. Pojedinačne serijske veze izmedju uredjaja nazivamo KANALIMA (engl. lane). Sporiji uredjaji se obicno povezuju putem jednokanalne veze (x1), dok se brzi uredjaji sa vecim zahtevima u pogledu transfera povezuju na visekanalne veze (x2, x4, x8, x16, x32).

Da bi se procesor i memorija povezali sa PCI-E arhitekturom, koristi se tzv. KORENI KOMPLEKS (engl. root complex). Ovaj uređaj se najcesce nalazi na samom procesoru, ali se kod nekih procesora nalazi na odvojenom cipu (tipicno na severnom mostu). Ovaj uređaj ima odredjeni broj PCI-E portova (i do 40), preko kojih se procesor i memorijski kontroler povezuju na PCI-E skretnice, kao i na pojedinačne PCI-E uređaje. Na ovaj nacin, citav PCI-E sistem dobija drvoliku strukturu u cijem se korenu nalazi upravo koreni kompleks.

- QPI: QuickPathInterconnect: Intel-ova tehnologija koja je uvedena kao zamena za FSB. U pitanju je serijska magistrala, tacnije, skup od 20 serijskih dvosmernih magistrala. Uz podatke, preko magistrale se prenose i dodatni kontrolni bitovi i bitovi za detekciju gresaka. Postoje i dodatne linije za distribuciju casovnika. U svakom ciklusu casovnika imamo po dva transfera, tako da se u dva ciklusa prenose 64 bita korisnih podataka, kao i 16 dodatnih bitova. Frekvencije ove magistrale idu do 3.2GHz, sto daje brzinu korisnog transfera do 25.6GB/s.

QPI se na nekim modelima Intel-ovih procesora koristio da povezuje procesor sa severnim mostom (kao zamena za FSB), pri cemu je funkcionalnost kontrolera memorije iz severnog mosta prebacena u sam procesor (tako da procesor direktno komunicira sa RAM-om putem memorijske magistrale, a sa severnim mostom, i samim tim, sa ostalim uređajima putem QPI veze). Na novijim procesorima, severni most je izbacen i sva njegova funkcionalnost je prebacena u procesor. U tim sistemima QPI se koristi za povezivanje komponenti unutar samog procesora (tipicno za povezivanje jezgara procesora sa memorijskim kontrolerom, korenim kompleksom PCI-E magistrale, DMI interfejsom i sl.).

Slicna tehnologija postoji i kod AMD procesora, pod imenom HyperTransport. Ova magistrala moze imati i do 32 serijske linije, sto teorijski daje najveći moguci protok od 51.2GB/s.

- DMI: Direct Media Interface: u pitanju je brza serijska veza koja je po protokolu slicna PCI-E magistrali i koja se koristi za povezivanje severnog i juznog mosta kod novijih Intel-ovih procesora. U slucaju da je severni most integrisan sa procesorom, ova veza povezuje procesor sa juznim mostom [u tom slucaju, juzni most se obicno naziva Platform Controller Hub (PCH), i objedinjuje ranije funkcije juznog mosta, kao sto su veza sa PCI magistralom, kontroler tastature i misa, veza sa ROM memorijom, veza sa eksternim magistralama, poput USB-a, SATA i sl. Takodje, PCH cip sadrzi sistemski sat, sto je ranije bilo u severnom mostu]. DMI 2.0 je imao brzinu transfera do 2GB/s, dok noviji DMI 3.0 standard ima brzinu transfera do 4GB/s.
- PATA: paralelna magistrala za povezivanje sa IDE diskovima. Brzina transfera ide do 133.3MB/s. U pitanju je 16-bitna magistrala preko koje je bilo moguće povezivati do dva IDE

uredjaja (hard diska, CD-ROM uredjaja, i sl.). Vecina maticnih ploca su sadrzala po dva PATA kontrolera, sto je omogucavalo ukupno 4 ovakva uredjaja.

- SATA: serijska magistrala za povezivanje sa diskovima. U pitanju je direktna (point-to-point) veza izmedju SATA kontrolera koji se nalazi na maticnoj ploci (u juznom mostu ili PCH cipu) i odgovarajuceg SATA uredjaja (hard diska, CD/DVD-a, SSD diska). Aktuelni 3.0 standard podrzava brzine transfera do 600MB/s. Noviji 3.2 standard podrazumeva integraciju sa PCI-E magistralom, sto omogucava da se SATA uredjaj efektivno putem SATA porta prikljuci na PCI-E, sto omogucava brzine transfera do 2GB/s.

SATA port ne pruza uredjaju napajanje, vec samo prenosi podatke. Za interne komponente to nije problem, jer se oni posebnim prikljucima povezuju na napajanje iz kucista racunara. Medjutim, povezivanje eksternih uredjaja (npr. eksternih hard diskova) putem SATA magistrale (tzv. eSATA, od "external-SATA") zahteva da ti uredjaji imaju sopstveno napajanje (tj. pored kabla za povezivanje sa racunarom moraju imati i kabl za struju). Varijanta SATAp eksternog SATA prikljucka dodatno obezbedjuje i napajanje za uredjaj.

- USB: serijska magistrala za povezivanje eksternih uredjaja. Osmisljena krajem 20. veka, imala je za cilj jednostavnost i uniformnost prilikom povezivanja veoma raznorodnih uredjaja. Neki od tih uredjaja ne zahtevaju brze transfere, ali zahtevaju hitnu asinhronu reakciju (poput tastature i misa), neki zahtevaju prenos u realnom vremenu (tj. kasnjenje mora biti veoma malo), ali tolerisu greske (poput audio i video zapisa), dok neki zahtevaju veoma velike transfere i ne tolerisu nikakve greske pri prenosu, ali dozvoljavaju kasnjenje (poput diskova, flesh memorija, i sl.). USB je dizajniran tako da objedini sve ove zahteve, tako sto nudi razlicite vrste transfera u zavisnosti od tipa uredjaja. Drugi cilj bio je da se omoguci tzv. "plug-and-play" mehanizam: uredjaj se prililom prikljucivanja automatski prepoznaje i konfigurise od strane USB kontrolera i odgovarajuceg softvera. Ovo se moze uraditi i dok racunar radi (tzv. "hot-plugging").

Brzina transfera kod verzije USB 2.0 je do 60MB/s, kod verzije USB 3.0 je do 500MB/s. Aktuelna verzija USB 3.1 ide i do 1.25GB/s, dok ce verzija USB 3.2 imati brzinu transfera i do 2.5GB/s.

USB podrazumeva direktne (point-to-point) serijske veze izmedju uredjaja. Ove veze se povezuju u drvoliku strukturu u cijem se korenu nalazi tzv. KORENI HAB. Unutrasnji cvorovi ovog stabla nazivaju se HABOVI, a u listovima se nalaze USB uredjaji. Koreni hab se nalazi u okviru HOST KONTROLERA koji predstavlja uredjaj preko koga procesor i memorija komuniciraju sa USB stablom. Dakle, ceo USB sistem se iz ugla procesora vidi kao jedan kontroler preko koga procesor komunicira sa svim uredjajima koji su prikljuceni preko USB interfejsa. Host kontroler se sa procesorom povezuje putem neke unutrasnje magistrale (ranije je to

bila PCI magistrala, danas je verovatnije PCI-E ili DMI).

Svakom USB uređaju se prilikom povezivanja pridružuje 7-bitna adresa pomoću koje ga host kontroler prepoznaje. Uređaj tom prilikom šalje host kontroleru informacije o sebi, na osnovu čega kontroler zna na koji način da komunicira sa njim. Sva dalja komunikacija između host kontrolera i USB uređaja se odvija isključivo na zahtev host kontrolera. Sam host kontroler vrši PROZIVANJE (engl. polling) tako što svim uređajima periodično šalje paket na koji oni odgovaraju ukoliko žele nešto da pošalju. Na ovaj način se sprečava da dva uređaja istovremeno pošalju paket host kontroleru.

Ukoliko je potrebno izvršiti transfer između računara i nekog USB uređaja (u bilo kom smeru), host kontroler raspoređuje taj transfer u niz transakcija. Pritom, postoje četiri vrste transfera:

- prekidni transferi: za uređaje kojima je potrebna hitna reakcija
- izohroni transferi: za uređaje kojima je potreban prenos u realnom vremenu (uz dozvoljene greške)
- masovni transferi: za uređaje kojima je potreban prenos velike količine podataka bez tolerancije na greške, ali uz dozvoljeno kasnjenje
- kontrolni transferi: za slanje kontrolnih poruka između host kontrolera i uređaja.

Sve vrste transakcija se raspoređuju tako da u svakom vremenskom prozoru od 1ms, bar 10% vremena bude rezervisano za kontrolne transfere, dok do 90% može ići za prekidne i izohrone transfere. Sa druge strane, za masovne transfere se koristi ono što ostane (ako ostane). Drugim rečima, prioritet se daje prekidnim transferima (jer oni moraju hitno da se obave) i izohronim transferima (jer oni moraju da se vrše u realnom vremenu), dok masovni transferi (npr. kopiranje fajla sa eksternog hard diska koji je povezan na USB port) se ne smatraju prioritetnim i biće im dat onaj procenat protoka koji bude na raspolaganju.

USB standard podrazumeva da se uređaju šalje napajanje putem USB kabla. Otuda uređaji koji se povezuju na USB ne moraju da imaju sopstveno napajanje (osim ako njihovi zahtevi za napajanjem nisu veći od onoga što može da im obezbedi USB port). Takođe, USB kablovi se mogu koristiti za punjenje baterija mobilnih telefona, tableta i drugih uređaja.