

2. apríl 2015

6. prednáška ČÍSLICOVÉ POČÍTAČE



Jana Milanová

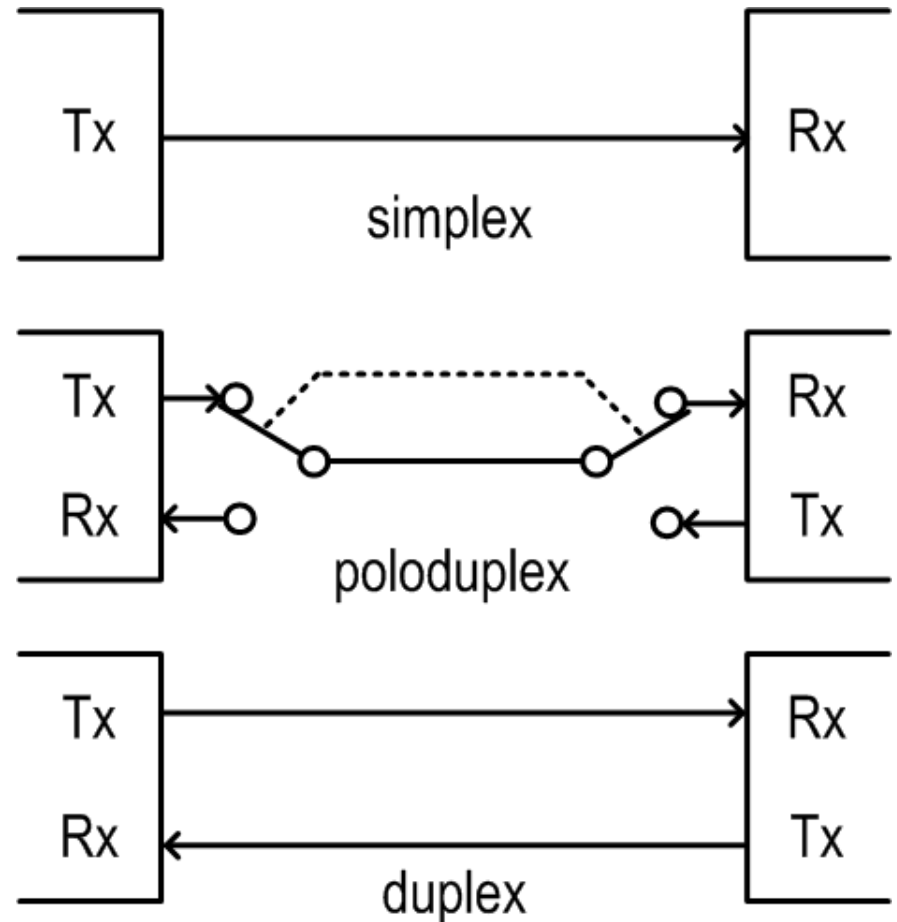
Fakulta riadenia a informatiky, Katedra technickej kybernetiky

SÉRIOVÝ PRENOS DÁT

- sériový prenos dát – prenos, kedy je šírka dátového toku 1 bit,
- moderný kvôli bezdrôtovému prenosu – typický sériový prenos,
- hlavnou výhodou je technická nenáročnosť prenosovej cesty,
- môže byť použitý pre komunikáciu dvoch účastníkov (P2P Point to point) (napr. RS232), alebo pre komunikáciu väčšieho počtu účastníkov (RS485, CAN, ...),

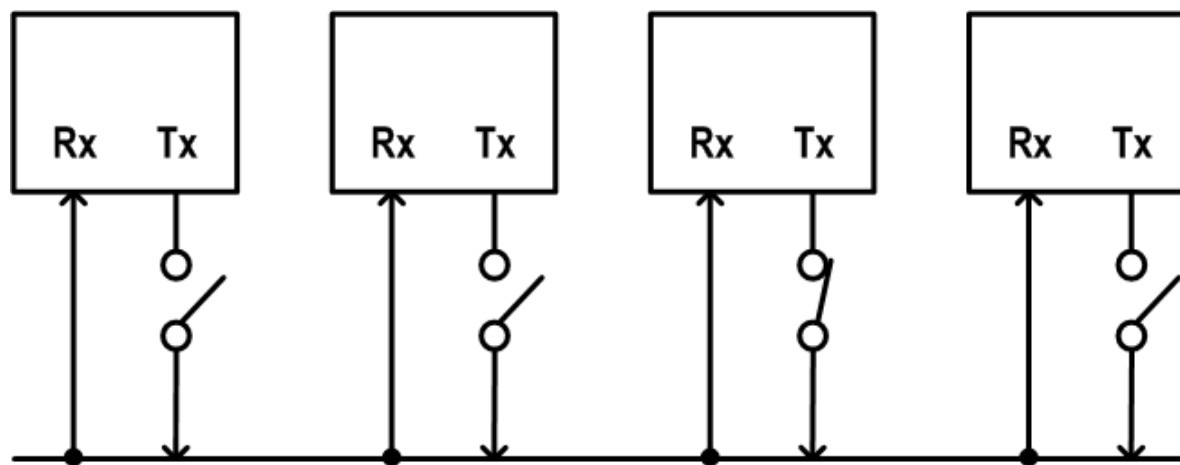
TYPY SÉRIOVEJ KOMUNIKÁCIE POINT-TO-POINT

- ❑ vysielateľ informácie – **Tx**,
- ❑ prijímač informácie – **Rx**,
- ❑ **simplexná** komunikácia – prenos dát je možný iba jedným smerom,
- ❑ **poloduplexná** komunikácia – dovoľuje obojsmerný prenos, avšak v jednom okamžiku môže byť komunikácia iba jednosmerná,
- ❑ **duplexná** komunikácia - obojsmerná a dáta môžu byť prenášané súčasne obidvoma smermi,



ARBITRÁŽ PRÍSTUPU NA SÉRIOVÚ ZBERNICU

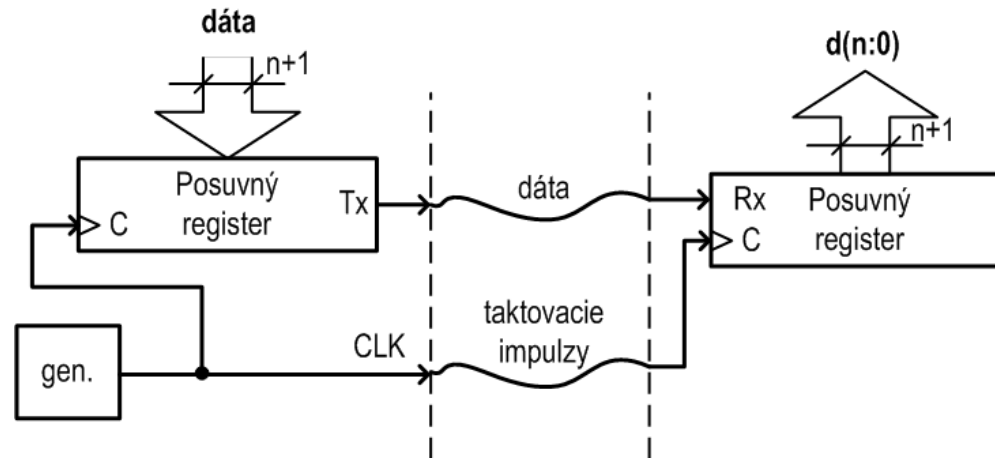
- pri prenose dát po sériovej zbernici na obr. každý modul pripojený na zbernicu je prijímač a zároveň potenciálny vysielateľ,
- v čase, ak modul nevysiela, je výstup vysielateľa vo vysokoimpedančnom stave,
- protokol musí byť navrhnutý tak, aby súčasne nevysielalo viac vysielateľov; musí byť zabezpečená tzv. **arbitráž prístupu na zbernicu**, kde **v prípade snahy viacerých vysielateľov o vysielanie dát, zostane vysielateľ iba jeden**,
- princíp arbitráže môže byť rôzny, od náhodného výberu až po prioritný,



TAKTOVANIE SÉRIOVÉHO PRENOSU


- vysielateľ sériového prenosu vysielala dáta v pravidelných intervaloch,
- základným problémom taktovania sériového prenosu je, aby **prijímač čítal dátové bity v rovnakých okamihoch**, ako ich vysielateľ vysielal, prípadne iba s takou chybou v čase, ktorá nespôsobí ich chybnú interpretáciu,

TAKTOVANIE SÉRIOVÉHO PRENOSU



- principiálne usporiadanie obvodov, ktoré sériovo prenášajú dátové slová šírky $n + 1$ bitov,
- na strane vysielača sa dáta synchronne s taktovacím signálom CLK zapíšu do výstupného posuvného registra, z ktorého sú vysúvané na nábežnú hranu taktovacích impulzov,
- na strane prijímača sa tento sériový signál vsúva na závernú hranu do vstupného posuvného registra s paralelným výstupom; spolupracujúce obvody môžu potom v pravý čas (vždy po $n + 1$ impulzoch) prevziať dáta v paralelnej forme z výstupu $d(n:0)$,
- v uvedenom príklade sa medzi vysielačom a prijímačom okrem sériových dát prenášal aj taktovací signál – takýto sériový prenos nazývame **synchronny**,

SYNCHRÓNNY SÉRIOVÝ PRENOS

- synchrónny sériový prenos je logicky najjednoduchší a dovoľuje prenášať dáta s najmenšou “réžiou”, pričom pod pojmom réžia rozumieme prenos bitov, ktoré nepredstavujú užitočnú informáciu (dáta), ale informáciu technologického charakteru, ktorá je potrebná pre správnu interpretáciu prenášaného signálu, 
- synchrónny prenos, pri ktorom sa zvláštnym kanálom prenášajú aj taktovacie impulzy má tú nevýhodu, že okrem dátového kanálu je potrebné vybudovať aj kanál prenášajúci taktovaciu informáciu; preto sa takýto typ prenosu používa iba na krátke vzdialenosti, veľmi často iba vo vnútorných štruktúrach zariadenia,
- na prenos krátkych správ sa častejšie používa takzvaný **asynchrónny sériový prenos dát**, kde sa synchronizácia vysielača a prijímača deje vyslaním synchronizačnej udalosti na začiatku skupiny bitov,

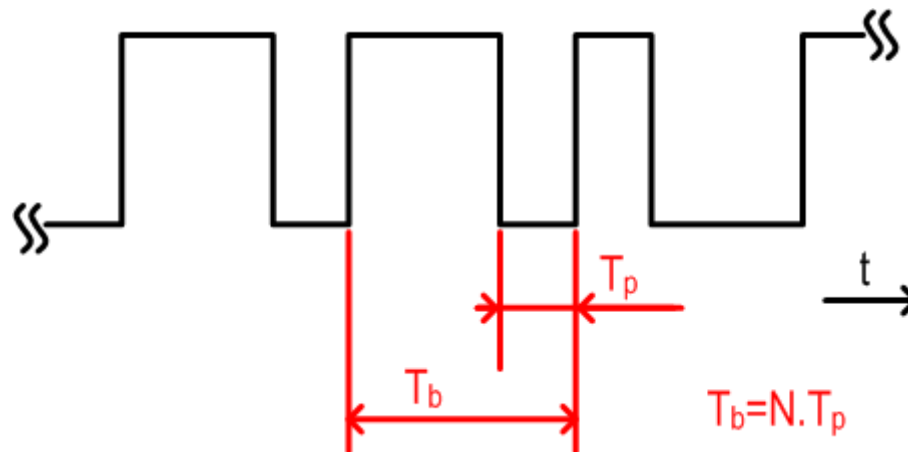
KÓDOVANIE DÁT V SÉRIOVOM PRENOSE

- v snahe odstrániť potrebu zvláštneho prenosového kanálu pre taktovacie impulzy boli vytvorené niektoré spôsoby **kódovania dát a taktovacieho signálu do jediného toku informácií**,
- pre porovnanie vlastností jednotlivých metód kódovania bude užitočné, keď sa v zjednodušenej forme budeme venovať otázke **vzťahu rýchlosti prenosu dát a šírky pásma prenosového kanálu**,

VZŤAH ŠÍRKY PÁSM A PRENOSOVÉHO KANÁLA A MAXIMÁLNEJ RÝCHLOSTI PRENOSU

- principiálne platí, že **rýchlosť prenosu je priamo úmerná šírke pásma prenosového kanálu**, ktorá je ovplyvnená hlavne jeho hornou medznou frekvenciou,
- **tok dát sériového prenosu sa prejavuje ako priebeh napätia v čase**; ak vykonáme frekvenčnú analýzu tohto signálu, vieme zistiť najvyššiu významnú frekvenčnú zložku, potlačením ktorej by došlo k významnému skresleniu prenášaného signálu,
- zjednodušene je možné povedať, že horná medzná frekvencia prenosového kanálu, ktorá je potrebná na neskreslený prenos dát, závisí od najkratšieho času medzi dvomi zmenami, ktorý sa v toku dát vyskytuje,

PRIEBEH NAPÄTIA V SÉRIOVOM PRENOSOVOM KANÁLE



KAPACITA PRENOSOVÉHO KANÁLU

- perióda trvania jedného bitu a tiež naznačený najkratší impulz, charakterizovaný časom medzi dvoma zmenami a ich vzťah,
- ak je šírka pásma prenosového kanálu taká, že preniesie impulz dĺžky T_p , potom podľa toho, aký je vzťah medzi dĺžkou impulzu a dĺžkou trvania prenosu bitu, je možné vyjadriť využitie kapacity prenosového kanálu ako:



$$K = \frac{f_b}{f_{bM}},$$

pričom

$$f_b = 1/T_b = 1/(N * T_p)$$

a f_{bM} rýchlosť prenosu dát pri optimálnom využití prenosového kanálu, kedy $N = 1$; z čoho vyplýva

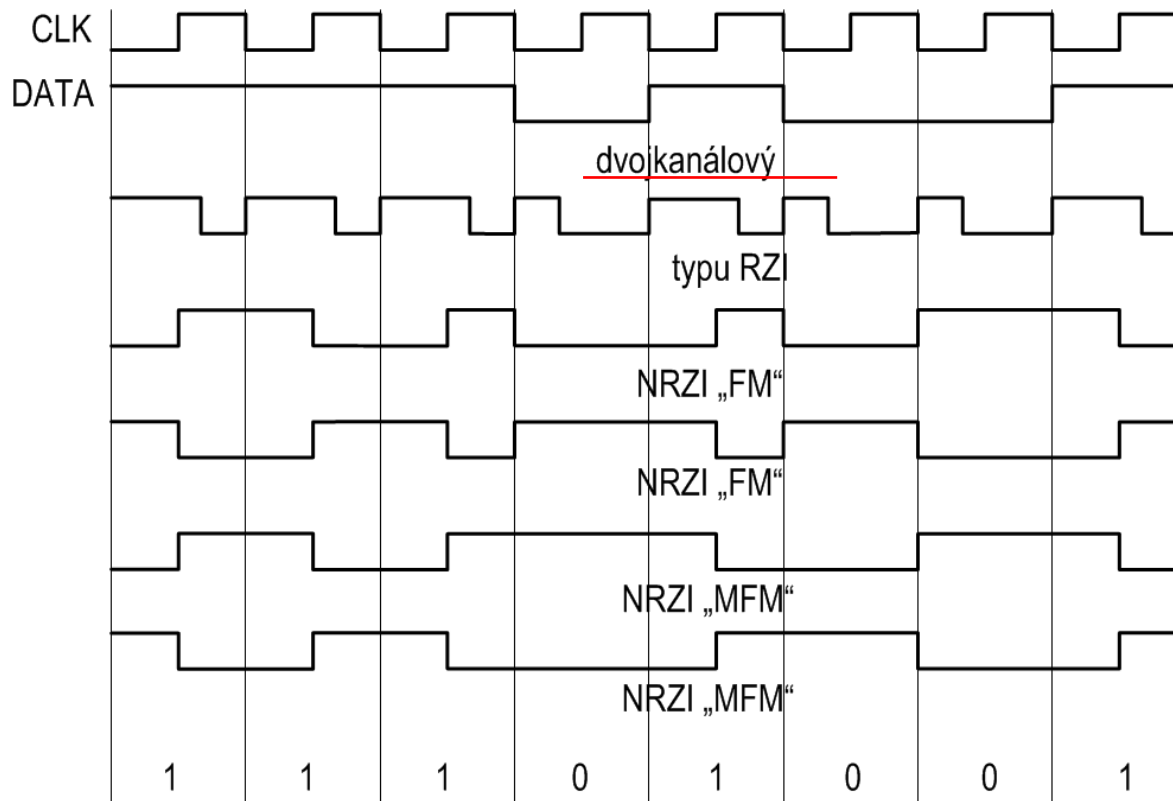
$$K = (1/(N * T_p))/(1/T_p) = 1/N$$

kde N je vzťah medzi trvaním prenosu jedného bitu a trvaním najkratšieho impulzu toku dát sériového prenosu $N = \frac{T_b}{T_p}$,

PRÍKLADY KÓDOVANIA DÁT PRI SYNCHRÓNOM SÉRIOVOM PRENOSE DÁT

- kódy používané pri prenose sériových dát je možné rozdeliť na dve skupiny:
 - kódy typu **RZI**, označované aj prívlastkom “s návratom k nule (Return to Zero)” - stav prenosového kanálu počas trvania jedného bitu nadobudne hodnotu 1 aj hodnotu 0,
 - kódy typu **NRZI**, označované aj ako kódy “bez návratu k nule (Not Return to Zero)” – pri prenose dát niektorým z týchto kódov sa môže pri prenose vyskytnúť, že počas prenosu jedného bitu sa stav prenosovej linky nezmení,

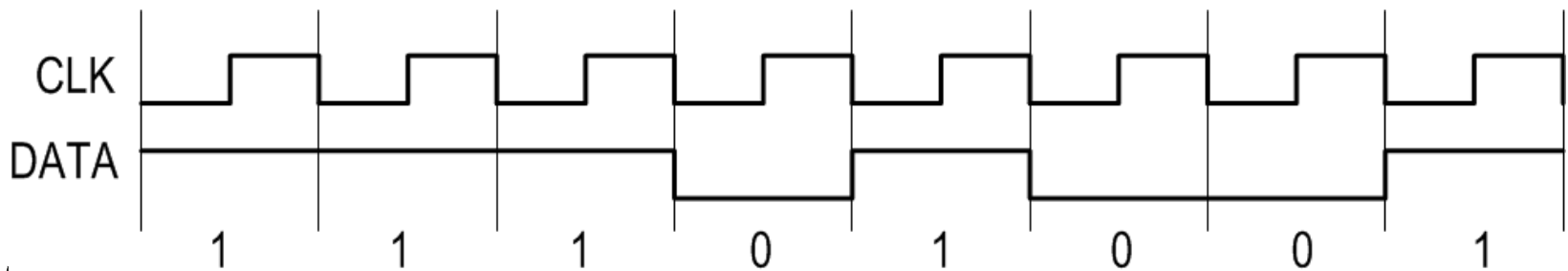
MOŽNOSTI KÓDOVANIA DÁT PRI SÉRIOVOM PRENOSE



- štyri rôzne možnosti kódovania sériových dát pri synchronnom prenose slabiky (byte) 0x97 tak, že sa prenáša najmenej významný bit ako prvý,

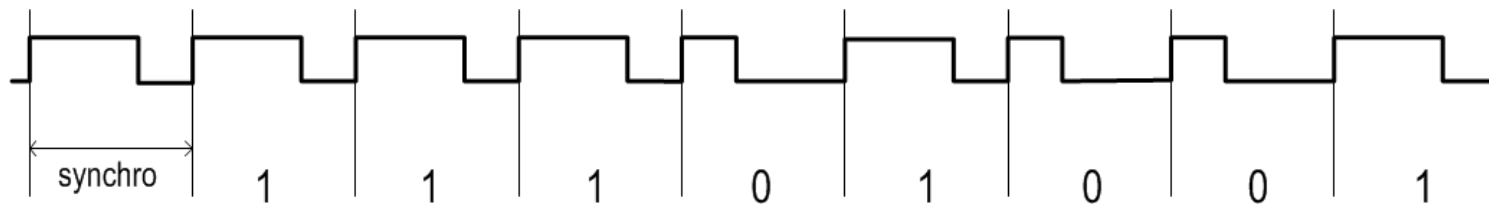
SYNCHRÓNNY SÉRIOVÝ PRENOS - DVOJKANÁLOVÝ

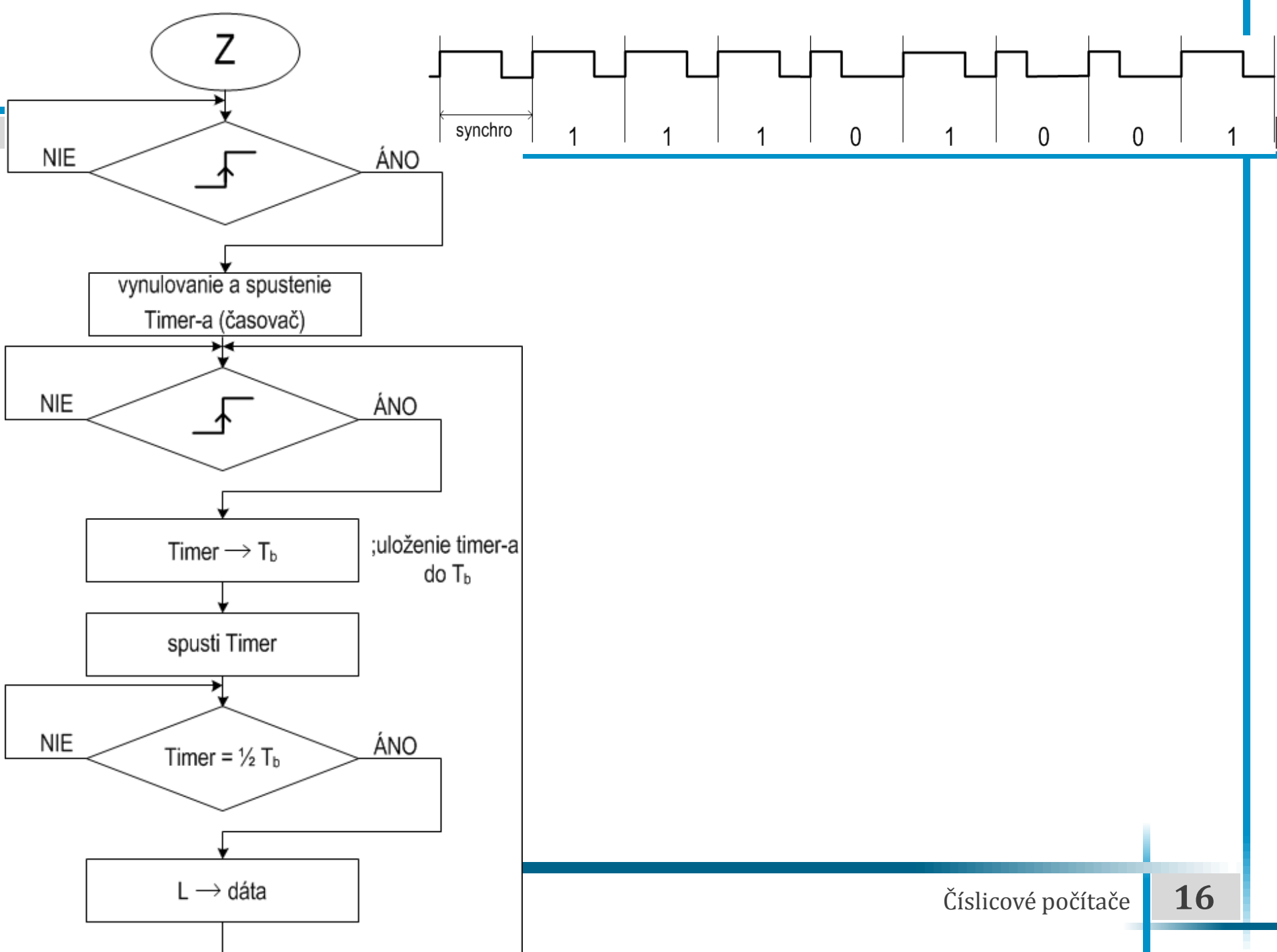
- prvý spôsob je štandardný dvojkanálový prenos, kde sa dáta a taktovací signál prenáša kanálmi zvlášť,
- dátový kanál je prenášaný kódom typu NRZI a taktovací kódom RZI,
- prenos taktovacích impulzov kladie na šírku pásma väčšie nároky, pretože $N = 2$, zatiaľ čo pri prenose dát je $N = 1$,
- veľmi jednoduchá logika kódovania a dekódovania je v tomto prípade okrem potreby dvoch prenosových kanálov vykúpená aj zníženým využitím kapacity prenosového kanálu $K = \frac{1}{2}$,



RETURN-TO-ZERO

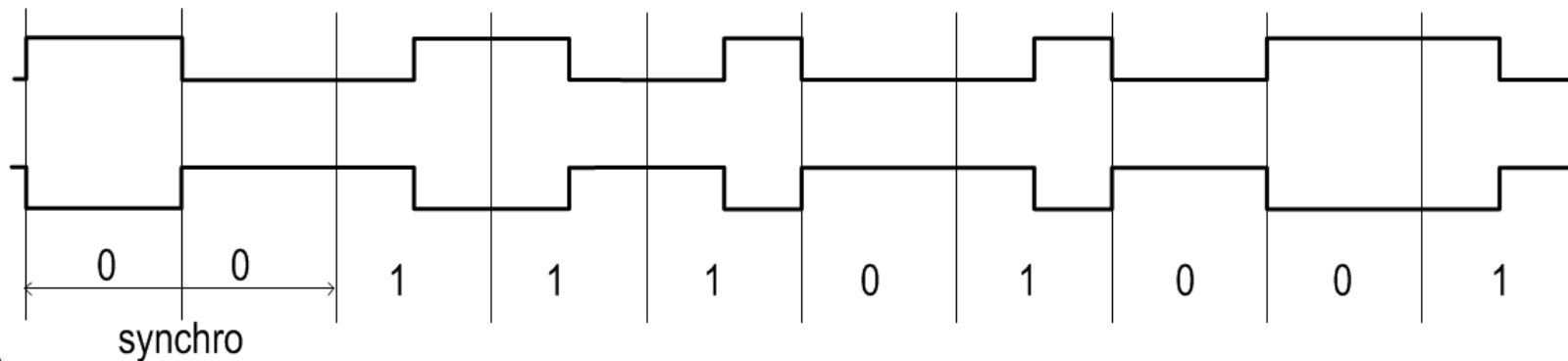
- druhý z kódov je kód typu RZI (u doc. Gubiša označený aj ako kód typu “Manchester”) alebo slangovo aj “bitovo asynchrónny kód”,
- dáta aj taktovacie informácie sa prenášajú cez spoločný kanál,
- taktovacie impulzy sú vyznačené závernými hranami signálu na začiatku prenosu každého bitu,
- dáta sú kódované tak, že ak sa má preniesť 0, potom $2/3$ trvania bitu zostáva signál v nule a ak má byť kódovaná 1, potom zostáva signál v nule iba $1/3$ trvania bitu; aby prijímač prečítal správnu hodnotu bitu, postačí, aby čítal v $1/2$ trvania prenosu bitu,
- táto veľmi jednoduchá stratégia kódovania a teda i pomerne nenáročné technické vybavenie prenosu je vykúpené pomerne nízkym využitím prenosového kanálu $K = 1/3$,

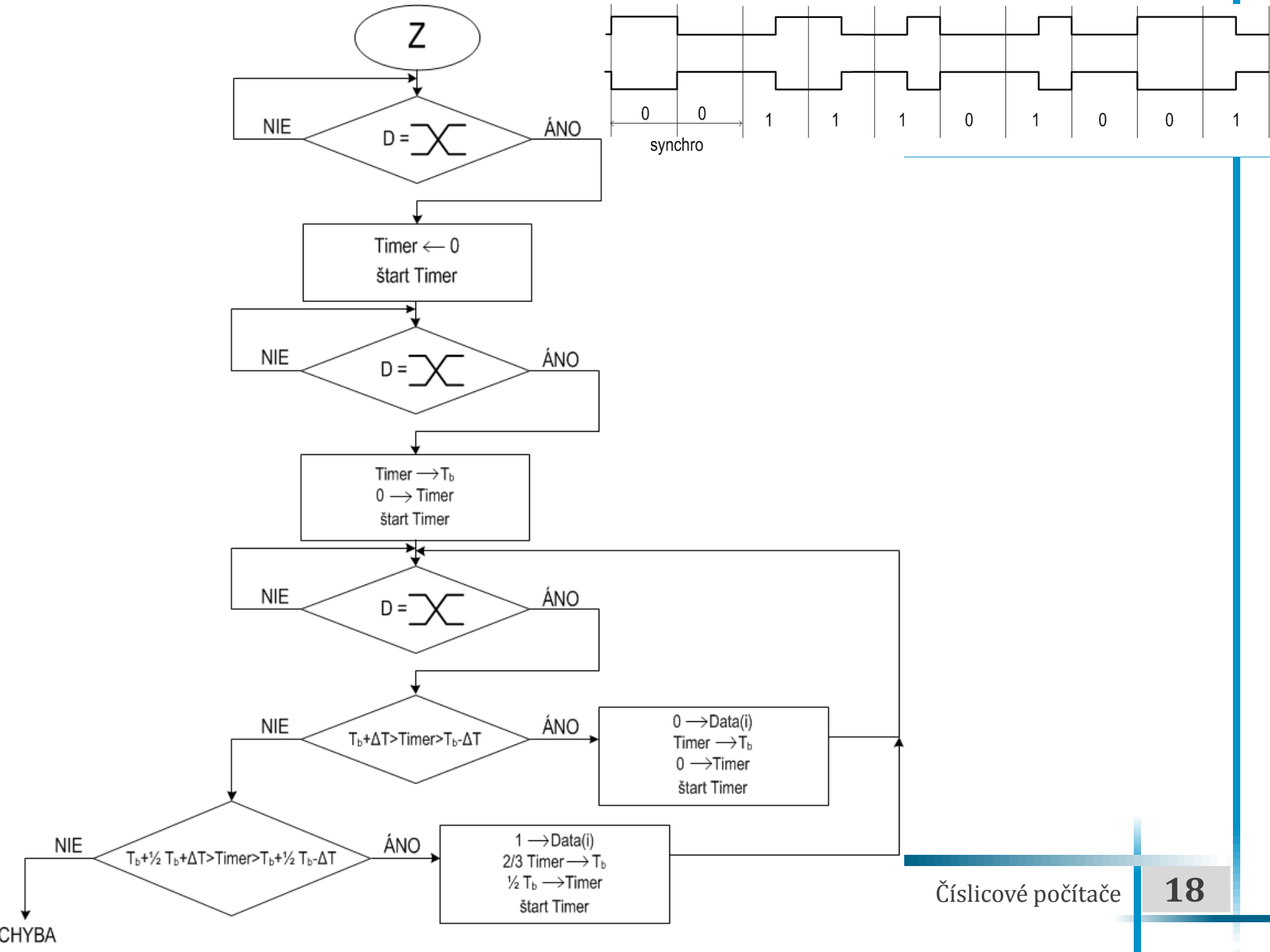




NRZI - FM

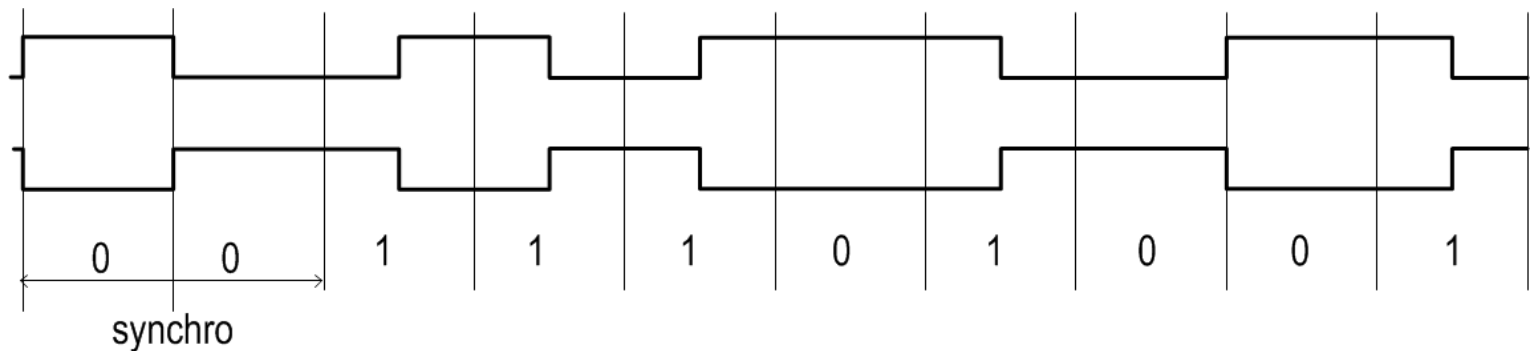
- tretí z kódov je typu NRZI a označujeme ho ako Fázová Modulácia (FM),
- používa jediný prenosový kanál pre dáta a taktovanie,
- nula je kódovaná tak, že zmena stavu kanálu sa vyskytne na počiatku prenosu bitu a jednotka tak, že zmena sa uskutoční v čase prenosu bitu,
- z týchto informácií je možné rekonštruovať tak dáta, ako i taktovacie impulzy aj keď technické vybavenie kódera a dekódera je zložitejšie ako v prípade prenosu kódom typu RZI v predošlom prípade,
- využitie kapacity prenosového kanálu je však $K = 1/2$, čo je priaznivejšie,

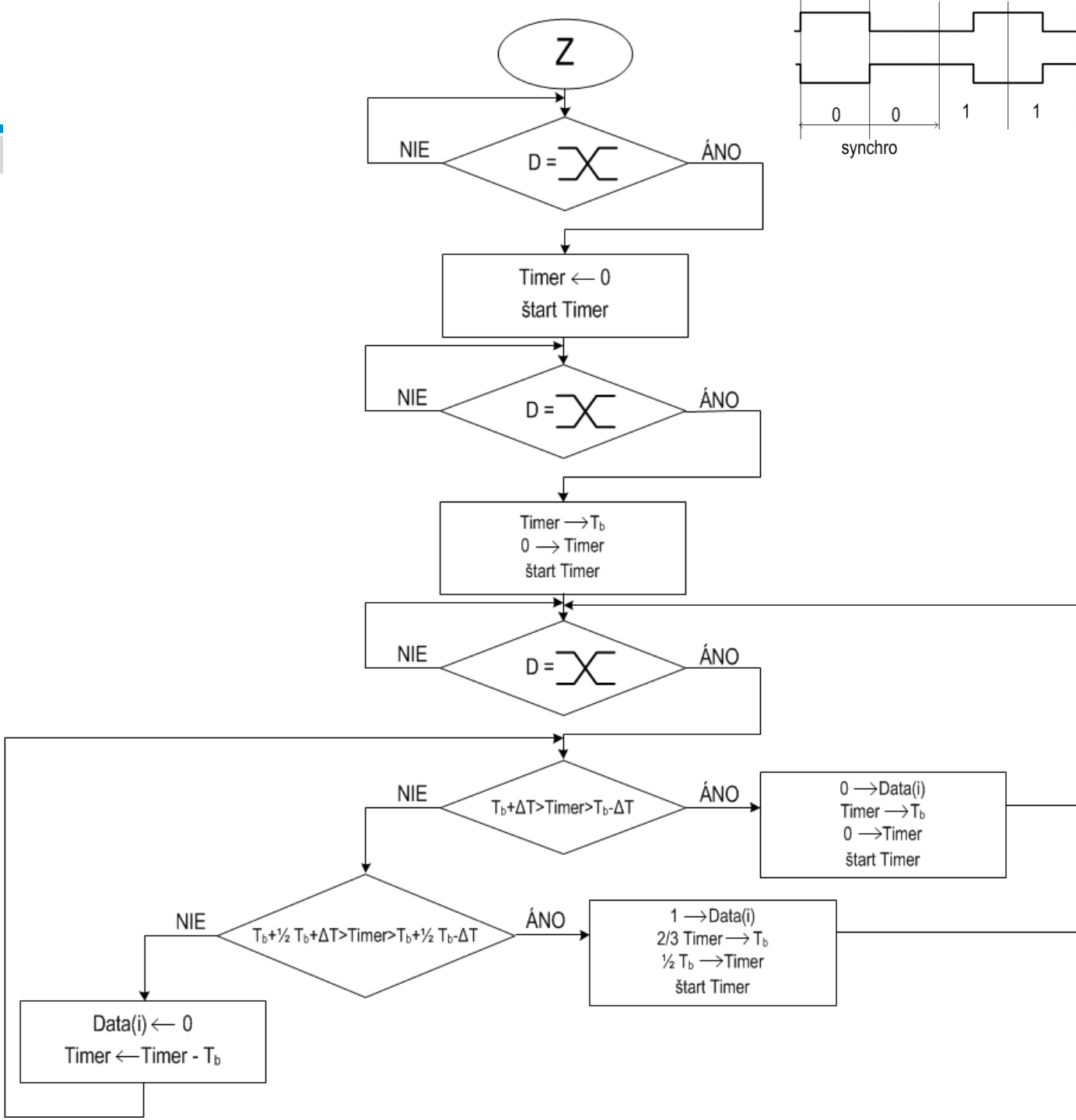
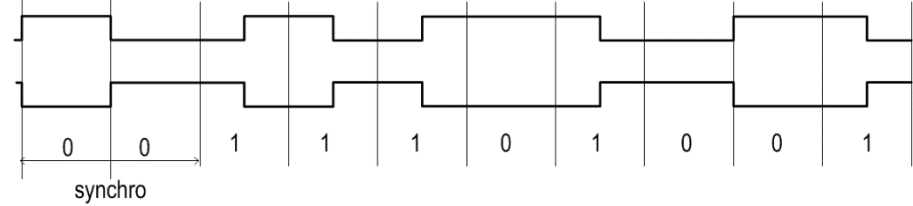




NRZI – MFM

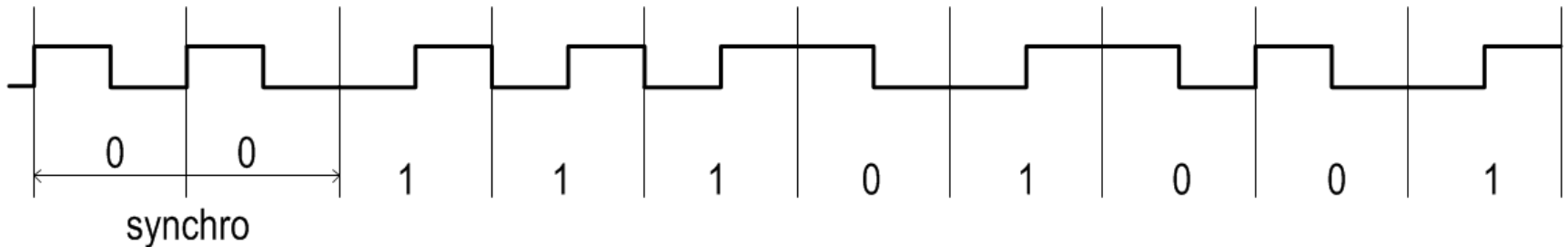
- štvrtý z kódov ponúka ďaleko najlepšie využitie prenosového kanálu ($K = 1$), avšak za cenu pomerne zložitého technického vybavenia kódera a dekódera,
- známy pod označením “Modifikovaná Fázová Modulácia” (MFM),
- od FM sa líši iba tým, že ak nasleduje po bite s hodnotou 1 bit s hodnotou 0, neuskutoční sa ani na začiatku, ani v strede zmena v nulovom bite bezprostredne nasledujúcom po bite kódujúcom jednotku,
- pulz už nie je kratší ako dĺžka bitu,





MANCHESTER KÓDOVANIE

- synchronizačné bity, aby sme vedeli:
 - koľko trvá bit,
 - kedy začínajú dáta,

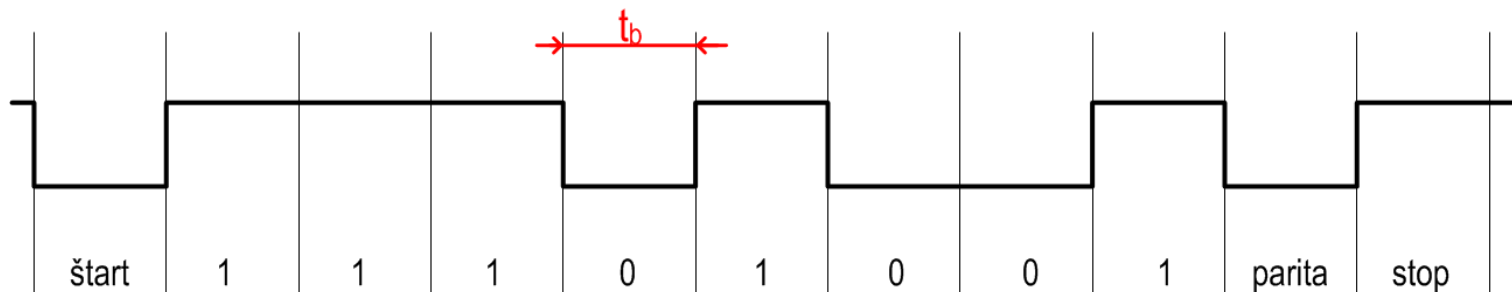


- pri Manchester kódovaní:
 - zisťujeme nábežnú hranu v strede,
 - menšia šírka pásma, pulz $\frac{1}{2}$ bitu,

- všetky prenosy, kde sú dáta kódované niektorým z kódov NRZI, potrebujú, aby bol prenos na začiatku synchronizovaný prenesením bloku dát so známym obsahom (napríklad blok nulových bitov známej dĺžky (takzvaný synchronizačný blok)),
- MFM ponúka ideálne využitie prenosového kanálu; ďalšie zvýšenie kapacity kanálu je možné už len pomocou kompresných metód, ktoré sú aplikované na oveľa väčší blok dát ako jeden bit,
- pri kompresii sa využíva nedokonalosť človeka – zahodia sa tie časti, ktoré človek nie je schopný zachytiť – kvalita sa zníži, ale človek to nepostrehne,

- komunikácia s diskovou pamäťou je synchrónna komunikácia,
- komunikácia s magnetickou páskou bola paralelná komunikácia – 9 hláv – 8 dáta + 1 hodiny,
- limitujúci faktor prenosu – hovorí o ňom Shannon-Kotelnikov teorém,

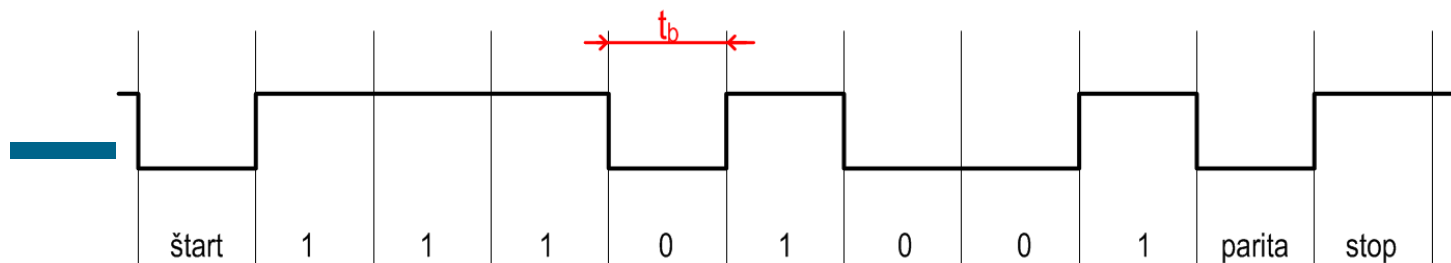
ASYNCHRÓNNY SÉRIOVÝ PRENOS



- typický sled udalostí pri asynchrónnom sériovom prenose, historicky najstarší diaľkový prenos,
- prenosová linka má definovaný kľudový stav, v ktorom sa nachádza v čase, keď žiaden prenos neprebíha,
- vysielač a prijímač musia mať pred prenosom dohodnutú rýchlosť prenosu s presnosťou, ktorá závisí od množstva dát, ktoré po synchronizačnej udalosti prenáša,
- prenos začína synchronizačnou udalosťou, po synchronizačnej udalosti sa uskutočňuje prenos dát, potom nasleduje prípadná ochranná informácia dát a na konci úsek s vnúteným kľudovým stavom, ktorý prechádza po definovanom čase do prirodzeného kľudového stavu,
- rozdiel medzi vnúteným a prirodzeným kľudovým stavom je ten, že na rozdiel od prirodzeného, počas vnúteného kľudového stavu nie je možné začať nový prenos,

ASYNCHRÓNNY SÉRIOVÝ PRENOS

- najčastejší typ asynchrónneho prenosu sa často v literatúre označuje ako RS232, aj keď toto označenie nie je presné, lebo tento typ prenosu sa používa aj inde ako v súvislosti s rozhraním definovaným normou ako RS232,
- kľudový stav prenosovej linky je log. 1; na začiatku prenosu sa vysiela štartovací bit s hodnotou log. 0 v trvaní t_b , čo je dĺžkou trvania bitu; potom sa vysiela podľa dohody 5 až 8 dátových bitov (na obr. osem bitov (0x97)) počnúc najmenej významným bitom (LSB); potom podľa dohody môže nasledovať paritný bit na párnú, alebo nepárnu paritu (nepárna), po čom nasleduje podľa dohody 1 až 2 stop bitov, ktoré majú hodnotu log. 1 a plnia úlohu vnúteného kľudového stavu,
- každý bit trvá práve t_b ,
- prijímač považuje za začiatok prenosu prvú závernú hranu (začiatok štart bitu), od toho okamžiku počká $1.5 * t_b$, prečíta hodnotu LSB dát, a potom pravidelne každých t_b číta ďalšie bity, paritný bit a overí správnosť stop bitu; v prípade, ak nie je hodnota paritného bitu správna, hlási prijímač spolupracujúcemu zariadeniu chybu parity (parity error) a v prípade, ak nemá niektorý zo stop bitov správnu hodnotu, hlási tzv. chybu ohraničenia (framing error),



ASYNCHRÓNNY SÉRIOVÝ PRENOS

- ak by sme skúmali využitie kapacity kanálu z hľadiska prenosu jedného bitu a použili by sme metodiku, ktorú sme používali pri skúmaní vlastností synchrónneho prenosu, dospeli by sme k záveru, že $K = 1$; ak však uvážime, že k prenosu užitočnej informácie potrebujeme bez ochrany a s jedným stop bitom dva bity technologickej informácie (štart bit a stop bit), vychádza využitie kapacity kanálu na $8/10$, t.j. $4/5$, čo je pomer užitočných (dátových) bitov k celkovo preneseným bitom; tento pomer je najpriaznivejší; platí pri prenose 8 bitov bez ochrany s jedným stop bitom; každá odchýlka od týchto parametrov má za následok nižšie číslo,
- pri asynchrónnom prenose dát sa rýchlosť prenosu udáva v Baudoch (Bd) – počet zmien za sekundu; vypočítame ho ako:





$$B = 1/t_b [Bd]$$



kde t_b je definované na obr. (slide 25),

- nasledujúce rýchlosti prenosu sú obvyklé: 300 Bd, 600 Bd, 1200 Bd, 2400 Bd, 4800 Bd, 9600 Bd, 19200 Bd, 115200 Bd, 1 MBd, 2 MBd, 4 MBd,
- vysielač i prijímač musí používať rovnakú rýchlosť prenosu; na presnosť taktovacích frekvencií sú v prípade asynchrónneho prenosu kladené zhruba o rád vyššie nároky ako pri synchrónnom prenose,

ASYNCHRÓNNY SÉRIOVÝ PRENOS

- ❑ pri asynchrónnom prenose sa taktovacie impulzy neprenášajú,
- ❑ parita – kontrolný súčet, udáva či je počet jednotiek v slove párný alebo nepárny,
- ❑ párna parita – log. 1, ak je počet jednotiek nepárny, 
- ❑ nepárna parita – log. 1, ak je počet jednotiek párný, 
- ❑ s vysielaním nových dát nemôžeme pokračovať hneď po parite – lebo ak vyjde parita nulová, nevie, kedy začal nový štart bit,
- ❑ stop bit býva zvyčajne 0,5 dĺžky bitu až 2x dĺžka bitu,
- ❑ pre 8 – bitové dáta+ 1 štart bit+ 1 parita + 1 stop bit = 11 bitov, 
 - 110 Bd – počet zmien úrovně signálu za sekundu,
 - 80 b/s – prenos dátových bitov,
- ❑ všetky UART majú tento mikroprotokol – aj RS232,
- ❑ 110 Bd je zdedená rýchlosť z ďalekopisov, 
- ❑ prenosy informácie sú možné:
 - diferenciálne – rýchlejšie, menej citlivé na rušenie,
 - voči zemi,

Ďakujem za pozornosť.

Použité materiály:

Peter Gubiš – Číslicové počítače (podporné učebné texty)

Ondrej Karpiš – Prednášky k predmetu Číslicové počítače