

Cvičenia s princípov počítačov

Maroš Gregor

## Druhé cvičenie: 4-bitové binárne počítadlo

Jednoduché 4-bitové binárne počítadlo (čítač) čísel od 0000 do 1111 (0-15) je možné realizovať pomocou sekvenčných obvodov.

**Jednoduché sekvenčné obvody delíme podľa stavov na:**

- **Bistabilné** (Flip-flop obvody), ktoré majú dva stabilné stavy a z jedného stabilného stavu do druhého ich možno preklápať vstupom
- **Monostabilné** – (Mono flop obvody), ktoré majú jeden stabilný stav, do nestabilného stavu ich možno preklopiť pričom sa obvod sám po čase preklopí do stabilného stavu
- **Astabilné** – majú dva nestabilné stavy, periodicky sa medzi týmito stavmi preklápajú

**Podľa synchronizácie ich delíme na asynchrónne alebo synchrónne.**

**Synchrónne** – celý obvod je riadený z jedného zdroja hodinového signálu

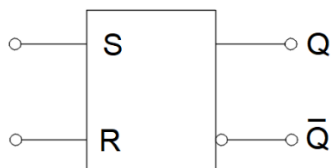
**Asynchrónne** – preklopi sa ihneď po zmene úrovne na niektorom vstupe v súčinnosti so synchronizačným impulzom. Reagujú na zmenu vstupu a preklápajú sa postupne.

Najjednoduchšie sekvenčné obvody sú preklápacie obvody (často sa nazývajú aj klopné obvody). Základnými preklápacími odvodmi sú RS, RST, JK (T, D) a zložitejšie sekvenčné odvody sú napr. počítadlo (čítač – nahor, nadol), register (posuvný, záchytný).

# Preklápací obvod RS (Reset- nulovanie, Set - nastavovanie)

Preklápací obvod RS je bistabilný asynchrónny preklápací obvod pozostávajúci z dvoch vstupov S a R (S je nastavovací a R je nulovací vstup), ktorého základný stav je log 0. Má dva výstupy  $Q$  a  $\bar{Q}$  ( $Q$  negované), ktorých logické hodnoty sú opačné.

Schématická značka:



Obvod je možné realizovať dvoma hradlami NAND (napr. integrovaných IO 7400), pričom dostavame RS preklápací obvod s negovanými vstupmi t.j.  $\bar{R}\bar{S}$  preklápací obvod

Schématická značka:

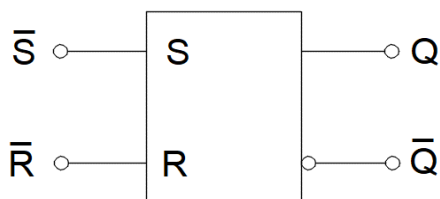
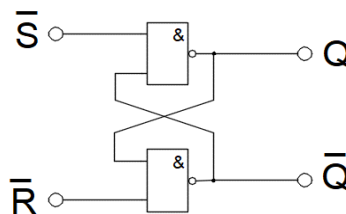


Schéma zapojenia:



Pravdivostná tabuľka:

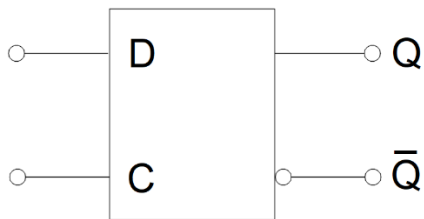
| $\bar{S}$ | $\bar{R}$ | $Q_{n+1}$ |                  |
|-----------|-----------|-----------|------------------|
| 1         | 1         | $Q_n$     | zachovanie stavu |
| 1         | 0         | 0         | vynulovanie      |
| 0         | 1         | 1         | nastavenie       |
| 0         | 0         | ?         | zakázaný stav    |

$\bar{R}\bar{S}$  preklápací obvod je možné nastaviť tak, že na  $\bar{S}$  privedieme log 0 a na  $\bar{R}$  log 1, čím dostaneme na výstupe  $Q$  log 1 a na výstupe  $\bar{Q}$  log 0. Ak na  $\bar{S}$  nastavíme log 1 a  $\bar{R}$  na log 0,  $\bar{R}\bar{S}$  preklápací obvod nulujeme a na výstupe  $Q$  dostaneme log 0 a na výstupe  $\bar{Q}$  log 1.  $\bar{R}\bar{S}$  preklápací obvod má jeden zakázaný stav v prípade log 0 na oboch vstupoch a vtedy dostávame nedefinovaný stav.

# Preklápací obvod D

Preklápací obvod D je obvod s jedným dátovým D (data) a jedným hodinovým C (clock) vstupom a dvoma výstupmi  $Q$  a  $\bar{Q}$ . Predstavuje jednobitovú pamäť, pomocou ktorej sa dá realizovať napr. počítadlo, posuvné registre, atď.. Hodinový alebo synchronizačný vstup riadi preklápanie obvodu a na nábežnej hrane hodinového impulzu (pri zmene stavu log 0 na stav log 1) sa informácia zo vstupu D prekopí na výstup Q.

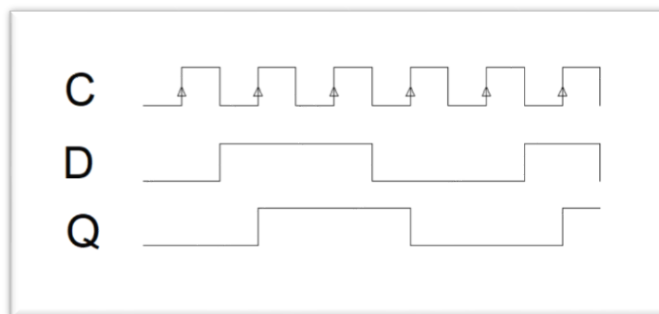
Schématická značka:



Pravdivostná tabuľka:

| D | C   | $Q_{n+1}$ |                  |
|---|-----|-----------|------------------|
| X | 0   | $Q_n$     | zachovanie stavu |
| 0 | 1/↑ | 0         | nulovanie        |
| 1 | 1/↑ | 1         | nastavenie       |

Grafický priebeh signálov:



# Počítadlo (čítač)

Počítadlo predstavuje sériovo zapojené preklápacie obvody, ktoré posúvajú informáciu z výstupov obvodov na vstupy susedných obvodov, čo znamená, že v binárnom kóde počítadlo funguje ako binárny čítač impulzov.

Podľa spôsobu uvádzania do činnosti ho delíme na:

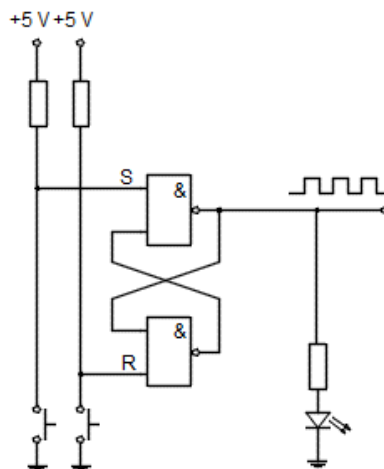
- Asynchrónne, ktoré sa spúšťajú samostatnými vstupnými impulzami
- Synchronne, ktoré sa spúšťajú synchronnými hodinovými impulzami

Pre k-bitový binárny čítač je rozsah čísel:  $n_{\max} = 2^k$  t.j. od 0 až po  $n-1$  binárnych čísel

t.j. pre 4-bitový (4-miestny) binárny čítač bude rozsah čísel  $n_{\max} = 2^4 = 16$ , t.j. od 0 až po 15

V asynchrónnom čítači je hodinový impulz privedený na hodinový vstup C prvého preklápacieho obvodu a ďalšie preklápacie obvody sú na svojich vstupoch budené výstupnými impulzami svojich predchodcov. Hodinový impulz je možné vyrobiť pomocou jednoduchého mechanického tlačidla, kde budeme prepínať medzi log 0 a log 1. Nevýhodou mechanického tlačidla sú prechodové javy na mechanických kontaktoch, ktoré deformujú nábežnú hranu hodinového impulzu. Z uvedeného dôvodu sa hodinový impulz realizuje pomocou  $\overline{RS}$  preklápacieho obvodu, odporov a tlačidiel ako je vidieť na priloženom obrázku:

Schéma zapojenia generátora hodinového impulzu:



Hodinový impulz vytvárame prepínaním stavov na výstupe  $\overline{RS}$  preklápacieho obvodu z log 0 na log 1 a naopak. Pokiaľ sú tlačidlá v základnej (nestlačenej) polohe na vstupoch R a S sú log 1 a  $\overline{RS}$  preklápací obvod zachováva aktuálny stav na výstupe. Ak je tlačidlo na vstupe S stlačené, začne tiecť prúd cez ochranný odpor ( $R = 1 \text{ k}\Omega$ ), tlačidlo až na zem a vytvorí sa úbytok napätia na ochrannom odpore rovný takmer 5 V a tak medzi vstupom S a zemou bude napätie 0 V čiže log 0,

zatiaľ čo na vstupe R je stále log 1 a  $\overline{RS}$  preklápací obvod sa preklolí do log 1. Ak je stlačené tlačidlo R a tlačidlo S je voľné, tak obvod sa preklolí do log 0. Postupným stláčaním S a R tlačidiel sa bude vytvárať hodinový impulz, ktorým môžeme napájať D preklápací obvod. Stlačením obidvoch tlačidiel súčasne dostávame zakázaný (nedefinovaný stav). Hodinový synchronizačný impulz môžeme kontrolovať pomocou LED diódy na výstupe Q ako je nakreslené na obrázku.

**Schéma zapojenia 4-bitového binárneho počítadla:**

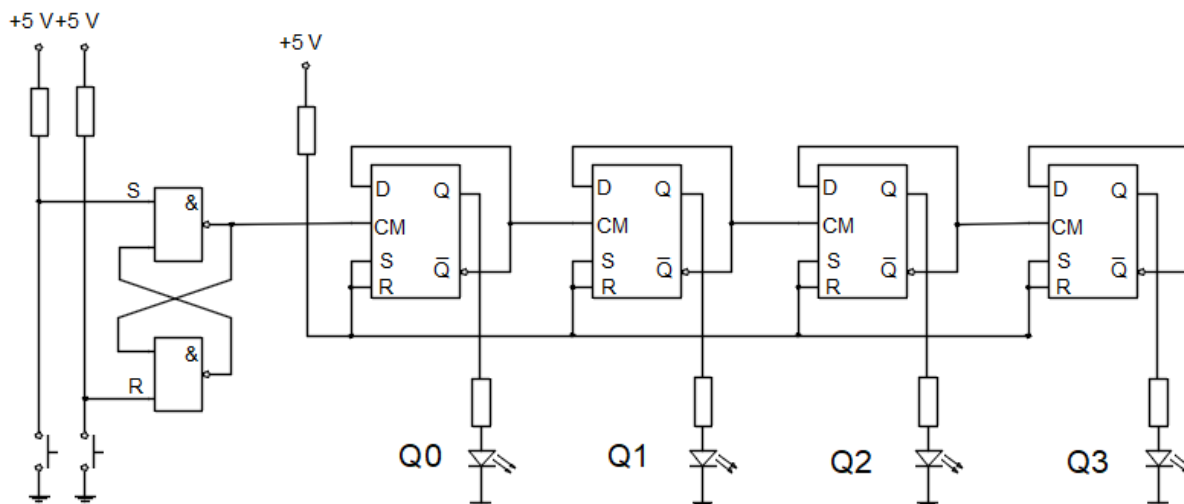


Schéma zapojenia 4-bitového binárneho počítadla pozostáva zo štyroch D preklápacích obvodov so S a R vstupmi, ktoré sú trvalo pripojené na log 1. Na zapojenie obvodu je možné použiť dva integrované obvody (IO) MH7474, kde v každom IO sú integrované dva D preklápacie obvody. Na generátor hodinového impulzu použijeme  $\overline{RS}$  preklápací obvod, ktorým je napájaný C vstup prvého D preklápacieho obvodu. V následných D preklápacích obvodoch sú hodinové vstupy napájané z  $\overline{Q}$  predchádzajúceho D preklápacieho obvodu. Výstupné signály detekujeme pomocou svietiacich diód (LED), ktoré sú cez ochranný obvod pripojené na zem.

Spojenie výstupu  $\overline{Q}$  so vstupom D zabezpečí, že s každým hodinovým impulzom sa stav preklápacieho obvodu zmení práve na opačný. Ako je vidieť z grafického priebehu jednotlivých signálov, frekvencia periodického pravouhlého časového priebehu je na výstupe preklápacieho obvodu polovičná, ako je frekvencia vstupného signálu. D preklápací obvod pracuje ako delič impulzovej frekvencie. Ak teda spojíme viac D preklápacích obvodov tak, že výstup  $\overline{Q}$  je vždy privedený do nasledujúceho klopného obvodu na svorku C, bude frekvencia impulzov v každom nasledujúcom stupni polovičná oproti frekvencii predchádzajúceho stupňa. Pôvodná frekvencia sa potom delí dvoma, štyrmi, ôsmimi, a všeobecne  $2^n$ . Ak zapíšeme do tabuľky logické stavy postupne za každým hodinovým impulzom, zistíme, že bity Q0 až Q3 reprezentujú postupnosť dvojkových

čísel. Možno teda povedať, že obvod svojimi výstupmi odpočítava impulzy. Zariadenie preto môžeme volať aj dvojkový čítač impulzov.

Tabuľka výstupných signálov na jednotlivých obvodoch:

|         | 8  | 4  | 2  | 1  |
|---------|----|----|----|----|
| Hodnota | Q3 | Q2 | Q1 | Q0 |
| 0       | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1       | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 2       | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 3       | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 4       | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 5       | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 6       | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 7       | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 8       | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 9       | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 10      | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 11      | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 12      | 1  | 1  | 0  | 0  |
| 13      | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 14      | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 15      | 1  | 1  | 1  | 1  |

Grafický priebeh jednotlivých signálov:

