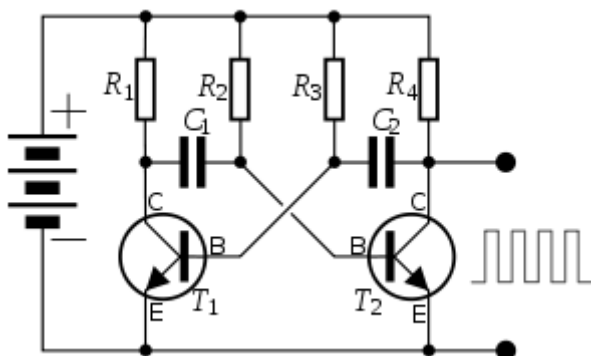
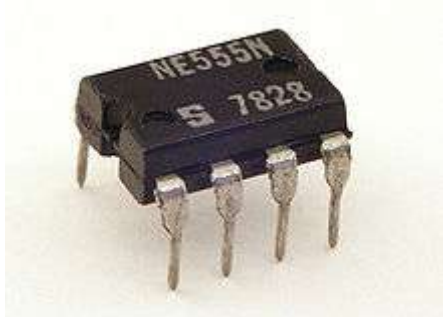


Klopný obvod



Příklad astabilního klopného obvodu (multivibrátoru) složeného z diskretních součástek



Multifunkční časovač 555 lze jednoduše využít pro realizaci *klopných obvodů*

Klopný obvod (nebo také **KO**) je elektronický obvod, který může nabývat právě dva odlišné napěťové stavy, přičemž ke změně z jednoho stavu do druhého dochází skokově. Tyto obvody se skládají z několika hradel nebo jiných aktivních prvků a lze je použít např. jako paměťové prvky, impulzní generátory nebo časovače.

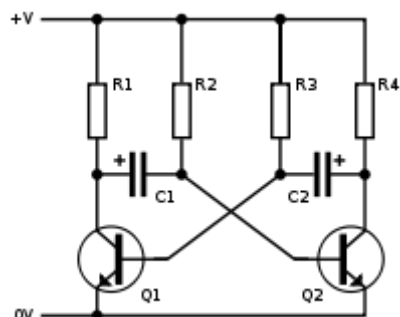
Klopné obvody se dělí do čtyř základních skupin:

- **Astabilní** – Nemají žádný stabilní stav. Neustále oscilují (kmitají) z jednoho stavu do druhého.
- **Monostabilní** – Jeden stabilní stav, ze kterého se obvod překlápí pouze s příchodem spouštěcího impulsu.
- **Bistabilní** – Oba stavy jsou stabilní. Tyto obvody slouží jako paměťové prvky. V Anglicky psané literatuře jsou označovány jako *flip-flops*.
- **Schmittův** – Zvláštní typ KO, který se používá především k úpravě tvaru impulsů.

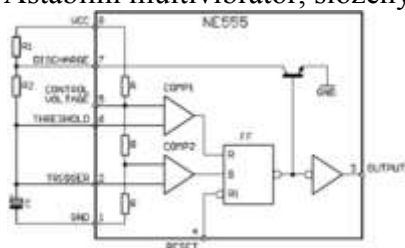
První tři druhy klopných obvodů (astabilní, monostabilní a bistabilní) se také označují jako **multivibrátory**. Často jsou pojmy *klopný obvod* a *multivibrátor* nesprávně zaměňovány. Můžeme říct, že *multivibrátory* jsou *klopné obvody*, naopak to ale neplatí.

Dalším problémem je překlad pojmu *klopný obvod* do angličtiny, neboť nabízející se překlad „flip-flop“ je v anglické terminologii používán pouze pro *bistabilní* klopné obvody. Termínem bližším českému klopnému obvodu je v angličtině „multivibrator“.

Astabilní klopný obvod (AKO)



Astabilní multivibrátor, složený z diskretních součástek



Vnitřní schéma a zapojení integrovaného obvodu 555 jako AKO

Astabilní klopné obvody, označované také jako AKO, nemají žádný stabilní stav, což znamená, že tyto obvody neustále oscilují (překlápějí se) mezi jedním a druhým stavem. AKO jsou proto používány jako impulzní generátory, tónové generátory, blikáče.

AKO se dá realizovat pomocí diskretních součástek, s použitím dvou tranzistorů (viz obrázek), nebo s pomocí logických členů (např. dvou NANDů), nebo s využitím časovače 555 (viz AKO pomocí obvodu 555).

Funkce AKO

Na obrázku je znázorněn AKO realizovaný pomocí diskretních součástek. V obvodu je zavedena silná kladná zpětná vazba, realizovaná pomocí kondenzátorů.

Po zapojení obvodu se začnou oba kondenzátory *C1* a *C2* nabíjet a tranzistory *Q1* a *Q2* se začnou otevírat. Jelikož jsou použity reálné tranzistory, které mají (vlivem nedokonalé výroby) mírně odlišné parametry, jeden z tranzistorů se otevře dříve. Za předpokladu, že se dříve otevře tranzistor *Q1*, kondenzátor *C1* se začne vybíjet, čímž uzavře tranzistor *Q2*. Kondenzátor *C2* se nabíjí a ještě více otevírá *Q1* (kladná zpětná vazba). V okamžiku, kdy se *C1* přebije na opačnou polaritu, vzroste na bázi *Q2* napětí a ten se začne otevírat. Toto způsobí nabíjení kondenzátoru *C1* a vybíjení *C2*. V tomto okamžiku se obvod skokově přepoklopí a na výstupu (kolektor jednoho z tranzistorů) se objeví opačná úroveň napětí.

Doba, po jakou bude na výstupu jeden nebo druhý stav je závislá na velikostech použitých součástek:

$$t_1 = \ln(2)R_2C_1$$

$$t_2 = \ln(2)R_3C_2$$

Perioda kmitání obvodu je:

$$T = t_1 + t_2 = \ln(2)(R_2C_1 + R_3C_2)$$

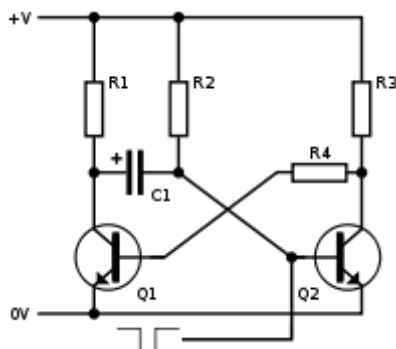
Takto realizovaný obvod má však dvě nevýhody:

- Čelo (vzestupná hrana) výstupního signálu je zaoblená (doba vzestupné hrany je ovlivněna velikostí rezistoru R_1 , resp. R_4).
- Kmitočet je silně závislý na teplotě.

První nevýhoda, velká doba vzestupné hrany, se dá částečně odstranit vložením diod mezi kolektor $Q1$ a bázi $Q2$, resp. kolektor $Q2$ a bázi $Q1$.

Kmitočtová nestabilita lze vyřešit přivedením synchronizačních impulsů na bázi jednoho z tranzistorů.

Monostabilní klopný obvod (MKO)

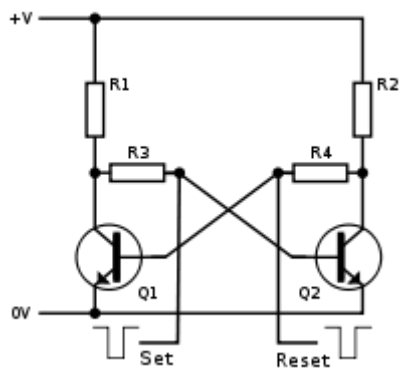


Monostabilní multivibrátor, složený z diskrétních součástek

Monostabilní klopný obvod, označovaný jako *MKO*, má jeden stabilní stav, ze kterého je možné jej přepnout do stavu nestabilního. Obvod se sám po určité době přepne zpět do stabilního stavu. Tento typ obvodu je možné použít například jako zpožďovací prvek.

Tento obvod lze také realizovat pomocí časovače 555, viz MKO pomocí obvodu 555.

Bistabilní klopný obvod (BKO)

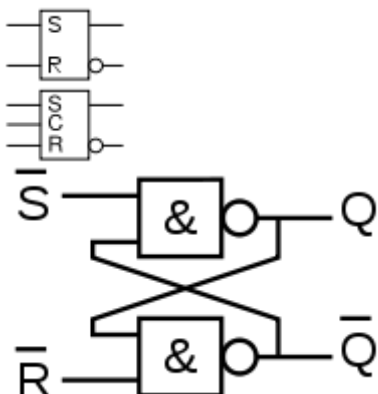


Bistabilní multivibrátor, složený z diskretních součástek

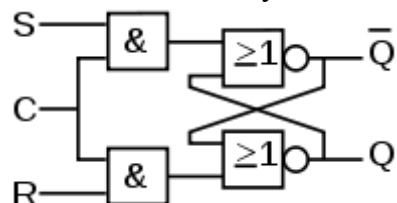
Bistabilní klopné obvody, označované jako *BKO*, mají oba dva stavy stabilní. Mezi těmito stavy lze libovolně přepínat, pomocí vstupních impulzů. Tyto obvody se proto používají jako paměťové prvky.

BKO mají mnoho variant a provedení. Nejznámější jsou: **RS**, **JK**, **D** a **T**.

RS



Schema hradla RS vyrobeného z NANDů



Synchronní varianta klopného obvodu RS

RS je jedním z nejzákladnějších a nejjednodušších BKO. Lze realizovat pomocí dvou dvouvstupných hradel typu NAND. Výstup prvního NANDu vede do jednoho ze vstupů druhého NANDu, výstup druhého NANDu vede do jednoho ze vstupů prvního NANDu.

Vstup *R* se označuje jako *Reset*. Přivedení hodnoty logická 1 na tento vstup vynuluje hodnotu *Q* (neboli nastaví výstup na hodnotu logická nula).

Vstup S se označuje jako *Set*, přivedení hodnoty logická 1 na tento vstup nastaví hodnotu Q na logickou 1.

Pokud je na R a S zároveň logická 1, mluvíme o *zakázaném* nebo také *hazardním* stavu. Znamená to, že tento stav není definován a pokud nastane tato vstupní kombinace, není předem možné určit, v jakém stavu se bude nacházet výstup obvodu.

A by se tomuto stavu zabránilo, konstruuji se tzv. *RS obvody s prioritou*. A to buď *set* nebo *reset*. V případě, že by u normálního obvodu mělo dojít k hazardnímu stavu, obvod s prioritou se přepne buď do 1 (priorita set) nebo do 0 (priorita reset).

Pojem zakázaný stav pochází z doby, kdy byl tento obvod realizován dvěma invertory, u kterých nebyl eliminován zpětný přenos přes jednotlivé tranzistory. Současné buzení obou vstupů vedlo k tomu, že se výstupní veličiny dostávaly do zakázaného pásma a tranzistory přecházely ze saturace do aktivní zóny svých charakteristik.

Přidáním dalších dvou členů NAND zapojených jako blokování vstupů lze realizovat synchronní variantu tohoto klopného obvodu. Obvod tak bude reagovat na vstupy pouze s příchodem hodinového signálu C .

Tento typ obvodu se často využívá pro ošetření signálu z mechanických přepínačů, u nichž obvykle dochází k zámkům kontaktů a tím i k nežádoucímu vyslání několika impulsů. Připojením přepínače na vstupy RS obvodu lze vzniku nežádoucích impulsů zabránit.

Pravdivostní tabulka asynchronního KO RS tvořeného obvodu NOR:

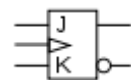
R	S	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	1
1	0	0
1	1	X

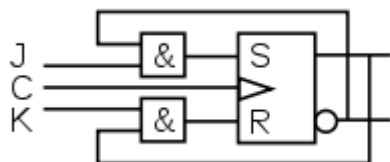
Pravdivostní tabulka asynchronního KO RS tvořeného obvodu NAND:

R	S	Q_{n+1}
0	0	X
0	1	0
1	0	1
1	1	Q_n

Pozn: Q_n je současný stav, Q_{n+1} je stav následující

JK





Schema hradla JK vyrobeného z hradla RS a ANDů

JK má vstupy funkčně shodné s obvodem RS: J nastavuje hodnotu logická 1, K nastavuje hodnotu logická 0. Pokud jsou oba vstupy J a K aktivní (u KO RS mluvíme o *zakázaném stavu*), vnitřní hodnota se při hodinovém pulzu neguje. Oproti RS se tento klopný obvod vyrábí pouze v synchronní variantě.

Tento obvod nese označení po vědci jménem Jack Kilby, který jej v roce 1958 představil ve firmě Texas Instruments (patent na jeho jméno vyšel o rok později). Protože název obvodu nenese žádný smysl, existuje v angličtině mnemotechnická pomůcka pro označení vstupů „jump-kill“, tedy „nahod’-zruš“.

Pravdivostní tabulka se tak oproti KO RS liší v reakci na zakázaný stav:

K J Q_{n+1}

0 0 Q_n

0 1 1

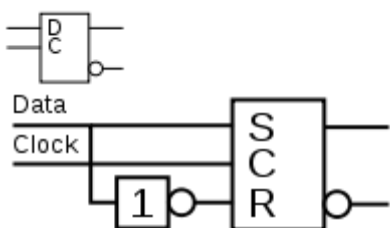
1 0 0

1 1 Q_n

JK Master-Slave

JK Master-slave je klopný obvod tvořený dvěma klopnými obvody JK. První master (nadřazený člen), druhý slave (podřazený člen). Princip činnosti je v tom, že na vstup jsou přivedeny J, K a Clk. Master reaguje na vzestupnou hranu, Slave na sestupnou společného signálu. Master má vstupy J, K a čas, výstupy jsou přivedeny na vstupy Slave, jehož výstupy teprve vedou na výstup celého klopného obvodu. Tedy při vzestupné hraně obvod čte data, ale na výstupu se objeví až při sestupné.

D



Schema hradla D vyrobeného z hradla RS a invertoru

Obvod D realizuje jednobitovou paměť. Každý hodinový pulz způsobí zapamatování hodnoty vstupu. Vyrábí se pouze jako synchronní obvod. Proto je jeho český název *zdrž*, anglicky *delay*, neboť si podrží tu hodnotu vstupu, která byla platná v době hodinového pulzu.

Z obvodu RS se snadno vyrobí tím, že na vstup R přivedeme negovanou hodnotu vstupu S.

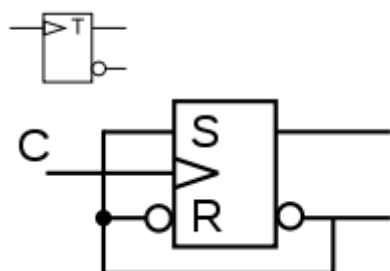
Pravdivostní tabulka obvodu D:

D Q_{n+1}

0 0

1 1

T



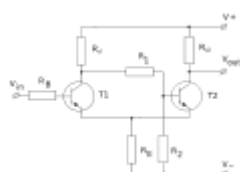
Schema hradla T vyrobeného z hradla RS a invertorů

Obvod *T* je přepínač paměti. V synchronní variantě zůstává hodnota nezměněna, pokud na vstupu byla logická 0, změní se při logické 1.

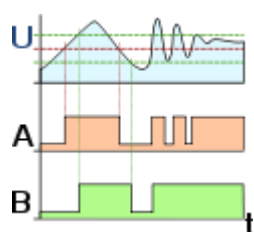
Synchronní variantu je možné vyrobit z obvodu JK spojením jeho vstupů do jediného. Asynchronní variantu je možné ze synchronní vyrobit připojením signálu hodin ke vstupnímu signálu.

Schmittův klopný obvod

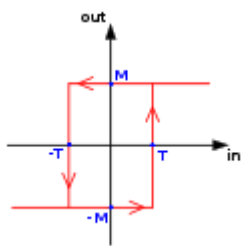
Schmittův KO slouží k úpravě tvaru impulzů. Jeho základní vlastností je hystereze. To znamená, že jeho výstup je závislý nejen na hodnotě vstupu, ale i na jeho původním stavu.



Schmittův klopný obvod realizovaný pomocí diskretních součástek.



Hystereze Schmittova KO. U - vstupní signál, A bez hystereze a B s hysterezí.



•

Hystereze Schmittova KO. Závislost vstupního signálu na výstupním.