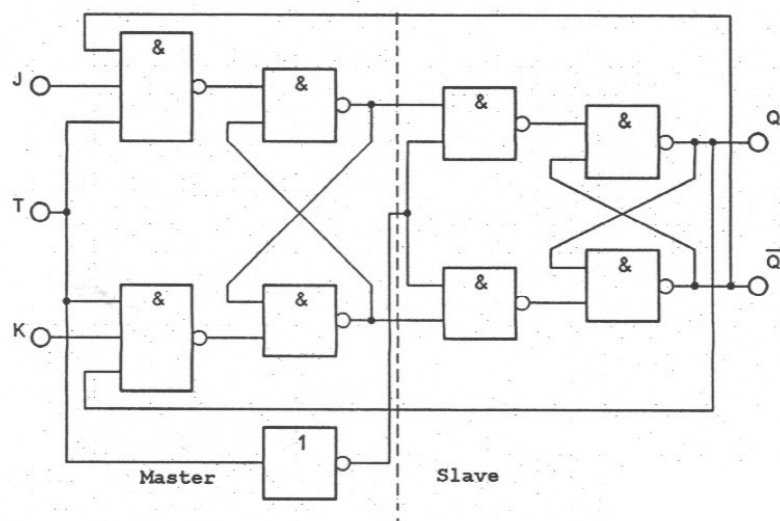
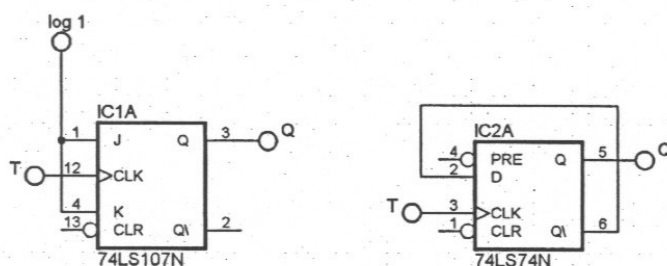




t_n	t_{n+1}	
J	K	Q
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

Možná vás zarazilo, že dosud nebyl popsán žádný bistabilní klopný obvod, který by odpovídal tomu, co jsme použili k obecnému seznámení s pojmem sekvenční obvod. Samozřejmě takový obvod, který by měl jen jeden vstup, existuje. Jeho jméno je T. To proto, že má pouze vstup pro hodinový signál. Ale jako vlastní obvod se používají buď JK nebo D. Ostatní vstupy těchto obvodů jsou zapojeny tak, že na vstupy J a K je přivedena log 1, nebo v druhém případě je vstup D propojen s výstupem $\overline{Q}$. Následující schéma ukazuje toto zapojení s konkrétními typy obvodů. Jak vidíte, jsou oba obvody vybaveny nulovacím vstupem CLR a u druhého obvodu také vstupem PRE pro nastavení. Jistě si uvědomujete, že ve skutečném zapojení by tyto vstupy musely být ošetřeny. Protože jsou aktivní v úrovni log 0, je třeba na ně připojit úroveň log 1.



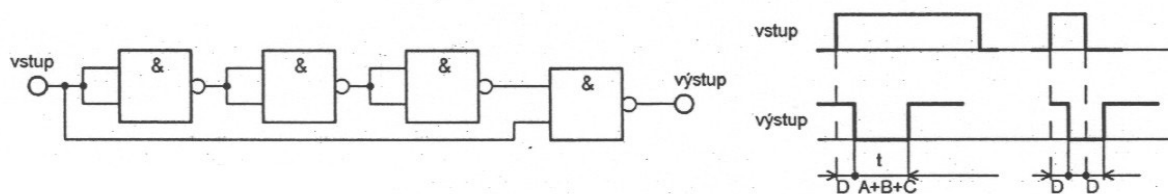
6.3 Monostabilní klopné obvody

Z dříve uvedeného si jistě pamatujete, že takový obvod má jen jeden stabilní stav. Do nestabilního stavu přechází na vnější popud. K tomu účelu má jeden vstup. Nedejte se mýlit tím, že vstupů může být víc a k překlopení obvodu dochází na základě nějaké logické funkce. I v takovém případě má monostabilní klopný obvod pouze jeden vstup, který je propojen s výstupem kombinačního obvodu. Tento kombinační obvod tedy není považován za součást klopného obvodu. Doposud jsme hovořili o návratu do stabilního stavu po určité době. To je řečeno velmi neurčitě a proto je třeba se seznámit nejdříve s příslušnou terminologií.

Nejdůležitější údaj je doba trvání nestabilního stavu. Protože nestabilní stav je představován impulzem na výstupu, můžeme také (a to nejčastěji) hovořit o **době trvání impulsu**. Tato doba bývá označována jako t a samozřejmě je udávána v časových jednotkách. Jejich rozsah je běžné praxi velmi široký od nanosekund až po sekundy. Někteří autoři používají také pojem **doba kyvu**. Toto pojmenování vychází z představy vychýlení ze stabilního stavu a návrat zpět, tak jak jej známe z mechaniky. Často se stává, že budící podněty – impulzy přichází pravidelně s určitou opakovací frekvencí. V tom případě doba mezi jednotlivými podněty je udávána jako perioda T . Ve vztahu k poměru doby trvání výstupního impulsu a periody hovoříme o tzv. **plnění**. Pro objasnění vezměte příklad, kdy doba výstupního impulsu je polovinou periody. V tomto případě je plnění 0,5. Druhým údajem, který se často používá je tzv. **střída**. Ta udává poměr mezi dobou trvání nestabilního a stabilního stavu. Pokud použijeme předchozí příklad, mají oba stavy stejnou dobu trvání a střída je tedy 1 : 1. Samozřejmě můžeme také posuzovat vztah mezi dobou trvání budícího impulsu a výstupního impulsu. Pokud platí, že vstupní impuls je delší než výstupní, hovoříme o tzv. **zkrácení impulsu**. V opačném případě se jedná o prodloužení impulsu.

Jak plyne z obecného popisu MKO, je třeba vytvořit časovou závislost. K tomu je možné využít v omezené míře dynamických vlastností hradel, ale většinou se k tomu využívá přechodových jevů při nabíjení a vybíjení kondenzátoru.

Příkladem prvního typu je MKO na následujícím schématu. Tento obvod je vhodný pouze ke zkracování impulsu. Funkce je založena na rozdílnosti zpoždění signálu při průchodu dvěma různými cestami. Zatímco jedna cesta má zařazeny v cestě tři hradla, druhá cesta je přímá. Výstupní signál tedy bude mít dobu trvání danou zpožděním při průchodu přes tři hradla. Tato situace je na obrázku spolu s případem, kdy impuls bude kratší.

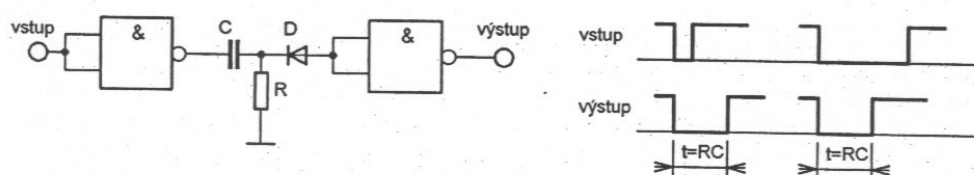


Jak vidíte, jsou aplikační možnosti takového MKO velmi omezené. V podstatě se jedná pouze o možnost získat na výstupu impuls délky lichého násobku zpoždění jednoho hradla. Pravda je, že lze vybírat z hradel s různým zpožděním, ale nárůst počtu hradel je velmi neekonomický.

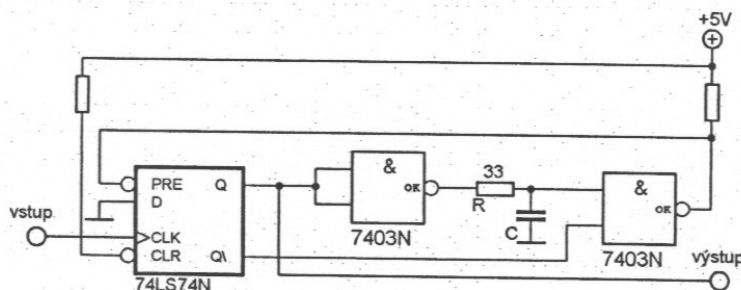
Druhá možnost, tedy využití přechodových jevů při nabíjení a vybíjení kondenzátoru poskytuje řadu možností. Podle zapojení kondenzátoru může být článek **integrační** nebo **derivační**. Dále může být obvod zapojen tak, aby umožňoval jen zkracování nebo prodlužování impulsu, případně obojí, nebo že jsou kompenzovány nedostatečné strmosti náběžné a sestupné hrany. Protože základní obvod je teplotně závislý, může být zapojen i prvek, který snižuje tuto závislost. U zapojení s RC článkem je třeba se zmínit ještě o tzv. **době zotavení**. Tento parametr je důležitý pro opakované vytváření výstupních impulsů s velmi krátkou periodou. V takovém případě se může stát, že následující vstupní impuls

přijde dřív, než se ustálí napěťové poměry na kondenzátoru. Důsledkem pak je, že výstupní impuls nemá definovanou délku, nebo dokonce se nevytvoří vůbec. Proto existují i takové obvody, které tento problém vylučují. Jejich zapojení však přesahuje základy dle tohoto materiálu.

Příkladem zapojení MKO, který používá derivační článek, je teplotně kompenzovaný a umožňuje zkracování i prodlužování impulsu, je následující schéma. Teplotní kompenzace je zabezpečena pomocí diody. Obvod reaguje na úroveň log 0 a má zhoršenou strmost hrany, která impuls končí.



Jistě vás napadlo, že pro zlepšení strmosti hran je třeba v zapojení použít klopný obvod. Příkladem může být následující zapojení, které využívá integrační článku a klopného obvodu typu D. Použitá hradla jsou s otevřeným kolektorem.



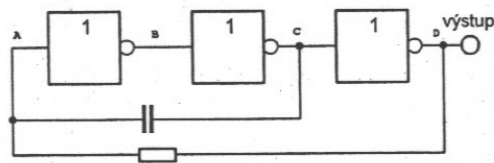
Funkce obvodu je popsána takto. Ve stabilním stavu je na výstupu Q úroveň log 1. Proto je výstupní tranzistor prvního hradla sepnut a napětí na kondenzátoru je nulové. S příchodem kladného impulsu do hodinového vstupu klopného obvodu se log 0 na vstupu D přenesse na výstup Q a dále jako log 1 na výstup prvního hradla. Protože však není na výstupu tohoto hradla zapojen rezistor proti kladnému pólu napájecího napětí, začne se kondenzátor C nabíjet vstupním proudem druhého hradla. V okamžiku, kdy napětí na kondenzátoru překročí rozhodovací úroveň sepne druhé hradlo svůj výstup. V tom okamžiku sepne výstup druhého hradla a prostřednictvím vstupu nastavení klopného obvodu přejde celý obvod zpět do klidového stavu. Uvědomte si, že druhý vstup druhého hradla má úroveň log 1 již od okamžiku, kdy překlátil vstupní klopný obvod. Návratem prvního hradla do klidového stavu sepne jeho výstupní tranzistor a kondenzátor se začne vybíjet přes rezistor 33 Ω. Pozor na funkci tohoto rezistoru. Ten

slouží pouze k tomu, aby omezil vybíjecí proud kondenzátoru a tím tedy chrání výstup hradla. Rezistor však nemá vliv na časování obvodu. Protože dobu trvání impulsu můžeme ovlivnit pouze změnou kondenzátoru, můžeme pro klasické hradlo TTL logiky vycházet z empirického vztahu $t = 140 \text{ ns}$ při $C = 100 \text{ pF}$. Závislost t a C je lineární, takže $10 \cdot t$ dosáhneme pomocí $10 \cdot C$. Rezistor 33Ω však má podstatný vliv na zotavení obvodu. Uvědomte si, že pokud přijde spouštěcí impuls dříve než se kondenzátor vybije, bude trvat kratší dobu než jeho napětí dosáhne rozhodovací úrovně a výstupní impuls bude kratší. Z tohoto hlediska je žádoucí co nejmenší odpor, ale tím je víc zatíženo předchozí hradlo. Odpor rezistoru tedy musí být kompromisem. Již jen malé upozornění. Pokud použijete hradla jiné řady, samozřejmě musíte hodnotu kondenzátoru přepočítat, nebo nastavit experimentálně.

6.4 Astabilní klopné obvody

Astabilní klopné obvody jsme již dříve definovali jako takové, které periodicky mění stav na svém výstupu bez vnějšího podnětu. Někdy se obvody tohoto typu označují jako multivibrátory. V principu pak existují multivibrátory jako asymetrické a symetrické.

Příklad asymetrického řešení (můžete se setkat také s pojmenováním nesymetrické) ukazuje následující schéma. Předpokládejme, že po zapnutí bude v bodech A a C úroveň log 0. Proto na výstupu bude úroveň log 1 a přes rezistor se začne nabíjet kondenzátor. Po dosažení rozhodovací úrovně hradla překlopí a kondenzátor se začne vybíjet. V této době je v bodě C úroveň log 1 a polarita napětí na kondenzátoru je taková, že se obě napětí sčítají. Při poklesu napětí na kondenzátoru je v určitý okamžik opět dosaženo rozhodovací úrovně a hradla překlopí zpět. Uvědomte si, že rozhodovací úroveň je mezi hodnotami log 0 a log 1. To má za následek, že napětí na kondenzátoru má nyní takovou polaritu, při níž se napětí odečítá od log 0. Z uvedeného plyne, že v této době je v bodě A napětí záporné, přičemž se v průběhu jednotlivých cyklů mění polarita napětí na kondenzátoru. To vylučuje z použití elektrolytické kondenzátory. Celková jednoduchost je zaplácena ne příliš dobrými parametry. Vlivem rozptylu parametrů integrovaných obvodů není jednoduché vypočítat hodnoty součástek pro konkrétní kmitočet a tak se součástky vybírají experimentálně.



Daleko lepší parametry poskytují symetrické multivibrátory. Přitom na počet hradel nejsou náročnější, spíše naopak, ale pro každou část periody je použit samostatný rezistor a kondenzátor. To samozřejmě umožňuje navrhovat multivibrátory se střídou odlišnou od poměru 1 : 1. Navíc tento typ multivibrátoru umožňuje dosáhnout velmi dobrých parametrů jak co do přesnosti, tak co do teplotní stability kmitočtu. Toho se docílí pomocí krystalových rezonátorů.