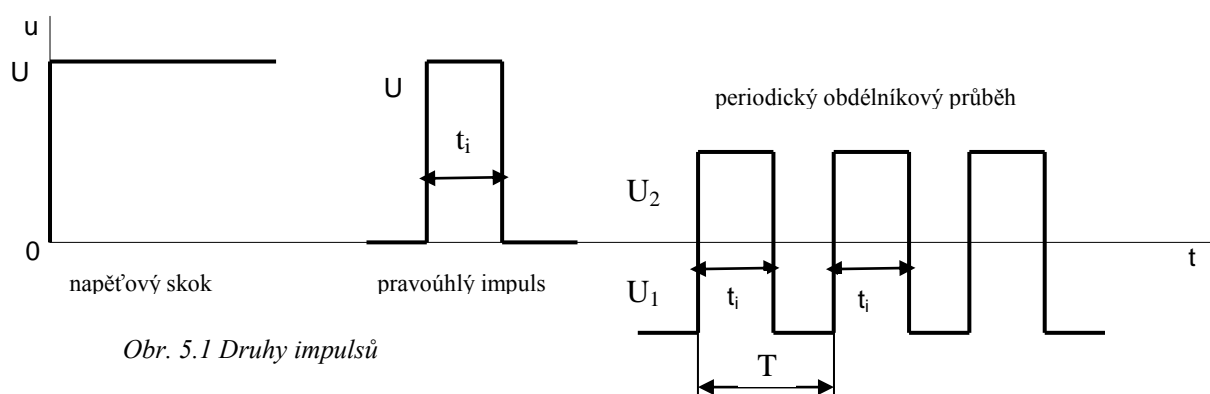


5 Impulsové obvody

S impulsy se v elektronice setkáváme stále častěji. Již delší dobu se používají při televizním přenosu, v radiolokaci, v řídicí a regulační technice a především ve výpočetní technice. Stále více se uplatňují ve i ve sdělovací technice a měřící technice. Žijeme v době přechodu analogových přenosů a záznamů informací na digitální, tedy od signálů spojitých k signálům impulsovým.

5.1 Impulsový signál

Impulsový signál může mít různou podobu. Nejjednodušším impulsovým signálem je napěťový skok, pravoúhlý impuls, nebo periodický průběh s pravidelně se opakujícím obdélníkovým impulsem bez stejnosměrné složky, u kterého je plocha nad osou stejně velká jako plocha pod osou (viz obr. 5.1).



Obr. 5.1 Druhy impulsů

Napěťový skok je matematicky popsán jako nespojitá časová funkce

$$u(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ U & (t \geq 0) \end{cases}$$

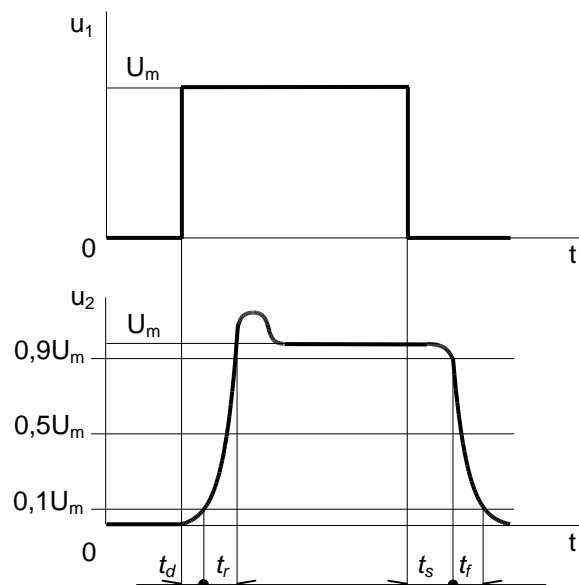
kde U je velikost skoku vyjádřená ve voltech. Představa skokového průběhu obvodové veličiny, např. vstupního napětí, velmi usnadňuje výklad a pochopení fyzikálních pochodů uvnitř elektronického obvodu. Ve skutečnosti však průběhy dle obr.5.1 nejsou reálné, tomuto tvaru se můžeme pouze přiblížit, protože skutečné obvodové prvky vykazují specifické vlastnosti, které průběh impulsových signálů deformují.

Na obr. 5.1 jsou dále uvedeny časové průběhy pravoúhlého impulsu a periodického průběhu, které můžeme opět popsat rovnicemi:

$$\text{pravoúhlý impuls } u(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ U & 0 \leq t \leq t_i \\ 0 & t > 0 \end{cases} \quad \text{kde } t_i \text{ je doba trvání pravoúhlého impulsu}$$

$$\text{periodický průběh } u(t) = \begin{cases} U_1 & nT \leq t \leq nT + t_i \\ U_2 & nT + t_i < t < (n+1)T \end{cases}$$

kde T je perioda časového průběhu, $T > t_i$ a $n = 1, 2, 3, \dots$



Obr. 5.2 Pravoúhlý impuls

Impulsový průběh se dá zobrazit na osciloskopu. Můžeme na něm pozorovat, že pravoúhlý impuls na výstupu např. zesilovače, buzeného na vstupu pravoúhlým impulsem, při vhodně zvoleném časovém měřítku, není na výstupu dokonale pravoúhlý, obr. 5.2 . Vykazuje charakteristické časové úseky, které jsou definovány takto:

t_d - doba zpoždění

t_r - náběh impulsu

t_s - přesah impulsu

t_f - doběh impulsu

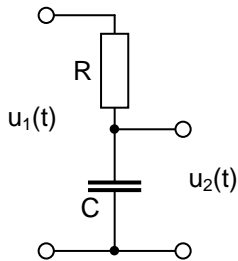
Změna tvaru pravoúhlého obdélníkového impulsu je způsobena tím, že zesilovač nepřenese všechny vyšší harmonické kmitočty, kterými je tvořen obdélníkový impuls (viz kapitola zesilovače).

5.2 Tvarovací obvody

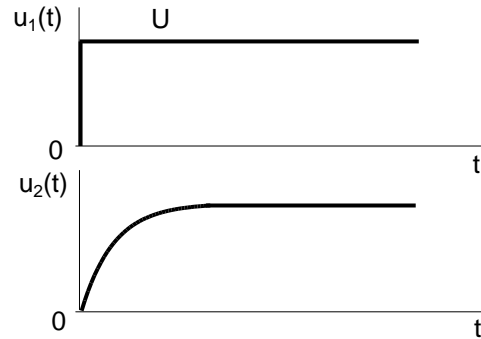
V některých případech potřebujeme úmyslně změnit tvar pravoúhlého impulsu. K tomu slouží tvarovací obvody. Nejjednoduššími tvarovacími obvody jsou integrační články IČ a derivační články DČ. Tyto obvody byly popsány v kapitole 1. Elektronické obvody jako kmitočtově závislé děliče napětí. Amplitudu sinusového průběhu vstupního napětí vzhledem k výstupu nejen zmenší, ale i fázově posunou. Stejně obvody slouží i jako obvody tvarovací, např. v televizním přijímači k tvarování synchronizačních impulsů.

5.2.1 Integrační článek jako tvarovací obvod

Přivedením napětíového skoku na IČ (obr. 5.3) výstupní napětí exponenciálně vzrůstá podle rovnice $u_2 = U \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$, kde τ je časová konstanta obvodu ($\tau = R \cdot C$). Odezva napětí na výstupu IČ na vstupní napětíový skok je nakreslena na obr. 5.4.

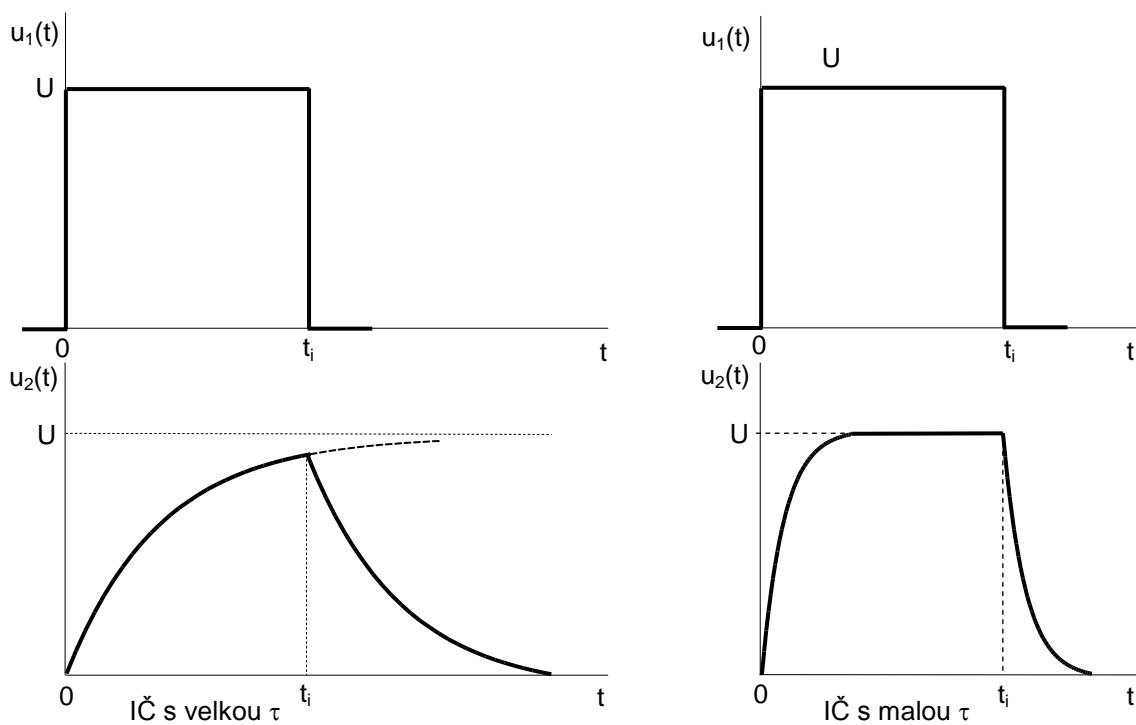


Obr. 5.3 Integrační článek RC



Obr. 5.4 Odezva IČ na napětíový skok

Pravoúhlý impuls s délkou t_i , přivedený na vstup IČ, má na výstupu tvar závislý na velikosti časové konstanty obvodu τ . Na obr. 5.5 je nakreslen průběh napětí na výstupu IČ s velkou a malou τ .

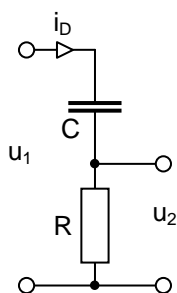


Obr. 5.5 Odezva IČ s velkou a malou τ na obdélníkový impuls

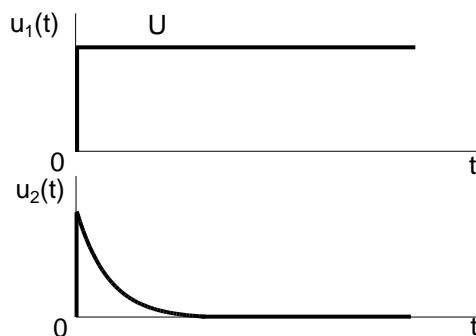
Při časové konstantě obvodu $\tau > 3t_i$ výstupní napětí nedosáhne hodnoty napětí vstupního impulsu U . Při malé τ se tvar výstupního impulsu od tvaru vstupního impulsu příliš neliší ($\tau \ll t_i$).

5.2.2 Derivační článek jako tvarovací obvod

Přivedením napětového skoku na DČ podle obr. 5.6 výstupní napětí exponenciálně klesá podle rovnice $u_2 = U \cdot \left(e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$, kde τ je časová konstanta obvodu ($\tau = R \cdot C$). Odezva napětí na výstupu



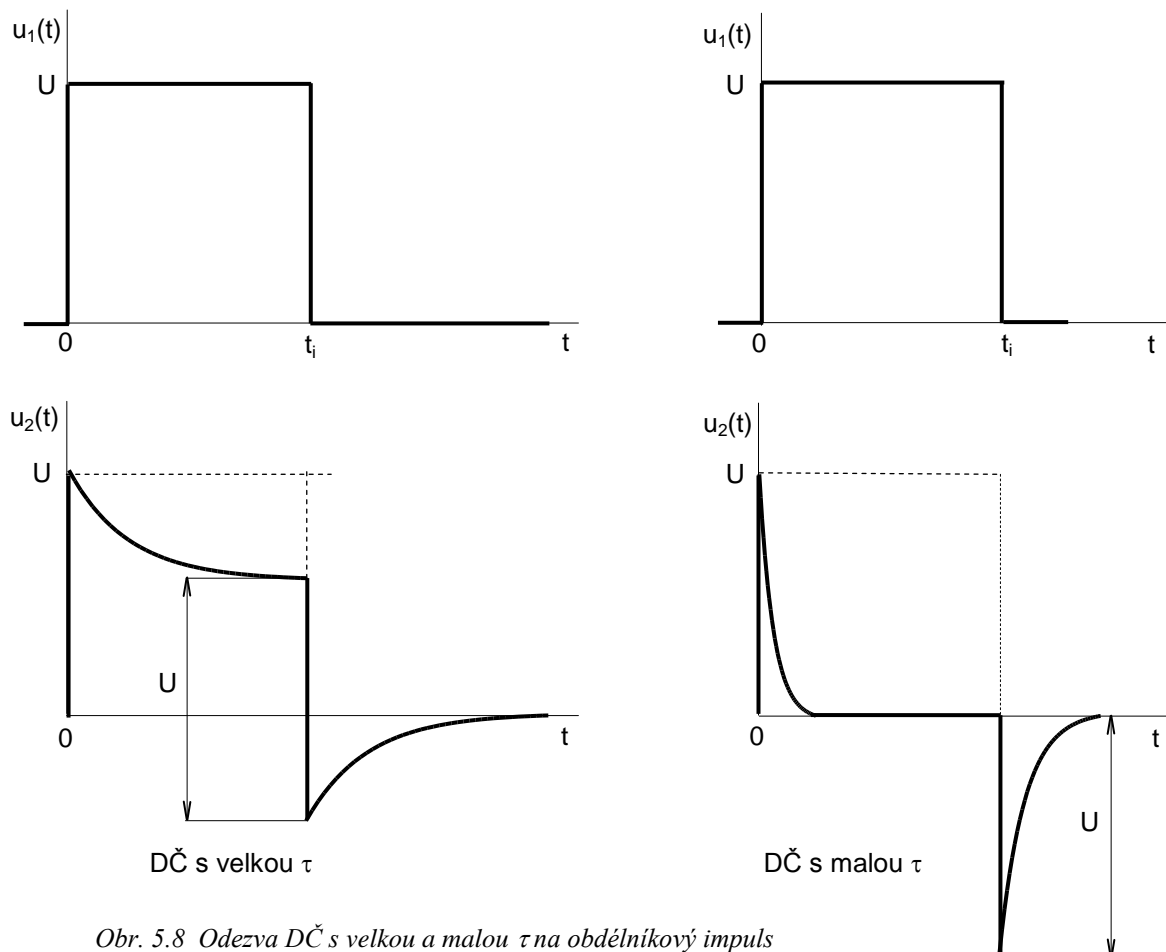
Obr. 5.6 Derivační článek



Obr. 5.7 Odezva DČ na napětový skok

je nakreslena na obr. 5.7.

Pravoúhlý impuls s délkou t_i , přivedený na vstup DČ, má na výstupu tvar závislý na velikosti časové konstanty obvodu τ . Na obr. 5.8 je nakreslen průběh napětí na výstupu DČ s velkou a malou τ .

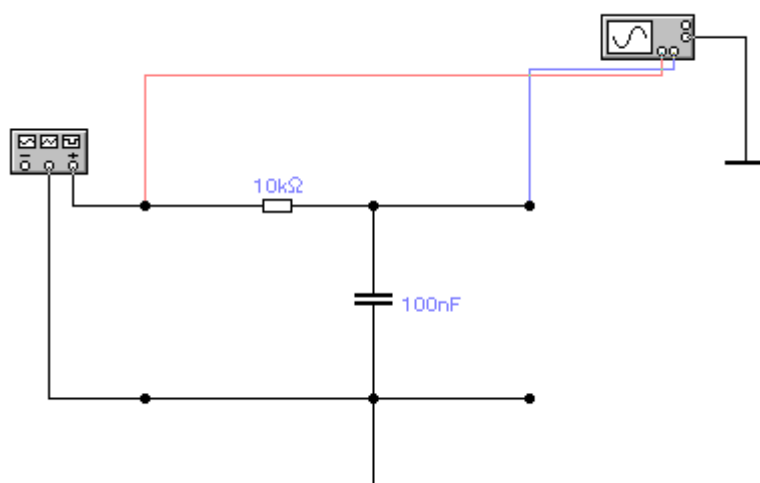


Obr. 5.8 Odezva DČ s velkou a malou τ na obdélníkový impuls

Obdobně jako obvod RC se chová obvod RL, ale zapojení je opačné. U cívek se ale dále uplatňuje jejich parazitní kapacita a potom chování takových obvodů je složitější. Dobrý konstruktér se obvodům s cívkami vyhýbá (jsou dražší, nejsou běžně vyráběny v řadách hodnot jako kondenzátory).

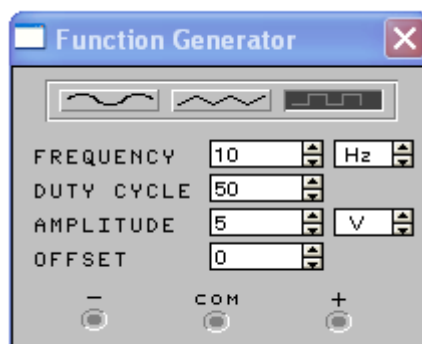
5.2.3 RC článek v obvodu impulsového buzení

Ve další části budeme řešit přenos integračního a derivačního článku pro nespojitý signál, který bude definován periodicky se opakujícím sledem obdélníkových impulsů v simulačním programu Electronics Workbench.



obr.5.9 Zapojení integračního článku buzeného ze zdroje obdélníkového signálu

Integrační článek je na vstupní straně buzen signálem z generátoru obdélníkových impulsů, viz obr.5.10



obr.5.10 Generátor funkcí

Přivedeme-li na integrační článek pravoúhlý impuls s délkou trvání t_i , mohou v praxi nastat tři případy se zcela odlišným průběhem odezvy-výstupního napětí na vstupní napětí.

Výstupní napětí určíme z výrazu:

$$u_2(t) = U_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Bude-li časová konstanta obvodu $\tau = t_i$, pak výstupní napětí integračního článku dosáhne hodnoty:

$$u_2(t) = U_1(1 - 2,718^{-1}) = 0,632U_1$$

Výstupní napětí dosáhne za dobu 1τ cca 63 % úrovně vstupního napětí.

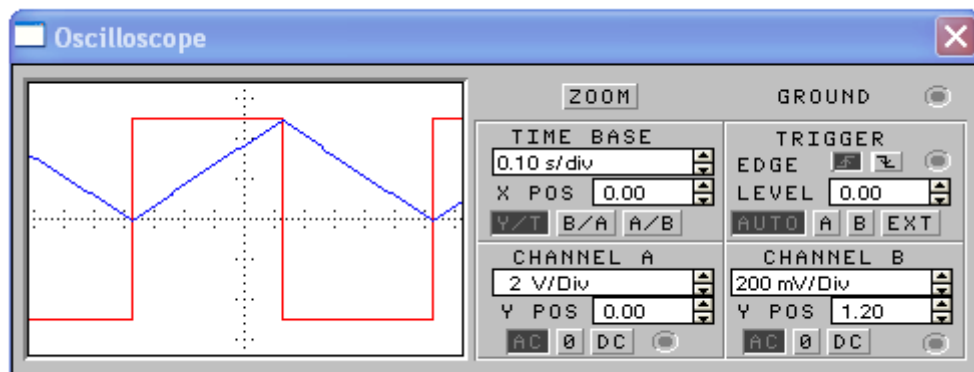
Na dalším obrázku si ukážeme jaký vliv má poměr mezi dobou trvání impulsu a časovou konstantou obvodu na tvar výstupního napětí. Pro znázornění tohoto jevu použijeme generátor obdélníkového průběhu o kmitočtu 1Hz, doba periody je tedy 1s.

5.2.4 Integrační článek v impulsových obvodech

5.2.4.1 První případ zobrazí průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $\tau = 10t_i$ -době trvání impulsu,

$$\text{tedy } R=10k\Omega \text{ a } C= 500\mu F \quad \tau = 5s$$

$$\tau = 10t_i$$



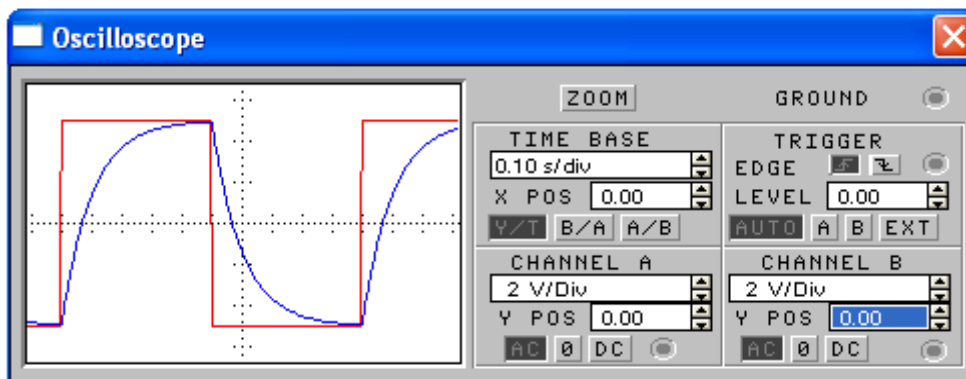
obr.5.11 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí integračního článku pro $\tau = t_i$

Podle časového průběhu výstupního napětí vidíme, že obvod jednoznačně integruje, výstupní napětí má tvar trojúhelníkového napětí s lineárním průběhem impulsu..

5.2.4.2 Druhý případ zobrazuje průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta 1/10 doby trvání časového průběhu. Na oscilogramu vidíme, že obvod sice mění tvar výstupního napětí, ale od trojúhelníkového průběhu se značně liší. Obvod téměř neintegruje

$$R= 10k\Omega, C = 5\mu F \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ ms}$$

$$\tau = 1/10 t_i$$

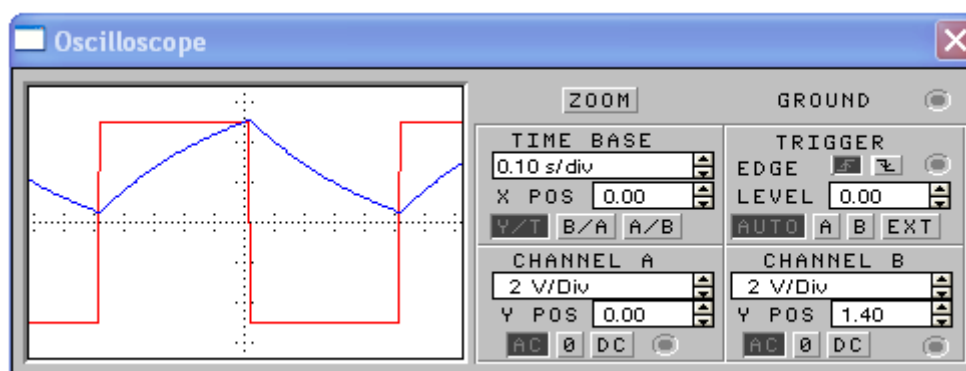


obr.5.12 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí integračního članku pro $\tau = 1/10 t_i$

5.2.4.3 Třetí případ nastane bude-li naopak časová konstanta $\tau = t_i$. Tento průběh je zobrazen na obr. 5.13

$$R = 10k\Omega, C = 50\mu F \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 500 \text{ ms}$$

$$\tau = t_i$$



obr.5.13 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí integračního članku pro $\tau = t_i$

Ze zobrazeného průběhu vidíme ,že v tomto případě obvod integruje a výstupní napětí má tvar trojúhelníkových impulsů, s nelineárním průběhem náběžné části..

5.2.5. Derivační článek v impulsových obvodech

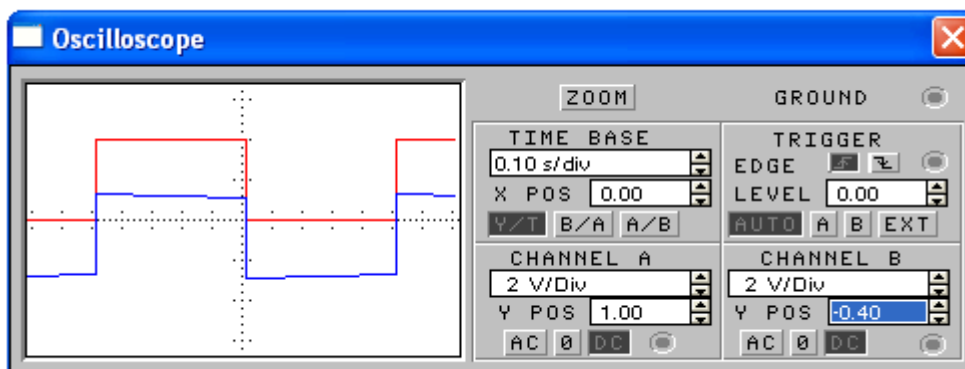
5.2.5.1 První případ zobrazí průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $\tau = 10 t_i$ v době trvání impulsu-

$$t_i = 0,5 \text{ s}$$

$$\text{tedy } R=10k\Omega \text{ a } C= 500\mu F - \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 5 \text{ s} = 10 t_i$$

Z časového průběhu je zřejmé, že obvod s takovou časovou konstantou jednoznačně nederivuje, průběh výstupního napětí sleduje průběh vstupního napětí jak v časovém průběhu, tak i v amplitudě.

Na zobrazení jsou časové průběhy úmyslně vertikálně posunuté, aby bylo možné jejich průběh porovnat.

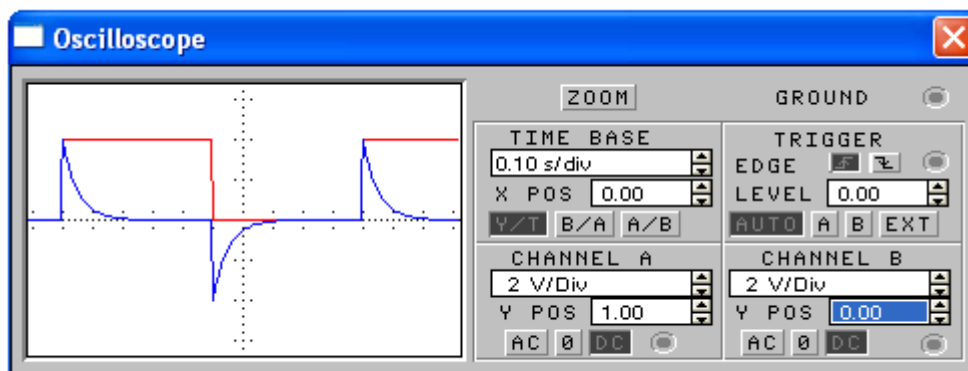


obr.5.14 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí derivačního článku pro $\tau = 10 t_i$

5.2.5.2 Druhý případ zobrazuje průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $1/10$ doby trvání časového průběhu impulsu $t_i = 0,05 \text{ s} = 50 \text{ ms}$. Na oscilogramu vidíme, že obvod mění tvar výstupního napětí, obvod derivuje a vytváří napětí ve tvaru jehlových impulsů.

$$R = 10k\Omega, C = 5\mu F \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ ms}$$

$$\tau = 1/10 t_i$$

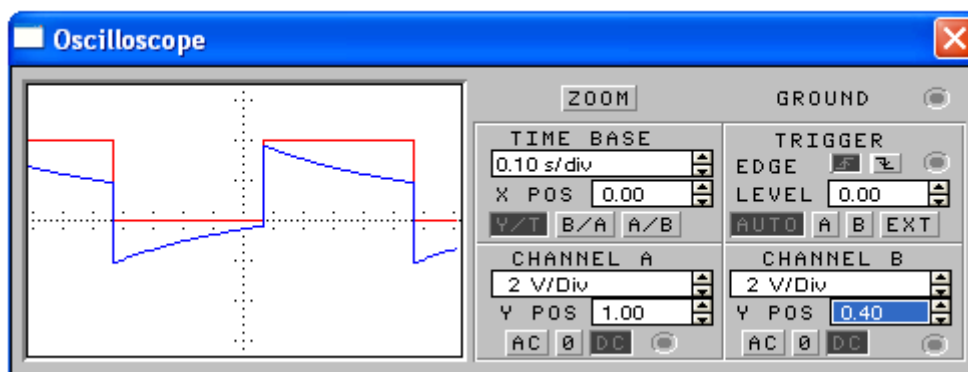


obr.5.15 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí derivačního článku pro $\tau = 1/10 t_i$

5.2.5.3 Třetí případ zobrazuje průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $\tau = t_i$ době trvání časového průběhu impulsu $t_i = 0,5 \text{ s} = 500 \text{ ms}$. Na oscilogramu vidíme, že obvod mění tvar výstupního napětí částečně, obvod nederivuje a vytváří napětí, které se příliš neliší od průběhu vstupního signálu.

$$R = 10k\Omega, C = 50\mu F \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 500 \text{ ms}$$

$$\tau = t_i$$



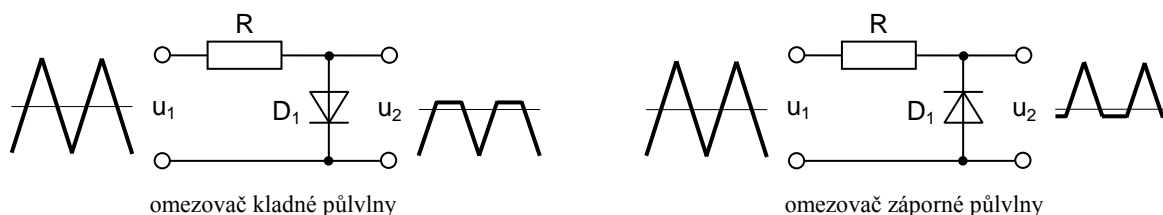
obr.5.16 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí derivačního članku pro $\tau = t_i$

5.3 Omezovače amplitudy

Velmi často je zapotřebí zaručit, aby napětí v určitém místě obvodu nepřekročilo danou hodnotu. Např. na vstupu tranzistoru FET nesmí napětí překročit dovolenou hodnotu U_{GE} . K tomu může dojít vlivem statické elektřiny. Proto se používají omezovače amplitudy.

5.3.1 Jednostranné omezovače amplitudy

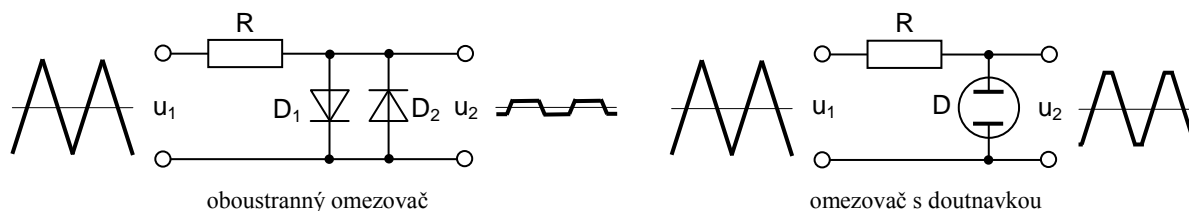
Jednostranné omezovače amplitudy omezují jednu polovinu amplitudy na hodnotu difusního napětí použité diody. Zapojení jednostranných omezovačů je nakresleno na obr. 5.17.



Obr. 5.17 Jednostranné omezovače amplitudy

5.3.2 Oboustranné omezovače amplitudy

Oboustranný omezovač amplitudy (obr. 5.18) se dvěma antiparalelně zapojenými diodami dává na výstupu napětí, omezené difusním napětím použitých diod. Při použití křemíkových diod je amplituda napětí na výstupu omezovače cca 1,5 V šš. Při ochraně vstupu MOSFETu zhoršují diody jeho vstupní odpor (i přes velký odpor křemíkových diod v závěrném směru) a proto se používá omezovač s doutnavkou. Omezuje amplitudu výstupního napětí na hodnotu zápalného napětí doutnavky (cca 70 V). Nezapálená doutnavka má ohromný odpor a tím nezmenšuje



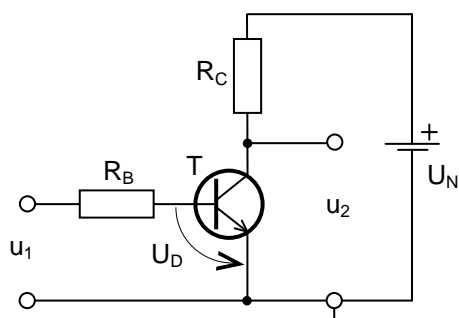
Obr. 5.18 Oboustranné omezovače amplitudy

vstupní odpor MOSFETu.

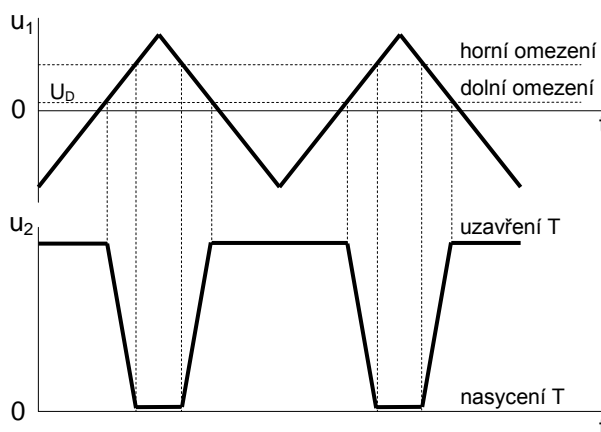
Jako jednostranný omezovač amplitudy větších napětí se dá použít zapojení odporu se Zenerovou diodou, jako oboustranný omezovač odpor a dvě ZD zapojené v sérii stejnými elektrodami k sobě.

5.3.3 Tranzistorový omezovač amplitudy

Jako omezovače amplitudy se dá použít i tranzistorový zesilovač (obr. 5.19). Amplituda vstupního napětí je omezena při kladné půlplně u NPN tranzistoru od difusního napětí U_D přechodu BE do saturace.



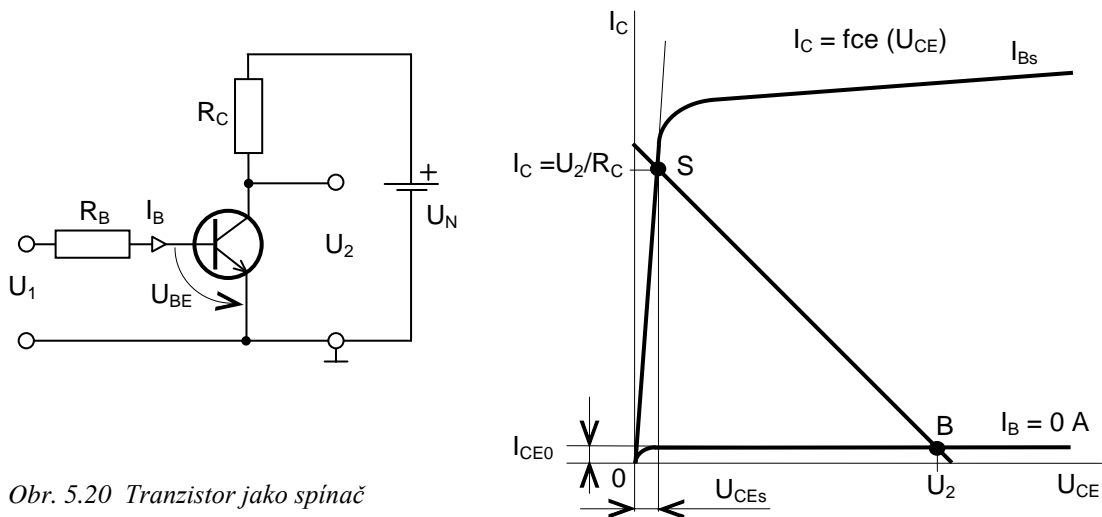
Obr. 5.19 Tranzistor jako omezovač



5.4 Tranzistor jako spínač

Bipolární tranzistor jako spínač v zapojení SE (obr. 5.20) pracuje se dvěma polohami pracovního bodu na statické zatěžovací přímce pracovního odporu R_C . Při $I_B = 0$ A je pracovní bod v bodě **B**. Tranzistor je zavřený, teče jím pouze velmi malý zbytkový proud I_{CE0} a je na něm velké výstupní napětí U_2 , blížíci se U_N . V bodě **S** je tranzistor naplno otevřený (nasyčený, v saturaci), teče jím velký proud I_C a je na něm malé saturační napětí U_{CES} , které u spínacích tranzistorů bývá menší než difusní. Další zvětšování proudu báze nad hodnotu I_{Bs} nemá význam, protože proud I_C se již nemůže zvětšit.

Zavřený tranzistor má velký odpor, sepnutý malý – tranzistor se chová jako spínač. S touto jeho funkcí jsme se již setkali v kapitole o nesinusových oscilátorech. Když je v obvodu kolektoru zapojena indukčnost, dojde při rozepnutí tranzistoru v této indukčnosti k indukci napětí a hodnota tohoto napětí může dosahovat stovek voltů. Aby se tímto napětím neprorazil tranzistor, připojuje se k indukčnosti paralelně tzv. nulovací dioda, která vznikající indukované napětí zkratuje.



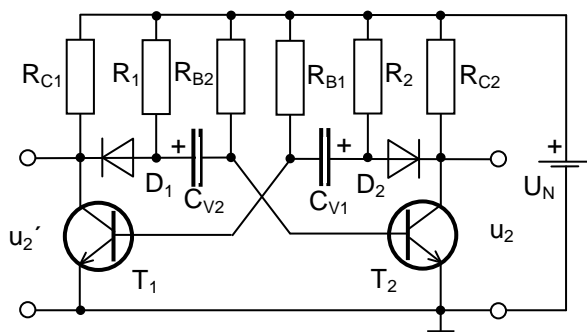
Obr. 5.20 Tranzistor jako spínač

5.5 Klopné obvody

V nejjednodušším zapojení klopného obvodu (dále KO) jsou dva tranzistory ve funkci spínačů. Jeden je vždy zavřený, druhý otevřený. Přechod mezi oběma stavy probíhá velmi rychle. KO se liší počtem stabilních stavů, ve kterých mohou setrvávat. Astabilní KO (multivibrátor) nemá žádný stabilní stav a samovolně se překlápá z jednoho stavu do druhého. Monostabilní obvod má jeden stabilní stav, bistabilní dva.

5.5.1 Astabilní KO

Jeho zapojení a činnost je popsána v odstavcích a) b). Nabíjení vazebních kondenzátorů C_{V1} a C_{V2} přes odpory kolektorů R_{C1} a R_{C2} způsobí zkreslení čela obdélkových impulsů na výstupech z kolektorů. Aby k tomuto zkreslení nedocházelo, používají se korekční obvody, tvořené diodami D_1 a D_2 a odpory R_1 a R_2 (obr. 5.13). Kondenzátory C_{V1} a C_{V2} se nabíjejí přes odpory R_1 a R_2 a tím na kolektorových odporech nedochází po zavření tranzistorů k úbytkům napětí vlivem nabíjení kondenzátorů. Proud otevřeným tranzistorem teče jednak přes kolektorový odpor a také přes odpor a diodu. Hodnoty R_1 a R_2 se volí stejně velké jako R_{C1} a R_{C2} .



Obr 5.21 Astabilní KO

Princip činnosti obvodu:

a) Výchozí stav: T1 uzavřen, T2 otevřen (stav nasycení – zajišťuje odpor R_{B2} jehož hodnota musí být menší, nebo rovna součinu $B_S \cdot R_{C2}$). Tento stav se nastaví přechodovým jevem po připojení obvodu ke zdroji.

b) Vlastní činnost: C_{V1} se nabíjí přes rezistor R_{B1} . Závěrné napětí na bázi tranzistoru T1 se zmenšuje, až se T1 otevře a napětí na jeho kolektoru poklesne. Tento pokles (tato změna) se přenese přes C_{V2} na bázi tranzistoru T2, který se uzavírá. Napětí na uzavírajícím se tranzistoru T2 roste a tento růst dále podporuje vazbou přes C_{V1} otevírání T1. Přechod proběhne lavinovitým pochodem. T1 je otevřen, T2 uzavřen. C_{V2} se nabíjí přes rezistor R_{B2} , aby v okamžiku otevírání T2 obvod přešel zpět do předchozího stavu.

Doba uzavření tranzistoru T₁:

$$t_1 = R_{B1} \cdot C_{V1} \cdot \ln \frac{2U_N - U_{BE}}{U_N - U_{BE}} = 0,69 \tau_1$$

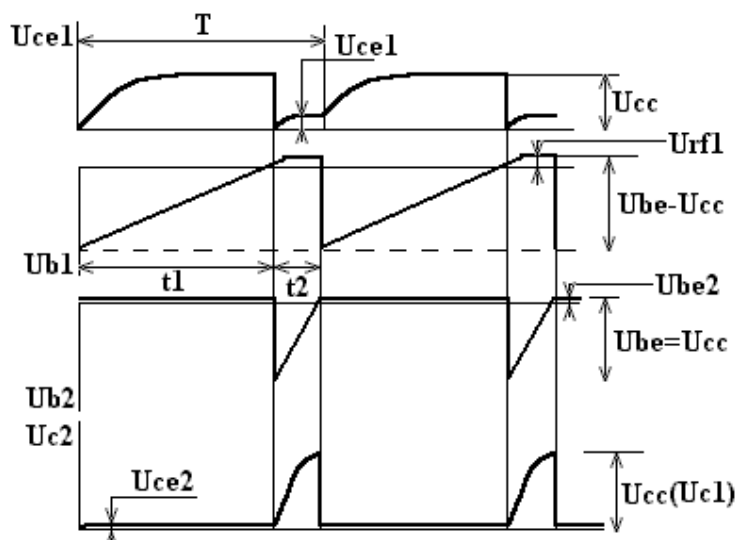
Doba uzavření tranzistoru T₂:

$$t_2 = R_{B2} \cdot C_{V2} \cdot \ln \frac{2U_N - U_{BE}}{U_N - U_{BE}} = 0,69 \tau_2$$

Pro frekvenci platí vztah:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_1 + t_2}$$

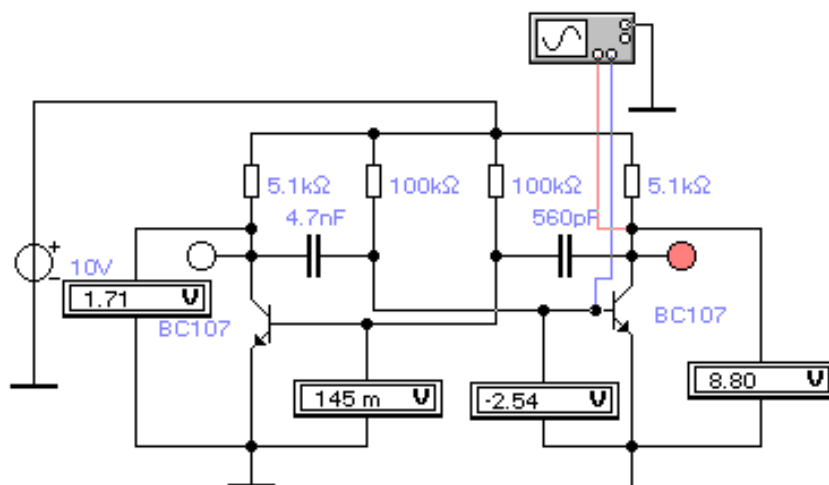
Průběhy napětí na jednotlivých svorkách obvodu:



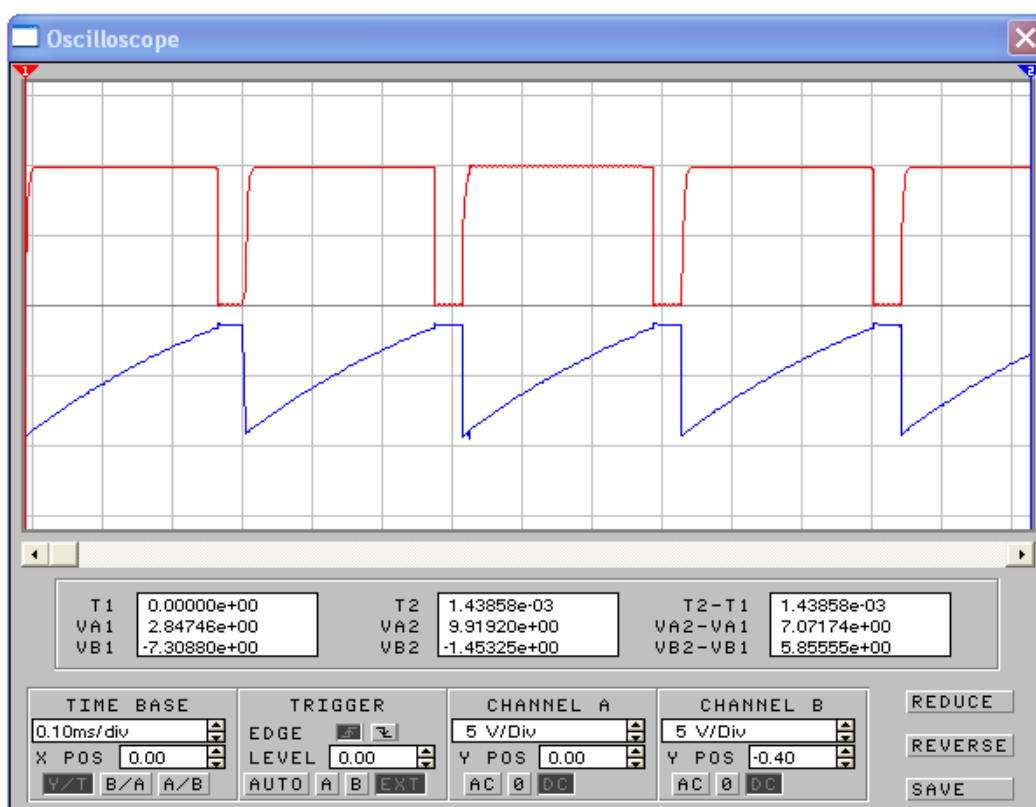
obr. 5.22 Časové průběhy na elektrodách tranzistorů

Z průběhu napětí je patrné, že na bázích se vyskytují záporné impulsy o amplitudě přibližně U_{cc} . U difúzních tranzistorů se průrazu přechodu B-E zabraňuje pomocnou diodou. Na kolektorových průbězích je vidět, že otevírání tranzistoru probíhá velmi strmě a to proto, že tranzistory jsou v prvním okamžiku značně přebuzeny nabíjecím proudem vazební kapacity. Průběhy, které odpovídají uzavírání tranzistoru mají exponenciální čelo. Tyto přechodové děje

způsobují v obvodu kolektoru to, že nelze navrhnou astabilní obvod s libovolnou střídou impulsu (impulsní poměr).



obr. 5.23 Model zapojení astabilního multivibrátoru v programu Electronics Workbench



obr.5.24 časové průběhy na kolektoru a bázi otevřeného tranzistoru T2

Střída β : U napětí pravoúhlých průběhů se kromě amplitudy, opakovací frekvence - doby kmitu (periody), strmosti hran (časové konstanty) a šířky impulsu (případně mezery), udává také tzv. střída (impulsní poměr) β . Tento poměr vyjadřuje vzájemný vztah mezi šířkou impulsu a dobou kmitu (periody) případně mezi šířkou impulsu a šířkou mezery.

Pro symetrický průběh platí, že $t_1 = t_2$. potom střída

$$\beta = \frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{t_1}{T} = t_1 \cdot f$$

Pro souměrné uspořádání nebo zapojení (jednotlivé prvky odvodu jsou stejné) je maximální dosažitelný poměr t_1 / t_2 závislý na činiteli zesílení B_s podle vztahu:

$$\frac{B_s}{5} = \frac{t_1}{t_2}$$

B_s je proudově zesilovací činitel ve stavu nasycení,

$$B_s = \frac{I_{Cn}}{I_B} = (0,4 \text{ až } 0,6) h_{21e}$$

I_{Cn} nasycený proud kolektoru, pracovní bod je na mezi saturace

I_B proud báze

Astabilní klopný obvod s nasycenými tranzistory může při zapínání přejít do stavu, kdy jsou oba tranzistory otevřené. Smyčka kladné zpětné vazby je přebuzena a není splněna podmínka regenerativního obvodu. Astabilní obvody v symetrickém uspořádání s tranzistory jedné polaritě pracují při správné funkci tak, že vždy jeden tranzistor je uzavřen a druhý je otevřen. Astabilní obvody s komplementárními tranzistory jsou jednodušší, protože jedna z kapacitních vazeb může být nahrazena stejnosměrnou vazbou. Oba tranzistory jsou současně buď ve vodivém nebo nevodivém stavu. U tohoto typu AKO je téměř vyloučeno nenastavení kmitů při zapnutí. Předpokladem ovšem je, že AKO je správně navržen (po rozpojení zpětné vazby se pracovní body tranzistorů musí ustálit v aktivní oblasti).

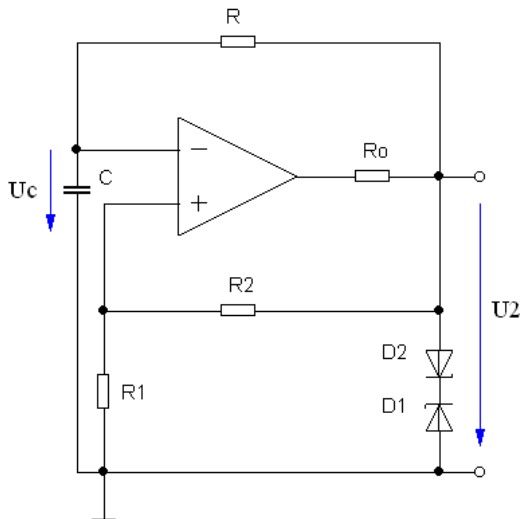
5.5.1.1 Zapojení astabilního obvodu s operačním zesilovačem:

V předchozí části, jsme popsali jednoduchý astabilní multivibrátor se dvěma tranzistory. Toto zapojení má problém se změnami napětí v závislosti na teplotě- hlavně se změnou napětí U_{BE} . Výhodnější je zapojení s diferenčním operačním zesilovačem, vytvořené z komparátoru s hysterezí na obr. 5.25. Komparační úrovně jsou vymezeny děličem R_1 , R_2 z napětí, které vzniká při nasycení zesilovače v obou polaritách na dvojici Zenerových diod, zapojených proti sobě. Stabilizační diody potlačují vliv změn výstupního napětí zesilovače v obou nasycených stavech. protože se výstupní napětí zavádí do neinvertujícího vstupu přes odporový dělič, je komparační úroveň vždy nižší než úroveň výstupního napětí.

Nabijeme-li výstupním napětím kondenzátor C připojený paralelně k invertujícímu vstupu, dosáhne napětí na invertujícím vstupu po určité době komparační úrovně U_+ a obvod se překlopí. V dalším intervalu se kondenzátor nabíjí s opačnou polaritou a opět po určité době dosáhne komparační úrovně U_- . Během tohoto procesu se napětí na kondenzátoru exponenciálně pohybuje od hodnoty U_A kdy dosahuje U_- až po hodnotu U_B kdy dosahuje U_+ .

$$\text{Platí: } U_A = U_- \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad U_B = U_+ \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

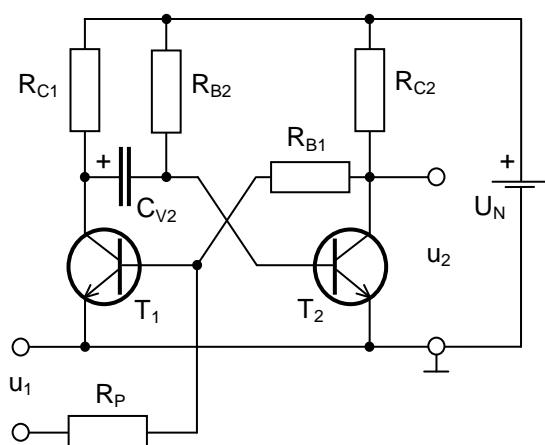
pro časový úsek překlápění pak platí: $t_1 = t_2 = RC \ln\left(1 + 2\frac{R_1}{R_2}\right)$



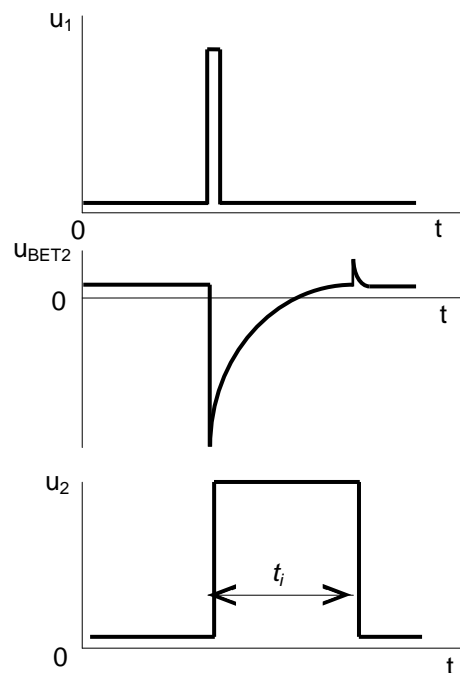
obr. 5.25 Astabilní multivibrátor s rozdílovým zesilovačem

5.5.2 Monostabilní KO

Jeho zapojení a průběhy napětí jsou nakresleny na obr. 5.26. Monostabilní klopný obvod má jeden stabilní stav. Ve stabilním stavu teče do báze tranzistoru T_2 proud přes R_{B2} a udržuje ho otevřený. Tranzistor T_1 je uzavřený, kondenzátor C_{V2} je nabitý na napětí zdroje. Tento stav trvá do doby, než přijde kladný impuls do báze uzavřeného tranzistoru T_1 (nebo záporný do báze otevřeného T_2). Potom obvod překlápí na dobu, než se vybije kondenzátor C_{V2} přes otevřený T_1 , vnitřní odpor zdroje U_N a R_{B2} . Časovou konstantou obvodu $\tau = R_{B2} \cdot C_{V2}$ je určena doba překlápění obvodu a tím délka výstupního impulsu t_i . Z jednoho vstupního impulsu dostaneme jeden impuls výstupní.



Obr. 5.26 Monostabilní KO



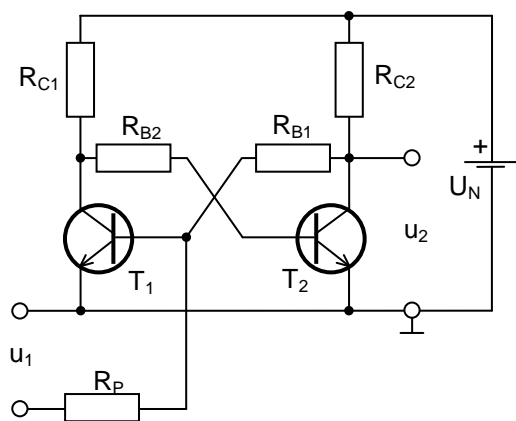
dobu kmitu, dobu přechodného jevu, je možné vyjádřit vztahem

$$t_i = \tau \cdot \ln \frac{2U_N - U_{BET2}}{U_N}$$

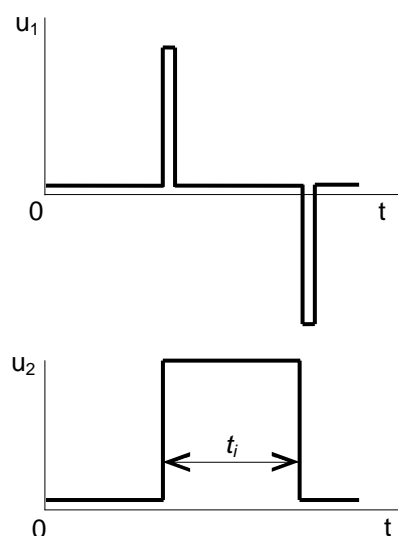
dobu zotavení – návratu do ustáleného stavu $t_z = 3R_{C1} \cdot C$

5.5.3 Bistabilní KO

Bistabilní KO (obr. 5.27) má dva pevné stavy, ve kterých může setrvávat libovolně dlouhou dobu. V našem případě (podle průběhu výstupního napětí U_2) je T_1 zavřený a T_2 otevřený. Přivedením kladného impulsu do báze zavřeného tranzistoru T_1 obvod překlápí a v tomto stavu vytrvá do příchodu záporného impulsu. Potom obvod překlápí. Ze dvou vstupních impulsů dostaneme na výstupu jeden výstupní. Zapojení se chová jako dělič v poměru 2 : 1. Nevýhodou je potřeba dvojí polaroty řídicích impulsů. Tato nevýhoda se dá odstranit hradlem na vstupu KO, které používá binární dělič (na obr. 5.16). Pro urychlení přechodného děje se



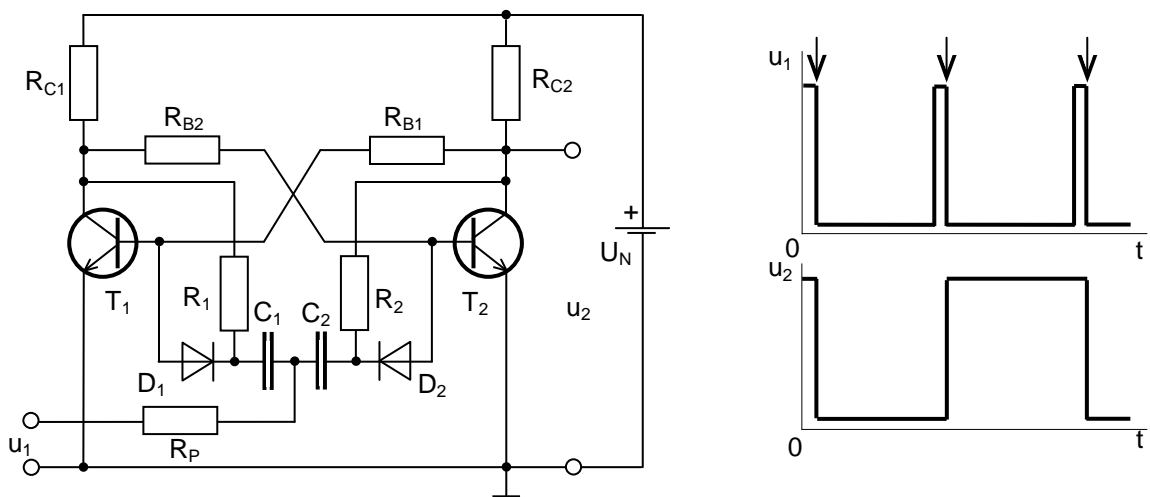
Obr. 5.27 Bistabilní KO



paralelně k rezistorům R_{B1} a R_{B2} paralelně připojují urychlovací kondenzátory.

5.5.4 Binární dělič

Jeho zapojení a průběhy napětí jsou na obr. 5.28. Používá se jako dělič kmitočtu dvěma, protože kmitočet výstupního signálu je poloviční proti vstupnímu. Vstupní hradla řídí činnost KO, určují, kam má být vstupní impuls přiveden. Ze společného vstupu jsou impulsy derivovány DČ tvořenými C_1, R_1 a C_2, R_2 . Ze sestupné hrany vstupního impulsu se pomocí DČ vytvoří záporné špičky, které střídavě překlápějí KO. Podle průběhu výstupního napětí je na začátku T_1 otevřený a T_2 uzavřený. Skončením vstupního impulsu (označeno šipkou) se vlivem DČ tvořeného C_1, R_1 a otevřeným tranzistorem T_1 vytvoří na jeho bázi záporná špička, která T_1 přes diodu D_1 zavře a obvod překlápí. Na bázi T_2 se špička nevytvoří, protože T_2 je zavřený. Při další sestupné hraně vstupního impulsu vznikne záporná špička na bázi T_2 vlivem DČ tvořeného C_2, R_2 a otevřeným T_2 , která zavře přes D_2 otevřený T_2 a tím obvod překlápí. Ze dvou vstupních impulsů je jeden výstupní - obvod dělí kmitočet dvěma. Kladné derivační špičky ze vzestupné hrany vstupních impulsů se nemohou uplatnit vlivem diod D_1 a D_2 .



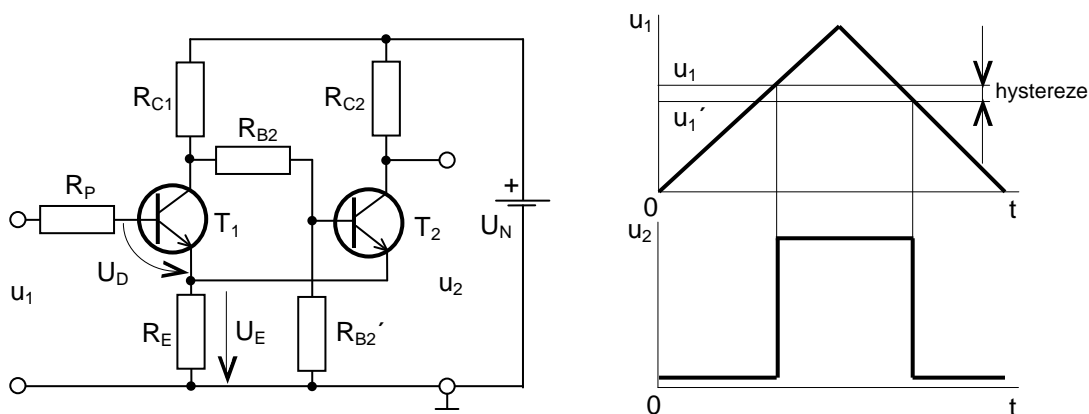
Obr. 5.28 Binární dělič

5.5.5 Schmittův KO

Jeho zapojení a průběhy napětí jsou nakresleny na obr. 5.29. Je to dvoustupňový, odporově vázaný zesilovač se silnou +ZV na společném emitorovém odporu R_E . Bez vstupního napětí u_1 je tranzistor T_1 uzavřený, vede T_2 .

Při zvyšování vstupního napětí na hodnotu, při které je u_1 větší než součet napětí $U_D + U_E$, se tranzistor T_1 začne otevírat, napětí na jeho kolektoru poklesne a tím báze tranzistoru T_2 nebude napájena a T_2 se zavře. Překlopení obvodu urychlí +ZV na společném emitorovém odporu R_E . Při poklesu vstupního napětí na hodnotu u_1' (která je menší než hodnota u_1 , při které obvod překlátil) obvod překlápí nazpět. Rozdíl hodnot u_1 a u_1' , při kterých KO překlápí, se nazývá hystereze (paměť, setrvačnost).

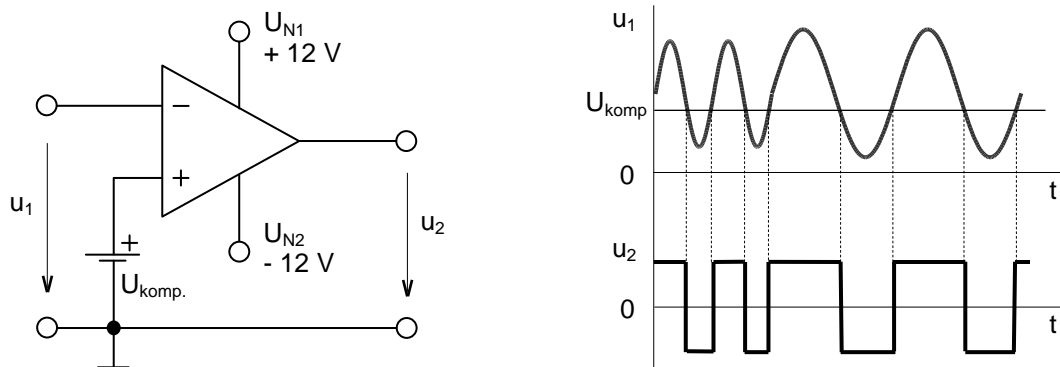
Schmittův KO slouží jako převodník analogového, plynule se měnícího signálu na signál dvouhodnotový. Používá se jako tvarovací obvod (na vstupech čítačů) nebo jako komparátor např. v řídicí technice, přestoupí-li měřená veličina pomalu a spojitě stanovenou mez.



Obr. 5.29 Schmittův KO

5.5.6 Komparátor

Komparátor převádí spojitě se měnící vstupní napětí na výstupní napětí dvouhodnotové – binární. Svoji funkcí patří mezi klopné obvody. Kromě Schmittova KO jako komparátor pracuje zapojení s operačním zesilovačem. Jeho zapojení a průběhy napětí jsou nakresleny obr. 5.30 a byly popsány v kapitole o OZ.



Obr. 5.18 Zapojení komparátoru s OZ a průběhy vstupního a výstupního napětí