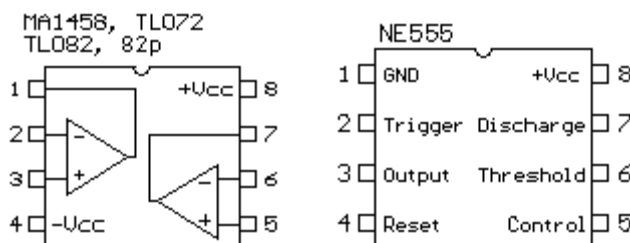


Převodníky f/U, obvod NE555

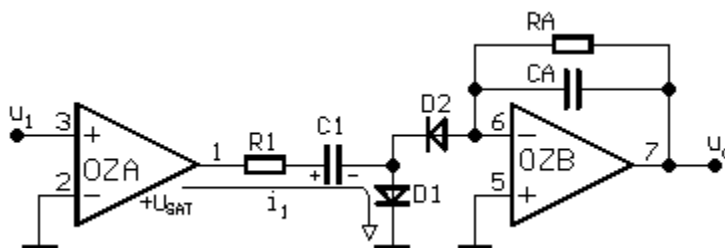
Na tomto cvičení byste se měli seznámit s funkcí jednoduchého převodníku kmitočet/napětí sestaveného z dvojice operačních zesilovačů. Dále byste se měli seznámit s obvodem NE555. Rozmístění vývodů v pouzdru dvojitého operačního zesilovače a obvodu NE555 je následující:



Převodník f/U:

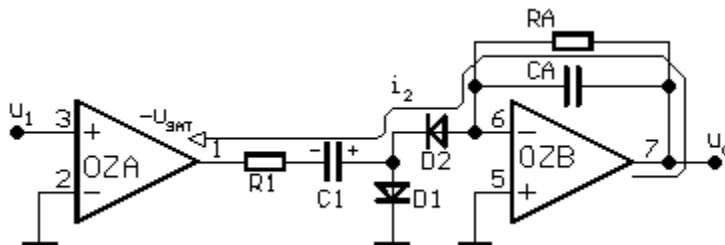
Trocha teorie:

Převodník kmitočet/napětí je obvod, který převádí vstupní veličinu - kmitočet na veličinu výstupní - napětí, je to vlastně kmitočtem řízený zdroj napětí. Jednou z možností realizace převodníku f/U je obvod nazývaný nábojová pumpa (viz. **Schéma**). První operační zesilovač slouží jako tvarovač vstupního průběhu. Je zapojený jako komparátor bez hystereze, tj. z libovolného (střídavého) vstupního průběhu vyrábí obdélníkový průběh. Na jeho výstupu je tedy po dobu části periody vstupního signálu $+U_{SAT}$ a po zbytek periody $-U_{SAT}$. Objeví-li se na výstupu $+U_{SAT}$, začne procházet proud i_1 z výstupu OZA přes R_1 , C_1 a D_1 do země.



C_1 se tedy postupně nabíjí až na hodnotu $+U_{SAT}$ (viz. v obrázku vyznačená polarita), kdy proud i_1 zanikne.

V okamžiku, kdy se výstup OZA změní na $-U_{SAT}$, začne procházet proud i_2 z výstupu OZB přes C_A , D_2 , C_1 , R_1 do záporného výstupu OZA.



C_1 se postupně přebíjí na opačnou polaritu až napětí na něm dosáhne $-U_{SAT}$, kdy proud i_2 zanikne. Tento děj se každou periodu vstupního signálu opakuje. Každou periodu se tedy do kondenzátoru C_1 načerpá náboj:

$$Q_1 = 2 \cdot C_1 \cdot U_{SAT}$$

(nabíjení z $-U_{SAT}$ na $+U_{SAT}$ proudem i_1) a následně se tento náboj přečerpá do kondenzátoru C_A (přebíjení C_1 z $+U_{SAT}$ na $-U_{SAT}$ proudem i_2). Zároveň je po celou dobu periody kondenzátor C_A vybíjen rezistorem R_A . Je-li doba periody dostatečně krátká vzhledem k rychlosti vybíjení kondenzátoru, lze uvažovat vybíjecí proud za konstantní, daný vztahem:

$$i_{RA} = \frac{u_o}{R_A}$$

Za dobu periody se tedy na rezistoru R_A změní na teplo náboj:

$$Q_2 = \frac{u_o}{R_A} \cdot T$$

V rovnovážném stavu, tj. když se vstupní kmitočet nemění a u_o se ustálí, musí platit rovnost nábojů Q_1 a Q_2 :

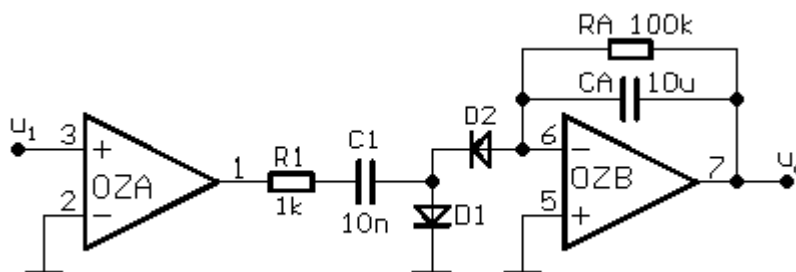
$$2 \cdot C_1 \cdot U_{SAT} = \frac{u_o}{R_A} \cdot T$$

Z této rovnosti lze odvodit vztah mezi vstupním kmitočtem a velikostí výstupního napětí:

$$u_o = \frac{2 \cdot U_{SAT} C_1 R_A}{T}$$

$$u_o = 2 \cdot U_{SAT} C_1 R_A \cdot f$$

Schéma:



Postup měření:

1. Obvod zapojte na pracovní destičce podle schématu. Uvedené hodnoty C_1 , R_A a C_A jsou pouze orientační, zvolte si své vlastní hodnoty součástek. C_A volte minimálně 100-krát větší než C_1 . Z výše uvedených vztahů vypočítejte převodní konstantu mezi f a u_o .
2. Jeden kanál osciloskopu připojte na výstup komparátoru OZA, druhý kanál na výstupní napětí u_o .
3. Na vstup převodníku přiveďte z generátoru střídavé napětí (libovolného průběhu) o takovém kmitočtu, aby nebyl výstup OZB v saturaci (závisí na Vámi zvolených hodnotách součástek).
4. Průběh napětí na výstupu OZA by měl být čistě obdélníkový, výstupní napětí u_o jen nepatrně zvlněné a jeho velikost by měla být závislá na kmitočtu vstupního napětí (zvlnění u_o závisí na velikostech R_A a C_A).

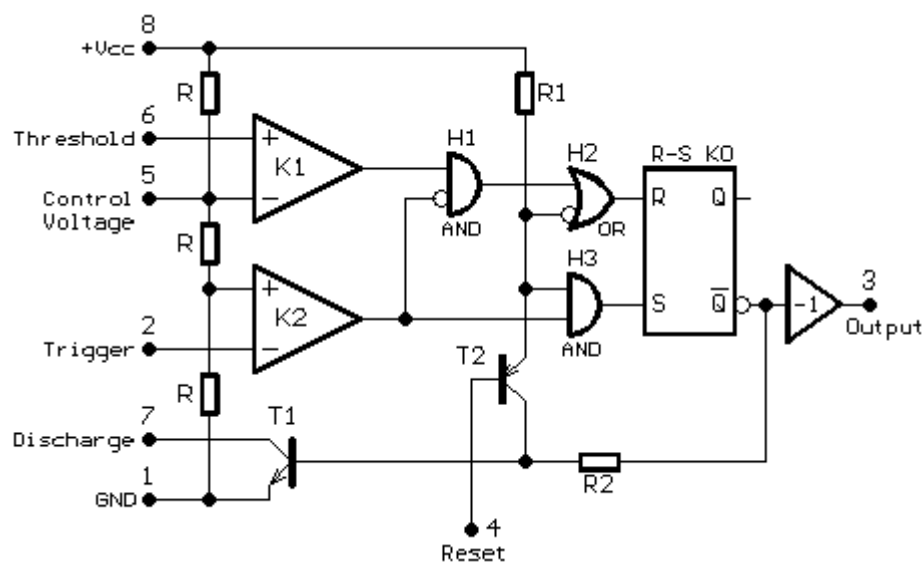
5. Změřte převodní charakteristiku převodníku změřením výstupního napětí pro alespoň 10 hodnot vstupního kmitočtu. Hodnoty vynesete do grafu.

Obvod NE555:

Trocha teorie:

Obvod NE555 uvedla na trh v roce 1972 firma Signetics. Jedná se o poměrně jednoduchý, ale velice účelně navržený časovací obvod s analogovou i číslicovou částí integrovanou na jednom čipu. O zdařilosti této konstrukce svědčí celá řada aplikací, ve kterých obvod našel uplatnění, od řízení stěračů a směrových světel v automobilu, přes plašidlo na myši a jiné "hudební nástroje" až po automatické zalévání květin.

Na následujícím obrázku je zjednodušené blokové schéma vnitřní struktury obvodu NE555:



Vstupní analogovou část obvodu tvoří dvojice komparátorů K1, K2 a dále odporový dělič tvořený trojicí stejných rezistorů R. Dělič rozděluje napájecí napětí na třetiny. $\frac{1}{3}$ napájecího napětí je přivedena na neinvertující vstup komparátoru K2. Na výstupu K2 je tedy kladné napětí, pokud je na jeho invertující vstup (vývod 2 - Trigger) napětí menší než $\frac{1}{3}$ Vcc. V opačném případě je výstup K2 v nule. Na invertující vstup komparátoru K1 jsou přivedeny $\frac{2}{3}$ napájecího napětí. Na výstupu K1 je tedy kladné napětí, pokud je na jeho neinvertující vstup (vývod 6 - Threshold) napětí větší než $\frac{2}{3}$ Vcc. V opačném případě je výstup K1 v nule. Rozhodovací úroveň komparátorů lze modifikovat pomocí vývodu 5 - Control Voltage. Výstupy komparátorů jsou přes trojici hradel H1, H2 a H3 přivedeny na vstupy R-S klopného obvodu. Nevíte-li jak fungují logické členy je zde pro Vás nápověda o log. členech **AND**, **OR** a klopném obvodu **R-S**.

Výstup klopného obvodu ovládá vybíjecí tranzistor T1, který je zapojen emitorem na zem a kolektorem na vývodu 7 - Discharge. Dále je výstup klopného obvodu přiveden na výstupní výkonový stupeň, schopný dodat (source) do zátěže nebo odebrat (sink) ze zátěže až 200mA. Výstup koncového stupně je na vývodu 3 - Output. Dále ještě obvod obsahuje pomocný tranzistor T2, jehož báze je na vývodu 4 - Reset a který slouží k vnějšímu resetování klopného obvodu. Obvod pracuje při napájecím napětí Vcc v rozsahu od +4,5V do +15V. Při napájení +5V je výstup obvodu kompatibilní s logikou TTL. Funkce obvodu je blíže vysvětlena v následující části věnované astabilnímu multivibrátoru s NE555.

Astabilní multivibrátor s NE555:

Trocha teorie:

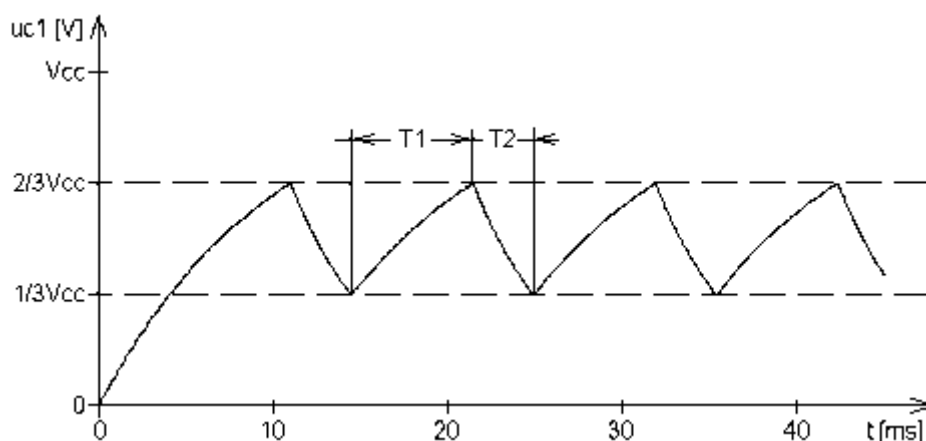
Astabilní multivibrátor (astabilní klopný obvod) je vlastně jiný název pro relaxační generátor, blíže proto viz. **Relaxační generátory a převodníky U/f**

Jedním ze základních zapojení obvodu NE555 je astabilní multivibrátor. Zapojení viz. **Schéma**. Kromě samotného obvodu NE555 potřebujeme k realizaci pouze čtyři pasivní součástky, kondenzátor C_1 sloužící jako akumulační prvek, dvojici rezistorů R_1 a R_2 , které určují rychlost nabíjení resp. vybíjení C_1 a kondenzátor C_{51} jehož funkcí je blokování interního odporového děliče obvodu NE555. Jak je ze schématu zřejmé, vstupy 6 - Threshold a 2 - Trigger jsou spojené a komparátory K1 a K2 tak tvoří okénkový komparátor. Okénko je nastaveno interním děličem mezi $1/3$ a $2/3$ napájecího napětí. Vstupním napětím komparátoru je napětí na akumulačním kondenzátoru C_1 . Stav výstupů komparátorů, hradel H1 až H3, R-S klopného obvodu a tranzistoru T_1 v závislosti na velikosti napětí na C_1 je přehledně zachycen v následující tabulce:

Napětí na C_1	Výstupy							Tranzistor T_1
	KO1	KO2	H1	H2	H3	Q R-S	\bar{Q} R-S	
$u_{C1} < 1/3 V_{CC}$	L	H	L	L	H	H	L	rozepnutý
$1/3 V_{CC} < u_{C1} < 2/3 V_{CC}$	L	L	L	L	L	nemění stav	nemění stav	nemění stav
$2/3 V_{CC} < u_{C1}$	H	L	H	H	L	L	H	sepnutý

Pozn.: Úroveň H (high) je vysoká úroveň - kladné napětí, úroveň L (low) je nízká úroveň - nulové napětí

Graf průběhu napětí na kondenzátoru C_1 je následující:

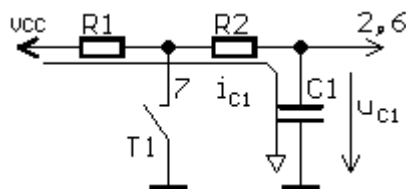


Pozn.: Údaje na časové ose grafu odpovídají hodnotám $C_1 = 50nF$, $R_1 = 100k\Omega$, $R_2 = 100k\Omega$

Činnost obvodu lze rozdělit do dvou fází, které se periodicky opakují:

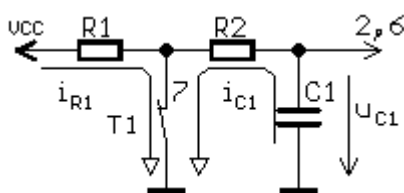
První fáze - nabíjení kondenzátoru C_1 . Po zapnutí napájecího napětí je napětí na kondenzátoru C_1 nulové. Výstup Q R-S klopného obvodu je ve stavu H, negovaný výstup ve stavu L (viz. první řádek tabulky). Tranzistor T_1 je tedy rozepnutý a kondenzátor C_1 se začne nabíjet přes rezistory R_1 a R_2 .

Obvod lze překreslit asi takto:



Napětí na kondenzátoru C_1 exponenciálně narůstá (nabíjení C přes R z konstantního U) až překročí hodnotu $\frac{1}{3}V_{CC}$, stav komparátoru K_2 se změní, ale výstup R-S KO a tudíž i stav tranzistoru T_1 se nemění (viz. druhý řádek tabulky) a kondenzátor C_1 se tedy dále nabíjí. Jakmile napětí na C_1 dosáhne hodnoty $\frac{2}{3}V_{CC}$, dojde ke změně stavu komparátoru K_1 a zároveň i R-S KO (viz. třetí řádek tabulky). Tranzistor T_1 se sepne a obvod přejde do druhé fáze.

Druhá fáze - vybíjení kondenzátoru C_1 . V této fázi lze obvod překreslit následovně:



Proud z napájecího zdroje, který v první fázi nabíjel kondenzátor C_1 je nyní sveden přes tranzistor T_1 do země, taktéž kondenzátor C_1 je přes rezistor R_2 a tranzistor T_1 uzemněn. C_1 se tedy začne vybíjet. Průběh vybíjení je stejně jako u nabíjení exponenciální (vybíjení C přes R). Napětí na C_1 začne klesat, téměř okamžitě klesne pod hodnotu $\frac{2}{3}V_{CC}$, stav komparátoru K_1 se změní, ale výstup R-S KO a tudíž i stav tranzistoru T_1 se nezmění (viz. druhý řádek tabulky), kondenzátor C_1 se tedy dále vybíjí. Jakmile napětí na C_1 klesne pod hodnotu $\frac{1}{3}V_{CC}$, dojde ke změně stavu komparátoru K_2 a zároveň i R-S KO (viz. první řádek tabulky). Tranzistor T_1 se rozeprve a obvod přejde opět do první fáze.

V první fázi dochází k nabíjení kondenzátoru C_1 z hodnoty $\frac{1}{3}V_{CC}$ na hodnotu $\frac{2}{3}V_{CC}$ (s výjimkou prvního cyklu po zapnutí napájení), ve výše uvedeném grafu této fázi odpovídá doba T_1 . Chování obvodu lze popsat diferenciální rovnicí:

$$C_1 \frac{du_{C1}}{dt} = \frac{V_{CC} - u_{C1}}{R_1 + R_2}$$

Řešení této diferenciální rovnice má následující tvar:

$$u_{C1}(t) = V_{CC} \left(1 - \frac{2}{3} e^{-\left(\frac{t}{(R_1+R_2)C_1}\right)} \right)$$

Za čas t dosadíme dobu T_1 , za kterou napětí u_{C1} dosáhne hodnoty $\frac{2}{3}V_{CC}$:

$$u_{C1}(T_1) = \frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC} \left(1 - \frac{2}{3} e^{-\left(\frac{T_1}{(R_1+R_2)C_1}\right)} \right)$$

Nyní již můžeme dobu T_1 vyjádřit ve tvaru:

$$T_1 = \ln 2 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$$

Podobně lze postupovat i při vyjadřování doby T_2 , za kterou se kondenzátor C_1 vybije z hodnoty $\frac{2}{3}V_{CC}$ na hodnotu $\frac{1}{3}V_{CC}$. Obvod lze v tomto případě popsat diferenciální rovnicí:

$$C_1 \frac{du_{C_1}}{dt} + \frac{u_{C_1}}{R_2} = 0$$

Její řešení má tvar:

$$u_{C_1}(t) = \frac{2}{3}V_{CC} \cdot e^{-\frac{t}{R_2 C_1}}$$

Dosazením T_2 za čas t získáme rovnici:

$$u_{C_1}(T_2) = \frac{1}{3}V_{CC} = \frac{2}{3}V_{CC} \cdot e^{-\frac{T_2}{R_2 C_1}}$$

z níž lze již vyjádřit dobu T_2 ve tvaru:

$$T_2 = \ln 2 \cdot R_2 C_1$$

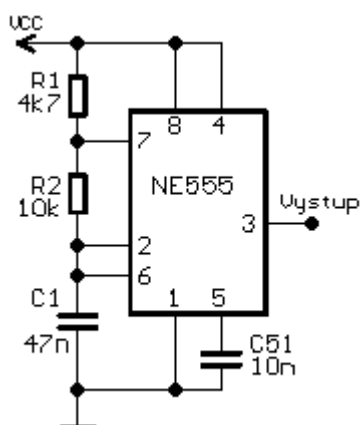
Celková doba periody je rovna součtu dob T_1 a T_2 :

$$T = \ln 2 \cdot (R_1 + 2R_2) \cdot C_1$$

Kmitočet oscilací multivibrátoru je tedy:

$$f = \frac{1}{\ln 2 \cdot (R_1 + 2R_2) \cdot C_1}$$

Schéma:



Postup měření:

1. Obvod zapojte na pracovní destičce podle schématu. Uvedené hodnoty C_1 , R_1 a R_2 jsou pouze orientační, zvolte si své vlastní hodnoty součástek. Pro zvolené součástky vypočítejte doby T_1 a T_2 a kmitočet f .
2. Jeden kanál osciloskopu připojte na výstup obvodu (vývod 3), druhým kanálem sledujte napětí na kondenzátoru C_1 .
3. Průběh napětí na C_1 by se měl shodovat s průběhem uvedeným v teoretickém úvodu, doby T_1 a T_2 a kmitočet f by měly odpovídat vypočítaným hodnotám. Výstupní napětí by mělo být obdélníkové, s vysokou úrovní odpovídající nabíjení kondenzátoru C_1 a nízkou úrovní odpovídající jeho vybíjení.