

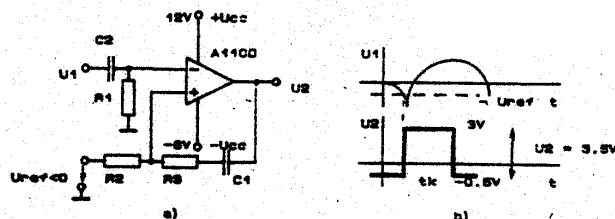
- 80 -

přesnosti iť vztahem (2.2) a lze ji nastavovat v širokých mezích změnou odporu R_2 bez rizika nasazení samovolných kmitů. Použije-li se relativně malý odpor R (při generování krátkých impulsů), je vhodné snížit spotřebu obvodu zařazením diody D podle obr.2.24.

Chceme-li generovat impulsy kratší než $5\mu s$, je třeba použít rychlejší typ operačního zesilovače. Pro generování extrémně dlouhých impulsů doporučujeme volit bifetový OZ, příp. realizovat speciální zapojení MKO s dlouhou dobou trvání impulsu (viz ARB 5/80, s.190-191).

Na obr.2.25 je schéma velmi přesného MKO s integrovaným komparátorem A110D. Pro zajištění správné funkce je třeba volit

$$R_1 C_2 \ll (R_2 + R_3) C_1.$$



Obr.2.25 Přesný MKO s komparátorem A110D: a) schéma, b) časové průběhy

Do hodnoty R_1 je třeba zahrnout i odpor zdroje u_1 , do R_2 odpor zdroje U_{ref} . Pro délku impulsu platí

$$t_k = (R_2 + R_3) C_1 \ln \frac{\Delta U_2 R_2}{U_{ref} (R_2 + R_3)}$$

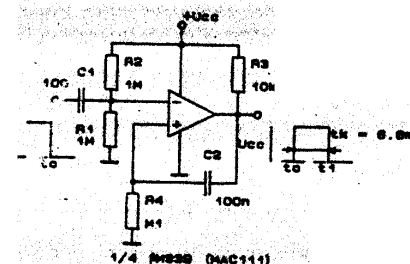
Doba zotavení je u tohoto obvodu prakticky nulová.

Zvolíme-li $U_{ref} > 0$, bude MKO reagovat na kladné impulsy $u_1 > U_{ref}$. Výstupní impuls bude mít zápornou velikost. Dále je možno funkci modifikovat záměnou kladného a záporného vstupu komparátoru.

- 81 -

Přesnost překlápění MKO je značná (kolem $\pm 10mV$). Podrobnosti viz ARB 3/89, s.89.

MKO na obr.2.26 se spouští sestupnou hranou kladného



Obr.2.26 MKO s komparátorem 3M339

impulsu. Nutná podmínka činnosti je

$$C_1 (R_1 \parallel R_2) \ll C_2 (R_3 + R_4).$$

Šířka impulsu je

$$t_k = C_2 (R_3 + R_4) \ln \frac{n R_4}{R_3 + R_4} \approx R_4 C_2 \ln(n) \text{ pro } R_4 \gg R_3,$$

kde $n = 1 + R_2/R_1$; obvykle volíme $R_1 = R_2$, $n = 2$.

Doba zotavení je relativně dlouhá:

$t_z = 5 R_4 C_2$ (zhruba 7x delší než doba trvání impulsu). Tuto dobu je možné zkrátit volbou dostatečně velké úrovně budícího impulsu, příp. zvětšením poměru n .

Další podrobnosti o tomto zapojení jsou v ARB 3/89, s.98.

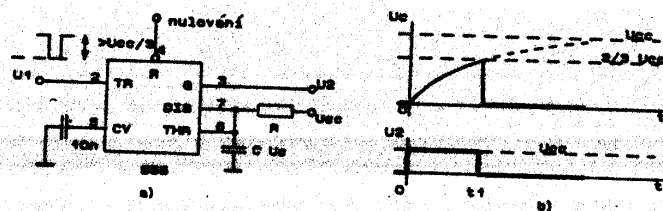
Monostabilní KO s časovačem 555 je na obr.2.27. Dobu trvání impulsu

$$t_k = RC \ln 3 \approx 1,1 RC$$

je možno zkrátit (řidit) tak, že nabíjení kapacitoru přerušíme přivedením úrovně 0,4V až 1V na vstup R. Pokud nulování nepoužíváme, připojíme vývod R na $+U_{cc}$.

Uvedené zapojení je vhodné do spínacích časů max.15

- 82 -



Obr. 2.27 MKO s časovačem 555; a) schéma, b) časové průběhy

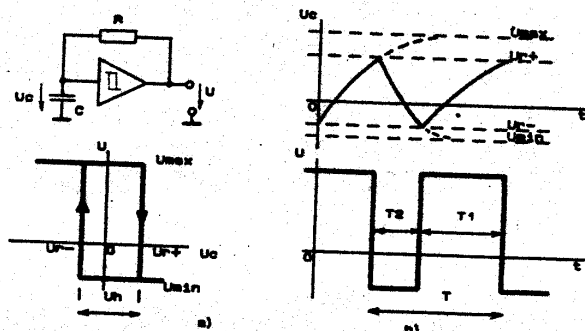
minut. Pro delší časy je vhodnější zapojení v ARB 2/89, s. 45. Překlápěcí impuls by měl být delší než cca 20ms až 60ms. O různých variantách spouštění je pojednáno v [7], s. 157.

Další zapojení MKO s časovačem naleznete v ARB 3/78, s. 98, 6/83, s. 230, 3/85, s. 85.

2.3.2 Astabilní klopné obvody (AKO), impulsní generátory

([3], [4], [5], [6], [7], [8], ARB 2/82, 2/89, 3/89)

Princip AKO s komparátorem s hysterezi je na obr. 2.28.



Obr. 2.28 a) Princip AKO, b) časové průběhy

- 83 -

Návrhové vztahy :

Rozkmit U_2 (U_{2max} , U_{2min}): napájecí napětí -1V.

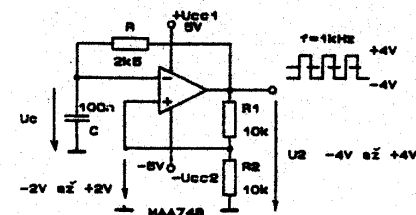
Periody T_1 , T_2 :

$$T_1 = RC \ln \frac{U_{2max} - U_{r+}}{U_{2max} - U_{r-}}, T_2 = RC \ln \frac{U_{r+} - U_{min}}{U_{r-} - U_{min}} \quad (2.5)$$

Perioda impulsů $T = T_1 + T_2$, kmitočet $f = 1/T$.

V konkrétním zapojení může být komparátor s hysterezi realizován pomocí operačního zesilovače nebo integrovaného komparátoru (viz kapitola 2.1.4).

Zapojení AKO s OZ je na obr. 2.29. Obecné návrhové



Obr. 2.29 AKO s operačním zesilovačem

vztahy (2.5) můžeme konkretizovat :

$$U_{r+} = U_{max} R_2 / (R_1 + R_2), U_{r-} = U_{min} R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$T_1 = RC \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_1} - \frac{U_{min}}{U_{max}} \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$T_2 = RC \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_1} - \frac{U_{max}}{U_{min}} \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Pro "souměrný" výstup ($|U_{max}| = |U_{min}|$) :

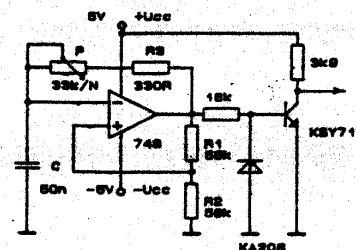
$$T_1 = T_2 = RC \ln \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right), f = \frac{1}{2RC \ln(1 + 2R_2/R_1)}$$

- 84 -

Způsob řízení kmitočtu

- řízením rychlosti přebíjení kapacitoru (změnou R,C)
- řízením doby přebíjení kapacitoru (změnou komparačních úrovní).

V praxi se více využívá první možnosti: plynulá regulace potenciometrem, skokové změny rozsahu přepínáním C. Příklad řízení kmitočtu je na obr.2.30. Tranzistorový tvarovač



Obr.2.30 Generátor obdélníkového signálu 0V - 5V, 100Hz - 10kHz

upravuje úrovně generovaných impulsů (0V, U_{cc}).

Vzorce pro návrh:

Obvykle $R_1 = R_2$; $R_3 > (U_{max} + U_r)/I_{OZ} = U_{max}(1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2})/I_{OZ}$

Zde $U_{max} = U_{cc} - 1V$, $I_{OZ} = 15mA$ pro univerzální OZ.

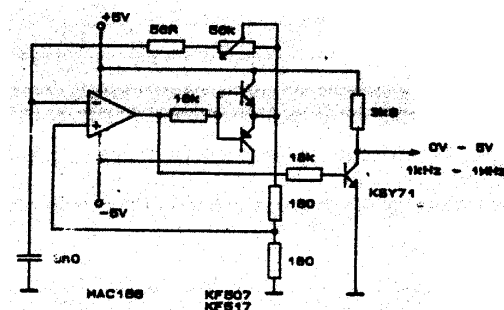
$$\frac{R_p}{R_3} = \frac{f_{max}}{f_{min}} - 1, \quad f_{min} = \frac{1}{2C(R_3 + R_p)(1 + 2R_2/R_1)}$$

S kvalitním potenciometrem dosáhneme přeladění v mezích tři dekád kmitočtů.

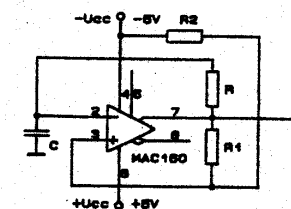
Při větším rozsahu přeladění mohou nastat potíže na vyšších kmitočtech, kdy OZ není schopen dodat potřebný proud na rychlé přebíjení kapacitoru. Pak zařadíme do obvodu proudový posilovač podle obr.2.31.

Obdobně lze realizovat AKO pomocí integrovaných komparátorů s hysterezi. Generátor do vysokých kmitočtů (20MHz) s

- 85 -



Obr.2.31 Generátor obdélníkového signálu 0V - 5V, 1kHz - 1MHz



Obr.2.32 AKO pro vysoké kmitočty

komparátorem MAC160 je na obr.2.32. Návrhové vztahy :

$$U_{max} = 3,1V, \quad U_{min} \approx 0,25V$$

$$U_{r+} = U_{max} \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_{r-} = U_{min} \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

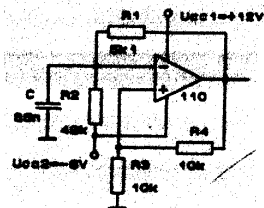
Požadujeme-li $U_{r+} = U_{r-}$ (symetrická hystereze), pak

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{2U_{cc}}{U_{min} + U_{max}} \approx 0,6U_{cc}$$

- 86 -

Pro periody T_1 a T_2 platí vztahy (2.5). Uvedeným obvodem nelze dosáhnout střídů impulsů 1:1.

S komparátorem A110D na obr.2.33 lze dosáhnout kmitočtů



Obr.2.33 AKO s komparátorem A110D; $T_1 = T_2$, $f=1\text{kHz}$

až 5MHz. Návrhové vztahy :

$$U_{r+} = U_{max} R_3 / (R_3 + R_4), \quad U_{r-} = U_{min} R_3 / (R_3 + R_4)$$

$$T_1 = \tau \ln \frac{U_{r-} - (U_{max} R_2 + U_{CC2} R_1) / (R_1 + R_2)}{U_{r+} - (U_{max} R_2 + U_{CC2} R_1) / (R_1 + R_2)}$$

$$T_2 = \tau \ln \frac{U_{r+} - (U_{min} R_2 + U_{CC2} R_1) / (R_1 + R_2)}{U_{r-} - (U_{min} R_2 + U_{CC2} R_1) / (R_1 + R_2)}$$

$$\tau = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C$$

Podmínka pro střídů 1 : 1 :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_{min} + U_{max} - U_{r+} - U_{r-}}{U_{r+} + U_{r-} - 2U_{CC2}}$$

Tak např. pro $U_{CC2} = -6\text{V}$, $U_{r+} = U_{max}/2 = 1.55\text{V}$, $U_{r-} = -U_{min}/2 = -0.25\text{V}$ vychází $R_1/R_2 = 0.104$, z čehož vyplynou hodnoty součástek v obr.2.33. Další informace o tomto zapojení naleznete v ARB3/89, s.89-90.

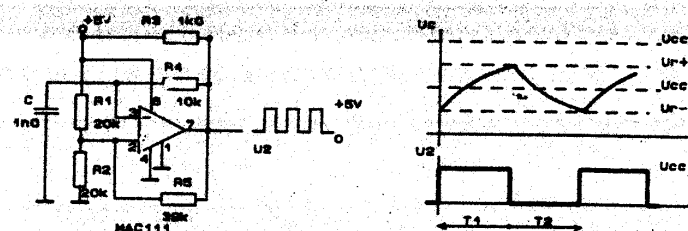
Na obr.2.34 je typické zapojení AKO s komparátorem MAC111. Návrhové vztahy platí dostatečně přesně při podmínce $R_3 \ll R_5$. Pak

$$U_{r+} = U_{CC} \frac{R_2}{R_2 + R_1 \parallel R_5}, \quad U_{r-} = U_{CC} \frac{R_2 \parallel R_5}{R_1 + R_2 \parallel R_5}$$

- 87 -

$$T_1 = R_4 C \ln \frac{U_{CC} - U_{r-}}{U_{CC} - U_{r+}}, \quad T_2 = R_4 C \ln \frac{U_{r+}}{U_{r-}}$$

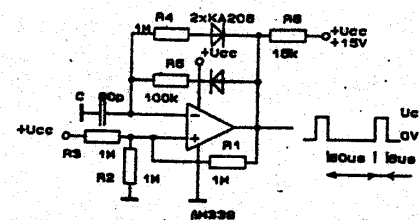
Střídů impulsů 1:1 zajistíme dodržением podmínky $R_1 = R_2$.



Obr.2.34 AKO s komparátorem MAC111 ($f = 122\text{kHz}$)

Další informace o tomto zapojení naleznete v ARB3/89, s.104.

Místo komparátoru MAC111 je možné použít i typu $\mu\text{M}339$, který má rovněž na svém výstupu tranzistor s otevřeným kolektorem. Střídů impulsů je možné nastavit na libovolnou hodnotu nahrazením rezistoru R_4 paralelní dvojicí rezistorů různých hodnot se sériovými diodami, které zajišťují, že jeden z rezistorů se uplatní jen při nabíjení a druhý jen při vybíjení kapacitoru. Příklad zapojení z ARB3/89, s.98, je na obr.2.35.



Obr.2.35 Generátor s různými periodami T_1 a T_2